



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

**Προγραμματισμός κατασκευής μηχανολογικών  
εγκαταστάσεων διυλιστηρίων με χρήση λογισμικού  
διαχείρισης έργων: μελέτη περίπτωσης**

(Planning of mechanical plant construction for refineries  
using project management software: a case study)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Ιωάννης Γ. Λαγός

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Γ.-Χ. Βοσνιάκος  
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2011

## Πρόλογος

Στα πλαίσια της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας, οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους βρέθηκαν στο πλευρό μου στις διάφορες φάσεις αυτού του «έργου».

Έστι, οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κύριο Αρίστο Διακάτο για την πολύτιμη καθοδήγηση που προσέφερε όλο αυτό το διάστημα, αλλά και στον κύριο Μάρκο Δράκο και συνολικά στη CCC για τις ουσιαστικές πληροφορίες που μου παρείχαν.

Και επίσης, στον αναπληρωτή καθηγητή κύριο Γεώργιο Βοσνιάκο για το κλίμα συνεργασίας που καλλιέργησε, την άμεση ενασχόλησή του και την πλούσια βιβλιογραφία που έθεσε στη διάθεσή μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σύνοψη / Abstract	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικό μέρος</b>	<b>7</b>
1.1 Βασικοί ορισμοί	7
1.2 Διαχείριση κινδύνων	9
1.3 Χωρισμός της διαχείρισης έργου σε βασικά στοιχεία	11
1.4 Διαχείριση Πόρων	14
1.5 Διαχείριση αποθεμάτων	14
1.6 Δομή υποδιαίρεσης εργασιών	15
1.7 Εκτίμηση της διάρκειας των δραστηριοτήτων	16
1.8 Σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ δραστηριοτήτων	17
1.9 Ορόσημα (milestones)	18
1.10 Το διάγραμμα Gantt	20
1.11 Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM)	21
1.12 Η μέθοδος τεχνικής αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (PERT)	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κατασκευή μεγάλων έργων</b>	<b>25</b>
2.1 Εισαγωγή	25
2.2 Κύκλος ζωής και φάσεις του έργου	25
2.3 Ανάπτυξη χρονοδιαγράμματος δραστηριοτήτων	32
2.4 Προγραμματισμός εκτός εργοταξίου	34
2.5 Αναφορά απόδοσης έργου	34
2.6 Μηνιαία αναφορά προόδου	34
2.7 Έκθεση κατάστασης έργου	37
2.8 Συνήθεις διαφωνίες μεταξύ ιδιοκτήτη και κατασκευαστή	37
2.9 Εκτίμηση, έλεγχος και ανάδραση	38
2.10 Χρονοδιαγράμματα της κατασκευής	39
2.11 Πυκνότητα εργασίας στην κατασκευή	39
2.12 Προγραμματισμός από τον κατασκευαστή	39
2.13 Νωρίτερες και κρίσιμες δραστηριότητες	41
2.14 Καμπύλες πρόοδου S (S-curves)	41
2.15 Προγραμματισμός και πρόοδος της κατασκευής	42
2.16 Αναλυτικότερα για τον έλεγχο	43
2.17 Εφοδιαστική υλικών και αποθεμάτων	44
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Προβληματισμοί και νέες τάσεις στη διαχείριση κατασκευών</b>	<b>46</b>
3.1 Πρόταση για την αναβάθμιση της απόδοσης της εφοδιαστικής στις κατασκευές	46
3.2 Μία πιθανή λύση στα προβλήματα παράδοσης των πρώτων υλών σε κατασκευαστικά έργα	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Παρουσίαση του έργου</b>	<b>52</b>
4.1 Γενικά για το έργο	52
4.2 Shell Gasification Process	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Χρήση υπολογιστικών συστημάτων στη διαχείριση έργων	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ανάπτυξη του δικτύου δραστηριοτήτων και ορισμός των χαρακτηριστικών τιμών του έργου	60
6.1 Υποδιαίρεση των εργασιών ως προς το χώρο και το αντικείμενο	60
6.2 Χρησιμοποιούμενοι πόροι, ποσότητες και κόστη	63
6.3 Δημιουργία δικτύου	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Μελέτη της τελικής μορφής των δικτύων	80
7.1 Μελέτη και σχολιασμός της βασικής περίπτωσης	80
7.2 Μελέτη και σχολιασμός της πρώτης παραλλαγής	97
7.3 Μελέτη και σχολιασμός της δεύτερης παραλλαγής	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα	126
8.1 Γενικά συμπεράσματα για τη διαχείριση έργων	126
8.2 Συμπεράσματα για την κατασκευή μεγάλων έργων	126
8.3 Συμπεράσματα για τη χρήση λογισμικού στη διαχείριση έργων	128
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	129
Παράρτημα Α: Μητρώο καταγραφής κινδύνων έργου – συμπληρωμένο παράδειγμα	132

## Σύνοψη

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, γίνεται μια προσέγγιση της διαδικασίας προγραμματισμού της κατασκευής μεγάλων έργων με εφαρμογή σε μονάδα διωλιστηρίου.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας ορίζονται οι βασικές έννοιες της διαχείρισης έργων και παρουσιάζονται τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται σήμερα για αυτό το σκοπό. Συγκεκριμένα, αναλύονται έννοιες όπως η αβεβαιότητα, η διαχείριση κινδύνων και ο προγραμματισμός πόρων, παράλληλα με την περιγραφή της λειτουργίας των μεθόδων PERT και CPM και των διαγραμμάτων Gantt.

Στη συνέχεια, η εργασία επικεντρώνεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στις κατασκευές μεγάλων έργων, είτε στην κατασκευή είτε στις φάσεις που προηγούνται, και σε νέες θεωρίες που φιλοδοξούν να βελτιώσουν ουσιαστικά τις μεθόδους που εφαρμόζονται σήμερα στην εφοδιαστική.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας είναι ο χρονικός προγραμματισμός της κατασκευής, με τη χρήση εμπειρικών κανόνων, και η εξαγωγή συμπερασμάτων από τα τελικά αποτελέσματα.

Με βάση τη μελέτη για το έργο Pearl GTL, δημιουργήθηκαν τέσσερα διαφορετικά δικτυωτά μοντέλα που απαντούν σε τρεις διαφορετικές υποθετικές περιπτώσεις για την κατασκευή.

Ο προγραμματισμός γίνεται με χρήση του Primavera Project Planner (P3) και στοχεύει στην έγκαιρη ολοκλήρωση των εργασιών με βάση τα χρονικά περιθώρια που έχουν οριστεί από την υπόθεση. Τα αποτελέσματα μελετώνται ως προς την απασχόληση του εργατικού δυναμικού, διάφορα στοιχεία κόστους και τη συνολική αβεβαιότητα μέσω των διαγραμμάτων για το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό, την εκτιμώμενη μηνιαία πρόοδο και τις καμπύλες πρόόδου S.

## Abstract

In the present thesis, takes place an approach to the construction planning of large projects with application on a refinery plant.

In the first part, the basic concepts of project management are defined and the basic tools currently used for this purpose are presented. Specifically, terms such as uncertainty, risk management and resource planning are analysed, along with the outline of the PERT and CPM methods and Gantt charts.

Thereafter, the paper focuses on the specific attributes that are displayed on large construction projects, either during construction or upstream, and on new theories that aspire to substantially improve the methods used in construction logistics.

The second part of the thesis is the scheduling of the construction, using empirical rules, and the drawing of conclusions of the final results.

Based on the Pearl GTL file, four different activity-nets were created occurring to three different hypotheses.

Programming is done using Primavera Project Planner (P3) and aims at the timely completion of tasks, based on timeframes set by the case. The results are then studied as to the labor force, various cost elements and the overall uncertainty through the diagrams for the required workforce, the estimated monthly progress rates and the S-curves.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικό μέρος

### 1.1 Βασικοί ορισμοί

*Ως έργο ορίζεται μία συντονισμένη και οργανωμένη προσπάθεια που στοχεύει στην εκτέλεση μιας μη συνηθισμένης εργασίας.*

Μολονότι τα έργα δεν είναι συνήθως επαναλαμβανόμενα, ενδέχεται να απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωσή τους και να είναι επαρκώς μεγάλα ή πολύπλοκα, ώστε να θεωρούνται ξεχωριστές επιχειρηματικές δραστηριότητες και να υποβάλλονται σε διαχείριση ως τέτοιες. Η υλοποίηση των έργων γίνεται από άτομα με περιορισμένη εμπειρία που συνεργάζονται ως ομάδα. Συχνά, αρκετοί από αυτούς βρίσκονται εκτός εργοταξίου και σε διαφορετικά μέρη, κατάσταση που οδηγεί σε ακόμα πιο αυξημένη πολυπλοκότητα του έργου.

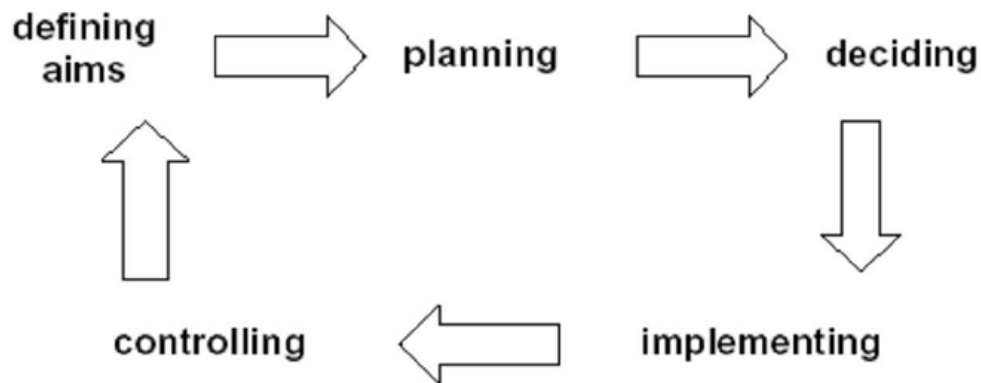
Η διαχείριση έργων περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών που απαιτούνται για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου, σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν συμφωνηθεί κατά τη διαδικασία ανάθεσης (χρονικό όριο, συνολικό κόστος, ποιότητα κτλ). Η **διαχείριση έργων** μπορεί, λοιπόν, να οριστεί ως η εφαρμογή της γνώσης, των επιδεξιοτήτων, των μεθόδων, των σύγχρονων τεχνικών και εργαλείων στην κατασκευή των έργων, με σκοπό να ικανοποιηθούν ή να ξεπεραστούν οι ανάγκες και οι προσδοκίες των συμμετεχόντων. Η όλη διαδικασία συνίσταται αφενός στην αναγνώριση των στόχων, την ανάδειξη των απαραίτητων βημάτων και την απόκτηση των πόρων για την υλοποίησή τους· αφετέρου με τη διαχείριση έργων δίνεται απάντηση στα προβλήματα, τις καθυστερήσεις, τα εμπόδια αλλά και τις ευκαιρίες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Η διαχείριση έργων, λοιπόν, είναι μια πολύπλευρη διαδικασία που καλύπτει όλο το φάσμα των λειτουργιών· ξεκινάει από την οργάνωση ομάδων εργασίας, την εγκαθίδρυση διαύλων επικοινωνίας, την αξιολόγηση των προσωπικών ικανοτήτων των εργαζομένων και καταλήγει στην ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη, την εγχάραξη της στρατηγικής εκτέλεσης του έργου για την εταιρεία και τη σχεδίαση του πλάνου για να εκκινήσουν οι εργασίες.

Μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες στον κύκλο ζωής ενός έργου είναι ο **προγραμματισμός του έργου (project planning)**, ειδικά κατά τις πρώτες φάσεις, όπου λαμβάνονται βασικές αποφάσεις που επηρεάζουν ολόκληρη την πορεία του έργου. **Ο σκοπός του προγραμματισμού του έργου είναι να αναγνωρίσει τη δουλειά που πρέπει να γίνει, να αποκτήσει τη συμμετοχή των ικανότερου δυναμικού γι' αυτή και να αναπτύξει κατάλληλους στόχους για το κόστος και το χρονοδιάγραμμα.**

Ο διαχειριστής του έργου (project manager) πρέπει να επιβλέπει προσωπικά όλη αυτή τη διαδικασία με την κατάλληλη υποστήριξη των ειδικών στον κλάδο, στη μελέτη του κόστους και στη διαχείριση των χρονοδιαγραμμάτων.

*Μία τυπική περιγραφή του στόχου του διαχειριστή έργου μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής και έγκαιρη ολοκλήρωση αυτού, εντός του προϋπολογισμένου κόστους και το αποτέλεσμα να καλύπτει τις απαιτήσεις της ιδιοκτήτριας και της κατασκευάστριας εταιρείας. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, ο manager έχει στη διάθεση του εμπειρικά στοιχεία και μελέτες από παλαιότερα ολοκληρωμένα έργα και ένα πλήθος μεθόδων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και τη σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων. Αυτά, όμως, δεν είναι επαρκή για τη διεκπεραίωση όλων των έργων, οπότε ο διαχειριστής οφείλει να επιστρατεύσει τις γνώσεις, τις εμπειρίες και τη διαίσθησή του, ώστε να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα.*

Για να είναι κανείς συνεπής στον προγραμματισμένο χρόνο και στο υπολογισμένο κόστος των έργων, είναι απαραίτητο να μπορεί να διαχειρίζεται, να ελέγχει και να αξιολογεί μεθόδους και διαδικασίες διοίκησης. Επειδή, όμως, η επίτευξη του αρχικού προγραμματισμού είναι σχεδόν αδύνατη κατά την υλοποίηση του έργου, η διαχείριση έργων είναι μία διαδικασία συνεχούς προγραμματισμού, ανάδρασης και αναθεώρησης που περιλαμβάνει τη λήψη κρίσιμων αποφάσεων για την ολοκλήρωση του έργου εντός των συμφωνημένων χρονικών, ποιοτικών και οικονομικών ορίων. Σχηματικά μπορεί να προσομοιωθεί ως εξής:



Σχήμα 1.1: Αναπαράσταση της συνεχούς διαδικασίας προγραμματισμού

Είναι κοινός τόπος πως, αν ο προγραμματισμός δεν μπορεί να εγγυηθεί από μόνος του την επιτυχημένη έκβαση του έργου, αν δεν γίνει καθόλου ή γίνει πρόχειρα, το έργο θα οδηγηθεί σε σίγουρη αποτυχία. Ωστόσο, ακόμα και αν ακολουθηθεί πλήρως ο προγραμματισμός ως προς το χρόνο, το κόστος και την ποιότητα, το έργο μπορεί να μην είναι επιτυχές, γιατί δεν απέφερε πραγματικά οφέλη στον πελάτη ή επαρκή έσοδα στον κατασκευαστή. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται ακόμη και σήμερα, που η χρήση υπολογιστικών πακέτων έχει εξασφαλίσει τον εύκολο και αναλυτικότερο προγραμματισμό για όλα τα είδη έργων. Γι' αυτό το λόγο, τα κριτήρια επιτυχίας που επιλέγονται εξ αρχής πρέπει να αντιπροσωπεύουν τα διαφορετικά ενδιαφέροντα κάθε πλευράς, συνθέτοντας έτσι ένα πολυδιάστατο σύνολο στόχων και απαιτήσεων.

Για την επιτυχή διεκπεραίωση των εργασιών της διαχείρισης έργων απαιτείται η ύπαρξη συστημάτων που αναλαμβάνουν τον προγραμματισμό των εργασιών, τον έλεγχο της προόδου και προβαίνουν στις απαραίτητες διορθώσεις, σύμφωνα με τις αποκλίσεις που προκύπτουν στο ισχύον πλάνο.

Τα παραπάνω συστήματα μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ως εξής:

- 1) Εκείνα που έχουν σχεδιαστεί για μαζική παραγωγή·
- 2) Εκείνα που έχουν σχεδιαστεί για την παραγωγή παρτίδων·
- 3) Εκείνα που έχουν σχεδιαστεί για την ανάληψη μη επαναλαμβανόμενων έργων.

Το έργο που μελετάται στην παρούσα εργασία υπάγεται στην τρίτη κατηγορία η οποία περιλαμβάνει έργα του κατασκευαστικού τομέα. Πρόκειται, δηλαδή, για έργα που, παρά τις ομοιότητες που έχουν με άλλα του είδους τους, μελετώνται και σχεδιάζονται για να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις του πελάτη στη δεδομένη χρονική στιγμή που γίνεται η ανάθεση και στις ιδιαίτερες συνθήκες, όπως αυτές διαμορφώνονται στο χώρο διεξαγωγής των εργασιών.



Εδώ, συγκριτικά με τις δύο άλλες περιπτώσεις, η προηγούμενη εμπειρία έχει μικρή μόνο αξία, λόγω της μοναδικότητας κάθε έργου. Αυτό οδηγεί σε εκτενέστερες προσπάθειες για το σχεδιασμό, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων της οργάνωσης προς αποφυγή λαθών και επιλογής ανέφικτων χρονοδιαγραμμάτων.

## 1.2 Διαχείριση κινδύνων

*Οι παράγοντες, που οδηγούν σε αποκλίσεις της πορείας της κατασκευής του έργου από τον αρχικό προγραμματισμό, καλούνται «κίνδυνοι» και εμφανίζονται για διάφορους, εσωτερικούς και εξωτερικούς ως προς το σύστημα, λόγους. Στους κινδύνους συμπεριλαμβάνονται οι τυχαίες διακυμάνσεις στις επιδόσεις των μερών, η έλλειψη ακρίβειας στη μελέτη και τον προγραμματισμό, η ανεπάρκεια δεδομένων και η αδυναμία ικανοποιητικής πρόβλεψης λόγω απειρίας ή κακής επικοινωνίας μεταξύ των μερών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα κινδύνων που εμφανίζονται στην κατασκευή των έργων είναι: η καθυστερημένη παράδοση σημαντικών εξαρτημάτων και η κακή εκτίμηση του φόρτου εργασίας για την εκπλήρωση κάποιας διεργασίας.*

Αυτά αποτελούν βασικούς παράγοντες αβεβαιότητας και πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν από την πρώτη φάση του προγραμματισμού, να καταγράφονται σε ειδικές φόρμες (φύλλα κινδύνων, Παράρτημα Α), να αναλύονται και τελικά να γίνονται οι απαραίτητες διεργασίες για την αποφυγή ή τον περιορισμό τους, αναλόγως με την πιθανότητα εμφάνισης τους.

Η **αβεβαιότητα** μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αβεβαιότητα ως προς το χρονοπρογραμματισμό:  
Περιλαμβάνει το σύνολο των αιτιών που μπορούν να οδηγήσουν σε καθυστέρηση της υλοποίησης ορισμένων διεργασιών και επομένως του συνόλου του έργου.
- Αβεβαιότητα ως προς το κόστος:  
Εδώ υπάγονται τα αίτια και οι κίνδυνοι που επηρεάζουν το επίπεδο του κόστους υλοποίησης του έργου –μετρούμενο συνήθως σε χρηματικές μονάδες αλλά και σε εργατοώρες και άλλα.
- Αβεβαιότητα ως προς την τεχνολογία:  
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα όρια και τις δυνατότητες του υπάρχοντος εξοπλισμού, καθώς και τις αλλαγές που μπορούν να προκύψουν στις διεργασίες λόγω της τεχνολογικής προόδου.

Φυσικά, αυτή η διάκριση δεν είναι απόλυτη, καθώς οποιοσδήποτε κίνδυνος αναπτυχθεί κατά την κατασκευή μπορεί να οδηγήσει σε αποκλίσεις που υπάγονται σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Για τον περιορισμό της αβεβαιότητας έχουν αναπτυχθεί διάφοροι εμπειρικοί κανόνες που λαμβάνονται υπόψιν και σημειώνονται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Η ανάλυση και ο περιορισμός της αβεβαιότητας και των κινδύνων αποτελεί πλέον βασικό κομμάτι της εργασίας των διαχειριστών έργων, στην κατασκευή και στη λειτουργία των παραγωγικών μονάδων. Ο πιο συνήθης τρόπος περιορισμού της αβεβαιότητας είναι ο διεξοδικότερος προγραμματισμός του έργου, με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων περιορισμού των κινδύνων και τη χρήση υπολογιστικών συστημάτων.

**Η διαχείριση κινδύνων** είναι η διεργασία μέσω της οποίας ελέγχονται όσοι εξ' αυτών εντοπίστηκαν κατά την έναρξη και τον προγραμματισμό του έργου· παρακολουθούνται οι υπολειμματικοί και εντοπίζονται οι νέοι· εξασφαλίζεται η εκτέλεση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων (προληπτικές ενέργειες και ενέργειες αντιμετώπισης) και αξιολογείται η αποτελεσματικότητά τους στο μετριάσμο αυτών.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται για τη διαχείριση κινδύνων είναι τα εξής:

- Παρακολούθηση κινδύνων
- Έλεγχος κινδύνων

Με την πρόοδο του έργου, είτε κατά τη διαδικασία της κατασκευής είτε κατά το σχεδιασμό, οι κίνδυνοι αλλάζουν. Οι προβλεπόμενοι κίνδυνοι μπορεί να εκλείψουν, εάν ληφθεί ειδική μέριμνα κατά το σχεδιασμό του έργου και κατά την επιλογή των μεθόδων, ενώ είναι πιθανό να εμφανιστούν νέοι.

Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της παρακολούθησης κινδύνων είναι:

1. Να προσδιορίζει εάν έχουν επέλθει οι κίνδυνοι που έχουν εντοπισθεί και εάν οι ενέργειες διαχείρισης υλοποιήθηκαν σύμφωνα με τον προγραμματισμό τους.
2. Να αξιολογεί εάν οι προγραμματισμένες ενέργειες διαχείρισης κινδύνων ήταν τόσο αποτελεσματικές όσο αναμενόταν και να εκτιμά κατά πόσον είναι αναγκαία η διαμόρφωση νέων ενεργειών.
3. Να εξετάζει εάν κάποιοι από τους αρχικά εντοπισθέντες κινδύνους δεν ισχύουν πλέον.
4. Να προσδιορίζει σε ποιο βαθμό οι πιθανότητες εμφάνισης του κινδύνου έχουν αλλάξει και αντίστοιχα για το επίπεδο ή το χρόνο εμφάνισης των επιπτώσεών του.
5. Να επιβεβαιώνει ότι οι προγραμματισμένες προς εκτέλεση προληπτικές ενέργειες εξακολουθούν να έχουν νόημα στο πλαίσιο των πρόσφατων εξελίξεων στο έργο και στο περιβάλλον του, και ότι οι ενέργειες αυτές έχουν ανατεθεί στα άτομα με τα κατάλληλα προσόντα.
6. Να προσδιορίζει εάν η έκθεση σε κινδύνους έχει αλλάξει από την προηγούμενη κατάστασή της και να αναλύει τις νέες τάσεις που αναπτύσσονται.
7. Να εντοπίζει εάν έχουν προκύψει ή επέλθει νέοι κίνδυνοι που δεν είχαν εντοπισθεί μέχρι τότε.

Ο έλεγχος κινδύνων αναφέρεται στην υλοποίηση των προληπτικών ενεργειών και ενεργειών αντιμετώπισης, στην ανάπτυξη εναλλακτικών στρατηγικών για το μετριάσμο κινδύνων ή ακόμη και στον εκ νέου προγραμματισμό του έργου.

Για την εμφάνιση ενός κινδύνου, μπορούν να διακριθούν τρεις κατηγορίες:

1. Ο κίνδυνος αναπτύσσεται όπως αναμενόταν και, επομένως, οι ενέργειες ελέγχου αποδεικνύονται επαρκείς για την αντιμετώπισή του.
2. Ο κίνδυνος αναπτύσσεται με διαφορετικό τρόπο από τον αναμενόμενο και, επομένως, οι ενέργειες ελέγχου πρέπει να τροποποιηθούν κατάλληλα.
3. Ένας νέος, απρόβλεπτος κίνδυνος εμφανίζεται και αυτό οδηγεί σε αναθεώρηση του σχεδίου διαχείρισης κινδύνων, ώστε να ορίζει και να περιγράφει τις ενέργειες για τον περιορισμό του.

Σε κάθε περίπτωση, η αντιμετώπιση των κινδύνων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων, ώστε οι ενέργειες που θα ληφθούν να έχουν μελετηθεί επαρκώς. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εμφάνισης ανεπιθύμητων και απρόβλεπτων συνεπειών από τις διορθωτικές ενέργειες.

### 1.3 Χωρισμός της διαχείρισης έργου σε βασικά στοιχεία

Κάθε έργο - είτε είναι η επαναλαμβανόμενη λειτουργία μιας παραγωγικής μονάδας, είτε η κατασκευή ενός μοναδικού οικοδομήματος – ακολουθεί μία παρόμοια διαδρομή από την αρχική σύλληψη της ιδέας μέχρι την ολοκλήρωσή του.

Σε κάθε έργο μπορούν να παρατηρηθούν τα παρακάτω βασικά στάδια στην πορεία του, όπως αυτά διακρίνονται από τους Shtub A., Bard J. και Cloberson S.:

- Δρομολόγηση, επιλογή και καθορισμός του έργου:  
Εδώ υπάγονται οι διαδικασίες που αφορούν στον προσδιορισμό του έργου, την ανάπτυξη πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων για την υλοποίησή του, την επιλογή των προτιμότερων από αυτές, τη διαμόρφωση του αρχικού πλάνου και την έγκριση του από τους συμμετέχοντες.
- Οργάνωση του έργου:  
Είναι η διαδικασία επιλογής των οργάνωσεων που θα συμμετάσχουν, ανάθεσης συγκεκριμένων μερών σε κάθε οργάνωση, καθορισμού του δικτύου επικοινωνίας και διάρθρωσης των εργασιών σύμφωνα με τη δομή υποδιαίρεσης εργασιών (WBS).
- Ανάλυση δραστηριοτήτων:  
Κατά την ανάλυση δραστηριοτήτων, ορίζονται οι βασικές εργασίες και δραστηριότητες, επιλέγονται οι σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ τους, αναπτύσσεται το δικτυωτό μοντέλο της κατασκευής και καθορίζονται τα ορόσημά της.
- Χρονοπρογραμματισμός:  
Περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που αναφέρονται είτε σε εκτιμήσεις διάρκειας ή ημερομηνιών (π.χ. παράδοσης, υποχρεωτικής ολοκλήρωσης κτλ), είτε στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της προόδου.
- Διαχείριση πόρων:  
Είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για τον καθορισμό των αναγκών του έργου σε πόρους, την απόκτησή τους, την εύκολη διάθεσή τους και την αποτελεσματική αξιοποίησή τους.
- Διαχείριση τεχνολογίας:  
Αποτελεί το σύνολο διαδικασιών για την ανάπτυξη σχεδίου διαχείρισης της διαμόρφωσης, τον προσδιορισμό και έλεγχο των κινδύνων, καθώς και τη διοίκηση ολικής ποιότητας (TQM)[\*].
- Προϋπολογισμός του έργου:  
Εδώ υπάγονται οι διαδικασίες εκτίμησης του έμμεσου και άμεσου κόστους, η πρόβλεψη των χρηματορροών, η κατάρτιση του προϋπολογισμού και η παρακολούθηση του πραγματικού κόστους.
- Εκτέλεση και έλεγχος του έργου:  
Είναι η διαδικασία ανάπτυξης συστημάτων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, η εκτέλεση των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων, ο εντοπισμός αποκλίσεων, η ανάπτυξη και υλοποίηση διορθωτικών σχεδίων και η πρόβλεψη του κόστους του έργου κατά την ολοκλήρωση.
- Τερματισμός του έργου:  
Είναι η τελευταία φάση στην κατασκευή του έργου και περιλαμβάνει την αξιολόγηση της επιτυχούς έκβασης της κατασκευής και την εξαγωγή πληροφοριών και συμπερασμάτων για τον καλύτερο προγραμματισμό των επόμενων έργων. Το έργο πρέπει να τερματισθεί όταν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι του.

Τρεις βασικές εκφοές πρέπει να παράγονται κατά τον τερματισμό του έργου:

α) το κλείσιμο του έργου παρέχει τη βεβαιότητα ότι έργο ολοκλήρωσε όλες τις απαιτήσεις του πελάτη και των λοιπών ενδιαφερόμενων παραγόντων.

β) τα διδάγματα: έγγραφα που αναλύουν τα αίτια των αποκλίσεων, το σκεπτικό των διορθωτικών μέτρων, άλλες διαπιστώσεις και συμπεράσματα και τα αποθηκεύουν σε μια βάση δεδομένων γι' αυτό και για τα άλλα έργα.

γ) τα αρχεία του έργου περιέχουν το πλήρες σύνολο των πληροφοριών που συλλέχθηκαν στον κύκλο ζωής του.

Ο τερματισμός του έργου απαιτεί την ύπαρξη ενός σαφούς συνόλου διαδικασιών για την αναδιανομή των υλικών, του εξοπλισμού, του προσωπικού και των άλλων πόρων.

**[\*]Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM)** είναι μία ενοποιητική φιλοσοφία της διοίκησης για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των διαδικασιών. Η TQM βασίζεται τις λειτουργίες της στην παραδοχή ότι η ποιότητα των προϊόντων και των διαδικασιών αποτελεί ευθύνη όλων όσοι ασχολούνται με τη δημιουργία, την κατανάλωση των προϊόντων ή των υπηρεσιών που προσφέρονται από έναν οργανισμό. Με άλλα λόγια, η TQM αξιοποιεί τη συμμετοχή της διοίκησης, του προσωπικού, τους προμηθευτές και ακόμη και τους πελάτες, έτσι ώστε να καλύπτουν ή υπερκαλύπτουν τις προσδοκίες των πελατών.

Μία άλλη απλούστερη διάκριση για τη διαχείριση έργων, που απαντάται συχνά στη βιβλιογραφία και αφορά στη βασική προτεραιότητα του διαχειριστή του έργου, είναι η εξής:

- Διαχείριση του χρόνου του έργου.
- Διαχείριση του κόστους του έργου.

Η διαχείριση του χρόνου του έργου καταρτίζει το χρονοπρογραμματισμό για τις εργασίες και τις δραστηριότητες που πρέπει να υλοποιηθούν. Σκοπός της είναι η έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου.

Περιλαμβάνει:

- τον ορισμό των δραστηριοτήτων
- την αλληλουχία που αναπτύσσεται μεταξύ τους
- την εκτίμηση της διάρκειάς τους
- την κατάρτιση του χρονοπρογράμματος με βάση τα παραπάνω
- τον συνεχή έλεγχο του χρονοπρογράμματος

Η διαχείριση του κόστους του έργου συνίσταται στην εξασφάλιση των απαραίτητων πόρων για την ομαλή κατασκευή του και τη διατήρηση του συνολικού κόστους στα επιθυμητά όρια.

Περιλαμβάνει:

- τον προγραμματισμό των πόρων
- την εκτίμηση του κόστους
- τον προϋπολογισμό του κόστους
- τον έλεγχο του κόστους

Οι παραπάνω δραστηριότητες παρέχουν εκτίμηση του απαιτούμενου κόστους για:

- 1) την ολοκλήρωση του έργου
- 2) την κατάρτιση προϋπολογισμού
- 3) την εξασφάλιση της ολοκλήρωσης εντός ορίων

## 1.4 Διαχείριση Πόρων

**Ο προγραμματισμός των πόρων** είναι η διαδικασία βάσει της οποίας ο διαχειριστής του έργου αποφασίζει ποιους πόρους πρέπει να αποκτήσει, από ποιες πηγές, πότε, πώς να τους χρησιμοποιήσει και πότε, με ποιο τρόπο να τους αποδεσμεύσει. Αφορά κυρίως την ανάλυση αντισταθμίσεων μεταξύ:

- 1) του κόστους εναλλακτικών χρονοπρογραμματισμών για την αντιμετώπιση της έλλειψης πόρων
- 2) του κόστους χρήσης εναλλακτικών πόρων

Ο κύκλος ζωής ενός έργου επηρεάζει τις απαιτήσεις του σε πόρους. Στις αρχικές φάσεις έμφαση δίνεται στο σχεδιασμό. Επομένως, απαιτείται προσωπικό με υψηλή κατάρτιση, π.χ. μηχανικοί. Στις μεταγενέστερες φάσεις κυριαρχεί η εκτέλεση και οι ανάγκες σε μηχανήματα και υλικά. Το γράφημα των απαιτήσεων σε πόρους λέγεται προφίλ πόρων.

**Η εξομάλυνση πόρων** μπορεί να ορισθεί ως η ανακατανομή του συνολικού περιθωρίου ή του ελεύθερου περιθωρίου σε μια δραστηριότητα για τη μείωση των διακυμάνσεων στο προφίλ απαιτήσεων σε πόρους. Θεωρείται ότι ένα σταθερότερο ποσοστό χρήσης οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος πόρων.

Για την αποφυγή καθυστέρησης της ολοκλήρωσης λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας πόρων ή λάθους κατά τη διαδικασία, μπορεί να δοκιμαστεί μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες στρατηγικές:

1. Εκτέλεση δραστηριοτήτων σε χαμηλότερο ποσοστό χρησιμοποιώντας τα επίπεδα διαθέσιμων πόρων (μόνο όταν μπορεί να επεκταθεί η διάρκεια της δραστηριότητας).
2. Κατάτμηση δραστηριοτήτων, εφόσον μια δραστηριότητα μπορεί να διαιρεθεί· ο χρόνος εγκατάστασης μετά το διάλειμμα είναι σχετικά μικρός και οι δραστηριότητες που ακολουθούν την υποδραστηριότητα μπορούν να εκτελεστούν σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό.
3. Τροποποίηση του δικτύου με αλλαγή των σχέσεων «λήξης - έναρξης» με άλλες, όπως σχέσεις «έναρξης – έναρξης».
4. Χρήση εναλλακτικών πόρων ή μεθόδων, π.χ. πρόσληψη υπερεργολάβων.

Σύμφωνα με τους Shtub A., Bard J. και Globerson S., διάφοροι δείκτες μπορούν να υποστηρίξουν τον έλεγχο του έργου και αυτοί κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: χρονοπρογραμματισμός, κόστος, πόροι και επιδόσεις. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται τέτοιοι δείκτες με στόχο την κατανόηση των προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν.

Μέτρηση	Επηρεαζόμενη κατηγορία
Καθυστέρηση στην έναρξη κρίσιμων εργασιών	Χρονοπρογραμματισμός
Καθυστέρηση στην ολοκλήρωση κρίσιμων εργασιών	Χρονοπρογραμματισμός
Μη κρίσιμες διαδικασίες καθίστανται κρίσιμες	Χρονοπρογραμματισμός
Μη τήρηση οροσήμων	Χρονοπρογραμματισμός
Αλλαγές στις προθεσμίες	Χρονοπρογραμματισμός
Αλλαγές στις τιμές	Κόστος
Υπέρβαση κόστους	Κόστος
Ανεπαρκής χρηματοροή	Κόστος

Υψηλά ποσοστά γενικών εξόδων	Κόστος
Μεγάλος χρόνος αναμονής για την προμήθεια απαιτούμενων υλικών	Πόροι, χρονοπρογραμματισμός
Χαμηλή χρησιμοποίηση των πόρων	Πόροι, κόστος
Προβλήματα διαθεσιμότητας πόρων	Πόροι, χρονοπρογραμματισμός, κόστος
Αλλαγές στο κόστος εργασίας	Πόροι, κόστος
Αλλαγές στο αντικείμενο του έργου	Επιδόσεις, κόστος, χρονοπρογραμματισμός, πόροι
Έλλειψη τεχνικών πληροφοριών	Επιδόσεις, κόστος, χρονοπρογραμματισμός
Αποτυχία δοκιμών	Επιδόσεις, κόστος, χρονοπρογραμματισμός
Καθυστερήσεις στην έγκριση αλλαγών της διαμόρφωσης	Επιδόσεις, χρονοπρογραμματισμός
Σφάλματα στα αρχεία (αποθέματα κτλ)	Επιδόσεις, κόστος, χρονοπρογραμματισμός

Πίνακας 1.1: Δείκτες για τον έλεγχο του έργου

## 1.5 Διαχείριση αποθεμάτων

Με τον όρο **αποθέματα** εννοούμε αγαθά που διατηρούνται για κάποια χρονική περίοδο σε αδράνεια, περιμένοντας να χρησιμοποιηθούν. Τα αγαθά αυτά μπορεί να είναι πρώτες ύλες, ενδιάμεσα προϊόντα, τελικά προϊόντα ή και διάφορες προμήθειες, όπως ανταλλακτικά, λιπαντικά κλπ, υλικά δηλαδή και μέσα απαραίτητα για την υποστήριξη της παραγωγής προϊόντων ή της παροχής υπηρεσιών.

Τα αποθέματα αποτελούν ένα μέρος και μάλιστα ιδιαίτερα σημαντικό, του συνόλου των διαθέσιμων πόρων μιας οργάνωσης, που όχι μόνο παραμένουν δεσμευμένα σε μια μη παραγωγική κατάσταση, αλλά και που προκαλούν ένα επιπλέον κόστος για την ασφαλή αποθήκευση και διατήρησή τους.

Η διατήρησή τους όμως είναι απαραίτητη, καθώς έτσι μπορούν να γίνουν ανεξάρτητα τα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και να μειωθεί ο κίνδυνος να βρεθεί κάποιο στάδιο εκτός λειτουργίας λόγω ελλείψεων. Επίσης, υπάρχουν και άλλοι λόγοι που συνηγορούν σε αυτή την κατεύθυνση, όπως η έκπτωση στην τιμή για μεγάλες ποσότητες και η ενδεχόμενη θετική υπέρβαση της εκτιμώμενης παραγωγικότητας της εργασίας.

### Στοιχεία κόστους

Όπως επισημαίνουν οι Δημητριάδης Σ. και Μιχιώτης Α., αν και η διατήρηση αποθεμάτων ελαχιστοποιεί τις οικονομικές συνέπειες που θα προέκυπταν από την έλλειψή τους, προκαλεί με τη σειρά της κόστος στην εταιρεία. Το κόστος αυτό αναπτύσσεται λόγω της δέσμευσης κεφαλαίου εκτός παραγωγής και λόγω της μέριμνας που πρέπει να ληφθεί για την ασφαλή και υπό κατάλληλες συνθήκες αποθήκευση και διακίνησή τους.

Σκοπός, λοιπόν, της διαχείρισης αποθεμάτων σε κάθε οργάνωση είναι ο προσδιορισμός εκείνης της πολιτικής διακίνησής τους, ώστε το συνολικό κόστος να γίνεται ελάχιστο.

Το συνολικό κόστος προκύπτει από τα παρακάτω επιμέρους κόστη:

1. κόστος παραγγελίας και απόκτησης του αποθέματος
2. κόστος διατήρησης του αποθέματος

### 3. κόστος έλλειψης του αποθέματος

#### Κόστος παραγγελίας και απόκτησης του αποθέματος

Αυτό το κόστος είναι συνάρτηση της ποσότητας  $Q$  που παραγγέλνουμε και διακρίνεται σε δύο μέρη:

1. Ένα σταθερό και ίσο με το κόστος κάθε παραγγελίας, ανεξάρτητα από την ποσότητα  $Q$  που έχει παραγγελθεί. Στο σταθερό αυτό μέρος περιλαμβάνονται όλα εκείνα τα στοιχεία κόστους που δημιουργούνται από τις ενέργειες για την αποτελεσματική διαχείριση της παραγγελίας και το κόστος του ποιοτικού ελέγχου κατά την παραλαβή του αποθέματος.
2. Ένα μεταβλητό που καθορίζεται από την ποσότητα. Για απλοποίηση των υπολογισμών, θεωρείται γραμμικά ανάλογο της ποσότητας. Γίνεται, δηλαδή, η παραδοχή ότι η τιμή της μονάδας δεν μεταβάλλεται σε όλο το εύρος τιμών της  $Q$ .

#### Κόστος διατήρησης του αποθέματος

Το κόστος διατήρησης του αποθέματος περιλαμβάνει όλα εκείνα τα στοιχεία κόστους που δημιουργούνται από τη φυσική του παρουσία. Με τη σειρά του, μπορεί να διακριθεί σε :

1. κόστος αποθήκευσης του αποθέματος
2. κόστος παλαίωσης και απαξίωσής του
3. κόστος απωλειών
4. κόστος λόγω δέσμευσης κεφαλαίου

Το κόστος αυτό μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά σε συνεχή ή σε περιοδική βάση. Στη γενική περίπτωση εκτιμάται ως συνάρτηση του μέσου αποθέματος που διατηρήθηκε στη διάρκεια της περιόδου, ή του μέγιστου αποθέματος που παρατηρήθηκε ή της ποσότητας που παραμένει αποθηκευμένη στο τέλος της περιόδου.

Από διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί, το ύψος του συνήθως κυμαίνεται μεταξύ του 20% και του 30 % της αξίας του μέσου αποθέματος που διατηρείται.

#### Κόστος έλλειψης του αποθέματος

Εκφράζει το κόστος από την έλλειψη του αποθέματος και εξαρτάται από το είδος του και το χρονικό διάστημα που εμφανίζεται έλλειψη.

Η εκτίμησή του είναι ιδιαίτερος δύσκολη, γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις προτιμάται η εύρεση της πολιτικής διακίνησης αποθεμάτων, που ελαχιστοποιεί τα υπόλοιπα στοιχεία κόστους.

## 1.6 Δομή υποδιαίρεσης εργασιών

Απαραίτητη προϋπόθεση για να είναι εφικτός ο προγραμματισμός ενός έργου είναι ο σωστός και επαρκής κατακερματισμός του συνόλου σε επιμέρους διεργασίες. Αυτή η ακολουθία που προκύπτει λέγεται **δομή υποδιαίρεσης εργασιών ή δομική ανάλυση των φάσεων του έργου ή αναλυτική δομή εργασιών (WBS)** και, σύμφωνα με τον ορισμό, *υποδιαιρεί το έργο στα βασικά στοιχεία (δραστηριότητες) που αφορούν το υλικό, το λογισμικό, τα δεδομένα και τις υπηρεσίες.*

Η δομή υποδιαίρεσης των εργασιών δημιουργήθηκε αρχικά για την ανάπτυξη αμυντικών προγραμμάτων των ΗΠΑ και σύμφωνα με το Πρότυπο 881B του αμερικανικού στρατού ορίζεται ως: «ένα προσανατολισμένο στο προϊόν δένδρο οικογένειας που απαρτίζεται από υλικό (hardware), λογισμικό, υπηρεσίες, δεδομένα και εγκαταστάσεις, το οποίο προσδιορίζει τα προϊόντα που πρόκειται να αναπτυχθούν ή να παραχθούν και συσχετίζει τα στοιχεία εργασιών που πρέπει να ολοκληρωθούν τόσο μεταξύ τους όσο και με τα τελικά προϊόντα».

**Δραστηριότητα** ονομάζουμε κάθε επιμέρους εργασία του έργου ή κάποιας διακριτής φάσης του, η οποία απαιτεί για την υλοποίηση της χρόνο ή πόρους, ή και τα δύο μαζί, και αποτελεί το στοιχειώδες δομικό στοιχείο αναφοράς στην ανάλυση.

Είναι, όμως, πολύ δύσκολο έως ακατόρθωτο, ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια προγραμματισμού, να καταγραφούν με ακρίβεια οι δραστηριότητες για την ολοκλήρωση του έργου, το κόστος και η διάρκειά του. Το πρόβλημα αυτό γίνεται ακόμη πιο σύνθετο όταν η επιλογή των δραστηριοτήτων καθορίζεται από προηγούμενες δραστηριότητες.

Αυτός είναι ο λόγος που η δομή υποδιαίρεσης εργασιών είναι απαραίτητη σε κάθε επίπεδο προγραμματισμού. Ουσιαστικά, η δομή υποδιαίρεσης εργασιών συμβάλλει στον προσδιορισμό και την ομαδοποίηση των εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν και παρέχει το πλαίσιο για το σχεδιασμό, την κατάρτιση του προϋπολογισμού, την παρακολούθηση και τον έλεγχο της πορείας των εργασιών.

Η ποιότητα της δομής υποδιαίρεσης εξαρτάται από τη φύση και τις ιδιαιτερότητες του έργου, την ομοιότητά του με παλαιότερα έργα, τις γνώσεις και ικανότητες του υπευθύνου, τα διαθέσιμα σχέδια του έργου κτλ.

Φυσικά, το εύρος του κατακερματισμού του έργου καθορίζεται από πολλαπλούς παράγοντες και μπορεί να λειτουργήσει και ανασταλτικά, καθώς υπερβολικά συγκεκριμένες διαδικασίες μπορεί να οδηγούν σε πολύπλοκο και δυσνόητο πλάνο, χωρίς αντίστοιχο όφελος. Συνεπώς, το βάθος της ανάλυσης του έργου σε διακριτές φάσεις και δραστηριότητες πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες για πληροφόρηση εκείνου που θα το χρησιμοποιήσει και για το σκοπό που θα το χρησιμοποιήσει. Όπως αναπτύσσεται και στη συνέχεια, το εύρος του κατακερματισμού αλλάζει σύμφωνα με τη φάση κατά την οποία βρίσκεται το έργο (π.χ. πριν την ανάληψή του, στο τέλος της κατασκευής του κτλ).

## **1.7 Εκτίμηση της διάρκειας των δραστηριοτήτων**

Η εκτίμηση της διάρκειας των δραστηριοτήτων είναι η διεργασία διαμόρφωσης μίας ρεαλιστικής ποσοτικής εκτίμησης του πιθανού αριθμού περιόδων εργασίας που θα απαιτηθούν για την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας.

Συχνά, η εκτίμηση διαμορφώνεται προοδευτικά και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Προκειμένου να διασφαλίζεται ότι οι εκτιμήσεις κατά το στάδιο αυτό είναι ρεαλιστικές, θα πρέπει να ζητείται η συνδρομή εκείνων των μελών της ομάδας εργασίας που είναι πιο εξοικειωμένα με τη φύση της δραστηριότητας (π.χ. οι πολιτικοί μηχανικοί για την κατασκευή θεμελίων), καθώς και εκείνων που διαθέτουν τις αναγκαίες τεχνικές γνώσεις ή τη σχετική εμπειρία μέσα από τη συμμετοχή τους σε παρόμοιες εργασίες.

Για να γίνει σωστά η εκτίμηση της διάρκειας των δραστηριοτήτων, απαιτούνται τα παρακάτω δεδομένα:



1. Ο πλήρης κατάλογος των δραστηριοτήτων του έργου.
2. Οι περιορισμοί και οι υποθέσεις που αφορούν κάθε εργασία.
3. Οι απαιτήσεις σε πόρους.
4. Οι σχετικές πληροφορίες που έχουν προκύψει από παλαιότερα έργα.
5. Οι εντοπιζόμενοι κίνδυνοι.

## 1.8 Σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ δραστηριοτήτων

Κάθε γραφική απεικόνιση των λογικών σχέσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων αποκαλείται **δικτυωτό διάγραμμα έργου (δίκτυο)**. Υπάρχουν περισσότερες από μία τεχνικές για την κατασκευή ενός δικτυωτού διαγράμματος έργου, όπως είναι η Μέθοδος Διαγράμματος Διαδοχής, η Μέθοδος Διαγράμματος Βελών και η Μέθοδος Διαγράμματος Προϋποθέσεων. Επικρατέστερο μοντέλο έχει αναδειχθεί αυτό της Μεθόδου Διαγράμματος Διαδοχής, το οποίο έχει και την ευρύτερη χρήση στα σχετικά πακέτα λογισμικού για τη διαχείριση έργων (πχ Microsoft Project, Primavera Project Planner).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι δραστηριότητες απεικονίζονται ως κουτιά και οι αλληλεξαρτήσεις τους ως βέλη.

Μεταξύ των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την υλοποίηση του έργου αναπτύσσονται τέσσερα είδη σχέσεων προτεραιότητας. Σύμφωνα με τους ισχύοντες περιορισμούς, κάθε μία από αυτές μπορεί να συνδεθεί με οποιαδήποτε άλλη, ορίζοντας ταυτόχρονα μία χρονική καθυστέρηση (Lag), εάν απαιτείται.

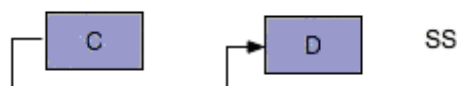
1. Σχέση Λήξης – Έναρξης (Finish to Start, FS):

Αποτελεί τη συνηθέστερη σχέση που εμφανίζεται στη διαχείριση έργων. Για την εκκίνηση της δραστηριότητας που έπεται (B) απαιτείται η ολοκλήρωση της προηγούμενης (A). Με άλλα λόγια, η αρχή της καθορίζεται από το τέλος της προκατόχου δραστηριότητας. Αυτή η μορφή, αν και η απλούστερη από όλες, αποφεύγεται, όσο είναι δυνατό, γιατί οδηγεί σε μεγάλες και χρονοβόρες διαδρομές που καθυστερούν την ολοκλήρωση του έργου.



2. Σχέση Έναρξης – Έναρξης (Start to Start, SS):

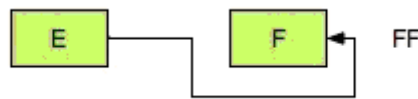
Είναι η προτιμώμενη, πλέον, σχέση για σύνδεση μεταξύ δραστηριοτήτων, επειδή οδηγεί σε συντομότερες διαδρομές και μικρότερη διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου. Η λογική πίσω από την επιλογή αυτής της σχέσης είναι πως οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί για την εκκίνηση μιας δραστηριότητας πληρούνται πριν την ολοκλήρωση του συνόλου της προκατόχου της. Εδώ, η αρχή της διαδόχου (D) ορίζεται ως προς την αρχή της προκατόχου της (C).



3. Σχέση Λήξης – Λήξης (Finish to Finish, FF):

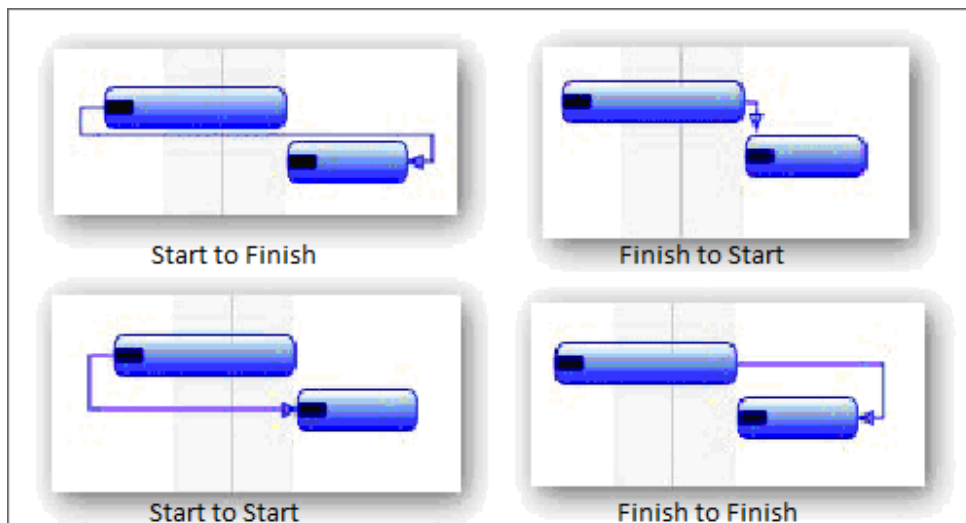
Σύμφωνα με αυτή τη σχέση, η ολοκλήρωση της διαδόχου δραστηριότητας (F) προϋποθέτει την ολοκλήρωση της προκατόχου της (E). Κατά αυτό τον τρόπο, επιτρέπεται η ταυτόχρονη εκτέλεση των δύο δραστηριοτήτων ή ακόμα και η εκκίνηση της δραστηριότητας πριν από αυτή της προκατόχου, όσο δεν

παραβιάζεται η συνθήκη για τη λήξη τους. Συχνά, συνδυάζεται με σχέσεις «έναρξης – έναρξης» για να επιτυγχάνεται η απαραίτητη αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των δραστηριοτήτων.



4. Σχέση Έναρξης – Λήξης (Start to Finish, SF):

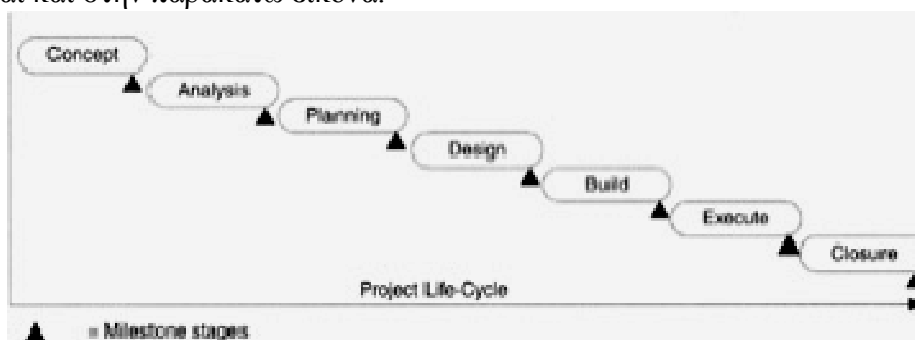
Εδώ, η λήξη της διαδόχου (H) καθορίζεται από την έναρξη της προκατόχου (G). Ο περιορισμός που ορίζεται είναι πως ένα ποσοστό (που ανακλάται από το δοσμένο lag) της προκατόχου δραστηριότητας πρέπει να έχει ολοκληρωθεί ώστε η δραστηριότητα να τερματιστεί.



