



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική εργασία

**Αποτίμηση λειτουργίας συστημάτων  
παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε τεχνικά  
έργα**

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.



Αναστασάκη Μαρία

Αθήνα 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική εργασία

**Αποτίμηση λειτουργίας συστημάτων παραγωγής  
ηλεκτρικής ενέργειας σε τεχνικά έργα**

Αναστασάκη Μαρία

Επιβλέπων: Μαμάσης Νικόλαος

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Το περιεχόμενο της ανά χείρας εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές που δεν επιτρέπει

Αθήνα 2017



## **Πρόλογος**

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία με τίτλο ‘Αποτίμηση λειτουργίας συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε τεχνικά έργα’ μου ανατέθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του προπτυχιακού κύκλου σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και είναι ο απότοκος της προσωπικής μου δουλειάς που ολοκληρώθηκε ύστερα από μεγάλη προσπάθεια και υπεύθυνη έρευνα σε ένα πολύπλευρο αντικείμενο. Η επιτυχής αντιμετώπιση του θέματος είχε ως βασική προϋπόθεση τη βασική κατανόηση των αρχών λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των ανεμογεννητριών αλλά κυρίως την εκτενή έρευνα για τη μελέτη και αξιολόγηση των οικονομικών στοιχείων και στοιχείων παραγωγής.

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την αμέριστη και σημαντική συμπαράσταση του καθηγητή μου κ. Νίκο Μαμάση τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, που αποδέχτηκε να αφιερώσει μέρος του πολύτιμου χρόνου του για την επίβλεψη, ανάγνωση, διόρθωση και αξιολόγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για την βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε σε όλες τις φάσεις της εργασίας.

# **Περιεχόμενα**

## **1. Εισαγωγή**

1.1 Σκοπός και διάρθρωση εργασίας

## **2. Παρουσίαση τεχνικών έργων**

2.1 Τοποθέτηση τεχνικών έργων

2.1.1 Strata Tower SE1

2.1.2 Solar Ark

2.1.3 Cor

2.1.4 CH2 (Council House 2)

2.1.5 Solar Wind Bridge

2.1.6 PWC (PriceWaterhouse Coopers)

2.1.7 International Renewable Energy Agency Headquarters

2.1.8 DynamicTower

2.1.9 OlympianCity

## **3. Μεθοδολογίες και δεδομένα αξιολόγησης ηλιακών και αιολικών συστημάτων**

3.1 Ηλιακά συστήματα

3.2 Αιολικά συστήματα

## **4. Αποτίμηση Λειτουργίας τεχνικών έργων**

4.1 StrataTowerSE1

4.2 Solar Ark

4.3 Cor

4.4 CH2 (Council House 2)

4.5 Solar Wind Bridge

4.6 PWC (PriceWaterhouse Coopers)

4.7 International Renewable Energy Agency Headquarters

4.8 Dynamic Tower

4.9 OlympianCity

## **5. Συμπεράσματα**

## ***Περίληψη***

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει μια αποτίμηση της λειτουργίας και της τεχνολογίας πρότυπων συστημάτων, τα οποία χρησιμοποιούν είτε την ηλιακή είτε την αιολική ενέργεια για την μετατροπή τους σε ηλεκτρική ενέργεια, να ποσοτικοποιηθεί το κόστος παραγωγής τους και να εκτιμηθεί η αιεφορία τους.

Επίσης θα μελετηθεί η αισθητική των έργων και κατά πόσον αυτά συμφιλιώνονται με το αστικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται καθώς δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν μόνο η εύκολη ενσωμάτωση τους στα τεχνικά έργα. Παράλληλα θα προσπαθήσουμε, μέσα από την επεξεργασία των στοιχείων που βρήκαμε από τη δημοσιογραφική μας έρευνα, να γίνει μια εκτίμηση για το κατά πόσον τα στοιχεία που δίνονται στη δημοσιότητα από τους κατασκευαστές των έργων είναι αληθινά και δεν είναι υπερτιμημένα ή υποτιμημένα, ανάλογα την περίπτωση, ώστε να περιπλανήσουν την κοινή γνώμη και να προάγουν την ιδέα της αιεφόρας ανάπτυξης.

Αρχικά γίνεται μια γενική αναφορά στα βασικά στοιχεία, τους όρους οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια καικάποιες νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται αυτή τη χρονική περίοδο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και περιγράφονται τα τεχνικά έργα τα οποία έχουμε επιλέξει να μελετήσουμε ενώ παρακάτω αναλύουμε και κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε βρει, εκτιμώντας έτσι τα στοιχεία που υποστηρίζουν.

## ***ABSTRACT***

The purpose of this diploma thesis is to evaluate the operation and technology of model systems that use either solar or wind energy to convert them into electricity, quantify their production costs and assess their sustainability. We will also study the aesthetics of the projects and whether they are reconciled with the urban environment in which they are located, as not only their easy integration into the technical works should be taken into account.

At the same time, we will attempt, although the processing of the data we found from our journalistic research, to make an assessment of whether the information given by the project makers is true and not overvalued or underestimated, as the case may be, to wander public opinion and promote the idea of sustainable development.

Initially, a general reference is made to the key elements, the terms that will be used later, and some new technologies that are applied during this time period. Then we present and describe the technical works we have chosen to study and analyze below and make the necessary calculations according to the data we have found, estimating the data they support.



# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Σκοπός και διάρθρωση εργασίας

Με τον όρο «ενέργεια», από φυσική άποψη, νοείται η ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο σε ένα άλλο σύστημα. Βέβαια η λέξη «έργο» είναι και αυτή ένας γενικός όρος. Πρακτικά υπάρχουν πολλές μορφές ενέργειας: η χημική ενέργεια από τα ορυκτά καύσιμα, η ηλεκτρική ενέργεια, η πυρηνική και η ηλιακή. Όσον αφορά τις ενεργειακές πηγές, είναι οι πηγές από τις οποίες μπορεί να παραχθεί ενέργεια για θέρμανση, κίνηση, φωτισμό και ηλεκτρική ισχύ, με απόλυτη πηγή τον ήλιο.

Η προσπάθεια για κάλυψη των τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας που απαιτούνται από το σύγχρονο τρόπο ζωής της ανθρώπινης κοινωνίας έχει οδηγήσει σε εντονότερες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον με πολλαπλές και συχνά μη αναστρέψιμες συνέπειες. Από την παραγωγή αγαθών έως τη θέρμανση, την ηλεκτροδότηση και τις μεταφορές, τομείς απαραίτητοι για κάθε χώρα, οι δραστηριότητες του ανθρώπου σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την κατανάλωση ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια έχει προκύψει μια συνειδητοποίηση του πεπερασμένου των ορυκτών καυσίμων σε συνδυασμό με μια ευαισθητοποίηση για τις περιβαλλοντικές συνέπειες της αλόγιστης χρήσης αυτών με ορόσημο τη βιομηχανική επανάσταση στα τέλη του 18ου αιώνα. Η αναζήτηση του ανθρώπου για λύσεις στο χειροπιαστό πλέον ενεργειακό πρόβλημα επέφερε μια στροφή προς τις λεγόμενες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Α.Π.Ε. (αλλιώς *ήπιες μορφές ενέργειας* ή *νέες πηγές ενέργειας* ή και *πράσινη ενέργεια*).

Έχει σημειωθεί επίσης μεγάλη πρωτοπορία στην ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διεθνώς. Τα συστήματα αυτά ενσωματώνονται στις διάφορες κατασκευές πολιτικού μηχανικού, προσφέροντας τόσο στις ίδιες τις κατασκευές όσο και στον περιβάλλοντα χώρο τους, τα οφέλη τους. Το ερώτημα όμως είναι πόσο συμφέροντα είναι αυτά τα συστήματα σε σύγκριση με το κόστος κατασκευής τους;

Γενικά οι αρχιτέκτονες μηχανικοί τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να προωθήσουν την τοποθέτηση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σαν στις παρακάτω περιπτώσεις, δημιουργώντας ένα κύμα προς την κατεύθυνση του περιβαλλοντικού σχεδιασμού.

Ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός αναφέρεται στο σχεδιασμό ο οποίος δεν ικανοποιεί απλά τις ανθρώπινες ανάγκες αλλά συμπεριλαμβάνει και όλες τις πρόνοιες για την προστασία του περιβάλλοντος. Ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός στον οικιστικό τομέα είναι συνυφασμένος με την αρχιτεκτονική των κτιρίων. Σε αυτόν υπεισέρχεται και η έννοια της περιβαλλοντικής αρχιτεκτονικής. Οι βασικές αρχές για έναν οικολογικά προσανατολισμένο και περιβαλλοντικά φιλικό σχεδιασμό είναι η κατασκευή μικρότερων κτιρίων, η χρήση ανακυκλώσιμων και ανανεώσιμων υλικών, η χρήση υλικών χαμηλής ενέργειας, η χρήση ξυλείας συγκομιδής, η εφαρμογή συστημάτων συλλογής νερού, η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων, ο κατάλληλος ηλιακός προσανατολισμός των κατασκευών, η ανακύκλωση (επανάχρηση) κτιρίων και πολλά ακόμη.

Τα τελευταία χρόνια, η έννοια της αειφορίας αναφέρεται από πολλούς επιστήμονες και παίρνει μεγάλες διαστάσεις σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Ο όρος αειφορική ανάπτυξη δηλώνει την ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να περιορίζει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις μελλοντικές τους ανάγκες. Σύμφωνα με αυτές τις αρχές λοιπόν, ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός βασίζεται στην ενσωμάτωση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παρόλο το κόστος τους ή την παραγωγή τους.

(Ε. Αθανασιάδου, 2012)

Σκοπός λοιπόν αυτής της εργασίας είναι, να γίνει μια αποτίμηση της λειτουργίας και της τεχνολογίας αυτών των συστημάτων, να ποσοτικοποιηθεί το κόστος παραγωγής τους και να εκτιμηθεί η αειφορία τους. Επίσης θα μελετηθεί η αισθητική των έργων και κατά πόσον αυτά συμφιλιώνονται με το αστικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται καθώς δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν μόνο η εύκολη τεχνικά ενσωμάτωσή τους στα τεχνικά έργα. Παράλληλα, μέσα από την αποκωδικοποίηση των στοιχείων που βρέθηκαν από τη δημοσιογραφική έρευνα, θα γίνει μια εκτίμηση του κατά πόσον τα στοιχεία που δίνονται στη δημοσιότητα από τους κατασκευαστές των έργων είναι

αληθινά και δεν είναι υπερτιμημένα ή υποτιμημένα, ανάλογα την περίπτωση, ώστε να αποπροσανατολίσει την κοινή γνώμη.

Αρχικά θα μελετηθεί η χρήση της αιολικής ενέργειας, η οποία έχει πολλά πλεονεκτήματα. Κάποια από αυτά είναι η ανεξαρτησία της από ορυκτά καύσιμα και συνεπώς η μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος με αέριους ρύπους, το χαμηλό λειτουργικό κόστος, ενώ χαρακτηρίζεται από την ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και είναι τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική με γρήγορη και τυποποιημένη συναρμολόγηση και εγκατάσταση.

Παρόλα αυτά έχει και κάποια μειονεκτήματα όπως ο εκπεμπόμενος θόρυβος ο οποίος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά μέρη και από την περιστροφή των πτερυγίων (εκτιμάται σε περίπου 44 d bσε απόσταση 200 m για ταχύτητα ανέμου 8 m/s), η απρόβλεπτη διακύμανση ενέργειας που δίνουν οι αιολικές μηχανές, ενώ το ποσοστό των πουλιών που σκοτώνονται ετησίως από πρόσκρουση σε ανεμογεννήτριες είναι ασήμαντο (0.5%) σχετικά με αυτό που οφείλεται σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. (Μαμάσης Ν. 2011)

Στη συνέχεια θα μελετηθούν οι παράμετροι της ηλιακής ενέργειας, κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των συστημάτων. Ένα παράδειγμα πρωτοπόρου συστήματος νέας τεχνολογίας το οποίο ενσωματώνεται στα έργα, είναι οι ενσωματωμένες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών οι οποίες χαρακτηρίζονται με τον όρο BIPV (Building - Integrated Photovoltaics). Είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας η οποία χαρακτηρίζεται ως η πιο καθαρή από όλους τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους. Τα συστήματα BIPV αποτελούνται από φωτοβολταϊκά υλικά που χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση συμβατικών οικοδομικών υλικών σε μέρη των περιβλημάτων του κτιρίου, όπως οι στέγες, οι φεγγίτες ή οι προσόψεις. Αυτά ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στην κατασκευή νέων κτιρίων ως κύρια ή δευτερεύουσα πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, παρόλο που τα ήδη υπάρχοντα κτίρια μπορούν να ανακατασκευαστούν με τις μονάδες BIPV. Για να επιτύχουν τα συστήματα BIPV τον πολυλειτουργικό τους ρόλο, πρέπει να ληφθούν υπόψιν διάφοροι παράγοντες, όπως η θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής μονάδας, η σκίαση, η γωνία εγκατάστασης και ο προσανατολισμός τους.

Μεταξύ αυτών των παραγόντων, η ακτινοβολία και η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου πρέπει να θεωρηθούν ως οι σημαντικότεροι, διότι επηρεάζουν τόσο την ηλεκτρική απόδοση του συστήματος BIPV όσο και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων όπου τα συστήματα BIPV έχουν εγκατασταθεί. Ένας ακόμη όρος ο οποίος έχει καθιερωθεί είναι τα BAPV (Building - attached photovoltaics), τα οποία θεωρούνται ως προσθήκη στο κτίριο, όχι άμεσα συσχετιζόμενα βέβαια με τις λειτουργικές πτυχές της δομής (Changhai Peng et al. 2011).

Από την άλλη μεριά, στη βιομηχανία αιολικών μηχανών, η βιομηχανία ανεμογεννητριών μικρής κλίμακας επεκτείνεται σε όλο τον κόσμο, και ιδιαίτερα στο Ηνωμένο Βασίλειο για το οποίο έχουμε απτά στοιχεία, με θεσμική υποστήριξη και νομοθεσία που ενθαρρύνει την ανάπτυξη πολυάριθμων εταιρειών με πληθώρα επιλογών σχεδιασμού. Η εφαρμογή των μικρό ανεμογεννητριών στο αστικό περιβάλλον ενθαρρύνεται στο Ηνωμένο Βασίλειο μέσω ενός προγράμματος επιχορηγήσεων που παρέχει ένα μέρος του αρχικού κόστους κεφαλαίου. Η εξέλιξη αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι οι ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον. Παλαιότερα η πλειοψηφία των μικροανεμογεννητριών είχε εγκατασταθεί για εκπαιδευτικούς λόγους (σε σχολεία ή σε περιβαλλοντικά κέντρα) και πολύ λίγα εγχώρια συστήματα υπήρχαν ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε έχει ως στόχο να εξετάσει εν συντομία ορισμένα ζητήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία μικρό ηλεκτρικής ενέργειας (A.D. Peacock et al. 2008).

Οι ενεργειακές αποδόσεις υπολογίζονται για μια σειρά από στροβίλους που χρησιμοποιούν σύνολα δεδομένων ταχύτητας ανέμου για δύο διαφορετικές προαστιακές τοποθεσίες στο Εδιμβούργο που καταγράφονται σε μια βάση χρόνου 10 λεπτών. Μετά από αρκετές έρευνες και πειράματα, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι παρόλο που οι μικρές ανεμογεννήτριες για οικιακές εφαρμογές επιτυγχάνουν ένα συγκεκριμένο βαθμό δημοτικότητας υπάρχει ένα σοβαρό ζήτημα σχετικά με την ικανότητα αξιόπιστης εκτίμησης των ενεργειακών τους αποδόσεων. Προς το παρόν δεν υπάρχει κάποια δυνατή μέθοδος για την εκτίμηση της ταχύτητας του ανέμου στις αστικές περιοχές. Όπως συμβαίνει με άλλες τεχνολογίες μικρό παραγωγής, ένα σημαντικό ποσοστό της παραγωγής της μικροανεμογεννήτριας δεν θα

χρησιμοποιηθεί αμέσως από την κατοικία αλλά θα αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση. Αυτό θα επηρεάσει όχι μόνο το κόστος του στροβίλου αλλά και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Παρακάτω θα αναφερθούν αρκετοί όροι οι οποίοι συνδέονται με τα τεχνικά έργα, για τους οποίους θα δοθούν σε αυτό το σημείο κάποιοι ορισμοί και επεξηγήσεις.

Με τον όρο BREEAM αναφερόμαστε στην κορυφαία μέθοδο αξιολόγησης βιωσιμότητας παγκοσμίως, η οποία αναφέρεται σε τεχνικά σχέδια, υποδομές και κτίρια. Απευθύνεται σε διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής ενός έργου, όπως είναι η νέα κατασκευή, η ανακαίνιση και η χρήση. Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχουν περισσότερες από 562.500 πιστοποιήσεις BREEAM και σχεδόν 2.266.300 κτίρια καταχωρήθηκαν για αξιολόγηση από τότε που ξεκίνησε το 1990. Η διαδικασία αξιολόγησης BREEAM αξιολογεί την διαδικασία, το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία μιας ανάπτυξης σε σχέση με στόχους που βασίζονται σε κριτήρια απόδοσης. Οι αξιολογήσεις διεξάγονται από ανεξάρτητους αξιολογητές με άδεια και από διαδικασίες αξιολογούμενες και πιστοποιημένες σε κλίμακα Pass, Good, Very Good, Excellent και Outstanding.

Ένας ακόμη όρος ο οποίος αναφέρεται συχνά παρακάτω, είναι η πιστοποίηση LEED, η οποία είναι μια μέθοδος (Leadership in Energy and Environmental Design) που αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα περιβαλλοντικής πιστοποίησης/αξιολόγησης κτιρίων και οικισμών. Αποτελεί δημιούργημα του U.S.G.B.C -U.S. Green Building Council (Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των Η.Π.Α.) και άρχισε να εφαρμόζεται πιλοτικά το 1998. Το L.E.E.D. ενθαρρύνει και επιταχύνει την υιοθέτηση πρακτικών για βιώσιμα και πράσινα κτίρια και οικισμούς σε διεθνές επίπεδο μέσω δημιουργίας και εφαρμογής διεθνώς κατανοητών και αποδεκτών κριτηρίων αναφοράς, τα οποία περιλαμβάνουν εφιστάμενα και νέα πρότυπα, εργαλεία και κριτήρια απόδοσης. Το L.E.E.D. Rating System:

- Έχει εθελούσια βάση
- Market – driven
- Βασίζεται σε κοινές παραδοχές

Οι βασικές κατηγορίες/παράγοντες βαθμολόγησης λειτουργιών και χαρακτηριστικών με τις οποίες ασχολείται σε ένα έργο η μέθοδος LEED είναι:

1.Γενική Βιωσιμότητα:

Ενθαρρύνει τις στρατηγικές που ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τους υδάτινους πόρους.

2.Ορθολογική χρήση υδάτων:

Ενθαρρύνει την έξυπνη χρήση του νερού, μέσα και έξω από το κτίριο, με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης πόσιμου νερού.

3.Ενέργεια και Ατμοσφαιρική Ρύπανση:

Ενθαρρύνει την βέλτιστη ενεργειακή απόδοση κτιρίου μέσω καινοτόμων στρατηγικών.

4.Υλικά και Φυσικοί Πόροι:

Ενθαρρύνει τη χρήση βιώσιμων δομικών υλικών και τη μείωση των αποβλήτων.

5.Περιβαλλοντική ποιότητα εσωτερικού χώρου:

Ενθαρρύνει την βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και την πρόσβαση σε φυσικό φως και θέα.

