



ΤΕΙΜ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ & ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΟΡΥΧΕΙΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΑΡΓΙΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΠΑΓΕΡΙΔΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ 2006

## Πρόλογος

Στην εργασία αυτή εξετάζονται τα υπάρχοντα συστήματα ελέγχου λειτουργία υπαίθριων εκμεταλλεύσεων τα οποία βασίζονται στη σύγχρονη τεχνολογία πληροφορικής και επικοινωνίας. Συγκεκριμένα αναφέρονται τα συστήματα GPS και SCADA, συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης και Πρακτορικά Συστήματα καθώς και σχετικοί με το πρόβλημα ελέγχου λειτουργίας αλγόριθμοι όπως το σύστημα Dispatch. Ειδικότερα εξετάζεται ένα υπάρχον σύστημα που διατίθεται στην αγορά από την εταιρεία Maptek/ASI, το MineSuite, το οποίο είναι ένα πλήρες σύστημα ελέγχου λειτουργίας εκμεταλλεύσεων (και όχι μόνο) το οποίο εκμεταλλεύεται όλες τις παραπάνω τεχνολογίες και συστήματα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ. Ιωάννη Καπαγερίδη που μου έδωσε την ευκαιρία να γνωρίσω και να μάθω πολλά σχετικά με τα συστήματα αυτά, για την βοήθεια του κατά την εκπόνηση της εργασίας και για την υπέροχη συνεργασία μας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια.

Μαρία Αργιαντοπούλου

Κοζάνη, 2006

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	i
Περιεχόμενα.....	ii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Στοιχειώδη Τμήματα.....	1
1.3 Κατασκευές.....	2
1.4 Στυλ.....	4
1.5 Τύποι.....	4
1.6 Πραγματοποιήσεις .....	5
1.7 Δομή της Εργασίας .....	6
2. Στοιχεία Λειτουργίας Υπαίθριου Ορυχείου.....	7
2.1 Γεωμετρικά και Μορφολογικά Χαρακτηριστικά.....	7
2.2 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά.....	11
2.3 Εξοπλισμός και Εργοστάσιο .....	14
2.4 Αποθήκευση Υλικών και Προϊόντων .....	15
3. Σύστημα Dispatch.....	17
3.1 Γενικά.....	17
3.2 Συστήματα Πρακτόρων στην Παραγωγή .....	17
3.3 Σύστημα Πρακτόρων Dispatch.....	19
3.3.1 Αλγόριθμος Dispatch .....	20
3.3.2 Πράκτορας Φορτωτή .....	22
3.3.3 Πράκτορας Φορτηγού.....	23
3.3.4 Πράκτορας Διαχειριστή Συμβολαίων .....	24
3.3.5 Πράκτορας Συντονιστή Προσφορών και Συμβολαίων.....	24
3.4 Μέθοδος Απόδοσης Προτεραιότητας σε Προσφορές.....	24
3.5 Επιλογή Καλύτερου Χτυπήματος Προσφοράς.....	25
3.6 Διαχείριση Διαδρομής .....	27
4. Συλλογή Πληροφοριών Πραγματικού Χρόνου .....	28
4.1 Γενικά.....	28
4.2 Συστήματα Υλικού.....	28
4.2.1 Μονάδες Τηλε-επεξεργασίας.....	28

4.2.2 Οθόνες Αφής.....	30
4.2.3 Δέκτης GPS.....	31
4.2.4 Θήκη Προστασίας Εξοπλισμού .....	32
4.3 Έλεγχος Πραγματικού Χρόνου Εργοστασίου και Εξοπλισμού.....	33
4.3.1 Φορητό .....	35
4.3.2 Φορτωτής.....	40
4.3.3 Βυτιοφόρο Καυσίμου.....	41
4.3.4 Σταθμός Ανεφοδιασμού Καυσίμων .....	42
4.3.5 Γεωτρύπανο .....	43
4.3.6 Βοηθητικός Εξοπλισμός .....	44
4.3.7 Αντλία .....	44
4.3.8 Έλεγχος Περιβάλλοντος .....	44
5. Προβολή και Επεξεργασία Πληροφοριών .....	46
5.1 Συστήματα Πραγματικού Χρόνου Βασιζόμενα σε Προσωπικό Υπολογιστή (PC).....	46
5.1.1 Σύστημα Απευθείας Σύνδεσης Επίβλεψης Χάρτη.....	47
5.1.2 Απευθείας Σύνδεσης Σύστημα Επίβλεψης Εξερευνητή .....	47
5.1.3 Σύστημα Επίβλεψης.....	48
5.1.4 Επίβλεψη Προειδοποιήσεων .....	49
5.2 Τερματικό Επίβλεψης από Απόσταση .....	49
5.3 Συστήματα SCADA .....	49
5.4 Dispatch .....	50
5.5 Μεταβολή και Εισαγωγή Δεδομένων .....	50
5.6 Δημιουργία Αναφορών Συστήματος.....	53
5.6.1 Ερώτηση.....	53
5.6.2 Σελίδα.....	57
5.6.3 Εργαλείο Batch .....	61
5.6.4 Προϋπολογισμός .....	61
5.7 Διαχείριση Στοιχείων .....	63
6. Ολοκληρωμένα Συστήματα Ελέγχου Λειτουργίας.....	65
6.1 Γενικά.....	65
6.2 Διαδικασίες .....	65
6.3 Τοποθεσίες – Θέσεις.....	68
6.4 Γεγονότα .....	70

6.5 Καθυστερήσεις – Διακοπές.....	72
6.5.1 Αιτιολογία .....	73
6.5.2 Απόδοση Ευθύνης.....	75
6.5.3 Ταξινόμηση .....	76
6.5.4 Τύπος.....	76
6.5.5 Κατηγορία .....	77
6.6 Τύποι Ομάδων και Ομάδες .....	77
6.7 Προσωπικό – Βάρδιες.....	78
6.8 Ημερολόγιο Ορυχείου.....	80
6.9 Ποιότητες και Υλικά.....	81
7. Παραδείγματα Εφαρμογής.....	83
7.1 Ρυθμιστικοί Δείκτες Παραγωγής .....	83
7.2 Αξιοπίστη Παραγωγή Μεταλλεύματος.....	86
7.3 Εφαρμογή του MineSuite στο Assmang.....	88
7.4 MineSuite στο Υπόγειο Ορυχείο στο Illawarra .....	89
8. Συμπεράσματα .....	92
Παράρτημα 1 – MineSuite Case Studies .....	93
Παράρτημα 2 – Δημοσίευση στο Συνέδριο AMIREG2006 .....	104
Βιβλιογραφία .....	112

# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Στην εργασία αυτή εξετάζονται συστήματα ελέγχου λειτουργίας υπαίθριων ορυχείων. Θα μιλήσουμε για τα στοιχεία λειτουργίας ενός υπαίθριου ορυχείου, για το σύστημα *Dispatch* και ειδικότερα για την λειτουργία του *Minesuite*, ενός συστήματος ελέγχου υπαίθριων αλλά και υπόγειων ορυχείων.

Γενικά το *Minesuite* έχει την ίδια λειτουργία με όλα σχεδόν τα συστήματα πληροφοριών. Ειδικότερα:

- Αντιμετωπίζει το πρόβλημα του τομέα εφαρμογής (π.χ. το ορυχείο).
- Συλλέγει πληροφορίες σε ημερήσια βάση.
- Παράγει πληροφοριακές αναφορές βασισμένες στο μοντέλο και στις ιστορικές πληροφορίες.

## 1.2 Στοιχειώδη Τμήματα

Το χαρακτηριστικό εκείνο που κάνει το *Minesuite* να ξεχωρίζει από τα περισσότερα συστήματα πληροφοριών, είναι το επίπεδο προσαρμογής του, κάτι που πηγάζει από το γεγονός ότι πρόκειται για ένα γενικό πακέτο. Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο θα περιγράψουμε τα στοιχειώδη τμήματα του - πως χρησιμοποιούνται γενικές αναπαραστάσεις για να παρέχουν μοντέλα μιας ευρείας ποικιλίας καταστάσεων. Οι έννοιες οι οποίες θα εξηγηθούν και θα καλυφθούν σε αυτό το κεφάλαιο είναι οι παρακάτω:

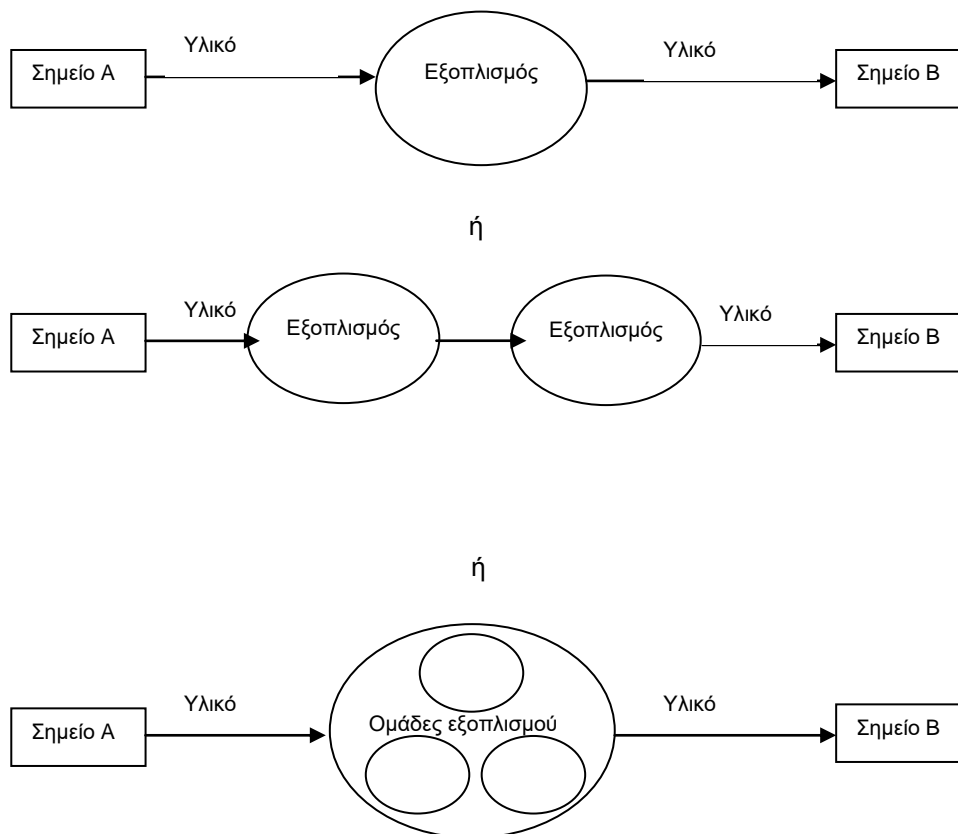
1. **Κατασκευές.** Τα στοιχειώδη μέρη του μοντέλου. (Αυτά είναι οι διαδικασίες, οι τοποθεσίες, τα προϊόντα, τα γεγονότα καθώς και οι καθυστερήσεις. Επιπλέον μερικές από αυτές τις γενικές έννοιες περιέχουν μια ποικιλία από τύπους - στυλ).
2. **Τύποι.** Συγκεκριμένη χρήση κατασκευαστικών μονάδων. (Περιέχει μια ποικιλία παραδειγμάτων και κατασκευών).
3. **Παραδείγματα.** Αναφέρονται πραγματοποιήσεις των κατασκευών.
4. **Χαρακτηριστικά.** Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά των κατασκευών, των τύπων και των παραδειγμάτων γενικότερα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το *Minesuite* είναι ένα σύστημα παρακολούθησης και αναφοράς μεταλλευτικής παραγωγής. Είναι ένα σύστημα που

απαιτεί αρκετή προετοιμασία για το στήσιμο του αλλά μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε μεταλλευτικό σενάριο.

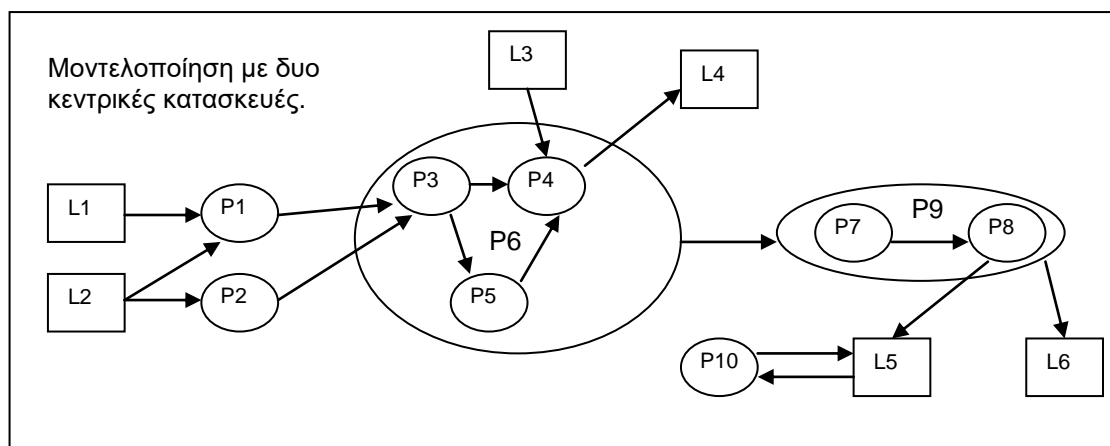
### 1.3 Κατασκευές

Οι δύο πυρήνες κατασκευής που χρειάζονται είναι: τα σημεία στην τοποθεσία του ορυχείου που είναι συγκεντρωμένο το υλικό και οι μονάδες ή συγκροτήματα του εξοπλισμού που χρειάζονται για να μετακινήσουν ή να προωθήσουν υλικό (Σχήμα 1.1, 1.2).



**Σχήμα 1.1:** Μετακίνηση υλικού μέσα σε ορυχείο.

Το Minesuite χρησιμοποιεί τον όρο 'τοποθεσίες' για τα σημεία του ορυχείου. Ο προσδιορισμός της τοποθεσίας καλύπτει τα σημεία εκείνα στα οποία το υλικό στοιβάζεται, αποθηκεύεται, πετιέται, ξαναζητείται, αποσύρεται ή μετακινείται γενικότερα. Τα σημεία λοιπόν αυτά των ορυχείων είναι: α) αποθέσεις, β) κάδοι, γ) επιμήκη ευθύγραμμα μέτωπα και δ) αποθήκες μεταλλεύματος.

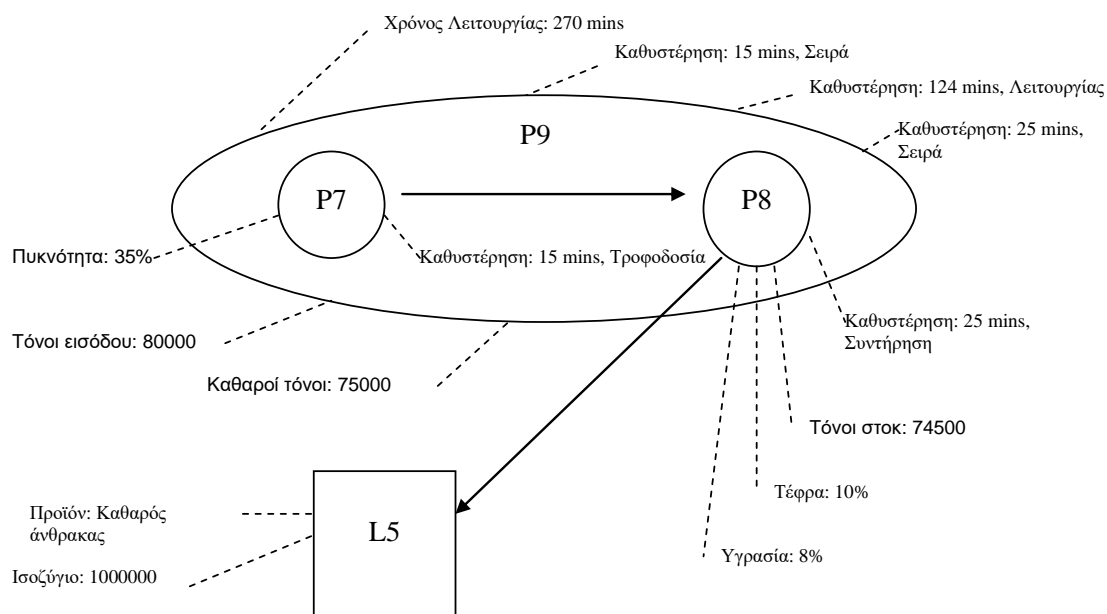


**Σχήμα 1.2:** Μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας δυο κεντρικές κατασκευές.

Οι ‘διαδικασίες’ είναι και οι πιο πολύπλοκες από τις δύο κατασκευές που προαναφέρθηκαν. Έχουν πολλά χαρακτηριστικά που τις επιτρέπουν να συνδυαστούν με άλλες διαδικασίες. Για παράδειγμα η ‘διαδικασία’ μπορεί να αποδίδεται ιεραρχικά (με άλλες διαδικασίες) επιτρέποντας την παραγωγή να επεκτείνεται σε συγκροτήματα διαδικασιών και σε συγκροτήματα συγκροτημάτων (όπως οι διαδικασίες P6 και P9 στο Σχήμα 1.2).

Χρησιμοποιώντας λοιπόν ‘τοποθεσίες’ και ‘διαδικασίες’, καθώς και τις λειτουργίες τους, στη μνήμη του Minesuite δημιουργείται ένα διάγραμμα ορυχείου. Στο πάνω μέρος αυτού του διαγράμματος βρίσκονται οι άλλες κατασκευές που υπάρχουν μέσα στο ορυχείο όπως οι παράμετροι παραγωγής, τα προσωπικά δεδομένα τα προϊόντα καθώς και τα πιστοποιητικά. Αυτές οι άλλες κατασκευές λαμβάνονται σαν χαρακτηριστικά των ‘τοποθεσιών’ και των ‘διαδικασιών’. Επιπλέον χαρακτηριστικό των ‘τοποθεσιών’ είναι τα προϊόντα. Χαρακτηριστικά όμως μόνο των διαδικασιών είναι οι παράμετροι παραγωγής, οι καθυστερήσεις και τα προσωπικά δεδομένα (Σχήμα 1.3).





**Σχήμα 1.3:** Πλαίσιο εφαρμογής των κατασκευών με διάφορες παραμέτρους.

Συνοψίζοντας το Minesuite μπορεί να δημιουργήσει την δομή και την ιστορική πραγματικότητα από μια μεγάλη ποικιλία ορυχείων χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό από διαδικασίες, γεγονότα, καθυστερήσεις, προσωπικά δεδομένα και πιστοποιητικά κατασκευών. Πράγμα που σημαίνει ότι όλες οι οντότητες εντός του ορυχείου γίνονται μία από τις κατασκευές του MineSuite. Για παράδειγμα, όλα τα τμήματα του εξοπλισμού προσδιορίζονται ως διαδικασίες και όλες οι αποθέσεις ως τοποθεσίες.

## 1.4 Στυλ

Σε κάθε κατασκευή είναι πιθανό να απαιτηθεί περισσότερη διαφοροποίηση. Για παράδειγμα οι αποθέσεις και τα υπαίθρια μεταλλεία παρόλο ότι το καθένα θεωρείται 'τοποθεσία', έχουν διαφορές στο είδος των πληροφοριών που θα πρέπει να αποθηκευτούν γι' αυτά. Και αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο μερικές κατασκευές έχουν ποικιλία τύπων.

## 1.5 Τύποι

Οι τύποι μέσα στο Minesuite δεν είναι κωδικοποιημένοι. Προσδιορίζονται (δημιουργούνται και ονομάζονται) από έναν κατασκευαστή-χρήστη του συστήματος. Δηλαδή δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι τύποι διαδικασιών ή τοποθεσιών που είναι προσδιορισμένοι στο Minesuite. Με λίγα λόγια εξαρτάται από την κάθε τοποθεσία να έχει τον δικό της τύπο.

Παρόλα αυτά το Minesuite χρησιμοποιεί ευδιάκριτους τύπους σε πολλές κατασκευές. Η ουσία του ευδιάκριτου τύπου είναι κεντρική στο σύνολο του Minesuite σαν προϊόν συστήματος πληροφοριών. Γενικότερα όμως οι τύποι καθορίζουν την συμπεριφορά σε αφηρημένο επίπεδο. Μεταξύ κατασκευών (διαδικασίες, τοποθεσίες κτλ) και οντοτήτων πραγματικού κόσμου (ιμάντες, αποθέσεις κτλ), αυτή η γενική ιδέα του τύπου παρέχει ένα ενδιάμεσο επίπεδο σχέσεως. Για παράδειγμα υπάρχει μια διαδικασία ονομαζόμενη ‘ιμάντας xyz’ με A (μεσαίο επίπεδο) και B (επίπεδο τύπου) σαν χαρακτηριστικά. Υπάρχει όμως ένας τύπος διαδικασίας ονομαζόμενος ‘ιμάντας’ με χαρακτηριστικά A και B στα οποία ο ιμάντας xyz είναι ένα παράδειγμα. Με λίγα λόγια το παραπάνω παράδειγμα μας δείχνει ότι επιτρέπεται να αφομοιώνονται τα χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά της οντότητας.

Χρησιμοποιώντας τύπους, εξοικονομείται και χρόνος και προσπάθεια στην αρχή της εγκατάστασης του Minesuite μιας και όλα τα παραδείγματα κατασκευών προσδιορίζονται στο σύστημα, απευθείας σε μια κατηγορία η οποία περιλαμβάνει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που μας χρειάζονται. Επιπλέον είναι υπερβολικά εναλλασσόμενο σύστημα αφού και οι κατασκευαστές συστημάτων και οι χρήστες μπορούν να γράψουν τη δική τους ιστορία, βρίσκοντας τους δικούς τους τύπους.

Μερικές κατασκευές, όπως για παράδειγμα οι ‘διαδικασίες’ και οι ‘καθυστερήσεις’ μπορούν να έχουν τύπους προσδιορισμένους πάνω σε άλλους τύπους (σε τύπο ιεραρχίας). Αυτές οι ιεραρχίες είναι κατηγορίες κατηγοριών οι οποίες παρέχουν περισσότερες λεπτομέρειες (π.χ. χαρακτηριστικά) σε κάθε χαμηλότερο επίπεδο. Παραδείγματα τύπων ιεραρχίας είναι οι τύποι διαδικασιών (οι οποίοι περιέχουν υπότυπους διαδικασιών) και οι τύποι καθυστερήσεων (οι οποίοι περιέχουν μεγάλης, μικρής και λεπτομερειακής κατηγορίας επίπεδα).

## **1.6 Πραγματοποιήσεις**

Οι πραγματοποιήσεις είναι γενικότερα οι άμεσες αναπαραστάσεις των οντοτήτων των ορυχείων στα όρια και στα πλαίσια των κατασκευών Minesuite. Ας υποθέσουμε ότι ο ‘Ιμάντας XYZ’ είναι ένας ιμάντας που υπάρχει σε εγκατάσταση. Επειδή λοιπόν ο ιμάντας είναι εξοπλισμός που γίνεται ως διαδικασία στο Minesuite, θα πρέπει να υπάρχει ένας τύπος διαδικασίας που να θεωρηθεί ‘ιμάντας’ για να εξακριβωθεί αυτή η συγκεκριμένη διαδικασία.

Η εγκατάσταση του Minesuite σε ένα ορυχείο απαιτεί την αναγνώριση κάθε αντικειμένου που θα πρέπει να υπάρχει ως πραγματοποίηση:

- Ο εξοπλισμός και οι ομάδες εξοπλισμού, οι οποίες απαιτούν παρακολούθηση παραγωγής, προσδιορίζονται ως πιθανά παραδείγματα διαδικασιών.
- Τα σημεία στο ορυχείο, που είναι άξια ενδιαφέροντος για παραγωγή, προσδιορίζονται σαν πιθανά παραδείγματα των τοποθεσιών.
- Τα διαφορετικά υλικά που έχουν εξορύσσονται ή μεταφέρονται, προσδιορίζονται ως πιθανά παραδείγματα των προϊόντων.
- Οι παράμετροι παραγωγής που απαιτούνται για την διαδικασία προσδιορίζονται ως πιθανά παραδείγματα γεγονότων.
- Το σύνολο των καθυστερήσεων, που μπορεί να προκαλέσουν την αποτυχία της διαδικασίας, προσδιορίζεται ως πιθανό παράδειγμα καθυστερήσεων.
- Οι άνθρωποι οι οποίοι δουλεύουν με τις διαδικασίες παραγωγής ή χρησιμοποιούν το Minesuite προσδιορίζονται ως παραδείγματα προσωπικού.

## 1.7 Δομή της Εργασίας

Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται τα διάφορα τμήματα μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης από την σκοπιά των πληροφοριακών συστημάτων (Κεφάλαιο 2) καθώς και το σύστημα Dispatch (Κεφάλαιο 3) το οποίο, στην περίπτωση του συστήματος MineSuite, βασίζεται στην τεχνολογία Πρακτορικών Συστημάτων (κλάδος της Τεχνητής Νοημοσύνης). Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφονται τα τμήματα του συστήματος συλλογής και αξιοποίησης πληροφοριών πραγματικού χρόνου τα οποία χρησιμοποιεί το σύστημα MineSuite καθώς και το είδος των πληροφοριών ανά τύπο εξοπλισμού. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η λειτουργία του κεντρικού συστήματος επεξεργασίας πληροφοριών του MineSuite και το πως χρησιμοποιούνται οι διάφορες πληροφορίες για την καλύτερη λειτουργία του ορυχείου και την κατασκευή αναφορών. Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται μια βαθύτερη ανάλυση των τμημάτων που συντελούν το πληροφοριακό μοντέλο του ορυχείου στην μνήμη το συστήματος MineSuite, ενώ στο έβδομο κεφάλαιο δίνονται παραδείγματα εφαρμογής του συστήματος αυτού στη μεταλλευτική βιομηχανία. Ακολουθούν τα συμπεράσματα της εργασίας στο Κεφάλαιο 8, υλικό σχετικό με το σύστημα MineSuite στο Παράρτημα και η σχετική βιβλιογραφία στο τέλος της εργασίας αυτής.

## 2. Στοιχεία Λειτουργίας Υπαίθριου Ορυχείου

### 2.1 Γεωμετρικά και Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Με τον όρο υπαίθρια ή επιφανειακή εκμετάλλευση εννοούμε οποιαδήποτε εκμετάλλευση πρώτων υλών η οποία γίνεται (πραγματοποιείται) επιφανειακά. Εκτός όμως από τον γενικό αυτό όρο, υπάρχουν και άλλοι όροι οι οποίοι αναφέρονται σε εκμεταλλεύσεις γενικότερα (είτε υπαίθριες, είτε πραγματοποιήσιμες με ιδιόμορφες μεθόδους). Σε γενικές γραμμές οι όροι αυτοί είναι:

- Λατομική εκμετάλλευση. Είναι η εκμετάλλευση βιομηχανικών πετρωμάτων (δολομίτη, ασβεστόλιθου κτλ) και κατά αντιστοιχία το εργοτάξιο ονομάζεται εργοτάξιο.
- Προσχωματική εκμετάλλευση. Είναι η εκμετάλλευση προσχωματικών κοιτασμάτων (π.χ. χρυσού). Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη εκμετάλλευση χρησιμοποιείται και σε ορισμένα μη προσχωματικά κοιτάσματα (π.χ. για την εκμετάλλευση каоλίνη που προέρχεται από γρανίτη).
- Υπαίθρια εκμετάλλευση. Είναι η εκμετάλλευση στρωματοειδούς μορφής (π.χ. γαιανθράκων και λιγνιτών) φωσφορικών κοιτασμάτων.

Οι μορφές τώρα τις οποίες μπορεί να λάβει μια υπαίθρια εκμετάλλευση είναι:

1. Κλειστή εκμετάλλευση, που μπορεί να αναπτυχθεί σε βάθος και οριζόντια.
2. Ανοιχτή εκμετάλλευση.

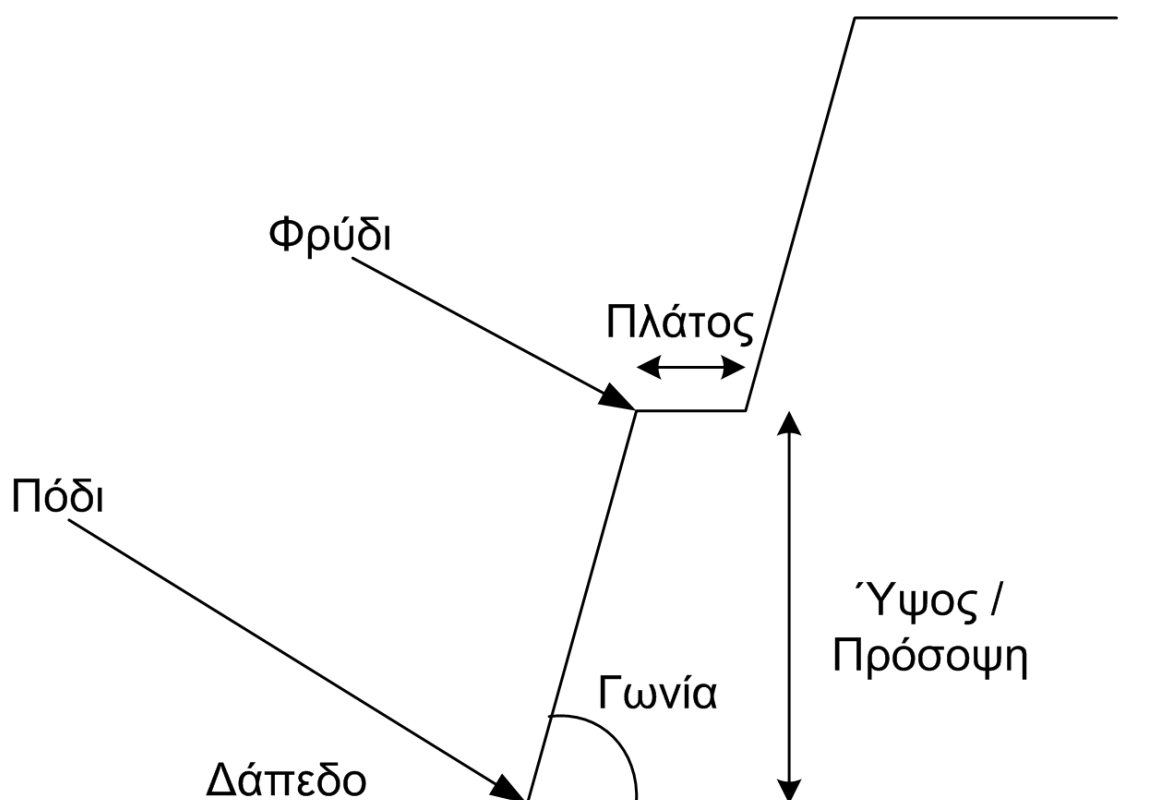
Κατά την κλειστή εκμετάλλευση που αναπτύσσεται οριζόντια, στην περίπτωση της εκμετάλλευσης λιγνιτών ή άλλων στρωματοειδών κοιτασμάτων θα πρέπει η προσπέλαση του κοιτάσματος να γίνει μέσω τάφρου διανοίξεως. Κλίση πρανούς ονομάζεται η γωνία η οποία σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο με την κλίση του λόφου (ή με οποιοδήποτε τεχνητό ή φυσικό πρανές. Γωνία φυσικού πρανούς ονομάζεται η μέγιστη κλίση υπό την οποία σωρός οποιουδήποτε (χαλαρού ή θραυσμένου υλικού) βρίσκεται σε ισορροπία.

**Βαθμίδα:** Αποτελεί τη συνηθέστερη γεωμετρική μορφή μετώπων παραγωγής υπαίθριων εκμεταλλεύσεων. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη δύο ελευθέρων επιφανειών, μιας οριζόντιας και μίας κατακόρυφου (ή κεκλιμένης με μεγάλη κλίση).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της βαθμίδας τα οποία είναι:

- Η πρόσοψη της βαθμίδας. Είναι η κατακόρυφη ή παρα-κατακόρυφη επιφάνεια του πρηνούς αυτής. Η βαθμίδα συνίσταται από ένα κατακόρυφο ή παρα-κατακόρυφο πρηνές ύψους 20 έως 30 μέτρων, το οποίο περιορίζεται μεταξύ δύο οριζοντίων επιπέδων.
- Το δάπεδο. Είναι το κατώτατο επίπεδο από τα δύο οριζόντια επίπεδα που καθορίζουν το πρηνές.

Εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπάρχουν ακόμα η κλίση, το πλάτος, το ύψος, το φρύδι και το πόδι της βαθμίδας.



Σχήμα 2.1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά βαθμίδας υπαίθριου ορυχείου.

**Άγωνα:** Με τον όρο αυτόν εννοούμε: α) το χωρίς οικονομική σημασία πέτρωμα που περιβάλλει το κοιτάσμα και β) τα χαμηλής περιεκτικότητας μεταλλεύματα των οποίων ο εμπλουτισμός είναι ασύμφορος. Μια κατηγορία αγόνων αποτελούν τα υπερκείμενα. Είναι τα άγωνα εκείνα τα οποία υπέρκεινται του κοιτάσματος και πρέπει να απομακρυνθούν για να πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση. Στις περιπτώσεις όμως εκμετάλλευσης στρωματοειδών και λιγνιτικών κοιτασμάτων χρησιμοποιείται και ο όρος ενδιάμεσα (βρίσκονται μεταξύ δύο επάλληλων στρωμάτων λιγνίτη).

Οι διαδοχικές φάσεις μιας υπαίθριας εκμετάλλευσης είναι:

- I. Η διάνοιξη των οδών προσπέλασης που συνδέουν το ορυχείο (λατομείο) με το υπάρχον οδικό δίκτυο οι οποίοι οδηγούν στα μέτωπα εξόρυξης καθώς και στους χώρους απόθεσης των αγόνων.
- II. Η αποκάλυψη του κοιτάσματος. Αποκάλυψη ονομάζεται η εργασία της εξόρυξης και απομάκρυνσης των αγόνων από το μέτωπο. Η φάση αυτή, ξεκινά πριν από την έναρξη παραγωγής του μεταλλεύματος και συνεχίζεται παράλληλα με την εκμετάλλευση του κοιτάσματος.
- III. Η περιχάραξη των μετώπων για την εξόρυξη του κοιτάσματος.
- IV. Η εξόρυξη του κοιτάσματος με την εφαρμογή ανάλογης μεθόδου.
- V. Εξόρυξη. Ονομάζεται η τμηματική απόσπαση ενός πετρώματος από την φυσική του θέση. Για την ευχερή διενέργεια της εξόρυξης παρίσταται ανάγκη για την συνεχή απομάκρυνση των προϊόντων της. Με άλλα λόγια η εξόρυξη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την φόρτωση και τη μεταφορά των εν λόγω προϊόντων.  
*Μέτωπο εξόρυξης.* Ονομάζεται το περιορισμένο τμήμα του κοιτάσματος στο οποίο γίνεται η εξόρυξη του πετρώματος.  
*Μέθοδος εξόρυξης.* Είναι η διάρθρωση όλων των απαραίτητων εργασιών για την τμηματική απόσπαση του πετρώματος από την φυσική του θέση.
- VI. Η φόρτωση και η μεταφορά του κοιτάσματος καθώς και η φόρτωση και η μεταφορά για την απόρριψη (α. εσωτερική και β. εξωτερική απόρριψη) των αγόνων.
- VII. Εσωτερική απόρριψη. Εάν η απόθεση των αγόνων πραγματοποιείται εντός της τελικής περιμέτρου (ορίων) της εκμετάλλευσης.
- VIII. Εξωτερική απόρριψη. Εάν πραγματοποιείται εκτός αυτής.

Τα όρια της εκμετάλλευσης αφορούν τα γεωμετρικά όρια μέχρι των οποίων θα φτάσει η εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος οριζόντια και σε βάθος. Ο όρος τελική περίμετρος εκμετάλλευσης αναφέρεται στη μέγιστη οριζόντια ανάπτυξη και ο όρος τελική περίμετρος βάσης αναφέρεται στην μέγιστη εις βάθος ανάπτυξη.

**Σχέση αποκάλυψης:** Ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των αγόνων που διακινούνται, ανά μονάδα εξορυσσόμενου μεταλλεύματος. Συνήθως εκφράζεται σε μονάδες όγκου αγόνων ανά τόνο μεταλλεύματος, όταν τα άγωνα διαφέρουν πετρογραφικά με το

μετάλλευμα (π.χ. ασβεστόλιθος προς βωξίτη, άργιλος προς λιγνίτη κτλ) και σε τόνους αγόνων ανά τόνους μεταλλεύματος όταν τα άγονα δε διαφέρουν από το μετάλλευμα πετρογραφικά.

Έχοντας δεδομένο ότι η σχέση αποκάλυψης μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης και συγκεκριμένα αυξάνεται με την επέκταση του βάθους της, χρησιμοποιούνται και κάποιοι άλλοι ειδικότεροι όροι:

- Μέση σχέση αποκάλυψης. Ορίζεται ως ο λόγος των αγόνων που πρέπει να απομακρυνθούν προς τον όγκο του μεταλλεύματος.
- Στιγμιαία ή τρέχουσα σχέση αποκάλυψης. Εάν θεωρήσουμε ότι η εκμετάλλευση που έχει προχωρήσει σε ένα βάθος 'h', προχωρήσει κατά ένα βάθος 'dh', τότε εξορύσσεται πρόσθετος όγκος αγόνων 'dVω' και πρόσθετος όγκος μεταλλεύματος 'dVo'. Ο λόγος πρόσθετου όγκου αγόνων 'dVω' προς τον πρόσθετο όγκο μεταλλεύματος 'dVo' (δηλαδή ο αριθμός των μονάδων όγκου αγόνων που πρέπει να απομακρυνθεί για να αποδοθεί στην παραγωγή μια μονάδα μεταλλεύματος) ονομάζεται στιγμιαία ή τρέχουσα σχέση αποκάλυψης. (Rστιγμ)
- Οριακή ή μέγιστη ή οικονομική σχέση αποκάλυψης. Ονομάζεται η στιγμιαία εκείνη σχέση, κατά την οποία με δεδομένο κέρδος, το κόστος της επιφανειακής εκμετάλλευσης ισούται με το κόστος της υπόγειας εκμετάλλευσης. Σε περίπτωση όμως που δεν είναι δυνατή η υπόγεια εκμετάλλευση, ως οριακή σχέση αποκάλυψης ορίζεται η στιγμιαία εκείνη σχέση η οποία παρέχει το ελάχιστο κέρδος για την επιχείρηση.
- Επιτρεπόμενη σχέση αποκάλυψης. Ορίζεται η τιμή της οριακής σχέσης αποκάλυψης στην οποία μηδενίζεται το κέρδος της εκμετάλλευσης.

**Οριακή περιεκτικότητα** ονομάζεται η κατώτατη περιεκτικότητα σε μέταλλο ή άλλο χρήσιμο συστατικό, κάτω από την οποία το πέτρωμα από το οποίο αποτελείται το κοίτασμα θεωρείται μη οικονομικά εκμεταλλεύσιμο.

Με άλλα λόγια η οριακή περιεκτικότητα αποτελεί το όριο μεταξύ μεταλλεύματος και στείρου. Τα τμήματα τα οποία έχουν περιεκτικότητα μεγαλύτερη από την οριακή θεωρούνται μεταλλεύματα και εξορύσσονται, ενώ αυτά που έχουν περιεκτικότητα μικρότερη από την οριακή, θεωρούνται άγονα και είτε μεταφέρονται στο χώρο απόθεσης των αγόνων, είτε δεν εξορύσσονται (στη περίπτωση που βρίσκονται στα περιφερειακά τμήματα της εκμετάλλευσης).

Η οριακή περιεκτικότητα καθορίζεται με βάση κάποια τεχνικά ή οικονομικά κριτήρια. Τεχνικό κριτήριο δύναται να εφαρμοσθεί, για την εξασφάλιση των τεχνικών εκείνων προδιαγραφών που τίθενται από την αγορά για την διάθεση του προϊόντος ( π.χ. για αν θεωρηθεί ένα μετάλλευμα εμπορεύσιμο, θα πρέπει η περιεκτικότητα του σε χρήσιμο συστατικό να υπερβαίνει το ανώτατο όριο. Όταν η μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος είναι χαμηλότερη,(ή εάν πρόκειται για βλαπτικό συστατικό υψηλότερη) από τα όρια αυτά, υπάρχει πολλές φορές η δυνατότητα να διαχωρίζονται τα φτωχότερα τμήματα του κοιτάσματος με βάση μια οριακή περιεκτικότητα, και να γίνεται με λίγα λόγια μια εκλεκτική εξόρυξη αυτού και να εξορύσσονται μόνο τα πλουσιότερα τμήματα του.

