

Υδραυλική ανοικτών αγωγών

Θέμα, υδραυλικό άλμα και μεταβατικά τμήματα

Δρ Μ. Σπηλιώτη

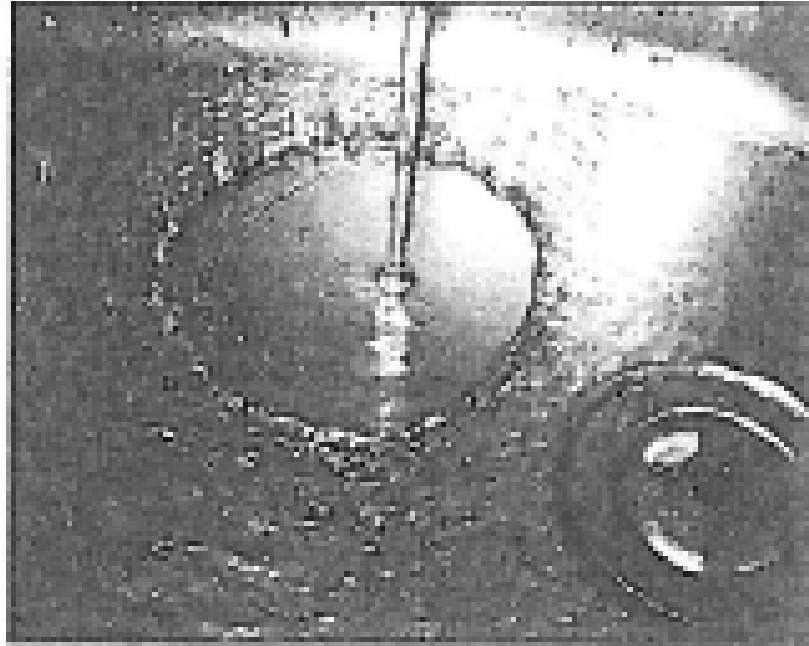
Λέκτορα

Κείμενα από Μπέλλος, 2008 και από τις
σημειώσεις Χρυσάνθου, 2014

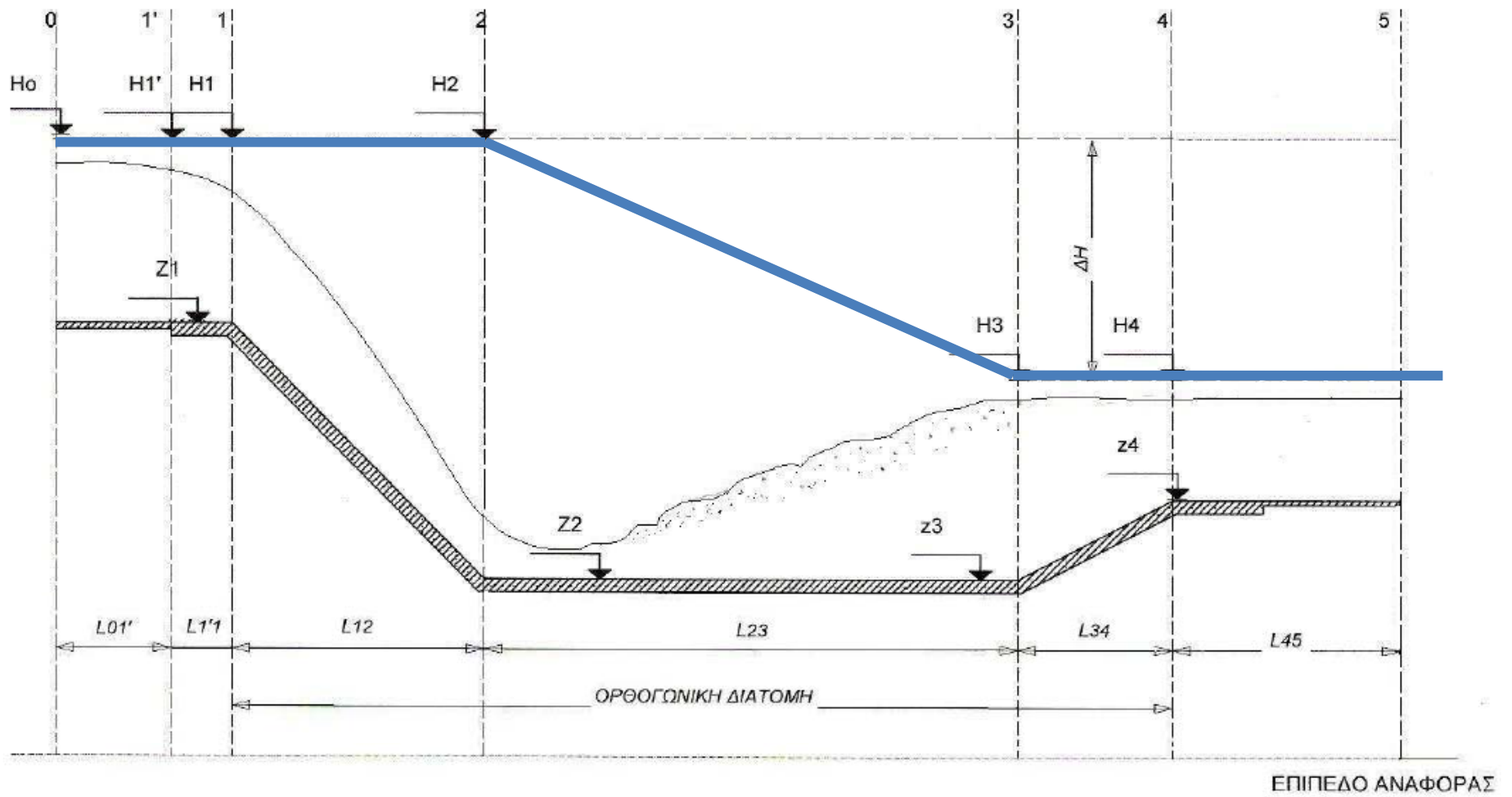
Υδραυλικό άλμα μεταξύ ΓΔ
(ορθογωνική διατομή)

