ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΛΩΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Διπλωματική Εργασία

Μπλέτσης Ιωάννης

ΕΜΚ 2023 4

Επιβλέπων: Παύλος Θανόπουλος Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Copyright © Ιωάννης Μπλέτσης, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια Ιωάννη Μπλέτση. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον Ιωάννη Μπλέτση.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του Ιωάννη Μπλέτση (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Ioannis Bletsis, 2023

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organization (L. 5343/1932, art. 202).

Ιωάννης Μπλέτσης (2023)

Διπλωματική Εργασία 2023 4

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΛΩΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Ioannis Bletsis (2023)

Diploma Thesis 2023 4

INSTALLATION STUDY OF A FLOATING PHOTOVOLTAIC POWER PLANT IN A DAM RESERVOIR

Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Αυτή η διπλωματική εργασία δε θα μπορούσε να έρθει εις πέρας χωρίς την υποστήριξη ψυχολογική ή/και φυσική της οικογένειας μου, του επιβλέποντα καθηγητή μου και του κοινωνικού μου περίγυρου. Πιο συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παύλο Θανόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο που πίστεψε στις δυνατότητες μου και συνέβαλλε μέσα από αυτή τη διπλωματική στην ολοκλήρωση των σπουδών μου. Επιπροσθέτως αυτή η διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια του πατέρα μου και της μητέρας μου που με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη ΔΕΗ Α.Ε. που με προμήθευσε με δεδομένα τα οποία ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΜΚ ΔΕ 2023 4

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΛΩΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Μπλέτσης Ιωάννης

Επιβλέπων: Παύλος Θανόπουλος Επίκουρος Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική μελετάται αναλυτικά η εγκατάσταση ενός πλωτού φωτοβολταϊκού πάρκου στην επιφάνεια ενός ταμιευτήρα ενός φράγματος. Στην Ελλάδα δεν έχει υπάρχει ολοκληρωμένη παρόμοια κατασκευή σε λειτουργία την περίοδο σύνταξης αυτής της διπλωματικής. Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι η εκμετάλλευση αναξιοποίητων μεγάλων υδάτινων σωμάτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Αναλυτικότερα, στο πρώτο στάδιο αναλύεται το πόσο σημαντική είναι η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ κυρίως λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης που έλαβε χώρα το 2022. Στη συνέχεια μελετάται η θέση εγκατάστασης προσομοιώνοντας την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά στους μεγαλύτερους ταμιευτήρες της Ελλάδας και έπειτα μετά από σύγκριση επιλέγεται η ιδανικότερη θέση. Το μέγεθος της εγκατάστασης του πάρκου επιλέγεται με βάση την παραγωγή του ήδη υπάρχοντος Υδροηλεκτρικού Σταθμού του φράγματος και γίνεται χωροθέτηση σε AutoCAD και προσομοίωση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας με το πρόγραμμα PVSyst. Επιπλέον για την εκπόνηση της διπλωματικής ήταν απαραίτητο να ληφθούν δεδομένα από τη ΔΕΗ ΑΕ.

Τέλος γίνεται μια περιληπτική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου και αναφέρονται οι επιπτώσεις σε όλους τους τομείς.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS

EMK ΔΕ 2023 4

INSTALLATION STUDY OF A FLOATING PHOTOVOLTAIC POWER PLANT IN A DAM RESERVOIR

Ioannis Bletsis

Supervisor: Pavlos Thanopoulos Assistant Professor

ABSTRACT

In this thesis, the installation of a floating photovoltaic power plant, on the surface of a reservoir of a dam, is studied in detail. In Greece, there is no completed similar facility in operation at the time of writing this thesis. The purpose of this study is to use unutilized large water bodies for electricity production from renewable energy sources (RES).

In more detail, in the first stage it is analyzed how important the production of energy from RES is, mainly due to the greenhouse effect and the global energy crisis that took place in 2022. Then the location of the installation is studied by simulating the production of energy from photovoltaic panels in the largest reservoirs of Greece and then, after comparison, the most ideal position is selected. The size of the power plant installation is selected based on the production of the already existing Hydroelectric Station of the dam. Also, spatialization is done in AutoCAD and simulation of the annual energy production with the PVSyst program. In addition, for the completion of this thesis it was necessary to obtain data from PPC SA.

Finally, a summary study of the environmental effects of the project is made and the effects in all sectors are reported.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα **9**

Λίστα Εικόνων **11**

Λίστα Πινάκων **12**

Ακρωνύμια **13**

1. Εισαγωγή **14**

1.1. Σκοπός της Εργασίας 14

1.2. Λογισμικά που Χρησιμοποιήθηκαν 14

2. Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου **16**

3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια και ΥΗΣ **18**

3.1. Πώς Δουλεύει ένας ΥΗΣ 18

3.2. Συμβολή των ΥΗΣ στην Ελλάδα 20

4. Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκα **22**

4.1. Εισαγωγή 22

4.2. Ηλιακή Ακτινοβολία στην Ελλάδα και στην Ευρώπη 25

4.3. Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις 26

5. Υδροηλετρικοι Σταθμοι Συνδυασμένοι με Φωτοβολταϊκα **30**

5.1. Πλωτές Φ/Β Εγκαταστάσεις 30

5.2. Παραδείγματα Πλωτών Φ/Β 32

5.3. Θετικά Εγκατάστασης Φ/Β σε Ταμιευτήρα 33

6. Θέση Εγκατάστασης **36**

6.1. Επιλογή Θέσης 36

6.2. Προκαταρκτική Αναζήτηση Θέσης 37

6.3. Στοιχεία Θέσης Εγκατάστασης 43

7. Υδροηλεκτρικός Σταθμός **53**

7.1. Το Σύστημα του Αχελώου 53

7.2. Στοιχεία Φράγματος 54

7.3. Υδρολογικά Δεδομένα και Δεδομένα Παραγωγής 54

8. Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση **56**

8.1. Φωτοβολταϊκά πλαίσια – Αντιστροφείς Ισχύος 56

8.2. Πλωτή Πλατφόρμα 57

8.3. Αγκύρωση 59

8.4. Θέση και Χωροθέτηση 60

8.5. Σύγκριση Κόστους Πλωτών Φ/Β έναντι Εδάφους 61

8.6. Δίκτυο Μεταφοράς Ενέργειας 63
9. Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων 64
9.1. Κατάταξη Έργου 64
9.2. Μη Τεχνική Περίληψη 64
9.3. Φάση Κατασκευής 65
9.4. Φάση Λειτουργίας 66
9.5. Επιπτώσεις 66
10. Συμπεράσματα 69
Παράρτημα α: Προσομοίωση Εγκατάστασης με PVSyst 70
Παράρτημα Β: Προσομοίωση Εγκατάστασης με JRC 79
Βιβλιογραφία 80
Διαδικτυακά Εργαλεία 81

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1. Διάγραμμα αύξησης της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο (1880-2020). 16
Εικόνα 2.2. Κατανομή της παραγωγής ενέργειας ανάλογα την προέλευση. 17
Εικόνα 3.1. Εικονική απεικόνιση ενός υδροηλεκτρικού έργου. 18
Εικόνα 3.2. Τυπική διατομή φράγματος (Φράγμα Μόρνου - Λιθόρριπτο, με αργιλικό πυρήνα)..... 20
Εικόνα 4.1. Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους. 23
Εικόνα 4.2. Χάρτης ακτινοβολίας της Ευρώπης. 25
Εικόνα 4.3. Χάρτης ακτινοβολίας της Ελλάδας. 26
Εικόνα 4.4. Άδειες Φ/Β πάρκων. (α) Σε λειτουργία (β) Νέες αιτήσεις για εγκαταστάσεις. 27
Εικόνα 4.5. Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στην Ελλάδα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. 28
Εικόνα 4.6. Νέες άδειες Φ/Β στην Ελλάδα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. 29
Εικόνα 5.1. Τυπική διάταξη υβριδικού συστήματος Φ/Β με ΥΗΣ. 30
Εικόνα 5.2. Τύποι αγκύρωσης πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων. 31
Εικόνα 5.3. Το φράγμα Omkareshwar στην Ινδία. 33
Εικόνα 6.1. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Σφηκίας. 37
Εικόνα 6.2.3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ (α) Ασωμάτων (β) Πολυφύτου (γ) Αώου και (δ) Πλαστήρα. 38
Εικόνα 6.3.3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Στράτος Ι. 39
Εικόνα 6.4. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Κρεμαστών. 40
Εικόνα 6.5. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Καστρακίου. 41
Εικόνα 6.6. Θέση εγκατάστασης σε σχέση με περιοχές NATURA 2000. 43
Εικόνα 6.7. Κατανομή χρήσεων γης δήμου Στράτου. 45
Εικόνα 6.8. Απεικόνιση των δήμων περιμετρικά από τον ΥΗΣ Στράτος Ι. 46
Εικόνα 6.9. Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια 47
Εικόνα 6.10. Μέση μηνιαία εξάτμιση 48
Εικόνα 6.11.(α) Θέση εγκατάστασης (β) Ταχύτητα ανέμων θέσης 51
Εικόνα 6.12. Κατεύθυνση ανέμων 51
Εικόνα 6.13.(α) Μέση κατεύθυνση ανέμων (β) Μέγιστη ταχύτητα ανέμων..... 51
Εικόνα 7.1. Έργα Αχελώου Πηγή. ΔΕΗ Α.Ε. 53
Εικόνα 7.2. Μέση Μηνιαία Παραγωγή ΥΗΣ Στράτου Ι. 55
Εικόνα 8.1. Πλωτή πλατφόρμα με διάδρομο 58
Εικόνα 8.2. Πλάγια όψη πλωτής πλατφόρμας. 58
Εικόνα 8.3. Τρόποι αγκύρωσης στον πυθμένα. 59
Εικόνα 8.4. Προσδιορισμός θέσης εγκατάστασης του πλωτού Φ/Β συστήματος. 60
Εικόνα 8.5. Χωροθέτηση της εγκατάστασης στη λεκάνη. 61
Εικόνα 8.6. Ανάλυση κόστους πλωτής εγκατάστασης. 62
Εικόνα 8.7. Γραμμές μεταφοράς ενέργειας στη θέση εγκατάστασης. 63

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Αλλαγή των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου από το 1748-2018. 17
Πίνακας 4.1. Πίνακας ολοκληρωμένων και νέων αδειών Φ/Β στην Ελλάδα. 28
Πίνακας 5.1. Οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις πλωτών Φ/Β στον κόσμο. 32
Πίνακας 6.1. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Σφηκίας. 38
Πίνακας 6.2. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Ασωμάτων, Πολυφύτου, Αώου και Πλαστήρα. 38
Πίνακας 6.3. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Στράτου Ι. 39
Πίνακας 6.4. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Κρεμαστών. 40
Πίνακας 6.5. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Καστρακίου 41
Πίνακας 6.6.Σύγκριση προσομοίωσης μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Στράτου, Καστρακίου και Κρεμαστών. 42
Πίνακας 6.7. Πίνακας χρήσεων γης δήμου Στράτου 44
Πίνακας 6.8. Αξία γης των γειτονικών δήμων του Στράτου 46
Πίνακας 6.9. Εξατμιζόμενο νερό και νερό που διασώζεται από τη σκίαση με τα πλωτά Φ/Β. 48
Πίνακας 6.10. Μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις ανάντη θέσης φράγματος Στράτου με υψομετρική αναγωγή (mm). 49
Πίνακας 7.1.Μηνιαία παραγωγή ΥΗΣ Στράτου Ι (2012-2022). 55
Πίνακας 8.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά πλωτής πλατφόρμας. 57
Πίνακας 8.2. Συντεταγμένες πολυγώνου θέσης εγκατάστασης σταθμού 60
Πίνακας 8.3. Σύγκριση πλωτών Φ/Β και Φ/Β εδάφους 61
Πίνακας 8.4. Σύγκριση επένδυσης Φ/Β πλωτών και εδάφους 63
Πίνακας 9.1. Πίνακας κατάταξης έργων σε κατηγορία όχλησης. 64
Πίνακας 9.2. Απόβλητα από την εγκατάσταση 66
Πίνακας 9.3. Πίνακας εκτίμησης και αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. 68

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΥΗΣ	Υδροηλεκτρικός Σταθμός
ΥΗΕ	Υδροηλεκτρικό Έργο
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό-ά
ΔΑΠΕΕΠ	Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (Α.Ε.)
ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Α.Ε.)
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Α.Ε.)
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΚΥΤ	Κέντρο Υψηλής Τάσης
kW	Kilowatt (Κιλοβάτ)
MW	Megawatt (Μεγαβάτ)
GW	Gigawatt (Γιγαβατ)
MWh	Megawatt hour (Μεγαβατώρα)
MWp	Megawatt peak (Μεγαβάτ πικ)
km^2	Square kilometers (Τετραγωνικά Χιλιόμετρα)
m^2	Square Metres (Τετραγωνικά Μέτρα)
m^3	Cubic Metre (Κυβικά Μέτρα)
°C	Celsius Degree (Βαθμός Κελσίου)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Σκοπός της Εργασίας

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη για την εγκατάσταση ενός πλωτού φωτοβολταϊκού πάρκου στην επιφάνεια ενός ταμιευτήρα στον Ελλαδικό χώρο. Η μελέτη αυτή αφορά:

- την περιγραφή του ηλιακού και υδρολογικού δυναμικού στην Ελλάδα,
- την αναφορά στο πως δουλεύουν τα φωτοβολταϊκά και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί,
- πως συνδυάζονται τα φωτοβολταϊκά με τα υδροηλεκτρικά έργα,
- την επιλογή της ιδανικότερης θέσης εγκατάστασης,
- τα τεχνικά και υδρολογικά στοιχεία του υδροηλεκτρικού σταθμού,
- προσομοίωση της πλωτής εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος και
- μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εγκατάστασης.

Αυτή η μελέτη όπως και κάθε τέτοιου είδους μελέτη είναι πολύ σημαντική καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) βοηθάει στην εξισορρόπηση της τιμής του ρεύματος, στο να γίνουμε εθνικά ανεξάρτητοι από ενέργεια, στη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και σε πολλά άλλα που θα αναλυθούν παρακάτω.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο παρά το μικρό της μέγεθος καθώς και αρκετά μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Το έντονο ανάγλυφο, σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις δημιουργούν αρκετά ποτάμια ικανά να αξιοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας και αποθήκευση νερού με την εγκατάσταση φραγμάτων. Τα υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα είναι μεγάλης σημασίας καθώς συμβάλλουν κατά 11% στην ετήσια παραγωγή ενέργειας καθώς και στην άρδευση των γύρω περιοχών.

Παράλληλα η μεγάλη ηλιοφάνεια που έχει η Ελλάδα την καθιστά ιδανική για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Ο συνδυασμός αυτών δύο τεχνολογιών φέρει ως αποτέλεσμα την αξιοποίηση νεκρού χώρου μη εκμεταλλεύσιμου με άλλο τρόπο, την αξιοποίηση του ήδη υπάρχοντος δικτύου μεταφοράς ενέργειας του Υδροηλεκτρικού Σταθμού (ΥΗΣ). Ο συνδυασμός αυτός θα είναι ακριβώς και το θέμα της παρούσας διπλωματικής.

1.2. Λογισμικά που Χρησιμοποιήθηκαν

Για την παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν τα εξής προγράμματα:

AutoCAD (2022)

Το AutoCAD είναι ένα λογισμικό σχεδιασμού που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Autodesk και χρησιμοποιείται ευρέως από μηχανικούς. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε για να παρουσιαστεί το τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης καθώς και η χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Οι διαστάσεις του τοπογραφικού, των πλαισίων και της πλωτής πλατφόρμας που χρησιμοποιήθηκαν ταυτίζονται με τις πραγματικές και αυτό καθιστά την υπάρχουσα αρκετά ακριβή.

PVGIS Tool (JRC)

Αυτό το Online πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε για την προκαταρκτική προσομοίωση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης. Βάσει γεωλογικών και μετεωρολογικών δεδομένων, εισάγουμε σα δεδομένα τη θέση της εγκατάστασης, το μέγεθος της εγκατάστασης, προσανατολισμό του πάρκου και κλίση των πλαισίων και ως αποτέλεσμα λαμβάνουμε μια εκτίμηση της

μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής καθώς και της σκίασης που πρόκειται να έχουμε λόγω της μορφολογίας του εδάφους. Η χρήση αυτού του προγράμματος ήταν αναγκαία για να γίνει γρήγορα η αρχική επιλογή θέσης και να συγκριθούν μεταξύ τους οι υποψήφιες θέσης εγκατάστασης.

PVSyst (7.3)

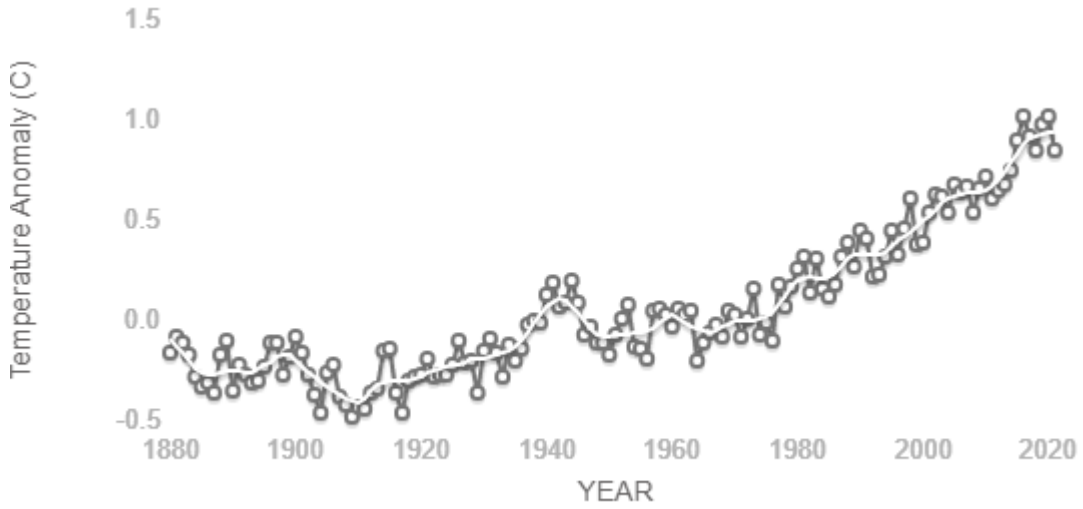
Με το PVSyst μελετήθηκε αναλυτικά η τελική εγκατάσταση του πάρκου. Μέσα από την προσομοίωση της εγκατάστασης υπολογίστηκε η ετήσια παραγωγή ενέργειας, οι απώλειες καθώς και η συνδεσμολογία και το πλήθος των inverters.

2. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (**IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change), από το 1970 η παγκόσμια μέση θερμοκρασία αυξανόταν με ρυθμό 1.7 °C ανά αιώνα.

Σύμφωνα με την Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος της Αμερικής (**NASA** - National Aeronautics and Space Administration), η θερμοκρασία από το 1975 αυξήθηκε με ρυθμό 0.15 – 0.20 °C ανά δεκαετία.

Βάσει στατιστικών στοιχείων από τη NASA, φτιάχτηκε το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 2.1) το οποίο δείχνει την αύξηση της θερμοκρασίας, ειδικά από το 1980 και έπειτα.



Εικόνα 2.1. Διάγραμμα αύξησης της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο (1880-2020).

Πηγή: https://climate.nasa.gov

Η παγκόσμια αυτή αύξηση της θερμοκρασίας οφείλεται κυρίως στο φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο αποτελείται από δύο σκέλη. Το πρώτο σκέλος που υφίσταται εδώ και χιλιάδες χρόνια δίνει στη Γη τη φιλόξενη για ζωή θερμοκρασία των 17 °C. Το δεύτερο σκέλος υφίσταται εδώ και 250-300 χρόνια και οφείλει την ύπαρξη του στην αύξηση των αέριων του θερμοκηπίου όπως CO_2 (διοξειδίου του άνθρακα) και CH_4 (μεθάνιο) που είναι υπεύθυνα σε βαθμό 80-85%. Το μεγαλύτερο μέρος από την αύξηση της συγκέντρωσης αυτών των αερίων οφείλεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες.

Στοιχεία NASA

- Από το 2005 έχει αυξηθεί η συγκέντρωση CO_2 από 378.37 ppm σε 419.12 ppm έως το 2022. Επίσης έχει παρατηρηθεί αύξηση 150% από της συγκέντρωσης από το 1750 μέχρι σήμερα.
- Από το 1880 έως σήμερα έχει παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1.01 °C.
- Από το 1980 έως σήμεραέχει παρατηρηθεί μείωση της επιφάνειας των πάγων στην Αρκτική θάλασσα. Οι πάγοι στην Αρκτική θάλασσα με μέτρηση κάθε Σεπτέμβριο μειώνονται κατά μέσο όρο 13% ανά δεκαετία.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της στάθμης της επιφάνειας τηςθάλασσας λόγω αύξησης του όγκου της και λόγω του λιώσιμου των πάγων. Από το 1993 έχει παρατηρηθεί αύξηση της στάθμης κατά 102.5 mm

Πίνακας 2.1. Αύξηση συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου από το 1748-2018 σε ppm.

CO_2	O_3	CH_4	N_2O	NF_3	CF_2Cl_2 [all CFCs]	SF_6	SF_5CF_3
120	0.009	1.08	0.05	c.1.0 x 10^{-6}	0.0005 [0.0009]	5.6 x 10^{-6}	1.2 x 10^{-7}

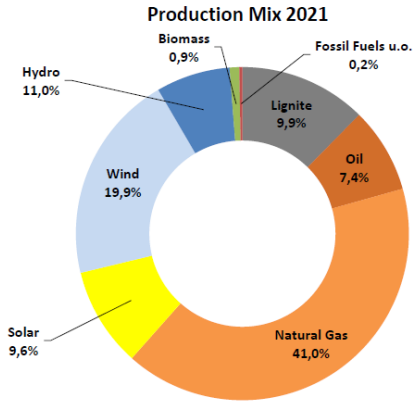
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε μη ανανεώσιμες και σε ανανεώσιμες.

Μη ανανεώσιμες είναι τα ορυκτά καύσιμα (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.α.). Είναι πηγές που είναι πεπερασμένες βρίσκονται στη φύση και δε μπορούν να ανανεωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διακρίνονται σε: Ηλιακή, Αιολική, Υδραυλική, Βιομάζα, Γεωθερμική, Θαλάσσια. Είναι πηγές πρακτικά ανεξάντλητες και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μειώνουν την ανάγκη σε ορυκτά καύσιμα, αυξάνουν την αυτάρκεια σε ενέργεια, μειώνουν τους ρύπους των αερίων του θερμοκηπίου και συμβάλλουν στη σταθεροποίηση του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος.



2021	Lignite	Oil	Natural Gas[1]	Fossil Fuels u.o.[2]	*Sum of Fossil Fuels*	Solar	Wind	Hydro	Biomass	RES of u.o.[2]	*Sum of RES*	*Total*	CO_2 Emissions (gCO_2/ KWh)
%	9,93%	7,42%	41,01%	0,15%	**58,52%**	9,63%	19,93%	11,02%	0,91%	0,00%	**41,48%**	**100,0%**	334,70
TWh	5,34	3,99	22,06	0,08	**31,47**	5,18	10,72	5,93	0,49	0,00	**22,31**	**53,78**	

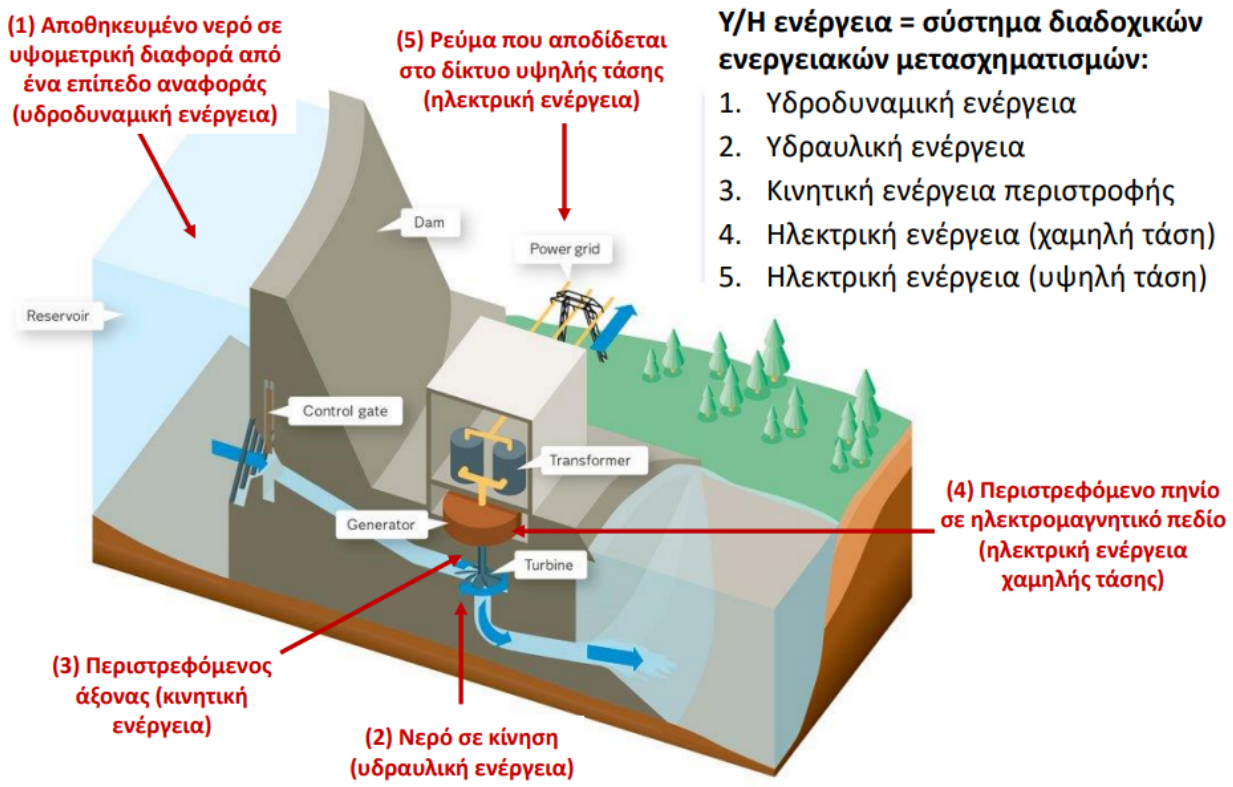
Εικόνα 2.2. Κατανομή της παραγωγής ενέργειας ανάλογα την προέλευση.

