



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (ΜΒΑ)

Διπλωματική Εργασία

**Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός και διαχείριση
οικοδομικού έργου με τη μέθοδο PERT/CPM**

ΤΣΑΓΚΟΣ Γ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Σ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Πειραιάς, 2009

Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός και διαχείριση οικοδομικού έργου με τη μέθοδο PERT/CPM

Τσάγκος Γ. Κωνσταντίνος

Σημαντικοί όροι: Χρονικός προγραμματισμός, οικονομικός προγραμματισμός, διαχείριση έργου, μέθοδος PERT/CPM

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη μίας πραγματικής περίπτωσης οικοδομικού έργου και συγκεκριμένα ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός και η διαχείρισή του με τη μέθοδο PERT/CPM. Το υπό εξέταση έργο είναι η κατασκευή ενός συγκροτήματος τριών ανεξάρτητων διώροφων κατοικιών (μεζονετών) με κοινή πισίνα, στην περιοχή Καλό Λειβάδι της Μυκόνου. Τα σχέδια της μελέτης ολοκληρώθηκαν το Σεπτέμβριο του 2008, ενώ το έργο αναμένεται να ξεκινήσει το Μάρτιο του 2009.

Αρχικά προσδιορίζονται αναλυτικά όλες οι δραστηριότητες με τις υποδραστηριότητές τους καθώς και η αλληλουχία μεταξύ τους. Έπειτα γίνεται η προμέτρηση των απαραίτητων υλικών για κάθε εργασία, ο προσδιορισμός των ημερομισθίων και ο υπολογισμός της χρονικής διάρκειας της κάθε εργασίας. Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του άμεσου κόστους και του συνολικού άμεσου κόστους της κάθε εργασίας, καθώς και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κόστους για πιθανή επιτάχυνση του έργου και ολοκλήρωσή του σε μικρότερη χρονική διάρκεια. Τέλος εισάγονται τα στοιχεία που υπολογίστηκαν στο λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργου Microsoft Project, για την ολοκληρωμένη διαχείριση του έργου με τη μέθοδο PERT/CPM και τον τελικό προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής, των διαγραμμάτων δικτύου και Gantt και της καμπύλης της οικονομικής ροής του έργου.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι υπολογισμοί που έγιναν για τη διάρκεια και το κόστος του έργου στηρίχτηκαν σε σωστές εκτιμήσεις, τόσο σε ό,τι αφορά τις προμετρήσεις και τον αριθμό των εργατών ανά συνεργείο, όσο και στο κόστος των εργασιών. Ακόμη η μέθοδος PERT/CPM βοήθησε σημαντικά στη βελτίωση και επανασχεδιασμό του αρχικού προγράμματος του έργου αναφορικά με τη διάρκεια και την αλληλουχία των δραστηριοτήτων, και στον τελικό υπολογισμό και γραφική απεικόνιση του χρονοδιαγράμματος του έργου.

Ευχαριστίες

Είναι επιθυμία μου να ευχαριστήσω όλους όσους βρίσκονταν στο πλάι μου την περίοδο των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στη Διοίκηση Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς, αλλά και όσους συμμετείχαν ενεργά σε κάθε στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας.

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Γεώργιο Οικονόμου, για τη συμπαράστασή του αλλά και τις γνώσεις που μου προσέφερε τόσο κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να δώσω ακόμη στην Τσακίρη Ιωάννα για τη συνεργασία που είχαμε και την ουσιαστική συμμετοχή της στην εργασία αυτή με την παροχή των σχεδίων του οικοδομικού έργου, αλλά και στον πατέρα μου Τσάγκο Γεώργιο για την καθοριστική βοήθειά του στον εντοπισμό των δραστηριοτήτων του έργου και της αλληλουχίας τους.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, τους φίλους και συμφοιτητές μου καθώς και την Τσακίρη Αιμιλία, για την αμέριστη συμπαράστασή τους και την πολύτιμη βοήθειά τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου και την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελίδα
Σχήμα 1: Οργανωτική δομή κατά λειτουργίες	11
Σχήμα 2: Οργανωτική δομή τύπου μητρώου	12
Σχήμα 3: Αμιγής δομή έργου	14
Σχήμα 4: Τυπικά επίπεδα κόστους και στελέχωσης σε όλη την έκταση του Κύκλου Ζωής Έργου	16
Σχήμα 5: Η Σχέση μεταξύ των Συμμετόχων και του Έργου	18
Σχήμα 6: Διάγραμμα μεθόδων διαχείρισεως έργου για την επιτυχία των προγραμματισμένων στόχων	25
Σχήμα 7: Ο Κύκλος Plan-Do-Check-Act	28
Σχήμα 8: Απεικόνιση των Ομάδων Διεργασιών Διοίκησης Έργων στον Κύκλο Plan-Do-Check-Act	29
Σχήμα 9: Τοπογραφικό διάγραμμα	36
Σχήμα 10: Κάτοψη υπογείου	37
Σχήμα 11: Κάτοψη ισογείου	38
Σχήμα 12: Κάτοψη ορόφου	39
Σχήμα 13: Κάτοψη δώματος	40
Σχήμα 14: Όψεις κατοικίας	41
Σχήμα 15: Τομές κατοικίας	42
Σχήμα 16: Καμπύλες κόστους συμπίεσης	101
Σχήμα 17: Η κατανομή βήτα και οι σχετικές τιμές του χρόνου μίας δραστηριότητας	148
Σχήμα 18: Γραμμικό διάγραμμα λογικών σχέσεων	163
Σχήμα 19: Καμπύλες οικονομικής ροής S για νωρίτερη και αργότερη έναρξη	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελίδα
Πίνακας 1: Δραστηριότητες, υποδραστηριότητες και γενική σειρά εργασιών	11
Πίνακας 2: Σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων και υποδραστηριοτήτων	51
Πίνακας 3: Υπολογισμός της χρονικής διάρκειας των υποδραστηριοτήτων	68
Πίνακας 4: Πιθανότερη, αισιόδοξη, απαισιόδοξη και επιταχυνόμενη διάρκεια για κάθε εργασία	73
Πίνακας 5: Υπολογισμός κόστους εργασιών	106
Πίνακας 6: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων	142
Πίνακας 7: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων	144
Πίνακας 8: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων	151
Πίνακας 9: Πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια	154

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

	Σελίδα
Διάγραμμα 1: Διάγραμμα δικτύου για την πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων	126
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα δικτύου για την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων	128
Διάγραμμα 3: Πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια	155
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Gantt για την πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων	164
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Gantt για την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων	165
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Gantt για την αισιόδοξη διάρκεια των δραστηριοτήτων	166
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Gantt για την απαισιόδοξη διάρκεια των δραστηριοτήτων	167
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Gantt για την αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων	168
Διάγραμμα 9: Καμπύλη οικονομικής ροής S άμεσου κόστους για πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια	172
Διάγραμμα 10: Καμπύλη οικονομικής ροής S συνολικού άμεσου κόστους για πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια	173
Διάγραμμα 11: Καμπύλη οικονομικής ροής S συνολικού άμεσου κόστους πιθανότερης διάρκειας για νωρίτερη και αργότερη έναρξη	174

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	I
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	II
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	III
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	IV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	V
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	1
1.1 Έργο και Διαχείριση Έργου	1
1.2 Παραγωγικότητα στα τεχνικά έργα	7
1.3 Οργάνωση Έργου	9
1.4 Κύκλος Ζωής Έργου	15
1.5 Συμμέτοχοι Έργου	17
1.6 Κατηγορίες Διαχείρισης Έργου	19
1.7 Γνωστικές περιοχές – τομείς Διοίκησης Έργου	25
1.8 Διεργασίες Διοίκησης Έργου	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΕΡΓΟ	34
2.1 Περιγραφή οικοδομικού έργου	34
2.2 Κυριότερες δραστηριότητες οικοδομικού έργου	43
2.3 Δομική ανάλυση έργου WBS	44
2.4 Δραστηριότητες, υποδραστηριότητες και γενική σειρά εργασιών	47
2.5 Σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	54
3.1 Ο ρόλος του προγραμματισμού	54
3.2 Ο προγραμματισμός στα τεχνικά έργα	56
3.3 Τα προγράμματα	58
3.4 Δυσκολίες στην κατάρτιση των προγραμμάτων και τρόποι αντιμετώπισής τους	61
3.5 Προβλεπόμενοι χρόνοι οικοδομικού έργου	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ	78
4.1 Εκτιμήσεις κόστους	78
4.2 Προκοστολόγηση έργου	80
4.3 Στοιχεία κόστους του έργου	84

4.4	Μεθοδολογίες εκτίμησης κόστους έργου	88
4.5	Αβεβαιότητα στην εκτίμηση του κόστους	91
4.6	Συμπίεση δραστηριοτήτων	94
4.7	Προβλεπόμενο κόστος οικοδομικού έργου	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:	ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΤΗ	
	ΜΕΘΟΔΟ PERT/CPM	115
5.1	Γενικά στοιχεία για τη μέθοδο PERT/CPM	115
5.2	Διαγράμματα δικτύου	120
5.3	Εκτιμήσεις χρονικών διαρκειών δραστηριοτήτων	130
5.4	Μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo	133
5.5	Εργασιακό ημερολόγιο	135
5.6	Εφαρμογή μεθόδου PERT/CPM	136
5.7	Προγραμματισμός έργου σε συνθήκες αβεβαιότητας	147
5.8	Καταμερισμός πόρων	155
5.9	Διαγράμματα Gantt	157
5.10	Καμπύλη κόστους έργου	169
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	178
6.1	Συμπεράσματα για το ρόλο της Διαχείρισης Έργου	178
6.2	Συμπεράσματα από τη διαχείριση του οικοδομικού έργου	179
6.3	Προτάσεις για τη βελτιστοποίηση της Διαχείρισης Έργου	183
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		186

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1.1 Έργο και Διαχείριση Έργου

Έργο (project) είναι μία και μοναδική συλλογική προσπάθεια με συγκεκριμένους στόχους και με ένα αυστηρά καθορισμένο προϋπολογισμό. Ταυτόχρονα είναι μία προσωρινή προσπάθεια που εκτελείται προκειμένου να δημιουργηθεί ένα μοναδικό προϊόν ή υπηρεσία.

Προσωρινό σημαίνει ότι κάθε έργο έχει προσδιορισμένη αρχή και προσδιορισμένο τέλος. Το τέλος επέρχεται όταν επιτευχθούν οι στόχοι του έργου, ή όταν αυτοί δεν πρόκειται ή δεν μπορούν να επιτευχθούν, ή όταν η ανάγκη για το έργο δεν υφίσταται πλέον, οπότε και το έργο τερματίζεται. **Προσωρινότητα** δε συνεπάγεται και συντομία σε διάρκεια. Έτσι πολλά έργα διαρκούν αρκετά χρόνια, όμως σε κάθε περίπτωση η διάρκεια ενός έργου είναι πεπερασμένη.

Το έργο δημιουργεί παραδοτέα, τα οποία είναι προϊόντα, υπηρεσίες ή αποτελέσματα. Η **μοναδικότητα** είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των παραδοτέων ενός έργου όπως επίσης και η **προοδευτική ανάπτυξη**, που σημαίνει ανάπτυξη σε βήματα και αυξητική συνέχιση. Έτσι, ενώ το φυσικό αντικείμενο του έργου περιγράφεται γενικά στα πρώιμα στάδια του έργου, στη συνέχεια γίνεται πιο συγκεκριμένο και λεπτομερές, καθώς η ομάδα έργου αποκτά καλύτερη και πληρέστερη αντίληψη των αντικειμενικών στόχων και των παραδοτέων.¹

Υπάρχουν τρία κύρια έγγραφα, τα οποία αφορούν και περιγράφουν το κάθε έργο. Τα έγγραφα αυτά είναι:

- Το Καταστατικό του Έργου (Project Charter), το οποίο εγκρίνει επισήμως το έργο.
- Η Έκθεση Φυσικού Αντικειμένου του Έργου (Project Scope Statement), η οποία δηλώνει την εργασία που πρέπει να υλοποιηθεί καθώς και τα παραδοτέα που πρέπει να παραχθούν.
- Το Σχέδιο Διοίκησης του Έργου (Project Management Plan), το οποίο δηλώνει το πώς θα εκτελεστεί η εργασία. Αποτελείται από τα σχέδια και τα έγγραφα που

δημιουργούνται από τις διάφορες διεργασίες. Τα στοιχεία αυτά είναι τα συνοδευτικά σχέδια και τα συστατικά του σχεδίου διοίκησης έργου.²

Τα έργα είναι ένα μέσο οργάνωσης δραστηριοτήτων, που δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν εντός των φυσιολογικών επιχειρησιακών ορίων του οργανισμού. Χρησιμοποιούνται συχνά ως μέσο επίτευξης του στρατηγικού σχεδίου ενός οργανισμού, είτε η ομάδα έργου εργάζεται για τον οργανισμό είτε είναι ένας πάροχος υπηρεσιών.

Τα έργα εγκρίνονται συνήθως ως αποτέλεσμα ενός ή περισσοτέρων από τους ακόλουθους στρατηγικούς παράγοντες:

- Μίας απαίτησης της αγοράς
- Μίας ανάγκης του οργανισμού
- Ενός αιτήματος πελάτη
- Μίας τεχνολογικής εξέλιξης
- Μίας νομικής απαίτησης³

Ειδικότερα, τα **τεχνικά έργα** τα οποία και εξετάζονται στην παρούσα εργασία, είναι έργα υποδομής, τα οποία συμβάλλουν αποφασιστικά στην ανάπτυξη μιας χώρας και στη βελτίωση της κοινωνικής στάθμης. Η κατασκευή τους στη σημερινή εποχή παίρνει μια νέα διάσταση, η οποία οφείλεται στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε έργα υποδομής και στη μείωση των διατιθεμένων πόρων και μέσων παραγωγής. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη εκτέλεσεως έργων μεγαλύτερων σε όγκο και υψηλότερης τεχνολογίας από ότι στο παρελθόν και, με την αναπόφευκτη παρουσία του πληθωρισμού, σε μικρότερο χρόνο και συγκριτικά σε μικρότερο κόστος.

Οι στόχοι δηλαδή του έργου δεν περιορίζονται μόνο στον παράγοντα ποιότητα, αλλά διευρύνονται προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης του κόστους και του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι ο μηχανικός παραγωγής καλείται να εκτελέσει το έργο **στο ελάχιστο δυνατό κόστος, μέσα στον προγραμματισμένο χρόνο και σύμφωνα με τις ποιοτικές προδιαγραφές**, οι οποίες εξασφαλίζουν την αντοχή, την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα της κατασκευής.

Γενικά όσον αφορά την εκτέλεση των έργων, αυτή πραγματοποιείται από πρόσωπα διαφόρων ειδικοτήτων με οριακή εμπειρία, τα οποία συνεργάζονται σε ομάδες εργασίας. Οι περιορισμοί ως προς τον αριθμό και την εμπειρία των εργαζομένων και τη

διαχείριση των μέσων παραγωγής, κάνουν συνήθως τη διαχείριση του έργου δύσκολη και πολύπλοκη. Η λύση, όσο είναι εφικτό, των προβλημάτων που παρουσιάζονται στην πράξη, είναι η εφαρμογή των συγχρόνων μεθόδων διαχείρισεως έργου.⁴

Διαχείριση Έργου ή Διοίκηση Έργου (Project Management), καθώς είναι έννοιες ταυτόσημες, είναι η εξασφάλιση αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων παραγωγής με τον κύριο του έργου και τη διοίκηση του φορέα κατασκευών, σχετικά με ό,τι έχει γίνει, τί πρόκειται να γίνει και με ποιά μεθόδευση, τί μπορεί να συμβεί, τί μέτρα θα ληφθούν σε κάθε περίπτωση και τί μπορεί να αλλάξει για τη βελτίωση των συνθηκών παραγωγής του έργου. Το αποτέλεσμα είναι η παροχή οδηγιών για την άμεση και αποδοτική ενεργοποίηση των ομάδων εργασίας. Ένας πιο γενικός ορισμός διατυπώνει ότι Διοίκηση Έργου είναι η εφαρμογή γνώσεων, ικανοτήτων, εργαλείων και τεχνικών στις δραστηριότητες ενός έργου, προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτήσεις του έργου.

Στη **φάση της συλλήψεως και του σχεδιασμού του έργου**, η διαχείρισή του αναφέρεται στη διαδικασία εκπονήσεως των μελετών και στη λήψη των σωστών αποφάσεων για την παραγωγή του έργου, στον καθορισμό όλων των απαραίτητων για την απρόσκοπτη εξέλιξη του έργου μέτρων, και στον καθορισμό και προγραμματισμό των μέσων παραγωγής (ανθρώπων, μηχανημάτων, κεφαλαίων). Στο **πρακτικό επίπεδο** η διαχείριση του έργου είναι η ανταπόκριση του υπεύθυνου μηχανικού στα προβλήματα της κατασκευής, στις καθυστερήσεις, στις αλλαγές και στις απρόβλεπτες καταστάσεις, οι οποίες παρουσιάζονται κατά την πρόοδο του έργου.

Η διαχείριση του έργου δηλαδή αφορά τον προγραμματισμό, τον έλεγχο προόδου, τη διοίκηση, την επικοινωνία και την ορθή σκέψη για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων. Οι στόχοι είναι να πραγματοποιηθεί το έργο σύμφωνα με το προγραμματισμένο κόστος και χρόνο και σε υψηλή στάθμη τεχνικής ποιότητας.

Ο **προγραμματισμός** του έργου αναφέρεται στο ποια εργασία θα γίνει, ποιός θα κάνει την ορισμένη εργασία, πότε, πού και με τί μέσα. Το κρίσιμο μέρος της επιτυχημένης διαχείρισεως του έργου είναι οι αποφάσεις που παίρνονται μετά την εκπόνηση του προγραμματισμού, για τη διατήρηση του έργου στην προγραμματισμένη πορεία. Απαραίτητα στοιχεία του προγραμματισμού είναι ο καθορισμός των διαδικασιών που απαιτούνται για την πραγματοποίησή του, ο συνδυασμός και συντονισμός των διαδικασιών αυτών, η προετοιμασία των σχεδίων δράσεως των διαφόρων εργασιών, ο

καθορισμός και η εξασφάλιση των μέσων παραγωγής (πόρων) στις αντίστοιχες δραστηριότητες και η διαμόρφωση ενός αποδεκτού προϋπολογισμού.

Ο **έλεγχος προόδου έργου** αναφέρεται στη συνεχή καταγραφή των πραγματοποιούμενων τιμών χρονικής και οικονομικής προόδου και στη σύγκρισή τους με τις τιμές του αρχικού προγραμματισμού (Target Plan), έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνεχής σύγκριση και η άμεση διόρθωση των τυχόν αποκλίσεων με τα κατάλληλα διορθωτικά μέτρα. Η επιτυχία του ελέγχου, και επομένως της συνεχούς περιοδικής προσαρμογής του έργου στα μεγέθη του προγραμματισμού, βασίζεται στην κίνηση των πληροφοριών μεταξύ διοικήσεως (Project Manager) και ομάδων εφαρμογής.⁵

Για να είναι ένα έργο επιτυχές, η διεύθυνση του έργου πρέπει να εφαρμόσει μία **ισοβαρή κατανομή** μεταξύ χρονικού προγραμματισμού, κόστους και ποιότητας. Αν το κέντρο βάρους της προσπάθειας δοθεί στον χρονικό προγραμματισμό, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα να τελειώσει το έργο στον προγραμματισμένο χρόνο, αλλά σε μεγαλύτερο κόστος, έχοντας συνέπειες και στην ποιότητα κατασκευής. Αντίστοιχα μπορεί να γίνει, αν δοθεί το βάρος στο κόστος ή στην ποιότητα. Για να επιτύχει την ισοβαρή κατανομή μεταξύ προγραμματισμού, κόστους και ποιότητας, η διεύθυνση του έργου πρέπει να μελετήσει την ποιότητα σε συνάρτηση με τους άλλους δύο παράγοντες. Για τη συντήρηση της ισορροπίας, η διεύθυνση πρέπει να εφαρμόσει από την αρχή των κατασκευών τα κατάλληλα εργαλεία για το σχεδιασμό, προγραμματισμό, διαχείριση ποιότητας και έλεγχου σε όλες τις φάσεις του έργου.⁶

Η διοίκηση έργων επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης και της ολοκλήρωσης των διεργασιών διοίκησης έργου για την έναρξη, προγραμματισμό, εκτέλεση, παρακολούθηση και έλεγχο, και ολοκλήρωση. Ο διευθυντής του έργου είναι ο υπεύθυνος για την επίτευξη των στόχων του έργου.

Έτσι η διοίκηση ενός έργου περιλαμβάνει:

- Προσδιορισμό των απαιτήσεων
- Καθορισμό σαφών και επιτεύξιμων στόχων
- Εξισορρόπηση των ανταγωνιστικών αιτημάτων για ποιότητα, φυσικό αντικείμενο, χρόνο και κόστος
- Προσαρμογή των προδιαγραφών, σχεδίων και προσεγγίσεων στις διαφορετικές ανάγκες και προσδοκίες των διαφόρων συμμετόχων.⁷

Η διοίκηση έργων περιέχεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο που περιλαμβάνει τη διοίκηση προγραμμάτων, τη διοίκηση χαρτοφυλακίου και το γραφείο διοίκησης έργων. Συχνά, υπάρχει μία ιεραρχία στρατηγικού σχεδίου, χαρτοφυλακίου, προγράμματος, έργου και υποέργου, στην οποία ένα πρόγραμμα αποτελούμενο από διάφορα συναφή έργα συνεισφέρει στην επίτευξη ενός στρατηγικού σχεδίου.

Ένα **πρόγραμμα** είναι ένα σύνολο συναφών έργων που διοικείται κατά ένα συντονισμένο τρόπο, προκειμένου να αποκομισθούν οφέλη που δεν αποκτώνται από τη διοίκηση κάθε έργου ξεχωριστά. Τα προγράμματα μπορεί να περιέχουν στοιχεία σχετικών εργασιών εκτός του αντικειμένου των διακριτών έργων του προγράμματος. Τα προγράμματα επίσης επιφέρουν μία σειρά επαναλαμβανόμενων ή κυκλικών ενεργειών. Σε αντίθεση με τη διοίκηση έργων, η διοίκηση προγραμμάτων είναι η κεντρική, συντονισμένη διοίκηση μιας ομάδας έργων, ώστε να επιτευχθούν οι στρατηγικοί στόχοι και τα οφέλη του προγράμματος.

Ένα **χαρτοφυλάκιο** (portfolio) είναι μία συλλογή έργων ή προγραμμάτων και άλλων εργασιών που είναι ομαδοποιημένες, ώστε να διευκολυνθεί η αποτελεσματική διαχείριση των εργασιών αυτών, προκειμένου να επιτευχθούν οι στρατηγικοί στόχοι της επιχείρησης. Τα έργα ή τα προγράμματα στο χαρτοφυλάκιο δεν είναι απαραίτητα αλληλοεξαρτώμενα ή άμεσα σχετιζόμενα. Οι οργανισμοί διαχειρίζονται τα χαρτοφυλάκιά τους βάσει συγκεκριμένων στόχων. Ένας στόχος είναι η μεγιστοποίηση της αξίας του χαρτοφυλακίου μέσω προσεκτικής εξέτασης των υποψήφιων έργων και προγραμμάτων ώστε να περιληφθούν στο χαρτοφυλάκιο και ο έγκαιρος αποκλεισμός των έργων που δεν ικανοποιούν τους στρατηγικούς στόχους του χαρτοφυλακίου.

Τα έργα συχνά υποδιαιρούνται σε περισσότερο διαχειρίσιμα συστατικά στοιχεία ή **υποέργα**, αν και τα επιμέρους υποέργα μπορούν να αναφέρονται ως έργα και να διαχειρίζονται ως τέτοια. Τα υποέργα συχνά ανατίθενται ως υπεργολαβίες σε μία εξωτερική επιχείρηση ή σε κάποιο άλλο λειτουργικό τμήμα του φορέα υλοποίησης.

Ένα **γραφείο διοίκησης έργων** (ΓΔΕ, Project Management Office – PMO) είναι μία οργανωτική μονάδα που συγκεντρώνει και συντονίζει τη διοίκηση των έργων κάτω από τη σκέπη του. Ένα ΓΔΕ επιβλέπει τη διοίκηση των έργων, των προγραμμάτων, ή ενός συνδυασμού αυτών. Τα έργα που υποστηρίζονται ή τυγχάνουν διαχείρισης από το ΓΔΕ μπορεί να μην έχουν καμία άλλη σχέση μεταξύ τους εκτός από το ότι διοικούνται μαζί. Ορισμένα ΓΔΕ ωστόσο, συντονίζουν και διοικούν και σχετιζόμενα έργα. Το ΓΔΕ εστιάζει στο συντονισμένο σχεδιασμό, καθορισμό προτεραιοτήτων και εκτέλεση των

έργων και των υποέργων που είναι αλληλένδετα με τους συνολικούς επιχειρηματικούς στόχους του μητρικού οργανισμού ή του πελάτη.

Τα ΓΔΕ λειτουργούν σε ένα συνεχές φάσμα, από την παροχή υποστηρικτικών λειτουργιών διοίκησης έργων υπό τη μορφή εκπαίδευσης, λογισμικού, προτυποποιημένων πολιτικών και διαδικασιών, μέχρι την πραγματική διοίκηση και ευθύνη επίτευξης των στόχων του έργου. Ένα συγκεκριμένο ΓΔΕ μπορεί να λάβει ειδική εξουσία να δράσει ως ένας πλήρης συμμετοχος και ουσιαστικός λήπτης αποφάσεων κατά τη φάση εκκίνησης κάθε έργου, μπορεί να έχει την εξουσία να κάνει συστάσεις, ή και να τερματίζει τα έργα προκειμένου να τηρούνται με συνέπεια οι επιχειρηματικοί στόχοι. Επιπλέον, ένα ΓΔΕ μπορεί να εμπλέκεται στην επιλογή, διαχείριση και επαναδιάθεση, εάν απαιτείται, του κοινόχρηστου προσωπικού των έργων και, όπου είναι δυνατό, του αποκλειστικού προσωπικού των έργων.⁸

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η διαχείριση έργου υποστηρίζει την ορθή λήψη αποφάσεων σε συνάρτηση με τις μεταβαλλόμενες παραμέτρους του έργου, η οποία παλαιότερα στηριζόταν στην εμπειρία του υπεύθυνου μηχανικού. Οι σημερινές όμως απαιτήσεις παραγωγής, στενότητας μέσων και ανταγωνισμού επιβάλλουν την εφαρμογή των **ποσοτικών ή λογισμικών μεθόδων**, οι οποίες με κατάλληλη υποστήριξη ηλεκτρονικού υπολογιστή συμβάλουν στην επιτυχία των στόχων του έργου. Η εφαρμογή των μεθόδων αυτών πρέπει να καλύπτει όλο το φάσμα παραγωγής του έργου, από το επίπεδο του κυβερνητικού προγραμματισμού μέχρι και τις τελευταίες θέσεις παραγωγής.⁹

Η διαχείριση του έργου με τις λογισμικές μεθόδους της, δίνει τη δυνατότητα της αντικειμενικής και μονοσήμαντης κοστολόγησης των έργων στη φάση του σχεδιασμού. Είναι η μόνη μέθοδος, με την οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί η τραγωδία των μεγάλων εκπτώσεων, εφόσον η διαχείριση έργων δίνει απάντηση στα θεμελιώδη ερωτήματα για το πώς θα κατασκευαστεί το έργο, με τί μέσα παραγωγής και επομένως σε πόσο χρόνο και κόστος.

Κάτω από η θεώρηση αυτή, ο κύριος στόχος της διαχείρισης των έργων είναι η αύξηση της **παραγωγικότητας**, η οποία ιδιαίτερα στον τομέα των κατασκευών είναι χαμηλή. Η παραγωγικότητα, η οποία σε πρώτη προσέγγιση ορίζεται ως η σχέση του αποτελέσματος, το οποίο λαμβάνεται από μια παραγωγική διαδικασία, προς την προσπάθεια, η οποία καταβάλλεται, συνδέεται άμεσα με το κόστος παραγωγής και τη χρονική διάρκεια του έργου και έμμεσα με την ποιοτική στάθμη της κατασκευής. Οι δύο

πρώτοι στόχοι, δηλαδή το κόστος και ο χρόνος, είναι ποσοτικά μεγέθη, τα οποία βελτιστοποιούνται με κατάλληλες ποσοτικές μεθόδους. Με αυτή τη μεθόδευση η διαχείριση των έργων εξελίσσεται σε ένα ολοκληρωμένο λειτουργικό σύστημα με ποσοτικές παραμέτρους, οι οποίες όταν πάρουν κατάλληλες τιμές, βελτιστοποιούν το αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας. Η ποιότητα της κατασκευής εξελίσσεται και αυτή σήμερα σε μια ελεγχόμενη ποσοτική μέθοδο, η οποία εντάσσεται στις νέες διαδικασίες του ελέγχου και της διασφάλισης της ποιότητας.¹⁰

1.2 Παραγωγικότητα στα τεχνικά έργα

Οι κύριοι στόχοι μιας επιχειρησιακής δραστηριότητας είναι το τρίπτυχο Κόστος – Χρόνος – Ποιότητα, το οποίο συνδέεται άμεσα με την αύξηση της **παραγωγικότητας** στον τομέα των κατασκευών, εφόσον η ποσοτική έκφραση της παραγωγικότητας αντιστοιχεί στους στόχους «Κόστος» και «Χρόνος».

Η συσχέτιση της παραγωγικότητας με το κόστος και το χρόνο φαίνεται από τις βασικές σχέσεις που ακολουθούν. Το κόστος μονάδας, ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για το βέλτιστο σχεδιασμό των κατασκευών, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_{\text{μον}} = \frac{K_h}{Q_h}$$

Είναι: K_h το ωριαίο κόστος των μέσων παραγωγής (άνθρωποι, μηχανήματα, κεφάλαιο) και Q_h η αντίστοιχη παραγωγή στη μονάδα του χρόνου. Στόχος της κατασκευαστικής επιχείρησης είναι στην προκειμένη περίπτωση η ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής, που αντιστοιχεί σε μείωση του ωριαίου κόστους των ομάδων εργασίας και ή στην αύξηση της ωριαίας παραγωγής, η οποία συνδέεται με τον παράγοντα χρόνο.

Ο αντικειμενικός στόχος του Προγραμματισμού και της Διαχείρισης των Κατασκευών είναι η **αύξηση της παραγωγικότητας**. Η αύξηση αυτή είναι υποχρέωση όλων των εργαζομένων μέσα στο σύστημα, οι οποίοι άμεσα ή έμμεσα συμμετέχουν στο κύκλωμα της παραγωγής. Ιδιαίτερα μεγάλη είναι η συμβολή και ευθύνη του Μηχανικού Παραγωγής, ο οποίος με τις επιστημονικές γνώσεις του μελετά και εφαρμόζει τις κατάλληλες κατασκευαστικές και οργανωτικές μεθόδους για την αύξηση της παραγωγικότητας στην ευρύτερη έννοιά της.

Το μέγεθος της παραγωγικότητας ταυτίζεται με τον τεχνικό βαθμό αποδόσεως της λειτουργίας του συστήματος. Αυτό σημαίνει, ότι είναι ποσοτικό μέγεθος (παράλληλα με την ποιοτική της μορφή) και επομένως επιδέχεται βελτιστοποίηση με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων.

Οι πρωταρχικοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την παραγωγικότητα, είναι **η τεχνολογία, η μέθοδος παραγωγής, η επιλογή των μέσων παραγωγής, το προσωπικό και οι ποσοτικές μέθοδοι οργανώσεως**. Οι διάφορες τεχνολογικές βελτιώσεις έχουν δώσει πιο σημαντικές αυξήσεις στην παραγωγικότητα τα τελευταία χρόνια. Η εξέλιξη των μηχανολογικών συστημάτων παραγωγής, η χρησιμοποίηση βελτιωμένων εργαλείων, η εφαρμογή μεθόδων αυτοματισμού και η χρήση Η.Υ. στο σχεδιασμό και στον έλεγχο της παραγωγής, έχουν συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της παραγωγικότητας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συμβολή της οργανώσεως με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων και προγραμμάτων.

Σύμφωνα με την προηγούμενη θεώρηση η παραγωγικότητα είναι το αποτέλεσμα της αποδοτικότητας της εργασίας, της αποτελεσματικότητας της οργανώσεως και της στάθμης της τεχνολογίας. Η τεχνολογία ερευνά και παρέχει νέες μεθόδους, εφευρέσεις, τεχνικές παραγωγής, μεθόδους κατασκευής και υλικά. Η οργάνωση συνδέει την εργασία με την τεχνολογία με στόχο την αύξηση της παραγωγικής ικανότητας του συστήματος. Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ποσοστό, κατά το οποίο κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν την παραγωγικότητα. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στη συνθετότητα του συστήματος παραγωγής ενός τεχνικού έργου, στη μεταβλητότητα του χώρου εργασίας και στις εδαφολογικές και καιρικές συνθήκες, οι οποίες πολλές φορές ανατρέπουν και το πλέον συντηρητικό πρόγραμμα εργασιών.

Η μαθηματική συνάρτηση της παραγωγικότητας είναι ο λόγος των μεγεθών Εκροών/Εισροών. Ο μακροσκοπικός δείκτης για το σύστημα παραγωγής δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ολική παραγωγικότητα} = \frac{\text{Αγαθά} + \text{Υπηρεσίες}}{\text{Εργασία} + \text{Υλικά} + \text{Ενέργεια} + \text{Κεφάλαιο}}$$

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος μετρήσεως όμως της παραγωγικότητας για τις κατασκευές, η οποία δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι η σύγκριση του

αποτελέσματος της παραγωγής σε μονάδες έργου προς τις ανθρωποώρες που δαπανήθηκαν για το έργο αυτό. Η αντίστοιχη σχέση είναι:

$$\text{Παραγωγικότητα} = \frac{\text{Παραγόμενες μονάδες έργου}}{\text{Ανθρωποώρες}}$$

Η αύξηση της παραγωγικότητας αντιστοιχεί σε αύξηση των παραγόμενων μονάδων έργου για την ίδια δαπάνη ανθρωποωρών, ή σε μείωση των δαπανημένων ανθρωποωρών για τις ίδιες παραγόμενες μονάδες. Η ανθρωποώρα (ή εργατοώρα, μηχανοώρα, ανθρωποημέρα κλπ.) είναι μια συνηθισμένη μονάδα εισροής στη σχέση της παραγωγικότητας. Είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του θεωρούμενου συστήματος παραγωγής και θεωρείται συμβατικά αμετάβλητο.¹¹

1.3 Οργάνωση Έργου

Για την επιτυχία των στόχων του συστήματος, εφαρμόζονται σύγχρονες μέθοδοι **οργάνωσης των έργων**, οι οποίες βασίζονται στις ποσοτικές μεθόδους για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων τόσο στη φάση του σχεδιασμού, όσο και στη φάση της πραγματοποίησής τους.

Οι ποσοτικές μέθοδοι για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων πριν από την έναρξη του έργου αναφέρονται στο σχεδιασμό και στον προγραμματισμό. Ο **σχεδιασμός** αναφέρεται στην επιλογή της μεθόδου εκτελέσεως του έργου, στην ανάλυση των παραγωγικών διαδικασιών που το συνθέτουν και στον υπολογισμό του χρόνου και των μέσων παραγωγής που απαιτούνται για την πραγματοποίηση του έργου, σύμφωνα με τους στόχους του συστήματος.

Ο **προγραμματισμός** είναι η απεικόνιση της χρονικής αλληλουχίας των δραστηριοτήτων του έργου σε μία κατάλληλη μορφή μαθηματικού υποδείγματος, το οποίο δίνει τη δυνατότητα μελέτης και βελτιστοποιήσεως των παραγωγικών διαδικασιών του έργου στο στάδιο του σχεδιασμού και στη συνέχεια στον έλεγχο της προόδου του έργου κατά τη φάση της εκτελέσεως. Αναφέρεται τόσο στις εργασίες πριν από την έναρξη, όσο και σε αυτές που πρέπει να γίνουν κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως του έργου, με στόχο τη βελτιστοποίηση του κόστους, του χρόνου και της ποιότητας κατασκευής.¹²

Ο προγραμματισμός θεωρείται σήμερα απαραίτητο οργανωτικό μέσο, ανεξάρτητα από το μέγεθος του έργου, γιατί δίνει τη δυνατότητα βελτιωμένου ελέγχου και προγραμματισμένης διαθέσεως των μέσων παραγωγής. Καθορίζει το χρόνο απασχολήσεως μηχανών και προσωπικού, ελέγχει την πρόοδο του έργου, το κόστος παραγωγής και τη χρηματική ρευστότητα της επιχειρήσεως, παρέχει στοιχεία για την έγκαιρη προμήθεια υλικών και συμβάλλει στη εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποιήσεως. Ο έντονος πληθωρισμός και η στενότητα των μέσων παραγωγής είναι ένα ακόμη σοβαρό κίνητρο για την εφαρμογή των μεθόδων σχεδιασμού και προγραμματισμού στην εκτέλεση των τεχνικών έργων.¹³

Η Οργάνωση του φορέα αναφέρεται:

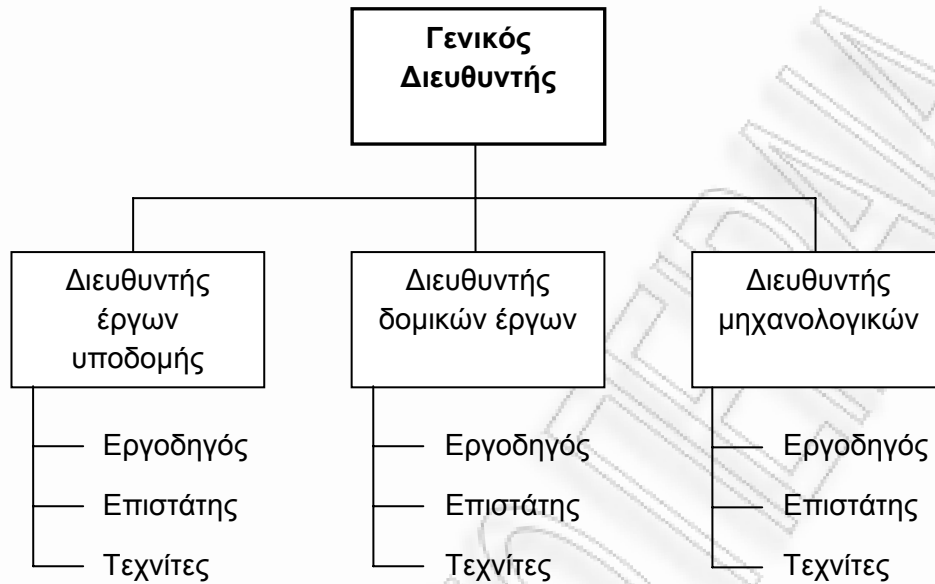
- Στο οργανόγραμμα διοικήσεως
- Στην περιγραφή των θέσεων εργασίας
- Στη μέθοδο κινήσεως και αξιοποιήσεως των πληροφοριών
- Στην εποπτεία του έργου και στον έλεγχο του κόστους

Η Διεύθυνση του κατασκευαστικού φορέα επιλέγει το κατάλληλο σύστημα οργάνωσης (οργανωτική δομή), τέτοιο ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του έργου. Η οργανωτική δομή του είναι προϋπόθεση για την εφαρμογή των μεθόδων του προγραμματισμού, εφόσον αυτή είναι το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα κινηθούν οι πληροφορίες. Η μορφή της οργανωτικής δομής του φορέα είναι σημαντικός παράγοντας επιτυχίας των στόχων της οργάνωσης. Εξαρτάται από τη μορφή, τη θέση και το μέγεθος της επιχειρήσεως και του έργου, από την τεχνική στάθμη και την ικανότητα των εργαζομένων, από την ευελιξία της επιχειρήσεως, από τους στόχους του έργου και από το περιβάλλον.¹⁴

Οι οργανωτικές δομές μετριοούνται από τις γραμμές ευθύνης και τις γραμμές εξουσίας που ορίζει καθεμία. Οι οργανωτικές δομές στη διαχείριση έργου μπορούν να θεωρηθούν ότι κατανέμονται σε ένα συνεχές φάσμα, του οποίου το ένα άκρο είναι η αμιγής δομή έργου και το άλλο άκρο η αμιγής δομή λειτουργιών, όπου μεταξύ τους υπάρχει ένα πλήθος από ενδιάμεσες οργανωτικές δομές τύπου μητρώου.

Η **οργανωτική δομή κατά λειτουργίες** βασίζεται στην υποδιαίρεση της γραμμής παραγωγής ή των ειδικοτήτων σε διαφορετικά τμήματα και χαρακτηρίζεται από δόμηση με κάθετη ιεραρχία. Όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί, οι διευθυντές των διαφορετικών λειτουργικών τμημάτων αναφέρονται στο γενικό διευθυντή.

Σχήμα 1: Οργανωτική δομή κατά λειτουργίες



Πηγή: Burke, R 2002, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, σελ. 407

Τα πλεονεκτήματα της οργανωτικής δομής κατά λειτουργίες είναι τα εξής:

- Είναι απλή και έχει μεγάλη ευελιξία, καθώς τα άτομα των τμημάτων μπορούν να διατεθούν στο έργο και στη συνέχεια, όταν τελειώσει η εμπλοκή τους σε αυτό, μπορούν αμέσως να διατεθούν σε κάποια άλλη εργασία
- Στα λειτουργικά τμήματα μπορεί να συσσωρευτεί βαθιά τεχνική γνώση, η οποία παρέχει τεχνική υποστήριξη και συμβάλλει στη συνεχή ανάπτυξη
- Οι γραμμές επικοινωνίας εντός των τμημάτων είναι μικρές και καλά εγκατεστημένες και η διοίκηση της εργασίας είναι πιο εύκολη
- Σε περίπτωση προβλημάτων, ο χρόνος αντίδρασης μέσα στο τμήμα είναι μικρός

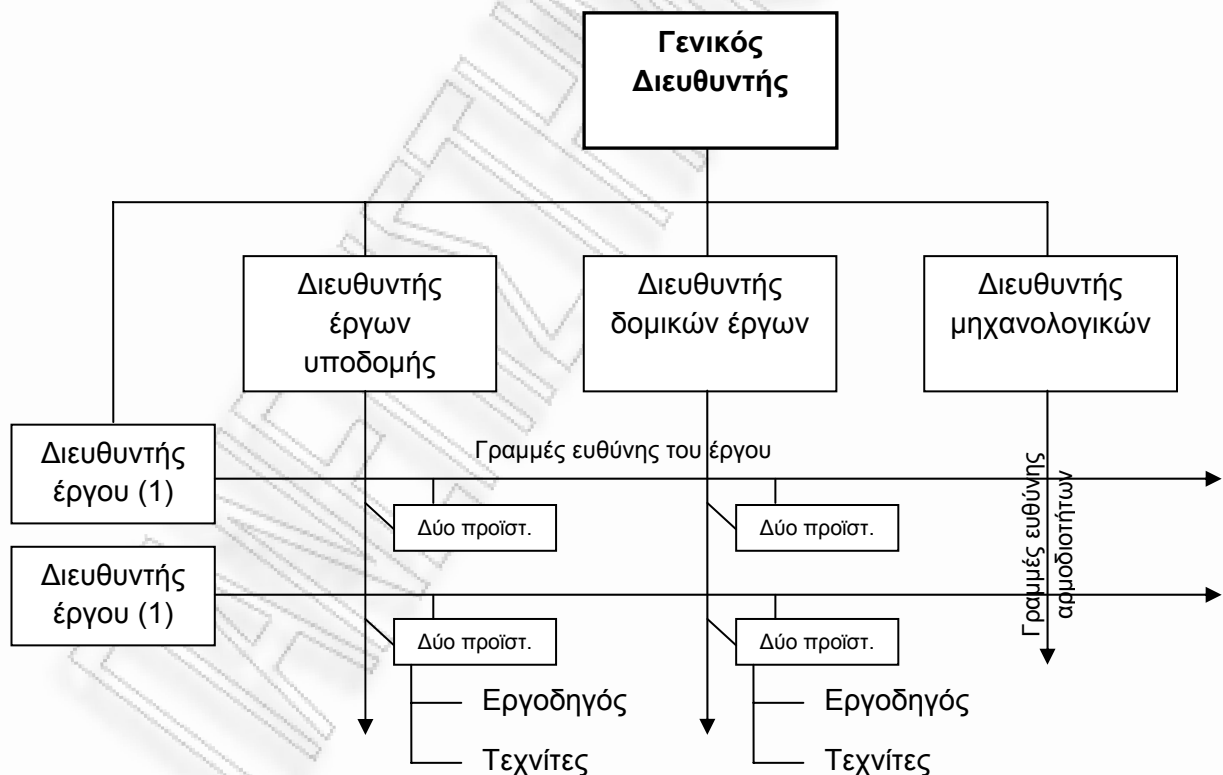
Τα μειονεκτήματα της οργανωτικής δομής κατά λειτουργίες (ειδικά όταν χρησιμοποιείται σε έργα που απαιτούν πολλές ειδικότητες) είναι τα εξής:

- Δεν υπάρχει μοναδικός υπεύθυνος, καθώς το αντικείμενο του έργου μετακινείται από το ένα τμήμα στο άλλο, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη συντονισμού
- Δεν υπάρχουν επίσημες γραμμές επικοινωνίας μεταξύ ατόμων που ανήκουν σε διαφορετικά τμήματα, με αποτέλεσμα τη δυσχέρεια της επικοινωνίας και την αύξηση του χρόνου απόκρισης

- Μπορεί να υπάρξει σύγχυση σχετικά με το ποιός έχει την ευθύνη για το συντονισμό των εξωτερικών παραγόντων, δηλαδή με τον πελάτη, τους προμηθευτές και τις άλλες ομάδες συμμετόχων
- Τα τμήματα μπορεί να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε εκείνο το κομμάτι του αντικειμένου εργασιών που τους αντιστοιχεί, αποφεύγοντας τη συνολική θεώρηση

Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά, μπορεί να υιοθετηθεί η **οργανωτική δομή τύπου μητρώου**, με την τυπολογία της δομής αυτής να μοιάζει με αυτή των μαθηματικών πινάκων. Ειδικότερα οι κατακόρυφες γραμμές του μητρώου αναπαριστούν την ευθύνη και εξουσία των διαφορετικών τμημάτων, ενώ οι οριζόντιες γραμμές αναπαριστούν την ευθύνη και εξουσία του έργου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

Σχήμα 2: Οργανωτική δομή τύπου μητρώου



Πηγή: *Burke, R 2002, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, σελ. 411*

Η δομή μητρώου είναι μη μόνιμη μορφή, η οποία δημιουργείται προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες του εκάστοτε έργου, καθώς άτομα από τα διάφορα λειτουργικά τμήματα διατίθενται στο έργο είτε με πλήρη είτε με μερική απασχόληση.

Τα πλεονεκτήματα της οργανωτικής δομής τύπου μητρώου είναι τα εξής:

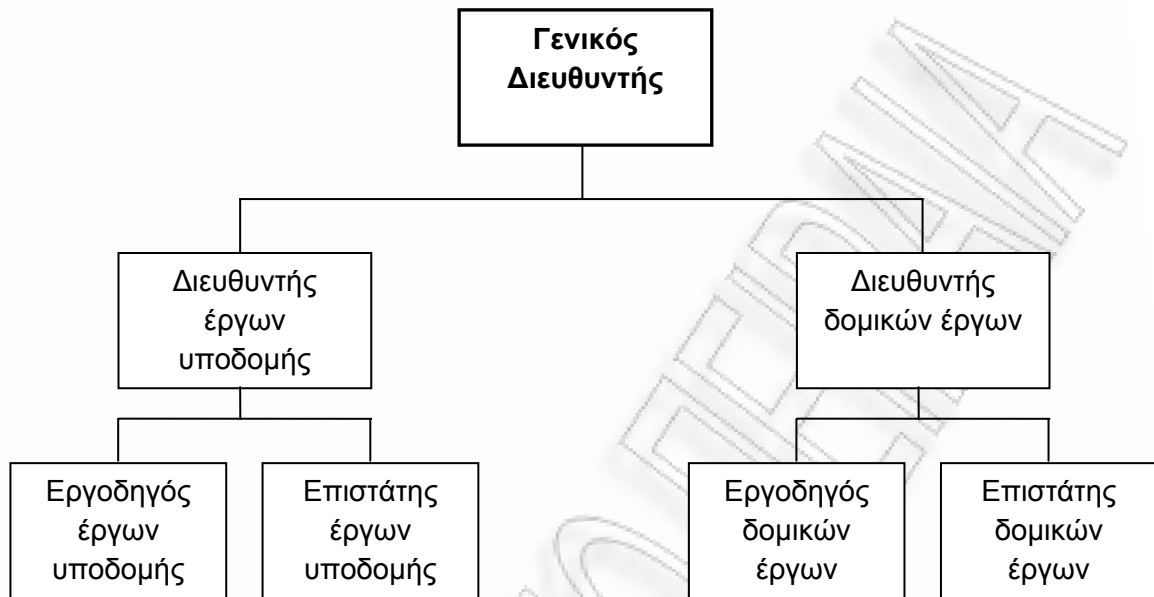
- Υπάρχει ευκρινές μοναδικό σημείο ευθύνης για το έργο, που είναι ο διευθυντής έργου
- Η από κοινού χρήση του εξοπλισμού σημαίνει ότι το κόστος κεφαλαίου διαμοιράζεται μεταξύ έργων και τμημάτων
- Η δομή τύπου μητρώου μπορεί να προσαρμοστεί ακριβώς στις ανάγκες του έργου αναφορικά με τις περιγραφές των θέσεων εργασίας, τις διαδικασίες, τις οδηγίες που αφορούν την εκτέλεση των εργασιών και τις γραμμές επικοινωνίας
- Υπάρχουν μόνιμες ομάδες εμπειρογνομόνων, που διατηρούνται σε συγκεκριμένα τμήματα, παρά το πέρας των έργων. Ως εκ τούτου η τεχνολογία, η τεχνογνωσία, η εξειδικευμένη γνώση και η πείρα δε χάνεται μετά την ολοκλήρωση των έργων, όταν δηλαδή η ομάδα έργου διαλύεται.

Τα μειονεκτήματα της οργανωτικής δομής τύπου μητρώου είναι τα εξής:

- Η οργανωτική δομή τύπου μητρώου είναι πολύπλοκη, καθώς στο έργο εμπλέκονται περισσότεροι διευθυντές
- Η διπλή ευθύνη και εξουσία μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση, να διασπάσει την ενότητα της ομάδας και να οδηγήσει σε ασαφή ορισμό ευθυνών
- Το κόστος λειτουργίας της δομής αυτής είναι υψηλότερο από το κόστος λειτουργίας τόσο της δομής κατά λειτουργίες, όσο και της αμιγούς δομής έργου, λόγω της εμπλοκής πολλών διευθυντών
- Ο διευθυντής έργου έχει τον έλεγχο των διοικητικών αποφάσεων, ενώ οι διευθυντές των λειτουργικών τμημάτων έχουν τον έλεγχο των τεχνικών αποφάσεων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εξαιρετικά πολύπλοκες καταστάσεις.¹⁵

Η **αμιγής δομή διοικητικής οργάνωσης έργου** έχει παρόμοια μορφή με τη οργανωτική δομή κατά λειτουργίες εκτός από το γεγονός ότι όλα τα λειτουργικά τμήματα αφιερώνουν όλες τις δυνάμεις τους στο έργο. Το έργο διατηρεί πλήρη αυτονομία σε σχέση με την υπόλοιπη εταιρία, ως αυτοδύναμη μονάδα με το δικό του τεχνικό και διοικητικό προσωπικό. Η δομή αυτή προτιμάται στα μεγάλα έργα.

Σχήμα 3: Αμιγής δομή έργου



Πηγή: *Burke, R 2002, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, σελ. 418*

Τα πλεονεκτήματα της αμιγούς δομής έργου είναι τα εξής:

- Ο διευθυντής έργου έχει απόλυτη εξουσία πάνω στο έργο
- Προάγεται η αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ του διευθυντή έργου και των μελών της ομάδας έργου
- Αν υπάρχει σειρά από παρόμοια έργα, μπορεί να δημιουργηθεί μία μόνιμη ομάδα ειδικών
- Εφόσον η εξουσία είναι συγκεντρωτική, οι αποφάσεις λαμβάνονται γρήγορα
- Η αμιγής δομή έργου είναι απλή και η λειτουργία της είναι εύκολη

Τα μειονεκτήματα της αμιγούς δομής έργου είναι τα εξής:

- Για να εξασφαλιστεί η πρόσβαση σε τεχνογνωσία και δεξιότητες, υπάρχει τάση αποθεματοποίησης εξοπλισμού και προσωπικού. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι δεσμεύονται στο έργο πόροι και προσωπικό για περισσότερο χρονικό διάστημα από όσο είναι απαραίτητο.
- Όταν το έργο διαχωρίζεται πλήρως από τα λειτουργικά τμήματα και τα υπόλοιπα έργα, μπορεί να ανακοπεί η ροή ιδεών και πληροφοριών εντός της εταιρίας ¹⁶

1.4 Κύκλος Ζωής Έργου

Οι διευθυντές έργων ή ο οργανισμός μπορούν να διαιρέσουν τα έργα σε φάσεις προκειμένου να βελτιωθεί ο διοικητικός έλεγχος μέσω κατάλληλων συνδέσμων με τις τρέχουσες δραστηριότητες του φορέα υλοποίησης. Συγκεντρωτικά, οι φάσεις αυτές είναι γνωστές ως κύκλος ζωής του έργου. Ορισμένοι οργανισμοί προσδιορίζουν ένα συγκεκριμένο σύνολο κύκλων ζωής για χρήση σε όλα τα έργα τους.

Ο **κύκλος ζωής ενός έργου** καθορίζει τις φάσεις που συνδέουν την έναρξη ενός έργου με τη λήξη του. Η μετάβαση από μία φάση σε μία άλλη εντός του κύκλου ζωής ενός έργου περιλαμβάνει, και συνήθως καθορίζεται από, κάποια μορφή μεταφοράς ή μεταβίβασης τεχνολογίας. Τα παραδοτέα από μία φάση συνήθως ελέγχονται ως προς την πληρότητα και ακρίβειά τους και εγκρίνονται πριν ξεκινήσουν οι εργασίες της επόμενης φάσης. Ωστόσο, δεν είναι ασυνήθιστο μία φάση να ξεκινήσει πριν την έγκριση των παραδοτέων της προηγούμενης φάσης, όταν οι εγγενείς κίνδυνοι θεωρηθούν αποδεκτοί. Αυτή η πρακτική επικαλυπτόμενων φάσεων, που φυσιολογικά θα εκτελούνταν σειριακά, είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής μιας τεχνικής συμπίεσης χρονοδιαγράμματος, που καλείται ταχεία εκτέλεση (fast tracking).

Δεν υπάρχει ένας μονοσήμαντος, βέλτιστος τρόπος καθορισμού του ιδανικού κύκλου ζωής των έργων. Ορισμένοι οργανισμοί έχουν καθιερώσει πολιτικές που προτυποποιούν όλα τα έργα με ένα μόνο κύκλο ζωής, ενώ άλλοι επιτρέπουν στην ομάδα διοίκησης έργου να καθορίσει τον πλέον κατάλληλο κύκλο ζωής για το έργο της ομάδας. Οι κύκλοι ζωής των έργων καθορίζουν:

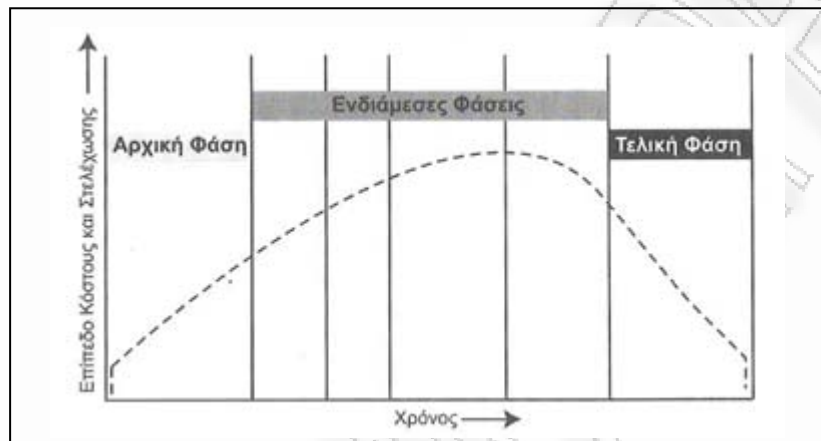
- Ποιά τεχνική εργασία πρέπει να γίνει σε κάθε φάση
- Πότε πρέπει να δημιουργηθούν τα παραδοτέα σε κάθε φάση και πώς κάθε παραδοτέο ελέγχεται, επαληθεύεται και επικυρώνεται
- Ποιός εμπλέκεται σε κάθε φάση
- Πώς ελέγχεται και εγκρίνεται κάθε φάση

Οι περισσότεροι κύκλοι ζωής έργων μοιράζονται ένα πλήθος κοινών χαρακτηριστικών:

- Οι φάσεις είναι σε ακολουθία και συνήθως ορίζονται από κάποιο είδος μεταβίβασης τεχνικής πληροφορίας ή διάθεσης τεχνικών στοιχείων.

- Τα επίπεδα κόστους και στελέχωσης είναι χαμηλά στην αρχή, κορυφώνονται στις ενδιάμεσες φάσεις και μειώνονται ταχύτατα καθώς το έργο ολοκληρώνεται. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τη μορφή αυτή.

Σχήμα 4: Τυπικά επίπεδα κόστους και στελέχωσης σε όλη την έκταση του Κύκλου Ζωής Έργου



Πηγή: *Εμίρης, Δ 2006, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, σελ. 29*

- Το επίπεδο αβεβαιότητας είναι υψηλότερο, και επομένως ο κίνδυνος αποτυχίας της επίτευξης των στόχων είναι μεγαλύτερος, στην εκκίνηση του έργου. Η βεβαιότητα ολοκλήρωσης εν γένει καθίσταται προοδευτικά υψηλότερη καθώς το έργο εξελίσσεται.
- Η ικανότητα των συμμετόχων του έργου να επηρεάσουν τα τελικά χαρακτηριστικά του προϊόντος του έργου καθώς και το τελικό του κόστος, είναι μεγαλύτερη κατά την έναρξη και μειώνεται προοδευτικά καθώς το έργο εξελίσσεται. Η βασική συνεισφορά στο φαινόμενο αυτό, είναι ότι το κόστος των αλλαγών και της διόρθωσης σφαλμάτων γενικά αυξάνει καθώς το έργο συνεχίζει.

Παρά το γεγονός ότι πολλοί κύκλοι ζωής έργων έχουν παρεμφερή ονόματα φάσεων με παρεμφερή παραδοτέα, ελάχιστοι κύκλοι ζωής είναι ίδιοι. Οι περισσότεροι έχουν τέσσερις ή πέντε φάσεις, αλλά ορισμένοι έχουν εννέα ή και παραπάνω. Επίσης τα υποέργα μπορεί να έχουν ξεχωριστούς κύκλους ζωής.

Σε οποιοδήποτε δεδομένο έργο, λόγω μεγέθους, πολυπλοκότητας, επιπέδου κινδύνων και περιορισμών στις χρηματικές ροές, οι φάσεις μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε υποφάσεις. Κάθε υποφάση αντιστοιχείται με ένα ή περισσότερα

συγκεκριμένα παραδοτέα για παρακολούθηση και έλεγχο. Η πλειοψηφία των παραδοτέων των υποφάσεων σχετίζεται με το παραδοτέο της κύριας φάσης και οι φάσεις συνήθως λαμβάνουν την ονομασία τους από τα παραδοτέα αυτά: απαιτήσεις, σχεδιασμός, ανέγερση, δοκιμές, εκκίνηση, παράδοση, κλπ.

Μία φάση έργου γενικά ολοκληρώνεται με μία ανασκόπηση της εργασίας που εκτελέστηκε και των παραδοτέων της, έτσι ώστε να προσδιοριστεί εάν υπάρχει αποδοχή, εάν απαιτείται επιπλέον εργασία, ή εάν πρέπει να θεωρείται ότι η φάση έχει κλείσει. Μία διοικητική επισκόπηση λαμβάνει συνήθως χώρα, προκειμένου να ληφθεί απόφαση να ξεκινήσουν οι δραστηριότητες της επόμενης φάσης.

