



Υδραυλική

Εργαστήριο 4



Χρίστος Α. Καραβίτης
Διαχείριση Υδατικών Πόρων
Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ, Γ.Π.Α.

Πρόγραμμα Άνοιξη 2014

ΗΜ/ΝΙΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΜΕΛΕΤΗ	ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΘΕ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Part I: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ-ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ					
28/2			Υδραυλική Γενικές αρχές- Υδροστατική πίεση		Άσκηση 1
07/3			Υδροστατικές Δυνάμεις Εξίσωση Συνέχειας		Άσκηση 2
14/3			Συνέχεια – Bernoulli		Άσκηση 3
21/3			Ανοικτοί Αγωγοί		Άσκηση 4



'98 5 22











3 13:34





ΑΜΟΚΟΝΙΑ
ΠΟΛΟΥΝΤΑΙ
ΚΑΥΣΘΕΥΛΑ
ΚΑΡΒΟΥΝΑ
0632 91547



















5 13:42











**Ενωτικό υδραγωγείο Μόρνου
- Υλίκης
2000**



Μονάδα Επεξεργασίας Νερού Μενιδίου
Φωτό 2000

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΘΗΝΑΣ



Ερωτήσεις



Υδραυλική- Εργαστήριο 4



Χρίστος Α. Καραβίτης
Διαχείριση Υδατικών Πόρων
Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ, Γ.Π.Α.

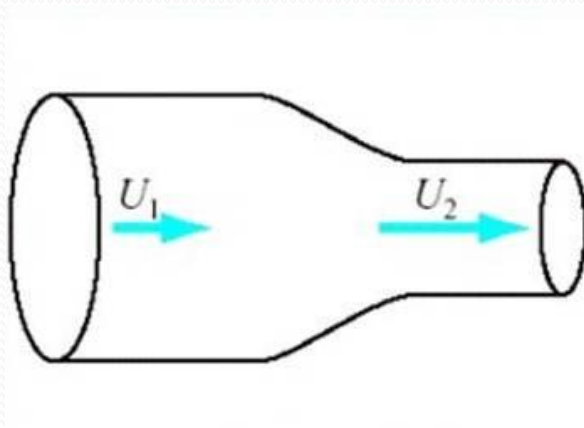
Πρόγραμμα Άνοιξη 2014

ΗΜ/ΝΙΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΜΕΛΕΤΗ	ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΘΕ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Part I: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ-ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ-ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ					
28/2			Υδραυλική Γενικές αρχές- Υδροστατική πίεση		Άσκηση 1
07/3			Υδροστατικές Δυνάμεις Εξίσωση Συνέχειας		Άσκηση 2
14/3			Συνέχεια - Bernoulli		Άσκηση 3
21/3			Ανοικτοί Αγωγοί		Άσκηση 4

Ροή πάνω από αναβαθμό

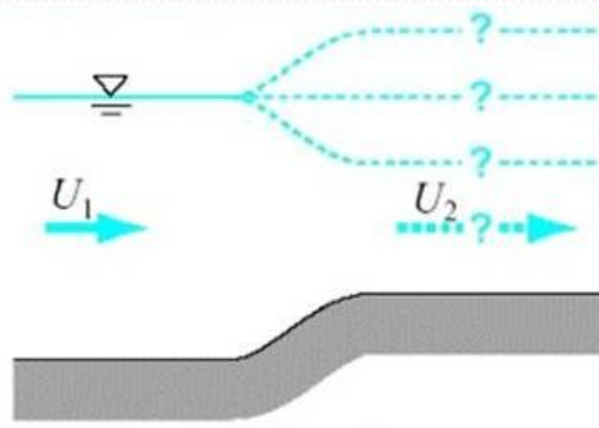
Αναλογία (γενικό) με τη στένωση του αγωγού

Ποια είναι η U_2 ?



Αγωγός με στένωση

Ποιο είναι το h_2 ?



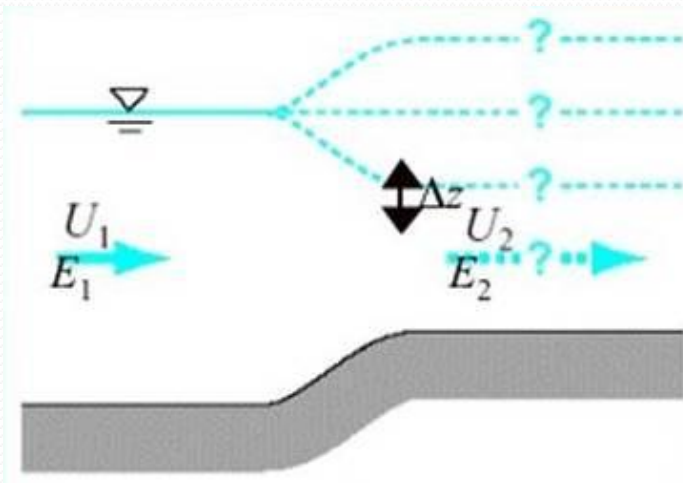
Αγωγός με αναβαθμό

Τι θα συμβεί στο ύψος και στην ταχύτητα;
Υποθέστε ότι το πλάτος ροής είναι σταθερό και ροή
παραμένει εντός του αγωγού.

