



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ
(ΠΜΣ-Ο.ΔΙ.Μ.)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΠΑΥΛΙΔΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΣΙΝΑΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΧΙΟΣ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2020

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών «Οικονομική και Διοίκηση για Μηχανικούς» ως προαπαιτούμενο για την απόκτηση διπλώματος. Επιβλέφθηκε από τον Δρ. Τσιναράκη Γεώργιο, διδάσκοντα στο Π.Μ.Σ. «Οικονομική και Διοίκηση για Μηχανικούς».

Για την ευκαιρία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, την άψογη συνεργασία και την συνεχή καθοδήγηση και ενθάρρυνση, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Τσιναράκη Γεώργιο. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον Δρ. Κουλουμπή Βίκτωρα, για την πολύτιμη συμβολή του και τις επιστημονικές συμβουλές που μου παρείχε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική υποστήριξη και ιδιαίτερος τον Αποστόλη για την συμπαράστασή του.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Κατάλογος Εικόνων	5
Κατάλογος Σχημάτων	6
Κατάλογος Πινάκων	8
Περίληψη.....	9
Abstract	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.....	11
1.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	11
1.3. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ.....	11
1.4. ΔΟΜΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ	12
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΡΓΟΥ	12
2.1.1 Η έννοια του έργου	12
2.1.2 Διοίκηση και διαχείριση έργου	13
2.2. ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ.....	16
2.2.1 Διάγραμμα Gantt.....	17
2.2.2 Δίκτυα έργου	18
2.2.3 Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής.....	19
2.2.4 Η μέθοδος PERT.....	21
2.2.5 Μέθοδος της κρίσιμης αλυσίδας	22
2.2.6 Προγραμματισμός διάθεσης πόρων	22
2.2.7 Οικονομικός προγραμματισμός έργου	23
2.2.8 Έλεγχος προόδου έργου.....	24
2.2.9 Η μέθοδος της παραγόμενης αξίας.....	25
2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	26
2.3.1 Εισαγωγή	26
2.3.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία	26
2.3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα	29
2.3.4 Κανόνες χωροθέτησης και απόδοση.....	34
2.3.5 Στατιστικά.....	36
2.3.6 Διαδικασία Αδειοδότησης - Απαιτούμενες Άδειες και Εγκρίσεις.....	42
2.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.....	44

2.4.1 Ορισμός	44
2.4.2 Ιστορική αναδρομή	46
2.4.3 Διεθνή πρότυπα	47
2.4.4 Μεθοδολογία	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	59
3.1. ΓΕΝΙΚΑ	59
3.1.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ- ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	59
3.1.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	61
3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΦΑΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	64
3.2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΘΕΤΟΥΝ ΤΟ ΕΡΓΟ.....	64
3.2.2 ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΡΓΟΥ.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	74
4.1. ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	74
4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ LCA	83
4.2.1 Σκοπός και πλαίσιο εφαρμογής	83
4.2.2 Δεδομένα, επεξεργασία, παραδοχές	85
4.2.3 Εφαρμογή μεθοδολογίας - Εκτίμηση επιπτώσεων.....	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	119
5.1. Συμπεράσματα	119
5.2. Προτάσεις - Μελλοντικές επεκτάσεις	119
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό, στοιχείο λεπτής μεμβράνης και στοιχείο ταινίας πυριτίου (https://selasenergy.gr/fv_systems.php).....	27
Εικόνα 2. Σταθερές βάσεις και βάσεις κεραμοσκεπής.....	30
Εικόνα 3. Βάσεις με εποχική ρύθμιση.....	31
Εικόνα 4. Tracker μονού άξονα.....	32
Εικόνα 5. Tracker διπλού άξονα.....	32
Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση υποσταθμού Μέσης Τάσης.....	33
Εικόνα 7. Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας, Πανουτσακοπούλου, Β., Σφetsιώρης, Ε. (2016).....	35
Εικόνα 8. Τοποθεσία υπό μελέτη έργου.....	59
Εικόνα 9. Εκσκαφέας.....	62
Εικόνα 10. Πασσαλομπήχτης.....	62
Εικόνα 11. Γκρέιντερ.....	62
Εικόνα 12. Μπουλντόζα.....	63
Εικόνα 13. Μπετονιέρα.....	63
Εικόνα 14. Τσαπάκι.....	63
Εικόνα 15. Διαβολάκι.....	64
Εικόνα 16. Τοποθέτηση πασσάλων περίφραξης.....	65
Εικόνα 17. Προετοιμασία για τοποθέτηση πασσάλων βάσεων- ευθυγραμμίσεις.....	65
Εικόνα 18. Μεταφορά και μοίρασμα πασσάλων.....	66
Εικόνα 19. Πασσαλόμπηξη.....	66
Εικόνα 20. Κατασκευή βάσης υποσταθμού.....	67
Εικόνα 21. Υποσταθμός μέσης τάσης και βοηθητικός οικίσκος.....	67
Εικόνα 22. Μεταφορά πάνελ.....	68
Εικόνα 23. Τοποθέτηση πάνελ.....	68
Εικόνα 24. Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.....	69
Εικόνα 25. Τοποθέτηση καλωδίων φωτισμού και καμερών.....	70
Εικόνα 26. Τοποθέτηση καλωδίων.....	70
Εικόνα 27. Τοποθέτηση σχάρας καλωδίων.....	71
Εικόνα 28. Υπερανάθεση πόρων.....	83
Εικόνα 29. Αλλαγή διάρκειας μετά από επαναπρογραμματισμό.....	83

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Στόχοι απόδοσης, Maylor, (2005)	13
Σχήμα 2. Διάγραμμα Gantt (Κηρυττόπουλος, 2020).....	17
Σχήμα 3. Διάγραμμα Gantt με σύνδεση δραστηριοτήτων (Κηρυττόπουλος, 2020).....	17
Σχήμα 4. Τοξωτό δίκτυο (Κάραλη, 2015).	18
Σχήμα 5. Κομβικό δίκτυο (Κάραλη, 2015).	18
Σχήμα 6. Δίκτυο δραστηριοτήτων (Κάραλη, 2015).	19
Σχήμα 7. Δίκτυο δραστηριοτήτων με κρίσιμη διαδρομή (Κάραλη, 2015).	20
Σχήμα 8. Καμπύλες κόστους βάσει νωρίτερης και αργότερης έναρξης (Λαμπρινού, 2017)..	23
Σχήμα 9. Τάσεις στην τεχνολογία φωτοβολταϊκών κυψελών (Pickerel, 2018).	29
Σχήμα 10. Μίγμα παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (IEA, 2019).....	36
Σχήμα 11. Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή προέλευσης και προοπτικές (IEA, 2019).	37
Σχήμα 12. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ανά περιοχή (IEA, 2019).	38
Σχήμα 13. Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).....	38
Σχήμα 14. Εξέλιξη εγκατάστασης Φ/Β σταθμών 2009-2017 (Τζητηρίδου, 2019).	39
Σχήμα 15. Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ ανά κατηγορία 2017-2019 (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).	40
Σχήμα 16. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).	41
Σχήμα 17. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ ανά τεχνολογία (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).	41
Σχήμα 18. Κύκλος ζωής προϊόντος (Τσαγκαροπούλου, 2014).....	44
Σχήμα 19. Στάδια κύκλου ζωής.	45
Σχήμα 20. Στάδια εφαρμογής AKZ (Πέτρου, 2014).....	49
Σχήμα 21. Στάδια εκτίμησης επιπτώσεων (Τσεκούρας, 2013).	54
Σχήμα 22. Τομή βάσης στήριξης Φ/Β πάνελ.....	59
Σχήμα 23. Σχέδιο χωροθέτησης.	60
Σχήμα 24. Διάγραμμα ροής διαδικασιών έργου.....	73
Σχήμα 25. Διάγραμμα Gantt.....	78
Σχήμα 26. Όρια εξεταζόμενου συστήματος.....	84
Σχήμα 27. Ομάδα εργασιών 2-Χωματουργικά.....	87
Σχήμα 28. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Χωματουργικά.	87
Σχήμα 29. GWP- Χωματουργικά.....	88
Σχήμα 30. Ομάδα εργασιών 3- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.....	88
Σχήμα 31. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.....	89
Σχήμα 32. GWP- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.	89
Σχήμα 33. Ομάδα εργασιών 5- Κατασκευή περίφραξης.....	90
Σχήμα 34. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Κατασκευή περίφραξης.	91
Σχήμα 35. GWP- Κατασκευή περίφραξης.	92
Σχήμα 36. Ομάδα εργασιών 6- Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.	93
Σχήμα 37. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.....	94
Σχήμα 38. GWP- Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.....	94
Σχήμα 39. Ομάδα εργασιών 7- Κατασκευή βάσεων υποσταθμού και οικίσκου.....	95
Σχήμα 40. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια- Κατασκευή βάσεων Υ/Σ και Οικίσκου.....	96

Σχήμα 41. GWP- Κατασκευή βάσεων Υ/Σ και Οικίσκου.....	96
Σχήμα 42. Ομάδα εργασιών 8- Τοποθέτηση υποσταθμού και κατασκευή οικίσκου.....	97
Σχήμα 43. Υποδιεργασία κατασκευής οικίσκου.	97
Σχήμα 44. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση Υ/Σ και κατασκευή οικίσκου.	98
Σχήμα 45. GWP- Τοποθέτηση Υ/Σ και κατασκευή οικίσκου.	98
Σχήμα 46. Ομάδα εργασιών 9- Τοποθέτηση πάνελ.....	99
Σχήμα 47. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση πάνελ.	99
Σχήμα 48. GWP- Τοποθέτηση πάνελ.....	100
Σχήμα 49. Ομάδα εργασιών 10- Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.	100
Σχήμα 50. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων σόλαρ.....	101
Σχήμα 51. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.	101
Σχήμα 52. GWP- Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.	102
Σχήμα 53. Ομάδα εργασιών 11- Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.	103
Σχήμα 54. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.	104
Σχήμα 55. GWP- Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.	105
Σχήμα 56. Ομάδα εργασιών 12- Τοποθέτηση καλωδίων.	106
Σχήμα 57. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων αλουμινίου.	106
Σχήμα 58. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων ΜΤ.....	107
Σχήμα 59. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση καλωδίων.....	108
Σχήμα 60. GWP- Τοποθέτηση καλωδίων.	109
Σχήμα 61. Ομάδα εργασιών 13- Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.....	110
Σχήμα 62. Υποδιεργασία κατασκευής προβολέων.	111
Σχήμα 63. Παραγωγή καλωδίων χαλκού.	111
Σχήμα 64. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.	112
Σχήμα 65. GWP- Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.	113
Σχήμα 66. Ομάδα εργασιών 15- Σύνδεση ρούτερ και καλωδίων δεδομένων.....	114
Σχήμα 67. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση ρούτερ/ Τηλεμετρία.....	114
Σχήμα 68. GWP- Τοποθέτηση ρούτερ/ Τηλεμετρία.....	115
Σχήμα 69. GWP Έργου εγκατάστασης Φ/Β σταθμού.....	116
Σχήμα 70. Συνολικό GWP έργου.	117
Σχήμα 71. Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια έργου.....	118

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Δεδομένα εγκατεστημένης ισχύος και παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).....	39
Πίνακας 2. Απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις ανά κατηγορία ισχύος ΦΒ σταθμών (ΔΕΣΜΗΕ, 2020).....	42
Πίνακας 3. Τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων (Frischknecht, 2007).....	57
Πίνακας 4. Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων και τα χαρακτηριστικά τους (Pieragostini, Mussati & Aguirre, 2012).	57
Πίνακας 5. Ημερολόγιο έργου.	74
Πίνακας 6. Οικονομικός προγραμματισμός έργου.	79
Πίνακας 7. Δεδομένα για ΑΚΖ.	86

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθούν οι διαδικασίες εκτέλεσης ενός έργου, ως προς τον προγραμματισμό τους αλλά και ως προς τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε ένα έργο εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 500kW και έγινε μια εκτενής παρουσίαση των εννοιών του έργου, του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται, και της μεθοδολογίας ανάλυσης κύκλου ζωής.

Έπειτα, περιγράφηκαν αναλυτικά οι εργασίες που απαιτούνται για την εκτέλεση του συγκεκριμένου έργου και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και πραγματοποιήθηκε ο χρονικός και οικονομικός του προγραμματισμός με βάση εμπειρικά στοιχεία από την υλοποίησή του, χρησιμοποιώντας το λογισμικό MS Project.

Στη συνέχεια μελετήθηκε ως προς τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον, εκτιμώντας την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η μελέτη έγινε με εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής. Η ανάλυση κύκλου ζωής περιλαμβάνει πλήθος περιβαλλοντικών δεικτών που εξετάζουν διάφορες συνιστώσες της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που μπορεί να επιφέρει μια διεργασία ή ένα προϊόν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Στην προκειμένη η μεθοδολογία εφαρμόστηκε με χρήση του λογισμικού GaBi.

Η ανάλυση κύκλου ζωής εφαρμόστηκε ανά ομάδα εργασιών του έργου όπως αυτές προέκυψαν από τον προγραμματισμό του. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε ομάδα αλλά και συγκεντρωτικά για το σύνολο του έργου στο τέλος της εργασίας.

Η υλοποίηση της μελέτης σε ένα πραγματικό υλοποιημένο έργο, δίνει την δυνατότητα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα ως βάση σύγκρισης για επόμενες κατασκευές Φ/Β πάρκων ή να συγκριθούν με ήδη υπάρχουσες μελέτες.

Abstract

The present thesis aims to study the implementation procedures of a project, both in terms of its planning and its environmental impact. For this purpose, a 500 kW photovoltaic power plant installation project was selected and an extensive presentation of project management concepts, time and cost planning, photovoltaic systems and technologies used, as well as life cycle analysis methodology was performed.

Furthermore, the procedures required for the completion of the project were thoroughly described and the materials used in it were listed. Its time and cost planning based on empirical evidence from its implementation was performed using the MS Project software.

The project's impact on the environment was studied, assessing primary energy consumption and greenhouse gas emissions. The study was carried out using life cycle analysis methodology. Lifecycle analysis includes a number of environmental indicators that examine various components of the environmental burden that a process or product may have over its lifetime. In this case, the methodology was performed using GaBi software.

Lifecycle analysis was performed per project task group as it emerged from its planning. The results are presented in detail for each group but also for the whole project at the end of the thesis.

The performance of life cycle analysis study into a real project enables the results to be used as a benchmark for future PV park installation projects or to be compared with existing studies.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό του έργου εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 500kW καθώς και την μελέτη του ίδιου έργου ως προς τις επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον.

1.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός έγινε με το πρόγραμμα MS Project, αφού πρώτα καταγράφηκαν λεπτομερώς όλες οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την υλοποίηση του έργου. Καταγράφηκαν επίσης όλα τα υλικά και οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι αποστάσεις που διανύθηκαν για τις μεταφορές των υλικών με τα αντίστοιχα φορτία. Όλες οι πληροφορίες και οι ποσότητες είναι ρεαλιστικές αφού προέρχονται από ένα πρόσφατα υλοποιημένο έργο, οι εργασίες του οποίου ολοκληρώθηκαν στα τέλη του 2019.

Για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής, η οποία εφαρμόστηκε ανά ομάδα εργασιών όπως αυτές προέκυψαν από τον προγραμματισμό του έργου. Τα δεδομένα που είχαν καταγραφεί τροποποιήθηκαν κατάλληλα για να μπορούν να μπουν ως εισροές στο πρόγραμμα.

1.3. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να αποτυπωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Υπάρχουν πολλές μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής που έχουν εφαρμοστεί στα κύρια μέρη που αποτελούν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, όπως η κατασκευή των πάνελ και των αντιστροφών. Επίσης υπάρχουν και άλλες μελέτες που περιλαμβάνουν όλα τα μέρη και την εγκατάσταση, όπου όμως η διαδικασία εγκατάστασης είναι σε αυτές ένα μόνο μικρό μέρος τους, που δεν αναλύεται ούτε διερευνάται περαιτέρω στις επιμέρους εργασίες της.

1.4. ΔΟΜΗ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, περιγράφεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται, η συνεισφορά και η δομή της.

Κεφάλαιο 2: Παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες του έργου, του οικονομικού και χρονικού του προγραμματισμού, παρατίθενται θεωρητικές πληροφορίες των τεχνολογιών των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, γίνεται μια σύντομη αναφορά στην νομοθεσία αδειοδότησης και εγκατάστασής τους, αναφέρονται στατιστικά στοιχεία και τέλος παρουσιάζεται η μεθοδολογία ανάλυσης κύκλου ζωής.

Κεφάλαιο 3: Παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης, γίνεται μια τεχνική περιγραφή του έργου με περιγραφή όλου του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, περιγράφεται αναλυτικά η φάση κατασκευής και ορίζονται οι σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των εργασιών.

Κεφάλαιο 4: Πραγματοποίηση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, εφαρμογή της μεθοδολογίας ανάλυσης κύκλου ζωής, ανάλυση και περιγραφή των αποτελεσμάτων.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα από την μελέτη και προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΕΡΓΟΥ

2.1.1 Η έννοια του έργου

Κάθε οργανισμός ή επιχείρηση εκτελεί κάποιες εργασίες. Οι εργασίες γενικά αποτελούν παραγωγικές διαδικασίες ή έργα, τα οποία έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Κάποια από αυτά είναι ότι και τα δύο εκτελούνται από ανθρώπους ή/και μηχανές, διαθέτουν περιορισμένους πόρους, και σχεδιάζονται, εκτελούνται και ελέγχονται. «Έργο είναι μια προσωρινή προσπάθεια που αναλαμβάνεται για να δημιουργήσει ένα μοναδικό προϊόν, υπηρεσία ή αποτέλεσμα» (A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2013). Η έννοια προσωρινή προσπάθεια σημαίνει ότι το έργο έχει χρονικά καθορισμένη διάρκεια, δηλαδή αρχή και τέλος. Επίσης, η έννοια μοναδικό προϊόν ή υπηρεσία σημαίνει ότι το αποτέλεσμα ενός έργου είναι πάντα διαφορετικό από το αποτέλεσμα ενός άλλου έργου ακόμη και αν τα δυο αυτά αποτελέσματα φαίνονται πανομοιότυπα. Συνεπώς η διαφορά των έργων από τις παραγωγικές διαδικασίες είναι ότι αυτά είναι περιστασιακά και μοναδικά.

Κάθε έργο στα πλαίσια ενός οργανισμού μπορεί να απασχολεί ένα ή και περισσότερα άτομα. Επίσης η διάρκεια κάθε έργου ποικίλει. Υπάρχουν έργα διάρκειας εβδομάδων, αλλά και έργα που διαρκούν χρόνια. Γενικότερα τα έργα είναι ύψιστης σημασίας για την επίτευξη της ορθής λειτουργίας της επιχειρησιακής στρατηγικής κάθε εταιρείας, καθώς αποτελούν τα μέσα με τα οποία εφαρμόζονται οι διάφορες επιλεγμένες στρατηγικές.

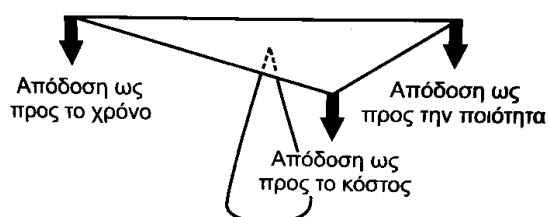
Οι κύριοι εμπλεκόμενοι σε κάθε έργο είναι οι παρακάτω:

- 1) Ο *Κύριος του Έργου*: ο οργανισμός για τον οποίο γίνεται το έργο, για τον οποίο καταρτίζεται η σύμβαση και ο οποίος θέτει τους βασικούς όρους του έργου.
- 2) Ο *Φορέας Υλοποίησης*, ο οποίος αναλαμβάνει την υλοποίησή του.
- 3) Η *Αναθέτουσα Αρχή*, η οποία αναθέτει το έργο στο φορέα υλοποίησης (στις περιπτώσεις των δημοσίων έργων) με κάποια διαδικασία (άμεση ανάθεση, διαγωνισμό, κ.λ.π)
- 4) Οι *Φορείς Χρηματοδότησης* του έργου, οι οποίοι καλύπτουν οικονομικά τις δαπάνες του έργου

Οι τρεις βασικοί στόχοι απόδοσης ή κριτήρια υλοποίησης ενός έργου είναι ο *χρόνος*, το *κόστος* και η *ποιότητα* (Maylor, 2005). Τα τρία αυτά κριτήρια αποτελούν το λεγόμενο «σιδερένιο τρίγωνο». Τα κριτήρια του χρόνου και του κόστους είναι αρκετά σαφείς έννοιες που αφορούν την διάρκεια του έργου και τους πόρους (εισροές) που θα απαιτηθούν, αντίστοιχα. Αντιθέτως η ποιότητα είναι μια υποκειμενική έννοια που αφορά κυρίως τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υλικών ή και υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια υλοποίησης ενός έργου. Η ποιότητα έχει άμεση σχέση ειδικά με το κόστος ενός έργου και μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικό τελικό κόστος ακόμα και σε δύο πανομοιότυπα έργα. Επίσης η ποιότητα, παρά την υποκειμενικότητά της, μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με ένα σύνολο από κριτήρια.

Στα τρία βασικά κριτήρια έρχονται να προστεθούν από τον Δημητριάδη (2009, όπ. αναφ. στο Μακρής, 2018) άλλα τρία: ο *εργασιακός παράγοντας*, δηλαδή το ανθρώπινο δυναμικό

που θα διαθεθεί για την υλοποίηση του έργου, ο *κοινωνικός παράγοντας*, που αφορά τις ευρύτερες συνθήκες του πλαισίου και της περιοχής υλοποίησης του έργου, τον αντικτυπο που ίσως έχει στην τοπική κοινωνία και τα αντικρουόμενα συμφέροντα, και τέλος ο *θεσμικός παράγοντας*, δηλαδή η νομοθεσία που πλαισιώνει την κατασκευή κάθε έργου. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες καθορίζουν το τελικό αποτέλεσμα και καθιστούν έτσι το κάθε έργο μοναδικό.



Σχήμα 1. Στόχοι απόδοσης, Maylor, (2005)

2.1.2 Διοίκηση και διαχείριση έργου

Η διαχείριση ενός έργου χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις που αποτελούν αυτό που ονομάζεται *κύκλος ζωής του έργου* και περιλαμβάνει (Maylor, 2005):

1. Ορισμός του έργου. Στην πρώτη φάση καταstrώνεται η στρατηγική που θα ακολουθηθεί στο συγκεκριμένο έργο, καθορίζεται ο στόχος του, αποφασίζεται τι πρέπει να γίνει και γιατί.
2. Σχεδιασμός της διαδικασίας του έργου. Κατασκευάζεται το μοντέλο του έργου, σχεδιάζονται, εκτιμώνται και αναλύονται οι πόροι, αποφασίζεται πως θα γίνουν οι διάφορες εργασίες, ποιος θα συμμετέχει και σε ποιο στάδιο, και υπολογίζεται ο πιθανός χρόνος έναρξης και η διάρκειά του.
3. Εκτέλεση του έργου. Οργανώνεται και ελέγχεται η διαδικασία υλοποίησης του έργου, λαμβάνονται αποφάσεις για την ορθή εκτέλεσή του και επιλύονται προβλήματα που τυχόν προκύπτουν.
4. Ανάπτυξη της διαδικασίας. Γίνεται εκτίμηση της όλης διαδικασίας και των αποτελεσμάτων του έργου, αξιολογείται το αποτέλεσμα ως προς τα κριτήρια που τέθηκαν και προτείνονται αλλαγές για την συνεχή βελτίωση της διαδικασίας.

Ως *διοίκηση έργου* ορίζεται η διαδικασία εφαρμογής γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών, έτσι ώστε οι δραστηριότητες του έργου να κατευθύνονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο προς την ικανοποίηση των αναγκών και των προσδοκιών των εμπλεκομένων στο έργο (A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2013). Οι τεχνικές

δεξιότητες που χρησιμοποιούνται βασίζονται σε 9 γνωστικές περιοχές του PMBOK® Guide που εκδίδεται από το Project Management Institute® (PMI) και είναι:

- Διοίκηση του φυσικού αντικειμένου ή project scope management
- Διοίκηση του χρονοδιαγράμματος ή project time management
- Διοίκηση της ποιότητας του έργου ή project quality management
- Διοίκηση του κόστους του έργου ή project cost management
- Διοίκηση των ανθρωπίνων πόρων ή project human resources management
- Διοίκηση των κινδύνων του έργου ή project risk management
- Διοίκηση επικοινωνιών του έργου ή project communication management
- Διοίκηση προμηθειών του έργου ή project procurement management
- Διοίκηση ολοκλήρωσης του έργου ή project integration management
- Διοίκηση ασφάλειας του έργου ή project safety management
- Διοίκηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου ή project environmental management
- Οικονομική διοίκηση του έργου ή financial project management
- Διοίκηση των απαιτήσεων του έργου ή project claims management

Όμως, σύμφωνα με τον Εφραιμίδη (2001), από μια διαφορετική σκοπιά, η διαχείριση ενός κατασκευαστικού έργου, χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες.

1. Οικονομική διαχείριση έργου
2. Διαχείριση ποιότητας και προόδου του έργου
3. Διαχείριση των μελετών του έργου
4. Διαχείριση κατασκευής του έργου

Η οικονομική διαχείριση ενός έργου εκτελείται κατά βάση από τον φορέα υλοποίησης αλλά και από τον κύριο του έργου και έχει ως στόχο τα κάτωθι:

- Την εξασφάλιση οικονομικής επάρκειας για την εκτέλεση του έργου στον προκαθορισμένο χρόνο και επιτυγχάνοντας την προκαθορισμένη ποιότητα.
- Την αναζήτηση τρόπων χρηματοδότησης με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση οικονομικών κινδύνων και βέλτιστη αξιοποίηση πόρων.
- Την συνεχή καταγραφή και παρουσίαση της οικονομικής κατάστασης του έργου για τον καλύτερο έλεγχο του.

Η Διαχείριση ποιότητας και προόδου του έργου μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη.

Από την μία, η διασφάλιση ποιότητας που αφορά την ποιότητα του έργου σε όλο τον κύκλο ζωής του και που σύμφωνα με τον Αβραμίδη (2015, όπ. αναφ. στο Μακρής, 2018) έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά:

- Τον αυστηρό καθορισμό προτύπων ποιότητας από τον κύριο του έργου, ώστε το έργο να μπορεί να υλοποιηθεί στο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, αξιοποιώντας τον αρχικό προϋπολογισμό και επιτυγχάνοντας τον στόχο υλοποίησής του χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στις συνθήκες ασφάλειας και υγιεινής του προσωπικού.
- Την εφαρμογή των προκαθορισμένων από τον κύριο του έργου ποιοτικών προτύπων από τον ανάδοχο με αποτέλεσμα την δυνατότητα σωστού προσδιορισμού στόχων χρονικού προγραμματισμού των εργασιών.

Η *διαχείριση ελέγχου προόδου* από την άλλη, αφορά τον οικονομικό και χρονικό προγραμματισμό. Πιο συγκεκριμένα είναι διαδικασίες όπως η εξασφάλιση προμηθειών για την εκτέλεση του έργου, η πραγματοποίηση διαφόρων δαπανών, η διαχείριση των απαιτούμενων συμβάσεων υπεργολαβίας και γενικά όλα τα διαδικαστικά για την ολοκλήρωση ενός έργου. Μέσω αυτής της διαδικασίας καθορίζεται το κόστος σε κάθε στάδιο του έργου, η διάρκεια ολοκλήρωσής του, το ανθρώπινο δυναμικό και οι υλικοί πόροι που θα χρειαστούν.

Μία σωστή εκ των προτέρων μελέτη εξασφαλίζει την επίτευξη του στόχου ενός έργου χωρίς εκ των υστέρων παρεμβατικές- διορθωτικές εργασίες. Η *διαχείριση των μελετών* είναι το κλειδί ώστε να επιτυγχάνεται σωστή εκπόνηση μελετών και να εξασφαλίζεται η ακρίβεια των προδιαγραφών και του κόστους. Μέσω αυτής της διαδικασίας ελέγχονται οι υπολογισμοί, οι μέθοδοι, η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί, το κόστος κατασκευής και άλλες παράμετροι για την άρτια και χωρίς απρόοπτα υλοποίηση του έργου. Ο Πέγιος (2007) διατύπωσε τις αρχές σύμφωνα με τις οποίες θα πρέπει να πραγματοποιείται ο έλεγχος μελετών, οι οποίες και παρατίθενται:

- Προσδιορισμός τυποποιημένων ελέγχων για τις μελέτες
- Καθορισμός παραδοτέων εγγράφων
- Τυποποίηση μέσων και οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης
- Οικονομικοί περιορισμοί

Σύμφωνα με τον Εμίρη (2006, όπ. αναφ. στο Μακρής, 2018), υπάρχουν τέσσερα στάδια ελέγχου για την διαχείριση μελετών:

- Αρχικά καθορίζονται οι παράμετροι, οι προδιαγραφές, η τυποποίηση και τα κριτήρια του σχεδιασμού
- Έπειτα γίνεται σύγκριση των στοιχείων της μελέτης με τις παραμέτρους του έργου
- Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος του έργου ως προς τον χρονικό προγραμματισμό με βάση την μελέτη και ως προς τα κομβικά της σημεία
- Και τέλος ελέγχονται λεπτομερώς οι υπολογισμοί διαστασιολόγησης και ο προϋπολογισμός του έργου

Η διαχείριση των κατασκευών αφορά τις διαδικασίες για την ολοκλήρωση ενός έργου σύμφωνα με τον αρχικό προϋπολογισμό και εντός χρονοδιαγράμματος και σύμφωνα με τον Πέγιο (2007) έχει στόχο τα ακόλουθα:

- Να παρακολουθούνται τα χρονικά και οικονομικά μεγέθη του έργου με την βοήθεια κάποιου πληροφοριακού συστήματος
- Να ελέγχεται η ασφάλεια στο έργο
- Να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή παραγωγικότητα των ομάδων εργασίας
- Και τέλος να εντοπίζονται έγκαιρα τυχόν προβλήματα και να λύνονται.

2.2. ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ

Ο προγραμματισμός ενός έργου μπορεί να είναι μια απλή διαδικασία που πραγματοποιείται στο μυαλό κάποιου ή μια πιο σύνθετη διαδικασία που χρήζει χρόνου και καταγραφής ανάλογα με το μέγεθος του έργου. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει εντοπίζοντας και ξεχωρίζοντας τις δραστηριότητες που θα εκτελεστούν κατά τη διάρκεια του έργου, συνεχίζει με τον καθορισμό της λογικής σειράς τους, την εκτίμηση και καταγραφή του χρόνου της κάθε μίας και των πόρων που θα διατεθούν, και καταλήγει στην παρουσίαση του σχεδίου του έργου προς υλοποίηση σε απλή μορφή. Πιο αναλυτικά τα βήματα είναι τα παρακάτω:

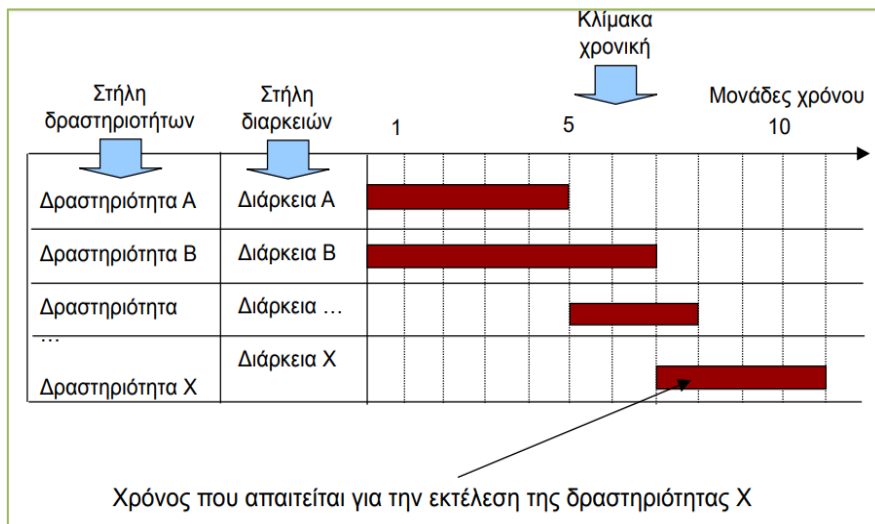
- Το πρώτο βήμα αφορά τον καθορισμό των στόχων του έργου, θέτονται τα αναμενόμενα από την υλοποίηση του έργου αποτελέσματα, πρόκειται δηλαδή, για μια ποιοτική περιγραφή του αποτελέσματος.
- Στη συνέχεια ορίζονται οι εργασίες στις οποίες αναλύεται το έργο, καταγράφονται με λεπτομέρεια, τοποθετούνται σε λογική σειρά, και σε αυτές κατανέμεται ανθρώπινο δυναμικό.
- Έπειτα υπολογίζεται η διάρκεια της κάθε εργασίας, το κόστος και οι πόροι που χρειάζονται.
- Στο επόμενο στάδιο γίνεται ο χρονικός προγραμματισμός, καταρτίζεται το χρονοδιάγραμμα του έργου, οι ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης, τα χρονικά περιθώρια και η συνολική διάρκειά του.
- Ακολουθεί η κατανομή των πόρων σε κάθε εργασία και διερεύνηση ως προς την διαθεσιμότητά τους. Τονίζεται, ότι αυτό το βήμα μπορεί να οδηγήσει σε αναθεώρηση του προηγούμενου (χρονικός προγραμματισμός), δεδομένου ότι λόγω κατανομής πόρων η αρχική λύση μπορεί να μην είναι εφικτή.
- Αφού ολοκληρωθούν τα του χρονικού προγραμματισμού, σειρά έχει ο οικονομικός. Καθορίζονται λοιπόν οι δαπάνες ανά εργασία και συνολικά και καταρτίζεται χρονοδιάγραμμα πληρωμών από τον κύριο του έργου.
- Τέλος, μετά από όλες τις αναλύσεις και καταγραφές προκύπτει ένα τελικό πρόγραμμα εργασιών το οποίο θα εφαρμοστεί για την υλοποίηση του έργου.

Ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός ενός έργου ολοκληρώνεται με τα παραπάνω βήματα και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως εργαλείο για την παρακολούθηση της υλοποίησης και τον έλεγχο της προόδου του έργου. Κατά την παρακολούθηση της εκτέλεσης του έργου καταγράφονται στοιχεία για το κόστος, τον χρόνο και τους πόρους και γίνεται σύγκριση με αυτά του αρχικού προγραμματισμού με σκοπό την έγκαιρη

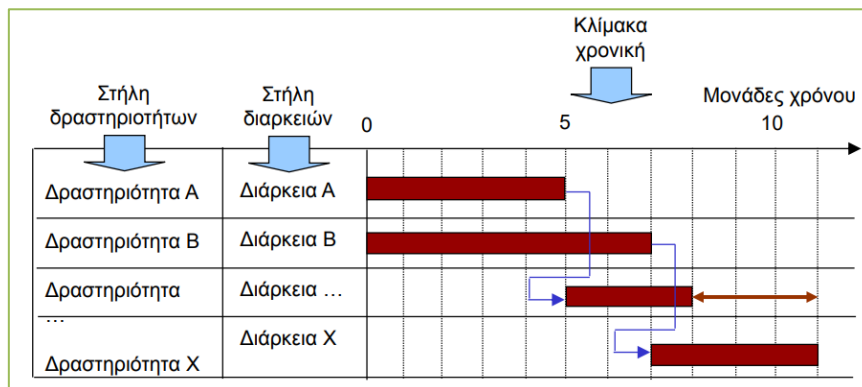
παρατήρηση τυχόν αποκλίσεων και την παρέμβαση για επαναφορά της διαδικασίας εκτέλεσης του έργου στον προγραμματισμένο ρυθμό του.

2.2.1 Διάγραμμα Gantt

Το ραβδόγραμμα ή διάγραμμα Gantt είναι μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές που βασίζονται σε διαγράμματα και εξηγούν τις σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων και χρόνου. Τέτοιες τεχνικές έχουν το πλεονέκτημα παρουσίασης μιας σφαιρικής αλλά κατανοητής εικόνας των δραστηριοτήτων του έργου. Η πιο συχνή και απλούστερη μορφή του είναι το οριζόντιο ραβδόγραμμα στο οποίο το μήκος της οριζόντιας ράβδου που αντιστοιχεί σε κάθε δραστηριότητα είναι ανάλογο με την διάρκειά της. Σύμφωνα με τον Maylor (2005), τα πλεονεκτήματα της μεθόδου Gantt είναι ότι σχεδιάζεται και διαβάζεται εύκολα, είναι κατάλληλη για στατικό περιβάλλον, είναι χρήσιμη για την επισκόπηση των δραστηριοτήτων ενός έργου και έχει ευρεία χρήση. Στον αντίποδα είναι δύσκολη η ενημέρωσή τους, δεν συνδέουν τον χρόνο με το κόστος και δεν βοηθούν στην βελτιστοποίηση κατανομής πόρων.



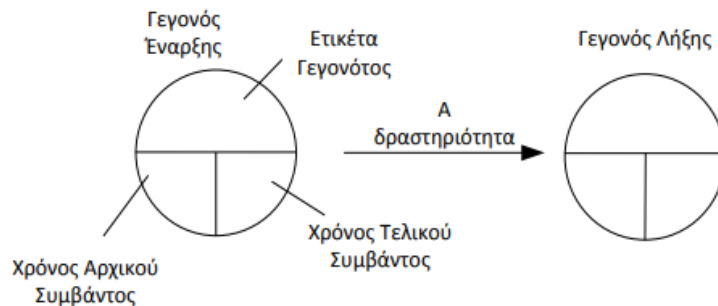
Σχήμα 2. Διάγραμμα Gantt (Κηρυττόπουλος, 2020)



Σχήμα 3. Διάγραμμα Gantt με σύνδεση δραστηριοτήτων (Κηρυττόπουλος, 2020)

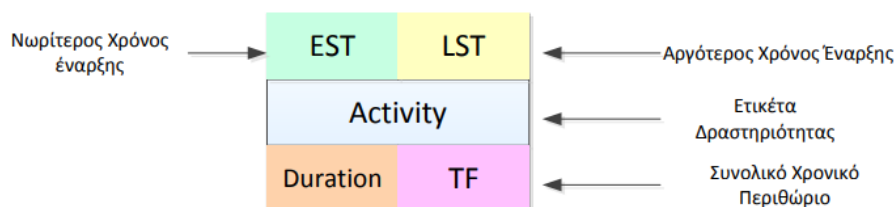
2.2.2 Δίκτυα έργου

Μια δραστηριότητα μπορεί να παρουσιαστεί επίσης ως βέλος (βέλος δραστηριότητας) ή ως κόμβος (κόμβος δραστηριότητας). Αντίστοιχα υπάρχει το τοξωτό δίκτυο έργου στο οποίο οι δραστηριότητες παριστάνονται ως βέλη και το κομβικό. Μέσω ενός δικτύου έργου αποτυπώνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ των δραστηριοτήτων του.



Σχήμα 4. Τοξωτό δίκτυο (Κάραλη, 2015).

Σε ένα τοξωτό δίκτυο, το βέλος, δηλαδή η δραστηριότητα αρχίζει και τελειώνει σε ένα συμβάν, συμπεριλαμβανομένων και των συμβάντων αρχής και τέλους. Υπάρχουν επίσης και οι εικονικές δραστηριότητες οι οποίες χρησιμεύουν για να διατηρείται η λογική της σειράς των δραστηριοτήτων.



Σχήμα 5. Κομβικό δίκτυο (Κάραλη, 2015).

Στο κομβικό δίκτυο η κάθε εργασία απλώς απεικονίζεται χωρίς να σχετίζεται με την χρονική της εξέλιξη, παρουσιάζοντας όμως όλες τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων εργασιών.

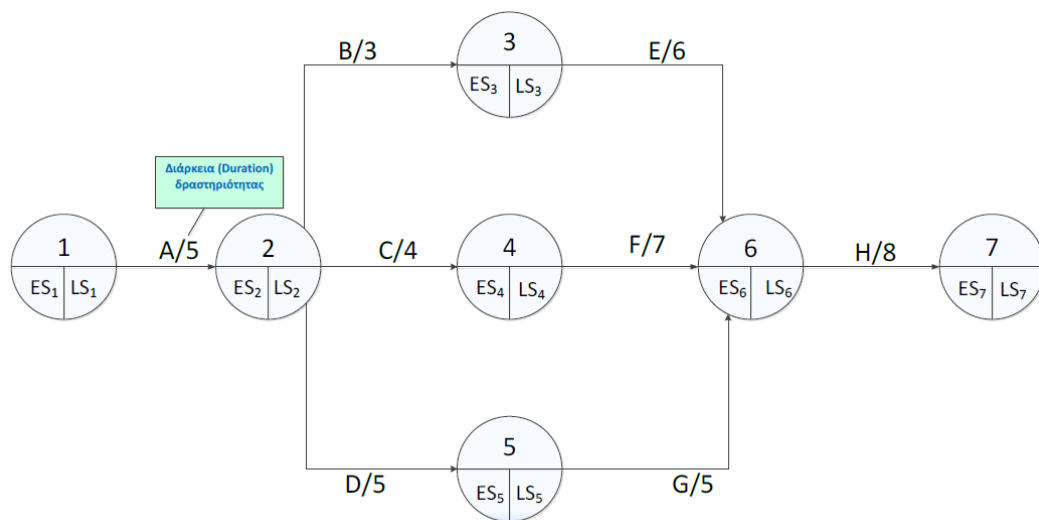
Συγκρίνοντας αυτά τα δύο είδη δικτύων βγαίνουν τα ακόλουθα συμπεράσματα ως προς τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους:

- Τα τοξωτά δίκτυα καταρτίζονται και τροποποιούνται πιο εύκολα, είναι πιο ευνόητα σε κάποιον μη ειδικό, σημειώνονται εύκολα σε αυτά τα ορόσημα.
- Στα κομβικά δίκτυα δεν υπάρχουν εικονικές δραστηριότητες και όλες οι πληροφορίες για τις δραστηριότητες αναφέρονται μέσα στο ορθογώνιο.

2.2.3 Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής

Η μέθοδος CPM (critical path method/ μέθοδος κρίσιμης διαδρομής ή κρίσιμου δρόμου) δείχνει τη σειρά εκείνων των δραστηριοτήτων (κρίσιμες δραστηριότητες) που δεν παρουσιάζουν χρονικό περιθώριο, για τις οποίες δηλαδή ο νωρίτερος και αργότερος χρόνος έναρξης είναι ίσοι. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά την περίοδο μεταξύ 1957-1958 αλλά υπάρχουν πολλές διαφωνίες σχετικά με το ποιος την επινόησε ή την χρησιμοποίησε πρώτος.

Αφού καθοριστούν οι εργασίες ή δραστηριότητες που συνιστούν το σύνολο του έργου και προσδιοριστεί η σειρά εκτέλεσής τους, γίνεται μια εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση της κάθε δραστηριότητας. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το δίκτυο των δραστηριοτήτων βάσει της σειράς εκτέλεσης που έχει προκαθοριστεί.



Σχήμα 6. Δίκτυο δραστηριοτήτων (Κάραλη, 2015).

Η εφαρμογή της μεθόδου ξεκινάει υπολογίζοντας για κάθε δραστηριότητα τον νωρίτερο και αργότερο χρόνο έναρξής της.

Ο νωρίτερος χρόνος έναρξης (early start time, ES) προσδιορίζεται από τις δραστηριότητες που προηγούνται και είναι ο συντομότερος χρόνος που μπορεί να ξεκινήσει μία δραστηριότητα. Αντίστοιχα, ο αργότερος χρόνος έναρξης (late start time, LS) είναι ίδιος ή μεταγενέστερος του νωρίτερου και είναι το χρονικό σημείο μέχρι το οποίο πρέπει το αργότερο να ολοκληρωθούν όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες για να αποφευχθεί η ακινητοποίηση όλου του δικτύου.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού των νωρίτερων και αργότερων χρόνων έναρξης του παραπάνω δικτύου. Ξεκινώντας από το σημείο 1 με $ES_1=0$, υπολογίζονται:

$$ES_2=ES_1+(\text{Duration A})=0+5=5 \quad ES_6=ES_3+(\text{Duration E})=8+6=14$$

$$ES_3=ES_2+(\text{Duration B})=5+3=8 \quad ES_6=ES_4+(\text{Duration F})=9+7=16$$

$$ES_4=ES_2+(\text{Duration C})=5+4=9 \quad ES_6=ES_5+(\text{Duration G})=10+5=15$$

$$ES_5=ES_2+(\text{Duration D})=5+5=10 \quad ES_7=ES_6+(\text{Duration H})=16+8=24$$

Παρατηρείται ότι στην περίπτωση του υπολογισμού του νωρίτερου χρόνου έναρξης της δραστηριότητας H, υπολογίζονται τρεις χρόνοι από τους οποίους επιλέγεται ο μεγαλύτερος, αφού για να ξεκινήσει η δραστηριότητα H, θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες. Για τον προσδιορισμό των αργότερων χρόνων ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, ξεκινώντας από το τέλος και με τον χρόνο νωρίτερης έναρξης να ισούται με τον χρόνο αργότερης έναρξης, δηλαδή $LS_7=ES_7=24$.

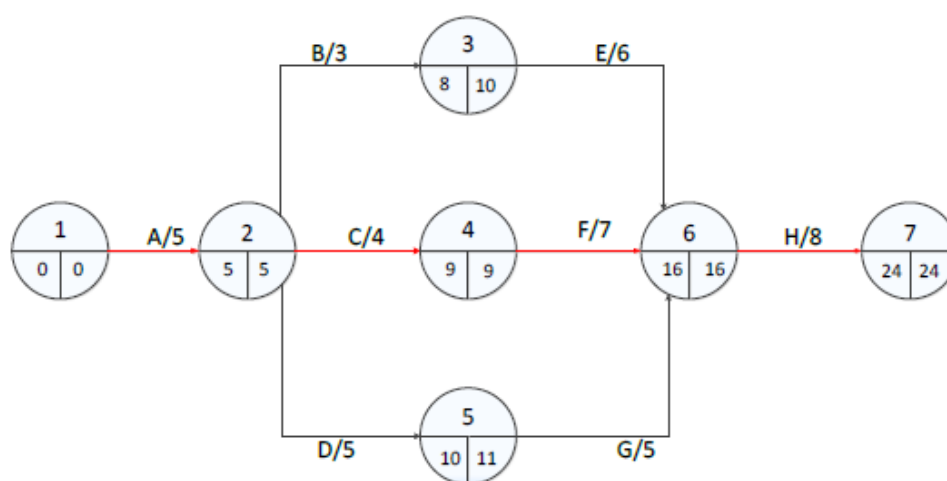
$$LS_6=LS_7 - (\text{Duration H}) = 24 - 8 = 16$$

$$LS_3=LS_6 - (\text{Duration E}) = 16 - 6 = 10$$

$$LS_4=LS_6 - (\text{Duration F}) = 16 - 7 = 9$$

$$LS_5=LS_6 - (\text{Duration G}) = 16 - 5 = 11$$

$$LS_2=LS_4 - (\text{Duration C}) = 9 - 4 = 5$$



Σχήμα 7. Δίκτυο δραστηριοτήτων με κρίσιμη διαδρομή (Κάραλη, 2015).