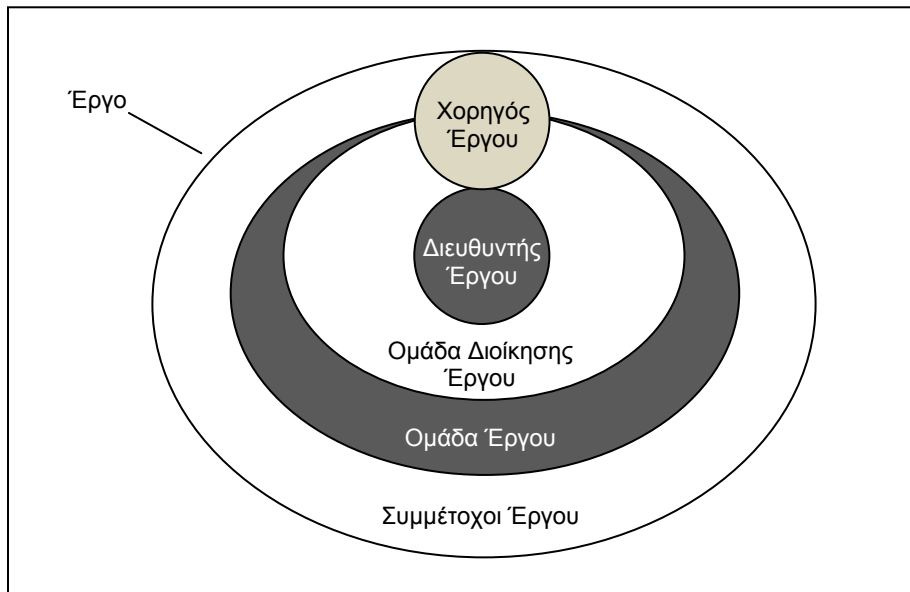
Ακόμη, μια φάση μπορεί να κλείσει χωρίς να αποφασισθεί η εκκίνηση οποιωνδήποτε άλλων φάσεων. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα, όταν το έργο έχει ολοκληρωθεί ή όταν ο κίνδυνος εκτιμάται ως πολύ υψηλός, ώστε να επιτραπεί η συνέχιση του έργου. Η τυπική ολοκλήρωση μίας φάσης δεν περιλαμβάνει την έγκριση μίας επόμενης φάσης.¹⁷

1.5 Συμμέτοχοι Έργου

Οι **συμμέτοχοι του έργου** (project stakeholders) είναι άτομα και οργανισμοί που εμπλέκονται ενεργά στο έργο, ή των οποίων τα συμφέροντα μπορεί να επηρεασθούν ως αποτέλεσμα της εκτέλεσης ή της ολοκλήρωσης του έργου. Ενδέχεται επίσης να ασκούν επιρροή στο έργο και στα αποτελέσματά του.

Η ομάδα διοίκησης του έργου πρέπει να προσδιορίσει τους συμμετόχους, να καθορίσει τις απαιτήσεις και τις προσδοκίες τους και να διαχειριστεί στο μέτρο του δυνατού τις επιδράσεις τους σε σχέση με τις απαιτήσεις αυτές, προκειμένου να διασφαλίσει ένα επιτυχημένο έργο. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των συμμετόχων και του έργου.

Σχήμα 5: Η Σχέση μεταξύ των Συμμετόχων και του Έργου



Πηγή: Εμίρης, Δ 2006, *Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων*, σελ. 35

Ορισμένες φορές, ο προσδιορισμός των συμμετόχων μπορεί να είναι δύσκολος. Η αποτυχία προσδιορισμού ενός βασικού συμμετόχου (key stakeholder) μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα σε ένα έργο.

Οι κύριοι συμμετοχοί σε κάθε έργο συμπεριλαμβάνουν:

- **Το διευθυντή του έργου.** Το άτομο που είναι υπεύθυνο για τη διοίκηση του έργου.
- **Τον πελάτη / χρήστη.** Το άτομο ή ο οργανισμός που θα χρησιμοποιήσει το προϊόν του έργου.
- **Το φορέα υλοποίησης.** Η επιχείρηση της οποίας οι εργαζόμενοι εμπλέκονται αμεσότερα με την εκτέλεση της εργασίας του έργου.
- **Τα μέλη της ομάδας έργου.** Το σύνολο των ατόμων που εκτελεί τις εργασίες του έργου.
- **Η ομάδα διοίκησης έργου.** Τα μέλη της ομάδας έργου που εμπλέκονται άμεσα στις δραστηριότητες διοίκησης του έργου.
- **Το χορηγό.** Το άτομο ή η ομάδα που παρέχει τους οικονομικούς πόρους, σε μετρητά ή σε είδος για το έργο.
- **Τους επηρεαστές (influencers).** Τα άτομα ή οι ομάδες που δεν σχετίζονται άμεσα με την απόκτηση ή τη χρήση του προϊόντος του έργου, αλλά λόγω της

θέσης κάποιου ατόμου στον οργανισμό του πελάτη ή του φορέα υλοποίησης, μπορούν να επηρεάσουν, θετικά ή αρνητικά την πορεία του έργου.

- **Το Γραφείο Διοίκησης Έργου (PMO).** Αν υφίσταται στο φορέα υλοποίησης, το ΓΔΕ μπορεί να αποτελέσει συμμετόχο, εφόσον έχει άμεση ή έμμεση ευθύνη για το αποτέλεσμα του έργου.

Πέραν των ανωτέρω κυρίων συμμετόχων, υπάρχουν πολλά διαφορετικά ονόματα και κατηγορίες συμμετόχων του έργου, μεταξύ των οποίων εσωτερικοί και εξωτερικοί, ιδιοκτήτες και επενδυτές, προμηθευτές και εργολάβοι, μέλη της ομάδας και οι οικογένειές τους, κυβερνητικοί οργανισμοί και μέσα ενημέρωσης, ανεξάρτητοι πολίτες, προσωρινοί ή μόνιμοι οργανισμοί δημοσίων σχέσεων, καθώς και η ευρύτερη κοινωνία.¹⁸

1.6 Κατηγορίες Διαχείρισης Έργου

Οι κύριες κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται η Διαχείριση Έργου είναι η Οικονομική Διαχείριση, ο Έλεγχος Ποιότητας και Προόδου Έργου, η Διαχείριση Μελετών και η Διαχείριση Κατασκευών.

Η **Οικονομική Διαχείριση** αναφέρεται στη χρηματοοικονομική διαχείριση του φορέα κατασκευής. Συγκεκριμένα οι στόχοι της ομάδας οικονομικής διαχείρισεως είναι:

- i. Εξασφάλιση των απαιτούμενων κεφαλαίων με τους καλύτερους δυνατούς όρους, για να διασφαλιστούν οι συνθήκες απρόσκοπτης κατασκευής του έργου χωρίς καθυστερήσεις ή υποβίβαση της τεχνικής ποιότητας.
- ii. Εξασφάλιση εναλλακτικών λύσεων, βέλτιστη εκμετάλλευση των οικονομικών κονδυλίων και ελαχιστοποίηση των χρηματοοικονομικών κινδύνων και υποχρεώσεων του κυρίου του έργου.
- iii. Συντονισμός των θεμάτων, που έχουν σχέση με τη χρηματοδότηση και τις ομάδες, που είναι υπεύθυνες με τις μελέτες και τις κατασκευές, για την ελαχιστοποίηση των δαπανών του έργου.
- iv. Εξασφάλιση αποτελεσματικής υποστηρίξεως σε θέματα οικονομικής διαχειρίσεως με την τακτική υποβολή λεπτομερών εκθέσεων οικονομικών στοιχείων, τα οποία προκύπτουν από συστήματα υπολογισμών, αναλύσεων και εισηγήσεων.

Ο Έλεγχος Ποιότητας και Προόδου Έργου διαχωρίζεται στη Διαχείριση Ελέγχου Προόδου Έργου και στη Διαχείριση Ποιοτικού Ελέγχου.

Η Διαχείριση Ελέγχου Προόδου Έργου είναι ο έλεγχος του έργου ως προς το χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό, η διαχείριση των δαπανών και προμηθειών, η διαχείριση της συμβάσεως, οι διαδικασίες που αφορούν στην απρόσκοπτη ροή των δραστηριοτήτων του έργου, και η οργάνωση αρχειοθέτησης των εγγράφων. Η επιτυχία του ελέγχου προόδου έργου εξαρτάται από τον αντικειμενικό χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό. Η αντικειμενικότητα αναφέρεται στο θεμελιωμένο υπολογισμό - εκτίμηση των χρονικών διαρκειών και του κόστους.

Ο έλεγχος αναφέρεται επίσης στην τήρηση των νομικών διαδικασιών σύμφωνα με τη σύμβαση του έργου και στην παρουσίαση θετικής εικόνας για το έργο, με εκθέσεις ελέγχου των δαπανών και των χρονοδιαγραμμάτων, καθώς και με τη διαμόρφωση ενός αποτελεσματικού προγράμματος προστασίας του περιβάλλοντος και δημοσίων σχέσεων.

Η βασική γραμμή για τον έλεγχο των δαπανών και του χρονοδιαγράμματος είναι ο καθορισμός του τί πρέπει να γίνει, μέσα σε ποιά χρονικά πλαίσια, με ποιά μέσα παραγωγής και σε τί κόστος. Αυτή η βασική γραμμή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την παρακολούθηση των μελλοντικών δραστηριοτήτων, για τον προσδιορισμό των πιθανών αποκλίσεων και για την άμεση ενεργοποίηση διορθωτικών επεμβάσεων, έτσι ώστε να αποτρέπονται ενδεχόμενες καθυστερήσεις στο χρονικό προγραμματισμό και υπερβάσεις στον προϋπολογισμό.

Η Διαχείριση Ποιοτικού Ελέγχου αναφέρεται στον έλεγχο της ποιότητας του έργου. Η κατασκευή ενός έργου στον προγραμματισμένο χρόνο και κόστος θα ήταν χωρίς πρακτική σημασία, αν στο τέλος το έργο δεν ανταποκρινόταν στις ποιοτικές προδιαγραφές. Οι τρεις αυτές έννοιες κόστος, χρόνος, ποιότητα, είναι αλληλένδετα συνδεδεμένες μεταξύ τους και συνιστούν τις βασικές λειτουργικές ενότητες της διαχείρισης του έργου.

Με αύξουσα συχνότητα αναφέρονται περιπτώσεις ανεπαρκούς ποιότητας, οι οποίες οδηγούν σε αυξημένο κόστος παραγωγής, αστοχίες των κατασκευών πριν από την περάτωσή τους, επανάληψη εργασιών αποκαταστάσεως, καθυστερήσεις, δυστυχήματα και πολλές φορές θάνατοι. Επομένως είναι αναγκαία η καθιέρωση διεθνώς αποδεκτών προτύπων και προδιαγραφών για τη διαχείριση και διασφάλιση της ποιότητας σε ενιαία μορφή.

Η **ποιότητα** στη γενική της έννοια είναι η ανταπόκριση της παραγωγής στις προκαθορισμένες απαιτήσεις. Η ποιότητα στα τεχνικά έργα επιτυγχάνεται, αν το έργο που κατασκευάστηκε, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της συμβάσεως, στις εγχώριες και διεθνείς προδιαγραφές ποιότητας, στις διατάξεις ασφαλείας, στην τυποποίηση, στους κανονισμούς που ισχύουν και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η **διασφάλιση της ποιότητας** δεν αναφέρεται μόνο στον ποιοτικό έλεγχο του προϊόντος ή του παραγόμενου έργου, αλλά σε ολόκληρο τον κύκλο παραγωγής από το σχεδιασμό μέχρι την κυκλοφορία ή λειτουργία του. Στόχος συνεπώς του συστήματος διασφάλισης της ποιότητας είναι ο βέλτιστος συντονισμός όλων των ενεργειών, που έχουν σχέση ή επηρεάζουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων ή των προσφερόμενων υπηρεσιών και δρα ανασταλτικά στην πρόληψη ποιοτικών αστοχιών.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της ποιότητας είναι:

- Από την πλευρά του κυρίου του έργου: Λειτουργικότητα και μορφή του έργου, περάτωσή του σύμφωνα με τους όρους της συμβάσεως, στις χρονικές προθεσμίες του προγραμματισμού και στον αρχικό προϋπολογισμό, κόστος συντηρήσεως, αξιοπιστία και επισκευαστικότητα, περιβαλλοντολογική προστασία, υγιεινή, ασφάλεια και επιπτώσεις στις συνθήκες εργασίας και διαβιώσεως.
- Από την πλευρά του κατασκευαστή: Καθορισμός εφικτών στόχων, πληρότητα της μελέτης, των προδιαγραφών και των συμβατικών τευχών, πραγματοποιήσιμος προγραμματισμός εργασιών, έγκαιρη λήψη αποφάσεων από τον κύριο του έργου και το διαχειριστή, αντικειμενική κατανομή ευθυνών, λογικό όφελος, ικανοποίηση του κυρίου του έργου, θετική αναγνώριση εκ μέρους του και ευνοϊκές συστάσεις για μελλοντικές εργασίες.
- Κοινωνικές επιπτώσεις: Εξασφάλιση δημόσιας υγείας και ασφαλείας, προστασία του περιβάλλοντος, σεβασμός νομοθετικών διατάξεων, τυποποιήσεως και κοινωνικών καταστάσεων.

Το επιτελείο διαχείρισεως του έργου είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη του Προγράμματος Διαχείρισεως Ποιότητας, το οποίο αναφέρεται στις τυποποιημένες προδιαγραφές και διαδικασίες δοκιμών, που θα συμπεριληφθούν στα συμβατικά τεύχη. Παράλληλα διαμορφώνεται ένα πρόγραμμα για την παρακολούθηση της ποιότητας των υλικών που επιλέγει ο Ανάδοχος, των μεθόδων διεξαγωγής των δοκιμών (οργάνωση εργοταξιακών εργαστηρίων ή υπεργολαβικών), της αποδόσεως και μορφώσεως του προσωπικού και των διαδικασιών εκτελέσεως των εργασιών. Ο ποιοτικός έλεγχος

καλύπτει και την επιθεώρηση των εργασιών, που έχουν ολοκληρωθεί. Η επιθεώρηση αυτή μπορεί να διευρυνθεί και στον έλεγχο της καταλληλότητας του εξοπλισμού και των διαφόρων εγκαταστάσεων ως προς τη διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία τους. Είναι επίσης υπεύθυνο για την εκπόνηση ενός **Εγχειριδίου Διαδικασιών Ελέγχου Ποιότητας** και βελτιώσεως της ποιότητας.

Η **Διαχείριση Μελετών** έχει σκοπό να εξασφαλίσει τη σύνταξη μελετών υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας, οι οποίες να ανταποκρίνονται στους στόχους του έργου και στις επιθυμίες του Κυρίου του έργου. Με την κατάλληλη μεθοδολογία διασφαλίζεται ο Κύριος του έργου από περιττές μελλοντικές δαπάνες, οι οποίες είναι αποτέλεσμα ανεπαρκών ή ελαττωματικών μελετών. Η μεθοδολογία βασίζεται στο συστηματικό έλεγχο όλων των παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν το έργο. Ο έλεγχος αναφέρεται στην τεχνολογία, στους υπολογισμούς, στη μέθοδο, στον προγραμματισμό, στο κόστος κατασκευής και σε ό,τι άλλο αφορά στην ολοκλήρωση του έργου σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Πρέπει να δίνεται έμφαση στην πληρότητα των μελετών από άποψη ασφάλειας και κόστους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Ο έλεγχος των μελετών γίνεται από το εξειδικευμένο προσωπικό του Συμβούλου Διαχείρισης (Project Manager) ή από εξωτερικούς ειδικούς επιστήμονες.

Ο συστηματικός έλεγχος των μελετών βασίζεται στις εξής αρχές:

- i. Καθορισμός τυποποιημένων (κατά το δυνατό) ελέγχων, οι οποίοι θα οδηγούν αντικειμενικά στην αποδοχή και έγκριση της μελέτης.
- ii. Καθορισμός παραδοτέων εγγράφων και σχετικού περιεχομένου κειμένων και σχεδίων.
- iii. Έλεγχοι των μέσων, τα οποία χρησιμοποίησαν οι μελετητές για την εκπόνηση της μελέτης (π.χ. μηχανήματα γεωτρήσεων, όργανα τοπογραφικών εργασιών).
- iv. Οικονομικοί περιορισμοί για τις μελέτες εφαρμογής.

Η εκπόνηση νέων ή συμπληρωματικών μελετών γίνεται με βάση τη διακήρυξη και την ανάθεση συμβάσεων, τις οποίες εκδίδει ο Σύμβουλος Διαχείρισεως.

Οι μελέτες ελέγχονται σε τέσσερις φάσεις οι οποίες είναι:

1. Καθορισμός παραμέτρων των προδιαγραφών και της τυποποίησης και κριτήρια σχεδιασμού
2. Αρχικός έλεγχος. Σύγκριση στοιχείων μελέτης με τις βασικές διαστάσεις και παραμέτρους του έργου.

3. Έλεγχος χρονικού προγραμματισμού έργου με βάση την ανάλυση της μελέτης και τα αναγκαία κομβικά σημεία.
4. Λεπτομερής έλεγχος υπολογισμών διαστασιολογήσεως και προϋπολογισμού έργου.¹⁹

Η **Διαχείριση Κατασκευών** αναφέρεται στην επίβλεψη του έργου σαν μία ολοκληρωμένη ενότητα διαχειρίσεως έργου. Αντίθετα προς την παλαιά συμβατική θεώρηση ποιοτικού κυρίως περιεχομένου, η Διαχείριση Κατασκευών διαμορφώνεται σήμερα ως ένα ταχύτατα εξελισσόμενο λειτουργικό σύστημα, το οποίο με ποσοτικά, και επομένως αντικειμενικά κριτήρια, δίνει τις βάσεις για τη βέλτιστη επιτυχία των στόχων του έργου. Οι στόχοι αυτοί είναι να τελειώσει το έργο στο προγραμματισμένο κόστος, χρόνο και ποιότητα.

Η αναμόρφωση αυτή της έννοιας και του περιεχομένου της Διαχειρίσεως των Κατασκευών στα πλαίσια της Διαχειρίσεως του Έργου είναι μια αναγκαία προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις της παραγωγής και στη βελτίωση της τεχνολογίας των κατασκευών στα τεχνικά έργα. Διεθνώς έχει αναγνωρισθεί, ότι είναι η πλέον αντικειμενική διαδικασία για την εξασφάλιση της επιτυχίας μεγάλων, σύνθετων και πολυεξαρτημένων εργασιών. Η επιτυχία της Διαχειρίσεως των Κατασκευών βασίζεται στην απλή διαπίστωση, ότι ολόκληρη η ευθύνη για τον προγραμματισμό, τη διαχείριση των μέσων παραγωγής, τη διεύθυνση και τον έλεγχο όλων των δραστηριοτήτων, που συνθέτουν το έργο, μπορεί να συγκεντρωθεί σε μια ομάδα εργασίας, η οποία θα έχει και την ευθύνη για την επιτυχία των στόχων.²⁰

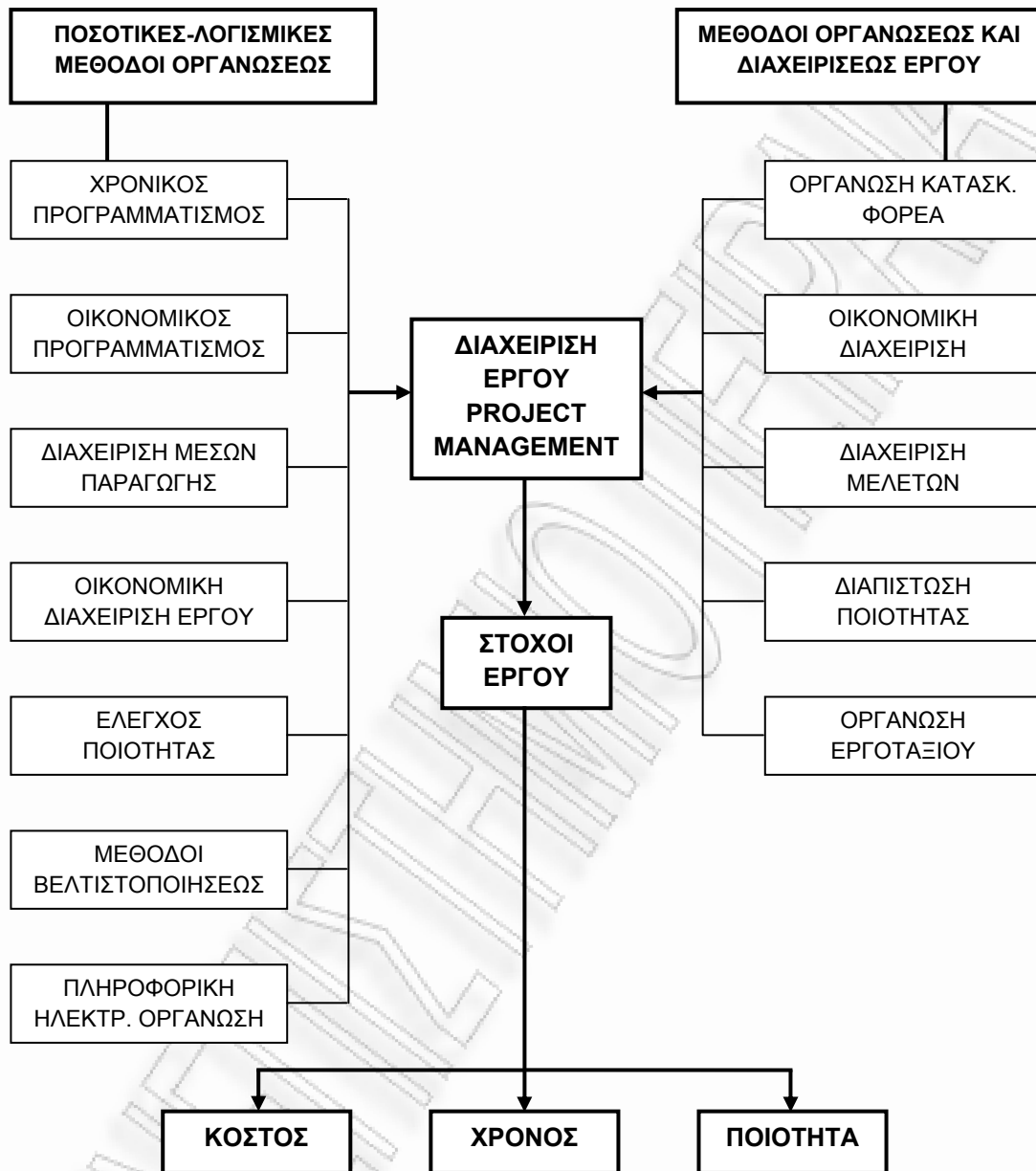
Ειδικότερα η Διαχείριση Κατασκευών έχει τους εξής στόχους:

- i. Ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αξιόπιστου συστήματος παρακολουθήσεως των χρονικών και οικονομικών μεγεθών του έργου.
- ii. Εγκατάσταση ενός αξιόπιστου συστήματος κυκλοφορίας πληροφοριών για την υλοποίηση της συνεχούς παρακολουθήσεως του έργου και εφαρμογής διορθωτικών επεμβάσεων, όταν απαιτείται.
- iii. Παρακολούθηση θεμάτων ασφαλείας έργου, μηχανημάτων και προσωπικού, και εφαρμογή διαδικασιών ασφαλείας.
- iv. Διαχείριση των οριακών μέσων παραγωγής για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας των ομάδων εργασίας.
- v. Έγκαιρος προσδιορισμός των προβλημάτων και σύνταξη εισηγήσεων για τη λήψη διορθωτικών μέτρων.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέθοδοι Διαχείρισεως Έργου με τις οποίες επιτυγχάνονται οι προγραμματισμένοι στόχοι του κόστους, του χρόνου και της ποιότητας. Οι μέθοδοι διακρίνονται στις **Μεθόδους Οργανώσεως και Διαχείρισεως Έργου** και στις **Ποσοτικές – Λογισμικές Μεθόδους Οργανώσεως**.

Η βασική λογισμική μέθοδος, πάνω στην οποία βασίζονται όλες οι μέθοδοι διαχείρισεως του έργου, συμπεριλαμβανομένου και του ποιοτικού ελέγχου και της διασφάλισης ποιότητας, είναι ο **Χρονικός Προγραμματισμός του έργου με τη μέθοδο των δικτυωτών γραφημάτων**. Η μέθοδος αυτή δίνει τη δυνατότητα απεικονίσεως (προσομοιώσεως) όλων των διαδικασιών του έργου σε ένα αριθμητικό υπόδειγμα, από το οποίο προκύπτουν όλα τα απαραίτητα για τη διαχείριση του έργου εργαλεία. Τα κύρια εργαλεία είναι τα χρονικά στοιχεία των δραστηριοτήτων, η ανάλυση σε κατηγορίες δραστηριοτήτων ή κονδυλίων, το ευθύγραμμο χρονοδιάγραμμα κατασκευών με τις κρίσιμες διαδρομές και τα χρονιά περιθώρια, τα ιστογράμματα κατανομής για κάθε μέσο παραγωγής, τα διαγράμματα οικονομικής ροής έργου με τους οικονομικούς πίνακες διαχείρισεως και ελέγχου και τα διαγράμματα βελτιώσεως των συνθηκών παραγωγής από άποψη διαθέσεως μέσων παραγωγής.²¹

Σχήμα 6: Διάγραμμα μεθόδων διαχείρισεως έργου για την επιτυχία των προγραμματισμένων στόχων



Πηγή: Εφραιμίδης, Χ 2001, Διαχείριση Κατασκευών, σελ. 13

1.7 Γνωστικές περιοχές – τομείς Διοίκησης Έργου

Στο εδάφιο αυτό αναφέρονται περιληπτικά οι τομείς – γνωστικές περιοχές της Διοίκησης Έργου:

1. **Διαχείριση Ολοκλήρωσης Έργου** (Project Integration Management): αφορά τις διεργασίες και τις δραστηριότητες που ολοκληρώνουν τα διάφορα στοιχεία της

διοίκησης έργων, τα οποία προσδιορίζονται, ορίζονται, συνδυάζονται, ενοποιούνται, και συντονίζονται μέσα στις Ομάδες Διεργασιών Διοίκησης Έργων. Αποτελείται από τις διεργασίες Ανάπτυξης Καταστατικού του Έργου, Ανάπτυξης Προκαταρκτικής Έκθεσης Φυσικού Αντικειμένου του Έργου, Ανάπτυξης Σχεδίου Διοίκησης Έργου, Διοίκησης και Διαχείρισης της Εκτέλεσης Έργου, Παρακολούθησης και Ελέγχου Εργασιών του Έργου, Ολοκληρωμένου Ελέγχου Αλλαγών και Κλεισίματος Έργου.

2. **Διαχείριση Φυσικού Αντικειμένου του Έργου** (Project Scope Management): αφορά τις διεργασίες που απαιτούνται για να διασφαλισθεί ότι το έργο περιλαμβάνει όλες τις απαιτούμενες εργασίες και μόνον αυτές, ώστε να ολοκληρωθεί επιτυχώς. Αποτελείται από τις διεργασίες Σχεδιασμού Φυσικού Αντικειμένου, Ορισμού Φυσικού Αντικειμένου, Δημιουργίας Δομής Ανάλυσης Εργασιών (WBS), Επαλήθευσης Φυσικού Αντικειμένου και Ελέγχου Φυσικού Αντικειμένου.
3. **Διαχείριση Χρόνου Έργου** (Project Time Management): αφορά τις διεργασίες που απαιτούνται για την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου. Αποτελείται από τις διεργασίες Ορισμού Δραστηριοτήτων, Ανάπτυξης Ακολουθίας Δραστηριοτήτων, Εκτίμησης Παραγωγικού Δυναμικού Δραστηριοτήτων, Εκτίμησης Διάρκειας Δραστηριοτήτων, Ανάπτυξης Χρονοδιαγράμματος και Ελέγχου Χρονοδιαγράμματος.
4. **Διαχείριση Κόστους Έργου** (Project Cost Management): αφορά τις διεργασίες που εμπλέκονται στον προγραμματισμό, την εκτίμηση, τον προϋπολογισμό και τον έλεγχο του κόστους ενός έργου, έτσι ώστε το έργο να ολοκληρωθεί εντός του εγκεκριμένου προϋπολογισμού. Αποτελείται από τις διεργασίες Εκτίμησης Κόστους, Προϋπολογισμού Κόστους και Ελέγχου Κόστους.
5. **Διαχείριση Ποιότητας Έργου** (Project Quality Management): αφορά τις διεργασίες που απαιτούνται για να διασφαλισθεί ότι το έργο θα ικανοποιεί τις ανάγκες για τις οποίες έχει αναληφθεί. Αποτελείται από τις διεργασίες Σχεδιασμού Ποιότητας, Εκτέλεσης Διασφάλισης Ποιότητας και Εκτέλεσης Ελέγχου Ποιότητας.

6. **Διοίκηση Ανθρώπινου Δυναμικού του Έργου** (Project Human Resource Management): αφορά τις διεργασίες που οργανώνουν και διοικούν την ομάδα έργου. Αποτελείται από τις διεργασίες Προγραμματισμού Ανθρώπινου Δυναμικού, Απόκτησης Ομάδας Έργου, Ανάπτυξης Ομάδας Έργου και Διοίκησης Ομάδας Έργου.
7. **Διαχείριση Επικοινωνιών Έργου** (Project Communications Management): αφορά τις διεργασίες που συμβάλουν στην έγκαιρη και κατάλληλη δημιουργία, συλλογή, διάχυση, αποθήκευση και τελική διάθεση των πληροφοριών του έργου. Αποτελείται από τις διεργασίες Σχεδιασμού Επικοινωνιών, Διανομής Πληροφοριών, Αναφοράς Απόδοσης και Διοίκησης Συμμετόχων.
8. **Διαχείριση Κινδύνων Έργου** (Project Risk Management): αφορά τις διεργασίες που ασχολούνται με τη διενέργεια διαχείρισης κινδύνων σε ένα έργο. Αποτελείται από τις διεργασίες Σχεδιασμού Διαχείρισης Κινδύνων, Προσδιορισμού Κινδύνων, Ποιοτικής Ανάλυσης Κινδύνων, Ποσοτικής Ανάλυσης Κινδύνων, Σχεδιασμού Απόκρισης σε Κινδύνους και Παρακολούθησης και Ελέγχου Κινδύνων.
9. **Διαχείριση Προμηθειών Έργου** (Project Procurement Management): αφορά τις διεργασίες αγοράς ή απόκτησης προϊόντων, υπηρεσιών ή αποτελεσμάτων, καθώς και τις διεργασίες διαχείρισης συμβάσεων. Αποτελείται από τις διεργασίες Σχεδιασμού Αγορών και Αποκτήσεων, Σχεδιασμού Συμβάσεων, Αίτησης Απαντήσεων Προμηθευτών, Επιλογής Προμηθευτών, Διαχείρισης Συμβάσεων και Περάτωσης Συμβάσεων.²²

1.8 Διεργασίες Διοίκησης Έργου

Η διοίκηση έργων είναι η εφαρμογή γνώσεων, ικανοτήτων, εργαλείων και τεχνικών στις δραστηριότητες ενός έργου προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του έργου. Η διοίκηση έργων επιτυγχάνεται μέσω **διεργασιών**, οι οποίες χρησιμοποιούν τις γνώσεις, τις ικανότητες, τα εργαλεία και τις τεχνικές διοίκησης έργων και οι οποίες δέχονται εισόδους και δημιουργούν εξόδους.

Μία διεργασία είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων ενεργειών και δραστηριοτήτων που εκτελούνται προκειμένου να επιτευχθεί ένα προκαθορισμένο σύνολο προϊόντων, αποτελεσμάτων ή υπηρεσιών.²³

Οι **διεργασίες διοίκησης έργων** παρουσιάζονται ως διακριτά στοιχεία με σαφώς προσδιορισμένες διεπαφές. Στην πράξη ωστόσο, επικαλύπτονται και αλληλεπιδρούν με διάφορους τρόπους που δεν θα αναλυθούν στο σημείο αυτό. Οι περισσότεροι έμπειροι πρακτικοί της διοίκησης έργων αναγνωρίζουν ότι υπάρχουν περισσότεροι του ενός τρόποι να διοικηθεί ένα έργο. Τα ειδικά χαρακτηριστικά ενός έργου ορίζονται ως στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν βάσει της πολυπλοκότητας, του κινδύνου, του μεγέθους, του χρονικού εύρους, της εμπειρίας της ομάδας έργου, της πρόσβασης σε συντελεστές παραγωγής, της ποσότητας ιστορικών πληροφοριών, της ωριμότητας του οργανισμού στη διοίκηση έργων, και της περιοχής της βιομηχανίας και της εφαρμογής.

Μία εγγενής έννοια στην αλληλεπίδραση μεταξύ των διεργασιών διοίκησης έργου είναι ο κύκλος σχεδιασμός-εκτέλεση-έλεγχος-δράση (plan-do-check-act cycle). Ο κύκλος αυτός διασυνδέεται μέσω αποτελεσμάτων – το αποτέλεσμα από ένα τμήμα του κύκλου αποτελεί είσοδο για το άλλο.

Σχήμα 7: Ο Κύκλος Plan-Do-Check-Act

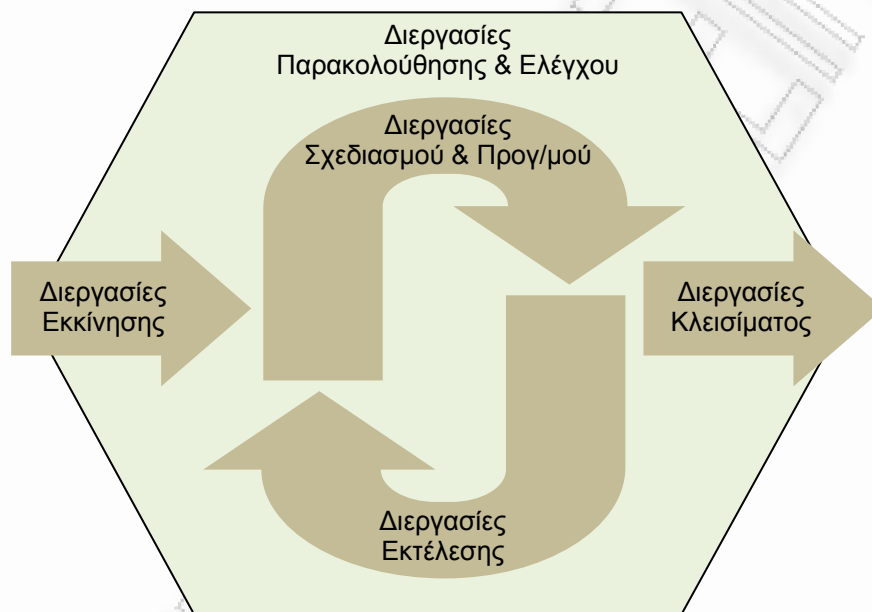


Πηγή: Εμίρης, Δ 2006, *Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων*, σελ. 53

Η ολοκληρωτική φύση των Ομάδων Διεργασιών είναι πιο πολύπλοκη από το βασικό κύκλο plan-do-check-act. Ωστόσο, ο βελτιωμένος κύκλος μπορεί να εφαρμοσθεί στις σχέσεις μεταξύ και ανάμεσα στις Ομάδες Διεργασιών. Η Ομάδα Διεργασιών Σχεδιασμού και Προγραμματισμού αντιστοιχεί στη συνιστώσα «σχεδιασμού» του κύκλου plan-do-check-act. Η Ομάδα Διεργασιών Εκτέλεσης αντιστοιχεί στη συνιστώσα

«εκτέλεσης» και η Ομάδα Διεργασιών Παρακολούθησης και Ελέγχου αντιστοιχεί στις συνιστώσες «ελέγχου» και «δράσης». Επιπροσθέτως, εφόσον η διοίκηση ενός έργου είναι μία πεπερασμένη προσπάθεια, η Ομάδα Διεργασιών Εκκίνησης ξεκινάει τους κύκλους αυτούς και η Ομάδα Διεργασιών Κλεισίματος τους τελειώνει. Η ολοκληρωτική φύση της διοίκησης έργων απαιτεί την αλληλεπίδραση της Ομάδας Διεργασιών Παρακολούθησης και Ελέγχου με κάθε άποψη των άλλων Ομάδων Διεργασιών.

Σχήμα 8: Απεικόνιση των Ομάδων Διεργασιών Διοίκησης Έργων στον Κύκλο Plan-Do-Check-Act



Πηγή: *Εμίρης, Δ 2006, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, σελ. 54*

Οι πέντε Ομάδες Διεργασιών έχουν σαφείς εξαρτήσεις και εκτελούνται με την ίδια σειρά σε κάθε έργο. Είναι ανεξάρτητες από την περιοχή εφαρμογής ή τη βιομηχανική εστίαση. Μεμονωμένες Ομάδες Διεργασιών και μεμονωμένες συστατικές διεργασίες συχνά επαναλαμβάνονται πριν την ολοκλήρωση του έργου.

Μία Ομάδα Διεργασιών περιλαμβάνει τις συστατικές διεργασίες διοίκησης έργων που συνδέονται με τις αντίστοιχες εισόδους και εξόδους, δηλαδή το αποτέλεσμα ή το παράγωγο μίας διεργασίας γίνεται είσοδος σε μία άλλη.

Οι Ομάδες Διεργασιών δεν είναι φάσεις έργου. Οπουδήποτε απαιτείται μεγάλα ή σύνθετα έργα να διαχωριστούν σε ξεχωριστές φάσεις ή υποέργα όπως μελέτη σκοπιμότητας, ανάπτυξη εννοιών, σχεδιασμός, πρωτότυπο, κατασκευή, δοκιμές, κλπ.,

όλες οι διεργασίες των Ομάδων Διεργασιών φυσιολογικά επαναλαμβάνονται για κάθε φάση ή υποέργο. ²⁴

Παρακάτω αναλύονται οι πέντε Ομάδες Διεργασιών.

Ομάδα Διεργασιών Εκκίνησης. Καθορίζει και εγκρίνει το έργο ή μία φάση αυτού και περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες διοίκησης έργων:

1. Ανάπτυξη Καταστατικού του Έργου
2. Ανάπτυξη Προκαταρκτικής Έκθεσης Φυσικού Αντικειμένου του Έργου

Ομάδα Διεργασιών Σχεδιασμού και Προγραμματισμού. Καθορίζει και αποσαφηνίζει τους στόχους και σχεδιάζει την απαιτούμενη πορεία δράσης, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι και το φυσικό αντικείμενο που το έργο ανέλαβε να ικανοποιήσει. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες διοίκησης έργων:

1. Ανάπτυξη Σχεδίου Διοίκησης Έργου
2. Σχεδιασμός Φυσικού Αντικειμένου
3. Ορισμός Φυσικού Αντικειμένου
4. Δημιουργία Δομής Ανάλυσης Εργασιών (WBS)
5. Ορισμός Δραστηριοτήτων
6. Ανάπτυξη Ακολουθίας Δραστηριοτήτων
7. Εκτίμηση Παραγωγικού Δυναμικού Δραστηριοτήτων
8. Εκτίμηση Διάρκειας Δραστηριοτήτων
9. Ανάπτυξη Χρονοδιαγράμματος
10. Εκτίμηση Κόστους
11. Προϋπολογισμός Κόστους
12. Σχεδιασμός Ποιότητας
13. Προγραμματισμός Ανθρωπίνου Δυναμικού
14. Σχεδιασμός Επικοινωνιών
15. Σχεδιασμός Διαχείρισης Κινδύνων
16. Προσδιορισμός Κινδύνων
17. Ποιοτική Ανάλυση Κινδύνων
18. Ποσοτική Ανάλυση Κινδύνων
19. Σχεδιασμός Απόκρισης σε Κινδύνους
20. Σχεδιασμός Αγορών και Αποκτήσεων
21. Σχεδιασμός Συμβάσεων

Ομάδα Διεργασιών Εκτέλεσης. Ενσωματώνει το ανθρώπινο δυναμικό και τους άλλους συντελεστές παραγωγής, ώστε να εκπονηθεί το σχέδιο διοίκησης έργου. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες διοίκησης έργων:

1. Διοίκηση και Διαχείριση της Εκτέλεσης Έργου
2. Εκτέλεση Διασφάλισης Ποιότητας
3. Απόκτηση Ομάδας Έργου
4. Ανάπτυξη Ομάδας Έργου
5. Διανομή Πληροφοριών
6. Αίτηση Απαντήσεων Προμηθευτών
7. Επιλογή Προμηθευτών

Ομάδα Διεργασιών Παρακολούθησης και Ελέγχου. Μετράει τακτικά και παρακολουθεί την πρόοδο προκειμένου να προσδιοριστούν αποκλίσεις από το σχέδιο διοίκησης έργου, έτσι ώστε να ληφθούν διορθωτικές ενέργειες όταν κριθεί αναγκαίο για την επίτευξη των στόχων του έργου. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες διοίκησης έργων:

1. Παρακολούθηση και Έλεγχος Εργασιών Έργου
2. Ολοκληρωμένος Έλεγχος Αλλαγών
3. Επαλήθευση Φυσικού Αντικειμένου
4. Έλεγχος Φυσικού Αντικειμένου
5. Έλεγχος Χρονοδιαγράμματος
6. Έλεγχος Κόστους
7. Εκτέλεση Ελέγχου Ποιότητας
8. Διοίκηση Ομάδας Έργου
9. Αναφορά Απόδοσης
10. Διοίκηση Συμμετόχων
11. Παρακολούθηση και Έλεγχος Κινδύνων
12. Διαχείριση Συμβάσεων

Ομάδα Διεργασιών Κλεισίματος. Τυποποιεί την αποδοχή του προϊόντος, της υπηρεσίας ή του αποτελέσματος και οδηγεί το έργο ή τη φάση του έργου σε ένα φυσιολογικό τερματισμό. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες διοίκησης έργων:

1. Κλείσιμο Έργου
2. Περάτωση Συμβάσεων ²⁵

-
- ¹ Εμίρης, Δ 2006, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, σελ. 6-7
- ² Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 99
- ³ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 10
- ⁴ Εφραιμίδης, Χ 2001, Διαχείριση Κατασκευών, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 1-1
- ⁵ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. 1-1 – σελ. 1-3
- ⁶ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. 1-10
- ⁷ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 10-11
- ⁸ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 21-24
- ⁹ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. b
- ¹⁰ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. a-b
- ¹¹ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. 1-14 – σελ. 1-18
- ¹² Χατζηνικολάου, Ε 2005, Διαχείριση Έργου - Κατασκευή Οικοδομικού Έργου, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς, σελ. 10-12
- ¹³ Εφραιμίδης, Χ 1992, Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός των Κατασκευών, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 1
- ¹⁴ Χατζηνικολάου, Ε, Διαχείριση Έργου - Κατασκευή Οικοδομικού Έργου, ό.π., σελ. 13-14
- ¹⁵ Burke, R 2002, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, σελ. 405-415
- ¹⁶ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 418-420
- ¹⁷ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 27-32
- ¹⁸ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 34-37
- ¹⁹ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. 1-3 – σελ. 1-11
- ²⁰ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. a
- ²¹ Εφραιμίδης, Χ, Διαχείριση Κατασκευών, ό.π., σελ. 1-12 – σελ.1-13
- ²² Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 13-15
- ²³ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 49-50
- ²⁴ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 52-55

²⁵ Εμίρης, Δ, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, ό.π., σελ. 57-90

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΔΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΕΡΓΟ

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αρχικά το υπό εξέταση οικοδομικό έργο όσον αφορά τα σχέδια της μελέτης που πραγματοποιήθηκε από την τεχνική εταιρία που το ανέλαβε αλλά και αναλυτικά όλες τις δραστηριότητες που πρέπει να λάβουν χώρα για την υλοποίησή του. Στα επόμενα κεφάλαια πραγματοποιείται ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός του έργου αυτού, δίδοντας εκτενείς πληροφορίες και αναλύσεις για τους προβλεπόμενους χρόνους και το κόστος του έργου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πρόκειται για μία πραγματική περίπτωση έργου, που τη χρονική περίοδο συγγραφής της εργασίας αυτής δεν είχε ξεκινήσει η υλοποίησή του.

2.1 Περιγραφή οικοδομικού έργου

Το υπό εξέταση οικοδομικό έργο αφορά την κατασκευή συγκροτήματος τριών όμοιων ανεξάρτητων διώροφων κατοικιών (μεζονετών) με κοινή πισίνα -στον περιβάλλον χώρο- στην περιοχή Καλό Λειβάδι της Μυκόνου. Το οικοδομικό έργο είναι ιδιωτικό και η μελέτη και κατασκευή του ανατέθηκε από τον κύριο του έργου στην ανάδοχη τεχνική εταιρία "Μυκονος Techniki". Η μελέτη ολοκληρώθηκε το Σεπτέμβριο του 2008 και η κατασκευή του έργου αναμένεται να ξεκινήσει το Μάρτιο του 2009.

Το οικόπεδο στο οποίο θα κατασκευαστεί το συγκρότημα κατοικιών είναι έκτασης 4.030 m². Οι τρεις κατοικίες είναι όμοιες μεταξύ τους και η κάθε μία είναι 225,70 m². Συγκεκριμένα για κάθε κατοικία ισχύουν τα εξής:

- Δόμηση ισογείου: 193,48 m²
- Δόμηση ορόφου-δώματος: 32,22 m²
- Δόμηση υπογείου-υδατοδεξαμενής: 19,89 m²
- Ύψος κτίσματος: 5,35 m

Σημειώνεται ότι ο όροφος είναι ουσιαστικά δώμα και ότι τα τετραγωνικά του υπογείου δεν προσμετρώνται στα συνολικά τετραγωνικά που προβλέπει η άδεια ανέγερσης του κτιρίου, καθώς το υπόγειο λειτουργεί σαν υδατοδεξαμενή και είναι υποχρεωτική η κατασκευή της σύμφωνα με το νόμο.

Ο νόμος επίσης καθορίζει τις διάφορες αρχιτεκτονικές αρχές που πρέπει να εφαρμοστούν για την κατασκευή της κάθε κατοικίας, αφού πρόκειται να κτιστούν σε νησί που ακολουθεί συγκεκριμένους αρχιτεκτονικούς κανόνες. Ακόμη η πισίνα βρίσκεται στον περιβάλλον χώρο του οικοπέδου και έχει έκταση 75 m².

Στα σχήματα που ακολουθούν στη συνέχεια παρουσιάζονται με σειρά το τοπογραφικό διάγραμμα του οικοπέδου καθώς και τα αρχιτεκτονικά σχέδια -κατόψεις, όψεις και τομές- της μίας υπό κατασκευή κατοικίας (για τις άλλες δύο ισχύουν ακριβώς τα ίδια σχέδια με την πρώτη).

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕКЪМЪО РЕПАА

РАНЕЕЗНАМО ПЕРПАА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕЕЗНАМО ТЕРПАА

РАНЕЕЗНАМО ПЕРПАА

2.2 Κυριότερες δραστηριότητες οικοδομικού έργου

Η υλοποίηση του οικοδομικού έργου των κατοικιών απαιτεί μία σειρά από δραστηριότητες, οι οποίες πρόκειται να εκτελεστούν από εξειδικευμένα συνεργεία, που ανήκουν αποκλειστικά ή συνεργάζονται με την τεχνική εταιρία “Μυκονος Τεχνική”. Τα συνεργεία αυτά δεσμεύονται για την έγκαιρη και ποιοτική εκτέλεση των εργασιών που αναλαμβάνουν αλλά και την άψογη συνεργασία μεταξύ τους, ώστε το τελικό έργο να είναι κατασκευασμένο στο σωστό χρόνο, κόστος και ποιότητα.

Άλλωστε η συνεργασία μεταξύ των συνεργείων είναι απαραίτητη καθόλη τη διάρκεια κατασκευής του έργου, αφού οι διάφορες υποδραστηριότητες των δραστηριοτήτων εμπλέκονται χρονικά μεταξύ τους. Υπάρχει δηλαδή μία -ή και περισσότερες- αλληλουχία μεταξύ τους, που καθορίζει τη σειρά των εργασιών όπως πρέπει να γίνουν σύμφωνα με την κοινή πρακτική αλλά και με τα δεδομένα και τις ιδιομορφίες του συγκεκριμένου έργου.

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν για την κατασκευή του υπό εξέταση έργου:

- Χωματουργικές εργασίες
- Θεμελίωση - Σκυροδέτηση
- Εργασίες τοιχοποιίας
- Μονώσεις - Στεγανώσεις
- Ειδικές κατασκευές (τζάκι, καμάρες)
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
- Υδραυλικές εγκαταστάσεις
- Επιχρίσματα
- Στρώσεις δαπέδων και κλιμάκων
- Εργασίες χρωματισμών
- Κουφώματα - ντουλάπες
- Είδη υγιεινής
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Ανάμεσα σε αυτές υπάρχουν και άλλες που είναι εξίσου απαραίτητες, και θα αναλυθούν στη συνέχεια σε επόμενο πίνακα μαζί και με τις υποδραστηριότητες όλων των δραστηριοτήτων.

2.3 Δομική ανάλυση έργου WBS

Προτού αναφερθεί η αλληλουχία των δραστηριοτήτων και υποδραστηριοτήτων τους, πρέπει να γίνει μία αναφορά στο θεωρητικό εκείνο πλαίσιο πάνω στο οποίο στηρίχτηκε η διαίρεση του έργου σε μικρότερα τμήματα, ο λόγος που έγινε αυτή, και η συνεισφορά της στον καλύτερο χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό του έργου. Το πλαίσιο αυτό είναι η **δομική ανάλυση έργου WBS** (Work Breakdown Structure).

Ο ρόλος της δομικής ανάλυσης έργου WBS είναι να υποδιαιρεί το αντικείμενο εργασιών σε **πακέτα εργασιών**, τα οποία μπορούν να χειριστούν, να εκτιμηθούν και να προγραμματιστούν και η ευθύνη ολοκλήρωσής τους να ανατεθεί σε συγκεκριμένα άτομα ή τμήματα. Αναπτύχθηκε με στόχο τη βελτίωση του προσδιορισμού του έργου, αλλά εξελίχθηκε και αποτελεί πλέον τη ραχοκοκαλιά του συστήματος προγραμματισμού και ελέγχου. Αποτελεί εξαιρετικό εργαλείο για την ποσοτική αποτίμηση του αντικειμένου εργασιών, μέσω ενός συνολικού καταλόγου των πακέτων εργασιών.¹

Είναι η πιο βασική τεχνική που χρησιμοποιείται για προγραμματισμό και διοίκηση ενός έργου, ώστε να μοιραστεί η δουλειά σε διοικησίμα μέρη. Αυτό ξεκινάει από τα αρχικά στάδια του έργου και έχει μια πυραμιδοειδή δομή ξεκινώντας στην κορυφή το έργο, ανοίγοντας προς τα κάτω και καταλήγοντας στη βάση στις διάφορες εργασίες.

Η ομάδα διαχείρισης έργου του ιδιοκτήτη μαζί με τους σχεδιαστές ξεκινά τη διαδικασία αυτή και παράγει την αρχική γενική ανάλυση του έργου. Αργότερα οι υπόλοιποι συμμετέχοντες όπως οι εργολάβοι παράγουν τη δική τους ανάλυση που να ταιριάζει στις δικές τους ανάγκες. Οι διαχωρισμοί του WBS του κάθε εργολάβου περιλαμβάνουν και τις εργασίες των υπόλοιπων εργολάβων καθώς και όλες τις εργασίες των δικών του συνεργείων και τμημάτων. Έπειτα, ένας σύμβουλος προγραμματισμού που παρέχει τις υπηρεσίες του στον ιδιοκτήτη, συνδυάζει το WBS του ιδιοκτήτη και των άλλων εργολάβων σε ένα "**ενιαίο WBS του έργου**", το οποίο είναι και πιο λεπτομερές από τα υπόλοιπα.

Γενικότερα, όταν ο αρχικός σχεδιασμός είναι σε εξέλιξη, τα γενικά τμήματα του έργου μπορεί να είναι εμφανή. Αργότερα όσο υπάρχουν περισσότερες λεπτομέρειες, αυτά τα γενικά τμήματα χωρίζονται στα αντίστοιχα συστατικά τους, τα υποτμήματα. Αυτή η ανάλυση σε τμήματα και υποτμήματα είναι το κύριο χαρακτηριστικό της δομικής

ανάλυσης έργου WBS. Είναι ο διαχωρισμός των μεγάλων πολύπλοκων έργων στα μικρότερα υποέργα, που καλούνται και αντικείμενα εργασιών. Με τη βοήθεια του WBS, ο προγραμματιστής αντί να διαχειρίζεται το έργο σαν ενιαίο σύνολο, **μπορεί να διαχειριστεί ένα συγκεκριμένο τμήμα του έργου και μετά το επόμενο** κλπ. Τον βοηθά πάρα πολύ γιατί είναι πολύ πιο εύκολο να προγραμματίζει ένα ένα κάθε πακέτο εργασιών και μετά να τα ενώνει όλα μαζί, παρά να φτιάχνει ένα πλήρες πρόγραμμα για όλο το έργο. ²

Η WBS μπορεί να παρουσιαστεί είτε διαγραμματικά με τετραγωνάκια που αντιστοιχούν στα πακέτα εργασιών, και τα οποία προκύπτουν από την ανάλυση του αντικειμένου εργασιών, είτε με κείμενα διαφορετικής στοίχισης, όπου οι γραμμές διαφορετικής στοίχισης υποδεικνύουν τα διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα. Συνήθως προτιμάται η δεύτερη μέθοδος, καθώς σε περίπτωση χρήσης λογισμικού προγραμματισμού εργασιών, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί αυτή η διάταξη για την εισαγωγή των δεδομένων του έργου. Για το λόγο αυτό προτιμήθηκε και στην περίπτωση του υπό εξέταση οικοδομικού έργου.

Ο σχεδιασμός της WBS απαιτεί να εξισορροπηθούν καλά οι διαφορετικές ανάγκες που υπαγορεύονται από την εμπλοκή διαφορετικών ειδικοτήτων όσο και από τις διαφορετικές θέσεις παραγωγής. Δεν υπάρχουν σωστές και λάθος δομές, διότι κάποια δομή μπορεί να ταιριάζει σε σχέση με κάποια ειδικότητα, αλλά να φαίνεται προβληματική σε σχέση με κάποια άλλη.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι υποδιαίρεσης του αντικειμένου εργασιών, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η **δομική ανάλυση προϊόντος-έργου PBS** (Product Breakdown Structure). Αυτή η δομική ανάλυση αναπαριστά μία ιεραρχική κατανομή των φυσικών συνόλων και υποσυνόλων μερών, τα οποία απαιτούνται για την κατασκευή του προϊόντος-έργου. Σε επόμενη υποενότητα παρουσιάζεται αναλυτικά η υποδιαίρεση του αντικειμένου εργασιών του συγκεκριμένου έργου με τη μέθοδο της δομικής ανάλυσης PBS. Ενδεικτικά αναφέρονται και οι υπόλοιπες μέθοδοι οι οποίες είναι οι εξής:

- Δομή της οργανωτικής κατάτμησης
- Δομική ανάλυση της κατανομής κόστους
- Δομική ανάλυση της κατανομής συμβάσεων
- Δομική ανάλυση της χωρικής κατανομής του έργου

- Δομική ανάλυση μεταφορών
- Δομική ανάλυση συστημάτων
- Δομική ανάλυση του κύκλου ζωής του έργου³

Με κάθε επιπλέον επίπεδο που προστίθεται στην WBS, το αντικείμενο εργασιών υποδιαιρείται σε περισσότερα πακέτα εργασιών, με αντίστοιχη αύξηση του βαθμού λεπτομέρειας. Στην πράξη, τρία ή τέσσερα επίπεδα ανάλυσης αρκούν για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο προγραμματισμού και ελέγχου. Αν προστεθούν και άλλα επίπεδα, τότε η βάση της πυραμίδας που διαμορφώνει η WBS γίνεται υπερβολικά πλατιά και δύσκολη στο χειρισμό της. Ο αριθμός των επιπέδων εξαρτάται από το επίπεδο λεπτομερούς ανάλυσης, το επίπεδο κινδύνου, το επίπεδο ελέγχου, την ακρίβεια της εκτίμησης, την αξία των πακέτων εργασιών και τις εργατοώρες των πακέτων εργασιών.

Όπως έχει προαναφερθεί, με βάση τη WBS μπορεί να υποδιαιρεθεί το αντικείμενο εργασιών του έργου ξεκινώντας από την κορυφή και καταλήγοντας στη βάση, δηλαδή στα επιμέρους πακέτα εργασιών. Ένα πακέτο εργασιών είναι και ένα κέντρο κόστους. Το καθένα έχει μία ξεχωριστή εκτίμηση κόστους και λογαριασμό εξόδων και δικό του αριθμό χρέωσης. Εκτιμώντας αρχικά το κόστος στο επίπεδο των πακέτων αυτών, στη συνέχεια μπορούν να προστεθούν τα επιμέρους στοιχεία, ώστε να εκτιμηθεί το συνολικό κόστος του έργου. Η εκτίμηση γίνεται τόσο ακριβέστερη, όσο αυξάνει το επίπεδο ανάλυσης των πακέτων εργασιών.⁴

Όταν παράγεται ένα ξεχωριστό WBS για τον έλεγχο του κόστους, μπορεί αυτό να ενσωματωθεί με το χρονικό πρόγραμμα και τις πληροφορίες κόστους του ενιαίου WBS του έργου. Αποτέλεσμα είναι ότι κάθε πληροφορία χρόνου και κόστους μπορεί να προέλθει τόσο από τον ιδιοκτήτη όσο και από τον εργολάβο από την ίδια βάση δεδομένων για όλα τα κέντρα κόστους του ενιαίου WBS.⁵

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της WBS είναι ότι δίνει τη δυνατότητα να δοθεί ένας μοναδικός κωδικός σε κάθε μέρος του έργου, και επομένως είναι δυνατό να προσδιοριστούν με αριθμητικό και απολύτως λογικό τρόπο όλες οι επιμέρους εργασίες. Η συγκεκριμένη αρίθμηση που χαρακτηρίζει το καθένα πακέτο εργασιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κρίκος σύνδεσης με το λογιστήριο του έργου, της εταιρίας και του πελάτη. Το σύστημα κωδικοποίησης μπορεί να είναι αλφαβητικό, αριθμητικό, ή αλφαριθμητικό.

Επίπεδο 0: Ο πρώτος αριθμός, το [1.0.0], αναπαριστά την εργασία στο μηδενικό επίπεδο. Συνήθως στο επίπεδο αυτό τοποθετείται μόνο ένα στοιχείο εργασίας, δηλαδή το συνολικό έργο.

Επίπεδο 1: Αποτελεί το πρώτο επίπεδο υποδιαίρεσης, όπου το πρώτο στοιχείο εργασίας παίρνει τον αριθμό [1.1.0], το δεύτερο στοιχείο τον αριθμό [1.2.0], κλπ.

Επίπεδο 2: Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, εκλεπτύνεται περισσότερο η αρίθμηση, ξεκινώντας από το πρώτο στοιχείο εργασίας του δεύτερου επιπέδου, στο οποίο δίνεται ο αριθμός [1.1.1], στο δεύτερο στοιχείο ο αριθμός [1.1.2], κλπ.⁶

2.4 Δραστηριότητες, υποδραστηριότητες και γενική σειρά εργασιών

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι δραστηριότητες του έργου με τις αντίστοιχες υποδραστηριότητές τους, καθώς και μία γενική σειρά των εργασιών όπως πρέπει να εκτελεστούν. Οι δραστηριότητες συμβολίζονται με Δ1, Δ2 κλπ, ενώ οι υποδραστηριότητες Υ1.1, Υ1.2, Υ2.1, Υ2.2 κλπ.

