

**Σημειώσεις Σεμιναρίου**

**ΜΕΡΟΣ ΙΙ**

**Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ**

**Μ. ΛΕΟΝΑΡΔΟΣ**

**ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017**



Το παρόν τεύχος αναφέρεται αποκλειστικά στα υψηλά περιμετρικά (τελικά) πρανή των Λιγνιτωρυχείων.

Τονίζεται ότι η συμπεριφορά των πρανών των μετώπων εκσκαφής μπορεί να είναι τελείως διαφορετική.



Στο παρόν τεύχος περιέχονται στοιχεία τα οποία δεν είναι «ακριβή», υπό την έννοια ότι δεν βασίζονται σε μαθηματικές αποδείξεις αλλά προέρχονται από παρατηρήσεις. Νεώτερες παρατηρήσεις πιθανόν να τροποποιήσουν τα στοιχεία αυτά.

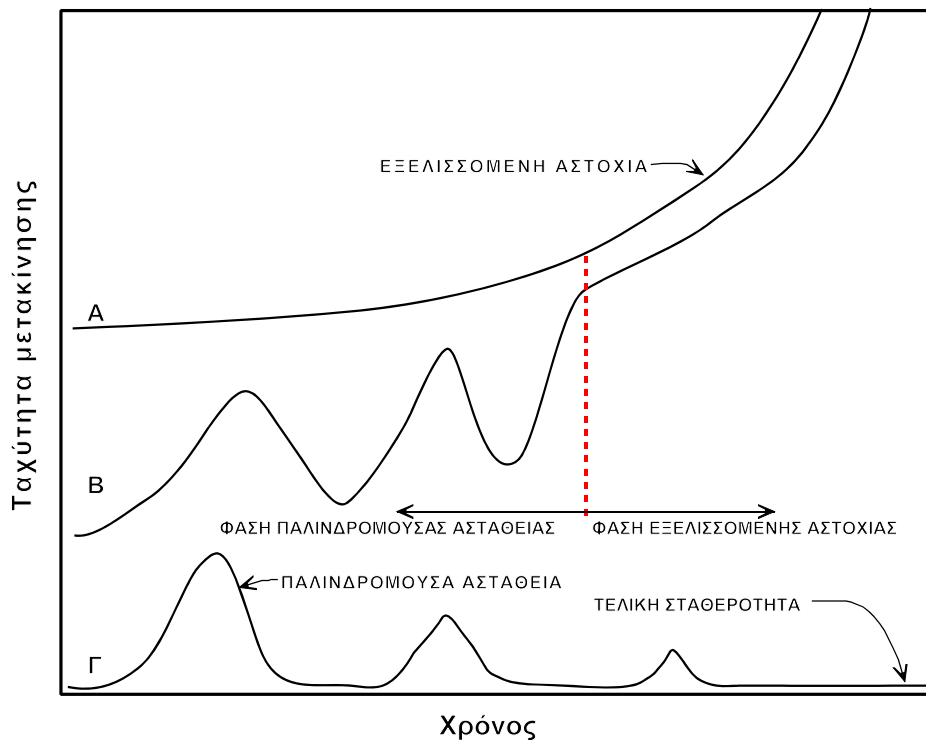
Συνεπώς δεν συνιστάται η «τυφλή» χρήση των στοιχείων αυτών, αλλά οποιαδήποτε απόφαση πρέπει να λαμβάνεται μετά από συνεκτίμηση διαφόρων παραμέτρων του προβλήματος.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ .....	1
1. ΟΡΙΣΜΟΙ .....	3
2. Τύπος κατολισθήσεων στα λιγνιτωρυχεία .....	4
3. Εγκαιρη διάγνωση μιάς κατολίσθησης .....	5
4. Ορθή διάταξη ενόργανων παρατηρήσεων .....	6
5. Πρώτη αξιολόγηση ενόργανων παρατηρήσεων .....	7
Κλισιόμετρα .....	7
Τοπογραφικά .....	7
6. Μελέτες ευστάθειας πρανών .....	8
7. Η ταχύτητα μετακίνησης ως κριτήριο για την κατάσταση της ευστάθειας του πρανούς .....	9
8. Τα αίτια της παλινδρόμησης μιάς αστάθειας .....	10
9. Διαφορές κινηματικής καταρρέοντος και παλινδρομούντος πρανούς .....	11
10. Η παλινδρόμηση της ταχύτητας μετακίνησης. Συστηματικές μετρήσεις .....	12
11. Η παλινδρόμηση της ταχύτητας μετακίνησης. Μετρήσεις με την εμφάνιση του προβλήματος .....	13
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: .....	15