Σχήμα 1.2: Σχηματική αναπαράσταση των σχέσεων προτεραιότητας που μπορεί να εμφανιστούν μεταξύ δύο δραστηριοτήτων

### 1.9 Ορόσημα (milestones)

Στο πλαίσιο της διαχείρισης έργων, **ορόσημο** είναι το τέλος ενός σταδίου που σηματοδοτεί την ολοκλήρωση ενός πακέτου εργασίας ή φάσης, που συνήθως χαρακτηρίζεται από μία εκδήλωση υψηλού επιπέδου, όπως η ολοκλήρωση κάποιας κατηγορίας εργασιών, η επικύρωση ή υπογραφή του παραδοτέου εγγράφου κτλ, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



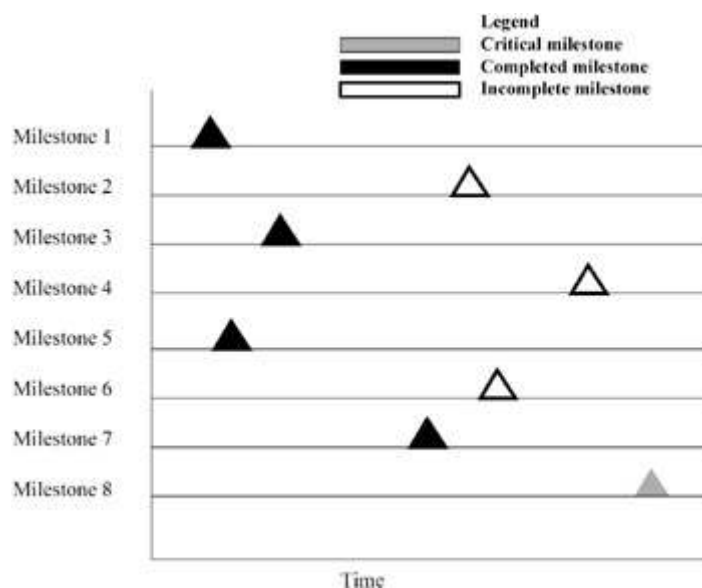
Σχήμα 1.3: Παράδειγμα διαγράμματος οροσήμων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου

Σύμφωνα με το σχήμα 1.3, ο κύκλος ζωής ενός έργου μπορεί να αναπαρασταθεί από μία αλυσίδα ορόσημων.

Το διάγραμμα των ορόσημων αποτελεί το σκελετό για το κύριο πρόγραμμα και τα αναλυτικά μέρη του. Υπό ιδανικές συνθήκες, η επίτευξη κάθε ορόσημου στον προγραμματισμένο χρόνο και με τους προγραμματισμένους πόρους πρέπει να επαληθευτεί εύκολα.

Τα ορόσημα προσδίδουν ουσιαστική αξία στο έργο του προγραμματισμού. Όταν η χρήση τους συνδυάζεται με κάποια εξελιγμένη μεθοδολογία προγραμματισμού, όπως η μέθοδος τεχνικής αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (PERT) ή η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM), επιτρέπει την εύκολη παρακολούθηση της πορείας του έργου ως προς το χρόνο, καθώς κάθε βασικό ορόσημο πρέπει να αντιπροσωπεύει ένα σημείο ελέγχου για ένα σύνολο δραστηριοτήτων κατά την ολοκλήρωση ενός σημαντικού σταδίου.

Ορόσημα χρησιμοποιούνται συχνά για την παρακολούθηση της προόδου, αλλά υπάρχουν περιορισμοί, όσον αφορά την αποτελεσματικότητά τους, επειδή δείχνουν συνήθως την πρόοδο μόνο της κρίσιμης διαδρομής και όχι των μη κρίσιμων δραστηριοτήτων. Αφού το κάθε ορόσημο αναπαριστά τι έγινε ή τι πρέπει να γίνει αλλά όχι το πώς, ο προγραμματισμός αυτός προωθεί αντίληψη της προόδου ως προς το αποτέλεσμα και όχι ως προς την εργασία. Αυτό δίνει την εντύπωση ότι το έργο είναι εντός του χρονοδιαγράμματος, όταν υπάρχουν δραστηριότητες που υστερούν, καθώς δεν είναι ασυνήθιστο πόροι να πρέπει να μετακινηθούν από μη κρίσιμες δραστηριότητες σε κρίσιμες για να εξασφαλιστεί ότι πληρούνται τα ορόσημα.



Σχήμα 1.4: Παράδειγμα ελέγχου με τη χρήση ορόσημων

Στο παραπάνω χρονοδιάγραμμα του σχήματος 1.4 παρουσιάζεται η δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας ενός έργου με χρήση ορόσημων. Τα πλήρη ορόσημα αναπαριστούν ολοκληρωμένα πακέτα εργασιών, τα κενά, ανολοκλήρωτα πακέτα που μπορεί να έχουν ή να μην έχουν ξεκινήσει ακόμα, και τα γκρι, πακέτα εργασιών που ο τερματισμός τους δεν πρέπει να καθυστερήσει γιατί θα επιφέρει καθυστέρηση στο συνολικό έργο.

## 1.10 Το διάγραμμα Gantt

Παρόλο που η πρώτη εμφάνιση αυτού του είδους γραφήματος ανήκει στον Karol Adamiecki (με την ονομασία «αρμονόγραμμα»), το γράφημα έχει καταχωρηθεί στον Henry Gantt που το ανέπτυξε μεταξύ των ετών 1910-1915.

Ένα **διάγραμμα Gantt** είναι ένα είδος ιστογράμματος που απεικονίζει τον προγραμματισμό του έργου ως προς τον χρόνο. Τα διαγράμματα Gantt δείχνουν τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης των στοιχείων καθώς και τα συνοπτικά στοιχεία ενός έργου. Μερικά γραφήματα Gantt, επίσης, δείχνουν τις σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ των δραστηριοτήτων. Ο χρονοπρογραμματισμός σε ένα διάγραμμα Gantt μπορεί να γίνει βάσει της νωρίτερης ή αργότερης έναρξης [\*].

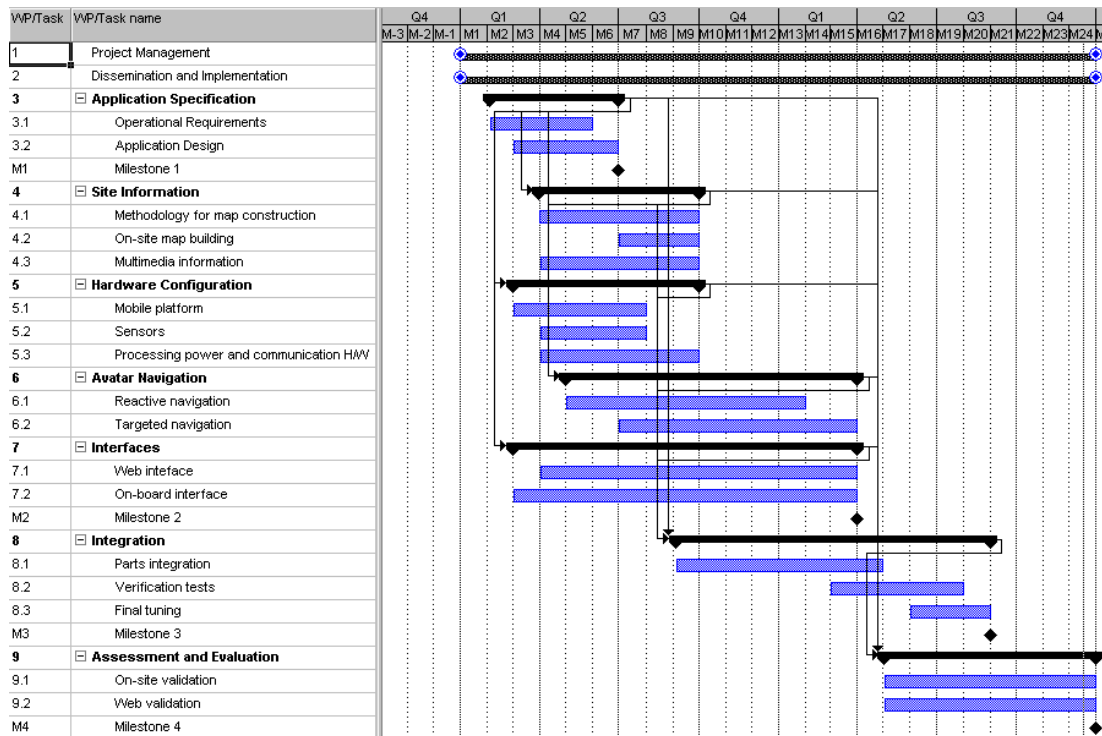
Τα διαγράμματα Gantt έχουν γίνει μία κοινή τεχνική για να παρουσιάζουν τις φάσεις και τις δραστηριότητες ενός έργου σύμφωνα με τη WBS, έτσι ώστε αυτή να γίνεται κατανοητή από ένα ευρύ κοινό σε όλο τον κόσμο.

Τα διαγράμματα Gantt παρουσιάζουν ένα μέρος μόνον των τριών περιορισμών (κόστος, χρόνο και έκταση) των έργων, επειδή επικεντρώνονται κυρίως στη διαχείριση των χρονοδιαγράμματος. Επιπλέον, τα διαγράμματα Gantt δεν αντιπροσωπεύουν το μέγεθος του έργου ή του σχετικού μεγέθους των στοιχείων της εργασίας, ως εκ τούτου το μέγεθος των απαιτήσεων και των εργασιών πίσω από το χρονοδιάγραμμα είναι δύσκολα αντιληπτό. Αν, για παράδειγμα, δύο έργα έχουν ίδια διάρκεια, το μεγαλύτερο έχει ισχυρότερο αντίκτυπο στην κατανομή των πόρων, αλλά το διάγραμμα Gantt δεν παρέχει πληροφορίες γύρω από αυτή τη διαφορά.

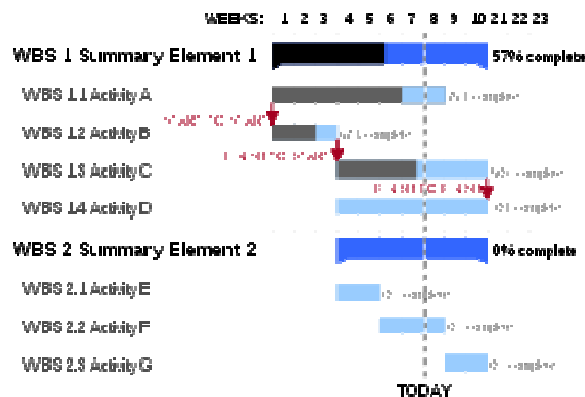
Για τη σχεδίαση ενός διαγράμματος Gantt, τοποθετούνται πάνω και οριζόντια του πίνακα οι χρονικές μονάδες μέτρησης που επιλέγονται σύμφωνα με τη συνολική διάρκεια του έργου (μέρες, μήνες κτλ), ενώ κάθετα και αριστερά οι δραστηριότητες όπως έχουν προκύψει από τη WBS. Η αρχή και το τέλος κάθε δραστηριότητας τοποθετείται στην αντίστοιχη ημερομηνία, όπως καθορίζεται από την οδηγούσα σχέση προτεραιότητας.

[\*] **Αρχή της νωρίτερης έναρξης:** Με αυτή την επιλογή, οι δραστηριότητες ξεκινάνε μόλις ικανοποιηθούν όλοι οι περιορισμοί για την έναρξή τους.

**Αρχή της αργότερης έναρξης:** Η έναρξη της δραστηριότητας μετατίθεται για την τελευταία ημέρα που ικανοποιεί τους περιορισμούς και δεν προκαλεί καθυστέρηση στην ολοκλήρωση του έργου. Η αργότερη έναρξη μεταφέρει τις δραστηριότητες στη δεξιότερη θέση που μπορούν να λάβουν, η οποία δεν επιδέχεται επιπλέον καθυστερήσεις.



Σχήμα 1.5: Παρουσίαση διαγράμματος Gantt για τη διαχείριση έργων από το Microsoft Project. Οι μπλε ράβδοι αναπαριστούν τις δραστηριότητες. Οι μαύρες ράβδοι αναπαριστούν τις ομαδοποιήσεις σύμφωνα με τη WBS.



Σχήμα 1.6: Στο παραπάνω διάγραμμα Gantt είναι δυνατή η παρακολούθηση της πορείας των εργασιών. Η πρόοδος τους εκφράζεται με τα αναγραφόμενα ποσοστά.

Παρόλο που το λογισμικό διαχείρισης έργων μπορεί να παρουσιάσει τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των δραστηριοτήτων, εμφανίζοντας ένα μεγάλο αριθμό εξαρτήσεων μπορεί να οδηγήσει σε ένα ακατάστατο ή δυσανάγνωστο γράφημα λόγω του μεγάλου αριθμού σχέσεων που ισχύουν.

### 1.11 Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM)

Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM) είναι μια τεχνική μοντελοποίησης έργων σε επιμέρους δραστηριότητες, που αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 από τους Morgan R. Walker της DuPont και James E., Kelley J. της Remington Rand. Στον Kelley αποδίδεται η ανάπτυξη του όρου "κρίσιμη διαδρομή" που βοήθησε τους προγραμματιστές της Μεθόδου Τεχνικής Αξιολόγησης και Αναθεώρησης

Προγράμματος (PERT), που αναπτύχθηκε την ίδια περίπου περίοδο από τον Booz Allen Hamilton και το ναυτικό των ΗΠΑ.

Η CPM χρησιμοποιείται συνήθως με όλες τις μορφές των έργων, όπως στις κατασκευές, στην αεροδιαστημική, στην ανάπτυξη λογισμικού κτλ. Σε κάθε έργο με αλληλοεξαρτώμενες δραστηριότητες μπορεί να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος. Παρά το γεγονός ότι το αρχικό πρόγραμμα CPM δεν χρησιμοποιείται πλέον, ο όρος χρησιμοποιείται για κάθε προσέγγιση για την ανάλυση του λογικού διαγράμματος ενός έργου.

Η βασική αρχή για τη χρήση της CPM είναι να κατασκευάσει ένα μοντέλο του έργου, που περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Μία λίστα όλων των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου (συνήθως κατηγοριοποιούνται σε μια WBS).
- Το χρόνο (εκτιμώμενη διάρκεια) που κάθε δραστηριότητα θα χρειαστεί για να ολοκληρωθεί.
- Τις εξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων.

Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές, η CPM υπολογίζει τη μεγαλύτερη σε διάρκεια αλληλουχία δραστηριοτήτων και το νωρίτερο και αργότερο που μια δραστηριότητα μπορεί να ξεκινήσει χωρίς να καθυστερήσει το έργο. Η διαφορά μεταξύ του χρόνου έναρξης των δύο αυτών περιπτώσεων δίνει το χρονικό περιθώριο (float) της δραστηριότητας.

*Οι δραστηριότητες με μηδενικό περιθώριο λέγονται **κρίσιμες**. Η αλληλουχία των κρίσιμων δραστηριοτήτων **καλείται κρίσιμη διαδρομή**. Όσον αφορά τη διαχείριση του έργου, μία κρίσιμη διαδρομή είναι η αλληλουχία των δραστηριοτήτων δικτύου έργων που απαιτούν το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να ολοκληρωθούν. Αυτή, λοιπόν, καθορίζει το συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση του έργου· όταν περαιωθεί η τελευταία εργασία της κρίσιμης διαδρομής ολοκληρώνεται και το έργο, οπότε οποιαδήποτε καθυστέρηση σε μια δραστηριότητα της κρίσιμης διαδρομής επηρεάζει άμεσα την προγραμματισμένη ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου.*

Εάν ο διαχειριστής επιλέξει να μειώσει τη συνολική διάρκεια του έργου, θα πρέπει να επισπεύσει τις ημερομηνίες των εργασιών της κρίσιμης διαδρομής. Για να το επιτύχει αυτό πρέπει να ακολουθήσει ένα συνδυασμό των παρακάτω επιλογών:

- Να συντομεύσει τη διάρκεια μίας ή περισσότερων δραστηριοτήτων που απαρτίζουν την κρίσιμη διαδρομή.
- Να αλλάξει τους περιορισμούς που ορίζονται σε κάποιες εργασίες, ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευελιξία στον χρονικό προγραμματισμό.
- Να διασπάσει μία κρίσιμη δραστηριότητα σε μικρότερες, για την υλοποίηση των οποίων θα απαιτούνται διαφορετικοί πόροι.
- Να αναθεωρήσει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών, ώστε τμήματά τους να προχωρούν ταυτόχρονα.
- Να προγραμματίσει υπερωρίες για το εργατικό δυναμικό που απασχολείται στις κρίσιμες δραστηριότητες.
- Να αναθέσει επιπλέον πόρους για να εργαστούν σε κρίσιμες δραστηριότητες.

Άμεσο αποτέλεσμα που πρέπει να αντιμετωπίσει ο διαχειριστής έργου, εάν επιδιώξει να επισπεύσει την ολοκλήρωσή του, είναι η ανάδειξη νέων κρίσιμων διαδρομών μετά από τις περισσότερες επεμβάσεις του. Αυτό εμφανίζεται επειδή πέρα από την κρίσιμη διαδρομή υπάρχουν και πολλές υπό-κρίσιμες, με διάρκεια λίγο μικρότερη (π.χ. μία μέρα) από τη συνολική διάρκεια του έργου.

## 1.12 Η μέθοδος τεχνικής αξιολόγησης και αναθεώρησης προγράμματος (PERT)

Η Μέθοδος Τεχνικής Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος (PERT) είναι μία μέθοδος για την ανάλυση των εργασιών που εμπλέκονται στην ολοκλήρωση ενός συγκεκριμένου σχεδίου και την αναγνώριση του ελάχιστου χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση κάθε μεμονωμένης εργασίας και του συνολικού έργου.

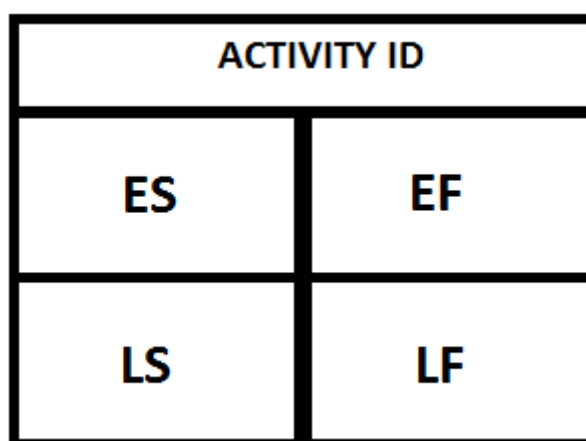
Η PERT αναπτύχθηκε κυρίως για να απλουστευθεί ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός των μεγάλων και σύνθετων έργων. Αναπτύχθηκε για το Αμερικανικό Ναυτικό Γραφείο Ειδικών Έργων το 1957 με σκοπό την υποστήριξη του υποβρύχιου πυρηνικού προγράμματος Polaris του Ναυτικού των ΗΠΑ. Μέσω αυτής της μεθόδου μπορεί να ενσωματωθεί η αβεβαιότητα, επιτρέποντας έτσι να προγραμματιστεί ένα έργο χωρίς να είναι γνωστές με ακρίβεια οι λεπτομέρειες και η διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων. Χρησιμοποιείται περισσότερο σε έργα όπου ο χρόνος, παρά το κόστος, είναι ο βασικός παράγοντας.

Σήμερα, τα δίκτυα που βασίζονται σε παραλλαγές της PERT έχουν ευρεία χρήση ως εργαλεία διαχείρισης για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο. Επειδή η παραδοσιακή μορφή της δεν είχε πάντα ικανοποιητικά αποτελέσματα, ακόμη και σήμερα μελετώνται βελτιώσεις επί της μεθόδου και του τρόπου που εφαρμόζεται για τη δημιουργία των δικτύων εργασιών.

Αποτυχίες της μπορεί να εμφανιστούν επειδή η μέθοδος PERT αναλύει το έργο εξετάζοντας κυρίως τις κρίσιμες δραστηριότητες και, συνήθως, παραμελεί τυχόν πληροφορίες που αφορούν λογικούς περιορισμούς (πχ το μέγιστο όριο ταυτόχρονης απασχόλησης πόρων) και χρονικές εκτιμήσεις.

Για την ανάπτυξη του δικτύου, κάθε δραστηριότητα σχεδιάζεται ως ένα ορθογώνιο χωρισμένο σε πολλά μέρη, σύμφωνα με τις πληροφορίες που θέλει να μεταφέρει ο προγραμματιστής ή σύμφωνα με τις επιλογές του λογισμικού που χρησιμοποιείται.

Ένα απλό παράδειγμα είναι το ακόλουθο:



Σχήμα 1.7: Ενδεικτική μορφή για την αναπαράσταση δραστηριοτήτων στη μέθοδο PERT

Στο σχήμα 1.7,

**ACTIVITY ID** είναι ο κωδικός-όνομα της δραστηριότητας όπως έχει οριστεί από τον προγραμματιστή

**ES** είναι η ημέρα νωρίτερης έναρξης (earliest start) και εκφράζει την ημερομηνία που μπορεί να εκκινήσει η δραστηριότητα εάν οι προηγούμενες έχουν αρχίσει το νωρίτερο δυνατό

**EF** είναι η ημέρα νωρίτερης λήξης (earliest finish) και προκύπτει από την νωρίτερη έναρξη της δραστηριότητας

**LS** είναι η ημέρα αργότερης έναρξης (latest start) και εκφράζει την τελευταία ημερομηνία που μπορεί να εκκινήσει η δραστηριότητα, χωρίς να καθυστερήσει την ολοκλήρωση του συνολικού έργου

**LF** είναι η ημέρα αργότερης λήξης (latest finish) και προκύπτει από την αργότερη έναρξη της δραστηριότητας

Οι δραστηριότητες συνδέονται μεταξύ τους με βέλη τα οποία σχηματίζουν τις διάφορες διαδρομές. Το διάγραμμα μετάβασης που προκύπτει από το σύνολο των διαδρομών ονομάζεται PPN (PERT-path network). Η κρίσιμη διαδρομή, και οι υποκρίσιμες, μπορούν να απεικονιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να ξεχωρίζουν πχ με παχιά ή χρωματισμένη γραμμή.

Ξεκινώντας από την αρχή προς το τέλος, και προσθέτοντας τις διάρκειες των δραστηριοτήτων, προκύπτουν οι ημέρες νωρίτερης έναρξης και λήξης. Έπειτα, με την ανάστροφη διαδικασία, υπολογίζονται οι ημέρες αργότερης έναρξης και λήξης. Το χρονικό περιθώριο κάθε δραστηριότητας δίνεται ως η διαφορά μεταξύ των ημερών νωρίτερης και αργότερης έναρξης ή λήξης της.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κατασκευή μεγάλων έργων

### 2.1 Εισαγωγή

Ιδιαίτερο και πολύ απαιτητικό κομμάτι της διαχείρισης έργων είναι το κομμάτι της κατασκευής μεγάλων έργων, όπως είναι τα διυλιστήρια, οι γέφυρες, οι μεγάλες εργοστασιακές μονάδες κτλ.

Το μέγεθος του έργου (μικρό, μεσαίο, μεγάλο, πολύ μεγάλο) καθορίζεται από μια πληθώρα παραγόντων, οι οποίοι αλληλοδιαπλέκονται μεταξύ τους. Οι βασικότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι: οι διαστάσεις του έργου, το χρηματικό του κόστος, η συνολική διάρκειά του και ο αριθμός των εργατωρών που πρέπει να δαπανηθούν για την ολοκλήρωση της κατασκευής του.

Αν και δεν μπορούν να οριστούν ακριβή και οριστικά όρια σε κάθε τάξη μεγέθους, λόγω μεγάλης ποικιλίας δυνατών συνδυασμών και λόγω συνεχούς βελτίωσης της τεχνολογίας και των διαδικασιών, τα παρακάτω στοιχεία αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα του διαχωρισμού που βρέθηκε στη βιβλιογραφία.

<b>Έργα μικρού μεγέθους</b>
Κόστος: 10- 49 εκατομμύρια δολάρια Διάρκεια: 10- 24 μήνες
<b>Έργα μεγάλου μεγέθους</b>
Κόστος: 58- 195 εκατομμύρια δολάρια Διάρκεια: 7- 50 μήνες

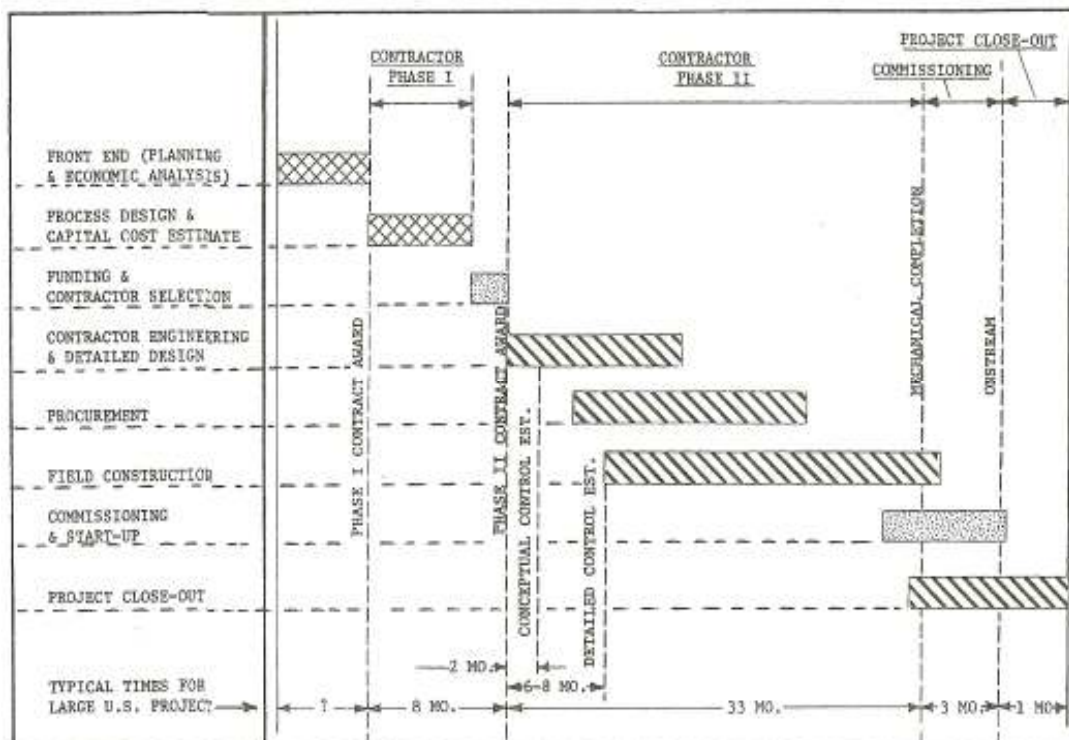
Πίνακας 2.1: Παράδειγμα διαχωρισμού έργων σύμφωνα με το κόστος και τη διάρκεια εργασιών

Όπως είναι λογικό, το μέγεθος του έργου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και το επίπεδο δυσκολίας του έργου και αντίστοιχα τις μεθόδους και τις διαδικασίες που θα ακολουθηθούν κατά τον προγραμματισμό, την εκτέλεση και τον έλεγχο των εργασιών.

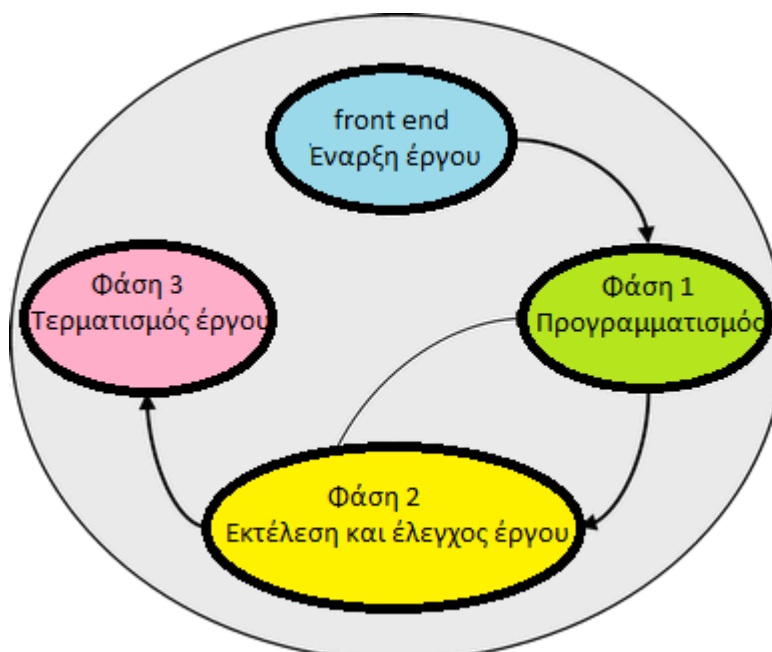
### 2.2 Κύκλος ζωής και φάσεις του έργου

Πολλοί ιδιοκτήτες επιλέγουν την προσέγγιση του έργου σε φάσεις αντί ως ενιαίο τμήμα. Αυτό περιορίζει το ρίσκο στην επένδυση κεφαλαίου και επιτρέπει την πλήρη διερεύνηση της δυνατότητας υλοποίησης, κατασκευαστικά και οικονομικά, σε πολλαπλά έργα ταυτοχρόνως.

Έχει αποδειχθεί ότι πρωτότυπες επιλογές κατά τη μηχανολογική μελέτη, το μέγεθος του έργου, οι ακραίες καιρικές συνθήκες και η έλλειψη πληροφοριών οδηγούν σε κακές εκτιμήσεις κόστους και λανθασμένα χρονοδιαγράμματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις το έργο απαιτεί προσέγγιση σε φάσεις, ώστε να φτιαχτεί αναλυτικό σχέδιο της κατασκευής. Η παρακάτω διάκριση προτείνεται από τον Bent J. και, με κάποιες μικρές παραλλαγές, αποτελεί τη συνηθέστερη περίπτωση στη βιβλιογραφία.



Σχήμα 2.1: Ενδεικτική παρουσίαση των φάσεων και της διάρκειάς τους για ένα έργο μεγάλου μεγέθους



Σχήμα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση των φάσεων του κύκλου ζωής ενός έργου και των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους

**Φάση front end:** Στη φάση αυτή γίνονται μηχανολογικές, οικονομικές και εμπορικές αξιολογήσεις και συντάσσονται το χρονοδιάγραμμα και η εκτίμηση του κόστους. Κατά τη φάση αυτή εντοπίζεται ένα επιχειρησιακό πρόβλημα ή μία ευκαιρία και παράγεται η Έκθεση Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου. Πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την εκπόνηση της Έκθεσης Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου εκπονούνται συνήθως η Ανάλυση Κόστους-Οφέλους και η Μελέτη Σκοπιμότητας για τον προσδιορισμό της εναλλακτικής λύσης με το μέγιστο καθαρό όφελος και για τη

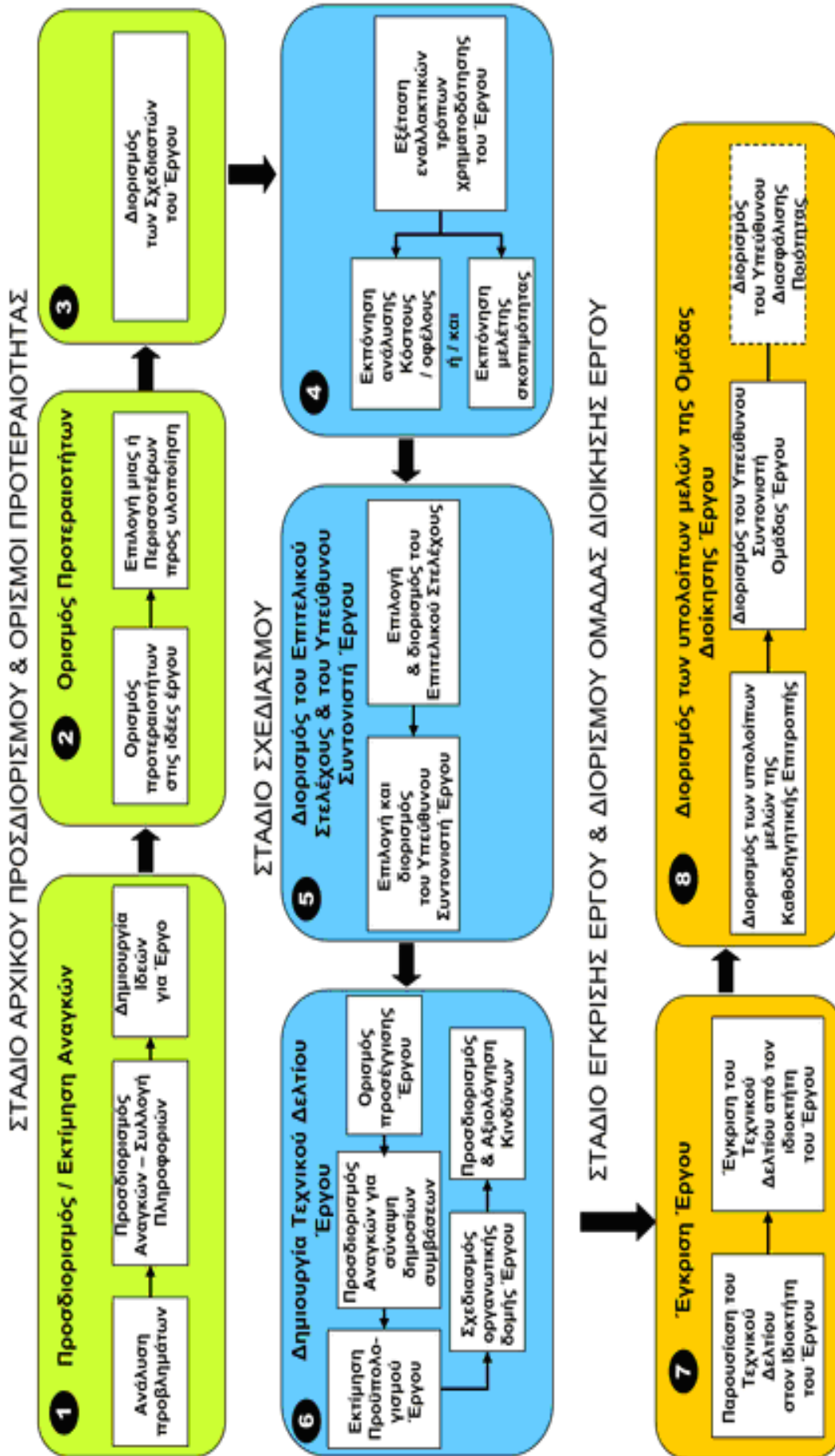
διερεύνηση του βαθμού στον οποίο κάθε εναλλακτική λύση αντιμετωπίζει το επιχειρησιακό πρόβλημα. Ως αποτέλεσμα της Έκθεσης Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου, προτείνεται μία τελική συνιστώμενη λύση. Όταν η συνιστώμενη λύση εγκριθεί, δημιουργείται το «Τεχνικό Δελτίο Έργου», το οποίο περιγράφει συνοπτικά το αντικείμενο, τους στόχους, τις δραστηριότητες, τη δομή, τον προϋπολογισμό, το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, τους κινδύνους, τους περιορισμούς και τις υποθέσεις εργασίας για το έργο.

Η φάση αυτή αποτελείται από τρία στάδια:

1. Στάδιο Αρχικού Εντοπισμού Αναγκών και Ορισμού Προτεραιοτήτων: Αυτό είναι το στάδιο όπου εντοπίζονται και μελετώνται οι ανάγκες και διαμορφώνεται η ιδέα για το έργο.
2. Στάδιο Σχεδιασμού: Αυτή είναι η διανοητική διαδικασία ανάπτυξης του έργου, ξεκινώντας από την αρχική ιδέα. Το αποτέλεσμα είναι μία εκτενής περιγραφή του έργου που τυπικά εγκρίνεται από τον ιδιοκτήτη του.
3. Στάδιο Έγκρισης Έργου και Διορισμού Ομάδας Διαχείρισης Έργου: Αυτό είναι το τελικό στάδιο όπου το έργο εγκρίνεται επίσημα, δεσμεύονται τα αναγκαία κονδύλια και διορίζεται η Ομάδα Διαχείρισης Έργου



Σχήμα 2.3: Τα τρία στάδια εργασιών που διακρίνονται εντός της φάσης front end



Σχήμα 2.4: Αναπαράσταση των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται κατά τη φάση front end με τη μορφή διαγράμματος ροής

**Φάση 1 (phase I):** Η φάση αυτή περιλαμβάνει τον προγραμματισμό και σχεδιασμό όλων των παραμέτρων του έργου, έτσι ώστε να είναι έτοιμο προς υλοποίηση. Με αυτή την προοπτική, πρέπει να εκπονούνται τα εξής σχέδια:

- Χρονοδιάγραμμα Δραστηριοτήτων (καθορισμός της ακολουθίας δραστηριοτήτων και εργασιών, χρονικός προγραμματισμός).
- Σχέδιο Διαχείρισης Πόρων (προσδιορισμός της εργασίας, του εξοπλισμού, των υλικών που απαιτούνται σε κάθε στάδιο).
- Πρόγραμμα Κόστους (προσδιορισμός εσωτερικών και εξωτερικών μεγεθών κόστους και του χρόνου εμφάνισής τους).
- Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων (επισήμανση πιθανών κινδύνων και των ενεργειών για τον μετριασμό τους).
- Σχέδιο Ποιότητας (ορισμός στόχων ποιότητας για τα παραδοτέα του έργου και καθορισμός των διεργασιών διασφάλισης και ελέγχου ποιότητας).
- Σχέδιο Διαχείρισης Ζητημάτων (καθορισμός διεργασίας για τον προσδιορισμό, εκτίμηση και επίλυση ζητημάτων σχετικών με το έργο).
- Σχέδιο Διαχείρισης Αλλαγών (καθορισμός διεργασίας για τη διαχείριση αλλαγών που έχουν άμεση επίπτωση στο έργο).
- Σχέδιο Αποδοχής Παραδοτέων (ορισμός κριτηρίων αποδοχής για τα παραδοτέα του έργου και καθορισμός των διεργασιών για την εκτέλεση των δοκιμών αποδοχής).
- Σχέδιο Επικοινωνίας (καθορισμός πληροφοριών προς διανομή στους ενδιαφερομένους και επιλογή των κατάλληλων μεθόδων για τη διανομή τους).

Επιπλέον, κατά τη Φάση αυτή καθορίζονται συνήθως οι δείκτες απόδοσης που θα χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερο στάδιο για την παρακολούθηση της προόδου υλοποίησης του έργου και την αξιολόγηση της απόδοσής του σε σύγκριση με διατυπωμένους σκοπούς και στόχους.

Συνοπτικά, η φάση 1 (phase I) καλύπτει το βασικό σχεδιασμό, την επιλογή διαδικασιών, τη βελτιστοποίηση και την αναβάθμιση του χρονοδιαγράμματος, περιβαλλοντολογικές και κοινωνικές μελέτες και την ολοκλήρωση του σχεδίου διαδικασίας. Εδώ γίνεται επίσης η προετοιμασία, η παρουσίαση και η έγκριση του προϋπολογισμού για τη φάση 2.

Ένα βασικό στοιχείο της φάσης 1 είναι να παράγει ένα πλάνο εργασιών για τη φάση 2.

Βασικό στοιχείο του ελέγχου που διεξάγεται αποτελεί η δαπάνη εργατοωρών για τον εργολάβο και το διάγραμμα των βασικών ορόσημων του έργου.

Κατά τη φάση αρχικού προσδιορισμού, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα ενός έργου αντιμετωπίζονται πολύ συχνά ως μεμονωμένες απαιτήσεις. Όταν όμως το έργο κριθεί ως έχον υψηλή προτεραιότητα, το επόμενο βήμα είναι μία προσεκτικότερη εξέταση των διαφορετικών εναλλακτικών επιλογών για την υλοποίησή του. Οι υπεύθυνοι σχεδιασμού του έργου θα οριοθετήσουν, σε συνεργασία με τον ιδιοκτήτη του, την Έκθεση Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου, η οποία παρέχει διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων στην κατασκευή. Στη συνέχεια εκπονείται η Μελέτη Σκοπιμότητας, προκειμένου να διερευνηθεί η πιθανότητα κάθε εναλλακτική λύση να αντιμετωπίσει το επιχειρησιακό πρόβλημα ή να εκμεταλλευθεί την επιχειρησιακή ευκαιρία. Στο πλαίσιο της εκπόνησης της Έκθεσης Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου και, συνήθως, ως μέρος μίας τυπικής Μελέτης Σκοπιμότητας, πραγματοποιείται Ανάλυση Κόστους-Οφέλους προκειμένου να προσδιοριστεί η εναλλακτική λύση με το μέγιστο καθαρό

όφελος. Ως αποτέλεσμα της Έκθεσης Επιχειρησιακής Σκοπιμότητας Έργου προκύπτει η πρόταση για την τελική συνιστώμενη λύση.

Τα προαναφερθέντα βήματα, τα οποία θα πρέπει να ακολουθούνται κατά το στάδιο αυτό παρουσιάζονται στο σχήμα 2.5.



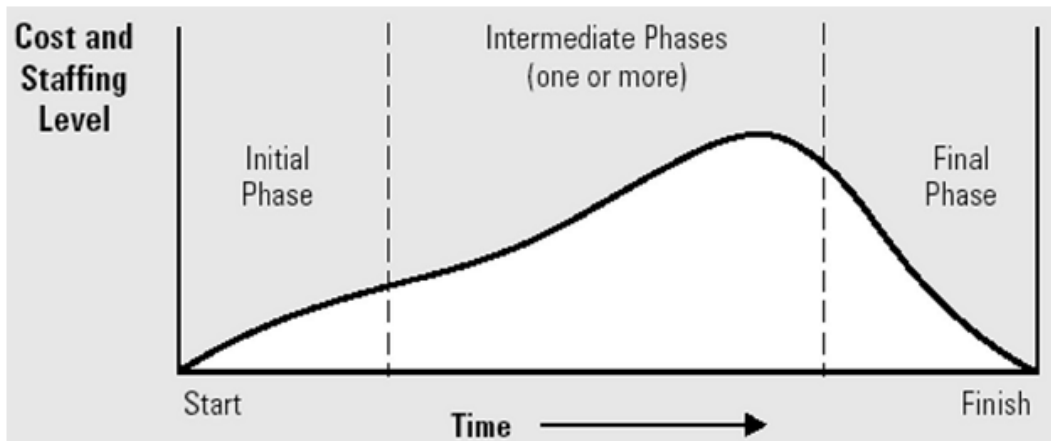
Σχήμα 2.5: Στάδια και δραστηριότητες της φάσης I

**Φάση 2 (phase II):** Είναι η πλήρης εκτέλεση του έργου από τον εργολάβο. Η συνήθης φιλοσοφία είναι ότι ο βασικός εργολάβος έχει την ευθύνη για τη μηχανολογική μελέτη, την προμήθεια και την κατασκευή του έργου, διαδικασία γνωστή και ως EPC (Engineering, Procurement, Construction). Σε περιπτώσεις, ο ίδιος εργολάβος αναλαμβάνει, μαζί με αντιπροσώπους της ιδιοκτήτριας εταιρείας, και τη φάση της παράδοσης του έργου (Commission) συνθέτοντας έτσι τη διαδικασία EPCC.

Η φάση αυτή περιλαμβάνει την εκτέλεση κάθε δραστηριότητας και εργασίας που ορίζεται στο χρονοδιάγραμμα. Κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων και των εργασιών εκτελείται επίσης μία σειρά από διαχειριστικές διαδικασίες για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των εξής παραμέτρων: του χρόνου, των πόρων, του κόστους, των κινδύνων, της ποιότητας, της διαδικασίας παραλαβής παραδοτέων, της επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων κλπ. Ο Φορέας Υλοποίησης φέρει την πλήρη ευθύνη για την επίτευξη όλων των αποτελεσμάτων του Έργου. Ωστόσο, σε περίπτωση που ένας Φορέας Υλοποίησης αποφασίζει να αναθέσει με υπεργολαβία την εκτέλεση τμημάτων ή του συνόλου του Έργου, αναλαμβάνει την ευθύνη παρακολούθησης και ελέγχου των αναδόχων.

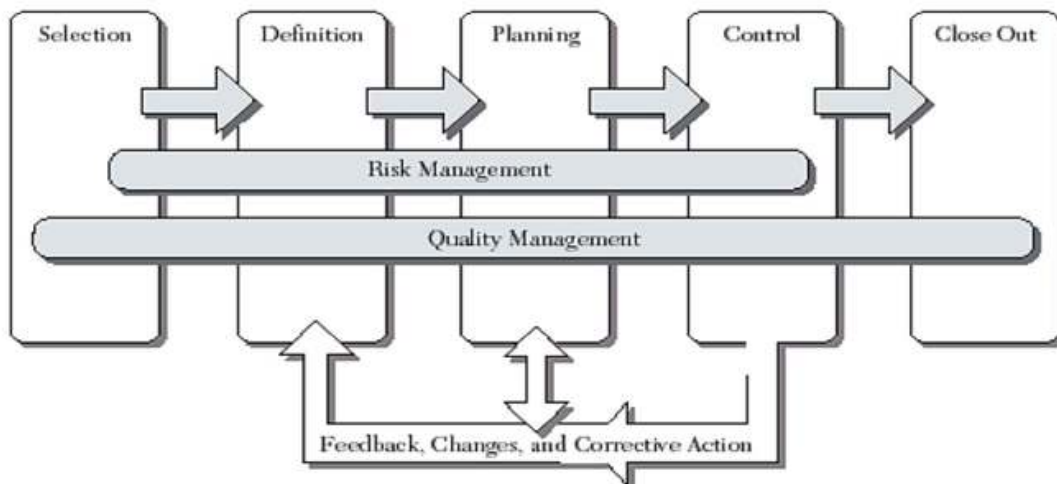
Υπάρχουν παραλλαγές της φάσης 2 όπου πχ η μηχανολογική μελέτη και η κατασκευή διαχωρίζονται και ανατίθενται σε διαφορετικούς εργολάβους. Αυτό επιλέγεται όταν τα σχέδια προετοιμάζονται από μία σχεδιαστική ομάδα μηχανικών και η κατασκευή χρεώνεται με υπεργολαβία στην κατασκευαστική εταιρεία.

**Φάση 3 (commissioning, close-out):** Η φάση αυτή περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες και τις εργασίες που διασφαλίζουν την πλήρη αποπεράτωση του έργου και το σωστό «κλείσιμο» της σύμβασης. Επίσης, περιλαμβάνει την αξιολόγηση των διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν στο έργο και των αποτελεσμάτων που επιτεύχθηκαν, τη διατήρηση των συμπερασμάτων σε μία βάση δεδομένων και την αναθεώρηση των κανόνων και αρχών της εταιρείας σύμφωνα με αυτά.

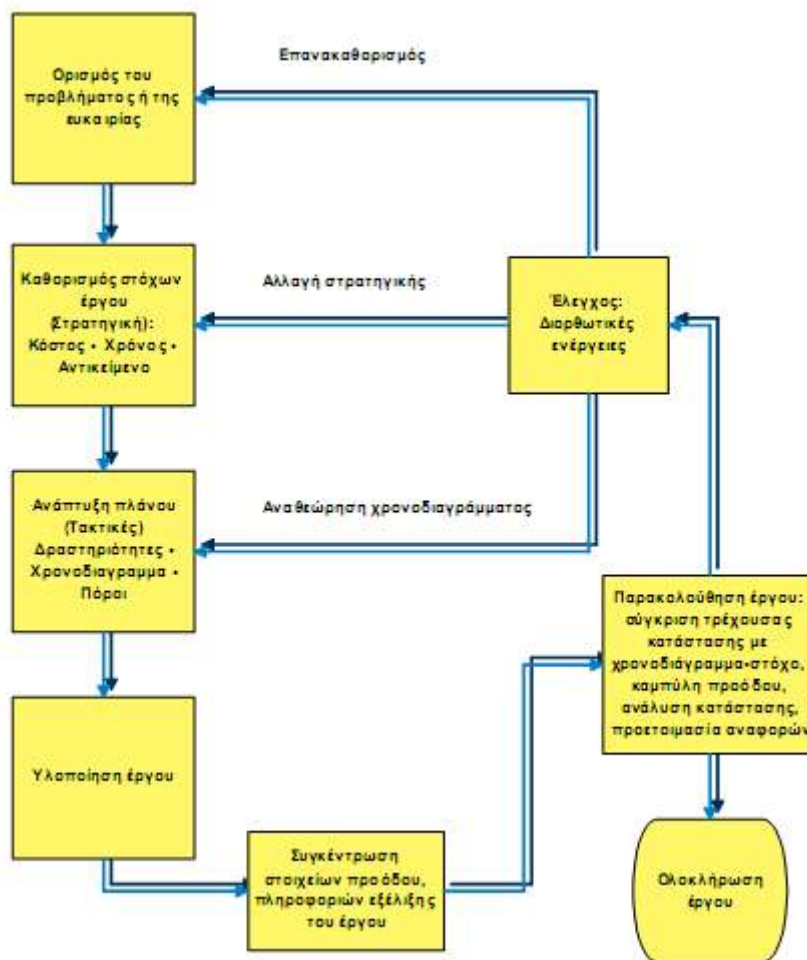


Σχήμα 2.6: Η γενική μορφή της καμπύλης κόστους και απασχόλησης ως προς το χρόνο και τις φάσεις του κύκλου ζωής

Οι φάσεις αυτές, όπως αναπτύχθηκαν παραπάνω, δεν μπορούν και δεν θα έπρεπε να θεωρούνται ανεξάρτητες η μία με την άλλη. Αντίθετα, οι λειτουργίες και οι διεργασίες μίας παράγουν εισροές για κάποια άλλη. Τελικά, η πραγματική ροή πληροφοριών ακολουθεί πολλές κυκλικές διαδρομές, όπως παρουσιάζονται και στο σχήμα 2.7:



Σχήμα 2.7: Σχηματική παράσταση της πορείας από την αρχική επιλογή του έργου μέχρι την ολοκλήρωση και παράδοσή του



Σχήμα 2.8: Διάγραμμα ροής των ενεργειών που συνθέτουν τη διαδικασία διαχείρισης έργων στον κατασκευαστικό τομέα

### Εκτιμήσεις

Συνήθως η ιδιοκτήτρια εταιρεία αναπτύσσει μία εκτίμηση κόστους και απαιτήσεων κατά τις πρώτες φάσεις της προσφοράς. Αυτή η εκτίμηση έχει απόκλιση εντός του εύρους  $\pm 30\%$  στην ακρίβεια και βασίζεται σε στατιστικά στοιχεία ως προς το κόστος και τον εξοπλισμό από παρόμοια έργα που έχουν ολοκληρωθεί. Αυτή η εκτίμηση μπορεί να αναβαθμίζεται μαζί με την ανάπτυξη του σχεδίου ή να αφομοιωθεί στην εκτίμηση του εργολάβου. Όποια από τις δύο περιπτώσεις και αν ακολουθηθεί, είναι προτιμότερο ο εργολάβος να μην αναγκαστεί να ακολουθήσει την ίδια υποδιαίρεση εργασιών και τους ίδιους κωδικούς με την ιδιοκτήτρια εταιρεία.

### **2.3 Ανάπτυξη χρονοδιαγράμματος δραστηριοτήτων**

Το χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων αποτελεί τη σπονδυλική στήλη κάθε έργου και είναι ουσιώδους σημασίας για ένα επιτυχές αποτέλεσμα. Παρέχει στο σύνολο του εμπλεκόμενου προσωπικού τη δυνατότητα διαμόρφωσης κοινής αντίληψης αναφορικά με το τι απαιτείται, πώς αυτό θα επιτευχθεί, πότε θα επιτευχθεί και ποιος θα είναι υπεύθυνος για την επιτυχημένη έκβαση κάθε δραστηριότητας. Επιπλέον, από



εδώ εξάγεται η βάση αναφοράς για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της προόδου υλοποίησης του έργου.

Για την ανάπτυξη του χρονοδιαγράμματος θα πρέπει να ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Εφαρμογή της δομής υποδιαίρεσης εργασιών για την ανάλυση του έργου σε μικρότερες και καλύτερα διαχειρίσιμες συνιστώσες.
- Προσδιορισμός των δραστηριοτήτων που είναι αναγκαίες για την παραγωγή του έργου και, εάν αυτό απαιτείται, διάσπαση των δραστηριοτήτων σε καλύτερα διαχειρίσιμες εργασίες που θα μπορούν να ανατεθούν σε συγκεκριμένα άτομα.
- Καθορισμός της διαδοχής και των εξαρτήσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων.
- Εκτίμηση της διάρκειας των δραστηριοτήτων και των εργασιών, σύμφωνα με αυτά που έχουν αναπτυχθεί εισαγωγικά.
- Χρονικός προγραμματισμός των δραστηριοτήτων, με τον ορισμό ημερομηνιών έναρξης και ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας.

Στο αρχικό στάδιο front end παράγεται και το συνολικό σχεδιάγραμμα από την ιδιοκτήτρια εταιρεία. Το περιεχόμενό του είναι περιληπτικό, επειδή τα σχέδια του χώρου και οι διαδικασίες εκτέλεσης είναι σε πρώιμο στάδιο.

Με αυτό το χρονοδιάγραμμα παρουσιάζεται στη διοίκηση ένα συνολικό πρόγραμμα που εκθέτει τα σημεία λήψης σημαντικών αποφάσεων.

Με την απαραίτητη βάση δεδομένων προσεγγίζονται οι παρακάτω σημαντικές πληροφορίες:

- Κλιμάκωση ενδιάμεσων σημείων για τα υλικά και την εργασία.
- Καμπύλες προόδου για τη μελέτη και την κατασκευή.
- Ιστογράμματα για το εργατικό δυναμικό.
- Απαιτήσεις από την ιδιοκτήτρια εταιρεία.

Όπως επισημαίνει ο Bent J., υπερβολική διαίρεση της οργανωσιακής δομής σε τμήματα μπορεί να προκύψει όταν διακριτές ομάδες, από τη μεριά της εργολάβου εταιρείας, λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα από τους στόχους των συνεργαζόμενων ομάδων και τμημάτων. Αυτό κυρίως εμφανίζεται όταν τμήματα, που ασχολούνται με το σχεδιασμό, την προμήθεια και την κατασκευή, λειτουργούν σαν διακριτές εταιρείες.

