

## **Ειδικές εφαρμογές: Χρήση ειδικού τύπου τάπας στις ανατινάξεις σε λατομεία**

Στο 4<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο Explosives and Blasting της EFEE το 2007 παρουσιάστηκαν, από τους P. Moser, I. Vargek, τα αποτελέσματα ενός ερευνητικού προγράμματος από το πανεπιστήμιο του Λέομπεν της Αυστρίας, που πραγματοποιήθηκε στην Αυστρία το 2005 για την μελέτη τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών αποτελεσμάτων από την χρήση ειδικού τύπου τάπας στις ανατινάξεις σε λατομεία.

Οι εργασίες σε ένα λατομείο επηρεάζονται από την περιοχή που εκτελούνται, η εργασία στο κάτω μέρος της βαθμίδας ενός λατομείου θεωρείται από τις πιο κρίσιμες περιοχές όσον αφορά τις συνθήκες ασφάλειας για τους εργαζομένους. Ωστόσο, όταν για την ανατίναξη είναι απαραίτητα και οριζόντια διατρήματα η εργασία στο πάτωμα της βαθμίδας είναι αναγκαία. Η έλλειψη ασφάλειας στο πάτωμα μιας βαθμίδας δεν υπάρχει μόνο κατά τη διάτρηση, αλλά και κατά τη γόμωση των διατρημάτων.

Ο βασικός λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται οριζόντια διατρήματα, παρά την αυξημένη επικινδυνότητα που παρουσιάζουν, είναι τα καλύτερα αποτελέσματα της ανατίναξης. Ειδικά στην Αυστρία η χρήση οριζόντιων διατρημάτων έχει μια μακρά παράδοση στις ανατινάξεις στα λατομεία.

Ο καλός θρυμματισμός του «ποδιού» της βαθμίδας μετά από μια ανατίναξη είναι αφενός απαραίτητη προϋπόθεση για υψηλή παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της φόρτωσης και μεταφοράς και αφετέρου αποτελεί σημαντική εκτίμηση για το αν όλα τα διατρήματα έχουν πυροδοτηθεί πλήρως. Η κακή θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας δεν είναι μόνο μια ένδειξη μη επιθυμητού αποτελέσματος από μια ανατίναξη, αλλά μπορεί επίσης να είναι και ένδειξη αστοχίας κατά την ανατίναξη. Η κακή θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας αποτελεί συνήθως αντικείμενο δευτεροβάθμιας ανατίναξης. Ως εκ τούτου χρειάζεται επιπλέον διάτρηση. Αλλά αυτό δημιουργεί κίνδυνο για την ασφάλεια, επειδή μπορεί να υπάρχουν ακόμα γομωμένα διατρήματα που έχουν αστοχήσει και δεν έχουν πυροδοτηθεί πλήρως. Οι στατιστικές δείχνουν ότι τέτοιου είδους αστοχίες προκαλούν πολύ συχνά ατυχήματα.

Ένα ακόμα γεγονός, το οποίο παρακινεί τις εταιρείες να χρησιμοποιούν οριζόντια διατρήματα, είναι ότι ο συνδυασμός των οριζόντιων και κάθετων διατρημάτων οδηγεί σε χαμηλότερες δονήσεις. Η εμπειρία από τα λατομεία στην Αυστρία δείχνει ότι η μεγάλη υποδιάτρηση μπορεί να είναι ένας από τους βασικούς λόγους για υψηλές μετρήσεις δονήσεων του εδάφους. Λόγω της ευαισθησίας του κόσμου σε έκθεση σε υψηλές δονήσεις του εδάφους αλλά και την εγγύτητα πολλών λατομείων σε

κατοικημένες περιοχές, τα οριζόντια διατρήματα χρησιμοποιούνται συχνά ως μια μέθοδος για τη μείωση των παραγόμενων δονήσεων από την ανατίναξη.

Μία από τις πιθανές εναλλακτικές λύσεις για ανατίναξη χωρίς οριζόντια διατρήματα είναι η εφαρμογή ειδικού τύπου τάπας που δημιουργεί κενό αέρα στο κάτω μέρος του διατρήματος.

Για την εγκατάσταση τέτοιου ειδικού τύπου τάπας υπάρχουν διάφορα συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά, εκμεταλλευόμενα όλα την ίδια βασική αρχή λειτουργίας. Υπάρχουν συστήματα που χρησιμοποιούν μια τάπα που φράζει το διάτρημα στο επιθυμητό βάθος χρησιμοποιώντας πεπιεσμένο αέρα ή χημικά που διογκώνονται, επίσης υπάρχουν και συστήματα με απλούς μηχανισμούς που τοποθετούνται στο διάτρημα για να δημιουργήσουν τα απαραίτητα κενά.