Όμως τα κριτήρια καθορισμού της οριακής περιεκτικότητας είναι κυρίως οικονομικά και στοχεύουν στη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος της εκμετάλλευσης. Τα κυριότερα κριτήρια καθορισμού της οριακής περιεκτικότητας είναι:

- 1) Μεγιστοποίηση των καθαρών εσόδων της εκμετάλλευσης
- 2) Μεγιστοποίηση της παρούσας αξίας των καθαρών εσόδων (ή των ταμειακών ροών) της εκμετάλλευσης.
- 3) Μεγιστοποίηση της εσωτερικής απόδοσης επί του κεφαλαίου.
- 4) Ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής του τελικού προϊόντος.

## **2.2 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά**

Η εξόρυξη είναι μια από τις πιο εντατικές εργασίες προβλέποντας κέρδη μακράς διάρκειας και διαμορφώνοντας ταυτόχρονα τη βάση για καινούριες επιχειρήσεις ή επεκτάσεις. Το κόστος της ιδιοκτησίας και της διατήρησης του εξοπλισμού απαιτεί μεγαλύτερη παραγωγικότητα. Μερικές φορές για παράδειγμα φορτηγά σχηματίζουν ‘ουρά’ σε έναν φορτωτή. Ενώ από την άλλη φορτωτές περιμένουν τα φορτηγά να φτάσουν. Σε αυτή την περίπτωση και τα φορτηγά και οι φορτωτές υποχρησιμοποιούνται. Σε άλλες περιπτώσεις, φτυάρια δίνουν φορτίο λιγότερο του κανονικού με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής και αν είναι υπερφορτωμένα μπορεί να προκληθεί ζημιά ή πρόωρη φθορά με αποτέλεσμα να έχουμε αυξημένους λογαριασμούς για επισκευή και υπερβολική καθυστέρηση.

Αν αυτό επιτρέπεται να συμβαίνει συχνά χωρίς έλεγχο, το ορυχείο μπορεί να υφίσταται μη αναγκαίες επιβαρύνσεις στα λειτουργικά έξοδα, αφαιρώντας από την επιχείρηση εκατομμύρια κέρδη.



Το ‘κλειδί’ σε οποιαδήποτε βελτιωτική διαδικασία ανάπτυξης, είναι η σωστά τοποθετημένη συλλογή πληροφοριών, σχετική με κάθε τομέα της επιχείρησης. Διαμορφώνοντας τις πληροφορίες αυτές για αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων επιβεβαιώνει την εργασία των προϊσταμένων, των παρατηρητών και των μηχανικών, οι οποίοι με τη σειρά τους συγκεντρώνουν τις προσπάθειές τους στο να καλυτερέψουν την ποιότητα, την παραγωγικότητα καθώς και τα κέρδη ολόκληρης της επιχείρησης.

Από την πλευρά της αποτελεσματικότητας και παραγωγικότητας, το προσωπικό πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει τι κάνει ο κάθε εξοπλισμός ανά πάσα στιγμή. Οι πληροφορίες πραγματικού χρόνου λοιπόν επιβεβαιώνουν εάν ο εξοπλισμός είναι ή όχι στη καλύτερη φάση λειτουργίας του.

Από την άποψη των πληροφοριών, το προσωπικό (όπως διευθυντές ορυχείων, μηχανικοί ορυχείων, διευθυντές σχεδιασμού, διευθυντές πληροφοριακών συστημάτων, προϊστάμενοι παραγωγής, μηχανικοί και παρατηρητές εξοπλισμού) μπορεί να κάνει χρήση πληροφοριών από δεδομένα πραγματικού χρόνου για την καλύτερη ολική παραγωγικότητα ενός ορυχείου. Είναι σημαντικό να παρέχονται δεδομένα με τα οποία να μπορούν να παίρνουν σωστές αποφάσεις καθημερινά και να μπορούν να χρησιμοποιούν κατάλληλους δείκτες απόδοσης για την κατασκευή μακροπρόθεσμων σχεδιασμών.

Το Minesuite είναι η απάντηση της ASI στην βιομηχανική ζήτηση για ένα σύστημα αναφοράς για την μεταλλευτική βιομηχανία. Είναι μια διαμορφωμένη αποθήκη δεδομένων σχεδιασμένη συγκεκριμένα για την διανομή στην παραγωγή. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις διαμορφωμένες αποθήκες δεδομένων, έρχεται χωρίς την κόστος εκατομμυρίων δολαρίων, και την απαίτηση ενός μεγάλου τμήματος πληροφορικής με χρονικό διάγραμμα εφαρμογής πολλών ανθρώπων.

Το Minesuite εξασφαλίζει ένα ολοκληρωμένο σύνολο από εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται για μια ολοκληρωμένη λειτουργία στη μεταλλευτική βιομηχανία. Παραδείγματα λειτουργιών που μπορούν να μοντελοποιηθούν είναι:

- Οι γεωτρήσεις,
- η πυροδότηση εκρηκτικών φορτίων,
- η μετακίνηση μεταλλευμάτων και άγονων,
- η διανομή κερδών ή διαδικασιών,
- η διανομή αποθήκευσης και

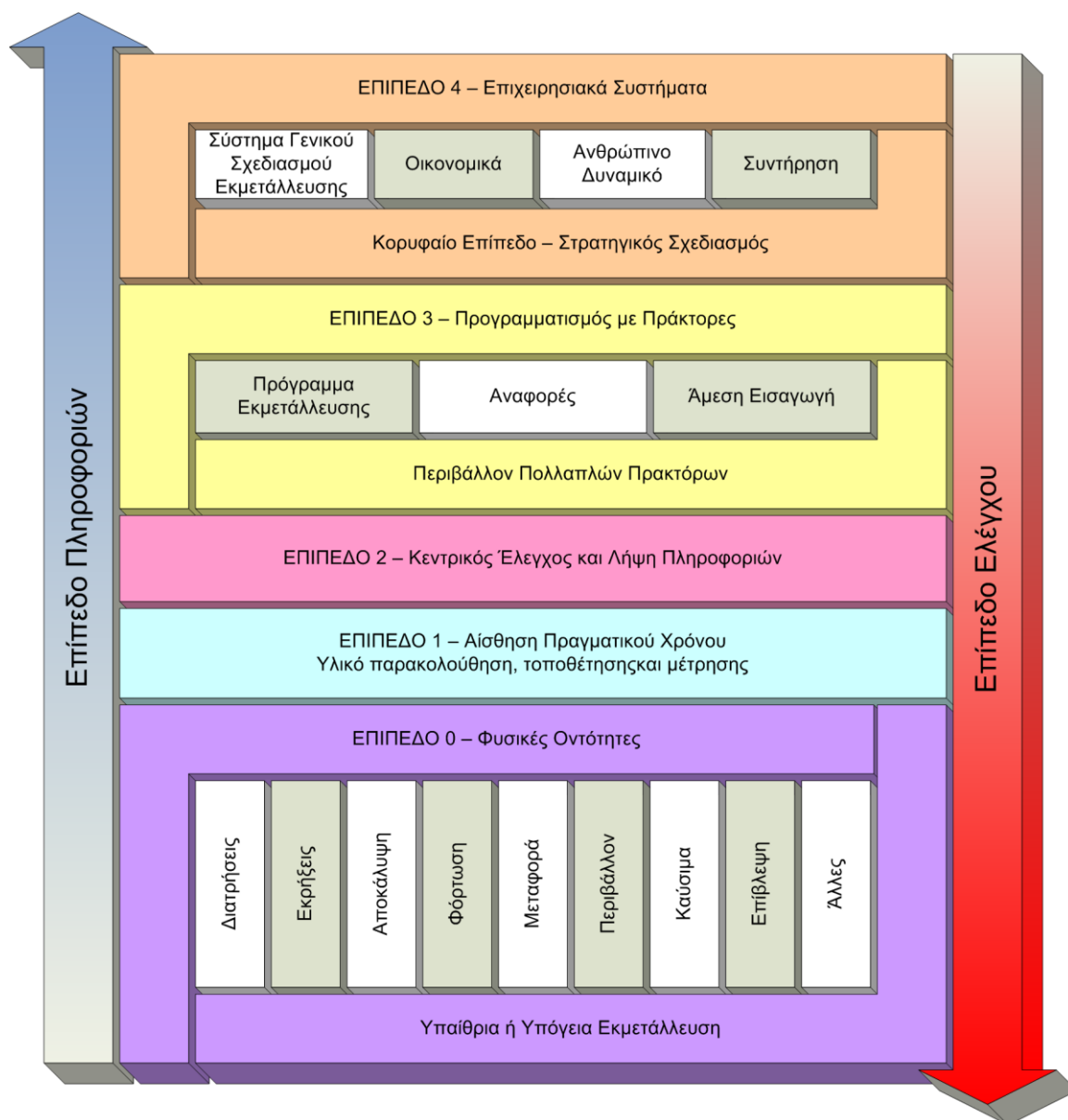
- η διανομή παραγωγής.

Το Minesuite σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή εντοπίζει την παραγωγικότητα εξοπλισμού και προσωπικού καθώς και τις βλάβες του εξοπλισμού και διατηρεί μια ιστορική ροή για όλες τις πληροφορίες. Ακόμη επιτρέπει στο χρήστη να εισέλθει στους προϋπολογισμούς και στους στόχους ενός εξοπλισμού. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι όλες οι πληροφορίες που μπορούμε να πάρουμε από ένα μεγάλο και αποθηκευμένο πλήθος δεδομένων, βρίσκονται απλώς στα δάχτυλα του κάθε χρήστη, χωρίς καμία απαίτηση πολύπλοκων ικανοτήτων.

Το ανοιχτής εξόρυξης ορυχείο χωρίζεται σε πολλές φάσεις:

1. Αναζήτηση.
2. Γεώτρηση και πυροδότηση εκρηκτικού φορτίου.
3. Μεταφορά προϊόντων και αποβλήτων υλικών.
4. Κέρδη του προϊόντος
5. Προώθηση προϊόντων στον πελάτη.

Εκτός από την φάση της ‘αναζήτησης’, το υλικό του Minesuite μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις άλλες φάσεις της επιχείρησης. Το σύστημα για παράδειγμα της ανοιχτής εξόρυξης απασχολεί τις φάσεις ‘2’ και ‘3’ (Σχήμα 2.2). Επιπλέον το Minesuite ασχολείται και με την προώθηση του προϊόντος στον πελάτη.



**Σχήμα 2.2:** Θέση πρακτορικού συστήματος προγραμματισμού εκμετάλλευσης στην ιεραρχία πληροφοριών και ελέγχου (Καπαγερίδης, 2006).

### 2.3 Εξοπλισμός και Εργοστάσιο

Οι κατηγορίες εγκατάστασης και εξοπλισμού που ουσιαστικά χρησιμοποιούνται σε ανοιχτής εξόρυξης ορυχεία είναι οι παρακάτω:

- Εξοπλισμός γεώτρησης. Εκτελεί την γεώτρηση διατρημάτων μέσα στα οποία τοποθετούνται εκρηκτικά.
- Εκσκαφείς με συρόμενο κάδο. Χρησιμοποιούνται για να μετακινούν το επιπλέον βάρος, έτσι ώστε να μπου στο προγραμματισμένο μέταλλευμα

- Πτύα και φορτωτές. Χρησιμοποιούνται για να σκάβουν και να φορτώνουν απόβλητα, υλικά ή και προϊόντα πάνω στα φορτηγά.
- Φορτηγά. Χρησιμοποιούνται για να παίρνουν υλικά από υπαίθρια (ορυχεία) μεταλλεία και να τα πηγαίνουν στις αποθήκες, στις χοάνες ή στους χώρους συγκέντρωσης απορριμμάτων (σκουπιδότοπους).
- Προωθητήρες. Χρησιμοποιούνται για να σχίζουν και να σπρώχνουν υλικό πάνω στις αποθέσεις.
- Ισοπεδωτήρες. Χρησιμοποιούνται για να ‘ανοίγουν’ δρόμους για την μεταφορά του υλικού.
- Φορτηγά καυσίμων. Χρησιμεύουν στο να παρέχουν καύσιμα στους κάθε εξοπλισμούς μέσα στο ορυχείο.
- Σταθμοί καυσίμων. Χρησιμοποιούνται για να παρέχουν καύσιμα στην κινητή παραγωγή εξοπλισμού καθώς και σε άλλα μέσα υποστήριξης εξοπλισμού (π.χ. οχήματα προσωπικού κτλ)
- Σταθμοί ελέγχου περιβάλλοντος. Χρησιμεύουν για να ελέγχεται η σκόνη, η πορεία του αέρα, η υγρασία κ.α. Επίσης οι σταθμοί αυτοί βοηθούν στην επιβεβαίωση για το πότε, πού κτλ πρέπει να γίνει για παράδειγμα μία έκρηξη.
- Θραυστήρες. Χρησιμοποιούνται για το σωστό μέγεθος των προϊόντων.
- Αντλίες. Συχνά χρησιμοποιούνται για αποστραγγίσεις.
- Υποσταθμοί-Ρεύματα. Για παροχή σταθερής ενέργειας στην επιχείρηση.
- Αγωγοί. Για την μετακίνηση υλικού σε ήδη φτιαγμένες τοποθεσίες.
- Συσσωρευτές υλικού. Για την τοποθέτηση προϊόντων σε αποθέσεις.
- Ανακομιστές. Για την μετακίνηση υλικών από τις αποθέσεις.
- Διάφορα. Άλλες σωματικές και πνευματικές διαδικασίες μέσα σε μία επιχείρηση.

Κλείνοντας, άξιο αναφοράς είναι ότι το Minesuite επιτρέπει στην επιχείρηση να ελέγχει και να αναφέρει οτιδήποτε εναντίον κάποιων (ή και όλων) διαδικασιών ανάλογα με τις ανάγκες που έχει η επιχείρηση.

## **2.4 Αποθήκευση Υλικών και Προϊόντων**

Προϊόντα και πολλά άλλα υλικά τα οποία εξορύσσονται, αποθηκεύονται μέσα στο ορυχείο. Οι ‘τύποι’ αποθήκευσης μπορεί να είναι οι παρακάτω:

1. Εντός υπαίθριου μεταλλείου τοποθεσίες. Αυτές είναι οι τοποθεσίες στις οποίες το μέταλλευμα βρίσκεται μέσα στο χώμα (in situ).
2. Αποθήκες. Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση προϊόντων εξόρυξης.
3. Σκουπιδότοποι. Τοποθεσίες όπου τοποθετούνται τα απόβλητα.

Το Minesuite επιτρέπει στην κάθε επιχείρηση να ελέγχει και να αναφέρει τις ποσότητες, οι οποίες μεταφέρθηκαν ή τοποθετήθηκαν σε όλες τις τοποθεσίες. Το ισοζύγιο στις παραπάνω αποθήκες μπορεί να υπολογισθεί σε οποιαδήποτε στιγμή.

## 3. Σύστημα Dispatch

### 3.1 Γενικά

Αν και έχουν αλλάξει πολλά πράγματα τις τελευταίες δύο δεκαετίες στο σχεδιασμό του τρόπου με τον οποίο δέχεται ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής πληροφορίες, οι αρχάριοι χρήστες Η/Υ βρίσκουν ακόμα δύσκολη τη χρήση software. Μια αιτία για αυτό είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει να περιγράφει κάθε βήμα ξεχωριστά για να λύσει κάποιο πρόβλημα που συναντάει. Εάν πρόκειται ποτέ να χρησιμοποιηθεί όλη η δυναμικότητα των σύγχρονων εφαρμογών software από τέτοιους χρήστες, τότε είναι εύκολα κατανοητό ότι χρειάζεται μια γενικότερη αναθεώρηση της φύσης της αλληλεπίδρασης Η/Υ - χρήστη. Το μηχάνημα λοιπόν είναι αυτό το οποίο θα πρέπει να συνεργάζεται επιπλέον με τον χρήστη για να επιτευχθεί ο στόχος του. Για να γίνει όμως αυτό, οι εφαρμογές software θα πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Αυτονομία. δεδομένης μιας ασαφής και ανακριβής προδιαγραφής, θα πρέπει να καθορίζει πως θα λύνεται το πρόβλημα καλύτερα και στην συνέχεια να το λύνει, χωρίς τη συνεχή καθοδήγηση του χρήστη.
- Πρωτοβουλία. Δε θα πρέπει να περιμένουν να τους πουν τι θα κάνουν στη συνέχεια, αλλά θα πρέπει να κάνουν προτάσεις στον χρήστη.
- Ανταπόκριση. Θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους της αλλαγές των αναγκών του χρήστη και
- Προσαρμοστικότητα. Θα πρέπει να γνωρίζει (να αντιλαμβάνεται) τις προτιμήσεις του χρήστη, για να μπορεί να τις μελετήσει. (Jennings, 1998)

### 3.2 Συστήματα Πρακτόρων στην Παραγωγή

Ένας πράκτορας είναι ένα σύστημα αυτόνομης δράσης, τοποθετημένο σε κάποιο περιβάλλον με σκοπό να ικανοποιήσει τους αντικειμενικούς του σκοπούς. Ένας αυτόνομος πράκτορας θα πρέπει να είναι ικανός να δρα χωρίς την άμεση παρέμβαση ανθρωπίνων ή άλλων παραγόντων και να έχει τον απόλυτο έλεγχο πάνω στις δικές του δράσεις και στην εσωτερική του κατάσταση. Ένα πρακτορικό σύστημα είναι με άλλα λόγια ένα σύστημα του οποίου η βασική του λειτουργία είναι αυτή του πράκτορα.

Τεχνικές από την Τεχνητή Νοημοσύνη χρησιμοποιούνται στην Έξυπνη Βιομηχανία για πάνω από 20 χρόνια. Παρ όλα αυτά η πρόσφατη ανάπτυξη των

συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, τμήμα της Διανεμητικής Τεχνητής Νοημοσύνης, έχει φέρει στο φως καινούριες πιθανότητες. Έτσι, την τελευταία δεκαετία ερευνητές εφαρμόζουν την τεχνολογία πρακτορικών συστημάτων για την ολοκλήρωση επιχειρήσεων παραγωγής την διαχείριση αλυσίδων τροφοδοσίας, τον σχεδιασμό παραγωγής, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο εκτέλεσης, τον έλεγχο υλικών και τη διαχείριση των αποθεμάτων.

Ο *σχεδιασμός* είναι μια διαδικασία επιλογής και χρονικής τοποθέτησης δραστηριοτήτων ώστε να επιτυγχάνονται ένας ή περισσότεροι στόχοι και να ικανοποιούνται οι όποιοι περιορισμοί. Ο *προγραμματισμός* είναι η διαδικασία επιλογής ανάμεσα σε εναλλακτικά πλάνα (σχέδια) και παραχώρησης πηγών και χρόνου στο σύνολο των δραστηριοτήτων ενός σχεδίου. Αυτές όμως οι παραχωρήσεις πρέπει να υπακούν σε ένα σύνολο κανόνων ή περιορισμών οι οποίοι αντανακλούν και τις σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων και των περιορισμών αυτών, ενός τυχαίου συνόλου πηγών. Επιπλέον οι παραχωρήσεις αυτές επιδρούν και στην βελτιστοποίηση του σχεδιαγράμματος με σεβασμό στα κριτήρια όπως το κόστος, τη βραδύτητα και την απόδοση. Συνοπτικά, ο προγραμματισμός είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης όπου ορισμένες πηγές διανέμονται χρονικά ανάμεσα σε παράλληλες και διαδοχικές δραστηριότητες.

Ο προγραμματισμός παραγωγής είναι ένα δύσκολο πρόβλημα, ιδιαίτερα όταν γίνεται σε ανοιχτό, δυναμικό περιβάλλον. Σε ένα σύστημα παραγωγής σπάνια τα πράγματα πηγαίνουν όπως αναμένονται. Μπορεί λοιπόν να ζητηθεί από το σύστημα να κάνει πρόσθετες εργασίες, οι οποίες δεν ήταν προγραμματισμένες να γίνουν ή να παραλείπονται συγκεκριμένες εργασίες. Οι διαθέσιμες πηγές για την εκτέλεση μιας εργασίας πολλές φορές αλλάζουν. Συγκεκριμένες πηγές για παράδειγμα μπορεί να πάψουν για, οποιοδήποτε λόγο, να είναι διαθέσιμες κι έτσι συστήνονται νέες πηγές. Ο χρόνος έναρξης και ο χρόνος επεξεργασίας μιας εργασίας υπόκεινται επίσης σε μεταβολές. Μια εργασία λοιπόν μπορεί να 'πάρει' περισσότερο χρόνο απ' ότι προσδοκούσε κανείς ή και λιγότερο. Λόγω του μεγάλου βαθμού ελευθερίας των συστημάτων αυτών, το πρόβλημα ανάπτυξης προγραμμάτων έχει μελετηθεί στη βιβλιογραφία με ποικίλες μεθόδους όπως:

- Εμπειρικές μεθόδους.
- Τεχνικές μετάδοσης περιορισμών.
- Τυποποίηση προβλημάτων ικανοποίησης περιορισμών.

- Εξομοιωμένη αποσκλήρυνση.
- Έρευνα Ταμπού.
- Γενετικούς αλγόριθμους.
- Νευρωνικά δίκτυα.

Η τεχνολογία πρακτορικών συστημάτων έχει πρόσφατα χρησιμοποιηθεί στην αντιμετώπιση των προβλημάτων προγραμματισμού παραγωγής.

### **3.3 Σύστημα Πρακτόρων Dispatch**

Παραδοσιακά, πολλά συστήματα σε χρήση σήμερα εναλλάσσονται μεταξύ προγραμματισμού και εκτέλεσης προγράμματος. Για παράδειγμα ένα ορυχείο αναπτύσσει ένα πρόγραμμα (με γραμμικό προγραμματισμό) για τη μεταφορά προϊόντων, χρησιμοποιώντας συλλεγμένες πληροφορίες. Ο πραγματικός όμως κόσμος τείνει να αλλάζει με τρόπους που αναιρούν τον όποιο υπάρχον προγραμματισμό. Σε καθημερινή βάση δηλαδή κάθε επιχείρηση μπορεί να επηρεάζεται για παράδειγμα, από τις καιρικές αλλαγές, τη βλάβη ενός φορτηγού ή εξαρτήματος, το σκάψιμο που είναι ιδιαίτερα σκληρό, την αποθήκη που γεμίζει από κάποιο πρόβλημα του ταινιόδρομου που ακολουθεί κα. Σε αυτή τη περίπτωση τα προγράμματα και οι στόχοι που είναι σε ισχύ τώρα ακυρώνονται καθώς το σύστημα προσπαθεί ανεπιτυχώς να βγάλει εις πέρας το πρόγραμμα και τους στόχους. Τα φυσικά λοιπόν συστήματα δεν σχεδιάζουν προκαταβολικά, αλλά προσαρμόζουν τις δραστηριότητες τους σε μια χρονική κλίμακα ανάλογη με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και αλλαγές.

Το βιομηχανικό σενάριο που περιγράψαμε παραπάνω δεν είναι διαφορετικό από το σενάριο μεταφοράς προϊόντων με το οποίο κάθε ορυχείο έρχεται αντιμέτωπο. Οι παράγοντες αγοράς αλλάζουν συνεχώς αλλάζοντας παράλληλα και τις προτεραιότητες σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Μερικές από αυτές τις προτεραιότητες που μπορούν να ελέγχουν συμπεριλαμβάνουν:

- Στόχους παραγωγής.
- Παραγωγικότητα εξοπλισμού (κρατώντας τα φορτηγά εν κινήσει αντί να βρίσκονται στην ουρά, κρατώντας τα φορτηγά δίπλα στους φορτωτές ώστε να μην περιμένουν, παίρνοντας τα φορτηγά για να τα γεμίσουν σε όλη τους την χωρητικότητα).



- Κόστος παραγωγής (συμπεριλαμβάνοντας και το κόστος εξοπλισμού κεφαλαίου, κόστος καυσίμων κτλ).
- Λόγοι ανάμειξης ή ποιότητα προϊόντος.

Το Minesuite αντλεί πλεονεκτήματα από μία μεγάλη έρευνα σε πρακτορικά συστήματα η οποία έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές για να φέρει συγκεκριμένα κέρδη στη μεταλλευτική βιομηχανία.

### 3.3.1 Αλγόριθμος Dispatch

Το Minesuite χρησιμοποιεί το Πρωτόκολλο Δικτύου Συμβολαίων (Contract Net) ως βάση για την τεχνολογία αποστολών-μεταφορών. Το Σύστημα αποτελείται από τους παρακάτω πράκτορες:

- Έναν πράκτορα για κάθε μηχανήμα φόρτωσης στο σύστημα (που θα ονομάζουμε στο εξής *πράκτορα φορτωτή*).
- Έναν πράκτορα για κάθε μηχανήμα μεταφοράς στο σύστημα (που θα ονομάζουμε στο εξής *πράκτορα φορτηγού*).
- Έναν *πράκτορα ελέγχου συμβολαίων*.
- Έναν *πράκτορα συντονισμού εντολών* για κάθε εντολή στο σύστημα.

Οι *προσφορές* συστήνονται από πράκτορες φόρτωσης και ανακοινώνονται από τον πράκτορα ελέγχου συμβολαίων. Πιθανώς να ανακοινώνονται πολλαπλές προσφορές για την δημιουργία ενός πλήρους σχεδίου χρονικού ορίζοντα σχεδιασμού  $T$  στο ξεκίνημα κάθε βάρδιας. Στην συνέχεια μπορεί να ανακοινωθούν και άλλες προσφορές καθώς περνάει ο χρόνος για την διατήρηση του χρονικού ορίζοντα.

Το *χτύπημα* είναι η απάντηση σε μια προσφορά. Στο σύστημα αυτό οι πράκτορες φορτηγών απαντούν στις προσφορές με χτυπήματα. Ένα *συμβόλαιο* είναι η δέσμευση παροχής μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας. Στο σύστημα αυτό, τα συμβόλαια δεσμεύουν τα εξαρτήματα φόρτωσης που κάνουν τις προσφορές με τα εξαρτήματα μεταφοράς που χτυπούν επιτυχώς τη κάθε προσφορά. Οι πράκτορες φορτηγών λαμβάνουν συμβόλαια ανταποκρινόμενες σε συγκεκριμένες προσφορές από τον πράκτορα ελέγχου συμβολαίων. Επιπλέον οι πράκτορες φορτηγών μπορεί να εμπορεύονται και συμβόλαια μεταξύ τους.

Μια *πρόταση* είναι μια προσφορά από έναν πράκτορα φορτηγού για να εκτελέσει ένα συμβόλαιο το οποίο όμως είχε δεσμευθεί να το εκτελέσει ένας άλλος

πράκτορας φορτηγών. Άρα εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι σ' αυτό το σύστημα μια προσφορά εναλλάσσεται από τον ένα πράκτορα στον άλλο. Το παρακάτω κείμενο είναι μια επεξήγηση της λειτουργίας του συστήματος.

Στην αρχή μιας βάρδιας, κάθε πράκτορας φόρτωσης ξεκινά μια προσφορά δημιουργώντας μια προδιαγραφή προσφοράς και περνώντας την στον πράκτορα ελέγχου συμβολαίων. Στην αρχή της αλλαγής αλλά και σε σημεία κατά τη διάρκεια της βάρδιας, όταν συστήνονται ταυτόχρονα (από πολλαπλούς πράκτορες φόρτωσης) πολλές προσφορές, ο πράκτορας ελέγχου συμβολαίων χρησιμοποιεί την προτεραιότητα προσφορών, για να διαλέξει ποια προσφορά θα ανακοινωθεί πρώτη.

Ο πράκτορας ελέγχου συμφωνίας ανακοινώνει την προσφορά, ανακοινώνοντας με αυτό τον τρόπο τους όρους της συγκεκριμένης προσφοράς, στους υπόλοιπους πράκτορες φορτηγών. Επιπλέον κάθε πράκτορας φορτηγών με τη σειρά του εξετάζει αν είναι εφικτό να χτυπήσει την συγκεκριμένη προσφορά και στη περίπτωση που είναι επικοινωνεί το χτύπημα στον πράκτορα ελέγχου συμβολαίων. Από το σύνολο των χτυπημάτων που λαμβάνονται, ο πράκτορας ελέγχου συμβολαίων αναγνωρίζει το καλύτερο χτύπημα σαν το νικητήριο. Ο πράκτορας φορτηγού που έχει κάνει το νικητήριο χτύπημα κερδίζει την προσφορά, ενώ οι υπόλοιποι πράκτορες ενημερώνονται ότι τα χτυπήματα τους έχουν απορριφθεί.

Ο πράκτορας ελέγχου συμβολαίων επίσης πληροφορεί τον πράκτορα φορτωτή που ξεκίνησε την προσφορά για το αποτέλεσμα της διαδικασίας χτυπημάτων. Με βάση χωρητικότητα του εξοπλισμού μεταφοράς, τον ρυθμό φόρτωσης, την ώρα έναρξης  $t_{εκκίνησης}$  καθώς και την ώρα άφιξης του φορτηγού  $t_{άφιξης}$  υπολογίζεται ο χρόνος λήξης  $t_{λήξης}$  όταν ο εξοπλισμός φόρτωσης θα ολοκληρώσει το φόρτωμα. Εάν ο χρόνος της άφιξης είναι μικρότερος του τρέχοντος ορίζοντα σχεδιασμού του φορτωτή, τότε ο πράκτορας φόρτωσης συστήνει μια νέα προσφορά με ώρα έναρξης  $t'_{εκκίνησης} = t_{λήξης}$ . Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί ολόκληρος ο ορίζοντας σχεδιασμού.

Αν δεν υπάρχουν χτυπήματα για την προσφορά τότε ο πράκτορας φορτωτής αποσύρει την προσφορά και φέρνει την επόμενη προσφορά σε μικρό χρονικό διάστημα (συνήθως γύρω στα 60 δευτερόλεπτα). Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το τέλος του ορίζοντα σχεδιασμού. Όσο δεν υπάρχουν καθόλου προσφορές, ο πράκτορας φορτώσεως καλύπτει τον χρόνο του στον ορίζοντα σχεδιασμού και για μια ακόμη φορά φέρνει προσφορές όταν υπάρχουν κενά σημεία στο σχεδιάγραμμα φόρτωσης.

Στη περίπτωση που δεν υπάρχουν ενεργές προσφορές, συστήνεται μια εσωτερική αγορά για πράκτορες φορτηγού για να εμπορευθούν εντολές. Υπάρχει ένας πράκτορας συντονιστής εντολών για κάθε έγκυρη εντολή μέσα στο σύστημα η οποία δεν έχει ακόμα εκτελεστεί. Ένας συντονιστής κοινοποιεί τις λεπτομέρειες τις εντολής του. Οι πράκτορες φορτηγών επεξεργάζονται όλες τις εντολές. Για κάθε εντολή ένας πράκτορας φορτηγού χρησιμοποιεί την διαδικασία εφικτής προσφοράς για να καθορίσει αν είναι δυνατό να υπηρετήσει τη συγκεκριμένη εντολή. Εάν είναι εφικτό, επικοινωνεί μια πρόταση στον πράκτορα συντονιστή της εντολής. Όταν ο συντονιστής λάβει μια πρόταση για μια εντολή την μεταβιβάζει στον πράκτορα ελέγχου συμβολαίων ο οποίος χρησιμοποιεί την τυπική διαδικασία για να υπολογίσει εάν η νέα πρόταση είναι πιο κατάλληλη και ο συγκεκριμένο πράκτορας καλύτερος για την εκτέλεση του συμβολαίου. Εάν ο πράκτορας ελέγχου θεωρήσει ότι το νέο φορτηγό είναι πιο κατάλληλο να εξυπηρετήσει την εντολή χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία του για τον καθορισμό του βέλτιστου χτυπήματος, ενημερώνει τον πράκτορα φόρτωσης. Στη συνέχεια ο πράκτορας φορτωτής το γνωστοποιεί στον πράκτορα φορτηγού ο οποίος έχει χάσει το συμβόλαιο και το τροποποιεί ανάλογα.

Κλείνοντας, κάθε συναλλαγή που συστήνεται από μια πρόταση που έγινε σε ένα συντονιστή εντολών αντιμετωπίζεται ως ατομική, δηλαδή καμία άλλη πρόταση δεν εξετάζεται κατά τη διάρκεια τη διαδικασίας επεξεργασίας της συναλλαγής.

### 3.3.2 Πράκτορας Φορτωτή

Οι πράκτορες φορτωτή δημιουργούνται μόνο ενάντια σ' αυτούς τους φορτωτές οι οποίοι χρειάζονται αποστολή φορτηγών. Αυτοί οι φορτωτές οι οποίοι δεν είναι μέρος του κυκλώματος αποστολής φορτηγών, δεν έχουν πράκτορες φορτωτή που να ανακοινώνουν συμβόλαια. Η πρωταρχική λειτουργία του 'πράκτορα φορτωτή' περιλαμβάνει:

1. Δημιουργία προσφορών.
2. Διατήρηση του τρέχοντος σχεδίου για το αντίστοιχο μηχάνημα φόρτωσης. Το τρέχον σχέδιο αποτελείται από μία προσωρινή διαδοχή συμβολαίων, που ανακοινώνονται στους πράκτορες φορτηγού για να υπηρετούν το μηχάνημα φόρτωσης (συμπεριλαμβάνοντας εντολές οι οποίες δεν είχαν πετύχει να προσελκύσουν μια πρόταση).
3. Ακύρωση συμβολαίων που αναβάλλονται λόγω βλάβης του μηχανήματος φόρτωσης ή καθυστερήσεις στη λειτουργία.

4. Απόσυρση εκπληρωμένων συμβολαίων από την λίστα.
5. Δημιουργία νέων προσφορών στην περίπτωση καλύτερης επίτευξης της αναμενόμενης εκτέλεσης συμβολαίου και υπάρχει χρόνος ενδιάμεσα που επιτρέπει ένα επιπλέον φορτίο.

Όσο δεν υπάρχει καμία προσφορά, ο ‘πράκτορας φορτωτής’ περνά τον χρόνο του στον ορίζοντα σχεδιασμού, και πάλι δημιουργεί προσφορές στις ενδιάμεσες περιόδους που υπάρχουν κενά σημεία στο πρόγραμμα φόρτωσης.

### 3.3.3 Πράκτορας Φορτηγού

Η πρωταρχική λειτουργία του ‘πράκτορα φορτηγού’ είναι:

- Η διατήρηση ενός τρέχοντος σχεδίου του ανταποκρινόμενου μηχανήματος μεταφοράς. Το τρέχον σχέδιο αποτελείται από μια προσωρινή διαδοχή συμβολαίων συμπεριλαμβάνοντας τις παρακάτω επιπλέον λεπτομέρειες:
- Ο αναμενόμενος χρόνος άφιξης ETA (Estimated Time of Arrival) για το μηχάνημα μεταφοράς σε κάθε σημείο του δρόμου στην προγραμματισμένη πορεία μέχρι την απόθεση για την άμεσα ισχύουσα σειρά (στην χρονική διαδοχή) και το μηχάνημα φόρτωσης για την εντολή.
- Ο ETA για το μηχάνημα μεταφοράς σε κάθε σημείο του δρόμου στην προγραμματισμένη πορεία ανάμεσα στο μηχάνημα φόρτωσης και στο μέρος απόθεσης για την εντολή.
- Η δημιουργία χτυπημάτων για τις προσφορές που ανακοινώνονται. Αν ένα φορτηγό έχει μια κλειδωμένη αποστολή, τότε μπορεί να χτυπά μόνο για προσφορές του φορτωτή στον οποίο είναι κλειδωμένο. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο πράκτορας ελέγχου συμβολαίων θα συνειδητοποιήσει ότι αυτό το φορτηγό θα πρέπει να είναι και το καλύτερο χτύπημα της προσφοράς.
- Η δημιουργία προτάσεων για εντολές στην εσωτερική αγορά.
- Η αντιμετώπιση παρεκτροπών στο τρέχον πρόγραμμα.

Τα παρακάτω χρησιμοποιούνται από τον πράκτορα φορτηγού για να καθοριστεί εάν είναι εφικτή η πρόταση για μια εντολή στην εσωτερική αγορά. Πρώτα, το παρακάτω σύνολο κανόνων θα πρέπει να ακολουθείται:

- Οι προκαθορισμένοι περιορισμοί αποστολών δεν θα πρέπει να αποτρέπουν το φορτηγό να φορτώνεται από τον φορτωτή.

- Το φορτηγό μπορεί να φτάνει πριν την ώρα έναρξης της προσφοράς

Επιπρόσθετα θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Να μην έρχεται σε αντιπαράθεση με υπάρχοντα συμβόλαια του.
- Αν το μηχάνημα φόρτωσης που αφορά την προσφορά είναι σε υψηλότερο επίπεδο προτεραιότητας από τα μηχανήματα φόρτωσης των συμβολαίων που πρόκειται να επηρεαστούν.
- Αν το μηχάνημα φόρτωσης που αφορά την προσφορά είναι ίσης προτεραιότητας με τα συμβόλαια που πιθανώς να επηρεαστούν και αν η ώρα έναρξης της προσφοράς είναι νωρίτερα από την ώρα έναρξης των υαρχόντων συμβολαίων.

### 3.3.4 Πράκτορας Διαχειριστή Συμβολαίων

Η πρωταρχική λειτουργία του πράκτορα αυτού περιλαμβάνει:

1. Επιλογή προσφοράς για ανακοίνωση (όταν πολλαπλές προσφορές έχουν επιλεγθεί ταυτόχρονα).
2. Παρουσίαση ανακοινώσεων προσφοράς προς όλους τους πράκτορες φορτηγού.
3. Λήψη χτυπημάτων σε ανταπόκριση προσφορών.
4. Ενημέρωση των πρακτόρων φορτηγού και φορτωτή για το αποτέλεσμα των χτυπημάτων.

### 3.3.5 Πράκτορας Συντονιστή Προσφορών και Συμβολαίων

Η πρωταρχική λειτουργία περιλαμβάνει:

1. Διατήρηση συμβολαίων που εκκρεμούν μέσα στην αγορά (περιλαμβάνοντας προσφορές οι οποίες δεν είχαν πετυχημένα χτυπήματα).
2. Την λήψη και επεξεργασία προτάσεων σε συνδυασμό με τον Πράκτορα διαχείρισης συμβολαίου για την εντολή στην εσωτερική αγορά.
3. Τον καθορισμό του αποτελέσματος μιας πρότασης και την επαναποστολή (εάν είναι απαραίτητο) του συμβολαίου σε διαφορετικό πράκτορα φορτηγού.

## 3.4 Μέθοδος Απόδοσης Προτεραιότητας σε Προσφορές

Το μηχανήματα φόρτωσης λαμβάνουν προτεραιότητες στο σύστημα (πχ. Ένα φτυάρι μπορεί να έχει προτεραιότητα έναντι ενός φορτωτή). Η σειρά είναι τμηματική, δηλαδή περισσότερα του ενός μηχανήματα φόρτωσης μπορεί να πάρουν το ίδιο

επίπεδο προτεραιότητας (καθιστώντας τα μη συγκρίσιμα υπό την σειρά προτεραιότητας). Οι σειρές προτεραιότητας για τα εξαρτήματα φορτώσεως παρουσιάζονται με ακέραιους αριθμούς με την χαμηλότερη αξία να παρουσιάζουν μεγαλύτερη προτεραιότητα. Αν περισσότεροι από έναν πράκτορα φορτωτή συστήσουν την ίδια ώρα κάποια προσφορά, ο πράκτορας διαχείρισης συμβολαίου χρησιμοποιεί την παρακάτω διαδικασία για να επιλέξει την προσφορά:

- Αν υπάρχει πράκτορας φορτωτή (στο σύνολο των πρακτόρων που συστήνουν τις προσφορές) και το επίπεδο προτεραιότητας του εκείνη την ώρα είναι υψηλότερο από όλους τους υπόλοιπους πράκτορες, η προσφορά που συστήνει ο συγκεκριμένος πράκτορας ανακοινώνεται και επεξεργάζεται πρώτη.
- Αν όλοι οι πράκτορες φορτωτή βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο προτεραιότητας, τότε επεξεργάζεται πρώτη η προσφορά που έχει συστηθεί από τον πράκτορα, ο οποίος έχει την μεγαλύτερη διαφορά στο στόχο και στο πραγματικό ποσοστό φόρτωσης (αν ο στόχος του ποσοστού φόρτωσης είναι μικρότερος του πραγματικού ποσοστού φόρτωσης). Αν υπάρξει ισοπαλία σ' αυτό το κριτήριο, τότε επιλύεται με τυχαία επιλογή. Αυτό το κριτήριο είναι σχεδιασμένο για να βεβαιώνει ένα επίπεδο ισορροπίας φόρτωσης ανάμεσα στα μηχανήματα φόρτωσης στο ίδιο πάντα επίπεδο προτεραιότητας.

### **3.5 Επιλογή Καλύτερου Χτυπήματος Προσφοράς**

Το σχήμα Online Expression (χρησιμοποιημένο από το Online Model) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον υπολογισμό που πρέπει να γίνει για να καθοριστεί το καλύτερο χτύπημα. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει μία ή και περισσότερες εκφράσεις απ' τις οποίες υπολογίζεται η εκτίμηση του συμβολαίου. Επίσης ο χρήστης προσδιορίζει τα κριτήρια για τον καθορισμό του νικητή (μικρότερη αξία, μεγαλύτερη αξία, αλήθεια, ψέμα κτλ). Εάν υπάρξει ισοπαλία στον υπολογισμό του πρώτου κριτηρίου τότε προχωρά στην εκτίμηση του δεύτερου κλπ.

