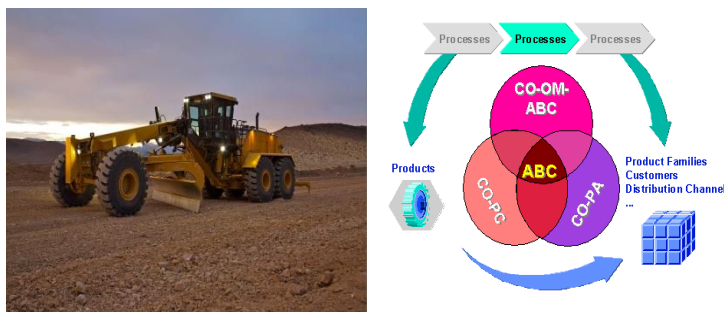


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ A.B.C.
(ACTIVITY BASED COSTING) ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΩΝ
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Μουστάκης Βασίλειος

Χανιά 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία “ Εφαρμογή της μεθόδου κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων (Α.Β.Σ.) στις εργασίες στον κλάδο των χωματουργικών εταιρειών ” εκπονήθηκε στα πλαίσια των διπλωματικών εργασιών της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη χωματουργικών δραστηριοτήτων σε διάφορους τύπους τεχνικών έργων και η συγκριτική αξιολόγηση μαθηματικών μοντέλων και μεθόδων προς την ακριβέστερη κοστολόγηση των δραστηριοτήτων αυτών.

Χωματουργικά έργα ονομάζονται τα έργα κατά τα οποία πραγματοποιείται αναμόχλευση και εκσκαφή εδαφών, φόρτωση και μεταφορά υλικών, εκβραχισμός, επιχωμάτωση, και συμπίεση εδαφών. Επιπλέον, στην κατηγορία των χωματουργικών έργων ανήκουν πάσης φύσεως δραστηριότητες προς την εξασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και της ιδιωτικής και δημόσιας περιουσίας.

Η κοστολόγηση των χωματουργικών εργασιών αποτελεί επίσης ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα, στην όλη παραγωγική διαδικασία. Οι μέθοδοι κοστολόγησης εξελίσσονται διαρκώς έτσι ώστε η οικονομική αξιολόγηση να είναι όσο πιο ακριβής γίνεται, συντελώντας έτσι στην έγκυρη λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων.

Με την ευκαιρία συγγραφής της εργασίας μου θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά εκείνους που με τη βοήθειά τους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της.

Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω:

- Τον καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Μουστάκη που μου εμπιστεύτηκε την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για την άριστη συνεργασία και την βοήθεια που μου παρείχε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.
- Όλους τους συναδέλφους που με βοήθησαν στην υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ζης Σωτήρης

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
Συνοτομογραφίες	5
Πίνακες	5
Διαγράμματα.....	5
Εικόνες.....	5
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ισχύουσα κατάσταση σε εργοταξιακές μονάδες χωματοουργικών έργων και Νομοθεσία.....	7
2.1. Ισχύουσα κατάσταση σε εργοταξιακές μονάδες χωματοουργικών έργων	7
2.2 Νομοθεσία για τα χωματοουργικά έργα	10
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό μέρος	12
3.1. Γενικά για τα χωματοουργικά έργα	12
3.2. Μηχανήματα χωματοουργικών έργων	14
3.3 Μοντελοποίηση και Αυτοματισμός λειτουργίας μηχανημάτων σε χωματοουργικά έργα	31
3.4 Οργάνωση και Απόδοση χωματοουργικών εργασιών	35
Κεφάλαιο 4 ^ο : Παρουσίαση του θέματος.....	39
Κεφάλαιο 5 ^ο : Κοστολόγηση χωματοουργικών έργων.....	42
5.1. Γενικά για την κοστολόγηση	42
Συντελεστές επιρροής κόστους (18).	44
Βασικοί συντελεστές επιρροής κόστους (17) (18).	44
Α Κατηγορία: Επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας (18) (21).....	45
Β Κατηγορία:Μη επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας (18) (21).	45
Συμβατικός προϋπολογισμός κόστους (17) (18) (21).	46
Αντικειμενικός υπολογισμός κόστους (18).	46
5.2. Πληροφορίες για τον υπολογισμό κόστους.....	47
5.3. Συμβατικές – παραδοσιακές μέθοδοι κοστολόγησης	49
5.4. Παρουσίαση της μεθόδου υπολογισμού κόστους A.B.C.(Activity Based Costing).....	50
Α. Γενικά	52
Β. Ειδικά.....	52
5.5 Φάσεις υλοποίησης ενός συστήματος A.B.C. σε μια χωματοουργική διαδικασία.	52
5.5. Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών οκτάωρων φάσεων σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού.....	56

5.5.1. Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 1 ^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	57
5.5.2. Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 2 ^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	58
5.5.3. Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 3 ^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	59
5.5.4. Κόστος αποδοχών και Κόστος παραγωγής για κάθε φάση Χωματουργικής δραστηριότητας τριών οκτάωρων φάσεων σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	60
5.6 Μοντέλο ανάπτυξης συστήματος A.B.C.....	62
5.6.1 Οδηγοί κόστους.....	62
5.6.2 Αριθμός απαιτούμενων δραστηριοτήτων και οδηγών κόστους.	63
5.6.3 Όψεις του A.B.C.....	63
5.6.4 Όψη απόδοσης του κόστους.....	63
5.6.5 Όψη των διαδικασιών.	64
Κεφάλαιο 6 ^ο : Αποτελέσματα και Συζήτηση	65
6.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Μεθόδων Εκπόνησης χωματουργικών Έργων..	65
6.2. Συγκριτική Αξιολόγηση μεταξύ Συμβατικών και «A.B.C.» συστημάτων Κοστολόγησης Χωματουργικών Έργων	66
6.3. Πλεονεκτήματα της την κατασκευαστική εταιρεία.	67
6.4. Πλεονεκτήματα της A.B.C. ως προς την οικονομική ανάλυση του έργου	68
6.5. Πλεονεκτήματα της A.B.C. σε σχέση με τις δραστηριότητες και τα προϊόντα	69
Κεφάλαιο 7 ^ο : Συμπεράσματα.....	70
Παράρτημα.....	73
Βιβλιογραφία	76
Βιβλιογραφία	76

Συντομογραφίες

Κ.Μ.Λ.Ε.

(Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών)

Ν.

(Νόμος)

Υ.Α.

(Υπουργική Απόφαση)

Φ.Ε.Κ.

(Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως)

Πίνακες

Πίνακας 1 Συντελεστής βάθους (n_1).....	15
Πίνακας 2 Συντελεστής γωνίας περιστροφής (n_2)	15
Πίνακας 3 Ικανότητα φόρτωσης του υλικού (n_3).....	15
Πίνακας 4 Συντελεστής $f \cdot I$ για διάφορα γαιώδη υλικά	29
Πίνακας 5 Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 1ης οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	57
Πίνακας 6 Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 2ης οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	58
Πίνακας 7 Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών 3ης οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού	59
Πίνακας 8 Κόστος αποδοχών και παραγωγής ανά φάση εκπόνησης του χωματουργικού έργου	61
Πίνακας 9 Συνολικό ποσό κοστολόγησης κέρδους.....	61

Διαγράμματα

Διάγραμμα 3.2.1.	28
Διάγραμμα 3.4.1.	34
Διάγραμμα 5.4.1.	47

Εικόνες

Εικόνα 1 Ατυχήματα κατά στο χώρο εργασίας τη χρονική διάρκεια του έτους 2010 (2)



.....	9
Εικόνα 3 Ελαστικοφόρος εκσκαφέας Πηγή εικόνας	16
Εικόνα 2 Ερπυστριοφόρος εκσκαφέας Πηγή εικόνας.....	16
Εικόνα 4 Ελαστικοφόρος φορτωτής Πηγή (6).....	17
Εικόνα 5 Ισοπεδωτής γαιών Πηγή (7)	22
Εικόνα 6 Ερπυστριοφόρος προωθητής Πηγή (7)	23
Εικόνα 7 Προωθητικός κοπτήρας Πηγή(http://autoline.de/sf/Ersatzteile-Bohrkrone-Tricone-Rock-Bits--15090413392763335400.html)	27
Εικόνα 8 sight tele operation (10).....	32
Εικόνα 9 sight tele operation in earthmoving (11).....	33
Εικόνα 10 tele remote operation in earthmoving (9)	33
Εικόνα 11 Διάγραμμα ελέγχου εργασίας μέσω τηλεκατεύθυνσης μηχανημάτων. (9)	33
Εικόνα 12 Διάγραμμα ροής δεδομένων και τρόπος κοστολόγησης του έργου (15)	41
Εικόνα 13 Ενδεικτικό διάγραμμα ροής για την εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων σύμφωνα με τη μέθοδο D.E.S. (22).....	48
Εικόνα 14 Απεικόνιση της δομής του συστήματος κοστολόγησης ABC (πηγή: ανάπτυξη επιχειρηματικών σχεδίων Γ. Σταμπουλής)	51

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

Τα χωματουργικά έργα αποτελούν μεγάλο και υψίστης σημασίας μέρος για οποιοδήποτε τεχνικό έργο. Για την εκπόνησή τους απαιτούνται διαφόρων ειδών μηχανήματα, εξειδικευμένο προσωπικό και συγκεκριμένα σχέδια εργασιών ανάλογα με την κάθε περίπτωση. Στην παρούσα εργασία γίνεται λεπτομερής αναφορά του τρόπου εκπόνησης χωματουργικών έργων ώστε να γίνει αντιληπτός ο σωστός τρόπος λειτουργίας αυτών και οι παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά την όλη δραστηριότητα. Αντικείμενο της κάτωθι διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της μεθόδου A.B.C. (Activity Based Costing) η οποία αποτελεί την ακριβέστερη και πιο πλεονεκτική μέθοδο κοστολόγησης χωματουργικών έργων έναντι των συμβατικών μεθόδων κοστολόγησης.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει επτά (7) κεφάλαια.

Επιγραμματικά το περιεχόμενο του κάθε κεφαλαίου είναι:

➤ **Κεφάλαιο: 1 Εισαγωγή.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γενικές πληροφορίες για την διπλωματική εργασία.

➤ **Κεφάλαιο: 2 Νομοθεσία.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται:

-Το νομικό πλαίσιο για την εκπόνηση χωματουργικών έργων

-Το νομικό πλαίσιο για την ασφαλή εργασία όλων των εργαζομένων και για την ορθή λειτουργία του μηχανικού εξοπλισμού

➤ **Κεφάλαιο: 3 Θεωρητικό Μέρος.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στα χωματουργικά έργα, στα μηχανήματα που απαιτούνται και τον τρόπο λειτουργίας αυτών, στον τρόπο λειτουργίας των εργοταξίων, και στους παράγοντες που επηρεάζουν τις εν λόγω δραστηριότητες. Επίσης αναφέρονται τα μαθηματικά μοντέλα και οι τρόποι αυτοματοποίησης του σχεδιασμού λειτουργίας των χωματουργικών έργων.

➤ **Κεφάλαιο: 4 Παρουσίαση του Θέματος.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το κυρίως αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, καθώς και η χρησιμότητα αυτής της μελέτης σε βιομηχανική κλίμακα.

➤ **Κεφάλαιο: 5 Κοστολόγηση χωματουργικών έργων.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι λειτουργίας των μεθόδων κοστολόγησης χωματουργικών εργασιών. Γίνεται παρουσίαση της μεθόδου A.B.C. (Activity Based Costing).

➤ **Κεφάλαιο: 6 Αποτελέσματα και συζήτηση**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων κοστολόγησης χωματουργικών έργων.

Γίνεται συγκριτική αξιολόγηση της μεθόδου A.B.C. (Activity Based Costing) με τις υπόλοιπες συμβατικές μεθόδους.

➤ **Κεφάλαιο: 7 Συμπεράσματα.**

Σ' αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κύρια συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αναφέρονται προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση και περαιτέρω διερεύνηση.

Κεφάλαιο 2ο: Ισχύουσα κατάσταση σε εργοταξιακές μονάδες χωματουργικών έργων και Νομοθεσία

2.1. Ισχύουσα κατάσταση σε εργοταξιακές μονάδες χωματουργικών έργων

Τα εργοτάξια είναι οι χώροι που λαμβάνουν χώρα τα χωματουργικά έργα. Τα χωματουργικά έργα απατώνται σχεδόν σε όλα τα τεχνικά έργα όπως:

- **εργοταξιακές μονάδες Χ.Υ.Τ.Α.**
- **σε εκσκαφές μεταλλείων**
- **σε επιχωματώσεις**
- **διαστρωματώσεις**
- **μεταφορές γαιώδους και βραχώδους ύλης**
- **εκχιονίσεις**
- **ασφαλτοστρώσεις**

Σε όλες τις εργοταξιακές μονάδες οι συνθήκες του εργασιακού περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς. Τόσο τα όρια των περιοχών δράσης όσο και τα συνεργεία μηχανικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού αναπτύσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης του έργου. Το τεχνητό οδικό δίκτυο που αναπτύσσεται, μεταβάλλεται σύμφωνα με το μέτωπο εργασιών για την βελτιστοποίηση της απόδοσης εργασίας. Η καθημερινή διέλευση των μηχανημάτων στο τεχνητό οδικό δίκτυο είναι συνεχής.

Δυστυχώς πολλές φορές η συντήρηση του μηχανικού εξοπλισμού δεν γίνεται άμεσα και σωστά. Η ένταση του θορύβου, το νέφος σκόνης κατά τη διάρκεια της εργασίας, ο ταχύς ρυθμός αυτής και το άγχος των εργαζομένων είναι παράγοντες που συντελούν στην πρόκληση ατυχημάτων. Οι περισσότεροι εργαζόμενοι είναι ανειδίκευτοι, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην γίνεται άμεσα αντιληπτός ο πιθανός κίνδυνος. Η συχνότητα των εργατικών ατυχημάτων είναι σχετικά μεγάλη και τα περισσότερα από αυτά είναι σοβαρά και σε κάποιες περιπτώσεις θανατηφόρα.

Ενδέχεται πολλά συνεργεία να εργάζονται στον ίδιο χώρο την ίδια χρονική διάρκεια χωρίς να γίνεται ο απαραίτητος συντονισμός εργασίας. Σχεδόν στις περισσότερες περιπτώσεις οι εργαζόμενοι είναι αλλοδαποί ή παλιννοστούντες με αποτέλεσμα να μην ενημερώνονται σωστά για τον πρότυπο τρόπο εργασίας τους και να μην κατέχουν επακριβώς τον τρόπο χειρισμού των μηχανημάτων και άλλων συσκευών του εργοταξίου (1).

Συχνά οι συνεργασίες μεταξύ Γενικών εργολάβων και Υπεργολάβων είναι άτυπες, δεν επικυρώνονται δηλαδή με όλα τα νόμιμα έγγραφα (τα οποία καθιστούν τους Υπεργολάβους ως αρμόδιους για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων και τη

σωστή λειτουργία των μηχανημάτων όπως αναφέρεται στο Π.Δ. 225/1989,ΦΕΚ 106/Α/2-5-1989 στην παράγραφο ε του άρθρου 2).

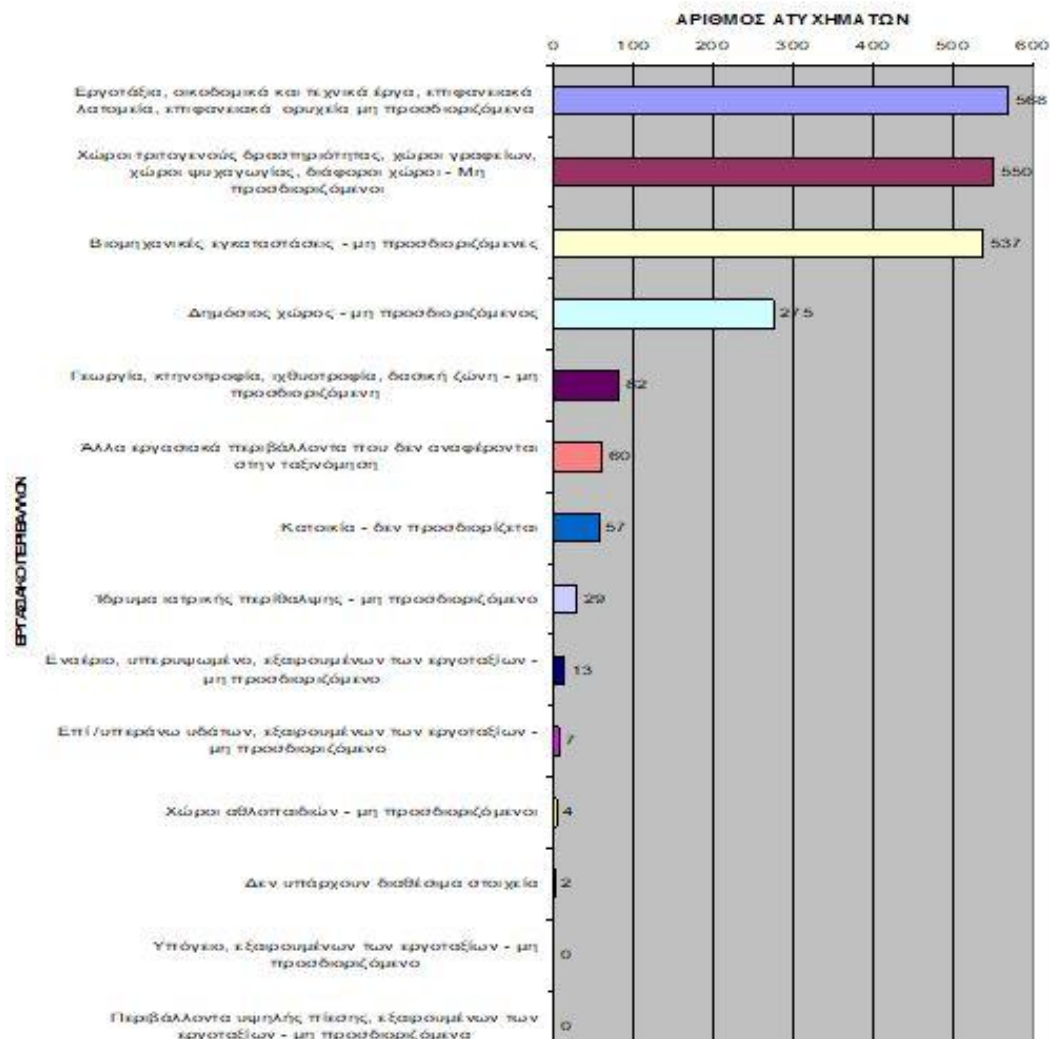
Όλα αυτά είναι βασικά προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο μηχανικός του πεδίου είτε ως τεχνικός ασφαλείας, είτε ως επιβλέπων μηχανικός, είτε ως ανάδοχος του έργου.

Τα συνήθη αίτια ατυχημάτων είναι:

- **τραυματισμοί από πτώσεις αντικειμένων**
- **τραυματισμοί μέσα σε συνεργεία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού**
- **τραυματισμοί από κατολισθήσεις**
- **τραυματισμοί από κακή χρήση των μηχανημάτων**
- **τραυματισμοί από την κακή συντήρηση μηχανημάτων**

Ένα ατύχημα σπάνια, οφείλεται σε μεμονωμένους παράγοντες. Συνήθως ένας συνδυασμός παραγόντων οφείλεται για την πρόκλησή του. Παρατίθεται σχετική απεικόνιση συχνότητας εργατικών ατυχημάτων, κατά το 2010 από το αρμόδιο Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας. Τα περισσότερα από αυτά όπως φαίνεται λαμβάνουν χώρα σε εργοταξιακές μονάδες τεχνικών έργων.

14. ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ 2010 - ΕΡΓΑΣΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



Εικόνα 1 Ατυχήματα κατά στο χώρο εργασίας τη χρονική διάρκεια του έτους 2010 (2)



Με βάση τα ανωτέρω, η οργάνωση για την ορθή λειτουργία των εργοταξίων και συγχρόνως για την προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων είναι επιτακτική. Για το λόγο αυτό θεσπίστηκαν νόμοι οι οποίοι αναβαθμίζονται συνεχώς. Με την πάροδο του χρόνου έχει επιτευχθεί μείωση των εργατικών ατυχημάτων, όμως όχι και η εξάλειψή τους.

Προκειμένου οι συνθήκες εργασίας στα εργοτάξια χωματουργικών έργων να είναι φιλικές τόσο στην υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων, όσο και στο περιβάλλον, έχουν θεσπιστεί αρμόδιοι νόμοι για τη σωστή λειτουργία των τεχνικών έργων.

2.2 Νομοθεσία για τα χωματουργικά έργα

Η αρμόδια νομοθετική εξουσία, Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Ασφάλισης και Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, έχουν θεσπίσει νόμους σχετικά με την ορθή λειτουργία εργοταξίων, την ασφάλεια και προστασία των εργαζομένων, και τη μείωση περιβαλλοντικών οχλήσεων και κινδύνων.

Το νομοθετικό πλαίσιο του εθνικού μας δικαίου εναρμονίστηκε, όπως φαίνεται στην εγκύκλιο 130159/07-05-1997 μέσω του Π.Δ. 305/96, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 92/57/ΕΟΚ και οι μεταρρυθμίσεις του αφορούσαν τα εξής:

- **Μέτρα ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών σε εργοτάξια**, όπως ορίζεται από το Π.Δ. 1073/81.
- **Ημερολόγιο μέτρων ασφαλείας**, όπως ορίζεται από την Υ.Α. 130646/84, (ΦΕΚ 154/Β/19.3.1984).
- **Σύσταση μικτών επιτροπών ελέγχου σε εργοταξιακά έργα** όπως ορίζεται από την Υ.Α. 131325/87, (ΦΕΚ 467/Β/28.8.1987) (Κύρωση με το Ν. 1767/88 άρθρο 19).

Πιο αναλυτικά οι ισχύοντες νόμοι αναφέρονται:

- **στο σχεδιασμό ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων** ο οποίος ορίζεται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 8, άρθρο 9, άρθρο 10, άρθρο 12, και άρθρο 17 και στην (ΥΑ Β4373/1205/1993, ΦΕΚ 187/Β/23-3-93) στο άρθρο 15.
- **στην εκτέλεση εργασιών σε εργοτάξια και πάσης φύσεως τεχνικών έργων αρμοδιότητας πολιτικού μηχανικού**, όπως ορίζεται από το ΦΕΚ 260/16-9-1981.
- **στο ακριβές ωράριο και τρόπο εργασίας των εργαζομένων ανάλογα με το κάθε τεχνικό έργο**, το οποίο καθορίζεται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 5, άρθρο 6 και άρθρο 20 και από τον Ν.3850/2010 (ΦΕΚ84/Α/2.6.2010) στο άρθρο 26.
- **στην εκπαίδευση και εξειδίκευση των εργαζομένων στο αντικείμενο απασχόλησής τους** οι οποίες ορίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 13 και στο άρθρο 18.
- **στον κανονισμό λειτουργίας εργοταξιακών μονάδων** όπως ορίζεται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 47 και στο Π.Δ. 105/95(ΦΕΚ 67/Α/10.4.95).
- **στον κανονισμό λειτουργίας και συντήρησης μηχανικού εξοπλισμού** όπως αυτός ορίζεται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 34, από το Ν. 3710/2008 (ΦΕΚ 216 Α) στην παράγραφο 3 του άρθρου 6 και από το Π.Δ. 31/90 (ΦΕΚ 11/Α/5-2-1990) στο άρθρο 1 και άρθρο 2.
- **στις επιτροπές ελέγχου εργοταξίων και μεικτών επιτροπών ελέγχου σε εργοταξιακά έργα** όπως αυτές ορίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε.

(Υ.Α.2223,ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 12 και στο άρθρο 16,και από την Υ.Α.131325/87 ,(ΦΕΚ 467/Β/28-8-1987).

- **στις επιτροπές αξιολόγησης προσόντων για την καταλληλότητα των εργαζομένων** όπως αυτές ορίζονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 11
- **στους τεχνικούς για την υπόδειξη του τρόπου λειτουργίας του εκάστοτε τεχνικού εξοπλισμού** όπως ορίζεται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (Υ.Α.2223, ΦΕΚ122714/06/11) στο άρθρο 3 στις παραγράφους 2,3,4,5 και6
- **στις αρμόδιες υπηρεσίες ανάθεσης του τεχνικού έργου σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα** όπως ορίζεται από το νόμο 4014/2011 στην παράγραφο 1 του άρθρου

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό μέρος

3.1. Γενικά για τα χωματουργικά έργα

Ένα χωματουργικό έργο όπως προαναφέρθηκε μπορεί να είναι σχετικά μικρής ή μεγάλης δυναμικότητας. Μικρής δυναμικότητας χωματουργικά έργα είναι για παράδειγμα, ασφαλιστικές, επιχωματώσεις, εκσκαφές, απομάκρυνση βράχων από κατολισθήσεις σε δρόμους κ.α. Μεγάλης δυναμικότητας χωματουργικά έργα είναι για παράδειγμα επιχωματώσεις, διαστρωματώσεις απορριμματικού φορτίου Χ.Υ.Τ.Α., δημιουργία τεχνητού οδικού δικτύου, εκσκαφές, μεταφορές και εκφορτώσεις μεγάλων όγκων γαιώδους ύλης σε εργοτάξια τεχνικών έργων κ.α.

Προκειμένου να κριθεί η κατηγορία του εκάστοτε χωματουργικού έργου αξιολογείται από το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (όπως ορίζεται από το νόμο 4014/2011) η δυναμικότητα αυτού όσον αφορά την έκταση του, τον εξοπλισμό που απαιτείται, το εργατικό δυναμικό, και τις όποιες περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Όσον αφορά την έκταση του χωματουργικού έργου γίνεται η απαιτούμενη διαμόρφωση της περιοχής του εργοταξίου. Αυτή η εργοταξιακή διάταξη βασίζεται στην επιλογή, εγκατάσταση και οργάνωση των μέσων παραγωγής μέσα στο χώρο κατασκευής του έργου. Κατά τη μελέτη της διαμόρφωσης αυτής πρέπει να δίνεται προσοχή στα εξής (3):

- **Το μέγεθος του χωματουργικού έργου.** Από την οικονομοτεχνική και περιβαλλοντική μελέτη βγαίνουν συμπεράσματα για την σκοπιμότητα χρήσης μηχανημάτων και συνεργείων ενώ παράλληλα οριοθετείται και περιφράσσεται η περιοχή δράσης.
- **Ο χρόνος παράδοσης του έργου.** Αυτός ορίζεται από την αρμόδια αναθέτουσα αρχή(νομαρχία, περιφέρεια, δήμος). Ο χρόνος παράδοσης επηρεάζει άμεσα τον αριθμό των μηχανολογικών εγκαταστάσεων, τον αριθμό των μηχανημάτων και τον αριθμό των εργαζομένων.
- **Οι δυνατότητες πρόσβασης και μεταφοράς στα μέτωπα εργασιών.** Από αυτές καθορίζεται το αν και που θα γίνει κατασκευή τεχνητού οδικού δικτύου. Επιπλέον επηρεάζεται η μέθοδος εκσκαφής ,φόρτωσης και μεταφοράς των υλικών.
- **Οι τοπικές εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες.** Από αυτές προσδιορίζεται η μορφή και η φύση των μηχανημάτων, δηλαδή αν θα χρησιμοποιηθούν οχήματα με ερπύστριες, με ελαστικούς τροχούς ή σιδηροδρομικό υλικό, και η συχνότητα των βαρδιών εργασίας.