### ***Βασική αρχή λειτουργίας***

Οι ανατινάξεις με την χρήση ειδικού τύπου τάπας που δημιουργεί κενό αέρα στο κάτω μέρος του διατρήματος έγιναν με το σύστημα Power Deck™ Plug. Αυτή η ειδική τάπα αποτελείται από μια ξύλινη ράβδο, ένα εύκαμπτο πλαστικό σε σχήμα τουλίπας στο πάνω μέρος και ένα μικρότερο μαλακό πλαστικό στο κάτω μέρος.



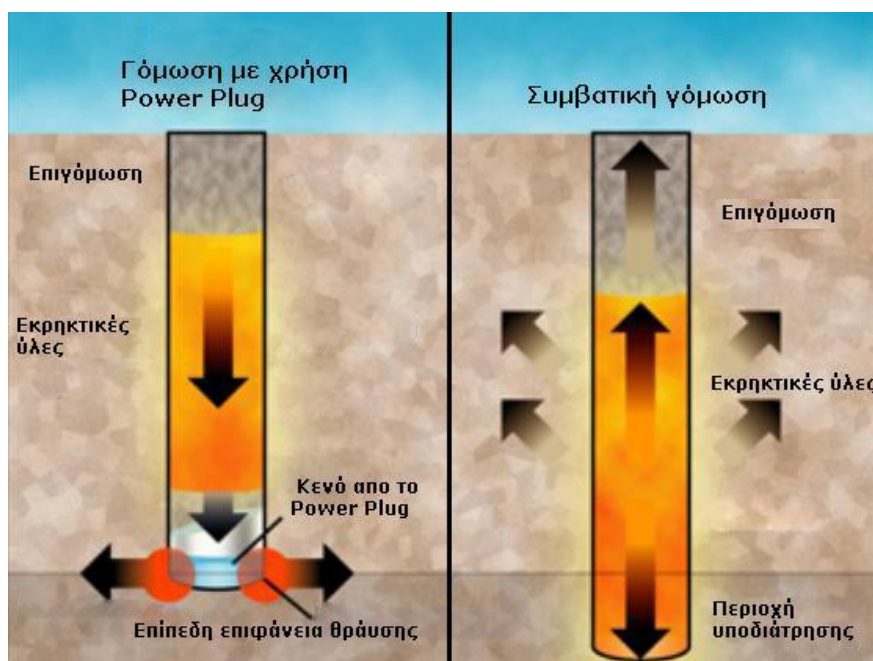
*Το σύστημα Power Deck™ Plug*

Στα πλαστικά μέρη τοποθετούμε χώμα ή χαλίκια και τοποθετούμε την τάπα στο διάτρημα πριν από την γόμωση, έτσι δημιουργείται κενό στον πυθμένα του διατρήματος όσο είναι το μήκος την ξύλινης ράβδου. Αυτό σημαίνει ότι, στο κάθετο διάτρημα σε ένα ύψος από 0,5 m έως και 1,5 m δεν γομώνονται εκρηκτικά. Μετά την τοποθέτηση της γόμωσης του πυθμένα που συνήθως είναι κάποιο φυσίγγιο εκρηκτικής ύλης το πλαστικό σε σχήμα τουλίπας, καλύπτει ολοκληρωτικά τα τοιχώματα του διατρήματος «σφραγίζοντας» το θάλαμο με το κενό που είχε δημιουργηθεί από την τάπα.

Η στήλη αέρα που έχει δημιουργηθεί κάτω από την τάπα αποτελεί ακόμα μια ελεύθερη επιφάνεια που θα ενεργήσει κατά την διάρκεια της ανατίναξης.

Κατά την ανατίναξη (το προτιμότερο είναι η έναυση να γίνεται από το κάτω μέρος του διατρήματος, πάνω από την τάπα), δημιουργείται ένα φαινόμενο που λειτουργεί σαν έμβολο, ασκείται μια δύναμη δημιουργώντας ένα κρουστικό κύμα στο κενό που

έχει δημιουργηθεί στο κάτω μέρος του διατρήματος. Το κρουστικό κύμα που προκαλείται διατρέχει το διάτρημα και φτάνει στο κάτω μέρος ασκώντας μια διατμητική δύναμη στο πέτρωμα. Αυτή η ισχυρή δύναμη προκαλεί ρωγμές που διαδίδονται από διάτρημα σε διάτρημα δημιουργώντας μια οριζόντια επίπεδη επιφάνεια θραύσης στον πυθμένα των διατρημάτων και έτσι εξαλείφεται η ανάγκη για υποδιάτρηση, με τον τρόπο αυτό έχουμε σαν αποτέλεσμα την πολύ καλή θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας.