Πίνακας 1: Δραστηριότητες, υποδραστηριότητες και γενική σειρά εργασιών

Γενική σειρά εργασιών	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	
		Δ1
1	Υ1.1	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών
2	Υ1.2	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας
3	Υ1.3	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών
4	Υ1.4	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας
	Δ2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
5	Υ2.1	Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών
6	Υ2.2	Εξισωτικές στρώσεις πισίνας
7	Υ2.3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών
10	Υ2.4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας
15	Υ2.5	Σενάζ δρομικά
	Δ3	ΣΤΗΘΑΙΑ
8	Υ3.1	Στηθαία δωματων
9	Υ3.2	Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής
16	Υ3.3	Στηθαία σκάλας εσωτερικής

	Δ4	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ
11	Υ4.1	Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m
12	Υ4.2	Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m
13	Υ4.3	Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m
	Δ5	ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ
18	Υ5.1	Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος
14	Υ5.2	Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών
17	Υ5.3	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών
19	Υ5.4	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας
	Δ6	ΔΙΑΦΟΡΑ
21	Υ6.1	Τζάκι
22	Υ6.2	Ειδική κατασκευή-καμάρα
23	Υ6.3	Ειδική κατασκευή-τρούλος
20	Υ6.4	Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών
	Δ7	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
24	Υ7.1	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών
25	Υ7.2	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας
	Δ8	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
26	Υ8.1	Ύδρευση κατοικίας
27	Υ8.2	Αποχέτευση κατοικίας
28	Υ8.3	Αντλιοστάσιο πισίνας
	Δ9	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ
29	Υ9.1	Επιχρίσματα εσωτερικά
31	Υ9.2	Επιχρίσματα εξωτερικά
30	Υ9.3	Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής
	Δ10	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ
32	Υ10.1	Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)
47	Υ10.2	Επένδυση τοίχων πισίνας
	Δ11	ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ
33	Υ11.1	Δάπεδο Δωματίων
34	Υ11.2	Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας
35	Υ11.3	Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας
36	Υ11.4	Δάπεδο Κουζίνας
37	Υ11.5	Δάπεδο Διαδρόμου
38	Υ11.6	Δάπεδο Λουτρών/WC
39	Υ11.7	Δάπεδο Αποθήκης
40	Υ11.8	Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης
41	Υ11.9	Δάπεδο Βεράντας
46	Υ11.10	Δάπεδο Πισίνας
	Δ12	ΚΛΙΜΑΚΕΣ
42	Υ12.1	Σκαλομέρια εσωτερικά
43	Υ12.2	Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή
44	Υ12.3	Πλατύσκαλα εξωτερικά
45	Υ12.4	Σκαλομέρια εξωτερικά

	Δ13	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ
48	Υ13.1	Χρώματα εσωτερικά
49	Υ13.2	Χρώματα εξωτερικά
50	Υ13.3	Ριπολίνη κουφωμάτων
	Δ14	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ
51	Υ14.1	Πόρτες εισόδου
52	Υ14.2	Πόρτες κατοικίας
53	Υ14.3	Πόρτες Χώρου Στάθμευσης
54	Υ14.4	Μπαλκονόπορτες
55	Υ14.5	Παράθυρα κατοικίας
56	Υ14.6	Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)
	Δ15	ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ
57	Υ15.1	Ντουλάπες κοινές
58	Υ15.2	Ντουλάπια κουζίνας κοινά
59	Υ15.3	Πάγκος κουζίνας
	Δ16	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ
61	Υ16.1	Λεκάνες (πλήρεις)
62	Υ16.2	Ντουζιέρες (πλήρεις)
63	Υ16.3	Μπανιέρες (πλήρεις)
60	Υ16.4	Νιπτήρες (πλήρεις)
64	Υ16.5	Πάγκοι νιπτήρων λουτρών
	Δ17	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ
66	Υ17.1	Λεβητοστάσιο
65	Υ17.2	Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα
	Δ18	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ
76	Υ18.1	Πέργκολα
74	Υ18.2	Πεζούλια
67	Υ18.3	Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου
68	Υ18.4	Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου
71	Υ18.5	Τοιχοποιία πάχους 0,40m
72	Υ18.6	Επιχρίσματα εξωτερικά
73	Υ18.7	Χρώματα εξωτερικά
77	Υ18.8	Πόρτα εισόδου οικοπέδου
75	Υ18.9	Περίφραξη-Μάντρα
69	Υ18.10	Δρόμος πρόσβασης
70	Υ18.11	Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης

Σημειώνεται ότι η γενική σειρά των εργασιών όπως εμφανίζεται στον παραπάνω πίνακα, δε δείχνει τις επικαλύψεις κάποιων δραστηριοτήτων ή την καθυστέρηση κάποιων ημερών μεταξύ τους, που αναγκαστικά συμβαίνει για κατασκευαστικούς λόγους μεταξύ κάποιων εργασιών. Η διασύνδεση της αλληλουχίας εκτέλεσης των δραστηριοτήτων φαίνεται αναλυτικά σε πίνακα της επόμενης υποενότητας.

2.5 Σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων

Αρχικά αναφέρονται τα είδη των σχέσεων αλληλουχίας που υπάρχουν, και βάση των οποίων καθορίστηκε η αλληλουχία των δραστηριοτήτων και υποδραστηριοτήτων του υπό εξέταση οικοδομικού έργου.

1. Σχέση Αρχής-Αρχής (Start-Start). Συμβολισμός SS_{ij} . Η επόμενη δραστηριότητα j δεν μπορεί να αρχίσει αν δεν περάσει χρόνος SS_{ij} μετά την αρχή της προηγούμενης i . Η διάρκεια SS_{ij} μπορεί να είναι ίση με τη διάρκεια της i , οπότε η j αρχίζει όταν τελειώσει η i (περίπτωση κανονικής αλληλουχίας), μεγαλύτερη (περίπτωση αναμονής της j), μικρότερη (επιμερισμός της i) ή και ίση με μηδέν (σύγχρονη κατασκευή). Παράδειγμα μηδενικής σχέσης αρχής-αρχής είναι η σκυροδέτηση j να αρχίσει συγχρόνως με την πρώτη άφιξη των αδρανών υλικών. Ο χρόνος SS_{ij} ονομάζεται **χρονική υστέρηση (lag)**.
2. Σχέση Τέλους-Τέλους (Finish-Finish). Συμβολισμός FF_{ij} . Η επόμενη δραστηριότητα j δε μπορεί να τελειώσει αν δεν περάσουν FF_{ij} χρονικές μονάδες μετά το τέλος της προηγούμενης i .
3. Σχέση Τέλους-Αρχής (Finish-Start). Συμβολισμός FS_{ij} . Η επόμενη δραστηριότητα j δε μπορεί να αρχίσει αν δεν περάσουν FS_{ij} χρονικές μονάδες από μετά το τέλος της προηγούμενης i . Η σχέση αυτή αντιστοιχεί στη λογική της μεθόδου CPM/PERT, όταν $FS_{ij} = 0$.
4. Σχέση Αρχής-Τέλους (Start-Finish). Συμβολισμός SF_{ij} . Η επόμενη δραστηριότητα j δε μπορεί να τελειώσει αν δεν περάσουν SF_{ij} χρονικές μονάδες μετά την αρχή της προηγούμενης i .
5. Σύνθετη σχέση Αρχής-Αρχής και Τέλους-Τέλους. Η επόμενη δραστηριότητα j δε μπορεί να αρχίσει αν δεν περάσουν SS_{ij} χρονικές μονάδες από την αρχή της προηγούμενης i και δε μπορεί να τελειώσει αν δεν περάσουν FF_{ij} χρονικές μονάδες από το τέλος της i .⁷

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας που δείχνει τις σχέσεις αλληλουχίας των δραστηριοτήτων και υποδραστηριοτήτων του οικοδομικού έργου.

Πίνακας 2: Σχέσεις αλληλουχίας δραστηριοτήτων και υποδραστηριοτήτων

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ		Αλληλουχία δραστηριοτήτων
Δ1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	
Υ1.1	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	
Υ1.2	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	Υ1.1 FS
Υ1.3	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	Υ1.1 FS
Υ1.4	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	Υ1.3 FS, Υ1.2 FS
Δ2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	
Υ2.1	Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	Υ1.3 FS
Υ2.2	Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	Υ1.4 FS, Υ2.1 FS
Υ2.3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	Υ2.1 FS +1, Υ2.2 FS
Υ2.4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	Υ2.3 FS, Υ2.2 FS, Υ3.1 FS, Υ3.2 FS
Υ2.5	Σενάζ δρομικά	Υ4.1 SS +7
Δ3	ΣΤΗΘΑΙΑ	
Υ3.1	Στηθαία δωματών	Υ2.3 FF
Υ3.2	Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	Υ2.3 FF
Υ3.3	Στηθαία σκάλας εσωτερικής	Υ4.1 FS, Υ4.2 FS, Υ4.3 FS, Υ2.5 FS, Υ5.2 FS
Δ4	ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ	
Υ4.1	Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	Υ2.4 FS
Υ4.2	Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	Υ2.5 FF
Υ4.3	Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	Υ4.1 SS +5
Δ5	ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ	
Υ5.1	Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	Υ5.3 FS
Υ5.2	Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	Υ2.5 FF
Υ5.3	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	Υ3.3 FS
Υ5.4	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	Υ5.3 FS, Υ2.4 FS
Δ6	ΔΙΑΦΟΡΑ	
Υ6.1	Τζάκι	Υ6.4 FS
Υ6.2	Ειδική κατασκευή-καμάρα	Υ6.1 SS
Υ6.3	Ειδική κατασκευή-τρούλος	Υ6.1 SS
Υ6.4	Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	Υ5.3 FS
Δ7	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	
Υ7.1	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	Υ6.3 FS, Υ6.2 FS, Υ6.1 FS
Υ7.2	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	Υ7.1 FS, Υ5.4 FS
Δ8	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	
Υ8.1	Ύδρευση κατοικίας	Υ7.1 SS +3
Υ8.2	Αποχέτευση κατοικίας	Υ8.1 FS
Υ8.3	Αντλιοστάσιο πισίνας	Υ8.2 FS, Υ7.2 FS
Δ9	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	
Υ9.1	Επιχρίσματα εσωτερικά	Υ8.2 FS
Υ9.2	Επιχρίσματα εξωτερικά	Υ9.3 FS, Υ5.1 FS
Υ9.3	Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	Υ9.1 FS

Δ10	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	
Υ10.1	Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	Υ9.2 FS
Υ10.2	Επένδυση τοίχων πισίνας	Υ11.10 FS
Δ11	ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ	
Υ11.1	Δάπεδο Δωματίων	Υ11.6 FS, Υ11.2 FS
Υ11.2	Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	Υ10.1 FS
Υ11.3	Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	Υ11.5 FS, Υ11.4 FS
Υ11.4	Δάπεδο Κουζίνας	Υ11.1 FS
Υ11.5	Δάπεδο Διαδρόμου	Υ11.1 FS
Υ11.6	Δάπεδο Λουτρών/WC	Υ10.1 FS
Υ11.7	Δάπεδο Αποθήκης	Υ11.3 FS
Υ11.8	Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	Υ11.3 FS
Υ11.9	Δάπεδο Βεράντας	Υ11.7 FS, Υ11.8 FS
Υ11.10	Δάπεδο Πισίνας	Υ12.3 FS, Υ12.4 FS, Υ8.3 FS
Δ12	ΚΛΙΜΑΚΕΣ	
Υ12.1	Σκαλομέρια εσωτερικά	Υ11.7 FS, Υ11.8 FS
Υ12.2	Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	Υ12.1 FS
Υ12.3	Πλατύσκαλα εξωτερικά	Υ12.2 FS, Υ11.9 FS
Υ12.4	Σκαλομέρια εξωτερικά	Υ12.2 FS, Υ11.9 FS
Δ13	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	
Υ13.1	Χρώματα εσωτερικά	Υ10.2 FS
Υ13.2	Χρώματα εξωτερικά	Υ13.1 FS
Υ13.3	Ριπολίνη κουφωμάτων	Υ13.1 FS
Δ14	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	
Υ14.1	Πόρτες εισόδου	Υ14.5 FS, Υ13.3 FS
Υ14.2	Πόρτες κατοικίας	Υ14.5 FS, Υ13.3 FS
Υ14.3	Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	Υ14.2 FS, Υ14.1 FS
Υ14.4	Μπαλκονόπορτες	Υ13.2 FS
Υ14.5	Παράθυρα κατοικίας	Υ14.4 FS
Υ14.6	Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	Υ14.2 FS, Υ14.1 FS
Δ15	ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ	
Υ15.1	Ντουλάπες κοινές	Υ14.3 FS, Υ14.6 FS
Υ15.2	Ντουλάπια κουζίνας κοινά	Υ14.3 FS, Υ14.6 FS
Υ15.3	Πάγκος κουζίνας	Υ15.2 FS
Δ16	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ	
Υ16.1	Λεκάνες (πλήρεις)	Υ16.4 FS
Υ16.2	Ντουζιέρες (πλήρεις)	Υ16.1 FS
Υ16.3	Μπανιέρες (πλήρεις)	Υ16.2 FS
Υ16.4	Νιπτήρες (πλήρεις)	Υ15.2 FS, Υ15.1 FS
Υ16.5	Πάγκοι νιπτήρων λουτρών	Υ16.3 FS
Δ17	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
Υ17.1	Λεβητοστάσιο	Υ17.2 FS
Υ17.2	Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	Υ16.5 FS
Δ18	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ	

Υ18.1	Πέργκολα	Υ18.9 FS
Υ18.2	Πεζούλια	Υ18.7 FS
Υ18.3	Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	Υ17.2 FS
Υ18.4	Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	Υ18.3 SS
Υ18.5	Τοιχοποιία πάχους 0,40m	Υ18.3 FS
Υ18.6	Επιχρίσματα εξωτερικά	Υ18.5 FS
Υ18.7	Χρώματα εξωτερικά	Υ18.6 FS
Υ18.8	Πόρτα εισόδου οικοπέδου	Υ18.1 FS, Υ18.2 FS
Υ18.9	Περίφραξη-Μάντρα	Υ18.7 FS
Υ18.10	Δρόμος πρόσβασης	Υ18.3 FS, Υ18.4 FS
Υ18.11	Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	Υ18.10 FF

Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη αλληλουχία των δραστηριοτήτων ισχύει για την κατασκευή και των τριών ανεξάρτητων κατοικιών, όπου η κάθε εργασία θα γίνεται ταυτόχρονα από τα εξειδικευμένα συνεργεία και στις τρεις οικοδομές, εξαιρουμένων των εργασιών της διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου, που είναι ενιαίος για όλες τις κατοικίες. Η τελική αυτή αλληλουχία διαμορφώθηκε ύστερα από αρκετές δοκιμές που έγιναν, αφού εισήχθησαν τα δεδομένα στο λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργου Microsoft Project.

¹ Burke, R 2002, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, σελ. 177

² Ahuja H, Dozzi S, Abourizk, S 1994, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, Canada, σελ. 21 - 22

³ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 177 - 185

⁴ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 187 - 188

⁵ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 23

⁶ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 189 - 191

⁷ Εφραιμίδης, Χ 2001, Διαχείριση Κατασκευών, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 3-2 – σελ. 3-3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

3.1 Ο ρόλος του προγραμματισμού

Πολλοί άνθρωποι συνηθίζουν να αργούν. Μπορεί να αργούν μόνο για λίγα λεπτά την κάθε φορά ή μερικές φορές την εβδομάδα, αλλά γενικότερα είναι συχνά πίσω στα καθημερινά τους ραντεβού. Φαίνεται πως οι άνθρωποι υποσυνείδητα πιστεύουν πως το να είναι στην ώρα τους δεν έχει να κάνει με το να στοχεύουν ένα συγκεκριμένο λεπτό, αλλά μεταξύ ενός εύρους λεπτών, και για μερικούς ανθρώπους αυτό το εύρος είναι μεγαλύτερο από ότι σε κάποιους άλλους. Μερικοί έχοντας επηρεαστεί από εμπειρίες τους με καθυστερήσεις διαφόρων τύπων, έχουν γίνει πολύ κυνικοί με τα ραντεβού τους, αφού γνωρίζουν πια ότι η ζωή δε λειτουργεί σύμφωνα με αυτά.

Έτσι δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι πολλά σχέδια - προγράμματα καθυστερούν πολύ. Επιπλέον, πολλοί εργαζόμενοι έχουν την τάση να κάνουν εκτιμήσεις βάσει εβδομαδιαίων υποθέσεων, να προβλέπουν τα αποτελέσματα της δουλειάς τους βασισμένα στις καλύτερες δυνατές συνθήκες και δεδομένου των προηγούμενων εμπειριών τους, να αποφεύγουν να δείχνουν μεγάλη εμπιστοσύνη σε κάθε πλάνο που βλέπουν ή δημιουργούν. Ως εκ τούτου, ο σωστός προγραμματισμός σε κάθε περίπτωση είναι αναγκαίος για την ορθότερη υλοποίηση ενός έργου.¹

Ο **προγραμματισμός** είναι μία από τις βασικές λειτουργίες της διοίκησης ¹ είναι η βασική δραστηριότητα του διαχειριστή ενός έργου. Ο προγραμματισμός είναι η επιλογή των αντικειμενικών στόχων του έργου και έπειτα **η καθιέρωση των προγραμμάτων** και των διαδικασιών για την επίτευξη των αντικειμενικών στόχων. Είναι **η λήψη αποφάσεων** για το μέλλον, οι οποίες απαιτούνται ώστε να γίνει η επιλογή μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων που είναι διαθέσιμες. Μπορεί να είναι η επιλογή των συστημάτων, των εργαλείων-μηχανημάτων και πολλών άλλων. Τελικά το πρόγραμμα πραγματοποιείται μέσω μιας δομημένης σειράς ενεργειών, η οποία οδηγεί στην επιθυμητή σειρά των αντικειμενικών στόχων.

Ένας μηχανικός που ενδιαφέρεται για μία απαιτητική δουλειά, σύντομα θα βρεθεί υπεύθυνος σε ένα έργο που απαιτεί μεγάλες ικανότητες σωστού προγραμματισμού.

Στην πραγματικότητα, μπορεί να είναι απαραίτητο για το μηχανικό να πραγματοποιήσει όλο τον προγραμματισμό: να οπτικοποιήσει όλες τις λειτουργίες του έργου, να βάλει τις λειτουργίες αυτές στη σωστή σειρά, να σιγουρευτεί ότι η κάθε λειτουργία έχει κατανοηθεί σωστά από τους εργαζόμενους, να αποκτήσει το know-how και ό,τι κρίνει απαραίτητο για την εκτέλεση του έργου, και να βρει την κατάλληλη μέθοδο ώστε κάθε εργασία να γίνει με τον πιο οικονομικό τρόπο.

Ο προγραμματισμός καταλήγει στη δημιουργία των αντικειμένων έργου, που είναι οριοθετημένα χρονικά. Καταδεικνύει το πώς πρέπει να γίνει η δουλειά για να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί αλλά και οι οικονομικοί στόχοι του έργου σχετικά με το κόστος. Ο κύριος στόχος του προγραμματισμού είναι **να μειώσει την αβεβαιότητα που υπάρχει** πριν αρχίσει η υλοποίηση του έργου ή ενός τμήματος του έργου. Επίσης αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο τη διαχείριση κινδύνου, **ο προγραμματισμός βελτιώνει την αποδοτικότητα της εκτέλεσης του έργου**. Ακόμη παρέχει μία βάση για την εκτέλεση, παρακολούθηση και έλεγχο του έργου. Έτσι, κατά τη διάρκεια του αρχικού προγραμματισμού, ο διαχειριστής του έργου πρέπει να συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία αυτή.²

Ο προγραμματισμός είναι περισσότερο αποτελεσματικός για ένα έργο όσο γρηγορότερα πραγματοποιείται. Ο προγραμματισμός είναι μία διαδικασία λήψης αποφάσεων και στα πρώτα βήματα είναι αυτός που δίνει το ρυθμό του έργου. Η επίπτωση μίας απόφασης που λαμβάνεται σχετικά νωρίς, είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει από αποφάσεις που λαμβάνονται σε μετέπειτα στάδια. Έτσι, μπορεί μια απόφαση να είναι σημαντική, αλλά επειδή πάρθηκε σχετικά αργά, να μην είναι το ίδιο αποδοτική τεχνικά και οικονομικά για το έργο.

Στα αρχικά βήματα του προγραμματισμού καθορίζονται τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν, ο τύπος των προγραμμάτων που θα παραχθούν στη συνέχεια και ο σκοπός του έργου. Τα λεπτομερή σχέδια και προγράμματα που ακολουθούν, χρησιμοποιούνται συνήθως κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του έργου και στα τελικά στάδια. Οι τύποι των προγραμμάτων είναι: πρόγραμμα οργάνωσης, στελέχωσης, διοίκησης ολικής ποιότητας, ασφάλειας, διαχείρισης υλικών και προμηθειών, επικοινωνιών και πληροφοριών.³

3.2 Ο προγραμματισμός στα τεχνικά έργα

Σήμερα οι κατασκευές είναι μια βιομηχανία προσανατολισμένη κατά έργο. Η περισσότερη δουλειά πραγματοποιείται σαν ένα έργο, που σημαίνει ότι καθορίζονται οι εγκαταστάσεις που πρέπει να κατασκευαστούν ή οι αντικειμενικοί στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν, και μετά γίνονται προσπάθειες για να επιτευχθούν αυτά μέσα σε συγκεκριμένο χρόνο και κόστος.

Ένα χαρακτηριστικό των έργων είναι ότι συνέχεια αυξάνεται το μέγεθος και η πολυπλοκότητά τους όσο εξελίσσεται και η τεχνολογία. Η πολυπλοκότητα δημιουργεί την ανάγκη για εξειδίκευση, και από τη στιγμή που ο κάθε ειδικός έχει τη δική του επαγγελματική φρασεολογία, η εξειδίκευση μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση της επικοινωνίας. Για παράδειγμα για την κατασκευή ενός εργοστασίου εμπλέκονται πολλοί ειδικοί, ο καθένας υπεύθυνος για μια εξειδικευμένη τεχνολογία, και όπου ο καθένας έχει τον δικό του τρόπο θεώρησης των πραγμάτων και αντιμετώπισης του συνολικού έργου. Πρέπει λοιπόν να βρεθεί μία μέθοδος για να διευκολύνεται η επικοινωνία, ώστε ο κάθε ειδικός να δουλεύει με βάση το ίδιο σύνολο αντικειμενικών στόχων: το χρόνο, το κόστος και την ποιότητα.

Ο διαχειριστής του έργου μπορεί να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στους αντικειμενικούς στόχους του έργου από ότι η ομάδα του έργου. Μόνο με τη χρήση του προγράμματος του έργου μπορεί ο διαχειριστής του έργου να επικοινωνήσει αποτελεσματικά στην ομάδα του έργου, την έμφαση που θέλει να δώσει στους διάφορους αντικειμενικούς στόχους. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των έργων είναι η αυξανόμενη σημασία της έγκαιρης ολοκλήρωσης του έργου.⁴

Λόγω της έλλειψης και των **περιορισμών στους φυσικούς πόρους** τα τελευταία χρόνια, η βέλτιστη χρήση τους κρίνεται επιβεβλημένη. Τα έργα πρέπει να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιούν με τον πιο αποδοτικό τρόπο τους περιορισμένους φυσικούς πόρους. Είναι έτσι πιθανό να γίνει οικονομία στο συγκεκριμένο έργο αλλά και σε αυτά που θα κατασκευαστούν αργότερα από την εταιρία. Το **κόστος του κεφαλαίου** είναι ένας ακόμη παράγοντας που δίνει μεγάλη έμφαση στην ύπαρξη ενός προγράμματος και στην προσπάθεια να επιτευχθούν οι στόχοι του. Κανένας δεν μπορεί να ανεχτεί να χάσει τόκους από τα χρήματα που είναι επενδυμένα σε ένα έργο, ενώ αυτό είναι αντιπαραγωγικό. Για αυτό και είναι σημαντικό να γίνει η επένδυση - έργο παραγωγικό όσο νωρίτερα γίνεται.

Λόγω των αυξημένων δαπανών, της τεχνικής πολυπλοκότητας, της ανόδου των τιμών και των μεγαλύτερων χρονικών διαρκειών, το στοιχείο του κινδύνου έχει αυξηθεί πολύ στα κατασκευαστικά έργα. Οι χρηματοδότες των μεγάλων έργων απαιτούν όχι μόνο τεχνικές μελέτες σκοπιμότητας αλλά και αιτιολογημένα προγράμματα και αξιόπιστες εκτιμήσεις, για να ελέγξουν την ικανότητα των διευθυντών των έργων να εκτελέσουν και να διοικήσουν αποτελεσματικά και οικονομικά τις εργασίες των έργων.

Επίσης το περιβάλλον επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το πρόγραμμα. Για παράδειγμα, δριμείς κλιματικές συνθήκες μπορεί να επηρεάσουν την πρόοδο ενός έργου. Ομοίως μία καθυστέρηση στις μεταφορές των υλικών μπορεί να βγάλει εκτός προθεσμιών το πρόγραμμα. Ο **συνεχής προγραμματισμός** είναι η λύση στις περιπτώσεις αυτές. Προγράμματα απρόοπτων εξελίξεων πρέπει να δημιουργηθούν και λύσεις πρέπει να καταγραφούν για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων γεγονότων. Αυτό καλείται **δυναμικός προγραμματισμός**, που σημαίνει ότι το αρχικό πρόγραμμα έχει βελτιωθεί για να συμπεριλάβει αλλαγές και χρησιμοποιείται συνήθως για την ανταπόκριση σε οποιεσδήποτε δύσκολες καταστάσεις.

Η διοίκηση πρέπει να αφομοιώνει τις πληροφορίες και να παίρνει αποφάσεις. Με την αύξηση της πολυπλοκότητας και του μεγέθους των έργων, ο όγκος της πληροφορίας έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, για αυτό και στην πράξη είναι απαραίτητο να διοικεί κανείς κατ' εξαίρεση. Μία προϋπόθεση για τη διοίκηση κατ' εξαίρεση είναι η ύπαρξη ενός προγράμματος που θα θέτει τους στόχους σε σχέση με την απόδοση που μπορεί να μετρηθεί. Όταν η απόδοση φτάσει στην επιθυμητή που έχει οριστεί από το πρόγραμμα, καμία αναφορά εξαίρεσης στη διοίκηση δεν είναι απαραίτητη. Παράλληλα με τις αναφορές εξαιρέσεων, πρέπει να γίνονται και αναφορές των επιτεύξεων.

Η αποδοτικότητα μίας ομάδας εξαρτάται από το πόσο ο καθένας συμμετέχει στην ολοκλήρωση του μεριδίου που έχει στο έργο. Ο προγραμματισμός **παρέχει μία σύμπτωση για την επίτευξη του σκοπού** στα μέλη της ομάδας. Η αυξημένη αποδοτικότητα από τον καθένα ξεχωριστά, που απορρέει από αυτή τη σύμπτωση, οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή από την ομάδα σαν ολότητα. Ο προγραμματισμός είναι λοιπόν αναγκαίος για την επίτευξη μίας αύξησης στην παραγωγή.

Πάντως ο προγραμματισμός χάρη του προγραμματισμού δεν έχει νόημα. Η αξία ενός προγράμματος βασίζεται στην υλοποίησή του. Η πρόοδος μετριέται σε σχέση με τους προγραμματισμένους στόχους και οι όποιες παρεκκλίσεις χρόνου ή κόστους διορθώνονται. Αν οι διορθωτικές ενέργειες δεν μπορούν να φέρουν το έργο μέσα στα

επιθυμητά όρια, τότε το πρόγραμμα υπόκειται σε μετατροπές. Το έργο μένει εντός των χρονικών περιορισμών και του κόστους μέσω της λειτουργίας ελέγχου, που είναι εξίσου σημαντική, αν όχι παραπάνω, με το αρχικό πρόγραμμα.⁵

3.3 Τα προγράμματα

Όλα τα προγράμματα εξυπηρετούν τρεις συγκεκριμένους σκοπούς. Ο πρώτος και πιο σημαντικός είναι **να δημιουργήσουν δεσμεύσεις για το πότε πρέπει να γίνουν κάποια πράγματα**. Το πρόγραμμα παρέχει ένα είδος συμβάσεως μεταξύ κάθε μέλους μιας ομάδας ή μέσα σε έναν οργανισμό, προσδιορίζοντας τί πρέπει το κάθε μέλος να εκτελέσει την επόμενη εβδομάδα, μήνα ή χρόνο. Γενικά, όταν οι εργαζόμενοι ακούν για προγράμματα έργων, αυτό είναι το πρώτο πράγμα που σκέφτονται.

Ο δεύτερος σκοπός ενός προγράμματος είναι **να ενθαρρύνει όλους όσους ασχολούνται με ένα έργο να θεωρήσουν τις προσπάθειες τους ως ένα μέρος του συνολικού έργου**, και να επενδύσουν στο να κάνουν το δικό τους κομμάτι να συνεργάζεται και να δουλεύει σωστά με των υπολοίπων. Αν δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα, τότε ο καθένας θα κάνει τη δουλειά του χωρίς να σκέφτεται πώς η δουλειά του θα επηρεάσει τους άλλους.

Μόνο όταν καταγράφονται οι λεπτομέρειες, με τα ονόματα των ατόμων δίπλα σε αυτές, μπορούν να γίνουν πραγματικοί υπολογισμοί και να ελεγχθούν οι υποθέσεις. Αυτό είναι πραγματικότητα ακόμα και για μικρές ομάδες ή άτομα που δουλεύουν μόνα τους. Υπάρχει μία ψυχολογική δύναμη σε ένα πρόγραμμα που ενισχύει τη δέσμευση που έχει αναληφθεί από το κάθε άτομο, το οποίο πλέον δε μπορεί να ξεχάσει κάτι που έχει αναλάβει να κάνει. Αυτή η ψυχολογική δύναμη καλείται και αναγκαστική - υποχρεωτική λειτουργία και αποτελείται από οτιδήποτε υποχρεώνει σε αλλαγή στην αντίληψη, τη νοοτροπία και τη συμπεριφορά. Έτσι τα προγράμματα είναι αναγκαστικές λειτουργίες για τα έργα. Εάν χρησιμοποιηθούν σωστά από το διαχειριστή του κάθε έργου, τα προγράμματα αναγκάζουν κάθε μέλος της ομάδας να σκέφτεται πώς η δουλειά τους μπορεί να ταιριάζει με αυτό που κάνουν οι άλλοι. Φαίνεται έτσι ότι η αναγκαστική αυτή λειτουργία είναι ένα σημαντικό βήμα για την αντίληψη της προοπτικής του έργου.

Ο τρίτος σκοπός ενός προγράμματος είναι **να δώσει στην ομάδα ένα εργαλείο για να παρακολουθεί την πορεία των εργασιών** και για να μοιράζει τη δουλειά σε

διοικήσιμα κομμάτια. Μοιράζοντας το έργο σε ημερήσια βάση βοηθά τους εργαζόμενους να καταλάβουν αυτό που πρέπει να κάνουν για να πραγματοποιηθεί το έργο. Εάν για παράδειγμα ο κατασκευαστής ενός σπιτιού όριζε σαν εργασία απλά και μόνο την κατασκευή του σπιτιού με διάρκεια 120 ημερών, τότε κανείς δεν θα ήξερε τί πρέπει να κάνει και με ποιά σειρά καθώς και ποιες δραστηριότητες καταναλώνουν περισσότερους πόρους και χρόνο. Από την πλευρά του διαχειριστή του έργου, ένα καλό πρόγραμμα δίνει μία καλύτερη και πιο καθαρή οπτική του έργου, ξεπερνά τις απροσεξίες και αυξάνει τις πιθανότητες να εκτελεστούν όλα με το σωστό τρόπο.

Όσο μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα είναι τα έργα, τόσο σημαντικότερα είναι και τα προγράμματα. Στα μεγαλύτερα έργα υπάρχουν περισσότερες εξαρτήσεις μεταξύ των ατόμων και οι αποφάσεις και οι συγχρονισμοί έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επηρεάσουν τους άλλους. Ολισθήματα στα προγράμματα σε μικρές ομάδες μπορούν εύκολα να αντιμετωπιστούν, αφού κάποιος μπορεί να δουλέψει παραπάνω κάποια ημέρα ή να συγκεντρωθεί όλη η ομάδα μαζί για να λυθεί το πρόβλημα. Παρόμοια ολισθήματα όμως σε μεγαλύτερα έργα με εκατοντάδες εργαζόμενους μπορούν γρήγορα να δημιουργήσουν προβλήματα με όλους τους απρόβλεπτους τρόπους, κάτι που είναι πέρα από την ικανότητα της ομάδας για να τα επιλύσει. Άραγε τα προγράμματα δίνουν τη δυνατότητα στους διαχειριστές των έργων να κάνουν τροποποιήσεις, να ξεκαθαρίζουν την ακριβή εργασία του κάθε ατόμου και να ανταποκρίνονται στα προβλήματα τη στιγμή που προκύπτουν.⁶

Υπάρχει ένας βασικός κανόνας για όλα τα προγράμματα, **ο κανόνας των τριών**. Είναι ένας πολύ γενικός κανόνας, αλλά είναι ο πιο απλός τρόπος προσέγγισης των προγραμμάτων. Ο κανόνας αυτός διατυπώνει ότι για οποιοδήποτε έργο, ο διαθέσιμος χρόνος διαιρείται σε τρία μέρη: ένα για το σχεδιασμό, ένα για την υλοποίηση του έργου, και ένα για τον έλεγχό του. Ανάλογα με τη μεθοδολογία που ακολουθείται, αυτές οι φάσεις ονομάζονται με διαφορετικό τρόπο ή μπορεί να αλληλοεπικαλύπτονται μερικές φορές, όμως όλες οι μεθοδολογίες διαχωρίζουν το χρόνο σε αυτές τις τρεις κατηγορίες.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή για κάθε μέρα που σπαταλιέται για την υλοποίηση του έργου, πρέπει να αφιερώνεται μία μέρα για το σχεδιασμό κ προγραμματισμό του έργου και άλλη μία για τον έλεγχο του έργου. Αν ο συνολικός χρόνος δεν είναι ακριβώς ισομοιρασμένος σε κάθε φάση, πρέπει να υπάρχουν σημαντικοί λόγοι, που να μπορούν να εξηγήσουν την άνιση αυτή κατανομή. Ασυμμετρίες στον κανόνα των τριών είναι αποδεκτοί όσο είναι προσεκτικά μελετημένες. Ο κανόνας αυτός ισχύει ακόμα και για άτομα που εργάζονται μόνα τους σε μικρά έργα, όπου μπορεί να σπαταλήσουν

περίπου το ένα τρίτο του διαθέσιμου χρόνου τους στο να σχεδιάσουν τί πρέπει να γίνει, ένα τρίτο στο να το υλοποιήσουν και ένα τρίτο για να βεβαιωθούν ότι λειτουργεί σωστά.

Η κατάσταση γίνεται πιο πολύπλοκη στα μεγαλύτερα σε όγκο και διάρκεια έργα, όπου τα προγράμματα διαιρούνται σε μικρότερα κομμάτια, με το κάθε ένα να έχει το δικό του χρονικό περιθώριο για σχεδιασμό, υλοποίηση και έλεγχο. Η βασική ιδέα είναι η ίδια: δημιουργία λεπτομερών προγραμμάτων για περιορισμένες χρονικές περιόδους. Με τη διαίρεση του βασικού σχεδίου σε μικρότερα διοικήσιμα μέρη, μειώνεται το συνολικό ρίσκο του προγράμματος. Τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των μερών του προγράμματος παρέχουν ευκαιρίες για να γίνουν τροποποιήσεις και να αυξηθούν οι πιθανότητες, ώστε το επόμενο κομμάτι του έργου να προγραμματιστεί καλύτερα χρονικά.

Για τα περισσότερα έργα, ο αρχικός χρόνος για το σχεδιασμό χρησιμοποιείται για να συλλεχθούν οι κατάλληλες πληροφορίες από τους πελάτες και τις επιχειρήσεις, ώστε να καθοριστεί ο αριθμός των φάσεων που απαιτούνται και το βάρος που πρέπει να δοθεί στην κάθε μία. Ανάλογα με το μέγεθος του κάθε σχεδίου, η κάθε φάση μπορεί να απαιτεί περισσότερο χρόνο για το σχεδιασμό ή τον έλεγχο. Μία φάση μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μικρότερες φάσεις, ή δύο φάσεις μπορεί να ενωθούν σε μία.⁷

Γενικά δεν υπάρχει κάποια μαγική φόρμουλα ή επιστήμη για τη δημιουργία των τέλειων προγραμμάτων. Ο χρονικός προγραμματισμός δεν είναι μια ξεχωριστή και απομονωμένη εργασία από τις υπόλοιπες: αντιπροσωπεύει και περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές διαστάσεις για το πώς το πρόγραμμα είναι τώρα και πώς θα γίνει στο μέλλον. Τα προγράμματα είναι απλά **ένα είδος πρόβλεψης**. Ανεξάρτητα με πόση ακρίβεια έχουν προσχεδιαστεί ή πόσο πειστικά φαίνονται, είναι απλά μία πρόσθεση πολλών μικρών εκτιμήσεων, κάθε μία εκ των οποίων είναι ευάλωτη σε πολλών ειδών απρόβλεπτους παράγοντες. Για να γίνει ένα σωστός χρονικός προγραμματισμός πρέπει ο αντίστοιχος υπεύθυνος ή η αρμόδια ομάδα να πραγματοποιεί σωστές εκτιμήσεις για πολλές διαφορετικές διαστάσεις του κάθε έργου.

Άραγε λοιπόν, αν όλοι συμφωνήσουν ότι το πρόγραμμα είναι ένα σύνολο πιθανοτήτων, τότε το πρόβλημα δεν είναι το πρόγραμμα αυτό καθαυτό, αλλά ο τρόπος που αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιείται. Πρέπει πάντα το πρόγραμμα να συνοδεύεται από την αντίστοιχη πιθανότητα να τηρηθεί το χρονοδιάγραμμα. Αν δεν υπάρχει αυτή η πιθανότητα και αν αυτός που επιμελήθηκε του προγράμματος δε μπορεί να δώσει τις

απαραίτητες εξηγήσεις για τις υποθέσεις που έκανε, τότε το πρόγραμμα μπορεί να είναι πιθανό αλλά ταυτόχρονα και απίθανο να είναι ακριβές.

Το μυστικό λοιπόν είναι ότι το πρόγραμμα δε χρειάζεται να είναι τέλειο, αλλά πρέπει να είναι αρκετά καλό ώστε η ομάδα και οι διευθυντές να το πιστέψουν και να το υποστηρίξουν, να παρέχει μία βάση για την παρακολούθηση της πορείας του έργου και να έχει μια μεγάλη πιθανότητα να πετύχει που θα ικανοποιεί τον πελάτη και την εταιρία.⁸

3.4 Δυσκολίες στην κατάρτιση των προγραμμάτων και τρόποι αντιμετώπισής τους

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, μέρος της δουλειάς των σχεδιαστών, των προγραμματιστών και των ελεγκτών είναι να μοιράσουν το σχέδιο σε μικρά κομμάτια. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Δομική Ανάλυση Έργου WBS και τα μικρά κομμάτια γίνονται τα βασικά εν σειρά κομμάτια του συνολικού σχεδίου του έργου. Αυτά τα κομμάτια που καλούνται και αντικείμενα έργου επιβάλλεται να είναι προσδιορισμένα χρονικά από τους προγραμματιστές, αφού με βάση αυτά χτίζεται όλο το χρονικό πρόγραμμα. Οι προγραμματιστές λοιπόν επιφορτίζονται με μία πολύ σοβαρή εργασία και είναι λογικό να έχουν το άγχος της σωστής εκτίμησης. Λέγοντας ότι κάτι μπορεί να γίνει σε ένα συγκεκριμένο χρόνο, ρισκάρουν πολύ να πέσουν έξω στην πρόβλεψή τους.⁹

Τα προγράμματα των έργων είναι τα εύκολα ξηλαστήρια θύματα για οτιδήποτε μπορεί να γίνει λάθος. Αν κάποιος κάνει μία λάθος εκτίμηση ή δεν λάβει υπόψη του μία παράμετρο, το πρόγραμμα είναι πάντα αυτό που ευθύνεται για αυτό. Είναι κάτι παντελώς άδικο, αλλά συμβαίνει συνέχεια όταν κάτι δεν πάει καλά. Πάντως αν μία ομάδα ξεκινήσει ένα έργο έχοντας υπόψη της όλους τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το πρόγραμμα, και κάνει όλες τις απαραίτητες ενέργειες για να ελαχιστοποιήσει αυτούς τους κινδύνους, το πρόγραμμα μπορεί να γίνει ένα πολύ χρήσιμο και ακριβές εργαλείο στην παραγωγική διαδικασία.

Εάν ένα πρόγραμμα βρίσκεται στο στάδιο του αρχικού σχεδιασμού, εκατοντάδες αποφάσεις που μπορεί να επηρεάσουν το πρόγραμμα μπορεί να ληφθούν και οι

οποίες δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν. Επίσης μπορεί να υπάρξουν νέα δεδομένα και προκλήσεις, που κανείς δεν μπορεί να προβλέψει, και που δεν υπάρχει τρόπος για να υπολογιστούν από κάποιο υποθετικό σχέδιο. Μέχρι να γίνουν πλήρως κατανοητές οι απαιτήσεις του έργου και ένας υψηλού επιπέδου σχεδιασμός πραγματοποιηθεί, ο διαχειριστής του έργου έχει πολύ λίγες πληροφορίες για να κάνει ρεαλιστικές εκτιμήσεις. Πολλές φορές οι διαχειριστές έργων πέφτουν στην παγίδα να μπερδέψουν **τη σαφήνεια** (precision) με **την ακρίβεια** (accuracy): ένα εντυπωσιακό πρόγραμμα με συγκεκριμένες μέρες και ώρες (precision) δε σημαίνει απαραίτητα ότι αντανακλά και την πραγματικότητα (accuracy). Η σαφήνεια είναι εύκολη, αλλά η ακρίβεια είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί.

Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι είναι πολύ δύσκολο για κάποιον να εκτιμήσει τον απαιτούμενο χρόνο για ένα έργο. Αν οι εκτιμήσεις γίνουν πολύ νωρίς, τότε υπάρχει μεγάλος κίνδυνος το πρόγραμμα να πέσει έξω μέχρι και 400% προς τα πάνω ή προς τα κάτω (Barry Boehm, 1989, essay on software engineering) και ο κίνδυνος αυτός μειώνεται κατά πολύ περνώντας από τις φάσεις της ανάλυσης των απαιτήσεων του έργου, του σχεδιασμού του και τελικά της υλοποίησής του όπου το ποσοστό μειώνεται τελικά στο $\pm 20\%$. Αυτό σημαίνει ότι οι διαχειριστές των έργων πρέπει να αντιληφθούν ότι **η ακρίβεια του χρονικού προγράμματος του έργου αυξάνεται με το χρόνο**.¹⁰

Οι καλές εκτιμήσεις προκύπτουν συνήθως από αξιόπιστα σχέδια και σωστό καθορισμό των απαιτήσεων του έργου. Οι σωστές τεχνικές εκτιμήσεις είναι πιθανό να πραγματοποιηθούν μόνο όταν συμβαίνουν δύο πράγματα: **υπάρχει καλή πληροφόρηση και καλοί μηχανικοί**. Αυτό όμως ταυτόχρονα σημαίνει ότι οι καλές εκτιμήσεις είναι υπόθεση όλων και πρέπει να προσπαθεί όλη η ομάδα, και πιο συγκεκριμένα οι διαχειριστές έργων και οι σχεδιαστές, να βοηθά τους μηχανικούς να κάνουν αξιόπιστες εκτιμήσεις. Αν η διαδικασία της εκτίμησης αντιμετωπίζεται ως αγγαρεία και ως λογιστική διαδικασία, ή αν οι διευθυντές της ομάδας δεν συμμετέχουν στη διαδικασία, τότε οι εκτιμήσεις δε θα είναι αξιόπιστες.

Εάν πάλι η πιθανή αδυναμία σωστής εκτίμησης του προγράμματος είναι γνωστή εκ των προτέρων και υπάρχει άνεση για την περίπτωση μεγαλύτερου ρίσκου στη χρονική εκτίμηση, τότε δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα με αυτό. Μάλιστα σε μικρότερα και ταχύτερα σε εκτέλεση έργα, χρειάζεται απλά μια βασική χρονική εκτίμηση και τίποτα πέρα από αυτό. Άλλωστε οι απαιτήσεις του έργου μπορεί να αλλάζουν συχνά και το γενικότερο περιβάλλον της εταιρίας ή του οργανισμού μπορεί να απαιτεί λιγότερη συγκρότηση και περισσότερη ευελιξία. Δεν υπάρχει πρόβλημα λοιπόν με χαμηλότερης

ποιότητας εκτιμήσεις, αρκεί κανένας να μην τις μπερδεύει με εκείνες που είναι υψηλότερης ποιότητας.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά μερικοί πρόσθετοι τρόποι για καλές εκτιμήσεις:

- Καθορισμός ενός διαστήματος εμπιστοσύνης για τις εκτιμήσεις
- Επίδειξη εμπιστοσύνης στους προγραμματιστές
- Καλή κατανόηση των στόχων του έργου από τους προγραμματιστές
- Οι εκτιμήσεις πρέπει να βασίζονται σε προηγούμενες εκτελέσεις έργου
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά πρέπει να περιγράφονται ως εκείνο το βαθμό που χρειάζονται οι μηχανικοί για να κάνουν καλές εκτιμήσεις
- Υπάρχουν γνωστές τεχνικές για την επίτευξη καλύτερων εκτιμήσεων (π.χ. μέθοδος PERT) ¹¹

Ανεξάρτητα από το πόσο καλές είναι οι εκτιμήσεις που έχουν γίνει, οι πραγματικοί κίνδυνοι που μπορεί να επηρεάσουν το πρόγραμμα συνήθως είναι αυτοί που δεν είναι καταγεγραμμένοι. Το πρόβλημα είναι ότι συνήθως μόνο όταν κάποιος έχει ήδη υποστεί από προηγούμενο έργο τις συνέπειες αυτών των κινδύνων, ξέρει να τους αναγνωρίζει και να τους αντιμετωπίζει. Για το λόγο αυτό οι διαχειριστές και οι προγραμματιστές των έργων απαιτείται να έχουν μεγάλη εμπειρία, για να μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι άριστοι στη δουλειά τους. Υπάρχουν τόσοι πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να αποτύχει κανείς και κανένας τρόπος για να εξασκηθεί σε αυτούς, χωρίς να είναι ο υπεύθυνος για τις συνέπειές τους.

Μία απροσεξία που θα γίνει νωρίς στη διαδικασία και θα ανακαλυφθεί αρκετά αργότερα, θα έχει ένα ενισχυμένο αρνητικό αποτέλεσμα στο έργο. Αυτό λέγεται και φαινόμενο της χιονόμπαλας (snowball effect) και παρατηρείται συχνά στα προγράμματα, καθώς η αιτία και το αποτέλεσμα δεν φαίνονται την ίδια στιγμή. Επίσης η πιθανότητα να συμβεί μία σειρά ανεξάρτητων γεγονότων, είναι το γινόμενο των πιθανοτήτων του κάθε γεγονότος. Άραγε, αν η πιθανότητα να τελειώσει μία εργασία στον προκαθορισμένο χρόνο είναι 90% και η πιθανότητα να τελειώσει η επόμενη εργασία στον προκαθορισμένο χρόνο είναι επίσης 90%, τότε η συνολική πιθανότητα να τελειώσουν αυτές οι δύο εργασίες στο χρόνο που πρέπει είναι 81%. Αυτό δείχνει ότι η εντροπία είναι παντού και δεν είναι φίλη των έργων ούτε των διαχειριστών τους.

Κάποιοι τρόποι για να μειωθούν οι κίνδυνοι και να αυξηθούν τα οφέλη από ένα πρόγραμμα έργου, έτσι ώστε το έργο να πραγματοποιηθεί επιτυχώς είναι:

- Η διάρκεια των αντικειμένων έργου πρέπει να ταιριάζει με μεταβλητότητα του έργου
- Πρέπει να υπάρχει αισιοδοξία για το όραμα και σκεπτικισμός για το πρόγραμμα
- Επένδυση στο σωστό σχεδιασμό
- Ενημέρωση της ομάδας για τη φιλοσοφία του σχεδιασμού
- Εκτίμηση της εμπειρίας της ομάδας σχετικά με το πρόβλημα που έχει να αντιμετωπίσει
- Εκτίμηση της ικανότητας και εμπειρίας των μελών της ομάδας να συνεργάζονται μεταξύ τους
- Αντιμετώπιση των κινδύνων από τα πρώτα στάδια, πριν είναι πολύ αργά ¹²

Γενικά υπάρχουν πολλά πράγματα που μπορούν να γίνουν για να αυξηθεί η πιθανότητα να δημιουργηθεί ένα επιτυχημένο πρόγραμμα. Οι στόχοι πρέπει να είναι κατανοητοί και καθαροί, κάτι που απαιτεί καλά αιτιολογημένους αντικειμενικούς στόχους. Μία ευέλικτη προσέγγιση πρέπει να υποστηριχθεί και να εξεταστούν όλες οι εναλλακτικές λύσεις. Ταυτόχρονα πρέπει να συμβάλλουν όλα τα μέλη της ομάδας σε κάθε επίπεδο, που περιλαμβάνουν τους υφισταμένους και τους προϊσταμένους, αλλά και άλλοι συμμετέχοντες εκτός ομάδας θα βοηθήσουν για ένα καλύτερο πρόγραμμα. Μία αίσθηση δέσμευσης δημιουργείται σε όσους συμμετέχουν στη δημιουργία του προγράμματος, καθώς θεωρούν ότι είναι δικό τους, μία στρατηγική που είναι πάρα πολύ αποτελεσματική για να δώσει κίνητρο στα μέλη της ομάδας και να προωθήσει τη συνεργασία μεταξύ τους.

Τα προγράμματα και οι εκτιμήσεις πρέπει να είναι ρεαλιστικά. Συνήθως από τον ενθουσιασμό της δημιουργίας του προγράμματος ενός έργου, το πρόγραμμα που σχηματίζεται προσπαθεί να πετύχει πάρα πολλά μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Στις περιπτώσεις αυτές είτε το έργο πέφτει εκτός των χρονικών προθεσμιών, είτε γίνεται υπέρβαση του προβλεπόμενου κόστους. ¹³

Ο σωστός προγραμματισμός απαιτεί την ύπαρξη μίας σειράς ερωτήσεων, που θα μπορούσε κάποιος να κάνει σχετικά νωρίς για να αποφύγει κάποια προβλήματα στο μέλλον, όπως:

- Περιλήφθηκαν στο πρόγραμμα με κάποιο τρόπο οι μέρες ασθένειας και διακοπών των εργαζόμενων του έργου;

- Είχαν οι εργαζόμενοι πρόσβαση στο πρόγραμμα, και ρωτήθηκαν για να αναφέρουν την ομαλή πρόοδο των εργασιών;
- Υπήρχε κάποιος να παρακολουθεί το πρόγραμμα σε καθημερινή ή εβδομαδιαία βάση; Είχε αυτό το άτομο αρκετή εμπειρία για να κάνει σωστές ερωτήσεις και να κάνει προσαρμογές στο πρόγραμμα;
- Ένιωθε η ομάδα ότι έχει δεσμευτεί στην υλοποίηση του έργου σύμφωνα με το καθορισμένο πρόγραμμα; Αν όχι, γιατί; Συνέβαλε η ομάδα στη διαμόρφωση του προγράμματος, ή απλά της ανατέθηκε η δουλειά χωρίς να ερωτηθεί;
- Υπολόγισε το πρόγραμμα ότι είναι λιγότερες οι ώρες εργασίας τις εποχές των διακοπών; Έχουν συμπεριληφθεί τα πιθανά άσχημα καιρικά φαινόμενα στο πρόγραμμα;¹⁴

Μία σειρά βημάτων προγραμματισμού έχουν αναπτυχθεί για την εκπλήρωση των διαφόρων αντικειμενικών στόχων:

1. Προσδιορισμός όλων των στοιχείων του έργου όπως δομή-διάρθρωση, θεμελίωση, ηλεκτρολογία-μηχανολογία
2. Προσδιορισμός όλων των συντελεστών που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Οι συντελεστές περιλαμβάνουν τους εργολάβους και τους αντιπροσώπους των ιδιοκτητών κάθε συμβαλλόμενης πλευράς που εμπλέκεται στο έργο.
3. Προσδιορισμός των καθηκόντων των συντελεστών για κάθε στοιχείο του έργου όπως θέματα μηχανικών, κατασκευών και προμηθειών
4. Προσδιορισμός των κύριων σημείων (σημεία κλειδιά) ανάμεσα στα στοιχεία του έργου όπως η έναρξη και ο τερματισμός της κατασκευής της θεμελίωσης και του σκελετού της οικοδομής, των ηλεκτρολογικών, των υδραυλικών, του τελικού ελέγχου και άλλων
5. Προσδιορισμός των ξεχωριστών έργων ή υποέργων ανάμεσα στα κύρια σημεία του έργου
6. Προσδιορισμός των επικαλύψεων μεταξύ των έργων ή υποέργων, όπως του σπλισμένου σκυροδέματος
7. Προσδιορισμός των κύριων σημείων του έργου για τα οποία είναι απαραίτητη η πληροφόρηση
8. Προσδιορισμός των υψηλότερης ευθύνης επιπέδων που χρειάζονται πληροφόρηση για την κάθε εργασία ή επικάλυψη εργασιών¹⁵

3.5 Προβλεπόμενοι χρόνοι οικοδομικού έργου

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης της διάρκειας της κάθε υποδραστηριότητας του έργου, χρησιμοποιώντας τις τιμές από καταλόγους χρονικών διαρκειών, οι οποίοι δίνουν τους "δείκτες παραγωγής" σε ώρες εργασίας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος. Άλλες μέθοδοι είναι ο υπολογισμός με βάση αναλυτικά και λειτουργικά στοιχεία, η χρήση τιμών από παρόμοιες εργασιακές διαδικασίες και τιμών από τεχνικά στοιχεία δομικών μηχανών.

Ο δείκτης παραγωγής είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό οικονομοτεχνικό μέγεθος των βασικών δεδομένων κάθε τεχνικής δραστηριότητας. Έτσι οι κατάλογοι χρονικών διαρκειών προσφέρουν σημαντική βοήθεια στον προσδιορισμό του χρόνου και στην επιτυχία του χρονικού προγραμματισμού του έργου. Πρέπει όμως να καθορίζεται με ακρίβεια το περιεχόμενο της εργασίας, τα μεγέθη που την επηρεάζουν και το μέγεθος της εργασίας, στην οποία αναφέρονται.

Καταλόγους χρονικών διαρκειών με δείκτες παραγωγής προσφέρουν τα διάφορα Αναλυτικά Τιμολόγια (Α.Τ.) του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, αλλά και άλλα εγχειρίδια όπως **οι πίνακες ΙΚΑ αριθμού ημερομισθίων εργατοτεχνιτών** ανά μονάδα οικοδομικής εργασίας, οι οποίοι και τελικώς χρησιμοποιήθηκαν. Από αυτούς υπολογίζονται τα εκτιμώμενα ημερομίσθια ανά εργασία, και έπειτα γνωρίζοντας τον αριθμό των εργατοτεχνιτών ανά συνεργείο, υπολογίζεται ο απαιτούμενος χρόνος.¹⁶

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες του ΙΚΑ όπως ορίστηκαν από την αρ. Φ21/405/ 5.4.02 Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 418) που αντικατέστησε τις διατάξεις του άρθρου 38 του Κανονισμού Ασφάλισης ΙΚΑ.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον υπολογισμό της χρονικής διάρκειας της κάθε υποδραστηριότητας είναι:

1. **Προμέτρηση** των απαιτούμενων ποσοτήτων των υλικών για την κάθε εργασία **για μία μόνο κατοικία**, με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια της μελέτης του έργου, που παρουσιάστηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Η εργασία αυτή είναι και η πιο δύσκολη και χρονοβόρα, καθώς απαιτεί λεπτομερή έλεγχο όλων των στοιχείων που μπορεί να απαιτούν την ύπαρξη ενός υλικού για την εκτέλεση μίας εργασίας. Οι προμετρούμενες ποσότητες φέρουν και μία μονάδα μέτρησης που ανάλογα με την περίπτωση είναι κυβικά μέτρα m^3 , τετραγωνικά μέτρα m^2 , τρέχον μέτρο

(μήκους), τεμάχια και κατά αποκοπή δηλαδή μία συγκεκριμένη εγκατάσταση σαν ολότητα, όπως είναι το λεβητοστάσιο. Για παράδειγμα η προμέτρηση του οπλισμένου σκυροδέματος σε m^3 έγινε με τον τύπο $0,5 \times$ τετραγωνικά της θεμελίωσης (βάσης) του κτιρίου + $0,3 \times$ τετραγωνικά του κτιρίου. Ακόμη η προμέτρηση της τοιχοποιίας έγινε πολλαπλασιάζοντας το συνολικό μήκος των τοίχων με το ύψος τους.

2. **Προσαύξηση** των προμετρούμενων ποσοτήτων της μίας κατοικίας κατά 10%, ώστε να καλυφθούν πιθανές υποεκτιμήσεις τους, που θα οδηγούσαν σε καθυστερήσεις στην εκτέλεση των εργασιών, αφού θα χάνονταν ημέρες για την παραγγελία και μεταφορά των νέων υλικών στο εργοτάξιο. Η προσαύξηση αυτή δεν έγινε για τις προμετρήσεις κάποιων υλικών που η ποσότητα τους ήταν δεδομένη με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια, όπως ο αριθμός τεμαχίων για τα κουφώματα, τα τζάκια, τα είδη υγιεινής, κλπ.
3. Υπολογισμός της τελικής ποσότητας **των τριών κατοικιών** τριπλασιάζοντας την επαυξημένη ποσότητα της μίας κατοικίας.
4. Καταγραφή των **συντελεστών ημερομισθίων** από τους καταλόγους του ΙΚΑ για κάθε εργασία.
5. **Υπολογισμός των ημερομισθίων** πολλαπλασιάζοντας την τελική ποσότητα των τριών κατοικιών με τους συντελεστές ημερομισθίων.
6. **Καταγραφή των ατόμων** του κάθε συνεργείου που αναλαμβάνει να εκτελέσει μία εργασία.
7. **Υπολογισμός της χρονικής διάρκειας** της κάθε υποδραστηριότητας διαιρώντας τον αριθμό των ημερομισθίων με τα άτομα του συνεργείου που της αντιστοιχούν. Σε κάποιες περιπτώσεις έγινε στρογγυλοποίηση του πηλίκου της διαίρεσης προς τα πάνω, υπέρ της ασφαλείας.

