



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας



“Energy resources: Technologies & Management”

“Εκμετάλλευση Ανθράκων»

Δρ. Γεώργιος Σκόδρας
Αν. Καθηγητής



Εκμετάλλευση ανθράκων



- **Υπαίθρια εκμετάλλευση**
- **Νεότερες τεχνικές εκμετάλλευσης**
- **Υπόγεια εκμετάλλευση**
- **Ειδικά προβλήματα εκμετάλλευσης**



Εκμετάλλευση ανθράκων



Η μέθοδος εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος είναι το σύνολο των εργασιών ενός εργοταξίου (μεταλλείου), που είναι απαραίτητες για την απόληψη του χρήσιμου ορυκτού ή μεταλλεύματος.

Η εκμετάλλευση των ανθράκων ως ορυκτή πηγή ενέργειας γίνεται εδώ και περισσότερο από χίλια χρόνια, ωστόσο σε μαζική-βιομηχανική κλίμακα γίνεται μόνο από το 18ο αιώνα.

Οι άνθρακες εξορύσσονται τόσο σε επιφανειακές όσο και σε υπόγειες εκμεταλλεύσεις, ανάλογα με τις επικρατούσες κάθε φορά κοιτασματολογικές συνθήκες. Σήμερα, περίπου $2/3$ της παγκόσμιας παραγωγής ανθράκων προέρχονται από υπόγειες εκμεταλλεύσεις, (αν και σε κάποιες από τις κύριες παραγωγούς χώρες πχ ΗΠΑ, Αυστραλία, Ελλάδα, κλπ. το ποσοστό αυτό είναι πολύ μικρότερο).



Εκμετάλλευση ανθράκων



Στις **επιφανειακές εκμεταλλεύσεις** έχουν αναπτυχθεί, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό, δύο κύριες μέθοδοι:

- η **συνεχής** (γνωστή και ως Γερμανική) και
- η **ασυνεχής** (γνωστή και ως Αμερικανική) μέθοδος

Στις **υπόγειες εκμεταλλεύσεις** έχουν αναπτυχθεί επίσης δύο κύριες μέθοδοι :

- η μέθοδος των θαλάμων και στύλων (η πιο διαδεδομένη) και
- η μέθοδος του ευθυγράμμου επιμήκους μετώπου



ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ

Πλεονεκτήματα

- ❑ Οι επιφανειακές (υπαίθριες) εκμεταλλεύσεις χαρακτηρίζονται από την έλλειψη περιορισμών σε ό,τι αφορά τον διατιθέμενο χώρο, επιτρέποντας έτσι τη χρήση μηχανικού εξοπλισμού μεγάλου μεγέθους και μεγάλων παραγωγικών δυνατοτήτων.
- ❑ Δεν υπάρχουν φάσεις εργασίας όπως η υποστήριξη και ο αερισμός των υπόγειων εκμεταλλεύσεων και έτσι είναι περισσότερος ο διαθέσιμος χρόνος για την καθαρά παραγωγική διαδικασία.
- ❑ Οι συνθήκες οργάνωσης και επίβλεψης είναι καλύτερες.



ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ

Μειονεκτήματα

- ❑ Η ανάγκη διακίνησης ολοένα και περισσότερων όγκων υπερκειμένων καθώς τα κοιτάσματα εξελίσσονται σε μεγαλύτερα βάθη,
- ❑ Η δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης, που συνοδεύεται από μεγάλα προβλήματα αποκατάστασης των εδαφών στην προ της εκμετάλλευσης κατάσταση,
- ❑ Η ανάγκη μετακίνησης ολόκληρων χωριών κάποιες φορές και τέλος,
- ❑ Η ολοκληρωτική έκθεση του εργοταξίου στις καιρικές συνθήκες (άνεμος - σκόνη - βροχή - λάσπη - παγωνιά - χιονοπτώσεις).

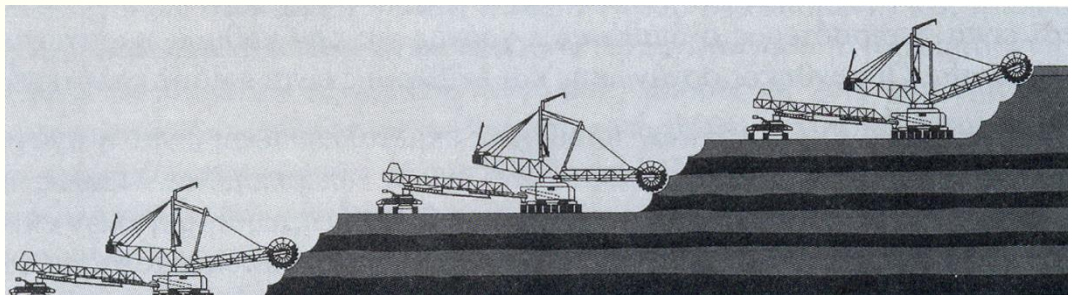


ΣΥΝΕΧΗΣ (Γερμανική) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

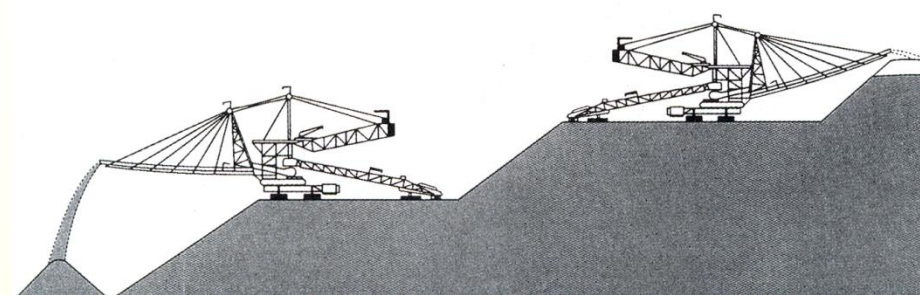
Χρησιμοποιείται σε μαλακά πετρώματα, με στρώματα οριζόντια ή πολύ μικρής κλίσης και κοιτάσματα μεγάλων αποθεμάτων.

Η εξόρυξη (περιοχή εκσκαφής) γίνεται με καδοφόρους εκσκαφείς, η μεταφορά με ταινιοδρόμους (μεταφορικές ταινίες) και η απόθεση (περιοχή απόθεσης) με αποθέτες.

Ο εξοπλισμός της μεθόδου απαιτεί σημαντική επένδυση κεφαλαίου και γι' αυτό συναντάται σε μεγάλης κλίμακας εκμεταλλεύσεις.



(α)



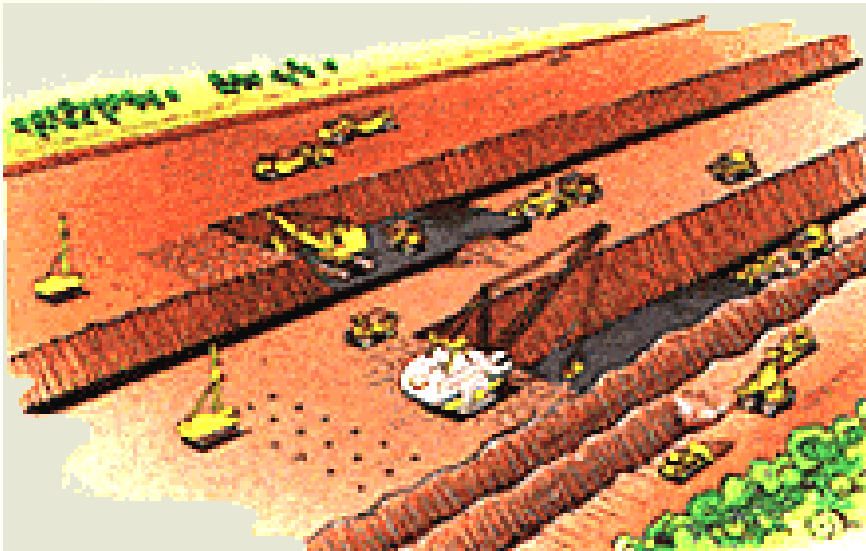
(β)

Σχηματική απεικόνιση της πλευράς εκσκαφής (α) και της πλευράς απόθεσης (β) υπαίθριου ανθρακωρυχείου πολυστρωματικού κοιτάσματος



Γενική μορφή της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Η συνεχής μέθοδος εκμετάλλευσης ακολουθεί τη μέθοδο των ορθών βαθμίδων. Στη γενική περίπτωση της μεθόδου, υπάρχει σε κάθε βαθμίδα της περιοχής εκσκαφής ένα καδοφόρος εκσκαφέας, που εξορύσσει και φορτώνει τα υλικά στη μεταφορική ταινία της τομής (τομοταινία εκσκαφής).

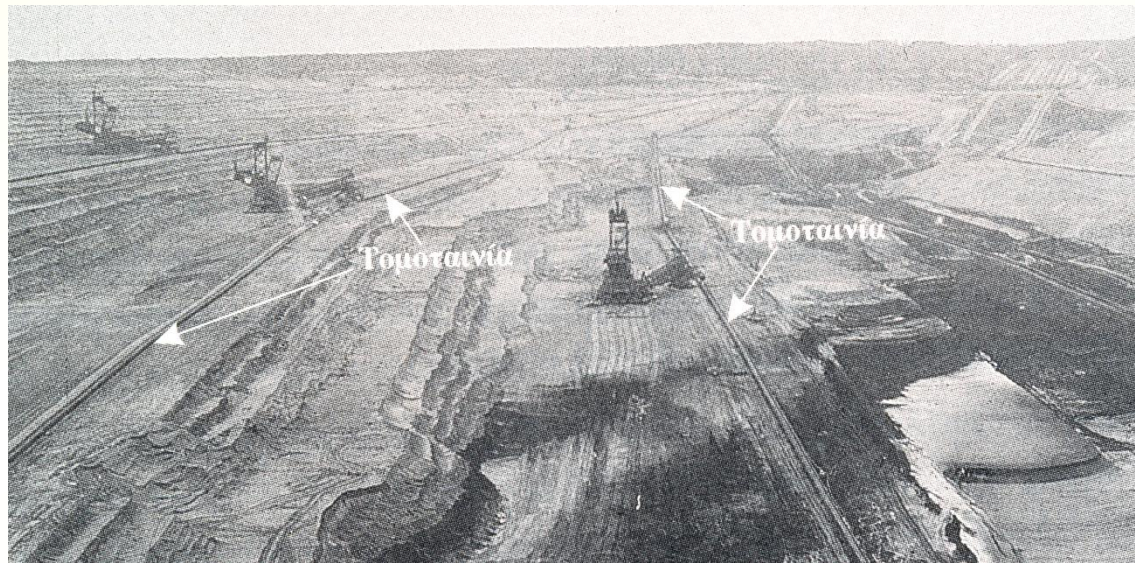


Γενική διάταξη ορυχείου



Γενική μορφή της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Η τομοταινία καλύπτει συνήθως όλος το μήκος της τομής (έως 3,5 χλμ). Όταν η τομή έχει πολύ μεγάλο μήκος (5 χλμ), τοποθετούνται δυο επιμέρους ταινίες σε σειρά για να καλύψουν το μεγάλο αυτό μήκος.



Τομές ορυχείου με 2 τομοταινίες ανά τομή



Γενική μορφή της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Όταν η απόσταση ανάμεσα στο χώρο εκσκαφής και απόθεσης γίνει μεγαλύτερη, απαιτείται σύνδεση του καδοφόρου εκσκαφέα με τον αποθέτη μέσω μιας σειράς μεταφορικών ταινιών. Η τομοταινία μεταφορτώνει τα υλικά σε (μία ή περισσότερες) επόμενες ταινίες, που λέγονται «συνδετήριες». Μια σειρά ταινιών λέγεται «κλάδος».

Η απόθεση αναπτύσσεται αντίστοιχα σε **βαθμίδες («φάσεις»)**. Σε κάθε βαθμίδα της περιοχής απόθεσης υπάρχει ένας αποθέτης, που παραλαμβάνεται μεταφερόμενα υλικά από την «τομοταινία απόθεσης». Για τη σωστή φόρτωση, από την τομοταινία στον αποθέτη, παρεμβάλλεται ο **«αναδιπλωτής»**, (ένα μηχάνημα που προκαλεί συνεχώς μια τοπική ανύψωση του ιμάντα της τομοταινίας, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σημείο μεταφόρτωσης του υλικού από την τομοταινία στον αποθέτη).



Εκμετάλλευση ανθράκων



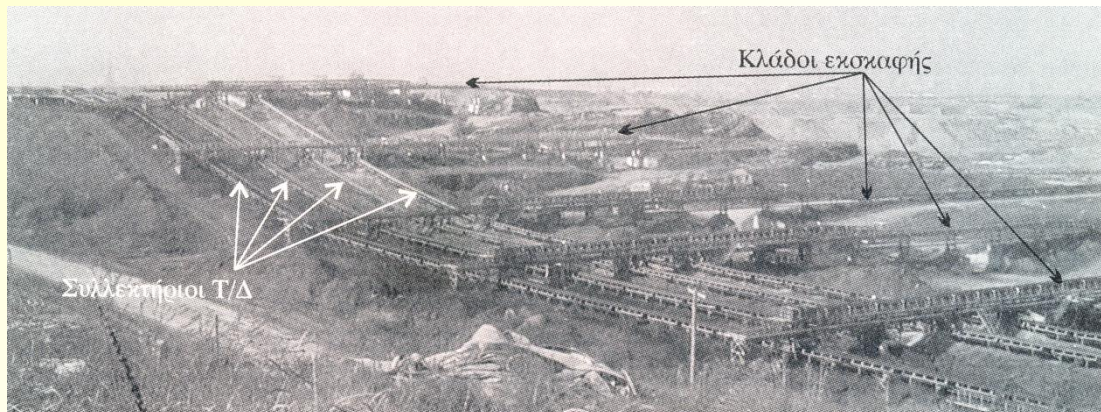
Γενική μορφή της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Όταν ο καδοφόρος εκσκαφεί εξορύσσει μόνο ένα είδος υλικού (μόνο άγονα ή μόνο άνθρακα) η λειτουργία είναι σχετικά απλή. Όταν ωστόσο στο μέτωπο **υπάρχουν δυο είδη υλικών** (και άγονα και άνθρακας), απαιτείται η εξόρυξη του κάθε είδους υλικού ανεξάρτητα από το άλλο («εκλεκτική» εξόρυξη) και πρέπει να υπάρχουν **ξεχωριστές έξοδοι των μεταφερόμενων υλικών**, τα άγονα προς τους χώρους απόθεσης και ο άνθρακας στις αυλές αποθήκευσης του ορυχείου.

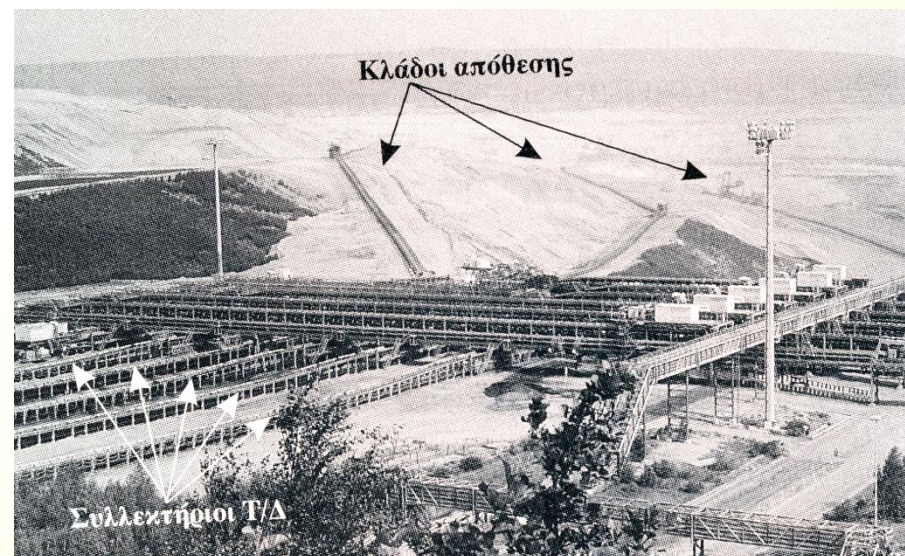
Ο διαχωρισμός των υλικών και η διοχέτευσή τους προς τις εκάστοτε εξόδους γίνεται στον **«κόμβο» ταινιοδρόμων («σύμπλεγμα»)** του ορυχείου, όπου καταλήγουν όλοι οι «κλάδοι εκσκαφής», δηλαδή οι σειρές ταινιών που έρχονται από τις βαθμίδες εκσκαφής. Από το ίδιο σημείο αναχωρούν όλοι οι «κλάδοι αγόνων», δηλαδή οι σειρές ταινιών που μεταφέρουν τα άγονα του ορυχείου προς τους αποθέτες αγόνων. Αναχωρούν επίσης οι «κλάδοι άνθρακα», δηλαδή οι σειρές ταινιών που μεταφέρουν το παραγόμενο προϊόν του ορυχείου προς τις προσωρινές αυλές αποθήκευσης.



Γενική μορφή της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης



Κόμβος ταινιοδρόμων μικρού λιγνιτωρυχείου με 5 κλάδους εκσκαφής και 4 συλλεκτήριους Τ/Δ από τους οποίους οι 2 είναι για τα άγωνα και οι 2 για τον άνθρακα.



Κόμβος ταινιοδρόμων μεγάλου λιγνιτωρυχείου με μεγάλο αριθμό τομών και κλάδων εξόδων υλικών.



Εκμετάλλευση ανθράκων

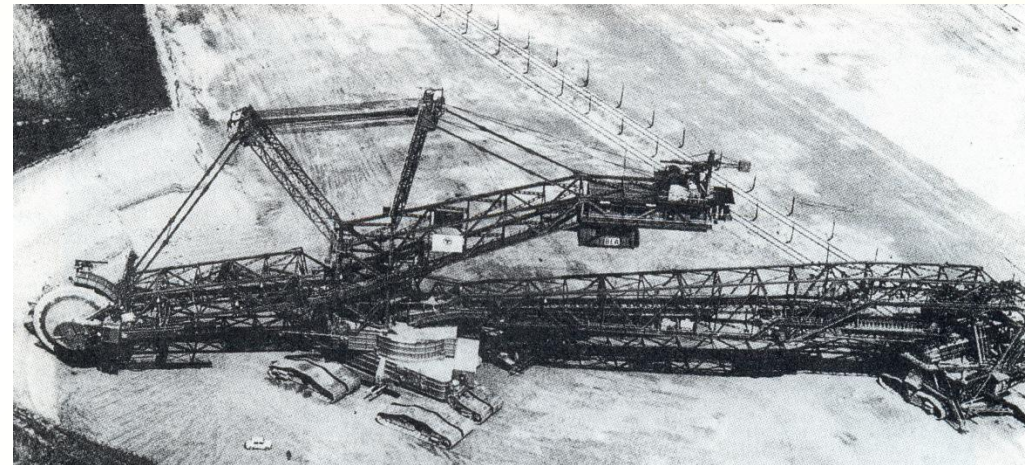
Βασικός εξοπλισμός της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Καδοφόρος Εκσκαφέας

Είναι μηχανήμα μεγάλου μεγέθους και βάρους, υψηλής τεχνολογίας, ακριβό στην κτήση και στη συντήρησή του, βραδυκίνητο, ηλεκτροβόρο, συνεχούς λειτουργίας, μεγάλης παραγωγικής ικανότητας και με δυνατότητα εκλεκτικής εξόρυξης διαφορετικών στρωμάτων υλικών.