Από την υπάρχουσα εμπειρία, από προηγούμενα έργα μεγάλης και πολύ μεγάλης κλίμακας, έχουν εξαχθεί τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Προτιμάται μια αποκεντρωμένη προσέγγιση, ώστε η λήψη αποφάσεων να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται στο έργο.
2. Είναι ανάγκη να συνδυάζονται οι ομάδες της ιδιοκτήτριας και της εργολάβου εταιρείας σε μια λειτουργική μονάδα.
3. Η μείωση των επιπέδων διοίκησης επιτρέπει την γρηγορότερη επικοινωνία των διαφόρων αποκεντρωμένων τμημάτων με τη διοίκηση του συνολικού έργου.
4. Στοιχειώδεις αλλαγές στην οργάνωση έχουν μεγάλη επιρροή στο τελικό έργο.
5. Η ύπαρξη ηγετικών φυσιογνωμιών, πέρα από τις διευθυντικές ικανότητες, είναι σημαντική για την ουσιαστική διαχείριση έργου.
6. Η σημασία ανάπτυξης ουσιαστικού πλάνου εργασιών (π.χ. διάγραμμα ορόσημων) πριν την ανάπτυξη των EPC (φάση 2) είναι αυξημένη. Με αυτό το πλάνο καταστρώνεται η αρχική εκτίμηση και το βασικό σχέδιο εργασιών.

7. Η παρουσία κυβερνητικών πρακτορείων και αντιπροσώπων από κοινοπραξίες έχει μεγάλη επιρροή στην πορεία του έργου.
8. Οι βάσεις δεδομένων που έχουν παραχθεί από παλαιότερα έργα δεν είναι επαρκής και διάφορες εμπειρικές θεωρήσεις που υπήρχαν έχουν καταρριφθεί.

## 2.4 Προγραμματισμός εκτός εργοταξίου

Μία από τις δυσκολότερες ευθύνες της διαχείρισης έργου είναι ο προγραμματισμός και η οργάνωση του εργατικού δυναμικού στην επιχείρηση, μακριά δηλαδή από το εργοτάξιο. Η κυριότερη αβεβαιότητα που εμφανίζεται είναι η πρόβλεψη του μεγέθους και του είδους δουλειάς, που αποτελούν πολύ βασικούς παράγοντες καθορισμού των θέσεων εργασίας ως προς τον αριθμό και το αντικείμενο.

Διάφορα είδη προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, είναι τα παρακάτω:

- Προγραμματισμός κατά άτομο:  
Παρέχει το ελάχιστο επίπεδο λεπτομερειών. Εκτός από το ότι παρουσιάζει τις ανάγκες σε εργατικό δυναμικό για την ολοκλήρωση μιας εργασίας, αποτελεί και εκτίμηση της ανέλιξης κάθε μηχανικού.  
Το αντίστοιχο φύλλο προγραμματισμού πρέπει να αποτελεί ένα «δυναμικό» έγγραφο, καθώς οι συνθήκες και οι απαιτήσεις αλλάζουν γρήγορα. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει να ανανεώνεται μόνιμα και να εκδίδεται κάθε μήνα.
- Προγραμματισμός κατά έργο:  
Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως από τους εργολάβους, επειδή επικεντρώνεται στην κατανομή και στις απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό.
- Προγραμματισμός κατά κατηγορία εργασίας:  
Η αναφορά που προκύπτει περιλαμβάνει τις πληροφορίες της προηγούμενης κατηγορίας και επιπλέον στοιχεία, όπως η εκτίμηση των εργασιών, μελέτες υλοποιησιμότητας, κ.λ.π. Η αναφορά αυτή αποτελεί συνεχή εκτίμηση του αριθμού των managers προς τους μηχανικούς και τις σχέσεις τεχνικών-μη τεχνικών εργασιών.
- Προγραμματισμός κατά είδος:  
Ξεχωριστές αναφορές ανά είδος αναδεικνύουν ελλείψεις ή πλεονάσματα εργατικού δυναμικού. Με αυτές τις πληροφορίες μπορούν να αναπτυχθούν σωστά προγράμματα προσλήψεων και εκπαίδευσης. Παλαιότερες σχέσεις, οι βασικές αρχές και οι ευθύνες του τμήματος μηχανικών, οι απαιτήσεις σε έλεγχο και η γενικότερη πολιτική της εταιρείας επηρεάζουν την κατανομή του προσωπικού σε θέσεις εργασίας.

## 2.5 Αναφορά απόδοσης έργου

Η αναφορά απόδοσης έργου περιλαμβάνει τη συλλογή, την επεξεργασία και την επικοινωνία στα κύρια ενδιαφερόμενα μέρη πληροφοριών για την απόδοση του έργου. Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την αναφορά απόδοσης είναι:

- Οι συναντήσεις επισκόπησης της απόδοσης, που πραγματοποιούνται στα πλαίσια των ομάδων εργασίας ή και με την παρουσία αντιπροσώπων από την ιδιοκτήτρια εταιρεία για την εκτίμηση της προόδου και της κατάστασης του έργου.

- Η ανάλυση αποκλίσεων, που αναφέρεται στη σύγκριση των πραγματικών με τα προγραμματισμένα ή αναμενόμενα αποτελέσματα του έργου ως προς το χρονοδιάγραμμα, το κόστος, τους πόρους την ποιότητα, τους κινδύνους κτλ.
- Η ανάλυση αποκομισθείσας αξίας, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης του έργου ως προς το κόστος και το χρόνο.
- Οι δείκτες οικονομικής απόδοσης και δείκτες εκροών, που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της οικονομικής και φυσικής προόδου του έργου.

Οι πληροφορίες για την απόδοση του έργου συνήθως διακινούνται μέσω των αναφορών προόδου και των εκθέσεων κατάστασης.

## 2.6 Μηνιαία αναφορά προόδου

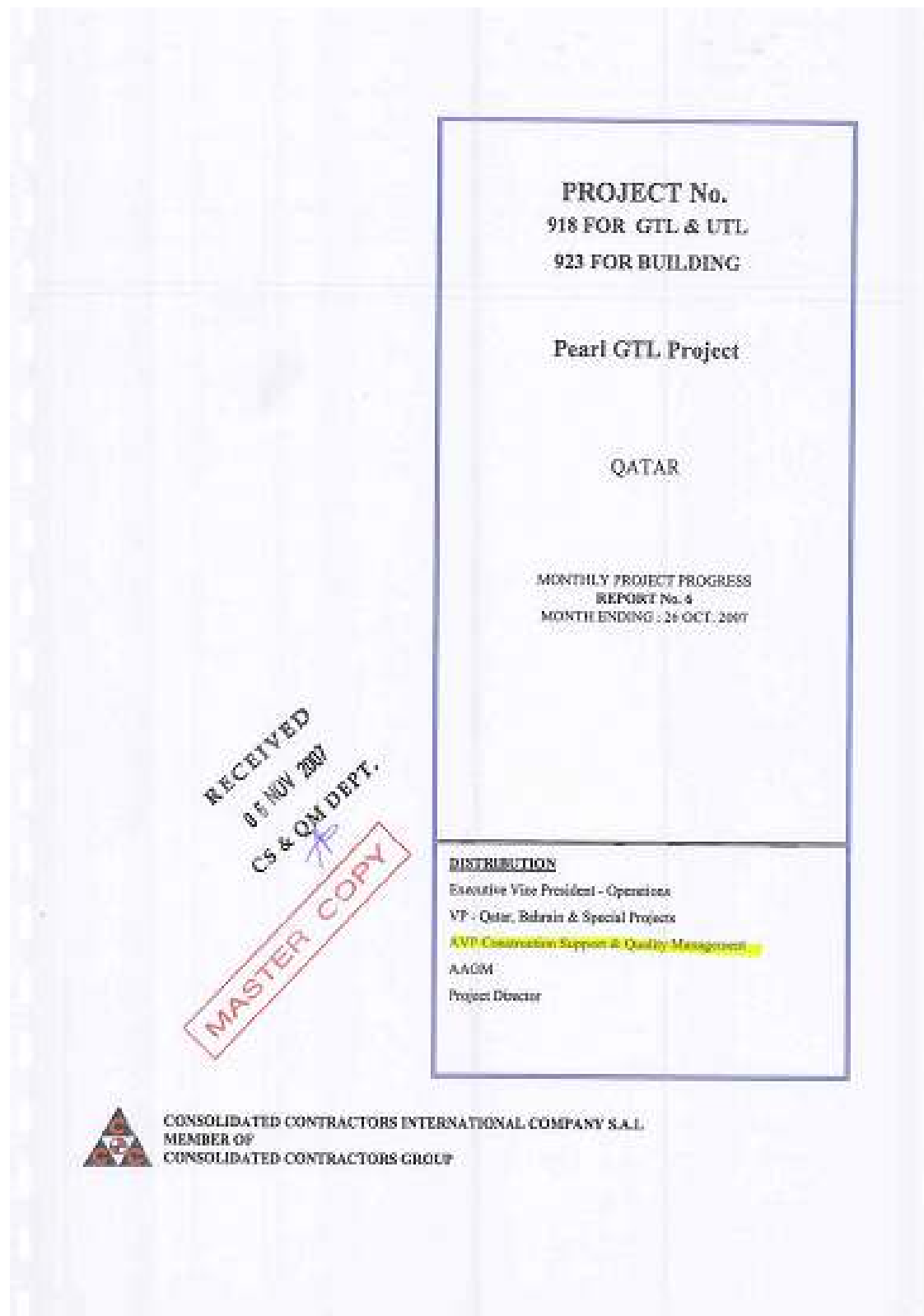
Αποτελεί βασικό στοιχείο για την παρακολούθηση της πορείας του συνολικού έργου και κάθε μέρους του ξεχωριστά. Με τις πληροφορίες που παρέχονται μπορούν να διαγνωστούν υστερήσεις και να γίνουν οι σωστές διορθώσεις. Συνήθως, η μηνιαία αναφορά προόδου περιλαμβάνει περιγραφές της κατάστασης τους κόστους και του χρονοδιαγράμματος, καμπύλες προόδου, καμπύλες παραγωγικότητας και ιστογράμματα εργατοωρών.

Το ελάχιστο περιεχόμενο της αναφοράς είναι:


1. Εκτίμηση του κόστους του έργου.
2. Εκτίμηση της κατάστασης του έργου:
  - αναφορά προόδου στη μελέτη
  - αναφορά αξιοποίησης υλικών και πόρων
  - αναφορά προόδου της κατασκευής
  - διαγράμματα εργατοωρών και κατασκευής
3. Βασικό χρονοδιάγραμμα του έργου.
4. Αναφορές από τα τμήματα που έχουν παραχωρηθεί με υπεργολαβίες (εάν υπάρχουν).
5. Πρόβλεψη συνέχειας.
6. Δυνατότητες παρέμβασης σε έκτακτη ανάγκη .

Όσο μεγιστοποιείται το περιεχόμενο της αναφοράς, τόσο διευκολύνεται η διεύθυνση να κατανοήσει τις καταστάσεις, τις τάσεις και τις προβλέψεις για τη συνέχιση του έργου. Το περιεχόμενό της, λοιπόν, χρησιμοποιείται για να γνωστοποιηθεί η πρόοδος κατά την περίοδο αναφοράς, να εγκριθεί το πρόγραμμα εργασίας κατά την επόμενη περίοδο αναφοράς και να επικαιροποιηθεί το χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων που ακολουθείται.

Για την περίπτωση μεγάλων έργων, η σημασία των αναφορών αυτών είναι μεγάλη και για αυτό το λόγο πρέπει να υποβάλλονται επίσημα στη διεύθυνση από τους υπευθύνους των επιμέρους ομάδων.



Σχήμα 2.9: Εξώφυλλο αναφοράς μηνιαίας προόδου από την κατασκευή του έργου

 <b>Consolidated Contractors International Co. S.A.L</b> <b>PEARL GTL PROJECT</b> <b>Monthly Progress Report - Jan. 2008</b> <b>Project Information Sheet</b>					
<b>I General Information</b>					
<b>Contract Name</b>		Pearl GTL Project			
<b>Location</b>		Qatar			
<b>Client</b>		Shell			
<b>PMC</b>					
<b>Contract Value</b>		<i>Variation Order to date:</i>			
<b>Contract Type</b>		GTL & UTL : Remeasured and Buildings : Lump Sum			
<b>II Scope of Works</b>					
Civil, concrete, steel structure erection, equipment installation, piping, E&I, insulation, painting and fireproofing for GTL Civil, concrete, steel structure erection, equipment installation, piping, insulation, painting and fireproofing for UTL Engineering, procurement and construction works for 20 buildings. 10 in GTL area and 10 in UTL area					
<b>III Schedule</b>					
<b>Contract Award</b>		2-Nov-06		<b>Effective Date</b>	
<b>Commencement Date</b>				17-Apr-07	
<b>Provisional Acceptance</b>				<b>Construction Start</b>	
<b>Contract Duration</b>		43 Months		<b>Construction End</b>	
				28-Oct-10	
				<b>Extension Date</b>	
<b>IV Overall Construction Progress</b>					
<b>PI-125 (GTL &amp; UTL)</b>		<b>Planned</b>		<b>Actual</b>	
<b>PI-107 (Buildings)</b>					
		7.18%		2.61%	
		42.20%		19.30%	
<b>V Payments</b>					
<b>Value of Works To End of January 2006</b>		US\$ 21,353,186 (PI-125) + US\$ 10,690,417 (PI-107) + 431,596 variation order			
<b>Value Certified Up to Nov 2007</b>		US\$ 15,667,446 (PI-125) + US\$ 8,406,269 (PI-107) + 181,596 variation order			
<b>Value under certifying for Dec 2007</b>		US\$ 2,820,456 (PI-125) + US\$ 1,267,368 (PI-107) + 0 variation order			
<b>Value due</b>					
<b>Value Received</b>		USD 103,450,976 (Advanced payment) + USD 107,631,336 (PI-125 + PI-107)			
<b>Latest Certified Payment</b>		USD 5,704,716 (PI-125) + USD 990,710 (PI-107)			
<b>VI Man-Power</b>					
<b>Staff &amp; Indirect</b>		1,433		<b>Direct</b>	
				4,502	
<b>VII Areas of Concern</b>					
1		Area CA has been not handed over yet. The area is occupied by pipes and needs to be cleared			
2		Frequent revisions are still incoming from KBR which causing abortive works			
3		Engineering delays for Pre-cast drawings related to utility.			
4		Repair of FBE coating for U/G cooling water pipes			
5					

Σχήμα 2.10: Ενδεικτικό περιεχόμενο μίας αναφοράς μηνιαίας προόδου για το επιλεχθέν έργο.

## 2.7 Έκθεση κατάστασης έργου

Η έκθεση κατάστασης έργου είναι ένα έγγραφο που παράγεται με σκοπό την παρουσίαση της κατάστασης αυτού στην παρούσα στιγμή. Αποδέκτες της είναι τα ανώτερα διοικητικά στελέχη, η ιδιοκτήτρια εταιρεία και η επιτροπή που έχει αναλάβει τη χρηματοδότηση της κατασκευής.

Η συχνότητα παραγωγής της κυμαίνεται από ένα έως έξι μήνες και κυρίως καθορίζεται από τη διάρκεια και το μέγεθος του έργου και τις απαιτήσεις επικοινωνίας του ιδιοκτήτη.

## 2.8 Συνήθεις διαφωνίες μεταξύ ιδιοκτήτη και κατασκευαστή

Τα μεγαλύτερα προβλήματα στον προγραμματισμό που παρατηρούνται από τις ιδιοκτήτριες εταιρείες στις κατασκευές μεγάλων έργων είναι:

- Υπερβολικά μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων.
- Έλλειψη ελέγχου στα πρώτα στάδια όπως:
  - Αδιευκρίνιστη κρίσιμη διαδρομή
  - Αδιευκρίνιστο σχέδιο για προμήθεια
  - Απουσία σχεδίου για την κατασκευή
- Κακή εκτίμηση των λογιστικών προβλημάτων.

- Ελλιπές πλάνο για υπεργολαβίες.
- Η απασχόληση του εργατικού δυναμικού θεωρείται πρόοδος στη μηχανική μελέτη.
- Τα εβδομαδιαία προγράμματα για την κατασκευή είναι πολύ σύνθετα, καθυστερημένα ή μηδενικά.
- Παράβλεψη του ελέγχου των υπεργολαβιών.

Μερικά παραδείγματα τέτοιων προβλημάτων είναι:

- Τα δίκτυα να έχουν υπερβολικά πολλές πληροφορίες.
- Να απουσιάζουν στα δίκτυα έξυπνες λύσεις και επομένως να σπαταλάται χρόνος και πόροι.
- Αδυναμία να κατανοηθεί η κρισιμότητα των δραστηριοτήτων στα πρώτα στάδια.
- Ασαφές σχέδιο για την κατασκευή.
- Υποτυπώδης προσπάθεια για την απόκτηση κρίσιμων υλικών.

## **2.9 Εκτίμηση, έλεγχος και ανάδραση**

### Υπολογισμοί για την απασχόληση του εργατικού δυναμικού

Είναι συχνό φαινόμενο οι ανάγκες σε εργατοώρες να ξεπερνούν την προβλεπόμενη τιμή τους. Για την αποφυγή και την έγκυρη επίλυση τέτοιων προβλημάτων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες εμπειρικές μέθοδοι. Κοινός τόπος τους αποτελεί η αξιολόγηση της πληρότητας της πρόβλεψης του εργολάβου με κριτήρια όπως το συνολικό φόρτο εργασίας, το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό, τα περιθώρια για χαμένους χρόνους κ.λ.π. Βασικό στοιχείο σε αυτές τις προσεγγίσεις αποτελεί η εκτίμηση των περιθωρίων για μελλοντική αύξηση των αρχικών τιμών.

Στα περισσότερα μεγάλα έργα, η αρχική εκτίμηση σε εργατοώρες θα αλλάξει ουσιαστικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε λόγους όπως κακή εκτίμηση των απαιτήσεων, υπερβολική απλοποίηση του έργου κατά τον προγραμματισμό, αύξηση των απαιτήσεων από την ιδιοκτήτρια εταιρεία ή ελλιπή ιστορικά στοιχεία για έργα τέτοιου μεγέθους.

### Ανάδραση δεδομένων και πληροφοριών

Η συνεχής αξιολόγηση της υπάρχουσας εμπειρίας και των επιλεγμένων πρακτικών είναι απαραίτητη για το σωστό δυναμικό χρονοπρογραμματισμό σε περίπτωση που οι συνθήκες αλλάξουν και εμφανίζονται νέες και αποδοτικότερες μέθοδοι.

Η ανάδραση δεδομένων και πληροφοριών πρέπει, λοιπόν, να γίνεται κατά τη διάρκεια του έργου και στην ολοκλήρωσή του με ευθύνη του τμήματος μηχανικών.

Με τα στοιχεία που αντλούνται μπορούν να επικαιροποιηθούν τα βασικά χρονοδιαγράμματα και να στοιχειοθετηθούν συγκριτικοί πίνακες απόδοσης, όπως ο δείκτης «εργατοώρες ανά κομμάτι εξοπλισμού».

Με τη μορφή ιστογράμματος παρουσιάζεται η πρόοδος στα διάφορα είδη εργασιών (π.χ έργα πολιτικού μηχανικού, σωληνώσεις), καθώς και καμπύλες απασχόλησης εργατικού δυναμικού στο εργοτάξιο και συνολικά.

## 2.10 Χρονοδιαγράμματα της κατασκευής

Οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται εδώ προέρχονται από ολοκληρωμένα έργα της εταιρείας ή άλλων εταιρειών, προγραμματισμένα για κατασκευή ή έργα που η πρόοδος τους αποκλίνει από τα υπάρχοντα πρότυπα. Αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την αναλυτική εκτίμηση της πορείας της κατασκευής και των διορθωτικών κινήσεων που απαιτούνται. Σε περίπτωση θετικής απόκλισης από το αρχικό σχέδιο, η διαδικασία αυτή οδηγεί σε συμπεράσματα που βελτιώνουν τα μελλοντικά έργα.

Στη συνήθη περίπτωση, η κρίσιμη διαδρομή πρέπει να περνάει από τις δραστηριότητες για την ανάπτυξη της μηχανικής μελέτης, την κατασκευή των θεμελίων, την εγκατάσταση του εξοπλισμού ή την εγκατάσταση των ατσάλινων φορέων, την τοποθέτηση των σωληνώσεων και, τέλος, τους τελικούς ελέγχους με τη σειρά που αυτές καταγράφονται. Με αυτή την κρίσιμη διαδρομή, επιτυγχάνεται η συνεχής εκτέλεση εργασιών πρωτεύουσας σημασίας για την κατασκευή, ενώ οι δευτερεύουσες και λιγότερο απαιτητικές εργασίες προγραμματίζονται με χρονικά περιθώρια ώστε να μετατοπίζονται χρονικά σύμφωνα με τις εξελίξεις.

## 2.11 Πυκνότητα εργασίας στην κατασκευή

**Πυκνότητα εργασίας** ορίζεται η προστιθέμενη αξία στην ένταση της εργασίας ως προς τη συνολική κίνηση του εργαζομένου. Εκφράζει το βαθμό στον οποίο η κίνηση του εργαζομένου μετατρέπει πρώτες ύλες ή πληροφορίες σε προϊόν χρήσιμο για τον καταναλωτή.

$$\text{Πυκνότητα εργασίας} = \frac{\text{Εργασία}}{\text{Συνολική κίνηση}}$$

Με βάση τη θεωρία, αύξηση στην απασχόληση οδηγεί σε αντίστοιχη μείωση της παραγωγικότητας. Η αύξηση του απασχολούμενου δυναμικού μπορεί να συνεχίσει μέχρι η πυκνότητα εργασίας να φτάσει σε κορεσμό.

Οριακή τιμή για τον υπολογισμό του εργατικού δυναμικού, σύμφωνα με το διαθέσιμο εμβαδόν για εργασία είναι περίπου 19-28  $m^2$  ανά εργαζόμενο. Αύξηση της προηγούμενης πυκνότητας οδηγεί σε μειωμένη παραγωγικότητα. Αν αυτή συνδυαστεί με δυσχερείς συνθήκες εργασίας, οι απαιτούμενες εργατοώρες εκτοξεύονται σε δυσθεώρητα ύψη.

Φυσικά αυτός ο γενικός κανόνας έχει ως εξαιρέσεις τις διάφορες εργασίες που απαιτούν μεγάλη απασχόληση εργατικού δυναμικού για μικρά χρονικά διαστήματα.

## 2.12 Προγραμματισμός από τον κατασκευαστή

Οι απαιτήσεις από το δίκτυο δραστηριοτήτων και οι στόχοι του χρονοδιαγράμματος για το κάθε έργο καθορίζονται από την πρόταση της κατασκευάστριας εταιρείας, το υπογεγραμμένο συμβόλαιο, το πλάνο εκτέλεσης του έργου και τις απαιτήσεις για έλεγχο από τη μεριά των ιδιοκτητών.

Μετά τη συμφωνία του συνολικού πλάνου εργασιών, γίνονται προσωπικές αναθέσεις για την ανάπτυξη λεπτομερών δικτύων εργασιών και επιπλέον προσωπικό χρεώνεται στη διαχείριση των τρεχουσών υποχρεώσεων.

Τα παρακάτω μέρη συναποτελούν το συνολικό πρόγραμμα του κατασκευαστή:

1. Περιληπτικό πρόγραμμα του έργου: είναι μία επικαιροποιημένη μορφή του προγράμματος που προτάθηκε, όπου παρουσιάζεται η συνολική διάρκεια του έργου, αξιοσημείωτα ορόσημα και η κρίσιμη διαδρομή. Παρουσιάζει τις δραστηριότητες σε 20 με 30 ομαδοποιήσεις, με άξονα το χρόνο. Αποτελεί βασικό στοιχείο της μηνιαίας αναφοράς προόδου.
2. Κύριο πρόγραμμα του έργου: αντίστοιχο με το προηγούμενο, περιλαμβάνει 50 έως 60 ομαδοποιήσεις και καλύπτει όλο το φάσμα περιοχών και μονάδων αναδεικνύοντας τις κρίσιμες και υπο-κρίσιμες διαδρομές. Συνήθως παράγεται ένα μήνα μετά την ανάθεση του έργου.
3. Πρόγραμμα εφαρμογής του ελέγχου: καλύπτει όλα τα στοιχεία του προτεινόμενου συστήματος ελέγχου και πρέπει να ανανεώνεται τακτικά μέχρι το σύστημα να είναι πλήρως λειτουργικό.
4. Περιβαλλοντικό πρόγραμμα: περιλαμβάνει τους χρόνους και τις διαδικασίες για την απόκτηση των απαραίτητων αδειών από τις υπεύθυνες αρχές.
5. Συνήθη προγράμματα (level 2): καλύπτουν όλες τις βασικές ημερομηνίες για την αρχή και το τέλος της μελέτης, της προμήθειας και της κατασκευής. Συνήθως παράγονται 3 μήνες μετά την ανάθεση του έργου και περιλαμβάνουν 1500 έως 2000 δραστηριότητες.
6. Πρόγραμμα για την προετοιμασία των υπεργολαβιών: καλύπτει τις κύριες δραστηριότητες για την επίτευξη των βασικών υπεργολαβιών.
7. Αναλυτικό πρόγραμμα (level 3): βασίζεται στη μέθοδο κρίσιμης διαδρομής και καλύπτει τους τομείς της μελέτης της προμήθειας και της κατασκευής. Οφείλει να αποτελείται από 4000 έως 5000 δραστηριότητες και να βασίζεται στα προγράμματα level 2 και στα προγράμματα των υπεργολαβιών.



## 2.13 Νωρίτερες και κρίσιμες δραστηριότητες

<p><b><u>Μελέτη/προετοιμασία</u></b>                  Σχεδιασμός της διαδικασίας                  Δημιουργία διαγραμμάτων ροής                  Προετοιμασία σχεδίων οικοπέδου                  Καταγραφή εξοπλισμού                  Καταγραφή απαραίτητων υλικών πόρων                  Προετοιμασία της τοποθεσίας                  Ορισμός προδιαγραφών                  Πρόβλεψη εργατικού δυναμικού                  Λήψη αδειών                  Μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων</p>	<p><b><u>Σχεδιασμός και προγραμματισμός</u></b>                  Προγραμματισμός κρίσιμης πορείας                  Αναλυτικός προγραμματισμός για τη φάση εκκίνησης                  Δημιουργία καμπυλών εργατωρών – είδους εργασίας για τις πρώτες φάσεις                  Συνολική εκτίμηση κόστους                  Προγραμματισμός προετοιμασίας του οικοπέδου                  Πρόβλεψη αναγκαίων υπεργολαβιών                  Σύγκλιση με τον προγραμματισμό του ιδιοκτήτη</p>
<p><b><u>Προμήθεια</u></b>                  Αγορά αναγκαίων υλικών                  Συναντήσεις με υπεργολάβους                  Καταγραφή υποψήφιων προμηθευτών                  Παραγγελία και απόκτηση πόρων                  Καθορισμός απαιτήσεων και όρων στις υπεργολαβίες</p>	<p><b><u>Κατασκευή του έργου</u></b>                  Κατάστρωση οργανογράμματος                  Δημιουργία αναφοράς για το χώρο                  Επίσημη απάντηση στις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη                  Εκτίμηση κόστους                  Δημιουργία προσωρινών και βοηθητικών εγκαταστάσεων                  Δημιουργία της μηνιαίας αναφοράς προόδου                  Αξιολόγηση της εργασίας στην κατασκευή                  Παρακολούθηση της πορείας του κόστους                  Ορισμός των απαιτήσεων για τον εξοπλισμό                  Εκτίμηση της προετοιμασίας του χώρου</p>

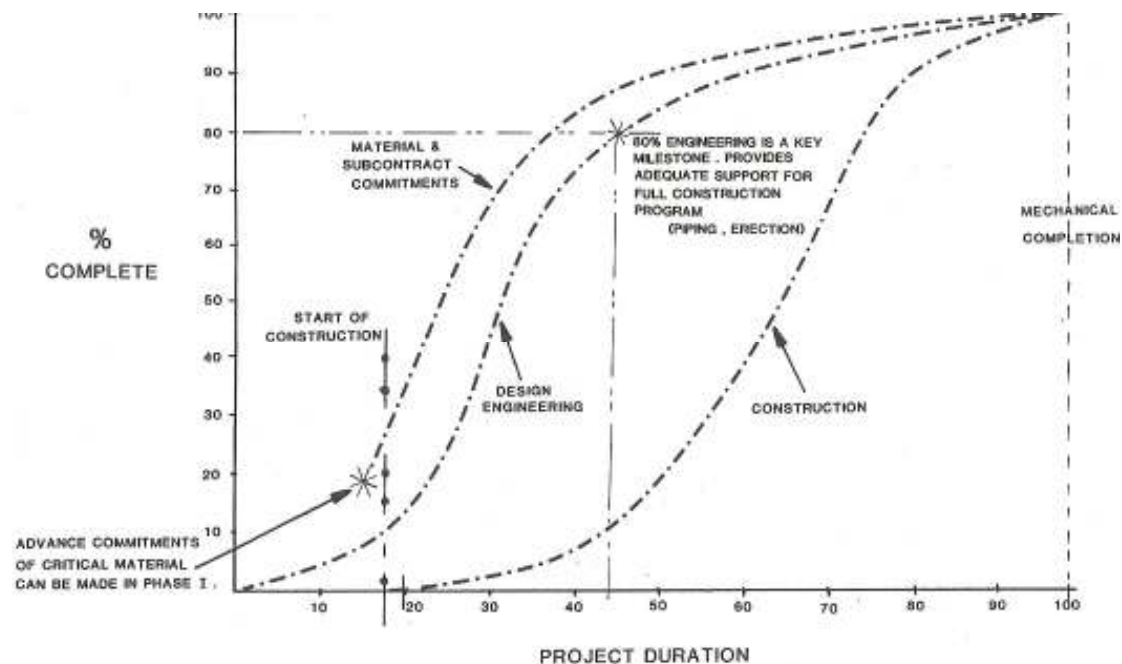
Πίνακας 2.2: Κρίσιμες δραστηριότητες που εμφανίζονται στην αρχή της κατασκευής

Ο παραπάνω πίνακας 2.2 αποτελεί μία καταγραφή των συνηθέστερων νωρίτερων και κρίσιμων διαδικασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση ενός έργου. Με αυτά τα στοιχεία μπορεί να διαμορφωθεί η βάση του ελέγχου για αυτά τα στάδια. Σε αυτό το στάδιο, κυριότερο βάρος πέφτει στην ανάπτυξη της μελέτης. Στο πρόγραμμα αυτό πρέπει να συμπεριληφθούν και εκτιμήσεις για τις απαραίτητες εργατοώρες. Η ύπαρξη αυτών των σχεδίων είναι αναγκαία μέχρι την ολοκλήρωση του αναλυτικού δικτύου. Μέχρι τότε και σύμφωνα με την κρισιμότητα των διαδικασιών, τα σχέδια αυτά πρέπει να ανανεώνονται σε εβδομαδιαία ή δι-εβδομαδιαία βάση.

## 2.14 Καμπύλες πρόοδου S (S-curves)

Ένα βασικό στοιχείο για την εκτίμηση του συνολικού σχεδίου είναι η διάρκεια και η σχέση των καμπυλών προόδου S. Μέσα από την ιστορική εμπειρία μπορεί να αξιολογηθεί η ρεαλιστικότητα των προγραμματισμένων καμπυλών και επομένως η υλοποιησιμότητα του ολικού προγράμματος.

Αυτές οι καμπύλες χρησιμοποιούνται για την αναφορά της μηνιαίας προόδου. Η πρόοδος για τη μελέτη και την κατασκευή μετράται ως προς τις ποσότητες που δρομολογούνται για την πρώτη και που ολοκληρώνονται για τη δεύτερη περίπτωση. Η πραγματική πορεία των εργασιών πρέπει να συγκρίνεται με τα στοιχεία που έχουν καταγραφεί από παλαιότερα έργα. Όσες παρεκκλίσεις παρατηρούνται αναδεικνύουν βραχυπρόθεσμες ή μακρυπρόθεσμες τάσεις, που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.



Σχήμα 2.11 Καμπύλες S για τη μηχανική μελέτη, την κατασκευή, την παραγωγή υλικών και τον ορισμό υπεργολαβιών.

## 2.15 Προγραμματισμός και πρόοδος της κατασκευής

### Προγραμματισμός της κατασκευής

Βασικά στοιχεία για τη διαδικασία κατάστρωσης του προγράμματος της κατασκευής είναι:

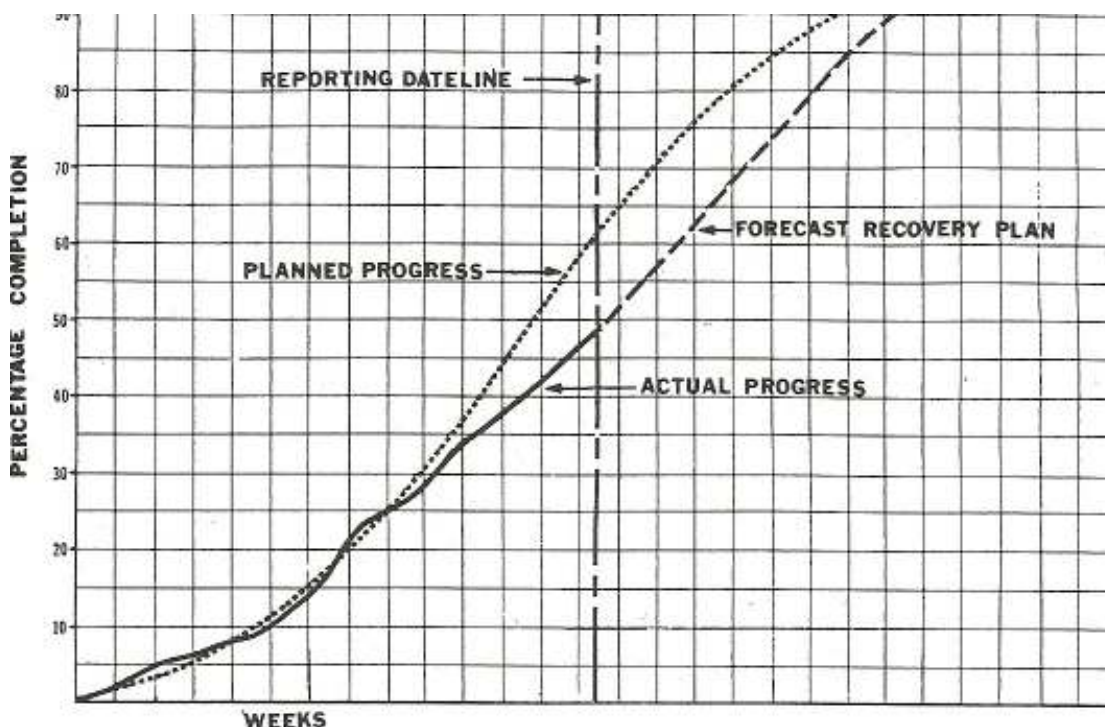
- προϋπολογισμός των ποσοτήτων των πόρων στο χώρο εργασιών
- αναλυτικό εβδομαδιαίο πρόγραμμα εργασιών
- σύστημα μέτρησης της προόδου(με βάση τις ποσότητες των πόρων που χρησιμοποιούνται)
- σύστημα μέτρησης της παραγωγικότητας
- επαρκές συνολικό πρόγραμμα (κατά προτίμηση σε μορφή διαγράμματος Gantt και δίκτυο PERT)

### Πριν το σχεδιασμό της κατασκευής (pre-planning)

Αφορά τη μελέτη και επίλυση ιδιαίτερων ζητημάτων που προκύπτουν από νωρίς και επηρεάζουν άμεσα το σχεδιασμό, όπως είναι η πρόσβαση στο χώρο εργασίας, η εγχάραξη πορειών μετακίνησης, η μορφή και θέση των προσωρινών εγκαταστάσεων. Μία ακολουθία εργασιών για την κατασκευή του έργου πρέπει να αναπτυχθεί το νωρίτερο δυνατό. Έτσι αναδεικνύονται τα κρίσιμότερα στοιχεία του προγράμματος

κατασκευής, από τη διαμόρφωση του χώρου μέχρι την εγκατάσταση σωληνώσεων, σύμφωνα με το γεωγραφικό διαχωρισμό σε περιοχές (area) και υποπεριοχές (subarea).

### Πρόοδος της κατασκευής



Σχήμα 2.12: Καμπύλες S για την προγραμματισμένη πρόοδο, την πραγματική και την πρόοδο με βάση το αναπροσαρμοσμένο πλάνο εργασιών.

Με τη μορφή καμπυλών S (s-curves), όπως και στα σχήματα 2.11 και 2.12, παράγεται μια πιο σημαίνουσα ανάλυση της προόδου από ότι με χρήση ποσοστών σε ραβδόγραμμα, όπως φαίνεται παρακάτω.

Με τη μορφή καμπυλών S, οι αποκλίσεις και το μέγεθος του έργου είναι πιο εμφανείς και μπορούν να καθοριστούν ευκολότερα οι απαραίτητες αλλαγές στο χρονοπρογραμματισμό του έργου.

Η καμπύλη προγραμματισμένης προόδου καθορίζεται από την κρίση, την εμπειρία και την εκτίμηση των γραφικών παραστάσεων από τη μελέτη και την προμήθεια. Συνήθως, αυτές χρησιμοποιούνται για την αρχική εκτίμηση της καμπύλης και τα εμπειρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για διορθώσεις επί αυτής της εκτίμησης.

## **2.16 Αναλυτικότερα για τον έλεγχο**

Οι βασικότερες απαιτήσεις για την επιτυχημένη επίβλεψη του προγράμματος κατασκευής είναι οι εξής δύο:

- ένα πλήρες χρονοδιάγραμμα των κρίσιμων δραστηριοτήτων
- ένα σύστημα ακριβούς μέτρησης της προόδου στην κατασκευή

Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται μέσα από τη συνεχή σύγκριση των πραγματικών εργασιών με τις εκτιμώμενες καμπύλες ανά περιοχή ελέγχου με βάση το διαχωρισμό

κατά είδος εργασιών και γεωγραφικά. Για το γεωγραφικό έλεγχο, που είναι απαραίτητος, στο κομμάτι της κατασκευής, απαιτείται αναδιάρθρωση των εκτιμήσεων με βάση τις περιοχές πριν ακόμα αρχίσει η κατασκευή. Αυτή η διαδικασία δεν είναι εύκολη επειδή αυτές οι περιοχές είναι ένα πολύ ετερογενές σύνολο μεταξύ τους αλλά και κάθε μια ξεχωριστά, καθώς και επειδή κάποιες φορές δεν υπάρχουν τα αναγκαία στοιχεία.

Οι μετρήσεις για τον έλεγχο και την αναφορά της προόδου γίνονται με διάφορες τεχνικές, που όμως αποτελούν παραλλαγές των εξής δύο τεχνικών:

- έλεγχος μέσω της καταγραφής των υλικών ποσοτήτων
- έλεγχος μέσω των εργατοωρών που έχουν δαπανηθεί και αυτών που εκτιμάται ότι απαιτούνται

#### Έλεγχος μέσω της καταγραφής των υλικών (Physical Quantity Measurement)

Ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού της προόδου είναι:

$$\frac{\text{εγκατατεστημένη ποσότητα υλικών}}{\text{ποσότητα συνολικά στο έργο}} \cdot 100\%$$

Οι καμπύλες S των προβλέψεων φτιάχνονται για κάθε περιοχή και για το σύνολο του έργου, βασισμένες σε συντελεστές βαρύτητας ως προς τον προϋπολογισμό των εργατοωρών. Κατά τη διάρκεια των εργασιών μπορεί να γίνουν αλλαγές στις διαδικασίες και τις προβλέψεις λόγω καλύτερου ορισμού, νέων κανόνων εργασίας, αλλαγών στη δομή του έργου κλπ. Όταν αυτές οι αλλαγές είναι αρκετά μεγάλες, επιβάλλεται ο επαναπροσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας. Αυτή η μέθοδος δεν είναι λειτουργική στα πρώτα στάδια της κατασκευής του έργου επειδή τότε οι ποσότητες δεν είναι επαρκώς ορισμένες. Προτιμάται, λοιπόν, η χρήση των εργατοωρών από τον προϋπολογισμό του έργου

#### Έλεγχος μέσω των εργατοωρών (Man-hour Measurement)

Με αυτή την προσέγγιση, η πρόοδος προκύπτει ως εξής:

$$\frac{\text{δαπανημένες εργατοώρες}}{\text{προβλεπόμενες εργατοώρες}} \cdot \text{συντελεστής απόδοσης} \cdot 100\%$$

Ο συντελεστής απόδοσης (ή συντελεστής παραγωγικότητας) καθορίζεται ξεχωριστά για κάθε κατηγορία εργασιών. Η τιμή του προκύπτει από τη σύγκριση των εργατοωρών που δαπανήθηκαν για κάθε μονάδα εργασίας με τις προβλεπόμενες τιμές όπως αυτές προκύπτουν από τη βιβλιογραφία και τις βάσεις δεδομένων των εμπλεκόμενων εταιρειών.

### **2.17 Εφοδιαστική υλικών και αποθεμάτων**

Για μεγάλα και πολύ μεγάλα έργα σε απομακρυσμένες περιοχές, η εφοδιαστική στα υλικά είναι ζήτημα με μεγάλη σημασία. Πρέπει τα ιστογράμματα που αφορούν στα υλικά και στα άλλα αποθέματα που έχουν παραδοθεί ή αναμένονται, να συγκρίνονται και να ελέγχονται ως προς τη χωρητικότητα των χώρων αποθήκευσης και τις εγκαταστάσεις φόρτωσης- εκφόρτωσης.

Τα ιστογράμματα αυτά σχεδιάζονται αθροίζοντας το αναμενόμενο βάρος υλικών και εξοπλισμού με άξονα το χρόνο- σύμφωνα δηλαδή με τις ημερομηνίες παράδοσής τους στο χώρο του εργοταξίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Προβληματισμοί και νέες τάσεις στην διαχείριση κατασκευών

### 3.1 Πρόταση για την αναβάθμιση της απόδοσης της εφοδιαστικής στις κατασκευές

Όπως επισημαίνεται από τον Wegelius-Lehtonen T., η ανάγκη για ικανοποιητικά συστήματα μέτρησης της απόδοσης είναι μεγάλη για τις κατασκευαστικές εταιρείες. Αυτά τα συστήματα πρέπει να μπορούν να διαχειρίζονται πληροφορίες από διάφορα έργα που εξελίσσονται ταυτόχρονα, καθώς και από πληθώρα υπεργολάβων και άλλων ομάδων, των οποίων η απόδοση πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σε αυτή της εταιρείας. Εκτός όμως, από την επίβλεψη και τον έλεγχο, αυτά τα στοιχεία μπορούν να αξιοποιηθούν για τη σταδιακή βελτίωση της παραγωγικότητας της εταιρείας.

Η χρήση τους όμως, στον κατασκευαστικό τομέα, για τη βελτίωση και τον έλεγχο των υλικών και οικονομικών στοιχείων, είναι περιορισμένη. Γι' αυτό, μελετώνται νέα πλαίσια και μοντέλα που θα ανταποκρίνονται καλύτερα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε έργου και στην παράδοση και φιλοσοφία της εταιρείας.

Η ανταγωνιστικότητα στον τομέα των κατασκευών ευνοεί αυτόν που μπορεί να κάνει τη χαμηλότερη προσφορά παραμένοντας εντός των τεχνικών προδιαγραφών. Όταν μια εταιρεία δεν μπορεί να βελτιώσει την ανταγωνιστικότητά της χωρίς σημαντικές αλλαγές στην λειτουργία της, πολλοί τομείς, που θεωρούνται δευτερεύοντες, εξετάζονται για βελτιώσεις. Ένας τέτοιος τομέας είναι αυτός της εφοδιαστικής στις πρώτες ύλες (logistics) και η διαχείριση αποθεμάτων.

Σύμφωνα με τον Christopher, η εφοδιαστική είναι η διαδικασία στρατηγικής διαχείρισης της προμήθειας, της κίνησης και της αποθήκευσης των υλικών, των τμημάτων και των ολοκληρωμένων εξαρτημάτων με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται η κερδοφορία.

Με την εφοδιαστική παράγεται μία στιβαρή βάση για τη βελτίωση της παραγωγικότητας στις κατασκευές. Κάθε έργο μπορεί να αντιμετωπιστεί σαν μία διαδικασία παραγγελίας- παράδοσης, όπου όλα τα τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους.

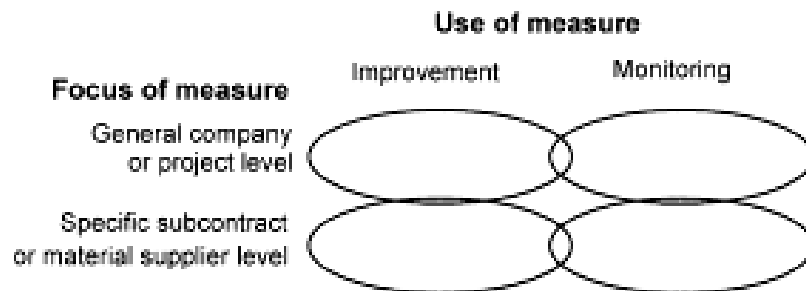
Τα υπάρχοντα μοντέλα μέτρησης της απόδοσης έχουν περιορισμένη μόνο επιτυχία επειδή, παρά τις πολλές παραλλαγές που υπάρχουν, δεν απομονώνουν παράπλευρα κόστη και κάποιες φορές παραβλέπουν βασικούς μη οικονομικούς δείκτες.

Σύμφωνα με νεότερες προσεγγίσεις, όπως και αυτή του Wegelius-Lehtonen T., μπορούν να θεωρηθούν δύο διαστάσεις για την ταξινόμηση των μετρήσεων.

Η πρώτη διάσταση είναι η χρήση της μέτρησης (use of measure) και δείχνει την περιοχή εφαρμογής της. Εδώ διακρίνονται δύο είδη: οι μετρήσεις για βελτιώσεις (improvement measures) και για την παρακολούθηση. Οι πρώτες εξυπηρετούν την εταιρεία να αναγνωρίσει προβλήματα στις τρέχουσες μεθόδους. Τα στοιχεία αυτά βοηθούν και στη συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων που προσφέρονται. Έτσι αναδεικνύονται οι καλύτερες και το περιθώριο εξοικονόμησης κόστους κάθε μίας.

Η δεύτερη ομάδα αφορά την πρόγνωση και τον έλεγχο των καθημερινών δράσεων της εταιρείας σε μόνιμη βάση. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται η αντίδραση στις λειτουργικές δραστηριότητες που χρειάζονται οι managers της εταιρείας και γι' αυτό κάθε σύστημα συλλογής τους είναι μοναδικό.

Η δεύτερη διάσταση καλείται εστίαση των μετρήσεων και αντιστοιχεί στο οργανωσιακό επίπεδο όπου αυτές λαμβάνονται. Όσον αφορά την εφοδιαστική στον κατασκευαστικό τομέα, μετρήσεις μπορούν να ληφθούν σε τρία επίπεδα: πρώτον, μετρήσεις του γενικού περιβάλλοντος και της επίδοσης της εταιρείας συνολικά· δεύτερον να εξεταστεί κάθε έργο αυτόνομα και τρίτον, οι μετρήσεις μπορούν να επικεντρωθούν σε έναν υπεργολάβο ή προμηθευτή.



Σχήμα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση της δυσδιάστατης ταξινόμησης των μέτρων όπως προτείνεται από τον Wegelius-Lehtonen T.

Από την εφαρμογή μεθόδων όπως αυτή, έχουν προκύψει τα παρακάτω συμπεράσματα. Οι μετρήσεις για βελτιώσεις είναι συνήθως πιο σύνθετες και χρονοβόρες από αυτές για την παρακολούθηση. Αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιούνται περιστασιακά στην αρχή και στο τέλος της φάσης ανάπτυξης του πλάνου, για να βρεθεί το περιθώριο βελτίωσης και να γίνει εξοικονόμηση πόρων. Αυτές για την παρακολούθηση, από την άλλη, πρέπει να είναι απλές, η συλλογή πληροφοριών να είναι τυποποιημένη και να υπάρχει σωστή αξιοποίηση των πληροφοριών αυτών.

Η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων είναι ακόμη ελλιπής στον κατασκευαστικό τομέα, ειδικά σε ότι αφορά τη συνεχή παρακολούθηση των έργων. Αυτό αναμένεται να αλλάξει ριζικά στο έμμεσο μέλλον, καθώς τα πειραματικά στοιχεία αποδεικνύουν ότι η καθιέρωση ενός συστηματικού τρόπου για τον έλεγχο της εφοδιαστικής και των υπεργολαβιών θα έχει ευεργετικά αποτελέσματα για την εταιρεία.

### 3.2 Μία πιθανή λύση στα προβλήματα παράδοσης των πρώτων υλών σε κατασκευαστικά έργα

Οι ανερχόμενες μέθοδοι της διαχείρισης έργων στον κατασκευαστικό τομέα δημιουργούν νέες προκλήσεις και για τη διαδικασία της παράδοσης των υλικών πόρων. Η αρχή αυτών των μεθόδων είναι η δημιουργία βραχυπρόθεσμων προγραμμάτων, βασισμένων στην ανάλυση των περιορισμών που αφορούν τους πόρους. Αυτή η προσέγγιση δημιουργεί δύο απαιτήσεις για την παράδοση των υλικών:

1. Την πλήρη γνώση των παραμέτρων σχετικά με τη διαθεσιμότητα των υλικών σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής εργασίας και με την αποθήκευσή τους στο εργοτάξιο.
2. Μικρούς χρόνους απόκρισης στις μεταβολές του συστήματος που επιδρούν στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Μία πιθανή λύση που προτείνεται από τους Ala-Risku T., Karkkainen M. περιλαμβάνει την παρακολούθηση της πορείας του φορτίου και τον προληπτικό καθορισμό των ημερομηνιών παράδοσης για την έγκαιρη απόκτηση των υλικών.

### Προκλήσεις στην κυρίαρχη μεθοδολογία της διαχείρισης έργων

Οι καθιερωμένες μέθοδοι του project management βρίσκουν ολοένα και περισσότερους επικριτές, που τις χαρακτηρίζουν ανεπαρκείς για τον έλεγχο της πορείας της κατασκευής του έργου. Βασικά και ενδεικτικά στοιχεία αυτής της κριτικής είναι τα εξής:

1. Δεν υπάρχει ρητά διατυπωμένη θεωρία για το project management και συνήθως ο προγραμματισμός, η εκτέλεση και ο έλεγχος δεν ακολουθούν ούτε τους κανόνες που καταγράφονται στο PMBOK (Project Management Book of Knowledge) (Koskela and Howell, 2002).
2. Η κυρίαρχη τάση είναι η διαχείριση να γίνεται βάσει του προγραμματισμού (management-as-planning), το οποίο όμως δεν είναι πλήρως λειτουργικό, καθώς κανένα πλάνο δεν μπορεί να σταθεί χωρίς ανάδραση με το περιβάλλον (Johnston and Brennan, 1996).
3. Η διατήρηση συνοπτικών επικαιροποιημένων στοιχείων είναι προβληματική. Αυτό συμβαίνει επειδή χάνονται σχέσεις ακολουθίας, αφήνοντας μεγάλο μέρος της εργασίας στην εμπειρία και τον αυτοσχεδιασμό (Johnston and Brennan, 1996). Αυτό, όμως δημιουργεί κινδύνους στην εφοδιαστική αλυσίδα, καθώς οι παραγγελίες γίνονται είτε πολύ αργά, ώστε να καθυστερούν το έργο, είτε πολύ νωρίς, ώστε να επιβαρύνουν τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης (Vrijhoet and Koskela, 2000).

Είναι εμφανής, λοιπόν, η ανάγκη για μία πιο διαδραστική μέθοδο, όπου τα επακόλουθα βήματα θα λαμβάνονται από την παρούσα κατάσταση του έργου και όχι από ξεπερασμένα χρονοδιαγράμματα. Έχουν, λοιπόν, αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την πιο ευέλικτη διαχείριση έργων. Μία τέτοια μέθοδος είναι και η LPS (Last Planner System) που αναπτύχθηκε από τον Ballard το 2000 με εφαρμογή σε έργα σε όλη την Αμερική και σε χώρες της Ευρώπης.

### Η μέθοδος LPS

Η LPS, με τις μορφοποιήσεις και βελτιώσεις που έγιναν από τον Ballard H., χρησιμεύει στη βελτίωση της προβλεψιμότητας του πλάνου για το σχεδιασμό και την κατασκευή. Είναι ένα σύστημα από στοιχεία που διαπλέκονται μεταξύ τους και παρέχει μέγιστο όφελος όταν όλα τα στοιχεία υλοποιούνται από κοινού, με άξονα τον χρόνο.

Αφετηριακά, ο προγραμματισμός στη μέθοδο αυτή γίνεται με τους κύριους προμηθευτές. Η ανάλυση κινδύνων εξασφαλίζει πως τα χρονικά περιθώρια μεταξύ των δραστηριοτήτων επαρκούν, ώστε να απορροφάται η αβεβαιότητα και να διαφυλάσσεται η πορεία του έργου από ανέφικτα χρονοδιαγράμματα.