Η χρονική διάρκεια του έργου υπολογίζεται από τον νωρίτερο χρόνο λήξης του τελευταίου συμβάντος. Ως *νωρίτερος χρόνος λήξης* (early finish time, EF) της δραστηριότητας ορίζεται η νωρίτερη χρονική στιγμή κατά την οποία μπορεί να ολοκληρωθεί, και ισούται με το ES συν την διάρκεια της δραστηριότητας. Αντίστοιχα ως *αργότερος χρόνος λήξης* (late finish time, LF) μιας δραστηριότητας ορίζεται η βραδύτερη χρονική στιγμή κατά την οποία μπορεί να τελειώσει η δραστηριότητα χωρίς να καθυστερήσει η ολοκλήρωση του έργου. Τέλος, ως *χρονικό περιθώριο* (slack time) ορίζεται το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα, χωρίς να καθυστερήσει την ολοκλήρωση του έργου.

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, η κρίσιμη διαδρομή δείχνει τη σειρά εκείνων των δραστηριοτήτων που δεν παρουσιάζουν χρονικό περιθώριο, για τις οποίες δηλαδή ο νωρίτερος και αργότερος χρόνος έναρξης είναι ίσοι. Στο παραπάνω παράδειγμα οι δραστηριότητες αυτές είναι οι A-C-F-H, οι οποίες αποτελούν και την κρίσιμη διαδρομή. Σε κάθε δίκτυο έργου υπάρχει πάντα τουλάχιστον μία κρίσιμη διαδρομή.

Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα της απλής επίλυσης και της απόδοσης μιας σαφούς εικόνας αλληλουχίας των δραστηριοτήτων του έργου. Αντιθέτως μπορεί να απεικονίσει

μόνο απλές σχέσεις αλληλουχίας, απαιτεί την χρονοβόρα διαδικασία σχεδιασμού του δικτυωτού γραφήματος και θεωρεί δεδομένη τη σταθερή διάρκεια των εργασιών.

Η ίδια μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και στα κομβικά δίκτυα όπου οι δραστηριότητες όπως έχει προαναφερθεί, απεικονίζονται ως κόμβοι. Η μέθοδος σε αυτήν την περίπτωση αναφέρεται και ως MPM (metra potential method). Σε αυτά τα δίκτυα, στον κόμβο που αναπαριστά την δραστηριότητα καταγράφονται και πάλι ο νωρίτερος και αργότερος χρόνος έναρξης της καθώς και το συνολικό χρονικό περιθώριο, η διάρκεια και μια σύντομη περιγραφή της δραστηριότητας. Οι χρόνοι υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο, αυτό που όμως αλλάζει είναι ότι υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές σχέσεις αλληλουχίας των δραστηριοτήτων, οι εξής (Maylor, 2005):

- Τέλος με αρχή (finish to start, FS): η δεύτερη δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει αν δεν ολοκληρωθεί η πρώτη.
- Αρχή με αρχή (start to start, SS): η δεύτερη δραστηριότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει αν δεν ξεκινήσει η πρώτη.
- Τέλος με τέλος (finish to finish, FF): η δεύτερη δραστηριότητα δεν μπορεί να τελειώσει αν δεν ολοκληρωθεί η πρώτη.
- Αρχή με τέλος (start to finish, SF): η δεύτερη δραστηριότητα δεν μπορεί να ολοκληρωθεί αν δεν αρχίσει η πρώτη.

Αν υπάρχει κάποια τιμή πάνω στα βέλη που συνδέουν τις δραστηριότητες, αυτή αντιπροσωπεύει μια πιθανή χρονική υστέρηση. Η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί τη χρήση εικονικών κόμβων δραστηριοτήτων και υποστηρίζεται πλέον από τα πιο γνωστά λογισμικά προγραμματισμού έργου.

2.2.4 Η μέθοδος PERT

Η τεχνική αξιολόγησης και αναθεώρησης προγραμμάτων (Program Evaluation and Review Technique, PERT) αναπτύχθηκε το 1958 στις ΗΠΑ για να χρησιμοποιηθεί στο έργο των πυραύλων Polaris (Maylor, 2005). Η τεχνική αυτή υπολογίζει την πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου στην εκτιμώμενη ημερομηνία. Για τον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη τρεις εκτιμήσεις για τον χρόνο κάθε δραστηριότητας: η αισιόδοξη (o), πόσο δηλαδή θα διαρκούσε η δραστηριότητα αν οι συνθήκες ήταν ιδανικές, η πιο πιθανή (m), πόσο θα διαρκούσε αν οι συνθήκες θεωρούνταν φυσιολογικές, και η απαισιόδοξη (p), πόσο θα διαρκούσε αν ένα σημαντικό ποσοστό των συνιστωσών που θα μπορούσαν να πάνε στραβά πάνε όντως στραβά. Συνδυάζοντας τις παραπάνω τρεις τιμές υπολογίζεται ο εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης της κάθε δραστηριότητας. Ο προσδοκώμενος χρόνος και η διακύμανσή του δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$\text{προσδοκώμενος χρόνος} = \frac{o+4m+p}{6} \quad \text{διακύμανση χρόνου} = \left[\frac{p-o}{6}\right]^2$$

Η μέθοδος PERT έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

- Υπολογίζει την αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του χρόνου των δραστηριοτήτων
- Υπολογίζει την πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα
- Μπορούν να απεικονιστούν μόνο απλές σχέσεις αλληλουχίας

- η δημιουργία του γραφήματος είναι μια χρονοβόρα διαδικασία
- στηρίζεται σε παραδοχές που περιορίζουν τα δεδομένα

2.2.5 Μέθοδος της κρίσιμης αλυσίδας

Η μέθοδος της κρίσιμης αλυσίδας CCPM εισήχθηκε πρώτη φορά το 1997 από τον Eliyahu Goldratt. Η καινοτομία της μεθοδολογίας είναι ότι λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα των εργασιών, τη σύγκρουση των πόρων και την ανθρώπινη συμπεριφορά στη διαχείριση των έργων. Έχει αποδειχθεί ότι τα έργα συνήθως ολοκληρώνονται νωρίτερα χρησιμοποιώντας την CCPM και ότι η μέθοδος είναι ευκολότερη στη χρήση της απαιτώντας λιγότερη εργασία.

Η μεθοδολογία αυτή λαμβάνει υπόψη την ανθρώπινη συμπεριφορά και την θεωρεί ως έναν καθοριστικό παράγοντα για την ολοκλήρωση ενός έργου. Βασίζεται κατά κύριο λόγο στη μελέτη της ανθρώπινης φύσης και τονίζει ότι η παράλειψη κάποιων παραγόντων δίνει αντίθετα αποτελέσματα.

Η μέθοδος της κρίσιμης αλυσίδας ουσιαστικά αποτελεί την εφαρμογή της θεωρίας των περιορισμών (TOC- theory of constraints) στα έργα και βασίζεται στα τρία πρώτα βήματά της: στον εντοπισμό του περιορισμού, την αξιοποίησή του και την υποταγή σε αυτόν. Για την εφαρμογή της και προκειμένου να εκμεταλλευτεί τον περιορισμό, δίνεται προτεραιότητα στις διεργασίες του κρίσιμου μονοπατιού εις βάρος των υπολοίπων, έχοντας εξασφαλίσει την ετοιμότητα των πόρων και τη διαθεσιμότητά τους ταυτόχρονα με την εκκίνηση του κρίσιμου μονοπατιού. Τέλος, ένα από τα πλεονεκτήματα χρήσης αυτής της μεθοδολογίας είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα ή και περισσότερα ταυτοχρόνως εξελισσόμενα έργα (Τσιλίκας, 2014).

2.2.6 Προγραμματισμός διάθεσης πόρων

Μέχρι στιγμής έχει αναφερθεί ότι σχετικό με τον χρονικό προγραμματισμό ενός έργου χωρίς όμως να ληφθούν υπόψη οι πόροι που είναι απαραίτητοι για την υλοποίησή του. Η υλοποίηση ενός έργου περιορίζεται χρονικά, και οικονομικά βέβαια, από την διαθεσιμότητα των πόρων και συνεπώς η ενσωμάτωσή τους στον χρονικό προγραμματισμό είναι υποχρεωτική. Έτσι, ο διαχειριστής του έργου θα πρέπει να λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το είδος των μέσων και των πόρων που θα χρησιμοποιηθούν, την προέλευσή τους και τον τρόπο διάθεσής τους στο έργο. Οι αποφάσεις αυτές θα πρέπει να παίρνονται εκτιμώντας τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν κατά την διάρκεια υλοποίησης του έργου και που αφορούν την διαθεσιμότητα των πόρων, το κόστος τους, τις προθεσμίες του έργου αλλά και την απαιτούμενη ρευστότητα την εκάστοτε χρονική στιγμή. Στόχος όλων των παραπάνω είναι να γίνεται χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων πόρων και με σταθερό ρυθμό απασχόλησής τους στο χρόνο (Maylor, 2005).

Για να καταγραφεί η παραπάνω ανάλυση γίνεται κατανομή των πόρων σε ένα πρώτο χρονοδιάγραμμα. Έπειτα γίνεται αναπροσαρμογή της διάθεσής τους εξομαλύνοντάς την

μέσω της χρονικής μετατόπισης των εργασιών μέσα στα χρονικά τους περιθώρια, ή με εκτέλεσή τους τμηματικά, μεταβάλλοντας τη σχέση αριθμός πόρων- διάρκεια εργασίας ή ακόμα και με χρήση διαφορετικού είδους πόρου.

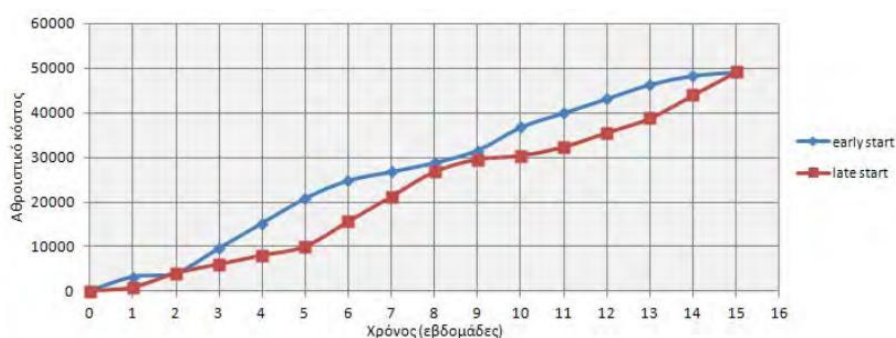
Το δυσκολότερο σενάριο ως προς την διάθεση πόρων σε ένα έργο προκύπτει όταν αυτοί πρέπει να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα έργα του ίδιου αναδόχου. Για τέτοιες περιπτώσεις υπάρχουν τρία κριτήρια αξιολόγησης για την αποτελεσματική κατανομή των πόρων: η χρονική μετατόπιση επιμέρους έργων, ο βαθμός αξιοποίησης των πόρων και ο βαθμός δέσμευσής τους.

2.2.7 Οικονομικός προγραμματισμός έργου

Για να θεωρηθεί ο προγραμματισμός ενός έργου ολοκληρωμένος δεν αρκεί μόνο ο χρονικός προγραμματισμός, αλλά πρέπει σε αυτόν να προστεθεί και ο οικονομικός.

Για τον υπολογισμό του κόστους ενός έργου λαμβάνονται υπόψη τόσο το άμεσο κόστος, δηλαδή ότι απαιτείται για την περαίωση των εργασιών του έργου, όσο και το έμμεσο, που αφορά λειτουργικά κόστη της επιχείρησης και γενικά κόστη που επιμερίζονται και συμμετέχουν σε κάθε έργο (Λαμπρινού, 2017). Πιο συγκεκριμένα το κόστος ενός έργου περιλαμβάνει: το κόστος των υλικών που χρησιμοποιούνται, της εργασίας του προσωπικού, των μηχανημάτων (κόστος λειτουργίας, μέρος του κόστους συντήρησης και της απόσβεσης), έμμεσες δαπάνες (π.χ. μεταφορικά, εκπαίδευση κ.α.), γενικά έξοδα (χρήση χώρων γραφείων, χρηματοοικονομική, νομική υποστήριξη και οποιαδήποτε άλλη παροχή υπηρεσίας σχετική με το έργο ή γενικότερα το κόστος διοικητικής λειτουργίας της επιχείρησης). Το άμεσο κόστος αναλύεται σε σταθερό, δηλαδή το πάγιο κόστος χρήσης ενός μέσου, και σε κόστος λειτουργίας, το οποίο είναι ανάλογο της χρήσης του μέσου και υπολογίζεται ανά μονάδα παραγωγής.

Το κόστος της κατασκευής που υπολογίζεται με αναλυτικές μεθόδους και βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα συνθέτει τον πραγματικό προϋπολογισμό του έργου ενώ όταν υπολογίζεται με συμβατικές προκύπτει ένας συμβατικός προϋπολογισμός ή απλά προϋπολογισμός.



Σχήμα 8. Καμπύλες κόστους βάσει νωρίτερης και αργότερης έναρξης (Λαμπρινού, 2017).

Η απεικόνιση του κόστους ενός έργου μπορεί να γίνει και γραφικά και να βοηθήσει στην κατανόηση του επιμερισμού των δαπανών, στην αξιολόγηση εναλλακτικών τρόπων υλοποίησης και στην αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων (Λαμπρινού, 2017). Συγκεκριμένα,

το αθροιστικό κόστος μπορεί να αναπαρασταθεί ως μια καμπύλη τύπου S (S-curve) σαν συνάρτηση του χρόνου. Μέσω του γραφήματος αυτού μπορούν να ληφθούν αποφάσεις για την καλύτερη διαχείριση του κόστους συγκριτικά με τον χρόνο.

2.2.8 Έλεγχος προόδου έργου

Δεδομένου ότι πολλά έργα καθυστερούν λόγω προβλημάτων που προκύπτουν και προκαλούν αποκλίσεις από τον αρχικό προγραμματισμό με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια αλλά και υπέρβαση του προϋπολογισμού, είναι αναγκαίο να γίνεται έλεγχος στην πρόοδο του έργου μέσω συνεχούς παρακολούθησης, για να εντοπίζονται εγκαίρως οι αποκλίσεις και να γίνονται διορθωτικές παρεμβάσεις.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα σύστημα ελέγχου ακολουθώντας τις παρακάτω αρχές (Maylor, 2005):

- να οριστούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του συστήματος ελέγχου
- να καθοριστούν τα όρια διακύμανσης αυτών των χαρακτηριστικών
- να γίνει μέτρησή τους
- να είναι ορατή η πρόοδος του έργου
- να γίνεται ανατροφοδότηση της ομάδας με την απόδοση
- και τέλος να λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα όπου και όταν απαιτείται.

Για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η παρακολούθηση του έργου σύμφωνα με τα παραπάνω θα πρέπει να καταγράφονται και να προσμετρούνται σε τακτική βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που να δίνουν πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο του έργου. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά είναι:

- οι χρόνοι έναρξης και λήξης των εργασιών
- η απομένουσα διάρκειά τους και το ποσοστό ολοκλήρωσής τους
- οι ποσότητες των υλικών που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε κάθε εργασία καθώς και οι ώρες απασχόλησης μέσωσ και ανθρωπίνου δυναμικού
- το κόστος ανά μονάδα υλικών και πόρων

Οι παράγοντες που συνήθως προκαλούν αποκλίσεις στην υλοποίηση ενός έργου έχουν να κάνουν με την ποιότητα (τεχνικά προβλήματα, ανεπάρκεια πόρων, προβλήματα αξιοπιστίας, αλλαγές στις προδιαγραφές, προβλήματα συντονισμού ομάδων εργασίας, τεχνολογική απαξίωση εξοπλισμού κλπ.), τον χρόνο (καθυστέρηση εργασιών λόγω τεχνικών δυσκολιών, υπεραισιόδοξες αρχικές εκτιμήσεις, λανθασμένη σειρά εκτέλεσης εργασιών, ανεπάρκεια πόρων, επανάληψη εργασιών λόγω επανασχεδιασμού, καθυστέρηση λόγω γραφειοκρατίας, καθυστέρηση από προηγούμενες ανολοκλήρωτες εργασίες κλπ.) και το κόστος (χρήση περισσότερων πόρων λόγω τεχνικών δυσκολιών, αύξηση του αντικειμένου του έργου λόγω απαίτησης πρόσθετων εργασιών, λάθος αρχικές εκτιμήσεις κόστους, ανεπαρκής ανάλυση προϋπολογισμού, αλλαγή τιμών μονάδας, ανεπαρκής έλεγχος, αναποτελεσματικές ή καθυστερημένες διορθωτικές κινήσεις)(Λαμπρινού, 2017).

2.2.9 Η μέθοδος της παραγόμενης αξίας

Η μέθοδος της παραγόμενης αξίας (earned value) αποτελεί εξέλιξη των μεθόδων χρονοπρογραμματισμού CPM και PERT και είναι ένα εργαλείο ελέγχου της υλοποίησης των έργων. Ουσιαστικά είναι μια διαδικασία υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τα στελέχη που διοικούν τα έργα (Maylor, 2005). Ως δεδομένα για τη συγκεκριμένη μέθοδο λειτουργούν οι παρατηρήσεις κατά την φάση υλοποίησης του έργου ως προς το χρόνο και το κόστος. Συνεπώς, η δεδουλευμένη αξία, όπως αλλιώς αποκαλείται, είναι μια αποτελεσματική τεχνική σχεδιασμού και ελέγχου, η οποία ενοποιεί κόστος και χρόνο προκειμένου να δώσει μια ακριβή μέτρηση της προόδου του έργου.

Τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της μεθόδου είναι τα κάτωθι:

- ACWP (Actual Cost of Work Performed), πραγματικό κόστος εκτελεσθέντος έργου, που είναι το πραγματικό κόστος που προέκυψε κατά την εκτέλεση μιας εργασίας σε δεδομένη χρονική περίοδο
- BCWS (Budgeted Cost of Work Scheduled), προϋπολογισμένο κόστος προγραμματισμένου έργου, που είναι το κόστος που έχει προγραμματιστεί να δαπανηθεί για μια εργασία μεταξύ της ημερομηνίας έναρξης και της ημερομηνίας ελέγχου
- BCWP (Budgeted Cost of Work Performed), προϋπολογισμένο κόστος εκτελεσθέντος έργου, που είναι το ποσοστό του προϋπολογισμού που θα έπρεπε να έχει δαπανηθεί για ένα δεδομένο επί τοις εκατό ποσοστό έργου που εκτελέστηκε

Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται αφού επιλεγεί η ημερομηνία κατάστασης, που μπορεί να είναι η τρέχουσα, μια ημερομηνία στο παρελθόν ή στο μέλλον, αλλά κατά προτίμηση επιλέγεται η τελευταία ημερομηνία κατά την οποία επικαιροποιήθηκαν τα δεδομένα προόδου του έργου.

Χρησιμοποιώντας λοιπόν τα παραπάνω μεγέθη, γίνεται εκτίμηση της απόκλισης του χρόνου και του κόστους με τον υπολογισμό των παρακάτω δεικτών (Λαμπρινού, 2017):

- Απόκλιση χρονοδιαγράμματος SV%, που παρέχει μια ένδειξη της ποσοστιαίας απόκλισης μεταξύ του πραγματικού και του αρχικού χρονοδιαγράμματος.

$$SV\% = (BCWP - BCWS) / BCWS$$

Αν $SV\% < 0$, έχουμε υλοποίηση με καθυστερήσεις

Αν $SV\% > 0$, έχουμε υλοποίηση με ταχύτερο από τον προγραμματισμένο ρυθμό

- Απόκλιση κόστους CV%, που παρέχει μια ένδειξη της ποσοστιαίας απόκλισης μεταξύ του προϋπολογισθέντος και του πραγματικού κόστους.

$$CV\% = (BCWP - ACWP) / BCWP$$

Αν $CV\% < 0$, έχουμε υλοποίηση με υπέρβαση κόστους

Αν $CV\% > 0$, έχουμε υλοποίηση με μειωμένο κόστος

2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

2.3.1 Εισαγωγή

Η δραματική αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης από το 1850 μέχρι και σήμερα συνέβαλε στην οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου ενός σημαντικού τμήματος του πληθυσμού του πλανήτη. Παράλληλα, υπήρξε μία τεράστια ανάπτυξη της επιστημονικής και τεχνικής γνώσης. Από το τέλος της δεκαετίας του '60 άρχισαν να αναγνωρίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανικής ανάπτυξης και ιδιαίτερα οι επιπτώσεις που προκαλεί η καύση των ορυκτών καυσίμων. Οι ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του '70 ώθησαν την ανάπτυξη διαφόρων τεχνικών που καθιστούν πιο αποδοτική την χρήση ενέργειας και άρχισε να δίνεται έμφαση στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροδυναμική, η βιομάζα και η γεωθερμία. Οι παραπάνω μορφές ενέργειας βαπτίστηκαν με τον όρο «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (ΑΠΕ) στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή.

Η ενέργεια που παράγεται και καταναλώνεται, συνδέεται με πολλά από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα όπως η όξινη βροχή, τα αστικά νέφη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ειδικότερα το φαινόμενο του θερμοκηπίου που οφείλεται στις ενεργειακές καύσεις και στην αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα συνιστά μία σοβαρή απειλή για μία γενικότερη κλιματική μεταβολή στον πλανήτη. Συνεπώς, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι μόνο περιβαλλοντικής φύσης. Η αξιοποίηση αυτών των ενδογενών ενεργειακών πόρων επιφέρει επίσης σημαντικές θετικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις στην περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη. Παρά το γεγονός ότι απαιτείται ένα σημαντικό κεφάλαιο για την αρχική τους εγκατάσταση και τον εξοπλισμό, το λειτουργικό τους κόστος είναι αμελητέο και τα αποτελέσματά τους ιδιαίτερα σημαντικά (Ζερβός, 2008).

2.3.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, στο οποίο οφείλεται η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel το 1839. Ο Becquerel διαπίστωσε ότι κάποια υλικά είχαν την ιδιότητα να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού αν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Μια πρώιμη μορφή της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιούταν ήδη κατά τον δέκατο όγδοο αιώνα με κελιά από σελήνιο (Δαμιανίδης, Κατσαρός, Τόλης & Στεργιόπουλος, 2011).

Στη συνέχεια το 1953 κατασκευάστηκε το πρώτο στοιχείο από πυρίτιο με προσμίξεις, που ήταν πιο αποδοτικό σε σχέση με άλλα στοιχεία που είχαν δοκιμαστεί νωρίτερα. Το 1958 χρησιμοποιήθηκαν ηλιακά στοιχεία για την παροχή ενέργειας σε ένα μικρό ραδιοφωνικό πομπό του Δεύτερου διαστημικού δορυφόρου των ΗΠΑ και η επιτυχία αυτού του πειράματος οδήγησε στη γενικευμένη χρήση των φωτοβολταϊκών ως πηγή ενέργειας στους διαστημικούς δορυφόρους.

Οι αρχικές εμπορικές κατασκευές ήταν πολύ υψηλού κόστους και με σχετικά μικρή απόδοση της τάξεως του 5 - 10% και παρασκευάστηκαν από κρυσταλλικά υλικά αλλά κυρίως από κρυσταλλικό πυρίτιο. Κατά τη δεκαετία του 1980 η τάση μείωσης του κόστους βιομηχανικής παραγωγής των φωτοβολταϊκών στοιχείων, οδήγησε στη χρήση οικονομικότερων μεθόδων παρασκευής του βασικού φωτοαγωγίμου υλικού. Από τότε μέχρι και σήμερα γίνονται συνεχείς προσπάθειες μείωσης του κόστους κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων που οδηγούν σε διαφορετικές μεθόδους κάθε φορά και στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από συνδυασμό δύο λεπτών στρωμάτων από διαφορετικούς ημιαγωγούς οι οποίοι κατασκευάζονται συνήθως από κρυσταλλικό πυρίτιο σε όλες τις μορφές του: κρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό και άμορφο. Γενικά ακολουθούνται τέσσερα στάδια κατά την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου και πλαισίων. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή των κρυστάλλων, πολυκρυστάλλων ή άμορφου πυριτίου, ακολουθεί η αποκοπή ή ο σχηματισμός λεπτών στρωμάτων από τα υλικά αυτά και εισαγωγή σε αυτά μικρών ποσοτήτων άλλων στοιχείων. Μετά ακολουθεί η συγκόλληση μεταλλικών ηλεκτροδίων στις δύο επιφάνειες των στρωμάτων και η επικάλυψή τους με κατάλληλο υλικό που εμποδίζει την ανάκλαση του φωτός. Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή πλαισίου φωτοβολταϊκών στοιχείων με σκοπό την προστασία τους από τις φυσικές και χημικές μεταβολές που γίνονται συνεχώς στην ατμόσφαιρα (Ζερβός, 2008).

Ανάλογα με τον τύπο του πυριτίου που χρησιμοποιείται, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διακρίνονται σε:

Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου

Ένα τυπικό ηλιακό στοιχείο αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από καθαρούς κρυστάλλους είναι κυλινδρικής μορφής αλλά συχνά κόβονται σε τετράγωνα ώστε να είναι εύκολη η τοποθέτησή τους στις φωτοβολταϊκές μονάδες (Ζερβός, 2008). Τα μονοκρυσταλλικά ηλιακά στοιχεία παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση που κάποιες φορές ξεπερνάει και το 20% αλλά και το υψηλότερο κόστος από όλα τα στοιχεία πυριτίου.



Εικόνα 1. Μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό, στοιχείο λεπτής μεμβράνης και στοιχείο ταινίας πυριτίου (https://selasenergy.gr/fv_systems.php).

Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου

Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για

τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Επειδή προκύπτουν απευθείας από ορθογώνιες ράβδους τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία είναι τετράγωνης μορφής και μεγαλύτερου μεγέθους από τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία. Επίσης έχουν χαμηλότερη απόδοση γύρω στο 16-18% αλλά και κόστος από τα μονοκρυσταλλικά.

Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτής μεμβράνης (thin film)

Στην τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιούνται πολύ λεπτά στρώματα πάχους λίγων μικρών του ημιαγωγού. Τα στοιχεία αυτά παράγονται από άμορφο πυρίτιο και έχουν χαμηλότερη απόδοση από τα στοιχεία καθαρού κρυσταλλού.

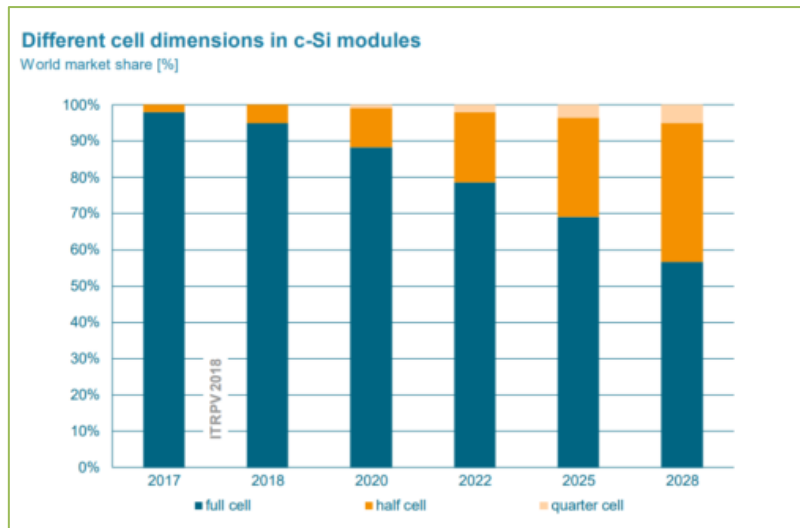
Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon-Si)

Πρόκειται για σχετικά νέα τεχνολογία που έχει ως χαρακτηριστικό την μείωση χρήσης πυριτίου περίπου στο μισό σε σχέση με τις παραπάνω τεχνολογίες. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων αυτής της τεχνολογίας έχει φτάσει γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος τους είναι γύρω στα 0.3mm.

Εκτός από το πυρίτιο κατασκευάζονται σε πολύ μικρότερο ποσοστό φωτοβολταϊκά στοιχεία και από άλλα υλικά και άλλες τεχνολογίες όπως: δισηληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS και με προσθήκη γαλλίου CIGS), τελουριούχο Κάδμιο (CdTe), Αρσενικούχο γάλλιο (GaAs), οργανικά/Πολυμερή στοιχεία, Νανοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία πυριτίου (nc-Si), Υβριδικά Φ/Β στοιχεία.

Μια νέα τάση που εμφανίστηκε το 2017 είναι η τεχνολογία μισών κυψελών (half-cell). Τα φωτοβολταϊκά πάνελ αυτής της τεχνολογίας, έχουν κυψέλες που έχουν κοπεί στη μέση και με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η απόδοσή τους και η διάρκεια ζωής τους. Τα πάνελ που παραδοσιακά έχουν 60 ή 72 κυψέλες θα έχουν με αυτή την τεχνολογία 120 και 144 μισές κυψέλες αντίστοιχα. Όταν οι κυψέλες κόβονται στη μέση το ρεύμα που τις διαρρέει επίσης μειώνεται στο μισό και με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι απώλειες και έτσι μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ισχύς. Επίσης οι μικρότερες κυψέλες έχουν μειωμένες μηχανικές καταπονήσεις και συνεπώς μεγαλύτερη αντοχή και μειωμένη πιθανότητα στο να ραγίζουν (Pickereel, 2018).

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα από τον ITRPV (International Technology Roadmap for Photovoltaic), προβλέπεται η αύξηση του μεριδίου της τεχνολογίας μισών κυψελών στην παγκόσμια αγορά, και η είσοδος τεχνολογιών με ακόμα μικρότερες κυψέλες στο ¼ της αρχικής (quarter cell).



Σχήμα 9. Τάσεις στην τεχνολογία φωτοβολταϊκών κυψελών (Pickrel, 2018).

2.3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

Εκτός δικτύου ή απομονωμένα συστήματα (off grid/ stand alone system)

Τα συστήματα αυτά παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία καταναλώνεται απευθείας στην εγκατάσταση χωρίς να διοχετεύεται στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι αυτόνομα που σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς τη βοήθεια άλλων πηγών ενέργειας ή μπορεί να είναι υβριδικά όπου συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας και άλλες μορφές ΑΠΕ ή άλλες διατάξεις. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να υπάρχει αποθήκευση ή όχι της παραγόμενης ενέργειας.

Συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο (grid-connected systems)

Τα συστήματα αυτά συνδέονται απευθείας στο Εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, όπως το εθνικό δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ στην Ελλάδα. Στα συστήματα αυτά δεν απαιτείται αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς διοχετεύεται κατευθείαν στο δίκτυο. Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα αποτελούν την πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων παγκοσμίως.

Στην περίπτωση των συνδεδεμένων στο δίκτυο φωτοβολταϊκών συστημάτων υπάγεται και η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς για την κάλυψη ιδίων αναγκών από καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού (Net Metering). Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν θα αναλυθούν περαιτέρω οι άλλες κατηγορίες παρά μόνο η περίπτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που συνδέεται στο δίκτυο αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- φωτοβολταϊκά πλαίσια
- σύστημα στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

- αντιστροφείς
- υποσταθμός μέσης τάσης (για εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης ή ίσης με 100kW)

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία επικαλυμμένα από γυαλί και τοποθετημένα σε πλαίσιο αλουμινίου. Μία φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από ομάδες φωτοβολταϊκών πλαισίων που συνδέονται σε σειρά και παράλληλα ώστε να προκύψει η επιθυμητή τάση και ρεύμα λειτουργίας της εγκατάστασης. Οι συστοιχίες αυτές τοποθετούνται στο σύστημα στήριξης που μπορεί να είναι κάποιο από τα παρακάτω περιγραφόμενα.

2.3.3.1 Συστήματα στήριξης

Τα συστήματα στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων σχεδιάζονται έχοντας ως κριτήριο τη μέγιστη δυνατή απόδοση, το χαμηλό κόστος, την αντίσταση στον αέρα, την αποφυγή σκιάσεων και την εύκολη προσέγγιση ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων (Ζερβός, 2008).

Υπάρχουν τρεις τρόποι στήριξης των φωτοβολταϊκών συλλεκτών: η σταθερή στήριξη, η εποχιακά ρυθμιζόμενη στήριξη και η συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου στήριξη (tracker).

Σύστημα σταθερής στήριξης

Στα συστήματα σταθερής στήριξης οι συστοιχίες των πάνελ τοποθετούνται σε μεταλλικές, τριγωνικές βάσεις, με σταθερή κλίση και προσανατολισμό. Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις ή φορτία χιονιού. Οι βάσεις αυτές μπορεί να θεμελιώνονται στο έδαφος με σκυρόδεμα ή να τοποθετηθούν με απευθείας εδαφόμεψη.



Εικόνα 2. Σταθερές βάσεις και βάσεις κεραμοσκεπής

Οι σταθερές βάσεις χαρακτηρίζονται από επαρκή μηχανική αντοχή δεδομένης της απουσίας κινητών μερών. Στις περιπτώσεις τοποθέτησης φωτοβολταϊκών σταθμών σε κτίρια, υπάρχουν αντίστοιχα βάσεις που τοποθετούνται είτε στο δώμα του κτιρίου είτε σε κεραμοσκεπή ή ακόμα και στις προσόψεις του. Σε δώμα οι βάσεις μπορούν να είναι βιδωτές ή για αποφυγή καταστροφής τυχόν μόνωσης της οροφής μπορούν να τοποθετηθούν και βαρυτικές (μεταλλικές τριγωνικές βάσεις με σταθερή κλίση και προσανατολισμό που πατάνε σε πέλατα σκυροδέματος). Σε κεραμοσκεπές οι συστοιχίες των πάνελ ακολουθούν αναγκαστικά την κλίση και τον προσανατολισμό της στέγης.

Σε όλες τις περιπτώσεις που υπάρχει δυνατότητα, επιλέγεται Νότιος αζιμουθιακός προσανατολισμός και γωνία κλίσης κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου εγκατάστασης. Όταν η γωνία κλίσης ισούται ακριβώς με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στο συλλέκτη δύο φορές το χρόνο. Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της βέλτιστης γωνίας συλλέκτη με σταθερή κλίση παίζουν οι επικρατούσες στην περιοχή μετεωρολογικές συνθήκες, οι οποίες καθορίζουν τη σχέση μεταξύ των συνιστωσών της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, απευθείας και διάχυτης, καθώς και η λευκαύγεια (μέτρο ανακλαστικότητας) του εδάφους. Για την Ελλάδα, η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για νότιο προσανατολισμό και κλίση γύρω στις 30°.

Σύστημα στήριξης με δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης του συλλέκτη

Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει δυνατότητα εποχικής ρύθμισης της κλίσης των συλλεκτών που είναι σε νότιο προσανατολισμό. Οι τυπικές θέσεις του συλλέκτη είναι δύο, μία για το θερινό εξάμηνο και μία για το χειμερινό. Όπως και στην περίπτωση της σταθερής κλίσης όλο το έτος, έτσι και στην περίπτωση επιλογής χειμερινής και θερινής θέσης, η επιλογή της βέλτιστης γωνίας για το συλλέκτη σε κάθε περίοδο απαιτεί γνώση των τοπικών μετεωρολογικών συνθηκών και της μορφολογίας και κάλυψης του εδάφους που καθορίζει την διάχυτη ανακλαστικότητά του. Με τα συστήματα στήριξης με εποχική ρύθμιση, αναμένεται αύξηση της απόδοσης της εγκατάστασης κατά περίπου 10-11% σε σχέση με τα σταθερά στις 30°.



Εικόνα 3. Βάσεις με εποχική ρύθμιση

Σύστημα στήριξης με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από έναν άξονα

Η συστοιχία σε αυτή την περίπτωση μπορεί να περιστρέφεται με κατάλληλο μηχανισμό γύρω από έναν άξονα. Στο τέλος της ημέρας ο συλλέκτης επιστρέφει σε θέση αναμονής, συνήθως στο νοτιά. Το πρωί με την ανατολή του ήλιου στρέφεται προς τον ήλιο ώστε να αποδίδει το μέγιστο. Η Περιστροφή του συλλέκτη μπορεί να βασίζεται στην αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας με ή χωρίς τη χρήση ηλεκτρικών κινητήρων. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπτικό σύστημα ανίχνευσης της θέσης του ήλιου το οποίο όμως απαιτεί πρόσθετο έλεγχο και οδήγηση προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του. Στη δεύτερη περίπτωση η κίνηση προκύπτει ως τροποποίηση της ισορροπίας πνευματικού συστήματος εξαιτίας διαφορετικής θέρμανσής του από τον ήλιο. Η απόδοση αυτών των

τύπων συστημάτων αναμένεται να είναι κατά 30% αυξημένη σε σχέση με τα σταθερά συστήματα στις 30°.



Εικόνα 4. Tracker μονού άξονα.

Σύστημα στήριξης με δυνατότητα στροφής γύρω από δύο άξονες

Η παρακολούθηση του ηλίου με περιστροφή γύρω από δύο άξονες επιτυγχάνεται μέσω δύο διαδοχικών κινήσεων του συστήματος στήριξης με ηλεκτρικούς κινητήρες, βηματικούς ή κινητήρες συνεχούς περιστροφής, με μειωτήρες και έλεγχο στροφών, για να προσανατολίζεται πάντα κάθετα στην απευθείας ηλιακή ακτινοβολία. Ο προσδιορισμός των κατάλληλων γωνιών στροφής γίνεται με ειδικές διατάξεις (encoders), η λειτουργία των οποίων βασίζεται είτε σε οπτική διάταξη καταμέτρησης οπών είτε σε ηλεκτρικό ροοστάτη περιστροφικής λειτουργίας. Όμοιο μηχανικό σύστημα σε πολύ μικρότερες διαστάσεις χρησιμοποιείται για τη στροφή του πυρηλιομέτρου, οπτικού οργάνου παρακολούθησης του ηλίου και καταγραφής της πυκνότητας ισχύος της απευθείας ακτινοβολίας (Φραγκιαδάκης, 2007).



Εικόνα 5. Tracker διπλού άξονα.

Η παραπάνω διάταξη ονομάζεται ηλιοτρόπιο (tracker) δύο αξόνων και χαρακτηρίζεται από το ότι ο συλλέκτης προσανατολίζεται συνεχώς προς τον ήλιο έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα ή σχεδόν κάθετα στην επιφάνεια του. Η διάταξη με τη δύση του ήλιου επιστρέφει σε θέση αναφοράς που χαρακτηρίζεται από νότιο προσανατολισμό και μικρή γωνία κλίσης προκειμένου να προφυλαχθεί από πιθανό ισχυρό άνεμο μέχρι την ανατολή. Η απόδοση της εγκατάστασης μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 40% με τα συστήματα στροφής γύρω από δύο άξονες. Το μειονέκτημα όμως μιας τέτοιας διάταξης παρακολούθησης του ήλιου δύο αξόνων είναι το κόστος κατασκευής των μηχανολογικών και ηλεκτρονικών τμημάτων της, καθώς και η έκθεση της συστοιχίας στον κίνδυνο καταστροφής εξαιτίας ισχυρού ανέμου.

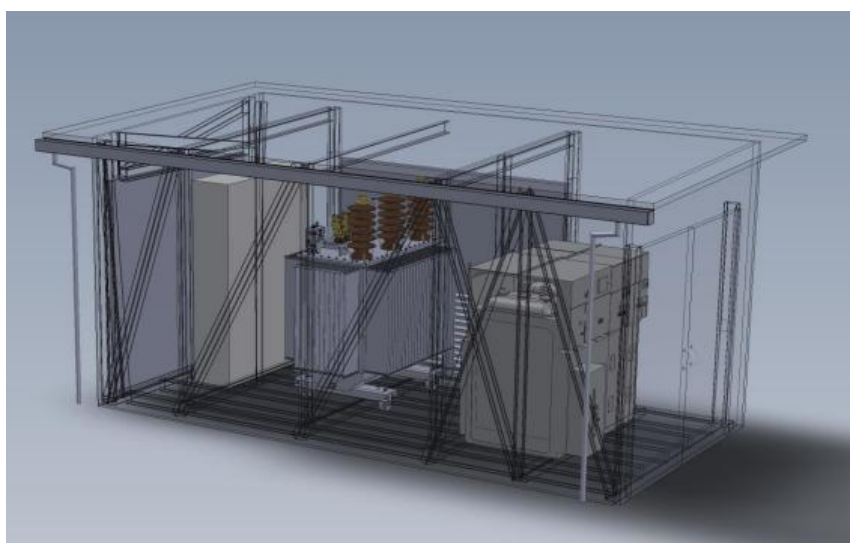
2.3.3.2 Αντιστροφείς

Οι αντιστροφείς (inverters) ή μετατροπείς συνεχούς-εναλλασσόμενου ρεύματος, αποτελούν βασικά στοιχεία του εξοπλισμού ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που συνδέεται στο δίκτυο. Είναι απαραίτητοι για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο το οποίο διαθέτει κατάλληλη ονομαστική τιμή τάσης ανά φάση (230V) και συχνότητα (50Hz) για να μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι αντιστροφείς των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία συνδέονται στο δίκτυο, διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν σε μονοφασικούς και τριφασικούς αντιστροφείς. Ο Τριφασικός Αντιστροφέας παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα τριών φάσεων, ενώ ο μονοφασικός παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα μίας φάσης. Για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις άνω των 5 kWp, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού επιβάλλει τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα (Δαμιανίδης κ.ά., 2011).

2.3.3.3 Υποσταθμοί Μέσης Τάσης

Όπως προαναφέρθηκε, όταν η ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού που πρόκειται να εγκατασταθεί είναι πάνω από 100 kW, απαιτείται η εγκατάσταση υποσταθμού μέσης τάσης. Ένας τέτοιος υποσταθμός αποτελείται από τα παρακάτω τρία τμήματα:

1. τμήμα ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης
2. τμήμα μετασχηματιστή ισχύος
3. τμήμα γενικού πίνακα χαμηλής τάσης



Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση υποσταθμού Μέσης Τάσης.

Ο υποσταθμός μέσης τάσης τοποθετείται εντός του χώρου εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος ακολουθώντας τους κανόνες χωροθέτησης σύμφωνα με τη νομοθεσία. Τα τρία τμήματα του υποσταθμού που προαναφέρθηκαν είναι συνήθως διαχωρισμένα εντός ενός οικίσκου σε ανεξάρτητους χώρους με ξεχωριστή πρόσβαση. Ιδιαίτερα ο μετασχηματιστής ισχύος θα πρέπει οπωσδήποτε να βρίσκεται σε διαφορετικό χώρο από το Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης. Ο μετασχηματιστής ισχύος με τον Πίνακα Μέσης Τάσης μπορούν να βρίσκονται και στον ίδιο χώρο.

Ο χώρος που τοποθετούνται ο μετασχηματιστής και ο πίνακας μέσης τάσης πρέπει να είναι κλειστός και κατασκευασμένος από άκαυστα υλικά με μεταλλικές πόρτες από χαλυβδοέλασμα. Ο χώρος αυτός θα πρέπει να αερίζεται μέσω ανοιγμάτων με περσίδες και η τοποθέτηση των μηχανημάτων μέσα στο χώρο θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διευκολύνει τη συντήρηση και τη λειτουργία τους (Δαμιανίδης κ.ά., 2011). Γενικά υπάρχουν έτοιμοι υποσταθμοί με ξεχωριστά διαμερίσματα για τα τρία τμήματα του υποσταθμού, που ακολουθούν όλες τις προδιαγραφές που απαιτούνται βάσει νομοθεσίας.

2.3.4 Κανόνες χωροθέτησης και απόδοση

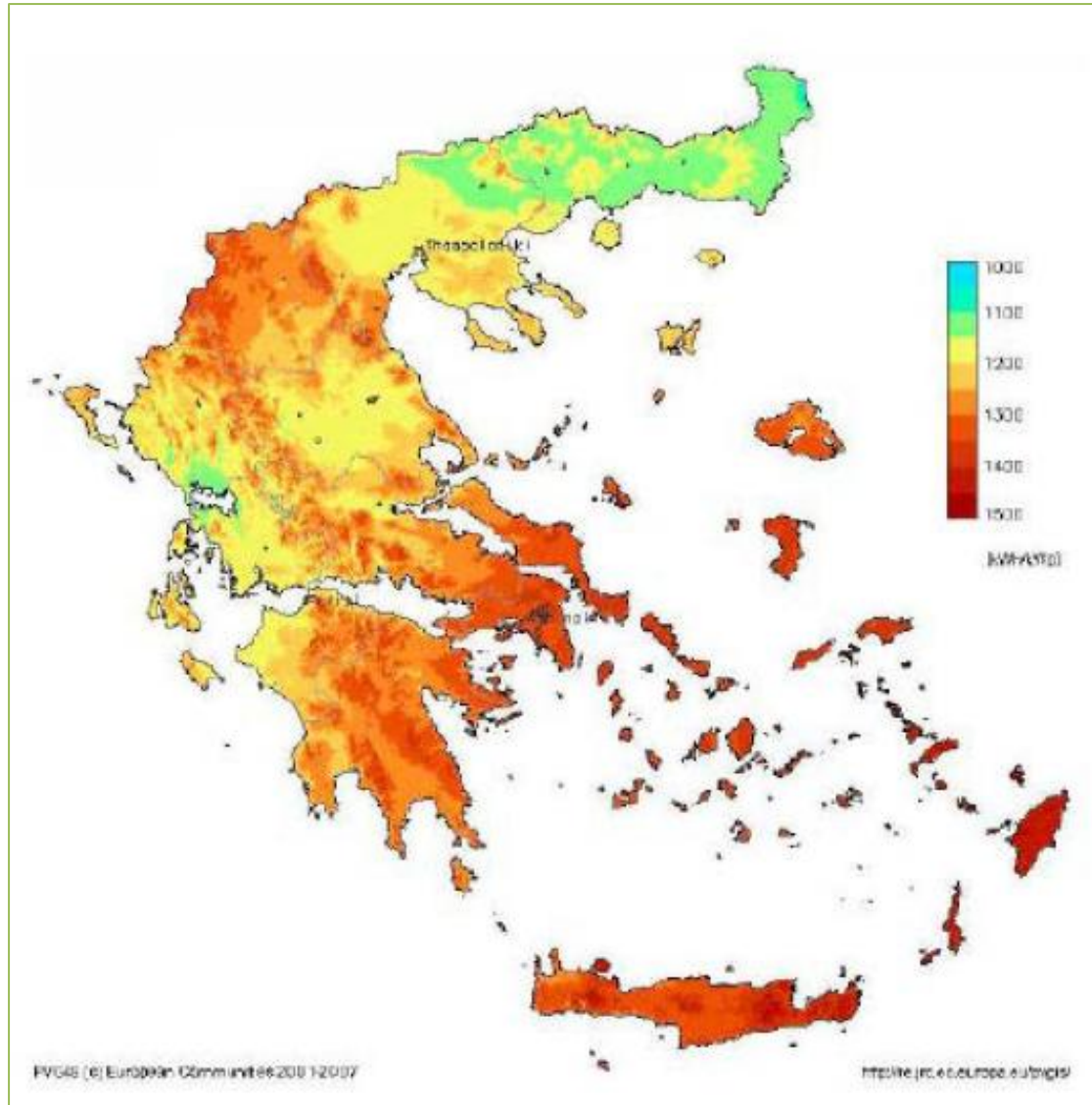
Σημαντικό ρόλο για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος παίζει ο προσανατολισμός των συλλεκτών ως προς τον ηλιακό Νότο, ο οποίος αντιστοιχεί στη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο μεσημβρινό του συγκεκριμένου τόπου. Βασικά στοιχεία για τον καθορισμό του προσανατολισμού ενός συλλέκτη είναι η γωνιά κλίσης και το αζιμούθιό του, μετρούμενο ως προς την κατεύθυνση του Νότου. Η κατεύθυνση αυτή χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη τιμή της απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια μιας αίθριας μέρας (Φραγκιαδάκης, 2007).

