

Διπλωματική Εργασία  
**ΦΟΥΝΤΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**  
Επιβλέπων:  
**Ιωάννης Τζουβαδάκης**  
**Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ**

**Αξιοποίηση εγκαταστάσεων Λιμένος Λαυρίου Αττικής  
για την παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ.**



Copyright © Φούντας Βασίλειος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, 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 τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

## Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλους τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη Αναπληρωτή Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου γιατί αυτός ήταν ο άνθρωπος που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με την έρευνα αξιολόγησης και αξιοποίησης των εγκαταστάσεων του λιμένος Λαυρίου Αττικής για την παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ. Η βοήθεια του και καθοδήγηση του, μου ήταν υπερπολύτιμη σε βασικά σημεία της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους:

- Σέρελη Χρήστο Διευθυντή Λιμενικών Υπηρεσιών του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου
- Σακελλαρίου Βαγγέλη Μηχανολόγο Μηχανικό που εργάζεται στην εταιρεία GreenCore
- Λουκά Δημήτρη Δήμαρχο Λαυρεωτικής
- Πίτσο Δημήτρη Εμπορικό Αντιπρόσωπο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Τσαπέτη Δημήτριο υποψήφιο διδάκτορα του Τομέα Δομοστατικής
- Γαντέ Χάρη καθηγητή του Τομέα Δομοστατικής
- Παπαποστόλου Λευτέρη MSC in Maritime Economics and Logistics
- Σοϊλή Παναγιώτη Business Analyst
- Παπαδημητρίου Ευγενία Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Οι οποίοι ο καθένας με το δικό του τρόπο με βοήθησε στις απορίες που είχα κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας δίνοντας μου στοιχεία και γνώσεις ώστε να υπάρξει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στην εργασία μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και φυσικά την αδερφή μου Βάσω για την αμέριστη στήριξη και βοήθεια τους σε όλους τους τομείς, όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

## **Περίληψη**

Η έρευνα έχει ως σκοπό την αξιοποίηση των εγκαταστάσεων λιμένα για την παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ με στόχο τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ως παράδειγμα έρευνας επιλέχτηκε ο λιμένας του Λαυρίου, ο οποίος λόγω της θέσης του διαθέτει υψηλό αιολικό δυναμικό και μεγάλη ηλιοφάνεια κατά την διάρκεια του έτους.

## **Abstract**

The main goal of this thesis is to develop port facilities for energy production from renewable energy sources in order to reduce environmental pollution. The Port of Lavrion was selected as a case study, since it has great potential for both wind and solar energy production due to its favorable position and its yearly sunniness.

## Εκτενής περίληψη

Με την πάροδο των χρόνων, οι ενεργειακές ανάγκες αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Στις μέρες μας η παραγωγή ενέργειας προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις συμβατικές μορφές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας. Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας οδηγεί σε μία ανεξέλεγκτη ρύπανση του περιβάλλοντος, δημιουργώντας προβλήματα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούν ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ενέργειας, φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες.

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η έρευνα αξιολόγησης και αξιοποίησης των εγκαταστάσεων του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου με σκοπό την παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ που θα τοποθετηθούν σε κατάλληλα σημεία του λιμένα και στόχο τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Γενικά τα λιμάνια θεωρούνται ως εστία ρύπανσης του θαλασσίου περιβάλλοντος και ταυτόχρονα είναι ενεργοβόρες εγκαταστάσεις όπως θα δούμε στην συνέχεια. Μέσω της έρευνας μας φιλοδοξούμε να αναδείξουμε τον λιμένα Λαυρίου ως πρότυπο λιμένας που σέβεται το περιβάλλον τόσο σε Εθνικό, όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η εργασία μας διακρίνεται σε πέντε ενότητες ως ακολούθως :

- Αρχικά, στο πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση των λιμανιών της Ελλάδας, της περιβαλλοντικής αλληλεπίδρασης λιμένα – πόλης, της ρύπανσης που προκαλούν καθώς και προσδιορισμός του όρου “πράσινα” λιμάνια. Ακολουθεί η περιγραφή και η ιστορική αναδρομή του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου.
- Στην συνέχεια γίνεται σύντομη αναφορά των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και ειδικότερα ανάλυση βασικών Φ/Β συστημάτων και ανεμογεννητριών, αναδεικνύοντας τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματά τους.
- Στο τρίτο κεφάλαιο προσδιορίζονται οι πιθανές θέσεις τοποθέτησης συστημάτων ΑΠΕ στην περιοχή λιμένος Λαυρίου, η ενεργειακή τους απόδοση με την χρήση του λογισμικού PVGIS καθώς και οι απαραίτητες μεταλλικές κατασκευές που θα χρειαστούν για την στήριξη και τοποθέτηση των συστημάτων αυτών. Η χωροθέτηση των ΑΠΕ κατασκευών γίνεται με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Sketchup και του Adobe Photoshop. Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος στατικότητας των μεταλλικών κατασκευών έγινε με την βοήθεια των προγραμμάτων Autocad και Sofistik.
- Σε επόμενο κεφάλαιο εξετάζεται η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης, η ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας της, η περιβαλλοντική αξιολόγηση (σκίαση, παραγωγή ενέργειας), καθώς και η αξιολόγηση της επίδρασης των κατασκευών στην αισθητική του τοπίου του λιμένα και της ευρύτερης περιοχής του Λαυρίου.
- Τέλος, ακολουθούν σχολιασμός και συμπεράσματα για τη τελική επιλογή και παρουσίαση των στοιχείων της επένδυσης σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια.

## Summary

Over the years, the energy consumption needs are continuously increasing. Nowadays, most of the energy production comes from conventional energy sources such as oil, gasoline and coal. This growing demand for energy has led to uncontrollable environmental pollution, causing serious problems such as the greenhouse effect. Renewable energy sources are the answer to this problem as they provide alternative energy production methods that are environmentally friendly and can be considered essentially inexhaustible.

The purpose of this thesis is to evaluate and develop port facilities for energy production from renewable energy sources that will be located in appropriate areas to reduce environmental pollution. The focus of this work will be on the Port of Laurio.

Ports are generally considered a major source of pollution for the marine environment and consume a lot of energy. Through this work, we aim to design energy production facilities that respect the environment and make the Port of Lavrio an exemplar port at a national and European level.

The thesis is divided into five main chapters as follows:

- Initially, in the first and second chapters, we present an overview of the ports of Greece, port – city interaction in terms of the environment, pollution generated by ports and the definition of the term “green ports”. We also give an overview of the history and the characteristics of the Port of Lavrio.
- We continue by examining the benefits of the Renewable Energy Sources in general and then we proceed to an extensive analysis of PV/T systems and wind turbines and their very significant advantages.
- The third chapter identifies the possible installation positions for PV/T systems, their energy efficiency (using the software PVGIS) and the steel structures required to support their installation. We present a visualization of the PV/T systems that was rendered using the design software Sketchup and Adobe Photoshop. The proposed steel structures were designed and checked for stability using the software Sofistik and Autocad.
- In the next chapter, we evaluate the economic aspects of the investment and analyze its economic viability. Additionally, we examine the environmental impact of the project (shading, energy production), as well as the aesthetic impact of the construction on the landscape of the port and the region of Lavrio in general.
- Finally, we discuss the design choices for the project and present our key findings as well as an overview of the investment data which we evaluate according to various criteria.

## **Σελίδα με συντμήσεις και ειδικούς όρους :**

- Α/Γ : Ανεμογεννήτρια
- ΑΠΕ : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- ΔΕΗ : Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
- Ε.Ε. : Ευρωπαϊκή Ένωση
- ΕΜΥ : Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- Η/Ε : Ηλεκτρική Ενέργεια
- ΚΑΠΕ : Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Φ/Β : Φωτοβολταϊκά

# Περιεχόμενα

|   |            |
|---|------------|
| <b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b> .....   | <b>10</b>  |
| 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....   | 10         |
| 1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΛΙΜΕΝΑ – ΠΟΛΗΣ .....                         | 12         |
| 1.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΟΥ "ΠΡΑΣΙΝΑ" ΛΙΜΑΝΙΑ.....                             | 13         |
| 1.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ .....                      | 13         |
| 1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΛΑΥΡΙΟΥ.....  | 15         |
| 1.6 ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΣΗΜΕΡΑ .....  | 16         |
| 1.7 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΜΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ .....                     | 17         |
| <b>2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b> .....   | <b>19</b>  |
| 2.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....   | 19         |
| 2.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....  | 26         |
| 2.2.1 Γενικά.....   | 26         |
| 2.2.2 Ηλιακή Γεωμετρία.....   | 32         |
| 2.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ .....  | 34         |
| 2.3.1 Ιστορική Εξέλιξη.....   | 34         |
| 2.3.2 Τα Φωτοβολταϊκά Στην Ελλάδα.....  | 36         |
| 2.3.3 Φωτοβολταϊκά Κελιά – Πάνελ.....   | 37         |
| 2.3.4 Ενδεικτική Απολαβή Πάνελ .....  | 41         |
| 2.3.5 Πρακτικοί Κανόνες Χωροθέτησης.....                                      | 42         |
| 2.3.6 Διασυνδεδεμένα Η Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....                   | 43         |
| 2.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....  | 44         |
| 2.4.1 Αιολική Ενέργεια Στην Ελλάδα.....                                       | 44         |
| 2.4.2 Ανεμογεννήτριες .....   | 46         |
| <b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΛΑΥΡΙΟΥ</b> .....   | <b>52</b>  |
| 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 52         |
| 3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....                              | 53         |
| 3.2.1 Ενδεικτική Απόδοση Φωτοβολταϊκού Συστήματος .....                       | 57         |
| 3.2.2 Τρόποι Στήριξης-Περιγραφή Προγράμματος <i>SOFISTIK</i> .....            | 81         |
| 3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ .....                                  | 103        |
| 3.3.1 Τρόποι Θεμελίωσης.....  | 110        |
| <b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ [8]</b> .....                    | <b>112</b> |
| 4.1 ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ- ΕΚΤΙΜΟΜΕΝΑ ΕΣΟΔΑ .....                           | 112        |
| 4.1.1 Βασικοί Δείκτες Αξιολόγησης Επενδύσεων.....                             | 114        |
| 4.1.2 Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....   | 115        |
| 4.1.3 Ανεμογεννήτριες .....   | 116        |
| 4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ -ΣΚΙΑΣΗ- ΠΩΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΤΟ ΤΟΠΙΟ .....         | 117        |
| 4.2.1 Περιβαλλοντική Αξιολόγηση.....  | 117        |
| 4.2.2 Σκίαση.....   | 119        |
| 4.2.3 Κέρδη Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου Ως Προς Την Ενέργεια Και Χρήματα ..... | 122        |
| 4.2.4 Πώς Επηρεάζεται Το Τοπίο Από Τις Προτεινόμενες Εγκαταστάσεις .....      | 123        |
| <b>5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b> .....                   | <b>127</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....   | <b>130</b> |
| ΠΗΓΕΣ ΙΝΤΕΡΝΕΤ : .....  | 132        |
| ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ : .....   | 133        |



|   |            |
|---|------------|
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ .....</b>  | <b>140</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : MASTER PLAN ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ .....</b> | <b>141</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΣΧΕΔΙΑ ΛΙΜΕΝΑΡΧΕΙΟΥ .....</b>        | <b>142</b> |

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## 1.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες που έχουν πλεονεκτική γεωγραφική θέση, καθώς βρίσκεται σε κομβικό σημείο, αποτελώντας το κέντρο τριών μεγάλων θαλάσσιων δρόμων. Ανατολικά μέσω της θάλασσας του Αιγαίου ενώνεται με τις βαλκανικές χώρες και τις χώρες του Εύξεινου Πόντου (Μαύρη θάλασσα), δυτικά μέσω της θάλασσας του Ιονίου ενώνεται με την νότια Ευρώπη και νότια ενώνεται με τις χώρες της βορείου Αφρικής, αλλά και τους θαλάσσιους δρόμους που οδηγούν στο κανάλι του Σουέζ.

Η στρατηγικά γεωγραφική υπεροχή της Ελλάδας οδήγησε στην μεγάλη ναυτική της ανάπτυξη από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα, κατακτώντας έτσι την 4η θέση στον κόσμο σε όρους ολικής χωρητικότητας πλοίων, ενώ σε όρους πραγματικής πλοιοκτησίας, τα πλοία Ελληνικών συμφερόντων κατέχουν την 1η θέση παγκοσμίως.

Στην ανάπτυξη αυτή έπαιξε σημαντικό ρόλο και η ύπαρξη πληθώρας φυσικών και τεχνητών λιμανιών. Το μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας είναι ο Πειραιάς, ο οποίος αποτελεί επιβατικό, εμπορικό, διαμετακομιστικό και ανεφοδιαστικό κέντρο. Το εξαγωγικό εμπόριο αποτελείται κυρίως από γεωργικά προϊόντα προς τις Ευρωπαϊκές χώρες, αλλά και βιομηχανικά προϊόντα προς τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο διαμετακομιστικός σταθμός του Νέου Ικονίου έχει αναδείξει τον Πειραιά σε ένα από τα μεγαλύτερα διαμετακομιστικά κέντρα της νοτίου Ευρώπης. Στην ευρύτερη περιοχή του λιμανιού υπάρχουν ναυπηγεία (η μεγαλύτερη μόνιμη δεξαμενή της Μεσογείου, είναι ικανή να δεχτεί πλοία μέχρι 500.000 dwt και βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του ναυπηγείου Σκαραμαγκά), καθώς επίσης και εκτεταμένη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη. Επίσης, στην περιοχή του Ασπροπύργου υπάρχουν τα Ελληνικά Διυλιστήρια.

Άλλο μεγάλο λιμάνι της χώρας είναι η Πάτρα, στα δυτικά παράλια της Πελοποννήσου, η Θεσσαλονίκη βόρεια στον Θερμαϊκό κόλπο και το Ηράκλειο βόρεια της Κρήτης, ενώ δυναμικά ανερχόμενο εμπορευματικό και επιβατικό λιμάνι στην Αττική είναι αυτό του Λαυρίου. Όλα τα προαναφερόμενα λιμάνια παρέχουν διαμετακομιστικές υπηρεσίες και ανεφοδιασμό στα παραπλέοντα πλοία.

Η προσφορά λιμενικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα συμπληρώνεται από πλήθος άλλα μικρότερης εμπορικής και επιβατικής δυναμικότητας λιμάνια, λόγω της ύπαρξης πολλών νησιωτικών συμπλεγμάτων. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα σημαντικότερα από αυτά καθώς και στην εικόνα 1.1 δίνονται αναλυτικά στοιχεία μερικών λιμανιών :

- Ανατολικό, Βορειοανατολικό Αιγαίο: Μυτιλήνη, Χίος, Σάμος, λιμάνια μικρής εμπορευματικής και εποχιακής επιβατικής κίνησης,
- Δωδεκάνησα: Ρόδος, Κως - λιμάνια μικρής εμπορευματικής και εποχιακής επιβατικής κίνησης,
- Κυκλάδες: Πάρος, Νάξος, Μύκονος, Σύρος, όμοια με τα προαναφερθέντα, ενώ στην Σύρο λειτουργεί και ναυπηγοεπισκευαστική μονάδα,

- Πελοπόννησος: Στην γεωγραφική αυτή περιοχή ξεχωρίζουν τα εμπορικά λιμάνια της Καλαμάτας στον Μεσσηνιακό κόλπο, της Κορίνθου στον Κορινθιακό πλάι στον ομώνυμο Ισθμό και της Πύλου στα δυτικά. Τα λιμάνια αυτά, εκτός το ότι έχουν πρωταρχικό ρόλο στο εμπόριο των περιοχών αυτών, λειτουργούν ως ανεφοδιαστικά κέντρα για τα διερχόμενα πλοία.
- Επτάνησα: Κέρκυρα, Σάμη, Ζάκυνθος, Λευκάδα, λιμάνια μικρής εμπορευματικής και εποχιακής επιβατικής κίνησης,
- Ήπειρος: στο γεωγραφικό αυτό διαμέρισμα ξεχωρίζει το εμπορευματικό και επιβατικό λιμάνι της Ηγουμενίτσας, το οποίο αποτελεί την γέφυρα στον θαλάσσιο άξονα Ελλάδας Ιταλίας,
- Στην ηπειρωτική Ελλάδα από την πλευρά του Αιγαίου πελάγους, ξεχωρίζει το λιμάνι του Βόλου που είναι σημαντικό εμπορικό λιμάνι της Μεσογειακής ναυτιλίας και η Χαλκίδα στη νήσο Εύβοια όπου βρίσκονται τα ναυπηγεία Αυλίδας, τρίτο σε μέγεθος ναυπηγείο της χώρας. Βορειότερα, στα γεωγραφικά διαμερίσματα της Μακεδονίας και της Θράκης, ξεχωρίζουν τα λιμάνια της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης αντίστοιχα. Τα λιμάνια αυτά έχουν εμπορικό χαρακτήρα, εξάγοντας κυρίως μεταλλεύματα, λιπάσματα και ζωοτροφές. [1]

|                          | Εμπορεύματα       | Επιβατική Κίνηση  | Οχήματα φορτωθέντα / εκφορτωθέντα | Αριθμός πλοίων |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------|
| Πειραιάς                 | 17.715.584        | 11.797.856        | 321.455                           | 27.902         |
| Θεσσαλονίκη              | 14.197.280        | 192.9458          | 48.340                            | 3.224          |
| Ηράκλειο                 | 3.055.000         | 1.822.072         | 187.001                           | 3.100          |
| Πάτρα                    | 2.831.492         | 1.355.350         | 552.595                           | 81.581         |
| Ελευσίνα                 | 2.666.300         | 665.000           | 283.160                           | 5.046          |
| Καβάλα                   | 1.842.686         | 1.470.717         | 363.808                           | 7.330          |
| Βόλος                    | 1.161.332         | 369.042           | 58.484                            | 1.050          |
| Ηγουμενίτσα              | 434.881           | 1.192.945         | 434.013                           | 14.281         |
| Ραφήνα                   | 65.000            | 1.760.776         | 301.117                           | 4.305          |
| Κέρκυρα                  | 37.752            | 2.146.179         | 463.747                           | 9.899          |
| Αλεξανδρούπολη           | 549.950           | 159.452           | 31.513                            | 2.518          |
| Λαύριο                   | 49.656            | 213.412           | 63.317                            | 1.815          |
| <b>Σύνολο 12 Λιμένων</b> | <b>44.606.913</b> | <b>23.145.746</b> | <b>3.108.550</b>                  | <b>162.051</b> |

{Εικ. 1.1} Στατιστικά δεδομένα για τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδας

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω η Ελλάδα διαθέτει έναν πολύ μεγάλο αριθμό λιμανιών που έχει βοηθήσει σημαντικά στην ανάπτυξη της και στην σταθερά δυναμική παρουσία της στον χώρο της ναυτιλίας. Όμως παρόλη τη χρησιμότητά τους, τα λιμάνια παίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ρύπανση του περιβάλλοντος. Γεγονός που ηθελημμένα αγνοούσαμε τόσα χρόνια, αλλά έφθασε η στιγμή να κινητοποιηθούμε προς την εύρεση μίας βιώσιμης λύσης που θα εξασφαλίσει την προστασία του περιβάλλοντος και θα συμβάλει στην διατήρηση της ανάπτυξης των λιμανιών. Αυτή η ανάγκη γίνεται πιο επιτακτική τώρα που και η Ευρωπαϊκή Ένωση στρέφεται μέρα με την μέρα όλο και περισσότερο προς την "πράσινη" ανάπτυξη της βιομηχανίας της, που περιλαμβάνει και τα λιμάνια. Άριστα παραδείγματα αυτής της δράσης αποτελούν το θαλάσσιο αιολικό πάρκο στη Δανία με συνολική ισχύ 39 MW, καταφέροντας να παράγει ενέργεια 40% πάνω από τις ανάγκες ολόκληρης της χώρας [34], το λιμάνι Ostend του Βελγίου, συνολικής ισχύος 6 MW που μπορεί να τροφοδοτήσει πάνω από 5.000 νοικοκυριά [INT. -1], καθώς και το λιμάνι Rotterdam της Ολλανδίας, ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στο κόσμο, που έχει ως στόχο να παράγει ενέργεια συνδυάζοντας αιολική, ηλιακή και διάφορες άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [INT. -2].

Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσει τις δυνατότητες για "πράσινη" ανάπτυξη στο λιμάνι του Λαυρίου με την αξιοποίηση ενός συνδυασμού αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Κύριος στόχος είναι η μείωση εκπομπής ρύπων με την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και ταυτόχρονα η παροχή ενεργειακής αυτονομίας στο λιμάνι αλλά και τη παραγωγή περίσσειας ενέργειας που θα μπορεί να αξιοποιηθεί από την γύρω αστική περιοχή του Λαυρίου, προσφέροντας επιπλέον οικονομικά οφέλη για τον λιμένα του Λαυρίου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε οι λύσεις αυτές να μην επηρεάσουν το φυσικό περιβάλλον και να διατηρήσουν ή και να αναδείξουν την αισθητική του λιμανιού.

## **1.2 Περιβαλλοντική Αλληλεπίδραση Λιμένα – Πόλης**

Η περιβαλλοντική αλληλεπίδραση του λιμένα με την πόλη πρέπει να θεωρείται δεδομένη υπό την έννοια ότι η περιβαλλοντική ρύπανση του λιμένα επηρεάζει αρνητικά και προς τα πάνω την περιβαλλοντική ρύπανση της πόλης, αλλά και αντίστροφα, η ανάπτυξη της πόλης δημιουργεί βιομηχανικά και αστικά απόβλητα που συνήθως καταλήγουν στη θάλασσα.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις διαρροές υγρών και στερεών αποβλήτων στη θάλασσα καθώς και η υποβάθμιση της ατμοσφαιρικής ποιότητας από τη σκόνη που εκλύεται κατά την φορτοεκφόρτωση και αποθήκευση χύδην φορτίων, καθώς και από τα καυσαέρια από τα αυτοκίνητα και τα πλοία, δεν επηρεάζει μόνο το περιβάλλον του λιμένα αλλά και το περιβάλλον της γειτνιάζουσας πόλης.

Επίσης, είναι σύνηθες φαινόμενο να παρουσιάζεται κυκλοφοριακή συμφόρηση γύρω από τον λιμένα, λόγω της διαμετακόμισης φορτίων από τα πλοία στα αυτοκίνητα και αντίστροφα, η οποία προκαλεί τοπική υπερφόρτωση του οδικού δικτύου. Έτσι, η κυκλοφοριακή συμφόρηση συμβάλλει περαιτέρω στην αύξηση του επιπέδου του θορύβου εντός και περιμετρικά του λιμένα.

### **1.3 Προσδιορισμός του όρου "Πράσινα" Λιμάνια**

Η ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης και της "πράσινης αξίας" οδήγησαν την τελευταία δεκαετία σε μεταλλαγές στις πολιτικές γής, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα να γίνουν σημαντικές αλλαγές στον τομέα της Ναυτιλίας. Ο όρος της βιωσιμότητας εισήλθε τόσο στην κατασκευή νέων πλοίων με "περιβαλλοντικούς όρους", όσο και στην εφαρμογή καλών πρακτικών για το περιβάλλον στο σχεδιασμό των λιμένων.

Το "πράσινο" λιμάνι είναι μια καινοτόμος περιβαλλοντική αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού και οικονομικού ζητήματος, που αντιμετωπίζουν καθημερινά οι χρήστες των λιμένων. Για παράδειγμα, η παροχή ηλεκτρικού φορτίου στα ελλιμενιζόμενα πλοία με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα είχε περιβαλλοντικά οφέλη αλλά και οικονομικά, καθώς θα εξοικονομούνταν μεγαλύτερα φορτία ρεύματος για την υπόλοιπη κοινωνία και με χαμηλότερο κόστος.

Σαφής προσδιορισμός του όρου "πράσινα" λιμάνια δεν υπάρχει ακόμα στην βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά παρακάτω περιγράφονται κάποιοι από τους ορισμούς που έχουν δοθεί στην προσπάθεια ερμηνείας του όρου αυτού (sustainable/ green port) :

- Το "πράσινο" λιμάνι προωθεί συνεχώς επιβάτες και αγαθά και επηρεάζει θετικά την οικονομική ευημερία, την περιβαλλοντική ποιότητα και την κοινωνική ευθύνη απέναντι στο περιβάλλον.
- Ένα "πράσινο" λιμάνι είναι εκείνο το λιμάνι που προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη, η οποία δεν πληρεί μόνο τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, αλλά αυξάνει ταυτόχρονα και τα οικονομικά οφέλη.
- Το "πράσινο" λιμάνι προωθεί ενέργειες όπως είναι η προστασία της κοινότητας από τις επιβλαβείς για το περιβάλλον λιμενικές εργασίες, η προώθηση της βιωσιμότητας, η εκπαίδευση της κοινότητας ως προς την περιβαλλοντική προστασία και χρήση τεχνολογικών καινοτομιών για τη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων.

Ανάμεσα στους ορισμούς που προαναφέρθηκαν διαπιστώνονται κοινά σημεία ως προς τα περιβαλλοντικά και τα οικονομικά οφέλη. Το λιμάνι αλληλεπιδρά με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον σε θέματα που αφορούν τον αέρα, το έδαφος, το θόρυβο, την ποιότητα νερού και την κατανάλωση φυσικών πόρων.

Το "πράσινο" λιμάνι πρέπει συνεχώς να θέτει σε κίνηση την ευθύνη της κοινωνίας απέναντι στο περιβάλλον, την ποιότητα του περιβάλλοντος και την οικονομική ευημερία. Επιδιώκει μακροπρόθεσμα τη βιώσιμη ανάπτυξη μέσω της μείωσης των όποιων αρνητικών επιδράσεων στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, σε όλες τις δραστηριότητες και παρεχόμενες υπηρεσίες.

### **1.4 Περιβαλλοντική ρύπανση από Λιμενικές Υπηρεσίες**

Η παροχή κάθε είδους λιμενικών υπηρεσιών επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη πολλών και σύνθετων δραστηριοτήτων, οι οποίες οδηγούν στη ρύπανση και την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος,

εντός και εκτός της λιμενικής περιοχής. Οι πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης ως αποτέλεσμα της παροχής λιμενικών εργασιών μπορούν να διακριθούν σε :

- Ρύπανση από πλοία.
- Ρύπανση από διαχείριση και αποθήκευση φορτίων.
- Ρύπανση από εργασίες υποστήριξης του λιμένα.
- Ρύπανση από ναυπηγοεπισκευαστικές δραστηριότητες.

Τα πλοία είναι η συνηθέστερη πηγή δημιουργίας περιβαλλοντικής ρύπανσης στα λιμάνια. Ειδικότερα, τα συνήθη απόβλητα τους είναι έρμα και υπολείμματα των δεξαμενών φορτίου, πετρελαϊκά απόβλητα καθώς και απορρίμματα καθημερινής χρήσης. Παράλληλα, δεν είναι λίγες οι φορές που μπορεί να προκύψει διαρροή καυσίμου ή φορτίου κατά τη διάρκεια συντήρησης ενός πλοίου. Εξάλλου, είναι αποδεδειγμένο ότι η λειτουργία των μηχανών των πλοίων επιβαρύνει το περιβάλλον με μέταλλα (V, Ni, Pd, Zn).

Στα πλοία πολύ συχνά, ιδιαίτερα αν παραμένουν μεγάλο χρονικό διάστημα στο λιμάνι, αναπτύσσονται μικροοργανισμοί στα ύφαλα τους. Αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται η αντίσταση του πλοίου στο νερό, να μειώνεται η ταχύτητα και να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμου. Παράλληλα στο πλοίο λόγω της οξείδωσης του χάλυβα, αναπτύσσεται και σκουρία. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα που προκύπτουν από την παραμονή του πλοίου στο νερό, χρησιμοποιούνται υφαλοχρώματα, τα οποία όμως περιέχουν χημικές ενώσεις που δημιουργούν με τη σειρά τους περιβαλλοντική ρύπανση στο λιμάνι.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ρύπανση του λιμένα μπορεί να προέλθει και από το χειρισμό μηχανικών μέσων για την αποθήκευση φορτίων. Όσον αφορά τα χύδην ξηρά φορτία, περίπου το 1% του φορτίου χάνεται κατά τις διαδικασίες φόρτωσης, μεταφόρτωσης και εκφόρτωσης μέχρι το προϊόν να φτάσει από την πηγή στον τελικό παραλήπτη. Στα μεγάλα λιμάνια μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων δεν είναι λίγες οι φορές που μετά από κάποιο λάθος χειρισμό τα containers μπορεί να βρεθούν στη θάλασσα.

Η ρύπανση από εργασίες υποστήριξης του λιμένα μπορεί να προέρχονται από εργασίες εκβάθυνσης του λιμένα, από τη συντήρηση και επέκταση της υποδομής του και από συντήρηση της ανωδομής, δηλαδή την συντήρηση και τη βαφή γεφυρών και γερανών. Στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη χρησιμοποιούνται πλήθος χημικών ενώσεων για τις διάφορες εργασίες συντήρησης και επισκευής των πλοίων. Παράλληλα, από διάλυση τμημάτων του πλοίου παράγονται ρινίσματα χάλυβα και σκουρίας, τα οποία σε συνδυασμό με τα νερά πλύσης επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον του λιμένα.

Σε όλη την παραπάνω ρύπανση του λιμένα που προέρχεται από τις παρεχόμενες λιμενικές υπηρεσίες, μπορούν να προστεθούν και άλλες έμμεσες μορφές ρύπανσης, όπως η ρύπανση από τις γειτνιάζουσες σε ένα λιμάνι βιομηχανίες, τα αυξημένα αστικά λύματα, η περιβαλλοντική ρύπανση από την αυξημένη κίνηση οχημάτων, η ρύπανση από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του λιμανιού και τέλος η ρύπανση από τη φυσική φθορά του λιμανιού. [20]

## 1.5 Ιστορική αναδρομή Λαυρίου

Καθημερινά οι αλλαγές που συμβαίνουν γύρω μας, στον τόπο μας και γενικότερα σε ολόκληρο τον πλανήτη αποτελούν προκλήσεις που πρέπει να δεχτούμε και να προχωρήσουμε. Μια σειρά από δράσεις τόσο σε εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο δηλώνουν την αποφασιστικότητα μας και την συνειδητοποίηση ότι πρέπει να προχωρήσουμε για να έχουμε μια θέση στον κόσμο του μέλλοντος. Επιλέξαμε να ασχοληθούμε με το Λαύριο και το λιμάνι του διότι αποτελεί εντυπωσιακό παράδειγμα προσαρμογής και συνέχειας μέσα στους αιώνες, αποδεικνύοντας την δυναμικότητα του.

Πολύ εύστοχα ο Αισχύλος είχε ονομάσει το Λαύριο "θησαυρόν χθόνος" (θησαυρός της γής). Ο πλούτος (άργυρος) που έκρυβε μέσα στα σπάχνα της η γή πολύ γρήγορα 3.200 π.Χ. ανέδειξε το Λαύριο σαν ένα από τα αρχαιότερα μεταλλευτικά κέντρα στον κόσμο. Τεράστιο επίτευγμα για την εποχή η τεχνολογία και η τεχνογνωσία που αναπτύχθηκαν για την εκμετάλλευση των ορυχείων. Πρωτοπόρες τεχνικές στην εξόρυξη, τον καθαρισμό και την κατεργασία των μεταλλευμάτων. Οι αρχαιολόγοι ανακάλυψαν τεκμήρια από την 4η χιλιετία π.Χ. στη Κρήτη, στις Μυκήνες και στις Κυκλάδες φτιαγμένα από ασήμι του Λαυρίου. Το τετράδραχμο το ασημένιο νόμισμα της Αθήνας ο Αριστοφάνης το ονόμασε "Λαυρεωτική γλαύκα" και μπορούμε να αναλογιστούμε το ρόλο που έπαιξε στο θαύμα του Χρυσού Αιώνα.

Η Αθήνα είχε την ιδιοκτησία των μεταλλείων, όμως θέσπισε ένα προηγμένο θεσμικό πλαίσιο για την αξιοποίησή τους, όπου συμμετείχαν και οι πολίτες. Κορυφαίο παράδειγμα δημοκρατικής διαχείρισης και αξιοποίησης του φυσικού πλούτου για την δημιουργία πολιτισμού.

Στις πινακίδες τις Γραμμικής Γραφής Β' αναφέρεται επίσης ο καθοριστικός ρόλος του Λαυρίου "Ευθάδε Παγγείο ράχης και Σουνίας άκρη αργυρέας ωϊξαν όλας φλέβας" (Το Παγγαίου όρος και το ακρωτήριο του Σουνίου άνοιξαν εδώ όλες τις φλέβες τους). Τον 6ο αιώνα, ο Παύλος Σιλεντιλιανός μας αναφέρει ότι η ανέργεση της Αγίας Σοφίας της Κωνσταντινούπολης έγινε με Λαυρεωτικό ασήμι. Αργότερα το 1861 δημιουργήθηκε πάλι ενδιαφέρον για νεά εκμετάλλευση των ορυχείων και άρχισε να χτίζεται μια νέα πόλη. Μέχρι τότε υπήρχε μόνο ένα ψαροχώρι, ο Κυπριανός. Το 1864, ο Σερπιέρι σαν κύριος επενδυτής, ιδρύει την εταιρία ( Royx-serpieri-Fressynet.C.E). Τότε έγινε και ο πολεοδομικός σχεδιασμός της πόλης του Λαυρίου. Τα μεταλλεία ανοίγουν και πάλι και η πόλη γίνεται ένα από τα σημαντικότερα μεταλλευτικά κέντρα της Ευρώπης. Αργότερα δημιουργούνται διενέξεις ανάμεσα στο Ελληνικό κράτος και στους επενδυτές που δημιουργούν το περίφημο Λαυρεωτικό ζήτημα (1869). Μετά από διαπραγματεύσεις δημιουργούνται δύο εταιρίες, η "Ελληνική εταιρεία των Μεταλλουργείων Λαυρίου" και η "Μεταλλεία καμάριζας" (1873). Το 1876, η δεύτερη, παραχωρεί τη θέση της στην γαλλική εταιρεία Compagnie Francaise des Laurium της οποίας ιδρυτής ήταν και πάλι ο Σερπιέρι.

Νέες ιδέες και πρακτικές εγγραφής των μετόχων των εταιριών οδήγησαν στην πρώτη χρηματιστική πράξη στην Ελλάδα και το καφενείο "Ωραία Ελλάς" λειτούργησε ως το πρώτο χρηματιστήριο. Ο Ανδρέας Συγγρός προχωρεί σε μετοχοποίηση της εταιρίας μετά την αγορά της, οδηγώντας τους Έλληνες να τρέξουν να αγοράσουν τις υπερτιμημένες μετοχές. Φυσικά σύντομα ακολουθεί η οικονομική καταστροφή των μικρομετόχων.

Τα μεταλλεία αποτέλεσαν την πρώτη βαριά βιομηχανία της Ελλάδας και την μεγαλύτερη εκείνης της εποχής στο σύνολο των Βαλκανίων. Η βιομηχανική ανάπτυξη βοήθησε σε πολλούς τομείς. Το Λαύριο, ήταν η πρώτη Ελληνική πόλη που είχε τηλέφωνο (1882) και ηλεκτροφωτίστηκε με λάμπες βολταϊκού

τόξου (1887). Το 1884 ο πρώτος Ελληνικός σιδηρόδρομος συνέδεε το Λαύριο με την Αθήνα. Ο Ελληνικός συνδικαλισμός γεννήθηκε στο Λαύριο, καθώς η βιομηχανία έφερνε πλούτο για μόνο μια μερίδα της κοινωνίας και η ζωή των εργατών ήταν πολύ σκληρή με πενιχρούς μισθούς, μεγάλα ωράρια και κατεστραμμένη υγεία.

Η πρώτη μεγάλη κρίση ήλθε στις δεκαετίες 1880 και 1890 με την πτώση της τιμής του μολύβδου. Το 1922 εγκαταστάθηκαν πρόσφυγες από την Μικρά Ασία. Το 1930 η Ελληνική Εταιρεία εκποίησε τις εγκαταστάσεις της. Ο πρώτος Παγκόσμιος Πόλεμος ήταν καθοριστικό πλήγμα. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 ξεκινάει καινούρια περίοδος με την ανάπτυξη νέων βιομηχανικών κλάδων. Μετά το 1980 δεκάδες μονάδες διέκοψαν τη λειτουργία τους λόγω της αποβιομηχανοποίησης σε όλη την Ελλάδα και το 20% του πληθυσμού εγκατέλειψε την πόλη λόγω ανεργίας. Το 1989 σταματά κάθε δραστηριότητα στην περιοχή.

Σήμερα οι εγκαταστάσεις της Γαλλικής Εταιρείας μετασχηματίζονται από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο σε Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο (ίδρυση το 1995), με νέα χρήση <<Πάρκο Τεχνολογίας-Μουσείο Τεχνολογίας>>. Έρευνα, τεχνολογική ανάπτυξη, παραγωγή, καινοτομία και αντιρρυπαντική βιομηχανία από την μία, πολιτισμός και εκπαίδευση από την άλλη, συμβάλλοντας στη φυσιογνωμία του σύγχρονου Λαυρίου.

Μέσα από ένα πρόγραμμα γενικότερης ανάπτυξης με στόχο μία Πολυκεντρική Αθήνα, το Λαύριο αποτελεί κέντρο υποστήριξης και παροχής υπηρεσιών μίας ευρύτερης τουριστικής περιοχής καθώς το λιμάνι του αναβαθμίζεται ως το 2ο λιμάνι της Αττικής. Συγκοινωνιακός κόμβος προς τα νησιά του Αιγαίου και όχι μόνο. [2] [3] [13] [22]

## 1.6 Το λιμάνι σήμερα

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα όλη η ζωή της περιοχής γύρω από το λιμάνι λεγόταν Εργαστήρια λόγω των εγκαταστάσεων κατεργασίας αργυρομολυβδούχων μεταλλευμάτων (εμπλουτισμού, πλυντηρίων, καμίνων τήξης). Οι αρχαίες σκωρίες 322.793 τόνοι που βρέθηκαν εκεί το επιβεβαιώνουν. Στα μετέπειτα χρόνια λεγόταν ‘Πόρτο –Αργαστηράκια’ και αργότερα ‘Λιμάνι των Εργαστηρίων’. Όταν ξεκίνησαν οι εργασίες των Μεταλλουργικών Εταιρειών το λιμάνι παίρνει πανελλήνιο και διεθνή χαρακτήρα. Κατασκευάστηκε αποβάθρα, μόλος 200 μέτρων με προκυμαία και στη νότια και βόρεια άκρη κατασκευάστηκαν δύο προστατευτικές προκυμαίες. Επίσης 10 χιλιόμετρα ιπποσιδηροδρόμου για τις μεταφορές υλικών, καυσίμων και προϊόντων.

Από το 1865-1873 η ετήσια κίνηση του λιμανιού ήταν 40.000 τόνοι. Καθημερινά έφταναν 120 ατμόπλοια το 1888 και 231 το 1899, τα οποία φόρτωναν αργυρούχο μόλυβδο για Γαλλία, Αγγλία και Ολλανδία. Ιστιοφόρα 1000 τόνων έφερναν κάρβουνο από την Αγγλία. Ατμόπλοιο της Εταιρείας εκτελούσε τακτικό δρομολόγιο εντός δύο ωρών προς και από Πειραιά. Όταν το 1878 πωλήθηκε, τα δρομολόγια εκτελούνταν με τα ατμόπλοια διαφόρων ελληνικών ατμοπλοϊκών εταιρειών και με τον Αττικό Σιδηρόδρομο από το 1885. Το ατμόπλοιο Νικίας 40 τόνων, ανέσυρε από τα παράλια τις αρχαίες σκωρίες μαζί με μεγάλες μαούνες και πολλές μικρές. Από την Πελοπόννησο έρχονταν καΐκια φορτωμένα με τρόφιμα. Το μοναδικό λιμάνι της Ελλάδας που το 1870 μπορούσε να δεχτεί πλοία χωρητικότητας άνω των 1.600 τόνων.



Το τελωνείο Λαυρίου ιδρύεται το 1869. Εξάγονταν αργυρούχος μόλυβδος, μεταλλεύματα, πυρωμένη καλαμίνα, σιδηρούχα, σιδηρομαγγανιούχα και αργότερα υποπροϊόντα μολύβδου, αρσενικάδες οξύ, μαλακός μόλυβδος, μόλυβδος σε φύλλα, λιθάργυρος, μίνο και άργυρος. Από την Ευρώπη εισάγονταν λιθάνθρακας, κοκ, μηχανήματα και από τις μεσογειακές χώρες μεταλλεύματα. Η προκουμαία επεκτάθηκε στα 6.000 τετραγωνικά μέτρα το 1881 με δυνατότητα αποθήκευσης 20.000 τόνων.

Για την παρακολούθηση των λιμενικών έργων κατασκευάστηκε το 1875 το κτίριο με το ρολόι που τώρα στεγάζει τον Οργανισμό Λιμένος. Επίσης κατασκευάστηκε το χημείο, ο επιστήλιος σιδηρόδρομος και η σκάλα (Wharf) με ατμοκίνητους γερανούς, επιτυγχάνοντας φορτοεκφορτώσεις 100 τόνων ανά ώρα. Από τους 40.000 τόνους την δεκαετία του 1860 η κίνηση του λιμανιού φτάνει τους 450.000 τόνους το 1899 και η χωρητικότητα των ατμοπλοίων τους 5.000 τόνους. [INT. –3]

Ερχόμαστε στο σήμερα : Το 2013 αφίχθησαν 18 κρουαζιερόπλοια με 12.349 επιβάτες. Το 2014 είχαμε 23 αφίξεις με 23.448 επιβάτες και αναμένονται σύμφωνα με τα στοιχεία άλλα κρουαζιερόπλοια με 6.000 επιβάτες έως το τέλος του 2014. Η εταιρεία κρουαζιέρας Louis Cruises προγραμματίζει για το 2015 την άφιξη 120.000 τουριστών. Η ακτοπλοία το 2013 πραγματοποίησε 1149 δρομολόγια με 329.073 επιβάτες, το 2014 έως και τον Αύγουστο 840 δρομολόγια με 255.000 επιβάτες. Κατά τους θερινούς μήνες φιλοξενούνται περισσότερα από 500 σκάφη αναψυχής και δραστηριοποιούνται αντίστοιχα εταιρείες ενοικίασης αποφέροντας αναμενόμενη αύξηση εσόδων για το λιμάνι κατά 20% από την δραστηριότητα αυτή.

Τα πλοία ‘‘RO-RO’’, Λαύριο- Κύπρος- Ισραήλ αποδίδουν 1/5 των εσόδων του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου. Για το 2014 αναμένεται αύξηση 57% και για το 2015 προσδοκάται τριπλασιασμός των εσόδων. Ο πρόεδρος του ΟΛΛ, ο κ. Βίτσιος δηλώνει ότι από τον Οκτώβριο, ξεκινά η λειτουργία του Διεθνούς Κέντρου Εκπαίδευσης σωστικών μέσων και λέμβων norsafe academy και θα πραγματοποιηθούν σεμινάρια ναυτιλιακών πληρωμάτων από όλο τον κόσμο. Επίσης το 2015 προσδοκάται η αδειοδότηση για υδατοδρόμιο και η δημιουργία βάσης συντήρησης υδροπλάνων.

Όλα αυτά μαζί με τον νέο υπερσύγχρονο σταθμό ακτοπλοΐας, έκτασης 2.700 τετραγωνικών μέτρων, τα νέα ολοκληρωμένα λιμενικά έργα, τα έργα που εξελίσσονται στην περιοχή, η εύκολη πρόσβαση στην Αττική Οδό, η προσδοκόμενη επέκταση του προαστιακού καθώς και η μικρή απόσταση από το αεροδρόμιο αποδεικνύουν την τεράστια δυναμική αυτού του λιμανιού. [INT. –4]

## **1.7 Στρατηγική και όραμα Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου**

Όπως αναπτύξαμε στις προηγούμενες ενότητες το λιμάνι του Λαυρίου είχε σημαντική παρουσία στον χώρο της βιομηχανικής ανάπτυξης, παίζοντας κυρίαρχο ρόλο στην ανάπτυξη της περιοχής και της Ελλάδας γενικότερα μέσα στους αιώνες. Είναι ύψιστης σημασίας να συνεχιστεί η ανάπτυξη και στην σύγχρονη εποχή αξιοποιώντας τις σημερινές μεθόδους "πράσινης" ανάπτυξης, που είναι φιλικές προς το περιβάλλον.

Στο παράρτημα Α παραθέτουμε αυτούσιο το κείμενο του ΟΛΛ όπως υπάρχει στην αντίστοιχη ιστοσελίδα και τώρα θα εστιάσουμε στους εξής στρατηγικούς στόχους [INT. – 3] :

- Συμβολή στη περιβαλλοντική αναβάθμιση της ευρύτερης περιοχής και στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Συμβολή στην αναβάθμιση των προοπτικών και δυνατοτήτων αειφόρου ανάπτυξης του Λαυρίου (εξασφάλιση και δημιουργία θέσεων εργασίας, αύξηση εισοδήματος).
- Εξασφάλιση χρηματοοικονομικής αυτάρκειας και προοπτικής αυτοχρηματοδότησης της ίδιας της ανάπτυξης.
- Βέλτιστη αξιοποίηση υποδομών.

Πιστεύουμε πως οι στόχοι δεν αποτελούν όραμα αλλά μπορούν να επιτευχθούν, καθιστώντας την Διπλωματική αυτή Εργασία πραγματοποιήσιμη όχι μόνο θεωρητικά, αλλά και πρακτικά, όπως θα αποδείξουμε στην συνέχεια.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 2.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή αλλιώς οι ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η ηλιοφάνεια, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Γενικά οι ΑΠΕ θεωρούνται ως ένας εναλλακτικός τρόπος άντλησης ενέργειας από τον περιβάλλον σε σχέση με τις μέχρι τώρα υπάρχουσες και επιβλαβείς πηγές ενέργειας (πετρέλαιο, άνθρακας κ.λ.π.). Πρόκειται για πηγές ενέργειας που είναι φιλικές προς το περιβάλλον, βοηθούν δηλαδή στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην βελτίωση διαφόρων οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας. Αυτό επιτυγχάνεται με την μείωση εκμετάλλευσης πηγών ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, κάρβουνο, φυσικό αέριο) που αποδεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, τοξικά αέρια, και είτε της πυρηνικής ενέργειας που δημιουργεί ραδιενεργά απόβλητα. Έτσι τελικά στρεφόμαστε ολοένα και πιο πολύ στην προσπάθεια εκμετάλλευσης των ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας χωρίς να χρειάζεται καμία ενεργητική παρέμβαση όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών.

Οι ΑΠΕ εμφανίζουν και άλλα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα όπως το συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις των τιμών των συμβατικών καυσίμων και γενικότερα της διεθνούς οικονομίας. Με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στην συμβολή των ΑΠΕ, επιτυγχάνεται πολλές φορές η αναζωογόνηση υποβαθμισμένων περιοχών (οικονομικά, κοινωνικά), είτε αποτελούν πόλο για την τοπική ανάπτυξη της περιοχής. Βοηθούν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο, καθώς επίσης δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο. Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες, δίνοντας έτσι την δυνατότητα ανακούφισης των κεντρικών συστημάτων υποδομής αφού πια οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ενώ χάρη στην φιλικότητα τους προς το περιβάλλον και ως προς τον άνθρωπο, οι ΑΠΕ γίνονται ολοένα και πιο αποδεκτές από το γενικό σύνολο.

Όμως παρόλα τα αρκετά τους πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ εμφανίζουν και διάφορα μειονεκτήματα. Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί. Εμφανίζουν υψηλό κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σχέση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων. Πολλές φορές για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις, λόγω της χαμηλής τους πυκνότητας ισχύος και ενέργειας. Συνήθως απαιτείται και η διάθεση εφεδρείας άλλων ενεργειακών πηγών ή η χρήση πολύ δαπανηρών μεθόδων αποθήκευσης, διότι οι ΑΠΕ εμφανίζουν συχνά διακυμάνσεις στην διαθεσιμότητά τους, ενώ λόγω της χαμηλής και διακυμαινόμενης διαθεσιμότητάς τους, οδηγούμαστε στην χρησιμοποίηση ενός χαμηλού ποσοστού της συνολικής δυνατότητας απόδοσης των εγκαταστάσεων. [9] [16] [23]

Οι κύριες μορφές ΑΠΕ με μία σύντομη περιγραφή είναι οι ακόλουθες :

- Ηλιακή ενέργεια



{Εικ. 2.1} Φωτοβολταϊκό σύστημα σε τοποθεσία λίγο έξω από την Λάρισα

Είναι η ενέργεια που παράγεται από την αξιοποίηση των τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται την θερμότητα και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου.

- Αιολική ενέργεια



{Εικ. 2.2} Αιολικό πάρκο στο όρος Παναχαικό πάνω από τον Κορινθιακό κόλπο

Είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από την δύναμη του ανέμου, ποσοστό της οποίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ανεμογεννήτριας.

- Βιομάζα



{Εικ. 2.3} Βιομάζα - πέλλετ

Είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτικού βασιλείου, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια μέσω μιάς σειράς διεργασιών σε καύσιμο αέριο.

- Γεωθερμία



{Εικ. 2.4} Θερμός πίδακας νερού στο Εθνικό Πάρκο Yellowstone του Wyoming στις ΗΠΑ

Είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και προσφέρει σε φυσικούς ατμούς, επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά ή θερμά ξηρά πετρώματα.

- Υδραυλική Ενέργεια



*{Εικ. 2.5} Το υδροηλεκτρικό έργο της Ημαθίας*

Είναι η ενέργεια που παράγεται από τις υδατοπτώσεις και αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

- Κυματική ενέργεια



*{Εικ. 2.6} Γεννήτριες που μετατρέπουν την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική*

Είναι η ενέργεια που προέρχεται από την παλίρροια, τα θαλάσσια ρεύματα και τους ωκεανούς. [7]  
[INT. -5]

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που διαθέτει ένα αξιόλογο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ηλιοφάνεια στη χώρα μας είναι μια από τις μεγαλύτερες και σε Ευρωπαϊκό αλλά και σε Παγκόσμιο επίπεδο. Ενώ ταυτόχρονα έχουμε και πολύ ισχυρούς ανέμους κατά την διάρκεια όλου του χρόνου. Τα νησιά της χώρας μας και ειδικότερα κάποια νησιά του Αιγαίου διαθέτουν ένα αξιόλογο γεωθερμικό δυναμικό, ενώ το ανάγλυφο ευνοεί την αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Σε μικρότερο βαθμό εμφανίζεται και η δυνατότητα αξιοποίησης της βιομάζας.

Η αγορά των ΑΠΕ στην Ελλάδα καθορίστηκε κατά κύριο λόγο από το εντεινόμενο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και την ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ανάγκη αυτή μετουσιώθηκε σε πολιτικές συμφωνίες (π.χ. πρωτόκολλο του Κυότο) που καθόριζαν τους τρόπους με τους οποίους η μείωση των εκπομπών μπορούσε να γίνει εφικτή. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, ήταν πλέον σαφής η κατεύθυνση από την πλευρά της Ε.Ε. στο ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, θα πρέπει να αποτελέσει έναν από τους κύριους τρόπους αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου. [9]

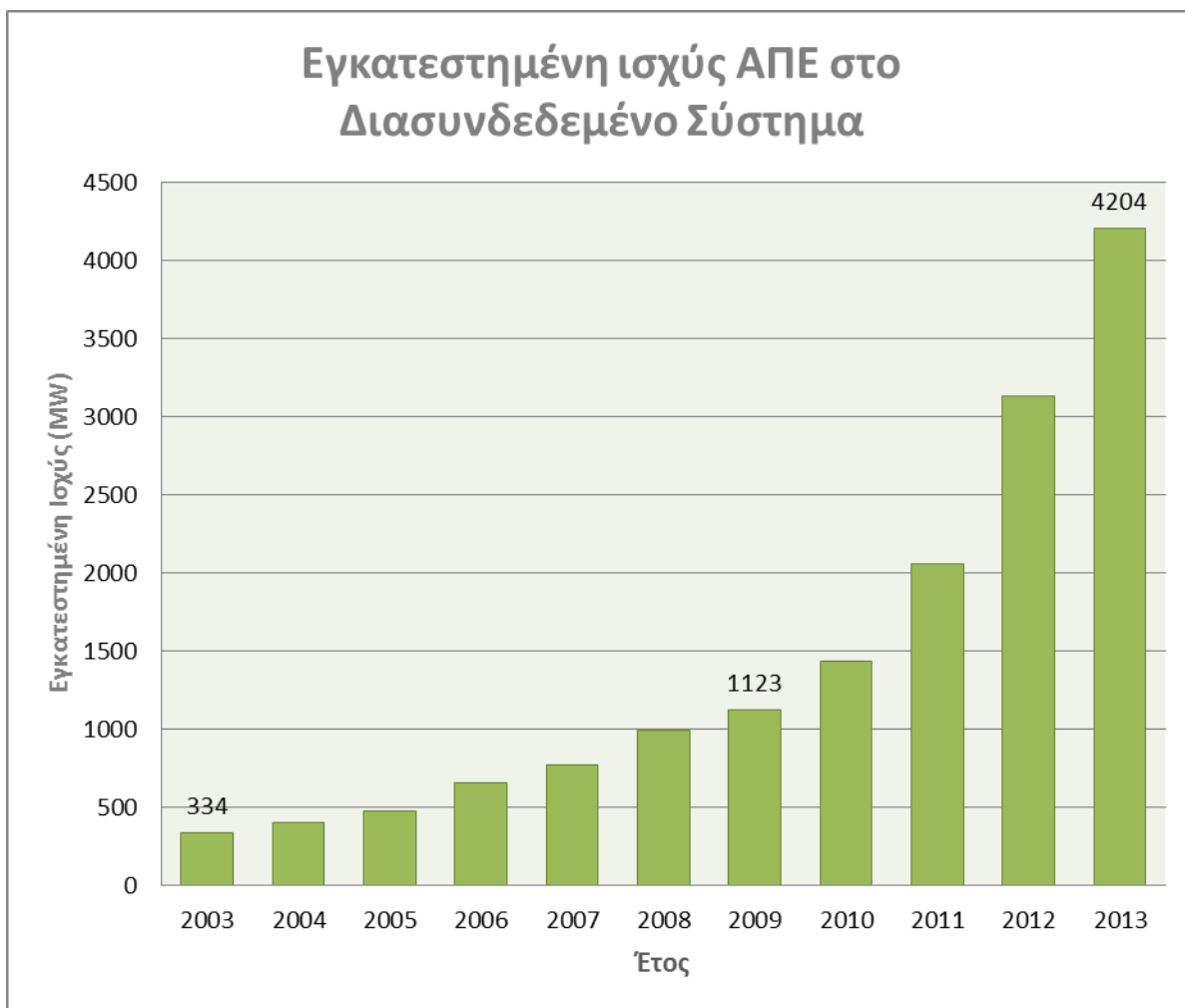
Το 2007, η Ευρωπαϊκή Ένωση, προώθησε το λεγόμενο 20-20-20 δηλαδή τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% από τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 20% και την αύξηση κατά 20% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση, μέχρι το 2020. Εναρμονιζόμενη με αυτή την πολιτική, η Ελλάδα, καθόρισε αντίστοιχα τα ποσοστά συμμετοχής των ΑΠΕ στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, και όρισε σαν στόχο τη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Το ποσοστό αυτό, χρησιμοποιήθηκε από την πολιτική ηγεσία με απόφαση του 2010 για να καθοριστεί η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος από τις διάφορες ΑΠΕ, μέχρι το 2014 και το 2020, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (τιμές σε MW).

|  | <b>2014</b> | <b>2020</b> |
|--|-------------|-------------|
| <b>Υδροηλεκτρικά</b>   | <b>3700</b> | <b>4650</b> |
| <i>Μικρά (0-15MW)</i>  | <i>300</i>  | <i>350</i>  |
| <i>Μεγάλα (&gt;15MW)</i>   | <i>3400</i> | <i>4300</i> |
| <b>Φωτοβολταϊκά</b>  | <b>1500</b> | <b>2200</b> |
| <i>Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της παρ.6 του άρθ.15 του ν.3851/2010</i> | <i>500</i>  | <i>750</i>  |
| <i>Λοιπές Εγκαταστάσεις</i>  | <i>1000</i> | <i>1450</i> |
| <b>Ηλιοθερμικά</b>   | <b>120</b>  | <b>250</b>  |
| <b>Αιολικά</b> (περιλαμβανομένων θαλασσιών)  | <b>4000</b> | <b>7500</b> |
| <b>Βιομάζα</b>   | <b>200</b>  | <b>350</b>  |

{Εικ. 2.7} Πίνακας εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ (τιμές σε MW)

Μετά την σχετικά πρόσφατη συνεδρίαση της κομισιόν για το 2014 συζητήθηκαν οι στόχοι για το 2030 να είναι 27% για την χρήση ΑΠΕ και 40% για την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η Ελλάδα, μέχρι στιγμής, έχει ως επίσημη θέση την αύξηση του στόχου στο 30% της διείσδυσης των ΑΠΕ.