Για τον καθορισμό της έκφρασης, ο χρήστης έχει πρόσβαση στο ολοκληρωμένο σύνολο των προγραμματισμένων δεικτών KPI, συναρτήσεις online καθώς και σε τιμές αναφοράς. Η αποστολή παράδειγμα του φορτηγού δίδεται στο φορτηγό όταν το φορτηγό αποθέτει το προηγούμενο φορτίο του, και εφόσον ο προορισμός έχει αλλάξει από την προηγούμενη διαδρομή.

Οι περισσότερες από τις λειτουργίες που χρησιμοποιούνται στα παρακάτω παραδείγματα εξηγούνται μέσα στο εγχειρίδιο Online Concepts Guide. Πέραν αυτών

που περιγράφονται εκεί, υπάρχουν οι παρακάτω επιπρόσθετες λειτουργίες που είναι διαθέσιμες για χρήση:

- Γράμμα συμβολαίου - Η διαδικασία που δημιουργήσε την προσφορά, πχ. μηχανήμα φόρτωσης.
- Χρόνος αναμονής φορτηγού - Ο υπολογισμένος χρόνος που το φορτηγό περιμένει πριν αρχίσει ο φορτωτής να το γεμίζει.
- Χρόνος φόρτωσης φορτηγού - Ο υπολογισμένος χρόνος φόρτωσης φορτηγού.
- Χρόνος μεταφοράς φορτηγού - Ο υπολογισμένος χρόνος μεταφοράς εμπορεύματος.
- Χρόνος κύκλου φορτηγού. Ο χρόνος που χρειάζεται το φορτηγό να κάνει τον κύκλο του = χρόνος από την απόθεση στον φορτωτή + χρόνος αναμονής + χρόνος φόρτωσης + χρόνος από τον φορτωτή στα απόβλητα.
- Χρόνος φόρτωσης φορτωτή. Ο χρόνος που χρειάζεται ο φορτωτής για να φορτώσει το φορτηγό.

### Παράδειγμα 1

Σε αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιούμε το κόστος της διαδρομής για να καθορίσουμε το καλύτερο χτύπημα. Ο νικητής είναι στην ουσία το χτύπημα το οποίο εκτιμάται με την μικρότερη αξία. Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το τρέχον κόστος (κόστος ανά ώρα) για όλο τον εξοπλισμό μέσα στον πίνακα αναφοράς.

*Εξίσωση = Χρόνος φόρτωσης φορτωτή \* Κόστος ανά ώρα φορτωτή + Χρόνος κύκλου φορτηγού \* Κόστος ανά ώρα φορτηγού.*

*Minesuite εξίσωση = Αξία Επεξεργασίας (Γράμμα συμβολαίου, χρόνος φόρτωσης) \* Αναφορά γεγονόςτος (Γράμμα συμβολαίου, κόστος ανά ώρα) + Χρόνος κύκλου φορτηγού \* Αναφορά γεγονόςτος (Διαδικασία, Κόστος ανά ώρα).*

### Παράδειγμα 2

Σ' αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιούμε το κόστος ανά τόνο της διαδρομής για να καθορισθεί το καλύτερο χτύπημα. Ο νικητής είναι στην ουσία το χτύπημα το οποίο εκτιμάται με την μικρότερη αξία. Πέρα από το κόστος όπως και στο προηγούμενο

παράδειγμα, ο χρήστης αποθηκεύει την χωρητικότητα του φορτηγού που έχει γεμιστεί από διαφορετικούς τύπους φορτωτών μέσα στον πίνακα αναφοράς. Αν ζητηθεί, αυτή η αξία μπορεί να αποθηκευτεί επίσης βασιζόμενη στο υλικό.

$$\text{Εξίσωση} = \text{Χρόνος φόρτωσης φορτωτή} * \text{Κόστος ανά ώρα φορτωτή} / \text{Δυναμικότητα του φορτηγού} * \text{Κόστος ανά ώρα φορτηγού} / \text{Δυναμικότητα του φορτηγού}.$$

$$\text{Minesuite εξίσωση} = \text{Αξία Επεξεργασίας (Γράμμα συμβολαίου, χρόνος φόρτωσης)} * \text{Αναφορά γεγονότος (Γράμμα συμβολαίου, κόστος ανά ώρα)} / \text{Αναφορά γεγονότος(Διαδικασία, Γράμμα συμβολαίου, Χωρητικότητα)} + \text{Χρόνος κύκλου φορτηγού} * \text{Αναφορά γεγονότος (Διαδικασία, Κόστος ανά ώρα)} / \text{Αναφορά γεγονότος (Διαδικασία, Γράμμα συμβολαίου, Χωρητικότητα)}$$

### Παράδειγμα 3

Το φορτηγό δεν πρέπει να περιμένει πάνω από 60''. Ο νικητής είναι αυτός όπου η έκφραση εκτιμάται αληθινή. Εκεί μπορεί να υπάρχουν πολλαπλοί νικητές στην όποια κατάσταση εκτιμάται η επόμενη έκφραση.

$$\text{Χρόνος αναμονής φορτηγού} < 20.$$

### 3.6 Διαχείριση Διαδρομής

Το Minesuite περιέχει ένα μοντέλο διαχείρισης διαδρομής το οποίο διατηρεί μεταξύ φορτωτών και προορισμών καθώς και του χρόνου των διαδρομών. Περιέχει επίσης προσαρμοζόμενες στατιστικές τεχνικές, οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο και το χρόνο που υπολογίζονται οι διαδρομές και αντιμετωπίζουν κακής ποιότητας δεδομένα. Τα μηνύματα κατάστασης φορτηγών, τα μηνύματα τοποθεσίας και τα μηνύματα καθυστέρησης διοχετεύονται σ' αυτόν τον αλγόριθμο για να υπολογισθούν και να διατηρηθούν ενήμερες οι διάρκειες των διαφόρων τμημάτων.



## 4. Συλλογή Πληροφοριών Πραγματικού Χρόνου

### 4.1 Γενικά

Ένας από τους παράγοντες που συμβάλουν στην επιτυχία του MineSuite είναι η ενημέρωση που παρέχει σε χρόνο πραγματικό. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στο προσωπικό να παίρνει τα κατάλληλα μέτρα τη στιγμή που ενημερώνεται για την αλλαγή της κατάστασης κι όχι μετά τη δημιουργία του προβλήματος και όταν έχει ήδη επηρεαστεί η παραγωγικότητα.

### 4.2 Συστήματα Υλικού

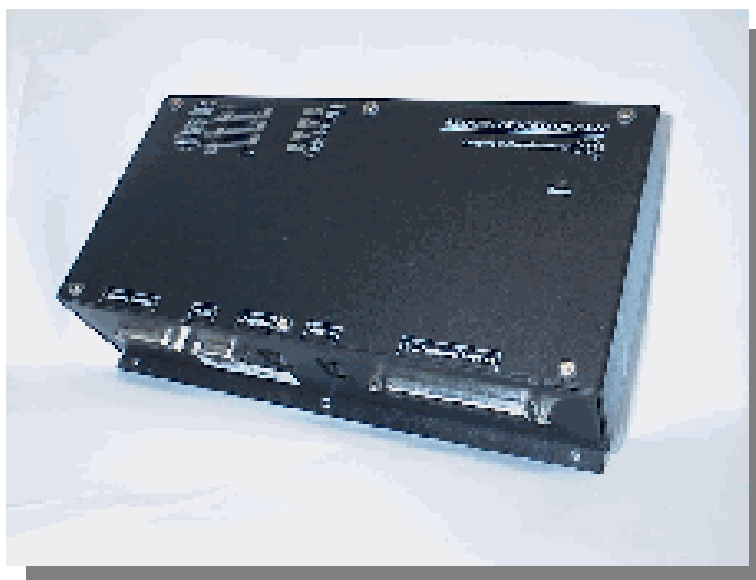
Το MineSuite μπορεί να ζητήσει δεδομένα σε χρόνο πραγματικό από διάφορες συσκευές με φορητό και στατικό εξοπλισμό. Για να επιτευχθεί αυτό η ASI έχει σχεδιάσει και αναπτύξει ηλεκτρονικές συσκευές και λογισμικό για τη διασύνδεση με ποικίλες συσκευές. Αυτή η ενότητα παρέχει λεπτομέρειες για τον τεχνικομηχανικό εξοπλισμό του MineSuite.

#### 4.2.1 Μονάδες Τηλε-επεξεργασίας

Η μονάδα τηλε-επεξεργασίας (RPU) είναι ένας ισχυρός μικροεπεξεργαστής που στηρίζεται στην απόκτηση στοιχείων και στον έλεγχο συσκευών (Σχήμα 4.1). Χρησιμοποιείται επί του μεταλλευτικού εξοπλισμού στη θέση διαδρομής και την παραγωγή του εξοπλισμού, καθώς επίσης και για τις τυποποιημένες εφαρμογές τηλεμετρίας. Αυτή είναι η μοναδική λειτουργία που επιτρέπει την RPU να χρησιμοποιείται ως μία συσκευή επικοινωνίας στον τομέα των ορυχείων και στην ενσωμάτωση της παραγωγής στην συντήρηση, στην περιβαλλοντολογική δύναμη, στην απομάκρυνση νερού και στα διάφορα συστήματα συμπεριλαμβάνοντας την διαχείριση καυσίμων για τη συγκρότηση ενός συστήματος μεταλλείου άνευ ραφής και ευρείας τοποθέτησης. Η RPU εγκαθίσταται με 8 κανάλια επικοινωνίας μέσω των οποίων είναι δυνατό να διαμορφωθεί ώστε να επικοινωνεί με αρκετές βιομηχανικές τυποποιημένες συσκευές. Στον μεταλλευτικό εξοπλισμό η RPU μπορεί να διασυνδεθεί με :

- τη Γραφική Οθόνη Αφής για τις πληροφορίες και την αλληλεπίδραση των χειριστών

- το GPS ή αριθμημένα συστήματα που επιτρέπουν στην RPU να ορίσει την τοποθεσία του εξοπλισμού
- τα Συστήματα Ελέγχου Ωφέλιμου Φορτίου που επιτρέπουν την καταγραφή της πραγματικής ποσότητας παραγωγής
- τη Διαχείριση Μηχανών που βοηθούν στην ενσωμάτωση των βλαβών, του κύκλου πληροφοριών και της καταγραφής πληροφοριών συντήρησης
- τους Ελεγκτές Προγραμματιζόμενης Λογικής (PLC) για να παίρνουν τα ποσοστά θραυστήρων, την ισχύ διαχείρισης, τη συντήρησης, τον έλεγχο πληροφοριών, κτλ
- τους ανιχνευτές σκόνης και με σταθμούς μετεωρολογικούς για την αίσθηση του περιβάλλοντος.



**Σχήμα 4.1:** Μονάδα τηλε-επεξεργασίας του MineSuite.

Η μονάδα είναι επίσης εξοπλισμένη με I/O για να διασυνδέεται άμεσα με αισθητήρες που επιτρέπουν την εύκολη ενσωμάτωση του συστήματος. Η RPU χρησιμοποιεί ραδιοστοιχεία ή τυποποιημένες ραδιοφωνίες για επικοινωνία με τη βάση. Οι δείκτες μεταφοράς στοιχείων τηλεμετρίας είναι προγραμματισμένοι από 1200 έως 115200 baud. Οι μέθοδοι μεταφοράς στοιχείων περιλαμβάνουν την παραδοσιακή πύλωση και μηχανισμούς μεταφοράς στοιχείων. Ένας μεγάλος αριθμός συνθηκών ενεργοποίησης υποστηρίζεται για να επιτρέπεται η ικανοποιητική μεταφορά πληροφοριών χρησιμοποιώντας αυτόνομες τεχνικές. Η RPU χρησιμοποιεί έναν ισχυρό 16bit CISC μικροεπεξεργαστή για τις συνολικές του λειτουργίες, υποστηριζόμενο από έναν 12bit

RISC επεξεργαστή για την επικοινωνία στοιχείων και για την κάλυψη των προγραμματισμένων ρυθμίσεων. Όλο το I/O συμπεριλαμβάνοντας και τις τμηματικές συνδέσεις είναι οπτικά απομονωμένο. Οι τεχνικές του EMC έχουν ενσωματωθεί από το στάδιο σχεδίασης του προϊόντος. Οι ικανότητες ελέγχου της ισχύος και άλλων παραμέτρων συμπεριλαμβάνονται για να επιβεβαιώσουν την απρόσκοπτη και αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος.

#### 4.2.2 Οθόνες Αφής

Η οθόνη αφής GTS αποτελεί τη λογική επιλογή σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η αλληλεπίδραση χειριστών. Όλες οι οθόνες είναι λογισμικά διαμορφωμένες. Αυτό επιτρέπει στον χειριστή του μενού να χρησιμοποιεί εικόνες αντί λέξεις, να κάνει επιλογές αγγίζοντας την οθόνη, να επιταχύνει την εκπαίδευση των χειριστών κι επίσης η χρήση του προϊόντος να είναι διαδραστική. Ωστόσο η GTS όταν είναι ενσωματωμένη στο MineSuite έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες που δε σχετίζονται άμεσα με το MineSuite. Μερικές εφαρμογές της GTS είναι οι εξής:

- να αποκτά εισαγωγή στους χειρισμούς, όπως τον κωδικό pin, την ανάθεση και τη διακοπή
- να εμφανίζει πληροφορίες που έχουν σταλεί από τη βάση στο χειριστή
- να επιτρέπει στον χειριστή να ζητά πληροφορίες από τη βάση για την παρουσίαση και την παραγωγή
- γενικά, η κατάσταση της Διαχείρισης Μηχανών και η διακοπή πληροφόρησης εμφανίζεται με κωδικούς. Κατά συνέπεια χρειάζεται ένας ηλεκτρολόγος για να αποκωδικοποιεί τις πληροφορίες. Η GTS ενσωματωμένη με την RPU έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τους κωδικούς σε λέξεις και να τους στέλνει στη βάση
- ως ενσωματωμένη κονσόλα για την παρουσίαση σχετικών πληροφοριών όσον αφορά τη συσκευή μέσω της RPU.

Η ίδια η GTS διατίθεται μονόχρωμη ή έγχρωμη και σε διάφορα μεγέθη. Τα σχήματα της GTS που εμφανίζονται είναι εξαιρετικά προηγμένα. Περιλαμβάνουν κείμενο, δυαδικά αρχεία εικόνας, μενού, κουμπιά, λυχνίες, αριθμητικά πληκτρολόγια, διακόπτες, ιστογράμματα, γραφικές παραστάσεις γραμμών και γραφικές παραστάσεις τάσης. Είναι διαθέσιμες οι ιδιότητες προσαρμογής της φωτεινότητας και του κοντράστ. Η μονόχρωμη GTS μπορεί να είναι ασπρόμαυρη, καθώς επίσης κόκκινη

και μαύρη. Η ακουστική αναγγελία είτε διακεκομμένη είτε συνεχής είναι διαθέσιμη μέσω της ενσωματωμένης σειρήνας.

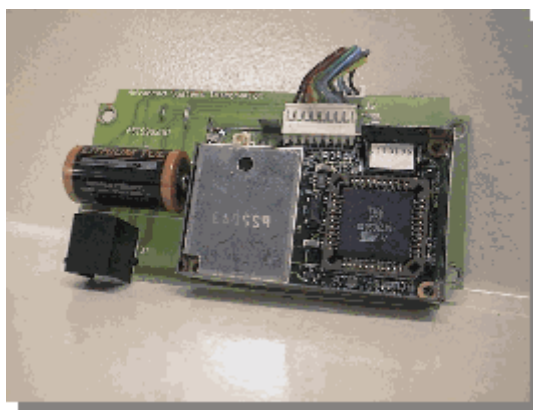


*Σχήμα 4.2:* Οθόνη αφής.

### 4.2.3 Δέκτης GPS

Η τεχνολογία του GPS υιοθετήθηκε για να χρησιμοποιείται με τα Ηλεκτρονικά Πεδίου του MineSuite προκειμένου να είναι δυνατή η ανίχνευση του εξοπλισμού μέσα στα ορυχεία υπαίθριας εκσκαφής. Η θέση του GPS χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της θέσης των οχημάτων μεταφοράς δείχνοντας σεβασμό στις πηγές και τους προορισμούς, έτσι ώστε να αυτοματοποιείται ο κύκλος του οχήματος. Οι φορτωτές περιοδικά μεταδίδουν τις θέσεις τους. Αυτές οι μεταδόσεις λαμβάνονται ηλεκτρονικά από τα φορτηγά τα οποία έπειτα ενημερώνουν τους πίνακες που αποθηκεύουν τις συντεταγμένες φορτωτών. Προκειμένου να επιτραπεί η ακρίβεια της τάξης των 5 μέτρων, είναι απαραίτητο να δοθούν διαφορετικές διορθώσεις στη μονάδα του GPS. Οι επικοινωνίες με τον δέκτη του GPS γίνονται μέσω του βιομηχανικού κανονισμού NMEA. Για να αυτοματοποιηθεί ο κύκλος των φορτηγών, πρέπει να είναι εξαιρετικά αξιόπιστη η τεχνολογία προσδιορισμού θέσης που υιοθετείται. Η μηχανή του GPS, που έχει εφαρμογή στον ηλεκτρονικό τομέα της ASI, η οποία χρησιμοποιείται στα ορυχεία υπαίθριας εκσκαφής, είναι σε θέση να αντιμετωπίσει:

- προβλήματα δορυφορικής παρεμπόδισης και σήμα πολλαπλών διαδρομών, όπου τα φίλτρα χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν τις αντανακλάσεις από έναν βράχο
- ψηλά τείχη και φαράγγια που εμποδίζουν την θέα του ουρανού σε μερικούς δορυφόρους
- τα οδοντωτά πρόσωπα, όπου απαιτούνται οι δορυφόροι σε χρόνο λιγότερο του ενός δευτερολέπτου μετά από την προηγούμενη απόκρυψή τους
- λιγότερους από 4 ορατούς δορυφόρους, όπου χρησιμοποιείται ένα φίλτρο Kalman για να προβλέψει τη θέση του οχήματος κατά τη διάρκεια μικρών χρονικών περιόδων.

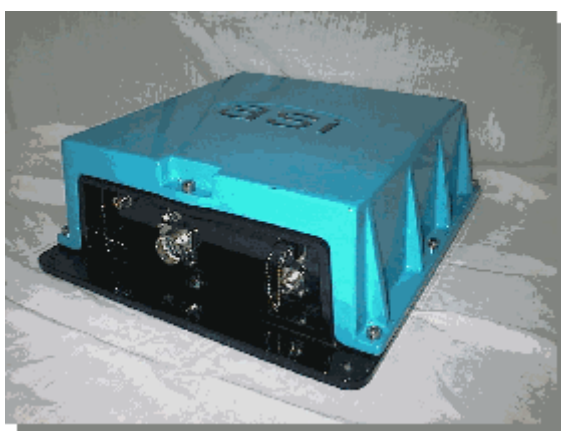


*Σχήμα 1.3:* Δέκτης GPS.

#### 4.2.4 Θήκη Προστασίας Εξοπλισμού

Η ASI έχει σχεδιάσει και αναπτύξει έναν εγκλεισμό με σκοπό την προστασία του υλικού του MineSuite. Αυτό μπορεί να βρίσκεται πάνω σε φορητό εξοπλισμό, όπως είναι τα φορητά, οι φορτωτές κ.α. ή σε σταθερές εγκαταστάσεις, όπως οι μετεωρολογικοί σταθμοί, οι σταθμοί καυσίμων κ.α.. Αυτό το υλικό είναι χυτό και περιλαμβάνεται σε ένα ερμητικά σφραγισμένο, 10mm παχύ, χυτό από αλουμίνιο μπλοκ εγκλεισμού. Η ενδοσύνδεση με άλλο εξοπλισμό γίνεται μέσω αδιάβροχων συνδετήρων υψηλής αντοχής. Σχεδιασμένο για να αντιστέκεται στις δονήσεις που λογικά βρίσκονται στον βαρύ μεταλλευτικό εξοπλισμό, όπως τα ρυμουλκά φορητά και οι φορτωτές, ο εγκλεισμός έχει μια εκτίμηση της τάξεως  $ip66$ , που το καθιστά αδιαπέραστο από τη σκόνη και από την υψηλού βαθμού πίεση στην απόπλυση μεταλλεύματος. Ένα τελείωμα από επίστρωμα σκόνης ενισχύει κι επιπλέον

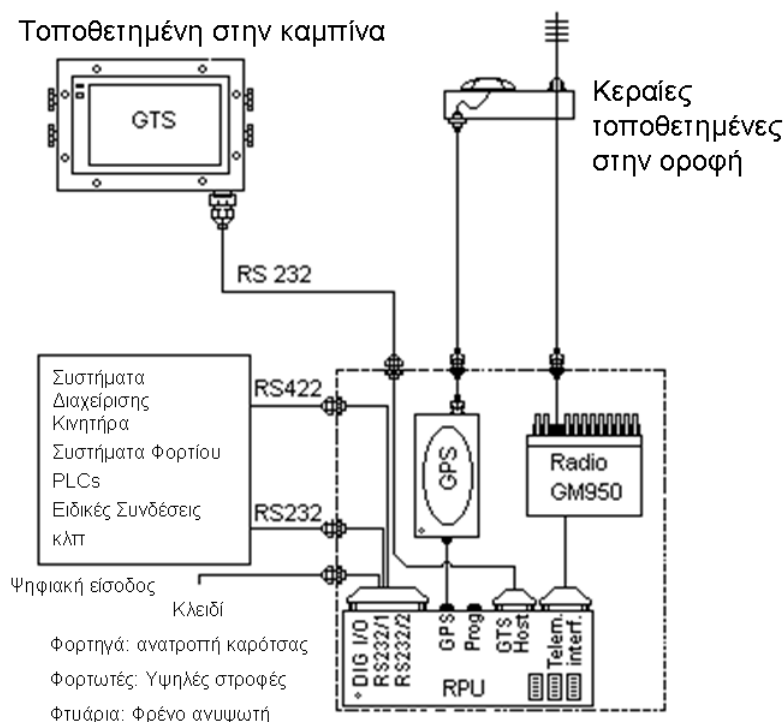
προστατεύει από πιθανές χημικές διαρροές. Η κατεργασία με τη βοήθεια υπολογιστή, η διάτρηση και το τρύπημα εξασφαλίζουν την ακριβή συναρμολόγηση και την ευθυγράμμιση των ανταλλάξιμων συστατικών. Η στεγανότητα στο νερό γίνεται χρησιμοποιώντας ένα 8mm συνεχές λαστιχένιο δαχτυλίδι "Ο", που τοποθετείται στο κάλυμμα. Το κάλυμμα αφαιρείται εύκολα και αντικαθίσταται χωρίς την ανάγκη να ενοχληθεί η ηλεκτρική καλωδίωση στη μονάδα. Η επικοινωνία και η ηλεκτρική σύνδεση με τον εξωτερικό κόσμο γίνεται μέσω των υδατοστεγών υποδοχών και βυσμάτων βαριάς κατασκευής στρατιωτικής κλάσης που τίθενται στον εγκλεισμό για να μειώσουν τον κίνδυνο ζημιάς.



Σχήμα 4.4: Θήκη προστασίας εξοπλισμού.

### **4.3 Έλεγχος Πραγματικού Χρόνου Εργοστασίου και Εξοπλισμού**

Η ακόλουθη σχηματική αναπαράσταση είναι μια χαρακτηριστική αντιπροσώπευση των συστατικών μέσα στον κινητό εξοπλισμό σε μια υπαίθρια λειτουργία. Η GTS παρέχει στους χειριστές της συσκευής τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Μέσω αυτού του τερματικού που συνδέουν, εισάγουν χειρωνακτικά λόγους για τις διακοπές, ορίζουν τη θέση τους, ζητούν πληροφορίες από τη βάση και τους αποστέλλονται πληροφορίες εκούσια από τη βάση.



**Σχήμα 4.5:** Σχηματικό διάγραμμα του υλικού που τοποθετείται σε κινητό εξοπλισμό.

Η RPU παρέχει όλους τους οδηγούς για τις επικοινωνίες με τα ηλεκτρονικά υποσυστήματα και παρέχει την ικανότητα για τις επικοινωνίες με τη βάση μέσω ενός ραδίου.

Η μονάδα του GPS ενημερώνει τη συσκευή για το που βρίσκεται. Η θέση της κάθε συσκευής περιοδικά μεταδίδεται και αυτός είναι ο μηχανισμός από τη θέση του οποίου δηλώνεται η βάση και ενημερώνεται ο υπόλοιπος φορητός εξοπλισμός.

Το Ράδιο παρέχει τη σπονδυλική στήλη της επικοινωνίας για το εργοτάξιο. Το Σύστημα Πληρότητας Φορτίου που βρίσκεται τυπικά πάνω σε σύγχρονα φορτηγά παρέχει πληροφορίες για την ποσότητα του υλικού με το οποίο είναι φορτωμένο. Τα συστήματα διαχείρισης μηχανών επιτρέπουν στο MineSuite να καταγράψει τις ενδιαφέρουσες παραμέτρους στην παραγωγή και τη συντήρηση. Κατά συνέπεια οι ώρες λειτουργίας των μηχανών και οι εφεδρικές ώρες μπορούν να ληφθούν από αυτά τα συστήματα. Επίσης, χρησιμοποιώντας την RPU είναι δυνατός ο έλεγχος ενδείξεων ζωτικής σημασίας. Χρησιμοποιώντας προηγμένους μηχανισμούς αναφοράς τους οποίους παρέχει η RPU (αναφορά για την αλλαγή του δέλτα, για το ανώτατο όριο,

κτλ, αντί της παραδοσιακής μεθοδολογίας) οι απαιτήσεις εύρους ζώνης μπορούν να διατηρηθούν στο ελάχιστο.

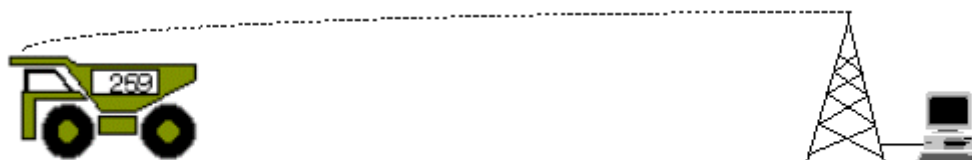
Σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχουν συστήματα διαχείρισης μηχανών. Οι αισθητήρες ή άλλες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση συγκεκριμένων στοιχείων. Για παράδειγμα μια ψηφιακή εισαγωγή από το διακόπτη πίεσης πετρελαίου μπορεί να παρέχει το μηχανισμό για την απόκτηση ωρών λειτουργίας της μηχανής. Ο ουδέτερος διακόπτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση ωρών λειτουργίας της μηχανής για εργασία άνευ φορτίου. Οι διακόπτες εγγύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενσωμάτωση της εισαγωγής της αυτοματοποίησης του κύκλου απόθεσης(αν ήδη δεν υπάρχει). Ακόμη, το GPS δίνει πολύτιμες πληροφορίες στο σύστημα για το αν το φορτηγό βρίσκεται σε κίνηση ή είναι σταματημένο. Όλο αυτό είναι δυνατό χάρη στην ευρεία ικανότητα διασύνδεσης της RPU.

Η ακόλουθη ενότητα δίνει επιπρόσθετες πληροφορίες για την συλλογή πληροφοριών και την δυνατότητα πληροφόρησης του MineSuite με σεβασμό στις διάφορες κατηγορίες εξοπλισμού. Όλες οι πληροφορίες που παρουσιάζονται είναι ενδεικτικές και μπορεί να ποικίλουν για να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της περιοχής.

### 4.3.1 Φορτηγό

Ακολουθεί μια περιγραφή της λειτουργίας του φορτηγού.

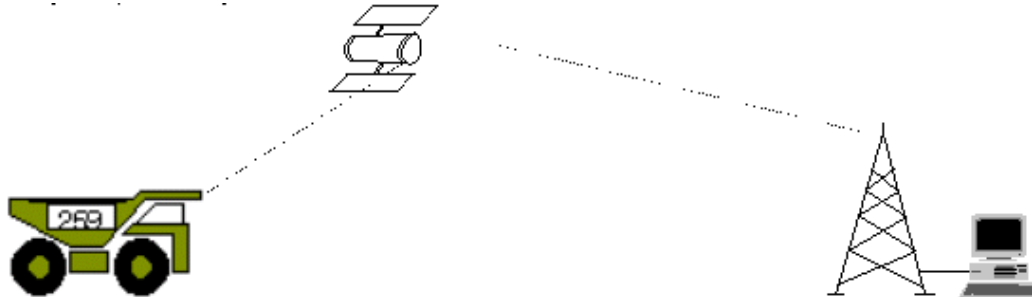
1. Ο μητρικός υπολογιστής (επίσης γνωστός ως βάση) αναθέτει μια εργασία στο φορτηγό, χαρακτηριστικά να κατευθυνθεί προς έναν ορισμένο φορτωτή, να φορτωθεί κι έπειτα να μεταφέρει το υλικό σε μια ορισμένη θέση απόθεσης ή με τη δυνατότητα αποθήκευσης. Η ενδοσύνδεση χειριστού μέσα στην καμπίνα θα ειδοποιήσει τον οδηγό για τη νέα εργασία που του ανατέθηκε.



Σχήμα 4.6: Κίνηση φορτηγού προς φορτωτή.

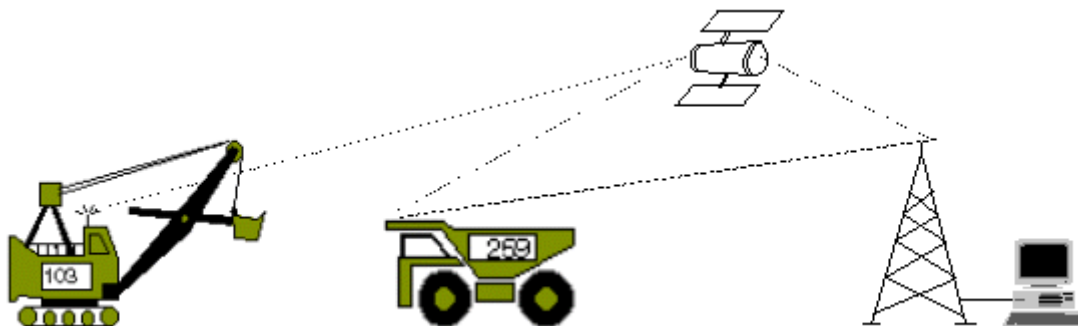


2. Καθώς το φορητό κινείται προς τον καθορισμένο φορτωτή, το GPS(σφαιρική τοποθέτηση του συστήματος)θα ενημερώσει τη βάση για την θέση των φορητών στο ορυχείο.



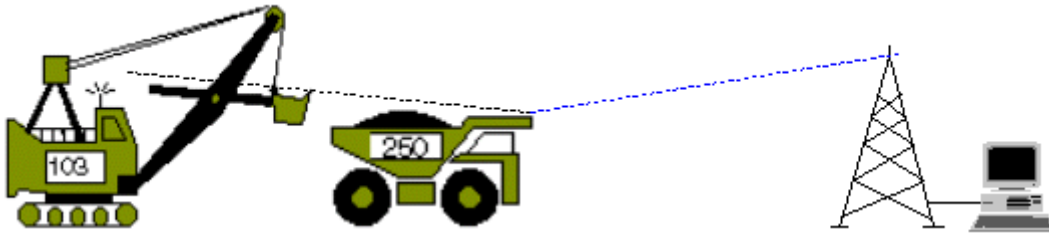
*Σχήμα 4.7:* Αποστολή ενημέρωσης GPS από φορητό.

3. Καθώς το φορητό πλησιάζει τον φορτωτή, μειώνει την ταχύτητα του και σταματά εντελώς. Το σύστημα θα καταγράψει τη θέση του φορτωτή καθώς περιμένει να φορτωθεί από το συγκεκριμένο φορτωτή. Ένα μήνυμα «αναμονής» θα εμφανιστεί στη ενδοσύνδεση χειριστού.



*Σχήμα 4.8:* Αναμονή φορητού στο φορτωτή.

4. Το φορητό θα παραμείνει στη θέση αναμονής μέχρι ο φορτωτής να θέσει επάνω από τον κάδο το πρώτο καμινέτο. Αυτό γίνεται αντιληπτό από μια αύξηση στους αισθητήρες βάρους του φορητού (πόδες αντοχής αξονικών πιέσεων). Τώρα το φορητό θα καταγραφεί ως σε θέση φόρτωσης και το μήνυμα «φόρτωση» θα εμφανιστεί στη ενδοσύνδεση του χειριστή.



**Σχήμα 4.9:** Φόρτωση φορτηγού στο φορτωτή.

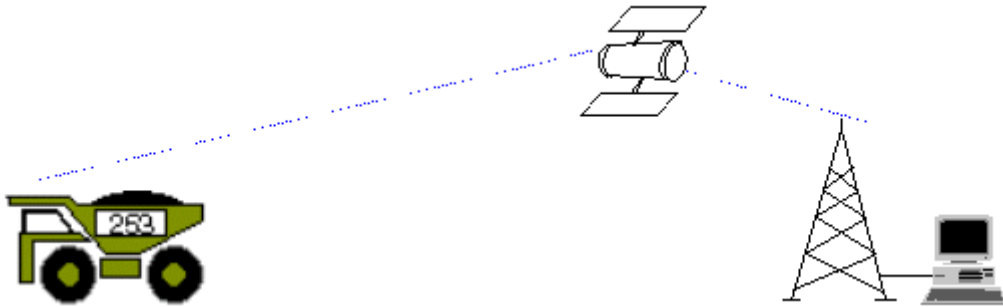
5. Ενώ συντελείται η φόρτωση του φορτηγού, ο χειριστής του φορτωτή ενημερώνεται για τις αντοχές του συγκεκριμένου φορτηγού όσον αφορά την χαμηλότερη αλλά και την υψηλότερη πληρότητα βάρους με μια αριθμητική και γραφική παράσταση. Οι δείκτες παρουσιάζουν το ιδανικό βάρος που μπορεί να κουβαλήσει το φορτηγό. Ο στόχος που τίθεται μεταξύ των αντοχών διασφαλίζει το γεγονός ότι δε θα υπάρξει υπερφόρτωση ή και το αντίθετο από υλικά.

Αν το φορτηγό είναι είτε λιγότερο φορτωμένο (από το χαμηλότερο όριο) είτε υπερφορτωμένο, ο ελεγκτής μπορεί να ειδοποιηθεί ανάλογα.



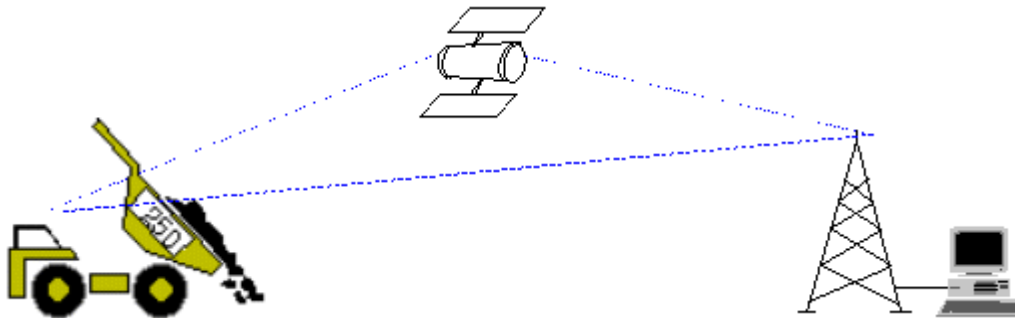
**Σχήμα 4.10:** Μεταφορά υλικού με φορτηγό προς προορισμό.

6. Μόλις φορτωθεί, το φορτηγό ρυμουλκά το υλικό στον προκαθορισμένο προορισμό του. Για να καταχωρηθεί η μεταφορά ως πλήρης, πρέπει το φορτηγό να έχει αυξημένη ταχύτητα και να έχει απομακρυνθεί από τον φορτωτή. Η ενδοσύνδεση του χειριστή θα εμφανίζει τώρα "Πλήρης Μεταφορά".



*Σχήμα 4.11:* Αποστολή ενημέρωσης GPS στη ράμπα μεταφοράς.

7. Καθώς το φορτηγό κινείται κατά μήκος του δρόμου ρυμούλκησης, θα καταχωρήσει με τη βοήθεια του συστήματος μέσω του GPS τη θέση στην οποία βρίσκεται.

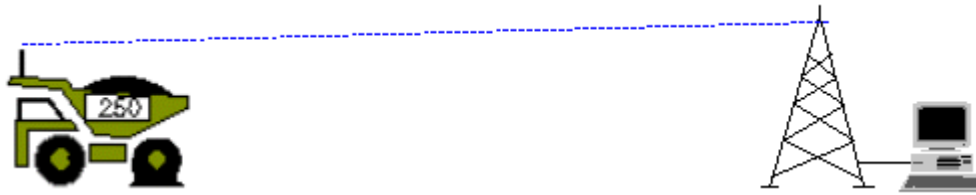


*Σχήμα 4.12:* Εκφόρτωση φορτίου στον προορισμό.

8. Όταν το φορτηγό φθάσει στον τελικό προορισμό του και ενεργοποιηθεί ο διακόπτης εναπόθεσης, το σύστημα θα ενημερωθεί ότι το φορτηγό έχει εναποθέσει το υλικό στον προκαθορισμένο προορισμό του.

Όταν το φορτηγό απομακρυνθεί από το τον χώρο εναπόθεσης θα αναγραφεί ως "Μεταφορά άδεια". Αυτό θα εμφανιστεί στη ενδοσύνδεση του χειριστή. Ο κύκλος τώρα επαναλαμβάνεται ή μια νέα αποστολή καθορίζεται από τη βάση.

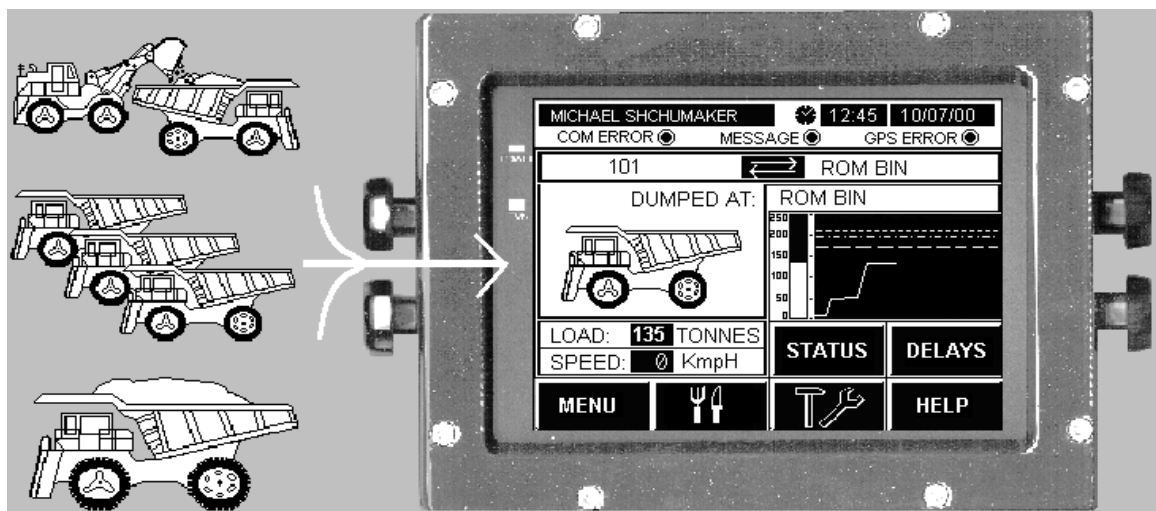
9. Αν το φορτηγό υποστεί κάποια βλάβη (πχ. ξεφούσκωμα λάστιχου), ο χειριστής πιέζει ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (DELAY) στην ενδοσύνδεση και επιλέγει μια αιτία για την καθυστέρηση από τη λίστα επιλογής που του παρέχεται.



Σχήμα 4.13: Φορτηγό σε κατάσταση καθυστέρησης.

Μόλις γίνει η επιλογή, η βάση και οι ελεγκτές ειδοποιούνται για το πρόβλημα και τα πληρώματα συντήρησης μπορεί να αποσταλούν για να το αποκαταστήσουν άμεσα. Εναλλακτικά, καθυστερήσεις ή άλλες δραστηριότητες είναι δυνατό να αναγραφούν αυτόματα χωρίς την παρέμβαση του χειριστή. Για παράδειγμα, αν το φορτηγό είναι εξοπλισμένο με έναν αισθητήρα για το επίπεδο των καυσίμων, το ηλεκτρονικό σύστημα του φορτηγού μπορεί να ελέγξει τα σήματα του. Αν το επίπεδο καυσίμων πέσει κάτω από το καθορισμένο όριο, το σύστημα θα αναφέρει αυτόματα την κατάσταση, επιτρέποντας την άμεση αποστολή ενός οχήματος καυσίμων / εξυπηρέτησης.

