

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΡΙΣΕΩΝ**

υπό

ΘΩΜΑ ΔΗΛΑΜΑ

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού Π.Θ., 2007

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
2009

© 2009 Θωμάς Δήλμας

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος
(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Κοζανίδης
Λέκτορας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Δημήτριος Παντελής
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Δημήτριο Παντελή και Γεώργιο Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Φώτιο και Μάρθα Δήλμα για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Θωμάς Δήλμας

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΡΙΣΕΩΝ

ΘΩΜΑΣ ΔΗΛΑΜΑΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2009

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος, Καθηγητής
Βελτιστοποίησης Συστημάτων Παραγωγής και Μεταφορών.

Περίληψη

Ο προγραμματισμός έργου με περιορισμένους πόρους χρησιμοποιείται ευρέως σε συστήματα παραγωγής και κατασκευών. Σε αυτήν την μεταπτυχιακή εργασία θα χρησιμοποιήσουμε τη συγκεκριμένη μέθοδο για την διαχείριση της κρίσης μετά από σεισμό. Το σενάριο του σεισμού καθώς και απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν από τους εμπλεκόμενους φορείς προέκυψε από πρακτικά άσκησης προσομοίωσης σεισμού στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος MEDACTHU αλλά και το ειδικό σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ – ΣΕΙΣΜΟΙ.

Αρχικά, μορφοποιείται το πρόβλημα έτσι ώστε να είναι εφικτή η λύση του με την μέθοδο προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Στην συνέχεια και επειδή το πρόβλημα είναι πολύ μεγάλο για να λυθεί με κάποια αναλυτική μέθοδο επιλέγεται ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL για την επίλυση του. Λόγω της ιδιαιτερότητας του προβλήματος κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου εφαρμόζεται επίσης μία διαδικασία βέλτιστης κατανομής των ενισχύσεων η οποία ως κύριο στόχο έχει αρχικά να οδηγήσει στον μικρότερο αριθμό νεκρών από τους εγκλωβισμένους και έπειτα στην ταχύτερη ολοκλήρωση του έργου.

Τέλος σχολιάζονται τα αποτελέσματα του τροποποιημένου αλγορίθμου COMSOAL, εξάγονται συμπεράσματα και προτείνονται θέματα για επόμενες εργασίες.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	11
1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο	11
1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	12
1.3 Οργάνωση μεταπτυχιακής εργασίας.....	15
Κεφάλαιο 2 Μορφοποίηση του Προβλήματος.....	16
2.1 Γενική μορφοποίηση του προβλήματος RCPSP.....	16
2.2 Μορφοποίηση του προβλήματος διαχείρισης κρίσης μετά από σεισμό	17
2.3 Συμπεράσματα	27
Κεφάλαιο 3 Επίλυση του Προβλήματος με τον Αλγόριθμο COMSOAL.....	28
3.1 Απαιτούμενοι πόροι για την ολοκλήρωση του έργου.....	28
3.2 Ο αλγόριθμος COMSOAL.....	30
3.3 Παράμετροι και διάγραμμα ροής της μεθόδου COMSOAL	31
3.4 Προσέγγιση του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL	33
3.5 Συμπεράσματα	34
Κεφάλαιο 4 Βελτιστοποίηση Κατανομής Δυνάμεων.....	35
4.1 Περιγραφή της διαδικασίας βελτιστοποίησης των δυνάμεων	35
4.2 Περιπτώσεις κατανομής υλικού.....	40
4.3 Συμπεράσματα	51
Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή Τροποποιημένου Αλγόριθμου COMSOAL	53
5.1 Αθροιστικός κανόνας.....	53
5.2 Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας	72
5.3 Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας.....	82
5.4 Συμπεράσματα	100
Κεφάλαιο 6 Σύνοψη Μεταπτυχιακής Εργασίας.....	101
Βιβλιογραφία.....	104

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	106
-------------------	-----

Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 1: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	41
Γράφημα 2: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	42
Γράφημα 3: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	43
Γράφημα 4: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	44
Γράφημα 5: Κατάρρευση Γέφυρας – (2 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	45
Γράφημα 6: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)	46
Γράφημα 7: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	47
Γράφημα 8: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	48
Γράφημα 9: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	49
Γράφημα 10: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	50
Γράφημα 11: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)	60
Γράφημα 12: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας).....	61
Γράφημα 13: Κατάρρευση γέφυρας (3 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)	62
Γράφημα 14: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας).....	62
Γράφημα 15: Κατάρρευση γέφυρας (2 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)	63

Γράφημα 16: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας).....	64
Γράφημα 17: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδα ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας) .	65
Γράφημα 18: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας).....	65
Γράφημα 19: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)	66
Γράφημα 20: Κατάρρευση πολυκατοικίας (4 ομάδες περιπτώσεων – Αθροιστικός κανόνας).....	67
Γράφημα 21: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	88
Γράφημα 22: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	88
Γράφημα 23: Κατάρρευση γέφυρας (3 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	89
Γράφημα 24: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	90
Γράφημα 25: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	91
Γράφημα 26: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	91
Γράφημα 27: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδα ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	92
Γράφημα 28: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	93
Γράφημα 29: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	94
Γράφημα 30: Κατάρρευση πολυκατοικίας (4 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	94

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Περιγραφή παροχής εκτάκτου εξιτηρίου από τα Νοσοκομεία.....	19
Διάγραμμα 2: Διαδικασία απεγκλωβισμού θυμάτων της γέφυρας.....	21
Διάγραμμα 3: Διαδικασία απεγκλωβισμού θυμάτων πολυκατοικίας.....	23
Διάγραμμα 4: Διαδικασία αποκατάστασης του αγωγού φυσικού αερίου	24
Διάγραμμα 5: Αποτύπωση ολόκληρου του έργου	26
Διάγραμμα 6: Αποτύπωση του έργου με τους ενωρίτερους χρόνους και τις διάρκειες των δραστηριοτήτων εκτός των 21, 44, 45, 46, 48.....	37
Διάγραμμα 7: Οι χρόνοι των δραστηριοτήτων με βάση την βέλτιστη κατανομή των ενισχύσεων (χαλάρωση περιορισμού πόρων).....	52
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα PERT αθροιστικού κανόνα και κρίσιμες δραστηριότητες.....	71
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα PERT κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας και κρίσιμες δραστηριότητες	81
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα PERT κανόνα μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας και κρίσιμες δραστηριότητες	99

Πίνακες

Πίνακας 1: Διαθέσιμοι πόροι για την ολοκλήρωση του έργου.....	28
Πίνακας 2: Παράμετροι της μεθόδου COMSOAL.....	31
Πίνακας 3: Περιπτώσεις κατανομής των δυνάμεων.....	39
Πίνακας 4: Ακρωνύμια γραφημάτων.....	40
Πίνακας 5: Χρόνοι Δραστηριοτήτων (4+0 ομάδες)	43
Πίνακας 6: Χρόνοι δραστηριοτήτων (3+1 ομάδες ενισχύσεων)	45
Πίνακας 7: Χρόνοι δραστηριοτήτων (2 + 2 ομάδες ενισχύσεων)	46
Πίνακας 8: Χρόνοι δραστηριοτήτων (1+3 ομάδες ενισχύσεων)	49
Πίνακας 9: Χρόνοι δραστηριοτήτων (0+4 ομάδες ενισχύσεων)	50
Πίνακας 10: Σύνοψη αποτελεσμάτων (Χαλάρωση περιορισμού πόρων)	51
Πίνακας 11: Εφαρμογή του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (αθροιστικός κανόνας).....	60
Πίνακας 12: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 1 - Αθροιστικός κανόνας).....	61
Πίνακας 13: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 2 - Αθροιστικός κανόνας).....	63
Πίνακας 14: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 3 - Αθροιστικός κανόνας).....	64
Πίνακας 15: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 4 - Αθροιστικός κανόνας).....	66
Πίνακας 16: Χρόνοι δραστηριοτήτων με βάση την Περίπτωση 5 (Αθροιστικός κανόνας).....	67
Πίνακας 17: Συνοπτικός πίνακας νεκρών και ολοκλήρωσης του έργου για κάθε περίπτωση (Αθροιστικός κανόνας).....	68
Πίνακας 18: Συνέχεια εφαρμογής τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Αθροιστικός κανόνας)	70
Πίνακας 19: Εφαρμογή τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	78

Πίνακας 20: Συνέχεια εφαρμογής τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	80
Πίνακας 21: Εφαρμογή τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας).....	87
Πίνακας 22: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 1 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	89
Πίνακας 23: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 2 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	90
Πίνακας 24: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 3 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	92
Πίνακας 25: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 4 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	93
Πίνακας 26: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 5 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	95
Πίνακας 27: Συνοπτικός πίνακας νεκρών και χρόνου ολοκλήρωσης του έργου (Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)	95

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο προκαλείται από ξαφνική απελευθέρωση μηχανικής ενέργειας από το εσωτερικό της γης με συνέπεια τη δημιουργία σεισμικών κυμάτων. Τα κύματα αυτά μεταφέρουν την ενέργεια του σεισμού και προκαλούν ταλαντώσεις και αναταράξεις του εδάφους.

Οι σεισμοί είναι υπαίτιοι για τον μεγαλύτερο αριθμό θανάτων, με μεγάλη διαφορά από άλλες φυσικές καταστροφές, ανέρχονται σε 340000 θύματα από το 1976 μέχρι σήμερα. Από τις αρχές του αιώνα, ο μέσος ετήσιος όρος θανάτων εξαιτίας σεισμών υπολογίζεται σε 20000. Ένα τρίτο του πληθυσμού του πλανήτη ζει σε ζώνες υψηλού σεισμικού κινδύνου. Μέσα στην τελευταία δεκαπενταετία, 5000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους εξαιτίας σεισμών σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το ελληνικό κράτος έχει θεσμοθετήσει το επιχειρησιακό σχέδιο *Ξενοκράτης* – *Σεισμοί* με το οποίο επιδιώκεται η λήψη των ενδεικνυόμενων προπαρασκευαστικών και προληπτικών μέτρων, η ταχεία κινητοποίηση και η συντονισμένη δράση των Δυνάμεων Πολιτικής Προστασίας της χώρας, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των καταστροφών που προκαλούνται από σεισμούς και την παροχή κάθε δυνατής βοήθειας στον πληθυσμό.

Σε αυτή την μεταπτυχιακή εργασία θα λάβει χώρα η αποτύπωση των δράσεων μέρους του επιχειρησιακού σχεδίου και συγκεκριμένα των πρώτων ωρών που είναι κρίσιμες για την διάσωση των εγκλωβισμένων. Το πρόβλημα θα λυθεί σαν ένα πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους ή RCPSP (resource-constrained project scheduling problem). Το κίνητρο της μεταπτυχιακής εργασίας είναι ο εντοπισμός των δράσεων (activities) και κρίσιμων διαδρομών (critical paths) που είναι σημαντικοί για την επίτευξη του στόχου, δηλαδή την διάσωση όσο περισσότερων εγκλωβισμένων, δεδομένου των περιορισμένων πόρων σε πρώτη φάση και στην συνέχεια με την προσθήκη των ενισχύσεων.

Το RCPSP έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς για την λύση διάφορων προβλημάτων όπως στον κατασκευαστικό, την παραγωγή, τις τηλεπικοινωνίες αλλά

ποτέ ως τώρα, από όσο γνωρίζουμε, για την διαχείριση κρίσης μετά από σεισμό ή άλλη φυσική ή τεχνολογική καταστροφή.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η κατανομή των πόρων και ο χρόνος έναρξης των δραστηριοτήτων επηρεάζουν την διάρκεια ενός έργου όπως επίσης και τον αρχικό προγραμματισμό του κόστους. Σε ένα προγραμματισμό έργου όπου διαταράσσονται τα χρονοδιαγράμματα των δραστηριοτήτων του, λόγω απρόσμενων συμβάντων, αβέβαιων χρόνων εκτέλεσης έργου ή απαιτήσεων σε πόρους προκύπτουν υψηλότερα κόστη όπου στην δική μας περίπτωση σημαίνει πρωτίστως περισσότερες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, αδράνεια πόρων, υψηλότερα λειτουργικά κόστη αλλά και αυξημένη νευρική κατάσταση λόγω του συχνού αναπρογραμματισμού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί από όσο είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε δεν έχει αντιμετωπιστεί η διαχείριση κρίσεων μετά από σεισμό σαν ένα πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Η βιβλιογραφία που θα παρατεθεί προέρχεται από άλλους τομείς στους οποίους διάφορα προβλήματα αντιμετωπίζονται με την συγκεκριμένη μέθοδο με μεγάλη επιτυχία.

Το RCPSP ως γενίκευση του job shop προβλήματος κατατάσσεται στα NP-hard προβλήματα Blazewich et al. (1983), [1]. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται αναλυτικές αλλά και ευρετικές μέθοδοι για την επίλυση του. Οι αναλυτικές μέθοδοι βέβαια αναφέρονται για μικρό αριθμό δραστηριοτήτων.

Οι αναλυτικές μέθοδοι για την λύση του RCPSP μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες. Η 1^η κατηγορία αφορά την μορφοποίηση και λύση του προβλήματος ως ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού ενώ η δεύτερη με την χρήση αλγορίθμων κλάδου και φραγής (branch and bound).

Το πρόβλημα μπορεί να μορφοποιηθεί εννοιολογικά ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού κατά τον ακόλουθο τρόπο:

$$\min f_n \quad 1.1$$

Με τους περιορισμούς

$$f_i \leq f_i - d_j \text{ για όλα τα } (i, j) \in A \quad 1.2$$

$$f_i = 0 \quad 1.3$$

$$\sum_{i \in S_t} r_{ik} \leq a_k \quad 1.4$$

Στην παραπάνω μορφοποίηση θεωρούνται και οι εικονικές δραστηριότητες εκκίνησης και τερματισμού. Οι μεταβλητές απόφασης f_i δηλώνουν τους χρόνους τερματισμού των διαφόρων δραστηριοτήτων ενώ οι μεταβλητές d_i δηλώνουν την διάρκεια κάθε δραστηριότητας. a_k είναι η διαθεσιμότητα του πόρου τύπου k^{th} και r_{ik} οι απαιτούμενοι πόροι για την δραστηριότητα i του πόρου τύπου k . Το σύνολο S_t δηλώνει τις δραστηριότητες που είναι σε εξέλιξη κατά τον χρόνο t .

Η αντικειμενική συνάρτηση 1.1 ελαχιστοποιεί το χρόνο περάτωσης της εικονικής δραστηριότητας τερματισμού και άρα ολόκληρου του έργου. Ο περιορισμός 1.2 εκφράζει τις σχέσεις προτεραιότητας μεταξύ των δραστηριοτήτων ενώ ο περιορισμός 1.3 αναγκάζει την εικονική δραστηριότητα εκκίνησης του έργου να περατωθεί στο χρόνο 0. Τέλος ο περιορισμός 1.4 εκφράζει ότι σε κανένα χρονικό σημείο του έργου δεν μπορούν να παραβιαστούν οι περιορισμοί πόρων.

Παρόλα αυτά η παραπάνω μορφοποίηση δεν μπορεί να επιλυθεί απευθείας επειδή είναι δύσκολο να αποτυπωθεί το σύνολο S_t της εξίσωσης 1.4 σε μορφή γραμμικού προγραμματισμού. Μορφοποιήσεις του προβλήματος ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού έχουν προταθεί από τους Pritsker et al. (1969) [2], Kaplan (1988), [3], Klein (2000), [4], Alvarez-Voldes and Tamarit (1993), [5] και Mingozzi et al. (1998), [6].

Για την εύρεση αναλυτικής λύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος κλάδου και φραγής που είναι πιθανώς και η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη. Η τεχνική κλάδου και φραγής επιτρέπει την δημιουργία βέλτιστων λύσεων στα πλαίσια πάντα μιας αποδεκτής υπολογιστικής προσπάθειας. Αλγόριθμοι για την επίλυση του RCPSP μπορούν να βρεθούν στους Stinson et al. (1978), [7] αλλά και Christofides et al. (1987) [8]. Επίσης οι Demeulemeester και Herroelen (1992) [9] ανέπτυξαν ένα δυναμικό σχήμα χρησιμοποιώντας κριτήρια κυριαρχίας (dominance rules) και κανόνες φραγμού (bounding rules). Ο Mingozzi et al. (1994), [10] βασισμένος σε μία νέα μαθηματική προσέγγιση μορφοποίησε τα κάτω όρια και παρουσίασε ένα αλγόριθμο κλάδου και φραγής που χρησιμοποιεί λίστες εφικτών υποσυνόλων του έργου και αναπαριστά μερικά χρονοδιαγράμματα του. Τέλος οι Brucker, Knust,

Schoo και Thiele (1997), [11] παρουσίασαν ένα αλγόριθμο κλάδου και φραγής που εκκινεί από ένα γράφημα που αναπαριστά ένα σύνολο συνδυασμών (σχέσεις προτεραιότητας) και διαζευκτικών σχέσεων (περιορισμοί πόρων). Στη συνέχεια εισάγονται διαζευκτικοί περιορισμοί μεταξύ ζευγαριών δραστηριοτήτων ή τοποθετούνται δραστηριότητες εν παραλλήλω έως την ολοκλήρωση του έργου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το RCPSP είναι ένα NP-hard πρόβλημα και πολλές φορές ο υπολογιστικός χρόνος χρησιμοποιώντας αναλυτικές μεθόδους είναι πολύ μεγάλος όπου οι διαχειριστές του έργου θα αρνηθούν μία λύση σαν αυτή και θα προτιμήσουν μία γρήγορη και καλή λύση. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση ευρετικών αλγορίθμων. Μια εμπειρισματομένη επισκόπηση ευρετικών αλγορίθμων αναφέρεται στους Hartmann και Kolish (2000), [12].

Οι ευρετικοί αλγόριθμοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στους εποικοδομητικούς ευρετικούς (constructive heuristics) και στους βελτιστοποίησης ευρετικούς (improvement heuristics). Οι εποικοδομητικοί αλγόριθμοι εκκινούν από ένα χρονοδιάγραμμα χωρίς καμία δραστηριότητα προγραμματισμένη και με την πάροδο του χρόνου προσθέτονται δραστηριότητες έως την ολοκλήρωση του έργου. Οι δραστηριότητες προγραμματίζονται χρησιμοποιώντας κανόνες προτεραιότητας και στη συνέχεια προσθέτονται στο συνολικό χρονοδιάγραμμα. Οι ευρετικοί αλγόριθμοι βελτιστοποίησης εκκινούν από μία εφικτή λύση που παράγεται από κάποιον εποικοδομητικό αλγόριθμο. Οι διαδικασίες του αλγορίθμου λαμβάνουν χώρα στο υπάρχον χρονοδιάγραμμα και το βελτιώνουν. Οι διαδικασίες επαναλαμβάνονται έως ότου ο αλγόριθμος τείνει σε κάποιο τοπικό βέλτιστο.

Βελτιωμένοι ευρετικοί αλγόριθμοι για να αποφύγουν τον εγκλωβισμό τους σε κάποιο τοπικό βέλτιστο επιτρέπουν την επιδείνωση του συνολικού χρόνου του έργου. Οι εν λόγω αλγόριθμοι ονομάζονται μεταευρετικοί όπως Tabu search, Simulated annealing και Genetic algorithms. Οι Baar et al. [13] ανέπτυξαν δύο αλγορίθμους Tabu search: Χρησιμοποιώντας μία διαδικασία όπου κατασκευάζεται ένα εφικτό χρονοδιάγραμμα ικανοποιώντας όλες τις σχέσεις προτεραιότητας, περιορισμένων πόρων και παραλληλότητας. Οι Bouleimen και Leqocq, [14], προτείνουν μία διαδικασία simulated annealing. Η λύση αναπαρίσταται από μία λίστα δραστηριοτήτων η οποία ικανοποιεί όλες τις σχέσεις προτεραιότητας. Για παράδειγμα μία δραστηριότητα δεν εμφανίζεται στη λίστα εάν πρώτα δεν έχουν εμφανιστεί όλες οι προαπαιτούμενες δραστηριότητες. Από την υπάρχουσα λίστα δραστηριοτήτων

μεταβαίνουμε σε μία γειτονική λύση χρησιμοποιώντας τον αποκαλούμενο χειριστή εναλλαγής (shift operator). Ο χειριστής επιλέγει κάποια δραστηριότητα και την εισάγει σε κάποια άλλη θέση με τέτοιο τρόπο ώστε η νέα λύση να είναι επίσης εφικτή. Η αρχική λύση βρίσκεται χρησιμοποιώντας έναν ευρετικό αλγόριθμο βασισμένο σε κανόνες προτεραιότητας. Τέλος ο Hartmann, [15], προτείνει έναν γενετικό αλγόριθμο που βασίζεται στη λίστα δραστηριοτήτων όπως περιγράφηκε παραπάνω αλλά κάνει χρήση της τυχειότητας και κανόνων προτεραιότητας.

1.3 Οργάνωση μεταπτυχιακής εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2 θα λάβει χώρα η μορφοποίηση του προβλήματος της διαχείρισης κρίσης για τις πρώτες ώρες μετά από σεισμό έτσι ώστε να λυθεί σαν ένα πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται η επιλογή και περιγραφή του αλγορίθμου για το παραπάνω πρόβλημα ενώ θα γίνει αναφορά και στις παραδοχές οι οποίες συμπεριλήφθηκαν για την επίλυση του. Στο Κεφάλαιο 4 θα πραγματοποιηθεί η βελτιστοποίηση της κατανομής των δυνάμεων ΕΜΑΚ και ΕΚΑΒ που έχει σαν αποτέλεσμα την κατάληξη όσο το δυνατόν λιγότερων θυμάτων αλλά και την πιο σύντομη ολοκλήρωση του έργου ενώ στο Κεφάλαιο 5 θα γίνουν πειράματα με βάση τον αλγόριθμο που επιλέχτηκε έτσι ώστε να εντοπιστούν τα κρίσιμα σημεία αλλά και η κρίσιμη διαδρομή τα οποία είναι ζωτικά για την επίτευξη του στόχου δηλαδή την διάσωση όσο το δυνατόν περισσότερων εγκλωβισμένων. Τέλος στο κεφάλαιο 6 θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα και θα εξαχθούν τα συμπεράσματα των πειραμάτων.

Κεφάλαιο 2 Μορφοποίηση του Προβλήματος

Στο Κεφάλαιο 2 αρχικά περιγράφονται οι παράμετροι που απαιτούνται για την μορφοποίηση του RCPSP και στην συνέχεια λαμβάνει χώρα η μορφοποίηση του προβλήματος της διαχείρισης κρίσης μετά από σεισμό.

2.1 Γενική μορφοποίηση του προβλήματος RCPSP

Θεωρούμε ένα έργο που αποτελείται από J δραστηριότητες (εργασίες) χαρακτηριζόμενες ως $j = 1, 2, \dots, J$. Εξαιτίας τεχνικών προϋποθέσεων, υπάρχουν μεταξύ των εργασιών περιορισμοί προτεραιότητας. Αυτοί οι περιορισμοί προτεραιότητας δίνονται με την μορφή συνόλων των αμέσως προηγούμενων δραστηριοτήτων P_j και υποδεικνύουν ότι μία δραστηριότητα j δεν μπορεί να ξεκινήσει εάν δεν ολοκληρωθούν οι προηγούμενες από αυτήν. Αντίστοιχα, τα σύνολα S_j δηλώνουν την αμέσως επόμενη δραστηριότητα με την ολοκλήρωση της j . Οι περιορισμοί προτεραιότητας αναπαριστώνται σε ένα δίκτυο όπου οι δραστηριότητες αποτυπώνονται σε κόμβους (activity-on-node) και θεωρείται ακυκλικό. Θεωρούμε δύο επιπλέον δραστηριότητες, την $j = 0$ που αναπαριστά την έναρξη του έργου και τον $j = J + 1$ που αναπαριστά το τέλος του έργου.

Εξαιρουμένων των δραστηριοτήτων $j = 0$ και $j = J + 1$, οι υπόλοιπες απαιτούν ποσότητες ανανεώσιμων πόρων για την ολοκλήρωσή τους. Το σύνολο των διαφορετικών πόρων αναφέρεται ως K . για κάθε πόρο $k \in K$ η ανά περίοδο διαθεσιμότητα είναι σταθερή και δίνεται από τον αριθμό R_k . Η διάρκεια μίας δραστηριότητας j δίνεται από τον αριθμό d_j και η απαίτηση του για τον πόρο k δίνεται από τον αριθμό r_{jk} . Μία δραστηριότητα εφόσον ξεκινήσει δεν μπορεί να διακοπεί. Επίσης θεωρείται ότι οι δραστηριότητες $j = 0$ και $j = J + 1$ έχουν μηδενική διάρκεια αλλά και καμία απαίτηση σε πόρους.

Οι παράμετροι του προβλήματος θεωρούνται μη αρνητικός και ακέραιος αριθμοί. Ο στόχος είναι να καθοριστεί ένα χρονοδιάγραμμα που θα ελαχιστοποιεί την συνολική διάρκεια του έργου έτσι ώστε να εκπληρώνονται και οι περιορισμοί προτεραιότητας και περιορισμένων πόρων. Μορφοποιήσεις του προβλήματος

προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους δίνονται στην βιβλιογραφία από τους Demeulemeester and Herroelen, [16].

2.2 Μορφοποίηση του προβλήματος διαχείρισης κρίσης μετά από σεισμό

Τα δεδομένα για την μορφοποίηση του προβλήματος ελήφθησαν από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης σεισμού στην πόλη της Λάρισας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος MEDACTHU στις 27 Σεπτεμβρίου 2007.

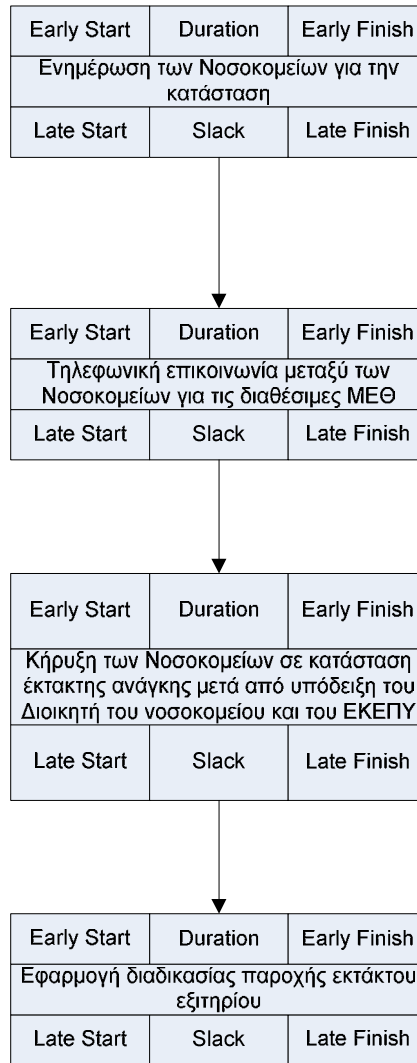
Στην παρούσα εργασία θα προγραμματιστεί ως έργο η διαχείριση της κρίσης κατά τις πρώτες ώρες μετά την εμφάνιση του σεισμού. Δηλαδή όλες εκείνες τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιήσουν οι υπηρεσίες Πυροσβεστική, Αστυνομία, Νοσοκομεία, ΕΚΑΒ, ΕΜΑΚ, ΔΕΣΦΑ, ΕΠΑ, ΔΕΗ, ΝΑΛ για την άμεση ανακούφιση των παθόντων αλλά και την επιδιόρθωση ζημιών που μπορεί να προκαλέσουν μεγάλες καταστροφές και όχι μέχρι την πλήρη αποκατάσταση των πληγέντων. Όλες οι ενέργειες που απαιτούνται να γίνουν σε τέτοιου είδους περιπτώσεις περιγράφονται από το επιχειρησιακό σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ και οι απαντήσεις που δόθηκαν ήταν βασισμένες σε αυτό.

Κατά την πραγματοποίηση της άσκησης προσομοίωσης τρία ήταν τα κύρια περιστατικά που έχριζαν άμεσης αντιμετώπισης από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες. Πρώτο, η κατάρρευση της γέφυρας του Αγίου Αχίλλειου στον Πηνειό ποταμό με οκτώ αυτοκίνητα και σύνολο 14 επιβαινόντων να χρειάζονται την βοήθεια των υπηρεσιών. Το δεύτερο περιστατικό αφορά την πτώση παλαιάς πολυκατοικίας επί της οδού Παναγούλη στο κέντρο της πόλης Λάρισας και ο αριθμός των εγκλωβισμένων είναι 32 άνθρωποι. Τέλος η τρίτη καταστροφή περιλαμβάνει το σπάσιμο αγωγού φυσικού αερίου χαμηλής πίεσης και πυρκαγιά στην οδό Φαρσάλων.