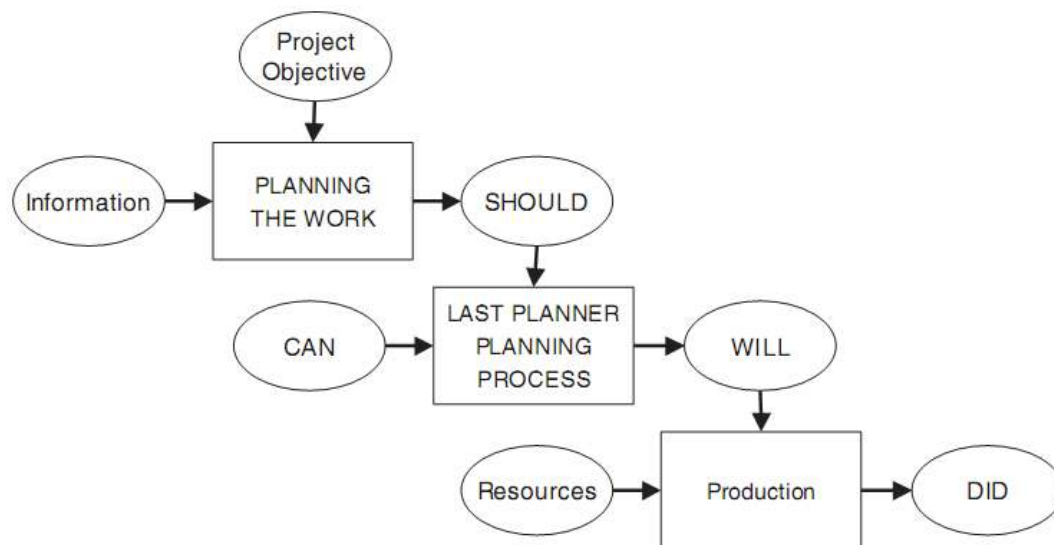
Πρόκειται, δηλαδή, για ένα σύστημα εκτέλεσης που χρησιμοποιεί το συνολικό πλάνο του έργου ως πλαίσιο λειτουργίας αλλά προτείνει οι δραστηριότητες να αντιμετωπίζονται με βάση την πραγματική πρόοδο του έργου. Αυτό που προσπαθεί να εξασφαλίσει είναι ότι όλες οι προϋποθέσεις για να ξεκινήσει μία εργασία πληρούνται πριν την ανάθεσή της σε μια ομάδα εργασίας.



Για να επιτευχθεί αυτό, κάθε υλοποιήσιμη εργασία λαμβάνει έναν από τους παρακάτω χαρακτηρισμούς:

- SHOULD: είναι οι εργασίες που πρέπει να γίνουν στο άμεσο μέλλον
- CAN: είναι οι εργασίες των οποίων πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις
- WILL: είναι οι εργασίες που θα εκκινήσουν πριν τον επόμενο έλεγχο
- DID: είναι οι ήδη ολοκληρωμένες εργασίες

Με αυτήν τη μέθοδο, οι επερχόμενες δραστηριότητες μελετώνται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για να φτιαχτεί η λίστα των εργασιών τύπου CAN, μελετώνται οι δραστηριότητες SHOULD ως προς τους περιορισμούς τους. Σκοπός είναι να υπάρξει μονίμως ένα πλήθος εργασιών CAN από όπου θα προκύψει το πλάνο των εργασιών WILL.



Σχήμα 3.2: Το παραπάνω διάγραμμα ροής αναπαριστά τη διαδικασία μέχρι την εκτέλεση της κάθε δραστηριότητας όπως εκτελείται στην LPS

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάζεται γραφικά στο παραπάνω διάγραμμα ροής. Μέσω της LPS, τα σύνολα δραστηριοτήτων SHOULD και CAN δίνουν το σύνολο WILL. Οι δραστηριότητες αυτές καθορίζουν τις εξελίξεις στην προμήθεια των πόρων και στην κατασκευή και μετά το πέρας τους προστίθενται στο σύνολο DID.

### Η ανάλυση της LPS

Ως προς τους χρονικούς περιορισμούς, η LPS στοχεύει να εξασφαλίσει πως όλοι οι πόροι για κάθε εργασία θα είναι διαθέσιμοι όταν αποφασιστεί η εκτέλεσή της. Έτσι, πχ για το σωστό ανεφοδιασμό, οι πληροφορίες που αφορούν τη διαθεσιμότητα του κάθε υλικού στοιχειοθετούν βασικούς περιορισμούς για την ανάλυση.

Η LPS παρουσιάζει δύο προβληματικές στη διαχείριση της ροής των υλικών:

1. Πρώτον, ο χρήστης της μεθόδου πρέπει να έχει πρόσβαση σε αναλυτικές πληροφορίες, που αφορούν τους απαραίτητους υλικούς πόρους κάθε μεμονωμένης εργασίας.
2. Δεύτερον, η αποθήκευση και διατήρηση των υλικών πόρων πρέπει να γίνεται με αξιοπιστία και χωρίς να απαιτούνται πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις φύλαξης.

Το πρώτο πρόβλημα προκύπτει από τις ελλιπείς μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των αποθηκευτικών χώρων. Σε πολλές περιπτώσεις οι αποθηκευμένοι πόροι δεν έχουν καταγραφεί σε κάποιο σύστημα και επιβλέπονται μόνον οπτικά. Άλλες φορές, η καταγραφή γίνεται πρόχειρα ή ασυνεπώς, οπότε τα αρχεία απογραφής δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Είναι, λοιπόν, βασική απαίτηση για την επιτυχημένη διαχείριση έργων η αποτελεσματικότερη εποπτεία των εγκαταστάσεων φύλαξης των υλικών πόρων.

Το δεύτερο πρόβλημα εμφανίζεται λόγω της πολύ πρόωρης παραγγελίας των πόρων. Αυτό αποτελεί επιλογή της ομάδας διαχείρισης ώστε, να μειωθεί το ρίσκο της καθυστερημένης παραλαβής τους στο χώρο εργασιών. Αυτή η επιλογή, όμως, απαιτεί πολύ μεγαλύτερους χώρους φύλαξης, πράγμα που έχει αυξημένο κίνδυνο απώλειας, φθοράς ή κλοπής των αποθηκευμένων πόρων και έτσι αυξάνεται το κόστος του έργου.

Για τη μερική, έστω, επίλυση του παραπάνω προβλήματος, επιλέγεται η μεταφορά της ευθύνης διατήρησης των αποθηκών στους προμηθευτές, καθώς και η κατάστρωση ακριβέστερου χρονοδιαγράμματος για τις παραγγελίες, από τα πρώτα κιάλας στάδια προγραμματισμού.

Όμως, και η παραπάνω προτεινόμενη λύση δεν είναι χωρίς προβλήματα. Τα δίκτυα επικοινωνίας που αναπτύσσονται, για τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ των κατασκευαστών, των υπεργολάβων και των προμηθευτών και για την αναβάθμιση των χρονοδιαγραμμάτων, δημιουργούνται για κάθε έργο -ή κομμάτι του έργου- ξεχωριστά και μετά καταργούνται. Αυτό οδηγεί σε αργή απόκριση μεταξύ των μελών τους και μεγάλο κόστος για τη δημιουργία τους.

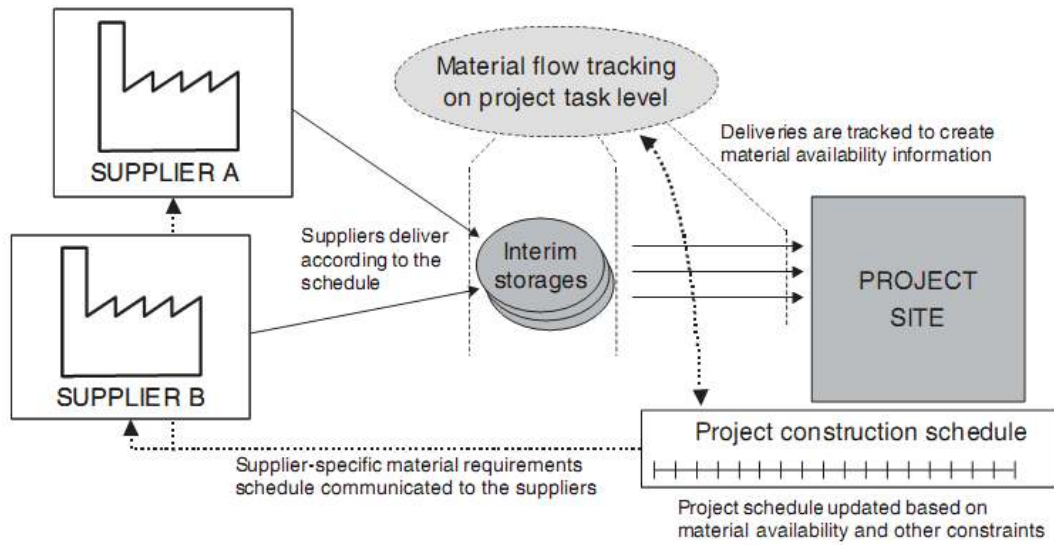
#### Πρόταση για τη βελτίωση της εφοδιαστικής των υλικών πόρων

Σε πρώτη φάση, προτείνεται η παρακολούθηση των φορτίων μέσω ηλεκτρονικών συστημάτων, για τις πιο κρίσιμες αποθήκες του εργοταξίου. Μέσω αυτών των συστημάτων ανιχνεύονται τα φορτία που καταφθάνουν αλλά και απομακρύνονται από τους χώρους φύλαξης μέσω ειδικών κωδικών (ID code).

Σε επόμενη φάση, οι διαχειριστές του έργου πρέπει να εξασφαλίσουν τη διαθεσιμότητα των πόρων για την έγκαιρη εκτέλεση των δραστηριοτήτων, χωρίς να διατηρούνται υπέρογκα αποθέματα. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται καλή επικοινωνία και από κοινού προγραμματισμός μεταξύ της κατασκευάστριας εταιρείας και των προμηθευτών. Καλή βάση επικοινωνίας μεταξύ των παραπάνω αποτελούν τα βραχυπρόθεσμα χρονοδιαγράμματα που εξάγονται από τη LPS.

Μέσω αυτών, οι προμηθευτές μπορούν να ανταπεξέλθουν καλύτερα στις μεταβολές των ημερομηνιών παράδοσης των υλικών πόρων.

Η λειτουργία του συνολικού μοντέλου και η αλληλεξάρτηση μεταξύ των διαφόρων μερών του παρουσιάζεται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.3: Τα παραπάνω μπορούν να αναπαρασταθούν σε αυτήν τη μορφή

Τα στοιχεία από την ηλεκτρονική καταγραφή των εισερχόμενων φορτίων χρησιμοποιούνται για την επικαιροποίηση των χρονοδιαγραμμάτων. Από εκεί προκύπτουν οι ανάγκες σε υλικούς πόρους και δρομολογούνται οι απαραίτητες παραγγελίες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Παρουσίαση του έργου

### 4.1 Γενικά για το έργο

Η παρούσα εργασία έχει στόχο να προσομοιώσει και να μελετήσει τη διαδικασία προγραμματισμού της κατασκευής μεγάλων έργων. Τα στοιχεία της γεωγραφίας, του εξοπλισμού και των ημερομηνιών παράδοσης λαμβάνονται από τη μελέτη που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του διυλιστηρίου Pearl GTL στην περιοχή Ras Laffan Industrial City, 90 χιλιόμετρα νότια της πρωτεύουσας του Κατάρ, της Doha. Πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες μονάδες μετατροπής αερίου καυσίμου σε υγρό (GTL, Gas to Liquid) στον κόσμο. Τα συγκριτικά της μεγέθη με άλλα ομοειδή έργα παρουσιάζονται στο σχήμα 4.1:

**PROJECT SCALE (COMPARISON WITH OTHER JOBS)**

<b>Concrete (M3)</b>	<b>Pearl</b>		<b>80,000 m3</b>
	<b>LOP</b>		<b>53,000 m3</b>
	<b>Ras Gas</b>		<b>50,000 m3</b>
<b>Steel Structure (Ton)</b>	<b>Pearl</b>		<b>40,000 ton</b>
	<b>LOP</b>		<b>12,000 ton</b>
	<b>Ras Gas</b>		<b>6,000 ton</b>
<b>Piping (Ton)</b>	<b>Pearl</b>		<b>36,000 ton</b>
	<b>LOP</b>		<b>12,000 ton</b>
	<b>Ras Gas</b>		<b>22,000 ton</b>
<b>Direct Labor (Hour)</b>	<b>Pearl</b>		<b>36 million hr</b>
	<b>LOP</b>		<b>23 million hr</b>
	<b>Ras Gas</b>		<b>20 million hr</b>

Σχήμα 4.1: Συγκριτική παρουσίαση του συνολικού έργου (Pearl) με άλλα έργα ίδιου αντικειμένου

Το έργο ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2006 με την ανάθεση της κατασκευής του από την QSGTL (Qatar Petroleum and Shell Joint Venture) στην CCC (Consolidated Contractors Company).

Με δεδομένα από την υπόθεση το σχεδιασμό της εγκατάστασης και το χρονοδιάγραμμα που αναφέρεται στην προμήθεια του εξοπλισμού και των υλικών πόρων, η εργασία έχει αντικείμενο την καταγραφή των δραστηριοτήτων, την ανάπτυξη των σχέσεων αλληλεξάρτησης μεταξύ τους, τη διαχείριση του εργατικού δυναμικού και του κόστους που προκύπτει από εκεί, καθώς και την αντιμετώπιση αλλαγών λόγω μεταβολής στις απαιτήσεις της ιδιοκτήτριας εταιρείας και λόγω καθυστέρησης στη διεκπεραίωση διαφόρων εργασιών.

Για την εκπόνηση της εργασίας, επιλέχθηκε η απομόνωση ενός μόνο τμήματος από το συνολικό πραγματικό έργο. Αυτό έγινε επειδή κρίθηκε πως αυτό το κομμάτι επαρκεί για την εξαγωγή των συμπερασμάτων της εργασίας με την απαραίτητη ακρίβεια και χωρίς ο όγκος των πληροφοριών να είναι πολύ μεγάλος.

Το τμήμα αυτό είναι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής όπου λαμβάνει χώρα η διαδικασία SGP, η οποία αναλύεται στο παρακάτω κεφάλαιο.

Ο χώρος κατασκευής επιλέχθηκε να είναι ο ίδιος με τον πραγματικό. Από την παραπάνω επιλογή εξάγονται και οι σχέσεις εργασίας που θα οριστούν για τον προγραμματισμό. Έτσι, για το εργατικό δυναμικό, η εβδομάδα έχει έξι εργάσιμες ημέρες - με την Παρασκευή να είναι αργία- και κάθε ημέρα υπολογίζεται ως 10 ώρες εργασίας.

Για τον χρονικό προγραμματισμό του έργου που επιλέχθηκε, χάριν απλότητας και περιορισμού των δραστηριοτήτων, έχει γίνει η παραδοχή πως έχουν δρομολογηθεί και θα ολοκληρωθούν απρόσκοπτα όλες οι διαδικασίες αδειοδοτήσεων και οι λοιπές νομικές υποχρεώσεις για την έναρξη και τον τερματισμό των εργασιών.

Επίσης, για τις απαραίτητες μελέτες που απαιτούνται (πχ για την κατασκευή και εγκατάσταση των σωληνώσεων, την κατασκευή θεμελίων κτλ), έχουν ξεκινήσει πριν την ημερομηνία έναρξης του έργου (1<sup>η</sup> Ιουλίου 2011) και συνεχίζουν ταυτόχρονα με τις άλλες εργασίες. Με αυτόν τον τρόπο, που είναι άλλωστε και η πιο συνηθισμένη διαδικασία στις κατασκευές, τα απαραίτητα σχέδια για την έναρξη κάθε δραστηριότητας θα θεωρούνται δεδομένα για τη χρονική στιγμή που αυτές έχουν προγραμματιστεί. Επομένως, τα σχέδια και οι μελέτες δεν απαιτείται να υποδεικνύονται ως ξεχωριστές δραστηριότητες ή ως περιορισμοί στο δικτυωτό μοντέλο.

#### Διάκριση περιπτώσεων

Για τη μελέτη διαφορετικών καταστάσεων που αναπτύσσονται στις κατασκευές μεγάλων έργων, έγινε η επιλογή, πέρα από το βασικό δίκτυο δραστηριοτήτων, να γίνουν και δύο παραλλαγές που αντιμετωπίζουν τα εξής ζητήματα:

1. Στην πρώτη περίπτωση, θεωρείται ότι η ιδιοκτήτρια εταιρεία ζητάει να γίνει ο χρονικός προγραμματισμός έτσι ώστε η παράδοση του έργου, η ημερομηνία R.F.S.U. δηλαδή, να μετακινηθεί τέσσερις μήνες νωρίτερα από αυτή που είχε αρχικά συμφωνηθεί.
2. Σε αυτή την περίπτωση, γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή έχει ξεκινήσει σύμφωνα με τον αρχικό προγραμματισμό και γίνεται ο τυπικός έλεγχος προόδου με το τέλος του μήνα 19, δηλαδή του Δεκεμβρίου του 2012. Σε αντιστοιχία με την πραγματικότητα, επιλέγονται καθυστερήσεις σε βασικά στοιχεία του έργου, όπως καταγράφονται στο σχετικό κεφάλαιο, και λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την επιδιόρθωση της πορείας των εργασιών.

Τα τρία δίκτυα που προκύπτουν θα μελετηθούν ως προς τη μορφή τους, την κρίσιμη διαδρομή, τα διαγράμματα εργατοωρών που προκύπτουν, το ιστόγραμμα προόδου και τις καμπύλες S νωρίτερης-αργότερης έναρξης.

## **4.2 Shell Gasification Process**

Τα στοιχεία που παρατίθενται στη συνέχεια αποτελούν μέρος ενημερωτικού φυλλαδίου που έχει εκδόσει η Uhde.

Με περισσότερες από 2.000 εγκαταστάσεις στο ενεργητικό της, η ThyssenKrupp UHDE είναι μία από τις μεγαλύτερες τεχνικές εταιρείες στον κόσμο στο σχεδιασμό και την κατασκευή μονάδων για τη βιομηχανία και τη διύλιση καυσίμων.

Οι αλλαγές στις απαιτήσεις στα καύσιμα και η σκληρότερη νομοθεσία που έχει επιβληθεί για τα καύσιμα αυτοκινήτων, αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες που οδηγούν σε αλλαγή την τεχνολογία των διυλιστηρίων. Επιδιώκεται η στροφή σε λιγότερο ρυπογόνες ουσίες και στην ανακύκλωση και επαναξιοποίηση των απορριμμάτων, με στόχο την εξοικονόμηση πόρων.

Με βάση την παραπάνω επιδίωξη, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι και διαδικασίες που ενσωματώνονται στην υπάρχουσα δομή των διυλιστηρίων, όπως είναι και η διαδικασία αεριοποίησης.

Μέσω της διαδικασίας της αεριοποίησης (gasification) μπορούν να μετατραπούν σε καθαρά συνθετικά αέρια ακόμα και τα βαρύτερα κατάλοιπα των διυλιστηρίων. Αυτά τα αέρια μπορούν, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, υδρογόνου, ατμού και άλλων αερίων που λειτουργούν ως καύσιμα ή σημαντικούς πόρους για τη χημική βιομηχανία.

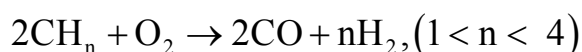
Η επιτυχημένη Διαδικασία Αεριοποίησης (SGP) είναι μία αξιόπιστη, αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον διεργασία. Μόλις τα τελευταία 40 χρόνια έχουν φτιαχτεί περισσότερες από 160 τέτοιες μονάδες, κυρίως για την παραγωγή αμμωνίας και μεθανόλης. Παρ'όλα αυτά, πλέον κύρια προτεραιότητα στη λειτουργία των νέων μονάδων έχει αναδειχθεί η παραγωγή ενέργειας ή η συμπαραγωγή ενέργειας και υδρογόνου.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται ποικίλλει, σε μεγάλο βαθμό, ανάλογα με τη λειτουργία και τους στόχους κάθε μονάδας και την μορφή της πρώτης ύλης, η οποία μπορεί να είναι στερεή, υγρή ή αέρια. Επίσης, μπορεί να συμπεριλαμβάνονται στην εγκατάσταση διεργασίες για ανάκτηση θερμότητας, επεξεργασία αερίων και υγρών αποβλήτων, καθώς και μικρότερες διεργασίες για την παραγωγή μεθανόλης, αμμωνίας, υδρογόνου και ηλεκτρικής ενέργειας.

### Βασικές χημικές αντιδράσεις

Η αεριοποίηση, ή μερική οξείδωση, είναι μία μη καταλυτική διαδικασία που περιλαμβάνει ενδόθερμες και εξώθερμες αντιδράσεις.

Η βασική αντίδραση που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας είναι η εξής:



Και είναι εξώθερμη.

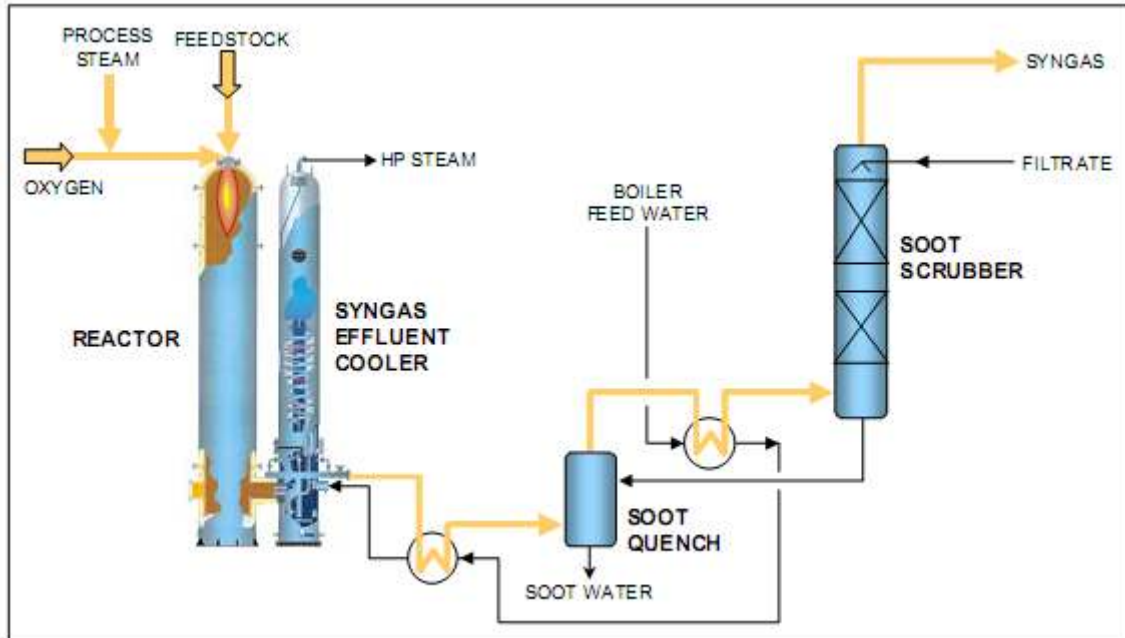
Από αυτήν παράγεται αέριο αποτελούμενο κυρίως από CO και H<sub>2</sub>. Το ακατέργαστο συνθετικό αέριο (syngas) που εξάγεται στο τέλος της διαδικασίας περιέχει και μικρές ποσότητες CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και H<sub>2</sub>S καθώς και προσμίξεις CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, στάχτης και άλλων χημικών ουσιών.

### Βασικά Τεχνολογικά Τμήματα

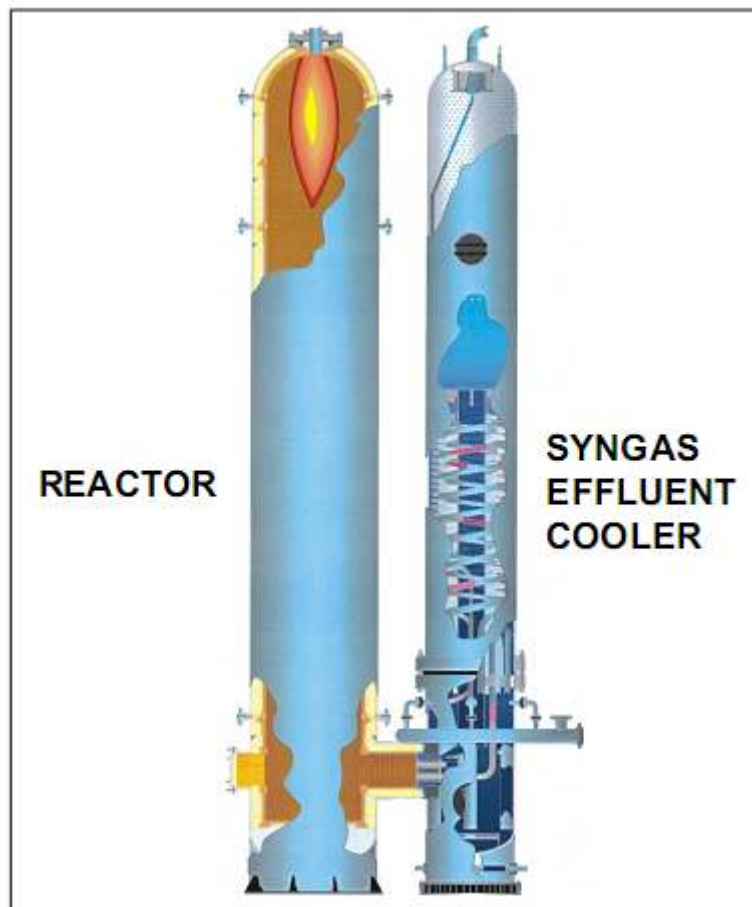
Η SGP αποτελείται από τρία βασικά στάδια:

1. Το στάδιο της αεριοποίησης, στο οποίο η πρώτη ύλη μετατρέπεται σε syngas σε περιβάλλον με οξυγόνο και ατμό.
2. Ψύκτης syngas με νερό, στο οποίο παράγεται ατμός υψηλής πίεσης από τη συναλλαγή θερμότητας με το ζεστό syngas που έρχεται από την έξοδο του αντιδραστήρα.

3. Στάδιο αφαίρεσης του άνθρακα, στο οποίο αφαιρούνται υπολείμματα άνθρακα και στάχτης με τη χρήση νερού.  
Στις δύο παρακάτω εικόνες αναπαρίστανται τα τρία αυτά στάδια της διαδικασίας SGP.



Σχήμα 4.2: Η πορεία που ακολουθείται σε μία απλή μονάδα SGP για την παραγωγή syngas



Σχήμα 4.3: Αυτή η διάταξη εξοπλισμού εμφανίζεται πολλές φορές στο έργο που έχει επιλεγεί

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Χρήση υπολογιστικών συστημάτων στη διαχείριση έργων

Όπως έχει αναφερθεί και εισαγωγικά, τα υπολογιστικά συστήματα χρησιμοποιούνται πλέον σε όλες τις εφαρμογές της διαχείρισης έργων.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται για :

1. την παροχή αναγκαίων πληροφοριών από τη βάση δεδομένων
2. την υποστήριξη αποφάσεων με κατάλληλα μοντέλα και δεδομένα
3. την υποστήριξη της παρακολούθησης και του ελέγχου του έργου
4. την υποστήριξη της παρακολούθησης και του ελέγχου πολλαπλών έργων
5. την υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ ενδιαφερόμενων φορέων
6. την υποστήριξη των διαδικασιών διαχείρισης έργου με μοντέλα ροής εργασίας
7. την υποστήριξη της ενοποίησης έργων και επαναλαμβανόμενων δραστηριοτήτων που μοιράζονται κοινούς πόρους

Η ευρεία εφαρμογή τους προκύπτει: από τις μεγάλες δυνατότητές τους στη διαχείριση μεγάλου όγκου πληροφοριών σε μικρό χρονικό διάστημα· από την ευκολία μεταβολής των συνθηκών και σχέσεων· από την ευκολία ελέγχου και προσαρμογής των χρησιμοποιούμενων πόρων και από τη δυνατότητα μετάβασης από τη μία δομή στην άλλη χωρίς, να δαπανάται χρόνος και προσπάθεια (πχ μετάβαση από διάγραμμα Gantt σε δίκτυο PERT και αντίστροφα).

Επειδή κάθε πακέτο αποδίδει καλύτερα σε διαφορετικούς τομείς της διαχείρισης έργων και υπό συγκεκριμένες συνθήκες ή συμβάσεις, η επιλογή του λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνεται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του έργου και τις επιδόσεις του λογισμικού.

Πολλά από τα πακέτα που διατίθενται μπορούν να ενοποιηθούν εύκολα με ευρείας χρήσεως εργαλεία, όπως το Excel ή εργαλεία επεξεργασίας κειμένου, ώστε να παρέχουν πρόσθετες ικανότητες επεξεργασίας δεδομένων και παραγωγής αναφορών. Τα πακέτα ανωτέρου επιπέδου είναι σε θέση να χειρισθούν περισσότερα έργα βάσει προκαθορισμένων κανόνων προτεραιότητας. Στο επίπεδο αυτό, τα πακέτα λογισμικού επιτρέπουν στους χρήστες να κατασκευάσουν τις δικές τους εφαρμογές χρησιμοποιώντας μία γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

Τα ακόλουθα κριτήρια, που προτείνονται από τους Shtub A., Bard J. και Globerson S. S. στο βιβλίο τους «Διαχείριση έργων: διεργασίες, μεθοδολογία και τεχνικοοικονομική», καθώς και από την πείρα των συγγραφέων, έχουν αποδειχθεί χρήσιμα για την επιλογή πακέτων λογισμικού για τη διαχείριση έργου. Για κάθε περίπτωση μπορεί να υιοθετηθεί το κατάλληλο υποσύνολο κριτηρίων.

### Λειτουργικά κριτήρια

#### Διαχείριση πολλαπλών έργων

- λειτουργικότητα σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας διαχείρισης έργου
- ικανότητα σύνοψης όλων των έργων της οργάνωσης
- υποστήριξη λήψης στρατηγικών αποφάσεων

#### Λογική διαχείριση

- σχεδιασμός διαγράμματος ροής εργασιών
- ικανότητα χρησιμοποίησης υποστηρικτικού λογισμικού και υλικού αναφοράς



-προσαρμοσμένη βοήθεια που κατευθύνει το χρήστη στην εταιρική μεθοδολογία

#### Χρονοπρογραμματισμός δραστηριοτήτων

- αριθμός δραστηριοτήτων ανά έργο
- αριθμός έργων που είναι δυνατόν να αναλυθούν ταυτόχρονα
- είδος υποστηριζόμενων σχέσεων προτεραιότητας
- μοντελοποίηση καθυστερήσεων ή υστερήσεων εντός των σχέσεων προτεραιότητας
- δυνατές μονάδες χρόνου (ώρες, ημέρες, εβδομάδες)
- αριθμός χρονοδιαγραμμάτων που είναι δυνατόν να καθοριστούν και να αποθηκευτούν

#### Ανάλυση κρίσιμης διαδρομής

- υπολογισμός ελεύθερου και συνολικού περιθωρίου
- εξωτερικοί περιορισμοί στις ημερομηνίες έναρξης και λήξης των δραστηριοτήτων
- υποστήριξη οροσήμων
- εξωτερικοί περιορισμοί στα ορόσημα
- υποστήριξη ενοποιημένων δραστηριοτήτων
- υποστήριξη υποδικτύων
- σχέδια δικτύων στην οθόνη,σε σχεδιογράφο, σε εκτυπωτή
- δυνατότητα μεγέθυνσης σε σχέδια δικτύου
- παρουσίαση διαγραμμάτων Gantt
- διαδραστική επεξεργασία διαγραμμάτων Gantt και σχεδίων δικτύου
- χειρισμός στοχαστικής διάρκειας δραστηριοτήτων: PERT ή ανάλυση προσομοίωσης
- παρουσίαση της διάρκειας των δραστηριοτήτων ως συνάρτηση της διαθεσιμότητας πόρων
- ανάλυση χρόνου-κόστους
- αυτόματος έλεγχος λογικής δικτύου για βρόχους από συνδεδεμένες δραστηριότητες
- ανάλυση κρίσιμης διαδρομής

#### Προϋπολογισμός, εκτίμηση κόστους και χρηματορροή

- υποστήριξη περισσότερων νομισμάτων
- χειρισμός δεικτών πληθωρισμού
- σύνδεση μεταξύ κόστους και δραστηριοτήτων, πόρων, οροσήμων, οργανώσεων, στοιχείων της WBS
- επικοινωνία με υπάρχοντα συστήματα συσσώρευσης, κόστους, ελέγχου κόστους και εκτίμησης κόστους
- προσδιορισμός άμεσου και έμμεσου κόστους
- προσδιορισμός κατηγοριών κόστους, όπως εργασία και υλικά
- προσδιορισμός και προϋπολογισμός του κόστους των υλικών και των αποθεμάτων
- υποστήριξη στατιστικής ανάλυσης των σχέσεων εκτίμησης κόστους
- κατάρτιση προϋπολογισμών και χρηματορροών για ένα συγκεκριμένο χρονοπρόγραμμα
- χρονοπρογραμματισμός για τη μείωση του άμεσου και του έμμεσου κόστους (PERT/κόστος)

### Πόροι

- αριθμός διαφορετικών πόρων ανά δραστηριότητα
- αριθμός διαφορετικών πόρων στο έργο
- αριθμός διαφορετικών πόρων για πολλαπλά έργα
- χειρισμός ανανεώσιμων πόρων (εργασία)
- χειρισμός εξαντλούμενων πόρων (υλικά)
- εξομάλυνση πόρων
- κατανομή πόρων
- σχεδιασμός με εναλλακτικούς πόρους(π.χ. εργολαβία)
- προτίμηση δραστηριοτήτων
- καθορισμός διαθεσιμότητας πόρων ανά ώρες, ημέρες,οργάνωση
- κατανομή πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών έργων
- μεταβλητή αξία πόρων (π.χ.κανονικός χρόνος εργασίας έναντι υπερωριών)
- μεταβλητή χρήση πόρων κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης μιας δραστηριότητας

### Δομή έργου

- καθορισμός της WBS: αριθμός επιπέδων
- λογικοί έλεγχοι σχετικά με την πληρότητα της WBS
- καθορισμός ενός γραμμικού διαγράμματος καθηκόντων
- λειτουργία σε δίκτυο υπολογιστών

### Έλεγχος έργου

- αριθμός βασικών σχεδίων έργου που μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο χειρισμού και αποθήκευσης
- ικανότητα υπολογισμού των αποκλίσεων κόστους και χρονοπρογραμματισμού σε όλα τα επίπεδα WBS για κάθε χρονική περίοδο και σωρευτικά
- ικανότητα πρόβλεψης του εκτιμώμενου προϋπολογισμού κατά την ολοκλήρωση με βάση την πραγματική πρόοδο και το πραγματικό κόστος
- ικανότητα σύγκρισης της πραγματικής περιόδου με διάφορες γραμμές αναφοράς
- ικανότητα ειδοποίησης για αποκλίσεις κόστους και χρονοπρογραμματισμού που υπερβαίνουν τα προκαθορισμένα όρια
- ικανότητα ανάλυσης τάσεων στις επιδόσεις κόστους και χρονοπρογραμματισμού
- ικανότητα ελέγχου της χρήσης υλικών και του πραγματικού κόστους των χρησιμοποιηθέντων υλικών
- ικανότητα ελέγχου της χρήσης πόρων και του πραγματικού κόστους των πόρων αυτών

### Αναφορές

- διαθεσιμότητα τυποποιημένων αναφορών
- γραφικές αναφορές
- ενοποίηση με επεξεργαστή κειμένου
- αποτελέσματα σε σχεδιογράφο

Κριτήρια γενικών χαρακτηριστικών συστήματος

- φιλικότητα προς τον χρήστη: χρόνος εκμάθησης,βοήθεια, χρήση μενού, παράθυρα
- τεκμηρίωση: λειτουργίες, συντήρηση, εγκατάσταση
- ασφάλεια: εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων, επεξεργασία
- ακεραιότητα βάσης δεδομένων
- επικοινωνία με άλλα συστήματα πληροφοριών
- απαιτήσεις υλικού
- παροχή υποστήριξης από τον πωλητή
- βάση χρήστη: συστάσεις από τρέχοντες χρήστες

Κριτήρια που συνδέονται με το κόστος του κύκλου ζωής (LCC)

- κόστος αγοράς(μοναδιαίο, εκπτώσεις ποσότητας)
- κόστος υλικού, εγκαταστάσεων και ούτω καθεξής
- εκτιμώμενο κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- εκτιμώμενη διάρκεια λειτουργίας
- κόστος ενημέρωσης και νέων εκδόσεων
- εκτιμώμενη αξία κατά τον χρόνο κατάργησης

Ο ανωτέρω κατάλογος είναι γενικός και πρέπει να τροποποιείται ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες του έργου ή της οργάνωσης.

Για την ανάπτυξη του δικτύου δραστηριοτήτων που οδηγούν στην κατασκευή του έργου, απαιτείται η χρήση σύγχρονων, ισχυρών αλλά και ευέλικτων πακέτων λογισμικού. Αυτό οφείλεται στην πληθώρα δραστηριοτήτων και σχέσεων και τον πολύ μεγάλο αριθμό δοκιμών που πρέπει να κάνει ο προγραμματιστής μέχρι να φτάσει σε επιθυμητό αποτέλεσμα. Για την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, επιλέχθηκε ο προγραμματισμός σε Primavera Project Planner P3.

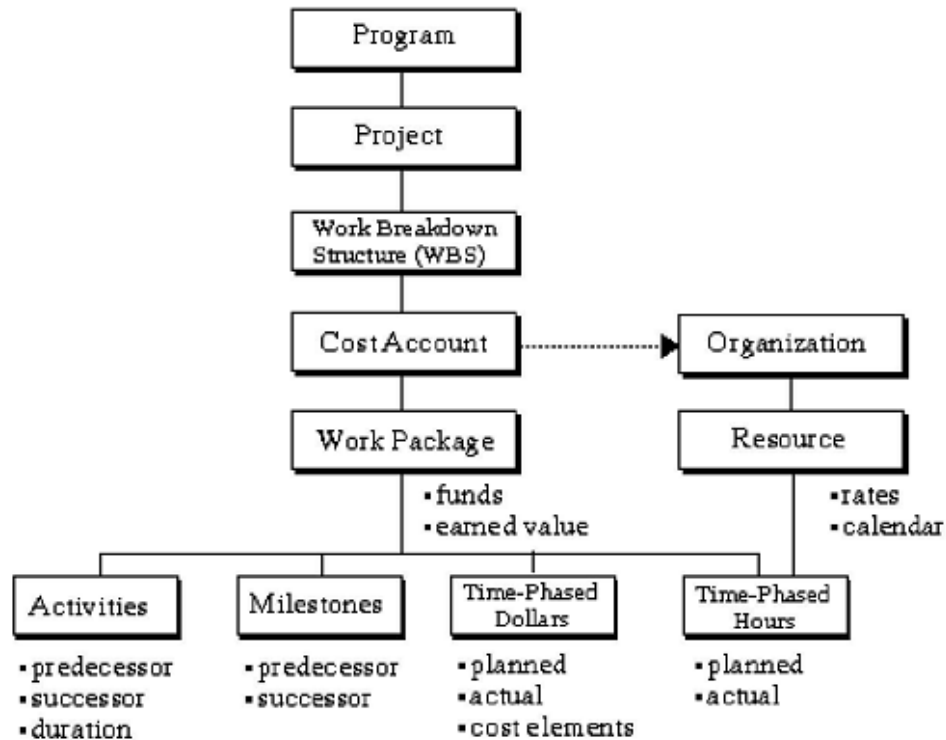
Το Primavera Project Planner (P3) είναι ένα από τα δημοφιλέστερα παγκοσμίως πακέτα λογισμικού για τη διαχείριση έργων. Η εταιρεία που εκδίδει σήμερα το Primavera είναι η Oracle Corporation.

Η έκδοση P3 κυκλοφόρησε το 1999 σε έκδοση 16-bit αποκλειστικά για Microsoft Windows. Το P3, στις διάφορες εκδόσεις του, χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα από το 25% της βαριάς βιομηχανίας κατασκευών, όταν το επόμενο πιο δημοφιλές λογισμικό χρησιμοποιείται από το 11%.

Το P3 προσφέρει ευκολία στη διαχείριση σχέσεων και δραστηριοτήτων, στην ανάθεση και παρακολούθηση των πόρων και στην παρακολούθηση της πορείας των εργασιών. Έτσι, το P3 παρέχει τη δυνατότητα στους μηχανικούς και τους managers να εξετάσουν καινούργιες ιδέες για τη ροή των δραστηριοτήτων, πριν να υποχρεωθούν να δεσμεύσουν τον αναγκαίο χρόνο και τους αντίστοιχους πόρους για την κατασκευή ή τροποποίηση του πραγματικού συστήματος. Επιπλέον, μέσω των διαγραμμάτων που εξάγονται, μπορεί ο προγραμματιστής να καθορίσει το επιθυμητό επίπεδο προόδου ανά μήνα, να ομαλοποιήσει το εργατικό δυναμικό που απαιτείται σε κάθε περίοδο και να ελέγξει εάν οι αναπόφευκτες αποκλίσεις από το αρχικό πλάνο είναι κρίσιμες για την έκβαση του έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ανάπτυξη του δικτύου δραστηριοτήτων και ορισμός των χαρακτηριστικών τιμών του έργου

### 6.1 Υποδιαίρεση των εργασιών ως προς το χώρο και το αντικείμενο



Σχήμα 6.1: Η θέση της δομής υποδιαίρεσης εργασιών στο συνολικό κατακερματισμό του έργου

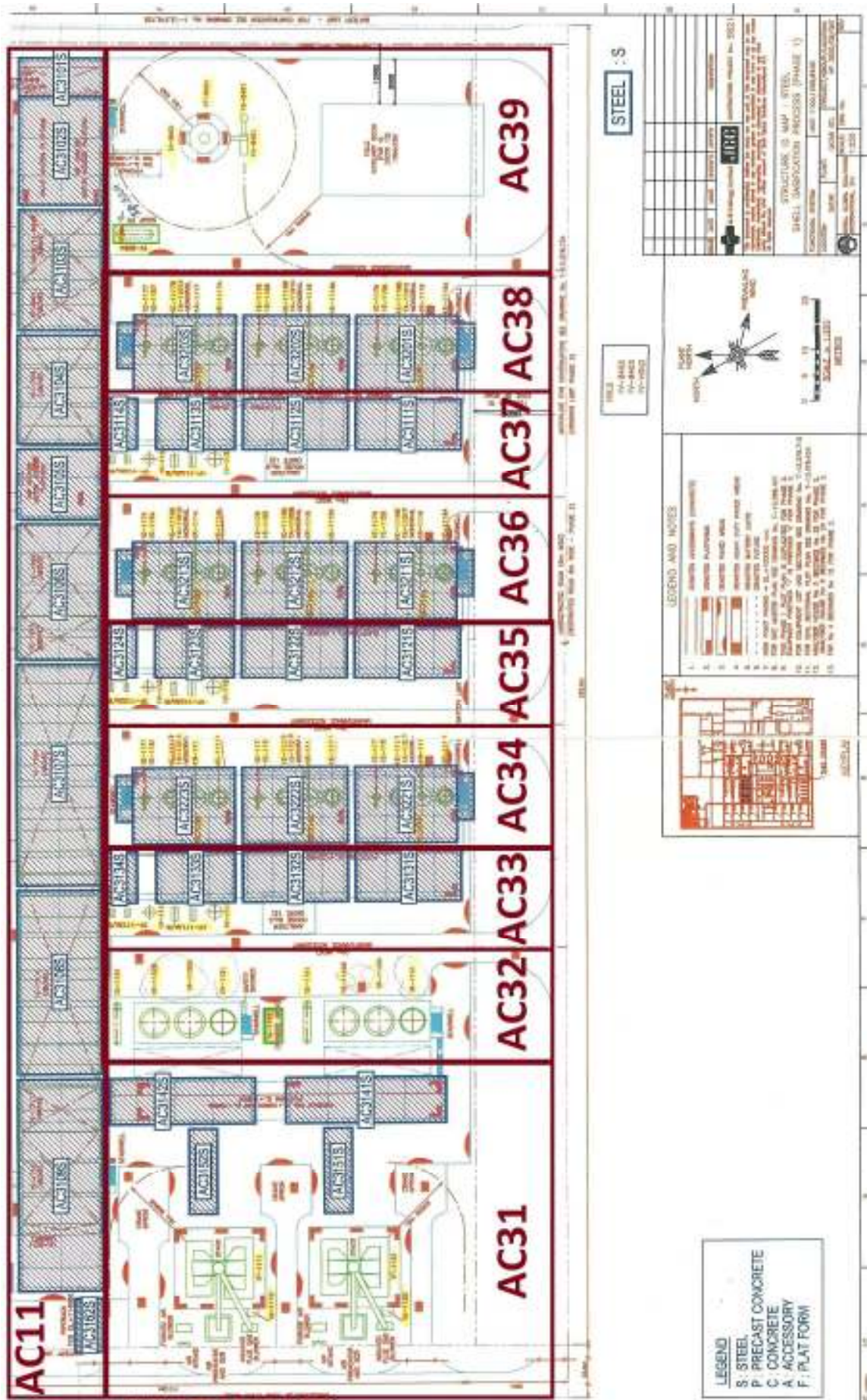
Για το διαχωρισμό και την σωστή ομαδοποίηση των δραστηριοτήτων, η δομή υποδιαίρεσης εργασιών ως προς το χώρο και ως προς το είδος των δραστηριοτήτων.

Έτσι, ως προς το χώρο σε πρώτο επίπεδο (MA - Main Area), υπάρχουν οι περιοχές:

1. AC1 που αντιστοιχεί στο κεντρικό φορέα για τις σωληνώσεις (Pipe rack).
2. AC3 που αντιστοιχεί στην περιοχή νότια της παραπάνω με τους δευτερεύοντες φορείς, τους αντιδραστήρες και τον υπόλοιπο εξοπλισμό.
3. AC0 που περιλαμβάνει τις εργασίες που αφορούν το σύνολο της περιοχής και όχι κάποιο μεμονωμένο σημείο της.
4. ML που περιλαμβάνει τα ορόσημα που χρησιμοποιούνται.

Σε δεύτερο επίπεδο (SA - Sub Area), υπάρχουν οι εξής υπο-περιοχές:

1. AC11
2. AC31
3. AC32
4. AC33
5. AC34
6. AC35
7. AC36
8. AC37
9. AC38
10. AC39
11. AC99



Σχήμα 6.2: Πλάνο της περιοχής που έχει επιλεγεί και χωρισμός της σε υποπεριοχές

Η AC11 ταυτίζεται με την AC1, οι AC31 έως AC39 αποτελούν τμήματα της AC3 και τέλος η AC99, όπως και η AC0, αναφέρεται στο σύνολο του έργου.

Με αυτό το διαχωρισμό, διευκολύνεται με πολλούς τρόπους ο προγραμματισμός του έργου. Ο προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα να διακρίνει τις ξεχωριστές ανάγκες κάθε περιοχής και να πάρει τις ανάλογες αποφάσεις κατά τη διαμόρφωση του αρχικού πλάνου ή στη μετέπειτα πορεία της κατασκευής. Για παράδειγμα, στην υποπεριοχή AC31 όπου βρίσκονται οι δύο καυστήρες (furnaces) απαιτούνται διαφορετικές δραστηριότητες από ότι στις υπόλοιπες, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών και πιέσεων που αναπτύσσονται σε εκείνο το σημείο. Επιπλέον, ο χωροταξικός διαχωρισμός διευκολύνει την εκτέλεση πολλών όμοιων ή διαφορετικών εργασιών ταυτόχρονα, χωρίς η μία να παρεμποδίζει την άλλη, μειώνοντας έτσι δραστικά τη συνολική διάρκεια κατασκευής του έργου.

Σύμφωνα με την υποδιαίρεση κατά είδος στο πρώτο επίπεδο (DI – Discipline), διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

1. CIVI (Civil Works), αφορά τα έργα πολιτικού μηχανικού (κατασκευή θεμελίων, δρόμων κτλ).
2. STEE (Steel Structure Erection), περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που αφορούν στην ανέγερση των σιδερένιων κατασκευών.
3. EQUI (Equipment Erection), αναφέρεται στην ανέγερση του εξοπλισμού.
4. PIPI (Piping Works), περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες από την κατασκευή μέχρι την τοποθέτηση των σωληνώσεων.
5. ELEC (Electrical Works), περιλαμβάνει όλες τις ηλεκτρολογικές δραστηριότητες, από την εγκατάσταση των ηλεκτρικών καλωδίων μέχρι τη γείωση των εξαρτημάτων.
6. INST (Instrument Installation), περιλαμβάνει τις εργασίες για την εγκατάσταση των διαφόρων μετρητικών οργάνων (πχ μανόμετρα) και των αντίστοιχων καλωδίων.
7. PAINT (Painting Activities), αφορά τη βαφή των σωληνώσεων μετά την κατασκευή τους στο μηχανουργείο και μετά την εγκατάστασή τους.
8. INSU (Pipe Insulation), εδώ υπάγονται οι δραστηριότητες για τη μόνωση των σωληνώσεων και του εξοπλισμού. Στα πλαίσια της εργασίας θεωρήθηκε ότι ο εξοπλισμός έρχεται πλήρως μονωμένος και άρα οι εργασίες μόνωσης αφορούν μόνο τις σωληνώσεις.
9. COM (Pre-commissioning and Commissioning), περιλαμβάνει τις δραστηριότητες για την προετοιμασία του ελέγχου και τον έλεγχο της λειτουργίας του συνολικού έργου ακριβώς πριν την ολοκλήρωση και την παράδοσή του στον ιδιοκτήτη.
10. CR (Control Room), περιλαμβάνει ό,τι αφορά την κατασκευή του δωματίου ελέγχου, είτε αφορά έργα πολιτικού μηχανικού (πχ εκσκαφές), είτε προγραμματισμό (πχ η εγκατάσταση του DCS).[\*]
11. SS (Sub Station), ομοίως με πάνω, περιλαμβάνει τις δραστηριότητες για την κατασκευή του υπο-σταθμού.

[\*] Το δωμάτιο ελέγχου είναι ο χώρος όπου καταλήγουν όλα τα σήματα ελέγχου για την παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας της εγκατάστασης. Αντίστοιχα, στον υποσταθμό καταλήγουν τα ηλεκτρικά καλώδια από την περιοχή που καλύπτει.

Το δωμάτιο ελέγχου και ο υποσταθμός σε κάθε έργο αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστά τμήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία της κατασκευής. Για αυτό το λόγο, οι δραστηριότητές τους καταγράφονται και στην περιοχή AC0. Στοιχεία που αφορούν αυτά τα δύο κτίρια μαζί φέρουν στο όνομα τους τη λέξη BUILDINGS.

Η WBS ως προς το είδος των εργασιών συνεχίζει και σε δεύτερο επίπεδο (SUD – Sub Discipline), με μεγάλο πλήθος κατηγοριών.

Με αυτή την υποδιαίρεση επιτυγχάνεται η εύκολη καταγραφή των απαραίτητων πόρων και ο σωστότερος προγραμματισμός της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων. Σε κάθε discipline αντιστοιχεί τουλάχιστον ένας διαφορετικός πόρος σχετικός με αυτό το αντικείμενο.

## 6.2 Χρησιμοποιούμενοι πόροι, ποσότητες και κόστη

Οι πόροι που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό της κατασκευής του έργου είναι οι εξής:

PRIMAVERA PROJECT PLANNER		
Date 23AUG11		
TARG - Pearl GTL Project		
-----SUMMARY OF RESOURCES-----		
10010	INSULATION	Mhrs
1005	CIVIL - SET PRECAST ELEMENTS	Mhrs
1010	CIVIL - CONCRETE	M3
1020	CIVIL - MISCELLANEOUS	Mhrs
1090	CIVIL - BUILDINGS	Mhrs
12010	PRECOMMISSION & COMMISSION	Mhrs
2010	STEEL - STEEL STRUCTURES	Ton
3010	PIPE - FABRICATION	Ton
3011	PIPE - SUPPORTS FABRICATION	Ton
3020	PIPE - ERECTION	Ton
3021	PIPE - SUPPORTS ERECTION	Ton
3040	PIPE - HYDROTESTING	Mhrs
5010	EQUIP - ERECTION	Mhrs
7010	ELECTRICAL	Mhrs
8010	INSTRUMENT	Mhrs
9010	PAINTING	Mhrs

Σχήμα 6.3: Οι πόροι και οι μονάδες μέτρησής τους

Στην αριστερή στήλη του σχήματος 6.3 εμφανίζεται ο κωδικός με τον οποίο καταχωρείται στο Primavera ο κάθε πόρος. Στη μεσαία στήλη καταχωρείται η περιγραφή του με πρόθεμα το γενικότερο είδος της εργασίας που αφορά (πχ

ηλεκτρολογικά, βαφή) και, εάν απαιτείται, συμπληρώνεται η περιγραφή με επιπλέον χαρακτηριστικά του πόρου, όπως είναι η κατασκευή των σωληνώσεων (PIPE – FABRICATION) με την τοποθέτησή τους (PIPE – ERECTION). Τέλος, στην τρίτη στήλη καταγράφονται οι μονάδες μέτρησης της ποσότητας των πόρων αυτών. Οι εργατοώρες αντιστοιχούν σε μονάδα μέτρησης Mhrs, οι τόνοι έχουν κωδικό Ton και τα κυβικά μέτρα M3.

Παρακάτω περιγράφεται το περιεχόμενο του κάθε πόρου που χρησιμοποιήθηκε.

#### 10010 INSULATION

Με αυτόν τον πόρο μετρώνται οι ώρες εργασίας για τη μόνωση των σωληνώσεων που έχουν εγκατασταθεί (πχ PIPE INSULATION AC11). Είναι εργασία με χαμηλές απαιτήσεις σε ειδικευση του εργατικού δυναμικού.

#### 1005 CIVIL - SET PRECAST ELEMENTS

Μετράει τις εργατοώρες για την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων τσιμεντένιων κομματιών, όπως είναι οι κολώνες στήριξης των φορέων των σωληνώσεων (πχ AC3142S SET PRECASTED COLUMNS & BEAMS).

#### 1010 CIVIL - CONCRETE

Καταγράφει τη συνολική ποσότητα τσιμέντου σε κυβικά μέτρα που απαιτείται για την κατασκευή των διαφόρων θεμελίων (πχ AC3108S CAST IN SITU FOUNDATIONS).