Σύμφωνα με αυτές τις παραμέτρους ο ανάδοχος του έργου υποχρεούται να κατέχει τα κατάλληλα μηχανήματα για τη βέλτιστη και εμπρόθεσμη εκπόνηση του τεχνικού έργου. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό δίνεται ιδιαίτερη έμφαση

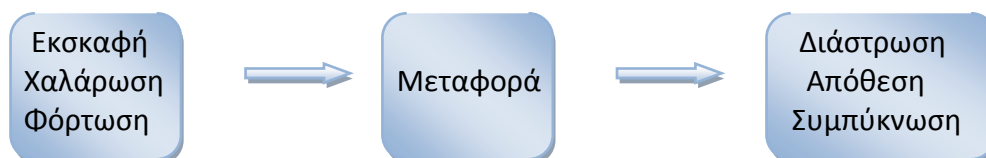
- **στα είδη των μηχανημάτων** που θα χρησιμοποιηθούν.
- **στα τεχνικά στοιχεία των μηχανημάτων**, δηλαδή το βάρος, η ιπποδύναμη, ο συντελεστής απόδοσης.
- **στη συντήρησή τους**, δηλαδή κόστος- παροχή ανταλλακτικών και συχνότητα συντήρησης.

- **στην απασχόληση προσωπικού**, κατά πόσο αποδίδουν οι εργαζόμενοι υπό τις εκάστοτε καιρικές και εδαφολογικές συνθήκες.
- **στο μέσο ετήσιο χρόνο λειτουργίας** όλων των μηχανημάτων. Ενδεικτικές τιμές για πραγματική λειτουργία είναι 2400 h έως 2900 h για μαλακά εδάφη και 1800 h έως 2600 h για σκληρά εδάφη ανά έτος.
- **στην εξειδίκευση του προσωπικού** και την ικανότητα προσαρμογής του στη νέα τεχνολογία.

Σε ένα χωματουργικό έργο οι συνήθεις εργασίες που λαμβάνουν χώρα είναι:

- **Εκσκαφές και μετακινήσεις όγκων χώματος** όπως για παράδειγμα να σχηματισθούν κοιλότητες ορισμένου ή μη γεωμετρικού σχήματος (λάκκοι, τάφροι για θεμελιώσεις ή άλλα έργα, χαντάκια αγωγών, διώρυγες), να γίνουν εκβαθύνσεις βυθών, διανοίξεις διόδων, επιχωματώσεις, αναχώματα (χωμάτινα υψώματα κατά μήκος των οχθών ποταμών), να αποξηρανθούν έλη, να αποκομισθούν από το έδαφος ή από όπως βυθούς υλικά για διάφορες όπως, να εξορυχτούν μεταλλεύματα.
- **Διαμόρφωση χωμάτινων επιφανειών** με επιφανειακή εκσκαφή και μεταφορά χώματος βάσει καθορισμένου σχεδίου, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή τελική μορφή.
- **Ισοπέδωση επιφανειών** με απόσπαση και μεταφορά χώματος.
- **Συμπύκνωση εδαφών** με πίεση ή με την πρόκληση δονήσεων για τη σταθεροποίηση χωμάτινων όγκων.
- **Εκρίζωση θάμνων ή δένδρων.**
- **Θρυμματισμός και ανάμιξη του εδάφους με άλλα υλικά.**
- **Απομάκρυνση χιονιών** είτε μέσω εκτοπισμού, είτε μέσω εκτόξευσής τους.

Γενικά σε όλα τα χωματουργικά έργα διακρίνονται οι τρεις κύριες φάσεις εργασίας (3)



Οι χωματουργικές μηχανές διακρίνονται αντίστοιχα σε μηχανές **εκσκαφής και φόρτωσης**, **μεταφορικές μηχανές** και **μηχανές απόθεσης, διάστρωσης και συμπύκνωσης**.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούνται στη χαλάρωση, εκσκαφή, εξόρυξη και φόρτωση υλικών. Κάποιες από αυτές είναι προωθητές γαιών, ερπυστριοφόροι ή ελαστικοφόροι εκσκαφείς με ανεστραμμένο πτύο, ερπυστριοφόροι ή ελαστικοφόροι φορτωτές κλπ.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα μηχανήματα μεταφοράς, όπως ελαστικοφόρα μεταφορικά οχήματα, σιδηροδρομικό υλικό, μεταφορικοί ιμάντες κ.α.

Στη Τρίτη κατηγορία ανήκουν οι μηχανές απόθεσης, διάστρωσης και συμπύκνωσης, όπως είναι οι αποθέτες, οι ισοπεδωτές γαιών, οι συμπυκνωτές εδάφους κ.α.

3.2. Μηχανήματα χωματουργικών έργων

Τα κυριότερα μηχανήματα χωματουργικών έργων είναι τα εξής:

- Ερπυστριοφόρος ή ελαστικοφόρος εκσκαφέας με ανεστραμμένο πτύο.
- Ερπυστριοφόρος ή τροχοφόρος φορτωτής.
- Στατικοί συμπυκνωτές με μεταλλικούς ή ελαστικούς τροχούς
- Ισοπεδωτής
- Ερπυστριοφόρος προωθητής
- Κοπτήρας
- Μετωπικός κοπτήρας
- Γωνιακός κοπτήρας
- Προωθητικός κοπτήρας
- Αναμοχλευτής

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή για καθένα από τα προαναφερόμενα μηχανήματα (3) (4).

Ερπυστριοφόρος ή ελαστικοφόρος εκσκαφέας με ανεστραμμένο πτύο.

Η μηχανή αυτή είναι εφοδιασμένη με μια μακριά μπούμα για να αυξάνεται το βάθος εκσκαφής και χρησιμοποιείται πρωταρχικά για να κάνει εκσκαφές κάτω από την φυσική επιφάνεια του εδάφους πάνω στην οποία πατάει. Είναι κατάλληλη για να κάνει εκσκαφές χανδάκων, θεμελίων, εκσκαφές με κλίσεις οι οποίες απαιτούν ακρίβεια στο βάθος και κατασκευές υπογείων εγκαταστάσεων. Όλα τα συστήματα του εκσκαφέα κινούνται με υδραυλικό τρόπο, τα οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν σημαντικές εξελίξεις και πλεονεκτήματα. Τα σπουδαιότερα είναι η απλοποίηση των χειρισμών, η αύξηση της ταχύτητας λειτουργίας, απόδοσης, και η αύξηση του συντελεστή ασφαλείας.

Ο τύπος που μας δίνει την ωριαία απόδοση των εκσκαφών σε κυβικά μέτρα συμπυκνωμένου υλικού (bm^3/h) είναι ο παρακάτω:

$$Q = f_{\phi} * V_{\kappa} * (t/60) * C \text{ όπου}$$

Q: είναι η ωριαία παραγωγική ικανότητα

f_{ϕ} = Συντελεστής φόρτωσης

V_{κ} = Χωρητικότητα κάδου (m^3)

t = Ωριαία εργασία (συνήθως 55 min)

C = Κύκλοι ανά ώρα

Οι κύκλοι ανά ώρα υπολογίζονται στην περίπτωση των εκσκαφών από τον τύπο:

$$C = 155 * n_1 * n_2 * n_3$$

Όπου n_1, n_2, n_3 είναι συντελεστές που λαμβάνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 1 Συντελεστής βάθους (n_1)

Βάθος σε μέτρα (m)	Συντελεστής (n_1)
1,5	1,00
3	0,95
4,5	0,87
6	0,78

Πίνακας 2 Συντελεστής γωνίας περιστροφής (n_2)

Γωνία (σε μοίρες)	Συντελεστής (n_2)
45	1,00
60	0,95
75	0,90
90	0,86
120	0,81
180	0,71

Πίνακας 3 Ικανότητα φόρτωσης του υλικού (n_3)

Συνθήκες	Τύπος υλικού	Συντελεστής (n_3)
Ευνοϊκές	Πηλός-Άμμος-Χαλίκια	0,85-1,00
Συνήθεις	Άργιλος-Μικτά εδάφη	0,65-0,85
Μη ευνοϊκές	Βράχια-Ρίζες Μπάζα	0,50-0,65



Εικόνα 2 Ερπυστριοφόρος εκσκαφέας Πηγή εικόνας
(5)



Εικόνα 3 Ελαστικοφόρος εκσκαφέας Πηγή εικόνας

(5)

Ερπυστριοφόρος ή τροχοφόρος φορτωτής.

Οι φορτωτές είναι μηχανές ευέλικτες, αυτοκινούμενες είτε με ερπύστριες είτε με τροχούς. Είναι ενισχυμένες με κάδο που φέρει εμπρόσθια άκρα για γενικές εργασίες όπως ελαφρά εκσκαφή, καθάρισμα, ανύψωση, μεταφορά και φόρτωση οχημάτων, τροφοδοτών, μεταφορικών ταινιών. Μπορούν και μεταφέρουν, διαστρώνουν και συμπυκνώνουν στρώματα εδάφους και όταν ενισχύονται με λεπίδες και εμπρόσθια ή οπίσθια εξαρτήματα είναι σε θέση να κάνουν εργασίες επί του εδάφους όπως ώθηση, γάντζωμα, χαλάρωση, σκάψιμο, διάνοιξη χαντακιού, δρόμων και έλξη φορτίων.

Για την επιλογή του κατάλληλου μηχανήματος για την εκτέλεση συγκεκριμένου έργου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Η χωρητικότητα του κάδου μέχρι τα χείλη (για κοφτό υλικό)
- Η ονομαστική χωρητικότητα (συσσωρευμένο υλικό)
- Το στατικό φορτίο ανατροπής

Στους αρθρωτούς ελαστικοφόρους φορτωτές, τα φυλλάδια των κατασκευαστών δίνουν το στατικό φορτίο ανατροπής και σε ευθεία και σε πλήρη στροφή του μηχανήματος. Η τιμή του στατικού φορτίου ανατροπής σε πλήρη στροφή για τους φορτωτές αυτούς έχει μεγάλη σημασία, γιατί από την τιμή αυτή εξαρτάται μέχρι

ποιου ειδικού βάρους υλικά μπορεί να σηκώσει το μηχάνημα που διαθέτουμε. Το ίδιο συμβαίνει και για τους ερπυστριοφόρους φορτωτές με τη διαφορά πως εκεί δίνεται μόνο το στατικό φορτίο ανατροπής σε ευθεία γιατί τα μηχανήματα αυτά δεν είναι αρθρωτά.



Εικόνα 4 Ελαστικοφόρος φορτωτής Πηγή (5)

➤ Ερπυστριοφόρος φορτωτής.

Η ωριαία απόδοση των ερπυστριοφόρων φορτωτών βρίσκεται σύμφωνα με τον κάτωθι μαθηματικό τύπο συναρτήσει ποσότητας του υλικού που φορτώνει ο φορτωτής ανά κύκλο και του αριθμού των εκτελούμενων κύκλων ανά ώρα.

Ο ερπυστριοφόρος φορτωτής όμως φορτώνει υλικά, από το σωρό, ή από μια επιφάνεια όπου το υλικό έχει χαλαρωθεί με αναμοχλευτή ή με φουρνέλο.

Α) Υλικά από επιφάνεια: Στην περίπτωση αυτή θεωρούμε πως το υλικό βρίσκεται σε συμπιεσμένη μορφή. Έτσι για την εύρεση της ωριαίας απόδοσης χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$Q = q * (60 / C_m) * E * f_\phi * f_\pi \text{ όπου}$$

Q = Ωριαία παραγωγική ικανότητα σε (m^3/h)

q = Παραγωγή ανά κύκλο σε κυβικά μέτρα (m^3) που είναι η ονομαστική χωρητικότητα του κάδου σε (m^3)

C_m = Χρόνος κύκλου (min)

E = Συντελεστής απόδοσης έργου

f_ϕ = Συντελεστής φόρτωσης του υλικού

f_π = Συντελεστής πλήρωσης κάδου

Β) Υλικά από σωρό: Στην περίπτωση αυτή θεωρούμε πως το υλικό βρίσκεται σε χαλαρή μορφή. Έτσι για την εύρεση της ωριαίας απόδοσης χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$Q = q * (60 / C_m) * E * f_\pi \text{ όπου}$$

Q = Ωριαία παραγωγή σε (m^3/h)

q = Παραγωγή ανά κύκλο σε κυβικά μέτρα (m^3) που είναι η ονομαστική χωρητικότητα του κάδου σε (m^3)

C_m = Χρόνος κύκλου (min)

E = Συντελεστής απόδοσης έργου

f_{π} = Συντελεστής πλήρωσης κάδου

Χρόνος κύκλου ερπυστριοφόρου φορτωτή (C_m).

Ο χρόνος κύκλου εργασίας ενός ερπυστριοφόρου φορτωτή αποτελείται από πέντε επιμέρους σημεία τα οποία είναι: ο χρόνος φόρτωσης, ο χρόνος εκφόρτωσης (ανατροπής του κάδου), ο χρόνος ελιγμών, ο χρόνος μεταφοράς του υλικού και ο χρόνος επιστροφής στο αρχικό σημείο φόρτωσης.

Χρόνος φόρτωσης (C_{m1}): Ο χρόνος φόρτωσης εξαρτάται από το υλικό με το οποίο πρόκειται να φορτωθεί ο κάδος του μηχανήματος.

Χρόνος εκφόρτωσης(C_{m2}): Ο χρόνος αυτός ποικίλει, κυρίως ανάλογα με το μέγεθος του σημείου εκφόρτωσης. Αν το σημείο εκφόρτωσης είναι π.χ. η καρότσα μικρού φορτηγού ο χρόνος αυτός μπορεί να φτάσει και τα 0,10 min. Ο τυπικός πάντως χρόνος εκφόρτωσης σε ανατρεπόμενα φορτηγά βαρέως χωματουργικού τύπου κυμαίνεται από 0,04 μέχρι 0,07 min.

Χρόνος ελιγμών(C_{m3}): Ο χρόνος ελιγμών για τους ερπυστριοφόρους φορτωτές λαμβάνεται περίπου ίσος με 0,22 min. Ελιγμοί θεωρούνται οι κινήσεις που κάνει ο φορτωτής από τη στιγμή που φόρτωσε τον κάδο του, μέχρι να βρεθεί στην ευθεία προς το σημείο εκφόρτωσης.

Χρόνος μεταφοράς (C_{m4}): Είναι ο απαιτούμενος χρόνος προσέγγισης του φορτωτή στο σημείο απόθεσης του υλικού. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την απόσταση που έχει να διανύσει ο φορτωτής και από την ταχύτητα με την οποία θα κινηθεί. Ο χρόνος μεταφοράς αναφέρεται από τον κατασκευαστή, στα τεχνικά χαρακτηριστικά, του μηχανήματος.

Χρόνος επιστροφής (C_{m5}): Είναι ο απαιτούμενος χρόνος επιστροφής του φορτωτή στο αρχικό σημείο φόρτωσης του υλικού. Ο χρόνος επιστροφής αποδίδεται στα διαγράμματα του κατασκευαστή του μηχανήματος.

Κάτι άλλο που αξίζει να σημειώσουμε είναι το μέχρι ποίου ειδικού βάρους υλικά είναι ικανός να φορτώσει ένας ερπυστριοφόρος φορτωτής. Αυτό υπολογίζεται από την κάτωθι μαθηματική σχέση:

$\varepsilon = (0,35 \cdot G_T) / q$ όπου:

ε = ειδικό βάρος (kg/Lm^3) χαλαρού υλικού

G_T = Στατικό φορτίο ανατροπής σε kg, που μας δίνεται από τον κατασκευαστή για κάθε συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος

q = Παραγωγή ανά κύκλο σε κυβικά μέτρα (m^3) που είναι η ονομαστική χωρητικότητα του κάδου σε (m^3)

➤ **Ελαστικοφόρος φορτωτής.**

Η ωριαία παραγωγή ενός ελαστικοφόρου φορτωτή εξαρτάται βασικά από το μέγεθός του. Πιο συγκεκριμένα εξαρτάται από την ισχύ του κινητήρα του, το μέγεθος του κάδου του, το ειδικό βάρος του προς φόρτωση υλικού και το χρόνο που απαιτείται για να εκτελέσει έναν πλήρη κύκλο. Από τους παραπάνω παράγοντες, η ισχύς του κινητήρα είναι δεδομένη.

Η χρήση αντίβαρων μπορεί αφενός, να αυξήσει την ικανότητα ανύψωσης του φορτωτή, και αφετέρου να ελαττώσει την ταχύτητά του και την ωριαία του απόδοση. Το μέγεθος και το είδος του κάδου είναι δεδομένο και πρέπει να προσαρμόζεται στις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες του έργου.

Ο **χρόνος κύκλου (C_m)** των ελαστικοφόρων φορτωτών υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη: την απόσταση μεταφοράς του φορτίου δηλαδή την απόσταση του σημείου φόρτωσης από το σημείο εκφόρτωσης, το χρόνο που απαιτείται για να φορτωθεί ο κάδος, το χρόνο που απαιτείται για να εκφορτωθεί ο κάδος, και το χρόνο ελιγμών του φορτωτή.

Χρόνος κύκλου ελαστικοφόρου φορτωτή (C_m).

Σαν βασικός χρόνος ενός κύκλου για τους σημερινούς σύγχρονους ελαστικοφόρους αρθρωτούς φορτωτές είναι τα 0,4 min. Στο χρόνο αυτό των 0,4 min περιλαμβάνεται ο **χρόνος φόρτωσης του κάδου, ο χρόνος εκφόρτωσης του κάδου και ο χρόνος ελιγμών.**

Σε περίπτωση που ο φορτωτής μεταφέρει επιπλέον το υλικό σε κάποια απόσταση, ο χρόνος ενός κύκλου (C_m), πρέπει να προσαυξηθεί κατά τον **χρόνο μεταφοράς** και κατά τον **χρόνο επιστροφής** του φορτωτή στην αρχική του θέση. Ο χρόνος μεταφοράς και ο χρόνος επιστροφής υπολογίζονται από διαγράμματα των κατασκευαστών και **αφορούν καθένα τύπο φορτωτή ξεχωριστά.**

Κάτι άλλο που αξίζει να σημειώσουμε είναι το όριο του ειδικού βάρους υλικών που είναι ικανός να φορτώσει ένας ελαστικοφόρος φορτωτής, πράγμα που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\epsilon = (0,50 \cdot G_T) / q \text{ όπου:}$$

ϵ = ειδικό βάρος (kg/Lm^3) χαλαρού υλικού

G_T = Στατικό φορτίο ανατροπής σε kg, που μας δίνεται από τον κατασκευαστή για κάθε συγκεκριμένο τύπο μηχανήματος

q = Παραγωγή ανά κύκλο σε κυβικά μέτρα (m^3) που είναι η ονομαστική χωρητικότητα του κάδου σε (m^3)

Το στατικό φορτίο ανατροπής (G_T) έχει μεγάλη σημασία όταν συγκρίνουμε τους ελαστικοφόρους φορτωτές δύο διαφορετικών κατασκευαστών. Είναι το ελάχιστο βάρος στο κέντρο του φορτίου ενός κάδου, το οποίο θα ανατρέψει τη στατική ισορροπία του μηχανήματος, μέχρι ενός σημείου όπου:

➤ Για τους μεν ελαστικοφόρους φορτωτές οι οπίσθιοι τροχοί θα ανασηκωθούν από το έδαφος.

➤ Για τους δε ερπυστριοφόρους φορτωτές τα ράουλα θα πάψουν να αγγίζουν την ερπύστρια.

Το στατικό φορτίο ανατροπής ορίζεται υπό τις ακόλουθες συνθήκες:

Το μηχανήμα να βρίσκεται σε σκληρή επίπεδη επιφάνεια και να είναι σταθμευμένο.

Ο κάδος να έχει τη μέγιστη αναδίπλωση.

Ο κάδος φορτωμένος να βρίσκεται στην ακρότατη εμπρόσθια θέση.

Το μηχάνημα να έχει το κανονικό βάρος λειτουργίας του και να είναι εφοδιασμένο με όλα τα προβλεπόμενα από την SAE εξαρτήματα.

Στατικοί συμπακνωτές με μεταλλικούς ή ελαστικούς τροχούς.

Η στατική συμπίκνωση γίνεται με χαλύβδινους ή ελαστικούς κυλίνδρους μεγάλης σχετικά διαμέτρου και στατικού βάρους, οι οποίοι είναι αυτοκινούμενοι ή έλκονται από ερπυστριοφόρο ή ελαστικοφόρο ελκυστήρα. Το αποτέλεσμα της συμπίκνωσης εξαρτάται από τη *γραμμική φόρτιση του εδάφους*. Ως γραμμική φόρτιση του εδάφους ορίζεται το συνολικό βάρος του συμπακνωτή ως προς το πλάτος του κυλίνδρου. Εργαστηριακές έρευνες απέδειξαν, ότι η συμπίκνωση εξαρτάται και από τη διάμετρο του κυλίνδρου. Οι μεγάλες διάμετροι προτιμώνται, γιατί αυτές προκαλούν μικρότερη διατάραξη των επιφανειακών στρώσεων και η εργασία συμπίκνωσης παρουσιάζει μεγαλύτερη ευστάθεια στην προσπάθεια επιτυχίας του βέλτιστου αποτελέσματος.

Οι ελαστικοφόροι κύλινδροι συμπίκνωσης βρίσκουν τα τελευταία χρόνια μεγαλύτερη εφαρμογή τόσο στα χωματουργικά έργα, όσο και στη συμπίκνωση ασφαλικών ταπήτων. Η επιτυχία τους οφείλεται κατά κύριο λόγο στην περισσότερο ομοιόμορφη συμπίεση, την οποία δίνουν στο έδαφος, σε σύγκριση με τους μεταλλικούς κυλίνδρους. Οι μεταλλικοί κύλινδροι εξαιτίας της άκαμπτης κατασκευής του κυλίνδρου, αφήνουν πολλές φορές κενά μεταξύ γειτονικών κόκκων ή στιβάδων του υλικού, με αποτέλεσμα το υλικό που βρίσκεται κάτω από τη θέση αυτή να παραμένει ασυμπίεστο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *γεφύρωση*, και εμφανίζεται περισσότερο στα επιφανειακά στρώματα.

Το μειονέκτημα αυτό δεν παρατηρείται στους ελαστικοφόρους συμπακνωτές. Τα αποτελέσματα της συμπίκνωσης είναι ακόμη καλύτερα, όταν ο συμπακνωτής έχει επτά ελαστικούς τροχούς με ταλαντευόμενη ανάρτηση. Με τη διάταξη αυτή η κατανομή του βάρους είναι ομοιόμορφη και σταθερή σε όλους τους τροχούς ακόμη και στη περίπτωση εργασίας πάνω σε ανώμαλο έδαφος. Επίσης οι ελαστικοφόροι συμπακνωτές μειώνουν στο ελάχιστο τη μεταγενέστερη επισκευαστική συμπίκνωση στα έργα οδοποιίας, η οποία οφείλεται σε παραμορφώσεις κατά τη λειτουργία του έργου.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα του ελαστικοφόρου συμπακνωτή είναι οι οριζόντιες δυνάμεις που μεταφέρει στο έδαφος, εκτός από τις κατακόρυφες. Οι οριζόντιες δυνάμεις αναπτύσσονται προς όλες τις διευθύνσεις και με την επενέργειά τους μετατοπίζονται οι κόκκοι του υλικού σε οριζόντιο επίπεδο. Η δράση αυτή είναι ουσιαστικός παράγοντας για την επιτυχία ομοιόμορφης συμπίεσεως και για την αύξηση της πυκνότητας. Η ανάπτυξη των δυνάμεων σε οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα σε συνδυασμό με την ελαστικότητα των τροχών, δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα συμπίκνωσης. Κατά τη διάσθρωση π.χ. ασφαλικού τάπητα, αν χρησιμοποιηθεί μεταλλικός κύλινδρος, υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος να παρουσιαστεί το φαινόμενο της γεφύρωσης μεταξύ διαδοχικών κόκκων υλικού. Στην περίπτωση του ελαστικοφόρου κυλίνδρου, το ελαστικό επίσωτρο παραμορφώνεται και προσαρμόζεται προς το περίγραμμα της επιφάνειας, το υλικό δεν προωθείται και έτσι δεν δημιουργούνται ρήγματα στην επιφάνεια που συμπακνώθηκε. Ρωγμές οι οποίες προκλήθηκαν από μεταλλικούς κυλίνδρους,

κλίνουν με μια πρόσθετη διέλευση ελαστικοφόρου συμπυκνωτή. Το συμπέρασμα είναι ότι ασφαλτικοί τάπητες οι οποίοι συμπυκνώνονται με ελαστικοφόρο συμπυκνωτή, παρουσιάζουν καλύτερη στεγανότητα στο νερό και στη σκόνη. Το τελικό σιδέρωμα του ασφαλτικού τάπητα μπορεί να γίνει με τη χρήση μεταλλικού κυλίνδρου.

Για καλύτερα αποτελέσματα στη συμπύκνωση ασφαλικών ταπήτων συνιστάται η εξής αλληλουχία εργασιών:

Αρχική κυλίνδρωση με δίτροχο μεταλλικό κύλινδρο μικρού βάρους και με χαμηλή ταχύτητα.

Ενδιάμεση κυλίνδρωση με ελαστικό κύλινδρο. Οι πρώτες διελεύσεις με ταχύτητα περίπου 120 m/min, στη συνέχεια αύξηση μέχρι 200 m/min.

Τελική συμπύκνωση με μεταλλικό κύλινδρο για τη λείανση της επιφάνειας.

Η ωριαία απόδοση των συμπυκνωτών υπολογίζεται από την κάτωθι μαθηματική σχέση:

$Q = [(b \cdot h_f \cdot v \cdot 1000) / z] \cdot n_E \cdot n_1 \cdot n_h$ όπου:

Q=ωριαία απόδοση (Fm³/h)

b=πλάτος εργασίας (m)

h_f=πάχος στρώματος υλικού (m)

v=ταχύτητα διελεύσεως (km/h)

z=αριθμός διελεύσεων

n_E=βαθμός επικάλυψης, $n_E = (b - b_E) / b$

b_E=επικάλυψη, 0,2 έως 0,5 m

n₁=βαθμός εκμεταλλεύσεως, 0,7 έως 0,8

n_h=ανθρώπινος παράγοντας, 0,75 έως 0,95

Ισοπεδωτής.

Ο ισοπεδωτής ανήκει στην κατηγορία των επίπεδων εκσκαφών με διάφορες και χρήσιμες εφαρμογές στα χωματουργικά έργα και στα έργα οδοποιίας. Χρησιμοποιείται για την ακριβή απόξεση του εδάφους, για τη συντήρηση των προσβάσεων των εργοταξίων, για τη διάστρωση των αδρανών υλικών βάσης και για τη διάστρωση του ασφαλτοσκυροδέματος σε έργα οδοποιίας.