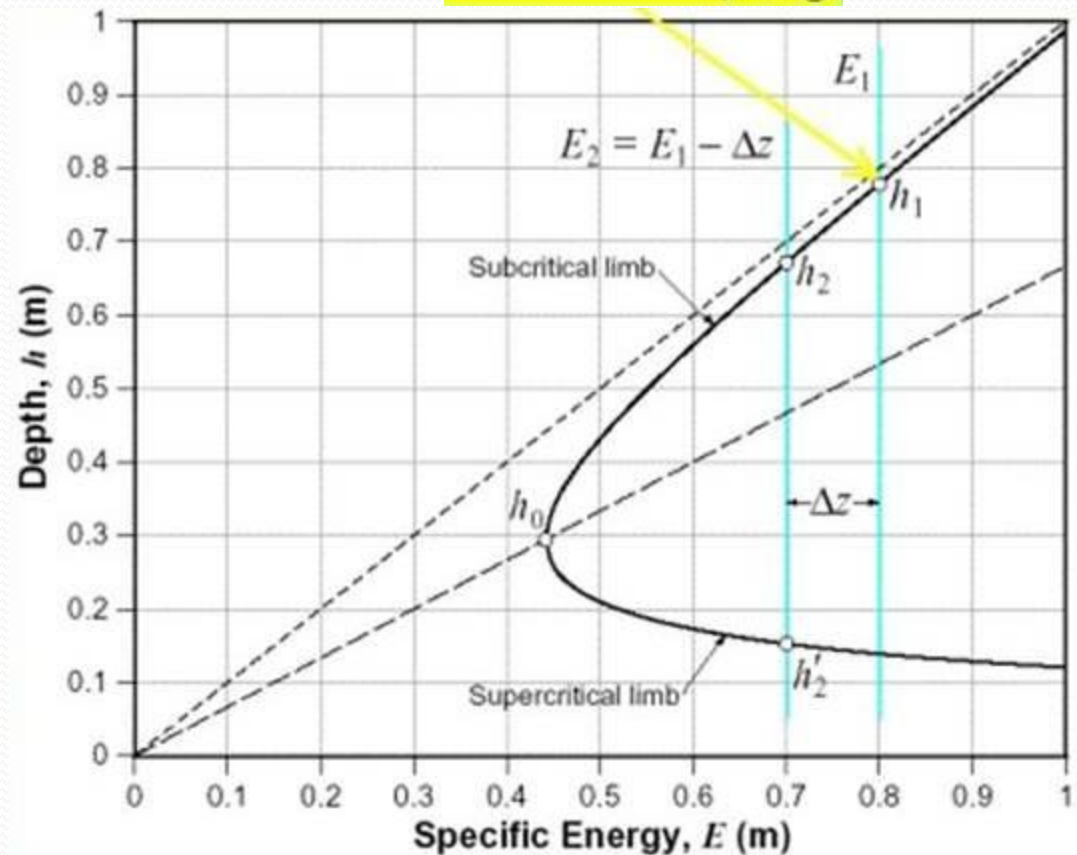
Ροή πάνω από αναβαθμό

$$\frac{U_1^2}{2g} + h_1 = \frac{U_2^2}{2g} + h_2 + \Delta Z$$

$$E_1 = E_2 + \Delta z$$



$$E_1 = h_1 + \frac{U_1^2}{2g}$$



Ελάχιστη ενέργεια (κρίσιμο βάθος)

Κατά την ελάχιστη ενέργεια (E_0) εμφανίζεται το κρίσιμο βάθος (h_0)

Ο αριθμός Froude χαρακτηρίζει πόσο κρίσιμη είναι η ροή.