#### 1020 CIVIL - MISCELLANEOUS

Μετρά τις ώρες για τις διάφορες εργασίες πολιτικού μηχανικού, που αφορούν συνολικά το έργο, όπως οι εργατοώρες για την εκσκαφή (EARTHWORKS (MASS & FOUNDATION EXCAVATION) ή για την κατασκευή περίφραξης (FENCES & GATES).

#### 1090 CIVIL – BUILDINGS

Αυτός ο πόρος αφορά το σύνολο σχεδόν των δραστηριοτήτων για την κατασκευή του δωματίου ελέγχου και του υποσταθμού και περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η δημιουργία των θεμελίων (FOUNDATIONS) και η εγκατάσταση κλιματισμού (HVAC EQUIPMENT).

#### 12010 PRECOMMISSION & COMMISSION

Μετράει τις ώρες για την προετοιμασία και τον έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης κατά τη φάση της ολοκλήρωσης. Εδώ δεν καταγράφεται το σύνολο των εργατοωρών που απαιτούνται για την παραπάνω εργασία, αλλά μόνο το κομμάτι που αναλαμβάνει η κατασκευάστρια εταιρεία. Το υπόλοιπο είναι επιλογή και ευθύνη της ιδιοκτήτριας εταιρείας.

#### 2010 STEEL - STEEL STRUCTURES

Είναι η μάζα του ατσαλιού που χρησιμοποιείται ανά δραστηριότητα. Πρόκειται είτε για ατσάλινους φορείς για τις σωληνώσεις (pipe racks), είτε ατσάλινα στηρίγματα και θεμέλια για τον εξοπλισμό.

#### 3010 PIPE - FABRICATION

Η κατασκευή των διακλαδώσεων, γωνιών και οποιωνδήποτε άλλων αλλαγών στη γεωμετρία των σωληνώσεων (spools) γίνεται σε έναν ειδικά διαμορφωμένο χώρο εκτός της υπο-κατασκευής μονάδας (fabrication shop). Με αυτόν τον πόρο



καταγράφεται η μάζα των σωληνώσεων που παράγονται εκεί μέσω της δραστηριότητας FABRICATE PIPE SPOOL AC1/3.

#### 3011 PIPE - SUPPORTS FABRICATION

Ομοίως με πριν, στο fabrication shop κατασκευάζονται και τα στηρίγματα για την εγκατάσταση των σωληνώσεων. Σκοπός τους είναι να εδράζονται πάνω τους οι σωληνώσεις ώστε να μη δημιουργούνται χτυπήματα και άλλοι μικροτραυματισμοί σε αυτές. Η μάζα των στηριγμάτων μετράται με αυτόν τον πόρο.

#### 3020 PIPE – ERECTION

Είναι ο πόρος που δίνει τους τόνους – ευθύγραμμων και μη – σωληνώσεων που ανεγείρονται.

#### 3021 PIPE - SUPPORTS ERECTION

Είναι ο πόρος που αναφέρεται στις δραστηριότητες για την τοποθέτηση των στηριγμάτων που κατασκευάστηκαν στο fabrication shop.

#### 3040 PIPE – HYDROTESTING

Μετά την τοποθέτηση και συγκόλληση των σωληνώσεων στις προγραμματισμένες θέσεις τους, αυτές φράζονται και γεμίζονται με νερό ή κάποιο άλλο υγρό, ώστε να ελεγχθούν ως προς διαρροές. Οι ώρες που απαιτούνται για αυτούς τους ελέγχους καταγράφονται με αυτόν τον πόρο.

#### 5010 EQUIP – ERECTION

Είναι ο πόρος που μετράει τις ώρες που πρέπει να δαπανηθούν για τη σωστή και ολοκληρωμένη εγκατάσταση κάθε εξαρτήματος, από τους μεγάλους αντιδραστήρες έως τους διάφορους εναλλάκτες θερμότητας.

#### 7010 ELECTRICAL

Είναι οι ώρες που δαπανώνται από τους εργαζόμενους στο ηλεκτρολογικό τμήμα για την εγκατάσταση των αγωγών (πχ INSTALL CABLE TRAYS & CONDUITS AC32) και των ηλεκτρονικών στοιχείων ανά περιοχή (πχ INSTALL ELECTRICAL LOCAL EQUIP AC33).

#### 8010 INSTRUMENT

Με αυτό τον πόρο καταγράφονται οι ώρες εργασίας της ομάδας που ασχολείται με την εγκατάσταση των διαφόρων μικρών εξαρτημάτων και μετρητικών συσκευών, όπως είναι μανόμετρα, τηλέφωνα ανάγκης, οπτικές ίνες κτλ.

#### 9010 PAINTING

Αφορά τις ώρες εργασίας για τη βαφή των συγκολλητών τμημάτων των σωληνώσεων που παράγονται στο fabrication shop, από τη μία, και τη βαφή διαφόρων ατελειών μετά την εγκατάσταση, από την άλλη.

Το συνολικό κόστος στην κατασκευή προκύπτει ως το άθροισμα πολλών διαφορετικών προσθετών. Κάποιοι από αυτούς παραμένουν αμετάβλητοι με τις αλλαγές στον προγραμματισμό, όπως είναι το διοικητικό κόστος. Επειδή το μεταβλητό κόστος της κατασκευής μεγάλων έργων αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι του συνολικού κόστους και εξαρτάται κυρίως από τις εργατοώρες που ξοδεύονται και άρα το εργατικό δυναμικό που απασχολείται ανά χρονική περίοδο, είναι προτιμότερο

οι πόροι να παρουσιάζονται σε μορφή μετρήσιμη σε εργατοώρες. Ένα παράδειγμα είναι ο πόρος 8010, που θα μπορούσε να οριστεί έτσι ώστε να έχει μονάδα μέτρησης τον αριθμό των οργάνων που θα εγκατασταθούν. Προτιμάται όμως να οριστεί ως ώρες εργασίας του συνεργείου, μορφή που είναι απλούστερη και πιο εύχρηστη για τον υπολογισμό του εργατικού δυναμικού ανά μήνα ή συνολικά.

Κάποιοι πόροι δεν μπορούν να οριστούν ως προς τις ώρες εργασίας που απαιτούν, επειδή εκφράζουν σημαντικές πληροφορίες για το έργο ή επειδή αποτελούν παραγγελία σε άλλη εταιρεία, όπως ο πόρος 1010, που αφορά στο τσιμέντο που θα χρησιμοποιηθεί και ο πόρος 2010, που αφορά το βάρος των σιδερένιων κατασκευών που έχει παραγγελθεί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το κόστος σε εργατοώρες προκύπτει ως συνάρτηση της ποσότητας με την εφαρμογή εμπειρικών στοιχείων από παλιότερα έργα, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Έτσι, για τον πόρο 1010 CIVIL – CONCRETE, ισχύει ότι κάθε κυβικό μέτρο τσιμέντου που παράγεται, απαιτεί συγκεκριμένο αριθμό ωρών εργασίας ανάλογα τη χρήση που θα έχει. Έτσι, για την κατασκευή των δρόμων απαιτούνται 12 ώρες εργασίας ανά κυβικό μέτρο. Για την κατασκευή των πλάγιων συνδέσμων (bending moments) απαιτούνται 30 ώρες ανά κυβικό μέτρο, ενώ αντίστοιχα των προκατασκευασμένων τμημάτων, που θέλουν ειδική επεξεργασία για να αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, απαιτούνται 53 ώρες ανά τόνο.

Ομοίως, για τον 2010, η εγκατάσταση κάθε τόνου ατσαλιού απαιτεί περίπου 66,67 εργατοώρες.

Πιο σύνθετοι είναι οι υπολογισμοί για τους πόρους που αφορούν τις σωληνώσεις, καθώς υπάρχουν μεγάλες διαφορές, τόσο σύμφωνα με τη διατομή όσο και με τη χρήση που θα έχουν. Άλλου είδους εργασία απαιτείται για τις σωληνώσεις μεγάλης διατομής (L.B. – Large Bore) σε σχέση με αυτές με μικρή διατομή (S.B. – Small Bore) και άλλου είδους επεξεργασία οι σωληνώσεις που θα τοποθετηθούν επί των φορέων τους (Straight Run Pipe), σε σχέση με αυτές που συνδέονται με τα διάφορα εξαρτήματα (Equipment Pipe). Αντίστοιχη είναι και η διάκριση για τα στηρίγματα τους. [\*]

[\*] Για απλοποίηση των υπολογισμών και του δικτύου, θεωρήθηκε ότι μπορούν όλες οι σωληνώσεις να αντιμετωπιστούν σαν να είναι ανεξάρτητη η κατασκευή και η τοποθέτησή τους από το υλικό. Στην πραγματικότητα υπάγονται σε επιπλέον διακρίσεις, όπως σε ανθρακούχο χάλυβα (Carbon Steel), ανοξείδωτο χάλυβα (Stainless Steel) και κράμα χάλυβα (Alloy Steel).

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

STRAIGHT RUN PIPE		EQUIPMENT PIPE	
L.B.	S.B.	L.B.	S.B.
1 06 HRS/TON	1306 HRS/TON	154 HRS/TON	1355 HRS/TON
RACK PIPE SUPPORTS		EQUIPMENT PIPE SUPPORTS	
159 HRS/TON		236 HRS/TON	

Πίνακας 6.1: Οι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των εργατοωρών που απαιτούνται για την εγκατάσταση των σωληνώσεων και των υποστηριγμάτων τους

Ύστερα από τους παραπάνω υπολογισμούς για κάθε μία από τις δραστηριότητες για την κατασκευή του έργου, προκύπτει το σύνολο των ωρών απασχόλησης του εργατικού δυναμικού για το κάθε γενικό είδος εργασίας (Discipline) και για ολόκληρο το έργο.

DISCIPLINE		MANHOURS	TOTAL MANHOURS	PERCENTAGE
CIVIL	EARTHWORKS	69.832	830.134	13%
	CONCRETE	546.294		
	MISCELLANEOUS	72.394		
	UG GRAVITY PIPES	141.614		
STEEL		403.000	403.000	7%
EQUIPMENT		268.618	268.618	4%
PIPING	FABRICATION	901.352	2.852.341	46%
	ABOVE GROUND	1.929.307		
	UNDER GROUND	21.682		
PAINTING		206.000	206.000	3%
INSULATION		480.000	480.000	8%
PRECOMMISSION & COMMISSION		209.963	209.963	3%
ELECTRICAL		190.000	190.000	3%
INSTRUMENT		310.000	310.000	5%
BUILDINGS		429.836	429.836	7%
SUM		6.179.892		100%

Πίνακας 6.2: Κατανομή εργατοωρών σε κάθε είδος δραστηριοτήτων

### ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΡΓΑΤΟ-ΩΡΩΝ



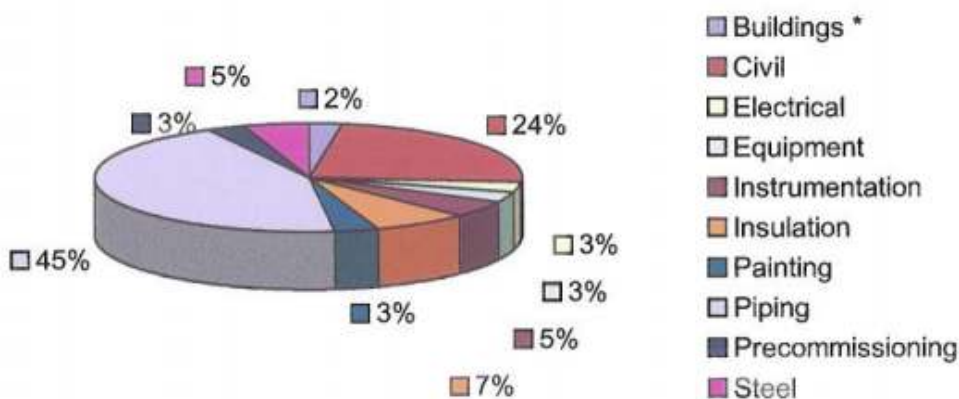
Σχήμα 6.4: Η κατανομή των εργατοωρών σε μορφή κυκλικού διαγράμματος

Τα παραπάνω στοιχεία του πίνακα 6.2 πρέπει να συγκριθούν με το θεωρητικό μοντέλο που έχει προκύψει από παλιότερα έργα στον κλάδο της κατασκευής διυλιστηρίων.

Το εμπειρικό μοντέλο, που έχει αναπτυχθεί από ολοκληρωμένα έργα, δίνει κατανομή για τις εργατοώρες ως εξής:

#### Discipline Percentage

Buildings *	2%
Civil	24%
Electrical	3%
Equipment	3%
Instrumentation	5%
Insulation	7%
Painting	3%
Piping	44%
Precommissioning	3%
Steel	5%



Σχήμα 6.5: Θεωρητικό μοντέλο κατανομής των εργατοωρών

Είδος εργασιών	Προγραμματισμένο ποσοστό	Ενδεικτικές τιμές
CIVIL	13%	24%
STEEL	7%	5%
EQUIPMENT	4%	3%
PIPING	46%	44%
PAINTING	3%	3%
INSULATE	8%	7%
PRECOMMISSION	3%	3%
ELECTRICAL	3%	3%
INSTRUMENTATION	5%	5%
BUILDINGS	7%	3%

Πίνακας 6.3: Συγκριτική παρουσίαση της κατανομής των εργατωρών

### 6.3 Δημιουργία δικτύου

Για την οργάνωση του δικτύου των δραστηριοτήτων, σύμφωνα με τη μελέτη και τις ημερομηνίες παράδοσης, αφετηρία αποτελεί προγραμματισμός της εγκατάστασης των εξαρτημάτων και ιδιαίτερα των βαρύτερων από αυτά. Αυτό ισχύει επειδή η φύλαξη και η τοποθέτησή τους είναι πολύ δαπανηρή και επικίνδυνη. Για την αποθήκευση, απαιτείται η δημιουργία ειδικών χώρων φύλαξης, με σωστή θερμοκρασία, συνεχή φύλαξη και αυξημένο κόστος συντήρησης και μεταφοράς από το σημείο παράδοσης στο σημείο αποθήκευσης μέχρι, τέλος, στο σημείο εγκατάστασής τους.

Η τοποθέτησή τους χρειάζεται τη χρήση ειδικών γερανών όπως αυτός του σχήματος 6.3 και άλλων ανυψωτικών μηχανών, μεγάλου κυβισμού και μεγάλης γεωμετρίας ώστε να ανταπεξέρχονται στο βάρος και το ύψος των αντιδραστήρων. Η μίσθωση αυτών των μηχανημάτων είναι πολύ ακριβή και για αυτό κατά των προγραμματισμό πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε κατά την παραμονή τους στο εργοτάξιο, αυτά να απασχολούνται στο μέγιστο δυνατό βαθμό και άρα να μισθώνονται για μικρότερο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 6.6: Γερανός ανύψωσης μεγάλων φορτίων (κόκκινος) και βοηθητικός γερανός για την κατακόρυφη ευθυγράμμιση του φορτίου (κίτρινος)

Πρώτη, λοιπόν, μέριμνα κατά των προγραμματισμό είναι η τοποθέτηση σχέσεων λήξης – έναρξης μεταξύ των δραστηριοτήτων για την εγκατάσταση των βαρέων

εξαρτημάτων και η τοποθέτηση χρονικών περιορισμών (constraints) που προκύπτουν από τις ημερομηνίες παράδοσής τους στο εργοτάξιο.

Τα εξαρτήματα αυτά δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΒΑΡΟΣ (kg)	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
1E-1111A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1750
1E-1111B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1112A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1760
1E-1112B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1113A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1770
1E-1113B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1114A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1780
1E-1114B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1115A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1790
1E-1115B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1116A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1800
1E-1116B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1117A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1810
1E-1117B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1118A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1820
1E-1118B	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1E-1119A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	CN1830
1E-1119A	Ψύκτης συνθετικού αερίου με νερό	103000	
1R-1111	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1660
1R-1112	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1670
1R-1113	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1680
1R-1114	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1690
1R-1115	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1700
1R-1116	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1710
1R-1117	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1720
1R-1118	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1730
1R-1119	Αντιδραστήρας εξαέρωσης	151900	CN1740
1R-1131	Αντιδραστήρας υδρογόνωσης	163300	CN1000
1R-1132A	Αντιδραστήρας απομάκρυνσης θείου	180350	CN1010
1R-1132B	Αντιδραστήρας απομάκρυνσης θείου	180350	
1R-1141	Αντιδραστήρας υδρογόνωσης	163300	CN1020
1R-1142A	Αντιδραστήρας απομάκρυνσης θείου	180350	CN1030
1R-1142B	Αντιδραστήρας απομάκρυνσης θείου	180350	

Πίνακας 6.4: Λίστα των μηχανολογικών εξαρτημάτων μεγάλου βάρους και των δραστηριοτήτων εγκατάστασής τους.

Η εγκατάσταση αυτών αποτελεί πολύ βασικό παράγοντα για το κόστος της κατασκευής. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται καθώς και το ειδικευμένο προσωπικό, που αναλαμβάνει την οδήγησή του, κοστίζουν ακριβά και για αυτό το λόγο πρέπει να απασχολούνται όσο δυνατό περισσότερο και για λιγότερες μέρες. Αυτό καλύπτεται στον προγραμματισμό με τη συνθήκη ότι η εκτέλεση των δραστηριοτήτων εγκατάστασής τους συνδέονται με σχέσεις έναρξης – λήξης και δεν οδηγούνται από άλλες δραστηριότητες που συνδέονται με αυτές.

Activity ID	Activity Description	Orig Dur	2012					2013									
			J	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
<b>Equipment Setting</b>																	
CN1010	1R-1132AB DESULPHURISATION REACTOR	14							14MAR13*			30MAR13					
CN1000	1R-1131 SGP HYDROGENATION REACTOR	7							31MAR13			07APR13					
CN1030	1R-1142AB DESULPHURISATION REACTOR	19							08APR13			29APR13					
CN1020	1R-1141 SGP HYDROGENATION REACTOR	8							30APR13			08MAY13					
<b>AC34</b>																	
<b>Equipment</b>																	
<b>Equipment Setting</b>																	
CN1750	1E-1111AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							02FEB13*			20FEB13					
CN1760	1E-1112AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							21FEB13			12MAR13					
CN1770	1E-1113AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							13MAR13			01APR13					
CN1660	1R-1111 GASIFICATION REACTOR	17							02FEB13			20FEB13					
CN1670	1R-1112 GASIFICATION REACTOR	17							21FEB13			12MAR13					
CN1680	1R-1113 GASIFICATION REACTOR	17							13MAR13			01APR13					
<b>AC36</b>																	
<b>Equipment</b>																	
<b>Equipment Setting</b>																	
CN1780	1E-1114AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							02APR13			21APR13					
CN1790	1E-1115AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							22APR13			11MAY13					
CN1800	1E-1116AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							12MAY13			30MAY13					
CN1690	1R-1114 GASIFICATION REACTOR	17							02APR13			21APR13					
CN1700	1R-1115 GASIFICATION REACTOR	17							22APR13			11MAY13					
CN1710	1R-1116 GASIFICATION REACTOR	17							12MAY13			30MAY13					
<b>AC38</b>																	
<b>Equipment</b>																	
<b>Equipment Setting</b>																	
CN1810	1E-1117AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							01JUN13			19JUN13					
CN1820	1E-1118AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							20JUN13			09JUL13					
CN1830	1E-1119AB SYNGAS EFFLUENT COOLER	17							10JUL13			29JUL13					
CN1720	1R-1117 GASIFICATION REACTOR	17							01JUN13			19JUN13					
CN1730	1R-1118 GASIFICATION REACTOR	17							20JUN13			09JUL13					
CN1740	1R-1119 GASIFICATION REACTOR	17							10JUL13			29JUL13					

Σχήμα 6.7: Δραστηριότητες εγκατάστασης του μηχανολογικού εξοπλισμού μεγάλου βάρους

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.7, η εγκατάστασή τους γίνεται από δύο ομάδες εργασίας, που δουλεύουν παράλληλα μεταξύ τους και καλύπτουν τις περιοχές AC34, AC36, AC38. Μία τρίτη ομάδα αναλαμβάνει την εγκατάσταση των αντιδραστήρων στην περιοχή AC32. Με αυτό τον τρόπο, η τοποθέτηση όλου του βαρέως εξοπλισμού γίνεται σε διάστημα έξι μηνών και συγκεκριμένα από 2 Φεβρουαρίου μέχρι 29 Ιουλίου 2013. Οι παραπάνω ημερομηνίες δεν είναι οι μόνες αποδεκτές. Η μετακίνησή τους, σύμφωνα με τους περιορισμούς από την παράδοση και την αποθήκευση του εξοπλισμού, είναι αποδεκτή αρκεί να μην διακόπτεται η συνεχόμενη απασχόληση των αντίστοιχων ομάδων εργασίας.

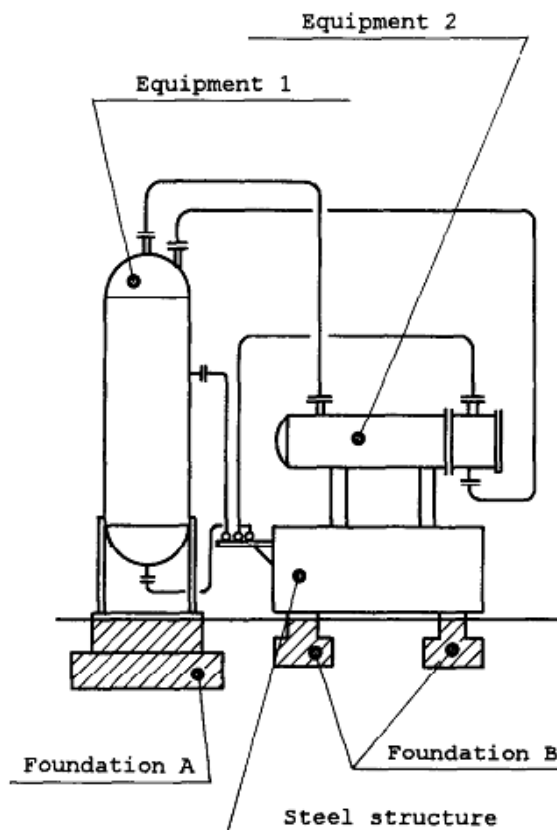
Με αφετηρία τα παραπάνω, γίνεται και ο προγραμματισμός της εγκατάστασης του υπόλοιπου εξοπλισμού στις περιοχές AC31 έως AC39, με τέτοιο τρόπο που να μην δημιουργούνται συγκρούσεις μεταξύ δραστηριοτήτων, να μην παρεμποδίζεται δηλαδή η διεκπεραίωση των προηγούμενων διαδικασιών.

Στην περιοχή AC11, το σύνολο του εξοπλισμού είναι εναλλάκτες θερμότητας για τη ψύξη των σωληνώσεων που μεταφέρει ο κεντρικός φορέας και βρίσκονται πάνω από τους ατσάλινους φορείς. Για αυτό το λόγο, η τοποθέτησή τους καθορίζεται από τις ημερομηνίες παράδοσής τους και την εγκατάσταση των σωληνώσεων.

Για την εγκατάσταση των εξαρτημάτων αυτών πρέπει να έχει προηγηθεί η εγκατάσταση των απαραίτητων θεμελίων όπου θα τοποθετηθούν. Τα εξαρτήματα μπορούν να εδραστούν σε τρία είδη εδράσεων:

1. πάνω σε ατσάλινες κατασκευές
2. πάνω σε τσιμεντένια θεμέλια

3. πάνω σε άλλα εξαρτήματα  
Στο έργο που έχει επιλεγεί εμφανίζονται μόνο οι δύο πρώτες περιπτώσεις.

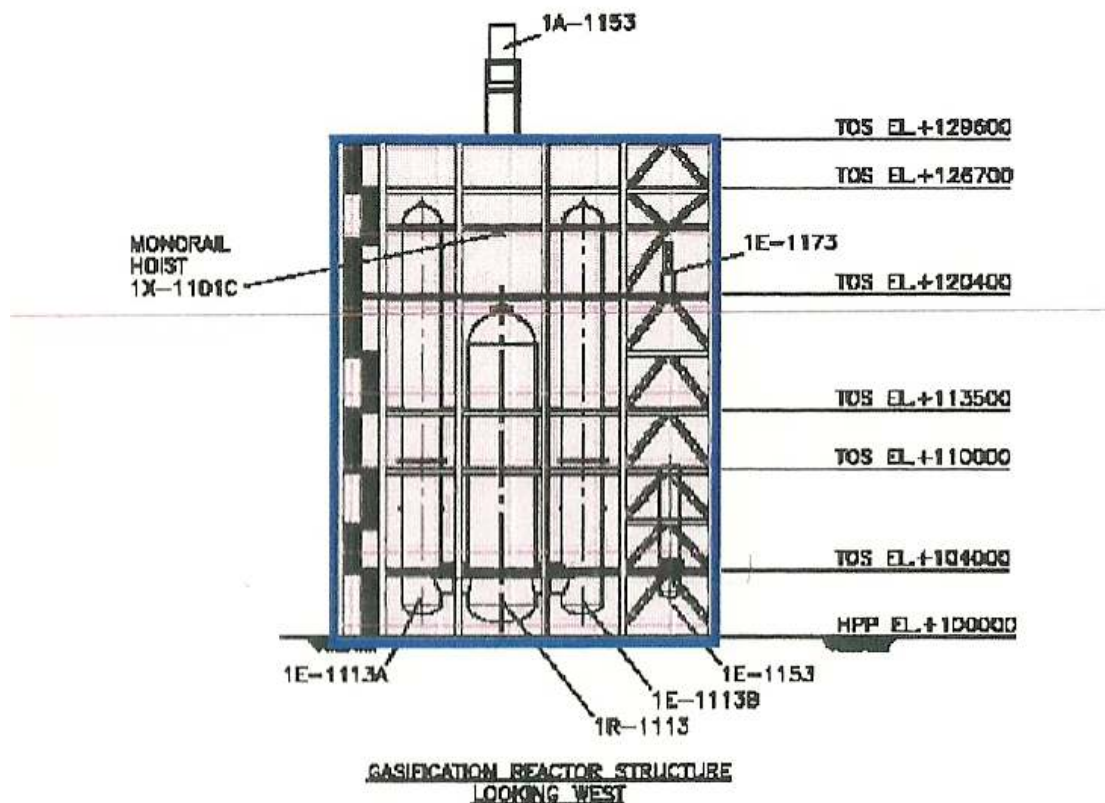


Σχήμα 6.8: Είδη εδράσεων μηχανολογικού εξοπλισμού

Στο παραπάνω σχήμα, το equipment 1 εδράζεται απευθείας σε μία τσιμεντένια βάση (foundation A), ενώ το equipment 2 εδράζεται σε μία σιδερένια βάση (steel structure). Υποχρεωτικά, κάθε στήριξη ξεκινάει από μία τσιμεντένια βάση, για αυτό και η σιδερένια βάση του σχήματος καταλήγει σε τσιμεντένια θεμέλια (foundation B).

Στη συνέχεια, καθορίζεται η τοποθέτηση των ασάλινων κατασκευών που είναι είτε θεμέλια για τον εξοπλισμό, είτε φορείς σωληνώσεων. Η τοποθέτησή τους και η διαπλοκή τους με τις δραστηριότητες που αφορούν τον εξοπλισμό καθορίζεται από τον αναμενόμενο χρόνο παράδοσης και από τη συναρμογή που πιθανό να πρέπει να γίνει με διάφορα εξαρτήματα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

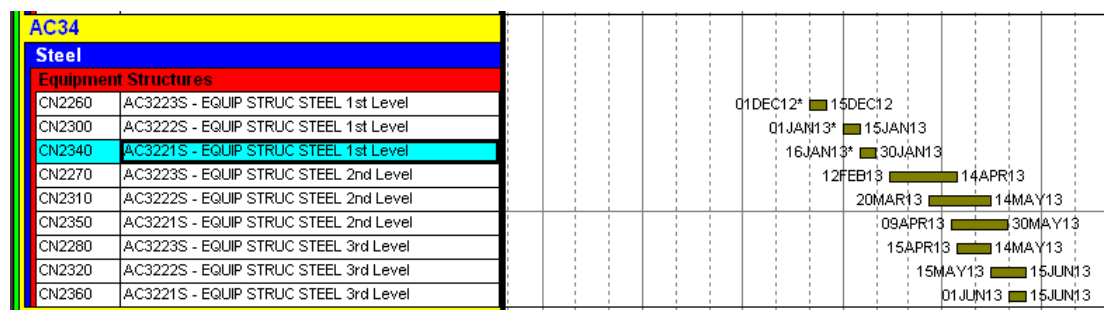




Σχήμα 6.9: Ατσάλινη κατασκευή για τη στήριξη των αντιδραστήρων

Στο σχήμα 6.9 παρουσιάζεται η μορφή που έχουν τα ατσάλινα θεμέλια για τη στήριξη των αντιδραστήρων. Το μπλε περίγραμμα δείχνει τα όρια της κατασκευής. Οι αντιδραστήρες και τα άλλα στοιχεία του εξοπλισμού που υποστηρίζονται από αυτά επισημαίνονται με τους κωδικούς τους.

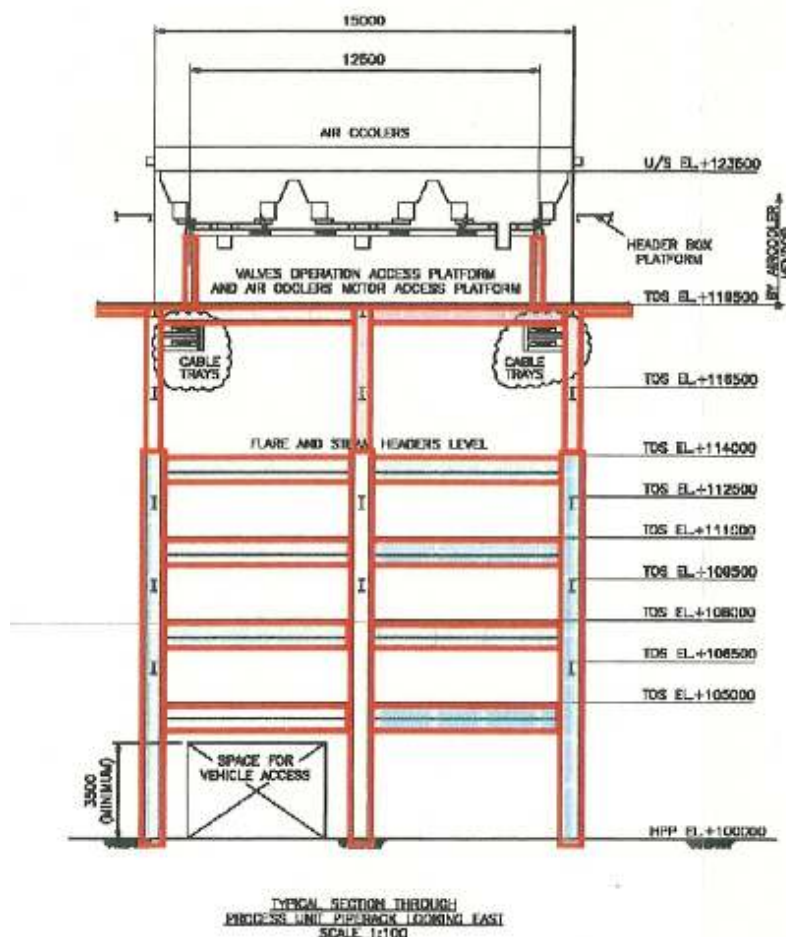
Για την εγκατάσταση των αντιδραστήρων εντός των ατσάλινων θεμελίων και των άλλων στοιχείων του εξοπλισμού στις θέσεις που υποδεικνύονται, επιλέγεται η τοποθέτησή τους σε τρία στάδια, όπως φαίνεται και παρακάτω.



Σχήμα 6.10: Δραστηριότητες για την εγκατάσταση των ατσάλινων στηριγμάτων

Η δραστηριότητα CN2340, που υποδεικνύεται με μπλε παραπάνω, είναι η αρχή της ακολουθίας των δραστηριοτήτων για την τοποθέτηση του εξοπλισμού που παρουσιάζεται στο προηγούμενο σχήμα. Έτσι, μετά την ολοκλήρωση της

εγκατάστασης του πρώτου επιπέδου των ατσάλινων θεμελίων, μπορεί να γίνει η εγκατάσταση των εξαρτημάτων που βρίσκονται στη βάση όπως τα 1R-1113 και 1E-1113B. Στη συνέχεια, ξεκινάει η τοποθέτηση του δεύτερου επιπέδου των θεμελίων. Η ολοκλήρωσή του αποτελεί προϋπόθεση για τον τερματισμό της τοποθέτησης του 1E-1173 και για την έναρξη του τρίτου επιπέδου. Τελικά, αφού τοποθετηθούν ολόκληρα τα ατσάλινα θεμέλια ξεκινούν οι δραστηριότητες για τα 1A-1153 και 1X-1101C. Αντίστοιχα για τους ατσάλινους φορείς δίνεται η παρακάτω μορφή:



Σχήμα 6.11: Ο κύριος ατσάλινος φορέας της περιοχής AC1

Στο σχήμα 6.11, παρουσιάζεται ο κύριος φορέας των σωληνώσεων της περιοχής AC11 σε πλάγια όψη.

Με κόκκινο περίγραμμα σημαδεύονται τα ατσάλινα στοιχεία του φορέα. Ανάλογα με το χρώμα στο εσωτερικό αλλάζει και η επεξεργασία του. Έτσι, με ροζ χρώμα υποδεικνύεται η τοποθέτηση απλών ατσάλινων ράβδων και με γαλάζιο η τοποθέτηση ράβδων ατσαλιού ενισχυμένων με τσιμέντο. Η τοποθέτηση ενισχυμένων ατσάλινων ράβδων επιλέγεται για την προφύλαξη του φορέα από υψηλές θερμοκρασίες λόγω φωτιάς ή διαρροής ατμού. Αυτή η επιλογή, αν και αυξάνει κατά πολύ το κόστος της εγκατάστασης των φορέων, αποτελεί έναν τρόπο αντιμετώπισης του κινδύνου αυτού, που, αλλιώς, θα μπορούσε να καταστρέψει το φορέα, τις σωληνώσεις, τα καλώδια και τα μηχανήματα που βρίσκονται επί αυτού.

Επιπλέον, στο σχήμα παρουσιάζονται οι θήκες για τα καλώδια (cable trays) και οι εναλλάκτες θερμότητας που βρίσκονται πάνω από την ατσάλινη κατασκευή.

Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, μπορούν πλέον να οριστούν οι σχέσεις για τις δραστηριότητες που αφορούν την κατασκευή και εγκατάσταση των τσιμεντένιων θεμελίων.



Σχήμα 6.12: Ολοκλήρωση τμήματος των θεμελίων για τον κλίβανο 1 της AC31

Όπως φαίνεται από τη ροή των εργασιών μέχρι τώρα, σε αυτό το κομμάτι του προγραμματισμού η πορεία της ανάπτυξης του δικτύου είναι αντίστροφη από αυτή που ακολουθείται κατά την κατασκευή.

Αυτό ενδέχεται να οδηγήσει σε σφάλματα, τα οποία μπορεί να φανούν αμέσως (πχ προγραμματισμένη εκκίνηση των εργασιών σε μήνα με αρνητικό αύξοντα αριθμό), ή να εμφανιστούν πρώτη φορά κατά την εκτέλεση των εργασιών στο εργοτάξιο (πχ ανεπαρκή σχέδια), προκαλώντας έτσι μεγάλα κόστη και καθυστερήσεις. Έχουν, λοιπόν, αναπτυχθεί εμπειρικά στοιχεία που βοηθούν τον προγραμματιστή να συμπεριλάβει στην εργασία του διάφορους κινδύνους και περιορισμούς, μειώνοντας έτσι τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν σε αυτή τη φάση. Παραδείγματα των στοιχείων αυτών είναι ότι η έναρξη της εγκατάστασης του εξοπλισμού πρέπει να ξεκινάει μετά τον 16<sup>ο</sup> μήνα του σχεδίου και η έναρξη της κατασκευής των τσιμεντένιων θεμελίων μετά τον 8<sup>ο</sup> μήνα, ώστε να είναι έτοιμα τα διάφορα κατασκευαστικά σχέδια που θα χρειαστούν και να βρίσκονται στο εργοτάξιο τα μηχανήματα και οι υπεύθυνοι που απαιτούνται.

Έχοντας ολοκληρώσει τον κύριο όγκο των δραστηριοτήτων που βρίσκονται αριστερά της εγκατάστασης των Equipment στον χρονικό άξονα, ο προγραμματισμός συνεχίζει προς τα δεξιά επί του άξονα του χρόνου.

Με βάση τις ημερομηνίες των ατσάλινων φορέων, ορίζεται η εγκατάσταση των σωληνώσεων που βρίσκονται επί αυτών. Αυτή η διαδικασία αποτελεί μία από τις σημαντικότερες για την ολοκλήρωση του έργου, λόγω του μεγέθους και της

πολυπλοκότητάς της. Οι σωληνώσεις αυτές από τη μία μεριά συνδέονται με τον κεντρικό φορέα (Main Rack) της περιοχής AC11 και από την άλλη με τις σωληνώσεις που καταλήγουν στα διάφορα στοιχεία του εγκαταστημένου εξοπλισμού. Για αυτό το λόγο η έναρξη τους καθορίζεται από την έναρξη και πρόοδο της εγκατάστασης των σωληνώσεων στην AC11 (δραστηριότητα CN3500 L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1) και καθορίζει αντίστοιχα την εγκατάσταση των σωληνώσεων του εξοπλισμού (equipment pipe) στην περιοχή της. Φυσικά, στις περιοχές που δεν υπάρχουν pipe rack οι σωληνώσεις συνδέονται με αυτό της πλησιέστερης περιοχής, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα μεταξύ της AC34 και AC33.

Predecessors				
Activity ID	Rel	Lag	TF	Description
CN2700	FF	52	137	AC3131S PIPE RACK
CN2710	FS	0	114	AC3132S PIPE RACK
CN2720	FS	0	114	AC3133S PIPE RACK
CN2730	FS	0	114	AC3134S PIPE RACK
CN3500	*SS	105		OL.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1
CN4190	SS	78	33	FABRICATE PIPE SPOOL AC1/3
CN4280	SS	6	144	INSTALL RACK PIPE SUPPORTS AC33
CN4280	FF	18	144	INSTALL RACK PIPE SUPPORTS AC33

Successors				
Activity ID	Rel	Lag	TF	Description
CN3570	SS	12		50'S.B. STRAIGHT RUN PIPE AC33
CN3570	*FF	26		50'S.B. STRAIGHT RUN PIPE AC33
CN3580	*FF	39		43'HYDROTEST RACK PIPE AC33
CN3710	*SS	78		32'L.B. EQUIP PIPE AC33
CN3710	FF	39		32'L.B. EQUIP PIPE AC33
CN3740	*SS	65		2'L.B. EQUIP PIPE AC34
CN4070	*FS	0	15	INSTALL CABLE TRAYS & CONDUITS AC33
CN6330	SS	82	77	INSTALL IN LINE INSTRUMENTATION AC33

Σχήμα 6.13: Οι προκάτοχοι και διάδοχοι της δραστηριότητας CN3560

Στο παράθυρο Predecessors του σχήματος 6.13 εμφανίζονται οι σχέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται για την έναρξη και λήξη της δραστηριότητας που έχει επιλεγεί. Οι σχέσεις που επισημαίνονται με αστερίσκο από το Primavera είναι οι σχέσεις που ικανοποιούνται οριακά.

Η έναρξη, λοιπόν, της δραστηριότητας CN3560 έπεται:

1. της ολοκλήρωσης της εγκατάστασης των φορέων AC3132S-34S
2. κατά 105 ημέρες της έναρξης της τοποθέτησης των σωληνώσεων μεγάλης διαμέτρου στο βασικό φορέα
3. κατά 78 ημέρες της έναρξης της κατασκευής των συνδέσεων των σωληνώσεων από το fabrication shop
4. κατά 6 ημέρες της εγκατάστασης των υποστηριγμάτων που προορίζονται για αυτήν την περιοχή

Αντίστοιχα, η λήξη της πρέπει να έπεται:

1. κατά 52 ημέρες της λήξης της εγκατάστασης του ασάλινου φορέα AC3131S
2. κατά 18 ημέρες της λήξης της τοποθέτησης των υποστηριγμάτων της περιοχής AC33

Από την άλλη μεριά, η έναρξη της δραστηριότητας CN3560 οδηγεί:

1. την έναρξη της εγκατάστασης των σωληνώσεων μικρής διαμέτρου που βρίσκονται επί του φορέα μετά από 12 ημέρες
2. την έναρξη της τοποθέτησης των σωληνώσεων μεγάλης διαμέτρου που συνδέονται με τα εξαρτήματα μετά από 78 ημέρες
3. ομοίως για την υποπεριοχή AC34 μετά από 65 ημέρες
4. την εγκατάσταση των μετρητικών και άλλων οργάνων που βρίσκονται επί των σωληνώσεων μετά από 82 ημέρες

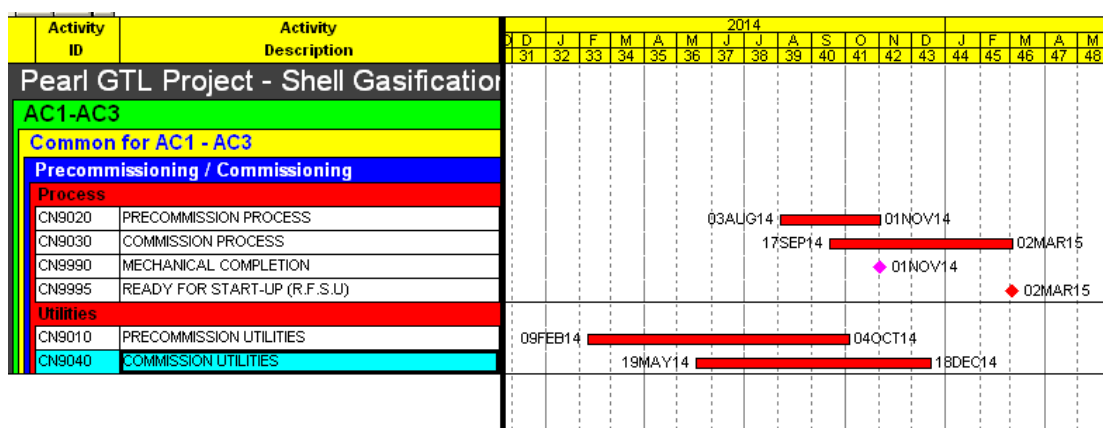
Τέλος, η λήξη της καθορίζει:

1. τη λήξη της εγκατάστασης των σωληνώσεων μικρής διαμέτρου που βρίσκονται επί του φορέα μετά από 26 ημέρες
2. τη λήξη του ελέγχου για διαρροές (HYDROTEST) μετά από 39 ημέρες
3. τη λήξη της τοποθέτησης των σωληνώσεων μεγάλης διαμέτρου που συνδέονται με τα εξαρτήματα μετά από 39 ημέρες
4. την έναρξη της τοποθέτησης των σχαρών για τα καλώδια και των αγωγών στην υποπεριοχή AC33

Οι χρονικές καθυστερήσεις, που έχουν επιλεγεί, βοηθούν στην οργάνωση του δικτύου με ορθολογικό τρόπο, αλλά δεν είναι δεσμευτικές, καθώς συνήθως αφήνουν ελεύθερα χρονικά διαστήματα. Είναι, λοιπόν, στην ευχέρεια του διαχειριστή του έργου να προβεί σε διορθώσεις ώστε να βελτιστοποιήσει το δίκτυο που προκύπτει, σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί.

Η εγκατάσταση των σωληνώσεων αποτελεί και το τελευταίο μεγάλο πακέτο εργασιών που καθορίζουν την εξέλιξη του έργου, μέχρι την έναρξη των δραστηριοτήτων για τον τερματισμό του έργου. Αυτό ισχύει επειδή οι δραστηριότητες που έπονται είναι μικρές σε φόρτο εργασίας και πιο ευέλικτες στην υλοποίησή τους. Ενδεικτικά, είναι δραστηριότητες για τη μόνωση των σωληνώσεων, την εγκατάσταση μετρητικών οργάνων, τον έλεγχο της σωστής σύνδεσης των ηλεκτρικών καλωδίων κτλ.

Αυτές οι δραστηριότητες οδηγούν το τελευταίο στάδιο εργασιών, την προετοιμασία του τερματισμού του έργου και τον έλεγχο του από την ιδιοκτήτρια εταιρεία. Οι δραστηριότητες και τα ορόσημα αυτά παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα του σχήματος 6.14:



Σχήμα 6.14: Οι δραστηριότητες για τον τερματισμό και την παράδοση του έργου στην ιδιοκτήτρια εταιρεία

Οι δραστηριότητες CN9030 και CN9040 πραγματοποιούνται από ειδικό συνεργείο, σταλμένο από την ιδιοκτήτρια εταιρεία, με επικουρική συμμετοχή εργαζομένων από τους εργολάβους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι, παρά τη μεγάλη διάρκειά τους, επιβαρύνουν ελάχιστα τον προϋπολογισμό του έργου.

Τα ορόσημα που χρησιμοποιούνται σηματοδοτούν τα εξής πράγματα:

- **MECHANICAL COMPLETION:** τη λήξη όλων των εργασιών για την κατασκευή της εγκατάστασης. Μετά από αυτό το ορόσημο όλες οι δραστηριότητες είναι δραστηριότητες ελέγχου και επιδιορθώσεων, εάν

παρατηρηθεί ότι παραβιάζονται τα πρότυπα που ακολουθήθηκαν ή συμφωνήθηκαν κατά την ανάθεση του έργου.

- **READY FOR START-UP (R.F.S.U.):** τη λήξη όλων των εργασιών – κατασκευής και ελέγχου – και άρα και τη λήξη του έργου. Η εγκατάσταση μπορεί να τεθεί σε κανονική και πλήρη λειτουργία, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της.

Στη συνέχεια, γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις ώστε η ημερομηνία λήξης του χρονικού προγραμματισμού να ταυτίζεται με την ημερομηνία που έχει συμφωνηθεί κατά την ανάθεση του έργου.

Φυσικά, με τη διόρθωση αυτών των δραστηριοτήτων δεν έχει τελειώσει ακόμη η διαδικασία διαμόρφωσης του δικτύου εργασιών. Αυτό ισχύει επειδή τα περιθώρια και οι διάρκειες έχουν οριστεί από πριν και είτε παραβιάζουν στοιχεία και δεσμεύσεις που υπάρχουν στο συμβόλαιο ανάθεσης του έργου, είτε δεν αντιστοιχούν ακόμη σε ρεαλιστικές ή συμφέρουσες προβλέψεις.

Το δίκτυο στη μορφή που έχει σε αυτό το στάδιο μπορεί να μην ανταποκρίνεται σε υλοποιήσιμο ή συμφέρον πλάνο για λόγους όπως:

1. η προγραμματισμένη πρόοδος έχει πολύ μεγάλη μηνιαία τιμή σε κάποια σημεία του κύκλου ζωής και άρα έχει πολύ υψηλό ρίσκο έναντι αποκλίσεων και καθυστερήσεων. Για την αποφυγή αποκλίσεων από το πλάνο, κάποιες δραστηριότητες μετακινούνται από τις πιο επιβαρημένες περιόδους σε άλλες, ώστε να εξομαλυνθεί το αντίστοιχο ιστόγραμμα.
2. η καμπύλη απασχόλησης εργατικού δυναμικού δεν ακολουθεί το θεωρητικό μοντέλο της κανονικής κατανομής και έχει έντονες διακυμάνσεις στους ενδιάμεσους μήνες. Αυτό αν δεν διορθωθεί, επιβάλλει τη συνεχή πρόσληψη και απόλυση εργατικού δυναμικού ή την πολύ χαμηλή αποδοτικότητά του ως προς το σύνολο του έργου. Για την αντιμετώπισή του, ο διαχειριστής του έργου οφείλει να προβεί σε βελτίωση του δικτύου, σε μετακίνηση δραστηριοτήτων ως προς το χρόνο εκτέλεσης, σε μεταβολή της διάρκειας άλλων ή και σε διαχωρισμό δραστηριοτήτων σε μικρότερες.
3. ο εκτιμώμενος αριθμός των εργαζομένων σε κάποιες δραστηριότητες δεν βρίσκεται εντός του εύρους που απαιτείται. Το πλήθος αυτό προκύπτει εάν διαιρεθούν οι εργατοώρες με τη διάρκεια και τις ώρες εργασίας την ημέρα, δηλαδή:

$$\text{πλήθος} = \frac{\text{απαιτούμενες εργατοώρες}}{\text{διάρκεια σε ημέρες} \cdot \text{ώρες εργασίας ανά ημέρα}}$$

Εάν η αρχικά ορισμένη διάρκεια είναι μικρή, ο αριθμός των εργαζομένων που θα απαιτείται θα είναι ίσως μεγαλύτερος από το μέγιστο πλήθος που μπορεί να απασχοληθεί αποδοτικά στην εργασία αυτή. Αντίστοιχα, εάν η διάρκεια είναι πολύ μεγάλη, το πλήθος που θα εξάγεται μπορεί να μην επαρκεί στην πραγματικότητα για το προχώρημα της εργασίας αυτής. Με βάση τα στοιχεία που έχουν εξαχθεί από παλαιότερα έργα, μπορεί να προσδιοριστεί το επιθυμητό εύρος τιμών για το πλήθος αυτό.

4. ο αριθμός των εργαζομένων που απασχολούνται ταυτόχρονα σε μία γεωγραφική περιοχή μπορεί να ξεπερνάει την οριακή τιμή του. Αυτό συμβαίνει εάν έχουν οριστεί υπερβολικά πολλές ή μεγάλες εργασίες, που διεξάγονται στην ίδια ή σε κοντινή γεωγραφική περιοχή, την ίδια χρονική περίοδο. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιφέρει καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση μερικών από αυτές ή ακόμα και φθορά ή καταστροφή των αποτελεσμάτων τους.

5. η κρίσιμη διαδρομή περιλαμβάνει δραστηριότητες που θα έπρεπε να βρίσκονται σε μη κρίσιμες διαδρομές. Το ίδιο ισχύει και για τις υποκρίσιμες διαδρομές που έχουν μικρή διαφορά στη διάρκεια τους ως προς την κρίσιμη.
6. η χρήση των πόρων προκαλεί πολύ μεγάλο κόστος, λόγω κακού προγραμματισμού και διαχείρισής τους. Για παράδειγμα, μπορεί να απαιτείται φύλαξη πολύ μεγάλης ποσότητας αποθεμάτων για μια σύντομη χρονική περίοδο. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για μεγάλους και ακριβούς χώρους φύλαξης, που θα παραμένουν ανεκμετάλλευτοι για το μεγαλύτερο μέρος του έργου. Με κατάλληλη αλλαγή στις παραγγελίες των αποθεμάτων, αυτό το κόστος μπορεί να μειωθεί δραστικά.
7. κάποιες δραστηριότητες έχουν υπερβολικά μεγάλο χρονικό περιθώριο για την έναρξή τους. Αυτό μπορεί να προκύψει από λάθη στην τοποθέτηση των περιορισμών και των σχέσεων, αλλά και από την ίδια τη μορφή του έργου. Για την επιδιόρθωση αυτού του προβλήματος, απομονώνονται οι δραστηριότητες αυτές και ελέγχονται ως προς τους περιορισμούς τους. Αν δεν βελτιωθεί το δίκτυο, μπορούν να οριστούν και νέοι περιορισμοί.
8. οι καμπύλες S της προόδου της κατασκευής, που αναφέρονται στη νωρίτερη και στην αργότερη έναρξη, έχουν μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση, οι περιορισμοί που έχουν τεθεί στα πρώτα στάδια προγραμματισμού και ανάπτυξης του δικτύου δεν είναι επαρκείς και πρέπει να εμπλουτιστούν με νέους. Η επιθυμητή απόσταση μεταξύ των αξόνων, μετρούμενη στον άξονα του χρόνου, είναι μεταξύ δύο και τριών μηνών.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, ο διαχειριστής του έργου οφείλει να εξετάσει τις δραστηριότητες, να προσδιορίσει ξανά τις διάρκειες και τις σχέσεις τους, να ορίσει νέους περιορισμούς για να αποφορτίσει συγκεκριμένες χρονικές περιόδους έναντι άλλων και, ενδεχομένως, να αλλάξει πλήρως κάποιες μεθόδους που έχουν επιλεγεί, ώστε το τελικό πλάνο να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις και να είναι οικονομικά συμφέρον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Μελέτη της τελικής μορφής των δικτύων

### 7.1 Μελέτη και σχολιασμός της βασικής περίπτωσης

Έχοντας εφαρμόσει όσα περιγράφονται παραπάνω, προκύπτει το αρχικό χρονοδιάγραμμα για την κατασκευή.

Από το δίκτυο που έχει δημιουργηθεί εξάγονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά στοιχεία για το έργο:

1. η κρίσιμη διαδρομή
2. το ραβδόγραμμα των εκτιμώμενων απαιτούμενων εργατοωρών
3. το ραβδόγραμμα μηνιαίας προόδου
4. οι καμπύλες S του κύκλου ζωής

#### Μελέτη και σχολιασμός του δικτύου πριν την τελική του μορφή

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ορισμού της διάρκειας, του κόστους και των σχέσεων προτεραιότητας στις δραστηριότητες, προκύπτει η πρώτη μορφή του δικτύου για την κατασκευή του έργου. Το δίκτυο αυτό έχει φτιαχτεί με εφαρμογή μόνο μερικών εμπειρικών κανόνων κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού και, ως εκ τούτου, παρουσιάζει πολλές προβληματικές όπως θα περιγραφούν παρακάτω.

Πρώτα απ' όλα, η κρίσιμη διαδρομή που έχει διαμορφωθεί περιλαμβάνει δραστηριότητες που δεν είναι πραγματικά, ή δεν πρέπει να είναι, κρίσιμες, σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν αναφερθεί προηγουμένως.