Οι προμετρήσεις, οι συντελεστές των ημερομισθίων, τα ημερομίσθια, το προσωπικό των συνεργείων και οι χρονικές διάρκειες των υποδραστηριοτήτων φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3: Υπολογισμός της χρονικής διάρκειας των υποδραστηριοτήτων

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	M.M.	Μετρούμενη ποσότητα μίας κατοικίας	Ποσότητα επαυξημένη	Τελική ποσότητα τριών κατοικιών	Συντελεστής ημ/σθίων	Ημ/σθια	Προσωπικό	Ημέρες
Δ1 ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ								
Υ1.1 Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	μ ³	500,00	550,00	1.650,00	0,004	6,60	2	3
Υ1.2 Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	μ ³	187,50	206,25	206,25	0,004	0,83	1	1
Υ1.3 Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	μ ³	450,00	495,00	1.485,00	0,002	2,97	2	2
Υ1.4 Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	μ ³	30,00	33,00	33,00	0,002	0,07	1	1
Δ2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ								
Υ2.1 Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	μ ²	200,00	220,00	660,00	0,018	11,88	4	3
Υ2.2 Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	μ ²	75,00	82,50	82,50	0,018	1,49	2	1
Υ2.3 Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	μ ³	164,45	180,90	542,69	0,810	439,57	15	29
Υ2.4 Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	μ ³	40,76	44,84	44,84	0,810	36,32	10	4
Υ2.5 Σενάζ δρομικά	μ.μ.	162,12	178,34	535,01	0,036	19,26	16	1
Δ3 ΣΤΗΘΑΙΑ								
Υ3.1 Στηθαία δωμαίων	μ.μ.	63,98	70,38	211,13	0,090	19,00	6	3
Υ3.2 Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	μ.μ.	23,33	25,66	76,99	0,090	6,93	3	2
Υ3.3 Στηθαία σκάλας εσωτερικής	μ.μ.	3,50	3,85	11,55	0,054	0,62	1	1
Δ4 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ								
Υ4.1 Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	μ ²	323,38	355,72	1.067,16	0,120	128,06	9	14
Υ4.2 Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	μ ²	5,70	6,27	18,81	0,090	1,69	1	2
Υ4.3 Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	μ ²	157,29	173,02	519,05	0,054	28,03	6	5
Δ5 ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ								
Υ5.1 Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	μ ²	138,35	152,19	456,56	0,018	8,22	4	2

Υ5.2	Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	μ ²	323,38	355,72	1.067,16	0,006	6,40	3	2
Υ5.3	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	μ ²	200,00	220,00	660,00	0,018	11,88	6	2
Υ5.4	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	μ ²	75,00	82,50	82,50	0,018	1,49	2	1
Δ6	ΔΙΑΦΟΡΑ								
Υ6.1	Τζάκι	τεμ.	1	1	3	2,700	8,10	2	4
Υ6.2	Ειδική κατασκευή-καμάρα	τεμ.	1	1	3	2,700	8,10	2	4
Υ6.3	Ειδική κατασκευή-τρούλος	τεμ.	1	1	3	2,700	8,10	2	4
Υ6.4	Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	μ.μ.	47,80	52,58	157,74	0,045	7,10	2	4
Δ7	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ								
Υ7.1	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	μ ²	225,70	225,70	677,10	0,050	33,86	6	6
Υ7.2	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	μ ²	75,00	75,00	75,00	0,180	13,50	4	3
Δ8	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ								
Υ8.1	Ύδρευση κατοικίας	μ ²	225,70	225,70	677,10	0,050	33,86	6	6
Υ8.2	Αποχέτευση κατοικίας	μ ²	225,70	225,70	677,10	0,050	33,86	6	6
Υ8.3	Αντλιοστάσιο πισίνας	μ ²	75,00	75,00	75,00	0,180	13,50	6	2
Δ9	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ								
Υ9.1	Επιχρίσματα εσωτερικά	μ ²	1.268,71	1.395,58	4.186,75	0,040	167,47	12	14
Υ9.2	Επιχρίσματα εξωτερικά	μ ²	515,46	567,01	1.701,03	0,040	68,04	9	8
Υ9.3	Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	μ ²	57,45	63,20	189,59	0,072	13,65	6	2
Δ10	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ								
Υ10.1	Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	μ ²	126,56	139,22	417,65	0,108	45,11	9	5
Υ10.2	Επένδυση τοίχων πισίνας	μ ²	91,30	100,43	100,43	0,108	10,85	5	2
Δ11	ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ								
Υ11.1	Δάπεδο Δωματίων	μ ²	63,88	70,27	210,80	0,099	20,87	4	5
Υ11.2	Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	μ ²	7,78	8,56	25,67	0,099	2,54	2	1
Υ11.3	Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	μ ²	57,66	63,43	190,28	0,099	18,84	4	5

Υ11.4	Δάπεδο Κουζίνας	μ ²	8,69	9,56	28,68	0,099	2,84	2	1
Υ11.5	Δάπεδο Διαδρόμου	μ ²	11,27	12,40	37,19	0,099	3,68	2	2
Υ11.6	Δάπεδο Λουτρών/WC	μ ²	15,17	16,69	50,06	0,099	4,96	2	3
Υ11.7	Δάπεδο Αποθήκης	μ ²	1,00	1,10	3,30	0,045	0,15	1	1
Υ11.8	Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	μ ²	20,00	22,00	66,00	0,045	2,97	3	1
Υ11.9	Δάπεδο Βεράντας	μ ²	15,89	17,48	52,44	0,099	5,19	2	3
Υ11.10	Δάπεδο Πισίνας	μ ²	75,00	82,50	82,50	0,099	8,17	4	2
Δ12	ΚΛΙΜΑΚΕΣ								
Υ12.1	Σκαλομέρια εσωτερικά	τεμ.	36	36	108	0,018	1,94	2	1
Υ12.2	Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	τεμ.	16	16	48	0,018	0,86	2	1
Υ12.3	Πλατύσκαλα εξωτερικά	μ ²	0,80	0,88	2,64	0,090	0,24	1	1
Υ12.4	Σκαλομέρια εξωτερικά	τεμ.	14	14	42	0,018	0,76	1	1
Δ13	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ								
Υ13.1	Χρώματα εσωτερικά	μ ²	1.142,15	1.256,37	3.769,10	0,040	150,76	10	15
Υ13.2	Χρώματα εξωτερικά	μ ²	515,46	567,01	1.701,03	0,027	45,93	8	6
Υ13.3	Ριπολίνη κουφωμάτων	μ ²	85,67	94,24	282,71	0,063	17,81	6	3
Δ14	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ								
Υ14.1	Πόρτες εισόδου	τεμ.	1	1	3	1,300	3,90	2	2
Υ14.2	Πόρτες κατοικίας	τεμ.	13	13	39	1,125	43,88	9	5
Υ14.3	Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	τεμ.	2	2	6	1,300	7,80	3	3
Υ14.4	Μπαλκονόπορτες	τεμ.	11	11	33	1,125	37,13	9	4
Υ14.5	Παράθυρα κατοικίας	τεμ.	20	20	60	1,125	67,50	12	6
Υ14.6	Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	τεμ.	2	2	6	1,125	6,75	3	2
Δ15	ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ								
Υ15.1	Ντουλάπες κοινές	μ ² οψης	36,34	39,97	119,91	0,090	10,79	4	3
Υ15.2	Ντουλάπια κουζίνας κοινά	μ.μ.	9,60	10,56	31,68	0,260	8,24	2	4

Υ15.3	Πάγκος κουζίνας	μ.μ.	5,90	6,49	19,47	0,045	0,88	1	1
Δ16	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ								
Υ16.1	Λεκάνες (πλήρεις)	τεμ.	6	6	18	1,400	25,20	6	4
Υ16.2	Ντουζιέρες (πλήρεις)	τεμ.	3	3	9	1,400	12,60	6	2
Υ16.3	Μπανιέρες (πλήρεις)	τεμ.	2	2	6	1,400	8,40	4	2
Υ16.4	Νιπτήρες (πλήρεις)	τεμ.	7	7	21	1,400	29,40	6	5
Υ16.5	Πάγκοι νιπτήρων λουτρών	μ.μ.	8,00	8,80	26,40	0,045	1,19	1	1
Δ17	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ								
Υ17.1	Λεβητοστάσιο	αποκ	1	1	3	2,000	6,00	2	3
Υ17.2	Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	αποκ	1	1	3	2,000	6,00	2	3
Δ18	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ								
Υ18.1	Πέργκολα	μ ²	36,18	39,80	119,39	0,300	35,82	6	6
Υ18.2	Πεζούλια	μ.μ.	20,50	22,55	67,65	0,090	6,09	3	2
Υ18.3	Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	μ ²	295,01	324,51	324,51	0,099	32,13	9	4
Υ18.4	Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	τεμ.	40	40	40	0,018	0,72	1	1
Υ18.5	Τοιχοποιία πάχους 0,40m	μ ²	17,62	19,38	58,15	0,150	8,72	4	2
Υ18.6	Επιχρίσματα εξωτερικά	μ ²	51,06	56,17	168,51	0,040	6,74	4	2
Υ18.7	Χρώματα εξωτερικά	μ ²	51,06	56,17	168,51	0,027	4,55	4	1
Υ18.8	Πόρτα εισόδου οικοπέδου	τεμ.	1	1	1	1,300	1,30	1	1
Υ18.9	Περίφραξη-Μάντρα	μ.μ.	193,02	212,32	212,32	0,050	10,62	3	4
Υ18.10	Δρόμος πρόσβασης	μ ²	316,00	347,60	347,60	0,045	15,64	5	3
Υ18.11	Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	μ.μ.	150,00	165,00	165,00	0,036	5,94	5	1

Στη συνέχεια εκτιμώνται η πιθανότερη, αισιόδοξη, απαισιόδοξη και επιταχυνόμενη διάρκεια των υποδραστηριοτήτων. Η **πιθανότερη διάρκεια** των εργασιών είναι η διάρκεια όπως υπολογίστηκε παραπάνω και φαίνεται στον Πίνακα 3. Είναι δηλαδή ουσιαστικά οι απαιτούμενες ημέρες για την ολοκλήρωση μίας εργασίας. Σημειώνεται ότι για τις εργασίες Υ4.1, Υ4.2 και Υ4.3 έχει προστεθεί σε καθεμία από μία παραπάνω ημέρα εργασίας, καθώς οι τρεις αυτές εργασίες τοιχοποιίας θα σταματήσουν για μία ημέρα για την τοποθέτηση του σενάζ στα τούβλα. Η αλλαγή αυτή δεν συνδέεται με τον υπολογισμό του κόστους που θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο, παρά μόνο ισχύει για το χρονικό προγραμματισμό του έργου και τη διαχείρισή του με τη μέθοδο PERT/CPM, που θα αναλυθεί εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο.

Λόγω της αβεβαιότητας που υπάρχει στην εκτίμηση της απαιτούμενης διάρκειας μίας εργασίας και η οποία οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως ο βαθμός δυσκολίας της εργασίας και η εξάρτησή της από τα καιρικά φαινόμενα και τους προμηθευτές των πρώτων υλών, υπολογίζονται μία **αισιόδοξη** και μία **α απαισιόδοξη διάρκεια** για κάθε εργασία. Οι διάρκειες αυτές είναι το εύρος μέσα στο οποίο βρίσκεται η απαιτούμενη διάρκεια, που είναι και η πιθανότερη. Προφανώς επειδή η υποεκτίμηση της διάρκειας μίας εργασίας κατά τον υπολογισμό της είναι συνηθέστερη από την υπερεκτίμησή της, η αισιόδοξη διάρκεια θα απέχει λιγότερο από την πιθανότερη (προς τα κάτω), από ότι θα απέχει η απαισιόδοξη (προς τα πάνω). Το ποσοστό μείωσης δηλαδή για την αισιόδοξη διάρκεια θα είναι μικρότερο από το ποσοστό αύξησης για την απαισιόδοξη διάρκεια.

Επίσης υπολογίζεται και μία **επιταχυνόμενη διάρκεια** για κάθε εργασία, που είναι μικρότερη από την κανονική, και είναι η διάρκεια που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία δραστηριότητα με τη χρήση παραπάνω κεφαλαίων και πόρων. Η επιτάχυνση των εργασιών συνήθως γίνεται για την ικανοποίηση κάποιων συγκεκριμένων προθεσμιών από την πλευρά του αναδόχου του έργου. Πάντως δε μπορούν να επιταχυνθούν όλες οι δραστηριότητες, αλλά μερικές από αυτές και σύμφωνα με εμπειρικούς κανόνες.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται η πιθανότερη, αισιόδοξη, απαισιόδοξη και επιταχυνόμενη διάρκεια για κάθε εργασία.

Πίνακας 4: Πιθανότερη, αισιόδοξη, απαισιόδοξη και επιταχυνόμενη διάρκεια για κάθε εργασία

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ		Πιθανότερη διάρκεια	Απαισιόδοξη διάρκεια	Αισιόδοξη διάρκεια	Επιταχυνόμενη διάρκεια
Δ1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ				
Υ1.1	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	3	4	3	2
Υ1.2	Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	1	2	1	1
Υ1.3	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	2	2	2	1
Υ1.4	Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	1	1	1	1
Δ2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ				
Υ2.1	Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	3	3	2	2
Υ2.2	Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	1	1	1	1
Υ2.3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	29	33	27	25
Υ2.4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	4	5	3	3
Υ2.5	Σενάζ δρομικά	1	1	1	1
Δ3	ΣΤΗΘΑΙΑ				
Υ3.1	Στηθαία δωμαίων	3	4	2	2
Υ3.2	Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	2	3	2	2
Υ3.3	Στηθαία σκάλας εσωτερικής	1	2	1	1
Δ4	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ				
Υ4.1	Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	15	17	14	13
Υ4.2	Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	3	4	3	3
Υ4.3	Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	6	6	5	4
Δ5	ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ				
Υ5.1	Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	2	3	2	2
Υ5.2	Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	2	3	2	2

Υ5.3	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	2	2	2	1
Υ5.4	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	1	1	1	1
Δ6	ΔΙΑΦΟΡΑ				
Υ6.1	Τζάκι	4	5	4	3
Υ6.2	Ειδική κατασκευή-καμάρα	4	5	4	3
Υ6.3	Ειδική κατασκευή-τρούλος	4	5	4	3
Υ6.4	Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	4	4	3	3
Δ7	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ				
Υ7.1	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	6	7	5	5
Υ7.2	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	3	4	3	3
Δ8	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ				
Υ8.1	Ύδρευση κατοικίας	6	7	5	5
Υ8.2	Αποχέτευση κατοικίας	6	7	5	5
Υ8.3	Αντλιοστάσιο πισίνας	2	3	2	2
Δ9	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ				
Υ9.1	Επιχρίσματα εσωτερικά	14	15	13	12
Υ9.2	Επιχρίσματα εξωτερικά	8	9	7	7
Υ9.3	Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	2	3	2	2
Δ10	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ				
Υ10.1	Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	5	5	4	3
Υ10.2	Επένδυση τοίχων πισίνας	2	3	2	2
Δ11	ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ				
Υ11.1	Δάπεδο Δωματίων	5	6	4	4
Υ11.2	Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	1	2	1	1
Υ11.3	Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	5	5	4	4
Υ11.4	Δάπεδο Κουζίνας	1	2	1	1

Υ11.5	Δάπεδο Διαδρόμου	2	3	2	2
Υ11.6	Δάπεδο Λουτρών/WC	3	3	2	2
Υ11.7	Δάπεδο Αποθήκης	1	1	1	1
Υ11.8	Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	1	1	1	1
Υ11.9	Δάπεδο Βεράντας	3	3	3	2
Υ11.10	Δάπεδο Πισίνας	2	3	2	2
Δ12	ΚΛΙΜΑΚΕΣ				
Υ12.1	Σκαλομέρια εσωτερικά	1	1	1	1
Υ12.2	Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	1	1	1	1
Υ12.3	Πλατύσκαλα εξωτερικά	1	1	1	1
Υ12.4	Σκαλομέρια εξωτερικά	1	1	1	1
Δ13	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ				
Υ13.1	Χρώματα εσωτερικά	15	16	14	13
Υ13.2	Χρώματα εξωτερικά	6	7	6	5
Υ13.3	Ριπολίνη κουφωμάτων	3	4	3	3
Δ14	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ				
Υ14.1	Πόρτες εισόδου	2	3	2	2
Υ14.2	Πόρτες κατοικίας	5	5	4	4
Υ14.3	Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	3	3	2	2
Υ14.4	Μπαλκονόπορτες	4	5	4	3
Υ14.5	Παράθυρα κατοικίας	6	6	5	4
Υ14.6	Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	2	3	2	2
Δ15	ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ				
Υ15.1	Ντουλάπες κοινές	3	3	3	3
Υ15.2	Ντουλάπια κουζίνας κοινά	4	5	4	3
Υ15.3	Πάγκος κουζίνας	1	1	1	1

Δ16	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ				
Υ16.1	Λεκάνες (πλήρεις)	4	4	3	3
Υ16.2	Ντουζιέρες (πλήρεις)	2	3	2	2
Υ16.3	Μπανιέρες (πλήρεις)	2	3	2	2
Υ16.4	Νιπτήρες (πλήρεις)	5	5	4	3
Υ16.5	Πάγκοι νιπτήρων λουτρών	1	1	1	1
Δ17	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ				
Υ17.1	Λεβητοστάσιο	3	4	3	3
Υ17.2	Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	3	4	3	2
Δ18	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ				
Υ18.1	Πέργκολα	6	7	5	5
Υ18.2	Πεζούλια	2	2	2	2
Υ18.3	Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	4	4	3	3
Υ18.4	Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	1	1	1	1
Υ18.5	Τοιχοποιία πάχους 0,40m	2	3	2	2
Υ18.6	Επιχρίσματα εξωτερικά	2	2	2	1
Υ18.7	Χρώματα εξωτερικά	1	2	1	1
Υ18.8	Πόρτα εισόδου οικοπέδου	1	2	1	1
Υ18.9	Περίφραξη-Μάντρα	4	4	3	3
Υ18.10	Δρόμος πρόσβασης	3	3	3	3
Υ18.11	Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	1	1	1	1

-
- ¹ Berkun, S 2005, The art of Project Management, O' Reilly Media, Inc, USA, σελ. 22
- ² Ahuja H, Dozzi S, Abourizk, S 1994, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, Canada, σελ. 10 - 11
- ³ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 16
- ⁴ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 17 - 18
- ⁵ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 18 - 19
- ⁶ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 22 - 24
- ⁷ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 25 - 28
- ⁸ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 31
- ⁹ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 31 - 32
- ¹⁰ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 29 - 30
- ¹¹ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 32 - 34
- ¹² Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 34 - 38
- ¹³ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 20
- ¹⁴ Berkun, S, The art of Project Management, ό.π., σελ. 34 - 35
- ¹⁵ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 20 - 21
- ¹⁶ Χατζηνικολάου, Ε 2005, Διαχείριση Έργου - Κατασκευή Οικοδομικού Έργου, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς, σελ. 61 - 62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

4.1 Εκτιμήσεις κόστους

Η εκτίμηση του κόστους είναι ένα πολύ βασικό στοιχείο του κλάδου των κατασκευών. Είναι μια επιχειρηματική ικανότητα πολύ μεγάλης σημασίας. Η επιτυχία ή αποτυχία ενός έργου εξαρτάται από την ακρίβεια των διαφόρων εκτιμήσεων κατά τη διάρκεια του έργου, δηλαδή από τις εκτιμήσεις των αναλύσεων δυνατότητας υλοποίησης μέχρι τις αναλυτικές εκτιμήσεις των προσφορών.

Οι κατασκευές είναι ένας μοναδικός κλάδος που είναι ιδιαίτερα ριψοκίνδυνος καθώς τα περισσότερα έργα πρέπει να κοστολογηθούν πριν κατασκευαστούν, αντίθετα με άλλα είδη βιομηχανίας, όπου η τιμή πώλησης βασίζεται σε γνωστό κατασκευαστικό κόστος. Το πιο σημαντικό πρόβλημα λοιπόν για τις κατασκευές είναι η **ανακριβής εκτίμηση του κόστους**. Πάρα πολλές κατασκευαστικές εταιρίες έχουν χρεοκοπήσει λόγω λανθασμένων και ανακριβών εκτιμήσεων που πραγματοποίησαν. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι ανακριβείς εκτιμήσεις οδηγούν στη σπατάλη των πολύτιμων περιορισμένων πόρων.

Η εκτίμηση είναι **μία προσέγγιση** του αναμενόμενου κόστους του έργου. Σε κάθε στάδιο απαιτούνται εκτιμήσεις, και οι οικονομικές δεσμεύσεις βασίζονται στις εκτιμήσεις αυτές. Αρχικά ο ιδιοκτήτης ξεκινά το έργο βασισμένος στις εκτιμήσεις των αναλύσεων σκοπιμότητας. Έπειτα οι σχεδιαστές αναπτύσσουν το πλαίσιο του έργου μέσα σε κοστολογικά όρια, με τις εκτιμήσεις να παρέχουν τις κατάλληλες πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων. Στο τέλος οι εργολάβοι παρέχουν τα συνεργεία τους για την κατασκευή του έργου, με το κέρδος να αποτελεί το κίνητρό τους. Το οικονομικό κέρδος ή ζημία του κάθε συμβαλλόμενου στο έργο εξαρτάται από **την ακρίβεια του προβλεπόμενου κόστους**, που καθορίστηκε με βάση τις εκτιμήσεις κόστους. Το άλλο συστατικό της επιτυχίας είναι ένα πρόγραμμα εκτέλεσης, που πρέπει να είναι συμβατό με την πρόβλεψη των γεγονότων που συνιστούν την εκτίμηση του κόστους.

Οι ακριβείς εκτιμήσεις βελτιστοποιούν τις καλές συμφωνίες με τους εργολάβους. Αντίθετα οι ανακριβείς εκτιμήσεις παρέχουν ακατάλληλες οδηγίες για τους διαχειριστές των έργων. Οι μη ρεαλιστικοί στόχοι δημιουργούν και μη ρεαλιστικές προσδοκίες.

Η εκτίμηση είναι εν μέρει μία επιστήμη αλλά και μία τέχνη και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την **εμπειρία του εκτιμητή** και την αίσθηση και αντίληψη που έχει για το έργο. Ο καθένας μπορεί να κάνει μία εκτίμηση, όμως η πρόκληση είναι να είναι αξιόπιστη αυτή η εκτίμηση. Οι εκτιμήσεις βοηθούν σημαντικά στη λήψη αποφάσεων. Ο διαχειριστής του έργου πρέπει να γνωρίζει τί πληροφορίες κόστους χρειάζεται, και πώς να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες αυτές στη λήψη αποφάσεων. Διαφορετικά είδη εκτιμήσεων πραγματοποιούνται στα διάφορα στάδια ενός έργου, και το κάθε είδος έχει διαφορετική αφετηρία και βάση, και άρα η κατανόηση της βάσης και διαδικασίας της κάθε εκτίμησης είναι απαραίτητη για σωστή λήψη αποφάσεων. Για να χρησιμοποιήσει ο λήπτης της απόφασης σωστά την εκτίμηση σαν εργαλείο, πρέπει παράλληλα να κατανοήσει και τους περιορισμούς της.¹

Για να μπορέσει ο διευθυντής του έργου να προγραμματίσει και να ελέγξει το έργο αποτελεσματικά, θα πρέπει να έχει στη διάθεσή του ακριβείς εκτιμήσεις του κόστους. Το καθήκον του εκτιμητή είναι να δημιουργήσει ένα **μοντέλο έργου**, ώστε να μπορέσει να προβλέψει πώς θα εξελιχθούν οι παράμετροι του έργου. Η προσέγγιση της εκτίμησης είναι τόσο καλύτερη και ακριβέστερη, όσο περισσότερο το μοντέλο προσεγγίζει τις πραγματικές συνθήκες του έργου, με δεδομένους βεβαίως τους παρακάτω περιορισμούς:

- Το διαθέσιμο χρόνο για την εκτίμηση
- Τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται
- Τις διαθέσιμες πληροφορίες
- Τη σε βάθος γνώση και την εμπειρία του εκτιμητή

Η ποιότητα και η ακρίβεια της εκτίμησης του κόστους βελτιώνεται σταδιακά καθώς αρχίζει να εκτελείται το έργο, διότι στη φάση αυτή συγκεντρώνονται λεπτομερέστερες και ακριβέστερες πληροφορίες. Δυστυχώς όμως, ο διευθυντής έργου είναι, τις περισσότερες φορές, υποχρεωμένος να δεσμεύσει την εταιρία, οικονομικά και νομικά, ήδη κατά τη φάση της υποβολής προσφορών, δηλαδή όταν ακόμη οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι περιορισμένες. Και μόνο για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να μπορεί κανείς να καταλήγει σε όσο το δυνατόν ακριβέστερες εκτιμήσεις με βάση ελλιπείς πληροφορίες κατά το στάδιο της υποβολής προσφορών

Παρότι η διαδικασία εκτίμησης του κόστους του έργου επικεντρώνεται στην οικονομική πλευρά του, τα στοιχεία κόστους δε μπορούν να καθοριστούν με ακρίβεια μέχρις ότου εκτιμηθούν ποσοτικά οι υπόλοιποι παράγοντες: αντικείμενο εργασιών, χρόνος, πόροι, πρώτες ύλες, εξοπλισμός. Η διαδικασία της εκτίμησης αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της διαχείρισης έργου, και στηρίζεται τόσο στους κανόνες και τα πρότυπα της αγοράς, όσο και στην προηγούμενη εμπειρία.

Οι εκτιμήσεις του κόστους ενός έργου κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το πόσο λεπτομερείς και ακριβείς είναι. Έτσι πριν από την απόφαση για την ανάπτυξη ενός έργου συνήθως γίνεται μια προεκτίμηση του κόστους, που ισοδυναμεί με την εύρεση της τάξης μεγέθους του και έχει ακρίβεια περίπου $\pm 25\%$ και έπειτα μια μελέτη σκοπιμότητας, δηλαδή μία προκαταρκτική εκτίμηση, που έχει ακρίβεια περίπου $\pm 10\%$. Από εκεί και έπειτα πραγματοποιείται η οριστική εκτίμηση του έργου, όπου στη φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης ή στη φάση προγραμματισμού, ξεκινάει ένα έργο σε μικρογραφία, σκοπός του οποίου είναι η δημιουργία των λεπτομερών σχεδίων και του πλάνου που απαιτούνται για την υλοποίηση και διαχείριση του έργου.

Η οριστική εκτίμηση βασίζεται σε αρκετά μεγάλο αριθμό δεδομένων, λαμβάνει υπόψη τη λεπτομερή ανάπτυξη του αντικειμένου εργασιών, τα λεπτομερή σχέδια και προδιαγραφές, τις δεσμευτικές προσφορές προμηθευτών, καθώς και τις επιτόπου επιθεωρήσεις των εργοταξιακών συνθηκών, ώστε η ακρίβεια της εκτίμησης είναι πλέον πολύ βελτιωμένη, της τάξης του $\pm 5\%$.²

4.2 Προκοστολόγηση έργου

Τα οικονομικά όλου του έργου καθορίζονται από την ικανότητα του έργου να προσελκύσει, να εξυπηρετήσει και να αποπληρώσει το κεφάλαιο. Αυτοί οι οικονομικοί περιορισμοί, βάζουν όρια στο **κόστος κεφαλαίου** των περισσότερων έργων του ιδιωτικού τομέα της οικονομίας. Το κόστος κεφαλαίου είναι μόνο μία από τις πολλές μεταβλητές που επηρεάζουν την οικονομική δυνατότητα υλοποίησης ενός έργου. Αυτές οι μεταβλητές είναι τα κεφάλαια, το λειτουργικό κόστος, και ο συνδυασμός του κόστους των αποθεμάτων και της παραγωγικής διαδικασίας.

Το κόστος κεφαλαίου μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις κατηγορίες: το κόστος εφικτότητας υλοποίησης, το κόστος υλοποίησης και το κόστος εκκίνησης. Το κόστος

εφικτότητας περιλαμβάνει τα έξοδα διοίκησης, έρευνας, μελετών και πιλοτικών προγραμμάτων. Το κόστος υλοποίησης περιλαμβάνει τις δαπάνες για τους μηχανικούς, την κατασκευή των εγκαταστάσεων, τις άδειες, την αγορά γης και του εξοπλισμού που χρειάζεται για να ξεκινήσει και να λειτουργήσει το έργο, περιλαμβάνοντας και τα αρχικά αποθέματα των ανταλλακτικών των μηχανημάτων. Το κόστος εκκίνησης μπορεί να θεωρηθεί ως λειτουργικό κόστος, αλλά ουσιαστικά είναι ξεχωριστό τμήμα του κόστους κεφαλαίου. Περιλαμβάνει τα έξοδα για την εκκίνηση του έργου, την εκπαίδευση του προσωπικού, την αντιμετώπιση των προβλημάτων, της αποσυμφόρησης και το αρχικό κόστος των αποθεμάτων. Το πλαίσιο μιας εκτίμησης πρέπει να είναι καλά καθορισμένο ώστε να περιλαμβάνει όλες τις παραπάνω κατηγορίες.³

Η μελέτη του κόστους διακρίνεται βασικά 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 προσφοράς και για τον καθορισμό της οικονομικής πορείας του έργου. 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.

Η προκοστολόγηση βασίζεται σε στοιχεία προηγούμενων εργασιών ή πινάκων. Στην περίπτωση συμβατικών τευχών δημοσίων έργων ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να χρησιμοποιήσει τα Αναλυτικά Τιμολόγια (Α.Τ.) και τους αντίστοιχους τιμαριθμικούς πίνακες του Υπουργείου Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Οι τιμές που προκύπτουν έχουν μόνο συμβατική σημασία για τη νομική ρύθμιση των σχέσεων μεταξύ εργοδότη και εργολήπτη και δεν ανταποκρίνονται προς τις πραγματικές συνθήκες της παραγωγής.⁴

Στη φάση της προκοστολόγησης ή της μελέτης προϋπολογισμού έργου χρησιμοποιούνται δύο συστήματα. Το πρώτο βασίζεται στην ελληνική νομοθεσία για την κατασκευή δημοσίων έργων και έχει καθαρά συμβατική σημασία, ενώ το δεύτερο είναι η αντικειμενική θεώρηση του κόστους και επομένως είναι η βάση του οικονομικού σχεδιασμού.

Ο **συμβατικός προϋπολογισμός κόστους** βασίζεται στην εφαρμογή των Αναλυτικών τιμολογίων (Α.Τ.), τα οποία περιέχουν στοιχεία αποδόσεως τυπικών ομάδων εργασίας, και των Τιμαριθμικών Πινάκων, οι οποίοι καθορίζουν τις βασικές τιμές ημερομισθίων, μισθωμάτων μηχανημάτων και υλικών. Οι τιμές κόστους που υπολογίζονται με τον

τρόπο αυτό, χρησιμεύουν κυρίως για τη σύνταξη συμβάσεων εκτελέσεως έργων μεταξύ Δημοσίων Οργανισμών και κατασκευαστικών επιχειρήσεων και για την αναθεώρηση της συμβατικής αξίας των έργων. Κατά κανόνα το υπολογιζόμενο κόστος είναι εξωπραγματικό και επομένως δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον οικονομικό σχεδιασμό.

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 και οι χρονικές προθεσμίες, η φύση των υλικών, οι προδιαγραφές ποιότητας, τα μέσα παραγωγής και οι επιδράσεις του περιβάλλοντος. Ο αντικειμενικός υπολογισμός του κόστους βασίζεται επομένως στη μέθοδο, στην τεχνολογία, και στα μέσα παραγωγής και εξαρτάται από τις επιστημονικές γνώσεις και την εμπειρία του μελετητή ή κατασκευαστή.

Τα πλεονεκτήματα του αντικειμενικού υπολογισμού κόστους είναι:

1. Ο υπολογισμός του κόστους παραγωγής σύμφωνα με τις παραμέτρους του έργου, την τεχνολογία και τα αντίστοιχα στοιχεία της λειτουργικής αναλύσεως.
2. Ο καθορισμός στο στάδιο της μελέτης και του σχεδιασμού των μέσων παραγωγής, που θα χρησιμοποιηθούν στην εκτέλεση του έργου. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποτελούν αντικείμενα της συμβάσεως του έργου.
3. Η μελέτη των προγραμμάτων χρονικού και οικονομικού σχεδιασμού. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποτελούν επίσης αντικείμενο της συμβάσεως.
4. Είναι προϋπόθεση για την εφαρμογή συστήματος ελέγχου κόστους κατά τη διάρκεια της κατασκευής, τόσο από τον κατασκευαστή όσο και από τον κύριο του έργου.
5. Δυνατότητα χρησιμοποίησης συστήματος πληροφορικής για τη διαχείριση του έργου.
6. Δυνατότητα εφαρμογής μεθόδων βελτιστοποίησης κόστους και της θεωρίας λήψης βέλτιστων αποφάσεων.⁵

Ο αντικειμενικός 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 στην εταιρία, το οποίο να ασχολείται με όλα τα σχετικά θέματα, τα οποία είναι:

1. Καθορισμός της τακτικής της επιχείρησης σχετικά με την κοστολόγηση. Η τακτική αυτή υλοποιείται με βάση ένα εγχειρίδιο εκτιμήσεως κόστους, το οποίο είναι κωδικοποιημένος τιμοκατάλογος εργασιών, δραστηριοτήτων, ημερομισθίων και υλικών.
2. Οργάνωση της εργασίας κοστολόγησης, έτσι ώστε να απαιτείται η ελάχιστη δυνατή προσπάθεια για την εκπόνηση των προσφορών.
3. Εκπαίδευση κοστολόγων για την προκοστολόγηση και τον έλεγχο του κόστους.
4. Έκδοση κατάλληλων οδηγιών (τεχνικών και οικονομικών) για την τήρηση των τιμών της προκοστολόγησης και για τη συλλογή και διαβίβαση πληροφοριών, οι οποίες βοηθούν στον έλεγχο του κόστους και στη συμπλήρωση του εγχειριδίου εκτιμήσεως 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 επιχείρησης.

Οι συντελεστές οι οποίοι επηρεάζουν το κόστος διακρίνονται στους **βασικούς συντελεστές** και στους **συντελεστές αβεβαιότητας**. Οι βασικοί συντελεστές επιρροής κόστους αναφέρονται στην οργάνωση και εκμηχάνιση του εργοταξίου και είναι:

- Η διεύθυνση του εργοταξίου
- Ο μηχανικός εξοπλισμός
- Το προσωπικό
- Τα υλικά λειτουργίας

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

- Επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας, όπου η επιρροή τους μειώνεται αν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και είναι οι εξής:
 1. Η οργάνωση του εργοταξίου
 2. Η εργοταξιακή διάταξη και κατάσταση των οδών προσβάσεως
 3. Η τεχνική κατάσταση των μηχανημάτων

4. Η τεχνική κατάρτιση του προσωπικού
- Μη επηρεαζόμενοι συντελεστές αβεβαιότητας, όπου η επιρροή τους εκτιμάται από προηγούμενα στοιχεία και από πιθανοτική θεώρηση και είναι οι εξής:
 1. Οι καιρικές συνθήκες
 2. Οι εδαφολογικές συνθήκες
 3. Η διαθεσιμότητα προσωπικού
 4. Οι τιμές των υλικών
 5. Οι αμοιβές του προσωπικού
 6. Η χρηματοδότηση
 7. Ο ανταγωνισμός⁶

4.3 Στοιχεία κόστους του έργου

Η εκτίμηση του κόστους μπορεί να υποδιαιρεθεί ανάλογα με τα διαφορετικά στοιχεία κόστους του έργου, που είναι τα εξής:

- Άμεσο κόστος
- Έμμεσο κόστος
- Κόστος που εξαρτάται από το χρόνο
- Κόστος εργασίας
- Κόστος πρώτων υλών και εξοπλισμού
- Κόστος μεταφορών
- Κόστος λειτουργίας του γραφείου έργου
- Κόστος της ομάδας διοίκησης του έργου
- Προκαταρκτικά και γενικά έξοδα

Άμεσο κόστος

Είναι το κόστος που απορρέει άμεσα από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα ή έργο. Είναι σύνηθες να ανάγεται το μεγαλύτερο τμήμα του κόστους στο άμεσο κόστος, και αυτό γιατί το άμεσο κόστος μπορεί να προϋπολογιστεί, να παρακολουθείται και να ελέγχεται αποτελεσματικότερα απ' ό,τι το έμμεσο κόστος.

- Το άμεσο κόστος διοίκησης αναφέρεται στα τρέχοντα έξοδα του γραφείου έργου, δηλαδή στη μισθοδοσία του διευθυντή έργου, του μηχανικού του έργου, του

υπεύθυνου προγράμματος εργασιών, του λογιστή, της γραμματειακής υποστήριξης και του ελεγκτή ποιότητας.

- Το άμεσο κόστος εργασίας αναφέρεται στην αμοιβή των εργαζομένων που απασχολούνται στο συγκεκριμένο έργο.
- Το άμεσο κόστος υλικών αναφέρεται στις δαπάνες που αφορούν πρώτες ύλες, αναλώσιμα και εξαρτήματα που είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας.
- Το άμεσο κόστος εξοπλισμού αναφέρεται σε δαπάνες για μηχανήματα, εγκαταστάσεις και εργαλεία.
- Οι άμεσες δαπάνες περιλαμβάνουν και τις αγοραζόμενες από τρίτους υπηρεσίες για το συγκεκριμένο έργο όπως η ενοικίαση εξοπλισμού, οι αμοιβές επιθεωρητών, μελετητών και εργολάβων.

Έμμεσο κόστος

Το έμμεσο κόστος, που αναφέρεται και σαν γενικά έξοδα, περιλαμβάνει τα έξοδα εκείνα που δε μπορούν να συσχετιστούν άμεσα με κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα ή έργο, αλλά τα οποία είναι αναγκαία για τη λειτουργία της επιχείρησης.

- Το έμμεσο κόστος διοίκησης αναφέρεται στις αμοιβές των ανώτερων διοικητικών στελεχών και του προσωπικού που εργάζεται στα τμήματα προσωπικού, εκτιμήσεων, πωλήσεων και μάρκετινγκ, τη γραμματειακή υποστήριξη και το λογιστήριο της εταιρίας.
- Το έμμεσο κόστος εργασίας αφορά τις αμοιβές εργαζομένων στη συντήρηση, την ασφάλεια και τον καθαρισμό.
- Το έμμεσο κόστος πρώτων υλών αναφέρεται στη γραφική ύλη, τα προϊόντα καθαρισμού και τα υλικά που αναλώνονται για τη συντήρηση.
- Στο έμμεσο κόστος εξοπλισμού περιλαμβάνεται το κόστος που καταβλήθηκε για την αγορά υπολογιστών, φωτοτυπικών μηχανημάτων και μηχανημάτων τηλεομοιοτυπίας.
- Οι έμμεσες δαπάνες περιλαμβάνουν δαπάνες για εκπαίδευση, ασφάλιση, αποσβέσεις, ενοίκια και δημοτικά τέλη.

Το έμμεσο κόστος χρηματοδοτείται συνήθως, από το γενικό ποσοστό επιβάρυνσης που εισπράττεται επί της αξίας της πιστοποιημένης εργασίας, το οποίο όμως αν δε διαχειριστεί σωστά, μπορεί να ροκανίσει το κέρδος του αναδόχου.

Κόστος που εξαρτάται από το χρόνο

Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM) αναπτύχθηκε αρχικά για να χειριστεί το αντιστάθμισμα χρόνου-κόστους. Να απαντήσει δηλαδή στην ερώτηση: αν αυξηθεί ή μειωθεί διάρκεια του έργου, τί επίδραση θα έχει αυτό στο κόστος του έργου. Για να απαντηθεί το ερώτημα αυτό, πρέπει να γνωρίζουμε πώς μεταβάλλεται το κόστος σε σχέση με το χρόνο.

Είναι πλέον εφικτό να εκτιμηθεί πώς επηρεάζει ο χρόνος όλα τα επιμέρους στοιχεία κόστους και η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται, όταν κρίνεται σκόπιμη η επιτάχυνση του ρυθμού των εργασιών, με σκοπό την ικανοποίηση κάποιων συγκεκριμένων προθεσμιών. Έτσι πρέπει να είναι γνωστό το κόστος με το οποίο θα επιβαρυνθεί ο ανάδοχος αν επιταχυνθεί το έργο, προκειμένου να συγκριθεί με τις ρήτρες που θα πρέπει να πληρωθούν αν το έργο βρεθεί εκτός προθεσμιών.

Κόστος εργασίας

Το κόστος εργασίας αναφέρεται στο εργατικό δυναμικό που απασχολείται στο έργο και επομένως αναφέρεται στο άμεσο κόστος. Παρότι η μισθοδοσία των εργαζομένων μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς, υπάρχουν και άλλα στοιχεία κόστους που σχετίζονται με τη μισθοδοσία και τα οποία ενσωματώνονται στο ωρομίσθιο. Τέτοια στοιχεία κόστους είναι οι δαπάνες οι συναφείς με την εργασία (ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, στολή εργασίας, μπόνους παραγωγικότητας), η συμβολή στα γενικά έξοδα καθώς και η συμβολή στο εταιρικό κέρδος (κέρδος αναδόχου). Τα δύο τελευταία στοιχεία κόστους υπολογίζονται ως ποσοστό επί του μισθού (για παράδειγμα 25% και 30% επί του μισθού αντίστοιχα).

Κόστος προμηθειών / αγορών

Η απλούστερη μέθοδος καθορισμού του κόστους αυτού είναι να προστεθεί ένα ποσοστό στην τιμή κτήσης, το οποίο θα καλύψει όλες τις συναφείς με την προμήθεια δαπάνες. Συνήθως υπολογίζεται στο επίπεδο της εταιρίας και εφαρμόζεται γενικά σε όλα τα έργα που έχει αναλάβει και κυμαίνεται από 10% έως 20%.

Η εκτίμηση της δαπάνης των υλικών και του εξοπλισμού δίνει στο διευθυντή προμηθειών το περιθώριο να διαπραγματευτεί με τους προμηθευτές και να εξοικονομήσει από 5% έως 10% του εκτιμηθέντος κόστους προμηθειών, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος του έργου.

Κόστος μεταφορών

Είναι σημαντικό να εκτιμηθεί το επιπλέον κόστος που προσθέτει η μεταφορά των εμπορευμάτων – υλικών, από το εργοστάσιο του προμηθευτή στο χώρο του πελάτη ή στο εργοτάξιο.

Το κόστος αυτό μαζί και με την ασφάλεια των υλικών και τα τέλη εκτελωνισμού, ανάλογα με τις συμφωνίες που έχουν συναφθεί, μπορεί να επιβαρύνει εξολοκλήρου τον αγοραστή ή τον προμηθευτή ή να επιβαρύνει κατά ένα μέρος τον αγοραστή και τον προμηθευτή (για παράδειγμα ο προμηθευτής αναλαμβάνει το κόστος μεταφοράς και τα ασφάλιστρα και ο αγοραστής τα τέλη εκτελωνισμού).

Κόστος λειτουργίας γραφείου έργου και ομάδας διοίκησης έργου

Το κόστος αυτό συνήθως διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα στοιχεία κόστους του έργου και μπορεί να αποτελεί ξεχωριστή σύμβαση εντός του συνολικού έργου. Περιλαμβάνει όχι μόνο την αμοιβή της διοίκησης, αλλά και αρκετά άλλα συναφή στοιχεία κόστους. Πολλά από αυτά μεταβάλλονται καθώς το έργο περνά από τις διαδοχικές φάσεις του. Κάποια από τα μέλη της ομάδας έργου μπορεί να απασχολούνται μερικώς στο έργο, είτε ως εξωτερικοί συνεργάτες των οποίων η συμβολή καθορίζεται από κάποια σύμβαση, είτε ως αποσπασμένοι από άλλο τμήμα της ίδιας εταιρίας. Η αμοιβή της διοίκησης του έργου κυμαίνεται συνήθως από 6% έως 10% της συνολικής αξίας του έργου.

Προκαταρκτικά και γενικά έξοδα

Αν το έργο προβλέπει εργοταξιακές εργασίες ή ορισμένες εργασίες να εκτελούνται επιτοπίως, το κόστος αυτής της λειτουργίας διαχωρίζεται συνήθως από τα υπόλοιπα στοιχεία κόστους και αποτελεί τα προκαταρκτικά και γενικά έξοδα. Προκαταρκτικά και γενικά έξοδα κατασκευαστικών έργων μπορεί να είναι τα ακόλουθα:

- Στήσιμο και διάλυση εργοταξίου
- Επιθεώρηση εργοταξιακών εργασιών
- Ασφάλιστρα και εγγυήσεις καλής εκτέλεσης
- Ενοίκια παραγωγικών εγκαταστάσεων, εξοπλισμού, γερανών, εργαλείων, οχημάτων, γεννητριών ηλεκτρικού ρεύματος
- Βοηθητικές εργοταξιακές εγκαταστάσεις, κατασκευή οικίσκων, τουαλετών και περιφραξης

- Ασφάλεια εργοταξίου στην οποία μπορεί να περιλαμβάνεται νυχτοφύλακας και σκυλιά-φύλακες για την προστασία του εργοταξίου από κλοπές
- Υποδομή εργοταξίου: τηλέφωνο, ηλεκτρισμός και νερό
- Κατασκευή οδών προσπέλασης
- Σκαλωσιές και σκάλες
- Προσωρινή παροχή φωτισμού και ηλεκτρικής ενέργειας
- Καταλύματα για τους εργαζομένους
- Ειδικά έξοδα μετακίνησης για επισκέψεις στο εργοτάξιο
- Ειδική κατάρτιση και έλεγχος επάρκειας των εξειδικευμένων τεχνιτών
- Διαχείριση υλικών που περιλαμβάνει επιθεώρηση του παραλαμβανόμενου υλικού, ξεφόρτωμα, αποθήκευση και έλεγχο αποθεμάτων
- Απομάκρυνση απορριμμάτων και άχρηστων υλικών

Όσα από αυτά έχουν ήδη συμπεριληφθεί στο έμμεσο κόστος ή σε κάποιο άλλο τμήμα κόστους, προφανώς δεν υπολογίζονται ξανά και στα γενικά έξοδα.⁷

4.4 Μεθοδολογίες εκτίμησης κόστους έργου

Η εκτίμηση του κόστους ενός έργου μπορεί να γίνει με τις εξής μεθοδολογίες:

- Εκτίμηση κατά εργασίες
- Ποσοστιαίοι συντελεστές
- Πληθωρισμός
- Οικονομίες κλίμακος
- Τιμές μονάδος
- Ημερήσιο απολογιστικό κόστος

Εκτίμηση κατά εργασίες

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο εκτίμησης, γνωστή και ως κοστολόγηση εργασιών, προσδιορίζονται όλες οι εργασίες που πρέπει να γίνουν προκειμένου να ολοκληρωθεί μία δραστηριότητα. Από τη στιγμή που θα ξεκινήσει μία δραστηριότητα, η κοστολόγηση των επιμέρους εργασιών δίνει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί ποσοτικά η πρόοδός της:

- Παρέχει μία εκτίμηση του κόστους όλων των πακέτων εργασιών και των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στην WBS.

- Η πρόοδος μπορεί να μετράται είτε με βάση το ποσοστό ολοκλήρωσης, είτε με βάση τη διάρκεια που απομένει ακόμη μέχρι την ολοκλήρωση της κάθε δραστηριότητας.
- Μετά την ολοκλήρωση της κάθε δραστηριότητας μπορεί να μετρηθεί το κέρδος ή η ζημία.

Η τεχνική αυτή αποτελεί προϋπόθεση για την κατάρτιση και τον έλεγχο της CPM. Ωστόσο, στο στάδιο της υποβολής προσφορών, μπορεί να μην υπάρχει αρκετός χρόνος ή και ανάγκη για να παραχθεί τόσο λεπτομερής εκτίμηση. Φυσικά, μετά την κατακύρωση της σύμβασης, είναι απαραίτητο να υπάρξει εκτίμηση κόστους κατά εργασία, καθώς η διαδικασία αυτή αποτελεί ουσιαστικά τμήμα της CPM.

Ποσοστιαίοι συντελεστές

Η τεχνική αυτή, γνωστή και ως παραμετρική μέθοδος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα διαθέσιμα στοιχεία από προηγούμενα έργα δείχνουν, ότι κάποια στοιχεία κόστους μπορούν να εκφραστούν ως ένα ποσοστό του γνωστού κόστους ή του υπολογισμένου πυρήνα κόστους (για παράδειγμα η αμοιβή της διοίκησης ότι ισούται με το 5% επί της αξίας της σύμβασης).

Πληθωρισμός

Η τεχνική αυτή αποκαλείται επίσης και τεχνική χρονοδεικτών. Τα στοιχεία κόστους του έργου αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου εξαιτίας της μη αναστρέψιμης επίδρασης του πληθωρισμού στην οικονομία. Αν το τρέχον έργο είναι όμοιο με κάποιο άλλο που είχε εκτελέσει η εταιρία πριν από ορισμένα χρόνια, τότε τα οικονομικά στοιχεία του προηγούμενου έργου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την εκτίμηση του τρέχοντος έργου.

Η αύξηση του κόστους λόγω πληθωρισμού μπορεί να προσδιοριστεί από πίνακες Δεικτών τιμής κόστους (CPI, Cost Price Index) που συντάσσουν και διαθέτουν ειδικοί οργανισμοί, και από τους δείκτες πληθωρισμού. Ένα πρόβλημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η πληθωριστική αύξηση είναι διαφορετική για τα διάφορα αγαθά. Αυτό όμως μπορεί να αντιμετωπιστεί αναλύοντας το έργο σύμφωνα με τις κατηγορίες του πίνακα Δεικτών τιμής κόστους (εργασία, πρώτες ύλες, κλπ.) και προσαρμόζοντας τις τιμές για την καθεμία κατηγορία ξεχωριστά.

Οικονομίες κλίμακος

Η τεχνική αυτή αποκαλείται επίσης και διορθωτικός συντελεστής αναλογιών. Συσχετίζει μαθηματικά όμοιες εργασίες που διαφέρουν μόνο ως προς το μέγεθος. Αν μία εργασία είναι διπλάσια σε μέγεθος από την προηγούμενη, αυτό δε σημαίνει ότι και το κόστος θα είναι διπλάσιο κυρίως λόγω κάποιων παραγόντων όπως η αδιαιρετότητα ενός έργου, η εξειδίκευση που απαιτείται, η επιρροή της κλίμακας και διάφοροι άλλοι τεχνικοί λόγοι.

Έτσι η εκτίμηση του κόστους προκύπτει σύμφωνα με τον τύπο:

$$E = K \times \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^p$$

Όπου:

E: η εκτίμηση για το κόστος του νέου έργου (σε €)

K: το γνωστό κόστος από προηγούμενα έργα (σε €)

Q1: το μέγεθος του νέου έργου

Q2: το μέγεθος του παλαιού έργου

p: η δύναμη στην οποία υψώνεται ο συντελεστής αναλογίας μεγέθους. Η τιμή του εξάγεται από εμπειρικές παρατηρήσεις

Τιμές μονάδος

Αποκαλείται επίσης και κόστος ανηγμένο ανά μονάδα. Παρότι το κάθε έργο είναι ένα εγχείρημα που δεν επαναλαμβάνεται ποτέ με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, πολλές από τις επιμέρους εργασίες μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενες. Το ανά μονάδα ανηγμένο κόστος μπορεί να εκτιμηθεί από τιμές μονάδος για εργασίες που εκτελέστηκαν κατά το παρελθόν. Με την τεχνική αυτή, το κόστος του έργου προσδιορίζεται μέσω ενός καταλόγου τιμών μονάδων, ο οποίος δημιουργείται με τη συλλογή εμπειρικών δεδομένων.

Η μέθοδος αυτή λειτουργεί αποτελεσματικά σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Ωστόσο πολλά έργα λόγω της τοποθεσίας στην οποία εκτελούνται ή και του αντικειμένου εργασιών τους, μπορεί να απαιτούν να ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι. Γενικότερα ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές για τη συγκεκριμένη τεχνική:

1. Η εκτίμηση μέσω τιμών μονάδων είναι κατάλληλη για εργολάβους που εκτελούν εργασίες μικρού μεγέθους σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή.
2. Όσο μεγαλώνει το μέγεθος της σύμβασης, τόσο μικραίνει ο αριθμός των αντιπροσωπευτικών δεδομένων από τα οποία μπορούν να αντληθούν στοιχεία.

3. Το κόστος επηρεάζεται από παράγοντες όπως η τοποθεσία εκτέλεσης του έργου, όταν υπάρχουν προβλήματα εφοδιασμού ή όταν απαιτούνται μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις, όπου η κατάσταση των δρόμων είναι άσχημη.
4. Παρότι οι καιρικές συνθήκες είναι στατιστικώς προβλέψιμες, στην πράξη τα καιρικά φαινόμενα μπορεί να είναι πολύ διαφορετικά από τα προβλεπόμενα.
5. Το κόστος εξαρτάται επίσης και από την υπάρχουσα υποδομή: νερό, ηλεκτρικό ρεύμα, στέγαση, δημόσια μέσα μεταφοράς, κλπ.

Οι τιμές μονάδος είναι η συνηθέστερη μέθοδος και η βάση για πάρα πολλές εκτιμήσεις και οδηγούν γενικώς σε απλές συμβάσεις, όπου μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί και να καταρτιστεί προϋπολογισμός.

Ημερήσιο απολογιστικό κόστος

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί ποσοτικά το ωριαίο ή ημερήσιο κόστος χρέωσης για την εργασία, τις πρώτες ύλες, τις εγκαταστάσεις, καθώς και τα προκαταρκτικά και γενικά έξοδα. Το σύνολο της δαπάνης του έργου μπορεί να χρηματοδοτηθεί απολογιστικά σαν μία σύμβαση τύπου «απολογιστικό κόστος συν ποσοστό». ⁸

Στο υπό εξέταση έργο εφαρμόστηκε η μέθοδος **εκτίμησης κατά εργασίες**, σε συνδυασμό και με τη μέθοδο των **τιμών μονάδος**. Δηλαδή για πολλές εργασίες αναζητήθηκαν προσφορές από συνεργεία για το κόστος ανά μονάδα (π.χ. ανά τεμάχιο κουφωμάτων, ανά m² βαψίματος, κλπ.) και με βάση την πιο συμφέρουσα, σε σχέση και με την ποιότητα, υπολογίστηκε το κόστος της κάθε εργασίας πολλαπλασιάζοντας το κόστος ανά μονάδα με τις προμετρούμενες ποσότητες.

Το κόστος της κάθε δραστηριότητας είναι το άθροισμα του κόστους της κάθε εργασίας που περιλαμβάνει, και προφανώς ανάλογα με την πορεία των εργασιών θα εξελίσσεται και το κόστος της δραστηριότητας. Η εξέλιξη των εργασιών και συνεπώς και του κόστους θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο με τη μέθοδο CPM.

4.5 Αβεβαιότητα στην εκτίμηση του κόστους

Το εκτιμώμενο κόστος βασίζεται σε ένα συνδυασμό ιστορικών δεδομένων και τρεχουσών τιμών. Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στην αβεβαιότητα της εκτίμησης,

συμπεριλαμβανομένης και της μεθόδου συλλογής των ιστορικών δεδομένων. Έως ένα βαθμό, το κάθε έργο (και οι συνθήκες υπό τις οποίες αυτό κατασκευάζεται) είναι μοναδικό. Η διαδικασία της εκτίμησης είναι από μόνη της μία πρόβλεψη του μέλλοντος και άρα εμπεριέχει ένα κίνδυνο.

Τα λάθη στις εκτιμήσεις είναι πάντα ένα πρόβλημα, αλλά μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με σωστές διαδικασίες. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι βαθμοί αβεβαιότητας. Η τιμή των πρώτων υλών που μεταφέρονται στο εργοτάξιο μπορεί να μεταβάλλεται, αλλά μπορεί να καθοριστεί με μεγάλη ακρίβεια συμφωνώντας σε επίπεδα τρεχουσών τιμών. Επίσης ερωτηματικό παραμένει ακόμα ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγικότητα, σε ένα τελείως καινούριο περιβάλλον όπως σε μία καινούρια περιοχή. Οι παράγοντες αυτοί κατηγοριοποιούνται σε αυτούς που καθορίζονται από την **κατάσταση της οικονομίας** και από τις **συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας**.

Οι οικονομικές συνθήκες περιλαμβάνουν την τοπική και περιφερειακή επιχειρηματική δραστηριότητα, που καθορίζει το επίπεδο της απασχόλησης και της διαθέσιμης προσφοράς εργατών. Το μέγεθος του έργου και η πολυπλοκότητά του, οι αλλαγές, η επανάληψη των εργασιών, οι μέθοδοι εργασίας, οι συνθήκες του εργοταξίου και οι καιρικές συνθήκες, είναι μερικοί από τους παράγοντες που αφορούν τις συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας. Όπως είναι φανερό, ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων πρέπει να προβλεφθεί, προκειμένου να παραχθεί μία αξιόπιστη εκτίμηση. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη και για τον έλεγχο του κόστους.⁹

Παράλληλα υπάρχουν και κάποιες παγίδες και προβλήματα που παρουσιάζονται συχνά στη διαδικασία της εκτίμησης και αναφέρονται στη συνέχεια:

1. Υπάρχει περίπτωση να παρανοηθεί το αντικείμενο εργασιών και να παρατηρηθούν παραλείψεις
2. Μπορεί να υπάρχουν κίνδυνοι και στοιχεία αβεβαιότητας που δεν έχουν εντοπιστεί
3. Η απόδοση των διαφορετικών ατόμων στο ίδιο επάγγελμα μπορεί να διαφέρει σε σημαντικό βαθμό, ανάλογα με τις ικανότητες και την προσήλωση του καθενός
4. Το πρόγραμμα μπορεί να είναι είτε υπεραισιόδοξο, είτε να μην έχει προσδιοριστεί σωστά
5. Μπορεί να μην έχει ληφθεί υπόψη ο πληθωρισμός, παρότι πρόκειται για μεγάλης διάρκειας έργο

6. Μπορεί να μην υπάρχουν στοιχεία από προηγούμενα έργα, και αυτό είναι σημαντική έλλειψη όταν η εταιρία δεν έχει ασχοληθεί στο παρελθόν με παρόμοια έργα
7. Κάποια στοιχεία κόστους δεν χρεώνονται στις δραστηριότητες που αντιστοιχούν, αλλά σε αυτή που έχει το μεγαλύτερο προϋπολογισμό
8. Μπορεί οι όροι και οι προϋποθέσεις του έργου να μην έχουν προσδιοριστεί ποσοτικά

Ακόμα επειδή πολλές φορές **κατά την υλοποίηση των έργων** δεν επικρατούν κανονικές συνθήκες εργασίας και δεν ακολουθούνται πάντα συνήθεις πρακτικές, θα πρέπει να γίνονται προβλέψεις για **κινδύνους και αβεβαιότητες**. Αυτές οι προβλέψεις δίνουν κάλυψη για τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Λάθος εκτίμηση του περιεχομένου των εργασιών, λόγω ελλιπούς αρχικού προσδιορισμού του αντικειμένου εργασιών
- Λάθη κατά τη σχεδίαση, που δημιούργησαν την ανάγκη επιπρόσθετης εργασίας
- Λάθη στην παραγωγή, που οδήγησαν στην επανάληψη κάποιων εργασιών
- Χρήση ελαττωματικών πρώτων υλών, που οδήγησε σε ανακατασκευή και αντικατάσταση
- Αδράνεια του εργατικού δυναμικού και των μηχανημάτων λόγω καθυστέρησης των προμηθειών και δυσμενών καιρικών συνθηκών
- Απώλειες παραγωγής από εργατικές κινητοποιήσεις, απεργίες και υιοθέτηση αργού ρυθμού εργασίας, που οδήγησαν σε απώλεια παραγωγής
- Έλλειψη τεχνιτών στην περιοχή ¹⁰

Σημαντική μέριμνα πρέπει επίσης να δοθεί για απρόβλεπτα στοιχεία κόστους. **Απρόοπτες εξελίξεις και έκτακτες ανάγκες** μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά το πραγματοποιηθέν τελικά κόστος και έτσι οι εκτιμήσεις να αποδειχθούν ανεπαρκείς. Ο πιο αξιόπιστος υπολογισμός της αβεβαιότητας βασίζεται στην εμπειρία των ανθρώπων που εμπλέκονται στο έργο. Υπάρχουν όμως και υπολογιστικές μέθοδοι, όπως η μέθοδος προσομοίωσης κινδύνου Monte Carlo, για τον υπολογισμό τους.

Η αβεβαιότητα σχετίζεται άμεσα με την **ακρίβεια της εκτίμησης**. Οι εθνικοί και τοπικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν το βαθμό της βιομηχανοποίησης στη συγκεκριμένη χώρα, τους εθνικούς πολιτικούς στόχους, τις υποδομές και τα νομικά και κανονιστικά συστήματα. Οι τοπικές συνήθειες επηρεάζουν

επίσης το βαθμό της αβεβαιότητας. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι ποιός αναλαμβάνει τί μερίδιο του κινδύνου. Ο τύπος του συμβολαίου ανάμεσα στον ιδιοκτήτη και τον εργολάβο, μπορεί ανάλογα με την περίπτωση να μεταφέρει τον κίνδυνο από τη μία συμβαλλόμενη πλευρά στην άλλη.¹¹

Το μέγεθος των απρόβλεπτων μπορεί να εξαρτάται και από τον τύπο του έργου, από τη γενική αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της εταιρίας και από το επίπεδο του κινδύνου και της αβεβαιότητας. Η κάλυψη για τα απρόβλεπτα γεγονότα γίνεται με ένα ποσοστό είτε σε καθένα πακέτο εργασιών είτε στο σύνολο του έργου, αλλά όχι και στα δύο, με το δεύτερο τρόπο να αποτελεί καλύτερη προσέγγιση.