Το παραπάνω σενάριο περιγράφει κάποιες από τις δυνατότητες του συστήματος σε χρόνο πραγματικό. Κάποιες από αυτές μπορεί να μην είναι σχετικές με τη λειτουργία, ενώ άλλες που δεν έχουν αναφερθεί να είναι. Το MineSuite χάρη στις δυνατότητες του μπορεί να διαμορφώνει το σχέδιο στις απαιτήσεις της περιοχής.



Σχήμα 4.14: Τυπική κύρια οθόνη σε φορτηγό.

Ένα πλάνο των KPI μπορεί να παραχθεί από τα παραπάνω στοιχεία σε χρόνο πραγματικό. Αυτό περιλαμβάνει :

- Χειριστή, αποστολή, θέση, κατάσταση, κτλ
- Τμηματική διάρκεια του φορτηγού(αναμονή, φόρτωση, πλήρης, άδειο, κυκλικοί χρόνοι)
- Συρμοί, τόνοι
- Τόνοι ανά ώρα

Στηριζόμενος στις παραπάνω πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορεί κανείς να ελέγξει ιστορικά ένα πλάνο KPI. Αυτά περιλαμβάνουν:

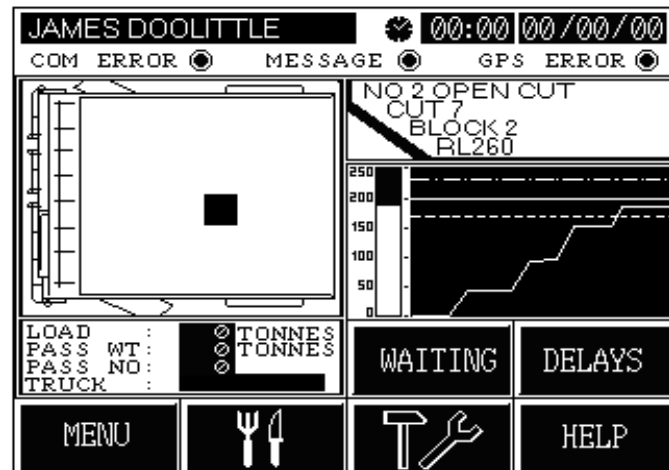
- Τόνους και BCM από τα φορτηγά καθημερινά, εβδομαδιαία κτλ.
- Τόνους από σορούς μεταλλεύματος και αποθέματα σε φορτηγά που μετακινούν υλικά σε αυτούς τους προορισμούς.
- Διαθεσιμότητα, χρήση, μέσο όρο χρόνου ανάμεσα στις αποτυχίες (MTBF) και την πλήρη κλίμακα των KPI που προέρχεται από την ανάλυση των διακοπών.

#### 4.3.2 Φορτωτής

Ο χειριστής του φορτωτή χρησιμοποιεί τη GTS για να συνδεθεί, να εκτελέσει αποστολές και να ενημερώσει για καθυστερήσεις και βλάβες. Η GTS επίσης παρουσιάζει πληροφορίες πληρότητας για το υλικό με το οποίο γεμίζει το φορτηγό από έναν φορτωτή σύμφωνα με τον στόχο της κλίμακας βάρους. Το GPS επί του φορτωτή περιοδικά μεταφέρει για την θέση πληροφορίες που χρησιμοποιούνται από τα φορτηγά έτσι ώστε να μπορούν αυτόματα να αναγνωρίσουν τους φορτωτές από τους οποίους φορτώνονται. Τα συστήματα διαχείρισης μηχανών ή οι αισθητήρες είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για να αποκτήσουν τις ώρες λειτουργίας των μηχανών, τις ώρες απραξίας κτλ.

Οι πληροφορίες για την παραγωγικότητα του φορτωτή στηρίζονται στην παραγωγικότητα των φορτηγών που φορτώνονται από αυτόν. Ωστόσο η πληρότητα του φορτηγού σχετίζεται με τον φορτωτή που το γέμισε. Στηριζόμενοι σε αυτό, το ακόλουθο KPI σε χρόνο πραγματικό μπορεί να ελεγχθεί. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Χειριστή, αποστολή, τοποθέτηση, κατάσταση κτλ.
- Φορτία, τόνους, bcm
- Τόνους ανά ώρα, bcm ανά ώρα
- Αριθμό καμινέτου, βάρος καμινέτου, διάρκεια καμινέτου, βάρος φορτίου, στόχος βάρους κτλ.



Σχήμα 4.15: Τυπική κύρια οθόνη σε φορτωτή.

Στηριζόμενος στις παραπάνω πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορεί κανείς να ελέγξει ένα πλάνο από οι KPI ιστορικά. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Τόνους και μετακινήσεις BCM από τα φορτηγά καθημερινά, εβδομαδιαία κτλ.
- Τόνους ανά ώρα, bcm ανά ώρα, μέσο όρο βάρους του καμινέτου, χρόνους του καμινέτου, χρόνους φόρτωσης και τα λοιπά που μπορούν να ελεγχθούν και να συγκριθούν ανάμεσα στην συσκευή, στους χειριστές, στις βάρδιες κτλ.
- Διαθεσιμότητα, χρήση, MTBF και την πλήρη κλίμακα των KPI που προκύπτει από την ανάλυση των διακοπών

#### 4.3.3 Βυτιοφόρο Καυσίμου

Ο χειριστής βυτιοφόρου καυσίμου χρησιμοποιεί τη GTS για να συνδεθεί και να δηλώσει τον εξοπλισμό που είναι γεμάτος. Οι αισθητήρες καυσίμου και η γραμμή κατανάλωσης πετρελαίου τροφοδοτημένες από τα PLC μπορούν να υπολογίσουν το ποσό απελευθέρωσης καυσίμου. Η RPU ρωτά το PLC κάθε φορά που μια συναλλαγή καυσίμου ολοκληρώνεται και διαβιβάζει την συναλλαγή στην βάση.

Η αναφορά και η μεταφορά περιεκτικών καυσίμων μπορεί να επιτευχθεί μέσω αυτού του μηχανισμού. Μερικά από τα KPI σε χρόνο πραγματικό είναι τα εξής:

- Χειριστής, θέση κτλ.
- Αριθμός εξοπλισμού που είναι πλήρης
- Ποσότητες καυσίμου και άλλων υλικών που καταναλώνονται

Στηριζόμενος στις παραπάνω πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορεί κανείς να ελέγξει ένα πλάνο από τα KPI ιστορικά. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Μέσο όρο κατανάλωσης καυσίμου για όλο τον εξοπλισμό (λίτρα ανά ώρα λειτουργίας, λίτρα ανά χιλιόμετρο)
- Συνολική κατανάλωση καυσίμου του ορυχείου καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία κτλ.
- Τόνους ανά λίτρο για τον εξοπλισμό παραγωγής
- Διαθεσιμότητα, χρήση, MTBF και την πλήρη κλίμακα των KPI που προέρχονται από τη ανάλυση των διακοπών

Κατά το γεγονός το ακατέργαστο στοιχείο δεν είναι διαθέσιμο αυτόματα (σε χρόνο πραγματικό), ακόμη μπορεί αυτό να εισαχθεί χειρονακτικά κατά το τέλος της μετατόπισης για να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που αναφέρθηκαν και περιγράφηκαν παραπάνω.

#### 4.3.4 Σταθμός Ανεφοδιασμού Καυσίμων

Το GTS χρησιμοποιείται στο σταθμό ανεφοδιασμού καυσίμων από τους χειριστές του εξοπλισμού για να αναγνωρίσουν τους ίδιους εαυτούς τους και τα οχήματα που εφοδιάζονται. Χαρακτηριστικά, οι χειριστές αναγνωρίζουν τους εαυτούς τους χρησιμοποιώντας έναν κωδικό (PIN), μαζί με τον εξοπλισμό που είναι πλήρης και με ένα οδόμετρο ανάγνωσης στην περίπτωση ελαφρών οχημάτων. Αυτό εγκρίνεται από την βάση και μόνο τότε ο χειριστής μπορεί να αρχίσει την άντληση (εγκλωβισμός μέσω του υλικού με εντολή από την βάση). Οι αισθητήρες καυσίμου και οι γραμμές κατανάλωσης πετρελαίου τροφοδοτημένες από το PLC μπορούν να υπολογίσουν το ποσό απελευθέρωσης καυσίμων. Η RPU ρωτά το PLC κάθε φορά που μία συναλλαγή καυσίμου ολοκληρώνεται και διαβιβάζει την συναλλαγή στην βάση.

Η αναφορά και η μεταφορά περιεκτικών καυσίμων μπορεί να επιτευχθεί μέσω αυτού του μηχανισμού. Τα KPI, όπως για παράδειγμα ο μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου, τα λίτρα ανά ώρα λειτουργίας, οι τόνοι ανά λίτρα κτλ. μπορούν όλα να υπολογιστούν. Κατά το γεγονός αυτό το στοιχείο δεν είναι διαθέσιμο αυτόματα, ακόμη μπορεί να εισαχθεί χειρονακτικά στο τέλος της μετατόπισης για να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που αναφέρθηκαν και περιγράφηκαν παραπάνω. Μερικά από τα KPI σε χρόνο πραγματικό είναι:

- Συσκευή και χειριστής στο σταθμό

- Αριθμός των συσκευών που είναι πλήρης
- Ποσότητες καυσίμων και άλλων υλικών που καταναλώνονται

Στηριζόμενοι στις παραπάνω πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορεί κανείς να ελέγξει ένα πλάνο των KPI ιστορικά. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Μέσο όρο κατανάλωσης καυσίμων για όλες τις συσκευές (λίτρα ανά ώρα λειτουργίας, λίτρα ανά χιλιόμετρο)
- Συνολική κατανάλωση του ορυχείου καθημερινά, εβδομαδιαία, μηναία κτλ.
- Τόνους ανά λίτρο για τον εξοπλισμό παραγωγής

#### 4.3.5 Γεωτρύπανο

Το κλειδί για τον έλεγχο πληροφοριών παραγωγής ενός γεωτρύπανου είναι το PLC. Η αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με το PLC, θα ελέγξουν το rpm του γεωτρύπανου, θα μειώσουν την πίεση και το βάθος. Αυτό το στοιχείο αποστέλλεται στην RPU μέσω μιας συσκευής οδηγού PLC. Ο χειριστής του γεωτρύπανου χρησιμοποιεί τη GTS για να συνδεθεί, να εκτελέσει αποστολές, να εισάγει τους αριθμούς διατρήματος και να παρουσιάσει καθυστερήσεις και βλάβες. Επίσης η GTS προβάλλει στοιχεία του διατρήματος όπως το βάθος του, την ταχύτητα που έχει το τρυπάνι και την πίεση που δέχεται από τον αέρα, τον ρυθμό διείδυσης κτλ., όλα με γραφικές παραστάσεις για τον χρήστη τα οποία αποκτούνται από το PLC. Στην περίπτωση αυτή το PLC λειτουργεί όμοια με τους ελεγκτές πληρότητας που βρίσκονται πάνω σε ένα ρυμουλκό φορτηγό. Το ηλεκτρονικό πεδίο του MineSuite παρέχει οδηγούς για μια ευρεία κλίμακα των PLC, περιλαμβανομένων των Modicon, Allen Bradley, Omron, κτλ.

Ο ελεγκτής γεωτρύπανου μπορεί να παρέχει τις ακόλουθες πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό:

- Χειριστή, αποστολή, θέση κτλ.
- Αριθμό διατρημάτων που ανοίχτηκαν με γεωτρύπανο, μέτρα στα οποία έγινε διάτρηση κτλ.
- Βάθος διατρήματος, RPM, πίεση αέρα στο τρυπάνι, πτώση πίεσης, τον αριθμό διείδυσης κτλ.

Στηριζόμενοι στις παραπάνω πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορεί κανείς να ελέγξει ένα πλάνο από τα KPI ιστορικά. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Παραγωγικότητα σε μία βάρδια καθημερινά, εβδομαδιαία βάση χειριστού



- Στατιστική διατρήματος
- Στατιστική γεωτρύπανου
- Διαθεσιμότητα, χρήση, MTBF και την πλήρη κλίμακα των KPI, που προέρχονται από την ανάλυση των διακοπών του γεωτρύπανου

#### 4.3.6 Βοηθητικός Εξοπλισμός

Η GTS χαρακτηριστικά χρησιμοποιείται στον βοηθητικό εξοπλισμό επιτρέποντας τους χειριστές να συνδεθούν, να θέσουν αποστολές και να εισάγουν διακοπή και αιτίες βλάβης. Παράμετροι όπως οι ώρες λειτουργίας της μηχανής μπορούν να ανιχνευθούν μέσω ψηφιακών εισαγωγών ή μέσω συστημάτων διαχείρισης μηχανών. Χαρακτηριστικά οι πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό για αυτές τις συσκευές περιλαμβάνουν:

- Χειριστή, επιστολή, θέση κτλ.
- Οι πληροφορίες ιστορικού χαρακτηριστικά αποτελούνται από:
- Διαθεσιμότητα, χρήση, MTBF και την πλήρη κλίμακα των KPI, που προέρχεται από την ανάλυση των διακοπών του εξοπλισμού.

#### 4.3.7 Αντλία

Ο τηλεχειριζόμενος εξοπλισμός, όπως οι αντλίες, δεν χρειάζεται να έχει GTS. Η RPU με το ράδιο είναι αρκετά για να συνδέονται και περιοδικά να μεταδίδουν πληροφορίες όπως:

- Την κατάσταση λειτουργίας
- Τα λίτρα που αντλούνται (αν αυτό απαιτείται)

Οι πληροφορίες ιστορικού είναι πιθανό να περιορίζονται σε:

- Ωρες λειτουργίας
- Αντλούμενα λίτρα

Σε μια παρόμοια κατάσταση οι μεταφορείς, οι θραυστήρες και οι άλλου είδους συσκευές μπορούν επίσης να ελέγχονται.

#### 4.3.8 Έλεγχος Περιβάλλοντος

Το ηλεκτρονικό πεδίο του MineSuite μπορεί να διασυνδεθεί με μια μεγάλη ποικιλία συσκευών πέρα από την περιοχή ορυχείου. Η ανοιχτή αρχιτεκτονική του και η απέραντη σειρά οδηγών συσκευών είναι οι λόγοι που το καθιστούν δυνατό. Το άλλο κύριο χαρακτηριστικό είναι η ικανότητα διαμόρφωσης των παραμέτρων. Ωστόσο μία

διασύνδεση με ένα σταθμό ελέγχου περιβάλλοντος μέσω της RPU, το οποίο είναι σε θέση να στείλει τις πληροφορίες πίσω στην βάση και αυτές να θεωρηθούν ως ένα ενιαίο σύστημα, αποτελεί πραγματικότητα. Είναι αναγκαίο, όμως, ο σταθμός ελέγχου περιβάλλοντος να έχει την ικανότητα να επικοινωνεί μέσω του RS 232 ως ένα δεδομένο PLC.

Παρόμοια, πληροφορίες από υποσταθμούς ηλεκτρισμού και από άλλα τέτοιου είδους συστήματα να μπορούν να ελεγχθούν, να συνδεθούν και να θεωρηθούν σε χρόνο πραγματικό.

## 5. Προβολή και Επεξεργασία Πληροφοριών

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε μια ποικιλία από συσκευές από τις οποίες μπορούμε να αποκτήσουμε πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό, καθώς και το είδος των πληροφοριών που είναι δυνατόν να αποκτηθούν. Επίσης είδαμε τον τρόπο με τον οποίο ο χειριστής της συσκευής μπορεί να αλληλεπιδράσει με το σύστημα μέσω της οθόνης αυτής (GTS). Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πως οι πληροφορίες σε χρόνο πραγματικό μπορούν να αντιμετωπιστούν από τον κεντρικό υπολογιστή, τα συστήματα SCADA και από το προσωπικό επίβλεψης στην περιοχή.

### 5.1 Συστήματα Πραγματικού Χρόνου Βασιζόμενα σε Προσωπικό Υπολογιστή (PC)

Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που συγκεντρώνονται από τον ηλεκτρονικό τομέα μεταβιβάζονται πίσω στην βάση. Οι πληροφορίες επικυρώνονται από τον online διακομιστή και παρουσιάζονται στην online κονσόλα. Είναι δυνατόν να υπάρχουν πολλαπλοί χρήστες οι οποίοι επιθεωρούν και εκτελούν πράξεις χρησιμοποιώντας την κονσόλα κατά την ίδια χρονική στιγμή.

Η online κονσόλα παρέχει στον χρήστη πολλαπλούς τρόπους προκειμένου να επιθεωρήσει τα στοιχεία της συσκευής σε χρόνο πραγματικό για την μετατόπιση που πραγματοποιείται (καθώς επίσης και για την προηγούμενη μετατόπιση).

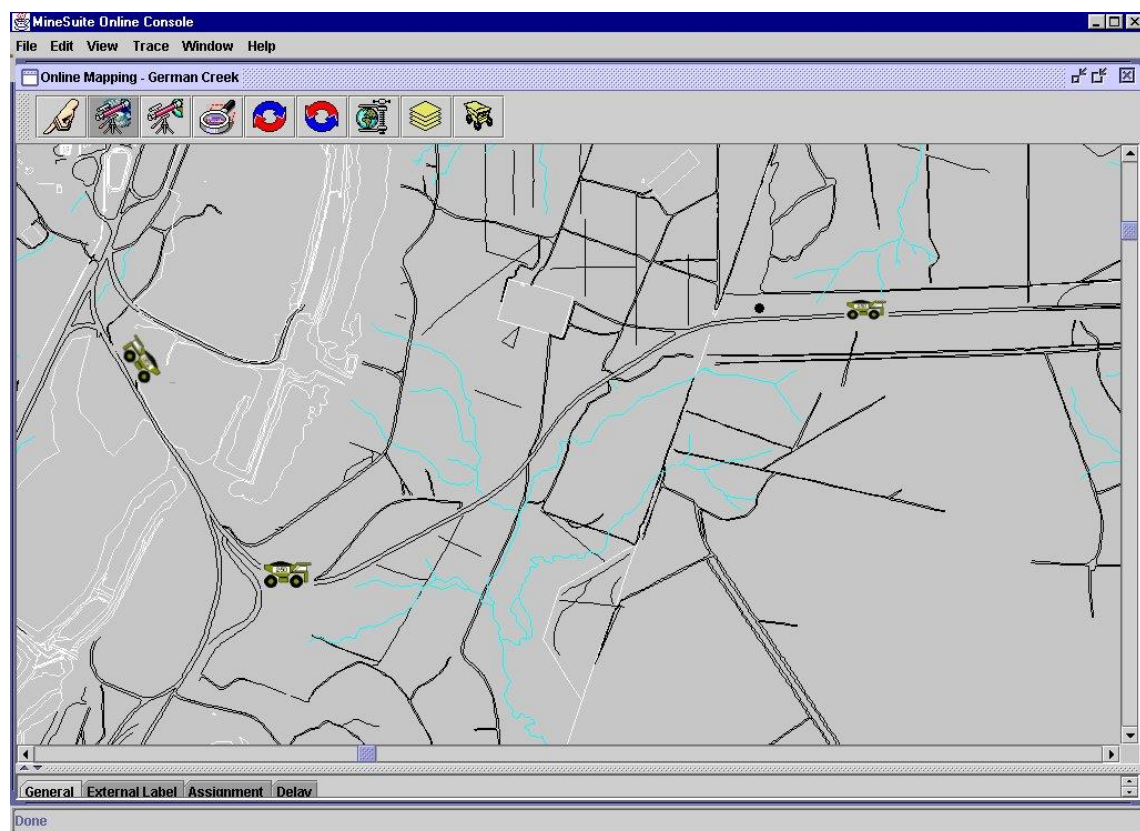
1. Δίνεται στον χρήστη ένας χάρτης του ορυχείου όπου παρουσιάζεται ο εξοπλισμός καθώς μετακινείται. Ο χρήστης μπορεί να δει στατιστικά στοιχεία για κάθε συσκευή απλά επιλέγοντάς την. Ένας χάρτης του ορυχείου, που παρέχεται από τον ερευνητή του ορυχείου σε μορφή DXF χρησιμοποιείται για αυτόν τον σκοπό.
2. Ο χρήστης μπορεί επίσης να δει στοιχεία για κάθε συσκευή με μια μορφή του τύπου Explorer.
3. Ο χρήστης μπορεί να πάρει πληροφορίες για την συσκευή από ένα κείμενο τραπεζοειδούς μορφής. Για να συμπεριληφθεί η συσκευή καθώς επίσης και για να εμφανιστούν οι παράμετροι πρέπει να διαμορφωθούν από τον χρήστη.
4. Διατίθενται επίσης οθόνες προειδοποίησης και προειδοποιήσεις ξαφνικής παρουσίας.

Ο χρήστης μπορεί να επιθεωρεί το σύστημα σε οποιαδήποτε ή σε όλες τις παραπάνω μορφές ταυτόχρονα.

### 5.1.1 Σύστημα Απευθείας Σύνδεσης Επίβλεψης Χάρτη

Το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει έναν DXF χάρτη ορυχείου για την επιθεώρηση του εξοπλισμού. Ο online Χάρτης Ορυχείου επιτρέπει λειτουργίες όπως:

- Την πανοραμική λήψη, την μεγέθυνση, την προσαρμογή στην οθόνη κτλ.
- Το σβήσιμο και το άνοιγμα στρωμάτων που περιλαμβάνει την παρουσίαση μόνο συγκεκριμένων κατηγοριών της συσκευής.
- Την ακολουθία ή την εγκατάσταση μιας συσκευής.
- Την λήψη παραμέτρων μιας συσκευής.
- Την ανάθεση ή την αποστολή ενός μηνύματος σε μια συσκευή.

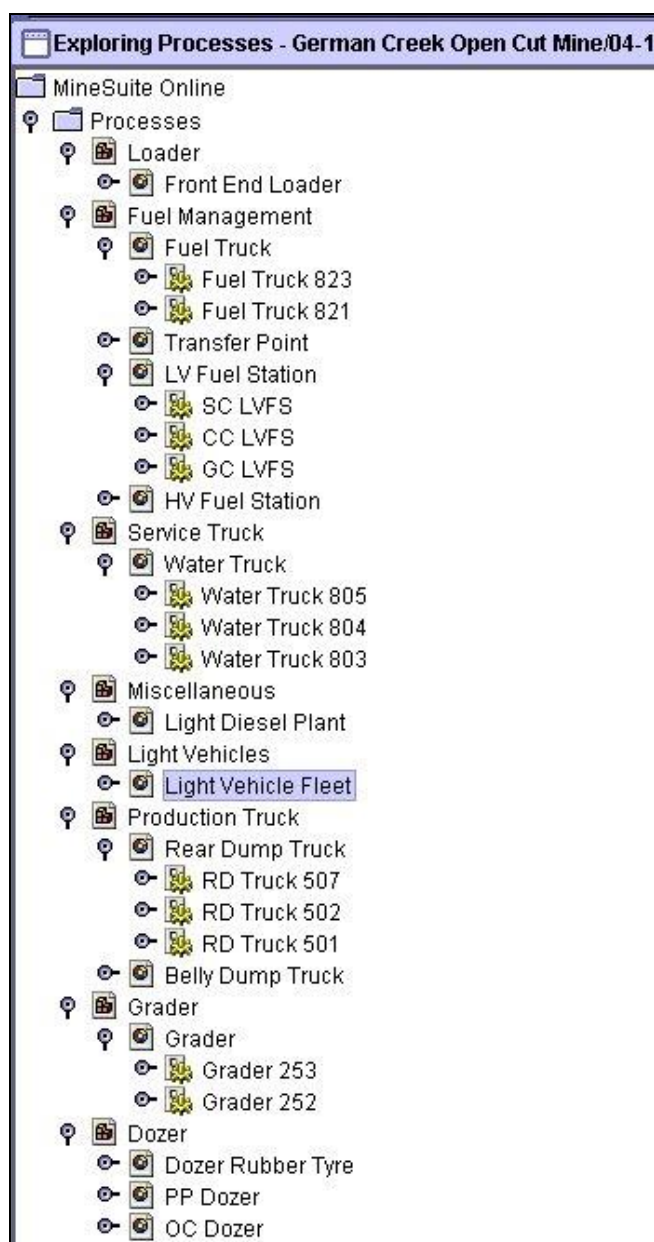


Σχήμα 5.1: Τυπική απεικόνιση χάρτη ορυχείου.

### 5.1.2 Απευθείας Σύνδεσης Σύστημα Επίβλεψης Εξερευνητή

Το MineSuite δίνει την δυνατότητα επιθεώρησης όλων των συσκευών στην μορφή ενός οικείου ερευνητή. Επιλέγοντας οποιαδήποτε συσκευή παρουσιάζει όλες τις

παραμέτρους για την συσκευή με τις παρούσες εκτιμήσεις. Ο χρήστης μπορεί επίσης να ορίσει από αυτήν την οθόνη την συσκευή.



Σχήμα 5.2: Τυπική απεικόνιση συστήματος πλοήγησης πληροφοριών.

### 5.1.3 Σύστημα Επίβλεψης

Στην επίβλεψη αυτή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία ομάδα διεργασιών και να επιλέξει να επιβλέψει μία ομάδα από KPI για αυτές τις διεργασίες σε στήλες. Αυτή η επίβλεψη επιτρέπει στον χρήστη να επιθεωρήσει πολλές κρίσιμες πληροφορίες σε μία μόνο οθόνη. Χαρακτηριστικά ο χρήστης μπορεί να έχει πολλά τέτοια παράθυρα: ένα με φορηγά, άλλο με φορτωτές κτλ.

#### **5.1.4 Επίβλεψη Προειδοποιήσεων**

Ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει το σύστημα που παρακολουθεί ώστε να θέσει σε όρια τις παραμέτρους που είναι ενδιαφέρουσες. Όταν η παράμετρος υπερβαίνει αυτά τα όρια καταγράφεται μια προειδοποίηση. Οι κριτικές προειδοποιήσεις μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να εμφανίζονται ξαφνικά όταν συμβαίνουν. Οι προειδοποιήσεις αποστέλλονται σε συγκεκριμένα μόνο άτομα.

#### **5.2 Τερματικό Επίβλεψης από Απόσταση**

Σε πολλές εταιρίες οι επιθεωρητές βρίσκονται στο ύπαιθρο παρά σε ένα δωμάτιο ελέγχου. Σε αυτές τις συνθήκες το MineSuite παρέχει ένα Φορητό Τερματικό Επιθεώρησης (RST), την ίδια Οθόνη Αφής (GTS) που βρίσκεται στην καμπίνα εξοπλισμού του υπαίθριου εξοπλισμού. Μέσω αυτού του τερματικού ο επιστάτης μπορεί να επιβλέψει το σύνολο των πληροφοριών που διατίθενται στον κεντρικό υπολογιστή. Ο επιστάτης επίσης μπορεί να ορίσει συσκευή, καθώς επίσης να ελέγξει την συσκευή, όπως ταινιόδρομους, κτλ. Οι προειδοποιήσεις επίσης μεταδίδονται στους επιστάτες που συνδέονται μέσω του RST.

#### **5.3 Συστήματα SCADA**

Σύμφωνα με την φιλοσοφία του συστήματος ολοκλήρωσης της ASI, είναι αναγκαίο μερικές φορές να λαμβάνονται πληροφορίες από ένα SCADA ή να καθορίζονται οι τιμές καταλόγων SCADA. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο υπολογιστής SCADA επικοινωνεί με την RPU της βάσης του MineSuite μέσω της θύρας COM 1 ή της COM 2 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο MODBUS για να χαρτογραφήσει τους εσωτερικούς VSM καταλόγους μέσα στο σύστημα SCADA.

Αυτοί οι κατάλογοι που έχουν ενδιαφέρον για το MineSuite ή το πεδίο του RPU θα διαμορφωθούν στο MineSuite ως γεγονότα εναντίον μιας διεργασίας (π. χ. διεργασία SCADA). Αυτή η διεργασία θα έχει την διεύθυνση της RPU (διεύθυνση ραδιοφωνικών επικοινωνιών) από την βάση RPU. Τα φορητά RPU που ζητούν τις τιμές από αυτούς τους καταλόγους θα τις λάβουν ζητώντας την τιμή του γεγονότος από τον Κεντρικό Υπολογιστή του MineSuite σε απευθείας σύνδεση. Οι επιθεωρητές της περιοχής μπορούν να επικοινωνούν με το SCADA μέσω του Κεντρικού Υπολογιστή του MineSuite στη βάση.

## 5.4 Dispatch

Το MineSuite παρέχει έναν προηγμένο αλγόριθμο αποστολών για να διαθέτει φορτηγά σε φορτωτές και φτυάρια βασισμένο στις διαμορφωμένες στρατηγικές του χρήστη. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν την ικανότητα μεγιστοποίησης της παραγωγικότητας του φορτωτή και του φορτηγού ή τη διατήρηση καθορισμένων ρυθμών παραγωγής φορτωτή σε μια απόθεση. Ο αλγόριθμος είναι βασισμένος γύρω από την λειτουργία πρακτορικών συστημάτων. Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Δικτύου Συμβολαίων και περιλαμβάνει μια αγορά όπου οι ανεκπλήρωτες προσφορές χτυπιούνται από φορτηγά. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να διατηρεί την επικοινωνία με μεταβαλλόμενη πραγματική κατάσταση και να αλλάζει την αποστολή φορτηγών ώστε να διατηρεί έναν συγχρονισμό με τον καθορισμένο στόχο αποστολών. Το σύστημα Dispatch παίζει σημαντικό ρόλο και βοηθά άμεσα στη βελτίωση της παραγωγικότητας στα ορυχεία ανοιχτής επιφανειακής εκμετάλλευσης.

Τα πρακτορικά υπολογιστικά συστήματα έχουν θεωρηθεί ως η πιο σημαντική ανακάλυψη στην ανάπτυξη λογισμικού και στην νέα επανάσταση στο λογισμικό. Στις μέρες μας οι πράκτορες είναι το επίκεντρο του ενδιαφέροντος εκ μέρους πολλών τομέων της πληροφορικής και της τεχνητής νοημοσύνης. Τα συστήματα πρακτόρων χρησιμοποιούνται σε όλο και περισσότερο ευρεία ποικιλία εφαρμογών συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων κρίσιμων αποστολών, όπως ο έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας.

## 5.5 Μεταβολή και Εισαγωγή Δεδομένων

Τα δεδομένα για το MineSuite μπορούν να συγκεντρωθούν με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

1. Μπορούν να φτάσουν αυτόματα μέσω του συστήματος πραγματικού χρόνου του MineSuite.
2. Μπορούν να φτάσουν αυτόματα μέσω ενός συστήματος SCADA
3. Οι χρήστες του συστήματος μπορούν να εισάγουν άμεσα στοιχεία.

Όλα τα δεδομένα μέσα στο MineSuite τελικά συναθροίζονται και αποθηκεύονται σε επίπεδο βάρδιας. Το τμήμα Άμεσης Εισαγωγής και Διόρθωσης Στοιχείων του MineSuite (MDE) επιτρέπει στον χρήστη να επιβλέψει, να εισάγει και να διορθώσει στοιχεία ανά βάρδια. Ακόμα και σε ένα σύστημα με αυτόματη συλλογή δεδομένων,

συγκεκριμένες πληροφορίες που δεν μπορούν να συλλεχθούν αυτόματα μπορούν να εισαχθούν άμεσα.

Το MineSuite μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσει πληροφορίες για τις λογικές διαδικασίες σχετικές με την λειτουργία. Οι παράμετροι που ορίζονται έναντι αυτών των διεργασιών μπορούν να εισαχθούν άμεσα και να αναφερθούν.

Η οθόνη MDE του MineSuite χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πάνω μέρος της οθόνης παρέχει στους χρήστες μία περιληπτική επίβλεψη της δραστηριότητας της βάρδιας σε γραφική μορφή. Το κάτω μέρος της οθόνης επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει ή να διορθώσει αποστολές, τιμές παραμέτρων και λόγους διακοπής. Η εισαγωγή στο σύνολό της μπορεί να γίνεται μέσω πληκτρολογίου, αν αυτό είναι επιθυμητό. Η οθόνη περιλαμβάνει ένα πλήθος διαμορφώσιμων επιλογών για τις διεργασίες που είναι υπό επίβλεψη, επιλογές τροποποίησης και διαγραφής, κλπ. οι οποίες αποθηκεύονται έναντι των ρυθμίσεων του χρήστη, έτσι ώστε να μπορεί να ανοίγει το παράθυρο ακριβώς με τον ίδιο τρόπο κάθε φορά.



Ονομασία Εξοπλισμού

Χρονικός ορίζοντας βάρδιας

Αναγνωρίζει την αποστολή του εξοπλισμού

Διακοπή κατά τη βάρδια

Διακόπτες για την επιλογή αποστολών, τιμών παραγωγής ή διακοπών

Παράμετροι του επιλεγμένου εξοπλισμού

Parameter: Total Cubic Metres Segmt: N/A  
 Value: 0.00 Time: Certificate: N/A  
 Source: N/A Destn: N/A Personnel: N/A  
 Remark:

Parameter	Time	Value	Attribute	Certificate	Source	Destination	Personnel	Remark
Total Cubic Metres	N/A	9074.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
Prime Cubic Metres	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
No. of Swings	N/A	283	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
Rehandle (%)	N/A	0.0	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
Coal Mined (t)	N/A		N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
Coal Uncovered (t)	N/A		N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	
Powder Factor (kg...	N/A		N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A	

Σχήμα 5.3: Η οθόνη άμεσης εισαγωγής δεδομένων.

AsgnMode Start: 15:23:20 Mode: N/A  
 Source: (Select)Inpit Destination: N/A Personnel: DANIEL

Start Timestamp: 2000-02-07 15:00:00  
 2000-02-07 15:23:20

Select a Location dialog:  
 Select an item from each of the location levels below. The combination of all the levels makes a location. Hit <Enter> to commit the selection or <Escape> to cancel.  
 Pit: C Strip: 1 Seam: MM1

Σχήμα 5.4: Οθόνη MDE – Παράθυρο αποστολών.

Parameter	Total Cubic Metres	Segmt	N/A	Value	9074.00	Time	N/A	Certificate	N/A
Source	U-4-MM1	Destn	None	Personnel	N/A				
Remark									
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>									
Parameter	Time	Value	Attribute	Certificate	Source	Destination	Personnel	Remark	
Total Cubic Metres	N/A	9074.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
Prime Cubic Metres	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
No. of Swings	N/A	283.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
Rehandle (%)	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
Coal Mined (t)	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
Coal Uncovered (t)	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		
Powder Factor (kg...)	N/A	0.00	N/A	N/A	U-4-MM1	None	N/A		

Σχήμα 5.5: Οθόνη MDE – παράθυρο παραμέτρων.

Delay Start	15:00:00	Delay End	15:26:14	Duration	00:26:14	<input type="checkbox"/> Carried Over	<input checked="" type="checkbox"/> Scheduled	%	100
Cause	None	Responsibility	Operational	Category	-				
Major	Fleet	Minor	Operating	Detail	Operational Shutdown				
Remark	Budget non-productive day.								
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>									
Start Time	Duration	Percent	Delay	Faulty	Resp	Category	Scheduled	Carried Over	Remark
15:00:00	00:26:14	100	Fleet_Operating_...	None	Operational	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Budget non-produ...
15:26:14	00:15:27	100	Fleet_Operating_U...Loader 322	Operational			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22:29:49	00:30:11	100	Fleet_Operating_U...Loader 322	Operational			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Σχήμα 5.6: Οθόνη MDE – παράθυρο διακοπών.

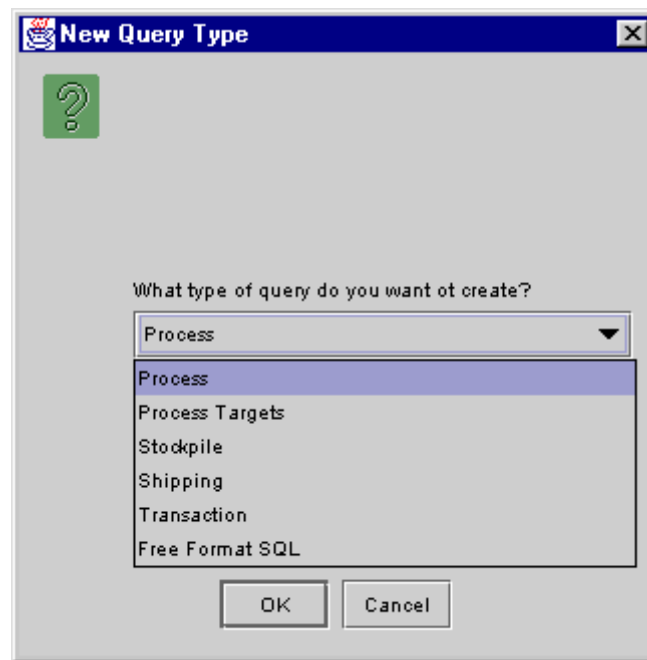
## 5.6 Δημιουργία Αναφορών Συστήματος

Μαζί με το MineSuite περιλαμβάνεται ένα εξαιρετικά προηγμένο και φιλικό για το χρήστη τμήμα Αναφορών Ελεύθερης Μορφής. Μέσα από μια σειρά οδηγών ένδειξης και επιλογής, και χωρίς γνώση των βάσεων δεδομένων ή της SQL, ο χρήστης μπορεί να παράγει αναφορές υψηλού αντίκτυπου. Το τμήμα αυτό διακρίνεται σε 3 μέρη: την Ερώτηση, τη Σελίδα και το εργαλείο Batch.

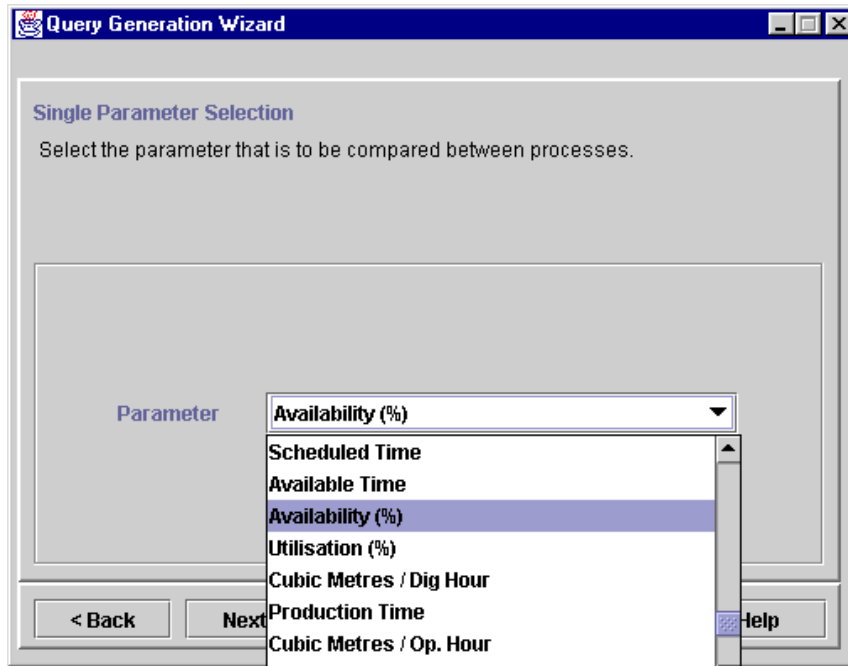
### 5.6.1 Ερώτηση

Το MineSuite δίνει τη δυνατότητα να διαμορφώνονται και να σώζονται ερωτήσεις μέσω του "Οδηγού Ερωτήσεων" (Query Wizard). Είναι μια σταδιακή διαδικασία, που σου επιτρέπει να επιλέξεις τον ή τους KPI στη συσκευή ή τις διαδικασίες που ενδιαφέρουν. Η ερώτηση είναι αναπαράσταση μιας αναζήτησης στην βάση δεδομένων. Γενικά, ρωτά την βάση δεδομένων για τις πτυχές της παραγωγής, της απόδοσης και της θέσης των φορτηγών, των φορτωτών, των αποθεμάτων υλικού κτλ. Η ερώτηση περιέχει ένα σύνολο κριτηρίων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί μία δήλωση SQL. Η βάση δεδομένων εκτελεί την ερώτηση και

επιστρέφει μορφοποιημένα στοιχεία τα οποία εκπληρώνουν τα κριτήρια της ερώτησης. Τα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνδεθούν με διαγράμματα, με συνοπτικούς καταλόγους ή για να εξαχθούν σε αρχείο CSV. Μόλις δημιουργηθεί μία ερώτηση μπορεί να σωθεί για περαιτέρω χρήση ή λειτουργία και τα αποτελέσματα να παρουσιαστούν. Στις παρακάτω εικόνες δίνονται μερικά από τα παράθυρα του τμήματος αυτού ως οδηγός για τον χρήστη για να παράγει άμεσα μία ερώτηση, και να δοθεί στον αναγνώστη μια ιδέα της απλότητας της διαδικασίας.