Η διεύθυνση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα, πλην των Μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών, παρουσίασε ιδιαίτερη εξέλιξη στα τέλη της δεκαετίας του 2000 και στις αρχές της δεκαετίας του 2010, ιδιαίτερα όσον αφορά τις τεχνολογίες της αιολικής ενέργειας και των φωτοβολταϊκών πάρκων. Συγκεκριμένα, στο διασυνδεδεμένο σύστημα είχαν εγκατασταθεί, στο τέλος του 2013, 4.204 MW ενώ το 2003 είχαν εγκατασταθεί μόλις 334 MW, επομένως σε δέκα χρόνια σημειώθηκε μια αύξηση στην εγκατεστημένη ισχύ της τάξεως του 1100% και μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 30%.



{Εικ. 2.8) Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ (MW)

Σήμερα, η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων και των μη Διασυνδεδεμένων, είναι ίση με 4647 MW περίπου.

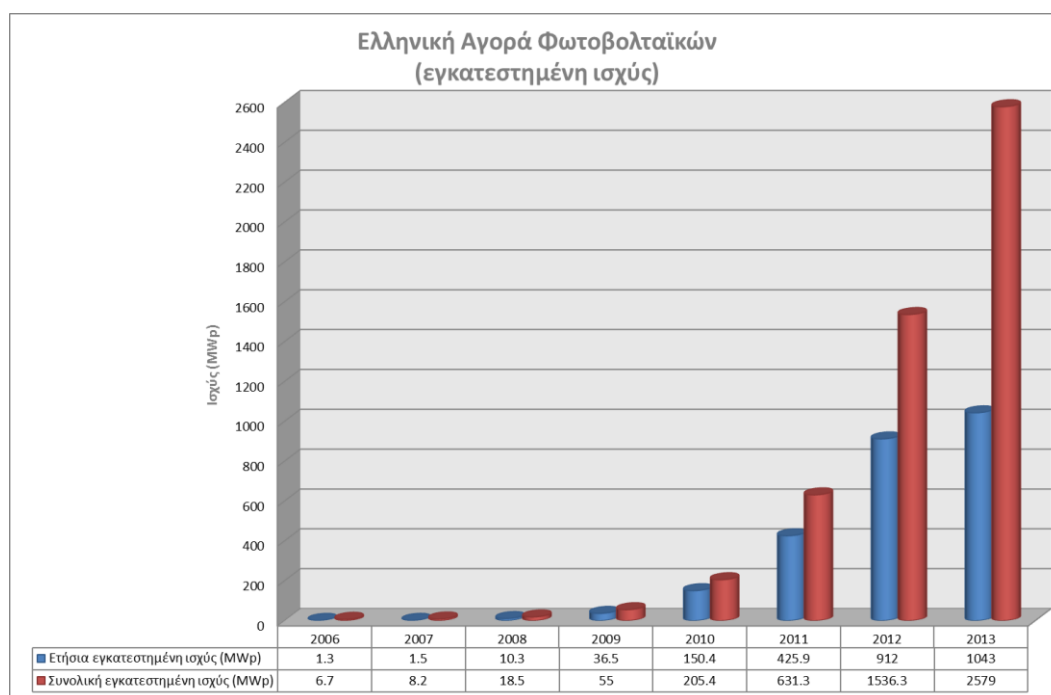
Το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ στην Ελλάδα, οφείλεται στην αύξηση των εγκαταστάσεων Αιολικών Πάρκων και, την τελευταία διετία στην κατακόρυφη αύξηση των εγκαταστάσεων Φωτοβολταϊκών Πάρκων. Συγκεκριμένα, η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων, σε διασυνδεδεμένο και μη διασυνδεδεμένο σύστημα στο τέλος του 2013 ήταν 1865 MW, με μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 29%, αλλά με απογοητευτική αύξηση τα δύο τελευταία χρόνια (7%).





{Εικ. 2.9} Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων στην Ελλάδα

Αντίστοιχα η εγκατεστημένη ισχύς Φωτοβολταϊκών στο τέλος του 2013 ήταν 2579 MW, με μέση αύξηση της τάξης του 150% από το 2006, με κυρίαρχες χρονιές το 2012 και το 2013 οπότε εγκαταστάθηκαν 912 MW και 1043 MW αντίστοιχα.



{Εικ. 2.10} Εγκατεστημένη ισχύς Φωτοβολταϊκών

Όπως γίνεται σαφές, για τη μεν αιολική ενέργεια, η αύξηση υπήρξε σημαντική, όμως απέχει σημαντικά από τους εθνικούς στόχους εγκατεστημένης ισχύος που είχαν τεθεί το 2010 (7500 MW μέχρι το 2020). Αντίθετα, η εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών, αυξήθηκε θεαματικά και ήδη ξεπέρασε τους εθνικούς στόχους για το 2020. Κυρίως λόγω της οικονομικής κρίσης, αλλά και του αβέβαιου θεσμικού περιβάλλοντος που επικράτησε στην Ελλάδα τα τελευταία 3 περίπου χρόνια, η αγορά των ΑΠΕ έχει παρουσιάσει κάμψη. Ωστόσο, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, υπάρχουν επενδύσεις οι οποίες βρίσκονται σε ώριμο αδειοδοτικό στάδιο και των οποίων η συνολική ισχύς επαρκεί για την κάλυψη των εθνικών στόχων.

| Αδειοδότηση έργων ΑΠΕ (MW) |                    |                              |                       |
|----------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|
| Έργα ΑΠΕ                   | Με Άδεια Παραγωγής | Με Οριστικούς Όρους Σύνδεσης | Με Άδεια Εγκατάστασης |
| Αιολικά                    | 23149              | 5658                         | 1523                  |
| Βιομάζα                    | 474                | 88                           | 34                    |
| Γεωθερμία                  | 8                  | 0                            | 0                     |
| Μικρά                      |                    |                              |                       |
| Υδροηλεκτρικά              | 964                | 76                           | 40                    |
| Φ/Β                        | 4422               | 1554                         | 487                   |
| ΣΗΘΥΑ                      | 471                | 211                          | 38                    |
| Υβριδικά                   | 294                | 2                            | 0                     |
| Σύνολο (MW)                | 29782              | 7589                         | 2122                  |

{Εικ. 2.11} Αδειοδότηση έργων ΑΠΕ (MW)

Επομένως, μπορούμε να εκτιμήσουμε με βεβαιότητα ότι η αγορά των ΑΠΕ εξακολουθεί να έχει σημαντικά περιθώρια ανάπτυξης. [30]

## 2.2 Ηλιακή ενέργεια

### 2.2.1 Γενικά

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο και αποτελεί μια ανεξάντλητη μορφή ενέργειας. Ο ήλιος αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας. Δίνει ζωή σε κάθε οργανισμό της βιόσφαιρας, δημιουργεί τους ανέμους, παράγει την αποθηκευμένη χημική ενέργεια σε ξύλα και ορυκτά καύσιμα, και επομένως είναι η πηγή όλης σχεδόν της ενέργειας που χρησιμοποιούμε. Δεν υπάρχει κάτι πάνω στη γη που θα μπορούσε να υπάρχει, να ζει και να κινείται, χωρίς τη ζωογόνο ενέργεια του ήλιου. Οπότε δεν είναι παράξενο που για όλους τους αρχαίους λαούς ο ήλιος ήταν ο 'Μεγάλος Θεός', παίρνοντας διαφορετικές μορφές από χώρα σε χώρα κι από εποχή σε εποχή. Από πολύ νωρίς οι άνθρωποι είχαν καταλάβει την εξαιρετική σημασία που είχε για τη ζωή του κόσμου μας και τον περιέβαλαν με δέος και σεβασμό, οι δε εκλείψεις του αντιμετωπίζονταν σαν μεγάλες καταστροφές κι ήταν ένδειξη πως ο Θεός απέστρεφε το πρόσωπό του από τους ανθρώπους, σίγουρα για κάποιο λάθος τους.

Σήμερα ξέρουμε ότι ο ήλιος είναι ένα πύρινο ουράνιο σώμα που αποβάλλει προς το ηλιακό μας σύστημα ποσότητες θερμότητας μέσω των εκρήξεων που γίνονται στην επιφάνειά του. Αλλά όσο και αν η επιστήμη και οι αναλύσεις έχουν μειώσει το μυστήριο που τον περιέβαλε σε άλλους καιρούς, άλλο τόσο έχουν ενισχύσει την άποψη ότι χωρίς τον ήλιο η γη θα ήταν ένας μικρός, παγωμένος, νεκρός πλανήτης, και ότι όλα όσα βρίσκονται πάνω σ' αυτήν και την πλουτίζουν με την ποικιλία και τη ζωή τους οφείλουν την ύπαρξή τους στον ήλιο.

Η ακτινοβολία του ήλιου, η ηλιακή ακτινοβολία, όπως έχουμε συνηθίσει να τη λέμε, έχει τροφοδοτήσει κι εξακολουθεί να τροφοδοτεί με ενέργεια όλες σχεδόν τις ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ακτινοβολία του ήλιου όχι μόνο δίνει φως, αλλά επίσης θερμαίνει τα σώματα στα οποία προσπίπτει. Αυτή τη θερμότητα μπορούμε είτε να τη χρησιμοποιήσουμε αμέσως, καθώς έρχεται από τον ήλιο, είτε να την αποθηκεύσουμε με τεχνητά μέσα και να τη χρησιμοποιήσουμε όταν τη χρειαστούμε. Λιγότερο γνωστό είναι ότι η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει και τις ιδιότητες κάποιων υλικών (των ημιαγωγών), που παράγουν έτσι ηλεκτρικό ρεύμα.

Για να εκμεταλλευτούμε όσο γίνεται πιο αποδοτικά την ηλιακή ενέργεια, πρέπει να έχουμε στο νου μας πώς μεταβάλλεται η θέση του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους. Στις χώρες του βορείου ημισφαιρίου, όπως η Ελλάδα, οι επιφάνειες που είναι προσανατολισμένες στο νότο δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης, το καλοκαίρι, ο ήλιος είναι ψηλά ως προς τον ορίζοντα, ενώ το χειμώνα είναι χαμηλά.

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης.

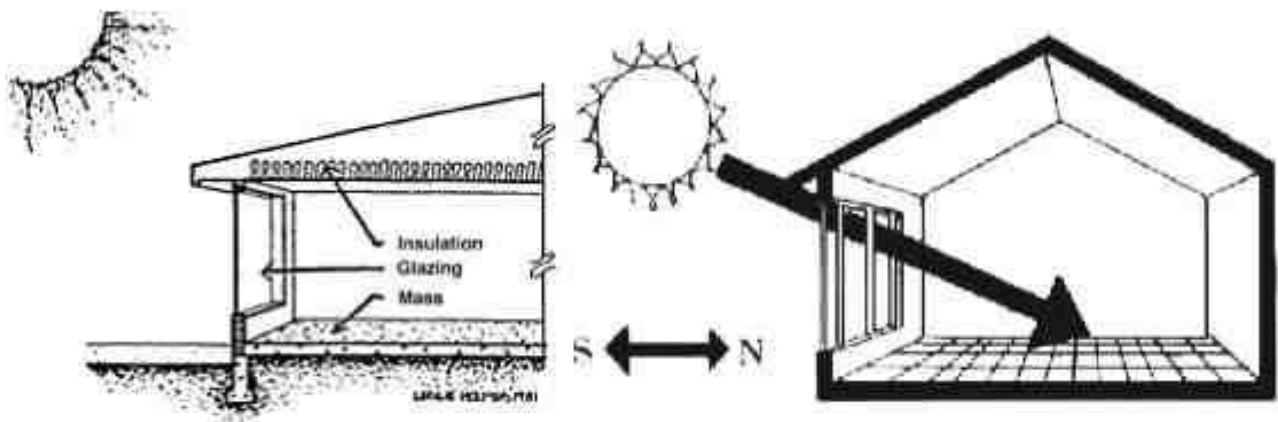
Το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι πραγματικά τεράστιο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σε λιγότερο από μία ώρα η ενέργεια που φτάνει από τον ήλιο στη γη θα μπορούσε να καλύψει τις παγκόσμιες ενεργειακές απαιτήσεις για ένα ολόκληρο χρόνο αν μπορούσε να αξιοποιηθεί. Επίσης όλη η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε ποσότητα ενέργειας που προκύπτει από μόλις 20 μέρες ηλιοφάνειας.

Μπορούμε να αξιοποιήσουμε την ηλιακή ακτινοβολία για ενεργειακούς σκοπούς, είτε για να προσλάβουμε Θερμότητα από τον Ήλιο, είτε για να παράγουμε Ηλεκτρικό ρεύμα από τον Ήλιο. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



{Εικ. 2.12} Συστήματα εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας

- Παθητικά ηλιακά συστήματα



{Εικ. 2.13} Παθητικά ηλιακά συστήματα

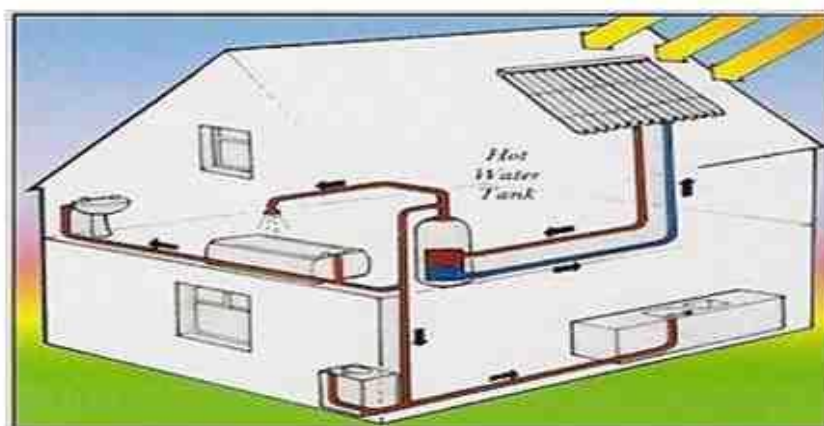
Σχετίζονται με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική ενός κτιρίου. Αφορούν δομικά στοιχεία κυρίως του κελύφους του κτιρίου που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου. [17]

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα



{Εικ. 2.14} Ηλιακός θερμοσίφοντας

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης που είναι συνήθως τοποθετημένος στην ταράτσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου). Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού είναι ο γνωστός μας ηλιακός θερμοσίφοντας.



{Εικ. 2.15} Ενεργητικό ηλιακό σύστημα

Το θερμό νερό που μας δίνει ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε, στη συνέχεια, για τις καθημερινές μας ανάγκες, δηλαδή για τη θέρμανση χώρων κατοικίας ή εργασίας, τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικών εγκαταστάσεων, κ.λ.π. [27]

- Φωτοβολταϊκά συστήματα



{Εικ. 2.16} Φωτοβολταϊκό σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα [12] :

- Αξιοπιστία

Είναι μια καθ'όλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία.

- Αποκέντρωση

Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου (που στην Ελλάδα φτάνουν κατά μέσο όρο το 12%).

- Αυτονομία

Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους. τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.

- Ανάπτυξη

Η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς θα αυξήσει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών.

- Θέσεις εργασίας

Ήδη πάνω από 3.500 άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ελλάδα. Η περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς συνεπάγεται νέες θέσεις εργασίας σε μια καθαρή τεχνολογία.

- Ευκολία

Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη.

- Εξοικονόμηση χρημάτων

Για τον απλό καταναλωτή, ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η πιο απλή και συμφέρουσα λύση για να περικόψει τους λογαριασμούς ρεύματος. Το μέσο ετήσιο κέρδος του μπορεί να ξεπεράσει τα 100 ευρώ.

- Εξοικονόμηση ενέργειας

Για την Ελλάδα, η εξοικονόμηση που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί θερμοσίφωνες εξοικονομούν ήδη 1,1 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο, όση ενέργεια παράγει δηλαδή ένας συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 200 μεγαβάτ. Χωρίς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα των νησιών που θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.

- Προστασία περιβάλλοντος

Αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

- Κλιματικές αλλαγές

Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Ένα τυπικό θερμοσιφωνικό σύστημα για οικιακή χρήση παράγει στην Ελλάδα ετησίως 840-1.080 κιλοβατώρες και αποσοβεί την έκλυση 925-1.200 κιλών CO<sub>2</sub> το χρόνο, όσο δηλαδή θα απορροφούσε 1,5 στρέμμα δάσους.

Όμως τα μειονεκτήματα της είναι [INT. – 6] :

- υψηλό κόστος κατασκευής
- έλλειψη επιδοτήσεων
- προβλήματα στην αποθήκευση της ενέργειας

## 2.2.2 Ηλιακή γεωμετρία

Για να υπολογίσουμε τις ηλιακές απολαβές πρέπει να γνωρίζουμε την ακριβή θέση του τόπου και την ακριβή θέση του ήλιου. Έτσι σχεδιάζουμε τους ηλιακούς χάρτες και τοποθετούμε σ' αυτούς τα υπάρχοντα εμπόδια, με χρήση μιας πυξίδας και ενός μοιρογνωμόνιου κατάλληλα διαμορφωμένου. Ο ηλιακός χάρτης εξαρτιέται από το Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude) του τόπου δηλαδή την γωνιακή απόσταση από τον ισημερινό. Για τον ισημερινό το Γεωγραφικό πλάτος είναι  $0^{\circ}$ , ενώ για τους πόλους είναι  $+90^{\circ}$  (βόρειος) και  $-90^{\circ}$  (νότιος). Υπάρχουν προγράμματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή που υπολογίζουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει, σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου. [INT. -6]

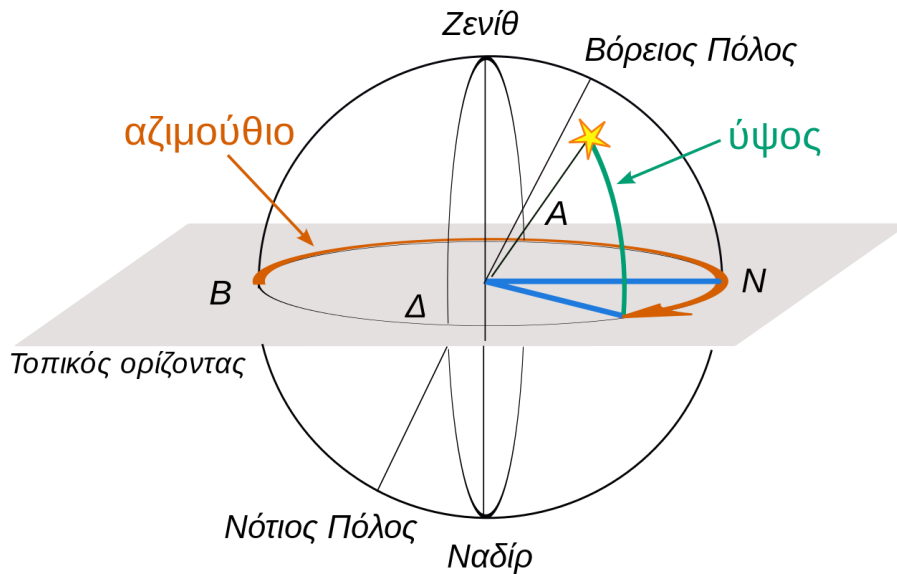
Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να γνωρίζουμε το ποσό της ηλιακής ενέργειας που πέφτει πάνω στο κτίριο και την κατανομή του κατά ημέρα και ώρα. Έτσι με βάση τις ανάγκες σε ενέργεια και το μέγεθος των νότιων ανοιγμάτων που μπορούμε να τοποθετήσουμε γνωρίζουμε και το ποσοστό διείσδυσης της ηλιακής ενέργειας στο κτίριο. Τελικά συνυπολογίζοντας και το κόστος του όλου εγχειρήματος, προχωράμε στην υλοποίησή του.

Η θέση του ήλιου εξαρτάται :

- 1) Από το Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude) του τόπου δηλαδή την γωνιακή απόσταση από τον ισημερινό. Για τον ισημερινό το Γεωγραφικό πλάτος είναι  $0^{\circ}$ , ενώ για τους πόλους είναι  $+90^{\circ}$  (βόρειος) και  $-90^{\circ}$  (νότιος). Η Ελλάδα εκτείνεται από περίπου  $35^{\circ}$  (Κρήτη) μέχρι  $41^{\circ}$  (Βόρεια Ελλάδα). Η Μυτιλήνη έχει γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ}06'$  και η Αθήνα  $37^{\circ}58'$  (Βόρειο).
- 2) Το Γεωγραφικό Μήκος (Longitude) του τόπου δηλαδή την γωνιακή απόσταση από το αστεροσκοπείο του Greenwich. Το Γεωγραφικό μήκος μετριέται από  $0^{\circ}$  στο Greenwich μέχρι  $180^{\circ}$  ανατολικά ή δυτικά του αστεροσκοπείου. π.χ. Η Μυτιλήνη έχει περίπου  $26^{\circ}33'$  Ανατολικό ενώ η Αθήνα περίπου  $23^{\circ}43'$ .
- 3) Την ημερομηνία και
- 4) Την ώρα (UTC) της ημέρας.

Μπορούμε να βρούμε το Γεωγραφικό Πλάτος και το Γεωγραφικό Μήκος ενός τόπου, χρησιμοποιώντας το 'Google Earth'. Το γεωγραφικό μήκος μαζί με την ημερομηνία προσδιορίζουν τις ώρες που ανατέλλει και δύει ο ήλιος. Οι βασικές γωνίες της θέσης του ήλιου είναι: το Αζιμούθιο (γωνία από το βορρά), Ύψος του ήλιου (γωνία από το οριζόντιο επίπεδο), Ζενιθία γωνία (γωνιακή απόσταση από την κατακόρυφη διεύθυνση). Μαζί με τις μέσες κλιματικές τιμές για τον τόπο που γίνεται η σχεδίαση, υπολογίζεται το τελικό ενεργειακό ισοζύγιο. [INT. - 7]





{Εικ. 2.17} Οριζόντιες συντεταγμένες

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα της εισερχόμενης ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας και μέρας είναι : [8]

- Ηλιακό αζιμούθιο (σε μοίρες)
- Το υψόμετρο του ήλιου (σε μοίρες)
- Η απόσταση γης- ήλιου
- Το κλίμα της περιοχής
- Η ηλιακή απόκλιση
- Το υψόμετρο της περιοχής
- Η εποχή του έτους
- Η κλίση και η διεύθυνση της επιφάνειας αναφορικά με τον ήλιο

Η ποσότητα της ενέργειας που παίρνουμε σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας εξαρτάται από το ποσοστό ηλιοφάνειας, που είναι συνάρτηση της διαφάνειας της ατμόσφαιρας και της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που τελικά παίρνουμε για τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριο έως Μάρτη) είναι περίπου  $350 \text{ kWh/m}^2$  (με απόδοση συλλεκτικής επιφάνειας 80% και κλίση  $60^\circ$  σε γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$ ). Με αυτά τα δεδομένα υπολογίζεται ότι χρειάζονται περί τα  $20\text{m}^2$  συλλεκτών σε  $100\text{m}^2$  κατοικίας, με ποσοστό κάλυψης θερμικών αναγκών που ποικίλλει από 50% μέχρι 90% ανάλογα με την θερμομόνωση του κτιρίου και τις θερμικές απολαβές από την γήινη επιφάνεια.

## 2.3 Φωτοβολταϊκά

### 2.3.1 Ιστορική εξέλιξη



{Εικ. 2.18} Φωτοβολταϊκά συστήματα στη περιφέρεια Madera της Καλιφόρνιας

Ανακαλύφθηκαν το 1839 και χρησιμοποιήθηκαν για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του 1950 σε διαστημικές εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Η ιστορία τους συνοψίζεται στα ακόλουθα σημεία [19] :

1839 : Ο Γάλλος Φυσικός Becduerel παρατηρεί το Φ/Β φαινόμενο.

1873 : Ο Willoughby Smith ανακαλύπτει την φωτοαγωγιμότητα του σελήνιου.

1883 : Ο Αμερικανός εφευρέτης Charles Fritts περιγράφει την κατασκευή των πρώτων Φ/Β στοιχείων από σελήνιο.

1887 : Ο Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι η υπεριώδη ακτινοβολία επηρέασε την ελάχιστη απαιτούμενη τάση που απαιτείται για να προκαλέσει τη δημιουργία σπινθήρα μεταξύ δύο μεταλλικών ηλεκτροδίων.

1914 : Παρατηρήθηκε η ύπαρξη της διαχωριστικής επιφάνειας στα υλικά των Φ/Β.

1918 : Ο Πολωνός επιστήμονας Czochralski ανέπτυξε μία μέθοδο για την παραγωγή μονοκρυσταλλικού στοιχείου από γερμάνιο.

1954 : Οι Rappaport Loferski και Jenny από την εταιρεία RCA ανακοινώνουν την εφαρμογή του Φ/Β φαινομένου με υλικά από κάδμιο (Cd). Στα εργαστήρια Bell οι ερευνητές Pearson, Chapin και Fuller

ανακοινώνουν την επίτευξη απόδοσης 4,5 % από ΦΒ πυρίτιο. Σε λίγους μήνες η απόδοση έφτασε το 6%. Οι Chapin, Fuller, Pearson της εταιρείας τηλεπικοινωνιών AT&T παρουσιάζει τα Φ/Β στοιχεία στην Εθνική Ακαδημία Επιστημών των ΗΠΑ.

1955 : Η εταιρεία Western Electric αρχίζει να διαθέτει εμπορικά δικαιώματα για εφαρμογές Φ/Β. Τα πρώτα προϊόντα που διατίθενται είναι για συσκευές ανταλλαγής χαρτονομισμάτων με κέρματα και αποκωδικοποιητές καρτών και ταινιών για Η/Υ. Η Δ/ση Ημιαγωγών της εταιρείας Hoffman Electronics ανακοινώνει την εμπορική διάθεση Φ/Β με 2% απόδοση, κόστους \$ 25/στοιχείο, 14 mW το κάθε ένα, δηλαδή με κόστος ενέργειας \$ 1500/W.

1957 : Η εταιρεία Hoffman Electronics κατασκευάζει Φ/Β στοιχεία με 8% απόδοση. Απονέμεται δίπλωμα ευρεσιτεχνίας "Solar Energy Converting Apparatus", 2.780.765 στους Chapin, Fuller και Pearson της εταιρείας AT&T.

1958 : Η εταιρεία Hoffman Electronics κατασκευάζει Φ/Β στοιχεία με 9% απόδοση. Εκτοξεύεται από τις ΗΠΑ ο πρώτος δορυφόρος με Φ/Β, Vanguard I, ο οποίος λειτουργούσε για 8 χρόνια.

1959 : Η εταιρεία Hoffman Electronics κατασκευάζει Φ/Β στοιχεία με 10% απόδοση. Εκτοξεύεται από τις ΗΠΑ ο δορυφόρος Explorer -6 με Φ/Β από 9600 στοιχεία, το κάθε ένα 1 cm x 2 cm.

1960 : Η εταιρεία Hoffman Electronics κατασκευάζει Φ/Β στοιχεία με 14% απόδοση.

1963 : Στην Ιαπωνία εγκαθίσταται το μεγαλύτερο για την εποχή Φ/Β πεδίου 240-W σε ένα φάρο.

1964 : Εκτοξεύεται από τις ΗΠΑ το διαστημόπλοιο Nimbus εξοπλισμένο με Φ/Β 470-W.

1966 : Εκτοξεύεται δορυφορικό αστρονομικό τηλεσκόπιο εξοπλισμένο με Φ/Β 1- Kw.

1968 : Εκτοξεύεται ο δορυφόρος OVI- 13 με δύο πάνελ Φ/Β από κάδμιο- πυρίτιο.

1974 : Η Ιαπωνία αρχίζει το πρόγραμμα Sunshine.

1977 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 500 kW.

1979 : Το πρώτο Φ/Β σύστημα για οικισμό εγκαθίσταται από ερευνητικό κέντρο της NASA (Lewis Research Center) ισχύος 3,5 kW, στον Ινδιάνικο οικισμό Parago στην Αριζόνα.

1980 : Εγκατάσταση μονάδας 105,6 kW στο Natural Bridges National Monument στην Πολιτεία Utah των ΗΠΑ.

1981 : Εγκατάσταση Φ/Β 8 Kw, σε μονάδα αφαλάτωσης στην Jeddah, Σαουδική Αραβία.

1982 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 9,3 MW. Η εταιρεία Solarex αρχίζει την λειτουργία του εργοστασίου της για την παραγωγή Φ/Β, το οποίο τροφοδοτείται από Φ/Β 200Kw τοποθετημένα στην οροφή του εργοστασίου. Συνδέεται με το δίκτυο η μονάδα.

1983 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 21,3 MW και οι πωλήσεις τα 250 εκατ. δολάρια.

1995 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 80 MW και οι πωλήσεις τα 1,4 δις. δολάρια.

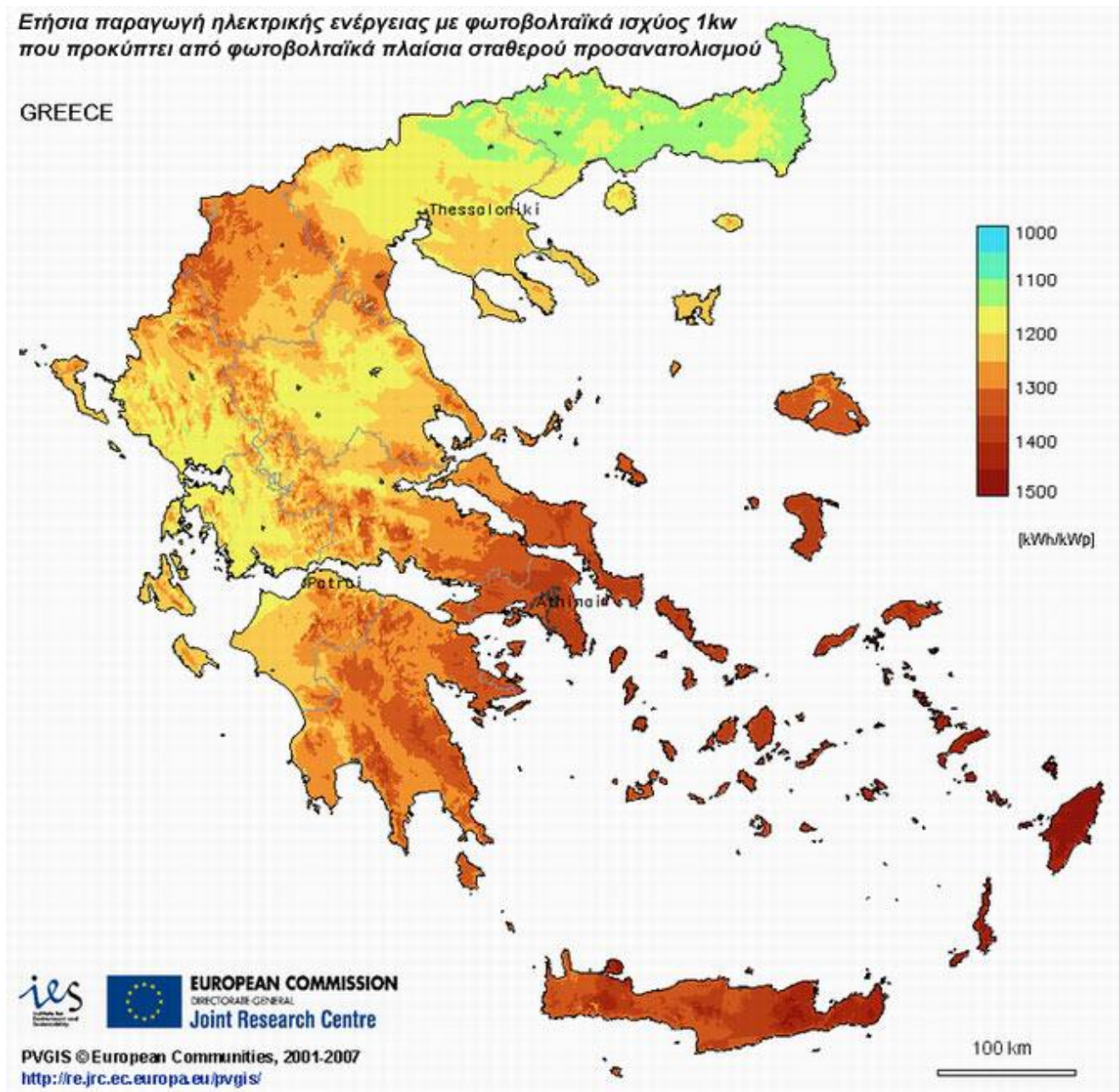
1997 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 100 MW.

2002 : Η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β ξεπερνάει τα 560 MW.

### 2.3.2 Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Οι λόγοι για την προώθηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα συνοψίζονται ως ακολούθως [28] :

- Η Ελλάδα έχει τον μεγαλύτερο δείκτη ηλιοφάνειας σε ολόκληρη την Ε.Ε. Η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στη χώρα μας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τόσο κατά τη καλοκαιρινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο.
- Η ενεργειακή εξάρτηση των νησιωτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο και το τεράστιο κόστος μεταφοράς της, έχουν άμεσο αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων, στην τουριστική ανάπτυξη και στο κόστος παραγωγής ενέργειας, το οποίο τελικώς χρεώνεται η Δ.Ε.Η. Επιπλέον η παραγωγή ενέργειας μεγιστοποιείται κατά τους θερινούς μήνες οπότε αυξάνεται και η ζήτηση.
- Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου τις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, όπου τα φωτοβολταϊκά παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο που παρατηρείται έλλειψη ή πολύ υψηλό κόστος ενέργειας.
- Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης νέων κεντρικών σταθμών ισχύος συμβατικής τεχνολογίας. Συμβολή στη μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου Δ.Ε.Η.
- Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενη ενέργεια και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παραγωγής.
- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά κέντρα και στην περιφέρεια.
- Προώθηση των στόχων της Ε.Ε. και του Κυότο σχετικά με τη μείωση των αερίων ρύπων και τη διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 20% έως το 2020.



{Εικ. 2.19} Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με Φ/Β

### 2.3.3 Φωτοβολταϊκά κελιά – πάνελ

Η βασική δομική μονάδα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι το φωτοβολταϊκό κελί. Τα Φ/Β κελιά αποτελούνται από δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού τα οποία γενικά αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Στο κάτω στρώμα του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη θετικού φορτίου (p). Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη αρνητικού φορτίου (n). Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου p και τύπου n που δημιουργείται ονομάζεται p-n επαφή (P-N junction).

Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στο κελί, απελευθερώνει με την ενέργειά του ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα. Τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια λόγω της αντίθετης πόλωσης των δύο στρωμάτων, τείνουν να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου n στο στρώμα τύπου p. Το ηλεκτρικό πεδίο όμως στην επαφή p-n εμποδίζει αυτή τη μετακίνηση. Δημιουργώντας ένα εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα, επιτρέπουμε τη ροή ηλεκτρονίων από το ένα στρώμα στο άλλο με έμμεσο τρόπο. Η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων ονομάζεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα (DC). Ένα Φ/Β κελί είναι συνήθως τετράγωνου σχήματος με μήκος πλευράς 10 εκατοστά. Η μικρή επιφάνειά του περιορίζει την παραγωγική του ικανότητα σε πολύ μικρή ισχύ. Για το λόγο αυτό, συνδέοντας ηλιακά κελιά σε σειρά και παράλληλα, κατασκευάζονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Στην αγορά των φωτοβολταϊκών, υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες ημιαγωγικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών πάνελ. Οι κυρίαρχες τεχνολογίες όμως είναι δύο: το κρυσταλλικό πυρίτιο (crystalline silicon) και του λεπτού υμενίου (thin film).

- Κρυσταλλικό πυρίτιο

Τα πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από, ειδικά επεξεργασμένα για την προσθήκη προσμίξεων, στρώματα πυριτίου - τα ηλιακά κελιά - τα οποία στη συνέχεια συναρμολογούνται για να δημιουργήσουν ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Η τεχνολογία αυτή είναι η παλιότερη και η πλέον ευρέως διαδεδομένη εμπορικά. Υπάρχουν δύο τύποι πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου:

- Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο



{Εικ. 2.20} Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Φωτοβολταϊκό πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Απαιτούν την υψηλότερη καθαρότητα του πυριτίου και έχουν την πιο πολύπλοκη διαδικασία κατασκευής, γνωστή ως διαδικασία "Czochralski". Η απόδοσή τους είναι υψηλή, της τάξης του 15-18%, ωστόσο παρουσιάζουν και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετράγωνα ενώ το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).

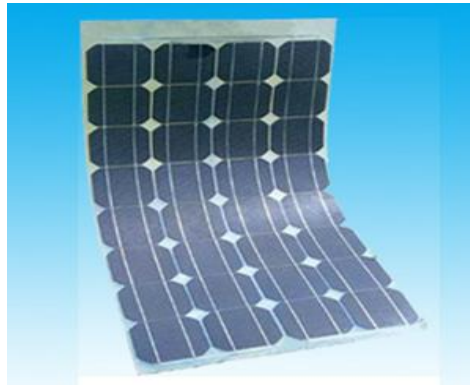
- Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο



{Εικ. 2.21} Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Φωτοβολταϊκό πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου. Η μέθοδος κατασκευής τους απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια και κόστος σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά κελιά. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% έως 16% και είναι φθηνότερα από τα μονοκρυσταλλικά κελιά. Κατασκευάζονται συνήθως σε τετράγωνο σχήμα, ενώ το χρώμα τους είναι μπλε (με αντί-ανακλαστική επίστρωση) ή γκρι-ασημί (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).

- Thin film



{Εικ. 2.22} Thin film

Τα πάνελ αυτού του τύπου κατασκευάζονται τοποθετώντας λεπτές στρώσεις ημιαγωγικού υλικού πάνω σε διάφορες επιφάνειες (συνήθως γυαλί). Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε με στόχο τη χρήση μικρότερων ποσοτήτων ημιαγωγικού υλικού. Η απόδοση αυτών των πάνελ είναι αρκετά μικρή (5-7%) αλλά με μικρό κόστος κατασκευής. Προφανώς, για να επιτευχθεί η ίδια παραγωγική ικανότητα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, απαιτούνται περισσότερα πάνελ και κατά συνέπεια μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια. Υπάρχουν τρεις τύποι πάνελ λεπτού υμενίου:

- Άμορφο πυρίτιο

Φωτοβολταϊκό πάνελ άμορφου πυριτίου. Αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτρονικά προϊόντα ευρείας κατανάλωσης (π.χ. υπολογιστές τσέπης).


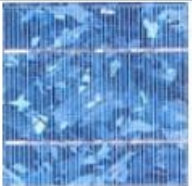

Πλεονέκτημά τους αποτελεί το γεγονός ότι το άμορφο πυρίτιο μπορεί να καταλαμβάνει λιγότερο από 1% του πάχους ενός κρυσταλλικού κελιού. Επιπλέον, τα κελιά άμορφου πυριτίου δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ. Ωστόσο, η ικανότητά τους στην μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι η λιγότερο αποτελεσματική.

- Καδμίου - Τελλουρίου (CdTe)

Φωτοβολταϊκό πάνελ Καδμίου - Τελλουρίου CdTe είναι η ένωση που σχηματίζουν τα ημιαγωγά υλικά καδμίου-τελλουρίου. Είναι ο πιο κοινός τύπος της κατηγορίας thin film και είναι τα πιο οικονομικά στην κατασκευή. Επιπλέον έχουν την καλύτερη και αποδοτικότερη συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες και σε συνθήκες χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας (συννεφιά). Μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός της χρήσης του σπάνιου μετάλλου τελλουρίου. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το πέρας της ζωής τους.

- Κελιά Χαλκού - Ινδίου / Γαλλίου – Δισεληνιούχου

Φωτοβολταϊκά κελιά Χαλκού - Ινδίου / Γαλλίου - Δισεληνιούχου Αποτελεί μία από τις περισσότερο υποσχόμενες τεχνολογίες, όπου κελιά λεπτού υμενίου κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό χαλκού-ινδίου-δισεληνιούχου και χαλκού-γαλλίου-δισεληνιούχου (κελιά CIGS). Η απόδοσή τους είναι η υψηλότερη για τα φωτοβολταϊκά κελιά του είδους, έχοντας φτάσει ακόμα και το 19,9%. [15]

| Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών<br>(εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| ΤΥΠΟΣ  | 'Λεπού υμενίου'<br>ή 'Thin Film'  | Πολυκρυσταλλικά  | Μονοκρυσταλλικά   |
| Εμφάνιση   |  |  |  |
| Απόδοση  | a-Si: 4,2-6,6%<br>μ-Si: 8,1-8,5%<br>CIS-CIGS: 6-11%<br>CdTe: 6-11,1%                | 11-14,8%   | 11-19,3%  |
| Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp  | 9-25 m <sup>2</sup>   | 7-9 m <sup>2</sup>   | 5,5-9 m <sup>2</sup>  |
| Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)<br><small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>             | 1.300-1.450   | 1.300  | 1.300   |
| Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> )<br><small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small> | 50-160  | 145-185  | 145-235   |
| Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)   | 1.300-1.450   | 1.300  | 1.300   |

{Εικ. 2.23} Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών



### 2.3.4 Ενεργειακή απολαβή Φ/Β πάνελ

Η ενεργειακή απολαβή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι εξαρτώμενη από τους παρακάτω παράγοντες.

- Γεωγραφικό πλάτος της περιοχής τοποθέτησης Φ/Β πλαισίων
- Προσανατολισμός και κλίση
- Κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής
- Τεχνολογία και αριθμός πάνελ
- Απόδοση υπόλοιπου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (inverter, καλώδια, κλπ)

Όπως είναι λογικό, το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής καθορίζει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και άρα και την ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Όσο νοτιότερα βρίσκεται μια περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και άρα η ενεργειακή απολαβή.

Για τη μέγιστη απολαβή ενέργειας, τα πλαίσια είναι απαραίτητο να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό με κλίση η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για τα ελληνικά δεδομένα, μία τυπική μέση χαρακτηριστική κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Ωστόσο, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απολαβή αναγκάζοντας τα φωτοβολταϊκά πάνελ να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η θέση του ήλιου στον ορίζοντα.

Η ενεργειακή απολαβή από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εξαρτάται προφανώς και από τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης. Μια συννεφιασμένη μέρα η ενεργειακή παραγωγή θα είναι μικρότερη σε σχέση με μια ηλιόλουστη μέρα. Ωστόσο, όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες η παραγωγή επηρεάζεται αρνητικά.

Η τεχνολογία των πάνελ (κρυσταλλικά, λεπτού υμενίου κλπ) επηρεάζει την παραγωγή καθώς κάθε τεχνολογία παρουσιάζει διαφορές στην απόδοση σε συνάρτηση πάντα και με την απαιτούμενη επιφάνεια για την εγκατάσταση. Τέλος, η υψηλή απόδοση του μετατροπέα και η επαρκής διατομή των καλωδίων για την ελαχιστοποίηση των απωλειών είναι παράγοντες που επιδρούν θετικά στην συνολική ενεργειακή απολαβή.

Μία μέση εκτίμηση της ενεργειακής απολαβής είναι 1150-1500kWh/kWp ετησίως, με τις μεγαλύτερες τιμές να σημειώνονται στην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. Ο υπολογισμός αυτός προσαυξάνεται κατά περίπου 25-30% κατά μέσο όρο με τη χρησιμοποίηση συστημάτων ανίχνευσης της πορείας του ήλιου (trackers). [15]

### 2.3.5 Πρακτικοί κανόνες χωροθέτησης

Για τη μέγιστη ενεργειακή απολαβή, πράγμα που είναι και το ζητούμενο από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, πρέπει να εξεταστεί η βέλτιστη δυνατή χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ο προσανατολισμός και η κλίση είναι οι δύο βασικές παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν και οι οποίες είναι άμεσα εξαρτημένες από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Η κλίση στην οποία θα τοποθετηθούν τα πλαίσια επιδρά στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών πάνω τους. Προφανώς αναφερόμαστε στην άμεση ακτινοβολία από τον ήλιο και όχι για τις ανακλώμενες ή διαθλώμενες οι οποίες έχουν τυχαία κατεύθυνση. Επιπλέον, η θέση του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και από εποχή σε εποχή είναι μεταβαλλόμενη. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος κάθε περιοχής, υπάρχει μια βέλτιστη κλίση τοποθέτησης ώστε η ενεργειακή απολαβή να είναι η μέγιστη. Στην Ελλάδα η βέλτιστη γωνία τοποθέτησης των πλαισίων είναι αυτή των 30 μοιρών για τη βόρεια Ελλάδα και φτάνει τις 27 μοίρες για τη νότια Ελλάδα.

Ο προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων επιδρά στις ώρες που τα πλαίσια θα βρίσκονται υπό το φως του ήλιου. Ο βέλτιστος προσανατολισμός για το βόρειο ημισφαίριο της γης είναι ο νότιος. Οποιαδήποτε απόκλιση από το Νότο ονομάζεται απόκλιση αζιμούθιου και εκφράζεται σε μοίρες.

Στον παρακάτω πίνακα θα δείτε πως επιδρά κάθε παράγοντας στην απόδοση του φωτοβολταϊκού σας συστήματος.

| Προσανατολισμός                 | Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο |      |     |
|---------------------------------|------------------------------------|------|-----|
|                                 | 0°                                 | 30°  | 90° |
| Ανατολικός - Δυτικός            | 90%                                | 85%  | 50% |
| Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός   | 90%                                | 95%  | 60% |
| Νότιος                          | 90%                                | 100% | 60% |
| Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός | 90%                                | 67%  | 30% |
| Βόρειος                         | 90%                                | 60%  | 20% |

{Εικ. 2.24} Πίνακας απόδοσης Φ/Β συστήματος

Αναφορικά με τη σκίαση θα πρέπει ο εγκαταστάτης να φροντίζει για την απουσία εμποδίων τα οποία μπορεί να προκαλέσουν σκίαση στα πλαίσια. Στην περίπτωση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σε οριζόντιο επίπεδο θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην σκίαση που πιθανόν να προκαλούν τα μπροστινά πλαίσια (λόγω της κλίσης τους) στα πίσω. Ένας πρακτικός κανόνας για την τοποθέτηση, είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών να είναι διπλάσια του ύψους των σειρών από το οριζόντιο επίπεδο.



{Εικ. 2.25} Κανόνας τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων

Βέβαια το ορθότερο είναι να προσομοιωθεί η εγκατάσταση σε ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα και να γίνει μελέτη σκίασης για όλες τις εποχές του χρόνου.

Τέλος, όλα τα παραπάνω αφορούν εγκαταστάσεις με σταθερά συστήματα στήριξης. Υπάρχουν συστήματα ανίχνευσης της πορείας του ήλιου γνωστά ως solar trackers τα οποία προσαρμόζουν τη θέση των πάνελ ανά σύντομα χρονικά διαστήματα ώστε να παρακολουθούν όσο το δυνατό πιστότερα την πορεία αυτή. Τα trackers μπορούν να είναι μονού άξονα, δηλαδή να κρατούν σταθερή την κλίση των πάνελ και να μεταβάλλουν τον προσανατολισμό τους, ή να είναι διπλού άξονα όπου μεταβάλλεται και η κλίση τους. [15]

### **2.3.6 Διασυνδεδεμένα ή Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα**

Κάθε φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διασυνδεδεμένο με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο της Δ.Ε.Η. (grid connected), σε αυτόνομο ή σε συνδυασμό των δύο.

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff). Αυτό σημαίνει ότι το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα πωλείται στη Δ.Ε.Η., ενώ για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια του ανεξάρτητου παραγωγού υπάρχει ανεξάρτητη τροφοδοσία. Για το λόγο αυτό, στην εγκατάσταση απαιτείται η ύπαρξη δύο ξεχωριστών πινάκων, ενός για τις ιδιοκαταναλώσεις του παραγωγού και ενός δεύτερου για το φωτοβολταϊκό σύστημα, καθώς και δύο ξεχωριστών μετρητών (καταναλισκόμενης και αποδιδόμενης ενέργειας). Τόσο η ενέργεια που αποδίδει ο παραγωγός στο ηλεκτρικό δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό για τις ιδιοκαταναλώσεις του, μεταφέρονται πάντοτε μέσω της ίδιας ηλεκτρικής παροχής.

Στα αυτόνομα, μη διασυνδεδεμένα συστήματα, ο παραγωγός καταναλώνει όλη την ενέργεια που παράγει. Δεν τροφοδοτεί, ούτε τροφοδοτείται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Επομένως δεν υπάρχει μετρητής παραγόμενης ή καταναλισκόμενης ενέργειας.

Για την υλοποίηση αυτού του συστήματος, απαιτείται πολύ προσεκτικότερη μελέτη ως προς την απαιτούμενη ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος, αλλά και για την αποθήκευση της ενέργειας (με χρήση μπαταριών), καθώς τις νυχτερινές ώρες για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά δεν παράγουν ενέργεια. Τα αυτόνομα συστήματα απαιτούν επιπλέον εξοπλισμό σε σχέση με τα διασυνδεδεμένα και δεν εγγυώνται τη συνεχή και αδιάλειπτη τροφοδότηση της εγκατάστασης. Επίσης η συντήρηση των συστημάτων αυτών πρέπει να γίνεται συχνότερα και επιμελέστερα.

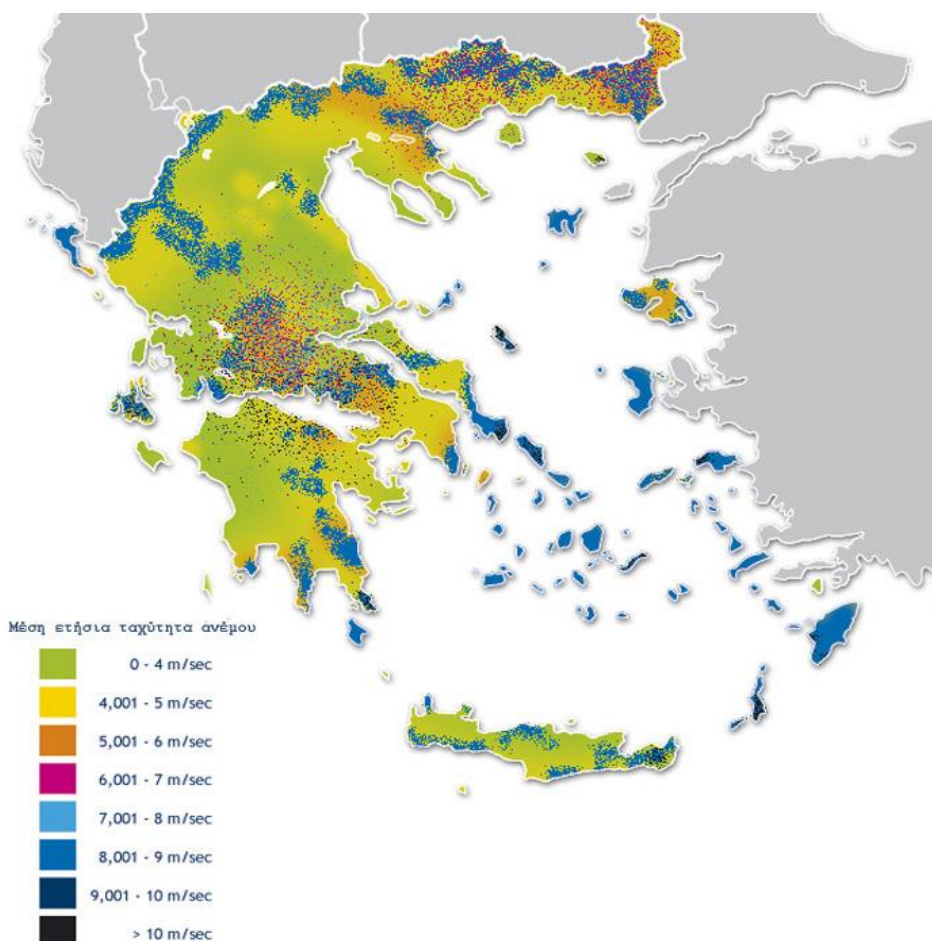
Τέλος, υπάρχει δυνατότητα διασυνδέσεως των δύο παραπάνω συστημάτων. Το φωτοβολταϊκό σύστημα χρησιμοποιείται για να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Σε περίπτωση περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. και επομένως δεν απαιτείται η χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά ηλεκτρική ενέργεια δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης, οι ανάγκες συμπληρώνονται από το δίκτυο. Έτσι, στην εγκατάσταση προστίθεται ένας διπλός μετρητής για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας, ενώ δεν απαιτείται διάταξη ανόρθωσης. [15]

## 2.4 Αιολική ενέργεια

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 1970, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις Α.Π.Ε. και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. [13]

### 2.4.1 Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα



{Εικ. 2.26} Ταχύτητες ανέμων στην Ελλάδα

Σημάδια σημαντικής επενδυτικής ανάκαμψης εμφανίζει ο κλάδος της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα κατά το κλείσιμο του 2014, σύμφωνα με τη Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας που ανακοινώθηκε από την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ).

Η συνολική καθαρή αιολική ισχύς που εγκαταστάθηκε κατά το 2014 ήταν 113,9 Μεγαβάτ, ελαφρότατα μειωμένη σε σχέση με το 2013. Πέραν αυτής της νέας ισχύος, κατά την 31.12.2014 ήταν ήδη υπό κατασκευή ή είχαν ήδη συμβολαιοποιηθεί νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 246,5 MW.

Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεγεθών που αθροίζουν 360,4 MW αποδεικνύει την αναπτυξιακή δυναμική και τις προοπτικές των αιολικών επενδύσεων στην Ελλάδα που υλοποιούνται προσφέροντας απασχόληση και εισόδημα σε μια κρίσιμη περίοδο για την Ελληνική οικονομία, ενώ παράλληλα συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων του 2020 και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Με βάση την Στατιστική, το σύνολο της αιολικής ισχύος που κατά τα τέλη 2014 βρισκόταν σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία είναι: 1979,8 Μεγαβάτ αυξημένη κατά 6,5% σε σχέση με πέρυσι.

Η ισχύς αυτή κατανέμεται ως εξής:

- Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά : 316,3 MW
- Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα: 1663,5 MW

Σε επίπεδο Περιφερειών η Στερεά Ελλάδα παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων αφού φιλοξενεί 602,8 MW (30,6%) και ακολουθεί η Πελοπόννησος με 367,95 MW (18,6%) και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη όπου βρίσκονται 282,55 MW (14,3%).

Όσον αφορά τους επιχειρηματικούς ομίλους, στις πέντε πρώτες θέσεις κατατάσσονται:

- η ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή με 360,4 MW (18,2%) που πέρασε στην πρώτη θέση από την δεύτερη που κατείχε στο τέλος του 2013,
- η EDF με 322,8 MW (16,3%),
- η Iberdrola Rokas με 250,7 MW (12,7%),
- η ENEL Green Power με 200,5 MW (10,1%) και
- η ΕΛΛ.ΤΕΧ ΑΝΕΜΟΣ (ΕΛΛΑΚΤΩΡ) με 162,9 MW (8,2%).