Πηγή: https://www.dapeep.gr

Όπως φαίνεται από τα στοιχεία της ΔΑΠΕΕΠ για το 2021 (Εικόνα 2.2), η κατανομή του ενεργειακού μείγματος ήταν 58,52% από ορυκτά καύσιμα και 41,48% από ΑΠΕ, με την παραγωγή από ηλιακή ενέργεια να αποτελεί το 9,63% της συνολικής, η αιολική ενέργεια το 19,93% και η υδροηλεκτρική το 11,02%. Αυτή η δυσανάλογη κατανομή έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και τη συμβολή στην αύξηση της θερμοκρασίας και την αλλαγή του κλίματος.

3. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΥΗΣ

3.1. Πώς Δουλεύει ένας ΥΗΣ



Εικόνα 3.1. Εικονική απεικόνιση ενός υδροηλεκτρικού έργου.

Πηγή: Υδραυλικές Κατασκευές - Φράγματα - ΕΜΠ [2]

Οι παρακάτω πληροφορίες αντλήθηκαν από τις σημειώσεις του μαθήματος "Υδραυλικές Κατασκευές – Φράγματα" του ΕΜΠ [2]".. Βασικός σκοπός της κατασκευής ενός Υδροηλεκτρικού Έργου (ΥΗΕ) είναι η συγκέντρωση της επιφανειακής ροής, η οδήγηση της μέσω του υδροστροβίλου ώστε να γίνει μετατροπή της ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια και η απαγωγή και οδήγηση της παροχής στην φυσική κοίτη όπου συνεχίζει την ελεύθερη ροή της προς χαμηλότερες στάθμες. Για να είναι δυνατή αξιόλογη παραγωγή μηχανικής-ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να υπάρχουν σημαντική ποσότητα επιφανειακών υδάτων, δηλ. σημαντικές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, καθώς και υψομετρικές διαφορές, δηλ. έντονο ανάγλυφο (βουνά).

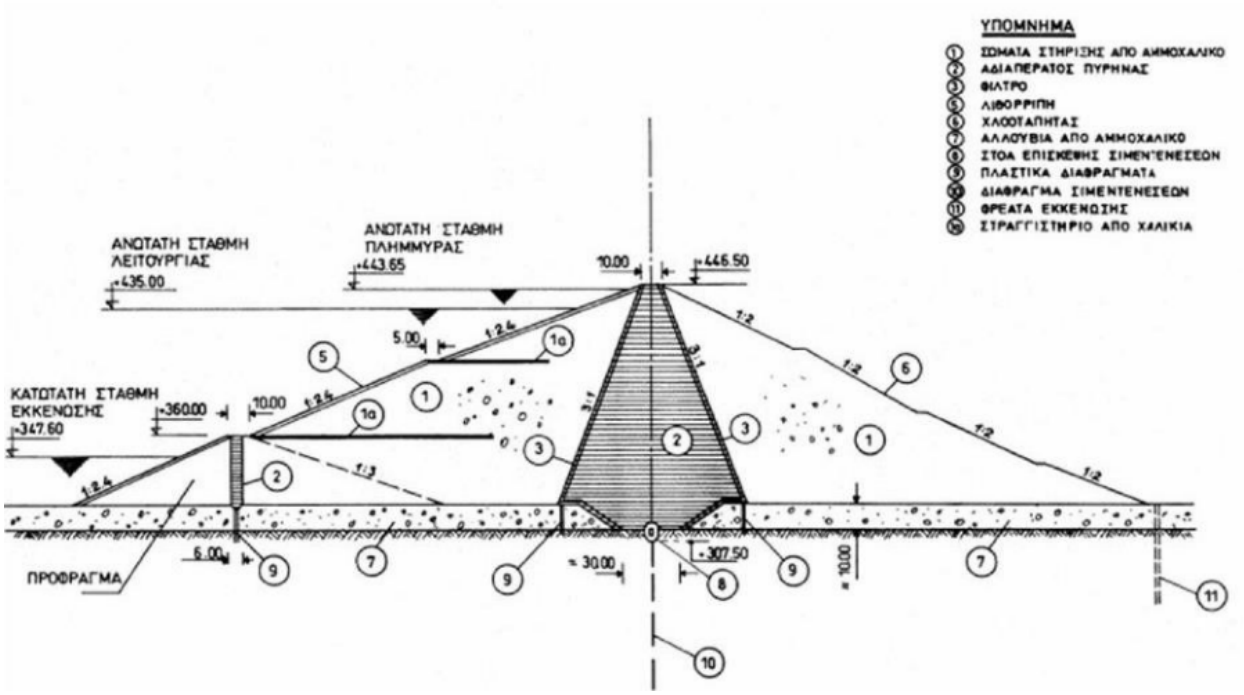
Η κατασκευή ενός φράγματος απαιτείται ως αρχικό βήμα για έναν ΥΗΣ. Ως φράγμα ορίζεται η εγκάρσια κατασκευή επί υδατορεύματος, που σε συνδυασμό με ένα σύνολο συνοδών τεχνικών έργων αποσκοπεί στην συγκέντρωση και αποθήκευση ύδατος, προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά ελεγχόμενο τρόπο. Ως συνέπεια της φραγής της ροής, ανάντη του φράγματος διαμορφώνεται τεχνητή λίμνη (ταμιευτήρας), τα χαρακτηριστικά μεγέθη της οποίας (έκταση, χωρητικότητα) εξαρτώνται από το ύψος του φράγματος και τη γεωμετρία του ανάγλυφου. Η αποθήκευση του νερού γίνεται για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων χρήσεων και ποσοτικοποιημένων υδατικών αναγκών όπως ύδρευση, άρδευση, υδροηλεκτρική παραγωγή, αντιπλημμυρική προστασία. Το νερό που υπάρχει αποθηκευμένο στον ταμιευτήρα όταν αντλείται περνάει μέσα από έναν αγωγό που συνδέεται με ένα στρόβιλο ο οποίος κινείται και μαζί με τη λειτουργία μιας γεννήτριας μετατρέπει αυτήν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Το φράγμα συνοδεύεται και από τα ακόλουθα έργα τα οποία εξυπηρετούν το έργο ή σχετίζονται με την ασφάλειά του, όπως:

- Ο εκχειλιστής (σκοπό έχει την διοχέτευση πλημμυρικής παροχής ώστε η στάθμη του νερού να μην ξεπεράσει την στέψη του φράγματος).
- Τα έργα εκτροπής ή η σήραγγα εκτροπής (μέσω των οποίων διοχετεύεται η φυσική παροχή κατά την διάρκεια κατασκευής της τελευταίας φάσεως του φράγματος).
- Ο εκκενωτής πυθμένα (μέσω του οποίου εκκενώνεται ο ταμιευτήρας σε περίπτωση ανάγκης ή συντήρησης ενώ επίσης από αυτό διοχετεύεται η απαιτούμενη παροχή συντήρησης της κοίτης του ποταμού)
- Η υδροληψία (το στόμιο εισόδου του αγωγού ή της σήραγγας προσαγωγής).

Τύποι Φραγμάτων

1. Σκυροδέματος
    a. Βαρύτητας
        i. Σκυρόδεμα (συμβατικό),
        ii. Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα,
        iii. Σκληρό επίχωμα (ή ισχνό κυλινδρούμενο σκυρόδεμα)
    b. Αντηριδωτά
    c. Τοξωτά
2. Γεωφράγματα (γαιώδη υλικά, αναχώματα)
    a. Χωμάτινα
        i. Ομοιογενή,
        ii. Διαζωνισμένα
    b. Λιθόρριπτα με αδιαπέρατο στοιχείο
        i. Με αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα
        ii. Με ανάντη στεγάνωση: Πλάκα σκυροδέματος ή Μεμβράνη



Εικόνα 3.2. Τυπική διατομή φράγματος (Φράγμα Μόρνου - Λιθόρριπτο, με αργιλικό πυρήνα)

Πηγή: Υδραυλικές Κατασκευές - Φράγματα – ΕΜΠ [2]

3.2. Συμβολή των ΥΗΣ στην Ελλάδα

Η παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από τους ΥΗΣ έχει τα εξής χαρακτηριστικά, τα οποία της προσδίδουν ιδιαίτερη αξία στο Εθνικό Σύστημα.

1. Η ισχύς των ΥΗΣ είναι ευέλικτη και εντάσσεται γρήγορα στο Σύστημα. Η αναφερόμενη ιδιότητα καθιστά πολύτιμη τη συμβολή της στην κάλυψη αιχμών φορτίου (σε περιόδους αυξημένης ζήτησης), με την αντίστοιχη ενέργεια να αποτελεί ενέργεια υψηλής οικονομικής αξίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ένταξη μιας Υδροηλεκτρικής μονάδας στο Σύστημα απαιτεί μόλις λίγα λεπτά ώστε από ακινησία να παραλάβει το πλήρες της φορτίο. Έτσι οι Υδροηλεκτρικές μονάδες παρέχουν εφεδρεία ισχύος που αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Η ευελιξία τους, η ικανότητα τους δηλαδή σε γρήγορες αυξομειώσεις του φορτίου, τις καθιστά πολύ χρήσιμες στην παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών δηλαδή στη συμβολή τους στη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του Συστήματος (Συχνότητα, Τάση κλπ.) δηλαδή στοιχεία που εξασφαλίζουν την ποιότητα της Ηλεκτρικής Ενέργειας.

2. Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη», ή καθαρή χωρίς ρύπους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μέση παραγωγή της τάξεως των 5.000 GWh κατ' έτος από ΥΗΣ υποκαθιστά, εκπομπές ρύπων CO_2 που είναι της τάξης των 3 ÷ 8 εκατομμυρίων τόνων CO_2 κατ' έτος ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου που υποκαθιστά (φυσικό αέριο ή λιγνίτη). Από αυτό προκύπτουν τα προφανή οικολογικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της Υδροηλεκτρικής Παραγωγής αλλά και τα οικονομικά οφέλη της Εθνικής Οικονομίας.

3. Ορισμένοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. όπως ο ΥΗΣ Σφηκιάς και ο ΥΗΣ Θησαυρού λειτουργούν και ως αναστρέψιμοι – αντλητικοί Σταθμοί. Με τη λειτουργία αυτή αποθηκεύουν νερό στους άνω ταμιευτήρες με άντληση κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλού κόστους και την αποδίδουν σε ώρες αιχμής συμβάλλοντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών της ημερήσιας καμπύλης φορτίου με αποτέλεσμα αφ' ενός τη δυνατότητα κάλυψης αυξημένων ενεργειακών αναγκών

τις συγκεκριμένες ώρες, αφ΄ ετέρου και την μείωση του κόστους παραγωγής (βελτιστοποίηση ενεργειακού ισοζυγίου).

Οι ΥΗΣ στην Ελλάδα

- Συγκρότημα Αχελώου (Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος Ι & ΙΙ, Γκιώνα, Γλαύκος) Σύνολο: 925,6 MW

- Συγκρότημα Αλιάκμονα (Πολύφυτο, Σφηκιά, Ασώματα, Μακροχώρι, Βέρμιο, Άγρας, Εδεσσαίος) Σύνολο: 879,3 MW

- Συγκρότημα Αράχθου (Πηγές Αώου, Πουρνάρι Ι & ΙΙ, Λούρος) Σύνολο: 553,9 MW

- Συγκρότημα Νέστου (Θησαυρός, Πλατανόβρυση) Σύνολο: 500 MW

- ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα: 129,9 MW

- ΥΗΣ Λάδωνα: 70 MW **Σύνολο: 3.059 MW**

4. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

4.1. Εισαγωγή

Όταν η ατμόσφαιρα είναι καθαρή και ο ήλιος αρκετά ψηλά ώστε οι ακτίνες να προσπίπτουν σχεδόν κάθετα στην επιφάνεια της γης, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια απ' ευθείας είναι γύρω στα 72%. Εκτός από το ποσοστό αυτό αλλά 7% φτάνουν στην επιφάνεια μετά από διάχυση στα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Τα υπόλοιπα 18% απορροφούνται από το όζον, τους υδρατμούς, τον αέρα και την σκόνη ενώ 3% επιστρέφει πίσω στο διάστημα. Φυσικά σε περίπτωση που οι ποσότητες των υδρατμών και της σκόνης είναι περισσότερες, η απορρόφηση είναι μεγαλύτερη και έτσι φτάνει μικρότερο ποσοστό από το 79% στην επιφάνεια της γης. Επίσης η απορρόφηση εξαρτάται από τη μάζα αέρα που συναντά η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διαδρομή της προς την επιφάνεια της γης. Αυτό έχει σχέση με το μήκος της διαδρομής της μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα που είναι άμεση συνέπεια της θέσης του ήλιου.

Ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

$$H = K_T \cdot H_O \tag{4.1}$$

όπου:

H_O = Μέση μηνιαία ακτινοβολία στην κορυφή της ατμόσφαιρας

H = Μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

K_T = Μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας

Ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια

$$R = \left[\left(1 - \frac{H_d}{H}\right) \cdot R_b\right] + \left[\frac{H_d}{H} \cdot \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right)\right] + \left[r \cdot \left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right)\right] \tag{4.2}$$

όπου:

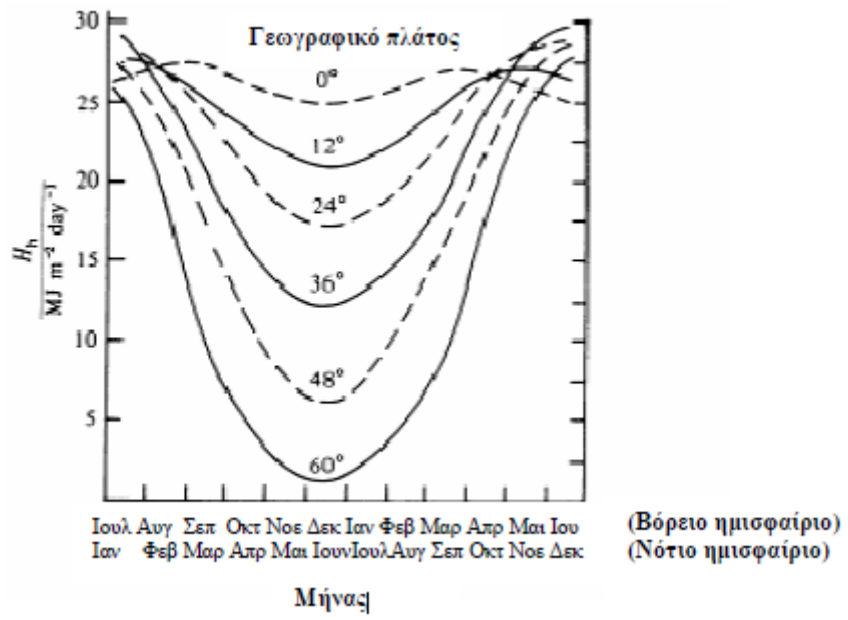
H = η μέση ημερήσια μηνός ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

H_d = η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

R_b = ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο προς την άμεση ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

β = η κλίση της επιφάνειας

r = ο Συντελεστής ανακλαστικότητας της περιοχής γύρω από την κεκλιμένη επιφάνεια (0.2 για τσιμεντένιες επιφάνειες ή γρασίδι r>0.7 για χιονισμένες επιφάνειες). Για την Ελλάδα χρησιμοποιείται συνήθως η τιμή 0.2



Εικόνα 4.1. Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα του έτους.

Πηγή: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Αρθούρος Ζερβός (2018).

Η επιφάνεια συλλογής θα πρέπει να έχει κλίση προς τον ήλιο για τη μέγιστη συλλογή ακτινοβολίας. Η κλίση της επιφάνειας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και την εποχή του χρόνου που απαιτείται η περισσότερη ενέργεια. Για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ενέργειας το καλοκαίρι (οπότε και η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα της ακτινοβολίας), η επιφάνεια θα πρέπει να έχει κλίση πιο κοντά στο οριζόντιο επίπεδο. Αντίθετα, το χειμώνα (οπότε και απαιτείται περισσότερη ενέργεια), η επιφάνεια θα πρέπει να έχει κλίση πιο κοντά στο κάθετο επίπεδο.

Απόδοση Φωτοβολταϊκών Μονάδων

Η απόδοση των πλωτών φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα εδάφους, εξαιτίας της ψυκτικής ιδιότητας των υδάτων και της λιγότερης έκθεσης σε σκόνη που καλύπτει τα πλαίσια και εμποδίζει την ακτινοβολία. Σύμφωνα με την ψυκτική λειτουργία του νερού, έχει αποδειχθεί ότι η θερμοκρασία λειτουργίας των πλωτών φωτοβολταϊκών πλαίσια είναι περίπου 3,5 °C χαμηλότερη απ' ότι η θερμοκρασία λειτουργίας των συμβατικών επίγειων (Liu et al., 2017). Η θερμοκρασία των πλαισίων μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$T_m = T_\alpha + \left(\frac{G_t}{G_{t,NOCT}}\right) \cdot \left(\frac{9.5}{5.7 + 3.8V}\right) \cdot \left(T_{NOCT} - T_{a,NOCT}\right) \cdot [1 - \frac{\eta_m}{\tau\alpha}] \quad (4.3)$$

όπου:

T_m = η θερμοκρασία των πλαίσια (°C),

T_a = η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (°C),

G_t = η ηλιακή ακτινοβολία (W/m2),

$G_{t,NOCT}$ = η ηλιακή ακτινοβολία σε κατάσταση ονομαστικής θερμοκρασίας λειτουργίας κυττάρων(W/m2),

V = η ταχύτητα του ανέμου (m/s),

$T_{NOCT}/T_{a,NOCT}$ = η φωτοβολταϊκή μονάδα και η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε κατάσταση ονομαστικής θερμοκρασίας λειτουργίας κυττάρων (°C),

η_m = ο βαθμός απόδοσης της μονάδας (%) και

τα = το αποτελεσματικό προϊόν μετάδοσης-απορρόφησης (Edalati et al., 2016).

Μείωση Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα

Έχει αποδειχθεί ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Το ποσό της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου μιας πλωτής φωτοβολταϊκής μονάδας εκτιμάται από την ποσότητα του παραγόμενου αερίου θερμοκηπίου μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα όταν παράγει την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μια πλωτή φωτοβολταϊκή μονάδα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί να υπολογιστεί από εξής τύπο:

$$G_t = E_s \cdot G \cdot (1 + \beta) \tag{4.4}$$

όπου:

G_t = το ποσό των μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (tCO2/έτος),

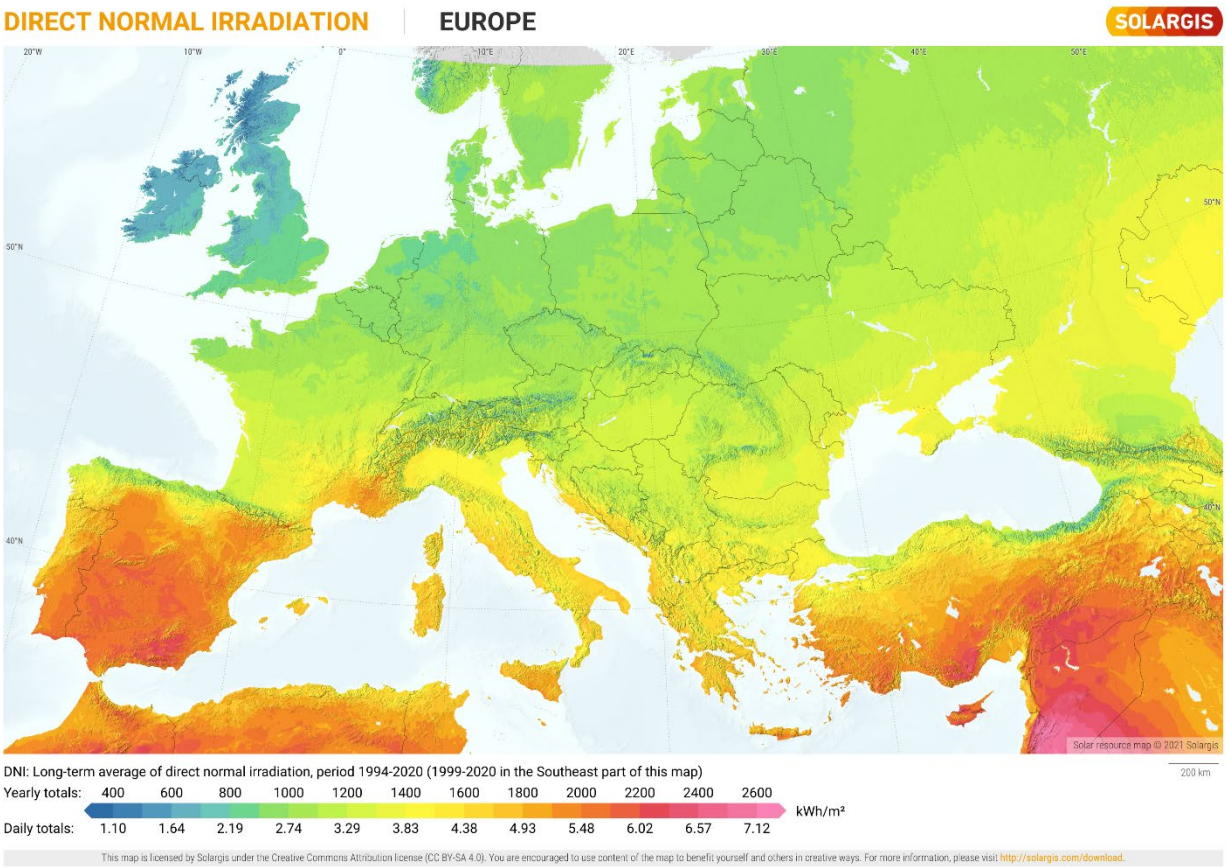
E_s = η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του πλωτού Φ/Β ανά έτος (MWh/έτος),

G = η τυπική τιμή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κάθε χώρας (tCO2/έτος) και

β = ο μέσος ρυθμός απώλειας μετάδοσης και διανομής ενέργειας (Song et al., 2016).

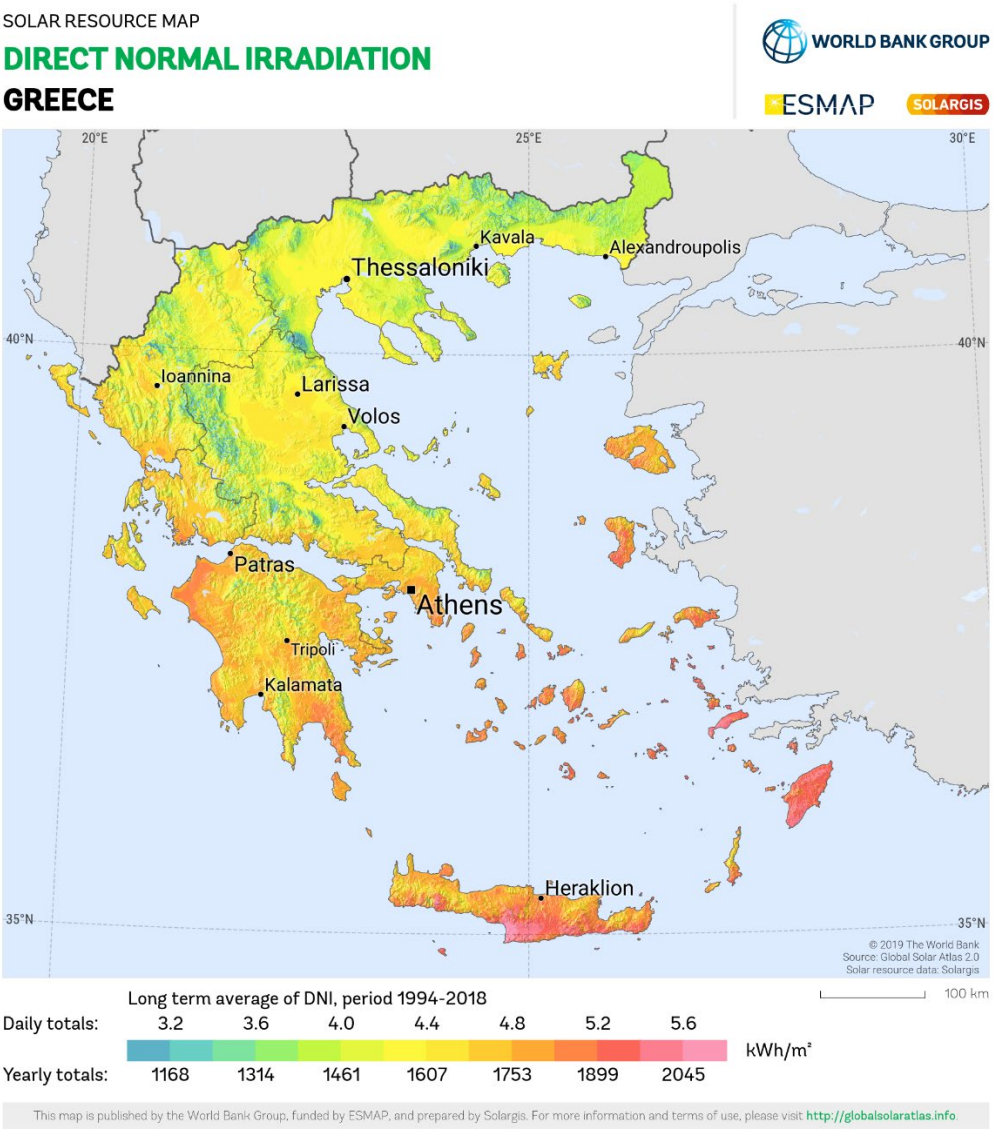
4.2. Ηλιακή Ακτινοβολία στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Όπως φαίνεται στο χάρτη της ηλιακής ακτινοβολίας της Ευρώπης (Εικόνα 4.2), η Ελλάδα δέχεται αρκετή ακτινοβολία συγκριτικά με την κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Η ηλιακή ακτινοβολία σχετίζεται ανάλογα με την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, επομένως περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σημαίνει περισσότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα στην Ελλάδα (Εικόνα 4.3) υπάρχει περισσότερη ακτινοβολία νότια και μειώνεται προς το βορρά.



Εικόνα 4.2. Χάρτης ακτινοβολίας της Ευρώπης.

Πηγή: https://solargis.com



Εικόνα 4.3. Χάρτης ακτινοβολίας της Ελλάδας.