Συγκεκριμένα, η κρίσιμη διαδρομή περιλαμβάνει τις δραστηριότητες του πίνακα 7.1 που ακολουθεί. Με κόκκινο σημαδεύονται οι δραστηριότητες που δεν θα έπρεπε να είναι κρίσιμες.

Activity ID	Activity description	Total float	Original duration	Discipline	Sub Discipline
CN9990	MECHANICAL COMPLETION	0	0	COM	PROC
CN9995	READY FOR START-UP (R.F.S.U)	0	0	COM	PROC
CN9030	COMMISSION PROCESS	0	143	COM	PROC
CN9020	PRECOMMISSION PROCESS	0	78	COM	PROC
CN6080	ELECTRICAL TESTS	0	70	ELEC	EL
CN6070	POWER CABLE TERMINATIONS	0	103	ELEC	EL
CN6050	INSTALL ELECTRICAL LOCAL EQUIP AC38	0	100	ELEC	
CN4010	INSTALL CABLE TRAYS & CONDUITS AC38	0	100	ELEC	
CN3860	L.B. EQUIP PIPE AC38	0	185	PIPI	AGEP
CN3620	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC37	0	105	PIPI	AGRP
CN3590	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC35	0	105	PIPI	AGRP
CN3560	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC33	0	100	PIPI	AGRP
CN2710	AC3132S PIPE RACK	0	23	STEE	STER
CN2720	AC3133S PIPE RACK	0	23	STEE	STER
CN2730	AC3134S PIPE RACK	0	6	STEE	STER

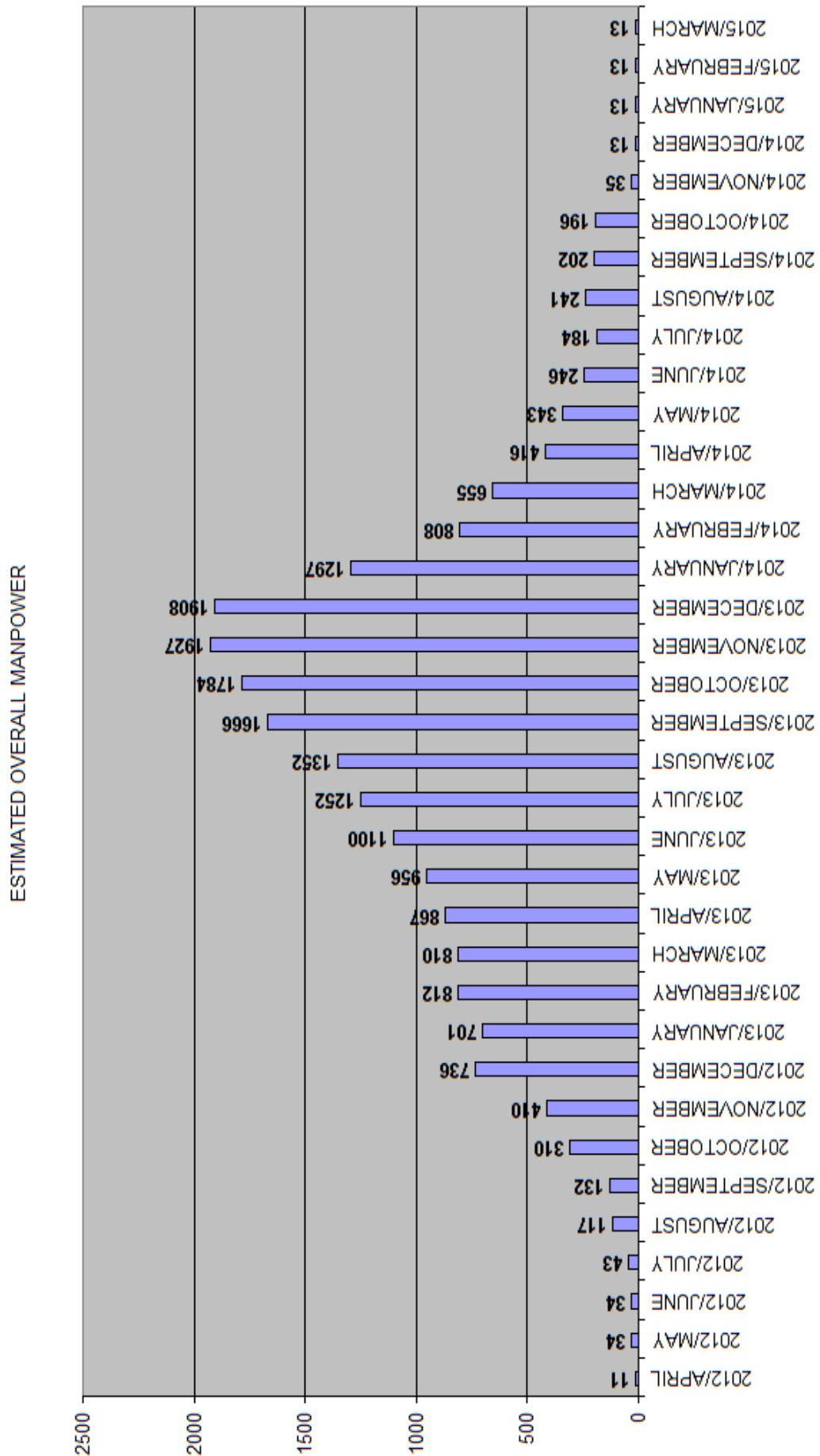
Πίνακας 7.1: Κρίσιμες δραστηριότητες στην αρχική μορφή του δικτύου



Επομένως, πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις στο δίκτυο ώστε οι τέσσερις αυτές δραστηριότητες να μην συμπεριλαμβάνονται στην κρίσιμη διαδρομή, χωρίς όμως να εμφανίζονται άλλες δευτερεύουσες δραστηριότητες στη θέση τους.

Η κρίσιμη διαδρομή παρουσιάζεται στο διάγραμμα Gantt της επόμενης σελίδας.





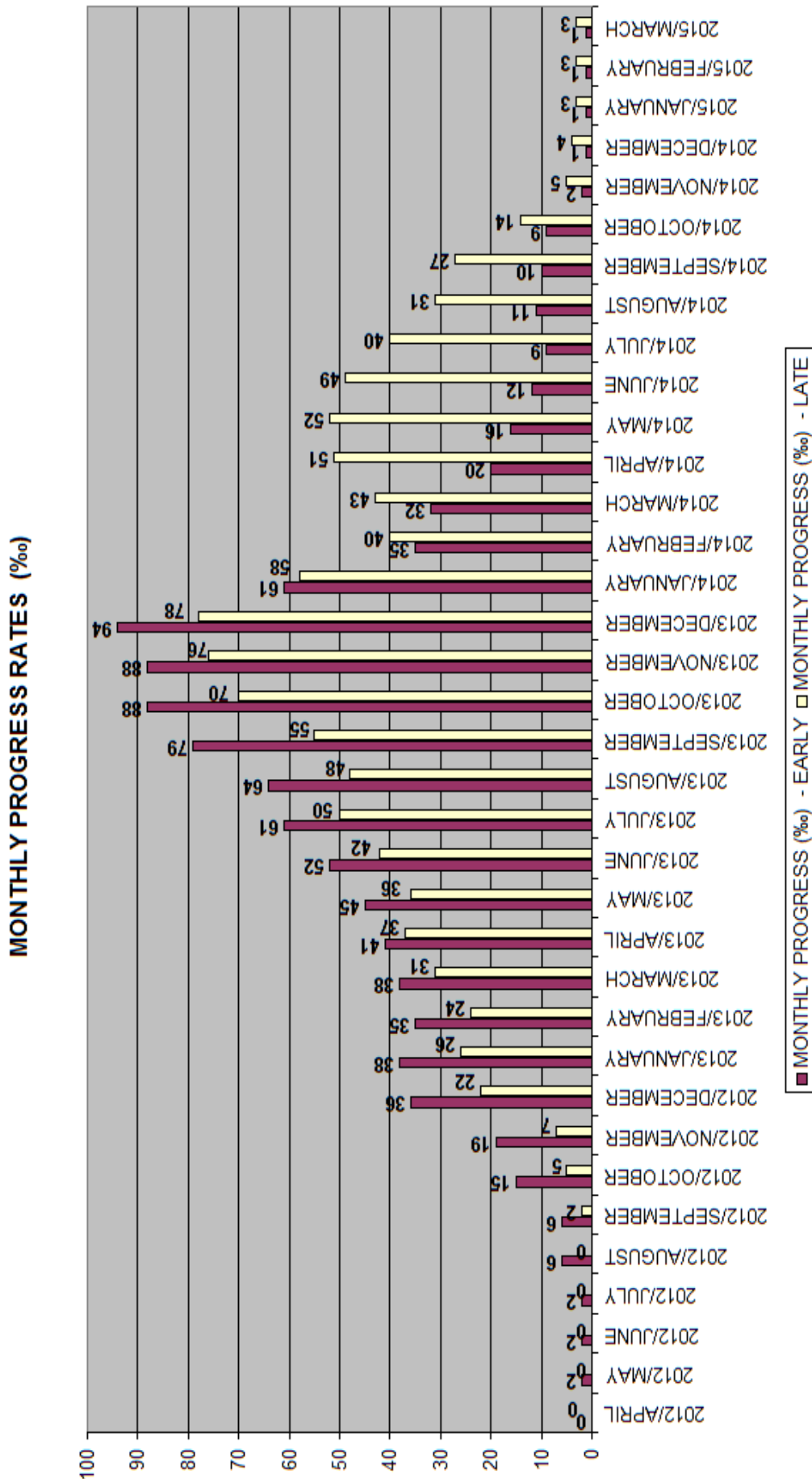
Σχήμα 7.2: Ραβδόγραμμα του απαιτούμενου εργατικού δυναμικού ανά μήνα για την αρχική μορφή του δικτύου

Έπειτα, το ραβδόγραμμα στο σχήμα 7.2 απέχει κατά πολύ από το μοντέλο που επιδιώκεται.

Η μορφή που θα έπρεπε να προκύπτει είναι αυτή της κανονικής κατανομής. Με βάση το θεωρητικό κομμάτι, στην αρχή των εργασιών το απαιτούμενο δυναμικό είναι μικρό και αυξάνει γοργά. Η τιμή του λαμβάνει μία μέγιστη τιμή κατά τη μεσαία φάση εργασιών, που διατηρείται για ένα διάστημα και ύστερα μειώνεται με τον ίδιο τρόπο. Αντίθετα με αυτό, το σχήμα 7.2 δείχνει πως οι απαιτήσεις αρχικά αυξάνονται μέχρι ένα τοπικό μέγιστο το Δεκέμβρη του 2012 και στη συνέχεια ακολουθεί αύξουσα πορεία καθ' όλο τον επόμενο χρόνο. Η μέγιστη αυτή τιμή δε διατηρείται περισσότερο από ένα μήνα, αλλά μειώνεται απότομα.

Οι διορθωτικές αλλαγές που θα γίνουν, θα πρέπει να εξασφαλίσουν τη μεταφορά δραστηριοτήτων αριστερά και δεξιά της κορυφής του ραβδογράμματος, μέσω της αλλαγής των σχέσεων προτεραιότητας και των χρονικών καθυστερήσεων. Με αυτό τον τρόπο, οι απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό δεν αλλάζουν, αλλά μεταφέρονται σε πιο «νεκρούς» μήνες. Αυτό εξασφαλίζει τα παρακάτω οφέλη:

- λιγότερες εργασίες πραγματοποιούνται παράλληλα, περιορίζοντας το ρίσκο που αυτό δημιουργεί
- οι ανάγκες σε εργατικό δυναμικό είναι πιο εύκολο να καλυφθούν
- οι εγκαταστάσεις για τη διαμονή και διαβίωση των εργαζομένων είναι μικρότερες και φθηνότερες στην κατασκευή και τη διατήρησή τους



Σχήμα 7.3: Ραβδόγραμμα της εκτιμώμενης μηνιαίας προόδου για την αρχική μορφή του δικτύου

Στο παραπάνω ραβδόγραμμα του σχήματος 7.3 απεικονίζεται ο εκτιμώμενος μηνιαίος βαθμός προόδου της κατασκευής ως ποσοστό επί της χιλιάς. Το ποσοστό αυτό εκφράζει το μέρος των εργασιών που θα πραγματοποιηθούν εκείνο το μήνα ως προς το σύνολό τους στο έργο.

Στις ράβδους στα αριστερά, μωβ χρώματος, εμφανίζεται η πρόοδος που θα προκύψει εάν όλες οι δραστηριότητες ξεκινήσουν όσο νωρίτερα μπορούν, χωρίς να παραβιάζεται κανένας περιορισμός (αρχή της νωρίτερης έναρξης). Αντίστοιχα, στις ράβδους στα δεξιά, λευκού χρώματος, εμφανίζεται η πρόοδος που προκύπτει εάν όλες οι δραστηριότητες εκκινήσουν την τελευταία ημέρα που επιτρέπουν οι περιορισμοί και δεν οδηγεί σε αλλαγή της ημερομηνίας ολοκλήρωσης (αρχή της αργότερης έναρξης).

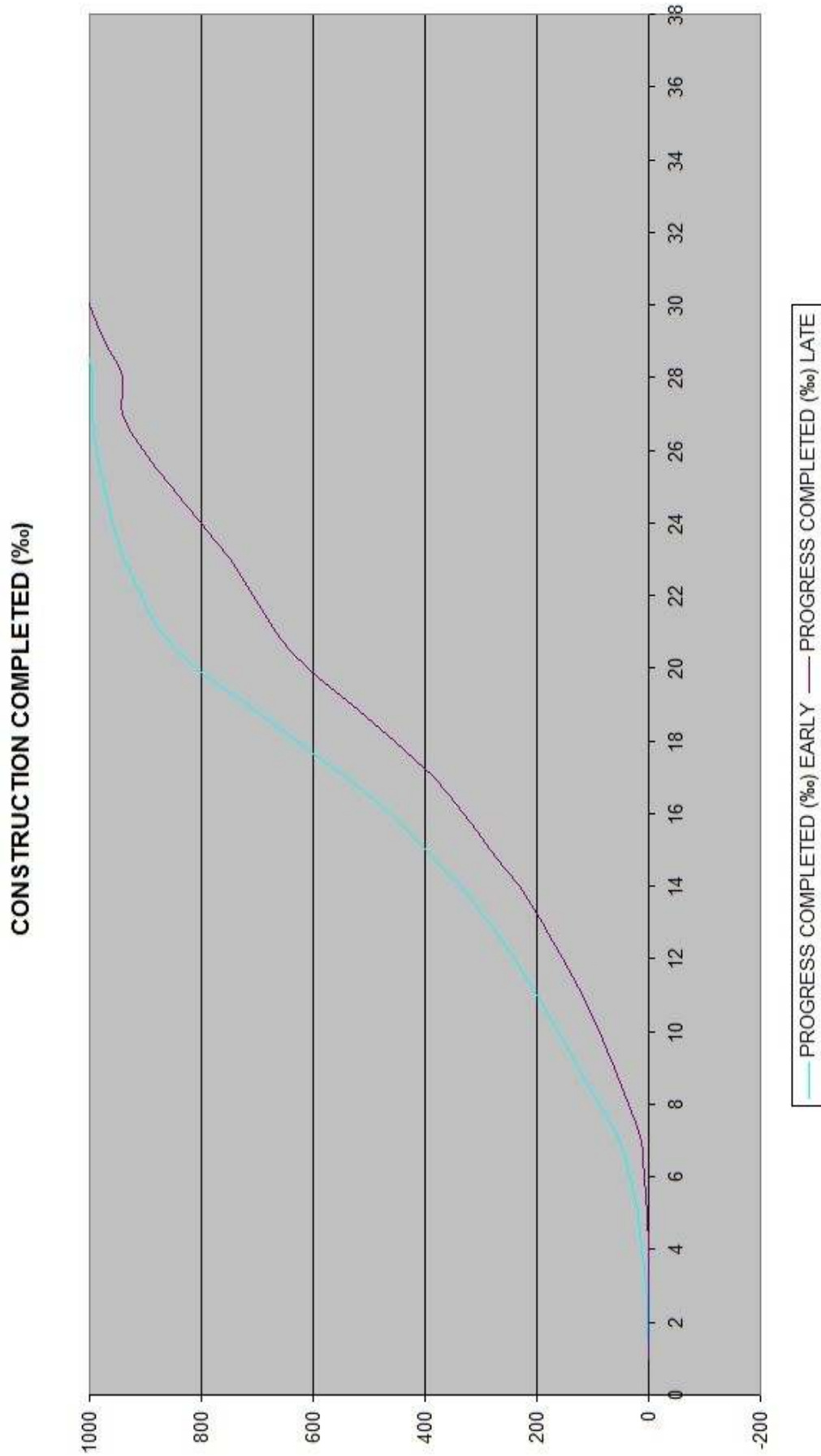
Για αυτό το λόγο, οι ράβδοι στα αριστερά λαμβάνουν μεγαλύτερες τιμές στο αριστερό τμήμα του άξονα του χρόνου, ενώ οι λευκές στο δεξί.

Μέσω του εκτιμώμενου μηνιαίου βαθμού προόδου δεν ελέγχεται μόνο η πραγματική πρόοδος των εργασιών, αλλά και ο ίδιος ο προγραμματισμός ως προς τους κινδύνους πριν την έναρξη των εργασιών. Συγκεκριμένα, οι τιμές που λαμβάνει υπόκεινται σε εμπειρικούς περιορισμούς που εξασφαλίζουν ότι ο προβλεπόμενος φόρτος εργασίας δεν θα είναι ανέφικτος ή πολύ δύσκολα υλοποιήσιμος. Για αυτό το λόγο, ο βαθμός προόδου δεν πρέπει να ξεπερνάει το όριο του 75% σε κάθε μήνα, και αν είναι εφικτό να κυμαίνεται στο διάστημα 45-55% κατά τη διάρκεια πλήρους απασχόλησης του εργατικού δυναμικού. Τιμές μικρότερες από το κατώτερο όριο αυτού του διαστήματος εκφράζουν ότι ο χρονικός προγραμματισμός που έχει γίνει δεν αξιοποιεί τις τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί και οδηγεί σε πολλή μεγάλη συνολική διάρκεια. Αντίθετα, τιμές μεγαλύτερες εκφράζουν ταυτόχρονη εκτέλεση πολλών εργασιών και απασχόληση πολλών εργαζομένων κάτι που οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο καθυστερήσεων λόγω απρόοπτων γεγονότων και σε αυξημένη δυσκολία λήψης διορθωτικών αποφάσεων λόγω της έλλειψης χρονικού περιθωρίου.

Ένας βασικός παράγοντας για την εκλογή του επιθυμητού βαθμού προόδου αποτελεί και το ύψος της κατασκευής. Έργα μεγάλου ύψους (άνω των 10 μέτρων) πρέπει να προγραμματίζονται με βαθμό προόδου μικρότερο, από ότι έργα μικρού ύψους. Αυτό ισχύει επειδή, λόγω του ύψους, είναι δυσκολότερη η πρόσβαση στα ανώτερα επίπεδα της κατασκευής και επειδή συσσωρεύονται πολλές εργασίες σε μικρότερο χώρο, πράγμα που οδηγεί σε αύξηση της αβεβαιότητας. Το εξεταζόμενο έργο είναι έργο μεγάλου ύψους λόγω των κατακόρυφων αντιδραστήρων και απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή από τη μεριά του διαχειριστή στη φάση του προγραμματισμού.

Σύμφωνα με το επιθυμητό μοντέλο, ο γεωμετρικός τόπος των κορυφών των ράβδων προσεγγίζει την καμπύλη μετατοπισμένης κανονικής κατανομής. Στους πρώτους μήνες εργασιών, η πρόοδος λαμβάνει μικρές τιμές που αυξάνουν, πρώτα με αύξοντα ρυθμό και έπειτα με φθίνοντα. Στο μεσαίο τμήμα η πρόοδος λαμβάνει τιμές που κυμαίνονται εντός ενός μικρού εύρους τιμών και για αυτό το λόγο σε αυτό το τμήμα ο γεωμετρικός τόπος των κορυφών προσεγγίζει ευθεία παράλληλη στον οριζόντιο άξονα. Στο τελευταίο τμήμα του ραβδογράμματος, η πρόοδος μειώνεται αρχικά με μεγαλύτερο και έπειτα με μικρότερο ρυθμό. Το συνολικό εμβαδόν για κάθε περίπτωση είναι περίπου ίσο με 1000. Αποκλίσεις εμφανίζονται λόγω στρογγυλοποιήσεων.

Παρατηρώ πως η μορφή του σχήματος 7.3 δεν ταιριάζει με το παραπάνω μοντέλο και πρέπει να διορθωθεί μέχρι να διαμορφωθεί η τελική μορφή του δικτύου.



Σχήμα 7.4: Καμπύλες προόδου S για την αρχική μορφή του δικτύου

Τα λάθη και οι προβληματικές που αναγνωρίστηκαν για τη μορφή του δικτύου επαληθεύονται και στο σχήμα 7.4. Οι καμπύλες S για τη νωρίτερη και αργότερη έναρξη των δραστηριοτήτων δεν παρουσιάζουν τη συνηθισμένη μορφή τους, αλλά έχουν ανώμαλες περιοχές με μεγάλη κλίση ή αλλαγή της. Η μορφή τους θα διορθωθεί με τις αλλαγές που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

#### Μελέτη και σχολιασμός της τελικής μορφής του δικτύου

Σύμφωνα με αυτό, οι εργασίες ξεκινάνε την 1<sup>η</sup> Απρίλη 2012 και ολοκληρώνονται στις 2 Μαρτίου 2015, με συνολική διάρκεια εργασιών 914 ημέρες.

Οι πρώτοι δέκα μήνες από την ανάθεση του έργου δεν είναι κενοί εργασιών. Αντίθετα, κατά τη διάρκειά τους ετοιμάζονται τα κατασκευαστικά σχέδια, εκδίδονται οι άδειες, γίνονται συσκέψεις με τους προμηθευτές, παράγονται πιο αναλυτικά χρονοδιαγράμματα για τις εργασίες που βρίσκονται στην αρχή, διοργανώνονται τα δίκτυα επικοινωνίας και ελέγχου μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων και εξασφαλίζεται η πρόσληψη του εργατικού δυναμικού, σύμφωνα με τις διατυπωμένες ανάγκες.

#### Μελέτη και σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Όπως έχει αναφερθεί και εισαγωγικά, βασικό χαρακτηριστικό κάθε χρονικού προγραμματισμού αποτελεί η κρίσιμη διαδρομή που ορίζει τη διάρκειά του και μπορεί να καθυστερήσει την ολοκλήρωσή του.

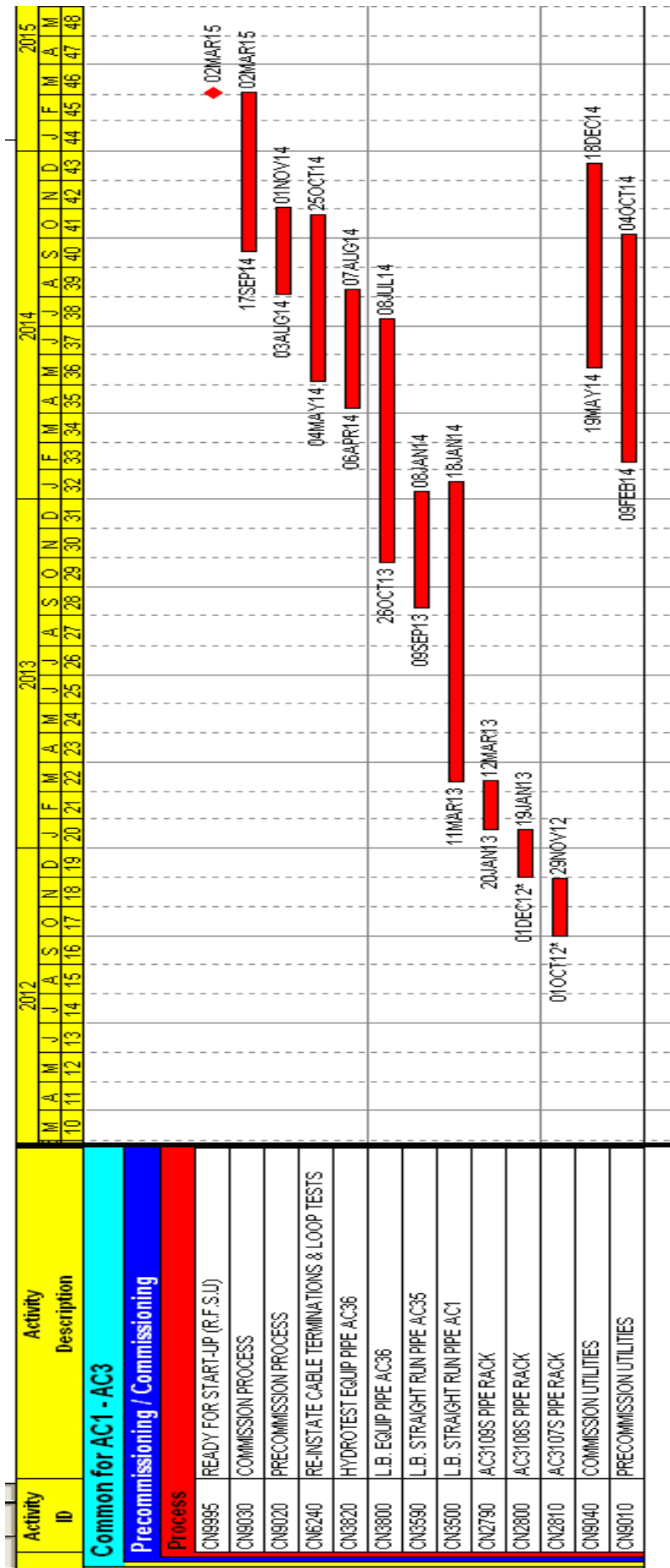
Για τη βασική περίπτωση, αυτή περιλαμβάνει τις δεκατρείς δραστηριότητες που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Activity ID	Activity description	Total float	Original duration	Discipline	Sub Discipline
CN9995	READY FOR START-UP (R.F.S.U)	0	0	COM	PROC
CN9030	COMMISSION PROCESS	0	143	COM	PROC
CN9020	PRECOMMISSION PROCESS	0	78	COM	PROC
CN6240	RE-INSTATE CABLE TERMINATIONS & LOOP TESTS	0	150	INST	CE
CN3820	HYDROTEST EQUIP PIPE AC36	0	107	PIPI	AGEP
CN3800	L.B. EQUIP PIPE AC36	0	220	PIPI	AGEP
CN3590	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC35	0	105	PIPI	AGRP
CN3500	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1	0	269	PIPI	AGRP
CN2790	AC3109S PIPE RACK	0	45	STEE	STER
CN2800	AC3108S PIPE RACK	0	43	STEE	STER
CN2810	AC3107S PIPE RACK	0	52	STEE	STER
CN9040	COMMISSION UTILITIES	0	184	COM	UTL
CN9010	PRECOMMISSION UTILITIES	0	204	COM	UTL

Πίνακας 7.2: Η τελική μορφή της κρίσιμης διαδρομής

Η κρίσιμη διαδρομή του πίνακα 7.2 αναπαρίσταται σε διάγραμμα Gantt στο παρακάτω σχήμα 7.5, όπως αυτό εξάγεται από το χώρο εργασίας του Primavera P3.

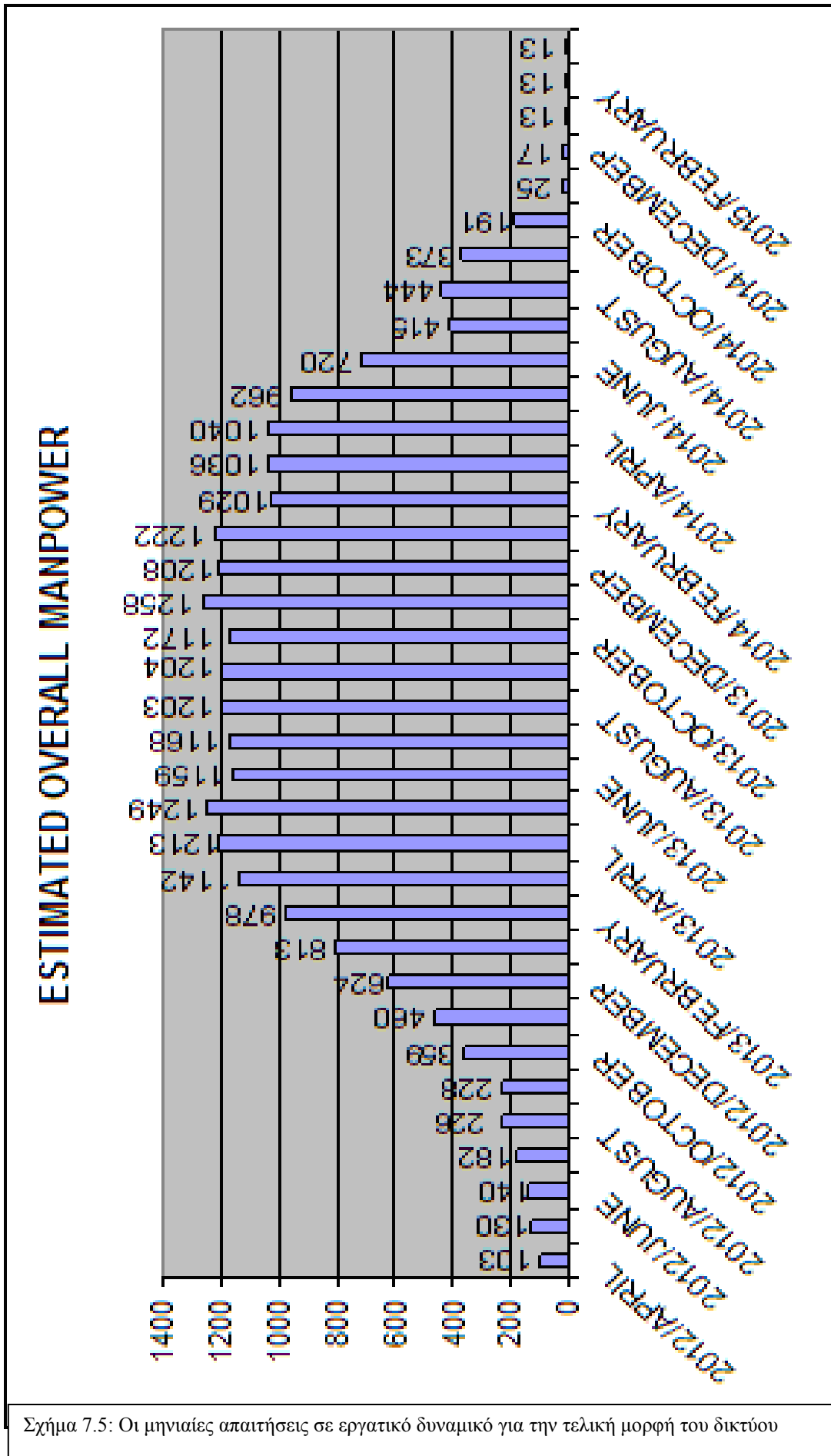




Σχήμα 7.5: Η τελική μορφή της κρίσιμης διαδρομής

Η κρίσιμη διαδρομή, στην τελική της μορφή όπως παρουσιάζεται παραπάνω, περιλαμβάνει μόνο δραστηριότητες από τα κύρια είδη εργασιών για την κατασκευή. Η κρίσιμη διαδρομή ξεκινάει από την εγκατάσταση ενός τμήματος του κύριου ατσάλινου φορέα, συνεχίζει με την εγκατάσταση των σωληνώσεων στις περιοχές AC1, AC35 και AC36. Στη συνέχεια, διέρχεται από τη δραστηριότητα ολοκλήρωσης των καλωδίων και ελέγχου για βρόγχους. Τελικά, η κρίσιμη διαδρομή καταλήγει στις εργασίες τερματισμού και παράδοσης του έργου.

Παρατηρώ ότι τέσσερις από τις δεκατρείς κρίσιμες δραστηριότητες αφορούν την εγκατάσταση και τον έλεγχο των σωληνώσεων. Αυτό δε συμβαδίζει απόλυτα με τον κανόνα για τα έργα κατασκευής διωλιστηρίων, αλλά εμφανίζεται λόγω των ιδιαιτεροτήτων της περιοχής. Συγκεκριμένα, στην περιοχή SGP υπάρχει μεγαλύτερη αναλογία σωληνώσεων προς τον μηχανολογικό εξοπλισμό, για αυτό δεν εμφανίζεται και η εγκατάσταση των δευτέρων στην κρίσιμη διαδρομή.



Σχήμα 7.5: Οι μηνιαίες απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό για την τελική μορφή του δικτύου

Στην προηγούμενη σελίδα (σχήμα 7.5) βρίσκεται το ιστόγραμμα για τις εκτιμώμενες ανάγκες σε εργατικό δυναμικό, σύμφωνα με τον αρχικό προγραμματισμό. Αυτά τα στοιχεία δεν αποτελούν παρά μία εκτίμηση των αναγκών, σε περίπτωση που η κατασκευή προχωρούσε σε απόλυτη συμφωνία με το αρχικό πλάνο. Χρησιμεύουν, όμως, στην έγκαιρη εύρεση του εργατικού δυναμικού, με τον από τα πριν έλεγχο της αγοράς εργασίας, και στον εύκολο προσδιορισμό των αλλαγών στις ανάγκες και τις απαιτήσεις όσο προχωράει η κατασκευή.

Εδώ πρέπει να γίνει η εξής παρατήρηση: Τα νούμερα που αναγράφονται στις κορυφές του ραβδογράμματος αφορούν μόνο την άμεση εργασία που οδηγεί στην πρόοδο της κατασκευής (direct manpower). Παράπλευρα, απασχολούνται και άλλοι εργαζόμενοι όπως μηχανικοί, επιμετρητές ποσοτήτων, οδηγοί και χειριστές, συνεργεία καθαρισμού και καταγραφείς προόδου, που συντελούν και αυτοί στην εξέλιξη του έργου αλλά έμμεσα (indirect manpower). Ο αριθμός τους δεν μπορεί αν εκτιμηθεί από το Primavera ή άλλο πρόγραμμα και συνήθως λαμβάνεται ίσο με το 15% του direct manpower.

Κατά την πρώτη φάση της κατασκευής, το εργατικό δυναμικό που απασχολείται είναι λίγο και αφορά κυρίως την προετοιμασία και εγκατάσταση των τσιμεντένιων θεμελίων, καθώς και την κατασκευή και βαφή των στηριγμάτων για τις σωληνώσεις. Οι εργασίες που έχουν προγραμματιστεί για αυτή την περίοδο χρειάζονται κυρίως ανειδίκευτο δυναμικό.

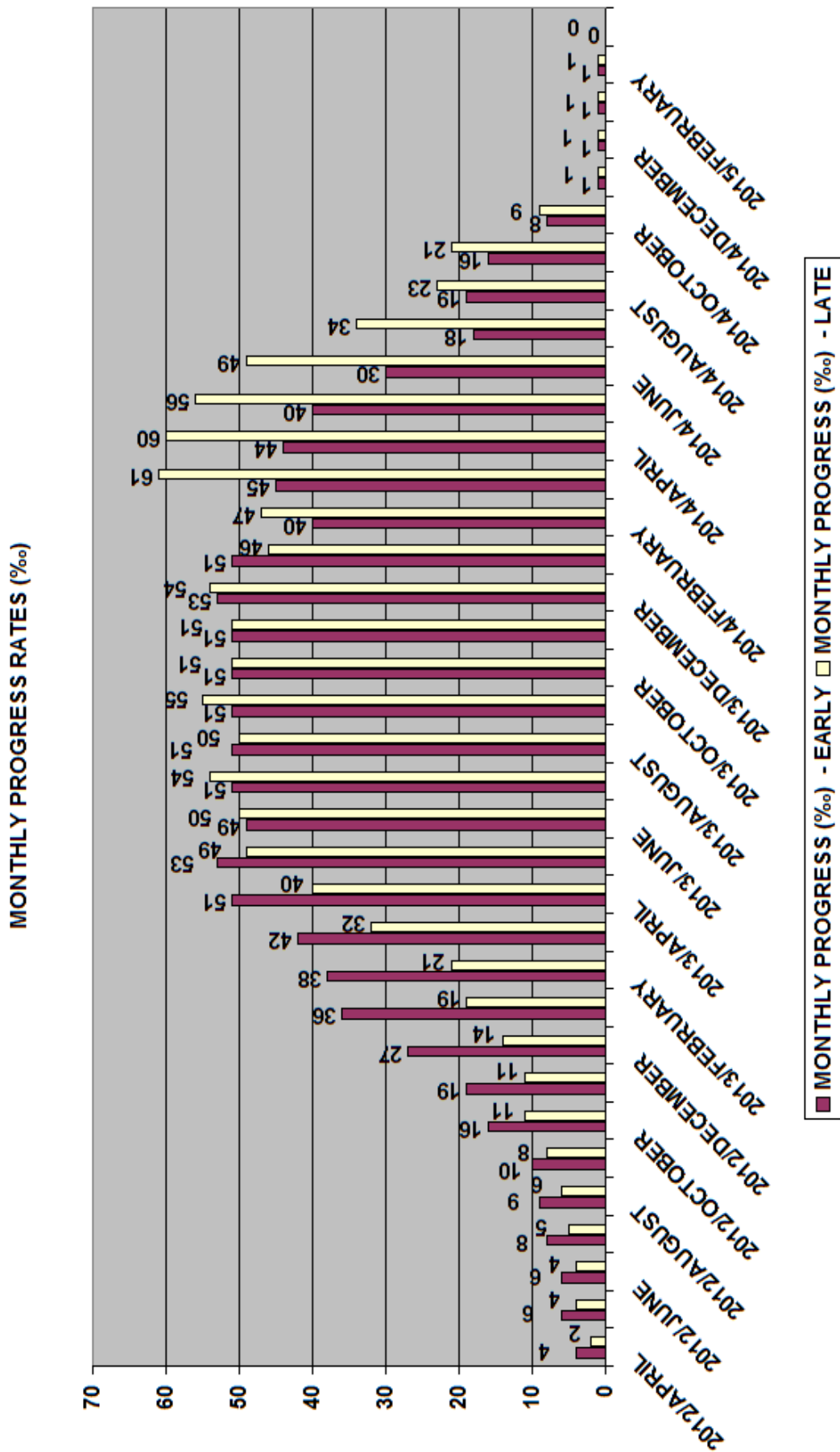
Ταυτόχρονα, από ειδικευμένες ομάδες μηχανικών γίνεται η ολοκλήρωση των ειδικών σχεδίων, που θα ακολουθηθούν στα μετέπειτα στάδια. Αυτή, όμως, η εργασία γίνεται εκτός του εργοταξίου και δεν προσμετράται στο δίκτυο δραστηριοτήτων.

Κατά τη δεύτερη φάση, όπου η απαίτηση σε εργατικό δυναμικό λαμβάνει τις υψηλότερες τιμές του και σταθεροποιείται, οι εργασίες που εκτελούνται καλύπτουν όλο το φάσμα εργασιών του έργου – από την εγκατάσταση θεμελίων και σωληνώσεων μέχρι την ολοκλήρωση του ηλεκτρολογικού δικτύου. Άρα, το εργατικό δυναμικό που απαιτείται είναι σε μεγάλο βαθμό ετερογενές. Από απλούς εργάτες ή λίγο εξειδικευμένους (πχ συγκολλητές), μέχρι ηλεκτρολόγους και τεχνικούς υπολογιστών.

Στην τελευταία φάση που παρατηρείται στο σχήμα 7.5, οι εργασίες αφορούν την τελική βαφή των σωληνώσεων και τις διαδικασίες για την παράδοση του έργου. Οι εργασίες αυτές απαιτούν την απασχόληση μικρού αριθμού εργαζομένων, κυρίως ανειδίκευτων.

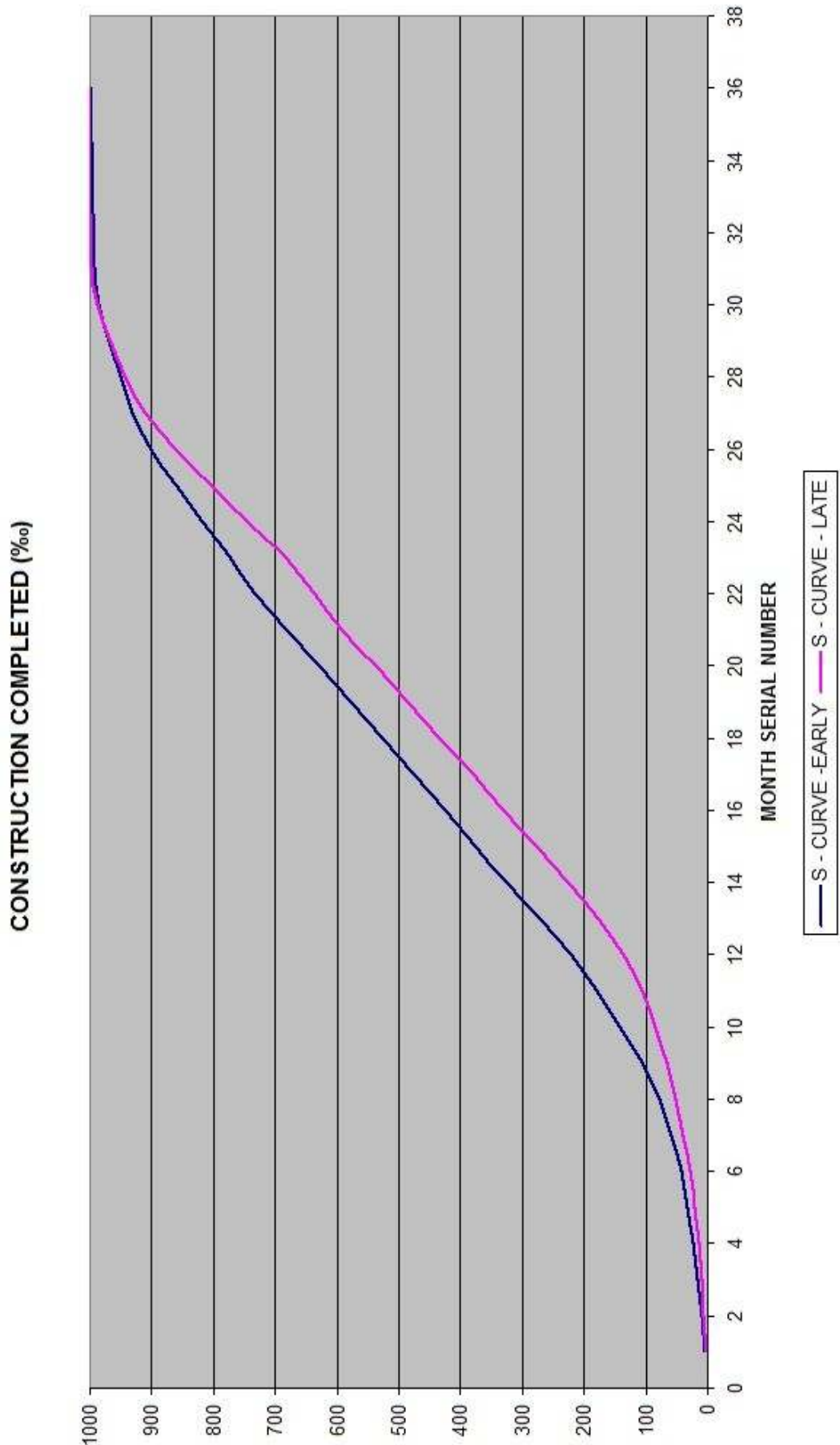
Παρατηρείται πως οι κορυφές του ιστογράμματος του σχήματος 7.5 παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις στη μεσαία φάση εργασιών. Αυτό είναι ένα από τα στοιχεία που δεν θα ακολουθηθεί κατά γράμμα. Δηλαδή, ο αριθμός των εργαζομένων που απασχολείται σε κάθε περίοδο δεν θα είναι ο αναγραφόμενος. Αυτός ο αριθμός εκφράζει το εκτιμώμενο πλήθος εργαζομένων που απαιτείται για να υλοποιηθούν οι εργασίες, σύμφωνα με τις προγραμματισμένες διάρκειες και τον εκτιμώμενο βαθμό απόδοσης.

Είναι ευθύνη της ομάδας διαχείρισης του έργου να επιλέξει τον πραγματικό αριθμό εργαζομένων που θα βρίσκονται στο εργοτάξιο, ώστε να εξομαλύνει αυτές τις διακυμάνσεις μεταξύ των μηνών και να αντιμετωπίσει τα διάφορα απρόοπτα που εμφανίζονται.



Σχήμα 7.6: Ο μηνιαίος βαθμός προόδου του δικτύου της βασικής περίπτωσης

Με βάση αυτό τον εμπειρικό κανόνα, παρατηρώ ότι το μοντέλο που έχει προγραμματιστεί για τη βασική περίπτωση λαμβάνει, με πολύ λίγες εξαιρέσεις, τιμές για τον εκτιμώμενο μηνιαίο βαθμό προόδου από το βέλτιστο διάστημα (45-55). Αυτό ισχύει τόσο με βάση τη νωρίτερη έναρξη των εργασιών, όσο και με βάση την αργότερη.



Σχήμα 7.7: Οι καμπύλες S για την πρόοδο της κατασκευής με βάση τη νωρίτερη και αργότερη έναρξη των εργασιών

Στο παραπάνω διάγραμμα του σχήματος 7.7 σχεδιάζονται οι καμπύλες S για τη νωρίτερη και την αργότερη έναρξη του έργου. Η μπλε καμπύλη αποτελεί την ιδεατή πορεία της κατασκευής του έργου, ενώ η ροζ την χειρότερη αποδεκτή.

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η καμπύλη, που καταγράφει την πρόοδο που έχουν πραγματικά οι εργασίες κατασκευής, βρίσκεται μεταξύ των δύο και κατά προτίμηση όσο πιο αριστερά είναι εφικτό.

Υπέρβαση προς τα αριστερά της μπλε καμπύλης είναι σπάνια και υποδηλώνει γρηγορότερη πρόοδο των εργασιών από την εκτιμώμενη. Αυτό εμφανίζεται μόνο σε περιπτώσεις όπου ο χρονικός προγραμματισμός έχει γίνει με πολύ απαισιόδοξες εκτιμήσεις ή δεν έχουν υπολογισθεί νέες αναπτυγμένες μέθοδοι και τεχνολογίες κατά τη δημιουργία του δικτυωτού μοντέλου.

Υπέρβαση προς τα δεξιά της ροζ οδηγεί σε καθυστέρηση της ολοκλήρωσης του έργου και απαιτεί άμεσες αποφάσεις και ενέργειες για την επαναφορά της καμπύλης της πραγματικής προόδου στον επιθυμητό χώρο.

Όπως και για τα προηγούμενα γραφήματα, έτσι και για το σχήμα 7.7 έχουν αναπτυχθεί εμπειρικοί κανόνες που εξασφαλίζουν ότι ο προγραμματισμός που έχει γίνει δεν οδηγεί σε δίκτυο με υψηλή αβεβαιότητα ή σε δίκτυο υπερβολικά αραιό. Συγκεκριμένα, πέρα από την ειδική μορφή που δίνει και το όνομα σε αυτές τις καμπύλες, η απόσταση μεταξύ τους έχει ορισμένο εύρος επιθυμητών τιμών. Οι ιδανικές τιμές για την μεταξύ τους απόσταση κυμαίνονται ανάμεσα στους δύο και τρεις μήνες για τις μεσαίες φάσεις εργασιών.

Στο σχήμα 7.7, η απόσταση αυτή είναι περίπου δύο μήνες και σταθερή σε αυτές τις φάσεις.



## 7.2 Μελέτη και σχολιασμός της πρώτης παραλλαγής

Στην πρώτη παραλλαγή, θεωρείται ότι η ιδιοκτήτρια εταιρεία ζητάει να γίνει ο χρονικός προγραμματισμός έτσι ώστε η παράδοση του έργου, η ημερομηνία R.F.S.U. δηλαδή, να μετακινηθεί τέσσερις μήνες νωρίτερα, από αυτή που είχε αρχικά συμφωνηθεί.

Το πλάνο που προκύπτει προβλέπει λήξη των εργασιών και παράδοση του έργου στις 27 Οκτώβρη 2014 και συνολική διάρκεια εργασιών στο εργοτάξιο 804 εργάσιμες ημέρες.

Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πρέπει να οριστούν εκ νέου οι σχέσεις προτεραιότητας κατά μήκος των διαδρομών που ολοκληρώνονται μετά τις 27/10/2014. Κύρια ασχολία του προγραμματιστή είναι η μετατροπή των περιορισμών που έχουν επιλεγεί σε άλλους, που επιτρέπουν την συντομότερη ολοκλήρωση του έργου, χωρίς να αυξάνονται, όμως, ραγδαία οι κίνδυνοι.

Οι επιλογές που έγιναν κατά τη μεταβολή του δικτύου, από τη βασική περίπτωση στην πρώτη παραλλαγή, ομαδοποιούνται ως εξής:

- Αύξηση του απασχολούμενου εργατικού δυναμικού, το οποίο οδηγεί σε μικρότερη διάρκεια της δραστηριότητας που επιλέχθηκε.
- Μείωση της χρονικής καθυστέρησης (lag) που έχει οριστεί στις σχέσεις προτεραιότητας. Η χρονική καθυστέρηση ορίζεται ώστε να εφασφαλίζεται η σωστή έναρξη της δραστηριότητας. Για παράδειγμα, πως θα έχει ολοκληρωθεί το απαραίτητο ποσοστό της προκατόχου δραστηριότητας, πριν την έναρξη της διαδόχου. Αν, λοιπόν, μειωθεί η καθυστέρηση, μειώνεται η συνολική διάρκεια, αλλά αυξάνονται οι κίνδυνοι που αφορούν καθυστερήσεις στην έναρξη ή ολοκλήρωση κάποιων δραστηριοτήτων. Είναι, λοιπόν, πολύ σημαντικό όταν γίνεται αυτή η επιλογή να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων. Αυτό περιλαμβάνει ενέργειες όπως την αύξηση του απασχολούμενου δυναμικού, έστω για ένα τμήμα των εργασιών, ή την αλλαγή της ροής των εργασιών εντός αυτών των δραστηριοτήτων.
- Μετατροπή σχέσεων λήξης – έναρξης σε σχέσεις έναρξης – έναρξης. Αυτή η επιλογή υπόκειται σε όμοιους κινδύνους με την παραπάνω και απαιτεί ο προγραμματιστής του έργου να έχει σωστή και αναλυτική επίγνωση των εργασιών και των συνθηκών που επικρατούν, ώστε να μην καταλήξει σε ένα ανέφικτο δίκτυο δραστηριοτήτων.

Μία ακόμη επιλογή που προσφέρεται, αλλά δεν επιλέχθηκε, είναι η κατάργηση, η συγχώνευση ή ο κατακερματισμός δραστηριοτήτων. Με αυτές τις αλλαγές επιτυγχάνεται η αφαίρεση εργασιών που κρίθηκαν περιττές, η συμπύκνωση του χρόνου εκτέλεσης ενός πακέτου έργων και η μεταφορά κάποιων εργασιών σε άλλες χρονικές περιόδους, αντίστοιχα.

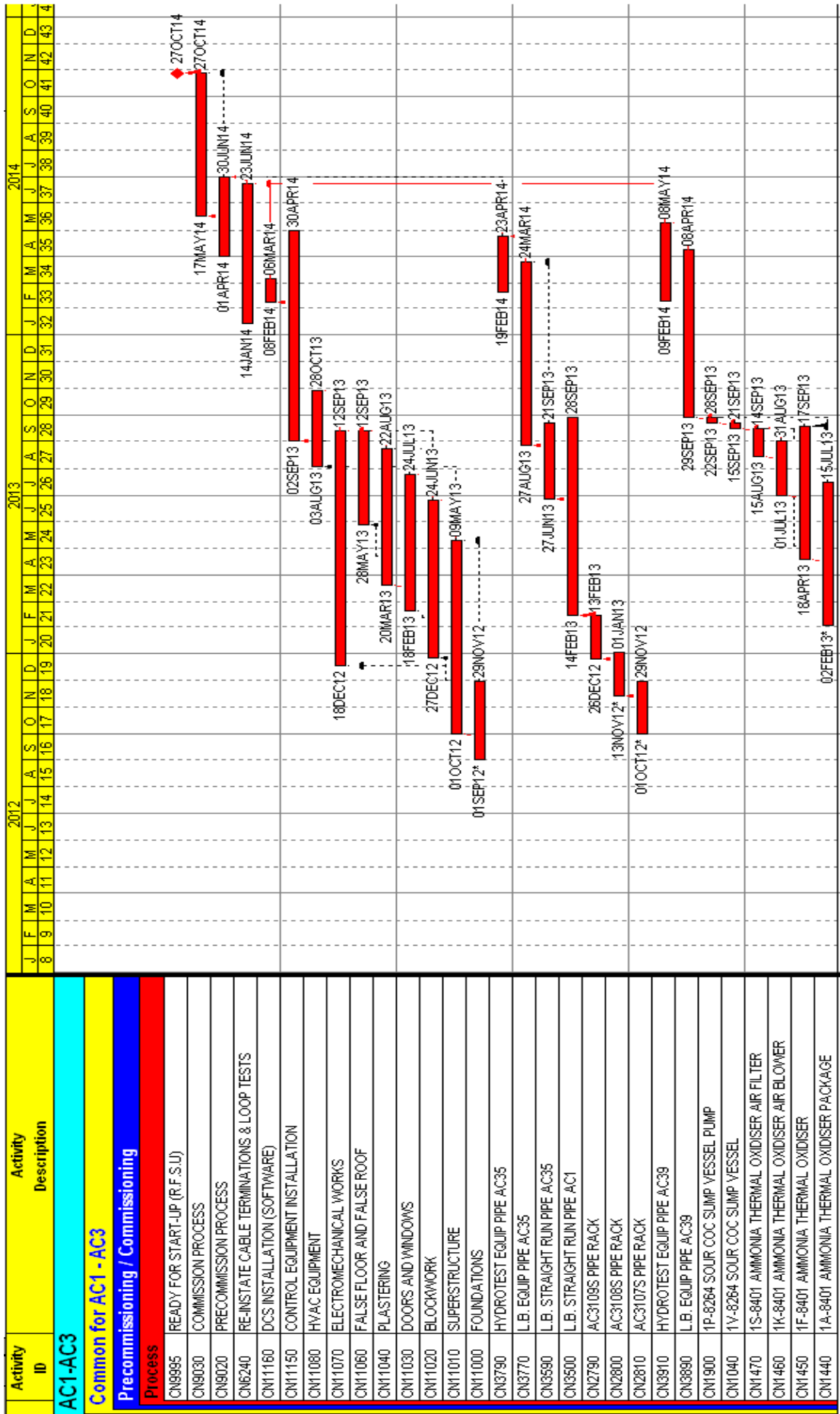
### Μελέτη και σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει μόνο μία κρίσιμη διαδρομή, αλλά τρεις που ξεκινούν από διαφορετικούς περιορισμούς και καταλήγουν στις δραστηριότητες ελέγχου για την παράδοση του έργου.