Εικόνα 1: Αποτύπωση των τριών περιστατικών και υπηρεσιών στην πόλη της Λάρισας

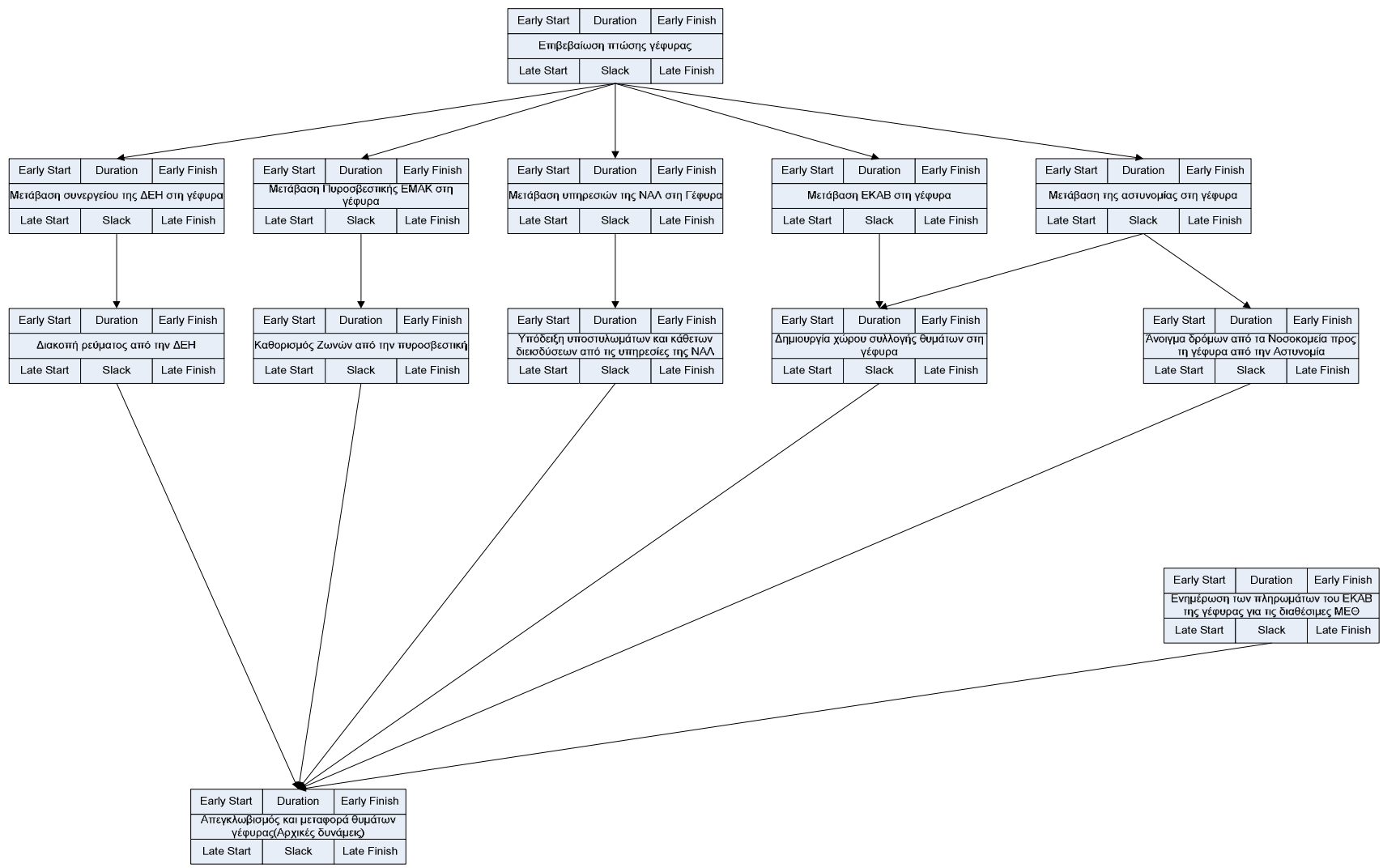
Αμέσως μετά την αναγνώριση της κατάστασης, δηλαδή την επιβεβαίωση των 3 περιστατικών η οποία γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα στα τηλεφωνικά κέντρα των υπηρεσιών, γίνεται η ενημέρωση των κατάλληλων υπηρεσιών των Νοσοκομείων της πόλης. Ακολουθεί επικοινωνία μεταξύ των αρμοδίων των Νοσοκομείων για τις διαθέσιμες ΜΕΘ και αν απαιτείται τα Νοσοκομεία κηρύσσονται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης μετά από υπόδειξη του Διοικητή του Νοσοκομείου και του ΕΚΕΠΥ έτσι ώστε να ξεκινήσει η εφαρμογή “παροχής εκτάκτου εξιτηρίου” για την απελευθέρωση περισσότερων ΜΕΘ. Οι παραπάνω δραστηριότητες αποτυπώνονται σε διάγραμμα PERT ως εξής. Οι ενδείξεις “Early Start, Duration, Early Finish, Late Start, Slack, Late Finish” θα συμπληρωθούν κατά την επίλυση του προβλήματος.



Διάγραμμα 1: Περιγραφή παροχής εκτάκτου εξιτηρίου από τα Νοσοκομεία

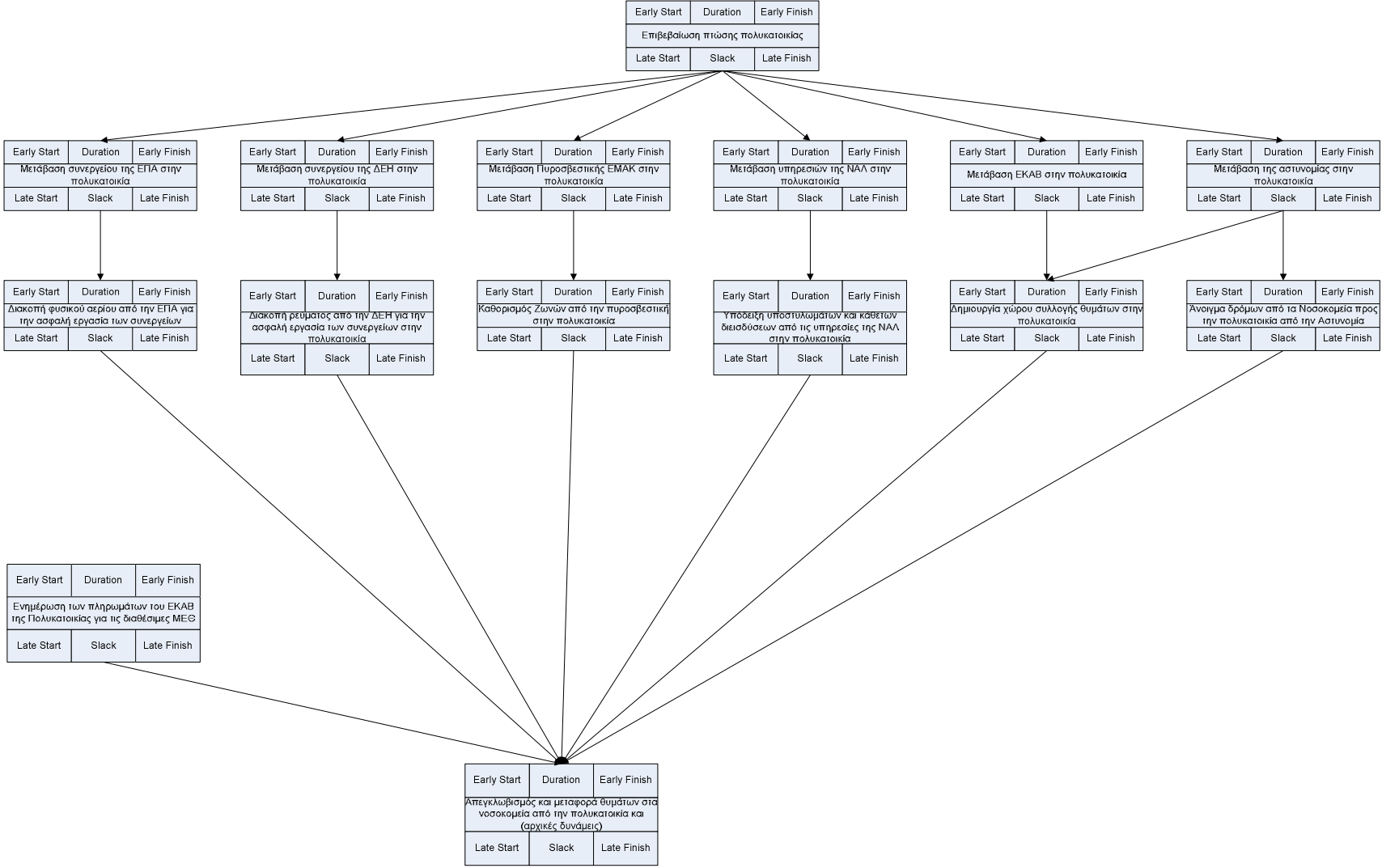
Για το περιστατικό της κατάρρευσης της γέφυρας θα χρειαστεί να μεταβούν στην τοποθεσία συνεργεία των υπηρεσιών ΔΕΗ, ΕΜΑΚ, ΝΑΛ, ΕΚΑΒ, Αστυνομίας αλλά και τα Νοσοκομεία να είναι σε θέση να γνωρίζουν πόσες διαθέσιμες ΜΕΘ έχουν για την ανακούφιση των ανθρώπων που χρίζουν άμεσης φροντίδας. Το συνεργείο της ΔΕΗ αφού μεταβεί στην πολυκατοικία θα πρέπει να διακόψει την παροχή του ρεύματος στην γύρω περιοχή έτσι ώστε να μην κινδυνέψουν τα θύματα αλλά και τα συνεργεία απεγκλωβισμού. Οι ομάδες της πυροσβεστικής και της ΕΜΑΚ από την στιγμή που θα αφιχθούν στην γέφυρα το πρώτο μέλημα τους θα είναι ο καθορισμός ζωνών. Ο ρόλος των συνεργείων της ΝΑΛ είναι η υπόδειξη υποστυλωμάτων και κάθετων διεισδύσεων για τον απεγκλωβισμό των θυμάτων. Τέλος η πρώτη ενέργεια των πληρωμάτων του ΕΚΑΒ και της αστυνομίας είναι η δημιουργία χώρου συλλογής των θυμάτων ενώ οι άντρες της αστυνομίας είναι επιφορτισμένοι και με την διένεξη των δρόμων από την γέφυρα προς τα Νοσοκομεία για την μεταφορά των θυμάτων

από το ΕΚΑΒ. Στην συνέχεια μπορεί να ξεκινήσει ο απεγκλωβισμός των 14 θυμάτων και η μεταφορά τους στα Νοσοκομεία. Σε περίπτωση εύρεσης εγκλωβισμένου προτού ολοκληρωθούν οι απαιτούμενες ενέργειες που περιγράφηκαν παραπάνω προφανώς και θα μεταφερθεί άμεσα στο Νοσοκομείο. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει η μορφοποίηση του προβλήματος βασίζεται στο επιχειρησιακό σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ και οι διαδικασίες αυτές θα λάβουν χώρα προς εξυπηρέτηση των περισσότερων που θα βρίσκονται εγκλωβισμένοι για την όσο πιο γρήγορη και ασφαλή μεταφορά τους στα Νοσοκομεία. Συνοπτικά η αποκατάσταση των θυμάτων της γέφυρας μπορεί να αποτυπωθεί στο διάγραμμα PERT ως εξής.



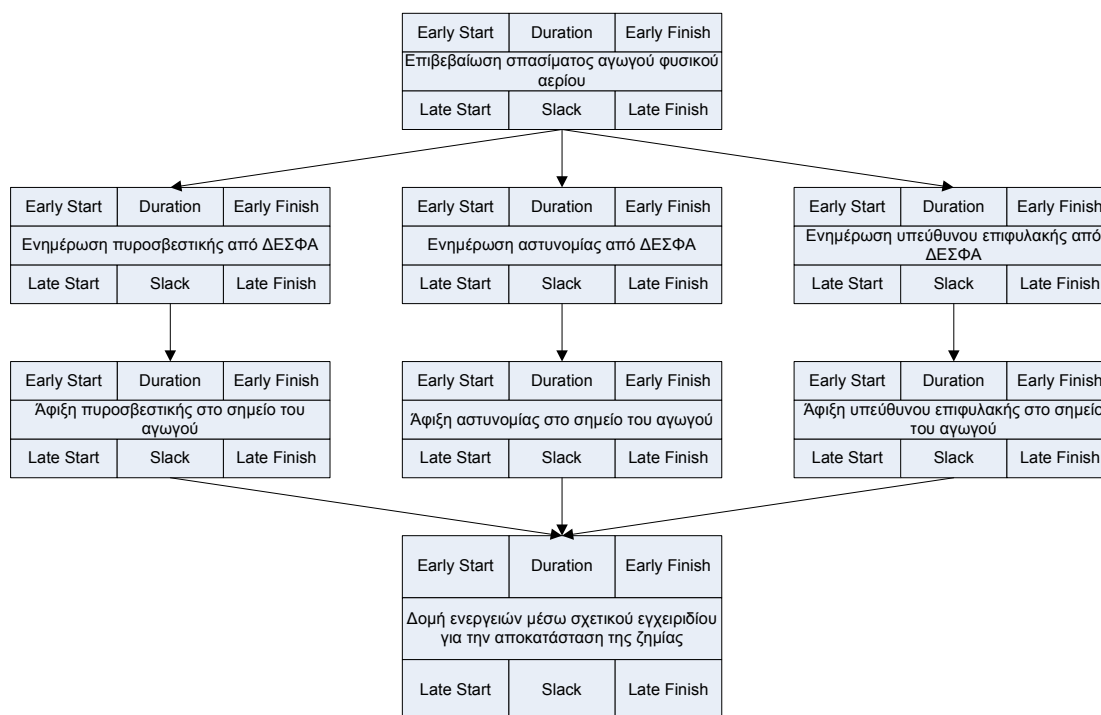
Διάγραμμα 2: Διαδικασία απεγκλωβισμού θυμάτων της γέφυρας

Για το περιστατικό της πτώσης της παλαιάς πολυκατοικίας και επειδή πρόκειται για απεγκλωβισμό θυμάτων και σε αυτή την περίπτωση οι ενέργειες των υπηρεσιών που απαιτούνται και όπως αυτές προβλέπονται από το σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ είναι οι ίδιες με την πτώση της γέφυρας. Με μόνη διαφορά ότι θα πρέπει να μεταβεί στο σημείο και συνεργείο της ΕΠΑ για την διακοπή φυσικού αερίου στην πολυκατοικία και την διασφάλιση μη ατυχήματος εξαιτίας του αερίου που θα θέσει σε περαιτέρω κίνδυνο εγκλωβισμένους και ομάδες διάσωσης. Επομένως το διάγραμμα PERT απεικονίζεται ως εξής.



Διάγραμμα 3: Διαδικασία απεγκλωβισμού θημάτων πολυκατοικίας

Όσον αφορά την έκρηξη του αγωγού φυσικού αερίου, υπηρεσία της ΔΕΣΦΑ πρέπει να ενημερώσει άμεσα τις υπηρεσίες της Πυροσβεστικής και της Αστυνομίας όπως επίσης και τον υπεύθυνο επιφυλακής. Στην συνέχεια αφού οι τελευταίοι μεταβούν στην τοποθεσία πραγματοποιούν δομή ενεργειών μέσω σχετικού εγχειριδίου για την αποκατάσταση των ζημιών. Οι δραστηριότητες για την αποκατάσταση του συμβάντος αποτυπώνονται σε μορφή γραφήματος PERT ως εξής.

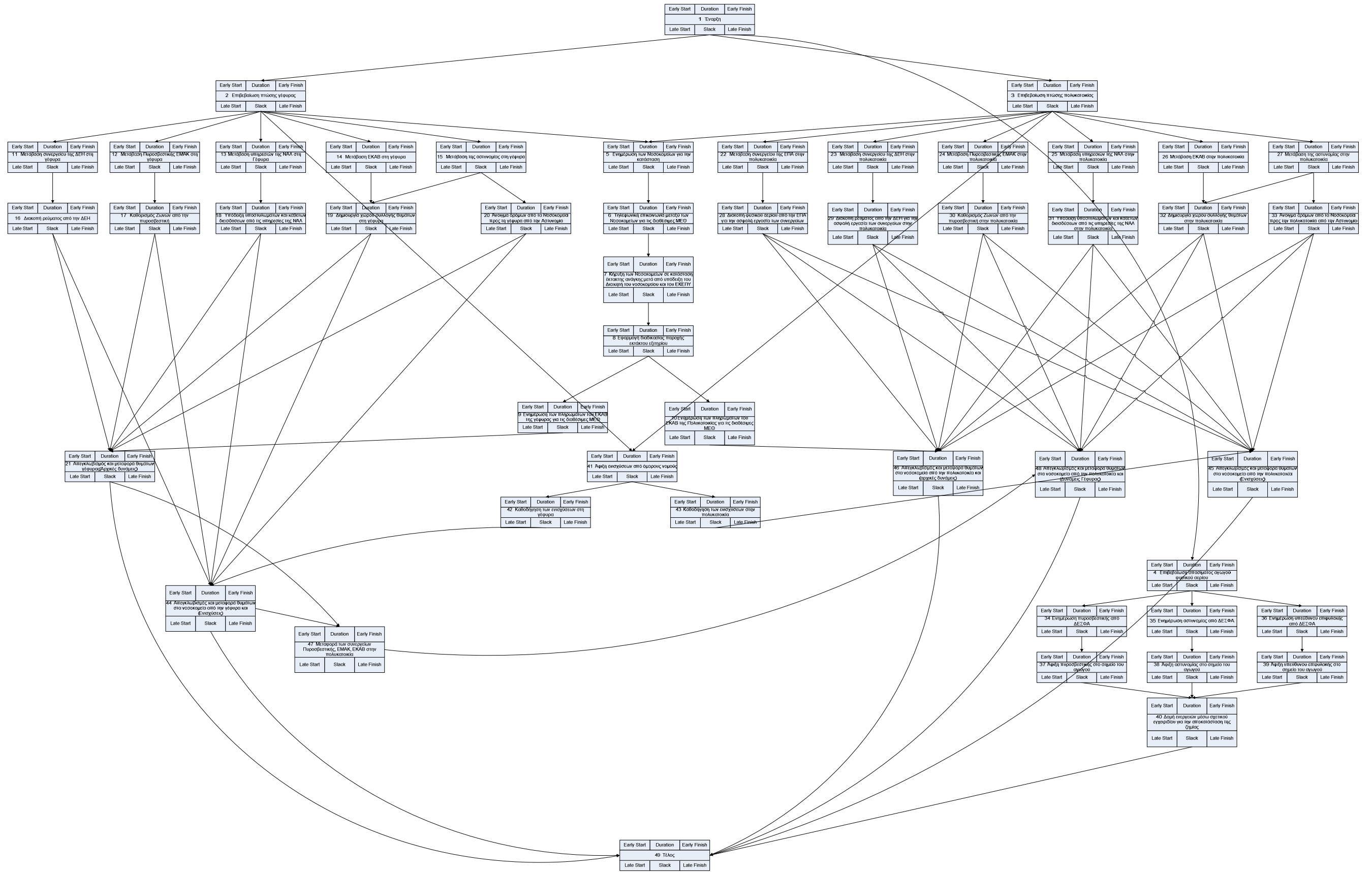


Διάγραμμα 4: Διαδικασία αποκατάστασης του αγωγού φυσικού αερίου

Τέλος εξαιτίας του μεγέθους της καταστροφής και της μη επάρκειας δυνάμεων από την υπηρεσία της και ΕΜΑΚ, δυνάμεις από όμορους νομούς ξεκινούν αμέσως μετά την αναγνώριση της κατάστασης και την ειδοποίηση τους για την ενδυνάμωση των αντίστοιχων πληρωμάτων στην πόλη της Λάρισας με σκοπό την γρηγορότερη απόκριση στα συμβάντα. Όπως και οι αρχικές δυνάμεις των υπηρεσιών ΕΜΑΚ και ΕΚΑΒ δεν μπορούν να αρχίσουν τον απεγκλωβισμό των θυμάτων εάν δεν ολοκληρωθούν πρώτα δραστηριότητες όπως αυτές προβλέπονται από το σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ το ίδιο ισχύει και για τις ενισχύσεις των όμορων νομών. Στον πίνακα Α1 του Παραρτήματος Α καταγράφονται συνολικά οι δραστηριότητες που πρέπει να υλοποιηθούν και όπως αυτές προκύπτουν από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης, η αρίθμηση τους όπως αυτή αποτυπώνεται στο γράφημα που

ακολουθεί, οι προαπαιτούμενες δραστηριότητες κάθε δραστηριότητας για την τήρηση των περιορισμό προτεραιότητας καθώς και η διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Οι εκτιμήσεις των διαρκειών των δραστηριοτήτων προέκυψαν από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης ενώ όπου δεν υπήρχε καταγεγραμμένη εκτίμηση, προέκυψε από προφορική επικοινωνία των πλέον αρμόδιων των υπεύθυνων υπηρεσιών για την διεκπεραίωση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων. Στις δραστηριότητες 21, 44, 45, 46, 48 δεν υπάρχουν σκόπιμα οι διάρκειες των δραστηριοτήτων. Οι χρόνοι αυτοί θα προκύψουν από βελτιστοποίηση της κατανομής των πληρωμάτων και κατά συνέπεια την ελαχιστοποίηση του χρόνου απεγκλωβισμού των θυμάτων. Η διαδικασία θα αναλυθεί και θα λάβει χώρα στην παράγραφο 3.1 Τελικά οι 48 + 2 (Αρχή & Τέλος) δραστηριότητες αποτυπώνονται σε διάγραμμα PERT με την μορφή:



Διάγραμμα 5: Αποτύπωση ολόκληρου του έργου

2.3 Συμπεράσματα

Για την ολοκλήρωση του έργου απαιτούνται στο σύνολο 50 δραστηριότητες, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για την επίλυση του προβλήματος θα πρέπει να γίνει η επιλογή ενός ευρετικού αλγορίθμου και όχι μίας αναλυτικής μεθόδου εξαιτίας του τεράστιου υπολογιστικού χρόνου που θα απαιτηθεί.

Σε περίπτωση που αντί για την πτώση της γέφυρας είχαμε να αντιμετωπίσουμε την πτώση μίας δεύτερης πολυκατοικίας ή και περισσότερων τότε στο τελικό γράφημα θα έπρεπε να προστεθούν δραστηριότητες για την μετακίνηση των δυνάμεων αλλά και για τον απεγκλωβισμό που θα γίνει από τις ίδιες. Στην περίπτωση που εξετάζουμε όμως για την πτώση της γέφυρας λόγω του μικρού αριθμού εγκλωβισμένων αλλά και του μικρότερου χρόνου διάσωσης των θυμάτων από τις ομάδες της ΕΜΑΚ και ΕΚΑΒ όπως περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο δεν προστέθηκαν οι αντίστοιχες δραστηριότητες από την πολυκατοικία προς την γέφυρα για την απλοποίηση του προβλήματος.

Κεφάλαιο 3 Επίλυση του Προβλήματος με τον Αλγόριθμο COMSOAL

Στο Κεφάλαιο 3 αρχικά θα γίνει αναφορά στην αποτύπωση των πόρων που είναι απαραίτητοι για την ολοκλήρωση του έργου. Έπειτα, θα περιγραφεί η δομή του αλγορίθμου COMSOAL που θα χρησιμοποιηθεί για την επίλυση του προβλήματος ενώ στην συνέχεια θα αναλυθούν όλες οι παράμετροι του αλγορίθμου και θα αποτυπωθεί το διάγραμμα ροής της μεθόδου ενώ τέλος θα περιγραφεί ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL όπου και θα χρησιμοποιηθεί.

3.1 Απαιτούμενοι πόροι για την ολοκλήρωση του έργου

Για να ολοκληρωθούν οι δραστηριότητες του έργου θα απαιτηθούν 7 διαφορετικών ειδών πόροι. Οι πόροι είναι ανανεώσιμοι και αντιστοιχούν σε ανθρώπινο δυναμικό. Συγκεκριμένα για την αντιμετώπιση των περιστατικών θα απαιτηθούν συνεργεία των υπηρεσιών ΔΕΗ, ΝΑΛ, ΕΠΑ όπως επίσης και ομάδες της Πυροσβεστικής υπηρεσίας, ΕΜΑΚ, ΕΚΑΒ και της Αστυνομίας. Το σύνολο των συνεργείων και ομάδων που είναι διαθέσιμες αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

Είδος πόρου	Συνεργείο της ΔΕΗ	Συνεργείο της ΝΑΛ	Συνεργείο της ΕΠΑ	Ομάδα Πυρ/κής υπηρεσίας	Ομάδα διάσωσης ΕΜΑΚ	Ομάδα ΕΚΑΒ	Ομάδα Αστυνομίας
Συνολικός αριθμός διαθέσιμων μονάδων	1	1	1	10	2+4	8+4	20

Πίνακας 1: Διαθέσιμοι πόροι για την ολοκλήρωση του έργου

Το σενάριο προέβλεπε την αντιμετώπιση των 3 περιστατικών όπως έχει προαναφερθεί. Σκοπός της άσκησης ήταν πρωτίστως να δοκιμαστούν τα σχέδια αντιμετώπισης όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών σε περίπτωση σεισμού καθώς και τυχόν ελλείψεις αυτών να επισημανθούν και να διορθωθούν μέσα από τις διαδικασίες που προβλέπει η κάθε υπηρεσία.

Τα στοιχεία για τις συνολικές δυνάμεις που είναι διαθέσιμες προέκυψαν από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης σεισμού στην πόλη της Λάρισας εκτός των συνεργειών των ΝΑΛ, ΔΕΗ, ΕΠΑ. Η πόλη της Λάρισας θα μπορούσε να διαχειριστεί τα 3 περιστατικά και χωρίς την βοήθεια όμορων νομών εκτός βέβαια από τις ομάδες της ΕΜΑΚ όπου είναι απαραίτητες όσον το δυνατόν περισσότερες. Παρόλα αυτά, στην άσκηση προσομοίωσης έπρεπε να εξεταστούν οι διαδικασίες με τις οποίες ομάδες η βοήθεια των όμορων νομών θα ενσωματωθεί στις δυνάμεις της Λάρισας. Στην παρούσα εργασία επιλέχτηκε να συμπεριληφθούν οι δυνάμεις του ΕΚΑΒ όμορων νομών για την χρησιμοποίηση της μεθόδου στη γενίκευση του προβλήματος όπου μπορεί να υπάρχουν δεκάδες περιστατικά. Οι δυνάμεις των όμορων νομών δεν είναι διαθέσιμες από την πρώτη στιγμή αλλά ενσωματώνονται μετά από χρονικό διάστημα μερικών ωρών που είναι απαραίτητο και για την άφιξη τους, αρχικά στην πληγείσα πόλη, αλλά και για την καθοδήγηση τους στα σημεία των περιστατικών που είναι άγνωστα προς αυτές. Για τα συνεργεία των υπηρεσιών ΝΑΛ, ΔΕΗ, ΕΠΑ φυσικά υπάρχουν περισσότερα από του ενός που λαμβάνουμε υπόψη μας στην παρούσα εργασία διαθέσιμα στην πόλη της Λάρισας αλλά εάν χρησιμοποιούσαμε τις πραγματικές δυνάμεις τις πόλεις δεν θα υπήρχε λόγος να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα ως RCPSP αφού όλες οι δραστηριότητες θα μπορούσαν να καλυφθούν πλήρως από τους υπάρχοντες πόρους. Κατά αυτό τον τρόπο δεν θα μπορούσαμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την γενική μορφή όπου θα υπήρχαν πολλά περιστατικά και πραγματικά μικρός αριθμός πόρων για την αντιμετώπιση τους. Στην πραγματικότητα όμως ίσως η υπόθεση ότι υπάρχει από ένα διαθέσιμο συνεργείο για τις προαναφερθείς υπηρεσίες να μην είναι τελείως λανθασμένη. Μία αξιοσημείωτη παρατήρηση της άσκησης προσομοίωσης ήταν ότι σε τέτοιου είδους περιπτώσεις οι άνθρωποι που απαρτίζουν τα συνεργεία και τις ομάδες διάσωσης ενδεχομένως να ενδιαφερθούν πρωτίστως να ενημερωθούν για την κατάσταση της οικογένειάς τους και στη συνέχεια να ενσωματωθούν πλήρως στο συνεργείο ή στην ομάδα τους. Το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες υπηρεσίες αλλά δεν θα το λάβουμε υπόψη μας.

Για την μεταφορά των συνεργειών της ΕΠΑ, ΝΑΛ και ΔΕΗ από το ένα συμβάν στο άλλο οι χρόνοι που απαιτούνται είναι ενσωματωμένοι στις δραστηριότητες που του αφορούν αντίστοιχα.

Οι απαιτούμενοι πόροι για κάθε διαδικασία όπως προκύπτει από τα πρακτικά της άσκησης και το σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ αναφέρονται στον πίνακα Α2 του

Παρατήματος Α. Τα πεδία με * θα συμπληρωθούν μετά από την εφαρμογή της διαδικασίας βελτιστοποίηση κατανομής των ομάδων της ΕΜΑΚ και ΕΚΑΒ όπως θα αναλυθεί στο επόμενο Κεφάλαιο με στόχο την ολοκλήρωση του έργου όσο το δυνατόν γρηγορότερα και με τα λιγότερα θύματα να καταλήγουν.

3.2 Ο αλγόριθμος COMSOAL

Ο ευρεστικός αλγόριθμος COMSOAL (Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines) χρησιμοποιείται κυρίως ως προσέγγιση της λύσης του προβλήματος εξισορρόπησης γραμμής συναρμολόγησης (assembly line balancing problem). Ωστόσο η ιδέα του συγκεκριμένου αλγορίθμου μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων συμπεριλαμβανομένου και του RCPSP. Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο COMSOAL στο RCPSP παράγεται μία λίστα των δραστηριοτήτων που είναι διαθέσιμες να προγραμματιστούν εκείνη τη στιγμή από το σύνολο των δραστηριοτήτων του έργου. Η επόμενη δραστηριότητα που θα προγραμματιστεί επιλέγεται από την διαθέσιμη λίστα χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους. Είτε τυχαία επιλογή είτε επιλογή βάσει σχήματος προτεραιότητας. Στην αρχική του μορφή ο αλγόριθμος COMSOAL επιλέγει τυχαία την επόμενη δραστηριότητα που θα προγραμματιστεί από την διαθέσιμη λίστα. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL και η επιλογή της επόμενης δραστηριότητας θα γίνεται βάσει σχημάτων προτεραιότητας. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία επιλογής δραστηριοτήτων για προγραμματισμό συνεχίζεται μέχρι να εξαντληθούν όλες οι δραστηριότητες του έργου.

Στην αρχική του μορφή ο αλγόριθμος COMSOAL αναπαράγει το χρονοδιάγραμμα του έργου με βάση την τυχαία επιλογή δραστηριοτήτων προς προγραμματισμό. Ο αλγόριθμος COMSOAL αναπτύχθηκε από τον Arcus (1966) [17], ως μία υπολογιστική μέθοδος για την επίλυση του προβλήματος εξισορρόπησης γραμμής συναρμολόγησης. Ενώ οι περισσότερες αναφορές αφορούν το συγκεκριμένο πρόβλημα υπάρχουν κάποιες λίγες εργασίες που αναφέρονται στο πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Οι Whitehouse & Tidwell (1980) [18] σύγκριναν τον αλγόριθμο COMSOAL με άλλους ευρεστικούς αλγόριθμους μετάθεσης πόρων και ανακάλυψαν ότι ο αλγόριθμος καταλήγει σε καλύτερα αποτελέσματα για μεγάλα προβλήματα από τους υπόλοιπους. Ο Whitehouse (1985)

[19], αναφέρει την εφαρμογή του αλγόριθμου COMSOAL στο πρόβλημα μετάθεσης πόρων και διαπιστώνει ότι τα αποτελέσματα σε κάθε επανάληψη του COMSOAL διατηρούνται σχεδόν σταθερά παρόλο που έχει χρησιμοποιηθεί μόνο η τυχαία επιλογή από τις δραστηριότητες προς προγραμματισμό.