Καδοφόρος εκσκαφέας



Καδοφόρος εκσκαφέας με **εκσκαπτική μονάδα** (κυρίως τμήμα του μηχανήματος που φέρει το βραχίονα καδοτροχού και το βραχίονα αντιβάρων) και **φορτωτική μονάδα** (πίσω τμήμα του μηχανήματος, μέσω του οποίου γίνεται η φόρτωση στο συνεργαζόμενο Τ/Δ). Οι δυο μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με «γέφυρα».



Βασικός εξοπλισμός της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Αποθέτης

Ο αποθέτης είναι, όπως και ο καδοφόρος εκσκαφέας, ένα τεράστιο, βραδυκίνητο, ηλεκτροβόρο μηχάνημα, που χαρακτηρίζεται από συνεχή λειτουργία και μεγάλη απόδοση, και με το οποίο επιτυγχάνεται η συνεχής, ορθολογική, ελεγχόμενη και οικονομική από άποψη χώρου απόθεση των υλικών της εκσκαφής



Αποθέτης

Αποτελούνται από ένα ή δύο τμήματα και φέρουν δύο ή τρεις μεταφορικές ταινίες.

Η λειτουργία των αποθετών έχει μεγάλη σημασία για τα ορυχεία, αφού συνήθως παραλαμβάνουν υλικό από περισσότερους από έναν εκσκαφείς.



Βασικός εξοπλισμός της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Ταινιόδρομοι

Ο Ταινιόδρομος (Τ/Δ) είναι μια μεταφορική ταινία μεγάλου μήκους. Είναι μια ηλεκτροκίνητη, επιμήκη εγκατάσταση, που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων υλικών από μία θέση εργασίας σε άλλη, που βρίσκεται σε αρκετή απόσταση. Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων υλικών επί σειρά ετών, διαφορετικά προτιμούνται άλλα μέσα μεταφοράς, π.χ. φορτηγά.

Οι Τ/Δ χαρακτηρίζονται από το πλάτος του ιμάντα, τη γωνία σκάφης και την ταχύτητα κίνησης, που αντιστοιχούν στη μεταφορική τους ικανότητα. Διακρίνονται σε **μεταθετούς και σταθερούς**. Οι μεταθετοί Τ/Δ μπορούν να μετακινηθούν με τη βοήθεια γερανοφόρων προωθητών και οχημάτων μεταφοράς κεφαλών από την αρχική τους θέση σε μια νέα.

Ανάλογα με το μεταφερόμενο υλικό οι Τ/Δ χαρακτηρίζονται σαν Τ/Δ αγόνων, Τ/Δ άνθρακα και Τ/Δ τέφρας (μεταφέρουν την τέφρα, που παράγεται κατά την καύση του άνθρακα, από τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, στους χώρους απόθεσης των ορυχείων).



Βασικός εξοπλισμός της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης

Ταινιόδρομοι

Τα Κύρια μέρη ενός Τ/Δ είναι:

- **η Κεφαλή** (το άκρο του Τ/Δ προς το οποίο κατευθύνεται το μεταφερόμενο υλικό. Είναι μια σιδηρά, υπερυψωμένη συνήθως, κατασκευή, που διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζει τη δυνατότητα μεταφόρτωσης του μεταφερομένου υλικού σε άλλον Τ/Δ, να φέρει τις κινητήριες μονάδες για την κίνηση του Τ/Δ και να έχει σύστημα τάνυσης του ιμάντα. Ανάλογα με τη δυνατότητα φόρτωσης σε 1 ή περισσότερες θέσεις φόρτωσης διακρίνονται σε κεφαλές 1 θέσης φόρτωσης ή πολλαπλών θέσεων φόρτωσης)
- **το Τερματικό** (ή ουρά ή σταθμός επιστροφής είναι το άλλο άκρο από το οποίο ξεκινά το υλικό)
- **ο κατά μήκος εξοπλισμός** (ή κορμός ή σώμα του Τ/Δ)
- **ο ιμάντας** (ή ελαστική ταινία)
- **ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός**



Εκμετάλλευση ανθράκων

Βασικός εξοπλισμός της μεθόδου συνεχούς εκμετάλλευσης



Κεφαλή σταθερού (μη μεταθετού) Τ/Δ, μιας θέσης φόρτωσης. Διακρίνεται το τερματικό του επόμενου Τ/Δ.



Απόθεση – Τρόποι λειτουργίας αποθέτη

Η ομαλή εξέλιξη της απόθεσης των στείρων (άγονων) υλικών της εκσκαφής αποτελεί βασική προϋπόθεση για την απρόσκοπτη λειτουργία ενός ορυχείου.

Ο όγκος των άγονων που διακινούνται στη διάρκεια της ζωής ενός ορυχείου είναι πολλαπλάσιος του λιγνίτη που παράγεται. Αντίστοιχα πολλαπλάσιο είναι και το έργο που πρέπει να εκτελεστεί για τη διακίνηση των αγόνων. Κατά τη φάση αρχικής διάνοιξης ενός ορυχείου πρέπει να βρεθεί κοντά στο χώρο εκσκαφής ένας χώρος κατάλληλος για να δεχθεί τα άγονα υλικά. Ο χώρος αυτός πρέπει καταρχήν να μη δεσμεύει τμήμα του κοιτάσματος και να έχει χωρητικότητα τέτοια, που να μπορεί να χωρέσει τα άγονα προϊόντα της εκσκαφής, μέχρις ότου δημιουργηθεί η δυνατότητα απόθεσης των άγονων μέσα στο χώρο εκσκαφής, σε εξοφληθέντα χώρο του κοιτάσματος.

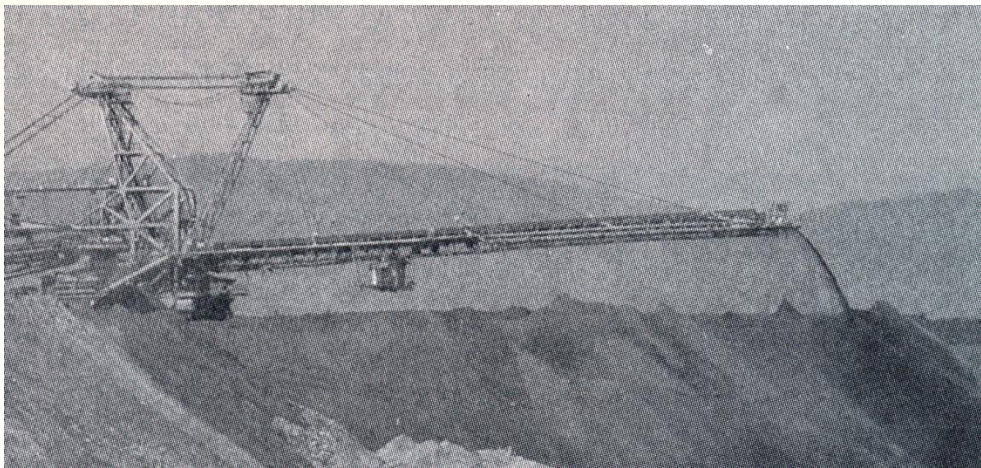
Η απόθεση που γίνεται σε χώρο εκτός του σκάμματος του ορυχείου λέγεται **«εξωτερική» απόθεση**, ενώ η απόθεση που γίνεται μέσα στο χώρο εκσκαφής, σε εξοφληθέντα τμήματα του κοιτάσματος, λέγεται **«εσωτερική» απόθεση**.



Απόθεση – Τρόποι λειτουργίας αποθέτη

Η δημιουργία των διακριτών φάσεων της απόθεσης γίνεται, στη συνεχή μέθοδο, με τους αποθέτες, οι οποίοι για το σκοπό αυτό λειτουργούν σε «χαμηλή» και «υψηλή» απόθεση.

«Χαμηλή» λέγεται η απόθεση εκείνη κατά την οποία τα αποτιθέμενα υλικά πέφτουν σε χώρο κάτω από το δάπεδο έδρασης του αποθέτη. **«Υψηλή»** λέγεται η απόθεση κατά την οποία τα αποτιθέμενα υλικά πέφτουν σε χώρο ψηλότερα από το δάπεδο έδρασης του αποθέτη.



«Χαμηλή» απόθεση



«Υψηλή» απόθεση



ΑΣΥΝΕΧΗΣ (Αμερικάνικη) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Εφαρμόστηκε κατ' αρχήν στις Η.Π.Α. και αργότερα στις χώρες της τέως Σοβιετικής Ένωσης.

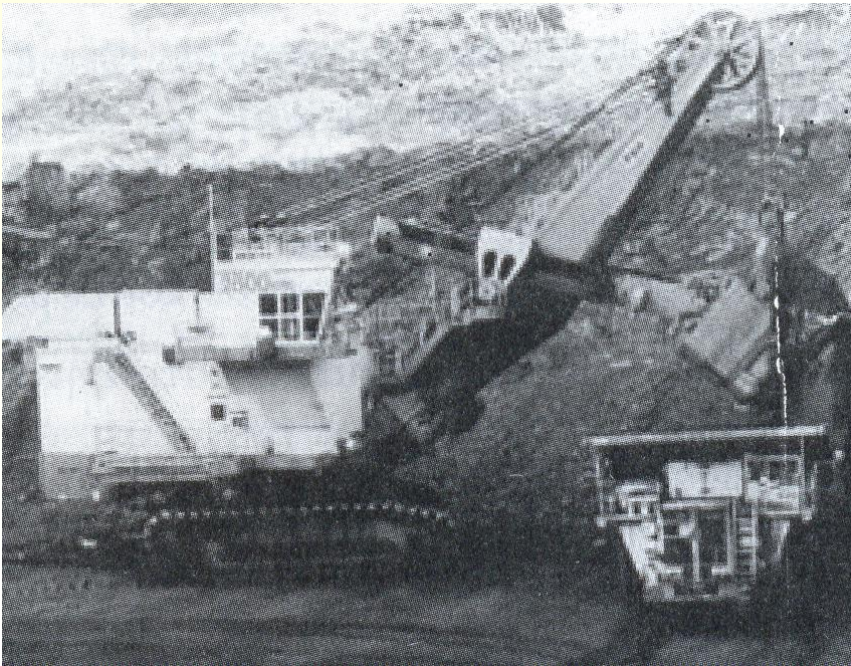
Χρησιμοποιείται για σκληρούς σχηματισμούς και παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία. Διαφέρει από τη συνεχή (Γερμανική) μέθοδο ως προς το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό εξόρυξης, που είναι εκσκαφείς μετωπικού (Shovels) ή συρόμενου κάδου (Draglines), και τον εξοπλισμό μεταφοράς και απόθεσης, που είναι βαρέα χωματουργικά αυτοκίνητα ή ειδικά οχήματα μεταφοράς ανθράκων.

Εφόσον το επιτρέπει η συνεκτικότητα των πετρωμάτων, η εξόρυξη γίνεται απευθείας με τα παραπάνω μηχανήματα, διαφορετικά προηγείται προχαλάρωση ή και εξόρυξη με χρήση εκρηκτικών υλών.

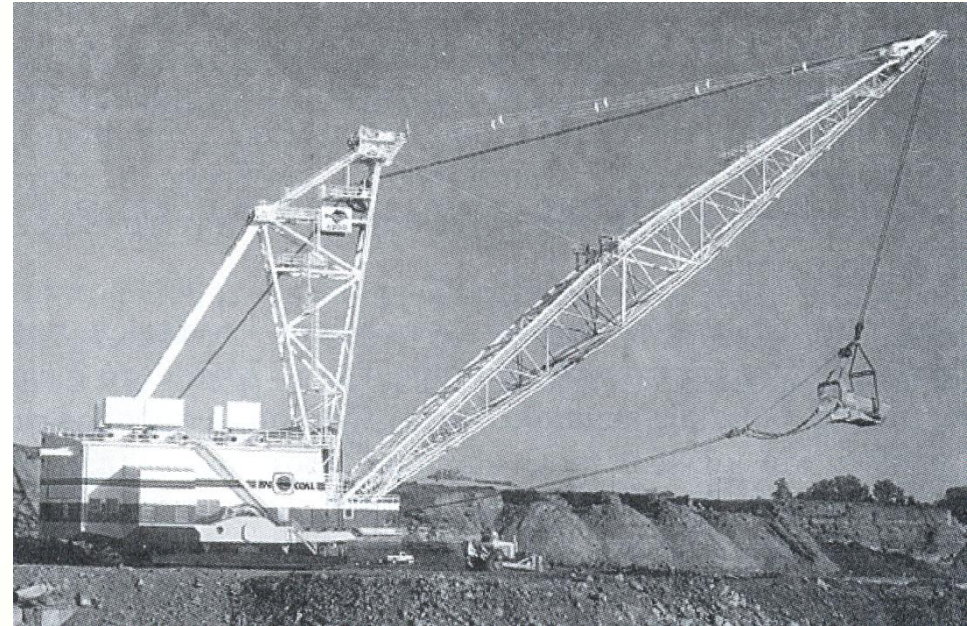


ΑΣΥΝΕΧΗΣ (Αμερικάνικη) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Εκσκαφείας μετωπικού κάδου (Shovel) σε φόρτωση άνθρακα σε χωματουργικό φορτηγό



Γιγαντιαίο Dragline σε αποκάλυψη άνθρακα



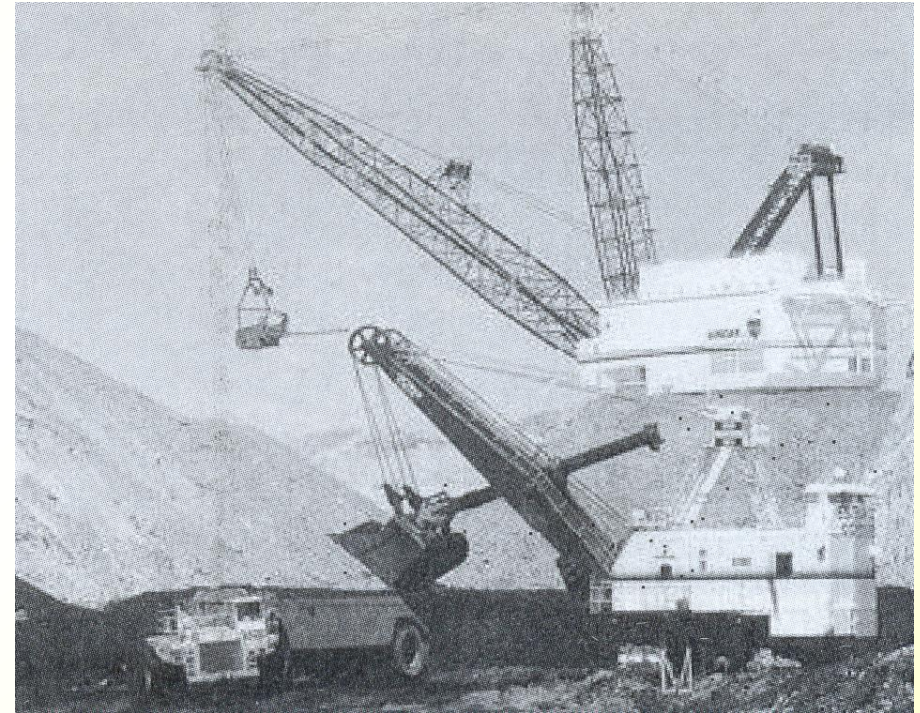
Ο εκσκαφείας συρόμενου κάδου (Dragline) μπορεί να συνδυάσει λειτουργία εκσκαφής και απευθείας απόθεσης του υλικού, εάν ο χώρος απόθεσης βρίσκεται εντός της ακτίνας λειτουργίας του μηχανήματος.



ΑΣΥΝΕΧΗΣ (Αμερικάνικη) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Μεγάλοι εκσκαφείς τύπου συρόμενου κάδου (Dragline), με βηματίζον σύστημα πορείας, συναντώνται κυρίως σε ορυχεία των ΗΠΑ, όπου είναι συχνός ο συνδυασμός γιγαντιαίου Dragline στα υπερκείμενα και Shovel στο κοίτασμα.

Για τα ίδια μεγέθη καδοφόρου εκσκαφέα και εκσκαφέα συρόμενου ή μετωπικού κάδου, (με βάση το βάρος των μηχανημάτων), ο καδοφόρος εκσκαφέας είναι μηχανήμα μεγαλύτερης παραγωγικής ικανότητας.



Συνδυασμένη χρήση γιγαντιαίου Dragline σε αποκάλυψη και μηχανικού Shovel σε φόρτωση άνθρακα σε ειδικό αρθρωτό φορτηγό



ΑΣΥΝΕΧΗΣ (Αμερικάνικη) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Η μέθοδος αυτή **δεν απαιτεί σημαντική επένδυση κεφαλαίου**, εφόσον επιλεγεί εξοπλισμός μικρού σχετικά μεγέθους. Για το λόγο αυτό συναντάται σε όλες τις μικρής κλίμακας εκμεταλλεύσεις.

Ωστόσο, η πρόοδος στην κατασκευή ολοένα και μεγαλύτερου μεγέθους εξοπλισμού έχει διεθνώς οδηγήσει σε τάση δημιουργίας εκμεταλλεύσεων μεγάλης δυναμικότητας, με λίγες μονάδες εξοπλισμού, από ισχυρές μεταλλευτικές εταιρείες.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Η συνεχής μέθοδος εκμετάλλευσης έχει καταγραφεί διεθνώς ως η πλέον κατάλληλη για τα περισσότερα ανθρακωρυχεία όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί δεν παρουσιάζουν προβλήματα εξόρυξης λόγω σκληρότητας του πετρώματος, υπό την προϋπόθεση ότι ο εξοπλισμός που θα επιλεγεί είναι κατάλληλος για το συγκεκριμένο έργο και οικονομικά βιώσιμος, εξαιτίας των μεγάλων επενδύσεων κεφαλαίου που απαιτεί.

Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί κυρίως για την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων όχι μόνο στη Γερμανία (Γερμανική μέθοδος), και στην Ελλάδα, αλλά και σε πολλές άλλες χώρες, είτε Ευρωπαϊκές (Γιουγκοσλαβία, Ρουμανία, Ιταλία, Ισπανία, Πολωνία, χώρες πρώην ΕΣΣΔ) είτε Ασιατικές (Ινδία, Τουρκία, Ινδονησία), είτε στις Η.Π.Α. και στην Αυστραλία.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

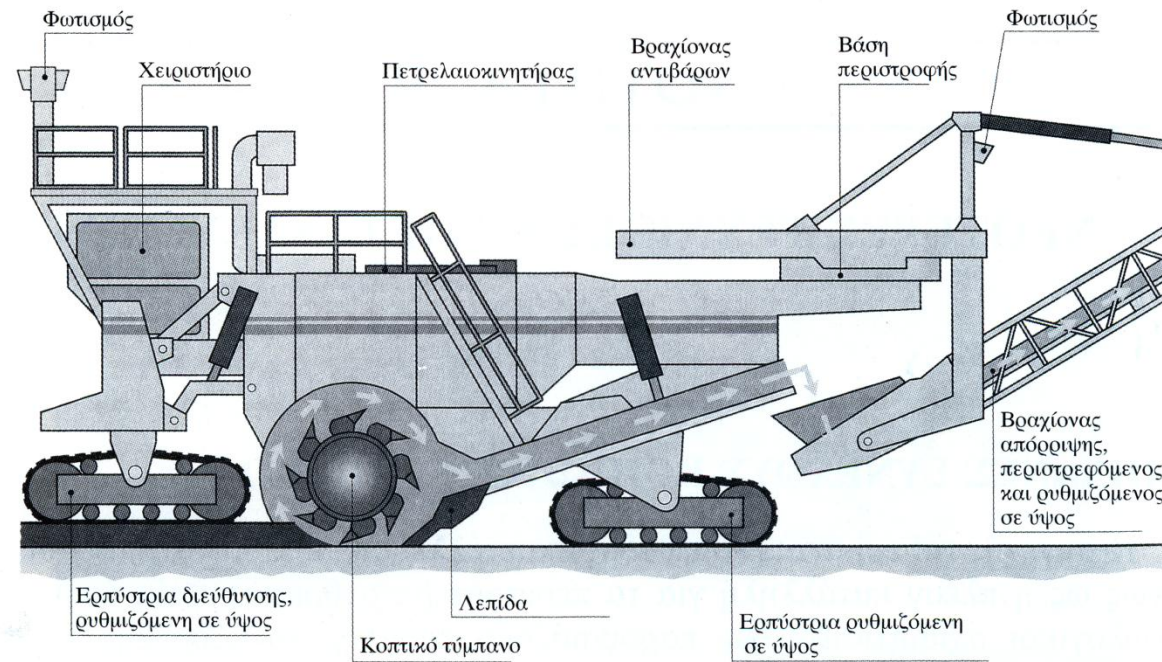
Όταν το πάχος των στρωμάτων άνθρακα είναι πολύ μικρό (μέχρι 1m), η συνεχής μέθοδος παρουσιάζει προβλήματα τόσο απόδοσης των μηχανημάτων, όσο και ρύπανσης του παραγόμενου προϊόντος από συνεξόρυξη των αγόνων που βρίσκονται κυρίως πάνω, (αλλά και κάτω), από το στρώμα άνθρακα.

Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών, κατά την τελευταία 30ετία κυρίως, έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία των μηχανών συνεχούς κοπής με τύμπανο (continuous surface miners), με εξέλιξη και εισαγωγή στη μεταλλευτική βιομηχανία αντίστοιχων μηχανημάτων που χρησιμοποιούνταν αρχικά στην οδοποιία.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Οι μηχανές αυτές κινούνται επί ερπυστριών και έχουν, στο εμπρός τμήμα ή στο μέσον τους, ένα **περιστρεφόμενο τύμπανο, που φέρει τα κοπτικά άκρα** (αναλώσιμα και συνήθως από καρβίδιο βολφραμίου). Λόγω της προσβολής του μετώπου στο εύρος του τυμπάνου και της μικρής προχώρησης του μηχανήματος, η εξόρυξη του πετρώματος γίνεται σε μορφή απόσπασης θραυσμάτων και γι' αυτό σε πολύ μικρότερη κοκκομετρία από οποιονδήποτε άλλο τύπο εκσκαφέα.



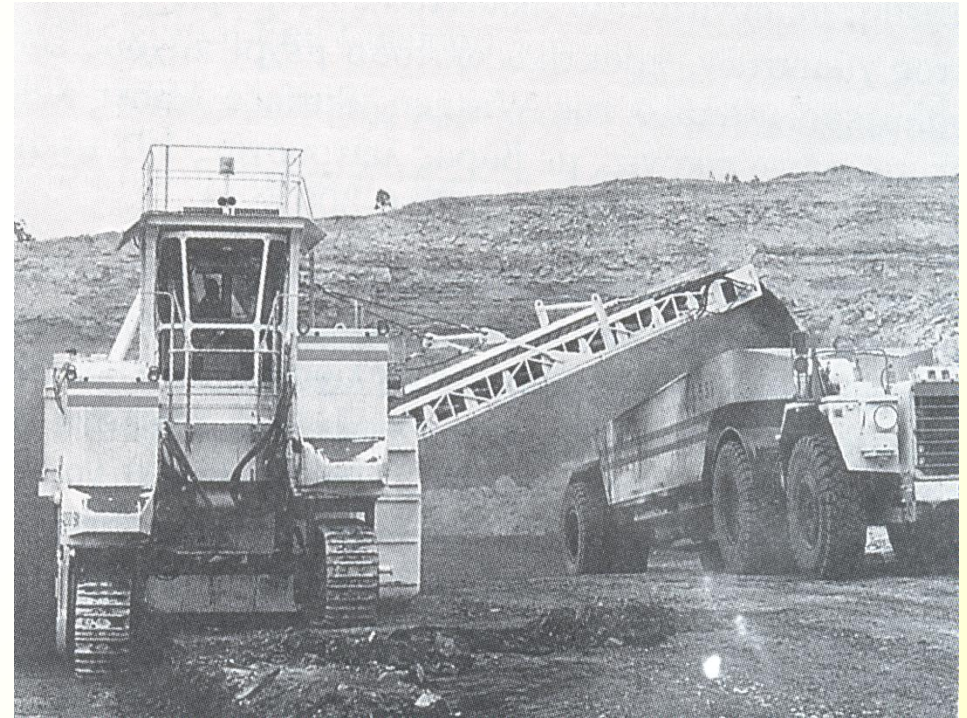
Σχηματική απεικόνιση μηχανής συνεχούς κοπής με τύμπανο



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Το εξορυσσόμενο υλικό είτε (συνήθως) φορτώνεται απευθείας σε φορτηγά αυτοκίνητα είτε αποτίθεται πλευρικά σε σωρούς κατά μήκος της πορείας του μηχανήματος.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ταυτόχρονα η εξόρυξη, η θραύση και η φόρτωση του μεταλλεύματος με το ίδιο μηχάνημα, σε μία φάση εργασίας.



Εξόρυξη στρώματος άνθρακα και φόρτωση σε αρθρωτό φορτηγό



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Σήμερα τέτοιου τύπου μηχανήματα διατίθενται από διάφορους κατασκευαστές σε διάφορα παραγωγικά μεγέθη, με δυνατότητα **εκλεκτικής εξόρυξης θεωρητικά έως πάχος στρώματος χιλιοστών**, πρακτικά ωστόσο μέχρι πάχους έως ~150 mm.

Πεδίο εφαρμογής των μηχανών συνεχούς κοπής με τύμπανο αποτελούν οι εκμεταλλεύσεις μαλακών έως μετρίως σκληρών πετρωμάτων (με αντοχή σε μονοαξονική θλίψη 10-70 MPa), όπως λιγνίτες, σκληροί γαιάνθρακες, βωξίτες, άργιλοι, γύψος, κλπ. Θεωρητικά, ανάλογα με τα μηχανικά χαρακτηριστικά και την υφή του πετρώματος μπορεί να εξορυχθεί πέτρωμα με αντοχή σε μονοαξονική θλίψη έως 200 Mpa, πρακτικά όμως για αντοχή πάνω από 100 Mpa (1020 kg/cm) αυξάνει πολύ η κατανάλωση κοπτικών άκρων και μειώνεται δραστικά η παραγωγική ικανότητα του μηχανήματος.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Υπόγεια εκμετάλλευση ανθράκων από την επιφάνεια (AUGER MINING - HIGHWALL MINING)

Τα τελικά πρηνή ενός ορυχείου τοποθετούνται και κατασκευάζονται με βάση την οριακή σχέση εκμετάλλευσης του κάθε κοιτάσματος. Ωστόσο, στα τελικά πρηνή παραμένει πάντοτε ποσότητα άνθρακα, η οποία υπό τις συνήθεις συνθήκες εκμετάλλευσης δεν είναι δυνατό να αποληφθεί με ασφάλεια.

Για την απόληψη στρωμάτων άνθρακα από τα τελικά πρηνή έχει αναπτυχθεί, κυρίως στις ΗΠΑ και την Αυστραλία, μέθοδος εκμετάλλευσης γνωστή με τον όρο «Auger Mining» ή «Highwall Mining». Με τον όρο «Auger» αναφέρονται μεγάλης διαμέτρου ελικοειδούς μορφής τρυπάνια, με μεγάλο μήκος έλικας. Με τον όρο «Highwall» αναφέρονται τα τελικά πρηνή ορυχείων, που διαμορφώνονται σε υπαίθριες εκμεταλλεύσεις λοφωδών συνήθως περιοχών.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

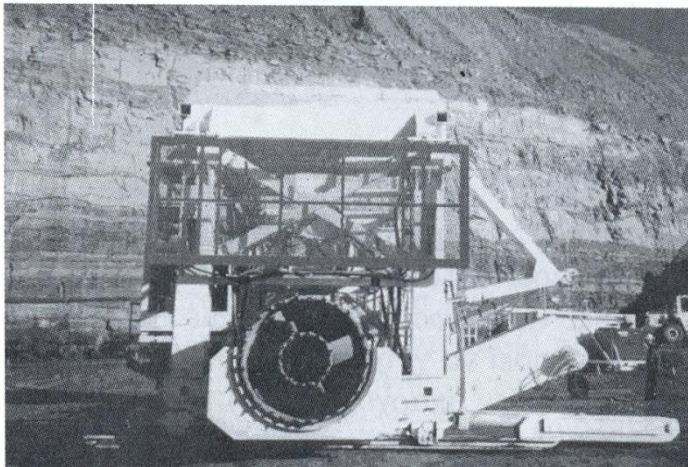
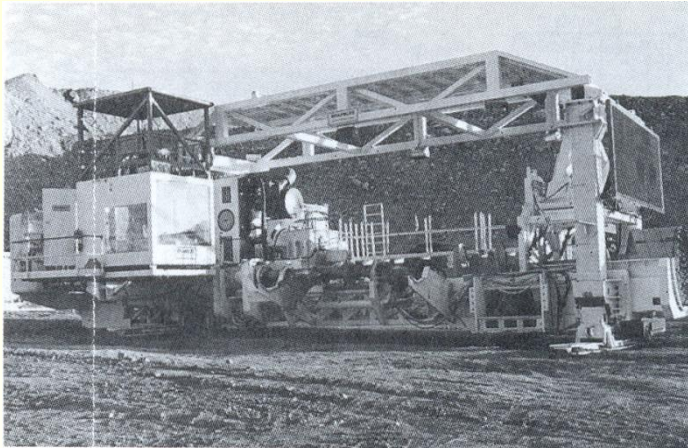
Υπόγεια εκμετάλλευση ανθράκων από την επιφάνεια (AUGER MINING - HIGHWALL MINING)

Με τη μέθοδο αυτή δεν γίνεται αποκάλυψη του γαιάνθρακα, αλλά εφαρμόζεται από την επιφάνεια τεχνική υπόγειας εκμετάλλευσης, η οποία και παρακολουθεί την οριζόντια ή με μικρή κλίση ανάπτυξη του στρώματος του άνθρακα έως βάθος (περίπου) 350 m. Διανοίγεται σειρά διαδοχικών οπών ή θαλάμων, αφήνοντας ενδιάμεσα μη εξορυγμένο γαιάνθρακα υπό μορφή στύλου προστασίας. Με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει η αναγκαιότητα έργων προπαρασκευής και ανάπτυξης του κοιτάσματος.

Για την εκμετάλλευση με τη μέθοδο αυτή έχουν κατασκευαστεί **ειδικού τύπου μηχανήματα βασισμένα σε έλικες κοπής**, όπως το Super Auger στην Αυστραλία.



ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ



Το μηχάνημα έχει διάμετρο και μήκος έλικας 1,8m και 5,5m αντίστοιχα, δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης έως 2,6m (με υδραυλικό σύστημα) για εξόρυξη στρώματος μεγαλύτερου πάχους χωρίς μετακίνηση της μηχανής, δυνατότητα λειτουργίας σε κεκλιμένο δάπεδο βαθμίδας και δυνατότητα εξόρυξης κεκλιμένου στρώματος άνθρακα.

Super Auger, εμπρόςθια και πλάγια όψη



ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ ΑΝΘΡΑΚΩΝ

Οι υπόγειες εκμεταλλεύσεις χαρακτηρίζονται από τον περιορισμό χώρου, τα προβλήματα αερισμού, φωτισμού, υποστήριξης της οροφής, έκλυσης μεθανίου, συγκέντρωσης ανθρακόσκονης και πιθανής αυτανάφλεξης του άνθρακα.

Στις **υπόγειες εκμεταλλεύσεις** έχουν αναπτυχθεί δύο κύριες μέθοδοι :

- η μέθοδος των θαλάμων και στύλων (η πιο διαδεδομένη) και
- η μέθοδος του ευθυγράμμου επιμήκους μετώπου

Κύριος στόχος σε όλες τις μεθόδους υπόγειας εκμετάλλευσης είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγής και της παραγωγικότητας με ταυτόχρονη **τήρηση των κανόνων υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας**. Λόγω του περιορισμού χώρου εργασίας, η τήρηση των κανόνων αυτών έχει πρωταρχική σημασία.

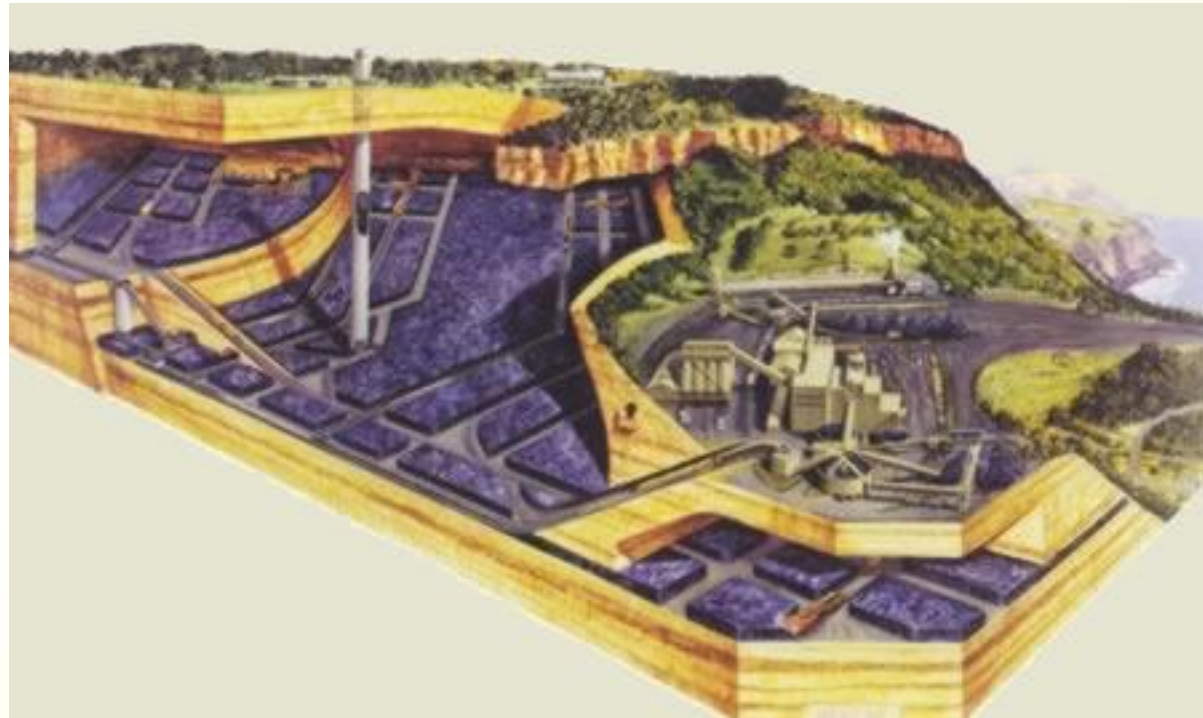


ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ & ΣΤΥΛΩΝ (Room-and-Pillar)

Η μέθοδος των «θαλάμων και στύλων» (Room and Pillar) είναι σήμερα παγκοσμίως η πιο κοινή υπόγεια μέθοδος εκμετάλλευσης για εκτεταμένα, στρωματοειδή και μικρού πάχους κοιτάσματα, συνήθως σε μικρά βάθη από την επιφάνεια του εδάφους.

Στη μέθοδο αυτή ο άνθρακας εξορύσσεται από επιλεγμένα τμήματα του κοιτάσματος («θάλαμοι»), ανάμεσα στα οποία αφήνονται «στύλοι» μη εξορυσσόμενου άνθρακα.

Ανάλογα με το σχετικό μέγεθος των θαλάμων και των στύλων η απόληψη κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστό 40 έως 70%.