Υδραυλικό άλμα

- Ορθογωνική διατομή
- Καταστροφή ενέργειας και συνακόλουθη λεκάνη καταστροφής
- Άλμα : **από υπερκρίσιμη ροή (μεγάλη κλίση) σε υποκρίσιμη**
- Μεθοδολογικά πρώτα υδραυλική επίλυση και μετά ακριβής προσδιορισμός υψομέτρων εδάφους (προσοχή όμως στις παραδοχές)



Υδραυλικό άλμα!



θέμα

Υπολογισμός υδραυλικού άλματος (Σχήμα Π1.4)

- Το υδραυλικό άλμα λαμβάνει χώρα σε ορθογωνική διατομή
Από διατομή 1 μέχρι διατομή 4: ορθογωνική κατασκευή.
- Από διατομή 0 έως διατομή 1 } μεταβατικά τμήματα με αναλογία
" " 4 " " 5 } προσαρμογής 1:5 (για τη μετάβαση
από την τραπεζοειδή διατομή της
διώρυχας στην ορθογωνική διατομή
του αναβαθμού),

Υπολογισμός του πλάτους της λεκάνης ηρεμίας (b)

- Εμπειρικός τύπος: $b = \frac{1}{5} Q = \frac{1}{5} \times 30.5 = 6.1 \text{ m}$
- Προτείνεται αυξημένο πλάτος $b = 7 \text{ m}$
- Παροχή ανά μονάδα πλάτους: $q = \frac{Q}{b} = \frac{30.5}{7} = 4.36 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}}$

θέμα

Πριν το υδραυλικό άλμα

Προσέγγιση: Στο σημείο (O) βάθος ομοιόμορφης ροής η ενέργεια κατά προσέγγιση θεωρείται σταθερή μέχρι το υδραυλικό άλμα

Υπολογισμός στοιχείων του υδραυλικού άλματος

- Ύψος ολικής ενέργειας στη θέση O:

$$H_0 = z_0 + y_n + \frac{V_{AB}^2}{2g} = (20.40 - 1.40) + 1.75 + \frac{3.17^2}{2 \cdot 9.81} = 21.26 \text{ m}$$

20.40 m : υψόμετρο φυσικού εδάφους

1.40 m : βάθος εκκαφής

Αν θέλεις
πρόσθεσε
+δ

Βάθος
ομοιόμορφης
ροής

Θέμα

Μετά το υδραυλικό άλμα

Προσέγγιση: Σημείο (4) ομοιόμορφη ροή με ενέργεια ίση με την ενέργεια αμέσως μετά το άλμα.