4.6 Συμπύεση δραστηριοτήτων

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, τα συστατικά του μπορούν να ενωθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, διαμορφώνοντας διαφορετικά εναλλακτικά συστήματα τα οποία όμως μπορούν όλα να επιτύχουν την αποστολή του έργου. Δεδομένου των δεκάδων, εκατοντάδων ή και χιλιάδων εργασιών, είναι λοιπόν πιθανό να δημιουργηθούν περισσότερα του ενός προγράμματα που να εκτελούν το έργο μέσα στα χρονικά περιθώρια. Το κάθε ένα από αυτά τα εναλλακτικά προγράμματα μπορεί να έχει διαφορετικό τρόπο συντονισμού των συντελεστών παραγωγής και άρα να διαφέρει από τα υπόλοιπα ως προς τις διάρκειες των δραστηριοτήτων. Το πρόβλημα βρίσκεται στο ποιό από αυτά τα εναλλακτικά προγράμματα επιτυγχάνει το μικρότερο κόστος, οπότε και συμφέρει καλύτερα τον ιδιοκτήτη του έργου.

Από τη στιγμή που το συνολικό κόστος περιλαμβάνει το λειτουργικό κόστος που εξαρτάται από τη διάρκεια του έργου, καθώς επίσης και το άμεσο κόστος, μία καθυστέρηση στην ολοκλήρωση του έργου συνήθως θα αυξήσει και το κόστος του. Ακόμη αν η διάρκεια του έργου είναι καθορισμένη, ο ιδιοκτήτης μπορεί να δώσει ένα μπόνους για νωρίτερη ολοκλήρωση του έργου ή να ζητήσει κάποια αποζημίωση για αργότερη ολοκλήρωση. Ο διαχειριστής του έργου μπορεί να εξετάσει διαφορετικές χρονικές διάρκειες του έργου, για να καθορίσει ποιά από αυτές θα σημάνει και το μικρότερο κόστος. Η οικονομοτεχνική μελέτη σκοπιμότητας σημαίνει κάτι παραπάνω από την εύρεση της λύσης του ελάχιστου κόστους που δικαιολογεί την επένδυση. Το γεγονός ότι ένα έργο αναλαμβάνεται από τον ιδιοκτήτη, σημαίνει ότι το έργο έχει ένα επαρκές ποσοστό απόδοσης για αυτόν. Ο εργολάβος υποβάλλει προσφορά επειδή

πιστεύει ότι το έργο είναι πιο ελκυστικό οικονομικά από άλλα διαθέσιμα εναλλακτικά προς κατασκευή έργα. Η οικονομοτεχνική μελέτη σκοπιμότητας για ένα έργο μπορεί να αυξήσει το ποσοστό απόδοσης ή να ενισχύσει την ελκυστικότητα του έργου, μειώνοντας ακόμη περισσότερο το κόστος του έργου, μέσω της λύσης του ελάχιστου κόστους. Αυτό επιτυγχάνεται εκτιμώντας τις συνέπειες της μείωσης ή αύξησης της διάρκειας του έργου στο τελικό συνολικό του κόστος.

Όπως προαναφέρθηκε η οικονομοτεχνική μελέτη σκοπιμότητας ελαχιστοποιεί το κόστος της κάθε εργασίας και εκτιμά τις συνέπειες της μείωσης ή αύξησης της διάρκειας του έργου στο τελικό συνολικό του κόστος. Οι δραστηριότητες σε ένα σύστημα είναι τα συστατικά του. Ο χρόνος και το κόστος της κάθε μίας αλλάζει κάθε φορά ώστε να μειωθεί το συνολικό κόστος. Στη διαδικασία μείωσης του κόστους στο ελάχιστο, πολλές εναλλακτικές λύσεις γεννώνται, η καθεμία με διαφορετική διάρκεια και κόστος. Έτσι επιλέγεται η πιο κατάλληλη λύση, ανάλογα με την ισορροπία μεταξύ του χρόνου και των παραμέτρων του κόστους που θέλει να επιτύχει ο προγραμματιστής του έργου.

Για να επιταχύνει το έργο, χωρίς να αυξήσει το κόστος κεφαλαίου, ο διαχειριστής του έργου επιθυμεί να καθορίσει τη διάρκεια του έργου που θα του αποφέρει το μέγιστο κέρδος. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα μπορεί να απαιτείται να ολοκληρωθεί το έργο όσο γρηγορότερα γίνεται και πριν από μία προθεσμία, ενώ ταυτόχρονα να κρατιέται η αύξηση του κόστους στο ελάχιστο δυνατό.¹²

Όταν προσδιοριστεί η πιο οικονομική διάρκεια ενός έργου, μπορεί στη συνέχεια να επιφέρει σημαντικές μειώσεις στο κόστος παρόμοιων έργων που πρόκειται να γίνουν στο μέλλον. Πολλά υπολογιστικά πακέτα είναι διαθέσιμα για να λύσουν τέτοια προβλήματα χρόνου-κόστους.

Για να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί στόχοι του έργου απαιτούνται κάποιες πρόσθετες πληροφορίες. Κατά τον προγραμματισμό του έργου αρχικά καθορίζεται η **κανονική-πιθανότερη διάρκεια** του έργου, που είναι ουσιαστικά ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία δραστηριότητα με διαθέσιμους όλους τους πόρους και χωρίς την ύπαρξη επιπρόσθετων εισροών στο έργο. Παράλληλα με την κανονική διάρκεια καθορίζεται και το **κανονικό-πιθανότερο κόστος** του έργου, που είναι αυτό που εκτιμάται με βάση πάντα την κανονική διάρκεια.

Ο προγραμματισμός είναι ο καθορισμός της διάρκειας των δραστηριοτήτων ενός έργου και ο συντονισμός τους για να δοθεί η συνολική διάρκεια του έργου. Η στιγμή έναρξης μίας δραστηριότητας εξαρτάται από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα των πόρων, η επάρκεια σε εργατικό δυναμικό, οι χρονικές καθυστερήσεις, οι διοικητικές αποφάσεις και το σχέδιο εργασίας του οργανισμού που έχει αναλάβει να εκτελέσει το έργο. Για πιο αξιόπιστο προγραμματισμό, το εργατικό δυναμικό και ο εξοπλισμός που απαιτείται για κάθε δραστηριότητα για κανονική διάρκεια και κόστος, προέρχεται από δεδομένα που έχουν ληφθεί από παρόμοια έργα που έχουν γίνει στο παρελθόν. Για να γίνει αυτό, θεωρείται ότι θα χρησιμοποιηθεί η ίδια τεχνολογία με αυτή που είχε χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (άρα πρέπει τα έργα να είναι σχετικά πρόσφατα) και ότι η ικανότητα του εργατικού δυναμικού παραμένει η ίδια.

Το κανονικό κόστος μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι είναι αυτό που ανήκει στον ιδιοκτήτη. Μπορεί ακόμη να θεωρηθεί ότι είναι η προσφορά που έχει δώσει ο εργολάβος και με την οποία κατάφερε να αναλάβει την κατασκευή του έργου. Είναι πιθανό να ολοκληρωθεί μία δραστηριότητα σε λιγότερο χρόνο από ότι είναι προγραμματισμένο να γίνει. Για παράδειγμα, με την απασχόληση επιπρόσθετου εργατικού δυναμικού και την επιβάρυνση παραπάνω κόστους, ο χρόνος ολοκλήρωσης μιας δραστηριότητας μπορεί να μειωθεί. Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται **συμπίεση δραστηριότητας**.

Η επιταχυνόμενη διάρκεια και το επιταχυνόμενο κόστος πρέπει να είναι γνωστά. Η **επιταχυνόμενη διάρκεια**, που είναι μικρότερη από την κανονική, είναι η διάρκεια που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία δραστηριότητα με τη χρήση παραπάνω κεφαλαίων και πόρων. Το **επιταχυνόμενο κόστος** είναι το κόστος για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας στην επιταχυνόμενη διάρκειά του. Τελικά η επιταχυνόμενη διάρκεια όλου του έργου υπολογίζεται από το συνδυασμό των επιταχυνόμενων και κανονικών διαρκειών των δραστηριοτήτων του έργου (δεν μπορούν να επιταχυνθούν όλες οι δραστηριότητες) και το επιταχυνόμενο κόστος όλου του έργου είναι αυτό που αντιστοιχεί στη συνολική επιταχυνόμενη διάρκειά του.

Πρέπει σε κάθε έργο να είναι γνωστή η σχέση που υπάρχει μεταξύ της διάρκειας και του κόστους του. Αν για παράδειγμα αναλογιστεί κανείς ότι η κανονική διάρκεια ενός έργου είναι 10 ημέρες και το κανονικό του κόστος 1.000 €, και η επιταχυνόμενη διάρκειά του 5 ημέρες με το επιταχυνόμενο κόστος στα 2.000 €, τότε ανάμεσα σε αυτές τις διάρκειες και τα είδη κόστους πρέπει να είναι γνωστά στο διαχειριστή του έργου τα είδη κόστους των ενδιάμεσων διαρκειών. Αυτό όμως εξαρτάται από τη σχέση που

υπάρχει κάθε φορά ανάμεσα στις κανονικές και στις επιταχυνόμενες διάρκειες και τα είδη κόστους.

Παρακάτω δίνεται η σχέση που υπολογίζει την κλίση της καμπύλης κόστους:

$$\text{κλίση καμπύλης κόστους} = \frac{\text{επιταχυνόμενο κόστος} - \text{κανονικό κόστος}}{\text{κανονική διάρκεια} - \text{επιταχυνόμενη διάρκεια}}$$

Υπάρχουν τέσσερα είδη σχέσεων μεταξύ του χρόνου και του κόστους μίας δραστηριότητας:

1. *Γραμμική σχέση μεταξύ χρόνου και κόστους:* Αυτού του είδους η σχέση αντιπροσωπεύει την περίπτωση όπου η παραπάνω εργασία μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του άμεσου κόστους. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μία και μόνο κλίση.
2. *Πολυγραμμική σχέση που σχετίζεται με διαφορετικά χρονικά διαστήματα:* Στην περίπτωση αυτή το επιπλέον κόστος ανά ημέρα που εξοικονομείται, δεν είναι ενιαίο για όλη την περίοδο αλλά μεταβάλλεται. Έτσι μπορεί να υπάρχουν δύο ή και παραπάνω κλίσεις στην καμπύλη του κόστους.
3. *Ξεχωριστή συνάρτηση:* Η δραστηριότητα μπορεί να εκτελεστεί στην κανονική διάρκεια με το κανονικό κόστος ή στην επιταχυνόμενη με το αντίστοιχο επιταχυνόμενο κόστος. Δεν υπάρχει δηλαδή κάποια σχέση ανάμεσα στο κανονικό και επιταχυνόμενο κόστος. Αυτό συνήθως γίνεται όταν χρησιμοποιηθεί νεότερης τεχνολογίας εξοπλισμός για μία δραστηριότητα, ο οποίος θα κοστίζει περισσότερο αλλά θα εκτελέσει την εργασία σε μικρότερο χρόνο που είναι συγκεκριμένος και για αυτό δεν υπάρχουν ενδιάμεσες διάρκειες και κόστος.
4. *Καμπυλόγραμμη σχέση μεταξύ χρόνου και κόστους:* Δεν υπάρχει μια ευθείας γραμμής σχέση μεταξύ του κανονικού και του επιταχυνόμενου κόστους αλλά μία συνεχής καμπύλη που αναπαριστά τη σχέση μεταξύ των διαφορετικών σημείων του επιταχυνόμενου κόστους.

Δεν υπάρχει λόγος να περιμένει κανείς ότι ο κάθε εργολάβος θα έχει το ίδιο κανονικό και επιταχυνόμενο κόστος για μία συγκεκριμένη εργασία. Το κανονικό κόστος σχετίζεται με τις μεθόδους του κάθε εργολάβου. Η εμπειρία των εργατών, η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και διάφορα άλλα διαφέρουν από οργανισμό σε οργανισμό. Είναι επίσης σημαντικό να θυμάται κανείς ότι **η επιτάχυνση δεν έχει να κάνει με αλλαγή των υλικών** από εναλλακτική σε εναλλακτική. Η συμπίεση του χρόνου οφείλεται μόνο στο αυξημένο εργατικό δυναμικό και μηχανήματα. Ωστόσο, το επιταχυνόμενο κόστος

μπορεί να περιλαμβάνει επιπρόσθετα έξοδα για χρήση εναλλακτικού τρόπου μεταφοράς των υλικών για ταχύτερη παράδοσή τους.

Πάντως δεν είναι πάντα αληθές ότι οι επιταχυνόμενες δραστηριότητες απαιτούν περισσότερους εργάτες και ώρες απασχόλησης των μηχανημάτων. Παρόλο που απαιτούνται περισσότεροι εργάτες και εξοπλισμός, απασχολούνται για μικρότερες περιόδους. Έτσι στο τέλος οι συνολικές ώρες απασχόλησης των εργατών και του εξοπλισμού μίας επιταχυνόμενης δραστηριότητας μπορεί να είναι ίσες ή λίγο περισσότερες από εκείνες της κανονικής διάρκειας. Το επιπρόσθετο κόστος μπορεί να προκύψει από την επιστράτευση περισσότερων μηχανημάτων, τις υπερωρίες ή τη χαμηλή παραγωγικότητα λόγω της νυχτερινής εργασίας ή του συνωστισμένου χώρου εργασίας.

Το αντίθετο της συμπίεσης είναι η αποσυμπίεση μίας δραστηριότητας. Μερικές φορές μπορεί να είναι απαραίτητο να αποσυμπιεστούν-επιβραδυνθούν κάποιες δραστηριότητες, ειδικότερα οι μη κρίσιμες, για να γίνει ένα έργο πιο οικονομικό. Για παράδειγμα μία δραστηριότητα που μπορεί να εκτελεστεί σε 6 ημέρες με 2.100 € λόγω υπερωριών των εργατών, μπορεί να εκτελεστεί σε 9 ημέρες με 1.800 € χωρίς υπερωρίες. Αν αυτή η αύξηση της διάρκειας της δραστηριότητας δεν αυξήσει τη διάρκεια του έργου, τότε δεν θα υπάρξει χαμένη παραγωγικότητα. Έτσι, η επιβράδυνση μπορεί να οδηγήσει σε οικονομία της τάξης των 300 €. Η εύρεση τέτοιων δραστηριοτήτων είναι σημαντική για την ελαχιστοποίηση του κόστους του έργου.¹³

Γενικότερα πάντως μπορούν να αναπτυχθούν πολλά προγράμματα έργου. Από τη μία μεριά μπορεί να αναπτυχθεί ένα κανονικής διάρκειας πρόγραμμα που να ελαχιστοποιεί το κόστος, ενώ από την άλλη μπορεί να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα επιταχυνόμενης διάρκειας, που να ελαχιστοποιεί τη διάρκεια του έργου. Ανάμεσα στα δύο αυτά προγράμματα μπορούν να αναπτυχθούν και ενδιάμεσα χρονικά προγράμματα. Η διαδικασία του προγραμματισμού ξεκινά πάντως με την ανάπτυξη των δύο αυτών προγραμμάτων.

Τα δύο χρονικά προγράμματα της κανονικής και της επιταχυνόμενης διάρκειας παρέχουν τα χρονικά όρια του έργου. Το μεν κανονικό πρόγραμμα δίνει το ελάχιστο κόστος και τη μέγιστη διάρκεια, ενώ το επιταχυνόμενο πρόγραμμα δίνει το μέγιστο κόστος και την ελάχιστη διάρκεια. Αυτά τα ακραία προγράμματα μπορούν να ενσωματωθούν σε άλλα εναλλακτικά προγράμματα όπως:

1. μειώσεις χρονικών διαρκειών επιταχύνοντας κρίσιμες δραστηριότητες, στο κανονικής διάρκειας πρόγραμμα
2. μειώσεις κόστους επιβραδύνοντας κάποιες δραστηριότητες, στο επιταχυνόμενης διάρκειας πρόγραμμα

Η κεντρική ιδέα της μείωσης του κόστους είναι η εξής: οι δραστηριότητες που δεν είναι απαραίτητο να μειωθούν επιφέροντας και μεγάλη αύξηση του κόστους, πρέπει να παραμείνουν στις ελάχιστου κόστους κανονικές διάρκειές τους. Δηλαδή **οι μη κρίσιμες δραστηριότητες δεν πρέπει να επιταχυνθούν**, αλλά να επιβραδυνθούν όσο το επιτρέπει ο χαλαρός χρόνος τους, αφού αυτό δε θα επηρεάσει τη συνολική διάρκεια του έργου και ταυτόχρονα θα μειώσει το συνολικό κόστος του έργου.

Τις περισσότερες φορές, οι προγραμματιστές των έργων δεν είναι ικανοποιημένοι με τις ακραίες λύσεις του κανονικού και του επιταχυνόμενου προγράμματος και επιθυμούν μία ενδιάμεση λύση ανάμεσα στην ελάχιστης κόστους μέγιστη διάρκεια και στην μέγιστης κόστους ελάχιστη διάρκεια. Έτσι μπορεί να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ χρόνου και κόστους σε ένα πρόγραμμα ελάχιστου κόστους-ενδιάμεσης διάρκειας.

Συνήθως αναπτύσσονται πολλά τέτοια προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την ανάπτυξη του βέλτιστου συνολικού προγράμματος κόστους του έργου. Ο σχεδιασμός των προγραμμάτων ελάχιστου κόστους-ενδιάμεσης διάρκειας ξεκινά από το κανονικό πρόγραμμα. Στη συνέχεια μειώνεται η διάρκεια του έργου επιταχύνοντας τις κρίσιμες δραστηριότητες και αυξάνοντας έτσι το κόστος, μέχρι το επιθυμητό σημείο. Ωστόσο, τα προγράμματα ελάχιστου κόστους-ενδιάμεσης διάρκειας περιλαμβάνουν μόνο το κόστος που αντιστοιχεί άμεσα στις διάφορες δραστηριότητες. Παρόλα αυτά εκτός από το άμεσο κόστος υπάρχει και ένα άλλο είδος κόστους, το έμμεσο κόστος, το οποίο πρέπει και αυτό να συνυπολογιστεί στο συνολικό τελικό κόστος. Έτσι το έμμεσο κόστος εισάγεται και αυτό στην ανάλυση για την ανάπτυξη του βέλτιστου συνολικού προγράμματος κόστους του έργου, το οποίο προκύπτει από το χαμηλότερο σημείο της καμπύλης του συνολικού κόστους του έργου.¹⁴

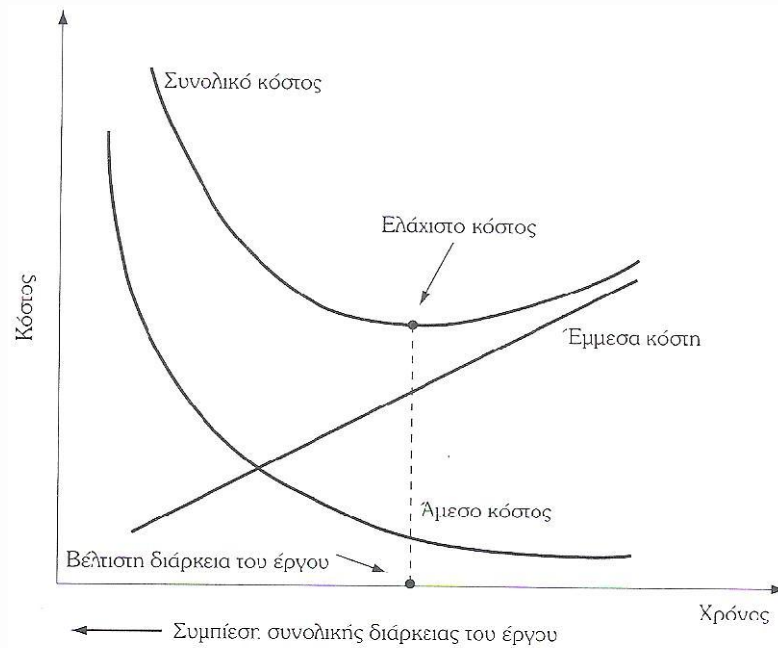
Η διαδικασία για τη συμπίεση της διάρκειας ενός έργου είναι η εξής:

1. Καθορισμός της κανονικής διάρκειας του έργου και του κανονικού κόστους
2. Προσδιορισμός του κρίσιμου μονοπατιού της κανονικής διάρκειας
3. Αποκλεισμός όλων των μη κρίσιμων δραστηριοτήτων που δεν χρειάζεται να επιταχυνθούν

4. Καταγραφή σε μορφή πίνακα της κανονικής και επιταχυνόμενης διάρκειας και του κανονικού και επιταχυνόμενου κόστους για όλες τις δραστηριότητες
5. Υπολογισμός της κλίσης της καμπύλης κόστους για κάθε δραστηριότητα
6. Εισαγωγή στον καθορισμό της καμπύλης κόστους-χρόνου του έργου μειώνοντας τη διάρκεια των κρίσιμων δραστηριοτήτων ξεκινώντας από τη δραστηριότητα που έχει τη μικρότερη κλίση καμπύλης κόστους. Η διάρκεια κάθε δραστηριότητας μειώνεται μέχρι να φτάσει στην επιταχυνόμενη διάρκεια ή να διαμορφωθεί μία νέα κρίσιμη διαδρομή.
7. Μείωση της διάρκειας του συνδυασμού των δραστηριοτήτων που έχουν τη μικρότερη συνδυασμένη κλίση, όταν διαμορφωθεί μία νέα κρίσιμη διαδρομή. Αν υπάρχουν πολλές παράλληλες διαδρομές, είναι αναγκαίο να μειωθεί η διάρκεια τους ταυτόχρονα, προκειμένου να μειωθεί η διάρκεια όλου του έργου.
8. Υπολογισμός του νέου κόστους και διάρκειας σε κάθε κύκλο μείωσης του χρόνου. Παρουσίαση των σημείων σε ένα διάγραμμα χρόνου-κόστους.
9. Συνέχιση της ίδιας διαδικασίας μέχρι να μην είναι δυνατή άλλη μείωση. Αυτό είναι το τελικό σημείο συμπίεσης.
10. Παρουσίαση του έμμεσου κόστους του έργου στο ίδιο γράφημα
11. Άθροισμα του άμεσου και έμμεσου κόστους για να υπολογιστεί το συνολικό κόστος του έργου σε κάθε διάρκεια
12. Χρήση της συνολικής καμπύλης κόστους του έργου για να βρεθεί η βέλτιστη διάρκεια ή το κόστος του κάθε επιθυμητού προγράμματος ¹⁵

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται γραφικά η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στα διάφορα είδη κόστους και στη συμπεριφορά τους κατά τη συμπίεση των δραστηριοτήτων του έργου.

Σχήμα 16: Καμπύλες κόστους συμπίεσης



Πηγή: Οικονόμου Γ, Γεωργίου, Α 2000, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, σελ. 207

Το συνολικό κατασκευαστικό κόστος αποτελείται από **το άμεσο και το έμμεσο κόστος**. Στον κατασκευαστικό κλάδο το άμεσο κόστος εκτιμάται ως το άθροισμα του κόστους των διαφόρων κτιριακών τμημάτων, των προμηθειών των πρώτων υλών και της εργασίας για ολόκληρο το έργο. Αντίθετα το έμμεσο κόστος μπορεί να είναι για παράδειγμα το μερίδιο γης ή η απώλεια του ενοικίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια εκτέλεσης ενός έργου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η απώλεια των ενοικίων. Η καμπύλη του έμμεσου κόστους λοιπόν αυξάνει, όσο μεγαλώνει η διάρκεια εκτέλεσης ενός έργου. Αντίθετα το άμεσο κόστος έχει αντίστροφο αποτέλεσμα. Αν το έργο πρέπει να ολοκληρωθεί σε μικρότερη διάρκεια, τότε πρέπει να εφαρμοστούν πιο κοστοβόρες μέθοδοι, να χρησιμοποιηθούν περισσότερα μηχανήματα και να πραγματοποιηθούν υπερωρίες από το υπάρχον εργατικό δυναμικό ή να προσληφθούν επιπλέον εργάτες. Έτσι η καμπύλη του άμεσου κόστους αυξάνει, όσο μικραίνει η διάρκεια εκτέλεσης ενός έργου. Η συνολική καμπύλη κόστους **είναι κυρτή και έχει ένα ακραίο σημείο**, το βέλτιστο, δηλαδή εκείνο το σημείο όπου επέρχεται ισορροπία μεταξύ της αύξησης του άμεσου κόστους από τη συμπίεση και της μείωσης του έμμεσου κόστους.

Ο προβλεπόμενος πληθωρισμός, οι τόκοι των στεγαστικών δανείων και οι εκπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους-χρόνου. Μερικές φορές είναι καλύτερα να αναβληθεί μια μη κρίσιμη και παράλληλα πολύ

κοστοβόρα δραστηριότητα για την αργότερη δυνατή έναρξή της. Με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιείται ο χαλαρός χρόνος της δραστηριότητας για την εξοικονόμηση χρημάτων από τους τόκους.¹⁶

Πολλές φορές, στη διαδικασία συμπίεσης εισάγεται ένας περιορισμός που αφορά το κεφάλαιο που είναι διαθέσιμο για τη συμπίεση. Δηλαδή, είναι πιθανό να υπάρχει ένα επιπλέον κεφάλαιο, το οποίο ενσωματώνεται στον προϋπολογισμό του έργου, για να διατεθεί στις διαδικασίες συμπίεσης. Στην περίπτωση αυτή αναζητείται το σημείο της καμπύλης του συνολικού κόστους, που βρίσκεται μέσα στα όρια του ποσού που διατίθεται για τη συμπίεση. Άλλες φορές, η μείωση του έμμεσου κόστους έχει συνυπολογιστεί στο κόστος συμπίεσης και δε λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση.¹⁷

4.7 Προβλεπόμενο κόστος οικοδομικού έργου

Για την ολοκληρωμένη κοστολόγηση και τον οικονομικό προγραμματισμό του υπό εξέταση οικοδομικού έργου, υπολογίστηκαν το άμεσο κόστος όλων των υποδραστηριοτήτων, το συνολικό άμεσο κόστος τους, το άμεσο επιταχυνόμενο κόστος τους και το συνολικό άμεσο επιταχυνόμενο κόστος τους.

Το **άμεσο κόστος** της κάθε υποδραστηριότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{άμεσο κόστος} = \text{κόστος υποδραστηριότητας} + \text{κόστος ΙΚΑ} + \text{αμοιβή μηχανικού}$$

Το *κόστος της υποδραστηριότητας* αποτελείται από το κόστος των εργατικών και το κόστος των υλικών, και άλλες φορές υπολογίζεται ξεχωριστά, ενώ άλλες ενιαία. Στη συγκεκριμένη περίπτωση **υπολογίστηκε ενιαία**, καθώς οι προσφορές από τα συνεργεία περιελάμβαναν και το κόστος των υλικών. Για τον υπολογισμό λοιπόν του κόστους της κάθε υποδραστηριότητας, πολλαπλασιάστηκαν οι προμετρούμενες ποσότητες με το κόστος ανά μονάδα, που προέκυψε ύστερα από επιλογή της καλύτερης προσφοράς.

Το *κόστος του ΙΚΑ* αφορά το κόστος για τα ένημα του εργατικού δυναμικού που απασχολείται στο έργο. Σύμφωνα με τους πίνακες του ΙΚΑ, αντιστοιχεί διαφορετικό κόστος ανά ημερομίσθιο για τον κάθε εργάτη ανάλογα με τα εξής:

- αν είναι τεχνίτης, βοηθός τεχνίτη και ειδικευμένος εργάτης ή ανειδίκευτος εργάτης
- αν είναι άγαμος ή έγγαμος
- τις τριετίες που έχει έως τώρα εργαστεί

Προφανώς δεν ήταν εφικτό να υπολογιστεί ξεχωριστά για κάθε υποδραστηριότητα το κόστος του ΙΚΑ για κάθε εργάτη, οπότε υπολογίστηκε **ένα κοινό κόστος ανά ημερομίσθιο** για όλους τους εργάτες με βάση κάποια στοιχεία του πίνακα του ΙΚΑ. Συγκεκριμένα, σύμφωνα και με το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό της περιοχής, έγινε η παραδοχή ότι σε κάθε συνεργείο που αποτελείται από πέντε εργάτες υπάρχουν:

- Ένας τεχνίτης έγγαμος με δύο τριετίες προϋπηρεσίας, που σύμφωνα με τον πίνακα του ΙΚΑ, το κόστος του ΙΚΑ ανά ημερομίσθιο είναι 71,11 €
- Δύο βοηθοί τεχνιτών άγαμοι με μία τριετία προϋπηρεσίας, που σύμφωνα με τον πίνακα του ΙΚΑ, το κόστος του ΙΚΑ ανά ημερομίσθιο για τον καθένα είναι 55,63 €
- Δύο ανειδίκευτοι εργάτες άγαμοι χωρίς τριετία προϋπηρεσίας, που σύμφωνα με τον πίνακα του ΙΚΑ, το κόστος του ΙΚΑ ανά ημερομίσθιο για τον καθένα είναι 50,10 €

Έτσι λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι ο εργοδότης-ανάδοχος του έργου θα πληρώσει το σύνολο των εισφορών στο ΙΚΑ, δηλαδή το μερίδιο το δικό του (65,266%) αλλά και του ασφαλισμένου (19,450%), όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις, προκύπτει ότι το κοινό κόστος του ΙΚΑ ανά ημερομίσθιο για όλους τους εργάτες είναι:

$$0,84716 \times \left(\frac{1}{5} \times 71,11 + \frac{2}{5} \times 55,63 + \frac{2}{5} \times 50,10 \right) = 47,88$$

Έτσι το κόστος του ΙΚΑ για κάθε υποδραστηριότητα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ημερομισθίων επί 47,88 €. Σημειώνεται ότι ο αριθμός των ημερομισθίων σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να διαφέρει (το πολύ) κατά ένα ημερομίσθιο (συν ή πλην) από εκείνον που παρουσιάστηκε στον Πίνακα 3 της υποενότητας 3.5. Αυτό γιατί θεωρώντας πλέον δεδομένο τον αριθμό των εργατών για κάθε εργασία και τον αριθμό (στρογγυλοποιημένο) των ημερών που χρειάζονται για να τελειώσουν μία εργασία, τα ημερομίσθια που προκύπτουν από το γινόμενο τους, μπορεί λόγω της στρογγυλοποίησης να διαφέρουν από τα ημερομίσθια που προέκυψαν από το γινόμενο των προμετρούμενων ποσοτήτων επί τους συντελεστές ημερομισθίων. Για παράδειγμα στην εργασία Υ1.1 ενώ τα ημερομίσθια είναι 6,60, επειδή το προσωπικό είναι 2 εργάτες, η κανονική διάρκεια της εργασίας θα είναι 3

ημέρες. Άρα υπολογίζοντας ανάποδα τον αριθμό των ημερομισθίων, αυτός θα είναι 6. Αυτές οι διαφορές στο τέλος συμψηφίζονται (μόλις 16 περισσότερα ημερομίσθια σε σύνολο 1.905), οπότε και το τελικό κόστος του ΙΚΑ δε θα επηρεαστεί, αφού θα είναι ελαφρώς υπερεκτιμημένο ($16 \times 47,88 = 766 \text{ €}$).

Η αμοιβή του μηχανικού υπολογίζεται ότι είναι 30.000 €, οπότε και επιμερίζεται στην κάθε υποδραστηριότητα ανάλογα με τον αριθμό των ημερομισθίων που της αντιστοιχεί.

Το **συνολικό άμεσο κόστος** της κάθε υποδραστηριότητας προκύπτει από το άθροισμα του άμεσου κόστους με τα γενικά έξοδα και το κέρδος του αναδόχου. Τα γενικά έξοδα και το κέρδος του αναδόχου υπολογίζονται μαζί ως ένα ποσοστό επί του άμεσου κόστους, το οποίο ορίζεται σε 15% ή 18% ανάλογα με την πηγή προέλευσης της πιστώσεως. Για το υπό εξέταση έργο έχει οριστεί σε 15%, το οποίο επιμερίστηκε σε 35% για τα γενικά έξοδα και 65% για το κέρδος του αναδόχου. Ο επιμερισμός αυτός ποικίλει ανάλογα με τη φύση του κάθε έργου, και ορίστηκε στα συγκεκριμένα ποσοστά σύμφωνα με την κοινή πρακτική που ακολουθείται στη συγκεκριμένη περιοχή.

Το **άμεσο επιταχυνόμενο κόστος** της κάθε υποδραστηριότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{άμεσο επιταχυνόμενο κόστος} = \text{επιταχυνόμενο κόστος υποδραστηριότητας} + \text{κόστος ΙΚΑ} + \text{αμοιβή μηχανικού}$$

Δεδομένου ότι το κόστος ΙΚΑ και η αμοιβή του μηχανικού δεν αλλάζει, αφού τα ημερομίσθια παραμένουν αμετάβλητα, το μόνο που πρέπει να υπολογιστεί είναι το *επιταχυνόμενο κόστος των υποδραστηριοτήτων*.

Προφανώς το επιταχυνόμενο κόστος των υποδραστηριοτήτων που δε θα επιταχυνθούν (μη κρίσιμες αλλά και κάποιες από τις κρίσιμες) θα είναι ίσο με το κανονικό τους κόστος. Αντίθετα, για την εύρεση του επιταχυνόμενου κόστους για τις δραστηριότητες που θα επιταχυνθούν, πολλαπλασιάστηκε το κανονικό τους κόστος με ένα συντελεστή, διαφορετικό για την καθεμία, ο οποίος προέκυψε εμπειρικά ανάλογα με τον παραπάνω αριθμό εργατών και μηχανημάτων που απαιτούσαν για την επιτάχυνσή τους.

Αργότερα έγινε μία επαλήθευση για την εγκυρότητα των συντελεστών αυτών, με βάση το αθροιστικό άμεσο επιταχυνόμενο κόστος όλων των δραστηριοτήτων. Γνωρίζοντας, όπως θα φανεί στο επόμενο κεφάλαιο, ότι η επιταχυνόμενη διάρκεια του έργου είναι

175 ημέρες, δηλαδή περίπου 19% μειωμένη σε σχέση με την κανονική διάρκεια που είναι 216 ημέρες, έπρεπε το αθροιστικό άμεσο επιταχυνόμενο κόστος όλων των υποδραστηριοτήτων να αυξηθεί κατά ένα μεγαλύτερο ποσοστό, όπως και έγινε τελικά αφού αυξήθηκε κατά 21%.

Το **συνολικό άμεσο επιταχυνόμενο κόστος** της κάθε υποδραστηριότητας προκύπτει από το άθροισμα του άμεσου επιταχυνόμενου κόστους με *τα επιταχυνόμενα γενικά έξοδα και το επιταχυνόμενο κέρδος του αναδόχου*, που προκύπτουν μαζί ως ένα ποσοστό 15% επί του άμεσου επιταχυνόμενου κόστους. Ο επιμερισμός τους ορίζεται σε 35% και 65% αντίστοιχα όπως προηγουμένως.

Στον Πίνακα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα είδη κόστους που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 5: Υπολογισμός κόστους εργασιών

ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	Μ.Μ.	Προμετρούμ. ποσότητες	Τιμή μονάδας	Κόστος υποδραστηρ.	Ημ/σθια	Κόστος ΙΚΑ	Αμοιβή μηχανικού	Άμεσο κόστος
Δ1 ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ								
Υ1.1 Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	μ ³	1.650,00	8	13.200	6	287	94	13.582
Υ1.2 Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	μ ³	206,25	8	1.650	1	48	16	1.714
Υ1.3 Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	μ ³	1.485,00	5	7.425	4	192	63	7.680
Υ1.4 Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	μ ³	33,00	5	165	1	48	16	229
Δ2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ								
Υ2.1 Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	μ ²	660,00	6	3.960	12	575	189	4.724
Υ2.2 Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	μ ²	82,50	6	495	2	96	31	622
Υ2.3 Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	μ ³	542,69	280	151.952	435	20.828	6.850	179.630
Υ2.4 Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	μ ³	44,84	250	11.209	40	1.915	630	13.754
Υ2.5 Σενάζ δρομικά	μ.μ.	535,01	1,5	803	16	766	252	1.821
Δ3 ΣΤΗΘΑΙΑ								
Υ3.1 Στηθαία δωματίων	μ.μ.	211,13	16	3.378	18	862	283	4.523
Υ3.2 Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	μ.μ.	76,99	18	1.386	6	287	94	1.768
Υ3.3 Στηθαία σκάλας εσωτερικής	μ.μ.	11,55	18	208	1	48	16	272
Δ4 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ								
Υ4.1 Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	μ ²	1.067,16	20	21.343	126	6.033	1.984	29.360
Υ4.2 Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	μ ²	18,81	18	339	2	96	31	466
Υ4.3 Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	μ ²	519,05	15	7.786	30	1.436	472	9.695
Δ5 ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ								
Υ5.1 Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	μ ²	456,56	5	2.283	8	383	126	2.792

Γενικά έξοδα	Κέρδος αναδόχου	Συνολικό άμεσο κόστος	Επιταχ. κόστος υποδραστηρ.	Επιταχ. άμεσο κόστος	Επιταχ. γενικά έξοδα	Επιταχ. κέρδος αναδόχου	Επιταχ. συνολικό άμεσο κόστος
713	1.324	15.619	17.688	18.070	949	1.762	20.780
90	167	1.971	1.650	1.714	90	167	1.971
403	749	8.831	10.469	10.724	563	1.046	12.332
12	22	263	165	229	12	22	263
248	461	5.432	5.306	6.070	319	592	6.980
33	61	716	495	622	33	61	716
9.431	17.514	206.574	196.018	223.696	11.744	21.810	257.250
722	1.341	15.817	14.460	17.005	893	1.658	19.555
96	178	2.094	803	1.821	96	178	2.094
237	441	5.202	4.527	5.672	298	553	6.523
93	172	2.033	1.386	1.768	93	172	2.033
14	26	312	208	272	14	26	312
1.541	2.863	33.764	27.960	35.977	1.889	3.508	41.373
24	45	536	339	466	24	45	536
509	945	11.149	10.199	12.108	636	1.181	13.924
147	272	3.211	2.283	2.792	147	272	3.211

Υ5.2	Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	μ ²	1.067,16	4	4.269	6	287	94	4.650
Υ5.3	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	μ ²	660,00	4	2.640	12	575	189	3.404
Υ5.4	Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	μ ²	82,50	4	330	2	96	31	457
Δ6	ΔΙΑΦΟΡΑ								
Υ6.1	Τζάκι	τεμ.	3,00	1500	4.500	8	383	126	5.009
Υ6.2	Ειδική κατασκευή-καμάρα	τεμ.	3,00	800	2.400	8	383	126	2.909
Υ6.3	Ειδική κατασκευή-τρούλος	τεμ.	3,00	1000	3.000	8	383	126	3.509
Υ6.4	Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	μ.μ.	157,74	30	4.732	8	383	126	5.241
Δ7	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ								
Υ7.1	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	μ ²	677,10	30	20.313	36	1.724	567	22.604
Υ7.2	Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	μ ²	75,00	30	2.250	12	575	189	3.014
Δ8	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ								
Υ8.1	Ύδρευση κατοικίας	μ ²	677,10	25	16.928	36	1.724	567	19.218
Υ8.2	Αποχέτευση κατοικίας	μ ²	677,10	25	16.928	36	1.724	567	19.218
Υ8.3	Αντλιοστάσιο πισίνας	μ ²	75,00	25	1.875	12	575	189	2.639
Δ9	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ								
Υ9.1	Επιχρίσματα εσωτερικά	μ ²	4.186,75	8	33.494	168	8.044	2.646	44.183
Υ9.2	Επιχρίσματα εξωτερικά	μ ²	1.701,03	9	15.309	72	3.447	1.134	19.890
Υ9.3	Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	μ ²	189,59	8	1.517	12	575	189	2.280
Δ10	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ								
Υ10.1	Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	μ ²	417,65	30	12.529	45	2.155	709	15.393
Υ10.2	Επένδυση τοίχων πισίνας	μ ²	100,43	30	3.013	10	479	157	3.649
Δ11	ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ								
Υ11.1	Δάπεδο Δωματίων	μ ²	210,80	45	9.486	20	958	315	10.759
Υ11.2	Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	μ ²	25,67	45	1.155	2	96	31	1.283

244	453	5.348	4.269	4.650	244	453	5.348
179	332	3.914	3.722	4.486	236	437	5.159
24	45	526	330	457	24	45	526
263	488	5.760	5.895	6.404	336	624	7.365
153	284	3.345	3.144	3.653	192	356	4.201
184	342	4.035	3.930	4.439	233	433	5.105
275	511	6.027	6.199	6.708	352	654	7.714
1.187	2.204	25.994	26.610	28.901	1.517	2.818	33.236
158	294	3.466	2.250	3.014	158	294	3.466
1.009	1.874	22.101	22.175	24.466	1.284	2.385	28.135
1.009	1.874	22.101	22.175	24.466	1.284	2.385	28.135
139	257	3.034	1.875	2.639	139	257	3.034
2.320	4.308	50.811	43.542	54.232	2.847	5.288	62.366
1.044	1.939	22.874	19.902	24.483	1.285	2.387	28.156
120	222	2.622	1.517	2.280	120	222	2.622
808	1.501	17.702	16.163	19.026	999	1.855	21.880
192	356	4.197	3.013	3.649	192	356	4.197
565	1.049	12.373	12.142	13.415	704	1.308	15.427
67	125	1.475	1.155	1.283	67	125	1.475

Y11.3	Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	μ ²	190,28	45	8.563	20	958	315	9.835
Y11.4	Δάπεδο Κουζίνας	μ ²	28,68	45	1.290	2	96	31	1.418
Y11.5	Δάπεδο Διαδρόμου	μ ²	37,19	45	1.674	4	192	63	1.928
Y11.6	Δάπεδο Λουτρών/WC	μ ²	50,06	45	2.253	6	287	94	2.635
Y11.7	Δάπεδο Αποθήκης	μ ²	3,30	30	99	1	48	16	163
Y11.8	Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	μ ²	66,00	30	1.980	3	144	47	2.171
Y11.9	Δάπεδο Βεράντας	μ ²	52,44	30	1.573	6	287	94	1.955
Y11.10	Δάπεδο Πισίνας	μ ²	82,50	30	2.475	8	383	126	2.984
Δ12	ΚΛΙΜΑΚΕΣ								
Y12.1	Σκαλομέρια εσωτερικά	τεμ.	108,00	45	4.860	2	96	31	4.987
Y12.2	Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	τεμ.	48,00	45	2.160	2	96	31	2.287
Y12.3	Πλατύσκαλα εξωτερικά	μ ²	2,64	45	119	1	48	16	182
Y12.4	Σκαλομέρια εξωτερικά	τεμ.	42,00	45	1.890	1	48	16	1.954
Δ13	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ								
Y13.1	Χρώματα εσωτερικά	μ ²	3.769,10	9	33.922	150	7.182	2.362	43.466
Y13.2	Χρώματα εξωτερικά	μ ²	1.701,03	12	20.412	48	2.298	756	23.466
Y13.3	Ριπολίνη κουφωμάτων	μ ²	282,71	20	5.654	18	862	283	6.800
Δ14	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ								
Y14.1	Πόρτες εισόδου	τεμ.	3,00	800	2.400	4	192	63	2.655
Y14.2	Πόρτες κατοικίας	τεμ.	39,00	250	9.750	45	2.155	709	12.613
Y14.3	Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	τεμ.	6,00	300	1.800	9	431	142	2.373
Y14.4	Μπαλκονόπορτες	τεμ.	33,00	600	19.800	36	1.724	567	22.091
Y14.5	Παράθυρα κατοικίας	τεμ.	60,00	300	18.000	72	3.447	1.134	22.581
Y14.6	Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	τεμ.	6,00	500	3.000	6	287	94	3.382

516	959	11.310	10.960	12.233	642	1.193	14.067
74	138	1.630	1.290	1.418	74	138	1.630
101	188	2.217	1.674	1.928	101	188	2.217
138	257	3.030	3.019	3.400	179	332	3.911
9	16	187	99	163	9	16	187
114	212	2.497	1.980	2.171	114	212	2.497
103	191	2.248	2.108	2.490	131	243	2.863
157	291	3.432	2.475	2.984	157	291	3.432
262	486	5.735	4.860	4.987	262	486	5.735
120	223	2.630	2.160	2.287	120	223	2.630
10	18	210	119	182	10	18	210
103	190	2.247	1.890	1.954	103	190	2.247
2.282	4.238	49.986	43.759	53.303	2.798	5.197	61.299
1.232	2.288	26.986	26.332	29.386	1.543	2.865	33.794
357	663	7.819	5.654	6.800	357	663	7.819
139	259	3.053	2.400	2.655	139	259	3.053
662	1.230	14.505	12.578	15.441	811	1.505	17.757
125	231	2.729	2.412	2.985	157	291	3.432
1.160	2.154	25.404	25.542	27.833	1.461	2.714	32.008
1.186	2.202	25.968	23.220	27.801	1.460	2.711	31.971
178	330	3.889	3.000	3.382	178	330	3.889

Δ15	ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ								
Υ15.1	Ντουλάπες κοινές	μ ² οψης	119,91	250	29.978	12	575	189	30.742
Υ15.2	Ντουλάπια κουζίνας κοινά	μ.μ.	31,68	250	7.920	8	383	126	8.429
Υ15.3	Πάγκος κουζίνας	μ.μ.	19,47	30	584	1	48	16	648
Δ16	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ								
Υ16.1	Λεκάνες (πλήρεις)	τεμ.	18,00	100	1.800	24	1.149	378	3.327
Υ16.2	Ντουζιέρες (πλήρεις)	τεμ.	9,00	350	3.150	12	575	189	3.914
Υ16.3	Μπανιέρες (πλήρεις)	τεμ.	6,00	400	2.400	8	383	126	2.909
Υ16.4	Νιπτήρες (πλήρεις)	τεμ.	21,00	250	5.250	30	1.436	472	7.159
Υ16.5	Πάγκοι νιπτήρων λουτρών	μ.μ.	26,40	30	792	1	48	16	856
Δ17	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ								
Υ17.1	Λεβητοστάσιο	αποκ	3,00	3500	10.500	6	287	94	10.882
Υ17.2	Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	αποκ	3,00	1500	4.500	6	287	94	4.882
Δ18	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ								
Υ18.1	Πέργκολα	μ ²	119,39	30	3.582	36	1.724	567	5.872
Υ18.2	Πεζούλια	μ.μ.	67,65	15	1.015	6	287	94	1.397
Υ18.3	Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	μ ²	324,51	20	6.490	36	1.724	567	8.781
Υ18.4	Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	τεμ.	40,00	20	800	1	48	16	864
Υ18.5	Τοιχοποιία πάχους 0,40m	μ ²	58,15	20	1.163	8	383	126	1.672
Υ18.6	Επιχρίσματα εξωτερικά	μ ²	168,51	9	1.517	8	383	126	2.026
Υ18.7	Χρώματα εξωτερικά	μ ²	168,51	12	2.022	4	192	63	2.277
Υ18.8	Πόρτα εισόδου οικοπέδου	τεμ.	1,00	3000	3.000	1	48	16	3.064
Υ18.9	Περίφραξη-Μάντρα	μ.μ.	212,32	15	3.185	12	575	189	3.948
Υ18.10	Δρόμος πρόσβασης	μ ²	347,60	15	5.214	15	718	236	6.168
Υ18.11	Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	μ.μ.	165,00	5	825	5	239	79	1.143

1.614	2.997	35.353	29.978	30.742	1.614	2.997	35.353
443	822	9.693	10.217	10.726	563	1.046	12.335
34	63	745	584	648	34	63	745
175	324	3.826	2.358	3.885	204	379	4.468
205	382	4.501	3.150	3.914	205	382	4.501
153	284	3.345	2.400	2.909	153	284	3.345
376	698	8.233	6.878	8.786	461	857	10.104
45	83	984	792	856	45	83	984
571	1.061	12.514	10.500	10.882	571	1.061	12.514
256	476	5.614	6.030	6.412	337	625	7.374
308	573	6.753	4.585	6.875	361	670	7.907
73	136	1.606	1.015	1.397	73	136	1.606
461	856	10.098	8.307	10.598	556	1.033	12.188
45	84	993	800	864	45	84	993
88	163	1.923	1.163	1.672	88	163	1.923
106	197	2.329	2.138	2.647	139	258	3.045
120	222	2.618	2.022	2.277	120	222	2.618
161	299	3.523	3.000	3.064	161	299	3.523
207	385	4.541	4.077	4.840	254	472	5.566
324	601	7.094	5.214	6.168	324	601	7.094
60	111	1.315	825	1.143	60	111	1.315

-
- ¹ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk, S 1994, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, Canada, σελ. 191 - 192
- ² Burke, R 2002, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, σελ. 118 - 122
- ³ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 191 - 192
- ⁴ Εφραιμίδης, Χ 2002, Δομικές Μηχανές, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 464
- ⁵ Εφραιμίδης, Χ, Δομικές Μηχανές, ό.π., σελ. 493 - 495
- ⁶ Εφραιμίδης, Χ, Δομικές Μηχανές, ό.π., σελ. 465 - 467
- ⁷ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 123 - 132
- ⁸ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 133 - 139
- ⁹ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 205 - 206
- ¹⁰ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 143 - 148
- ¹¹ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 206
- ¹² Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 163 - 164
- ¹³ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 164 - 171
- ¹⁴ Smith, D 1977, Quantitative Business Analysis, John Wiley & Sons, Inc, Canada, σελ. 431 - 440
- ¹⁵ Ahuja H, Dozzi S, Abourizk S, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, ό.π., σελ. 174
- ¹⁶ Lombaers, H 1969, Project Planning by Network Analysis, North Holland Publishing Company, Amsterdam, σελ. 366 - 367
- ¹⁷ Οικονόμου Γ, Γεωργίου, Α 2000, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, Τόμος Β', Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα, σελ. 205 - 207

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PERT/CPM

5.1 Γενικά στοιχεία για τη μέθοδο PERT/CPM

Για να μπορέσει ο διευθυντής έργου να προγραμματίσει και να ελέγξει αποτελεσματικά το έργο, είναι υποχρεωμένος να επεξεργαστεί, γρήγορα και με ακρίβεια, υπερβολικά μεγάλο αριθμό δεδομένων και να βάλει σε τάξη μία κατάσταση που είναι από τη φύση της περίπλοκη. Την εργασία αυτή έφερνε εις πέρας μόνος ή και με κάποιους συμβούλους μηχανικούς ο εκάστοτε διευθυντής έργου με αρκετή δυσκολία και στηριζόμενος αποκλειστικά στις γνώσεις και την εμπειρία του έως το 1958, όπου αναπτύχθηκε η πρώτη μέθοδος δικτυωτής ανάλυσης με εφαρμογή στη διαχείριση έργου.

Η δικτυωτή ανάλυση δίνει τη δυνατότητα σχεδίασης και προγραμματισμού ενός έργου, σε όλα τα επίπεδα λεπτομέρειας, σχετικά με τη διάρκεια κάθε δραστηριότητας, τη σειρά προτεραιότητας, την αναθεώρηση του προγράμματος όταν υπάρχουν μεταβολές στις δραστηριότητες ή καθυστερήσεις και με το κόστος του έργου. Οι μέθοδοι της δικτυωτής ανάλυσης, που χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης και του προγραμματισμού ενός έργου, είναι η PERT (Program Evaluation and Review Technique) και η CPM (Critical Path Method). Η πρώτη είναι η μέθοδος αξιολόγησης και αναθεώρησης του σχεδίου ενός έργου και η δεύτερη είναι η μέθοδος του κρίσιμου μονοπατιού. Οι μεθοδολογίες αυτές αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα μεταξύ τους στα τέλη της δεκαετίας του 50.

Οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν τη μέθοδο PERT για το χειρισμό προβλημάτων με στοχαστικούς χρόνους δραστηριοτήτων και τη μέθοδο CPM για προβλήματα με προσδιοριστικούς χρόνους. Η διαφορά αυτή προέκυψε ουσιαστικά από τη φύση των προβλημάτων που αντιμετώπιζαν κατά την περίοδο που αναπτύχθηκαν οι δύο μέθοδοι. Επίσης στα δίκτυα PERT οι δραστηριότητες παριστάνονταν με ακμές, ενώ στα δίκτυα CPM οι κόμβοι συμβόλιζαν τις δραστηριότητες.¹

Πιο συγκεκριμένα την περίοδο 1958-1959 η εταιρία συμβούλων Booz-Allen and Hamilton σε συνεργασία με το τμήμα ειδικών προγραμμάτων του πολεμικού ναυτικού,

ανέπτυξε μία νέα μέθοδο ονόματι Project Evaluation Research Task, προκειμένου να καταφέρει να σχεδιάσει, προγραμματίσει και ελέγξει το επιχειρησιακό πρόγραμμα της ανάπτυξης των οπλικών συστημάτων Polaris του πολεμικού ναυτικού των Η.Π.Α. Σύντομα η μέθοδος αυτή μετονομάστηκε σε Program Evaluation Review Technique, γνωστή σήμερα και ως μέθοδο PERT.

Η εφαρμογή της μεθόδου στο πρόγραμμα Polaris έγινε με τον επιτυχημένο συντονισμό διακοσίων πενήντα υπερβολάβων, εννέα χιλιάδων εργολάβων, αλλά και εκατοντάδων ακόμα παραγόντων-συντελεστών. Με τη μέθοδο PERT, το πολεμικό ναυτικό των Η.Π.Α. κατάφερε να φέρει εις πέρας το πρόγραμμα Polaris δύο χρόνια νωρίτερα από ότι είχε προγραμματιστεί, και έτσι η Αμερικανική κυβέρνηση εφήρμοσε τη μέθοδο και σε άλλα προγράμματα εθνικής άμυνας (Air Force' s Minuteman, Skybolt, Dyna-Soar, Army' s Nike-Zeus). Από τότε η μέθοδος αυτή εξαπλώθηκε ραγδαία στη βιομηχανία άμυνας και αεροδιαστημικής. Η σημασία της μεθόδου φάνηκε επίσης από την απόφαση της κυβέρνησης το 1962 να απαιτήσει την εφαρμογή της στις περισσότερες συμβάσεις έρευνας και ανάπτυξης που επιχορηγούνταν από το κράτος.

Περίπου την ίδια περίοδο που το πολεμικό ναυτικό ανέπτυξε τη μέθοδο PERT, η Du Pont Corporation το 1957 ανέπτυξε ένα παρόμοιο εργαλείο σχεδιασμού και προγραμματισμού για την κατασκευή ενός εργοστασίου χημικών. Το μοντέλο αυτό έγινε γνωστό ως Critical Path Method (CPM) και εφαρμόστηκε σε μεγάλη έκταση στον κατασκευαστικό κλάδο. Μολονότι η CPM αναπτύχθηκε αρχικά για να αποτιμήσει ποσοτικά την αντισταθμιστική σχέση κόστους-χρόνου, ο όρος CPM χρησιμοποιείται σήμερα ως συνώνυμος του όρου PERT, για να υποδηλώσει είτε το χρονικό προγραμματισμό καθεαυτόν, είτε τον ενιαίο κύκλο προγραμματισμού και ελέγχου.²

Οι μέθοδοι PERT και CPM είναι εννοιολογικά παρόμοιες και βασίζονται και οι δύο στα δίκτυα: την κατασκευή δικτύων και την εύρεση των κρίσιμων και μη κρίσιμων διαδρομών. Αν και στην πράξη οι διαφορές τους έχουν εξαλειφθεί, η κάθε μία έδινε έμφαση σε μία συγκεκριμένη πλευρά του χρονικού προγραμματισμού.

Η μέθοδος PERT αναπτύχθηκε για προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης στις βιομηχανίες της άμυνας και της αεροδιαστημικής. Στους κλάδους αυτούς ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός πρέπει να γίνουν προτού λυθούν όλα τα τεχνολογικά προβλήματα. Αυτού του είδους τα μεγάλα έργα συνεπάγονται σημαντικές αβεβαιότητες. Σε συνδυασμό και με το γεγονός ότι δεν υπάρχουν ιστορικά στατιστικά στοιχεία και άλλες πληροφορίες διαθέσιμες για εκτιμήσεις χρονικών διαρκειών και

κατασκευή δικτύων, η μέθοδος PERT εστίασε στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης διάρκειας και της αντίστοιχης αβεβαιότητας των δραστηριοτήτων. Συνδέοντας στατιστικά τις εκτιμήσεις αυτές με τις μεταβλητότητές τους, υπήρξε μία μέθοδος για τον υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης ενός έργου σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια.³

Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής CPM αναπτύχθηκε για βιομηχανικούς λόγους. Χρησιμοποιείται πιο συχνά σε κατασκευαστικά έργα όπου τα υλικά και οι δραστηριότητες είναι δεδομένα. Αντί να εστιάζει στον υπολογισμό της αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις των χρονικών διαρκειών, εστιάζει στην ελαχιστοποίηση του κόστους των έργων. Επίσης δεν είναι πιθανολογική μέθοδος όπως η PERT, αφού οι χρονικές εκτιμήσεις είναι γνωστές με μία λογική βεβαιότητα. Δύο χρονικές εκτιμήσεις με το αντίστοιχο κόστος τους γίνονται για κάθε δραστηριότητα: μία κανονική διάρκεια που αντανακλά τις τυπικές κανονικές συνθήκες και μία επιταχυνόμενη διάρκεια, που αντανακλά συνθήκες υπερωριών και επιτάχυνσης ενός έργου. Αυτή η επιταχυνόμενη διάρκεια πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας παραπάνω πόρους και άρα το κόστος αυξάνεται. Αντικειμενικός σκοπός της μεθόδου ήταν η βελτιστοποίηση του συνολικού κόστους του έργου.⁴

Από την εισαγωγή των δύο αυτών μεθόδων και μετά, έχουν δημιουργηθεί πολλές παραλλαγές και βελτιώσεις τους. Πολλές από αυτές συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά και των δύο μεθόδων. Τα τελευταία χρόνια οι διαφορές που υπήρχαν μεταξύ των μεθόδων έχουν σχεδόν εξαλειφθεί στην πράξη, οπότε πλέον η μέθοδος είναι ενιαία και καλείται μέθοδος PERT/CPM.

Οι μέθοδοι PERT και CPM είναι στην πραγματικότητα εργαλεία διαχείρισης έργου, που διευκολύνουν στο σχεδιασμό, προγραμματισμό και έλεγχο των έργων. Ειδικότερα:

- παρέχουν στους διαχειριστές των έργων μία ευκρινή απεικόνιση του χρόνου, του κόστους και των απαιτήσεων σε πρώτες ύλες και εργατικό δυναμικό
- παρέχουν διαγράμματα δικτύου που συσχετίζουν όλες τις δραστηριότητες ως προς τη διάσταση του χρόνου
- είναι μέθοδοι που εντοπίζουν τις κρίσιμες και μη κρίσιμες δραστηριότητες
- παρέχουν στους διαχειριστές των έργων ένα εργαλείο για την απομόνωση και ελαχιστοποίηση πιθανών κινδύνων (διακοπές, καθυστερήσεις, κλπ)
- παρέχουν ένα συστηματικό τρόπο για καλύτερο συντονισμό και συγχρονισμό των συστατικών στοιχείων μεγάλων έργων

- διευκολύνουν την επικοινωνία, το συντονισμό και τη συνεργασία διαφορετικών ομάδων που εργάζονται στο ίδιο έργο
- ενημερώνουν τους διαχειριστές των έργων για την κατάσταση και το ρυθμό ανάπτυξης των έργων, καθώς και για την υπολειπόμενη εργασία και χρόνο μέχρι την ολοκλήρωση των έργων
- συντελούν στην έγκαιρη ολοκλήρωση ακόμα και των πολύπλοκων και μεγάλων σε έκταση έργων ⁵

Ο ρόλος της μεθόδου PERT/CPM στις διάφορες φάσεις του σχεδιασμού είναι ο εξής: από τη μία πλευρά παρέχει μία μέθοδο ανάλυσης, που λόγω της σαφήνειας και της απλότητάς της συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της δομής των έργων, και από την άλλη πλευρά λόγω της αυστηρής και επίσημης μορφής της, απαιτώντας την τμηματοποίηση του πακέτου δεδομένων σε ξεχωριστά προβλήματα, αποτελεί τη μοναδική πλήρη απάντηση σε όλες τις ερωτήσεις που μπορεί να προκύψουν κατά την ανάλυση ενός έργου, σε τέτοιο βαθμό που αυτόματα επιβάλλει σε όλους όσους την εφαρμόζουν, να έχουν ενεργό ρόλο στη φάση του σχεδιασμού.

Η μέθοδος PERT/CPM μπορεί να εισαχθεί-εφαρμοστεί σε δύο φάσεις, ανταποκρινόμενη σε δύο βαθμούς ανάλυσης. Στην πρώτη φάση, η ανάλυση είναι πολύ χονδροειδής-γενική και έχει σκοπό να καθορίσει τη συνολική δομή των δραστηριοτήτων των έργων, παρέχοντας το οργανωτικό διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό δεν μπορεί να περιλάβει λεπτομερείς δραστηριότητες αλλά παραμένει στο επίπεδο των έργων και υποέργων, και καθορίζει τις σχέσεις αλληλουχίας μεταξύ τους.