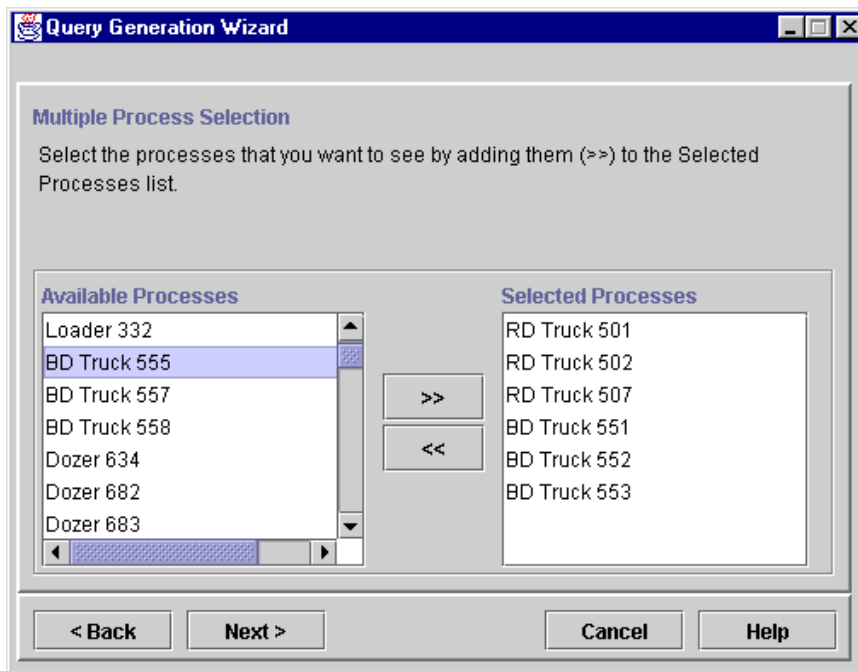


*Σχήμα 5.7:* Επιλογή τύπου ερώτησης.

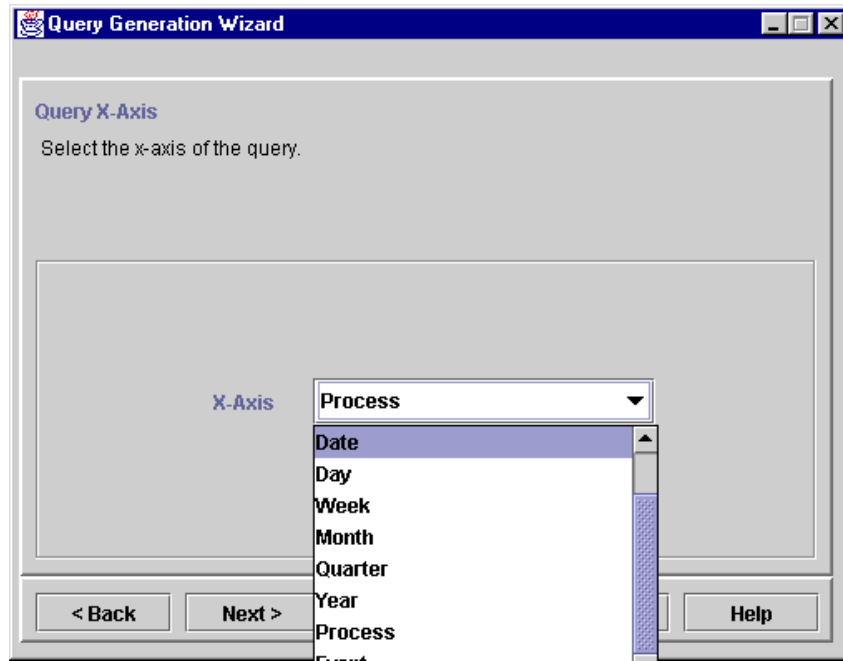


Σχήμα 5.8: Επιλογή παραμέτρου ενδιαφέροντος.

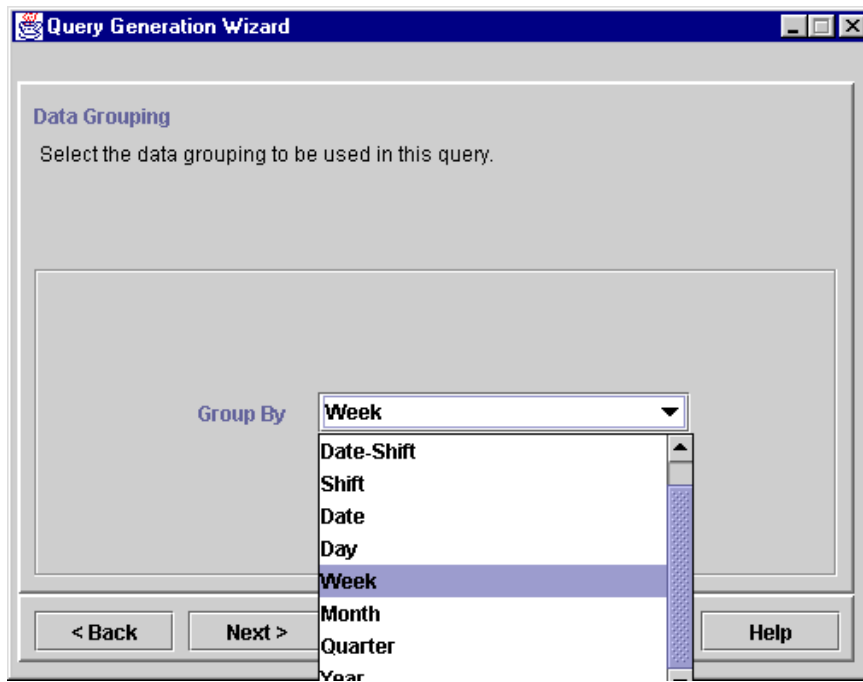
Κατά την επιλογή της ενδιαφέρουσας παραμέτρου, εμφανίζεται στον χρήστη μία λίστα από συσκευές έναντι των οποίων έχει οριστεί η παράμετρος.



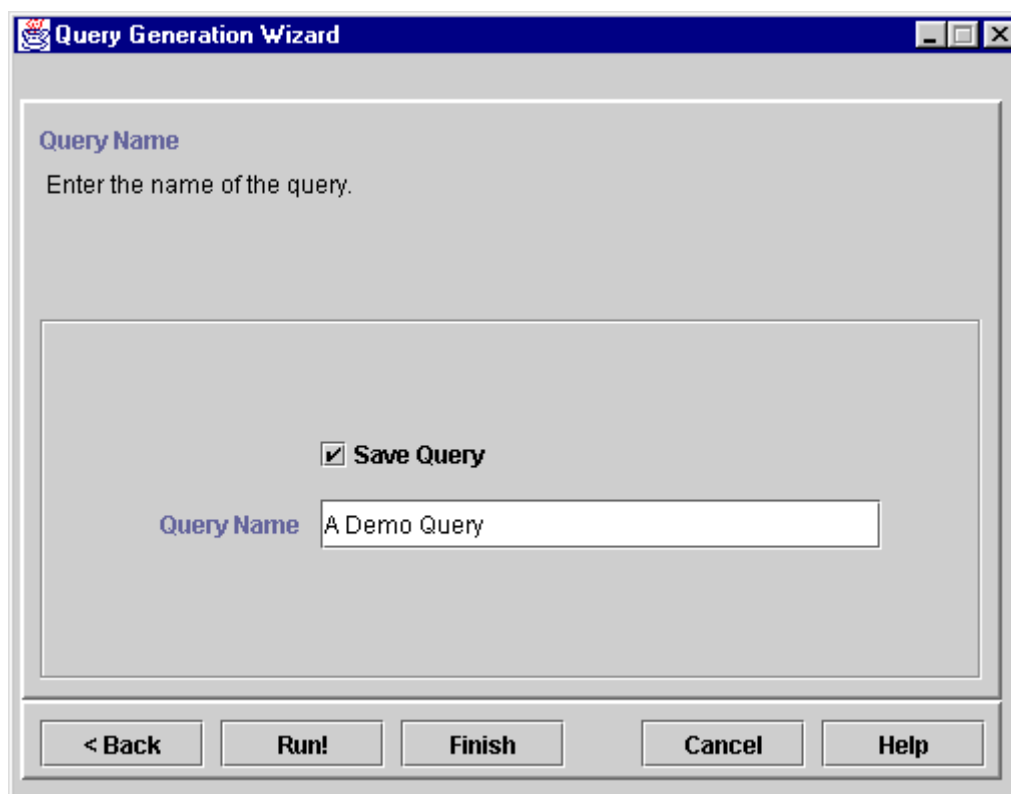
Σχήμα 5.9: Επιλογή εξοπλισμού ενδιαφέροντος.



Σχήμα 5.10: Επιλογή άξονα X.



Σχήμα 5.11: Επιλογή ομαδοποίησης.



Σχήμα 5.12: Αποθήκευση ερώτησης.

Μία ερώτηση μπορεί να οργανωθεί άμεσα από εδώ, οπότε σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης θα κληθεί να επιλέξει πως το στοιχείο πρόκειται να παρουσιαστεί. Εάν επιλεγθεί μία γραφική παρουσίαση παραγωγής, ο χρήστης θα κληθεί να προσδιορίσει τον τύπο παραγωγής γραφικών παραστάσεων. Καμία άλλη επιλογή σχεδιαγράμματος ή παρουσίασης δεν επιτρέπεται σε αυτό το τμήμα.

### 5.6.2 Σελίδα

Το εργαλείο σελίδα επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει καθημερινές αναφορές σε οποιοδήποτε σχήμα ή μορφή. Το εργαλείο σελίδας επιτρέπει την ανάπτυξη περιεκτικών αναφορών μεγάλης επίδρασης χωρίς να είναι απαραίτητες κάποιες δεξιότητες προγραμματισμού. Τα παρακάτω συστατικά είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε μία σελίδα:

- Κείμενο - σε μια ποικιλία από φόντα, μεγέθη και ιδιότητες.
- Διάγραμμα - το αποτέλεσμα μιας ή πολλαπλών ερωτήσεων μπορεί να παρουσιαστεί σε ένα διάγραμμα. Τα διαγράμματα μπορούν να αποτελούνται από ράβδους, ομαδοποιημένους ράβδους ή συσσωρευμένους ράβδους, τύπους γραμμών. Αυτά μπορούν να επιστρωθούν, να έχουν τον άξονα μέχρι 2 X και 3

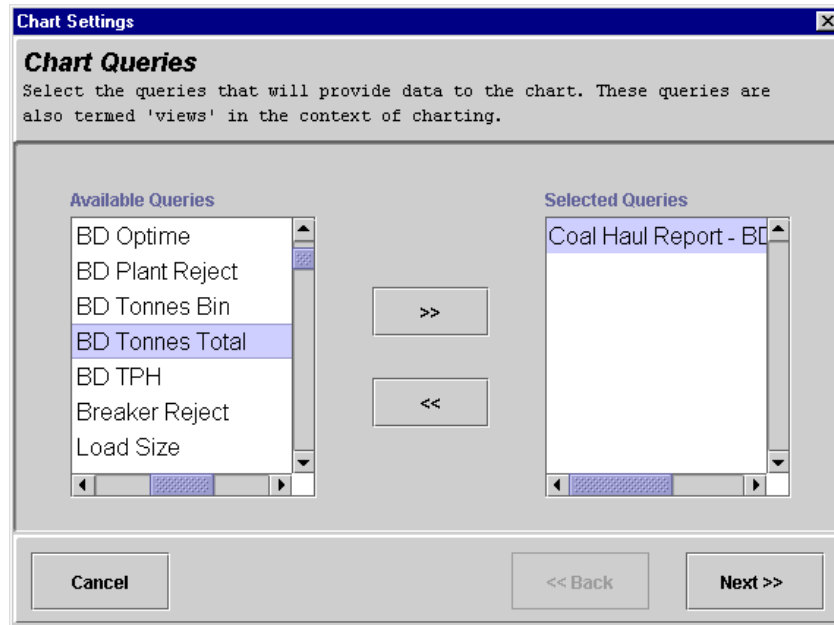
Υ και να έχουν τις επιλογές για τις γραμμές πλέγματος, τα φόντα, τα νήματα, τις κλίμακες, τα 3D και μια ποικιλία από άλλα χαρακτηριστικά.

- Το αποτέλεσμα από μία ή πολλαπλές ερωτήσεις μπορεί να παρουσιαστεί κατά τρόπο συνοπτικό. Οι διαμορφώσιμες επιλογές στους πίνακες περιλαμβάνουν την επιγραφή εκθέσεων, την επιγραφή σελίδων, την επιγραφή στηλών, τα σύνολα, την υποσημείωση σελίδας και την υποσημείωση αναφοράς. Η περίοδος της ερώτησης, τα φόντα, τα μεγέθη και τα πλέγματα γραμμής είναι όλα διαμορφώσιμα.

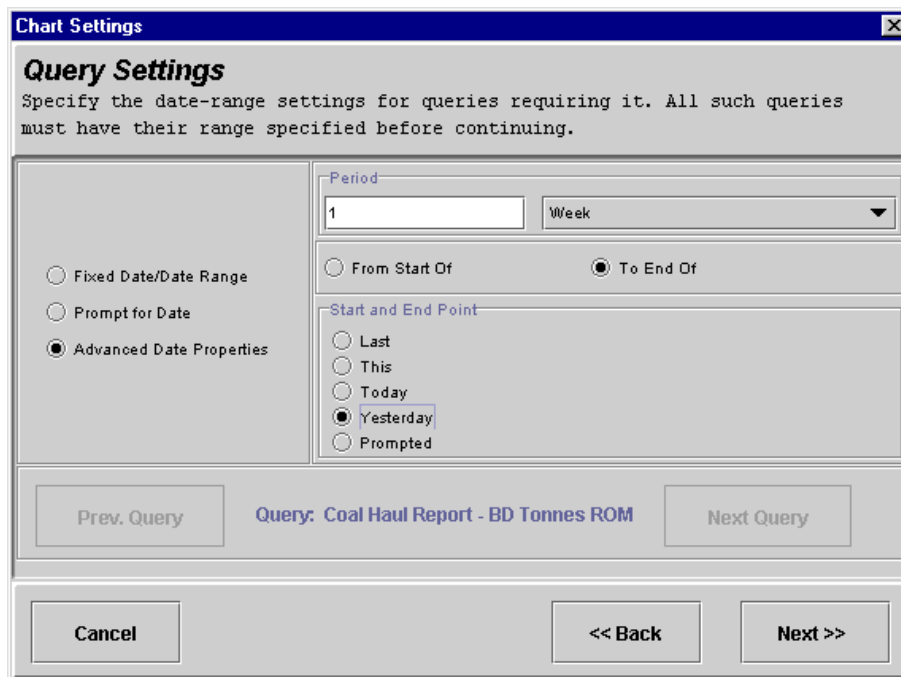
Η περίοδος κατά τη οποία οι ερωτήσεις των σελίδων πρόκειται να εκτελεστούν αποτελεί επίσης μια διαμορφώσιμη επιλογή. Μόλις μια σελίδα σωθεί, ελέγχεται η μορφή της και έπειτα σώζεται μακριά για την επόμενη λειτουργία χωρίς κάποια περαιτέρω εισαγωγή από τον χρήστη. Όλες οι εκθέσεις σελίδων μπορούν να ελεγχθούν σε απευθείας σύνδεση, να τυπωθούν ή να μετατραπούν στο HTML για την συμβατότητα με το διαδίκτυο. Ακολουθούν εικόνες από παράθυρα του τμήματος ως οδηγός για τον χρήστη για να παράγει μία σελίδα.



**Σχήμα 5.13:** Επιλογή τύπου αντικειμένου για δημιουργία (αριστερά) και θέσης νέου αντικειμένου (δεξιά).

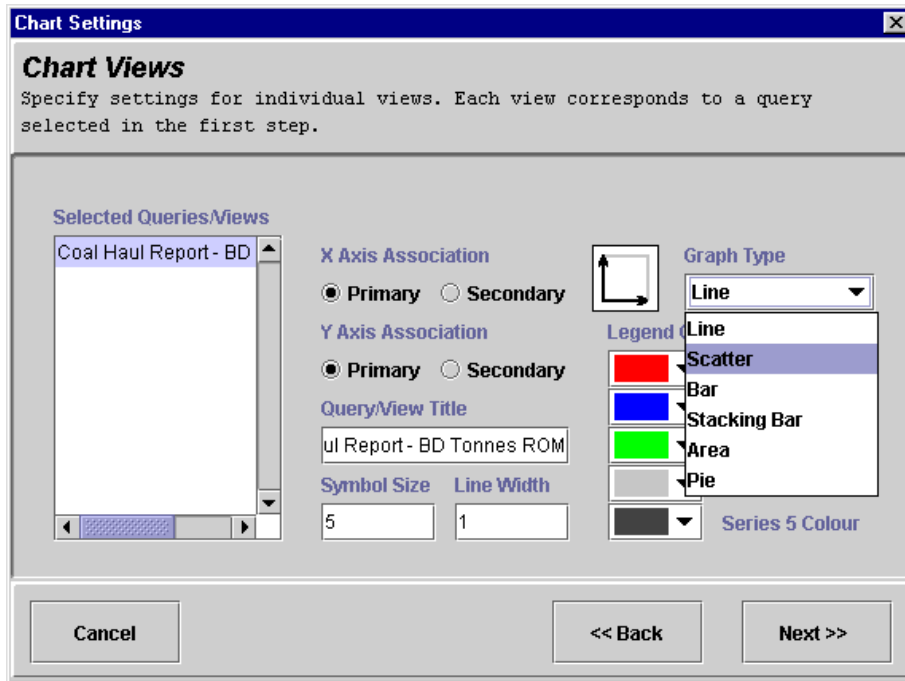


Σχήμα 5.14: Επιλογή ερωτήσεων για δημιουργία διαγραμμάτων.

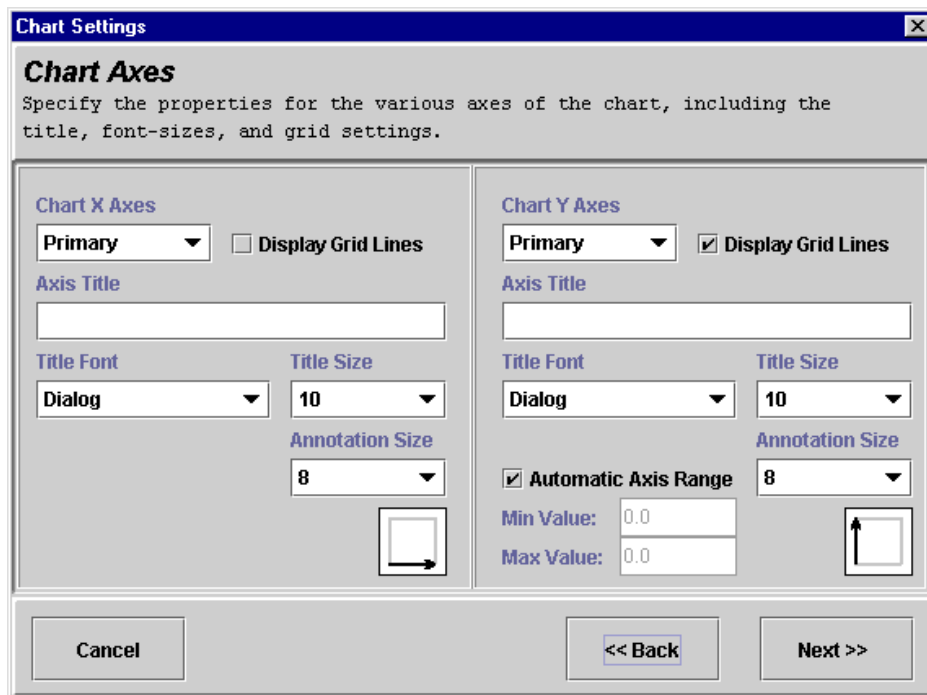


Σχήμα 5.15: Προσδιορισμός περιόδου για την ερώτηση.

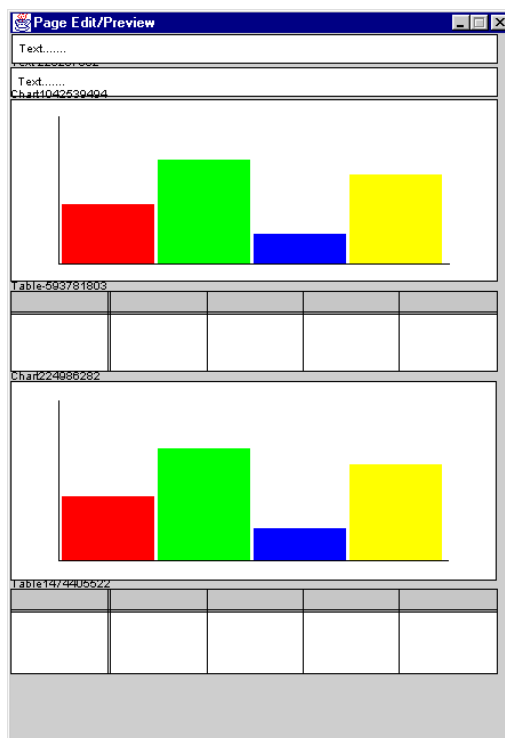




Σχήμα 5.16: Επιλογή τύπου γραφικής παράστασης και σχετικών παραμέτρων.



Σχήμα 5.17: Διαμόρφωση πληροφοριών άξονα για την γραφική παράσταση.



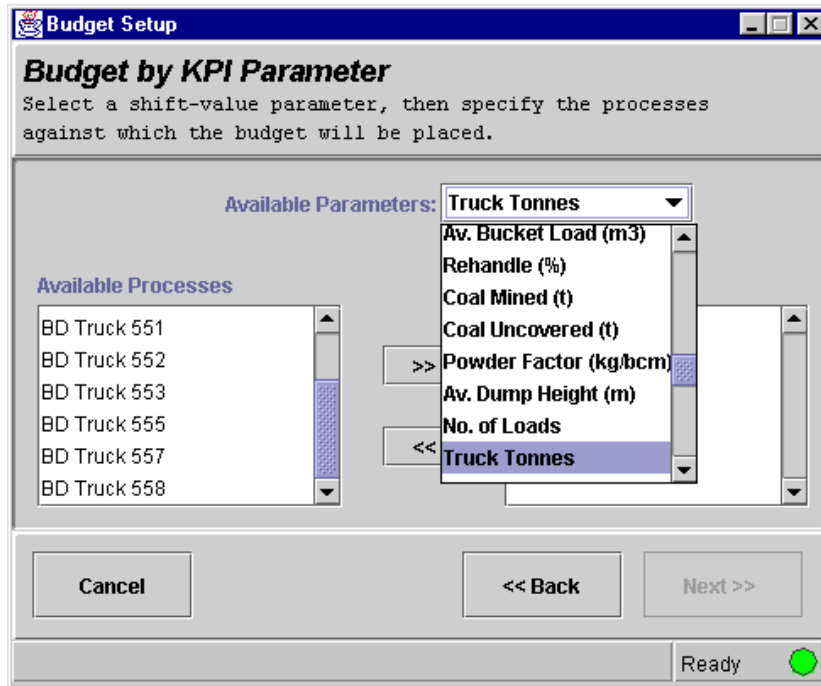
*Σχήμα 5.18:* Παράδειγμα σελίδας με πολλαπλά γραφήματα και πίνακες.

### 5.6.3 Εργαλείο Batch

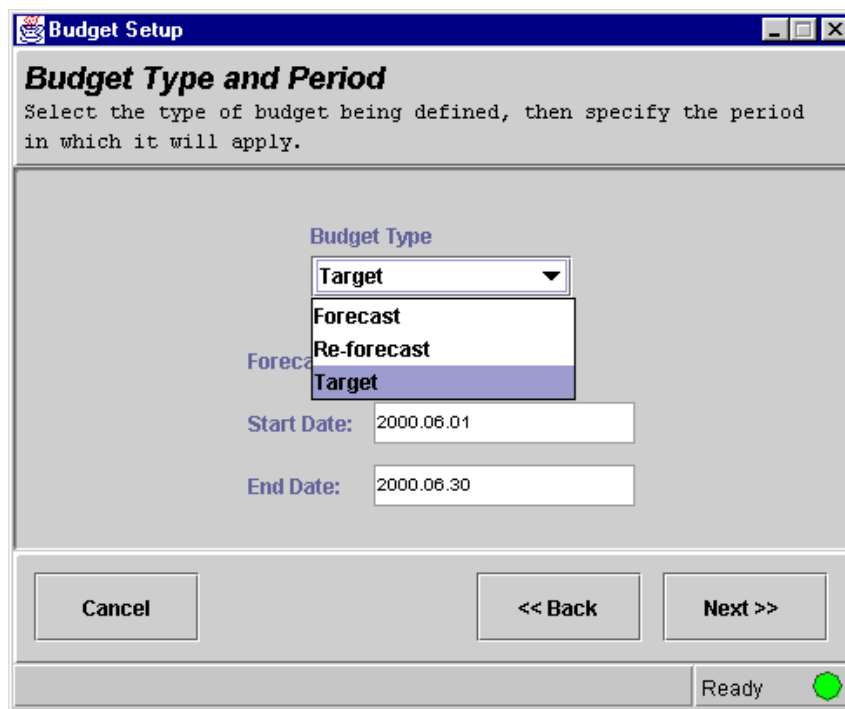
Το εργαλείο Batch δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να ομαδοποιεί μια ποικιλία από σελίδες, έτσι ώστε να πραγματοποιούνται με μία μόνο λειτουργία, με πάτημα ενός πλήκτρου. Η περίοδος κατά την οποία πρέπει να γίνουν οι ερωτήσεις αποτελεί μία διαμορφώσιμη επιλογή.

### 5.6.4 Προϋπολογισμός

Σε αυτό το τμήμα ο χρήστης είναι σε θέση να θέτει στόχους έναντι των διαδικασιών. Οι KPI εναντίον των οποίων θα προϋπολογιστούν οι διαδικασίες, είναι διαμορφώσιμοι από τον χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να διευκρινίσει το ύψος των προϋπολογισμών για μακροχρόνιες προβλέψεις, για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις και για καθημερινούς στόχους. Το τμήμα Αναφοράς Ελεύθερης Μορφής είναι σε θέση να υποστηρίξει τον προϋπολογισμό εναντίον του πραγματικού τύπου εκθέσεων. Οι παρακάτω εικόνες καθοδηγούν τον χρήστη παρουσιάζοντας τα βήματα που περιλαμβάνονται στον καθορισμό των προϋπολογισμών ενάντια στην συσκευή.



Σχήμα 5.19: Επιλογή παραμέτρων και εξοπλισμού για τον προϋπολογισμό.



Σχήμα 5.20: Επιλογή τύπου και περιόδου προϋπολογισμού.

**Budget Setup**

**Budget Assignment**

Specify a budget value for the process/parameter combinations that were selected in the previous steps.

**Selected Processes**

- BD Truck 551
- BD Truck 552
- BD Truck 553
- BD Truck 555
- BD Truck 557
- BD Truck 558

**Selected Parameters**

Truck Tonnes

**Budget Value**

10000

**Current Budget**

0

Cancel      << Back      Next >>

Continue to the next step

Ready

Σχήμα 5.21: Προσδιορισμός τιμής προϋπολογισμού.

**Budget Setup**

**Target Shift Setup**

Select those shifts within the budget range that are 'productive', and thus which will be included in the budgetting

Date	Night	Day	Afternoon
2000-06-01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2000-06-04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2000-06-05	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-06	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-07	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-08	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-09	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2000-06-10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2000-06-11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cancel      << Back      Finish

Ready

Σχήμα 5.22: Προσδιορισμός κάθε βάρδιας για την κατανομή του προϋπολογισμού.

## 5.7 Διαχείριση Στοιχείων

Όπως σε όλα τα συστήματα, τα δεδομένα που συλλέγονται δεν είναι πάντα ακριβή και κάποιες φορές πρέπει να αναλυθούν για να γίνουν ακριβή. Το MineSuite παρέχει τα αναγκαία εργαλεία για να πραγματοποιηθεί αυτή η λειτουργία. Όπως με όλα τα

άλλα τμήματα του MineSuite, η πρόσβαση σε αυτό είναι ασφαλής και επιτρεπτή μόνο σε αυτούς που έχουν τα προνόμια. Επίσης, υπάρχει ίχνος ελέγχου για το ποιος έκανε την διόρθωση και για το ποια ήταν η αρχική τιμή. Το MineSuite υποστηρίζει την διαχείριση στοιχείων των παρακάτω τύπων:

1. Τροποποίηση λανθασμένων στοιχείων σε μία συγκεκριμένη βάρδια - σε αυτή την περίπτωση οποιαδήποτε βάρδια μπορεί να ανακτηθεί και μία συγκεκριμένη παράμετρος να τροποποιηθεί. Για παράδειγμα ένας λανθασμένα διευκρινισμένος λόγος για μια βλάβη ή για έναν λανθασμένο αριθμό των τόνων που μετακινήθηκαν.
2. Τροποποίηση στοιχείων - σε ορισμένες συνθήκες οι τιμές που εισάγονται για μια βάρδια είναι μία εκτίμηση της ακριβούς τους αξίας. Αυτό συμβαίνει γιατί οι αληθινές τιμές μπορούν να υπολογιστούν μόνο από τους τοπογράφους μηνιαία ή πενθήμερα. Οι παράμετροι αυτές τυπικά είναι μέτρα προόδου, μετακίνησης τόνων κτλ. Το MineSuite επιτρέπει στο προσωπικό περιοδικά να δίνει ακριβείς πληροφορίες στο σύστημα και να κάνει σωστά την δουλειά εκτίμησης των τιμών για την επιλεγμένη περίοδο.
3. Συμφιλίωση του αποθέματος υλικού - το MineSuite επίσης έχει την ικανότητα να ανιχνεύει τις ποσότητες και την ποιότητα σε ένα απόθεμα υλικού. Μέσω αυτού του μηχανισμού επιτρέπει την συμφιλίωση του συνόλου ή των μερών ενός αποθέματος υλικού με τις ποσότητες και την ποιότητα που έχουν προκύψει από τις μετρήσεις.

## 6. Ολοκληρωμένα Συστήματα Ελέγχου Λειτουργίας

### 6.1 Γενικά

Χαρακτηριστικό της επιτυχίας του MineSuite είναι η ικανότητά του να προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη. Αυτό είναι δυνατό καθώς τα πάντα στο MineSuite είναι διαμορφώσιμα. Στο κεφάλαιο αυτό θα κάνουμε μια περιήγηση στις διάφορες διαμορφώσιμες επιλογές που υπάρχουν στο MineSuite, με σκοπό να έχουμε μια άποψη για την ικανότητα του προϊόντος να διαμορφώνεται συνεχώς προκειμένου να προσαρμόζεται στις ανάγκες μας.

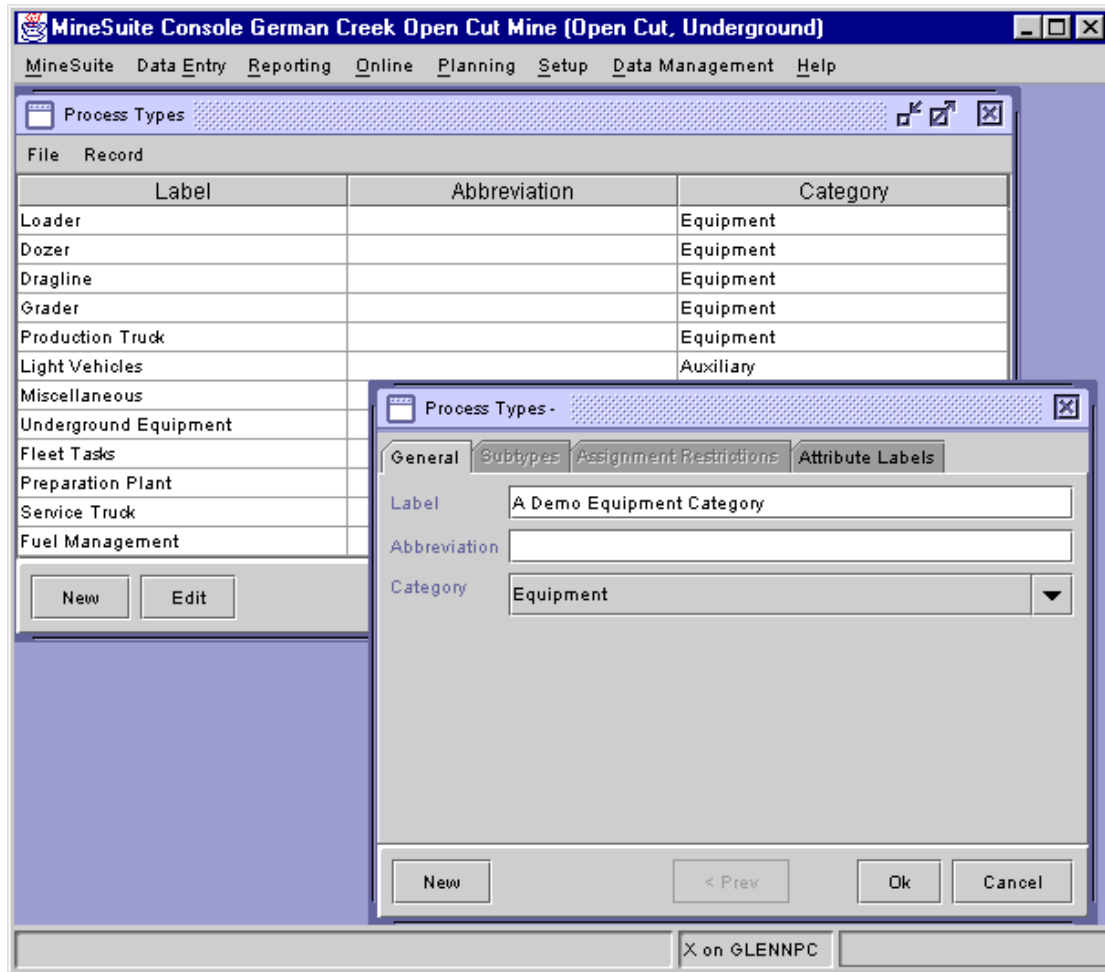
### 6.2 Διαδικασίες

Το κύριο χαρακτηριστικό της εφαρμογής του MineSuite είναι η πραγματοποίηση αναφορών εναντίον των διαδικασιών και της συσκευής. Ως εκ τούτου είναι σημαντικό να διαμορφωθούν κατάλληλα οι διαδικασίες στο MineSuite. Τα σημαντικά στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον ορισμό των διαδικασιών του MineSuite είναι:

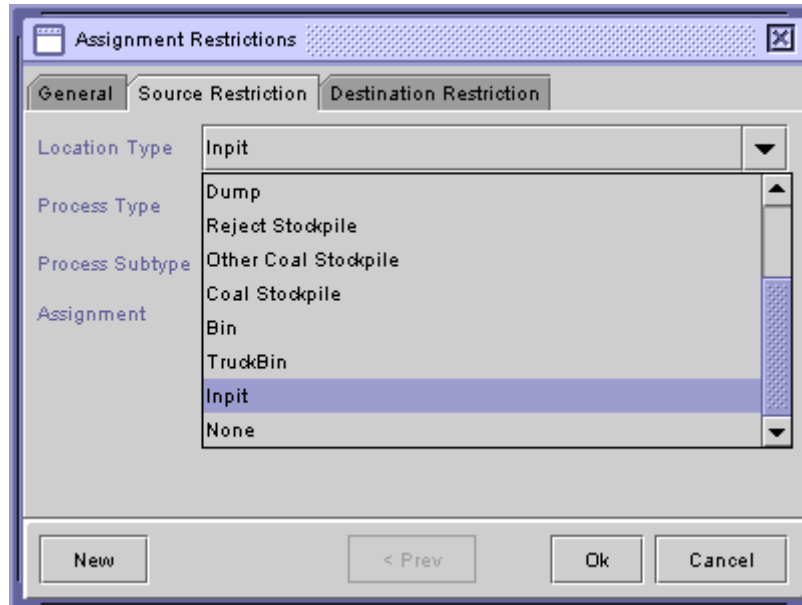
1. Ότι το MineSuite δεν είναι ένα σύστημα διαχείρισης στοιχείων. Ως εκ τούτου μόνο εκείνη η συσκευή, που πρέπει να αναφερθεί ενάντια, πρέπει να καθοριστεί μέσα στο MineSuite.
2. Το MineSuite μπορεί επίσης να ελέγξει τις λογικές διαδικασίες και δεν είναι μόνο περιορισμένο στο φυσικό εξοπλισμό ή στις διαδικασίες.
3. Οι χρόνοι απόκρισης είναι συχνά σημαντικά κριτήρια αποδοχής από τους χρήστες. Απαιτείται το MDE να υπολογίζει τις πληροφορίες για κάθε μία από αυτές τις διαδικασίες πριν αρχίσει μία βάρδια για την εισαγωγή στοιχείων. Ως εκ τούτου, ένα μεγάλος αριθμός διαδικασιών χωρίς ένα ικανοποιητικά ισχυρό υλικό, μπορεί να οδηγήσει σε πιο αργούς χρόνους απόκρισης. Είναι σημαντικό να ληφθεί αυτό υπόψη.

Στο πιο υψηλό επίπεδο το MineSuite διαιρεί όλες τις οντότητες που καθορίζονται μέσα σε αυτό το τμήμα σε 4 ομάδες. Αυτές είναι οι διαδικασίες, ο εξοπλισμός, τα τμήματα και οι βοηθητικές διαδικασίες. Ενώ οι βοηθητικές διαδικασίες δεν μπορούν να ελεγχθούν για τις παραμέτρους (χρησιμοποιούνται μόνο ως πηγές και προορισμοί), όλες οι άλλες έχουν την ίδια λειτουργία. Κατηγοριοποιούνται υπό αυτήν τη μορφή, καθαρά για να βοηθήσουν να γίνουν κατανοητές από τον χρήστη. Το έγκυρο σύνολο

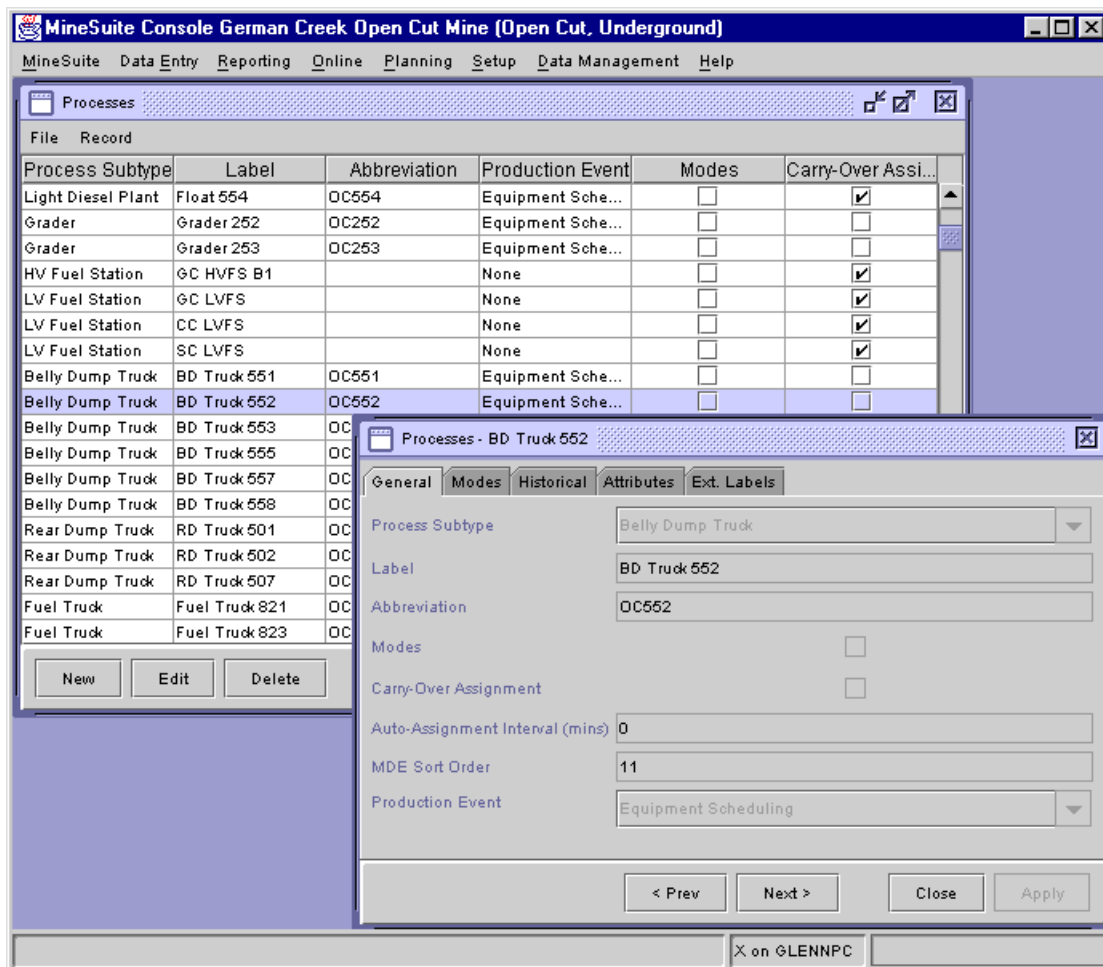
πηγών και προορισμών για έναν εξοπλισμό είναι επίσης διαμορφώσιμο από τον χρήστη.