Ένας δεύτερος παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, με επίδραση στην απόδοσή του, είναι οι σκιάσεις. Εκτός από τα φυσικά εμπόδια που μπορεί να υπάρχουν περιμετρικά του χώρου εγκατάστασης και τα καιρικά φαινόμενα, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή σκιάσεων από τις γειτονικές συστοιχίες. Οι συστοιχίες των φωτοβολταϊκών πάνελ θα πρέπει να τοποθετούνται σε τέτοια απόσταση η μία πίσω από την άλλη, ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο η σκίαση κάποιας από την μπροστινή της σειρά. Η ολική ή μερική σκίαση των συστοιχιών έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης ισχύος, ενώ ελλοχεύει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης των στοιχείων υπό σκίαση, που μπορεί να οδηγήσει και στη καταστροφή τους.

Σύμφωνα με τον πρακτικό κανόνα που ακολουθείται κατά την μελέτη χωροθέτησης, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια τους ύψους της εγκατάστασης. Παράλληλα, επιδιώκεται η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος σε θέση με περιορισμένες σκιάσεις από φυσικά και εξωτερικά εμπόδια, ενώ σε περιπτώσεις όπου δεν είναι εφικτή η επιλογή προτείνεται η μερική διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.

Εκτός από τον προσανατολισμό και την αποφυγή σκιάσεων, ένας τελευταίος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης. Ο ίδιος εξοπλισμός σε διαφορετική τοποθεσία προφανώς θα έχει διαφορετική απόδοση. Κατά την μελέτη εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι οι αναγραφόμενες

τιμές για την ισχύ των πάνελ αναφέρονται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικά επικρατούσες συνθήκες. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας χάρτης της Ελλάδας με ενδεικτικές τιμές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος και ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ, με πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου τοποθετημένα σε σταθερές βάσεις.

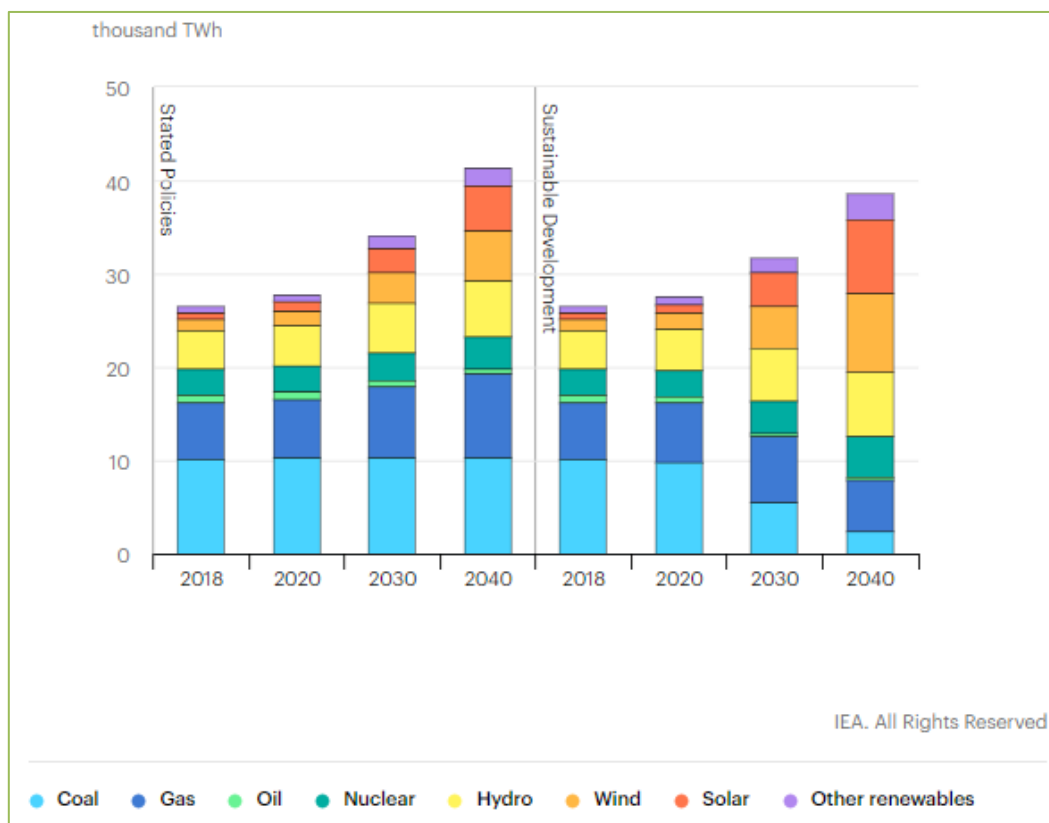


Εικόνα 7. Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας, Πανουτσικοπούλου, Β., Σφetsiώρης, Ε. (2016)

Παρατηρείται ότι μία μέση εκτίμηση παραγωγής είναι 1.150-1500kWh/kWp ετησίως. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν trackers, οι τιμές αυτές αναμένεται να αυξηθούν κατά 25-30% κατά μέσο όρο.

2.3.5 Στατιστικά

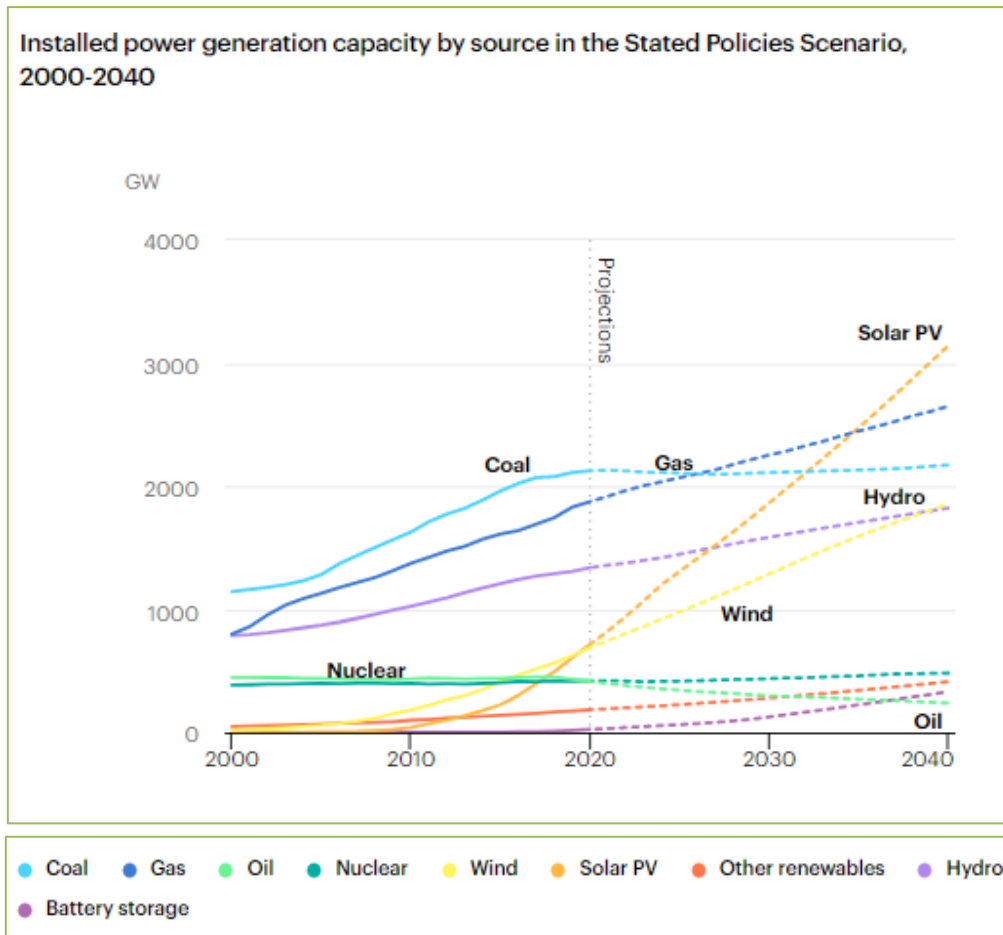
Electricity generation by fuel and scenario, 2018-2040



Σχήμα 10. Μίγμα παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (IEA, 2019).

Σύμφωνα με την ετήσια αναφορά του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency- IEA), μέλος του οποίου είναι και η Ελλάδα, παρατηρείται ότι το 2018 η ηλεκτρική ενέργεια που έχει παραχθεί παγκοσμίως ανέρχεται συνολικά γύρω στα 27.000 TWh. Από αυτά μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό αντιστοιχεί σε ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από ηλιακή και μόνο τα 7.000TWh περίπου προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γενικά. Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζεται η πρόβλεψη μέχρι και το 2040 σύμφωνα με προγραμματισμένες κυβερνητικές πολιτικές που πρόκειται να ακολουθηθούν παγκοσμίως αλλά και μία εκτίμηση για την εξέλιξη που θα είχε εάν ακολουθούνταν ένα διαφορετικό σχέδιο βασισμένο στην βιώσιμη ανάπτυξη. Βάσει προγράμματος, προβλέπεται μέχρι το 2040, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να ανέρχεται σε περίπου 41.000TWh, και από αυτά περίπου 17.000TWh να προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με εμφανή αύξηση των φωτοβολταϊκών και αιολικών εγκαταστάσεων.

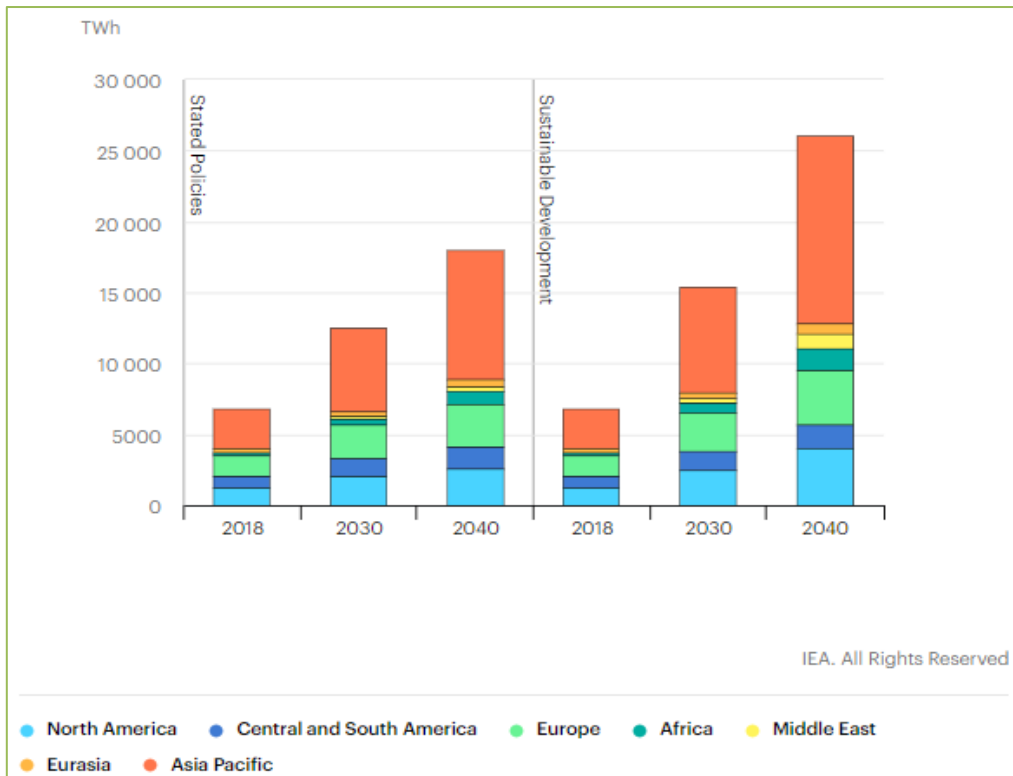
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς που προέρχεται από όλες τις πηγές ενέργειας από το 2000 μέχρι και σήμερα, καθώς και μία εκτίμηση για την εξέλιξη τους. Αυτό που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ότι ενώ η εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως από φωτοβολταϊκά έχει μία σημαντική άνοδο ιδιαίτερα από το 2010 μέχρι το 2020 όπου φτάνει γύρω στα 800GW παγκοσμίως, προβλέπεται μέχρι το 2040 να ξεπερνάει κατά πολύ τις συμβατικές πηγές ενέργειας αλλά και όλες τις ανανεώσιμες, ξεπερνώντας τα 3000GW εγκατεστημένης ισχύος.



Σχήμα 11. Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή προέλευσης και προοπτικές (IEA, 2019).

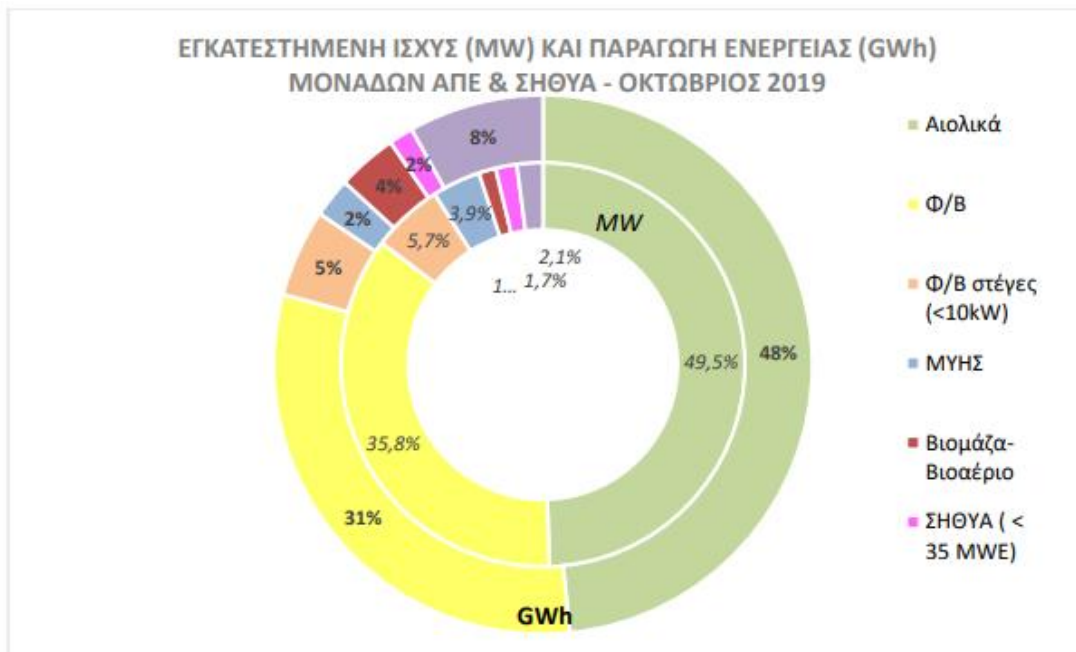
Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ανά περιοχή για το 2018 και όπως και προηγουμένως μία εκτίμηση σύμφωνα με ήδη δηλωμένες κυβερνητικές πολιτικές που πρόκειται να ακολουθηθούν και μία εκτίμηση βασισμένη σε ένα σχέδιο βιώσιμης ανάπτυξης. Παρατηρείται ότι από τις περίπου 7.000 TWh που παράγονται αυτή τη στιγμή παγκοσμίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στην Ευρώπη αντιστοιχούν περίπου 2000 TWh ενώ σύμφωνα με τις πολιτικές που πρόκειται να ακολουθηθούν το ποσό αυτό φαίνεται να διπλασιάζεται μέχρι το 2040 ενώ η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές αναμένεται να φτάσει τις 18.000 TWh.

Renewable electricity generation by region and scenario, 2018-2040



Σχήμα 12. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ανά περιοχή (IEA, 2019).

Παρακάτω παρουσιάζονται στατιστικά δεδομένα σχετικά με την εγκατεστημένη ισχύ και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές από το ετήσιο πληροφοριακό δελτίο του ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης).



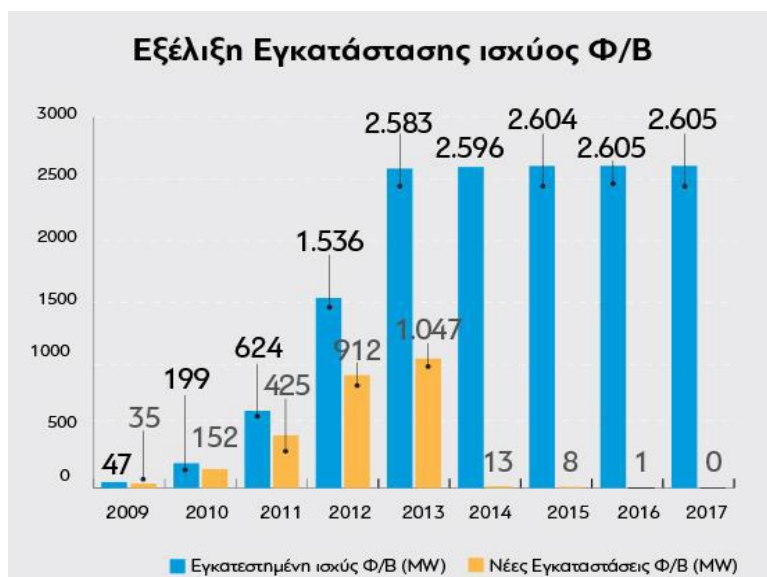
Σχήμα 13. Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).

Πίνακας 1. Δεδομένα εγκατεστημένης ισχύος και παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2019

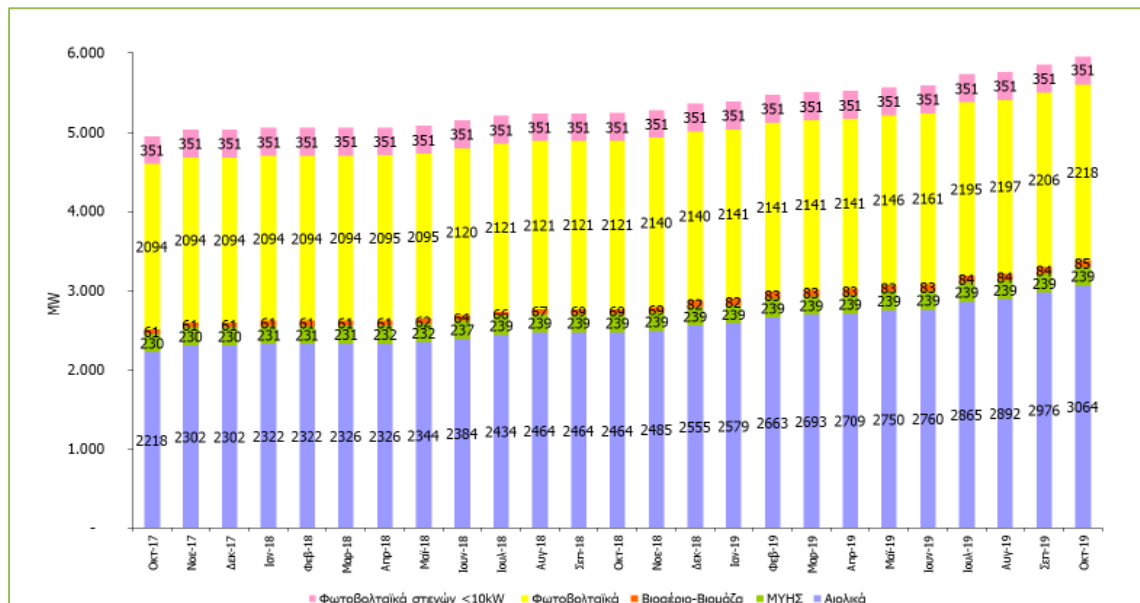
Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες		ΜΥΗΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ & Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	2.579	622	2.141	141	353	32	239	72	82	33	229	96	5.624	995
Φεβ *	2.663	610	2.141	190	353	20	239	78	83	28	229	90	5.708	1.015
Μαρ	2.693	624	2.141	308	353	20	239	81	83	30	229	99	5.738	1.163
Απρ	2.709	434	2.141	281	353	27	239	84	83	30	229	89	5.754	945
Μάι	2.750	386	2.146	328	353	39	239	76	83	30	229	83	5.801	943
Ιουν *	2.760	451	2.161	348	353	39	239	53	83	30	229	81	5.826	1.002
Ιουλ	2.865	464	2.195	364	353	45	239	37	83	29	229	84	5.964	1.024
Αυγ	2.892	767	2.197	384	353	53	239	31	84	29	229	78	5.994	1.343
Σεπ	2.976	512	2.206	320	353	58	239	22	84	29	233	80	6.092	1.021
Οκτ *	3.064	440	2.218	280	353	48	239	22	85	33	233	87	6.193	909
Νοε														
Δεκ														
Σύνολο Έτους	3.064	5.312	2.218	2.944	353	381	239	557	85	300	233	867	6.193	10.361

Στο παραπάνω διάγραμμα και στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς και η συνολικά παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα, με δεδομένα Οκτωβρίου του 2019. Παρατηρούμε ότι το 31% της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά και αντίστοιχα το 35,8% της εγκατεστημένης ισχύος είναι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.



Σχήμα 14. Εξέλιξη εγκατάστασης Φ/Β σταθμών 2009-2017 (Τζητηρίδου, 2019).

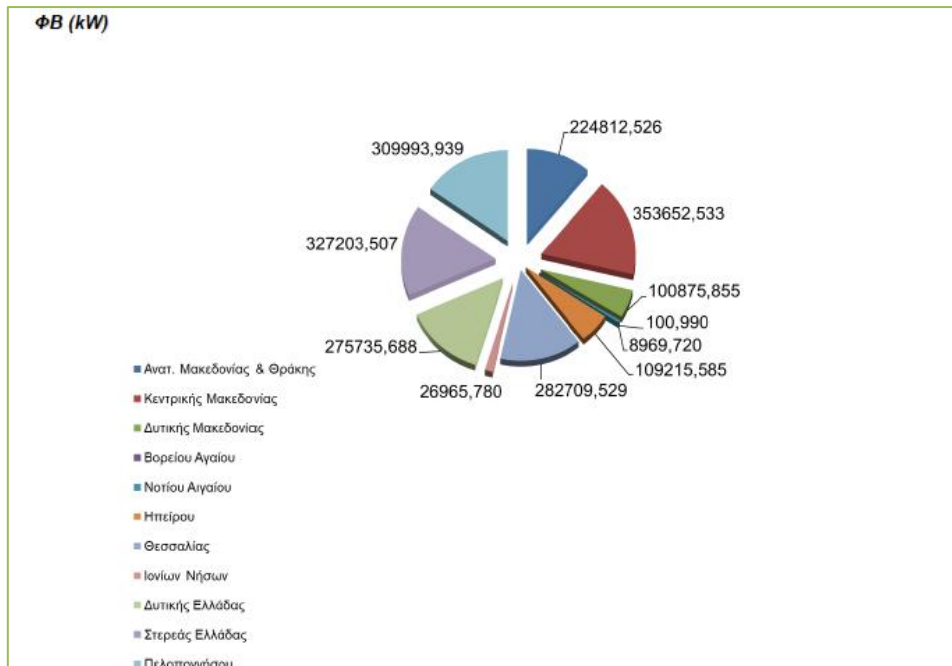
Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται η εξέλιξη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σταθμών στην Ελλάδα. Όπως είναι γνωστό, η μεγάλη περίοδος ακμής για τις ΑΠΕ και κυρίως για τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησε από το 2009 και συνεχίστηκε με ιδιαίτερα αυξητική πορεία μέχρι και το 2013, επιτυγχάνοντας μια συνολική εγκατάσταση της τάξεως των 2000MW.



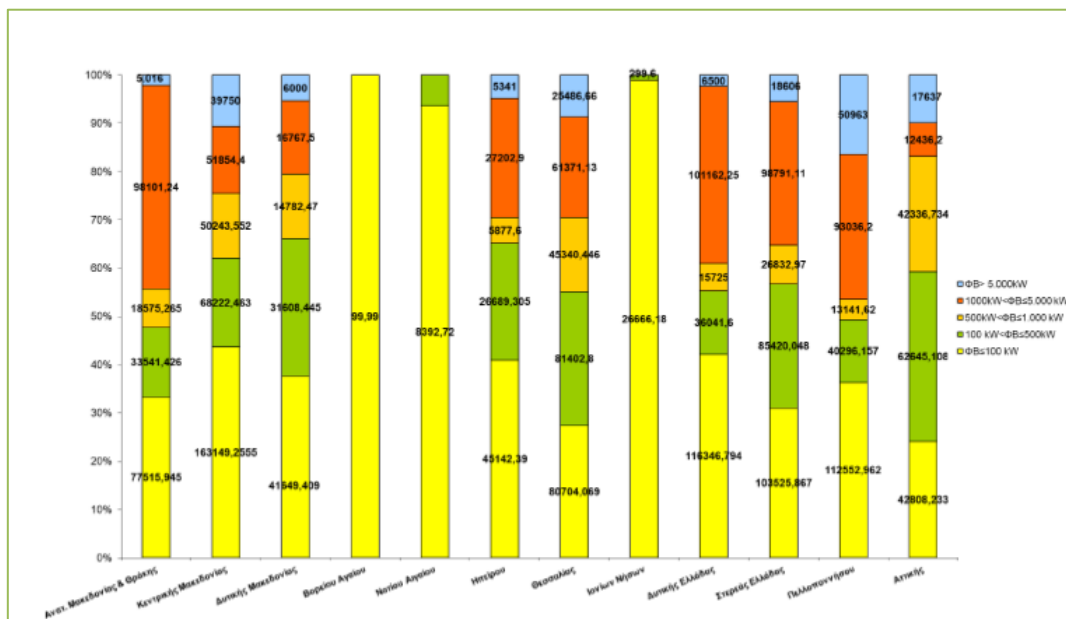
Σχήμα 15. Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ ανά κατηγορία 2017-2019 (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).

Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ σε λειτουργία στο διασυνδεδεμένο σύστημα στην Ελλάδα και φαίνεται η εξέλιξή της τα τελευταία δύο χρόνια. Όπως είναι γνωστό μέχρι και τα μέσα του 2018 είχαν σταματήσει οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών και δεν πραγματοποιούνταν τέτοιου είδους έργα, από το 2018 όμως και έπειτα παρατηρείται αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος σε φωτοβολταϊκά από 2094MW που ήταν μέχρι και τα μέσα του 2018 σε 2218MW τον Οκτώβριο του 2019. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι ιδιαίτερα από τις αρχές του 2019 μέχρι και σήμερα έχουν αυξηθεί σημαντικά οι αιτήσεις για νέες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών και αναμένεται μέσα στα επόμενα 3 χρόνια η εγκατεστημένη ισχύς να αυξηθεί με ταχύτερους ρυθμούς. Τέλος, από τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λιγότερο από το 50% αντιστοιχεί σε φωτοβολταϊκά σήμερα καθώς παρατηρείται αύξηση και στην εγκατάσταση αιολικών μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. Τα μεγαλύτερα ποσοστά αντιστοιχούν στην Κεντρική Μακεδονία με 353MW, στην Στερεά Ελλάδα με 327MW και στην Πελοπόννησο με 309MW.



Σχήμα 16. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ στην Ελλάδα (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).



Σχήμα 17. Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων ΑΠΕ ανά τεχνολογία (ΔΑΠΕΕΠ, 2019).

Το τελευταίο γράφημα απεικονίζει την κατανομή ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, του μεγέθους των φωτοβολταϊκών συστημάτων που έχουν εγκατασταθεί μέχρι και τον Οκτώβριο του 2019. Παρατηρείται ότι από περιοχή σε περιοχή διαφέρει σημαντικά η εγκατεστημένη ισχύς ανά μέγεθος εγκατάστασης. Σχεδόν σε όλες τις περιοχές το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί σε εγκαταστάσεις με ισχύ μικρότερη από 100kW. Για παράδειγμα στην κεντρική Μακεδονία το ποσοστό των εγκαταστάσεων με ισχύ μέχρι 100 kW ανέρχεται σε περίπου 45% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, από 100 μέχρι 500 kW αντιστοιχεί περίπου στο 15%, από 500 kW μέχρι 1MW σε περίπου 12,5%, από 1MW μέχρι 5MW σε 12,5% και τέλος εγκαταστάσεις με ισχύ μεγαλύτερη από 5MW στο υπόλοιπο 10%.

2.3.6 Διαδικασία Αδειοδότησης - Απαιτούμενες Άδειες και Εγκρίσεις

Στους παρακάτω πίνακες από τον ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε., παρουσιάζονται οι απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 2. Απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις ανά κατηγορία ισχύος ΦΒ σταθμών (ΔΕΣΜΗΕ, 2020)

P_{peak} ≤ 500 kW	500 kW < P_{peak} ≤ 1MW	P_{peak} > 1MW
Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).		Απαιτείται Άδεια Παραγωγής.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται (αρθ.187, Ν.4001/2011).		
Απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ. Αυτή εκδίδεται από την ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα (Ν.3851, αρθ.3). Για την απόδειξη της άπρακτης παρέλευσης, ο ενδιαφερόμενος πρέπει στα επόμενα στάδια να προσκομίζει σχετική βεβαίωση της Περιφέρειας, ή εναλλακτικά, αντίγραφο του αιτήματός του με τον αριθμό πρωτοκόλλου και την ημερομηνία κατάθεσής του, μαζί με υπεύθυνη δήλωση για την παρέλευση του 20ημέρου χωρίς έκδοση ούτε απαλλαγής, ούτε αρνητικής απόφασης. Κατ' εξαίρεση απαιτείται ΕΠΟ εάν: α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό, ή β) γειτνιάζει σε απόσταση <150m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.	Απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Χορηγείται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) τύπου ανάλογου με την κατηγορία του έργου.	
Δεν απαιτείται ΕΠΟ αλλά ούτε και απαλλαγή για τα Φ/Β που εγκαθίστανται εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων (ΒΙ.ΠΕ., ΒΙ.ΠΑ. κτλ), πάνω σε κτίρια, ή άλλες δομικές κατασκευές (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να προσκομίζεται τοπογραφικό διάγραμμα ή έγγραφο προσφοράς σύνδεσης απ' όπου να προκύπτει σαφώς η εγκατάσταση σε υποδοχέα ή πάνω σε κτίριο αντίστοιχα. Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.		
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010 , αρθ.3, §2).		Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης .
Με την ΥΑ.36720, ΦΕΚ.Β'376/6.9.2010 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια καθώς και σε ιστορικά τμήματα πόλεων ή		

περιοχές ιδιαιτέρου φυσικού κάλλους. Μεταξύ άλλων ορίζεται ότι:

- Για την τοποθέτηση Φ/Β ≤ 100 kW *πάνω σε κτίρια* δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά έγγραφη γνωστοποίηση εργασιών και εκπόνησης της μελέτης εγκατάστασης του Φ/Β προς τον προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο.
- Για τα μεγαλύτερης ισχύος απαιτείται η συνυποβολή έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας και δήλωσης πολιτικού μηχανικού για τη στατική επάρκεια του κτιρίου.
- Για την εγκατάσταση Φ/Β ισχύος > 10 kW *σε κτίρια εκτός σχεδίου πόλεως* απαιτείται επιπλέον η συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας (δες άρθ.2, §3 της τροποποίησης).
- Για την εγκατάσταση *στους ακάλυπτους* χώρους των οικοπέδων εντός σχεδίου περιοχών ή εντός οικισμών απαιτείται έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.
- *Δεν δικαιολογείται η τοποθέτηση Φ/Β σε αδόμητα οικόπεδα* (δες άρθ.4, §2 της τροποποίησης).

Με την ΥΑ.40158, [ΦΕΚ.Β'1556/22.9.2010](#) όπως [τροποποιήθηκε](#) και ισχύει, επιβάλλονται ειδικοί όροι για την εγκατάσταση Φ/Β ανεξαρτήτως ισχύος *σε γήπεδα εκτός σχεδίου* περιοχών. Δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των “απολύτως αναγκαίων”. Ως “απολύτως αναγκαίες κατασκευές” νοούνται: α) ο στυλίσκος μετρητή της ΔΕΗ, β) ένας οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού Φ/Β ανά 500 kW ισχύος με εμβαδό ως 15 τ.μ., γ) προστατευτική περίφραξη ύψους ως 2,5 μ. με συμπαγές τοίχιο ως 30 εκατ. (άρθ.2, §1 της τροποποίησης). Επιπλέον, τα Φ/Β δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών εντός του γηπέδου (όπως σπίτι, γεωργικές αποθήκες, κλπ.), αυτές συνυπολογίζονται στο παραπάνω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης, ενώ ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν οι γενικοί της εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις. Δεν απαιτείται [Οικοδομική Άδεια](#) εκτός αν πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες από σκυρόδεμα, π.χ. θεμελιώσεις βάσεων στήριξης στοιχείων με μπετόν.

Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης.

Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.

Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία.

Δεν απαιτείται Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).

Απαιτείται [Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία](#) που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει *βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών* ([ΥΑ.13310/2007](#), ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14). Απαιτείται [Άδεια Λειτουργίας](#).

2.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

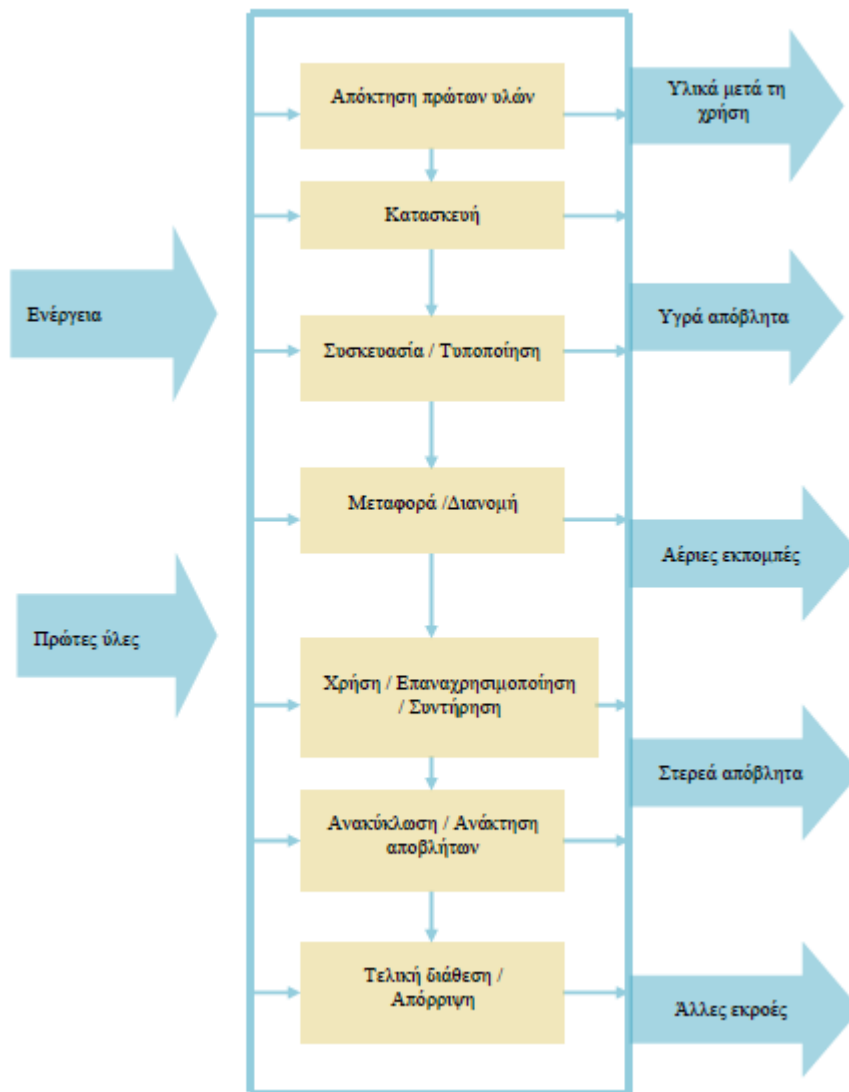
2.4.1 Ορισμός

Η ανάλυση κύκλου ζωής όπως ορίζεται από τον οργανισμό SETAC (1993) (Society of Environmental Toxicology And Chemistry) αφορά την μεθοδολογία κατά την οποία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με κάποιο προϊόν, δραστηριότητα ή ακόμα και διεργασία δύναται να εκτιμηθούν όσον αφορά την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται καθώς και τον αριθμό των αποβλήτων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Κατόπιν αυτού γίνεται η αξιολόγηση με στόχο την εκτίμηση και τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων όπου αυτές υπάρχουν.



Σχήμα 18. Κύκλος ζωής προϊόντος (Τσαγκαροπούλου, 2014).

Κατά την ανάλυση περιλαμβάνεται όλος ο κύκλος ζωής του προϊόντος της δραστηριότητας ή της διεργασίας όπως η επεξεργασία πρώτων υλών, κατασκευή, μεταφορά, χρήση, τυχόν επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση μέχρι και η τελική απόρριψη του.



Σχήμα 19. Στάδια κύκλου ζωής.

Η ανάπτυξη της ανάλυσης κύκλου ζωής προέκυψε από την ανάγκη για σύγκριση υλικών και διεργασιών έτσι ώστε να προσδιοριστεί το βέλτιστο από περιβαλλοντολογικής άποψης που προκύπτει από την καταγραφή και τον έλεγχο σε όλα τα στάδια της ζωής τους. Όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος συνεισφέρουν στους συνολικούς ρύπους με αποτέλεσμα αν αλλάξει κάτι σε οποιοδήποτε στάδιο θα έχει είτε θετικές είτε αρνητικές συνέπειες και στα υπόλοιπα στάδια στο σύνολο των εκπομπών ρύπων όπως και στην κατανάλωση ενέργειας και των πρώτων υλών (Καρβούνης & Γεωργακέλος, 2003). Σαν σύνολο η ανάλυση κύκλου ζωής έχει σκοπό να αξιολογήσει την επίδραση της χρήση ενέργειας και της επεξεργασίας υλικών καθώς και της απόρριψης των αποβλήτων στο περιβάλλον και μέσω αυτού να εκτιμήσει ως προς το μέγιστο τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων με την ορθολογική χρήση των πρώτων υλών και ενέργειας για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας (Γιαννόπουλος, 2012).

2.4.2 Ιστορική αναδρομή

Η περίοδος που άρχισε να γίνεται γνωστή η ανάλυση κύκλου ζωής είναι η δεκαετία του 1960 λόγω του ότι τότε εμφανίζεται εντονότερο το πρόβλημα της μείωσης των ενεργειακών αποθεμάτων της διαθέσιμης ενέργειας και των πρώτων υλών και εξ αυτού παρουσιάζεται και η ανάγκη μιας πιο αντικειμενικής καταγραφής των πρώτων υλών καθώς και της ενέργειας που πρόκειται να απαιτηθούν μεταγενέστερα (Curran, 1993). Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και αγαθών ήταν μαθηματικά βέβαιο ότι οδηγούσε σε εξάντληση των φυσικών πόρων. Λόγω αυτού προέκυψε η ανάγκη ώστε να υπάρχουν λεπτομερείς μελέτες διαφόρων βιομηχανικών διαδικασιών. Στην δεκαετία του 60 με αρχές 70 άρχισαν να πραγματοποιούνται και να δημοσιοποιούνται πρώιμες μελέτες που αφορούσαν τον κύκλο ζωής των προϊόντων που είχαν ως σημείο επικέντρωσης τα ζητήματα της ενεργειακής αποδοτικότητας της κατανάλωσης των πρώτων υλών και την διάθεση των αποβλήτων. Η εργασία του Harold Smith (1963) υπήρξε μία από τις πρώτες που δημοσιεύτηκαν όσον αφορά την ανάλυση κύκλου ζωής. Η εργασία αυτή είχε ως σκοπό να υπολογίσει το σύνολο της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή διαφόρων χημικών προϊόντων. Μετέπειτα το 1969 πραγματοποιήθηκε μία μελέτη η οποία είχε την χρηματοδότηση από την coca-cola και αφορούσε σύγκριση πόρων και περιβαλλοντικών εκπομπών κατά την διαδικασία της εμφιάλωσης. Στη συνέχεια ακολούθησαν μελέτες τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής από διάφορες μεγάλες εταιρίες που είχαν ως σκοπό την μελέτη και την σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών πηγών ενέργειας (Fava, Denison, Jones, Curran & Vigon, 1991). Στην Βρετανία οι Boustead και Hancock το 1970 έδωσαν στη δημοσιότητα μία ανάλυση με την ενέργεια που απαιτείται αλλά και τις ανάγκες της σε πρώτες ύλες για την παραγωγή και τη χρήση ειδών συσκευασίας που τους ανατέθηκε από το βρετανικό συμβούλιο διαχείρισης απορριμμάτων, ενώ το 1972 παρουσιάστηκε και η πρώτη μελέτη με αντικείμενο την βιομηχανία γυαλιού. Η πετρελαϊκή και ενεργειακή κρίση ατόνησε το ενδιαφέρον της ενέργειας αλλά το ενδιαφέρον και την ανάλυση κύκλου ζωής παρέμενε σταθερό χωρίς ωστόσο να σημειώσει κάποια πρόοδο. Κατά την περίοδο αυτή δόθηκε περισσότερο έμφαση στη βελτίωση της μεθοδολογίας (Hunt, Sellers, & Franklin, 1992). Η δεκαετία του 80 αποτελεί ορόσημο για την ανάλυση κύκλου ζωής καθώς αυξήθηκε κατακόρυφα το ενδιαφέρον λόγω όμως της αύξησης των πιέσεων από διάφορες οικολογικές οργανώσεις καθώς και από τη δημιουργία της ευρωπαϊκής επιτροπής της γενικής διεύθυνσης περιβάλλοντος. Και ενώ η ανάλυση κύκλου ζωής έκανε βήματα μπροστά πλησιάζοντας στα τέλη της δεκαετίας του 80 αρχίζει και παρατηρείται μία σύγχυση λόγω του ότι διάφορες περιβαλλοντικές εκθέσεις που αφορούσαν παρόμοια ή ίδια προϊόντα συχνά έρχονταν σε σύγκρουση μεταξύ τους καθώς ήταν βασισμένα σε διαφορετικές μεθόδους, δεδομένα αλλά και ορολογία. Λόγω αυτής της σύγχυσης προκύπτει η ανάγκη για τυποποίηση της μεθοδολογίας και ορολογίας σε ότι αφορά την ανάλυση κύκλου ζωής. Στην αρχή του 1990 ο SETAC και μετέπειτα το 1993 ο International Standards Organization (ISO) ασχολήθηκαν με την ανάλυση κύκλου ζωής με σκοπό την ανάπτυξη μεθοδολογίας και την διάδοσή της (Μπακογιάννη, 2013). Η σειρά διεθνών προτύπων ISO 14040- 14049 στα τέλη της δεκαετίας του 90 έρχεται να καθιερώσει την ανάλυση κύκλου ζωής ως περιβαλλοντικό εργαλείο (Curran, 1996). Η Society for the Promotion of LCA Development (SPOLD) προώθησε την ανάλυση κύκλου ζωής στην Ευρώπη ενώ ακόμη και σήμερα συνεχίζουν να σχεδιάζονται λογισμικά που

αφορούν την ανάλυση κύκλου ζωής καθώς ο τομέας αυτός εξελίσσεται και αναπτύσσεται συνεχώς (Μπακογιάννη, 2013).

2.4.2.1 Ανάλυση κύκλου ζωής στον κατασκευαστικό τομέα

Ειδικά τον κατασκευαστικό τομέα, η εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής εντοπίζεται κυρίως στην κατασκευή κτιρίων ή και άλλα έργα πολιτικού μηχανικού, π.χ. αυτοκινητόδρομοι, γέφυρες. Συγκεκριμένα από το 1998 και μέχρι το 2001 δημοσιεύτηκαν τα πρώτα αξιολογικά άρθρα σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου στον συγκεκριμένο τομέα. Από τότε οι μελέτες ακολουθούν δύο μοτίβα, εφαρμογή της σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία, ή σε ολόκληρο κτίριο, θεωρώντας το ως μια οντότητα.

Μία από τις πρώτες μελέτες σε κατασκευές ήταν αυτή του Adalberth το 1997, στόχος της οποίας ήταν να υπολογίσει τον κύκλο ζωής τεσσάρων κατοικιών που είχαν κατασκευαστεί από διαφορετικά δομικά υλικά. Ο Reurotier (2001) στην Γαλλία συνέκρινε τρεις τύπους κτιρίων με διαφορετικές προδιαγραφές, ενώ οι Jiang, Jian και Kazunori (2003) εφάρμοσαν την Ανάλυση Κύκλου Ζωής κατά την διάρκεια ενός έργου σε μία αστική περιοχή στην Ιαπωνία. Οι Ortiz, Bonnet, Bruno και Castells (2009) εφάρμοσαν την μέθοδο κατά την κατασκευή μιας πολυκατοικίας στην Βαρκελώνη, με σκοπό την ανάπτυξη κριτηρίων τα οποία θα βοηθήσουν στην λήψη κατάλληλων αποφάσεων κατά την σχεδίαση και την κατασκευή. Οι ίδιοι συνέκριναν επίσης δύο κατοικίες, μία στην Ισπανία και μία στην Κολομβία, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η τελική κατανάλωση ενέργειας διαφέρει από χώρα σε χώρα, ανάλογα με την χρήση της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, την διαθεσιμότητα και τις τιμές των υλικών, το εισόδημα των κατοίκων της χώρας, το βιοτικό επίπεδο, και τα χαρακτηριστικά της κουλτούρας του λαού.

Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε κατασκευαστικά έργα αντιμετωπίζει το έργο ως ένα προϊόν και έχει δύο βασικούς στόχους: να προσδιορίσει τις διεργασίες εκείνες που προκαλούν τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα, και να γίνει μια εκτίμηση της δυνατότητας περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Για τον λόγο αυτό η Ανάλυση Κύκλου Ζωής αποτελεί υποστηρικτικό εργαλείο στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ανάπτυξη κριτηρίων οικολογικού σχεδιασμού.

2.4.3 Διεθνή πρότυπα

Ο διεθνής οργανισμός προτυποποίησης (ISO) δημιούργησε τα 4 πρότυπα (14040, 14041, 14042, 14043) τα οποία εντάσσονται στην οικογένεια προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO14040.

- International Standard ISO 14040 (1997): βασικές αρχές
- International Standard ISO 14041 (1998): καθορισμός σκοπού και αντικείμενου της μελέτης και απογραφή δεδομένων
- International Standard ISO 14042 (2000): εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής.
- International Standard ISO 14043 (2000): εκτίμηση βελτιώσεων κύκλου ζωής.
- International Standard ISO 14044 (2006): περιβαλλοντική διαχείριση- Αξιολόγηση κύκλου ζωής - Απαιτήσεις και κατευθυντήριες γραμμές

Επίσης, έχουν εξελιχθεί τα πρότυπα που αφορούν την εφαρμογή της μεθόδου της AKZ (International Standard /TRISO TR 14062, 2000). Ο διεθνής οργανισμός SETAC "Society of

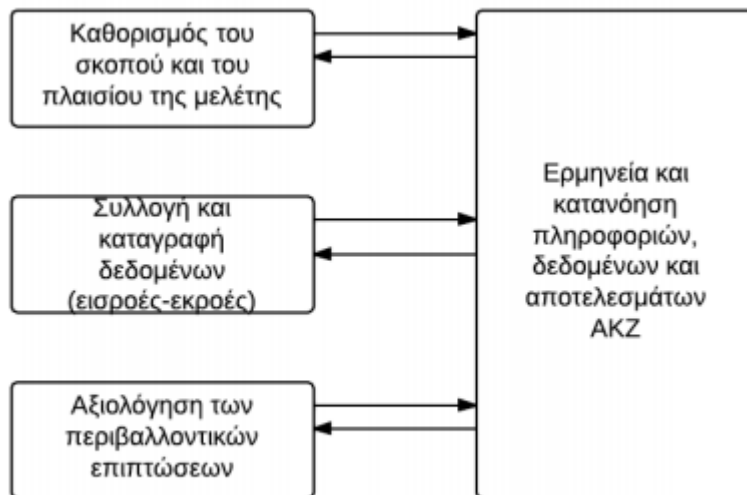
Environmental Toxicology and Chemistry's" έχει προτείνει και αυτός ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για την AKZ, με τη βασική διαφορά ότι η εκτίμηση βελτιώσεων που υπήρχε ως ξεχωριστό στάδιο, πλέον στα πρότυπα ISO δεν θεωρείται επιπλέον αλλά προστίθεται στην μεθοδολογία ISO το στάδιο της Ερμηνείας αποτελεσμάτων που αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα 3 στάδια. Ένα πλεονέκτημα της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η συστηματική προσέγγιση του αντικείμενου μελέτης που έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή μετάθεσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το ένα στάδιο κύκλου ζωής σε ένα άλλο αλλά και τον συνυπολογισμό των έμμεσων επιπτώσεων. Σε αντίθεση, το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η απαίτηση σε μεγάλο αριθμό λεπτομερών δεδομένων καθώς και χρόνο και εξειδικευμένη γνώση για την εφαρμογή της. Ο βασικός όμως περιορισμός της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη στοιχεία με κόσθη ή τεχνική αποδοτικότητα. Συνεπώς, κατά τη συνολική αξιολόγηση κρίνεται αναγκαίος ο συνδυασμός της ανάλυσης κύκλου ζωής με τις μεθοδολογίες που συνεισφέρουν την αντίστοιχη πληροφορία.

Η τεχνική εφαρμογής της AKZ βασίζεται στη δημιουργία ενός είδους μοντέλου ρεαλιστικής καταγραφής των ενδιάμεσων σταδίων του κύκλου ζωής ενός συστήματος. Το στατικό μοντέλο προσομοίωσης της ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελείται από διεργασίες που η κάθε μία αντιπροσωπεύει μία ή περισσότερες δραστηριότητες.

2.4.4 Μεθοδολογία

Η AKZ είναι μια συστηματική προσέγγιση σε φάσεις και αποτελείται από τέσσερις συνιστώσες- στάδια (SAIC, 2006):

- Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικείμενου της μελέτης (Goal Definition and Scoring). Περιγράφεται το προϊόν, η διαδικασία ή η υπηρεσία η οποία θα αναλυθεί, ορίζεται το πλαίσιο στο οποίο θα κινηθεί η ανάλυση και καθορίζονται τα όρια αυτής όπως και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα ληφθούν υπόψη.
- Απογραφή δεδομένων (Inventory Analysis). Αναγνωρίζονται και ποσοτικοποιούνται η ενέργεια, το νερό και οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής (Impact Assessment). Αποτιμώνται οι επιπτώσεις παραμέτρων που απογράφηκαν, στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η εκτίμηση των επιπτώσεων αποτελείται από τρία μέρη: α) ταξινόμηση β) χαρακτηρισμό γ) αξιολόγηση.
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων (Interpretation). Αξιολογούνται τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων σταδίων ώστε να επιλεγεί το προτιμώμενο προϊόν, διαδικασία ή υπηρεσία, με πλήρη κατανόηση των αβεβαιοτήτων και υποθέσεων που έγιναν για να προκύψει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα.



Σχήμα 20. Στάδια εφαρμογής AKZ (Πέτρου, 2014).

2.4.4.1 Σκοπός και πλαίσιο της AKZ

Ο σκοπός και το πλαίσιο της ανάλυσης κύκλου ζωής καθορίζεται από τις παραδοχές και τις απλοποιήσεις οι οποίες δεν θα πρέπει να επιφέρουν σημαντική αλλοίωση στο τελικό αποτέλεσμα. Αποτελεί κομβικό σημείο καθότι είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο για την εφαρμογή της τεχνικής και μέσω αυτής εξαρτώνται οι απαιτήσεις σε χρόνο οικονομικούς πόρους και ανθρώπινο δυναμικό.

Σημαντικά ζητήματα που συνδέονται με τον σκοπό και το πλαίσιο της AKZ είναι (Λάζογλου, 2009):

- Η ακριβής αποτύπωση του σκοπού εφαρμογής της AKZ
- Ο λεπτομερής καθορισμός του κύκλου ζωής και της χρήσης του προϊόντος
- Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας
- Ο ορισμός και περιγραφή των ορίων του συστήματος
- Ο καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου της μελέτης
- Η συλλογή και καταγραφή των δεδομένων (εισροές και εκροές)
- Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Η ερμηνεία και κατανόηση των πληροφοριών, δεδομένων και αποτελεσμάτων της AKZ
- Ο καθορισμός των ποιοτικών προδιαγραφών για τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν
- Οι υποθέσεις, περιορισμοί και απαιτήσεις για την επακόλουθη ερμηνεία
- Το ακροατήριο στο οποίο τα αποτελέσματα θα διαχυθούν και ο τρόπος που θα εφαρμοστούν
- Ο τύπος και η μορφή της έκθεσης για τη μελέτη

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν και σύμφωνα με τα πρότυπα ISO τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής (Μπακογιάννη, 2013):

- Καθορίζεται το αντικείμενο της μελέτης, δηλαδή ποιο προϊόν ή ποια λειτουργία πρόκειται να μελετηθεί. Θα πρέπει να προσδιοριστεί η ποσότητα του

προϊόντος, η λειτουργία του και η χρονική περίοδος που διεξήχθη η μελέτη. Επίσης, αν απαιτείται από το είδος του εξεταζόμενου προϊόντος, περιγράφονται τα υλικά συσκευασίας ή η συμπεριφορά του καταναλωτή. Το αντικείμενο της μελέτης πρέπει να ορίζεται εξ' αρχής με λεπτομέρεια, ώστε να εξασφαλίζει ότι το εύρος και το βάθος της ανάλυσης είναι ικανά και επαρκή να ικανοποιήσουν τον προκαθορισμένο σκοπό της μελέτης

- Αναφορικά με την εξεταζόμενη ποσότητα, αυτή ποικίλει ανάλογα με το είδος του εξεταζόμενου προάγοντος. Συνήθως εξετάζονται μεγάλες ποσότητες που καθιστούν ευκολότερους τους υπολογισμούς. Συμφώνα με τον SETAC η ποσότητα του προϊόντος που μελετάται ονομάζεται «λειτουργική μονάδα». Η λειτουργική μονάδα θέτει την κλίμακα για την σύγκριση δύο η περισσότερων προϊόντων συμπεριλαμβάνοντας την βελτίωση σε ένα προϊόν και έχει ιδιαίτερη σημασία σε συγκριτικές μελέτες καθώς προσφέρει το κοινό σημείο αναφοράς, δηλαδή συντελεί στην δημιουργία μιας βάσης σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών κύκλων ζωής παρόμοιων προϊόντων
- Επίσης μελετάται και η έκταση της μελέτης, δηλαδή πόσο λειτουργική και αξιόπιστη θα είναι η μελέτη αλλά και πόσο λεπτομερειακή. Σε αυτό το βήμα καθορίζονται οι απαιτούμενες λεπτομέρειες, δηλαδή αν λαμβάνεται υπόψη αν το προϊόν άλλαξε κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών ή και αν υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι παραγωγής.
- Είναι σημαντικό να αναφέρεται το κοινό στο οποίο απευθύνεται η μελέτη. Το εάν δηλαδή τα αποτελέσματα της μελέτης προορίζονται για εσωτερική χρήση σε μια εταιρεία και για την βελτίωση των περιβαλλοντικών της επιπτώσεων ή αντιθέτως πρόκειται να δημοσιοποιηθούν με στόχο ένα ευρύτερο κοινό.
- Να βαθμολογηθούν οι σχετικές συνεισφορές συγκεκριμένων σταδίων του Κύκλου Ζωής. Ένας εύκολος διαχωρισμός του συστήματος μπορεί να γίνει με βάση τα στάδια του κύκλου ζωής. Τα στάδια σε ένα κύκλο ζωής μπορούν να θεωρηθούν ως υποσυστήματα του συνολικού συστήματος. Αντιμετωπίζοντας τα στάδια ως υποσυστήματα, διευκολύνεται η συγκέντρωση των δεδομένων για την αναλυτική απογραφή του όλου συστήματος. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται στην φάση απογραφής αφορούν την λειτουργική μονάδα (Κορωνάιος, 2010).
- Επίσης, θα πρέπει να κατανοηθούν τα σχετικά περιβαλλοντικά φορτία των ανταγωνιστικών προϊόντων ή δραστηριοτήτων
- Να καθοριστεί η γραμμή βάσης/αναφοράς για συγκεκριμένα προϊόντα και δραστηριότητες.
- Τέλος, θα πρέπει να καθοριστεί ο τύπος, η δομή και η μορφή καταγραφής των αποτελεσμάτων. Οι αποφάσεις που πρόκειται να ληφθούν από τα αποτελέσματα της μελέτης, δηλαδή το πως θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να είναι σαφώς προσδιορισμένες.

Καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου προκύπτει από την ανάγκη για συνέπεια καθ' όλη την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής και το αποτέλεσμα αυτής εξαρτάται κυρίως από την ακρίβεια των στοιχείων που εισάγονται (Γιαννόπουλος, 2012).

2.4.4.2 Απογραφή δεδομένων

Κατά την απογραφή δεδομένων πρέπει να καταγράφονται όλα τα στοιχεία είτε εισερχόμενα είτε εξερχόμενα για το υπό μελέτη σύστημα. Παρόλα αυτά, πολλές φορές η αναγκαιότητα της μελέτης για λήψεις άμεσων αποφάσεων, η έλλειψη χρόνου και η δευτερεύουσα σημασία κάποιων αποτελεσμάτων που έχουν αμελητέα επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα της μελέτης οδηγούν τον μελετητή στην απαλοιφή κάποιων δεδομένων. Επομένως, θα πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τις διεργασίες που θα διαμορφωθούν σύμφωνα με την μελέτη και το επίπεδο λεπτομέρειας που αυτές θα μελετηθούν. Επιπλέον, θα πρέπει να καθοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα εκτιμηθούν καθώς και το επίπεδο λεπτομέρειας αυτής της εκτίμησης. Οι κανόνες απόφασης που χρησιμοποιούνται κατά την επιλογή των εισροών και εκροών πρέπει να είναι σαφώς κατανοητοί και να περιγράφονται με σαφήνεια. Οποιαδήποτε παράλειψη των σταδίων κύκλου ζωής, διεργασιών ή απαιτούμενων δεδομένων πρέπει να δηλώνεται και να αιτιολογείται.

Η απογραφή δεδομένων αποτελεί την ποσοτική περιγραφή όλων των ροών και ανταλλαγών μάζας και ενεργείας από και προς το σύστημα. Πολλές φορές δεν υπάρχουν δεδομένα για όλα τα στάδια του συστήματος. Αυτό το γεγονός αποτελεί εμπόδιο για την εκτέλεση μιας λεπτομερούς ΑΚΖ, εντούτοις η μελέτη βασίζεται στα στάδια του κύκλου ζωής για τα οποία υπάρχουν δεδομένα. Οι όποιες ελλείψεις πρέπει να επισημαίνονται εκ των πρότερων ώστε να δίνεται μία σαφής εικόνα για τις παραδοχές που έγιναν (Μπακογιάννη, 2013).

2.4.4.2.1 Καθορισμός και οριοθέτηση συστήματος- Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στο στάδιο της απογραφής δεδομένων κάθε προϊόν παρουσιάζεται ως σύστημα, δηλαδή ένα σύνολο διεργασιών που συσχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την κατανάλωση ενέργειας και μάζας (Μουσιόπουλος & Μπούρα, 1999). Η απογραφή δεδομένων έχει ως στόχο την ποσοτική περιγραφή των στοιχείων εισόδου και εξόδου από το σύστημα. Τα όρια του συστήματος καθορίζουν τις διεργασίες, τις εισροές και τις εκροές που λαμβάνονται υπόψη στην ΑΚΖ. Η εισροή μπορεί να είναι η συνολική εισροή σε μια παραγωγή καθώς και η εισροή σε μια ξεχωριστή διεργασία. Ομοίως ορίζεται και η εκροή. Ως εκ τούτου το σύστημα θα πρέπει να χωρίζεται σε υποσυστήματα όπου το κάθε ένα θα έχει για είσοδο την έξοδο της προηγούμενης διεργασίας και η έξοδος της μια διεργασίας θα γίνεται αυτόματα η είσοδος για την επομένη διεργασία που θα ακολουθεί. Ο ορισμός κάθε συστήματος είναι σχετικός, δεν υπάρχει ένας και μόνο τρόπος ούτε συγκεκριμένα κριτήρια για όλες τις μελέτες. Τα κριτήρια προκύπτουν από την ίδια τη μελέτη, δηλαδή το σκοπό της ΑΚΖ, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα πρότυπα από βάσεις δεδομένων καθώς και την σχετική βιβλιογραφία.

Ένα διάγραμμα ροής αναπαριστά τις διασυνδέσεις μεταξύ των διάφορων υποσυστημάτων, δείχνει όλα τα κύρια στοιχεία, όσα δηλαδή έχουν συμπεριληφθεί εντός ορίων του συστήματος, κατά την διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό η αναγνώριση των ορίων του συστήματος γίνεται εύκολα και παραστατικά. Η ανάλυση ακόμα και των απλούστερων συστημάτων συχνά απαιτεί δεδομένα από μια ευρύτατη γκάμα διαφορετικών βιομηχανιών, οι οποίες μπορεί και να βρίσκονται μακριά από το εξεταζόμενο σύστημα (Αμπελιώτης, 2002). Η ανάπτυξη ενός διαγράμματος ροής αποτελεί τον καλύτερο

τρόπο παρουσίασης των στοιχείων που απαρτίζουν ένα σύστημα και τον τρόπο διασύνδεσης των υποσυστημάτων. Για τα περισσότερα βιομηχανικά συστήματα, ένα διάγραμμα ροής αποτελείται από τρεις βασικές ομάδες διεργασιών: τη σειρά της βασικής παραγωγής, την προαγωγή βοηθητικών υλών και τις βιομηχανίες παραγωγής καυσίμου (Μουσιόπουλος κ.ά., 1999).

2.4.4.2.2 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή αξιόπιστων δεδομένων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επιτυχία μιας μελέτης ΑΚΖ. Τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται από τις αντίστοιχες πηγές πρωτογενών δεδομένων ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία και εγκυρότητα. Αρκετές φορές βέβαια, αυτό δεν είναι εφικτό, με αποτέλεσμα η εύρεση δεδομένων από άλλες δευτερογενείς πηγές να είναι απαραίτητη. Ένας τρόπος ελέγχου της πληροφορίας είναι να σχεδιαστούν ισοζύγια για κάθε διεργασία, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι συνολικές εισροές μιας διεργασίας είναι ισοδύναμες με τις συνολικές εκροές, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και τα απόβλητα. Τα ισοζύγια δεν είναι ποτέ ακριβή αλλά παρέχουν μια ένδειξη για το που και πως εμφανίζονται οι αποκλίσεις. Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ότι η αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος θα εξαρτηθεί από την ποιότητα των δεδομένων (Μάγειρα, 2004).

Τα δεδομένα συλλέγονται ως: μέσες τιμές, μικτά δεδομένα, σταθερά δεδομένα και κανονικοποιημένα δεδομένα. Ενώ αυτά μπορούν να παραχθούν από: ακριβείς μετρήσεις, δείγματα-εκτιμήσεις καθώς και υπολογισμούς (Μπακογιάννη, 2013).

2.4.4.2.3 Ποιότητα Δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων ορίζεται ως ο βαθμός αξιοπιστίας ανάμεσα σε δεδομένα εισόδου και εξόδου ξεχωριστά, και στα δεδομένα σαν σύνολο, και τελικά στις αναφορές που βασίζονται στην χρήση των δεδομένων (Μουσιόπουλος κ.ά., 1999). Η ποιότητα των δεδομένων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποιότητα των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ.

Η ποιότητα των δεδομένων επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- την πηγή των δεδομένων
- τη μέθοδο συλλογής των δεδομένων
- τον τρόπο παραγωγής τους
- το κόστος και τον χρόνο συλλογής τους.

Σημαντικό ρόλο παίζει ακόμα η προέλευση των δεδομένων, η ηλικία τους, η χρονική περίοδος και ο χώρος αναφοράς τους καθώς και αν τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις, υπολογισμούς ή κατά προσέγγιση εκτιμήσεις. Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι πρωτογενείς (όπως για τα δεδομένα που συλλέγονται για ειδικές διαδικασίες) ή δευτερογενείς (όπως για αυτά που συλλέγονται από αναφορές ή άλλες δημοσιευμένες πηγές). Αυτές προέρχονται από:

- βιομηχανικές και κρατικές αναφορές
- δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών
- βιβλία αναφοράς
- δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων
- λίστες θεσμοθετημένων ορίων
- συμβούλους και εμπορικούς συνδέσμους

- παρόμοιες μελέτες ΑΚΖ

Κάθε ΑΚΖ παρουσιάζει αβεβαιότητες και κενά στο στάδιο της απογραφής δεδομένων. Οι παραπάνω παράμετροι πρέπει να αναλύονται και να παρουσιάζονται στο στάδιο του καθορισμού του σκοπού της μελέτης. Η ανάλυση ευαισθησίας των δεδομένων κρίνεται απαραίτητη ώστε να επισημαίνονται έγκαιρα οι περιορισμοί της μελέτης και να κρίνονται ανάλογα τα αποτελέσματα της. Ορισμένες φορές η συλλογή περισσότερων δεδομένων είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση της ανάλυσης ευαισθησίας ενώ υπάρχουν και οι περιπτώσεις που μπορεί να απαιτηθεί απόρριψη κάποιων δεδομένων.

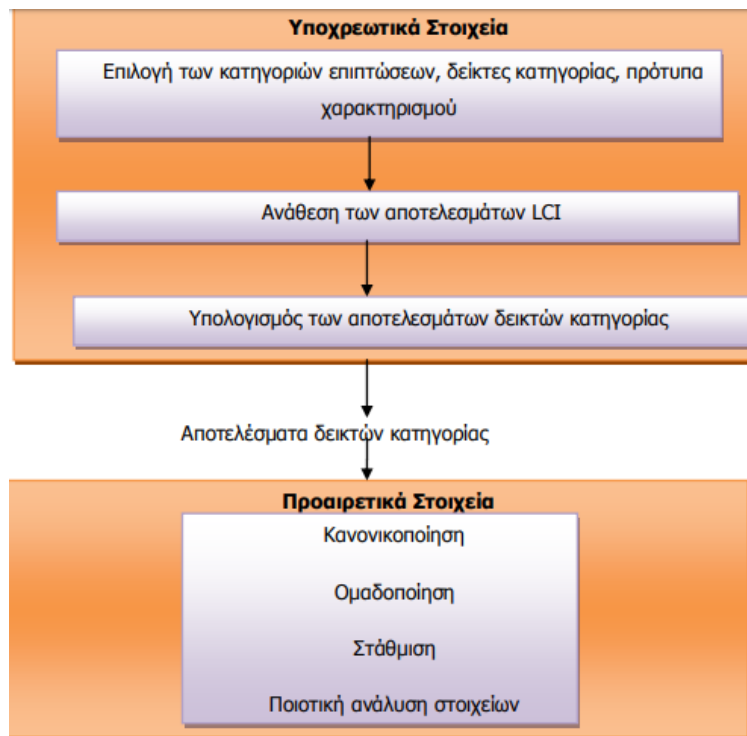
Τέλος, όπου και εφόσον κριθεί απαραίτητο με βάση τα δεδομένα, όσα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος διεργασίας είναι επουσιώδη μπορούν να αφαιρεθούν αρκεί η απόφαση αυτή να δικαιολογείται επαρκώς στη τελική έκθεση. Χρήσιμο είναι τα δεδομένα να καταγράφονται και να παρουσιάζονται σε μονάδες SI (Μπακογιάννη, 2013).

2.4.4.3 Εκτίμηση επιπτώσεων

Το στάδιο της εκτίμησης επιπτώσεων (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) στοχεύει στην αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων «από το λίκνο μέχρι τον τάφο» (“from cradle-to-grave”). Αυτή η εκτίμηση μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους (ISO 14040:2006). Είναι μια διαδικασία ποσοτική ή/και ποιοτική. Η εκτίμηση επιπτώσεων συνήθως περιγράφεται ως μια βήμα προς βήμα ερμηνεία του σταδίου της απογραφής (Κορωναίος, 2010): Απογραφή, Ταξινόμηση, Χαρακτηρισμός, Κανονικοποίηση, Αξιολόγηση.

Οι φάσεις της εκτίμησης επιπτώσεων είναι οι εξής:

- Κατηγοριοποίηση
- Χαρακτηρισμός
- Κανονικοποίηση
- Ομαδοποίηση
- Στάθμιση



Σχήμα 21. Στάδια εκτίμησης επιπτώσεων (Τσεκούρας, 2013).

Οι τρεις τελευταίες φάσεις είναι προαιρετικές και διευκολύνουν την ερμηνεία της ανάλυσης στο επόμενο στάδιο της εκτίμησης βελτιώσεων. Η διαδικασία αυτή είναι μια διαδικασία πολύπλοκη και αμφιλεγόμενη αφού πρόκειται για μια διαδικασία συσχέτισης αξιών που αντανακλά τις κοινωνικές αξίες και προτιμήσεις.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14042, το οποίο αφορά στην εκτίμηση επιπτώσεων, τρεις είναι οι μεγάλες κατηγορίες επιπτώσεων που θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη σε μια μελέτη ΑΚΖ και αυτές είναι:

- Επιπτώσεις στο οικοσύστημα
- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους

2.4.4.3.1 Κατηγοριοποίηση/ Ταξινόμηση

Σε αυτή τη φάση ξεχωρίζονται οι επιπτώσεις ανάλογα με τους βασικούς στρεσογόνους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες. Τα βασικά περιβαλλοντολογικά προβλήματα είναι τα εξής (Μάγειρα, 2004):

- Η αβιοτική εξασθένιση (Abiotic Depletion Potential, ADP) η οποία μετριέται σε σχέση με τα αποθέματα σε παγκόσμιο επίπεδο
- Η εξασθένιση της ενέργειας (Energy Depletion Potential, EDP) ή το ενεργειακό περιεχόμενο που μετριέται σε Mj/kg ή σε Mj/m³
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Global Warming Potential, GWP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg CO₂

- Το φωτοχημικό νέφος (Photochemical oxidant formation, POCP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg αιθυλενίου
- Η οξίνιση του περιβάλλοντος (Acidification Potential, AP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg SO₂
- Η τοξικότητα (Human Toxicity, HT) μετριέται σε σχέση με την ποσότητα του βάρους του ανθρώπινου σώματος που μπορεί να εκτεθεί στο επιτρεπόμενο τοξικά όριο ενός κιλού της ουσίας
- Η οικοτοξικότητα του νερού (Aquatic Ecotoxicity, ECA) η οποία αφορά στη ποσότητα του νερού που θα μολυνθεί έως ένα κρίσιμο επίπεδο από 1kg ουσίας
- Η εδαφική οικοτοξικότητα (Terrestrial ecotoxicity, ECT) αφορά στην επιβάρυνση του εδάφους έως ένα κρίσιμο επίπεδο από 1kg ουσίας
- Ο ευτροφισμός (Nutrification, NP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg φωσφόρου
- Η εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (Ozone Depletion, ODP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg CFC-11.

Περιβαλλοντικοί δείκτες

Η ανάλυση επιπτώσεων για να γίνει χρειάζεται πρώτα να οριστούν οι περιβαλλοντικοί δείκτες με βάση τους οποίους θα αναδειχτούν τα προβλήματα όπου αυτά υπάρχουν και στον τομέα που ενδιαφέρουν τον μελετητή. Τα τρία κυριότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει κάθε περιβαλλοντικός δείκτης είναι (Αμπελιώτης, 2002):

α) Χρησιμότητα: Να προσφέρει την αντιπροσωπευτική εικόνα των περιβαλλοντικών συνθηκών που χαρακτηρίζει με απλότητα, να είναι εύκολα αντιληπτός και να μπορεί να έχει χρονικές διακυμάνσεις, να είναι ευαίσθητος στις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών που χαρακτηρίζει, να αποτελεί τη βάση αναφοράς για διεθνείς συγκρίσεις και να έχει μια τιμή αναφοράς έτσι ώστε όλες οι συγκρίσεις να γίνονται με βάση αυτή.

β) Αναλυτική Βάση: Να ορίζεται πολύ καλά θεωρητικά με βάση τεχνικούς και επιστημονικούς όρους, να στηρίζεται σε διεθνή πρότυπα να έχει διεθνή αναγνώριση και αξιοπιστία και να συνδέεται εύκολα με οικονομικά – κοινωνικά μοντέλα και πληροφοριακά συστήματα.

γ) Μετρησιμότητα: Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον ορισμό του δείκτη θα πρέπει να είναι διαθέσιμα με καλή σχέση κόστους/ οφέλους, να είναι καλά τεκμηριωμένα με δεδομένη ποιότητα και να ανανεώνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα με βάση αξιόπιστες πηγές και διαδικασίες.

2.4.4.3.2 Χαρακτηρισμός

Ο χαρακτηρισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς όλων των δεδομένων της απογραφής στις κατηγορίες των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η διαδικασία περιλαμβάνει την κατάρτιση μιας λίστας που περιέχει τους ισοδύναμους συντελεστές οι οποίοι αντιστοιχούν σε κάθε μια από τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται τα δεδομένα της απογραφής για κάθε ουσία του συστήματος με τους ισοδύναμους συντελεστές κάθε περιβαλλοντικού προβλήματος και προστίθενται τα αποτελέσματα που προκύπτουν ώστε να καταγραφούν τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντικό

πρόβλημα για όλες τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα. Ο χαρακτηρισμός δίνει τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων της απογραφής σε κάθε κατηγορία περιβαλλοντικού προβλήματος. Δηλαδή, οι ισοδύναμοι συντελεστές ερμηνεύουν τις εισροές της απογραφής σε άμεσα συγκρίσιμους δείκτες (Μάγειρα, 2004). Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να υπογραμμιστεί ότι τα χαρακτηρισμένα δεδομένα μπορεί να συγκριθούν μόνο σε μία κατηγορία επίδρασης. Για παράδειγμα τα αποτελέσματα της υδάτινης οικοτοξικότητας δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τα αποτελέσματα της οξίνισης διότι οι ισοδύναμοι συντελεστές υπολογίζονται με χρήση διάφορων επιστημονικών μεθόδων (Μπακογιάννη, 2013).

2.4.4.3.3 Κανονικοποίηση

Τα αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα μπορεί να κανονικοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους έτσι ώστε να συσχετιστούν με μια τιμή αναφοράς. Η κανονικοποίηση είναι ένα εργαλείο με τη βοήθεια του οποίου δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί το προϊόν που μελετάται με τις εκπομπές σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κανονικοποίηση γίνεται με τη διαίρεση των συνολικών αποτελεσμάτων για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα για όλες τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα, τα οποία έχουν προκύψει από το βήμα του χαρακτηρισμού, με μια επιλεγμένη τιμή για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι επιλογής της τιμής όπως για παράδειγμα οι συνολικές εκπομπές ή η χρήση των τιμών σε μια δεδομένη περιοχή (σε παγκόσμιο, τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο) (Μάγειρα, 2004).

2.4.4.3.4 Ομαδοποίηση

Σε αυτή τη φάση ομαδοποιούνται οι κατηγορίες επιπτώσεων με κατηγοριοποίηση τους σε ομάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ. εκπομπές) και ταξινομούνται με ιεραρχική κλιμάκωση όπως π.χ. υψηλή, μεσαία και χαμηλή επίπτωση.

2.4.4.3.5 Στάθμιση

Η στάθμιση των αποτελεσμάτων αν και προαιρετική στην ΑΚΖ προσφέρει την δυνατότητα σύγκρισης ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Τα κανονικοποιημένα αποτελέσματα (ή μη κανονικοποιημένα) πολλαπλασιάζονται με τους συντελεστές στάθμισης για να διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα.

2.4.4.3.6 Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει μια γενικώς αποδεκτή μέθοδος εκτίμησης επιπτώσεων για τον προσδιορισμό των καταλλήλων περιβαλλοντικών δεικτών για το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα των διεργασιών. Παρ' όλα αυτά, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι όπως οι: CML 2001, A-Indicator 99 και IMPACT 2002+ (Guinée, 2002). Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στις φάσεις εκτίμησης επιπτώσεων που αναλύθηκαν παραπάνω και στις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στον πίνακα παρακάτω παρουσιάζονται οι τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις διαφορές μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων.

Πίνακας 3. Τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων (Frischknecht, 2007).

Όνομα Συντελεστή	Περιγραφή
Συντελεστής Χαρακτηρισμού	Χαρακτηρίζεται με ένα συντελεστή, η σημασία της κάθε ροής της διεργασίας σε σχέση με μια συγκεκριμένη βασική ροή.
Συντελεστής Κανονικοποίησης	Ένας άλλος συντελεστής (πχ ένας συντελεστής χαρακτηρισμού) κανονικοποιείται διαιρώντας το σύνολο των χαρακτηρισμένων ροών σε συγκεκριμένη περιοχή και χρονική περίοδο.
Συντελεστής Στάθμισης	Η πιθανή επίπτωση που οφείλεται σε μια εκπομπή περιγράφεται από αυτόν το συντελεστή. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μια μοντελοποίηση για το μέλλον του περιβάλλοντος, ένα χαρακτηρισμό μιας σύστασης και μια τελική στάθμιση.

Οι διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης χρησιμοποιούν τους παραπάνω παράγοντες για τον υπολογισμό των αποτυπωμάτων των συστατικών που απογράφηκαν στο στάδιο της απογραφής δεδομένων. Ο υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έγκειται είτε στις κύριες κατηγορίες επιπτώσεων (mid-point) είτε στις τελικές κατηγορίες επιπτώσεων (α-point) επιπτώσεων, είτε και στις δύο ανάλογα με τη μέθοδο όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4. Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων και τα χαρακτηριστικά τους (Pieragostini, Mussati & Aguirre, 2012).

Μέθοδος AKZ	Χώρα Προέλευσης	Επίπτωση		Κανονικοποίηση
		mid-point	end-point	
CML 92	Ολλανδία	x		x
Eco-indicator 99	Ολλανδία		x	x
IMPACT 2002+	Ελβετία	x	x	x

2.4.4.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων - εκτίμηση βελτιώσεων

Μία πολύ σημαντική ενέργεια κατά την Ανάλυση Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή ενός συστήματος γενικότερα είναι η ερμηνεία των δεδομένων και των αποτελεσμάτων όλων των

επιμέρους σταδίων από το μελετητή έτσι ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα με τον κατά το δυνατόν σωστότερο τρόπο.

Η ερμηνεία είναι η διαδικασία προσδιορισμού, έλεγχου και εκτίμησης των πληροφοριών από τα συμπεράσματα της ανάλυσης απογραφής δεδομένων ή και την εκτίμηση των επιδράσεων ενός συστήματος και παρουσιάζονται προκειμένου να καλυφτούν οι απαιτήσεις της εφαρμογής, όπως περιγράφονται στη φάση προσδιορισμού του σκοπού και του αντικείμενου της μελέτης. Είναι μια διαδικασία επικοινωνίας και έχει σχεδιαστεί για να δώσει αξιοπιστία στα αποτελέσματα των περισσότερων τεχνικών φάσεων της ΑΚΖ, δηλαδή στη φάση της καταγραφής δεδομένων και τη φάση της εκτίμησης, και έχει μορφή που είναι και κατανοητή και χρήσιμη στους υπευθύνους αποφάσεων. Η ερμηνεία περιέχει τον προσδιορισμό σημαντικών περιβαλλοντικών ζητημάτων και την εκτίμηση των συμπερασμάτων.

Η ερμηνεία εκτελείται παράλληλα με τις άλλες φάσεις της ΑΚΖ. Εάν τα αποτελέσματα της φάσης απογραφής δεδομένων ή της φάσης εκτίμησης επιπτώσεων δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις που καθορίζονται στη φάση προσδιορισμού του σκοπού, η φάση καταγραφής δεδομένων πρέπει να βελτιωθεί με π.χ. επιθεώρηση των ορίων του συστήματος, περαιτέρω συλλογή δεδομένων κλπ. και εν συνεχεία να ακολουθηθεί μια πιο βελτιωμένη εκτίμηση επιπτώσεων. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία πρέπει να αναπαράγεται έως ότου ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της φάσης προσδιορισμού σκοπού και πλαισίου της μελέτης (Pap & Pongracz, 2004).

Ο οργανισμός SETAC ορίζει την εκτίμηση βελτιώσεων ως εξής: "Η εκτίμηση βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με τη χρήση ενεργείας, πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων, των διεργασιών και υπηρεσιών. Η ανάλυση αυτή είναι δυνατό να περιέχει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μετρά βελτίωσης, όπως αλλαγές στο ποιον, στην διεργασία, στο σχεδιασμό, στην χρήση των πρώτων υλών, στην χρήση από τον καταναλωτή και στην διαχείριση των απορριμμάτων".

Η εκτίμηση βελτιώσεων, το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας, με γνώμονα τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταλήγει στην λήψη αποφάσεων ώστε να δρομολογηθούν δραστηριότητες που θα ωφελήσουν την παραγωγική διαδικασία σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που έχουν συλλεχτεί στο στάδιο της απογραφής δεδομένων χρησιμοποιούνται για να εντοπιστούν τα σημεία που επιδέχονται βελτίωση.

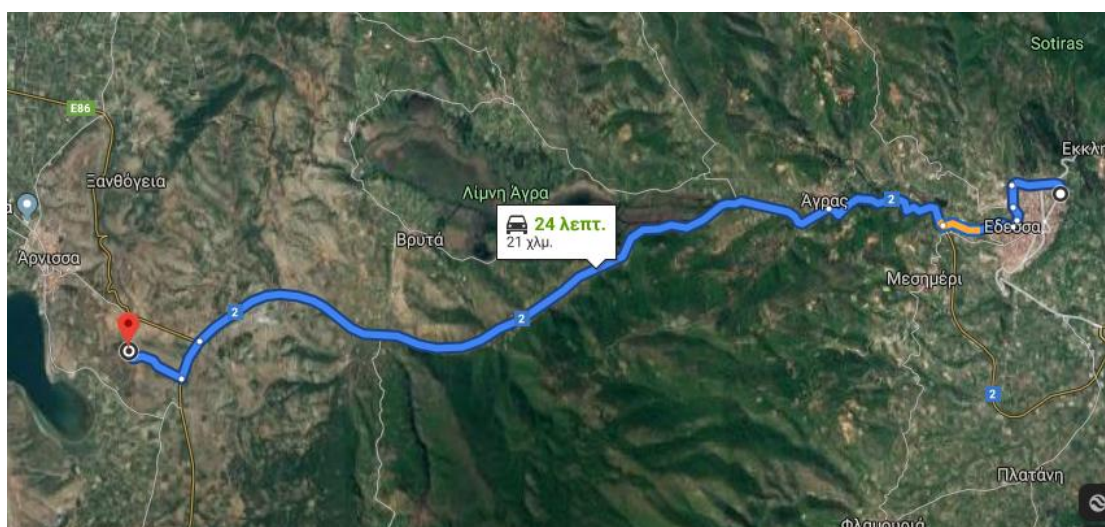
Η αξιολόγηση μιας διεργασίας στο σύνολο της γίνεται ώστε να εξισορροπούνται τα υπέρ και τα κατά μεταξύ περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνολογικών ή μηχανικών παραγόντων (Rebitzer, Ekvall, Frischknecht, Hunkeler, Norris, Rydberg, Schmidt, Suh, Weidema & Pennington, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

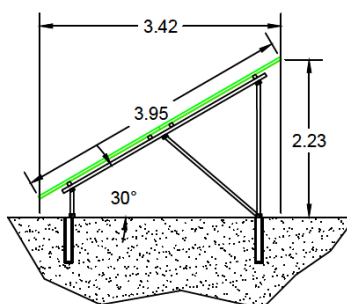
3.1.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ- ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το υπό μελέτη έργο αφορά στην εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού σταθμού στην Άρνισσα του νομού Πέλλας, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, που έχει αναλάβει η εταιρία PST Α.Ε., με έδρα την Έδεσσα. Η Άρνισσα απέχει 21 χλμ από την πόλη της Έδεσσας όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη. Κύριος του έργου είναι η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΕΛΛΑΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ.



Εικόνα 8. Τοποθεσία υπό μελέτη έργου.

Η ονομαστική ισχύς του πάρκου είναι 499,95kW και κατασκευάστηκε επί εδάφους σε σταθερές βάσεις. Χρησιμοποιήθηκαν 1515 πολυκρυσταλλικά Φ/Β πάνελ ισχύος 330W έκαστο, της εταιρίας Eging PV καθώς και 5 αντιστροφείς ισχύος 110kW έκαστος της εταιρίας Sungrow. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετήθηκαν σε σταθερές βάσεις, τριγωνικές, από προφίλ κράματος αλουμινίου κατά DIN 933, το ύψος των οποίων δεν ξεπερνάει τα 2,50 μέτρα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

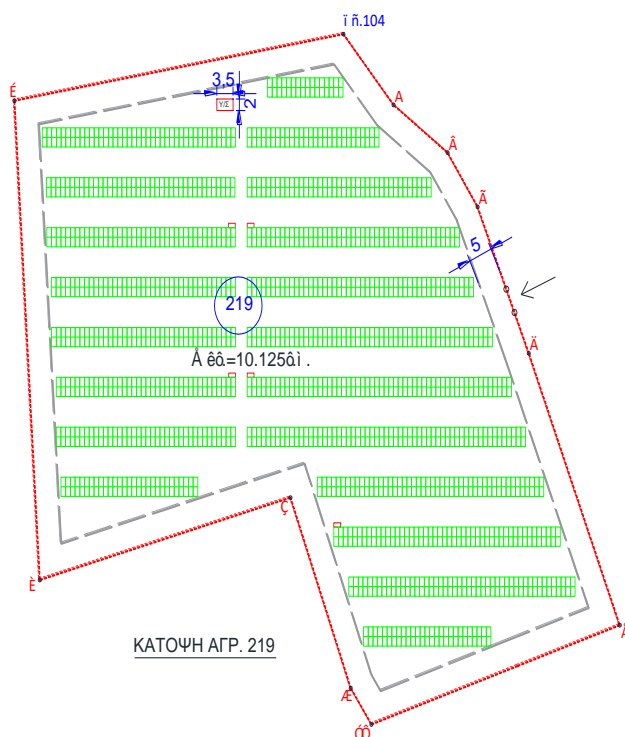


ΤΟΜΗ ΒΑΣΗΣ

Σχήμα 22. Τομή βάσης στήριξης Φ/Β πάνελ.

Οι συλλέκτες συνδέθηκαν σε σειρά και παράλληλα και σχηματίζουν πεδίο (grid). Τα εξαρτήματα συγκράτησης των συλλεκτών είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα. Πριν από κάθε inverter στο κύκλωμα DC υπάρχει το κατάλληλο διακοπτικό υλικό για να προστατεύονται τα strings με κατάλληλη διάταξη απαγωγής υπερτάσεων. Δίπλα στους αντιστροφείς τοποθετήθηκαν υποπίνακες για τον έλεγχό τους, οι οποίοι περιέχουν ασφαλοδιακόπτη, αντικεραυνική προστασία AC και DC και ασφαλοαποζεύκτη DC, διαστασιολογημένα κατάλληλα ανάλογα με τον τύπο του inverter.

Οι συλλέκτες τοποθετήθηκαν σε συστοιχίες αποτελούμενες από διπλές σειρές πάνελ, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο χωροθέτησης. Η μελέτη της χωροθέτησης έγινε σύμφωνα με τους κανόνες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και με γνώμονα την καλύτερη δυνατή απόδοση του Φ/Β πάρκου. Έτσι λοιπόν, οι συστοιχίες έχουν τοποθετηθεί με νότιο προσανατολισμό και μεταξύ τους υπάρχει επαρκές κενό για αποφυγή σκιάσεων των πάνελ. Επίσης, η εγκατάσταση οριοθετήθηκε έτσι ώστε να απέχει περιμετρικά του αγροτεμαχίου τουλάχιστον πέντε μέτρα σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.



Σχήμα 23. Σχέδιο χωροθέτησης.

Η εγκατάσταση έχει περιφραχτεί περιμετρικά με συρματόπλεγμα γαλβανισμένο, με άνοιγμα οπής 65x65mm, ύψους 2m, και πάχος σύρματος 1,8mm. Το πλέγμα στερεώνεται σε γαλβανισμένους πασσάλους $\varnothing 48$, πάχους 1,5mm και ύψους 2,5m, με αιχμές στις κορυφές τους, οι οποίοι πακτώθηκαν σε βάθος 40cm και σκυροδετήθηκαν στη βάση τους. Στην απόληξη των πασσάλων και πάνω από το πλέγμα τοποθετήθηκε περιμετρικά

αγκαθωτό σύρμα. Στις γωνίες του γηπέδου και στην πόρτα εισόδου τοποθετήθηκαν κοιλοδοκοί 10x10cm, πάχους 2mm, οι οποίοι πακτώθηκαν και σκυροδετήθηκαν. Επίσης τοποθετήθηκε συρόμενη πόρτα εισόδου.

Για την σύνδεση των στοιχειοσειρών των πάνελ χρησιμοποιήθηκαν καλώδια DC διατομής βάσει της ηλεκτρολογικής μελέτης και στερεώθηκαν με ειδικά δεματικά στις βάσεις. Για την σύνδεση από τον υποπίνακα μέχρι τον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ) στον υποσταθμό, χρησιμοποιήθηκαν καλώδια ισχύος ΝΥΥ εντός σκάμματος. Η όδυσή τους έγινε σε τάφρο βάθους 80cm, εγκιβωτισμένα σε άμμο πάχους 30cm. Σε κάθε αλλαγή διεύθυνσης τοποθετήθηκαν πλαστικά φρεάτια με καπάκι. Οι πλαστικοί σωλήνες καταλήγουν στον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Στα υπέργεια σημεία τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς σωλήνες POLYECO οι οποίοι σφραγίστηκαν για προστασία από τρωκτικά. Για τα καλώδια μέσης τάσης τύπου XLPE/CWS/PVC 20KV, ακολουθήθηκαν οι ίδιες τεχνικές τοποθέτησης. Η διαστασιολόγησή τους έγινε βάσει της ηλεκτρολογικής μελέτης. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε ένας τέταρτος εφεδρικός αγωγός για διασφάλιση ως το σημείο σύνδεσης με το δίκτυο μέσης τάσης. Τέλος, τα καλώδια της μέσης τάσης προστατεύονται επιπλέον με δίκτυ προστασίας και πλάκες πεζοδρομίου.

Για την μεταφορά των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν καλώδια FTP σε προστατευτικό σωλήνα POLYECO, εντός τάφρου, τα οποία οδεύουν από τους inverter και τις κάμερες ως τον βοηθητικό οικίσκο.

Για την τοποθέτηση του υποσταθμού κατασκευάστηκε βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχους 15cm, σύμφωνα με τα σχέδια του κατασκευαστή του υποσταθμού. Κατασκευάστηκε επίσης βοηθητικός οικίσκος από πάνελ πολυουρεθάνης διαστάσεων 2,5x2,5m, ο οποίος χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικός χώρος και ως χώρος τοποθέτησης του ρούτερ και του πίνακα ελέγχου. Ο οικίσκος κατασκευάστηκε με μεταλλική κατασκευή και επικαλύφθηκε με πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 5cm. Αρχικά κατασκευάστηκε πέλμα από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 διαστάσεων 6x2,5x2,20m και πάνω του έγινε ο μεταλλικός σκελετός και η επικάλυψη με πάνελ. Στην οροφή τοποθετήθηκε πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 5cm.

Την προμήθεια του βασικού εξοπλισμού (πάνελ, βάσεις, inverter, υποσταθμός) ανέλαβε ο κύριος του έργου, ενώ τα υπόλοιπα ανέλαβε ο ανάδοχος. Οι εργασίες κατασκευής ξεκίνησαν 30 Σεπτεμβρίου του 2019 και τελείωσαν στις 2 Δεκεμβρίου του ίδιου έτους.