Πηγή: https://solargis.com

4.3. Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις

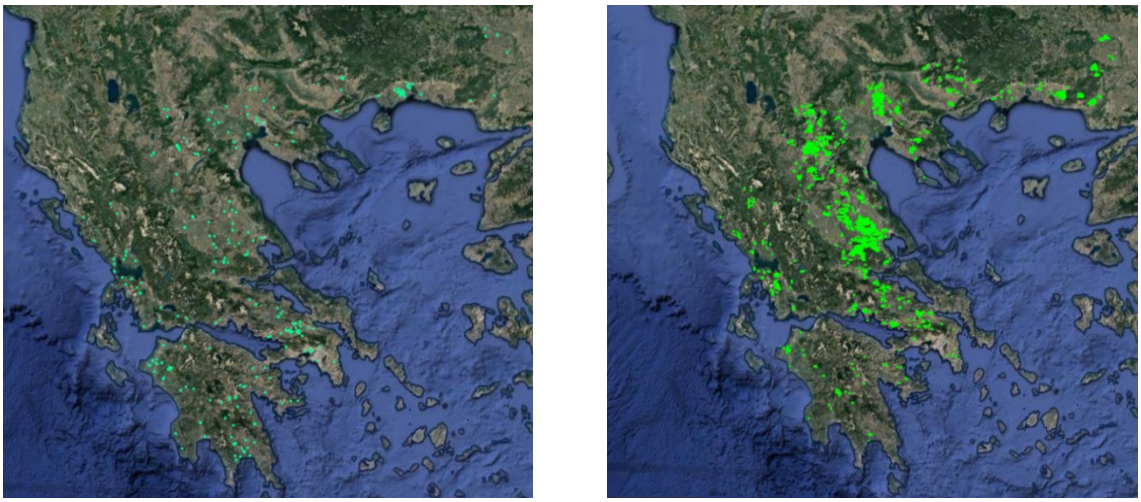
Η ηλιακή ενέργεια είναι μια από τις πιο σημαντικές και καθιερωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, τα πλωτά ηλιακά φωτοβολταϊκά κερδίζουν έδαφος, τα οποία, σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, θα μπορούσαν να διπλασιάσουν την εγκατεστημένη ισχύ. Αυτή τη στιγμή, έχει αυξηθεί από 61 MW το 2015 σε περισσότερα από 3 GW το 2021, με 688 MW να προστίθενται μόνο το 2020.

Η ηλιακή ενέργεια από φωτοβολταϊκά, χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να γίνει αυτό, απαιτούνται τρία στοιχεία:

- φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία μετατρέπουν φωτόνια σε ηλεκτρική ενέργεια.
- αντιστροφείς, οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ρεύμα και επομένως σε ηλεκτρική ενέργεια για κατανάλωση.
- και μετασχηματιστές, οι οποίοι ανεβάζουν την τάση για να μειώσουν τις ηλεκτρικές απώλειες.

Αναλυτικά, ο αντιστροφέας έχει τη λειτουργία να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα, που παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες, σε εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Αυτός ο μετασχηματισμός επιτυγχάνεται μέσω συσκευών που καταφέρνουν να μετατρέψουν ένα γραμμικό ρεύμα σε ημιτονοειδές ρεύμα.

Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή είναι σε λειτουργία πάνω από 300 εγκαταστάσεις Φ/Β μεγαλύτερες από 1 MW βάσει στατιστικών στοιχείων της ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας). Μέσα από το γεωπληροφοριακό χάρτη της ΡΑΕ αντλήθηκαν τα στοιχεία για τις ενεργές εγκαταστάσεις, για τις εγκαταστάσεις που έχουν πάρει Βεβαίωση Παραγωγού, αλλά που ακόμη βρίσκονται στη φάση της αδειοδότησης. Οι εγκαταστάσεις και οι τρέχουσες άδειες έχουν κατηγοριοποιηθεί με κριτήριο το γεωγραφικό διαμέρισμα στο οποίο βρίσκονται. Αυτή τη στιγμή η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε Φ/Β μεγαλύτερα από 1 MW είναι 1,169 GW. Οι νέες εγκαταστάσεις Φ/Β που έχουν λάβει Βεβαίωση Παραγωγού μέχρι και σήμερα σύμφωνα με τη ΡΑΕ είναι 2189 σε πλήθος και 55,625 GW σε ισχύ. Προφανώς αυτή η εγκατεστημένη ισχύς πρέπει να υποστηριχτεί και από ένα αντίστοιχο δίκτυο μεταφοράς ενέργειας από τον ΑΔΜΗΕ. Το να επεκταθεί το υπάρχουν δίκτυο απαιτεί χρόνο, μελέτες, ανθρώπινο δυναμικό και πόρους. Στην Εικόνα 4.5 Παρουσιάζονται αριστερά οι Φ/Β εγκαταστάσεις > 1 MW που βρίσκονται σε λειτουργία και δεξιά οι άδειες για νέες εγκαταστάσεις. Τα στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω σε πίνακα (Πίνακας 4.1) και σε διαγράμματα (Εικόνα 4.6, 4.7).



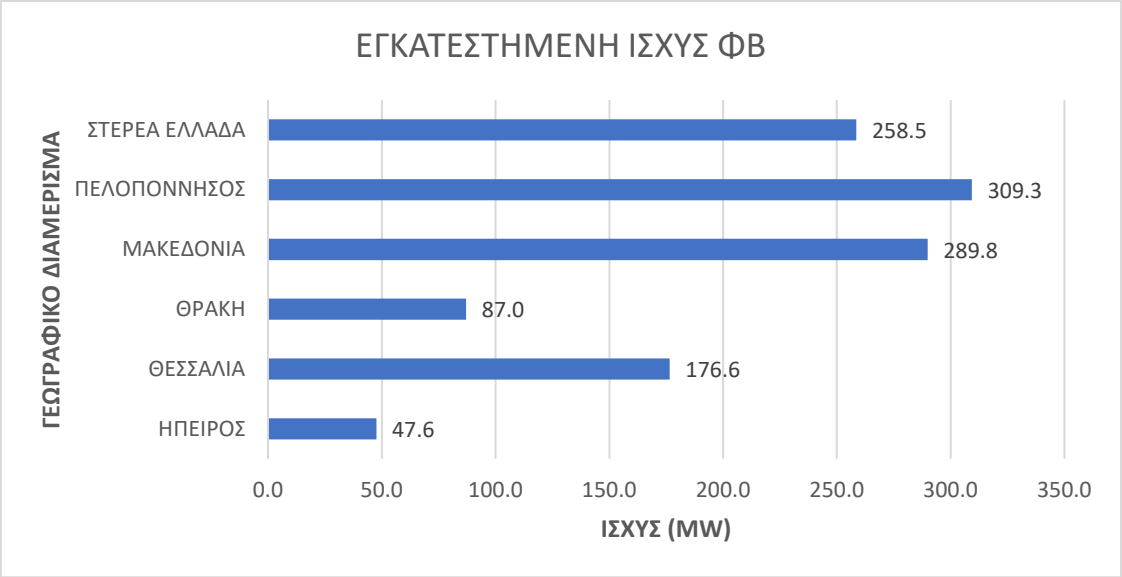
(α) *(β)*

Πηγή: https://geo.rae.gr

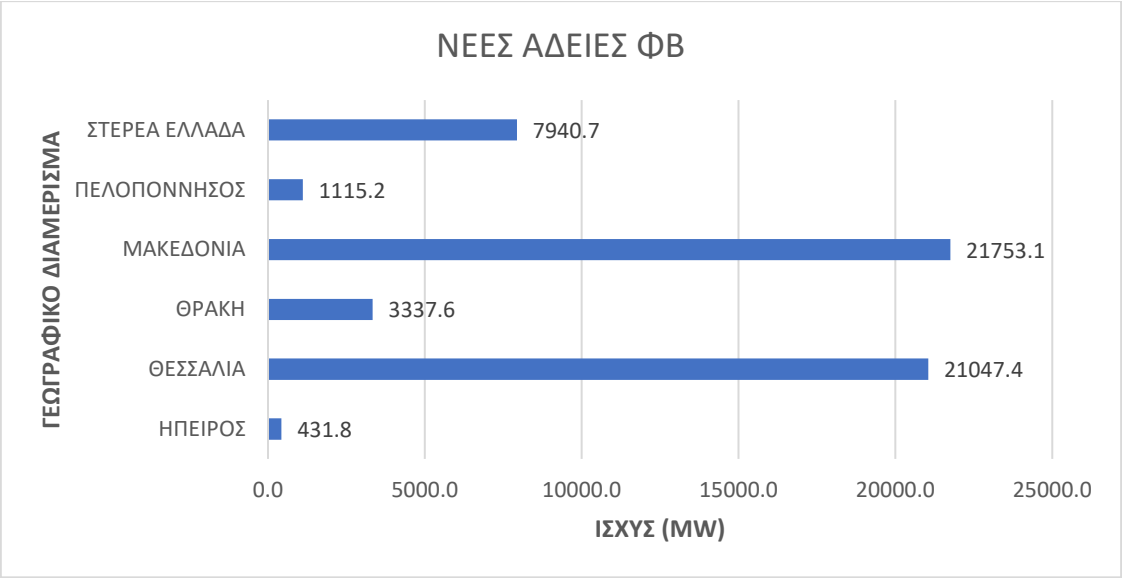
Εικόνα 4.4. Άδειες Φ/Β πάρκων. (α) Σε λειτουργία (β) Νέες αιτήσεις για εγκαταστάσεις.

Πίνακας 4.1. Πίνακας ολοκληρωμένων και νέων αδειών Φ/Β στην Ελλάδα.

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	**ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΕΣ**		**ΝΕΕΣ ΑΔΕΙΕΣ**		**ΑΥΞΗΣΗ**
Α/Α	**ΠΛΗΘΟΣ**	**MW**	**ΠΛΗΘΟΣ**	**MW**	
ΗΠΕΙΡΟΣ	14	47.6	44	431.8	907%
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	40	176.6	585	21047.4	11920%
ΘΡΑΚΗ	31	87.0	159	3337.6	3835%
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	72	289.8	928	21753.1	7506%
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	77	309.3	64	1115.2	361%
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	78	258.5	409	7940.7	3072%
ΣΥΝΟΛΟ	**312**	**1168.9**	**2189**	**55625.8**	



Εικόνα 4.5. Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στην Ελλάδα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.



Εικόνα 4.6. Νέες άδειες Φ/Β στην Ελλάδα ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.

5. ΥΔΡΟΗΛΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΙ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

5.1. Πλωτές Φ/Β Εγκαταστάσεις

Εικόνα 5.1. Τυπική διάταξη υβριδικού συστήματος Φ/Β με ΥΗΣ.

Πηγή: https://www.iberdrola.com/

Ιστορικά, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, είτε μονάδες παραγωγής συνδεδεμένες στο δίκτυο είτε για ιδιοκατανάλωση, έχουν τοποθετηθεί σε μέρη όπου ο καιρός ευνοούσε έναν μεγάλο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας ετησίως και πάντα στο έδαφος ή σε στέγες. Ωστόσο, με αυτόν τον τρόπο απορρίπτονταν και άλλοι πολύ σημαντικοί πόροι: θάλασσα ή άλλα υδάτινα σώματα. Έτσι, γεννήθηκαν τα πλωτά φωτοβολταϊκά, τα οποία χρησιμοποιούν την επιφάνεια αυτών των σημαντικών υδάτινων σωμάτων για να εγκαταστήσουν πλωτά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα, η πλωτή ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε να διπλασιάσει την υπάρχουσα εγκατεστημένη ισχύ ηλιακής ενέργειας επειδή υπάρχουν περισσότερα από 400.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα τεχνητών δεξαμενών νερού στον κόσμο.

Αυτή η παραλλαγή ηλιακών φωτοβολταϊκών κερδίζει δυναμική στην Ασία, ιδιαίτερα στην Κίνα (συνολικά 1,3 GWp) και με περισσότερο από το 85% να αναπτύσσεται στην Ανατολική και Νοτιοανατολική Ασία. Όσον αφορά την Ευρώπη, η Ολλανδία διαθέτει ήδη αρκετούς πλωτούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς, ενώ, στην περίπτωση της Ισπανίας, αυτή η πρωτοβουλία είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα γιατί είναι η χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τις περισσότερες υποδομές αυτού του τύπου. Συγκεκριμένα 1.225, σύμφωνα με την Απογραφή Επιχειρήσεων και Δεξαμενών του Υπουργείου Γεωργίας, Αλιείας και Τροφίμων. Οι πλωτές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν πολλές ομοιότητες με τις παραδοσιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, αλλά και κάποιες διαφορές, ιδίως όσον αφορά την αγκύρωση και τις βάσεις στήριξης. Τα πλωτά φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι γενικά τα ίδια με αυτά που εγκαθίστανται στην ξηρά και είναι

συνήθως διπλής όψης, καθώς αυτός ο τύπος, επειδή είναι διπλό γυαλί, παρέχει καλύτερη προστασία από την υγρασία και τη διάβρωση.

Όσον αφορά το πλωτό σύστημα, υπάρχουν ουσιαστικά τέσσερις τύποι, αν και η καινοτομία αρχίζει να κινείται προς μεικτούς τύπους. Αυτά τα τέσσερα μοντέλα είναι τα εξής:

Καθαρό: Σε αυτά τα συστήματα, τα Φ/Β πλαίσια βρίσκονται πάνω από το σύστημα στήριξης. Σε αυτά τα συστήματα, είναι σημαντικό να υπολογιστεί η μέγιστη γωνία κλίσης για να αντισταθμιστεί το αυξημένο κόστος των συστημάτων αγκύρωσης λόγω των φορτίων στην κατασκευή με την πιθανή αύξηση της παραγωγής βελτιστοποιώντας τη γωνία κλίσης.

Μεταλλικά: Έχουν χαλύβδινη δομή που υποστηρίζεται από ένα πλωτό σύστημα στο οποίο στηρίζονται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και, παρόλο που προσφέρουν καλύτερη ψύξη με αντίκτυπο στην παραγωγή, το κόστος των πλωτών συστημάτων μπορεί να είναι υψηλότερο.

Μεμβράνη: Σε αυτά τα συστήματα, οι μονάδες στηρίζονται απευθείας σε μεμβράνη σε επαφή με το νερό. Σε αυτά τα συστήματα, αν και τα φορτία είναι χαμηλότερα, η παραγωγή μπορεί να είναι μικρότερη ανάλογα με την τοποθεσία του εργοστασίου.

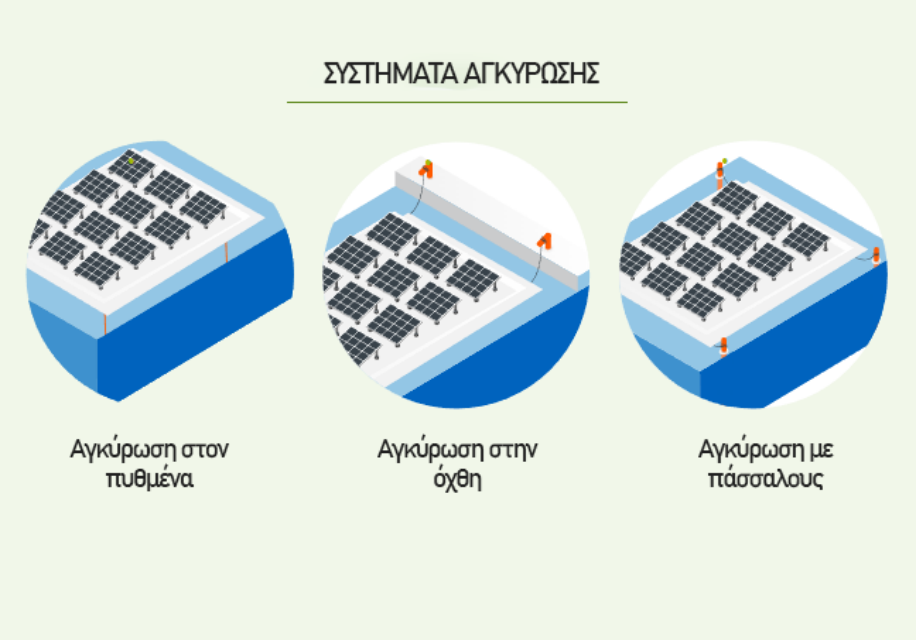
Άλλα συστήματα: Συστήματα με εναλλακτικά υλικά, συνήθως αποτελούμενα από σίδηρο και σκυρόδεμα, προς το παρόν με χαμηλότερο επίπεδο υλοποίησης.

Και τέλος, τα συστήματα αγκύρωσης, ένα από τα κλειδιά της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και θεμελιώδες για τη διατήρηση της πλατφόρμας στη θέση της. Από αυτή την άποψη, το πρώτο βήμα είναι να πραγματοποιηθεί μια βαθυμετρική έρευνα, δηλαδή μια τοπογραφική μελέτη του βυθού. Επιπλέον, είναι επίσης σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι η εγκατάσταση πρέπει να έχει ορισμένες κινήσεις, καθώς και να λαμβάνεται υπόψη ότι σε μια λεκάνη, η στάθμη και το βάθος του νερού ποικίλλουν. Οι τρεις πιο συνηθισμένοι τύποι αγκυρώσεων είναι (Εικόνα 5.2):

-Αγκύρωση στον πυθμένα

-Αγκύρωση στην όχθη

-Αγκύρωση με πασσάλους.



Εικόνα 5.2. Τύποι αγκύρωσης πλωτών Φ/Β εγκαταστάσεων.

Πηγή: https://www.iberdrola.com/

5.2. Παραδείγματα Πλωτών Φ/Β

Οι 10 μεγαλύτερες εγκαταστάσεις πλωτών φωτοβολταϊκών πάρκων στον κόσμο παρουσιάζονται επιγραμματικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1). Μερικές από αυτές βρίσκονται σε ταμιευτήρα και άλλες σε μεγάλα υδάτινα σώματα.

Πίνακας 5.1 Οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις πλωτών Φ/Β στον κόσμο.

Α/Α	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΙΣΧΥΣ (MW)
1	Saemangeum	2100
2	Omkareshwar Dam	600
3	Hangzhou	320
4	Three Gorges	150
5	Cirata Reservoir	145
6	NTPC Kayamkulam	105
7	NTPC Ramagundam	100
8	CECEP's	70
9	Sembcorp	60
10	Hapcheon Dam	41

Saemangeum

Στη Νότιο Κορέα στην περιοχή Saemangeum δημιουργήθηκε ένα Project που δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη και θα είναι το μεγαλύτερο πλωτό Φ/Β πάρκο στον κόσμο με εγκατάσταση 2,1 GW. Η ενέργεια που θα παράγεται από το πλωτό Φ/Β πάρκο θα πωλείται στην Korea Hydro & Nuclear Power στο πλαίσιο συμφωνίας αγοράς ενέργειας.

Omkareshwar

Αυτή τη στιγμή η μεγαλύτερη εγκατάσταση πλωτού Φ/Β πάρκου βρίσκεται στο φράγμα Omkareshwar, στον ποταμό Narmada στην Ινδία, το οποίο έχει εγκατεστημένη ισχύς 600 MW. Ο ΥΗΣ είναι ισχύος 525 MW. Το φράγμα παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5.3).

Hangzhou

Η πλωτή εγκατάσταση ολοκληρώθηκε σε 2 φάσεις και είναι συνολικής ισχύος 320 MW και βρίσκεται στην επαρχία Zhejiang στην Κίνα. Τα ετήσια έσοδα από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι περίπου 45 εκατομμύρια δολάρια ενώ το ετήσιο εισόδημα από την αλιεία μπορεί να φτάσει σχεδόν τα 5 εκατομμύρια δολάρια. Οι παρεχόμενοι μετατροπείς έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να αντέχουν σε υγρό περιβάλλον με ιδιαίτερη προσοχή στη στεγανοποίηση της υγρασίας και της σκόνης. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του νερού της δεξαμενής και η υδάτινη περιοχή κάτω από το φωτοβολταϊκό πλαίσια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια ψαριών. Τα πλαίσια συμβάλλουν στη μείωση της εξάτμισης στην επιφάνεια του νερού και στην εξοικονόμηση υδάτινων πόρων, ενώ δημιουργούν ένα καλύτερο περιβάλλον εκκόλαψης για τα ψάρια, το οποίο συμβάλλει στην αύξηση της υδάτινης παραγωγής.

Εικόνα 5.3. Το φράγμα Omkareshwar στην Ινδία.

Πηγή: https://www.power-technology.com/analysis/worlds-biggest-floating-solar-farms/

5.3. Θετικά Εγκατάστασης Φ/Β σε Ταμιευτήρα

1. Μη δέσμευση χερσαίου χώρου

   Αξιοποίηση μη εκμεταλλεύσιμου, με άλλο τρόπο, χώρου της επιφάνειας του ταμιευτήρα. Ο χερσαίος χώρος έχει μεγάλη αξία είτε για τη γεωργία είτε για μελλοντικά αναπτυξιακά έργα που θα συμβάλλουν στην ανάπτυξη μιας περιοχής και κατ' επέκταση της τοπικής κοινωνίας. Επίσης δασικές εκτάσεις ή εκτάσεις NATURA δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν.

2. Μείωση εξάτμισης του νερού του ταμιευτήρα

   Λόγω της κάλυψης της επιφάνειας του ταμιευτήρα με την Φ/Β εγκατάσταση από τα πλαίσια, δημιουργείται ένα πέπλο σκίασης που εμποδίζει την ακτινοβολία άμεσα να πέσει στο νερό, με αποτέλεσμα να μην εξατμίζεται το ίδιο εύκολα και να αξιοποιείται από τον ΥΗΣ περισσότερο νερό είτε για παραγωγή ενέργειας είτε για άντληση. Αναφέρεται ότι η ετήσια εξάτμιση από ταμιευτήρα στην Ινδία μειώθηκε κατά 1395 m^3 ανά MWp εγκατάστασης πλωτών Φ/Β.

3. Βελτίωση της ποιότητας του νερού

   Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στην τεχνητή λίμνη είναι η ανάπτυξη άλγης και προβλήματα ευτροφισμού. Η σκίαση που προσφέρει η εγκατάσταση Φ/Β μειώνει την ακτινοβολία και επομένως την

υπερανάπτυξη άλγης και οργανισμών που συμβάλλουν στον ευτροφισμό, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα του νερού.

4. Περισσότερη παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ

   Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται ραγδαία. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αλλαγή του κλίματος. Οι ΑΠΕ είναι κατάλληλες αφού έχουν μηδενική παραγωγή σε αέρια του θερμοκηπίου.

5. Λιγότερες έως και μηδαμινές πιθανότητές βανδαλισμού της εγκατάστασης.

   Η δυσκολία πρόσβασης στην εγκατάσταση λόγω του ότι βρίσκεται στη μέση ενός υδάτινου σώματος, το καθιστά ιδανικό για την αποφυγή βανδαλισμών, δολιοφθορών, κλοπής και άλλων εγκληματικών ενεργειών που θα έφερναν την εγκατάσταση σε ρίσκο.

6. Μικρότερη αισθητική επιβάρυνση

   Η παρουσία Φ/Β πάρκων στο έδαφος είναι ιδιαίτερα αισθητή στο ανθρώπινο μάτι κυρίως λόγω της χρωματικής διαφοράς του εδάφους με τα πλαίσια και τις βάσεις στήριξης (καφέ-μπλε-ασημί). Σε αντίθεση βρίσκεται η χρωματική διαφορά του νερού με τα Φ/Β που δημιουργεί λιγότερη αντίθεση στο ανθρώπινο μάτι καθώς μπορεί να επιτευχθεί να έχουν το ίδιο χρώμα.

7. Αυξημένη παραγωγή συγκριτικά με Φ/Β εδάφους.

   Το νερό λειτουργεί ως μια φυσική μέθοδος ψύξης για την εγκατάσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα Φ/Β να δουλεύουν με αυξημένη απόδοση συγκριτικά με αυτά του εδάφους, της τάξης του 5%. Αυξημένη παραγωγή σημαίνει μικρότερη δέσμευση χώρου και λιγότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον.

8. Αξιοποίηση ήδη υπάρχουσας εγκατάστασης δικτύου.

   Η ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα από τα βασικά θετικά χαρακτηριστικά της υβριδικής εγκατάστασης καθώς δε χρειάζεται επιπλέον μελέτη για το φόρτο που αναλαμβάνει το δίκτυο και επιπλέον έργα για αύξηση του χώρου του δικτύου, όπως υποσταθμοί και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως μικρότερο κόστος και ευκολία στη δημιουργία τέτοιων έργων που δε κωλυσιεργούν.

9. Λιγότερη έως μηδαμινή σκίαση της εγκατάστασης λόγω ανοιχτού πεδίου

   Η εγκατάσταση Φ/Β σε ταμιευτήρα έχει το θετικό ότι βρίσκεται τοπογραφικά στην ύπαιθρο χωρίς την παρουσία όγκων που να εμποδίζουν την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην εγκατάσταση. Βέβαια αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψιν και στη διαδικασία της μελέτης ώστε να αποφευχθούν σημεία εγκατάστασης πλησίον ψηλών λόφων.

10. Όχι εμπόδια και δύσκολη γεωμορφολογία.

    Η επίπεδη επιφάνεια του ταμιευτήρα προσφέρει πρόσφορο πεδίο έδρασης της εγκατάστασης χωρίς να χρειάζονται επιπλέον χωματουργικές εργασίες για επιπεδοποίηση εδάφους ή και εργασίες για απομάκρυνση εμποδίων υπόγειων που εμποδίζουν τη θεμελίωση ή επιφανειακών που εμποδίζουν την εγκατάσταση.

11. Γρήγορη εγκατάσταση και απεγκατάσταση

    Η απουσία θεμελίωσης, χωματουργικών και μεγάλων βάσεων στήριξης καθιστά την πλωτή πλατφόρμα πιο εύκολη και ταχύτερη στην εγκατάσταση καθώς και στην απεγκατάσταση της στο μέλλον όταν και αν χρειαστεί η απομάκρυνσή της. Η μόνη εργασία που γίνεται είναι η αγκύρωση της στον πυθμένα του ταμιευτήρα που πρακτικά είναι πολύ μικρότερου όγκου από εγκαταστάσεις εδάφους.

12. Απουσία κυματισμών

Η λίμνη που σχηματίζεται από το φράγμα έχει στάσιμα νερά και μικρή παρουσία ρευμάτων που την κάνει να υπερτερεί συγκριτικά με υπεράκτιες εγκαταστάσεις σε θαλάσσια υδάτινα σώματα, αφού χρειάζεται λιγότερη μελέτη και πιο ελαφριά αγκύρωση, άρα μικρότερο κόστος και ταχύτερη εγκατάσταση.

6. ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.1. Επιλογή Θέσης

Η χωροθέτηση των πλωτών φωτοβολταϊκών γίνεται σε υδάτινες επιφάνειες. Κατά την χωροθέτηση του συστήματος παραγωγής ενέργειας είναι σημαντικό να βρεθεί το κατάλληλο σημείο ώστε να είναι οικονομικά επικερδές αλλά και να διατηρείται σταθερή η δομή του. Είναι σημαντικό να εξεταστούν οι επιπτώσεις των καιρικών συνθηκών, όπως ο άνεμος, η ροή του νερού, διάφοροι άλλοι παράγοντες ανάλογα με την εκάστοτε υποψήφια τοποθεσία που μπορούν να μειώσουν την απόδοση, τη δυνατότητα σύνδεσης με το υπόλοιπο σύστημα μεταφοράς ενέργειας και τους νομικούς περιορισμούς. Συγκεκριμένα οι σημαντικότεροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την επιλογή του κατάλληλου σημείου είναι οι εξής (Choi, 2014):

- Παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η ομίχλη, ο βαθμός σκίασης κ.λπ.
- Παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση και συντήρηση. Παραδείγματα είναι το βάθος του νερού, η προσβασιμότητα, οι παρεμβολές από άλλες εγκαταστάσεις, ο σχηματισμός πάγου κ.λπ.
- Σύνδεση με το σύστημα παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας, όπως η απόσταση από την γραμμή διανομής κ.λπ.
- Νομικοί περιορισμοί, όπως είναι το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι περιοχές Natura 2000 κλπ.