Σχήμα 6.1: Προσαρμογή των κατηγοριών εξοπλισμού από τον χρήστη.



Σχήμα 6.2: Προσαρμογή των Έγκυρων Πηγών από τον χρήστη.



Σχήμα 6.3: Προσαρμογή του Εξοπλισμού από τον χρήστη.

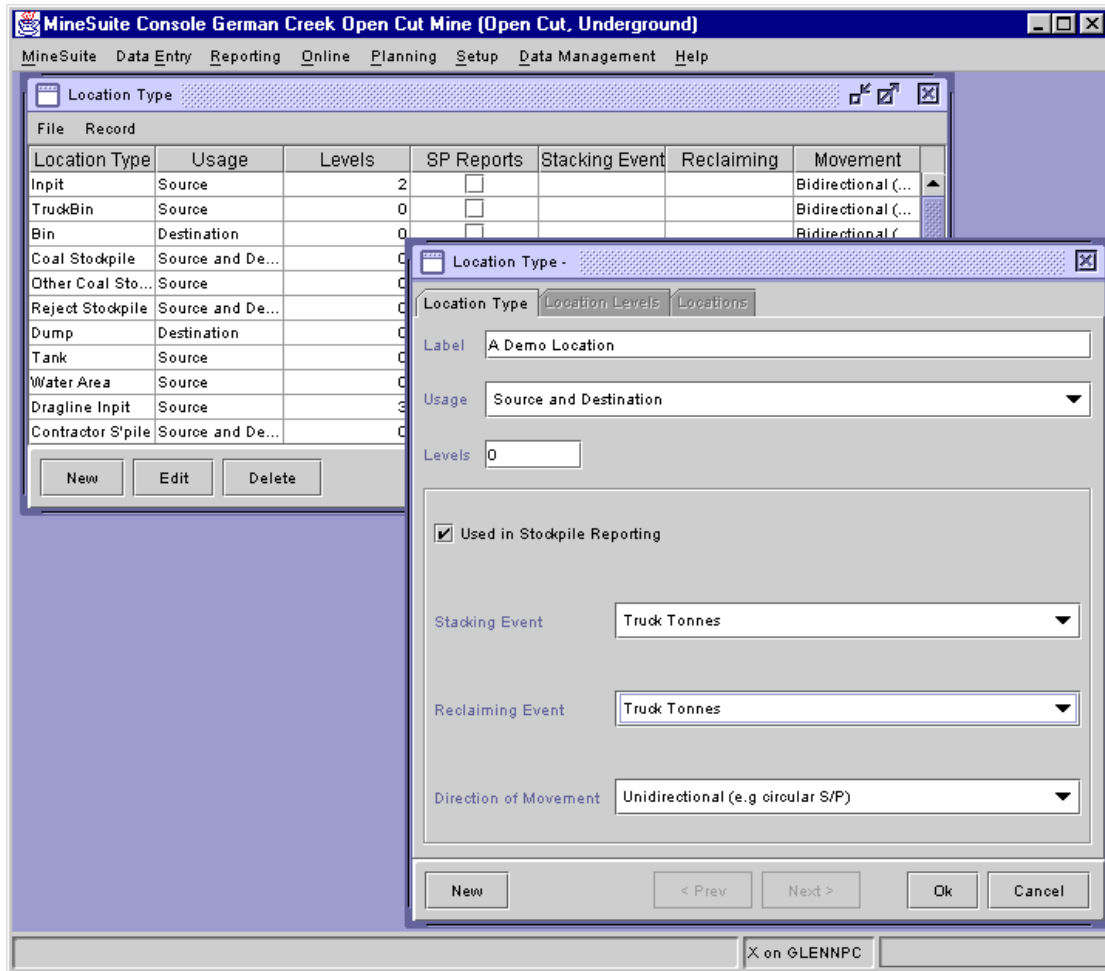


### **6.3 Τοποθεσίες – Θέσεις**

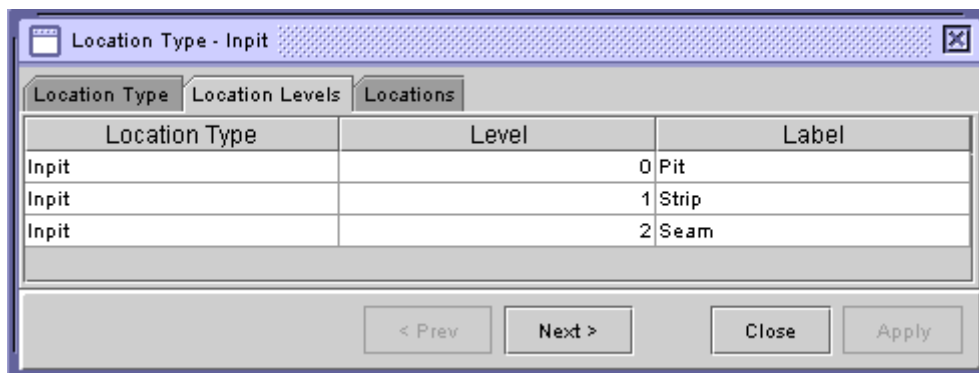
Κάθε περιοχή περιλαμβάνει διάφορες τοποθεσίες όπου βρίσκονται τα υλικά. Μερικά από αυτά είναι εκσκαφές από όπου εξορύσσεται το μέταλλευμα, αποθέσεις υλικών στις οποίες είναι συσσωρευμένο το μέταλλευμα, σε δοχεία που είναι γεμάτα και στην συνέχεια άδεια, σε περιοχές όπου εναποτίθενται τα υπερκείμενα, σε δεξαμενές καυσίμων από όπου καταναλώνονται τα καύσιμα κτλ. Πολλά από αυτά θα είναι εξαιρετικής σημασίας για την περιοχή, καθώς είναι η πηγή από όπου τα υλικά εξορύσσονται ή συσσωρεύονται και μπορεί να κριθούν αναγκαία τα στατιστικά στοιχεία του MineSuite για αυτές τις τοποθεσίες.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι το MineSuite υπολογίζει τις ποσότητες που μετακινούνται από τις τοποθεσίες ή το ισοζύγιο των θέσεων με το να επισημαίνει την κίνηση των υλικών με την βοήθεια του εξοπλισμού και της θέσης ως πηγή του ή ως προορισμό του. Ωστόσο οι ποσότητες δεν αποθηκεύονται άμεσα εναντίον των τοποθεσιών, αλλά είναι το αποτέλεσμα των υπολογισμών όταν η τοποθεσία ήταν η πηγή ή ο προορισμός για την κίνηση του υλικού από μια διαδικασία μέσω μιας διαδικασίας παραμέτρου (π. χ. οι τόνοι του φορτηγού από την πηγή στον προορισμό). Το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη την ομαδοποίηση των τοποθεσιών σε κατηγορίες. Αυτό επιτρέπει να προσδιορισθεί η κοινή λειτουργία ενάντια σε ένα περιορισμό θέσεων (χρησιμοποιώντας τύπους θέσεων) αντί των μεμονωμένων θέσεων.

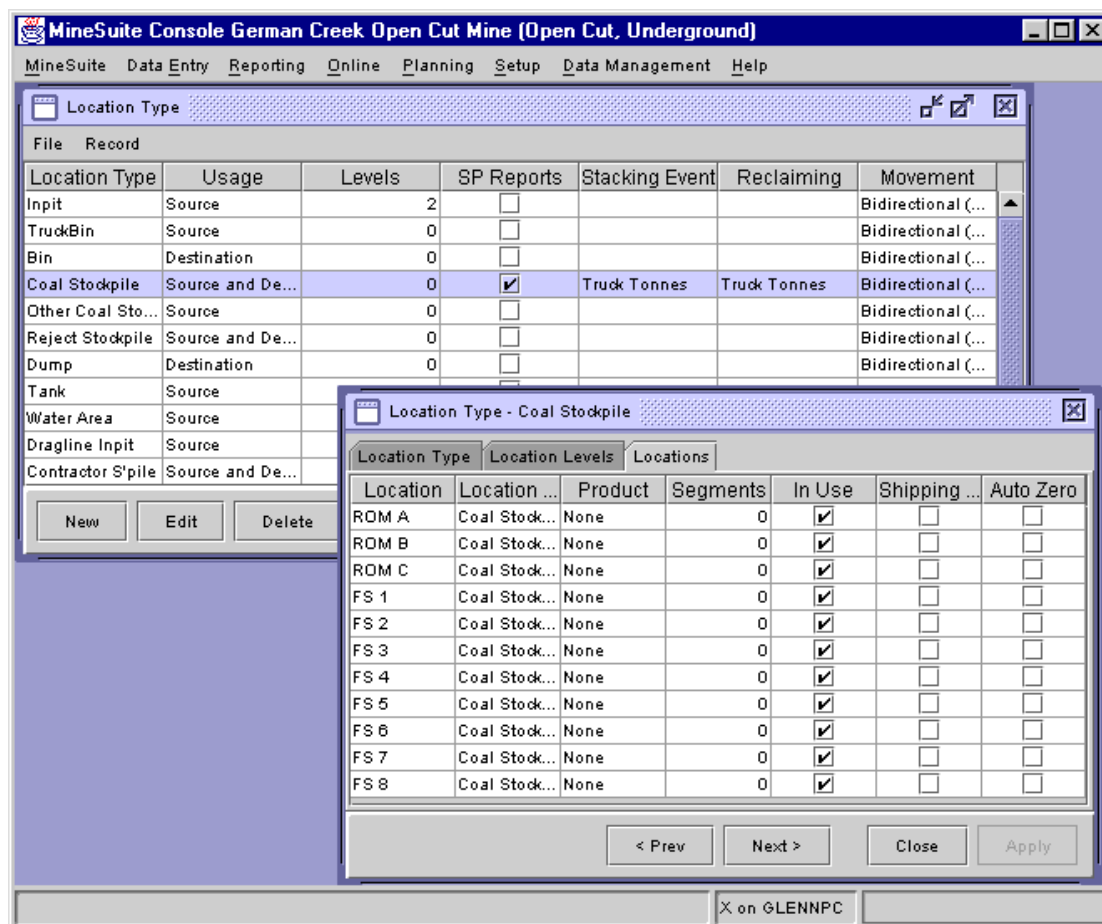
Μερικές θέσεις είναι τοποθετημένες στην σειρά. Για παράδειγμα σε ένα μεταλλωρυχείο ανοιχτής επιφανειακής εκμετάλλευσης οι περιοχές εξόρυξης ορίζονται με την χρήση μιας σύμβασης Εκσκαφής-Λωρίδας-Κοιτάσματος ή μερικές φορές Εκσκαφής-Λωρίδας-Μπλοκ-Κοιτάσματος. Το MineSuite επιτρέπει την διαμόρφωση των τοποθετημένων σε σειρά θέσεων.



Σχήμα 6.4: Κατηγοριοποίηση τοποθεσιών με βάση την λειτουργικότητα.



Σχήμα 6.5: Διαβαθμισμένη τοποθεσία.



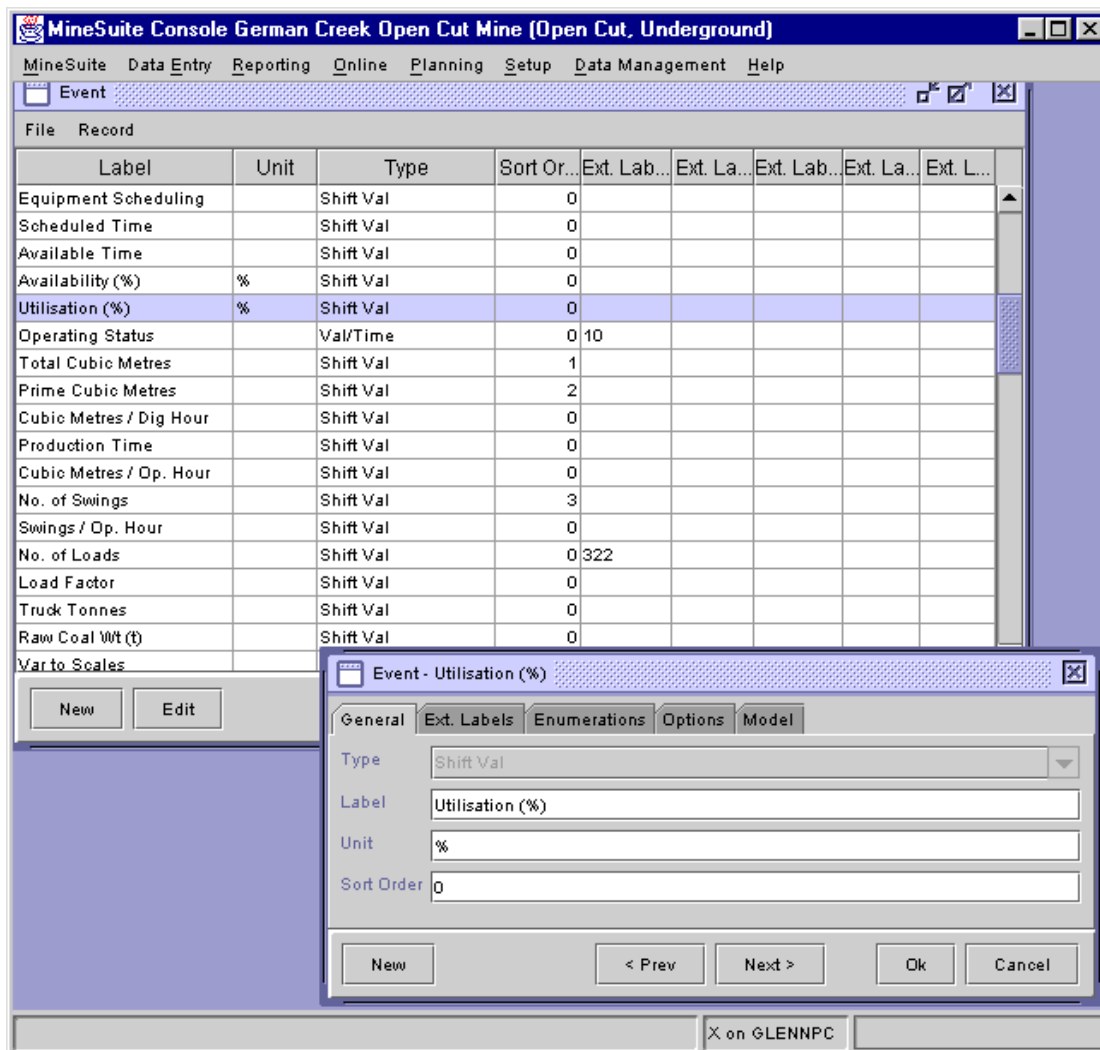
Σχήμα 6.6: Προσαρμογή Καταλόγου Τοποθεσιών από τον χρήστη.

## 6.4 Γεγονότα

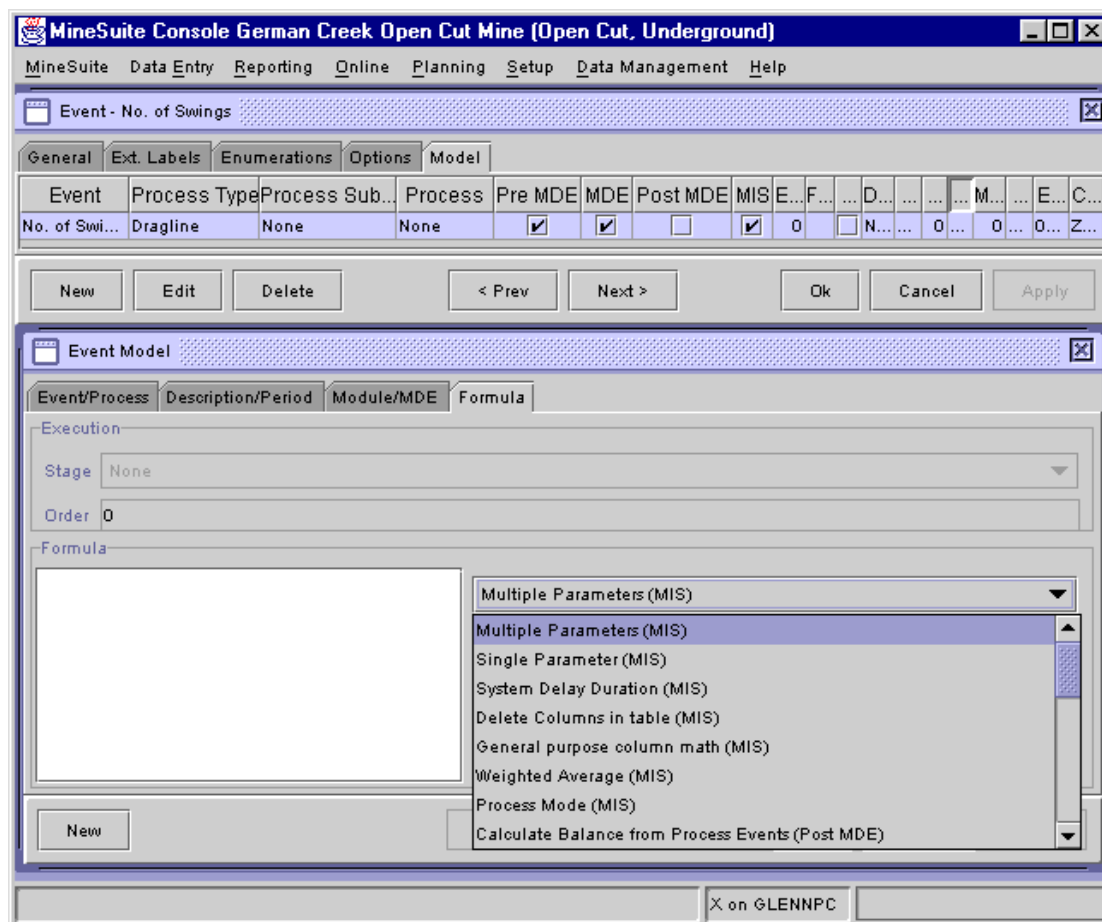
Τα γεγονότα, οι παράμετροι και οι κρίσιμοι δείκτες απόδοσης (key performance indicators ή KPI) είναι ανταλλάξιμοι όροι που χρησιμοποιούνται στο MineSuite. Γενικά, το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη να καταγράφει ένα σύνολο παραμέτρων εναντίον κάθε μιας από τις διεργασίες που καθορίζονται (εκτός από τις βοηθητικές διεργασίες) και επίσης, να διαμορφώνει εξισώσεις που θα αποτελούν την βάση για τους παραγόμενους υπολογισμούς. Τα γεγονότα, οι παράμετροι και οι KPI είναι το πιο σημαντικό κομμάτι και κατά συνέπεια το τελικό αποτέλεσμα του MineSuite. Ορίζουν πως οι πληροφορίες συλλέγονται, ελέγχονται και αναφέρονται εναντίον του MineSuite. Η γνώση των απαιτήσεων του πελάτη και των KPI, που αναφέρονται ενάντια, είναι το κλειδί στην επιτυχή εφαρμογή του MineSuite. Το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη να διαμορφώσει:

- Τον τίτλο των KPI
- Τον τύπο του MineSuite. Αυτό καθορίζει τον βασικό αποθηκευτικό μηχανισμό μέσα στο MineSuite

- Πού είναι εφαρμόσιμο (πραγματικός χρόνος, χειρωνακτική εισαγωγή στοιχείων, αναφορά)
- Πως υπολογίζεται.



Σχήμα 6.7: Ορισμός των KPI.



**Σχήμα 6.8:** Καθορισμός του εξοπλισμού που αφορά ο KPI και της εξίσωσης για τον υπολογισμό.

## 6.5 Καθυστερήσεις – Διακοπές

Η πραγματοποίηση αναφορών εναντίον των διακοπών είναι μία από τις κυριότερες απαιτήσεις μιας περιοχής. Η διαθεσιμότητα, η χρήση, ο MTBF (μέσος χρόνος μεταξύ των αστοχιών), ο MTTR (μέσος χρόνος για επισκευή), το σύνολο των βλαβών που συμβαίνουν συχνά, τα παραρτήματα που είναι υπεύθυνα για τις βλάβες κτλ., όλα προέρχονται από μία αιτία διακοπής. Το MineSuite διαθέτει την απαραίτητη λειτουργία υποστήριξης της αναφοράς βλαβών, καθώς και όλες τις παράγωγες εφαρμογές της.

Για κάθε διακοπή το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη να επικεντρωθεί:

1. Στην Υπεύθυνη Διαδικασία - στην διαδικασία που ευθύνεται για την διακοπή (μπορεί να μην υφίσταται, όπως για παράδειγμα στις απεργίες, τα σαββατοκύριακα κτλ.).

2. Στον λόγο διακοπής - μια τριμερής κατανομή, της σημαντικής, της δευτερεύουσας και της λεπτομερούς ιεραρχίας με την οποία περιγράφεται η διακοπή.

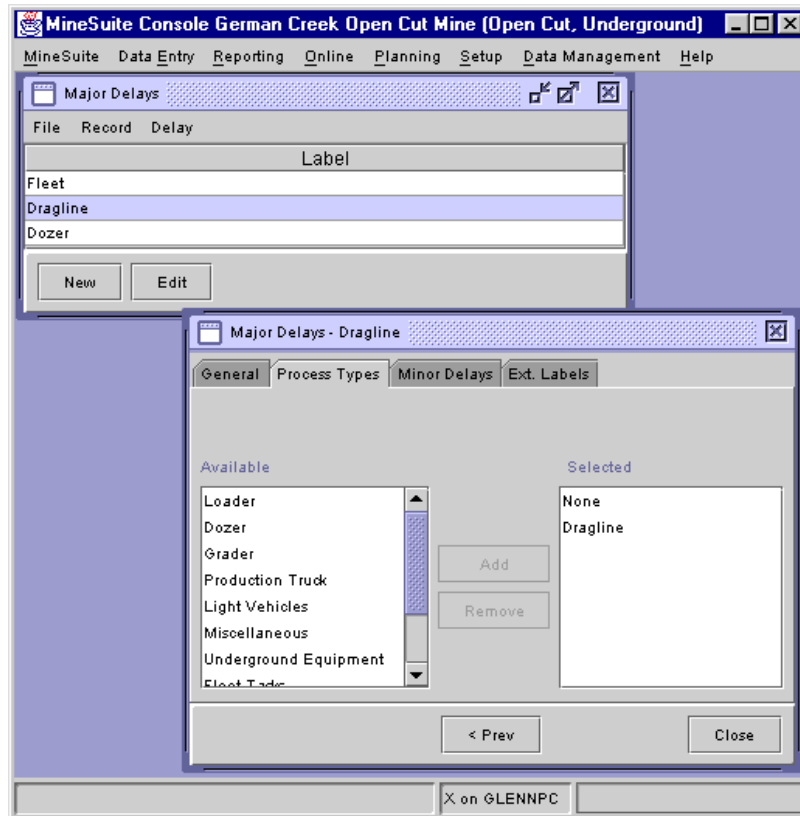
Το MineSuite παρέχει ένα πλάνο τριμερούς κατανομής για να περιγράψει την διακοπή. Είναι μια ιεραρχική Κύρια-Δευτερεύουσα –Λεπτομερής καθυστέρηση.

### **6.5.1 Αιτιολογία**

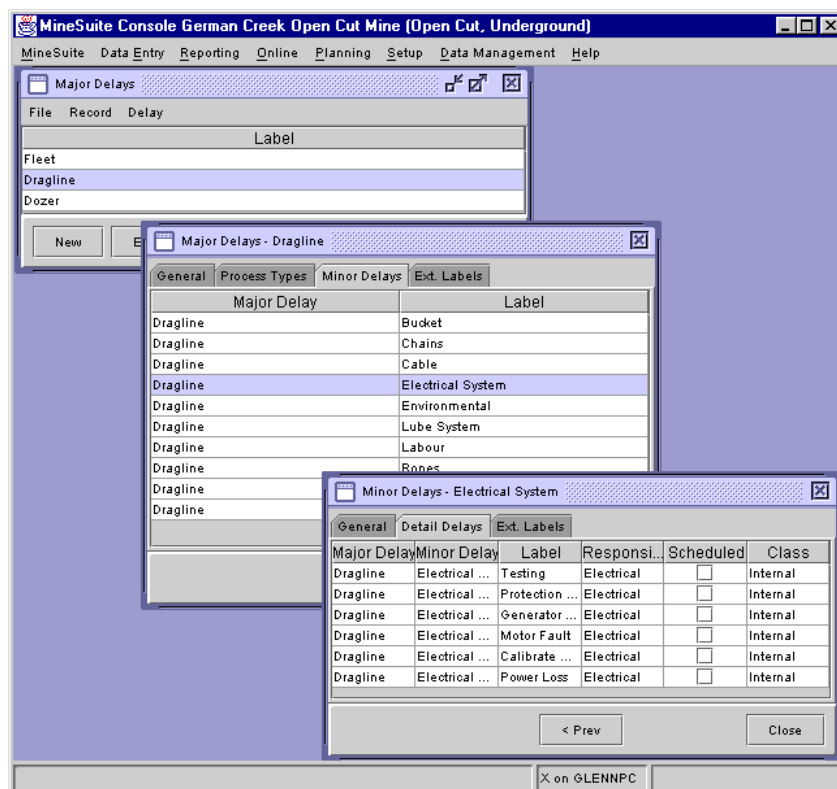
Χαρακτηριστικά ο κύριος λόγος διακοπής συνδέεται άμεσα με τον τύπο της διαδικασίας που προκάλεσε το σφάλμα. Κατά συνέπεια αν ο ταινιόδρομος CV12 ήταν η συσκευή που προκάλεσε το σφάλμα τότε γενικά θα θεωρηθεί ότι ο Ταινιόδρομος θα είναι διαθέσιμος ως ο Κύριος Λόγος Διακοπής για επιλογή. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε όλες οι καθυστερήσεις των μεταφορών να αποτελέσουν μια ομάδα, αυτή του Ταινιόδρομου. Ως εκ τούτου η λίστα της Κύριας Διακοπής μιμείται τη λίστα με τους τύπους διεργασιών που ορίζεται από τον χρήστη.

Για να παρέχει βοήθεια με το MDE, το MineSuite δίνει στον χρήστη τις σχετικές επιλογές για την ελαττωματική συσκευή. Αυτό γίνεται συνδέοντας τις σχετικές Κύριες Διακοπές με τους Τύπους Διεργασιών εναντίον των οποίων μπορούσε να συμβεί η διακοπή και καθορίζεται σε μια ακόλουθη υποενότητα. Ως εκ τούτου είναι ένας άλλος λόγος στενού δεσμού μεταξύ των Κύριων Διακοπών και των Τύπων Διεργασιών.

Είναι επίσης πιθανό οι ίδιοι λόγοι διακοπής να τεθούν εναντίον περισσότερων από μία διεργασιών ή τύπων συσκευών. Έτσι ο Κύριος Λόγος Διακοπής μιας Μηχανής μπορεί να τεθεί εναντίον όλων των συσκευών που έχουν μηχανές, όπως οι φορτωτές, τα φορτηγά, τα βυτιοφόρα καυσίμων, τα βυτιοφόρα νερού και τα γεωτρύπανα. Οι λόγοι Κύριας Διακοπής πρέπει επίσης να δημιουργήθηκαν για διακοπές που δεν είναι άμεσα αποτέλεσμα βλάβης μιας συσκευής. Έτσι η εργασία, οι ανεφοδιασμοί, οι αργίες, κτλ. είναι υποψήφιοι λόγοι Κύριας Διακοπής όταν δεν υπάρχει ελαττωματική διεργασία ή συσκευή.



Σχήμα 6.9: Παράδειγμα Καταλόγου Κύριας Καθυστερήσης με τον Εξοπλισμό για τον οποίο είναι Έγκυρη η Καθυστερήση.



Σχήμα 6.10: Προσαρμογή Ιεραρχίας Καθυστερήσεων από τον χρήστη.





Αυτό βοηθά να επιβεβαιωθεί ότι η ηλεκτρική, μηχανική και λειτουργική διαθεσιμότητα υπολογίζεται εύκολα χρησιμοποιώντας την ευθύνη ως κριτήριο έρευνας και ότι δεν θα περιλαμβάνονται άλλες καθυστερήσεις με υπερβολικές ευθύνες στο αποτέλεσμα της έρευνας. Έτσι, καθυστερήσεις όπως η εφεδρεία, το σαββατοκύριακο, κτλ. μπορούν να φέρουν την ευθύνη της "Άλλης" ομάδας έτσι ώστε να μην περιλαμβάνονται σε άλλες ομάδες.

Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την προκαθορισμένη ευθύνη που είναι συνημμένη σε έναν λόγο διακοπής.

### **6.5.3 Ταξινόμηση**

Κάθε λόγος διακοπής μπορεί να σχετίζεται είτε με ένα πρόβλημα in-bye της συσκευής ή της ομάδας διεργασιών (το λάθος βρίσκεται στην άμεση επιρροή της συσκευής) out-bye (εξωτερικοί παράγοντες ήταν υπεύθυνοι για την διακοπή) ή απλά η συσκευή δεν ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί. Κάποια παραδείγματα out-bye διακοπών περιλαμβάνουν ένα γεωτρύπανο που απορρίφθηκε επειδή ο χτύπος του δεν ήταν ο κατάλληλος, ή μια συσκευή με κοχλίες που σταμάτησε γιατί δεν μεταφέρονταν σε αυτή οι κοχλίες.

Κατά τον υπολογισμό της διαθεσιμότητας της συσκευής μερικές περιοχές επιθυμούν να αγνοήσουν την ώρα που η συσκευή σταμάτησε λόγω ενός προβλήματος εκτός της διαχείρισης της συσκευής. Μια προσέγγιση είναι να αγνοηθούν οι διακοπές που δεν έχουν ευθύνες μηχανικές ή ηλεκτρικές. Ένας άλλος τρόπος είναι να συμπεριληφθούν οι διακοπές μόνο με την in-bye ταξινόμηση. Ωστόσο είναι σημαντικό να επιλεγεί για αυτό η κατάλληλη στρατηγική.

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι ο χρήστης δεν μπορεί να αλλάξει την ταξινόμηση της διακοπής κατά την λειτουργία. Μπορεί μόνο να οριστεί με την μηχανική εγκατάσταση. Αυτό το γεγονός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οριστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η χρήση αυτής της ομαδοποίησης.

### **6.5.4 Τύπος**

Κάθε διακοπή είναι είτε προγραμματισμένη είτε όχι. Κατά συνέπεια οι προγραμματισμένες διακοπές μερικές φορές αγνοούνται όταν υπολογίζεται ο MTBF, ο MTTR κτλ. Ο τύπος της διακοπής είναι προκαθορισμένος αλλά μπορεί να αλλαχθεί κατά την λειτουργία από τον χρήστη.

### 6.5.5 Κατηγορία

Ο εγγενής λόγος για μια διακοπή κάποιες φορές μπορεί να εντοπίζεται σε συνάρτηση με τον φυσικό. Για παράδειγμα οι λάμπες ενός φορτηγού μπορεί να λιώσουν. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ηλεκτρικό πρόβλημα εναντίον ενός λόγου βλάβης των προβολέων. Ωστόσο ο πραγματικός λόγος για τον οποίο συνέβη αυτό μπορεί να είναι η Εισροή Νερού. Αυτό θα μπορούσε να σημειωθεί εναντίον της κατηγορίας της καθυστέρησης. Τα γραφήματα των καθυστερήσεων που χρησιμοποιούν την Κατηγορία Διακοπής ως την ομαδοποίηση μηχανισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναγνωρίσουν τα κοινά προβλήματα που υπάρχουν σε μια περιοχή και κατανέμονται σε διαφορετικούς τύπους συσκευών (π. χ. εκπαίδευση χειριστού, κατάκλιση νερού κ. τ. λ). Ο χρήστης προαιρετικά καταγράφει τις Κατηγορίες Διακοπής.

### 6.6 Τύποι Ομάδων και Ομάδες

Το MineSuite δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κατηγοριοποιήσει τις οντότητες σε ομάδες που έχουν την ίδια λειτουργία. Μέσα στο MineSuite ένα σύνολο από Τύπους Ομάδων έχει προκαθοριστεί για να έχει καθορισμένη λειτουργία. Στον καθένα από αυτούς τους Τύπους Ομάδων μπορεί ο χρήστης να καθορίσει έναν αριθμό ομάδων. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να περιέχουν μία ή περισσότερες οντότητες του MineSuite (προσωπικό, διακοπές, διαδικασίες κτλ. ), που σχετίζονται με αυτό. Οι τύποι των ομάδων που καθορίζονται είναι:

1. Πρόσβαση στο λογισμικό - βοηθάει να επισημανθούν οι ομάδες λογισμικού στο MineSuite. Τα στοιχεία της ομάδας σε αυτή την ομαδοποίηση είναι απαριθμημένα βασισμένα στο μενού λειτουργίας του λογισμικού. Ο χρήστης μπορεί, υπό αυτόν τον τύπο ομάδας, να μην δημιουργήσει περισσότερες ομάδες.
2. Πρόσβαση στο υλικό - Η ομάδα αυτού του τύπου παρέχει στον χρήστη μία μέθοδο για να απαριθμήσει ένα σύνολο ομάδων και να σχετίσει μία συσκευή διαδικαστικού τύπου ενάντια σε κάθε ομάδα. Μπορεί έπειτα τα άτομα να είναι διατεθειμένα σε μια ομάδα. Αυτά τα άτομα τότε έχουν το πλεονέκτημα να μπορούν να δουλέψουν πάνω στην συσκευή στη διαδικασία που επισημαίνεται από την ομάδα.

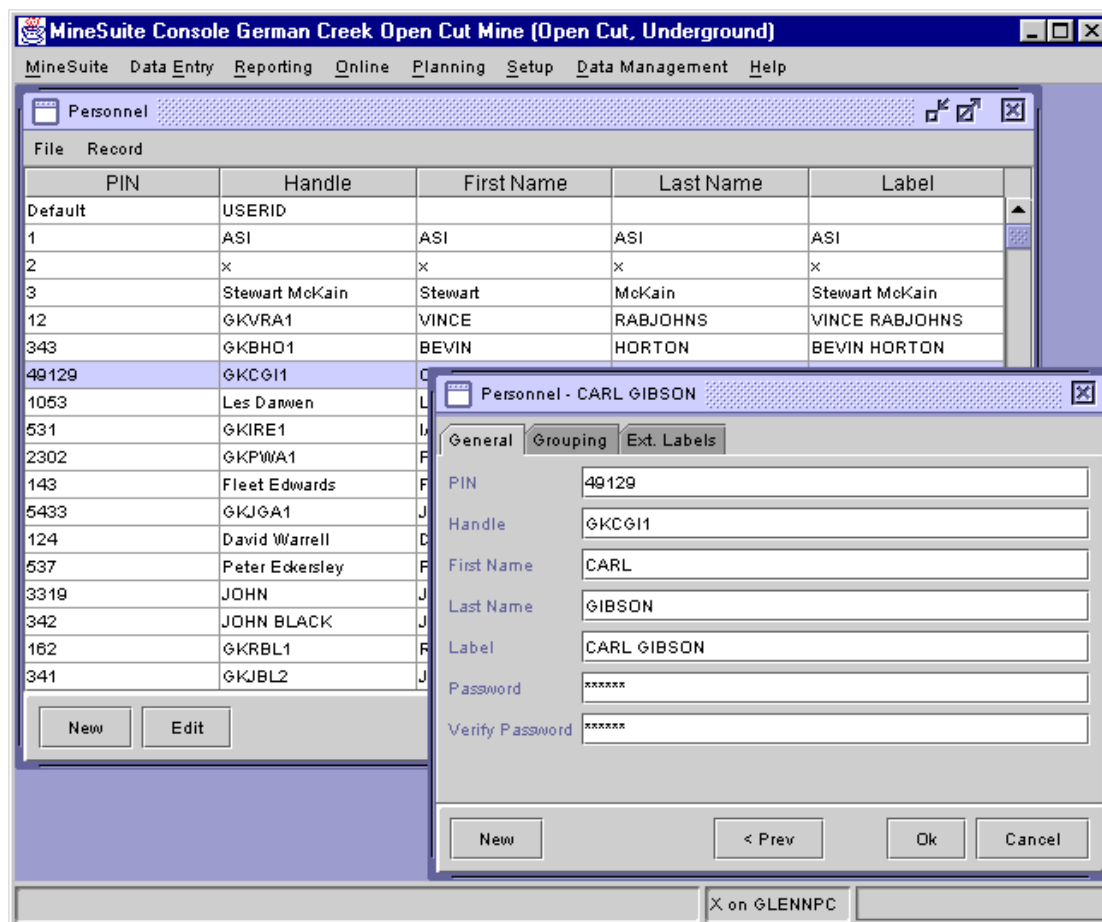
3. Πλήρωμα - ο χρήστης θα ορίσει τα πληρώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περιοχή του ορυχείου, όπου το προσωπικό ομαδοποιείται.
4. Ευθύνη καθυστέρησης - υπό αυτόν τον τύπο ομάδας ο χρήστης μπορεί να επισημάνει τις ομάδες, στις οποίες η ευθύνη για μια διακοπή μπορεί να συσχετιστεί.
5. Κατηγορία καθυστέρησης - υπό αυτόν τον τύπο ομάδας ο χρήστης μπορεί να επισημάνει ένα σύνολο κατηγοριών που μπορούν να σχετίζονται με μια διακοπή.

## **6.7 Προσωπικό – Βάρδιες**

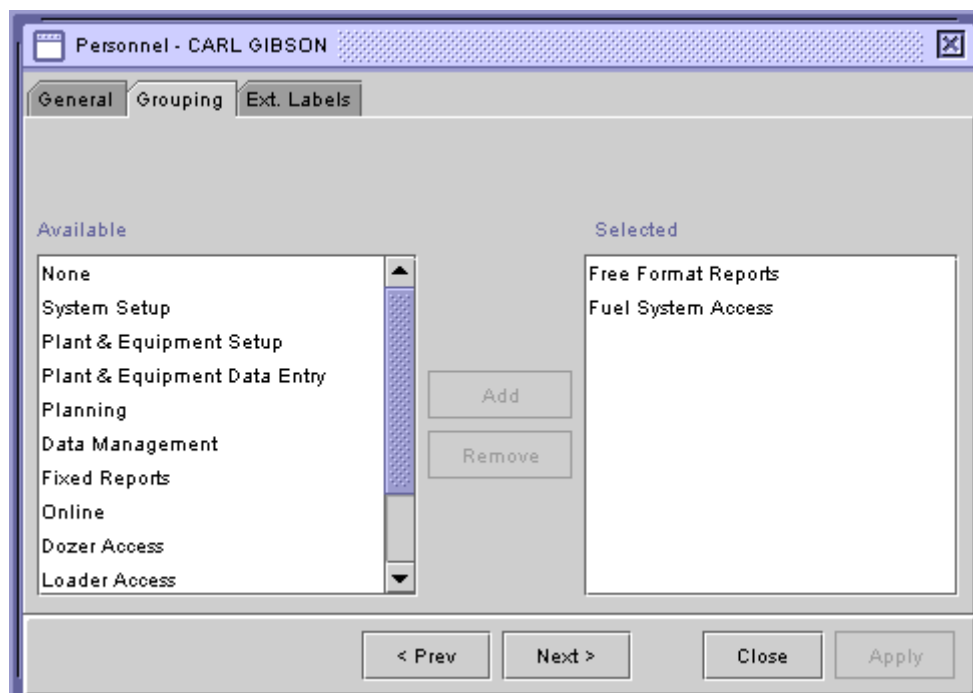
Το MineSuite χρειάζεται να κάνει κάτι αναφορές σε άτομα με τα οποία θα αλληλεπιδρά με το σύστημα. Οι ακόλουθοι τύποι ατόμων πρέπει να καθορίζονται στο MineSuite:

- Χρήστες του λογισμικού του MineSuite
- Χειριστές του εξοπλισμού που συνδέονται με το ηλεκτρονικό πεδίο του MineSuite (προαιρετικό αίτημα)
- Άτομα που πρόκειται να εισάγουν στοιχεία στο MineSuite μέσω της Χειρονακτικής Εισαγωγής Στοιχείων (προαιρετικό αίτημα).