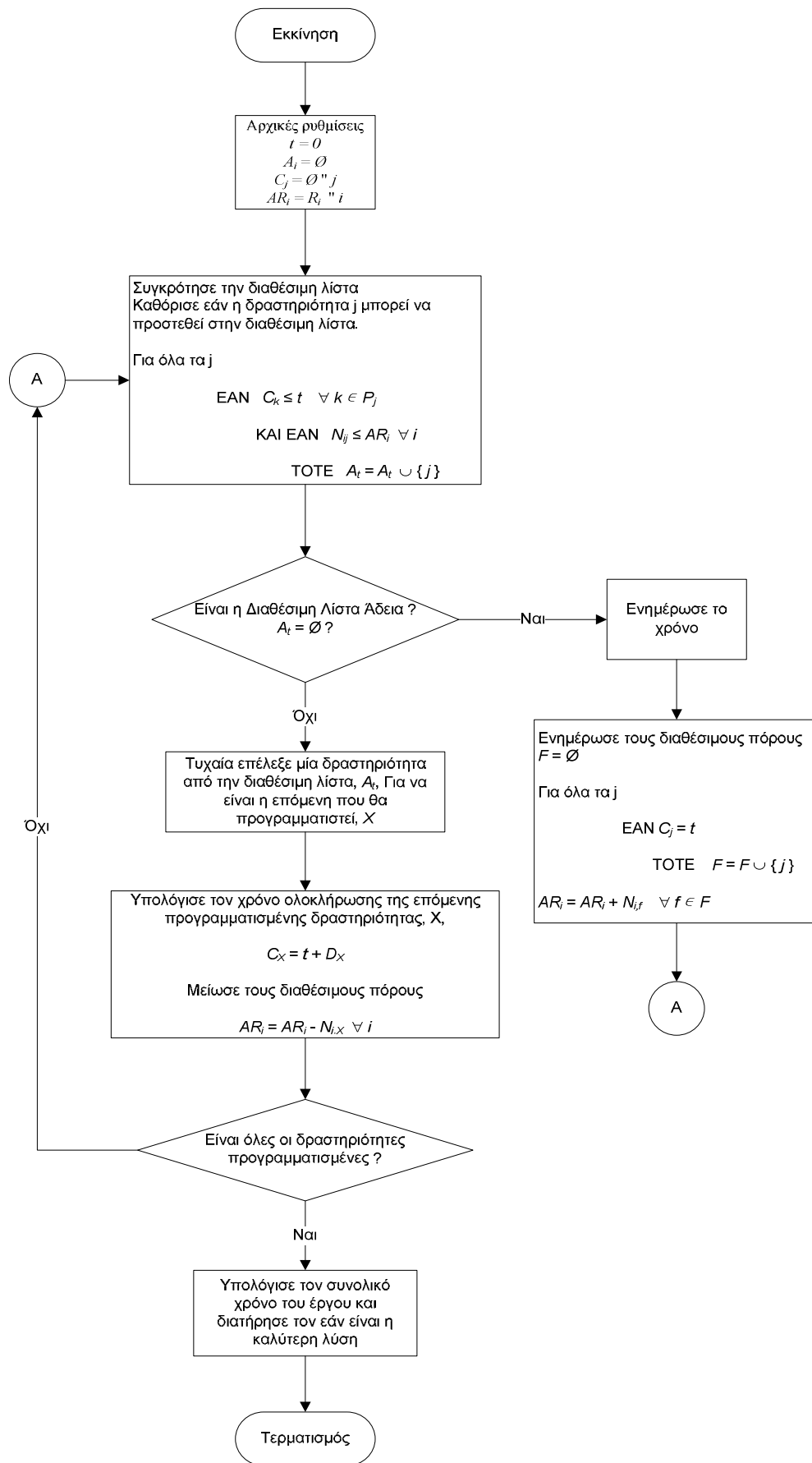
3.3 Παράμετροι και διάγραμμα ροής της μεθόδου COMSOAL

Οι παράμετροι της μεθόδου COMSOAL δίνονται στον Πίνακα 2.

Παράμετρος	Περιγραφή
A_i	Σύνολο δραστηριοτήτων στη διαθέσιμη λίστα το χρόνο t
P_j	Σύνολο δραστηριοτήτων προαπαιτούμενων της δραστηριότητας j
D_j	Διάρκεια της δραστηριότητας j
C_j	Χρόνος ολοκλήρωσης δραστηριότητας j
F	Σύνολο δραστηριοτήτων που ολοκληρώθηκαν πρόσφατα
R_i	Συνολικός αριθμός των μονάδων του πόρου i
AR_i	Διαθέσιμος αριθμός μονάδων του πόρου i
N_{ij}	Αριθμός μονάδων του πόρου i που απαιτούνται από την δραστηριότητα j

Πίνακας 2: Παράμετροι της μεθόδου COMSOAL

Για τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων στο πρόβλημα RCPSP ο αλγόριθμος δημιουργεί μία διαθέσιμη λίστα δραστηριοτήτων. Για να εμφανίζονται δραστηριότητες στην διαθέσιμη λίστα θα πρέπει πρώτα να ικανοποιούνται οι περιορισμοί προτεραιότητας αλλά και να υπάρχουν οι κατάλληλοι πόροι διαθέσιμοι. Η επόμενη δραστηριότητα προς προγραμματισμό επιλέγεται τυχαία από την διαθέσιμη λίστα και μία καινούργια λίστα αναπαράγεται. Ο συνολικός χρόνος του έργου συγκρίνεται με τους χρόνους άλλων επαναλήψεων του αλγορίθμου και επιλέγεται ο μικρότερος. Το διάγραμμα ροής του αλγορίθμου φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Διάγραμμα ροής αλγορίθμου COMSOAL

3.4 Προσέγγιση του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL

Ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL από τον μη τροποποιημένο αλγόριθμο COMSOAL διαφέρει στο ότι οι δραστηριότητες προς προγραμματισμό δεν επιλέγονται τυχαία αλλά βάσει σχημάτων προτεραιότητας. Διάφορα σχήματα προτεραιότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή της επόμενης δραστηριότητας προς προγραμματισμό. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω σχήματα προτεραιότητας:

Άθροισης. Για κάθε δραστηριότητα της διαθέσιμης λίστας, το συνολικό άθροισμα των δραστηριοτήτων όλων των διαδρομών στις οποίες μετέχουν έως το τέλος του έργου υπολογίζονται και επιλέγεται εκείνη η δραστηριότητα που ανήκει στην διαδρομή με το μεγαλύτερο άθροισμα. Η γενική στρατηγική του συγκεκριμένου σχήματος είναι να εκκινήσει τις δραστηριότητες με μεγάλη διάρκεια όσο το δυνατόν γρηγορότερα.

Μεγαλύτερης διάρκειας της αμέσως επόμενης δραστηριότητας. Για κάθε δραστηριότητα στην διαθέσιμη λίστα καταγράφονται οι χρόνοι των αμέσως επόμενων δραστηριοτήτων από αυτές και με βάση την μεγαλύτερη επιλέγεται εκείνη που θα προγραμματιστεί από την διαθέσιμη λίστα. Το συγκεκριμένο σχήμα προσπαθεί να εκκινήσει τις δραστηριότητες με μεγάλη διάρκεια χωρίς καθυστέρηση των προαπαιτούμενων δραστηριοτήτων.

Μικρότερης διάρκειας της αμέσως επόμενης δραστηριότητας. Για κάθε δραστηριότητα στην διαθέσιμη λίστα καταγράφονται οι χρόνοι των αμέσως επόμενων δραστηριοτήτων από αυτές και με βάση την μικρότερη επιλέγεται εκείνη που θα προγραμματιστεί από την διαθέσιμη λίστα.

Επίσης εκτός των κανόνων που προαναφέρθηκαν υπάρχει ένας κανόνας που θα χρησιμοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις. Η χρήση αυτού του κανόνα είναι απαραίτητη λόγω της μορφοποίησης έτσι όπως αυτή διαμορφώθηκε για την επίλυση του προβλήματος. Ο κανόνας αναφέρει ότι σε περίπτωση διαδοχικών δραστηριοτήτων που απαιτείται ένας συγκεκριμένος πόρος και εφόσον οι εν λόγω δραστηριότητες βρίσκονται στην διαθέσιμη λίστα του αλγορίθμου τότε ανεξάρτητα του κανόνα που χρησιμοποιείτε οι συγκεκριμένες δραστηριότητες της αλυσίδας έχουν προτεραιότητα στον προγραμματισμό τους. Αυτό συμβαίνει για τον απλό λόγο ότι σε

περίπτωση παραδείγματος χάρη της μετάβασης του συνεργείου της ΔΕΗ στην τοποθεσία της γέφυρας δεν θα είχε λογική η μεταφορά του στην τοποθεσία της πολυκατοικίας πριν αυτό ολοκληρώσει όλες τις δραστηριότητες όπου εμπλέκεται.

3.5 Συμπεράσματα

Παρά την παραδοχή ότι η πόλη της Λάρισας διαθέτει από ένα συνεργείο των υπηρεσιών ΔΕΗ, ΝΑΛ, ΕΠΑ το πρόβλημα που λύνεται στην παρούσα εργασία ίσως να μη στερείτε αληθοφάνειας εξαιτίας όπως προαναφέρθηκε της αγωνίας των ανθρώπων που απαρτίζουν τα παραπάνω συνεργεία να ελέγξουν αρχικά την κατάσταση της οικογενείας τους και των δικών τους προσώπων και έπειτα να ενσωματωθούν στις υπηρεσίες τους.

Ο αλγόριθμος COMSOAL είναι ένας απλός ευρεστικός αλγόριθμος που όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία παράγει θετικά αποτελέσματα κατά την χρησιμοποίηση του στο RCPSP. Το μέγεθος του προβλήματος που εξετάζεται είναι αρκετά μεγάλο και δεν θα μπορούσε να επιλυθεί με αναλυτική μέθοδο. Ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL που θα εφαρμοστεί στην παρούσα εργασία είναι μία βελτίωση του αρχικού όπου επιλέγει τυχαία την επόμενη δραστηριότητα προς προγραμματισμό. Η διαφορά τους είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιείται κάθε φορά διαφορετικός κανόνας προτεραιότητας με στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου του έργου.

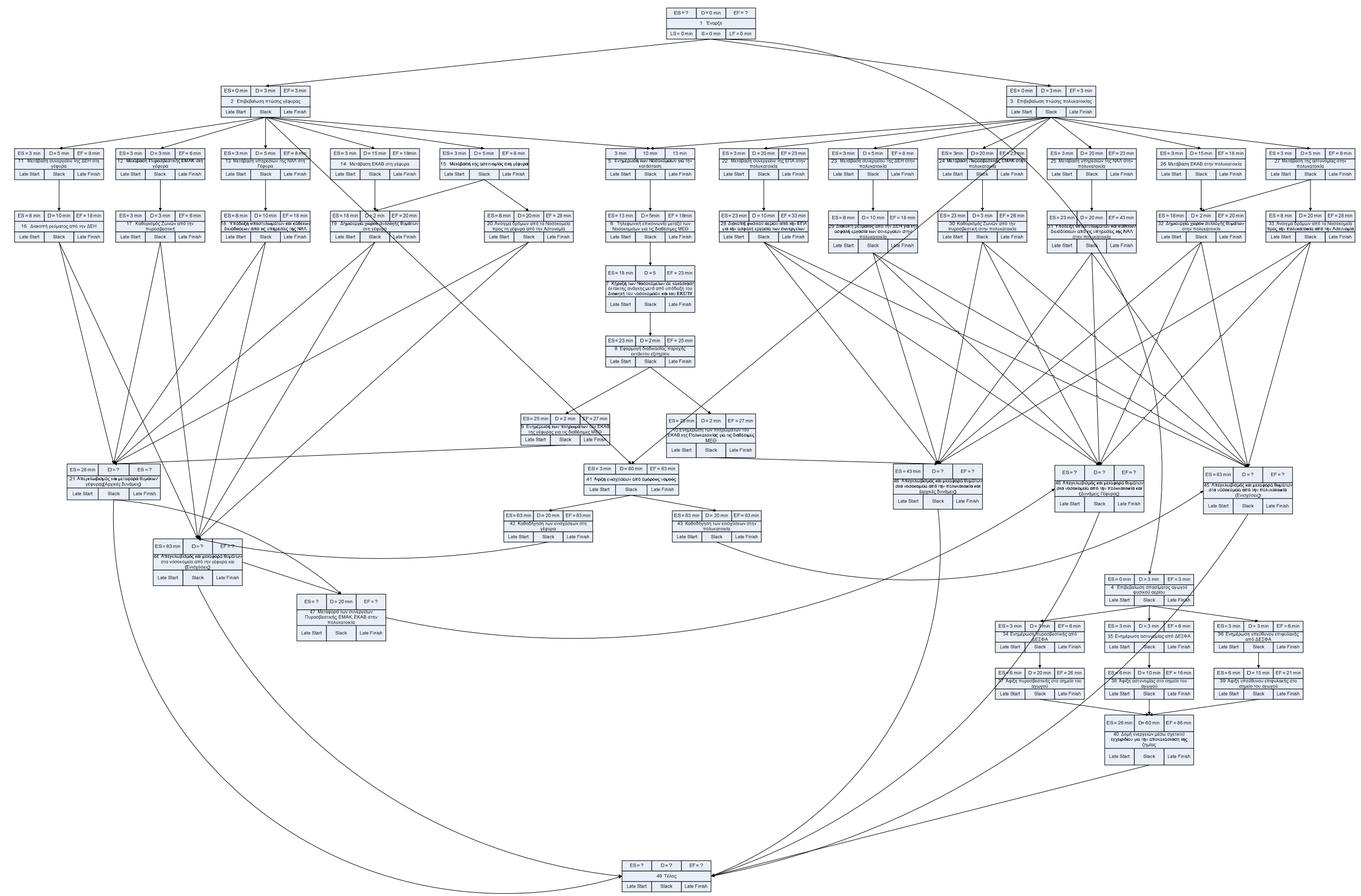
Κεφάλαιο 4 Βελτιστοποίηση Κατανομής Δυνάμεων

Στο Κεφάλαιο 4 θα συμπληρωθούν οι διάρκειες των δραστηριοτήτων 21, 44, 45, 46, 48 με την διαδικασία βελτιστοποίησης κατανομής των ομάδων διάσωσης όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια. Στο παρόν Κεφάλαιο η βελτιστοποίηση θα λάβει χώρα για την περίπτωση όπου υπάρχει επάρκεια δυνάμεων για την υλοποίηση όλων των δραστηριοτήτων. Αρχικά θα περιγραφεί η διαδικασία ενώ στην συνέχεια θα αποτυπωθούν όλες οι περιπτώσεις κατανομής των δυνάμεων. Τέλος θα επιλεγεί η περίπτωση εκείνη για την οποία πρωτίστως θα υπάρχουν οι λιγότεροι νεκροί και έπειτα θα ελαχιστοποιείται η συνολική διάρκεια του έργου.

4.1 Περιγραφή της διαδικασίας βελτιστοποίησης των δυνάμεων

Οι δραστηριότητες που αφορούν τον απεγκλωβισμό των θυμάτων από τα περιστατικά της γέφυρας και της πολυκατοικίας δεν έχουν προκαθορισμένη διάρκεια όπως προαναφέρθηκε για το λόγο ότι, με την βελτιστοποίηση της κατανομής των ενισχύσεων θα επιτευχθεί ο μικρότερος χρόνος για τις δραστηριότητες αυτές και κατά συνέπεια μικρότερος αριθμός θυμάτων που θα καταλήξουν. Ο χρόνος σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την διάσωση των εγκλωβισμένων.

Στην παρούσα παράγραφο θα εξηγηθεί η διαδικασία όπου θα συμπληρωθούν οι χρόνοι των προαναφερθέν δραστηριοτήτων. Συμπληρώνοντας τις διάρκειες των δραστηριοτήτων από τον πίνακα A1 του Παραρτήματος Α προκύπτει το παρακάτω γράφημα PERT:



Διάγραμμα 6: Αποτύπωση του έργου με τους ενορτίτερους χρόνους και τις διάρκειες των δραστηριοτήτων εκτός των 21, 44, 45, 46, 48

Οι δραστηριότητες 21, 44, 45, 46, 48 είναι αυτές που αφορούν στον απεγκλωβισμό των θυμάτων και μετά την ολοκλήρωσή τους ολοκληρώνεται και το έργο. Συνολικά η πόλη της Λάρισας διαθέτει 2 ομάδες της ΕΜΑΚ και αναμένει άλλες 4 ομάδες από τους όμορους νομούς. Κάθε μία ομάδα ΕΜΑΚ των ενισχύσεων συνοδεύεται και από ένα ασθενοφόρο του ΕΚΑΒ. Βεβαιώνοντας ένα περιστατικό που κρίνεται αναγκαία η παρουσία της ΕΜΑΚ, η υπηρεσία αποστέλλει από ένα τουλάχιστον συνεργείο σε κάθε περιστατικό. Στην συνέχεια ενδυναμώνονται με τις ενισχύσεις οι αρχικές δυνάμεις. Επομένως οι δραστηριότητες 21 και 46 θα λάβουν από μία ομάδα της ΕΜΑΚ όπου είναι διαθέσιμες άμεσα. Σε περίπτωση ύπαρξης περισσότερων των δύο γεγονότων και έως ότου της άφιξης των ενισχύσεων δεν θα υπήρχαν στα σημεία εκείνα ομάδες της υπηρεσίας. Γίνεται εμφανές ότι η υπηρεσία της ΕΜΑΚ επιφορτίζεται με την περαιώση των πιο κρίσιμων δραστηριοτήτων για την ολοκλήρωση του έργου όχι μόνο επειδή αυτές είναι μεγάλες σε διάρκεια αλλά και επειδή από αυτές εξαρτάται και η διάσωση των θυμάτων που είναι ο κύριος στόχος του έργου.

Σε περίπτωση όπου θα υπήρχαν πολλαπλάσια περιστατικά που θα απαιτούσαν την ύπαρξη ομάδων της ΕΜΑΚ τότε αφενός θα αναμενόταν ενισχύσεις και από άλλους νομούς αλλά και βοήθεια μέσω διασωστικών συνεργείων από το εξωτερικό οι οποίες θα συμπεριλαμβανόταν στις δραστηριότητες του έργου όπως ακριβώς και η άφιξη ενισχύσεων από όμορους νομούς.

Η βελτιστοποίηση της κατανομής των ενισχύσεων απασχολεί τις δραστηριότητες 44,45 που αφορούν τον απεγκλωβισμό των θυμάτων από τις ενισχύσεις αλλά και την 48 όπου όλα τα διασωστικά συνεργεία μεταφέρονται με το πέρας του απεγκλωβισμού των θυμάτων της γέφυρας στην τοποθεσία της πολυκατοικίας για την επίσπευση της διάσωσης των θυμάτων της πολυκατοικίας. Φυσικά λαμβάνονται υπόψη και οι αρχικές δυνάμεις από τις δραστηριότητες 21 και 46.

Στην παρούσα παράγραφο θα επεξηγηθεί πως λαμβάνει χώρα η διαδικασία με την χαλάρωση όμως ότι είναι διαθέσιμοι όλοι οι απαιτούμενοι πόροι. Δηλαδή ότι υπάρχουν από 2 τουλάχιστον συνεργεία των υπηρεσιών ΔΕΗ, ΕΠΑ και ΝΑΛ. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα χρησιμοποιηθούν και στην εφαρμογή του αλγόριθμου στο επόμενο κεφάλαιο αφού είναι απαραίτητα για έναν από τους τέσσερις κανόνες που θα εφαρμοστούν.

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλογή της κατανομής των δυνάμεων θα γίνει με βάση τον μικρότερο αριθμό νεκρών που προκύπτει. Υποθέεται ότι για τον απεγκλωβισμό ενός θύματος από την κατάρρευση της γέφυρας απαιτούνται 30 λεπτά από ένα συνεργείο της ΕΜΑΚ ενώ αντίστοιχα από την κατάρρευση της πολυκατοικίας 60 λεπτά. Κάθε 60 λεπτά της ώρας υποθέεται επίσης ότι ένας εγκλωβισμένος στη γέφυρα χάνει την ζωή του ενώ κάθε 120 λεπτά αντίστοιχα για την πολυκατοικία.

Εφόσον η πόλη της Λάρισας διαθέτει δύο ομάδες της ΕΜΑΚ οι οποίες κατανέμονται άμεσα στα δύο περιστατικά και περιμένει ενισχύσεις άλλων τεσσάρων ομάδων από όμορους νομούς υπάρχουν συνολικά οι παρακάτω πέντε συνδυασμοί κατανομής ομάδων της ΕΜΑΚ που πρέπει να εξεταστούν.

Τοποθεσία Γέφυρας (ομάδες ΕΜΑΚ)	Τοποθεσία Πολυκατοικίας (ομάδες ΕΜΑΚ)
1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 4 (ενισχύσεις όμορων νομών)	1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 0 (ενισχύσεις όμορων νομών)
1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 3 (ενισχύσεις όμορων νομών)	1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 1 (ενισχύσεις όμορων νομών)
1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 2 (ενισχύσεις όμορων νομών)	1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 2 (ενισχύσεις όμορων νομών)
1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 1 (ενισχύσεις όμορων νομών)	1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 3 (ενισχύσεις όμορων νομών)
1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 0 (ενισχύσεις όμορων νομών)	1 (άμεση διαθέσιμη ομάδα στην πόλη της Λάρισας) + 4 (ενισχύσεις όμορων νομών)

Πίνακας 3: Περιπτώσεις κατανομής των δυνάμεων

Λόγω του γεγονότος ότι στην κατάρρευση της γέφυρας υπάρχουν λιγότερα θύματα (14 θύματα) σε σχέση με την κατάρρευση της πολυκατοικίας (32 θύματα) αλλά και επειδή ο απεγκλωβισμός ενός θύματος στην περίπτωση της γέφυρας απαιτεί 30 λεπτά έναντι των 60 λεπτών στην πολυκατοικία όπως είναι φυσικό και ιδιαίτερα για τις περιπτώσεις όπου αποστέλλονται οι περισσότερες δυνάμεις των ενισχύσεων οδηγεί στην γρήγορη αντιμετώπιση του περιστατικού της γέφυρας. Οι δυνάμεις που

απελευθερώνονται μετακινούνται άμεσα στην τοποθεσία της πολυκατοικίας για την επίσπευση της διάσωση των θυμάτων.

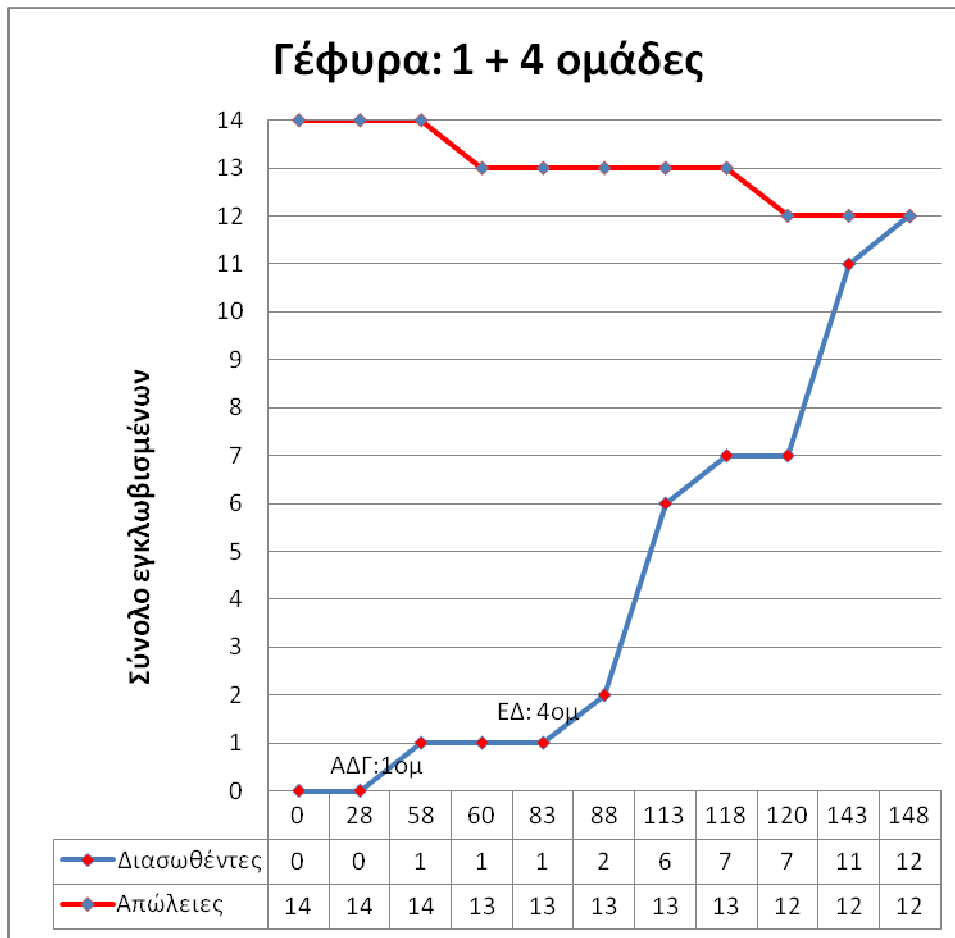
Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η ερμηνεία των ακρωνυμίων που χρησιμοποιούνται στους πίνακες που ακολουθούν.

Ακρωνύμιο	Περιγραφή
ΑΔΓ	Αρχικές Δυνάμεις Γέφυρας
ΕΓ	Ενισχύσεις Γέφυρας
ΑΔΠ	Αρχικές Δυνάμεις Πολυκατοικίας
ΕΠ	Ενισχύσεις Πολυκατοικίας
ΔΓΠ	Δυνάμεις από την Γέφυρα στην Πολυκατοικία (μετά την απελευθέρωση όλων των θυμάτων)

Πίνακας 4: Ακρωνύμια γραφημάτων

4.2 Περιπτώσεις κατανομής υλικού

Στην παρούσα παράγραφο θα καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις του πίνακα 3. Για την περίπτωση όπου όλες οι ενισχύσεις αποστέλλονται αρχικά στην τοποθεσία της γέφυρας και με δεδομένη την χαλάρωση του περιορισμού των διαθέσιμων πόρων έχουμε:

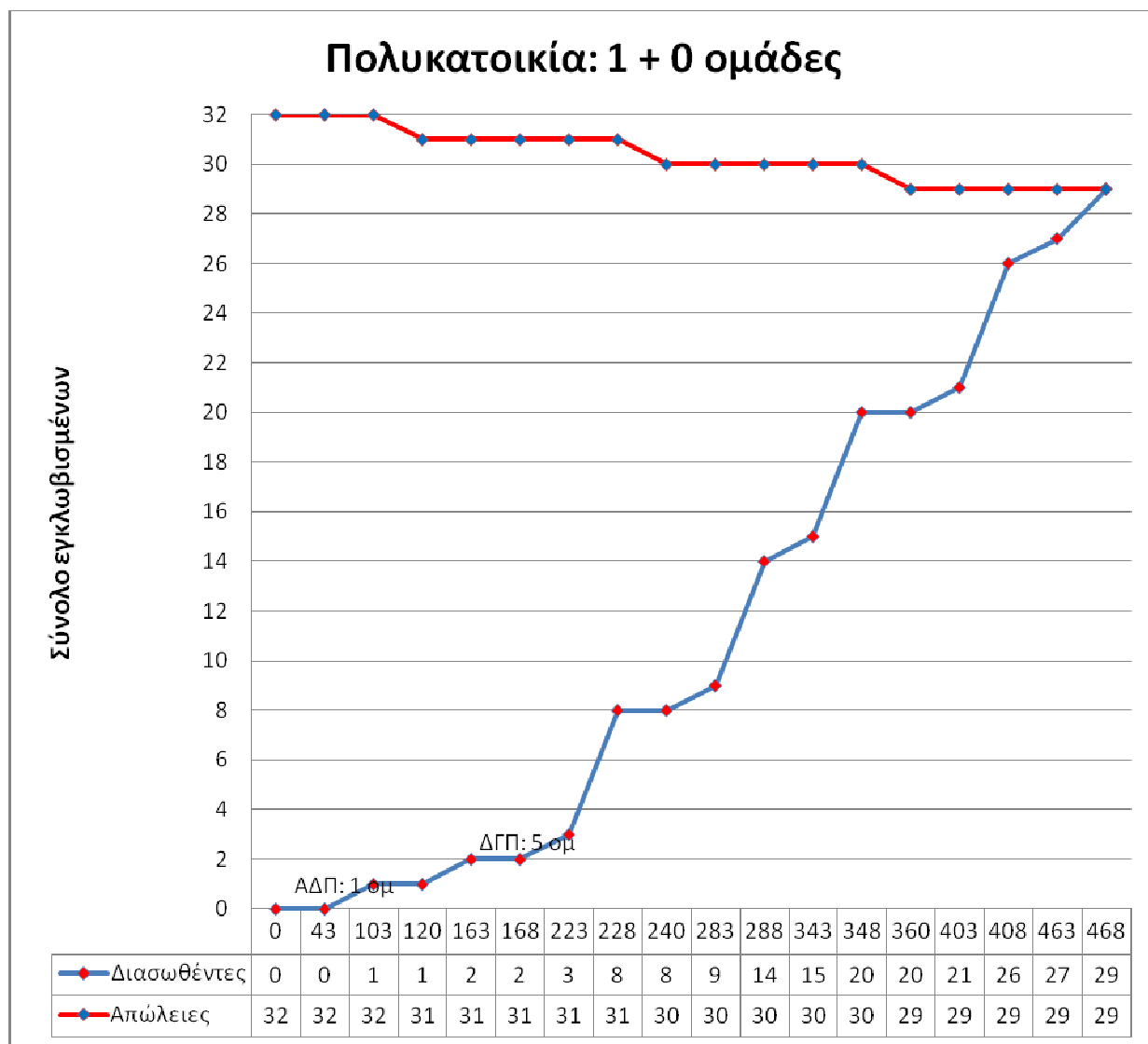


Γράφημα 1: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζεται ο χρόνος σε λεπτά και για κάθε ένδειξη που υπάρχει αντιστοιχεί σε κάποια αλλαγή. Έτσι ο χρόνος 0 αντιστοιχεί στην εμφάνιση του σεισμού και την κατάρρευση της γέφυρας, ο χρόνος 28 στην άφιξη της μίας ομάδας της ΕΜΑΚ που είναι διαθέσιμη στην πόλη της Λάρισας, ο χρόνος 58 στον απεγκλωβισμό του πρώτου θύματος, ο χρόνος 60 στην κατάληξη ενός εγκλωβισμένου σύμφωνα με τις υποθέσεις που έγιναν, στο χρόνο 83 ενσωματώνονται οι δυνάμεις των όμορων νομών, στο χρόνο 88 απεγκλωβίζεται το δεύτερο θύμα και συνεχίζεται η διαδικασία έως την ολοκλήρωση της στο χρόνο 148. Τελικά υπάρχουν 2 θύματα που κατέληξαν από το σύνολο των δεκατεσσάρων.

Παρόλο που οι τέσσερις ομάδες των ενισχύσεων ολοκληρώνουν το απεγκλωβισμό του ενδέκατου και προτελευταίου θύματος στο χρόνο 143 και ο απεγκλωβισμός του τελευταίου θύματος είναι σε εξέλιξη υποθέτουμε ότι οι δυνάμεις δεν αναχωρούν για την τοποθεσία της πολυκατοικίας αλλά θα αναχωρήσουν στο σύνολο τους μετά την ολοκλήρωση του απεγκλωβισμού όλων των θυμάτων.