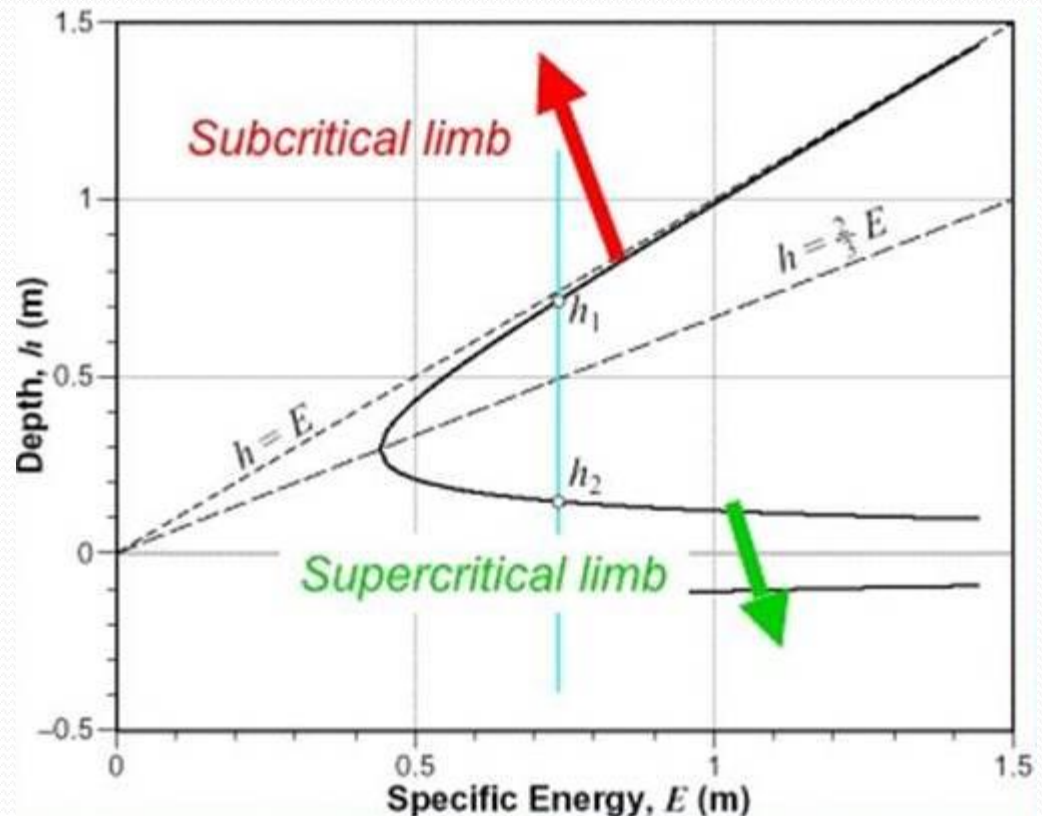
$$F = \frac{U}{\sqrt{gh}}$$

Αν το

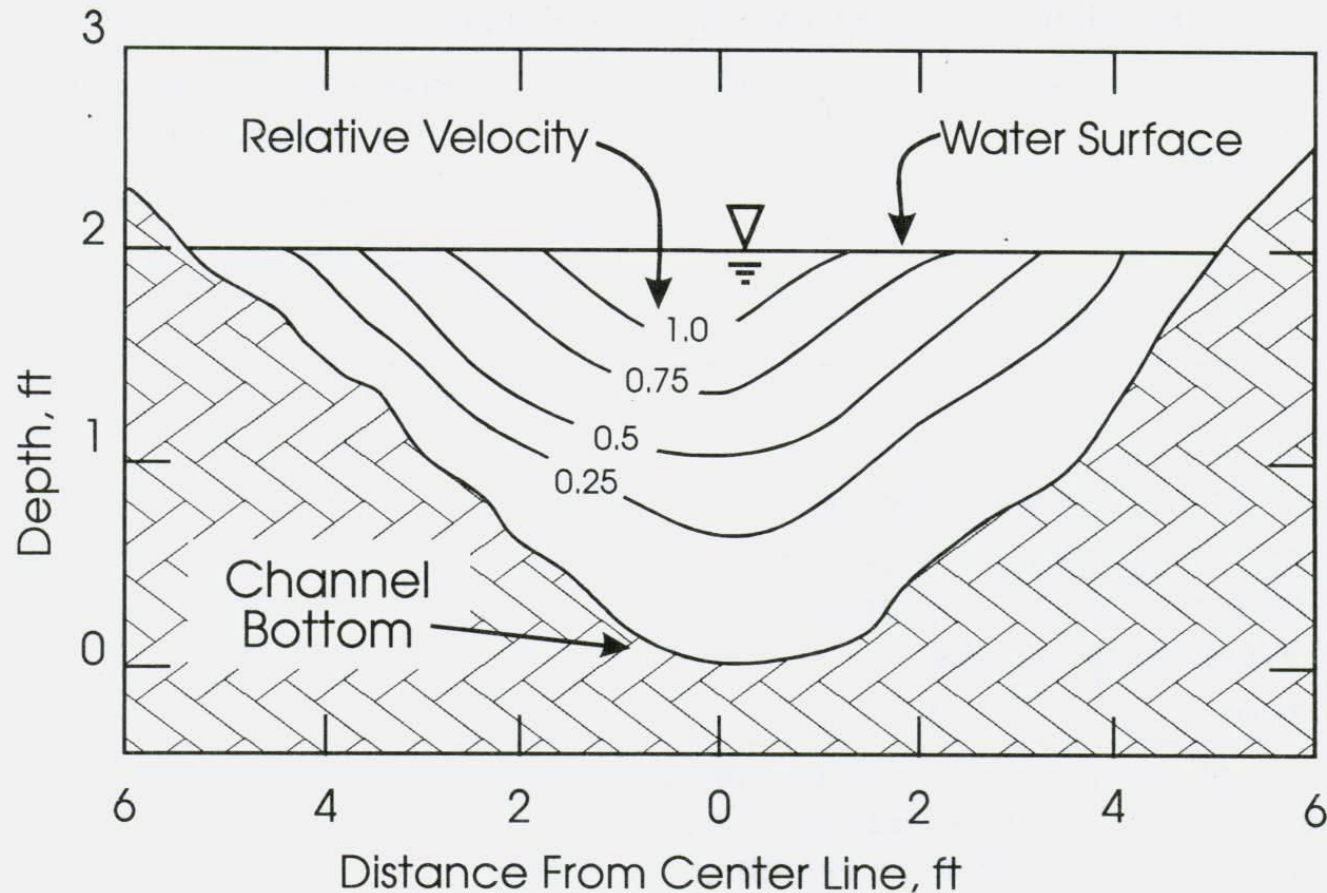
$F=1$ (κρίσιμη)