Η λεπτομερής ανάλυση που εφαρμόζεται από τα υποέργα, είναι το αντικείμενο της δεύτερης φάσης. Αποτελείται από τη συγκέντρωση όλων των πληροφοριών σε ένα δεδομένο υποέργο και την περιγραφή τους σε ένα λεπτομερές γράφημα: δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν, κόστος της κάθε δραστηριότητας, απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωσή τους, χρονική αλληλουχία, αλληλεξάρτηση των δραστηριοτήτων, επιφόρτιση-ανάθεση των εργασιών στο εργατικό προσωπικό, κλπ.

Από τη στιγμή που όλα αυτά τα δεδομένα είναι έτοιμα, επεξεργάζονται στον υπολογιστή από ειδικά προγράμματα διαχείρισης έργου. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων, που είναι κυρίως τριών ειδών:

- έγγραφα που περιγράφουν τις οργανωτικές δομές:

1. πλήρης λίστα όλων των δραστηριοτήτων που πρέπει να εκτελεστούν με τις απαραίτητες λεπτομέρειες (διάρκεια, καταμερισμός πόρων, κόστος, πρώτη δραστηριότητα, κλπ)
 2. λίστα των χαρακτηριστικών δραστηριοτήτων που είναι πιο σημαντικές λόγω του βαθμού ολοκλήρωσής τους, και ένδειξη των χρονικών διαρκειών που αντιστοιχούν στα διάφορα ποσοστά ολοκλήρωσης
 3. μεταβολή των προβλεπόμενων δαπανών και αναπαράστασή τους σε πινακοειδή μορφή και σε γραφικές παραστάσεις
- έγγραφα-πληροφορίες για τον καταμερισμό των πόρων:
 1. λεπτομερή διαγράμματα της χρήσης των πόρων, όπου η μεταβολή τους σε μία χρονική περίοδο εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του εργατικού δυναμικού και των μηχανημάτων
 2. καταμερισμός των πόρων στα διάφορα έργα
 - έγγραφα για το διοικητικό έλεγχο:
 1. διαγράμματα Gantt, όπου όλες οι δραστηριότητες απεικονίζονται σε ένα ραβδόγραμμα σε σχέση με μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο
 2. σχέδιο δράσης των πόρων, όπου για κάθε πόρο υπάρχει μία λίστα με ομαδοποιημένες τις δραστηριότητες που απαιτούν το συγκεκριμένο πόρο, με χρονολογική σειρά και με όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες (διάρκεια, κόστος, κλπ)
 3. οικονομικό σχέδιο, όπου οι δραστηριότητες που προκαλούν την αύξηση των εξόδων παρουσιάζονται ανά τύπο εξόδων, μαζί και με την ημερομηνία που πρόκειται να πραγματοποιηθούν τα έξοδα.⁶

Γενικότερα πάντως οι πληροφορίες που μπορεί να αποκτήσει ο υπεύθυνος του έργου, και κατ' επέκταση η ομάδα εκτέλεσης με την κατασκευή του δικτύου PERT/CPM και τη χρήση της αντίστοιχης μεθόδου είναι οι ακόλουθες:

1. Γραφική αναπαράσταση των δραστηριοτήτων και ειδικότερα ακριβή γραφική αναπαράσταση της αλληλουχίας των προαπαιτούμενων δραστηριοτήτων
2. Εκτίμηση του συνολικού χρόνου που θα διαρκέσει το έργο
3. Εντοπισμός των κρίσιμων δραστηριοτήτων, δηλαδή εκείνων που δεν πρέπει να καθυστερήσουν, διότι τότε θα καθυστερήσει και η ολοκλήρωση του έργου
4. Εντοπισμός των μη κρίσιμων δραστηριοτήτων
5. Υπολογισμός του χαλαρού χρόνου (slack time), δηλαδή του δυνατού περιθωρίου καθυστέρησης χωρίς επιβάρυνση του συνολικού χρόνου του έργου, για κάθε μη κρίσιμη δραστηριότητα

6. Υπολογισμός της πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου μέσα σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και ειδικότερα στις περιπτώσεις που οι χρόνοι διάρκειας των δραστηριοτήτων είναι εκτιμήσεις
7. Δυνατότητα παρακολούθησης της χρονικής εξέλιξης του έργου και της κατανομής των πόρων και δυνατότητα αναθεώρησης του προγράμματος με μεταβολή των χρόνων, εντοπισμό νέων κρίσιμων δραστηριοτήτων και ανακατανομή των διαθέσιμων πόρων
8. Διερεύνηση της δυνατότητας μείωσης του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου (crashing), καθορισμός των απαιτούμενων πόρων και των δραστηριοτήτων που πρέπει να τροφοδοτηθούν ⁷

Οι μέθοδος PERT/CPM ξεκινά με το στάδιο του σχεδιασμού, όπου το έργο χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα, με το καθένα να προσδιορίζεται σαφώς από τις δραστηριότητες που περικλείει. Η κάθε δραστηριότητα αντίστοιχα προσδιορίζεται από το χρόνο και τους πόρους που απαιτεί, για να ολοκληρωθεί ένα γεγονός. Ύστερα από το σχεδιασμό, τα γεγονότα και οι δραστηριότητες δομούνται έτσι ώστε να κατασκευαστεί ένα διάγραμμα δικτύου, το οποίο δείχνει τη ροή του έργου παράλληλα και με τις εκτιμώμενες διάρκειες των δραστηριοτήτων. Το διάγραμμα αυτό εστιάζει στο χρονικό προγραμματισμό, αφού καθορίζει ποιές δραστηριότητες μπορούν να ξεκινήσουν και πότε, και ποιές πρέπει να ολοκληρωθούν πριν ξεκινήσουν άλλες δραστηριότητες. Τέλος εντοπίζεται το κρίσιμο μονοπάτι με τις αντίστοιχες κρίσιμες δραστηριότητες και ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης του έργου. ⁸

Τα βήματα για την εφαρμογή τη μεθόδου PERT/CPM είναι τα εξής:

1. Κατασκευή του λογικού διαγράμματος δικτύου
2. Προσδιορισμός της διάρκειας όλων των δραστηριοτήτων
3. Προσδιορισμός του εργασιακού ημερολογίου
4. Εντοπισμός των δραστηριοτήτων που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή

5.2 Διαγράμματα δικτύου

Η δομική ανάλυση έργου WBS παρέχει μία μεθοδική ανάλυση του αντικειμένου των εργασιών σε πακέτα εργασιών, τα οποία μπορούν να χειριστούν εύκολα και να αναλυθούν περαιτέρω, ώστε να προκύψει ο κατάλογος δραστηριοτήτων. Το επόμενο

βήμα είναι να καθοριστούν οι λογικές σχέσεις που συνδέουν τις διάφορες δραστηριότητες μεταξύ τους, και αυτό γίνεται με τη χρήση ενός διαγράμματος δικτύου.

Το διάγραμμα δικτύου (network diagram) μπορεί να οριστεί ως μία γραφική παράσταση των δραστηριοτήτων του έργου, στην οποία αποτυπώνεται η προγραμματισμένη αλληλουχία των εργασιών. Στην απλούστερή του μορφή απαιτεί μόνο ομάδες πληροφοριών όπως

- τον κατάλογο των δραστηριοτήτων και
- τους λογικούς περιορισμούς στους οποίους υπακούουν, και οι οποίοι αποκαλούνται επίσης και λογικές διασυνδέσεις, λογικές εξαρτήσεις ή λογικές σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων.

Το διάγραμμα δικτύου, το οποίο ονομάζεται επίσης και μέθοδος διαγράμματος προτεραιότητας (PDM, Precedence Diagram Method), είναι μία εξελιγμένη μορφή της έννοιας της δραστηριότητας επί του κόμβου (AON), σύμφωνα με την οποία κάθε μία δραστηριότητα αναπαρίσταται από ένα κόμβο ή ένα τετραγωνάκι.

Απεικονίζει την αλληλουχία των δραστηριοτήτων, η οποία καθορίζεται από λογικές σχέσεις, που μπορεί να είναι είτε υποχρεωτικές είτε μη υποχρεωτικές. Οι υποχρεωτικές σχέσεις, ή αλλιώς αυστηρές εξαρτήσεις, είναι περιορισμοί που τίθενται από τη μέθοδο υλοποίησης. Για παράδειγμα σε ένα οικοδομικό έργο τα θεμέλια πρέπει (αυστηρή λογική) να χτιστούν πριν κατασκευαστούν οι τοίχοι και η στέγη, ενώ το τέλος των ηλεκτρολογικών εργασιών πριν από την κατασκευή των υδραυλικών συστημάτων, είναι μη υποχρεωτική σχέση (μη αυστηρή λογική). Μη υποχρεωτική λογική είναι η προτιμώμενη ή βέλτιστη πρακτική, όπως την εννοούν τα μέλη της ομάδας έργου.

Πριν σχεδιαστεί το διάγραμμα δικτύου, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι λογικές σχέσεις που συνδέουν μεταξύ τους όλες τις δραστηριότητες. Οι σχέσεις αυτές μπορεί να είναι δύο ειδών:

1. **Οι δραστηριότητες σε σειρά:** Όταν οι δραστηριότητες είναι διατεταγμένες σε σειρά, αυτό σημαίνει ότι πρέπει να εκτελεστούν η μία μετά την άλλη. Κατά την πρώτη φάση ανάπτυξης του διαγράμματος δικτύου, το πιθανότερο είναι ότι οι περισσότερες δραστηριότητες θα τεθούν σε σειρά.
2. **Οι παράλληλες δραστηριότητες:** Όταν δύο ή περισσότερες δραστηριότητες είναι παράλληλες, αυτό σημαίνει ότι μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα και άρα γίνεται αποδοτικότερη χρήση του χρόνου συγκριτικά με την περίπτωση των δραστηριοτήτων σε σειρά.

Οι όροι λογική σχέση, περιορισμός, εξάρτηση και διασύνδεση χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και αναπαριστώνται από γραμμές που συνδέουν τα τετραγωνάκια των δραστηριοτήτων. Στην αναπαράσταση που χρησιμοποιείται συχνότερα, οι γραμμές σύρονται από αριστερά προς τα δεξιά, ξεκινούν από τη δεξιά πλευρά των τετραγώνων και καταλήγουν στην αριστερή πλευρά τους.⁹

Τα **διαγράμματα δικτύου CPM/PERT** είναι πιο περίπλοκα από τα απλά διαγράμματα προτεραιότητας εργασιών, όπου απλά φαίνεται η σειρά των εργασιών. Ένα τέτοιο διάγραμμα αναπτύσσεται αφού μελετηθεί καλά το έργο, αποφασιστούν οι προσεγγίσεις, μεθοδολογίες, τεχνικές και η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί και χωριστεί το έργο σε επιμέρους στοιχεία για το σχεδιασμό και προγραμματισμό του έργου. Τα στοιχεία ενός έργου είναι οι αντικειμενικοί σκοποί του έργου, οι δραστηριότητες, εργασίες ή φάσεις εργασιών και τα γεγονότα ή ορόσημα.

Αφού προσδιοριστούν τα στοιχεία ενός έργου, ταξινομούνται στην επιθυμητή σειρά για την εκτέλεσή τους. Αυτή είναι μία συνθετική διαδικασία, που πρέπει να λάβει υπόψη της την τεχνολογική διάσταση των δραστηριοτήτων, τη σχέση μεταξύ τους αλλά και με τους αντικειμενικούς στόχους, και το περιβάλλον στο οποίο θα εκτελεστούν. Το διάγραμμα χρησιμοποιείται για να αναδείξει τους παράγοντες αυτούς, αφού δείχνει τη σειρά με την οποία τα στοιχεία του έργου θα εκτελεστούν. Οι περιορισμοί που τίθενται στα διαγράμματα δικτύου αναπαριστούν τις σχέσεις προτεραιότητας, που προκύπτουν από φυσικούς περιορισμούς, διοικητικές πολιτικές και διαδικασίες και δεν απαιτούν ούτε πόρους, και τις περισσότερες φορές ούτε και χρόνο.

Για τη μετάβαση από ένα γεγονός σε κάποιο άλλο, απαιτείται η εκτέλεση μίας δραστηριότητας. Κάθε δραστηριότητα αρχίζει με ένα γεγονός και τελειώνει με ένα άλλο. Καθώς προστίθεται μία δραστηριότητα στο δίκτυο, η σχέση της με τις άλλες δραστηριότητες προσδιορίζεται από τις απαντήσεις στα εξής:

1. Ποιές είναι οι δραστηριότητες που πρέπει να ολοκληρωθούν πριν ξεκινήσει η δραστηριότητα αυτή. Οι δραστηριότητες αυτές είναι οι προηγούμενες δραστηριότητες (predecessor activities).
2. Ποιές είναι οι δραστηριότητες που μπορούν να ξεκινήσουν αφού ολοκληρωθεί η δραστηριότητα αυτή. Οι δραστηριότητες αυτές είναι οι ακόλουθες δραστηριότητες (successor activities).
3. Ποιές είναι οι δραστηριότητες που μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα με τη δραστηριότητα αυτή. Οι δραστηριότητες αυτές είναι οι ταυτόχρονες δραστηριότητες (concurrent-parallel activities).

Ετοιμάζοντας το σχέδιο του δικτύου, πρέπει να συμπεριληφθούν και οι διοικητικές δραστηριότητες, όπως η προετοιμασία των εγγράφων και συμβολαίων, η προμήθεια των απαραίτητων πόρων, κλπ. Οι τεχνικές εργασίες συχνά δε μπορούν να ξεκινήσουν αν δεν ολοκληρωθούν αυτές οι διοικητικές δραστηριότητες.

Η ποιότητα ενός σχεδίου συχνά εκτιμάται σε σχέση με το **επίπεδο λεπτομέρειας** που περιλαμβάνει. Οι σχεδιαστές δικτύων συχνά προσπαθούν να δίνουν τις λιγότερες λεπτομέρειες. Η κάθε δραστηριότητα μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερες υποδραστηριότητες. Η σωστή διαδικασία είναι να ληφθούν προσεκτικά υπόψη ποιές δραστηριότητες είναι απαραίτητες και πώς συσχετίζονται μεταξύ τους. Ιδιαίτερη έμφαση κατά την προετοιμασία ενός δικτύου πρέπει να δοθεί στο σχεδιασμό του έργου, δηλαδή στον τρόπο με τον οποίο θα εκτελεστεί ένα έργο και τί πρέπει να γίνει για την εκπλήρωση των αντικειμενικών του στόχων.¹⁰

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που εμπλέκονται στον καθορισμό του καταλληλότερου επιπέδου λεπτομέρειας ενός δικτύου. Κατά την εξέταση των δραστηριοτήτων για την επέκταση, μείωση, ή αφαίρεση κάποιων από αυτές, πρέπει να ληφθούν υπόψη από το σχεδιαστή του δικτύου τα εξής ερωτήματα:

1. Ποιοί πρόκειται να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο, και ποιά είναι τα ενδιαφέροντά τους;
2. Είναι εφικτή η ανάλυση μίας δραστηριότητας με περισσότερη λεπτομέρεια;
3. Υπάρχουν ξεχωριστές ιδιότητες και περιοχές ενδιαφέροντος σε μία δραστηριότητα, που να είναι λόγοι για περαιτέρω ανάλυση;
4. Θα επηρεαστεί η ακρίβεια των χρονικών εκτιμήσεων από την αυξανόμενη ή μειούμενη λεπτομέρεια;

Τα ερωτήματα αυτά είναι απλά ένας οδηγός για το σχεδιαστή ενός δικτύου, σχετικά με τις αποφάσεις που πρέπει να πάρει για το επίπεδο λεπτομέρειας του υπό εξέταση δικτύου. Η εμπειρία του σχεδιαστή σε αντίστοιχα έργα αλλά και η κατανόηση από την πλευρά του της πολυπλοκότητας του έργου, είναι παράγοντες που επίσης συμβάλλουν στο βέλτιστο επίπεδο λεπτομέρειας του δικτύου.¹¹

Η εφαρμογή των δικτύων στις κατασκευές συνήθως συνίσταται στα εξής:

1. Στο σχεδιασμό και έλεγχο της κατασκευαστικής διαδικασίας, ως ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των επενδυτών. Το δίκτυο εκτείνεται σε όλο το κατασκευαστικό πρόγραμμα.

2. Στο χρονοισμό του κατασκευαστικού σχεδίου-προγράμματος για κάθε συγκεκριμένο έργο. Αποτελεί ένα άρτιο σχέδιο για την προετοιμασία των κατασκευαστών πριν την έναρξη του έργου. Το δίκτυο προετοιμάζεται για ολόκληρο το έργο, και καθώς τηρεί πιστά τις συμφωνημένες χρονικές διάρκειες των δραστηριοτήτων, εστιάζει στο συγχρονισμό και συντονισμό των πόρων της εταιρίας (συνεργεία, μηχανήματα). Οι απαιτήσεις σε πόρους αθροίζονται κατά διαστήματα και χρησιμεύουν ως προπαρασκευαστικές πληροφορίες. Η γραφική προσομοίωση βοηθά στην επιλογή της βέλτιστης οργανωτικής και τεχνολογικής εναλλακτικής λύσης. Το χρονικό πρόγραμμα του έργου είναι ένα εργαλείο στα χέρια των εργολάβων και ορίζει το πραγματικό βέλτιστο σχέδιο του κατασκευαστικού έργου.
3. Στον έλεγχο του κατασκευαστικού έργου από τους εργολάβους χρησιμοποιώντας το χρονικό πρόγραμμα με τη μορφή ενός γραφήματος δικτύου, που πραγματοποιείται μέσω γραφικής προσομοίωσης. Είναι ένα εργαλείο ελέγχου και για το ίδιο το εργατικό δυναμικό της εταιρίας.
4. Στη χρήση του ως ένα ζωτικής σημασίας τμήματος του συστήματος διοίκησης της κατασκευαστικής εταιρίας.

Η εφαρμογή της ανάλυσης δικτύου στο σύστημα διοίκησης μίας κατασκευαστικής εταιρίας σχετίζεται όχι μόνο με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες ενός έργου ξεχωριστά, αλλά και με τη σύνδεσή τους μέσα στο πλαίσιο των οργανωτικών μονάδων της εταιρίας. Η πρώτη της δουλειά είναι να καθορίσει, να διασφαλίσει και να ελέγξει το χρονικό πρόγραμμα της κατασκευής, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τους ιδιόκτητους πόρους της εταιρίας και τους εξωγενείς πόρους στο βέλτιστο βαθμό.

Η ανάλυση δικτύου πραγματοποιεί ταυτόχρονα δύο λειτουργίες:

1. Καθορίζει το μέγεθος του χρόνου της κατασκευής που σχετίζεται με τη συνεχή και εξισορροπημένη εκμετάλλευση των πόρων της εταιρίας
2. Αθροίζει τις επιλεγμένες απαιτήσεις για τα επιλεγμένα χρονικά διαστήματα και τα επιλεγμένα οργανωτικά επίπεδα

Συνεπώς, η ανάλυση δικτύου είναι πολύ χρήσιμη στο διοικητικό σύστημα της κατασκευαστικής εταιρίας, αφού προσφέρει μία σειρά πλεονεκτημάτων που καμία άλλη μέθοδος δε μπορεί να προσφέρει. Συγκεκριμένα πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι τα διαγράμματα δικτύου επεξεργάζονται νωρίτερα και αξιοποιούνται στην προετοιμασία των κατασκευαστικών προγραμμάτων και είναι διαθέσιμα για χρήση στην κατασκευαστική εταιρία.¹²

Κατά μία άποψη το δίκτυο είναι μόνο μία γραφική αναπαράσταση ενός σχεδίου του έργου. Το σχέδιο μπορεί να προϋπήρχε σε κάποια άλλη μορφή – σε μία απλή αναφορά, στη σκέψη των διαχειριστών του έργου, σε ένα ραβδόγραμμα. Στην πράξη ωστόσο, η προετοιμασία ενός δικτύου συνήθως επηρεάζει τις αποφάσεις σχεδιασμού και προγραμματισμού, καταλήγει σε ένα σχέδιο που περιέχει περισσότερες λεπτομέρειες, και είναι διαφορετικό από τις αρχικές σκέψεις για το πώς πρέπει να γίνει ένα έργο. Οι αλλαγές αυτές προκύπτουν από την αυστηρότητα της διαδικασίας ανάπτυξης δικτύου, που απαιτεί περισσότερο αναλυτική σκέψη για το έργο, από ότι ένα ραβδόγραμμα ή άλλοι τύποι περιγραφής έργου.

Έτσι, η κατασκευή ενός δικτύου συχνά είναι ένα καθοριστικής σημασίας κομμάτι στο σχεδιασμό του έργου, παρά μία εκ των υστέρων γραφική εξάσκηση. Η φάση του σχεδιασμού μάλιστα έχει αποδειχθεί ότι είναι το πιο χρήσιμο τμήμα των μεθόδων κρίσιμης διαδρομής. Αναπτύσσοντας ένα λεπτομερές και αναλυτικό δίκτυο έργου, οι χρήστες συχνά κάνουν σημαντικές βελτιώσεις επάνω στις αρχικές τους ιδέες, συντονίζονται καλύτερα με τους προμηθευτές, τους μηχανικούς, τους διαχειριστές του έργου, τους εργολάβους και όλους τους άλλους που εμπλέκονται στο έργο, και καταλήγουν σε ένα τεκμηριωμένο σχέδιο, που έχει ισχυρά **ψυχολογικά αποτελέσματα στη μελλοντική διαχείριση του έργου**. Ως τέτοιο μπορεί να θεωρηθεί η αίσθηση του εργατικού δυναμικού για άμεση εποπτεία και σωστό συντονισμό όλων των δραστηριοτήτων του έργου από τους διαχειριστές του, και άρα η **εξαρχής παρακίνηση της ομάδας έργου**.¹³

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διαγράμματα δικτύου για την πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων (για τους ενωρίτερους χρόνους) του υπό εξέταση έργου, όπως εξήχθησαν από το λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργων Microsoft Project. Παράλληλα στα διαγράμματα αυτά φαίνονται και οι κρίσιμες δραστηριότητες, οι οποίες απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, σε αντίθεση με τις μη κρίσιμες που απεικονίζονται με μπλε χρώμα. Σε κάθε κουτάκι αναγράφεται το όνομα της δραστηριότητας, η διάρκειά της και η ενωρίτερη έναρξη και λήξη της.

Τα διαγράμματα αυτά στηρίζονται στην αλληλουχία των δραστηριοτήτων όπως προσδιορίστηκε στο Κεφάλαιο 2 και παρουσιάστηκε στον Πίνακα 2.

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕКЪМЪО РЕПАА

РАНЕКЪМЪО РЕПАА

5.3 Εκτιμήσεις χρονικών διαρκειών δραστηριοτήτων

Για να ξεκινήσει η χρονική ανάλυση που συνεπάγεται η μέθοδος PERT/CPM πρέπει να καθορισθεί η χρονική διάρκεια της κάθε δραστηριότητας, η ημερομηνία έναρξης του έργου και το εργασιακό ημερολόγιο, δηλαδή οι βάρδιες και οι αργίες. Ως χρονική μονάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ώρα, η ημέρα, η εβδομάδα, ο μήνας ή η βάρδια. Η επιλογή εξαρτάται από το είδος των δραστηριοτήτων και το είδος του έργου. Ως διάρκεια δραστηριότητας ορίζεται το χρονικό διάστημα από την έναρξη μέχρι τη λήξη της δραστηριότητας και εξαρτάται από τους διαθέσιμους πόρους.¹⁴

Η εκτίμηση του χρόνου των δραστηριοτήτων για τη μέθοδο PERT συνήθως γίνεται από τα άτομα που είναι υπεύθυνα για την εκτέλεση ή την επίβλεψη της εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας. Το άτομο που είναι άμεσα υπεύθυνο για μία δραστηριότητα πρέπει να ερωτηθεί για την εκτίμηση της διάρκειας της, αφού γνωρίζει καλύτερα από τους άλλους για τις πιθανές δυσκολίες εκτέλεσης της δραστηριότητας και τις πιθανές μεταβολές κατά την εκτέλεση.

Προκειμένου να αποσαφηνιστεί καλύτερα ο ρόλος της μεθόδου PERT/CPM, πρέπει πρώτα να αναφερθεί ότι υπάρχουν δύο είδη δραστηριοτήτων. Από τη μία μεριά είναι οι δραστηριότητες που μπορεί να μην έχουν πραγματοποιηθεί ξανά στο παρελθόν και περικλείουν ένα σημαντικό αριθμό κινδύνων. Οι δραστηριότητες αυτές ονομάζονται **μεταβλητές** δραστηριότητες και χαρακτηρίζονται από μία σχετικά μεγάλη μεταβλητότητα στην πραγματική διάρκεια που χρειάζονται μέχρι να ολοκληρωθούν. Από την άλλη μεριά είναι οι **ντετερμινιστικές** δραστηριότητες, δηλαδή αυτές που η διάρκειά τους είναι γνωστή με μεγάλη ακρίβεια, λόγω της προηγούμενης εμπειρίας στην υλοποίησή τους, και η μεταβλητότητα της διάρκειά τους είναι ασήμαντη. Τα περισσότερα έργα αποτελούνται από ένα συνδυασμό μεταβλητών και ντετερμινιστικών δραστηριοτήτων, με τις δεύτερες να υφίστανται σε μεγαλύτερο βαθμό, αφού το κάθε έργο είναι ξεχωριστό και περικλείει διαφορετικά προβλήματα, που μπορεί να επηρεάσουν τη διάρκεια εκτέλεσης κάποιων δραστηριοτήτων. Στα έργα αυτά κρίνεται πλέον απαραίτητη η χρήση της μεθόδου PERT/CPM.¹⁵

Είναι λοιπόν σαφές, ότι τις περισσότερες φορές οι γνωστές διάρκειες από προηγούμενα έργα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εκτιμήσεις, καθώς δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες, δεν περιέχουν καμία πληροφορία για τη μεταβλητότητα, και έχουν γίνει για έργα σε διαφορετικές συνθήκες

περιβάλλοντος, που δεν αντιστοιχούν στις παρούσες συνθήκες των τρεχουσών δραστηριοτήτων.

Μια απλή εκτίμηση για την πιθανή διάρκεια δε μπορεί από μόνη της να δώσει ένα μέτρο της μεταβλητότητας για τη διάρκεια αυτή. Συνήθως χρειάζεται **ένα εύρος τιμών για τις διάρκειες των δραστηριοτήτων**, που συνήθως προκύπτει από την εκτίμηση της αισιόδοξης και της απαισιόδοξης διάρκειας της κάθε δραστηριότητας, με την πλέον πιθανή διάρκεια να βρίσκεται μέσα στο εύρος αυτό. Πιο συγκεκριμένα για κάθε δραστηριότητα προσδιορίζεται η αισιόδοξη, η πλέον πιθανή και η απαισιόδοξη διάρκειά της.

Το εύρος μεταξύ της αισιόδοξης και απαισιόδοξης διάρκειας χρησιμοποιείται στη μέθοδο PERT/CPM ως ένα μέτρο μεταβλητότητας και αβεβαιότητας στην ολοκλήρωση μίας δραστηριότητας. Αν δεν υπάρχει αβεβαιότητα, οι τρεις εκτιμήσεις θα είναι ίδιες και άρα το εύρος θα είναι μηδέν. Αν υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα, το εύρος θα είναι μεγάλο. Οι εκτιμήσεις των διαρκειών πρέπει να βασίζονται στους προγραμματισμένους πόρους. Επίσης, η εκτίμηση της πιο πιθανής διάρκειας πρέπει να βασίζεται στους ίδιους πόρους με εκείνους για την εκτίμηση της αισιόδοξης και της απαισιόδοξης διάρκειας. Έτσι για παράδειγμα, η εκτίμηση της αισιόδοξης διάρκειας δεν πρέπει να βασίζεται σε παραπάνω βάρδιες ή επιπρόσθετο προσωπικό, ενώ η εκτίμηση της πλέον πιθανής διάρκειας σε κανονικές βάρδιες και λιγότερο προσωπικό.

Η εκτίμηση της πιο πιθανής διάρκειας πρέπει να γίνεται πρώτη, ώστε η εκτίμηση να λαμβάνει υπόψη της τους διαθέσιμους πόρους και να υπολογίζει ρεαλιστικά τις τεχνικές διαστάσεις κάθε δραστηριότητας. Έπειτα μπορεί να γίνει η εκτίμηση της αισιόδοξης διάρκειας, κάνοντας την υπόθεση ότι όλα θα πάνε εξαιρετικά καλά, και τέλος η εκτίμηση της απαισιόδοξης διάρκειας υποθέτοντας ότι θα προκύψουν προβλήματα κατά την εκτέλεση. Οι εκτιμήσεις των διαρκειών πρέπει να γίνονται ανεξάρτητα μεταξύ τους και να μη γίνεται προσπάθεια να καλυφθούν πιθανές καθυστερήσεις μέσω των εκτιμήσεων.¹⁶

Κάνοντας τους υπολογισμούς για τη μέθοδο PERT, πρέπει να γίνει κατανοητό, ότι η κατανομή του χρόνου των δραστηριοτήτων είναι εντελώς υποθετική, αφού δεν μπορεί να γίνει καμία στατιστική δειγματοληψία. Αφότου εκτελεστεί μία δραστηριότητα, η παρατηρούμενη πραγματική χρονική διάρκεια, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δείγμα αυτής της υποθετικής κατανομής. Ωστόσο, όλοι οι υπολογισμοί γίνονται **πριν την εκτέλεση των δραστηριοτήτων**, και έτσι δεν περιέχουν καμία στατιστική

δειγματοληψία, οπότε εξαρτώνται από την κρίση των υπεύθυνων. Φυσικά οι κρίσεις-εκτιμήσεις αυτές βασίζονται σε μία δειγματοληψία από προηγούμενη εμπειρία σε έργα που έχουν γίνει στο παρελθόν, αλλά σε καμία περίπτωση η δειγματοληψία αυτή δεν έχει την αυστηρή μορφή της στατιστικής δειγματοληψίας. Ο υπεύθυνος της κάθε δραστηριότητας καλείται να κάνει τρεις χρονικές εκτιμήσεις (κανονική, αισιόδοξη, απαισιόδοξη) για αυτήν με βάση την προηγούμενη εμπειρία του, και λαμβάνοντας υπόψη του τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στο έργο, αλλά και το προσωπικό και τα μηχανήματα που του είναι διαθέσιμα. Οι τρεις αυτές χρονικές εκτιμήσεις χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον υπολογισμό της μέσης διάρκειας και της κανονικής τυπικής απόκλισης της υποθετικής κατανομής του χρόνου των δραστηριοτήτων.

Γενικά οι τρεις χρονικές εκτιμήσεις δεν πρέπει να προβλέπουν επιπρόσθετο χρόνο για γεγονότα που συμβαίνουν τόσο σπάνια, που δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τυχαίες μεταβλητές. Για παράδειγμα, δεν πρέπει να περιέχουν επιπρόσθετο χρόνο για ακραία φαινόμενα της φύσης, όπως φωτιές, πλημμύρες και σεισμοί. Αντίθετα, θα πρέπει να προβλέπουν επιπρόσθετο χρόνο για γεγονότα που κατηγοριοποιούνται **ως τυχαίες μεταβλητές**, όπως οι καιρικές συνθήκες. Έτσι θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εποχή του χρόνου που είναι προγραμματισμένη να γίνει η κάθε δραστηριότητα, και ανάλογα να προβλέπεται παραπάνω χρόνος σε αυτές που είναι πιο πιθανό να εκτελεστούν σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες.¹⁷

Μία από τις πιο κοινές αντιρρήσεις όσων εκπαιδεύονται σε μεθόδους κρίσιμης διαδρομής, είναι ότι η όλη διαδικασία στηρίζεται στις χρονικές εκτιμήσεις, που πραγματοποιούνται από τους υπεύθυνους του έργου. Ένας τρόπος για αυτούς είναι να αναλύσουν το έργο στις επιμέρους δραστηριότητες, να πραγματοποιήσουν καλές εκτιμήσεις για κάθε μία από αυτές ξεχωριστά και να βάλουν σε σωστή σειρά τις δραστηριότητες αυτές δείχνοντας ταυτόχρονα ποιές πρέπει να εκτελεστούν σε σειρά, ποιές παράλληλα, κλπ. Ουσιαστικά δηλαδή η καλύτερη ακρίβεια στις χρονικές εκτιμήσεις μπορεί να επιτευχθεί με τρόπο παρόμοιο με εκείνον των εκτιμήσεων κόστους – μέσω λεπτομερούς ανά δραστηριότητα ανάλυσης. Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής παρέχει ένα καλό εργαλείο για την πραγματοποίηση λεπτομερών χρονικών εκτιμήσεων, τη γραφική αναπαράσταση της σειράς των στοιχείων του έργου, και τον υπολογισμό της διάρκειας του έργου.

Φυσικά ένας σημαντικός παράγοντας στην ακρίβεια των χρονικών εκτιμήσεων είναι το ποιός τις πραγματοποιεί. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι ο πιο έμπειρος επιβλέπων

πρέπει να κάνει τις εκτιμήσεις της κάθε δραστηριότητας. Ένα χαρακτηριστικό του σχεδιασμού με τη μέθοδο PERT/CPM είναι οι συγκεντρώσεις όλων των επιβλεπόντων του έργου κατά το στάδιο της εκτίμησης των χρονικών διαρκειών και της κατανομής των δραστηριοτήτων για τις οποίες είναι υπεύθυνοι. Εκτός από τα ψυχολογικά πλεονεκτήματα, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματα από τη συμμετοχή των επιβλεπόντων στις διαδικασίες αυτές. Κάθε φορά που οι εργολάβοι, οι προμηθευτές και οι επιβλέποντες συναντώνται για να συζητήσουν για ένα έργο, η συζήτηση οδηγεί σε ερωτήματα αναφορικά με την προτεραιότητα των διαφόρων φάσεων του έργου, και άλλες λεπτομέρειες του σχεδιασμού, που πιθανόν να μην είχαν ανακαλυφθεί μέχρι να προέκυπταν προβλήματα κατά την κατασκευή του έργου. Οι συζητήσεις αυτές συχνά προσδιορίζουν και επιλύουν πιθανά προβλήματα **πριν ξεκινήσει ένα έργο**, παρά να τα αντιμετωπίσουν όταν προκύψουν, καθώς τότε οι διορθωτικές κινήσεις θα είναι πιο ακριβές και ίσως ανέφικτες.¹⁸

Οι χρονικές εκτιμήσεις των δραστηριοτήτων του υπό εξέταση έργου για την πιθανή, αισιόδοξη και απαισιόδοξη διάρκειά τους, προσδιορίστηκαν στο Κεφάλαιο 3 και παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 4.

5.4 Μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo

Η μέθοδος PERT/CPM έχει τραβήξει την προσοχή, ίσως περισσότερο από ότι θα έπρεπε. Κάποιοι πιστεύουν ότι επειδή οι τρεις εκτιμήσεις είναι υποκειμενικές, εισάγεται και η μεροληψία του εκτιμητή. Ωστόσο, το βασικότερο χαρακτηριστικό της μεθόδου PERT/CPM είναι ότι οι τρεις εκτιμήσεις γίνονται από άτομα που είναι περισσότερο εξοικειωμένα με τις τεχνικές διαστάσεις των δραστηριοτήτων, και άρα είναι τα πλέον κατάλληλα να κάνουν τις εκτιμήσεις με τις αντίστοιχες αβεβαιότητες. Καθώς ερωτώνται για τρεις εκτιμήσεις, μειώνεται η επίδραση του ψυχολογικού παράγοντα σε σχέση με μία μόνο εκτίμηση. Επίσης επιτρέποντάς τους την εκτίμηση μίας απαισιόδοξης διάρκειας, τους δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουν και πιθανές απρόβλεπτες καταστάσεις, που σε διαφορετική περίπτωση δε θα υπολόγιζαν σε μία απλή εκτίμηση. Οι επιπτώσεις της μεροληψίας των εκτιμητών μπορεί να απαλειφθούν, αφού οι αισιόδοξες εκτιμήσεις θα αντισταθμιστούν από τις απαισιόδοξες.¹⁹

Παρόλα αυτά έχουν αναπτυχθεί κάποιες διαφορετικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μεροληψίας κατά την εκτίμηση των χρονικών διαρκειών των δραστηριοτήτων. Μία τέτοια μέθοδο αποτελεί η **προσομοίωση Monte Carlo**.

Η προσομοίωση είναι μία προσαρμοστική μέθοδος μοντελοποίησης. Είναι μία διαδικασία απομίμησης της στοιχειώδους συμπεριφοράς του περιβάλλοντος λήψης αποφάσεων. Όλα τα στοιχεία του μοντέλου – υποθέσεις, παράμετροι, δομή, κανόνες αποφάσεων – μπορούν να ελεγχθούν για την επίδρασή τους στο σύστημα. Έτσι μπορούν να γίνουν και να ελεγχθούν πολλές ενέργειες, να μετατραπούν και να βελτιωθούν. Μία σημαντική ιδιότητα της προσομοίωσης είναι η γενική εφαρμογή της. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λύσει οποιοδήποτε επιλύσιμο πρόβλημα ακόμα και στις πιο πολύπλοκες συνθήκες λήψης αποφάσεων.

Τα στοχαστικά στοιχεία-αβεβαιότητες είναι συνήθως πολύπλοκοι παράγοντες στο περιβάλλον λήψης αποφάσεων. Η μέθοδος Monte Carlo παρέχει έναν απλό τρόπο για να συμπεριλάβει αυτά τα στοχαστικά στοιχεία, αρχικά χωρίζοντας κάθε ένα στοχαστικό στοιχείο. Ύστερα για κάθε ένα από αυτά κατασκευάζεται μία **τεχνητή κατανομή πιθανότητας**, ανάλογη με την κατανομή πιθανότητας για στοχαστική συμπεριφορά. Δείγματα παίρνονται στη συνέχεια από την τεχνητή κατανομή, για τη μορφοποίηση μίας δειγματοληπτικής κατανομής της στοχαστικής συμπεριφοράς, όπου με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι δυνατό να παρθούν μεγάλου εύρους και πολλά δείγματα. Έτσι παράγονται όλες οι πληροφορίες για τη μέτρηση της επίδρασης του στοχαστικού στοιχείου της κάθε παραμέτρου σε ολόκληρο το σύστημα.

Παρόλο που η μέθοδος Monte Carlo είναι σημαντικά λιγότερο αποδοτική από ένα καλά δομημένο μαθηματικό μοντέλο, παρέχει μία εναλλακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό της επίδρασης των στοχαστικών στοιχείων στο περιβάλλον αποφάσεων. Ωστόσο, όσο τα στοχαστικά στοιχεία γίνονται πιο πολύπλοκα, η απλή μαθηματική μοντελοποίηση γίνεται ακατάλληλη για τις περιπτώσεις αυτές. Αντίθετα η προσομοίωση Monte Carlo παρέχει ένα εννοιολογικά σαφή τρόπο λύσης.²⁰

Όπως προαναφέρθηκε η προσομοίωση Monte Carlo χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μεροληψίας κατά την εκτίμηση των χρονικών διαρκειών των δραστηριοτήτων. Εκτός όμως από το γεγονός ότι δίνει αμερόληπτες εκτιμήσεις για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της διάρκειας του έργου μαζί και με την κατανομή της συνολικής διάρκειάς του, δίνει εκτιμήσεις και για στοιχεία που δεν είναι διαθέσιμα στη μέθοδο PERT/CPM. Συγκεκριμένα υπολογίζεται η πιθανότητα μίας

δραστηριότητας να βρεθεί στην κρίσιμη διαδρομή. Ένα από τα αδύνατα σημεία της μεθόδου PERT/CPM είναι ότι θεωρεί ότι υπάρχει μία μόνο κρίσιμη διαδρομή. Γενικά, οποιαδήποτε από ένα πλήθος διαδρομών μπορεί να γίνει κρίσιμη διαδρομή, ανάλογα με την υλοποίηση των τυχαιών διαρκειών των δραστηριοτήτων που θα συμβούν στην πραγματικότητα.²¹

5.5 Εργασιακό ημερολόγιο

Παράλληλα με τον προσδιορισμό των χρονικών διαρκειών των δραστηριοτήτων πρέπει να προσδιοριστεί **η ημερομηνία έναρξης του έργου και το εργασιακό ημερολόγιο**, καθώς χωρίς αυτά δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος PERT/CPM. Ορίζοντας μια ημερομηνία έναρξης και διατρέχοντας τη διαδοχή των εργασιών σε πρώτη προσέγγιση, ο υπεύθυνος προγράμματος εργασιών θα αποκτήσει μία αίσθηση για την ημερομηνία λήξης του έργου αν χρησιμοποιήσει τις δεδομένες λογικές σχέσεις δραστηριοτήτων, τις δεδομένες διάρκειές τους και το δεδομένο ημερολόγιο. Αν η ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου είναι ορισμένη, τότε θα ρυθμιστούν κατάλληλα οι πιο πάνω παράμετροι, δηλαδή οι λογικές σχέσεις, η διάρκεια των δραστηριοτήτων, το εργασιακό ημερολόγιο και η ημερομηνία έναρξης του έργου.

Πολλές φορές αν αυτό είναι αναγκαίο, πρέπει να καθορίζεται και η στοχευόμενη έναρξη (target start) ή η στοχευόμενη λήξη (target finish) των δραστηριοτήτων. Αυτό γιατί κάποιες φορές υπάρχουν και ορισμένες επιβαλλόμενες ημερομηνίες όπως λ.χ. η παράδοση υλικών και άλλες ενδιάμεσες προθεσμίες.²²

Για να προσδιοριστεί πότε εκτελούνται εργασίες και πότε όχι, πρέπει πρώτα να προσδιοριστεί το εργασιακό πρόγραμμα-ημερολόγιο, δηλαδή ποιές ημέρες της εβδομάδας θα μπορούν να εκτελούνται δραστηριότητες, για παράδειγμα από Δευτέρα έως και Παρασκευή. Επίσης θα πρέπει να προσδιοριστούν οι αργίες αλλά και οι άδειες που θα δοθούν στο προσωπικό. Έπειτα θα είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι ημερομηνίες έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων.

Τα λογισμικά πακέτα προγραμματισμού εργασιών δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να προσδιορίσει διαφορετικά εργασιακά ημερολόγια συσχετισμένα είτε με τις δραστηριότητες είτε με τους πόρους. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ημερολογίων είναι τα εξής:

- Το ημερολόγιο καθορίζει τις ημέρες για τις οποίες μπορούν να προγραμματιστούν εργασίες
- Μπορούν να οριστούν περισσότερα από ένα εργασιακά ημερολόγια. Μπορεί να οριστεί ένα ημερολόγιο ανά ειδικότητα, ή ακόμα και ένα ημερολόγιο ανά διευθυντή. Σε κάθε ημερολόγιο προσδιορίζονται οι ημέρες ανάπαυσης και οι αργίες.
- Ημέρες ανάπαυσης θεωρούνται οι ημέρες της εβδομάδας κατά τις οποίες δεν εκτελούνται ποτέ εργασίες, λ.χ. Σάββατα και Κυριακές
- Στις αργίες συμπεριλαμβάνονται οι επίσημες αργίες, η περίοδος κατά την οποία το προσωπικό παίρνει άδεια και οι ημέρες όπου μέλη του προσωπικού απουσιάζουν για προσωπικούς λόγους
- Οι δραστηριότητες και οι πόροι συνδέονται με ένα ημερολόγιο ²³

Στο υπό μελέτη έργο, ημέρες ανάπαυσης ορίστηκαν τα Σάββατα και οι Κυριακές όλου του έτους, ενώ ως αργίες ορίστηκαν οι εξής ημερομηνίες:

- 1^η Ιανουαρίου
- 6^η Ιανουαρίου
- 25^η Μαρτίου
- 1^η Μαΐου
- 15^η Αυγούστου
- 28^η Οκτωβρίου
- 25^η Δεκεμβρίου
- 31^η Δεκεμβρίου

Επίσης ως ημερομηνία έναρξης του έργου ορίστηκε η Δευτέρα 2 Μαρτίου 2009.

5.6 Εφαρμογή μεθόδου PERT/CPM

Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής έχει ως αποτέλεσμα τον προσδιορισμό των εξής στοιχείων:

- Νωρίτερη έναρξη (ES, Early Start): Η νωρίτερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα, με την προϋπόθεση ότι όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί κανονικά.

- Νωρίτερη λήξη (EF, Early Finish): Η νωρίτερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα, με την προϋπόθεση ότι όλες οι προηγούμενες δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί κανονικά.
- Αργότερη έναρξη (LS, Late Start): Η αργότερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να ξεκινήσει η δραστηριότητα, ώστε το έργο να μπορέσει να ολοκληρωθεί την προγραμματισμένη ημερομηνία.
- Αργότερη λήξη (LF, Late Finish): Η αργότερη ημερομηνία κατά την οποία μπορεί να λήξει η δραστηριότητα, ώστε το έργο να μπορέσει να ολοκληρωθεί την προγραμματισμένη ημερομηνία.²⁴

Επίσης προσδιορίζει το **χρονικό περιθώριο** των δραστηριοτήτων, το οποίο αποτελεί μέτρο της ευελιξίας της κάθε δραστηριότητας, διότι προσδιορίζει πόσες εργάσιμες ημέρες μπορεί να καθυστερήσει κάποια δραστηριότητα, χωρίς αυτή η καθυστέρηση να επηρεάσει την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου ή οποιαδήποτε άλλη στοχευόμενη ημερομηνία λήξης.

Η κρίσιμη διαδρομή ορίζεται ως οι σειρές διαδοχής των δραστηριοτήτων που έχουν μηδενικό χρονικό περιθώριο. Η κρίσιμη διαδρομή διατρέχει το κάθε έργο από την αρχική ως την καταληκτική δραστηριότητα. Προς τα τελευταία στάδια του έργου μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι από έναν κρίσιμοι κλάδοι. Και με αυτήν την έννοια, μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία κρίσιμες διαδρομές σε ένα έργο.

Αν κάποιο έργο έχει περισσότερες από μία καταληκτικές δραστηριότητες που ανήκουν σε διαφορετικούς κλάδους του δικτύου, τότε όλοι αυτοί οι κλάδοι θα γίνουν κρίσιμες διαδρομές, αν οριστεί για καθεμία από τις καταληκτικές δραστηριότητες η ημερομηνία νωρίτερης λήξης ως ημερομηνία αργότερης λήξης.

Στη μέθοδο PERT/CPM μπορεί να υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη χρονικού περιθωρίου:

1. **Συνολικό χρονικό περιθώριο:** Το χρονικό περιθώριο που αφορά όλες τις δραστηριότητες που βρίσκονται στον ίδιο κλάδο. Αν κάποια δραστηριότητα καταναλώσει αυτό το συνολικό χρονικό περιθώριο, αυτό σημαίνει ότι θα μειωθεί το χρονικό περιθώριο καθεμιάς από τις υπόλοιπες δραστηριότητες της διακλάδωσης.
2. **Ελεύθερο χρονικό περιθώριο:** Το χρονικό περιθώριο που μπορεί να καταναλώσει μία δραστηριότητα χωρίς αυτό να επηρεάσει τη νωρίτερη έναρξη

οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας. Αυτό συμβαίνει μόνο στην περίπτωση που υπάρχει μία δραστηριότητα σε μία διακλάδωση του διαγράμματος, που συνδέεται με κάποια κρίσιμη δραστηριότητα ή με κάποια ενδιάμεση προθεσμία.

3. **Αρνητικό χρονικό περιθώριο:** Αν σύμφωνα με τους υπολογισμούς βγει το συμπέρασμα ότι θα πρέπει κάποια δραστηριότητα να ξεκινήσει προτού ολοκληρωθούν οι προηγούμενες, αυτό δηλώνεται ως αρνητικό χρονικό περιθώριο. Το αρνητικό χρονικό περιθώριο είναι φανταστική κατάσταση και επισημαίνει ότι μία δραστηριότητα έχει καθυστερήσει στην πρόοδό της με βάση το χρονοδιάγραμμα, η δε ημερομηνία ολοκλήρωσης παραμένει παγιωμένη. Η τιμή του χρονικού περιθωρίου υποδηλώνει πόσο θα πρέπει να συντομευθεί η διάρκεια της συγκεκριμένης δραστηριότητας.²⁵

Το πλέον κρίσιμο ερώτημα πάντως κατά τη διαχείριση ενός κατασκευαστικού έργου, είναι η **εκτίμηση της συνολικής διάρκειας του έργου**. Ταυτόχρονα μπορούν να διερευνηθούν και άλλα ερωτήματα που αφορούν το χρονικό προγραμματισμό των δραστηριοτήτων. Ένας εμπειρικός τρόπος για να υπολογιστεί ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης ενός έργου, είναι η απαρίθμηση όλων των μονοπατιών του διαγράμματος PERT/CPM. Ο ελάχιστος συνολικός χρόνος εκτέλεσης του έργου είναι ίσος με το συνολικό χρόνο του μονοπατιού με το μεγαλύτερο μήκος.

Εκ των πραγμάτων ένα έργο δεν τερματίζεται, αν δεν ολοκληρωθούν όλες οι δραστηριότητες, οπότε είναι λογικό να θεωρηθεί ότι το μεγαλύτερο μονοπάτι δίνει και τον ελάχιστο χρόνο που είναι απαραίτητος για να ολοκληρωθούν όλες οι δραστηριότητες του έργου. Το μονοπάτι αυτό ονομάζεται κρίσιμο μονοπάτι (critical path) και οι δραστηριότητες που το απαρτίζουν κρίσιμες δραστηριότητες (critical activities). Πρέπει να σημειωθεί, ότι για τη μείωση της συνολικής διάρκειας ενός έργου, πρέπει να γίνει εστίαση στις δραστηριότητες του κρίσιμου μονοπατιού, μειώνοντας τη διάρκεια μίας ή περισσότερων από αυτές. Από την άλλη πλευρά, οι δραστηριότητες που δε βρίσκονται στο κρίσιμο μονοπάτι ονομάζονται μη κρίσιμες (non critical), όχι γιατί δεν είναι απαραίτητο να ολοκληρωθούν για να τελειώσει το έργο, αλλά επειδή έχουν ένα περιθώριο καθυστέρησης, το οποίο ονομάζεται χαλαρός χρόνος (slack time).

Η μεθοδολογία που περιγράφηκε προηγουμένως δεν μπορεί με κανένα τρόπο να εφαρμοστεί σε πραγματικά προβλήματα, αφού αποτελεί μία απλή μέθοδο απαρίθμησης όλων των δυνατών περιπτώσεων. Στα πραγματικά προβλήματα τα δίκτυα είναι πιο πολύπλοκα και έχουν μεγάλα πλήθη δραστηριοτήτων και κόμβων.

Έτσι, η απαρίθμηση όλων των δυνατών μονοπατιών από την αρχή μέχρι τη λήξη του έργου είναι μάλλον αδύνατη.

Συνήθως, για την εφαρμογή της μεθόδου PERT/CPM χρησιμοποιούνται κατάλληλα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή και υπολογίζεται για κάθε δραστηριότητα ο νωρίτερος χρόνος έναρξης (earliest start time-ES) και ο νωρίτερος χρόνος ολοκλήρωσης (earliest finish time-EF). Αυτό επιτυγχάνεται, ξεκινώντας από τον κόμβο έναρξης του έργου και πηγαίνοντας προς τον κόμβο λήξης του έργου. Στη συνέχεια ακολουθείται η αντίστροφη πορεία, υπολογίζοντας για κάθε δραστηριότητα τον αργότερο χρόνο έναρξης (latest start time-LS) και τον αργότερο χρόνο λήξης (latest finish time-LF). Όλοι οι χρόνοι έναρξης ή λήξης υπολογίζονται σε σχέση με τη χρονική στιγμή έναρξης του έργου και δίνουν τα περιθώρια που υπάρχουν για την εκκίνηση ή ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας, χωρίς να επηρεάζεται ο συνολικός χρόνος του έργου. Με τη βοήθεια των πληροφοριών αυτών είναι δυνατό να εντοπιστεί ο συνολικός χρόνος διάρκειας του έργου, όπως επίσης και οι χαλαροί χρόνοι κάθε δραστηριότητας. Από τις δραστηριότητες που έχουν μηδενικούς χαλαρούς χρόνους, εντοπίζεται το κρίσιμο μονοπάτι.

Με όλες τις παραπάνω πληροφορίες, είναι έτοιμο ένα εμπειριστατωμένο χρονοδιάγραμμα του έργου, στο οποίο φαίνονται, εκτός από τις διάρκειες των δραστηριοτήτων, οι πιθανοί χρόνοι έναρξης και λήξης, η δυνατότητα καθυστέρησης κάποιων δραστηριοτήτων και φυσικά η συνολική διάρκεια του έργου. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση του έργου, ενώ μπορούν να μεταφερθούν και στο διάγραμμα Gantt, για μία συνολική εικόνα του έργου.

Στην πράξη όλη η διαδικασία γίνεται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όμως στο σημείο αυτό θα αναφερθεί η διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου PERT/CPM, για τον υπολογισμό των νωρίτερων χρόνων έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων και άρα του κρίσιμου μονοπατιού ενός έργου.

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος, η διαδικασία ξεκινά από τον κόμβο έναρξης του έργου και περνά από όλους τους κόμβους του δικτύου μέχρι να φτάσει στον τελικό κόμβο. Με το πέρασμα αυτό υπολογίζονται πρώτα οι νωρίτεροι χρόνοι έναρξης και λήξης κάθε δραστηριότητας, θεωρώντας ότι όλες οι ενδιάμεσες δραστηριότητες καταναλώνουν τον κανονικό χρόνο που έχει εκτιμηθεί για την καθεμία. Η θεμελιώδης σχέση που συνδέει το χρόνο EF με το χρόνο ES για κάθε δραστηριότητα είναι:

$$EF = ES + t$$

Το ερώτημα που προκύπτει είναι πώς υπολογίζεται ο χρόνος ES. Για την πρώτη δραστηριότητα του έργου που δεν έχει προαπαιτούμενες και ξεκινάει από τον πρώτο κόμβο, δηλαδή την έναρξη του έργου, ορίζεται ως νωρίτερη χρονική στιγμή έναρξης το μηδέν. Ακόμα και αν δεν οριστεί το μηδέν, αλλά κάποια άλλη χρονική στιγμή, αυτό που θα συμβεί είναι μία μετατόπιση των υπολογισμών στην κλίμακα του χρόνου, σύμφωνα με τη χρονική αυτή στιγμή. Αν υπάρχουν περισσότερες από μία δραστηριότητες που μπορούν να ξεκινήσουν παράλληλα με την έναρξη του έργου, τότε θα έχουν όλες ως νωρίτερη χρονική στιγμή έναρξης το μηδέν. Ο κανόνας που ισχύει για όλες τις άλλες δραστηριότητες είναι ότι ο νωρίτερος χρόνος έναρξης ES μίας δραστηριότητας που ξεκινά από ένα κόμβο, είναι ίσος με το μεγαλύτερο από τους νωρίτερους χρόνους λήξης των δραστηριοτήτων που καταλήγουν στον κόμβο αυτό. Ο κανόνας αυτός στηρίζεται στο γεγονός ότι όλες οι δραστηριότητες που καταλήγουν σε ένα κόμβο, δηλαδή τον έχουν ως κόμβο λήξης, είναι άμεσα προαπαιτούμενες της δραστηριότητας (ή των δραστηριοτήτων), που έχουν τον κόμβο αυτό ως κόμβο έναρξης.

Η ανάλυση PERT/CPM δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί. Υπολογίζονται στη συνέχεια οι αργότεροι χρόνοι έναρξης και λήξης, πραγματοποιώντας ένα οπισθοδρομικό πέρασμα του δικτύου. Η θεμελιώδης σχέση που συνδέει το χρόνο LS με το χρόνο LF για κάθε δραστηριότητα είναι:

$$LS = LF - t$$

Άρα στην παρούσα περίπτωση το ερώτημα είναι πώς υπολογίζεται ο χρόνος LF, ώστε με τη βοήθεια της παραπάνω σχέσης να υπολογιστεί στη συνέχεια ο χρόνος LS. Για την τελευταία δραστηριότητα του έργου, που δεν είναι άμεσα προαπαιτούμενη άλλων, ορίζεται ο αργότερος χρόνος λήξης ίσος με το νωρίτερο χρόνο λήξης. Ως τελευταία δραστηριότητα θεωρείται εκείνη που έχει το μεγαλύτερο νωρίτερο χρόνο λήξης. Για όλες τις δραστηριότητες που καταλήγουν στον ίδιο τελικό κόμβο, ο αργότερος χρόνος λήξης συμπίπτει με το χρόνο αυτό. Ο κανόνας που ισχύει για όλες τις άλλες δραστηριότητες είναι ότι ο αργότερος χρόνος λήξης LF μίας δραστηριότητας που καταλήγει σε ένα κόμβο, είναι ίσος με το μικρότερο από τους αργότερους χρόνους έναρξης LS των δραστηριοτήτων που ξεκινούν από τον κόμβο αυτό. Ο κανόνας αυτός προκύπτει από το γεγονός ότι μία δραστηριότητα που καταλήγει σε ένα κόμβο, δε θα πρέπει να καθυστερήσει περισσότερο από τους αργότερους χρόνους έναρξης, που έχουν περιθώριο να ξεκινήσουν αυτές για τις οποίες είναι προαπαιτούμενη. Μάλιστα,

για να είναι σίγουρο ότι δεν πρόκειται να καθυστερήσει καμία από αυτές, ο αργότερος χρόνος λήξης της πρέπει να είναι τουλάχιστον ο μικρότερος από τους αργότερους χρόνους έναρξης των επόμενων δραστηριοτήτων.