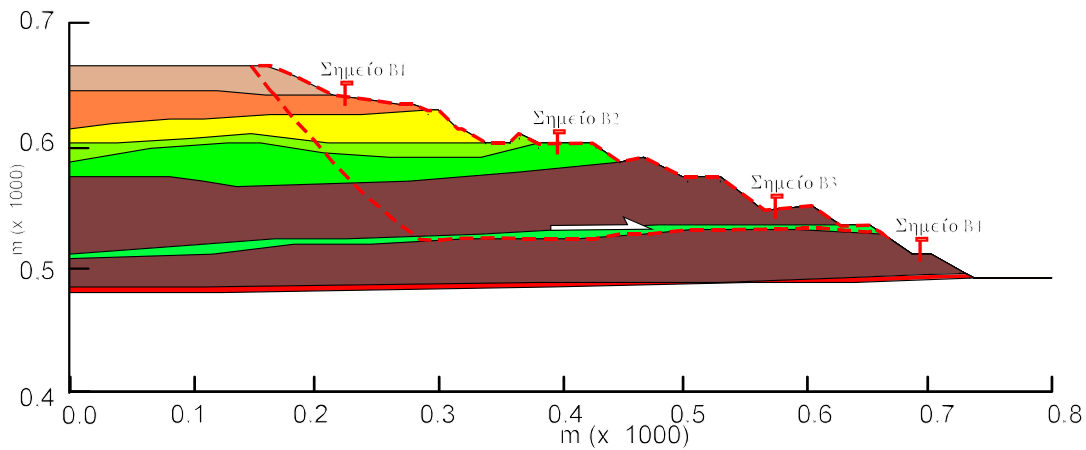
## 1. ΟΡΙΣΜΟΙ

<b>Κατολίσθηση:</b>	Η θραύση της εδαφικής μάζας που κείται όπισθεν του πρανούς, η οποία συνοδεύεται από μετακίνηση προς τα κάτω και προς τα έξω ολοκλήρου της εδαφικής μάζας, η οποία συμμετέχει στην θραύση.
<b>Αστάθεια:</b>	Κατάσταση, κατά την οποία το πρανές, λόγω κατολίσθησης, υφίσταται μετακινήσεις, οι οποίες δεν παρεμποδίζουν την ομαλή και ασφαλή διενέργεια των εργασιών της εκμετάλλευσης.
<b>Αστοχία:</b>	Κατάσταση, κατά την οποία το πρανές υφίσταται τέτοιου μεγέθους μετακινήσεις, συνήθως επιταχυνόμενες, οι οποίες προκαλούν αδυναμία συνέχισης των εργασιών εκμετάλλευσης.
<b>Κατάρρευση:</b>	Κατάσταση πρανούς, η οποία συνοδεύεται με υψηλές ταχύτητες μετακίνησης, πολύ μεγαλύτερες εκείνων της αστοχίας και συνήθως διαρκώς αυξανόμενες.
<b>Παλινδρομούσα αστάθεια:</b>	Αστάθεια που εμφανίζει κύκλους (φάσεις) επιταχυνόμενων και επιβραδυνόμενων μετακινήσεων. Βέβαια σε περιπτώσεις ανεπαρκούς παρακολούθησης των πρανών, η παλινδρομούσα αστάθεια μπορεί να αναπτύξει υψηλές ταχύτητες μετακίνησης και να μετατραπεί σε εξελισσόμενη αστοχία.
<b>Εξελισσόμενη αστοχία:</b>	Εξελισσόμενη είναι μία αστοχία, κατά την οποία το πρανές επιδεικνύει έναν επιταχυνόμενο ρυθμό μετακινήσεων, οι οποίες ακολουθούν συνήθως έναν αλγεβρικό τύπο, μέχρι του σημείου της κατάρρευσης

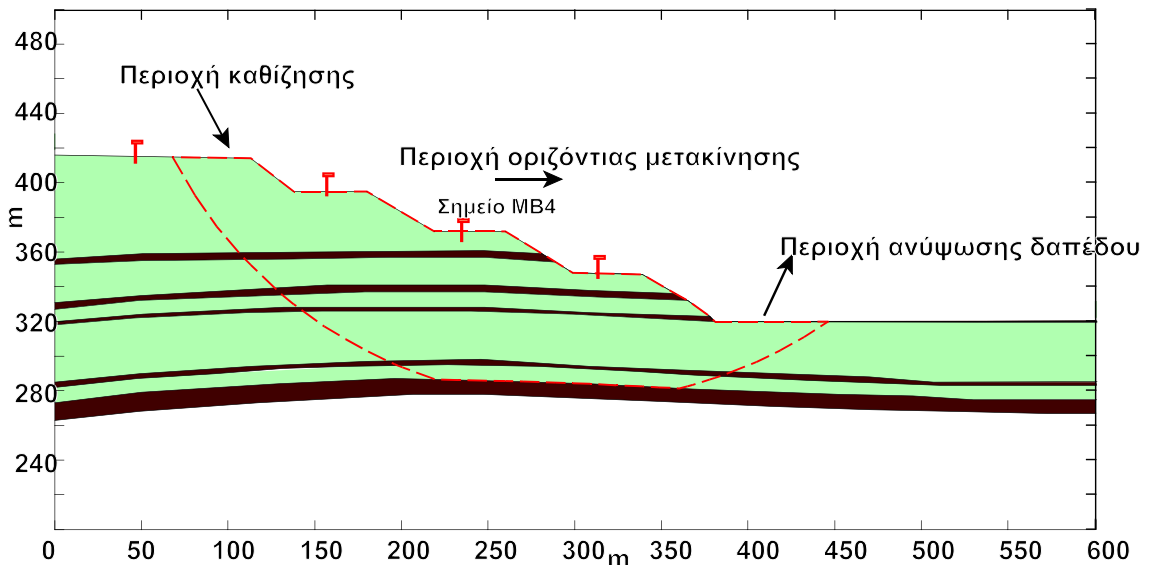


ΕΙΚΟΝΑ 1 *Ενδεικτικές τυπικές καμπύλες ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου:*  
 Α: *Εξελισσόμενη αστοχία προς κατάρρευση*  
 Β: *Παλινδρομούσα αστάθεια με μετάβαση σε εξελισσόμενη αστοχία*  
 Γ: *Παλινδρομούσα αστάθεια προς τελική σταθερότητα*

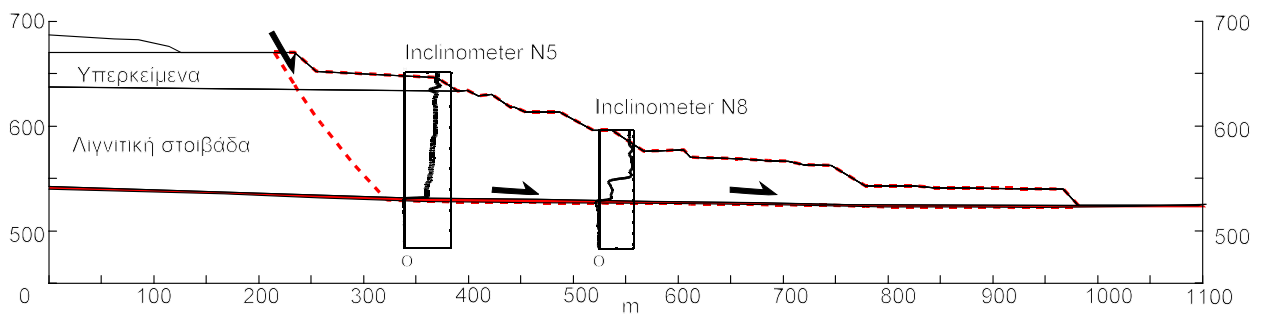
## 2. Τύπος κατολισθήσεων στα λιγνιτωρυχεία



ΕΙΚΟΝΑ 2 Κατολίσθηση με σύνθετη επιφάνεια ολίσθησης. Δυτ. πρηνές Ν. Πεδίου



ΕΙΚΟΝΑ 3 Κατολίσθηση με βαθεία σύνθετη επιφάνεια ολίσθησης. Ανατολικό πρηνές Μαραθούσας.

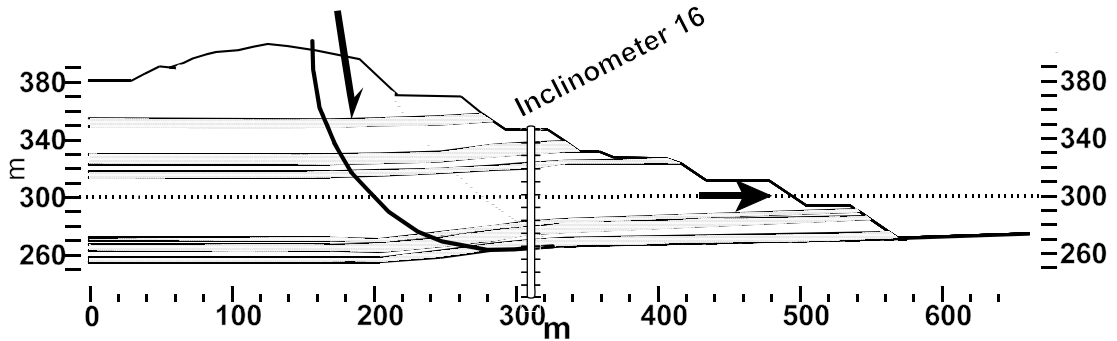


ΕΙΚΟΝΑ 4 Ανάπτυξη κατολίσθησης σύνθετης μορφής σε πρηνές με ιδιαίτερα ομαλή κλίση. Δυτικό πρηνές Τομέα 6