$F>1$ (υπερκρίσιμη)

$F<1$ (υποκρίσιμη)



Κατανομή ταχύτητας σε ανοιχτούς αγωγούς



Depth-averaged velocity is above the bed at about 0.4 times the depth

Υπολογισμός παροχής σε φυσικούς αγωγούς

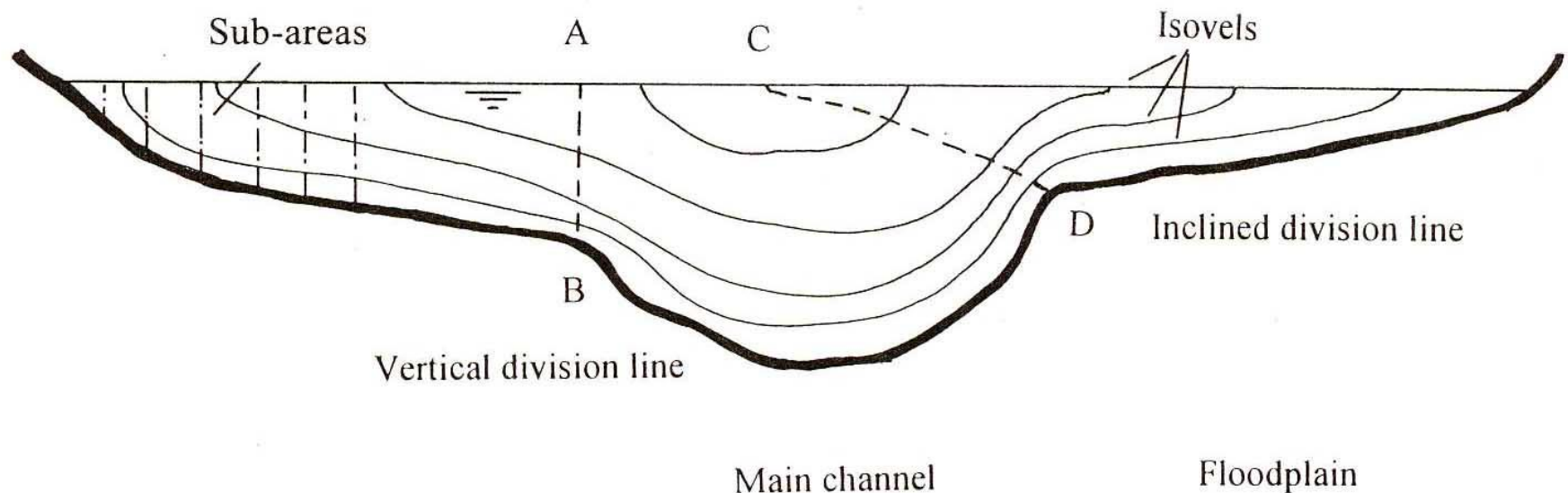