Όπως προκύπτει από την δραστηριότητα 47 οι δυνάμεις στην γέφυρα θα μεταβούν στην τοποθεσία της πολυκατοικίας και θα είναι διαθέσιμες μετά το πέρας 20 λεπτών όπου απαιτούνται για την μεταφορά τους. Έτσι το γράφημα για την πολυκατοικία αποτυπώνεται ως εξής:



Γράφημα 2: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

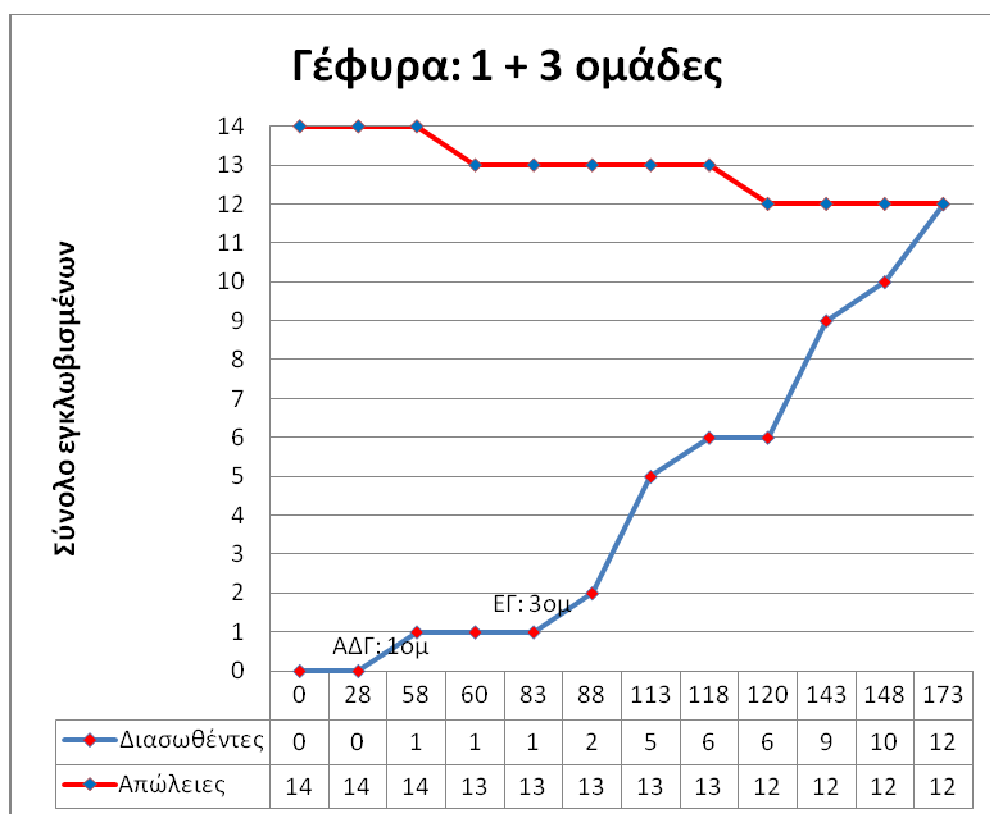
Όπως αποτυπώνεται στο γράφημα η δραστηριότητα του απεγκλωβισμού των θυμάτων ολοκληρώνεται στο χρόνο 468 με 3 θύματα να έχουν καταλήξει. Συνολικά επιλέγοντας να στείλουμε όλες τις ενισχύσεις στην κατάρρευση της γέφυρας έχουμε τελικά 5 θύματα που καταλήγουν και για τις δραστηριότητες:

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	120 min	148 min

44	83 min	65 min	148 min
45	83 min	0 min	83 min
46	43 min	425 min	468 min
48	168 min	300 min	468 min

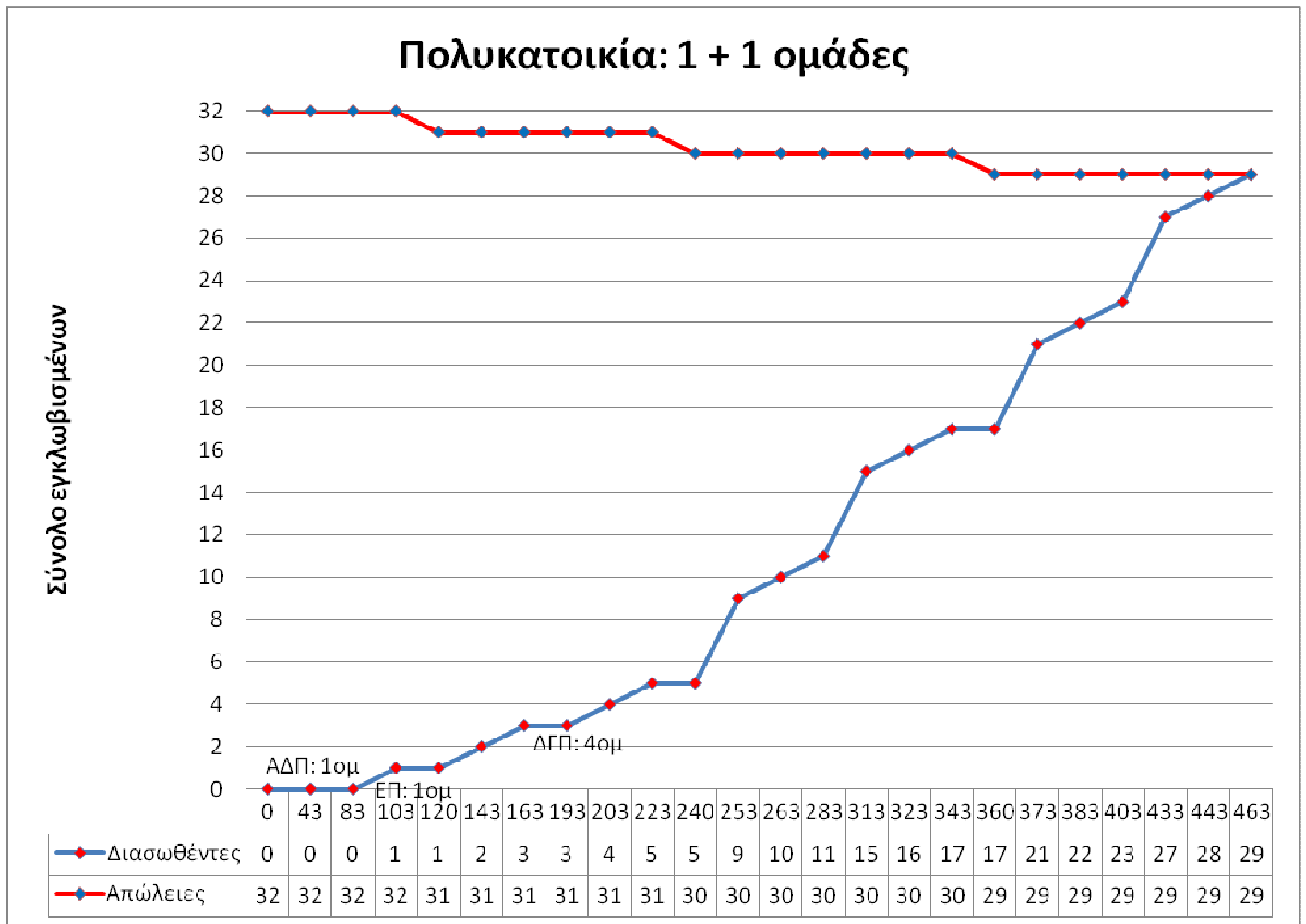
Πίνακας 5: Χρόνοι Δραστηριοτήτων (4+0 ομάδες)

Για την περίπτωση όπου επιλέγουμε να από τις ενισχύσεις να στείλουμε τις τρεις ομάδες της ΕΜΑΚ στην κατάρρευση της γέφυρας και την μία ομάδα στην κατάρρευση της πολυκατοικίας έχουμε για την γέφυρα:



Γράφημα 3: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Δηλαδή ο απεγκλωβισμός των θυμάτων ολοκληρώνεται στο χρόνο 173 με συνολικά δύο θύματα να καταλήγουν ενώ για την πολυκατοικία:



Γράφημα 4: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

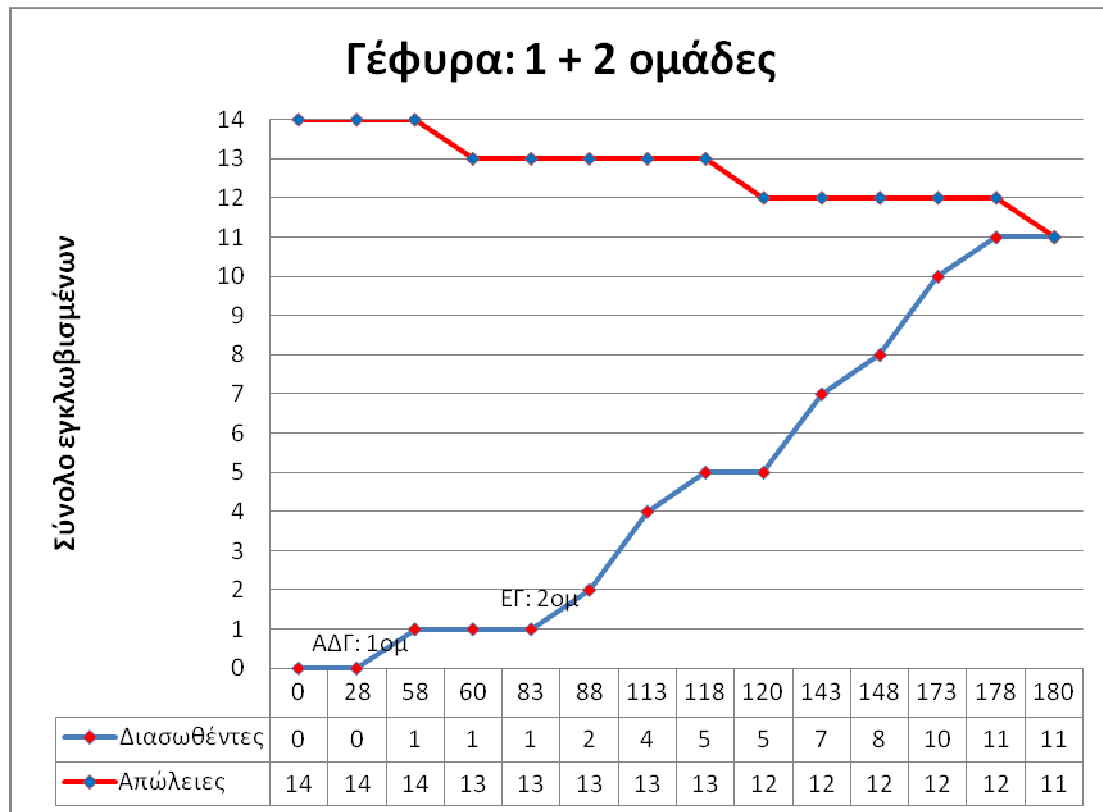
Η ολοκλήρωση του απεγκλωβισμού των θυμάτων ολοκληρώνεται στο χρόνο 463 με 3 θύματα και σε αυτή την περίπτωση να καταλήγουν. Επιλέγοντας να στείλουμε 3 ομάδες των ενισχύσεων στην τοποθεσία της γέφυρας και μία στην τοποθεσία της πολυκατοικίας έχουμε τελικά:

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	145 min	173 min
44	83 min	90 min	173 min
45	83 min	380 min	463 min
46	43 min	420 min	463 min
48	193 min	270 min	463 min

Πίνακας 6: Χρόνοι δραστηριοτήτων (3+1 ομάδες ενισχύσεων)

Συνολικά δηλαδή ο απεγκλωβισμός των θυμάτων και των δύο συμβάντων έχει ολοκληρωθεί στο χρόνο 463min με 5 θύματα να καταλήγουν και σε αυτή την περίπτωση.

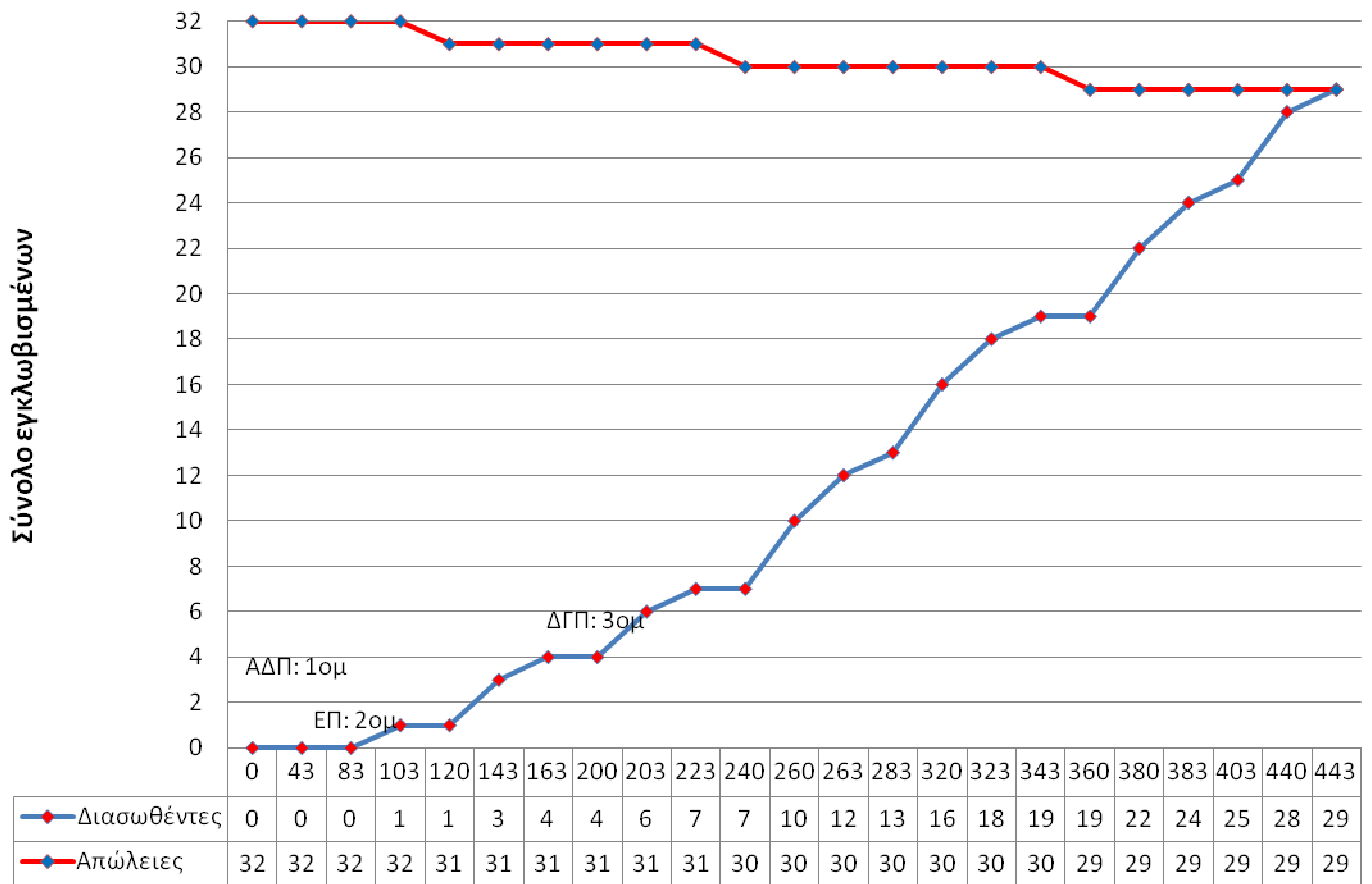
Συνεχίζοντας για την περίπτωση όπου αποστέλλονται από 2 ομάδες των ενισχύσεων σε κάθε περιστατικό έχουμε:



Γράφημα 5: Κατάρρευση Γέφυρας – (2 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Ολοκληρώνεται δηλαδή ο απεγκλωβισμός των θυμάτων στο χρόνο 180min με 3 νεκρούς. Ενώ για την κατάρρευση της πολυκατοικίας:

Πολυκατοικία: 1 + 2 ομάδες



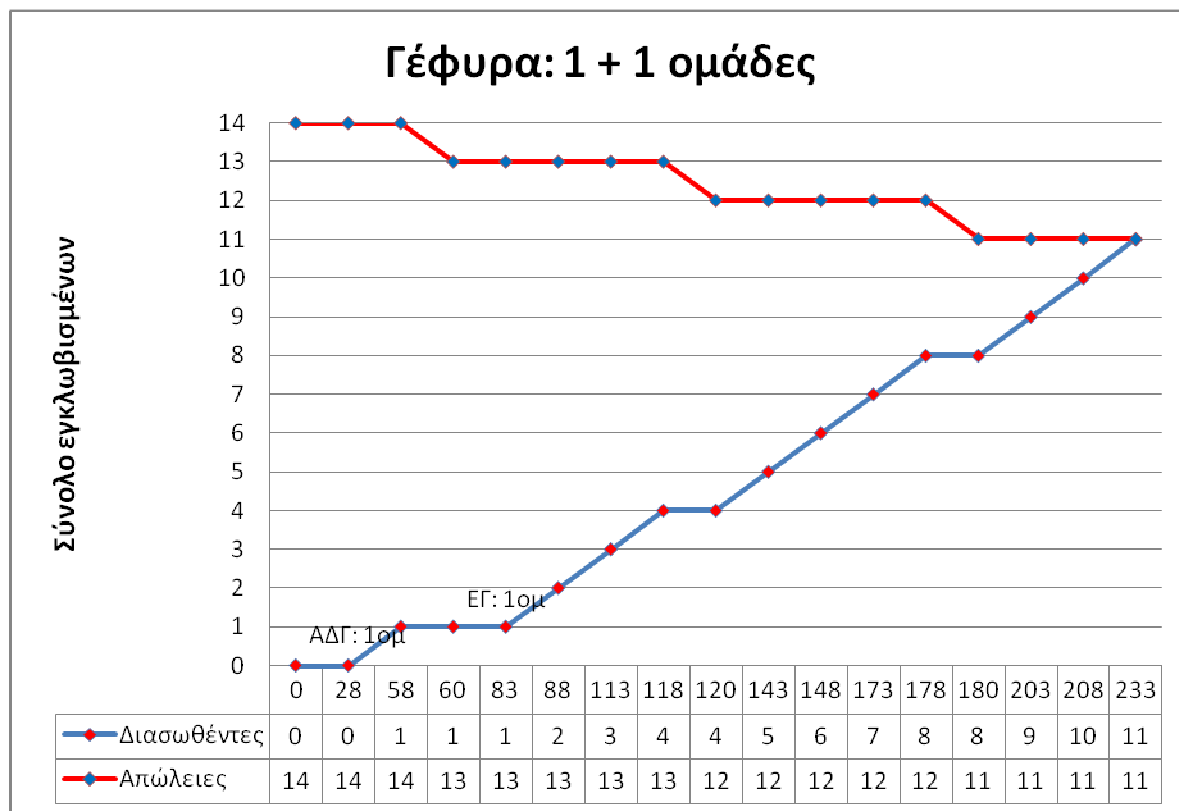
Γράφημα 6: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Ο απεγκλωβισμός των θυμάτων ολοκληρώνεται στο χρόνο 443 min με τρία θύματα να καταλήγουν. Συνολικά όλα τα θύματα ελευθερώνονται έως το χρόνο 443 min με 6 νεκρούς και οι δραστηριότητες διαμορφώνονται ως εξής.

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	152 min	180 min
44	83 min	97 min	180 min
45	83 min	360 min	443 min
46	43 min	400 min	443 min
48	200 min	253 min	443 min

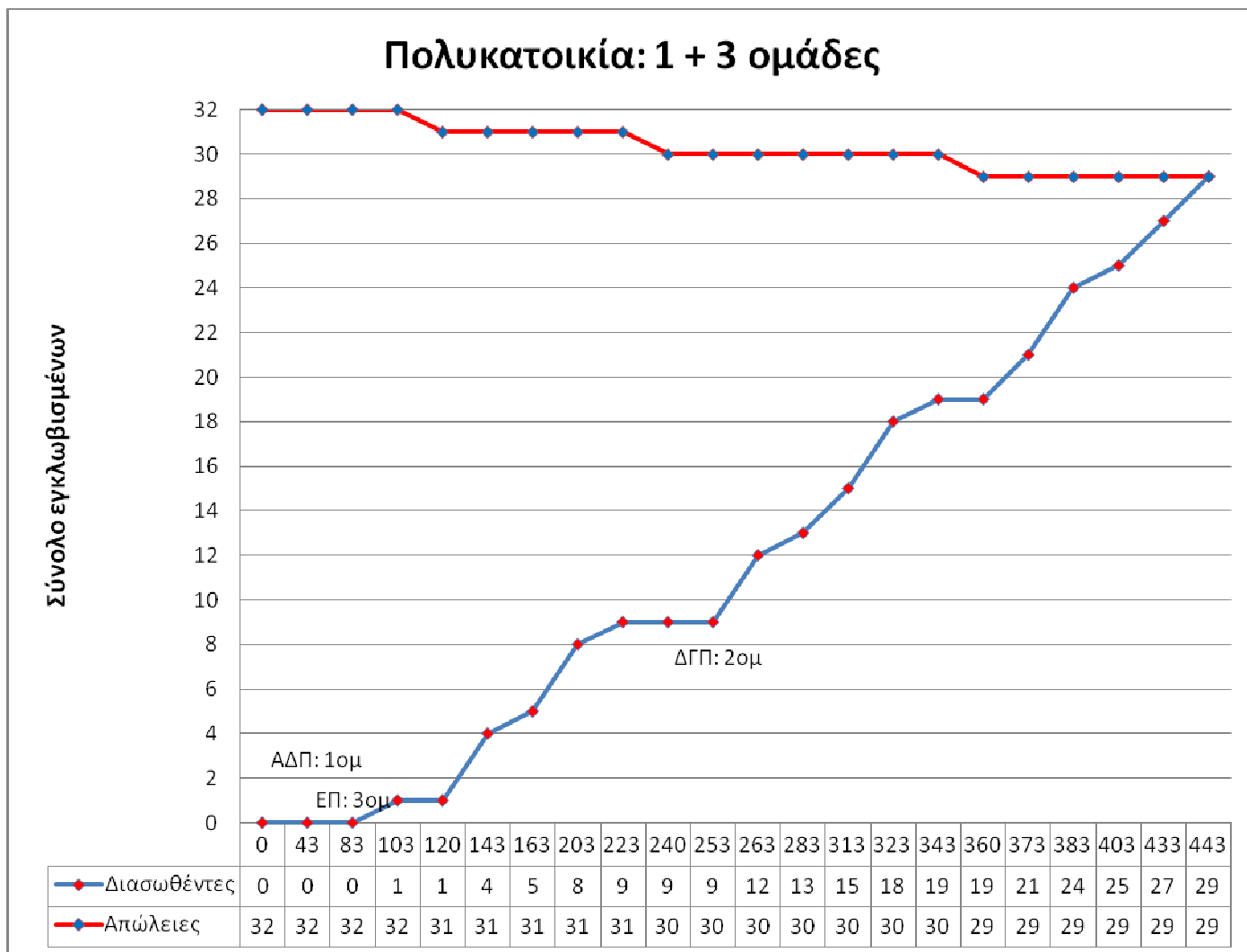
Πίνακας 7: Χρόνοι δραστηριοτήτων (2 + 2 ομάδες ενισχύσεων)

Για την περίπτωση που 1 ομάδα της ΕΜΑΚ αποστέλλεται στην κατάρρευση της γέφυρας και 3 ομάδες στην πτώση της πολυκατοικίας έχουμε:



Γράφημα 7: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Μειώνοντας τι ομάδες που αποστέλλονται στην κατάρρευση της γέφυρας όπως είναι φυσιολογικό αυξάνεται ο χρόνος απεγκλωβισμού των θυμάτων αλλά και των νεκρών. Σε αυτή την περίπτωση ο απεγκλωβισμός ολοκληρώνεται στο χρόνο 233 min με 3 θύματα να καταλήγουν. Για το συμβάν της πολυκατοικίας έχουμε:



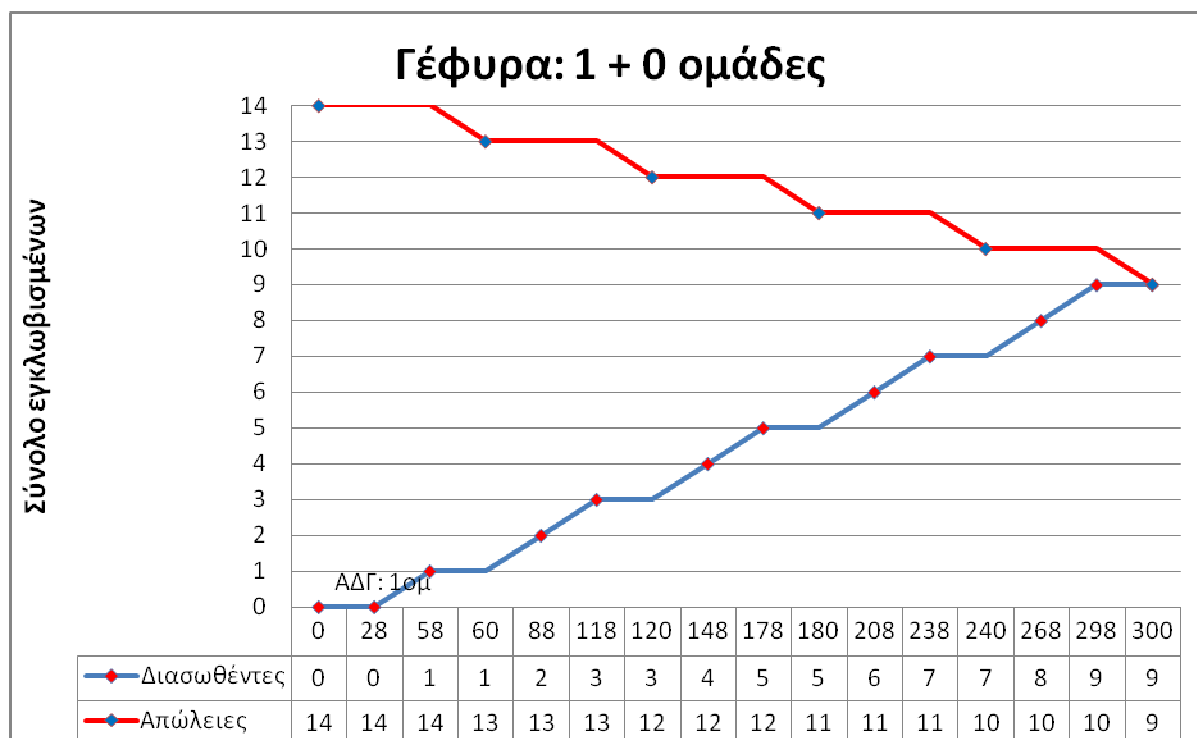
Γράφημα 8: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Ο χρόνος απεγκλωβισμού ολοκληρώνεται στο χρόνο 443 min με τρία θύματα να καταλήγουν. Συνολικά υπάρχουν έξι νεκροί και οι δραστηριότητες για αυτή την περίπτωση διαμορφώνονται ως εξής:

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	205 min	233 min
44	83 min	148 min	233 min
45	83 min	360 min	443 min
46	43 min	400 min	443 min
48	253 min	190 min	443 min

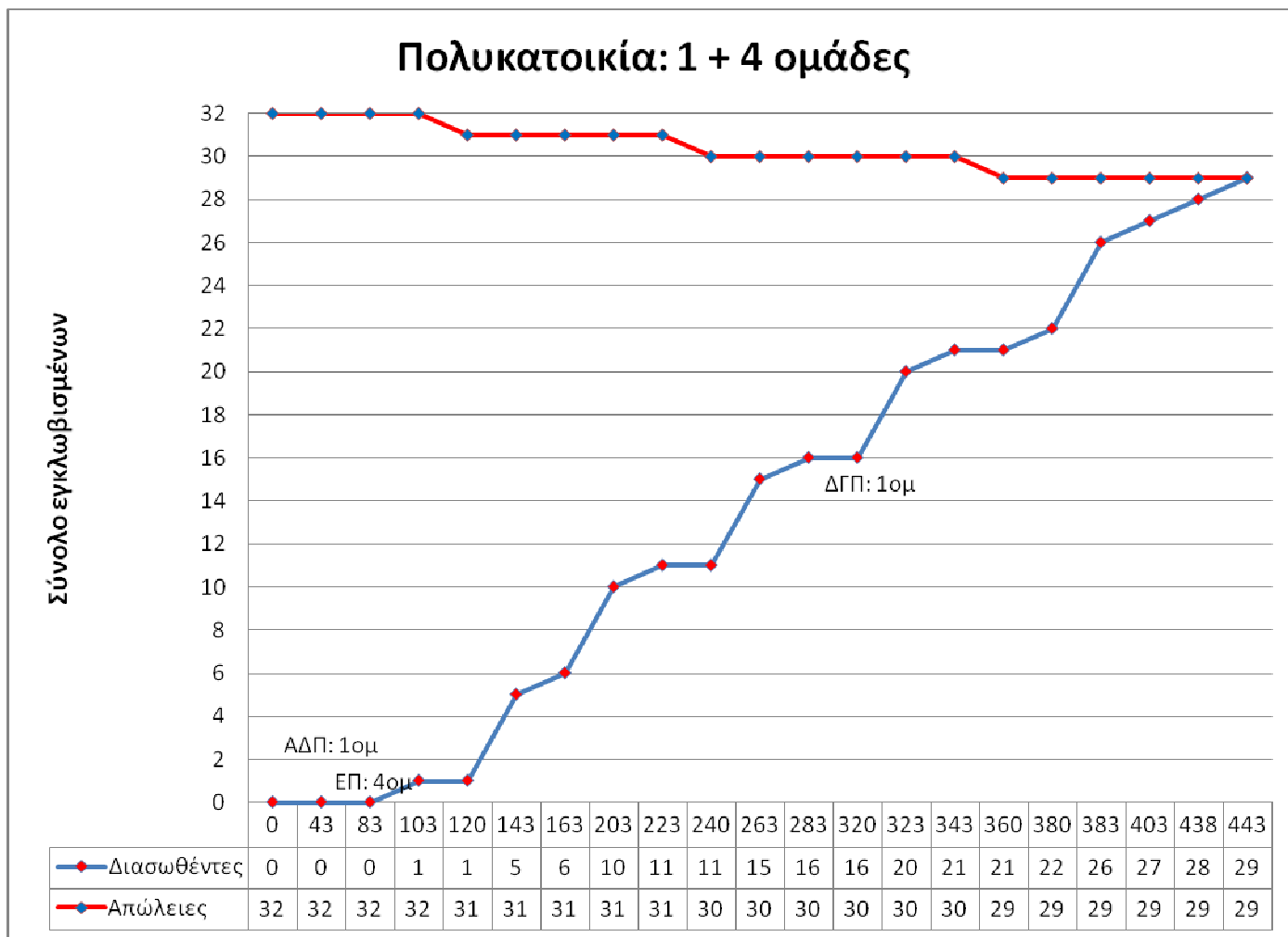
Πίνακας 8: Χρόνοι δραστηριοτήτων (1+3 ομάδες ενισχύσεων)

Τέλος για την περίπτωση όπου όλες οι δυνάμεις αποστέλλονται στην πτώση την πολυκατοικίας έχουμε για την γέφυρα:



Γράφημα 9: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Ο χρόνος απεγκλωβισμού των θυμάτων φτάνει στο χρόνο 300 min με πέντε θύματα να καταλήγουν ενώ για την πτώση της πολυκατοικίας:



Γράφημα 10: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων - Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Ο χρόνος απεγκλωβισμού όλων των θυμάτων είναι 443 min με τρεις νεκρούς ενώ στο σύνολο και από τα δύο περιστατικά φτάνουν τους οκτώ. Οι δραστηριότητες σε αυτή την περίπτωση διαμορφώνονται ως εξής:

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	272 min	300 min
44	83 min	217 min	300 min
45	83 min	360 min	443 min
46	43 min	400 min	443 min
48	320 min	123 min	443 min

Πίνακας 9: Χρόνοι δραστηριοτήτων (0+4 ομάδες ενισχύσεων)

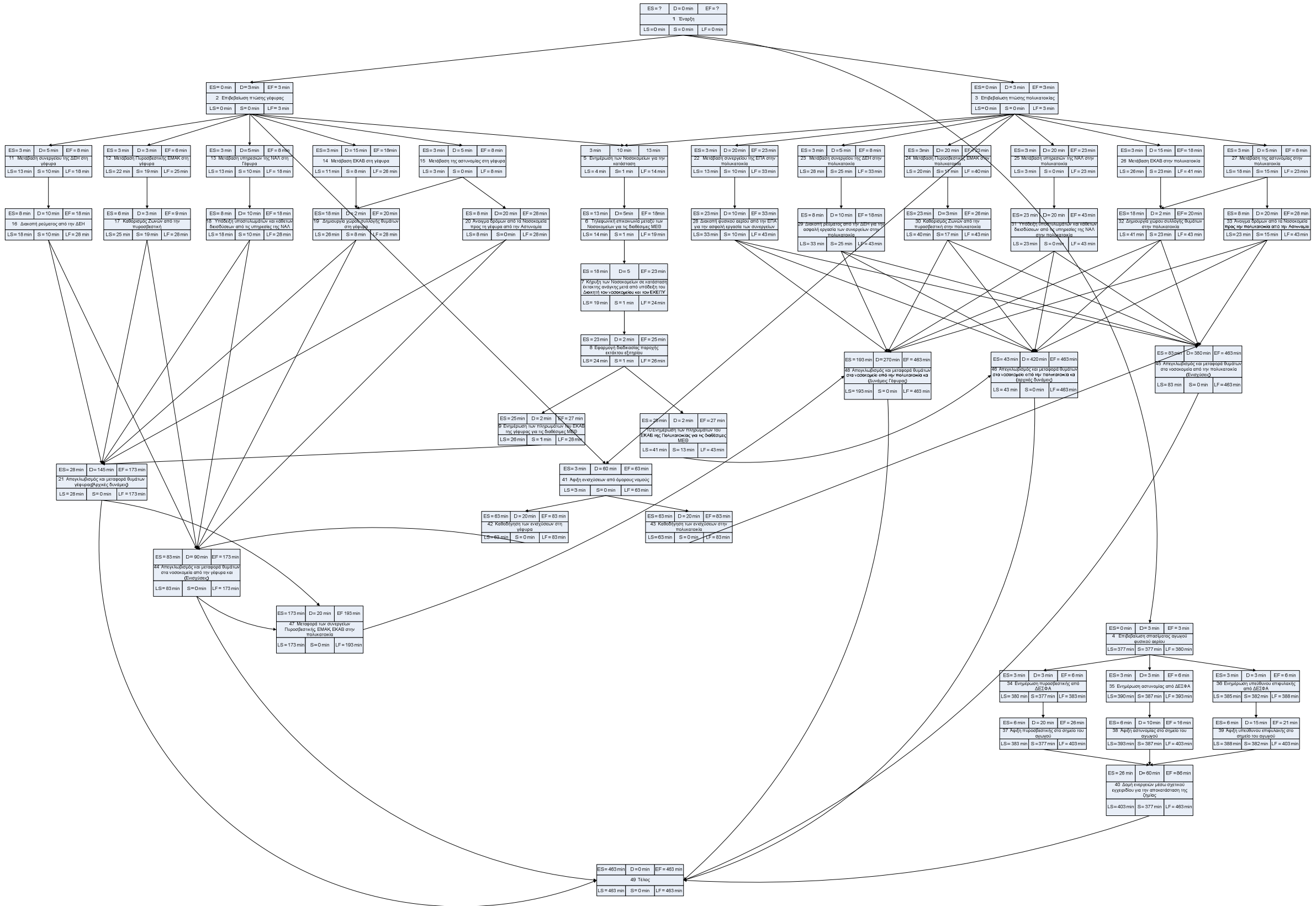
4.3 Συμπεράσματα

Συνολικά μετά την εξέταση όλων των περιπτώσεων για την κατανομή των ενισχύσεων των όμορων νομών έχουμε:

Περίπτωση	Ενισχύσεις Γέφυρα	Ενισχύσεις Πολυκατοικία	Νεκροί	Χρόνος Ολοκλήρωσης
1	4	0	5	468 min
2	3	1	5	463 min
3	2	2	6	443 min
4	1	3	6	443 min
5	0	4	8	443 min

Πίνακας 10: Σύνοψη αποτελεσμάτων (Χαλάρωση περιορισμού πόρων)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι θα επιλεγεί η περίπτωση εκείνη για την οποία θα υπάρχουν οι λιγότεροι νεκροί οδηγούμαστε στις περιπτώσεις 1 και 2 όπου υπάρχουν 5 νεκροί. Από τις δύο περιπτώσεις θα επιλέξουμε την δεύτερη λόγω του μικρότερου χρόνου ολοκλήρωσης και άρα την πιο γρήγορη περάτωση του έργου. Σύμφωνα με τον πίνακα της δεύτερης περίπτωσης το γράφημα PERT του έργου συμπληρώνεται και αποτυπώνεται ως εξής.



Κεφάλαιο 5 Εφαρμογή Τροποποιημένου Αλγόριθμου COMSOAL

Στο Κεφάλαιο 5 θα εφαρμοστεί ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL για τρεις κανόνες προτεραιότητας. Οι κανόνες προτεραιότητας που θα ακολουθηθούν είναι:

- 1) Αθροιστικός
- 2) Της μεγαλύτερης διάρκειας της αμέσως επόμενης δραστηριότητας
- 3) Της μικρότερης διάρκειας της αμέσως επόμενης δραστηριότητας

5.1 Αθροιστικός κανόνας

Με βάση τον αθροιστικό κανόνα, για κάθε δραστηριότητα της διαθέσιμης λίστας, υπολογίζεται το συνολικό άθροισμα των διαρκειών των δραστηριοτήτων για κάθε μία διαδρομή στην οποία ανήκει έως την τελική δραστηριότητα. Η δραστηριότητα η οποία ανήκει στην μεγαλύτερη χρονικά διαδρομή είναι η επόμενη που θα επιλεγεί προς υλοποίηση.

Υπενθυμίζεται ότι:

t: Χρόνος

At: Διαθέσιμη λίστα δραστηριοτήτων προς προγραμματισμό

Act(j): Δραστηριότητα που επιλέγεται προς προγραμματισμό

Cj: Χρόνος ολοκλήρωσης της δραστηριότητας που επιλέχτηκε προς προγραμματισμό

F: Λίστα προγραμματισμένων δραστηριοτήτων

AR(i): Εναπομείναντες πόροι για των προγραμματισμών των υπόλοιπων δραστηριοτήτων

t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)						
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΔ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ
0	2,3,4	2	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	3,4	3	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	4	4	3	1	1	1	1	10	6	12	20
3	-	-	-	-	1	1	1	10	6	12	20
3	11,12,13,14, 15,5,22,23,2 4,25,26,27,3 4,35,36,41	15	8	1,2,3,4	1	1	1	10	6	12	15
3	11,12,13,14, 5,22,23,24,2 5,26,27,34,3 5,36,41	25	23	1,2,3,4	1	1	0	10	6	12	15
3	11,12,14,5,2 2,23,24,26,2 7,34,35,36,4 1	41	63	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	15
3	11,12,14,5,2 2,23,24,26,2 7,34,35,36	5	13	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	15
3	11,12,14,22, 23,24,26,27, 34,35,36	14	18	1,2,3,4	1	1	0	10	2	5	15
3	11,12,22,23, 24,26,27,34, 35,36	22	23	1,2,3,4	1	0	0	10	2	5	15
3	11,12,23,24, 26,27,34,35, 36	11	8	1,2,3,4	0	0	0	10	2	5	15
3	12,24,26,27, 34,35,36	27	8	1,2,3,4	0	0	0	10	2	5	10
3	12,24,26,34, 35,36	24	23	1,2,3,4	0	0	0	7	1	5	10
3	12,26,34,35, 36	12	6	1,2,3,4	0	0	0	4	0	5	10
3	26,34,35,36	26	18	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10

3	34,35,36	34	6	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10
3	35,36	36	6	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10
3	35	35	6	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10
6	-	-	-	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	7	1	2	10
6	17,37,38	17	9	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	4	0	2	10
6	37,38	37	26	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	2	0	2	10
6	38	38	16	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	2	0	2	8
8	-	-	-	1,2,3,4,11,12,15,27, 34,35,36	1	0	0	2	0	2	18
8	16,20,23,33	20	28	1,2,3,4,11,12,15,27, 34,35,36	1	0	0	2	0	2	14
8	16,23,33	16	18	1,2,3,4,11,12,15,27, 34,35,36	0	0	0	2	0	2	14
8	33	33	28	1,2,3,4,11,12,15,27, 34,35,36	0	0	0	2	0	2	10
9	-	-	-	1,2,3,4,11,12,15,17, 27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	-	-	-	1,2,3,4,5,11,12,15,1 7,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	6	6	18	1,2,3,4,5,11,12,15,1 7,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
16	-	-	-	1,2,3,4,5,11,12,15,1 7,27,34,35,36,38	0	0	0	5	1	2	12
18	-	-	-	1,2,3,4,5,6,11,12,14, 15,16,17,26,27,34,3 5,36,38	1	0	0	5	1	8	12
18	7,19,23,32	7	23	1,2,3,4,5,6,11,12,15, 16,17,26,27,34,35,3 6,38	1	0	0	5	1	8	12
18	19,23,32	19	20	1,2,3,4,5,6,11,12,15, 16,17,26,27,34,35,3 6,38	1	0	0	5	1	5	11
18	23,32	23	23	1,2,3,4,5,6,11,12,15, 16,17,26,27,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	5	11
18	32	32	20	1,2,3,4,5,6,11,12,15, 16,17,26,27,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	2	10

20	-	-	-	1,2,3,4,5,6,11,12,15, 16,17,19,26,27,32,3 4,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
23	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	1	1	1	8	2	8	12
23	8,13,28,29,3 0,31,39	31	43	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	1	1	0	8	2	8	12
23	8,28,29,30,3 9	8	25	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	1	1	0	8	2	8	12
23	8,29,30	28	33	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	1	0	0	8	2	8	12
23	8,30,	29	33	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	0	0	0	8	2	8	12
23	30	30	26	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 5,16,17,19,22,23,24, 25,26,27,32,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	8	12
25	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12 ,15,16,17,19,22,23,2 4,25,26,27,32,34,35, 36,38	0	0	0	5	1	8	12
25	9,10,	9	27	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12 ,15,16,17,19,22,23,2 4,25,26,27,32,34,35, 36,38	0	0	0	5	1	8	12

25	10	10	27	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,15,16,17,19,22,23,24,25,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
26	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,15,16,17,19,22,23,24,25,26,27,30,32,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
27	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,19,22,23,24,25,26,27,30,32,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
28	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,30,32,33,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	20
33	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	1	0	10	2	8	20
33	39	39	48	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	0	0	10	2	8	20
43	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38	1	0	1	10	2	8	20

43	13,46	13	48	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,15,16,17,19,2 0,22,23,24,25,26,27, 28,29,30,31,32,33,3 4,35,36,37,38	1	0	0	10	2	8	20
43	46	46	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,15,16,17,19,2 0,22,23,24,25,26,27, 28,29,30,31,32,33,3 4,35,36,37,38	1	0	0	10	1	5	16
48	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 9,20,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38,39	1	1	1	10	1	5	16
48	18,40,	18	58	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 9,20,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38,39	1	1	0	10	1	5	16
48	40	40	108	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 9,20,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38,39	1	0	0	8	1	5	14
58	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39	1	0	1	8	1	5	14

58	21	21	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39	1	0	1	8	0	2	10
63	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39,41	1	0	1	8	4	6	10
63	42,43	42	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39,41	1	0	1	8	?	?	10
63	43	43	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39,41	1	0	1	8	0	2	10
83	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39,41,42,43	1	0	1	8	4	6	10
83	44,45	44	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,1 8,19,20,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37,38, 39,41,42,43	1	0	1	8	?	?	10

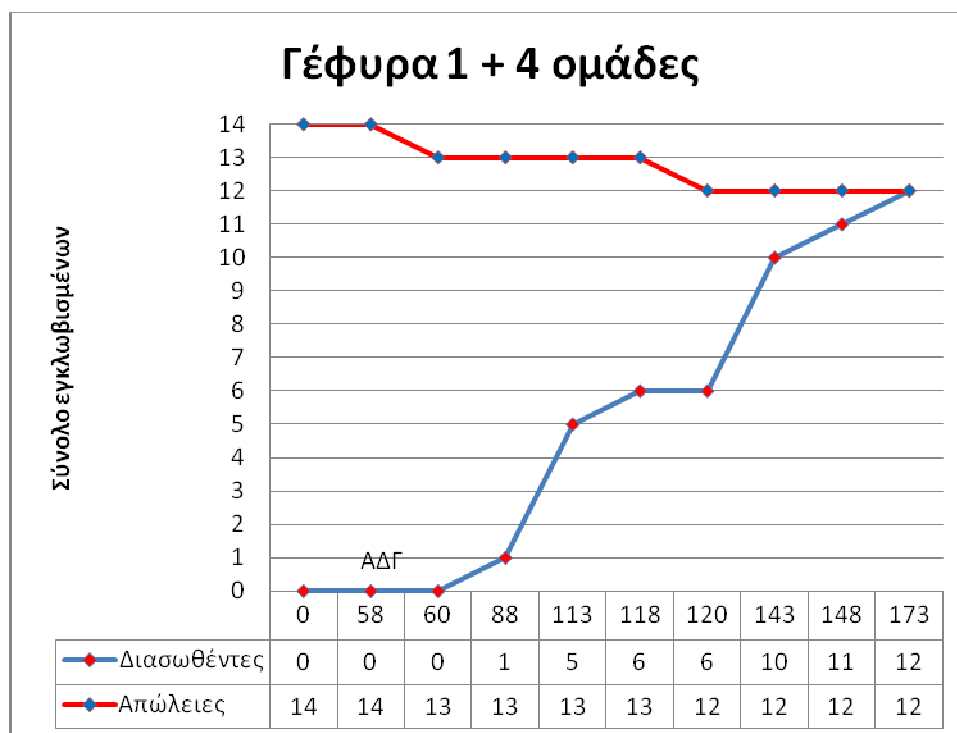
83	45	45	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,18, 19,20,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,32,33, 34,35,36,37,38,39,41, 42,43	1	0	1	8	0	2	10
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,15,16,17,18, 19,20,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,32,33, 34,35,36,37,38,39,40, 41,42,43	1	1	1	10	0	2	12

Πίνακας 11: Εφαρμογή του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (αθροιστικός κανόνας)

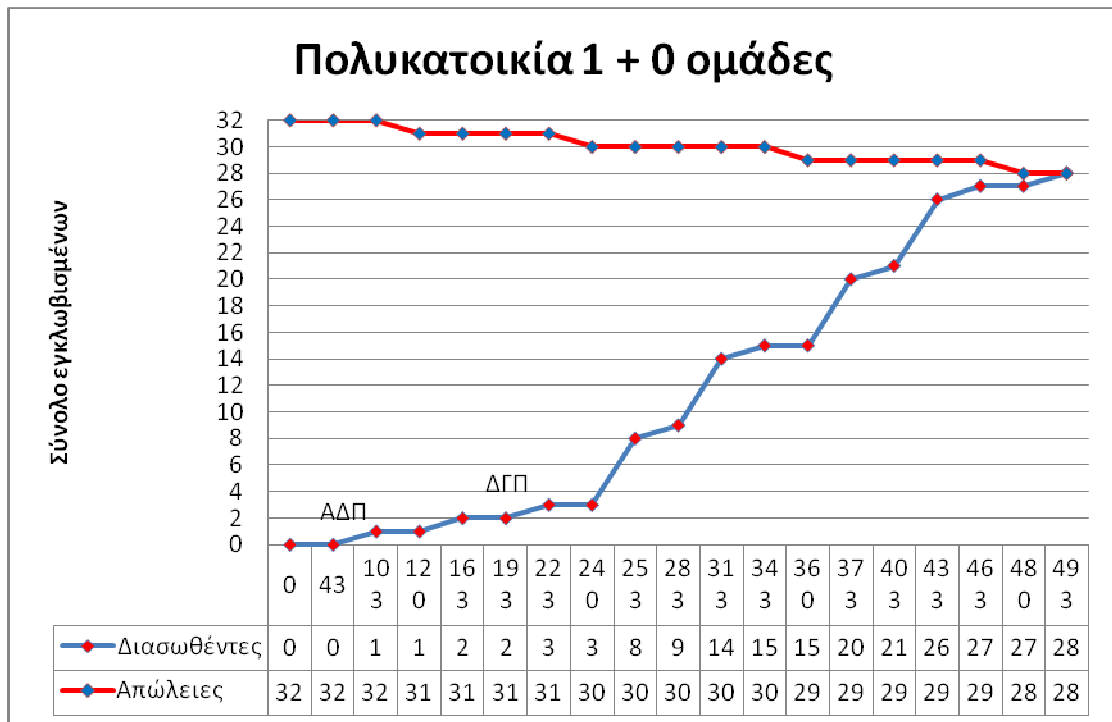
Για την συμπλήρωση των διαρκειών των δραστηριοτήτων και των διαθέσιμων μονάδων του πίνακα 7 έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η εφαρμογή του αλγορίθμου πρέπει να εφαρμοστεί η διαδικασία βελτιστοποίησης κατανομής των ενισχύσεων.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι πρέπει να εξεταστούν όλες οι δυνατές περιπτώσεις προκύπτουν τα παρακάτω γραφήματα.

Περίπτωση 1: Όλες οι ενισχύσεις οδηγούνται στην κατάρρευση της γέφυρας



Γράφημα 11: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)



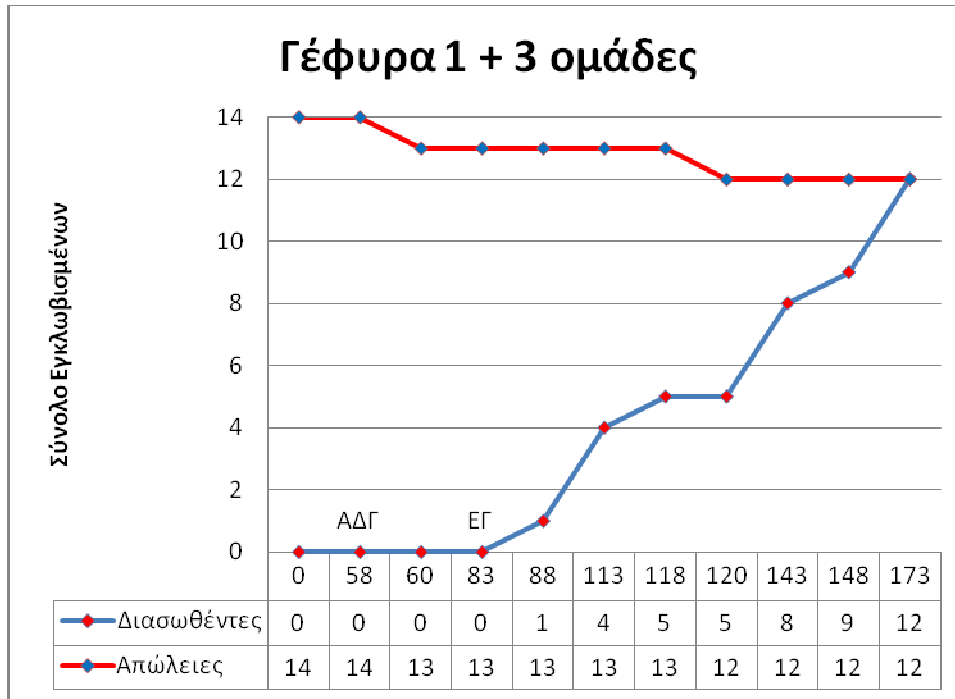
Γράφημα 12: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)

Για την Περίπτωση 1 στο σύνολο υπάρχουν 6 νεκροί και το έργο ολοκληρώνεται στο χρόνο $t = 493 \text{ min}$.

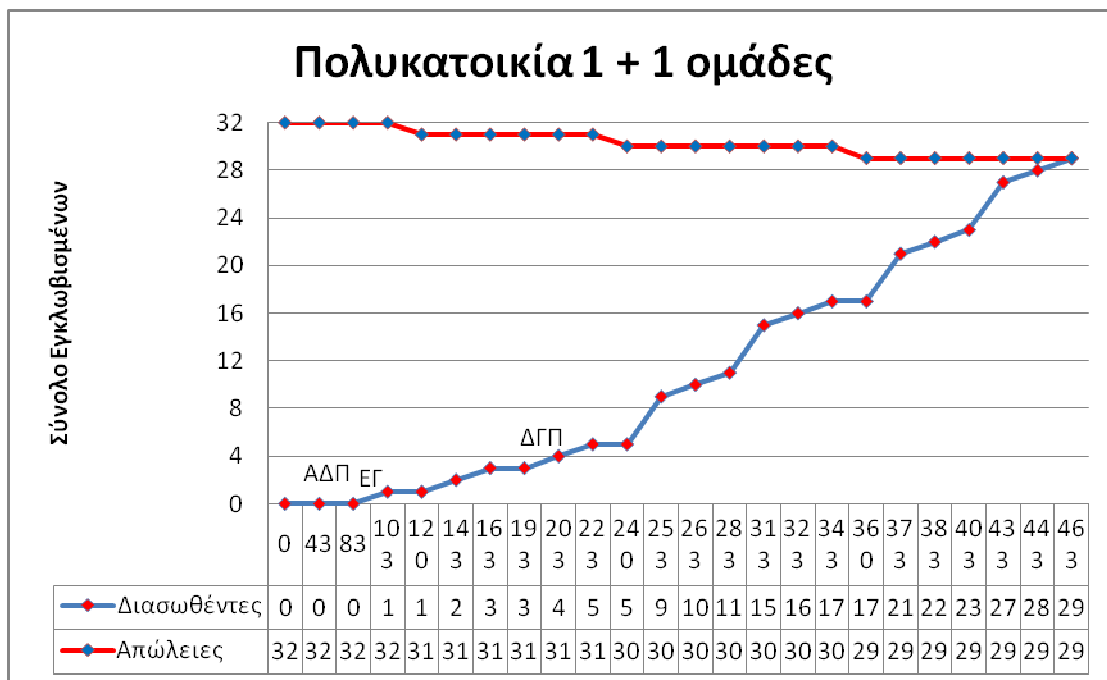
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	58 min	115 min	173 min
44	83 min	90 min	173 min
45	83 min	0 min	83 min
46	43 min	450 min	493 min
48	193 min	300 min	493 min

Πίνακας 12: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 1 - Αθροιστικός κανόνας)

Περίπτωση 2: Από μία ομάδα της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται στην κατάρρευση της πολυκατοικίας και οι υπόλοιπες στο περιστατικό της γέφυρας



Γράφημα 13: Κατάρρευση γέφυρας (3 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)



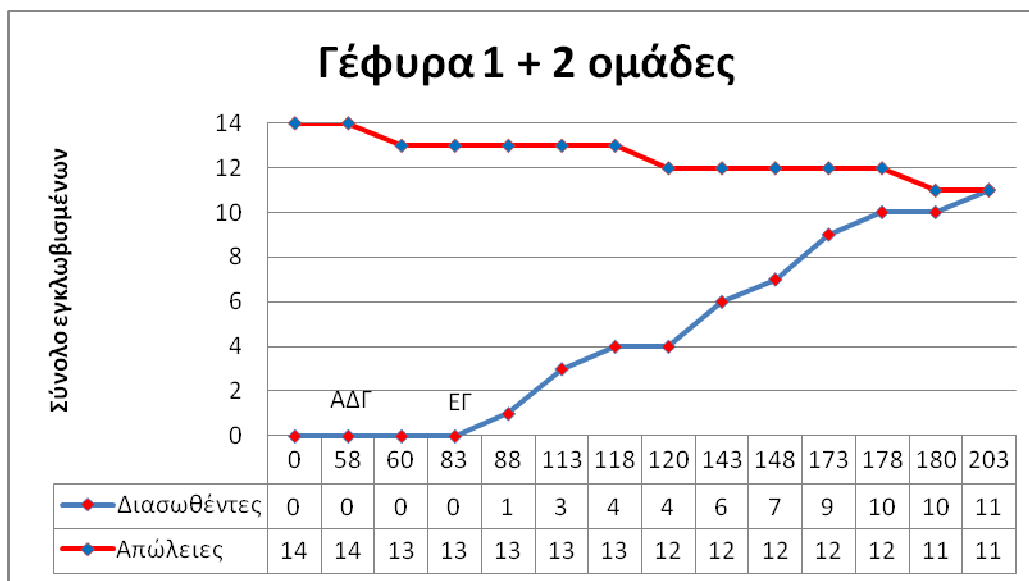
Γράφημα 14: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)

Για την Περίπτωση 2 στο σύνολο υπάρχουν 5 νεκροί και το έργο ολοκληρώνεται στο χρόνο $t = 463 \text{ min}$.

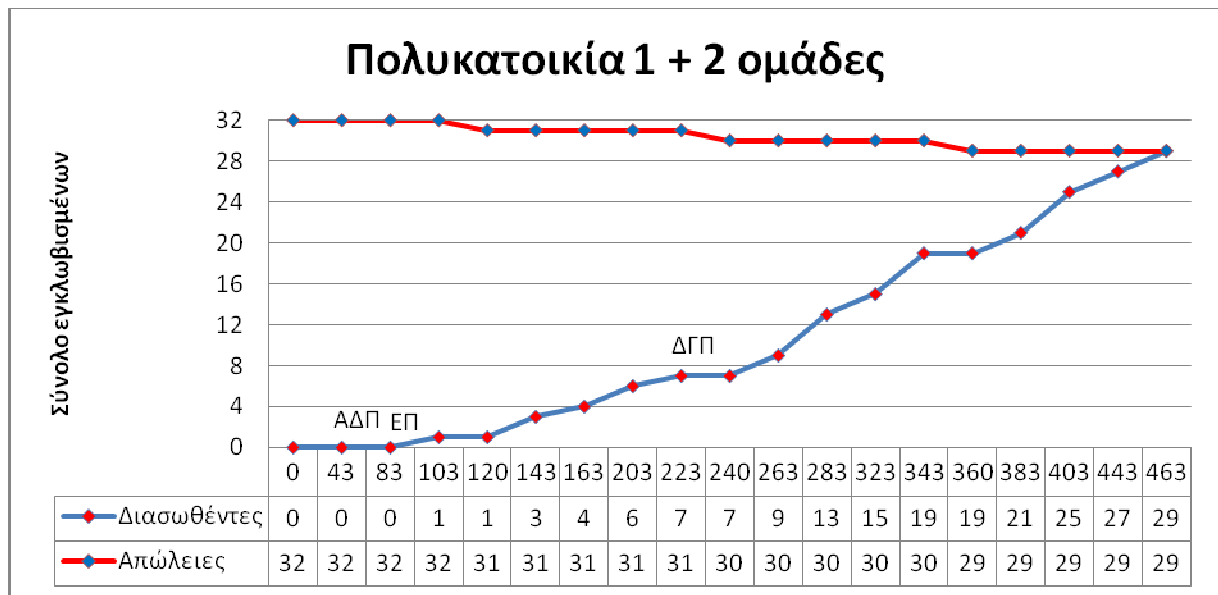
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	58 min	115 min	173 min
44	83 min	90 min	173 min
45	83 min	380 min	463 min
46	43 min	420 min	463 min
48	193 min	270 min	463 min

Πίνακας 13: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 2 - Αθροιστικός κανόνας)

Περίπτωση 3: Από δύο ομάδες της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται σε κάθε περιστατικό



Γράφημα 15: Κατάρρευση γέφυρας (2 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)



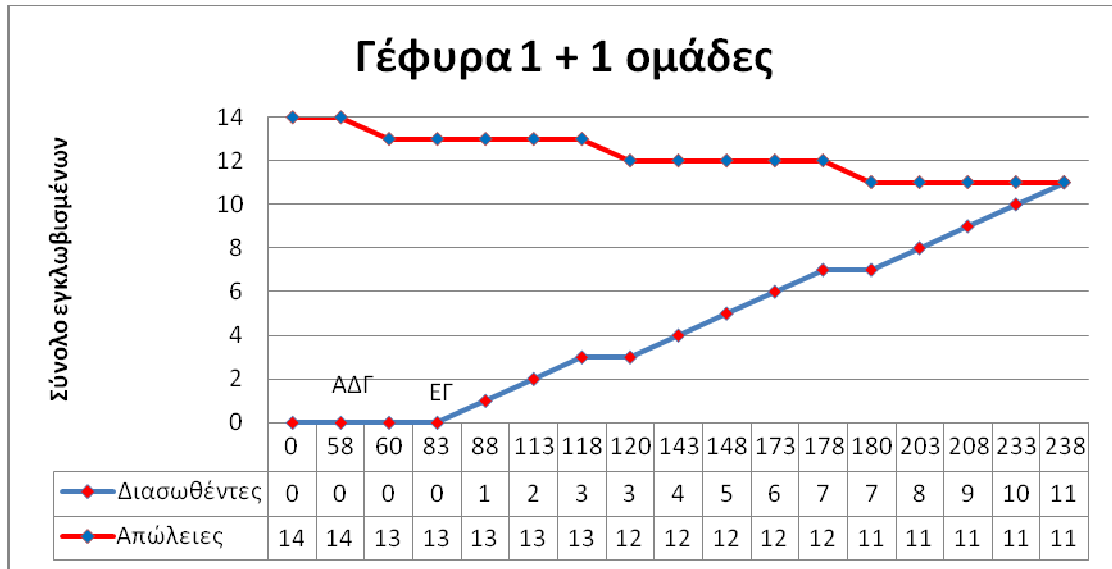
Γράφημα 16: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)

Για την Περίπτωση 3 οι νεκροί φτάνουν τους 6 ενώ η συνολική διάρκεια του έργου είναι $t = 463 \text{ min}$.