Ο **χαλαρός χρόνος (slack time)** για κάθε δραστηριότητα δηλώνει το περιθώριο χρόνου που υπάρχει για πιθανή καθυστέρηση της δραστηριότητας, χωρίς όμως αυτό να προκαλέσει καθυστέρηση στο συνολικό έργο, και προκύπτει από τη σχέση:

$$ST = LS - ES = LF - EF$$

Οι δραστηριότητες που έχουν μηδενικούς χαλαρούς χρόνους απαρτίζουν το κρίσιμο μονοπάτι και δεν επιδέχονται καμία καθυστέρηση. Αν αθροιστούν οι χρόνοι που απαιτούνται από κάθε δραστηριότητα του κρίσιμου μονοπατιού, τότε θα προκύψει ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται ένα έργο για να ολοκληρωθεί, εφόσον δεν υπάρξουν καθυστερήσεις πέρα από τα περιθώρια που υπαγορεύονται από τους χαλαρούς χρόνους.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι χαλαροί χρόνοι αναφέρονται σε καθυστέρηση μίας δραστηριότητας, όταν καμία άλλη στο μονοπάτι δεν καθυστερεί. Αν καθυστερήσει μία δραστηριότητα σε ένα μονοπάτι, τότε ο χαλαρός χρόνος που βρέθηκε για κάποια επόμενη της μειώνεται ανάλογα με την καθυστέρηση. Επομένως, οι χαλαροί χρόνοι υπολογίζονται με βάση την υπόθεση ότι όλες οι άλλες στο ίδιο μονοπάτι θα αρχίσουν με βάση τους νωρίτερους χρόνους τους και δεν θα καθυστερήσουν. Αν δηλαδή δύο δραστηριότητες είναι στο ίδιο μονοπάτι, τότε οι χαλαροί τους χρόνοι δεν είναι αθροιστικοί.²⁶

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου PERT/CPM για την πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων αντίστοιχα, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργων Microsoft Project. Ειδικότερα φαίνονται ο ενωρίτερος χρόνος έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων, ο αργότερος χρόνος έναρξης και λήξης τους, και το συνολικό χρονικό τους περιθώριο.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων

	ES	EF	LS	LF	total slack
ΕΡΓΟ	2/3/09	5/1/10	2/3/09	5/1/10	0 days
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	2/3/09	9/3/09	2/3/09	11/3/09	0 days
Έναρξη εργασιών	2/3/09	2/3/09	2/3/09	2/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	2/3/09	4/3/09	2/3/09	4/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	5/3/09	5/3/09	10/3/09	10/3/09	3 days
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	5/3/09	6/3/09	5/3/09	6/3/09	0 days
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	9/3/09	9/3/09	11/3/09	11/3/09	2 days
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	9/3/09	12/5/09	9/3/09	12/5/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	9/3/09	11/3/09	9/3/09	11/3/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	12/3/09	12/3/09	12/3/09	12/3/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	13/3/09	23/4/09	13/3/09	23/4/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	24/4/09	29/4/09	24/4/09	29/4/09	0 days
Τέλος εργασιών σκυροδέτησης	29/4/09	29/4/09	29/4/09	29/4/09	0 days
Σεναζ δρομικά	12/5/09	12/5/09	12/5/09	12/5/09	0 days
ΣΤΗΘΑΙΑ	21/4/09	22/5/09	21/4/09	22/5/09	0 days
Στηθαία δωματών	21/4/09	23/4/09	21/4/09	23/4/09	0 days
Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	22/4/09	23/4/09	22/4/09	23/4/09	0 days
Στηθαία σκάλας εσωτερικής	22/5/09	22/5/09	22/5/09	22/5/09	0 days
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ	30/4/09	21/5/09	30/4/09	21/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	30/4/09	21/5/09	30/4/09	21/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	11/5/09	13/5/09	11/5/09	13/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	8/5/09	15/5/09	8/5/09	15/5/09	0 days
ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ	11/5/09	28/5/09	11/5/09	27/8/09	0 days
Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	27/5/09	28/5/09	17/7/09	20/7/09	37 days
Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	11/5/09	12/5/09	11/5/09	12/5/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	25/5/09	26/5/09	25/5/09	26/5/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	27/5/09	27/5/09	27/8/09	27/8/09	66 days
ΔΙΑΦΟΡΑ	27/5/09	5/6/09	27/5/09	5/6/09	0 days
Τζάκι	2/6/09	5/6/09	2/6/09	5/6/09	0 days
Ειδική κατασκευή-καμάρα	2/6/09	5/6/09	2/6/09	5/6/09	0 days
Ειδική κατασκευή-τρούλος	2/6/09	5/6/09	2/6/09	5/6/09	0 days
Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	27/5/09	1/6/09	27/5/09	1/6/09	0 days
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	8/6/09	18/6/09	8/6/09	1/9/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	8/6/09	15/6/09	8/6/09	15/6/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	16/6/09	18/6/09	28/8/09	1/9/09	53 days
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	11/6/09	30/6/09	11/6/09	3/9/09	0 days
Ύδρευση κατοικίας	11/6/09	18/6/09	11/6/09	18/6/09	0 days
Αποχέτευση κατοικίας	19/6/09	26/6/09	19/6/09	26/6/09	0 days
Τέλος εργασιών τοιχοπ., υδραυλ. και ηλεκτρ. κατοικιών	26/6/09	26/6/09	26/6/09	26/6/09	0 days
Αντλιοστάσιο πισίνας	29/6/09	30/6/09	2/9/09	3/9/09	47 days

ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	29/6/09	30/7/09	29/6/09	30/7/09	0 days
Επιχρίσματα εσωτερικά	29/6/09	16/7/09	29/6/09	16/7/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	21/7/09	30/7/09	21/7/09	30/7/09	0 days
Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	17/7/09	20/7/09	17/7/09	20/7/09	0 days
ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	31/7/09	9/9/09	31/7/09	9/9/09	0 days
Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	31/7/09	6/8/09	31/7/09	6/8/09	0 days
Επένδυση τοίχων πισίνας	8/9/09	9/9/09	8/9/09	9/9/09	0 days
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ	7/8/09	7/9/09	7/8/09	7/9/09	0 days
Δάπεδο Δωματίων	12/8/09	18/8/09	12/8/09	18/8/09	0 days
Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	7/8/09	7/8/09	11/8/09	11/8/09	2 days
Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	21/8/09	27/8/09	21/8/09	27/8/09	0 days
Δάπεδο Κουζίνας	19/8/09	19/8/09	20/8/09	20/8/09	1 day
Δάπεδο Διαδρόμου	19/8/09	20/8/09	19/8/09	20/8/09	0 days
Δάπεδο Λουτρών/WC	7/8/09	11/8/09	7/8/09	11/8/09	0 days
Δάπεδο Αποθήκης	28/8/09	28/8/09	28/8/09	28/8/09	0 days
Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	28/8/09	28/8/09	28/8/09	28/8/09	0 days
Δάπεδο Βεράντας	31/8/09	2/9/09	31/8/09	2/9/09	0 days
Δάπεδο Πισίνας	4/9/09	7/9/09	4/9/09	7/9/09	0 days
ΚΛΙΜΑΚΕΣ	31/8/09	3/9/09	1/9/09	3/9/09	0 days
Σκαλομέρια εσωτερικά	31/8/09	31/8/09	1/9/09	1/9/09	1 day
Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	1/9/09	1/9/09	2/9/09	2/9/09	1 day
Πλατύσκαλα εξωτερικά	3/9/09	3/9/09	3/9/09	3/9/09	0 days
Σκαλομέρια εξωτερικά	3/9/09	3/9/09	3/9/09	3/9/09	0 days
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	10/9/09	8/10/09	10/9/09	22/10/09	0 days
Χρώματα εσωτερικά	10/9/09	30/9/09	10/9/09	30/9/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	1/10/09	8/10/09	1/10/09	8/10/09	0 days
Ριπολίνη κουφωμάτων	1/10/09	5/10/09	20/10/09	22/10/09	13 days
Τέλος εργασιών επιchr, χρωματ. και δαπέδων κατ.& πισίν.	8/10/09	8/10/09	22/10/09	22/10/09	10 days
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	9/10/09	4/11/09	9/10/09	4/11/09	0 days
Πόρτες εισόδου	23/10/09	26/10/09	29/10/09	30/10/09	3 days
Πόρτες κατοικίας	23/10/09	30/10/09	23/10/09	30/10/09	0 days
Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	2/11/09	4/11/09	2/11/09	4/11/09	0 days
Μπαλκονόπορτες	9/10/09	14/10/09	9/10/09	14/10/09	0 days
Παράθυρα κατοικίας	15/10/09	22/10/09	15/10/09	22/10/09	0 days
Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	2/11/09	3/11/09	3/11/09	4/11/09	1 day
ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ	5/11/09	11/11/09	5/11/09	5/1/10	0 days
Ντουλάπες κοινές	5/11/09	9/11/09	6/11/09	10/11/09	1 day
Ντουλάπια κουζίνας κοινά	5/11/09	10/11/09	5/11/09	10/11/09	0 days
Πάγκος κουζίνας	11/11/09	11/11/09	5/1/10	5/1/10	36 days
ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ	11/11/09	30/11/09	11/11/09	30/11/09	0 days
Λεκάνες (πλήρεις)	18/11/09	23/11/09	18/11/09	23/11/09	0 days
Ντουζιέρες (πλήρεις)	24/11/09	25/11/09	24/11/09	25/11/09	0 days
Μπανιέρες (πλήρεις)	26/11/09	27/11/09	26/11/09	27/11/09	0 days
Νιππήρες (πλήρεις)	11/11/09	17/11/09	11/11/09	17/11/09	0 days

Πάγκοι Νιπτήρων Λουτρών	30/11/09	30/11/09	30/11/09	30/11/09	0 days
Τέλος εργασιών κουφωμ, ντουλαπών και ειδών υγιεινής	30/11/09	30/11/09	30/11/09	30/11/09	0 days
KENTRIKH ΘΕΡΜΑΝΣΗ	1/12/09	8/12/09	1/12/09	5/1/10	0 days
Λεβητοστάσιο	4/12/09	8/12/09	30/12/09	5/1/10	17 days
Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	1/12/09	3/12/09	1/12/09	3/12/09	0 days
ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ	4/12/09	5/1/10	4/12/09	5/1/10	0 days
Πέργκολα	23/12/09	4/1/10	23/12/09	4/1/10	0 days
Πεζούλια	17/12/09	18/12/09	30/12/09	4/1/10	8 days
Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	4/12/09	9/12/09	4/12/09	9/12/09	0 days
Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	4/12/09	4/12/09	29/12/09	29/12/09	16 days
Τοιχοποιία πάχους 0,40m	10/12/09	11/12/09	10/12/09	11/12/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	14/12/09	15/12/09	14/12/09	15/12/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	16/12/09	16/12/09	16/12/09	16/12/09	0 days
Πόρτα εισόδου οικοπέδου	5/1/10	5/1/10	5/1/10	5/1/10	0 days
Περίφραξη-Μάντρα	17/12/09	22/12/09	17/12/09	22/12/09	0 days
Δρόμος πρόσβασης	10/12/09	14/12/09	30/12/09	5/1/10	13 days
Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	14/12/09	14/12/09	5/1/10	5/1/10	13 days
Τέλος εργασιών	5/1/10	5/1/10	5/1/10	5/1/10	0 days

Πίνακας 7: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων

	ES	EF	LS	LF	total slack
ΕΡΓΟ	2/3/09	4/11/09	2/3/09	4/11/09	0 days
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	2/3/09	5/3/09	2/3/09	6/3/09	0 days
Έναρξη εργασιών	2/3/09	2/3/09	2/3/09	2/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	2/3/09	3/3/09	2/3/09	3/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	4/3/09	4/3/09	5/3/09	5/3/09	1 day
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	4/3/09	4/3/09	4/3/09	4/3/09	0 days
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	5/3/09	5/3/09	6/3/09	6/3/09	1 day
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	5/3/09	29/4/09	5/3/09	29/4/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	5/3/09	6/3/09	5/3/09	6/3/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	9/3/09	9/3/09	9/3/09	9/3/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	10/3/09	14/4/09	10/3/09	14/4/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	15/4/09	17/4/09	15/4/09	17/4/09	0 days
Τέλος εργασιών σκυροδέτησης	17/4/09	17/4/09	17/4/09	17/4/09	0 days
Σενάζ δρομικά	29/4/09	29/4/09	29/4/09	29/4/09	0 days
ΣΤΗΘΑΙΑ	13/4/09	8/5/09	13/4/09	8/5/09	0 days
Στηθαία δωμάτων	13/4/09	14/4/09	13/4/09	14/4/09	0 days
Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	13/4/09	14/4/09	13/4/09	14/4/09	0 days
Στηθαία σκάλας εσωτερικής	8/5/09	8/5/09	8/5/09	8/5/09	0 days
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ	20/4/09	7/5/09	20/4/09	7/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	20/4/09	7/5/09	20/4/09	7/5/09	0 days

Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	28/4/09	30/4/09	28/4/09	30/4/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	27/4/09	30/4/09	27/4/09	30/4/09	0 days
ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ	28/4/09	13/5/09	28/4/09	24/7/09	0 days
Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	12/5/09	13/5/09	24/6/09	25/6/09	31 days
Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	28/4/09	29/4/09	28/4/09	29/4/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	11/5/09	11/5/09	11/5/09	11/5/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	12/5/09	12/5/09	24/7/09	24/7/09	53 days
ΔΙΑΦΟΡΑ	12/5/09	19/5/09	12/5/09	19/5/09	0 days
Τζάκι	15/5/09	19/5/09	15/5/09	19/5/09	0 days
Ειδική κατασκευή-καμάρα	15/5/09	19/5/09	15/5/09	19/5/09	0 days
Ειδική κατασκευή-τρούλος	15/5/09	19/5/09	15/5/09	19/5/09	0 days
Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	12/5/09	14/5/09	12/5/09	14/5/09	0 days
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	20/5/09	29/5/09	20/5/09	29/7/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	20/5/09	26/5/09	20/5/09	26/5/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	27/5/09	29/5/09	27/7/09	29/7/09	43 days
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	25/5/09	9/6/09	25/5/09	31/7/09	0 days
Ύδρευση κατοικίας	25/5/09	29/5/09	25/5/09	29/5/09	0 days
Αποχέτευση κατοικίας	1/6/09	5/6/09	1/6/09	5/6/09	0 days
Τέλος εργασιών τοιχοπ, υδραυλ. και ηλεκτρ. κατοικιών	5/6/09	5/6/09	5/6/09	5/6/09	0 days
Αντλιοστάσιο πισίνας	8/6/09	9/6/09	30/7/09	31/7/09	38 days
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	8/6/09	6/7/09	8/6/09	6/7/09	0 days
Επιχρίσματα εσωτερικά	8/6/09	23/6/09	8/6/09	23/6/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	26/6/09	6/7/09	26/6/09	6/7/09	0 days
Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	24/6/09	25/6/09	24/6/09	25/6/09	0 days
ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	7/7/09	6/8/09	7/7/09	6/8/09	0 days
Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	7/7/09	9/7/09	7/7/09	9/7/09	0 days
Επένδυση τοίχων πισίνας	5/8/09	6/8/09	5/8/09	6/8/09	0 days
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ	10/7/09	4/8/09	10/7/09	4/8/09	0 days
Δάπεδο Δωματίων	14/7/09	17/7/09	14/7/09	17/7/09	0 days
Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	10/7/09	10/7/09	13/7/09	13/7/09	1 day
Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	22/7/09	27/7/09	22/7/09	27/7/09	0 days
Δάπεδο Κουζίνας	20/7/09	20/7/09	21/7/09	21/7/09	1 day
Δάπεδο Διαδρόμου	20/7/09	21/7/09	20/7/09	21/7/09	0 days
Δάπεδο Λουτρών/WC	10/7/09	13/7/09	10/7/09	13/7/09	0 days
Δάπεδο Αποθήκης	28/7/09	28/7/09	28/7/09	28/7/09	0 days
Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	28/7/09	28/7/09	28/7/09	28/7/09	0 days
Δάπεδο Βεράντας	29/7/09	30/7/09	29/7/09	30/7/09	0 days
Δάπεδο Πισίνας	3/8/09	4/8/09	3/8/09	4/8/09	0 days
ΚΛΙΜΑΚΕΣ	29/7/09	31/7/09	29/7/09	31/7/09	0 days
Σκαλομέρια εσωτερικά	29/7/09	29/7/09	29/7/09	29/7/09	0 days
Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	30/7/09	30/7/09	30/7/09	30/7/09	0 days
Πλατύσκαλα εξωτερικά	31/7/09	31/7/09	31/7/09	31/7/09	0 days
Σκαλομέρια εξωτερικά	31/7/09	31/7/09	31/7/09	31/7/09	0 days
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	7/8/09	1/9/09	7/8/09	10/9/09	0 days

Χρώματα εσωτερικά	7/8/09	25/8/09	7/8/09	25/8/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	26/8/09	1/9/09	26/8/09	1/9/09	0 days
Ριπολίνη κουφωμάτων	26/8/09	28/8/09	8/9/09	10/9/09	9 days
Τέλος εργασιών επιχρ, χρωματ. και δαπέδων κατ.& πισίν.	1/9/09	1/9/09	10/9/09	10/9/09	7 days
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	2/9/09	18/9/09	2/9/09	18/9/09	0 days
Πόρτες εισόδου	11/9/09	14/9/09	15/9/09	16/9/09	2 days
Πόρτες κατοικίας	11/9/09	16/9/09	11/9/09	16/9/09	0 days
Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	17/9/09	18/9/09	17/9/09	18/9/09	0 days
Μπαλκονόπορτες	2/9/09	4/9/09	2/9/09	4/9/09	0 days
Παράθυρα κατοικίας	7/9/09	10/9/09	7/9/09	10/9/09	0 days
Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	17/9/09	18/9/09	17/9/09	18/9/09	0 days
ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ	21/9/09	24/9/09	21/9/09	4/11/09	0 days
Ντουλάπες κοινές	21/9/09	23/9/09	21/9/09	23/9/09	0 days
Ντουλάπια κουζίνας κοινά	21/9/09	23/9/09	21/9/09	23/9/09	0 days
Πάγκος κουζίνας	24/9/09	24/9/09	4/11/09	4/11/09	28 days
ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ	24/9/09	8/10/09	24/9/09	8/10/09	0 days
Λεκάνες (πλήρεις)	29/9/09	1/10/09	29/9/09	1/10/09	0 days
Ντουζιέρες (πλήρεις)	2/10/09	5/10/09	2/10/09	5/10/09	0 days
Μπανιέρες (πλήρεις)	6/10/09	7/10/09	6/10/09	7/10/09	0 days
Νιπτήρες (πλήρεις)	24/9/09	28/9/09	24/9/09	28/9/09	0 days
Πάγκοι Νιπτήρων Λουτρών	8/10/09	8/10/09	8/10/09	8/10/09	0 days
Τέλος εργασιών κουφωμ, ντουλαπών και ειδών υγιεινής	8/10/09	8/10/09	8/10/09	8/10/09	0 days
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	9/10/09	15/10/09	9/10/09	4/11/09	0 days
Λεβητοστάσιο	13/10/09	15/10/09	2/11/09	4/11/09	13 days
Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	9/10/09	12/10/09	9/10/09	12/10/09	0 days
ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ	13/10/09	4/11/09	13/10/09	4/11/09	0 days
Πέργκολα	27/10/09	3/11/09	27/10/09	3/11/09	0 days
Πεζούλια	22/10/09	23/10/09	2/11/09	3/11/09	6 days
Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	13/10/09	15/10/09	13/10/09	15/10/09	0 days
Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	13/10/09	13/10/09	30/10/09	30/10/09	12 days
Τοιχοποιία πάχους 0,40m	16/10/09	19/10/09	16/10/09	19/10/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	20/10/09	20/10/09	20/10/09	20/10/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	21/10/09	21/10/09	21/10/09	21/10/09	0 days
Πόρτα εισόδου οικοπέδου	4/11/09	4/11/09	4/11/09	4/11/09	0 days
Περίφραξη-Μάντρα	22/10/09	26/10/09	22/10/09	26/10/09	0 days
Δρόμος πρόσβασης	16/10/09	20/10/09	2/11/09	4/11/09	10 days
Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	20/10/09	20/10/09	4/11/09	4/11/09	10 days
Τέλος εργασιών	4/11/09	4/11/09	4/11/09	4/11/09	0 days

5.7 Προγραμματισμός έργου σε συνθήκες αβεβαιότητας

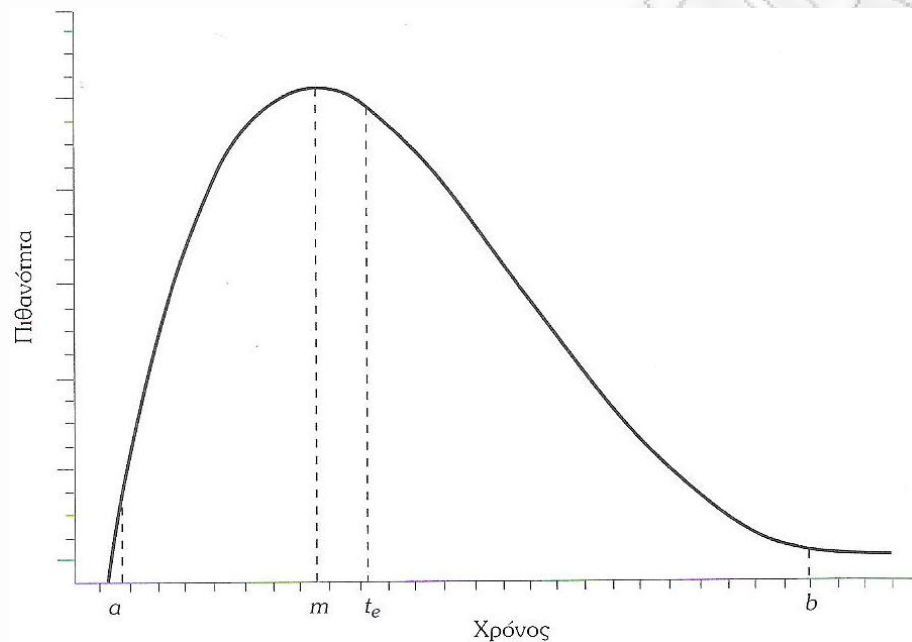
Στην εφαρμογή της μεθόδου PERT/CPM όπως περιγράφηκε προηγουμένως, έγινε η υπόθεση ότι οι χρόνοι εκτέλεσης των δραστηριοτήτων είναι γνωστοί και προσδιορισμένοι εκ των προτέρων με κάθε δυνατή ακρίβεια. Σε πολλές περιπτώσεις όμως κάτι τέτοιο είναι αδύνατο, κυρίως σε έργα όπου υπάρχουν δραστηριότητες που δεν έχουν εκτελεστεί ποτέ άλλοτε σε παρεμφερή ή άλλα έργα και δεν υπάρχει επαρκής γνώση σχετικά με τον αναμενόμενο χρόνο ολοκλήρωσης μίας δραστηριότητας. Επειδή στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει μεταβλητότητα στις διάρκειες των δραστηριοτήτων, οι χρονικές διάρκειες θεωρούνται ως τυχαίες μεταβλητές. Έτσι, χρησιμοποιείται η θεωρία των πιθανοτήτων για να αναλυθεί το έργο. Οι πληροφορίες που χρειάζονται για κάθε δραστηριότητα είναι τρεις και αφορούν εκτιμήσεις της αναμενόμενης διάρκειάς της, ως ακολούθως:

1. **Αισιόδοξος χρόνος διάρκειας (optimistic time):** είναι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις ο μικρότερος χρόνος που διαρκεί η δραστηριότητα, δηλαδή ο χρόνος που θα χρειαστεί για την εκτέλεσή της υπό ιδανικές συνθήκες, εφόσον δεν παρουσιαστεί κανένα πρόβλημα καθυστέρησης. Συμβολίζεται με a .
2. **Απαισιόδοξος χρόνος διάρκειας (pessimistic time):** είναι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις ο μεγαλύτερος χρόνος που διαρκεί η δραστηριότητα, δηλαδή ο χρόνος που θα χρειαστεί για την εκτέλεσή της υπό τις χειρότερες δυνατές συνθήκες, αφού παρουσιαστούν πολλά προβλήματα καθυστέρησης κατά την εκτέλεσή της. Συμβολίζεται με b .
3. **Πλέον πιθανός χρόνος διάρκειας (most-likely time):** είναι η πλέον συνηθισμένη τιμή του χρόνου που διαρκεί η δραστηριότητα και θεωρείται ως ο χρόνος που θα χρειαστεί για την εκτέλεσή της υπό κανονικές συνθήκες. Συμβολίζεται με m .

Για να περιγραφεί η μεταβλητότητα που υπάρχει στους χρόνους εκτέλεσης κάθε δραστηριότητας, συνήθως χρησιμοποιείται η **κατανομή βήτα**. Η κατανομή αυτή έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που ευνοούν τη διευκόλυνση της εκτίμησης του αναμενόμενου ή μέσου χρόνου t_e (expected time) που διαρκεί μία δραστηριότητα. Καταρχήν, η καμπύλη της είναι μονοκόρυφη (unimodal), δηλαδή έχει μία μόνο κορυφή και είναι αύξουσα από την αριστερή της πλευρά, φθίνουσα στη δεξιά της πλευρά, ενώ προσαρμόζεται στις τιμές που παίρνουν οι χρόνοι a , b και m , και μπορεί ανάλογα με την περίπτωση, να είναι συμμετρική (symmetrical) ή λοξή (skewed) προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Το υψηλότερο σημείο της καμπύλης της αντιστοιχεί στην τιμή m . Η

μέση τιμή της και η διακύμανση (δηλαδή η αναμενόμενη τιμή και η διακύμανση του χρόνου της δραστηριότητας) μπορούν να προσεγγιστούν εύκολα με κλειστούς τύπους που χρησιμοποιούν τις τρεις εκτιμήσεις χρόνου που προαναφέρθηκαν. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται μία χαρακτηριστική καμπύλη της κατανομής βήτα, όπου διακρίνονται οι τρεις εκτιμήσεις a , b και m , καθώς και η αναμενόμενη τιμή t_e .

Σχήμα 17: Η κατανομή βήτα και οι σχετικές τιμές του χρόνου μίας δραστηριότητας



Πηγή: Οικονόμου Γ, Γεωργίου, Α 2000, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, σελ. 192

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η κορυφή της καμπύλης αντιστοιχεί στην πιο πιθανή τιμή του χρόνου m (επικρατούσα τιμή-mode), ενώ τα δύο άκρα a και b αντιστοιχούν σε πιθανές, αλλά ακραίες περιπτώσεις. Η μέση τιμή t_e χωρίζει το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη σε δύο ίσα τμήματα. Στις περιπτώσεις που η καμπύλη της βήτα είναι συμμετρική, η επικρατούσα τιμή m θα συμπίπτει με τη μέση τιμή t_e . Όταν υπάρχουν οι τρεις εκτιμήσεις για τη διάρκεια κάθε δραστηριότητας, τότε για τον υπολογισμό της αναμενόμενης διάρκειάς της χρησιμοποιείται η σχέση:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Η διακύμανση του χρόνου κάθε δραστηριότητας περιγράφει τη μεταβλητότητα που υπάρχει στη διάρκεια κάθε δραστηριότητας και προσεγγίζεται από τη σχέση:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

Προφανώς η τυπική απόκλιση του χρόνου δίνεται από τη σχέση $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$. Όπως φαίνεται, η τιμή της διακύμανσης εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων τιμών του χρόνου, δηλαδή του απαισιόδοξου και του αισιόδοξου. Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν μόνο όταν γίνει η υπόθεση ότι η τυχαία μεταβλητή που εκφράζει το χρόνο, ακολουθεί την κατανομή βήτα.

Η μέθοδος PERT/CPM που εφαρμόστηκε για γνωστούς χρόνους εκτέλεσης των δραστηριοτήτων, εφαρμόζεται και εδώ με τους στοχαστικούς χρόνους. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οι αναμενόμενοι χρόνοι, όπως υπολογίστηκαν με τον τύπο που προαναφέρθηκε, για τους υπολογισμούς των χρόνων ES, EF, LS και LF. Επίσης υπολογίζεται για κάθε δραστηριότητα η διακύμανση του χρόνου, ενώ για κάθε μονοπάτι υπολογίζεται η συνολική διάρκεια των δραστηριοτήτων που το απαρτίζουν, από τις προσδοκώμενες τιμές των χρόνων τους, και άρα ο συνολικός αναμενόμενος χρόνος του. Ιδιαίτερης σημασίας είναι ο συνολικός χρόνος του κρίσιμου μονοπατιού, που αποτελεί μία εκτίμηση της μέσης τιμής του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης του έργου. Ταυτόχρονα είναι σημαντικό να υπολογιστεί και η διακύμανση του χρόνου του κρίσιμου μονοπατιού, αφού αποτελεί ένα δείκτη της μεταβλητότητας του χρόνου που διαρκεί όλο το έργο. Η διακύμανση αυτή προκύπτει από το άθροισμα των διακυμάνσεων των κρίσιμων δραστηριοτήτων.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της ανάλυσης είναι ότι ο "συνολικός χρόνος διάρκειας του έργου" είναι μία τυχαία μεταβλητή, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή, με μέση τιμή το άθροισμα των αναμενόμενων τιμών των χρόνων των δραστηριοτήτων στο κρίσιμο μονοπάτι και διακύμανση το άθροισμα των διακυμάνσεων των χρόνων αυτών. Έτσι είναι δυνατό να υπολογιστεί η **πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου** μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Ο υπολογισμός αυτός στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές των χρόνων ολοκλήρωσης των επιμέρους δραστηριοτήτων είναι στατιστικά ανεξάρτητες, ότι υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο πλήθος δραστηριοτήτων και ότι τα μονοπάτια που δημιουργούνται είναι επίσης ανεξάρτητα.

Γνωρίζοντας ότι για κάθε τυχαία μεταβλητή X που ακολουθεί την κανονική κατανομή $N(\mu, \sigma^2)$, η τυχαία μεταβλητή Z που ακολουθεί την τυπική κανονική κατανομή $N(0,1)$ προκύπτει από το μετασχηματισμό:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

τότε, αντικαθιστώντας στο X τις διάφορες τιμές, το πρόβλημα ανάγεται στο να βρεθεί η αντίστοιχη πιθανότητα για την τυπική κανονική κατανομή. Αυτό γίνεται εύκολα με τη βοήθεια πινάκων των τιμών της τυπικής κανονικής κατανομής ή με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή.²⁷

Αν για παράδειγμα η πιθανότητα ολοκλήρωσης ενός έργου σε μία συγκεκριμένη διάρκεια βρεθεί ότι είναι μικρότερη από 25%, τότε το ρίσκο που εμπεριέχεται κάνει την ολοκλήρωσή του έργου ανέφικτη. Στην περίπτωση αυτή, η κατανομή των πόρων ή η σχεδιασμένη αλληλουχία των δραστηριοτήτων πρέπει να αναθεωρηθεί για την επίτευξη πιθανότητας μεγαλύτερης από 25%, ή το έργο πρέπει να προγραμματιστεί από την αρχή. Για πιθανότητες μεταξύ 25% και 60%, το ρίσκο είναι κανονικό και η κατανομή των πόρων είναι λογική, ενώ για πιθανότητα μεγαλύτερη του 60%, οι δραστηριότητες πρέπει να εξεταστούν για μεγάλη ανακατανομή των πόρων.

Στις περιπτώσεις που οι δραστηριότητες δεν είναι ανεξάρτητες, κάτι που συμβαίνει όταν για παράδειγμα κάποιες δραστηριότητες βρίσκονται σε πολλαπλά μονοπάτια, υπάρχει η λύση της προσομοίωσης. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, το έργο εκτελείται εικονικά πολλές φορές και συλλέγονται δεδομένα από τους χρόνους διεκπεραίωσης κάθε δραστηριότητας και του συνολικού χρόνου του έργου, ώστε να πραγματοποιηθούν ασφαλέστερες εκτιμήσεις.

Στα στοχαστικά προβλήματα η πιθανότητα ολοκλήρωσης μέσα σε κάποια συγκεκριμένη προθεσμία στηρίζεται στην κανονική κατανομή, της οποίας οι παράμετροι προκύπτουν από το κρίσιμο μονοπάτι. Πάντως πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, αφού πιθανές μεγάλες διακυμάνσεις στους χρόνους εκτέλεσης των δραστηριοτήτων, που βρίσκονται σε μη κρίσιμα μονοπάτια, μπορούν να προκαλέσουν επιμήκυνση του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου, καθιστώντας αυτές τις μη κρίσιμες δραστηριότητες κρίσιμες. Εννοείται ότι μη κρίσιμα μονοπάτια, που ενδεχομένως μπορούν να προκαλέσουν τέτοια προβλήματα, είναι εκείνα που έχουν αναμενόμενους χρόνους κοντά στον αναμενόμενο χρόνο του κρίσιμου μονοπατιού. Προφανώς η συνεχής παρακολούθηση του έργου συνδράμει στην αποφυγή τέτοιων προβλημάτων.²⁸

Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου PERT/CPM για την αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργων Microsoft Project, λαμβάνοντας υπόψη την αισιόδοξη, απαισιόδοξη και πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων με τα βάρη που αναφέρθηκαν παραπάνω (1/6, 1/6 και 4/6 αντίστοιχα). Ειδικότερα φαίνονται ο ενωρίτερος χρόνος έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων, ο αργότερος χρόνος έναρξης και λήξης τους, και το συνολικό χρονικό τους περιθώριο.

Πίνακας 8: Αποτελέσματα εφαρμογής PERT/CPM για την αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων

	ES	EF	LS	LF	total slack
ΕΡΓΟ	2/3/09	8/1/10	2/3/09	8/1/10	0 days
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	2/3/09	10/3/09	2/3/09	11/3/09	0 days
Έναρξη εργασιών	2/3/09	2/3/09	2/3/09	2/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις μεζονετών	2/3/09	5/3/09	2/3/09	5/3/09	0 days
Γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας	5/3/09	6/3/09	9/3/09	10/3/09	2,67 days
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής μεζονετών	5/3/09	9/3/09	5/3/09	9/3/09	0 days
Επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας	9/3/09	10/3/09	11/3/09	11/3/09	1,83 days
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	9/3/09	13/5/09	9/3/09	13/5/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις μεζονετών	9/3/09	11/3/09	9/3/09	11/3/09	0 days
Εξισωτικές στρώσεις πισίνας	12/3/09	12/3/09	12/3/09	12/3/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 μεζονετών	13/3/09	24/4/09	13/3/09	24/4/09	0 days
Οπλισμένο Σκυρόδεμα C16/20 S500 πισίνας	24/4/09	30/4/09	24/4/09	30/4/09	0 days
Τέλος εργασιών σκυροδέτησης	30/4/09	30/4/09	30/4/09	30/4/09	0,67 days
Σενάζ δρομικά	13/5/09	13/5/09	13/5/09	13/5/09	0 days
ΣΤΗΘΑΙΑ	21/4/09	25/5/09	21/4/09	25/5/09	0 days
Στηθαία δωματών	21/4/09	24/4/09	21/4/09	24/4/09	0 days
Στηθαία βεραντών/σκάλας εξωτερικής	22/4/09	24/4/09	22/4/09	24/4/09	0 days
Στηθαία σκάλας εσωτερικής	22/5/09	25/5/09	22/5/09	25/5/09	0 days
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ	30/4/09	22/5/09	30/4/09	22/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,25 m	30/4/09	22/5/09	30/4/09	22/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,20 m	11/5/09	14/5/09	11/5/09	14/5/09	0 days
Τοιχοποιίες πάχους 0,10 m	8/5/09	18/5/09	11/5/09	18/5/09	0,83 days
ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ	11/5/09	29/5/09	11/5/09	28/8/09	0 days
Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	27/5/09	29/5/09	17/7/09	21/7/09	37 days
Θερμομόνωση κατακόρυφων επιφανειών	11/5/09	13/5/09	11/5/09	13/5/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους μεζονετών	25/5/09	27/5/09	25/5/09	27/5/09	0 days
Υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας	27/5/09	28/5/09	27/8/09	28/8/09	65,5 days
ΔΙΑΦΟΡΑ	27/5/09	8/6/09	27/5/09	8/6/09	0 days
Τζάκι	2/6/09	8/6/09	2/6/09	8/6/09	0 days
Ειδική κατασκευή-καμάρα	2/6/09	8/6/09	2/6/09	8/6/09	0 days
Ειδική κατασκευή-τρούλος	2/6/09	8/6/09	2/6/09	8/6/09	0 days

Κατώφλια, ποδιές παραθύρων μπαλκονιών	27/5/09	2/6/09	27/5/09	2/6/09	0 days
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	8/6/09	19/6/09	8/6/09	2/9/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικιών	8/6/09	16/6/09	8/6/09	16/6/09	0 days
Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας	16/6/09	19/6/09	28/8/09	2/9/09	52,5 days
ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	11/6/09	1/7/09	11/6/09	4/9/09	0 days
Ύδρευση κατοικίας	11/6/09	19/6/09	11/6/09	19/6/09	0 days
Αποχέτευση κατοικίας	19/6/09	29/6/09	19/6/09	29/6/09	0 days
Τέλος εργασιών τοιχοπ. υδραυλ. και ηλεκτρ. κατοικιών	29/6/09	29/6/09	29/6/09	29/6/09	0 days
Αντλιοστάσιο πισίνας	29/6/09	1/7/09	2/9/09	4/9/09	46,67 days
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	29/6/09	31/7/09	29/6/09	31/7/09	0 days
Επιχρίσματα εσωτερικά	29/6/09	17/7/09	29/6/09	17/7/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	21/7/09	31/7/09	21/7/09	31/7/09	0 days
Επιχρίσματα υδατοδεξαμενής	17/7/09	21/7/09	17/7/09	21/7/09	0 days
ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	31/7/09	10/9/09	31/7/09	10/9/09	0 days
Επενδύσεις τοίχων λουτρών (τσιμεντοκονία πατητή)	31/7/09	7/8/09	31/7/09	7/8/09	0 days
Επένδυση τοίχων πισίνας	8/9/09	10/9/09	8/9/09	10/9/09	0 days
ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΩΝ	7/8/09	8/9/09	7/8/09	8/9/09	0 days
Δάπεδο Δωματίων	12/8/09	19/8/09	12/8/09	19/8/09	0 days
Δάπεδο Δωματίου Υπηρεσίας	7/8/09	10/8/09	11/8/09	12/8/09	1,67 days
Δάπεδο Καθιστικού/Τραπεζαρίας	21/8/09	28/8/09	21/8/09	28/8/09	0 days
Δάπεδο Κουζίνας	19/8/09	20/8/09	20/8/09	21/8/09	1 day
Δάπεδο Διαδρόμου	19/8/09	21/8/09	19/8/09	21/8/09	0 days
Δάπεδο Λουτρών/WC	7/8/09	12/8/09	7/8/09	12/8/09	0 days
Δάπεδο Αποθήκης	28/8/09	31/8/09	28/8/09	31/8/09	0 days
Δάπεδο Χώρου Στάθμευσης	28/8/09	31/8/09	28/8/09	31/8/09	0 days
Δάπεδο Βεράντας	31/8/09	3/9/09	31/8/09	3/9/09	0 days
Δάπεδο Πισίνας	4/9/09	8/9/09	4/9/09	8/9/09	0 days
ΚΛΙΜΑΚΕΣ	31/8/09	4/9/09	1/9/09	4/9/09	0 days
Σκαλομέρια εσωτερικά	31/8/09	1/9/09	1/9/09	2/9/09	1 day
Σκαλομέρια εσωτερικά-προς δεξαμενή	1/9/09	2/9/09	2/9/09	3/9/09	1 day
Πλατύσκαλα εξωτερικά	3/9/09	4/9/09	3/9/09	4/9/09	0 days
Σκαλομέρια εξωτερικά	3/9/09	4/9/09	3/9/09	4/9/09	0 days
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	10/9/09	9/10/09	10/9/09	23/10/09	0 days
Χρώματα εσωτερικά	10/9/09	1/10/09	10/9/09	1/10/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	1/10/09	9/10/09	1/10/09	9/10/09	0 days
Ριπολίνη κουφωμάτων	1/10/09	6/10/09	20/10/09	23/10/09	13 days
Τέλος εργασιών επιχρ. χρωματ. και δαπέδων κατ.& πισίν.	9/10/09	9/10/09	23/10/09	23/10/09	10 days
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	12/10/09	5/11/09	12/10/09	5/11/09	0 days
Πόρτες εισόδου	26/10/09	29/10/09	29/10/09	2/11/09	2,67 days
Πόρτες κατοικίας	26/10/09	2/11/09	26/10/09	2/11/09	0 days
Πόρτες Χώρου Στάθμευσης	2/11/09	5/11/09	2/11/09	5/11/09	0 days
Μπαλκονόπορτες	12/10/09	16/10/09	12/10/09	16/10/09	0 days
Παράθυρα κατοικίας	16/10/09	23/10/09	16/10/09	23/10/09	0 days
Σταθερή τζαμαρία (καθιστικό)	2/11/09	4/11/09	3/11/09	5/11/09	0,67 days

ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΝΤΟΥΛΑΠΙΑ	5/11/09	12/11/09	5/11/09	8/1/10	0 days
Ντουλάπες κοινές	5/11/09	10/11/09	6/11/09	11/11/09	1,17 days
Ντουλάπια κουζίνας κοινά	5/11/09	11/11/09	5/11/09	11/11/09	0 days
Πάγκος κουζίνας	11/11/09	12/11/09	7/1/10	8/1/10	36,33 days
ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ	11/11/09	1/12/09	11/11/09	1/12/09	0 days
Λεκάνες (πλήρεις)	18/11/09	24/11/09	18/11/09	24/11/09	0 days
Ντουζιέρες (πλήρεις)	24/11/09	26/11/09	24/11/09	26/11/09	0 days
Μπανιέρες (πλήρεις)	26/11/09	30/11/09	26/11/09	30/11/09	0 days
Νιπτήρες (πλήρεις)	11/11/09	18/11/09	11/11/09	18/11/09	0 days
Πάγκοι Νιπτήρων Λουτρών	30/11/09	1/12/09	30/11/09	1/12/09	0 days
Τέλος εργασιών κουφωμ, ντουλαπών και ειδών υγιεινής	1/12/09	1/12/09	1/12/09	1/12/09	0 days
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	1/12/09	10/12/09	1/12/09	8/1/10	0 days
Λεβητοστάσιο	7/12/09	10/12/09	4/1/10	8/1/10	17 days
Κεντρική θέρμανση-σωληνώσεις σώματα	1/12/09	4/12/09	1/12/09	4/12/09	0 days
ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ	7/12/09	8/1/10	7/12/09	8/1/10	0 days
Πέργκολα	24/12/09	5/1/10	24/12/09	5/1/10	0 days
Πεζούλια	18/12/09	22/12/09	4/1/10	5/1/10	7,83 days
Δάπεδο Εξωτερικού Χώρου	7/12/09	10/12/09	7/12/09	10/12/09	0 days
Σκαλομέρια Εξωτερικού Χώρου	7/12/09	7/12/09	30/12/09	4/1/10	16,17 days
Τοιχοποιία πάχους 0,40m	10/12/09	14/12/09	10/12/09	14/12/09	0 days
Επιχρίσματα εξωτερικά	15/12/09	16/12/09	15/12/09	16/12/09	0 days
Χρώματα εξωτερικά	17/12/09	18/12/09	17/12/09	18/12/09	0 days
Πόρτα εισόδου οικοπέδου	7/1/10	8/1/10	7/1/10	8/1/10	0 days
Περίφραξη-Μάντρα	18/12/09	23/12/09	18/12/09	23/12/09	0 days
Δρόμος πρόσβασης	10/12/09	15/12/09	4/1/10	8/1/10	13,33 days
Κράσπεδο δρόμου πρόσβασης	14/12/09	15/12/09	7/1/10	8/1/10	13,33 days
Τέλος εργασιών	8/1/10	8/1/10	8/1/10	8/1/10	0 days

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η **πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου** για κάποιες συγκεκριμένες χρονικές διάρκειες. Για να γίνει αυτό αρχικά εντοπίστηκαν οι εναλλακτικές κρίσιμες διαδρομές, όπου τελικά επιλέχτηκε τυχαία η μία εξ' αυτών, αφού στα σημεία που ήταν δυνατό να επιλεγεί κάποια άλλη εναλλακτική διαδρομή, οι δραστηριότητες είχαν την ίδια διάρκεια. Συγκεκριμένα επιλέχτηκε η κρίσιμη διαδρομή Y1.1, Y1.3, Y2.1, Y2.2, Y2.3, Y2.4, Y4.1, Y3.3, Y5.3, Y6.4, Y6.1, Y7.1, Y8.1, Y8.2, Y9.1, Y9.3, Y9.2, Y10.1, Y11.6, Y11.1, Y11.5, Y11.3, Y11.8, Y11.9, Y12.4, Y11.10, Y10.2, Y13.1, Y13.2, Y14.4, Y14.5, Y14.2, Y14.3, Y15.2, Y16.4, Y16.1, Y16.2, Y16.3, Y16.5, Y17.2, Y18.3, Y18.5, Y18.6, Y18.7, Y18.9, Y18.1, Y18.8.

Έπειτα υπολογίστηκε για κάθε κρίσιμη δραστηριότητα η διακύμανσή της με τύπο που έχει αναφερθεί προηγουμένως, η συνολική διακύμανση των δραστηριοτήτων του έργου

($\sigma^2 = 3,0278$) και η συνολική τυπική τους απόκλιση ($\sigma = 1,7401$). Ακολουθως για μία σειρά χρονικών διαρκειών ολοκλήρωσης του έργου από 210 έως 224 ημέρες βρέθηκε η τυχαία μεταβλητή Z από τον τύπο:

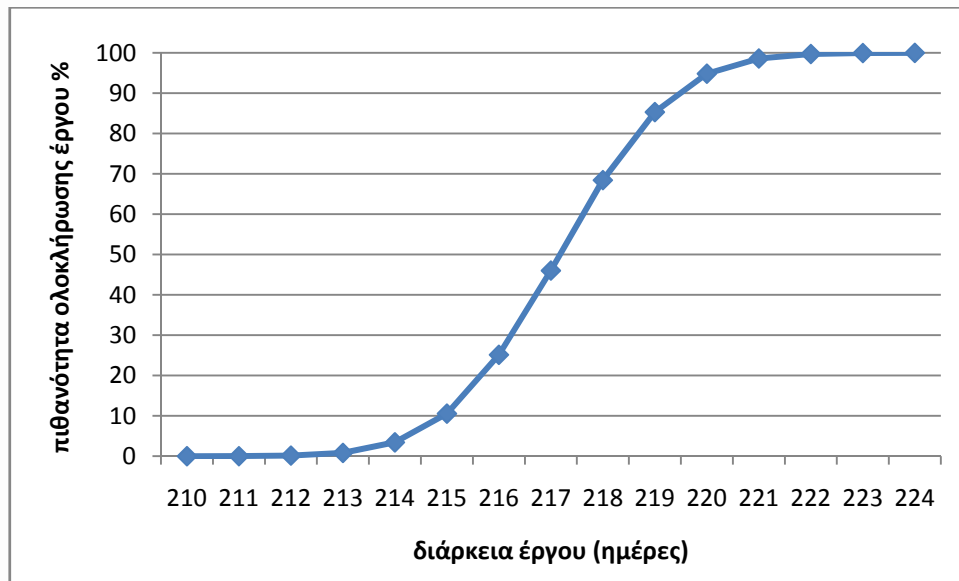
$$Z = \frac{X - 217,17}{1,7401}$$

(όπου X: η εκάστοτε χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου) και ύστερα η αντίστοιχη πιθανότητα F(Z) για την τυπική κανονική κατανομή, με τη βοήθεια πινάκων των τιμών της τυπικής κανονικής κατανομής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9, καθώς και στο Διάγραμμα 3.

Πίνακας 9: Πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια

Διάρκεια έργου	Τυχαία μεταβλητή Z	F(Z)	Πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου %
210	-4,12	0,0000	0
211	-3,55	0,0002	0,02
212	-2,97	0,0015	0,15
213	-2,40	0,0082	0,82
214	-1,82	0,0344	3,44
215	-1,25	0,1056	10,56
216	-0,67	0,2514	25,14
217	-0,10	0,4602	46,02
218	0,48	0,6844	68,44
219	1,05	0,8531	85,31
220	1,63	0,9484	94,84
221	2,20	0,9861	98,61
222	2,78	0,9973	99,73
223	3,35	0,9996	99,96
224	3,93	1,0000	100

Διάγραμμα 3: Πιθανότητα ολοκλήρωσης του έργου σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια



Όπως είναι φανερό η καμπύλη είναι σχήματος S, με τις πιθανότητες ολοκλήρωσης να είναι σχεδόν μηδενικές μέχρι και τις 213 ημέρες, και κοντά στο 100% από τις 222 ημέρες και μετά. Προφανώς πριν τις 210 ημέρες δεν υπάρχει καμία πιθανότητα να ολοκληρωθεί το έργο, ενώ μετά τις 224 ημέρες το έργο θα έχει σίγουρα ολοκληρωθεί, για αυτό και τα διαστήματα αυτά δεν συμπεριλήφθηκαν στο παραπάνω διάγραμμα.

5.8 Καταμερισμός πόρων

Η ανάλυση δικτύου με τη μέθοδο PERT και CPM δεν τελειώνει με την κατασκευή του διαγράμματος δικτύου και τον εντοπισμό των κρίσιμων και μη κρίσιμων διαδρομών. Η σωστή χρήση των τεχνικών αυτών απαιτεί μία διαρκή ανασκόπηση, αναθεώρηση και σχηματισμό νέων δικτύων. Η μέθοδος PERT είναι μία διαδικασία σχεδιασμού, επανασχεδιασμού και εκτίμησης προόδου με σκοπό τον καλύτερο συντονισμό και έλεγχο. Η ενδεδειγμένη εφαρμογή της διαδικασίας αυτής απαιτεί συνεχείς διορθωτικές ενέργειες από τους υπεύθυνους διαχειριστές έργων.

Με τις πληροφορίες που παίρνει από το μοντέλο δικτύου, ένας διαχειριστής έργου μπορεί να εστιάσει τις προσπάθειες του στη μείωση της διάρκειας των δραστηριοτήτων της κρίσιμης διαδρομής. Πόροι και κεφάλαια μπορούν να ανακατανεμηθούν από τις μη

κρίσιμες στις κρίσιμες δραστηριότητες ή εναλλακτικά μπορεί να επανεξεταστεί η αλληλουχία των δραστηριοτήτων στην κρίσιμη διαδρομή. Δραστηριότητες που αρχικά συνδέθηκαν σε σειρά, μπορεί πιθανώς να συνδεθούν σε παράλληλη ή ταυτόχρονη βάση. Νέοι πόροι ή υπερωριακή χρήση-απασχόληση των υπαρχόντων πόρων μπορεί να παρέχουν την επιθυμητή ευελιξία.²⁹

Η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής δίνει έμφαση στην ανακατανομή των πόρων από μία δραστηριότητα σε μία άλλη, για να διευκολύνει την αποδοτική ολοκλήρωση του έργου. Παρόλο που όλες οι τεχνικές δικτύων που χρησιμοποιούν την έννοια της κρίσιμης διαδρομής συχνά ονομάζονται ως "μέθοδοι κρίσιμης διαδρομής", η μέθοδος PERT/CPM είναι μία μέθοδος που απαιτεί μία βάση δεδομένων των σχέσεων κόστους-χρόνου των δραστηριοτήτων, προκειμένου να εφαρμοστεί.

Βασικά, η προσέγγιση αυτή αξιοποιεί τις σχέσεις κόστους-χρόνου για τις δραστηριότητες, ως μία βάση για την ανακατανομή των πόρων μεταξύ των δραστηριοτήτων (βλέπε ενότητα 4.6). Ωστόσο, η μέθοδος αυτή απαιτεί να είναι γνωστές εκ των προτέρων οι σχέσεις κόστους-χρόνου, που είναι μη ρεαλιστικό στην περίπτωση των πιο περίπλοκων έργων, αφού συνήθως τέτοια δεδομένα δεν υπάρχουν. Η εναλλακτική που συνήθως χρησιμοποιείται είναι η θεώρηση των σχέσεων κόστους-χρόνου ως γραμμικών. Φυσικά αυτές οι γραμμικές σχέσεις μπορεί να είναι πολύ απλές προσεγγίσεις των πραγματικών σχέσεων κόστους-χρόνου που υπάρχουν. Ακόμα και αν είναι λογικές, η δυσκολία που υφίσταται στην βελτιστοποίηση μεγάλων έργων είναι μεγάλη.³⁰

Ο **καταμερισμός των πόρων** λαμβάνει σήμερα μεγαλύτερη σημασία από οποιαδήποτε άλλη διάσταση της μεθόδου PERT/CPM, και υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτό. Η σημασία του προβλήματος λοιπόν αυξάνεται ραγδαία, αφού η νέα τεχνολογία έχει αναπτύξει μεγάλα και ακριβά μηχανήματα, οπότε είναι σημαντικός ο οικονομικός τρόπος διαχείρισής τους. Ακόμη αυξάνεται ο αριθμός των διαφορετικών ανθρώπινων πόρων, λόγω της αυξανόμενης ειδίκευσης και των νέων τεχνολογιών. Έτσι είναι σύνηθες πλέον πολλά έργα να περιλαμβάνουν από εικοσιπέντε μέχρι και πενήντα διαφορετικές ειδικότητες εργατικού δυναμικού.

Ένας ακόμη λόγος για το μεγάλο ενδιαφέρον στη διαδικασία του καταμερισμού των πόρων είναι ότι το μέγεθος του προβλήματος είναι τόσο μεγάλο, που ο κεντρικός σχεδιασμός δε μπορεί να ανακαλύψει τις πιθανές εναλλακτικές λύσεις. Πιθανότητες όπως ο επαναπρογραμματισμός των κρίσιμων δραστηριοτήτων, η αλλαγή των

διαρκειών των δραστηριοτήτων και η διάσπαση των δραστηριοτήτων, δείχνουν ότι το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο και εξαιρετικά μεγάλου μεγέθους.

Ο πιο απλός έλεγχος του καταμερισμού των πόρων γίνεται εξετάζοντας προσεκτικά στο δίκτυο την ύπαρξη της ζήτησης για τους πόρους. Θεωρώντας ότι οι δραστηριότητες προγραμματίζονται για να ξεκινήσουν στους ενωρίτερους χρόνους τους, μπορούν να παρατηρηθούν οι πιθανές επικαλύψεις στις χρονικές περιόδους που είναι προγραμματισμένοι οι πόροι, και άρα να εκτιμηθεί πότε η ζήτηση για κάποιο πόρο είναι υπερβολική.³¹

Η ημερολογιακή οριοθέτηση των δραστηριοτήτων λοιπόν παρέχει έναν εύκολο τρόπο ελέγχου του προγράμματος, ως προς τη χρήση του εργατικού δυναμικού και των υπόλοιπων πόρων. Έτσι, αν η μέγιστη ζήτηση για ένα συγκεκριμένο πόρο σε ένα χρονικό διάστημα θεωρείται ως υπερβολική, η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής παρέχει έναν εύκολο τρόπο για τον επανασχεδιασμό και επαναπρογραμματισμό του έργου, και τη μείωση της συνολικής αυτής ζήτησης του πόρου. Αρχικά κάποιοι υπολογισμοί δείχνουν αν κάποιες δραστηριότητες μπορούν να μετακινηθούν χρονικά νωρίτερα ή αργότερα, χωρίς αυτό να επηρεάσει τη συνολική διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου. Ύστερα, η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής μπορεί να προσομοιώσει τα αποτελέσματα από τις αλλαγές του σχεδίου ή του προγράμματος, και να προσδιορίσει ένα αποδεκτό τρόπο για τη μείωση της υπερβολικής ζήτησης του πόρου μέσα στα επιθυμητά όρια.³²

5.9 Διαγράμματα Gantt

Ανάμεσα στα έγγραφα προγραμματισμού και ελέγχου, αυτό που χρησιμοποιείται ευρύτερα για την κοινοποίηση πληροφοριών σχετικά με το πρόγραμμα του έργου, είναι το **γραμμικό χρονοδιάγραμμα**. Πρωτοσχεδιάστηκε πριν από τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο από τον Αμερικανό Henry Gantt, ο οποίος το χρησιμοποίησε ως εποπτικό μέσο για τον προγραμματισμό και έλεγχο των ναυπηγικών έργων. Για το λόγο αυτό τα περισσότερα γραμμικά χρονοδιαγράμματα προγραμματισμού ονομάζονται επίσης και διαγράμματα Gantt.

Το διάγραμμα Gantt είναι αρκετά δημοφιλές λόγω κυρίως της απλότητάς του, και χρησιμοποιείται για να αποδώσει γραφικά πληροφορίες, όπως αυτές που βρίσκονται

στον πίνακα των άμεσα προηγούμενων δραστηριοτήτων, αλλά και για να συγκριθεί η χρονική πρόοδος του έργου σε σχέση με το σχέδιο του διαγράμματος. Το γραμμικό διάγραμμα χρησιμοποιείται ευρύτατα κατά την εκτέλεση έργων όχι μόνο για την αποτελεσματική τους απεικόνιση που είναι εύληπτη, αλλά και διότι μπορεί να μεταφέρει αξιόπιστα και με ακρίβεια τις απαραίτητες πληροφορίες για τον προγραμματισμό και έλεγχο του έργου.

Το γραμμικό διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μόνο του για απλά έργα ή να συνδεθεί με τη μέθοδο κρίσιμης διαδρομής. Για να παρουσιαστεί το χρονοδιάγραμμα ενός πολύπλοκου δικτύου, πρέπει να γίνει το γραμμικό χρονοδιάγραμμα, ώστε να υπάρχει η χρονική δόμηση του έργου για τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος προμηθειών, του ιστογράμματος πόρων και της κατάστασης χρηματικών ροών. Το γραμμικό διάγραμμα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το ημερολόγιο των υποχρεώσεων. Το ημερολόγιο είναι το καλύτερο μέσο για τη σημείωση των σημαντικών ημερομηνιών και προθεσμιών, αλλά και για τον προγραμματισμό των καθημερινών δραστηριοτήτων.

Στα διαγράμματα Gantt, ο χρονικός προγραμματισμός της κάθε δραστηριότητας αναπαριστάται από μία **οριζόντια γραμμή-ράβδο**, που ξεκινά από την ημερομηνία νωρίτερης έναρξης της δραστηριότητας και καταλήγει στην ημερομηνία νωρίτερης λήξης της. Το μήκος της γραμμής είναι ανάλογο προς την εκτιμώμενη διάρκεια της δραστηριότητας. Η χρονική κλίμακα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι κλίμακα ημερών ή εβδομάδων. Υπάρχουν όμως και κλίμακες ωρών, μηνών ή ακόμα και ετών.

Ο οριζόντιος άξονας του διαγράμματος παριστάνει το χρόνο, με υποδιαίρεσεις κατάλληλες για το έργο που μελετάται, ενώ στον κάθετο άξονα τοποθετούνται τα ονόματα των δραστηριοτήτων ή οι πιθανοί συμβολισμοί τους. Συνήθως οι δραστηριότητες τοποθετούνται με βάση την αλληλουχία που έχει καταγραφεί στον πίνακα των άμεσα προαπαιτούμενων δραστηριοτήτων.

Οι αναφορές υπό μορφή πίνακα είναι ο συνδετικός κρίκος για τη χρονική ανάλυση της PERT/CPM με το γραμμικό χρονοδιάγραμμα. Για πολύπλοκα έργα είναι προτιμότερο να αναπτύσσεται η WBS και το διάγραμμα δικτύου (network diagram) προτού κατασκευαστεί το γραμμικό χρονοδιάγραμμα. Και αυτό γιατί η κατασκευή του διαγράμματος δικτύου είναι ο καλύτερος τρόπος για την οριστικοποίηση της λογικής αλληλουχίας των εργασιών.

Το γραμμικό διάγραμμα μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω αν εισαχθεί και το χρονικό περιθώριο της κάθε δραστηριότητας. Η καθιερωμένη απεικόνιση επισημαίνει το χρονικό περιθώριο στο τέλος της κάθε δραστηριότητας από τη νωρίτερη λήξη (EF) μέχρι την αργότερη λήξη (LF), ως μία διακεκομμένη γραμμή με ένα συγκεκριμένο μικρό σύμβολο στο τέλος. Έτσι μπορεί να συναχθεί ότι κάθε δραστηριότητα που δεν έχει χρονικό περιθώριο, βρίσκεται πάνω στην κρίσιμη διαδρομή. Στην πράξη όμως, οι υπεύθυνοι προγράμματος εργασιών αποφεύγουν να απεικονίζουν το χρονικό περιθώριο των δραστηριοτήτων, γιατί είναι στην ανθρώπινη φύση, όταν οι εργαζόμενοι γνωρίζουν το τελευταίο χρονικό περιθώριο, να κατανέμουν την προσπάθειά τους μέχρι την ημερομηνία αργότερης λήξης της, καθιστώντας όλες τις δραστηριότητες κρίσιμες.³³

Ακόμη μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμπτυξη των δραστηριοτήτων, που ονομάζεται αλλιώς και σύνοψη δραστηριοτήτων, η οποία χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση των υποδραστηριοτήτων και το σχηματισμό βασικών δραστηριοτήτων. Η λειτουργία αυτή βοηθά τη δημιουργία επάλληλων στρωμάτων και το συμάζεμα του προγράμματος των εργασιών για τις ανάγκες κάποιας παρουσίασης. Επιπλέον, μπορεί να συσχετιστεί και με τη δομή της WBS. Όταν στο γραμμικό διάγραμμα έχουν δημιουργηθεί ομάδες σύμπτυξης δραστηριοτήτων, τότε αυτό μπορεί να παρουσιαστεί με διαφορετική κάθε φορά μορφή, ανάλογα με το απαιτούμενο επίπεδο ανάλυσης – λιγότερες λεπτομέρειες για τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη ή περισσότερες για τα άτομα που θα εκτελέσουν τις συγκεκριμένες δραστηριότητες.³⁴

Το διάγραμμα Gantt σχεδιάστηκε αρχικά ως εργαλείο προγραμματισμού και ελέγχου, όπου η πραγματοποιηθείσα πρόοδος αποτυπώνεται σε σχέση με το αρχικό πλάνο δράσης. Η ράβδος που αντιπροσωπεύει την πρόοδο ζωγραφίζεται είτε πάνω, είτε μέσα, είτε κάτω από τη ράβδο που αντιστοιχεί στο αρχικό πλάνο. Με τον τρόπο αυτόν, ο διευθυντής έργου μπορεί να συλλάβει με μία ματιά το ρυθμό προόδου για κάθε δραστηριότητα και ποιό σημείο πιθανόν πρέπει να ελεγχθεί, προκειμένου να ολοκληρωθεί το έργο με επιτυχία. Υπάρχουν δύο τρόποι κατασκευής του:

1. Σημειώνοντας την πρόοδο που έχει επιτευχθεί σε σχέση με τη χρονική στιγμή ελέγχου
2. Σημειώνοντας την πρόοδο που έχει επιτευχθεί σε σχέση με τη χρονική στιγμή ελέγχου και, ταυτοχρόνως προβάλλοντας τον αντίκτυπο (knock-on effect) στις μετέπειτα δραστηριότητες

Η έκθεση προόδου καταρχήν επισημαίνει την ημερομηνία σύνταξής της, ή τη χρονική στιγμή ελέγχου. Η πρόοδος αναφέρεται σε σχέση με συγκεκριμένες δραστηριότητες. Οι

ημερομηνίες έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων αποτελούν ημερομηνίες-ορόσημα που βεβαιώνουν αν η δραστηριότητα πράγματι ξεκίνησε και αν έχει τελειώσει.