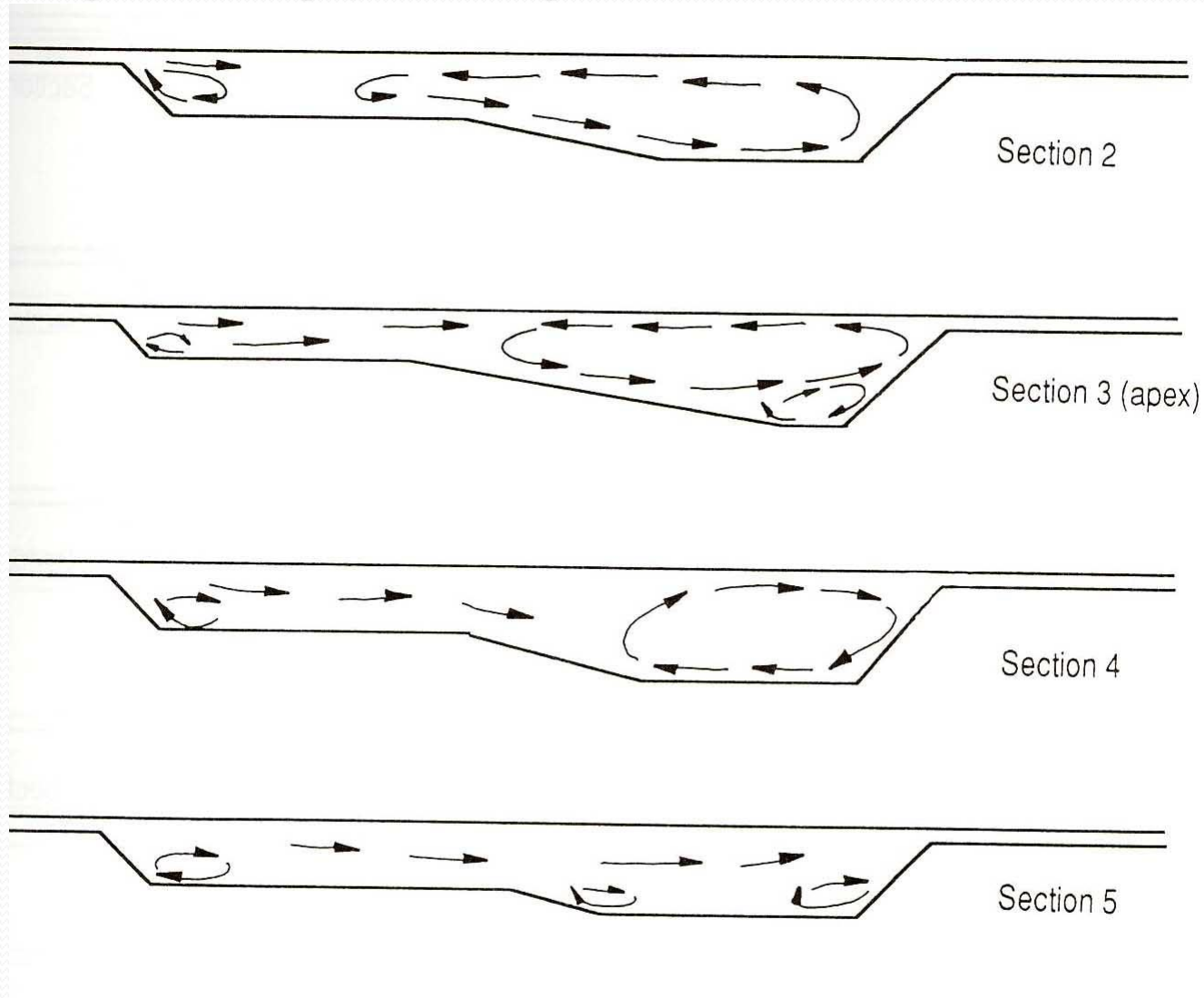
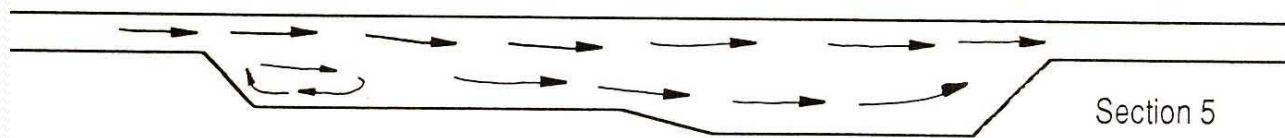
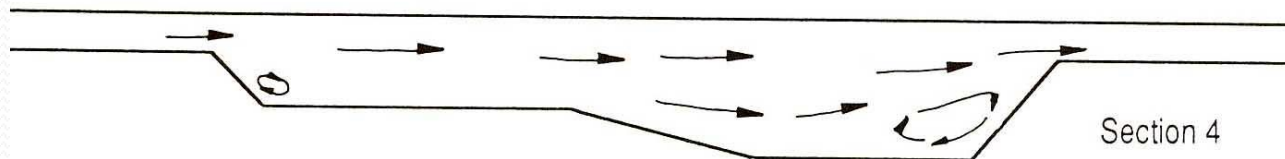
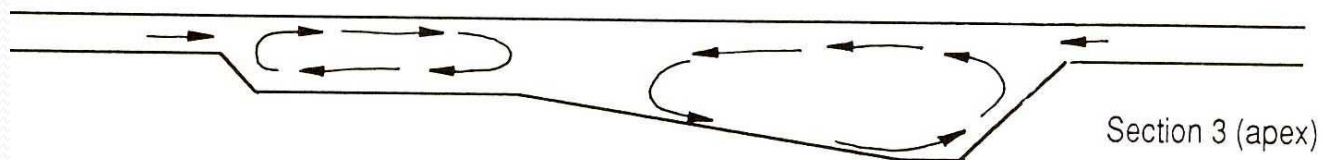
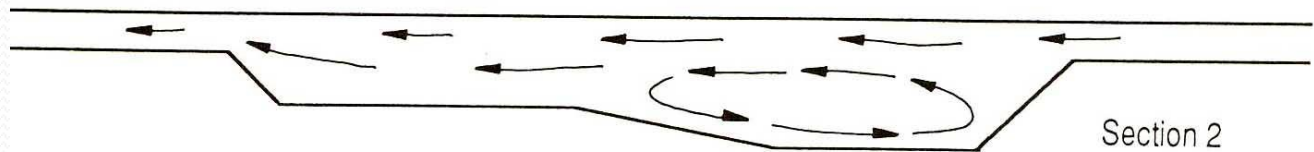