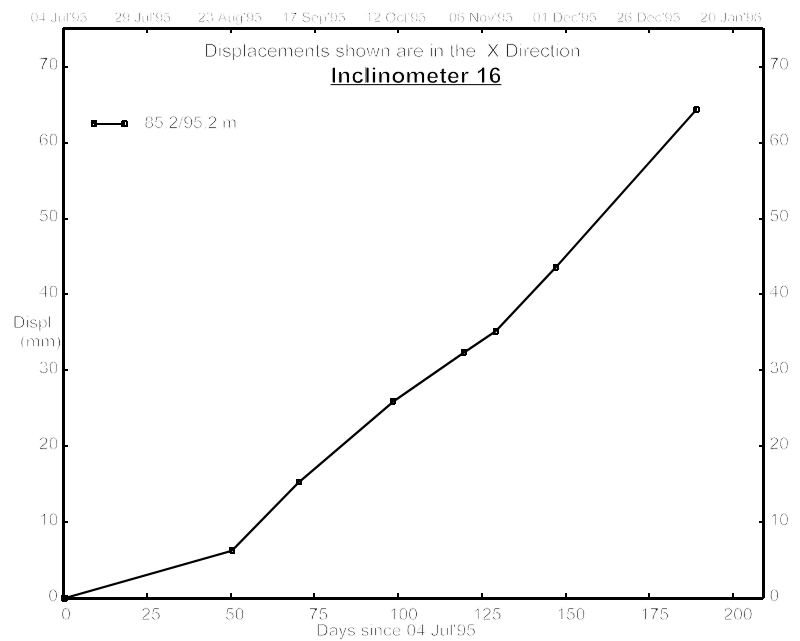
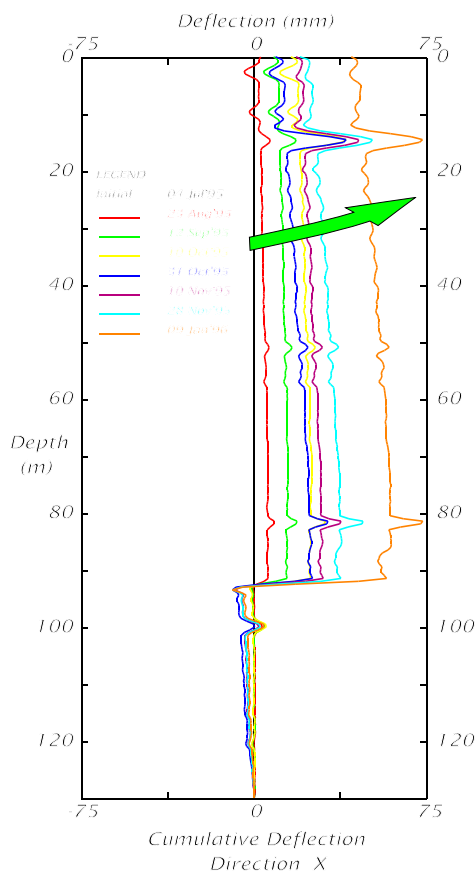
### 3. Εγκαίρη διάγνωση μιάς κατολίσθησης

Οι μετακινήσεις στην οριζόντια επιφάνεια ολίσθησης εκκινούν περίπου ΈΝΑ ΈΤΟΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΗΣ ΡΩΓΜΗΣ

#### Εγκαίρη διάγνωση μιάς κατολίσθησης με κλισιόμετρα

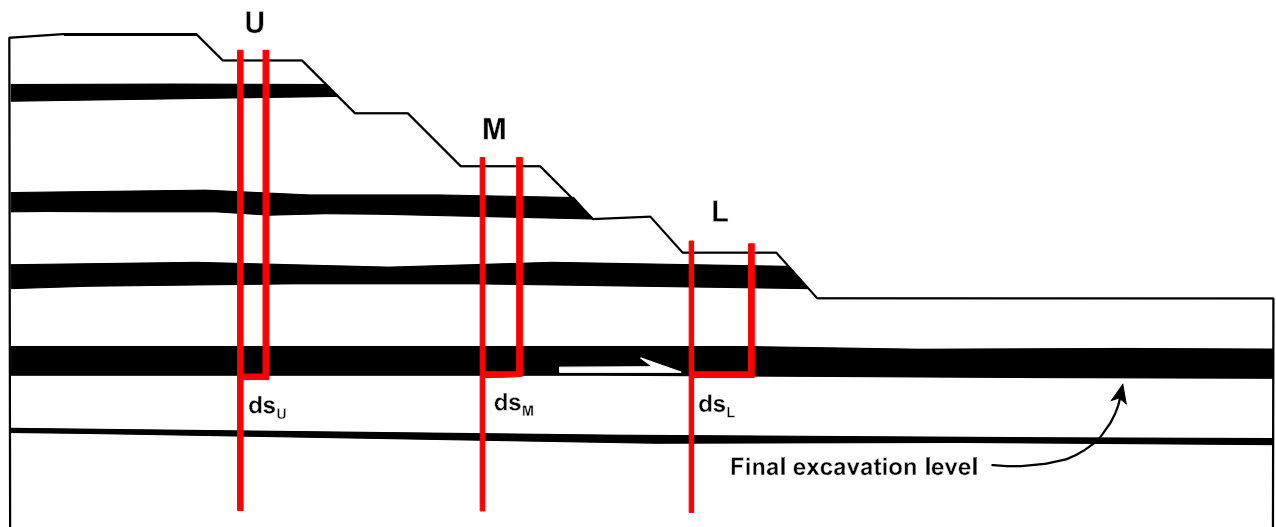


ΕΙΚΟΝΑ 5 Ανατολικό πρηνές Ορυχείου Χωρεμίου (τελική διαμόρφωση). Οι μετακινήσεις άρχισαν με την εκσκαφή κάτω από το 323.