#### *Βασική αρχή λειτουργίας της τάπας power plug*

Τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται από τη χρήση ειδικού τύπου τάπας που δημιουργεί κενό αέρα στο κάτω μέρος του διατρήματος είναι τα ακόλουθα :

- Εξάλειψη των οριζόντιων διατρημάτων
- Μείωση της υποδιάτρησης
- Μείωση των δονήσεων
- Βελτίωση της θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας
- Βελτίωση του θρυμματισμού στο υπό εξόρυξη πέτρωμα

#### **Δημιουργία Project για την εκτίμηση αποτελεσμάτων**

Οι εκθέσεις και τα άρθρα που υπάρχουν επισημαίνουν μόνο μια πολύ γενική εκτίμηση των αποτελεσμάτων από την χρήση ειδικού τύπου τάπας. Ποσοτικές τιμές των ανώτερο πλεονεκτημάτων δεν αναφέρονται συχνά επειδή είναι δύσκολο να συλλεχθούν ποσοτικά στοιχεία από μεγάλης κλίμακας ανατινάξεις.

Το τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων του πανεπιστημίου του Λέομπεν της Αυστρίας δημιούργησε το 2005 ένα ερευνητικό πρόγραμμα με την συμμετοχή τριών από τα

μεγαλύτερα λατομεία της Αυστρίας καθώς και την συμμετοχή και την στήριξη του αυστριακού κράτους.

Οι παρακάτω εταιρείες συμμετείχαν σε αυτό το πρόγραμμα:

- Asphalt and Beton GmbH Nachfolger OHG, ευρωπαϊκός παραγωγός αδρανών υλικών
- Bitustein and Strassenbau GmbH, αυστριακός παραγωγός αδρανών υλικών
- Το τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων του πανεπιστημίου του Λεομπεν της Αυστρίας
- Ομοσπονδιακό Υπουργείο Οικονομικών και Εργασίας της Αυστρίας
- Wietersdorfer and Peggauer Zementwerke, ευρωπαϊκός παραγωγός ασβεστόλιθων και τσιμέντου.

Ο κύριος σκοπός του προγράμματος ήταν να διαπιστωθεί και να συγκριθεί το αποτέλεσμα των ανατινάξεων με χρήση ειδικού τύπου τάπας που δημιουργεί κενό αέρα στο κάτω μέρος του διατρήματος σε σχέση με τον τυπικό τρόπο ανατίναξης σε κάθε λατομείο. Επιπλέον, είναι σημαντικό να διερευνηθεί αν η χρήση ειδικού τύπου τάπας μπορεί να εξαλείψει την υποδιάτρηση και να μειώσει τις παραγόμενες δονήσεις του εδάφους. Επίσης από την έρευνα θα φανεί κατά πόσο επικρατούν καλύτερες συνθήκες στην βαθμίδα μετά την ανατίναξη με την χρήση ίδιας ή και μικρότερης ποσότητας εκρηκτικής ύλης.

Η Εταιρεία Power Deck συμφώνησε να υποστηρίξει το πρόγραμμα και παρείχε το σύστημα που παράγει με τις τάπες Power Deck™ Plug δωρεάν.

Μια περίοδος 5 μηνών από τον Μάιο 2005 έως το τέλος του Σεπτεμβρίου του 2005 ορίστηκε αρχικά για την πειραματική έρευνα. Όμως, έπρεπε να πραγματοποιηθεί ένας μεγαλύτερος αριθμός δοκιμών για την καλύτερη κατανόηση της ανατίναξης με χρήση power plugs. Για το λόγο αυτό οι δοκιμές παρατάθηκαν μέχρι το τέλος του 2005.

Κατά της διάρκεια του προγράμματος έγινε καταγραφή της ισχύουσας κατάστασης της διαδικασίας ανατίναξης στα τρία λατομεία που συμμετείχαν ώστε να υπάρχει μια βάση σύγκρισης. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια σειρά ανατινάξεων με τη χρήση ειδικού τύπου τάπας (power plugs). Και τέλος εκτελέστηκε ανάλυση των πειραματικών δεδομένων, ερμηνεία των αποτελεσμάτων και σύγκριση των αποτελεσμάτων των ανατινάξεων με power plugs σε σχέση με την τυπική διαδικασία ανατίναξης.