Figure 5.12 Channel subdivision methods for calculation of discharge

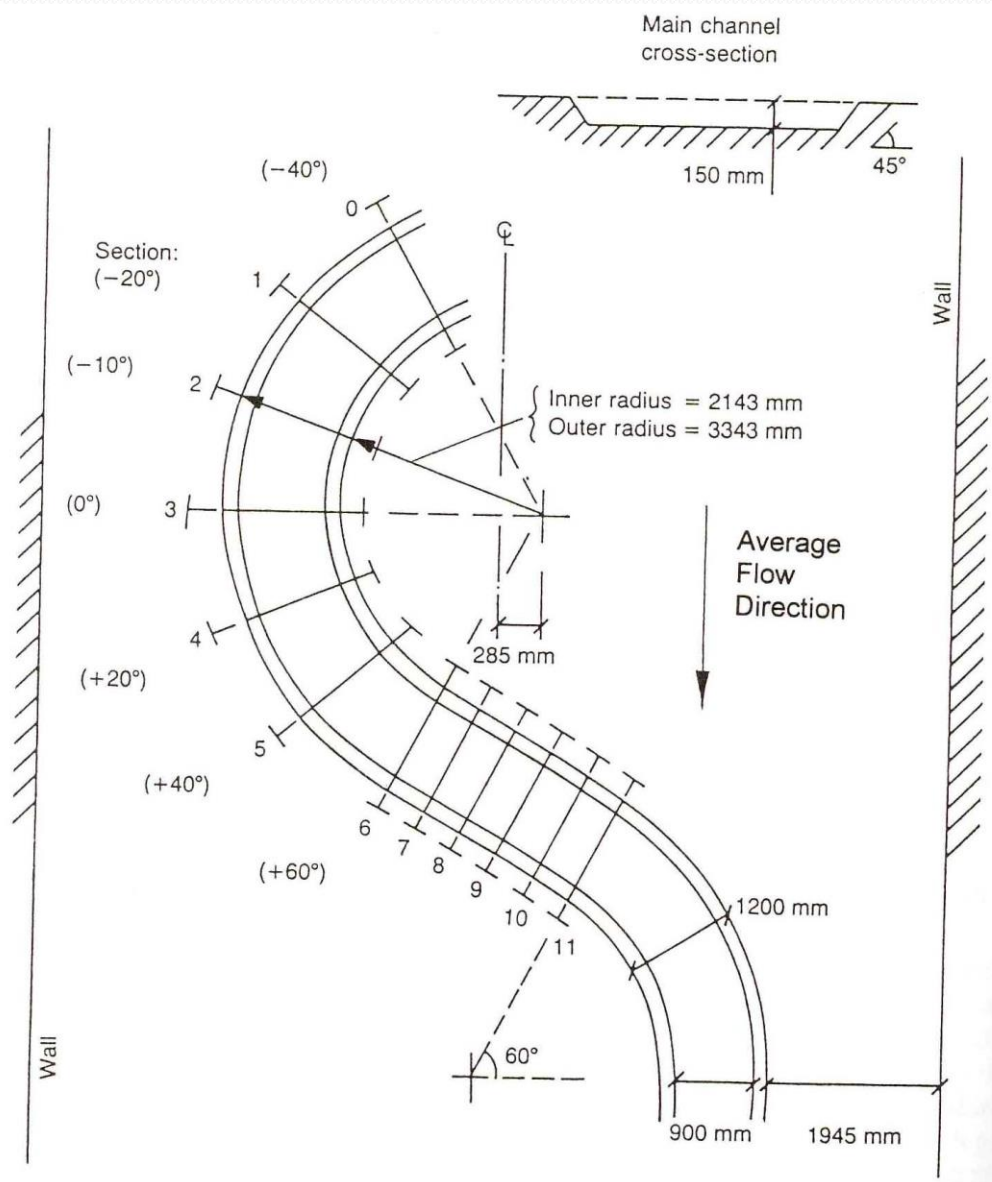
Αβαθής Ροή



Βαθεία ροή

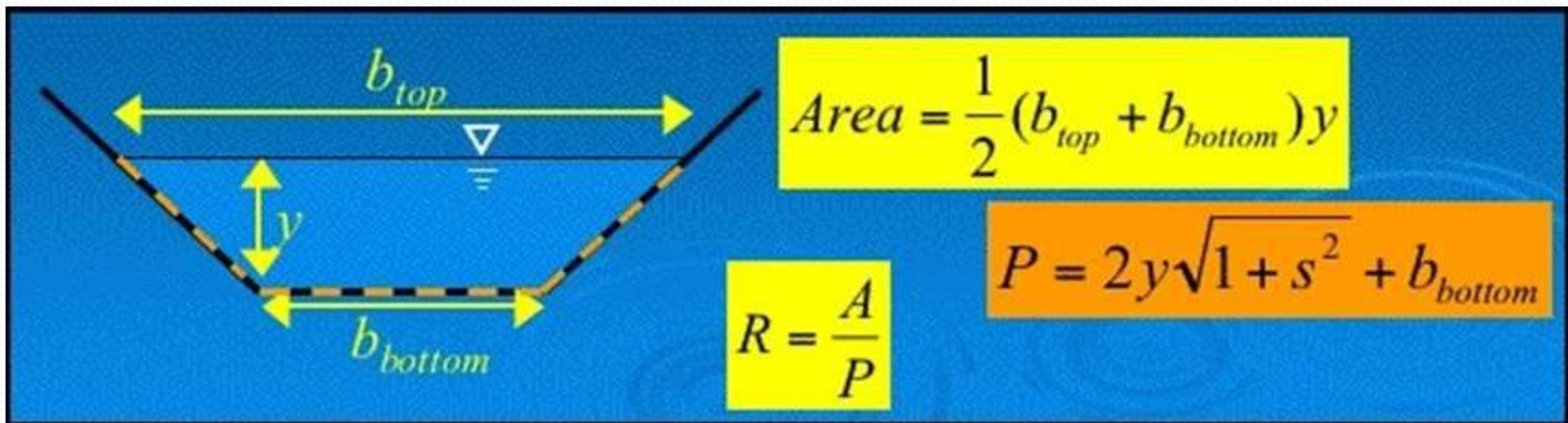
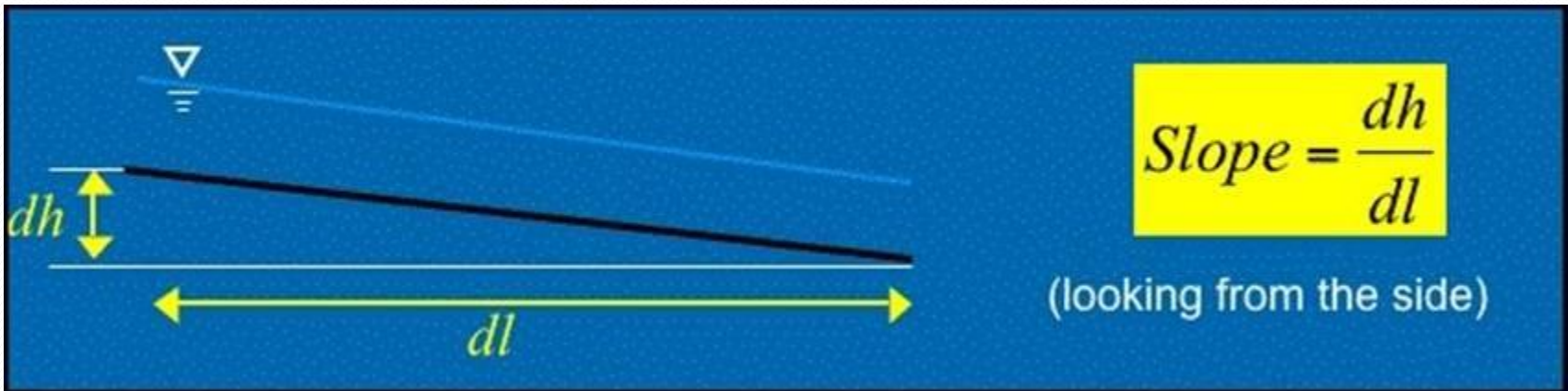


Διατομές



Χαρακτηριστικά Ανοικτών Αγωγών

Κλίση πυθμένα, διατομή,
βρεχόμενη περίμετρος, υδραυλική ακτίνα.



Open Channel Flow

1. **Uniform flow** - Manning's Eqn in a prismatic channel - Q , v , y , A , P , B , S and roughness are all constant
2. **Critical flow** - Specific Energy Eqn (Froude No.)
3. **Non-uniform flow** - gradually varied flow (steady flow) - determination of floodplains
4. **Unsteady** and Non-uniform flow - flood waves

Ομοιόμορφη ροή σε ανοικτούς αγωγούς

Manning's Eqn για ταχύτητα ροής

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \quad \text{S.I. units}$$

όπου

n = Manning's συντελεστής τραχύτητας

R = υδραυλική ακτίνα = A/P

S = κλίση πυθμένα

$$Q = \text{παροχή (m}^3 \text{ / sec)} = v \cdot A$$

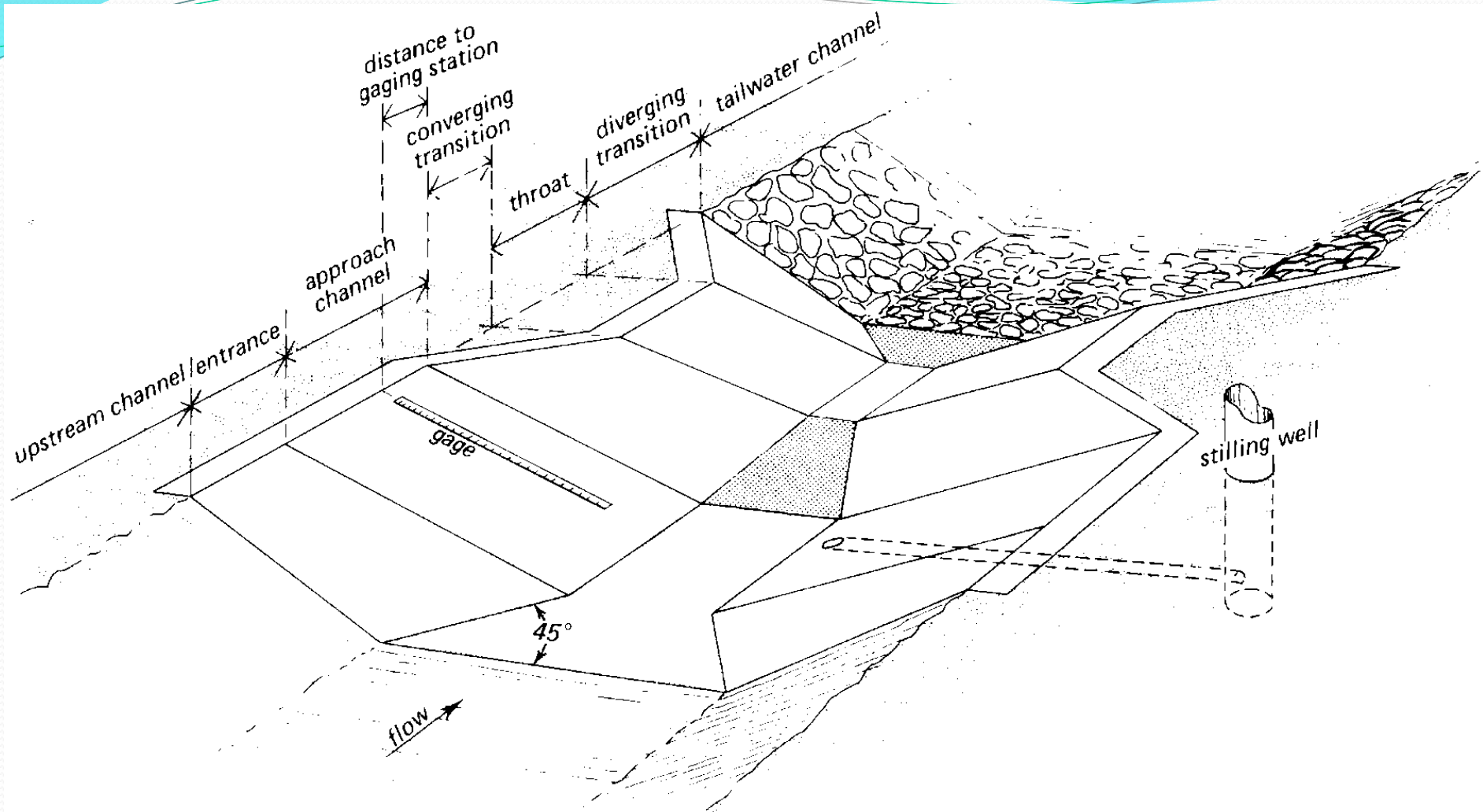
Uniform Open Channel Flow – Brays B.