Οι κρίσιμες δραστηριότητες του δικτύου αυτού καταγράφονται στον πίνακα 7.3 και παρουσιάζονται σε διάγραμμα Gantt στο σχήμα 7.8.

Activity ID	Activity description	Total float	Original duration	Discipline	Sub Discipline
CN9995	READY FOR START-UP (R.F.S.U)	0	0	COM	PROC
CN9030	COMMISSION PROCESS	0	141	COM	PROC
CN9020	PRECOMMISSION PROCESS	0	78	COM	PROC
CN6240	RE-INSTATE CABLE TERMINATIONS & LOOP TESTS	0	138	INST	CE
CN11160	DCS INSTALLATION (SOFTWARE)	0	24	CR	CE
CN11150	CONTROL EQUIPMENT INSTALLATION	0	207	CR	CE
CN11080	HVAC EQUIPMENT	0	75	CR	MC
CN11070	ELECTROMECHANICAL WORKS	0	231	CR	MC
CN11060	FALSE FLOOR AND FALSE ROOF	0	93	CR	CV
CN11040	PLASTERING	0	134	CR	CV
CN11030	DOORS AND WINDOWS	0	135	CR	CV
CN11020	BLOCKWORK	0	154	CR	CV
CN11010	SUPERSTRUCTURE	0	190	CR	CV
CN11000	FOUNDATIONS	0	78	CR	CV
CN3790	HYDROTEST EQUIP PIPE AC35	0	55	PIPI	AGEP
CN3770	L.B. EQUIP PIPE AC35	0	180	PIPI	AGEP
CN3590	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC35	0	74	PIPI	AGRP
CN3500	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1	0	194	PIPI	AGRP
CN2790	AC3109S PIPE RACK	0	43	STEE	STER
CN2800	AC3108S PIPE RACK	0	43	STEE	STER
CN2810	AC3107S PIPE RACK	0	52	STEE	STER
CN3910	HYDROTEST EQUIP PIPE AC39	0	77	PIPI	AGEP
CN3890	L.B. EQUIP PIPE AC39	0	165	PIPI	AGEP
CN1900	1P-8264 SOUR COC SUMP VESSEL PUMP	0	6	EQUI	EQSE
CN1040	1V-8264 SOUR COC SUMP VESSEL	0	6	EQUI	EQSE
CN1470	1S-8401 AMMONIA THERMAL OXIDISER AIR FILTER	0	26	EQUI	EQSE
CN1460	1K-8401 AMMONIA THERMAL OXIDISER AIR BLOWER	0	53	EQUI	EQSE
CN1450	1F-8401 AMMONIA THERMAL OXIDISER	0	131	EQUI	EQSE
CN1440	1A-8401 AMMONIA THERMAL OXIDISER PACKAGE	0	141	EQUI	EQSE
CN9990	MECHANICAL COMPLETION	0	0	COM	PROC

Πίνακας 7.3: Οι κρίσιμες δραστηριότητες του δικτύου της πρώτης παραλλαγής



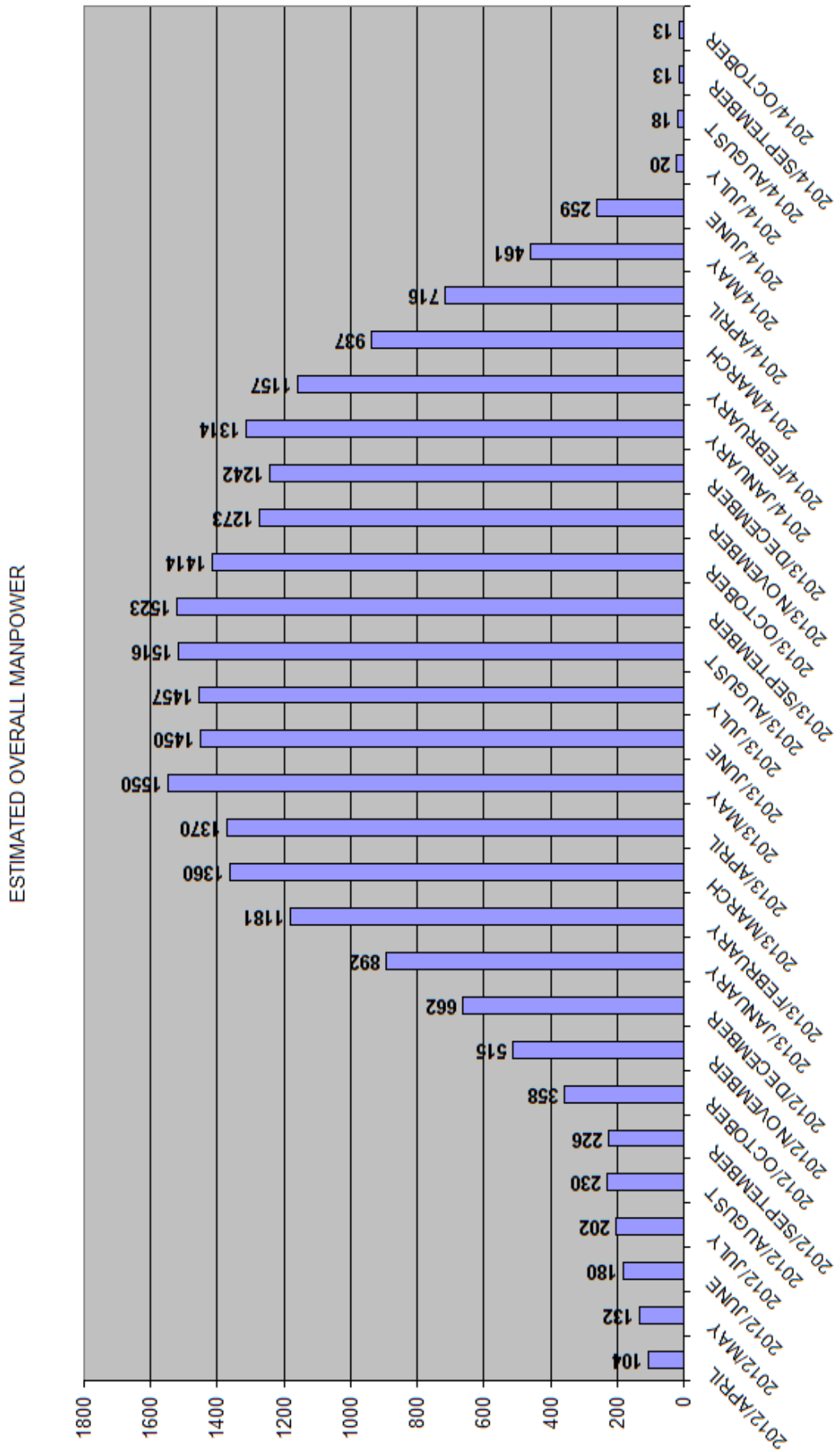
Σχήμα 7.8: Οι κρίσιμες δραστηριότητες στην πρώτη παραλλαγή

Όπως είναι αναμενόμενο, η μείωση του χρόνου που διατίθεται για την κατασκευή του έργου, οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των κρίσιμων δραστηριοτήτων. Αυτό συμβαίνει επειδή, για την μεταφορά προς τα πίσω της ημερομηνίας R.F.S.U., μειώνονται τα περιθώρια μεταξύ των δραστηριοτήτων. Οι διαδρομές, λοιπόν, που είχαν μικρά χρονικά περιθώρια (float), κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού μετατρέπονται σε κρίσιμες. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε μετά τις αλλαγές, η κρίσιμη διαδρομή να πληρεί τα κριτήρια που έχουν οριστεί προηγουμένως.

Όντως, οι κρίσιμες διαδρομές που έχουν οριστεί περιλαμβάνουν μόνο δραστηριότητες από τομείς εργασιών που ανταποκρίνονται στα κριτήρια που έχουν τεθεί. Συγκεκριμένα, οι τρεις αυτές διαδρομές διέρχονται από τις εργασίες εγκατάστασης των σιδερένιων φορέων, της εγκατάστασης του μηχανολογικού εξοπλισμού και των σωληνώσεων, την ανέγερση του δωματίου ελέγχου και έπειτα ολοκληρώνεται όπως στην προηγούμενη περίπτωση, δηλαδή διέρχεται από τη δραστηριότητα ολοκλήρωσης των καλωδίων και ελέγχου για βρόγχους και καταλήγει στις εργασίες τερματισμού και παράδοσης του έργου.

Η αύξηση του αριθμού των κρίσιμων δραστηριοτήτων, οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο η ολοκλήρωση του έργου να μην επιτευχθεί στον προγραμματισμένο χρόνο. Για να αποφευχθεί αυτό, που ισοδυναμεί με αποτυχία του έργου, ο διαχειριστής του έργου οφείλει να επιβάλλει νέες μεθόδους και τεχνικές, ώστε να περιοριστούν οι καθυστερήσεις και να εξασφαλίσει την καλή και άμεση απόκριση του συστήματος ελέγχου και επικοινωνίας, ώστε να λαμβάνονται άμεσα μέτρα σε περίπτωση ανάπτυξης κάποιου κινδύνου. Αυτές οι μέθοδοι και οι τεχνικές μπορεί να είναι:

- άλλες τεχνικές στην εφοδιαστική, όπως αυτή που περιγράφεται και εισαγωγικά,
- διαφορετικές μέθοδοι για την υλοποίηση των ίδιων εργασιών (πχ λιγότερο χρονοβόροι τρόποι ανέγερσης του μηχανολογικού εξοπλισμού),
- ελαχιστοποίηση των ενδιάμεσων ομάδων και σταδίων λήψης αποφάσεων, ώστε να εξοικονομείται χρόνος σε περίπτωση απρόοπτων εξελίξεων.



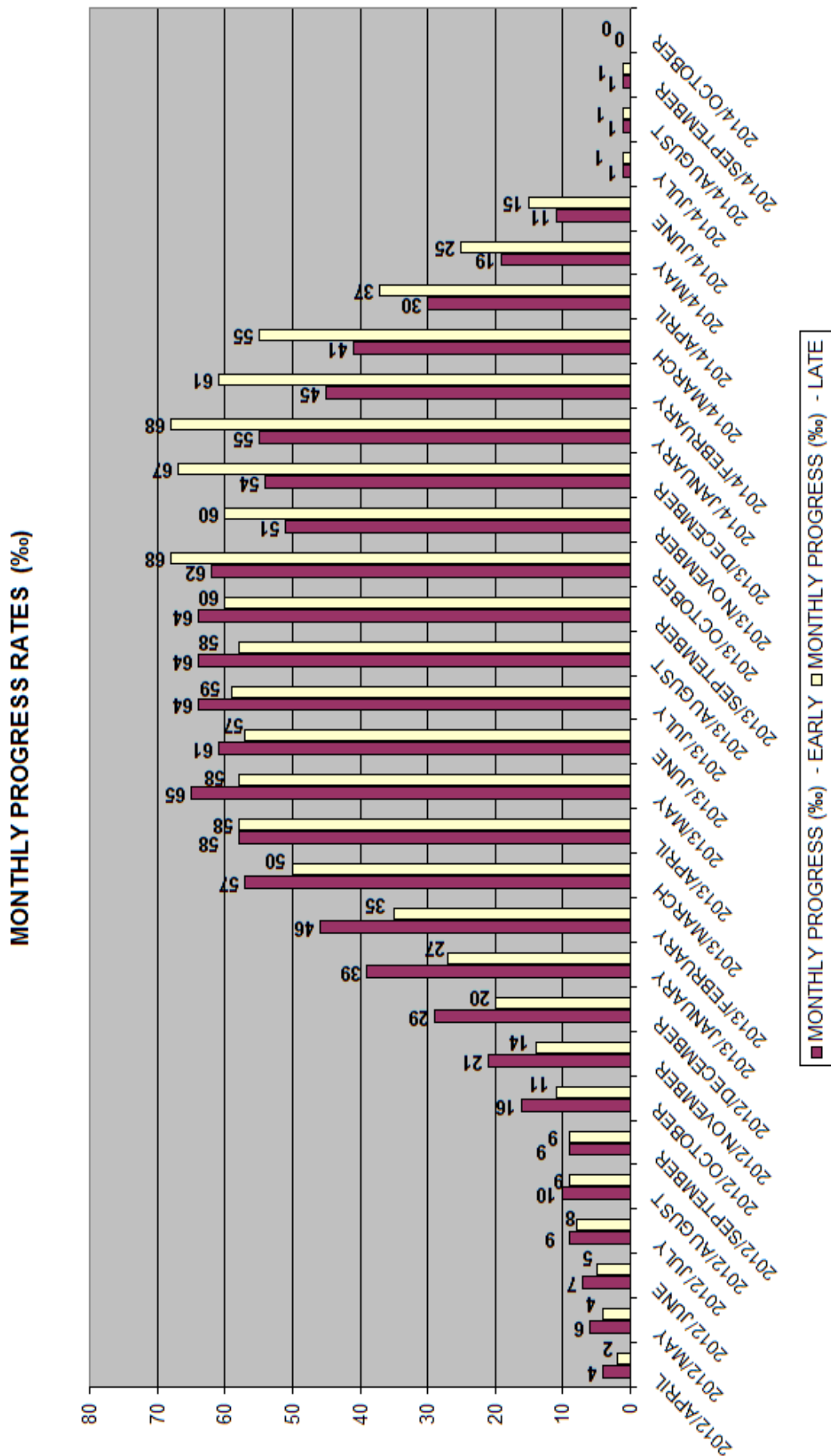
Σχήμα 7.9: Οι απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό για την πρώτη παραλλαγή του δικτύου

Για το παραπάνω ραβδόγραμμα του σχήματος 7.9 ισχύουν οι κανόνες που περιγράφηκαν στην προηγούμενη περίπτωση.

Όπως είναι αναμενόμενο, η συμπίεση της συνολικής διάρκειας των εργασιών οδηγεί σε αυξημένες ανάγκες σε εργατικό δυναμικό σε κάθε μήνα εργασιών. Αυτό εμφανίζεται επειδή οι ίδιες δραστηριότητες μοιράζονται σε μικρότερο αριθμό μηνών και επειδή, κατά τον χρονικό προγραμματισμό, έχει επιλεγεί μικρότερη διάρκεια για αρκετές δραστηριότητες το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη ομάδα εργασίας.

Εξαιρέση αποτελούν οι τελευταίοι μήνες πριν την παράδοση του έργου, όπου οι εργασίες είναι καθορισμένες και διεξάγονται κυρίως από την ιδιοκτήτρια εταιρεία.

Οι μεγάλες τιμές που εμφανίζονται οδηγούν σε μεγάλο κόστος για την εταιρεία. Αυτό το κόστος δεν περιορίζεται μόνο στις αμοιβές της εργασίας, αλλά περιλαμβάνει και δαπάνες για τη σίτιση, τη στέγαση και την αξιοπρεπή διαβίωση των εργαζομένων, καθόλη τη διάρκεια της απασχόλησής τους στο εργοτάξιο. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των εργαζομένων που απασχολούνται ταυτόχρονα, τόσο μεγαλύτερες και ακριβότερες θα είναι και οι εγκαταστάσεις για την υποστήριξή τους.



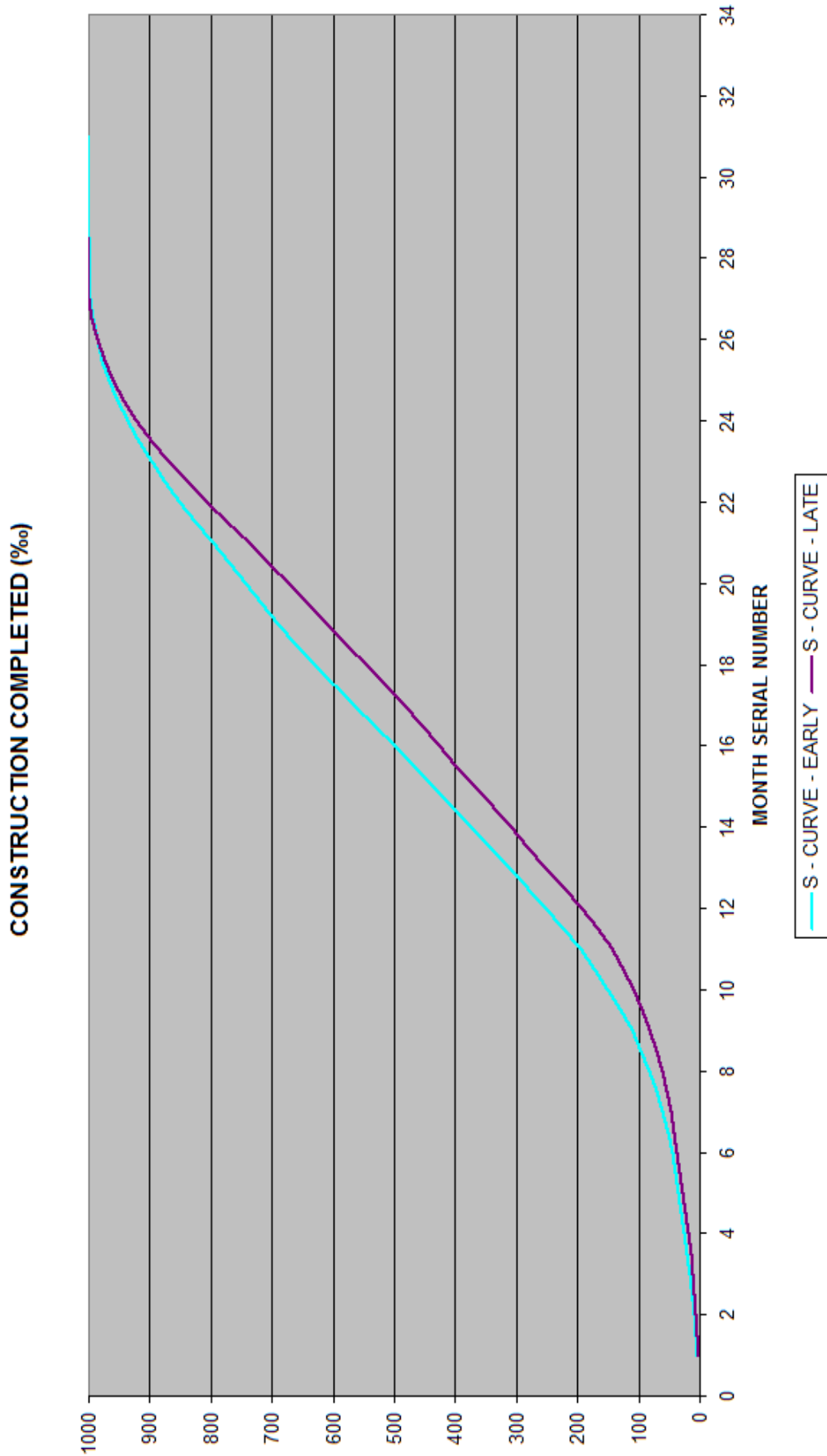
Σχήμα 7.10: Ο μηνιαίος βαθμός προόδου για την πρώτη παραλλαγή με βάση τις αρχές της νωρίτερης και αργότερης έναρξης

Με βάση τα στοιχεία του σχήματος 7.10, παρατηρώ ότι για την υλοποίηση του έργου στο προκαθορισμένο διάστημα, οι τιμές για τη μηνιαία πρόοδο που εξάγονται είναι μεγαλύτερες από τις προηγούμενες.

Μετά από αρκετές διορθώσεις στο δίκτυο, οι τελικές τιμές που επιλέγονται είναι οι αναγραφόμενες. Οι τιμές αυτές βρίσκονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα σε σχέση με το επιθυμητό εύρος τιμών τους. Αυτό σημαίνει ότι το έργο έχει προγραμματιστεί να ολοκληρωθεί σε πολύ μικρό διάστημα.

Είναι, λοιπόν, ευθύνη του διαχειριστή του έργου και της ομάδας ελέγχου να εξασφαλίσει ότι το σύστημα παρακολούθησης της προόδου στο εργοτάξιο έχει γρήγορη απόκριση, και πως κάθε κίνδυνος που αναπτύσσεται θα εντοπίζεται άμεσα ώστε να ελαχιστοποιούνται οι καθυστερήσεις.





Σχήμα 7.11: Οι καμπύλες προόδου S για την πρώτη παραλλαγή

Οι καμπύλες S για την πρώτη παραλλαγή, όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.11, έχουν απόσταση περίπου ένα μήνα στις κρίσιμες χρονικές περιόδους, στις περιόδους δηλαδή όπου η κατασκευή προχωράει γοργά. Αυτό είναι ένα ακόμη ενδεικτικό στοιχείο της αυξημένης επικινδυνότητας που έχει προκύψει από τη μείωση της συνολικής διάρκειας του έργου κατά τέσσερις μήνες.

Και εδώ προτείνεται ότι και παραπάνω, δηλαδή η δημιουργία ενός καλύτερου συστήματος παρακολούθησης, που θα εξασφαλίζει την πρόληψη των αποκλίσεων και η δημιουργία μίας ευέλικτης ομάδας για τη λήψη διορθωτικών αποφάσεων σε μικρό χρονικό διάστημα.

Για τη μείωση της κρισιμότητας κάποιων μηνών και του αριθμού των κρίσιμων δραστηριοτήτων, προτείνεται, σε τέτοιες περιπτώσεις, η αλλαγή των ημερομηνιών παράδοσης σε συνεννόηση με τους προμηθευτές, ώστε να μεταφέρονται δραστηριότητες προς τα αριστερά του χρονικού άξονα.

Αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, καθώς οι προμηθευτές μπορεί να μην είναι ικανοί να παρέχουν το φορτίο στην επιθυμητή ημερομηνία, ακόμη και αν ενημερωθούν εγκαίρως. Επιπλέον, κάποια ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες μηχανήματα πρέπει να εγκατασταθούν σε ορισμένο μήνα ή εποχή.

Τέλος, δεν αρκεί η κατοχή των μηχανημάτων. Απαιτείται και η μίσθωση όλου του εξοπλισμού και των ειδικευμένων εργαζομένων για την εγκατάστασή τους.

#### Εναλλακτική επίλυση του προβλήματος

Επειδή η μορφή του δικτύου που προηγείται κρίθηκε ιδιαίτερα κρίσιμη, προτείνεται μία εναλλακτική μορφή που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της ιδιοκτήτριας εταιρείας.

Για τον προγραμματισμό των εργασιών έγιναν οι εξής υποθέσεις:

1. Οι εργασίες στο εργοτάξιο μπορούν να ξεκινήσουν την 1<sup>η</sup> Μαρτίου, ένα μήνα νωρίτερα από ότι είχε αρχικά προγραμματιστεί. Αυτό προϋποθέτει πως, μέχρι εκείνη την ημέρα, θα έχουν εκδοθεί οι απαραίτητες άδειες, θα έχουν γίνει αποδεκτά τα βασικά σχέδια, θα υπάρχουν οι απαραίτητες βοηθητικές εγκαταστάσεις και θα είναι διαθέσιμα τα απαραίτητα μηχανήματα και οι εργαζόμενοι.
2. Υπάρχει ευελιξία στις ημερομηνίες παράδοσης από τη μεριά των προμηθευτών, ώστε να ζητηθεί η νωρίτερη παράδοση κάποιων μερών του εξοπλισμού και αποθεμάτων. Αυτό προϋποθέτει ότι είναι δυνατή η κατασκευή τους στο δαιθέσιμο χρόνο και ότι μπορεί να γίνει επαναπρογραμματισμός των δρομολογίων των μεταφορέων.

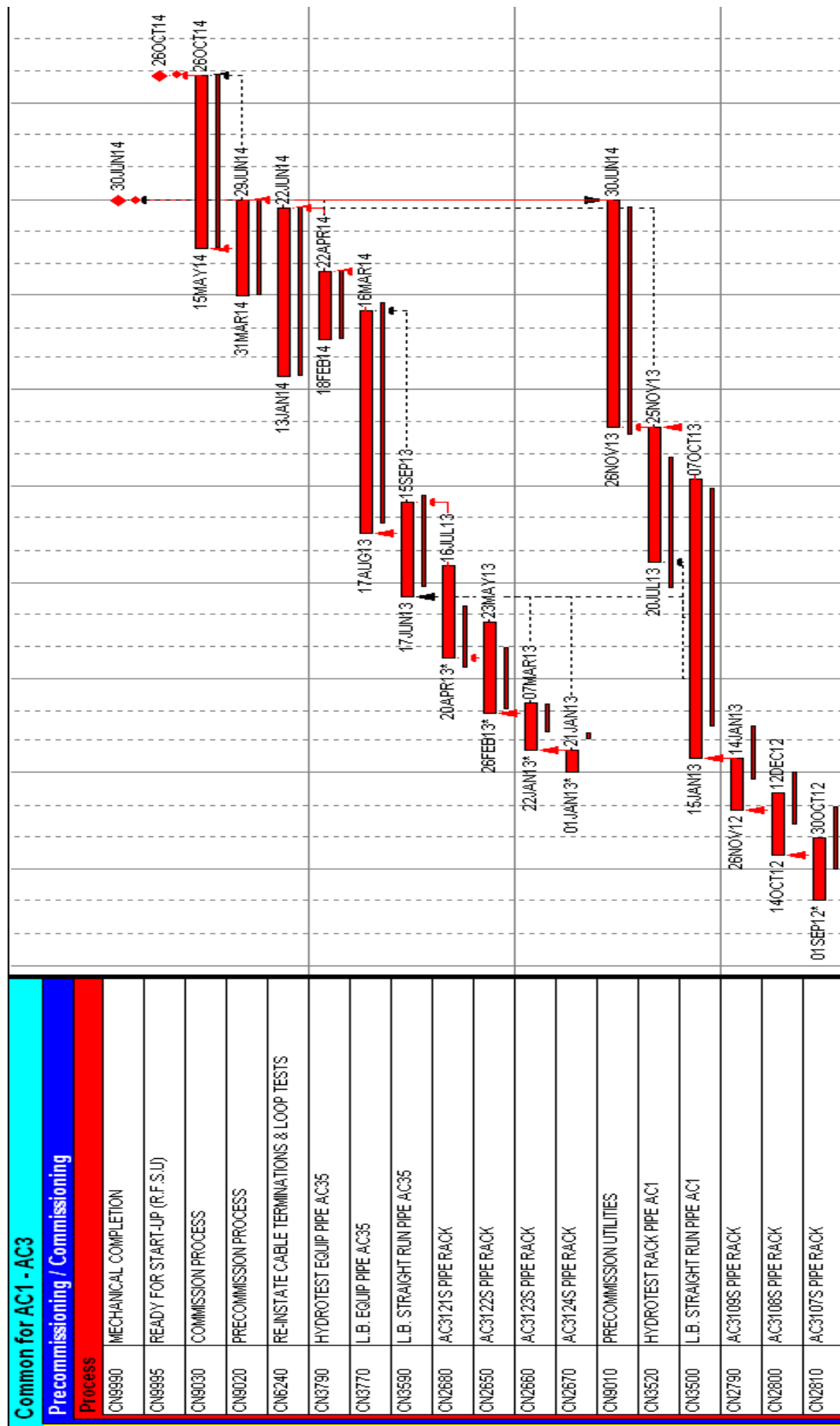
Φυσικά, για την νωρίτερη προμήθεια των στοιχείων αυτών θα υπάρχει και σημαντική αύξηση του κόστους τους. Η τελική αποδοχή ή απόρριψη αυτής της πρότασης γίνεται με σύγκριση του νέου, αυξημένου, κόστους με το παλιό σύμφωνα με τα όρια που έχουν τεθεί από την ιδιοκτήτρια και την κατασκευάστρια εταιρεία. Η πρόταση θα γίνει αποδεκτή εάν κριθεί πως η αύξηση του κόστους είναι μικρότερης σημασίας από τη μείωση του ρίσκου που επιτυγχάνεται.

#### Μελέτη και σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Οι κρίσιμες δραστηριότητες σε αυτό το δίκτυο συγκροτούν δύο κρίσιμες διαδρομές. Οι δραστηριότητες αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 7.4 και στο σχήμα 7.12.

Activity ID	Activity description	Total float	Original duration	Discipline	Sub Discipline
CN9990	MECHANICAL COMPLETION	0	0	COM	PROC
CN9995	READY FOR START-UP (R.F.S.U)	0	0	COM	PROC
CN9030	COMMISSION PROCESS	0	141	COM	PROC
CN9020	PRECOMMISSION PROCESS	0	78	COM	PROC
CN6240	RE-INSTATE CABLE TERMINATIONS & LOOP TESTS	0	138	INST	CE
CN3790	HYDROTEST EQUIP PIPE AC35	0	55	PIPI	AGEP
CN3770	L.B. EQUIP PIPE AC35	0	182	PIPI	AGEP
CN3590	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC35	0	78	PIPI	AGRP
CN2680	AC3121S PIPE RACK	0	76	STEE	STER
CN2650	AC3122S PIPE RACK	0	75	STEE	STER
CN2660	AC3123S PIPE RACK	0	39	STEE	STER
CN2670	AC3124S PIPE RACK	0	18	STEE	STER
CN9010	PRECOMMISSION UTILITIES	0	186	COM	UTL
CN3520	HYDROTEST RACK PIPE AC1	0	111	PIPI	AGRP
CN3500	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1	0	228	PIPI	AGRP
CN2790	AC3109S PIPE RACK	0	43	STEE	STER
CN2800	AC3108S PIPE RACK	0	52	STEE	STER
CN2810	AC3107S PIPE RACK	0	52	STEE	STER

Πίνακας 7.4: Κρίσιμες δραστηριότητες στην εναλλακτική επίλυση της πρώτης παραλλαγής

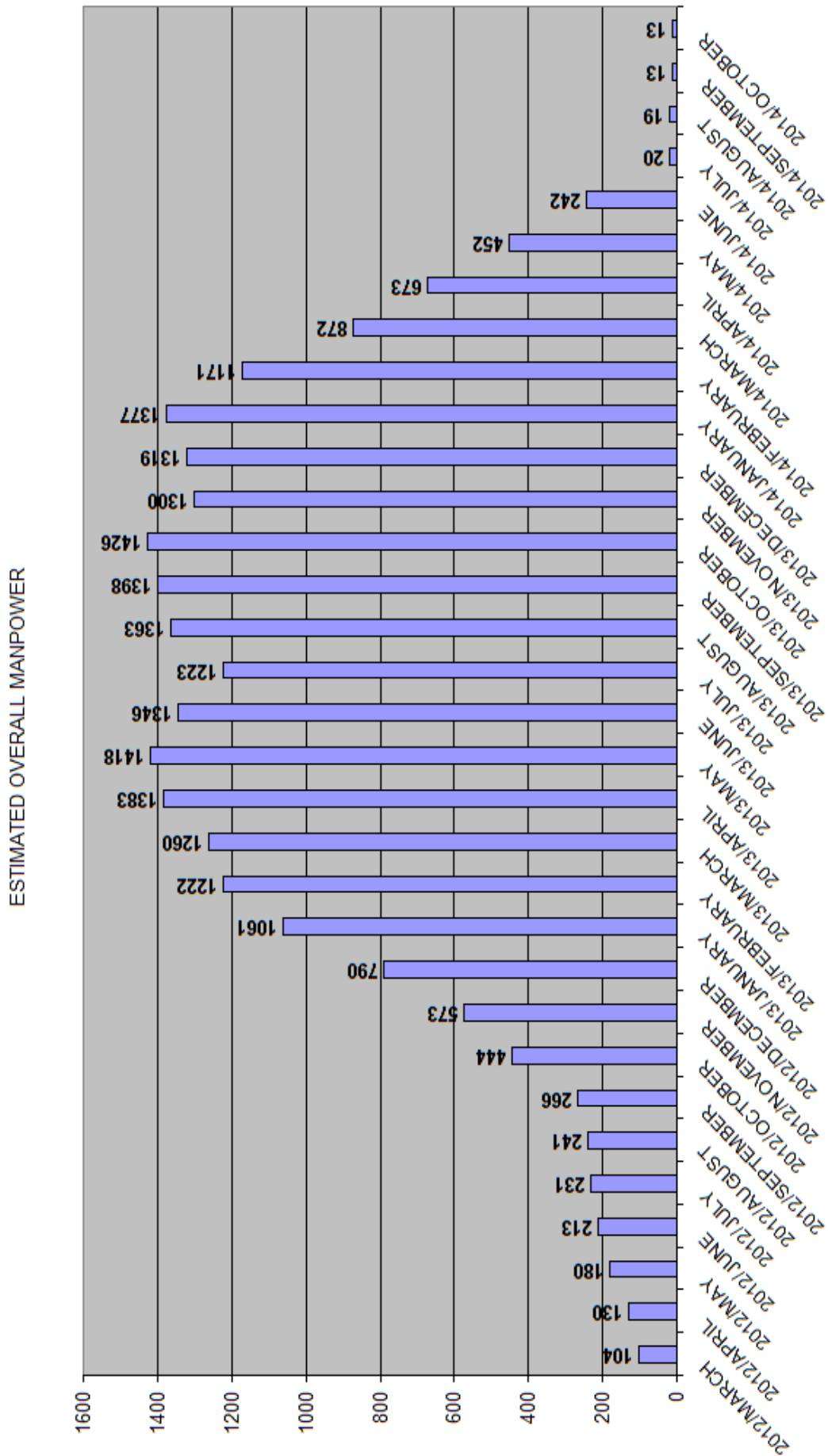


Σχήμα 7.12: Αναπαράσταση των κρίσιμων διαδρομών σε διάγραμμα Gantt

Στο σχήμα 7.12 εκτός από παρουσίαση της μορφής των κρίσιμων διαδρομών, γίνεται και σύγκριση της μετακίνησης των δραστηριοτήτων αυτών ως προς το χρόνο. Η αρχική θέση των δραστηριοτήτων σηματοδοτείται στο σχήμα 7.12 με τις λεπτές ράβδους. Ενώ οι περισσότερες δραστηριότητες έχουν μετακινηθεί προς τα αριστερά, λόγω της νωρίτερης έναρξης των εργασιών (1<sup>η</sup> Μαρτίου) και της νωρίτερης παράδοσης από τους προμηθευτές (πχ AC3107S Pipe rack), κάποιες δραστηριότητες έχουν μεταφερθεί προς τα δεξιά. Αυτό αποτελεί επιλογή που έγινε κατά τον προγραμματισμό και στοχεύει στην εξάλειψη πιθανών κινδύνων, χάρη στα διευρυμένα χρονικά περιθώρια που αναπτύσσονται συγκριτικά με πριν.

Οι δραστηριότητες που αποτελούν την κρίσιμη διαδρομή του δικτύου ανήκουν σε είδη εργασιών πρωτεύουσας σημασίας για την κατασκευή. Εντός της κρίσιμης διαδρομής δεν υπάρχουν δραστηριότητες που δεν καθορίζουν τον κορμό της προόδου της κατασκευής αλλά εκτελούνται παράλληλα με αυτόν.

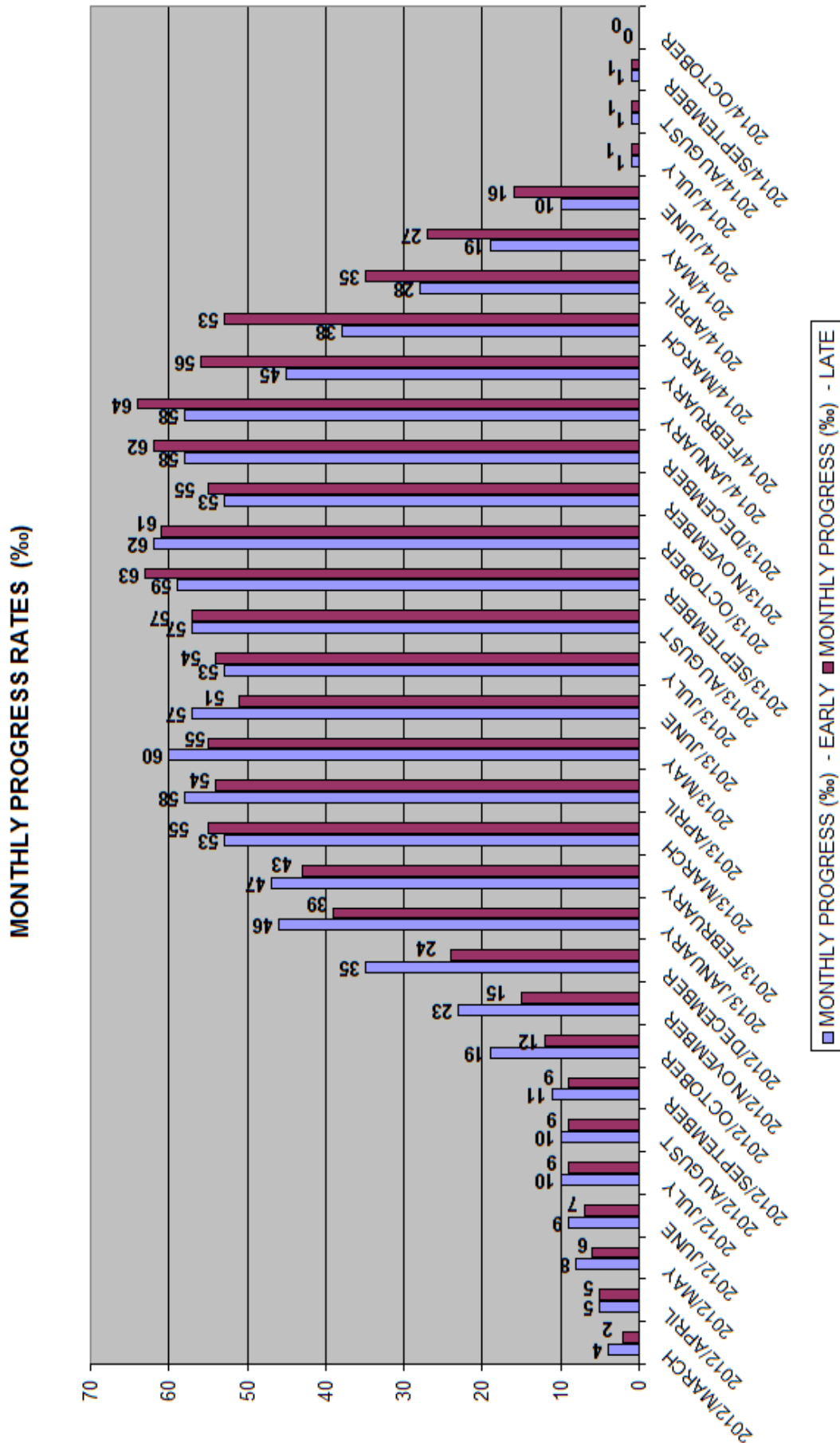
Παρατηρώ ότι ο αριθμός των κρίσιμων δραστηριοτήτων έχει μειωθεί σε σχέση με αυτόν του σχήματος 7.8. Αυτό αποτελεί ένα πρώτο σημάδι πως έχει επιτευχθεί μείωση της κρισιμότητας του δικτύου σε ένα βαθμό. Η τελική επαλήθευση αυτού του συμπεράσματος γίνεται μετά από συγκριτική παρατήρηση και των υπολοίπων γραφημάτων που ακολουθούν.



Σχήμα 7.13: Ραβδόγραμμα του απαιτούμενου εργατικού δυναμικού στην εναλλακτική επίλυση της πρώτης παραλλαγής

Σύμφωνα με το σχήμα 7.13, οι αλλαγές που έγιναν στο δίκτυο οδήγησαν σε χαμηλότερες κορυφές στο ραβδόγραμμα για το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό. Η μορφή του είναι συνολικά πιο ομαλή από την προηγούμενη, παρά το «κενό» που εμφανίζεται τον Ιούλιο του 2013.

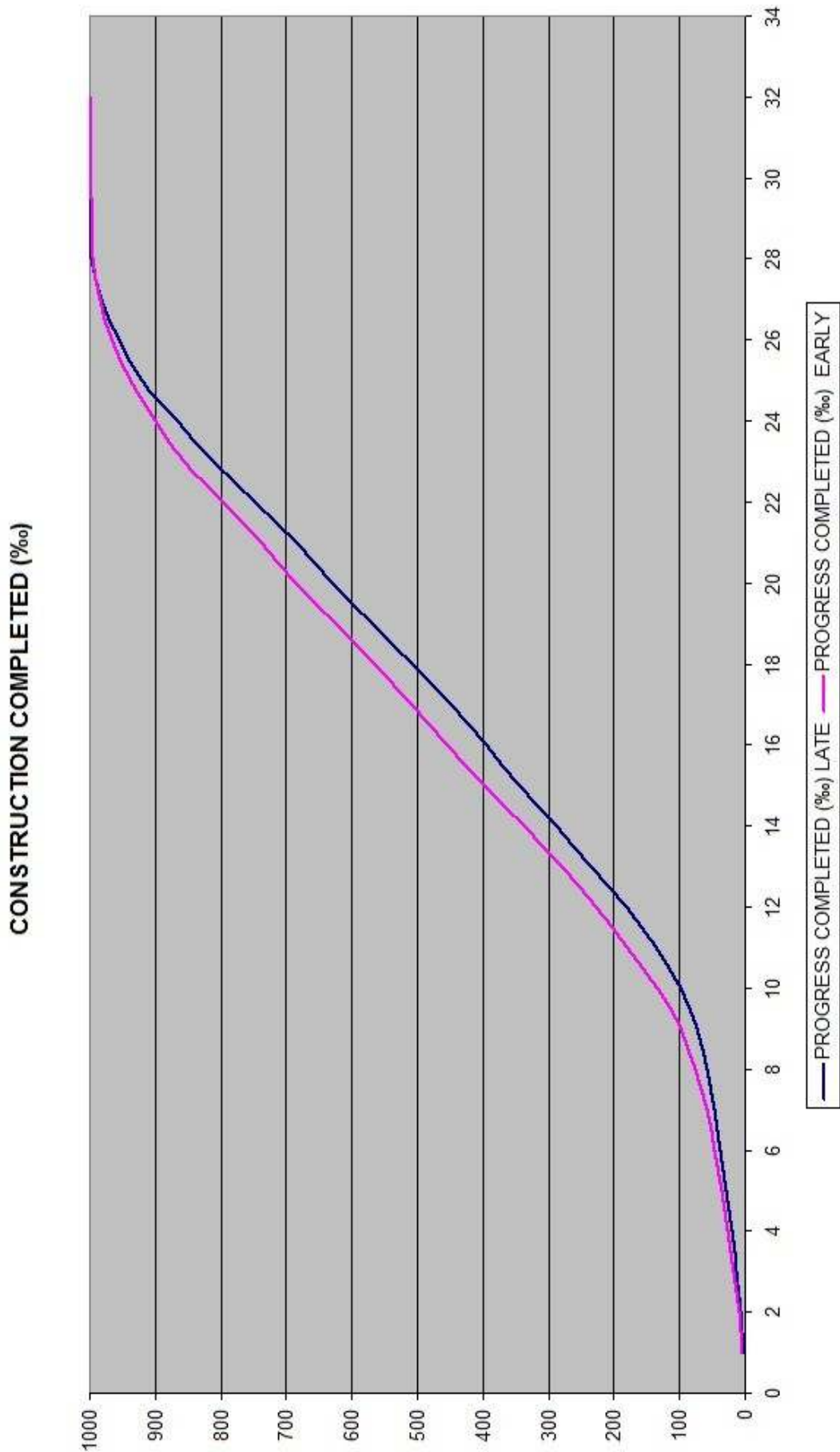
Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από αυτές τις αλλαγές έχουν μεγάλη σημασία για την πορεία της κατασκευής και για το κόστος που θα προκύψει. Αν και ο ριθμός των απαιτούμενων εργατοωρών, και άρα η αμοιβή για την απόκτηση τους, είναι σταθερός, το συνολικό κόστος για την απασχόληση του εργατικού δυναμικού μειώνεται όπως έχει αναφερθεί.



Σχήμα 7.14: Ο μηνιαίος βαθμός προόδου για την εναλλακτική επίλυσης της πρώτης παραλλαγής με βάση τις αρχές της νωρίτερης και αργότερης έναρξης



Στο σχήμα 7.14 φαίνεται καθαρότερα πως το δίκτυο που μελετάται σε αυτό το σημείο είναι ασφαλέστερο από την αρχική του μορφή. Οι τιμές του δείκτη μηνιαίας προόδου έχουν μειωθεί σημαντικά στις περιοχές όπου προηγουμένως ξεπερνούσαν τα επιθυμητά όρια. Αντίθετα, τώρα οι περισσότεροι μήνες βρίσκονται στο εύρος βέλτιστων τιμών 45-55% ενώ σε πολύ λίγες περιπτώσεις ξεπερνάται το 60%. Αυτό εξασφαλίζει την ομαλότερη πορεία των εργασιών στις μεσαίες φάσεις της κατασκευής και προσφέρει μεγαλύτερες δυνατότητες επέμβασης στο διαχειριστή του έργου μετά την έναρξη των εργασιών.



Σχήμα 7.15: Η εναλλακτική μορφή των καμπύλων προόδου S για την πρώτη παραλλαγή

Παρατηρώντας το σχήμα 7.15, προκύπτει ότι η απόσταση των καμπύλων S δεν έχει μεταβληθεί ουσιαστικά. Παρά τις αλλαγές, που στα άλλα διαγράμματα οδήγησαν σε σημαντικές βελτιώσεις, η απόσταση παραμένει στον ένα μήνα, που θεωρείται κρίσιμη.

Η τιμή αυτή και κυρίως το γεγονός πως δεν μεταβάλλεται ουσιαστικά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το έργο έχει αυξημένη επικυδινότητα λόγω της μείωσης της συνολικής διάρκειας που δεν μπορεί εύκολα να αντιμετωπιστεί πλήρως. Για να απομακρυνθούν οι δύο καμπύλες πρέπει να αυξηθεί η συνολική διάρκεια της κατασκευής.

Αυτό το μοντέλο προκύπτει πως εξασφαλίζει την ομαλότερη και ασφαλέστερη υλοποίηση του έργου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη και εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις που έχουν αναφερθεί. Η τελική επιλογή θα γίνει με σύγκριση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που προσφέρει, πάντα στα πλαίσια των προτύπων – ποιοτικών και οικονομικών – που έχει επιλέξει η εταιρεία.

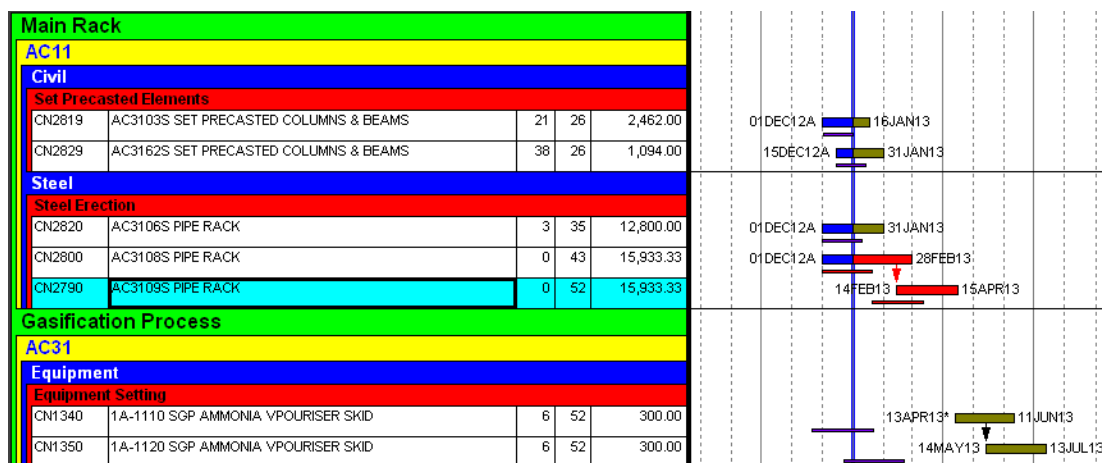
### 7.3 Μελέτη και σχολιασμός της δεύτερης παραλλαγής

Σε αυτή την περίπτωση, γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή έχει ξεκινήσει σύμφωνα με τον αρχικό προγραμματισμό και διενεργείται ο τυπικός έλεγχος προόδου με το τέλος του μήνα 19, δηλαδή του Δεκεμβρίου του 2012. Σε αντιστοιχία με την πραγματικότητα, επιλέγονται καθυστερήσεις σε βασικά στοιχεία του έργου, όπως καταγράφονται στο σχετικό κεφάλαιο, και λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την επιδιόρθωση της πορείας των εργασιών.

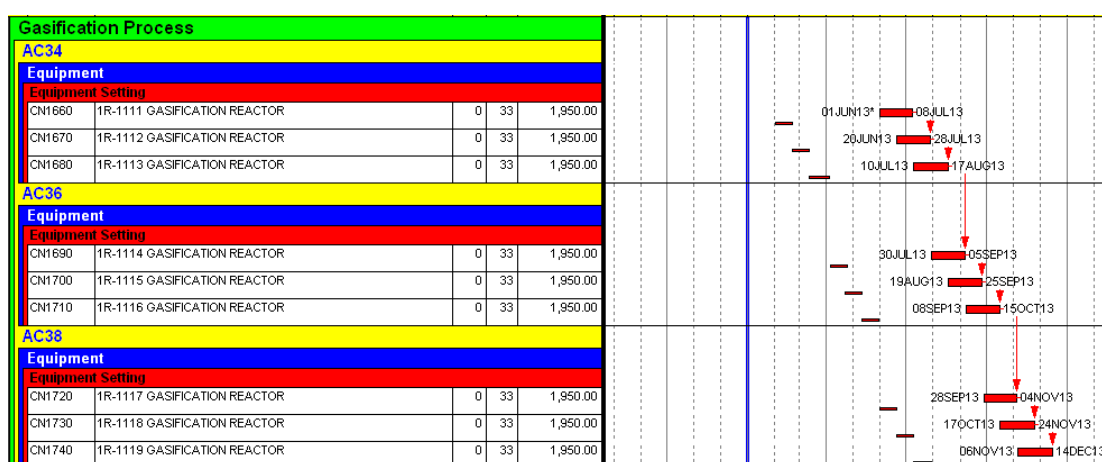
Όπως συμβαίνει και στα πραγματικά έργα, ο χρονικός προγραμματισμός δεν επαληθεύεται πλήρως, έτσι και στα πλαίσια της εργασίας θεωρώ ότι παρατηρούνται οι παρακάτω αποκλίσεις, που στη συνέχεια θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με τις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις για την επιτυχή και έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου. Οι αποκλίσεις που θεωρήθηκαν είναι καταγεγραμμένες στον πίνακα 7.5 και στις παρακάτω εικόνες (σχήματα 7.16-7.17).

Activity ID	Είδος Καθυστερήσης	Είδος Εργασιών
CN2820	Η ολοκλήρωσή της θα καθυστερήσει κατά 20 ημέρες	STEEL
CN2819	Η ολοκλήρωσή της θα καθυστερήσει δύο εβδομάδες	CIVIL
CN2829	Η ολοκλήρωσή της θα καθυστερήσει δύο εβδομάδες	CIVIL
CN2790 CN2800	Η ολοκλήρωσή τους θα καθυστερήσει επειδή αναμένεται αργοπορημένη παράδοση του τελευταίου τμήματος της κατασκευής	STEEL
CN1340 CN1350	Η έναρξη θα καθυστερήσει κατά πέντε μήνες λόγω αργοπορημένης παράδοσης του εξοπλισμού	EQUIPMENT
ΔΙΑΦΟΡΑ	Η έναρξη των δραστηριοτήτων θα καθυστερήσει κατά πέντε μήνες, λόγω αργοπορημένης παράδοσης του εξοπλισμού και η διάρκειά τους πρέπει να αυξηθεί επειδή οι αντιδραστήρες θα πρέπει να συναρμολογηθούν στο εργοτάξιο	EQUIPMENT

Πίνακας 7.5: Πίνακας αποκλίσεων επί της βασικής περίπτωσης που θεωρήθηκαν για να προκύψει η δεύτερη παραλλαγή



Σχήμα 7.16: Δραστηριότητες που καθυστερούν ως προς την έναρξη ή τη λήξη



Σχήμα 7.17: Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που θα παραδοθεί αργοπορημένα

Στα σχήματα 7.16 και 7.17, οι λεπτές ράβδοι στο διάγραμμα Gantt υποδεικνύουν τις αρχικές θέσεις των δραστηριοτήτων στη βασική περίπτωση.

### Μελέτη και σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Όπως στις δύο πρώτες περιπτώσεις, έτσι και εδώ, πρώτα μελετάται η κρίσιμη διαδρομή του έργου.