Η εικόνα για τους κατασκευαστές των ανεμογεννητριών είναι η εξής: η Vestas έχει προμηθεύσει το 49,1% της συνολικής αιολικής ισχύος που είναι εγκατεστημένη στην Ελλάδα. Ακολουθούν η Enercon με 23,7%, η Siemens με 9,9%, η Gamesa με 9% και η Nordex με 5,8%.

Ειδικά για το 2014, τα 106,7 MW τα προμήθευσαν η Vestas κατά 57%, η Enercon κατά 27,1% και η Nordex κατά 15,8%

Η συνέχιση της ανάκαμψης είναι αποτέλεσμα των προσπαθειών του επιστημονικού κόσμου, των επιχειρήσεων και των στελεχών του κλάδου της Αιολικής Ενέργειας, που σε συνεργασία με τους

χρηματοδότες και συνεταιρούς τους σχεδιάζουν, χρηματοδοτούν και υλοποιούν επενδύσεις αιολικής ενέργειας. [INT. – 8]

## 2.4.2 Ανεμογεννήτριες

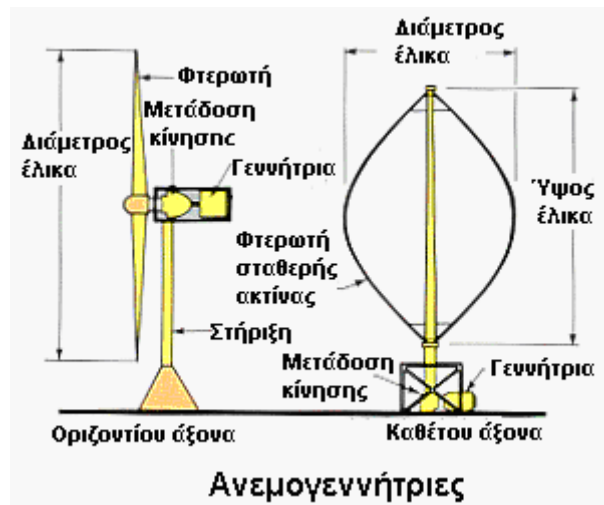


{Εικ. 2.27} Υπεράκτια ανεμογεννήτρια στο Βέλγιο

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών της κοινωνίας. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη. [25]

Μορφολογικά οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε κατακόρυφου και οριζόντιου άξονα. Στην αγορά έχουν επικρατήσει κυρίως οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με δύο ή τρία πτερύγια.

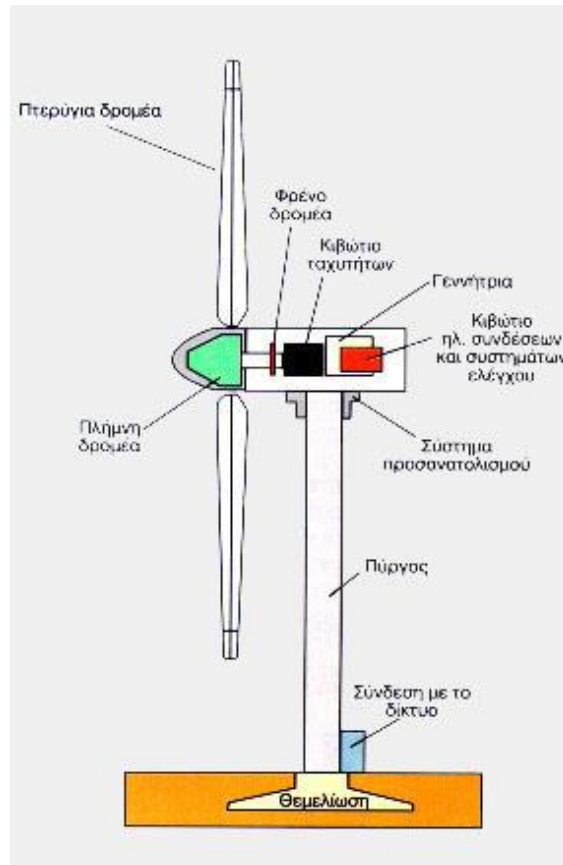


{Εικ. 2.28} Τύποι ανεμογεννήτριας

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη [14] :

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.
- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.
- το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.



{Εικ. 2.29} Μέρη μιας ανεμογεννήτριας

| Μέγεθος Α/Γ | Ισχύς εξόδου (kW) | Ύψος πύργου (m) | Διάμετρος ρότορα (m) | Επιφάνεια σάρωσης (m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| micro       | Μικρότερη από 1   | -               | Μικρότερη από 1      | Μικρότερη από 1                     |
| Μικρό       | 1 με 50           | 5 με 30         | 1 με 16              | 1 με 200                            |
| Μεσαίο      | 50 με 1000        | 30 με 70        | 16 με 55             | 200 με 2400                         |
| Μεγάλο      | Πάνω από 1000     | Πάνω από 50     | Πάνω από 55          | Πάνω από 2400                       |

{Εικ. 2.30} Ταξινόμηση μεγεθών Α/Γ οριζοντίου άξονα



Οι πηγές πληροφόρησης για το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής προέρχονται κυρίως από [10] :

- Χάρτες αιολικού δυναμικού – ΚΑΠΕ – ΡΑΕ
- ΕΜΥ
- Μετρήσεις αιολικού δυναμικού
- Μακροσκοπικά μοντέλα μετεωρολογικών προβλέψεων

Κατηγοριοποίηση του αιολικού δυναμικού μέσης ετήσιας τιμής ανέμου:

- Ανεπαρκές: < 4 m/sec
- Χαμηλό: 4 – 5,5 m/sec
- Μέσο: 5,5 – 7 m/sec
- Υψηλό: 7 – 9 m/sec
- Πολύ υψηλό: > 9 m/sec

Η εγκατάσταση Α/Γ παρουσιάζει επενδυτικό ενδιαφέρον σε περιοχές τουλάχιστον μέσου αιολικού δυναμικού (>5,5 m/sec)

Περιοχές πιο κατάλληλες για τοποθέτηση Α/Γ είναι οι περιοχές με υψηλή μέση ταχύτητα αέρα και ομαλή ροή όπως:

- Περιοχές κοντά στις ακτές
- Περιοχές με ομαλό πεδίο (μικρή τραχύτητα)
- Ομαλές κορυφογραμμές

Κατηγοριοποίηση των Α/Γ οριζόντιου άξονα ανάλογα με τη θέση των πτερυγίων σε σχέση με τον πυλώνα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες διατάξεων:

- Προσήνεμη διάταξη: Όταν η Α/Γ λειτουργεί ο άνεμος συναντάει πρώτα τα πτερύγια και μετά τον πυλώνα. Οι Α/Γ αυτές αποτελούν την πλειονότητα των Α/Γ που κυκλοφορούν στην αγορά
- Υπήνεμη διάταξη: Όταν η Α/Γ λειτουργεί ο άνεμος συναντάει πρώτα τον πυλώνα και μετά τα πτερύγια. Οι Α/Γ αυτές δεν χρειάζονται ουρά για να λειτουργήσουν. Μπορεί να παρουσιαστεί πρόβλημα στη λειτουργία τους αν ο άνεμος αλλάξει απότομα στην αντίθετη κατεύθυνση.

Στην πραγματικότητα η Α/Γ εκμεταλλεύεται ένα ποσοστό από την ισχύ του αέρα. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από τον συντελεστή ισχύος  $C_p$  της Α/Γ, ο οποίος αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό της πτερωτής. Ακόμα και για μια ιδανική πτερωτή, ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να υπερβεί το όριο του Betz (59,3%), δηλαδή:

$$C_p \leq (16/27) = 0,593$$

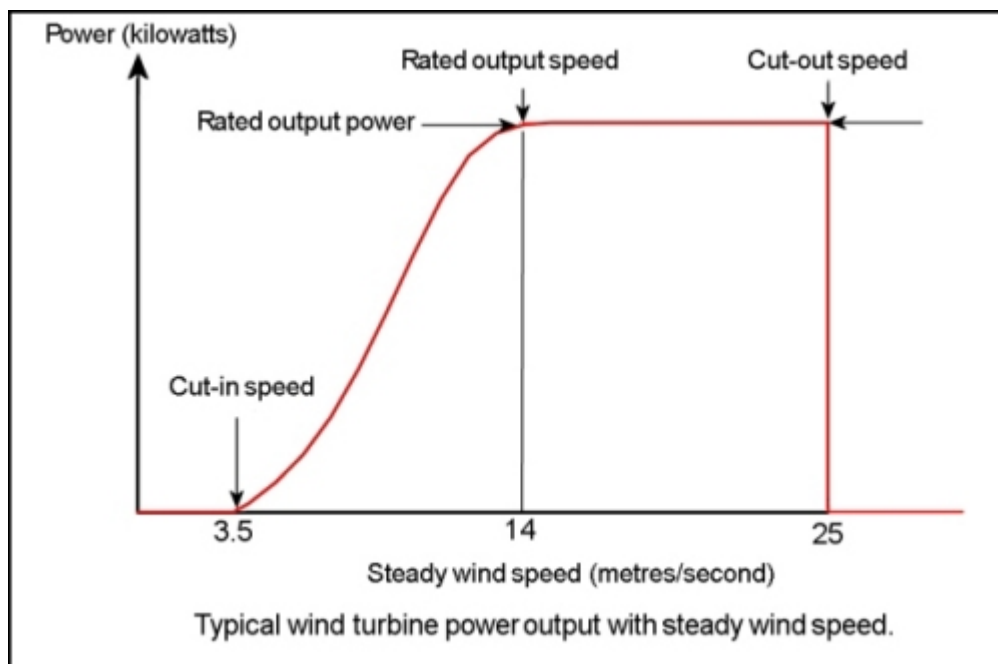
Η ισχύς  $P_{A/G}$  που αποδίδει η Α/Γ είναι τελικά:

$$P_{A/G} = 1/2 * C_p * \rho * A * V^3 * n_{H/M}$$

όπου  $\eta_{H/M}$  είναι ο ηλεκτρικός και μηχανικός βαθμός απόδοσης της Α/Γ

Εκτός από τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και άλλοι περιορισμοί που μειώνουν σημαντικά το πραγματικά αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό μιας περιοχής από μία Α/Γ:

- Για μικρές ταχύτητες ανέμου η ανεμογεννήτρια δεν περιστρέφεται επειδή οι απώλειες κενού φορτίου (τριβές στον άξονα, μειωτήρα, κλπ) είναι μεγαλύτερες από την παραγόμενη ισχύ της μηχανής. Η ταχύτητα στην οποία αρχίζει η λειτουργία της Α/Γ ονομάζεται ταχύτητα έναρξης λειτουργίας  $V_{in}$  (τυπικές τιμές  $V_{in}$ : 2÷5 m/sec).
- Από μια τιμή της ταχύτητας του ανέμου και μετά η ωφέλιμη ισχύς της Α/Γ παραμένει για λειτουργικούς λόγους περίπου σταθερή, με αποτέλεσμα να χάνεται ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας του ανέμου ιδιαίτερα σε υψηλές ταχύτητες. Η μικρότερη ταχύτητα του ανέμου στην οποία έχουμε ονομαστική ισχύ της μηχανής ονομάζεται ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας  $V_R$  (συνήθως  $V_R=10\div 15$  m/sec).
- Λόγοι ασφάλειας της εγκατάστασης επιβάλλουν τη διακοπή λειτουργίας της μηχανής σε πολύ υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας  $V_{out}$  κυμαίνεται μεταξύ 20 m/sec και 25 m/sec. [10]



{Εικ. 2.31} Ονομαστική ισχύς ανεμογεννήτριας

Στις σύγχρονες Α/Γ η ισχύς του εκπεμπόμενου θορύβου είναι συνήθως 98 – 104 dB(A), με τις περισσότερες να κυμαίνονται γύρω στα 101 dB(A). Η στάθμη της ηχητικής πίεσης, η οποία είναι και το μέγεθος στο οποίο αναφέρεται η νομοθεσία και αφορά τον αποδέκτη του θορύβου, είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, μειώνεται δηλαδή κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό της απόστασης. Για μία Α/Γ με ισχύ εκπεμπόμενου θορύβου 101 dB(A), η αναμενόμενη

στάθμη ηχητικής πίεσης σε 200 m απόσταση από την βάση της, θα είναι περίπου 43 dB(A), ενώ σε απόσταση 400 m θα είναι περίπου 38 dB(A).

Στον Πίνακα Αντιστοιχίας Σταθμών Ηχητικής Πίεσης αναγράφεται: «Ήσυχο καθιστικό, ψίθυρος: 30 – 40 dB(A).»

| <b>ΕΙΔΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΣΕ DB</b>  |                |
|--|----------------|
| <b>Είδος ήχου</b>  | <b>decibel</b> |
| Κανονική αναπνοή   | 10             |
| Θρόισμα φύλλων στο αεράκι (αύρα)   | 20             |
| Ήσυχη βιβλιοθήκη, Ψίθυρος  | 30             |
| Συνηθισμένη ομιλία, Γραφείο ήσυχο, Συνήθης κίνηση στο σπίτι  | 40             |
| Κίνηση δρόμου από απόσταση, Ψυγείο, Εστιατόριο ήσυχο, Ήττα κυκλοφορία  | 50             |
| Κλιματιστικό από τα 6m, Συνομιλία  | 60             |
| Πυκνή κυκλοφορία δρόμου, Θορυβώδεις εστιατόριο (συνεχής έκθεση)  | 70             |
| Υπόγειος, Κίνηση δρόμου σε ώρες αιχμής, Θόρυβος εργοστάσιου, Οικιακή συσκευή, Κουδούνισμα τηλεφώνου            | 80             |
| Δρόμος με φορτηγά, Θορυβώδεις οικιακές συσκευές, Μηχανή που κουρεύει γρασίδι, Καταράκτες του Νιαγάρα στην βάση | 90             |
| Αλυσσοπριονο, Κομπρεσέρ, Πέρασμα Jet αεροπλάνου, Πυκνή κυκλοφορία αυτοκινήτων                                  | 100            |
| Ροκ συναυλία μπροστά στα μεγάφωνα, Εκπυρσοκρότηση όπλου, ήχοι τυμπάνου   | 120            |
| Κοντινός πυροβολισμός, Απογείωση Jet   | 140            |
| Απογείωση διαστημόπλοιου   | 180            |

{Εικ. 2.32} Είδος και ένταση θορύβου

Άρα, το προφανές είναι ότι στα 500m απόσταση από τις ανεμογεννήτριες, ο «θόρυβος» υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες είναι πολύ μικρότερος από ψίθυρος. Ουσιαστικά δηλαδή δεν ακούγεται τίποτα. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη μας τον αέρα στον οποίο ενεργοποιούνται οι ανεμογεννήτριες (2,5-3m/sec), το τελευταίο πράγμα που θα ακούγεται θα είναι ο ανύπαρκτος ψίθυρος του. Βέβαια, τίποτα πιο πειστικό από μια επί τόπου επίσκεψη Αιολικού Πάρκου. [6]

### 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ - Προτάσεις αξιοποίησης λιμένος Λαυρίου

#### 3.1 Εισαγωγή

Στην εποχή μας ολοένα και περισσότερο εμφανίζεται η ανάγκη να προστατέψουμε το περιβάλλον. Όλο και περισσότερες χώρες σε όλο τον κόσμο ακολουθούν την "πράσινη" ανάπτυξη. Έτσι και η Ελλάδα που έχει τις κατάλληλες υποδομές ακολουθεί και αυτή με την σειρά της το σχέδιο αυτό. Η Ελλάδα είναι μια χώρα που διαθέτει ένα αξιόλογο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ηλιοφάνεια στη χώρα μας είναι μια από τις μεγαλύτερες και σε Ευρωπαϊκό αλλά και σε Παγκόσμιο επίπεδο. Ενώ ταυτόχρονα έχουμε και πολύ ισχυρούς ανέμους κατά την διάρκεια όλου του χρόνου.

Έτσι επιλέξαμε τελικά να αξιοποιήσουμε το λιμάνι του Λαυρίου, ώστε να γίνει αυτόνομο ως προς την ενέργεια που καταναλώνει κάθε μήνα για την λειτουργία του και ταυτόχρονα να το μετατρέψουμε σε ένα λιμάνι φιλικό προς το περιβάλλον. Η αξιοποίηση αυτή προτείνεται να γίνει με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ανεμογεννητριών. Η επιλογή του λιμανιού έγινε : 1) λόγω της καίριας θέσης που είχε από πολύ παλιές εποχές μέχρι και σήμερα, 2) η περιοχή του λιμανιού του Λαυρίου διαθέτει ισχυρούς ανέμους και ηλιοφάνεια που κάνει πολύ αποδοτική την τοποθέτηση τέτοιων συστημάτων ΑΠΕ. Αναλυτικό σχέδιο του λιμένα δίνεται στο παράρτημα Β.



{Εικ.3.1} Λιμάνι Λαυρίου

### 3.2 Επιλογή θέσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η επιλογή θέσεων ΑΠΕ απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες :

- Απρόσκοπτη λειτουργία των λειτουργιών του λιμένος.
- Συνεργασία συστημάτων ΑΠΕ με υπάρχουσες ή μελλοντικές εγκαταστάσεις.
- Βέλτιστη απόδοση συστημάτων ΑΠΕ.
- Περιβαλλοντική προσαρμογή των ΑΠΕ ώστε να μην επηρεάζεται δυσμενώς το φυσικό ή ανθρωπογενές τοπίο που προϋπήρχε της εγκατάστασης των ΑΠΕ.

Για να επιτύχουμε τον μέγιστο βαθμό απόδοσης των Φ/Β συστημάτων ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα :

- Η θέση των πάνελ να έχουν προσανατολισμό προς τον Νότο.
- Τα πάνελ να έχουν κλίση  $30^{\circ}$ .
- Να μην σκιάζονται τις ώρες της ηλιοφάνειας.

Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια επιλέξαμε τις ακόλουθες θέσεις τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα 3.2 :

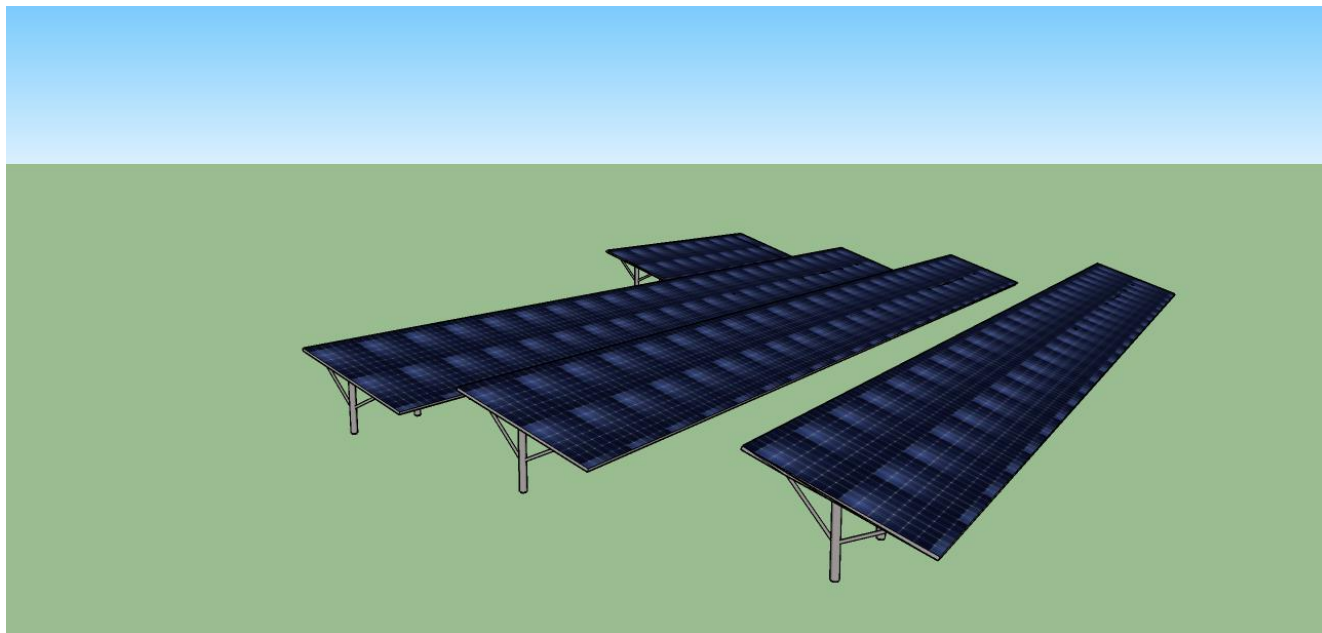


{Εικ. 3.2} Θέσεις τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων

Πιο αναλυτικά θα δούμε στην συνέχεια την επιλογή της κάθε θέσης με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους :

### ➤ Θέση 1

Στην θέση αυτή έχουμε ένα τμήμα του λιμένος όπου χρησιμοποιείται για την στάθμευση αυτοκινήτων (Parking). Στην θέση αυτή προτείνεται να τοποθετηθούν στέγαστρα μεταλλικής κατασκευής κατά μήκος των θέσεων στάθμευσης, ενώ πάνω στην μεταλλική κατασκευή θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Η λύση αυτή όχι μόνο θα προσφέρει σκίαση για τα οχήματα που θα σταθμεύουν κατά την διάρκεια της ημέρας, αλλά ταυτόχρονα θα αποτελεί μια μεγάλη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι αυτός ο χώρος στάθμευσης θα γίνει πιο ελκυστικός διότι παράλληλα με την στάθμευση, ο ιδιοκτήτης κάθε οχήματος θα προστατεύει το όχημα του από τον ήλιο. Στην συνέχεια βλέπουμε στις εικόνες 3.3, 3.4 το σχέδιο των στέγαστρων πάνω στα οποία θα τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια. Η σχεδίαση έγινε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος sketchup.



{Εικ. 3.3} Σχεδίαση μεταλλικής κατασκευής και Φ/Β συστημάτων στο «sketchup»



{Εικ. 3.4} Ενσωμάτωση σχεδίου σε φωτογραφία του προγράμματος Google Earth

Προτείνεται να κατασκευαστούν τρία στέγαστρα διαστάσεων 100m\*10m και ένα στέγαστρο διαστάσεων 40m\*10m . Συνολικής επιφάνειας 2720 m<sup>2</sup>. Θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 1372 Φ/Β πλαίσια των 310 watt. Με συνολική ισχύ 425.320 Watt. Όλα τα στοιχεία δίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.

|                                  | Διαστάσεις             | Αριθμός |
|----------------------------------|------------------------|---------|
| <b>Φ/Β Πλαίσιο</b>               | 1960mm /990mm<br>/40mm | 343x4   |
| <b>Τραπέζια</b>                  | 340m x 8m              | 1372    |
| <b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b> | 2720                   |         |
| <b>Κλίση</b>                     | 20 <sup>0</sup>        |         |
| <b>Προσανατολισμός</b>           | Νότος                  |         |
| <b>Ισχύς (watt/πλαίσιο)</b>      | 310                    |         |
| <b>Συνολική Ισχύς (Watt)</b>     | <b>425320</b>          |         |

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά στοιχεία Φ/Β συστημάτων

Στην συνέχεια βλέπουμε αναλυτικά όλα τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων που πρόκειται να τοποθετηθούν. Η επιλογή του τύπου και του βαθμού απόδοσης του Φ/Β πλαισίου έγινε ύστερα από έρευνα στο διαδίκτυο και συζήτηση με άτομα που ειδικεύονται στην τοποθέτηση και χρήση Φ/Β συστημάτων. [INT. -9]

# YGE 72 CELL SERIES 2

## ELECTRICAL PERFORMANCE

### Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

| Module type                 | YLxxxP-35b (xxx=P <sub>max</sub> ) |   |        |      |      |      |      |
|-----------------------------|------------------------------------|---|--------|------|------|------|------|
| Power output                | P <sub>max</sub>                   | W | 310    | 305  | 300  | 295  | 290  |
| Power output tolerances     | ΔP <sub>max</sub>                  | W | 0 / +5 |      |      |      |      |
| Module efficiency           | η <sub>m</sub>                     | % | 16.0   | 15.7 | 15.5 | 15.2 | 14.9 |
| Voltage at P <sub>max</sub> | V <sub>mpp</sub>                   | V | 36.3   | 36.1 | 35.8 | 35.6 | 35.3 |
| Current at P <sub>max</sub> | I <sub>mpp</sub>                   | A | 8.53   | 8.45 | 8.37 | 8.29 | 8.22 |
| Open-circuit voltage        | V <sub>oc</sub>                    | V | 45.6   | 45.4 | 45.2 | 45.0 | 44.8 |
| Short-circuit current       | I <sub>sc</sub>                    | A | 8.99   | 8.93 | 8.86 | 8.79 | 8.73 |

STC: 1000W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.  
Average relative efficiency reduction of 3.3% at 200W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1.

### Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

|                             |                  |   |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Power output                | P <sub>max</sub> | W | 226.1 | 222.5 | 218.8 | 215.2 | 211.5 |
| Voltage at P <sub>max</sub> | V <sub>mpp</sub> | V | 33.1  | 32.9  | 32.7  | 32.4  | 32.2  |
| Current at P <sub>max</sub> | I <sub>mpp</sub> | A | 6.82  | 6.76  | 6.70  | 6.63  | 6.58  |
| Open-circuit voltage        | V <sub>oc</sub>  | V | 42.1  | 41.9  | 41.7  | 41.6  | 41.4  |
| Short-circuit current       | I <sub>sc</sub>  | A | 7.27  | 7.22  | 7.16  | 7.11  | 7.06  |

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

## THERMAL CHARACTERISTICS

|   |                   |      |          |
|---|-------------------|------|----------|
| Nominal operating cell temperature          | NOCT              | °C   | 46 +/- 2 |
| Temperature coefficient of P <sub>max</sub> | γ                 | %/°C | -0.42    |
| Temperature coefficient of V <sub>oc</sub>  | β <sub>Voc</sub>  | %/°C | -0.32    |
| Temperature coefficient of I <sub>sc</sub>  | α <sub>Isc</sub>  | %/°C | 0.05     |
| Temperature coefficient of V <sub>mpp</sub> | β <sub>Vmpp</sub> | %/°C | -0.42    |

## OPERATING CONDITIONS

|   |                     |
|---|---------------------|
| Max. system voltage                         | 1000V <sub>DC</sub> |
| Max. series fuse rating                     | 15A                 |
| Limiting reverse current                    | 15A                 |
| Operating temperature range                 | -40°C to 85°C       |
| Max. static load, front (e.g., snow)        | 5400Pa              |
| Max. static load, back (e.g., wind)         | 2400Pa              |
| Max. hailstone impact (diameter / velocity) | 25mm / 23m/s        |

## CONSTRUCTION MATERIALS

|   |   |
|---|---|
| Front cover (material / thickness)                          | low-iron tempered glass / 4.0mm                             |
| Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars) | 72 / multicrystalline silicon / 156mm x 156mm / 2 or 3      |
| Frame (material / color / anodization color / edge sealing) | anodized aluminum alloy / silver / clear / silicone or tape |

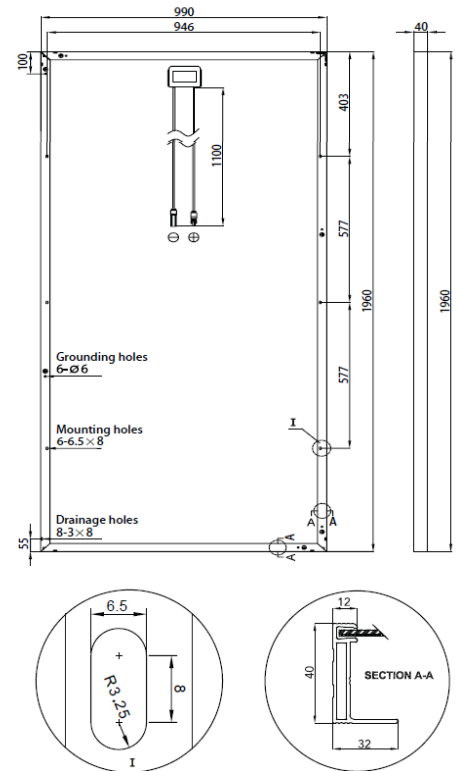
## GENERAL CHARACTERISTICS

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| Dimensions (L / W / H) | 1960mm / 990mm / 40mm |
| Weight                 | 25.5kg                |

## PACKAGING SPECIFICATIONS

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Number of modules per pallet         | 26                       |
| Number of pallets per 40' container  | 24                       |
| Packaging box dimensions (L / W / H) | 1995mm / 1145mm / 1170mm |
| Box weight                           | 707kg                    |

Unit: mm



Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing, and operating Yingli Solar modules.



### 3.2.1 Ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκού συστήματος

Το Φωτοβολταϊκό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (PVGIS) του Ινστιτούτου Ενέργειας και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αφορά ένα λογισμικό υπολογισμού απόδοσης Φ/Β συστημάτων. Αποτελεί μια βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας και άλλων γεωγραφικών και κλιματικών δεδομένων για την Ευρώπη, την Αφρική και την Νοτιοδυτική Ασία. Με την χρήση διαδραστικών χαρτών καταχωρώντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες ενός φωτοβολταϊκού πάρκου είναι δυνατό να υπολογιστεί η απόδοση του. Παρέχει χωρική διακριτική ικανότητα 100m, γεγονός που οδηγεί σε ακριβέστερες εκτιμήσεις της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, ειδικά σε ορεινές περιοχές, όπου ο ακριβής υπολογισμός των σκιάσεων έχει μείζονα σημασία. Αφού εντοπίσουμε μέσω των δορυφορικών φωτογραφιών του Google Earth την τοποθεσία που μας ενδιαφέρει, καταγράφουμε την θέση (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) όπου βρίσκεται. Εισάγουμε μετά την συνολική ισχύ των Φ/Β πλαισίων που θέλουμε να τοποθετήσουμε, τον τύπο τους, τις εκτιμώμενες απώλειες του συστήματος, την κλίση των πάνελ καθώς και την διεύθυνσή τους ως προς τον Βορρά. Τα στοιχεία αυτά τα εισαγάγουμε στο πρόγραμμα PVGIS για την εκτίμηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. [8], [INT. – 10]

Η Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων περιλαμβάνει :

- Γεωγραφικά δεδομένα: ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο, τα διοικητικά όρια και παγκόσμια κάλυψη γης, των πόλεων, κλπ.
- Κλιματολογικά δεδομένα που αντιπροσωπεύουν μηνιαίες και ετήσιες μέσες τιμές : του ημερήσιου ποσού της ολικής ακτινοβολίας για το οριζόντιο επίπεδο ( $Wh/m^2$ ), της ατμοσφαιρικής θολότητας, της διάχυτης ακτινοβολίας και της βέλτιστης γωνίας κλίσης των Φ/Β πλαισίων για την μεγιστοποίηση απόδοσης της ενέργειας (μοίρες).
- Μέσες τιμές για τις κατοικημένες περιοχές: του ετήσιου συνόλου της ολικής ακτινοβολίας (σε οριζόντιο, κάθετο και σε κεκλιμένο επίπεδο (kwh), του ετήσιου εκτιμώμενου ποσού παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (σε οριζόντιο, κάθετο και σε κεκλιμένο επίπεδο) (kwh) και της βέλτιστης γωνίας κλίσης του Φ/Β πλαισίων για την μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης (μοίρες).

Οι μέσες τιμές της ακτινοβολίας αντιπροσωπεύουν την περίοδο 1981-1990 και υπολογίστηκαν από 566 μετεωρολογικούς σταθμούς εδάφους.

Με την βοήθεια του προγράμματος PVGIS και σύμφωνα με τα στοιχεία του χώρου στάθμευσης στην περιοχή του λιμένα έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα. Στην εικόνα 3.5 φαίνονται αναλυτικά τα στοιχεία που εισάγουμε πριν τρέξουμε το πρόγραμμα ώστε να μας δώσει την μέση ημερήσια τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ( $E_d$ ), την μέση μηνιαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ( $E_m$ ), το μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο ( $H_d$ ) και το μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο ( $H_m$ ). Ενώ στον πίνακα 2 έχουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα καθώς και τους ετήσιους μέσους όρους και το ετήσιο σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο.

JRC CM SAF Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe

Contact Important legal notice

New: PVGIS expanded to cover Asia. Click here to read about it.

Europe Africa-Asia

Latitude: Longitude: Go to lat/lon

cursor position: 37.710, 24.058  
selected position: 37.714, 24.063

Search

Χάρτης Δορυφόρος

RENT A CAR LEON LAYRIO

Λιμναρχείο Λαυρίου

Λαυρ. Μικη Θεοδοσίας

Φάρος

Google

©2015 Δεδομένα χάρτη Google Όροι Χρήσης Αναφορά σφάλματος χάρτη

Solar radiation Temperature Other maps

**PV Estimation** Monthly radiation Daily radiation Stand-alone PV

**Performance of Grid-connected PV**

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 425 kWp

Estimated system losses [0;100] 20 %

**Fixed mounting options:**

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 20 °  Optimize slope

Azimuth [-180;180] 0 °  Also optimize azimuth  
(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

**Tracking options:**

Vertical axis Slope [0;90] 0 °  Optimize

Inclined axis Slope [0;90] 0 °  Optimize

2-axis tracking

Horizon file Αναζήτηση... Δεν επιλέχθηκε αρχείο.

**Output options**

Show graphs  Show horizon

Web page  Text file  PDF

Calculate [help]

{Εικ. 3.5} Πρόγραμμα PVGIS-Εφαρμογή για τον λιμένα Λαυρίου

| Μήνας                | Ed (kwh)       | Em (kwh)     | Hd (kwh/m2)   | Hm (kwh/m2) |
|----------------------|----------------|--------------|---------------|-------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ           | 987.00         | 30600        | 3.14          | 97,2        |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ          | 1220.00        | 34200        | 3.91          | 109         |
| ΜΑΡΤΙΟΣ              | 1730.00        | 53600        | 5.62          | 174         |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ             | 1980.00        | 59500        | 6.55          | 197         |
| ΜΑΪΟΣ                | 2160.00        | 67100        | 7.25          | 225         |
| ΙΟΥΝΙΟΣ              | 2330.00        | 70000        | 7.97          | 239         |
| ΙΟΥΛΙΟΣ              | 2240.00        | 69400        | 7.74          | 240         |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ            | 2120.00        | 65800        | 7.35          | 228         |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ          | 1930.00        | 57800        | 6.55          | 197         |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ            | 1530.00        | 47400        | 5.09          | 158         |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ            | 1140.00        | 34200        | 3.71          | 111         |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ           | 858.00         | 26600        | 2.75          | 85,1        |
| <b>ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.</b>  | <b>1690.00</b> | <b>51300</b> | <b>5.64</b>   | <b>172</b>  |
| <b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>616200</b>  |              | <b>2060,3</b> |             |

Πίνακας 2. Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή Η/Ε και ακτινοβολίας

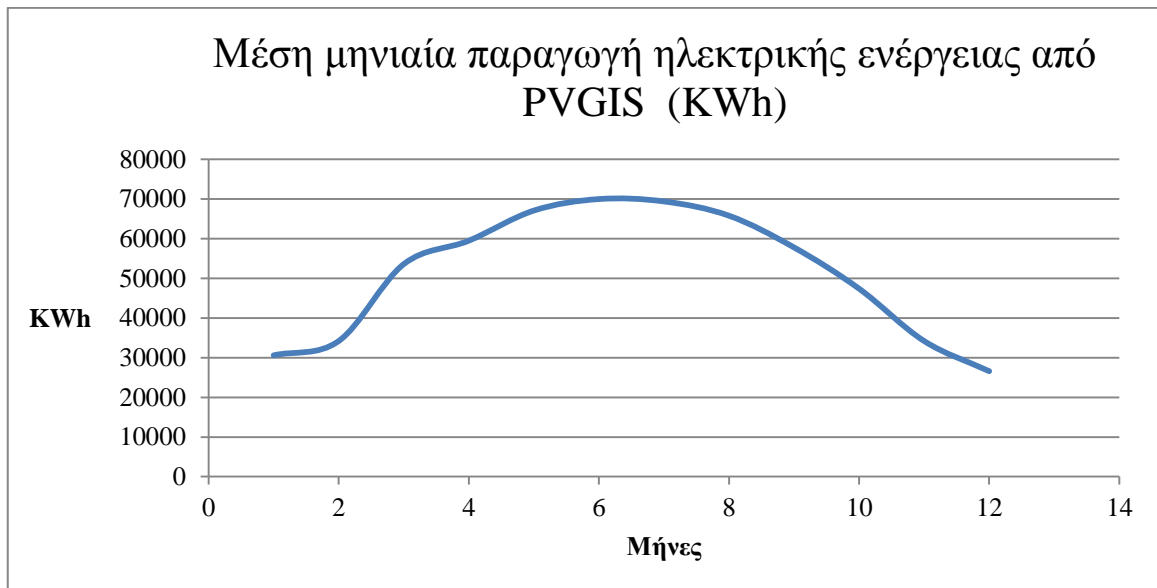
Ed: Μέση ημερήσια τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Em: Μέση μηνιαία τιμή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

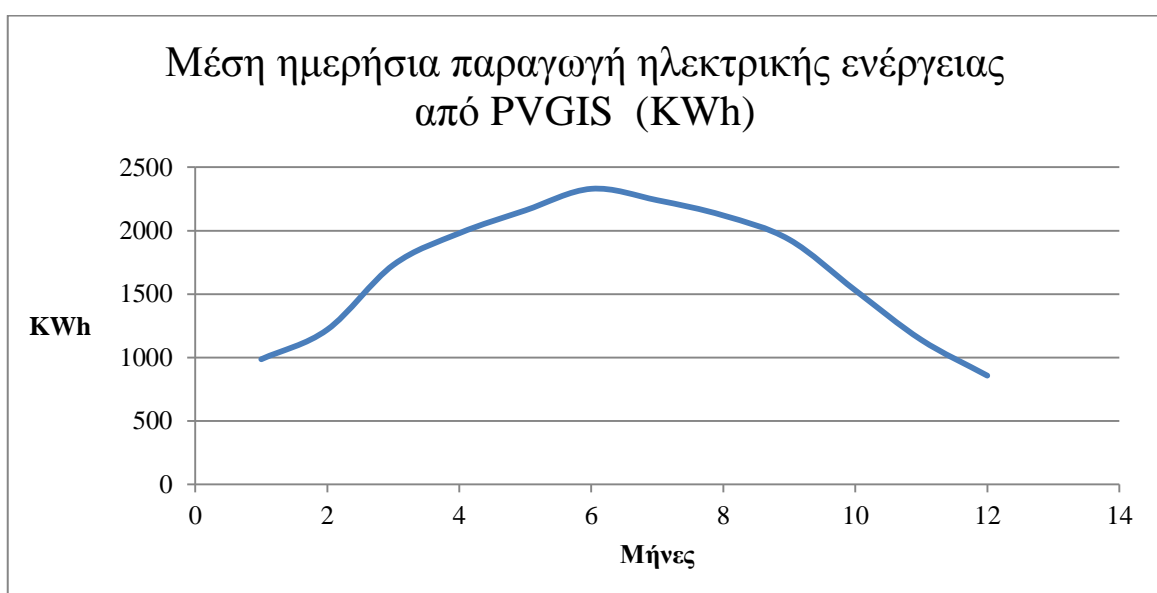
Hd: Μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

Hm: Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

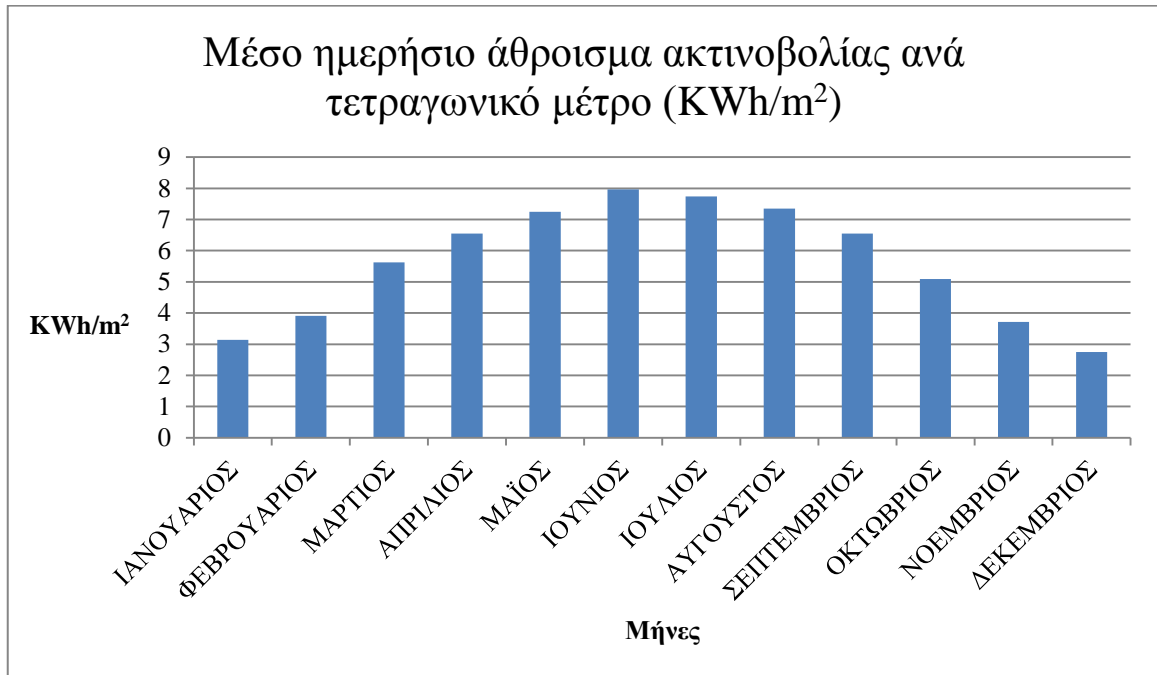
Στην συνέχεια έχουμε τα αντίστοιχα διαγράμματα των προηγούμενων αποτελεσμάτων αναλυτικά για κάθε μήνα :



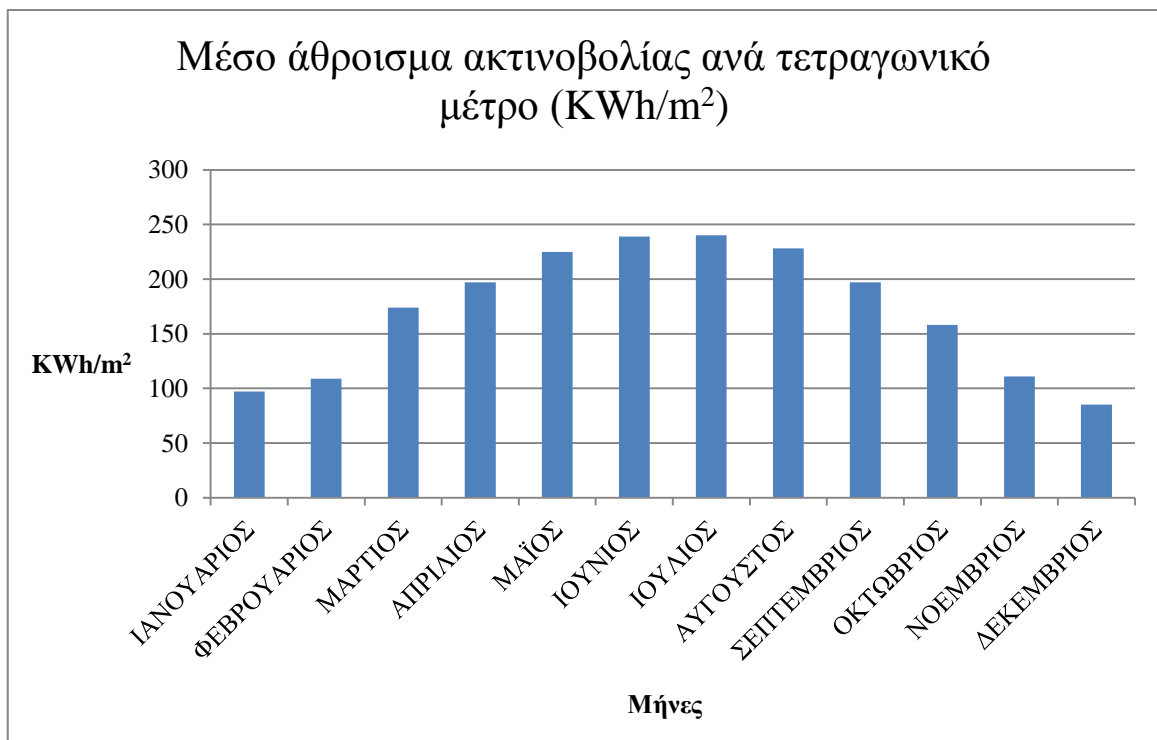
{Εικ. 3.6} Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.7} Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.8} Μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο



{Εικ. 3.9} Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

## ➤ Θέση 2

Στην θέση αυτή θα τοποθετήσουμε Φ/Β πλαίσια πάνω στην κεκλιμένη στέγη του Λιμεναρχείου. Αφού ήδη έχει κλίση η στέγη, δεν θα χρειαστεί κάποια ιδιαίτερη κατασκευή για την τοποθέτηση και στήριξη των Φ/Β πλαισίων. Στις εικόνες 3.10, 3.11 έχουμε εικόνες του κτιρίου ενώ στην εικόνα 3.12 έχουμε παράλληλα και την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων με την χρήση του προγράμματος Photoshop. Τα στοιχεία του κτιρίου καθώς και πιο αναλυτικές εικόνες σχεδίων δίνονται στο παράρτημα Γ.



{Εικ. 3.10} Λιμεναρχείο



*{Εικ. 3.11} Λιμεναρχείο*



*{Εικ. 3.12} Στέγη Λιμεναρχείου με φωτοβολταικά πλαίσια*

Πάνω στην στέγη διαστάσεων 53m\*12m, συνολικής επιφάνειας 636 m<sup>2</sup> θα τοποθετηθούν συνολικά 318 Φ/Β πλαίσια των 310 Watt. Με συνολική ισχύ 98580 Watt. Αναλυτικά τα στοιχεία δίνονται στον πίνακα 3.

|                                  | Διαστάσεις          | Αριθμός |
|----------------------------------|---------------------|---------|
| <b>Φ/Β Πλαίσιο</b>               | 1960mm /990mm /40mm | 53 x 6  |
| <b>Τραπέζια</b>                  | 53m x 12m           | 318     |
| <b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b> | 636                 |         |
| <b>Κλίση</b>                     | 15                  |         |
| <b>Προσανατολισμός</b>           | Νότος               |         |
| <b>Ισχύς (watt/πλαίσιο)</b>      | 310                 |         |
| <b>Συνολική Ισχύς (Watt)</b>     | <b>98580</b>        |         |

Πίνακας 3 Συγκεντρωτικά στοιχεία Φ/Β συστημάτων

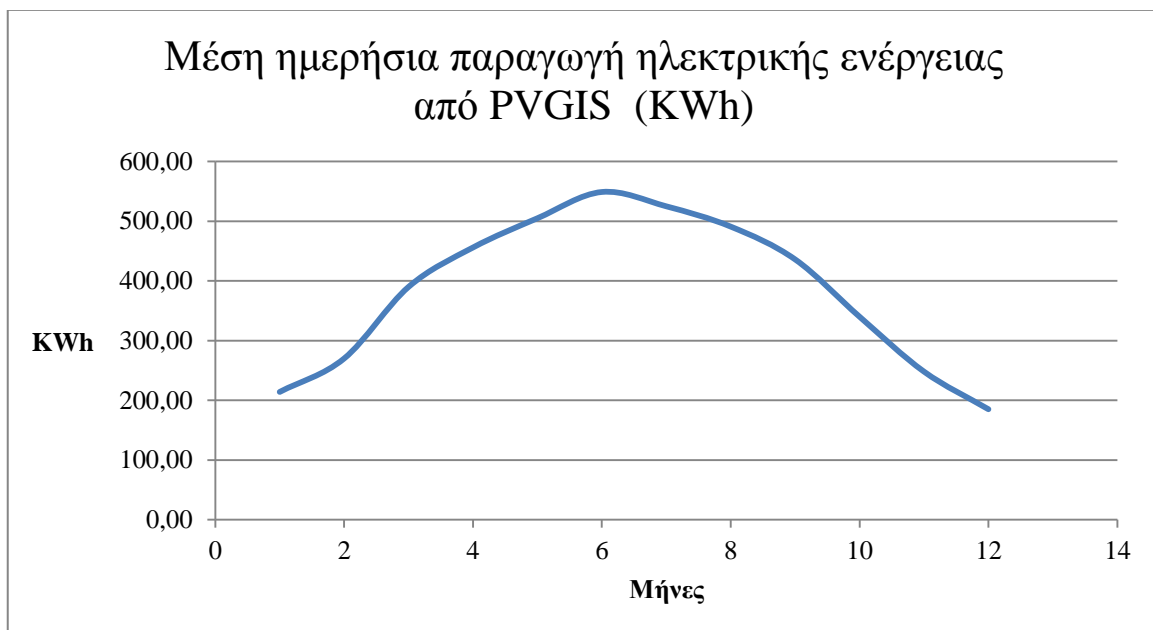
Σύμφωνα με το πρόγραμμα PVGIS και σύμφωνα με τα στοιχεία του λιμανιού και την περιοχή του λιμεναρχείου χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία που φαίνονται στην εικόνα 3.13. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα που δόθηκαν από το πρόγραμμα φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 4. Καθώς και τα διαγράμματα των αντίστοιχων αποτελεσμάτων δίνονται αναλυτικά στην συνέχεια.

The screenshot shows the PVGIS web application interface. At the top, there are logos for JRC and CM SAF, and the title 'Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps'. Below the logos, there is a navigation menu and a search bar. The main area is divided into a map on the left and a settings panel on the right. The map shows a coastal area with a red pin indicating the location. The settings panel is titled 'Performance of Grid-connected PV' and includes various options for radiation database, PV technology, installed peak power, estimated system losses, mounting position, slope, azimuth, tracking options, and output options. A 'Calculate' button is located at the bottom of the settings panel.