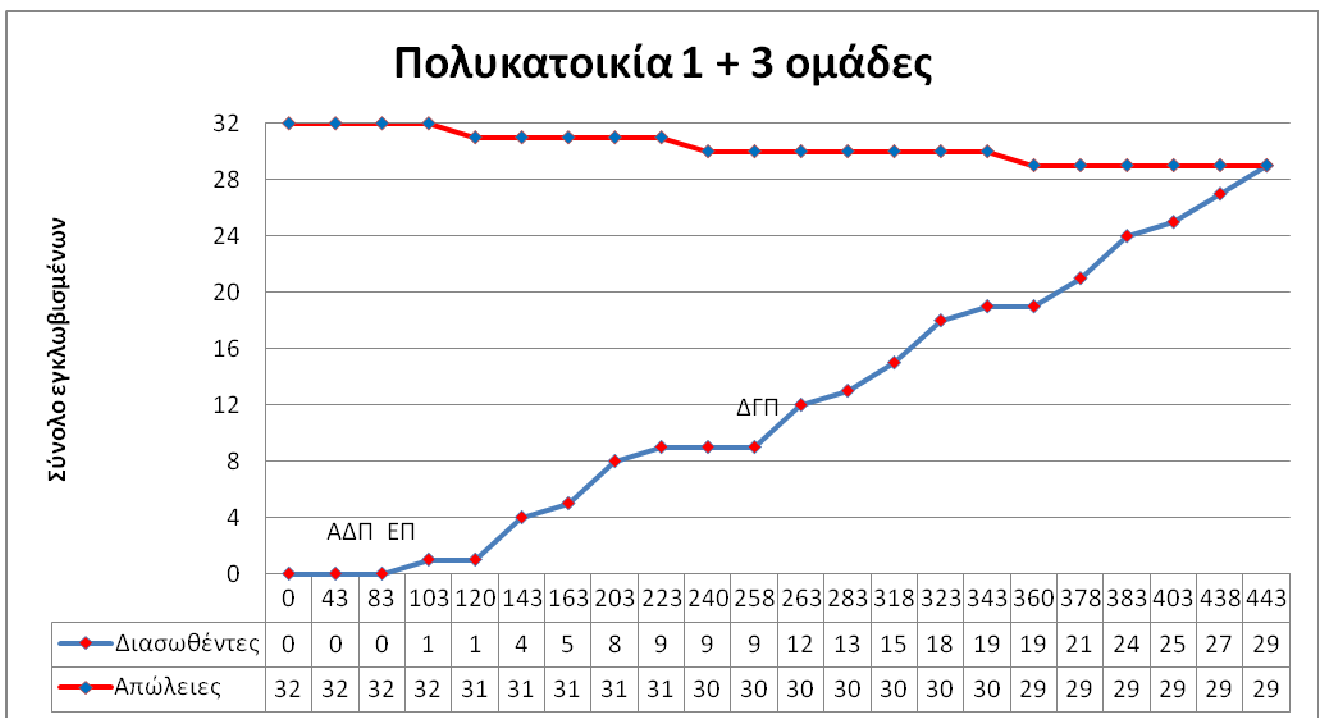
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	58 min	145 min	203 min
44	83 min	120 min	203 min
45	83 min	380 min	463 min
46	43 min	420 min	463 min
48	223 min	240 min	463 min

Πίνακας 14: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 3 - Αθροιστικός κανόνας)

Περίπτωση 4: Από μία ομάδα της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται στην πτώση της γέφυρας και οι υπόλοιπες στην κατάρρευση της πολυκατοικίας



Γράφημα 17: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδα ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)



Γράφημα 18: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)

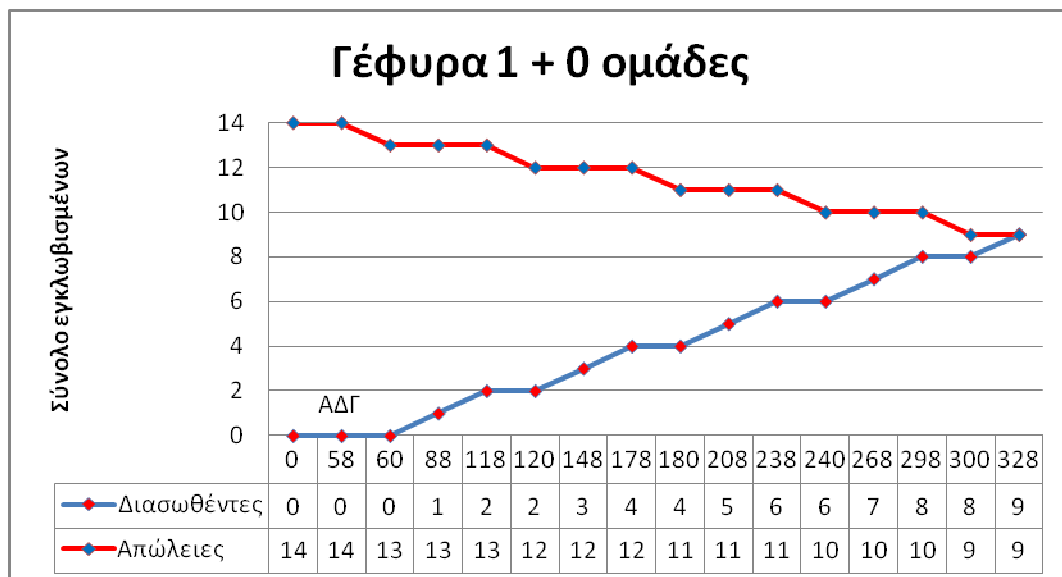
Για την Περίπτωση 4 οι νεκροί φτάνουν τους 6 και το έργο ολοκληρώνεται στο χρόνο $t = 443 \text{ min}$

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	58 min	180 min	238 min

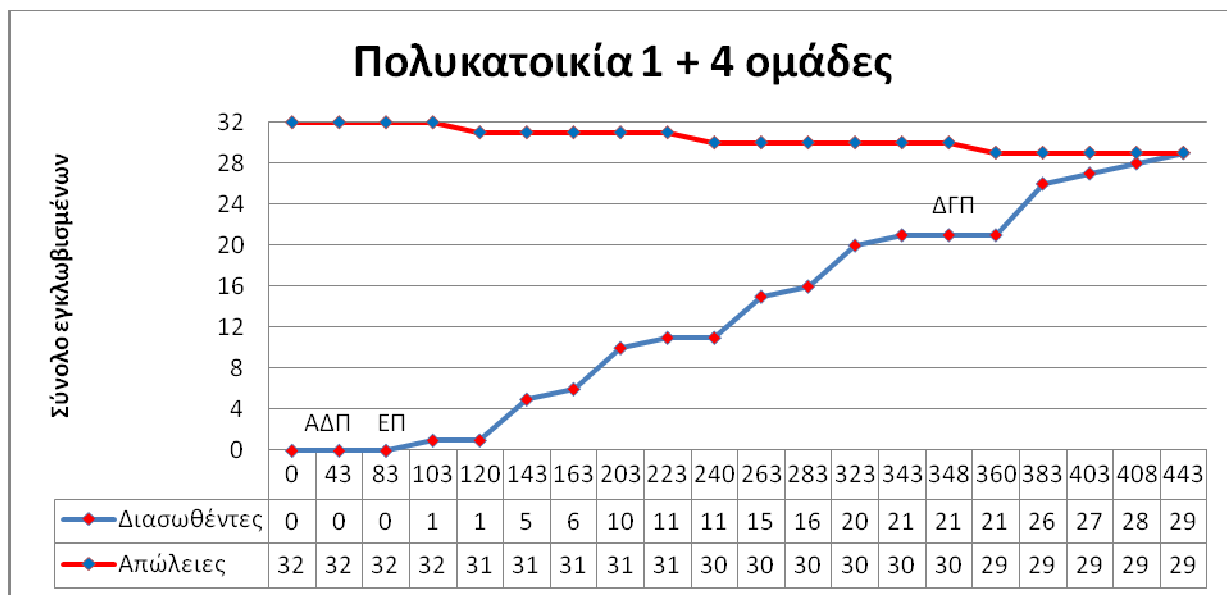
44	83 min	155 min	238 min
45	83 min	360 min	443 min
46	43 min	400 min	443 min
48	258 min	185 min	443 min

Πίνακας 15: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 4 - Αθροιστικός κανόνας)

Περίπτωση 5: Όλες οι ενισχύσεις οδηγούνται στην κατάρρευση της πολυκατοικίας



Γράφημα 19: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων – Αθροιστικός κανόνας)



Γράφημα 20: Κατάρρευση πολυκατοικίας (4 ομάδες περιπτώσεων – Αθροιστικός κανόνας)

Τέλος για την Περίπτωση 5 οι νεκροί φτάνουν τους εννέα και το έργο ολοκληρώνεται στο χρόνο $t = 443 \text{ min}$

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	58 min	180 min	238 min
44	83 min	155 min	238 min
45	83 min	360 min	443 min
46	43 min	400 min	443 min
48	258 min	185 min	443 min

Πίνακας 16: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 5 - Αθροιστικός κανόνας)

Συνολικά, μετά την εξέταση και των 5 περιπτώσεων κατανομής των δυνάμεων της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ προκύπτει ο παρακάτω συνοπτικός πίνακας

Περίπτωση	Ενισχύσεις Γέφυρα	Ενισχύσεις Πολυκατοικία	Νεκροί	Χρόνος Ολοκλήρωσης
1	4	0	6	493 min
2	3	1	5	463 min

3	2	2	6	463 min
4	1	3	6	443 min
5	0	4	9	443 min

Πίνακας 17: Συνοπτικός πίνακας νεκρών και ολοκλήρωσης του έργου για κάθε περίπτωση (Αθροιστικός κανόνας)

Επιλέγουμε την περίπτωση 2 όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4 παρόλο όπου στις Περιπτώσεις 4 και 5 ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι μικρότερος επειδή το πρώτο κριτήριο για την επιλογή της κατανομής των ενισχύσεων είναι ο αριθμός όσο το δυνατόν λιγότερων νεκρών. Με βάση τους χρόνους των δραστηριοτήτων που προκύπτουν αλλά και την κατανομή των δυνάμεων ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL συνεχίζεται ως εξής:

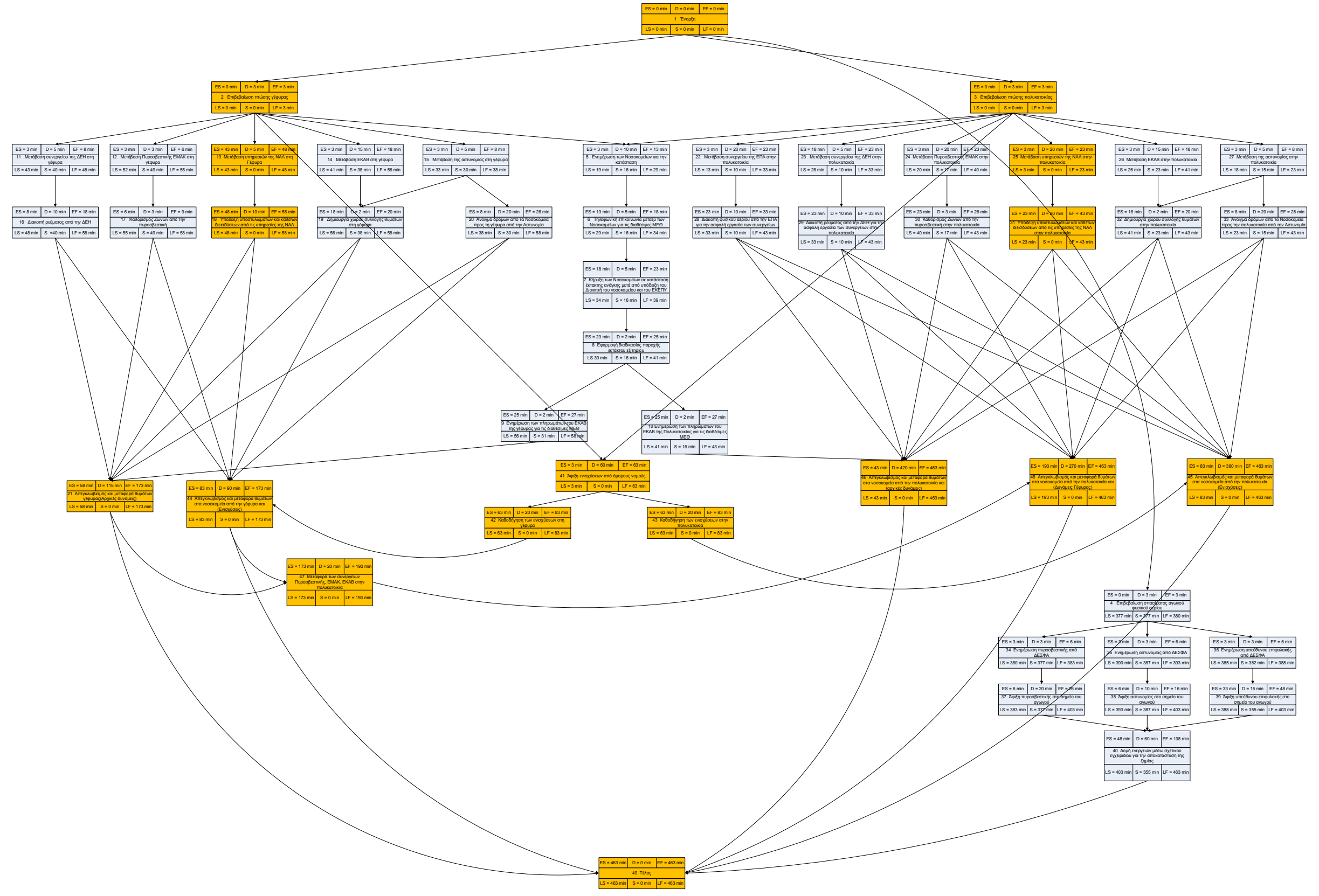
t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)						
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΔ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ
43	46	46	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 15,16,17,19,20,22,23,24,2 5,26,27,28,29,30,31,32,33 ,34,35,36,37,38	1	0	0	10	1	5	16
58	21	21	173	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,22,2 3,24,25,26,27,28,29,30,31 ,32,33,34,35,36,37,38,39	1	0	1	8	0	2	10
63	42.4	42	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,22,2 3,24,25,26,27,28,29,30,31 ,32,33,34,35,36,37,38,39, 41	1	0	1	8	1	3	10
83	44.5	44	173	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,22,2 3,24,25,26,27,28,29,30,31 ,32,33,34,35,36,37,38,39, 41,42,43	1	0	1	8	1	3	10
83	45	45	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,22,2 3,24,25,26,27,28,29,30,31 ,32,33,34,35,36,37,38,39, 41,42,43	1	0	1	8	0	2	10
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,22,2 3,24,25,26,27,28,29,30,31 ,32,33,34,35,36,37,38,39, 40,41,42,43	1	1	1	10	0	2	12
173	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44	1	1	1	10	4	8	16
173	47	47	193	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44	1	1	1	10	0	5	16

193	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44,47	1	1	1	10	4	8	16
193	48	48	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44,47	1	1	1	10	0	5	16
463	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44,45,46,4 7,48	1	1	1	10	6	12	20
463	49	49	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44,45,46,4 7,48	1	1	1	10	6	12	20
463	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,15,16,17,18,19,20,21,2 2,23,24,25,26,27,28,29,30 ,31,32,33,34,35,36,37,38, 39,40,41,42,43,44,45,46,4 7,48,49	1	1	1	10	6	12	20

Πίνακας 18: Συνέχεια εφαρμογής τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Αθροιστικός κανόνας)

Με πράσινο χρώμα στις πρώτες γραμμές του πίνακα σημειώνονται τα κενά κελιά του Πίνακα 11 μετά την διαδικασία βελτιστοποίηση κατανομής των ενισχύσεων των όμορων νομών.

Τελικά εφαρμόζοντας τον αθροιστικό κανόνα στον τροποποιημένο αλγόριθμο COMSOAL και την διαδικασία βελτιστοποίησης των ενισχύσεων η ολοκλήρωση του έργου επιτυγχάνεται στο χρόνο $t = 463$ min με 5 θύματα να καταλήγουν. Όλες οι δραστηριότητες αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα PERT. Οι δραστηριότητες με έντονο χρωματισμό ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή δηλαδή σε περίπτωση καθυστέρησης τους θα επιμηκυνθεί η συνολική διάρκεια του έργου



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα PERT αθροιστικού κανόνα και κρίσιμες δραστηριότητες

5.2 Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας

Ο κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας εφαρμόζεται επιλέγοντας από την διαθέσιμη λίστα την δραστηριότητα εκείνη της οποίας η αμέσως επόμενη δραστηριότητα έχει την μεγαλύτερη διάρκεια. Η προτεραιότητα που δίνεται από τον συγκεκριμένο κανόνα προσπαθεί να αποφύγει την καθυστέρηση μεγάλων σε διάρκεια δραστηριοτήτων προγραμματίζοντας τις προαπαιτούμενες δραστηριότητες της όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Εφαρμόζοντας τον παραπάνω κανόνα προκύπτει:

Υπενθυμίζεται ότι:

- t:** Χρόνος
- At:** Διαθέσιμη λίστα δραστηριοτήτων προς προγραμματισμό
- Act(j):** Δραστηριότητα που επιλέγεται προς προγραμματισμό
- Cj:** Χρόνος ολοκλήρωσης της δραστηριότητας που επιλέχτηκε προς προγραμματισμό
- F:** Λίστα προγραμματισμένων δραστηριοτήτων
- AR(i):** Εναπομείναντες πόροι για των προγραμματισμών των υπόλοιπων δραστηριοτήτων

t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)						
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΔ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ
0	2,3,4	3	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	2,4	2	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	4	4	3	1	1	1	1	10	6	12	20
3	-	-	-	1,2,3,4	1	1	1	10	6	12	20
3	11,12,13,14,15,5, 22,23,24,25,26,2 7,34,35,36,41	41	63	1,2,3,4	1	1	1	10	2	8	20
3	11,12,13,14,15,5, 22,23,24,25,26,2 7,34,35,36	15	8	1,2,3,4	1	1	1	10	2	8	15
3	11,12,13,14,5,22, 23,24,25,26,27,3 4,35,36	25	23	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	15
3	11,12,14,5,22,23, 24,26,27,34,35,3 6	27	8	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	10
3	11,12,14,5,22,23, 24,26,34,35,36	34	6	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	10
3	11,12,14,5,22,23, 24,26,35,36	36	6	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	10
3	11,12,14,5,22,23, 24,26,35	35	6	1,2,3,4	1	1	0	10	2	8	10
3	11,12,14,5,22,23, 24,26	22	23	1,2,3,4	1	0	0	10	2	8	10
3	11,12,14,5,23,24, 26	23	8	1,2,3,4	0	0	0	10	2	8	10
3	12,14,5,24,26	5	13	1,2,3,4	0	0	0	10	2	8	10
3	12,14,24,26	24	23	1,2,3,4	0	0	0	7	1	8	10
3	12,14,26	12	6	1,2,3,4	0	0	0	4	0	8	10
3	14,26	26	18	1,2,3,4	0	0	0	4	0	5	10
3	14	14	18	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10
6	-	-	-	1,2,3,4,12,34,35, 36	0	0	0	7	1	2	10
6	17,37,38	17	9	1,2,3,4,12,34,35, 36	0	0	0	4	0	2	10
6	37,38	37	26	1,2,3,4,12,34,35, 36	0	0	0	2	0	2	10
6	38	38	16	1,2,3,4,12,34,35, 36	0	0	0	2	0	2	8
8	-	-	-	1,2,3,4,12,15,23, 27,34,35,36	1	0	0	2	0	2	18
8	11,20,29,33	29	18	1,2,3,4,12,15,23, 27,34,35,36	0	0	0	2	0	2	18
8	20,33	33	28	1,2,3,4,12,15,23, 27,34,35,36	0	0	0	2	0	2	14
8	20	20	28	1,2,3,4,12,15,23, 27,34,35,36	0	0	0	2	0	2	10

9	-	-	-	1,2,3,4,12,15,17, 23,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	-	-	-	1,2,3,4,5,12,15,1 7,23,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	6	6	18	1,2,3,4,5,12,15,1 7,23,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
16	-	-	-	1,2,3,4,5,12,15,1 7,23,27,34,35,36 ,38	0	0	0	5	1	2	12
18	-	-	-	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,23,26,27, 29,34,35,36,38	1	0	0	5	1	8	12
18	7,11,19,32	32	20	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,23,26,27, 29,34,35,36,38	1	0	0	5	1	5	11
18	7,11,19	19	20	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,23,26,27, 29,34,35,36,38	1	0	0	5	1	2	10
18	7,11	11	23	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,23,26,27, 29,34,35,36,38	0	0	0	5	1	2	10
18	7	7	23	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,23,26,27, 29,34,35,36,38	0	0	0	5	1	2	10
20	-	-	-	1,2,3,4,5,6,12,14 ,15,17,19,23,26, 27,29,32,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	8	12
23	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	1	1	1	8	2	8	12
23	8,13,16,28,30,31, 39	28	33	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	1	0	1	8	2	8	12
23	8,13,16,30,31	30	26	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	1	0	1	5	1	8	12
23	8,13,16,31	31	43	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	1	0	0	5	1	8	12

23	8,16	16	33	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	0	0	0	5	1	8	12
23	8	8	25	1,2,3,4,5,6,7,11, 12,14,15,17,19,2 2,23,24,25,26,27 ,29,32,34,35,36, 38	0	0	0	5	1	8	12
25	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,1 1,12,14,15,17,19 ,22,23,24,25,26, 27,29,32,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	8	12
25	9,10,	10	27	1,2,3,4,5,6,7,8,1 1,12,14,15,17,19 ,22,23,24,25,26, 27,29,32,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	8	12
25	9	9	27	1,2,3,4,5,6,7,8,1 1,12,14,15,17,19 ,22,23,24,25,26, 27,29,32,34,35,3 6,38	0	0	0	5	1	8	12
26	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,1 1,12,14,15,17,19 ,22,23,24,25,26, 27,29,30,32,34,3 5,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
27	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 7,19,22,23,24,25 ,26,27,29,30,32, 34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
28	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 7,19,20,22,23,24 ,25,26,27,29,30, 32,33,34,35,36,3 7,38	0	0	0	10	2	8	20
33	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 6,17,19,20,22,23 ,24,25,26,27,28, 29,30,32,33,34,3 5,36,37,38	1	1	0	10	2	8	20

33	39	39	48	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 6,17,19,20,22,23 ,24,25,26,27,28, 29,30,32,33,34,3 5,36,38	1	0	0	10	2	8	20
43	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 6,17,19,20,22,23 ,24,25,26,27,28, 29,30,31,32,33,3 4,35,36,37,38	1	0	1	10	2	8	20
43	46,13	46	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 6,17,19,20,22,23 ,24,25,26,27,28, 29,30,31,32,33,3 4,35,36,37,38	1	0	1	10	1	5	16
43	13	13	48	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,14,15,1 6,17,19,20,22,23 ,24,25,26,27,28, 29,30,31,32,33,3 4,35,36,37,38	1	0	0	10	1	5	16
48	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,19,20,22 ,23,24,25,26,27, 28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38 ,39	1	1	1	10	1	5	16
48	40,18	40	108	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,19,20,22 ,23,24,25,26,27, 28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38 ,39	1	0	1	8	1	5	14
48	18	18	58	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,19,20,22 ,23,24,25,26,27, 28,29,30,31,32,3 3,34,35,36,37,38 ,39	1	0	0	8	1	5	14

58	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39	1	0	1	8	1	5	14
58	21	21	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39	1	0	1	8	0	2	10
63	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41	1	0	1	8	4	6	10
63	42,43	43	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41	1	0	1	8	?	?	10
63	42	42	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41	1	0	1	8	0	2	10
83	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41,42,43	1	0	1	8	4	6	10
83	44,45	45	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41,42,43	1	0	1	8	?	?	10

83	44	44	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,41,42,43	1	0	1	8	0	2	10
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14,1 5,16,17,18,19,20 ,22,23,24,25,26, 27,28,29,30,31,3 2,33,34,35,36,37 ,38,39,40,41,42, 43	1	1	1	10	0	2	12

Πίνακας 19: Εφαρμογή τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

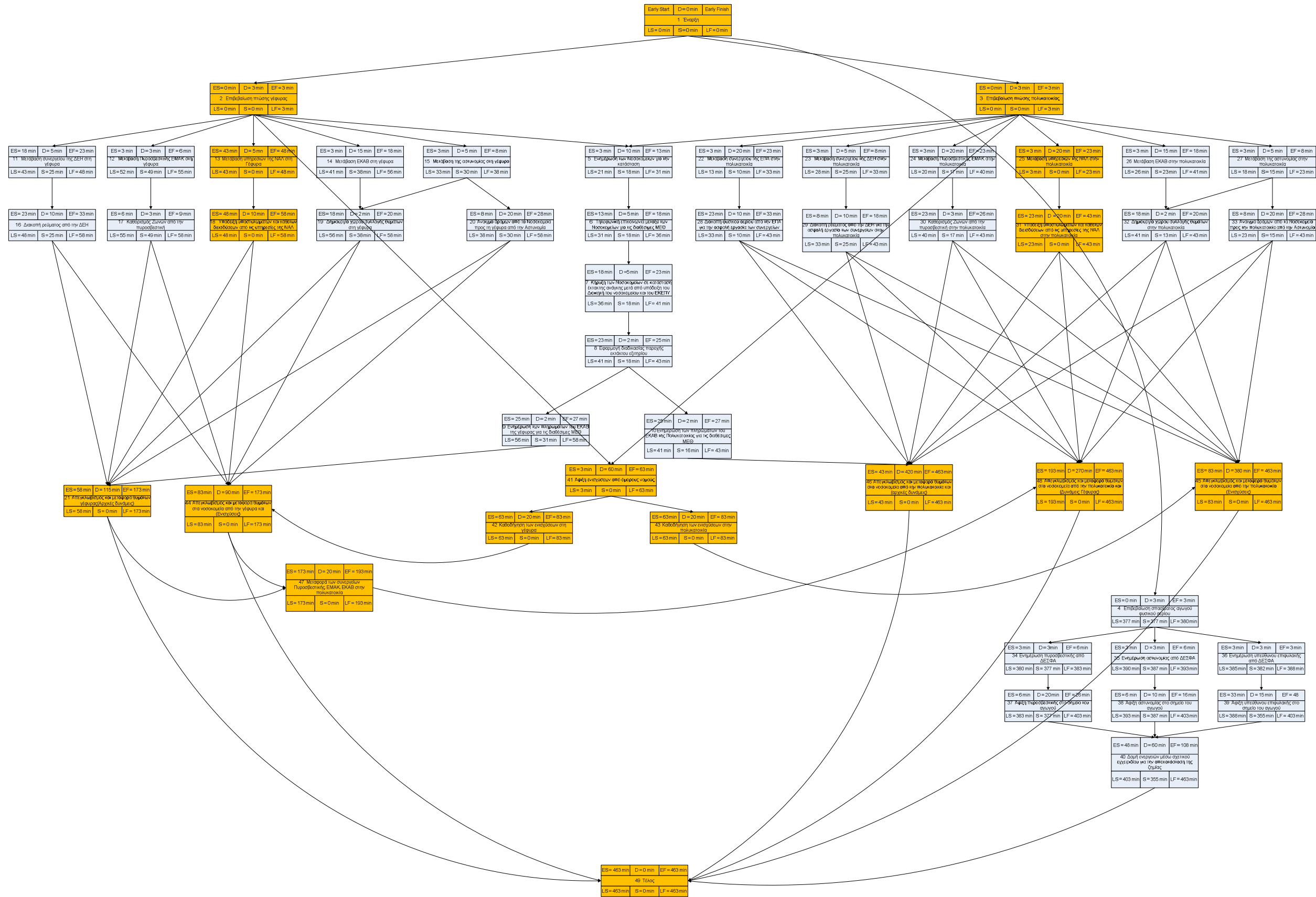
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να εφαρμοστεί η διαδικασία βελτιστοποίησης της κατανομής των ενισχύσεων προκειμένου να συμπληρωθούν τα κενά του παραπάνω πίνακα έτσι ώστε να εφαρμοστεί ο αλγόριθμος έως ότου προγραμματιστούν όλες οι δραστηριότητες. Τυχαία οι δραστηριότητες των οποίων οι διάρκειες δεν είναι γνωστές έχουν τους ίδιους ενωρίτερους χρόνους με τους αντίστοιχους που προέκυψαν από την εφαρμογή του αθροιστικού κανόνα παρόλο που προγραμματίζονται με διαφορετική σειρά οι προαπαιτούμενες δραστηριότητες. Για αυτό τον λόγο δανειζόμαστε τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της κατανομής των ενισχύσεων για τον αθροιστικό κανόνα και η εφαρμογή του αλγορίθμου για τον κανόνα της μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας συνεχίζεται ως εξής:

t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)							
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΛ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ	
43	46.13	46	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38	1	0	1	10	1	5	16	
58	21	21	173	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,	1	0	1	8	0	2	10	
63	42.43	43	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,	1	0	1	8	3	5	10	
83	44.45	45	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	3	5	10	
83	44	44	173	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	0	2	10	
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43	1	1	1	10	0	2	12	
173	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44	1	1	1	10	4	8	16	
173	47	47	193	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44	1	1	1	10	0	4	16	
193	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,47	1	1	1	10	4	8	16	
193	48	48	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,47	1	1	1	10	0	4	16	
463	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,4	1	1	1	10	6	12	20	

463	49	49	463	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,4	1	1	1	10	6	12	20
463	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,4	1	1	1	10	6	12	20

Πίνακας 20: Συνέχεια εφαρμογής τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Εφαρμόζοντας τον κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας στον τροποποιημένο αλγόριθμο COMSOAL και την διαδικασία βελτιστοποίησης κατανομής των ενισχύσεων η ολοκλήρωση του έργου επιτυγχάνεται στο χρόνο $t = 463$ min με 5 θύματα να καταλήγουν και σε αυτή την περίπτωση. Όλες οι δραστηριότητες αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα PERT. Οι δραστηριότητες με έντονο χρωματισμό ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή.