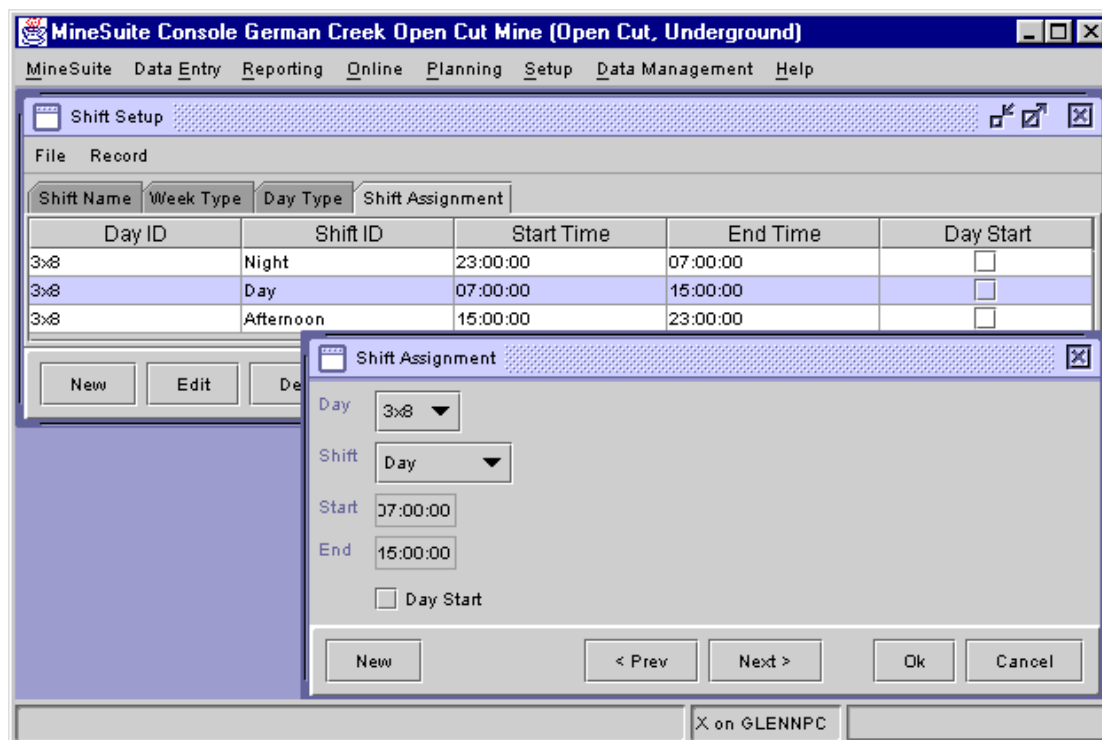
Τα άτομα που έχουν καθοριστεί μπορούν να τοποθετηθούν στις ομάδες που καθορίστηκαν στο προηγούμενο τμήμα.



Σχήμα 6.12: Προσδιορισμός χρηστών του συστήματος.



Σχήμα 6.13: Τοποθέτηση κάθε χρήστη σε Σχετική Ομάδα.



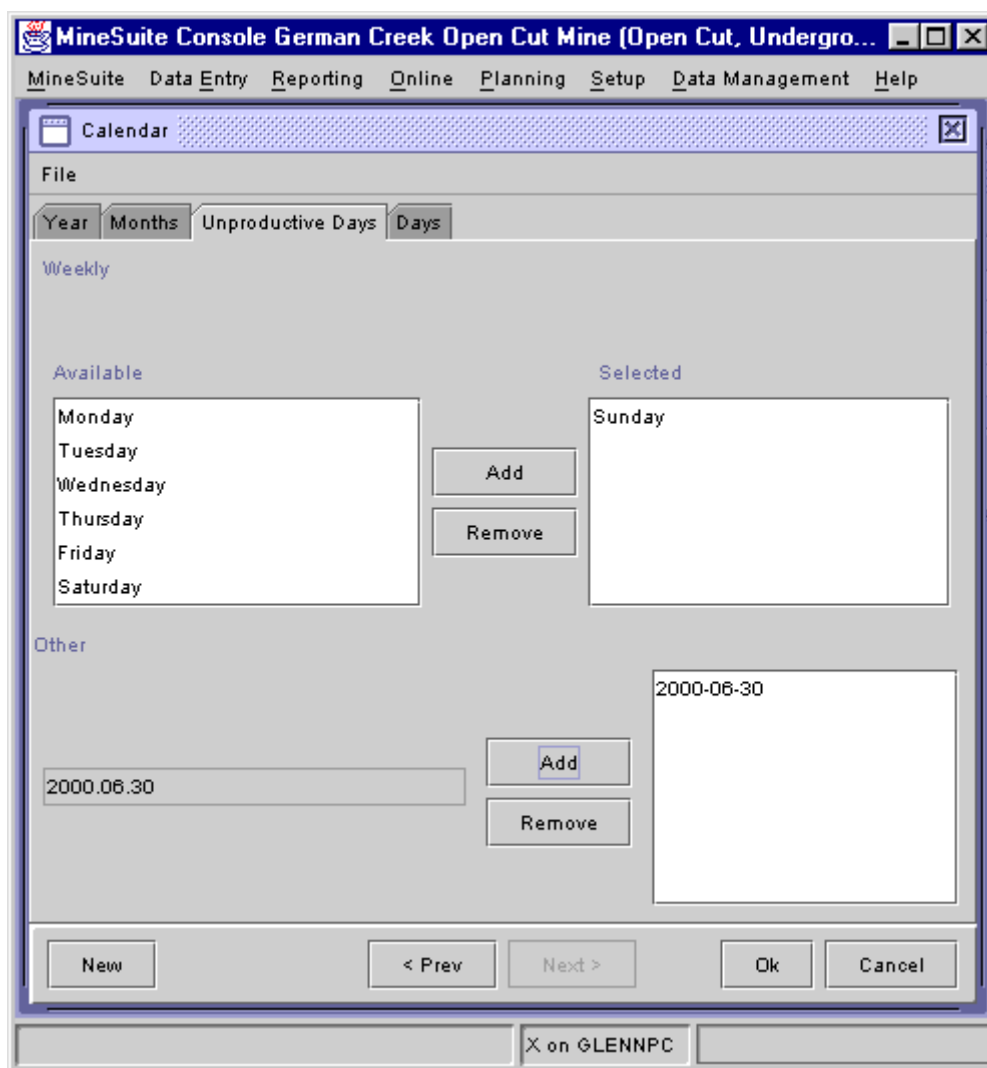
Σχήμα 6.14: Προσδιορισμός Βάρδιας και Χρόνων.

## 6.8 Ημερολόγιο Ορυχείου

Το MineSuite δίνει την δυνατότητα στο ορυχείο να διαμορφώσει ένα ημερολόγιο που χρησιμεύει σε μια ποικιλία πραγμάτων:

1. Στην ικανότητα να ομαδοποιεί τις μέρες σε χρονικές περιόδους εβδομάδων, μηνών, τριμήνων και ετών.
2. Στην ικανότητα να διαμορφώνει την στρατηγική ονομασίας για αυτές τις περιόδους.
3. Στην ικανότητα να καθορίζει τις μέρες των διακοπών.
4. Οι πληροφορίες προϋπολογισμού στηρίζονται στο ημερολόγιο και στις πληροφορίες μετατόπισης ώστε να φτάνουν τις μέρες όπου γίνεται ο προϋπολογισμός της παραγωγής.

Οι χρήστες του MineSuite μπορούν να καθορίσουν τις μέρες έναρξης και λήξης του χρόνου και κάθε μήνα κατά το έτος. Πέρα από την ημέρα έναρξης της εβδομάδας μπορούν επίσης να καθοριστούν οι μέρες διακοπών της εβδομάδας και του έτους. Ο χρήστης επίσης έχει την ικανότητα να διαμορφώσει την ονομαζόμενη σύμβαση για τις κατάλληλες περιόδους.



Σχήμα 6.15: Προσδιορισμός μη παραγωγικών ημερών (διακοπών).

## 6.9 Ποιότητες και Υλικά

Το MineSuite επιτρέπει τον έλεγχο της ποιότητας με τη χρήση μιας από τις δύο μεθόδους:

1. Ελέγχοντας την ποιότητα ως παράμετρο που τίθεται άμεσα ενάντια σε μια διαδικασία (π. χ. η παραγωγή σκόνης, η εισαγωγή σκόνης ενάντια στην προετοιμασία μιας διαδικασίας). Στην περίπτωση αυτή η παράμετρος της ποιότητας δεν έχει καμία διαφορά με μια παράμετρο όπως οι συρμοί των βαγονιών ή οι τόνοι για την διαδικασία. Σε αυτές τις συνθήκες είναι διαθέσιμη η τυπική διαδικασία αναφοράς.
2. Με την προσαρμογή μιας πιστοποίησης της ποιότητας σε μια παράμετρο ποιότητας μιας διαδικασίας (π. χ. η χωρητικότητα ενός χαρακτήρα στο οποίο επισυνάπτεται μια πιστοποίηση με πληροφορίες ποιότητας). Η μεθοδολογία

αυτή μας επιτρέπει να ελέγχουμε τις ποσότητες και την ποιότητα των υλικών σε ένα απόθεμα.

Κατά την πραγματοποίηση μιας υπαίθριας εξόρυξης, η διαδικασία μεταφοράς με φορτηγό μερικές φορές ελέγχεται έτσι ώστε οι αναλογίες των φορτηγών σε σχέση με τα αποθέματα υλικού ROM (βασίζονται στα στρώματα μεταλλευμάτων που σκάβουν οι φορτωτές) διατηρούνται έτσι ώστε να πάρουν μια συγκεκριμένη ποσότητα από το απόθεμα υλικού. Η ανίχνευση της ποιότητας μπορεί να συμβεί μόνο μετά την μετακίνηση του υλικού στις εγκαταστάσεις προετοιμασιών για τη διαδικασία.

Οι παράμετροι πιστοποίησης της ποιότητας μπορούν να διαμορφωθούν μέσα στο MineSuite. Αυτοί εξαρτώνται από το υλικό που εξορύσσεται (πχ. για την παραγωγή σκόνης άνθρακα, θείου, η ενέργεια αποτελεί μια από τις παραμέτρους). Οι πιστοποιήσεις ποιότητας χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά μέρη μέσα στο MineSuite (στην ποιότητα του στρώματος μεταλλεύματος, στην ποιότητα του ROM, στα τρένα, στην ναύλωση στους πελάτες και στον σχεδιασμό). Το MineSuite επιτρέπει στον χρήστη να καθορίζει τις παραμέτρους που είναι σχετικές στα απαιτούμενα στάδια.

## 7. Παραδείγματα Εφαρμογής

### 7.1 Ρυθμιστικοί Δείκτες Παραγωγής

Το Leigh Greek Coalfield, το μοναδικό ανθρακωρυχείο της Νότιας Αυστραλίας, βρίσκεται 550χμ βόρεια της Αδελαΐδας. Το ορυχείο ανήκει και διαχειρίζεται απ' τη NRG Flinders που είναι θυγατρική της NRG Energy η οποία έχει βάση στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Το ορυχείο διανέμει 3,4 εκατομμύρια τόνους άνθρακα (κάρβουνα) το χρόνο, στο Βόρειο Σταθμό Ηλεκτρισμού στο λιμάνι της Ογκούστα. Για να αποκαλυφθεί αυτό το κάρβουνο, γίνονται εκσκαφές σε 17 εκατομμύρια κυβικά μέτρα χερσαίας γης με τη μέθοδο των πετουλωτών πλαγιών. Η μετακίνηση των άγονων καλυμμάτων μεταλλεύματος παρακολουθείται συνεχώς έτσι ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της επιχείρησης στο μέγιστο βαθμό.

Το Ιανουάριο του 2004 ξεκίνησε ένα σχέδιο βελτίωσης του παραγωγικού ρυθμού του στόλου εξόρυξης των βασικών άγονων καλυμμάτων μεταλλεύματος, το οποίο έχει δείξει πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα μέχρι σήμερα. Ο στόλος των βασικών άγονων καλυμμάτων μεταλλεύματος στο Leigh Greek αποτελείται από ένα P&H 4110 A ηλεκτρικό φτυάρι με συρματόσχοινο και Rig 240 τόνων μεταφορείς /ρυμουλκά. Το σχέδιο επικεντρώθηκε στη στενή παρακολούθηση των παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή του φτυαριού των 4100 Α. Γενικά, η παραγωγή είναι συνδυασμός δύο παραγόντων:

- Της ικανότητας της μηχανής του διαχειριστή και του πληρώματος παραγωγής να επιτύχουν τους ρυθμούς ανασκαφής που απαιτούνται όταν δουλεύουν και
- Του συνολικού χρόνου που λειτουργεί το φτυάρι σε κάθε βάρδια.

Η συμβατική συλλογή και αναφορά των πληροφοριών για τον εξοπλισμό παραγωγής στο Leigh Greek γίνεται μέσω χειρόγραφων χαρτιών από τις ομάδες εξόρυξης, τα οποία περνιούνται χειρονακτικά σε μια “Prod-Stats” βάση δεδομένων. Αν και αυτό το σύστημα είναι γενικά καλό είναι επίσης ευαίσθητο σε λάθη συλλογής δεδομένων.

- Ανακρίβεια των καταγεγραμμένων χρόνων για γεγονότα και
- Το ανθρώπινο λάθος σε συνδυασμό με τη λανθασμένη καταγραφή δεδομένων από τον τομέα ή λάθη με την χειρονακτική καταγραφή των δεδομένων στη βάση δεδομένων Prod Stats.



Ένα παράδειγμα είναι ο υπολογισμός της παραγωγής των μεσημεριανών διαλειμμάτων. Το δρομόμετρο των οδηγών και των χειριστών αρχίζει και τελειώνει σε ώρες, χωρίς να υπολογίζεται ο χρόνος παραγωγής που χάνεται εξαιτίας της διαδρομής που χρειάζεται να διανύσουν για να κάνουν διάλειμμα αλλά και να επιστρέψουν απ' αυτό καθώς και του χρόνου που χρειάζεται για να επιστρέψει ο εξοπλισμός / τα μηχανήματα στους κανονικούς ρυθμούς παραγωγής.

Για να βελτιώσει τη συλλογή και αναφορά των δεδομένων της παραγωγής-κλειδί, έχει εγκατασταθεί το σύστημα ανίχνευσης παραγωγής της line suite και σήμερα/ προς το παρόν υφίσταται την τελική εξέταση της επιτροπής. Αρκετά μέρη/ εξαρτήματα / συστατικά της line suite έχουν χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή δεδομένων που απαιτούνται για το σχέδιο βελτίωσης της παραγωγής του φτυαριού των 4100 A.

Ο μηχανικός εξοπλισμός της Mine suite, συμπεριλαμβανομένου της γραφικής οθόνης αγγίγματος (πάνω), της μονάδας επεξεργασίας και του GPS χαμηλής ακρίβειας έχει εγκατασταθεί στον αρχικό εξοπλισμό παραγωγής, ο οποίος αποτελείται από πέντε μονάδες εκσκαφής και 13 μεταφορείς / ρυμουλκά. Τα δεδομένα από το πεδίο στέλνονται στη βάση χρησιμοποιώντας ένα ραδιοφωνικό σύστημα διπλού αναμεταδότη 4800-baud για να κάνει τις πληροφορίες διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο πίσω στο γραφείο.

Ιστορικά, πολυάριθμα KPIs εκτιμούνται / αξιολογούνται για τα συστατικά της παραγωγής αλλά η παραγωγή του φτυαριού των 4100 A και των χειριστών μετρείται από ένα μεγάλο KPI. Ο ρυθμός παραγωγής BCM ανά ώρα- τα κυβικά μέτρα υλικών που μετακινούνται ανά ώρα που το φτυάρι είναι σε λειτουργία.

Κατά την διάρκεια του πρώτου μήνα του σχεδίου ήταν φανερό ότι τα πληρώματα / ομάδες παραγωγής στο Leigh Greek μπορούσαν με συνέπεια να πετύχουν τους απαιτούμενους ρυθμούς εκσκαφής για αυτό το φτυάρι και η αληθινή πρόκληση ήταν να αυξήσουν το συνολικό μέγεθος του χρόνου ανά 12ωρη βάρδια που λειτουργούσε το φτυάρι.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, έπρεπε να μειώσουν το συνολικό χρόνο που σχετίζονταν με τις προγραμματισμένες λειτουργικές καθυστερήσεις, συμπεριλαμβανομένων των ελέγχων πριν την έναρξη της βάρδιας, των μεσημεριανών διαλειμμάτων και των διαλειμμάτων για κάπνισμα καθώς και του κλεισίματος της βάρδιας. Τα νέα KPIs καθιερώθηκαν για να αναπαριστούν τους πραγματικούς χρόνους φόρτωσης παρά τα χαμένα λεπτά συνοπτικά. Αυτά τα νέα KPIs μετρήθηκαν

από τον πραγματικό χρόνο σε ρολόι όταν οι πλήρεις μεταφορείς/ ρυμουλκά αντιδρούν/ “ξεφεύγουν” από το μηχανικό πτύο/ φτυάρι. Ο χρόνος αναπαριστά μόνο τον πραγματικό παραγωγικό χρόνο για το φτυάρι παρά τον συμπεριλαμβανόμενο μη παραγωγικό χρόνο της “μη φόρτωσης” όπως το περπάτημα μακριά από την επιφάνεια, διαφορετικό ταξίδι, η αναμονή με μορφή κλεισίματος.

Οι στόχοι αναπαράχθηκαν και μεταδόθηκαν σε καθένα από τα τέσσερα πληρώματα παραγωγής στο Leigh Greek. Το σύστημα Mine suite χρησιμοποιήθηκε σε υπολογιστές γραφείων για να αναπαραχθούν προηγούμενες συνολικές μετατοπίσεις πλευρών ρήγματος, επιτρέποντας χειρονακτική μέτρηση των χρόνων αυτής της αντίδρασης.

Από τη στιγμή που μόνο έξι ενδείξεις οργάνων χρειάζονται για κάθε μετατόπιση πλευράς ρήγματος, η ολόκληρη διαδικασία του επαναληπτικού παιχνιδιού χρειάζεται γενικά λιγότερο από πέντε λεπτά, χρησιμοποιώντας την επιλογή της γρήγορης προώθησης(παρακάτω) για να εξελιχθεί γρήγορα διάμεσου της μετατόπισης της πλευράς ρήγματος. Η επιλογή της επανάληψης της μετατόπισης μπορεί να επαναληφθεί για κάθε μετατόπιση, αναπαράγοντας τις αναφορές KPI οι οποίες τότε τροφοδοτούνται πίσω στα πληρώματα παραγωγής, πληροφορώντας για την επίτευξη των στόχων τους η για αλλά.

Κατά την διάρκεια της τρίμηνης περιόδου από το Φεβρουάριο ως τον Απρίλιο, αυτό έχει μειώσει τα συνολικά λεπτά που χάνονται σε κάθε μετατόπιση εξαιτίας των ρήξεων από ένα μέσο όρο 45 λεπτών σε 10 λεπτά γλιτώνοντας 35 λεπτά είναι μια ουσιώδης αύξηση στον διαθέσιμο παραγωγικό χρόνο μέσα στην δωδεκάωρη μετατόπιση.

Οι ξεχωριστές αρχές KPI για τις ρήξεις των μετατοπίσεων παρέχουν χρήσιμα στοιχεία για τι πως καθένα από τα τέσσερα παραγωγικά πληρώματα δουλεύουν στις δικές τους αλλαγές ρήξης, καθώς επίσης υπογραμμίζουν συγκεκριμένες περιοχές για εστίαση προκειμένου να επιτευχθεί περαιτέρω βελτίωση.

Αυτό το σχέδιο ερευνάς για την βελτίωση παραγωγής τώρα θα επεκταθεί στους στόλους δευτερεύουσας παραγωγής; P&H 2800XP το φτυάρι με ηλεκτρικό σχοινί, οι εκσκαφείς Hitachi EX3600 και Demag, και ο LeTourneau LI400 φορτωτής μπροστινής μεριάς, όπου παρόμοιες βελτιώσεις αναμένονται.

Από τη στιγμή που είναι αδύνατο να παρατηρηθούν όλες οι απομακρυσμένες διαδικασίες και ο εξοπλισμός απευθείας σε ένα περιβάλλον μεγάλων ανοιχτών ορυχείων, η επίβλεψη και η διαχείριση βασίζεται στην αναφορά KPI. Αυτό το σχέδιο

ερευνάς έχει δείξει ότι το πλησίασμα και ο συνοψισμός των αναφορών KPI μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να κρύψουν τα συστατικά που οδηγούν σε αυτές τις συμβατικές μετρήσεις.

Οι ευκαιρίες υπάρχουν για να εξετάσουν περαιτέρω αυτά τα KPIs και για να ρυθμιστούν κατάλληλα με τον ίδιο τρόπο που έγινε με την καταγραφή των πραγματικών χρόνων φόρτωσης. Η χρήση του Minesuite έχει επιτρέψει την που σε κανονικές συνθήκες δεν θα είχαν αυτόματα συλλεχθεί σε μια συνεχή βάση.

## **7.2 Αξιοπίστη Παραγωγή Μεταλλεύματος**

Κατά την διάρκεια του MinLog 2002, το οποίο αναπαριστά το προϊόν του Martek Minesuite στην υπό-Σαχάρα Αφρική παρήγγειλαν το μεγαλύτερο σύστημα Minesuite MIS που τώρα το χειρίζονται σε όλον το κόσμο, στο ορυχείο μεταλλευμάτων ατσαλιού, στα αποθέματα Kumba Sishen στη νότια Αφρική.

Το Sishen βρίσκεται στην επαρχία του βόρειου ακρωτηρίου και παράγει περισσότερους από 27 Mt από μέταλλευμα ατσαλιού ετησίως. Το εργοστάσιο επεξεργασίας στο Sishen αποτελείται από την προετοιμασία του προϊόντος, το πλύσιμο και κοσκίνισμα, αξιοποίηση και κοσκίνισμα απευθείας αποξείδωσης, καθώς και ανάμειξη μεταλλεύματος και διεκπεραίωση.

Δεδομένης της ανάγκης της αγοράς για τι προϊόν αιματίτη του Sishen που είναι υψηλού βαθμού, το Sishen δέχεται πιέσεις εδώ και αρκετά χρόνια να αυξάνει συνεχώς την παραγωγή, καθώς χρησιμοποιεί το υπάρχον εργοστάσιο.

Για να εξοπλιστεί η διοίκηση με τα απαραίτητα συστήματα για την βελτίωση του εργοστασίου, το Sishen αποφάσισε να κάνει μια πηγή μέτρησης συστήματος απόδοσης εκτός της ηπειρωτικής κρηπίδας για να αντικαταστήσει το παλιό κύριου πλαισίου σύστημα. Η λύση χρειαζόταν να είναι ειδικά σχεδιασμένη για την βιομηχανία ορυκτών, εφαρμοσμένη σε ένα μικρό χρονικό πλαίσιο, να υποστηρίζεται από μια τοπική εταιρία και να έρχεται χωρίς την τιμή του ενός εκατομμυρίου δολαρίων.

Οι λειτουργικές απαιτήσεις του Sishen εκτείνονταν γύρω από την κατοχή έγκυρων εντός βάρδιας και τέλους περιόδου πληροφορίες χειρισμού διαθέσιμες για μετρήσεις της απόδοσης του εργοστασίου όπως και για την υποστήριξη των αποφάσεων διαχειρίσεις. Επιπλέον, το Sishen απαίτησε την κατάκτηση συγκεντρωμένων στοιχείων, τη βάση πληροφοριών για την επεξεργασία και τις αναφορές, τα οποία θα κατέληγαν σε ένα διευρυμένο σύστημα που ξεπερνά τους

διάφορους διαδικαστικούς φραγμούς. Την ίδια στιγμή θα φρόντιζε για τις ανάγκες της παραγωγής, της μηχανικής και των παραρτημάτων ποιότητας.

Η MinLog έχει αναπτύξει διάφορα μέτρα συστήματος πληροφοριών για την παραγωγή, απόδοση και διαχείριση (PPMIS) για να ανταποκριθεί στις συνολικές απαιτήσεις του Sishen.

Η υποστήριξη του Martek διαβεβαιώνει ότι οι βελτιώσεις του Mine suite θα ευθυγραμμιστούν με τις ανάγκες του Sishen. Οι σελίδες του εγχειριδίου λογάριθμων έχουν αντικατασταθεί με ηλεκτρονικές σελίδες λογάριθμων (μέθοδος ELS) στις αίθουσες έλεγχου του Sishen. Το ELS παρέχει την κατοχή δεδομένων και χειροκίνητα και αυτόματα, και παρουσιάζει στον χειρίστη της αίθουσας έλεγχου ένα τωρινό γραμμικό χρονοδιάγραμμα σύνοψη όλων των διαδικασιών και τον εξοπλισμό που διαμορφώθηκε γι' αυτό το τμήμα. Το ELS επιτρέπει στον χειρίστη να καταγράψει και να επιβεβαιώσει όλα τα γεγονότα της παραγωγής και της μηχανικής καθώς και όταν αυτά συμβαίνουν. Προς το τέλος της μετατόπισης οι επιβλέποντες χρησιμοποιούν την εγκυρότητα της μετατόπισης για να επιβλέψουν, να εκδώσουν και να εγκρίνουν την παραγωγή του άκρου της μετατόπισης και τους συνοψισμούς των γεγονότων της μηχανικής προκειμένου να τα υπογράψουν.

Η μέθοδος της ανεύρεσης βλαβών (BTM) παρέχει στο προσωπικό της μηχανικής ένα συνοπτικό σημείο της βλάβης εντός χρόνου. Οι βλάβες αναπαριστώνται σαν δραστηριότητες γραμμικού χρονοδιαγράμματος βαμμένες με κωδικούς για να αναπαριστούν το επίπεδο της ενέργειας και την ιστορία της. Το BTM χρησιμοποιείται ακόμη για να ανατείνονται σε τεχνίτες οι βλάβες καθώς και για να επιβλέπουν τους χρόνους της αρχής και του τέλους των σχετικών ενεργειών. Το BTM αλληλεπιδρά στον πραγματικό χρόνο με το ELS παρέχοντας στο προσωπικό της μηχανικής με διαρκή ενημέρωση για περιστατικά βλαβών. Επιπλέον παρέχει στο προσωπικό της παραγωγής με ενημέρωση στον πραγματικό χρόνο και με λεπτομέρειες των επισκευών που έχουν γίνει.

Οι επιβλέποντες στο Sishen δεν έχουν πια να περιμένουν το τέλος της μετατόπισης για να εξακριβώσουν την απόδοση του εργοστάσιου, αφού η μέθοδος της επίβλεψης δυναμικής παραγωγής (DPM) ενημερώνει για τις παραμέτρους της σταδιακής παραγωγής μέσα στην μετατόπιση. Το DPM χρησιμοποιείται κατά τον συντονισμό των καθημερινών ενεργειών στη συνηθισμένη πρωινή συνάντηση. Επίσης χρησιμοποιείται για το μοίρασμα των μηνυμάτων διαχειρίσεις και των ενδείξεων κατολισθήσεων, ενημερώνοντας για τις εξελίξεις μέσα στην μετατόπιση με

τους στόχους και τις αντοχές του προσωπικού μέσω πολλαπλών σταθμών θέασης εγκατεστημένους σε όλο το μήκος του εργοστάσιου.

Από την εφαρμογή στο Sishen, οι αναφορές στο τέλος περιόδου του Minesuite έχουν γίνει ένας βασικός παράγοντας συμβολής στο πρόγραμμα διαρκούς βελτίωσης της διαχείρισης, παρέχοντας βασικές γραμμές για την καθιέρωση της απόδοσης όπως και για τις ροπές των σχετικών KPI κατά της βασικής αρχής. Πολλές αναφορές είναι ασυνεχείς παραγόμενες στο τέλος κάθε μετατόπισης. Αυτές οι αναφορές αυτόματα ξεχωρίζονται, αρχειοθετούνται και παρουσιάζονται μέσω του ενεργού θεατή του δικτύου(AWN) μέσω του εσωτερικού δικτύου των Kumba Resources(πηγών Kumba). Με περισσότερες από 1800 διαδικασίες καταγεγραμμένες, 200 χρήστες εγγράφηκαν και ένας μέσος όρος 25 ταυτόχρονων πελατών με πρόσβαση στο σύστημα ανά πάσα στιγμή, η Minesuite ξεπέρασε τον εαυτό της στο να ξεπεράσει τις αρχικές απαιτήσεις PPMIS όπως καθορίστηκαν από το Sishen. Το 2003 η εφαρμογή της Minesuite βραβεύτηκε σαν ένα πρωτοπόρο σχέδιο ερευνάς στο ορυχείο μεταλλευμάτων ατσαλιού του Sishen.

### **7.3 Εφαρμογή του MineSuite στο Assmang**

Το Minesuite θα εφαρμοστεί απ' την MinLog για την απόδοση της παραγωγής και την διοίκηση του στόλου του περιορισμένου Assmang νέο ορυχείο Nchwaning No.3 στη νότια Αφρική, κοντά στο Kuruman στην επαρχία του βόρειου ακρωτηρίου.

Το Assmang απαιτεί ακριβές πραγματικού-χρόνου και τέλους-περιόδου πληροφορίες χειρισμού για να είναι διαθέσιμο για την απόφαση της υποστήριξης διοίκησης. Οι πληροφορίες χειρισμού πρέπει να αφορούν την ροή παραγωγής και αξιολόγησης σ' όλη την επιφάνεια των εγκαταστάσεων, ενώ επίσης διευκολύνει την καλύτερη χρήση του εξοπλισμού υπόγειας παραγωγής και των σταθερών εγκαταστάσεων.

Από μια IT προοπτική είναι σημαντικό να διευρυνθούν οι περιορισμοί διαφόρων διαδικασιών, οι αρχές και τα συστήματα σ' ένα μόνο εσωτερικευμένο περιβάλλον διαχείρισης πληροφοριών.

Το σύστημα διαχείρισης πληροφοριών απόδοσης του Minesuite (PPMIS) θα επιτρέπει στο Nchwaning No.3 να συλλαμβάνει τα γεγονότα αυτόματα ή μέσω ηλεκτρονικών σελίδων λογισμικού, θα αναπτύσσει τις κατάλληλες συναλλαγές, θα επικυρώνει τα γεγονότα και τις συναλλαγές και θα υπολογίζει τους βασικούς δείκτες απόδοσης μέσα στην μετατόπιση και στο τέλος-περιόδου.

Το PPMIS θα διαβεβαιώνει ένα μοναδικό MIS περιβάλλον, συμπληρώνοντας τις απαιτήσεις χειρισμού για την παραγωγή, τη μηχανική και τα δεδομένα ποιότητας. Το σύστημα θα παραμείνει στα συστήματα κορυφαίου επιπέδου διαδικασίας όπως τα Scada, InSQL Data Historian, LIMS και διαχείρισης του στόλου, ενώ θα επιτρέπει επίσης μελλοντική συγχώνευση με προσδοκώμενη εφαρμογή ERP.

Το σύστημα διοίκησης στόλου Minesuite θα επιτρέπει εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο, την επίβλεψη και την διοίκηση του στόλου υπόγειας αρχικής παραγωγής. Επίσης θα εντοπίζει το προϊόν απ' το πέρασμα του μετώπου εξόρυξης μεταλλεύματος στους κάδους τροφοδοσίας θραυστήρων.

Αρχικά, οι κινητές μονάδες θα τοποθετηθούν στα LHDs, ADTs και στους πλήρες εξοπλισμούς των γεωτρήσεων, με επιπλέον εννέα ενότητες που θα ακολουθήσουν το 2005. οι χειρίστες του εξοπλισμού θα χρησιμοποιούν οθόνες γραφικών που λειτουργούν με άγγιγμα και θα βρίσκονται εγκατεστημένες για να επικοινωνούν διάμεσου ενός συνδέσμου LAN χωρίς καλώδιο πραγματικού χρόνου με την κεντρική αίθουσα έλεγχου από την οποία οι ενέργειες παραγωγής θα βοηθούνται και θα προγραμματίζονται.

Οι συνηθισμένες αναφορές επιτρέπουν τις πληροφορίες χειρισμού να στέλνονται με διαφορετικούς τρόπους και μορφής ανάλογα στον παραλήπτη.

Η εφαρμογή Minesuite θα παρέχει στο προσωπικό διοίκησης σε όλες τις αρχές με πρόσβαση μέσα στο χρόνο και στο τέλος περιόδου σε ακριβή χειριστικά KPIs διευρύνοντας τους φραγμούς των διαδικασιών και των συστημάτων ενώ παραμένει προσηλωμένο στην παραγωγή.

#### **7.4 MineSuite στο Υπόγειο Ορυχείο στο Illawarra**

Η BHP Billiton Illawarra παράγει άνθρακα / κάρβουνα από πέντε υπόγειες επιχειρήσεις επιμηκών ευθύγραμμων μετωπών στην βορειοδυτική περιοχή του Wollongong στο NSW. Εξαιτίας της δομικής πολυπλοκότητας και της γεωχημικής απόκλισης των Bulli και Wongawilli αποθεμάτων άνθρακα, η εξόρυξη μεταλλευμάτων μπορεί να είναι προβληματική. Οι διαφορετικοί άνθρακες είναι αποθηκευμένοι σε αποθέματα και η ανάμειξη είναι ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει το κέρδος.

Η διοίκηση στο BHP Illawarra πέρυσι αποφάσισε να τοποθετήσει το σύστημα επίβλεψης παραγωγής Minesuite και το σύστημα αναφοράς σ' όλες τις υπόγειες

επιχειρήσεις τους, μετά την επιτυχία με το προϊόν στα ανθρακωρυχεία του West Cliff και του Appin.

Η ASI, μέλος του ομίλου Maptek, συνέλαβε την ιδέα του Minesuite 10 χρόνια πριν ως απάντηση σε μια ανάγκη της αγοράς για ένα σύστημα που θα μπορεί να εφαρμόζεται ευρέως το οποίο θα αντιμετώπιζε την επίβλεψη της παραγωγής και θα ανέφερε ως προς διάφορες διαδικασίες σε μια επιχείρηση.

Η φύση των υπόγειων ορυχείων επιμηκών ευθύγραμμων μετωπών κάνει την συγκρότηση σχετικών δεδομένων δύσκολη. Το MineSuite λαμβάνει στοιχεία από προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC) και από άλλα όργανα που χειρίζονται και συγκεντρώνουν τα δεδομένα του εξοπλισμού. Αυτό τυπικά τροφοδοτείται σ' ένα σύστημα Scada που χειρίζεται την εγκατάσταση και τον εξοπλισμό σε πραγματικό χρόνο και συνήθως καταγράφει τα περιοδικά στοιχεία και τους συναγερμούς σε μια βάση δεδομένων.

Το Minesuite είναι ιδανικό για διεπιφάνεια σε αυτά τα υπάρχοντα συστήματα χειρισμού και για να μετατρέπει τα δεδομένα καταγραφής σε πληροφορίες προκείμενου να παρέχει κατανοητή αναφορά.

Μια δεύτερη επιλογή είναι να εισαχθούν δεδομένα στο σύστημα χειροκίνητα. Απ' τη στιγμή που τα δεδομένα για μια μετατόπιση έχουν συγκεντρωθεί, το Minesuite το επιτρέπει να εκδοθεί ή να αλλάξει μέσω του έκδοτη μετατόπισης, ο οποίος αποτελείται από το GUI, την επιλογή του κειμένου για τον πίνακα εισαγωγής δεδομένων.

Το GUI αναπαριστά τα δεδομένα μετατόπισης σαν χρωματιστά ορθογώνια σε μια χρονογραμμή δίνοντας στο προσωπικό μια άποψη για όλες τις διαδικασίες και τον εξοπλισμό που παρακολουθείται, όπως και για τις αποστολές και τις καθυστερήσεις που έχουν εισαχθεί για την μετατόπιση. Η επιλογή κειμένου και των πινάκων εισαγωγής δεδομένων προσφέρουν μια πιο λεπτομερή μάτια στα δεδομένα για μια συγκεκριμένη διαδικασία.

Οι αναφορές Minesuite και οι σχηματισμοί παροχής μπορούν να διαμορφωθούν απ' το χρηστή και να κωδικοποιηθούν απλά. Οι αναφορές της βάσης δεδομένων επιτρέπουν μια επιχείρηση με το Minesuite σε αρκετά υπόγεια σημεία και εγκαταστάσεις προετοιμασίας να αναπτύσσουν τις αναφορές χρησιμοποιώντας πληροφορίες από πολλαπλές επιχειρήσεις.

Ένα άλλο δυνατό σημείο του Minesuite είναι η ικανότητά του να εκδίδει αυτόματα συλλογικές αναφορές σε μορφή html και να τις τοποθετεί στο εσωτερικό δίκτυο της εταιρείας για εύκολη θέα.



## **8. Συμπεράσματα**

## Παράρτημα 1 – MineSuite Case Studies

# minesuite

### MineSuite Underground In The Illawarra

**BHP Billiton Illawarra produces coal from five underground longwall operations in the area north-west of Wollongong in NSW. Due to the structural complexity and geochemical diversity of the Bulli and Wongawilli coal seams, mining can be problematic. The different coals are stockpiled, and blending is a crucial factor affecting profitability.**

Management at BHP Illawarra last year decided to install the MineSuite production monitoring and reporting system across all of their underground operations, after success with the product at West Cliff and Appin collieries.

Advanced Systems Integration (ASI), part of the Maptek Group, conceived MineSuite 10 years ago in response to a market need for a widely applicable system that could integrate production monitoring and reporting from various processes in an operation.

The nature of underground longwall mines makes the capture of relevant data difficult. MineSuite acquires data from programmable logic controllers (PLCs) and other instruments controlling and collecting equipment data. This is typically fed into a SCADA system that manages plant and equipment in real time, and usually logs periodic data and alarms to a database. MineSuite is ideal to interface to these existing control systems and transform logged data into information to provide comprehensive reporting.

A second option is to manually enter data into the system. Once data for a shift has been captured, MineSuite allows it to be edited or changed through the Shift Editor, which consists of the Graphical User Interface (GUI), the text selection panel and the data entry panel.

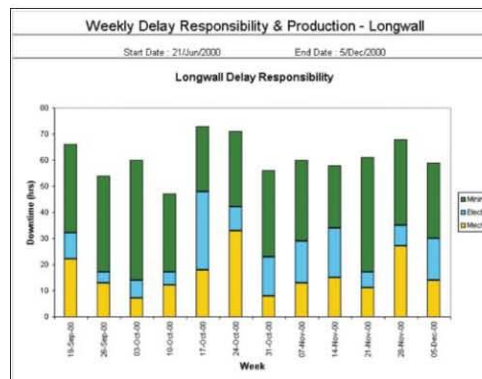
The GUI represents the shift data as coloured rectangles on a timeline, giving personnel a view of all the processes and equipment monitored, as well as the assignments and delays entered for the shift. The text selection and data entry panels offer a more detailed look at the data for a particular process.

MineSuite reports and output formats are user configurable and soft coded. Cross-database reporting allows an operation with MineSuite installed in several underground sites and preparation plants to develop reports using information from the multiple operations.

Another strong feature of MineSuite is its ability to automatically publish corporate reports in html format and place them on the company intranet for easy viewing.

**Marijana Okanovic**  
Advanced Systems Integration

Reproduced from Forge 1, 2002.



# minesuite

## On High Alert

**A vehicle alert system, developed by ASI and trialled at Pasmaenco Broken Hill, was Highly Commended by judges at the 2001 NSW Mining Industry Occupational Health and Safety Conference. The system went on to win the Industry Award, as voted by members of the presentation audience, for its innovative approach to solving safety problems.**

At Pasmaenco underground mines, the importance of good traffic management is recognised and several control mechanisms exist. However, a spate of serious vehicle incidents occurred over a short period during 1999/2000.

High risks are present during loading and trucking operations in the main decline or access ways of the mine:

- at main intersections
- when tramming material across main haulage drives
- on curving inclines
- when there are light and heavy vehicles in a confined area



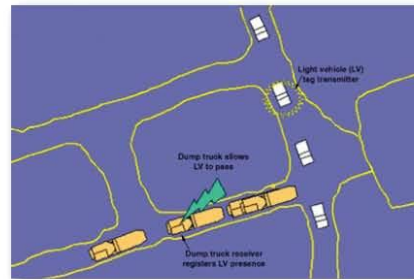
Using 'off the shelf' hardware, engineers from Pasmaenco's Broken Hill Mine and ASI built a system that provides a visual and audible warning to the operators of heavy vehicles when a smaller vehicle is in the vicinity. A three-month trial took place on all light vehicles and three heavy vehicles.

The system consisted of a transmitter unit or active tags for smaller light vehicles, receiver or tag reader unit for larger trucks or LHD vehicles, and an RF receiver or tag reader unit at an underground level and one fuel bay.

If a light vehicle is within a defined distance, the transmitter sends an encoded message containing its vehicle number to a receiver. The receiver gives a warning alarm and an identifiable vehicle number appears on the LCD display. The operator of the large vehicle acknowledges the alarm.