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία (Tina et al., 2018) για τις γεωγραφικές και τεχνικές δυνατότητες των πλωτών φωτοβολταϊκών συστημάτων, παρουσιάζει τον συντελεστή καταλληλότητας a_{sw} ανάλογα με το είδος της υδάτινης επιφάνειας. Αυτή η μελέτη βασίζεται σε προηγούμενη έρευνα για τις δυνατότητες που έχουν τα επίγεια συστήματα (Martín-Chivelet, 2016) και σε παραδείγματα πλωτών μονάδων σε διαφορετικές λεκάνες.

Ο συντελεστής καταλληλότητας asw είναι ο λόγος μεταξύ της υποψήφιας έκτασης για την εγκατάσταση των πλωτών φωτοβολταϊκών μονάδων A_s και της συνολικής επιφάνειας που είναι υπό εξέταση A_w, δηλαδή η έκταση που καταλαμβάνει η υδάτινη επιφάνεια και δίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\alpha_{sw} = \frac{A_s}{A_w} \times 100\% \, / \qquad (6.1)$$

Ο συντελεστής είναι δίνεται σε ποσοστό (%), οι εκτάσεις A_s και A_W είναι μετρημένες σε τετραγωνικά μέτρα (m^2).

Παρακάτω δίνεται ο προτεινόμενος βαθμός κάλυψης, χωρισμένος σε κλάσεις ανά υδάτινη επιφάνεια:

- Βιομηχανικές λεκάνες ή λεκάνες επεξεργασίας λυμάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται η πλήρης κάλυψη της τάξης του 90 - 95%.
- Λεκάνες άρδευσης και δεξαμενές άντλησης. Η λύση μπορεί να είναι διαφορετική κατά περίπτωση και η κάλυψη που προτείνεται είναι μεταξύ 30 και 60%.
- Υδροηλεκτρικές λεκάνες και δεξαμενές νερού. Σε αυτήν την περίπτωση οι τεχνητές λεκάνες με σταθμούς παραγωγής ενέργειας και ήδη συνδεδεμένες στο δίκτυο, μπορεί να είναι πολύ μεγάλες. Η επιφανειακή χρήση μπορεί να κυμαίνεται από 5% και άνω, αλλά σχετίζεται αυστηρά με τις δραστηριότητες που προκαλούνται από την επίδραση της τεχνητής λεκάνης στην υδρογραφία και τις συνδεδεμένες ανθρώπινες δραστηριότητες.

- Φυσικές λίμνες. Η συγκεκριμένη κατηγορία είναι ιδιαίτερα ξεχωριστή και για αυτόν τον λόγο, η κάλυψη δεν μπορεί να ξεπεράσει το 5% της συνολικής επιφάνειας, ανάλογα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το φυσικό τοπίο της ευρύτερης περιοχής.

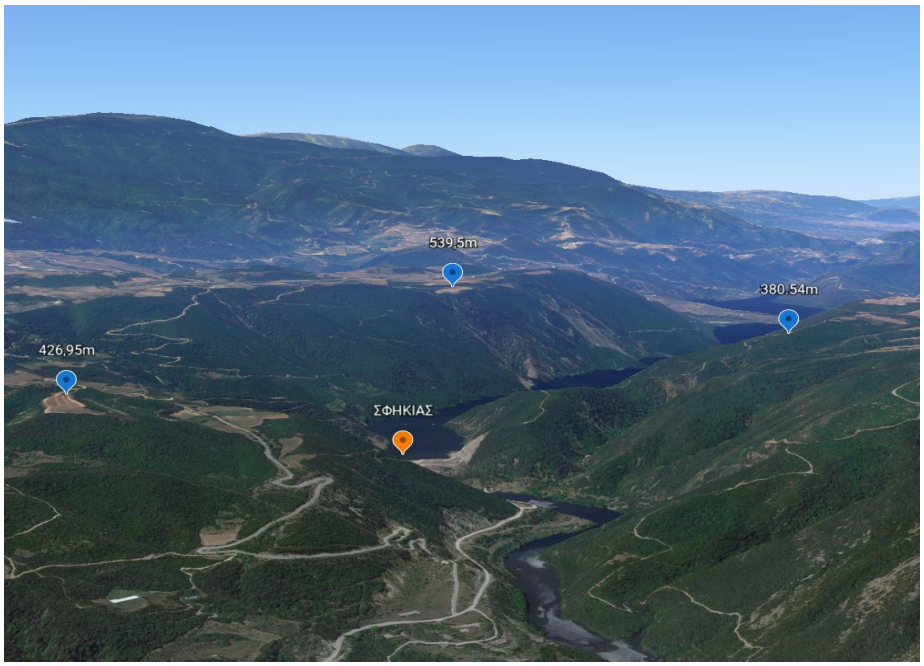
- Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις σε θαλάσσια ύδατα, υπάρχουν αρκετές πιθανές λύσεις κατά περίπτωση. Αν η υποψήφια προς χωροθέτηση τοποθεσία είναι κατά βάση ρηχά νερά, η κάλυψη μπορεί να αυξηθεί τουλάχιστον 10%, όμως εν τέλει αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι το περιβαλλοντικό ή τουριστικό ενδιαφέρον που υπάρχει για την περιοχή μελέτης. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως ατόλες ή θάλασσα χαμηλού βάθους κοντά σε ακτές, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η επίδραση των κυμάτων και η εγγύτητα της σύνδεσης του πλωτού φωτοβολταϊκού συστήματος με το υπόλοιπο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τότε η διαθέσιμη επιφάνεια είναι θεωρητικά απεριόριστη, το μέγεθος της πλωτής εγκατάστασης δεν μπορεί να δοθεί ως μέρος της περιοχής μελέτης και βασίζεται στην κρίση του μελετητή.

6.2. Προκαταρκτική Αναζήτηση Θέσης

Σε αυτό το στάδιο αναζητήθηκαν όλοι οι ΥΗΣ της Ελλάδας στο Google Earth και αξιολογήθηκαν, με βάση την τοποθεσία και τη μορφολογία της περιοχής, αν είναι ιδανικοί για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος. Οι μεγάλες και βαθιές χαράδρες κρίθηκαν ως λιγότερο κατάλληλες, ενώ οι περιοχές χωρίς περιμετρικά ψηλούς λόφους ως ιδανικές. Εν δυνάμει σχεδόν όλες οι τοποθεσίες μπορούν να είναι υποψήφιες για εγκατάσταση αφού κυρίως τα θετικά του συνδυασμού φωτοβολταϊκών με ΥΗΣ είναι αρκετά για να κάνουν και μια λιγότερο κατάλληλη θέση με περισσότερη σκίαση από τις άλλες ιδανική. Παρακάτω ακολουθούν τα στοιχεία επιλογής της θέσης ξεκινώντας από τις θέσεις που θα απορριφθούν κυρίως λόγω πολλών ψηλών περιμετρικών βουνών με αποτέλεσμα μειωμένης παραγωγής. Έγινε προσομοίωση για εγκατάσταση 1MW, με τα πλαίσια να βρίσκονται σε γωνία 10 μοιρών

Ο προσανατολισμός όλων τον εικόνων είναι ο ίδιος με της εγκατάστασης, Νότια.

Ι. ΥΗΣ Σφηκίας. <u>Εγκατάσταση</u>: 315MW – <u>Παραγωγή</u>: ~380GWh/έτος



Εικόνα 6.1. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Σφηκίας.

Πηγή: Google Earth

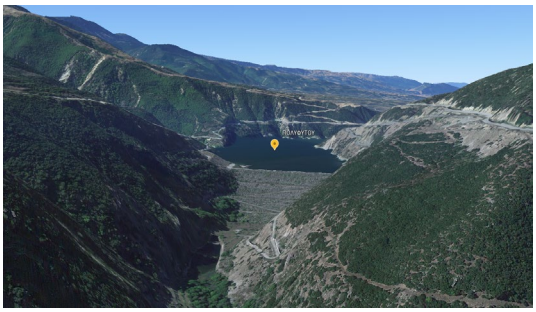
Ο ΥΗΣ Σφηκιάς περιβάλλεται περιμετρικά από 3 βουνά μεγάλου υψομέτρου, 539.5 m, 427 m και 380.5 m.

Πίνακας 6.1. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Σφηκίας.

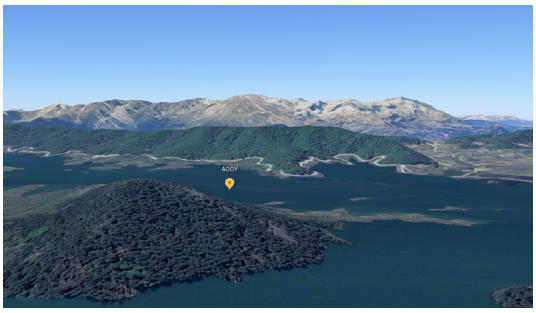
Γωνία [°]:	10
Αζιμούθιο [°]:	0
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [kWh]:	**1257110.44**

Με τον ίδιο τρόπο έγιναν προσομοιώσεις για εγκατάσταση Φ/Β στους ΥΗΣ Ασωμάτων, Πολυφύτου, Αώου και Πλαστήρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.

(α)



(β)



(γ)

(δ)

Εικόνα 6.2. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ (α) Ασωμάτων (β) Πολυφύτου (γ) Αώου και (δ) Πλαστήρα.

Πίνακας 6.2. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Ασωμάτων, Πολυφύτου, Αώου και Πλαστήρα.

Περιοχή	**Γωνία**	**Ετήσια Παραγωγή**
Ασωμάτων	10	1330136.84
Πολυφύτου	10	1387515.66
Αώου	10	1369003.00
Πλαστήρα	10	1340327.49

ΙΙ. ΥΗΣ Στράτος Ι. <u>Εγκατάσταση</u>: 150MW – <u>Παραγωγή</u>: ~237GWh/έτος

Εικόνα 6.3. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Στράτος Ι.

Ο ΥΗΣ Στράτος Ι πρακτικά δεν περιβάλλεται από κανένα βουνό. Επίσης η λεκάνη δεν έχει κανένα εμπόδιο. Η θέση αυτή είναι ιδανική.

Πίνακας 6.3. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Στράτου Ι.

Γωνία [°]:	10
Αζιμούθιο [°]:	0
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [kWh]:	**1491297.42**

III. ΥΗΣ Κρεμαστών. <u>Εγκατάσταση</u>: 440MW – <u>Παραγωγή</u>: ~848GWh/έτος

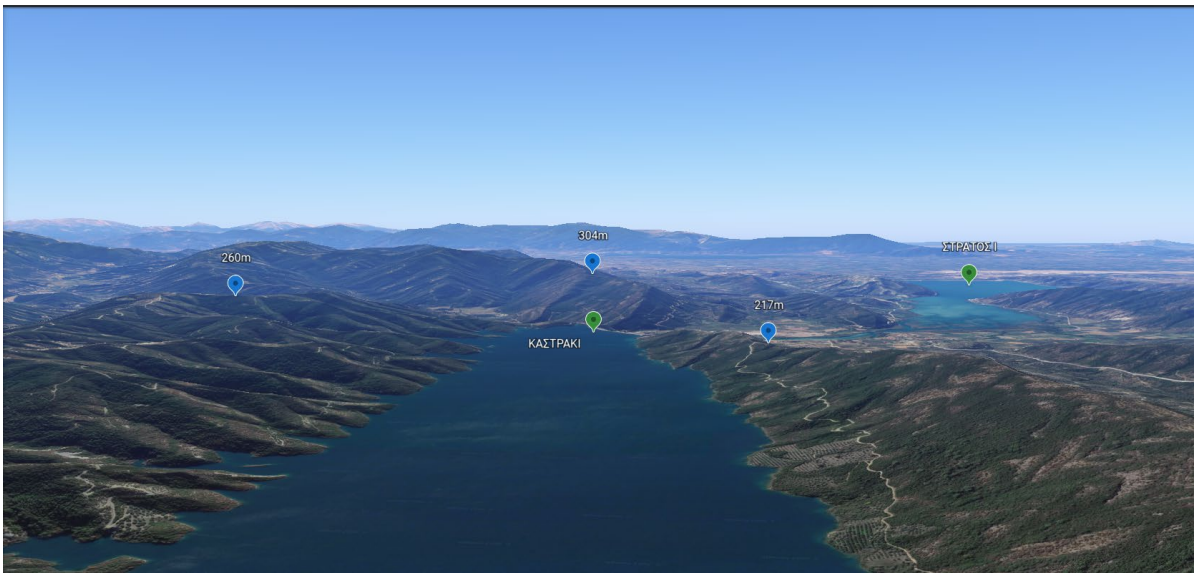
Ο ΥΗΣ βρίσκεται και αυτός σε ανοιχτό αρκετά σημείο χωρίς πολλά περιμετρικά βουνά, μόνο ένα ύψους 263,7 m. Η λεκάνη έχει κάποια χερσαία εμπόδια αλλά έχει πολύ ελεύθερο χώρο και δεν καθιστά πρόβλημα για την εγκατάσταση στην προκειμένη περίπτωση. Είναι μια άριστη θέση για εγκατάσταση.

Εικόνα 6.4. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Κρεμαστών.

Πίνακας 6.4. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Κρεμαστών.

Γωνία [°]:	10
Αζιμούθιο [°]:	0
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [kWh]:	**1432734.6**

IV. ΥΗΣ Καστρακίου. <u>Εγκατάσταση</u>: 320MW – <u>Παραγωγή</u>: ~598GWh/έτος



Εικόνα 6.5. 3D Απεικόνιση της περιοχής στον ΥΗΣ Καστρακίου.

Ο ΥΗΣ Καστρακίου περιβάλλεται από κάποια βουνά περιμετρικά χαμηλού υψομέτρου και ήπιας κλίσης που δεν εμποδίζουν ιδιαίτερα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θέση της λεκάνης είναι και αυτή σε αρκετά ανοιχτό σημείο που καθιστούν την εγκατάσταση ιδανική.

Πίνακας 6.5. Προσομοίωση ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Καστρακίου.

Γωνία [°]:	10
Αζιμούθιο [°]:	0
Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [kWh]:	**1447222.08**

Με σύγκριση των τελευταίων 3 θέσεων βλέπουμε ότι υπερτερεί η θέση στον ΥΗΣ Στράτος Ι καθώς η παραγωγή εκεί είναι μεγαλύτερη λόγω λιγότερης σκίασης από τα τριγύρω βουνά.

Ακολουθεί η προσομοίωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ισχύος 1 MW στις 3 τελευταίες θέσεις με προσανατολισμό στο Νότο με αζιμούθιο 0°, κλίση πλαίσια 10°. (Πίνακας 6.6)

Επομένως με βάση τον παρακάτω πίνακα επιλέγεται ως θέση εγκατάστασης αυτή του ΥΗΣ Στράτος Ι.

Πίνακας 6.6. Σύγκριση προσομοίωσης μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής ΥΗΣ Στράτου, Καστρακίου και Κρεμαστών.

	ΣΤΡΑΤΟΣ		**ΚΑΣΤΡΑΚΙ**		**ΚΡΕΜΑΣΤΑ**	
Μήνας	ΗΜΕΡΗΣΙΑ	ΜΗΝΙΑΙΑ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ	ΜΗΝΙΑΙΑ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ	ΜΗΝΙΑΙΑ
1	2296.61	71194.88	2222.38	68893.65	2194.86	68040.67
2	2831.58	79284.19	2716.73	76068.35	2654.74	74332.62
3	3782.61	117260.87	3634.96	112683.63	3585.15	111139.62
4	4745.91	142377.17	4549.08	136472.50	4443.68	133310.48
5	5256.25	162943.82	5059.98	156859.25	4949.16	153424.03
6	5811.03	174330.76	5633.70	169011.13	5605.96	168178.76
7	5986.42	185578.87	5839.74	181031.95	5851.48	181396.02
8	5580.03	172980.92	5429.80	168323.77	5430.51	168345.67
9	4487.83	134634.91	4391.98	131759.52	4369.69	131090.81
10	3432.86	106418.58	3377.25	104694.77	3378.09	104720.67
11	2626.79	78803.79	2565.94	76978.34	2515.06	75451.68
12	2111.97	65470.94	2058.51	63813.72	2039.65	63229.05
ΕΤΗΣΙΑ	4079.16	1491279.70	3956.67	1446590.58	3918.17	1432660.08
		100.00%		97.00%		96.07%

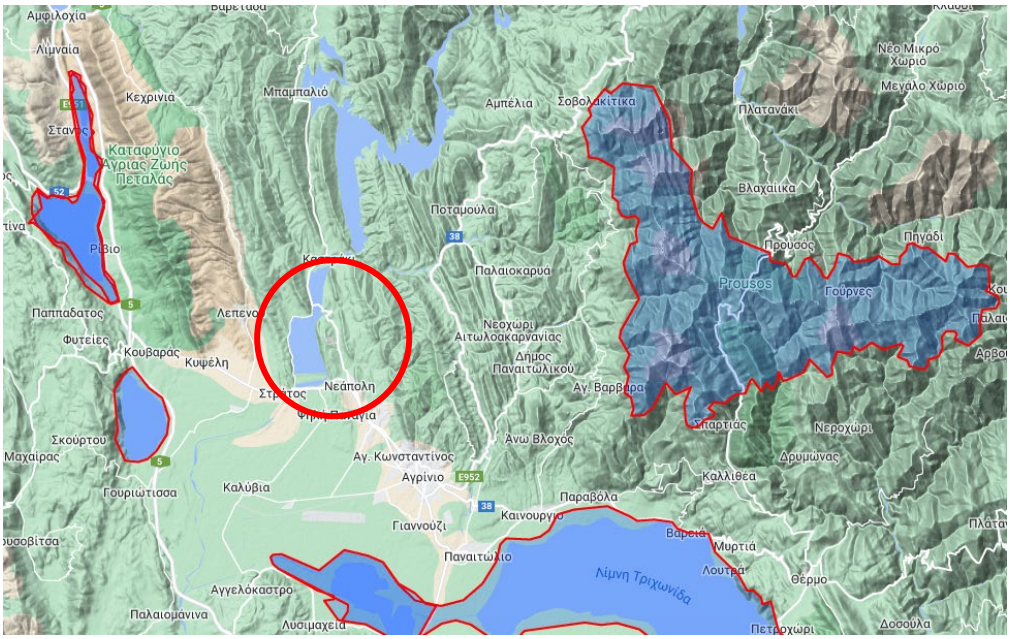
6.3. Στοιχεία Θέσης Εγκατάστασης

Γεωγραφική Θέση

Η τεχνητή λίμνη του ΥΗΣ Στράτος Ι βρίσκεται στο σημείο με συντεταγμένες ΕΓΣΑ

Χ = 267727.9654 και
Υ = 4285766.4465

Η θέση της μονάδας βρίσκεται στο ταμιευτήρα του ΥΗΣ Στράτος Ι που υπάγεται στο Δήμο Στράτου της περιφερειακής ενότητας Αιτωλοακαρνανίας. Η συγκεκριμένη τοποθεσία βρίσκεται εκτός NATURA 2000, όπως φαίνεται και στην εικόνα (Εικόνα 6.6).



Εικόνα 6.6. Θέση εγκατάστασης σε σχέση με περιοχές NATURA 2000.

Σε ότι αφορά τη διοικητική υπαγωγή της δραστηριότητας αναφέρονται τα εξής:

Περιφέρεια: Δυτικής Ελλάδας

Περιφερειακή Ενότητα: Αιτωλοακαρνανίας

Δήμος: Στράτου

Τοπική Κοινότητα: Στράτου

Σε ότι αφορά τον πληθυσμό σύμφωνα με απογραφή του 2001, η περιφερειακή ενότητα Δυτικής Ελλάδας έχει 679.796 κατοίκους ενώ ο δήμος Στράτου κατοικείται από 6.144 κατοίκους.

Χρήσεις Γης

Πίνακας 6.7. Πίνακας χρήσεων γης δήμου Στράτου

	ΙΔΙΟΤΗΤΑ	*1000 στρέμματα
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Αρόσιμη Γη	35.1
	Μόνιμες Καλλιέργειες	3.1
	Βοσκότοποι - Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	14.0
	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	27.0
ΔΑΣΗ ΗΜΙ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	Δάση	8.5
	Μεταβατικές Δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις	12.7
	Συνδυασμοί θαμνώδους και/ή ποώδους βλάστησης	36.8
	Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	8.8
ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΌ ΝΕΡΑ	Χερσαία Ύδατα	7.2
	Παραθαλάσσιες υγρές ζώνες	0.1
ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Αστική οικοδόμηση	1.6
	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	0.1
ΣΥΝΟΛΟ		155.0

Εικόνα 6.7. Κατανομή χρήσεων γης δήμου Στράτου.

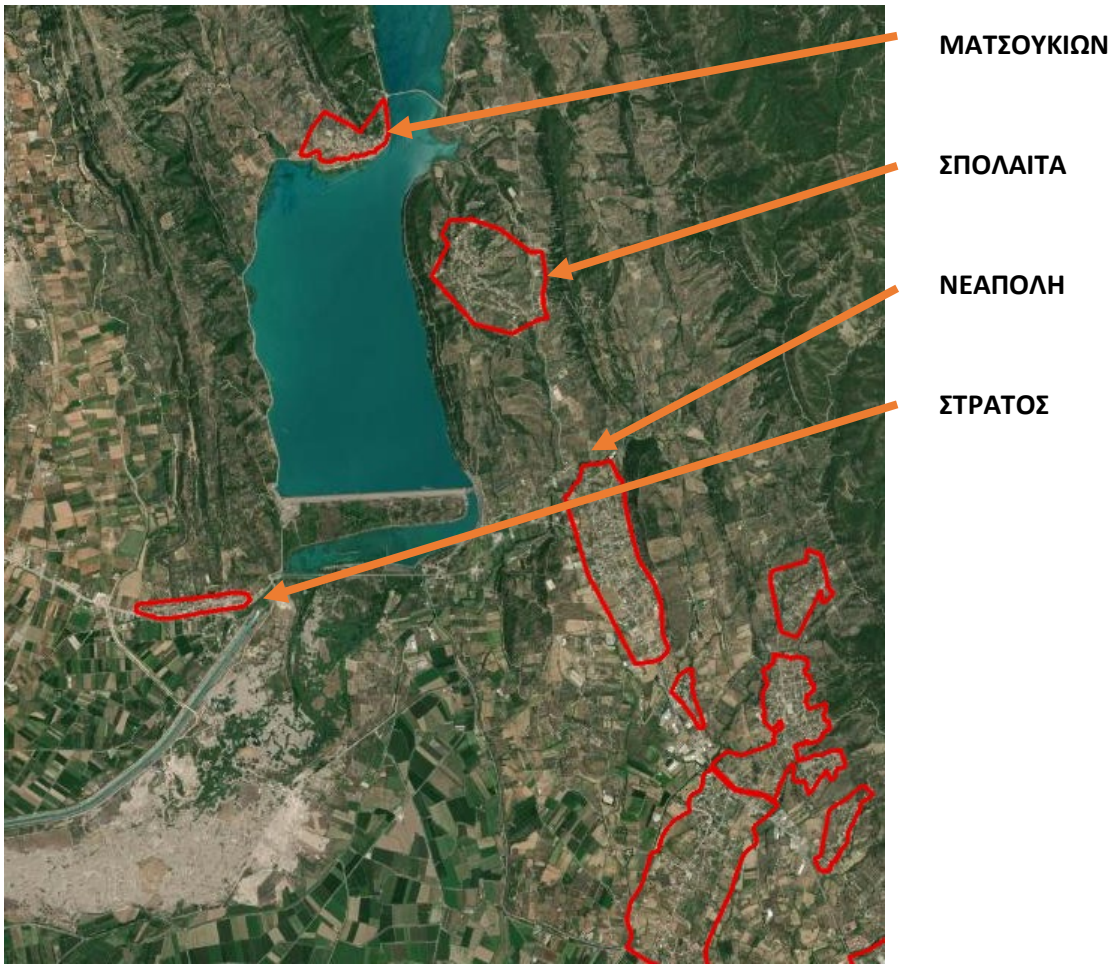
Όπως παρατηρούμε και από τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής αρχής που είναι αναρτημένα στο https://geodata.gov.gr, «Χρήσεις Γης 1999-2000, κατανομή της έκτασης της Ελλάδας στις βασικές κατηγορίες χρήσης/κάλυψης, κατά ΥΠΑ, νομό, δήμο ή κοινότητα» (Πίνακας 6.7), (Εικόνα 6.7), το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης (51%) στο Δήμο Στράτου έχει αφιερωθεί στη γεωργία και καλύπτεται κυρίως από αρόσιμη γη. Ένα μεγάλο μέρος της έκτασης καταλαμβάνεται από Δάση και ημι-φυσικές εκτάσεις και πιο συγκεκριμένα συνδυασμούς θαμνώδους και/ή ποώδους βλάστησης. Συνεπώς οι εκτάσεις της γύρω περιοχής του δήμου έχουν αξία για τις καλλιέργειες και για τη χλωρίδα της περιοχής.

Αξία Γης

Η αντικειμενική αξία της γης της περιοχής γύρω από τον ΥΗΣ Στράτος Ι σύμφωνα με τις Ζώνες Τιμών Αντικειμενικού Προσδιορισμού Αξίων Ακινήτων, είναι:

Πίνακας 6.8. Αξία γης των γειτονικών δήμων του Στράτου.