3.1.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται ο βασικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στο έργο και που θα χρησιμοποιηθεί στις εργασίες που το απαρτίζουν. Επίσης, για την μεταφορά των υλικών που χρειάστηκαν στην κατασκευή, χρησιμοποιήθηκαν δύο φορτηγά του αναδόχου, ένα ανατρεπόμενο 20 τόνων και ένα μικρότερο 7,5 τόνων. Τα υλικά που βάρυναν τον κύριο του έργου μεταφέρθηκαν στην τοποθεσία του έργου με μεταφορικές εταιρίες και συνεπώς δεν περιλαμβάνονται στην μελέτη, ούτε και στον προγραμματισμό του έργου λόγω έλλειψης πληροφοριών.

Η μπουλντόζα και το γκρέιντερ χρησιμοποιήθηκαν για την εκσκαφή και την ισοπέδωση αντίστοιχα, με σκοπό την δημιουργία ενός ομοιόμορφου και ομαλού εδάφους. Ο εκσκαφέας με την λειτουργία του πίσω μικρού κουβά και το τσαπάκι χρησιμοποιήθηκαν για

μικρότερες εκσκαφές. Το τσαπάκι επιπλέον, στο συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιήθηκε για μεταφορά υλικών όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες, ενώ για τη μεταφορά υλικών μεγαλύτερου όγκου και βάρους χρησιμοποιήθηκε το διαβολάκι. Τέλος, η μπετονιέρα χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή σκυροδέματος και ο πασσαλομήχτης για την τοποθέτηση των πασσάλων των βάσεων στο έδαφος.



Εικόνα 9. Εκσκαφέας.



Εικόνα 10. Πασσαλομήχτης.



Εικόνα 11. Γκρέιντερ.



Εικόνα 12. Μπουλντόζα.



Εικόνα 13. Μπετονιέρα.



Εικόνα 14. Τσαπάκι.



Εικόνα 15. Διαβολάκι.

3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΦΑΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΘΕΤΟΥΝ ΤΟ ΕΡΓΟ

Στο σημείο αυτό θα διαχωριστούν και θα περιγραφούν οι διαδικασίες που απαρτίζουν το έργο.

1. ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ

Η κατασκευή του πάρκου ξεκίνησε με τις χωματουργικές εργασίες κατά τις οποίες αρχικά καθαρίστηκε ο χώρος εγκατάστασης από φυτά χαμηλής βλάστησης και πέτρες με χρήση της μπουλντόζας. Έπειτα διαμορφώθηκε κατάλληλα το έδαφος και ισοπεδώθηκε με το γκρέιντερ.

2. ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Στην συγκεκριμένη περίπτωση έργου χρειάστηκε να γίνει διάνοιξη οδού πρόσβασης με το γκρέιντερ για την διευκόλυνση της πρόσβασης στον χώρο εγκατάστασης του πάρκου αφού το αγροτεμάχιο δεν βρίσκεται σε ασφαλτοστρωμένο δρόμο. Μετά την διάνοιξη μεταφέρθηκε επί τόπου του έργου αμμοχάλικο το οποίο στρώθηκε στον δρόμο επίσης με το γκρέιντερ.

3. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ

Πριν ξεκινήσουν οι εργασίες κατασκευής περίφραξης έγινε οριοθέτηση από τοπογράφο μηχανικό για τον υπολογισμό των ορίων του αγροτεμαχίου.

4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ

Οι εργασίες για την κατασκευή περίφραξης ξεκινάνε με την διάνοιξη οπών με τον εκσκαφέα, για την τοποθέτηση των πασσάλων. Έπειτα τοποθετούνται οι πάσσαλοι στις οπές όπου και στερεώνονται με σκυρόδεμα. Ειδικά στα σημεία αλλαγής κατεύθυνσης τοποθετούνται κοιλοδοκοί που επίσης στερεώνονται με σκυρόδεμα για την καλύτερη

συγκράτηση της περίφραξης. Αφού στεγνώσει το σκυρόδεμα τοποθετείται το συρματοπλέγμα και το αγκαθωτό σύρμα και στερεώνονται στους πασσάλους με σύρμα.



Εικόνα 16. Τοποθέτηση πασσάλων περίφραξης.



Εικόνα 17. Προετοιμασία για τοποθέτηση πασσάλων βάσεων- ευθυγραμμίσεις.

5. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ

Πριν ξεκινήσουν οι εργασίες τοποθέτησης των βάσεων, μετρήθηκαν οι αποστάσεις από τα όρια του γηπέδου και έγιναν οι ευθυγραμμίσεις βάσει την μελέτη χωροθέτησης που είχε πραγματοποιηθεί πριν ξεκινήσουν οι εργασίες κατασκευής του Φ/Β σταθμού. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν και μοιράστηκαν κατάλληλα στον χώρο οι πάσσαλοι στήριξης των βάσεων στα σημεία που υποδείχθηκαν από τον εργοδηγό βάσει των μετρήσεων και της ευθυγράμμισης. Έπειτα άρχισε η διαδικασία της πασσαλόμπτυξης με το ειδικό μηχάνημα (πασαλομπήχτης). Τέλος, ολοκληρώθηκε η συναρμολόγηση με την τοποθέτηση, βίδωμα και στερέωση των υπόλοιπων μερών των βάσεων πάνω στους πασσάλους.



Εικόνα 18. Μεταφορά και μοίρασμα πασαλwv.



Εικόνα 19. Πασσαλwμwτηξη.

6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΗΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΙΣΚΟΥ

Στον χώρο εγκατάστασης του Φ/Β σταθμού τοποθετήθηκε ο υποσταθμός μέσης τάσης πάνω σε βάση που κατασκευάστηκε από σκυρόδεμα, καθώς και ο οικίσκος για την τοποθέτηση του εξοπλισμού τηλεπαρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων. Για την κατασκευή της βάσης του υποσταθμού αρχικά σκάβεται το έδαφος με τον εκσκαφέα και έπειτα ισοπεδώνεται. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ο σιδηρός σπλισμός και τα καλούπια, παράχθηκε το απαιτούμενο σκυρόδεμα και τοποθετήθηκε στα καλούπια όπου και αφέθηκε να στεγνώσει. Με την ίδια διαδικασία κατασκευάστηκε και η βάση του οικίσκου.



Εικόνα 20. Κατασκευή βάσης υποσταθμού.



Εικόνα 21. Υποσταθμός μέσης τάσης και βοηθητικός οικίσκος.

7. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ

Όταν ήρθε η ώρα να τοποθετηθεί ο προκατασκευασμένος υποσταθμός χρησιμοποιήθηκε γερονοφόρο όχημα για την ανύψωσή του και την τοποθέτησή του στην βάση. Ο οικίσκος δεν είναι προκατασκευασμένος αλλά συναρμολογήθηκε επί τόπου του έργου από πάνελ πολυουρεθάνης και μεταλλικό σκελετό.

8. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ

Με την ολοκλήρωση των εργασιών συναρμολόγησης των βάσεων ξεκίνησε η τοποθέτηση των πάνελ. Τα πάνελ μέσα στο χωράφι μεταφέρθηκαν με την βοήθεια του φορτωτή (διαβολάκι) και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν πάνω στις βάσεις.



Εικόνα 22. Μεταφορά πάνελ.



Εικόνα 23. Τοποθέτηση πάνελ.

9. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΝΕΛ

Με το τσαπάκι ανοίχτηκαν τάφροι για την δίοδο των καλωδίων τα οποία πρώτα τοποθετήθηκαν σε εύκαμπτους σωλήνες. Στη συνέχεια οι σωλήνες καλύφθηκαν με άμμο και έγινε επανεπίχωση των προϊόντων εκσκαφής με το τσαπάκι.



Εικόνα 24. Τοποθέτηση αντιστροφέων και υποπινάκων.

10. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ

Οι αντιστροφεείς τοποθετήθηκαν κάτω από τις συστοιχίες των πάνελ. Δίπλα τους τοποθετήθηκαν ηλεκτρικοί υποπίνακες. Οι αντιστροφεείς και οι υποπίνακες κρέμονται στις μεταλλικές βάσεις των πάνελ και συγκεκριμένα σε δύο μεταλλικές οριζόντιες ράγες που τοποθετούνται για να ενώνουν τους πασάλους των βάσεων. Με το σκαπτικό μηχάνημα ανοίχτηκαν τρύπες για την τοποθέτηση κοιλοδοκών και παράχθηκε και τοποθετήθηκε σκυρόδεμα για την στερέωσή τους. Στη συνέχεια πάνω στις κοιλοδοκούς και τους πασάλους των βάσεων στερεώθηκαν οι οριζόντιες ράγες και τοποθετήθηκαν οι αντιστροφεείς και οι υποπίνακες στους οποίους συνδέονται τα πάνελ με τους αντιστροφεείς.



Εικόνα 26. Τοποθέτηση καλωδίων.



Εικόνα 25. Τοποθέτηση καλωδίων φωτισμού και καμερών.

11. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Για την σύνδεση των αντιστροφών στον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.) έγινε διάνοιξη τάφρων με τον εκσκαφέα. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν τα καλώδια, καλύφθηκαν με άμμο και προϊόντα εκσκαφής και πραγματοποιήθηκε η σύνδεση. Έπειτα συνδέθηκαν τα καλώδια από τον Γ.Π.Χ.Τ. στον μετασχηματιστή, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση από τον μετασχηματιστή στο πεδίο Μ.Τ. και από εκεί συνδέθηκαν τα καλώδια Μ.Τ. στην κολώνα της ΔΕΗ. Για τα καλώδια Μ.Τ. επίσης έγινε διάνοιξη τάφρου, τοποθετήθηκαν τα καλώδια, καλύφθηκαν με άμμο και τοποθετήθηκαν πλάκες και πλέγμα για λόγους ασφαλείας. Για την σύνδεση των καλωδίων στην κολώνα της ΔΕΗ τοποθετήθηκε διάτρητη σχάρα καλωδίων από το σημείο που βγαίνουν από το έδαφος και μέχρι την κολώνα όπου η σχάρα στερεώθηκε.



Εικόνα 27. Τοποθέτηση σκάρας καλωδίων.

12. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΜΕΡΩΝ

Τοποθετήθηκαν κάμερες και προβολείς στους κοιλοδοκούς, στον οικίσκο και στην είσοδο του πάρκου. Περιμετρικά του γηπέδου σκάφτηκε τάφρος για την τοποθέτηση εύκαμπτων σωλήνων για τα καλώδια σύνδεσης των καμερών και τα καλώδια φωτισμού. Η εκσκαφή έγινε με τον εκσκαφέα και τα καλώδια καταλήγουν στον οικίσκο όπου και συνδέονται.

13. ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Σε αυτό το στάδιο έγιναν δοκιμές λειτουργίας του Φ/Β πάρκου καθώς και οι απαιτούμενες μετρήσεις και ρυθμίσεις για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του πριν την σύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΗ.

14. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΡΟΥΤΕΡ

Στο τελικό στάδιο κατασκευής τοποθετήθηκε το ρούτερ στον βοηθητικό οικίσκο και τα καλώδια δεδομένων και πραγματοποιήθηκε η σύνδεσή τους.

15. ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Με την ολοκλήρωση της κατασκευής έγινε η σύνδεση του Φ/Β σταθμού στο δίκτυο της ΔΕΗ.

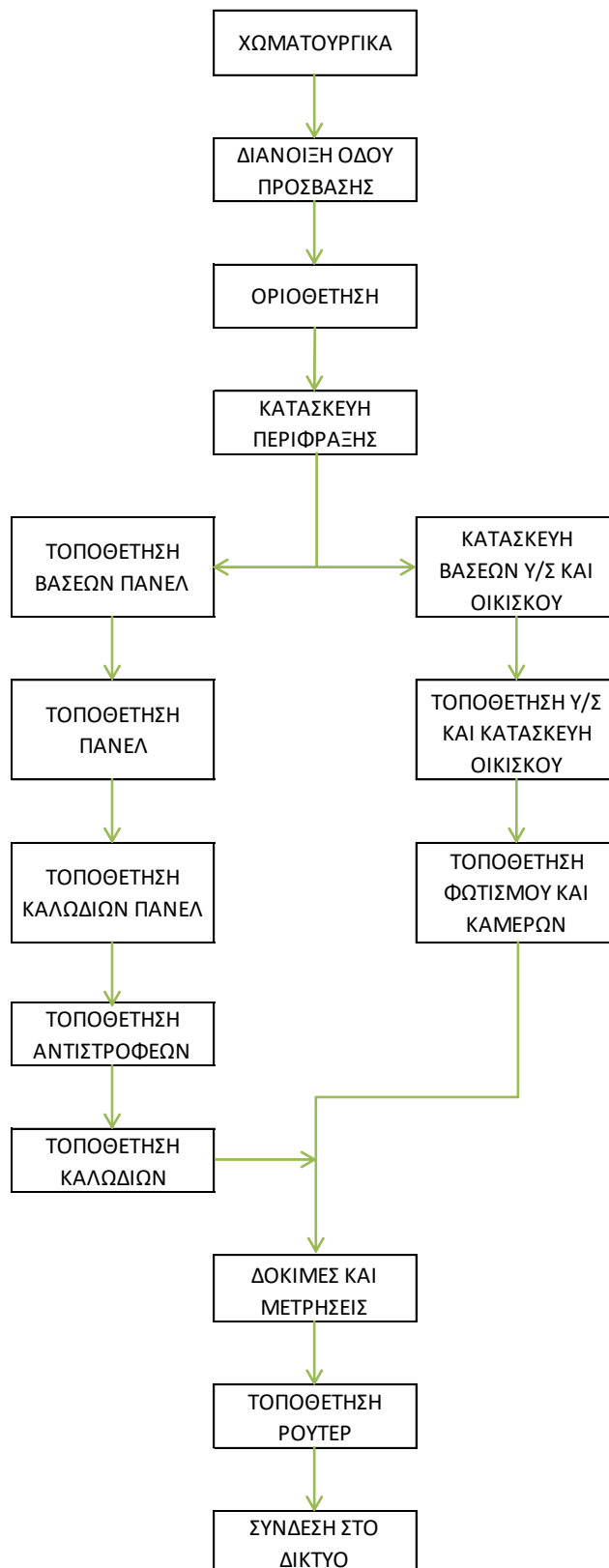
3.2.2 ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΡΓΟΥ

Οι εργασίες που συνθέτουν το έργο και αναλύθηκαν παραπάνω, συνδέονται μεταξύ τους με κάποιες σχέσεις εξάρτησης. Στις περισσότερες εργασίες η σχέση αλληλουχίας είναι finish to start, δηλαδή για να ξεκινήσει μία διαδικασία θα πρέπει πρώτα να τελειώσει η προηγούμενη. Για παράδειγμα, για να ξεκινήσει η κατασκευή της περίφραξης, θα πρέπει να έχει πρώτα ολοκληρωθεί η διαδικασία της οριοθέτησης από τον τοπογράφο. Παρομοίως, για να ξεκινήσει η τοποθέτηση των καλωδίων των πάνελ, θα πρέπει πρώτα να έχουν τοποθετηθεί τα πάνελ στις βάσεις τους και πριν από αυτό θα πρέπει να έχουν τοποθετηθεί οι βάσεις.

Αντιθέτως, όπου υπάρχει παραγωγή σκυροδέματος, έχουμε μία σχέση αλληλουχίας finish to finish, δηλαδή το σκυρόδεμα θα πρέπει να είναι έτοιμο (να έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία) με την ολοκλήρωση της προηγούμενης ούτως ώστε να χρησιμοποιηθεί αμέσως μόλις ετοιμαστεί.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που κάποιες διαδικασίες θα μπορούσαν να εκτελούνται παράλληλα, ανάλογα φυσικά με τους διαθέσιμους πόρους. Για παράδειγμα, αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή της περίφραξης, θα μπορούσαν ταυτόχρονα να ξεκινήσουν η τοποθέτηση των βάσεων των πάνελ και η κατασκευή των βάσεων του υποσταθμού και του οικίσκου.

Η καταγραφή των διαδικασιών του έργου και ο εντοπισμός των σχέσεων εξάρτησής τους είναι προαπαιτούμενο για τον προγραμματισμό του έργου που θα ακολουθήσει στο επόμενο κεφάλαιο. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής απεικονίζονται οι διαδικασίες που συνθέτουν το έργο, και η σειρά με την οποία μπορούν να εκτελεστούν.



Σχήμα 24. Διάγραμμα ροής διαδικασιών έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

4.1. ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ

Εισάγοντας όλα τα δεδομένα που υπολογίστηκαν παραπάνω, στο πρόγραμμα MS Project και θέτοντας ως ημερομηνία έναρξης εργασιών την 1^η Απριλίου 2020, προκύπτει η ημερομηνία λήξης του έργου στις 2 Ιουνίου του ίδιου έτους, με διάρκεια 41,5 εργάσιμες μέρες. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις εργασίες, την διάρκεια της καθεμίας και την αλληλουχία τους, καθώς και το αντίστοιχο διάγραμμα Gantt όπου φαίνονται και οι κρίσιμες δραστηριότητες του έργου. Σημειώνεται εδώ, ότι οι διάρκειες των εργασιών ορίστηκαν εμπειρικά, βάσει της μέσης παραγωγικότητας του εξοπλισμού και των εργαζομένων, όπως αυτή έχει υπολογιστεί από προηγούμενα αντίστοιχα έργα.

Πίνακας 5. Ημερολόγιο έργου.

Όνομα εργασίας	Duration	Start	Finish	Predecessors
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ 500 KW ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ	41,5 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ	
ΑΡΧΗ ΕΡΓΟΥ	0 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Wed 1/4/20 8:00 πμ	
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	5 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Tue 7/4/20 4:30 μμ	
ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	3 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Fri 3/4/20 4:30 μμ	
ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	2 days	Mon 6/4/20 8:00 πμ	Tue 7/4/20 4:30 μμ	4
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	2 days	Wed 8/4/20 8:00 πμ	Thu 9/4/20 4:30 μμ	
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ	1 day	Wed 8/4/20 8:00 πμ	Wed 8/4/20 4:30 μμ	5
ΑΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ	1 day	Thu 9/4/20 8:00 πμ	Thu 9/4/20 4:30 μμ	7
ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ	1 day	Fri 10/4/20 8:00 πμ	Fri 10/4/20 4:30 μμ	
ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ	1 day	Fri 10/4/20 8:00 πμ	Fri 10/4/20 4:30 μμ	8
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ	5 days	Mon 13/4/20 8:00 πμ	Tue 21/4/20 4:30 μμ	
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	1 day	Mon 13/4/20 8:00 πμ	Mon 13/4/20 4:30 μμ	10
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	2,5 days	Mon 13/4/20	Wed 15/4/20	10

		8:00 πμ	12:00 μμ	
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΣΑΛΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Tue 14/4/20 8:00 πμ	Tue 14/4/20 4:30 μμ	12
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Wed 15/4/20 8:00 πμ	Wed 15/4/20 4:30 μμ	14
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Thu 16/4/20 8:00 πμ	Thu 16/4/20 4:30 μμ	15
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	1 day	Tue 21/4/20 8:00 πμ	Tue 21/4/20 4:30 μμ	16
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ ΠΑΝΕΛ	9 days	Wed 22/4/20 8:00 πμ	Tue 5/5/20 4:30 μμ	
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ - ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ	1 day	Wed 22/4/20 8:00 πμ	Wed 22/4/20 4:30 μμ	17
ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΜΟΙΡΑΣΜΑ ΠΑΣΑΛΩΝ	1 day	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 4:30 μμ	19
ΠΑΣΑΛΟΜΠΗΞΗ	2 days	Fri 24/4/20 8:00 πμ	Mon 27/4/20 4:30 μμ	20
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	5 days	Tue 28/4/20 8:00 πμ	Tue 5/5/20 4:30 μμ	21
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ & ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Fri 24/4/20 4:30 μμ	
ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	0,5 days	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 12:00 μμ	19
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΛΟΥΠΩΜΑ	0,2 days	Thu 23/4/20 12:30 μμ	Thu 23/4/20 2:06 μμ	24
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ	1 day	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 4:30 μμ	24SS
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Fri 24/4/20 8:00 πμ	Fri 24/4/20 4:30 μμ	26
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon 27/4/20 8:00 πμ	Tue 28/4/20 4:30 μμ	
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	1 day	Mon 27/4/20 8:00 πμ	Mon 27/4/20 4:30 μμ	27
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon	Tue	27

		27/4/20 8:00 πμ	28/4/20 4:30 μμ	
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ	4 days	Wed 6/5/20 8:00 πμ	Mon 11/5/20 4:30 μμ	
ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ ΕΝΤΟΣ ΠΑΡΚΟΥ	4 days	Wed 6/5/20 8:00 πμ	Mon 11/5/20 4:30 μμ	22
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΝΕΛ	3 days	Tue 12/5/20 8:00 πμ	Thu 14/5/20 4:30 μμ	
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΑΦΡΟΥ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1 day	Tue 12/5/20 8:00 πμ	Tue 12/5/20 4:30 μμ	32
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΣΕ ΕΥΚΑΠΤΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ	1 day	Wed 13/5/20 8:00 πμ	Wed 13/5/20 4:30 μμ	34
ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Thu 14/5/20 8:00 πμ	Thu 14/5/20 4:30 μμ	35
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ INVERTER ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ	3,5 days	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Wed 20/5/20 12:00 μμ	
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	1 day	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Fri 15/5/20 4:30 μμ	36
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Fri 15/5/20 4:30 μμ	38SS
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Mon 18/5/20 8:00 πμ	Mon 18/5/20 4:30 μμ	39
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Tue 19/5/20 8:00 πμ	Tue 19/5/20 4:30 μμ	40
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΡΑΓΩΝ, ΚΡΕΜΑΣΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ	0,5 days	Wed 20/5/20 8:00 πμ	Wed 20/5/20 12:00 μμ	41
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	4 days	Wed 20/5/20 12:30 μμ	Tue 26/5/20 12:00 μμ	
ΕΚΣΚΑΦΗ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΠΟ INVERTER ΣΕ Γ.Π.Χ.Τ. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Wed 20/5/20 12:30 μμ	Thu 21/5/20 12:00 μμ	42
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1 day	Thu 21/5/20 12:30 μμ	Fri 22/5/20 12:00 μμ	44
ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΦΡΟΥ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Μ.Τ., ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ, ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Fri 22/5/20 12:30 μμ	Mon 25/5/20 12:00 μμ	45
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΧΑΡΑΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ	1 day	Mon	Tue	46

ΤΗΝ ΚΟΛΩΝΑ ΤΗΣ ΔΕΗ		25/5/20 12:30 μμ	26/5/20 12:00 μμ	
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ & ΚΑΜΕΡΩΝ	2 days	Tue 26/5/20 12:30 μμ	Thu 28/5/20 12:00 μμ	
ΕΚΣΚΑΦΗ ΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Tue 26/5/20 12:30 μμ	Wed 27/5/20 12:00 μμ	47
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΜΕΡΩΝ & ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ	1 day	Wed 27/5/20 12:30 μμ	Thu 28/5/20 12:00 μμ	49
ΔΟΚΙΜΕΣ & ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	2 days	Thu 28/5/20 12:30 μμ	Mon 1/6/20 12:00 μμ	
ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΔΟΚΙΜΕΣ	2 days	Thu 28/5/20 12:30 μμ	Mon 1/6/20 12:00 μμ	50
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΡΟΥΤΕΡ - ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ	1 day	Mon 1/6/20 12:30 μμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ	
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΡΟΥΤΕΡ, ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	1 day	Mon 1/6/20 12:30 μμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ	52
ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	1 day	Tue 2/6/20 12:30 μμ	Wed 3/6/20 12:00 μμ	54
ΤΕΛΟΣ ΕΡΓΟΥ	0 days	Wed 3/6/20 12:00 μμ	Wed 3/6/20 12:00 μμ	55

Στη συνέχεια προστέθηκαν οι πόροι, δηλαδή τα μέσα, το προσωπικό και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κάθε δραστηριότητα. Έτσι προκύπτει και το συνολικό κόστος που ανέρχεται σε 55.937,83€. Παρακάτω παρουσιάζεται ο σχετικός πίνακας από το MS Project.

Πίνακας 6. Οικονομικός προγραμματισμός έργου.

Όνομα εργασίας	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	Cost
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ 500 KW ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ	41,5 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ			55.937,83 €
ΑΡΧΗ ΕΡΓΟΥ	0 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Wed 1/4/20 8:00 πμ			0,00 €
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	5 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Tue 7/4/20 4:30 μμ			1.600,00 €
ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	3 days	Wed 1/4/20 8:00 πμ	Fri 3/4/20 4:30 μμ		ΜΠΟΥΛΑΝΤΟΖΑ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	960,00 €
ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	2 days	Mon 6/4/20 8:00 πμ	Tue 7/4/20 4:30 μμ	4	GRADER;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	640,00 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	2 days	Wed 8/4/20 8:00 πμ	Thu 9/4/20 4:30 μμ			1.860,00 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ	1 day	Wed 8/4/20 8:00 πμ	Wed 8/4/20 4:30 μμ	5	GRADER;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	320,00 €
ΑΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ	1 day	Thu 9/4/20 8:00 πμ	Thu 9/4/20 4:30 μμ	7	GRADER;ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ[60 m3];ΑΝΑΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΗΓΟ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	1.540,00 €
ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ	1 day	Fri 10/4/20 8:00 πμ	Fri 10/4/20 4:30 μμ			250,00 €
ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ	1 day	Fri 10/4/20 8:00 πμ	Fri 10/4/20 4:30 μμ	8	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ	250,00 €
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ	5 days	Mon 13/4/20 8:00 πμ	Tue 21/4/20 4:30 μμ			8.799,76 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	1 day	Mon 13/4/20 8:00 πμ	Mon 13/4/20 4:30 μμ	10	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3]	355,00 €
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	2,5 days	Mon 13/4/20 8:00 πμ	Wed 15/4/20 12:00	10	ΜΠΕΤΟΝΙΕΡΑ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	212,50 €

			μμ			
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΣΑΛΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Tue 14/4/20 8:00 πμ	Tue 14/4/20 4:30 μμ	12	ΠΑΣΑΛΟΙ[174 τεμ];ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ[17,4 m3];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3]	2.469,66 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Wed 15/4/20 8:00 πμ	Wed 15/4/20 4:30 μμ	14	ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΙ[184 kg];ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ[5 m3];ΤΣΑΠΑΚΙ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3]	862,20 €
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Thu 16/4/20 8:00 πμ	Thu 16/4/20 4:30 μμ	15		0,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	1 day	Tue 21/4/20 8:00 πμ	Tue 21/4/20 4:30 μμ	16	ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑ[18 τεμ];ΥΛΙΚΑ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ[1 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [5]	4.900,40 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ ΠΑΝΕΛ	9 days	Wed 22/4/20 8:00 πμ	Tue 5/5/20 4:30 μμ			2.815,00 €
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ - ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ	1 day	Wed 22/4/20 8:00 πμ	Wed 22/4/20 4:30 μμ	17	ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [4]	140,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΜΟΙΡΑΣΜΑ ΠΑΣΑΛΩΝ	1 day	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 4:30 μμ	19	ΤΣΑΠΑΚΙ;ΦΟΡΤΩΤΗΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	435,00 €
ΠΑΣΑΛΟΜΠΗΞΗ	2 days	Fri 24/4/20 8:00 πμ	Mon 27/4/20 4:30 μμ	20	ΠΑΣΑΛΟΜΠΗΧΤΗΣ ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	540,00 €
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	5 days	Tue 28/4/20 8:00 πμ	Tue 5/5/20 4:30 μμ	21	ΤΣΑΠΑΚΙ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [4]	1.700,00 €
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ & ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Fri 24/4/20 4:30 μμ			1.046,20 €
ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	0,5 days	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 12:00 μμ	19	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	160,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΛΟΥΠΩΜΑ	0,2 days	Thu 23/4/20 12:30 μμ	Thu 23/4/20 2:06 μμ	24	ΣΙΔΗΡΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ[480 kg];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	407,60 €
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ	1 day	Thu 23/4/20 8:00 πμ	Thu 23/4/20 4:30 μμ	24SS	ΜΠΕΤΟΝΙΕΡΑ;ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ[4,8 m3];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	478,60 €
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Fri 24/4/20 8:00 πμ	Fri 24/4/20 4:30 μμ	26		0,00 €

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon 27/4/20 8:00 πμ	Tue 28/4/20 4:30 μμ			2.745,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	1 day	Mon 27/4/20 8:00 πμ	Mon 27/4/20 4:30 μμ	27	ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	105,00 €
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon 27/4/20 8:00 πμ	Tue 28/4/20 4:30 μμ	27	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΙΚΙΣΚΟΥ[1 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2]	2.640,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ	4 days	Wed 6/5/20 8:00 πμ	Mon 11/5/20 4:30 μμ			1.400,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ ΕΝΤΟΣ ΠΑΡΚΟΥ	4 days	Wed 6/5/20 8:00 πμ	Mon 11/5/20 4:30 μμ	22	ΦΟΡΤΩΤΗΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	1.400,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΝΕΛ	3 days	Tue 12/5/20 8:00 πμ	Thu 14/5/20 4:30 μμ			12.990,00 €
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΑΦΡΟΥ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1 day	Tue 12/5/20 8:00 πμ	Tue 12/5/20 4:30 μμ	32	ΤΣΑΠΑΚΙ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3]	305,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΣΕ ΕΥΚΑΠΤΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ	1 day	Wed 13/5/20 8:00 πμ	Wed 13/5/20 4:30 μμ	34	ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΟΛΑΡ[9.000 μ];ΣΩΛΗΝΑΣ ΣΠΙΡΑΛ [6.000 μ];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [4]	12.380,00 €
ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Thu 14/5/20 8:00 πμ	Thu 14/5/20 4:30 μμ	35	ΤΣΑΠΑΚΙ;ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [3]	305,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ INVERTER ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ	3,5 days	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Wed 20/5/20 12:00 μμ			8.433,97 €
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	1 day	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Fri 15/5/20 4:30 μμ	36	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	390,00 €
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Fri 15/5/20 8:00 πμ	Fri 15/5/20 4:30 μμ	38SS	ΜΠΕΤΟΝΙΕΡΑ;ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ[2,5 m3];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ	290,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 day	Mon 18/5/20 8:00 πμ	Mon 18/5/20 4:30 μμ	39	ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΙ[72,15 kg];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	197,72 €
ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1 day	Tue 19/5/20 8:00 πμ	Tue 19/5/20 4:30 μμ	40		0,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΡΑΓΩΝ, ΚΡΕΜΑΣΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ	0,5 days	Wed 20/5/20 8:00 πμ	Wed 20/5/20 12:00 μμ	41	ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ[5 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	7.556,25 €

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ						
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	4 days	Wed 20/5/20 12:30 μμ	Tue 26/5/20 12:00 μμ			9.202,40 €
ΕΚΣΚΑΦΗ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΠΟ INVERTER ΣΕ Γ.Π.Χ.Τ. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Wed 20/5/20 12:30 μμ	Thu 21/5/20 12:00 μμ	42	ΑΜΜΟΣ[21,6 m ³];ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ[1.850 μ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	6.665,60 €
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1 day	Thu 21/5/20 12:30 μμ	Fri 22/5/20 12:00 μμ	44	ΕΡΓΑΤΗΣ PST ;ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	115,00 €
ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΦΡΟΥ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Μ.Τ., ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ, ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Fri 22/5/20 12:30 μμ	Mon 25/5/20 12:00 μμ	45	ΑΜΜΟΣ[10,8 m ³];ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΤ[240 μ];ΠΛΑΚΕΣ[120 τεμ];ΠΛΕΓΜΑ[60 μ];ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	2.276,80 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΧΑΡΑΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΚΟΛΩΝΑ ΤΗΣ ΔΕΗ	1 day	Mon 25/5/20 12:30 μμ	Tue 26/5/20 12:00 μμ	46	ΣΧΑΡΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ[1 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST ;ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	145,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ & ΚΑΜΕΡΩΝ	2 days	Tue 26/5/20 12:30 μμ	Thu 28/5/20 12:00 μμ			3.893,10 €
ΕΚΣΚΑΦΗ ΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	1 day	Tue 26/5/20 12:30 μμ	Wed 27/5/20 12:00 μμ	47	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ;ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΛΚΟΥ[435 μ];ΣΩΛΗΝΑΣ ΣΠΙΡΑΛ [435 μ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ [2]	2.243,10 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΜΕΡΩΝ & ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ	1 day	Wed 27/5/20 12:30 μμ	Thu 28/5/20 12:00 μμ	49	ΚΑΜΕΡΕΣ [1 τεμ];ΠΡΟΒΟΛΕΙΣ[1 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	1.650,00 €
ΔΟΚΙΜΕΣ & ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	2 days	Thu 28/5/20 12:30 μμ	Mon 1/6/20 12:00 μμ			160,00 €
ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΔΟΚΙΜΕΣ	2 days	Thu 28/5/20 12:30 μμ	Mon 1/6/20 12:00 μμ	50	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	160,00 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΡΟΥΤΕΡ - ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ	1 day	Mon 1/6/20 12:30 μμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ			742,40 €
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΡΟΥΤΕΡ, ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1 day	Mon 1/6/20 12:30 μμ	Tue 2/6/20 12:00 μμ	52	ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΛΚΟΥ[120 μ];ΡΟΥΤΕΡ[1 τεμ];ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2];ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ PST [2]	742,40 €

ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ		μμ	μμ			
ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	1 day	Tue 2/6/20 12:30 μμ	Wed 3/6/20 12:00 μμ	54		0,00 €
ΤΕΛΟΣ ΕΡΓΟΥ	0 days	Wed 3/6/20 12:00 μμ	Wed 3/6/20 12:00 μμ	55		0,00 €

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι κατά την προσθήκη των πόρων προέκυψε υπερανάθεση στον πόρο «ΕΡΓΑΤΗΣ PST» όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Έπειτα επιλέχθηκε επαναπρογραμματισμός των εργασιών στην αμέσως επόμενη διαθέσιμη ημερομηνία, που είχε ως αποτέλεσμα αλλαγή στη διάρκεια της συγκεντρωτικής διαδικασίας. Παρά την αύξηση αυτή, δεν επηρεάστηκε η συνολική διάρκεια του έργου, λόγω του ότι οι εργασίες στις οποίες παρατηρήθηκε η αύξηση δεν ήταν κρίσιμες.

	1.8 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon 27/4/20 8:00	Tue 28/4/20 4:30 μμ		2.745,00 €
	1.8.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	1 day	Mon 27/4/20 8:00	Mon 27/4/20 4:30	27	ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2]; ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ
	1.8.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Mon 27/4/20 8:00	Tue 28/4/20 4:30 μμ	27	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΙΚΙΣΚΟΥ[1 τεμ]; ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2]

Εικόνα 28. Υπερανάθεση πόρων.

	1.8 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	3 days	Mon 27/4/20 8:00	Wed 29/4/20 4:30		2.745,00 €
	1.8.1 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	1 day	Mon 27/4/20 8:00	Mon 27/4/20 4:30	27	ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2]; ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ
	1.8.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	2 days	Tue 28/4/20 8:00 πμ	Wed 29/4/20 4:30	27	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΙΚΙΣΚΟΥ[1 τεμ]; ΕΡΓΑΤΗΣ PST [2]

Εικόνα 29. Αλλαγή διάρκειας μετά από επαναπρογραμματισμό.

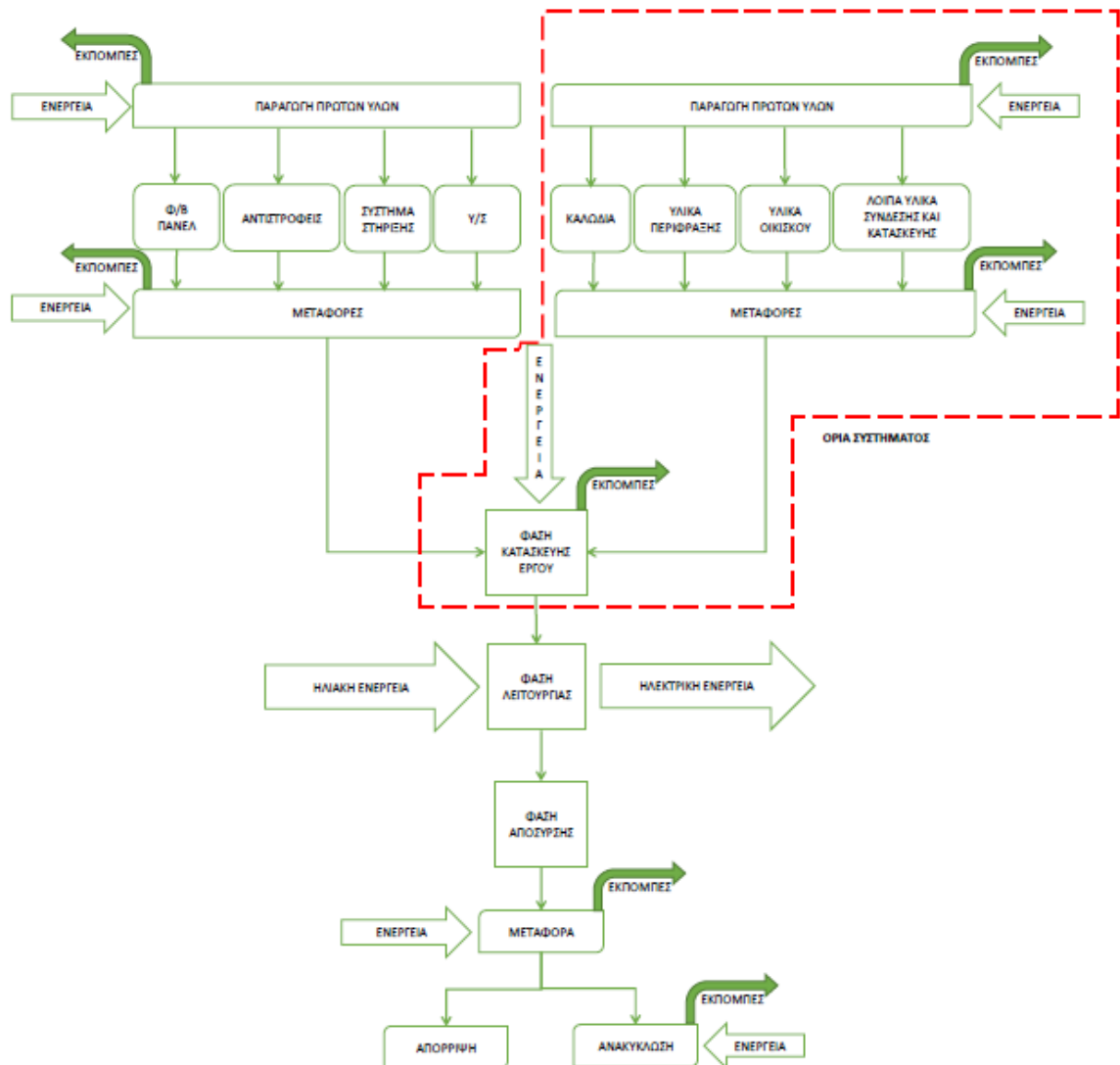
4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ LCA

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και για την μελέτη κατασκευής ενός Φ/Β πάρκου σε σταθερές βάσεις όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας έγινε με χρήση του λογισμικού Gabi. Το έργο που μελετάται εξετάστηκε ως προς τις επιπτώσεις του με την μέθοδο Primary energy demand για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και με την CML 2001 για το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential-GWP) και άλλες κατηγορίες.

4.2.1 Σκοπός και πλαίσιο εφαρμογής

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι να ποσοτικοποιηθούν και να αποτυπωθούν οι ενεργειακές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κάθε διαδικασίας κατασκευής του συγκεκριμένου έργου αλλά και συνολικά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση σύγκρισης για επόμενες κατασκευές Φ/Β πάρκων ή να συγκριθεί με ήδη υπάρχουσες μελέτες.

Ως λειτουργική μονάδα ορίζεται η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ονομαστικής ισχύος 500kW. Δεδομένου ότι αυτήν τη στιγμή υλοποιούνται κατά κύριο λόγο έργα ισχύος 500kW ή 1MW σε αντίθεση με το παρελθόν που υλοποιούνταν κυρίως Φ/Β σταθμοί των 100kW, κρίθηκε ως η καταλληλότερη λειτουργική μονάδα αναφοράς που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για σύγκριση ή να αποτελέσει βάση για άλλες μελλοντικές μελέτες. Προκειμένου να διεξαχθεί η εν λόγω μελέτη, θεωρήθηκε ως πλαίσιο εφαρμογής της όλες τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα επί τόπου του έργου όπως περιγράφηκαν προηγουμένως. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι φάσεις μελέτης, αδειοδότησης και προγραμματισμού του έργου, ούτε και η φάση λειτουργίας του καθώς δεν έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Επίσης δεν συμπεριλαμβάνονται δεδομένα που αφορούν την παραγωγή του βασικού εξοπλισμού, για παράδειγμα πάνελ, αντιστροφέας, υποσταθμός κλπ. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται και περιλαμβάνονται στη μελέτη οι χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης του χώρου, οι εργασίες τοποθέτησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και οι απαιτούμενες εργασίες για την πραγματοποίηση των ηλεκτρολογικών συνδέσεων και έως την τελική παράδοση του έργου. Επίσης συνυπολογίζονται και όλες οι απαιτούμενες μεταφορές των υλικών στην τοποθεσία του έργου.



Σχήμα 26. Όρια εξεταζόμενου συστήματος.

4.2.2 Δεδομένα, επεξεργασία, παραδοχές

Για να μπορέσει να εφαρμοστεί η μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής, θα πρέπει να συγκεντρωθούν και να καταγραφούν τα αναγκαία δεδομένα που αφορούν την κατασκευή του συγκεκριμένου έργου. Προκειμένου να διευκολυνθεί η καταγραφή των δεδομένων και η εφαρμογή της μεθοδολογίας, αναπτύχθηκαν περεταιίρω οι κύριες διαδικασίες του έργου, δημιουργώντας υποδιαδικασίες που αποτελούν την κάθε διαδικασία του, σύμφωνα και με τον προγραμματισμό του έργου με το MS Project. Έπειτα, σε κάθε υποδιαδικασία αντιστοιχίστηκαν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και ο εξοπλισμός.

Όλα τα δεδομένα προέρχονται από το έργο που υλοποιήθηκε και περιγράφηκε παραπάνω. Σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκε να γίνουν κάποιοι υπολογισμοί για να μπορέσουν να εισαχθούν τα δεδομένα στο πρόγραμμα Gabi. Για παράδειγμα, για την κατασκευή του οικίσκου χρησιμοποιήθηκαν πάνελ πολυουρεθάνης, όμως στο λογισμικό δεν υπήρχε η αντίστοιχη διαδικασία κατασκευής τους και συνεπώς έπρεπε να διαχωριστεί σε διαδικασίες των υλικών που τα αποτελούν. Πιο συγκεκριμένα, χωρίστηκε σε φύλλα χάλυβα και αφρό πολυουρεθάνης, υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα κιλά του κάθε υλικού με βάση τα χαρακτηριστικά από τον κατασκευαστή, και εισάχθηκαν εκείνα ως εισροές στο πρόγραμμα. Παρομοίως, για κάποια από τα υλικά έπρεπε να γίνει αλλαγή στην μονάδα μέτρησης, για παράδειγμα από μήκος που δινόταν από τα δεδομένα του έργου, σε μάζα που απαιτούνταν στο λογισμικό.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν και οι μεταφορές σε τονοχιλιόμετρα (tkm), δηλαδή το γινόμενο του φορτίου επί τα χιλιόμετρα που διανύθηκαν.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι δεν βρέθηκαν δεδομένα για όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, δεν υπήρχαν δεδομένα για τις κάμερες και τους υποπίνακες και συνεπώς δεν έχουν υπολογιστεί στην ανάλυση κύκλου ζωής, συνυπολογίστηκαν όμως στις μεταφορές.

Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων καθώς και η καταγραφή όλων των δεδομένων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

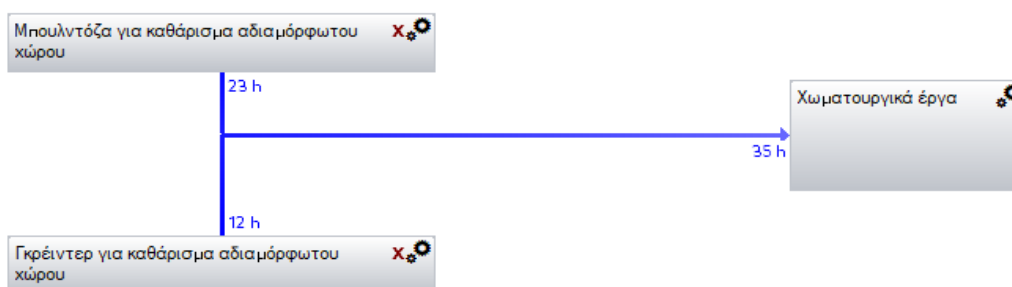
Πίνακας 7. Δεδομένα για ΑΚΖ.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ 500 KW ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ						
A/A	ΕΡΓΑΣΙΕΣ					
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ 500 KW ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ		ΜΕΣΑ/ΥΛΙΚΑ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	
1	ΑΡΧΗ ΕΡΓΟΥ				kg	km
2	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ					tkm
2.1	ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	Μπουλντόζα (diesel)	lt	2250,00		
2.2	ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΔΙΑΜΟΡΦΩΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	Γκρέιντερ (diesel)	lt	1600,00		
3	ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ					
3.1	ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΔΟΥ	Γκρέιντερ (diesel)	lt	800,00		
		Ανατρεπόμενο φορτηγό (diesel)	lt	250,00		
3.2	ΑΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ	Γκρέιντερ (diesel)	lt	800,00		
		Αμμογάλλικο	m ³	60	74040	2 148,08
4	ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ					
4.1	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ					
5	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ					
5.1	ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	Εκκαφέας (diesel)	lt	275,00		
5.2	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	Μπετονιέρα (βενζίνη)	lt	168,75	12216,65	46,1 563,1876
		Πάσσαλοι χαλύβδινοι (γαλβανιζέ)	kg	1135,35	12071,81	43,1 520,2951
5.3	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	Σκυρόδεμα C16/20	m ³	17,4	16873,62	2 33,74724
		Κοιλοδοκοί χαλύβδινοι	kg	184	15000	2 30
5.4	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ & ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	Σκυρόδεμα C16/20	m ³	5		
5.5	ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ					
		Συρματόπλεγμα (γαλβανιζέ)	kg	810		
		Σύρμα (γαλβανιζέ)	kg	88		
		Σύρμα αγκαθωτό (γαλβανιζέ)	kg	38,46		
5.6	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ					
6	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ ΠΑΝΕΛ					
6.1	ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΕΙΣ - ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ					
6.2	ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΜΟΙΡΑΣΜΑ ΠΑΣΣΑΛΩΝ	Φορτωτής (diesel)	lt	150,00		
6.3	ΠΑΣΣΑΛΟΜΠΗΞΗ	Τσαπάκι (diesel)	lt	280,00		
6.4	ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΣΕΩΝ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	Πασσαλομήχης (diesel)	lt	180,00		
		Τσαπάκι (diesel)	lt	1400,00		
7	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΕΩΝ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ & ΟΙΚΙΣΚΟΥ					
7.1	ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΑΙ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	Εκκαφέας (diesel)	lt	137,50	480	43,1 20,688
7.2	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΛΟΥΨΩΜΑ	Σιδηρός οπλισμός	kg	480	11551,34	2 23,10269
		Μπετονιέρα (βενζίνη)	lt	67,50		
7.3	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑ ΚΑΛΟΥΨΙΑ	Σκυρόδεμα C16/20	m ³	4,8		
7.4	ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ					
8	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΣΚΟΥ					
8.1	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	Γερανοφόρο	lt	250,00		
		Οικίσκος 2*3*2,5			445,85	46,1 20,55369
		πάνελ πολυουρεθάνης	m ²	37		
		πολυουρεθάνη	kg	361,26		
		φύλλα γαλβανίου	kg	12,44		
8.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΚΟΥ	Κοιλοδοκοί χαλύβδινοι	kg	72,15		
9	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ					
9.1	ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛ ΕΝΤΟΣ ΠΑΡΚΟΥ	Φορτωτής (diesel)	lt	600,00		
10	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΝΕΛ					
10.1	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΑΦΡΟΥ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	Τσαπάκι (diesel)	lt	280,00	180	46,4 8,352
		Καλώδια σολαρ	m	9000	684	111 75,924
		Σωλήνας σπυράλ PVC Φ40	m	6000		
		Σωλήνας σπυράλ PVC Φ40 HDPE	kg	180		
10.2	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΣΕ ΕΥΚΑΠΤΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ	Τσαπάκι (diesel)	lt	280,00		
10.3	ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ					
11	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ INVERTER ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ					
11.1	ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ	Εκκαφέας (diesel)	lt	275,00	6057,325	46,1 279,2427
		Μπετονιέρα (βενζίνη)	lt	67,50	50	35,3 1,765
11.2	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	Σκυρόδεμα C16/20	m ³	2,5		
11.3	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΜΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	Κοιλοδοκοί χαλύβδινοι	kg	41		
11.4	ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ					
		ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΡΑΓΩΝ, ΚΡΕΜΑΣΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ				
11.5	ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ	Υποπίνακες	kg	50		
12	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ					
		Εκκαφέας (diesel)	lt	275,00	15000	9 135
12.1	ΕΚΣΚΑΦΗ ΠΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΠΟ INVERTER ΣΕ Γ.Π.Χ.Τ. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	Άμμος	m ³	21,6	15000	9 135
		Καλώδια αλουμινίου	m	1850	9981,6	9 89,8344
12.2	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ				3228,31	35,3 113,9593
		Εκκαφέας (diesel)	lt	275,00	267,56	35,3 9,444868
		Άμμος	m ³	10,8		
		Πλάκες 50x50	τεμ.	120		
		Πλάκες 50x50	kg	1440		
		Πλέγμα	m	60		
		Πλέγμα HDPE MONOFIL	kg	3,6		
12.3	ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΦΡΟΥ ΓΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Μ.Τ., ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ, ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	Καλώδια αλουμινίου ΜΤ	m	240		
12.4	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΧΑΡΑΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΚΟΛΩΝΑ ΤΗΣ ΔΕΗ	Σχάρα καλωδίων	kg	8,36		
13	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ & ΚΑΜΕΡΩΝ					
		Εκκαφέας (diesel)	lt	275,00	24,80	46,4 1,150488
		Καλώδια χαλκού	m	435	35,5	41,3 1,46615
		Σωλήνας σπυράλ PVC	m	435		
13.1	ΕΚΣΚΑΦΗ ΠΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ	Σωλήνας σπυράλ PVC Φ40 HDPE	kg	13,05		
		Κάμερες	τεμ.	3		
13.2	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΜΕΡΩΝ & ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ	Προβολείς	τεμ.	4		
14	ΔΟΚΙΜΕΣ & ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ					
14.1	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΔΟΚΙΜΕΣ					
15	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΡΟΥΤΕΡ - ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ					
15.1	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΡΟΥΤΕΡ, ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	Καλώδια χαλκού	m	120	4,74	41,3 0,195762
16	ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	Ρούτερ	τεμ.	1		
17	ΤΕΛΟΣ ΕΡΓΟΥ					

4.2.3 Εφαρμογή μεθοδολογίας - Εκτίμηση επιπτώσεων

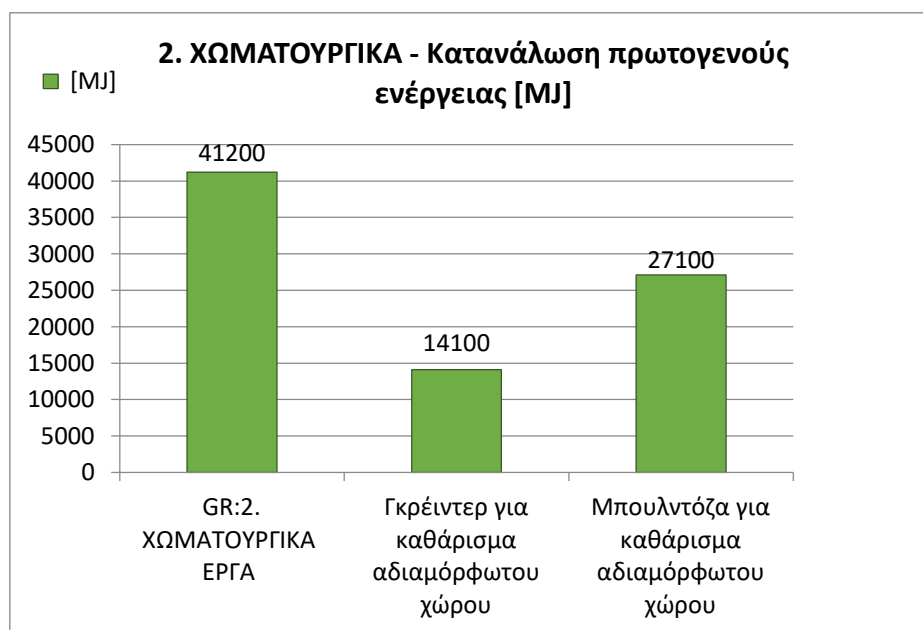
Όπως προαναφέρθηκε, η ανάλυση κύκλου ζωής εφαρμόστηκε ανά ομάδα εργασιών του έργου και επιμέρους σε κάθε εργασία. Για κάθε ομάδα εργασιών παρουσιάζονται στο αντίστοιχο διάγραμμα τα αποτελέσματα συνολικά των εργασιών της ομάδας αλλά και της κάθε εργασίας ξεχωριστά.

Ξεκινώντας από τα «ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ», που είναι η πρώτη ομάδα εργασιών, αφού εισάχθηκαν τα δεδομένα στο Gabi, δημιουργήθηκε το παρακάτω διάγραμμα ροής, όπου ως εισροές έχουμε την λειτουργία της μπουλντόζας, με εκτιμώμενο χρόνο 23 ώρες, βάσει κατανάλωσης, και την λειτουργία του γκρέιντερ με εκτιμώμενο χρόνο 12 ώρες.

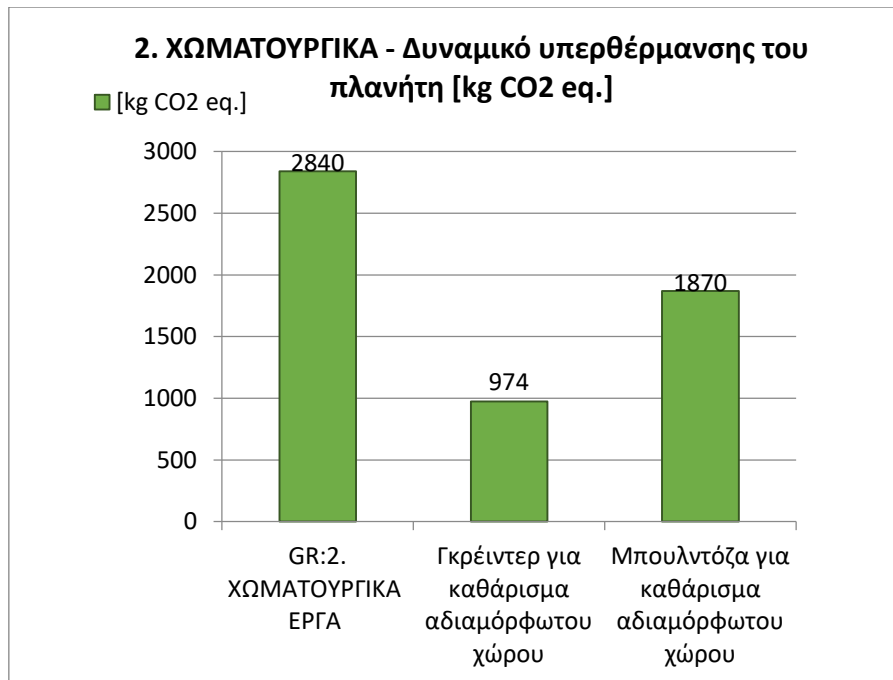


Σχήμα 27. Ομάδα εργασιών 2-Χωματουργικά.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, της συνολικής διαδικασίας των χωματουργικών εργασιών, αλλά και ξεχωριστά των επιμέρους εργασιών που τις αποτελούν, χρησιμοποιώντας την μέθοδο Primary energy demand. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα, καταναλώνεται από τη χρήση της μπουλντόζας για το καθάρισμα του αδιαμόρφωτου χώρου.



Σχήμα 28. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Χωματουργικά.



Σχήμα 29. GWP- Χωματουργικά.

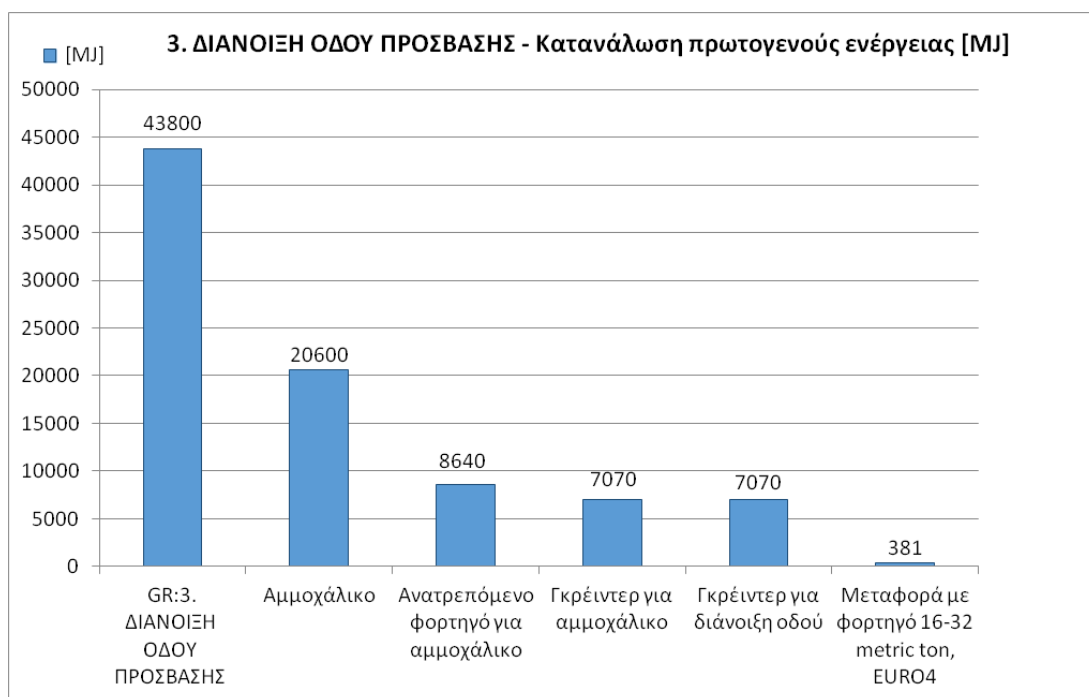
Ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη που υπολογίστηκε με την μέθοδο CML 2001, συνολικά οι εκπομπές των χωματουργικών έργων ανέρχονται σε 2.840 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 974 κιλά αντιστοιχούν στην χρήση του γκρέιντερ για το καθάρισμα του αδιαμόρφωτου χώρου, ενώ τα 1.870 στην χρήση της μπουλντόζας για την ισοπέδωση του αδιαμόρφωτου χώρου.



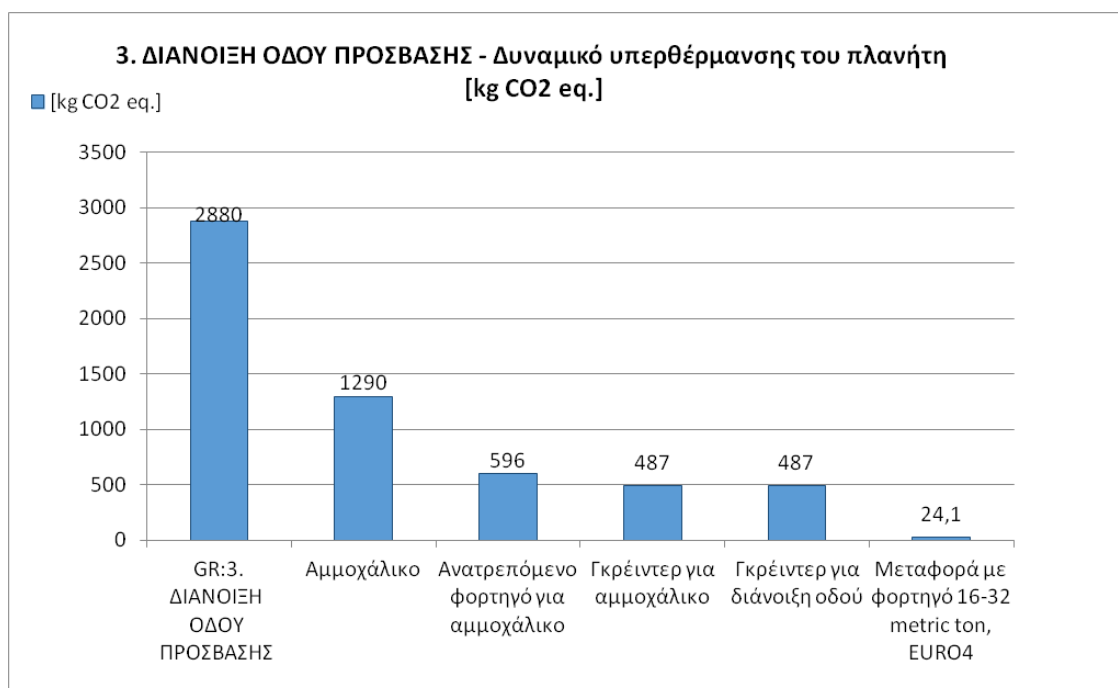
Σχήμα 30. Ομάδα εργασιών 3- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δεύτερης ομάδας εργασιών που αποτελούν την διάνοιξη οδού πρόσβασης προς τον χώρο του έργου. Η περισσότερη πρωτογενής ενέργεια καταναλώνεται για την παραγωγή του αμμοχάλικου, ακολουθεί η λειτουργία του ανατρεπόμενου φορτηγού για το αμμοχάλικο και στα ίδια επίπεδα η λειτουργία του γκρέιντερ για την διάνοιξη της οδού αλλά και για το στρώσιμο του αμμοχάλικου. Τέλος, υπολογίζεται ότι για την μεταφορά του αμμοχάλικου στο έργο

καταναλώνονται 381MJ πρωτογενούς ενέργειας, τα οποία όμως είναι αμελητέα σε σχέση με τα 43.800MJ που καταναλώνονται συνολικά από όλες τις εργασίες για την διάνοιξη οδού.



Σχήμα 31. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.

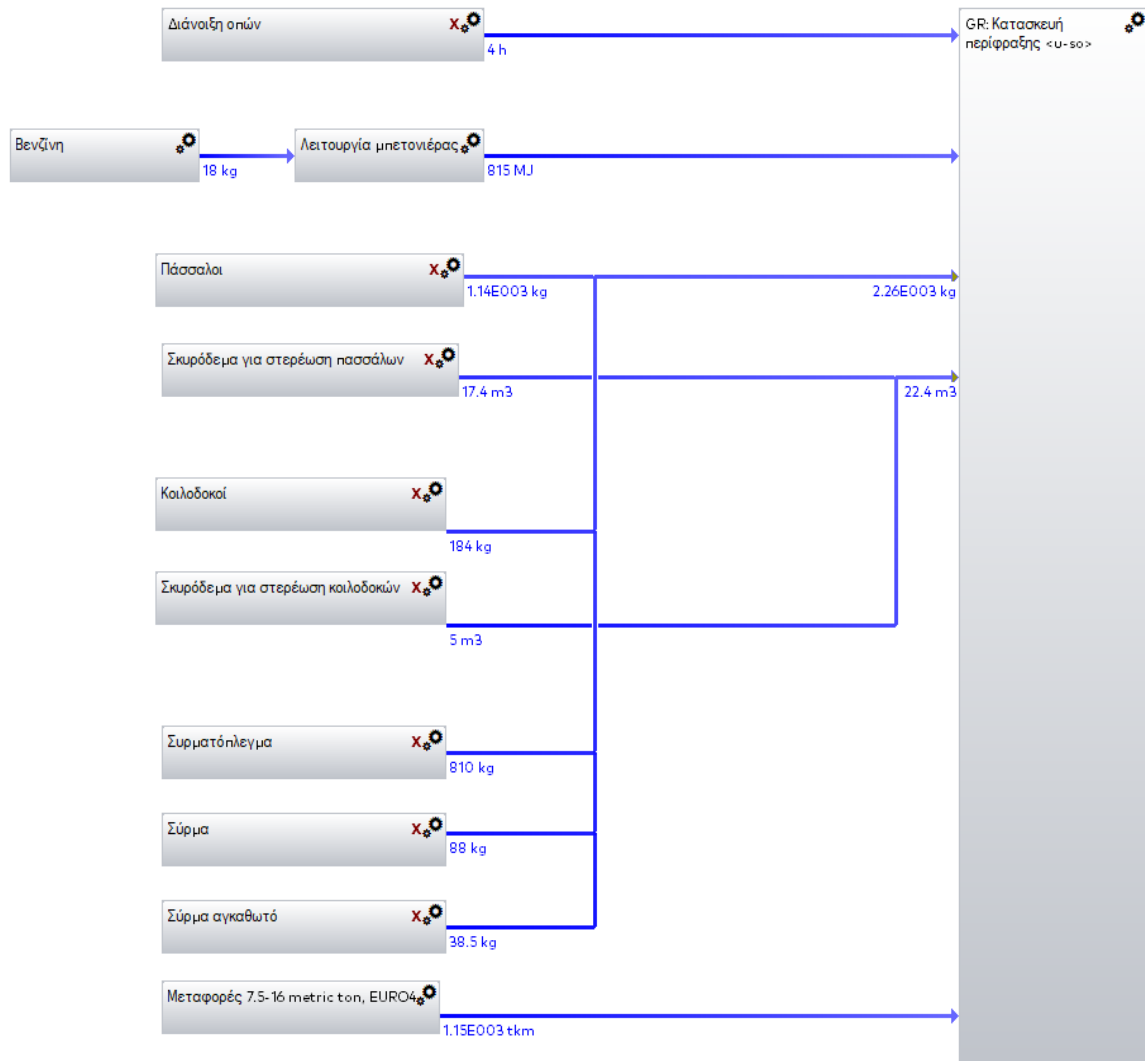


Σχήμα 32. GWP- Διάνοιξη οδού πρόσβασης.

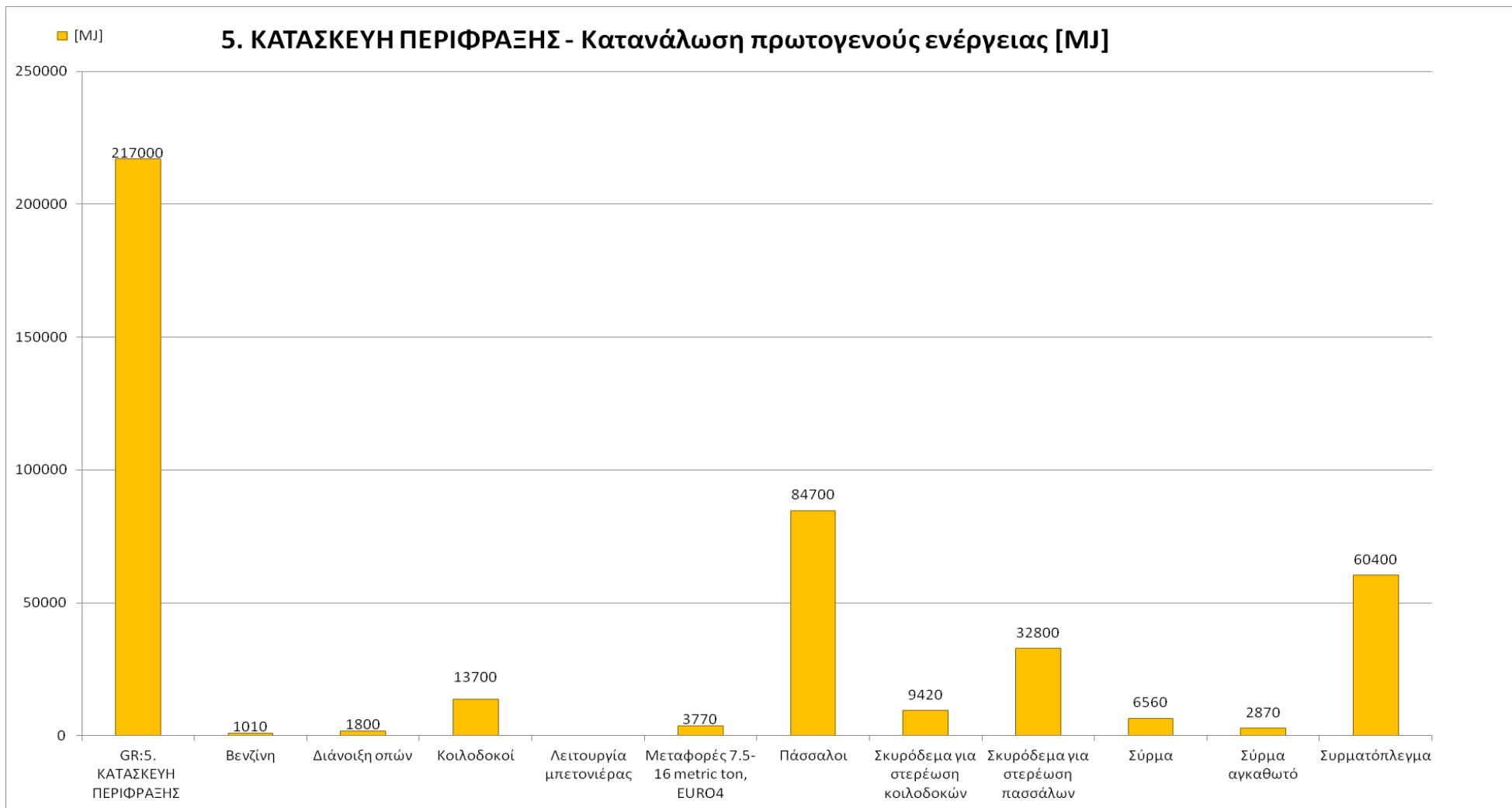
Έπειτα εξετάστηκε η ίδια ομάδα εργασιών ως προς την συνεισφορά τους σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, και προέκυψε ότι συνολικά για την διάνοιξη της οδού πρόσβασης εκπέμπονται 2.880 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 1.290 αντιστοιχούν στην

παραγωγή του αμμοχάλικου, τα 596 στη λειτουργία του ανατρεπόμενου φορτηγού, από 487 κιλά εκπέμπουν οι χρήσεις του γκρέιντερ για την διάνοιξη της οδού και την στρώση του αμμοχάλικου, και τέλος μόλις 24,1 κιλά προέρχονται από την μεταφορά του αμμοχάλικου από τον προμηθευτή στο έργο.

Η επόμενη ομάδα εργασιών είναι οι εργασίες που αφορούν την κατασκευή της περίφραξης. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής που προέκυψε από την εισαγωγή των στοιχείων στο πρόγραμμα. Ως εισροές καταχωρήθηκαν οι εργασίες και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτές.



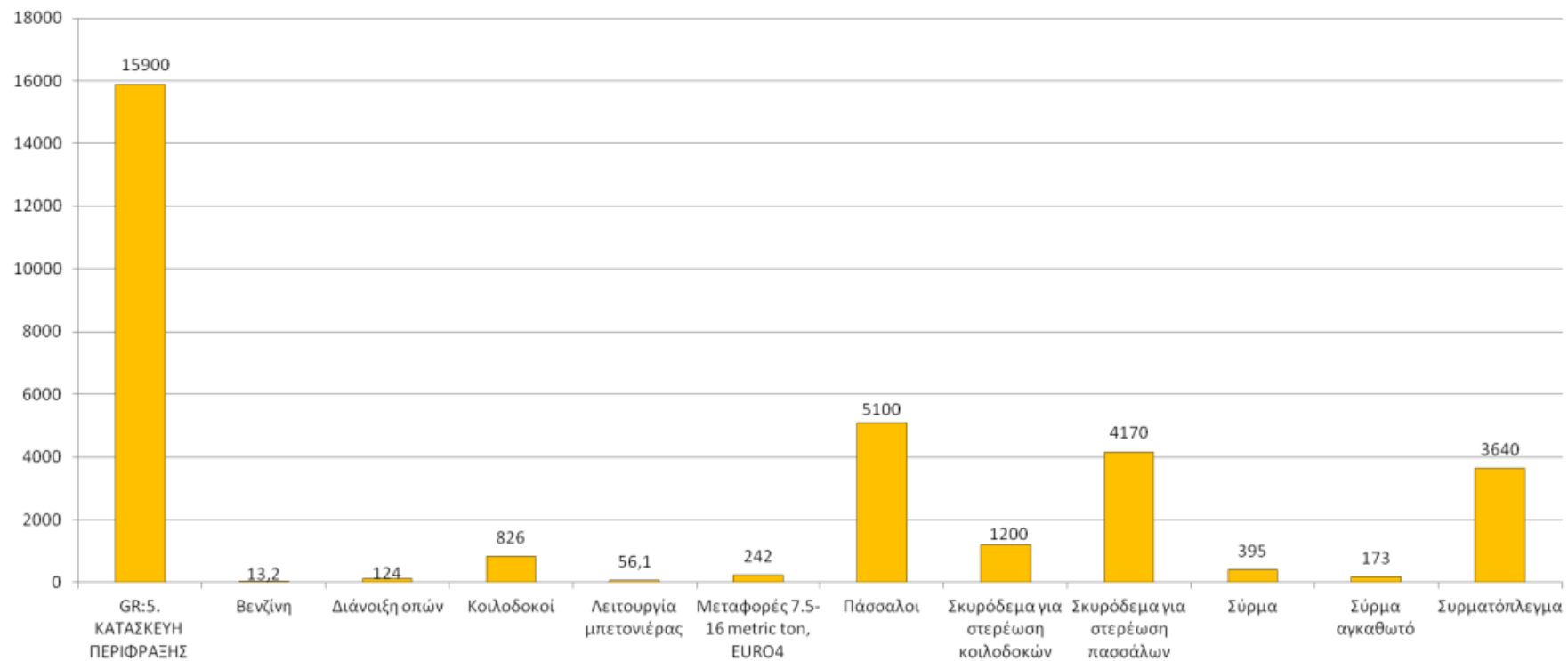
Σχήμα 33. Ομάδα εργασιών 5- Κατασκευή περίφραξης.



Σχήμα 34. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Κατασκευή περίφραξης.

5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΞΗΣ - Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη
[kg CO2 eq.]

■ [kg CO2 eq.]



Σχήμα 35. GWP- Κατασκευή περίφραξης.

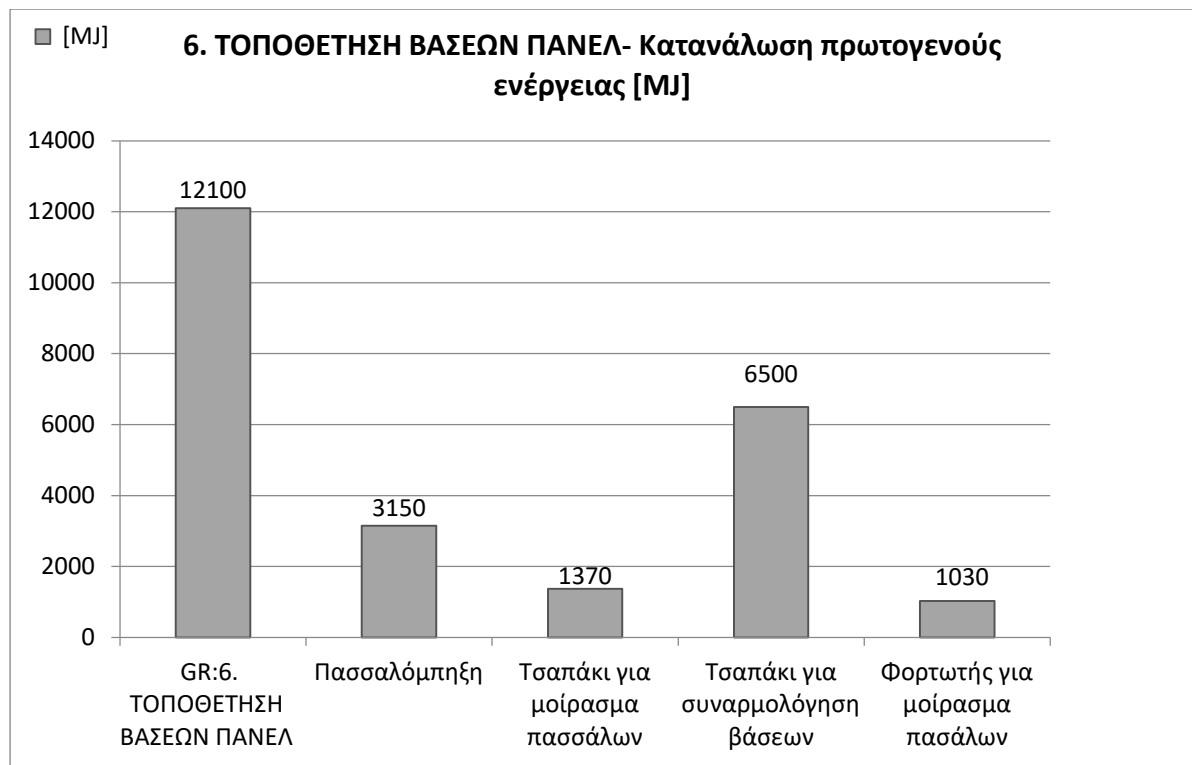
Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όπως υπολογίστηκε από το Gabi, ανέρχεται σε 217.000MJ εκ των οποίων τα 84.700MJ αντιστοιχούν στην κατασκευή των πασσάλων, τα 60.400MJ στο συρματοπλέγμα και τα 32.800MJ στην παραγωγή του απαιτούμενου σκυροδέματος. Οι υπόλοιπες διεργασίες και υλικά συμμετέχουν με πολύ μικρότερο ποσοστό στο σύνολο της ομάδας.

Αντίστοιχα, από τις συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ που υπολογίζονται σε 15.900 κιλά, τα 5.100 κιλά προέρχονται από την κατασκευή των πασσάλων, τα 4.170 από την παραγωγή του σκυροδέματος για την στερέωση των πασσάλων και τα 3.640 από την κατασκευή του συρματοπλέγματος. Παρατηρείται ότι αν προστεθούν οι εκπομπές από την παραγωγή του συνολικού σκυροδέματος σε όλες τις διεργασίες, ισούνται με 5.370 κιλά, πράγμα που σημαίνει ότι η παραγωγή του σκυροδέματος αποτελεί την διεργασία με το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών και με την κατασκευή των πασσάλων να ακολουθεί. Η λειτουργία των μηχανημάτων φαίνεται να έχει αμελητέα συμμετοχή στο δυναμικό υπερθέρμανσης συγκριτικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται και την παραγωγή τους.

Η επόμενη ομάδα εργασιών είναι η τοποθέτηση βάσεων όπου αποτελείται μόνο από λειτουργία μηχανημάτων. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των εργασιών με τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας όπως προέκυψαν βάσει υπολογισμών κατανάλωσης.

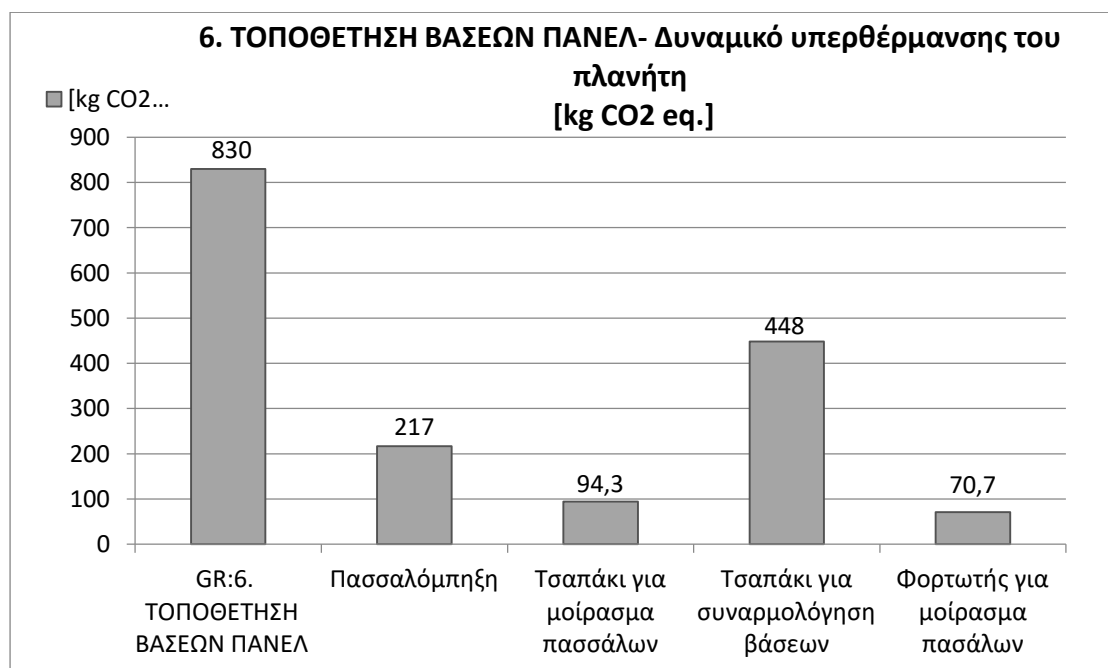


Σχήμα 36. Ομάδα εργασιών 6- Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.



Σχήμα 37. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.

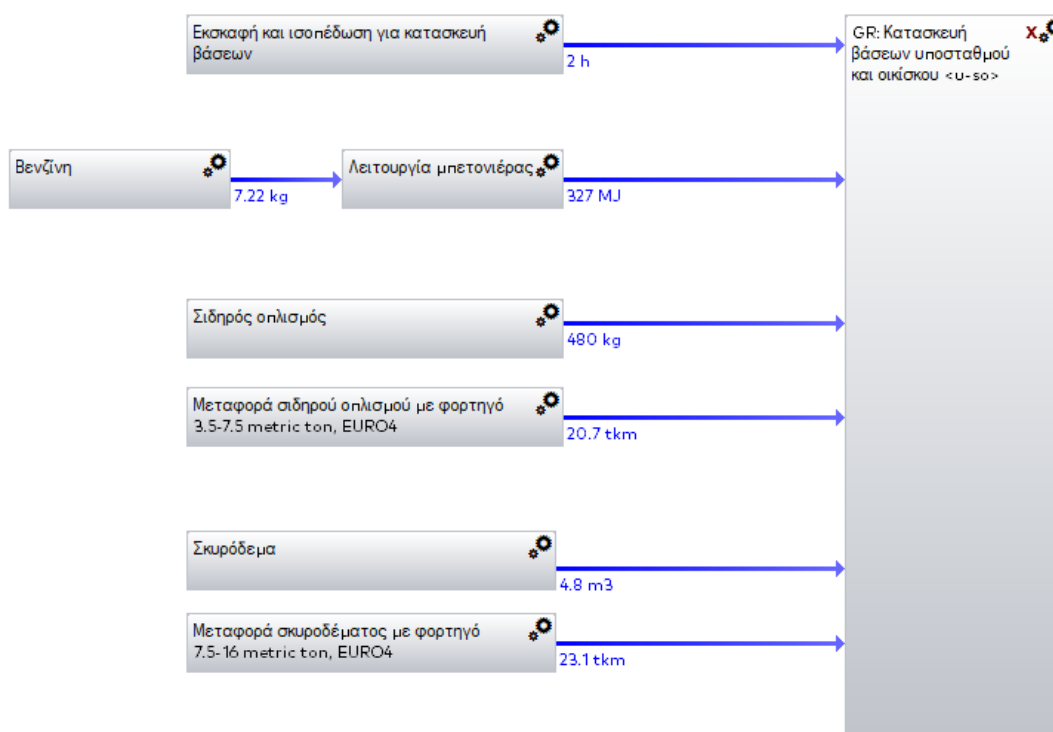
Η περισσότερη ενέργεια από την συνολική των 12.100MJ καταναλώνεται από το τσαπάκι που χρησιμοποιείται για την συναρμολόγηση των βάσεων των πάνελ και η οποία ανέρχεται σε 6.500MJ. Κατά την πασσαλόμψηξη καταναλώνονται 3.150MJ, 1.370MJ αντιστοιχούν στο τσαπάκι όταν χρησιμοποιείται για την μεταφορά και το μοίρασμα των πασσάλων εντός του γηπέδου εγκατάστασης του σταθμού, και τέλος, 1.030MJ υπολογίζεται ότι αντιστοιχούν στην χρήση του φορτωτή για την μεταφορά και μοίρασμα των πασσάλων.



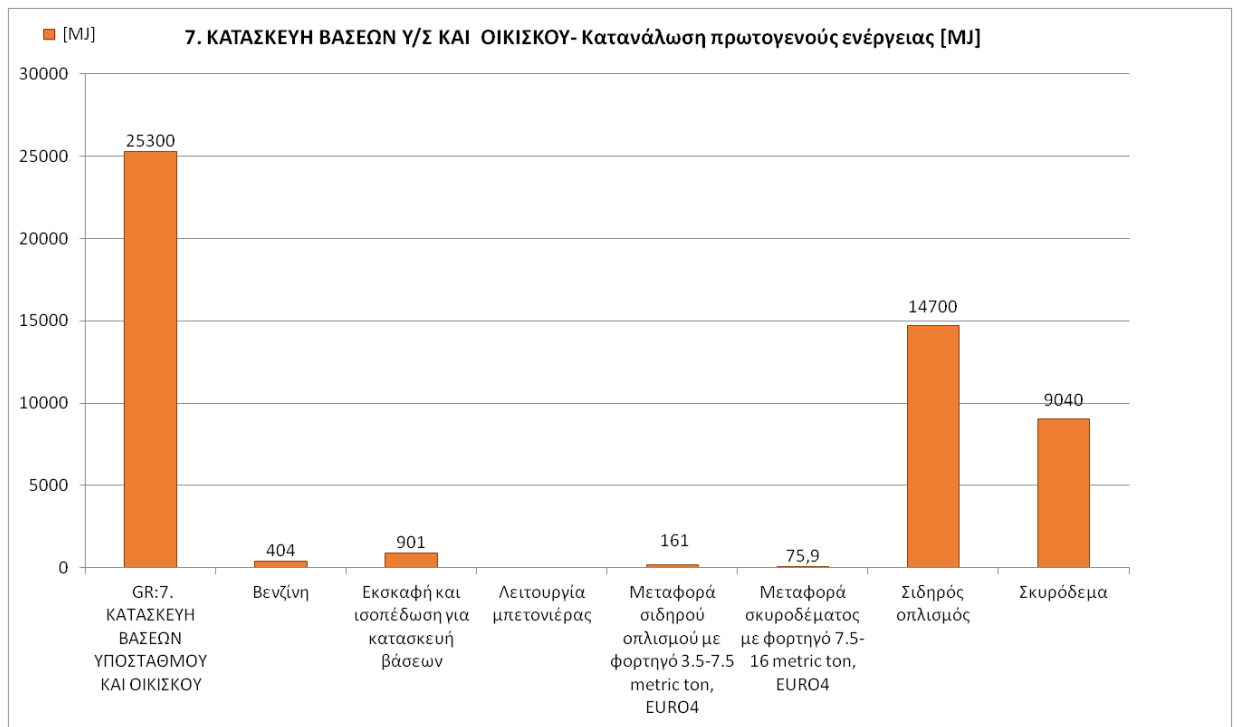
Σχήμα 38. GWP- Τοποθέτηση βάσεων πάνελ.

Οι συνολικές εκπομπές της ομάδας εργασιών, που συμβάλλουν στο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη ανέρχονται σε 830 κιλά ισοδύναμου CO₂. Από αυτά, τα 448 κιλά αντιστοιχούν στο τσαπάκι για την συναρμολόγηση των βάσεων, 217 κιλά εκπέμπονται κατά την πασσαλόμπηξη, 94,3 κιλά εκπέμπονται από το τσαπάκι για το μοίρασμα των πασσάλων, και τέλος 70,7 κιλά προέρχονται από τον φορτωτή για το μοίρασμα των πασσάλων.

Στην έβδομη ομάδα εργασιών που έχουν ως αποτέλεσμα την κατασκευή των βάσεων του υποσταθμού και του οικίσκου, περιλαμβάνονται υλικά και οι μεταφορές αυτών στο έργο αλλά και η λειτουργία μηχανημάτων. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής.

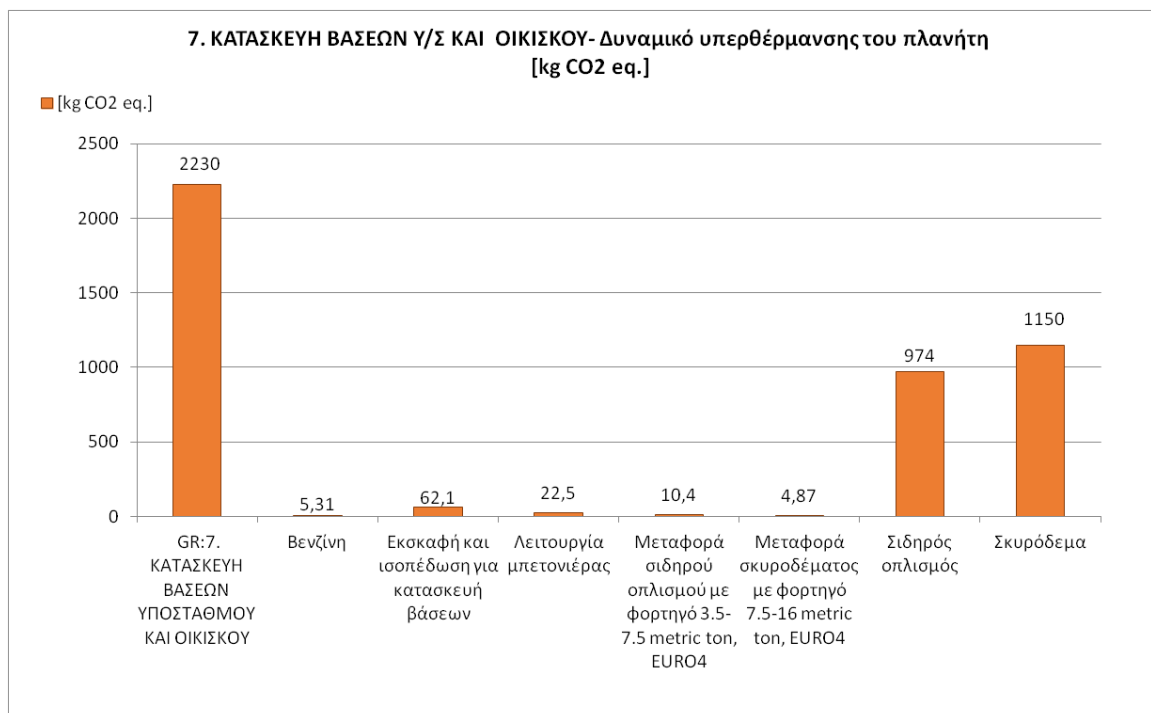


Σχήμα 39. Ομάδα εργασιών 7- Κατασκευή βάσεων υποσταθμού και οικίσκου.



Σχήμα 40. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια- Κατασκευή βάσεων Υ/Σ και Οικίσκου.

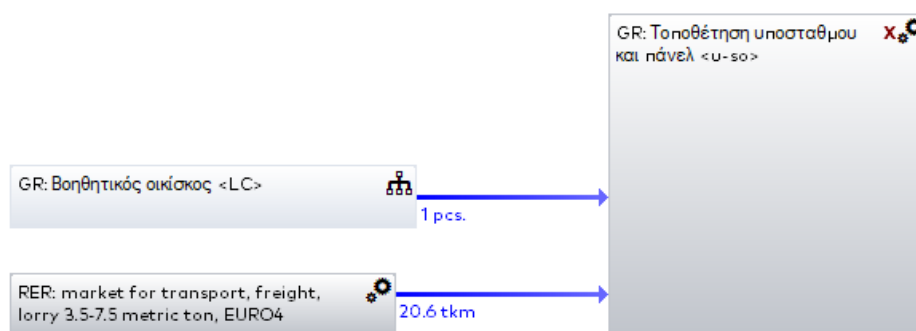
Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 25.300MJ, εκ των οποίων η περισσότερη αντιστοιχεί στην παραγωγή του σιδηρού οπλισμού (14.700MJ) και στην παραγωγή σκυροδέματος (9.040MJ). Παρατηρείται ότι η κατανάλωση που αντιστοιχεί στις μεταφορές και την λειτουργία μηχανημάτων είναι αμελητέα σχετικά με αυτήν των υλικών στην συγκεκριμένη ομάδα εργασιών.