Αναλυτικά, όσον αφορά τη δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στο κεφάλαιο 2 θα γίνει η παρουσίαση και περιγραφή των τεχνικών έργων τα οποία επιλέχθηκαν να μελετηθούν, των οποίων η αξιολόγηση της απόδοσης τους θα γίνει με κριτήρια οικονομοτεχνικά, σε διαφορετικές περιοχές ανά τον κόσμο. Κατόπιν θα διερευνηθεί η επίδραση των γεωγραφικών και κλιματικών συνθηκών στην απόδοση της κατασκευής και περαιτέρω στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι και το ζητούμενο. Εν κατακλείδι, θα είμαστε σε θέση να συμπεράνουμε εάν η τεχνογνωσία είναι σε θέση να αποδώσει τόση ηλεκτρική ενέργεια όση απαιτείται για τη λειτουργία του εκάστοτε σχεδιασθέντος τεχνικού έργου, καθώς και μια ενδεικτική τιμή του χρόνου απόσβεσης του.

Στο κεφάλαιο 3, αναφέρονται οι μεθολογίες, τα διαγράμματα και οι πίνακες οι οποίοι αποτελούν ορόσημο και χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς στο επόμενο κεφάλαιο. Στο κεφάλαιο 4 λοιπόν, θα γίνει μια αποτίμηση των δεδομένων που έχουμε συλλέξει για το κάθε έργο και την περιοχή του, αξιολογώντας τα αποτελέσματα για την

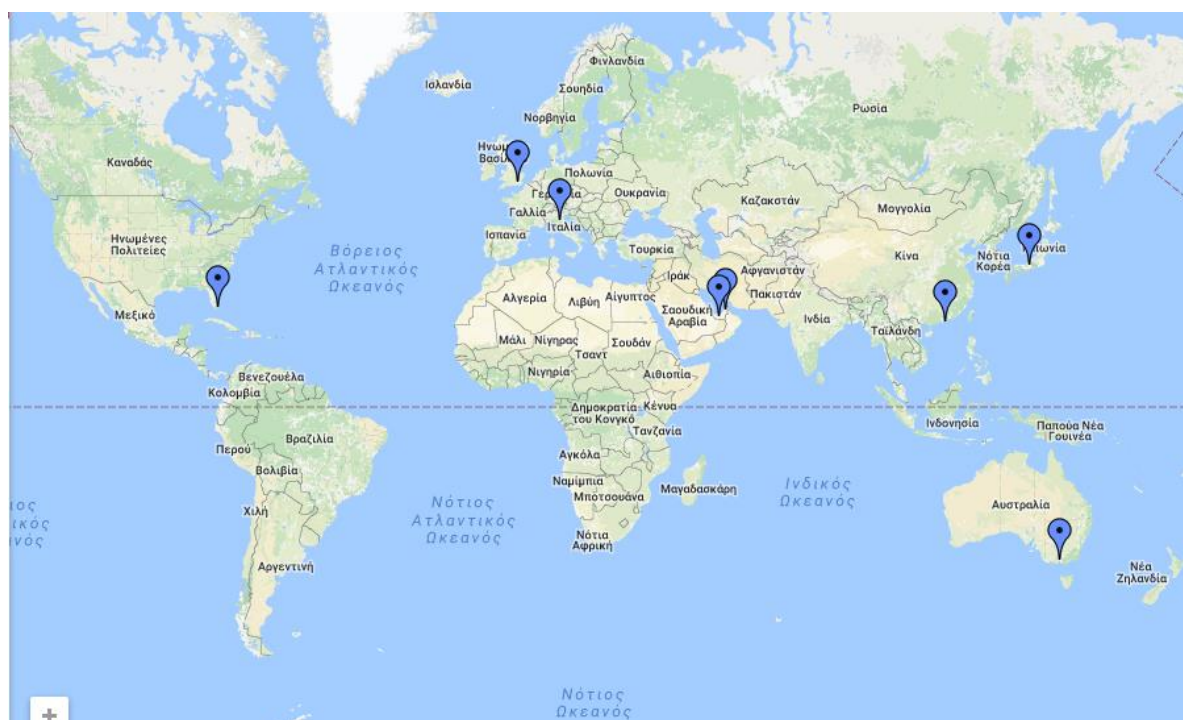
παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και συγκρίνοντας τα με αυτά που δίνονται στη δημοσιότητα από τους κατασκευαστές, κρίνοντας εάν είναι αληθή ή όχι. Στο κεφάλαιο 5, θα δοθούν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την έρευνα αποτίμησης των παρακάτω τεχνικών έργων αλλά και λύσεις για εφαρμογή στον ελληνικό χώρο.

Τέλος, αναγράφεται η βιβλιογραφία και παρατίθενται τοποθεσίες του ιστότοπου που αποτέλεσαν τη βάση στην οποία εδράστηκε η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

## Κεφάλαιο 2

### 2.1. Παρουσίαση τεχνικών έργων

Στόχος αυτής της εργασίας είναι, μέσα από μια ποικιλία τεχνικών έργων τα οποία χρησιμοποιούν πρωτότυπα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη γενικότερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συγκριτικά με το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης τους. Στον παρακάτω παγκόσμιο χάρτη (βλ. Εικόνα 2.1: Προσδιορισμός των εξετασθέντων τεχνικών έργων στον παγκόσμιο χάρτη) απεικονίζονται οι τοποθεσίες του εκάστοτε έργου. Η τοποθεσία του κάθε έργου παίζει πρωτεύων ρόλο στην αξιολόγηση του συστήματος του, καθώς επηρεάζει και διαμορφώνει άμεσα την απόδοσή του, η οποία αναλυτικότερα διαμορφώνεται με βάση τις καιρικές συνθήκες, το κλίμα, την ηλιακή ακτινοβολία, τη γεωγραφική θέση κλπ. Παρακάτω φαίνεται και ένας συγκεντρωτικός πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται τα τεχνικά έργα (βλ. Πίνακας 2.1: Κατάταξη έργων)



Εικόνα 2.1: Προσδιορισμός των εξετασθέντων τεχνικών έργων στον παγκόσμιο χάρτη



<b>Όνομασία Έργου</b>	<b>Τύπος Ενέργειας</b>	<b>Τοποθεσία Έργου</b>
1. Strata Tower SE1	Αιολική	London
2. Solar ark	Ηλιακή	Gifu, Japan
3. Cor	Αιολική	Miami
4. CH2 (Council House 2)	Μικτή	Melbourne, Australia
5. Solar Wind Bridge	Μικτή	Between Bagnera and Scilla, Italy
6. PWC (PriceWaterhouse Coopers)	Ηλιακή	London
7. IRENA'S headquarters	Ηλιακή	Abu Dhabi
8. Dynamic Tower	Αιολική	Dubai
9. Olympian City	Υδροηλεκτρική	Hong Kong

Πίνακας 2.1: Κατάταξη έργων

### 2.1.1. Strata Tower SE1

Το Strata SE1 ή όπως αλλιώς είναι γνωστό σαν 'ηλεκτρικό ξυράφι', είναι ένα κτίριο ύψους 148 m και 43 ορόφων, αποτελείται κυρίως από διαμερίσματα και βρίσκεται στην περιφέρεια του Southward του Λονδίνου (βλ. εικόνα 2.2: Όψεις κτιρίου). Η κατασκευή του ξεκίνησε το 2007 και ολοκληρώθηκε το 2010. Το συνολικό του κόστος ξεπέρασε τις 113.000.000 £. Σχεδιάστηκε από την αρχιτεκτονική εταιρεία BFLS και τους Hamilton's, ενώ ο βασικός του κατασκευαστής ήταν η εταιρεία Brookfield Multiplex.



Εικόνα 2.2: Όψεις κτιρίου

Το επάνω μέρος του κτιρίου αποτελείται από 3 ανεμογεννήτριες οι οποίες παράγουν και καλύπτουν το 8% των αναγκών του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια (βλ εικόνα 2.3: λεπτομέρεια τουρμπίνας). Είναι το πρώτο κτίριο στον κόσμο το οποίο καταφέρνει να ενσωματώσει τις ανεμογεννήτριες σαν μέρος της δομής του. Αρχικά προτάθηκε, και εφαρμόστηκε ένα συνδυαστικό σύστημα θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο παρέχει βιώσιμη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με πρόβλεψη για τη συλλογή όμβριων υδάτων προς επαναχρησιμοποίηση. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Strata\\_SE1](https://en.wikipedia.org/wiki/Strata_SE1))



Εικόνα 2.3: Λεπτομέρεια τουρμπίνας

Το κόστος ενέργειας ανά διαμέρισμα, προβλέπεται να είναι έως και 40% λιγότερο από ένα μέσο τυπικό Βρετανικό διαμέρισμα. Το κτίριο είναι επιστρωμένο με μια υψηλής θερμικής απόδοσης πρόσοψη, περίπου 50% αποδοτικότερη από αυτές των τωρινών οικοδομικών κανονισμών. Έχει αποσπάσει πολλαπλά βραβεία όπως 2010 Concrete Society Awards, The Green Apple Awards 2011, Structural Steel Design Awards 2010, City of London Sustainable City Awards 2011 και πολλά ακόμη.

Με 408 διαμερίσματα, το Strata θα αποτελεί την οικία για πάνω από 1000 ενοίκους. Προσφέρει μια ποικιλία χώρων για εμπορικά και μεσιτικά γραφεία, με τη μορφή μετοχικών κεφαλαίων, σε προσιτές κατοικίες ώστε να ικανοποιηθούν άμεσα οι τοπικές ανάγκες για στέγαση. Η ομάδα που ανέλαβε το σχεδιασμό του δούλεψε στενά με τους μηχανικούς της εταιρείας WSP ώστε να τελειοποιήσουν το αρχικό σχέδιο του κτιρίου στα πλαίσια του πυρήνα, σχετικά με τους κοινούς χώρους με τη χρήση προεντεταμμένων πλακών για την περαιτέρω μείωση του πάχους των πλακών επιτρέποντας μεγαλύτερα ύψη από όροφο σε όροφο.

( <http://www.archdaily.com/70142/strata-se1-bfls> )

Με 147 m ύψος, το πρόσφατα ανοιχτό προς το κοινό Strata είναι το υψηλότερο κτίριο κατοικιών του Λονδίνου. Τα πτερύγια των εννέα μέτρων, στεγάζονται σε μία από τις τρεις ανεμογεννήτριες που στέκονται σε αυτόν τον πύργο που ανεβαίνει πάνω από το Elephantand Castle, μια περιοχή της πόλης που δεν είναι γνωστή για τα εντυπωσιακά της ρετιρέ, όπως το strata. Αλλά το Elephantand Castle, υφίσταται μια μαζική αν και αργή μετάβαση από μια θορυβώδη κατάσταση με οδικές διασταυρώσεις, υπόγειες διαβάσεις και τεράστιες κατοικίες σε αυτό που ελπίζει το Borough of Southward να αναπτύξει ένα μοντέλο ανανέωσης εσωτερικών πόλεων, της τάξης των 1,5 £ δις.

Το σχέδιο δημοσιοποιήθηκε για πρώτη φορά πριν από έξι χρόνια, το 2001, και οι εργασίες προβλεπόταν να ολοκληρωθούν πριν από το 2020. Πρόκειται για μια τεράστια πρόκληση, καθώς και μια ευκαιρία, και το Strata των 113.500.000 £, ο πρώτος από τους τρεις σχεδιαζόμενους ουρανοξύστες που αποτελεί σύμβολο του δυναμισμού και της πρωτοπόρας ενέργειας. Αν οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν όπως είχε προγραμματιστεί και δεν είναι πολύ θορυβώδεις για τους κατοίκους στα ακριβά ρετιρέ που βρίσκονται κάτω από αυτούς, θα πρέπει να παράγουν το 8% των ενεργειακών αναγκών των 43 ορόφων. Αυτό είναι κατά προσέγγιση αρκετό για την εκτέλεση των ηλεκτρικών και μηχανικών υπηρεσιών του (συμπεριλαμβανομένων των αυτόματων εγκαταστάσεων καθαρισμού παραθύρων), καθώς και του φωτισμού, θέρμανσης και αερισμού των δημόσιων χώρων του, που περιλαμβάνουν ένα υπόγειο πάρκο αυτοκινήτων και ποδηλάτων.

Το Strata είναι το πρώτο κτίριο στον κόσμο που ενσωματώνει τις ανεμογεννήτριες στη δομή του. Παρόλο που το νέο Παγκόσμιο Κέντρο Εμπορίου του Μπαχρέιν, από την εταιρεία Atkins, διαθέτει και αυτό τρεις γιγάντιους στροβίλους, αλλά αυτές τοποθετούνται σε ασάλινες δοκούς που συνδέουν τους δίδυμους πύργους τους και δεν αποτελεί μέρος των πραγματικών πύργων. Παρόλο που μπορούμε να εγγυηθούμε για τη δύναμη των νοτιοδυτικών που θα μεταμορφώσει τις ανεμογεννήτριες του Strata, και οι τουρμπίνες του δεν έχουν προηγούμενο, είναι κάτι παραπάνω από ξεκάθαρο ότι αυτή η στέγη ήταν εξαιρετικά δύσκολο να κατασκευαστεί.

(<https://www.theguardian.com/artanddesign/2010/jul/18/strata-tower-london-green-architecture> )

### 2.1.2. SolarArk

Το Solar ark, σε σχήμα κιβωτού, είναι ένα μουσείο επιστήμης, βρίσκεται στην Ιαπωνία και κατασκευάστηκε τον Απρίλιο του 2002. Αποτελεί ουσιαστικά μια ηλιακή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει πλάτος 315 m και ύψος 37 m ενώ αποτελείται από πάνω από 5000 ηλιακούς συλλέκτες (βλ. εικόνα 2.4: πρόσοψη κτιρίου). Στο κέντρο του βρίσκεται το 'Solar Lab', ένα μουσείο για την ηλιακή ενέργεια.



Εικόνα 2.4: Πρόσοψη κτιρίου

Το Solar ark κατασκευάστηκε από τη Sanyo Electric Co. Ο σχεδιασμός του κτιρίου είναι εμπνευσμένος από το όραμα μιας κιβωτού επιχειρώντας ένα ταξίδι στον 21ο αιώνα, γι' αυτό και το συμβολικό του αυτό σχήμα.

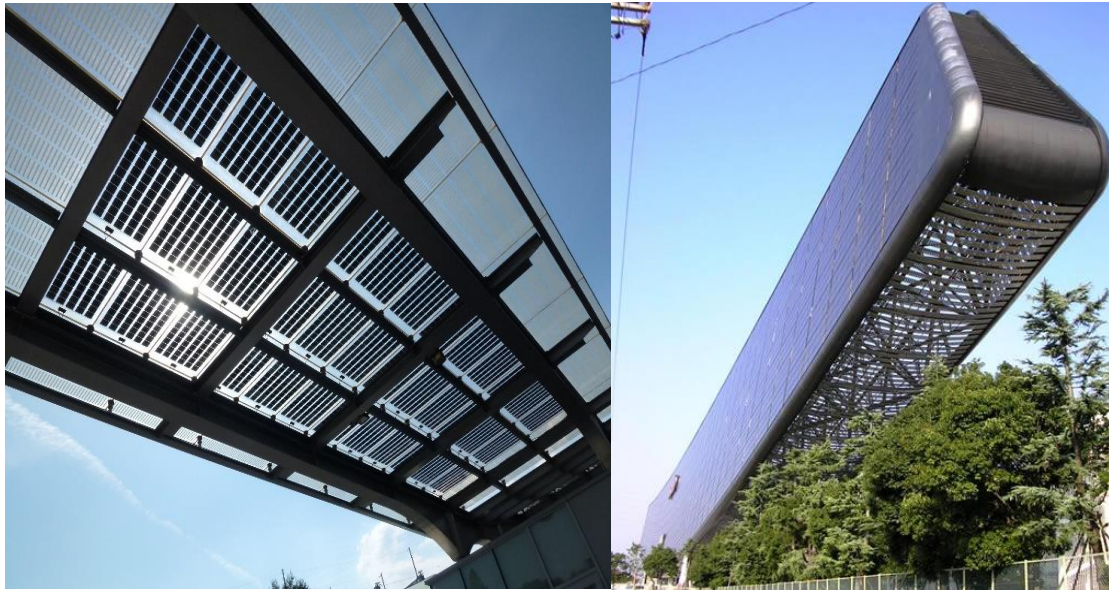
Αρχικά η Sanyo Electric είχε την πρόθεση να δημιουργήσει το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό σύστημα στον κόσμο, παραγωγόμενης ισχύος 3,4 MW με την ευκαιρία της 50ής επετείου του οργανισμού. Μέχρι το 1998, οι σχεδιαστές είχαν ήδη συζητήσει για το σχεδιασμό της ηλιακής κιβωτού. Η Sanyo σχεδίαζε να χρησιμοποιήσει την ηλιακή τεχνολογία αιχμής που διέθετε εκείνη τη χρονική περίοδο, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό κρυσταλλικού πυριτίου και άμορφου πυριτίου λεπτού υμένα, με απόδοση 14-15%.

Ωστόσο, κατά τον αρχικό σχεδιασμό, η Sanyo έπρεπε να ανακαλέσει αρκετά μονοκρυσταλλικά κύτταρα, τα οποία ήταν τα προγενέστερα της προαναφερόμενης τεχνολογίας, λόγω ανεπαρκούς παραγωγής. Ακόμα πιο εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα μονοκρυσταλλικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ηλιακή κιβωτό ήταν εργοστασιακά απορρίμματα τα οποία κατευθύνονταν προς τις χωματερές. Η Panasonic εξαγόρασε τη Sanyo και στο πλαίσιο της στρατηγικής της για την εταιρική αναδιάρθρωση και αλλαγή σήματος, το κόκκινο λογότυπο Sanyo στην ηλιακή κιβωτό αντικαταστάθηκε με ένα μπλε λογότυπο της Panasonic τον Αύγουστο του 2011.

Το σχέδιο της ηλιακής κιβωτού εμπνεύστηκε από το όραμα μιας κιβωτού που ξεκίνησε ένα ταξίδι στον 21ο αιώνα. Αυτή η ιδέα οδήγησε στο μέγεθος αυτό που παρατηρούμε ενώ το συνολικό συμβολικό του σχήμα είναι ένα παράδειγμα παραγωγής καθαρής ενέργειας. Συνολικά, το οπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε για τη βάση της κατασκευής ήταν 3294,48 m<sup>2</sup>. Από το ένα άκρο στο άλλο, το συνολικό μήκος της ηλιακής κιβωτού είναι 315 m ενώ σε ύψος είναι 31,6 m από το κέντρο της δομής της. Υπάρχουν συνολικά 5.046 ηλιακοί συλλέκτες. Δύο μονάδες ηλιακών κυττάρων μονοκρυσταλλικού πυριτίου ανά τετραγωνικόσυν αρμολογήθηκαν στο έδαφος και 470 μονάδες ανυψώθηκαν και προσαρτήθηκαν στο κύριο σώμα της ηλιακής κιβωτού. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_Ark](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Ark))

Το βάρος του πραγματικού σώματος της κιβωτού (χωρίς τους πυλώνες) είναι 3.000 mt (μετρικοί τόνοι) και είναι κατασκευασμένο από δομικό χάλυβα, το οποίο έχει περίπου δύο φορές μεγαλύτερη αντοχή από τον κανονικό χάλυβα και είναι συγκριτικά λεπτότερο από τον χάλυβα. Αυτό το δομικό υλικό δίνει την εντύπωση ότι η ηλιακή κιβωτός είναι αναρτημένη στον αέρα. Κάθε στήλη έχει διάμετρο 2 m και μήκος 31 m (βλ. εικόνα 2.5: κατασκευαστικές λεπτομέρειες).