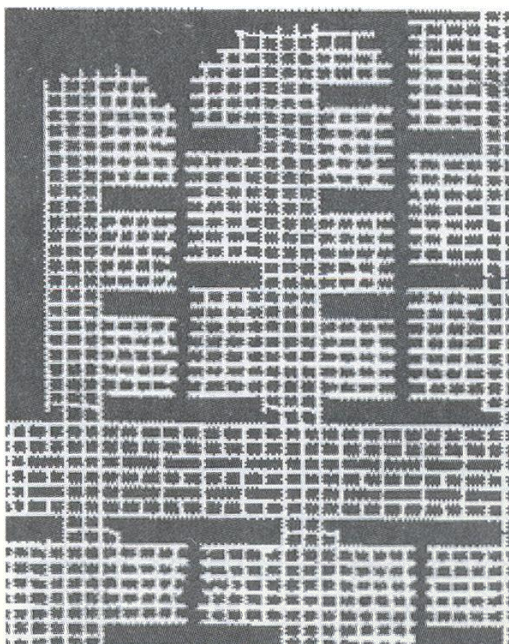




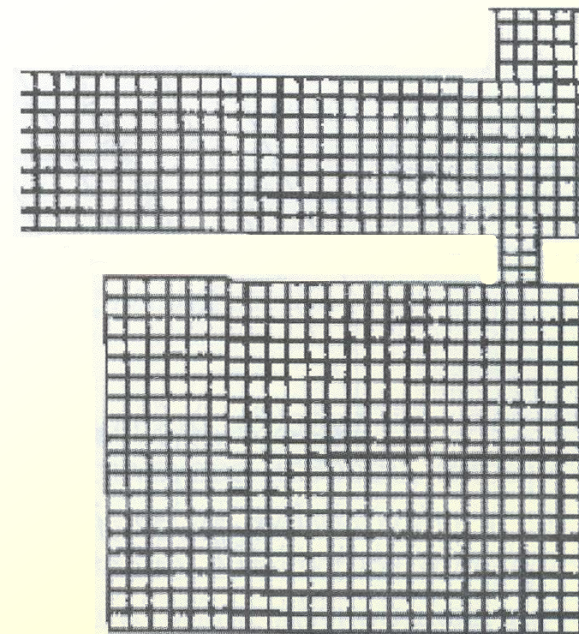
ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ & ΣΤΥΛΩΝ (Room-and-Pillar)

Ανάλογα με τις τοπικές κοιτασματολογικές συνθήκες έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές της μεθόδου, όπως π.χ. η Bord and Pillar στη Νότια Αφρική (Bord: μεγάλο άνοιγμα), για ρηχά κοιτάσματα, με χαμηλές πιέσεις οροφής από το βάρος των υπερκειμένων, που είναι παρόμοια με τη μέθοδο Checkerboard Room and Pillar (CRP) που συναντάται στις ΗΠΑ.

Οι μέθοδοι αυτές αφήνουν στύλους άνθρακα σε τακτικά διαστήματα, με την όλη μορφή της εκμετάλλευσης να θυμίζει «σκακιέρα».



Μέθοδος Blind Room and Pillar



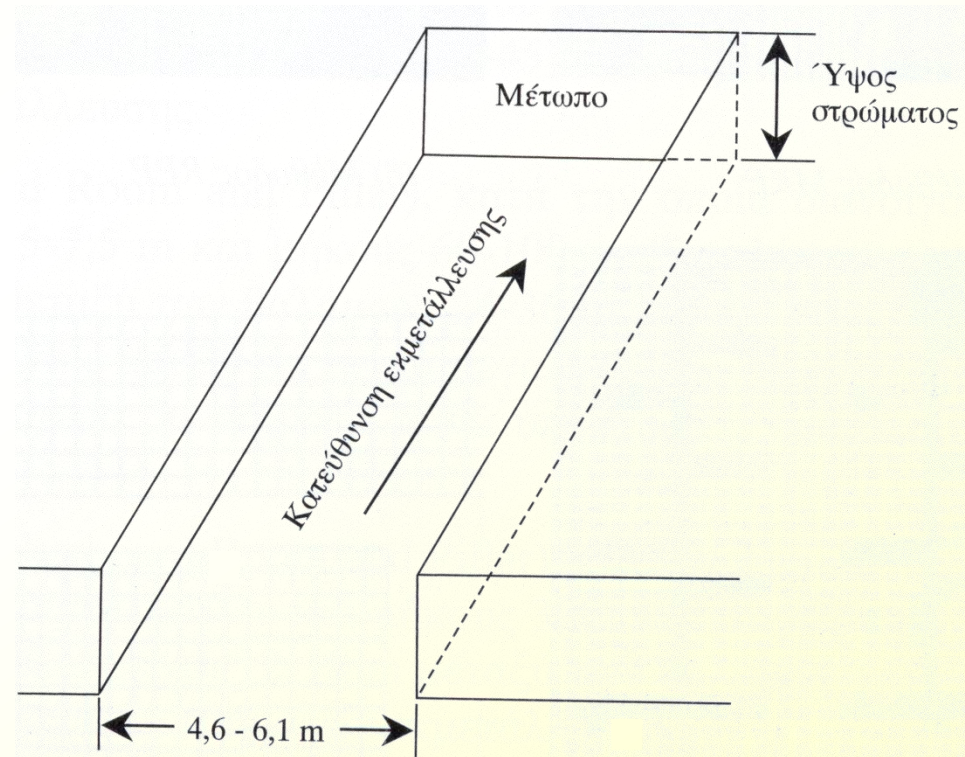
Μέθοδος CRP



Γενική περιγραφή της μεθόδου «θαλάμων και στύλων»

Η υπόγεια εκμετάλλευση στη μέθοδο των «θαλάμων και στύλων» αρχίζει με τη διάνοιξη και προχώρηση μιας στοάς, που στο στάδιο των έργων ανάπτυξης ονομάζεται «είσοδος», ενώ στο στάδιο της παραγωγής ονομάζεται «θάλαμος».

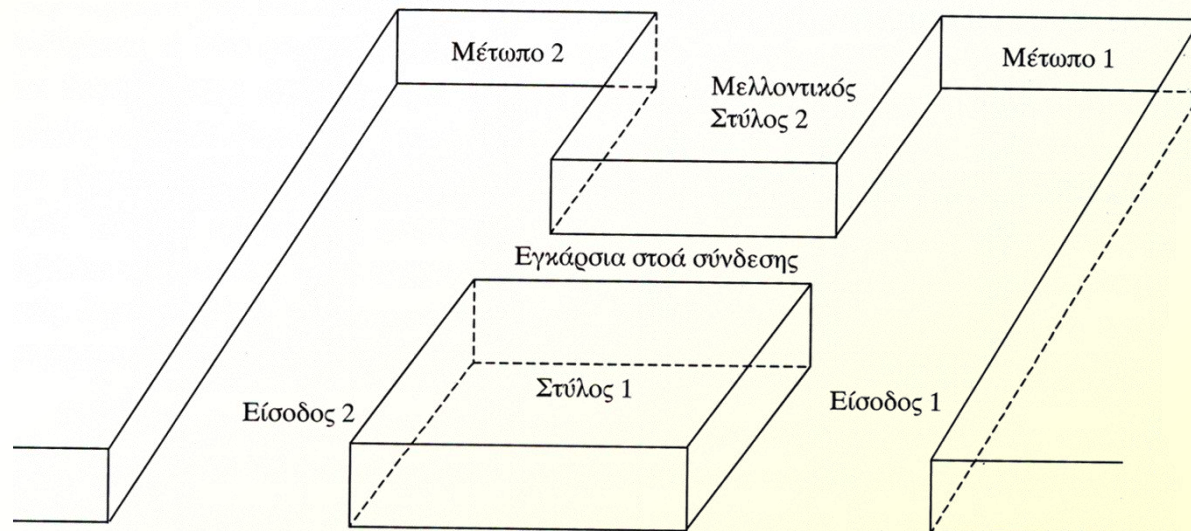
Μια «είσοδος» έχει συνήθως 4,6 έως 6,1 m πλάτος, ύψος τόσο όσο είναι το πάχος του εκμεταλλευόμενου στρώματος γαιάνθρακα και προσφέρει για παραγωγή μια περιοχή εργασίας που είναι γνωστή ως «μέτωπο».





Γενική περιγραφή της μεθόδου «θαλάμων και στύλων»

Μετά την αρχική φάση ακολουθεί η ανάπτυξη και δεύτερης εισόδου, παράλληλα στην πρώτη, ενώ μόλις οι δυο εισοδοί έχουν προχωρήσει αρκετά για να συμπληρωθούν οι διαστάσεις του πρώτου στύλου, μια εγκάρσια στοά ενώνει τις εισόδους και αποκαθιστά το κύκλωμα αερισμού. Οι διαστάσεις των στύλων αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης μηχανικής των πετρωμάτων για το κάθε συγκεκριμένο κοίτασμα και τις συνθήκες του.





Είδη μεθόδου «θαλάμων και στυλών»

Η προχώρηση του «μετώπου» μπορεί να γίνει είτε με συμβατική εκμετάλλευση είτε με τη συνεχή μέθοδο.

Η **συμβατική εκμετάλλευση** περιλαμβάνει 5 φάσεις εργασίας: κοπή, διάτρηση, ανατίναξη, φόρτωση και μεταφορά και κοχλίωση (υποστήριξη) οροφής.

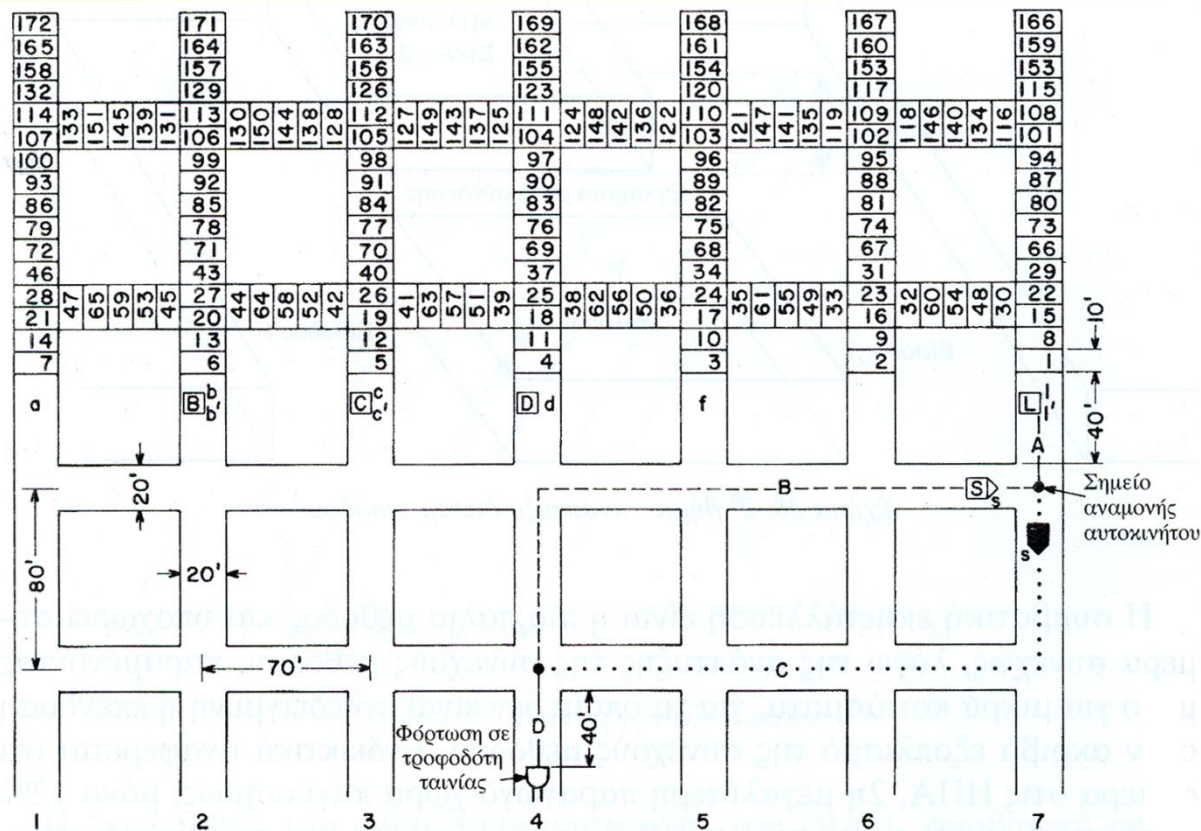
Η **συνεχής μέθοδος** συνδυάζει τις πρώτες τέσσερις από αυτές τις διαδικασίες σε ένα **ενιαίο μηχάνημα συνεχούς κοπής**, το οποίο εξορύσσει το άνθρακα από το μέτωπο και τον φορτώνει απευθείας σε ειδικά φορτηγά αυτοκίνητα, ή άλλο σύστημα μεταφοράς, σε μια ενιαία λειτουργία.

Η συμβατική εκμετάλλευση είναι η πιο παλιά μέθοδος και υποχωρεί σήμερα συνεχώς, λόγω της ανάπτυξης της συνεχούς μεθόδου, παραμένοντας μόνο για μικρά κοιτάσματα, για τα οποία δεν είναι ενδεδειγμένη η επένδυση στον ακριβό εξοπλισμό της συνεχούς μεθόδου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σήμερα στις ΗΠΑ, 2η μεγαλύτερη παραγωγό χώρα παγκοσμίως, μόνο 12% των υπογείως παραγόμενων ανθράκων προέρχεται από συμβατικά μέτωπα, έναντι 56% από συνεχή μέτωπα.



Εκμετάλλευση ανθράκων

Συμβατική μέθοδος «θαλάμων και στυλών»



Μηχανήματα : L-φορτωτής, S-αυτοκίνητο-βαγόνι, D-διατρητικό φορείο, C-μηχανή κοπής, B-φορείο κοχλίωσης οροφής (σύμβολα εντός πλαισίου)

Εργαζόμενοι : s-χειριστής αυτοκινήτου, 1-1'-χειριστής & βοηθός φορτωτή, f-γομωτής-πυροδότης, d- χειριστής διατρητικού, c-c'-χειριστής & βοηθός μηχανής κοπής, b-b'- χειριστής & βοηθός φορείου κοχλίωσης οροφής, a-βοηθός γενικών καθηκόντων

Για την αποδοτικότερη χρησιμοποίηση του εξοπλισμού συνήθως αναπτύσσονται **7 θέσεις/μέτωπα**. Ο συντονισμός μεταξύ των μονάδων εξοπλισμού έχει βασική σημασία για την αποδοτική λειτουργία του.

Γενικά, οι διαδικασίες για την κάθε ξεχωριστή προχώρηση μετώπου είναι οι ακόλουθες:

Ενδεικτική σειρά ανάπτυξης εργασιών



Εκμετάλλευση ανθράκων

Συμβατική μέθοδος «θαλάμων και στυλών»



Πρώτα, μια μηχανή κοπής (μηχανικό πριόνι, εγκοπτήρας) κόβει μια αυλάκωση πάχους 12 έως 17cm, συνήθως στο κατώτατο σημείο του μετώπου και σε επαφή με το δάπεδο, για να εξασφαλίσει τη με ακρίβεια κατασκευή του νέου δαπέδου εργασίας και επιπλέον να δημιουργήσει ένα ελεύθερο χώρο για καλύτερα αποτελέσματα της ανατίναξης.

Έπειτα ένα αυτοκινούμενο ή ένα φορητό διατρητικό φορείο χρησιμοποιείται για να διανοίξει τα διατρήματα στο στρώμα και να επιτρέψει την εισαγωγή των εκρηκτικών υλών από το γομωτή.

Τρίτη λειτουργία είναι η ανατίναξη, που γίνεται είτε με χημικές εκρηκτικές ύλες είτε με πεπιεσμένο αέρα και ένα ειδικό καψύλλιο.

Έπειτα έρχεται η φόρτωση και η μεταφορά του ανατιναγμένου άνθρακα σε ταινίες ή σε αυτοκίνητα ορυχείων.

Τέλος εκτελούνται οι βοηθητικές διαδικασίες, με σημαντικότερες τον έλεγχο και εγκατάσταση του συστήματος υποστήριξης οροφής και τον εξαερισμό .



Συνεχής μέθοδος «θαλάμων και στυλών»

Η χρήση της συνεχούς μεθόδου εκμετάλλευσης έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο εκμετάλλευσης.

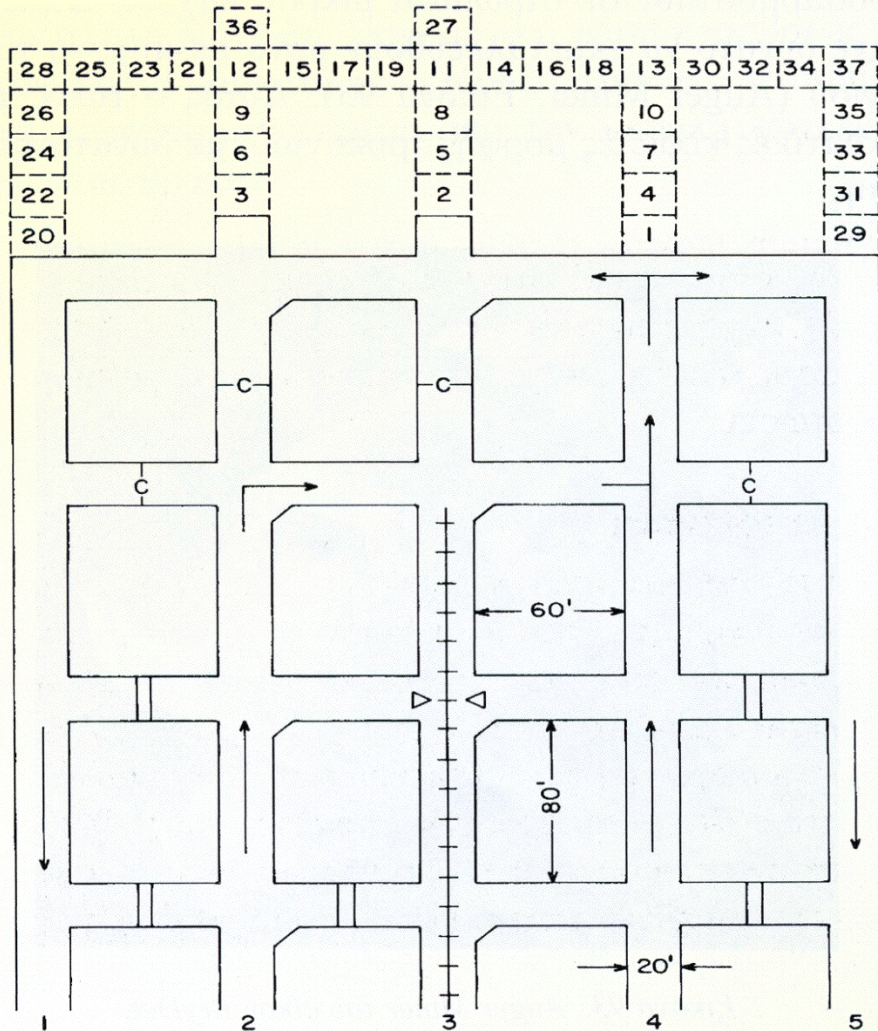
Με το συνδυασμό των διαδικασιών της κοπής, διάτρησης, ανατίναξης και φόρτωσης σε μια **ενιαία λειτουργία από μια ενιαία μηχανή**, η συνεχής εκμετάλλευση επιλύει σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα της κυκλικότητας του εξοπλισμού, καθώς και των καθυστερήσεων που συνδέονται με την κυκλικότητα. Επομένως, ταυτόχρονα **μειώνεται η ανάγκη για πολλές θέσεις εκμετάλλευσης** (ανοικτά μέτωπα).