ΕΙΚΟΝΑ 6 Κλισιόμετρο 16. Διαδοχικές θέσεις σωλήνα και μετακίνηση συναρτήσει του χρόνου (Μετακίνηση κάθετη στο πρηνές. Οι θετικές ενδείξεις δείχνουν μετακινήσεις προς την εκσκαφή)

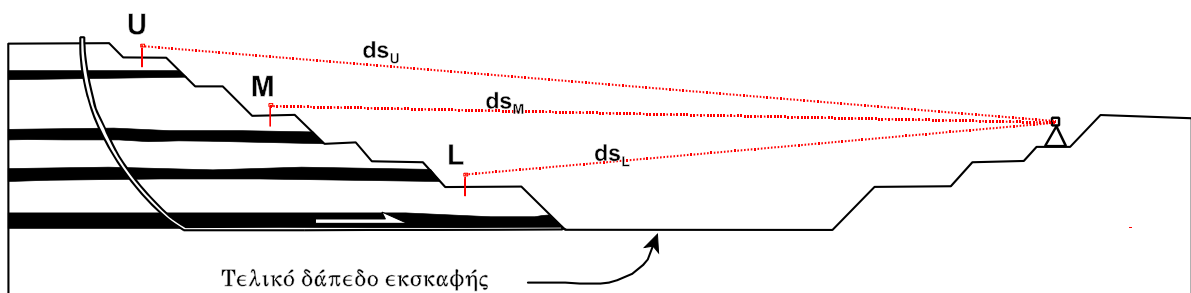
#### 4. Ορθή διάταξη ενόργανων παρατηρήσεων



ΕΙΚΟΝΑ 7 Κλισιόμετρα. Τοποθετούνται ΠΡΙΝ αρχίσουν οι μετακινήσεις (όταν η εκσκαφή φθάσει στο 40 - 50 % του τελικού βάθους).



Μετά την εμφάνιση της ρωγμής στην κορυφή του πρανούς χρησιμοποιούνται οι τοπογραφικές μετρήσεις απόστασης.



ΕΙΚΟΝΑ 8 Τοπογραφικές μετρήσεις απόστασης με EDM. Ορθή τοποθέτηση τοπογραφικών στόχων σε βαθεία λιγνιτική εκσκαφή

## 5. Πρώτη αξιολόγηση ενόργανων παρατηρήσεων

### Κλισιόμετρα

I	Ελαστική παραμόρφωση	$ds_U < ds_M < ds_L$
II	Γενική κατολίσθηση	$ds_U = ds_M = ds_L$
III	Μερική κατολίσθηση (κατώτερο τμήμα του πρανούς)	$ds_U < ds_M = ds_L$

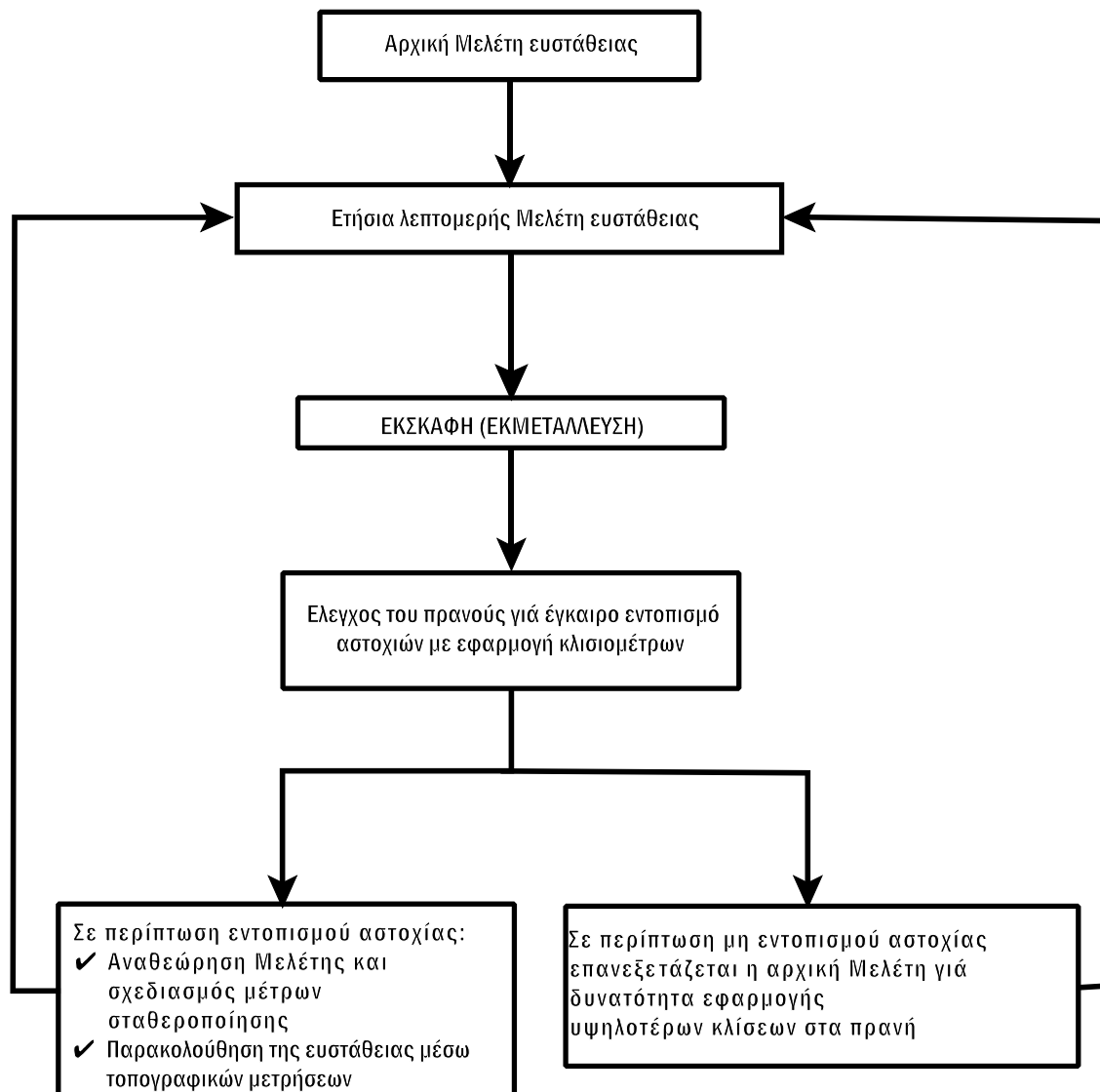
### Τοπογραφικά

I	Ελαστική παραμόρφωση	$ds_U < ds_M < ds_L$
II	Γενική κατολίσθηση	$ds_U = ds_M = ds_L$
III	Μερική κατολίσθηση (ο στόχος U είναι εκτός κατολίσθησης)	$ds_U < ds_M = ds_L$
IV	Γενική κατολίσθηση μετά την εμφάνιση ρωγμών: (Το σημείο U εμφανίζει και σημαντικές κατακόρυφες μετακινήσεις)	$ds_U < ds_M = ds_L$

όπου  $ds_i$ : Η μετακίνηση. Οι μετακινήσεις αυτές αναφέρονται στην ίδια ακριβώς χρονική περίοδο. Η μετακίνηση είναι η διαφορά της τρέχουσας από την προηγούμενη μέτρηση της κεκλιμένης απόστασης βάσεως και στόχου που φαίνεται στον δείκτη.