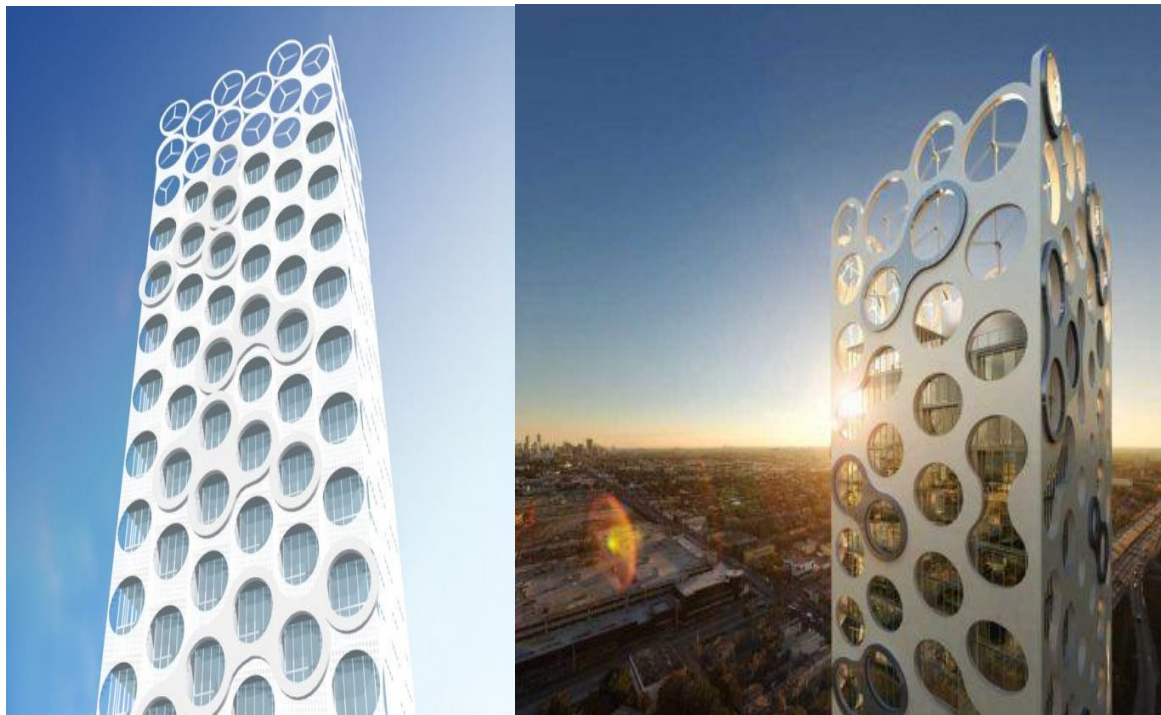
Εικόνα 2.5: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Το Μουσείο Ηλιακής Ενέργειας, το οποίο βρίσκεται κεντρικά της δομής του κτιρίου, είναι χωρισμένο δομικά από την ίδια την ηλιακή κιβωτό. Πρόκειται για ένα μουσείο και ένα εκθεσιακό κέντρο που παρέχει ως επί το πλείστον πληροφορίες για την ηλιακή ενέργεια. Υπάρχουν αρκετές εκθέσεις, εργαστήρια και μαθήματα επιστήμης που διεξάγονται στο ηλιακό εργαστήριο. Το ηλιακό εργαστήριο χωρίζεται σε δέκα ζώνες που παρέχουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων για τους επισκέπτες. Ορισμένες από αυτές τις δραστηριότητες περιλαμβάνουν έναν προσομοιωτή ηλιακού συστήματος, έναν τοίχο περιπέτειας, μια καλλιτεχνική προσέγγιση στον ήλιο, μια ηλιακή βιβλιοθήκη και ένα κατάστρωμα ελέγχου, όπου οι επισκέπτες μπορούν να δουν δεδομένα πραγματικού χρόνου σχετικά με την ισχύ που παράγεται από την ηλιακή κιβωτό.

Τοποθετημένο δίπλα από το εργοστάσιο ημιαγωγών της Sanyo, στο Gifu της Ιαπωνίας, είναι ένα από τα καλύτερα παραδείγματα κτιρίων με ενσωματωμένο σχεδιασμό φωτοβολταϊκών μέχρι σήμερα. Το κτίριο αυτό έχει λάβει πολλά βραβεία κατά τη διάρκεια λειτουργίας του, όπως το Good Design Award 2002 Architecture and Environment Design, The 5th "Renewing Your Hometown" 21st Century Fine Art Awards, Energy Publicity Center Award for PR Activity 2004 και πολλά ακόμη. (<https://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/>)

### 2.1.3. Cor

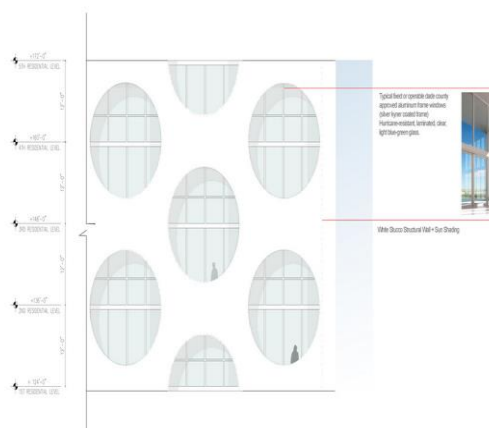
Το κτίριο αυτό είναι το πρώτο στο Μαϊάμι στο οποίο επιτεύχθηκε η συγκυριαρχία πολλών υλικών και συστημάτων (βλ. εικόνα 2.6: Γενική όψη κτιρίου). Με ύψος 400 m, αποτελεί μια δυναμική συνέργεια μεταξύ αρχιτεκτονικής, δομικής κατασκευαστικής και οικολογίας. Αντλώντας ενέργεια από το περιβάλλον του, και χρησιμοποιώντας τις τελευταίες τεχνολογίες σε τουρμπίνες, φωτοβολταϊκά και ηλιακή παραγωγή ζεστού νερού, το COR δικαιωματικά διεκδικεί την πιστοποίηση LEED Platinum (βλ. εικόνα 2.7: λεπτομέρεια εξωσκελετού).



Εικόνα 2.6: Γενική Όψη κτιρίου

Ο εξωσκελετός του κτιρίου είναι μια υπερ-αποδοτική και πρωτότυπη δομή, που παρέχει στο κτίριο μια συγκεκριμένη ποσότητα θερμικής μάζας για μόνωση, σκίαση των κατοίκων και αρχιτεκτονικά στοιχεία όπως βεράντες και οπλισμοί οι οποίοι στηρίζουν τους στρόβιλους (βλ. εικόνα 2.8: Λεπτομέρεια κατασκευής). Με στόχο να προσελκύσει δημιουργικές και προσανατολισμένες στο σχεδιασμό επιχειρήσεις και επαγγελματίες, ο εσωτερικός χώρος του κτιρίου διαθέτει κομψούς εμπορικούς χώρους αλλά και άνετους χώρους κατοικίας με τιμές που κυμαίνονται από \$400.000 έως \$2.000.000.





Εικόνα 2.7: Λεπτομέρεια εξωσκελετού

Κάθε χώρος διαμονής περιλαμβάνει έξυπνες συσκευές ηλεκτρικού ρεύματος, δάπεδο από ανακυκλωμένο γυαλί και διαδρόμους με επένδυση από μπαμπού. Συνολικά το κτίριο φιλοξενεί 113 οικιστικές μονάδες, 6.126 m<sup>2</sup> χώρους γραφείων και 1645 m<sup>2</sup> εμπορικούς χώρους, μέσα στους οποίους περιλαμβάνεται ήδη μια καφετέρια και ένα κατάστημα επίπλων. Η ολοκλήρωση του κτιρίου πραγματοποιήθηκε το 2009, με την πρωτοποριακή τελετή εγκαινίων του το 2007 ενώ το συνολικό του κόστος αναμένεται να φτάσει στα 40.000.000 \$ (<http://www.archdaily.com/87063/cor-oppenheim-architecture-design>).

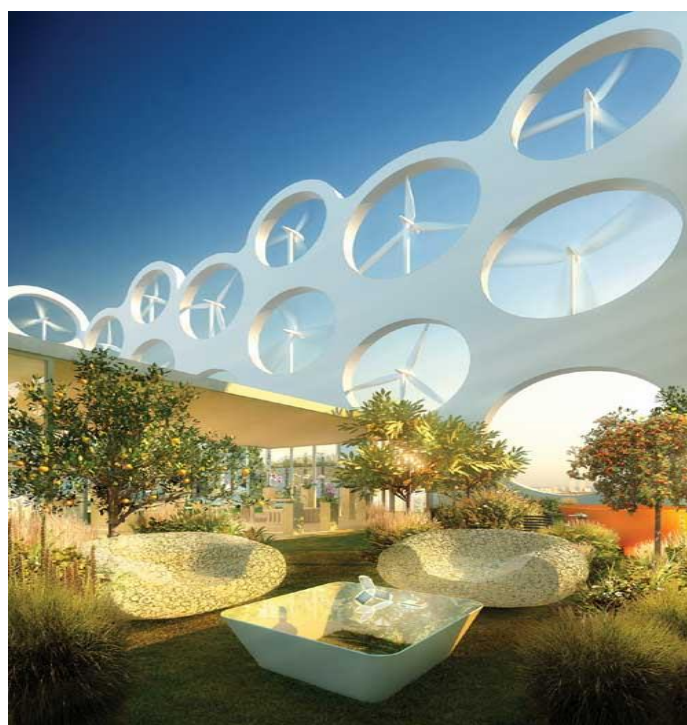


Εικόνα 2.8: Λεπτομέρεια κατασκευής

Κάποιες από τις τεχνικές περιβαλλοντικού σχεδιασμού οι οποίες ενσωματώθηκαν στο σχεδιασμό, περιλαμβάνονται παρακάτω:

- Επιτόπιες εγκαταστάσεις ανανεώσιμης ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά πάνελ, ανεμογεννήτριες και ζεστό νερό από τα ηλιακά
- Gray water system: Το σύστημα αυτό συγκεντρώνει όλα τα απόβλητα που παράγονται σε νοικοκυριά ή κτίρια γραφείων τα οποία δεν περιέχουν περιττωματική μόλυνση με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους
- ‘Πράσινο’ roof garden (βλ. εικόνα 2.9: Λεπτομέρεια ταράτσας) για τα ρετιρέ με κήπο χαμηλών αναγκών σε νερό και πισίνα κατασκευασμένη από ανανεώσιμα υλικά.

(<https://inhabitat.com/new-green-tower-in-miami-the-cor-building/>)



Εικόνα 2.9: Λεπτομέρεια ταράτσας

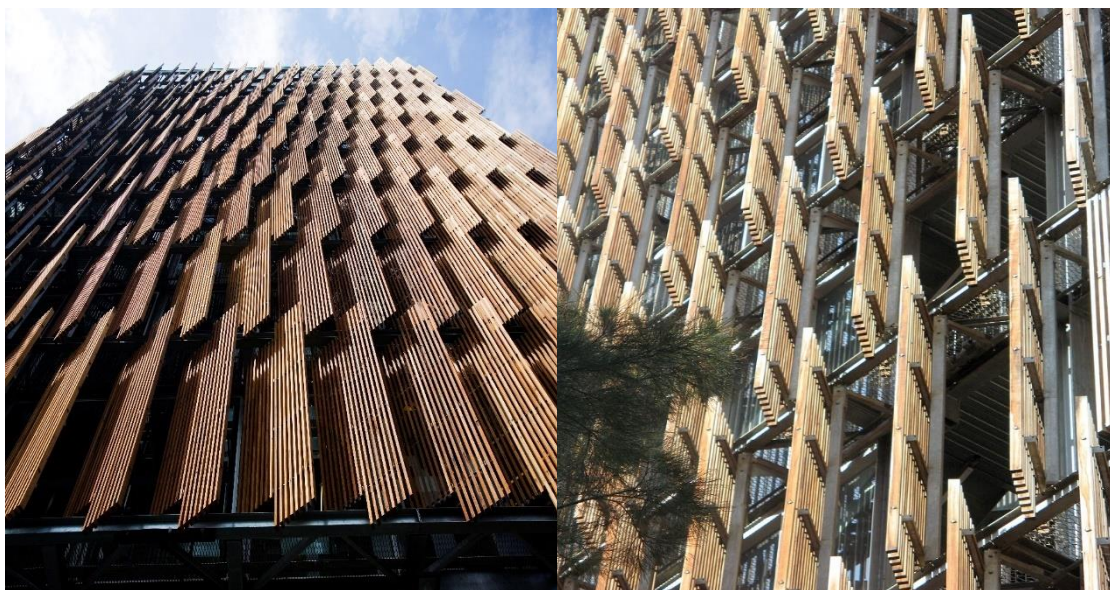
### 2.1.4. CH2 (Council House 2)

Στο κτίριο αυτό στεγάζονται γραφεία και εταιρείες ενώ χρησιμοποιείται κυρίως από το συμβούλιο της πόλης της Μελβούρνης. Τον Απρίλιο του 2005, έγινε το πρώτο κτίριο στην Αυστραλία, ειδικά διαμορφωμένο για γραφεία, το οποίο απέκτησε 6 ‘πράσινα αστέρια’, πιστοποιημένο από το Green Building Council of Australia. Το CH2 επισήμως δόθηκε στο κοινό για χρήση τον Αύγουστο του 2006.

Το CH2 χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τη φυσική μεταφορά αέρα και θερμότητας, μεταφορά θερμικής μάζας, ανεμιστήρες, υλικό αλλαγής φάσης και νερό για ψύξη. Μια άλλη στρατηγική που χρησιμοποιείται από τη φύση είναι το σύστημα του δέρματος. Η πρόσοψη αποτελείται από το εξωτερικό περίβλημα και το εσωτερικό στρώμα. Το εσωτερικό στρώμα σχεδιάστηκε με ελαφριά κατασκευή χρησιμοποιώντας ένα χαλύβδινο πλαίσιο. Το εξωτερικό περίβλημα παρέχει το μικροπεριβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του πρωτεύοντος ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας και του φωτός για το κτίριο, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα ημίκλειστο μικροπεριβάλλον.

(βλ. Εικόνα 2.10: Λεπτομέρεια πρόσοψης)

([https://en.wikipedia.org/wiki/Council\\_House\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Council_House_2))



Εικόνα 2.10: Λεπτομέρεια πρόσοψης

Το κτίριο αποτελείται από 10 ορόφους ενώ η έκταση που καταλαμβάνει είναι 12.536 m<sup>2</sup>. Σε σύγκριση με ένα κτίριο χαμηλότερης κατηγορίας στην παραπάνω πιστοποίηση οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι κατά 64% χαμηλότερες ενώ συγκρινόμενο με το τωρινό κτίριο του Συμβουλίου αναμένεται :

- Η μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 85%
- Η μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου κατά 87%
- Η παραγωγή μόνο 13% των εκπομπών των ρύπων
- Η μείωση της κεντρικής παροχής νερού κατά 72%

Κάποια από τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα περιλαμβάνουν νέες οθόνες υπολογιστών LCD, οι οποίες θα καταναλώνουν 77% λιγότερη ενέργεια, και νέες τεχνολογίες σε εξαρτήματα φωτός τα οποία θα καταναλώνουν 65% λιγότερη ενέργεια. Εξίσου σημαντικό για τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του είναι ότι παρέχει 100% καθαρό αέρα σε όλους τους χρήστες του, μέσω μίας πλήρης αλλαγής αέρα κάθε μισή ώρα.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτέλεσε την κύρια συνιστώσα στο σχεδιασμό του κτιρίου. Το σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και ψύξης (hvac) σχεδιάστηκε με στρατηγικές που λαμβάνονται από ένα σύστημα κάτω από το κτίριο. Ο δροσερός άνεμος τραβιέται στη βάση του κτιρίου, μέσω των καναλιών και η «ψυχρότητα» αποθηκεύεται χρησιμοποιώντας υγρό χώμα στη βάση του κτιρίου. Καθώς ο αέρας θερμαίνεται, ρέει προς τα πάνω και έξω από το ανάχωμα μέσω των αεραγωγών. Αυτό δίνει στο κτίριο τη δυνατότητα να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία.

Γενικότερα, το σύστημα HVAC, είναι ένα σύνολο στοιχείων τα οποία διατηρούν τις επιθυμητές περιβαλλοντικές συνθήκες σε ένα χώρο. Σε σχεδόν κάθε εφαρμογή του συστήματος αυτού, ο μηχανικός ο οποίος το σχεδιάζει, έχει πολλές επιλογές ώστε να πετύχει τον παραπάνω βασικό σκοπό. Πρέπει να εξετάσει όλα τα διαθέσιμα κριτήρια για την επίτευξη του λειτουργικού στόχου. Τα συστήματα HVAC κατηγοριοποιούνται με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θέρμανσης, του εξαερισμού και κλιματισμού στην κάθε περιοχή. Είναι επιτακτική ανάγκη ο μηχανικός και ο ιδιοκτήτης να συνεργάζονται για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των κριτηρίων που σχετίζονται



με το στόχο. Η διαδικασία θέρμανσης και ψύξης, ο αερισμός και η θερμοκρασία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, καθώς και τα παρακάτω:

- Υγρασία
- Κατεύθυνση κίνησης αέρα
- Ποιότητα αέρα
- Εναλλαγή αέρα ανά χρονική περίοδο
- Απαιτήσεις ταχύτητας αέρα ή/και νερού
- Τοπικό κλίμα
- Χωρικές απαιτήσεις
- Κόστος κατασκευής, συντήρησης

Επειδή αυτοί οι παράγοντες είναι αλληλένδετοι, ο ιδιοκτήτης και ο μηχανικός πρέπει να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο τα κριτήρια αυτά επηρεάζουν τον κάθε ένα. Οι παραπάνω βέβαια στόχοι και κριτήρια διαφέρουν στο κάθε ένα έργο και θα πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα.

(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2004)

Συνεχίζοντας με το κτίριο CH2, οι σωλήνες εξαερισμού έχουν τοποθετηθεί στις βόρειες και νότιες προσόψεις του κτιρίου. Αυτοί οι σωλήνες χρησιμοποιούνται για να διοχετεύουν αέρα. Οι βόρειοι σωλήνες λαμβάνουν περισσότερο ήλιο, για αυτό το λόγο επιλέχθηκε να είναι μαύροι για να απορροφούν τη θερμότητα, γεγονός που με τη σειρά του ενθαρρύνει τον ζεστό αέρα από το κτίριο να σηκωθεί από τους σωλήνες. Οι νότιοι σωλήνες χρησιμοποιούνται για τη διοχέτευση του κρύου αέρα μέσω των αεραγωγών, οι οποίοι προσφέρουν επίσης σκίαση για τα παράθυρα γραφείων.

(βλ. εικόνα 2.11: Όψη κτιρίου)



Εικόνα 2.11: Όψη κτιρίου

Η οροφή κατασκευάστηκε από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα, με κυματιστό σχήμα, για τη βελτιστοποίηση της επιφάνειας, γεγονός που επιτρέπει την αύξηση της θερμικής χωρητικότητας. Η θερμική μάζα στο σκυρόδεμα αποβάλλεται τη νύχτα, μέσα από ένα νυκτερινό καθαρισμό, απορροφώντας το «ψυχρό» από τον νυκτερινό αέρα και επιτρέποντάς του να απορροφήσει θερμότητα από το χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με το «κυματιστό» σχέδιο, ο θερμαινόμενος αέρας συλλέγεται στο ύψος της οροφής και στη συνέχεια διοχετεύεται εκτός του κτιρίου και μέσα στις στους σωλήνες εξαερισμού (βλ. εικόνα 2.12: Λεπτομέρεια ταράτσας)

Η ψύξη με ακτινοβολία είναι επίσης μια στρατηγική που χρησιμοποιείται για τη διακίνηση κρύου νερού μέσω δοκών και οροφών. Τα ψυχόμενα πάνελ ψύχουν τον ζεστό αέρα, ο οποίος στη συνέχεια πέφτει, δημιουργώντας ένα φυσικό ρεύμα μεταφοράς. Το υλικό για την αλλαγή φάσης χρησιμοποιείται για να ψύχει το νερό προς τις παγωμένες δοκούς και πλαίσια και βοηθάει αποτελεσματικά να κρατήσει το νερό που κυκλοφορεί μέσω των δοκών και των φατνωμάτων σε επιθυμητή θερμοκρασία. Το υλικό αλλαγής φάσης αναφέρεται συχνά ως «μπαταρία» του κτιρίου λόγω του σκοπού του να αποθηκεύει την «ψυχρότητα».