Simulating the earlier scenarios, the operators were confident that if the system had been in place these incidents would not have happened. Furthermore, there were no incidents with the three heavy vehicles involved in the trial. Future development could include an engine management system capable of reporting vehicle location and movement to the surface control room in real time.

### Thanks to Mark Hine Mine Manager



Reproduced from Forge 2, 2002.



**www.minesuite.com**

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact info@maptek.com.au

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# MineSuite

plant production and monitoring

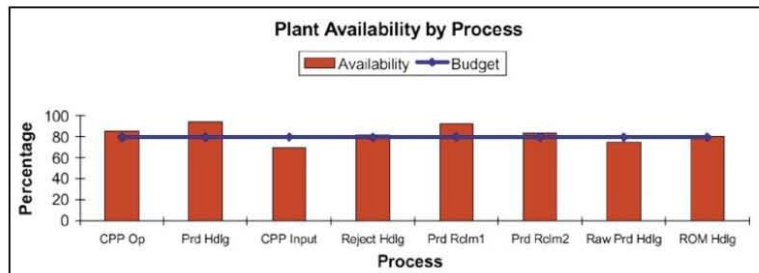
## Want to increase your plant performance?

Modern preparation and processing plants are complex systems. To achieve optimum performance and productivity, operators and managers need accurate and timely information on which to base key decisions.



MineSuite for preparation and processing plants is a fully integrated production and performance monitoring system, which accepts data from operators, managers, and existing real time control systems. Information such as quantity, quality, delays and down time of processes, equipment and material can be captured and presented as useful KPIs (Key Performance Indicators). Actual versus budget reporting quickly identifies areas of the operation needing corrective action.

MineSuite allows users to create reports in a format specific to their requirements (graphs, tables, text) without requiring any programming skills. Information is stored in an industry standard relational database, providing integrity and historical analysis of plant production and performance.



Month	Raw Coal Tonnes	CPP Input Tonnes	CPP Bypass Tonnes	CPP Washed Tonnes	Product Tonnes	Reject Tonnes
Oct	323496	31215	76480	199199	275679	36446
Nov	221482	227791	32425	166580	199005	28726
Dec	419280	377045	108751	220591	329342	47703
Jan	295202	299705	51353	215074	266427	33278
Feb	41439	41528	5831	30360	36191	5337
	<b>1300899</b>	<b>977284</b>	<b>274840</b>	<b>831804</b>	<b>1106644</b>	<b>151490</b>



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

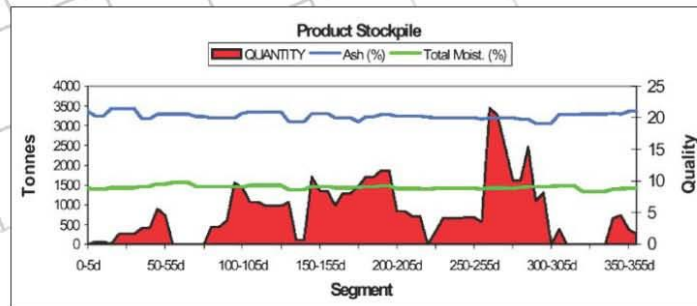
adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# minesuite

## product tracking

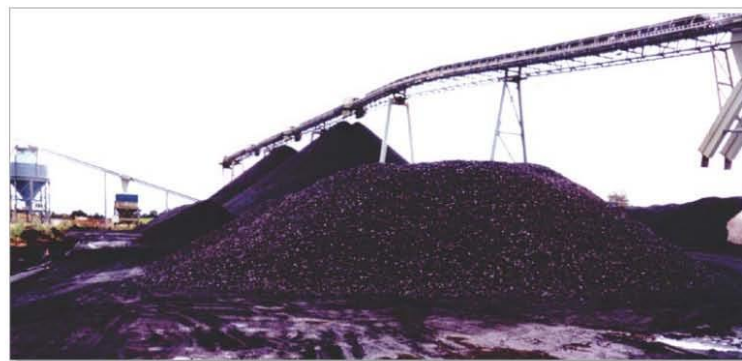
### Having trouble keeping track of product quantity & quality?

Keeping track of product quantity and quality is one of the key issues facing mining companies today. Having knowledge on quantity and quality of products at any given point in time can greatly assist mines in planning for optimum production and profitability.



MineSuite’s product tracking and stockpile management capabilities provide mine personnel with detailed information on material quantity and quality throughout the entire mining value chain. Areas such as mine sources, bins, processing plants and stockpiles are all supported in MineSuite. Quantity and quality data can be manually entered, automatically imported from certificates and assays, or acquired in real time from the plant process control systems.

MineSuite’s reporting capabilities allow visualisation of all information in user-defined, high impact text and graphical outputs. Exporting the data to web-based format is a standard feature for easy distribution of product quantity and quality information to key mine operations personnel.



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# minesuite

## Real-time activity based mine management

The understanding of mining costs is a major problem for management. Modern cost control systems are based on Activity Based Costing. Maptek has extended this framework with MineSuite to deliver the necessary detail into the cost matrix.

Real-Time Activity Based Mine Management (RTABMM) helps companies understand, re-engineer, measure and make decisions about mining activities, allowing operational and corporate personnel to collect and utilise production knowledge to improve quality and productivity.

The benefit for staff of adopting Real-Time Operations (RTO) is in removing delays in accessing information from critical business processes. Standard measures of performance such as KPIs, balanced scorecards, shift reports and other production statistics are often delivered too late to be really useful.

Reducing this lag between collecting data and presenting it to operational or managerial personnel, means that decision making can be transformed from being reactive to proactive. Increased global competition within the resources sector, challenges associated with maintaining quality personnel, and increased operational complexity dictate that operations must maintain their competitive advantage.

RTABMM analyses threshold performance indicators and also helps identify the critical success factors which determine an operation's advantage. By improving the knowledge base of the operation through the establishment of real-time data collection systems, operational staff can have confidence that their decisions can be made on the basis of facts rather than speculation.

Maptek assists companies to implement RTABMM. For example, optimising mine design in VULCAN, monitoring performance in real time with MineSuite, verifying actual mining volume changes with I-SITE, and using the services of Maptek IT for systems development and implementation, all serve to improve efficiency.

*MineSuite Graphical Touch Screen mounted in shift supervisor vehicle*



The key to RTO is the collection of production data in real time. MineSuite is being used at more than 20 sites to collect, process, report and store information required for this real-time knowledge base.

The objective of RTABMM is to identify and eliminate any non value-adding process or cost. MineSuite real-time fleet management presents operational staff and shift supervisors with a 'management dashboard', allowing easy access to the up-to-date real time production statistics and KPIs, even in the field via GTS (below). Predefined threshold alert alarms around any operational process or equipment prompt appropriate personnel for mid-shift decision making when the threshold measures for specified KPIs are exceeded.

One area where MineSuite minimises non value-adding activities is through the import of mine or blast block quality and quantity data - sourced from VULCAN. MineSuite calculates current 'actual' shift production by summing individual truck loads from the mine block. When this exceeds the planned production quantity (from VULCAN) by a designated percentage, staff can interactively determine if unnecessary dilution of product is occurring as a result of 'over mining'. Diluted product greatly reduces the profitability of an operation due to unnecessary production and processing costs.

Further benefits are achieved when the data is exported back to VULCAN to compare 'planned versus actual' production data for mining blocks. Planners can assess the impact of variability between the two values and build a 'predictability measure' to raise the level of confidence of the mine model and use this information for reserve calculations. Accurate reserves are fundamental to generating accurate financial models and improving operational efficiency.

Other advantages for mining operations implementing RTABMM include the determination of efficiency measures for all cost generating activities. Traditional financial performance measures can ignore the impact of other more direct methods dealing with quality and productivity. By the time problems show up as financial KPIs, the costs have already been incurred. Any decisions at this point are reactive rather than proactive.

Maptek works with mining companies to provide an integrated information source for decision making, continuous improvement, informed target costing, reliable bench marking and employee empowerment.

For further information contact [michael.watson@maptek.com.au](mailto:michael.watson@maptek.com.au)

**Michael Watson**  
Mining Engineer - MineSuite

Reproduced from Forge 2, 2003.



**[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)**

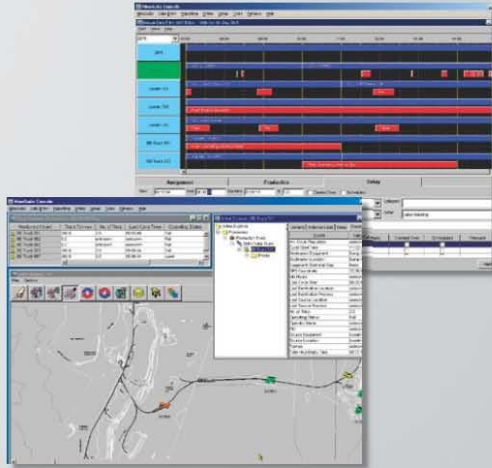
©2003 Maptek Pty Ltd. for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# MineSuite

Real-Time Fleet Management & Production Reporting  
for Mining, Process Plant and Shipping Operations

*The world's first real-time fully integrated 'Mine to Market' software system*



*"Is it time to upgrade your current system?"*  
*"Is it time to implement fleet management?"*

- Integration with VULCAN software
- Interface with ERP and corporate database systems
- Web-enabled distribution of reports corporate-wide
- Dynamic real-time visualisation of data and production statistics
- Fully customisable using industry standard SQL or Oracle
- Runs on PC or UNIX hardware
- User definable KPIs
- Personalised reports and queries
- Agent-based equipment management
- GPS, DGPS and tag-based equipment location

**MineSuite provides the real-time link needed for operational decision making**

**Open Pit or Underground • Resource Independent • Equipment Independent**

All operations, regardless of size, can now access real-time GPS fleet management and production reporting



**Increase Production, Performance, Productivity, Profitability**

Real-time Fleet Management • Stockpile Management • Plant and Equipment Performance Monitoring • Downtime and Delay Reporting  
Material Quality and Quantity Tracking • Production Distribution and Transportation • Drill Rig Production Monitoring  
Personnel and Equipment Tracking • Fuel and Consumable Management • Vehicle Alert and Anti-collision Warning

adelaide | brisbane | denver | newcastle | perth

[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

# minesuite

## MineSuite Fleet Management Driving Profitability from Mine to Market

### BACKGROUND

When Maptek acquired ASI (Advanced Systems Integration) in 2001, the MineSuite fleet management and production reporting system joined the Maptek suite. Other Maptek software products include VULCAN 3D modelling, I-SITE 3D laser imaging and Chronos mine scheduling.

Developed in Newcastle in 1992, MineSuite is now distributed world-wide. Systems are installed in Australia, Asia and North America, backed by the Maptek global support network.

MineSuite is now managing more than 500 fleet units world-wide. The fully customisable system has a reputation for delivering results. Even in the most extreme conditions like those experienced in the Indian Coalfields, 100% MineSuite equipment reliability has been achieved since commissioning.

### OPEN CUT OPERATIONS

In today's mining environment, decisions are increasingly tied to reducing operating costs. Improving production, performance, productivity and profitability is crucial. MineSuite provides mining personnel with the information needed to efficiently manage their operation.

Production, ancillary, plant and shipping equipment can be monitored and controlled by the online system which delivers production statistics and real-time information to all users, including equipment operators.

State-of-the-art electronics collect and process data from equipment operators, location devices (GPS, DGPS and LPS receivers), payload monitors and engine management systems, linking it with data collected from fuelling stations, maintenance databases, plant operations and even mine planning software. Unlike conventional ERP products, MineSuite provides accurate real-time, site-specific KPI calculation and report generation. The system includes alarms for variance from threshold values, and operator alerts for monitoring vital signs and incorrect haulage locations.

MineSuite can also be implemented in process plants, stockpiling areas and shipping terminals. Data from all the different sources is consolidated, providing a complete production record of material from 'pit-to-port'.

### UNDERGROUND OPERATIONS

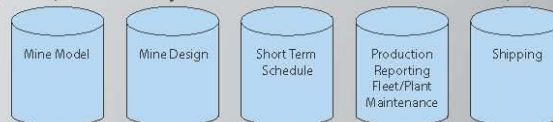
MineSuite is equally applicable to underground mining - providing Fleet Management, Production Reporting and Vehicle Alert / Collision Awareness. Data is collected and processed from all underground equipment and infrastructure including longwalls, continuous miners, shuttle cars, LHDs, drills, bolters, conveyors, bins, shafts and environmental monitoring systems.

MineSuite electronics interface with SCADA, PLC and other OEM control systems for underground equipment. Positional location uses active and passive tag technology, providing full process control of operations. MineSuite allows real-time viewing of equipment and production data, displaying underground mining activity level by level. MineSuite interfaces with all underground communication systems including leaky feeder, wireless LAN and fibre cell technology.

MineSuite's real-time fleet management, KPI and report calculations allow users to view production statistics. The system can be expanded to provide tags on mobile equipment for collision warnings, when in close proximity to heavier vehicles.

### VEHICLE COLLISION ALERT

Good traffic management improves safety in both underground and open cut operations, especially in high density traffic areas such as cross overs, maintenance depots and vehicle fuel stations. The MineSuite cost-effective tag-based vehicle alert system employs audible and visual alarms to warn heavy vehicle operators about light vehicles in the vicinity. Vehicle alert can be installed with or without a full MineSuite fleet management system.



**Michael Watson**  
Adelaide 61 8 8338 9222  
minesuite-info@maptek.com.au

**Brisbane** 61 7 3012 8200  
**Newcastle** 61 2 4961 0694  
**Perth** 61 8 6211 0000

**Bret Swanson**  
Denver 1 303 763 4919  
minesuite@maptek.com



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

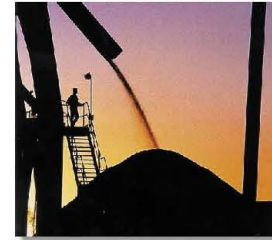


# minesuite

integrated mine to market solution

Finally, an off-the-shelf integrated mine production and performance reporting system.

MineSuite is a fully integrated production and performance reporting system for the mining industry. MineSuite supports all mining processes including drill and blast, open cut, underground, preparation and processing plants, stockpile management, and product distribution and transportation.



MineSuite provides comprehensive tools for collection, processing, storage and presentation of mine information. User definable events, KPIs, formulae, models, delays and reports (both text and graphical) allow MineSuite to be configured to meet the needs of all mine personnel including senior management, production and maintenance.



MineSuite has many applications for the mining industry:

- Real Time Fleet Management System
- Plant and Equipment Performance Monitoring
- Downtime and Delay Reporting
- Materials Quantity and Quality Tracking
- Stockpile Management
- Personnel and Equipment Tracking
- Product Distribution and Transportation
- Integrated Data Warehouse 'Mine to Market'



**[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)**

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# minesuite

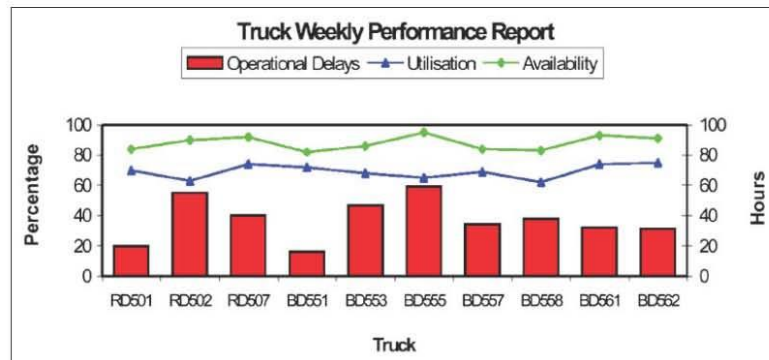
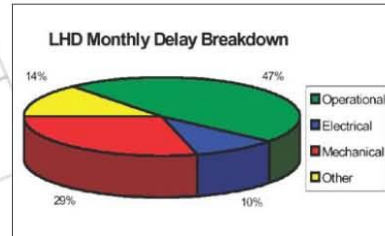
open cut mining

Need a system to monitor your fleet, without paying the earth for it?

Achieving maximum performance of Open Cut mine fleets is a difficult task. A computer aided fleet management system helps management and production personnel meet expected targets.

MineSuite for Open Cut mines provides accurate, real time production and performance information on all equipment at the mine. MineSuite's state-of-the-art electronics collects data from all mine equipment including trucks, shovels, draglines, loaders, drills, dozers, fuel carts and other ancillary equipment. This data is transmitted in real time to a central computer where mine personnel can make informed decisions to gain greater productivity from the operation.

MineSuite's reporting capabilities allow the visualisation of all information in user-defined, high impact text and graphical outputs. Exporting the data to web-based format is a standard feature, allowing easy distribution of information to key mine personnel.



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# minesuite

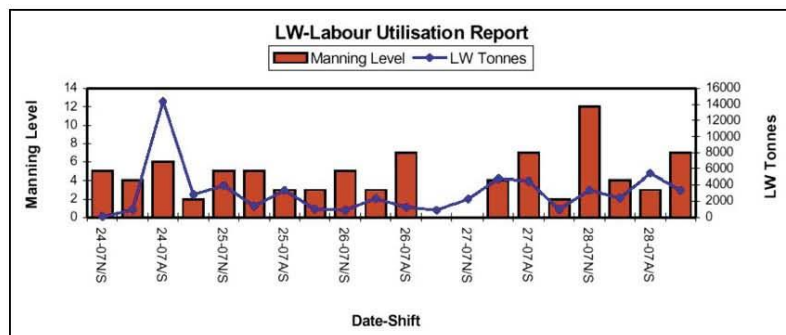
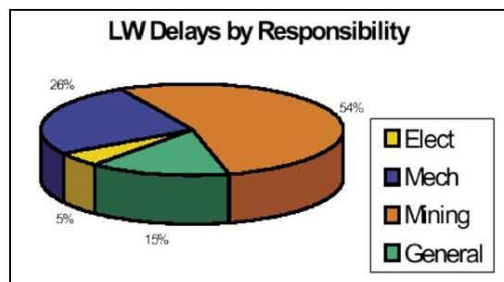
## underground coal

### Need to increase tonnes without increasing costs?

The operation and control of underground coal mines is a difficult task which requires constant re-evaluation. Information on all processes and equipment is critical if the mine operation is to be effective.

MineSuite for underground coal mines is an integrated system designed to collect data from mine equipment and processes, either through real time automatic data collection (by interfacing with existing PLC and SCADA), or through manual data entry. Production data, down time analysis, availability, utilisation and other KPIs allow detailed analysis of the operation, enabling mine personnel (production and maintenance) to optimise performance of the mine. Longwalls, continuous miners, shuttle cars, conveyors and bolters are only a few examples of the equipment that can be monitored in this system. Ancillary services such as gas and environmental, dewatering, power and personnel carriers can also be monitored in MineSuite.

MineSuite's reporting capabilities allow the visualisation of all information in user defined, high impact text and graphical outputs. Exporting the data to Web based format is a standard feature and allows easy distribution of information to key mine operations personnel.



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

© 2002 Maptek Pty Ltd for more information contact [info@maptek.com.au](mailto:info@maptek.com.au)

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

# minesuite

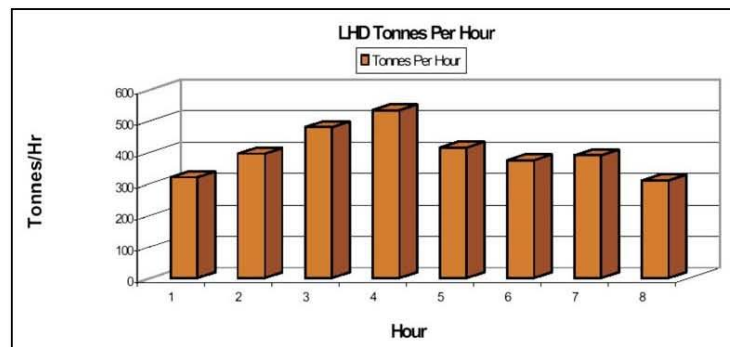
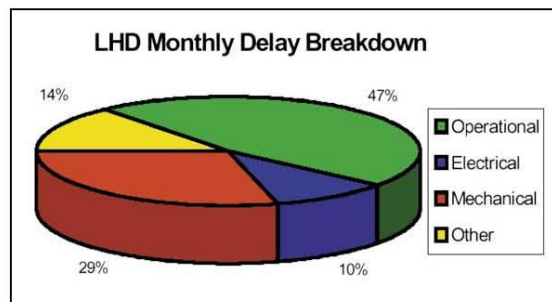
underground metalliferous

## Need a system that can monitor your mine equipment effectively?

Underground Metalliferous mines are extremely complex operations. Effective monitoring and control of mobile mining machinery and ancillary equipment can greatly increase mine production and productivity.

MineSuite for underground metalliferous mines provides real time accurate production and performance information on all equipment at the mine. MineSuite's state-of-the-art electronics collects data from all mine equipment such as LHD's, trucks, loaders, drills, fuel carts and other ancillary equipment. Through real time data transmission to a central computer, mine personnel are empowered to make informed decisions on the efficiency of the operation.

MineSuite's reporting capabilities allow visualisation of all information in user-defined, high impact text and graphical outputs. Exporting the data to Web based format is a standard feature, and allows easy distribution of information to key mine operations personnel.



[www.minesuite.com](http://www.minesuite.com)

©2002 Maptek Pty Ltd, for more information contact info@maptek.com.au

adelaide | brisbane | newcastle | perth | sydney | usa | chile | brazil | south africa | united kingdom

## Παράρτημα 2 – Δημοσίευση στο Συνέδριο

### AMIREG2006

#### An Agent-Based System Framework for Mine Scheduling and Simulation

M. Argiantopoulou and I.K. Kapageridis

*Technological Education Institute of Western Macedonia, Greece*

#### ABSTRACT

In today's mining environment, improving production, performance, productivity and profitability is crucial. Production, ancillary, plant and shipping equipment need to be monitored and controlled by online systems delivering production statistics and real-time information to everyone involved, including equipment operators. Traditional systems currently in use today, operate in an iterative mode constantly switching between scheduling and execution. However, the real world tends to change in ways that invalidate such advance schedules. Agent based computing has been hailed as the most significant breakthrough in software development and the new revolution in software. Agent systems are being used in an increasingly wide variety of applications, including complex mission critical systems such as Air Traffic Control. This paper presents the possible ways that multi-agent systems can be applied to mine production and rehabilitation scheduling problems with focus on real time fleet management, plant and equipment performance monitoring, downtime and delay reporting, stockpile management, personnel and equipment tracking and product distribution and transportation.

#### 1. INTRODUCTION

Mining is a very capital-intensive business where new ventures or expansion are often based on forecasts for long term profitability. Performance is dependent on how cost effective the mine equipment is from day one. The costs of owning and maintaining capital equipment require effective utilization of the mobile fleet for optimal productivity. In order to achieve this level of monitoring, information needs to be made available in real time. Sometimes trucks can be queuing at one loader whilst loaders at another location are idle waiting on trucks to arrive. In this situation both the loaders and trucks are being under-utilized. In other scenarios, shovels under-loading trucks results in production decreases and if overloaded, may cause damage or premature wear and tear resulting in costly repair bills and excessive down times. If this is allowed to occur on a regular basis without check, the mine may be incurring unnecessary additions to its operating costs without knowing it, costs that could be subtracting millions of dollars from profits.

Commonly, a mine develops a schedule (using Linear Programming methods) for its production operations using prototypical gathered data that is rarely sufficient to describe all aspects of reality in a mine. The weather changes, a truck or loading device breaks down, the digging is particularly hard, a bin gets full because of problems with a down stream conveyor; these are all real problems affecting every single operation on a daily basis. The design plans and targets that have then been set are now invalidated as the system attempts to cope, quite unsuccessfully of course, with the design goal. Truly intelligent systems do not simply plan in advance, but

adjust their operations on a time scale comparable to that in which their environment changes.

## 2. AGENT BASED SYSTEMS IN PRODUCTION PLANNING AND SCHEDULING

Planning is the process of selecting and sequencing activities such that they achieve one or more goals and satisfy a set of domain constraints. Scheduling is the process of selecting among alternative plans and assigning resources and times to the set of activities in the plan. These assignments must obey a set of rules or constraints that reflect the temporal relationships between activities and the capacity limitations of a set of shared resources (Figure 1). The assignments also affect the optimality of a schedule with respect to criteria such as cost, tardiness, or throughput. In summary, scheduling is an optimization process where limited resources are allocated over time among both parallel and sequential activities.

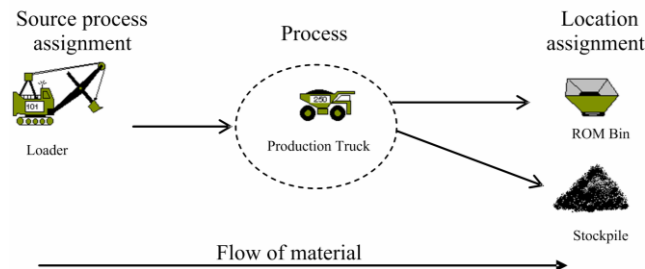


Figure 1: Example of assignment constraints from a mining situation - processes of type 'Production Truck' might be permitted only to receive material from processes of type 'Loader', and dump material to locations of types 'Stockpile' and 'ROM Bin'.

Production scheduling is a difficult problem, particularly when it takes place in an open, dynamic environment such as a mine. In such environments, rarely do things go as expected. The set of things to do is generally dynamic. The system may be asked to do additional tasks that were not anticipated, and sometimes is allowed to omit certain tasks. The resources available to perform tasks are subject to change. Certain resources can become unavailable, and additional resources introduced. The beginning time and processing time of a task are also subject to variation. A task can take more time or less time than anticipated, and tasks can arrive early or late. Because of its highly combinatorial aspects, its dynamic nature and its practical interest for manufacturing systems, the scheduling problem has been widely studied in the literature by various methods: heuristics, constraint propagation techniques, constraint satisfaction problem formalism, simulated annealing, Taboo search, genetic algorithms, neural networks, etc.

Agent technology has recently been used in attempts to resolve production scheduling problems. Atkins et al. (2001) presented an architecture that combines planning and resource allocation algorithms to produce a set of plans which execute in hard real-time on a multi-resource platform and exhibit tolerance to a user-specified set of internal system faults. Frankovic et al. (2001) developed a market-based distributed production control system based on learning and cooperative agents. Goh et al. (2002) proposed a manufacturing optimization and configuration approach that integrates a multi-agent bidding mechanism and Monte Carlo optimization methodology. Agent technology has been applied to resource exploration and other mining related fields (Gallimore et al. 1998).

### 3. MINE SCHEDULING

#### 3.1 Overview

Scheduling is required for the development and production activities in underground and open pit mines. Mine schedules commonly consist of mining block entities with assigned processes. These schedule entities or activities are located in time by a start date and duration or end date. The process assigned to each activity has particular equipment and / or human resources associated with. Types of schedules include life of mine plan (long term), 5 year plan (long term), annual plan (medium to short term), and weekly and/or monthly schedules (short term).

Mining is divided into multiple phases including exploration, material extraction (drill and blast, excavation, etc.), hauling the product and waste materials (trucks, conveyor belts, etc.), beneficiation of the product (crushing, leaching, etc.), and shipping the product to the client.

#### 3.2 Processes

The phases mentioned above can be broken down to smaller more distinct *processes*. A process is a representation of an entity that performs production-oriented tasks in the real world. The process concept is central to the information model of the mine. Because the processes are the productive or working entities of the mine, the rate or amount of mine production is measured in terms of the work the processes have done. Technically, there are no restrictions on the mine entities that can be set up as processes. Typically, though, the various types of machinery of the mine constitute processes. A process is usually a single piece of equipment or a logical group of equipment that is a part of the productivity or daily operations of the mine.

#### 3.3 Locations

Products and other materials are mined from, hauled to, and stored in various locations within the mine. A location is a representation of a point on the mine map, usually one that is a source or a store of material. Typically, locations are in-pits where material is mined from, stockpiles at which material is stacked, bins which are filled and subsequently emptied, dump sites at which overburden is dumped, fuel tanks from where fuel is dispensed, etc. Many of these will be of interest to the site as they are a resource from which material is taken out or accumulated in, and it may be necessary to maintain statistics on them. Material can change location within a mine using one of the three routes shown in Figure 2.

The interaction between locations and processes is the key to storing location production information. The movement of material between two locations is logged via the production of one or more intervening processes. Location production information consists of the quantity and quality of material removed from and/or added to each location. For each location it is calculated based on the cumulative production of processes where the location is involved, either as a source or a destination of the process.

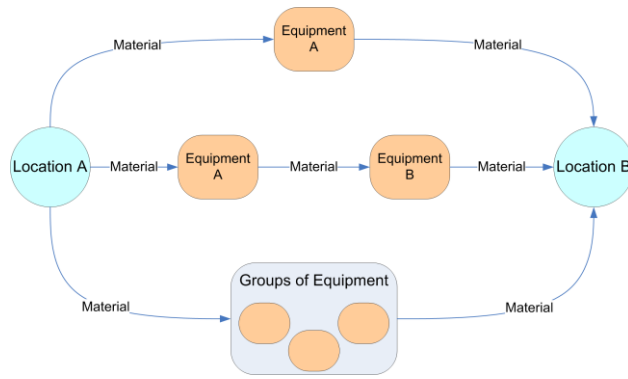


Figure 2: Possible routes of material movement between locations in a mine.

In a more generalised context, locations can also represent different states of material with no change in their actual position within the mine. For example, in-situ material can be ‘relocated’ to drill and blasted material via a drill and blast process.

#### 4. AGENT BASED SYSTEM FRAMEWORK FOR MINE SCHEDULING

##### 4.1 Overview

In this section we discuss the various components of the agent based system framework for mine scheduling as well as the position of the system in the enterprise information structure. This framework is used for the development of an agent-based schedule simulation system at the Department of Geotechnology and Environment of the Technological Education Institute of Western Macedonia. Figure 3 presents the information structure of a mining enterprise.

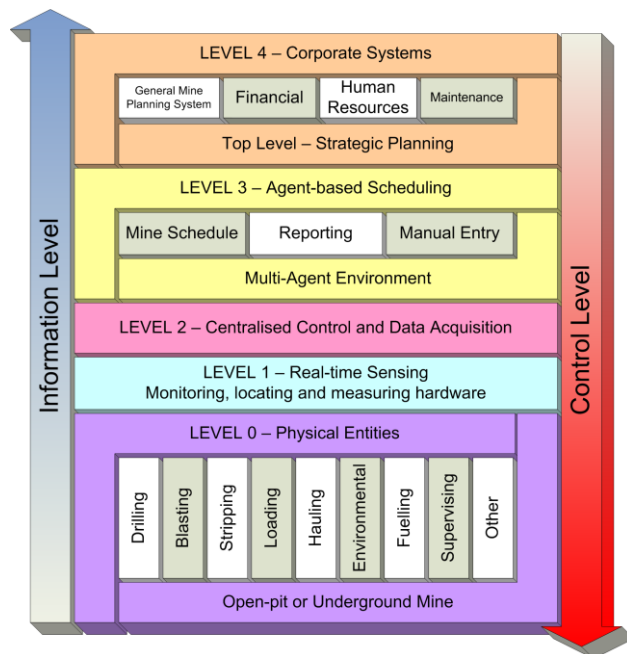


Figure 6: Simplified diagram of information and control level structure in an agent based mine planning and scheduling system.

The level of information is increasing going up the structure, while the level of control is increasing going down. The proposed agent based system would be placed between the strategic planning level (top) and the control and data acquisition level. From the



perspective of running the mine on a shift by shift basis Levels 1 and 2 are extremely important. From the point of view of planning and making strategic decisions to improve the overall productivity and profitability of the mine, Level 3 is essential.

The agent based system may consist of the following agents:

- An agent for each material state alteration device (static agents), e.g. crushers.
- An agent for each material loading device (loading agents), e.g. shovels, loaders, stackers and reclaimers.
- An agent for each material hauling device (hauling agents), e.g. draglines, trucks and conveyors.
- An agent for each device that provides service to static, loading and hauling agents (service agents), e.g. fuel tracks and fuel stations.
- An agent for each device that performs a function not directly related to the production process (auxiliary agents), e.g. drill rigs, graders and water trucks.
- A system manager agent that receives the required schedule and generates appropriate orders.
- An order co-ordinator agent for each order from the system manager agent.

#### 4.2 Agent Interaction Protocol

The Contract Net protocol is used for the interaction between the various service, loading and hauling agents, the order co-ordinator agent and the system manager. It is an interaction protocol for cooperative problem solving among agents (Huhns et al. 1999). It is based on the contracting mechanism used by business to control the exchange of goods and services. The contract net protocol is appropriate for connection problems where we search for appropriate agents to work on a given task (Smith, 1980, Davis et al. 1983). It is the protocol in use by an existing agent-based dispatching system for the mineral extraction industry (Baptista, 2004). The following actions can be performed by agents interacting with this protocol:

*Tenders* are initiated by loading agents and announced by the system manager agent. Possibly many Tenders may be announced to generate a complete plan for a planning horizon of duration T at the start of the shift. Additional tenders may subsequently be announced as time progresses to maintain the planning horizon. Tenders for servicing can also be announced by all fuel powered equipment represented in the agent based system.

A *bid* is a response to a tender. In this system hauling agents respond to loading tenders with bids. Service agents can also bid for servicing tenders.

A *contract* is a commitment to provide a service. In this system, contracts tie the loading device that lets the tender with the successful bidder (hauling device) or a fuel truck or station to a fuel powered device. Hauling agents receive contracts corresponding to specific tenders from the system manager agent. Hauling agents may trade contracts amongst themselves.

An *offer* is a proposal from a hauling agent to execute a contract that another hauling agent has committed to executing. In this system, an offer is communicated by one hauling agent to another.

The following is an outline of the possible system operation. At the start of a shift, each loading agent initiates a tender by creating a tender specification and passing it to the system manager agent. Both at the start of a shift and at points during the course of a shift when multiple tenders are initiated (by multiple loading agents) at the same time, the system manager agent uses the tender priority (defined below) to select the tender to be announced first. The system manager agent announces the bid by making its terms of reference available to every hauling agent. Each hauling agent first determines if it is feasible to bid for this tender (using the bid feasibility computation procedure defined below). If a hauling agent determines that it is feasible to bid for a tender, it communicates its bid to the system manager agent. From the set of bids

received, the system manager agent identifies the best bid as the winning bid. The hauling agent making the winning bid is awarded an order, while the remaining bidding agents are told that their bids were rejected. The system manager also informs the loading agent that let the tender of the outcome of the bidding process (i.e., details of the winning bid). Based on the capacity of the hauling device mentioned in the winning bid, the loading rate of the loading device, the start time announced in the tender and the arrive time of the hauling device, the loading agent computes the end time when the loading device would finish loading. If this is less than the current planning horizon of the loader, the loading agent initiates a new bid with a new start time equal to the end time. The process iterates until a plan covering the entire planning horizon is generated.

Agents of the other categories (auxiliary and static) that do not interact using the Contract Net protocol can communicate through a Blackboard system where real time data and requests for actions are placed or a coordination protocol. The role of each type of agent and its operation is analysed in the following paragraphs.

### *4.3 Loading Agent*

The loading agents are generated against loading equipment ready to serve hauling equipment or can simply be issued for all operational loading equipment. Initially, loading equipment not part of the truck dispatch circuit will not have a loading agent announcing contracts. Primary functionality of the agent includes:

- Acting upon orders from the system manager based on mine schedule activities.
- Initiating tenders.
- Maintaining a current plan for the corresponding loading device. The current plan consists of a temporal sequence of contracts issued to hauling agents for servicing the loading device (including orders that have not been successful in attracting a bidder)
- Cancelling contracts in the event of loading device breakdown or slowdown in operations
- Removing completed contracts from the list
- Creating new tenders in the event of better than expected contract execution and there being a sufficient time slot in between to enable an additional load.
- Placing requests for refuelling by a service agent.

While no tenders are being floated, the loading agent goes through its period up to the planning horizon, and once again floats tenders for the periods in between when it has blank spots in its loading schedule.

### *4.4 Hauling Agent*

The primary functionality of the hauling agent is:

- Maintaining a current plan for the corresponding hauling device. A current plan consists of a temporal sequence of contracts.
- Making bids for announced tenders. If a truck has a locked assignment then it bids only on tenders for the loader it is locked to. In these situations the contract manager agent will realise that this truck should be the preferred bidder.
- Making offers for orders in the internal market.
- Dealing with deviations from the current plan.
- Placing requests for refuelling by a service or auxiliary agent.

#### 4.5 Static Agent

This agent is generated against stationary equipment that needs to be monitored. Examples are environmental monitoring stations, dewatering pumps and crushers. Such equipment is crucial for maintaining appropriate working conditions in the mine or for ensuring a continuous production. Static agents can act as sources of real time information or request actions to be taken by agents of the next category (auxiliary agents). For example, a station monitoring dust levels along the haul road can request the dispatch of a water truck.

#### 4.6 Auxiliary Agent

Auxiliary agents are generated against mobile equipment such as drill rigs and water trucks. They act upon requests from the system manager that are linked with the production process. Requests to auxiliary agents can also be generated by static agents for environmental control in the mine.

#### 4.7 Service Agent

A service agent is generated against equipment, mobile or stationary, that is used to keep loading and hauling devices in operation, such as Fuel Trucks. They are indirectly linked to the production process and for this reason they do not necessarily need to be part of the contract based negotiations. However, if their number is sufficiently high to require better control of their assignments, special service contracts can be generated for them. They receive orders from the System Manager agent following requests by loading and hauling agents for servicing. They also keep track and report on parameters such as operator, status, etc., number of equipment filled/served, and quantities of fuel and other materials dispensed

#### 4.8 System Manager Agent

The primary functionality of this agent includes:

- Converting mine schedule activities to appropriate orders to loading and auxiliary agents.
- Selecting a tender to announce (when multiple tenders are simultaneously initiated).
- Broadcasting tender announcements to all hauling agents.
- Receiving bids in response to a tender.
- Identifying the best bidder.
- Informing hauling and loading agents of the outcome of bids.
- Controlling and acting upon information placed on the blackboard (coordination outside Contract Net) by auxiliary, static and other agents.

#### 4.9 Contract and Tender Coordinator Agent

The primary functionality of this agent is to maintain the outstanding contracts within the market place (including tenders that have not had successful bidders) and receive and process offers in conjunction with the System Manager Agent for the order in the internal market. The coordinator agent is also responsible for determining the outcome of an offer and re-assigning the contract to a different hauling agent.

### 5. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The agent based system framework described in this paper can be used to develop mine scheduling solutions that are fully customizable to a number of mining scenarios and provide a much more dynamic scheduling environment than current mine

scheduling applications. Development of a prototype system using agent development tools and its application on simulated mine schedules and site operation data is currently underway. The development of such schedules and data is in itself a time consuming aspect of the work as it is very hard to collect appropriate information from existing mining sites. This is the case even in mines with installed dispatch and telemetry systems. The application of the prototype system to mine simulation for equipment selection and mine feasibility study purposes is also one of the main aims of the research project.

## REFERENCES

- Atkins, E.M., Abdelzaher, T.F., Shin, K.G., and Durfee, E.H. (2001). Planning and resource allocation for hard real-time, fault-tolerant plan execution. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 4, pp. 57-78.
- Baptista, G. (2004). *MineSuite Dispatch Algorithm Concepts Guide*. Advanced Systems Integration Pty. Ltd.
- Davis, R. and Smith, R.G. (1983). Negotiation as a metaphor for distributed problem solving. *Artificial Intelligence*, vol. 20, no. 1, pp. 63-109.
- Frankovic, B. and Dang, T.T. (2001). Agent based scheduling in production systems. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Production Research ICPR-16*, Prague, Czech Republic.
- Gallimore, R.J., Jennings, N.R., Lamba, H.S., Mason, C.L., and Orenstien, B.J. (1998). 3D scientific data interpretation using cooperating agents. In: *Proceedings of 3rd Int. Conf. on the Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAM-98)*, London, UK, pp. 47-65.
- Goh, W.T. and Zhang, Z. (2002). Multi-agent system for dynamic production scheduling and optimization. In *Proc. Third International Symposium on Multi-Agent Systems, Large Complex Systems and E-Businesses (MALCEB'03)*, Erfurt, Germany.
- Huhns, M. and Stephens, L. (1999). Multiagent systems and societies of agents. In: *Multiagent Systems: a modern approach to distributed artificial intelligence*, Weiss, G., (ed), MIT Press, 1999, Cambridge.
- Smith, R.G. (1980). The Contract Net protocol: high level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-29, no. 12, pp. 1104-1113.

## Βιβλιογραφία

Argiantopoulou, M., Karageridis, I., 2006. *An Agent Based System Framework for Mine Scheduling and Simulation*. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, Technical University of Crete, Chania.

Baptista, G., 2004. *MineSuite Dispatch Algorithm Concepts*. Advanced Systems Integration Pty. Ltd.

Baptista, G., Casey, J., 2004. *MineSuite Concepts Guide*. Advanced Systems Integration Pty. Ltd.

Baptista, G., 2004. *MineSuite Open Cast Mine Overview*. Advanced Systems Integration Pty. Ltd.

Jennings, Wooldridge, 1998. *Application of Intelligent Agents*.