ΖΩΝΗ	**ΤΙΜΗ (€/τ.μ.)**
ΚΥΚΛΙΚΗ ΖΩΝΗ: Α (14217) ΜΑΤΣΟΥΚΙΟΝ	550
ΚΥΚΛΙΚΗ ΖΩΝΗ: Α (13560) ΣΠΟΛΑΙΤΑ	600
ΚΥΚΛΙΚΗ ΖΩΝΗ: Α (12764) ΝΕΑΠΟΛΗ	650
ΚΥΚΛΙΚΗ ΖΩΝΗ: Α (12649) ΣΤΡΑΤΟΣ	600

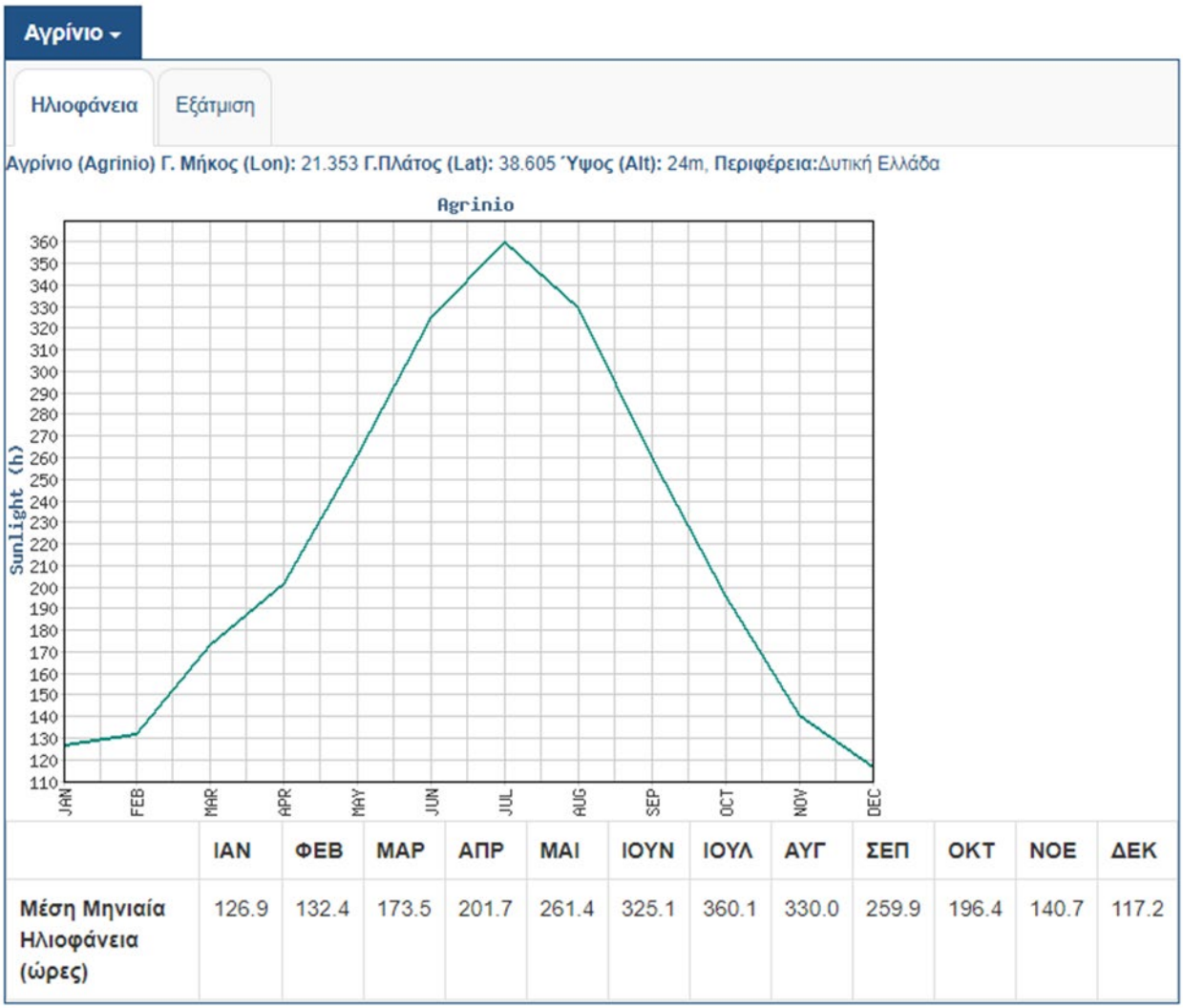


Εικόνα 6.8. Απεικόνιση των δήμων περιμετρικά από τον ΥΗΣ Στράτος Ι.

Μετεωρολογικά Δεδομένα

Τα παρακάτω μετεωρολογικά δεδομένα για ηλιοφάνεια και εξάτμιση έχουν αντληθεί από την ΕΜΥ.

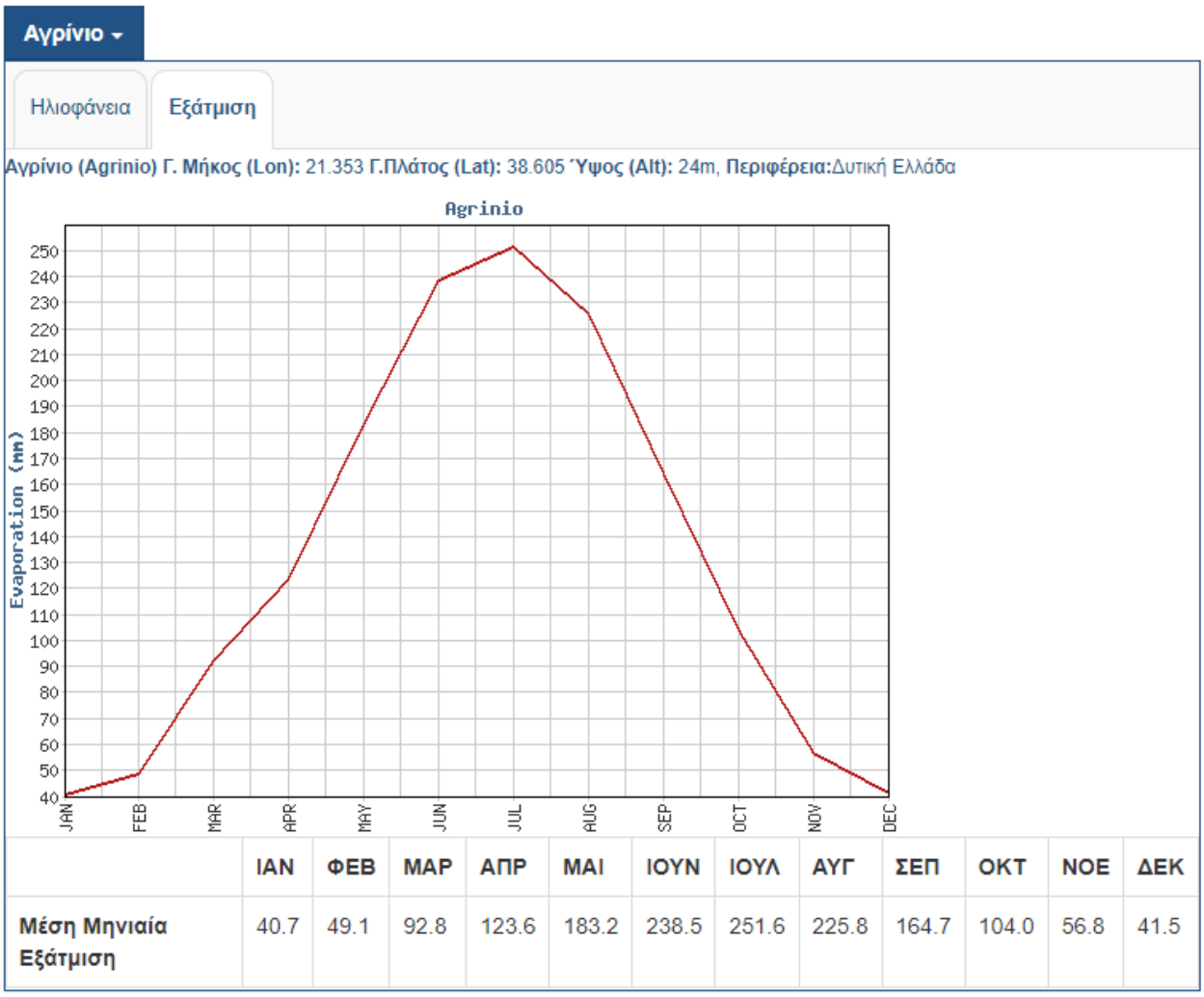
Ηλιοφάνεια



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Ηλιοφάνεια (ώρες)	126.9	132.4	173.5	201.7	261.4	325.1	360.1	330.0	259.9	196.4	140.7	117.2

Εικόνα 6.9. Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια

Εξάτμιση



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Εξάτμιση	40.7	49.1	92.8	123.6	183.2	238.5	251.6	225.8	164.7	104.0	56.8	41.5

Εικόνα 6.10. Μέση μηνιαία εξάτμιση

Πίνακας 6.9. Εξατμιζόμενο νερό και νερό που διασώζεται από τη σκίαση με τα πλωτά Φ/Β

ΜΗΝΑΣ	**Ιαν**	**Φεβ**	**Μάρ**	**Απρ**	**Μάι**	**Ιούν**	**Ιούλ**	**Αύγ**	**Σεπ**	**Οκτ**	**Νοε**	**Δεκ**
(mm)	40.70	49.10	92.80	123.60	183.20	238.50	251.60	225.80	164.70	104.00	56.80	41.50
Εξάτμιση hm^3	0.34	0.41	0.78	1.04	1.54	2.00	2.11	1.90	1.38	0.87	0.48	0.35
Διάσωση hm^3	0.03	0.03	0.06	0.08	0.12	0.16	0.17	0.15	0.11	0.07	0.04	0.03
%	8											

Η εξάτμιση του νερού στην επιφάνεια μιας λίμνης υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$V = E \cdot A \tag{6.1}$$

όπου:

V = ο όγκος του εξατμιζόμενου νερού σε m^3

E = η μηνιαία εξάτμιση σε mm και

A = η επιφάνεια σε m^2

Βάσει της παραπάνω σχέσης και των δεδομένων από την ΕΜΥ (Πίνακας 6.9) (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία), υπολογίζεται η ετήσια εξάτμιση νερού.

Για έκταση 8.4 km^2, 1572.3 mm ετήσια εξάτμιση έχουμε 13.2 hm^3 που εξατμίζονται κάθε χρόνο.

Για τον υπολογισμό του νερού που θα σωθεί από τη σκίαση του συστήματος πολλαπλασιάζουμε και στην παραπάνω σχέση ένα συντελεστή k = 0.8.

Εάν καλυφθεί από τη συνολική έκταση το 9.82% δηλαδή 0.82 km^2 τότε σώζονται 1.04 hm^3 νερού ετησίως δηλαδή το 8% του συνολικού νερού που εξατμίζεται, που μπορεί να διατεθεί για παραγωγή ενέργειας ή/και άρδευση.

Υετός

Τα δεδομένα για τον υετό (Πίνακας 6.10) έχουν αντληθεί από την «Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσής του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία, Κεφ. 5 της Μελέτης Υδατικών Συστημάτων» των κ. Δ. Κουτσογιάννη, Α. Ευστρατιάδη και Ν. Μαμάση.

Πίνακας 6.10. Μηνιαίες επιφανειακές βροχοπτώσεις ανάντη θέσης φράγματος Στράτου με υψομετρική αναγωγή (mm).

1970-1992	**Οκτ**	**Νοέ**	**Δεκ**	**Ιαν**	**Φεβ**	**Μάρ**	**Απρ**	**Μάι**	**Ιούν**	**Ιούλ**	**Αύγ**	**Σεπ**
Ελάχιστη	11	59	41	3	33	14	37	15	9	2	7	7
Μέση	136	217	209	159	168	124	128	82	39	31	30	50
Μέγιστη	305	412	508	392	330	263	270	160	97	85	72	179

Παρακάτω ακολουθεί ο αναλυτικός πίνακας (Πίνακας 6.11) των μηνιαίων υδρολογικών δεδομένων από το 1970-1992. Όπως παρατηρείται η βροχόπτωση τους καλοκαιρινούς μήνες είναι αρκετά χαμηλή με αποτέλεσμα σε συνάρτηση με την εξάτμιση να μειώνεται η περιεκτικότητα του ταμιευτήρα ραγδαία. Πιο αναλυτικά παρατηρείται ότι τους μήνες Φεβρουάριο έως και Αύγουστο ότι η μέση μηνιαία εξάτμιση σε mm είναι μεγαλύτερη από τη μέση μηνιαία βροχόπτωση, που σημαίνει ότι αυτούς τους μήνες υπάρχει σοβαρή έλλειψη.

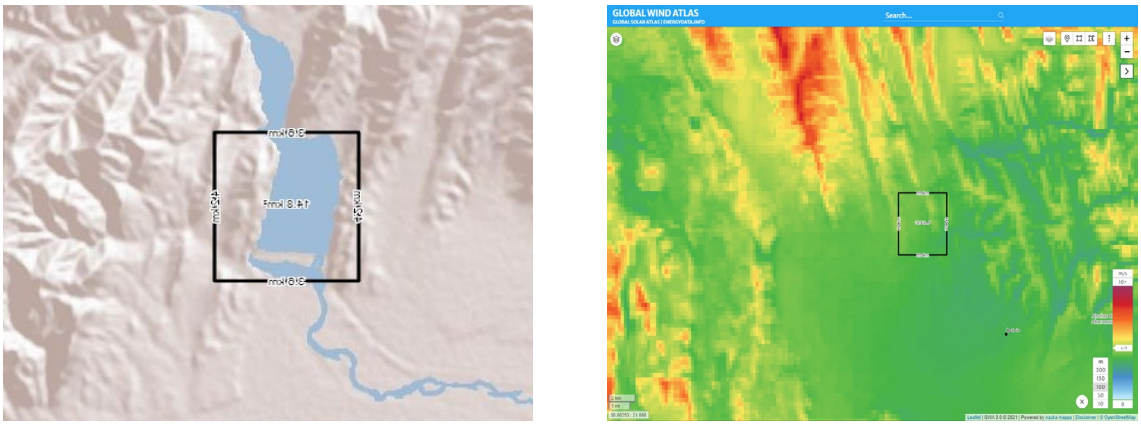
Πίνακας 1.11. Αναλυτικός πίνακας υδρολογικών δεδομένων για το Στράτο. (1970-1992)

Έτος	Οκτ	Νοέ	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ
1970-71	177	137	214	227	240	350	51	61	19	50	28	116
1971-72	68	263	134	167	199	132	169	88	22	85	72	61
1972-73	305	96	45	169	264	199	99	32	49	34	36	66
1973-74	159	157	291	72	222	100	270	108	26	11	11	148
1974-75	261	196	92	39	139	127	56	62	86	32	57	17
1975-76	180	165	167	116	95	78	117	45	65	63	18	17
1976-77	155	295	316	125	117	46	76	48	24	7	29	84
1977-78	28	256	177	239	223	126	223	70	20	6	7	179
1978-79	73	155	224	392	237	112	242	123	58	39	19	29
1979-80	156	208	214	294	71	209	115	144	36	12	37	36
1980-81	259	267	384	234	216	63	98	107	14	17	39	55
1981-82	185	161	491	56	182	161	117	105	32	6	10	47
1982-83	137	241	305	63	176	97	37	57	97	66	28	37
1983-84	76	245	187	252	211	154	148	66	9	7	69	80
1984-85	11	196	76	385	106	201	97	59	18	14	8	8
1985-86	63	412	62	291	330	93	101	79	67	50	14	21
1986-87	79	59	173	266	133	263	74	82	52	29	18	15
1987-88	225	300	173	93	207	133	88	15	17	2	14	36
1988-89	54	330	197	3	135	114	136	94	56	72	17	42
1989-90	185	174	137	4	55	14	128	71	9	11	68	21
1990-91	113	150	508	58	177	71	130	160	24	46	53	7
1991-92	75	226	41	18	33	110	174	101	43	40	17	42

Από τα παραπάνω στοιχεία έχουμε ότι η ετήσια εξάτμιση είναι 1572,3 mm ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 1373 mm. Επομένως από φυσική εισροή στον ταμιευτήρα έχουμε αρνητικό ισοζύγιο.

Άνεμος

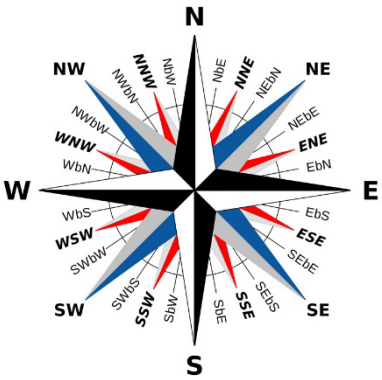
Τα παρακάτω δεδομένα έχουν αντληθεί από το Global Wind Atlas.



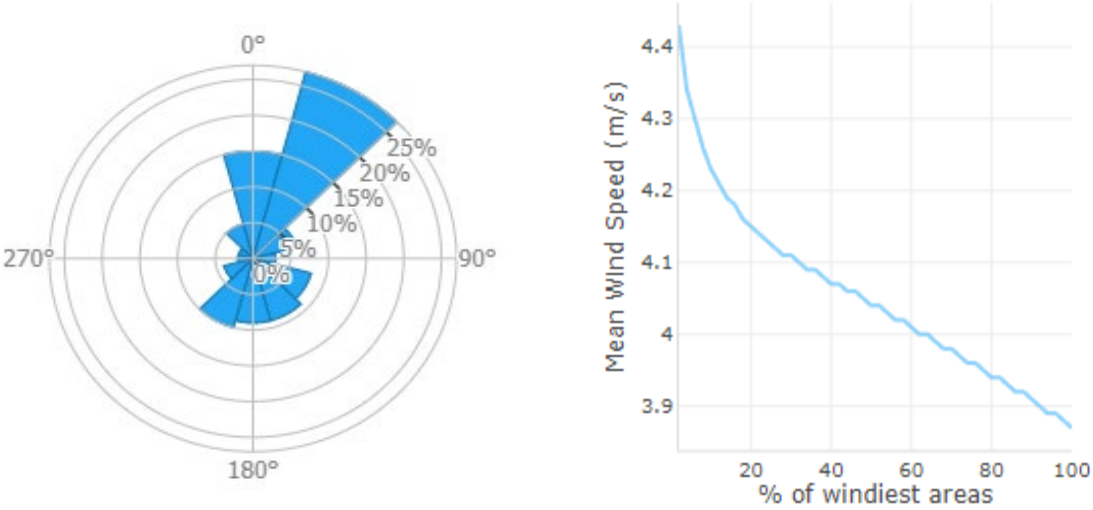
(α) (β)

Εικόνα 6.11. (α) Θέση εγκατάστασης (β) Ταχύτητα ανέμων θέσης

Στις παραπάνω φωτογραφίες φαίνεται η θέση της εγκατάστασης και το πόσο ένταση έχουν οι άνεμοι στην περιοχή μελέτης. Βάσει του χάρτη (Εικόνα 6.11), βλέπουμε ότι η περιοχή μελέτης έχει αρκετά ήπιους ανέμους, και με βάσει τις παρακάτω φωτογραφίες (Εικόνα 6.12, 6.13) ο πιο συχνός άνεμος είναι ο ΝΝΕ δηλαδή ο Βορειοανατολικός αλλά με κλίση πιο κοντά στο Βορρά.



Εικόνα 6.12. Κατεύθυνση ανέμων



(α) (β)

Εικόνα 6.13. (α) Μέση κατεύθυνση ανέμων (β) Μέγιστη ταχύτητα ανέμων

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Global Wind Atlas οι άνεμοι που προσβάλλουν την περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί με μηνιαία ταχύτητα τα 4,4 m/s δηλαδή 15,84 km/h.

Γενικότερα όπως φαίνεται και από την Εικόνα 6.11 (β) η ευρύτερη περιοχή δεν πλήττεται από ισχυρούς ανέμους, αντίθετα στην περιοχή παρατηρούνται ήπιοι άνεμοι, οι οποίοι δεν απειλούν την κατασκευή.

7. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

7.1. Το Σύστημα του Αχελώου

Ο ποταμός Αχελώος είναι ένας από τους σημαντικότερους ποταμούς της χώρας, αφού έχει τον μεγαλύτερο όγκο ετήσιας απορροής και το πλουσιότερο υδροδυναμικό , με μια συνολική λεκάνη απορροής επιφάνειας 5470 km^2. Πηγάζει από την οροσειρά της Πίνδου και ρέοντας με μαιανδρισμούς μέσα από φαρδιές κοιλάδες σε νότια και δυτική κατεύθυνση εκβάλλει τελικά στο Ιόνιο Πέλαγος.

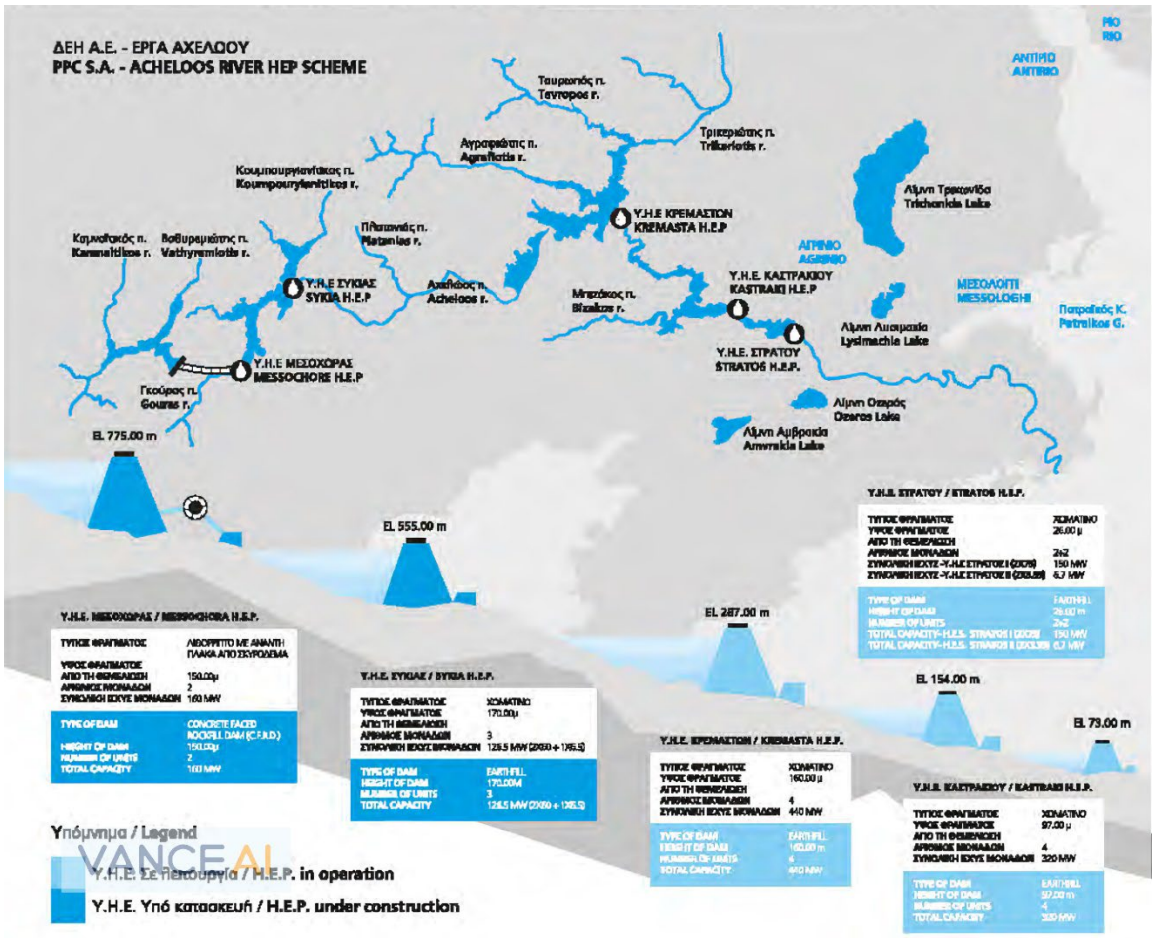
Ανάντη της θέσης του ΥΗΣ Κρεμαστών, ο Αχελώος αποτελείται από τρεις κύριους κλάδους: τον Ταυρωπό, τον Αγραφιώτη και τον Ασπροπόταμο.

α. Ο κλάδος του κάτω Αχελώου, που περιλαμβάνει το τμήμα του ποταμού από τον ΥΗΣ Καστρακίου μέχρι το επίπεδο της θάλασσας.

β. Ο κλάδος του Άνω Αχελώου, που περιλαμβάνει τον υδροκρίτη αυτού καθ' εαυτού του Αχελώου, ανάντη του ΥΗΣ Κρεμαστών, εξαιρουμένων των ανατολικών παραποτάμων του.

γ. Ο κλάδος του Ανατολικού Αχελώου, που περιλαμβάνει τον υδροκρίτη των ανατολικών παραποτάμων μέχρι τον κύριο κλάδο ανάντη του ΥΗΣ Κρεμαστών.

Στη διαδρομή του ο Αχελώος δέχεται τα νερά πολυάριθμων παραποτάμων, όπως π.χ. των Ταυρωπού, Αγραφιώτη, Καρπενησιώτη, Κρικελοπόταμου, Κερασοβίτη και Ινάχου, που όλοι χύνονται μέσα στους ταμιευτήρες Καστρακίου και Κρεμαστών.



Εικόνα 7.1. Έργα Αχελώου
Πηγή. ΔΕΗ Α.Ε.

Αν και προπολεμικά υπήρχαν πολυάριθμες αναπτυξιακές μελέτες, η υδροηλεκτρική ανάπτυξη του ποταμού άρχισε ουσιαστικά τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ’60, με την κατασκευή των ΥΗΣ Κρεμαστών (437 MW) και Καστρακίου (320 MW) – αμέσως κατάντη του πρώτου – που εντάχθηκαν στο σύστημα το 1966 και 1969 αντιστοίχως.

Κατασκευάστηκε ο ΥΗΣ Ταυρωπού/Πλαστήρα (130 MW) στον ομώνυμο παραπόταμο του Ανατολικού Αχελώου, ένα έργο διπλής σκοπιμότητας, που χρησιμοποιείται τόσο για παραγωγή ενέργειας, όσο και για άρδευση. Αργότερα, στη δεκαετία του ’80, η ΔΕΗ κατασκεύασε κατάντη του ΥΗΣ Καστρακίου του ΥΗΣ Στράτου Ι (2x75 MW) και ΜΥΗΣ Στράτου ΙΙ (2x3.1 MW), που εντάχθηκαν στο σύστημα το 1989.

7.2. Στοιχεία Φράγματος

Το φράγμα Στράτου Ι έκανε έναρξη της εμπορικής του λειτουργίας το Μάϊο του 1989. Βρίσκεται στον Κάτω Αχελώο, κοντά στο Αγρίνιο, 8 km κατάντη του ΥΗΣ Κρεμαστών, ανάντη του υφιστάμενου μικρού αρδευτικού φράγματος (0.8 km) και σε απόσταση 285 km από την Αθήνα, και τροφοδοτείται κυρίως από τις εκροές του ΥΗΣ Καστρακίου.

Αποτελείται βασικά από ένα χωμάτινο φράγμα με κεντρικό αργιλικό πυρήνα, μήκους 1900 m και ύψους 26 m, συνολικού όγκου 2.8 hm^3. Η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα είναι 11 hm^3 και το ωφέλιμο ύψος πτώσης 37 m Επίσης διαθέτει:

- έναν εκχειλιστή με θυροφράγματα, κεκλιμένη διώρυγα και λεκάνη ηρεμίας, μέγιστης παροχετευτικότητας 4000 m^3/sec,
- έναν υπόγειο σταθμό παραγωγής ενέργειας,
- δύο κεκλιμένες υδροληψίες,
- δύο σήραγγες προσαγωγής μέσα στο δεξιό αντέρεισμα του φράγματος, μήκους 74.45 m καθεμία,
- δύο αγωγούς εξόδου και
- μία διώρυγα διαφυγής μήκους 7 km, επενδυμένη με σκυρόδεμα, κατάντη της γέφυρας της Εθνικής Οδού κατά μήκος του δεξιού αναχώματος του ποταμού.