### ***Περιγραφή κατάστασης των λατομείων***

Στο κάθε λατομείο τηρείται βιβλίο ανατινάξεων όπου και καταγράφονται όλες οι εργασίες και διαδικασίες της κάθε ανατίναξης, αυτά τα δεδομένα μπορούν να δώσουν τα στοιχεία της τυπικής ανατίναξης σε κάθε λατομείο. Για να υπάρξει μια αξιόπιστη

βάση σύγκρισης των αποτελεσμάτων έπρεπε να γίνει τουλάχιστον μια ανατίναξη με τον τυπικό τρόπο σε κάθε λατομείο. Στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί ανατίναξη με τη χρήση ειδικού τύπου τάπας (power plugs) να καταγράφουν τα δεδομένα από αυτήν ώστε να γίνει η σύγκριση και να εξαχθούν συμπεράσματα.

Τα παρακάτω στοιχεία εξετάστηκαν κατά την τυπική ανατίναξη ώστε να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις:

- Εξέταση της γεωμετρίας της βαθμίδας
- Έλεγχος των διατρημάτων
- Καταγραφή της γόμωσης
- Μέτρηση των δονήσεων του εδάφους σε γνωστές θέσεις
- Εκτίμηση του σωρού του εξορυγμένου υλικού, του «προσώπου» και του δαπέδου της βαθμίδας, μετά την ανατίναξη
- Εκτίμηση του χρόνου φόρτωσης του εξορυγμένου υλικού

### ***Λατομείο Eibenstein της Bitustein and Strassenbau GmbH***

Στον πίνακα 1 καταγράφονται τα στοιχεία από τις ανατινάξεις στο λατομείο Eibenstein.

	Τιμή	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	7 - 10	-
Διάμετρος διατρημάτων	90	mm
Βάθος διατρημάτων	10.0-12.0	m
Κλίση	70	°
Φορτίο	3.5	m
Απόσταση διατρημάτων	4.2	m
Υποδιάτρηση	1	m
Εναυσματικό μέσο	NONEL	-

*Πίνακας 1*

	Τιμή	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	9	-
Διάμετρος διατρημάτων	90	mm
Βάθος διατρημάτων	10-1.4	m
Κλίση	70	°
Φορτίο	3.5	m
Απόσταση διατρημάτων	4.2	m
Υποδιάτρηση	none	m
Ποσότητα εκρηκτικής ύλης / χρόνο καθυστέρησης	43.6	kg
Κατανάλωση εκρηκτικών υλών	392.5	kg
Εναυσματικό μέσο	NONEL	-

*Πίνακας 2*

Για την επαλήθευση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος μια ανατίναξη στις 19.5.2005.(Πίνακας 2). Σε αυτή την ανατίναξη δεν έγινε υποδιάτρηση ώστε να εξεταστεί η κατάσταση στο δάπεδο της βαθμίδας μετά την ανατίναξη υπό αυτές τις συνθήκες. Σε αυτή την ανατίναξη τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά μιας και ο θρυμματισμός του πετρώματος ήταν καλός χωρίς να υπάρχουν μεγάλα τεμάχια πετρώματος επίσης η υπερεκκαφή παρουσιάστηκε σε ορισμένα σημεία αλλά δεν ήταν μεγαλύτερη από 1 μέτρο. Παρατηρήθηκε ανύψωση του πατώματος της βαθμίδας, που ήταν αναμενόμενο αφού δεν είχε γίνει

υποδιάτρηση, ωστόσο η ανατίναξη μπορεί να θεωρηθεί ότι ήταν μέσα στα αναμενόμενα πλαίσια.

### ***Εφαρμογή power plugs στο Λατομείο Eibenstein***

Στο λατομείο Eibenstein έγινε χρήση power plugs ώστε να μειωθεί η υποδιάτρηση και οι δονήσεις από την ανατίναξη.

Επιλέχθηκε υποδιάτρηση 0,5 m στην πρώτη ανατίναξη με power plugs, δηλαδή μειώθηκε στο μισό σε σχέση με μια τυπική ανατίναξη. Χρησιμοποιήθηκαν power plugs μήκους 0,55 m. Τα υπόλοιπα μεγέθη της ανατίναξης δεν μεταβλήθηκαν, η γόμωση πυθμένα έμεινε η ίδια, όποτε σαν αποτέλεσμα μειώθηκε η γόμωση στήλης τόσο όσο είναι το μέγεθος των power plugs.

Οι πρώτες δοκιμές δεν παρουσίασαν καλά αποτελέσματα, η θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας δεν ήταν καλή, αυτό το γεγονός οδήγησε στην απόφαση να γίνει αλλαγή στην ακολουθία της σειράς και των χρόνων της ανατίναξης. Αυτό είχε σαν συνέπεια πολύ καλύτερα αποτελέσματα στη θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας αλλά και γενικά στο δάπεδο της βαθμίδας που δημιουργείται.