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα PERT κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας και κρίσιμες δραστηριότητες

5.3 Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας

Ο κανόνας μικρότερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας εφαρμόζεται επιλέγοντας από την διαθέσιμη λίστα την δραστηριότητα εκείνη της οποίας η αμέσως επόμενη δραστηριότητα έχει την μικρότερη διάρκεια. Εφαρμόζοντας τον παραπάνω κανόνα προκύπτει:

Υπενθυμίζεται ότι:

t: Χρόνος

At: Διαθέσιμη λίστα δραστηριοτήτων προς προγραμματισμό

Act(j): Δραστηριότητα που επιλέγεται προς προγραμματισμό

Cj: Χρόνος ολοκλήρωσης της δραστηριότητας που επιλέχτηκε προς προγραμματισμό

F: Λίστα προγραμματισμένων δραστηριοτήτων

AR(i): Εναπομείναντες πόροι για των προγραμματισμών των υπόλοιπων δραστηριοτήτων

t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)						
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΛ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ
0	2,3,4	2	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	3,4	4	3	1	1	1	1	10	6	12	20
0	3	3	3	1	1	1	1	10	6	12	20
-	-	-	-	1,2,3,4	1	1	1	10	6	12	20
3	11,12,13,14, 15,5,22,23,2 4,25,26,27,3 4,35,36,41	14	18	1,2,3,4	1	1	1	10	6	9	20
3	11,12,13,15, 5,22,23,24,2 5,26,27,34,3 5,36,41	15	8	1,2,3,4	1	1	1	10	6	9	15
3	11,12,13,5,2 2,23,24,25,2 6,27,34,35,3 6,41	26	18	1,2,3,4	1	1	1	10	6	6	15
3	11,12,13,5,2 2,23,24,25,2 7,34,35,36,4 1	27	8	1,2,3,4	1	1	1	10	6	6	10
3	11,12,13,5,2 2,23,24,25,3 4,35,36,41	12	6	1,2,3,4	1	1	1	7	5	6	10
3	11,13,5,22,2 3,24,25,34,3 5,36,41	24	23	1,2,3,4	1	1	1	4	4	6	10
3	11,13,5,22,2 3,25,34,35,3 6,41	5	13	1,2,3,4	1	1	1	4	4	6	10
3	11,13,22,23, 25,34,35,36, 41	11	8	1,2,3,4	0	1	1	4	4	6	10
3	13,22,25,34, 35,36,41	13	8	1,2,3,4	0	1	0	4	4	6	10
3	22,34,35,36, 41	22	23	1,2,3,4	0	0	0	4	4	6	10
3	34,35,36,41	35	6	1,2,3,4	0	0	0	4	4	6	10
3	34,36,41	36	6	1,2,3,4	0	0	0	4	4	6	10
3	34,41	34	6	1,2,3,4	0	0	0	4	4	6	10
3	41	41	63	1,2,3,4	0	0	0	4	0	2	10
6	-	-	-	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	7	1	2	10
6	17,37,38	37	26	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
6	17,38	38	16	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	5	1	2	8
6	17	17	9	1,2,3,4,12,34,35,36	0	0	0	2	0	2	8

8	-	-	-	1,2,3,4,11,12,13,15,2 7,34,35,36	1	0	1	2	0	2	18
8	16,18,20,23, 25,33	16	18	1,2,3,4,11,12,13,15,2 7,34,35,36	0	0	1	2	0	2	18
8	18,20,25,33	18	18	1,2,3,4,11,12,13,15,2 7,34,35,36	0	0	0	2	0	2	18
8	20,33	20	28	1,2,3,4,11,12,13,15,2 7,34,35,36	0	0	0	2	0	2	14
8	33	33	28	1,2,3,4,11,12,13,15,2 7,34,35,36	0	0	0	2	0	2	10
9	-	-	-	1,2,3,4,11,12,13,15,1 7,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	-	-	-	1,2,3,4,5,11,12,13,15 ,17,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
13	6	6	18	1,2,3,4,5,11,12,13,15 ,17,27,34,35,36	0	0	0	5	1	2	10
16	-	-	-	1,2,3,4,5,11,12,13,15 ,17,27,34,35,36,38	0	0	0	5	1	2	12
18	-	-	-	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	1	0	1	5	1	8	12
18	7,19,23,25,3 2	19	20	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	1	0	1	5	1	5	11
18	7,23,25,32	32	20	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	1	0	1	5	1	2	10
18	7,23,25	7	23	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	1	0	1	5	1	2	10
18	23,25	23	23	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	0	0	1	5	1	2	10
18	25	25	38	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,26,27 ,34,35,36,38	0	0	0	5	1	2	10
20	-	-	-	1,2,3,4,5,6,11,12,13, 14,15,16,17,18,19,26 ,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
23	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 3,14,15,16,17,18,19, 22,23,24,26,27,32,34 ,35,36,38	1	1	0	8	2	8	12
23	8,28,29,30,3 6	8	25	1,2,3,4,5,6,7,11,12,1 3,14,15,16,17,18,19, 22,23,24,26,27,32,34 ,35,36,38	1	1	0	8	2	8	12

23	28,29,30,36	28	33	1,2,3,4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	1	0	0	8	2	8	12
23	29,30	29	33	1,2,3,4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	8	2	8	12
23	30	30	26	1,2,3,4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
25	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
25	9,10	9	27	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
25	10	10	27	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,32,34,35,36,38	0	0	0	5	1	8	12
26	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,32,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
27	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,22,23,24,26,27,30,32,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	12
28	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,26,27,30,32,33,34,35,36,37,38	0	0	0	10	2	8	20
28	21	21	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,26,27,30,32,33,34,35,36,37,38	0	0	0	10	1	5	16

33	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	1	0	10	1	5	16
33	39	39	48	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	0	0	10	1	5	16
38	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	0	1	10	1	5	16
38	31	31	58	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38	1	0	0	10	1	5	16
48	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38,39	1	1	0	10	1	5	16
48	40	40	108	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,32,33,34,35,36,37,38,39	1	0	0	8	1	5	14
58	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39	1	0	1	8	1	5	14
58	46	46	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39	1	0	1	8	0	2	10

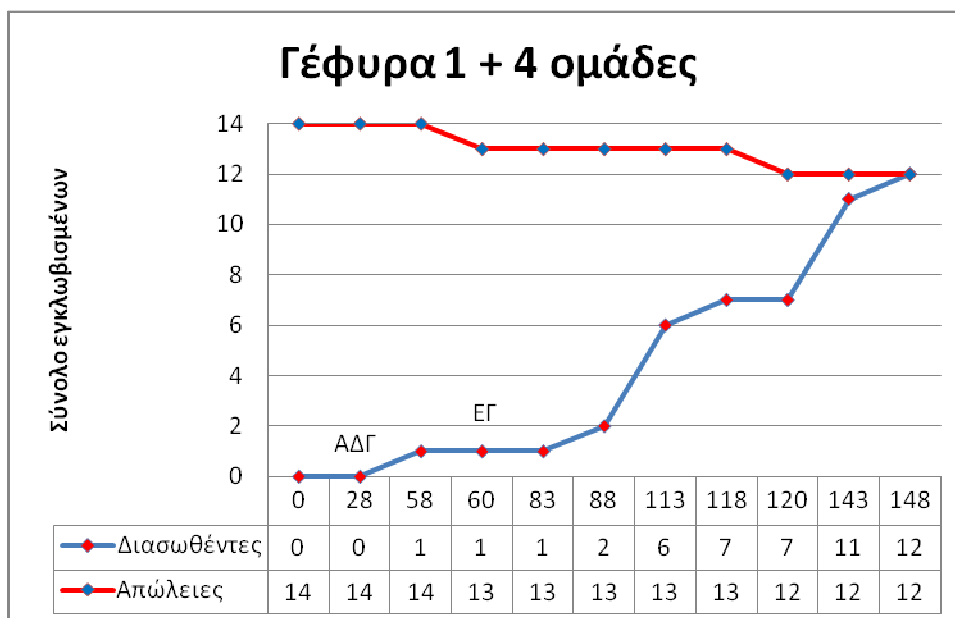
63	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41	1	0	1	8	4	6	10
63	42,43	42	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41	1	0	1	8	?	?	10
63	43	43	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41	1	0	1	8	0	2	10
83	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	4	6	10
83	44,45	44	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	?	?	10
83	45	45	?	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	0	2	10
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43	1	1	1	10	0	2	12

Πίνακας 21: Εφαρμογή τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL (Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

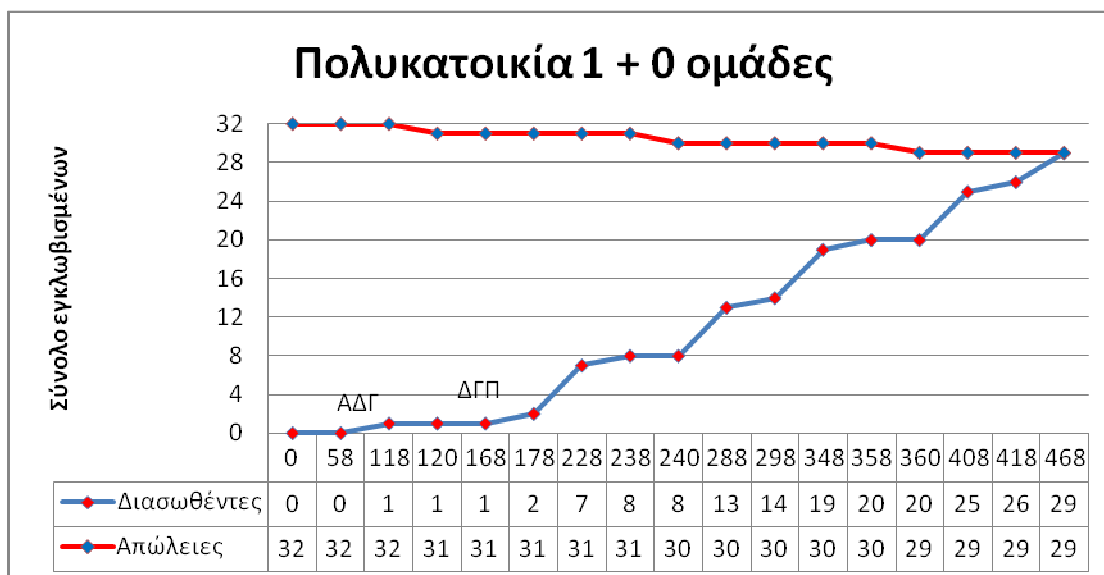
Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να εξεταστεί η βέλτιστη κατανομή των ενισχύσεων για την επίτευξη όσο το δυνατόν λιγότερων νεκρών αλλά και την ελαχιστοποίηση του

χρόνου του συνολικού έργου. Όπως και στην περίπτωση του αθροιστικού κανόνα αλλά και του κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας θα πρέπει να εξεταστούν όλες οι δυνατές περιπτώσεις:

Περίπτωση 1: Όλες οι ενισχύσεις οδηγούνται στην κατάρρευση της γέφυρας



Γράφημα 21: Κατάρρευση γέφυρας (4 ομάδες ενισχύσεων – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)



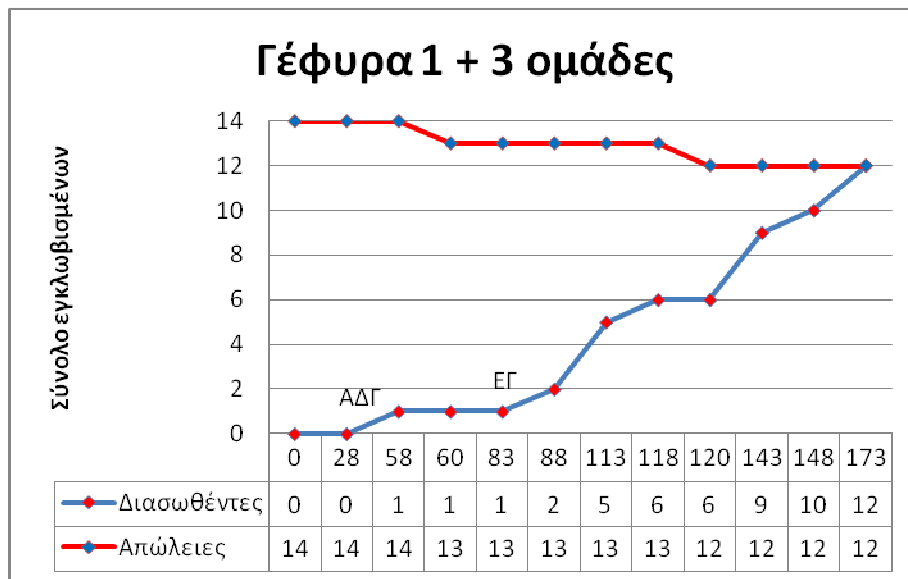
Γράφημα 22: Κατάρρευση πολυκατοικίας (0 ομάδες ενισχύσεων – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου για την Περίπτωση 1 είναι $t = 468$ min με πέντε θύματα να καταλήγουν.

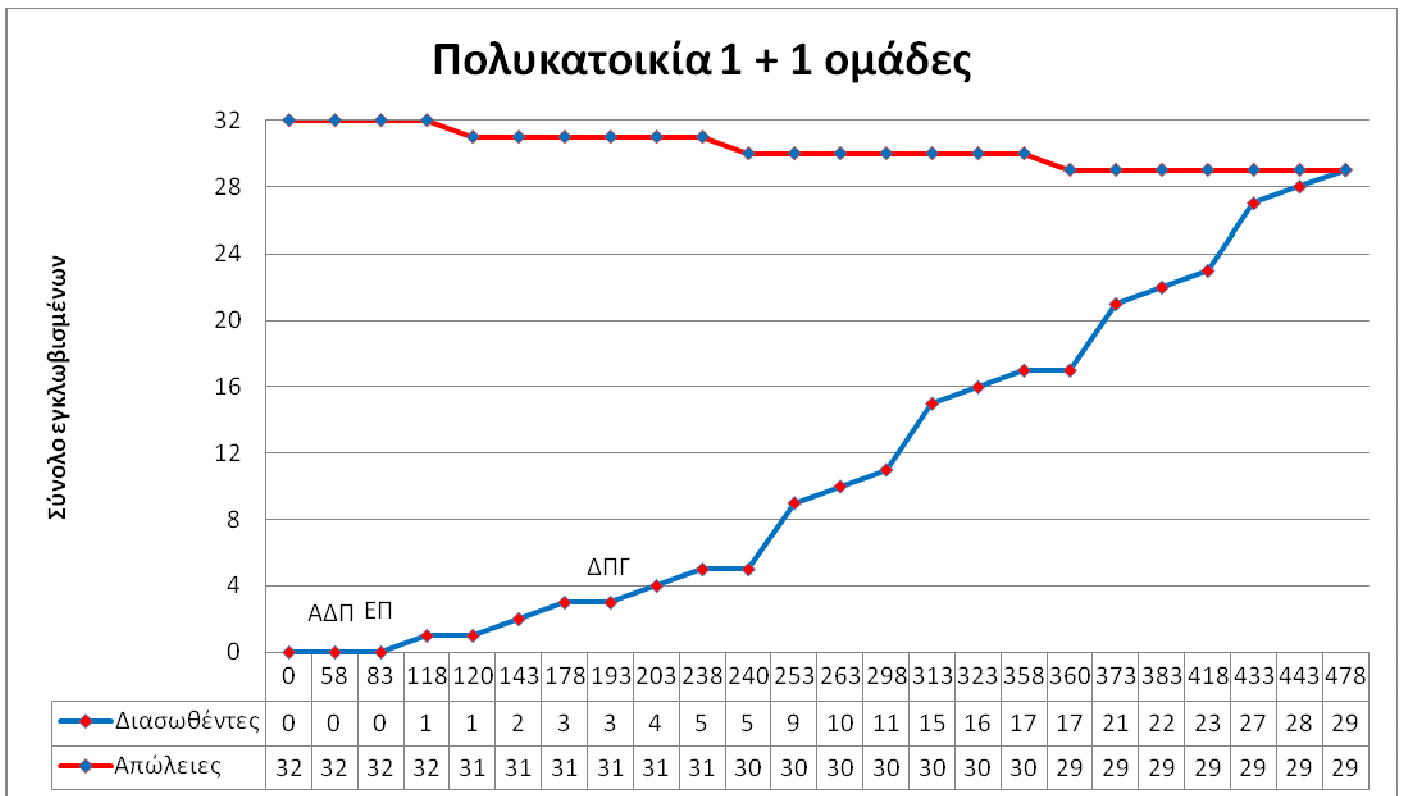
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	120 min	148 min
44	83 min	65 min	148 min
45	83 min	0 min	83 min
46	58 min	410 min	468 min
48	168 min	300 min	468 min

Πίνακας 22: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 1 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Περίπτωση 2: Από μία ομάδα της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται στην κατάρρευση της πολυκατοικίας και οι υπόλοιπες στο περιστατικό της γέφυρας.



Γράφημα 23: Κατάρρευση γέφυρας (3 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)



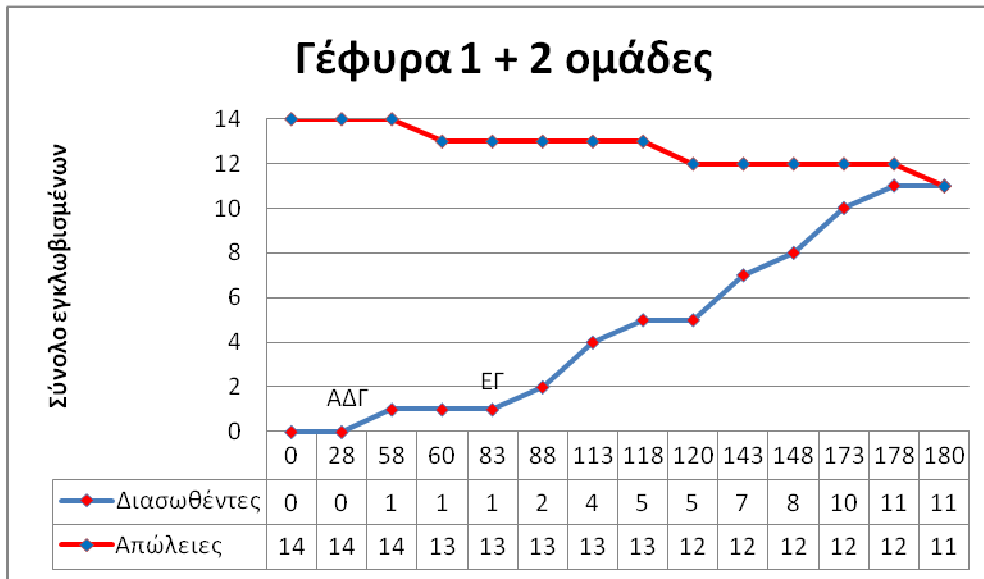
Γράφημα 24: Κατάρρευση πολυκατοικίας (1 ομάδα ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Για την Περίπτωση 2 ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι $t = 478 \text{ min}$ με πέντε θύματα από τα 46 να καταλήγουν.

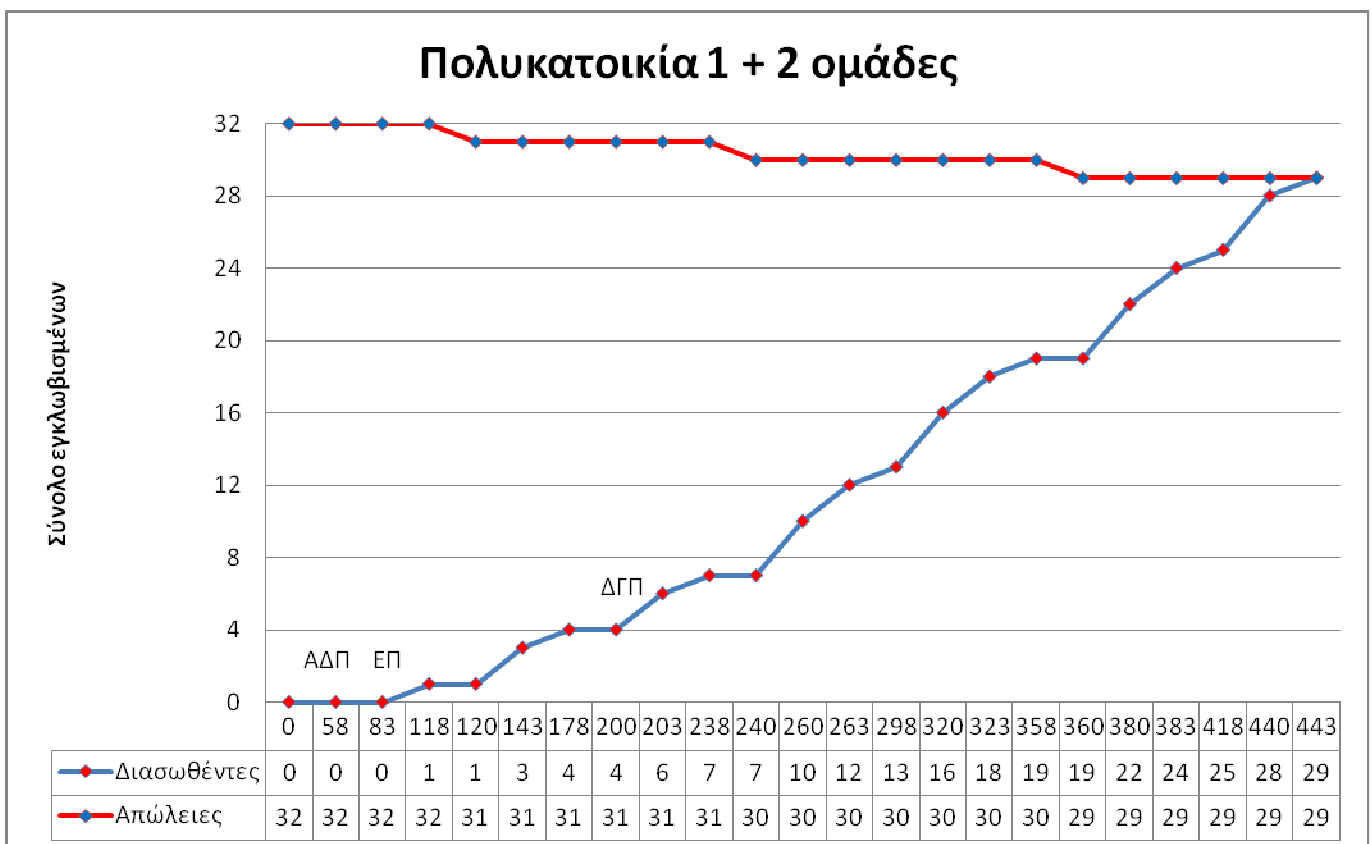
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	145 min	173 min
44	83 min	90 min	173 min
45	83 min	395 min	478 min
46	58 min	420 min	478 min
48	193 min	285 min	478 min

Πίνακας 23: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 2 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Περίπτωση 3: Από δύο ομάδες της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται σε κάθε περιστατικό.



Γράφημα 25: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)



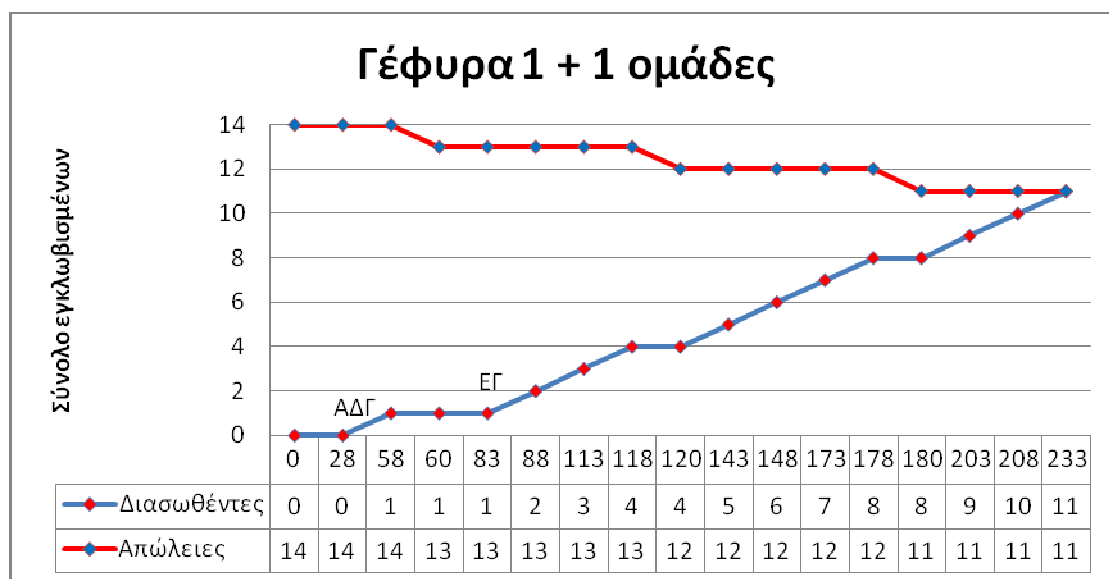
Γράφημα 26: Κατάρρευση πολυκατοικίας (2 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Για την Περίπτωση 3 ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι $t = 443$ min με έξι θύματα να καταλήγουν προτού να προλάβουν να διασωθούν.

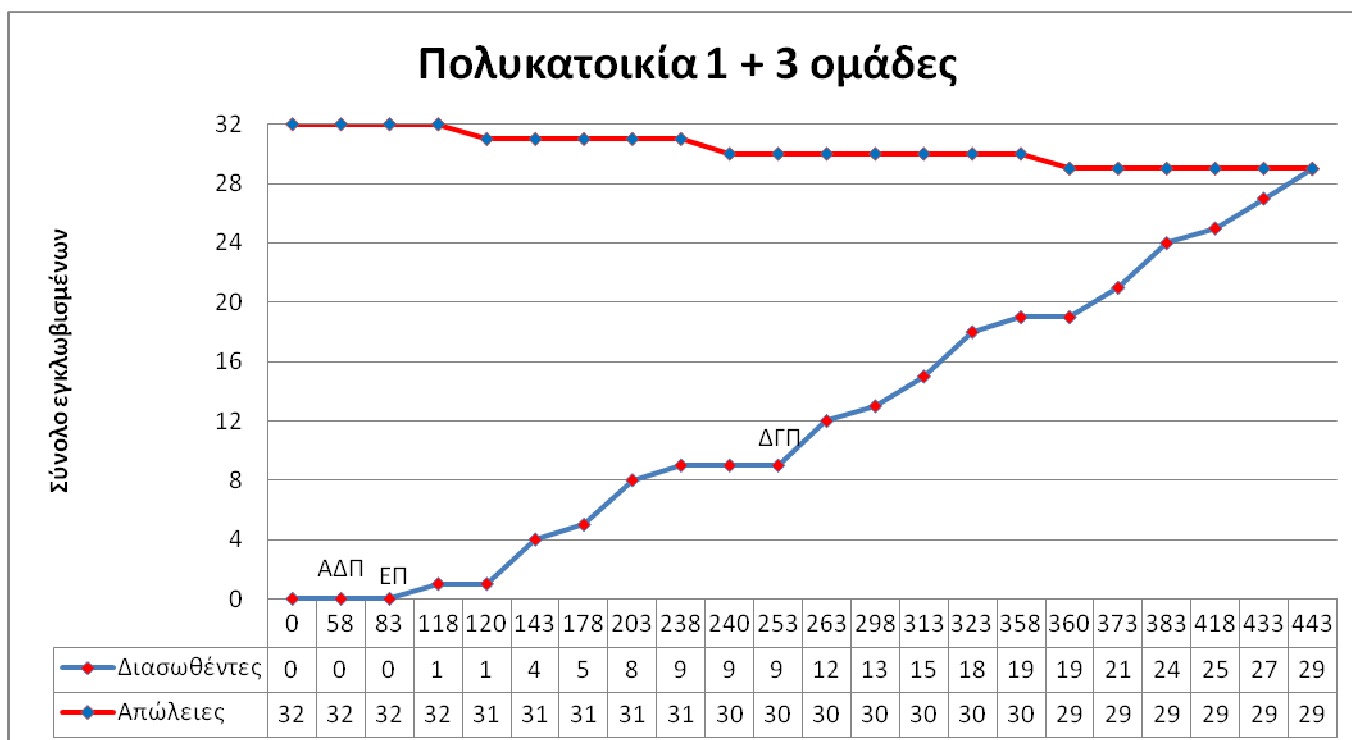
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	152 min	180 min
44	83 min	97 min	180 min
45	83 min	360 min	443 min
46	58 min	385 min	443 min
48	200 min	243 min	443 min

Πίνακας 24: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 3 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Περίπτωση 4: Από μία ομάδα της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ οδηγούνται στην πτώση της γέφυρας και οι υπόλοιπες στην κατάρρευση της πολυκατοικίας



Γράφημα 27: Κατάρρευση γέφυρας (1 ομάδα ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)



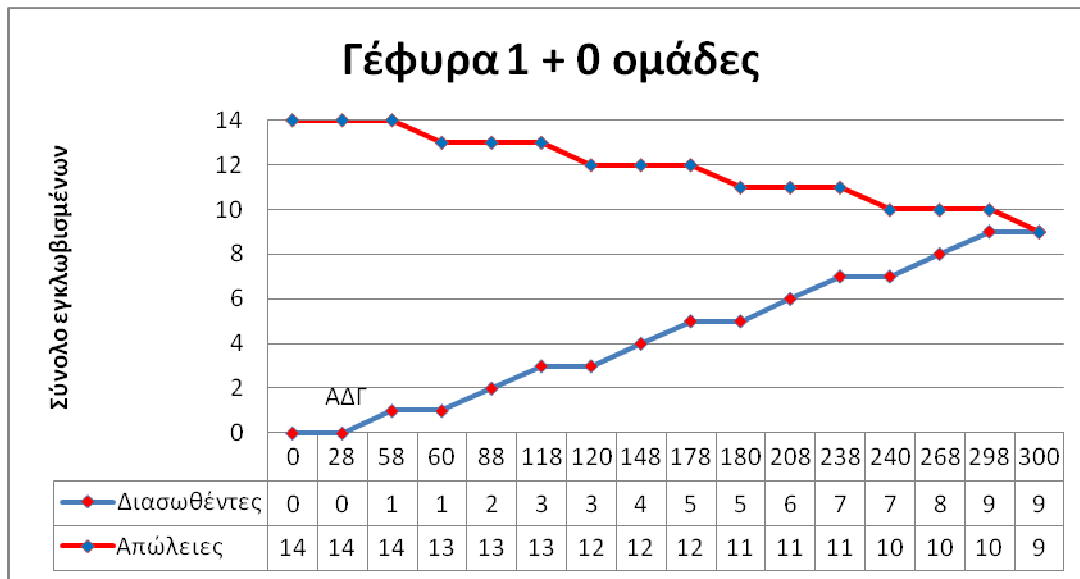
Γράφημα 28: Κατάρρευση πολυκατοικίας (3 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Για την Περίπτωση 4 ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι $t = 443$ min με έξι νεκρούς όπως και στην Περίπτωση 3. Τελικά οι χρόνοι δραστηριοτήτων συμπληρώνονται ως εξής:

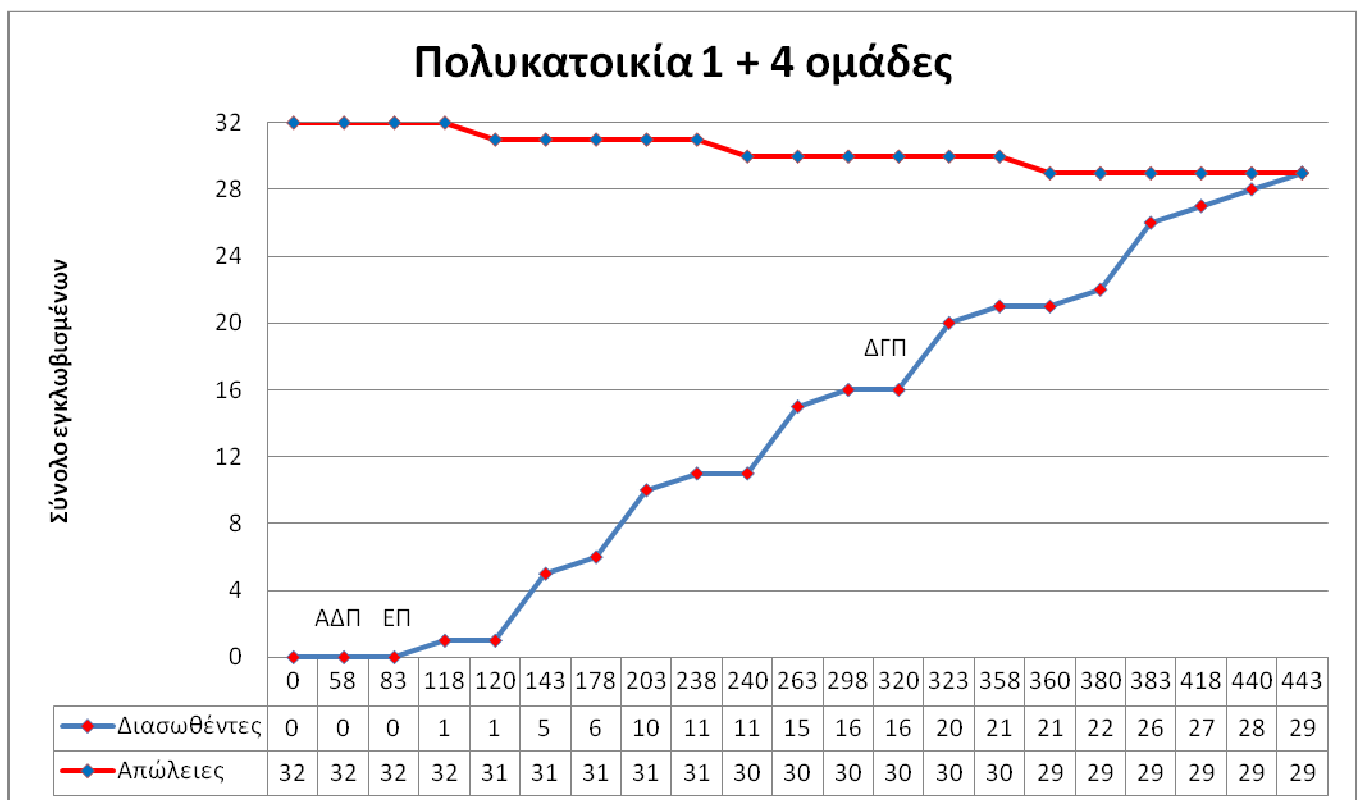
Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	205 min	233 min
44	83 min	150 min	233 min
45	83 min	360 min	443 min
46	58 min	385 min	443 min
48	253 min	243 min	443 min

Πίνακας 25: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 4 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Περίπτωση 5: Όλες οι ενισχύσεις οδηγούνται στην κατάρρευση της πολυκατοικίας.