Συνεπώς, η συνεχής εκμετάλλευση είναι μια συγκεντρωμένη δραστηριότητα, που ελαχιστοποιεί πολλά από τα προβλήματα υποστήριξης, αλλά αυτά τα προβλήματα γίνονται πλέον κρίσιμα, έχοντας επιπτώσεις σε μερικές μηχανές περισσότερο από άλλες. Ένα άλλο επίσης πλεονέκτημα είναι η **δραστική μείωση των απαιτήσεων σε εργατικό δυναμικό**.



Εκμετάλλευση ανθράκων

Συνεχής μέθοδος «θαλάμων και στυλών»



Λειτουργία 5 εισόδων/θαλάμων

Φαίνεται η λειτουργία μηχανής συνεχούς λειτουργίας σε ένα τμήμα 5 εισόδων/θαλάμων, με το κύκλωμα αερισμού να επεκτείνεται στην κοπή No1 και είσοδο No 5 (η κυκλικότητα των εργασιών είναι έτσι που πάντα το φορείο κοχλίωσης της οροφής και η μηχανή συνεχούς κοπής να είναι σε χωριστά ρεύματα αέρα, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους υγείας από την αιωρούμενη σκόνη).



Διαφορές συμβατικής και συνεχούς εκμετάλλευσης της μεθόδου «θαλάμων και στυλών»

Στη συνεχή εκμετάλλευση, η κοχλίωση της οροφής είναι η πρωταρχική αιτία **καθυστερήσεων**, πιθανά σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι στη συμβατική, επειδή σε κάθε στιγμή υπάρχουν λιγότερα μέτωπα ανοιχτά, (συνήθως όχι περισσότερα από δύο), για να μειωθούν οι χρόνοι μεταφοράς. Κατά συνέπεια υπάρχει λιγότερο περιθώριο για σφάλματα στη σχεδίαση της παραγωγής. Μια διακοπή λόγω βλάβης προκαλεί πλήρη διακοπή της δραστηριότητας σε μια μηχανή συνεχούς λειτουργίας. Αυτό δεν ισχύει για τη συμβατική εκμετάλλευση, στην οποία είναι ευκολότερο να ανακτηθεί ο χαμένος χρόνος λειτουργίας μιας μονάδας του εξοπλισμού με τη λειτουργία πολλών μετώπων.



Διαφορές συμβατικής και συνεχούς εκμετάλλευσης της μεθόδου «θαλάμων και στυλών»

Δεν υπάρχει πρακτικά κανένας συσχετισμός μεταξύ του ονομαστικού, δηλωμένου από τον κατασκευαστή, ρυθμού παραγωγής και της πραγματικής παραγωγής μιας μηχανής συνεχούς λειτουργίας, επειδή η παραγωγή επηρεάζεται από παράγοντες όπως το πάχος των στρωμάτων, της ποιότητας δαπέδου, της ποιότητας οροφής, της έκλυσης μεθανίου, της σκληρότητας του εξορυσσόμενου στρώματος και της υδροφορίας. Επίσης, οι κύκλοι μεταφοράς για τη συνεχή εκμετάλλευση δεν είναι πολύ διαφορετικοί από εκείνους που προσδιορίζονται για τη συμβατική εκμετάλλευση.

Τα σημαντικά στοιχεία καθυστέρησης στο συνολικό μεταλλευτικό σύστημα προκύπτουν από τη μετακίνηση των μηχανών από μέρος σε μέρος, ανάλογα με τις απαιτήσεις ελέγχου του κυκλώματος αερισμού και ελέγχου υποστήριξης της οροφής.



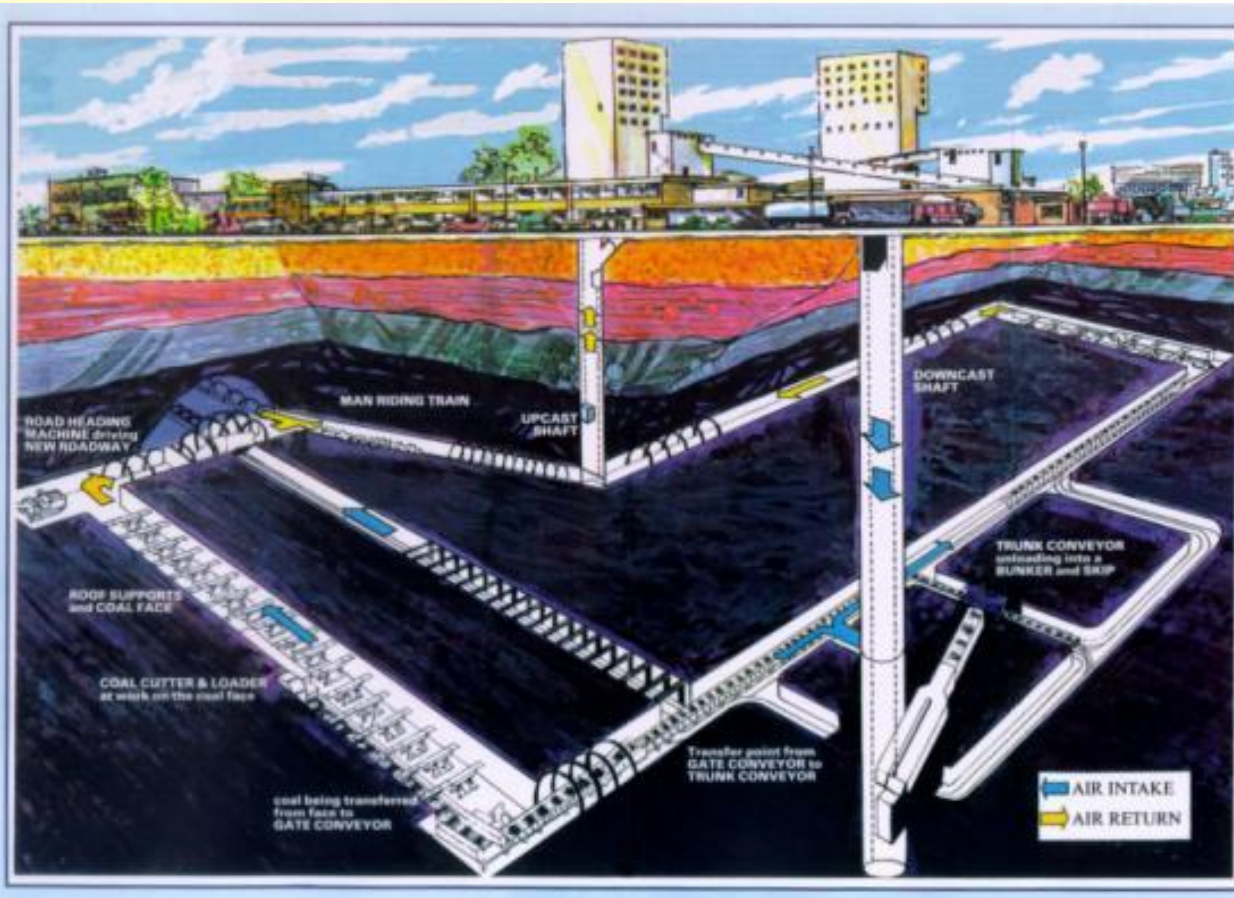
ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΕΠΙΜΗΚΟΥΣ ΜΕΤΩΠΙΟΥ (Longwall & Shortwall Mining)

Η μέθοδος εκμετάλλευσης με ευθύγραμμο επιμήκη μέτωπα ανήκει στην κατηγορία μεθόδων με κατακρήμνιση οροφής, έχει μια μακρά ιστορία και σήμερα είναι η πιο παραγωγική μέθοδος υπόγειας εκμετάλλευσης ανθράκων. Στην Ευρώπη χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ, λόγω δυσμενών κοιτασματολογικών συνθηκών, αλλά, σε άλλα μέρη (π.χ. στις ΗΠΑ, την Αυστραλία και την Κίνα), η μέθοδος αυτή έπρεπε να ανταγωνίζεται οικονομικά με υψηλής παραγωγικότητας συστήματα θαλάμων και στύλων.

Επιπλέον, επειδή η μέθοδος του ευθυγράμμου επιμήκους μετώπου είναι εγγενώς συνεχής, έχει μεγαλύτερη παραγωγική δυνατότητα από τα συστήματα θαλάμων και στύλων. Καθώς η εκμετάλλευση προχωρεί σε βαθύτερα κοιτάσματα και πρέπει να γίνει κάτω από πιο δυσμενείς συνθήκες, παρατηρείται παγκοσμίως εξάπλωση της μεθόδου του ευθυγράμμου επιμήκους μετώπου σε βάρος της μεθόδου θαλάμων και στύλων.



Εκμετάλλευση ανθράκων



Η εκμετάλλευση λαμβάνει χώρα σε ένα ευθύγραμμο επίμηκες μέτωπο, που ακολουθεί την ανάπτυξη του στρώματος άνθρακα. Ένα στρώμα διαιρείται σε σειρά παράλληλων τμημάτων, με σύνηθες μήκος 1,5-2,5χλμ και πλάτος, (που αντιστοιχεί στο μήκος του μετώπου εξόρυξης), που κυμαίνεται συνήθως από 60-100m (shortwall), έως 250m (longwall). Το ύψος μετώπου αντιστοιχεί στο πάχος του στρώματος, για στρώματα έως 3m.

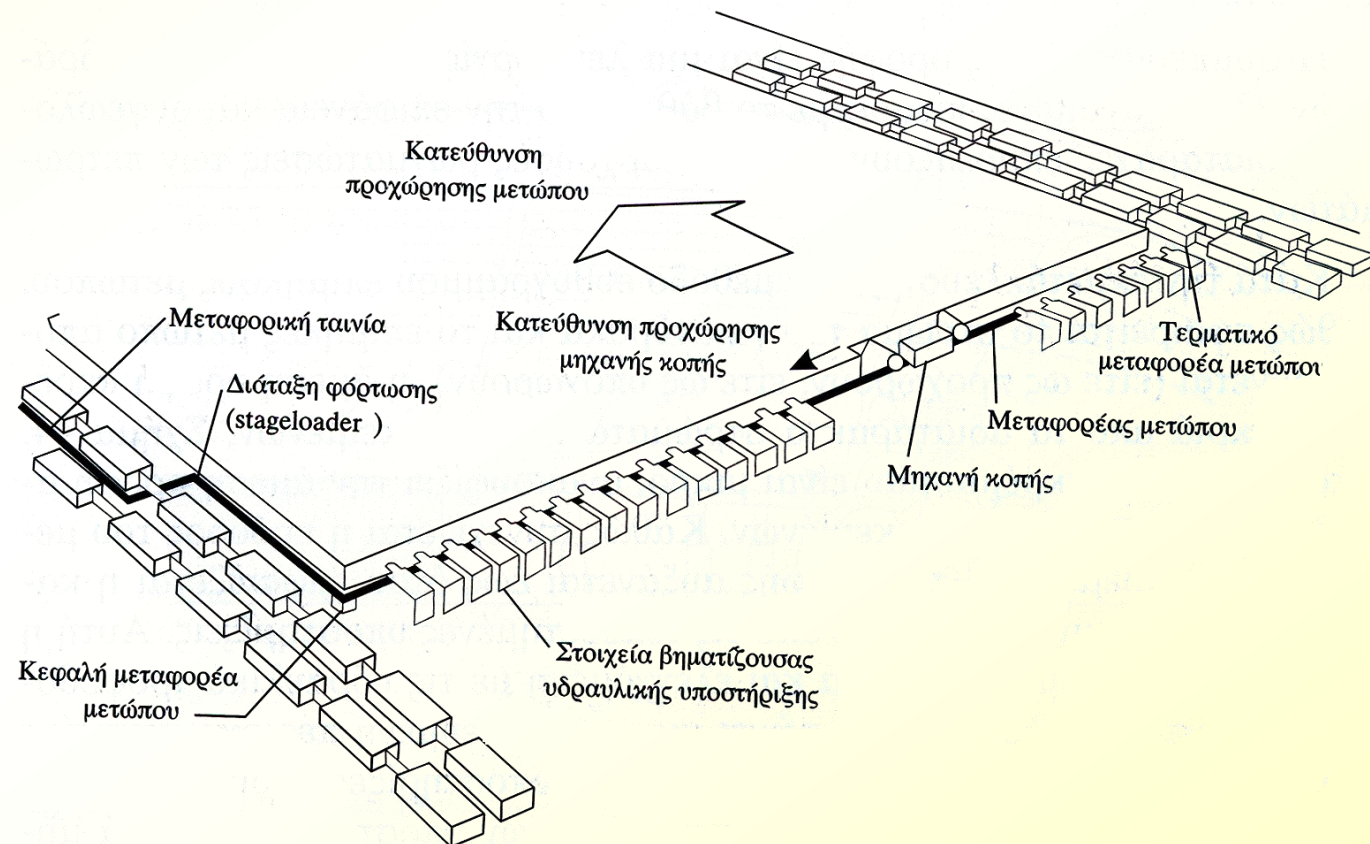
Η προσπέλαση του εξοπλισμού και του προσωπικού στο μέτωπο γίνεται με σύστημα στοών στα 2 άκρα του επιμήκους μετώπου, που είτε διανοίγονται με τη συμβατική μέθοδο, είτε με μηχανή συνεχούς κοπής. Οι στοές αυτές έχουν συνήθεις διαστάσεις 6x3m.



ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΕΠΙΜΗΚΟΥΣ ΜΕΤΩΠΙΟΥ (Longwall & Shortwall Mining)

Ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από ένα συνδυασμό:

- ενός συστήματος υποστήριξης οροφής,
- μιας μηχανής συνεχούς κοπής του άνθρακα, και
- ενός συστήματος μεταφορών.





ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΕΠΙΜΗΚΟΥΣ ΜΕΤΩΠΙΟΥ (Longwall & Shortwall Mining)



**Μεταφορά υλικού και
προσωπικού**



Μηχανή συνεχούς κοπής



**Σύγχρονο στοιχείο βηματίζουσας
υδραυλικής υποστήριξης με δυο
σκέλη-υποστηλώματα**



ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΕΠΙΜΗΚΟΥΣ ΜΕΤΩΠΙΟΥ (Longwall & Shortwall Mining)

Εκτός από τη συνεχή λειτουργία, άλλα πλεονεκτήματα με τη μέθοδο του ευθύγραμμου επιμήκους μετώπου είναι:

- ❑ βελτιωμένη ασφάλεια ως αποτέλεσμα της πλήρους υποστήριξης της άμεσης οροφής πάνω από το μέτωπο και της ελάχιστης κίνησης εξοπλισμού,
- ❑ υψηλότερα ποσοστά απόληψης,
- ❑ μεγαλύτερη ευελιξία κατά την εκμετάλλευση κοιτασμάτων με κακής ποιότητας οροφή,
- ❑ μεγαλύτερα βάθη και πολλαπλά στρώματα άνθρακα,
- ❑ καλύτερος έλεγχος των διαταραχών στην επιφάνεια, και
- ❑ πολλά παράλληλα οφέλη από την ελαχιστοποίηση της ανάγκης για κοχλίωση οροφής στο μέτωπο, την παραγωγή σκόνης και τα πολύπλοκα συστήματα αερισμού.



ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΕΠΙΜΗΚΟΥΣ ΜΕΤΩΠΙΟΥ (Longwall & Shortwall Mining)

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- ❑ εντονότερες-και έτσι κρισιμότερες καθυστερήσεις-στην παραγωγή,
- ❑ υψηλότερο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για τον εξοπλισμό,
- ❑ υψηλές δαπάνες μετακίνησης εξοπλισμού από μέτωπο σε μέτωπο,
- ❑ ακαμψία όπου υπάρχουν δύσκολες περιοχές ή φρεάτια αερίου, σε στρώματα μεταβλητού πάχους, και όπου είναι μαλακά τόσο το δάπεδο όσο και η οροφή, και
- ❑ είναι πιθανά ανέφικτη κάτω από συμπαγή οροφή σε μικρό βάθος από την επιφάνεια, λόγω του μεγέθους και του κόστους της υποστήριξης που απαιτούνται.



Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Οι παράγοντες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος είναι:

- το πάχος (ύψους) στρωμάτων,
- η ποιότητα δαπέδου,
- η ποιότητα οροφής,
- η έκλυση μεθανίου,
- η σκληρότητα του εξορυσσόμενου στρώματος,
- το βάθος του στρώματος, και
- η υδροφορία.



Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Κατά την αξιολόγηση των διαφόρων μεθόδων εκμετάλλευσης για επιλογή της πιο κατάλληλης, πρέπει να καθοριστούν οι επιδράσεις των πιο πάνω παραμέτρων στη δυνατότητα παραγωγής που μπορεί να δώσει η κάθε μέθοδος.

Ως ένα ορισμένο βαθμό αυτές **οι παράμετροι είναι αλληλένδετες**, π.χ., η ποιότητα οροφής είναι εν μέρει συνάρτηση του βάθους του στρώματος άνθρακα και η ποιότητα δαπέδου μπορεί να επηρεαστεί από την παρουσία νερού.

Εντούτοις, κάθε μια παράμετρος μπορεί επίσης να είναι ανεξάρτητη οποιασδήποτε άλλης. π.χ., το πέτρωμα της οροφής μπορεί απλά να είναι εξαιρετικά αδύνατο (με μικρή φέρουσα ικανότητα). Επίσης, το νερό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ακόμα κι αν το πέτρωμα του δαπέδου είναι σταθερό.



Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Αυτές οι βασικές παράμετροι μπορούν επίσης να έχουν επιπτώσεις σε ένα **δευτερεύον σύνολο παραμέτρων**, που, με τη σειρά τους, μπορούν να έχουν επιπτώσεις στη μέθοδο εκμετάλλευσης. Μερικές από τις δευτερεύουσες αυτές παραμέτρους είναι:

- το βάθος κοπής,
- το ποσοστό της απόληψης του κοιτάσματος,
- οι τεχνικές υποστήριξης της οροφής,
- τα μεγέθη των στύλων, στη μέθοδο θαλάμων και στύλων, καθώς και
- τα πλάτη των ανοιγμάτων (στοών και θαλάμων)

Για παράδειγμα, η αποδοτικότητα του συστήματος φόρτωσης και μεταφοράς σε μια κοπή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις διαστάσεις της κοπής: όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα μεταλλεύματος σε μια κοπή, τόσο μεγαλύτερη η αποδοτικότητα. Η ποσότητα μεταλλεύματος καθορίζεται από το ύψος, το πλάτος και το βάθος της κοπής. Το πλάτος και το βάθος κοπής καθορίζονται συχνά από την ποιότητα της οροφής και το βάθος του στρώματος από την επιφάνεια του εδάφους.



Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Εκτός από τους παράγοντες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος, υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες, όπως η εξοικείωση του προσωπικού σε μια μέθοδο εκμετάλλευσης, οι συνθήκες της αγοράς και η απαίτηση για καθαρισμό του άνθρακα, που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδους εκμετάλλευσης.

Οι συνθήκες της αγοράς είχαν διαχρονικά μια μεγάλη επίδραση στην εξέλιξη των μεθόδων εκμετάλλευσης. Ο άνθρακας που παρήχθη από το μηχάνημα διάνοιξης εισόδων McKinley (δεκαετία 1920), ένας πρόγονος των μηχανημάτων συνεχούς κοπής αυτό, (αλλά και από ουσιαστικά όλα τα μηχανήματα συνεχούς κοπής ακόμα και σήμερα), ήταν σπασμένος σε τόσο μικρά κομμάτια, που δεν ήταν εύκολο να πουληθεί για την οικιακή θέρμανση, που ήταν τότε η κύρια αγορά. Με την εμφάνιση της σύγχρονης αγοράς ενέργειας, για την οποία όλος ο άνθρακας πρέπει να κονιοποιείται, τα μηχανήματα συνεχούς κοπής έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά. Ωστόσο, στις περιπτώσεις όπου επιδιώκεται μεγάλο ποσοστό χονδρομερούς υλικού, η συμβατική εκμετάλλευση παραμένει ακόμα η καλύτερη επιλογή.



Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης

Το αν ο άνθρακας πρέπει να υποστεί ή όχι κατεργασία (π.χ. πλύση) για καθαρισμό επηρεάζει την επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα μηχανήματα συνεχούς κοπής παράγουν πολύ πιο ρυπασμένο άνθρακα, επειδή είναι δυσκολότερο οι μηχανές να ακολουθήσουν με ακρίβεια συγκεκριμένα επίπεδα. Κατά συνέπεια, όπου δεν είναι διαθέσιμη καμία εγκατάσταση κατεργασίας και επιδιώκεται ένα καθαρό προϊόν, μπορεί να επιλεγεί η συμβατική μέθοδος εκμετάλλευσης.

Ακόμη, η μέθοδος θαλάμων & στύλων έχει πολύ μεγαλύτερη ευελιξία λειτουργίας σε δύσκολες περιοχές ή σε φρεάτια αερίων, δεδομένου ότι δεν ενοχλεί συνήθως η τυχαία τοποθέτηση ή και εγκατάλειψη στύλων. Αλλά ακόμα και στις περιπτώσεις μεταβαλλόμενου πάχους στρωμάτων, η συμβατική εκμετάλλευση θαλάμων και στύλων έχει την καλύτερη ευελιξία, η συνεχής εκμετάλλευση θαλάμων και στύλων έπεται και το επίμηκες μέτωπο έχει τη μικρότερη ευελιξία.



ΕΙΔΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Στα ανθρακωρυχεία υπάρχουν ιδιαίτεροι κίνδυνοι, σε σχέση με άλλα μεταλλεία, που απαιτούν τη λήψη αυστηρών μέτρων προστασίας. Τέτοιοι κίνδυνοι είναι

- η έκλυση μεθανίου και άλλων αερίων,
- η συγκέντρωση αιωρούμενης ανθρακόσκονης, και
- η τάση του άνθρακα για αυτανάφλεξη.



Έκλυση μεθανίου

Το μεθάνιο αποτελεί παραδοσιακή πηγή κινδύνων, επειδή σε συγκέντρωση 5-15% στον αέρα δημιουργεί εκρηκτικό μίγμα. Ο πρωταρχικός **στόχος του κυκλώματος αερισμού είναι να διατηρεί τη συγκέντρωση του μεθανίου κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια**. Τα σύγχρονα μεταλλεία, με τους υψηλούς ρυθμούς παραγωγής, αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα προβλήματα αερισμού. Σε ανθρακωρυχεία με υψηλή έκλυση μεθανίου απαιτείται τόσο έντονος αερισμός, προκειμένου να απομακρύνει το μεθάνιο από το μέτωπο, που η μεγάλη ταχύτητα του αέρα προκαλεί πρόσθετη παραγωγή σκόνης και κυκλοφορία της στις στοές αερισμού.

Επιπλέον από την παραδοσιακή απομάκρυνση του μεθανίου μέσω του κυκλώματος αερισμού, αναφέρεται επίσης σειρά μέτρων συλλογής του μεθανίου με διατρήματα ή και γεωτρήσεις. Πριν ή κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης, ανοίγεται στο μέτωπο σειρά κατακόρυφων ή οριζόντιων διατρημάτων, προκειμένου το μεθάνιο να ακολουθήσει προκαθορισμένες διόδους.



Έκλυση μεθανίου

Το μεθάνιο που εκλύεται στη ζώνη κατακρήμνισης **συλλέγεται μέσω γεωτρήσεων**, που διανοίγονται για το σκοπό αυτό από την επιφάνεια του εδάφους.

Αν η ποσότητα του μεθανίου είναι μικρή, τότε αφήνεται να διαχυθεί στην ατμόσφαιρα. Αν αντίθετα η ποσότητα είναι μεγάλη, το μεθάνιο μπορεί, ανάλογα και με την ποιότητά του, να διατεθεί για εμπορική εκμετάλλευση, εφόσον διοχετευθεί σε αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου.

Η απόληψη του μεθανίου των ανθράκων, πέρα από τη βελτίωση της ασφάλειας και της παραγωγικότητας που προσφέρει, αντιμετωπίζεται σήμερα ως τρόπος μείωσης των **εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου**, αλλά και ως τρόπος αύξησης των εσόδων των ανθρακωρυχείων.



Διοξείδιο του άνθρακα

Μερικές φορές στους άνθρακες συναντάται CO_2 υπό πίεση, που δεν προέρχεται από τη διαδικασία της ενανθράκωσης, αλλά από **δευτερογενή διείσδυση διαλυμάτων ανθρακικού οξέως**. Με την εξόρυξη του άνθρακα μπορεί να προκληθεί μείωση του πάχους του τοιχώματος ενός θύλακα αερίου και έκρηξη, λόγω βίαιης υποχώρησης του τοιχώματος από την πίεση του αερίου. Σε περίπτωση που σημειωθεί σταδιακή, και όχι βίαιη, εκτόνωση του αερίου προς τα υπόγεια μεταλλευτικά έργα, το CO_2 συγκεντρώνεται στο δάπεδο, ως βαρύτερο του ατμοσφαιρικού αέρα, και πρέπει να απομακρύνεται με κατάλληλο έλεγχο του κυκλώματος αερισμού.

Σπανιότερα αναφέρονται περιπτώσεις που συναντώνται τέτοιοι θύλακες αερίου κατά τη φάση διάνοιξης γεωτρήσεων κοιτασματολογικής έρευνας των ανθράκων. Τέτοια περίπτωση αναφέρεται για την περιοχή Βεύης, στο Ν. Φλώρινας.



Ανθρακόσκονη

Η κύρια αιτία παραγωγής ανθρακόσκονης στα σύγχρονα ανθρακωρυχεία είναι η **διαδικασία κοπής από τις μηχανές συνεχούς κοπής**. Ως γενικός κανόνας ισχύει ότι, όσο περισσότερος άνθρακας εξορύσσεται, τόσο περισσότερη σκόνη παράγεται στο μέτωπο. Έτσι, οι σημερινές ιδιαίτερα παραγωγικές εκμεταλλεύσεις, αντιμετωπίζουν και ιδιαίτερα προβλήματα σκόνης.

Το πρόβλημα επιτείνεται στα ανθρακωρυχεία που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του ευθύγραμμου επιμήκους μετώπου με εγκοπτήρα διπλού τυμπάνου και διπλής φοράς τεχνική κοπής, επειδή όταν ο εγκοπτήρας κόβει αντίθετα στο ρεύμα του αέρα οι εργαζόμενοι ακολουθούν πίσω από τη διαδικασία κοπής και βρίσκονται έτσι σε περιβάλλον αυξημένης σκόνης.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την καταστολή της σκόνης είναι συστήματα ψεκασμού νερού στο μέτωπο ή στο κοπτικό τύμπανο.



Εκμετάλλευση ανθράκων



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Όταν ο άνθρακας έλθει σε επαφή με το οξυγόνο αρχίζει να οξειδώνεται, υπό έκλυση θερμότητας, ακόμη και στη χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό, όλοι **οι άνθρακες, όταν εκτεθούν στον ατμοσφαιρικό αέρα, απορροφούν οξυγόνο, με βραδεία έκλυση θερμότητας** (αυτοθέρμανση και οξείδωση του άνθρακα, spontaneous heating)). Εφόσον η θερμότητα που παράγεται δεν απάγεται, η θερμοκρασία του άνθρακα αυξάνεται και, τελικά, η εμφάνιση πυρκαϊάς γίνεται αναπόφευκτη.

Οι πυρκαϊές στα υπόγεια ανθρακωρυχεία είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν. Πυρκαϊές από αυτανάφλεξη παρατηρούνται σε όλους τους άνθρακες, ανεξάρτητα από την κατηγορία τους. Εντούτοις, οι περιπτώσεις αυτανάφλεξης των ανθράκων της κατηγορίας των ανθρακιτών είναι πολύ σπάνιες και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτοί αυταναφλέγονται, σπάνια εμφανίζονται στην πράξη.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Η αυτανάφλεξη είναι η πιο συνηθισμένη αιτία για πυρκαϊές στα ανθρακωρυχεία και μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια μετώπου. Με τη σημερινή έντονη μηχανοποίηση των δραστηριοτήτων ο αριθμός των ενεργών μετώπων είναι περιορισμένος. Έτσι, προσωρινή ή οριστική απώλεια μετώπου μπορεί να οδηγήσει σε δραματική μείωση της παραγωγής. Ωστόσο, ο περιορισμός των ενεργών μετώπων έχει ως αποτέλεσμα τον πολύ καλύτερο έλεγχο των αυτοθερμάνσεων και αυταναφλέξεων.

Αν μια αυτοθέρμανση άνθρακα αφηθεί να εξελίσσεται και να «κρυφοκαίει», συχνά πρέπει να γίνει αεροστεγές «σφράγισμα» μιας ολόκληρης περιοχής, προκειμένου να ελεγχθεί η πυρκαϊά. Η εξέλιξη αυτή μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά ακριβή, όχι μόνο λόγω της απώλειας παραγωγής που μπορεί να επιφέρει, ή λόγω της δέσμευσης ή και απώλειας του αντίστοιχου αποθέματος γαιάνθρακα, αλλά και επειδή η διαδικασία του «σφραγίσματος» αυτή καθεαυτή είναι δαπανηρή και επιπλέον μπορεί να σημαίνει και απώλεια εξοπλισμού, που παραμένει στην αποκλεισμένη περιοχή.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Σε μια υπόγεια εκμετάλλευση με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων μπορεί να δημιουργηθεί **σημαντικό πρόβλημα από οξείδωση του άνθρακα στους στύλους** που παραμένουν μετά την ολοκλήρωση της εξόφλησης ενός τμήματος, ιδίως στις κύριες στοές του ορυχείου, όπου η κυκλοφορία του αέρα είναι και εντονότερη και συνεχής.

Στις διάφορες περιοχές κατά μήκος των στοών, καθώς και όπου υπάρχουν φράγματα διευθέτησης του κυκλώματος αερισμού, αναπτύσσονται διαφορές πιέσεων. Οι διαφορές αυτές προκαλούν διαρροές του αέρα όχι μόνο στα χωρίσματα των κυκλωμάτων αερισμού, αλλά και μέσα από ρωγμές στη μάζα του άνθρακα.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Η οξείδωση του άνθρακα γίνεται κυρίως στην επιφάνειά του, και η ταχύτητα με την οποία το οξυγόνο διεισδύει στο εσωτερικό του άνθρακα είναι τόσο μικρή, ώστε μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

Η οξείδωση αρχίζει αμέσως μόλις μια επιφάνεια άνθρακα εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα στα μέτωπα εξόρυξης και οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα εξαρτώνται από την πλήρη χημική σύσταση της ανθρακούχου (οργανικής) ύλης. Τα συστατικά της οργανικής ύλης με μεγαλύτερο λόγο H/C (υδρογόνο προς άνθρακα) οξειδώνονται ταχύτερα. Έτσι, οι νεότεροι γεωλογικά άνθρακες, που παρουσιάζουν μεγαλύτερο λόγο H/C έναντι των μεγαλύτερης γεωλογικής ηλικίας, αυταναφλέγονται πιο εύκολα.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Σε θερμοκρασίες μικρότερες των 400°C περίπου, το οξυγόνο ενώνεται με τον άνθρακα προς ατελή οξείδωση και παράγεται μονοξείδιο τού άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και νερό (και στερεό σύμπλοκο άνθρακα -οξυγόνου). Η θερμότητα που παράγεται προκαλεί ανύψωση της θερμοκρασίας, τόσο του γαιάνθρακα όσο και του κυκλοφορούντος αέρα. Δημιουργείται έτσι διαφορά θερμοκρασίας, που προκαλεί ελκυσμό (και επομένως κυκλοφορία) αέρα μέσα στη μάζα του άνθρακα. Η κυκλοφορία αυτή όχι μόνο εξασφαλίζει την τροφοδότηση οξυγόνου προς περαιτέρω οξείδωση τού γαιάνθρακα, αλλά, συγχρόνως, απάγει τη δημιουργούμενη θερμότητα. Έτσι, καθώς αυξάνει η θερμοκρασία, αυξάνει επίσης και η ταχύτητα της οξείδωσης. Κατά την πρόοδο όμως της οξείδωσης, ο σχηματισμός του συμπλόκου άνθρακα-οξυγόνου τείνει να μειώσει την ταχύτητά της.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Κατά την περίοδο της αρχικής φάσης της θέρμανσης, η θερμότητα που παράγεται απάγεται κατά ένα μέρος μέσω του «διαύλου» ή «ίχνους» του κυκλοφορούντος αέρα, ώστε η μεγαλύτερη θερμοκρασία να παρατηρείται στο σημείο όπου ο αέρας εγκαταλείπει το σώμα του άνθρακα. Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, το οξυγόνο του αέρα που εγκαταλείπει το άνθρακα σταδιακά ελαττώνεται, έτσι ώστε η οξείδωση κοντά στο σημείο εξόδου να επιβραδύνεται.

Η περισσότερο ενεργός οξείδωση συμβαίνει σε περιοχή πριν το σημείο εξόδου. Η συνέχιση της οξειδωτικής δράσης μετακινεί το «θερμό σημείο» (περιοχή έντονης οξείδωσης) προς την πηγή της τροφοδότησης με οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα.



Αυτανάφλεξη ανθράκων

Κατά την οξείδωση ενός σωρού άνθρακα λαμβάνουν χώρα πολύπλοκες αντιδράσεις. Οι παράγοντες που υπεισέρχονται μπορούν να ταξινομηθούν ως χημικοί ή φυσικοί, ανάλογα με το χαρακτήρα της επιρροής τους. Ορισμένοι από αυτούς, όπως λ.χ. η υγρασία και οι πυρίτες, μπορούν να εξασκήσουν τόσο φυσική όσο και χημική επίδραση.

Χημικοί παράγοντες

Πυρίτες

Σύνθεση και γεωλογική ηλικία των ανθράκων

Υγρασία

Οργανικό Θείο

Όζον

Δράση βακτηριδίων

Φυσικοί παράγοντες

Μέγεθος τεμαχίων άνθρακα

Θερμοκρασία

Περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο

Υγρασία

Κυκλοφορία αέρα

Χρόνος έκθεσης επιφάνειας στον αέρα



Χημικοί παράγοντες

Πυρίτες

Ο όρος «πυρίτης» συχνά χρησιμοποιείται για όλες τις μορφές διθειούχου σίδηρου, ανεξάρτητα από την κατά περίπτωση κρυσταλλική δομή. Θειούχος σίδηρος μπορεί να εμπεριέχεται εντός των ανθράκων υπό τρεις μορφές:

- ✓ σιδηροπυρίτης (FeS_2), κρυσταλλούμενος κατά το κυβικό σύστημα,
- ✓ μαρκασίτης (FeS_2), κρυσταλλούμενος κατά το ρομβικό σύστημα,
- ✓ πυρροτίνης (FeS), του εξαγωνικού συστήματος.

Οι πυρίτες που περιέχονται στους άνθρακες δεν μπορούν να θεωρηθούν «υπεύθυνοι» της αυτανάφλεξης. Εντούτοις, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορούν να δημιουργήσουν ευνοϊκό περιβάλλον για την έναρξη ή την προαγωγή της οξείδωσης των ανθράκων στους οποίους εμπεριέχονται.



Χημικοί παράγοντες

Σύνθεση και γεωλογική ηλικία των ανθράκων

Δεν υφίσταται συγκεκριμένη σχέση, που να συνδέει τη σύσταση των ανθράκων με τη συμπεριφορά που παρουσιάζουν κατά την οξείδωση. Ωστόσο, σαν γενικός κανόνας, όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα του άνθρακα σε τέφρα, τόσο υψηλότερη είναι η τάση του για αυτοθέρμανση.

Κατά γενικό κανόνα, η γεωλογική ηλικία των ανθράκων, με την οποία μεταβάλλεται ο βαθμός απανθρακώσεως ή ενανθρακώσεως, η σύστασή τους και κυρίως η περιεκτικότητά τους σε οξυγόνο επηρεάζει την ταχύτητα οξείδωσης. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες, **οι γεωλογικά νεότεροι άνθρακες, όπως είναι οι λιγνίτες, αυταναφλέγονται ευκολότερα.** Η τύρφη, παρά την υψηλή σε οξυγόνο περιεκτικότητά της, δεν οξειδώνεται γρήγορα, επειδή αυτή βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ενανθρακώσεως.



Χημικοί παράγοντες

Υγρασία

Όσο μεγαλύτερη είναι η έμφυτη υγρασία (όχι από διαβροχή) τόσο μεγαλύτερη είναι εν γένει η τάση ενός άνθρακα για αυτοθέρμανση. Ο μηχανισμός επίδρασης της υγρασίας στην ταχύτητα οξείδωσης των ανθράκων δεν είναι σαφής. Είναι πιθανό ότι, η υγρασία δρα καταλυτικά κατά την οξείδωση των ανθράκων, και δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν παράγοντας χημικής δράσης, παρά μόνο κατά την οξείδωση των πυριτών, οπότε η παρουσία της υγρασίας είναι απαραίτητη.

Οργανικό Θείο

Το Θείο, που ευρίσκεται ενωμένο με διάφορες οργανικές ουσίες στους άνθρακες, επιδρά λίγο ή καθόλου στην οξείδωσή τους. Υπάρχουν πολλοί άνθρακες κατώτερης τάξης (λιγνίτες ή υποασφαλτούχοι) με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε θείο που παρουσιάζουν χαρακτηριστικά έντονης αυτοθέρμανσης. Αντίστοιχα, υπάρχουν άνθρακες με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο που παρουσιάζουν πολύ μικρή τάση για αυτοθέρμανση.



Χημικοί παράγοντες

Όζον

Κατά την εξάτμιση της επιφανειακής -κυρίως- υγρασίας των ανθράκων μπορεί να σχηματιστεί και όζον. Για το λόγο αυτό εξετάστηκε αν το όζον αποτελεί σοβαρό παράγοντα της αυτανάφλεξης των ανθράκων. Αποδείχθηκε ότι η αυτανάφλεξη προχωρεί και κάτω από συνθήκες μη ευνοϊκές για την ανάπτυξη όζοντος.

Δράση βακτηριδίων

Αποδείχθηκε ότι η θερμοκρασία που παράγεται από τη δράση βακτηριδίων είναι ασήμαντη, συγκρινόμενη προς αυτή που παράγεται από την απορρόφηση οξυγόνου από το άνθρακα και είναι βέβαιο ότι η βακτηριδιακή δράση είναι χωρίς πρακτική σημασία για την έναρξη αυτανάφλεξης.



Φυσικοί παράγοντες

Μέγεθος των τεμαχίων του άνθρακα

Η αυτοθέρμανση των ανθράκων είναι φαινόμενο που συμβαίνει κυρίως στην επιφάνειά τους. Έτσι, αφού η κατάτμηση σε μικρότερα τεμάχια αυξάνει την προσβαλλόμενη από το οξυγόνο επιφάνεια (για σταθερή μάζα άνθρακα), επιδρά ευνοϊκά στην ταχύτητα οξείδωσης .

Ένας σε μικρά τεμάχια κατατμημένος άνθρακας αυταναφλέγεται ευκολότερα από ότι ένας κατατμημένος σε μεγάλα τεμάχια. Οξείδωση και αυτανάφλεξη είναι κυρίως φαινόμενα επιφάνειας και επομένως το μέγεθος των τεμαχίων του άνθρακα αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα. Για το λόγο αυτό, η τάση προς αποσάθρωση και η ευθρυπτότητα του κάθε άνθρακα, που επηρεάζουν τον βαθμό κατάτμησης, επηρεάζουν αντίστοιχα την ταχύτητα οξείδωσης.



Φυσικοί παράγοντες

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι παράγοντας πρωταρχικής σημασίας. Υπό την προϋπόθεση ότι όλες οι υπόλοιπες συνθήκες διατηρούνται σταθερές, η ταχύτητα με την οποία ένας άνθρακας απορροφά οξυγόνο αυξάνει σημαντικά με την αύξηση της θερμοκρασία και υπάρχει, ως γενικός κανόνας, η εκτίμηση ότι η ταχύτητα της οξείδωσης διπλασιάζεται για κάθε 8-11°C αύξησης της θερμοκρασίας.

Περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο

Η ταχύτητα οξείδωσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο και μειώνεται όσο ελαττώνεται η περιεκτικότητα. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στις περιπτώσεις αποθήκευσης άνθρακα σε σωρούς στο ύπαιθρο. Όσο ο άνθρακας απορροφά το οξυγόνο του αέρα, ο οποίος καταλαμβάνει τα κενά που υπάρχουν μεταξύ των τεμαχίων, τόσο ελαττώνεται η περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο και επομένως η οξείδωση θα επιβραδυνθεί ή και θα διακοπεί, εφόσον το οξυγόνο δεν ανανεώνεται.



Φυσικοί παράγοντες

Υγρασία

Μια σημαντική αύξηση του ποσοστού της υγρασίας ελαττώνει την «τάση» του άνθρακα προς αυτοθέρμανση, λόγω της απαιτούμενης θερμότητας που πρέπει να καταναλωθεί για την εξάτμισή της. Συνεπώς, **η παρουσία σημαντικού ποσοστού υγρασίας αυξάνει πάρα πολύ την απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας προς ανύψωση της θερμοκρασίας του άνθρακα** και, επομένως, κατά την αρχική φάση προκαλεί σχετική επιβράδυνση ή/και αναστολή του ρυθμού αύξησής της.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το νερό που πληροί τα τριχοειδή κενά του άνθρακα ελαττώνει την επιφάνειά του που εκτίθεται στον αέρα. Ο παράγοντας αυτός έχει σχετική σημασία για τους νεότερης γεωλογικής ηλικίας άνθρακες, που περιέχουν συνήθως μεγάλη ποσότητα υγρασίας. Ωστόσο είναι γνωστό ότι οι εν λόγω άνθρακες, αμέσως μόλις απολέσουν μέρος της υγρασίας τους, αποσαθρώνονται και επομένως παρέχουν πολλαπλάσια ελεύθερη επιφάνεια για να αντιδράσει με το οξυγόνο του αέρα.



Φυσικοί παράγοντες

Κυκλοφορία του αέρα (αερισμός του άνθρακα)

Ο τρόπος της κυκλοφορίας του αέρα μέσα σε σωρό άνθρακα αποτελεί, κυρίως σε ό,τι αφορά την απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας, σημαντικό παράγοντα, που μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα της οξείδωσής του. Ο διαχωρισμός των διαφόρων μεγεθών των τεμαχίων του άνθρακα επιτρέπει τη δημιουργία οδών κυκλοφορίας του αέρα μέσα στη μάζα του σωρού.

Η παρατηρούμενη (λόγω της οξείδωσης) ανύψωση της θερμοκρασίας συνδέεται στενά με τα χαρακτηριστικά των δημιουργούμενων κυκλωμάτων αέρα, τα οποία είναι αδύνατο να καθοριστούν ή να ελεγχθούν. Για το λόγο αυτό η εν γένει κυκλοφορία του αέρα μέσα σε σωρό άνθρακα αποτελεί αστάθμητο παράγοντα, που μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα ανύψωσης της θερμοκρασίας του σωρού.



Φυσικοί παράγοντες

Χρόνος έκθεσης επιφάνειας στον αέρα

Πρόσφατα εξορυχθέντες άνθρακες είναι περισσότερο επιρρεπείς σε αυτανάφλεξη. Με την πρόοδο της οξείδωσης, η επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στον αέρα απορροφά όσο οξυγόνο μπορεί, και στη συνέχεια η απορροφούμενη ποσότητα οξυγόνου είναι αμελητέα.

Έτσι αν, κάτω από δεδομένες συνθήκες και μέσα σε ορισμένο χρόνο, ένας άνθρακας δεν αυτανάφλεγει, πιθανότατα δεν πρόκειται ποτέ να αυτανάφλεγει. Εφόσον όμως συμβεί θραύση του τεμαχίου του άνθρακα, δημιουργούνται εκ νέου ευνοϊκές συνθήκες οξείδωσης, λόγω της εκ νέου έκθεσης «παρθένας» επιφάνειας στον αέρα.



Ανίχνευση της αυτοθέρμανσης κατά την εκμετάλλευση ανθράκων

Η αυτοθέρμανση, που προκαλείται από την οξείδωση άνθρακα, μπορεί να προχωρήσει μέχρι την αυτανάφλεξή του και για το λόγο αυτό πρέπει να ανιχνεύεται το ταχύτερο δυνατόν, ώστε να λαμβάνονται εγκαίρως τα κατάλληλα μέτρα.

Για την ανίχνευση της αυτοθέρμανσης του άνθρακα έχουν δοκιμαστεί πολλοί τρόποι, είτε εμπειρικά, είτε με χρήση ειδικού εξοπλισμού.



Εμπειρικοί τρόποι ανίχνευσης της αυτοθέρμανσης

Από την οσμή. Κατά την οξείδωση των πυριτών παράγεται χαρακτηριστική οσμή λόγω έκλυσης υδροθείου. Ωστόσο, πολλοί άνθρακες, λόγω της οργανικής τους σύστασης, αναδίδουν έντονη οσμή, που καλύπτει την οσμή των προϊόντων οξείδωσης. Έτσι, η οσμή δεν αποτελεί αξιόπιστη ένδειξη, παρά μόνο αφού έχουν ήδη αναπτυχθεί αρκετά υψηλές θερμοκρασίες (άνω των 1200°C).

Από την εμφάνιση αραιών ή πυκνών καπνών. Η εμφάνιση καπνών αποτελεί ένδειξη είτε προχωρημένης αυτοθέρμανσης, είτε ενεργής φωτιάς και το πρώτο μέτρο που θα πρέπει να ληφθεί είναι το κλείσιμο των θυρών αερισμού για περιορισμό της τροφοδότησης με οξυγόνο και αποτροπή της κυκλοφορίας των καπνών στο σύστημα στοών.



Εμπειρικοί τρόποι ανίχνευσης της αυτοθέρμανσης

Από την παρατηρούμενη συμπύκνωση υδρατμών. Κατά την αυτοθέρμανση των ανθράκων, η υγρασία τους εξατμίζεται και εισέρχεται στο ρεύμα του κυκλοφορούντος αέρα, μαζί με υδρατμούς που παράγονται από τις χημικές αντιδράσεις της οξείδωσης. Έτσι ο αέρας γίνεται τοπικά πιο θερμός και πλούσιος σε υδρατμούς και, όπου συναντά ψυχρότερο ρεύμα αέρα, παρατηρείται συμπύκνωση υδρατμών, είτε σε μορφή ομίχλης, είτε με υγροποίηση (sweating, condensation) σε ψυχρές επιφάνειες (κυρίως στην οροφή των στοών, όπου και ο θερμότερος αέρας).

Από την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στις στοές επιστροφής αερισμού του ορυχείου. Συνήθως η παρατήρηση αύξησης της θερμοκρασίας αποτελεί επιβεβαίωση για έναρξη αυτοθέρμανσης που έχει διαπιστωθεί νωρίτερα με άλλο τρόπο.



Ανίχνευση της αυτοθέρμανσης με χρήση ειδικού εξοπλισμού

Με μέτρηση του CO

Η μελέτη της οξείδωσης ενός άνθρακα επιτρέπει την παρακολούθηση της εξέλιξής της στο ανθρακωρυχείο, με την προϋπόθεση ότι τα απαιτούμενα προς σύγκριση στοιχεία συγκεντρώνονται με δειγματοληψίες, που γίνονται είτε σε περιοχές όπου υφίσταται σχετική συμπύκνωση των αερίων, είτε σε στοές επιστροφής του αέρα με σταθερή παροχή. Συνεπώς, η ανίχνευση του CO αποτελεί βασικό παράγοντα διαπίστωσης της οξείδωσης αμέσως μετά την έναρξή της.

Η ανίχνευση του CO μπορεί να γίνεται με διάφορες φορητές συσκευές, που χρησιμοποιούν διαφορετική μέθοδο και έχουν διαφορετικό βαθμό ακρίβειας. (συσκευές ανίχνευσης αερίων με ένδειξη αλλαγής χρώματος, συσκευές μέτρησης της απορρόφησης υπέρυθρης ακτινοβολίας μήκους κύματος 2-8μm κλπ). Η πιο ακριβής μέθοδος θεωρείται η λήψη δείγματος αέρα από την ατμόσφαιρα των υπογείων και η ανάλυσή του στο εργαστήριο με αέρια χρωματογραφία.



Ανίχνευση της αυτοθέρμανσης με χρήση ειδικού εξοπλισμού

Με υπολογισμό της τιμής του δείκτη **Graham** (ICO-Index of CO, παραγόμενο CO προς απορροφούμενο O₂) (CO/ ΔO₂).

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί τις υποθέσεις ότι κάθε ποσοστό CO προέρχεται από οξείδωση και ότι ο λόγος οξυγόνου προς αδρανή αέρια (Άζωτο+Αργό) είναι 0,265. Η εξίσωση υπολογισμού του δείκτη είναι:

$$ICO = (CO \times 100) / (\{0,265 \times [N_2 + Ar]\} - O_2),$$

όπου CO είναι η περιεκτικότητα CO % και ο παρονομαστής του κλάσματος δείχνει το (%) έλλειμμα σε οξυγόνο.

Οι τιμές των περιεκτικότητων των αερίων μπορούν να λαμβάνονται από ανάλυση του αέρα των υπογείων στο εργαστήριο με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας.

Η τιμή του δείκτη **Graham** εξαρτάται από τη θερμοκρασία (αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία).



Ανίχνευση της αυτοθέρμανσης με χρήση ειδικού εξοπλισμού

Με ανίχνευση CO₂

Η συγκέντρωση CO₂ ποικίλλει πάρα πολύ σε θερμοκρασίες κάτω των 200°C. Το αέριο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για την ανίχνευση αυτοθερμάνσεων. Ωστόσο, ο λόγος CO/CO₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση αλλαγών στην ατμόσφαιρα των υπογείων. Ενώ η περιεκτικότητα του κάθε αερίου μεμονωμένα μπορεί να επηρεαστεί από την αραίωση στην ατμόσφαιρα των υπογείων, ο λόγος των περιεκτικότητων δεν επηρεάζεται. Όταν η τιμή του λόγου πλησιάζει το 0,5 θα πρέπει να αναμένεται έναρξη αυτανάφλεξης.

Τόσο ο δείκτης Graham (ICO), όσο και ο λόγος CO/CO₂ θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για την παρακολούθηση τάσεων σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Ως γενικός κανόνας λαμβάνεται ότι η συχνότητα δειγματοληψίας του αέρα θα πρέπει να αυξηθεί αν παρατηρηθεί αύξηση της τιμής του δείκτη Graham ή του λόγου CO/CO₂ σε 3 διαδοχικές μετρήσεις.



Ανίχνευση της αυτοθέρμανσης με χρήση ειδικού εξοπλισμού

Με ανίχνευση άλλων αερίων (αιθυλενίου, προπυλενίου, κ.ά.)

Με ανίχνευση αλλαγών της θερμοκρασίας

Με χρήση κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας μπορεί να γίνει έγκαιρη ανίχνευση θερμών επιφανειών άνθρακα. Ωστόσο, η ανίχνευση περιορίζεται στην εξεταζόμενη επιφάνεια και δεν μπορεί να προχωρήσει σε βάθος.

Με ανίχνευση αλλαγών της πίεσης της ατμόσφαιρας των υπογείων

Γενικά, για ασφαλή έλεγχο θα πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερες μέθοδοι και τα αποτελέσματα να συγκρίνονται μεταξύ τους.



Υπαίθρια αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς

Κατά την αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς στο ύπαιθρο, κατά κανόνα συμβαίνουν τα εξής:

- ❑ η υγρασία του άνθρακα μειώνεται ελαφρά, ανάλογα και με το χρόνο αποθήκευσης, (π.χ. στους λιγνίτες Πτολεμαΐδας σε ποσοστό μέχρι 10% περίπου) και, αντίστοιχα, αυξάνεται η θερμογόνα δύναμη,
- ❑ η αποβολή υγρασίας συνοδεύεται με τάση του άνθρακα να συρρικνωθεί και να αποσαθρώνεται,
- ❑ κάτω από ορισμένες συνθήκες ο άνθρακας μπορεί να αυταναφλέγεται.



Εκμετάλλευση ανθράκων



Υπαίθρια αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς

Ο ρυθμός ανύψωσης της θερμοκρασίας τμήματος σωρού άνθρακα καθορίζεται από την τυχόν υφιστάμενη διαφορά μεταξύ του ρυθμού έκλυσης θερμότητας και του ρυθμού απαγωγής της.

Η παραγόμενη στη μονάδα του χρόνου θερμότητα εξαρτάται αφ' ενός από το ποσό της εκλυόμενης θερμότητας (ανά μονάδα όγκου απορροφούμενου από το άνθρακα οξυγόνου), και αφ' ετέρου από την ταχύτητα οξείδωσης, η οποία επηρεάζεται από σημαντικό αριθμό παραγόντων.

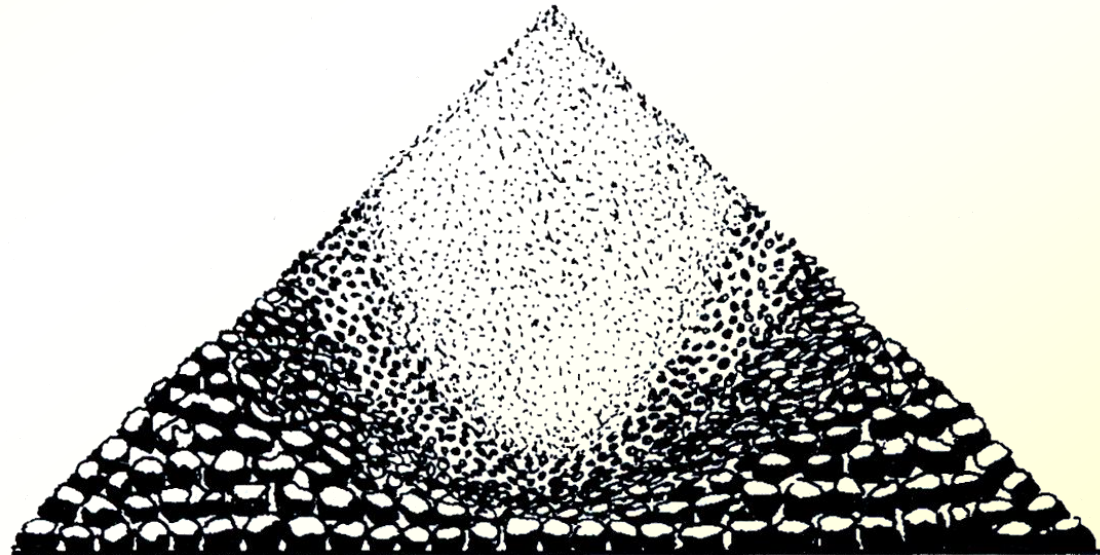
Η απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας γίνεται με θερμική μεταφορά, με θερμική αγωγή ή με θερμική ακτινοβολία και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι είναι η θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα που κυκλοφορεί μέσα στο σωρό, η θερμική αγωγιμότητα του άνθρακα και η υφιστάμενη διαφορά θερμοκρασίας, αφ' ενός μεταξύ θερμών περιοχών του σωρού και της επιφάνειάς του, και, αφ' ετέρου, μεταξύ της επιφάνειάς του και του περιβάλλοντα χώρου.