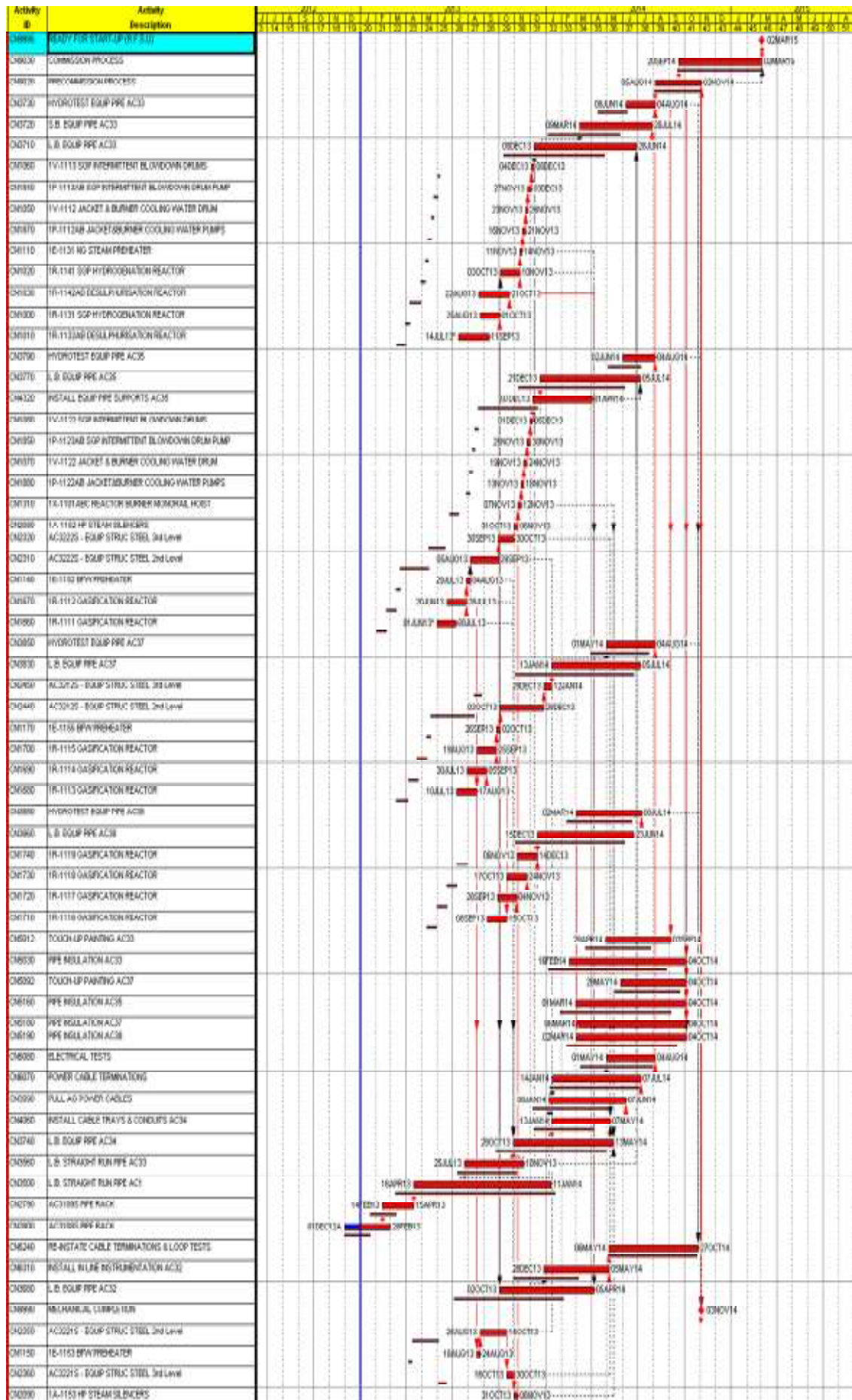
Activity ID	Activity description	Total float	Original duration	Discipline	Sub Discipline
CN3990	PULL AG POWER CABLES	0	129	ELEC	EL
CN6070	POWER CABLE TERMINATIONS	0	150	ELEC	EL
CN6080	ELECTRICAL TESTS	0	82	ELEC	EL
CN6240	RE-INSTATE CABLE TERMINATIONS & LOOP TESTS	0	150	INST	CE
CN9020	PRECOMMISSION PROCESS	0	78	COM	PROC
CN9030	COMMISSION PROCESS	0	141	COM	PROC
CN9990	MECHANICAL COMPLETION	0	0	COM	PROC
CN9995	READY FOR START-UP (R.F.S.U)	0	0	COM	PROC
CN2800	AC3108S PIPE RACK	0	43	STEE	STER
CN2790	AC3109S PIPE RACK	0	52	STEE	STER
CN3500	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC1	0	232	PIPI	AGRP

CN1010	1R-1132AB DESULPHURISATION REACTOR	0	52	EQUI	EQSE
CN1030	1R-1142AB DESULPHURISATION REACTOR	0	52	EQUI	EQSE
CN1000	1R-1131 SGP HYDROGENATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1020	1R-1141 SGP HYDROGENATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1110	1E-1131 NG STEAM PREHEATER	0	4	EQUI	EQSE
CN3680	L.B. EQUIP PIPE AC32	0	159	PIPI	AGEP
CN6310	INSTALL IN LINE INSTRUMENTATION AC32	0	111	INST	
CN1870	1P-1112AB JACKET&BURNER COOLING WATER PUMPS	0	6	EQUI	EQSE
CN1050	1V-1112 JACKET & BURNER COOLING WATER DRUM	0	4	EQUI	EQSE
CN1840	1P-1113AB SGP INTERMITTENT BLOWDOWN DRUM PUMP	0	6	EQUI	EQSE
CN1060	1V-1113 SGP INTERMITTENT BLOWDOWN DRUMS	0	4	EQUI	EQSE
CN3560	L.B. STRAIGHT RUN PIPE AC33	0	100	PIPI	AGRP
CN3710	L.B. EQUIP PIPE AC33	0	173	PIPI	AGEP
CN3720	S.B. EQUIP PIPE AC33	0	122	PIPI	AGEP
CN3730	HYDROTEST EQUIP PIPE AC33	0	50	PIPI	AGEP
CN5012	TOUCH-UP PAINTING AC33	0	110	PAIN	
CN5030	PIPE INSULATION AC33	0	198	INSU	
CN2310	AC3222S - EQUIP STRUC STEEL 2nd Level	0	48	STEE	STEQ
CN2350	AC3221S - EQUIP STRUC STEEL 2nd Level	0	45	STEE	STEQ
CN2320	AC3222S - EQUIP STRUC STEEL 3rd Level	0	27	STEE	STEQ
CN2360	AC3221S - EQUIP STRUC STEEL 3rd Level	0	13	STEE	STEQ
CN1660	1R-1111 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1670	1R-1112 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1680	1R-1113 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1140	1E-1152 BFW PREHEATER	0	6	EQUI	EQSE
CN1150	1E-1153 BFW PREHEATER	0	6	EQUI	EQSE
CN2080	1A-1152 HP STEAM SILENCERS	0	6	EQUI	EQSE
CN2090	1A-1153 HP STEAM SILENCERS	0	6	EQUI	EQSE
CN1310	1X-1101ABC REACTOR BURNER MONORAIL HOIST	0	5	EQUI	EQSE
CN3740	L.B. EQUIP PIPE AC34	0	169	PIPI	AGEP
CN4060	INSTALL CABLE TRAYS & CONDUITS AC34	0	99	ELEC	
CN1880	1P-1122AB JACKET&BURNER COOLING WATER PUMPS	0	5	EQUI	EQSE
CN1070	1V-1122 JACKET & BURNER COOLING WATER DRUM	0	5	EQUI	EQSE
CN1850	1P-1123AB SGP INTERMITTENT BLOWDOWN DRUM PUMP	0	5	EQUI	EQSE
CN1080	1V-1122 SGP INTERMITTENT BLOWDOWN DRUMS	0	5	EQUI	EQSE
CN4320	INSTALL EQUIP PIPE SUPPORTS AC35	0	100	PIPI	AGEP

CN3770	L.B. EQUIP PIPE AC35	0	169	PIPI	AGEP
CN3790	HYDROTEST EQUIP PIPE AC35	0	55	PIPI	AGEP
CN5160	PIPE INSULATION AC35	0	187	INSU	
CN2440	AC3212S - EQUIP STRUC STEEL 2nd Level	0	74	STEE	STEQ
CN2450	AC3212S - EQUIP STRUC STEEL 3rd Level	0	13	STEE	STEQ
CN1690	1R-1114 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1700	1R-1115 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1710	1R-1116 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1170	1E-1155 BFW PREHEATER	0	6	EQUI	EQSE
CN3830	L.B. EQUIP PIPE AC37	0	149	PIPI	AGEP
CN3850	HYDROTEST EQUIP PIPE AC37	0	82	PIPI	AGEP
CN5092	TOUCH-UP PAINTING AC37	0	110	PAIN	
CN5180	PIPE INSULATION AC37	0	182	INSU	
CN1720	1R-1117 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1730	1R-1118 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN1740	1R-1119 GASIFICATION REACTOR	0	33	EQUI	EQSE
CN3860	L.B. EQUIP PIPE AC38	0	164	PIPI	AGEP
CN3880	HYDROTEST EQUIP PIPE AC38	0	111	PIPI	AGEP
CN5190	PIPE INSULATION AC38	0	186	INSU	

Πίνακας 7.6: Οι κρίσιμες δραστηριότητες στη δεύτερη παραλλαγή

Οι δραστηριότητες του πίνακα 7.6 παρουσιάζονται σε μορφή διαγράμματος Gantt στο σχήμα 7.14 στην επόμενη σελίδα.



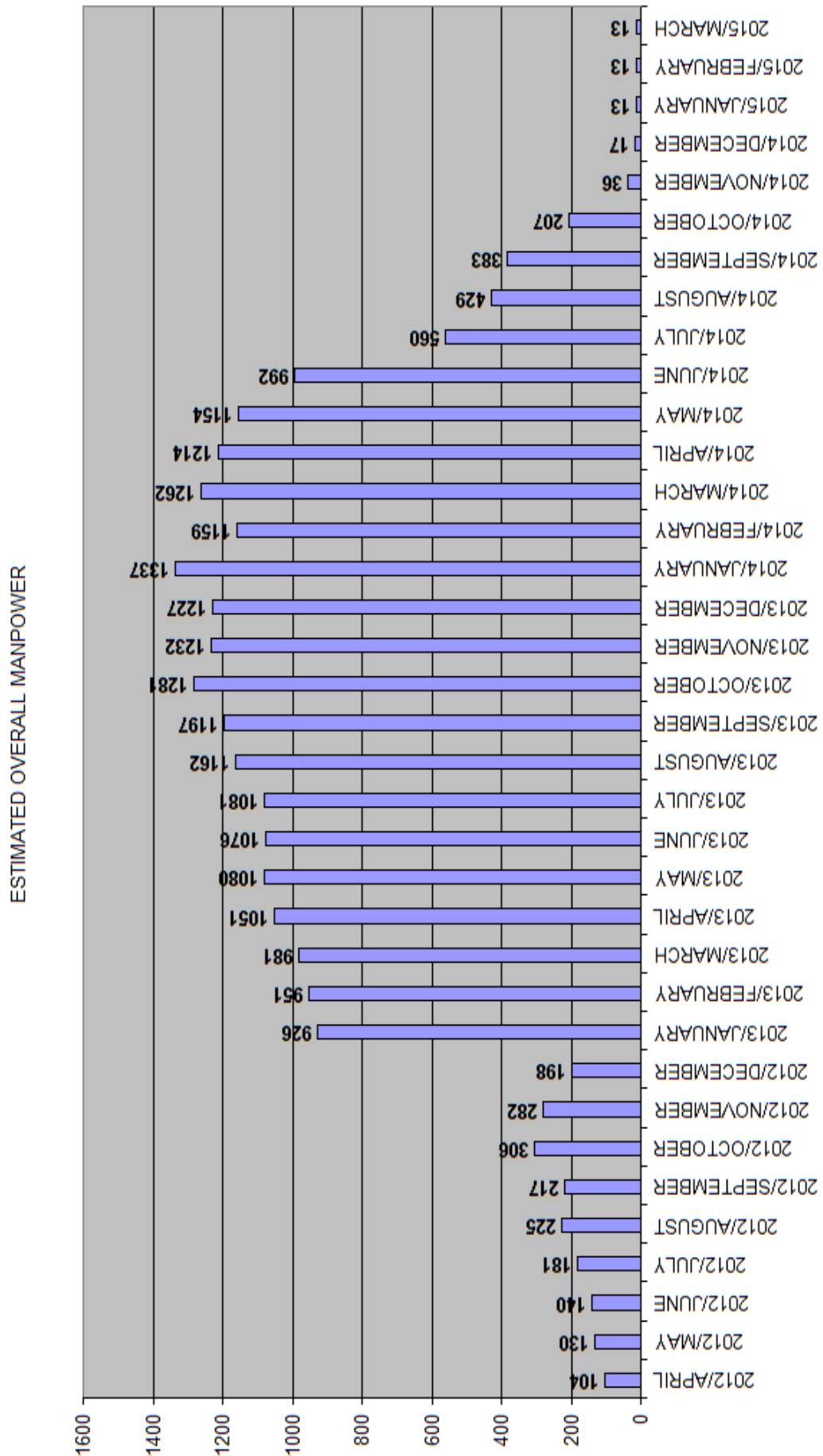
Σχήμα 7.18: Οι κρίσιμες δραστηριότητες στη δεύτερη παραλλαγή



Οι λεπτές ράβδοι στο διάγραμμα Gantt του σχήματος 7.18 επισημαίνουν τη θέση των ίδιων δραστηριοτήτων στη βασική περίπτωση. Είναι ήδη εμφανές ότι το έργο έχει καθυστερήσει πολύ σε βασικούς τομείς του και πολλές δραστηριότητες έχουν μετατραπεί σε κρίσιμες.

Επίσης, παρατηρώ, ότι οι διαδρομές που έχουν μετατραπεί σε κρίσιμες είναι πάρα πολλές σε αριθμό και περιπλέκονται μεταξύ τους. Αυτό το στοιχείο κάνει το πρόγραμμα πολύ δύσκολο στην παρακολούθηση και τον έλεγχο κατά τη φάση της κατασκευής.

Παρατηρώντας μόνο την κρίσιμη διαδρομή, κάποιος θα έκρινε ότι αυτή η περίπτωση είναι κρισιμότερη από την προηγούμενη, αφού η κρίσιμη διαδρομή είναι μεγαλύτερη και εμπεριέχει και εργασίες δευτερεύουσας σημασίας. Αυτό δεν επαληθεύεται από τα παρακάτω γραφήματα.



Σχήμα 7.19: Ιστόγραμμα των απαιτήσεων σε εργατικό δυναμικό για τη δεύτερη παραλλαγή

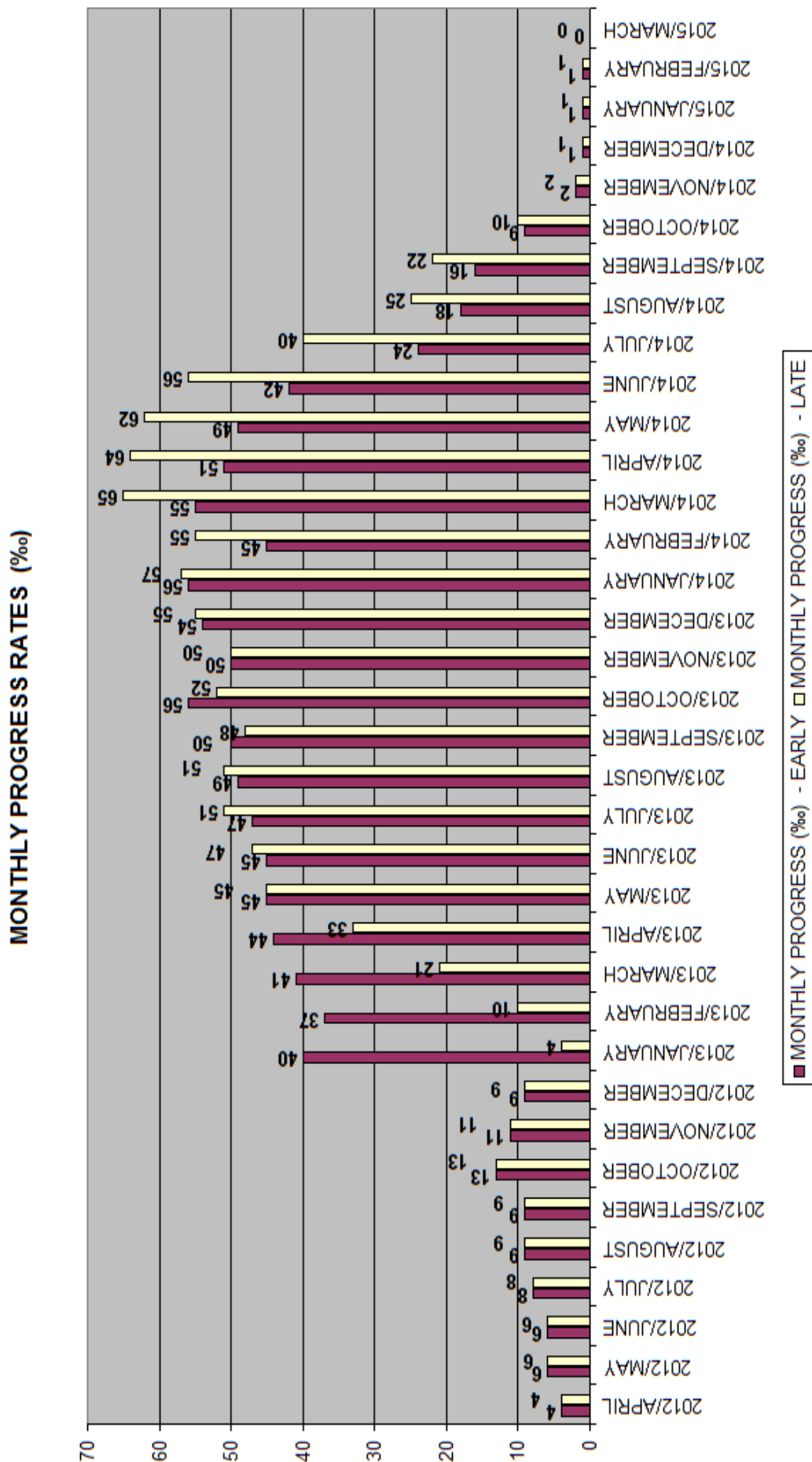
Υπενθυμίζεται πως, σε αυτή την περίπτωση, οι εργασίες έχουν ξεκινήσει και βρισκόμαστε στο τέλος του Δεκέμβρη 2012.

Όπως προκύπτει από το ραβδόγραμμα, που τώρα έχει χάσει τη μορφή κανονικής κατανομής που είχε, απαιτείται η άμεση πρόσληψη περίπου 730 εργαζομένων για τις διάφορες θέσεις, ώστε η πορεία των εργασιών να βρίσκεται εντός του πλαισίου που έχει τεθεί από τον αναθεωρημένο προγραμματισμό.

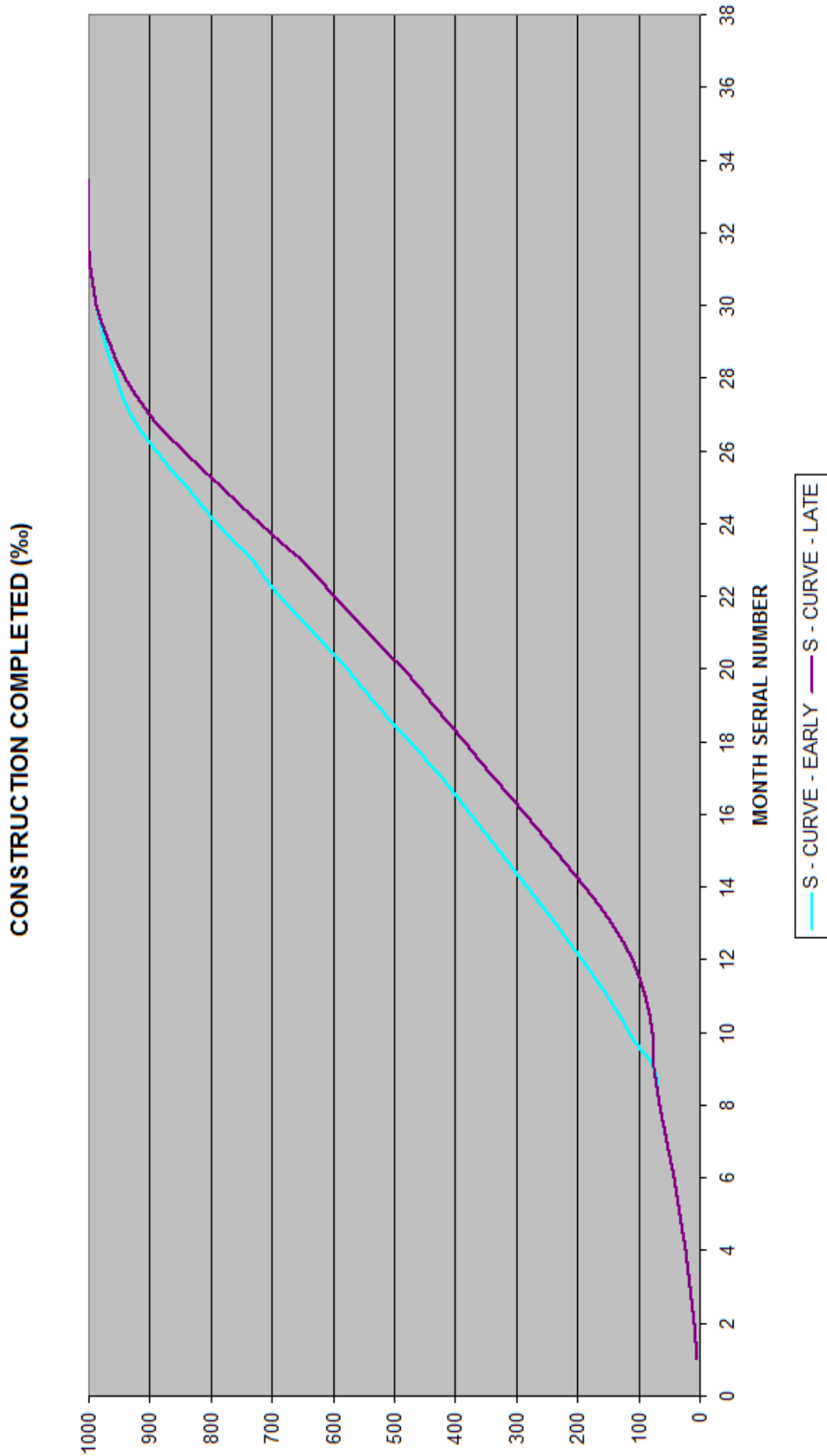
Παρά την απότομη αυτή αλλαγή, οι απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό για τους μεσαίους μήνες κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι στην πρώτη παραλλαγή της βασικής περίπτωσης. Αυτό είναι θεμιτό, γιατί επιτρέπει τη δέσμευση κεφαλαίων σε άλλους τομείς και δημιουργεί μεγαλύτερο περιθώριο ασφάλειας μεταξύ της ζήτησης σε εργατικό δυναμικό και της αντίστοιχης προσφοράς.

Παρόμοια είναι και τα συμπεράσματα από το ραβδόγραμμα μηνιαίας προόδου που ακολουθεί. Παρά την απότομη αλλαγή στην πορεία της κατασκευής, οι τιμές που λαμβάνει η προγραμματισμένη πρόοδος βρίσκονται εντός του βέλτιστου εύρους τιμών ή το ξεπερνούν κατά λίγο, σε κάποιες περιπτώσεις.

Αντίστοιχες παρατηρήσεις εξάγονται και από το διάγραμμα των καμπυλών S αν αυτές μελετηθούν ως προς την μεταξύ τους απόσταση. Αυτή είναι περίπου δύο μήνες στη μεσαία περίοδο των εργασιών και, επομένως, αποδεικνύεται ότι υπάρχει επαρκές περιθώριο για να απορροφήσει καθυστερήσεις στην έναρξη διάφορων εργασιών.



Σχήμα 7.20: Ο εκτιμώμενος βαθμός προόδου για τη δεύτερη παραλλαγή



Σχήμα 7.21: Καμπύλες προόδου S για τη δεύτερη παραλλαγή

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα

### 8.1 Γενικά συμπεράσματα για τη διαχείριση έργων

Μετά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, επαληθεύθηκαν και αναδείχθηκαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Πρώτον, η διαχείριση έργων αποτελεί μία διαδικασία ιδιαίτερα σύνθετη και απαιτητική. Για την επίτευξη των στόχων, που έχουν τεθεί από τον ιδιοκτήτη, σε ότι αφορά την τελική μορφή του έργου και αυτών που έχουν τεθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία, η ομάδα που ασχολείται με το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό του έργου πρέπει να δαπανήσει πολλές ώρες εργασίας, να ελέγξει κάθε πρόταση ως προς τους κινδύνους που κρύβει, να δημιουργήσει εμπειρικούς κανόνες για να προσεγγίσει τη συμπεριφορά διαφόρων αστάθμητων παραγόντων κτλ.

Δεύτερον, το αντικείμενο της διαχείρισης έργων, αν και σχετικά καινούργιο στην παρούσα μορφή του, συμπεριλαμβάνει μεγάλο πλήθος μεθόδων και τεχνικών, ενώ αντίστοιχα μεγάλο είναι και το πλήθος των παραλλαγών και βελτιώσεων που προτείνονται από πολλούς μηχανικούς και ερευνητές. Μπορεί κάποιος εύκολα να πει ότι, ακόμα και οι πιο ριζοσπαστικές καινοτομίες σε αυτόν το τομέα, δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής μέχρι να αντικατασταθούν από άλλες πιο σύγχρονες και αποτελεσματικές.

Τρίτον, πέρα από τη χρήση του μεγάλου πλήθους αποθηκευμένων στοιχείων, συντελεστών και μεθόδων, βασικός παράγοντας για την επιτυχή διαχείριση ενός έργου είναι η εμπειρία του διαχειριστή. Αυτή η εμπειρία εξασφαλίζει: πως θα αναγνωριστούν σωστά οι κίνδυνοι, πως δεν θα προγραμματιστούν οι δραστηριότητες με τρόπο ή ρυθμό που είναι να ανέφικτος, πως θα καταγραφούν εγκαίρως οι αποκλίσεις και θα γίνουν άμεσα οι απαραίτητες και σωστότερες διορθωτικές κινήσεις.

Τέταρτον, λόγω του ανταγωνισμού που αναπτύσσεται, κάθε εταιρεία και προσφορά πρέπει να αξιοποιεί στο έπακρο τις πιο σύγχρονες μεθόδους για τη διαχείριση έργων. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μειώσει στο ελάχιστο την απαιτούμενη διάρκεια εργασιών, το κόστος και να βελτιώσει την ποιότητα του αποτελέσματος. Για να γίνει αυτό, απαιτείται η συνεχής μελέτη και επανεκπαίδευση όλων των μελών που ασχολούνται με τον προγραμματισμό και το σχεδιασμό του έργου, την προμήθεια και διαχείριση των αποθεμάτων καθώς και με την διεύθυνση των εργασιών στο εργοτάξιο.

### 8.2 Συμπεράσματα για την κατασκευή μεγάλων έργων

Η διαχείριση έργων στην κατασκευή μεγάλων έργων, σε πολλές περιπτώσεις, αντιμετωπίζεται σαν μια διαδικασία απλής διεύθυνσης του ανθρώπινου δυναμικού. Αυτή η θεωρία παραγνωρίζει όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιούν οι ομάδες που ασχολούνται με τη διαχείριση έργων και αφορούν: τον εξοπλισμό που απαιτείται και τα χαρακτηριστικά του, τους υλικούς πόρους και τις ιδιότητές τους καθώς και τις ειδικές συνθήκες που αναπτύσσονται σε κάθε χρονική περίοδο (οικονομικές, περιβαλλοντικές κτλ).

Όπως αποδείχθηκε κατά τον προγραμματισμό του επιλεγμένου έργου, παρά τους εμπειρικούς κανόνες και τις καθορισμένες ημερομηνίες από την ιδιοκτήτρια εταιρεία και τους προμηθευτές, ο προγραμματιστής του έργου έχει μεγάλο εύρος επιλογών για την ολοκλήρωσή του. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει μία και μοναδική «σωστή» επιλογή, αλλά ο καθένας μπορεί να προσθέσει το προσωπικό του στοιχείο στον προγραμματισμό, παραμένοντας πάντα εντός των πλαισίων που έχουν διατυπωθεί παραπάνω στην εργασία και άλλων που ορίζονται για κάθε έργο ξεχωριστά. Είναι, άλλωστε, γνωστό ότι όσοι διαχειριστές αναλάβουν να δημιουργήσουν ένα δίκτυο εργασιών για το ίδιο έργο, τόσες διαφορετικές προτάσεις θα κατατεθούν. Αυτές οι προτάσεις συγκρίνονται μεταξύ τους για την επιλογή της καταλληλότερης και για τη βελτίωσή της. Σε αυτή τη διαδικασία συμμετέχουν και ειδικοί από τη μεριά του ιδιοκτήτη.

Στην κατασκευή μεγάλων έργων κυρίαρχη τάση αποτελεί η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των κυρίαρχων φάσεων του κύκλου ζωής και η ταυτόχρονη εκτέλεση δραστηριοτήτων. Αυτό εξασφαλίζει μείωση στο συνολικό χρόνο για την ολοκλήρωση της κατασκευής και στο κόστος του έργου.

Όμως αυτή η επιλογή ενέχει σημαντικούς κινδύνους και υπόκειται σε περιορισμούς, που καθορίζονται από το διαχειριστή του έργου, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη, τους στόχους της εταιρείας και τις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο των εργασιών. Για αυτό το λόγο, ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης των εργασιών λαμβάνεται από τον διαχειριστή του έργου ανάμεσα σε ένα εύρος πιθανών τιμών, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία που έχει διαθέσιμα και την εμπειρία του.

Μεγάλη αλληλεπικάλυψη οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο, ως προς τις καθυστερήσεις στις εργασίες, μεγαλύτερο πλήθος κρίσιμων δραστηριοτήτων και μικρή απόσταση μεταξύ των καμπύλων S. Αν η τιμή αυτή μεγαλώσει περισσότερο, ακόμα και αν η πορεία των εργασιών της είναι αποδεκτή, το δίκτυο που έχει δημιουργηθεί είναι ανέφικτο. Αυτό οφείλεται σε αιτίες, όπως η συγκέντρωση υπερβολικά μεγάλου αριθμού εργαζομένων και εξαρτημάτων σε μια μικρή περιοχή ή η αδυναμία απορρόφησης των αναπόφευκτων μικρο-καθυστερήσεων και η εξάπλωσή τους σε πολλές διαδρομές.

Επιπλέον, κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχή κατάληξη του έργου είναι η επικοινωνία μεταξύ των ομάδων που απασχολούνται στις φάσεις της μελέτης, της προμήθειας και της κατασκευής. Όπως έχει αναφερθεί και στο θεωρητικό τμήμα, αυτά τα στάδια δεν συνδέονται σε σειρά από το πρώτο στο τελευταίο, αλλά βρίσκονται και τα τρία συνδεδεμένα μεταξύ τους και σε διαρκή αλληλοκαθορισμό στο μεγαλύτερο κομμάτι του έργου. Η μελέτη και ο σχεδιασμός καθορίζουν την προμήθεια και την κατασκευή σε πρώτο χρόνο. Στη συνέχεια όμως, η φορά αυτή μπορεί ανά περιπτώσεις να αλλάζει. Για παράδειγμα, λάθη και καθυστερήσεις στην προμήθεια των αποθεμάτων αλλάζουν το σχεδιασμό και επανακαθορίζουν τα πρότυπα. Το ίδιο ισχύει και για νέα δεδομένα που διαμορφώνονται στη φάση της κατασκευής.

Από το παραπάνω, λοιπόν, αναδεικνύεται πως ο συνολικός προγραμματισμός αυτών των φάσεων μπορεί να γίνει, με περιορισμένη ακρίβεια, και από το τέλος των εργασιών προς την αρχή. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο (Commissioning Driven EPC), ο χρονικός προγραμματισμός ξεκινάει από τις εργασίες για την παράδοση του έργου και συνεχίζει προς τα πίσω μέχρι και τη φάση της δημιουργίας της μελέτης. Με αυτό τον τρόπο καθορίζεται πότε πρέπει να εκτελεστεί κάθε δραστηριότητα, να παραδοθεί κάθε φορτίο και να κατατεθεί κάθε σχέδιο. Φυσικά, με αυτό τον τρόπο, όλες οι

διαδρομές που αναπτύσσονται είναι κρίσιμες. Σε δεύτερο χρόνο, λοιπόν, ο προγραμματιστής οφείλει να δημιουργήσει τα απαραίτητα χρονικά περιθώρια, ώστε να απορροφηθούν οι κίνδυνοι και να εξασφαλιστεί η ομαλή εκτέλεση του έργου. Η διάρκεια του έργου, που προκύπτει με αυτή τη μέθοδο, είναι η ελάχιστη που μπορεί να επιτευχθεί με τα σύγχρονα μέσα.

Η παραπάνω μέθοδος είναι αποτελεσματικότερη από αυτή που επιλέχτηκε στα πλαίσια της εργασίας και βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία για τις κατασκευές.

Επίσης, βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι η μεγάλη σημασία που έχουν τα διαγράμματα, που μελετώνται στο προηγούμενο κεφάλαιο, για τον έλεγχο της προόδου αλλά και η ανεπάρκεια τους στον ίδιο τομέα. Μέσα από τα διαγράμματα αυτά μπορεί ο καθένας να ελέγξει εάν ο προγραμματισμός είναι εντός των αποδεκτών ορίων και εάν η πορεία των εργασιών είναι εντός του. Όμως, για να είναι ένας διαχειριστής σίγουρος ότι δε θα καταλήξει σε αδιέξοδο, πρέπει να εξετάσει και το ίδιο το δίκτυο, ώστε να μην υπάρχουν σχέσεις προτεραιότητας που αντιβαίνουν τη λογική πορεία των εργασιών ή να οδηγούν σε αυξημένη αβεβαιότητα. Με άλλα λόγια, η εποτεία των εργασιών σε μικροκλίμακα από έμπειρο προσωπικό δεν μπορεί (ακόμη τουλάχιστον) να αντικατασταθεί από άλλα μέσα και τεχνικές.

### **8.3 Συμπεράσματα για τη χρήση λογισμικού στη διαχείριση έργων**

Παρά τις ελλείψεις που εμφανίζονται ακόμα και τώρα, η χρήση πακέτων λογισμικού φαντάζει απαραίτητη για τον χρονικό προγραμματισμό και τη διαχείριση κάθε έργου. Αυτό επαληθεύτηκε και στα πλαίσια της εργασίας.

Ο μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη της απαραίτητης λεπτομέρειας στο δίκτυο και οι ακόμη περισσότερες σχέσεις προτεραιότητας είναι αδύνατο να εκφραστούν και να ακολουθηθούν με άλλα μέσα. Είναι αδύνατο, για οποιαδήποτε ομάδα ανθρώπων, να εξάγει τις συνολικές εκτιμήσεις για την πρόοδο των εργασιών, την κρίσιμη διαδρομή και την απασχόληση του εργατικού δυναμικού σε ένα έργο που υπάγεται σε εκατοντάδες ετερόκλητους περιορισμούς, χωρίς τη χρήση κάποιου εξειδικευμένου πακέτου διαχείρισης εργασιών.

Επιπλέον, μέσω του λογισμικού αυτού παρέχεται το μεγάλο πλεονέκτημα της εύκολης προσομοίωσης διαφορετικών σεναρίων και επιλογών, ώστε να βοηθηθεί ο διαχειριστής σε κάθε απόφαση που πρέπει να λάβει. Για την επιλογή της τελικής μορφής των δικτύων στις παραπάνω τρεις περιπτώσεις, δοκιμάστηκαν πολλές διαφορετικές επιλογές. Μέσω του Primavera ήταν πάντα γνωστό εάν αυτή η επιλογή βοηθούσε, και σε ποιο βαθμό, στη βελτίωση του δικτύου.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Acerra Michele, *Refinery project postponements, cancellations and a long-term energy strategy*, www.chron.com, 2009
- Acerra Michele, *Threats and opportunities for the European refining industry*, www.hydrocarbonprocessing.com, 2009
- Adamson David, *Recent Developments in British Construction Procurement*, UCL, 21/1/2010
- Ala-Risku Timo, Karkkainen Mikko, *Material delivery problems in construction projects: A possible solution*, International Journal of Production Economics, 2004
- Atkinson Roger, *Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria*, International Journal of Project Management Vol. 17, No. 6, pp. 337–342, 1999
- Bach Andrea, *Successful Construction Project Management at Parsons*
- Ballard Herman Glenn, *The Last Planner system of production control*, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, 2000
- Bent James A., *Applied Cost and Schedule Control*, Marcel Dekker, Inc., 1982
- Bhagwat Rajat, Sharma Milind Kumar, *Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach*, Computers & Industrial Engineering 53 43–62, 2007
- Dey Prasanta, Tabucanon Mario T., Ogunlana Stephen O., *Petroleum pipeline construction planning: a conceptual framework*, International Journal of Project Management Vol. 14, No. 4, pp. 231-240, 1996
- Dey Prasanta, Tabucanon Mario T., Ogunlana Stephen O., *Planning for project control through risk analysis: a petroleum pipeline-laying project*, International Journal of Project Management 12 (1) 23-33, 1994
- Duncan William R., *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Project Management Institute, 1996
- Dvir Dov, Raz Tzvi, Shenhar Aaron J., *An empirical analysis of the relationship between project planning and project success*, International Journal of Project Management 21 89–95, 2003
- Galperin M., Artemiev V., Mestechkin L., *Installing oil refinery production equipment*, Mir Publishers, 1985

- Gothe-Lundgren Maud, Lundgren Jan T., Persson Jan A., *An optimization model for refinery production scheduling*, International Journal of Production Economics 78 255-270, 2002
- Laufer A., *Construction planning in uncertain environments*, Butterworth-Heinemann Ltd, 1991
- Mummolo Giovanni, *PERT-path network technique: a new approach to project planning*, International Journal of Project Management 12 (2) 89-99, 1994
- Primavera Systems, Inc., *Primavera Project Planner® Planning and Control Guide*, 1999
- Primavera Systems, Inc., *Using Primavera Project Planner Ver.3.1 Courseware*, 2004
- Shapira A., Laufer A., *Evolution of involvement and effort in construction planning throughout project life*, Butterworth-Heinemann Ltd, 1993
- Shapira A., Laufer A., Shenhar A. J., *Anatomy of decision making in project planning teams*, International Journal of Project Management 12 (3) 112-182, 1994
- Shtub Avraham, Bard Jonathan F., Cloberson Shlomo, *Διαχείριση έργων: διεργασίες, μεθοδολογία και τεχνικοοικονομική*, Επίκεντρο, 2008
- Udhe, *The Shell Gasification Process*, Uhde - A Company of ThyssenKrupp Technologies
- Wegelius-Lehtonen Tutu, Pahkala Samuli, *Developing material delivery processes in cooperation: An application example of the construction industry*, International Journal of Production Economics 56-57 689-698, 1998
- Wegelius-Lehtonen Tutu, *Performance measurement in construction logistics*, International Journal of Production Economics 69 107-116, 2001
- Αχράμοβιτς Αλέξιος Α., *Μελέτη της ευελιξίας συστημάτων κατεργασιών με χρήση λογισμικού προσομοίωσης διακριτών γεγονότων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2002
- Δημάδης Χρήστος, *Χρονικός προγραμματισμός στη Διοίκηση Έργων με τη χρήση δικτύων Petri*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Δημητριάδης Σωτήριος Γ., Μιχιώτης Αθανάσιος Ν., *Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων Βασικές θεωρητικές αρχές και εφαρμογές στη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων*, Κριτική, 2007
- Δρυμούσης Χρήστος, *Διαχείριση έργων και κινδύνων έργων – μελέτη περίπτωσης σε κατασκευαστικό έργο*, Athens MBA, 2007

*Οδηγός για τη σύναψη και εκτέλεση δημόσιων συμβάσεων*, Κυπριακή Δημοκρατία, Γενικό Λογιστήριο της Δημοκρατίας, 2008

Παντουβάκης Π. Μ., *Θεωρία και Πράξη στη Διαχείριση Έργου (Project Management)*, Τομέας Προγραμματισμού & Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2003

Ραουνάς Γιώργος, *Η διαχείριση κινδύνων έργων ως βασικός παράγων επίτευξης καλού τεχνικού και οικονομικού αποτελέσματος*, Συνέδριο: Συντελεστές Επιτυχίας στη Διαχείριση Κατασκευής Τεχνικών Έργων, 21/1/2010

## **Παράρτημα Α: Μητρώο καταγραφής κινδύνων έργου – συμπληρωμένο παράδειγμα**

Όπως έχει αναφερθεί και εισαγωγικά, η διαχείριση έργων συνδέεται άμεσα με τη διαχείριση κινδύνων καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου.

Η σωστή ανάλυση κινδύνων μπορεί να προβλέψει το σύνολο των κινδύνων που μπορούν να αναπτυχθούν σε οποιαδήποτε φάση του έργου και να συμβάλει στη λήψη αποφάσεων για την πρόληψη και αποφυγή τους.

Όσο απλοϊκό και αν ακούγεται, πρόκειται για μία πολύ σύνθετη διαδικασία που, σύμφωνα με τους Dey P., Tabucanon M. και Ogunlana S., περιλαμβάνει:

- την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των κινδύνων, σύμφωνα με την εμπειρία των διαχειριστών του έργου και των ειδικών συνθηκών που επιδρούν σε αυτό και στο περιβάλλον του
- την εκτίμηση των πιθανοτήτων εμφάνισης κάθε κινδύνου σε κάθε περίοδο και την καταγραφή τους σε μητρική μορφή
- τη χρήση ειδικού λογισμικού για την ανάλυση κινδύνων σε κάθε επίπεδο
- την επιλογή μεθόδων και τεχνικών για την αντιμετώπιση των κινδύνων που έχουν αναγνωριστεί σε περίπτωση εμφάνισής τους
- τη συνεχή ανανέωση και αναθεώρηση των μητρώων σύμφωνα με τις εξελίξεις και απαιτεί:
- τη σε βάθος αντίληψη των χαρακτηριστικών του έργου από την ομάδα διαχείρισης
- την ύπαρξη πλήρους και λεπτομερούς βάσης δεδομένων από ολοκληρωμένα και τρέχοντα έργα
- την άριστη επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων σχεδιασμού, ελέγχου και ανάλυσης κινδύνων μεταξύ τους, αλλά και με τη διοίκηση της εταιρείας, ώστε να μελετώνται μία προς μία οι επιλογές που διατίθενται και να αναγνωρίζονται νέοι πιθανοί κίνδυνοι
- την ύπαρξη ενός ισχυρού και ευέλικτου συστήματος λήψης αποφάσεων, που θα εξασφαλίζει την άμεση και σωστή αναγνώριση και αντιμετώπιση των κινδύνων που αναπτύσσονται.

Η πολυπλοκότητα αυτής της διαδικασίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών διαφορετικών μοντέλων για την καταγραφή και ανάλυση των κινδύνων. Κάποια τέτοια μοντέλα περιγράφονται και στη βιβλιογραφία της εργασίας.

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται ένα συμπληρωμένο παράδειγμα των μητρώων καταγραφής κινδύνων, όπως διατίθεται στον «ΟΔΗΓΟ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΑΨΗ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΥΜΒΑΣΕΩΝ», που έχει εκδοθεί από το Γενικό Λογιστήριο της Κυπριακής Δημοκρατίας.

<b>Τίτλος Έργου:</b>	<b>Μέτρα για την ανάπτυξη της ικανότητας των Κυπριακών Αναθετουσών Αρχών για την εφαρμογή του Κοινοτικού Κεκτημένου περί Δημοσίων Συμβάσεων</b>
<b>Υπεύθυνος Συντονιστής:</b>	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Κωδ. Αρ.	Ημ/νία Εντοπισμού	Εντοπίστηκε από	Κατηγορία Κινδύνου	Περιγραφή Κινδύνου	Περιγραφή Επίπτωσης	Βαθμολόγηση Πιθανότητας	Βαθμολόγηση Επίπτωσης	Προληπτικές Ενέργειες	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας	Ενέργειες Αντιμετώπισης	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας
1	10/07/04	Υπεύθυνος Συντονιστής	Οργανωτικοί/ διαχειριστικοί/ ανθρώπινου παράγοντα	Ανεπαρκείς πόροι δεν επιτρέπουν την πλήρη συμμετοχή κάθε ενδιαφερόμενου μέλους του προσωπικού	Ένα ποσοστό του εμπλεκόμενου στη σύναψη δημοσίων συμβάσεων προσωπικού δεν θα εξοικειωθεί και δεν θα προσαρμοστεί στο εξελισσόμενο Ευρωπαϊκό περιβάλλον.	Υ	Μ	Να συμπεριληφθεί στους Όρους Εντολής πρόβλεψη ότι ο Ανάδοχος θα πρέπει να διοργανώσει σεμινάριο κατάρτισης εκπαιδευτών ώστε να επιτευχθεί η μεταφορά γνώσεων σε άτομα που ενδέχεται να μην είναι δυνατόν να συμμετάσχουν στο στάδιο αυτό.	Τα άτομα που θα συντάξουν τους Όρους Εντολής				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Κωδ. Αρ.	Ημ/νία Εντοπισμού	Εντοπίστηκε από	Κατηγορία Κινδύνου	Περιγραφή Κινδύνου	Περιγραφή Επίπτωσης	Βαθμολόγηση Πιθανότητας	Βαθμολόγηση Επίπτωσης	Προληπτικές Ενέργειες	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας	Ενέργειες Αντιμετώπισης	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας
2	10/07/04	Υπεύθυνος Συντονιστής	Τεχνικοί/ Λειτουργικοί/ Υποδομής	Τα παραδοτέα του έργου δεν θα καλύψουν τα κενά γνώσης και δεν θα βελτιώσουν την ικανότητα όλων των Αναθετούσων Αρχών	Το χάσμα μεταξύ του επιπέδου υπηρεσιών της ΔΔΣ και των υπόλοιπων Αναθετούσων Αρχών θα παραμείνει το ίδιο ή θα μεγαλώσει.	M	M	Να συμπεριληφθεί στους Όρους Εντολής πρόβλεψη ότι ο Ανάδοχος θα πρέπει να παρέχει προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήση εκπαίδευση στο προσωπικό των Κρατικών Τμημάτων και Αρχών που συμμετέχουν στο έργο για να κατανοήσουν σε βάθος τις απαιτήσεις του συστήματος σύναψης δημοσίων συμβάσεων όπως διαμορφώνονται από τις Οδηγίες της ΕΕ, έτσι ώστε να τις εφαρμόζουν αποτελεσματικά στην καθημερινή τους εργασία.	Τα άτομα που θα συντάξουν τους Όρους Εντολής				
3	10/07/04	Υπεύθυνος Συντονιστής	Στρατηγικοί/ εμπορικοί	Ανεπαρκής συντονισμός και διαχείριση του έργου	Μη ρεαλιστικές εκτιμήσεις χρόνου ή πόρων (σχέδια) – Κακός σχεδιασμός	X	Y	Να διατεθεί επαρκές πλήθος πόρων με τα κατάλληλα διοικητικά προσόντα για τη διαχείριση της	Τα άτομα που θα συντάξουν τους Όρους Εντολής				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Κωδ. Αρ.	Ημ/νία Εντοπισμού	Εντοπίστηκε από	Κατηγορία Κινδύνου	Περιγραφή Κινδύνου	Περιγραφή Επίπτωσης	Βαθμολόγηση Πιθανότητας	Βαθμολόγηση Επίπτωσης	Προληπτικές Ενέργειες	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας	Ενέργειες Αντιμετώπισης	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας
					<p>Πλημμελής επικοινωνία με την Καθοδηγητική Επιτροπή του Έργου</p> <p>Μη έγκαιρος προσδιορισμός των κινδύνων από τον Ανάδοχο</p> <p>Δεν αναλήφθηκαν διορθωτικές ενέργειες</p> <p>Τα παραδοτέα του έργου δεν θα συμμορφώνονται με τα ποιοτικά πρότυπα που έχουν τεθεί.</p> <p>Το έργο δεν θα ολοκληρωθεί έγκαιρα.</p>			<p>σύμβασης και την παρακολούθηση της απόδοσης του αναδόχου.</p> <p>Να συμπεριληφθεί στους Όρους Εντολής πρόβλεψη ότι ο Ανάδοχος θα πρέπει:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- να εκπονήσει στην αρχή αναλυτικό πρόγραμμα εργασιών</li> <li>- να συντάσσει και να υποβάλλει περιοδικά αναφορές προόδου</li> <li>- να έχει στενή συνεργασία με την Ομάδα Διαχείρισης της ΔΔΣ</li> <li>- να συμμετέχει σε συναντήσεις εργασίας με την Καθοδηγητική Επιτροπή του Έργου</li> </ul>					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Κωδ. Αρ.	Ημ/νία Εντοπισμού	Εντοπισθηκε από	Κατηγορία Κινδύνου	Περιγραφή Κινδύνου	Περιγραφή Επίπτωσης	Βαθμολόγηση Πιθανότητας	Βαθμολόγηση Επίπτωσης	Προληπτικές Ενέργειες	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας	Ενέργειες Αντιμετώπισης	Υπεύθυνος	Ημ/νία Ενέργειας
4	10/07/04	Υπεύθυνος Συντονιστής	Στρατηγικοί/εμπορικοί	Ελλιπής κατανόηση των Όρων Εντολής από τους επιτυχόντες προσφέροντες	<p>Λανθασμένο χρονοδιάγραμμα , σχέδιο κόστους και πόρων</p> <p>Τα παραδοτέα που παράγονται δεν συμμορφώνονται με το αντικείμενο και τους στόχους του έργου</p> <p>Τα παραδοτέα δεν ενσωματώνουν τις ιδιαίτερες ανάγκες του κυπριακού συστήματος δημοσίων συμβάσεων</p>	X	ΠΥ	<p>Να συμπεριληφθεί στους Όρους Εντολής πρόβλεψη ότι ο Ανάδοχος θα πρέπει:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- να εκπονήσει στην αρχή αναλυτικό πρόγραμμα εργασιών, το οποίο θα συζητηθεί σε συνάντηση εργασίας με την Καθοδηγητική Επιτροπή του Έργου</li> <li>- να συνεργάζεται στενά με την ΔΔΣ για να ενσωματώνει σχόλια, διευκρινίσεις και ενδεχόμενες μεταποπίσεις στις ανάγκες.</li> <li>- να υποβάλλει τα περιεχόμενα των παραδοτέων στην Ομάδα Διαχείρισης Έργου πριν ξεκινήσει την</li> </ul>	Τα άτομα που θα συντάξουν τους Όρους Εντολής				





### Κατευθυντήριες/ Επεξηγηματικές Σημειώσεις

Στήλη 1:	Εισάγετε μοναδικό κωδικό για τον εντοπισμό κάθε κινδύνου
Στήλη 2:	Εισάγετε την ημερομηνία εντοπισμού και καταγραφής του κινδύνου
Στήλη 3:	Εισάγετε το όνομα (ή τη θέση) του προσώπου που εντόπισε και ανέφερε τον κίνδυνο
Στήλη 4:	Επιλέξτε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες στην οποία ανήκει ο κίνδυνος που εντοπίστηκε: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Στρατηγικοί/ εμπορικοί</b></li><li>▪ <b>Οικονομικοί/ χρηματοοικονομικοί/ αγοράς</b></li><li>▪ <b>Νομικοί &amp; Ρυθμιστικοί</b></li><li>▪ <b>Οργανωτικοί/ διαχειριστικοί/ ανθρωπίνου παράγοντα</b></li><li>▪ <b>Πολιτικοί</b></li><li>▪ <b>Περιβαλλοντικοί</b></li><li>▪ <b>Τεχνικοί/ λειτουργικοί/ υποδομής</b></li></ul>
Στήλη 5:	Παρέχετε συνοπτική περιγραφή του κινδύνου
Στήλη 6:	Παρέχετε συνοπτική περιγραφή της ενδεχόμενης επίπτωσης του κινδύνου στο έργο (δηλαδή, επίπτωση στο αντικείμενο, στα παραδοτέα, στο χρονοδιάγραμμα, στους πόρους)
Στήλη 7:	Εκτιμήστε την πιθανότητα να συμβεί ο κίνδυνος ( <b>ΠΧ</b> =«Πολύ Χαμηλή», <b>Χ</b> =«Χαμηλή», <b>Μ</b> =«Μέτρια», <b>Υ</b> =«Υψηλή», <b>ΠΥ</b> =«Πολύ Υψηλή»)
Στήλη 8:	Εκτιμήστε το επίπεδο της επίπτωσης του κινδύνου στο έργο ( <b>ΠΧ</b> =«Πολύ Χαμηλό», <b>Χ</b> =«Χαμηλό», <b>Μ</b> =«Μέτριο», <b>Υ</b> =«Υψηλό», <b>ΠΥ</b> =«Πολύ Υψηλό»)
Στήλη 9:	Περιγράψτε τις ενέργειες που θα πρέπει να αναλαμβάνονται για την αποτροπή του συμβάντος κινδύνου ή την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισής του
Στήλη 10:	Εισάγετε τα ονόματα (ένα ή περισσότερα) των προσώπων που είναι υπεύθυνα για την ανάληψη κάθε προληπτικής ενέργειας
Στήλη 11:	Εισάγετε την ημερομηνία ανάληψης της προληπτικής ενέργειας
Στήλη 12:	Περιγράψτε τις ενέργειες που θα πρέπει να αναλαμβάνονται σε περίπτωση που ο κίνδυνος συμβεί για την ελαχιστοποίηση της επίπτωσής του στο έργο
Στήλη 13:	Εισάγετε τα ονόματα (ένα ή περισσότερα) των προσώπων που είναι υπεύθυνα για την ανάληψη κάθε ενέργειας αντιμετώπισης
Στήλη 14:	Εισάγετε την ημερομηνία ανάληψης της ενέργειας αντιμετώπισης (μόνο αν ο κίνδυνος συμβεί)