Ο σταθμός παραγωγής είναι εξοπλισμένος με δύο μονάδες τύπου Francis κατακόρυφου άξονα, εγκατεστημένης ισχύος 75 MW καθεμία, που παράγουν ενέργεια της τάξης των 237 GWh. Είναι ένα έργο διπλού σκοπού που παράγει ενέργεια και αποθηκεύει νερό για ρύθμιση των αρδεύσεων σε ημερήσια βάση, ικανοποιώντας έτσι τις αρδευτικές ανάγκες της εύφορης πεδιάδας του κάτω Αχελώου.

Ο σταθμός μπήκε σε λειτουργία το 1989. Ο βοηθητικός σταθμός παραγωγής Στράτος ΙΙ βρίσκεται μεταξύ του έργου του εκχειλιστή και του αριστερού αντερείσματος του φράγματος και εξυπηρετεί κυρίως αρδευτικές ανάγκες.

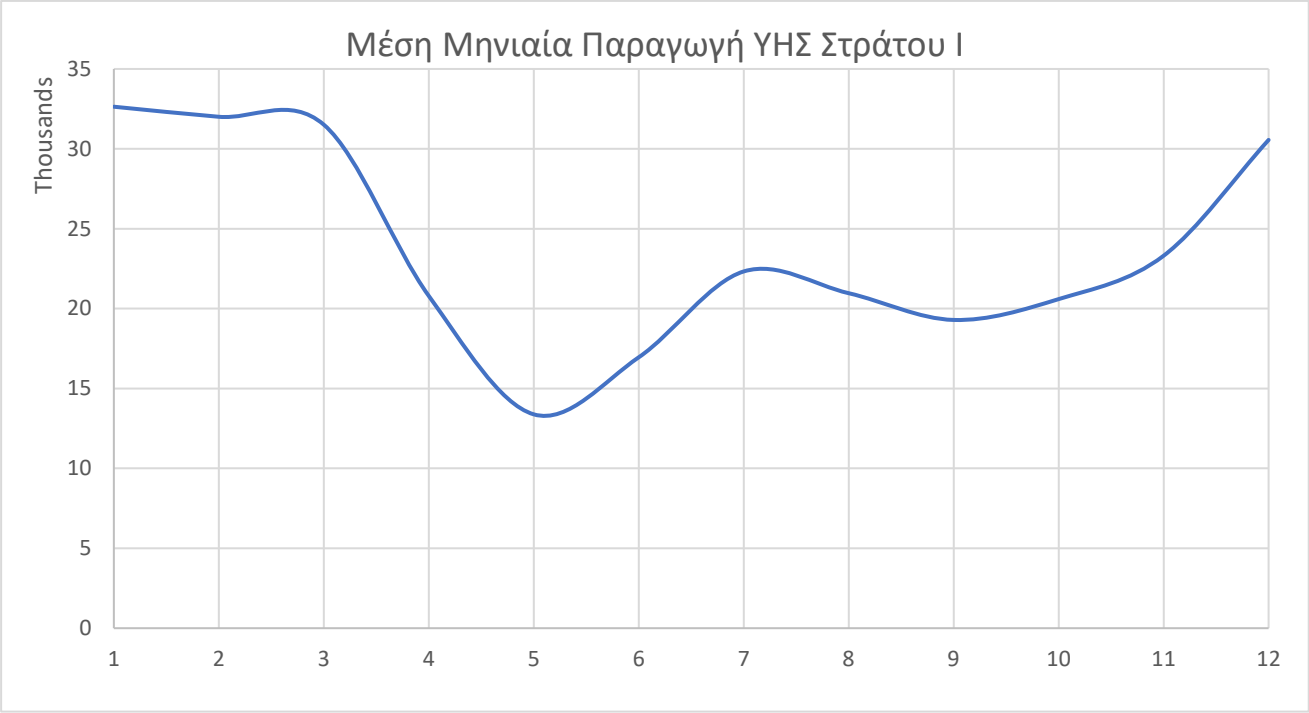
7.3. Υδρολογικά Δεδομένα και Δεδομένα Παραγωγής

Βάσει των δεδομένων παραγωγής και εισροών του ΥΗΣ Στράτος τα οποία έδωσε η ΔΕΗ ΑΕ προέκυψε ο Πίνακας 7.1, και το διάγραμμα στην Εικόνα 7.2, με τα δεδομένα μηνιαίας παραγωγής των τελευταίων 10 ετών καθώς και η μέγιστη-ελάχιστη και μέση παραγωγή. Παίρνοντας τη μηνιαία παραγωγή προέκυψε η μηνιαία χρονοσειρά παραγωγής. Παρατηρείται ότι κατά τους μήνες Απρίλιο – Σεπτέμβριο ο ΥΗΣ Στράτος Ι έχει μειωμένη παραγωγή, με ελάχιστη το Μάϊο, ενώ τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο – Μάρτιο έχει αυξημένη παραγωγή.

Πίνακας 2.Μηνιαία παραγωγή ΥΗΣ Στράτου Ι (2012-2022).

Πηγή. ΔΕΗ Α.Ε.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
2012	20,7	21,6	6,6	5,4	7,2	15,9	23,2	21,6	13,9	10,3	28,7	49,3
2013	60,1	68,5	73,5	56,1	12,7	14,7	21,3	20,7	17,8	19,6	21,3	24,4
2014	23,1	16,2	19,1	15,0	16,6	17,9	26,8	20,2	17,9	33,1	30,6	27,7
2015	25,3	51,8	28,7	13,5	16,5	18,3	26,8	28,0	29,9	25,4	24,5	23,0
2016	25,4	24,1	42,7	34,6	17,6	21,7	25,9	24,3	22,8	25,0	25,0	37,8
2017	55,6	14,7	16,3	10,8	11,2	14,5	20,0	17,1	15,2	17,6	22,9	21,4
2018	17,9	28,2	79,3	41,9	17,7	19,9	20,5	21,2	23,6	24,7	26,2	20,3
2019	23,0	17,6	10,7	8,4	11,4	13,3	16,4	18,3	17,8	18,7	14,0	20,2
2020	16,6	9,7	13,5	7,7	10,8	17,5	18,5	17,0	18,0	13,0	15,7	17,1
2021	58,6	67,7	24,8	14,7	12,2	15,9	23,8	21,2	15,9	18,7	24,2	64,2
2022	56,2	15,2	23,8	11,2	10,4	14,1	13,9	20,9	18,0	13,0	0,0	0,0
MAX	60,1	68,5	79,3	56,1	17,7	21,7	26,8	28,0	29,9	33,1	30,6	64,2
MIN	16,6	9,7	6,6	5,4	7,2	13,3	13,9	17,0	13,9	10,3	14,0	17,1
AVR	32,6	32,0	31,5	20,8	13,4	17,0	22,3	21,0	19,3	20,6	23,3	30,6



Εικόνα 7.2. Μέση Μηνιαία Παραγωγή ΥΗΣ Στράτου Ι.

Η ιδιαιτερότητα που έχει ο ΥΗΣ Στράτος Ι συγκριτικά με άλλα παρόμοια έργα είναι ότι η παραγωγή του δεν οφείλεται στη φυσική εισροή, (π.χ από κατακρημνίσεις) αλλά η εισροή γίνεται απευθείας από τα φράγματα ανάντη των Κρεμαστών και του Καστρακίου. Αυτό καθιστά την παραγωγή του και τη στάθμη του σταθερή, προβλέψιμη και ελεγχόμενη. Για του λόγου το αληθές, η στάθμη της λίμνης τα τελευταία 10 έτη, μένει σταθερή στα 67.5 m με ελάχιστη τα 67.15 m και μέγιστη τα 68.25 m.

8. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

8.1. Φωτοβολταϊκά πλαίσια – Αντιστροφείς Ισχύος

Για την μελέτη είναι απαραίτητη η χωροθέτηση των πλαισίων και για αυτό το λόγο πρέπει να επιλεχθούν πραγματικές διαστάσεις. Για την εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν ενδεικτικά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια της TrinaSolar Vertex 670W, ονομαστικής ισχύος 670 Wp πολυκρυσταλλικής τεχνολογίας.

Εικόνα 8.1. Φ/Β πλαίσια.

Με βάρος: 33.3 kg

Διαστάσεις: 2384 x 1303 x 35 mm

Τα Φ/Β πλαίσια θα τοποθετηθούν επί πλωτών βάσεων σε διάταξη portrait, έτσι ώστε να μειωθεί η σκίαση από τα μπροστά στα πίσω πλαίσια και ειδικότερα τις ημέρες/ώρες που η ζενιθιακή γωνία του ήλιου είναι μικρή. Ο υπολογισμός της βέλτιστης απόστασης μεταξύ των συστοιχιών γίνεται για την ημέρα του έτους με τη μικρότερη ζενιθιακή γωνία, στις 21 Δεκεμβρίου γνωστή και ως χειμερινό ηλιοστάσιο. Απαιτείται κάθε συστοιχία να μη σκιάζεται καθόλου κατά το ηλιακό μεσημέρι από την αμέσως νοτιότερη της, και ταυτόχρονα σε κάθε θέση του ηλίου να μη σκιάζονται τα πλαίσια περισσότερο από 1.5% για όλο το χρόνο. Με βάση τις δύο ανωτέρω θεωρήσεις και με προσομοίωση από το πρόγραμμα PV SYST επιλέγεται κλίση 15 μοιρών.

Για τους αντιστροφείς ισχύος υπάρχουν δύο διαφορετικές επιλογές, η μία είναι αντιστροφέας στοιχειοσειρών (string inverter) και η άλλη είναι ο κεντρικός αντιστροφέας (central inverter). Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν string inverters με ισχύ 2000kW ο καθένας. Επομένως απαιτούνται συνολικά 17 inverters. Η παραγωγή όλου του συστήματος θα παρακολουθείται με τηλεμετρία μέσα από SCADA έτσι ώστε να υπάρχει ενημέρωση της διαθεσιμότητας του σταθμού σε πραγματικό χρόνο και αν προκύψει κάποιο πρόβλημα ή δυσλειτουργία να μπορεί να αντιμετωπιστεί το γρηγορότερο δυνατόν.

8.2. Πλωτή Πλατφόρμα

Για την πλωτή πλατφόρμα έδρασης της εγκατάστασης επιλέχθηκε μια προκατασκευασμένη λύση από την εταιρεία SINNPOWER η οποία προμηθεύει και κατασκευάζει πλωτές πλατφόρμες για φωτοβολταϊκά. Η συγκεκριμένη εταιρεία έχει 3 διαφορετικές κατηγορίες για πλωτά συστήματα ανάλογα με τους κυματισμούς που παρουσιάζονται στο εκάστοτε υδάτινο σώμα μελέτης. Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής λόγω απουσίας κυματισμών επιλέγεται η απλή κατασκευή με όνομα SLake. Τα χαρακτηριστικά αυτής της πλατφόρμας παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 8.2):

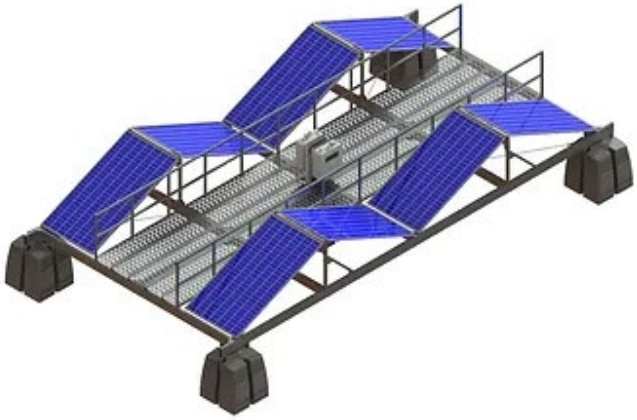
Πίνακας 8.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά πλωτής πλατφόρμας.

Διαστάσεις Πλατφόρμας	9.83 m x 5.62 m x 2.03 m
Διαστάσεις Πλωτών Βάσεων	0.7 m x 0.7 m x 0.95 m
Βάρος Κατασκευής	460 kg
Βάρος Πλωτών Βάσεων	32.3 kg
Αντοχή στον Άνεμο	30 m/s --> 108 km/h
Μέγιστο Ύψος Κυμάτων	2.5 m (1.5 m SWH)

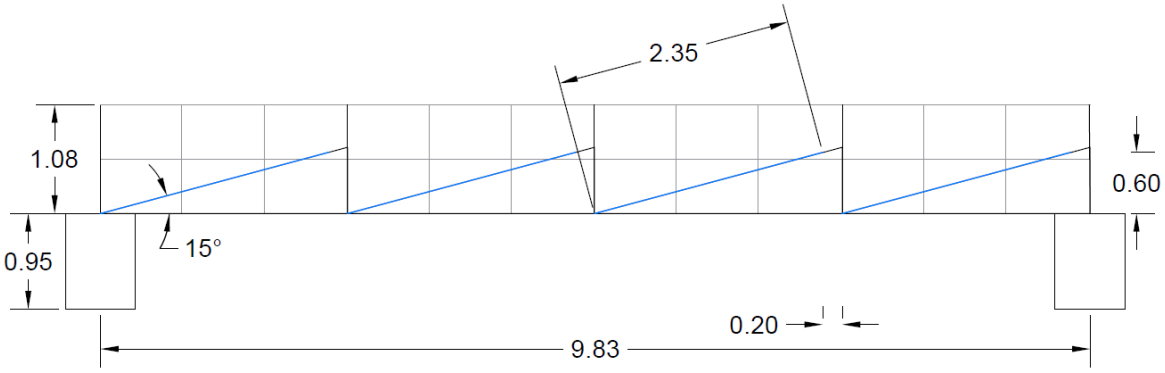
Πρακτικά υπάρχει χώρος για 8 πλαίσια (Εικόνα 8.2) σε εναλλάξ διάταξη, όμως σε αυτή τη διπλωματική θα χρησιμοποιηθεί μονή διάταξη έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή και κάποια πλαίσια να μην λειτουργούν με μικρότερη απόδοση. Επομένως κάθε μια πλατφόρμα περιέχει 4 πλαίσια των 670 Wp και 33.3 kg, άρα συνολικά 2.68 kWp και ζυγίζει 625.5 kg συνολικά συμπεριλαμβανομένου του ιδίου βάρους της πλατφόρμας και των πλαισίων. Ο σκελετός της κατασκευής είναι φτιαγμένος από ναυτιλιακό αλουμίνιο με πολύ υψηλή αντοχή στη διάβρωση που μπορεί να αντέξει με συνεχή επαφή στο νερό. Οι βάσεις που επιπλέουν είναι από Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας και πάνω τους εδράζεται ο σκελετός. Ανά μια σειρά θα προστίθεται και μια σειρά διαδρόμου για να είναι εύκολη η πρόσβαση για συντήρηση και επισκευή.

Συνολικά σε όλη την επιφάνεια της λίμνης χωρίς αποστάσεις από την όχθη σε 8.4 km^2, χωράνε 135,637 πλωτές πλατφόρμες που έχουν επιφάνεια 9.83 m x 6.3(5.6+0.7) m = 61.93 m^2. Θα πραγματοποιηθεί όμως μικρότερη εγκατάσταση έτσι ώστε να μη διαταραχθεί πολύ το οικοσύστημα της λίμνης, η φυσική της ομορφιά και η εκτέλεση δραστηριοτήτων (όπως canoe kayak). Επιλέγεται επομένως μια εγκατάσταση των 40 MW.

Για την επίτευξη της ονομαστικής ισχύος των 40MW απαιτείται η τοποθέτηση 59,701 Φ/Β πλαισίων, επί πλωτών βάσεων. Συνολικά για να καλυφθεί η εγκατεστημένη ισχύς των 40 MWp, απαιτούνται 14,926 πλατφόρμες με διάδρομο στη μέση έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η πρόσβαση για συντήρηση ή σε περίπτωση επισκευής.

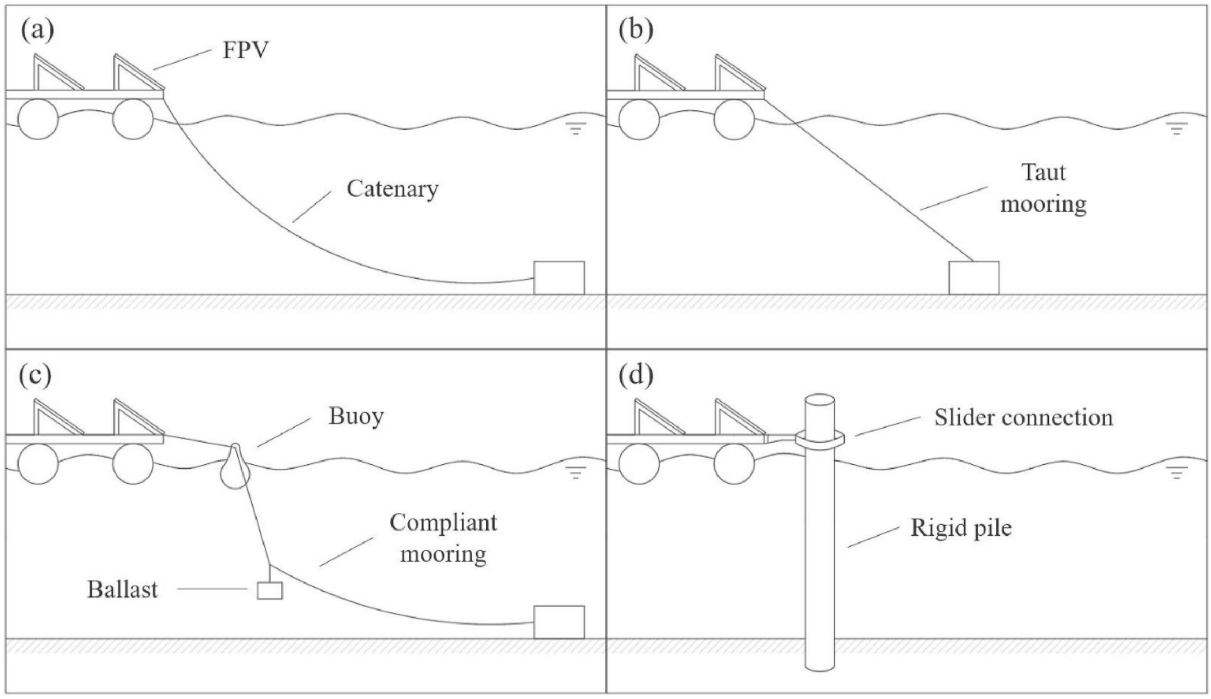


Εικόνα 8.2. Πλωτή πλατφόρμα με διάδρομο



Εικόνα 8.3. Πλάγια όψη πλωτής πλατφόρμας.

8.3. Αγκύρωση



Εικόνα 8.4. Τρόποι αγκύρωσης στον πυθμένα.

Τρόποι ακύρωσης στον πυθμένα:

α) Χαλαρό Καλώδιο. Είναι ιδανικό για να επιτρέπει κάθετες και οριζόντιες κινήσεις στην εγκατάσταση σε περίπτωση κυματισμών και αυξομείωσης της στάθμης της λίμνης.

β) Τεντωμένο Καλώδιο. Είναι ιδανικό στην περίπτωση που υπάρχει απουσία κυματισμών και αυξομείωσης της στάθμης με στόχο την απλούστευση και τη μείωση κόστους.

γ) Αποτελείται από βάρη ή πλωτήρες που συνδέονται στα καλώδια πρόσδεσης μεταξύ της πλωτής πλατφόρμας και του σημείου αγκύρωσης στον πυθμένα. Απαιτούν τη χρήση βαρών για τη μείωση των διαταραχών.

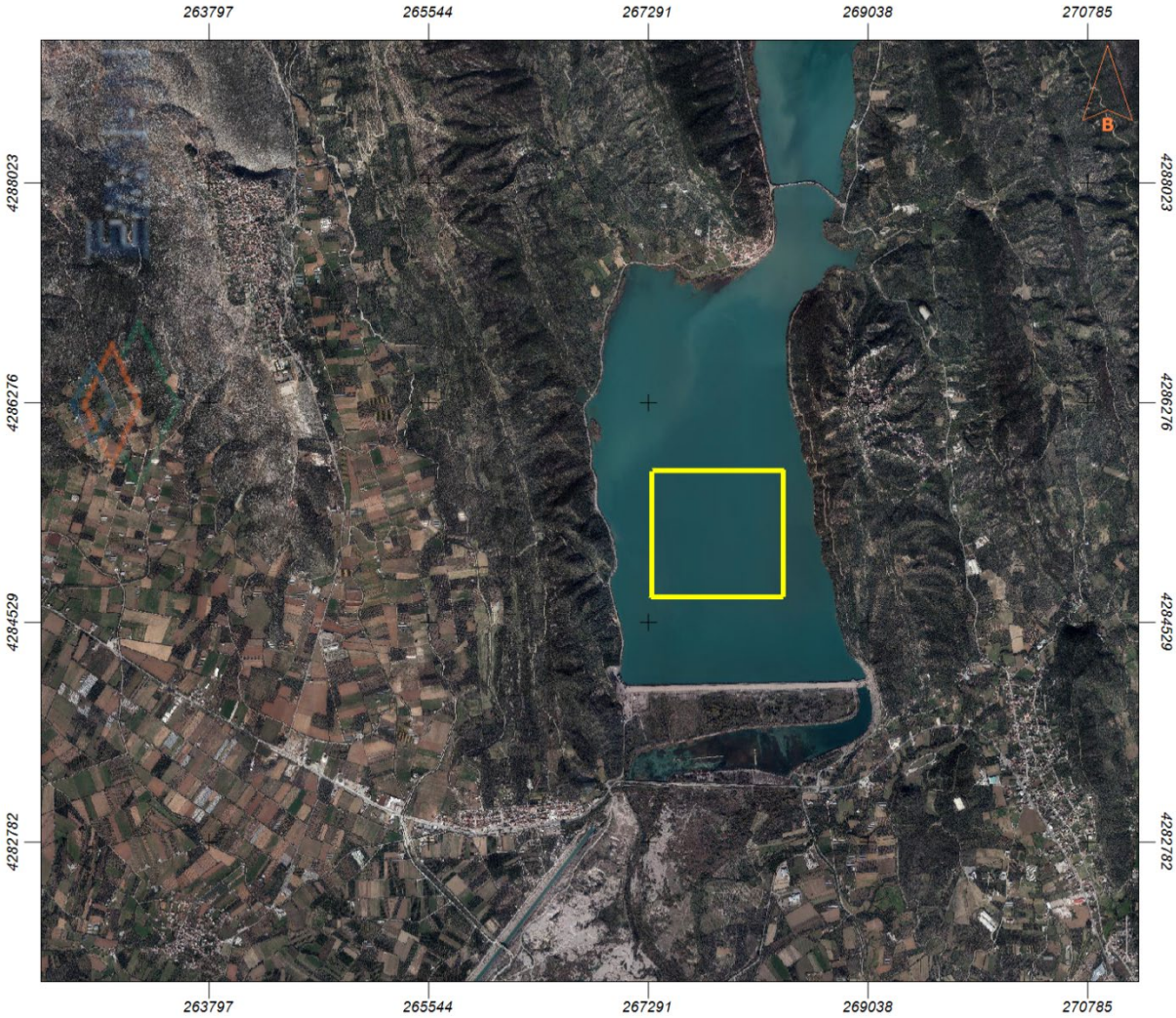
d) Πρόσδεση σε πάσσαλο. Είναι ιδανικό για αυξομείωση της στάθμης της λίμνης αλλά κυρίως χρησιμοποιείται σε ρηχά νερά λόγω της παρουσίας ροπών.

Σε αυτή την περίπτωση επιλέχθηκε η παραλλαγή β)Τεντωμένο Καλώδιο.

Αποτελείται από καλώδια, τα οποία διατηρούνται σε συνεχή τάση εκμεταλλευόμενη την υπερβολική άνωση των πλωτών πλατφορμών: τα καλώδια είναι στερεωμένα στο έδαφος με αγκύρια όπως πασσάλους ή μεγάλους όγκους βαρύτητας. Σε αυτή τη διαμόρφωση, τα καλώδια τοποθετούνται συνήθως κάθετα από κάτω την εγκατάσταση, που έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει μια ελαφρά οριζόντια κίνηση της κατασκευής. Επιπλέον, η περιορισμένη κίνηση του καλωδίου το καθιστά κατάλληλο για εγκαταστάσεις βαθέων υδάτων. Το μειονέκτημα αφορά την κατακόρυφη κίνηση: σε περίπτωση σημαντικών διακυμάνσεων κατά μήκος της ανύψωσης, τα καλώδια χαλαρώνουν και η δομή μπορεί να παρασυρθεί, στην περίπτωση μας όμως η στάθμη της λίμνης παραμένει σταθερή καθώς και η απουσία των κυμάτων, την καθιστά ιδανική για το συγκεκριμένο τρόπο αγκύρωσης. Ωστόσο, μεταβάλλοντας την κλίση των τεντωμένων αγκυροβολίων, ο σχετικός περιορισμός μεταξύ των κάθετων και οριζόντιων κινήσεων των πλωτών μπορεί να αλλάξει.

8.4. Θέση και Χωροθέτηση

Η συνολική επιφάνεια της λεκάνης είναι 8.4 km^2 και το έργο θα αναπτυχθεί σε ένα πολύγωνο συνολικής έκτασης 824,513 m^2, δηλαδή στο 9.82% της συνολικής έκτασης. Η ακριβής θέση βρίσκεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 8.5) μαζί με τις συντεταγμένες (Πίνακας 8.2) αναρτημένες από το χάρτη του κτηματολογίου.