Εκμετάλλευση ανθράκων

Υπαίθρια αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς

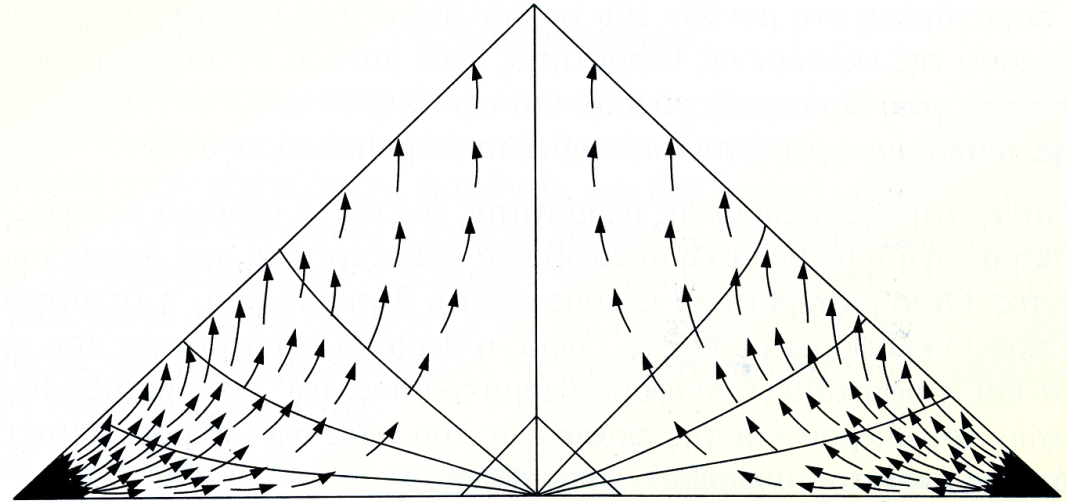
Κατά την απόθεση των ανθράκων σχηματίζονται **κωνικής μορφής σωροί**, στους οποίους γίνεται **διαχωρισμός των τεμαχίων κατά μεγέθη**. Παρουσιάζονται έτσι ιδανικές συνθήκες για αυτοθέρμανση, επειδή πάντοτε κάποιο σημείο του σωρού θα τροφοδοτείται με επαρκή ποσότητα οξυγόνου, με αποτέλεσμα έναρξη και πρόοδο της οξείδωσης του άνθρακα, ενώ, συγχρόνως, ο ρυθμός απαγωγής της παραγόμενης θερμότητας είναι ανεπαρκής, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.





Υπαίθρια αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς

Μεγαλύτερη κυκλοφορία αέρα παρατηρείται στα άκρα (και κοντά στα άκρα) του σωρού, ενώ στο κέντρο του η διείσδυση και κυκλοφορία του αέρα είναι δυσχερής.



Υπάρχουν έτσι περιοχές του σωρού όπου ο αερισμός είναι επαρκής και περιοχές που ο αερισμός είναι ανεπαρκής για την εκδήλωση οξείδωσης του άνθρακα. Προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη ανεπιθύμητης θερμότητας στο σωρό, πρέπει η αποθήκευση είτε να γίνει με τρόπο που να αποκλείει την κυκλοφορία αέρα στο εσωτερικό του σωρού, είτε, αντίθετα, με τρόπο που να επιτρέπει την κυκλοφορία επαρκούς ποσότητας αέρα για απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας.



Υπαίθρια αποθήκευση των ανθράκων σε σωρούς

Οι πιο σημαντικές γενικές αρχές στην αποθήκευση ανθράκων, όταν παρουσιάζουν τάση αυτοθέρμανσης, είναι ο **περιορισμός της κυκλοφορίας του αέρα μέσα στο σωρό**, η **διαχείριση του αποθέματος με βάση την αρχή FIFO** (ό,τι αποτίθεται πρώτο πρέπει και να απομακρύνεται πρώτο, "**First In - First Out**"), και η **προσπάθεια μείωσης του ποσοστού των μικρού μεγέθους τεμαχίων**.

Οι τυχόν εμφανιζόμενες «**θερμές εστίες**» θα πρέπει να αντιμετωπίζονται γρήγορα, είτε με μεταφορά της αντίστοιχης ποσότητας προς κατανάλωση, είτε με έκθεση στην ατμόσφαιρα για ψύξη. Αν είναι εφικτό, ο σωρός θα πρέπει να συμπυκνώνεται, προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα του αέρα που κυκλοφορεί μέσα στο σωρό. Για την ψύξη μικρών περιοχών «**θερμών εστιών**» μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό, αλλά σε περιορισμένη έκταση, για να αποφευχθεί η συγκέντρωση ποσοτήτων νερού. Τέλος, δεν πρέπει να γίνεται αποθήκευση ανθράκων σε σημεία που υπάρχουν ευαίσθητες εγκαταστάσεις (π.χ. πάνω από δίκτυα ύδρευσης, διανομής αερίου, κλπ).



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

Η πιο σημαντική εκμετάλλευση ανθράκων στον Ελληνικό χώρο τα προηγούμενα χρόνια (πριν την ανάπτυξη των Λιγνιτικών Κέντρων της ΔΕΗ στη Δυτική Μακεδονία και την Πελοπόννησο) έγινε στο **Αλιβέρι**, όπου και ο αντίστοιχος θερμικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση ήταν υπόγεια, με τη μέθοδο των διαδοχικά κατερχόμενων ορόφων με κατακρήμνιση της οροφής. Η κύρια προσπέλαση ήταν με ένα φρέαρ (πηγάδι). Κατά την εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος Αλιβερίου **το φαινόμενο της αυτανάφλεξης προκάλεσε διαρκή προβλήματα** και για το λόγο αυτό μελετήθηκε διεξοδικά.



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

Τα βασικά συμπεράσματα από την μελέτη των προβλημάτων στο Αλιβέρι είναι:

- ❑ Η κρίσιμη θερμοκρασία, πάνω από την οποία η οξείδωση μπορεί να προχωρήσει με επικίνδυνο ρυθμό, βρίσκεται μεταξύ 40°C-45°C, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υπό οξείδωση λιγνίτη. Η θερμοκρασία αυτή δεν μπορεί να σημειωθεί εύκολα στις ζώνες κατακρήμνισης, παρά μόνο μετά από παρατεταμένη (και υπό πολύ ευνοϊκές συνθήκες) οξείδωση μη αποληφθέντος λιγνίτη.
- ❑ Το σχετικά μικρό βάθος του κοιτάσματος από την επιφάνεια, ο μικρός βαθμός ευθρυπτότητας του λιγνίτη, καθώς και η φύση των περιβαλλόντων πετρωμάτων αποτελούν παράγοντες που δεν ευνοούν τη δημιουργία συνθηκών ταχείας ανύψωσης της θερμοκρασίας στη ζώνη κατακρήμνισης. Οποσδήποτε όμως, η περιοχή της επαφής του λιγνίτη με την υπερκείμενη οροφή (μάργα) αποτελεί επικίνδυνη, κατά κανόνα, ζώνη, λόγω της αδυναμίας να επιτευχθεί κατακρήμνιση που να εξασφαλίζει επαρκή «στεγανότητα».



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

- ❑ Η εξέλιξη της οξείδωσης - αυτοθέρμανσης του λιγνίτη μπορεί να παρακολουθείται με συστηματική δειγματοληψία αερίων και ανάλυσή τους, καθώς και με μέτρηση της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία εντός της ζώνης κατακρήμνισης.
- ❑ Η εξέλιξη της αυτοθέρμανσης μπορεί να ελέγχεται συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων των αερίων με τα διαγράμματα οξείδωσης. Οι συγκρίσεις αυτές πρέπει να γίνονται επί μακρό σχετικά διάστημα, προς εξακρίβωση και μελέτη των υπεισερχόμενων παραμέτρων και επίτευξη καλύτερου συσχετισμού των ενδείξεων. Η εμπειρία που αποκτάται με τον τρόπο αυτό επιτρέπει την έγκαιρη διάγνωση της σοβαρότητας και του βαθμού εξέλιξης του φαινομένου και επομένως παρέχει διαθέσιμο χρόνο για την προετοιμασία των εργασιών προς αναχαίτιση, καταπολέμηση ή και απομόνωση της επικίνδυνης περιοχής. Η εξέλιξη της οξείδωσης-αυτοθέρμανσης μπορεί να παρακολουθείται με μετρήσεις των περιεκτικοτήτων των αερίων σε CO, CO₂ και υπολογισμού του δείκτη Graham.



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

- ❑ Η «προδιάθεση» του λιγνίτη ενός τμήματος του κοιτάσματος προς αυτανάφλεξη, χαρακτηριζόμενη και από το διάγραμμα οξειδωσής του, αποτελεί βασικό στοιχείο για τον προγραμματισμό του ρυθμού απόληψής του, σε συνδυασμό με την έναρξη εκμετάλλευσης του υποκείμενου υποπατώματος (ορόφου). Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να καθοριστεί το μέγιστο χρονικό διάστημα, μέσα στο οποίο πρέπει να ολοκληρωθεί η εκμετάλλευση τμήματος του κοιτάσματος, με συνθήκες πλήρους, από άποψη αυτανάφλεξης, ασφάλειας.
- ❑ Σε περίπτωση εμφάνισης εστίας αυτανάφλεξης επιβάλλεται να καταβληθεί προσπάθεια άμεσης απόληψης της υπέρθερμης μάζας, τηρώντας συνθήκες ασφάλειας για τους εργαζόμενους. Εφόσον αυτό αποτύχει, είναι απαραίτητο να αποκλειστεί με φράγματα η επικίνδυνη περιοχή και να γίνει έναρξη των εργασιών καταπολέμησης της εστίας.



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτανάφλεξης εφαρμόστηκαν τρεις βασικοί τρόποι, με στόχο τον περιορισμό της τροφοδότησης αέρα προς τις θερμές περιοχές των υπογείων εργασιών:

- **Κατάλληλη τροποποίηση του κυκλώματος αερισμού**, που ωστόσο απαιτεί ειδική και ιδιαίτερα προσεκτική μελέτη.
- **Κατασκευή φραγμάτων αποκλεισμού** (τοίχοι από τσιμεντόλιθους) των θερμών τμημάτων, για απομόνωσή τους προκειμένου να γίνει στη συνέχεια γόμωση με κατάλληλο υλικό (πολτός με τσιμέντο ή/και τέφρα του παρακείμενου Ατμοηλεκτρικού Σταθμού). Η παροχή του μίγματος συνεχιζόταν μέχρι αυτό να αρχίσει να εξέρχεται από μικρής διαμέτρου σωλήνωση ελέγχου, που τοποθετούνταν μερικά εκατοστά χαμηλότερα από τη σωλήνωση γόμωσης.
- **Γόμωση των θερμών περιοχών** με τσιμεντοενέσεις.



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

Η αποθήκευση του λιγνίτη Αλιβερίου στην αυλή του ΑΗΣ γινόταν μετά από προηγούμενη θραύση του σε τεμάχια μεγέθους κάτω των 25 mm. Με τη θραύση αυτή αποφεύχθηκε σε σημαντικό βαθμό η ταξινόμηση των τεμαχίων του λιγνίτη στο σωρό.

Επιπλέον, λαμβανόταν σειρά μέτρων, όπως:

- ✓ απόθεση του λιγνίτη κατά ζώνες πάχους 50cm περίπου,
- ✓ συμπύκνωση κάθε ζώνης πριν την απόθεση της επόμενης,
- ✓ τήρηση συνολικού ύψους των σωρών έως 6 m,
- ✓ έλεγχο της απόθεσης ώστε να τηρείται γωνία πρανούς των σωρών έως 25°, για να αποφεύγεται η ταξινόμηση των τεμαχιδίων στην περιοχή των πρανών του σωρού και να επιτυγχάνεται καλύτερη συμπύκνωσή τους,



Προβλήματα εκμετάλλευσης του λιγνίτη Αλιβερίου

- ✓ κατάλληλη διαμόρφωση του σχήματος των επιφανειών των σωρών, προς αποφυγή δημιουργίας διαφορικών πιέσεων του ανέμου επί των σωρών,
- ✓ παρακολούθηση της θερμοκρασίας των σωρών, αφήνοντας κατά διαστήματα σωληνώσεις (διαμέτρου περίπου 2cm) εντός των σωρών, κλειστές στο άκρο τους. Μέσα από τις σωληνώσεις αυτές εισάγονταν θερμομέτρα για μέτρηση της θερμοκρασίας. Εφόσον αυτή υπερβεί τους 40°C, ο σωρός έπρεπε να παρακολουθείται με προσοχή. Εάν συνεχιζόταν η αύξηση της θερμοκρασίας γινόταν αναμόχλευση του λιγνίτη, προκειμένου ο σωρός να ψυχθεί και στη συνέχεια να αποληφθεί το ταχύτερο δυνατόν,
- ✓ αποφυγή της διαβροχής των σωρών για λόγους ψύξης τους. Εφόσον γινόταν διαβροχή για το λόγο αυτό, ο διαβρεγμένος λιγνίτης στη συνέχεια έπρεπε να αποληφθεί το ταχύτερο δυνατόν.



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

Στην Ελλάδα, τα μέτρα ασφάλειας στις υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες περιγράφονται αναλυτικά στον **Κανονισμό Μεταλλευτικών & Λατομικών Εργασιών**.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό, σε όλους τους χώρους εργασίας η περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 19,5% σε όγκο.

Η επιτρεπόμενη μέση χρονικά σταθμισμένη οριακή τιμή για την περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα είναι 5000 ppm και η μέγιστη οριακή τιμή 10000 ppm, σε μονοξείδιο του άνθρακα είναι αντίστοιχα 50 ppm και 100 ppm, και σε διοξείδιο του θείου είναι αντίστοιχα 5 ppm και 10 ppm.

Η επιτρεπόμενη μέγιστη οριακή τιμή για το μεθάνιο είναι 10000 ppm.



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

Ένα λιγνιτωρυχείο ή ανθρακωρυχείο (ή τμήμα του) χαρακτηρίζεται ως **εύφλεκτο** όταν διαπιστωθεί ότι :

- Το μετάλλευμα που εξορύσσεται αυταναφλέγεται, ή
- Υπάρχει έκλυση εύφλεκτων αερίων, που δεν δημιουργούν εκρηκτικό μίγμα, μετά από σειρά μετρήσεων, ή
- Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι μεγαλύτερη από 0,5%, ή
- Υπάρχει αιωρούμενη σκόνη άνθρακα περισσότερη από 80 γραμμάρια για κάθε m^3 αέρα



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

Ένα εύφλεκτο λιγνιτωρυχείο ή ανθρακωρυχείο ή ένα τμήμα του χαρακτηρίζεται ως **επικίνδυνο** όταν:

- ❑ Η αυτανάφλεξη του μεταλλεύματος που εξορύσσεται κάνει την εργασία εξαιρετικά επικίνδυνη ή ανθυγιεινή από πλευράς συχνότητας και έκτασης πυρκαγιών, θερμοκρασιών και σύστασης του αέρα, ή
- ❑ εκλύονται εύφλεκτα αέρια, που δημιουργούν εκρηκτικό μίγμα, ή
- ❑ η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι μεγαλύτερη από 1 %, ή
- ❑ υπάρχει αιωρούμενη σκόνη άνθρακα περισσότερη από 100 γραμμάρια για κάθε m^3 αέρα



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

Αν σε λιγνιτωρυχείο ή ανθρακωρυχείο (ή τμήμα του) συντρέχει ένας τουλάχιστον λόγος για να χαρακτηριστεί ως εύφλεκτο, πρέπει να παίρνονται τα παρακάτω μέτρα:

- ✓ Να τοποθετούνται ειδικοί καταγραφικοί ανιχνευτές σε κάθε θέση όπου εμφανίζεται μεθάνιο ή μονοξείδιο του άνθρακα ή λοιπά επικίνδυνα, για τη δημιουργία εκρηκτικού μίγματος, αέρια.
- ✓ Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων να ειδοποιείται άμεσα η Επιθεώρηση Μεταλλείων και να δίνεται εντολή για άμεση εγκατάλειψη των επικίνδυνων χώρων, διακοπή όλου του ηλεκτροκίνητου εξοπλισμού των υπόγειων εργασιών και ενίσχυση του κυκλώματος αερισμού.



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

- ✓ Οι εργαζόμενοι να φορούν ειδικές ατομικές μάσκες με φίλτρα δέσμευσης των αερίων και της σκόνης ή ατομικές αναπνευστικές συσκευές και να περιορίζεται ο χρόνος της πραγματικής ημερήσιας εργασίας τους κατά 25%.

Στους υπόγειους χώρους εργασιών και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, εφόσον επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγαλύτερες από 28°C πρέπει να γίνονται με κατάλληλα όργανα συχνές μετρήσεις, το λιγότερο μια φορά την ημέρα, για τον έλεγχο του **Δείκτη Θερμοκρασίας – Υγρασίας (Δ.Θ.Υ.)**

$$\Delta.\Theta.\Upsilon. (\text{°C}) = 0,7 \Theta.\Upsilon. + 0,3 \Theta.\Sigma.$$

Θ.Υ. είναι η θερμοκρασία «υγρού» θερμομέτρου σε βαθμούς Κελσίου (°C) (χρησιμοποιείται ένα στατικό θερμόμετρο «υγρού») και **Θ.Σ.** είναι η θερμοκρασία «σφαιρικού» θερμομέτρου σε βαθμούς Κελσίου (°C)

Ανάλογα με την τιμή Δ.Θ.Υ. περιορίζεται το ποσοστό χρόνου εργασίας και αυξάνεται το ποσοστό χρόνου ανάπαυσης (για Δ.Θ.Υ. μεγαλύτερο από 32,5°C δεν επιτρέπεται η εργασία).



Έλεγχος της ατμόσφαιρας των υπόγειων

- ✓ Για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος να μην χρησιμοποιούνται μέθοδοι κατακρήμνισης της οροφής.
- ✓ Να μη χρησιμοποιούνται μηχανές εσωτερικής καύσης.
- ✓ Να παίρνονται όλα τα μέτρα για την πρόληψη έκρηξης της αιωρούμενης ανθρακόσκονης, όπως διαβροχή, τοποθέτηση σανίδων στην οροφή των στοών με τέφρα ή άργιλο ή άλλο κατάλληλο αδρανές απορροφητικό υλικό, κλπ.
- ✓ Να δίνεται εντολή για άμεση έξοδο των εργαζομένων στην επιφάνεια, σε περίπτωση που διακοπεί η λειτουργία του κεντρικού κυκλώματος αερισμού για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 5 λεπτά και δεν λειτουργήσει το εφεδρικό δίκτυο. Η είσοδος των εργαζομένων στους υπόγειους χώρους θα επιτρέπεται μόνο ύστερα από άδεια του επιβλέποντα και μετά την επαναλειτουργία του κεντρικού κυκλώματος και την αποκατάσταση κανονικών συνθηκών αερισμού.