- Ύψος ολικής ενέργειας στη θέση 4:

$$H_4 = z_4 + y_n + \frac{v_{ΓΔ}^2}{2g} = (17.50 - 1.79) + 2.31 + \frac{1.89^2}{2 \times 9.81} = 18.20 \text{ m}$$

- Παραδοχή: $H_0 \approx H_1 \approx H_2$ και $H_3 \approx H_4$

- Ύψος απωλειών ενέργειας μεταξύ των διατομών 2 και 3:

$$\Delta H = 21.26 - 18.20 = 3.06 \text{ m}$$

Αν θέλεις
πρόσθεσε
+δ

Βάθος
ομοιόμορφης
ροής ΓΔ

Θέμα

Κρίσιμη ροή σε ορθογωνική διατομή + επίλυση

- Βάθος νερού στη διατομή 1 (κρίσιμο βάθος)

$$y_1 = y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{4.36^2}{9.81}} = 1.25 \text{ m}$$

- Βάθη ροής ανάντη και κατάντη του υδραυλικού άλματος (y_2, y_3)

- Χρήση Πίνακα Π3.2

$$- \quad n = \frac{\Delta H}{y_c} = \frac{3.06}{1.25} = 2.45$$

$$- \quad \frac{y_2}{y_c} = 0.333 \Rightarrow y_2 = 0.333 \times 1.25 = 0.42 \text{ m}$$

$$- \quad \frac{y_3}{y_2} = 6.87 \Rightarrow y_3 = 6.87 \times 0.42 = 2.88 \text{ m}$$

Πεπλεγμένη σχέση

$$\text{προσεγγιση: } \frac{3}{2} \frac{y_2}{y_{cr}} + \frac{1}{2} \left(\frac{y_2}{y_{cr}} \right)^{-2} - \sqrt{2} \left(\frac{y_2}{y_{cr}} \right)^{-0.5} - \frac{2}{\left(\frac{y_2}{y_{cr}} \right)^2 \left(\sqrt{8 \cdot \left(\frac{y_2}{y_{cr}} \right)^{-3} - 1} \right)^2} = \frac{h_L}{y_{cr}}$$

- Για τα συζυγή βάθη ροής y_2, y_3 ισχύει:

$$y_3 = \frac{y_2}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 Fr_2^2} \right)$$

Τελευταίος κρίσιμος υδραυλικός υπολογισμός για υδραυλικό άλμα

$$H_3 = H_4$$

- Υπολογισμός υψομέτρου του πυθμένα της λεκάνης ηρεμίας (z_2, z_3)

$$H_3 = z_3 + y_3 + \frac{v_3^2}{2g} \Rightarrow z_3 = H_3 - y_3 - \frac{v_3^2}{2g}$$

$$H_3 = 18.20 \text{ m} \quad y_3 = 2.88 \text{ m} \quad \frac{v_3^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g b^2 y_3^2} = \frac{30.5^2}{2 \times 9.81 \times 7.0^2 \times 2.88^2} = 0.12 \text{ m}$$

$$z_3 = 18.20 - 2.88 - 0.12 = 15.2 \text{ m} \quad z_2 = z_3 = 15.2 \text{ m}$$

Υδραυλικό άλμα, ορθογωνική διατομή επίπεδος πυθμένας

- Υπερκρίσιμη σε Υποκρίσιμη
- Καταστροφή ενέργειας
- Διατήρηση της μάζας
- Θεώρημα ορμής: διατήρηση της ειδικής δύναμης

Διατήρηση
Ειδικής δύναμης
αλλά όχι ειδικής
ενέργειας

Υδραυλικό άλμα

- Για ορθογωνική διατομή:

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2} \quad M = \frac{q^2}{gy} + \frac{y^2}{2}$$

E: ειδική ενέργεια [m]

M: ειδική δύναμη ανά μονάδα πλάτους [m²]

- Για τα συζυγή βάθη ροής y_2, y_3 ισχύει:

$$y_3 = \frac{y_2}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2})$$

Μήκος λεκάνης ηρεμίας

Υπολογισμός μήκους του αναβαθμού

- Εμπειρικός τύπος για το μήκος του υδραυλικού άλματος:

$$L_j \approx 6.0 y_3 = 6.0 \times 2.88 = 17.28 \text{ m}$$

- Για λόγους ασφαλείας $L_{23} \approx 1.1 L_j = 1.1 \times 17.28 = 19.01 \text{ m}$