Εικόνα 5 Ισοπεδωτής γαιών Πηγή (6)

Η ικανότητα της καλής διάστρωσης του υλικού οφείλεται στη θέση του κοπτήρα μεταξύ των εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών, έτσι ώστε οι ανωμαλίες του εδάφους να ελαχιστοποιούνται σε σχέση ανάλογη προς τη σχέση των αποστάσεων του εμπρόσθιου τροχού και του κοπτήρα από τον οπίσθιο τροχό, ή του άξονα ταλάντωσης του οπίσθιου συστήματος τροχών σε περίπτωση τριαξονικού μηχανήματος.

Η ταχύτητα εργασίας του ισοπεδωτή εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και από την απαιτούμενη ακρίβεια ισοπεδώσεως. Το εκσκαπτικό εργαλείο του ισοπεδωτή είναι ο κοπτήρας, ο οποίος έχει μήκος από **3.660 mm** και ύψος **610 mm** για τα μικρά μεγέθη (125 PS), και **4.880 mm** και ύψος **790 mm** για τα μεγάλα μεγέθη (275 PS). Ο κοπτήρας έχει μια μικρή κυρτότητα και είναι στερεωμένος στο κάτω τμήμα μιας στεφάνης με εσωτερική οδόντωση, η οποία αναρτάται από το πλαίσιο περίπου στη μέση. Με την ανάρτηση αυτή ο κοπτήρας έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται περί άξονα κάθετο προς το επίπεδο της οδοντωτής στεφάνης και περί άξονα παράλληλο προς το διαμήκη άξονα του μηχανήματος. Επίσης μπορεί να ολισθαίνει έξω από το μηχανήμα και προς τις δυο πλευρές και να παίρνει ανάλογες προς τη μορφή του εδάφους θέσεις.

Για το χειρισμό του ισοπεδωτή υπήρχε παλαιότερα μηχανικό σύστημα με οδοντωτούς τροχούς και ατέρμονες κοχλίες. Στα σύγχρονα μηχανήματα ο χειρισμός όλων των συστημάτων του ισοπεδωτή γίνεται με υδραυλικά κυκλώματα. Με αυτά η εργασία γίνεται ευκολότερη, ο χειριστής δε καταπονείται με τους συνεχείς χειρισμούς, με συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής και της παραγωγικής ικανότητας.

Κύρια αποστολή του ισοπεδωτή είναι η εξίσωση των ανωμαλιών της επιφάνειας του εδάφους, τόσο σε εργασίες εκσκαφής, όσο και σε εργασίες διάστρωσης υλικών σε έργα οδοποιίας. Ο χειριστής πρέπει να παρακολουθεί συνεχώς τη λειτουργία του κοπτήρα, έτσι ώστε να επεμβαίνει με το υδραυλικό χειριστήριο, όταν απαιτείται, για να προλαβαίνει το σχηματισμό ανωμαλιών στην υπό κατασκευή επιφάνεια, όταν ο κοπτήρας προσκρούσει σε σκληρό αντικείμενο. Για τη βελτίωση των χειρισμών και για τον καλύτερο έλεγχο των διαφόρων οργάνων του μηχανήματος,

το υδραυλικό χειριστήριο εξοπλίζεται με πιεστικά πλήκτρα, τα οποία μεταδίδουν ταχύτατα τις εντολές στον υδραυλικό διανομέα με την παρεμβολή ηλεκτρονόμων. Είναι σκόπιμο οι εμπρόσθιοι τροχοί να έχουν εκκρεμή ανάρτηση για καλύτερη προσαρμογή στις ανωμαλίες του εδάφους.

Η ωριαία απόδοση του ισοπεδωτή υπολογίζεται από την κάτωθι μαθηματική σχέση:

$Q=(T_i \cdot b)/t$ όπου:

Q = ωριαία παραγωγική ικανότητα του ισοπεδωτή (m^2/h)

T_i = απόσταση ανώμαλης επιφάνειας για διαμόρφωση (m)

b = πλάτος εργασίας (m)

t = απαιτούμενος χρόνος σε ώρες (h)

Ο απαιτούμενος χρόνος σε ώρες δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$t= (1/n_e) \cdot \Sigma[(T_i \cdot z_i)/v_i]$ όπου:

t = απαιτούμενος χρόνος σε ώρες (h)

T_i = απόσταση ανώμαλης επιφάνειας για διαμόρφωση (m)

v_i = ταχύτητα εργασίας του μηχανήματος (km/h)

n_e =συντελεστής εκμεταλλεύσεως . Με τις καθυστερήσεις συνήθως 0,6.

z_i = αριθμός διελεύσεων

Ερπυστριοφόρος προωθητής.

Τα κύρια τμήματα του ερπυστριοφόρου προωθητή είναι το σκάφος, ο κινητήρας, τα στοιχεία μετάδοσης της κινητικής ενέργειας, το χειριστήριο, το σύστημα πορείας και τα εκσκαπτικά εργαλεία.



Εικόνα 6 Ερπυστριοφόρος προωθητής Πηγή (6)

Το **σύστημα πορείας** έχει ιδιαίτερη σημασία για την οικονομική εκμετάλλευση του μηχανήματος, λόγω των αυξημένων καταπονήσεων κάτω από τις οποίες λειτουργεί.

Το **σύστημα πορείας** αποτελείται από τα εξής μηχανικά μέρη:

Το **τύμπανο κίνησης** (σπρόκετ), το οποίο φέρει την οδοντωτή στεφάνη για την έλξη της ερπύστριας.

Το **τύμπανο αναστροφής** ή προέντασης, το οποίο χρησιμεύει και για την προένταση της ερπύστριας με ισχυρά ελατήρια.

Τα **κύλινδρα του άνω και κάτω κλάδου.**

Και από την **ερπύστρια**, η οποία σχηματίζει με τα στοιχεία της, μία ατέρμονα αλυσίδα. Τα στοιχεία της ερπύστριας είναι τα πέδιλα, τα χιτώνια με τους πύρους σύνδεσης και οι κοχλίες, με τους οποίους στερεώνονται τα πέδιλα στα στοιχεία της αλυσίδας.

Το σύστημα πορείας υπόκειται σε υψηλές καταπονήσεις λόγω των οριζόντιων δυνάμεων ώθησης και του βάρους του μηχανήματος. Επομένως απαιτείται ισχυρή κατασκευή με δοκιμασμένα υλικά και κατασκευαστική διαμόρφωση, περιοδικοί έλεγχοι και προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης. Η μη προγραμματισμένη συντήρηση οδηγεί σε σημαντική αύξηση του κόστους λειτουργίας. Η περίοδος επιθεωρήσεως των κυλίστρων είναι περίπου στις 1.000 ώρες λειτουργίας και περιλαμβάνει έλεγχο της στάθμης των λιπαντικών και των στοιχείων στεγάνωσης, και μέτρηση φθοράς.

Τα κύλιστα περιστρέφονται πάνω σε ένσφαιρους τριβείς μονίμου λιπάνσεως. Με τη μόνιμη λίπανση δεν απαιτείται η περιοδική λίπανση των κυλίστρων, όπως γινόταν σε παλαιότερες κατασκευές. Το λιπαντικό συμπληρώνεται ή αφαιρείται και τοποθετείται νέο κατά τη γενική συντήρηση του μηχανήματος, η οποία ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας, πρέπει να γίνεται κάθε 2.000 έως 2.500 ώρες περίπου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή για την προγραμματισμένη συντήρηση. Εργοταξιακές μετρήσεις έδειξαν, ότι όταν τα συστήματα στεγάνωσης βρίσκονται σε καλή κατάσταση, τότε η αντικατάσταση του λιπαντικού μπορεί να γίνει μετά από **4.000** έως **5.000** ώρες.

Η επιφάνεια των κυλίστρων, η οποία βρίσκεται σε επαφή με τα στοιχεία της αλυσίδας, υπόκειται σε υψηλές φθορές, οι οποίες έχουν ως συνέπεια τη μείωση της διαμέτρου της περιφέρειας του κυλίστρου. Με τη μείωση της διαμέτρου αυξάνεται με πιο έντονο ρυθμό η φθορά, γιατί ελαττώνεται η αντοχή της επιφανειακής σκλήρυνσης σε βάθος, ενώ συγχρόνως αυξάνεται η ειδική πίεση της επιφάνειας. Για την πρόληψη πρόωρης καταστροφής του κυλίστρου είναι απαραίτητη η περιοδική επισκευή της επιφάνειάς του με αναγόμωση με ειδικά μαγγανιούχα ηλεκτρόδια. Η αναγόμωση πρέπει να γίνεται, όταν η μείωση της διαμέτρου φτάσει τα 6 mm, που αντιστοιχεί σε 3.000 έως 4.000 ώρες λειτουργίας για κανονική καταπόνηση.

Η διάρκεια ζωής του κυλίστρου δεν εξαρτάται μόνο από το υλικό κατασκευής και από το έδαφος, αλλά και από τη μορφή του και από τη μέθοδο ανάρτησης των στοιχείων πορείας από το πλαίσιο του μηχανήματος. Οι κατασκευαστές εφαρμόζουν για το σκοπό αυτό διάφορα συστήματα, τα οποία πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά κατά την εκλογή τους.

Η οδοντωτή στεφάνη του τύμπανου κίνησης, το οποίο βρίσκεται πάντοτε στην οπίσθια πλευρά του μηχανήματος, για να είναι τεντωμένος ο κάτω κλάδος της ερπύστριας, αντικαθίσταται όταν η φθορά της οδόντωσης γίνει μεγαλύτερη από ένα ανώτερο όριο που δίνει ο κατασκευαστής. Όταν η οδοντωτή στεφάνη περάσει το όριο φθοράς, τότε υπάρχει κίνδυνος πρόωρης φθοράς ή καταστροφής των υπόλοιπων στοιχείων κίνησης. Στις παλαιότερες κατασκευές με ολόσωμα τύμπανα η στεφάνη χωριζόταν από την πλήμνη με οξυγονοτομή και στη συνέχεια στερεωνόταν πάνω στο τύμπανο η νέα στεφάνη με ηλεκτροσυγκόλληση. Στις σύγχρονες κατασκευές με διαιρούμενο τύμπανο η στεφάνη είναι στερεωμένη πάνω στο σώμα του τυμπάνου με μια σειρά κοχλίων. Έτσι η αντικατάσταση της παλιάς με τη καινούργια είναι εύκολη και γρήγορη.

Τα βασικά στοιχεία της ερπύστριας είναι τα πέδιλα, τα στοιχεία της αλυσίδας με τους πύρους και τα χιτώνια σύνδεσης, οι συνδετικοί κοχλίες και τα περικόχλια. Επειδή η ερπύστρια εργάζεται μέσα σε χώματα με πέτρες και νερό, υπόκειται σε υψηλές καταπονήσεις. Για το λόγο αυτό τα στοιχεία κίνησης πρέπει να είναι κατασκευασμένα από κατάλληλα ανθεκτικά μέταλλα και να αντικαθίστανται εύκολα. Τα πέδιλα κατασκευάζονται ολόσωμα από χάλυβα, ή από χυτοχάλυβα και στερεώνονται πάνω στα στοιχεία της αλυσίδας, που κατασκευάζονται από σφυρηλατημένο χάλυβα, με κοχλίες υψηλής αντοχής. Το πλάτος και η μορφή των πέδινων ως προς το ύψος και το πάχος του νεύρου, εξαρτώνται από το έδαφος και τις συνθήκες λειτουργίας. Για λειτουργία σε χαλαρό και αμμώδες έδαφος χρησιμοποιούνται πέδιλα με υψηλά νεύρα για αυξημένη πρόσφυση με το έδαφος. Σε πετρώδες και βαρύ έδαφος χρησιμοποιούνται πέδιλα με χαμηλό και χοντρό νεύρο.

Η εκλογή του πλάτους του πέδινου πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με τη φύση του εδάφους πάνω στο οποίο κινείται ο προωθητής. Με την αύξηση του πλάτους αυξάνεται η δύναμη πρόσφυσης στο έδαφος και επομένως η δύναμη ώθησης που μεταφέρεται στα εκσκαπτικά εργαλεία. Πρέπει όμως να δίνεται προσοχή στο γεγονός ότι η αύξηση του πλάτους του πέδινου πέρα από το αναγκαίο μέγεθος, επηρεάζει τη στατική ισορροπία και επομένως αυξάνει τις φθορές των μηχανικών στοιχείων. Το κανονικό πλάτος για προωθητές μέχρι **50PS**, είναι **200 έως 400 mm**, για **80 PS** είναι **300 έως 450 mm**, για **140 PS** είναι **380 έως 510 mm** και για τους ισχυρότερους προωθητές **500 έως 700 mm**.

Η νέα διάταξη της ερπύστριας σε σχήμα **Δ** με τρία τύμπανα έχει πολλά πλεονεκτήματα συγκριτικά με την κλασσική μορφή των δύο τυμπάνων. Τα κυριότερα από αυτά είναι η λειτουργία του υπερυψωμένου τυμπάνου κίνησης έξω από τη λάσπη, την άμμο και το νερό, με αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής των ακριβών μηχανικών στοιχείων της τελικής κίνησης. Ακόμη είναι καλύτερη η οπτική εποπτεία του κοπτήρα λόγω της υψηλότερης θέσης του χειριστηρίου.

Κοπτήρας.

Είναι το κύριο εκσκαπτικό εργαλείο του μηχανήματος. Διακρίνονται τρεις μορφές: ο **μετωπικός**, ο **γωνιακός** και ο **προωθητικός**. Η αλλαγή τους στο εργοτάξιο πρέπει να είναι απλή και χωρίς βαριά βοηθητικά μηχανήματα.

Μετωπικός κοπτήρας.

Ο μετωπικός κοπτήρας χαρακτηρίζεται με το γράμμα «S» (Straight). Τοποθετείται κάθετα προς το διαμήκη άξονα του μηχανήματος και έχει, σχετικά με τους άλλους δύο τύπους, μικρότερο πλάτος και μεγαλύτερο ύψος. Η απόστασή του από την εμπρόσθια πλευρά του μηχανήματος είναι σχετικά μικρή και λόγω του μικρού μοχλοβραχίονα καταπονεί λιγότερο το μηχανήμα. Με τη διαμόρφωση αυτή αναπτύσσει μεγαλύτερες εκσκαπτικές δυνάμεις με μικρότερες καταπονήσεις. Ο μετωπικός κοπτήρας παραμένει σταθερός ως προς την κλίση του προς το διαμήκη άξονα του μηχανήματος. Ο χειρισμός είναι απλός. Η ακρίβεια στην ισοπέδωση του εδάφους είναι μεγαλύτερη, γιατί η μετάδοση των μεταβολών κίνησης του μηχανήματος στον κοπτήρα είναι ασθενέστερη σε σύγκριση με το γωνιακό κοπτήρα. Ο κοπτήρας έχει τη δυνατότητα να μετακινείται άνω-κάτω. Στις παλαιότερες

κατασκευές η μετακίνηση γινόταν με συρματοσχοινο και βαρούλκο ενώ στις σύγχρονες κατασκευές με ένα ή δύο υδραυλικούς κυλίνδρους. Ο μετωπικός κοπτήρας «S» είναι κατάλληλος για σκληρά εδάφη.

Γωνιακός κοπτήρας.

Ο γωνιακός κοπτήρας χαρακτηρίζεται με το γράμμα «A» (Angle). Αναρτάται από το μηχανήμα μέσω πλαισίου τύπου «U», τέτοιο ώστε να μπορεί να περιστρέφεται περί κατακόρυφο άξονα κατά 25° προς κάθε πλευρά για την προσαρμογή του εργαλείου στις συνθήκες εκσκαφής και στη φύση του εδάφους. Η κλίση που μπορεί να πάρει ο γωνιακός κοπτήρας ως προς το διαμήκη άξονα του μηχανήματος, του επιτρέπει την πλάγια προώθηση των προϊόντων εκσκαφής, π.χ. για την απόρριψη του υλικού σε πρηνή, ή για την πλήρωση τάφρων, ιδιαίτερα όταν η εργασία γίνεται σε περιορισμένο χώρο. Σε μαλακό έδαφος δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις λόγω του μεγαλύτερου πλάτους.

Η διάταξη αναρτήσεως «U», που είναι απαραίτητη για τη στροφή του εργαλείου περί κατακόρυφου άξονα, αυξάνει το μοχλοβραχίονα επιβολής της δύναμης που εφαρμόζεται στον κοπτήρα, με συνέπεια οι κατακόρυφες δυνάμεις που καταπονούν το εμπρόσθιο τμήμα να είναι μεγαλύτερες. Για το λόγο αυτό οι γωνιακοί κοπτήρες είναι λιγότερο κατάλληλοι για εργασία σε βράχο ή βαριές συνθήκες. Η κάτω ακμή του κοπτήρα αποτελείται από μία κεντρική λεπίδα και δύο ακρολέπιδες. Τα στοιχεία αυτά κατασκευάζονται από χάλυβα υψηλής ποιότητας και στερεώνονται πάνω στον κοπτήρα με κοχλίες για να είναι εύκολη η αντικατάστασή τους όταν φθαρούν.

Πρωθητικός κοπτήρας.

Ο πρωθητικός κοπτήρας χαρακτηρίζεται με το γράμμα «C» (Cushion). Χρησιμοποιείται για την ώθηση των αποξεστικών οχημάτων στη φάση της φόρτωσης. Ο κοπτήρας φέρει ελαστικά στοιχεία για την απορρόφηση της δύναμης κρούσης κατά την επαφή με το αποξεστικό όχημα. Το μικρό πλάτος του πρωθητικού κοπτήρα αυξάνει την ευελιξία του μηχανήματος σε κορεσμένες με μηχανήματα θέσεις εκσκαφής και μειώνει τον κίνδυνο καταστροφής των οπισθίων ελαστικών των αποξεστικών οχημάτων κατά τη φάση της αποξέσεως-φορτώσεως.

Η παραγωγική ικανότητα του ερπυστριοφόρου πρωθητή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάλληλη μορφή του κοπτήρα, η οποία στα σύγχρονα μηχανήματα είναι κυρτή επιφάνεια, τέτοια ώστε το υλικό που χαλαρώνεται από τις λεπίδες, να κυλιέται πάνω στην κυρτή επιφάνεια με όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες. Με αυτό τον τρόπο οι αντιστάσεις στην κίνηση του μηχανήματος είναι μικρότερες και έτσι το μεγαλύτερο τμήμα της ισχύος του κινητήρα δίνεται στην εκσκαφή του υλικού.



Εικόνα 7 Προωθητικός κοπτήρας Πηγή(<http://autoline.de/sf/Ersatzteile-Bohrkrone-Tricone-Rock-Bits--1509041339276335400.html>)

Στις σύγχρονες κατασκευές, στις οποίες το ανέβασμα και κατέβασμα του κοπτήρα γίνεται με υδραυλικούς κυλίνδρους, για την έμπηξη του κοπτήρα στο έδαφος επιβάλλεται από το υδραυλικό σύστημα με κατακόρυφη δύναμη, ενώ στο παλιό μηχανικό σύστημα με συρματόσχοινο η έμπηξη γινόταν μόνο με το βάρος του κοπτήρα. Η πίεση λειτουργίας των υδραυλικών κυλίνδρων είναι **70 έως 120 bar**.

Ιδιαίτερη σημασία για την αποδοτική εκμετάλλευση του προωθητή έχει η κανονική και σωστή συντήρηση. Για το σκοπό αυτό πρέπει από την αρχή να μελετώνται με προσοχή τα βιβλία λειτουργίας και συντήρησης του κατασκευαστή. Η σωστή συντήρηση αναφέρεται στην εφαρμογή του προγράμματος προληπτικής συντήρησης και στη χρησιμοποίηση των υλικών και λιπαντικών που προδιαγράφει ο κατασκευαστής. Για το σκοπό αυτό πρέπει να τηρείται βιβλίο καταγραφής όλων των εργασιών που γίνονται στο μηχάνημα. Το βιβλίο αυτό συνοδεύει το μηχάνημα σε όλα τα εργοτάξια. Ο χειριστής πριν από κάθε ξεκίνημα του μηχανήματος πρέπει να ελέγχει τη στάθμη και τη καθαρότητα του λαδιού στον κινητήρα και στο υδραυλικό σύστημα, την τάση των τραπεζοειδών ιμάντων κινήσεως, την προένταση των ερπυστριών, τον έλεγχο των στοιχείων της, την ομαλή λειτουργία του κινητήρα και των υδραυλικών στοιχείων και γενικά την εξωτερική κατάσταση του μηχανήματος. Ο χειριστής πρέπει να είναι σε θέση να εκτελεί ορισμένες απλές εργασίες συντηρήσεως μετά το τέλος της εργασίας του, που έχουν σχέση με τους παραπάνω ελέγχους.

Η **ωριαία παραγωγική ικανότητα του προωθητή** εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το έδαφος, από την ισχύ του κινητήρα, από την ταχύτητα εκσκαφής και προώθησης, από τις διαστάσεις του κοπτήρα και από διάφορους παράγοντες οι οποίοι βασίζονται σε εμπειρικές παρατηρήσεις.

Η **χωρητικότητα του κοπτήρα** υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$F_s = 0,5 \cdot h^2 \cdot b \cdot l \text{ όπου:}$$

F_s = Γεωμετρική χωρητικότητα κοπτήρα (Fm^3), (Γγεωμετρικός όγκος υλικού πριν από τη χαλάρωση).

h = Ύψος κοπτήρα (m), από 0,75 έως 2,37 m.

l = Συντελεστής επιπλήσματος. Σχέση συμπαγούς προς χαλαρό υλικό.

b = πλάτος κοπτήρα (m).

Το γινόμενο $F_s' = 0,5 \cdot h^2 \cdot b$ (m^3), χωρίς το συντελεστή επιπλήσματος I , είναι η χωρητικότητα του κοπτήρα σε χαλαρό υλικό.

Η **πραγματική ωριαία παραγωγική ικανότητα του προωθητή** υπολογίζεται από τη σχέση $Q = [60 \cdot (0,5 \cdot h^2 \cdot b) \cdot f \cdot I \cdot n_e] / t_s$ όπου:

Q = πραγματική ωριαία παραγωγική ικανότητα του προωθητή (Fm^3/h)

h = Ύψος κοπτήρα (m), από 0,75 έως 2,37 m.

b = πλάτος κοπτήρα (m).

I = Συντελεστής επιπλήσματος. Σχέση συμπαγούς προς χαλαρό υλικό.

f = Βαθμός πληρώσεως του κοπτήρα.

n_e = Συντελεστής εκμεταλλεύσεως εργοταξίου.

t_s = Διάρκεια ενός πλήρους κύκλου λειτουργίας (min).

Ο συντελεστής εκμετάλλευσης εργοταξίου n_e αναφέρεται στις συνθήκες λειτουργίας μέσα στο εργοτάξιο (οργάνωση, προγραμματισμός), στην κατάσταση του μηχανήματος, στις εδαφικές και καιρικές συνθήκες και στον ανθρώπινο παράγοντα (ικανότητα, ηλικία). Κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 0,7.

Το γινόμενο $f \cdot I$ δίνεται για διάφορα είδη εδαφών στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4 Συντελεστής f^*I για διάφορα γαιώδη υλικά

Υλικό	Συντελεστής f^*I
Υγρή άργιλος και άμμος	1,4-1,5
Αμμοχάλικες	0,7-0,9
Μικτό έδαφος	0,9-1,0
Σκληρή άργιλος	0,8
Υγρή συνεκτική άργιλος	1,4
Θραυστά υλικά λατομείου	0,6
Πέτρες με χώματα	0,5-0,6
Χοντρά υλικά λατομείου	0,5

Αναμοχλευτής

Στην οπίσθια πλευρά του προωθητή προσαρμόζεται διάταξη υποεκσκαφής του εδάφους, η οποία αποτελείται από ένα έως τρία ισχυρά νύχια. Τα νύχια εισχωρούν μέσα στο έδαφος κάτω από την πίεση ισχυρών υδραυλικών κυλίνδρων, οι οποίοι ανάλογα με το μέγεθος του προωθητή, αναπτύσσουν κατακόρυφες δυνάμεις **20.000 kp και άνω**. Με την κίνηση του μηχανήματος ανασκάπτεται το σκληρό έδαφος, έτσι ώστε στη συνέχεια να προωθείται ευκολότερα από τον κοπτήρα του προωθητή.

Ο αναμοχλευτής είναι σημαντικό εκσκαπτικό εργαλείο, γιατί με την επενέργειά του χαλαρώνει τα σκληρά εδάφη και διευκολύνει τον προωθητή και το αποξεστικό όχημα στη φάση της απόξυσης και της φόρτωσης, όταν η χαλάρωση δεν είναι δυνατή με την εφαρμογή άλλης μηχανικής μεθόδου. Η αναμόχλευση σκληρού υλικού με αναμοχλευτή πρέπει να εξετάζεται ως εναλλακτική λύση στη χαλάρωση με εκρηκτικά υλικά.

Διακρίνονται δύο μορφές αναμοχλευτών:

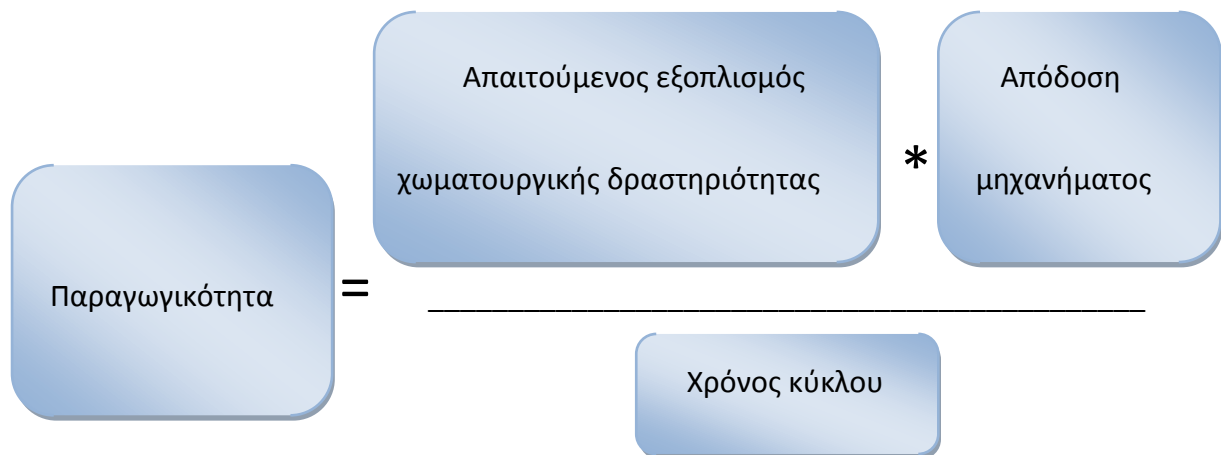
α) Ο αρθρωτός τύπος. Ο φορέας με το νύχι αναρτάται στο πίσω μέρος του μηχανήματος μέσω άρθρωσης, έτσι ώστε ο αναμοχλευτής να περιστρέφεται περί την άρθρωση πάνω σε τόξο περίπου 30° . Με την κίνηση αυτή η γωνία με την οποία προσβάλλει το νύχι το έδαφος μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της διείσδυσης. Η μεταβολή της γωνίας είναι ευνοϊκή για την εκσκαφή, όταν οι επιφάνειες ολίσθησης του πετρώματος είναι διατεταγμένες παράλληλα προς την καμπύλη διείσδυσης. Σε αντίθετη περίπτωση η μεταβολή της γωνίας δυσχεραίνει τη διείσδυση. Επομένως η εφαρμογή του εργαλείου εξαρτάται από τη φύση του πετρώματος.