Γράφημα 29: Κατάρρευση γέφυρας (0 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)



Γράφημα 30: Κατάρρευση πολυκατοικίας (4 ομάδες ενισχύσεων - Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Τέλος για την Περίπτωση 5 ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι $t = 443 \text{ min}$ ενώ ο αριθμός των νεκρών φτάνει τους οκτώ. Οι χρόνοι των δραστηριοτήτων για αυτή την Περίπτωση είναι:

Δραστηριότητα	ES (Early Start)	D (Duration)	EF (Early Finish)
21	28 min	205 min	233 min
44	83 min	150 min	233 min
45	83 min	360 min	443 min
46	58 min	385 min	443 min
48	253 min	243 min	443 min

Πίνακας 26: Χρόνοι δραστηριοτήτων (Περίπτωση 5 – Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Συνολικά, μετά την εξέταση και των 5 περιπτώσεων κατανομής των δυνάμεων της ΕΜΑΚ και του ΕΚΑΒ προκύπτει ο παρακάτω συνοπτικός πίνακας

Περίπτωση	Ενισχύσεις Γέφυρα	Ενισχύσεις Πολυκατοικία	Νεκροί	Χρόνος Ολοκλήρωσης
1	4	0	5	468 min
2	3	1	5	478 min
3	2	2	6	443 min
4	1	3	6	443 min
5	0	4	8	443 min

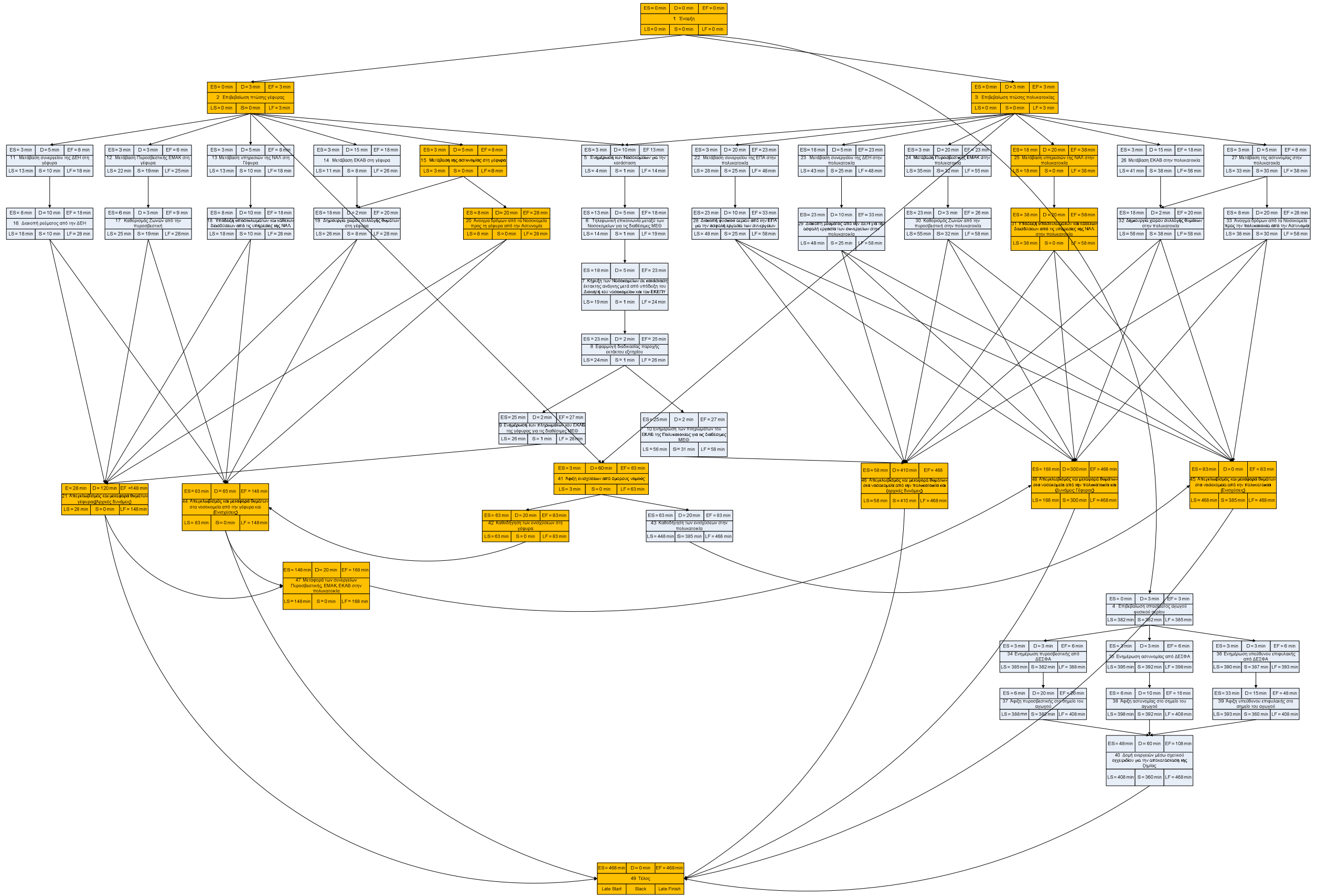
Πίνακας 27: Συνοπτικός πίνακας νεκρών και χρόνου ολοκλήρωσης του έργου (Κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 27 διαπιστώνουμε ότι η βέλτιστη κατανομή των ενισχύσεων τόσο για το μικρότερο αριθμό νεκρών όσο και για το μικρότερο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου επιτυγχάνεται από την Περίπτωση 1. Κατά αυτό τον τρόπο η εφαρμογή του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL με τον κανόνα μικρότερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας ολοκληρώνεται ως εξής:

t	At	Act(j)	Cj	F	AR(i)						
					ΔΕΗ	ΕΠΑ	ΝΑΔ	Π.Υ	ΕΜΑΚ	ΕΚΑΒ	ΑΣ/ΜΙΑ
28	21	21	148	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,26,27,30,32,33,34,35,36,37,38	0	0	0	10	1	5	16
58	46	46	468	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39	1	0	1	8	0	2	10
63	42,43	42	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41	1	0	1	8	0	2	10
83	44,45	44	148	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43	1	0	1	8	0	2	10
83	45	45	83	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,41,42,43,45	1	0	1	8	0	2	10
108	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,45	1	1	1	10	0	2	12
148	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45	1	1	1	10	5	9	16
148	47	47	168	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45	1	1	1	10	0	5	16
168	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,47	1	1	1	10	5	9	16

168	48	48	468	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,47	1	1	1	10	0	5	16
468	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48	1	1	1	10	6	12	20
468	49	49	468	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48	1	1	1	10	6	12	20
468	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49	1	1	1	10	6	12	20

Εφαρμόζοντας τον κανόνα μικρότερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας στον τροποποιημένο αλγόριθμο COMSOAL και την διαδικασία βελτιστοποίησης κατανομής των ενισχύσεων η ολοκλήρωση του έργου επιτυγχάνεται στο χρόνο $t = 468$ min με 5 θύματα να καταλήγουν και σε αυτή την περίπτωση. Όλες οι δραστηριότητες αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα PERT. Οι δραστηριότητες με έντονο χρωματισμό ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή.



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα PERT κανόνα μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας και κρίσιμες δραστηριότητες

5.4 Συμπεράσματα

Στο Κεφάλαιο 5 εφαρμόστηκε ο τροποποιημένος αλγόριθμος COMSOAL για τρεις κανόνες. Τον αθροιστικό κανόνα, τον κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας και τον κανόνα μικρότερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας. Υπενθυμίζεται ότι εκτός των τριών κανόνων όπως ήδη έχουμε αναφέρει ισχύει και ο κανόνας των δεσμευμένων πόρων σε συνεχόμενες δραστηριότητες για όλους τους κανόνες.

Κατά την εφαρμογή αλγόριθμου COMSOAL με τον αθροιστικό κανόνα και τον κανόνα της μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας προέκυψε το ίδιο αποτέλεσμα με την περίπτωση της λύσης του προβλήματος με την χαλάρωση του περιορισμού των πόρων. Δηλαδή πέντε νεκρά θύματα από το σύνολο των 46 και χρόνος ολοκλήρωσης ίσος με 463 λεπτά. Για τον κανόνα της μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας ο αριθμός των νεκρών και σε αυτή την περίπτωση είναι πέντε αλλά ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι $t = 468 \text{ min}$. Σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για το ποιος από τους τρεις κανόνες είναι ο καλύτερος για το πρόβλημα της διαχείρισης κρίσης μετά από σεισμό.

Κεφάλαιο 6 Σύνοψη Μεταπτυχιακής Εργασίας

Το πρόβλημα που μας απασχόλησε στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία δηλαδή το πρόβλημα της διαχείρισης κρίσης μετά από σεισμό και από όσο είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε δεν έχει αντιμετωπιστεί ποτέ ως ένα πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Η μορφοποίηση του προβλήματος προέκυψε από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης σεισμού που έλαβε χώρα στις 27 Σεπτεμβρίου του 2007 στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος MEDACTHU αλλά και του επιχειρησιακού σχεδίου ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ – ΣΕΙΣΜΟΙ.

Κατά την μορφοποίηση του προβλήματος και επειδή όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ – ΣΕΙΣΜΟΙ έγινε φανερό ότι στην κατάρρευση ενός κτιρίου οι εμπλεκόμενοι φορείς είναι συγκεκριμένοι και με συγκεκριμένες αρμοδιότητες. Δηλαδή η μορφοποίηση της αντιμετώπισης της πτώσης της πολυκατοικίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για οποιαδήποτε άλλη κατάρρευση κτιρίου και άρα την επίλυση πολύ μεγαλύτερων προβλημάτων. Εξάλλου στο μόνο σημείο που διαφέρει η μορφοποίηση από αυτή της κατάρρευσης της γέφυρας είναι ότι η γέφυρα δεν σχετίζεται με αγωγό φυσικού αερίου. Σίγουρα οι χρόνοι απεγκλωβισμού των θυμάτων είναι η μεγαλύτερη διαφορά των δύο περιστατικών και κρίσιμης σημασίας για την επίλυση του προβλήματος ως RCPSP. Για αυτό το λόγο οι προσεγγίσεις των χρόνων μέσω των διασωστικών συνεργείων αλλά και στατιστικών στοιχείων εάν υπάρχουν κρίνεται αναγκαία.

Παρόλο που το πρόβλημα αποτελείται από 49 δραστηριότητες και θεωρείτε μεγάλο για την επίλυση του με οποιαδήποτε αναλυτική μέθοδο ωστόσο σε περίπτωση ενός καταστροφικού σεισμού η αντιμετώπιση τριών μόνο περιστατικών δεν είναι ένα ρεαλιστικό σενάριο. Σε κανονικές συνθήκες και για ένα αστικό κέντρο όπως είναι η πόλη της Λάρισας θα υπήρχαν δεκάδες καταρρεύσεις κτιρίων και εκατοντάδες εγκλωβισμένοι. Οι πολλές διαφορετικές ομάδες και συνεργεία που απαιτούνται για την διάσωση εγκλωβισμένων από μία κατάρρευση κτιρίου οδηγούν στην ύπαρξη πολλών δραστηριοτήτων που κάνουν απαγορευτική την επίλυση του προβλήματος με οποιαδήποτε αναλυτική μέθοδο. Ο αλγόριθμος COMSOAL είναι ένας απλός ευρετικός αλγόριθμος όπου στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι παράγει αρκετά καλά αποτελέσματα όταν εφαρμόζεται για την επίλυση του προβλήματος

προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους. Επομένως η χρήση ενός ευρετικού αλγορίθμου για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος αποτελεί μονόδρομο.

Το πρόβλημα του προγραμματισμού με περιορισμένους πόρους στοχεύει στις περισσότερες περιπτώσεις στην πιο σύντομη ολοκλήρωση του έργου. Στην περίπτωση όμως που εξετάζουμε ο χρόνος σε κάθε περιστατικό έχει πολύ σημαντικό ρόλο και αυτό γιατί σχετίζεται με ανθρώπινες ζωές. Για αυτό το λόγο συνδέσαμε το χρόνο σε κάθε περιστατικό με την απώλεια ανθρώπινων ζωών. Πρώτο μέλημα στο πρόβλημα που εξετάσαμε ήταν η διάσωση όσο το δυνατόν περισσότερων θυμάτων και έπειτα η πιο σύντομη ολοκλήρωση του έργου.

Η εφαρμογή του τροποποιημένου αλγόριθμου COMSOAL με τον αθροιστικό κανόνα αλλά και με τον κανόνα μεγαλύτερης διάρκειας της επόμενης δραστηριότητας είχε τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με την λύση του προβλήματος με την χαλάρωση του περιορισμού των πόρων. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι εξετάστηκε η το σενάριο της άσκησης προσομοίωσης σεισμού όπου υπήρχαν μόνο τρία περιστατικά προς αντιμετώπιση από τους εμπλεκόμενους φορείς και η έλλειψη των συνεργείων ΔΕΗ, ΕΠΑ και ΝΑΛ επικαλύφτηκε από δραστηριότητες με μεγάλη διάρκεια. Ο κανόνας μικρότερης διάρκειας επόμενης δραστηριότητας είχε σαν αποτέλεσμα ελάχιστα μεγαλύτερο χρόνο ολοκλήρωσης του έργου και ίδιο αριθμό θυμάτων να καταλήγουν. Σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για κανένα από τους τρεις κανόνες που εξετάστηκαν, ποιος είναι δηλαδή εκείνος ο κανόνας που είναι πιο κατάλληλος για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος.

Αντικείμενο περαιτέρω εργασίας πάνω στο συγκεκριμένο πρόβλημα θα μπορούσε να είναι η αντιμετώπιση των διαρκειών των δραστηριοτήτων ως στοχαστικές αφού σε τέτοιες περιπτώσεις είναι χαοτικές οι καταστάσεις που δημιουργούνται. Επίσης στην παρούσα εργασία οι απώλειες ανθρώπινων ζωών αντιμετωπίστηκαν με μία γραμμική μορφή σε σχέση με το χρόνο για λόγους μικρότερης πολυπλοκότητας. Η σωστότερη προσέγγιση του θέματος από στατιστικά στοιχεία είναι απαραίτητη για την καλύτερη κατανομή των ενισχύσεων και άρα την διάσωση περισσότερων ανθρώπινων ζωών. Τέλος η αντιμετώπιση των πρώτων κρίσιμων ωρών από άλλες φυσικές ή τεχνολογικές καταστροφές θα μπορούσαν να εξεταστούν ως πρόβλημα προγραμματισμού έργου με περιορισμένους πόρους.

Βιβλιογραφία

- [1] - Blazewicz, J., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, A.H.G., 1983. *Scheduling projects subject to resource constraints: Classification and complexity*. Discrete Applied Mathematics 5, 11-24.
- [2] - Pritsker, A.A.B., L.J. Watters and P.M. Wolfe (1969), *Multi Project Scheduling with Limited Resources: A Zero-One Programming Approach*, Management Science, 16, 93-108.
- [3] - Kaplan, L.A. (1988), *Resource-Constrained Project Scheduling with Preemption of Jobs*, Unpublished Ph.D. Thesis, University of Michigan.
- [4] - Klein, R. (2000), *Scheduling of Resource-Constrained Projects*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [5] – Alvarez-Valdés, R. and J.M. Tamarit (1993), *The Project Scheduling Polyhedron: Dimension, Facets and Lifting Theorems*, European Journal of Operational Research, 67, 204-220.
- [6] – Mingozi, A., V. Maniezzo, S. Ricciardelli and L. Bianco (1998), *An Exact Algorithm for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem Based on a New Mathematical Formulation*, Management Science, 44, 715-729.
- [7] - Stinson, J.P., Davis, E.W., Khumawala, B.H., 1978. *Multiple resource-constrained scheduling using branch and bound*. AIIE Transactions 10, 252-259.
- [8] - Christofides, N., Alvares-Valdes, R., Tamarit, J.M., 1987. *Project scheduling with resource constraints: A branch and bound approach*. European Journal of Operational Research 29, 262-273.
- [9] - Demeulemeester, E., Herroelen, W., 1992. *A branch and bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem*. Management Science 38, 1803-1818.
- [10] - Mingozi, A., Maniezzo, V., Ricciardelli, S., Bianco, L., 1994. *An exact algorithm for project scheduling with resource constraints based on a new mathematical formulation*, Technical report no. 32, Department of Mathematics, University of Bologna, Italy.
- [11] - Peter Brucker, Sigrid Knust, Arno Schoo, Olaf Thiele (1997), *A branch and bound algorithm for the resource-constrained project scheduling problem*, European Journal of Operational Research 107 (1998) 272-288
- [12] – Sonke Hartmann, Rainer Kolisch (2000), *Experimental evaluation of state-of-the-art heuristics for the resource-constrained project scheduling problem*, European Journal of Operational Research 127, 394-407
- [13] - T. Baar, P. Brucker, S. Knust, *Tabu-search algorithms and lower bounds for the resource-constrained project scheduling problem*
- [14] - K. Bouleimen, H. Lecocq, (1998), *A new efficient simulated annealing algorithm for the resource-constrained project scheduling problem*, Technical Report, Service de Robotique et Automatisation, Université de Liège.
- [15] - S. Hartmann (1998), *A competitive genetic algorithm for resource-constrained project scheduling*, Naval Research Logistics 45, 733-750.
- [16] - Demeulemeester, E., Herroelen, W., 1995. *New benchmark results for the resource-constrained project scheduling problem*, Paper presented at the INFORMS Singapore International 1995 Meeting.
- [17] - Arcus, A. L., 1966, *COMSOAL: A computer method of sequencing operations for assembly lines*. International Journal of Production Research, 4, 259 - 277.

[18] - Whitehouse, G. E. and Tidwell, D., 1980, *A comparison of computer search heuristics to analyze activity networks with limited resources*. Proceedings of the ORSA/TIMS Conference.

[19] - Whitehouse, G. E., 1985, *Practical Partners: Microcomputers and the Industrial Engineer* (Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Α1: Αρίθμηση και αποτύπωση των Δραστηριοτήτων, διάρκεια και προαπαιτούμενες Δραστηριότητες

A/A	Δραστηριότητα	Προαπαιτούμενες Δραστηριότητες	Διάρκεια
1	Έναρξη	-	0
2	Επιβεβαίωση πτώσης γέφυρας	1	3
3	Επιβεβαίωση πτώσης πολυκατοικίας	1	3
4	Επιβεβαίωση σπασίματος αγωγού φυσικού αερίου	1	3
5	Ενημέρωση των Νοσοκομείων για την κατάσταση	2, 3	10
6	Τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ των Νοσοκομείων για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	5	5
7	Κήρυξη των Νοσοκομείων σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης μετά από υπόδειξη του Διοικητή του νοσοκομείου και του ΕΚΕΠΥ	6	5
8	Εφαρμογή διαδικασίας παροχής εκτάκτου εξιτηρίου	7	2
9	Ενημέρωση των πληρωμάτων του ΕΚΑΒ της γέφυρας για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	8	2
10	Ενημέρωση των πληρωμάτων του ΕΚΑΒ της Πολυκατοικίας για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	8	2
11	Μετάβαση συνεργείου της ΔΕΗ στη γέφυρα	2	5
12	Μετάβαση Πυροσβεστικής ΕΜΑΚ στη γέφυρα	2	3
13	Μετάβαση υπηρεσιών της ΝΑΛ στη Γέφυρα	2	5
14	Μετάβαση ΕΚΑΒ στη γέφυρα	2	15

15	Μετάβαση της αστυνομίας στη γέφυρα	2	5
16	Διακοπή ρεύματος από την ΔΕΗ	11	10
17	Καθορισμός Ζωνών από την πυροσβεστική	12	3
18	Υπόδειξη υποστυλωμάτων και κάθετων διεισδύσεων από τις υπηρεσίες της ΝΑΛ	13	10
19	Δημιουργία χώρου συλλογής θυμάτων στη γέφυρα	14, 15	2
20	Άνοιγμα δρόμων από τα Νοσοκομεία προς τη γέφυρα από την Αστυνομία	15	20
21	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων γέφυρας(Αρχικές δυνάμεις)	9, 16, 17, 18, 19, 20	-
22	Μετάβαση συνεργείου της ΕΠΑ στην πολυκατοικία	3	20
23	Μετάβαση συνεργείου της ΔΕΗ στην πολυκατοικία	3	5
24	Μετάβαση Πυροσβεστικής ΕΜΑΚ στην πολυκατοικία	3	20
25	Μετάβαση υπηρεσιών της ΝΑΛ στην πολυκατοικία	3	20
26	Μετάβαση ΕΚΑΒ στην πολυκατοικία	3	15
27	Μετάβαση της αστυνομίας στην πολυκατοικία	3	5
28	Διακοπή φυσικού αερίου από την ΕΠΑ για την ασφαλή εργασία των συνεργείων	22	10
29	Διακοπή ρεύματος από την ΔΕΗ για την ασφαλή εργασία των συνεργείων στην πολυκατοικία	23	10
30	Καθορισμός Ζωνών από την πυροσβεστική στην πολυκατοικία	24	3
31	Υπόδειξη υποστυλωμάτων και κάθετων διεισδύσεων από τις υπηρεσίες της ΝΑΛ στην πολυκατοικία	25	20

32	Δημιουργία χώρου συλλογής θυμάτων στην πολυκατοικία	26, 27	2
33	Άνοιγμα δρόμων από τα Νοσοκομεία προς την πολυκατοικία από την Αστυνομία	27	20
34	Ενημέρωση πυροσβεστικής από ΔΕΣΦΑ	4	3
35	Ενημέρωση αστυνομίας από ΔΕΣΦΑ	4	3
36	Ενημέρωση υπεύθυνου επιφυλακής από ΔΕΣΦΑ	4	3
37	Άφιξη πυροσβεστικής στο σημείο του αγωγού	34	20
38	Άφιξη αστυνομίας στο σημείο του αγωγού	35	10
39	Άφιξη υπεύθυνου επιφυλακής στο σημείο του αγωγού	36	15
40	Δομή ενεργειών μέσω σχετικού εγχειριδίου για την αποκατάσταση της ζημίας	37, 38, 39	60
41	Άφιξη ενισχύσεων από όμορους νομούς	2, 3	60
42	Καθοδήγηση των ενισχύσεων στη γέφυρα	41	20
43	Καθοδήγηση των ενισχύσεων στην πολυκατοικία	41	20
44	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την γέφυρα και (Ενισχύσεις)	16,17,18,19,20,42	-
45	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία (Ενισχύσεις)	28,29,30,31,32,33,43	-
46	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία και (αρχικές δυνάμεις)	10, 28, 29, 30, 31, 32, 33	-
47	Μεταφορά των συνεργείων Πυροσβεστικής, ΕΜΑΚ, ΕΚΑΒ στην πολυκατοικία	21, 44	20

48	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία και (Δυνάμεις Γέφυρας)	28,29,30,31,32,33,47	-
49	Τέλος	21, 40, 44, 45, 48	-

Πίνακας Α 2: Οι Δραστηριότητες και οι απαιτούμενοι πόροι για την ολοκλήρωση τους όπως προκύπτουν από τα πρακτικά της άσκησης προσομοίωσης σεισμού στην πόλη της Λάρισας

Α/Α	Δραστηριότητα	Απαιτούμενοι πόροι						
		Συnergείο ΔΕΗ	Συnergείο ΝΑΛ	Συnergείο ΕΠΑ	Ομάδα ΕΜΑΚ	Ομάδα Πυρ/κής	Ομάδα ΕΚΑΒ	Ομάδα Αστυνομίας
1	Έναρξη	0	0	0	0	0	0	0
2	Επιβεβαίωση πτώσης γέφυρας	0	0	0	0	0	0	0
3	Επιβεβαίωση πτώσης πολυκατοικίας	0	0	0	0	0	0	0
4	Επιβεβαίωση σπασίματος αγωγού φυσικού αερίου	0	0	0	0	0	0	0
5	Ενημέρωση των Νοσοκομείων για την κατάσταση	0	0	0	0	0	0	0
6	Τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ των Νοσοκομείων για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	0	0	0	0	0	0	0
7	Κήρυξη των Νοσοκομείων σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης μετά από υπόδειξη του Διοικητή του νοσοκομείου και	0	0	0	0	0	0	0

	του ΕΚΕΠΥ							
8	Εφαρμογή διαδικασίας παροχής εκτάκτου εξιτηρίου	0	0	0	0	0	0	0
9	Ενημέρωση των πληρωμάτων του ΕΚΑΒ της γέφυρας για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	0	0	0	0	0	0	0
10	Ενημέρωση των πληρωμάτων του ΕΚΑΒ της Πολυκατοικίας για τις διαθέσιμες ΜΕΘ	0	0	0	0	0	0	0
11	Μετάβαση συνεργείου της ΔΕΗ στη γέφυρα	1	0	0	0	0	0	0
12	Μετάβαση Πυροσβεστικής ΕΜΑΚ στη γέφυρα	0	0	0	1	3	0	0
13	Μετάβαση υπηρεσιών της ΝΑΛ στη Γέφυρα	0	1	0	0	0	0	0
14	Μετάβαση ΕΚΑΒ στη γέφυρα	0	0	0	0	0	3	0
15	Μετάβαση της αστυνομίας στη γέφυρα	0	0	0	0	0	0	5
16	Διακοπή ρεύματος από την ΔΕΗ	1	0	0	0	0	0	0
17	Καθορισμός Ζωνών από την πυροσβεστική	0	0	0	1	3	0	0

18	Υπόδειξη υποστυλωμάτων και κάθετων διεισδύσεων από τις υπηρεσίες της ΝΑΛ	0	1	0	0	0	0	0
19	Δημιουργία χώρου συλλογής θυμάτων στη γέφυρα	0	0	0	0	0	3	1
20	Άνοιγμα δρόμων από τα Νοσοκομεία προς τη γέφυρα από την Αστυνομία	0	0	0	0	0	0	4
21	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων γέφυρας(Αρχικές δυνάμεις)	0	0	0	1	0	3	4
22	Μετάβαση συνεργείου της ΕΠΑ στην πολυκατοικία	0	0	1	0	0	0	0
23	Μετάβαση συνεργείου της ΔΕΗ στην πολυκατοικία	1	0	0	0	0	0	0
24	Μετάβαση Πυροσβεστικής ΕΜΑΚ στην πολυκατοικία	0	0	0	1	3	0	0
25	Μετάβαση υπηρεσιών της ΝΑΛ στην πολυκατοικία	0	1	0	0	0	0	0
26	Μετάβαση ΕΚΑΒ στην πολυκατοικία	0	0	0	0	0	3	0

27	Μετάβαση της αστυνομίας στην πολυκατοικία	0	0	0	0	0	0	5
28	Διακοπή φυσικού αερίου από την ΕΠΑ για την ασφαλή εργασία των συνεργείων	0	0	1	0	0	0	0
29	Διακοπή ρεύματος από την ΔΕΗ για την ασφαλή εργασία των συνεργείων στην πολυκατοικία	1	0	0	0	0	0	0
30	Καθορισμός Ζωνών από την πυροσβεστική στην πολυκατοικία	0	0	0	1	3	0	0
31	Υπόδειξη υποστρωμάτων και κάθετων διεισδύσεων από τις υπηρεσίες της ΝΑΛ στην πολυκατοικία	0	1	0	0	0	0	0
32	Δημιουργία χώρου συλλογής θυμάτων στην πολυκατοικία	0	0	0	0	0	3	1
33	Άνοιγμα δρόμων από τα Νοσοκομεία προς την πολυκατοικία από την Αστυνομία	0	0	0	0	0	0	4
34	Ενημέρωση πυροσβεστικής	0	0	0	0	0	0	0

	από ΔΕΣΦΑ							
35	Ενημέρωση αστυνομίας από ΔΕΣΦΑ	0	0	0	0	0	0	0
36	Ενημέρωση υπεύθυνου επιφυλακής από ΔΕΣΦΑ	0	0	0	0	0	0	0
37	Άφιξη πυροσβεστικής στο σημείο του αγωγού	0	0	0	0	2	0	0
38	Άφιξη αστυνομίας στο σημείο του αγωγού	0	0	0	0	0	0	2
39	Άφιξη υπεύθυνου επιφυλακής στο σημείο του αγωγού	0	0	1	0	0	0	0
40	Δομή ενεργειών μέσω σχετικού εγχειριδίου για την αποκατάσταση της ζημίας	0	0	1	0	2	0	2
41	Άφιξη ενισχύσεων από όμορους νομούς	0	0	0	0	4	4	0
42	Καθοδήγηση των ενισχύσεων στη γέφυρα	0	0	0	0	*	*	0
43	Καθοδήγηση των ενισχύσεων στην πολυκατοικία	0	0	0	0	*	*	0
44	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από	0	0	0	0	*	*	0

	την γέφυρα και (Ενισχύσεις)							
45	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία (Ενισχύσεις)	0	0	0	0	*	*	0
46	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία και (αρχικές δυνάμεις)	0	0	0	1	0	3	4
47	Μεταφορά των συνεργείων Πυροσβεστικής, ΕΜΑΚ, ΕΚΑΒ στην πολυκατοικία	0	0	0	0	*	*	0
48	Απεγκλωβισμός και μεταφορά θυμάτων στα νοσοκομεία από την πολυκατοικία και (Δυνάμεις Γέφυρας)	0	0	0	0	*	*	0
49	Τέλος	0	0	0	0	0	0	0