{Εικ. 3.13} Πρόγραμμα PVGIS- Εφαρμογή για την περιοχή στέγης του λιμεναρχείου

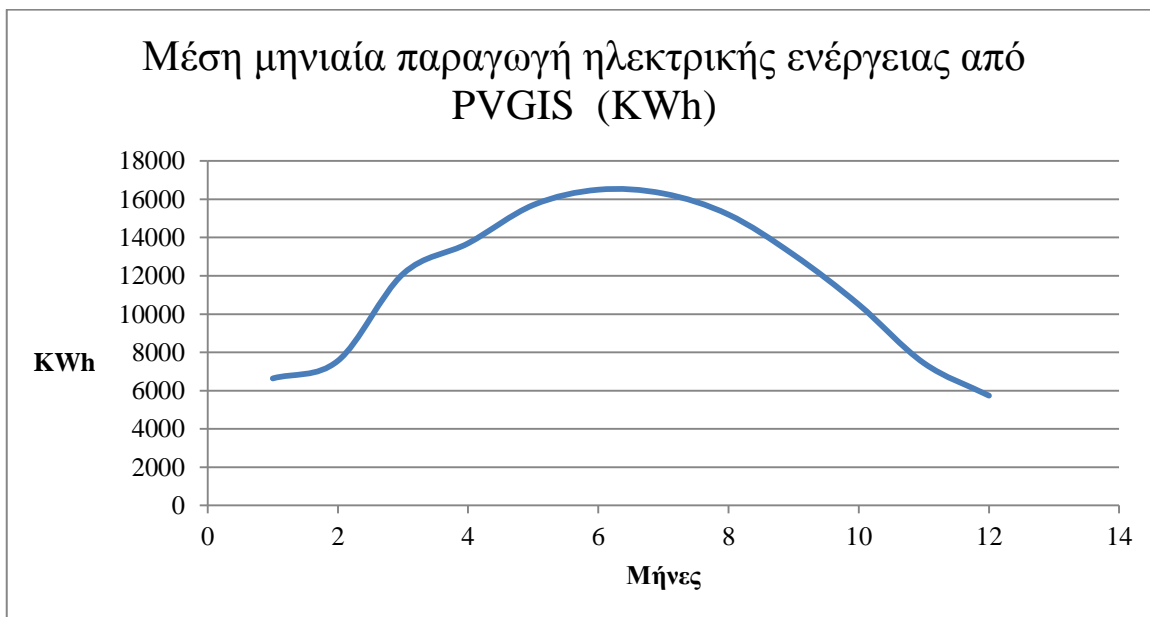
| Μήνας                    | Ed<br>(kwh)   | Em<br>(kwh) | Hd<br>(kwh/m <sup>2</sup> ) | Hm<br>(kwh/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|---------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ               | 214,00        | 6640        | 2.94                        | 91.1                        |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ              | 270,00        | 7560        | 3.72                        | 104                         |
| ΜΑΡΤΙΟΣ                  | 390,00        | 12100       | 5.46                        | 169                         |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ                 | 456,00        | 13700       | 6.49                        | 195                         |
| ΜΑΪΟΣ                    | 505,00        | 15700       | 7.30                        | 226                         |
| ΙΟΥΝΙΟΣ                  | 549,00        | 16500       | 8.08                        | 242                         |
| ΙΟΥΛΙΟΣ                  | 525,00        | 16300       | 7.83                        | 243                         |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ                | 491,00        | 15200       | 7.32                        | 227                         |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ              | 436,00        | 13100       | 6.39                        | 192                         |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ                | 340,00        | 10500       | 4.87                        | 151                         |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ                | 248,00        | 7440        | 3.48                        | 104                         |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ               | 185,00        | 5740        | 2.56                        | 79.4                        |
| ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.             | 385,00        | 11700       | 5.54                        | 169                         |
| <b>ΕΤΗΣΙΟ<br/>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>140480</b> |             | <b>1853</b>                 |                             |

Πίνακας 4. Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή Η/Ε και ακτινοβολίας

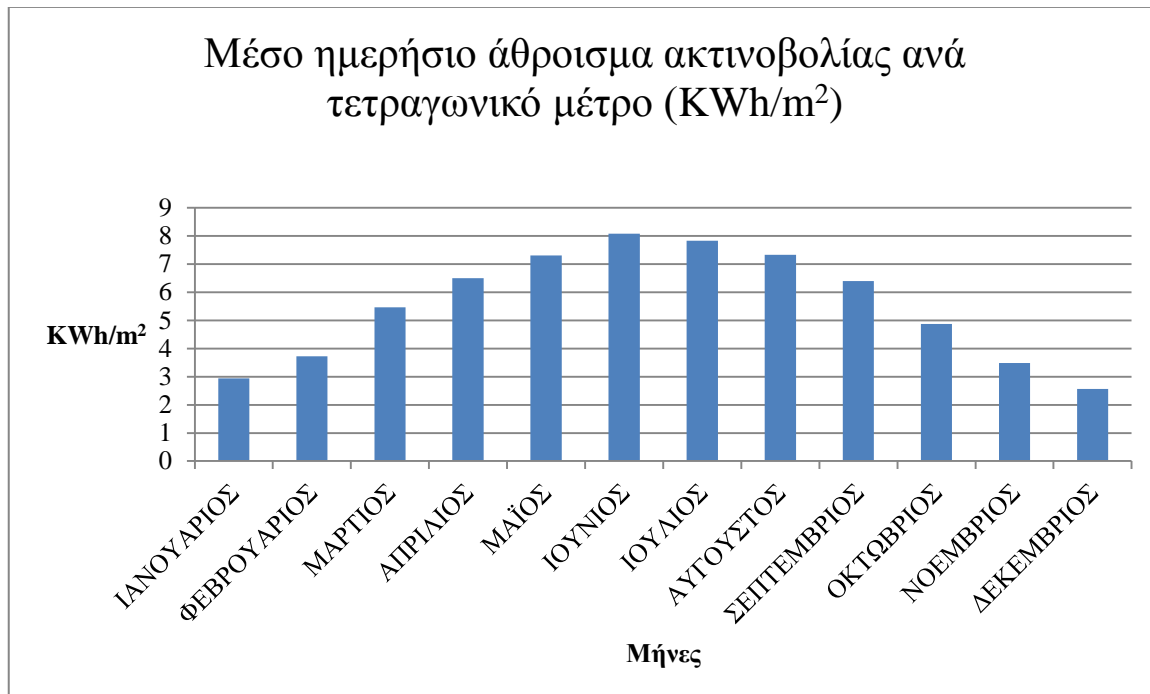


{Εικ. 3.14} Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

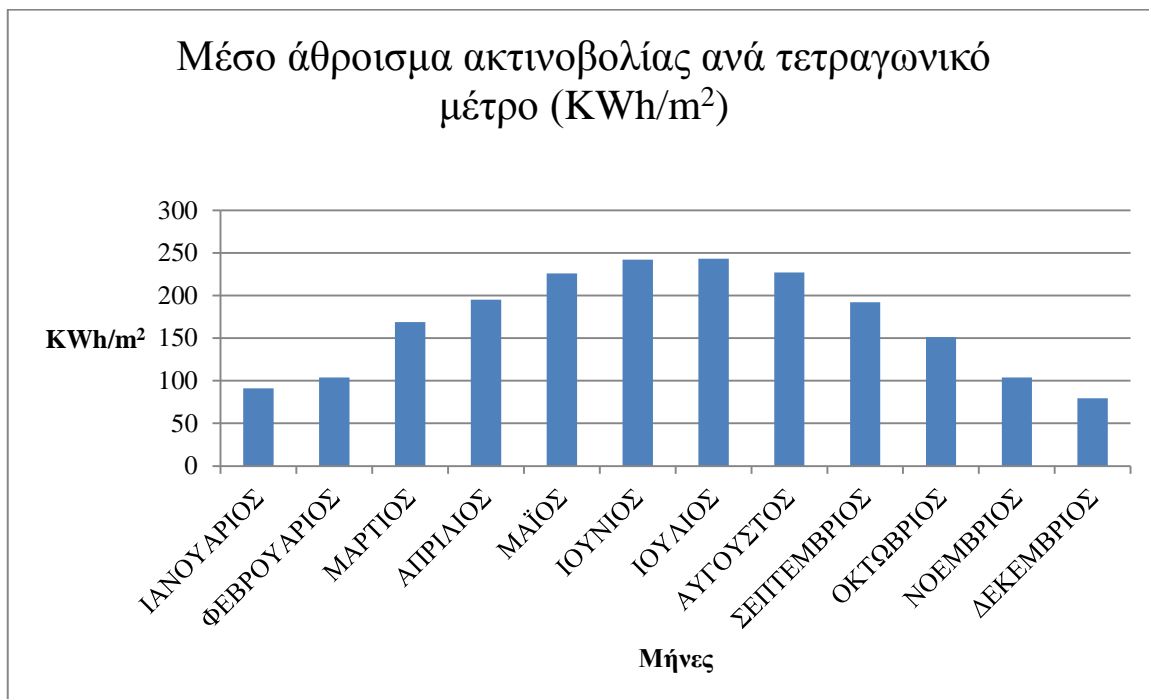




{Εικ. 3.15} Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



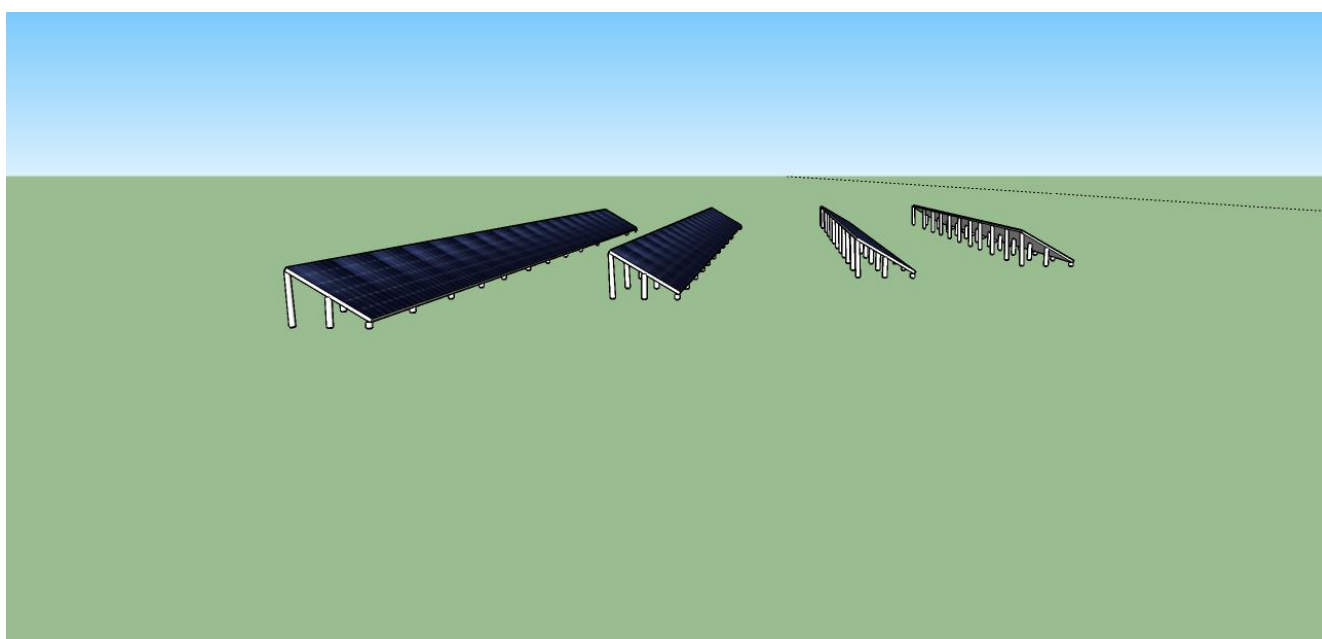
{Εικ. 3.16} Μέσο ημερήσιο άθροισμα ανά τετραγωνικό μέτρο



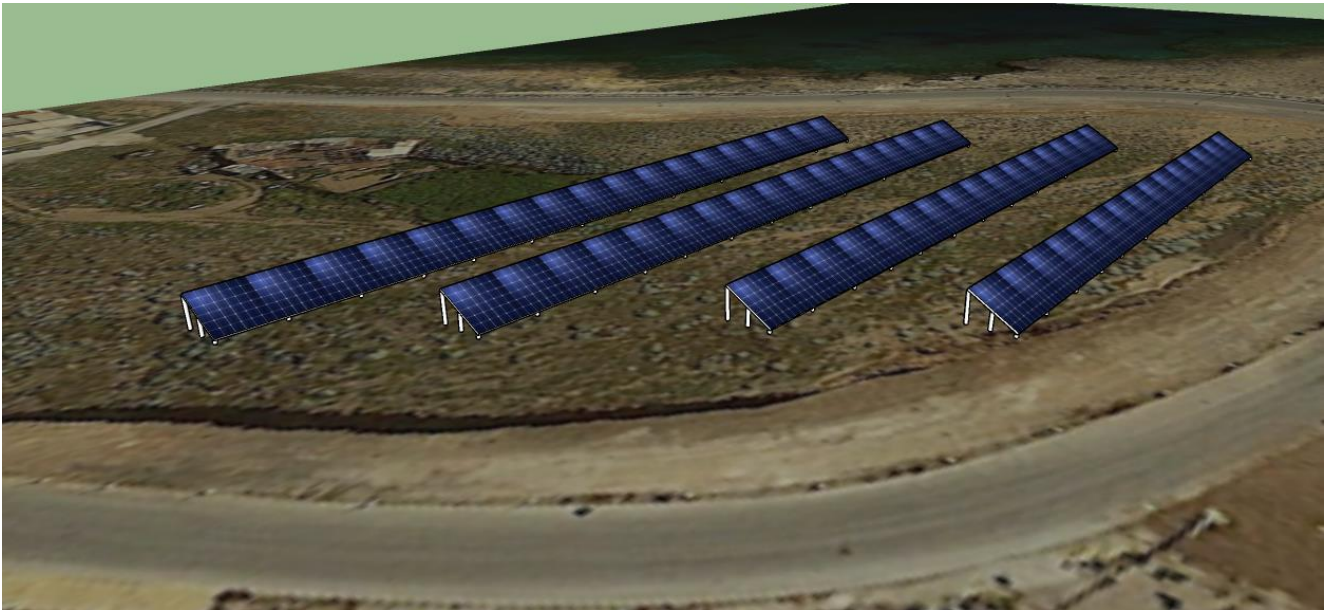
{Εικ. 3.17} Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

### ➤ Θέση 3

Η θέση αυτή βρίσκεται στον μικρό λόφο πίσω από το λιμεναρχείο. Τα Φ/Β πλαίσια προτείνεται να τοποθετηθούν πάνω σε μεταλλική κατασκευή. Η θεμελίωση τους θα γίνει απευθείας στο έδαφος με πασσαλόμπηξη. Η απόσταση της κάθε κατασκευής θα είναι τέτοια ώστε να μην προκαλείται σκίαση στην πίσω κατασκευή κατά την διάρκεια της ημέρας. Πιο αναλυτικά στις εικόνες 3.18 και 3.19 φαίνεται η κατασκευή που θα τοποθετηθούν πάνω τα Φ/Β πλαίσια. Η σχεδίαση έγινε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος sketchup.



{Εικ. 3.18} Σχέδιο στο sketchup



{Εικ. 3.19} Σχέδιο στο sketchup

Οι διαστάσεις της κάθε κατασκευής θα είναι 90m\*4m, 85m\*4m, 80m\*4m, 75m\*4m. Η συνολική επιφάνεια που θα καλύπτουν είναι 1320 m<sup>2</sup> και πάνω σε αυτήν θα τοποθετηθούν 666 Φ/Β πλαίσια. Αναλυτικά τα στοιχεία δίνονται στον πίνακα 5.

|                                  | Διαστάσεις             | Αριθμός |
|----------------------------------|------------------------|---------|
| <b>Φ/Β Πλαίσιο</b>               | 1960mm /990mm<br>/40mm | 333 x2  |
| <b>Τραπέζια</b>                  | 330m x 4m              | 666     |
| <b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b> | 1320                   |         |
| <b>Κλίση</b>                     | 30                     |         |
| <b>Προσανατολισμός</b>           | Νότος                  |         |
| <b>Ισχύς (watt/πλαίσιο)</b>      | 310                    |         |
| <b>Συνολική Ισχύς (Watt)</b>     | <b>206460</b>          |         |

Πίνακας 5 Συγκεντρωτικά στοιχεία Φ/Β συστημάτων

Στην συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος PVGIS και σύμφωνα με τα στοιχεία του λιμανιού και την περιοχή του λόφου πίσω από το λιμεναρχείο, εισάγουμε τα ακόλουθα στοιχεία που φαίνονται στην εικόνα 3.20. Ενώ μετά ακολουθούν τα αποτελέσματα του προγράμματος που δίνονται στον πίνακα 6 και τα αντίστοιχα διαγράμματα.

**JRC** **CM SAF** **Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps**

ΕΥΡΩΠΑ > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe Contact **Important legal notice**

Europe Africa-Asia e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E" cursor position: 37.713, 24.068 selected position: 37.713, 24.065

Latitude: Longitude:

**PV Estimation** Monthly radiation Daily radiation Stand-alone PV

**Performance of Grid-connected PV**

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [\[What is this?\]](#)

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 206.5 kWp

Estimated system losses [0;100] 20 %

**Fixed mounting options:**

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90] 30 °  Optimize slope

Azimuth [-180;180] 0 °  Also optimize azimuth  
(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

**Tracking options:**

Vertical axis Slope [0;90] 0 °  Optimize

Inclined axis Slope [0;90] 0 °  Optimize

2-axis tracking

Horizon file Αναζήτηση... Δεν επιλέχθηκε αρχείο.

**Output options**

Show graphs  Show horizon

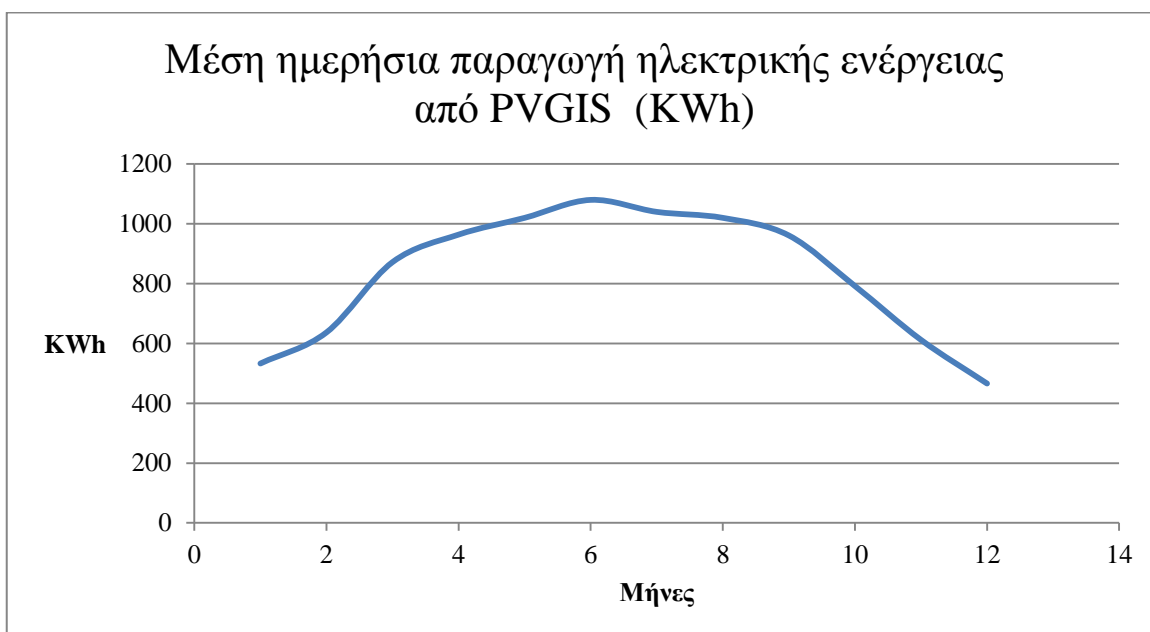
Web page  Text file  PDF

[\[help\]](#)

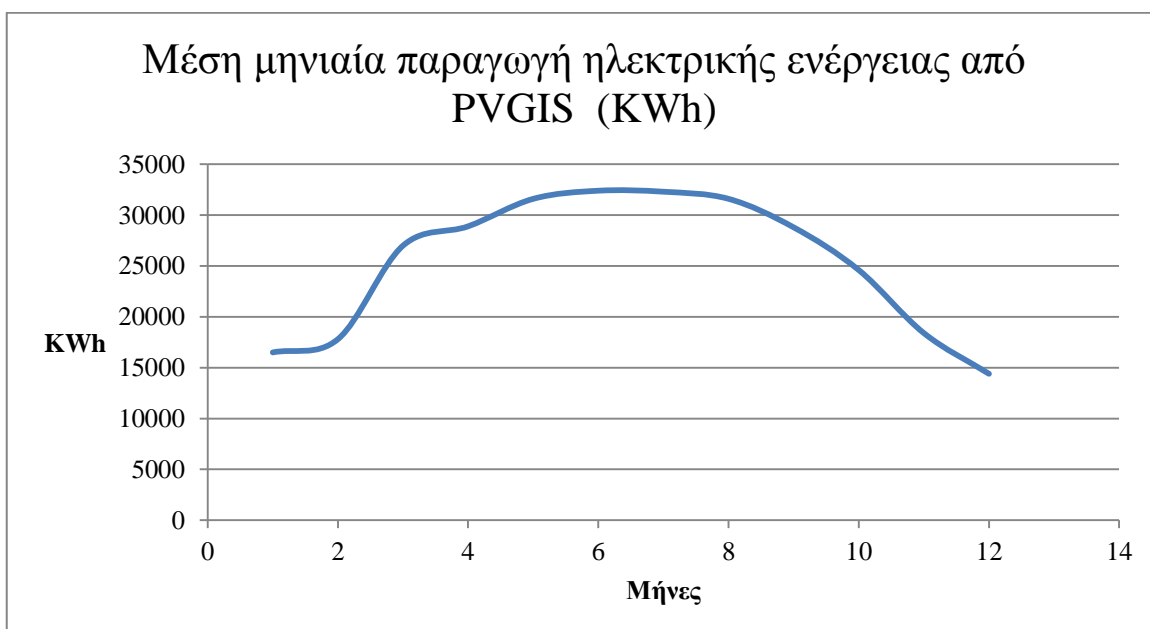
{Εικ. 3.20} Πρόγραμμα PVGIS- Περιοχής λόφου

| Μήνας                | Ed (kwh)      | Em (kwh) | Hd (kwh/m2) | Hm (kwh/m2) |
|----------------------|---------------|----------|-------------|-------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ           | 533           | 16500    | 3.48        | 108         |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ          | 637           | 17800    | 4.21        | 118         |
| ΜΑΡΤΙΟΣ              | 872           | 27000    | 5.85        | 181         |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ             | 964           | 28900    | 6.57        | 197         |
| ΜΑΪΟΣ                | 1020          | 31600    | 7.04        | 218         |
| ΙΟΥΝΙΟΣ              | 1080          | 32400    | 7.59        | 228         |
| ΙΟΥΛΙΟΣ              | 1040          | 32300    | 7.43        | 230         |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ            | 1020          | 31600    | 7.27        | 225         |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ          | 961           | 28800    | 6.75        | 203         |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ            | 792           | 24600    | 5.44        | 169         |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ            | 612           | 18400    | 4.10        | 123         |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ           | 466           | 14400    | 3.07        | 95.0        |
| ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.         | 834           | 25400    | 5.74        | 175         |
| <b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>304300</b> |          | <b>2000</b> |             |

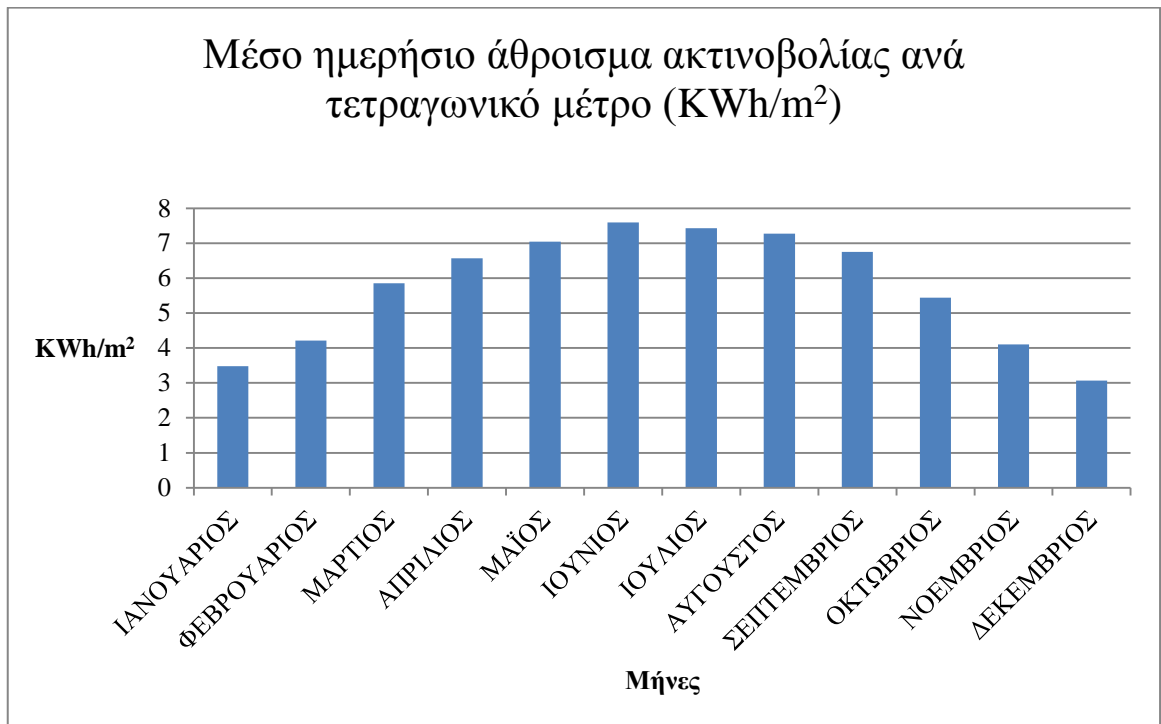
Πίνακας 6. Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή Η/Ε και ακτινοβολία



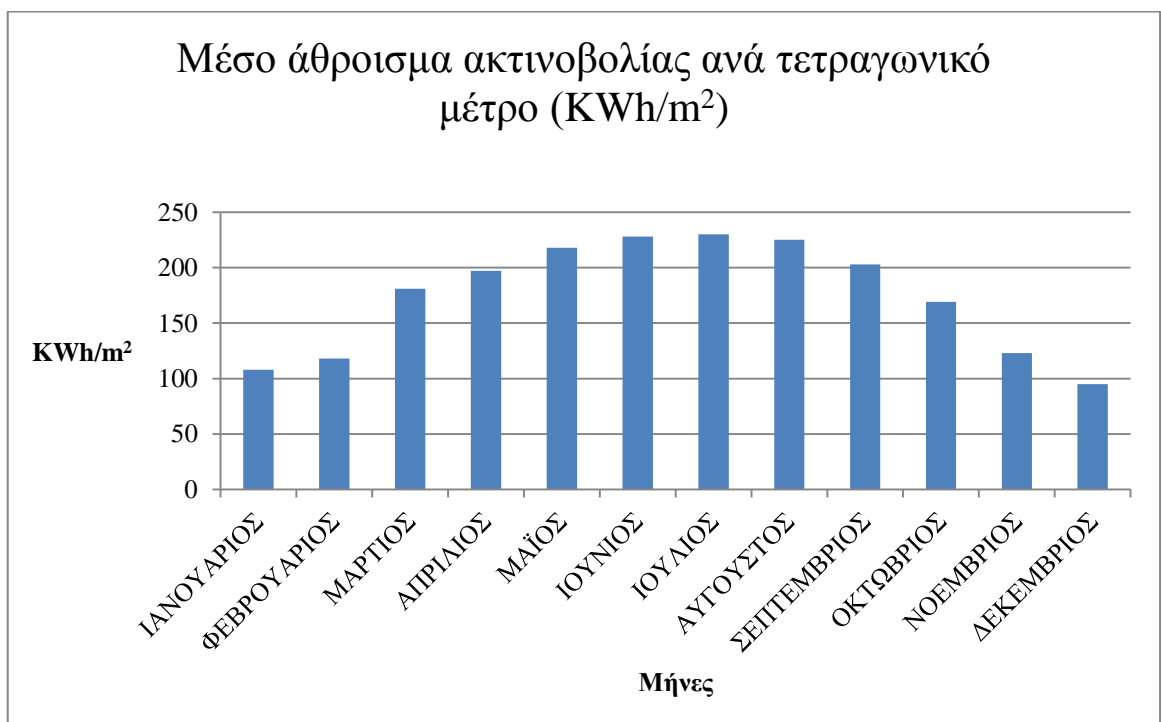
{Εικ. 3.21} Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.22} Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



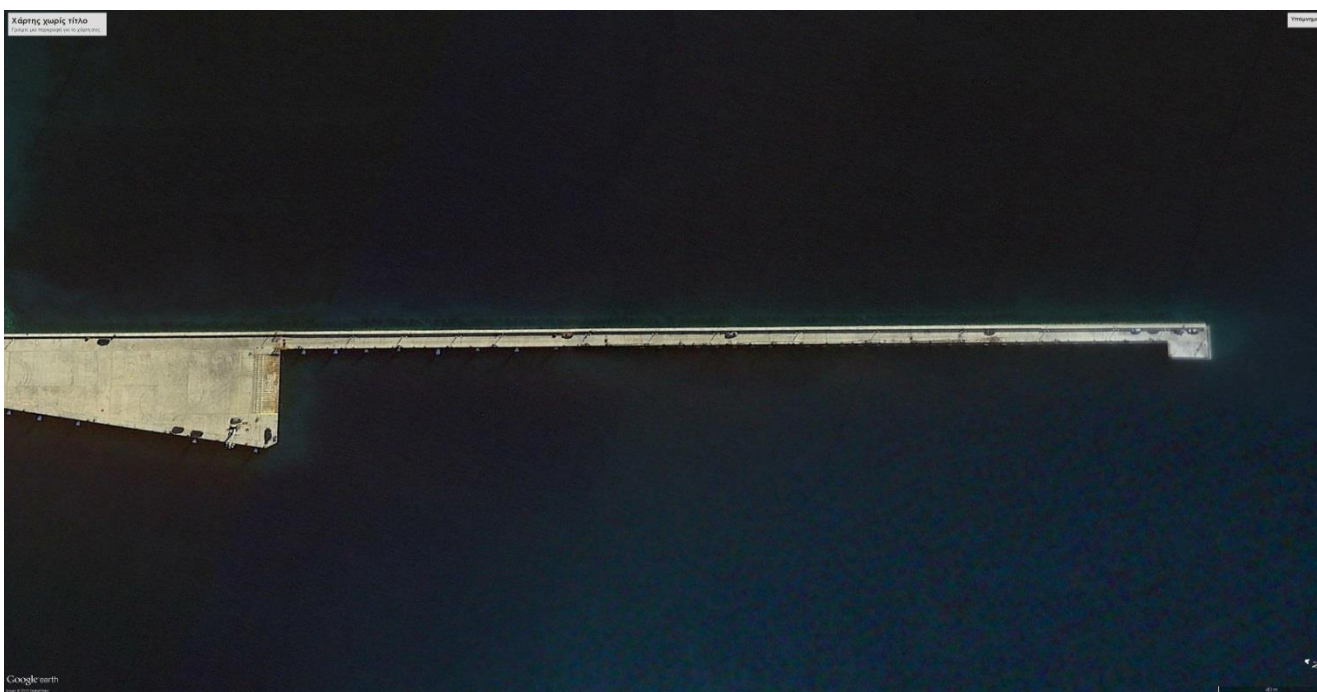
{Εικ. 3.23} Μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο



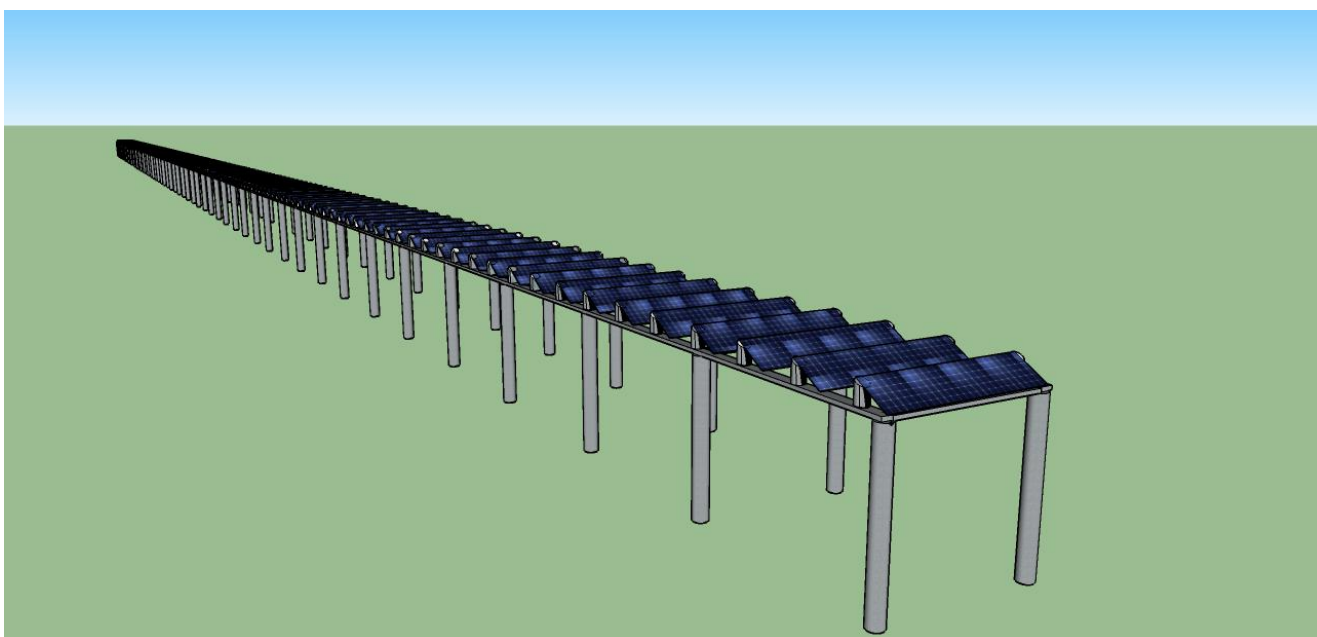
{Εικ. 3.24} Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

➤ Θέση 4

Στην θέση αυτή προτείνεται να κατασκευαστεί στέγαστρο μεταλλικής κατασκευής, πάνω στο οποίο θα τοποθετηθούν Φ/Β πλαίσια. Η κατασκευή αυτή θα καλύπτει την περιοχή του ακρομωλίου. Πάνω στην μεταλλική κατασκευή θα τοποθετηθούν μεταλλικές βάσεις για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων με την απαραίτητη κλίση για την μέγιστη απόδοση τους. Αυτή η μεταλλική κατασκευή εκτός από την χρήση της για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων, παράλληλα θα αποτελεί ένα στέγαστρο όπου θα μπορούν να κινούνται οχήματα και άνθρωποι. Πιο αναλυτικά βλέπουμε στις εικόνες 3.25, 3.26, 3.27 την περιοχή και την κατασκευή.



{Εικ. 3.25} Ακρομώλιο Λιμένος Λαυρίου από Google Earth



{Εικ. 3.26} Σχέδιο στεγάστρου στο sketchup



{Εικ. 3.27} Ακρομόλιο με τα προτεινόμενα Φ/Β πλαίσια

Οι διαστάσεις της κάθε κατασκευής θα είναι 340m\*4m. Η συνολική επιφάνεια που θα καλύπτουν είναι 1360 m<sup>2</sup> και πάνω σε αυτήν θα τοποθετηθούν 362 Φ/Β πλαίσια. Αναλυτικά τα στοιχεία δίνονται στον πίνακα 7.

|                                  | <b>Διαστάσεις</b>      | <b>Αριθμός</b> |
|----------------------------------|------------------------|----------------|
| <b>Φ/Β Πλαίσιο</b>               | 1960mm /990mm<br>/40mm | 181x 2         |
| <b>Τραπέζια</b>                  | 340m x 4m              | 362            |
| <b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b> | 1360                   |                |
| <b>Κλίση</b>                     | 30                     |                |
| <b>Προσανατολισμός</b>           | Νότος                  |                |
| <b>Ισχύς (watt/πλαίσιο)</b>      | 310                    |                |
| <b>Συνολική Ισχύς (Watt)</b>     | 112220                 |                |

Πίνακας 7 Συγκεντρωτικά στοιχεία Φ/Β συστημάτων



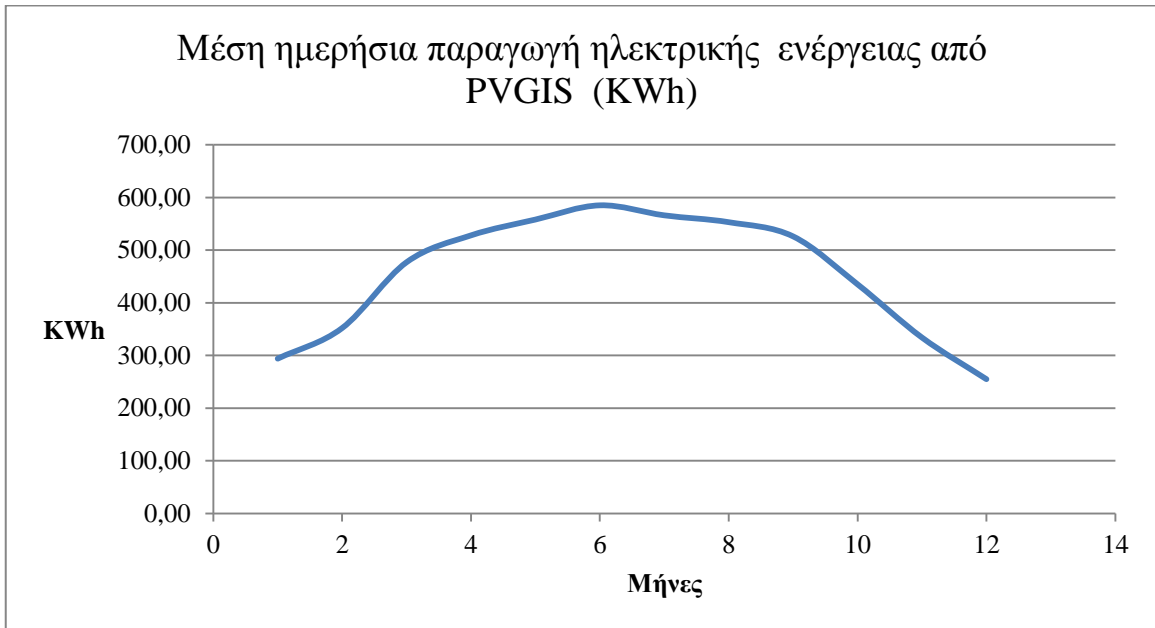
Ακολουθούν τα στοιχεία που εισάγαμε στο πρόγραμμα PVGIS σύμφωνα με την περιοχή του ακρομωλίου, όπως φαίνονται στην εικόνα 3.28. Στην συνέχεια στον πίνακα 8 έχουμε τα αποτελέσματα που δόθηκαν από το πρόγραμμα και στις εικόνες τα αντίστοιχα διαγράμματα.

The screenshot shows the PVGIS web interface. On the left, there is a map of Lauro, Greece, with a red location pin. The map includes labels for streets like 'Παναγιώτη Κοκορέ' and 'ΝΥΧΤΟΧΩΡΙ'. The interface has a top navigation bar with 'JRC' and 'CM SAF' logos, and a title 'Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps'. Below the map, there are search fields for 'Latitude' and 'Longitude', and a 'Go to lat/lon' button. On the right, the 'Performance of Grid-connected PV' configuration panel is visible. It includes settings for 'Radiation database' (Climate-SAF PVGIS), 'PV technology' (Crystalline silicon), 'Installed peak PV power' (112.2 kWp), 'Estimated system losses' (20%), and various mounting and tracking options. The 'Output options' section is checked for 'Show graphs', 'Show horizon', 'Web page', and 'Text file'. A 'Calculate' button is at the bottom of the panel.

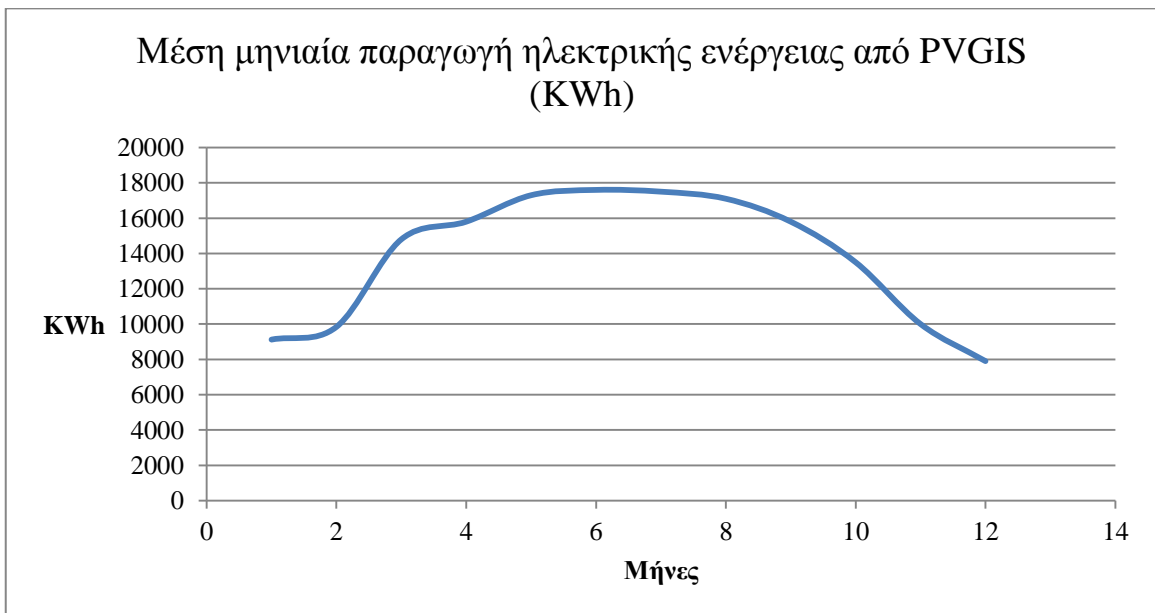
{Εικ. 3.28 } Πρόγραμμα PVGIS – Για την περιοχή του ακρομωλίου

| Μήνας                | Ed (kwh) | Em (kwh) | Hd (kwh/m2) | Hm (kwh/m2) |
|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ           | 294,00   | 9120     | 3,54        | 110         |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ          | 352,00   | 9840     | 4,28        | 120         |
| ΜΑΡΤΙΟΣ              | 477,00   | 14800    | 5,89        | 183         |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ             | 528,00   | 15800    | 6,61        | 198         |
| ΜΑΪΟΣ                | 558,00   | 17300    | 7,09        | 220         |
| ΙΟΥΝΙΟΣ              | 585,00   | 17600    | 7,57        | 227         |
| ΙΟΥΛΙΟΣ              | 566,00   | 17500    | 7,42        | 230         |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ            | 553,00   | 17100    | 7,26        | 225         |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ          | 526,00   | 15800    | 6,80        | 204         |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ            | 435,00   | 13500    | 5,51        | 171         |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ            | 334,00   | 10000    | 4,12        | 124         |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ           | 255,00   | 7900     | 3,09        | 95,8        |
| ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.         | 455,25   | 13855    | 5,77        | 175,65      |
| <b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b> |          | 166260   |             | 2107,8      |

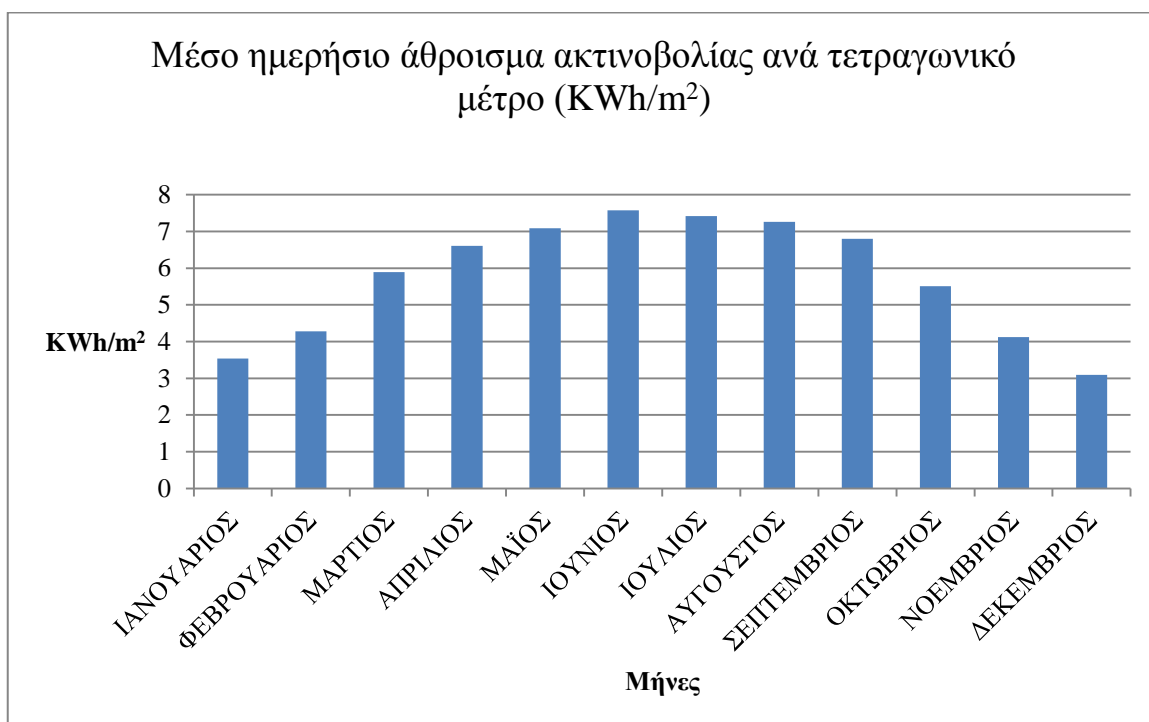
Πίνακας 8. Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή Η/Ε και ακτινοβολίας



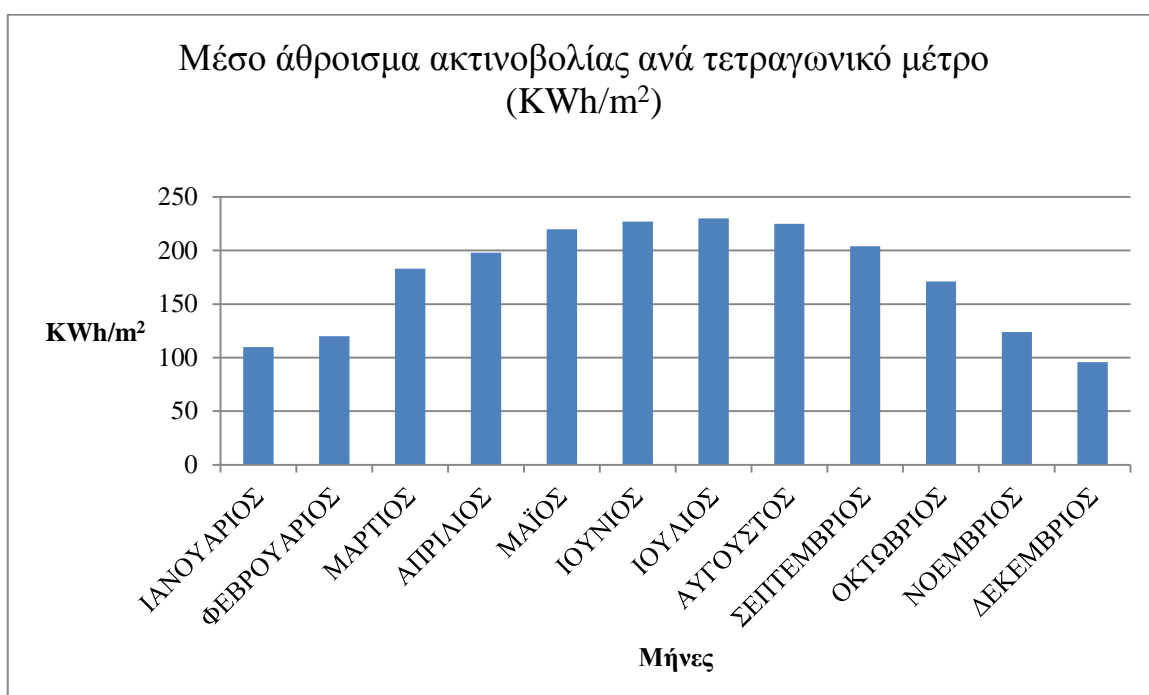
{Εικ. 3.29} Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.30} Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



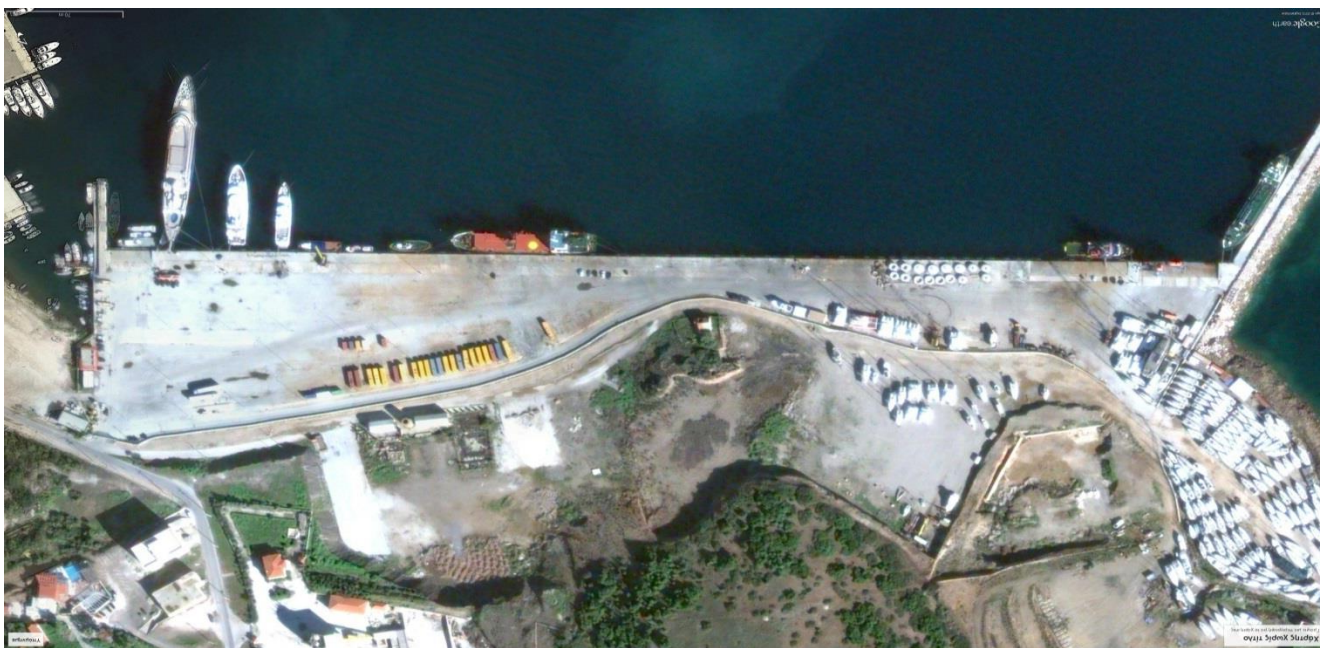
{Εικ. 3.31} Μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο



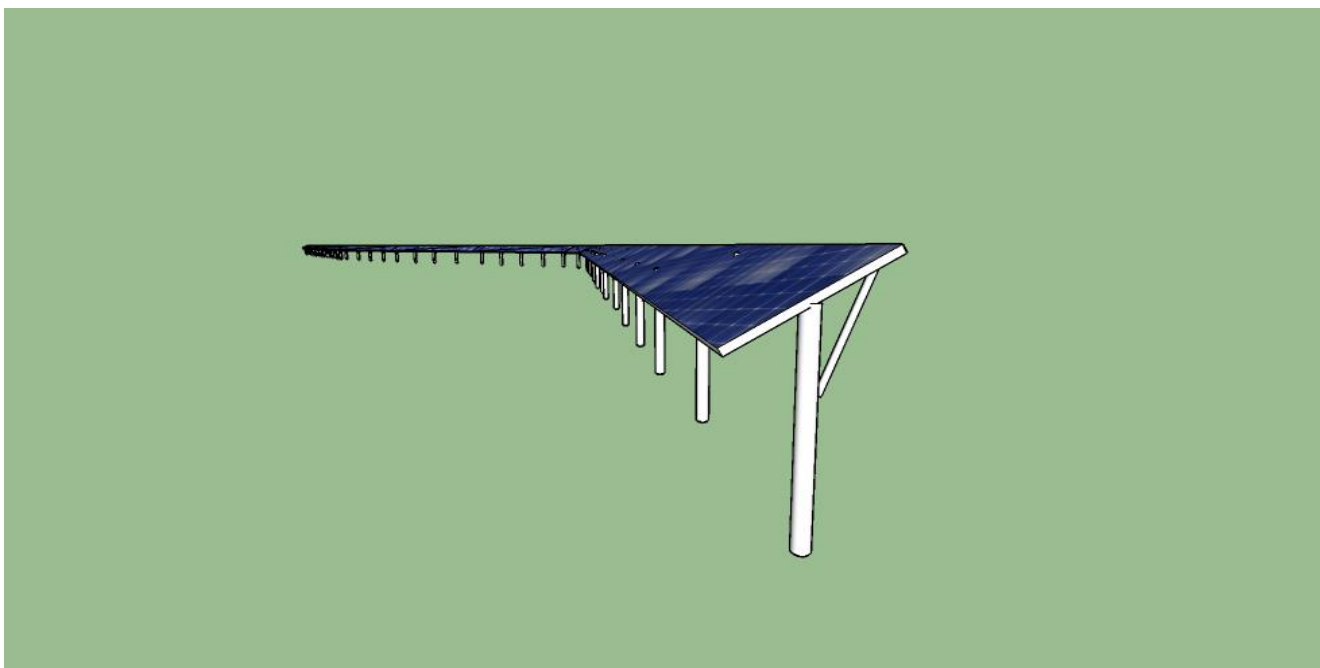
{Εικ. 3.32} Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο

➤ Θέση 5

Στην θέση αυτή βρισκόμαστε στο τμήμα του εμπορικού λιμένος Λαυρίου. Περιμετρικά των οριών του Λιμένος θα κατασκευαστεί μεταλλική κατασκευή πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια. Το στέγαστρο της μεταλλικής κατασκευής θα έχει την κατάλληλη κλίση για τον βέλτιστο βαθμό απόδοσης των Φ/Β συστημάτων. Παράλληλα το ύψος της κατασκευής θα είναι τέτοιο ώστε να μην δημιουργείται κανένα πρόβλημα στην κίνηση των οχημάτων και κυρίως των φορτηγών που μεταφέρουν τα εμπορευματοκιβώτια. Πιο αναλυτικά βλέπουμε στις εικόνες 3.33, 3.34, 3.35 τα σχέδια της κατασκευής.



{Εικ. 3.33} Εμπορικός Λιμένας Λαυρίου



{Εικ. 3.34} Μεταλλική κατασκευή πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια



{Εικ. 3.35} Εμπορικός Λιμένας με πρόταση τοποθέτησης Φ/Β πλαισίων κατά μήκος του ορίου του λιμενικού χώρου σε σχέση με την πόλη.

Οι διαστάσεις της κάθε κατασκευής θα είναι 477m\*4m. Η συνολική επιφάνεια που θα καλύπτουν είναι 1908 m<sup>2</sup> και πάνω σε αυτήν θα τοποθετηθούν 962 Φ/Β πλαίσια. Αναλυτικά τα στοιχεία δίνονται στον πίνακα 9.

|                                  | Διαστάσεις             | Αριθμός |
|----------------------------------|------------------------|---------|
| <b>Φ/Β Πλαίσιο</b>               | 1960mm /990mm<br>/40mm | 481 x 2 |
| <b>Τραπέζια</b>                  | 477 m x 4m             | 962     |
| <b>Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)</b> | 1908                   |         |
| <b>Κλίση</b>                     | 30                     |         |
| <b>Προσανατολισμός</b>           | Νότος                  |         |
| <b>Ισχύς (watt/πλαίσιο)</b>      | 310                    |         |
| <b>Συνολική Ισχύς (Watt)</b>     | <b>298220</b>          |         |

Πίνακας 9 Συγκεντρωτικά στοιχεία Φ/Β συστημάτων

Στην εικόνα 3.36 έχουμε τα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε στο πρόγραμμα PVGIS σχετικά με την περιοχή του εμπορικού λιμένας καθώς και των Φ/Β συστημάτων που θα τοποθετηθούν. Στον πίνακα 10 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προκύψαν καθώς και στις εικόνες δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα.