β) Ο τύπος παραλληλογράμμου. Η ανάρτηση του φορέα με το νύχι γίνεται με δύο αρθρώσεις, έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα παραλληλόγραμμο. Το νύχι εισχωρεί στο έδαφος υπό σταθερή γωνία κλίσης περίπου 50° ανεξάρτητα από το βάθος. Η διάταξη παραλληλογράμμου δίνει στις περισσότερες περιπτώσεις καλύτερες συνθήκες διείσδυσης. Η φθορά της αιχμής του νυχίου είναι ομοιόμορφη και τέτοια ώστε να διατηρείται η αρχική κωνική μορφή.

Και οι δύο τύποι αναμοχλευτών διαμορφώνονται με ένα έως τρία, και σπανιότερα πέντε, νύχια. Η διάταξη με ένα νύχι είναι κατάλληλη για βαριές εργασίες σε πέτρωμα με αυξημένη σκληρότητα και μεγαλύτερο βάθος. Η διάταξη με τρία νύχια

χρησιμοποιείται σε σχετικά μαλακότερα εδάφη, μικρότερα βάθη και όταν απαιτείται θραύση του υλικού σε μικρά κομμάτια.

Η παραγωγική ικανότητα των μηχανημάτων καθορίζει άμεσα την απόδοση του χωματουργικού έργου (7). Για το λόγο αυτό, η παραγωγικότητα υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε μηχάνημα σύμφωνα με την ακόλουθη μαθηματική εξίσωση:



Διάγραμμα 3.2.1.

3.3 Μοντελοποίηση και Αυτοματισμός λειτουργίας μηχανημάτων σε χωματουργικά έργα

Μετά από την ανάληψη ενός χωματουργικού έργου από νομικά ή φυσικά πρόσωπα υποβάλλεται για όλους τους εργαζόμενους ένα πρότυπο σχέδιο οργάνωσης και τρόπου λειτουργίας του τεχνικού έργου, ώστε αυτό να είναι έτοιμο να παραδοθεί εμπρόθεσμα στην αναθέτουσα αρχή (ν 4014/2011).

Εντός αυτού του σχεδιασμού περιέχονται:

- **Η έκταση του έργου** (οριοθέτηση περιοχής δράσης και τοπογραφικά σχέδια)
- **Τα μηχανήματα και ανταλλακτικά** που απαιτούνται κατά την εγκατάσταση και τη λειτουργία του έργου
- **Τα μέτωπα εργασιών**
- **Το ημερολόγιο εργασιών**
- **Το απασχολούμενο προσωπικό** (μαζί με τις σχετικές συμβάσεις)
- **Οι βάρδιες λειτουργίας** καθ' όλο το χρόνο λειτουργίας του έργου
- **Οι τεχνικές μελέτες** που έχουν εγκριθεί από την αδειοδοτούσα αρχή για την εκπόνησή του
- **Ο προϋπολογισμός δαπάνης του έργου** που έχει εγκριθεί από την αναθέτουσα και την αρμόδια αρχή σύμφωνα με το Ν.3669/08
- **Η μισθοδοσία των εργαζομένων** και οι αμοιβές των μηχανικών

Εδώ και χρόνια, όπως και στις μέρες μας οι εργασίες σε εργοτάξια εκτελούνται από ειδικευμένο και ανειδίκευτο προσωπικό. Η φυσική παρουσία ατόμων, οδηγών, εργοδηγών, επιβλεπόντων μηχανικών, και τεχνικών ασφαλείας είναι καθημερινή.

Οι συνθήκες εργασίας στα μέτωπα, εκτός του ότι είναι μεταβαλλόμενες σε καθημερινή βάση, είναι δυσμενείς και σκληρές. Τα όρια όχλησης συχνά υπερβαίνονται, οι τραυματισμοί και τα ατυχήματα είναι σχεδόν καθημερινό φαινόμενο. Οι καιρικές συνθήκες και η όλη εργασιακή πίεση είναι παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στην εκτέλεση του έργου.

Στο κομμάτι αυτό η επιστήμη και η τεχνολογία έρχονται να συμβάλλουν θετικά στην βελτιστοποίηση της απόδοσης εργασίας. Η λύση που προτείνεται είναι η αυτοματοποίηση της δουλειάς. Με τον όρο αυτοματοποίηση της δουλειάς αναφερόμαστε σε δύο έννοιες.

1η Έννοια

Αυτοματοποίηση (πλήρης/μερική) των χωματουργικών μηχανημάτων κατά την εργασία στα μέτωπα του εργοταξίου.

2η Έννοια

Αυτοματοποίηση του γενικού προγράμματος εργασιών και καταμερισμού αρμοδιοτήτων.

Πιο συγκεκριμένα έχουν διεξαχθεί έρευνες κατά τις οποίες η μοντελοποίηση του προγραμματισμού εργασίας και λειτουργίας σε εργοτάξια, καθώς και ο τηλεχειρισμός μηχανημάτων με τη χρήση εξομοιωτών και αισθητήρων, δρουν καταλυτικά στην εκπόνηση χωματοουργικών έργων. Το ανειδίκευτο εργατικό προσωπικό αντικαθίσταται από μηχανήματα, ενώ το εξειδικευμένο εργατικό προσωπικό αποτελείται από χειριστές εξομοιωτών των μηχανημάτων. Συγχρόνως η απόδοση και η παραγωγική ικανότητα είναι αρκετά υψηλή ενώ μηδενίζεται η πιθανότητα εργατικών ατυχημάτων και η καταπόνηση των εργαζομένων.

Σύμφωνα με τους (S. Dadhich a, U. Bodina, U. Anderssona,b) (8).

Οι πρακτικά εφαρμόσιμες μέθοδοι εργασιών στα εργοτάξια είναι οι εξής:

- **Χειροκίνητη εργασία** ή αλλιώς «**manual operation**»
- «**sight tele operation**»
- «**tele remote operation**»
- «**assisted teleremote operation**»
- «**fully autonomous operation**»

Κατά τη **χειροκίνητη εργασία**, ο χειριστής κάθεται στον εξομοιωτή και με χειριστήρια εκτελεί όλα τα καθήκοντα που έχει αναλάβει. Η μέθοδος αυτή ήταν ευρέως εφαρμοσμένη εδώ και χρόνια, και παράλληλα συνεχίζει να εφαρμόζεται και σήμερα.

Κατά τη μέθοδο «**sight tele operation**», ο χειριστής βρίσκεται ο ίδιος στο μέτωπο εργασίας και χειρίζεται το κινούμενο μηχάνημα με τηλεχειριστήριο.

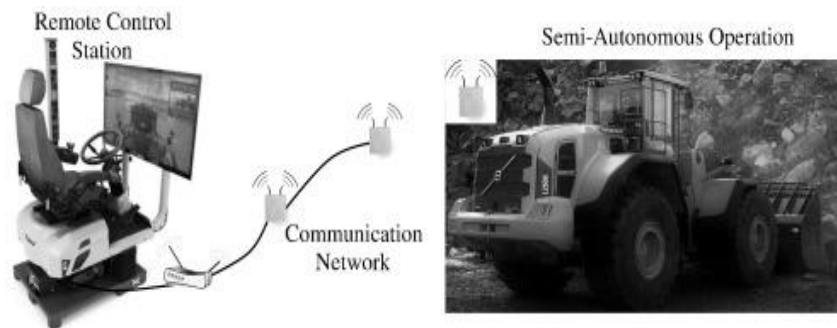


Εικόνα 8 sight tele operation (9).

- Κατά τη μέθοδο «**tele remote operation**», ο χειριστής είναι σε δωμάτιο ελέγχου μακριά από το μέτωπο εργασίας και χειρίζεται τα πάντα μέσω υπολογιστικού συστήματος εξομοίωσης «audio visual».

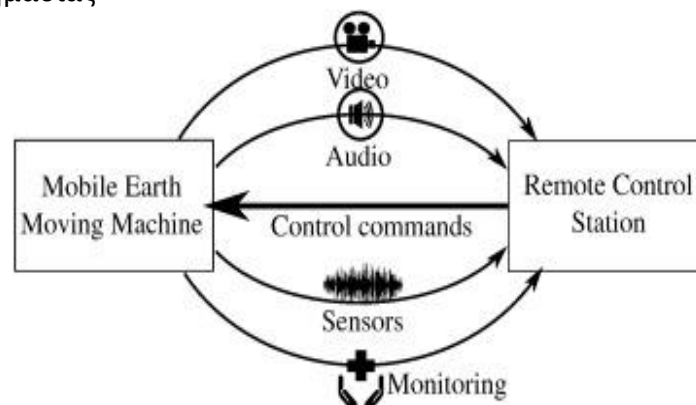


Εικόνα 9 sight tele operation in earthmoving (10)



Εικόνα 10 tele remote operation in earthmoving (8)

- Κατά τη μέθοδο «**assisted tele remote operation**», το μηχάνημα εκτελεί πολλές εργασίες μόνο του. Ο χειριστής επεμβαίνει μόνο σε εργασίες κατά τις οποίες η ανθρώπινη επιτήρηση είναι απαραίτητη.
- Κατά τη μέθοδο «**fully autonomous**» το μηχάνημα εκτελεί όλες τις λειτουργίες μόνο του και η ανθρώπινη επέμβαση με τηλεχειρισμό γίνεται μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως κινδύνου ανατροπής ή εκτέλεσης εντολών υψίστης σημασίας



Εικόνα 11 Διάγραμμα ελέγχου εργασίας μέσω τηλεκατεύθυνσης μηχανημάτων. (8)

Εκτελώντας τις εργασίες στα εργοτάξια σύμφωνα με τις ανωτέρω μεθόδους αυτοματισμού αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι:

- σε μικρό κύκλο εργασίας, η ταχύτητα εκτέλεσής της είναι μεγάλη και η απόδοση είναι πολύ ικανοποιητική.
- σε μεγάλο κύκλο εργασίας όμως, καταναλώνεται πολύς χρόνος στο χειρισμό του μηχανήματος. Προκειμένου αυτό να εκλείψει δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην έρευνα αναβαθμισμένων λογισμικών, έτσι ώστε η καθοδήγηση του μηχανήματος να γίνεται λιγότερο πολύπλοκα.

Τα ημιαυτόματα-αυτόματα ή τηλεχειριζόμενα μηχανήματα χωματοουργικών έργων επιδεικνύουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το τελικό κόστος του τεχνικού έργου από 30 έως 60% σύμφωνα με τον Frank et al (8). Εκτιμάται ότι η μοντελοποίηση των ανωτέρω μηχανημάτων βοηθά στην εξέλιξη της μηχανικής τους ποιότητας και κατά συνέπεια στην εργασιακή τους απόδοση (11). Ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε αρχικά με τη χρήση τηλεχειριζόμενων μηχανημάτων ήταν το χαμηλότερο φορτίο που επεξεργάζονταν έναντι των χειροκίνητων.

Το πρόβλημα αυτό όμως επιλύθηκε εύκολα με την αναβάθμιση του λογισμικού προγράμματος τους μέσω βοηθητικής συνάρτησης.

Οι (S. Dadhich a, U. Bodin, U. Anderssona,b) (8) αναφέρουν μια αντίστοιχη περίπτωση που συνέβη σε υπόγειο μεταλλείο της Σουηδίας. Με την αναβάθμιση του λογισμικού των τηλεχειριζόμενων μηχανημάτων αυξήθηκε το δυνατό φορτίο μεταφοράς κατά 5%.

Τα περισσότερα συστήματα τηλεχειριζόμενων μηχανημάτων διαθέτουν κατάλληλο λογισμικό ώστε :

- να επιλέγουν το συντομότερο και ασφαλέστερο δρόμο προς το μέτωπο εργασίας (7).
- να προβλέπουν πιθανές αστοχίες εδάφους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ασφάλεια κατά την κίνησή τους (8).
- να προετοιμάζουν σωστά το βραχίονα (μπούμα) και τον κάδο κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση του υλικού (8).
- να καταμετρούν το βάρος του υλικού που φορτώνεται και εκφορτώνεται από αυτά με αισθητήρες (8).

Αξίζει να σημειωθεί ότι με τη μοντελοποίηση των μηχανημάτων επιτυγχάνεται η χαμηλότερη δυνατή μηχανική καταπόνηση του ίδιου του μηχανήματος στις μηχανικές και υδραυλικές του αρθρώσεις κατά τη διάρκεια της κίνησης και εργασίας του (In Zweiri et al.) (12). Αυτός είναι ένας ακόμα παράγοντας μείωσης του κόστους του έργου καθώς μειώνεται το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων.

Η έρευνα για την αναβάθμιση λογισμικού προγράμματος στα ημιαυτόματα, τηλεχειριζόμενα και πλήρως αυτόματα μηχανήματα τεχνικών έργων διαρκώς εξελίσσεται βελτιώνοντας την παραγωγική τους ικανότητα.

Η μοντελοποίηση του σχεδιασμού εργασιών των μηχανημάτων αυτών σε εργοτάξια έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- μηδενισμός των εργατικών ατυχημάτων,
- μείωση κατανάλωσης καυσίμου, συνεπώς μείωση τελικού κόστους εργασίας,
- συνεχής εργασία, ανεξαρτήτου καιρικών συνθηκών,
- αποδοτικότερη εργασία έναντι της συμβατικής, λόγω μηχανοποίησης του χειρισμού,
- μείωση κόστους συντήρησής τους,
- μείωση κόπωσης του εργατικού δυναμικού,
- σωστότερος και ακριβέστερος προγραμματισμός εργασιών (11).

3.4 Οργάνωση και Απόδοση χωματουργικών εργασιών

Σημαντικό ρόλο για την εκπόνηση ενός χωματουργικού έργου κατέχει εκτός των άλλων και η στρατηγική σχεδιασμού και λειτουργίας των εργασιών. Για τη σωστή εκλογή αυτής συνυπολογίζονται πολλές παράμετροι όπως η ωριαία παραγωγική ικανότητα μηχανημάτων, οι εδαφολογικές και κλιματικές συνθήκες του έργου, η απόδοση εργασιών, ο όγκος της γαιώδους μάζας προς επεξεργασία, και ο χρόνος παράδοσης του έργου στην αναθέτουσα αρχή.

Οι απαιτούμενες εργασίες στον εργοταξιακό χώρο είναι πολλές και μεταβαλλόμενες. Η φύση της δουλειάς είναι τέτοια που το ανθρώπινο σκεπτικό είναι αδύνατο να επιβάλλει επακριβώς το σωστό συντονισμό και τους κατάλληλους ελιγμούς κατά τη λειτουργία των εργασιών.

Συνεπώς η ανάγκη για τη μοντελοποίηση της οργάνωσης και του σχεδιασμού λειτουργίας, μέσω προγραμμάτων είναι αναγκαία. Η εκάστοτε στρατηγική λειτουργίας έχει μεγάλο αντίκτυπο στην παραγωγικότητα του έργου και την κοστολόγησή του συνολικά (13).

Η μοντελοποίηση περιλαμβάνει ένα σύνολο λογισμικών εφαρμογών (οπτικό ακουστικής) κατά τις οποίες ο μηχανικός, ή ο εκάστοτε χειριστής μπορεί να επιλέγει και να εφαρμόζει τη στρατηγική λειτουργίας που κρίνει σκόπιμο να ακολουθηθεί (13) (14).

Η έρευνα για τέτοιου είδους εφαρμογές είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, εξελίσσεται όμως με γρήγορους ρυθμούς μέχρι τα ενδεχόμενα σφάλματα που μπορεί να επιδείξει να είναι σχεδόν μηδενικά (13) (11).

Σύμφωνα με τους K.M. Shawki *, K. Kilani, M.A. Gomaa (13) ένα μοντέλο προγραμματισμού λειτουργίας θα πρέπει να εμπεριέχει:

- μαθηματικά μοντέλα προγραμματισμού
- μοντέλα γραφικής απεικόνισης της φυσικής λειτουργίας χωματουργικών καθηκόντων
- προγραμματιστικό κώδικα τηλεκατεύθυνσης χωματουργικών μηχανημάτων
- πρόγραμμα αντίληψης πιθανών κινδύνων αστοχίας εδάφους, ανατροπής διέλευσης άλλου μηχανήματος κ.α.
- πρόγραμμα καταγραφής επίτευξης στόχου εργασιών σε συνάρτηση με το χρόνο.



Διάγραμμα 3.4.1. Δομή μοντέλου προγραμματισμού λειτουργίας

Το πρόγραμμα οργάνωσης λειτουργίας εργασιών σε χωματουργικά έργα που έχει τη δυνατότητα να συνδυάζει όλα τα παραπάνω καλύτερα από άλλα συμβατικά προγράμματα, είναι το «Arena» Martinez (13). Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η εύκολη εισαγωγή δεδομένων και διαγραμμάτων ροής.

Το πρόγραμμα «Arena» βρήκε εφαρμογή σύμφωνα με τον Martinez (13) σε ένα χωματουργικό έργο, όταν χρειάστηκε να μεταφερθούν $1,200,000 \text{ m}^3$ υλικού. Το υλικό έπρεπε να μεταφερθεί σε 75 εργάσιμες ημέρες. Πραγματοποιήθηκε ο συντονισμός εργασίας και για τους δύο διατεθέντες εκσκαφείς του εργοταξίου HitachiEX1100 με ωριαία απόδοση $767 \text{ m}^3/\text{h}$ και EkermanEC450 με ωριαία απόδοση $515 \text{ m}^3/\text{h}$, προκειμένου να εκπονηθεί το χωματουργικό έργο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου «Arena»

- μοντελοποιεί όλες τις αντισταθμιστικές παραμέτρους του χωματουργικού έργου, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται καταγραφή επίτευξης στόχων.
- είναι εύκολη όσον αφορά την κατασκευή της, και τον κώδικα προγραμματισμού της.
- είναι εύχρηστη σαν μέθοδος.
- είναι πλήρως αντιπροσωπευτική σε σχέση με την πραγματικότητα.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου «Arena»

- είναι σχετικά νέα μέθοδος και βρίσκεται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο.
- είναι σχετικά ακριβή μέθοδος.

Τα βήματα κατασκευής ενός μοντελοποιημένου προγράμματος καταμερισμού εργασιών και λειτουργίας για τα χωματουργικά έργα περιλαμβάνουν τα εξής:

- **Διατύπωση του στόχου**, δηλαδή τον ορισμό των πιθανών προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπισθούν και τους στόχους του έργου.
- **Το σχεδιασμό του έργου**, δηλαδή τον προγραμματισμό εργασιών σύμφωνα με την προσομοίωση αυτών στο έργο και την ανάθεση ρόλων και αρμοδιοτήτων.
- **Τον ορισμό του συστήματος**, δηλαδή την ταυτοποίηση των προγραμματιστικών στοιχείων του συστήματος για να μοντελοποιηθεί, όπως τρόποι εισαγωγής δεδομένων, διαδικασίες εισόδου και εξόδου του συστήματος κ.α.
- **Συλλογή δεδομένων εισόδου και ανάλυση**, δηλαδή συλλογή δεδομένων, και στατιστική ανάλυση αυτών.
- **Γλώσσα προγραμματισμού του μοντέλου**, δηλαδή επιλογή του λογισμικού προγράμματος «software» , βάσει του οποίου θα γίνει η κατασκευή του μοντέλου.
- **Η επικύρωση του μοντέλου**, η οποία εξασφαλίζει ότι το μοντέλο λειτουργεί όπως θα έπρεπε και ότι εξομοιώνει 100% την πραγματικότητα.
- **Ο πειραματικός σχεδιασμός**, ο οποίος καθορίζει ποια εναλλακτικά μοντέλα θα είναι επωφελή και κατά πόσο αξίζει να διερευνηθούν.
- **Ανάλυση πιθανών μοντέλων**, δηλαδή σύγκριση ανάλογα με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ των προτεινόμενων μοντέλων.
- **Παρουσίαση και αποτελέσματα** όσον αφορά το μοντέλο προσομοίωσης.

Η μοντελοποίηση τόσο του προγράμματος σχεδιασμού και οργάνωσης λειτουργίας όλων των εργασιών του χωματουργικού έργου, όσο και των μηχανημάτων που λαμβάνουν χώρα είναι πρακτικά εφαρμόσιμη και επιδεικνύει αρκετά ικανοποιητικό αποτέλεσμα στην απόδοση εργασίας. Η απόδοση σε ένα τεχνικό έργο σχετίζεται άμεσα με την παραγωγικότητα των επιμέρους μηχανισμών που το απαρτίζουν. Στα χωματουργικά έργα όσον αφορά την απόδοσή τους, πρωταρχικό ρόλο έχει η παραγωγικότητα των μηχανημάτων στα μέτωπα εργασιών και η στρατηγική λειτουργίας εκπόνησης του έργου. Με την αυτοματοποίηση της εργασίας στην ουσία οι μηχανικοί και υπεύθυνοι του έργου μπορούν να εισάγουν τα στοιχεία του έργου σε λογισμικά προγράμματα. Τα προγράμματα αυτά διαθέτοντας τα προαναφερθέντα λογισμικά μοντέλα μπορούν να κρίνουν ποια είναι η πιο συμφέρουσα μέθοδος εκπόνησης. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό πρόγραμμα είναι το «FLSelector» (15). Τα μηχανήματα με τη σειρά τους μπορούν προγραμματισμένα να εκτελούν τις κατά τύπους εργασίες αυτόματα ή ημιαυτόματα.

Έτσι εξασφαλίζεται η σταθερή ωριαία παραγωγική ικανότητα σε όλα τα μέτωπα εργασιών ανεξαρτήτου αστάθμητων παραγόντων, εφόσον αυτοί έχουν συνυπολογισθεί. Αυτό με τη σειρά του έχει σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση της απόδοσης εργασιών.

Η παραγωγικότητα στα χωματουργικά έργα είναι μία έννοια που εξαρτάται από τέσσερις βασικές λειτουργικές παραμέτρους (7):

- **Διάταξη χώρου** (τοπογραφία, εμπόδια κατά την εκσκαφή, απαιτούμενο ύψος πρανών, και διανοίξεων)
- **Εδαφικά χαρακτηριστικά** (μορφολογία και αντίσταση εδάφους, και πιθανές αλλαγές κατά την εκτέλεση του έργου)
- **Όροι από την αναθέτουσα αρχή** (ποσότητα γαιώδους υλικού προς επεξεργασία, χρονικός περιορισμός, νομικοί περιορισμοί σε σχέση με τη λειτουργία και τον εξοπλισμό, κανονισμός μισθοδοσίας των εργαζομένων)
- **Οικονομικός σχεδιασμός του έργου** (κόστος απαιτούμενου εξοπλισμού, κόστος αποκατάστασης περιοχής μετά τη χωματουργική δραστηριότητα, κόστος εγκαταστάσεων κ.α.)

Κεφάλαιο 4ο: Παρουσίαση του θέματος

Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στα κεφάλαια 1, 2, 3, η πραγμάτωση των χωματουργικών εργασιών δεν είναι ένα απλό τεχνικό έργο. Πέραν των τεχνικών μελετών και νομικών εγγράφων που κατατίθενται προκειμένου να γίνει η ανάληψη του έργου, απαιτείται συγκεκριμένος σχεδιασμός για την υλοποίησή του.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε λεπτομερής εξήγηση σύμφωνα με πρακτικές αναφορές και μελέτες που έχουν γίνει για:

- τη λειτουργία του κάθε μηχανήματος που χρησιμοποιείται στα μέτωπα εργασιών.
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε μηχανήματος και η παραγωγικότητα που αυτό επιδεικνύει.
- την εξέλιξη της επιστήμης όσον αφορά την προγραμματιστική λειτουργία των μηχανημάτων χωματουργικών έργων.
- τις διάφορες αυτοματοποιημένες μεθόδους λειτουργίας των μηχανημάτων, και τα πλεονεκτήματα αυτών.
- τον τρόπο κατασκευής μοντέλου για το σχεδιασμό και την οργάνωση χωματουργικών εργασιών, συνυπολογίζοντας όλες τις απαιτούμενες παραμέτρους.

Για να κριθεί πλήρης η όλη μελέτη για την εκπόνηση ενός χωματουργικού έργου εκτός όλων των ανωτέρω πρέπει να πραγματοποιηθεί και η οικονομοτεχνική μελέτη αυτού. Σ' αυτό το σκέλος βοηθά η ανάπτυξη των προαναφερόμενων μοντέλων σχεδιασμού όλων των εργασιών. Τα μοντέλα αυτά έχουν τη δυνατότητα να δέχονται σαν δεδομένα όλα τα στοιχεία του έργου και τους παράγοντες που το επηρεάζουν, να επιλέγουν τη στρατηγική εργασιών και παράλληλα να καταγράφουν την πορεία εξέλιξής του.

Αυτό προϋποθέτει την πλήρη καταγραφή όλου του απαιτούμενου εξοπλισμού, των βαρδιών εργασίας και του προσωπικού, πράγματα που είναι απαραίτητα για την τελική κοστολόγηση του τεχνικού έργου (Zeigler 1987) (11).

Η παρούσα διπλωματική εργασία απαρτίζεται από δύο θεματικές ενότητες

Α' Θεματική Ενότητα

Λειτουργία εκπόνησης χωματουργικών έργων. Αναφέρονται εκτός των άλλων, πως η επιστήμη του προγραμματισμού και του μοντελισμού συμβάλλει καθοριστικά στην αυτοματοποίηση των εργασιών σε όλες τις βαθμίδες.