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός τέτοιου συστήματος εξαερισμού περιλαμβάνουν αυξημένη αποτελεσματικότητα μείωσης κόστους κατά τη λειτουργία, βελτιωμένη ποιότητα αέρα, μεγαλύτερη λειτουργική αποτελεσματικότητα, ησυχία και τελικά ευελιξία σε ολόκληρο το κτίριο. Η ελάχιστη απαίτηση για καθαρό αέρα στο κτίριο είναι 22,5 λίτρα / δευτερόλεπτο / άτομο. Αυτό το νούμερο είναι πολύ υψηλότερο από το αυστραλιανό πρότυπο των 10 λίτρων / δευτερόλεπτο / άτομο. Το υψηλότερο ποσοστό κύκλου εργασιών επιλέχθηκε επειδή οι έρευνες έχουν δείξει ότι οι χαμηλές απαιτήσεις για καθαρό αέρα μπορούν να συνδεθούν άμεσα με χαμηλή παραγωγικότητα και ασθένεια, συμπεριλαμβανομένων των κρυολογημάτων και της γρίπης.



Εικόνα 2.12: Λεπτομέρεια ταράτσας

Το κτίριο στεγάζει επίσης 48 m<sup>2</sup> ηλιακών συλλεκτών, τα οποία παρέχουν το 60% των αναγκών σε ζεστό νερό καθώς και μια μονάδα συμπαραγωγής με φυσικό αέριο το οποίο παρέχει το 40% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου με μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Από το συνολικό κόστος κατασκευής των 51.000.000 \$ τα 12.000.000 \$ επενδύθηκαν στον τομέα της ενέργειας, του νερού και σε διάφορες καινοτομίες για τη διαχείριση των αποβλήτων. Ο χρόνος απόσβεσης εκτιμάται, από τους κατασκευαστές, να είναι λιγότερος από 10 χρόνια.

<http://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc>



### 2.1.5. Solar Wind Bridge

Αυτή η πρωτότυπη γέφυρα βρίσκεται μεταξύ Bagnera και Scilla στην Ιταλία και έχει μήκος 20 km. Μια γέφυρα η οποία επαναπροσδιορίζει τις εγκαταλελλημένες οδογέφυρες, παράγει ενέργεια και έχει μια φουτουριστική κομψότητα. Η νότια Ιταλία έχει διάσπαρτες, μη χρησιμοποιούμενες οδογέφυρες, και αντί να ξοδευτούν 50.000.000 \$ για να κατεδαφιστούν, διοργανώθηκε κοντά στην Calabria ο διαγωνισμός “Solar Park South”, προς όλους τους αρχιτέκτονες και μηχανικούς ζητώντας τους να ανακατασκευαστούν οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις με έναν τρόπο φιλικό στο περιβάλλον (βλ εικόνα 2.13: Όψη κύριου κορμού γέφυρας με ανεμογεννήτριες).

(<https://inhabitat.com/solar-wind-turbine-bridge-repurposes-viaduct-for-public-space/solarwind2>)



Εικόνα 2.13: Όψη κύριου κορμού γέφυρας με ανεμογεννήτριες

Η ομάδα η οποία ανέλαβε τελικά την κατασκευή του έργου πρότεινε την τοποθέτηση 26 ανεμογεννητριών και ηλιακών πάνελ, τοποθετημένα στρατηγικά σε κάποια σημεία, τόσο πάνω στην οδογέφυρα όσο και πλευρικά, τα οποία θα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Προτάθηκε επίσης η δημιουργία μικρών μαγαζιών τα οποία θα εμπορεύονται φρούτα και λαχανικά από τοπικούς αγρότες (βλ. εικόνα 2.14: κάτοψη γέφυρας).



Εικόνα 2.14: Κάτοψη γέφυρας

Οι ανεμογεννήτριες θα λειτουργούν κυρίως στα μεγαλύτερα υψόμετρα, (όπου και οι ταχύτητες του ανέμου θα είναι μεγαλύτερες) επιτρέποντας έτσι τη συλλογή της ενέργειας με δυο τρόπους: αιολική ενέργεια από τις εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες και μέσω της οδού η οποία προβλέπεται να είναι επιστρωμένη με ένα πυκνό δίκτυο ηλιακών κυττάρων το οποίο θα καλύπτεται από ένα διαφανές και εξαιρετικά ανθεκτικό πλαστικό, το οποίο αυξάνει την παραγωγή ενέργειας. Αυτή η επιφάνεια θα μπορούσε να προσφέρει περίπου 11,2 GWh ετησίως. Οι σχεδιαστές του υποστηρίζουν ότι το σύστημα αυτό σε συνδυασμό με τις 26 ανεμογεννήτριες θα παρέχει αρκετή ηλιακή ενέργεια ώστε να τροφοδοτούνται 15.000 σπίτια στη γύρω περιοχή.

Η θέση της γέφυρας καθώς ανυψώνεται πάνω από ένα φαράγγι, είναι η βέλτιστη για τη χρήση του ανέμου ως κύρια πηγή ενέργειας (βλ. εικόνα 2.15: Λεπτομέρεια ανεμογεννητριών). Το ίδιο ισχύει και για την ηλιακή ενέργεια. Παρόλαυτα υπάρχουν ορισμένες ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις των κραδασμών των στροβίλων, τους κινδύνους για τον τοπικό πληθυσμό πτηνών και γενικότερα θέματα συντήρησης..

[\(https://innovativeenergysaving.wordpress.com/energy-production-on-bridges-and-viaducts/solar-wind-bridge/\)](https://innovativeenergysaving.wordpress.com/energy-production-on-bridges-and-viaducts/solar-wind-bridge/)



Εικόνα 2.15: Λεπτομέρεια ανεμογεννητριών

### 2.1.6. PWC (*PriceWaterhouse Coopers*)

Η Pricewaterhouse Coopers, γνωστή ως PwC, είναι μια μεγάλη εταιρεία που αποτελείται από ένα δίκτυο πολυεθνικών επαγγελματικών υπηρεσιών το οποίο εδρεύει στο Λονδίνο. Είναι η δεύτερη μεγαλύτερη εταιρεία επαγγελματικών υπηρεσιών στον κόσμο και μια από τις Big Four auditors. Η PwC κρίθηκε ως η πιο ευυπόληπτη λογιστική εταιρεία στον κόσμο για 7 συνεχόμενα χρόνια, καθώς επίσης και ως η κορυφαία εταιρεία στη βόρεια Αμερική για 3 συνεχόμενα χρόνια. Το κτίριο αυτό το οποίο αποτελεί την έδρα της εταιρείας, έχει χαρακτηριστεί ως το πιο φιλικό προς το περιβάλλον στο Λονδίνο έως τώρα (βλ. εικόνα 2.16: πρόσοψη κτιρίου).



Εικόνα 2.16: Πρόσοψη κτιρίου

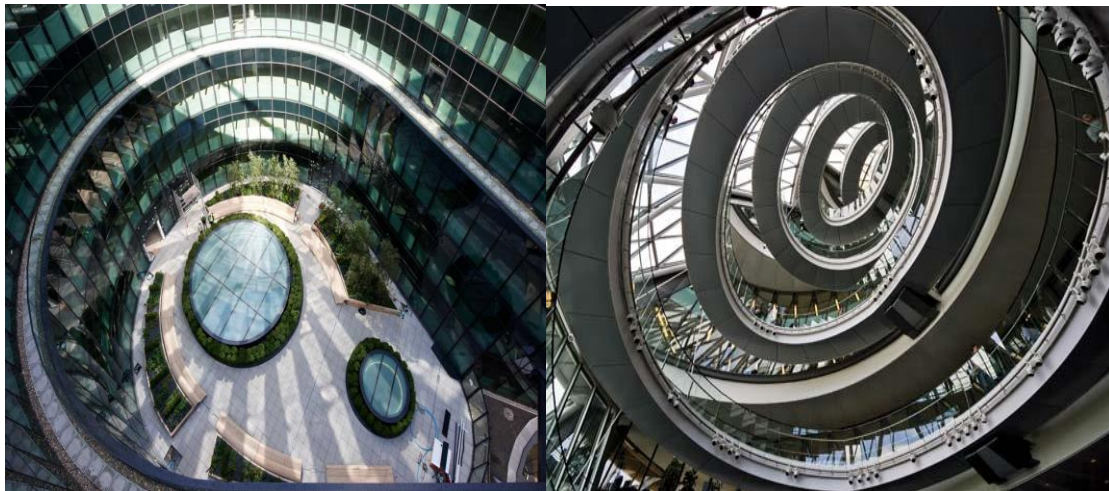
Είναι το πρώτο κτίριο στο Ηνωμένο Βασίλειο για τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, το οποίο κατασκευάστηκε πάνω σε μια υπάρχουσα δομή και χτίστηκε πάνω από το σταθμό Charing Cross στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αυτός ο χώρος έκτασης 3.716 m<sup>2</sup> έκτοτε έχει παραχωρηθεί στην PwC, της οποίας τα γραφεία βρίσκονται στο ισόγειο κάτω από τον πολυσύχναστο σταθμό και τους ορόφους ένα έως εννέα.

(<https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainability-case-studies-pwc-one-embankment-place>)



Ανησυχώντας ότι το γωνιακό κτίσμα σε σχήμα πετάλου (το οποίο έχει σχεδιαστεί με μεγάλη ομοιότητα με το σκάφος Star Wars) θα περιορίσει την εύκολη κυκλοφορία των ανθρώπων ιδιαίτερα στις περιοχές του που μοιάζουν με φτερά, οι σχεδιαστές πείσθηκαν να δημιουργήσουν μια εσωτερική γέφυρα σε μερικούς ορόφους για να βελτιώσουν την κυκλοφορία. Αυτό με τη σειρά του δημιουργεί «παράθυρα» από το πέταλο με θέα τη Γέφυρα του Πύργου και τον Πύργο του Λονδίνου, δίνοντας μια άλλη αισθητική στο κτίριο.

Το μαύρο εξωτερικό γυάλινο υλικό από το οποίο αποτελείται η πρόσοψη δημιουργεί μια αίσθηση ηρεμίας, ενώ ο ανοιχτός χώρος με τις διακριτικές διαγώνιες στήλες του δίνει μια αίσθηση κλίμακας. Το αίθριο έχει σχεδιαστεί ώστε να αισθάνεται κάποιος σαν να βρίσκεται σε ένα ξενοδοχείο, σύμφωνα με τον νέο τρόπο λειτουργίας της PwC, στα πλαίσια της ανανέωσης των κτιρίων της σε παγκόσμιο επίπεδο για την ενεργειακή απόδοση και την τεχνολογία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (βλ. εικόνα 2.17: Εσωτερικός χώρος κτιρίου).



Εικόνα 2.17: Εσωτερικός χώρος κτιρίου

Πίσω από αυτές τις αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις υπάρχει μια ενεργειακή στρατηγική που αποτελεί τη βάση των διαπιστευτηρίων χαμηλού άνθρακα αυτού του κτιρίου. Το κτίριο βασίζεται σε μια συνδυασμένη μονάδα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργεί με βιοντίζελ στο υπόγειο. Αυτός ο μίνι σταθμός θερμότητας θερμαίνει το κτίριο και χρησιμοποιεί θερμότητα η οποία απορρίπτεται για να τροφοδοτήσει την ψύξη, όταν αυτή απαιτείται. Οι εσωτερικοί χώροι γραφείου θερμαίνονται και ψύχονται από συστήματα ακτινοβολίας που χρησιμοποιούν

ατμοσφαιρικό αέρα, κάτι το οποίο σημαίνει ότι είναι ένα πιο φρέσκο και πιο υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον χάρη στον κλιματισμό.

Οι νέες τεχνολογίες περιλαμβάνουν ένα σύστημα συνδυασμένης ψύξης, θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας τριών γενεών. Αυτό το σύστημα τροφοδοτείται από ανακυκλωμένα φυτικά έλαια που συλλέγονται και επεξεργάζονται τοπικά σε ένα νέο πρότυπο αποδοτικότητας από την Uptown Oil και το South Bank University. Διαθέτει επίσης ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφορικής το οποίο επιτρέπει στον κάθε εργαζόμενο να ελέγξει το φως και την θερμοκρασία στον ατομικό του χώρο. Οι δοκοί ψυκτικού συγκροτήματος αντικαθιστούν τον κλιματισμό ενώ έχουν εγκατασταθεί οικολογικά πλακάκια μοκέτας και ηλεκτρικά σημεία φόρτισης.

Οι ανοιχτοί χώροι και οι ευάεροι αίθριοι παρέχουν φυσικό φως. Οι κήποι στη στέγη και οι πράσινοι τοίχοι συμβάλλουν στις αρχές οικολογίας που έχει ως πρότυπο το κτίριο, ενώ τα συστήματα υγιεινής χαμηλής έκπλυσης, μειώνουν τη χρήση του νερού. Το αποτέλεσμα είναι ένα κτίριο με Πιστοποιητικό Περιβαλλοντικής Απόδοσης A και βαθμολογία BREEAM 96,31% - ξεπερνώντας όλες τις άλλες διεθνώς. Σήμερα το κτίριο εκπέμπει 40% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ένα αντίστοιχο του μεγέθους του ενώ το 20% της θερμότητας και το 60% των ενεργειακών αναγκών του παράγονται επιτόπου.

Οι εκτιμήσεις υποδηλώνουν εξοικονόμηση χρημάτων ύψους 250.000 £ ετησίως, αλλά η PwC προβλέπει περισσότερες μειώσεις: ηλεκτρική ενέργεια (-221%), αέριο (-11%) και νερό (-33%). Η ανακαίνιση αναμένεται να αποσβέσει σε λιγότερο από 4 χρόνια και η εταιρεία αναφέρει ότι ο μετασχηματισμός θα συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της PwC του 2017 για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 50% και της χρήσης ενέργειας κατά 25%. (<https://www.e-architect.co.uk/london/pricewaterhousecoopers-more-london>)

Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι καθώς δεν βρέθηκαν οικονομικά στοιχεία αλλά ούτε στοιχεία ενεργειακής παραγωγής, δεν κατέστη δυνατόν να γίνουν οι παρακάτω υπολογισμοί.

### ***2.1.7. IRENA'S headquarters (International Renewable Energy Agency Headquarters)***

Το κτίριο IRENA's, τα αρχικά του οποίου σημαίνουν International Renewable Energy Agency είναι διακυβερνητική οργάνωση η οποία προωθεί την υιοθέτηση και την αειφόρα χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας. Ιδρύθηκε το 2009 ενώ το καταστατικό της οργάνωσης τέθηκε σε ισχύ το 2010. Η αντιπροσωπεία του εδρεύει στο Abu Dhabi, σε αυτό το πολύ ενδιαφέρον κτίριο (βλ. Εικόνα 2.18: Όψεις κτιρίου).



Εικόνα 2.18: Όψεις κτιρίου

Το κτίριο αυτό, αποτελεί ένα σύμπλεγμα πολλαπλών χρήσεων, 31.983 m<sup>2</sup>, το οποίο αποτελείται από τρία συνδεδεμένα μεταξύ τους κτίρια, είναι το πρώτο κτίριο με γραφεία στο Abu Dhabi το οποίο βραβεύεται με το 4 Pearl Estidama Construction Rating Certificate από το συμβούλιο πολεοδομίας του Abu Dhabi.

Διαθέτει μια ταράτσα με ένα εγκατεστημένο σύστημα ηλιακών φωτοβολταϊκών το οποίο καλύπτει 1,000 m<sup>2</sup>. Το κτίριο διαθέτει επίσης ηλιακούς θερμοσίφωνες οι οποίοι αναμένεται να εκπληρώσουν το 75% των ετήσιων αναγκών του κτιρίου σε ζεστό νερό. Τα στοιχεία σχεδιασμού του κτιρίου προβλέπεται να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έως και 40% και την κατανάλωση νερού σε 53% σε σύγκριση με ένα μη πιστοποιημένο κτίριο.

Το συγκρότημα χρησιμοποιεί περίπου 50% λιγότερο νερό από τα τυπικά κτίρια στο Abu Dhabi. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες παρέχουν το 75% της ζήτησης ζεστού νερού του κτιρίου. Το σύστημα κλιματισμού ανακτά το 75% της ενέργειας που απελευθερώνεται μέσω της εξάτμισης αέρα, χρησιμοποιώντας αυτό για να ψύξει τον εισερχόμενο φρέσκο αέρα. Μέχρι και 95% της ενέργειας που παράγεται από τη μείωση των ανελκυστήρων αξιοποιείται και επαναχρησιμοποιείται σε όλο το κτίριο.

([https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Renewable\\_Energy\\_Agency](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Renewable_Energy_Agency) )



### 2.1.8. *Dynamic Tower*

Αυτός ο δυναμικός ουρανοξύστης είναι το πρώτο κτίριο στον κόσμο το οποίο είναι κινούμενο, ανεβάζει σε άλλο επίπεδο την ιδέα των ‘πράσινων’ κτιρίων, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια για το ίδιο αλλά και τα γύρω κτίρια, κάτι το οποίο το καθιστά αυτοτροφοδοτούμενο. Κάθε όροφος έχει σχεδιαστεί για να περιστρέφεται το πολύ 6 m (20 πόδια) ανά λεπτό ή διαφορετικά να κάνει μία πλήρη περιστροφή σε 180 λεπτά (βλ. Εικόνα 2.19: Όψεις κτιρίου).



Εικόνα 2.19: Όψεις κτιρίου

Ολόκληρος ο πύργος προτείνεται να τροφοδοτείται από ανεμογεννήτριες και ηλιακούς συλλέκτες. Υποστηρίζεται ότι μπορεί να παραχθεί αρκετό πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία πέντε άλλων παρόμοιων κτιρίων κοντά. Οι στρόβιλοι θα τοποθετηθούν ανάμεσα σε κάθε ένα από τα περιστρεφόμενα δάπεδα. Ο κύριος κατασκευαστής του κτιρίου κ. Fisher δήλωσε ότι θα μπορούσε να παράγει έως 1.200.000 kWh κάθε χρόνο. Τα ηλιακά πάνελ αναμένεται να καλύψουν την οροφή και την κορυφή κάθε δαπέδου.

([https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Tower) )

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες, οι οποίες είναι τοποθετημένες οριζόντια ανάμεσα στον κάθε όροφο, (δηλαδή το 80-όροφο κτίριο θα έχει έως και 79 ανεμογεννήτριες), είναι πρακτικά αόρατες και εξαιρετικά αθόρυβες,

όπως υποστηρίζεται, εξαιτίας του ειδικού τους σχήματος και υλικού από ίνες άνθρακα (βλ.εικόνα 2.20: διαφορετικές όψεις περιστρεφόμενου κτιρίου).



Εικόνα 2.20:Όψεις περιστρεφόμενου κτιρίου

Ακόμα ένα χαρακτηριστικό του ουρανοξύστη αυτού είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία τοποθετούνται στην ταράτσα του κάθε κινούμενου ορόφου και τα οποία παράγουν ηλιακή ενέργεια, υπολογίζοντας ότι περίπου 20% του κάθε ορόφου θα είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, οπότε 80 οροφές ισοδυναμούν με τις οροφές 10 αντίστοιχου μεγέθους κτιρίων. Για το εσωτερικό του κτιρίου θα χρησιμοποιηθούν φυσικά και ανακυκλώσιμα υλικά όπως πέτρα, μάρμαρο, γυαλί και ξύλο. Για την περαιτέρω ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου θα χρησιμοποιηθούν,μόνωση από γυαλί και δομικά μονωτικά πάνελ.

Δεν είναι σαφές ποια είναι η τιμή για αυτό το τεράστιο έργο, αλλά η Dynamic Architecture αναφέρει ότι η τιμή μιας μεμονωμένης μονάδας διαμερισμάτων μπορεί να κυμανθεί από 4.000.000 έως 40.000.000 \$.