**JRC** **CM SAF** Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

EUROPA > EC > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe Contact **Important legal notice**

Europe Africa-Asia

e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"

cursor position: 37.717, 24.063  
selected position: 37.707, 24.060

layrio

Latitude:  Longitude:

Χάρτης Δορυφόρος

**PV Estimation** Monthly radiation Daily radiation Stand-alone PV

**Performance of Grid-connected PV**

Radiation database: Climate-SAF PVGIS

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power  kWp

Estimated system losses [0;100]  %

**Fixed mounting options:**

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90]  °  Optimize slope

Azimuth [-180;180]  °  Also optimize azimuth  
(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

**Tracking options:**

Vertical axis Slope [0;90]  °  Optimize

Inclined axis Slope [0;90]  °  Optimize

2-axis tracking

Horizon file

**Output options**

Show graphs  Show horizon

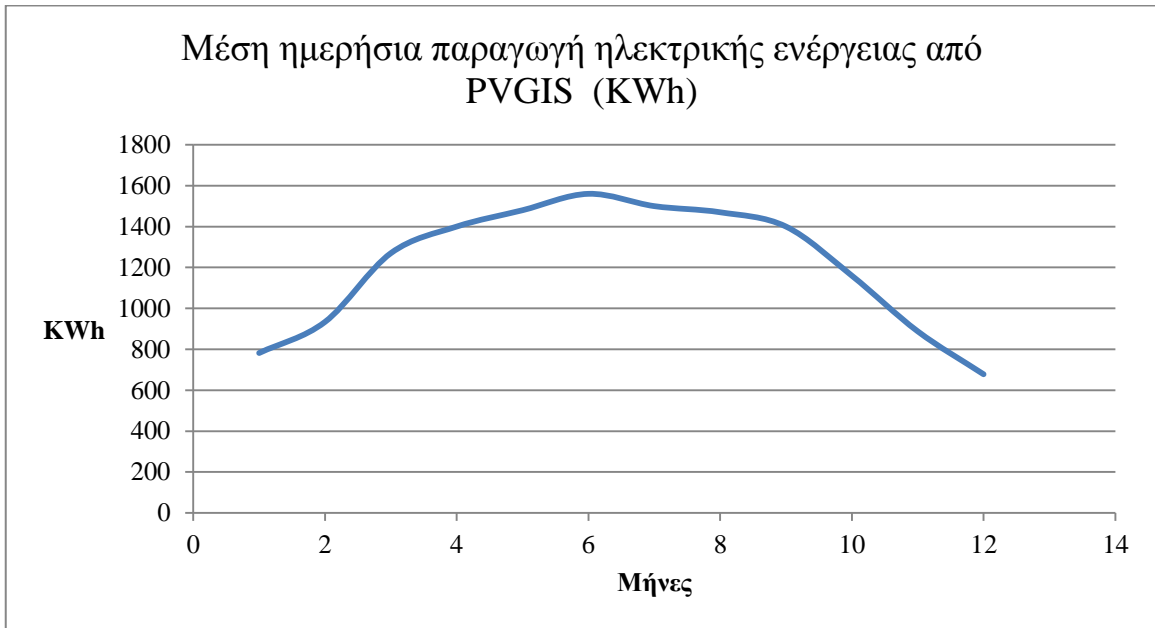
Web page  Text file  PDF

Solar radiation Temperature Other maps

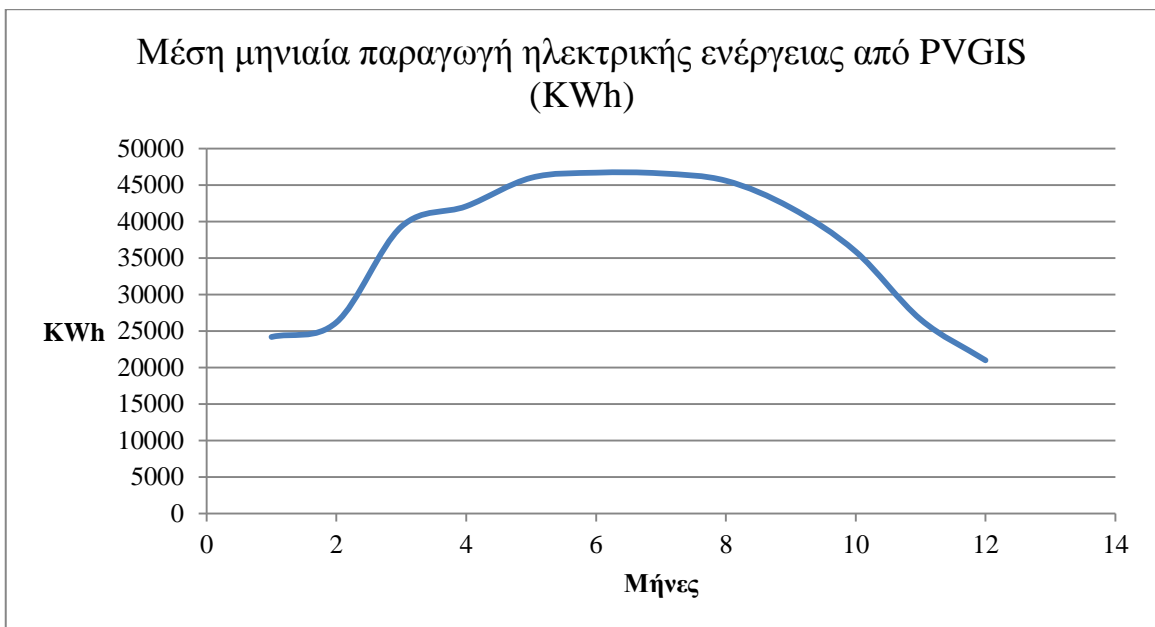
{Εικ. 3.36} Πρόγραμμα PVGIS- Φ/Β πλαίσια περιμετρικά εμπορικού λιμένα

| Μήνας                    | Ed<br>(kwh)   | Em<br>(kwh) | Hd<br>(kwh/m2) | Hm<br>(kwh/m2) |
|--------------------------|---------------|-------------|----------------|----------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ               | 782           | 24200       | 3,54           | 110            |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ              | 934           | 26200       | 4,28           | 120            |
| ΜΑΡΤΙΟΣ                  | 1270          | 39300       | 5,89           | 183            |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ                 | 1400          | 42100       | 6,61           | 198            |
| ΜΑΪΟΣ                    | 1480          | 46000       | 7,09           | 220            |
| ΙΟΥΝΙΟΣ                  | 1560          | 46700       | 7,57           | 227            |
| ΙΟΥΛΙΟΣ                  | 1500          | 46600       | 7,42           | 230            |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ                | 1470          | 45600       | 7,26           | 225            |
| ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ              | 1400          | 41900       | 6,80           | 204            |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ                | 1160          | 35900       | 5,51           | 171            |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ                | 888           | 26600       | 4,12           | 124            |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ               | 678           | 21000       | 3,09           | 95,8           |
| ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.             | 1210          | 36800       | 5,77           | 176            |
| <b>ΕΤΗΣΙΟ<br/>ΣΥΝΟΛΟ</b> | <b>442100</b> |             | <b>2107,8</b>  |                |

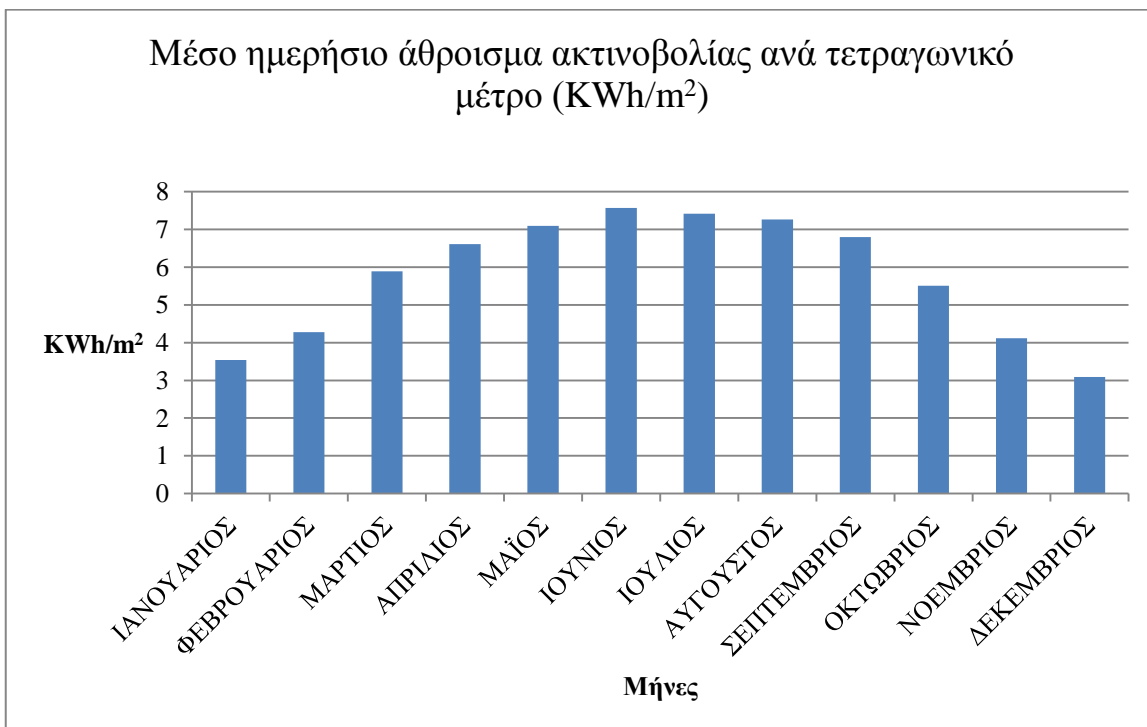
Πίνακας 10 Μέση ημερήσια και μηνιαία παραγωγή Η/Ε και ακτινοβολίας



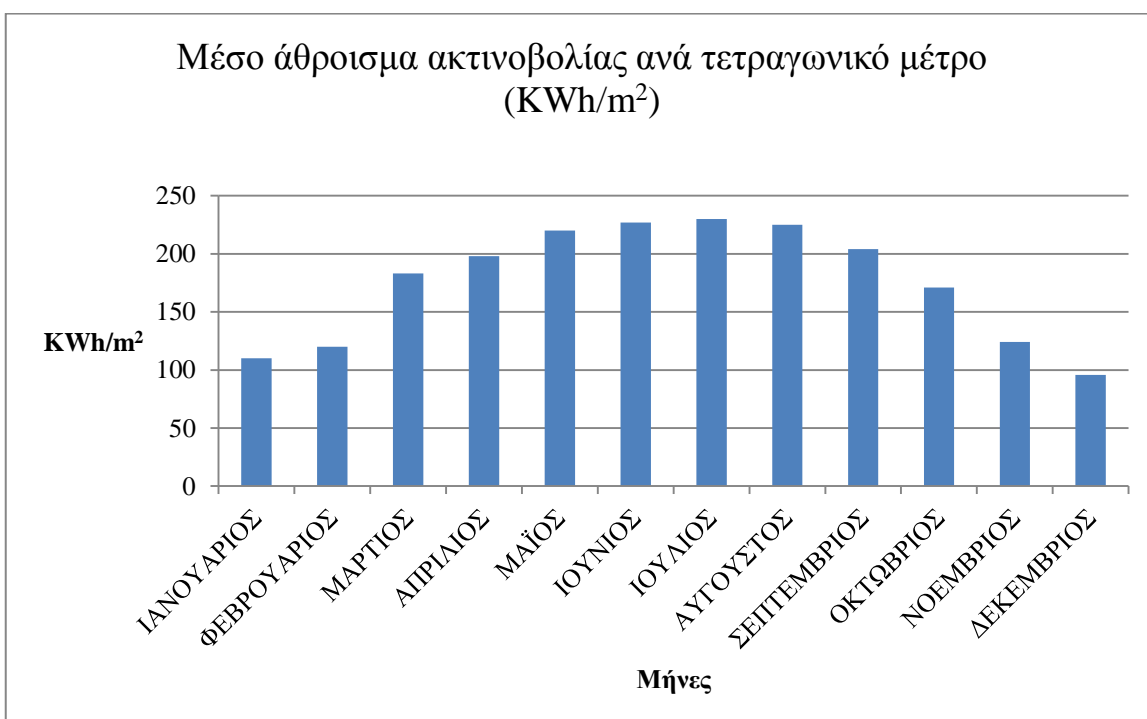
{Εικ. 3.37} Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.38} Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



{Εικ. 3.39} Μέσο ημερήσιο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο



{Εικ. 3.40} Μέσο άθροισμα ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο



### 3.2.2 Τρόποι στήριξης-Περιγραφή προγράμματος SOFiSTiK

Η σειρά προγραμμάτων SOFiSTiK είναι ένα δυναμικό και αξιόπιστο πακέτο ανάλυσης και διαστασιολόγησης, γερμανικής καταγωγής. Στηρίζεται στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και διατίθεται στην ελληνική αγορά από το 1990. Λόγω της αξιοπιστίας του και των πολλών δυνατοτήτων του είναι πλέον ευρέως γνωστό στους Έλληνες μηχανικούς. Στην Ελλάδα έχουν ήδη γίνει πολλά μεγάλα και σημαντικά έργα. Παρέχονται απεριόριστες δυνατότητες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που συναντά ο μελετητής στο μεγαλύτερο φάσμα εφαρμογών. Πρόκειται για μία σειρά προγραμμάτων που συνεργάζονται όλα μεταξύ τους κάτω από μία κοινή βάση δεδομένων. Υπάρχουν προγράμματα γραφικής επεξεργασίας και εισαγωγής δεδομένων (pre-processing), προγράμματα γραφικής αξιολόγησης αποτελεσμάτων και διαχείρισης εκτυπώσεων (post-processing) και προγράμματα σχεδίασης κατασκευαστικών σχεδίων (εφαρμογές σε περιβάλλον AutoCAD). Σε κάθε στάδιο της μελέτης, ο χρήστης έχει πλήρη εποπτεία των δεδομένων και αποτελεσμάτων, με πολλές επιλογές διαφοροποίησης από τις προκαθορισμένες τιμές. Η ανάπτυξη του προγράμματος είναι συνεχής, οπότε διευρύνονται οι δυνατότητες του και αυξάνονται οι διευκολύνσεις που παρέχονται κατά την χρήση του. Μπορεί και ανταποκρίνεται άμεσα στην οποιαδήποτε αλλαγή λειτουργικών συστημάτων και κανονισμών έργων πολιτικού μηχανικού, σε ευρωπαϊκό, αλλά και παγκόσμιο επίπεδο. Μία ειδικά καταρτισμένη ομάδα μηχανικών έχει αναλάβει τη προώθηση και υποστήριξη του στην Ελλάδα, έτσι ώστε να μπορούν να αντιμετωπίζονται άμεσα τα ειδικά προβλήματα που μπορεί να έχει ο Έλληνας μηχανικός, λόγω της διαφοροποίησης των κανονισμών και του τρόπου κατασκευής των έργων. [37]

Στο πρόγραμμα υπάρχει βιβλιοθήκη υλικών σκυροδέματος, χάλυβα και ξύλου, σύμφωνα με πολλούς κανονισμούς: γερμανικούς (DIN), ευρωπαϊκούς (EC), ελβετικούς, αυστριακούς, βρετανικούς, γαλλικούς, ισπανικούς, ιταλικούς, ινδικούς, αμερικανικούς κ.α. Τα διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων των υλικών εξαρτώνται από την θερμοκρασία. Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των υλικών (999) σε ένα φορέα ή στην ίδια διατομή. Μη γραμμικές ιδιότητες υλικών μπορούν να ληφθούν απευθείας από τους κανονισμούς ή να δοθούν ιδιαίτερες από τον χρήστη. Καλύπτονται οι περιπτώσεις:

- Χάλυβας, αλουμίνιο, χυτός σίδηρος (με σκλήρυνση).
- Σκυρόδεμα, δομικός χάλυβας.
- Ξύλο ή σύνθετα υλικά.
- Άλλα υλικά με ιδιότητες που ορίζονται από τον χρήστη.

Αυτόματη παραγωγή διατομών οποιασδήποτε γεωμετρίας και υλικού. Περιλαμβάνονται τυπικές διατομές, όπως ορθογωνικές, πλακοδοκοί, κυκλικές, καθώς και τυποποιημένες και μη διατομές σιδηροδοκών, κιβωτοειδείς, σύμμικτες, λεπτότοιχες και συγκολλητές διατομές. Υπολογίζονται ελαστικά και πλαστικά μεγέθη της διατομής, καθώς και μεγέθη για τον υπολογισμό των αξονικών και διατμητικών τάσεων. Ιδιαίτερα οι σύμμικτες διατομές μπορούν να αποτελούνται από οποιοδήποτε συνδυασμό τμημάτων οπλισμένου σκυροδέματος και χάλυβα. Πρακτικά δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στον αριθμό των διατομών που δέχεται το πρόγραμμα (999).

Παρέχονται οι εξής δυνατότητες:

- Βιβλιοθήκη με τυποποιημένες και μη διατομές σιδηροδοκών.
- Υπολογισμός στρεπτικής αντοχής και κέντρου διάτμησης για όλες τις διατομές.
- Υπολογισμός διατμητικών τάσεων για όλους τους τύπους διατομών.

Υπάρχουν τέσσερεις τρόποι περιγραφής υλικών και διατομών:

- Αναλυτική εισαγωγή μέσω αρχείου δεδομένων.
- Παραμετρική εισαγωγή δεδομένων της γεωμετρίας των διατομών για εύκολη αναπαραγωγή όμοιων διατομών.
- Διαλογικός τρόπος εισαγωγής δεδομένων για τυπικές διατομές (ορθογωνικές, πλακοδοκούς κλπ).
- Γραφική σχεδίαση δεδομένων.

Για την ανάλυση γενικών φορέων στο χώρο, χρησιμοποιούνται τα συστήματα:

- Γραμμικοί φορείς με χρήση ραβδωτών στοιχείων.
- Επιφανειακοί φορείς (κελύφη) με χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων.
- Μικτά συστήματα ραβδωτών και επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων.
- Σύμμικτοι φορείς.

Για την μόρφωση των πιο πάνω συστημάτων, παρέχονται από το πρόγραμμα τα ακόλουθα στοιχεία, για λεπτομερή και σωστή μοντελοποίηση. Η επίδραση του εδάφους μπορεί να προσομοιωθεί με ελαστικές εδράσεις με μη γραμμικές ιδιότητες ή με περιγραφή εδαφικών προφίλ σε συνεργασία με τα στοιχεία πασσάλων.

Η εισαγωγή των φορτίων στον προς επίλυση φορέα γίνεται είτε γραφικά, είτε αναλυτικά, μέσω απλών εντολών. Τα φορτία μπορεί να είναι σε τυχαίες διευθύνσεις και τυχαίες θέσεις:

- Συγκεντρωμένες δυνάμεις ή ροπές στους κόμβους ή σε οποιοδήποτε σημείο, επιφανειακών ή ραβδωτών στοιχείων, κεντρικά ή έκκεντρα.
- Υποχωρήσεις και στροφές στηρίξεων.
- Γραμμικά /επιφανειακά ομοιόμορφα, ή μεταβλητά κατανεμημένα φορτία (δυνάμεις και ροπές).
- Φορτία ανέμου, υδροστατικές πιέσεις, ωθήσεις γαιών.
- Επιβαλλόμενες παραμορφώσεις, κυρτώσεις και θερμοκρασιακές μεταβολές.
- Σεισμικά φορτία, στατικά ή δυναμικά.
- Γραμμές και επιφάνειες επιρροής.
- Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης εξαρτώμενα από την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία περιβάλλοντος.
- Αθέλητη εκκεντρότητα.
- Προέκταση σε ραβδωτά και επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία.
- Ειδική εφαρμογή για υπολογισμό φορτίων ανέμου σε κατασκευές εκτεθειμένες στον άνεμο.

Μία πολύ χρήσιμη δυνατότητα του προγράμματος είναι η αυτόματη κατανομή τυχαίων επιφανειακών φορτίων σε ραβδωτά μέλη του φορέα. Αυτή η δυνατότητα εξυπηρετεί πολύ την περιγραφή φορτίων σε γραμμικούς φορείς, διότι έτσι απαλλάσσεται ο μελετητής από τον υπολογισμό των φορτίων που αναλογούν σε κάθε μέλος του φορέα.

Με την χρήση βάσεων δεδομένων και μοντέρνων αλγορίθμων, έχουμε καταφέρει να μην υπεισέρχονται περιορισμοί στο μέγεθος των φορέων ή στις φορτίσεις που επιβάλλονται σε ένα σύστημα. Στο πακέτο προγραμμάτων SOFiSTiK παρέχονται δύο μέθοδοι επίλυσης συστημάτων. Η μία είναι η κλασική άμεση μέθοδος με παραγοντοποίηση του μητρώου δυσκαμψίας (direct solver) και η άλλη είναι η επαναληπτική μέθοδος (iterative solver) με την οποία μπορούν να λυθούν πολύ μεγάλα συστήματα σε σχετικά λίγο χρόνο. Πολλές φορές είναι απαραίτητη η χρήση μη γραμμικής ανάλυσης, ώστε να μπορέσει ο μελετητής να προσεγγίσει σύνθετα φυσικά φαινόμενα. Η μη γραμμική ανάλυση αφορά:

Μη γραμμικότητες υλικού:

- Επιφανειακά ή γραμμικά διανεμημένη ελαστική έδραση, καθώς και μεμονωμένα ελατήρια που παίρνουν μόνο θλίψη, ή δέχονται ξεχωριστά τριβή και διαρροή, θραύση, χάσμα (gap) και προένταση. Γενικά, είναι δυνατόν να καθοριστεί οποιαδήποτε γραμμή εργασίας (τάσεων-παρ/σεων) που θα καθορίζει την συμπεριφορά της ελαστικής έδρασης.
- Στοιχεία καλωδίων που μπορούν να πάρουν μόνο εφελκυσμό (καλωδιωτές γέφυρες).
- Μη γραμμικές ιδιότητες υλικού σε όλα τα πεπερασμένα στοιχεία για υλικά σκυροδέματος και χάλυβα.
- Μη γραμμικές ιδιότητες υλικού σε χωρικά πεπερασμένα στοιχεία για οποιοδήποτε υλικό και με χρήση διαφόρων ελαστοπλαστικών κριτηρίων.
- Ρηγματωμένη διατομή.

Γεωμετρικές μη γραμμικότητες:

- Θεωρία 2ης τάξης στα στοιχεία πασσάλων.
- Γεωμετρικά μη γραμμικά φαινόμενα για ράβδους δικτύματος, ελατήρια και καλώδια.
- Θεωρία 2ης και 3ης τάξης για τα ραβδωτά στοιχεία με λυγισμό και ανατροπή.
- Γεωμετρικά μη γραμμικά προβλήματα κελυφών (λυγισμός, κύρτωση).

Τα διάφορα μη γραμμικά φαινόμενα μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους. Επίσης, είναι δυνατόν να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα:

- Προϋπάρχουσες εντατικές καταστάσεις για τη προσομοίωση της κατασκευής του φορέα σε φάσεις (σταδιακή κατασκευή).
- Έχουν προβλεφθεί κατάλληλες εντολές για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας.
- Μπορούν να υπολογιστούν εφαπτομενικές ακαμψίες μέσω των προϋπάρχουσων εντατικών καταστάσεων.

Ο υπολογισμός των περιβαλλουσών μεγίστων και ελαχίστων εντατικών μεγεθών, αντιδράσεων, μετακινήσεων και φορτίων, για οποιουσδήποτε συνδυασμούς φόρτισης, γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα. Χαρακτηριστικά του προγράμματος

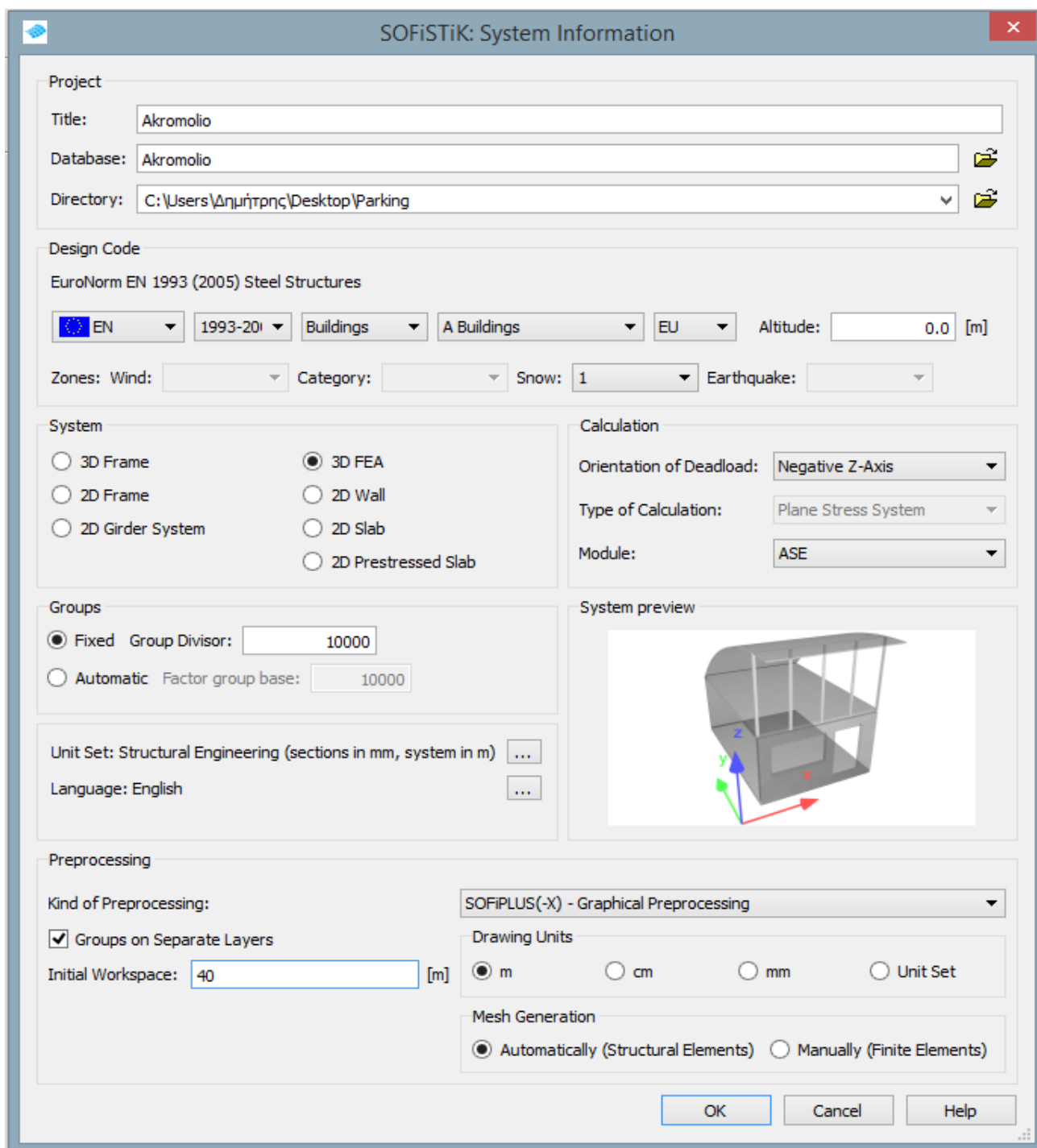
- Ενσωματωμένοι συνδυασμοί δράσεων σύμφωνα με ευρωκώδικες, γερμανικούς κανονισμούς κ.α.
- Δημιουργία νέων συνδυασμών δράσεων από τον χρήστη.
- Χαρακτηρισμός δράσεων και αυτόματη ενεργοποίηση επιμέρους συντελεστών, σύμφωνα με τους κανονισμούς.
- Δυνατότητα τροποποίησης των συντελεστών δράσεων.
- Ομάδες φορτίσεων με ιδιότητες όπως η μία να αποκλείει την άλλη στον ίδιο συνδυασμό.

## Διαδικασία ελέγχου στατικότητας μεταλλικής κατασκευής

Με την βοήθεια του υποψήφιου διδάκτορα Τσαπέτη Δημήτριου του τμήματος Δομοστατικών καθώς επίσης και με τις συμβουλές του καθηγητή κύριου Γαντέ Χάρη του τμήματος Δομοστατικών σχεδιάσαμε τις μεταλλικές κατασκευές πάνω στις οποίες θα γίνει η τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων. Έγινε έλεγχος ως προς την στατικότητα και την αντοχή των κατασκευών υπό τα φορτία των Φ/Β συστημάτων καθώς και των ανέμων της περιοχής που θα καταπονούν τις κατασκευές αυτές. Στην συνέχεια θα δούμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής.

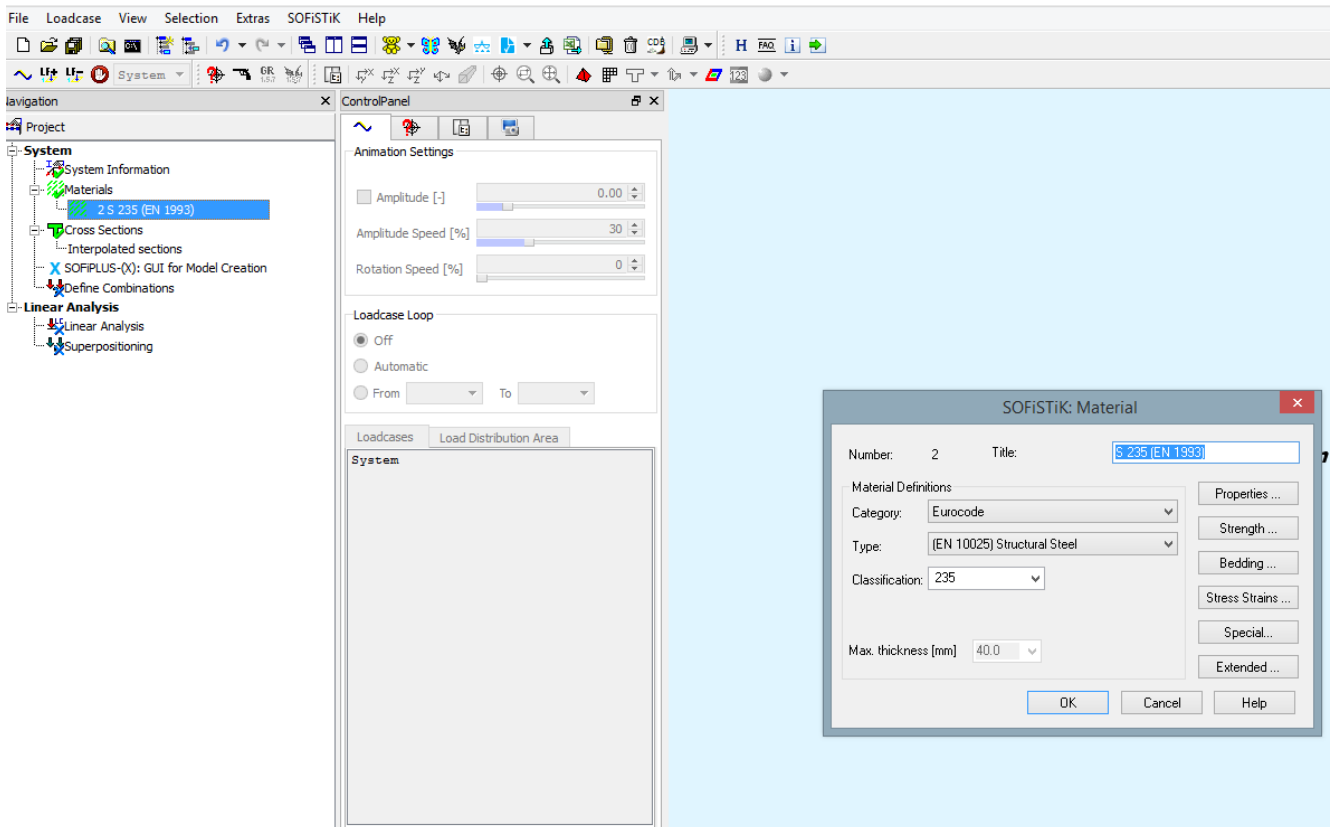
➤ Θέση 4

Αρχικά ανοίγοντας ένα καινούργιο αρχείο στο πρόγραμμα sofistik επιλέγουμε κάποια στοιχεία σύμφωνα με τα οποία θα δουλέψουμε, όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα. Επιλέγουμε τους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς και συγκεκριμένα τον ευρωκώδικα EN 1993-2005 που αφορά μεταλλικές κατασκευές κτιρίων και όχι οδικών ή σιδηροδρομικών γεφυρών ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις υπο ανάλυση κατασκευές, μονάδες που θα χρησιμοποιήσουμε στην σχεδίαση καθώς και το αρχικό χώρο εργασίας. Τέλος επιλέγεται το σύστημα στο οποίο θα εργαστούμε και συγκεκριμένα τα τρισδιάστατα πεπερασμένα στοιχεία.



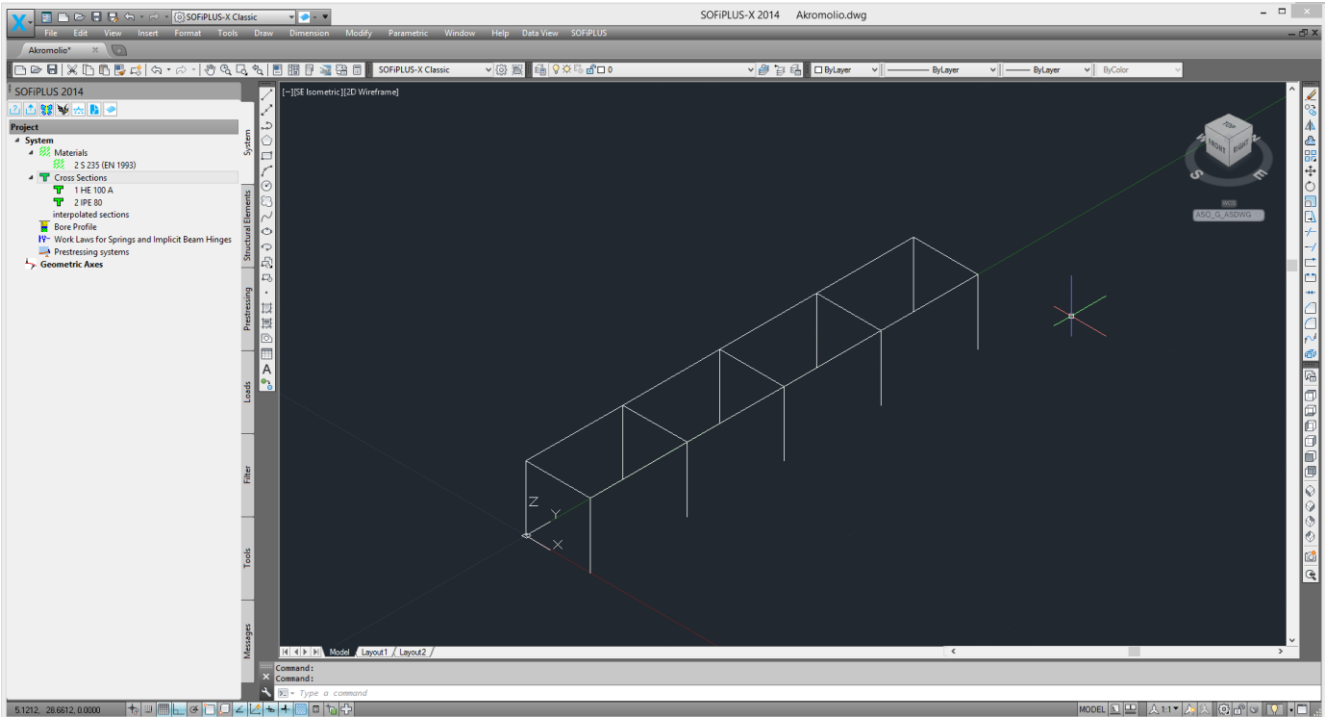
{Εικ. 3.41} Πρόγραμμα Sofistik- Ορισμός κατάλληλων στοιχείων προγράμματος σύμφωνα με τα οποία θα εργαστούμε

Στην συνέχεια επιλέγουμε την ποιότητα του χάλυβα που θέλουμε. Συγκεκριμένα επιλέγουμε τον χάλυβα S235, όπως αυτός ορίζεται από τον ευρωκώδικα EN 1993, καθώς αποτελεί μια από τις συνηθέστερες ποιότητες που χρησιμοποιούνται στις μεταλλικές κατασκευές.



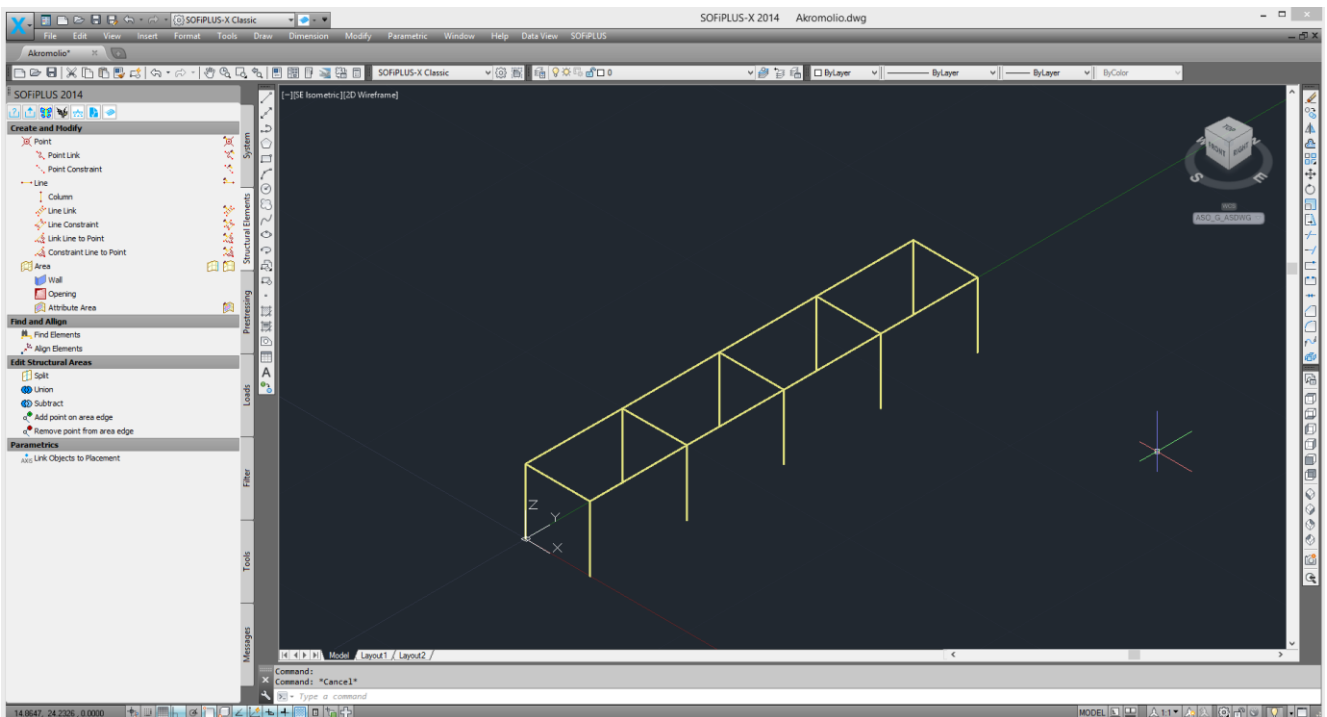
{Εικ. 3.42} Πρόγραμμα Sofistik- Ορισμός ποιότητας χάλυβα

Παράλληλα με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad σχεδιάζουμε την μεταλλική κατασκευή που θα τοποθετηθούν πάνω τα Φ/Β πλαίσια. Η κατασκευή αναπαριστάται αρχικά από απλές κατακόρυφες και οριζόντιες γραμμές οι οποίες παρουσιάζουν το βασικό στατικό τους σύστημα.



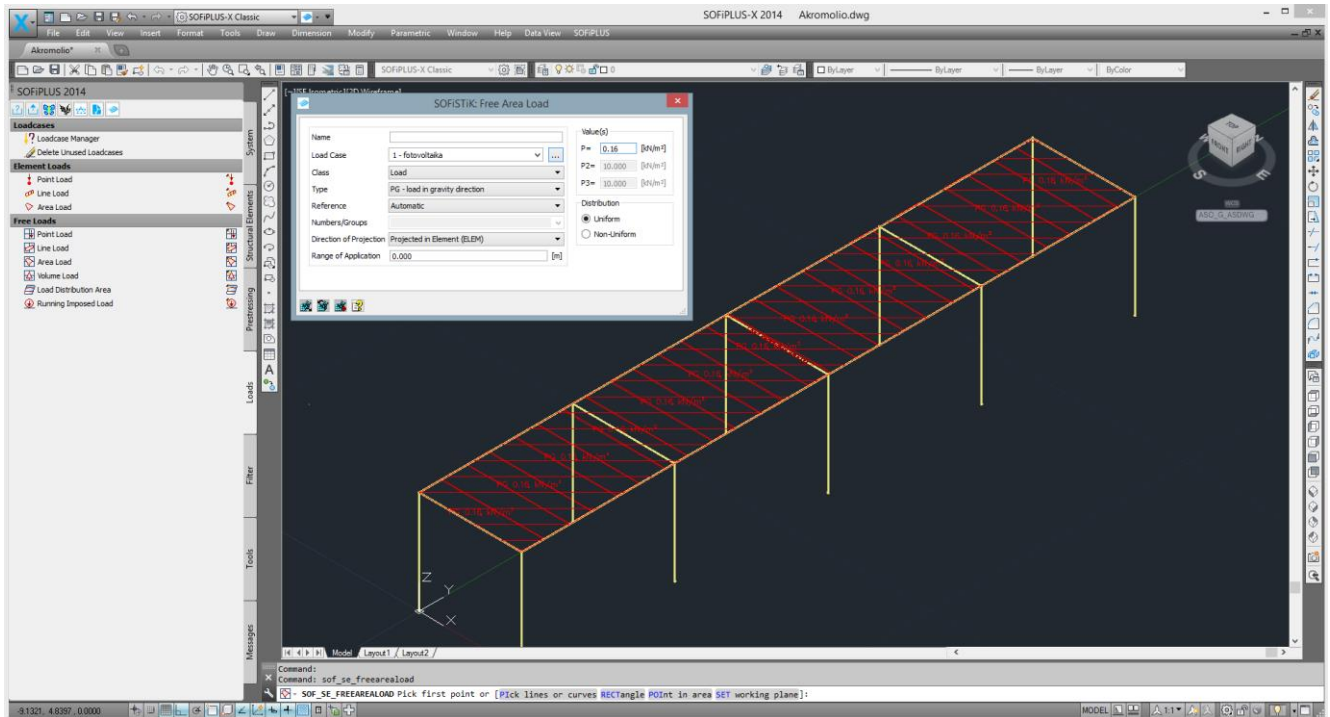
{Εικ. 3.43 } Σχεδίαση μεταλλικής κατασκευής στο Autocad

Επιλέγουμε για κάθε στοιχείο της κατασκευής τον τύπο και το μέγεθος της διατομής που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.



{Εικ. 3.44 } Ορισμός διατομών στο πρόγραμμα Sofistik-Autocad

Ορίζουμε την επιφάνεια φόρτισης και το μέγεθος του κατακόρυφου φορτίου, που είναι 0,16 KN/m<sup>2</sup> (Βάρος Φ/Β πλαισίων και μεταλλικής κατασκευής που θα χρησιμοποιηθεί για την στηριξή τους υπό καθορισμένη κλίση).



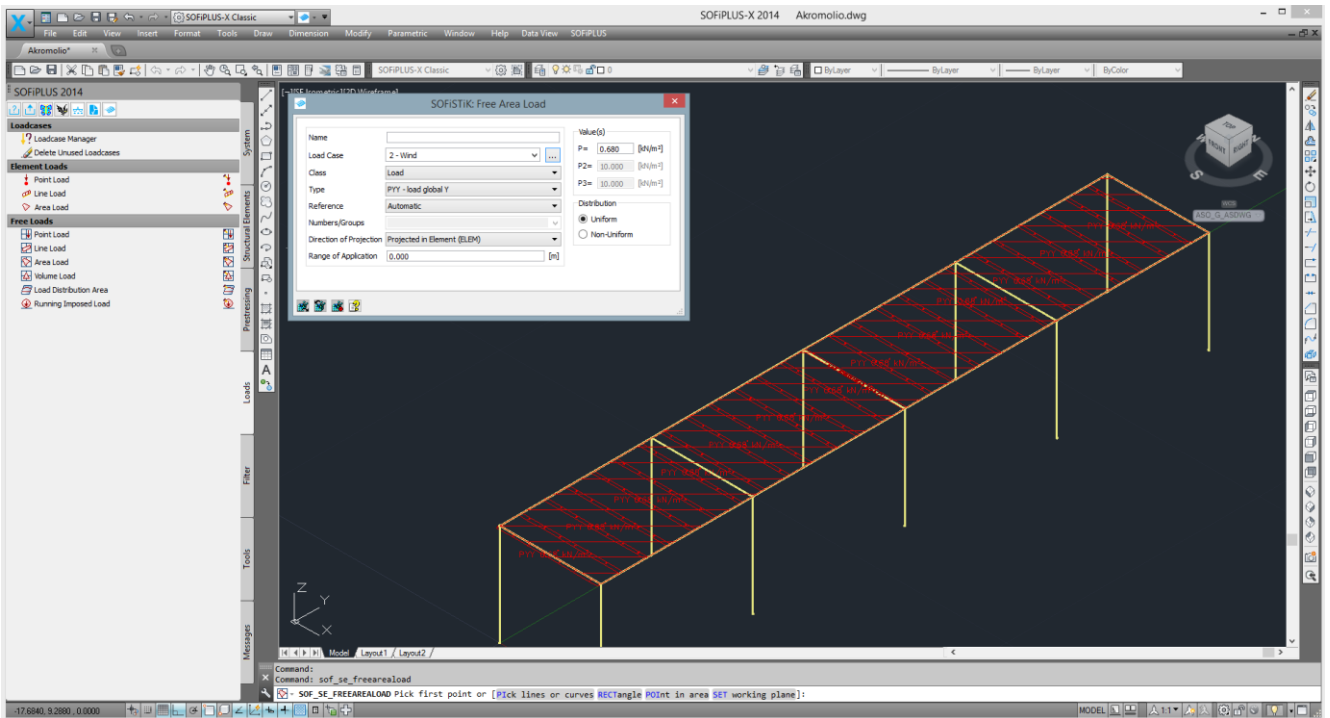
{Εικ. 3.45} Ορισμός επιφάνειας επιβολής φορτίων από Φ/Β πλαίσια και μεταλλική κατασκευή στο πρόγραμμα Sofistik-Autocad

Ορίζουμε το φορτίο του ανέμου που θα καταπονεί την μεταλλική κατασκευή σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1. Για νησιά και παράλια μέχρι 10 Km από την ακτή η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου σύμφωνα με το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα ορίζεται σε 33 m/s. Η βασική πίεση του ανέμου ορίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2$$

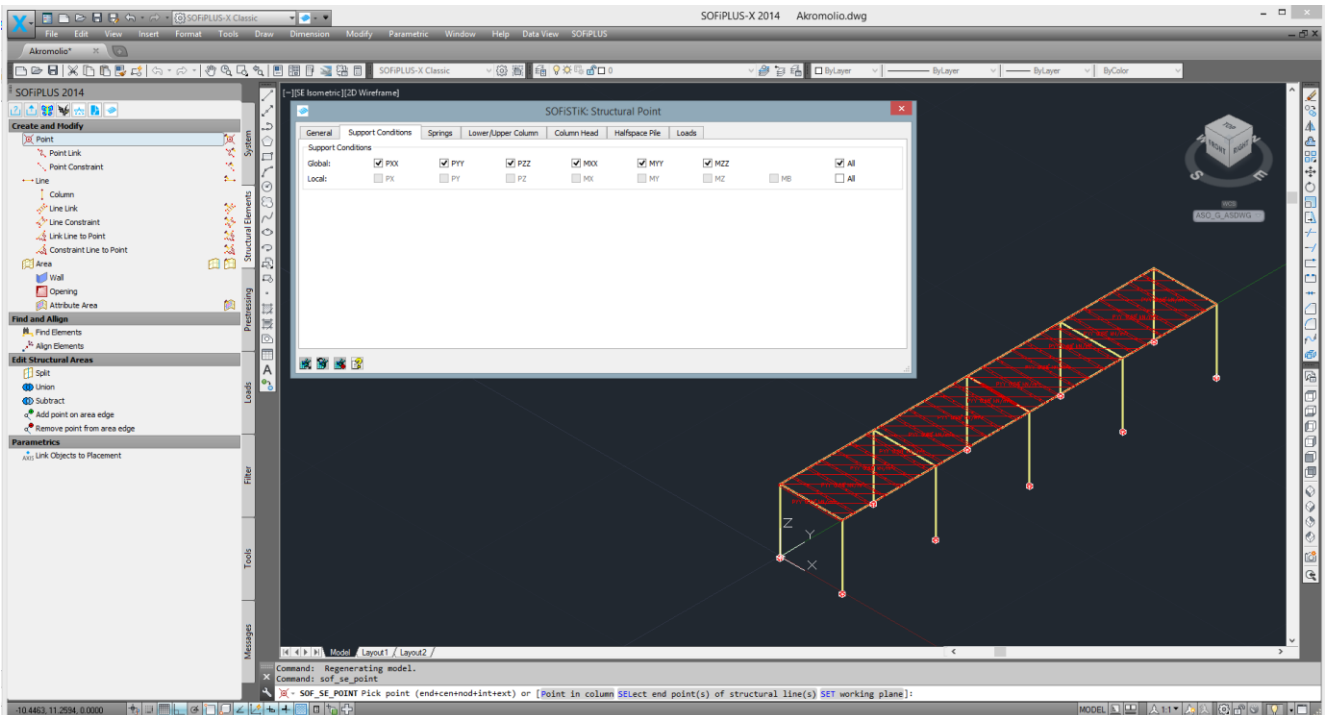
Όπου

- ρ είναι η πυκνότητα του αέρα, εξαρτώμενη από το υψόμετρο, την θερμοκρασία και τη βαρομετρική πίεση που αναμένονται σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια ανεμοθύελλας (προτεινόμενη τιμή ρ= 1,25 kg/m<sup>3</sup>).
- V<sub>b</sub> η βασική ταχύτητα ανέμου, ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους, στα 10 m πάνω από το έδαφος κατηγορίας II.



{Εικ. 3.46} Ορισμός φορτίου ανέμου στο πρόγραμμα Sofistik-Autocad

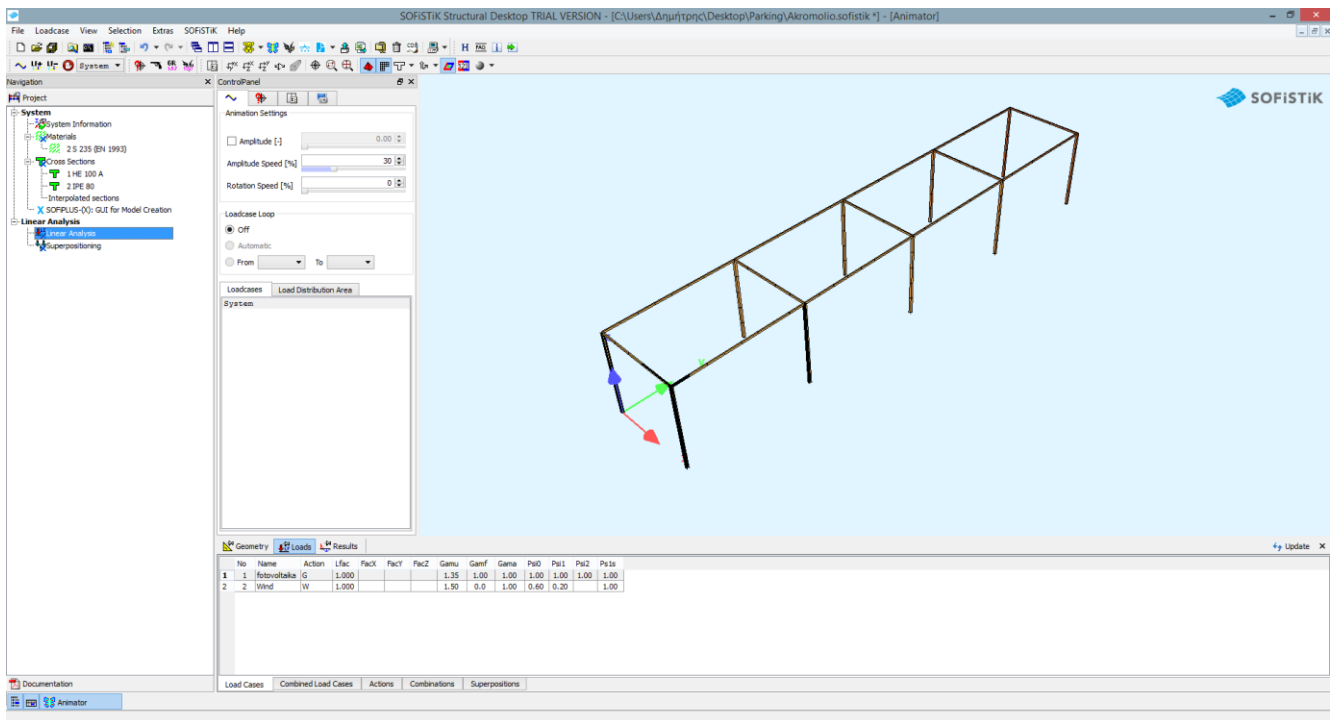
Στην συνέχεια επιλέγουμε τις στηρίξεις και το είδος τους. Επιλέγουμε δεσμεύσεις σε όλους τους βαθμούς ελευθερίας υλοποιώντας έτσι πακτώσεις στη βάση του φορέα.



{Εικ. 3.47} Ορισμός στηρίξεων στο πρόγραμμα Sofistik-Autocad

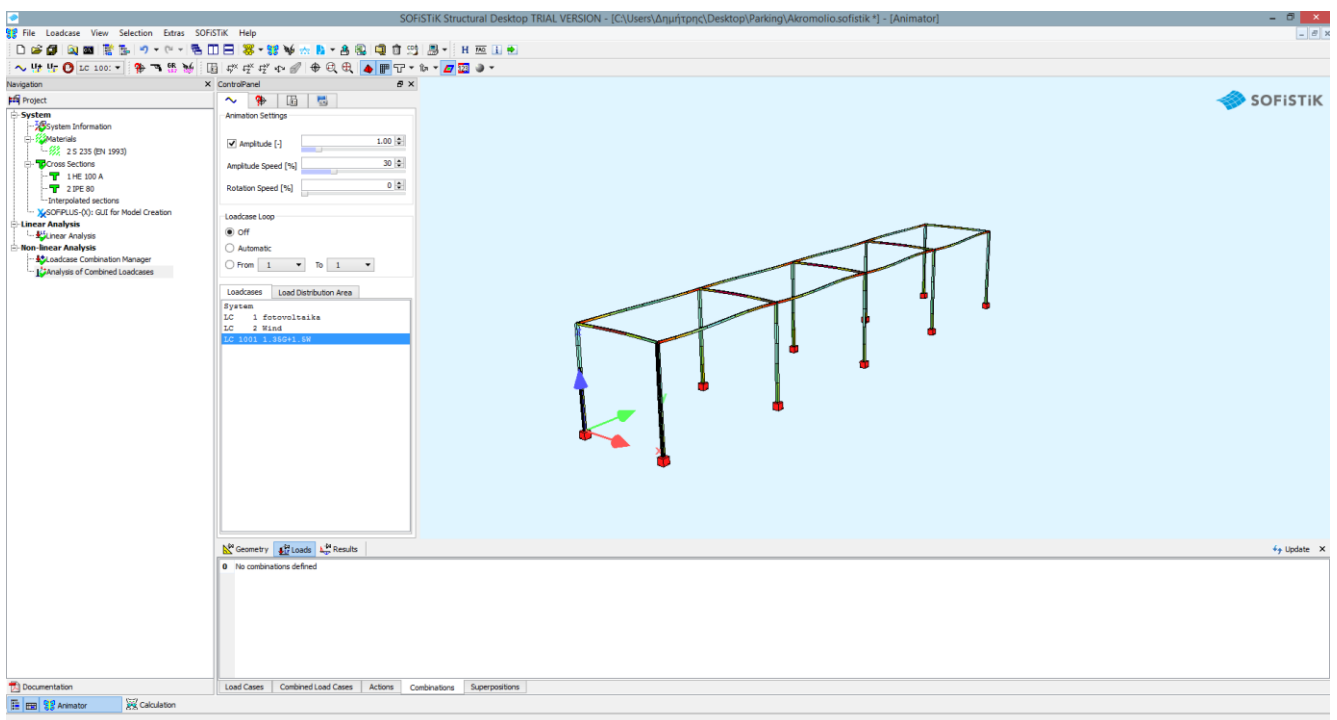


Μεταφέρουμε τώρα το σχέδιο που φτιάξαμε με την βοήθεια του Autocad στο Sofistik ώστε να τρέξουμε την ανάλυση.



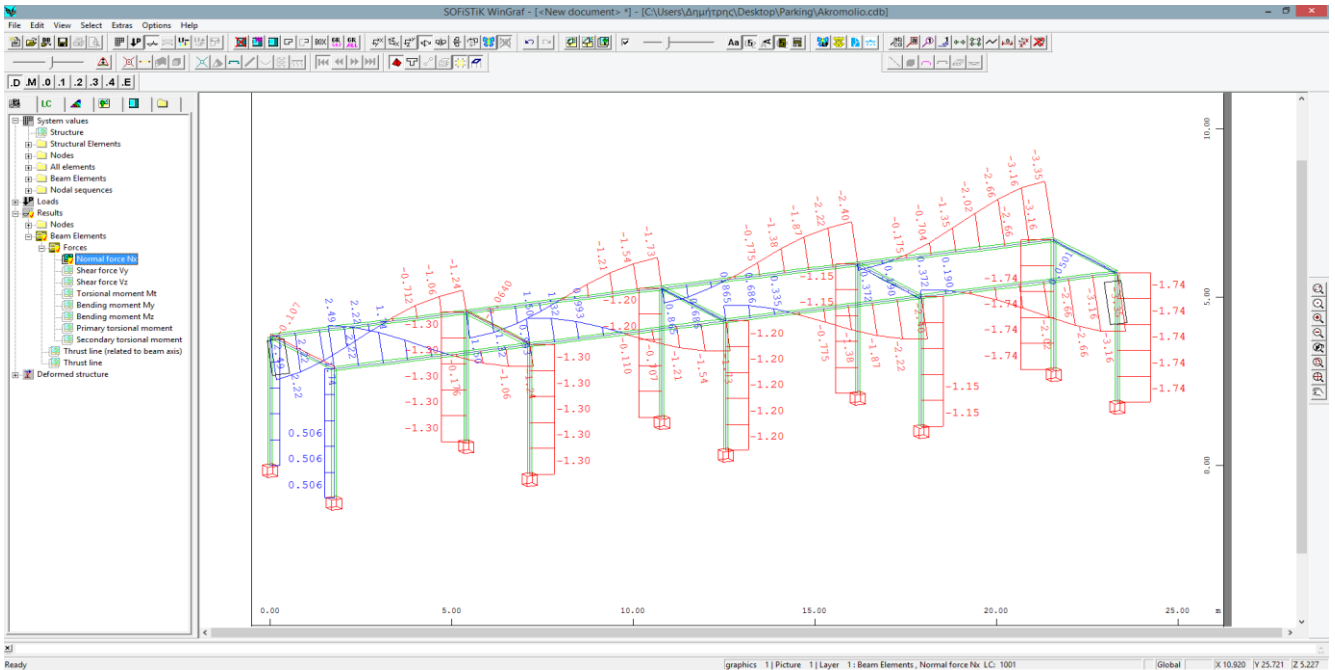
{Εικ. 3.48} Πρόγραμμα Sofistik

Στην συνέχεια στην εικόνα 3.49 βλέπουμε πιθανά προβλήματα που μπορεί να εμφανίζονται ή λάθη που μπορεί να έχουμε κάνει.