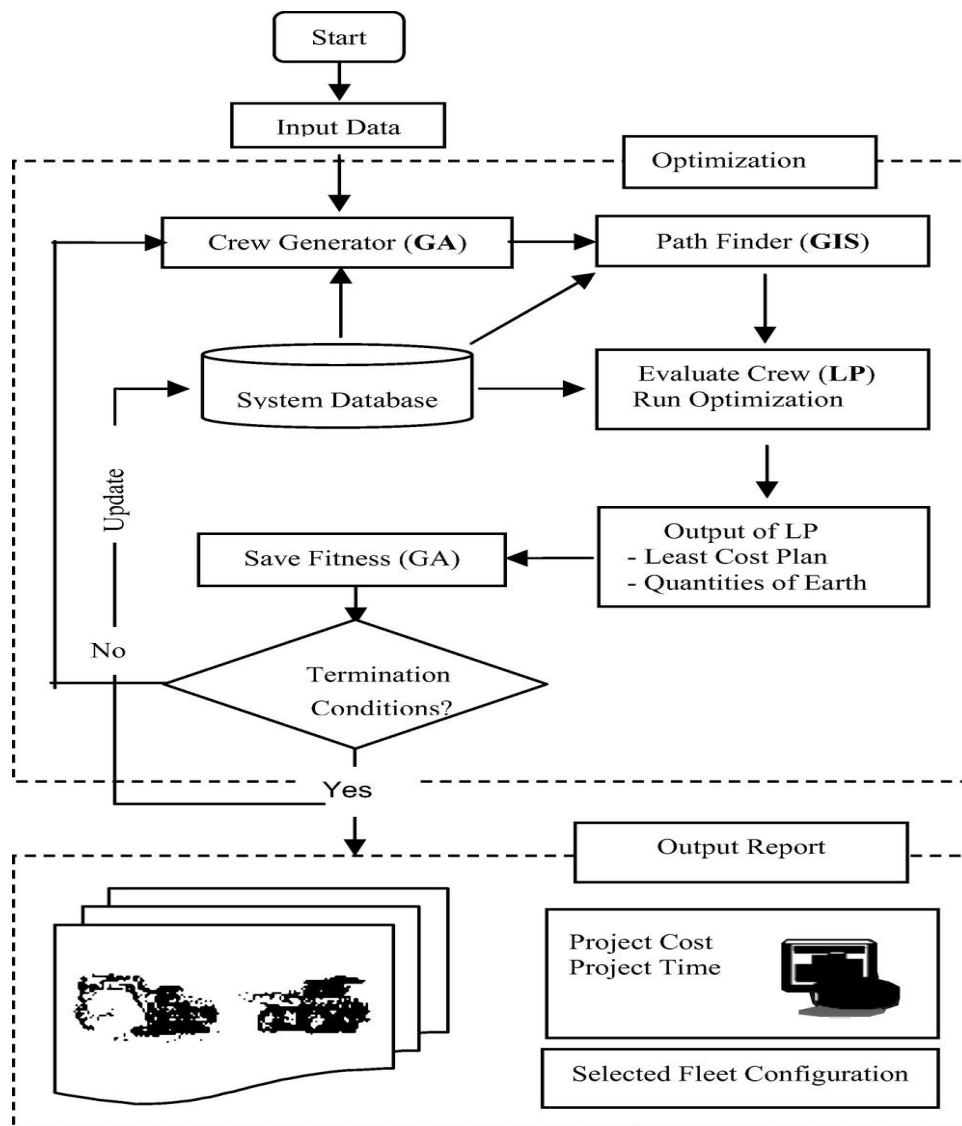
Β' Θεματική Ενότητα

Η δεύτερη θεματική ενότητα αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 5, που ακολουθεί. Σ' αυτήν περιγράφονται οι μέθοδοι κοστολόγησης των χωματουργικών έργων. Ποιες είναι οι κυριότερες από αυτές. Επιπλέον γίνεται παρουσίαση της μεθόδου Α.Β.Σ. (Activity Base Costing) και συγκριτική αξιολόγηση με τις υπόλοιπες μεθόδους.

Όπως και στο μέτωπο εργασίας έτσι και κατά την εκπόνηση οικονομικοτεχνικής μελέτης η αυτοματοποίηση σε λογισμικά προγράμματα είναι πλέον απαραίτητη. Το κόστος σχετίζεται άμεσα όπως ήδη έχει προαναφερθεί με την ολική απόδοση του έργου. Για το λόγο αυτό επιδιώκεται το σύνολο των επιμέρους σχετικών ενεργειών να συγκεντρώνεται σε ομοιογενείς δραστηριότητες.

Με τον όρο **δραστηριότητα** μπορεί να χαρακτηριστεί το σύνολο ενεργειών, που μέσα από μια συνεχή απορρόφηση δεδομένων (πόρων), επιδιώκεται η επίτευξη καθορισμένου επιχειρησιακού στόχου. Οι δραστηριότητες, διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το μέγεθος της οργανωτικής δομής και το επίπεδο της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας του εργοταξίου (16) (17).

Παρατίθεται κατωτέρω ένα υποτυπώδες διάγραμμα για το πώς προκύπτει η συνολική κοστολόγηση ενός χωματουργικού έργου (14).



Εικόνα 12 Διάγραμμα ροής δεδομένων και τρόπος κοστολόγησης του έργου (14)

Κεφάλαιο 5ο: Κοστολόγηση χωματουργικών έργων

5.1. Γενικά για την κοστολόγηση

Ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής είναι η βάση του οικονομικού σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Η ελαχιστοποίησή του, για τις ίδιες απαιτήσεις παραγωγής, συνδέεται άμεσα με την αύξηση της παραγωγικότητας και είναι ο αντικειμενικός στόχος κάθε οργανωτικού προγράμματος (16) (7) (18).

Η σημερινή σύνθετη μορφή των τεχνικών έργων, τα οποία εκτελούνται κάτω από συνθήκες έντονου ανταγωνισμού και πληθωρισμού, απαιτεί προσεκτική μελέτη του κόστους, τόσο στο στάδιο του σχεδιασμού για τον οικονομικό προγραμματισμό του έργου, όσο και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης αυτού (8). Έτσι επιτυγχάνεται οργανωμένος έλεγχος προόδου των εργασιών, συναρτήσει του κόστους σχεδιασμού και του χρόνου παράδοσης στην αναθέτουσα αρχή.

Κάτω από τη θεώρηση αυτή ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής κατά το σχεδιασμό του οποιουδήποτε τεχνικού έργου έχει την ίδια βαρύτητα, επιτυχίας κατά την εκτέλεση του, με τη μελέτη εφαρμογής και τα κατασκευαστικά σχέδια. Προκειμένου ένα έργο να κοστολογηθεί πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν όλοι οι παράγοντες που το επηρεάζουν. Όπως ήδη έχει προαναφερθεί ο συντονισμός υπολογισμού όλων αυτών των παραμέτρων είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Το εργαλείο λοιπόν που βοηθά, τους μηχανικούς παραγωγής, στην εκπόνηση οικονομικοτεχνικών μελετών των τεχνικών έργων είναι οι εφαρμόσιμες μέθοδοι κοστολόγησης (16).

Η σωστή εκλογή μεθόδου κοστολόγησης και η αντικειμενικότητα εκτίμησης παραμέτρων που επηρεάζουν τον προϋπολογισμό δαπάνης είναι τα βασικά στοιχεία για την εκπόνηση της οικονομικοτεχνικής μελέτης. Οι μέθοδοι κοστολόγησης έχουν σαν στόχο, τον ακριβή υπολογισμό κόστους με τη μικρότερη δυνατή απόκλιση. Σε συνδυασμό με την επιστημονική έρευνα, εκτός του ότι αναβαθμίζονται συνεχώς, μοντελοποιούνται (16) (14). Έτσι ο υπεύθυνος για την κοστολόγηση (μηχανικός, οικονομικός διευθυντής, διοικητικό στέλεχος κ.α.) πρέπει εκτός των απαραίτητων θεωρητικών γνώσεων να έχει και την ανάλογη κρίση και τεχνική εμπειρία, για να μπορεί να επιλέξει ποια μέθοδο κοστολόγησης θα εφαρμόσει ανάλογα με το μέγεθος και τις παραμέτρους του τεχνικού έργου.

Βασικές έννοιες (18)

Κόστος είναι η χρηματική αξία των υλικών, της εργασίας προσωπικού και μηχανημάτων, υπηρεσιών και επιβαρύνσεων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην πραγματοποίηση μιας παραγωγικής διαδικασίας. Το **κόστος** συνδέεται με την παραγωγική ικανότητα των **ομάδων εργασίας**.

Πόροι: ορίζονται τα στοιχεία που δαπανώνται για να πραγματοποιηθούν οι δραστηριότητες της επιχείρησης και η κατανάλωσή τους δημιουργεί κόστος. Παραδείγματος χάριν πρώτες ύλες, μισθοί κλπ (19).

Ομάδα εργασίας (εργάτες, συνεργείο κ.λ.π.) είναι ο συνδυασμός προσωπικού και μηχανημάτων για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας.

Παραγωγική ικανότητα είναι η ποσότητα του παραχθέντος προϊόντος, εργασίας κ.α. τα οποία παράγει μια ομάδα εργασίας, συναρτήσει του χρόνου. Ανάλογα με την

δραστηριότητα, το μέγεθος της παραγωγικής ικανότητας εκφράζεται σε m^3/h , Mr/h , m^2/h , τεμάχια/h όπου (h =ώρα).

Κόστος μονάδας παραγωγής C_M (€/ μονάδα παραγωγής): ονομάζεται το πηλίκο του κόστους της ομάδας εργασίας ως προς τη μονάδα του χρόνου C_h (€/h) προς την παραγωγική ικανότητα της ομάδας Q_h (m^3/h) στον ίδιο χρόνο. Ισχύει δηλαδή:

$$C_M = C_h / Q_h$$

$$C_M = C_h / Q_h$$

Το **κόστος μονάδας C_M** είναι ο στόχος των *αντικειμενικών συναρτήσεων* για την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και το κριτήριο για την επιλογή της μεθόδου και των μέσων παραγωγής.

Η μελέτη του κόστους διακρίνεται βασικώς σε δύο κατηγορίες, στον προϋπολογισμό κατά τη φάση του σχεδιασμού και στον έλεγχο κατά τη φάση της πραγματοποίησης του έργου. Ο **προϋπολογισμός του κόστους** είναι απαραίτητη εργασία για την εκπόνηση της τεχνικής προσφοράς και για τον καθορισμό της οικονομικής πορείας του έργου (ν 4014/2011).

Ο **έλεγχος του κόστους** είναι η συνεχής, περιοδική συγκέντρωση πληροφοριών κατά τη φάση της κατασκευής του έργου και η σύγκριση των πραγματοποιούμενων μεγεθών κόστους με τις τιμές του σχεδιασμού. Αν από τη σύγκριση αυτή προκύψουν διαφορές σε βάρος της προγραμματισμένης πορείας του έργου, τότε ο υπεύθυνος παραγωγής λαμβάνει τα κατάλληλα διορθωτικά μέτρα. Παράλληλα από τη σύγκριση αυτή συλλέγονται συστηματικά στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται σε μελλοντικές κοστολογήσεις (14).

Η **προκοστολόγηση** βασίζεται σε στοιχεία προηγούμενων εργασιών ή πινάκων. Στην περίπτωση συμβατικών τευχών δημοσίων έργων ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να χρησιμοποιεί τα Αναλυτικά Τιμολόγια και τους αντίστοιχους τιμαριθμικούς πίνακες του Υπουργείου Δημοσίων Έργων. Οι τιμές που προκύπτουν έχουν μόνο συμβατική σημασία για τη νομική ρύθμιση των σχέσεων μεταξύ εργοδότη και εργολήπτη και δεν ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες της παραγωγής.

Η **εργασία υπολογισμού του κόστους** απλουστεύεται, όταν χρησιμοποιείται κοινή κωδικοποίηση των διαφόρων μορφών κόστους και ενιαία μέθοδος υπολογισμού. Η τυποποίηση αυτή έχει τα εξής πλεονεκτήματα (18):

- Βελτίωση των συνθηκών ανταγωνισμού μεταξύ των κατασκευαστικών επιχειρήσεων, εφ' όσον ο υπολογισμός γίνεται με βάση αντικειμενικά οικονομικά στοιχεία. Προϋπόθεση είναι η ύπαρξη τυποποιημένων καταλόγων αποδόσεως των δομικών δραστηριοτήτων και πίνακες κόστους δομικών μηχανημάτων, προσωπικού και υλικών.
- Βελτίωση της ποιότητας του εκτελούμενου έργου και αυξημένη ασφάλεια της κατασκευαστικής επιχείρησης έναντι οικονομικών αστοχιών.
- Εξασφάλιση του εργοδότη, ότι το έργο θα εκτελεστεί σύμφωνα με τη μελέτη, τις προδιαγραφές και τον προϋπολογισμό, εφ' όσον ο υπολογισμός του κόστους

βασίζεται σε αντικειμενικά στοιχεία, περίπου κοινά για όλες τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις.

- Δυνατότητα συνεχούς ελέγχου του κόστους παραγωγής και ορθολογική μείωση με στόχο την ελαχιστοποίησή του.
- Απλούστευση της διαδικασίας πληρωμών του έργου.
- Η διακύμανση στις τιμές των προσφορών δεν εξαρτάται από την υποκειμενική κρίση του προσφέροντος, αλλά από την εφαρμοζόμενη μέθοδο κατασκευής, από τον προγραμματισμό εργασιών, και από τα χρησιμοποιούμενα μέσα παραγωγής.

Ο υπολογισμός του κόστους κατά το στάδιο του σχεδιασμού ή της προσφοράς, ή κατά τη διάρκεια της κατασκευής ως έλεγχος κόστους, είναι ιδιαίτερα σοβαρή εργασία, γιατί από αυτήν εξαρτάται η οικονομική επιτυχία του έργου. Απαιτείται επομένως ειδικό τμήμα κοστολόγησης, που να ασχολείται με όλα τα σχετικά θέματα, τα οποία είναι (16) (18) (20):

- Καθορισμός της μεθόδου κοστολόγησης της επιχείρησης. Η μέθοδος αυτή υλοποιείται με βάση ένα εγχειρίδιο εκτίμησης κόστους, το οποίο είναι κωδικοποιημένος τιμοκατάλογος εργασιών, δραστηριοτήτων, ημερομισθίων και υλικών.
- Οργάνωση της εργασίας κοστολόγησης, έτσι ώστε να απαιτείται η ελάχιστη δυνατή προσπάθεια για την εκπόνηση των τεχνικών προσφορών.
- Εκπαίδευση υπευθύνων κοστολόγησης για την προκοστολόγηση και το συστηματικό έλεγχο κόστους.
- Έκδοση κατάλληλων οδηγιών (τεχνικών και οικονομικών) για την τήρηση των τιμών προκοστολόγησης και για τη συλλογή και διαβίβαση πληροφοριών, οι οποίες βοηθούν στον έλεγχο του κόστους και στη συμπλήρωση του εγχειριδίου εκτίμησης κόστους.

Από τις απαιτήσεις αυτές προκύπτει, ότι ο μηχανικός κοστολόγησης, εκτός από τις απαραίτητες οικονομικές γνώσεις, πρέπει να διαθέτει και πλούσια κατασκευαστική εμπειρία, για να δίνει τις απαραίτητες κατευθύνσεις στους μηχανικούς κατασκευής σχετικά με την τήρηση του κατασκευαστικού προγράμματος και την επιτυχία των στόχων της τεχνικής εταιρείας.

Συντελεστές επιρροής κόστους (18).

Οι συντελεστές επιρροής κόστους είναι οι συντελεστές που επηρεάζουν την παραγωγή και το κόστος, και διακρίνονται στους **βασικούς** συντελεστές και στους συντελεστές **αβεβαιότητας**. Οι τελευταίοι διακρίνονται στους **επηρεαζόμενους** και στους **μη επηρεαζόμενους** συντελεστές κόστους.

Βασικοί συντελεστές επιρροής κόστους (17) (18).

Οι βασικοί συντελεστές επιρροής κόστους αναφέρονται στην οργάνωση και εκμηχάνιση του εργοταξίου και είναι οι παρακάτω:

- **Η διεύθυνση του εργοταξίου.** Επιδρά επί της απόδοσης και του κόστους με την κατάλληλη οργάνωση του εργοταξίου και τον συντονισμό των ομάδων εργασίας σύμφωνα με το πρόγραμμα κατασκευής.
- **Ο μηχανικός εξοπλισμός.** Η κατάλληλη εκλογή του τύπου, του αριθμού και του μεγέθους των δομικών μηχανών επηρεάζει την απόδοση και το κόστος.

- **Το προσωπικό.** Η εξειδίκευση και η ικανότητα του προσωπικού επηρεάζουν, ανάλογα με το βαθμό εκμηχάνισής, την απόδοση και το κόστος.
- **Τα υλικά χρήσης και λειτουργίας.** Τα υλικά αυτά είναι τα καύσιμα, τα λιπαντικά, τα ανταλλακτικά, διάφορα αναλώσιμα υλικά εργοταξίου κλπ., τα οποία επηρεάζουν επίσης το κόστος του έργου.

Συντελεστές αβεβαιότητας (18).

Οι συντελεστές αβεβαιότητας οφείλονται στο γεγονός, ότι η προκοστολόγηση βασίζεται σε στοιχεία εκτίμησης, τα οποία είναι θεωρητικά ή στατιστικά, επομένως υπάρχει πιθανότητα απόκλισης. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Α' Κατηγορία: Επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας (18)_(21).

Η επιρροή τους μειώνεται αν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σχετικά με την:

- **Οργάνωση του εργοταξίου.** Η κακή οργάνωση του εργοταξίου έχει ως συνέπεια την αύξηση του χρόνου κατασκευής και του κόστους. Η οργάνωση και ο βαθμός εκμηχάνισης εξαρτώνται από τη μορφή των εργοταξίων του τεχνικού έργου. Ανάλογα με το βαθμό εκμηχάνισης διακρίνονται οι εργασίες με αυξημένο αριθμό εργατικών χεριών και οι εργασίες με αυξημένο αριθμό μηχανημάτων. Σε εργοτάξια με υψηλό βαθμό εκμηχάνισης είναι απαραίτητο να υπάρχει υψηλή ποιότητα οργάνωσης. Κάθε παύση λειτουργίας των μηχανημάτων, που οφείλεται σε κακή οργάνωση ή σε κακό προγραμματισμό, επιδρά αρνητικά στο κόστος του έργου, λόγω του σχετικά υψηλού κόστους λειτουργίας των μηχανημάτων. Σε εργασίες με μικρότερο βαθμό εκμηχάνισης, στις οποίες το κόστος παραγωγής επηρεάζεται περισσότερο από τον ανθρώπινο παράγοντα, εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι οργάνωσης, των οποίων κύριος στόχος είναι η αύξηση της απόδοσης των εργαζομένων για την ολοκλήρωση του έργου.
- **Εργοταξιακή διάταξη και κατάσταση των οδών πρόσβασης.** Αν το οδικό δίκτυο είναι σωστά δομημένο ώστε να καλύπτει την ταχύτερη πρόσβαση στα μέτωπα εργασιών, τότε μειώνεται ο χρόνος κυκλοφορίας των οχημάτων, αυξάνεται η απόδοση των μηχανημάτων και κατά συνέπεια μειώνεται το κόστος παραγωγής.
- **Τεχνική κατάσταση των μηχανημάτων.** Η προγραμματισμένη και προληπτική συντήρηση των μηχανημάτων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αξιοπιστίας τους και κατά συνέπεια τη μείωση πιθανών βλαβών, τη μείωση του ωριαίου κόστους λειτουργίας και την αύξηση της απόδοσης.
- **Τεχνική κατάρτιση του προσωπικού.** Θεωρείται απαραίτητη η σταδιακή ενημέρωση του προσωπικού στις τεχνολογικές εξελίξεις, που έχουν σχέση με τις όλες φάσεις ολοκλήρωσης του έργου, διότι αυτό με τη σειρά του επιδρά θετικά στην απόδοση εργασιών και στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Β' Κατηγορία: Μη επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας (18)_(21).

Οι κυριότεροι συντελεστές της κατηγορίας αυτής είναι:

- **Οι καιρικές συνθήκες.** Επηρεάζουν την απόδοση εργασίας και επομένως την παραγωγικότητα.
- **Οι εδαφολογικές συνθήκες.** Επηρεάζουν την απόδοση των μηχανημάτων, του προσωπικού και το κόστος λειτουργίας.
- **Η διαθεσιμότητα του προσωπικού.** Επηρεάζει τον προγραμματισμό του έργου.

- **Οι τιμές των υλικών.** Έχουν άμεση επίδραση για το κόστος παραγωγής. Αν δεν είναι δυνατή η έγκαιρη παραγγελία τότε είναι απαραίτητη η παραδοχή τύπου αναθεώρησης τιμών στη σύμβαση του έργου.
- **Οι αμοιβές του προσωπικού.** Η ισχυρή διακύμανση των τιμών απαιτεί την παραδοχή τύπου αναθεώρησης και επηρεάζει τον πληθωρισμό για την εκτέλεση του έργου.
- **Η χρηματοδότηση.** Επηρεάζει τη χρηματική ρευστότητα της επιχείρησης και μειώνει τη διαχειριστική της ικανότητα.
- **Ο ανταγωνισμός.** Επιδρά στη στρατηγική διαμόρφωση των τιμών τεχνικής προσφοράς και της μισθοδοσίας των εργαζομένων.

Συμβατικός προϋπολογισμός κόστους (17)_(18)_(21).

Σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Νομοθεσία για την εκπόνηση οικονομικής μελέτης έργου ή για τον υπολογισμό τιμών μονάδος νέων εργασιών είναι υποχρεωτική η εφαρμογή των **Αναλυτικών Τιμολογίων** (Α.Τ.), τα οποία περιέχουν στοιχεία απόδοσης τυπικών ομάδων εργασίας, και των **Τιμαριθμικών Πινάκων**, οι οποίοι καθορίζουν τις βασικές τιμές ημερομισθίων, μισθωμάτων μηχανημάτων και υλικών και εκδίδονται ανά τρίμηνο ή εξάμηνο. Τα **Αναλυτικά Τιμολόγια** αναφέρονται στις διάφορες κατηγορίες έργων με τα αρχικά Α.Τ., και δεν δίνουν δυνατότητες επιλογής μεθόδου κατασκευής και ύψους εκμηχάνισης ανάλογα με τις παραμέτρους του έργου.

Οι τιμές κόστους, που υπολογίζονται με βάση τα **Αναλυτικά Τιμολόγια** και τους **Τιμαριθμικούς Πίνακες**, χρησιμεύουν κυρίως για τη σύνταξη συμβάσεων εκτέλεσης έργων μεταξύ Δημοσίων Οργανισμών και κατασκευαστικών επιχειρήσεων, για τη συμβατική αντιμετώπιση οικονομικών θεμάτων κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου, όπως η περίπτωση του υπολογισμού νέων τιμών μονάδας για εξωσυμβατικές εργασίες, και για την αναθεώρηση της συμβατικής αξίας των έργων.

Αντικειμενικός υπολογισμός κόστους (18).

Ο αντικειμενικός υπολογισμός κόστους βασίζεται στη θεώρηση του έργου ή των δραστηριοτήτων που το συνθέτουν, ως ενός ενιαίου λειτουργικού συστήματος, το οποίο αναλύεται στα διάφορα υποσυστήματα. Κάθε ένα από αυτά εξετάζεται κοστολογικά σύμφωνα με τις παραμέτρους που το επηρεάζουν. Οι παράμετροι είναι η μορφή της δραστηριότητας και η κατασκευαστική μέθοδος που θα εφαρμοστεί, το μέγεθος του έργου, οι χρονικές προθεσμίες, η φύση των υλικών, οι προδιαγραφές ποιότητας, τα μέσα παραγωγής (μηχανήματα, προσωπικό) και οι επιδράσεις του περιβάλλοντος. Ο αντικειμενικός υπολογισμός του κόστους βασίζεται επομένως στη μέθοδο, στην τεχνολογία και στα μέσα παραγωγής, και εξαρτάται από τις γνώσεις και την εμπειρία τόσο του μελετητή ή επιβλέποντα μηχανικού όσο και του κατασκευαστή.

Οι γνώσεις και η εμπειρία χρησιμοποιούνται τόσο για τον οικονομικό σχεδιασμό του έργου, όσο και για τον έλεγχο του κόστους κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του αντικειμενικού υπολογισμού του κόστους είναι:

- **Υπολογισμός του κόστους παραγωγής** του έργου σύμφωνα με τις παραμέτρους του έργου, την τεχνολογία και τα αντίστοιχα στοιχεία της λειτουργικής ανάλυσης.

- **Ο καθορισμός σχεδιασμού των μέσων παραγωγής**, στο στάδιο της μελέτης, που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εκτέλεση του έργου. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποτελούν αντικείμενα της σύμβασης του έργου.
 - **Η μελέτη των προγραμμάτων χρονικού και οικονομικού σχεδιασμού**. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποτελούν επίσης αντικείμενο της σύμβασης του έργου.
Αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την εφαρμογή συστήματος ελέγχου κόστους κατά τη διάρκεια της κατασκευής, τόσο από τον κατασκευαστή, όσο και από τον επιβλέποντα μηχανικό.
- Επίσης υπάρχει η δυνατότητα χρήσης συστήματος πληροφορικής για τη οικονομική διαχείριση του έργου, και τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων.

5.2. Πληροφορίες για τον υπολογισμό κόστους

Στο παρόν σημείο, και βάσει των όλων όσων ειπωθεί, κρίνεται σκόπιμη η αναφορά σε μεθόδους κοστολόγησης χωματουργικών έργων. Λόγω της φύσης των χωματουργικών εργασιών και προκειμένου να γίνει σαφής και τεκμηριωμένη κοστολόγηση αυτών των δραστηριοτήτων, θα πρέπει να συνυπολογίζονται (16) (22) (18):

- η συχνότητα διέλευσης των απαιτούμενων μηχανημάτων,
- το κόστος παραγωγής για κάθε μέτωπο εργασίας,
- η παραγωγική ικανότητα των εν λόγω μηχανημάτων,
- το ποσοστό επίτευξης στόχου εργασιών συναρτήσει του χρόνου, και
- η τελική κοστολόγηση του χωματουργικού έργου.

Στην όλη διαδικασία κύρια σημασία έχει ο υπολογισμός της παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η παραγωγικότητα είναι ανάλογη του απαιτούμενου εξοπλισμού και της απόδοσης που αυτός επιδεικνύει, και αντιστρόφως ανάλογη του χρόνου κύκλου εργασιών. Για τον υπολογισμό της παραγωγικότητας του κάθε μηχανήματος σε συνάρτηση με το χρόνο χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα και αλγόριθμοι όπως για παράδειγμα οι αλγόριθμοι «BPNN-CGB» (23), και «T.C.O.»(Total Cost of Ownership) (20).

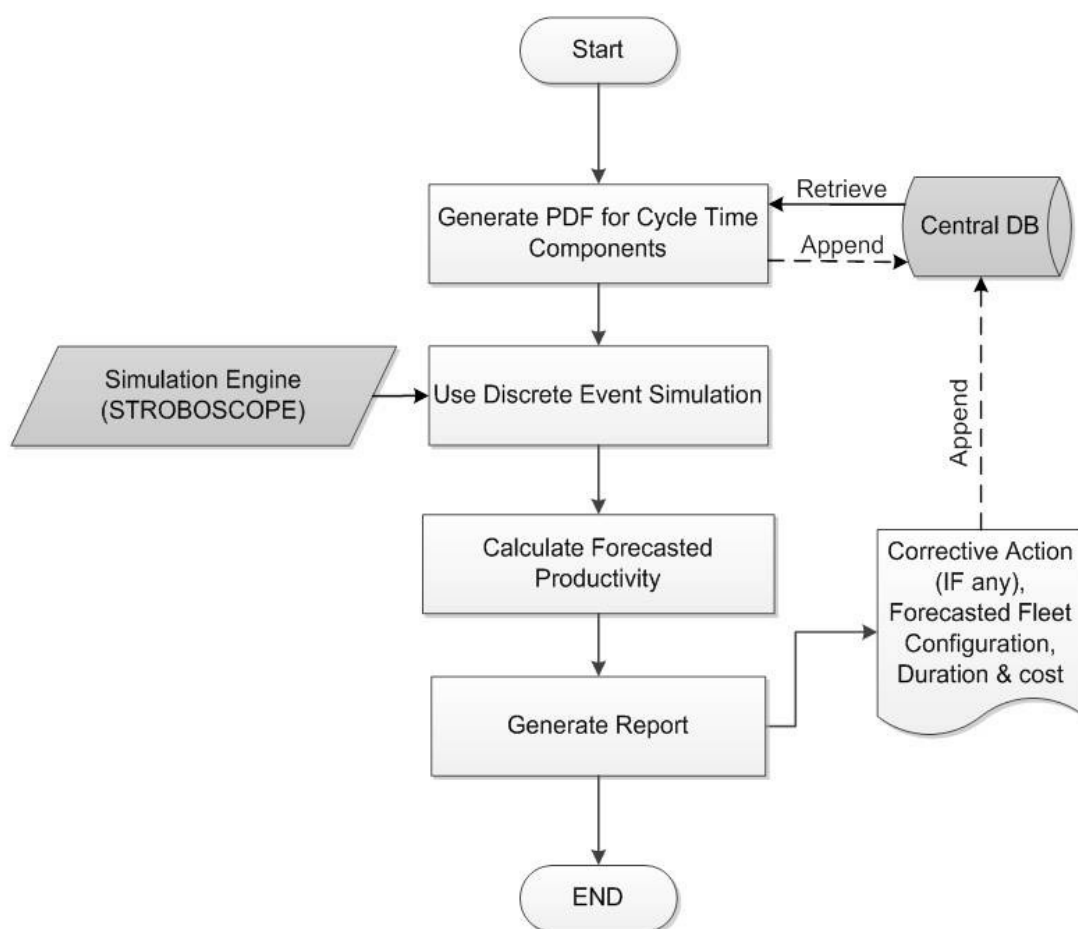
Σύμφωνα με τους Ali Montaser, Magdy Ibrahim, Osama Moselhi (22) προκειμένου να γίνει η κοστολόγηση ενός χωματουργικού έργου στο Μόντρεαλ του Καναδά, εφαρμόστηκε η μέθοδος D.E.S.(Discrete Event Simulation). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην καταγραφή διακριτών συμβάντων καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης του έργου. Έχει την ικανότητα να καταγράφει και να συνυπολογίζει, εκτός των άλλων, την επιρροή που μπορεί να έχει στην όλη διαδικασία, ακόμα και ο βασικότερος όλων των αστάθμητων παραγόντων, ο καιρός.