L_{23} : μήκος λεκάνης ηρεμίας

Θεωρητικά κρίσιμο και πραγματικό κρίσιμο

Υπολογισμός άλλων χαρακτηριστικών μηκών

- Μήκος L_{12} από σπλισμένο σκυρόδεμα, καθώς το κρίσιμο βάθος δεν εμφανίζεται στη θέση 1, αλλά λίγο πιο ανάντη

$$L_{12} = \frac{1}{10} L_{23} = \frac{1}{10} \times 19.01 \approx 1.90 \text{ m} \quad (\text{εμπειρικός τύπος})$$

Κεκλιμένο τμήμα

$$\Delta z_{1-2} = z_1 - z_2 = (20.40 - 1.40) - 15.2 = 3.8 \text{ m}$$

Κλίση τμήματος 1-2: 1:1.5 (δεδομένο)

$$L_{12} = 1.5 \times \Delta z_{1-2} = 1.5 \times 3.8 = 5.7 \text{ m}$$

20.40 m : υψόμετρο φυσικού εδάφους

1.40 m : βάθος εκκαφής

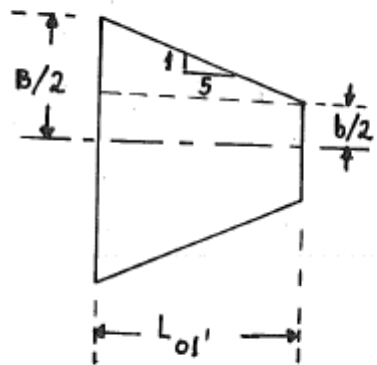
Κεκλιμένο τμήμα 3-4

$$\Delta z_{3-4} = z_4 - z_3 = (17.50 - 1.79) - 15.2 = 0.51 \text{ m}$$

Κλίση τμήματος 3-4: 1:6 (δεδομένο)

$$L_{3-4} = 6.0 \times \Delta z_{3-4} = 6.0 \times 0.51 = 3.06 \text{ m}$$

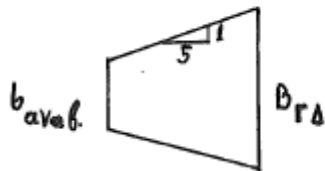
Συναρμογές (αλλαγή διατομής, περίπου στο ίδιο επίπεδο)



αναλογία προσαρμογής 1:5

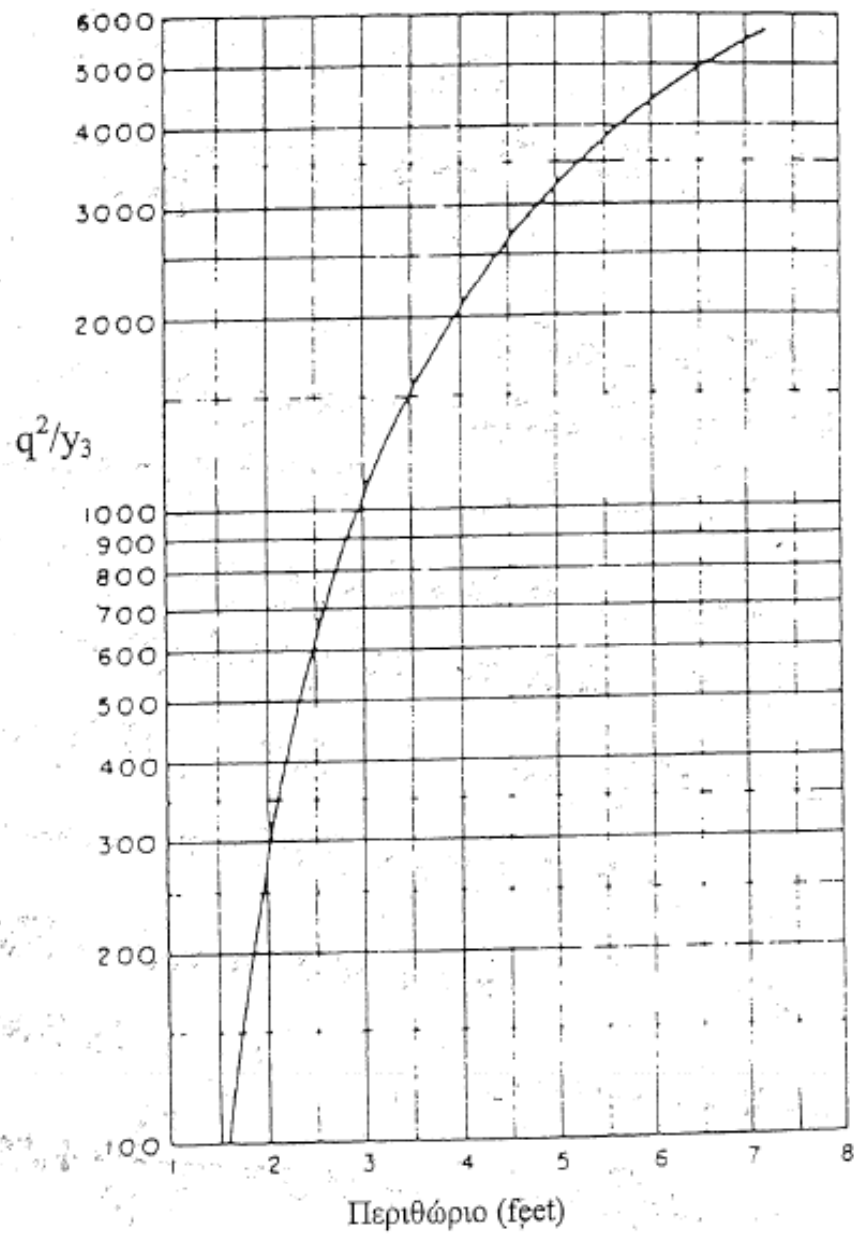
$$\frac{L_{ol'}}{5} = \frac{\frac{B-b}{2}}{1} \Rightarrow L_{ol'} = 2.5(B-b)$$

$$L_{ol'} = 2.5(B_{AB} - b_{αναβ.}) = 2.5(10.76 - 7.0) = 9.4 \text{ m}$$



$$L_{45} = 2.5(B_{\Gamma\Delta} - b_{αναβ.}) = 2.5(13.93 - 7.0) = 17.33 \text{ m}$$

Διαφαίνεται άλλη μία απλούστευση που κάναμε εφόσον αρχικά αγνοήσαμε την μετάβαση (4-5)



Σχήμα Π3.1 Διάγραμμα υπολογισμού του περιθωρίου Λεκάνης καταστροφής ενέργειας

Ελεύθερο περιθώριο για άλμα

Υπολογισμός ελεύθερου περιθωρίου της λεκάνης πρεμίας

(freeboard in stilling pool)

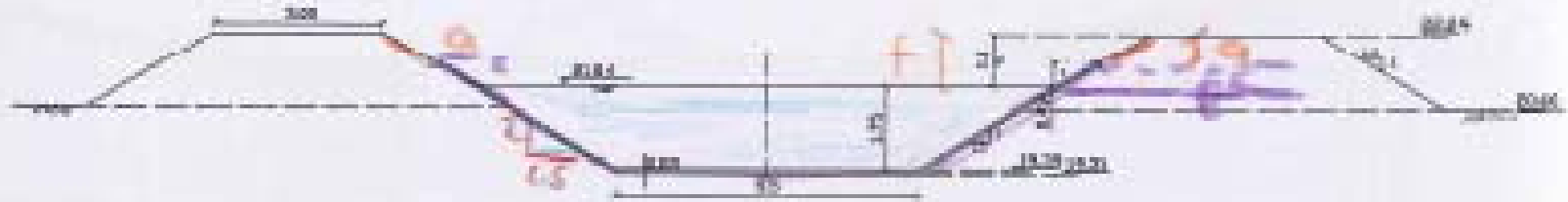
- Διάγραμμα Π3.1, $1\text{ m} = 3.28\text{ ft} \Rightarrow 1\text{ m}^3 = 3.28^3\text{ ft}^3 = 35.3\text{ ft}^3$

$$\frac{q^2}{y_3} = \frac{4.36^2}{2.88} \frac{(3.28^2)^2}{3.28} = 232.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{sec}^2}$$

- Από το διάγραμμα Π3.1 \Rightarrow περιθώριο ασφαλείας $f = 1.8\text{ ft} = 0.55\text{ m}$

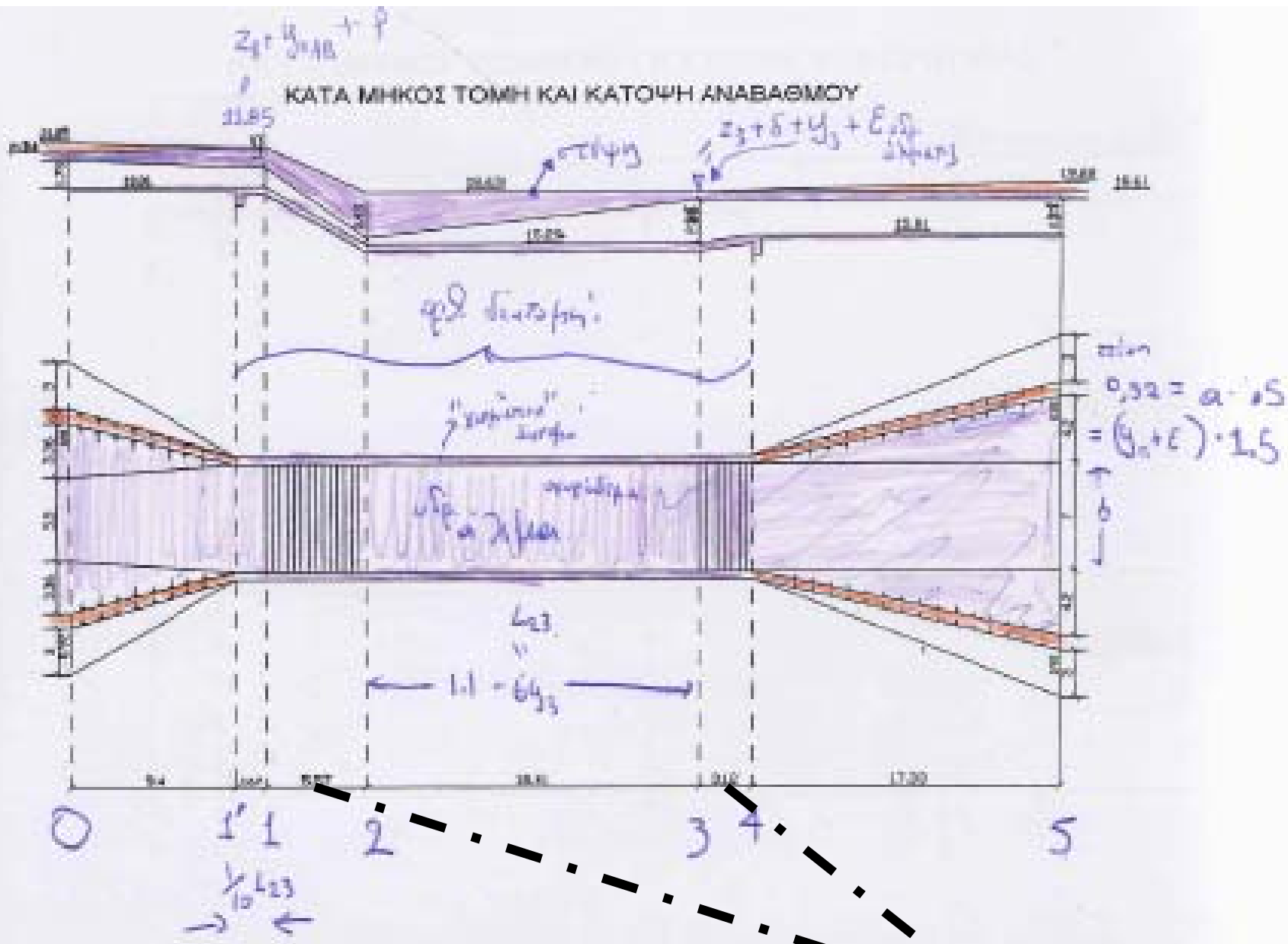
Σχέδια

ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗ ΔΙΟΡΥΓΑΣ (Χ.Θ. 0+700)

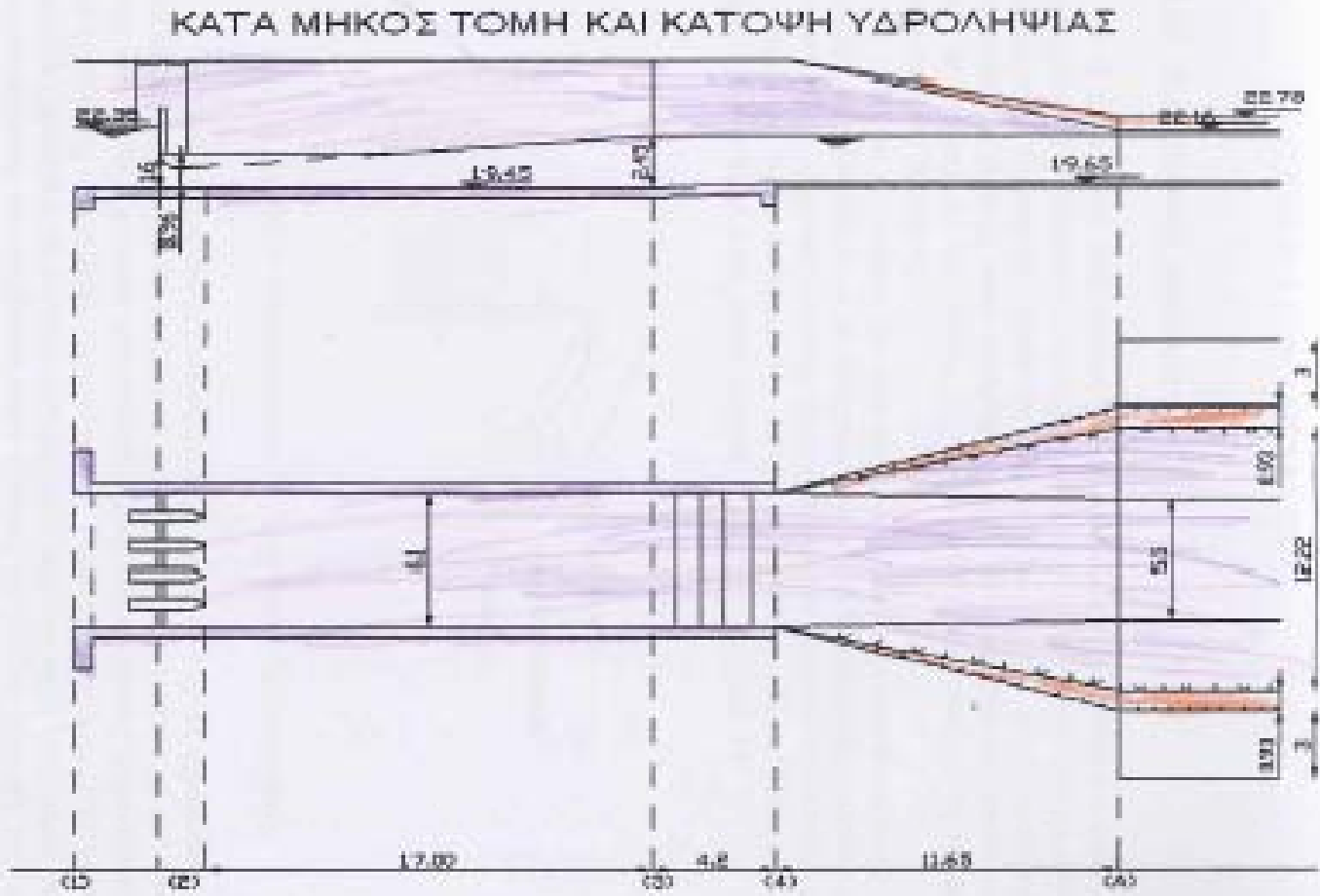


Σχέδιο Π1.2 Εντάφιση διατομή της διορύγης στη Χ.Θ. 0+700

Σχήμα III.3 Μητροπολιτή και κέντρο του Αυτοβυθισμού



Σχέδιο Π.1.4 Μεγιστοποίηση και ελαττώση της Υδροληψίας



Μηκοτομή

Σχέδιο ΠΙ.1 Μηκοτομή της Διόδου