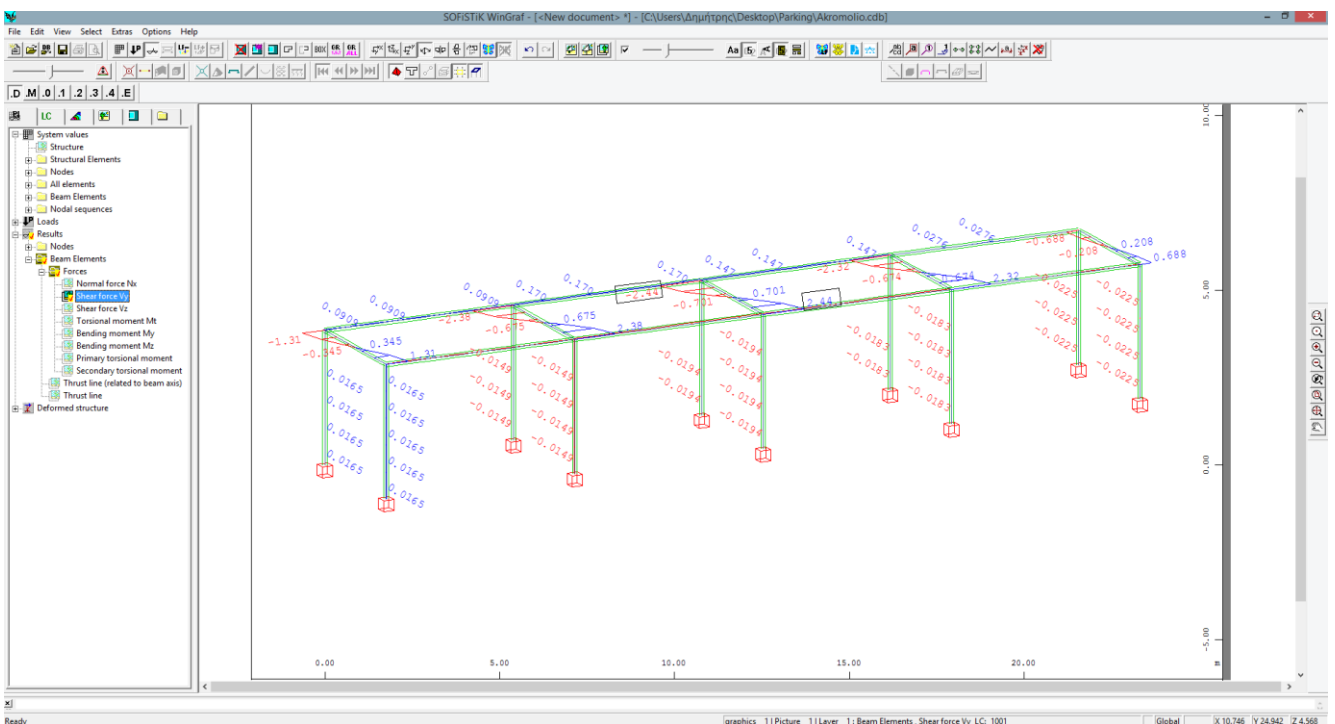


{Εικ. 3.49} Πρόγραμμα Sofistik

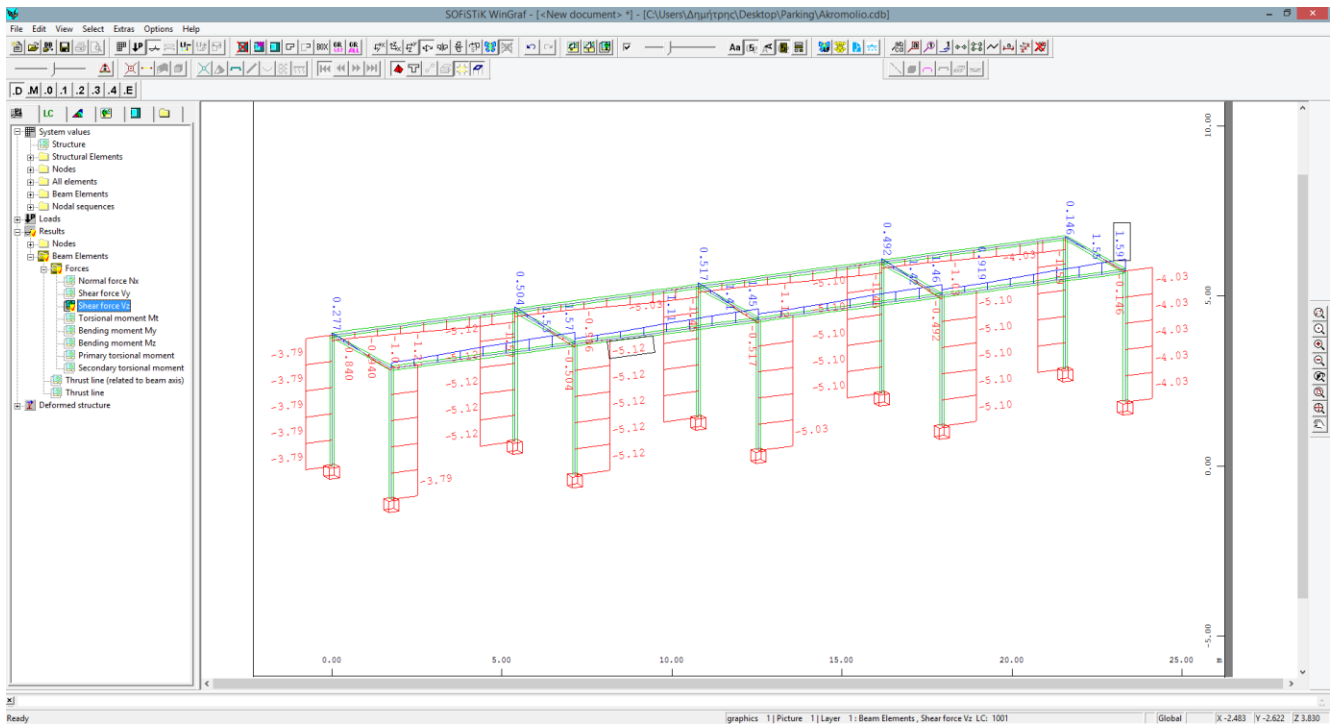
Με τη βοήθεια του επιμέρους πακέτου (post-processing) WinGraf του Sofistik βλέπουμε στις εικόνες 3.50, 3.51, 3.52, 3.53, 3.54, 3.55 που ακολουθούν αναλυτικά τα διαγράμματα ροπών και τεμνουσών που αναπτύσσονται προς την αντίστοιχη διεύθυνση καθώς επίσης και οι αντίστοιχες μετακινήσεις για συνδυασμένη δράση φορτιών 1,35 G + 1,5 Q . Να σημειωθεί ότι οι κατασκευές έχουν ελεγχθεί στην κατάσταση αστοχίας και ανταποκρίνονται ικανοποιητικά υπό τις συνδυασμένες δράσεις που τους ασκούνται. Στην περίπτωση της λειτουργικότητας τόσο τα φορτία όσο και τα εντατικά μεγέθη είναι σαφώς μικρότερα καθώς και επίσης και ο άνεμος ο οποίος λαμβάνεται με μειωτικό συντελεστή αφού αποτελεί συχνό φαινόμενο φόρτισης της κατασκευής.



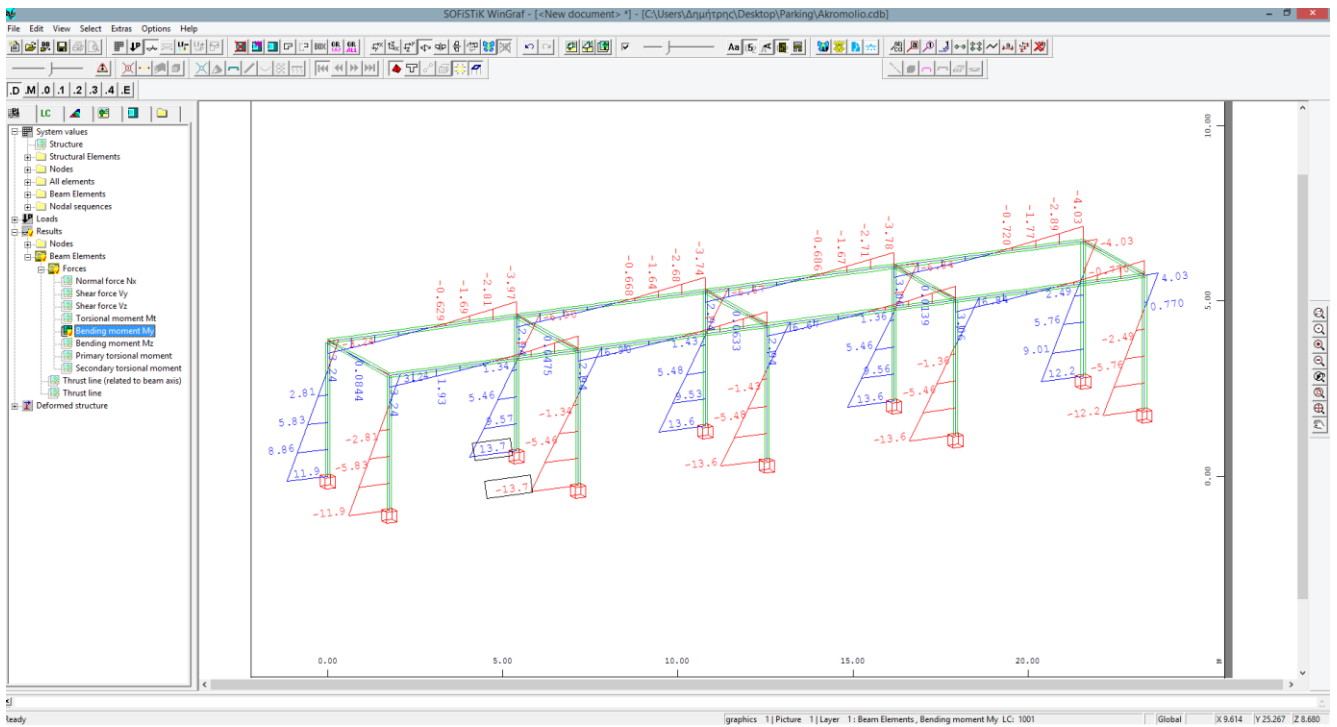
{Εικ. 3.50} Διαγράμμα αξονικών κατά την διεύθυνση x



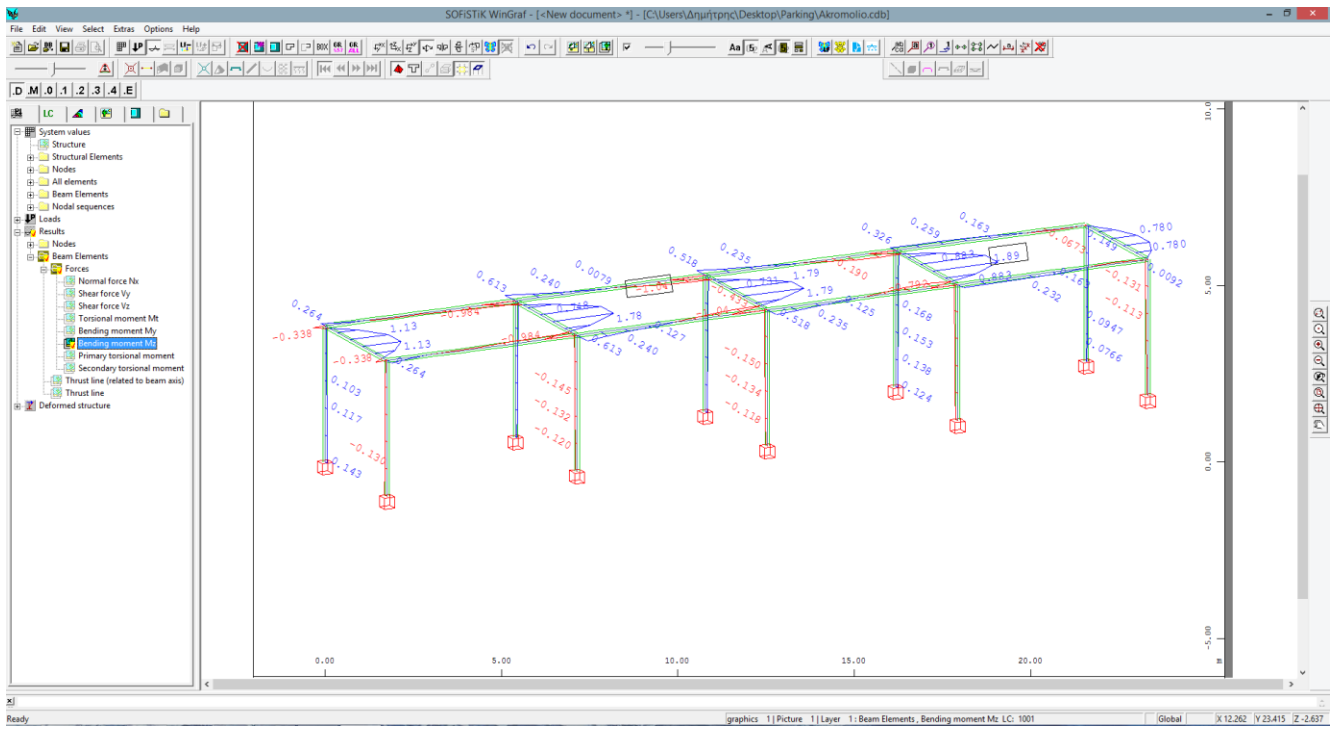
{Εικ. 3.51} Διαγράμμα τεμνουσών κατά την διεύθυνση y



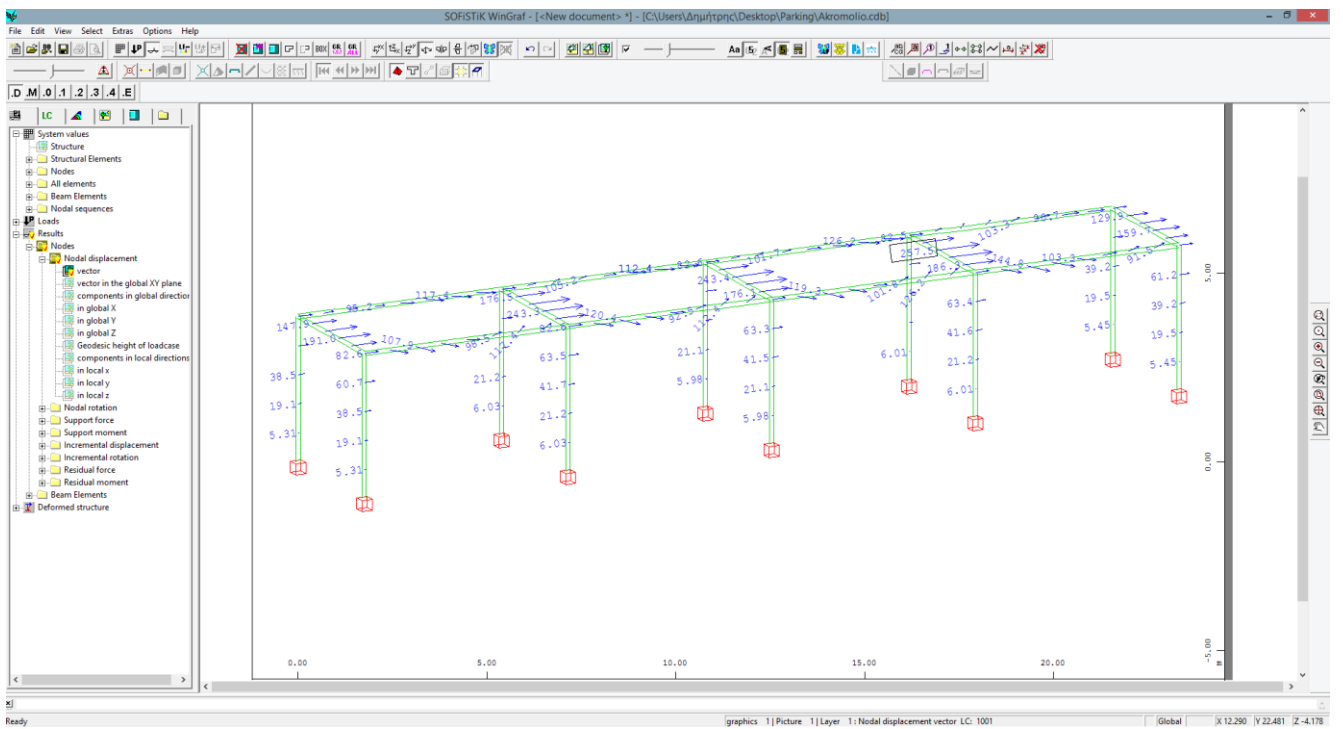
{Εικ. 3.52} Διαγράμμα πεινοσών κατά την διεύθυνση z



{Εικ. 3.53} Διαγράμμα ροπών κατά την διεύθυνση y



{Εικ. 3.54} Διάγραμμα ροπών κατά την διεύθυνση z



{Εικ. 3.55} Διάγραμμα μετατοπίσεων

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτή είναι HEA 100 για τα υποστυλώματα και IPE 80 για τα δοκάρια. Πιο αναλυτικά στην συνέχεια στον πίνακα 11 δίνονται οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων που αναπτύσσονται στην κατασκευή καθώς και στον πίνακα 12 οι αντίστοιχες αντοχές των διατομών που θα χρησιμοποιηθούν. Επίσης δίνονται οι τύποι με βάση τους οποίους υπολογίσαμε τις αντοχές των διατομών.

- Αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

- Αντοχή σχεδιασμού σε τέμνουσα

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

- Αντοχή σχεδιασμού σε εφελκυσμό

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

|                              | <b>Υποστυλώματα</b> | <b>Δοκοί</b> |
|------------------------------|---------------------|--------------|
| <b>M<sub>max</sub> (KNm)</b> | 13,7                | 4,03         |
| <b>V<sub>max</sub> (KN)</b>  | 5,12                | 2,44         |
| <b>N<sub>max</sub> (KN)</b>  | 1,74                | 3,35         |

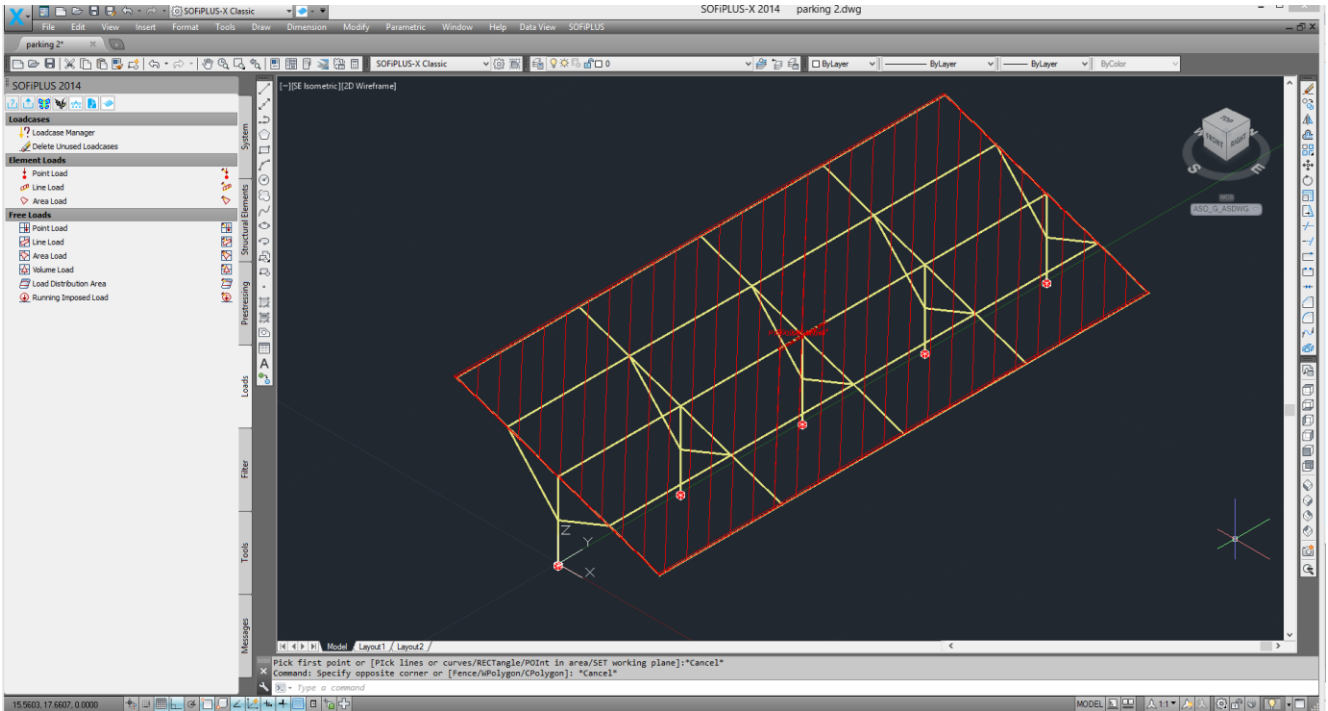
Πίνακας 11

|  | <b>HEA 100</b> | <b>IPE 80</b> |
|--|----------------|---------------|
| <b>W<sub>pl</sub> (cm<sup>3</sup>)</b> | 72,76          | 23,22         |
| <b>A<sub>vz</sub> (cm<sup>2</sup>)</b> | 7,56           | 3,577         |
| <b>A (cm<sup>2</sup>)</b>              | 21,24          | 7,64          |
| <b>M<sub>pl,Rd</sub> (KNm)</b>         | 17,1           | 5,46          |
| <b>V<sub>pl,Rd</sub> (KN)</b>          | 102,57         | 48,53         |
| <b>N<sub>pl,Rd</sub> (KN)</b>          | 499,14         | 179,54        |

Πίνακας 12

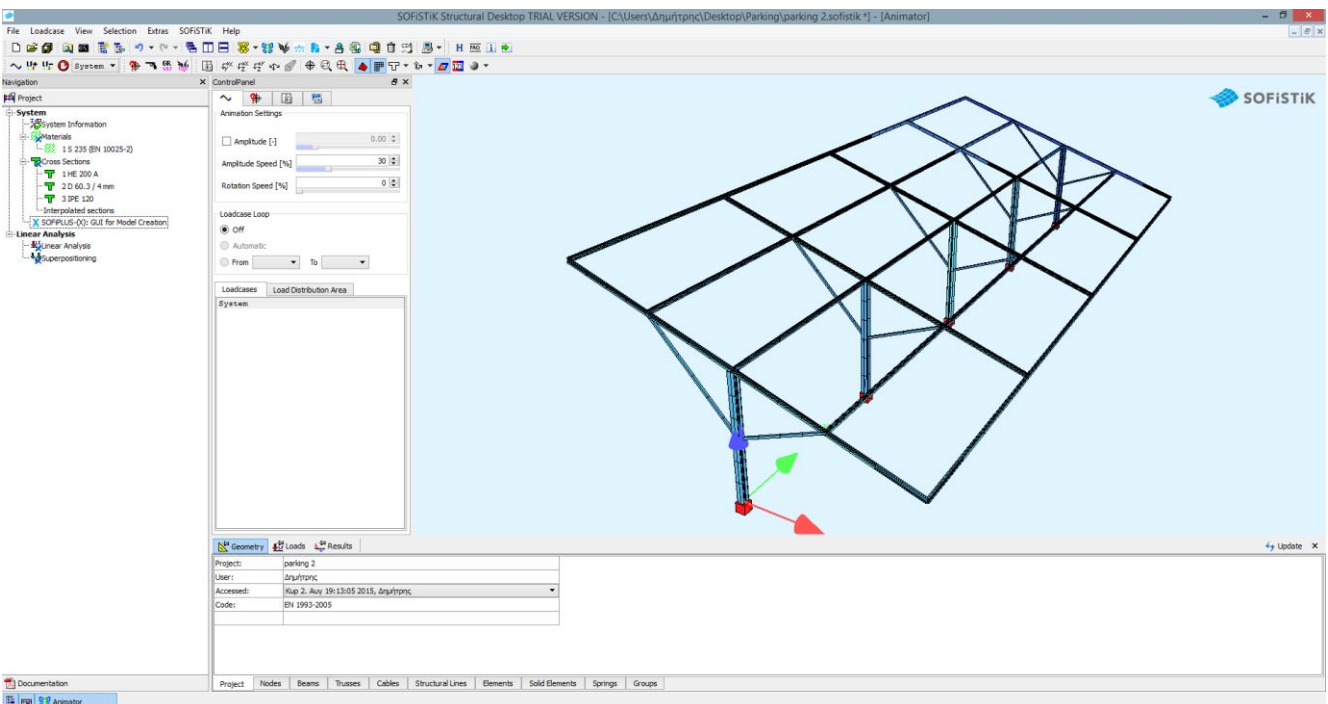
➤ Θέση 1

Στην θέση αυτή έχουμε τα στεγαστρα που θα κατασκευαστούν στη περιοχή του χώρου στάθμευσης. Στην εικόνα 3.56 βλέπουμε το σχέδιο του στεγαστρου μέσω του προγράμματος Autocad ώστε να το εισάγουμε ύστερα στο sofistik.



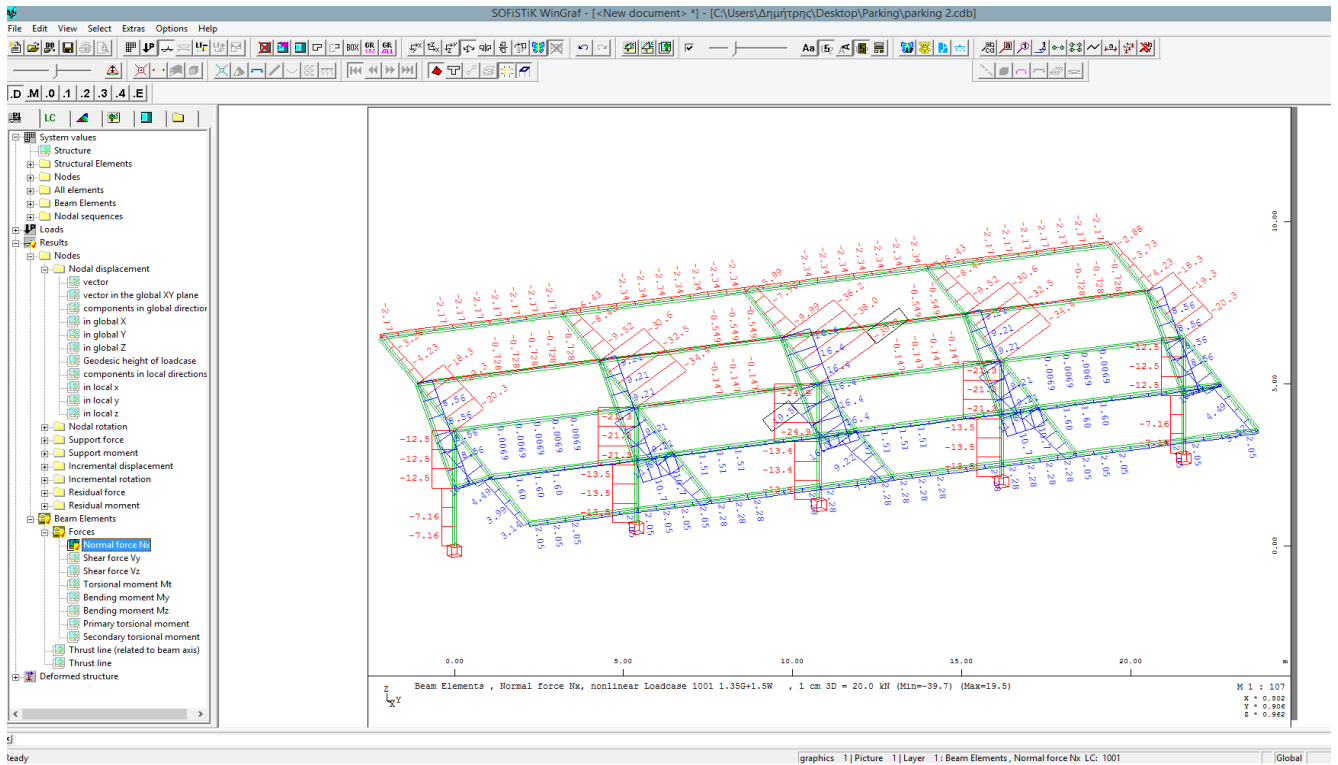
{Εικ.3.56 } Σχεδίαση στεγαστρων του parking στο Autocad

Μεταφέρουμε το σχέδιο της κατασκευής όπως φαίνεται στην εικόνα 3.57 ώστε να τρέξουμε την ανάλυση.

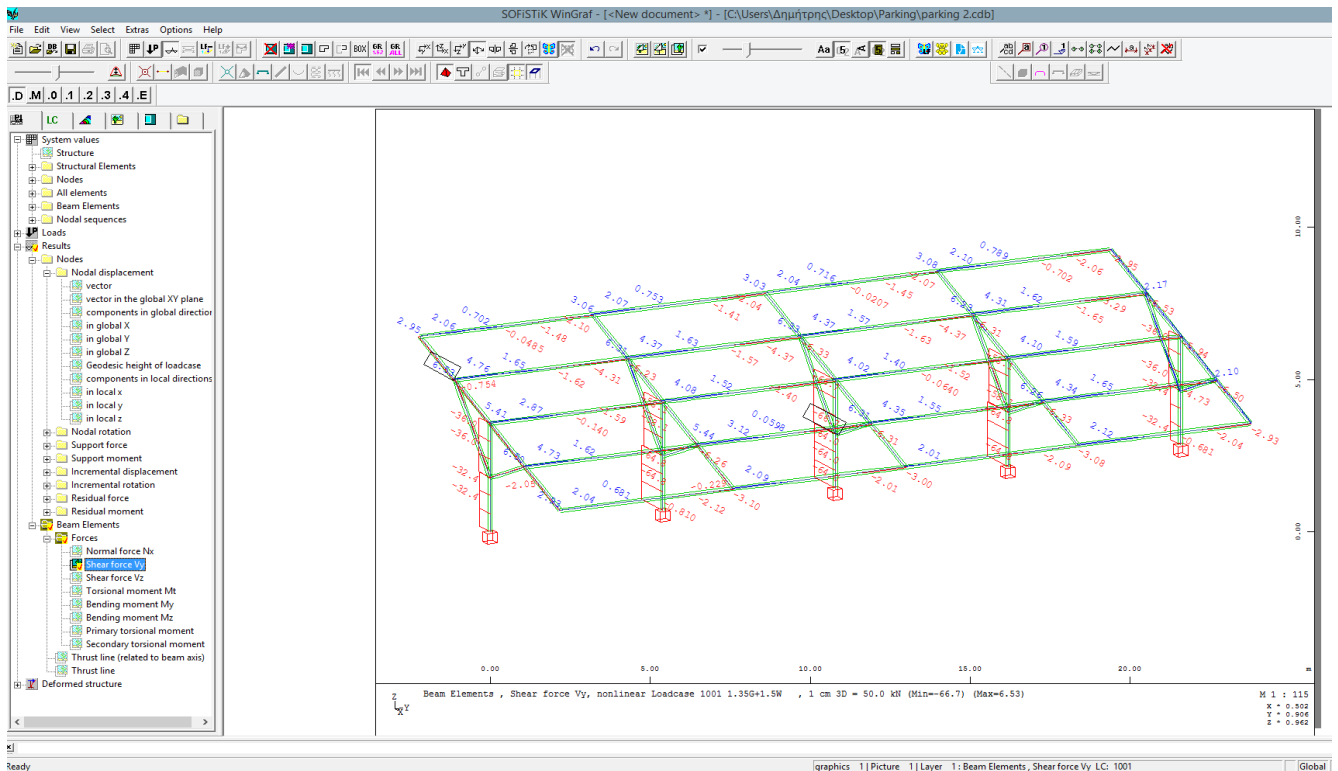


{Εικ. 3.57 } Πρόγραμμα Sofistik

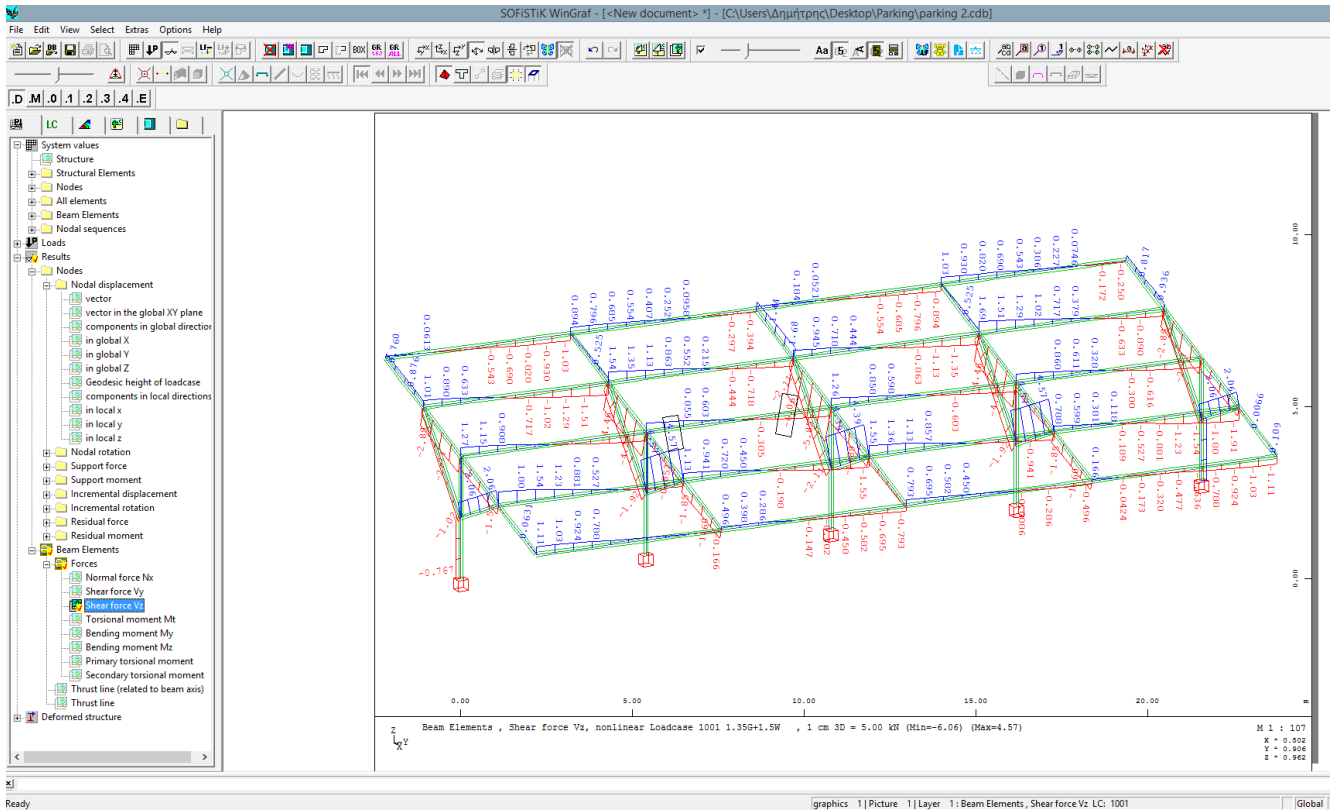
Στις εικόνες 3.58, 3.59, 3.60, 3.61, 3.62, 3.63 που ακολουθούν δίνονται αναλυτικά τα διαγράμματα ροπών και τεμνουσών που αναπτύσσονται προς την αντίστοιχη διεύθυνση καθώς επίσης και οι αντίστοιχες μετακινήσεις.



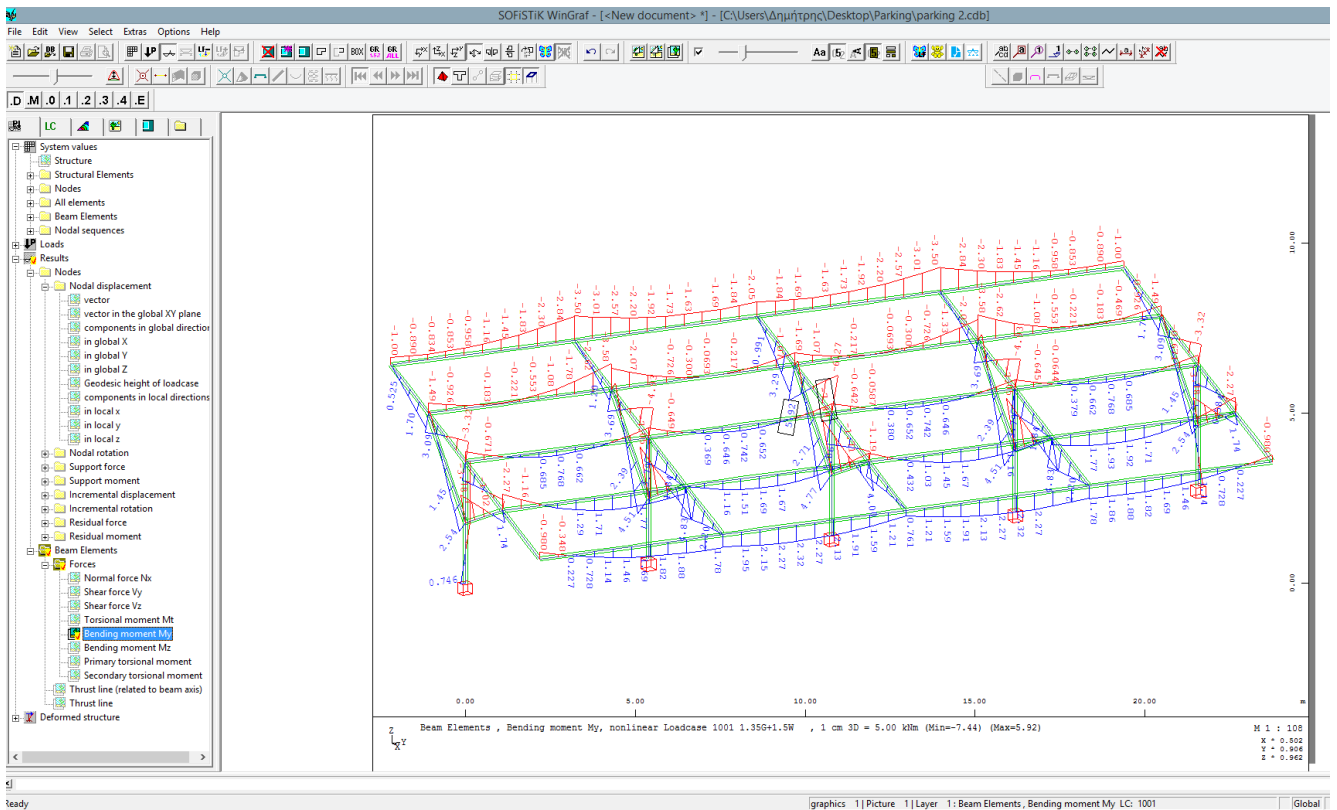
{Εικ. 3.58} Διάγραμμα αξονικών κατά την διεύθυνση x



{Εικ. 3.59} Διάγραμμα τεμνουσών κατά την διεύθυνση y

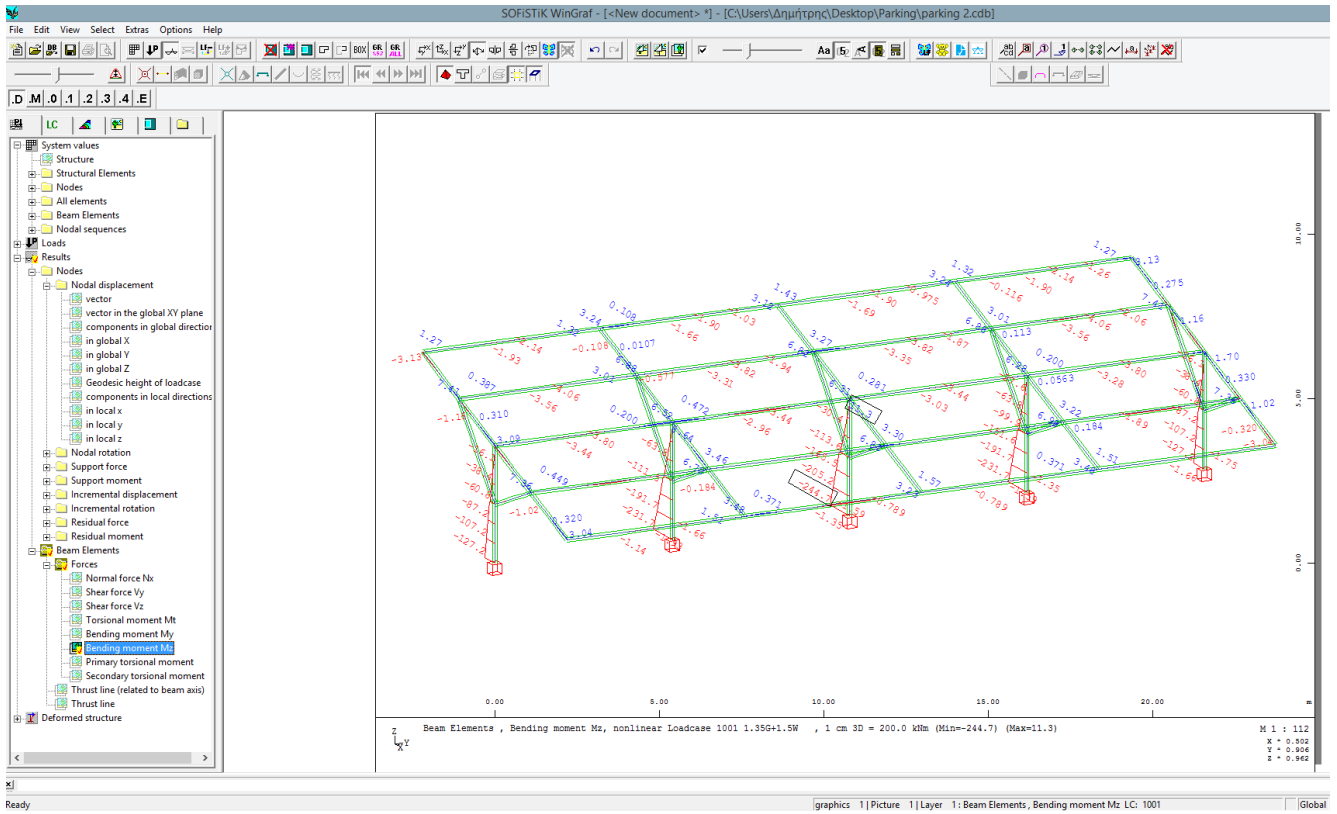


{Εικ. 3.60} Διάγραμμα τεμνουσών κατά την διεύθυνση z

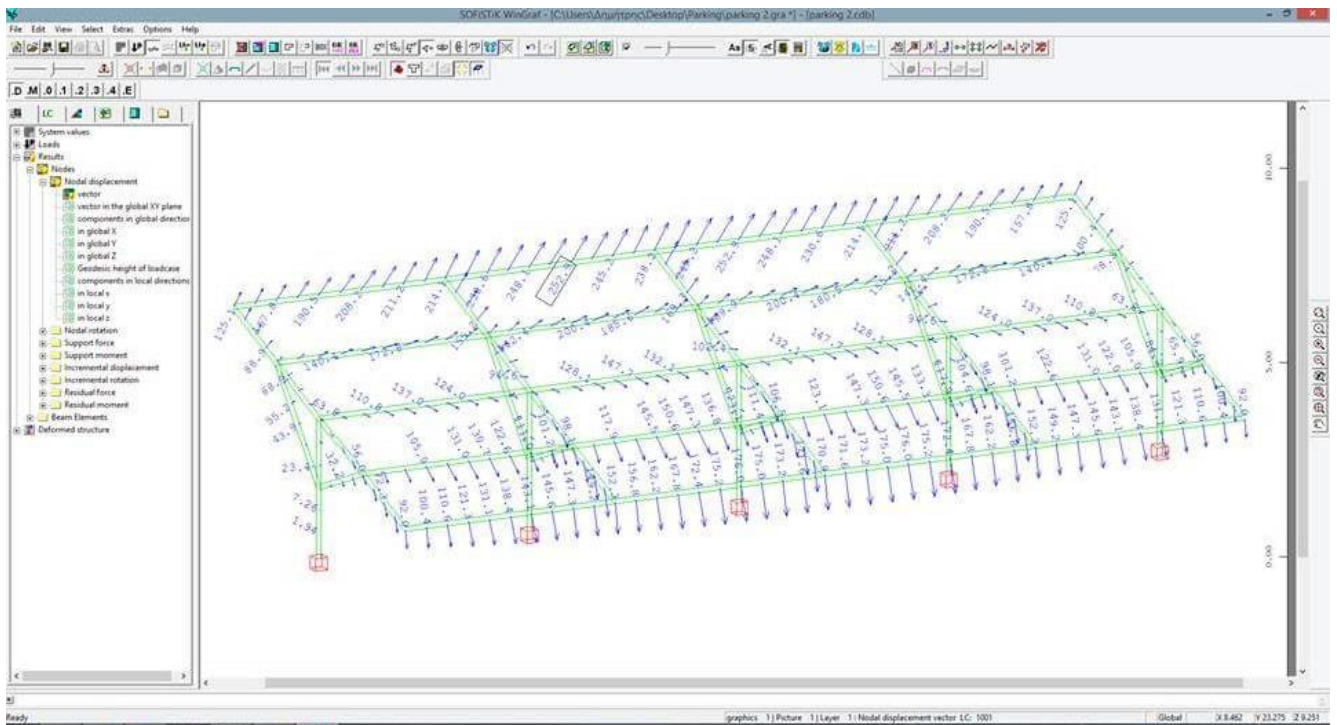


{Εικ. 3.61} Διάγραμμα ροπών κατά την διεύθυνση y





{Εικ. 3.62} Διάγραμμα ροπών κατά την διεύθυνση z



{Εικ. 3.63} Διάγραμμα μετατοπίσεων

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτή είναι HEA 300 για τα υποστυλώματα και IPE 160 για τα δοκάρια. Πιο αναλυτικά στην συνέχεια στον πίνακα 13 δίνονται οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων που αναπτύσσονται στην κατασκευή καθώς και στον πίνακα 14 οι αντίστοιχες αντοχές των διατομών που θα χρησιμοποιηθούν.

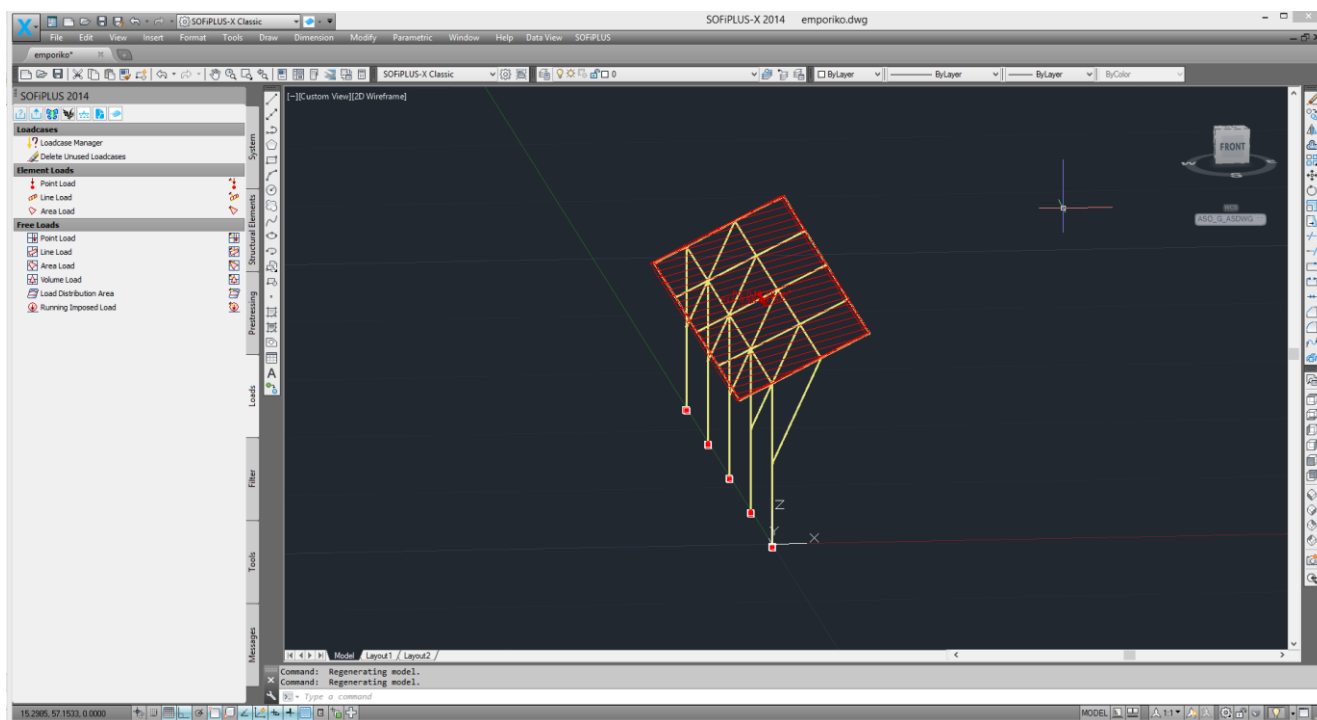
|                 | Υποστυλώματα | Δοκοί |
|-----------------|--------------|-------|
| $M_{max}$ (KNm) | 244,7        | 11,3  |
| $V_{max}$ (KN)  | 66,7         | 6,53  |
| $N_{max}$ (KN)  | 24,9         | 39,7  |

Πίνακας 13

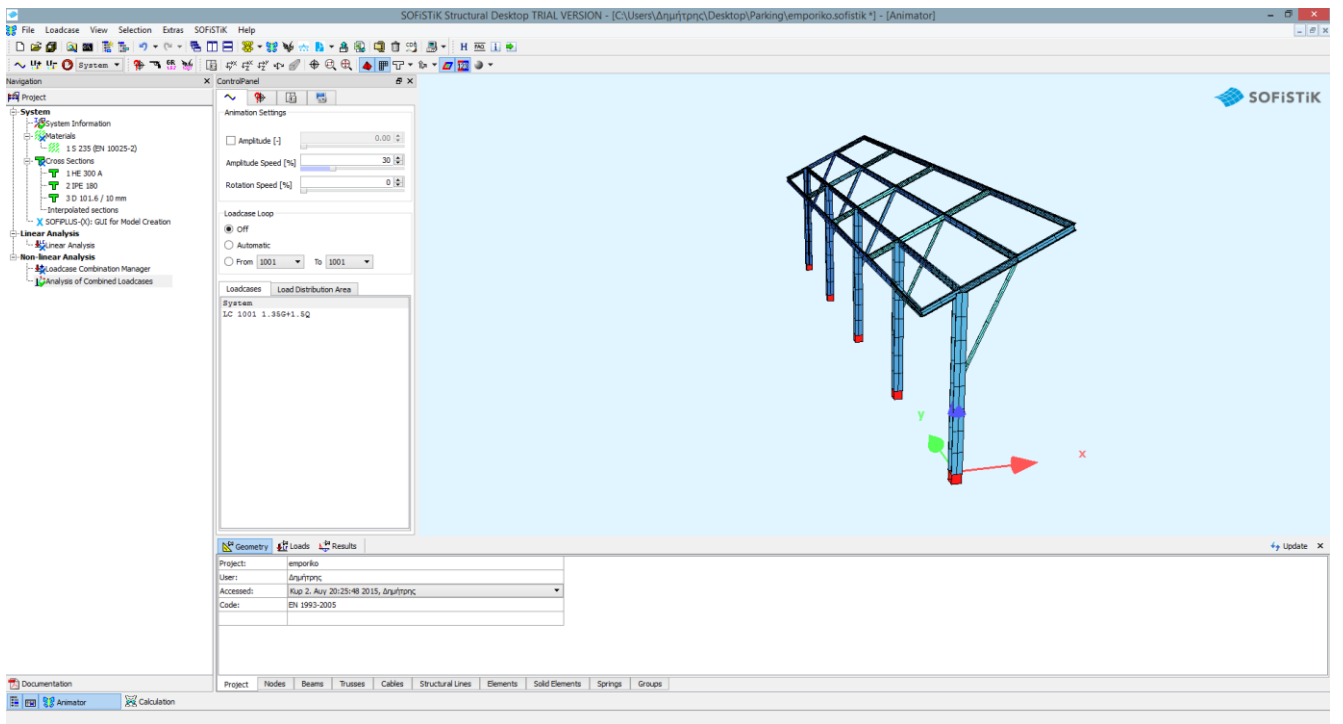
|                             | HEA 300 | IPE 160 |
|-----------------------------|---------|---------|
| $W_{pl}$ (cm <sup>3</sup> ) | 1383    | 123,9   |
| $A_{vz}$ (cm <sup>2</sup> ) | 37,28   | 9,66    |
| $A$ (cm <sup>2</sup> )      | 112,5   | 20,09   |
| $M_{pl,Rd}$ (KNm)           | 325,01  | 29,12   |
| $V_{pl,Rd}$ (KN)            | 505,81  | 131,06  |
| $N_{pl,Rd}$ (KN)            | 2643,75 | 472,12  |