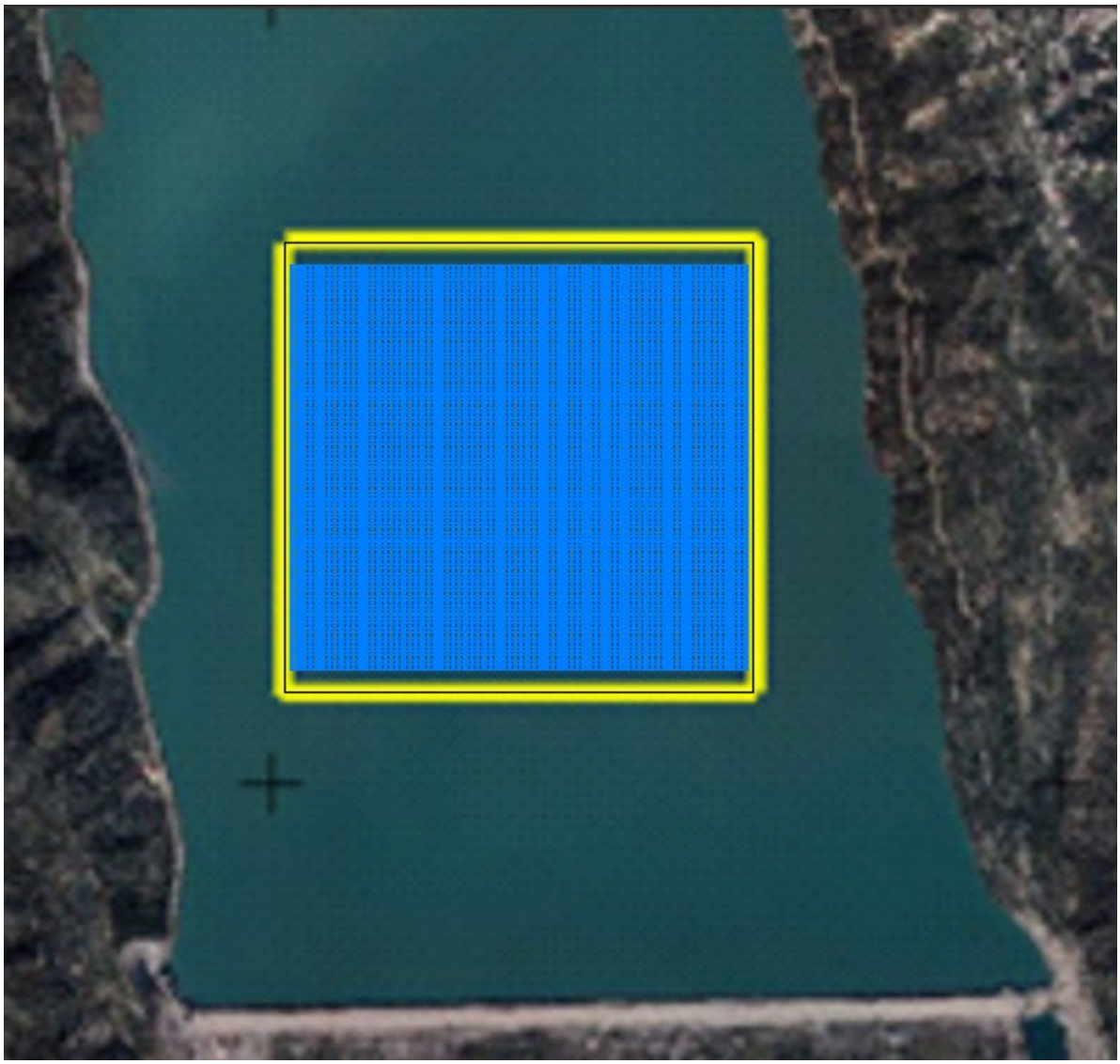


Εικόνα 8.5. Προσδιορισμός θέσης εγκατάστασης του πλωτού Φ/Β συστήματος.

Πηγή: https://maps.gov.gr/gis/map/

Πίνακας 8.2. Συντεταγμένες πολυγώνου θέσης εγκατάστασης σταθμού.

Α/Α	X	Y
0	267317.66	4284721.14
1	268367.13	4284721.14
2	268368.26	4285737.59
3	267325.80	4285727.00



Εικόνα 8.6. Χωροθέτηση της εγκατάστασης στη λεκάνη.

8.5. Σύγκριση Κόστους Πλωτών Φ/Β έναντι Εδάφους

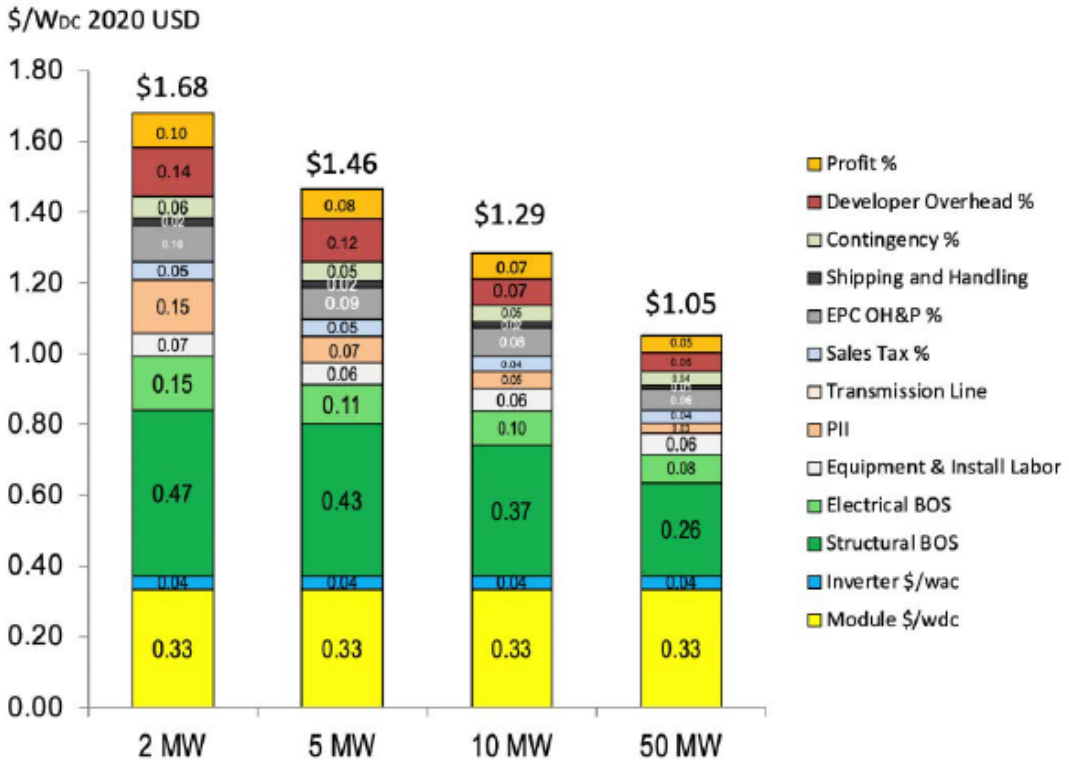
Πίνακας 8.3. Σύγκριση πλωτών Φ/Β και Φ/Β εδάφους

Α/Α	Φ/Β ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΛΩΤΑ Φ/Β
Βάσεις	Βάσεις Αλουμινίου	Βάσεις Αλουμινίου και HDPE με ειδική αντοχή στο νερό.
Καλώδια	Συμβατικά	Αδιάβροχα θαλάσσιας ποιότητας
Στήριξη	Θεμελίωση με πασσάλους και σκυρόδεμα	Αγκύρωση στην όχθη ή στον πυθμένα
Εργοταξιακές Εργασίες	Γεωτεχνική μελέτη, επιπεδοποίηση εδάφους, σπάσιμο βράχων, εκσκαφές	Βυθομετρική μελέτη
Καταπονήσεις	Αέρας, χιόνι	Αέρας, χιόνι, κυματισμοί, αυξομείωση στάθμης
Γωνία	33	10-15
Πρόσθετα	-	Ψύξη λόγω του νερού και καλύτερη λειτουργία των πλαισίων και ~3% αύξηση παραγωγής.

Η παρακάτω ανάλυση είναι από την έκθεση από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NREL) που διατίθεται δωρεάν στην ιστοσελίδα της NREL.

Υποθέσεις:

- Οι τιμές μετρηθήκαν με βάση τις τιμές στις ΗΠΑ.
- Λόγω της θέσης εγκατάστασης δεν υπολογίστηκαν επιπλέον δυνάμεις από κυματισμούς και αυξομείωσης στάθμης.
- Υποθέτουμε ότι η εγκατάσταση μιας φωτοβολταϊκής μονάδας πάνω στην πλωτή πλατφόρμα διαρκεί 15 λεπτά συνολικά με τη βοήθεια δύο εργατών, που είναι περίπου το ένα τέταρτο του χρόνου που απαιτείται για την εγκατάσταση για επίγεια φωτοβολταϊκά συστήματα. Άρα 50% λιγότερος χρόνος εγκατάστασης.
- Υποθέτουμε ότι οι ίδιοι τύποι μονάδων και μετατροπέων χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις επίγειας Φ/Β και Φ/Β.
- 5% μεγαλύτερο κόστος μετακίνησης των πλωτών εγκαταστάσεων.
- 3% μεγαλύτερη παραγωγή από τα πλωτά Φ/Β.



Εικόνα 8.7. Ανάλυση κόστους πλωτής εγκατάστασης

Η τιμή εγκατάστασης Φ/Β εδάφους είναι αυτή τη στιγμή περίπου 1.000.000 €/MW.

Η τιμή για τα πλωτά Φ/Β προφανώς ποικίλει ανάλογα την τοποθεσία εγκατάστασης, το βάθος της λίμνης και τον τρόπο αγκύρωσης. Η μέση όμως τιμή για εγκαταστάσεις μεγαλύτερες από 50 MW (Εικόνα 8.7) καταλήγει να είναι μόλις 5-10% μεγαλύτερη από αυτή του εδάφους.

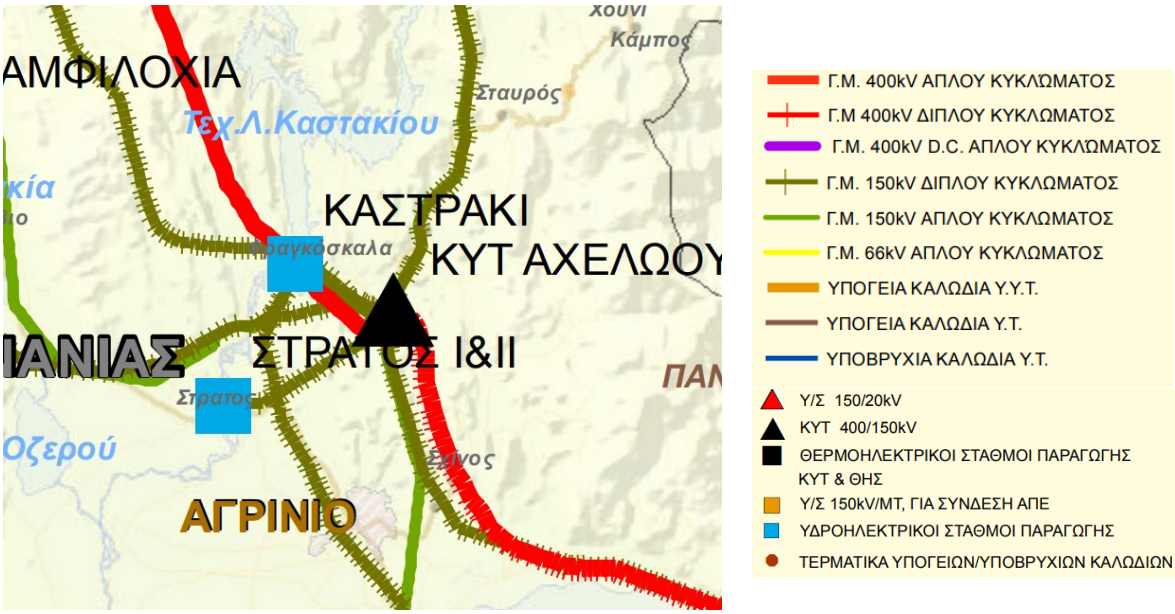
Πίνακας 8.4. Σύγκριση επένδυσης Φ/Β πλωτών και εδάφους

α/α	MWp	Κόστος €/MW	Γωνία	Ετήσια Παραγωγή (kWh)	Έσοδα €/MWh	Ετήσια Έσοδα
ΕΔΑΦΟΥΣ	40	40000000	33	63829178	65,7	4.193.577 €
ΠΛΩΤΑ	40	42000000	15	61208401	65,7	4.142.034 €

Βάσει των παραπάνω (Πίνακας 8.4) παρατηρούμε ότι σαν επένδυση είναι αποδοτικότερη η εγκατάσταση εδάφους, κάνοντας πολλές απλοποιητικές υποθέσεις ως προς το αρχικό κόστος και χωρίς να υπολογιστεί το κόστος συντήρησης ξεχωριστά. Η παραγωγή στα φωτοβολταϊκά εδάφους προκύπτει μεγαλύτερη λόγω της ιδανικότερης κλίσης των πλαισίων.

8.6. Δίκτυο Μεταφοράς Ενέργειας

Η υπάρχουσα εγκατάσταση του ΥΗΣ έχει ως πλεονέκτημα ότι δε χρειάζεται εγκατάσταση νέου δικτύου μεταφοράς ενέργειας καθώς δε θα διοχετεύεται ενέργεια στο δίκτυο σε μια χρονική στιγμή περισσότερη από τη δυναμικότητα του δικτύου. Από το χάρτη του ΑΔΜΗΕ αντλήθηκαν τα δεδομένα των γραμμών μεταφοράς στην Ελλάδα.



Εικόνα 8.8. Γραμμές μεταφοράς ενέργειας στη θέση εγκατάστασης.

Όπως βλέπουμε από την Εικόνα 8.8 ο ΥΗΣ Στράτος Ι (μπλε τετράγωνο) συνδέεται με το ΚΥΤ με μια γραμμή μεταφοράς 150kV Διπλού Κυκλώματος (πράσινη οδοντωτή γραμμή). Το ΚΥΤ που είναι δυναμικότητας 400/150kV συνδέεται επίσης και με το ΥΗΣ Καστράκι. Από το ΚΥΤ περνάει μια μεγάλη γραμμή μεταφοράς ενέργειας (κόκκινη γραμμή) δυναμικότητας 400kV Διπλού Κυκλώματος. Αυτή η υπάρχουσα εγκατάσταση μειώνει κατά πολύ το αρχικό κόστος εγκατάστασης καθώς δε θα χρειαστεί να κατασκευαστεί καινούριος υποσταθμός 400kV, αλλά ούτε και νέες γραμμές μεταφοράς ενέργειας γιατί θα εκμεταλλευτούν οι ήδη υπάρχουσες. Σύμφωνα με την ΡΑΕ δεν υπάρχουν αιτήσεις για νέες μεγάλες εγκαταστάσεις στην περιοχή.

9. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

9.1. Κατάταξη Έργου

Σύμφωνα με (Πίνακας 9.1) την Υ.Α. Αριθμό. ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/17185/1069 τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπό στοιχεία ΔΙΠΑ/οικ.37674/27-7-2016 υπουργικής απόφασης, «Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 - Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με την παρ. 4 του άρθρου 1 του ν. 4014/21.9.2011 (Α΄ 209), όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει», το έργο κατατάσσεται στην Ομάδα 10, Παράρτημα Χ, όπου κατατάσσονται οι «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Μεμονωμένοι Σταθμοί Αποθήκευσης Ενέργειας». Επίσης κατατάσσεται στη υποκατηγορία Α1 όπου εντάσσονται οι σταθμοί για «Ηλεκτροπαραγωγή από πλωτούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς στη θάλασσα ή σε λιμνοδεξαμενές ή τεχνητά υδάτινα σώματα που έχουν δημιουργηθεί σε εξαντλημένες εξορυκτικές εκμεταλλεύσεις». Σε αυτήν την υποκατηγορία εντάσσονται όλοι οι σταθμοί ανεξαρτήτως μεγέθους εγκατεστημένης ισχύος και μήκους γραμμής μεταφοράς υψηλής τάσης.

Παράρτημα Χ Ομάδα 10η: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Μεμονωμένοι Σταθμοί Αποθήκευσης Ενέργειας					
α/α	Είδος έργου	Υποκατηγορία Α1	Υποκατηγορία Α2	Κατηγορία Β	Παρατηρήσεις
1.α	Ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια στην ξηρά	P > 45 MW ή P > 35 MW και εντός περιοχών δικτύου Natura 2000 ή L ≥ 20 km	6,5< P≤ 45 MW και L < 20 km	0,02 < P ≤ 6,5 MW ή P≤ 0,02 και ισχύει η παρατήρηση Ξ	P: εγκατεστημένη ισχύς Q: Ετήσια παροχή πρώτης ύλης προς επεξεργασία L: μήκος υπόγειας ή εναέριας διασυνδετικής γραμμής μεταφοράς υψηλής τάσης (≥150 kV) Ξ: Σύμφωνα με την παρ. 13 του άρθρου 8 του ν. 3468/2006 όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 3 του ν. 3851/2010 και το άρθρο 126 του Ν.4685/2020, δηλαδή το έργο εγκαθίστανται σε γήπεδο που βρίσκεται σε περιοχή του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτια θέση που απέχει λιγότερο από 100 m από την οριογραμμή του αιγιαλού εκτός βραχονησίδων. 1. Από την κατάταξη εξαιρούνται: α) τα έργα ΑΠΕ που σύμφωνα με ισχύουσες διατάξεις δεν απαιτούν την έγκριση περιβαλλοντικών όρων (π.χ. φωτοβολταϊκοί σταθμοί και μικρές ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται σε κτίρια ή και άλλες δομικές κατασκευές ή εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή επί του εδάφους εντός γηπέδων υφιστάμενων βιομηχανικών ή λοιπών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων) καθώς και β) οι μεμονωμένες πλωτές διατάξεις μέτρησης αιολικού δυναμικού εντός θαλάσσης. 2. Στην περίπτωση αιολικών σταθμών που εξαιρούνται από περιβαλλοντική αδειοδότηση αλλά με μέγιστο ύψος ανεμογεννητριών άνω των 29 μέτρων, θα πρέπει να προσκομιστεί σύμφωνη γνώμη της ΥΠΑ και του ΓΕΑ συνοδευόμενη από τοπογραφικό διάγραμμα. 3.Τα συνοδά έργα (π.χ. οδοποιία, υποθαλάσσιο ή υπόγειο ή εναέριο δίκτυο διασύνδεσης, υποσταθμοί, συστήματα αποθήκευσης κ.λπ.,) ακολουθούν την κατηγορία του κυρίως έργου, εκτός από την περίπτωση που τα συνοδά έργα κατατάσσονται αυτοτελώς σε μεγαλύτερη κατηγορία έργων. Στην περίπτωση αυτή έχει ισχύ η παραγ. 5 του άρθρου 1 του ν. 4014 /2011 όπως εκαστοτε ισχύει. 4. Το συνοδό έργο, δικτυο διασύνδεσης μέσης τάσης, απαιτείται να υπογειοποιείται εκτός αν τεκμηριώνεται
1.β	Ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια στη θάλασσα από πλωτά και σταθερά αιολικά πάρκα	Το σύνολο		Μεμονωμένες σταθερές διατάξεις μέτρησης αιολικού δυναμικού εντός θαλάσσης.	
2.α	Ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκούς σταθμούς στη στεριά	P ≥ 200 MW ή L ≥ 20 km	10MW < P < 200 MW και L<20 Km	1 < P ≤ 10 MW ή P≤ 1 και ισχύει η Ξ	
2.β	Ηλεκτροπαραγωγή από πλωτούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς στη θάλασσα ή σε λιμνοδεξαμενές ή τεχνητά υδάτινα σώματα που έχουν δημιουργηθεί σε εξαντλημένες εξορυκτικές εκμεταλλεύσεις	Το σύνολο			

Πίνακας 9.1. Πίνακας κατάταξης έργων σε κατηγορία όχλησης.

9.2. Μη Τεχνική Περίληψη

Χρησιμοποιούμενη μορφή ΑΠΕ

Για τη μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια θα χρησιμοποιηθούν ηλιακοί συλλέκτες (φωτοβολταϊκά πλαίσια), οι οποίοι θα συνδεθούν σε κατανεμημένους αντιστροφείς (string inverters). Οι αντιστροφείς θα συνδεθούν ανά ομάδες σε Συγκροτήματα Ισχύος (Power Centers).

Γενικά

Η εγκατάσταση του Φ/Β σταθμού με Φ/Β πλαίσια ο οποίος είναι διασυνδεδεμένος με το σύστημα, βασίζεται στην αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία εντάσσεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με χρήση τεχνολογίας απόλυτα φιλικής προς το περιβάλλον.

Περιγραφή εργασιών

Οι συνολικές παρεμβάσεις για την υλοποίηση του έργου περιλαμβάνουν:

- Έργα πολιτικού μηχανικού (Αγκύρωση της εγκατάστασης στο πυθμένα της λεκάνης του ταμιευτήρα, πλωτή πλατφόρμα στήριξης).
- Εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του σταθμού
- Διασύνδεση σταθμού με το ηλεκτρικό Σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δοκιμαστική περίοδος λειτουργίας.
- Αποκατάσταση και προστασία περιβάλλοντος χώρου (τελική διαμόρφωση χώρου σταθμού, περίφραξη, φωτισμός κλπ).

Τεχνικά χαρακτηριστικά βασικού εξοπλισμού

Φ/Β πλαίσια

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του Φ/Β σταθμού βασίζεται σε 59701 Φ/Β πλαίσια συνολικά, ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος 670 Wp έκαστο, τοποθετημένα και ανεπτυγμένα σε σειρές σταθερών βάσεων στήριξης με νότιο προσανατολισμό και κλίση 15 μοιρών ως προς την επιφάνεια της λεκάνης, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη εκμετάλλευση της διαθέσιμης επιφάνειας του εδάφους σε συνάρτηση με την ετήσια αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση η μέγιστη ετήσια παραγωγή ενέργειας.

Αντιστροφείς ισχύος

Οι στοιχειοσειρές (strings) των Φ/Β πλαισίων συνδέονται στους αντιστροφείς στοιχειοσειρών. Θα εγκατασταθούν αντιστροφείς, ονομαστικής ισχύος εξόδου 2000 kW έκαστος. Ο κάθε αντιστροφέας θα έχει τον κατάλληλο αριθμό στοιχειοσειρών ώστε να βελτιστοποιηθεί η παραγόμενη ενέργεια.

Έτσι η συνολική DC ισχύς που συνδέεται στους αντιστροφείς είναι:

670 x 59701 = 40000 kWp

Βάσεις στήριξης φ/β πλαισίων

Επιλέγεται σταθερό πλωτό σύστημα στήριξης Φ/Β πλαισίων υψηλού επιπέδου δομικής ασφάλειας, εύκολης συναρμολόγησης και με μεγάλη διάρκεια ζωής και αποτελεσματικότητας. Οι βάσεις είναι φτιαγμένες από HDPE (Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας). Η διάταξη των Φ/Β πλαισίων είναι κατά την μεγάλη πλευρά (διάταξη landscape).

Περιβάλλον

Η εγκατάσταση θα βρίσκεται εκτός περιοχών NATURA 2000, βιότοπων Corine, άλλους βιότοπους και Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ).

9.3. Φάση Κατασκευής

Κατά τη φάση της κατασκευής η επιβάρυνση στο περιβάλλον θα γίνει μόνο από την κατασκευή της αγκύρωσης της εγκατάστασης στο βυθό όπου θα πραγματοποιηθούν κάποιες χωματουργικές εργασίες και σκυροδετήσεις μικρής κλίμακας. Οι χωματουργικές εργασίες θα γίνουν σε τέτοια θέση με σκοπό η

βλάστηση στη λίμνη να έχει τη λιγότερη δυνατή επέμβαση. Τα πλεονάζοντα υλικά από τις εκσκαφές θα διασκορπιστούν στην περιοχή χωρίς να επηρεάσουν το ανάγλυφο του πυθμένα. Δε θα υπάρξει ιδιαίτερη παραγωγή αποβλήτων πέρα από τα απόβλητα του προσωπικού, των συσκευασιών και των μηχανημάτων κατασκευής. Κατά την φάση κατασκευής δε θα έχουμε εκπομπές αερίων ρύπων πέραν από τα καυσαέρια των οχημάτων μεταφοράς προσωπικού και εξοπλισμού. Ενδεικτικά εκτιμώνται οι εξής ποσότητες:

Πίνακας 9.2. Απόβλητα από την εγκατάσταση

Απόβλητο	**Κωδικός ΕΚΑ**	**Διαχείριση**
Χώματα και πέτρες	17 05 04	Διασκορπισμός ή μεταφορά σε αδειοδοτημένους φορείς.
Χαρτιά και χαρτόνια	20 01 01	Μεταφορά σε αδειοδοτημένους φορείς
Απορριπτόμενος ηλεκτρικός/ηλεκτρονικός εξοπλισμός	20 01 36	Μεταφορά σε αδειοδοτημένους φορείς

9.4. Φάση Λειτουργίας

Κατά την φάση λειτουργίας δε θα έχουμε εισροές υλικών, ενέργειας και νερού, ούτε εκροές οποιωνδήποτε αποβλήτων. Η συντήρηση και μόνο, η οποία θα γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και η παρακολούθηση της λειτουργίας και των τυχόν προβλημάτων ή βλαβών των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα είναι και η μόνη δραστηριότητα που θα λαμβάνει κατά την φάση λειτουργίας του έργου. Αυτό είναι και το συγκριτικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ενέργειας έναντι άλλων μεθόδων. Ότι δηλαδή δεν απαιτούνται ιδιαίτερες ενέργειες και δράσεις για την λειτουργία τους.

9.5. Επιπτώσεις

1. Επιπτώσεις σχετικές με τα κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.

   Αλλαγές στο μικροκλίμα της περιοχής δε πρόκειται να έχουμε ούτε από την εκτέλεση του έργου ούτε από την λειτουργία του, μιας και δεν πρόκειται να έχουμε σοβαρές διαφοροποιήσεις του περιβάλλοντος.

2. Επιπτώσεις στα μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά.

   Το έργο δε πρόκειται να επηρεάσει ιδιαίτερα τα υφιστάμενα τοπιολογικά χαρακτηριστικά. Γενικά πρόκειται για ήπιες παρεμβάσεις μικρής έκτασης. Στην ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν στοιχεία αυξημένου μορφολογικού ή τοπιολογικού ενδιαφέροντος για να επηρεαστούν από το έργο .

3. Επιπτώσεις σχετικές με τα γεωλογικά , τεκτονικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά.

   Το έργο δε πρόκειται να επηρεάσει τα γεωλογικά , τεκτονικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά.

4. Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον.

   Το συγκεκριμένο έργο δε πρόκειται να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην χλωρίδα , την πανίδα και γενικά στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Η θέση του έργου δε βρίσκεται σε προστατευόμενη περιοχή και φύση του είναι τέτοια ώστε δεν επηρεάζει το φυσικό περιβάλλον.

5. Επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

   Το έργο δεν θα έχει ιδιαίτερες επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον , μιας και πρόκειται για μικρής κλίμακα έργο. Επίσης δεν υπάρχουν σε μεγάλη απόσταση αρχαιολογικοί χώροι , θέσεις ιστορικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, χαρακτηρισμένοι παραδοσιακοί οικισμοί κλπ.

6. Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις.

   Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις είναι άμεσα συνυφασμένες με τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Δε θα επηρεάσει σημαντικά την απασχόληση παρά μόνο κατά την εκτέλεση του έργου θα έχουμε αύξηση της απασχόλησης από την εργολήπτρια εταιρία. Σε γενικές γραμμές περισσότερο θετικές παρά αρνητικές θα είναι τόσο για την κοινωνία, όσο και για την οικονομία της περιοχής.