(<http://www.dailymail.co.uk/news/article-4231698/Rotating-Dubai-skyscraper-built-2020.html>)

### **2.1.9. Olympian City**

Πολλοί έχουν αναρωτηθεί, γιατί να μην εκμεταλλευόμαστε το νερό το οποίο χάνεται μέσω των αποχετεύσεων; Στο Χονγκ Κονγκ, λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης υψηλών ουρανοξυστών, αλλά και του μεγάλου ύψους βροχοπτώσεων στη συγκεκριμένη χώρα μια τέτοια ιδέα ίσως ευδοκίμωσε. Θα μπορούσε η βαρύτητα να δημιουργήσει την παραγωγή μιας σημαντικής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας;

Ένα πρωτότυπο λοιπόν σύστημα εγκαταστάθηκε στο Olympian City, το οποίο είναι ένα εμπορικό και οικιστικό συγκρότημα που χτίστηκε στο Kowloon, στο Χονγκ Κονγκ. Τα συστήματα υδροηλεκτρικής παραγωγής, τα οποία είναι εγκατεστημένα σε πολλούς από τους ουρανοξύστες του, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού, μέσω της υπερπίεσης στο σύστημα νερού, για να επιταχύνει μια τουρμπίνα η οποία παράγει ηλεκτρισμό, και τροφοδοτεί το φωτισμό όλου του κτιρίου σχεδόν (βλ. εικόνα 2.21: λεπτομέρεια αγωγών). Ωστόσο ο ηλεκτρισμός αυτός που παράγεται θα είναι σε θέση να τροφοδοτεί το φωτισμό στα κλιμακοστάσια, τα φρεάτια του ανελκυστήρα και το λόμπι.

Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους μπορεί να μην λειτουργήσει αυτή η εφευρετική ιδέα. Τα συστήματα μικρής κλίμακας δεν μπορούν εύκολα να παράγουν τόση ηλεκτρική ενέργεια ώστε να δικαιολογήσουν το κόστος κατασκευής τους. Η τιμή ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι 5 φορές υψηλότερη από την απλή αγορά από το δίκτυο. Παράγοντες όπως η απλή γεωγραφία – θα φτάνει το νερό αρκετά κάτω; – μπορεί να εκτροχιάσει κάποια σχέδια για τις τουρμπίνες που είναι ενσωματωμένες στην υποδομή των δημοτικών υδάτων.

Το Χονγκ Κονγκ είναι μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις στον κόσμο, με περίπου 23.000 άτομα ανά τετραγωνικό μίλι στην πιο πολυσύχναστη συνοικία ενώ η τοποθέτηση υδροηλεκτρικών συστημάτων σε καινούργια κτίρια εκτιμάται πολύ δαπανηρή.



Εικόνα 2.21: Λεπτομέρεια αγωγών

Οι ειδικοί λένε ότι δεν έχει νόημα να εγκαθιστούν γεννήτριες σε σωλήνες εάν δημιουργούν περισσότερη αντίσταση από ότι αντισταθμίζεται από την ποσότητα ισχύος που δημιουργούν. Οι μηχανικοί της αρμόδιας εταιρείας η οποία ασχολήθηκε με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, δήλωσαν ότι οι γεννήτριες θα μπορούσαν να εγκατασταθούν σε αγωγούς νερού για να αξιοποιήσουν το νερό που πέφτει από δεξαμενές σε χώρους επεξεργασίας νερού για συστήματα μεγάλου μεγέθους καθώς και σε συστήματα υγρών αποβλήτων που λειτουργούν με βαρύτητα. Αυτό θα ρυθμίζει την πίεση και τη ροή καθώς και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Στους ουρανοξύστες, το νερό στους σωλήνες τίθεται υπό υψηλή πίεση για να διασφαλιστεί σταθερή παροχή σε όλη τη δομή. Η υψηλή πίεση στα κάτω δάπεδα απελευθερώνεται με βαλβίδες, παρέχοντας την ευκαιρία να αξιοποιηθεί διαφορετικά η σπατάλη ενέργειας συνδέοντας μια γεννήτρια. Προς το παρόν, η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας δεν θα ήταν πουθενά κοντά στη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

Το κύριο ζήτημα δεν είναι η τεχνολογία, αλλά το κόστος. Για τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής, όπως οι ηλεκτρικοί σταθμοί με άνθρακα, το κόστος είναι περίπου 10 λεπτά ανά κιλοβατώρα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο άνεμος κοστίζουν 20 έως 40 σεντς, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ενώ τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα κοστίζουν έως και 50 σεντς ανά κιλοβατώρα. Αυτό κάνει το κτίριο υδροηλεκτρικής ενέργειας λιγότερο ελκυστικό. Εκτιμάται ότι οι τουρμπίνες στο δημόσιο σύστημα ύδρευσης στο Χονγκ Κονγκ θα μπορούσαν να τροφοδοτήσουν 6.000 νοικοκυριά ή έναν πληθυσμό περίπου 24.000 κατοίκων, τον οποίο και η εταιρεία παραδέχεται ότι είναι ένα μικρό κλάσμα μιας πόλης επτά εκατομμυρίων.

Αυτός ο τύπος υδροηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται σε μικρή κλίμακα σε μέρη όπως το Mühlau της Αυστρίας, όπου το δίκτυο πόσιμου νερού παρέχει 34 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Olympian\\_City](https://en.wikipedia.org/wiki/Olympian_City))

## **Κεφάλαιο 3:**

### **Μεθοδολογίες και δεδομένα αξιολόγησης ηλιακών και αιολικών συστημάτων**

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά, θα αναφερθούν οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των τεχνικών έργων που επιλέχθηκαν, ενώ παράλληλα θα μελετηθούν οι συνθήκες οι οποίες απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής τους στην κάθε περιοχή που βρίσκεται το έργο. Παρουσιάζονται κάποια στοιχεία, διαγράμματα και πίνακες, πάνω στους οποίους θα βασιστεί η μελέτη και η αξιολόγηση των παρακάτω υπολογισμών για το εκάστοτε έργο. Θα μελετηθούν στοιχεία τα οποία αφορούν τόσο την ηλιακή όσο και την αιολική ενέργεια.

#### **3.1 Ηλιακά Συστήματα**

Η ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης μπορεί να αναπαρασταθεί με διάφορους τρόπους. Η ολική οριζόντια ακτινοβολία (GHI – Global Horizontal Irradiance) είναι η συνολική ποσότητα ακτινοβολίας μικρού μήκους που λαμβάνεται από πάνω από επιφάνεια οριζόντια προς το έδαφος. Η τιμή αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και περιλαμβάνει τόσο την άμεση κανονική ακτινοβολία (DNI – Direct Normal Irradiance) όσο και τη διάχυτη οριζόντια ακτινοβολία (DIF – Diffuse Horizontal Irradiance). DNI είναι η ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται σε ευθεία γραμμή από την κατεύθυνση του ήλιου στην τρέχουσα θέση του στον ουρανό. DIF είναι η ηλιακή ακτινοβολία που δεν φθάνει σε άμεση διαδρομή από τον ήλιο, αλλά έχει διασκορπιστεί από μόρια και σωματίδια στην ατμόσφαιρα και έρχεται εξίσου από όλες τις κατευθύνσεις.

Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τους ηλιακούς συλλέκτες, όπως είδαμε παραπάνω στα εξής έργα: Solar Ark, CH2, Solar Wind Bridge, PWC, Irena's headquarters και Dynamic Tower η απόδοση τους επηρεάζεται και μειώνεται



σημαντικά από έναν αριθμό παραγόντων οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά τον σχεδιασμό τους ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της παραγόμενης ισχύος που αναμένουμε. Οπότε η καταλληλότερη παράμετρος για τον σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η ετήσια απόδοση τους, καθώς αποτελεί το ασφαλέστερο προς το παρόν μέτρο για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς τους και την εκτίμηση της απόδοσης τους.

Παρακάτω εξετάζουμε τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή τους απόδοση (κατά σειρά φθίνουσας σημασίας) :

- **Ηλιακή ακτινοβολία**

Συνδέεται άμεσα με την παραγόμενη ενέργεια και εξαρτάται από την γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό και την κλίση των πλαισίων της εγκατάστασης, η οποία διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια ενός χρόνου.

- **Θερμοκρασία πλαισίου**

Οι υψηλές θερμοκρασίες πλαισίων έχουν αρνητική επίδραση στην μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι θερμοκρασίες αυτές φτάνουν τις υψηλότερες τιμές τους θερινούς μήνες όπου και έχουμε τις μεγαλύτερες αποκλίσεις με τους συμβατικούς βαθμούς απόδοσης οι οποίοι υπολογίζονται με θερμοκρασίες πλαισίων 25°C. Με την άυξηση της θερμοκρασίας δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού με αποτέλεσμα όταν ένα φορτίο συνδεθεί στα άκρα του, η διαφορά αυτή να είναι αισθητά μειωμένη (βλ Εικόνα 3.1: Μεταβολή της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων συναρτήσει της θερμοκρασία).

- **Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου**

Υπάρχει άμεση του ανέμου και της θερμοκρασίας λειτουργίας του συστήματος. Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερες οι ταχύτητες ανέμου τόσο χαμηλότερες οι θερμοκρασίες λειτουργίας συστήματος (λογικό ακούγεται). Οι βόρειοι άνεμοι, ως πιο κρύοι επιβαρύνουν περισσότερο, ενώ με τους θερμούς ανέμους συμβαίνει το αντίθετο.

- **Ρύπανση**

Ιδιαίτερα στις βιομηχανικές και αστικές περιοχές όπου η επικάλυψη σκόνης, φύλλων, ακαθαρσιών και η επιβαρυνόμενη ατμόσφαιρα γενικότερα είναι πιο έντονα φαινόμενα, η λειτουργία των φωτοβολταϊκών γίνεται δυσκολότερη. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται περιοδικός καθαρισμός των πλαισίων. Γενικότερα σε περιοχές με συχνές βροχοπτώσεις/χιονοπτώσεις οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται με κλίση  $90^\circ$  ή άνω των  $45^\circ$ , δηλαδή σχεδόν κάθετα, για την αποφυγή συσσώρευσης ανεπιθύμητων στοιχείων.

- **Σκίαση**

Η επίδραση της σκίασης στην απόδοση των φωτοβολταϊκών εμφανίζεται είτε από φυσικά εμπόδια όπως γειτονικά κτίρια, βλάστηση και άλλα, είτε από περιορισμένη έκταση εγκατάστασης όπως για παράδειγμα στις στέγες των κτιρίων όπου προκαλείται σκίαση από τη μια σειρά στην επόμενη. Ιδιαίτερα στη δεύτερη περίπτωση, οι επιπτώσεις της σκίασης μπορεί να είναι σημαντικές και για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο λεπτομερής προσδιορισμός των απωλειών που προκαλούν.

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο, αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών συνδεδεμένων σε σειρά. Το σκιασμένο κύτταρο λειτουργεί ως μια μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια που προσφέρουν τα υπόλοιπα. Παρατεταμένος σκιασμός ενός στοιχείου σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως φαινόμενο HotSpot (κατάσταση "θερμής κηλίδας").

Για να αποτραπεί μια τέτοια κατάσταση, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους (δίοδοι παράκαμψης), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των κυττάρων που είναι σε σειρά, επιτρέποντας έτσι τη χρησιμοποίηση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ακόμα και αν κάποιο φωτοβολταϊκό στοιχείο του υστερεί ή έχει καταστραφεί.



- **Γήρανση – Φθορά**

Λόγω της φθοράς των φωτοβολταϊκών πλαισίων (και των υπολοίπων μερών ενός φωτοβολταϊκού συστήματος), αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μια μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος, που συνήθως υπολογίζεται από 1% έως 2% για κάθε έτος.

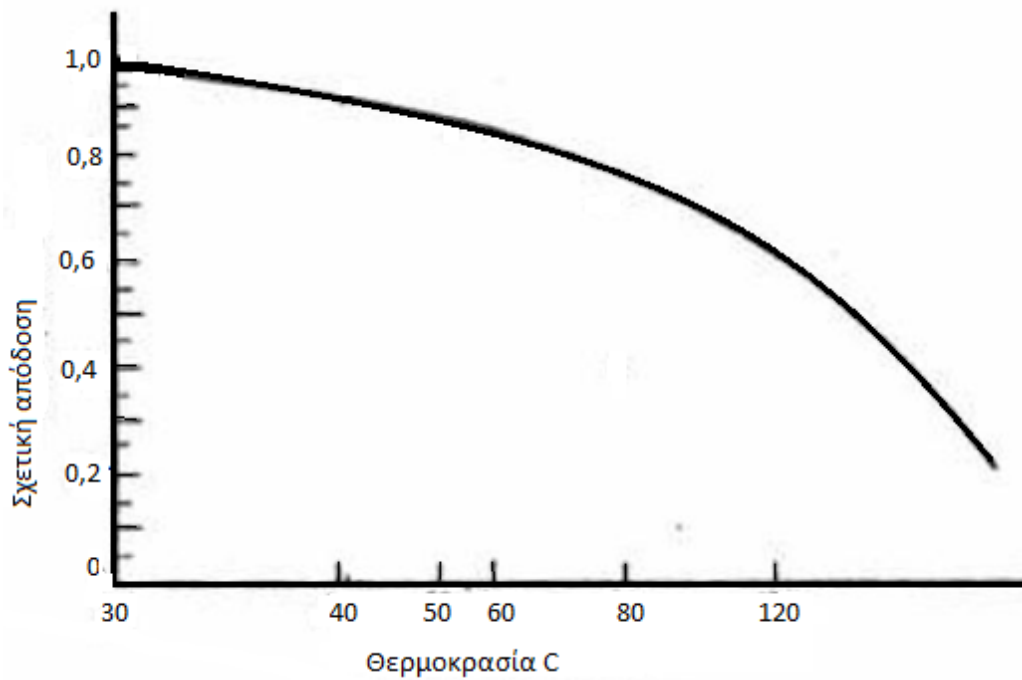
- **Απώλειες συστήματος**

Κατά τον υπολογισμό της επιφάνειας που απαιτείται για μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και οι απώλειες του συστήματος, δηλαδή οι ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς των διαφόρων συνδέσεων καθώς και οι συνδέσεις με άλλα μέρη του συστήματος. Όλες αυτές οι απώλειες μπορεί να φτάσουν ποσοστά της τάξεως περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο.

- **Οπτικές ενεργειακές απώλειες**

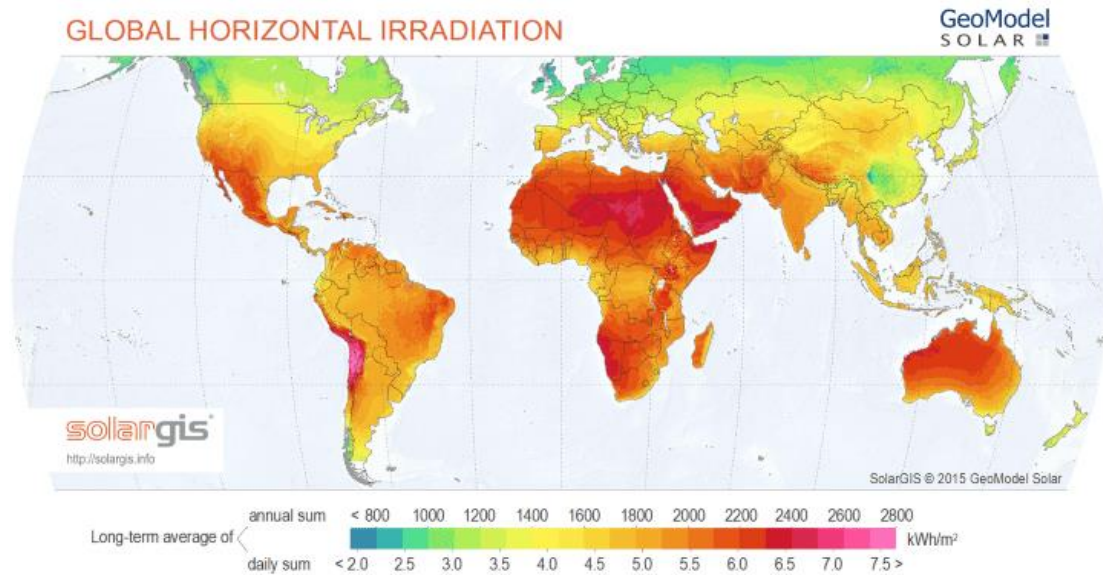
Οι οπτικές ενεργειακές απώλειες οφείλονται κυρίως στη διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σχέση με τις αντίστοιχες εργαστηριακές μετρήσεις, με ετήσια τιμή απωλειών περίπου 3%. Αυτού του είδους οι απώλειες υπακούσουν στους νόμους του Fresnel αναφορικά με τη διάδοση και αντανάκλαση της ακτινοβολίας πάνω στη γυάλινη επιφάνεια που επικαλύπτει τα φωτοβολταϊκά κύτταρα. Η αντανάκλαστικότητα αυξάνει με την αύξηση της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στην επιφάνεια του πλαισίου και ιδιαίτερα για τιμές άνω των 60°. Επίσης απώλειες έχουμε και με τη διαφοροποίηση της πόλωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, με μέση ετήσια απώλεια της τάξεως του 2%. Τέλος η καθαρότητα του πλαισίου επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών, με μέση ετήσια απώλεια 1,5%, θεωρώντας ότι η ετήσια αυτή απώλεια υπολογίζεται για καθαρότητα της επιφάνειας του πλαισίου από 7 έως 10%.

(Λαμπροπούλου, 2009)



Εικόνα 3.1: Μεταβολή της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων συναρτήσει της θερμοκρασίας

Ένα ακόμα σημαντικό εργαλείο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς παρακάτω είναι ο παγκόσμιος χάρτης ο οποίος απεικονίζει την οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία (βλ. Εικόνα 3.2: Παγκόσμια οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία). Σύμφωνα με αυτόν παρατηρείται σε ποιές χώρες η ηλιακή ακτινοβολία είναι διαθέσιμη σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στις υπόλοιπες. Σε αυτές τις περιοχές η λειτουργία των φωτοβολταϊκών θα είναι σαφώς αποδοτικότερη και ευκολότερη από ότι στις υπόλοιπες. Εδώ αποτυπώνεται η GHI ακτινοβολία, δηλαδή η ολική οριζόντια ακτινοβολία, τόσο σε ετήσια όσο και σε ημερήσια μεγέθη.



Εικόνα 3.2: Παγκόσμια οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία

Για την κάθε περιοχή που βρίσκονται τα τεχνικά έργα που εξετάζονται παρατηρούνται οι εξής προσεγγιστικές τιμές της ετήσιας οριζόντιας ηλιακής ακτινοβολίας σε kWh/m<sup>2</sup>:

- Λονδίνο: 1000 kWh/m<sup>2</sup>
- Ιταλία: 1500 kWh/m<sup>2</sup>
- Μαϊάμι: 1900-2000 kWh/m<sup>2</sup>
- Αυστραλία (Μελβούρνη): 1400 kWh/m<sup>2</sup>
- Ιαπωνία: 1300 kWh/m<sup>2</sup>
- Χονγκ Κονγκ: 1200 kWh/m<sup>2</sup>
- Αμπού Ντάμπι: 2300 kWh/m<sup>2</sup>
- Ντουμπάι: 2300 kWh/m<sup>2</sup>

Με γνώμονα αυτές τις τιμές θα συγκριθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρακάτω.


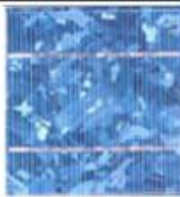

Στον παρακάτω επίσης πίνακα 3.3, πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται ποσοτικοποιημένα τα ετήσια ποσά ακτινοβολίας σε MWh/m<sup>2</sup> στο έτος σε τέσσερις υπο-περιοχές του πλανήτη ανά μήνα, με τον οποίο μπορούμε επίσης να ελέγξουμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

	Νότια Ευρώπη	Κεντρική Ευρώπη	Βόρεια Ευρώπη	Καραϊβική
Ιανουάριος	2.6	1.7	0.8	5.1
Φεβρουάριος	3.9	3.2	1.5	5.6
Μάρτιος	4.6	3.6	2.6	6.0
Απρίλιος	5.9	4.7	3.4	6.2
Μάϊος	6.3	5.3	4.2	6.1
Ιούνιος	6.9	5.9	5.0	5.9
Ιούλιος	7.5	6.0	4.4	6.0
Αύγουστος	6.6	5.3	4.0	6.1
Σεπτέμβριος	5.5	4.4	3.3	5.7
Οκτώμβριος	4.5	3.3	2.1	5.3
Νοέμβριος	3.0	2.1	1.2	5.1
Δεκέμβριος	2.7	1.7	0.8	4.8
ΕΤΟΣ	5.0	3.9	2.8	5.7

Πίνακας 3.1: Ετήσια ποσά ηλιακής ακτινοβολίας σε MWh/m<sup>2</sup> στο έτος σε διάφορα σημεία του πλανήτη

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στα διάφορα τεχνικά έργα, και κυρίως στα κτίρια, γίνεται με διάφορους τρόπους όπως: σε κεκλιμένα στηρίγματα, σε ειδική βάση προσαρμοσμένη στο εξωτερικό του κελύφους, με απευθείας τοποθέτηση και τέλος ενσωμάτωση τους στο κέλυφος του κτιρίου κάτι το οποίο συναντάμε εδώ σχεδόν σε όλα τα έργα που εξετάζουμε ([www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)).

Παρακάτω (βλ. Πίνακας 3.2: Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών) παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων. Γίνεται μια σύγκριση μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση, την απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp, τη μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας σε kWh ανά m<sup>2</sup> καθώς και τη μέση ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Τύπος	Thin Film	Πολυκρυσταλικά	Μονοκρυσταλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	Αμορφα: 5-7% CIS: 7-10% CdTe: 8-9%	11~14%	13~16%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10~20 m <sup>2</sup>	8~10 m <sup>2</sup>	7~8 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)	1300~1400	1300	1300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> )	65~140	130~160	160~185
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)	1380~1485	1380	1380

Πίνακας 3.2: Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι αναρίθμητα. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι λειτουργούν αθόρυβα και δεν έχουν κινούμενα μέρη, δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον και αποτρέπουν την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Λειτουργούν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία χειριστή, δεν καταναλώνουν καύσιμα και μπορούν να εγκατασταθούν σε απομακρυσμένες περιοχές με διάρκεια ζωής που φτάνει τα 30 έτη.

Πως αντιμετωπίζεται όμως η κατασκευή όταν το κόστος επένδυσης και εγκατάστασης επισκιάζει τα παραπάνω πλεονεκτήματα; Συμφέρει η εγκατάσταση του συστήματος; Αυτό το ερώτημα θα αναπτυχθεί παρακάτω, και θα απαντηθεί με υπολογισμούς. Στον παραπάνω προβληματισμό συμβάλλει και η χαμηλή απόδοση μετατροπής του ηλιακού

φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, κάτι το οποίο οδηγεί όχι μόνο σε χαμηλές ενεργειακές απολαβές αλλά και στην ανάγκη εγκατάστασης μεγαλύτερης ποσότητας φωτοβολταϊκών πλαισίων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της απαιτούμενης επιφάνειας εγκατάστασης.

Μια ακόμη ερώτηση στην οποία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απαντήσεις έχει να κάνει με το τι ενεργειακές ανάγκες μπορώ να καλύψω με ένα φωτοβολταϊκό, ή ένα ολόκληρο σύστημα. Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση ποικίλει και δεν είναι μοναδική αλλά έχει να κάνει με το κάθε έργο ξεχωριστά.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι τα φωτοβολταϊκά παράγουν συνεχές ρεύμα, μπορούμε να πούμε ότι είναι ικανά να καλύψουν κάθε ενεργειακή μας ανάγκη (π.χ. φωτισμός, ψύξη, ηλεκτρονικές συσκευές). Πρέπει να δοθεί προσοχή πως το ρεύμα που μας δίνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συσκευές συνεχούς ρεύματος ή θα πρέπει να εγκαταστήσουμε κάποια ειδική ηλεκτρονική συσκευή που να μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Όμως για λόγους οικονομίας και απόδοσης, δεν συνίσταται η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων για την τροφοδότηση θερμικών ηλεκτρικών συσκευών, όπως κουζίνες και θερμοσίφωνες. Για τις χρήσεις αυτές υπάρχουν πολύ οικονομικότερες λύσεις που δεν στηρίζονται καθόλου στον ηλεκτρισμό, όπως οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Αποδοτική μπορεί να θεωρηθεί η χρήση των φωτοβολταϊκών για τον φωτισμό με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και στη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών (ψυγεία, τηλεοράσεις, ηχητικά συστήματα κ.α.).

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, και αξιολογώντας τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για το κάθε τεχνικό έργο, πολλές φορές όλα τα παραπάνω όπως η παροχή ρεύματος σε ηλεκτρικές συσκευές, χρησιμοποιήθηκε ως ‘δικαιολογία’ η χρήση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς στην πράξη δεν συμφέρει και δεν ενδείκνυται για αυτή τη χρήση.

## 3.2 Αιολικά Συστήματα

Όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες και την ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή, αυτή είναι ένα τυχαίο μέγεθος το οποίο εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής. Δεν ενδιαφέρει να προσδιοριστεί κάποιος μηχανισμός από τον οποίο θα προκύπτει η ταχύτητα στα μικρά χρονικά πλαίσια της μετεωρολογικής πρόβλεψης, αλλά τα στατιστικά μεγέθη του ανέμου αυτού και συγκεκριμένα μόνο η ταχύτητα και όχι η διεύθυνση του ανέμου μιας και οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες οριζοντίου τύπου έχουν μηχανισμό για να προσανατολίζονται αυτόματα στο μέτωπο του ανέμου.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση αιολικής ενέργειας είναι αναρίθμητα. Χαρακτηριστική είναι η ανεξαρτησία της από ορυκτά καύσιμα αποφεύγοντας έτσι την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, έχει πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος, είναι τεχνολογικά ώριμη και ανταγωνιστική και αποτελεί άφθονη και ελεύθερη πηγή ενέργειας. Ωστόσο, εμπόδιο στην εγκατάσταση συστημάτων αιολικής ενέργειας μπορεί να σταθεί ο εκπεμπόμενος θόρυβος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα και από την περιστροφή των πτερυγίων ο οποίος εκτιμάται σε περίπου 44 db σε απόσταση 200 m για ταχύτητα ανέμου 8 m/s, ή και η απρόβλεπτη διακύμανση ενέργειας που δίνουν οι αιολικές μηχανές. (Μαμάσης Ν. 2011)

Ένα μέγεθος το οποίο θα αναφερθεί παρακάτω είναι η θεωρητική αιολική ισχύς, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$I = E / t = (1 / 2) * m * V^2 / t = (1 / 2) * \rho * L * A * V^2 / t = (1 / 2) * \rho * A * V^3$$

Όπου:

I αιολική ισχύς (W)

E κινητική ενέργεια (J)

t χρόνος (s)

m μάζα αέρα (kg)

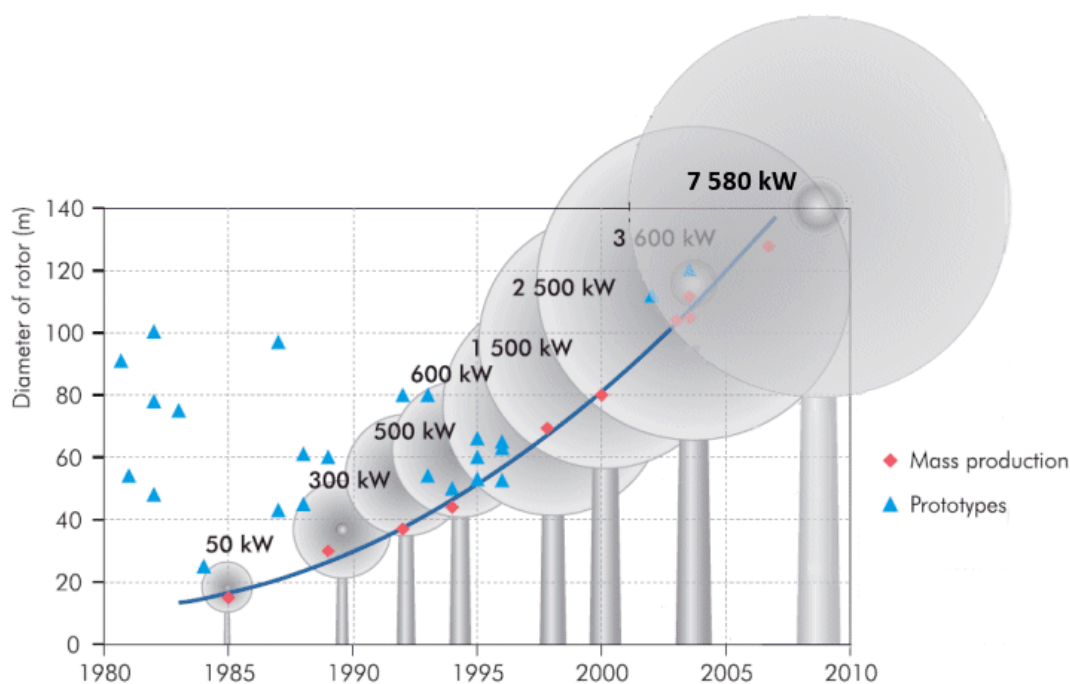
V ταχύτητα ανέμου (m/s)

$\rho$  πυκνότητα αέρα (kg/m<sup>3</sup>)

A επιφάνεια αναφοράς (m<sup>2</sup>)

L διαδρομή ανέμου σε χρόνο t (m)

Παρατίθεται επίσης το διάγραμμα το οποίο δείχνει τη σχέση της διαμέτρου μιας ανεμογεννήτριας με την παραγόμενη ισχύ της (βλ. Εικόνα 3.5: Σχέση διαμέτρου και ισχύος ανεμογεννήτριας). Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται επίσης και η εξέλιξη τους μέσα στις δεκαετίες από το 1980 έως το 2010 και παρατηρούμε ότι οι ανεμογεννήτριες βελτιώθηκαν σε μέγιστη διάμετρο φτάνοντας στο σήμερα όπου η μέγιστη διάμετρος ξεπερνάει τα 140 m αποδίδοντας 7.580 kW.



Εικόνα 3.5: Σχέση διαμέτρου και ισχύος ανεμογεννήτριας  
(International Energy Agency)

Σε αντίθεση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η ονομαστική ισχύς των μικρών ανεμογεννητριών δεν αναφέρεται σε τυποποιημένες συνθήκες. Πολλές φορές αυτό έχει ως αποτέλεσμα δύο διαφορετικές ανεμογεννήτριες να αποδίδουν ίδια ονομαστική ισχύ σε ταχύτητες ανέμου που διαφέρουν κατά πολύ μεταξύ τους (π.χ., 11 m/s και 15 m/s). Για το λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας ως κριτήριο αποδοτικότητας. Ένα πολύ πιο αντιπροσωπευτικό κριτήριο είναι τα στοιχεία ετήσιας παραγωγής ενέργειας που δίνουν οι κατασκευαστές για δεδομένες ταχύτητες ανέμου. Βάσει αυτών των στοιχείων, μπορούν να παρατηρηθούν διαφορές στην ενεργειακή παραγωγή ίδιας ονομαστικής ισχύος ακόμα



και μεγαλύτερες του 25%. Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα στοιχεία ετήσιας παραγωγής ενέργειας, η διάμετρος της (εφόσον αναφερόμαστε σε αντίστοιχου είδους) αποτελεί αντιπροσωπευτικότερο κριτήριο από την ονομαστική ισχύ.

Για πιο ρεαλιστικούς υπολογισμούς, σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας που δηλώνει ο κατασκευαστής, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η μείωση εξαιτίας της παρουσίας στροβιλισμών. Μια ρεαλιστική επιλογή των συντελεστών μείωσης λόγω στροβιλισμών είναι: 15% για μια περιοχή χωρίς σημαντικά εμπόδια τριγύρω, 20% για περιοχή με φράχτες και χαμηλά κτίρια και 25% για μια πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή, που έχει τριγύρω δέντρα, σπίτια και άλλα κτίρια.

Παρακάτω στους υπολογισμούς δεν λήφθηκαν υπόψιν τα ποσοστά αυτά καθώς θεωρήθηκε ότι το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο της τάξης του 15%.

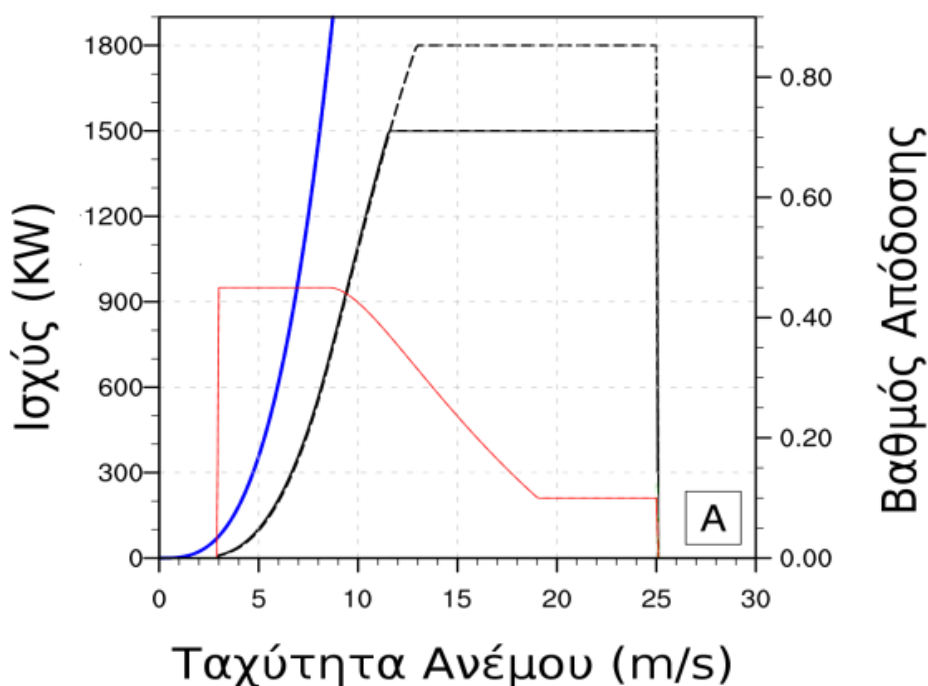
Όσον αφορά το χρόνο απόσβεσης των αιολικών εγκαταστάσεων, ο οποίος είναι ένα από τα ζητούμενα των παρακάτω υπολογισμών, αποτελεί τον πιο κοινό δείκτη αξιολόγησης μιας επένδυσης. Μια απλοποιημένη προσέγγιση στην εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης αποτελεί ο υπολογισμός του χρόνου όπου τα συνολικά ετήσια έσοδα γίνονται ίσα ή ξεπερνούν τα έξοδα συντήρησης προστιθέμενα στο κόστος αγοράς και εγκατάστασης έως τη συγκεκριμένη χρονιά.

Ο παραπάνω υπολογισμός δε λαμβάνει υπόψη τη χρονική μεταβολή των οικονομικών μεγεθών και ως εκ τούτου δεν μπορεί να δώσει ακριβή αποτελέσματα. (Κατσίγιαννης Γ. 2012)

Στο παρακάτω διάγραμμα (βλ. Εικόνα 3.6: Διάγραμμα απόδοσης μιας τυπικής ανεμογεννήτριας) παρατηρούμε την ταχύτητα έναρξης στα 3 m/s (cut-in speed), δηλαδή την ελάχιστη ταχύτητα που χρειάζεται για να κινηθεί η ανεμογεννήτρια και την ταχύτητα παύσης λειτουργίας (cut-out speed) στα 25 m/s με σκοπό την προστασία της ανεμογεννήτριας.

Η μπλε γραμμή απεικονίζει την κινητική ενέργεια του ανέμου και η κόκκινη γραμμή τον βαθμό απόδοσης. Παρατηρούμε ότι η ανεμογεννήτρια παράγει ενέργεια με σταθερό βαθμό απόδοσης μέχρι τα 12 m/s ταχύτητα ανέμου και κατόπιν μέχρι την ταχύτητα παύσης λειτουργίας η ενέργεια που παράγεται είναι σταθερή και ίση με την ονομαστική ισχύ (rated power), στην προκειμένη περίπτωση 1500 kW.

Με μαύρη διακεκομμένη γραμμή φαίνεται το αντίστοιχο διάγραμμα μιας ανεμογεννήτριας ονομαστικής ισχύος 1800 kW.



Εικόνα 3.6: Διάγραμμα απόδοσης μιας τυπικής ανεμογεννήτριας (Scott B. Etal 2011)

Παρατίθεται επίσης ένας πίνακας με τις χαρακτηριστικούς τύπους ανεμογεννητριών που κυκλοφορούν στο εμπόριο, και που χρησιμοποιήθηκαν πιθανότατα στα τεχνικά έργα τα οποία εξετάζονται, ώστε να υπάρχει παρακάτω ένα μέτρο σύγκρισης. (βλ. Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών του εμπορίου)

Μοντέλο	Ονομαστική Απόδοση (rated power) MW	Μήκος λεπίδας	Ονομαστική Ταχύτητα Ανέμου (rated windspeed) m/s
GE 1.5s	1.5	35.25	12
GE 1.5sle	1.5	38.5	14
Vestas V82	1.65	41	13
Vestas V90	1.8	45	11
Vestas V100	2.75	50	15
Vestas V90	3.0	45	15
Vestas V112	3.0	56	12
Gamesa G87	2.0	43.5	13.5
Siemens	2.3	46.5	13.5
Bonus (Siemens)	1.3	31	14
Bonus (Siemens)	2.0	38	15
Bonus (Siemens)	2.3	41.2	15
Suzlon 950	0.95	32	11
Suzlon S64	1.25	32	12
Suzlon S88	2.1	44	14
Repower MM92	2.0	46.25	11.2
Clipper Liberty	2.5	44.5	11.5
Mitsubishi MWT95	2.4	47.5	12.5

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών του εμπορίου  
(Industrial Wind Energy Position)

## Κεφάλαιο 4:

### Αποτίμηση Λειτουργίας τεχνικών έργων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν οι παράμετροι του κάθε έργου, θα επιβεβαιωθούν ή θα διαψευστούν τα στοιχεία που έχουν δημοσιοποιηθεί και θα εκτελεστούν οι υπολογισμοί για την παραγωγή και το κόστος της κάθε εγκατάστασης. Στα έργα αυτά, τα περισσότερα από τα οποία είναι από αρχιτεκτονικής άποψης πολύ ενδιαφέροντα, δεν ενσωματώθηκαν τυχαία τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τελευταία οι αρχιτέκτονες έχουν την τάση να ενσωματώνουν και να αναπτύσσουν στα έργα τους την ιδέα και τη λογική της αιεφόρας ανάπτυξης, και στην προσπάθεια τους αυτή, πολλές φορές υποβαθμίζουν κάποια σημαντικά στοιχεία για τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης, τα έτη απόσβεσης και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Θα γίνει σύγκριση των συστημάτων εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία και εξετάστηκαν, και θα ακολουθηθούν οι εξής δύο άξονες: αποδοτικότητα – κόστος. Σε ότι αφορά το κόστος, η σύγκριση θα γίνει ως προς τις επιμέρους συνιστώσες, δηλαδή το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των διαφόρων τεχνολογιών. Αναφορικά με το περιβάλλον, θα εξεταστούν οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, στους υδάτινους αποδέκτες, στο έδαφος καθώς επίσης και στο τοπίο.

Όσον αφορά την αποδοτικότητα μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται ο λόγος μεταξύ της παραγόμενης ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας από τη μονάδα παραγωγής, σε μια συγκεκριμένη χρονική μονάδα, προς τη θεωρητική ενεργειακή αξία της ενεργειακής πηγής που παρέχεται στη μονάδα, το ίδιο χρονικό διάστημα. Η αποδοτικότητα σε εγκαταστάσεις όπου παράγεται ηλεκτρισμός και θερμότητα ταυτόχρονα, είναι πολύπλοκο να προσδιοριστεί. Είναι προτιμότερο να ορίζεται η αποδοτικότητα σε μια διάταξη, σχετικά με μία πηγή ενέργειας και ένα παραγόμενο ενεργειακό προϊόν κάθε φορά. Η αποδοτικότητα είναι μια πολύ σημαντική συνιστώσα για ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε αυτός χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα είτε μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, ακόμα και μικρή

βελτίωση της αποδοτικότητας μιας τεχνολογίας μπορεί να επιφέρει αρκετά θετικά αποτελέσματα, όπως είναι η μείωση των εκπομπών ρύπων και της χρησιμοποιούμενης ποσότητας καυσίμου (Eurelectric 2003).