Πίνακας 14

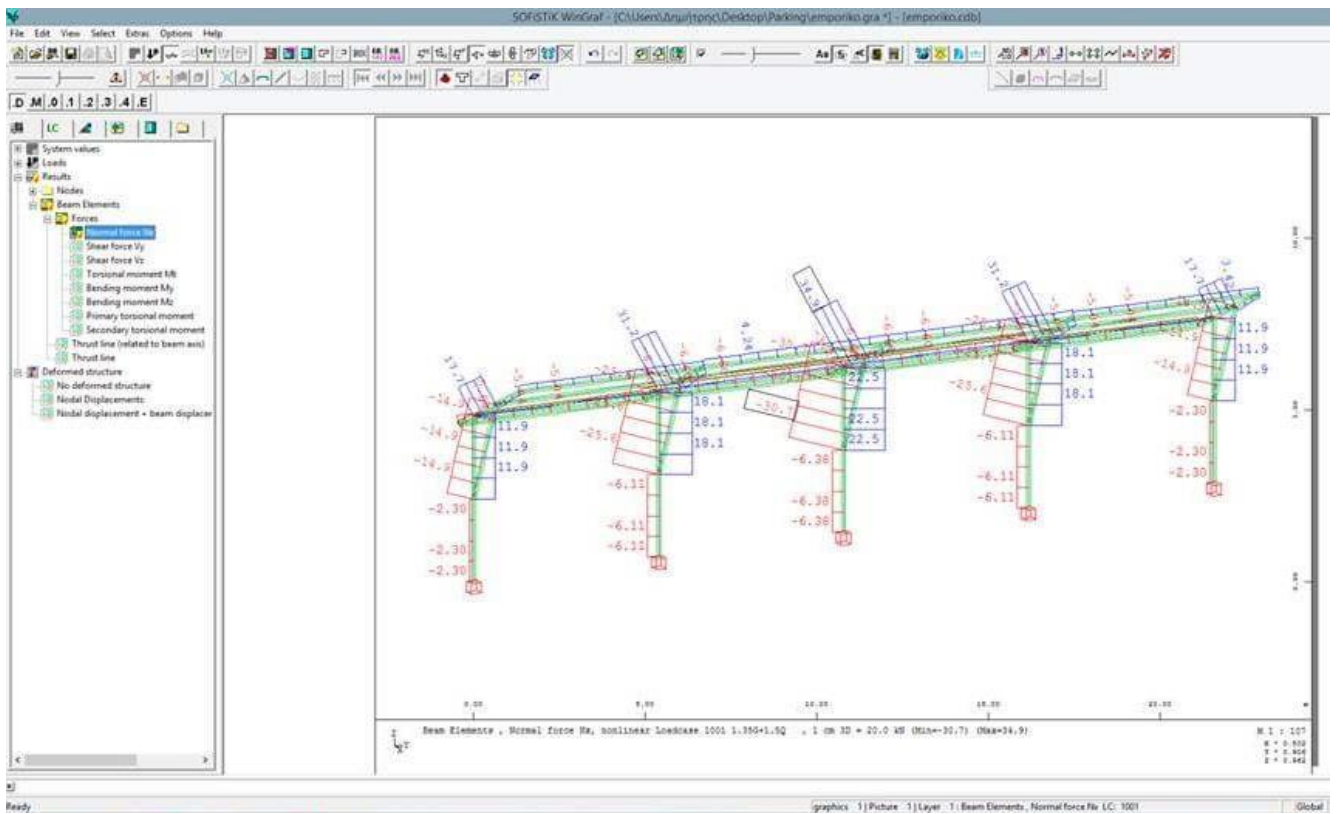
➤ Θέση 5



{Εικ. 3.64} Σχεδίαση στεγάστρου εμπορικού λιμένας Λαυρίου στο Autocad

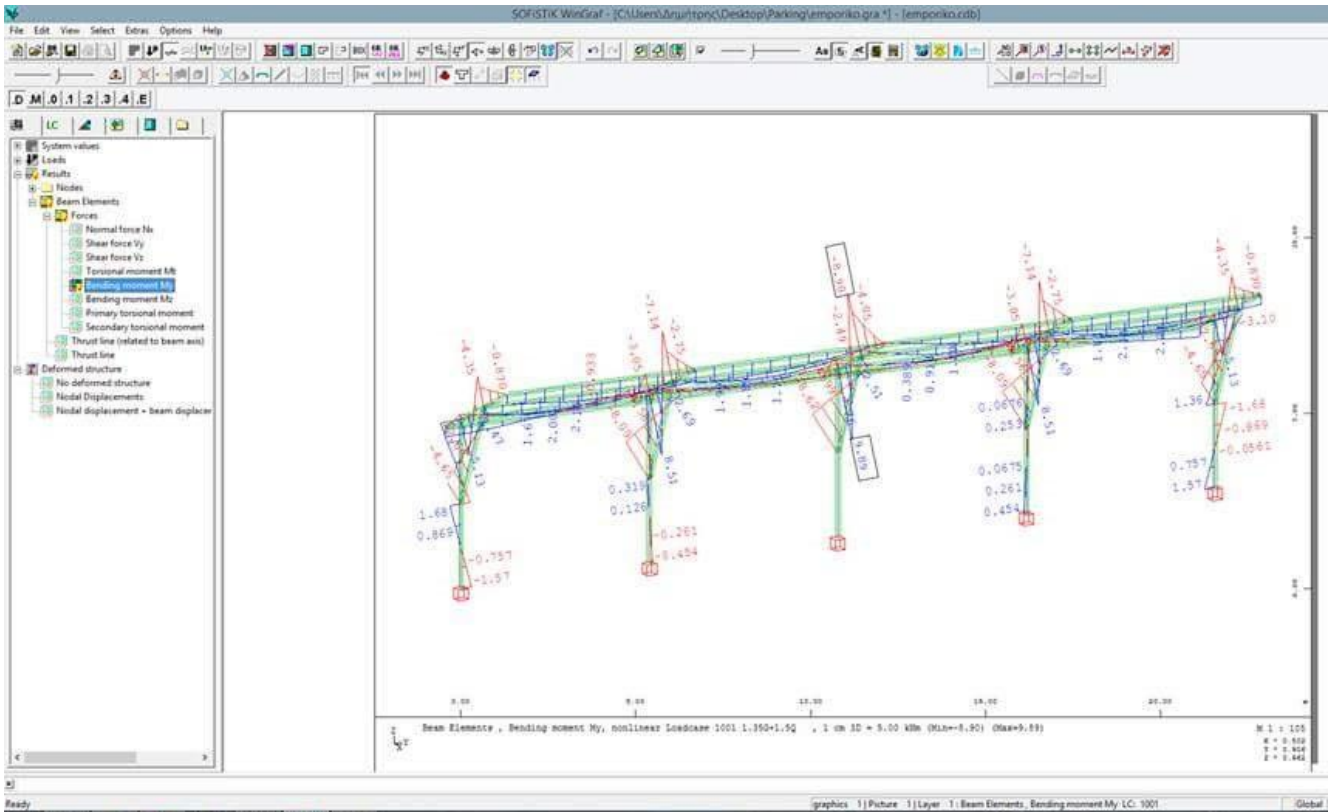


{Εικ. 3.65} Πρόγραμμα Sofistik

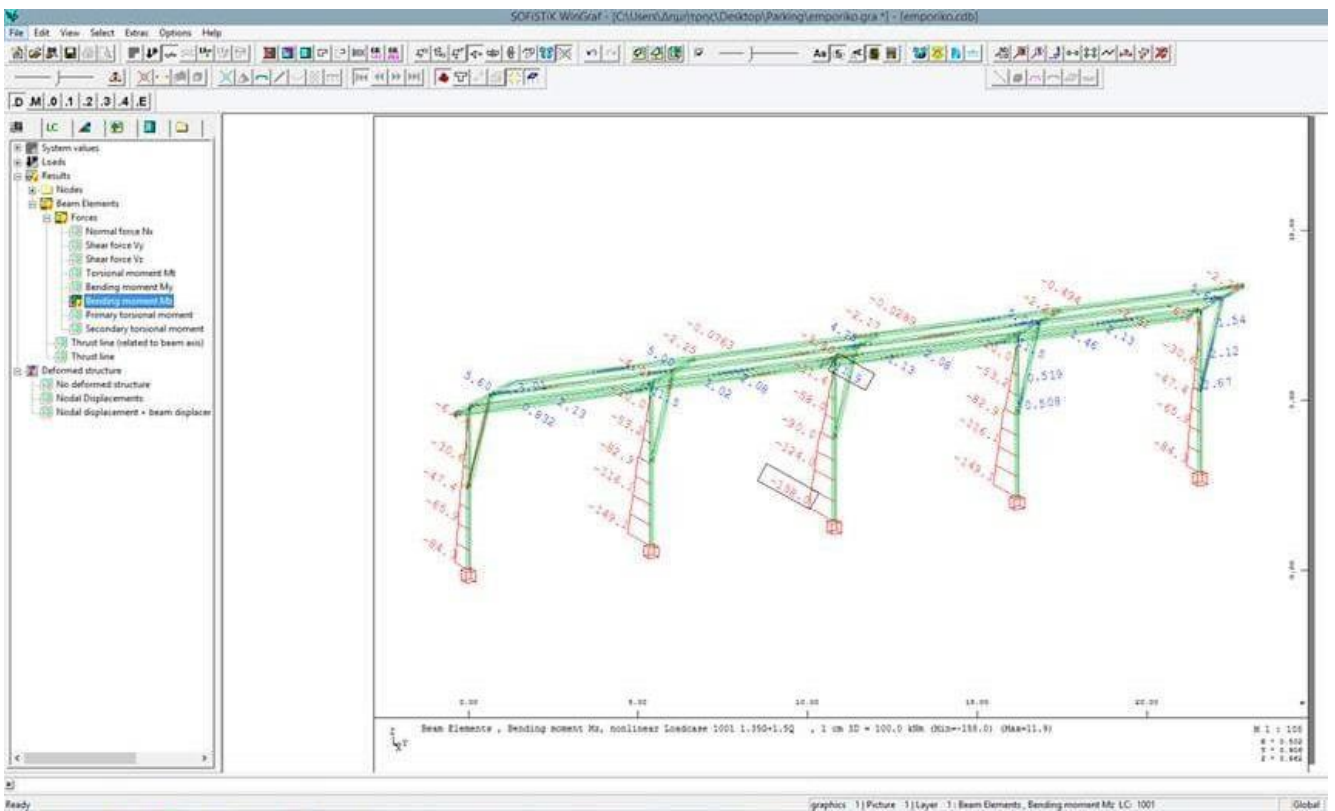


{Εικ. 3.66} Διάγραμμα αξονικών κατά την διεύθυνση x

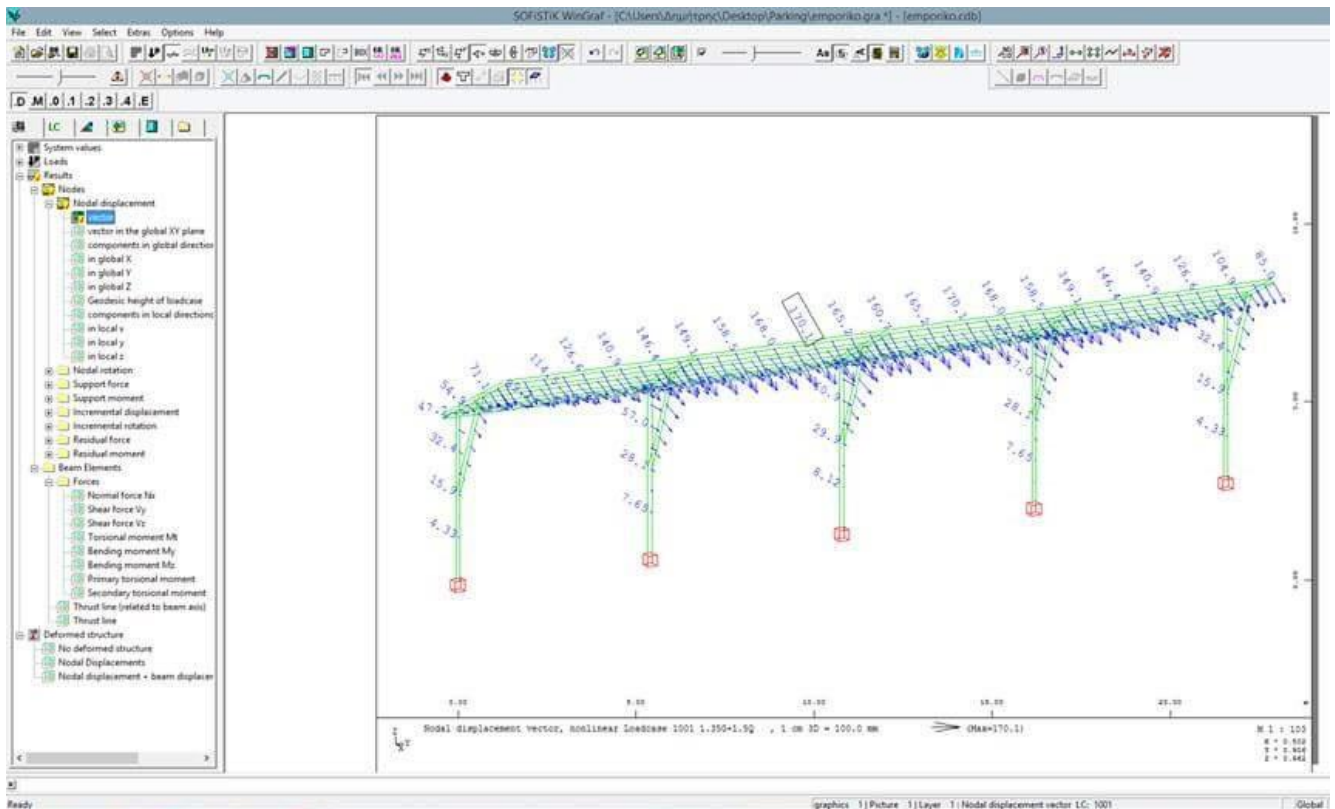




{Εικ. 3.69} Διάγραμμα ροπών κατά την διεύθυνση  $y$



{Εικ. 3.70} Διάγραμμα ροπών κατά την διεύθυνση  $z$



{Εικ. 3.71} Διάγραμμα μετατοπίσεων

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτή είναι HEA 340 για τα υποστυλώματα, IPE 180 για τα δοκάρια και κυκλικές διατομές διαμέτρου 139,7 mm και πάχους 12,5 mm για τις αντηρίδες. Πιο αναλυτικά στην συνέχεια στον πίνακα 15 δίνονται οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων που αναπτύσσονται στην κατασκευή καθώς και στον πίνακα 16 οι αντίστοιχες αντοχές των διατομών που θα χρησιμοποιηθούν.

|                 | Υποστυλώματα | Δοκοί |
|-----------------|--------------|-------|
| $M_{max}$ (KNm) | 158          | 39,1  |
| $V_{max}$ (KN)  | 37,9         | 10,7  |
| $N_{max}$ (KN)  | 22,5         | 34,9  |

Πίνακας 15

|                             | HEA 340 | IPE 180 |
|-----------------------------|---------|---------|
| $W_{pl}$ (cm <sup>3</sup> ) | 1850    | 166,4   |
| $A_{vz}$ (cm <sup>2</sup> ) | 44,95   | 11,25   |
| $A$ (cm <sup>2</sup> )      | 133,5   | 23,95   |
| $M_{pl,Rd}$ (KNm)           | 434,75  | 39,1    |
| $V_{pl,Rd}$ (KN)            | 609,87  | 152,64  |
| $N_{pl,Rd}$ (KN)            | 3137,25 | 562,83  |

Πίνακας 16

### 3.3 Επιλογή θέσεων για ανεμογεννήτριες

Ο σκοπός για τον οποίο επιλέγουμε την θέση εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας δεν είναι άλλος από το να καταφέρουμε να την τοποθετήσουμε στην καλύτερη και πιο συμφέρουσα θέση έτσι ώστε να μπορέσει να μας παρέχει την μέγιστη παραγόμενη ισχύ, άρα να λειτουργεί στον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Πέραν όμως από την απόδοση που ζητάμε να έχει μια μηχανή μέσω της θέσης εγκατάστασης της, θέλουμε αυτή η θέση να μην αποτελεί εμπόδιο για την οικιστική ομορφιά της περιοχής και να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδεκτή από το κοινωνικό σύνολο. Εκτός όμως από τα παραπάνω κριτήρια για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας υπάρχουν εξίσου σημαντικοί παράγοντες και προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρεί μια θέση για να χαρακτηριστεί κατάλληλη και αυτοί είναι [21]:

- η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή προσπελάσιμη στα συνήθη μεταφορικά μέσα.
- να υπάρχει πρόσβαση σε λιμάνια ή συγκοινωνιακούς κόμβους.
- να είναι κοντά στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. στην περίπτωση σύνδεσης της με το εθνικό δίκτυο.
- απαιτείται η σύμφωνη γνώμη του κοινωνικού συνόλου, ότι η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών δεν θα αλλοιώσει δυσμενώς το περιβάλλον.

Από την πλευρά της βέλτιστης επιλογής της τοποθεσίας εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας σε σχέση με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό, η τήρηση των βασικών ανεμολογικών κριτηρίων προϋποθέτει την επιλογή τοποθεσιών με:

- υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου.
- αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας.
- απουσία εμποδίων διέλευσης του ανέμου.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια έγινε η επιλογή των ακόλουθων θέσεων όπως φαίνεται στην εικόνα 3.72 :



{Εικ. 3.72} Θέσεις τοποθέτησης ανεμογεννητριών

### ➤ Θέση 1

Στον λόφο πίσω από το Λιμεναρχείο θα τοποθετηθεί ανεμογεννήτρια ισχύος 50 kw. Η επιλογή της θέσης έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς ώστε να απέχει την απαιτούμενη απόσταση από κατοικημένη περιοχή καθώς και να τηρεί την απαιτούμενη απόσταση από τους περιμετρικούς δρόμους. Ακόμη η επιλογή έγινε λαμβάνοντας υπόψη της αισθητική του τοπίου και της γύρω περιοχής, χωρίς να επηρεάζει αρνητικά το λιμάνι. Στις συνέχεια στις εικόνες 3.73, 3.74 έχουμε την τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας με την βοήθεια του προγράμματος Photoshop.





{Εικ. 3.73} Ανεμογεννήτρια πίσω από το Λιμεναρχείο



{Εικ. 3.74} Ανεμογεννήτρια πίσω από το Λιμεναρχείο

Αναλυτικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας που τοποθετείται, σύμφωνα με το εγχειρίδιο της εταιρείας, δίνονται στην συνέχεια. [INT. – 11]

|                             |  |                               |  |
|-----------------------------|--|-------------------------------|--|
| <b>General</b>              |  | <b>Rotor</b>                  |  |
| Type                        | Horizontal Axis, Upwind  | Diameter                      | 19.6m (64.3ft)                         |
| Rated power                 | 50kW   | Material                      | Fiberglass/Resin                       |
| Model                       | P19-50   | Operation RPM                 | 68 RPM                                 |
| Design Class                | IEC SWT Class II   | <b>Drive Train</b>            |  |
| Design Standard             | IEC 61400-1  | Type                          | Direct Drive                           |
| Cut-in Speed                | 2.7m/s (6.0 mph)   | <b>Braking Systems</b>        |  |
| Rated Speed                 | 11.0m/s (24.6 mph)   | Emergency Back                |  |
| Cut-out Speed               | 25m/s (55.9 mph)   | Up                            | Regenerative Brake                     |
| <b>Design Class</b>         |  | Speed Reg                     |  |
| IEC Class II                |  | GridLoss                      |  |
| Standard                    | Air density 1.225kg/m <sup>3</sup> ,<br>Avg annual wind below<br>8.5m/s<br>50 yr peak gust below 59.5<br>m/s | Power/DC                      | Dynamic Resistive Brake                |
| <b>Generator</b>            |  | Bus over voltage              |  |
| Type                        | Permanent Magnet   | Emergency                     | Caliper Disc Brake                     |
| Rated Power                 | 62W, 3 Phase   | Shutdown/parking              |  |
| Voltage                     | 460VAC   | <b>Controller</b>             |  |
| <b>Pitch System</b>         |  | Processor                     | PLC                                    |
| Type                        | Variable Pitch<br>Centralized Pitching<br>Mechanism  | User Interface                | HMI                                    |
| Drive                       |  | Communications                | Ethernet                               |
| <b>Yaw System</b>           |  | Monitoring                    |  |
| Type                        | Active   | System                        | Web Based                              |
| Drive                       | AC   | <b>Speed Regulation</b>       |  |
| Brake                       | Electric   | Generator                     | Torque Control from<br>Drive           |
| Yaw Bearing                 | Ball Bearing   | <b>Tower</b>                  |  |
| <b>Power Inverter</b>       |  | Type                          | Tubular                                |
| Type                        | Variable Frequency Drive<br>AC/DC  | Hub Height                    | 21.3m (70ft)<br>30.5m (100ft)<br>36.6m |
| <b>Power Coverter</b>       |  | <b>Lightning Protection</b>   |  |
| Type                        | DC/AC<br>Pulse-width modulated IGBT<br>frequency converter<br>230VAC - (1) or 460VAC -<br>(3)                | Standard                      | Surge Suppression on<br>Generator      |
| Voltage                     | (3)  | <b>Weight</b>                 |  |
| Frequency/Phase             | 60Hz or 50Hz/ (1) or (3)   | Nacelle                       | 6150 kg                                |
| <b>Environmental Limits</b> |  | <b>Temperature Conditions</b> |  |
| Survival Wind<br>speed      | 59 m/s (132 mph)   | Standard                      | -10°C to 40°C (14°F to<br>104°F)       |
|                             |  | Operation                     | -25°C to 50°C (-13°F to<br>122°F)      |
|                             |  | Extreme Range                 | 122°F)                                 |
|                             |  | <b>Noise Performance</b>      |  |
|                             |  | Apparent Noise<br>Level       | 50-55 db at 30m (100ft)                |

Προσδιορισμός αιολικού δυναμικού περιοχής :

Αρχικά κάναμε αίτηση στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία ώστε να μας παρέχουν τα αναλυτικά στοιχεία για τους ανέμους της περιοχής του Λιμένος Λαυρίου. Όμως μας απάντησαν ότι έχει βλάβη ο μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή αυτή. Οπότε χρησιμοποιήσαμε στοιχεία από μια διπλωματική εργασία σχετικά με την περιοχή του Λαυρίου [26]. Σύμφωνα με την διπλωματική αυτή η ταχύτητα των ανέμων στην περιοχή του Λαυρίου κυμαίνεται κατά μέσο όρο γύρω στα 6,3 m/s και διεύθυνση ΒΑ.

Η ταχύτητα του ανέμου όμως μεταβάλλεται και ανάλογα με το υψόμετρο που βρισκόμαστε. Δηλαδή το ύψος της ανεμογεννήτριας που θα επιλέξουμε. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί θεωρούμε ότι μετράνε στα 10m. Οπότε πρέπει να ανάγουμε την ταχύτητα στο υψόμετρο των 21 m. Η αναγωγή αυτή θα γίνει σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\bar{U}(z) = \bar{U}(z_{ref}) \left[ \frac{\ln\left(\frac{z}{z_o}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_o}\right)} \right]$$

$U(z)$  = extrapolated wind speed

$U_{zref}$  = reference wind speeds taken at 10 m.

$z$  = tower height

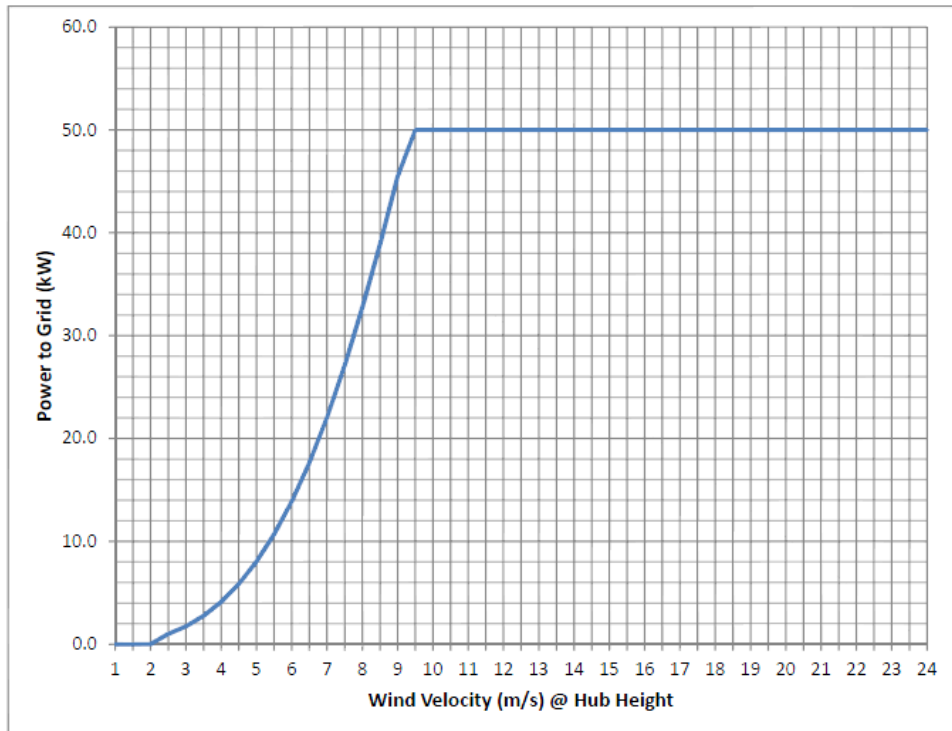
$z_o$  = surface roughness of 0.10 for country surface layout

$z_{ref}$  = ref anemometer height

{Εικ. 3.75} Εξίσωση ταχύτητας ανέμου σε σχέση με το υψόμετρο

Στην συνέχεια με την ταχύτητα αυτή, πηγαίνουμε στο αντίστοιχο διάγραμμα απόδοσης της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας που θα τοποθετήσουμε για να βρούμε το ακριβές νούμερο της συνολικής ετήσιας απόδοσης που θα έχουμε.

| Wind Velocity (m/s) | Wind Velocity (mph) | Grid Power (kW) |
|---------------------|---------------------|-----------------|
| 1                   | 2.2                 | 0.0             |
| 2                   | 4.5                 | 0.0             |
| 3                   | 6.7                 | 1.7             |
| 4                   | 8.9                 | 4.1             |
| 5                   | 11.2                | 8.0             |
| 6                   | 13.4                | 13.9            |
| 7                   | 15.7                | 22.0            |
| 8                   | 17.9                | 32.8            |
| 9                   | 20.1                | 45.5            |
| 10                  | 22.4                | 50.0            |
| 11                  | 24.6                | 50.0            |
| 12                  | 26.8                | 50.0            |
| 13                  | 29.1                | 50.0            |
| 14                  | 31.3                | 50.0            |
| 15                  | 33.6                | 50.0            |
| 16                  | 35.8                | 50.0            |
| 17                  | 38.0                | 50.0            |
| 18                  | 40.3                | 50.0            |
| 19                  | 42.5                | 50.0            |
| 20                  | 44.7                | 50.0            |
| 21                  | 47.0                | 50.0            |
| 22                  | 49.2                | 50.0            |
| 23                  | 51.4                | 50.0            |
| 24                  | 53.7                | 50.0            |
| 25                  | 55.9                | 50.0            |



Standard Conditions are considered for calculations

{Εικ. 3.76} Διάγραμμα συνολικής ισχύς

Τα τελικά συνοπτικά στοιχεία φαίνονται στο παρακάτω πίνακα 17 :

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Ισχύς (kw)</b>   | 50            |
| <b>Ύψος (m)</b>   | 21,3          |
| <b>Διάμετρος (m)</b>  | 19,6          |
| <b>Ταχύτητα ανέμου στα 10 m από την επιφάνεια του εδάφους (m/s)</b> | 6,3           |
| <b>Ταχύτητα ανέμου στα 21 m από την επιφάνεια του εδάφους (m/s)</b> | 7,33          |
| <b>Παραγόμενη Ισχύς (kw)</b>  | 25,24         |
| <b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kw)</b>                              | <b>219406</b> |

Πίνακας 17

➤ Θέση 2

Ομοίως στην θέση αυτή θα τοποθετηθεί μια ανεμογεννήτρια των 50 kw με ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά. Στην περιοχή αυτή βρισκόμαστε στο ακρομώλιο του λιμένος Λαυρίου. Η θέση αυτή βοηθάει στη πολύ καλή απόδοση της ανεμογεννήτριας καθώς θα βρίσκεται εκτεθειμένη στον άνεμο χωρίς κάποιο εμπόδιο να επηρεάζει την απόδοσή της. Στις εικόνες 3.77, 3.78 βλέπουμε την αντίστοιχη ανεμογεννήτρια.



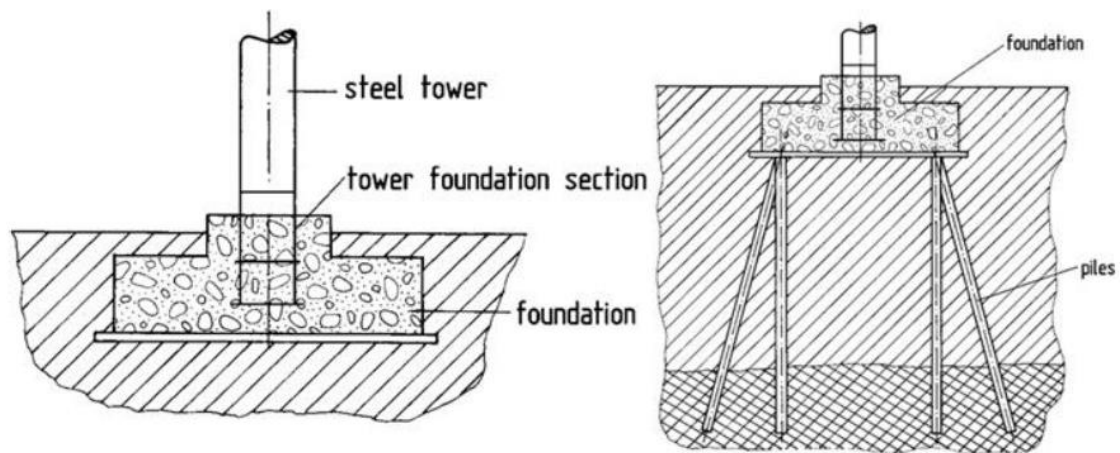
{Εικ. 3.77} Ανεμογεννήτρια στο ακρομώλιο



{Εικ. 3.78} Ανεμογεννήτρια στο ακρομώλιο

### 3.3.1 Τρόποι θεμελίωσης

Τα θεμέλια της ανεμογεννήτριας εξαρτώνται από το μέγεθός της και από την κατάσταση του εδάφους. Ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες, απαιτείται είτε βάση πλάκας, είτε βάση με πασσάλους. Και οι δύο τρόποι θεμελίωσης απαιτούν κάποιο είδος διασύνδεσης μεταξύ του πύργου και των θεμελίων. Η διασύνδεση βρίσκεται μέσα στο σκυρόδεμα και κατά συνέπεια, ακόμα και η θεμελίωση με πασσάλους πρέπει να έχει πλάκα από μπετόν. Ο τύπος της διασύνδεσης μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να καθορίσει το είδος της θεμελίωσης. Ο καθοριστικός παράγοντας είναι το βάθος στο οποίο έχουν βρεθεί στρώματα του εδάφους, τα οποία θα απορροφήσουν τα φορτία που επιβάλλονται. [4]



{Εικ. 3.79} α) θεμελίωση με βάση πλάκας β) θεμελίωση με βάση με πασσάλους

- Θεμελίωση πλάκας

Η θεμελίωση πλάκας, που συχνά αποκαλείται και τυπική βάση, είναι κυκλική, ορθογώνια ή πολυγωνική βάση. Οι πύργοι χάλυβα συνδέονται μέσω ενός τμήματος των θεμελίων με τον οπλισμό του σκυροδέματος. Η απαιτούμενη μάζα και οι διαστάσεις της πλάκας καθορίζονται από την όλη κατασκευή, δηλαδή από το βάρος της τουρμπίνας, τον πύργο και την ίδια την βάση. Όσο μεγαλύτερη είναι η κάτω περιοχή τόσο μικρότερη είναι η πίεση που ασκείται στο έδαφος. Το πλάτος της πλάκας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο για να αποτρέπει τον πύργο να ανατραπεί. Αυτός ο τρόπος θεμελίωσης είναι για σκληρά εδάφη.

Τα θεμέλια με βάση πλάκας μπορεί να τοποθετούνται είτε πάνω στο έδαφος ή κάτω από αυτό (επιφανειακή θεμελίωση), είτε κάτω από το έδαφος σε μεγαλύτερο βάθος από την προηγούμενη περίπτωση (βαθιά θεμελίωση). Η πρώτη περίπτωση έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολη η κατασκευή καθώς απαιτούνται λιγότερες εκσκαφές. Η δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν σκληρά στρώματα εδάφους κάτω από μαλακά και γίνονται εκσκαφές για να τοποθετηθούν τα θεμέλια στα στρώματα μεγαλύτερης αντοχής. Αυτός ο τύπος θεμελίωσης έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτείται λιγότερο μπετόν, αλλά χρειάζεται περισσότερες εκσκαφές.

- Θεμελίωση με πασσάλους

Οι βάσεις με πασσάλους που χρησιμοποιούνται για μαλακά εδάφη έχουν μία πλάκα έδρασης τοποθετημένη πάνω σε πασσάλους, η οποία μεταφέρει τα φορτία σε στρώματα εδάφους που είναι ικανά να τα παραλάβουν. Και αυτός ο τρόπος θεμελίωσης χρησιμοποιεί πλάκα από μπετόν η οποία εδώ λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ των πασσάλων και του πύργου με αποτέλεσμα το πάχος της πλάκας να μπορεί να μειωθεί.

Ένας τρόπος θεμελίωσης με πασσάλους είναι η τοποθέτηση των πασσάλων στο βραχώδες υπόστρωμα, όταν αυτό βρίσκεται σε επιτρεπτό βάθος και είναι καλής ποιότητας. Άλλος τρόπος είναι ο συνδυασμός πλάκας και πασσάλων. Σε αυτή την περίπτωση η πλάκα μεταφέρει τα φορτία στα πάνω στρώματα του εδάφους και οι πάσσαλοι στα βαθύτερα στρώματα.

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Οικονομική μελέτη [8]

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η τοποθέτηση Φ/Β συστημάτων και ανεμογεννητριών στο Λιμένα Λαυρίου με σκοπό την αυτονομία του λιμανιού σε ενέργεια και ταυτόχρονα την βελτίωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Όμως για την τελική επιλογή των λύσεων αυτών, καθοριστικός παράγοντας είναι η οικονομική βιωσιμότητα των επιλογών του έργου. Στην συνέχεια θα γίνει αναλυτικός οικονομικός-τεχνικός υπολογισμός με σκοπό την αξιολόγηση της επένδυσης αυτής.

### 4.1 Αρχικό κόστος επένδυσης- Εκτιμώμενα έσοδα

Το αρχικό κόστος επένδυσης για τα Φ/Β συστήματα προέκυψε ύστερα από κατάλληλη έρευνα αγοράς και επικοινωνία με ειδικευόμενο προσωπικό στην τοποθέτηση Φ/Β συστημάτων. Τα στοιχεία δίνονται αναλυτικά στον πίνακα 18.

|  | Θέση 1           | Θέση 2         | Θέση 3         | Θέση 4         | Θέση 5         |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Κόστος μελετών και αδειοδότησης</b>   | 15.000           | 10.000         | 10.000         | 10.000         | 10.000         |
| <b>Κόστος φωτοβολταϊκών πλαισίων</b>   | 350.000          | 70.000         | 170.000        | 92.000         | 245.000        |
| <b>Κόστος χωματουργικών, κατασκευής θεμελίων, ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και ανέγερσης</b> | 20.000           | 10.000         | 15.000         | 16.000         | 16.000         |
| <b>Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο</b>  | 10.000           | 10.000         | 10.000         | 10.000         | 10.000         |
| <b>Λειτουργικά έξοδα</b>   | 5.000            | 3.000          | 3.000          | 3.000          | 3.000          |
| <b>Σύνολο (€)</b>  | <b>400.000</b>   | <b>103.000</b> | <b>208.000</b> | <b>131.000</b> | <b>284.000</b> |
| <b>Τελικό Σύνολο (€)</b>   | <b>1.126.000</b> |                |                |                |                |

Πίνακας 18

Όπου

Θεση 1 : Parking

Θέση 2 : Λιμεναρχείο

Θέση 3 : Λόφος

Θέση 4 : Ακρομώλιο

Θέση 5 : Εμπορικός Λιμένας

Τα εκτιμώμενα έσοδα της επένδυσης ανάλογα με την παραγωγή ενέργειας που έχουμε δίνονται στον πίνακα 19. Τα έσοδα υπολογίζονται σύμφωνα με το νέο σύστημα 'Net-Metering', που είναι ουσιαστικά μια νέα πολιτική αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας.



|  | Θέση 1        | Θέση 2          | Θέση 3        | Θέση 4          | Θέση 5        |
|--|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| <b>Εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 100 kw (ευρω/ kwh)</b> | 0,16          |                 |               |                 |               |
| <b>Έσοδα ( € )</b>   | <b>98.592</b> | <b>22.476,8</b> | <b>48.688</b> | <b>26.601,6</b> | <b>70.736</b> |

Πίνακας 19

Το αρχικό κόστος επένδυσης για τις ανεμογεννήτριες ύστερα από έρευνα και επικοινωνία με ειδικευόμενο προσωπικό πάνω στην τοποθέτηση ανεμογεννητριών προέκυψε όπως βλέπουμε στον πίνακα 20 :

|  | A/Γ 1          | A/Γ 2          |
|--|----------------|----------------|
| <b>Κόστος μελετών και αδειοδότησης</b>   | 10.000         | 10.000         |
| <b>Κόστος ανεμογεννήτριας 50 kw</b>  | 120.000        | 120.000        |
| <b>Κόστος χωματουργικών, κατασκευής θεμελίων, ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και ανέγερσης</b> | 25.000         | 35.000         |
| <b>Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο</b>  | 15.000         | 15.000         |
| <b>Λειτουργικά έξοδα</b>   | 5.000          | 5.000          |
| <b>Σύνολο ( € )</b>  | <b>175.000</b> | <b>185.000</b> |
| <b>Τελικό Σύνολο ( € )</b>   | <b>360.000</b> |                |

Πίνακας 20

Στον πίνακα 21 έχουμε τις τιμές αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες ανάλογα με την ισχύ τους, καθώς επίσης και τα ετήσια έσοδα που θα παρέχουν οι ανεμογεννήτριες του συγκεκριμένου τύπου που επιλέξαμε.

|  | A/Γ 1           | A/Γ 2           |
|--|-----------------|-----------------|
| <b>Εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης με 50 kw (ευρω/ kwh)</b> | 0,25            |                 |
| <b>Εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50 kw (ευρω/ kwh)</b>      | 0,08785         |                 |
| <b>Έσοδα ( € )</b>   | <b>54.851,5</b> | <b>54.851,5</b> |

Πίνακας 21

### 4.1.1 Βασικοί δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων

- Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

Είναι η αξία μιας επένδυσης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας και δίνεται από την σχέση :

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

Όπου  $K_0$  = το κόστος της επένδυσης

$KTP_t$  = η καθαρή ταμειακή ροή του έτους τα, δηλαδή το ετήσιο λειτουργικό όφελος

$k$  = η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται ( επιτόκιο αναγωγής)

$N$  = η διάρκεια της επένδυσης σε έτη

#### Παραδοχές :

- Η διάρκεια της επένδυσης είναι 20 έτη.
- Το επιτόκιο αναγωγής είναι 10 %.

Η  $KTP$  είναι περίπου σταθερή σε κάθε έτος και είναι ίση με :

$$KTP = (E - \Lambda\Delta - A) * (1 - \Phi) + A$$

Όπου  $E$  είναι τα έσοδα από την επένδυση.  $\Lambda\Delta$  είναι τα λειτουργικά κόστη.  $A$  είναι η απόσβεση και  $\Phi$  ο φορολογικός συντελεστής. Ο φορολογικός συντελεστής θα ληφθεί ίσος με 26%.

Η καθαρή παρούσα αξία πρέπει να είναι θετική ( $NPV > 0$ ) και όσο μεγαλύτερη τόσο καλύτερα. Αν είναι ίση με το μηδέν ή αρνητική το έργο δεν προκρίνεται οικονομικά, παρά μόνο περιβαλλοντικά.

- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής

Είναι η περίοδος επανάκτησης του κόστους της επένδυσης ( $K_0$ ) από τις ΚΤΡ. Ειδικότερα είναι ο αριθμός των ετών που απαιτούνται ώστε να καλυφθεί η αρχική δαπάνη με την θεώρηση ότι η υπολειμματική αξία της επένδυσης είναι μηδενική :

$$DPP = -K_0 + \sum_{t=1}^X \frac{KTP_t}{(1+k)^t} = 0$$

όπου  $K_0$  = το κόστος της επένδυσης

$KTP_t$  = η καθαρή ταμειακή ροή του έτους t, δηλαδή το ετήσιο λειτουργικό όφελος

k = η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται (επιτόκιο αναγωγής)

X = η διάρκεια απόσβεσης της επένδυσης σε έτη.

Ο DPP όσο μικρότερος είναι, τόσο γρηγορότερα θα ανακτηθεί το αρχικό κεφάλαιο που επενδύθηκε για την εφαρμογή του σεναρίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν η ΚΠΑ (NPV) είναι αρνητική, τότε το σενάριο δεν είναι οικονομικά βιώσιμο. Στους ακόλουθους πίνακες δίνονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για τα Φ/Β συστήματα και τις ανεμογεννήτριες αντίστοιχα.

#### 4.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

|  | Θέση 1          | Θέση 2         | Θέση 3          | Θέση 4          | Θέση 5          |
|--|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>K_0</math></b>  | 400000          | 103000         | 208000          | 131000          | 284000          |
| <b><math>KTP_t = (E - \Lambda\Delta - A) * (1 - \Phi) + A</math></b> | 75198,08        | 17209,63       | 37193,92        | 20418,78        | 53935,04        |
| <b>E</b>   | 98592           | 22476,8        | 48688           | 26601,6         | 70736           |
| <b><math>A = K_0 / 20</math></b>                                     | 20000           | 5150           | 10400           | 6550            | 14200           |
| <b><math>\Lambda\Delta = 1\% * K_0</math></b>                        | 4000            | 1030           | 2080            | 1310            | 2840            |
| <b><math>\Phi</math></b>   | 0,26            | 0,26           | 0,26            | 0,26            | 0,26            |
| <b>k</b>   | 0,1             | 0,1            | 0,1             | 0,1             | 0,1             |
| <b>N</b>   | 20              | 20             | 20              | 20              | 20              |
| <b>NPV</b>   | <b>240203,6</b> | <b>43515,3</b> | <b>108652,8</b> | <b>428360,6</b> | <b>175179,4</b> |

Πίνακας 22

|                         | Θέση 1     | Θέση 2     | Θέση 3     | Θέση 4      | Θέση 5     |
|-------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| ΕΤΟΣ                    | DPP        | DPP        | DPP        | DPP         | DPP        |
| 1                       | -331638,11 | -87354,88  | -174187,35 | -112437,47  | -234968,15 |
| 2                       | -269490,94 | -73132,04  | -143448,57 | -95562,44   | -190393,73 |
| 3                       | -212993,51 | -60202,19  | -115504,23 | -80221,51   | -149871,54 |
| 4                       | -161632,20 | -48447,78  | -90100,28  | -66275,20   | -113033,18 |
| 5                       | -114940,11 | -37761,95  | -67005,78  | -53596,74   | -79543,76  |
| 6                       | -72492,76  | -28047,57  | -46010,78  | -42070,87   | -49098,84  |
| 7                       | -33904,25  | -19216,30  | -26924,42  | -31592,81   | -21421,64  |
| 8                       | 1176,21    | -11187,88  | -9573,18   | -22067,29   | 3739,46    |
| 9                       | 33067,53   | -3889,32   | 6200,67    | -13407,74   | 26613,18   |
| 10                      | 62059,65   | 2745,74    | 20540,54   | -5535,41    | 47407,47   |
| 11                      | 88416,12   | 8777,61    | 33576,78   | 1621,25     | 66311,38   |
| 12                      | 112376,54  | 14261,13   | 45427,91   | 8127,30     | 83496,74   |
| 13                      | 134158,75  | 19246,15   | 56201,66   | 14041,90    | 99119,80   |
| 14                      | 153960,75  | 23777,98   | 65995,98   | 19418,80    | 113322,58  |
| 15                      | 171962,58  | 27897,83   | 74899,91   | 24306,89    | 126234,20  |
| 16                      | 188327,87  | 31643,15   | 82994,39   | 28750,62    | 137972,04  |
| 17                      | 203205,41  | 35047,98   | 90353,01   | 32790,36    | 148642,80  |
| 18                      | 216730,44  | 38143,28   | 97042,67   | 36462,86    | 158343,49  |
| 19                      | 229025,93  | 40957,20   | 103124,17  | 39801,50    | 167162,30  |
| 20                      | 240203,65  | 43515,30   | 108652,81  | 42836,62    | 175179,40  |
| <b>Χρόνος απόσβεσης</b> | <b>7,5</b> | <b>9,5</b> | <b>8,5</b> | <b>10,5</b> | <b>7,5</b> |

Πίνακας 23

#### 4.1.3 Ανεμογεννήτριες

|   | A/Γ 1           | A/Γ 2           |
|---|-----------------|-----------------|
| <b>K<sub>0</sub></b>                                | 175000          | 185000          |
| <b>KTP<sub>t</sub> = (E - ΛΔ - A) * (1 - Φ) + A</b> | 41570,11        | 41626,11        |
| <b>E</b>  | 54851,5         | 54851,5         |
| <b>A = K<sub>0</sub> / 20</b>                       | 8750            | 9250            |
| <b>ΛΔ = 1% * K<sub>0</sub></b>                      | 1750            | 1850            |
| <b>Φ</b>  | 0,26            | 0,26            |
| <b>k</b>  | 0,1             | 0,1             |
| <b>N</b>  | 20              | 20              |
| <b>NPV</b>  | <b>178909,8</b> | <b>168909,8</b> |

Πίνακας 24

|                         | <b>A/Γ 1</b> | <b>A/Γ 2</b> |
|-------------------------|--------------|--------------|
| <b>ΕΤΟΣ</b>             | <b>DPP</b>   | <b>DPP</b>   |
| 1                       | -137208,9909 | -147208,9909 |
| 2                       | -102853,5281 | -112853,5281 |
| 3                       | -71621,28918 | -81621,28918 |
| 4                       | -43228,34471 | -53228,34471 |
| 5                       | -17416,57701 | -27416,57701 |
| 6                       | 6048,666355  | -3951,333645 |
| 7                       | 27380,70578  | 17380,70578  |
| 8                       | 46773,46889  | 36773,46889  |
| 9                       | 64403,25354  | 54403,25354  |
| 10                      | 80430,33049  | 70430,33049  |
| 11                      | 95000,40044  | 85000,40044  |
| 12                      | 108245,9186  | 98245,91858  |
| 13                      | 120287,2987  | 110287,2987  |
| 14                      | 131234,0079  | 121234,0079  |
| 15                      | 141185,5617  | 131185,5617  |
| 16                      | 150232,4289  | 140232,4289  |
| 17                      | 158456,8535  | 148456,8535  |
| 18                      | 165933,6032  | 155933,6032  |
| 19                      | 172730,6484  | 162730,6484  |
| 20                      | 178909,7803  | 168909,7803  |
| <b>Χρόνος απόσβεσης</b> | <b>5,5</b>   | <b>6</b>     |

Πίνακας 25

## 4.2 Περιβαλλοντική αξιολόγηση -Σκίαση- Πώς επηρεάζεται το τοπίο

### 4.2.1 Περιβαλλοντική αξιολόγηση

Στις μέρες μας, όλο και πιο πολύ προσπαθούμε να βρούμε τρόπους ώστε να προστατεύσουμε το περιβάλλον. Η ρύπανση είναι κάτι που απασχολεί όλες τις χώρες σε όλο τον κόσμο. Τα λιμάνια αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή ρύπανσης προς το περιβάλλον. Τα Φωτοβολταϊκά πάρκα και οι ανεμογεννήτριες αποτελούν ένα τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον από την εκπομπή αερίων και άλλων βλαβερών ουσιών.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 3.80 το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Λαυρίου βρίσκεται στις πρώτες θέσεις από τις πιο επιβλαβείς και ρυπογόνες εγκαταστάσεις της Ελλάδας. Οι 4.000.000 τόνοι CO<sub>2</sub> που εκπέμπονται αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για την περιοχή του Λαυρίου καθώς το εργοστάσιο αυτό βρίσκεται πολύ κοντά σε κατοικημένη περιοχή.

| α/α | Εγκατάσταση                  | Εκπομπές CO <sub>2</sub><br>2008 (t) | Εκπομπές CO <sub>2</sub><br>2007 (t) |
|-----|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1   | ΔΕΗ Αγίου Δημητρίου          | 11.803.191                           | 12.954.019                           |
| 2   | ΔΕΗ Καρδίας                  | 9.644.380                            | 9.505.560                            |
| 3   | ΔΕΗ Μεγαλόπολης<br>(I – III) | 5.300.608                            | 5.672.797                            |
| 4   | ΔΕΗ Αμυνταίου                | 5.256.992                            | 3.922.271                            |
| 5   | ΔΕΗ Πτολεμαΐδας              | 5.150.138                            | 4.330.643                            |
| 6   | ΔΕΗ Λαυρίου                  | 4.092.188                            | 4.191.488                            |
| 7   | ΑΓΕΤ Ηρακλής (Βόλος)         | 2.616.942                            | 2.845.863                            |
| 8   | ΔΕΗ Μεγαλόπολης (IV)         | 2.190.791                            | 3.329.512                            |
| 9   | TITAN (Βοιωτία)              | 1.963.438                            | 1.991.246                            |
| 10  | ΜΟΤΟΡ ΟΙΛ (Κόρινθος)         | 1.951.668                            | 2.074.871                            |

{Εικ. 3.80} Οι δέκα πιο ρυπογόνες εγκαταστάσεις στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) όπως φαίνεται στον πίνακα 26 [8] :

| Πηγή Ενέργειας        | Συντελεστής Μετατροπής σε<br>Πρωτογενή Ενέργεια | Εκλύόμενοι ρύποι ανά μονάδα<br>ενέργειας (KgCO <sub>2</sub> /KWh) |
|-----------------------|---|---|
| Ηλεκτρική<br>Ενέργεια | 2,9   | 0,989   |

Πίνακας 26

Στον πίνακα 27 δίνεται η συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας για όλες τις λύσεις μαζί. Για την παραγωγή αυτή έχουμε  $(2108152 \text{ KWh} / 2,9) * 0,989 \text{ KgCO}_2/\text{KWh} = 718952,53 \text{ KgCO}_2$ . Αυτή η τιμή δεν μας αφήνει καθόλου αδιάφορους καθώς μιλάμε για μια σημαντική μείωση της ρύπανσης της περιοχής του Λαυρίου. Τελικά η μείωση της ετήσιας συνολικής εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα είναι κοντά στο 1,8 %. Πολύ σημαντική και για το καλό της περιοχής αλλά κυρίως των ανθρώπων που ζούν εκεί. Έτσι το λιμάνι του Λαυρίου παρόλο το έργο που προσφέρει ήδη, θα βοηθήσει για το καλό

της περιοχής και για την βελτίωση της υγείας ενώ παράλληλα θα διαφημιστεί ως ένα από τα πρωτοπόρα λιμάνια στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη. Ακολουθώντας έτσι την πολιτική και την στρατηγική ενός "πράσινου" λιμανιού.

|               | <b>Ετήσιο Σύνολο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (KWh)</b> |
|---------------|---|
| <b>Θέση 1</b> | 616200  |
| <b>Θέση 2</b> | 140480  |
| <b>Θέση 3</b> | 304300  |
| <b>Θέση 4</b> | 166260  |
| <b>Θέση 5</b> | 442100  |
| <b>Α/Γ 1</b>  | 219406  |
| <b>Α/Γ 2</b>  | 219406  |
| <b>Σύνολο</b> | 2108152   |

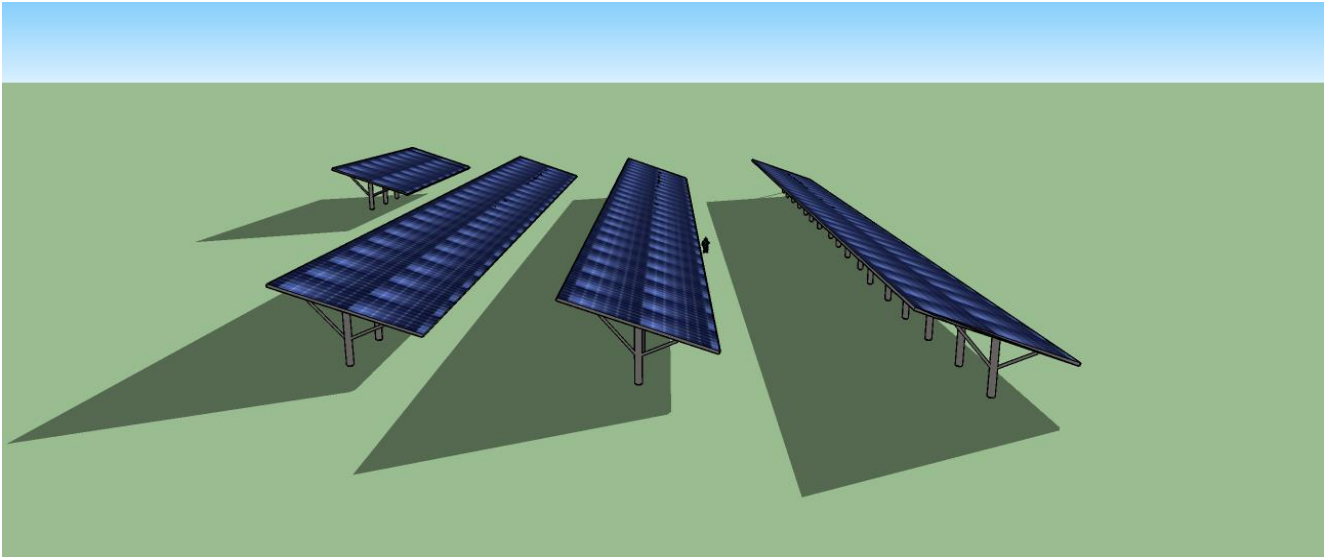
Πίνακας 27

#### 4.2.2 Σκίαση

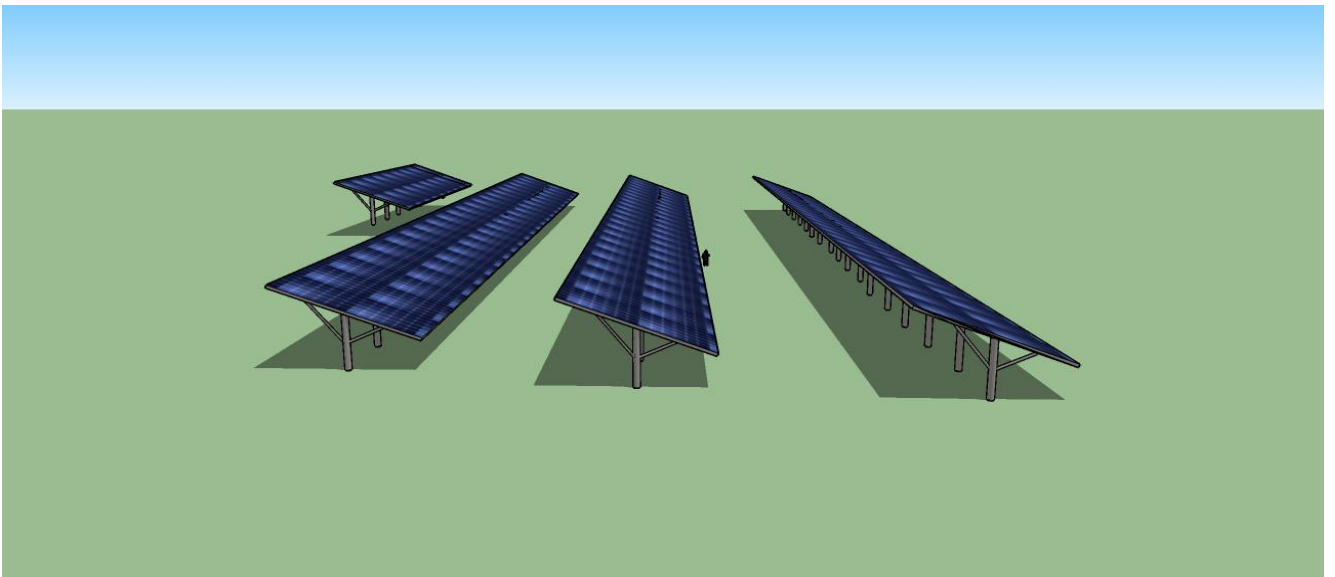
Ανάμεσα στις λύσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουμε και άλλα θετικά "σημεία" εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα με την δημιουργία μεταλλικών κατασκευών ώστε να τοποθετηθούν πάνω τα Φ/Β πλαίσια, θα επωφεληθούμε και από την σκίαση που θα προσφέρουν οι κατασκευές αυτές.

- **Θέση 1**

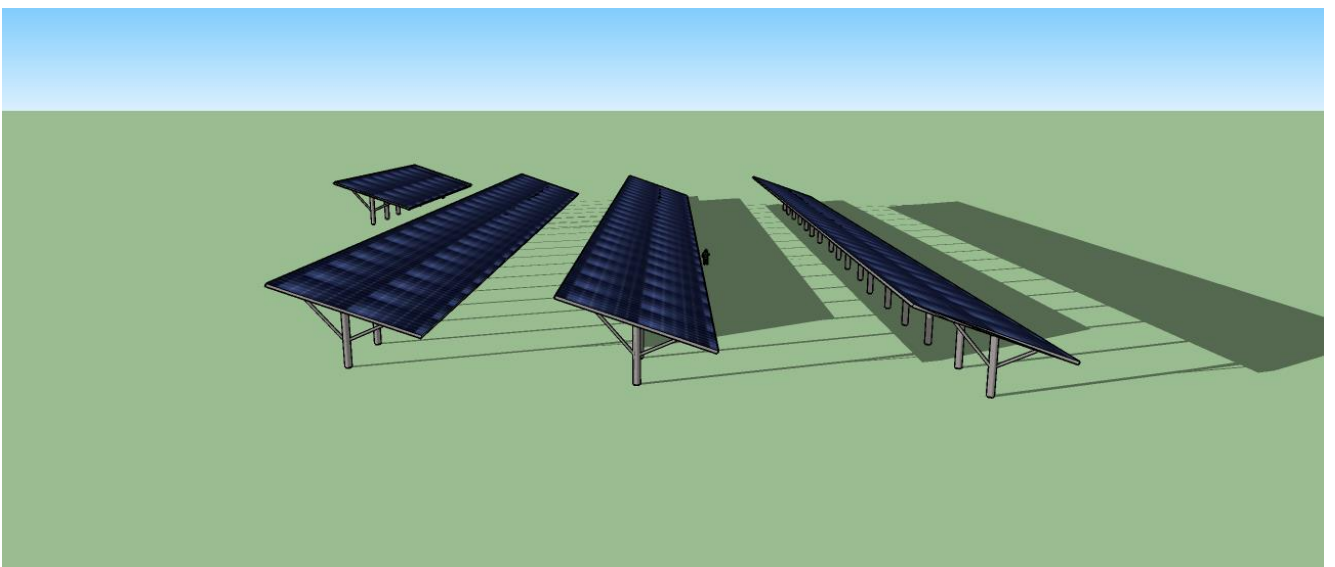
Πολύ σημαντικό προτέρημα για ένα χώρο στάθμευσης αυτοκινήτων είναι και η προστασία που μπορεί να προσφέρει για τα οχήματα των χρηστών ως προς τα καιρικά φαινόμενα όπως ηλιακή ακτινοβολία, βροχές κλπ. Διότι έτσι γίνεται πιο ελκυστικό προς τους ιδιοκτήτες ώστε να επιλέξουν αυτό τον τρόπο μετακίνησης τους στο Λιμάνι του Λαυρίου, αφού θα έχουν πια ένα πιο ασφαλές μέρος στάθμευσης του οχήματος τους κατά την διάρκεια του ταξιδιού τους. Στις εικόνες 3.80, 3.81, 3.82 βλέπουμε ότι οι μεταλλικές κατασκευές που έχουν κατασκευαστεί για το χώρο στάθμευσης του λιμανιού προσφέρουν σκίαση κατά την διάρκεια ολόκληρης της μέρας. Αυτό καταφέραμε να το δείξουμε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Sketchup, καθώς μας δίνει την δυνατότητα επιλέγοντας την ακριβή τοποθεσία μέσω του προγράμματος Google Earth, την τρέχουσα τοπική ώρα Ελλάδος (UTC +3:00), την ημερομηνία και την ώρα, να δούμε την σκίαση που προσφέρει η κατασκευή μας κατά την διάρκεια ολόκληρης της ημέρας.