Μεταβλήθηκε σταδιακά και η κλίση των διατρημάτων καταλήγοντας σε κλίση 85° και καταργήθηκε η υποδιάτρηση. Φάνηκε ότι ήταν απαραίτητο το μήκος της τάπας power plugs να αυξηθεί έως το 1 m ενώ επίσης αυξήθηκε η ποσότητα γόμωσης πυθμένα ακριβώς πάνω από τα power plugs ώστε να υπάρχει καλύτερο αποτέλεσμα.

Ωστόσο η κατανάλωση εκρηκτικών υλών στις ανατινάξεις με power plug ήταν μειωμένη κατά 10 % λόγω του μικρότερου μήκους της γόμωσης στήλης.

Όσον αφορά τον θρυμματισμό του εξορυχθέντος πετρώματος δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις ανατινάξεις με χρήση power plug σε σύγκριση με τις τυπικές ανατινάξεις. Παρόλο που υπήρχαν μεγάλοι όγκοι σε ορισμένες από τις ανατινάξεις δεν αποτέλεσε πρόβλημα κατά την διαδικασία φόρτωσης. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα έδειξαν καλό θρυμματισμό υποδηλώνοντας σωστή επιλογή των μεγεθών της ανατίναξης (φορτίο, απόσταση, επιγόμωση).

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραγόμενων δονήσεων δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα που θα έδειχνε την τάση για μείωση ή αύξηση των δονήσεων. Σε γενικές γραμμές οι μετρήσεις των δονήσεων που έγιναν στις ανατινάξεις με χρήση power plug ήταν παρεμφερείς με τις μετρήσεις από τις τυπικές ανατινάξεις.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται μια γενική εικόνα από τις δοκιμαστικές ανατινάξεις που έγιναν με την χρήση power plugs.

Eibenstein	Διατρήματα			Φορτίο	Απόσταση διατρημάτων	Υποδιάτρηση	Μήκος τάπας	Γόμωση / χρόνο
	No	Μήκος	Κλίση					
Δοκιμαστική ανατίναξη		m	°	m	m	m	m	kg
1 420-4/2005	8	12,3-12,8	70	3,5	4,2	0,5	0,55	47,7
3 430-5/2005	10	12,3-13,6	70	3,5	4,2	0,5	0,55	44,5
8 410-05/2005	7	11 – 12,1	85	3,5	4,2	0	1	37,1
9 410-06/2005	9	10,2-11,3	85/70	3,5	4,2	0/0,5	1	43,3

Πίνακας 3

Η γενική εντύπωση που αποκομίσθηκε από την χρήση των ταπών power plug ήταν πολύ καλή. Τα power plugs είναι εύκολα στο χειρισμό και τοποθετήθηκαν αρκετά γρήγορα στα διατρήματα χωρίς να υπάρξουν καθυστερήσεις στην διαδικασία της γόμωσης. Με τις κατάλληλες αλλαγές που έγιναν μετά από τις δοκιμές φαίνεται ότι με power plug του 1 μέτρου, με ενισχυμένη γόμωση πυθμένα, σε διατρήματα με διάμετρο 90mm και κλίση 85° αλλά χωρίς υποδιάτρηση έχουμε πολύ καλά αποτελέσματα με καλή θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας και καλή θραυστικότητα του πετρώματος.

#### **Λατομείο Peggau της Wietersdorfer and Peggauer Zementwerke**

Στον πίνακα 4 καταγράφονται τα στοιχεία από τις ανατινάξεις στο λατομείο Peggau.

Για την επαλήθευση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος μια ανατίναξη στις 28.4.2005.(Πίνακας 5).

	Κάθετα διατρήματα	Οριζόντια διατρήματα	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	13-30	Όπου είναι απαραίτητο	-
Διάμετρος διατρημάτων	90	90	mm
Βάθος διατρημάτων	10.0-30.0	5.5-6.5	m
Κλίση	75	-5	°
Φορτίο	4.0 - 5.5	-	m
Απόσταση διατρημάτων	4	2	m
Υποδιάτρηση	1.5	-	m
Εναυσματικό μέσο	Ηλεκτρονικοί πυροκροτητές	Ηλεκτρονικοί πυροκροτητές	-

Πίνακας 4

	Κάθετα διατρήματα	Οριζόντια διατρήματα	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	14	11	-
Διάμετρος διατρημάτων	90	90	mm
Βάθος διατρημάτων	10-20.5	5.5 - 6.5	m
Κλίση	75	-5	°
Φορτίο	3.9-5.8	-	m
Απόσταση διατρημάτων	4	2	m
Υποδιάτρηση	-	-	m
Ποσότητα εκρηκτικής ύλης/χρόνο καθυστέρησης	96.9	-	kg
Κατανάλωση εκρηκτικών υλών	1,320	-	kg
Εναυσματικό μέσο	Ηλεκτρονικοί πυροκροτητές	Ηλεκτρονικοί πυροκροτητές	-

Πίνακας 5



Σε αυτή την ανατίναξη τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά παρόλο που εμφανίστηκαν μερικά μεγάλα τεμάχια πετρώματος, τα οποία όμως δεν δημιούργησαν πρόβλημα κατά τη διαδικασία φόρτωσης και μεταφοράς. Παρατηρήθηκε καλή εικόνα της βαθμίδας μετά την ανατίναξη. Η ανατίναξη μπορεί να θεωρηθεί ότι ήταν μέσα στα αναμενόμενα πλαίσια.

### ***Εφαρμογή power plugs στο λατομείο Peggau***

Στο λατομείο Peggau έγινε χρήση power plugs ώστε να εξαλειφθούν τα οριζόντια διατρήματα και η υποδιάτρηση.

Κατά την διάρκεια των δοκιμών ακολουθήθηκε και σε αυτό το λατομείο η ίδια λογική με το λατομείο Eibenstein, αρχικά χρησιμοποιήθηκαν power plugs μήκους 0,55m που στην συνέχεια έφτασαν μέχρι το 1m μήκος, γεγονός που μείωσε ανάλογα την υποδιάτρηση. Επιλέχθηκε μεγαλύτερη γόμωση πυθμένα, τα υπόλοιπα μεγέθη της ανατίναξης δεν άλλαξαν. Η κακή ποιότητα των διατρημάτων λόγω του σαθρού πετρώματος δημιούργησε πρόβλημα με την χρήση των power plugs καθώς δεν ήταν εύκολη η εισαγωγή τους στα διατρήματα.

Παρατηρήθηκε μείωση κατά 15% στην κατανάλωση εκρηκτικών υλών από την χρήση power plugs. Η βαθμίδα μετά τις ανατινάξεις παρουσίαζε αρκετά καλή εικόνα, το εξορυγμένο πέτρωμα μπορούσε με ευκολία να φορτωθεί. Τυχόν υπερεκσκαφές αλλά και ο θρυμματισμός του πετρώματος ήταν παρόμοια σε σχέση με την τυπική ανατίναξη. Τα στοιχεία για τις παραγόμενες δονήσεις έδειξαν μεγαλύτερες μετρήσεις στις ανατινάξεις με power plugs. Όμως και πάλι για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραγόμενων δονήσεων δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα που θα έδειχνε αν υπήρχε τάση για αύξηση των δονήσεων ή ήταν στα όρια του στατιστικού σφάλματος όποτε υπήρχαν παρεμφερείς μετρήσεις με τις τυπικές ανατινάξεις.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζεται μια γενική εικόνα από τις δοκιμαστικές ανατινάξεις που έγιναν με την χρήση power plugs.

Peggau	Διατρήματα			Φορτίο	Απόσταση διατρημάτων	Υποδιάτρηση	Μήκος τάπας	Γόμωση / χρόνο
	No	Μήκος	Κλίση					
Δοκιμαστική ανατίναξη	m	°	m	m	m	m	kg	m
2 22	25/11	25,5-30,5	1. 74, 2. 75	4,3-5,6	4	0,5	0,5	101
5 26	25	13	1. 74, 2. 75	4,3-6,3	4	0,5	1	57
7 28	13	19-30	73	4,3-6,3	3,5-4	0,5	1	84
11 37	43	18-30	1. 74, 2. 75	4,3-6,3	4	0,5	1	86

*Πίνακας 6*



Η γενική εντύπωση που αποκομίσθηκε από την χρήση των ταπών power plug ήταν πολύ καλή. Σε μερικές περιπτώσεις παρουσιάστηκε μικρή καθυστέρηση στην εισαγωγή των power plugs στα διατρήματα λόγω του σαθρού πετρώματος αλλά δεν δημιουργήθηκαν μεγάλες καθυστερήσεις που θα δυσκόλευαν τις εργασίες γόμωσης. Σε όλες τις ανατινάξεις η εικόνα της βαθμίδας ήταν αρκετά καλή χωρίς υπερεκκαφές, ενώ το εξορυγμένο πέτρωμα είχε καλό θρυμματισμό.