Κατά τη μέθοδο D.E.S. ενσωματώθηκαν σε όλα τα μηχανήματα του χρωματογραφικού έργου συσκευές G.P.S.(Global Position System). Με τον τρόπο αυτό επετεύχθησαν τα ακόλουθα:

- καταγραφή της ακριβούς θέσης των μηχανημάτων του έργου,
- καταγραφή των διελεύσεων των μηχανημάτων,
- καταγραφή ωρών εργασίας σε κάθε μέτωπο παραγωγής,
- καταγραφή της παραγωγικής ικανότητας του κάθε μηχανήματος.

Έτσι, τα δεδομένα αυτά μέσω δικτύου μεταβιβάστηκαν σε κεντρική μονάδα ελέγχου προκειμένου να διεξαχθεί οικονομική ανάλυση, για τον υπολογισμό του τελικού κόστους του έργου.

Στις περιπτώσεις που η όλη παραγωγή γίνεται με τη χρήση αυτοματοποιημένων μηχανημάτων, η καταγραφή των ανωτέρω απαιτούμενων δεδομένων γίνεται πιο άμεσα και χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Παρατίθεται ένα διάγραμμα ροής για τη μέθοδο D.E.S.



Εικόνα 13 Ενδεικτικό διάγραμμα ροής για την εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων σύμφωνα με τη μέθοδο D.E.S. (22)

5.3. Συμβατικές – παραδοσιακές μέθοδοι κοστολόγησης

Σε όλα τα συμβατικά συστήματα κοστολόγησης το κόστος των τμημάτων, λειτουργιών και παραγόμενων υπηρεσιών διαμορφώνεται από τα ακόλουθα στοιχεία (21).

- Άμεσα υλικά (μηχανήματα, ανταλλακτικά κ.α.)
- Άμεση εργασία
- Γενικά βιομηχανικά έξοδα

Τα άμεσα υλικά και η άμεση εργασία καθορίζονται με μεγάλη ακρίβεια κατά τμήμα, εργασία, ή υπηρεσία. Αυτό γίνεται γιατί αυτά τα δύο στοιχεία δημιουργούνται αποκλειστικά για καθεμιά από αυτές τις δραστηριότητες.

Τα γενικά βιομηχανικά έξοδα (Γ.Β.Ε.) περιλαμβάνουν έμμεσα έξοδα. Τέτοια έξοδα είναι έξοδα για έμμεσα υλικά, παροχή υπηρεσίας από τρίτους (ηλεκτρικό ρεύμα, παροχή νερού κ.α.), φόρους και γενικά πάσης φύσης έξοδα εξοπλισμού.

Τα συμβατικά συστήματα κοστολόγησης στην ουσία είναι τα συστήματα κατά τα οποία το τελικό κόστος δεν καθορίζεται αυστηρά και μόνο από τις δραστηριότητες.

Όταν θεσπίστηκαν επικρατούσαν οι εξής συνθήκες στη βιομηχανία:

- Ο κύκλος ζωής των ανταλλακτικών ήταν μεγαλύτερος από ότι στις μέρες μας
- Ο όγκος παραγωγής επηρεαζόταν άμεσα από το χρόνο εργασιών
- Επικρατούσε βραδεία μεταβολή στην εξέλιξη της τεχνολογίας
- Οι πόροι ήταν εκείνοι που βελτίωναν την άμεση εργασία.

Επομένως τα συμβατικά συστήματα κοστολόγησης σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο για:

- Να έχουν πρωταρχικό ρόλο τα άμεσα εργατικά
- να εξαρτώνται τα άμεσα εργατικά από τα άμεσα και έμμεσα βιομηχανικά έξοδα
- να αναπτύσσονται τα κέντρα κόστους σύμφωνα με τα άμεσα εργατικά.

Γενικά, τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης λειτουργούν με βάση την υπόθεση ότι η παραγωγή των προϊόντων και των υπηρεσιών είναι αυτή που προκαλεί τις δαπάνες. Για το λόγο αυτό, το καθαρό κόστος για αναλώσιμα υλικά, εργατικά και άλλα άμεσα έξοδα εκχωρούνται στα προϊόντα (21).

Όλα τα άλλα έξοδα ομαδοποιούνται ως έμμεσα και κατανέμονται στα προϊόντα, συνήθως με γνώμονα, κάποιο μέτρο του όγκου παραγωγής (συνήθως την παραγωγική ικανότητα). Επειδή αυτά τα έμμεσα έξοδα είναι απαραίτητα, κάθε μονάδα προϊόντος ή υπηρεσίας θα πρέπει να φέρει το μερίδιο των εξόδων που της αναλογεί (17).

Παρατίθεται διάγραμμα ροής των συμβατικών συστημάτων κοστολόγησης.



Διάγραμμα 5.4.1. Απεικόνιση διαγράμματος ροής συμβατικών συστημάτων κοστολόγησης.

5.4. Παρουσίαση της μεθόδου υπολογισμού κόστους A.B.C.(Activity Based Costing)

Η μέθοδος υπολογισμού κόστους A.B.C. (Activity Based Costing) αποτελεί μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδο κοστολόγησης από το 1980 και μετά (24). Στην ουσία ο τρόπος λειτουργίας της προσομοιάζει τον κοινό τρόπο λειτουργίας συμβατικών μεθόδων κοστολόγησης. Φυσικά διαφοροποιείται από αυτές όσον αφορά την αποτελεσματικότητά της. Αυτό γίνεται για δύο βασικούς λόγους. Σύμφωνα με τους Yong-Woo Kim¹, Glenn Ballard (24) η μέθοδος A.B.C. , βασίζεται στην παρακολούθηση της συνολικής ροής εργασιών του τεχνικού έργου. Πιο συγκεκριμένα ο υπολογισμός κόστους παραγωγής δεν γίνεται αποκλειστικά και μόνο για την εκάστοτε εργασία. Παράλληλα με αυτόν γίνεται αναγωγή στην επιρροή που δύναται να έχει στη συνολική έκταση του έργου. Εκτός αυτού με τη μέθοδο A.B.C., διακρίνονται οι όποιες άστοχες ή οι μη αποδοτικές εργασίες, με σκοπό τη διακοπή τους, προς αποφυγή αστοχίας οικονομικού προϋπολογισμού.

Η εκάστοτε αναθέτουσα αρχή ενός τεχνικού έργου αντιμετωπίζεται σαν υποψήφιος «πελάτης» αγοράς. Με την A.B.C., παρατίθεται μια σχετική κοστολόγηση του έργου ανάλογα με τις προβλεπόμενες εργασίες (συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων και του κόστους παραγωγής της κάθε δραστηριότητας). Έτσι δίνεται η δυνατότητα στον «πελάτη» να αντιληφθεί τον τρόπο κοστολόγησης, με τον οποίο προκύπτει το τελικό κόστος. Παράλληλα με αυτό δίνεται η ευκαιρία επιλογής εκτέλεσης, τόσο από τον εργολήπτη όσο και από τον «πελάτη», των πιο παραγωγικών εργασιών που έχουν ύψιστη απόδοση στο βέλτιστο χρόνο (24).

Πάγια τακτική των συστημάτων κοστολόγησης είναι να προσαρμόζουν τους πόρους, της εκάστοτε τεχνικής εταιρείας, ανάλογα με τις δραστηριότητες που εκπονούνται

από αυτούς. Το κόστος αυτών των δραστηριοτήτων μαζί με τους παράγοντες (συντελεστές) κόστους διαμορφώνει την τελική κοστολόγηση του τεχνικού έργου (24).

Ουσιαστικά τα ABC συστήματα θεωρούν ότι οι δραστηριότητες προκαλούν το κόστος και ότι οι υπηρεσίες και ο «πελάτης» (αναθέτουσα αρχή) είναι οι λόγοι για τους οποίους εκτελούνται οι δραστηριότητες αυτές (24) (19).

Με βάση αυτό το σύστημα κοστολόγησης ο εκάστοτε «manager» (επιβλέπων μηχανικός, οικονομικός διευθυντής κ.α.). μιας εταιρείας πρέπει να γνωρίζει το κόστος της κάθε δραστηριότητας, τη στενή σχέση της με την αντίστοιχη υπηρεσία και τους παράγοντες που την προσδιορίζουν. Η μέθοδος κοστολόγησης A.B.C. παρέχει την ακριβέστερη δυνατή πληροφόρηση επειδή συνυπολογίζει όλα τα κόστη των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στα κατά τόπους σημεία. Αυτό την καθιστά απαραίτητο εργαλείο για τη λήψη στρατηγικών επιχειρηματικών αποφάσεων.

Παρακάτω παρατίθεται γράφημα με τη δομή ενός συστήματος κοστολόγησης ABC. Από αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι η μέθοδος κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων προσαρμόζει τους πόρους πάνω στις δραστηριότητες που εκτελούνται από αυτούς. Έτσι, όπως έχει προαναφερθεί, γίνεται αντιληπτό ότι οι δραστηριότητες είναι εκείνες που διαμορφώνουν την κοστολογική ανάλυση.



Εικόνα 14 Απεικόνιση της δομής του συστήματος κοστολόγησης ABC (πηγή: ανάπτυξη επιχειρηματικών σχεδίων Γ. Σταμπουλής)

Με την κοστολόγηση βάσει δραστηριοτήτων όπως στην Α.Β.Σ., δίνεται η δυνατότητα για λεπτομερή μελέτη των γενικών εξόδων και έτσι γίνεται ευκολότερη η αντίληψη της αιτίας που τα δημιουργεί, καθώς και το πως σχετίζονται με τις δραστηριότητες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα έξοδα των τεχνικών ή και οποιονδήποτε εταιριών δεν παραμένουν σταθερά, αλλά μεταβάλλονται με το χρόνο.

Για το Α.Β.Σ., σαν πόροι μπορούν να χαρακτηριστούν τα διαθέσιμα μέσα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων τα οποία μπορεί να είναι τα ακόλουθα:

- οι πρώτες ύλες
- οι εργαζόμενοι
- τα μηχανήματα
- τα μεταφορικά οχήματα
- τα καύσιμα
- τα ανταλλακτικά των μηχανημάτων.

Η Α.Β.Σ. δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης των εξόδων πρώτα κατά δραστηριότητα και δευτερευόντως στη συνολική κλίμακα του έργου.

Με βάση όλα τα παραπάνω για την Α.Β.Σ. (19), (24), (21):

Α. Γενικά

- Οι στόχοι της καθορίζονται απ' ό,τι επιθυμεί ο πελάτης ή από το τι αναμένει η κατασκευαστική εταιρεία από αυτή.
- Η λειτουργία της σχεδιάζεται από την έναρξη των εργασιών μέχρι την ολοκλήρωση του έργου.
- Γίνεται ταξινόμηση της προστιθέμενης αξίας στην εκάστοτε υπηρεσία.
- Η αποδοτικότητά της είναι αυξητική.

Β. Ειδικά.

- Οι εργασίες που πραγματοποιούνται σε αυτή είναι ευδιάκριτες.
- Το έργο που παράγεται σε αυτή να είναι μετρήσιμο.
- Σε κάθε δραστηριότητα ο υπολογισμός και ο έλεγχος του κόστους είναι εφικτός.

Η Α.Β.Σ. είναι πολύ ακριβής και άκρως αποδοτική μέθοδος κοστολόγησης η οποία εκτός του ότι βρίσκει εφαρμογή στη διαχείριση και τη λήψη οικονομικών στρατηγικών αποφάσεων, έχει και μεγάλη προσαρμοστική ικανότητα. Συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε τεχνικές εταιρείες χωματουργικών έργων με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα (24).

5.5 Φάσεις υλοποίησης ενός συστήματος Α.Β.Σ. σε μια χωματουργική διαδικασία.

Το Α.Β.Σ. χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σειρά από σύγχρονα συστήματα κοστολόγησης που βασίζονται στη μέτρηση των δραστηριοτήτων της χωματουργικής εργασίας. **Αποτελεί ένα σύστημα κοστολόγησης στο οποίο οι δραστηριότητες είναι οι κύριοι φορείς του κόστους, το οποίο, αφού υπολογιστεί, κατανέμεται στους τελικούς φορείς του κόστους, που μπορεί να είναι έτοιμα προϊόντα ή υπηρεσίες που υλοποιούνται σε όλη τη φάση ολοκλήρωσης του έργου (18) (24).** Είναι η πιο ακριβής μεθοδολογία διαχείρισης του κόστους,

επικεντρώνεται στα γενικά έξοδα, καταλογίζει κάθε κατηγορία εξόδων στο συγκεκριμένο φορέα κόστους και μετατρέπει σε μεγάλο βαθμό τα έμμεσα έξοδα σε άμεσα.

Επίσης είναι ένα κοστολογικό σύστημα που βασίζεται στην απευθείας μέτρηση του κόστους του έργου που απαιτείται για τη μετατροπή των πρώτων υλών σε προϊόντα και υπηρεσίες, και για την ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό του κόστους στις επιμέρους μεμονωμένες δραστηριότητες. Γι' αυτό επιβάλλεται το κάθε έξοδο να κατανέμεται στις δραστηριότητες και η κάθε δραστηριότητα να σχετίζεται με το παραγόμενο προϊόν, την υπηρεσία και το παραγόμενο έργο για το οποίο πραγματοποιήθηκε (19), (21).

Ακόμη είναι μια συστηματική μέθοδος που αναδεικνύει το κόστος των δραστηριοτήτων στα προϊόντα, στις υπηρεσίες, στους πελάτες ή σε οποιοδήποτε φορέα κόστους, και δίνει τη δυνατότητα σωστής πληροφόρησης για το ύψος του κόστους παραγωγής του έργου κατά κατηγορία εξόδου, γεγονός που με τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης ήταν σχεδόν αδύνατο.

Προκειμένου να διαμορφωθεί ένα σύστημα A.B.C. σε μια χωματουργική διαδικασία θα πρέπει να εφαρμοστούν τα παρακάτω βήματα (16) (7) (17) (24):

Βήμα 1

Αρχικά πρέπει να προσδιοριστούν οι κύριες φάσεις κατασκευής του έργου και να αποφασιστεί ποιοι πόροι είναι απαραίτητοι για την ολοκλήρωση της κάθε φάσης, δηλαδή ποια είναι τα κατάλληλα χωματουργικά μηχανήματα και ο αριθμός των μεταφορικών οχημάτων που θα πρέπει να συνεργαστούν λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές αβεβαιότητας. Επιπλέον πρέπει να προσδιοριστούν, και τα αδρανή υλικά όπως άμμος, χαλίκι, ισοπεδωτικό 3^A και άλλα, που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν για την ολοκλήρωση της κάθε φάσης, καθώς και η γνώση της ποσότητας που απαιτείται από τις προδιαγραφές του έργου. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη εργασία εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του «πελάτη»-αναθέτουσα αρχή για τον οποίο εκπονείται. Φυσικά λαμβάνεται υπ' όψιν η επιστημονική άποψη του επιβλέποντα μηχανικού του έργου. Η επιλογή του χωματουργικού εξοπλισμού είναι απόφαση της ανάδοχης κατασκευαστικής εταιρείας.

Βήμα 2

Στη συνέχεια θα πρέπει να καθοριστούν οι οδηγοί κόστους που καθορίζουν κάθε μία από τις δραστηριότητες της κάθε φάσης και να καταγραφούν οι δραστηριότητες που θα υλοποιηθούν στην κάθε φάση. Στους οδηγούς κόστους θα πρέπει να συμπεριληφθούν:

- οι ώρες λειτουργίας κάθε μηχανήματος σε κάθε κύρια φάση και σε κάθε δραστηριότητα
- η τιμή που κοστολογείται την ώρα το κάθε μηχάνημα γνωρίζοντας την ιπποδύναμή του (PS). Αυτό αναγράφεται στα Αναλυτικά Τιμολόγια και στους Τιμαριθμικούς Πίνακες, και μπορεί καμία φορά να έχει μια μικρή διαφορά με την τιμή που επιδεικνύει η ανάδοχος κατασκευαστική εταιρεία.

- η συνολική κατανάλωση καυσίμων κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της κάθε φάσης ή όλου του έργου
- τα δρομολόγια των μεταφορικών οχημάτων, τα οποία καταγράφονται σε κάθε όχημα ξεχωριστά π.χ. των ανατρεπόμενων φορτηγών, των μπετονιέρων, των γερανών κ.λ.π.
- η διαθέσιμη χωρητικότητα υλικού που μπορεί να μεταφέρει το κάθε όχημα εκφρασμένη συνήθως σε κυβικά μέτρα (m^3) ή κάποια άλλη μονάδα μέτρησης όπως ο τόνος (ton)
- η συνολική κατανάλωση καυσίμων κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της κάθε φάσης ή όλου του έργου
- η τιμή που κοστολογείται το κάθε υλικό που χρησιμοποιήθηκε, ή απομακρύνθηκε, ή διαμορφώθηκε σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου, είτε είναι αδρανή είτε άλλα υλικά, μετρημένο με το κυβικό μέτρο (m^3), ή με κάποια άλλη μονάδα μέτρησης όπως με τον τόνο (ton), με το τετραγωνικό μέτρο (m^2) κ.λ.π.
Σε κάθε κύρια φάση ολοκλήρωσης του έργου, (π.χ. αν μιλάμε για μια χωματουργική εργασία η οποία περιλαμβάνει κατεδάφιση κτιρίου- απομάκρυνση μπάζων-εκσκαφή νέου κτιρίου-επίχωση θεμελίων- διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου, τότε κάθε μία από αυτές τις δραστηριότητες αποτελεί κύρια φάση ολοκλήρωσης του έργου), θα πρέπει να καταγραφούν ως δραστηριότητες:
- Τα χωματουργικά μηχανήματα στα οποία θα αναγράφεται το είδος τους, ο τύπος τους και η ιπποδύναμή τους, π.χ. ερπυστριοφόρος φορτωτής CAT 963 C PS, εκσκαφέας ελαστικοφόρος με ανεστραμένο πτύο Liebherr 922 Litronic PS, ισοπεδωτής grader CAT 12 H PS.
- Τα μεταφορικά οχήματα στα οποία θα αναγράφεται το είδος τους, ο τύπος τους, το μικτό τους βάρος και η ιπποδύναμή τους. Όλα αυτά αναγράφονται για τυπικούς λόγους ώστε να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά του οχήματος που χρησιμοποιείται. Γι' αυτό άλλωστε δεν αναγράφεται κανένα από αυτά τα χαρακτηριστικά στους οδηγούς κόστους.
- Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου και τα στοιχεία του μεταφορικού οχήματος που τα μετέφερε π.χ. μεταφορά ισοπεδωτικού 3^A με ανατρεπόμενο φορτηγό σταθερού πλαισίου MAN 8x8 35.372, μεταφορά τσιμέντου με μπετονιέρα σταθερού πλαισίου MERCEDES ACTROS 6x4 2644 κ.ο.κ.
- Η ειδικότητα του προσωπικού που εργάστηκε σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου, η οποία περιλαμβάνει τις τρεις επιλογές: είναι χειριστής, οδηγός, εργάτης.
- Η συντήρηση χωματουργικών μηχανημάτων, μεταφορικών οχημάτων, υπόλοιπου χωματουργικού εξοπλισμού σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου

Βήμα 3

Συμπληρώνονται οι μετρήσεις:

- των ωρών λειτουργίας των χωματουργικών μηχανημάτων
- των δρομολογίων των χωματουργικών μηχανημάτων
- των μεταφορικών οχημάτων
- των καυσίμων που δαπανήθηκαν
- των κυβικών μέτρων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ή απομακρύνθηκαν ή διαμορφώθηκαν στον περιβάλλοντα χώρο της χωματουργικής εργασίας
- τα ημερομίσθια των χειριστών, των οδηγών, των εργατών
- οι ημέρες εργασίας τους
- τα έξοδα συντήρησης της κατασκευαστικής για τον εξοπλισμό της σε κάθε φάσης ολοκλήρωσης του έργου σε ένα πίνακα που περιλαμβάνονται οι δραστηριότητες και οι οδηγοί κόστους.

Βήμα 4

Υπολογίζεται η ολική κοστολόγηση του έργου με βάση το κόστος που καταναλώθηκε σε κάθε φάση ολοκλήρωσής του.

Βήμα 5

Τέλος γίνεται επεξεργασία αυτών των αποτελεσμάτων και έλεγχος για το αν η εκτίμηση του προϋπολογισμού του έργου ανταποκρίνεται στα αποτελέσματα αυτά.

Σε όλη αυτή τη διαδικασία φυσικά αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3 της παρούσης διπλωματικής εργασίας, η μοντελοποίηση λειτουργίας αυτόματων – ημιαυτόματων μηχανημάτων χωματουργικών εργασιών επιδρά θετικά. Με τη μοντελοποίηση παρέχεται αυτόματη καταγραφή εργασιών και κόστους ανά δραστηριότητα ενώ παράλληλα ο έλεγχος ποιότητας εργασιών βελτιστοποιείται.

5.5. Τριμερής Χωματουργική δραστηριότητα τριών οκτάωρων φάσεων σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Προκειμένου να υπολογιστεί το κόστος σε κάθε φάση υλοποίησης του έργου θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα χρονολόγιο έργου στο οποίο θα καταγράφονται καθημερινά οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται, ώστε να είναι γνωστές οι μετρήσεις που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τον υπολογισμό της κοστολόγησης της χωματουργικής εργασίας και την εξαγωγή συμπερασμάτων (21) (17).

Αυτό μπορεί να γίνει καταγράφοντας τα αποτελέσματα σε πίνακες όπως αυτούς της παρακάτω μορφής **5,6,7**. Η μορφή των πινάκων είναι τυχαία. Στους πίνακες καταγράφονται οι φάσεις εργασίας, τα μηχανήματα που λαμβάνουν χώρα, οι συντελεστές υπολογισμού της παραγωγικής ικανότητας για κάθε μηχανήμα και ο χρόνος εργασίας των μηχανημάτων για κάθε φάση εκτέλεσης του έργου. Έτσι υπολογίζεται το κόστος αποδοχών από κάθε φάση εργασίας.

Στη συνέχεια, όπως φαίνεται και στον **πίνακα 8**, καταγράφονται τα έξοδα κόστους παραγωγής για κάθε φάση του έργου.

Οι τιμές για όλους τους συντελεστές της παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων και του κόστους παραγωγής είναι πραγματικές (25).

Οι τιμές αποδοχών ανά m^3 χωματουργικής εργασίας έχουν ληφθεί με βάση την **Υ.Α.Δ17α/62/3/ΦΝ437/12-3-2009 (ΦΕΚ 513Β'/19-3-2009)**.

5.5.1. Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 1^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Πίνακας 5. Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 1^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Φάσεις έργου	Μηχανήματα	Τύπος παρ. ικανότητας	Ωκτάωρη παραγωγική ικανότητα (m ³ *min)	Συντελεστής φόρτωσης Υλικού f _φ	Χωρητικότητα α Κάδου V _κ (m ³)	Χρόνος εργασίας t(min)	Κύκλοι ανά ώρα C	
Φάση 1	Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	$Q = f_{\phi} \cdot V_{\kappa} \cdot t \cdot C$	85.184	1,1	3,2	440	55	
				Χωρητικότητα α. κάδου q(m ³)	Χρόνος κύκλου C _m (min)	Συντελεστής απόδοσης Έργου E	Συντελεστής πλήρωσης κάδου f _π	Συντελεστής φόρτωσης υλικού f _φ
	Ερπυστριοφόρος φορτωτής	$Q = q \cdot 60 / C_m \cdot E \cdot f_{\phi} \cdot f_{\pi}(t) \cdot C$	1920	4	1	1	1	1
				Απόσταση ανώμαλης επιφάνειας T _i (m)	Πλάτος Εργασίας b(m)	Χρόνος σε (min)	Ταχύτητα ισοπεδωτή V _i (km/h)	Αριθμός διελεύσεων/h
	Ισοπεδωτής	$Q = T_i \cdot b / t$	1,8	300	3	340	4	3

5.5.2. Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 2^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Πίνακας 6 Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 2^{ης} οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Φάσεις έργου	Μηχανήματα	Τύπος παρ. ικανότητας	Ωκτάωρη παραγωγική ικανότητα (m ³ *min)	Συντελεστής φόρτωσης Υλικού f _φ	Χωρητικότητα α Κάδου V _κ (m ³)	Χρόνος εργασίας t(min)	Κύκλοι ανά ώρα C	
Φάση 2	Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	$Q = f_{\phi} * V_{\kappa} * t * C$	85.184	1,1	3,2	440	55	
				Χωρητικότητα α. κάδου q(m ³)	Χρόνος κύκλου C _m (min)	Συντελεστής απόδοσης Έργου E	Συντελεστής πλήρωσης κάδου f _π	Συντελεστής φόρτωσης υλικού f _φ
	Ερπυστριοφόρος φορτωτής	$Q = q * 60 / C_m * E * f_{\phi} * f_{\pi}(t) * C$	3.840	4	0,5	1	1	1
				Απόσταση ανώμαλης επιφάνειας T _i (m)	Πλάτος Εργασίας b(m)	Χρόνος σε (min)	Ταχύτητα ισοπεδωτή V _i (km/h)	Αριθμός διελεύσεων/h
	Ισοπεδωτής	$Q = T_i * b / t$	2,4	350	3	280	4	3

5.5.3. Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 3ης οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Πίνακας 7 Τριμερής Χωματοουργική δραστηριότητα τριών 3ης οκτάωρης φάσης σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Φάσεις έργου	Μηχανήματα	Τύπος παρ. ικανότητας	Ωκτάωρη παραγωγική ικανότητα (m ³ *min)	Συντελεστής φόρτωσης Υλικού f _φ	Χωρητικότητα α Κάδου V _κ (m ³)	Χρόνος εργασίας t(min)	Κύκλοι ανά ώρα C	
Φάση 3	Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	$Q = f_{\phi} \cdot V_{\kappa} \cdot t \cdot C$	79.860	1,1	3	440	55	
				Χωρητικότητα α. κάδου q(m ³)	Χρόνος κύκλου C _m (min)	Συντελεστής απόδοσης Έργου E	Συντελεστής πλήρωσης κάδου f _π	Συντελεστής φόρτωσης υλικού f _φ
	Ερπυστριοφόρος φορτωτής	$Q = q \cdot 60 / C_m \cdot E \cdot f_{\phi} \cdot f_{\pi}(t) \cdot C$	6.400	4	0,3	1	1	1
				Απόσταση ανώμαλης επιφάνειας T _i (m)	Πλάτος Εργασίας b(m)	Χρόνος σε (min)	Ταχύτητα ισοπεδωτή V _i (km/h)	Αριθμός διελεύσεων/h
	Ισοπεδωτής	$Q = T_i \cdot b / t$	2,4	350	3	350	4	3

5.5.4. Κόστος αποδοχών και Κόστος παραγωγής για κάθε φάση Χωματουργικής δραστηριότητας τριών οκτάωρων φάσεων σε επιφανειακή περιοχή αμμώδους εδαφικού υλικού

Μετά από την καταγραφή των δεδομένων λειτουργίας ανά φάση εκπόνησης του χωματουργικού έργου ακολουθεί η κατασκευή του πίνακα κοστολόγησης με βάση τις πρότυπες τιμές αποδοχών όπως αυτές ορίζονται από την **Υ.Α.Δ17α/62/3/ΦΝ437/12-3-2009 (ΦΕΚ 513Β'/19-3-2009)** και τις τιμές κόστους παραγωγής (αμοιβές χειριστών, κόστος καυσίμου και λιπαντικών) (25). Παρατίθεται ο σχετικός πίνακας κοστολόγησης για την τριήμερη χωματουργική δραστηριότητα των τριών οκτάωρων φάσεων. Έτσι είναι δυνατός ο υπολογισμός κόστους και συνολικού κέρδους ανά δραστηριότητα. Βάσει όλων των επιμέρους υπολογισμών κόστους, ανά φάση προκύπτει και η τελική κοστολόγηση του χωματουργικού έργου. Τέλος ακολουθεί ο προσδιορισμός του συνολικού ποσού κοστολόγησης κέρδους της χωματουργικής εργασίας στον **πίνακα 9**.