{Εικ. 3.81} Σκίαση στεγάστρων parking στις 8π.μ.για τον μήνα Ιούνιο



{Εικ. 3.82} Σκίαση στεγάστρων parking στις 1 μ.μ. για τον μήνα Ιούνιο

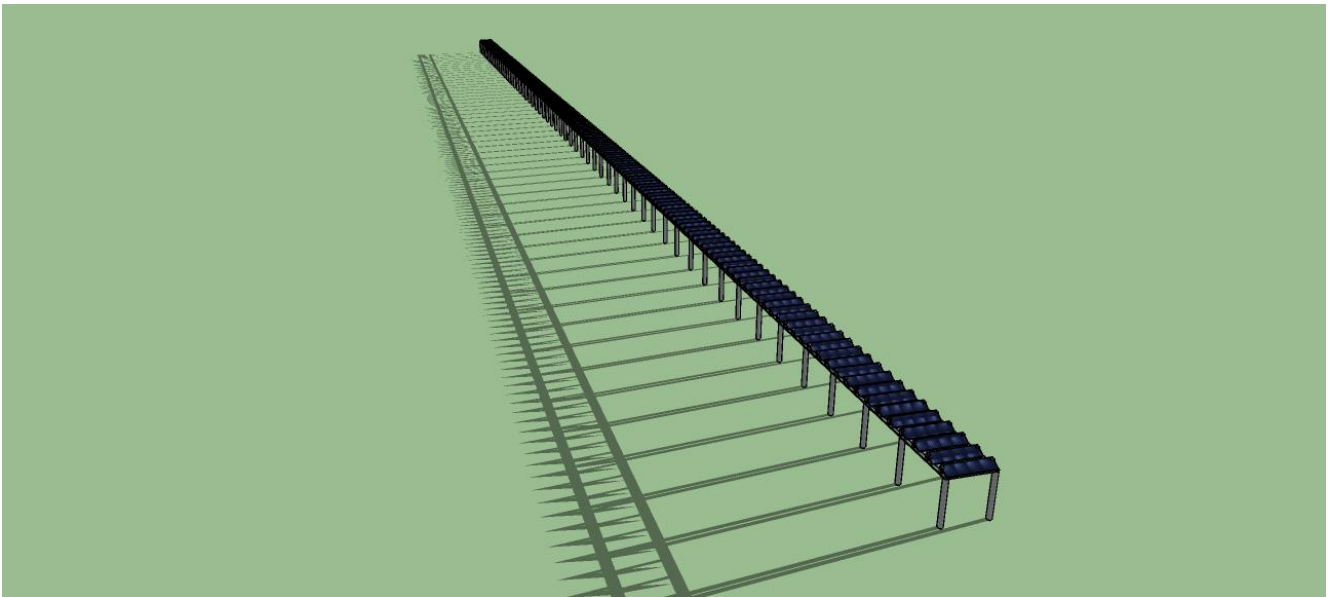


{Εικ. 3.83} Σκίαση στεγάστρων parking στις 8 μ.μ. για τον μήνα Ιούνιο

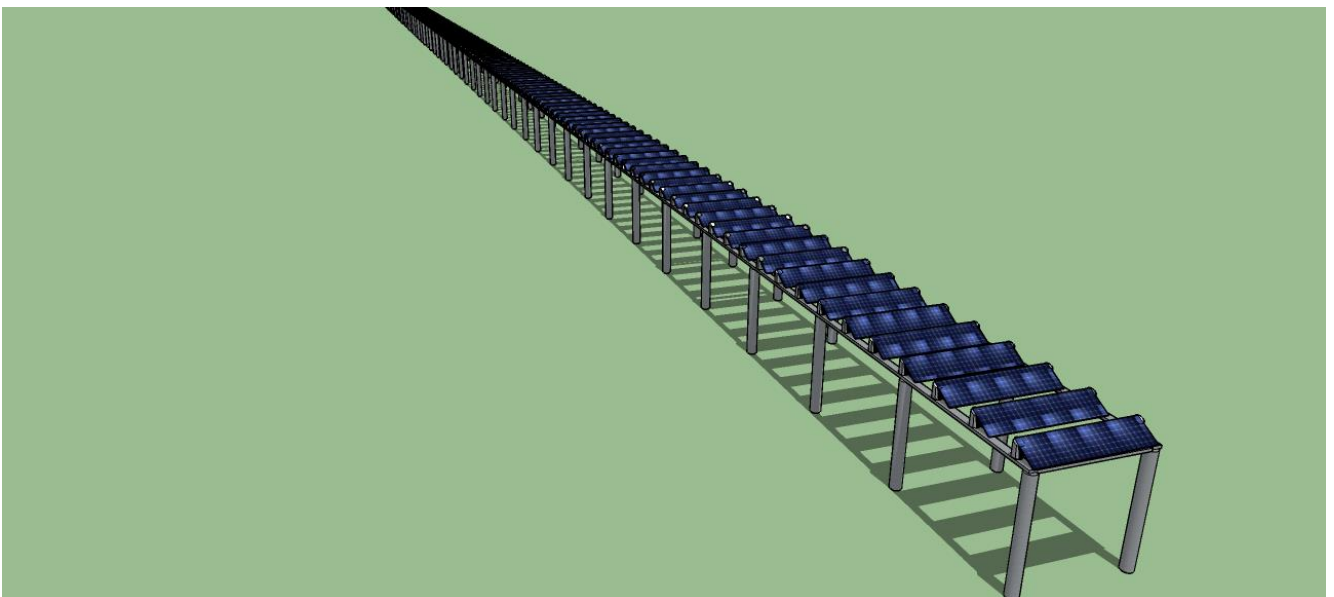


- Θέση 4

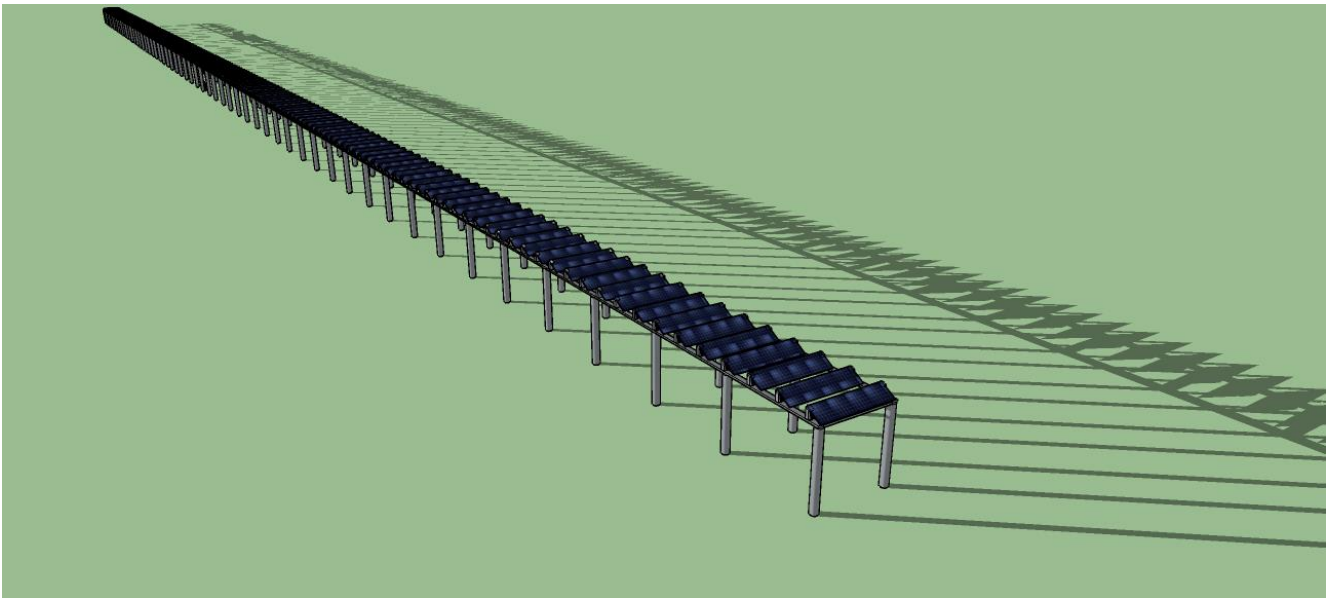
Στο ακρομώλιο του Λιμένος Λαυρίου η μεταλλική κατασκευή παρέχει επίσης σκίαση κυρίως τις μεσημεριανές ώρες. Λόγω όμως των κενών που υπάρχουν μεταξύ των Φ/Β πλαισίων μέρος της ακτινοβολίας περνάει. Αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση πολυκαρβονικού φύλλου στα ενδιάμεσα κενά τμήματα. Με την λύση αυτή θα προσφέρει την δυνατότητα να μπορεί να κινείται κάποιος κάτω από το στέγαστρο, παρέχοντας του όχι μόνο την προστασία από τον ήλιο αλλά και την προστασία από άλλα καιρικά φαινόμενα όπως η βροχή. Στις εικόνες 3.83, 3.84, 3.85 έχουμε την σκίαση κατά την διάρκεια της ημέρας με την βοήθεια του προγράμματος Sketchup.



{Εικ. 3.84} Σκίαση στεγάστρου ακρομολίου στις 7:00 π.μ. για τον μήνα Ιούνιο



{Εικ. 3.85} Σκίαση στεγάστρου ακρομολίου στις 1:00 μ.μ. για τον μήνα Ιούνιο



{Εικ. 3.86} Σκίαση στεγάστρου ακρομολίου στις 8:00 μ.μ. για τον μήνα Ιούνιο

#### 4.2.3 Κέρδη Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου ως προς την Ενέργεια και χρηματικά οφέλη.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένος Λαυρίου που φαίνονται και στον πίνακα 28 η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργεια για το έτος 2014 ήταν 2.026.692 KWh, καθώς και το συνολικό ποσό που πληρώθηκε για το ρεύμα που καταναλώθηκε ήταν 347.867,31 €.

| <b>Ετήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου για το 2014 (KWh)</b> | <b>Συνολικά Έξοδα Κατανάλωσης Ρεύματος για το 2014 (€)</b> | <b>Τιμή αγοράς ρεύματος για το 2014 (€/ KWh)</b> |
|--|--|--|
| 2.026.692,00   | 347.867,31   | 0,172  |

Πίνακας 28. Ανάγκες λιμένος Λαυρίου σε Η/Ε για το έτος 2014 και αντίστοιχα έξοδα

Στον πίνακα 29 ακολουθεί συγκεντρωτική παρουσίαση της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να μας παρέχουν οι προτάσεις που αναλύθηκαν στην διπλωματική αυτή. Όπως βλέπουμε στο σύνολο τους οι λύσεις αυτές μαζί, Φ/Β πλαίσια και ανεμογεννήτριες μπορούν να μας καλύψουν όλες τις ετήσιες ανάγκες του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου. Συνολικά διατίθενται 2.108.152 KWh

που είναι λίγο πάνω από τις ανάγκες του λιμανιού. Έτσι μπορούμε να μιλάμε για ένα τελείως ανεξάρτητο και αυτόνομο λιμάνι καθώς θα μπορεί πλέον να καλύπτει όλες τις ενεργειακές του ανάγκες μόνο του.

|               | <b>Ετήσιο Σύνολο<br/>Παραγωγής Ηλεκτρικής<br/>Ενέργειας (KWh)</b> | <b>Κόστος Κατασκευής ( € )</b> |
|---------------|---|--------------------------------|
| <b>Θέση 1</b> | 140480  | 103000                         |
| <b>Θέση 2</b> | 616200  | 400000                         |
| <b>Θέση 3</b> | 304300  | 208000                         |
| <b>Θέση 4</b> | 166260  | 131000                         |
| <b>Θέση 5</b> | 442100  | 284000                         |
| <b>A/Γ 1</b>  | 219406  | 175000                         |
| <b>A/Γ 2</b>  | 219406  | 185000                         |
| <b>Σύνολο</b> | <b>2108152</b>  | <b>1486000</b>                 |

*Πίνακας 29. Σύγκριση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά θέση και κόστος κατασκευής αυτής*

#### **4.2.4 Πώς επηρεάζεται το τοπίο από τις προτεινόμενες εγκαταστάσεις**

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει, όλες αυτές οι προτάσεις και λύσεις να μην επηρεάζουν το τοπίο του λιμανιού καθώς και την γενικότερη αισθητική της περιοχής του Λαυρίου. Σκοπός των λύσεων αυτών είναι όχι μόνο να προσφέρουν την ενεργειακή αυτονομία του Λιμένος Λαυρίου αλλά ταυτόχρονα να το αναδείξουν ως ένα λιμάνι με "όμορφες" κατασκευές, που θα προσελκύουν τους ανθρώπους ακόμη και για ένα περίπατο εντός του λιμανιού, στο ακρομώλιο κάτω από το στέγαστρο που πρόκειται να κατασκευαστεί. Καθώς το σημείο αυτό αποτελεί ήδη μέρος προσέλκυσης για μια "ξέγνοιαστη" βόλτα κοντά στην φύση και την θάλασσα. Φωτογραφία του ήδη υπάρχοντος ακρομωλίου δίνεται στην εικόνα 3.87.



{Εικ. 3.87} Ακρομόλιο

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μια λύση που μπορεί εύκολα να δημιουργήσει αντιδράσεις από τους κατοίκους της περιοχής του Λαυρίου λόγω του μεγάλου μεγέθους τους είτε του θορύβου. Για τον λόγο αυτό κατά την μελέτη αυτή λάβαμε υπόψη όλους αυτούς τους παράγοντες καθώς και όλα τα μέτρα που πρέπει να τηρηθούν σύμφωνα με τον νόμο. Οι ανεμογεννήτριες τηρούν την απαραίτητη απόσταση από κατοικημένη περιοχή καθώς επίσης και την απαραίτητη απόσταση από δρόμους. Στην συνέχεια, στις εικόνες που ακολουθούν με την βοήθεια του προγράμματος photoshop παρουσιάζουμε το πώς επηρεάζουν οι ανεμογεννήτριες το τοπίο της περιοχής και πώς φαίνονται όταν προσεγγίζει κανείς το λιμάνι με πλοίο. Θα δούμε ότι δεν το επηρεάζουν αρνητικά αλλά αντιθέτως το αναδεικνύουν σε ένα σύγχρονο και καινοτόμο λιμάνι.

- Ανεμογεννήτρια 1



*{Εικ. 3.88} Ανεμογεννήτρια και τοπίο λιμένας Λαυρίου*



*{Εικ. 3.89} Ανεμογεννήτρια και τοπίο λιμένας Λαυρίου*

- Ανεμογεννήτρια 2



*{Εικ. 3.90} Ανεμογεννήτρια στο ακρομώλιο Λιμένος Λαυρίου*

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Συμπεράσματα-Προτάσεις

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να καταφέρουμε να αναδείξουμε το λιμάνι του Λαυρίου ως ένα από τα πιο πρωτοπόρα και καινοτόμα λιμάνια της Ελλάδας. Καινοτομία όχι μόνο ως προς την ενεργειακή του αυτονομία αλλά ταυτόχρονα την δημιουργία ενός "Πράσινου" λιμανιού φιλικού προς το περιβάλλον, ακολουθώντας έτσι τα καινούρια Ευρωπαϊκά πρότυπα. Με την μελέτη που έγινε είχαμε ως στόχο να συμβάλλουμε σημαντικά στην επίτευξη των μελλοντικών σχεδίων ανάπτυξης των εγκαταστάσεων του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου. Πιο συγκεκριμένα οι στόχοι μας είναι :

- Ενεργειακή αυτονομία λιμένος
- Αύξηση των εσόδων οργανισμού
- Προστασία περιβάλλοντος και βελτίωση ποιότητας ζωής
- Ανάδειξη του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου σε Εθνικό αλλά και Ευρωπαϊκό επίπεδο
- Βέλτιστη αξιοποίηση υποδομών και χώρων θαλάσσιας και χερσαίας ζώνης του οργανισμού
- Παροχή ελκυστικών / ανταγωνιστικών λιμενικών υποδομών και υπηρεσιών από πλευράς ποιότητας

Όπως είδαμε σε αυτήν την διπλωματική εργασία συνολικά οι πέντε λύσεις των Φ/Β συστημάτων καθώς και οι 2 ανεμογεννήτριες τάσης 50kW η κάθε μία, μπορούν να καταφέρουν να καλύψουν ολόκληρες τις ενεργειακές ανάγκες του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου. Το ετήσιο σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 2.108.152 KWh, έναντι των 2.026.692 KWh που ήταν οι συνολικές ανάγκες του οργανισμού σε ενέργεια για το έτος 2014. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η βιωσιμότητα της επένδυσης αυτής. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς κάθε λύση μας δίνει απόσβεση πριν από τα δέκα χρόνια, που φαίνεται αναλυτικά στην "οικονομική μελέτη". Με την βέλτιστη απόσβεση της ανεμογεννήτριες, που είναι στα 5,5 χρόνια. Στην συνέχεια στον πίνακα 30 δίνεται η ισχύς της κάθε λύσης.

|               | Συνολική Ισχύς (kW) |
|---------------|---------------------|
| <b>Θέση 1</b> | 98,58               |
| <b>Θέση 2</b> | 425,32              |
| <b>Θέση 3</b> | 206,46              |
| <b>Θέση 4</b> | 112,22              |
| <b>Θέση 5</b> | 298,22              |

Πίνακας 30

Όμως σύμφωνα με τον κανονισμό που μπήκε σε εφαρμογή τους τελευταίους μήνες, δεν μπορούμε πλέον να κάνουμε οποιαδήποτε επένδυση και εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων. Το Net-Metering είναι μια μέθοδος συμψηφισμού ενέργειας από φωτοβολταϊκά και άλλες ΑΠΕ. Η ισχύς κάθε Φ/Β συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 kW ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kW), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kW. Σύμφωνα με τα στοιχεία που μας δόθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένος Λαυρίου, το λιμάνι διαθέτει τρεις υποσταθμούς συνολικής τάσης 280 kW ο καθένας. Έτσι σύμφωνα με τον κανονισμό μπορούμε να τοποθετήσουμε τρεις εγκαταστάσεις συνολικής τάσης 140 kW η κάθε μία. Αφού οι πέντε λύσεις των Φ/Β συστημάτων υπερβένουν αυτή την τάση επιλέγω να χωρίσω σε σενάρια τις λύσεις αυτές και έχουμε :

- Σενάριο 1

Επιλέγουμε την κατασκευή των θέσεων 1, 3, 4 για την τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων. Τα Φ/Β συστήματα αυτά μας παρέχουν συνολική τάση 417,26 kW που είναι μικρότερη από τα 420 Kw (3x140 Kw).

- Σενάριο 2

Επιλέγουμε την κατασκευή των θέσεων 4, 5 για την τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων. Τα Φ/Β συστήματα αυτά μας παρέχουν συνολική τάση 410,40 kW.

- Σενάριο 3

Επιλέγουμε την κατασκευή των θέσεων 1, 5 για την τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων. Τα Φ/Β συστήματα αυτά μας παρέχουν συνολική τάση 396,8 kW.

- Σενάριο 4

Επιλέγουμε την κατασκευή της θέσης 2 για την τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων. Τα Φ/Β συστήματα αυτά μας παρέχουν συνολική τάση 425,32 kW, οριακά πάνω από το όριο μας σύμφωνα με τον ισχύον κανονισμό.

Από όλα τα παραπάνω σενάρια, το "σενάριο 1" φαίνεται να είναι το πιο κατάλληλο. Η "θέση 1" είναι η μικρότερη σε κόστος επένδυσης αφού δεν χρειάζεται καμία ιδιαίτερη μεταλλική κατασκευή ώστε να τοποθετηθούν πάνω τα Φ/Β πλαίσια. Η "θέση 3" βρίσκεται στον λόφο πίσω από το Λιμεναρχείο, όπου ο χώρος είναι ανεκμετάλλευτος και ταυτόχρονα δεν θα επηρεάσει καθόλου την "αισθητική" του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου. Τέλος η "θέση 4" στο ακρομώλιο του Λιμένα είναι μια πολύ καλή επιλογή καθώς ταυτόχρονα θα προσελκύσει κόσμο στο λιμάνι έστω και για μια βόλτα. Τελικά με την επιλογή αυτή από τα Φ/Β συστήματα θα έχουμε συνολική τάση 417,26 kW, συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 611.040 KWh και συνολικό κόστος επένδυσης ίσο με 442.000 €.



Όμως σύμφωνα με τα μελλοντικά σχέδια του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου, σημαντικός στόχος είναι η αναβάθμιση και η ανάπτυξη των εγκαταστάσεων του Λιμένα. Έτσι στο μέλλον με την αύξηση της τάσης των υποσταθμών του Λιμένα θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στην "επιλογή" μας επιπλέον και κάποιες από τις υπόλοιπες "λύσεις".

Οι ανεμογεννήτριες είναι ανεξάρτητες και δεν επηρεάζονται από τον νόμο αυτόν. Οπότε περιλαμβάνονται και οι δύο ανεμογεννήτριες στην τελική επιλογή μας. Συνολικής τάσης 50 Kw η κάθε μία, συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 438.812 KWh και συνολικό κόστος επένδυσης ίσο με 360.000 €.

Συγκεντρωτικά, από την τελική επιλογή Φ/Β συστημάτων και ανεμογεννητριών έχουμε συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 1.049.852 KWh και συνολικό κόστος επένδυσης 802.000 €. Με την επένδυση αυτή και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς μπορούμε να καλύψουμε τις ετήσιες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια των εγκαταστάσεων του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου κατά το 51,8 %, σύμφωνα με τα στοιχεία του 2014. Με την μελλοντική αναβάθμιση του Λιμένα θα καταφέρουμε να αυξήσουμε το ποσοστό αυτό και να επιτύχουμε την ενεργειακή αυτονομία πλέον του Λιμένα.

Τελικά η πρόταση αυτή, όπως αποδείχτηκε, είναι πλέον μια πραγματοποιήσιμη και συμφέρουσα λύση για το Οργανισμό Λιμένος Λαυρίου καθώς όχι μόνο καταφέρνουμε να καλύψουμε πάνω από το 50 % των συνολικών αναγκών του Λιμένα, αλλά ταυτόχρονα καταφέρνουμε να μειώσουμε σημαντικά τους ρύπους και την πολύ σημαντική μόλυνση που προκαλεί ένα λιμάνι αξιοποιώντας τις Α.Π.Ε. Τέλος, πολύ σημαντικός παράγοντας είναι και η βιωσιμότητα της επένδυσης καθώς η απόσβεση γίνεται σε λιγότερο από 10 χρόνια. Έτσι μπορούμε να ονομάσουμε τον Οργανισμό Λιμένα Λαυρίου ως ένα από τα καινούρια "πράσινα" λιμάνια της Ελλάδας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βλάχος, Γιώργος, Νικολαΐδης, Εμμανουήλ, "Βασικές Αρχές της Ναυτιλικής Επιστήμης τόμος Α", Εκδόσεις J&J Hellas, 1997, Πειραιάς
- [2] Γράψα, Ελισάβετ, Διδάκτωρ Ιστορίας, "Το Λιμάνι του Λαυρίου και ο Ιστορικός του Ρόλος", Εκδήλωση στους χώρους του Κέντρου Νησιωτικού και Μεσογειακού Πολιτισμού Μεσσηνίας, 2008, Αθήνα
- [3] Δερμάτης, Γιώργος, "Το Λιμάνι των Εργαστηρίων του Λαυρείου", Εκδόσεις Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε., 2003, Αθήνα
- [4] Δρακάκη, Μαρία, "Σχεδιαση Συστηματων Γειωσης Ανεμογεννητριας", Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Διπλωματική Εργασία, 2012, Θεσσαλονίκη
- [5] Ζησάκης, Χρήστος, "Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Λιγνιτικής Μονάδας Παραγωγής Ηλεκτρισμού ΑΗΣ Καρδιάς- Σύγκριση με Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρισμού με Καύσιμο Φυσικό Αέριο", Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, 2011, Θεσσαλονίκη
- [6] Θεοφιλογιαννάκος, Δημήτρης, "Ακουστικός θόρυβος ανεμογεννητριών", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2009, Αθήνα
- [7] Ιωσηφίδης, Γεώργιος, "Μελέτη Και Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου Ισχύος 1.5 Mw", ΤΕΙ Κρήτης - Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών (Χανιά) Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος Τ.Ε., 2014, Χανιά
- [8] Καλτσούνης, Μιχαήλ, "Διερεύνηση Αξιοποίησης Παλαιών Ανοιχτών Λατομείων για την Χωροθέτηση Μονάδων Ηλεκτροπαραγωγής Μέσω ΑΠΕ", Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία, 2014, Αθήνα
- [9] Καρβουνής, Σταμάτης, "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Πράσινη Οικονομία", ΤΕΙ Ηπείρου Σχολή Οικονομίας και Διοίκησης Τμήμα Χρηματοοικονομικής και Ελεγκτικής, Διπλωματική Εργασία, 2010, Πρέβεζα, INT. - <http://www.innovation-of-epirus.yolasite.com/>
- [10] Κατσίγιαννης, Γιάννης, "Ανεμογεννήτριες", ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά, INT. -20 [http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI\\_Pres\\_02\\_Wind\\_Turbines.pdf](http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI_Pres_02_Wind_Turbines.pdf)
- [11] Κεκάτου, Νικολάου, "Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο της εθνικής τράπεζας Ελλάδος στην Αθήνα", Διπλωματική Εργασία, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Ιούλιος 2012, Αθήνα
- [12] ΚΕΛΣΙΟΣ Ο.Ε., "Πλεονεκτήματα Χρήσης της Ηλιακής Ενέργειας", Θεσσαλονίκη, INT. - <http://www.celsius.gr/>
- [13] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμηση Ενέργειας (CRES), "Αιολική ενέργεια", Αθήνα, INT. - <http://www.cres.gr>

- [14] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμηση Ενέργειας (CRES), "Ανεμογεννήτριες", Αθήνα, INT. - <http://www.cres.gr>
- [15] Λουκαδόπουλος Μηνάς & Σία Ο.Ε., LMCO, INT. - <http://www.lmco.gr>
- [16] Μανικη, Κωνσταντίνα Ι., " Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκής γεννήτριας στο νέο κτίριο των Ηλεκτρολόγων του Ε.Μ.Π.", Διπλωματική Εργασία, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Ιούλιος 2012, Αθήνα
- [17] Μαρινάκης, Ιωάννης, "Ηλιακή Ενέργεια", Ηλεκτρολόγος Τεχνολόγος Μηχανικός, INT. - [http://users.sch.gr/imarinakis/solar\\_energy.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/solar_energy.htm)
- [18] Μαρκουλή, Αθανασία, "Η δημιουργία και εξέλιξη της Γαλλικής Εταιρείας Μεταλλείων Λαυρείου (Γ.Ε.Μ.Λ), σηματοδοτεί νέες εξελίξεις στον οικονομικό και βιομηχανικό τομέα της Ελληνικής κοινωνίας του 19ου και 20ου αι.", διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Ιούνιος, 2008, INT.- <http://www.ltp.ntua.gr/uploads/V2/gj/V2gjwiSE8FPqe2qvb30dMg/markouli.pdf>
- [19] Μπαλάρας, Κωνσταντίνος, Αργυρίου, Αθανάσιος, Καραγιάννης, Φώτης, "Συμβατικές και Ήπιες Μορφές Ενέργειας", ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2006, Αθήνα
- [20] Νιάκας, Βασιλείος, Χριστοδουλοπούλου, Μαριάννα, "Ανασχεδιασμός κτιρίου Λιμένος Λαυρίου Αττικής με Βιοκλιματικά κριτήρια", Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία, 2015, Αθήνα
- [21] Πελοποννήσιος, Εμμανουήλ, "Αιολική Ενέργεια Μελέτη Και Εφαρμογές", ΑΤΕΙ Πειραιά Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Πτυχιακή Εργασία, Αθήνα, INT. -23 [http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/782/hlg\\_00677.pdf?sequence=1](http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/782/hlg_00677.pdf?sequence=1)
- [22] Πολύζος, Γ., "Η πρόκληση της τεχνολογικής και πολιτιστικής επανάχρησης ενός βιομηχανικού μνημείου", Τ.Π.Π.Α., μελέτες και έργα 1994-1997, Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, INT. <http://www.ltp.ntua.gr/uploads/V2/gj/V2gjwiSE8FPqe2qvb30dMg/markouli.pdf>
- [23] Τζιάσιου, Ευαγγελία, "Διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενεργειας στην Ελλάδα και προωθηση εξοικονομησης ενεργειας", Σχολη Ηλεκτρολογων Μηχανικων ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία, 2012, Αθήνα
- [24] Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, "Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας", Αθήνα, INT. - <http://www.ypeka.gr> , (10-7-2015)
- [25] Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, "Αιολική Ενέργεια", Αθήνα, INT. - <http://www.ypeka.gr/> , (21-7-2015)
- [26] Χαλίσιανη, Σταυρούλα, "Γεωμορφολογική και Ανθρωπογενής Εξέλιξη του Λιμένος Λαυρίου", Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, πτυχιακή εργασία, 2007, Αθήνα
- [27] 49ο Γενικό Λύκειο Αθηνών, "Μετεωρολογικές Μετρήσεις & Επίδραση Ηλιακής Ακτινοβολίας Στις Κλιματικές Αλλαγές", Τεύχος 7ο, Οκτώβριος 2013, Αθήνα
- [28] Alten, "Φωτοβολταϊκά συστήματα", Ανώνυμη Εταιρεία Εκμετάλλευσης Ενέργειας, Αθήνα

- [28] Enova Hellas, "Ανεμογεννήτριες και Θόρυβος", Αθήνα, INT. - <https://enovahellas.wordpress.com>
- [30] Eunice Energy Group, "ΑΠΕ στην Ελλάδα", 2008, Αθήνα, INT. - <http://www.eunice-group.com>
- [31] Google Earth
- [32] Green M.A., "Recent Developments in Photovoltaics", Solar Energy, vol. 76, p.3-8, 2004
- [33] Kreider J.F., Kreith F., "Solar Energy Handbook", McGraw Hill, 1981, New York
- [34] Mancheva, Militsa, "Vestas to install 39-MW wind farm in Denmark", <http://renewables.seenews.com>, June 30, 2015, Denmark
- [35] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology
- [36] Sakellariou, Evangelos, "Renewable Energy Technologies- Wet and Wind", HERIOT WATT University, 2014, United Kingdom
- [37] Sofistik, "κτιριακά έργα και γενικοί φορείς στο χώρο", Έκδοση Αύγουστος, 2005

### **Πηγές Ίντερνετ :**

- INT. - 1 <http://g3energy.gr/?p=717>
- INT. - 2 <https://www.portofrotterdam.com/en/cargo-industry/energyindustry/sustainable-energy>
- INT. - 3 <http://www.oll.gr>
- INT. - 4 <http://www.protothema.gr/>
- INT. - 5 <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>
- INT. - 6 <http://www.allaboutenergy.gr/HliakiEnergeia.html>
- INT. - 7 <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/eliake-geometria>
- INT. - 8 <http://www.econews.gr/2015/01/28/aioliki-energeia-2014-120246/>
- INT. - 9 <http://www.yinglisolar.com/en/products/solar-modules/>
- INT. -10 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- INT. -11 <http://www.polarisamerica.com/>

## Πηγές εικόνων :

Εικ.Εξώφυλλο-<http://www.appliedwiring.com/images/company/solar-energy-panels-and-wind-turbine.jpg>

Εικ. 1.1 Νιάκας, Βασιλείος, Χριστοδουλοπούλου, Μαριάννα, "Ανασχεδιασμός κτιρίου Λιμένος Λαυρίου Αττικής με Βιοκλιματικά κριτήρια", Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Διπλωματική Εργασία, 2015, Αθήνα

Εικ. 2.1 - [http://www.omniphos.gr/op/wp-content/gallery/pv100\\_larissa/sc-larissa-1.jpg](http://www.omniphos.gr/op/wp-content/gallery/pv100_larissa/sc-larissa-1.jpg)

Εικ.2.2- <http://enermed.cres.gr/uploads/editorfiles/images/2wind.png>

Εικ. 2.3 - <http://www.agronews.gr/green-report/axiopoisi-viomazas/arthro/76828/anthizei-i-viomaza/>

Εικ. 2.4 - <http://kepguru.hu/previews/55/5521.jpg>

Εικ.2.5 <http://1.1.1.3/bmi/renewablegreece.wikispaces.com/file/view/hydrohgoimenitsa.jpg>

Εικ. 2.6 - [http://saveplanet.gr/images/news/wave\\_energy.jpg](http://saveplanet.gr/images/news/wave_energy.jpg)

Εικ.2.7[http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el](http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el)

Εικ.2.8.[http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el](http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el)

Εικ.2.9[http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el](http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el)

Εικ.2.10[http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el](http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el)

Εικ.2.11[http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el](http://www.eunicegroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=212&Itemid=200&lang=el)

Εικ.2.12[http://www.easypedia.gr/el/articles/%CE%B7/%CE%BB/%CE%B9/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1.html](http://www.easypedia.gr/el/articles/%CE%B7/%CE%BB/%CE%B9/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1.html)

Εικ. 2.13 [http://users.sch.gr/kpara/ape2009\\_10/sun\\_energy2.html](http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy2.html)

Εικ. 2.14 [http://www.helional.gr/dbimg/projects/47\\_main.jpg](http://www.helional.gr/dbimg/projects/47_main.jpg)

Εικ. 2.15 [http://www.operae.gr/gr\\_meletes\\_more.php?artid=6](http://www.operae.gr/gr_meletes_more.php?artid=6)

Εικ. 2.16 <http://www.cybersun.gr/index.php/2013-03-27-07-31-10>

Εικ. 2.17 <http://www.astronomos.gr/archives/6197>

Εικ. 2.18 <http://www.proinso.net/pub/doc/madera.jpg>

- Εικ. 2.19 <http://www.photovoltaiics.com.gr/photovoltaic-map-greece-photo.html>
- Εικ. 2.20 <http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=96&page=services2>
- Εικ. 2.21 <http://www.laimitomos.com/wp-content/uploads/2014/01/Capture11.jpg?b0e49d>
- Εικ. 2.22 <http://photovoltaicell.com/photovoltaic-film-solar-panels/>
- Εικ. 2.23 <http://roscovnicoff.blogspot.gr/2010/10/blog-post.html>
- Εικ. 2.24 <http://www.lmco.gr/#!faq/cx4a>
- Εικ. 2.25 <http://www.lmco.gr/#!faq/cx4a>
- Εικ. 2.26 [http://androssimera.blogspot.gr/2013/11/blog-post\\_19.html](http://androssimera.blogspot.gr/2013/11/blog-post_19.html)
- Εικ. 2.27 <http://www.real.gr/DefaultArthro.aspx?page=arthro&id=279061&catID=5>
- Εικ. 2.28 <http://users.sch.gr/imirinakis/index1.gif>
- Εικ. 2.29 [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_windmill.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm)
- Εικ. 2.30 [http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI\\_Pres\\_02\\_Wind\\_Turbines.pdf](http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI_Pres_02_Wind_Turbines.pdf)
- Εικ. 2.31 [http://www.enermed.cres.gr/EL/Res\\_Technologies\\_EL](http://www.enermed.cres.gr/EL/Res_Technologies_EL)
- Εικ.2.32 <https://teteleste.files.wordpress.com/2014/11/ceadcebdcf84ceb1cf83ceb7-cf83ceb5-db.gif?w=291&h=390>
- Εικ. 3.1 Google Earth
- Εικ. 3.2 Google Earth
- Εικ. 3.3 Sketchup
- Εικ. 3.4 Sketchup - Google Earth
- Εικ. 3.5 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- Εικ. 3.6 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.7 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.8 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.9 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.10 Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.11 Προσωπικό αρχείο
- Εικ. 3.12 Προσωπικό αρχείο – Adope Photoshop

Εικ. 3.13 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Εικ. 3.14 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.15 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.16 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.17 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3. 18 Sketchup

Εικ. 3. 19 Sketchup – Google Earth

Εικ. 3.20 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Εικ. 3.21 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.22 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.23 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.24 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.25 Google Earth

Εικ. 3.26 Sketchup

Εικ. 3.27 Sketchup - προσωπικό αρχείο – Adope Photoshop

Εικ. 3.28 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Εικ. 3.29 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.30 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.31 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.32 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.33 Google Earth

Εικ. 3.34 Sketchup

Εικ. 3.35 Sketchup - Google Earth

Εικ. 3.36 <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Εικ. 3.37 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.38 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.39 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.40 Υπολογιστικό φύλλο Excel - Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.41 Sofistik

Εικ. 3.42 Sofistik

Εικ. 3.43 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.44 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.45 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.46 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.47 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.48 Sofistik

Εικ. 3.49 Sofistik

Εικ. 3.50 Sofistik

Εικ. 3.51 Sofistik

Εικ. 3.52 Sofistik

Εικ. 3.53 Sofistik

Εικ. 3.54 Sofistik

Εικ. 3.55 Sofistik

Εικ. 3.56 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.57 Sofistik

Εικ. 3.58 Sofistik

Εικ. 3.59 Sofistik

Εικ. 3.60 Sofistik

Εικ. 3.61 Sofistik

Εικ. 3.62 Sofistik

Εικ. 3.63 Sofistik

Εικ. 3.64 Autocad – Sofistik

Εικ. 3.65 Sofistik

Εικ. 3.66 Sofistik



Εικ. 3.67 Sofistik

Εικ. 3.68 Sofistik

Εικ. 3.69 Sofistik

Εικ. 3.70 Sofistik

Εικ. 3.71 Sofistik

Εικ. 3.72 Google Earth

Εικ. 3.73 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop

Εικ. 3.74 Google Earth – Adobe Photoshop

Εικ. 3.75 <https://wiki.uiowa.edu/display/greenergy/Wind>

Εικ. 3.76 <http://www.polarisamerica.com/turbines/50kw-wind-turbines/#!/prettyPhoto/0/>

Εικ. 3.77 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop

Εικ. 3.78 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop

Εικ. 3.79 - Δρακάκη, Μαρία, 'Σχεδίαση Συστημάτων Γείωσης Ανεμογεννήτριας' Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Διπλωματική Εργασία, 2012, Θεσσαλονίκη

Εικ. 3.80 Ζησάκης, Χρήστος, "Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της Λιγνιτικής Μονάδας Παραγωγής Ηλεκτρισμού ΑΗΣ Καρδίας- Σύγκριση με Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρισμού με Καύσιμο Φυσικό Αέριο", Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία, 2011, Θεσσαλονίκη

Εικ. 3.81 Sketchup

Εικ. 3.82 Sketchup

Εικ. 3.83 Sketchup

Εικ. 3.84 Sketchup

Εικ. 3.85 Sketchup

Εικ. 3.86 Sketchup

Εικ. 3.87 Προσωπικό αρχείο

Εικ. 3.88 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop

Εικ. 3.89 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop

Εικ. 3.90 Προσωπικό αρχείο – Adobe Photoshop



πίνακας 29 Προσωπικό αρχείο – Υπολογιστικό φύλλο Excel

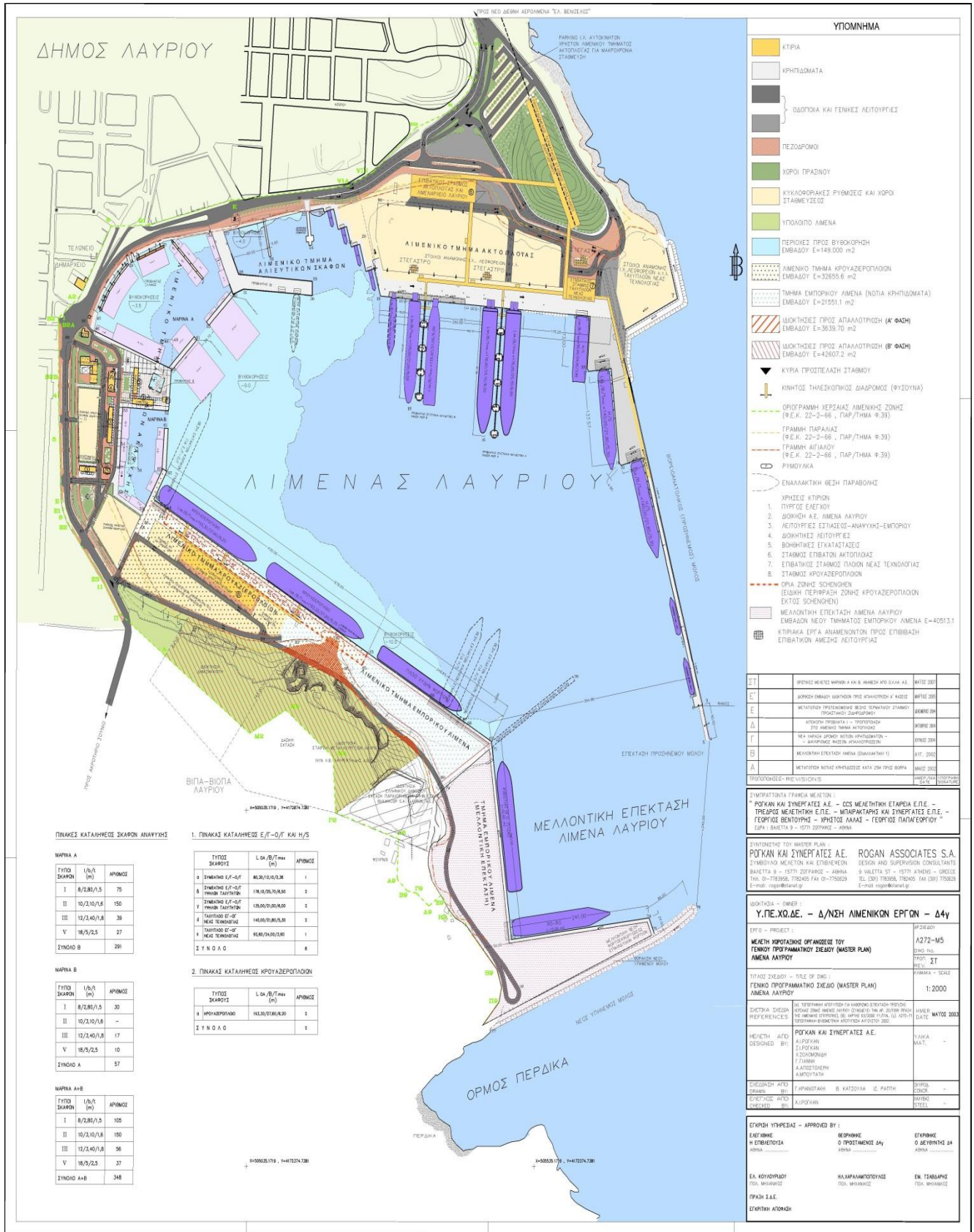
πίνακας 30 Προσωπικό αρχείο – Υπολογιστικό φύλλο Excel

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ

Αποστολή του Οργανισμού Λιμένα Λαυρίου είναι η ανάδειξη του Λαυρίου σε «Ανατολική Λιμενική Πύλη» της Αττικής, αναλαμβάνοντας ουσιαστικό και στοχευμένο συμπληρωματικό ρόλο προς τον λιμένα του Πειραιά και το ευρύτερο Σύστημα Λιμένων της Αττικής. Οι στρατηγικές κατευθύνσεις του Οργανισμού, όπως αυτές διατυπώθηκαν στο στρατηγικό του σχέδιο είναι οι εξής:

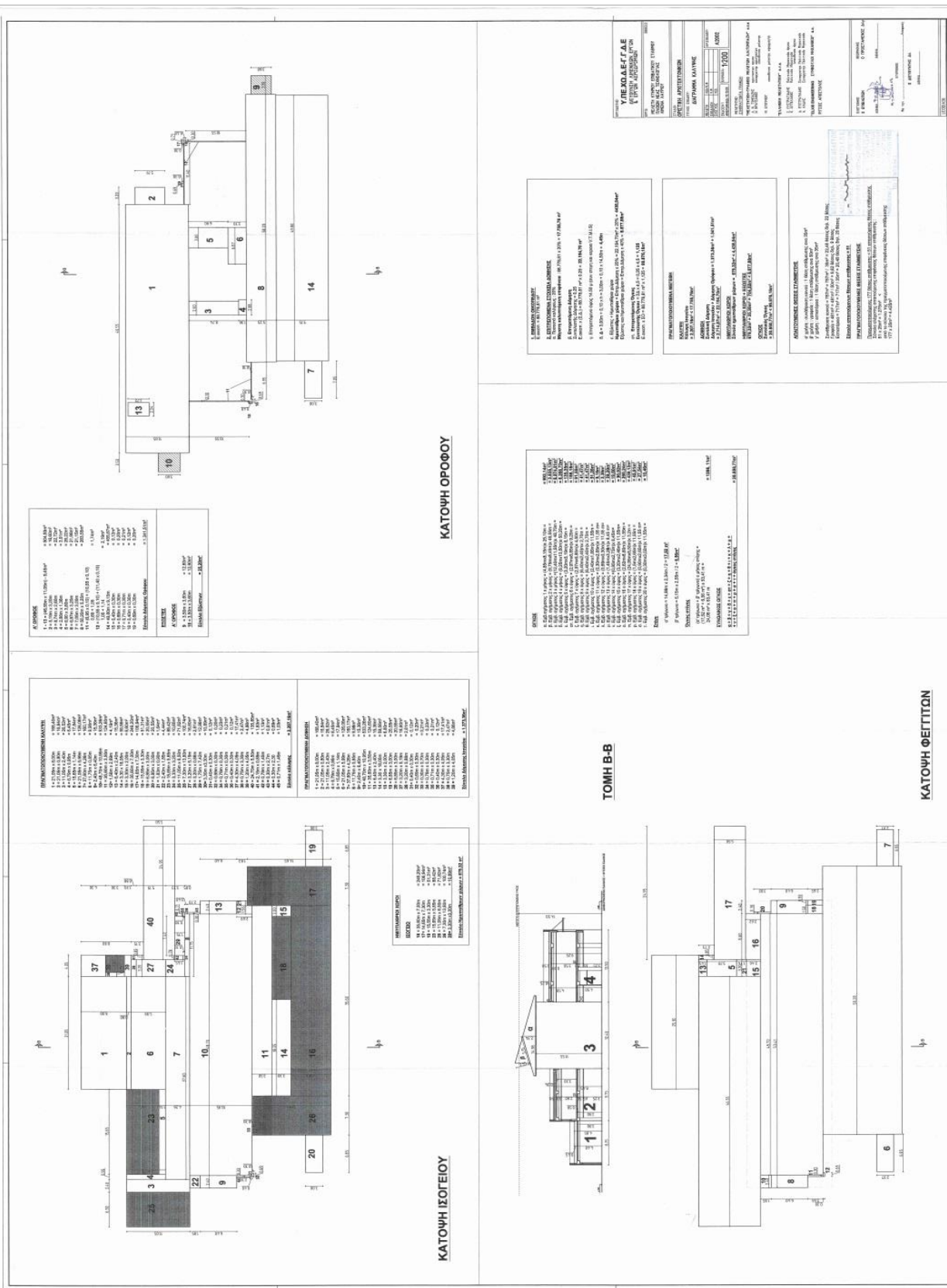
- Αξιοποίηση της στρατηγικής θέσης του λιμένα στο πλαίσιο της εθνικής και ευρωπαϊκής πολιτικής λιμένων (εγγύτητα στο νέο διεθνές αεροδρόμιο Αθηνών και στις Κυκλάδες / Νησιά Βόρειου & Ανατολικού Αιγαίου, κορεσμός του λιμένα Ραφήνας, αποσυμφόρηση λιμένα Πειραιά, διασύνδεση με το Διευρωπαϊκό δίκτυο αυτοκινητοδρόμων - ΠΑΘΕ - μέσω της Αττικής οδού, προώθηση της πολιτικής ναυτιλίας μικρών αποστάσεων Short-Sea-Shipping).
- Προώθηση της άμεσης και αποτελεσματικής υλοποίησης των προγραμματισμένων έργων υποδομής θαλάσσιας και χερσαίας ζώνης που έχουν ενταχθεί στο Γενικό Προγραμματικό Σχέδιο (Master Plan) του λιμένα και κινητοποίηση με σκοπό την υλοποίηση άλλων έργων ζωτικών για τη λειτουργία του λιμένα (επέκταση Προαστιακού σιδηρόδρομου, δημιουργία κέντρων logistics / αποθηκών στην ευρύτερη περιοχή της Λαυρεωτικής)
- Παροχή ελκυστικών / ανταγωνιστικών λιμενικών υποδομών και υπηρεσιών από πλευράς ποιότητας και κόστους, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στην ικανοποίηση της ζήτησης για θαλάσσιες μεταφορές στην ευρύτερη περιοχή Αττικής (συμπληρωματικότητα με τους άλλους λιμένες Αττικής), στο πλαίσιο των κατευθύνσεων της ευρωπαϊκής πολιτικής μεταφορών (Λευκή Βίβλος). - Αποτελεσματική επικοινωνία των δραστηριοτήτων υπηρεσιών / πλεονεκτημάτων του λιμένα προς τους δυνητικούς χρήστες του (ακτοπλοϊκές εταιρείες, επιβάτες, κ.α.)
- Βέλτιστη αξιοποίηση υποδομών και χώρων θαλάσσιας και χερσαίας ζώνης του οργανισμού, με έμφαση στην ανάπτυξη παράπλευρων / συμπληρωματικών δραστηριοτήτων (παραχωρήσεις χώρων για εμπορικές δραστηριότητες, για τη δημιουργία αποθηκών / κέντρων διανομής, κ.λ.π.) και ανάπτυξη συνεργασίας με ιδιωτικό τομέα.
- Προώθηση των αρχών ελεύθερου ανταγωνισμού στη λειτουργία και παροχή λιμενικών υπηρεσιών του λιμένα.
- Συμβολή στην αναβάθμιση των προοπτικών και δυνατοτήτων αειφόρου ανάπτυξης του Λαυρίου και της ευρύτερης Λαυρεωτικής (εξασφάλιση / δημιουργία θέσεων εργασίας, αύξηση μέσου ετήσιου εισοδήματος, ευρύτερη αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στην τοπική κοινωνία).
- Εξασφάλιση χρηματοοικονομικής αυτάρκειας και προοπτικής αυτοχρηματοδότησης ίδιας ανάπτυξης.
- Περιορισμός του ρόλου της Πολιτείας σε επίπεδο στρατηγικό / επιτελικό και προώθηση της συνεργασίας δημόσιου με ιδιωτικό τομέα.
- Συμβολή στην περιβαλλοντική αναβάθμιση της ευρύτερης περιοχής και στην εξοικονόμηση ενέργειας - Βελτίωση των συνθηκών ασφάλειας ναυσιπλοΐας.
- Αποτελεσματική, σταδιακή οργάνωση και στελέχωση του Οργανισμού με στόχο την επιτυχή ανάπτυξη και έλεγχο των δυνητικών του εκμεταλλεύσεων.

# Παράρτημα Β : MASTER PLAN ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ



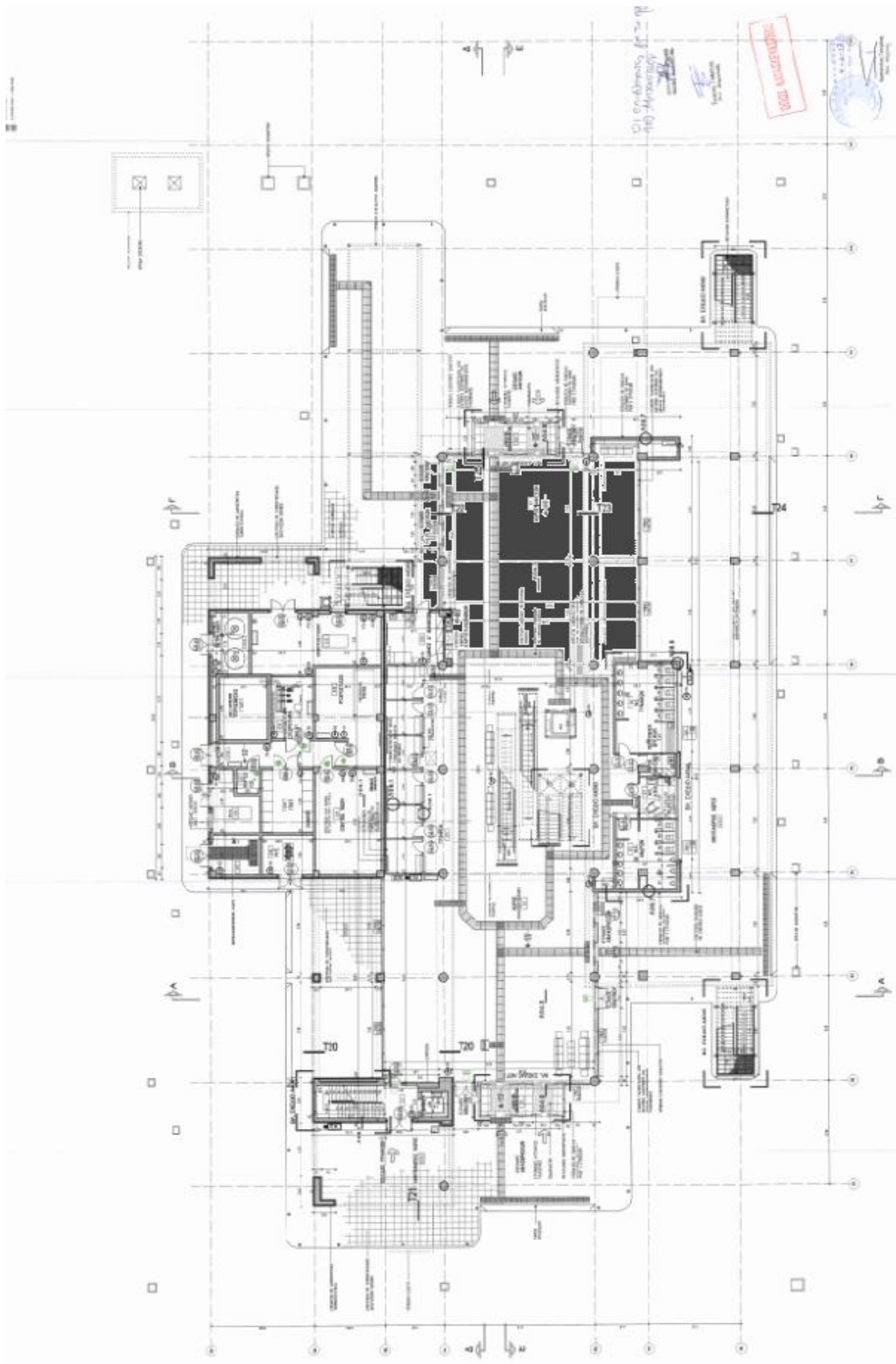
## MASTER PLAN ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ

# Παράρτημα Γ : ΣΧΕΔΙΑ ΛΙΜΕΝΑΡΧΕΙΟΥ



## ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ





ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ





# ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΟΥ