



ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Χρήση ανεπεξέργαστης ιπτάμενης τέφρας,
από τους ΑΗΣ της περιοχής Πτολεμαΐδας,
στις τσιμεντενέσεις στεγανοποίησης του Ταμιευτήρα του
ΥΦΕ ΙΛΑΡΙΩΝΑ

2^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

Αξιοποίηση βιομηχανικών

παραπροϊόντων στη δόμηση

1-3 Ιουνίου 2009, ΑΙΑΝΗ ΚΟΖΑΝΗΣ

Κ. ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ - Δ/ΝΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΙΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ ΕΡΓΩΝ ΔΥΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Κ. ΚΑΡΑΠΑΝΤΕΛΑΚΗΣ - ΓΕΩΛΟΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΣ

Β. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΑΚΗ - ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ



ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το ΥΗΕ Ιλαρίωνα αποτελεί αναπτυξιακό έργο πολλαπλού σκοπού:

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 330 GWH το χρόνο
- Ύδρευση της πόλης της Θεσσαλονίκης από τον ποταμό Αλιάκμονα
- Αναρύθμιση των κατόντη ΥΗΕ
- Σταθεροποίηση της στάθμης του Ταμιευτήρα του Πολυφύτου
- Περιβαλλοντική αναβάθμιση του Δέλτα του του ποταμού Αλιάκμονα
- Άρδευση της περιοχής της βόρειας ζώνης της λίμνης Πολυφύτου
- Δημιουργία θέσεων εργασίας

ΧΑΡΤΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Επιφάνεια 21.9 Km²

Μήκος 25 Km

Πλάτος 0.3 - 1 Km

Ωφέλιμος όγκος 412 εκ. m³

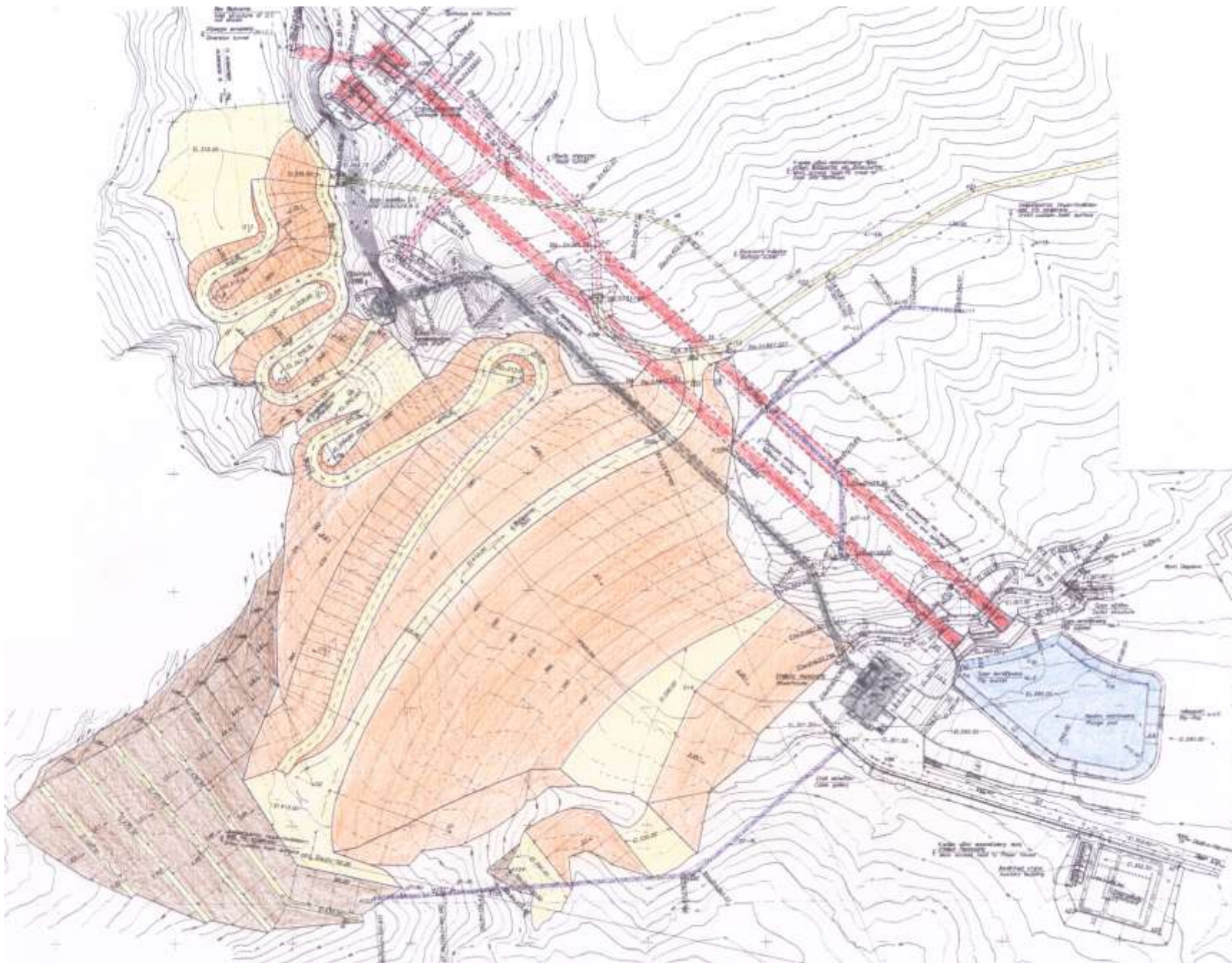
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας +403.00

Ανώτατη στάθμη πλημμύρας +403.50

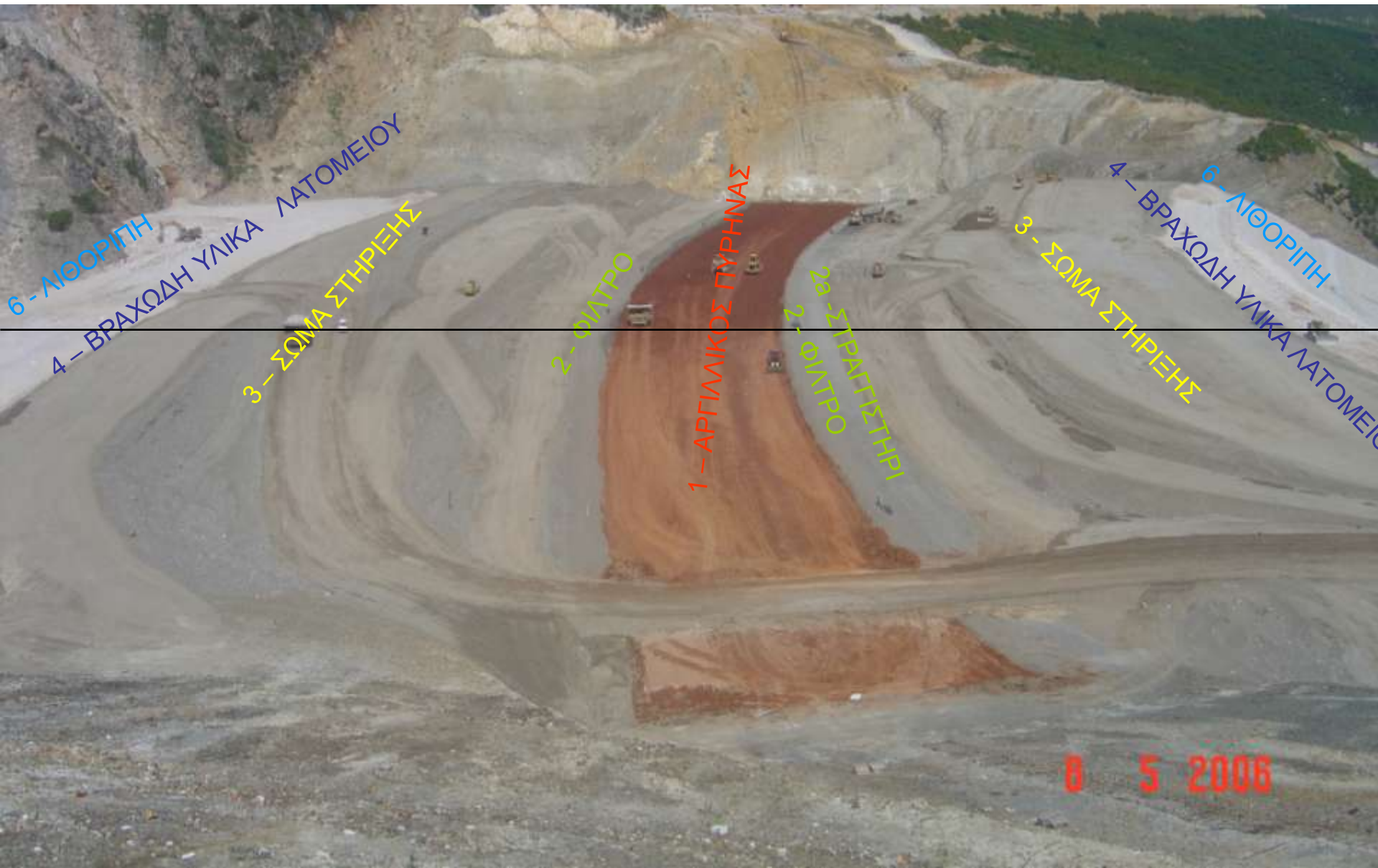


Κλίμακα 1:50000

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΟΥ



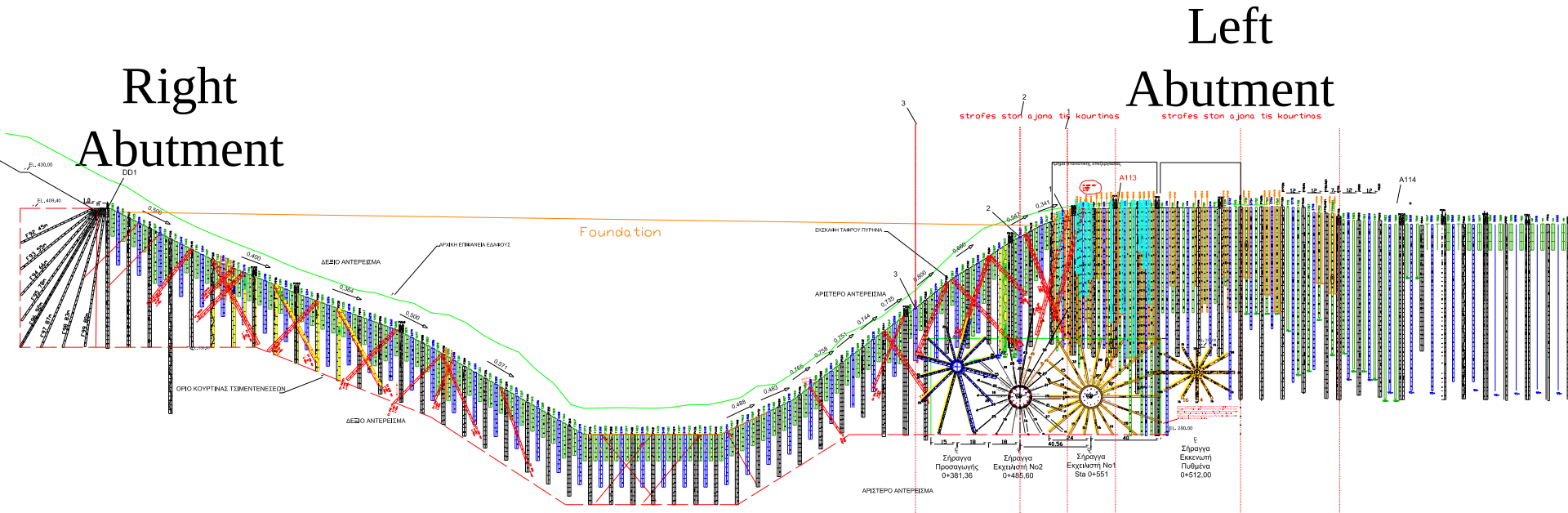
ΑΠΟΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ κατά την κατασκευή





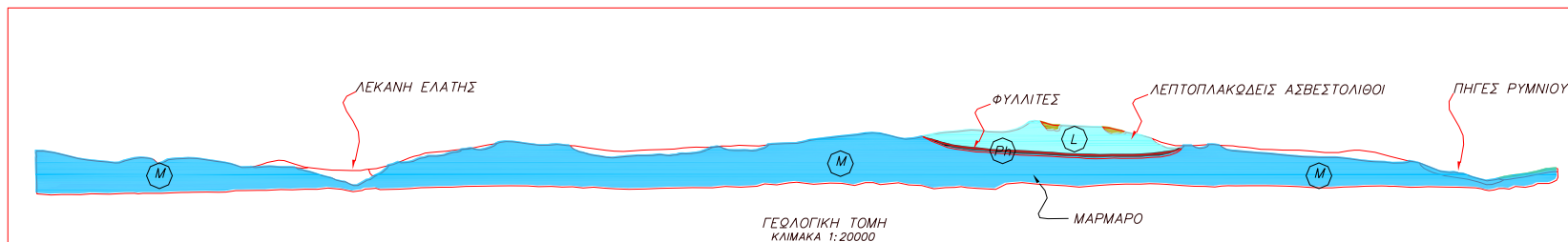
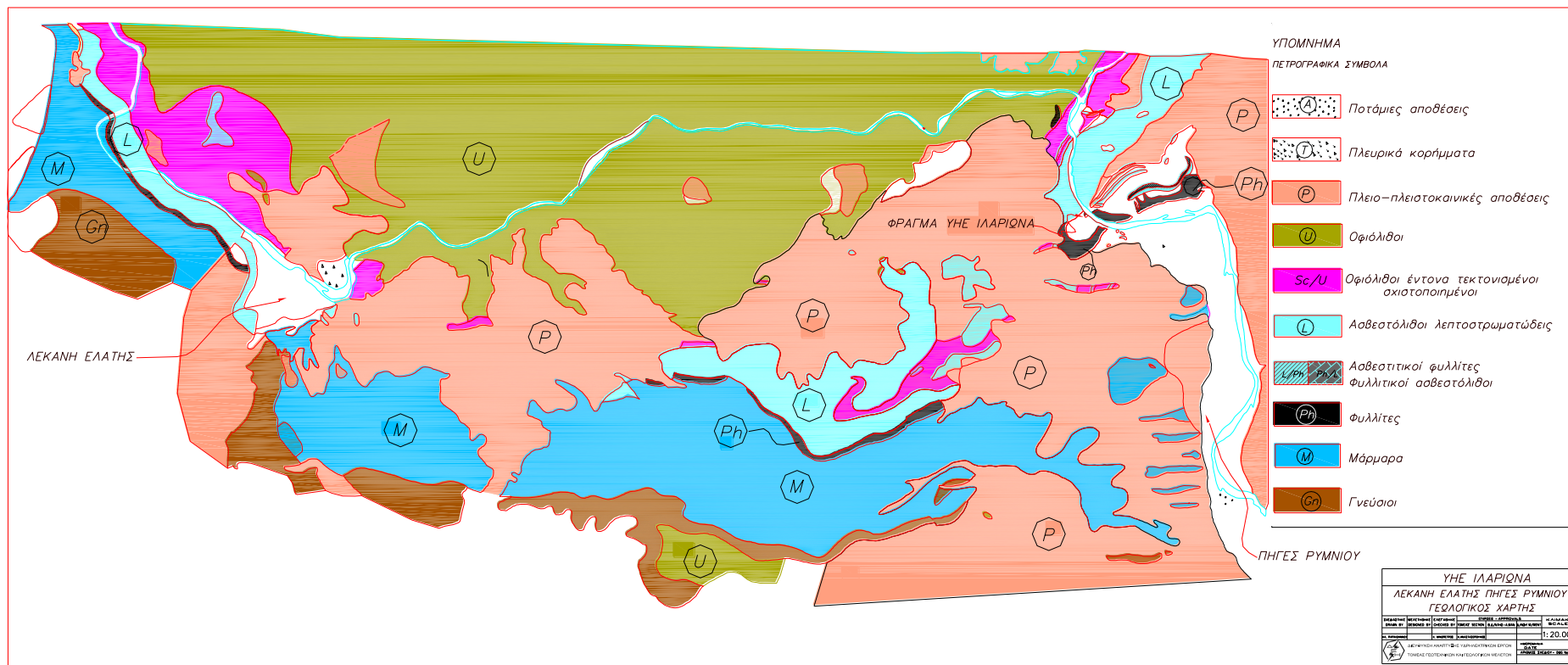
ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ

ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ



Θεμελίωση στο υψόμετρο +280

ΕΠΟΠΤΙΚΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ











28 3 2006

ΕΡΓΟ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΕΛΑΤΗΣ

ΜΑΡΜΑΡΑ

ΦΥΛΛΙΤΕΣ

ΓΝΕΥΣΙΟΙ

ΑΝΩ ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΝΕΣΕΩΝ

ΚΑΤΩ ΣΗΡΑΓΓΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΝΕΣΕΩΝ

Μηκοτομή σηράγγων Τσιμεντενέσεων Ελάτης

υψόμετρο δαπέδου ανω σηράγγου	32.44	0.5 %	30.89
υψόμετρο δαπέδου κάτω σηράγγου			
υψόμετρο οδού			
αποστάσεις μεταξύ κρημών			
κλίση ανω σηράγγου τσιμεντενέσεων		0.5 %	
κλίση κάτω σηράγγου τσιμεντενέσεων		0.5 %	

Οριο Πέτρους Κουρκίνης στο ΕΙ +250.00
Οριο Πριετνευσίων Οπών στο ΕΙ+200.00

231.28

14



ΜΕΤΩΠΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΤΩ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΛΑΤΗΣ



ΜΙΓΜΑΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ

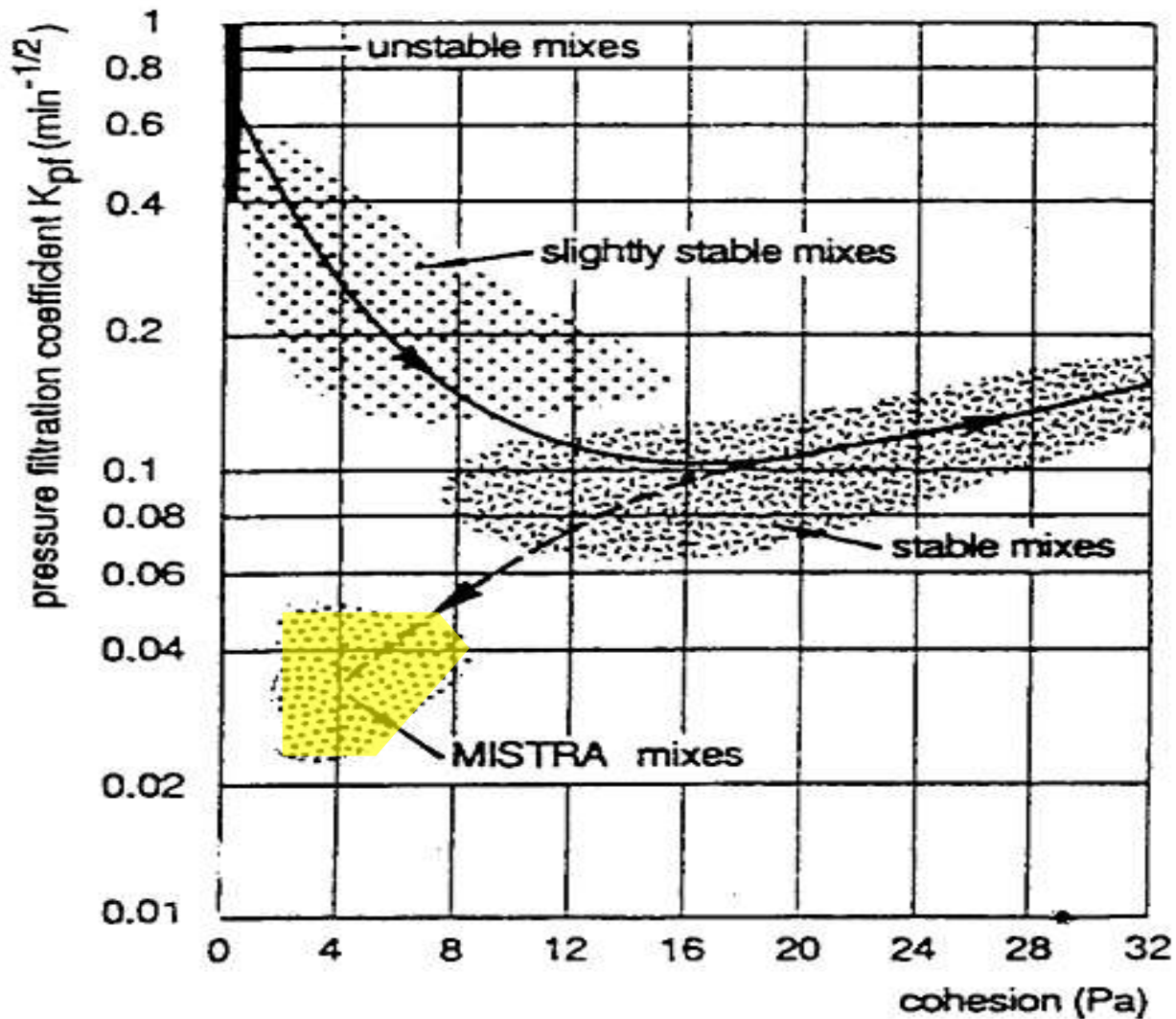
- Λεπτόρρευστα (HMG)
 - Μίγμα Α
 - Μίγμα Β
 - Μίγμα Γ
 - Μίγμα Δ
- Παχύρρευστα (LMG).

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ

Τα μίγματα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις τσιμεντενέσεις πρέπει να είναι σταθερά, και συγκεκριμένα :

- Η καθίζηση (bleed) όλων των μιγμάτων πρέπει να είναι $\leq 5\%$
- Ο συντελεστής πιεζοδιήθησης (pressure filtration coefficient), πρέπει να είναι $\leq 0.040 \text{ min}^{-1/2}$.
- Η συνοχή (cohesion) του μίγματος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,5 Pa και 9 Pa.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΙΕЗОΔΙΗΘΗΣΗΣ - ΣΥΝΟΧΗΣ



ΛΟΙΠΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΛΕΠΤΟΡΡΕΥΣΤΑ (HMG)

- Ο χρόνος καθίζησης (setting time) πρέπει να είναι περίπου 6 ώρες με απόκλιση ± 1 ώρα.
- Τα μίγματα τσιμεντενέσεων πρέπει να είναι αντλήσιμα, χωρίς να φράζεται το επιλεγμένο σύστημα άντλησης.
- Το σκληρυνόμενο μίγμα πρέπει να έχει ελάχιστη αντοχή τουλάχιστον 5 (πέντε) Μπα στις 90 ημέρες και αποδεδειγμένη αντοχή στο χρόνο.
- Ο χρόνος ρευστότητας με τον κώνο Marsh (διευκρινίζεται ότι η οπή (orifice) του χρησιμοποιούμενου Κώνου Marsh για την εν λόγω δοκιμή θα είναι 4,75 mm
 - Μίγμα Α : 35 ÷ 40 sec
 - Μίγμα Β : 50 ÷ 60 sec
 - Μίγμα Γ : μεγαλύτερη των 80 sec
 - Μίγμα Δ : όπως ακριβώς το μίγμα Γ, με προσθήκη άμμου σε αναλογία κατά βάρος 1:1 [(υδραυλικές κονίες : άμμο)]

ΛΟΙΠΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΧΥΡΡΕΥΣΤΑ (LMG)

- Η κάθιση (slump) για τα παχύρρευστα μίγματα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 75 και 150 mm.

ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Στα μίγματα

- το φαινόμενο βάρος
- η καθίζηση (bleed)
- ο συντελεστής πιεζοδιήθησης (pressofiltration)
- το ιξώδες
- η συνοχή (μετρώμενη με το δίσκο Lombardi)
- η κάθιση (slump) στα παχύρρευστα μίγματα
- η έναρξη και ο τερματισμός πήξης
- το πορώδες των δοκιμίων μετά την πήξη
- η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη δοκιμίων στις 1, 2, 7, 28, 90 και 180 ημέρες (τουλάχιστον 6 δοκίμια ανά δοκιμή)

Αναλογία Νερού/Στερεών	Μπετονίτης % στο βάρος των στερεών	Ιπτάμενη Τέφρα % στο βαρος του τσιμέντου	Αντλησι μότητα	Ρευστοποιητής Rheobuilt	Ιξώδες χρόνος διέλευσης στο κώνο Marsch (sec)	Συνοχή στο δίσκο Lombardi	Συντελεστής Πιεζοδιήθησης Kpf	Καθίζηση Bleed
1	3%				40 (mix A)	7,35 (o.k)	0,35 (x)	< 1% (o.k)
0.8	2%			1.30%	35,67 (mix A)	2,75 (o.k)	0,15 (x)	11% (x)
0.8	1%			2%	35 (mix A)	1,95 (o.k)	0,15 (x)	
0.7	2%			2%	40 (mix A)	3,43 (o.k)	0,12(x)	
1	4% (Milos)			1%	35,90 (mix A)	3,90 (o.k)	0,18(x)	5%
0.8	4% (Milos)			1.5%	40 (mix A)	3,9 (o.k)	0,13 (x)	9.4%
0.8	1% (zenith)			1.5%	36,79 (mix A)	3,8 (o.k)	0,13 (x)	1%
1	1% (zenith)			0.5%	35,00 (mix A)	3,7 (o.k)	0,25 (x)	3.5%
0.82	1% (zenith)			0.8%	38,00 (mix A)	4,9 (o.k)	0,19 (x)	3.75%
0.75	3%			1.5%	41,78 (x)	2,75 (o.k)	x	7% (x)
0.7	1%	30%			41,86 (x)	10,35 (x)	0,34 (x)	>> 5% (x)
0.7	1%				46 (x)	11,95 (x)	0,27 (x)	>> 5% (x)
1	3%			1.5%	46,23(x)	5,6 (o.k)	0,10 (x)	1.50%
0.8	2%			1.30%	47,70 (x)	7,75 (o.k)	0,13 (x)	1%
1	2%(zenith)	30%		1.00%	46 (x)	4,85 (o.k)	0,22 (x)	3.75%
0.9	2%				50 (mix B)	8,5 (o.k)	0,25 (x)	>> 5% (x)
0.9	2%	30%			50 (mix B)	11,95 (x)	0,34(x)	>> 5% (x)
0.6	2%			0.75%	58,10 (mix B)	4,8 (o.k)	0,17 (x)	6% (x)
0.6	2%			1%	53 (mix B)			6% (x)
0.6	2%		6%		53 (mix B)	8,6 (o.k)	0,12 (x)	o.k
0.54	2%		3%		60 (mix B)	7,61 (o.k)	0,1 (x)	<1% (o.k)
0.5	2%			2%	50,13 (mix B)			
0.8	4% (zenith)			2%	56,43 (mix B)	4,55 (o.k)	0,08 (x)	4%
0.7	no	20%						very big
0.8	3% (zenith)			1.35%	58 (mix B)	7,55 (o.k)	0,1 (x)	1%
1	3% (zenith)			0.50%	57 (mix B)	8,5 (o.k)	0,18 (x)	1.88%
0.8	2% (zenith)	30%		1.20%	52 (mix B)	5,05 (o.k)	0,17 (x)	1.50%
0.7	2%				>>80 (mix C)	17,5 (x)	0,22 (x)	>> 5% (x)
0.61	no	20%			>>80 (mix C)			
0.58	1%				>>80 (mix C)	19,95 (x)	0,28 (x)	>> 5% (x)
0.55	2%		3%		79 (mix C)			
0.565	3%		3%		>>>>80 (mix C)	23,28 (x)	0.05	
0.565	3%		3%				0.09	
0.4	no			1%	>>80 (mix C)	15,8 (x)	0,24 (x)	>> 5% (x)
0.35	no		6%		>>>>80 (mix C)			
0.4	no		6%		>>80 (mix C)	9,4 (o.k)	0,05 (o.k)	< 1%

Συνθέσεις ενεμάτων που προτείνει η εργαστηριακή διερεύνηση

Κατηγορία ενεμάτων HMG

Μίγμα Α								Μίγμα Γ							
α/α	Νερό / Στερεά	Τέφρα	Μπεν/τη ζ	Rheobuilt	Marsh funnel	Bleed %	Συνοχή	α/α	Νερό / Στερεά	Τέφρα	Μπεν/τη ζ	Rheobuilt t	Marsh funnel	Bleed	Συνοχή
A1	1,00	20%	1,5%	1%	37	5	5	Γ1	0,70	25%	3%	0,9%	89	0,40	11,3
A 2	1,00	-	1%	0,5%	35	3,5	3,7	Γ 2	0,60	-	2%	1,2%	>80	1,20	13,2

Μίγμα Β								Μίγμα Δ							
α/α	Νερό / Στερεά	Τέφρα	Μπεν/τη ζ	Rheobuilt	Marsh funnel	Bleed %	Συνοχή	α/α	Νερό / Στερεά	Τέφρα	Μπεν/τη ζ	Rheobuilt t	Marsh funnel	Bleed	Συνοχή
B1	0,80	30%	2%	1,2%	52	1,5	5	A1	1,00	20%	1%				
B 2	0,80	--	2%	0,5%	53	2,5	7,8	A 2	1,00	-					

Κατηγορία ενεμάτων L MG

α/α	Νερό lit	Τσιμεντο Kg	Άμμος Kg	Rheobuilt %	Κάθιση cm	Εξάπλωση
LMG 1	330	550	1330	-	25	-
LMG 2	330	550	1330	0,3	-	56

ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΕΝΕΜΑΤΩΝ (HMG)

Τύπος Ενέματος	Αναλογία Υγρών/Στερεά	Μπετονίτης	Αναλογία Τσιμέντου/Τέφρας		Αναλογία Άμμου/Στερεών
A1	1:1	0.8%	100	0	0
B1	1:1	1%	70	30	0
Γ1	0,9:1	1%	70	30	0
Γ2	0,8:1	1%	70	30	0
Γ3	0,7:1	1.5%	70	30	0

Τύπος Ενέματος	Νερό (Kg)	Τσιμέντο (Kg)	Τέφρα (Kg)	Άμμος (kg) <5mm
Δ	1	1,5	0	4,5

ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΕΝΕΜΑΤΩΝ (LMG)

Μίγμα	Αναλογία Υγρών/Στερεά	Νερό (Kg)	Τσιμέντο (Kg)	Τέφρα (Kg)	Άμμος (kg) <5mm
LMG	0.6	330	275	275	1330

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η πρόσμιξη τέφρας στα ενέματα επηρεάζει σημαντικά τις ρεολογικές τους ιδιότητες
- Μεταβάλλοντας το ποσοστό της τέφρας και την πυκνότητα της σύνθεσης (λόγος νερού / υδραυλικές κονίες) μπορεί να δημιουργηθεί μια ευρεία γκάμα συνθέσεων με διαφορετικές ιδιότητες
- Για πρόσμιξη τέφρας σε ποσοστό 30% στο βάρος τσιμέντου, η πυκνότερη εργάσιμη σύνθεση, για το συγκρότημα παραγωγής διακίνησης και εισπίεσης ενέματος, είναι αυτή με λόγο Νερού / Υδραυλικές κονίες 0,7:1
- Για την ίδια σύνθεση τα ενέματα που περιέχουν τέφρα, παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση των ιδιοτήτων τους. Ανάλογα επομένως με τις απαιτήσεις της τσιμεντένεσης και του εισπιεζόμενου μέσου, απαιτείται συνεχής έλεγχος των ενεμάτων κατά την κατασκευή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η συρρίκνωση του όγκου ενεμάτων με πρόσμιξη τέφρας, κατά την πήξη, είναι μικρότερη από αυτή των αντιστοίχων ενεμάτων σκέτου τσιμέντου. Αυτά τα ενέματα επομένως είναι καταλληλότερα για τσιμεντενέσεις πλήρωση (π.χ. τσιμεντενέσεις επαφής στις σήραγγες)
- Εκτός από την οικονομική παράμετρο, τα ενέματα με πρόσμιξη τέφρας είναι σημαντικά επειδή προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες ελέγχου της ακτίνας δράσης της τσιμεντένεσης.
- Η εφαρμογή ενεμάτων με τέφρα στο ΥΗΕ Ιλαρίωνα βρίσκεται σε αρχικό στάδιο. Όταν ολοκληρωθούν οι τσιμεντενέσεις στα μάρμαρα της περιοχής της Ελάτης θα έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία για τη χρήση τέφρας σε τσιμεντενέσεις καρστικών μέσων.