Εάν η επιφάνεια ολίσθησης είναι πάνω από το δάπεδο του λιγνίτη και συγκεκριμένα υψηλότερα του στόχου L, τότε οι μετακινήσεις θα έχουν τη σχέση:  $ds_U = ds_M > ds_L$

## 6. Μελέτες ευστάθειας πρανών



ΕΙΚΟΝΑ 9 Διάγραμμα ροής Μελετών Εδαφομηχανικής



**7. Η ταχύτητα μετακίνησης ως κριτήριο για την κατάσταση της ευστάθειας του πρανούς**

**Εκτίμηση της κατάστασης του πρανούς βάσει της ταχύτητας μετακίνησης όταν η ταχύτητα συνδέεται με την εξέλιξη της εκσκαφής**

Ταχύτητα μετακίνησης mm/ημέρα	Κατάσταση πρανούς
0	Σταθερότητα
0 - 1	Αρχή της κατολίσθησης
1 - 5 <sup>(1)</sup>	Ελεγχόμενη
6 - 10 <sup>(1)</sup>	Επιδεινούμενη αλλά ανατάξιμη
11 - 15	Δυσχερής ο έλεγχος
16 - 20	Ελάχιστες δυνατότητες επιτυχούς ελέγχου
άνω των 20	Εκτός ελέγχου. Επικείμενη κατάρρευση

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (1) Κατά τις ημέρες, κατά τις οποίες οι κατώτεροι εκσκαφείς πλησιάζουν το πρανές,

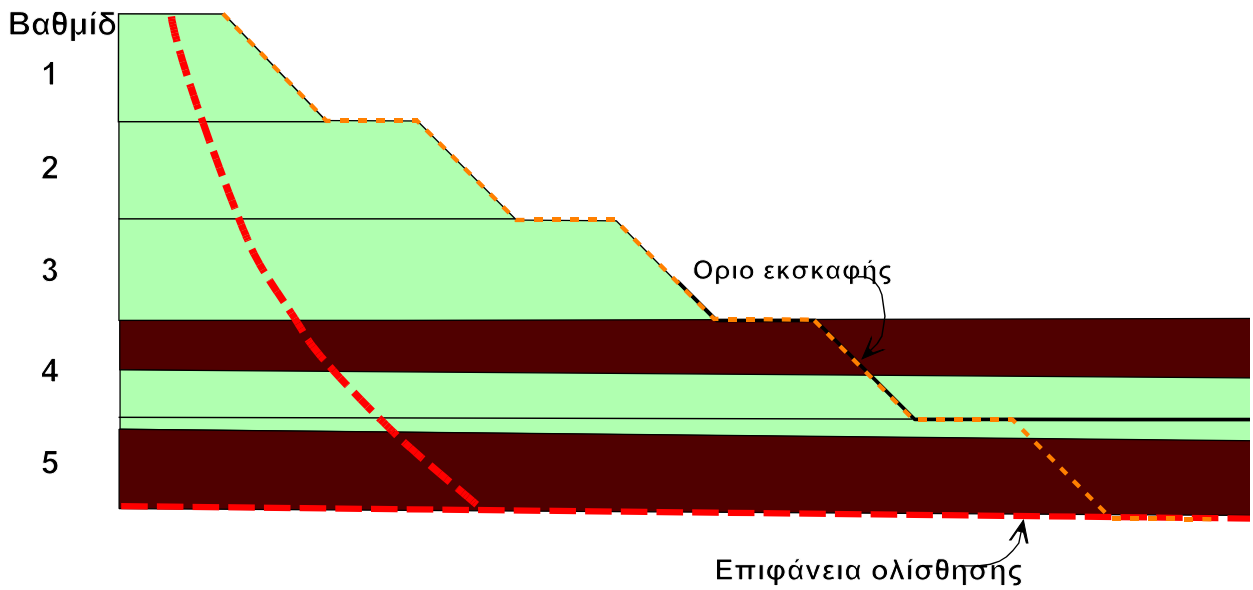


Η ταχύτητα μετακίνησης πρέπει να εκτιμάται σαν τάση ώστε να απαλείφονται οι παλινδρομήσεις και τα σφάλματα μέτρησης.

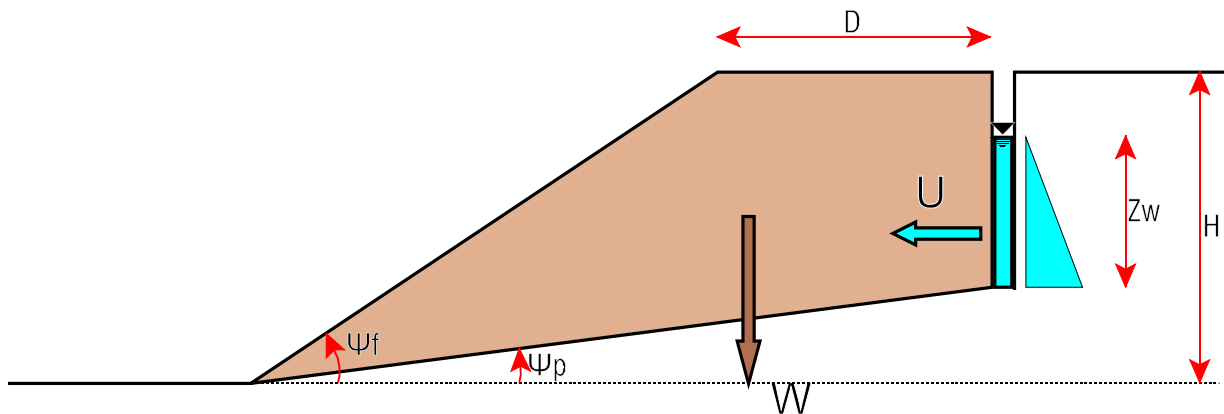
Θα πρέπει να τονισθεί ότι, από τα όρια που προαναφέρθηκαν, δύο είναι τα πλέον σημαντικά:

- α. **Τα 10 mm/ ημέρα**, που καθορίζει το χρονικό σημείο λήψευς πρόσθετων και επειγόντων μέτρων σταθεροποίησης και
- β. **Τα 20 mm/ ημέρα**, του οποίου η υπέρβαση με σταθερά αυξητική τάση σηματοδοτεί την επικείμενη κατάρρευση εντός χρονικού διαστήματος 6 - 12 ημερών από την ημέρα που η ταχύτητα πέρασε αυτό το όριο

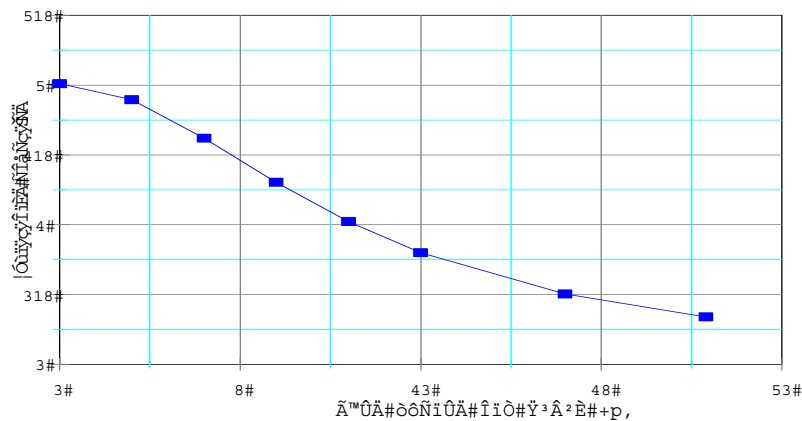
8. Τα αίτια της παλινδρόμησης μιάς αστάθειας



ΕΙΚΟΝΑ 11 Παλινδρομούσα αστάθεια λόγω εκβάθυνσης της εκσκαφής



ΕΙΚΟΝΑ 12 Επίδραση της στάθμης του νερού της ρωγμής σε μιά κατολίσθηση (η ρωγμή παρουσιάζεται κατακόρυφη για λόγους απλοποίησης)



ΕΙΚΟΝΑ 13 Μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας συναρτήσει του ύψους του ύδατος  $Z_w$  εντός της ρωγμής για κλίση της αργίλου  $\Psi_p = 4^\circ$  (βάθος ρωγμής 18m)

## 9. Διαφορές κινηματικής καταρρέοντος και παλινδρομούτος πρανούς

Η παλινδρόμηση και η κατάρρευση ακολουθούν τον ίδιο εκθετικό νόμο για χρονικό παράθυρο 15 - 20 ημερών:

$$V = a + be^{t/c}$$

Όπου V: Η ταχύτητα μετακίνησης σε in mm/ημέρα  
 a: Η ταχύτητα εκκίνησης ή κατάληξης  
 b: Παράμετρος χωρίς φυσική έννοια, εξαρτωμένη από την αρχή μέτρησης του χρόνου  
 c: Παράμετρος που συναρτάται με την επιτάχυνση  
 t: Χρόνος σε ημέρες

Τιμές παραμέτρων a και b καθώς και αριθμός αναλυθέντων περιπτώσεων

Παράμετρος	Αστοχία εξελισσόμενη προς κατάρρευση	Παλινδρομούσα αστάθεια	
		Φάση επιτάχυνσης	Φάση επιβράδυνσης
a	22 ± 3.0	4 ± 0.7	7 ± 4.7
c	2.44 ± 0.29	1.87 ± 0.80	-3.03 ± 1.66
Περιπτώσεις	5	4	5

- Η κατάρρευση εκκινεί από υψηλότερες ταχύτητες σε σχέση με την παλινδρομούσα αστάθεια σε φάση επιτάχυνσης.
- Η παλινδρόμηση στη φάση της επιτάχυνσης είναι ταχύτερη απ' ό,τι στη φάση της επιβράδυνσης.

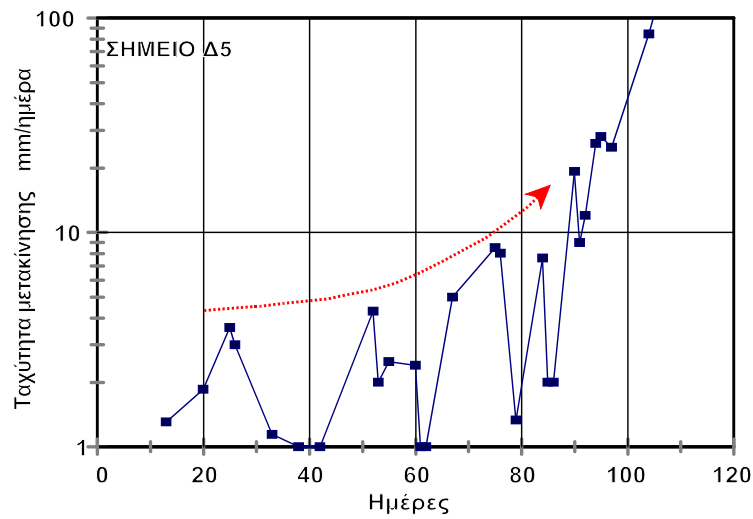
Όταν η παλινδρόμηση σχετίζεται :

- Με **την εξέλιξη της εκσκαφής**, τότε οι πιθανότητες κατάρρευσης είναι αυξημένες
- Με **κατείδυση επιφανειακών νερών στις ρωγμές**, τότε οι πιθανότητες κατάρρευσης είναι μειωμένες

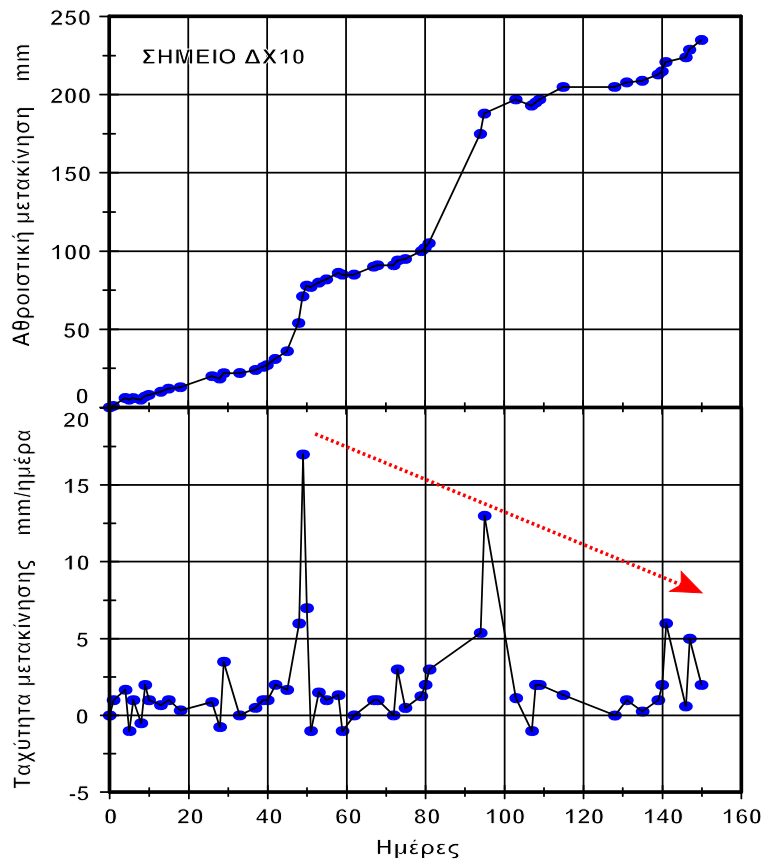
### Γενικά:

- Η παλινδρόμηση υποβαθμίζει την ευστάθεια του πρανού δημιουργώντας νέες ρωγμές.
- Στις ρωγμές κατειδύουν επιφανειακά νερά που επιτείνουν τις μετακινήσεις.
- Η παλινδρόμηση μπορεί να μετατραπεί σε εξελισσόμενη αστοχία λόγω πτώσης της διατμητικής αντοχής στην επιφάνεια ολίσθησης με την αύξηση της ταχύτητας μετακίνησης.
- Η εκμετάλλευση με παλινδρομούτα πρανή απαιτεί σχεδίαση και συστηματική παρακολούθηση.
- Εμπρός από πρανές που παλινδρομεί, οι κατώτεροι εκσκαφείς πρέπει να τερματίζουν με διαφορά 7 - 10 ημερών για να μην υπάρξει επαλληλία μετακινήσεων που μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτες καταστάσεις.