### **Λατομείο Jakomini της Asphalt and Beton GmbH Nachfolger OHG**

Για το λατομείο Jakomini είναι δύσκολο να καθοριστούν δεδομένα που να μπορούν να δώσουν στοιχεία μιας τυπικής ανατίναξης, μιας και υπάρχουν πολλοί μεταβλητοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της ανατίναξης σε αυτό το λατομείο, με βασικότερο την κοντινή απόσταση των βαθμίδων που γίνονται οι ανατινάξεις με τα μηχανήματα τις υπόλοιπης παραγωγικής διαδικασίας. Ωστόσο στον Πίνακα 7 έχει γίνει προσπάθεια να καταγραφούν τα δεδομένα μιας τυπικής ανατίναξης του λατομείου.

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος επιλέχθηκε η ανατίναξη που πραγματοποιήθηκε στις 16.6.2005 ώστε να αποτελέσει το παράδειγμα επαλήθευσης των αποτελεσμάτων της τυπικής ανατίναξης στο λατομείο (Πίνακας 8).

Σε αυτή την ανατίναξη εμφανίστηκαν μεγάλα τεμάχια πετρώματος, τα οποία όμως δεν δημιούργησαν ιδιαίτερο πρόβλημα κατά τη διαδικασία φόρτωσης και μεταφοράς, όμως κρίθηκε απαραίτητη η δευτερογενής θραύση των μεγάλων τεμαχίων. Επίσης έπρεπε να πραγματοποιηθεί δευτερογενής ανατίναξη λόγω της κακής απόδοσης στο δάπεδο της βαθμίδας, κακή θραύση στο «ποδί» της βαθμίδας.

	Τιμή	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	8.0 - 20.0	-
Διάμετρος διατρημάτων	89	mm
Βάθος διατρημάτων	20-25	m
Κλίση	74	ο
Φορτίο	3.5	m
Απόσταση διατρημάτων	4	m
Υποδιάτρηση	1.2	m
Εναυσματικό μέσο	Ηλεκτρικοί πυροκροτητές	-

*Πίνακας 7*

	Τιμή	Μονάδα
Αριθμός διατρημάτων	8	
Διάμετρος διατρημάτων	89	mm
Βάθος διατρημάτων	20.3 - 20.8	m
Κλίση	1 <sup>η</sup> σειρά: 75; 2 <sup>η</sup> σειρά: 80	ο
Φορτίο	4.6	m
Απόσταση διατρημάτων	5	m
Υποδιάτρηση	1.2	m
Ποσότητα εκρηκτικής ύλης/χρόνο καθυστέρησης	114.3	kg
Κατανάλωση εκρηκτικών υλών	901	kg
Εναυσματικό μέσο	NONEL	

*Πίνακας 8*

**Εφαρμογή power plugs στο λατομείο Jakomini**

Στο λατομείο Jakomini η χρήση power plugs είχε στόχο τον καλύτερο θρυμματισμό του πετρώματος αλλά και την βελτίωση της εικόνας της βαθμίδας μετά από την ανατίναξη. Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν αρχικά έγινε χρήση power plugs μήκους 0,55 m και υποδιάτρηση 0,5 m, στη συνέχεια τα power plugs έφτασαν το 1m μήκος.

Στην ανατίναξη με χρήση power plugs παρέμειναν αμετάβλητα τόσο το φορτίο όσο και οι αποστάσεις των διατρημάτων, μειώθηκε σταδιακά η υποδιάτρηση, ενώ η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης ήταν σχεδόν η ίδια σε σχέση με την τυπική ανατίναξη. Ωστόσο όπως προαναφέρθηκε οι συνθήκες που επικρατούν στο λατομείο μεταβάλλονται συνεχώς οπότε είναι δύσκολο να καθοριστούν δεδομένα που να μπορούν να δώσουν στοιχεία μιας τυπικής ανατίναξης, κάτι που κάνει αρκετά δύσκολη την σύγκριση των αποτελεσμάτων των ανατινάξεων.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται μια γενική εικόνα από τις δοκιμαστικές ανατινάξεις που έγιναν με την χρήση power plugs.