Όσον αφορά το κόστος, για όλες τις εταιρείες ηλεκτρισμού ανά τον κόσμο, καθοριστικός παράγοντας στην απόφαση εγκατάστασης και λειτουργίας μιας νέας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής είναι το κόστος. Πριν δηλαδή ληφθεί η απόφαση για τη δημιουργία μιας νέας μονάδας, λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχετικές συνιστώσες και γίνεται σύγκριση μεταξύ των διάφορων εναλλακτικών τεχνολογιών που υπάρχουν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες πηγές. Σκοπός της σύγκρισης είναι να αποσαφηνιστεί ποια μέθοδος ηλεκτροπαραγωγής παράγει ρεύμα με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ωστόσο, είναι εύκολα κατανοητό ότι η σύγκριση αυτή επηρεάζεται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες όπως είναι τοποθεσία της μονάδας, η ευστάθεια και η αξιοπιστία του συστήματος, η εθνική ενεργειακή πολιτική αλλά και οι κοινωνικές αντιδράσεις.

Το κόστος για κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα (kWh) είναι το μέγεθος εκείνο που αποτελεί το κύριο οικονομικό μέτρο σύγκρισης για τις διάφορες μεθόδους ηλεκτροπαραγωγής. Το κόστος παραγωγής ενέργειας σε κάθε σταθμό επηρεάζεται από κάποιες επιμέρους οικονομικές συνιστώσες οι οποίες θα εξετασθούν στη συνέχεια.

Να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι οι αριθμητικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι πιο απλές, και δεν λήφθηκαν υπόψιν οι αποσβέσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια των ετών όπως και άλλοι τέτοιοι παράγοντες, οι οποίοι διαπιστώθηκε ότι επιδρούν ελάχιστα στο τελικό αποτέλεσμα των υπολογισμών.

## 4.1 Strata Tower SE1

Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτού του κτιρίου αποτελούν οι **3** στρόβιλοι ανέμου οι οποίοι δεσπόζουν στην κορυφή του.

Κάθε μία έχει διάμετρο **9 m** και αποτελείται από 5 πτερύγια (λεπίδες).

Οι τουρμπίνες αυτές παράγουν σύμφωνα με τους κατασκευαστές το 8% των αναγκών του κτιρίου σε ηλεκτρισμό ενώ τους κόστισαν **1.500.000 £** παραπάνω από το συνολικό κόστος των **113.000.000 £** για όλη την κατασκευή του κτιρίου.

Το κόστος ενέργειας ανά διαμέρισμα, προβλέπεται να είναι έως και 40% λιγότερο από ένα μέσο τυπικό Βρετανικό διαμέρισμα. Το κτίριο είναι επιστρωμένο με μια υψηλής θερμικής απόδοσης πρόσοψη, περίπου 50% αποδοτικότερη από αυτές των τωρινών οικοδομικών κανονισμών.

Κάνοντας μια αποτίμηση, έχουμε:

- Κάθε ένας στρόβιλος παράγει τουλάχιστον **50 MWh** κάθε έτος σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε συγκεντρώσει
- Άρα συνολικά και οι 3 παράγουν **150 MWh / έτος**
- Έστω ότι τα έσοδα από την πώληση της MWh στο Λονδίνο είναι της τάξης των **100 €**
- Συνολικά ετήσια έσοδα από την πώληση της MWh στο Λονδίνο της τάξης των **15.000 € / έτος**
- Μετατροπή αγγλικών λυρών σε ευρώ, σύμφωνα με την τελευταία ισοτιμία νομίσματος: **1.500.000 £ = 1,693,193.36 €**
- Διαιρώντας το κόστος του συστήματος αυτού των τριών στροβίλων με τα συνολικά ετήσια έσοδα από την πώληση της MWh έχουμε τα έτη τα οποία απαιτούνται για να αποσβεστεί το κόστος επένδυσης  
 $1,693,193.36 € / 15.000 = \mathbf{113 \text{ χρόνια}}$  για απόσβεση

Οι τρεις τουρμπίνες είναι των **20 kW** το οποίο σημαίνει:

$$\text{➤ } 20 \cdot 8760 \text{ h} = 175.200 \text{ kWh} = \mathbf{175,2 \text{ MWh}}$$

Θα υπολογιστεί ο συντελεστής δυναμικότητας, ώστε να ελεγχθεί εάν βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων

$$\text{➤ } \Sigma.\Delta. = \frac{50 \text{ MWhr}}{20 \text{ KW} \cdot 8760} = \frac{50}{175,2} = \mathbf{0.285}$$

Η τιμή αυτή του συντελεστή δυναμικότητας είναι κοντά στο κατώτερο όριο του (=0.25-0.5 γενικά) οπότε μπορούμε να πούμε ότι έχει γίνει μια καλή εκτίμηση και θα μπορούσε να τοποθετηθεί, παρόλο που δεν είναι η αποδοτικότερη τιμή που θα μπορούσε να επιτευχθεί.

## 4.2 Solar Ark

Αυτή η ‘ηλιακή κιβωτός’ όπως αποκαλείται, διαθέτει πάνω από **5000** ηλιακά πάνελ (τα οποία καλύπτουν επιφάνεια **5.046 m<sup>2</sup>** για την ακρίβεια) τα οποία παράγουν περίπου **530.000 kWh** σε ετήσια βάση, με μέγιστη ισχύ συστήματος **630 kW**.

Συνολικά, ο χώρος κατασκευής της ηλιακής κιβωτού ήταν **3294,48 m<sup>2</sup>** οπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε για τη βάση της κατασκευής. Από το ένα άκρο στο άλλο, το συνολικό μήκος της ηλιακής κιβωτού είναι **315 m** και έχει ύψος **31,6 m** από το κέντρο της δομής της.

Δώδεκα μονάδες ηλιακών κυττάρων μονοκρυσταλλικού πυριτίου ανά τετραγωνικό συναρμολογήθηκαν στο έδαφος και 470 μονάδες ανυψώθηκαν και προσαρτήθηκαν στο κύριο σώμα της ηλιακής κιβωτού. Συνολικά δηλαδή το έργο αποτελείται από **482** μονάδες ηλιακών κυττάρων. Κάθε στήλη έχει διάμετρο **2 m** και μήκος **31 m**.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας, έχουμε:

- Επιφάνεια ηλιακών κυττάρων εμβαδού 5046 m<sup>2</sup>
- $5046 / 482 = 10,47\text{m}^2$  η κάθε ηλιακή μονάδα  
Αυτό το νούμερο αποτελεί ένα σύνηθες και λογικό νούμερο για την επιφάνεια του ενός φωτοβολταϊκού
- $5046 \text{ m}^2 / 630 \text{ kW} = 8,01 \text{ m}^2 / \text{kW}$
- Ετήσια ηλιακή ενέργεια  $E = 530.000 \text{ kWh} / 5046 \text{ m}^2 = 105 \text{ kWh} / \text{m}^2$
  
- Συντελεστής δυναμικότητας  $\Sigma.\Delta. = \frac{530 \text{ MWhr}}{630 * 8,76} = 0,096 = 0,1$

Στα φωτοβολταϊκά οι αποδεκτές τιμές του συντελεστή δυναμικότητας είναι από 0,2 με 0,3, εδώ παρατηρούμε ότι ο συντελεστής δυναμικότητας είναι πολύ πιο χαμηλό από τα αποδεκτά όρια



- Έστω ότι τα έσοδα από την πώληση της MWh στην Ιαπωνία είναι της τάξης των **100 €**
- Συνολικά ετήσια έσοδα από την πώληση της MWh στην Ιαπωνία είναι της τάξης των  $530 \text{ MWh} / \text{έτος} * 100 \text{ €} = 53.000 \text{ €/έτος}$

Παρόλο που δεν βρέθηκε το κόστος του συστήματος αυτού, εάν υποθέσουμε ότι επενδύθηκε το ποσό των 2.000.000 € ώστε να υπολογίσουμε το χρόνο που απαιτείται για να γίνει απόσβεση των χρημάτων, έχουμε:

$$2.000.000 \text{ €} / 53000 \text{ €/έτος} = 38 \text{ έτη}$$

Έχοντας υπόψιν, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, ότι στην Ιαπωνία ένα τυπικό φωτοβολταϊκό μπορεί να φτάσει σε μέγιστη ετήσια ακτινοβολία περίπου  $1300 \text{ kWh/m}^2$  το  $530.000 \text{ kWh}$  σαν νούμερο φαντάζει υπερβολικό.

### 4.3 Cor

Το κτίριο αυτό αποτελείται από ανεμογεννήτριες διαφόρων διαμέτρων, οι οποίες κυμαίνονται από **10 m έως 18 m**, ενώ σε αριθμό είναι 32.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα 3.5 για διάμετρο ανεμογεννήτριας 18 m η ισχύς της είναι στα 50 kW.

Χάριν συντόμευσης θεωρείται μια μέση τιμή διαμέτρου, ώστε να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί, αντί να γίνουν οι υπολογισμοί για κάθε μια διάμετρο, θεωρώντας ότι οι αποκλίσεις που θα υπάρξουν στα αποτελέσματα, θα είναι ασήμαντες.

Θα θεωρηθεί λοιπόν μια μέση τιμή της διαμέτρου περίπου στα **14 m** ενώ ο αριθμός τους έχει εκτιμηθεί σε **32** και θα εξετασθεί μια τυπική ανεμογεννήτρια του εμπορίου.

Η θεωρητική ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι :

$$\text{➤ } I = 0,5 * \rho * A * V^3$$

$$\text{Επιφάνεια αναφοράς } A = \pi * R^2 = 3,14 * 14^2 = 615,44 \text{ m}^2$$

$$\text{Πυκνότητα αέρα } \rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Θεωρώ μια τυπική ταχύτητα ανέμου } V = 17 \text{ m/s}$$

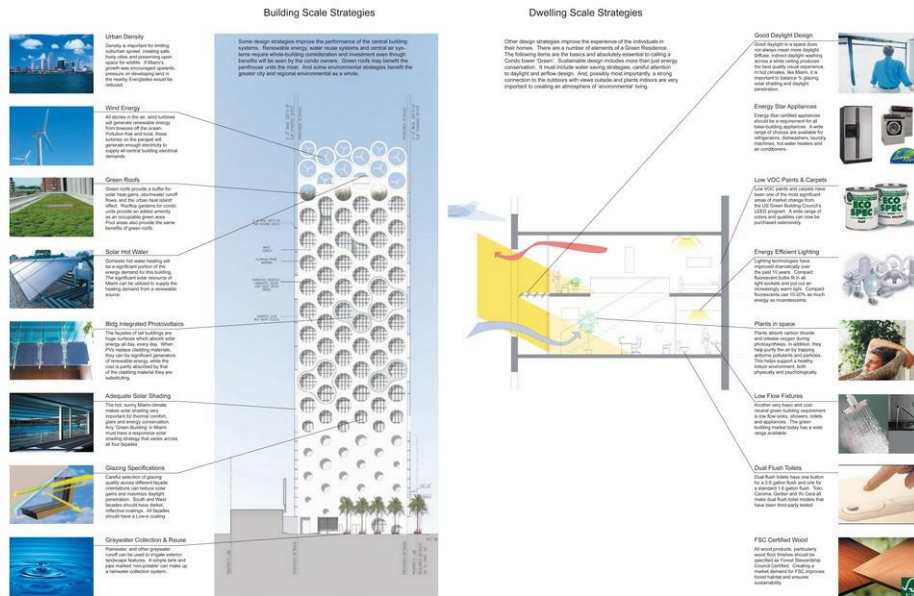
Αρα τελικά:

$$I = 0,5 * 1,29 * 615,44 * 17^3 = 1950258 \text{ W} = 1950,26 \text{ kW} = 1,95 \text{ MW}$$

Σύμφωνα με την παραδοχή ότι στην πράξη η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι το 20% της θεωρητικής, και για να έχουμε μία άποψη σχετικά την τάξη μεγέθους της ισχύος των ανεμογεννηριών αυτών:

$$\text{➤ } 1950,26 * 0,2 = 390,052 \text{ kW}$$

## Health, Comfort and Sustainability



Εικόνα 4.1: Γενικές λειτουργίες κτιρίου

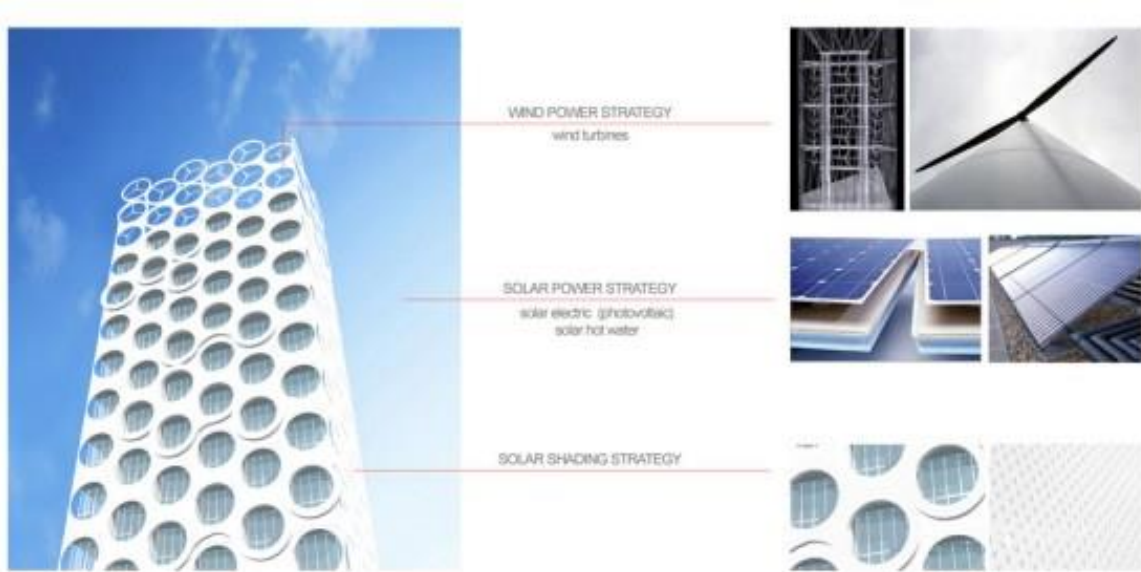
Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.5, για διαμέτρους της τάξης των 14 m, αυτές είναι των 30 kW. Άρα:

$$\text{➤ } 30 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 262.800 \text{ kWh} = 263 \text{ MWh}$$

Θεωρώντας ότι οι στρόβιλοι αυτού του κτιρίου λειτουργούν με το μέγιστο δυνατό συντελεστή δυναμικότητας ίσο με 0,3, προσεγγιστικά και εμπειρικά θα παράγουν περίπου 60 MWh ετησίως η καθεμία. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε 32 ανεμογεννήτριες σε αριθμό, άρα:

$$\text{➤ } 32 * 60 \text{ MWh} = 1920 \text{ MWh} \text{ συνολική ετήσια παραγωγή}$$

ENERGY AND SUSTAINABILITY



Εικόνα 4.2: Τεχνικές λεπτομέρειες ηλιακών και τουρμπινών

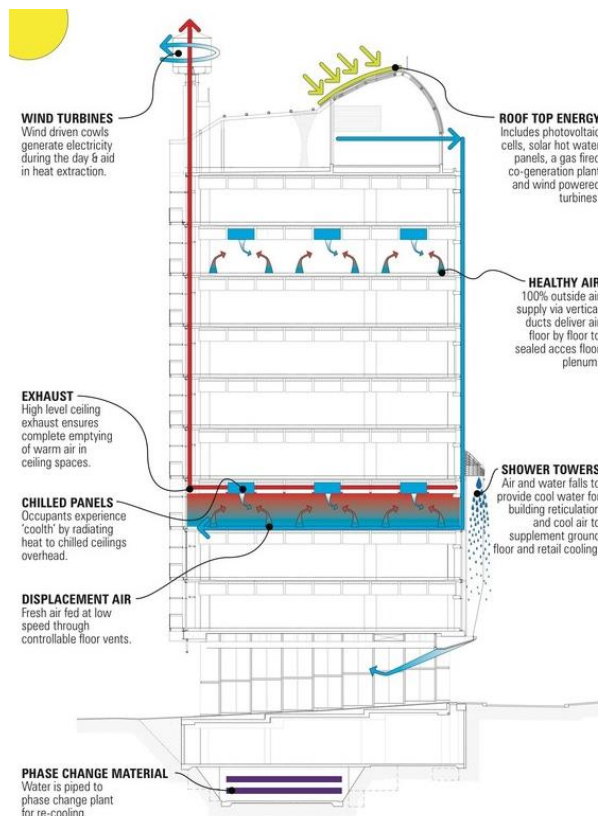
## 4.4 CH2 (Council House 2)

Το κτίριο αποτελείται από 10 ορόφους ενώ η έκταση που καταλαμβάνει είναι **12.536 m<sup>2</sup>**. Κάποια από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου είναι οι νέες οθόνες υπολογιστών LCD, οι οποίες καταναλώνουν κατά 77% λιγότερη ενέργεια και η τελευταία τεχνολογία φωτιστικών καταναλώνουν κατά 65% λιγότερη ενέργεια και επιτυγχάνουν πυκνότητα ισχύος φωτισμού μικρότερη από 2,5 watts / m<sup>2</sup>.

Το κτίριο στεγάζει επίσης **48 m<sup>2</sup>** ηλιακών συλλεκτών, τα οποία παρέχουν το 60% του ζεστού νερού, καθώς και μια μονάδα συμπαραγωγής αερίου που παράγει το 40% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, με μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Το συνολικό ύψος του κτιρίου είναι **40 m** περίπου.

Από το συνολικό κόστος κατασκευής των 51.000.000 \$, τα **12.000.000 \$** επενδύθηκαν στην καινοτομία στον τομέα της ενέργειας, των υδάτων και των αποβλήτων.

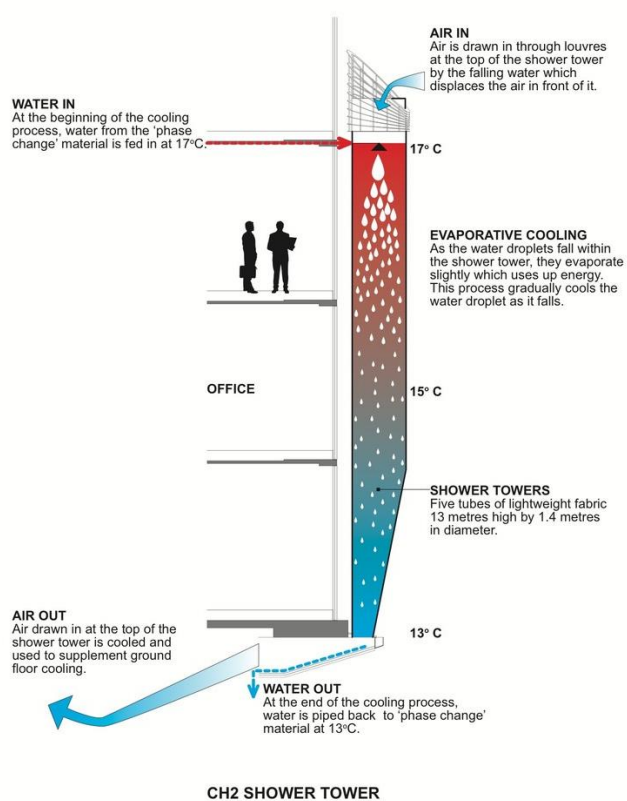
Ο χρόνος αποπληρωμής αναμένεται από τους κατασκευαστές να είναι μικρότερος από **10 χρόνια**.



Εικόνα 4.3: Λεπτομέρεια λειτουργίας κτιρίου

Μια μονάδα συμπαραγωγής φυσικού αερίου παρέχει **60 kW** ηλεκτρικής ενέργειας, που ανέρχονται στο 40% των αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου.

Τα **48 m<sup>2</sup>** στέγης με ηλιακά πάνελ θερμαίνουν το 60% του ζεστού νερού. Από φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται επίσης ένας πίνακας **26 m<sup>2</sup>** παράγει περίπου **3.5 kW** της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει τα συστήματα σκίασης στη δυτική πρόσοψη.