10. Η παλινδρόμηση της ταχύτητας μετακίνησης. Συστηματικές μετρήσεις

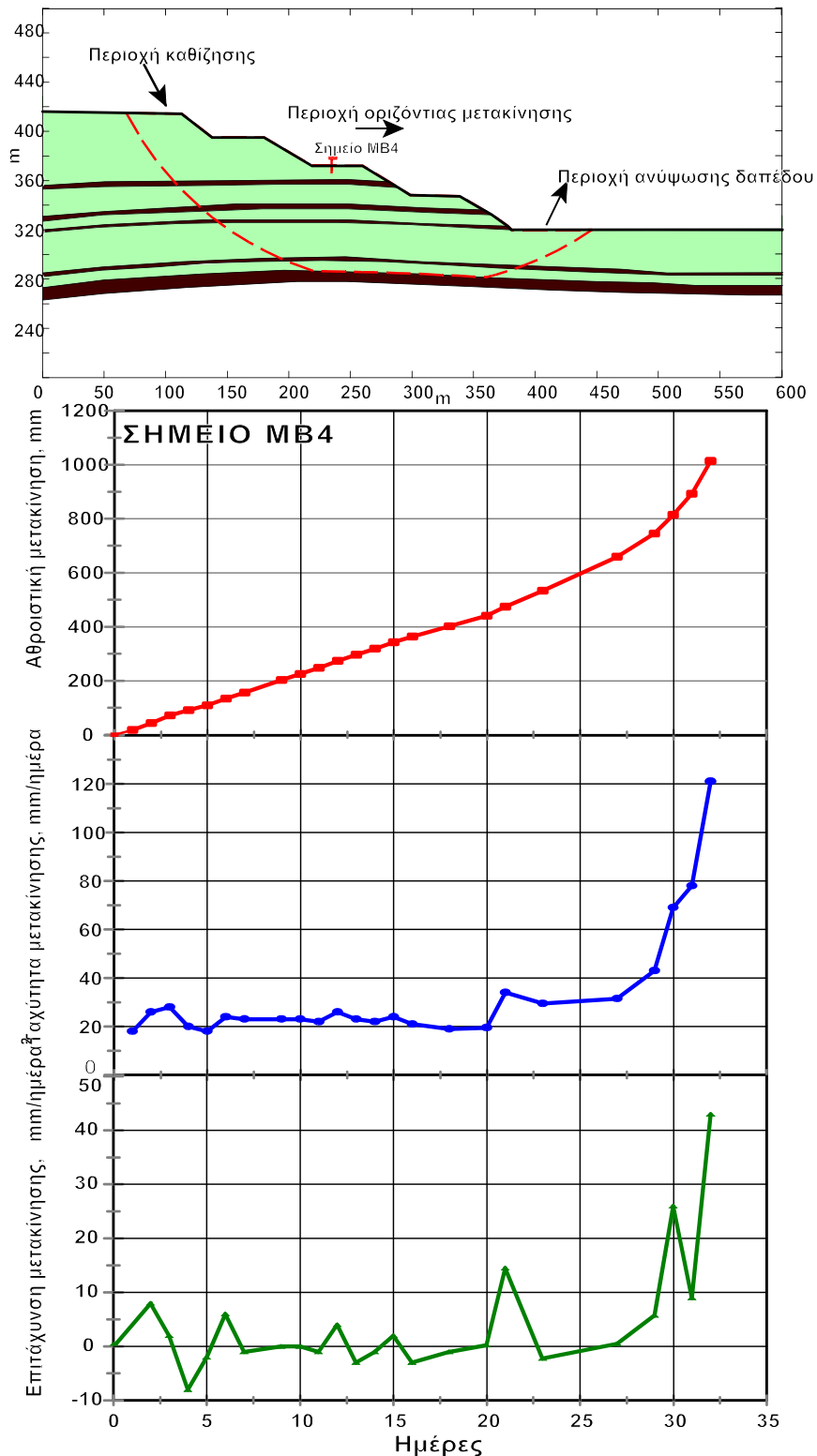


ΕΙΚΟΝΑ 14 Παλινδρόμηση προς κατάρρευση. Σταδιακή αύξηση των μεγίστων με την προώθηση της εκσκαφής. Δυτικό πρηνές Χωρεμιού.



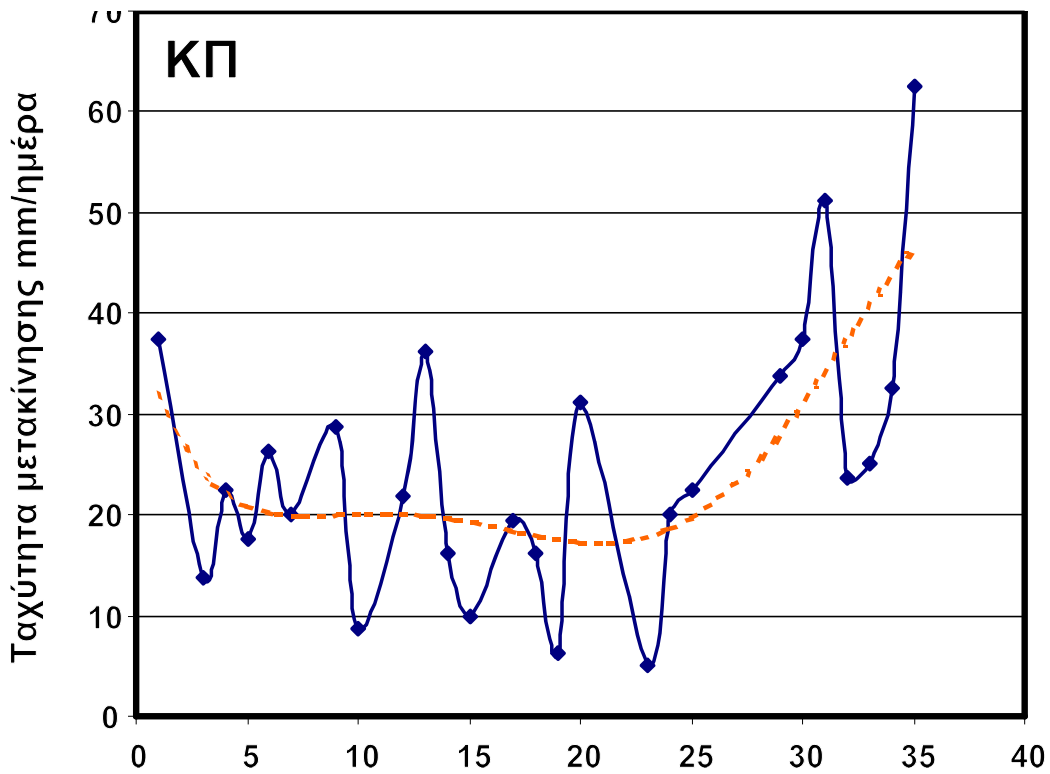
ΕΙΚΟΝΑ 15 Παλινδρόμηση προς οριστική σταθεροποίηση. Σταδιακή μείωση των μεγίστων με την προώθηση της εκσκαφής. Δυτικό πρηνές Χωρεμιού (2002)