Για να χαράξει το αναθεωρημένο γραμμικό διάγραμμα, ο υπεύθυνος του προγράμματος εργασιών θα πρέπει να γνωρίζει για κάθε μία δραστηριότητα, τη διάρκεια που υπολείπεται μέχρι την ολοκλήρωσή της. Αυτό είναι απαραίτητο διότι το γραμμικό διάγραμμα είναι χρονική κλίμακα και όχι κλίμακα ποσοστών ολοκλήρωσης. Συνήθως οι δύο αυτές πληροφορίες, δηλαδή το ποσοστό ολοκλήρωσης και η χρονική διάρκεια που υπολείπεται μέχρι την ολοκλήρωση της δραστηριότητας σχετίζονται άμεσα μεταξύ τους, όμως αυτό δεν αποτελεί κανόνα.

Σε μία δραστηριότητα μεγάλης διάρκειας, όσο πλησιάζει προς την ολοκλήρωσή της, ο υπεύθυνος θα έχει ακριβέστερη αίσθηση για τη διάρκεια που υπολείπεται μέχρι την ολοκλήρωσή της παρά για το ποσοστό ολοκλήρωσης. Επίσης, για την αποτύπωση προόδου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι οποιοσδήποτε αλλαγές έχουν γίνει στη λογική των δραστηριοτήτων.³⁵

Πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι στα αρχικά διαγράμματα Gantt, ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων ήταν η δυναμικότητα των εργατών και των μηχανημάτων. Το διάγραμμα της προόδου του έργου, της διάθεσης του εργατικού δυναμικού και των μηχανημάτων σε ένα έργο, είναι παραδείγματα τέτοιων διαγραμμάτων Gantt. Πάνω στο διάγραμμα φαινόταν ο χρόνος αλλά και η εργασία που είχε πραγματοποιηθεί μέχρι κάποια χρονική στιγμή.

Αργότερα, επεκτείνοντας τις δυνατότητες των διαγραμμάτων, έγινε αντιληπτό ότι για πολλά έργα ο χρόνος, παρά οι πόροι, είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι πόροι θα ήταν διαθέσιμοι με πρακτικούς περιορισμούς για την ολοκλήρωση του έργου στη μικρότερη δυνατή διάρκεια. Το διάγραμμα που αναπτύχθηκε για τα έργα αυτά ονομάστηκε διάγραμμα προγραμματισμού έργου και βασίστηκε στο διάγραμμα προόδου του Gantt.³⁶

Τα στοιχεία που συνθέτουν ένα διάγραμμα Gantt είναι τα **γεγονότα** (ημερομηνίες κλειδιά, ενδιάμεσες προθεσμίες) και **οι δραστηριότητες**. Η βασική διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στις δραστηριότητες και τα γεγονότα είναι ότι τα γεγονότα έχουν μηδενική διάρκεια, δηλαδή στην ουσία πρόκειται για χρονικά σημεία. Ένα γεγονός, δηλαδή μία ημερομηνία-κλειδί ή μία ενδιάμεση προθεσμία, αντιπροσωπεύει κάτι που

συμβαίνει τη συγκεκριμένη ημερομηνία. Για παράδειγμα, η έναρξη ή λήξη δραστηριοτήτων είναι γεγονότα. Τα γεγονότα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τα γεγονότα δεν έχουν χρονική διάρκεια, είναι δηλαδή χρονικά σημεία. Στο λογισμικό πακέτο Microsoft Project, για παράδειγμα, γεγονός θεωρείται κάθε δραστηριότητα που δεν έχει διάρκεια και **αντιστοιχεί στην εμφάνιση ενός μικρού ρόμβου**.
- Γεγονότα θεωρούνται η έναρξη και η λήξη των δραστηριοτήτων, των πακέτων εργασιών που προκύπτουν από την WBS, των φάσεων του κύκλου ζωής του έργου, όπως επίσης και η έναρξη και η λήξη του ίδιου του έργου.
- Ένα γεγονός επικεντρώνει το έργο σε ένα σημείο ελέγχου, σε μία σημαντική επιμέρους ολοκλήρωση ή ένα χειροπιαστό αποτέλεσμα, ένα στάδιο πληρωμής, ή κάποια έγκριση που απαιτείται για τη συνέχιση του έργου.
- Γεγονότα είναι επίσης η αλληλουχία μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων και συνεργείων, όταν δηλαδή ο ένας μεταβιβάζει το έργο στον επόμενο

Εστιάζοντας στα γεγονότα αποκτάται μία σαφή εικόνα για το πότε πρέπει να ολοκληρωθούν οι διάφορες εργασίες, και μία αποτίμηση της προόδου που έχει επιτευχθεί. Το χρονοδιάγραμμα που κατασκευάζεται με βάση ημερομηνίες-κλειδιά αποτελεί διαφορετική παρουσίαση του προγραμματισμού εργασιών, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε από μόνη της, είτε σε συνδυασμό με το γραμμικό χρονοδιάγραμμα.³⁷

Παρακάτω αναφέρονται τα πλεονεκτήματα του διαγράμματος Gantt, που είναι τα εξής:

- Το γραμμικό διάγραμμα, ως μορφή παρουσίασης, είναι εύκολο να κατανοηθεί και να αφομοιωθεί
- Το γραμμικό διάγραμμα παρουσιάζει την πρόοδο των δραστηριοτήτων με σαφή και απλό τρόπο
- Το γραμμικό χρονοδιάγραμμα είναι προαπαιτούμενο για τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος προμηθειών, του ιστογράμματος πόρων και της κατάστασης χρηματικών ροών
- Το αναθεωρημένο γραμμικό διάγραμμα αποτελεί εξαιρετικό διοικητικό εργαλείο προγραμματισμού και ελέγχου
- Το γραμμικό διάγραμμα χρησιμοποιείται για την κοινοποίηση και διάχυση πληροφοριών σχετικά με το χρονοδιάγραμμα
- Το γραμμικό διάγραμμα αποτελεί έγγραφο-κλειδί για τη διοικητική λειτουργία της λήψης αποφάσεων

Υπάρχουν όμως και δύο σημεία που υστερεί το διάγραμμα Gantt στην αρχική του μορφή:

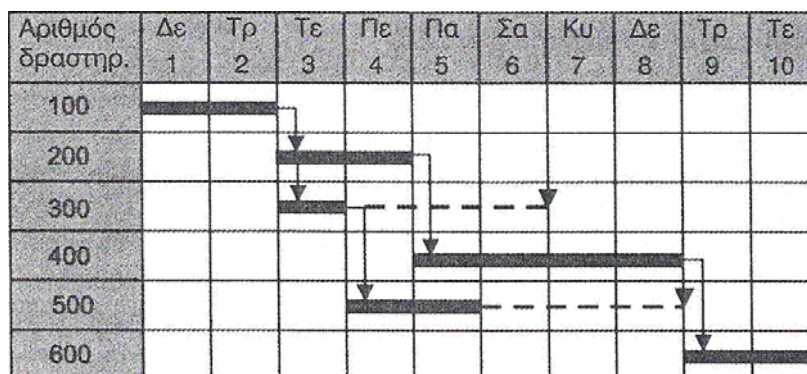
1. **Στην παρουσίαση των αλληλεπιδράσεων:** Το διάγραμμα Gantt δε δείχνει επακριβώς την αλληλουχία και τις αλληλεπιδράσεις των δραστηριοτήτων. Αν μία δραστηριότητα επιταχυνθεί ή επιβραδυνθεί, δεν είναι δυνατό, ιδίως σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα, να βρεθούν οι επιπτώσεις που έχει αυτό στις υπόλοιπες δραστηριότητες.
2. **Στη λήψη αποφάσεων πολλαπλής έκβασης:** Προτού εισαχθεί κάποια δραστηριότητα στο διάγραμμα Gantt, μία σειρά από παράγοντες πρέπει να εκτιμηθούν και συγχρόνως να παρθούν αποφάσεις για:
 - Τη λογική αλληλουχία των δραστηριοτήτων
 - Τη διάρκεια των δραστηριοτήτων εκείνων που εξαρτώνται από την παραλαβή προμηθειών καθώς και τη διαθεσιμότητα πόρων και χρημάτων

Για να είναι αποτελεσματικό το σχέδιο δράσης, θα πρέπει να εξετάσει ισοβαρώς όλους αυτούς τους παράγοντες. Δυστυχώς, η διόγκωση των έργων σε μέγεθος και πολυπλοκότητα, έδειξε ότι το διάγραμμα Gantt δεν αρκεί πλέον από μόνο του, ως εργαλείο προγραμματισμού και ελέγχου. Ωστόσο, τα προβλήματα και τα μειονεκτήματά του μπορούν να ξεπεραστούν αν χρησιμοποιηθεί συνδεδεμένο με τη μέθοδο PERT/CPM και το αντίστοιχο διάγραμμα δικτύου.

Με τον τρόπο αυτό μπορεί να κατασκευαστεί το **γραμμικό διάγραμμα λογικών σχέσεων** ή αλλιώς διασυνδεδεμένο γραμμικό διάγραμμα, το οποίο υποδεικνύει τις λογικές σχέσεις που συνδέουν τις δραστηριότητες μεταξύ τους. Η τεχνική αυτή είναι σίγουρα η καταλληλότερη για μικρού μεγέθους έργα, αλλά όσο ο αριθμός των δραστηριοτήτων αυξάνεται στα μεγάλα έργα, τόσο η παρουσίασή τους γίνεται ολοένα και περισσότερο μπλεγμένη, καθιστώντας το διάγραμμα αρκετά ασαφές και δυσανάγνωστο.³⁸

Στο Σχήμα 17 παρουσιάζεται η μορφή ενός διαγράμματος Gantt, που περιλαμβάνει και τις λογικές σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων.

Σχήμα 18: Γραμμικό διάγραμμα λογικών σχέσεων



Πηγή: *Burke, R 2002, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, σελ. 246*

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διαγράμματα Gantt, για την πιθανότερη, επιταχυνόμενη, αισιόδοξη, απαισιόδοξη και αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων (για τους ενωρίτερους χρόνους) του υπό εξέταση έργου, όπως εξήχθησαν από το λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργων Microsoft Project. Παράλληλα στα διαγράμματα αυτά φαίνονται και οι κρίσιμες δραστηριότητες, οι οποίες απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, σε αντίθεση με τις μη κρίσιμες που απεικονίζονται με μπλε χρώμα. Μέσα σε κάθε ράβδο αναγράφεται το όνομα της δραστηριότητας (σε κωδικοποιημένη μορφή), ενώ αριστερά από κάθε ράβδο αναγράφεται η ενωρίτερη έναρξή της.

РАНЕКЪМЪО РЕПАА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕКЪТНО ТЕПЛА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

РАНЕЕ НЕ ПЕРПА

5.10 Καμπύλη κόστους έργου

Η κατάσταση χρηματικών ροών είναι ένα έγγραφο που μοντελοποιεί τη ροή χρήματος προς και από το έργο. Το χρονικό πλαίσιο είναι συνήθως μηνιαίο, για να υπάρχει σύμπτωση με τον κανονικό λογιστικό κύκλο των επιχειρήσεων. Η κατάσταση χρηματικών ροών βασίζεται στις ίδιες πληροφορίες που δομούν και τις συνήθεις τραπεζικές λογιστικές καταστάσεις, εκτός από το ότι τα έσοδα και οι δαπάνες είναι ομαδοποιημένα και αθροισμένα. Στην περίπτωση ενός έργου, τα έσοδα του εργολήπτη προέρχονται από καταβολές έναντι της μηνιαίας προόδου του έργου, ενώ τα έξοδα συνίστανται σε μισθοδοσία, κόστος πρώτων υλών, γενικά έξοδα, τόκους και αγορά υπηρεσιών. Από την άλλη πλευρά, τα έσοδα του πελάτη προέρχονται από τη χρήση των εγκαταστάσεων (μετά την ολοκλήρωση του έργου), ενώ τα έξοδα αφορούν τις πληρωμές υπεργολάβων και προμηθευτών.

Η κατάσταση χρηματικών ροών, όπως υπονοείται και από την ίδια της την ονομασία, αποτελεί μέτρο της κίνησης μετρητών από και προς το λογιστήριο του έργου. Μερικές φορές όμως, η ροή αυτή μπορεί να μην αντικατοπτρίζει το ποσό που αντιστοιχεί στις πωλήσεις ή στα έξοδα του μηνός. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας **του χρονισμού των πληρωμών**. Τυπικά παραδείγματα χρονισμού εισροής ή εκροής είναι τα εξής:

- Προκαταβολή με την κατάθεση της παραγγελίας για αγορά πρώτων υλών
- Σταδιακή πληρωμή, ή αλλιώς καταβολές έναντι της προόδου του έργου για έργα, η ολοκλήρωση των οποίων μπορεί να απαιτεί πολλούς μήνες
- Καταβολή του ποσού με την αγορά των πρώτων υλών
- Πίστωση τριάντα ή εξήντα ημερών - συνήθης πρακτική για αγορά πρώτων υλών

Η κατάσταση χρηματικών ροών **αποτελεί μέρος της μεθόδου κρίσιμης διαδρομής** και συνδυάζει πολλές τεχνικές όπως: WBS, εκτίμηση, προγραμματισμό έργου, χρονοδιάγραμμα προμηθειών και ιστόγραμμα πόρων. Συνήθως, για τα περισσότερα έργα γίνεται η παραδοχή, ότι η χρονική κατανομή του κόστους είναι γραμμική, δηλαδή ότι το κόστος εργασίας και των πρώτων υλών είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο σε σχέση με τη διάρκεια της δραστηριότητας. Βέβαια αν κάτι τέτοιο ισχύει τις περισσότερες φορές για το κόστος εργασίας, σίγουρα δεν ισχύει συχνά και για το κόστος των πρώτων υλών και των υπόλοιπων αγαθών και υπηρεσιών, που προμηθεύεται η εταιρία από εξωτερικές πηγές, αφού η αποπληρωμή τους ποικίλλει από προκαταβολή, μέχρι και πίστωση ενός, δύο ή και τριών μηνών ανάλογα με τον προμηθευτή.

Σε έργα που περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων, οι στρεβλώσεις που ενδεχομένως δημιουργούνται εξαιτίας μη γραμμικών χρηματικών ροών στο τέλος εξομαλύνονται. Ωστόσο, αν υπάρχουν δραστηριότητες οι οποίες περιέχουν δυσανάλογα μεγάλες πληρωμές για υλικά ή εξοπλισμό, αυτές θα πρέπει να διασπώνται και να δημιουργούνται νέες δραστηριότητες που να έχουν την κατάλληλη διάρκεια, που αντιστοιχεί στην κατανομή δαπανών.³⁹

Μία μέθοδος κατασκευής ενός μοντέλου που απεικονίζει τη χρηματική ροή είναι η **ανάλυση της καμπύλης οικονομικής ροής S**, η οποία εξασφαλίζει έναν τρόπο σύνδεσης της μεθόδου PERT/CPM με τον προϋπολογισμό. Από την εμπειρία προκύπτει ότι το αθροιστικό κόστος των έργων ακολουθεί μία καμπύλη σχήματος S. Για τη χάραξη της καμπύλης S, η διαδικασία είναι η εξής:

1. Κατασκευή του γραμμικού διαγράμματος νωρίτερης έναρξης για το έργο
2. Προσδιορισμός γραμμικά των αξιών δαπανών-κόστους ανά ημέρα
3. Άθροιση όλων των δαπανών για κάθε ημέρα, για τον προσδιορισμό του συνολικού κόστους ανά ημέρα
4. Προσδιορισμός του αθροιστικού κόστους του έργου ανά ημέρα, προσθέτοντας στο συνολικό κόστος της κάθε ημέρας, το κόστος όλων των προηγούμενων ημερών
5. Κατασκευή του διαγράμματος του αθροιστικού κόστους ως προς το χρόνο, το οποίο θα πάρει τη μορφή μίας χαρακτηριστικής καμπύλης σχήματος S.

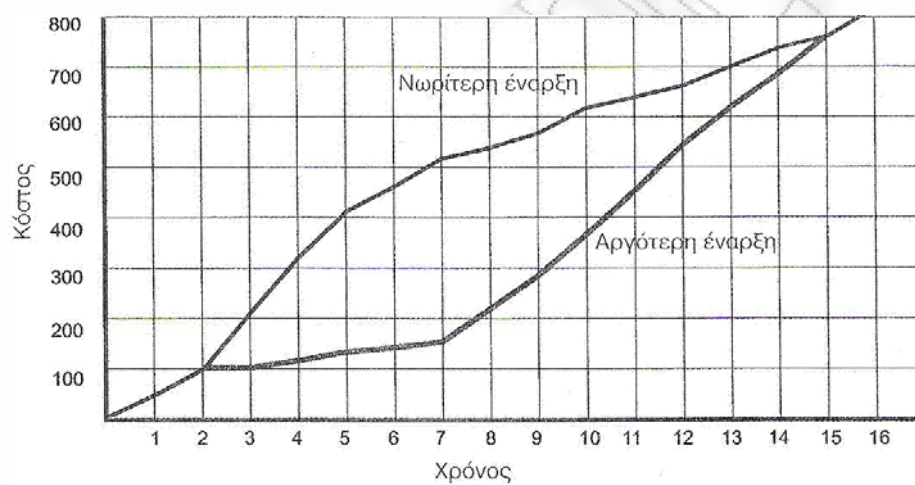
Αν κατασκευαστούν οι καμπύλες S για τις ημερομηνίες νωρίτερης έναρξης και αργότερης λήξης πάνω στο ίδιο γράφημα, θα δημιουργηθεί μία χαρακτηριστική καμπύλη που έχει εθιμικά ονομαστεί μπανάνα. Η καμπύλη-μπανάνα δείχνει τη διαφορά χρονισμού της χρηματικής ροής που προκύπτει με έναρξη των δραστηριοτήτων στην ημερομηνία νωρίτερης έναρξης, σε σχέση με αυτήν που προκύπτει όταν οι δραστηριότητες έχουν έναρξη στην ημερομηνία αργότερης έναρξης. Τις περισσότερες φορές, ο υπεύθυνος του προγράμματος εργασιών προγραμματίζει τις δραστηριότητες με βάση την ημερομηνία νωρίτερης έναρξης, για να εξασφαλίσει ότι θα έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διαθέσιμο χρονικό περιθώριο.

Ωστόσο, από τη μεριά του λογιστηρίου τα πράγματα μπορεί να είναι διαφορετικά, καθώς στην αργότερη έναρξη μετατίθενται οι πληρωμές αργότερα, και κατά συνέπεια μειώνονται τα χρηματοδοτικά έξοδα. Όμως μερικές φορές αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, γιατί αν υπάρχουν καθυστερήσεις στα τελευταία στάδια του έργου, τότε δε θα υπάρχει διαθέσιμο χρονικό περιθώριο για την απορρόφηση αυτών των

καθυστερήσεων. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να γίνει εντατικοποίηση της εργασίας προκειμένου να ολοκληρωθεί το έργο μέσα στον καθορισμένο χρόνο. Το χρονικό περιθώριο δηλαδή που πιθανόν να ξοδεύτηκε εύκολα στα αρχικά στάδια του έργου, πρέπει να πληρωθεί πολύ ακριβά για να κερδηθεί πίσω.⁴⁰

Στο Σχήμα 19 που ακολουθεί φαίνονται οι καμπύλες οικονομικής ροής S για τη νωρίτερη και αργότερη έναρξη των δραστηριοτήτων ενός έργου και η σχηματιζόμενη καμπύλη-μπανάνα.

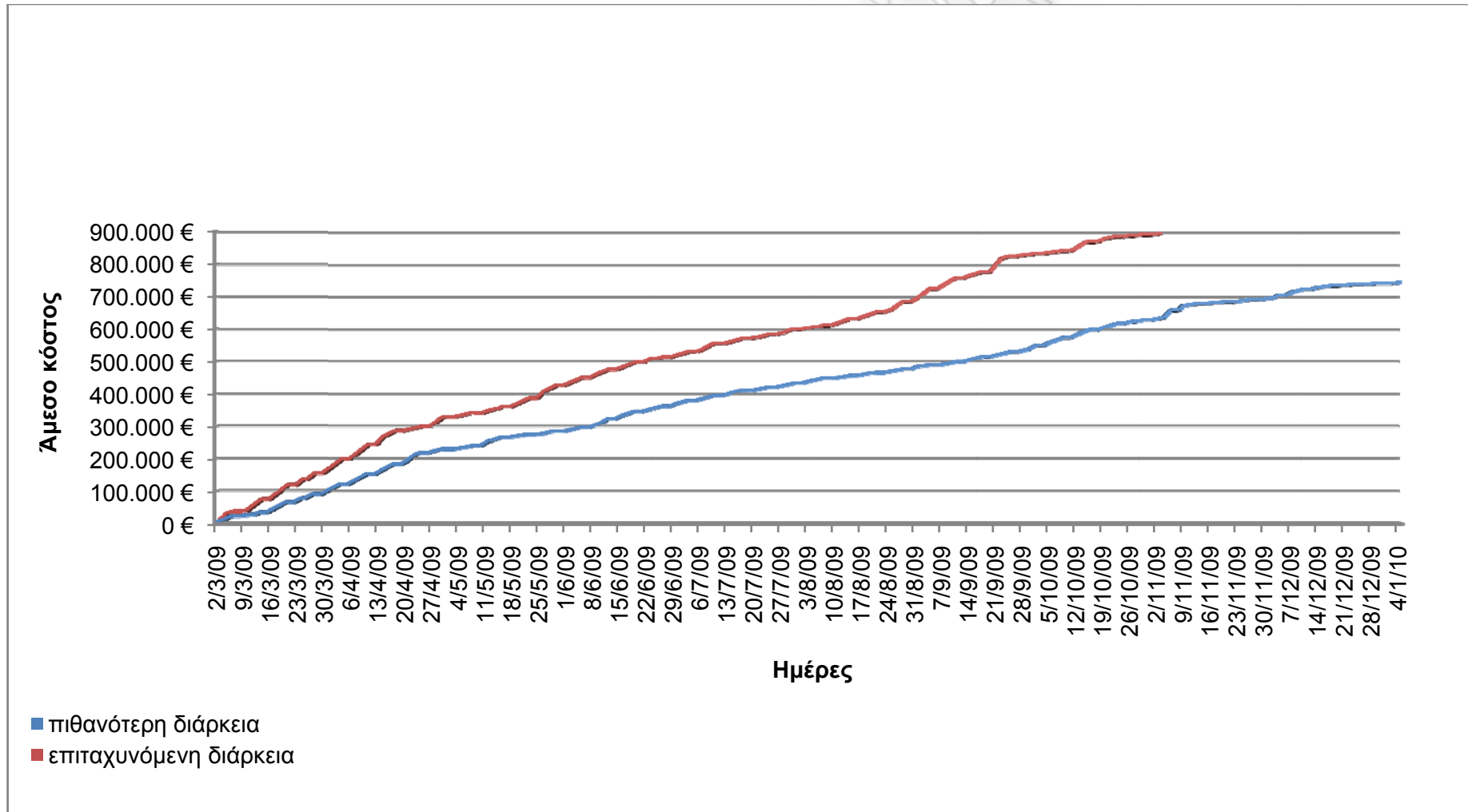
Σχήμα 19: Καμπύλες οικονομικής ροής S για νωρίτερη και αργότερη έναρξη



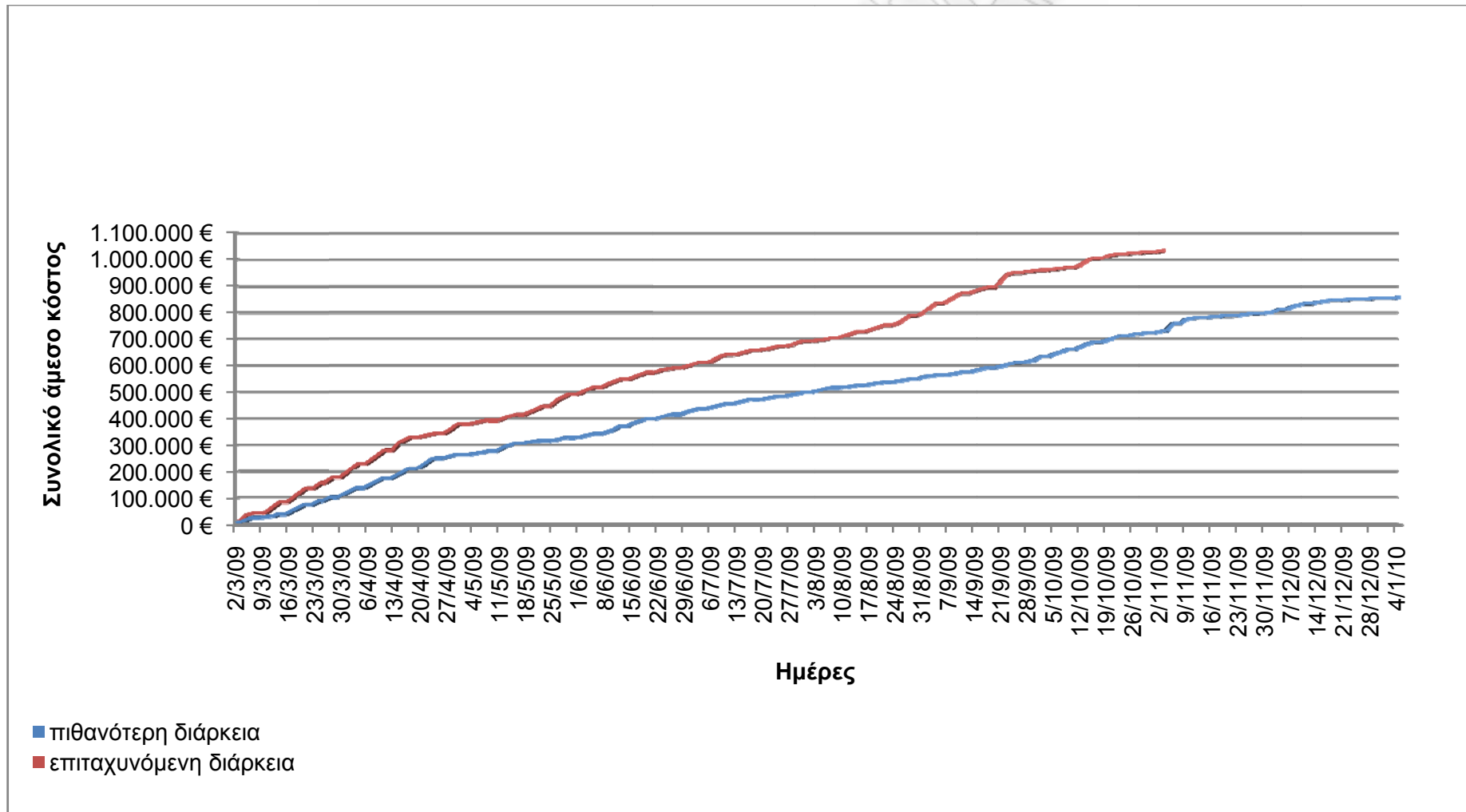
Πηγή: *Burke, R 2002, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, σελ. 297*

Στα σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διαγράμματα της οικονομικής ροής του υπό εξέταση έργου. Συγκεκριμένα στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η καμπύλη του **άμεσου κόστους** σε σχέση με το χρόνο, για την πιθανότερη και την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Στο Διάγραμμα 10 παρουσιάζεται η καμπύλη του **συνολικού άμεσου κόστους** σε σχέση με το χρόνο, για την πιθανότερη και την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Τέλος στο Διάγραμμα 11 παρουσιάζεται η καμπύλη του συνολικού άμεσου κόστους σε σχέση με το χρόνο, της πιθανότερης διάρκειας των δραστηριοτήτων, **για τη νωρίτερη και αργότερη έναρξη των δραστηριοτήτων.**

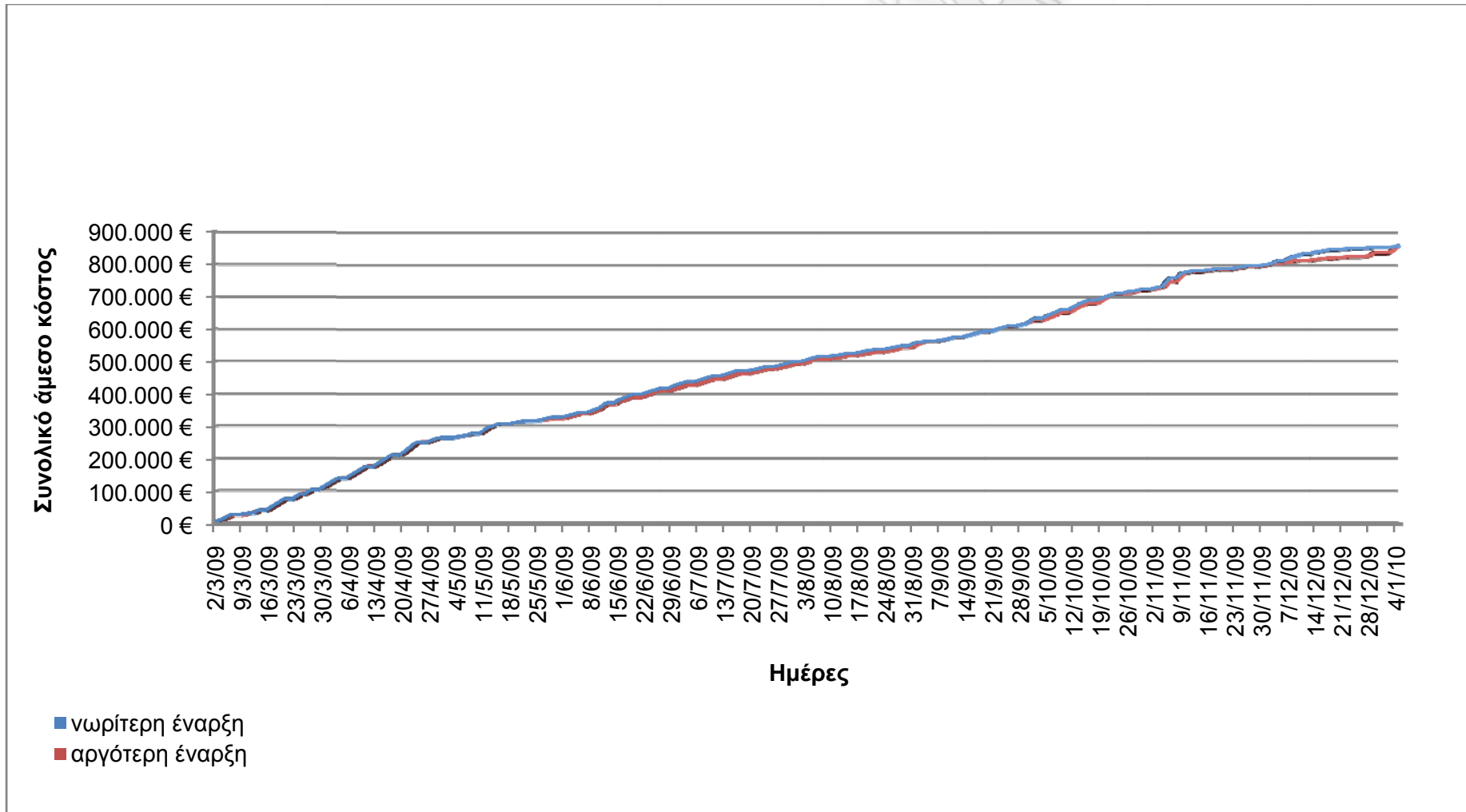
Διάγραμμα 9: Καμπύλη οικονομικής ροής S άμεσου κόστους για πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια



Διάγραμμα 10: Καμπύλη οικονομικής ροής S συνολικού άμεσου κόστους για πιθανότερη και επιταχυνόμενη διάρκεια



Διάγραμμα 11: Καμπύλη οικονομικής ροής S συνολικού άμεσου κόστους πιθανότερης διάρκειας για νωρίτερη και αργότερη έναρξη



Από το Διάγραμμα 9 και το Διάγραμμα 10 είναι φανερό, ότι το κόστος στην επιταχυνόμενη διάρκεια **αυξάνεται με μεγαλύτερο ρυθμό** από ότι στην πιθανότερη διάρκεια, και προφανώς στο τέλος καταλήγει να είναι μεγαλύτερο, αφού το έργο τελειώνει πιο γρήγορα. Μάλιστα, η διαφορά αυτή μεταξύ κανονικού και επιταχυνόμενου κόστους δεν παραμένει σταθερή παρά για ελάχιστα και μικρά χρονικά διαστήματα (αυτά στα οποία δεν περιλαμβάνονται δραστηριότητες που μπορούν να επιταχυνθούν), αλλά αυξάνεται σταδιακά.

Επίσης από το Διάγραμμα 11 είναι φανερό ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στην οικονομική ροή του συνολικού άμεσου κόστους της πιθανότερης διάρκειας για την νωρίτερη και αργότερη έναρξη των δραστηριοτήτων. Αυτό γίνεται διότι οι μη κρίσιμες δραστηριότητες που μπορούν να αρχίσουν πιο αργά δεν είναι τόσο κοστοβόρες, με αποτέλεσμα η εκ των υστέρων πρόσθεση του κόστους που συνεπάγονται να μην μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό την καμπύλη οικονομικής ροής του έργου.

¹ Οικονόμου Γ, Γεωργίου, Α 2000, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, Τόμος Β', Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα, σελ. 162

² Smith, D 1977, Quantitative Business Analysis, John Wiley & Sons, Inc, Canada, σελ. 405 - 406

³ Smith, D, Quantitative Business Analysis, ό.π., σελ. 421

⁴ Lombaers, H 1969, Project Planning by Network Analysis, North Holland Publishing Company, Amsterdam, σελ. 44

⁵ Smith, D, Quantitative Business Analysis, ό.π., σελ. 405 - 406

⁶ Lombaers, H, Project Planning by Network Analysis, ό.π., σελ. 44 - 45

⁷ Οικονόμου Γ, Γεωργίου Α, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, ό.π., σελ. 163

⁸ Smith, D, Quantitative Business Analysis, ό.π., σελ. 406 - 407

⁹ Burke, R 2002, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, σελ. 196 - 199

¹⁰ King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, 3rd edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, σελ. 394 - 400

¹¹ Moder J, Phillips, C 1970, Project Management with CPM and PERT, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold Company, USA, σελ. 52 - 53

¹² Lombaers, H, Project Planning by Network Analysis, ό.π., σελ. 418 - 419

-
- ¹³ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 20 - 21
- ¹⁴ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 203 - 204
- ¹⁵ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 10
- ¹⁶ King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, ό.π., σελ. 405 - 407
- ¹⁷ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 283 - 285
- ¹⁸ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 41 - 43
- ¹⁹ King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, ό.π., σελ. 405 - 408
- ²⁰ Smith, D, Quantitative Business Analysis, ό.π., σελ. 593 - 594
- ²¹ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 306 - 307
- ²² Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 204 - 206
- ²³ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 222 - 223
- ²⁴ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 205
- ²⁵ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 224 - 226
- ²⁶ Οικονόμου Γ, Γεωργίου Α, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, ό.π., σελ. 175 - 188
- ²⁷ Οικονόμου Γ, Γεωργίου Α, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, ό.π., σελ. 191 - 200
- ²⁸ Οικονόμου Γ, Γεωργίου Α, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, ό.π., σελ. 205
- ²⁹ Smith, D, Quantitative Business Analysis, ό.π., σελ. 420 - 421
- ³⁰ King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, ό.π., σελ. 402 - 404
- ³¹ Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 153 - 154
- ³² Moder J, Phillips C, Project Management with CPM and PERT, ό.π., σελ. 11 - 12
- ³³ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 227 - 231

-
- ³⁴ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 235 - 236
- ³⁵ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 238 - 241
- ³⁶ King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, ό.π., σελ. 390 - 391
- ³⁷ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 236 - 238
- ³⁸ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 245 - 246
- ³⁹ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 280 - 284
- ⁴⁰ Burke, R, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, ό.π., σελ. 294 - 296

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα για το ρόλο της Διαχείρισης Έργου

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο η Διαχείριση Έργου είναι **ένα εργαλείο για την επίτευξη των απαιτήσεων του έργου**. Στο σχεδιασμό βοηθά στη λήψη σωστών αποφάσεων για την παραγωγή του έργου και τον προγραμματισμό, ενώ στην πράξη στην γρήγορη ανταπόκριση στις αλλαγές και τις απρόβλεπτες καταστάσεις, που προκύπτουν κατά την πρόοδο του έργου. Αυτό σε γενικές γραμμές δείχνει το ρόλο της Διαχείρισης Έργου αλλά και τη σημασία της στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας των έργων, που αναλαμβάνουν σήμερα οι μηχανικοί παγκοσμίως.

Οι μέθοδοι που κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί στοχεύουν όλες σε αυτό, δηλαδή να βοηθήσουν το μηχανικό να χειριστεί καλύτερα τους πόρους που έχει στη διάθεσή του (κεφάλαια, μηχανήματα, προσωπικό), για να ολοκληρώσει το έργο που έχει αναλάβει στην προσυμφωνημένη ποιότητα και διάρκεια. Μία τέτοια μέθοδο αποτελεί και η PERT/CPM, που εφαρμόστηκε στο υπό εξέταση οικοδομικό έργο.

Ειδικότερα, ο χρονικός αλλά και ο οικονομικός προγραμματισμός που οι μέθοδοι Διαχείρισης Έργου επιτρέπουν, συντελεί στη διαμόρφωση **μίας εκ των προτέρων αντίληψης** για τη διάρκεια μέχρι την ολοκλήρωση του έργου, και το κόστος που θα επιφέρει το έργο στον ιδιοκτήτη-χρηματοδότη του. Αυτή η εκ των προτέρων αντίληψη μάλιστα εξειδικεύεται για καταστάσεις ομαλής εκτέλεσης του έργου σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, εκτέλεσης που περιλαμβάνει πολλούς αστάθμητους παράγοντες, και "αισιόδοξης" εκτέλεσης. Κάτι τέτοιο είναι πολύτιμο στη σημερινή εποχή για τον υπεύθυνο μηχανικό, καθώς έχει να αντιμετωπίσει πολλά και πολύπλοκα προβλήματα, οπότε και πρέπει να εστιάσει στην πρόληψή τους, σε όσα από αυτά είναι εφικτό, παρά στην εκ των υστέρων αντιμετώπισή τους.

Ακόμη, οι μέθοδοι Διαχείρισης Έργου όπως είναι και η PERT/CPM, αποτελούν ένα εργαλείο για το μηχανικό και τις κατασκευαστικές εταιρίες κατ' επέκταση, για να μπορέσουν **να διεκδικήσουν την ανάθεση ενός έργου**. Κατασκευάζοντας ένα εμπειριστατωμένο χρονοδιάγραμμα των εργασιών βασιζόμενο πάνω σε ένα εργασιακό ημερολόγιο, συνοδευόμενο με το αντίστοιχο κόστος των εργασιών και της ροής αυτού

κατά τη διάρκεια του έργου, μπορεί να δοθεί στον πελάτη ένα πλάνο των εργασιών και μία τελική οικονομική προσφορά, αν το κόστος δεν είναι προκαθορισμένο από τον πελάτη, για τη διεκδίκηση της ανάθεσης ενός έργου. Πλέον κάτι τέτοιο είναι υποχρεωτικό από την πλευρά των εταιριών που συμμετέχουν σε διαγωνισμούς για την ανάθεση έργων από το δημόσιο, αλλά και από ιδιώτες που θέλουν να κάνουν την καλύτερη επιλογή για την κατασκευή του κτιρίου που τους ενδιαφέρει (οικία, μαγαζιά, κλπ). Άραγε, είναι φανερό ότι οι μέθοδοι της Διαχείρισης Έργου συμβάλλουν **στην κατασκευή ολοένα και καλύτερων έργων** από άποψη ποιότητας (αντοχής και ασφάλειας) και κόστους, και **στην εξοικονόμηση των πόρων** που στη σημερινή εποχή κρίνεται απαραίτητη όσο ποτέ.

Τέλος, οι μέθοδοι Διαχείρισης Έργου βοηθούν **στον έλεγχο της προόδου του έργου** από τον υπεύθυνο μηχανικό, ο οποίος μπορεί ανά πάσα στιγμή να εξετάσει την κατάσταση της κατασκευής του έργου σε σχέση με το προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα και το προβλεπόμενο κόστος. Έτσι, μπορεί να πάρει όλα τα κατάλληλα μέτρα και να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες για να διορθώσει τυχόν αποκλίσεις, ώστε το έργο να μην καθυστερήσει να ολοκληρωθεί, να μην ξεπεράσει το αναμενόμενο κόστος, και να μην πέσει κάτω από τις ποιοτικές προδιαγραφές που έχουν προσυμφωνηθεί.

6.2 Συμπεράσματα από τη διαχείριση του οικοδομικού έργου

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι για τον υπολογισμό της κανονικής διάρκειας κάθε δραστηριότητας, έπρεπε να οριστεί ο αριθμός των εργατών που θα συμμετέχουν στην εκτέλεσή της, κάτι που έγινε ακολουθώντας την άποψη έμπειρων μηχανικών αλλά και εργολάβων, που έχουν συνεργεία που εκτελούν τις αντίστοιχες εργασίες. Είναι προφανές ότι ήταν πολύ κρίσιμος ο παράγοντας του πλήθους των εργατών, διότι ουσιαστικά αυτός καθόριζε τη διάρκεια του έργου (διάρκεια εργασίας = αριθμός ημερομισθίων / αριθμός εργατών). Από το τελικό αποτέλεσμα φάνηκε ότι ο αριθμός των εργατών για τις εργασίες ορίστηκε σωστά, αφού η διάρκεια των 216 εργάσιμων ημερών για το συγκεκριμένο όγκο έργου κρίνεται ως ικανοποιητική, με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία σε ανάλογες κατασκευές μεζονετών στη συγκεκριμένη περιοχή.

Η γνώμη εμπειρων μηχανικών και εργολάβων μέτρησε αρκετά και στην εκτίμηση των αισιόδοξων και απαισιόδοξων διαρκειών των εργασιών, όπου δόθηκε περισσότερο βάρος στην απαισιόδοξη διάρκεια. Αυτό έγινε γιατί οι αστάθμητοι παράγοντες στον ελληνικό χώρο περιλαμβάνουν εκτός από τις κακές καιρικές συνθήκες, που είναι φυσιολογικό να υπάρχουν ιδιαίτερα τη διάρκεια του χειμώνα, και πιθανές κωλυσιεργίες από πιθανές απεργίες που γίνονται συχνά και επηρεάζουν την ομαλή ροή του έργου, αλλά και καθυστερήσεις στις προμήθειες των πρώτων υλών. Σημειώνεται ακόμη ότι η γνώμη του ειδικού βοήθησε και στην επιλογή των δραστηριοτήτων που μπορούν να επιταχυνθούν καθώς και στο μέγεθος της επιτάχυνσης αυτής.

Αφού υπολογίστηκαν οι χρονικές διάρκειες των δραστηριοτήτων, εισήχθησαν στο λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργου Microsoft Project, μαζί και με την αλληλουχία των δραστηριοτήτων όπως είχε καθοριστεί αρχικά. Η εφαρμογή της μεθόδου PERT/CPM έδωσε μεγάλους χαλαρούς χρόνους και σε δραστηριότητες που δε θα έπρεπε, καθώς αναμενόταν αυτές να έχουν πολύ μικρούς χαλαρούς χρόνους ή ακόμα και να είναι κρίσιμες. Προφανώς **έλλειπαν εξαρτήσεις μεταξύ κάποιων δραστηριοτήτων**, καθώς λαμβανόταν υπόψη μόνο η αμέσως προηγούμενη δραστηριότητα και όχι και κάποιες άλλες που έπρεπε να ολοκληρωθούν για να ξεκινήσει κάποια άλλη, αφού ήταν πολύ δύσκολο από την αρχή να βρεθούν όλες οι διασυνδέσεις των δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα για να τοποθετηθεί η υγρομόνωση στην πλάκα εδάφους της πισίνας, έπρεπε πρώτα να τοποθετηθεί η υγρομόνωση στην πλάκα εδάφους των κατοικιών, αλλά και να γίνει η σκυροδέτηση της πισίνας. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε πραγματοποιώντας πολλές **δοκιμές** με τη μέθοδο PERT/CPM, οπότε και εισήχθησαν και άλλες εξαρτήσεις εκεί που χρειαζόταν. Η μέθοδος PERT/CPM δηλαδή βοήθησε **στον επανασχεδιασμό του δικτύου του έργου και το σωστό προγραμματισμό του**.

Ύστερα από την οριστικοποίηση της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων, η μέθοδος PERT/CPM έδωσε την **κρίσιμότητα της κάθε δραστηριότητας**, δηλαδή το πόσο μπορεί να καθυστερήσει η καθεμία, χωρίς αυτό να επηρεάσει την ημερομηνία λήξης του έργου. Παρακάτω αναφέρονται οι **κρίσιμες εργασίες** για την πιθανότερη, επιταχυνόμενη και αναμενόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων του έργου, οι οποίες φαίνονται και στα διαγράμματα δικτύου αλλά και τα διαγράμματα Gantt, που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

1. Πιθανότερη διάρκεια δραστηριοτήτων:

Όλες οι υποδραστηριότητες των δραστηριοτήτων:

- Χωματοουργικά (εκτός από τις γενικές εκσκαφές ημιβραχώδεις πισίνας και τις επιχώσεις με προϊόντα εκσκαφής πισίνας)
- Σκυρόδεμα (εκτός από τα δομικά σενάζ)
- Στηθαία
- Τοιχοποιίες
- Μονώσεις - Στεγανώσεις (εκτός από τη θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος και την υγρομόνωση επί πλάκας εδάφους πισίνας)
- Διάφορα
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (εκτός από τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πισίνας)
- Υδραυλικές εγκαταστάσεις (εκτός από το αντλιοστάσιο πισίνας)
- Επιχρίσματα
- Επενδύσεις τοίχων
- Στρώσεις δαπέδων (εκτός από το δάπεδο του δωματίου υπηρεσίας και το δάπεδο κουζίνας)
- Κλίμακες (εκτός από τα εσωτερικά σκαλομέρια και τα εσωτερικά σκαλομέρια προς δεξαμενή)
- Χρωματισμοί (εκτός από τη ριπολίνη κουφωμάτων)
- Κουφώματα (εκτός από τις πόρτες εισόδου και τη σταθερή τζαμαρία)
- Ντουλάπες - Ντουλάπια (εκτός από τις κοινές ντουλάπες και τον πάγκο κουζίνας)
- Είδη υγιεινής
- Κεντρική θέρμανση (εκτός από το λεβητοστάσιο)
- Περιβάλλον χώρος (εκτός από πεζούλια, τα σκαλομέρια εξωτερικού χώρου, το δρόμο πρόσβασης και το κράσπεδο του δρόμου πρόσβασης)

2. Επιταχυνόμενη διάρκεια δραστηριοτήτων:

Όπως και στην πιθανή διάρκεια δραστηριοτήτων με τη διαφορά ότι οι υποδραστηριότητες σκαλομέρια εσωτερικά, σκαλομέρια εσωτερικά προς δεξαμενή, σταθερή τζαμαρία και ντουλάπες κοινές είναι κρίσιμες.

3. Αναμενόμενη διάρκεια δραστηριοτήτων:

Όπως και στην πιθανή διάρκεια δραστηριοτήτων με τη διαφορά ότι η υποδραστηριότητα τοιχοποιίες πάχους 0,10 m δεν είναι κρίσιμη.

Όλα αυτά πάντως φαίνονται καλύτερα στα διαγράμματα Gantt που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, όπου φαίνεται και οπτικά η αλληλεξάρτηση των δραστηριοτήτων, η χρονική αλληλουχία τους και η ακριβής ημερομηνία έναρξης και

λήξης τους. Τα διαγράμματα Gantt είναι ίσως το χρησιμότερο εργαλείο για τη διαχείριση του έργου που προκύπτει από τη μέθοδο PERT/CPM.

Σε ό,τι αφορά το κόστος, αναφέρεται στο σημείο αυτό το άμεσο κόστος και το συνολικό άμεσο κόστος όλων των δραστηριοτήτων μαζί, για την πιθανότερη και την επιταχυνόμενη διάρκεια των δραστηριοτήτων, όπως υπολογίστηκαν στο Κεφάλαιο 4.

1. Πιθανότερη διάρκεια δραστηριοτήτων:

Άμεσο κόστος δραστηριοτήτων:	744.820 €
Συνολικό άμεσο κόστος δραστηριοτήτων:	856.543 €

2. Επιταχυνόμενη διάρκεια δραστηριοτήτων:

Άμεσο κόστος δραστηριοτήτων:	898.738 €
Συνολικό άμεσο κόστος δραστηριοτήτων:	1.033.548 €

Το κόστος αυτό τόσο για την πιθανότερη διάρκεια των δραστηριοτήτων όσο και για την επιταχυνόμενη διάρκεια κρίνεται ως ικανοποιητικό, με βάση την προϋπάρχουσα εμπειρία σε ανάλογες κατασκευές μεζονετών στη συγκεκριμένη περιοχή. Ειδικότερα υπολογίζοντας ότι το συνολικό εμβαδόν των τριών μεζονετών είναι ίσο με $225,70 \times 3 = 677,10 \text{ m}^2$, τότε το κόστος ανά m^2 είναι για την πιθανότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου ίσο με $856.543 / 677,10 = 1.265 \text{ €/m}^2$. Το κόστος αυτό θεωρείται φυσιολογικό για μία πολυτελή κατασκευή συγκροτήματος τριών μεζονετών με πίσινα.

Εξάλλου, η καμπύλη οικονομικής ροής του έργου όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 9, 10 και 11 είναι σχήματος S, καθώς στην αρχή το κόστος αυξάνεται προσθετικά πιο γρήγορα, μιας και το κόστος της σκυροδέτησης που πραγματοποιείται στην αρχή του έργου είναι πάρα πολύ μεγάλο, σε αντίθεση με τις εργασίες που ακολουθούν μετά.

Γενικότερα πάντως, πραγματοποιήθηκε μία ολοκληρωμένη διαχείριση του οικοδομικού έργου που εξετάστηκε, αποκτώντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατασκευή του από τη φάση ακόμη του σχεδιασμού. Η πιθανότερη, αναμενόμενη και επιταχυνόμενη χρονική διάρκεια των εργασιών μαζί και με την αντίστοιχη ημερομηνία λήξης του έργου, το πιθανότερο κόστος του έργου, η κρισιμότητα των δραστηριοτήτων, τα διαγράμματα δικτύου και τα διαγράμματα Gantt, αποτελούν ένα σύνολο εργαλείων για τον όσο το δυνατόν καλύτερο προγραμματισμό του οικοδομικού έργου, και το μετέπειτα έλεγχο της προόδου του για τη βέλτιστη κατασκευή του.

6.3 Προτάσεις για τη βελτιστοποίηση της Διαχείρισης Έργου

Η αξιοποίηση της γνώσης και εμπειρίας που ήδη υπάρχει στον κατασκευαστικό κλάδο για την καλύτερη σχεδίαση και κατασκευή έργων στο μέλλον, είναι ένα μεγάλο στοίχημα που μπορεί να κερδηθεί, αν πραγματοποιηθεί μέσω της χρήσης νέας τεχνολογίας που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια.

Πιο συγκεκριμένα, τα **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.)** είναι ένα εργαλείο, που θα μπορούσε να βοηθήσει τους μηχανικούς στη διαχείριση ενός κατασκευαστικού έργου **στη φάση του σχεδιασμού του**. Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μία ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, όπου η πληροφοριακή βάση αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά καταμετρημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα που καθορίζονται στο χώρο σαν σημεία, γραμμές ή επιφάνειες. Έτσι ένα Γ.Σ.Π. επεξεργάζεται στοιχεία για αυτά τα σημεία, γραμμές ή επιφάνειες, δημιουργώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για την απάντηση χωρικών ερωτημάτων και αναλύσεων.¹

Η βάση δεδομένων πάνω στην οποία θα στηριζόταν ένα τέτοιο Γ.Σ.Π. θα περιείχε πληροφορίες σχετικά με **τις καιρικές συνθήκες** που επικρατούν σε κάθε περιοχή καθόλη τη διάρκεια του έτους (μέσους όρους τιμών ανά μήνα από τα τελευταία δέκα χρόνια για μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος και η βροχόπτωση), **τις εδαφολογικές συνθήκες** της περιοχής, αλλά και **την προσβασιμότητά της σε πρώτες ύλες** αναγκαίες για την κατασκευή οικοδομικών έργων. Η χρήση αυτού του Γ.Σ.Π. από τον υπεύθυνο μηχανικό **πριν την εφαρμογή των μεθόδων Διαχείρισης Έργου (PERT/CPM)**, είναι προφανές ότι θα τον βοηθούσε να διαπιστώσει τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση του έργου, αφού οι τρεις παράγοντες που προαναφέρθηκαν είναι οι κύριοι υπαίτιοι για πιθανές καθυστερήσεις της. Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τους παράγοντες αυτούς, ο μηχανικός μπορεί να κάνει καλύτερες εκτιμήσεις για τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και άρα να διαχειριστεί καλύτερα το έργο που έχει αναλάβει. Πιθανόν **μία σύνδεση ενός τέτοιου Γ.Σ.Π. με κάποια μέθοδο διαχείρισης έργου** όπως η PERT/CPM σε ένα ενιαίο λογισμικό πρόγραμμα διαχείρισης έργου, αποκλειστικά για κατασκευαστικά έργα, ώστε να υπολογίζονται αυτόματα η αισιόδοξη και απαισιόδοξη διάρκεια των δραστηριοτήτων και έπειτα η αναμενόμενη διάρκειά τους, να είναι μία αξιόπιστη λύση για τη διαχείριση των έργων στο μέλλον.

Εξίσου αποτελεσματική όμως θα ήταν και η χρήση των **Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (Α.Ν.Ν.)**, αυτή τη φορά για την εκτίμηση της **πιθανότερης διάρκειας ολοκλήρωσης του έργου και του κόστους του**. Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν μία εξομοίωση του ανθρώπινου εγκεφάλου και αποτελούνται από πολλά νευρώνια, που συνδέονται μεταξύ τους. Τα νευρώνια δέχονται δεδομένα που είναι οι εισόδοι, τα επεξεργάζονται και αποδίδουν αποτελέσματα που είναι οι εξόδοι. Τα Τ.Ν.Δ. εκπαιδεύονται μέσω ενός αλγορίθμου, για να μάθουν τα δεδομένα που τους εισάγονται και τα οποία είναι παραδείγματα, που αποτελούνται από τις εισόδους-παραμέτρους και τις αντίστοιχες εξόδους-αποτελέσματα. Έχουν επιδείξει μία αναβαθμισμένη αξιοπιστία τα τελευταία χρόνια και έχουν χρησιμοποιηθεί σε πλήθος εφαρμογών που αφορούν την οικονομία, την υγεία, την τεχνολογία, τις μεταφορές, τις μελέτες και κατασκευές έργων και τη βιομηχανία²

Ένα τέτοιο Τ.Ν.Δ. θα μπορούσε να στηριχθεί σε μία βάση δεδομένων με παραδείγματα από οικοδομικά έργα **που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί** σε όλη την Ελλάδα, και είναι γνωστά τα κατασκευαστικά τους στοιχεία, ο χρόνος ολοκλήρωσής τους και το κόστος κατασκευής τους. Παράμετροι εισόδου στα παραδείγματα αυτά θα ήταν και πάλι οι κλιματικές και εδαφολογικές συνθήκες της περιοχής που έχει κατασκευαστεί το κάθε έργο και η προσβασιμότητά της σε πρώτες ύλες, καθώς και τα κατασκευαστικά στοιχεία της οικοδομής όπως ο αριθμός των κατοικιών αν πρόκειται για συγκρότημα κατοικιών, ο αριθμός των ορόφων της οικοδομής, το ύψος του κτιρίου, το εμβαδόν των ορόφων, και το εμβαδόν του υπογείου και της εξωτερικής πισίνας εάν υπάρχουν. Αποτελέσματα-εξόδοι του Τ.Ν.Δ. θα ήταν η πιθανότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου με το αντίστοιχο κόστος του. Με τον τρόπο αυτό ο μηχανικός θα ήταν σε θέση **να γνωρίζει σε ελάχιστο χρόνο και με καλή ακρίβεια τη χρονική διάρκεια εκτέλεσης του έργου και το κόστος του**, πριν ακόμη ξεκινήσει τον αναλυτικό χρονικό και οικονομικό του προγραμματισμό. Έτσι θα μπορούσε να δώσει άμεσα μία ανεπίσημη προσφορά για την ανάληψη ενός έργου από τον πελάτη, αλλά και να διαχειριστεί σωστά ένα έργο έχοντας το γενικό πλαίσιο πάνω στο οποίο πρέπει να κινηθεί για το σχεδιασμό και προγραμματισμό του έργου.

Σημειώνεται τέλος, ότι η ανάπτυξη ενός τέτοιου Τ.Ν.Δ. απαιτεί **την προσεκτική επιλογή των παραδειγμάτων-δεδομένων**, ώστε να μην εισαχθούν στο δίκτυο έργα που καθυστέρησαν ή είχαν αυξημένο κόστος λόγω σπάνιων προβλημάτων κατά την κατασκευή τους, αλλά και **την ύπαρξη μεγάλου όγκου δεδομένων**, για τον ορθό υπολογισμό από το Τ.Ν.Δ. των βαρών που συνδέουν τις εισόδους με τις εξόδους.

¹ Κουτσόπουλος, Κ 2000, Γεωγραφία - Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 253

² Τσάγκος, Κ 2007, Διερεύνηση βάσης δεδομένων από Βαθιές Εκσκαφές με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Πτυχιακή Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, σελ. 59 - 63

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Burke, R 2002, Project Management, Διαχείριση Έργου - Τεχνικές Σχεδιασμού και Ελέγχου, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα
2. Εμίρης, Δ 2006, Οδηγός Βασικών Γνώσεων στη Διοίκηση Έργων, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
3. Εφραιμίδης, Χ 1992, Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός των Κατασκευών, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
4. Εφραιμίδης, Χ 2001, Διαχείριση Κατασκευών, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
5. Εφραιμίδης, Χ 2002, Δομικές Μηχανές, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
6. Κουτσόπουλος, Κ 2000, Γεωγραφία - Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
7. Οικονόμου Γ, Γεωργίου, Α 2000, Ποσοτική Ανάλυση για τη Λήψη Διοικητικών Αποφάσεων, Τόμος Β', Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα
8. Τσάγκος, Κ 2007, Διερεύνηση βάσης δεδομένων από Βαθιές Εκσκαφές με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Πτυχιακή Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
9. Χατζηνικολάου, Ε 2005, Διαχείριση Έργου - Κατασκευή Οικοδομικού Έργου, Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Ahuja H, Dozzi S, Abourizk, S 1994, Project Management - Techniques in Planning and Controlling Construction Projects, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc, Canada
2. Berkun, S 2005, The art of Project Management, O' Reilly Media, Inc, USA
3. King W, Cleland, D 1983, Systems Analysis and Project Management, 3rd edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore
4. Lombaers, H 1969, Project Planning by Network Analysis, North Holland Publishing Company, Amsterdam
5. Moder J, Phillips, C 1970, Project Management with CPM and PERT, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold Company, USA
6. Smith, D 1977, Quantitative Business Analysis, John Wiley & Sons, Inc, Canada