Οι τιμές των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στη χωματουργική εργασία και η κοστολόγηση των ωρών εργασίας των μηχανημάτων είναι γνωστές και πρέπει να αναγράφονται επιπλέον στα **Αναλυτικά Τιμολόγια** και στους **Τιμαριθμικούς Πίνακες** για κάθε ένα ξεχωριστά (21) (17).

Οι πρότυπες τιμές (κόστους αποδοχών, κόστους παραγωγής, κόστους αναλώσιμων υλικών κ.α.) δεν πρέπει να έχουν καμία απόκλιση με τις τιμές εκείνες που δηλώνει στα αναλυτικά τιμολόγια και τιμαριθμικούς πίνακες η κατασκευαστική εταιρεία, έτσι ώστε η τελευταία να είναι νομικά συνεπής.

Πίνακας 8. Κόστος αποδοχών και παραγωγής ανά φάση εκπόνησης του χωματουργικού έργου

		Οκτάωρη αποδοχή εσόδων σε €		
Μηχανήματα	Μέση τιμή πληρωμής σε €/m ³	Φάση 1	Φάση 2	Φάση 3
Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	22,6	4.375,36	4.375,36	4.101,90
Ερπυστριοφόρος φορτωτής	22,6	90,40	180,80	301,33
Ισοπεδωτής	20	0,07	0,11	0,11
		Οκτάωρο κόστος λειτουργίας μηχανήματος σε €		
Μηχανήματα	Ωριαίο κόστος ενέργειας και λιπαντικών σε €	Φάση 1	Φάση 2	Φάση 3
Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	12	96,00	96,00	96,00
Ερπυστριοφόρος φορτωτής	12	96,00	96,00	96,00
Ισοπεδωτή	12	96,00	96,00	96,00
		Οκτάωρο κόστος χειριστή-εργάτη σε €		
Μηχανήματα	Αμοιβή χειριστή-εργάτη (Φ.Π.Α.+Ι.Κ.Α.) σε €/h	Φάση 1	Φάση 2	Φάση 3
Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	15	120,00	120,00	120,00
Ερπυστριοφόρος φορτωτής	15	120,00	120,00	120,00
Ισοπεδωτής	15	120,00	120,00	120,00

Πίνακας 9 Συνολικό ποσό κοστολόγησης κέρδους

Μηχανήματα	Τριήμερο Συνολικό κέρδος σε €
Ελαστικοφόρος εκσκαφέας	12.204,62
Ερπυστριοφόρος φορτωτής	-75,47
Ισοπεδωτής	-647,71
Σύνολικό κέρδος σε €	11.481,44

5.6 Μοντέλο ανάπτυξης συστήματος A.B.C.

Τα βασικά στάδια υπολογισμού του κόστους μιας χωματουργικής εργασίας με τη χρήση της A.B.C. είναι τα παρακάτω (18) (24):

- Εντοπισμός των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε φάση του έργου.
- Καθορισμός των οδηγών κόστους της κάθε δραστηριότητας.
- Υπολογισμός του κόστους των δραστηριοτήτων σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου.
- Υπολογισμός του συνολικού κόστους των δραστηριοτήτων της χωματουργικής εργασίας και εξαγωγή συμπερασμάτων.

5.6.1 Οδηγοί κόστους.

Η επιβάρυνση των φορέων του κόστους με το κόστος των δραστηριοτήτων δε γίνεται τυχαία. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό ενός μηχανισμού μέσω του οποίου πραγματοποιείται η μεταφορά του κόστους της κάθε δραστηριότητας προς τους κατάλληλους φορείς. Σαν μηχανισμός βέβαια δε νοείται τίποτε άλλο παρά ο εντοπισμός των μεταφορέων του κόστους των δραστηριοτήτων προς τους φορείς. Οι μεταφορείς αυτοί είναι οι οδηγοί του κόστους των δραστηριοτήτων (17). Ως οδηγός κόστους μιας δραστηριότητας θεωρείται το σύνολο των πραγματοποιούμενων γεγονότων που καθορίζουν το φορέα που απορροφά το κόστος της. Για τον τομέα των χωματουργικών έργων οδηγοί κόστους μπορεί να είναι οι ώρες εργασίας των μηχανημάτων, τα δρομολόγια των μεταφορικών οχημάτων, η χωρητικότητα του υλικού που μπορούν να μεταφέρουν σε κάθε διαδρομή, τα καύσιμα που καταναλώνουν τόσο τα μηχανήματα όσο και τα φορτηγά ημερησίως ή από την αρχή έως την ολοκλήρωση του έργου, τα ημερομίσθια, και οι συμβάσεις εργασίας του κάθε χειριστή και κάθε εργάτη, τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε φάση του έργου όπως είναι τα αδρανή π.χ. χαλίκι, άμμος, ασφαλτος κ.λ.π. υπολογισμένα σε κυβικά μέτρα (m^3), οι πιθανές φθορές και τα απαραίτητα εξαρτήματα για τη συντήρηση του εξοπλισμού από την αρχή μέχρι το τέλος του έργου.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία εκφράζουν τους οδηγούς κόστους των δραστηριοτήτων είναι ότι (19) (21):

- Εκφράζουν τα αίτια που καθιστούν αναγκαία την εκτέλεση μιας δραστηριότητας.
- Προσδιορίζουν με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια, τον προορισμό μιας δραστηριότητας.
- Αποτελούν το μέσο σύνδεσης και κατανομής του κόστους των δραστηριοτήτων προς τους κατάλληλους κοστολογικούς φορείς.

Σε ένα σύστημα A.B.C. η επιλογή κατάλληλου οδηγού κόστους καθορίζει ουσιαστικά τη συμπεριφορά του κόστους. Ειδικότερα για τα γενικά έξοδα, που από τη φύση τους είναι έμμεσα, για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κατανομή τους στο κόστος των φορέων απαιτείται έγκυρος προσδιορισμός των οδηγών κόστους,

Για τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης τα κριτήρια κατανομής του έμμεσου κόστους προς τους κοστολογικούς φορείς στηρίζονται σε ποσοτικά μεγέθη και

ελάχιστες φορές έχουν κάποια λογική σχέση. Για το A.B.C. οι οδηγοί κόστους πρέπει να παρουσιάζουν την υπάρχουσα αιτιώδη σχέση μεταξύ των δραστηριοτήτων και των κοστολογικών φορέων. Η σχέση αυτή αποτελεί βασικό συστατικό για τη λήψη έγκυρων αποφάσεων.

5.6.2 Αριθμός απαιτούμενων δραστηριοτήτων και οδηγών κόστους.

Ο προσδιορισμός και ο αριθμός των απαιτούμενων δραστηριοτήτων και οδηγών κόστους αποτελεί μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία επειδή επηρεάζεται από (16) (18):

- Την πολυπλοκότητα της χωματουργικής εργασίας
- Την ακρίβεια που απαιτείται στην ανάλυση των δεδομένων

Η λειτουργία ενός συστήματος A.B.C., δεδομένου του μεγέθους της χωματουργικής εργασίας που εφαρμόζεται, πρέπει να στηρίζεται στο γεγονός της ανάπτυξης απόδοσης του έργου. Η ύπαρξη και λειτουργία μεγάλου αριθμού δραστηριοτήτων επιτρέπει την ανάπτυξη ορθολογικών κοστολογικών και προϋπολογιστικών συστημάτων που δίνουν τη δυνατότητα στον επιβλέποντα μηχανικό να λειτουργεί με πλήρη διαφάνεια προς κάθε κατεύθυνση και επίπεδο λειτουργίας κάθε φάσης ολοκλήρωσης του έργου (24), (17).

Στο σύστημα A.B.C. ένας οδηγός κατανομής του κόστους για να θεωρηθεί έγκυρος πρέπει να συμβάλλει:

- Στην ακριβέστερη δυνατή κοστολόγηση των φορέων
- Στη συλλογή των περισσότερων δυνατών πληροφοριών

5.6.3 Όψεις του A.B.C.

Τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης στην ανάπτυξή τους παρουσιάζουν μία και μοναδική όψη, αυτή του υπολογισμού του συνολικού κόστους της χωματουργικής διαδικασίας μέσα από τα υλικά που καταναλώθηκαν συνολικά και τις βασικότερες υπηρεσίες που εφαρμόστηκαν σε όλη τη παραγωγική διαδικασία από την αρχή της μέχρι την ολοκλήρωσή της (18) (21). Το A.B.C. επιδιώκει τον υπολογισμό του κόστους των φορέων μέσα από την οργάνωση, το σχεδιασμό και προγραμματισμό δράσης της τόσο της κατασκευαστικής εταιρείας όσο και του επιβλέποντα μηχανικού, τη κοστολόγηση και απολογιστικό έλεγχο των δραστηριοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό σημαίνει ότι το A.B.C. εκτός από τον υπολογισμό επιδιώκει και τον έλεγχο του κόστους της κάθε δραστηριότητας, με τον εντοπισμό των παραγόντων που το προκαλούν και το επηρεάζουν (24), (21).

5.6.4 Όψη απόδοσης του κόστους.

Μέσω των οδηγών κόστους, σε πρώτη φάση πραγματοποιείται η κατανομή του κόστους των πόρων στις δραστηριότητες και σε δεύτερη φάση ο καταλογισμός του κόστους των δραστηριοτήτων στους φορείς του κόστους (19) (18) (24). Μέσα από αυτά τα στοιχεία επιδιώκεται:

- Η βελτίωση της απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας

- Η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση και ικανοποίηση των αναγκών του «πελάτη», της αναθέτουσας αρχής.
- Η ανάδειξη των πόρων που απορροφήθηκαν σε όλη τη διαδικασία ολοκλήρωσης του έργου από την αρχή ως το τέλος της, καταγράφοντας τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν εκφρασμένα σε κυβικά μέτρα (m^3), τις ώρες λειτουργίας των μηχανημάτων, τα δρομολόγια των μεταφορικών οχημάτων, τα καύσιμα που δαπανήθηκαν, τα ημερομίσθια των χειριστών και των εργατών.
- Την αιτία πρόκλησης εκτέλεσης της κάθε δραστηριότητας και κατά πόσο αυτή εκτελείται ικανοποιητικά ή όχι.

5.6.5 Όψη των διαδικασιών.

Η όψη των διαδικασιών ουσιαστικά είναι η όψη ελέγχου του κόστους των δραστηριοτήτων. Εδώ με τη χρήση των κατάλληλων οδηγών κόστους, ελέγχεται ο τρόπος κατανομής των πόρων στις δραστηριότητες καθώς και η ίδια η λειτουργία της κάθε δραστηριότητας. Έτσι επιτυγχάνεται (24):

- Η λήψη αποφάσεων σχετικά με το βαθμό ύπαρξης και λειτουργίας της κάθε δραστηριότητας
- Ο σχεδιασμός νέων δραστηριοτήτων, ή απόρριψη μη αποδοτικών εκτελούμενων, σε περίπτωση λάθος εκτίμησης κάποιας φάσης του έργου
- Η ανάδειξη των προτεραιοτήτων για τη βελτίωση του έργου και της απόδοσης εκτέλεσης.

Κεφάλαιο 6ο: Αποτελέσματα και Συζήτηση

6.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Μεθόδων Εκπόνησης χωματοουργικών Έργων

Ο τρόπος εκπόνησης ενός τεχνικού έργου είναι καθοριστικός τόσο για την βέλτιστη απόδοση και παράδοση αυτού εμπρόθεσμα στην αναθέτουσα αρχή, όσο και για τη συνολική κοστολόγηση του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αντικείμενο μελέτης είναι κατά πρώτον η μελέτη του τρόπου εκπόνησης χωματοουργικών δραστηριοτήτων και κατά δεύτερον η κοστολόγηση των δραστηριοτήτων αυτών με τη μέθοδο A.B.C.

Με βάση τα όλα όσα αναφέρθηκαν για το πρώτο σκέλος στο κεφάλαιο 3, γίνεται αντιληπτό πως ο τρόπος εκπόνησης χωματοουργικών έργων εκσυγχρονίζεται παράλληλα με την πρόοδο της τεχνολογίας. Η εργασία αυτοματοποιείται σε όλα τα επίπεδα μέσω λογισμικών προγραμμάτων. Αυτό έναντι των συμβατικών μεθόδων εκπόνησης χωματοουργικών έργων αποδίδει πολλά οφέλη. Τα κυριότερα εξ' αυτών είναι τα ακόλουθα (8) (14).

- Η μείωση πιθανότητας εργατικών ατυχημάτων
- Η μείωση επιπέδων όχλησης των εργαζομένων
- Ο σταθερός καταμερισμός εργασιών
- Η μείωση κινδύνων ανατροπής μηχανημάτων
- Η αυτόματη εκτέλεση εντολών χωρίς να χρειάζεται ο εκάστοτε εργοδηγός ή επιβλέπων μηχανικός να δίνει τις σχετικές εντολές.
- Η δυνατότητα επιλογής της επιθυμητής ωριαίας παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων
- Η σταθεροποίηση της παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων
- Η συνεχής εργασία, ανεξαρτήτου καιρικών φαινομένων ή άλλων αστάθμητων παραγόντων
- Η καταγραφή όλων των δραστηριοτήτων
- Η δυνατότητα σύνδεσης των κατά τμημάτων δεδομένων καταγραφής με κεντρικό σύστημα διαχείρισης εργασιών και υπολογισμού κόστους.

Μέσω αυτών των δυνατοτήτων, τόσο η απόδοση της χωματοουργικής εργασίας όσο και η κοστολόγηση των χωματοουργικών έργων γίνονται άμεσα, ενώ η όποια απόκλιση λόγω αστάθμητων παραγόντων τείνει να μηδενίζεται.

Η μοντελοποίηση της λειτουργίας των μηχανημάτων εξασφαλίζει μια σταθερή ροή κατά την εκτέλεση των χωματοουργικών εργασιών, ενώ παράλληλα καταγράφει τις όποιες δραστηριότητες και την παραγωγική ικανότητα την οποία αυτές επιδεικνύουν. Αυτό με τη σειρά του βοηθά κατά τη συνολική κοστολόγηση του χωματοουργικού έργου, γιατί έτσι παρέχεται μια σαφής εικόνα της εξελικτικής πορείας του.

Συνεπώς η αυτοματοποίηση της εργασίας στα μέτωπα χωματοουργικών εργασιών επιδρά θετικά στην κοστολόγηση των τεχνικών έργων, ειδικότερα στις περιπτώσεις όπου αυτή γίνεται με χρήση μεθόδων κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων.

Οι μέθοδοι κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων, όπως ήδη προαναφέρθηκε σε πρώτη φάση υπολογίζουν το κόστος κατά δραστηριότητα, από τα κατά τόπους κέντρα κόστους. Σε δεύτερη φάση υπολογίζουν το συνολικό κόστος του χωματοουργικού έργου.

Τέτοια μέθοδος είναι και η A.B.C.(Activity Based Costing) για την οποία γίνεται αναφορά παρακάτω.

6.2. Συγκριτική Αξιολόγηση μεταξύ Συμβατικών και «A.B.C.» συστημάτων Κοστολόγησης Χωματοουργικών Έργων

Με τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης ουσιαστικά επιτυγχάνεται ο υπολογισμός του κόστους των παραχθέντων προϊόντων, η αποτίμηση των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την ολοκλήρωση του έργου και η λογιστική κάλυψη των κοστολογικών εργασιών.

Τα συστήματα αυτά δεν ανταποκρίνονται σε μερικές αναγκαίες κοστολογικές ανάγκες για τους εξής λόγους:

- το κόστος δεν ελέγχεται κατά μεμονωμένη δραστηριότητα
- δε γίνεται ο υπολογισμός του πλήρους κόστους όλης της παραγωγικής διαδικασίας
- δεν ελέγχεται ο ρυθμός παραγωγής και απόδοσης των δεδομένων και το κόστος που επιβαρύνει την κατασκευαστική εταιρεία μέχρι την ολοκλήρωση του έργου είναι σχεδόν άγνωστο.

Οι κύριες διαφορές που παρουσιάζουν οι τεχνικές υπολογισμού του κόστους μεταξύ του A.B.C. και των παραδοσιακών συστημάτων κοστολόγησης είναι (21) (24) (17):

- Το A.B.C. μοντελοποιεί τη χρήση των έμμεσων πόρων πάνω στις δραστηριότητες και στη συνέχεια, με τη χρήση οδηγών κόστους, συνδέει το κόστος αυτών των δραστηριοτήτων με τους φορείς, όπως προϊόντα και υπηρεσίες. Έτσι το καταμετρούμενο κόστος των δραστηριοτήτων δεν είναι ανάλογο του όγκου παραγωγής. Αντίθετα στα παραδοσιακά συστήματα τα κέντρα κόστους και τα παραγόμενα προϊόντα συνήθως συμμετέχουν στο κόστος ανάλογα με τον όγκο της παραγωγής.
- Η ποιότητα των παρεχόμενων πληροφοριών προσδίδει τη δυνατότητα στα συστήματα A.B.C., όχι απλώς να βοηθούν, όπως συμβαίνει με τα παραδοσιακά συστήματα, αλλά να συμμετέχουν ενεργά και στη λήψη αποφάσεων.
- Τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης σε αντίθεση με το A.B.C. δε διαθέτουν την κατάλληλη υποδομή, ώστε να παρέχουν έγκυρες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων στο πλαίσιο του ελέγχου, των προϋπολογισμών και της στρατηγικής που είναι προτιμότερο να ακολουθήσει η εκάστοτε κατασκευαστική εταιρεία για την ολοκλήρωση του έργου.
- Με το A.B.C. επιδιώκεται η ανάδειξη και πλήρης εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων πόρων σε όλο το φάσμα των λειτουργιών, σε αντίθεση με τα

παραδοσιακά συστήματα που επιδιώκεται η συνεχής μείωση του κόστους, πράγμα που ουσιαστικά οδηγεί σε μειωμένους ρυθμούς ανάπτυξης.

- Με τη χρήση των συστημάτων κοστολόγησης A.B.C. είναι δυνατή η παρακολούθηση του κόστους παραγωγής στα κατά τόπους μέτωπα εργασιών, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης του έργου, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης.
- Με τη χρήση των συστημάτων κοστολόγησης A.B.C. είναι δυνατή η διάκριση των πιο αποδοτικών εργασιών έναντι των λιγότερο αποδοτικών με σκοπό την κατάργηση των τελευταίων.
- Τα συστήματα κοστολόγησης A.B.C. βασίζονται πρωτίστως στην κοστολόγηση κατά δραστηριότητα και δευτερευόντως στη συνολική κοστολόγηση του έργου, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα κοστολόγησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα συστήματα A.B.C. να κερδίζουν σε αξιοπιστία έναντι των συμβατικών.
- Από την κοστολόγηση βάσει δραστηριοτήτων, παρέχεται στον πελάτη η άμεση πληροφόρηση για τον τρόπο υπολογισμού κόστους, και η δυνατότητα να επιλέξει ο ίδιος τις πιο συμφέρουσες στρατηγικές υλοποίησης του έργου.
- Η A.B.C., σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα κοστολόγησης, αποτελεί μια μοντελοποιημένη μέθοδο υπολογισμού κόστους κατά την οποία ο «πελάτης» έχει τη δυνατότητα να εισάγει τα δεδομένα που επιθυμεί και να προδιαγράφει τα ανάλογα αποτελέσματα βάσει της απόδοσης της εκάστοτε δραστηριότητας, και των συντελεστών επιρροής κόστους.

6.3. Πλεονεκτήματα της στην κατασκευαστική εταιρεία.

Προκειμένου να ανατεθεί η εκπόνηση ενός χωματουργικού έργου στην ανάδοχο εταιρεία κατασκευής, θα πρέπει ο προϋπολογισμός δαπάνης του έργου να είναι ανταγωνιστικός σε σχέση με τους υπολοίπους προϋπολογισμούς που κατατίθενται από τις άλλες εταιρείες, βάσει του νόμου 4014/2011. Για το λόγο αυτό η εκάστοτε υποψήφια εταιρεία πρέπει να καταθέτει το βέλτιστο προϋπολογισμό δαπάνης με μηδενική απόκλιση.

Στην περίπτωση που μια εταιρεία είναι ανάδοχος ενός χωματουργικού έργου, θα πρέπει αφενός να ελέγχει τα κόστη παραγωγής των εκτελούμενων εργασιών έτσι ώστε να είναι συνεπής κατά τον έλεγχο που ενδέχεται να υποστεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες ελέγχου, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 2, και αφετέρου να μηδενίσει την πιθανότητα οικονομικού αδιεξόδου (19) (21).

Το σύστημα κοστολόγησης A.B.C. (19) (21) (24):

- παρέχει τη δυνατότητα στην κατασκευαστική εταιρεία να διαθέτει πολύ μεγαλύτερο και εγκυρότερο αριθμό πληροφοριών έναντι των συμβατικών συστημάτων κοστολόγησης, για τη λήψη των επιχειρησιακών της αποφάσεων.
- είναι ένα εργαλείο που συνεισφέρει καθοριστικά στη μέτρηση της απόδοσης των μεγεθών της. Αυτό γίνεται γιατί το A.B.C. προσφέρει μια καθαρότερη εικόνα για τον τρόπο που το κάθε στοιχείο των προϊόντων, των υπηρεσιών και των δραστηριοτήτων συμβάλλει στα συνολικά κέρδη της από τη μία, και στα συνολικά κόστη παραγωγής της από την άλλη.
- προσφέρει αυξημένο βαθμό επικοινωνίας μεταξύ των τμημάτων της

- παρέχει το σωστό καταλογισμό των εξόδων στα προϊόντα, της υπηρεσίες και έτσι αναδεικνύεται η κερδοφορία της παραγωγικής διαδικασίας της κατασκευαστικής εταιρείας.
- Διακρίνει τις θετικές και τις αρνητικές διαδικασίες στη λειτουργία της εκπόνησης του έργου.
- Αποτελεί στρατηγικό μοντέλο ανάπτυξης για την αντιμετώπιση της ανταγωνιστικότητας που επικρατεί στην αγορά ανάθεσης και εργολαβίας χωματουργικών έργων.

6.4. Πλεονεκτήματα της A.B.C. ως προς την οικονομική ανάλυση του έργου

Η οικονομική ανάλυση του χωματουργικού έργου όπως ήδη έχει προαναφερθεί αποτελεί μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Πολλοί είναι οι παράγοντες που την επηρεάζουν (8). Η οικονομική ανάλυση οφείλει να είναι λεπτομερής και να μην εμφανίζει αποκλίσεις. Όπως αναφέρθηκε και στο τέλος του κεφαλαίου 4 (14), για το σωστό συντονισμό όλων των λειτουργιών και οικονομικής εκτίμησης αυτών, καθ' όλη τη διάρκεια του έργου απαιτούνται μοντελοποιημένα συστήματα εφαρμογών. Η A.B.C. ως μέθοδος υπολογισμού κόστους βάσει δραστηριοτήτων, λειτουργεί σαν μοντελοποιημένο σύστημα κοστολόγησης λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα των κατά τόπους κέντρων κόστους. Πιο συγκεκριμένα η A.B.C. έναντι των παραδοσιακών συστημάτων κοστολόγησης (19) (24):

- Εξετάζει τις γενεσιουργούς αιτίες δημιουργίας του κόστους και επιτρέπει την αξιολόγηση και κατανομή του σταθερού κόστους.
- Συλλέγει οικονομικά και ποσοτικά στοιχεία απ' όλα τα υποσυστήματα που λειτουργούν.
- Δημιουργεί συνθήκες βελτίωσης των οικονομικών αποτελεσμάτων.
- Διακρίνει τις δραστηριότητες που δεν προσδίδουν αξία στο προϊόν και απλώς σπαταλούν πόρους, από αυτές που εμφανίζουν μεγάλη παραγωγική ικανότητα.
- Συνεισφέρει στον έλεγχο της εκτίμησης της κοστολόγησης του έργου από την αρχή της υλοποίησής του μέχρι τη λήξη του, και στη λήψη έγκυρων επιχειρηματικών και λειτουργικών αποφάσεων.

6.5. Πλεονεκτήματα της A.B.C. σε σχέση με τις δραστηριότητες και τα προϊόντα

Στο σύστημα A.B.C. δίνεται βαρύτητα στην ανάγκη για κατανόηση της συμπεριφοράς των γενικών εξόδων, σε συνδυασμό με το πώς αυτά επιδρούν στα παραγόμενα προϊόντα και τις δραστηριότητες παραγωγής.