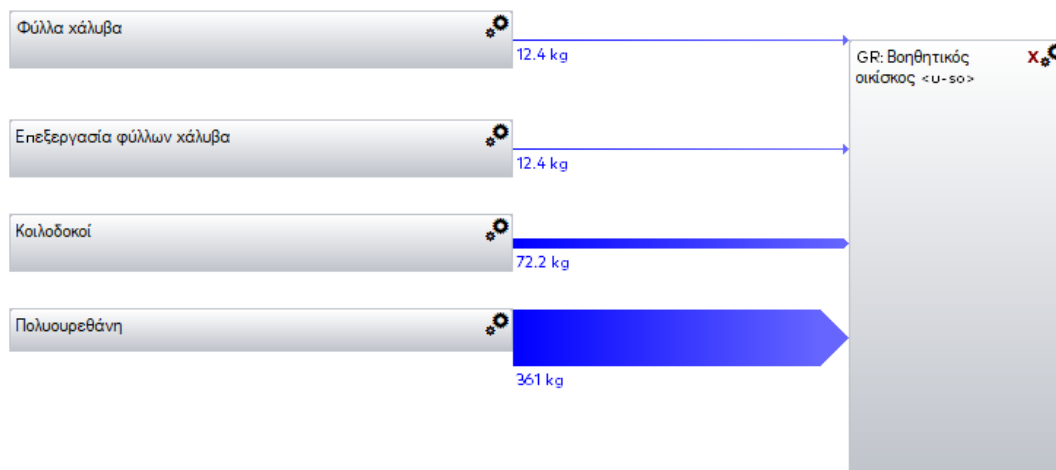
Σχήμα 41. GWP- Κατασκευή βάσεων Υ/Σ και Οικίσκου.

Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα και ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, όπου από τα συνολικά εκπεμπόμενα 2.230 κιλά ισοδύναμου CO₂, τα 1.150 κιλά προέρχονται από την παραγωγή του σκυροδέματος, και τα 974 από την παραγωγή του σιδηρού οπλισμού, με τις υπόλοιπες εκπομπές να είναι κατά πολύ μικρότερες τους.

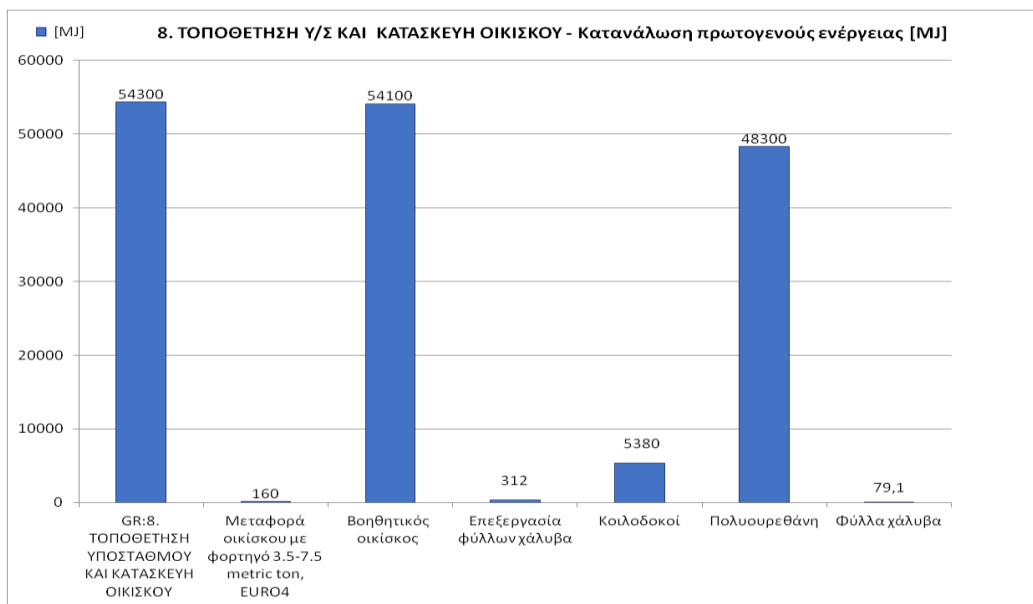
Στην επόμενη ομάδα εργασιών που αφορούν την τοποθέτηση του υποσταθμού και του οικίσκου στις βάσεις τους, περιλαμβάνεται και μια υποδιεργασία, η κατασκευή του οικίσκου, όπως φαίνεται και από τα παρακάτω δύο διαγράμματα. Ενώ στην κυρίως διεργασία περιλαμβάνεται μόνο η μεταφορά των υλικών, μέσω της υποδιεργασίας κατασκευής του οικίσκου υπολογίζονται και όλα τα υλικά που τον αποτελούν.



Σχήμα 42. Ομάδα εργασιών 8- Τοποθέτηση υποσταθμού και κατασκευή οικίσκου.

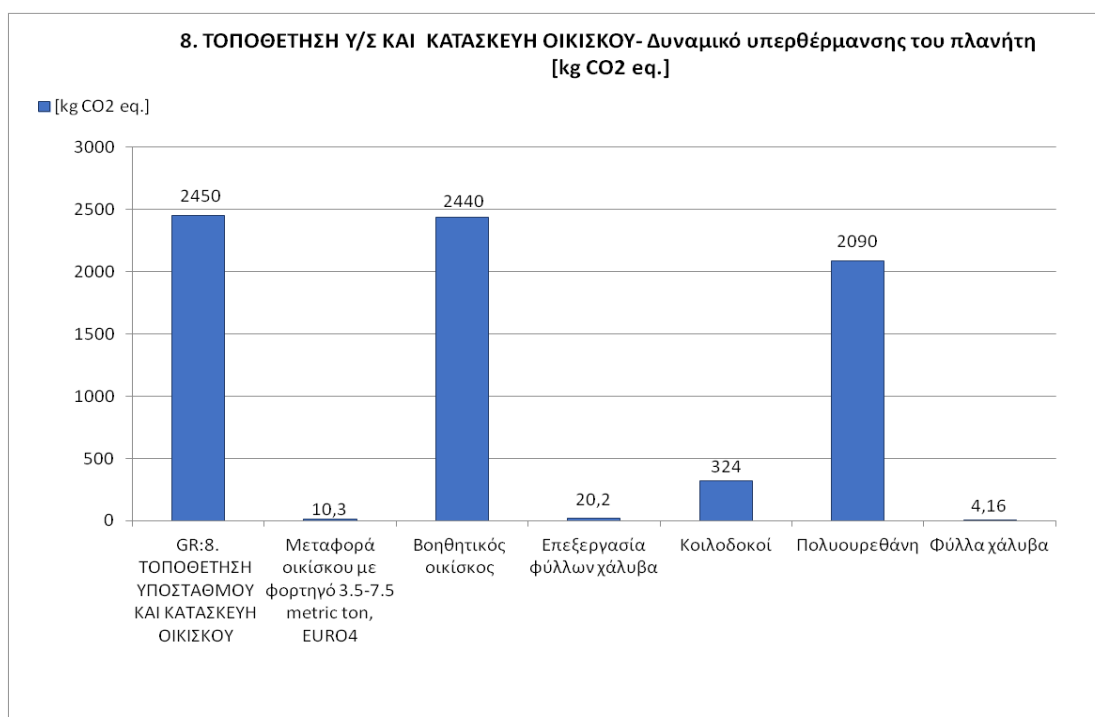


Σχήμα 43. Υποδιεργασία κατασκευής οικίσκου.



Σχήμα 44. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Τοποθέτηση Υ/Σ και κατασκευή οικίσκου.

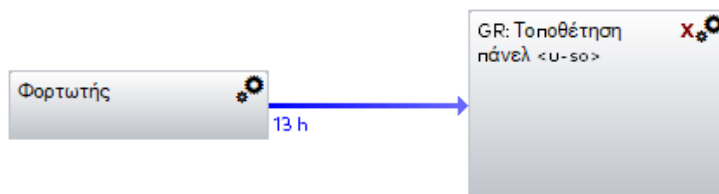
Στο παραπάνω διάγραμμα, όπως και στα προηγούμενα, παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην αριστερή στήλη, η οποία ανέρχεται σε 54.300MJ. Από αυτά, μόλις τα 160MJ αντιστοιχούν στην μεταφορά των υλικών του οικίσκου και τα υπόλοιπα 54.100MJ στην κατασκευή του βοηθητικού οικίσκου. Από αυτά πάλι, τα 48.300MJ αντιστοιχούν στην παραγωγή της πολυουρεθάνης που χρησιμοποιείται στα πάνελ πολυουρεθάνης, και ακολουθούν 5.380MJ από την παραγωγή των κοιλοδοκών, 312MJ από την επεξεργασία των φύλλων χάλυβα και μόλις 79,1MJ από την παραγωγή των τελευταίων. Συνεπώς, σε αυτήν την ομάδα εργασιών, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας προέρχεται κυρίως από την παραγωγή της πολυουρεθάνης.



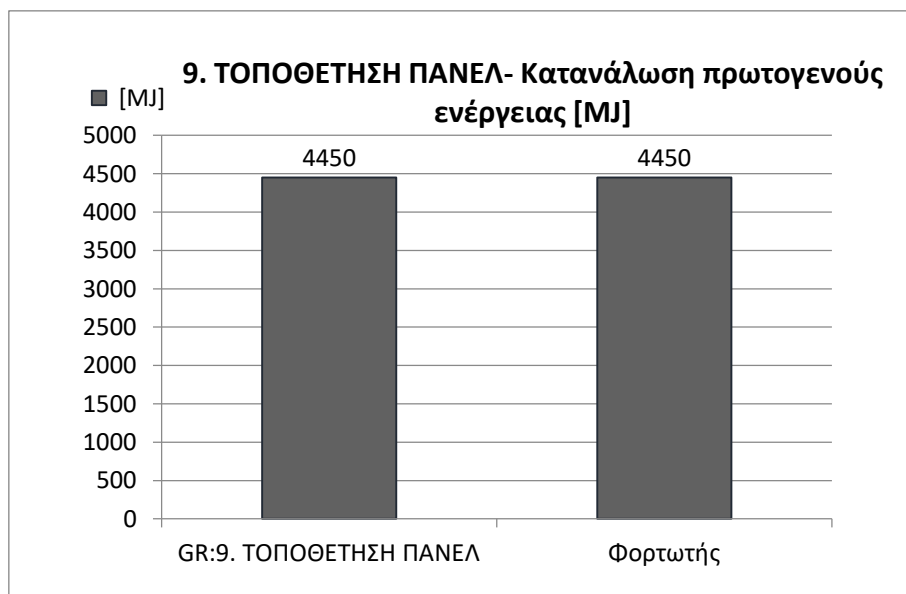
Σχήμα 45. GWP- Τοποθέτηση Υ/Σ και κατασκευή οικίσκου.

Τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα και ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, όπου εκπέμπονται συνολικά 2.450 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 2.090 κιλά αντιστοιχούν στην παραγωγή της πολυουρεθάνης και άλλα 324 κιλά στην παραγωγή και διαμόρφωση των κοιλοδοκών. Η οι εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από την επεξεργασία και την παραγωγή φύλλων χάλυβα είναι αμελητέες.

Στην 9^η ομάδα εργασιών που αφορά την τοποθέτηση των πάνελ, υπάρχει ουσιαστικά μία εργασία, η λειτουργία του φορτωτή. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας και τα διαγράμματα με τις επιπτώσεις.

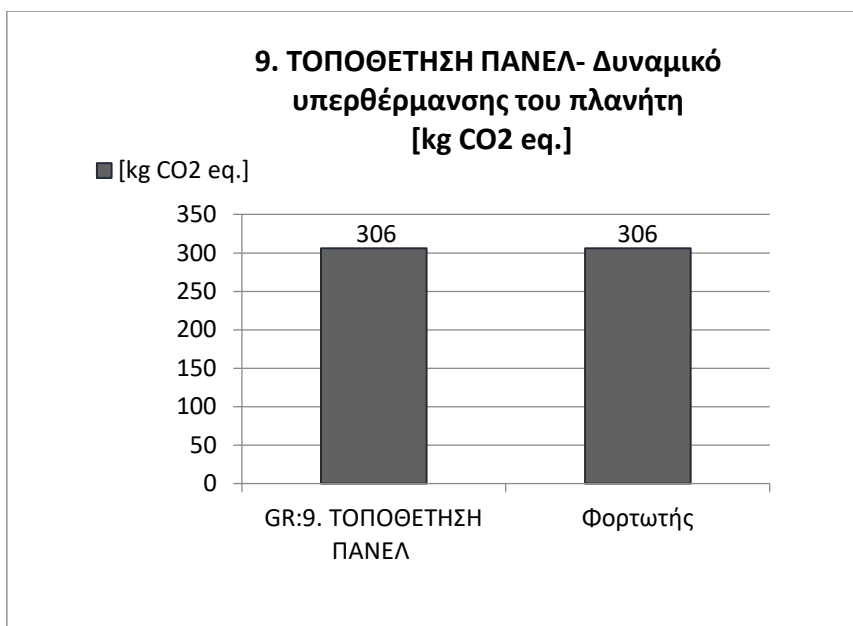


Σχήμα 46. Ομάδα εργασιών 9- Τοποθέτηση πάνελ.



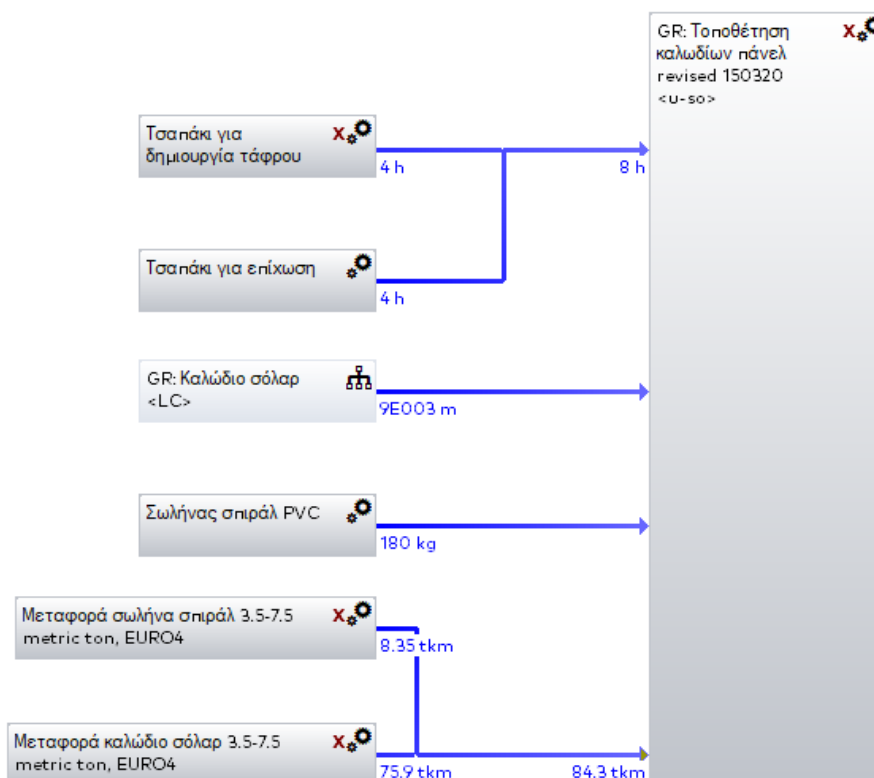
Σχήμα 47. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση πάνελ.

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από τη χρήση του φορτωτή ανέρχεται σε 4.450MJ, ενώ από τη χρήση του επίσης, εκπέμπονται 306 κιλά ισοδύναμου CO₂.

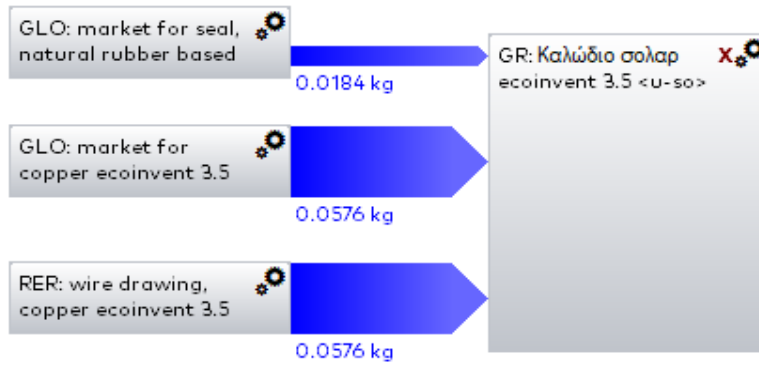


Σχήμα 48. GWP- Τοποθέτηση πάνελ.

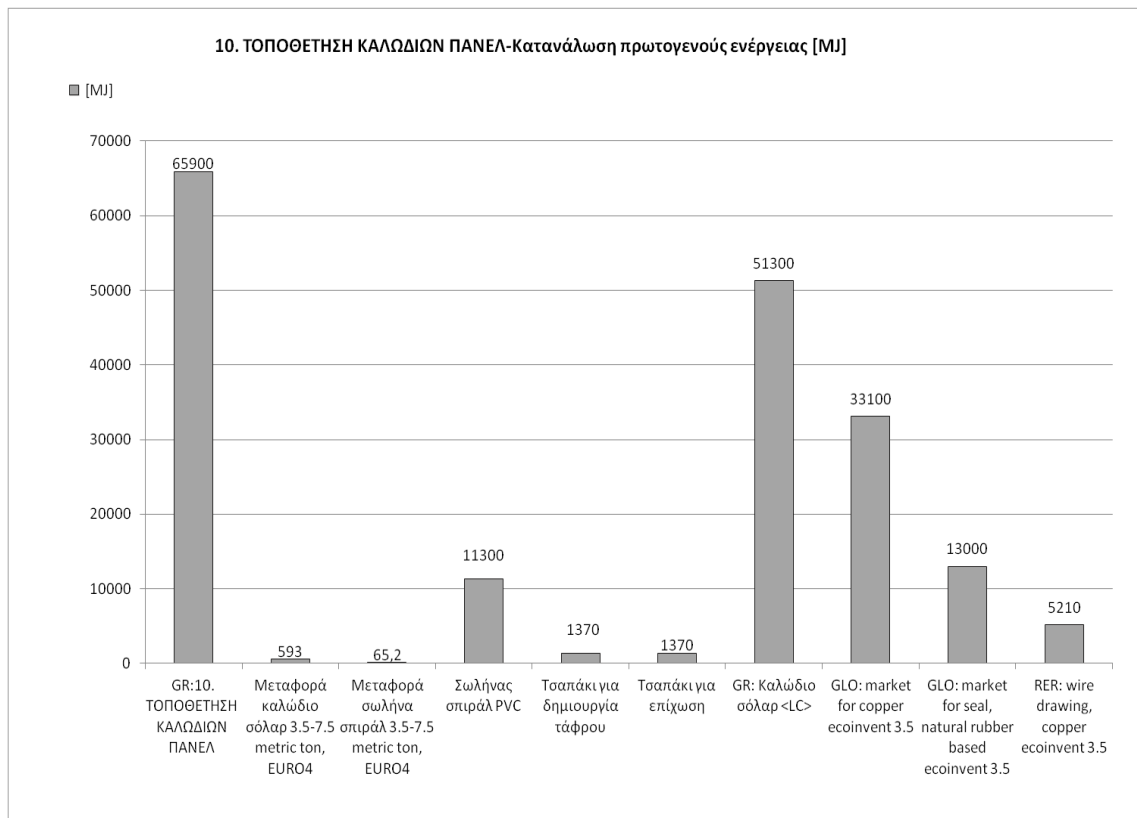
Στη 10^η ομάδα περιλαμβάνονται εργασίες για την τοποθέτηση των καλωδίων των πάνελ, τα υλικά που χρησιμοποιούνται και οι μεταφορές τους στο έργο, καθώς και η υποδιεργασία κατασκευής των καλωδίων, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα ροής.



Σχήμα 49. Ομάδα εργασιών 10- Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.

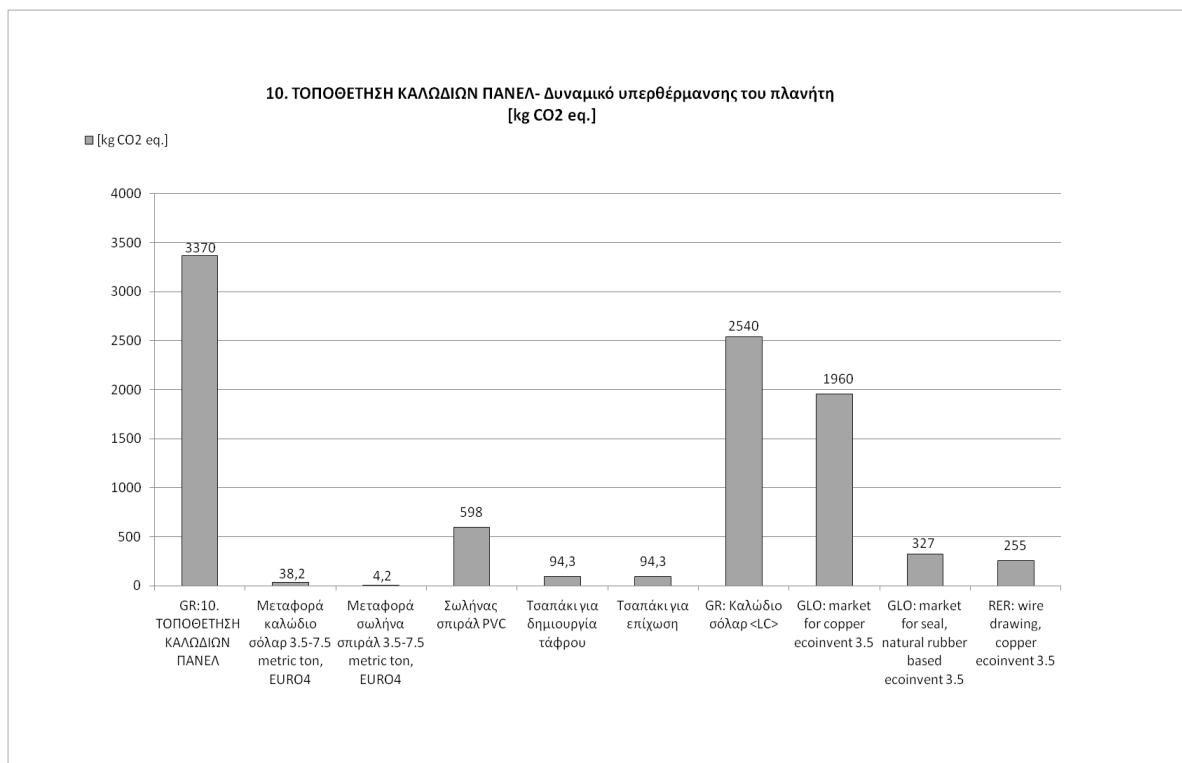


Σχήμα 50. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων σόλαρ.



Σχήμα 51. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.

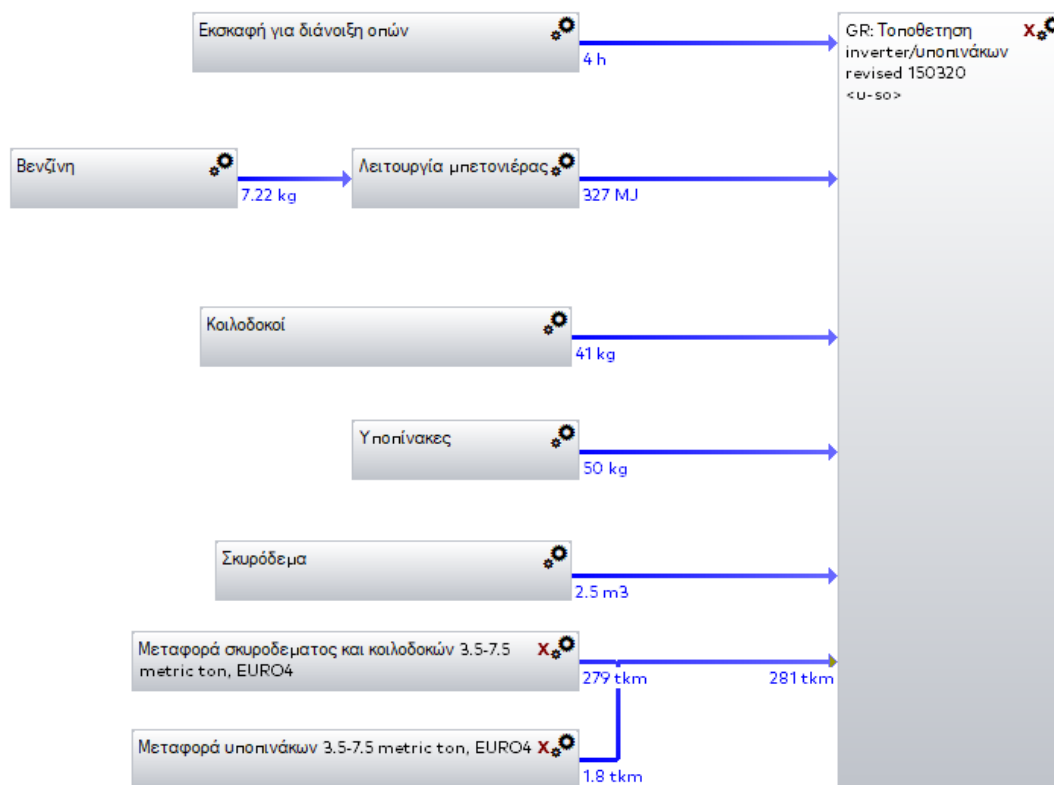
Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται σε 65.900MJ συνολικά. Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, τα 51.300MJ καταναλώνονται κατά την παραγωγή των καλωδίων και αναλυτικότερα από αυτά τα 33.100MJ από την παραγωγή του χαλκού των καλωδίων, τα 13.000MJ από το καουτσούκ του περιβλήματος των καλωδίων και 5.210MJ από την μορφοποίηση του χαλκού σε αγωγό για την παραγωγή των καλωδίων. Η τρίτη σε σειρά μεγαλύτερη κατανάλωση προέρχεται από την παραγωγή των εύκαμπτων σωλήνων σπιδράλ που υπολογίζεται σε 11.300MJ. Παρατηρείται και πάλι σε αυτήν την ομάδα, ότι οι μεταφορές και η λειτουργία των μηχανημάτων επί του έργου, έχουν πολύ μικρή συμμετοχή στην συνολική κατανάλωση συγκριτικά με τα υλικά και τις διαδικασίες παραγωγής τους.



Σχήμα 52. GWP- Τοποθέτηση καλωδίων πάνελ.

Ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη προκύπτει μια αντίστοιχη κατανομή, όπου εκπέμπονται συνολικά 3.370 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 2.540 προέρχονται από την παραγωγή των καλωδίων, τα 598 από την παραγωγή των εύκαμπτων σωλήνων, ενώ οι εκπομπές από τις μεταφορές και την λειτουργία μηχανημάτων είναι αμελητέες.

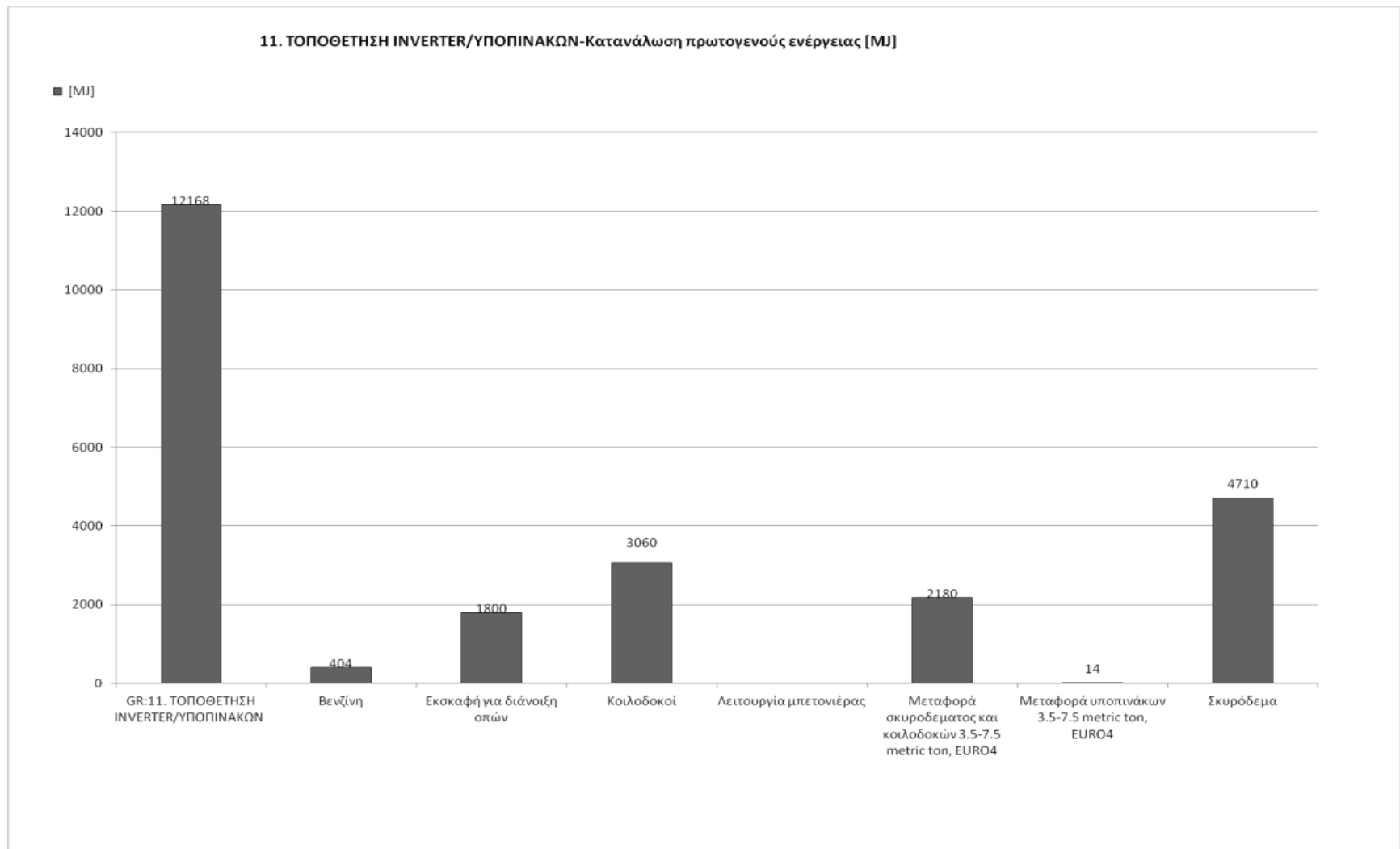
Στην επόμενη ομάδα εξετάζονται οι εργασίες τοποθέτησης των αντιστροφών και των υποπινάκων, καθώς και οι μεταφορές των υλικών. Σε αυτό το σημείο υπενθυμίζεται ότι για τους υποπίνακες λόγω έλλειψης δεδομένων, έχει υπολογιστεί μόνο η μεταφορά τους στο έργο και η τοποθέτησή τους, και όχι τα υλικά από τα οποία αποτελούνται. Παρακάτω παρουσιάζονται το διάγραμμα ροής και τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής.



Σχήμα 53. Ομάδα εργασιών 11- Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.

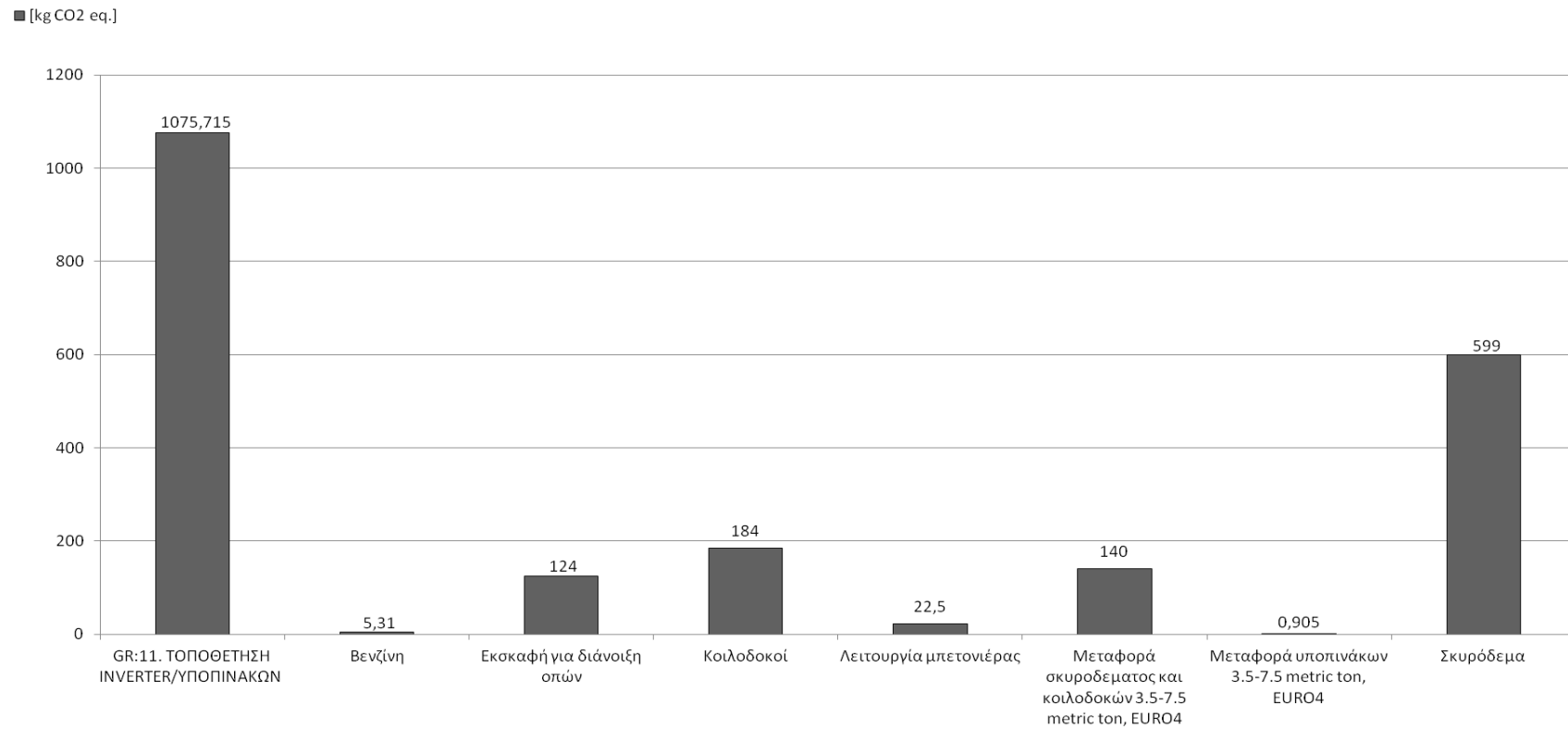
Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 12.200MJ, από τα οποία τα 4.710MJ αντιστοιχούν στην παραγωγή σκυροδέματος, τα 3.060MJ στην παραγωγή των κοιλοδοκών στήριξης, 2.180MJ στην μεταφορά του σκυροδέματος στο έργο, 1.800MJ από την λειτουργία του εκσκαφέα για διάνοιξη οπών, 404MJ στην παραγωγή της βενζίνης που χρησιμοποιείται στην μπετονιέρα και μόλις 14MJ στην μεταφορά των υποπινάκων στο έργο.

Οι εκπομπές αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου συνολικά από την ομάδα εργασιών ισούται με 1.080 κιλά ισοδύναμου CO₂. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών αντιστοιχεί στη διαδικασία παραγωγής σκυροδέματος και ισούται με 599 κιλά, από την παραγωγή των κοιλοδοκών εκπέμπονται 184 κιλά ισοδύναμου CO₂, 140 κιλά εκπέμπονται από την μεταφορά του σκυροδέματος και των κοιλοδοκών στο έργο, 124 κιλά από την εκσκαφή για διάνοιξη οπών, ενώ ελάχιστες είναι οι εκπομπές από την παραγωγή της βενζίνης για την λειτουργία της μπετονιέρας, από την ίδια τη λειτουργία της μπετονιέρας και από την μεταφορά των υποπινάκων και των υλικών τους στο έργο.



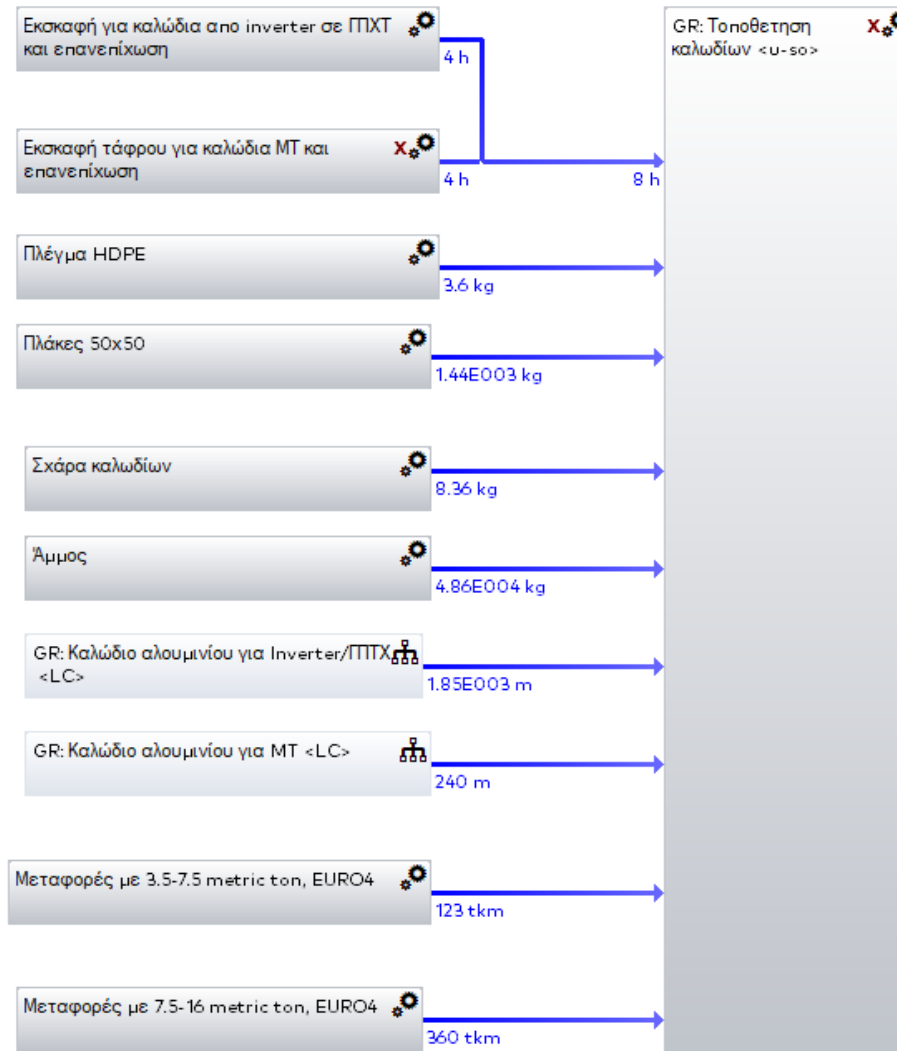
Σχήμα 54. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.

11. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ INVERTER/ΥΠΟΠΙΝΑΚΩΝ- Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη
[kg CO2 eq.]

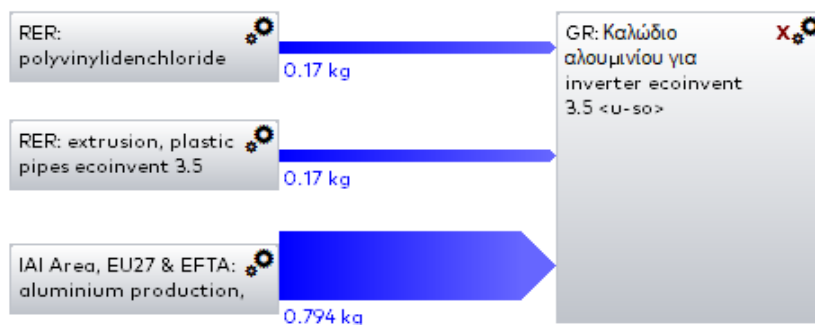


Σχήμα 55. GWP- Τοποθέτηση αντιστροφών και υποπινάκων.

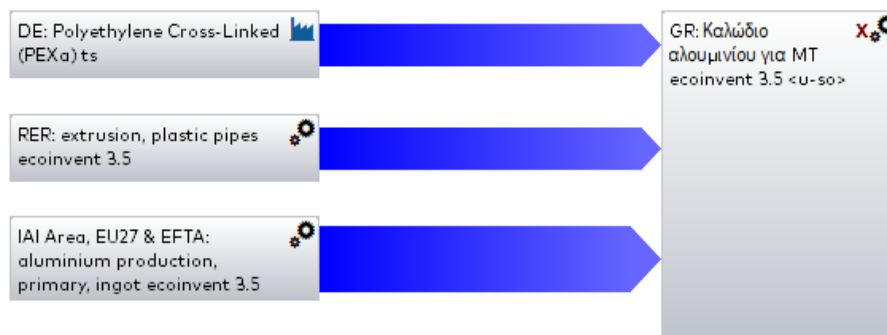
Η δωδέκατη ομάδα που περιλαμβάνει όλες τις εργασίες για την τοποθέτηση των καλωδίων χαμηλής και μέσης τάσης, έχει ως εισροές την λειτουργία μηχανημάτων και υλικά, καθώς και δύο υποδιεργασίες που αφορούν την παραγωγή των καλωδίων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα ροής με όλες τις πληροφορίες.



Σχήμα 56. Ομάδα εργασιών 12- Τοποθέτηση καλωδίων.



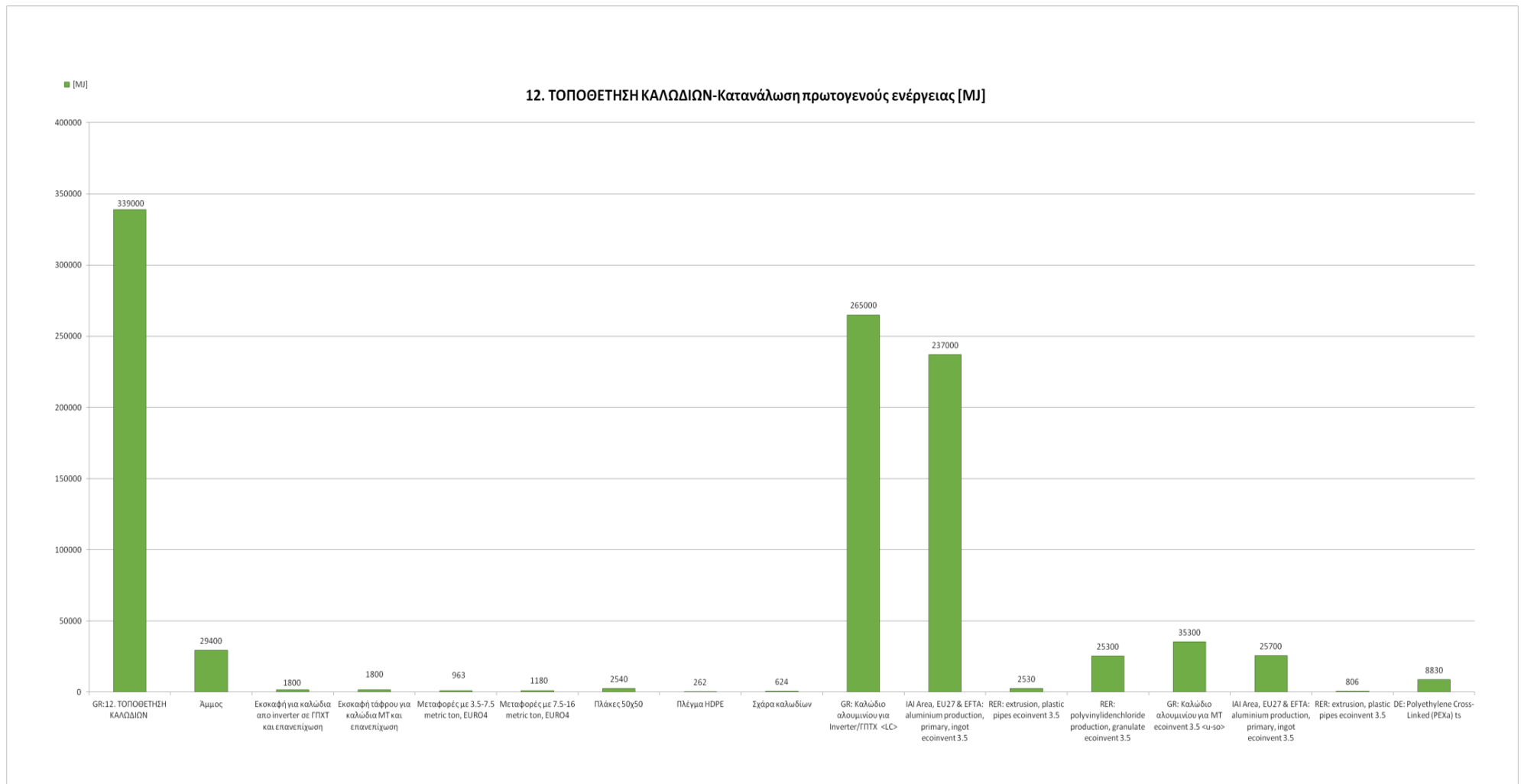
Σχήμα 57. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων αλουμινίου.