Εικόνα 4.4: Λεπτομέρεια λειτουργίας πρόσοψης

Κάνοντας μια αποτίμηση, έχουμε:

- Επιφάνεια ηλιακών εμβαδού  $48+26=74\text{m}^2$
- Τα  $26\text{ m}^2$  σύμφωνα με τα δεδομένα παράγουν  $3,5\text{ kW}$
- Άρα  $3,5/26 = 0,13\text{ kW/ m}^2$
- Επιπλέον έχουμε τα  $48\text{ m}^2$  παράγουν  $6,46\text{ kW}$

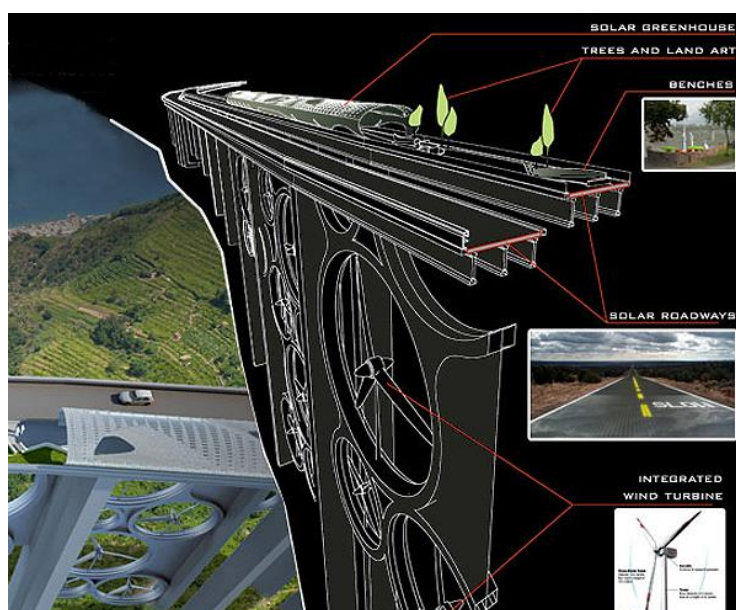
Για το κόστος των  $12.000.000\ \$$  θα πρέπει να υπολογίσουμε τα έτη απόσβεσης

Να παρατηρήσουμε σε αυτό το σημείο ότι για την επιφάνεια που καλύπτει όλο το φωτοβολταϊκό σύστημα, αλλά και όλα τα υπόλοιπα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, το κόστος των  $12.000.000\ \$$  είναι πολύ υψηλό και δεν μπορεί να αποσβεστεί σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα.



## 4.5 Solar Wind Bridge

Η γέφυρα με συνολικό μήκος **20 km** διαθέτει ένα ενεργειακό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει **26** ανεμογεννήτριες που θα παράγουν **36.000.000 kWh** ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως καθώς και ενσωματωμένα ηλιακά κύτταρα στο οδόστρωμα, μια επιφάνεια η οποία θα μπορούσε να προσφέρει περίπου **11.2 GWh** ετησίως, όπως υποστηρίζετε από τους κατασκευαστές.



Εικόνα 4.5: Λεπτομέρεια συνδυαστικής λειτουργίας

Όσον αφορά το αιολικό σύστημα, δηλαδή τις ανεμογεννήτριες:

Θεωρώ ότι οι στρόβιλοι έχουν μια μέση διάμετρο 50 m, καθώς και σε αυτή την περίπτωση έχουμε διαφορετικές διαμέτρους κατά μήκος της γέφυρας, και η ταχύτητα ανέμου για την μέγιστη ισχύ τους είναι 13 m/s.

Υπολογίζουμε αρχικά τη θεωρητική ισχύς, ώστε να έχουμε μια τάξη μεγέθους, και τη μειώνουμε στο 20%, ώστε να έχουμε αυτή που παράγεται στην πράξη

$$I = 0,5 * \rho * A * V^3 = 0,5 * 1,29 * (\pi * D^2 / 4) * 13^3 = 2782400,62 \text{ W} = 2782,4 \text{ kW} = 2,78 \text{ MW}$$

Αυτή βέβαια είναι η θεωρητική ισχύς η οποία σε πρακτικό επίπεδο, δεν μπορεί να τη φθάσει κάποιος στρόβιλος και θεωρούμε ότι ένα αποδοτικό έργο φτάνει περίπου στο 20% αυτής στην πράξη. Άρα:

$$\text{➤ } I * 0,2 = 556,48 \text{ kW}$$

Οι τουρμπίνες διαμέτρου της τάξης των 50 m παράγουν γύρω στα 500 kW

$$\text{➤ } 26 * 500 = 13.000 \text{ kW} = 13 \text{ MW}$$

$$\text{➤ } \text{Συντελεστής Δυναμικότητας } \Sigma.\Delta. = \frac{36 \text{ GWhr}}{13 \text{ MW} * 8760} = \frac{36}{113,88} = \mathbf{0.316}$$

Η τιμή αυτή του συντελεστή δυναμικότητας είναι η μέγιστη που μπορεί να επιτευχθεί κάνοντας όσο αποδοτικότερες γίνεται τους στρόβιλους.

Όσον αφορά τα ηλιακά κύτταρα:

Το οδόστρωμα είναι επιστρωμένο με ένα πυκνό δίκτυο ηλιακών κυττάρων το οποίο θα καλύπτεται από ένα διαφανές και εξαιρετικά ανθεκτικό πλαστικό, παράγοντας παραπάνω ενέργεια, άρα έχουμε:

Θεωρώ μια επιφάνεια εμβαδού  $20.000 * 10 \text{ m} = 200.000 \text{ m}^2$  (για συνολικό πλάτος οδοστρώματος 10 m)

Ισχύς φωτοβολταϊκών:

Για τις 11,2 GWh ετησίως έχουμε

$$11200 * 8760 \text{ h} = 98112000 \text{ kWh} = 98,11 \text{ GWh}$$

Καθώς δεν βρήκαμε περαιτέρω στοιχεία, εάν υποθέσουμε ένα συντελεστή δυναμικότητας

- έστω  $\Sigma.\Delta. = 0,15$
- $\Sigma.\Delta. = 0,15 = 11,2 \text{ GWh} / (x * 8760)$
- $x = 8,52$

Επομένως για τα  $200.000 \text{ m}^2$  επιφάνεια που έχουμε

- $200.000 / 8520 = 23,47 \text{ m}^2$

## 4.7 IRENA'S headquarters (International Renewable Energy Agency Headquarters)

Διαθέτοντας **1.000 m<sup>2</sup>** ηλιακών φωτοβολταϊκών πάνελ στον τελευταίο όροφο και συστήματα έξυπνης ενεργειακής διαχείρισης που σημαίνει ότι χρειάζεται 40% λιγότερη ενέργεια, ονομάστηκε Green Commercial Building. Διαθέτει επίσης θερμαντήρες ηλιακού θερμοσίφωνα που αναμένεται να καλύψουν το 75% της ετήσιας ζήτησης ζεστού νερού του κτιρίου.

Το ηλιακό φωτοβολταϊκό σύστημα στέγης **1.000 m<sup>2</sup>** θα παράγει ετησίως **305.000 kWh** ηλεκτρικής ενέργειας.

Άρα

- $305.000 \text{ kWh} / 1000 \text{ m}^2 = 305 \text{ kWh/m}^2$  παραγωγή ετησίως
- Τα  $1.000 \text{ m}^2$  φωτοβολταϊκά αποδίδουν  $125 \text{ kW}$  ισχύος
- $125 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 1095000 \text{ kWh}$
- Συντελεστής Δυναμικότητας =  $305 / 1095 = 0,278 = 0,28$

Το οποίο αποτελεί μια πολύ καλή τιμή για την τοποθέτησή τους και χαρακτηρίζονται έτσι από υψηλή αποδοτικότητα.

## 4.8 Dynamic Tower

Το 80-όροφο κτίριο, ύψους **420 m** διαθέτει έως και **79** ανεμογεννήτριες, οι οποίες τοποθετούνται ανάμεσα στους ορόφους του. Κάθε όροφος γυρνάει έως και 6 m το λεπτό.

Ολόκληρος ο πύργος προτείνεται να τροφοδοτείται από ανεμογεννήτριες και ηλιακούς συλλέκτες. Υποστηρίζεται ότι θα παράγεται αρκετό πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία πέντε άλλων παρόμοιων κτιρίων στην περιοχή.

Οι στρόβιλοι θα τοποθετηθούν ανάμεσα σε κάθε ένα από τα περιστρεφόμενα δάπεδα ενώ οι ηλιακοί συλλέκτες αναμένεται να καλύπτουν σαν επιφάνεια την οροφή και την κορυφή κάθε δαπέδου.

Ο κατασκευαστής του έργου, δήλωσε ότι θα μπορούσε να παράγει μέχρι και **1.200.000 kWh** κάθε χρόνο. Ολόκληρο το κόστος του πύργου ανέρχεται στα **700.000.000 \$**.

Θεωρώντας ότι οι ανεμογεννήτριες είναι διαμέτρου **50 m**, σύμφωνα με το διάγραμμα που έχουμε παραθέσει παραπάνω, για αυτές τις διαμέτρους οι ανεμογεννήτριες παράγουν γύρω στα **400 kW**.

Άρα,

- Η παραγωγή ετησίως ανά στρόβιλο είναι:

$$400 * 8760 = 3504000 \text{ kWh} = 350,4 \text{ MWh}$$

- Συντελεστής δυναμικότητας =  $\Sigma.\Delta. = \frac{1200 \text{ MWhr}}{400 \text{ kW} * 8760} = \frac{1200}{350,4} = \mathbf{0.34}$

Αυτή η τιμή του συντελεστή δυναμικότητας είναι μέσα στο όριο 0,25 - 0,5 και θεωρείται μια καλή προσέγγιση οπότε οι ανεμογεννήτριες θα μπορούσαν να τοποθετηθούν και να χαρακτηριστούν αποδοτικές.

## 4.9 Olympian City

Το κτίριο αυτό ουσιαστικά αποτελείται από δυο κτίρια τα οποία είναι ενωμένα και αποτελούν και τα δυο εμπορικά κέντρα. Θα υπολογίσουμε και για τις δύο επιφάνειες κτιρίων, δηλαδή συνολικά και τα δύο κτίρια, Olympian City 2 & 3.

- Η επιφάνεια και των δυο κτιρίων είναι 40.000 m<sup>2</sup>.
- Για ύψος βροχής στο Χονγκ Κονγκ 3.000 mm
- Άρα ο όγκος βροχής είναι 40000 \* 3 = 120.000 m<sup>3</sup>
- Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από τα παραπάνω είναι:

$$E \text{ (kWh)} = \frac{n*9,81*V*h}{3600} = \frac{0.85*9.81*120000*133}{3600} = 36967.35 \text{ kWh} = 37 \text{ MWh}$$

Όπου V ο όγκος βροχής (m<sup>3</sup>)

h το ύψος του κτιρίου (m)

n = 0.85

Καθώς το Olympian City αποτελεί ένα συγκρότημα κτιρίων ενωμένα μεταξύ τους, τα ύψη τους ποικίλουν, από 111 m έως και 156 m. Επιλέχθηκε ένα μέσο ύψος 133 m. (<https://www.emporis.com/complex/100564/olympian-city-hong-kong-china>)

Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από τα παραπάνω είναι 37 MWh, το οποίο σαν νούμερο, για το μέγεθος του συγκεκριμένου κτιρίου και τις απαιτήσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι αρκετά ικανοποιητικό.

Ένα ακόμη παράδειγμα για αυτή την πόλη αποτελεί το υδρευτικό της δίκτυο στο οποίο μετά από πέντε χρόνια εργασίας, εγκαταστάθηκε μια γεννήτρια στροβίλων στα εργοστάσια επεξεργασίας νερού της πόλης που άρχισε να λειτουργεί τον Ιούλιο και παράγει **1,5 GWh** ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Αυτό θα εξοικονομήσει **10 %** του λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας του εργοστασίου και θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά **2.000 τόνους ετησίως**.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα κοστίζουν έως και 50 σεντς ανά kWh. Εκτιμάται ότι οι τουρμπίνες στο δημόσιο σύστημα ύδρευσης στο Χονγκ Κονγκ θα μπορούσαν να τροφοδοτήσουν 6.000 νοικοκυριά ή έναν πληθυσμό περίπου 24.000 κατοίκων.

Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν στις εγκαταστάσεις, το δίκτυο πόσιμου νερού θα είναι σε θέση να παρέχει **34 GWh** ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως.

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε έρευνα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πρωτότυπα συστήματα ενσωματωμένα σε τεχνικά έργα, σημαντικού ενδιαφέροντος από αρχιτεκτονική άποψη, με σκοπό την αξιολόγηση των συστημάτων αυτών. Στη συνέχεια έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, για την εκτίμηση τόσο των ποσοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και κόστους και απόσβεσης. Από τα παραπάνω εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα:

- Ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του '70, με την εμφάνιση της πετρελαϊκής κρίσης άρχισαν να αναπτύσσονται οι έννοιες της οικολογίας, του ανθρωπισμού και της περιβαλλοντικού σχεδιασμού οι οποίες από τότε συνδέθηκαν με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και έτσι μέχρι και σήμερα αυτό αποτυπώνεται στο σχεδιασμό των σύγχρονων κτιρίων
- Η ενσωμάτωση των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πετυχαίνει τον σκοπό της αρχιτεκτονικά και δημιουργεί μια καλή αισθητική εικόνα ενώ παράλληλα αναβαθμίζεται ολόκληρο το έργο. Παρατηρήθηκε ότι όλα τα παραπάνω έργα ενσωματώνουν τις τελευταίες αρχιτεκτονικές τάσεις και δημιουργούν καινούργιες, καθώς τα συστήματα προσδίδουν ένα ύφος κομψότητας στο έργο, κάτι που δεν έχει παρατηρηθεί σε άλλες εφαρμογές τους έως τώρα.
- Η συμφωνία μεταξύ σχεδιασθέντων και πραγματικών τιμών σχετικά με το βέλτιστο σημείο λειτουργίας και την αναμενόμενη απόδοση των παραπάνω συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει. Το γεγονός αυτό υπονοεί την απόκρυψη και υπερεκτίμηση κάποιων στοιχείων, κάτι το οποίο μπορεί να κρύβει την ύπαρξη ακριβών συστημάτων.



- Σε πολλά έργα δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, και αυτά δεν είναι δυνατόν να έχουν αγνοηθεί τυχαία. Στην προσπάθεια ενσωμάτωσης της αειφόρας ανάπτυξης στο σχεδιασμό, οι αρχιτέκτονες μηχανικοί προωθούν την τοποθέτηση τέτοιων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δημιουργώντας ένα κύμα προς αυτήν την κατεύθυνση.

Ο άξονας που υπαγορεύει τη στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι διπλός: αφ' ενός μεν, η ενεργειακή ανεξαρτησία και αειφορία με τελικό σκοπό τη δημιουργία μιας κοινωνίας βασιζόμενης εξ' ολοκλήρου σε ενέργεια που διαρκώς ανανεώνεται· αφ' ετέρου, η ελαχιστοποίηση και τελικά εκμηδένιση των εκλυόμενων ρύπων που θα αμβλύνει τις περιβαλλοντικές συνέπειες και θα εναρμονίζεται με τη φυσική ισορροπία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, τα εμπόδια που μένουν να υπερπηδηθούν δεν είναι δίχως σημασία. Το κόστος της παραγόμενης ενεργειακής μονάδας από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παραμένει υψηλό, ακόμα και στην περίπτωση των αιολικών πάρκων, που θεωρούνται ο πιο «ώριμος» εκπρόσωπός τους. Βέβαια, αυτό είναι κάτι που αναμένεται να αλλάξει και μόνο καθώς η ελάττωση των υπαρχόντων ορυκτών καυσίμων οδηγεί στην αναπόφευκτη αύξηση της τιμής τους. Από την άλλη, οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν έχουν καταφέρει ακόμα να επιτύχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, κάτι το οποίο θα μεταφραζόταν σε μεγαλύτερες, χωρικά, εγκαταστάσεις για την επίτευξη ίσης, ποσοτικά, ενέργειας. Και πάλι θα πρέπει να αναλογιστούμε όμως ότι με την έκλειψη των ορυκτών καυσίμων, εκτός του ότι η τεχνολογία θα «αναγκαστεί» να προοδεύσει υπό την πίεση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, δε θα υφίσταται η εναλλακτική του εύκολου και άκοπου καυσίμου.

## **Βιβλιογραφία**

- Μαμάσης Ν., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., 2011
- Στεφανάκος Ι., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., 2011
- Βοβός Ν., Ανάλυση, Έλεγχος και Ευστάθεια Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, 2014
- Kerrod R., *Ο Κόσμος του Σήμερα – Πηγές Ενέργειας στο Μέλλον*, Εκδ. Γιάννη Ρίζου, 1992
- Μπεργελές Γ., “Ανεμοκινητήρες”, εκδόσεις Συμεών, 2005
- Παπαδόπουλος Μ., “Παραγωγή Η/Ε από ΑΠΕ”, Εκδόσεις ΕΜΠ, 1997
- Mark Z. Jacobson, Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, 2009
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, HVAC Systems and Equipment, ASHRAE HANDBOOK, Inc.2004
- Λαμπροπούλου Κ., Αξιοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας σε αστικό περιβάλλον, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούνιος 2009
- Ιωάννου Θ., Αειφορία και οικιστική ανάπτυξη: η συμβολή του περιβαλλοντικού σχεδιασμού: εφαρμογή σε πρότυπο οικισμό, 2012
- Peng C., Y Huang, Z Wu , Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China - Energy and Buildings, 2011 - Elsevier
- Fath Karoline, Julian Stengel, Wendelin Sprenger, Helen Rose Wilson, Frank Schultmann, Tilmann E. Kuhn , A method for predicting the economic potential of (building-integrated) photovoltaics in urban areas based on hourly Radiance simulations, 2015
- Peacock AD, D Jenkins, M Ahadzi, A Berry, S Turan , Micro wind turbines in the UK domestic sector, - Energy and Buildings, 2008 – Elsevier
- EURELECTRIC “Preservation of Resources” Working Group’s, Efficiency in Electricity Generation, July 2003
- Κατσίγιαννης Ιωάννης, ‘Ανεμογεννήτριες’, Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών TEI Κρήτης, 2012

## Από το διαδίκτυο:

- Ελληνική Βικιπαίδεια <http://el.wikipedia.org/wiki/Πύλη:Κύρια>
- Αγγλική Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)
- Industrial Wind Energy Position <http://www.aweo.org/>
- Archdaily <http://www.archdaily.com/>
- The guardian <https://www.theguardian.com/artanddesign/2010/jul/18/strata-tower-london-green-architecture>
- Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_Ark](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Ark)
- Archdaily <http://www.archdaily.com/87063/cor-oppenheim-architecture-design>
- Inhabitat | Design for a better world <https://inhabitat.com/new-green-tower-in-miami-the-cor-building/>
- Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Council\\_House\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Council_House_2)
- Archdaily <http://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc>
- Inhabitat | Design for a better world <https://inhabitat.com/solar-wind-turbine-bridge-repurposes-viaduct-for-public-space/solarwind2>
- Innovative Energy Saving <https://innovativeenergysaving.wordpress.com/energy-production-on-bridges-and-viaducts/solar-wind-bridge/>
- ΚΤΙΡΙΟ 'ΕΚΔΟΣΕΙΣ' [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)
- The guardian <https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainability-case-studies-pwc-one-embankment-place>
- E-architect Architecture News-Buildings <https://www.e-architect.co.uk/london/pricewaterhousecoopers-more-london>
- Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Renewable\\_Energy\\_Agency](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Renewable_Energy_Agency)
- Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Tower)
- Daily Mail Online <http://www.dailymail.co.uk/news/article-4231698/Rotating-Dubai-skyscraper-built-2020.html>
- Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Olympian\\_City](https://en.wikipedia.org/wiki/Olympian_City)

- Emporis Buildings <https://www.emporis.com/complex/100564/olympian-city-hong-kong-china>