Βάσει του A.B.C. τα πραγματοποιούμενα έξοδα (αναλώσιμες ύλες και υλικά, εργασία και γενικά έξοδα) καταναλώνονται από το σύνολο των δραστηριοτήτων. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι οι δραστηριότητες προκαλούν το κόστος και στη συνέχεια οι τελικοί φορείς του κόστους (προϊόντα, πελάτες) απορροφούν τις δραστηριότητες (17). Δημιουργείται δηλαδή μία σχέση μεταξύ πόρων, δραστηριοτήτων, και τελικών φορέων του κόστους. Η σχέση αυτή ερμηνεύεται άριστα μέσω του A.B.C. καθώς το εν λόγω σύστημα κοστολογεί το σύνολο εργασιών βάσει των επιμέρους δραστηριοτήτων πρόκλησης κόστους (21). Για το λόγο αυτό και επειδή ο βαθμός απορρόφησης του κόστους είναι πάντα ανάλογος της ζήτησης για κάθε δραστηριότητα από τους φορείς, επιβάλλεται ο βέλτιστος σχεδιασμός του τρόπου λειτουργίας του A.B.C.

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα

Στο σημείο αυτό και βάσει όλων όσων έχουν ειπωθεί ανωτέρω, γίνεται η εξαγωγή συμπερασμάτων. Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε σαν αντικείμενο:

- τη μελέτη εκπόνησης χωματοουργικών εργασιών και το πώς επιδρά στην απόδοση αυτής η μοντελοποίηση και αυτοματοποίηση των πόρων και των δραστηριοτήτων
- τη μελέτη συστήματος κοστολόγησης A.B.C. και τα πλεονεκτήματα αυτής έναντι των συμβατικών παραδοσιακών συστημάτων κοστολόγησης.

Α' Σκέλος (μελέτη εκπόνησης χωματοουργικών εργασιών και το πώς επιδρά στην απόδοση αυτής η μοντελοποίηση και αυτοματοποίηση των πόρων και των δραστηριοτήτων)

Οι χωματοургικές εργασίες λαμβάνουν χώρα στα εργοτάξια. Εκεί οι συνθήκες εργασίας μεταβάλλονται συνεχώς και οι αστάθμητοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία είναι πάρα πολλοί και μη προβλέψιμοι. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπάρχει συντονισμός και οργάνωση όσων αφορά την κατανομή αρμοδιοτήτων και εργασιών σε όλα τα επίπεδα.

Η αυτοματοποίηση της λειτουργίας των μηχανημάτων εξασφαλίζει κυρίως:

- τον εκμηδενισμό των εργατικών ατυχημάτων
- την ελαχιστοποίηση των επιπέδων όχλησης των εργαζομένων
- τη μείωση κινδύνων ανατροπής των μηχανημάτων
- την καταγραφή της παραγωγικής ικανότητας των μηχανημάτων ανά δραστηριότητα
- τη σταθεροποίηση του ρυθμού παραγωγής και το μηδενισμό επίδρασης των αστάθμητων παραγόντων.
- την ελαχιστοποίηση εργασιακής φόρτωσης των επιβλεπόντων μηχανικών ή οικονομικών διευθυντών για τη λήψη των σωστών επιχειρηματικών αποφάσεων και στρατηγικών λειτουργίας
- τη δυνατότητα λογισμικής σύνδεσης με οικονομικά μοντέλα κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων για το σωστό καταμερισμό και συντονισμό εργασίας.

Συνεπώς, η μοντελοποίηση των πόρων και των δραστηριοτήτων συνεισφέρει τόσο στη σταθεροποίηση του ρυθμού εργασίας, παραγωγικής ικανότητας όσο και στον άμεσο έλεγχο των παραγόντων αυτών στα κατά τόπους τμήματα εργασιών.

Αυτό με τη σειρά του εκτός του ότι βελτιστοποιεί την παραγωγική διαδικασία, επιδρά θετικά στην τελική κοστολόγηση του τεχνικού έργου, ειδικά όταν αυτή πραγματοποιείται μέσω συστημάτων κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων όπως στην περίπτωση της A.B.C.

Β' Σκέλος (μελέτη συστήματος κοστολόγησης A.B.C. και τα πλεονεκτήματα αυτής έναντι των συμβατικών παραδοσιακών συστημάτων κοστολόγησης)

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος κοστολόγησης A.B.C. έναντι των συμβατικών – παραδοσιακών συστημάτων κοστολόγησης είναι τα ακόλουθα:

- η τελική κοστολόγηση του χωματουργικού έργου γίνεται βάσει της κοστολόγησης των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης του.
- επιδεικνύει μεγάλη προσαρμοστικότητα τόσο σε πολλές επιχειρηματικές δραστηριότητες όσο και στις απαιτήσεις του χωματουργικού έργου.
- διακρίνει τις εκπονούμενες εργασίες μεταξύ τους, με κριτήριο την παραγωγική τους ικανότητα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα επιλογής, στον «πελάτη», για τις εργασίες και στρατηγικές που κρίνει ο ίδιος ότι είναι πιο συμφέρουσες να εκτελεσθούν
- αναδεικνύει και αξιοποιεί τις ευκαιρίες.
- με τη χρήση του επισημαίνονται τα σημεία και οι τρόποι που μπορεί να βελτιωθεί η παραγωγική διαδικασία σε κάθε φάση ολοκλήρωσης του έργου
- συμβάλλει στη δημιουργία βελτιωμένων προϋπολογισμών και προβλέψεων από τον επιβλέποντα μηχανικό ή οικονομικό διευθυντή
- δίνει τη δυνατότητα ελέγχου ποιότητας των επιχειρηματικών αποφάσεων που ελήφθησαν συνολικά ή ανά φάση υλοποίησης του χωματουργικού έργου
- τα αποτελέσματα του A.B.C. έχουν υψηλό βαθμό εγκυρότητας
- παρέχεται μεγάλη ευελιξία κατά την εφαρμογή του
- είναι σχετικά απλό στο χειρισμό και την εισαγωγή δεδομένων όσων αφορά τους πόρους που καταναλώθηκαν από υλικά, υπηρεσίες και δεν απαιτούνται ανώτερες μαθηματικές γνώσεις
- υποστηρίζει υψηλό επίπεδο μοντελοποίησης, έτσι ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες υπολογιστικών σφαλμάτων
- είναι ικανό να επιδέχεται λογισμική αναβάθμιση
- χρησιμοποιεί τον καταλληλότερο τρόπο κατανομής των γενικών εξόδων με τη χρήση των οδηγών κόστους που έχουν προσδιοριστεί για τις απαιτήσεις του χωματουργικού έργου
- Αναπτύσσεται με βάση τον κεντρικό επιδιωκόμενο στόχο και δε στηρίζεται σε επιμέρους προγράμματα
- αποτελεί μια ικανοποιητικά ακριβή μέθοδο κοστολόγησης μιας χωματουργικής εργασίας με μηδενικές οι απείρως ελάχιστες αποκλίσεις

Γενικά με την τελική κοστολόγηση του εκάστοτε τεχνικού έργου βάσει της κοστολόγησης των επιμέρους δραστηριοτήτων επιτυγχάνεται:

- βελτίωση της κοστολογικής ακρίβειας.
- ορθή καθοδήγηση του κόστους.
- επικέντρωση στο στόχο της εταιρικής στρατηγικής.
- πλήρης κατανόηση κόστους παραγωγής για κάθε δραστηριότητα.
- σύνδεση όλων των λειτουργιών μεταξύ τους, από το σχεδιασμό μέχρι τον έλεγχο
- συμβολή στη διαχείριση του κύκλου ζωής του έργου.
- υποστήριξη στη λήψη έγκυρων αποφάσεων.
- συμβολή στον πλήρη αυτοματισμό εκπόνησης τεχνικών έργων και υλοποίησης όλων των επιχειρηματικών αποφάσεων

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η υλοποίηση χωματουργικών εργασιών και άλλων πολύπλοκων τεχνικών έργων εξελίσσεται σταθερότερα και σωστότερα με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνολογίας στα επιμέρους τμήματα εργασιών. Πιο συγκεκριμένα η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στα μέτωπα των εργοταξίων με τις κατάλληλες λογισμικές εφαρμογές, όσο και κατά τη διάρκεια κοστολόγησης του τεχνικού έργου.

Απεδείχθη μέσα από αναφορές ότι η μοντελοποίηση λειτουργίας των χωματουργικών μηχανημάτων και κατά συνέπεια ο αυτοματισμός της εργασίας επιδρούν θετικά στην εκπόνηση των χωματουργικών έργων. Επίσης, οι νέες μέθοδοι κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων, έναντι των παραδοσιακών, συντελούν στον ακριβή υπολογισμό δαπάνης παρέχοντας έγκυρες πληροφορίες για τα επιμέρους κόστη παραγωγής ανά δραστηριότητα.


Το τεχνολογικό επίτευγμα το οποίο βρίσκεται σε πρώιμη φάση και αξίζει να ερευνηθεί σε βάθος μελλοντικά, είναι ο συσχετισμός της μοντελοποίησης χωματουργικών δραστηριοτήτων με την επιχειρησιακή στρατηγική και το αντίστοιχο σύστημα κοστολόγησης. Ήδη από κάποιες αναφορές, προκύπτει ότι η προαναφερθέντας συσχετισμός, έχει βρει πρακτική εφαρμογή (μέθοδος D.E.S.) (13) (15).

Συνεπώς, αυτό αποτελεί ένα νέο αντικείμενο μελέτης το οποίο έχει να προσδώσει πολλαπλά οφέλη τόσο στο σχεδιασμό και εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών όσο και στην ολική κοστολόγηση των χωματουργικών έργων.

Παράρτημα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΡΘΡΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ Δημοσιεύθηκαν στο ΦΕΚ Β' 513/19-3-2009 (ισχύουν από 4-5-09)

Οι τιμές μονάδας που φέρουν την σήμανση (*) παραπλεύρως της αναγραφόμενης τιμής σε ΕΥΡΩ δεν συμπεριλαμβάνουν την δαπάνη της καθαρής μεταφοράς των, κατά περίπτωση, υλικών ή προϊόντων. Η Δημοπρατούσα Αρχή θα προσθέτει στις τιμές αυτές την δαπάνη του μεταφορικού έργου, με βάση τα στοιχεία της μελέτης ή/και τις συνθήκες εκτέλεσης του έργου. Στον Κωδικό (Αρ.Τιμολογίου) έχει προστεθεί το γράμμα Μ

Αριθ. Τιμολ.	Σύντομη περιγραφή αντικείμενου	Αριθμ. Αναδείξεως	Ε.Μ.	Προηγούμενη Τιμή 17-8-2007	NEA Τιμή 4-5-09 για έργα >2εκ €		NEA Τιμή 4-5-09 για έργα μέχρι 2εκ €		Μεταβολή τιμή για εργασία >2εκ € / Προηγ.τιμή
					για έργα >2εκ €	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Φ]	για έργα έως 2εκ € [-Α0]	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Α0-Φ]	
10	10. ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΕΙΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ								
10.01	Φορτοεκφόρτωση υλικών επί αυτοκινήτου ή σε ζώα.								
10.01.01	Φορτοεκφόρτωση με τα χέρια	ΟΙΚ-1101	ton	11,20	12,90		14,90		15,18%
10.01.02	Φορτοεκφόρτωση με μηχανικά μέσα	ΟΙΚ-1104	ton	1,50	1,80		2,10		20,00%
10.02	Φορτοεκφόρτωση με τα χέρια υλικών επί χειροκινήτων μεταφορικών μέσων	ΟΙΚ-1103	ton	5,80	6,50		7,50		16,07%
10.03	Μεταφορά υλικών με τα χέρια	ΟΙΚ-1126	ton x 10 m	4,00	4,60		5,30		15,00%
10.04	Μεταφορά υλικών με μονότροχο	ΟΙΚ-1127	ton x 10 m	1,50	1,80		2,10		20,00%
10.05	Μεταφορά υλικών με ζώα.	ΟΙΚ-1128	ton x 100 m	2,50	2,90		3,40		16,00%
10.07	Μεταφορές με αυτοκίνητο								
10.07.01	διά μέσου οδών καλής βατότητας	ΟΙΚ-1136	ton.km	0,20	0,30		0,40		50,00%
10.07.02	διά μέσου οδών περιορισμένης βατότητας	ΟΙΚ-1137	ton.km	0,30	0,40		0,50		33,33%
20	20. ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ								
20.01	Εκθάμνωση εδάφους ή εκρίζωση δένδρων/λίγων								
20.01.01.M	περιμετρου κορμού μέχρι 0,25 m	ΟΙΚ-2101	m2	3,50	4,10*		4,80*		17,14%
20.01.02.M	περιμετρου κορμού 0,26 - 0,40 m	ΟΙΚ-2101	m2	4,00	4,60*		5,30*		15,00%
20.02.M	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες για την δημιουργία υπογείων κλπ χώρων, χωρίς την καθαρή μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής	ΟΙΚ-2112	m3	3,00	3,50*		4,10*		16,67%
20.03	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες, χωρίς την καθαρή μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής								
20.03.01.M	σε έδαφη βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή με δυνατότητα χρήσης εκρηκτικών υλών	ΟΙΚ-2115	m3	15,00	17,30*		19,90*		15,33%
20.03.02.M	σε έδαφη γρανιτικά-κροκαλοπαγή με δυνατότητα χρήσης εκρηκτικών υλών	ΟΙΚ-2116	m3	18,00	20,80*		24,00*		15,56%
20.03.03.M	σε έδαφη βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή χωρίς χρήση εκρηκτικών υλών	ΟΙΚ-2117	m3	20,00	23,00*		26,50*		15,00%
20.03.04.M	σε έδαφη γρανιτικά-κροκαλοπαγή χωρίς χρήση εκρηκτικών υλών	ΟΙΚ-2118	m3	25,00	28,80*		33,20*		15,20%

Αριθ. Τιμολ.	Σύντομη περιγραφή αντικειμένου	Αριθμός Αναθεώρησης	E.M.	Προηγούμενη Τιμή 17-8-2007	για έργα >2εκ €	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Φ]	για έργα έως 2εκ € [-Α0]	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Α0-Φ]	Μεταβολή τιμή για εργασία >2εκ € / Προηγ. τιμή
20.04	Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων, χωρίς την καθαρή μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής								
20.04.01.M	σε εδαφή γαιώδη-ημιβραχώδη	OIK-2122	m3	15,00	17,30*		19,90*		15,33%
20.04.02.M	σε εδαφή βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή	OIK-2125	m3	22,00	25,30*		29,10*		15,00%
20.04.03.M	σε εδαφή γρανιτικά-κροκαλοπαγή	OIK-2126	m3	28,00	32,20*		37,10*		15,00%
20.05	Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων με χρήση μηχανικών μέσων, χωρίς την καθαρή μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής								
20.05.01.M	σε εδαφή γαιώδη-ημιβραχώδη	OIK-2124	m3	5,00	5,80*		6,70*		16,00%
20.05.02.M	σε εδαφή βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή, χωρίς χρήση εκρηκτικών	OIK-2127	m3	30,00	34,60*		39,80*		15,33%
20.05.03.M	σε εδαφή γρανιτικά-κροκαλοπαγή, χωρίς χρήση εκρηκτικών υλών	OIK-2128	m3	35,00	40,30*		46,40*		15,14%
20.06	Προσαύξηση τιμών εκσκαφών βάθους μεγαλύτερου των 2,00 m	ErgoTech							
20.06.01	για τις γενικές εκσκαφές	OIK-2132	m3	0,50	0,60		0,70		20,00%
20.06.02	για τις εκτελούμενες με μηχανικά μέσα εκσκαφές θεμελίων και τάφρων	OIK-2133	m3	4,00	4,60		5,30		15,00%
20.06.03	για τις εκτελούμενες χωρίς μηχανικά μέσα εκσκαφές θεμελίων και τάφρων	OIK-2134	m3	0,70	0,90		1,10		28,57%
20.07.M	Εκσκαφές μεμονωμένες (ντουλάτια)	OIK-2135.1	m3	17,00	19,60*		22,60*		15,29%
20.08	Ανόρυξη φρεάτων								
20.08.01.M	σε εδάφος γαιώδες-ημιβραχώδες	OIK-2142	m3	30,00	34,60*		39,80*		15,33%
20.08.02.M	σε εδαφή βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή, με δυνατότητα χρήσης εκρηκτικών υλών	OIK-2143	m3	35,00	40,30*		46,40*		15,14%
20.08.03.M	σε εδαφή γρανιτικά-κροκαλοπαγή, με δυνατότητα χρήσης εκρηκτικών υλών	OIK-2144	m3	40,00	46,00*		53,00*		15,00%
20.08.04.M	σε εδαφή βραχώδη πάσης φύσεως, χωρίς χρήση εκρηκτικών υλών	OIK-2145	m3	42,00	48,30*		55,60*		15,00%
20.09	Προσαύξηση τιμών διάνοιξης φρεάτων βάθους μεγαλύτερου των 5,00 m								
20.09.01	σε εδάφος γαιώδες-ημιβραχώδες	OIK-2151	m3	15,00	17,30		19,90		15,33%
20.09.02	σε εδαφή βραχώδη πάσης φύσεως	OIK-2152	m3	18,00	20,80		24,00		15,56%
20.10	Επίχωση με προϊόντα εκσκαφών, εκβραχισμών ή κατεδαφίσεων	OIK-2162	m3	4,50	5,20		6,00		15,56%
20.11	Πρόσθετη αποζημίωση πλαγίων μεταφορών υλικών επίχωσης	OIK-2163	m3	1,50	1,80		2,10		20,00%
20.20.M	Εξυγιαντικές στρώσεις με θραυστό υλικό λατομείου	OIK-2162	m3	18,00	18,40*		21,20*		15,00%

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΦΕΚ Β' 513/19-3-2009 ισχύουν από 4-5-09

σελ. 2

Εμπέδωση ErgoTech-(2109370032) "ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ"

Αριθ. Τιμολ.	Σύντομη περιγραφή αντικειμένου	Αριθμ. Αναθεώρησης	Ε.Μ.	Προηγούμενη Τιμή 17-8-2007	για έργα >2εκ. €	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Φ]	για έργα έως 2εκ. € [-Α0]	για Εργασία (Φατούρα) χωρίς υλικά [-Α0-Φ]	Μεταβολή τιμή για εργασία >2εκ. € / Προηγ. τιμή
20.21.Μ	Εξυγιαντικές στρώσεις με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών	ΟΙΚ-2162	m3	4,00	4,60*		5,30*		15,00%
20.30	Φορτοεκφόρτωση προϊόντων εκσκαφών με μηχανικά μέσα	ΟΙΚ-2171	m3	1,00	1,20		1,40		20,00%
20.31	Φορτοεκφόρτωση προϊόντων εκσκαφών χωρίς χρήση μηχανικών μέσων.								
20.31.01	με την διάσπαρση των προϊόντων μετά την εκφόρτωση	ΟΙΚ-2172	m3	5,00	5,80		6,70		16,00%
20.31.02	χωρίς την διάσπαρση των προϊόντων μετά την εκφόρτωση	ΟΙΚ-2173	m3	3,50	4,10		4,80		17,14%
20.40	Χειρονακτική διακίνηση προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων	ΟΙΚ-2177	ton x 10 m	4,00	4,60		5,30		15,00%
20.41	Διακίνηση προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με διάφορα μέσα πλήν αυτοκινήτων	ΟΙΚ-2178	ton x 10 m	1,50	1,80		2,10		20,00%
20.42	Καθαρή μεταφορά προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με αυτοκίνητο	ΟΙΚ-2180	m3.km		0,40		0,50		
21	21. ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ - ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ	ErgoTech							
21.01	Λειτουργία εργοταξιακών αντλητικών συγκροτημάτων								
21.01.01	Αντλητικά συγκροτήματα diesel ή βενζινοκίνητα								
21.01.01.01	Ισχύος έως 1,0 HP	ΟΙΚ 2185	h	1,50	1,80		2,10		20,00%
21.01.01.02	Ισχύος 1,0 έως 2,0 HP	ΟΙΚ 2185	h	2,00	2,30		2,70		15,00%
21.01.01.03	Ισχύος 2,0 έως 5,0 HP	ΟΙΚ 2186	h	2,50	2,90		3,40		16,00%
21.01.01.04	Ισχύος 5,0 έως 10,0 HP	ΟΙΚ 2186	h	3,00	3,50		4,10		16,67%
21.01.02	Αντλητικά συγκροτήματα ηλεκτροκίνητα.								
21.01.02.01	Ισχύος έως 1,0 kW	ΟΙΚ 2185	h	1,50	1,80		2,10		20,00%
21.01.02.02	Ισχύος 1,0 έως 2,5 kW	ΟΙΚ 2185	h	2,00	2,30		2,70		15,00%
21.01.02.03	Ισχύος 3,0 έως 5,0 kW	ΟΙΚ 2186	h	2,50	2,90		3,40		16,00%
21.01.02.04	Ισχύος 5,0 έως 7,5 kW	ΟΙΚ 2186	h	3,50	4,10		4,80		17,14%
21.01.02.05	Ισχύος 8,0 έως 10,0 kW	ΟΙΚ 2186	h	4,50	5,20		6,00		15,56%
21.02	Γραμμικά στραγγιστήρια από τσιμεντοσωλήνες Φ200 με περίβλημα γεωφάσματος.	ΟΔΟ-2861	m	15,00	17,30		19,90		15,33%
21.03	Γραμμικά στραγγιστήρια από διάτρητους πλαστικούς σωλήνες με περίβλημα γεωφάσματος								
21.03.01	Στραγγιστήρια με διάτρητους σωλήνες D 100 mm	ΥΔΡ-6620.1	m	6,00	7,00		8,10		16,67%
21.03.02	Στραγγιστήρια με διάτρητους σωλήνες D 140 mm	ΥΔΡ-6620.2	m	10,00	11,60		13,40		16,00%
21.03.03	Στραγγιστήρια με διάτρητους σωλήνες D 160 mm	ΥΔΡ-6620.3	m	13,00	15,00		17,30		15,38%
21.03.04	Στραγγιστήρια με διάτρητους σωλήνες D 200 mm	ΥΔΡ-6620.4	m	17,00	19,60		22,60		15,29%
22	22. ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ								
22.01.Μ	Καθαίρεση θεμελίων από αργολιθοδομή ή λιθοδομή	ΟΙΚ-2202	m3	20,00	23,00*		26,50*		15,00%
22.02.Μ	Καθαίρεση ανωδομών από αργολιθοδομή ή λιθοδομή	ΟΙΚ-2204	m3	25,00	28,80*		33,20*		15,20%
22.03	Διαλογή των χρησίων λίθων από τα προϊόντα καθαίρεσης	ΟΙΚ-2212	m3	4,00	4,60		5,30		15,00%

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΦΕΚ Β' 513/19-3-2009 ισχύουν από 4-5-09 σελ. 3 Επιμέλεια ErgoTech-(2109370032) ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία

1. **Σιββά Μαρία, Δόση Σ.** *Ασφάλεια στα εργοτάξια*. Αθήνα : Τμήμα εκδόσεων του κέντρου τεκμηρίωσης και πληροφόρησης ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. και Διεύθυνση συνθηκών εργασίας υπουργείου απασχόλησης και κοινωνικής προστασίας, 2007.
2. **Τμήμα επιθεώρησης εργασίας.** Εργατικά ατυχήματα κατά τη διάρκεια του έτους 2010. σ.λ., Ελλάδα : Τμήμα επιθεώρησης εργασίας, 2010.
3. **Ε.Μ.Πολυτεχνείου, Χάρης Ι.Εφραιμίδης Ομότιμος Καθηγητής.** *Δομικές Μηχανές*. Αθήνα : Συμμετρία, 2002.
4. **Αθανάσιος Καρμίρης, Μηχανολόγος Μηχανικός.** *Μηχανήματα Χωματοουργικών Έργων*. Αθήνα : Ίων, 2007.
5. [Ηλεκτρονικό] ΕΡΓΟΝ ΤΖΑΝΙΔΑΚΗΣ Χωματοουργικά μηχανήματα.
6. [Ηλεκτρονικό] ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Α.Τ.Ε. Τεχνική & Κατασκευαστική εταιρεία.
7. **Jrade, Nizar Markiz and Ahmad.** An Integrated Expert System for Linear Scheduling Heavy Earthmoving Operations. 25 April 2016.
8. **S. Dadhich, U.Bodin, U.Andersson.** Key challenges in automation of earthmoving machines. *Automation in Construction*. 2016.
9. **Automation, Nautilus 140SSF System Mining Automation from Nautilus.** [Ηλεκτρονικό] <http://www.azorobotics.com/equipmentdetails.aspx?EquipID=368>.
10. [Ηλεκτρονικό] <http://www.immersivetechologies.com/news/Image-Library.htm>.
11. **M.Abourizk, Jingsheng Shi and Simaan.** A Resource based simulation approach with application in earthmoving/strip mining. January 1994.
12. **Singh, Sanjiv.** The state of the Art in Automation of Earthmoving. July 1997.
13. **K.M. Shawki, K.Kilani, M.A. Gomaa.** Analysis of earthmoving system using discrete event simulation. *Alexandria Engineering Journal*. 2015.
14. **Moselhi, Mohamed Marzouk and Osama.** Selecting Earthmoving Equipment Fleets Using Genetic Algorithms. 2002.
15. **Sabah Alkass, Khali El-Molsmani and Mohamed Al Hussein.** A computer model for selecting equipment for earthmoving operation using queuing theory.
16. **Σ.Μουστάκης Βασίλης.** *Πρακτικός Οδηγός Οικονομικής Ανάλυσης*. Χανιά : Τζιόλα, 2012.

17. **Χρήστος Χλιαράς.** *Είδη και συστήματα κοστολόγησης επιχειρήσεων τήρησης αναλυτικής λογιστικής. Παράδειγμα παρουσίασης και κοστολόγησης πραγματικής περίπτωσης εταιρείας.* Θεσσαλονίκη : Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2011.
18. **Κέχρας Ιωάννης.** *Η Σύγχρονη Κοστολόγηση.* Αθήνα : Σταμούλη Α.Ε.
19. **Μουστάκης Βασίλειος, Επιβλέπων καθηγητής-Πετρατζας Σταύρος.** «*ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΗΣ ΚΑΡΤΑΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΜΕ*». Χανιά : Πολυτεχνείο Κρήτης, 2015.
20. **Högskolan, Kungliga Tekniska.** *Logistics of Earthmoving Operations.* Stockholm, Sweden : s.n., 2013.
21. **Ευσταθεία Β. Πλακογιάννη Πτυχιούχος Διοίκησης Επιχειρήσεων.** *Η κοστολόγηση βάσει δραστηριοτήτων για την επίτευξη επιχειρηματικής αριστείας.* Πειραιάς : s.n., 2005.
22. **Ali Montaser, Magdy Ibrahim, Osama Moselhi.** Adaptive forecasting in earthmoving operation using DES and site captured data. *Creative Construction Conference.* Science direct, 2014.
23. **Krzysztof Schabowicz, Bozena Hola.** Mathematical-neural model for assessing. *Journal of Civil Engineering and Management.* 2010.
24. **Ballard², Yong-Woo Kim¹ and Glenn.** ACTIVITY-BASED COSTING AND ITS APPLICATION TO LEAN CONSTRUCTION. Accepted for inclusion in the proceedings of the 9th annual conference of the Int'l. Group for Lean Construction, National University of Singapore, August, 2001., 2001.
25. **Διονύσης Καλλιάνης, Επιστημονικός Συνεργάτης.** *Λειτουργική Ανάλυση.* s.l. : Τομέας Προγραμματισμού και Διαχείρισης Τ.Ε.
26. **Ph.D, Osama Moselhi and Adel Alshibani.** Optimization of Earthmoving Operations in Heavy Civil Engineering.