7. Επιπτώσεις στις τεχνικές υποδομές.

   Σε ότι αφορά τις τεχνικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής αλλά και των γειτονικών δραστηριοτήτων που αναφέρθηκαν σε ακτίνα δύο χιλιομέτρων, η λειτουργία της μονάδας δε θα επηρεάσει ούτε θετικά ούτε αρνητικά τις τεχνικές υποδομές.

8. Συσχέτιση με τις ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον.

   Οι ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον δεν επηρεάζουν το φωτοβολταϊκό πάρκο και την εξέλιξη της δραστηριότητας. Σε περίπτωση υπέρμετρης ενίσχυσης μιας οποιασδήποτε από αυτές πάλι δε θα έχουμε άμεσες συνέπειες στην παραγωγική διαδικασία. Εκτιμάται ότι δε γίνεται να υπάρξουν νέες πιέσεις στο περιβάλλον της περιοχής στο εγγύς μέλλον.

9. Επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα.

   Δε θα υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στον αέρα τόσο από την εκτέλεση του έργου όσο και από την λειτουργία αυτού.

10. Επιπτώσεις από θόρυβο και δονήσεις.

    Δεν αναμένονται επιπτώσεις από θόρυβο και δονήσεις.

11. Επιπτώσεις σχετικές με ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

    Δεν υπάρχουν θέσεις παραγωγής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

12. Επιπτώσεις στα ύδατα.

    Οι αρνητικές επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα είναι η μείωση της ακτινοβολίας στη λεκάνη με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής άλγης και άλλων οργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Παράλληλα αυτό είναι και θετικό καθώς παρατηρείται σε πολλές εγκαταστάσεις ΥΗΣ υπερανάπτυξη άλγης και φαινόμενα ευτροφισμού. Επίσης θετικό είναι η μείωση της εξάτμισης του νερού λόγω της σκίασης που προσφέρει η εγκατάσταση.

Πίνακας 9.3. Πίνακας εκτίμησης και αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ *
Επιπτώσεις σχετικές με τα κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά	
Επιπτώσεις στα μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά	
Επιπτώσεις σχετικές με τα γεωλογικά , τεκτονικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά	
Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον	
Επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον	
Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις	
Επιπτώσεις στις τεχνικές υποδομές	
Συσχέτιση με τις ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον	
Επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα	
Επιπτώσεις από θόρυβο και δονήσεις	
Επιπτώσεις σχετικές με ηλεκτρομαγνητικά πεδία	
Επιπτώσεις στα ύδατα	

** Χρωματική κωδικοποίηση σύμφωνα με την οποία απεικονίζεται i) με πράσινο το θετικό άκρο του εύρους διακύμανσης κάθε ιδιότητας ii) με κίτρινο η ενδιάμεση κατάσταση και iii) με κόκκινο το αρνητικό άκρο.*

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάγκη για αυτονομία ενέργειας είναι πολύ μεγάλη, κυρίως λόγω της αύξησης της τιμής της ενέργειας αλλά και των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων σε αυτή. Στην Ελλάδα οι επενδύσεις σε ΑΠΕ έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, γιατί πρόκειται για μια επένδυση με χαμηλό ρίσκο. Η επένδυση αυτή όμως έχει προσελκύσει πολλούς επενδυτές και το ήδη υπάρχον σύστημα μεταφοράς ενέργειας δεν μπορεί να υποστηρίξει νέες εγκαταστάσεις και απαιτεί νέες μελέτες και επιπλέον κόστος. Όσον αφορά την εγκατάσταση πλωτού φωτοβολταϊκού συστήματος σε λεκάνη ταμιευτήρα, τα πλεονεκτήματα είναι αρκετά έτσι ώστε στην Ελλάδα να εκμεταλλευτούμε όλες τις διαθέσιμες λεκάνες. Συγκριτικά με τα φωτοβολταϊκά εδάφους το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι καλύπτουν μη αξιοποιήσιμο χώρο, ότι βρίσκονται κοντά σε εγκατεστημένο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ότι απαιτούνται λιγότερες εργασίες πολιτικού μηχανικού για την εγκατάσταση τους. Επίσης η εγκατάσταση τους απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο και δεν είναι μόνιμη. Στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή υπάρχουν πάνω από 20 τεχνητές λίμνες φραγμάτων με συνολική έκταση πάνω από 260 km^2. Εάν υπολογίσουμε να καλυφθεί το 30% των λιμνών τότε προκύπτουν 80 km^2 διαθέσιμης επιφάνειας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση πλωτών φωτοβολταϊκών. Με βάση τα δεδομένα της υπάρχουσας διπλωματικής, σε έκταση 61.93 m^2 χωράει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών2.68 kW, επομένως για τη συνολική έκταση των 80 km^2 χωράνε εγκαταστάσεις 3.46 GW με μέση ετήσια παραγωγή 4893 GWh. Από έρευνα της ΕΛΣΤΑΤ για το 2011-2012 για κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά, ένα νοικοκυριό καταναλώνει κατά μέσο όρο περίπου 14 MWh ετησίως θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως η ενέργεια των 4893 GWh είναι αρκετή για να καταστήσει ενεργειακά αυτόνομα 350.000 σπίτια. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το κόστος των πλωτών φωτοβολταϊκών είναι μεγαλύτερο από το κόστος των Φ/Β εδάφους, αλλά για μεγάλες εγκαταστάσεις >50MW το κόστος των πλωτών μειώνεται δραματικά και πλησιάζει αυτό των Φ/Β εδάφους.

Η βασική προϋπόθεση για εγκατάσταση Φ/Β συστήματος σε ταμιευτήρα είναι η μελέτη της περιοχής εγκατάστασης έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή ενέργειας και να ελαχιστοποιηθεί το κόστος εγκατάστασης. Για τη θέση εγκατάστασης απαιτείται να ληφθεί υπόψιν η περιοχή έτσι ώστε να αποφευχθούν περιοχές με ψηλά περιμετρικά βουνά που θα εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία κάποιες ώρες της ημέρας να φτάσει στα φωτοβολταϊκά. Επίσης είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα δεδομένα αυξομείωσης στάθμης του ταμιευτήρα έτσι ώστε να επιτευχθεί και ο αντίστοιχος τρόπος αγκύρωσης της πλατφόρμας. Απαραίτητο επίσης είναι να ληφθεί υπόψιν η παραγωγή του φράγματος, έτσι ώστε συνδυαστικά με το Φ/Β σύστημα να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες του δικτύου. Η παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β μπορεί να εκχέεται απευθείας στο δίκτυο ή να χρησιμοποιείται για να γεμίζει ο ταμιευτήρας τις ώρες που η ζήτηση είναι χαμηλή, και να λειτουργεί ως αποθήκευση ενέργειας για τις ώρες αιχμής. Είναι αναμφισβήτητα μια τεχνολογία η οποία έχει ήδη ξεκινήσει να κερδίζει έδαφος σε χώρες του εξωτερικού και θα συνεχίσει να αυξάνεται με ταχύτερο ρυθμό στο κοντινό μέλλον.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ PVSYST

Version 7.3.1

Grid-Connected System

Project: ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΣ Ι

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 40.02 MWp

Spoláï ta - Greece

Project: ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΣ Ι

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site	Situation		Project settings	
Spoláïta	Latitude	38.69 °N	Albedo	0.20
Greece	Longitude	21.33 °E		
	Altitude	40 m		
	Time zone	UTC+2		

Meteo data
Spoláï ta
PVGIS api TMY

System summary

Grid-Connected System — **No 3D scene defined, no shadings**

PV Field Orientation		Near Shadings	User's needs
Fixed plane		No Shadings	Unl mited load (grid)
Tilt/Azimuth	15 / 0 °		

System information

PV Array		Inverters	
Nb. of modules	62524 units	Nb. of units	17 units
Pnom total	40.02 MWp	Pnom total	34.00 MWac
		Pnom ratio	1.177

Results summary

Produced Energy	65462310 kWh/year	Specific production	1636 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	85.83 %

Table of contents

Project and results summary 2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses 3
Main results 4
Loss diagram 5
Predef. graphs 6
Single-line diagram 7
Cost of the system 8
CO_2 Emission Balance 9

PVsyst V7.3.1
VC0, Simulation date:
24/12/22 15:06
with v7.3.1

General parameters

Grid-Connected System — **No 3D scene defined, no shadings**

PV Field Orientation

Orientation		**Sheds configuration**	**Models used**	
Fixed plane		No 3D scene defined	Transposition	Perez
Tilt/Azimuth	15 / 0 °		Diffuse	Imported
			Circumsolar	separate

Horizon	**Near Shadings**	**User's needs**
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	TSM-DEG21C-20-640Wp Vertex
Unit Nom. Power	640 Wp
Number of PV modules	62524 units
Nominal (STC)	40.02 MWp
Modules	2233 Strings x 28 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	36.67 MWp
U mpp	950 V
I mpp	38605 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	2000 kWac central inverter
Unit Nom. Power	2000 kWac
Number of inverters	17 units
Total power	34000 kWac
Operating voltage	800-1500 V
Pnom ratio (DC:AC)	1.18

Total PV power

Nominal (STC)	40015 kWp
Total	62524 modules
Module area	194222 m²

Total inverter power

Total power	34000 kWac
Number of inverters	17 units
Pnom ratio	1.18

Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 0.40 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.4 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

PVsyst V7.3.1
VC0, Simulation date:
24/12/22 15:06
with v7.3.1

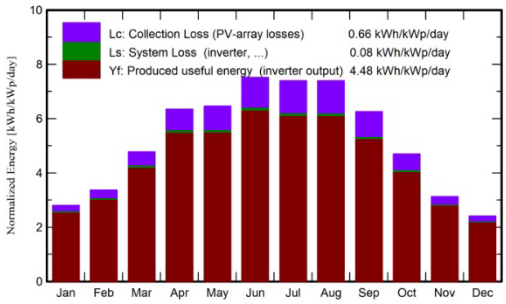
PVsyst TRIAL

Main results

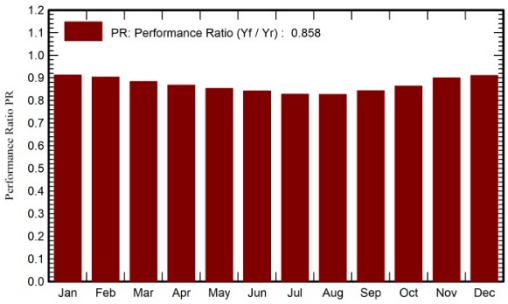
System Production

Produced Energy	65462310 kWh/year	Specific production	1636 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	85.83 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



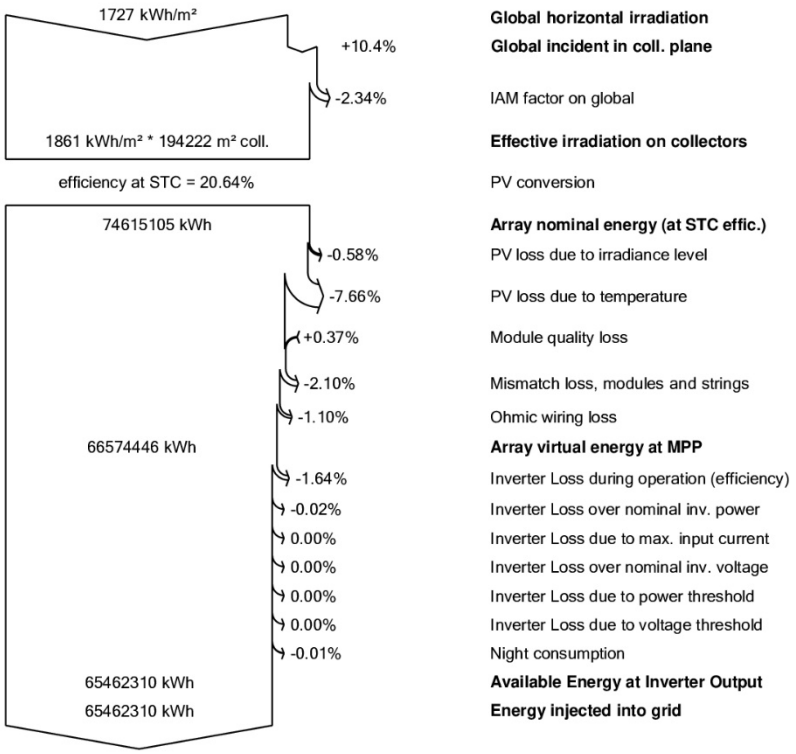
Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	ratio
January	65.5	30.33	7.94	87.0	84.2	3231560	3176221	0.912
February	76.8	34.57	9.61	94.3	91.6	3466496	3405492	0.903
March	129.9	51.09	11.97	148.0	144.5	5319471	5228746	0.883
April	177.1	63.08	15.19	190.3	186.2	6713921	6605375	0.867
May	195.8	71.50	19.87	200.3	196.2	6953339	6835814	0.853
June	225.9	70.10	23.20	225.5	220.5	7711623	7587820	0.841
July	227.1	67.77	27.01	229.4	224.5	7719827	7594380	0.827
August	216.0	58.00	27.54	229.4	224.8	7705985	7583060	0.826
September	165.5	46.87	23.89	187.7	183.6	6426937	6325048	0.842
October	119.3	41.05	20.42	145.6	141.9	5108086	5025452	0.862
November	72.9	33.69	12.99	93.9	91.0	3434432	3377210	0.899
Decer	55.[illegible]	24.52	9.43	4.6	[illegible]	[illegible]	2717	[illegible]10
Year	17[illegible].0	2.5[illegible]	1[illegible]	[illegible]06.0	61.3	66[illegible]015	65[illegible].3	858

Legends

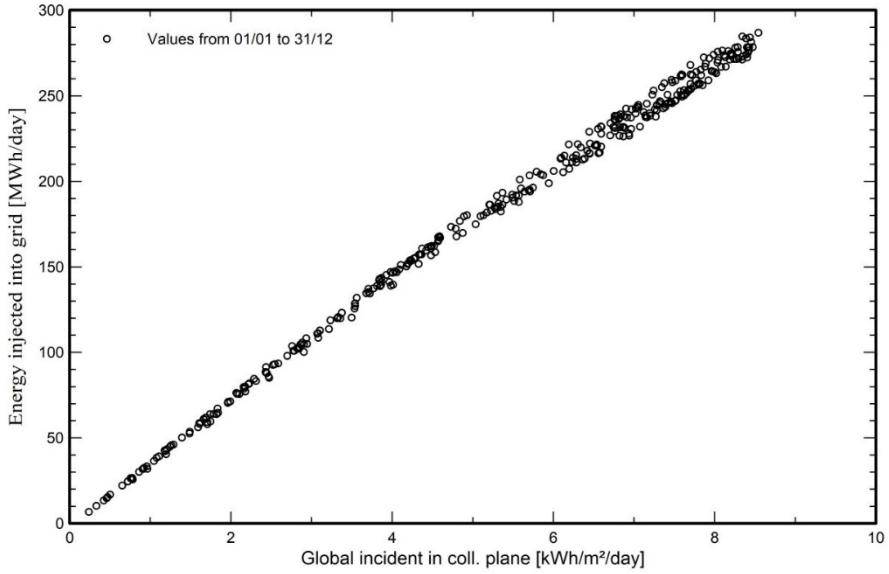
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Loss diagram

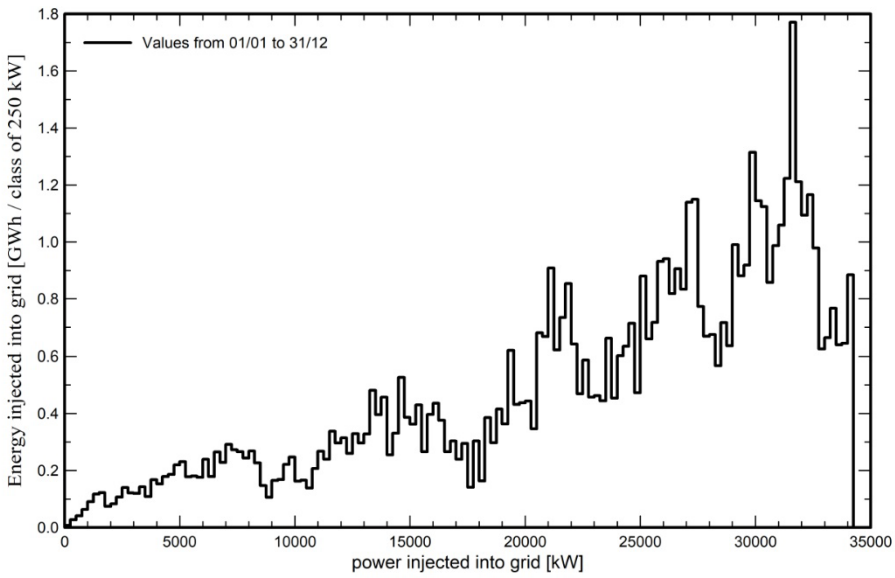


Predef. graphs

Daily Input/Output diagram

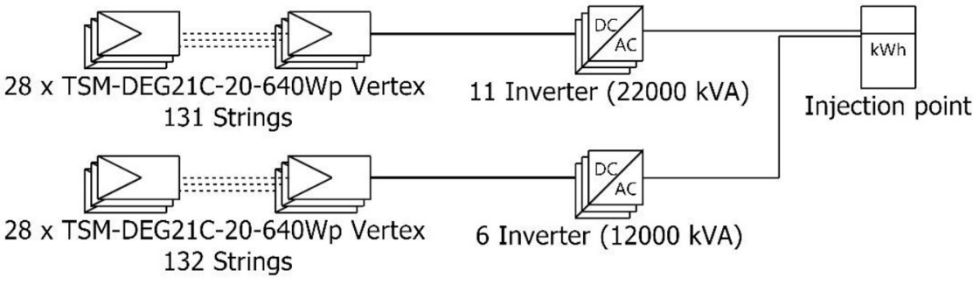


System Output Power Distribution



Single-line diagram

PVsyst V7.3.1
VC0, Simulation date:
24/12/22 15:06
with v7.3.1



PV module	TSM-DEG21C-20-640Wp Vertex
Inverter	2000 kWac central inverter
String	28 x TSM-DEG21C-20-640Wp Vertex

ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΣ Ι	
VC0 : New simulation variant	24/12/22

Cost of the system

Installation costs

Item	Quantity units	Cost EUR	Total EUR
		Total	0.00
		Depreciable asset	0.00

Operating costs

Item	Total EUR/year
Total (OPEX)	0.00

System summary

Total installation cost	0.00 EUR
Operating costs	0.00 EUR/year
Produced Energy	65470 MWh/year
Cost of produced energy (LCOE)	0.000 EUR/kWh

CO_2 Emission Balance

Total: 1243900.4 tCO_2

Generated emissions

Total: 6.10 tCO_2

Source: Detailed calculation from table below:

Replaced Emissions

Total: 1433624.6 tCO_2

System production: 65462.31 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 730 gCO_2/kWh

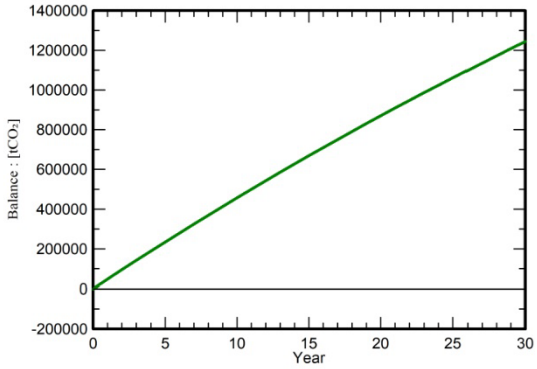
Source: IEA List

Country: Greece

Lifetime: 30 years

Annual degradation: 1.0 %

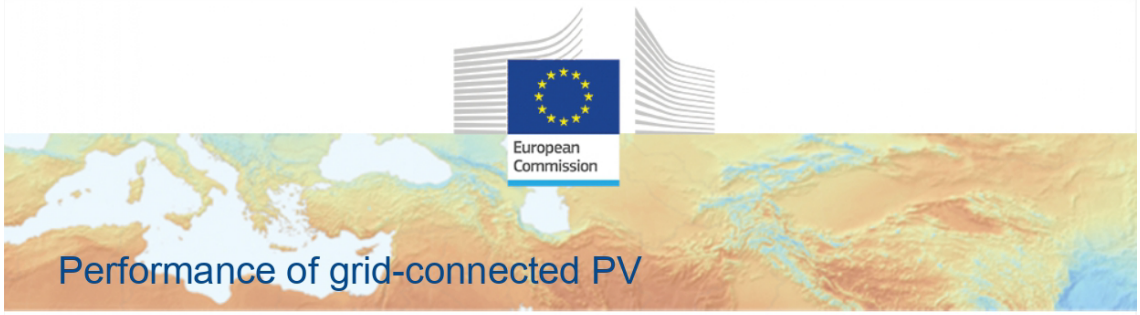
Saved CO_2 Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[$kgCO_2$]
Modules	1177 kgCO2/kWp	4.48 kWp	5275
Supports	4.87 kgCO2/kg	70.0 kg	341
Inverters	482 kgCO2/	1.00	482

Παραρτημα Β: Προσομοιωση Εγκαταστασης με JRC



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

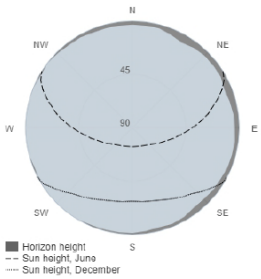
Provided inputs:

Latitude/Longitude:	38.539,23.774
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed:	40000 kWp
System loss:	5 %

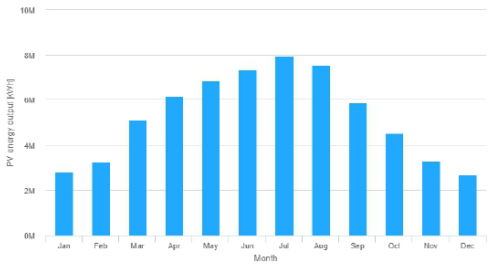
Simulation outputs

Slope angle:	15 °
Azimuth angle:	0 °
Yearly PV energy production:	63471838.36 kWh
Yearly in-plane irradiation:	1876.96 kWh/m²
Year-to-year variability:	1313807.16 kWh
Changes in output due to:	
Angle of incidence:	-2.94 %
Spectral effects:	0.61 %
Temperature and low irradiance:	-8.87 %
Total loss:	-15.46 %

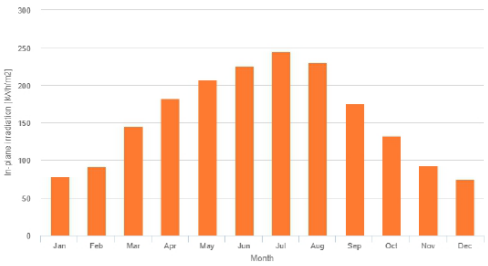
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	2799550	78.8	485568.8
February	3250233	90.2	432264.0
March	5096665	145.0	411654.4
April	6187482	180.8	563294.8
May	6898470	207.4	398004.5
June	7358817	225.3	392527.7
July	7979422	245.1	259359.2
August	7571772	231.2	195882.0
September	5845729	174.8	393396.2
October	4525043	131.5	537083.9
November	3270624	92.2	410363.0
December	2688026	70.8	305345.2

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en

PVGIS ©European Union, 2001-2022.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Joint Research Centre

Report generated on 2022/12/24

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ. Κουτσογιάννης, Α. Ευστρατιάδης, Ν. Μαμάσης, (2001). «Αποτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων εκμετάλλευσής του στη λεκάνη του Αχελώου και τη Θεσσαλία», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

2. Α. Ευστρατιάδης, Π. Παπανικολάου, Σ. Μίχας (2020). «Υδραυλικές Κατασκευές – Φράγματα». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

3. Α. Ζερβός (2018) «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

4. Ι. Γ. Αργυράκης (2008). «Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. και η συμβολή τους στην κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών της Χώρας». Διευθυντής Διεύθυνσης Υδροηλεκτρικής Παραγωγής, ΔΕΗ Α.Ε.

5. Γ. Λέρης (2007). «Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ». Διευθυντής Διεύθυνσης Εκμετάλλευσης Υδροηλεκτρικών Σταθμών, ΔΕΗ Α.Ε.

6. Ε. Θεοδοσιάδης (2020). «Εισαγωγή στην πλωτή φωτοβολταϊκή τεχνολογία», Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, ΑΠΘ.

7. ΔΑΠΕΕΠ (2022). «Residual Energy Mix 2021».

8. Richard P Tuckett (2018). "Greenhouse Gases." School of Chemistry, University of Birmingham, [11].

9. Kevin Graham Harding (2022). "Renewable Energy" University of the Witwatersrand, [3-8].

10. S. Moghadam, H. E. H. Soloot, A. H. Soloot, A. Jadhav (2021) "Floating Photovoltaics: A SWOT Analysis for the EU PVSEC" Solar Energy, [4-10].

11. Hemanth (2021). "World's biggest floating solar farms", Article.https://www.power-technology.com/analysis/worlds-biggest-floating-solar-farms/.

12. V. Ramasamy and R. Margolis (2021). "Floating Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2021 Installations on Artificial Water Bodies", National Renewable Energy Laboratory.

13. Ghigo, E. Faraggiana, M. Sirigu, G. Mattiazzo and G. Bracco (2022). "Design and Analysis of a Floating Photovoltaic System for Offshore Installation: The Case Study of Lampedusa", Marine Offshore Renewable Energy Lab.

Διαδικτυακά Εργαλεία

ΦΙΛΟΤΗΣ «Βάση δεδομένων για την ελληνική φύση» https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/.

ΡΑΕ «Γεωπληροφοριακός Χάρτης» https://geo.rae.gr.

ΑΔΜΗΕ «Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς» https://www.admie.gr/systima/perigrafi/hartis-grammon.

Εθνικό Κτηματολόγιο «Θέαση» https://maps.gov.gr

ΕΜΥ «Κλιματικά Δεδομένα Μετεωρολογικών Σταθμών» http://www.emy.gr/emy/el/.

GEODATA «Χρήσεις Γης (1999-2000)» https://geodata.gov.gr

GOVGR «Ζώνες Τιμών Αντικειμενικού Προσδιορισμού Αξίων Ακινήτων» https://maps.gsis.gr/valuemaps/

NATURA 2000 "Natura 2000 Viewer" https://natura2000.eea.europa.eu.

Global Wind Atlas "Global Wind Map" https://globalwindatlas.info/en.

European Commission "PVGIS" https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Global Solar Atlas "Global Solar Radiation Map" https://globalsolaratlas.info/map.

NASA "Global Climate Change" https://climate.nasa.gov

Google Earth "3D World Map"