Jakomini	Διατρήματα			Φορτίο	Απόσταση διατρημάτων	Υποδιάτρηση	Μήκος τάπας	Γόμωση / χρόνο
	No	Μήκος	Κλίση					
Δοκιμαστική ανατίναξη		m	°	m	m	m	m	kg
4 9	21	23	80	3,5	4,5	0,5	0,55	124
10 10	11	21	85	3-3,5	4,5	0	1	116

*Πίνακας 9*

Σε γενικές γραμμές η χρήση power plugs δεν έφερε ικανοποιητικά αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο λατομείο. Στις δοκιμές παρατηρήθηκε ελλιπής θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας. Υπήρχαν αρκετά προβλήματα με τα διατρήματα, αρκετά παρουσίαζαν δυσκολία στην γόμωση των εκρηκτικών λόγω του σαθρού πετρώματος. Σε πολλές περιπτώσεις υπήρχε παρουσία νερού μέσα στα διατρήματα που δυσκόλευε την κατάσταση. Ωστόσο δεν παρουσιάστηκε δυσκολία κατά των χειρισμό των power plugs, επίσης μετά τις δοκιμαστικές ανατινάξεις ο θρυμματισμός του εξορυχθέντος πετρώματος ήταν αρκετά καλός.

Είναι εμφανές ότι οι συνθήκες που επικρατούν στο λατομείο Jakomini είναι αρκετά ιδιαίτερες και δύσκολες ώστε να μην μπορεί να προκύψει ασφαλές συμπέρασμα κατά πόσον η χρήση power plugs ενδείκνυται για το συγκεκριμένο λατομείο.

**Συμπεράσματα**

Σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν φάνηκε ότι η χρήση των power plugs είναι αρκετά εύκολη και γρήγορη. Ο χρόνος που χρειάζεται για την τοποθέτηση τους δεν είναι μεγάλος και δεν καθυστερεί την διαδικασία της γόμωσης. Σε ορισμένες

περιπτώσεις που παρατηρήθηκε δυσκολία στην τοποθέτηση το πρόβλημα λύθηκε εύκολα και γρήγορα με την τοποθέτηση βάρους στην τάπα ώστε να γίνει πιο εύκολη η εισχώρηση στο διάτρημα.

Με την χρήση power plugs φάνηκε να υπάρχουν πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά την θραύση του «ποδιού» της βαθμίδας ακόμα και χωρίς υποδιάτρηση. Όταν υπάρχει ενδεδειγμένος έλεγχος της υποδιάτρησης, επαρκής εκρηκτική ύλη στον πυθμένα του διατρήματος, κατάλληλα υπολογισμένα τα μεγέθη της ανατίναξης (φορτίο, αποστάσεις διατρημάτων), έναυση ακριβώς πάνω από το power plug και σωστή ακολουθία της σειράς και των χρόνων της ανατίναξης τότε υπάρχουν θετικά αποτελέσματα για την καλή ποιότητα της βαθμίδας μετά την ανατίναξη. Παρόλαυτά η χρήση των power plugs δεν μπορεί να αντισταθμίσει την σημασία της σωστής διάτρησης αλλά και της σωστά εκτελεσμένης ανατίναξης.

Η γενική εντύπωση που προκύπτει από την χρήση power plugs είναι ότι το εξορυχθέν πέτρωμα έχει καλό θρυμματισμό, δεν παρατηρούνται μεγάλα τεμάχια πετρώματος ώστε να δημιουργείται πρόβλημα και καθυστέρηση κατά την διαδικασία φόρτωσης. Η βαθμίδα έχει καλή εικόνα μετά την ανατίναξη με μικρές υπερεκκαφές, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις που αποδίδονται στην γεωλογική δομή.

Τα στοιχεία για τις παραγόμενες δονήσεις στο λατομείο Eibenstein ήταν συγκεχυμένα δείχνοντας άλλοτε υψηλότερες και άλλοτε χαμηλότερες μετρήσεις. Στο λατομείο Peggau υπήρξε μια τάση για υψηλότερες μετρήσεις σε σχέση με τις τυπικές ανατινάξεις. Ωστόσο για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραγόμενων δονήσεων δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για να εξαχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα. Οι δονήσεις δεν φαίνεται να μειώνονται με την χρήση power plugs αν και αναμενότανε κάτι τέτοιο λόγω της μείωσης της υποδιάτρησης.

Η χρήση power plugs συμβάλει στην μείωση ή ακόμα και την εξάλειψη της υποδιάτρησης καθώς και στην μείωση της κατανάλωσης εκρηκτικών υλών σε ένα ποσοστό γύρω στο 10%. Όλα αυτά χωρίς να μεταβληθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα της ανατίναξης. Οπότε η χρήση τους μπορεί να θεωρηθεί μια οικονομική λύση. Εκτός από το οικονομικό όφελος, εφόσον φαίνεται ότι με την χρήση των power plugs δεν είναι απαραίτητα τα οριζόντια διατρήματα, καθώς επίσης δεν υπάρχει γόμωση στον πυθμένα του διατρήματος (η γόμωση τοποθετείται πάνω από την τάπα) είναι εμφανές ότι υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα και στον τομέα της ασφάλειας.