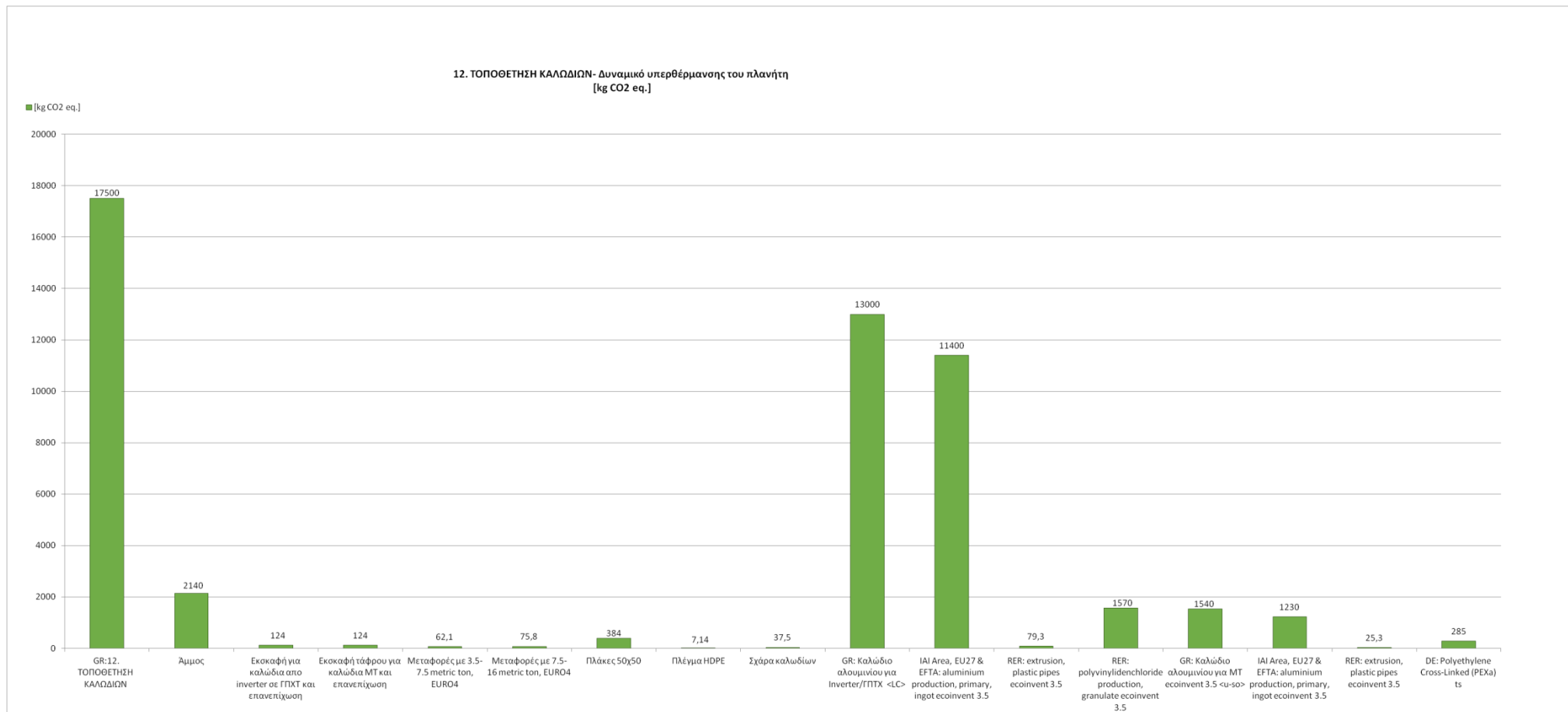
Σχήμα 58. Υποδιεργασία παραγωγής καλωδίων MT.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συνολικά και ανά εργασία όπως και σε όλα τα προηγούμενα. Συνολικά λοιπόν η κατανάλωση ανέρχεται σε 339.000MJ, εκ των οποίων τα 265.000MJ προέρχονται από την παραγωγή των καλωδίων αλουμινίου χαμηλής τάσης, και πιο συγκεκριμένα τα 237.000MJ από αυτά, από την παραγωγή του αλουμινίου ως πρώτης ύλης. Παρατηρείται ότι από όλες τις άλλες διεργασίες καταναλώνεται πολύ μικρότερο ποσό πρωτογενούς ενέργειας, με την παραγωγή του καλωδίου αλουμινίου μέσης τάσης να ακολουθεί συνολικά με 35.300MJ, και η παραγωγή της άμμου με 29.400MJ.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανέρχονται συνολικά στα 17.500 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 13.000 κιλά αντιστοιχούν στην παραγωγή των καλωδίων αλουμινίου χαμηλής τάσης, και από αυτά τα 11.400 κιλά προκύπτουν από την παραγωγή αλουμινίου ως πρώτης ύλης για την παραγωγή των καλωδίων. Οι αμέσως επόμενες εκπομπές ισοδύναμου CO₂ αντιστοιχούν στην παραγωγή άμμου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τις συνολικές και ανά διεργασία εκπομπές.

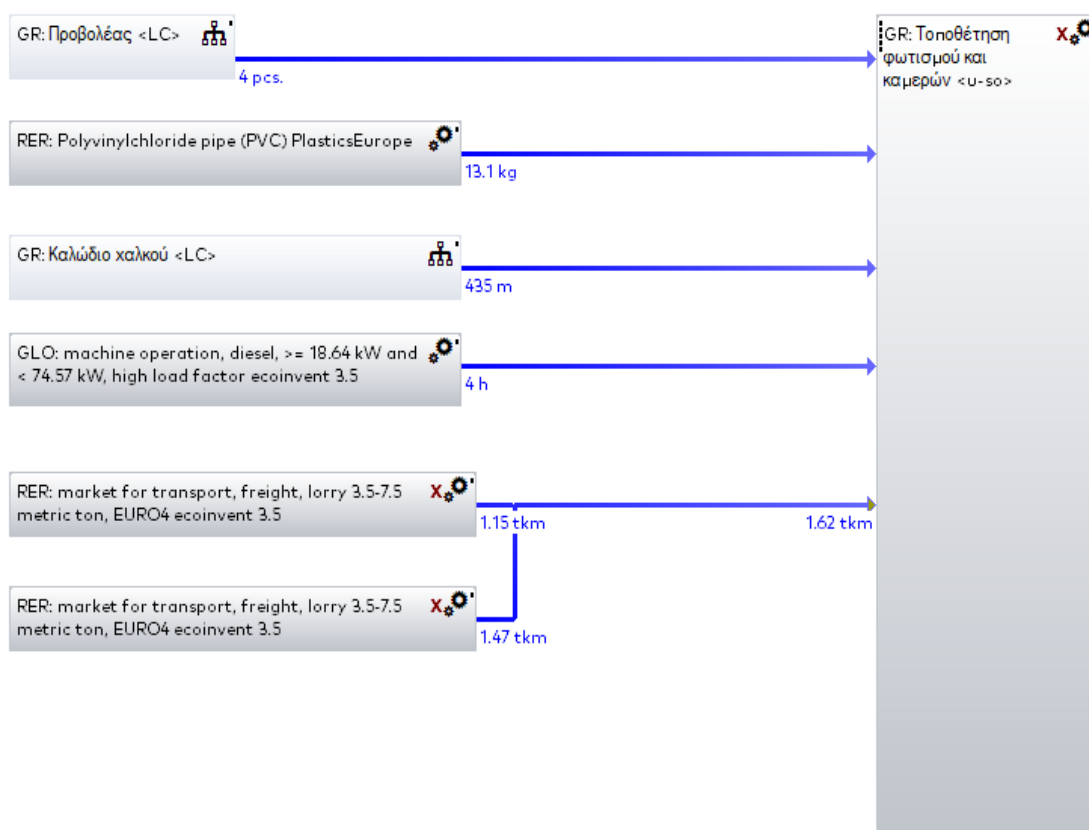


Σχήμα 59. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Τοποθέτηση καλωδίων.

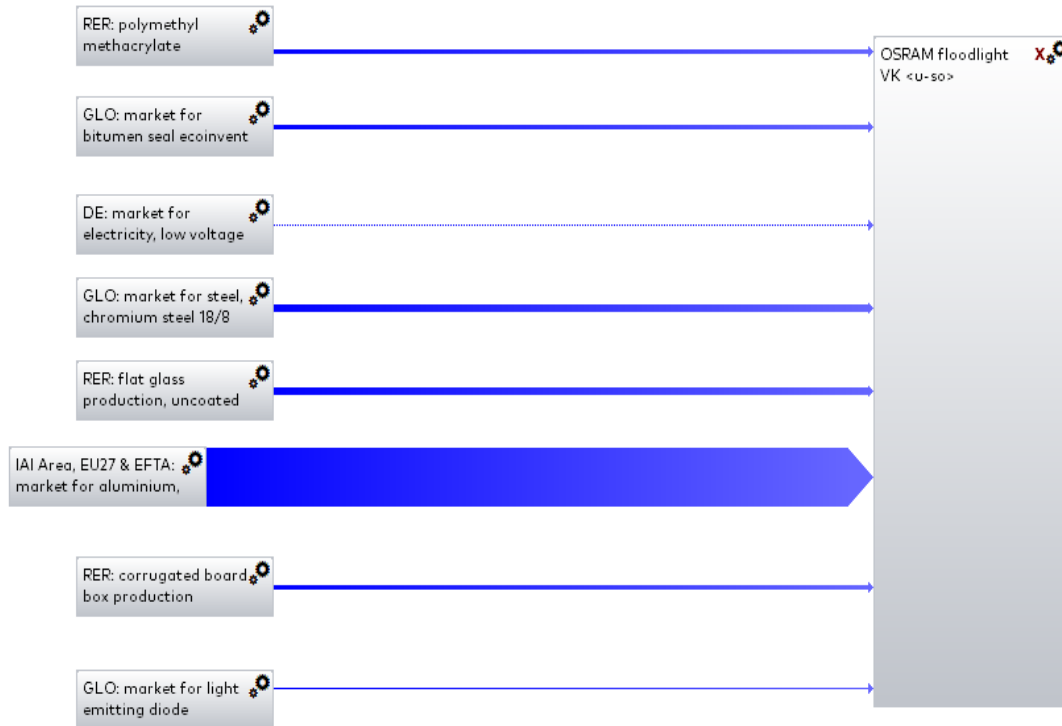


Σχήμα 60. GWP- Τοποθέτηση καλωδίων.

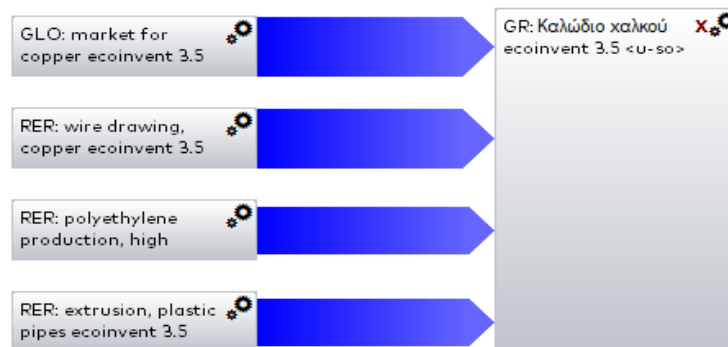
Στην επόμενη ομάδα περιλαμβάνονται εργασίες τοποθέτησης του φωτισμού και των καμερών καθώς και των καλωδίων αυτών. Ως εισροές στο σύστημα εκτός από τα μηχανήματα, τις μεταφορές και τα υλικά, εισάγονται και δύο υποδιεργασίες, η κατασκευή των προβολέων και η παραγωγή των καλωδίων χαλκού. Σημειώνεται, ότι δεν ήταν δυνατό να βρεθούν δεδομένα για την παραγωγή των καμερών και συνεπώς δεν συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη. Ακολουθούν τα διαγράμματα ροής.



Σχήμα 61. Ομάδα εργασιών 13- Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.



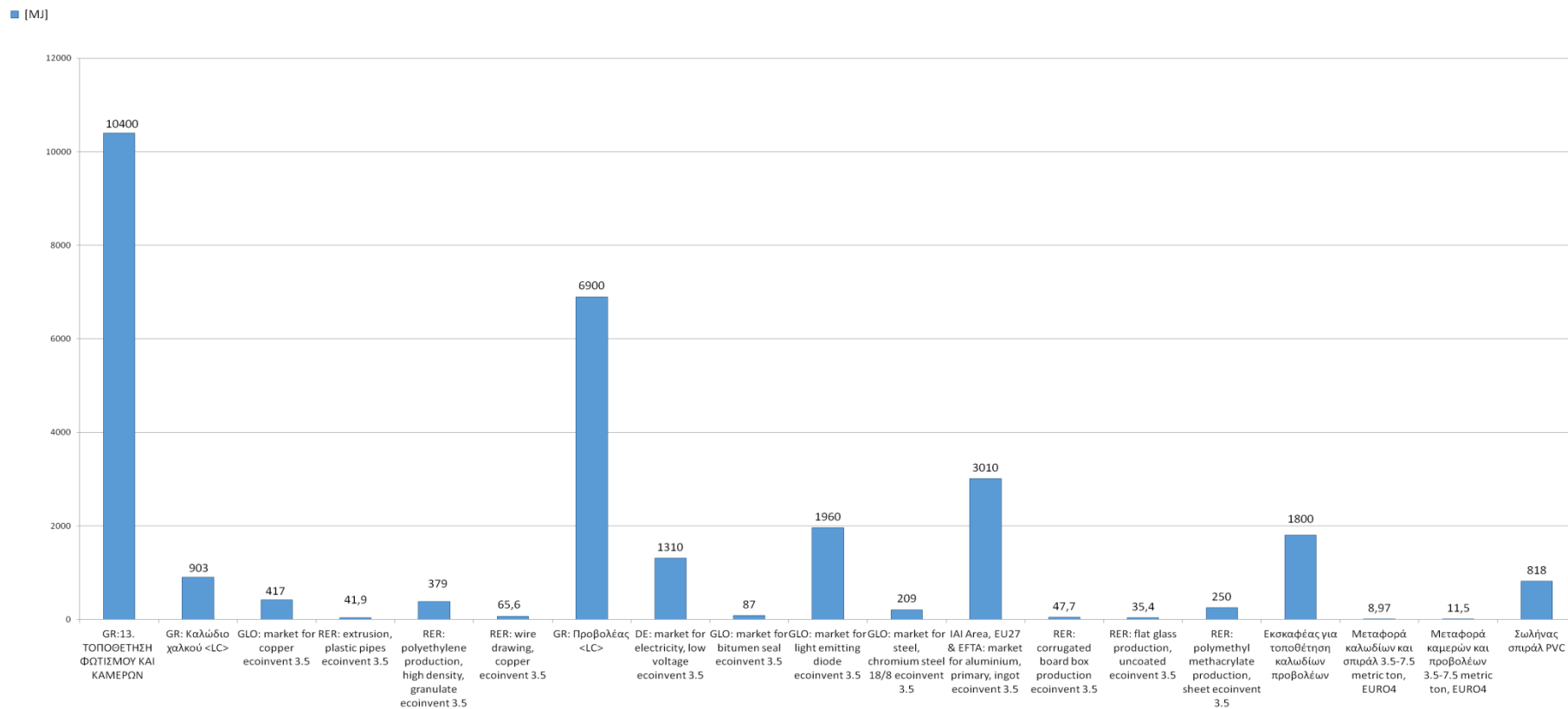
Σχήμα 62. Υποδιεργασία κατασκευής προβολέων.



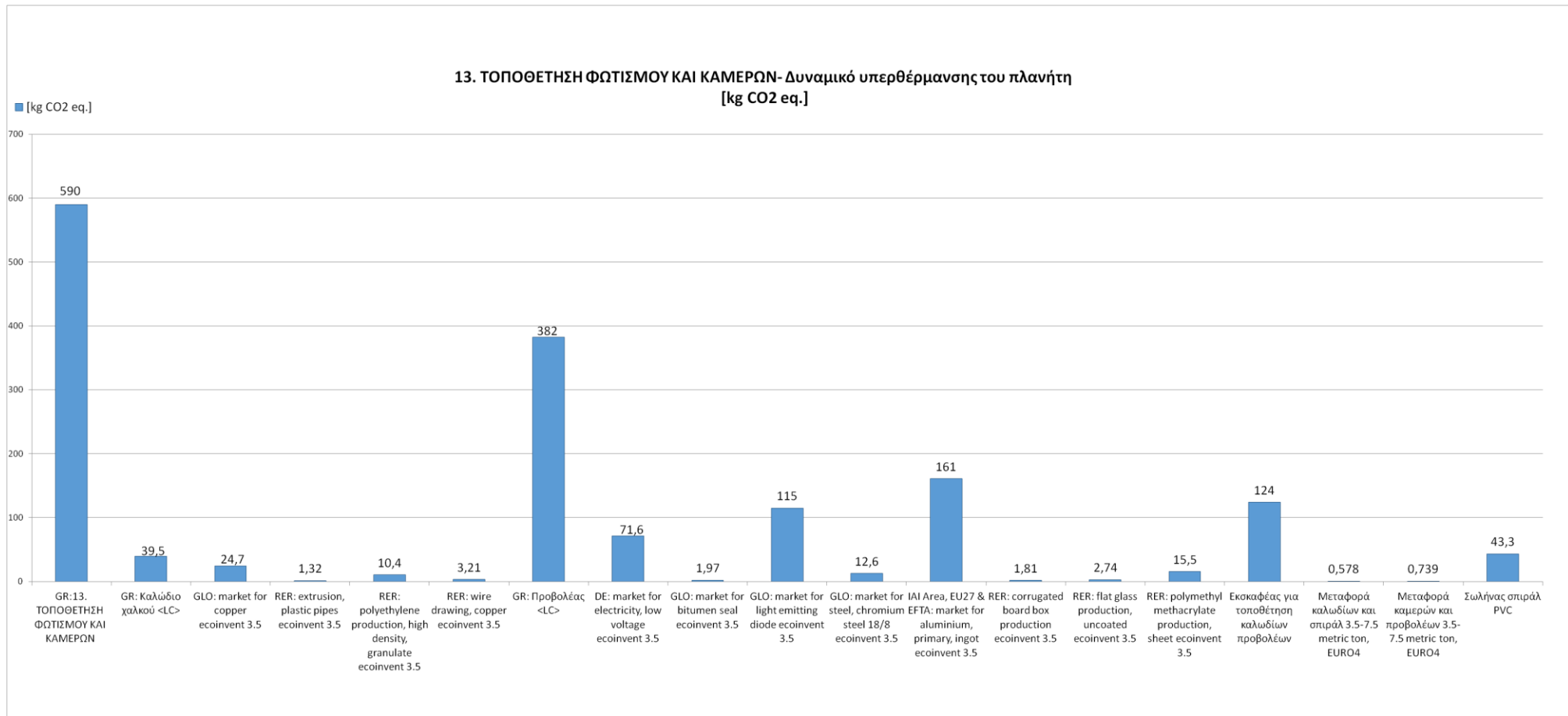
Σχήμα 63. Παραγωγή καλωδίων χαλκού.

Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 10.400MJ εκ των οποίων τα 6.900 αντιστοιχούν στην κατασκευή των προβολέων, 1800MJ στην εκσκαφή για την τοποθέτηση των καλωδίων φωτισμού, 903MJ στην παραγωγή καλωδίων χαλκού και 818MJ στην παραγωγή των εύκαμπτων πλαστικών σωλήνων. Οι μεταφορές και πάλι έχουν αμελητέα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με τις υπόλοιπες εισροές. Ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου υπολογίζονται συνολικά 590 κιλά ισοδύναμου CO₂, εκ των οποίων τα 382 αντιστοιχούν στην παραγωγή των προβολέων και 124 κιλά στην εκσκαφή για την τοποθέτηση των καλωδίων.

13. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΜΕΡΩΝ - Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [MJ]

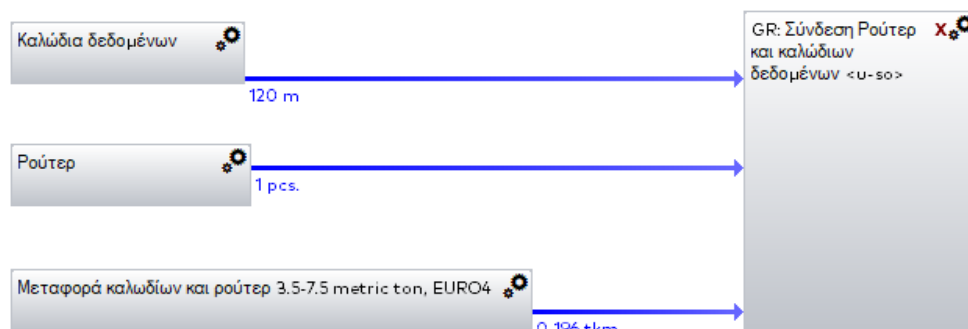


Σχήμα 64. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας-Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.

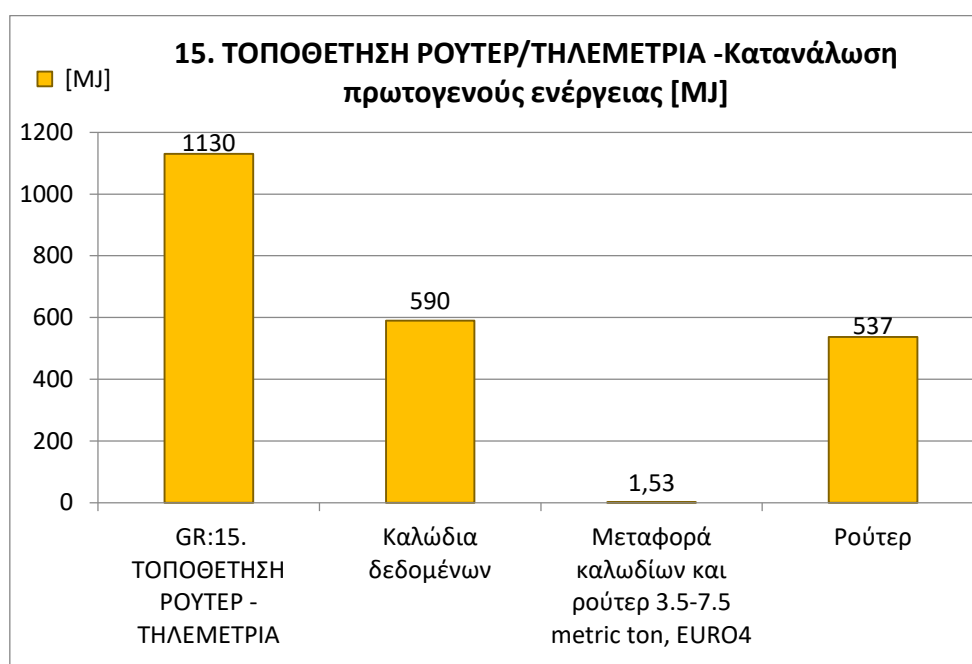


Σχήμα 65. GWP- Τοποθέτηση φωτισμού και καμερών.

Η τελευταία ομάδα εργασιών αφορά την σύνδεση του ρούτερ και των καλωδίων δεδομένων. Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής.

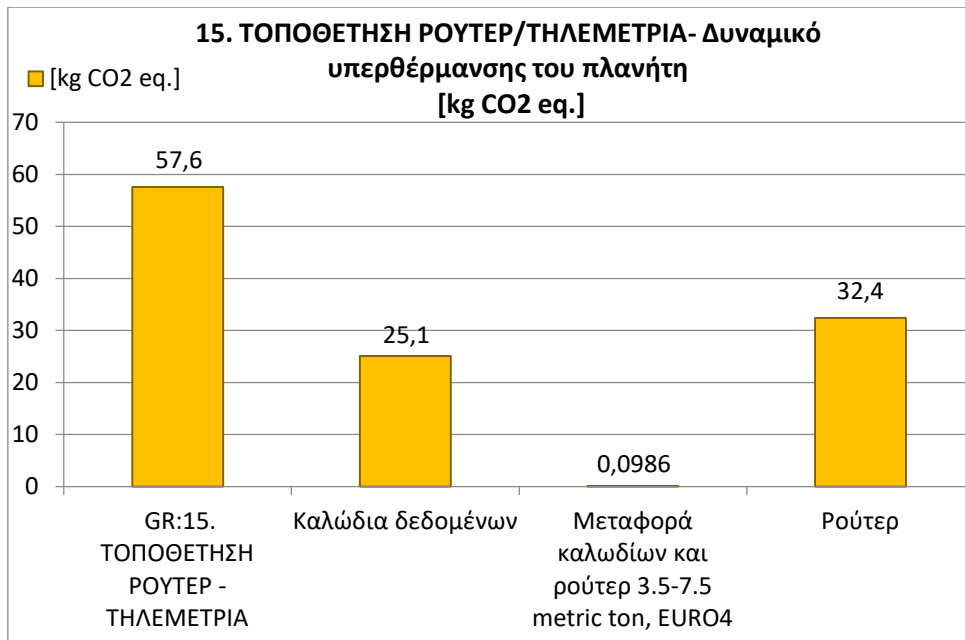


Σχήμα 66. Ομάδα εργασιών 15- Σύνδεση ρούτερ και καλωδίων δεδομένων.



Σχήμα 67. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια-Τοποθέτηση ρούτερ/ Τηλεμετρία.

Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 1.130MJ, όπου αντιστοιχούν 590MJ στην παραγωγή καλωδίων δεδομένων, 537MJ στην κατασκευή του ρούτερ και μόλις 1,53MJ στην μεταφορά των υλικών στο έργο.



Σχήμα 68. GWP- Τοποθέτηση ρούτερ/ Τηλεμετρία.

Οι εκπομπές που υπολογίζονται ανέρχονται σε 57,6 κιλά ισοδύναμου CO₂ συνολικά από όλες τις εργασίες και υλικά. Αναλυτικότερα εκπέμπονται 32,4 κιλά ισοδύναμου CO₂ από την κατασκευή του ρούτερ, 25,1 κιλά από την παραγωγή των καλωδίων δεδομένων και μόλις 0,0986 κιλά από την μεταφορά των υλικών στο έργο.

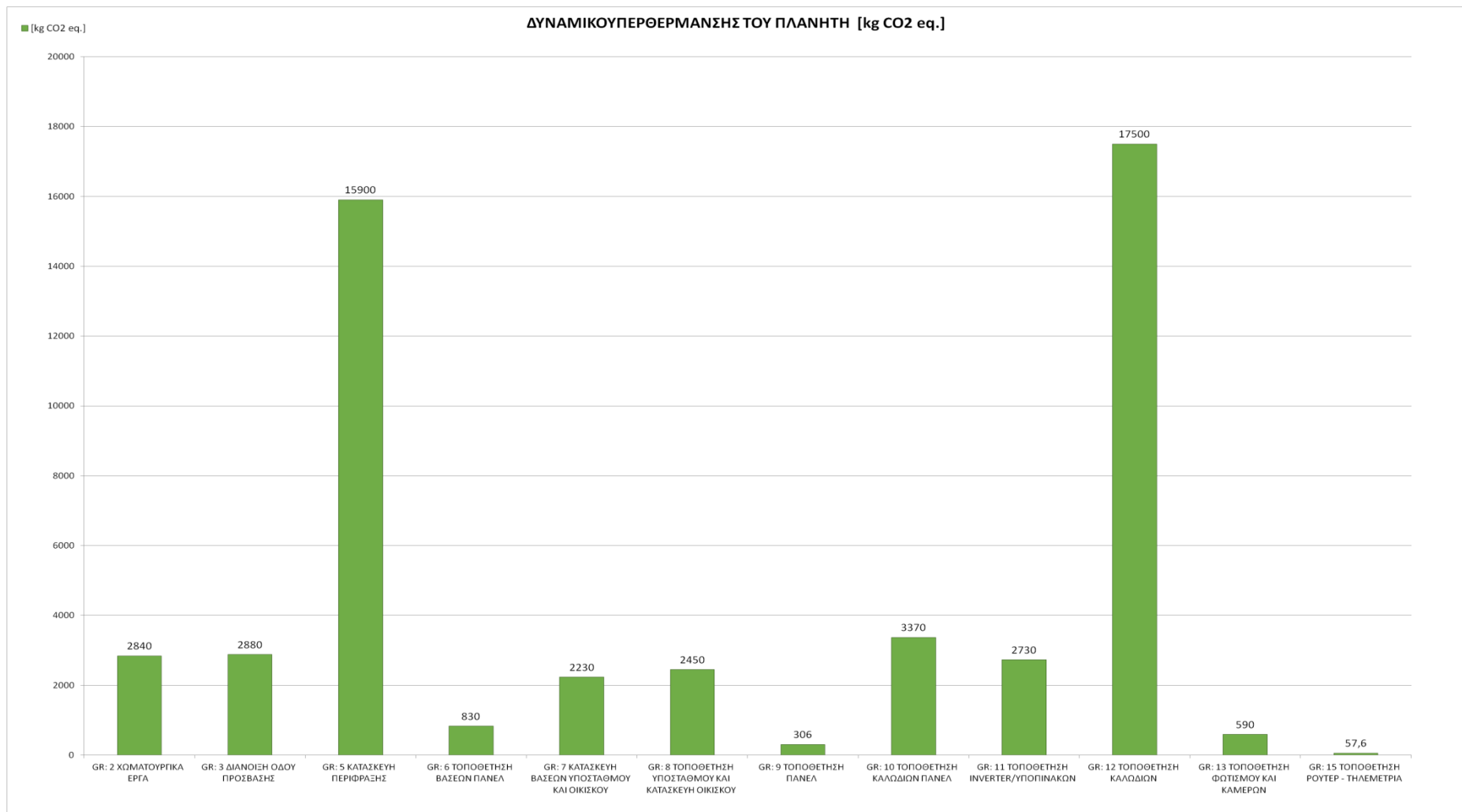
Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα όλων των ομάδων. Αρχικά φαίνεται στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί το ποσοστό συνεισφοράς της κάθε ομάδας διεργασιών στο συνολικό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη του έργου, και παρακάτω το αντίστοιχο γράφημα με τα κιλά ισοδύναμου CO₂ ανά ομάδα εργασιών. Συνολικά από όλες τις εργασίες του έργου, υπολογίζεται ότι εκπέμπονται 51.700 κιλά ισοδύναμου CO₂.

Παρατηρείται ότι οι περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από τις εργασίες τοποθέτησης καλωδίων, γεγονός που εξηγείται λόγω της μεγάλης ποσότητας παραγωγής αλουμινίου όπως περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω. Αντιστοιχεί σε ποσοστό 33,8% των συνολικών εκπομπών του έργου και σε 17.500 κιλά ισοδύναμου CO₂. Δεύτερη σε σειρά ομάδα εργασιών με τις περισσότερες εκπομπές είναι η κατασκευή περίφραξης, με ποσοστό 30,8% και 15.900 κιλά ισοδύναμου CO₂. Το μεγάλο ποσοστό εδώ οφείλεται στην παραγωγή του χάλυβα και την διαμόρφωση των πασσάλων της περίφραξης και στην παραγωγή μεγάλης ποσότητας σκυροδέματος. Οι υπόλοιπες ομάδες έχουν αρκετά μικρότερα ποσοστά. Πιο συγκεκριμένα, οι εκπομπές της ομάδας εργασιών για την τοποθέτηση των καλωδίων των πάνελ αντιστοιχούν στο 6,5% των συνολικών του έργου, της διάνοιξης οδού πρόσβασης σε 5,6% των συνολικών, των χωματουργικών σε 5,5%, της τοποθέτησης αντιστροφένων και υποπινάκων σε 5,3%, 4,7% αντιστοιχεί στην τοποθέτηση του υποσταθμού και την κατασκευή οικίσκου, 4,3% στην κατασκευή των βάσεων του υποσταθμού και του οικίσκου, 1,6% στην τοποθέτηση των βάσεων των πάνελ, 1,1% στην τοποθέτηση φωτισμού και καμερών, 0,6% στην τοποθέτηση των πάνελ και τέλος 0,1% στην τοποθέτηση του ρούτερ και τη σύνδεσή του.

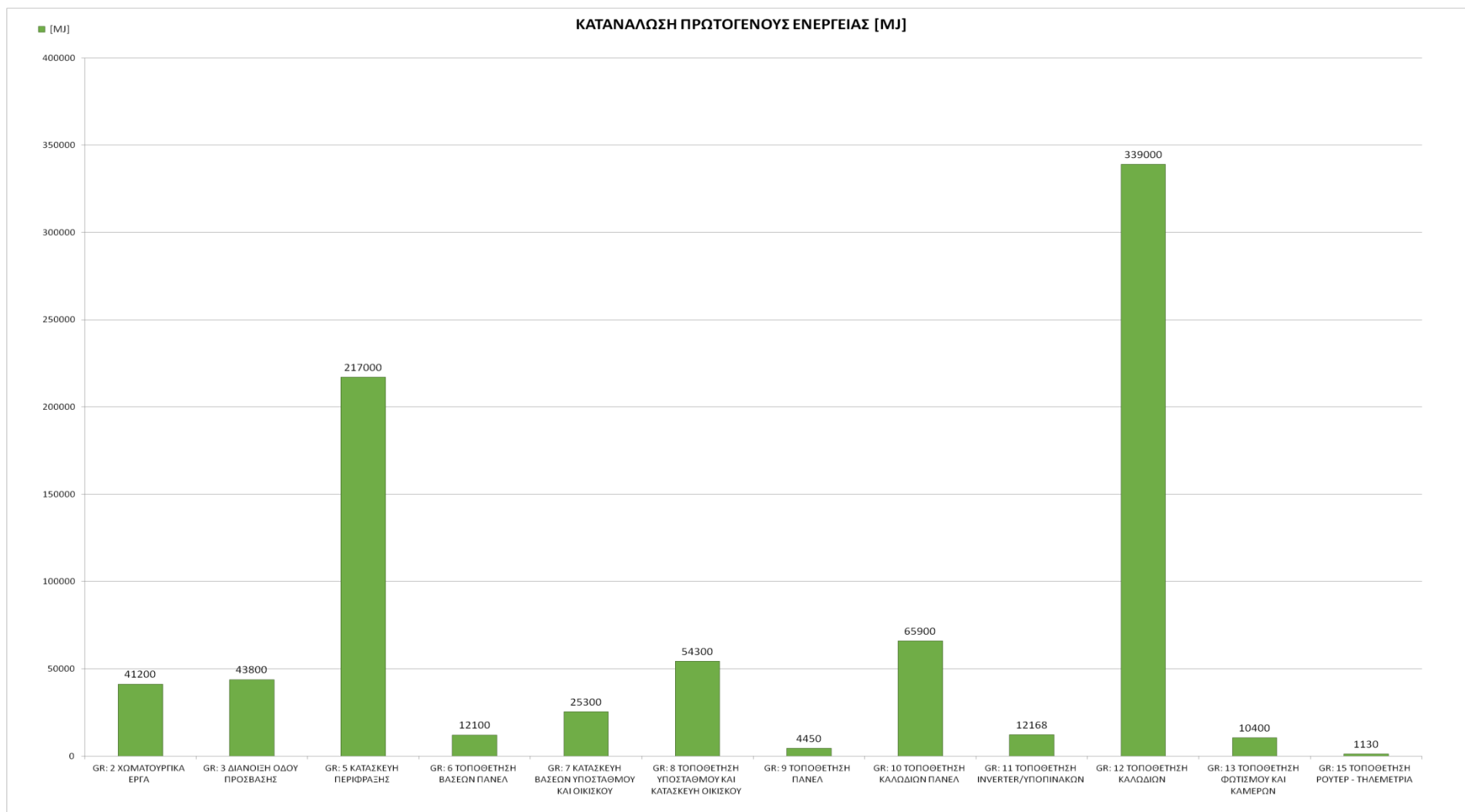


Σχήμα 69. GWP Έργου εγκατάστασης Φ/Β σταθμού.

Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του έργου ανέρχεται σε 827.000MJ. Από αυτήν το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί στις εργασίες τοποθέτησης των καλωδίων, με ποσοστό 41%. Έπονται η ομάδα εργασιών κατασκευής της περίφραξης με ποσοστό 26,25%, η τοποθέτηση καλωδίων των πάνελ με 7,97%, η τοποθέτηση του υποσταθμού και κατασκευή του οικίσκου με 6,57%, η διάνοιξη οδού πρόσβασης με 5,3%, τα χωματουργικά με 4,98%, η κατασκευή των βάσεων του υποσταθμού και του οικίσκου με 3,06%, η τοποθέτηση των inverter και των υποσταθμών με 1,47%, η τοποθέτηση των βάσεων των πάνελ με 1,46%, η τοποθέτηση φωτισμού και καμερών με 1,26%, η τοποθέτηση των πάνελ με 0.54% και τέλος, η τοποθέτηση του ρούτερ και η σύνδεσή του με 1,14%.



Σχήμα 70. Συνολικό GWP έργου.



Σχήμα 71. Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1. Συμπεράσματα

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία μελετήθηκε το έργο εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Αφού περιγράφηκαν όλες οι εργασίες που το αποτελούν και αναλύθηκαν, έγινε ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός του. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής. Η ανάλυση κύκλου ζωής πραγματοποιήθηκε ανά ομάδα εργασιών του έργου, περιγράφηκαν τα αποτελέσματα και στο τέλος παρουσιάστηκαν και τα συνολικά αποτελέσματα για όλο το έργο. Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προέκυψε ότι οι εργασίες τοποθέτησης των καλωδίων είναι αυτές που έχουν την μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αλλά και το μεγαλύτερο ποσοστό σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο του έργου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι μεταξύ των εργασιών και των υλικών που απαιτούνται, υπολογίζεται η διαδικασία παραγωγής του αλουμινίου που περιέχεται στα καλώδια χαμηλής τάσης.

Είναι γνωστό ότι η βιομηχανία αλουμινίου είναι από τις πιο ενεργοβόρες μεταξύ άλλων, όπως και οι βιομηχανίες του χάλυβα και του τσιμέντου, οπότε το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο. Παρομοίως, στην δεύτερη σε σειρά ομάδα σε εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας, την κατασκευή περίφραξης, έχουμε μεγάλες ποσότητες χάλυβα και τσιμέντου, που είναι και ο λόγος αυτού του αποτελέσματος.

Γενικά παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όπως και οι περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε κάθε ομάδα εργασιών, προέρχονται από την παραγωγή και διαμόρφωση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στο έργο, δηλαδή του χάλυβα, του αλουμινίου, του σκυροδέματος, της πολυουρεθάνης και του χαλκού. Στις μεταφορές αντιστοιχούν σχεδόν σε όλες τις ομάδες οι λιγότερες εκπομπές και η μικρότερη κατανάλωση.

Συνεπώς, οι ομάδες εργασιών που έχουν την μεγαλύτερη συμμετοχή στις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας είναι αυτές που περιέχουν υλικά. Στις εργασίες που περιλαμβάνουν μόνο την λειτουργία μηχανημάτων, όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση των πάνελ και η τοποθέτηση των βάσεων των πάνελ, φαίνεται ότι αντιστοιχούν τα χαμηλότερα ποσοστά συμμετοχής στις εκπομπές και στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Τέλος, παρατηρείται ότι αν απομονωθούν τα υλικά και συγκριθούν μόνο οι εργασίες εγκατάστασης και οι μεταφορές, τα αποτελέσματα είναι κατά βάση ανάλογα των ωρών λειτουργίας των μηχανημάτων, των αποστάσεων που διανύονται και του φορτίου που μεταφέρουν τα οχήματα.

5.2. Προτάσεις - Μελλοντικές επεκτάσεις

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε θα μπορούσε να επεκταθεί μελλοντικά εφαρμόζοντας μία συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής. Στην επέκταση αυτή θα μπορούσαν να συγκριθούν

έργα με διαφορετικές παραμέτρους υλοποίησης, όπως για παράδειγμα ως προς τα συστήματα στήριξης. Θα μπορούσαν δηλαδή να συγκριθούν δύο πανομοιότυπα έργα στα οποία όμως αλλάζουν οι εργασίες λόγω διαφορετικού συστήματος στήριξης. Στην περίπτωση των συστημάτων κινητών αξόνων για παράδειγμα, χρησιμοποιείται σκυρόδεμα για την στήριξή τους και απαιτείται μεγαλύτερος όγκος εκσκαφής, ενώ στα σταθερά όχι. Εφαρμόζοντας λοιπόν μία συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής των δύο έργων, θα προκύψει αν υπάρχουν διαφορές στις επιπτώσεις που έχουν τα δύο έργα στο περιβάλλον και στην ενέργεια που καταναλώνεται.

Θα μπορούσε επιπλέον να εφαρμοστεί και μια πολυκριτήρια ανάλυση για εναλλακτικά σενάρια έργων, θέτοντας ως ένα από τα κριτήρια τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που υπολογίσθηκαν από την παρούσα μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής. Στην περίπτωση αυτή, τα άλλα κριτήρια θα μπορούσαν για παράδειγμα να είναι το κόστος, ο χρόνος υλοποίησης ή και η αναμενόμενη απόδοση του κάθε πάρκου.

Τέλος, θα μπορούσε να διερευνηθεί ο περιορισμός των υλικών που χρησιμοποιούνται και είναι αυτά που η παραγωγή τους έχει τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον, ή και η αντικατάστασή τους με άλλα υλικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adalberth, K. (1997). Energy use during the life-cycle of single-unit dwellings: examples. *Build Environ*, 32, 321-329.
- Curran, M.A. (1993). Broad – Based Environmental Life Cycle Assessment. *Environ. Sci. Technol.*, Vol 27 (No 3), 430-436.
- Curran, M. A. (1996), *Environmental Life-Cycle Assessment*, McGraw-Hill.
- Fava, J.A., Denison, R., Jones, B., Curran, M.A. & Vigon, B. (1991). *A Technical Framework for Life Cycle Assessments*. SETAC Foundation, Vermont.
- Frischknecht, R. et al. (2007). *Implementation of life cycle impact assessment methods*. Ecoinvent report No. 3, v2.0., Dübendorf.
- Guinée, J. B. (2002). Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards. *Eco-Efficiency in Industry and Science*, Vol 7, Springer, Netherlands.
- Hunt, R.G., Sellers, J.D., & Franklin, W.E. (1992). Resource and Environmental Profile Analysis: A Life Cycle Environmental Assessment for Products and Procedures. *Environ. Impact Assess. Rev.*, (No 12), 245-269.
- International organization for standardization, (2006). *ISO 14040:2006, Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*.
- Jiang, G., Jian, L., Kazunori, H. (2003). Life cycle assessment in the environmental impact evaluation of urban development-a case study of land readjustment Project, Hyogo District, Japan. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 4, 702-708.
- Maylor, H. (2005). *Διαχείριση έργων*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J., Castells, F. (2009). Sustainability based on LCM of residential dwellings. *Building and Environment*, 44, 584-594.
- Pap N., Pongracz E. (2004). *Introduction to Life Cycle Assessment (LCA)*. University of Oulu.
- Peuportier, B. (2001). Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. *ENB*, 33, 443-450.
- Pickerel, K. (2020). *What is a half-cell solar panel?* Ανακτήθηκε 24 Φεβρουαρίου 2020, από <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/10/what-is-a-half-cell-solar-panel/>
- Pieragostini, C., Mussati, M. C. & Aguirre, P. (2012). On process optimization considering LCA methodology. *Journal of environmental management*, Vol 96 (No 1), 43–54.
- Project Management Institute (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* – Fifth Edition.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B.P. & Pennington, D.W. (2004). Life cycle assessment Part 1: Framework,

goal and scope definition, inventory analysis and applications. *Environment International*, Vol. 30 (No 5), 701-720.

Scientific Applications International Corporation (SAIC) (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, Ohio.

SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (1993). *Guidelines for Life Cycle Assessment: A “Code of Practice”*. SETAC.

World Energy Outlook 2019. (Νοέμβριος 2019). Ανακτήθηκε από <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/electricity#abstract>

Αμπελιώτης, Κ. (2002). Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στη Διαχείριση των Συσκευασίων. *1ο Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Στέρεων Αποβλήτων της Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, 28 Φεβρουαρίου- 1 Μαρτίου 2002*. Αθήνα.

Απαιτούμενες άδειες και εγκρίσεις (χ.η.). Ανακτήθηκε από <http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeidotiki-diadikasia-kodikoroiiisi-nomothesias-ape/periechomena/loipa-fotoboltaika-ektos-eidikon-programmaton/>

Γαργανούρης, Γ. (2012). *Ελεύθερο/Ανοιχτό λογισμικό για διαχείριση έργου* (Διπλωματική εργασία). Α.Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου, Ηράκλειο.

Γιαννόπουλος, Δ. (2012). *Ανάπτυξη μεθοδολογίας πολυκριτηριακής αξιολόγησης καινοτόμων ενεργειακών τεχνολογιών σε περιβάλλον αβεβαιότητας* (Διδακτορική διατριβή). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Δαμιανίδης, Μ., Κατσαρός, Γ., Τόλης, Μ. & Στεργιόπουλος, Φ. (2011). *Οδηγός Μελέτης και υλοποίησης φωτοβολταϊκών έργων*. Θεσσαλονίκη: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

Δελτίο ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ Νοέμβριος 2019. (23 Ιανουαρίου 2020). Ανακτήθηκε από http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDRETH/RES/201911_DELTIO_APE_NOVEMBER.pdf

Εφραιμίδης, Χ. (2001). *Διαχείριση των κατασκευών*, 2^η έκδοση. Αθήνα: Συμμετρία

Ζερβός, Α. (2008). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κάραλη, Μ. (2015). *Εισαγωγή στη διαχείριση έργων και εφαρμογή των υπολογιστικών μεθόδων στο σενάριο του Wedding plan* (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Καρβούνης, Σ. & Γεωργακέλος, Δ. (2003). *Διαχείριση Περιβάλλοντος- Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.

Κηρυττόπουλος, Κ. (2020). *Προγραμματισμός & Διοίκηση Έργων*. Ανακτήθηκε 05 Μαρτίου 2020, από https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/MECH109/140_PM_GANTT_Tracking_open.pdf

Κορωνάιος, Χρ. (2010). *Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη*. 6^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό

Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. "Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών", 16-19 Σεπτεμβρίου 2010. Μέτσοβο.

Λάζογλου, Κ. (2009). Συγκριτική ανάλυση απορριμμάτων του νομού Ξάνθης βάσει ανάλυσης κύκλου ζωής (Μεταπτυχιακή εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Λαμπρινού, Ε. (2017). Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός έργου ενίσχυσης σχολικού συγκροτήματος (Μεταπτυχιακή εργασία). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Μάγειρα, Α. (2004). Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Εφαρμογή στη βιομηχανία συσκευασίας και τσιμέντου (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μακρής, Γ. (2018). Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός του έργου «Αντικατάσταση εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων δήμου και κατασκευή δικτύων σύνδεσης οικισμών Δήμου Δοξάτου» (Διπλωματική εργασία). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Μηνιαίο Δελτίο Ειδικού Λογαριασμού ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019. (17 Δεκεμβρίου 2019). Ανακτήθηκε από http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/MiniaiaDeltiaEL/2019-06_SEPT__OCTOB_2019_DELTIO_ELAP_E_v1.0_11.12.2019.pdf

Μουσιόπουλος, Ν. & Μπούρα, Α. (1999). Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Μπακογιάννη, Δ. (2013). Μελέτη επιπτώσεων μονάδας παραγωγής νιοντίζελ από χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια με τη μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Πανουσακοπούλου, Β., Σφετσιώρης, Ε. (2016). Αξιολόγηση επένδυσης φωτοβολταϊκού πάρκου στο δίκτυο της Αττικής Οδού (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Πέγιος, Δ. (2007). Χρονικός και Οικονομικός προγραμματισμός δημοσίων έργων- Η εφαρμογή του στην Εγνατία Οδό Α.Ε. (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Περδίας, Σ. (2007). Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Αθήνα: Τεκδοτική

Πέτρου, Α. (2014). Η ανάλυση κύκλου ζωής ως εργαλείο εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων τουριστικής δραστηριότητας: επισκόπηση εξελίξεων και μελέτη περίπτωσης καταλυμάτων μικρού μεγέθους (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Τζητηρίδου, Χ. (2019). Στατιστική ανάλυση Φ/Β πάρκων στην Ελλάδα (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Τσαγκαροπούλου, Γ. (2014). Μοντέλα πρόβλεψης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής Προϊόντων Βιοδιυλιστηρίου Ββασισμένα στη Μοριακή τους Δομή (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Τσεκούρας, Σ. (2013). *Οικονομοτεχνική ανάλυση και αξιολόγηση ανασχεδίασης προϊόντος με στόχο τη βελτίωση της περιβαλλοντικής του ποιότητας με βάση το κύκλο ζωής του* (Μεταπτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς.

Τσιλίκας, Σ. (2014). *Αποτίμηση των Μεθοδολογιών CCPM (Critical Chain Project Management) και ECM (Event Chain Methodology) στη Διαχείριση Χρονοδιαγραμμάτων Έργων* (Μεταπτυχιακή εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Φραγκιαδάκης, Ι. Ε. (2007). *Φωτοβολταϊκά συστήματα*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.