**11. Η παλινδρόμηση της ταχύτητας μετακίνησης. Μετρήσεις με την εμφάνιση του προβλήματος**

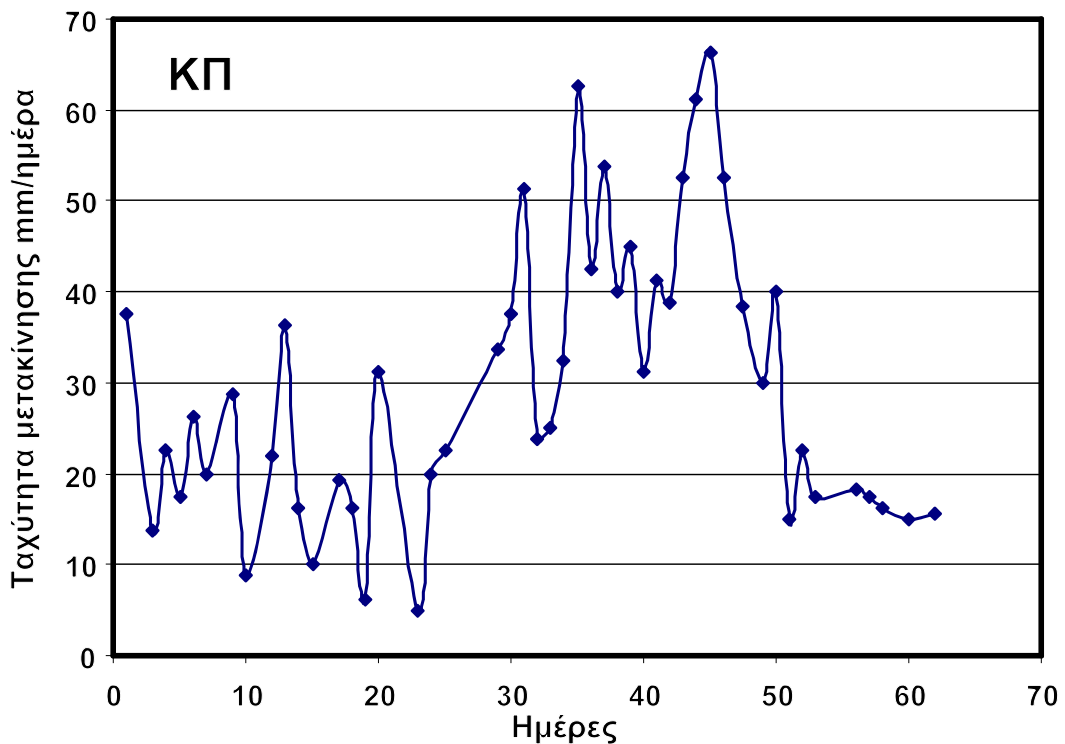


ΕΙΚΟΝΑ 16 Τυπικό διάγραμμα αθροιστικής μετακίνησης, ταχύτητας και επιτάχυνσης συναρτήσει του χρόνου για μία κατολίθηση μέχρι την παραμονή της κατάρρευσης. Μαραθούσα, 2001, Ανατολικό πριανές.

Η παλινδρόμηση της ταχύτητας μετακίνησης. Μετρήσεις με την εμφάνιση του προβλήματος. (Συνέχεια)



ΕΙΚΟΝΑ 17 Δυτικό πρανές Τομέα 6. Πρώτη μέτρηση 21/12/2002. Διακεκομμένη η γραμμή τάσης.



ΕΙΚΟΝΑ 18 Δυτικό πρανές Τομέα 6. Πρώτη μέτρηση 21/12/2002.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

1. Οι κατολισθήσεις στα ορυχεία είναι σύνθετης μορφής
  2. Το επίπεδο τμήμα της κατολίσθησης ακολουθεί ωρισμένο στρώμα
  3. Η κατολίσθηση ελέγχεται από τη διατμητική αντοχή που αναπτύσσεται στο επίπεδο τμήμα της
  4. Οι μετακινήσεις στο επίπεδο τμήμα αρχίζουν πολύ πριν από την εμφάνιση της ρωγμής
  5. Ο έλεγχος της ευστάθειας μπορεί να ενσωματωθεί τις εργασίες της εκμετάλλευσης.
- 

Η εκτίμηση της κατάστασης του πρανούς γίνεται βάσει της ταχύτητας μετακίνησης. Γιά τη διάκριση μεταξύ παλινδρομούσας αστάθειας και εξελισσόμενης αστοχίας είναι απαραίτητη

- Η ύπαρξη μακροχρόνιων και συστηματικών μετρήσεων των μικρομετακινήσεων των πρανών και
  - Η γνώση του μηχανισμού αστοχίας (Μελέτη + παρατηρήσεις από κλισιόμετρα)
- 

### Παλινδρόμηση:

- Η παλινδρόμηση υποβαθμίζει την ευστάθεια του πρανούς δημιουργώντας νέες ρωγμές.
  - Στις ρωγμές κατεισδύουν επιφανειακά νερά που επιτείνουν τις μετακινήσεις.
  - Η παλινδρόμηση μπορεί να μετατραπεί σε εξελισσόμενη αστοχία.
  - Η εκμετάλλευση με παλινδρομούντα πρανή απαιτεί σχεδίαση και συστηματική παρακολούθηση.
  - Εμπρός από πρανές που παλινδρομεί, οι κατώτεροι εκσκαφείς πρέπει να τερματίζουν με διαφορά περίπου 7 - 10 ημερών.
- 

Οι καταρρεύσεις στα τελικά πρανή των ορυχείων:

- Δεν συμβαίνουν ξαφνικά
  - Δεν συμβαίνουν χωρίς κάποια προειδοποίηση
- 

Γενικά οι κατολισθήσεις μπορούν να εντοπισθούν μήνες πριν από την εμφάνιση της πρώτης ρωγμής ώστε να υπάρχει καιρός γιά λήψη μέτρων σταθεροποίησης