Brays Bayou

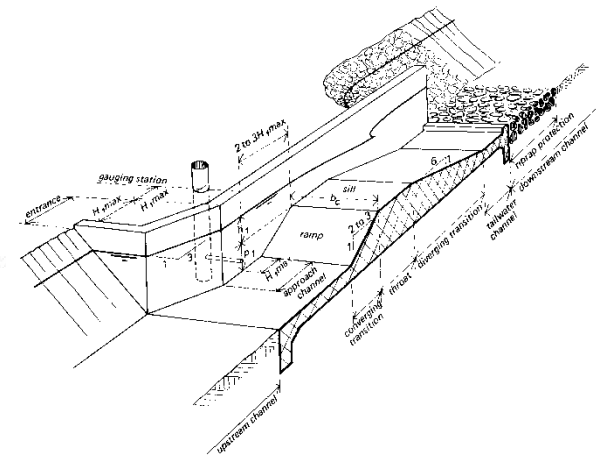
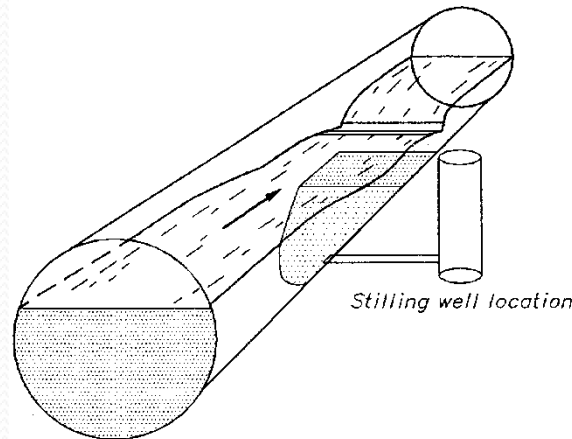
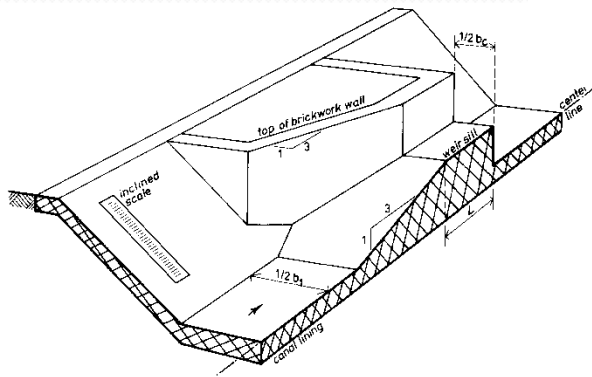
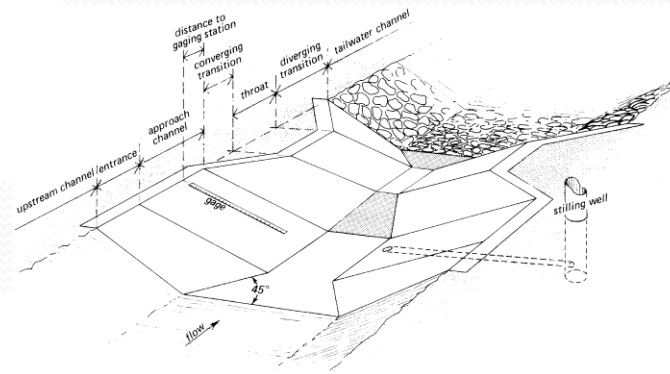
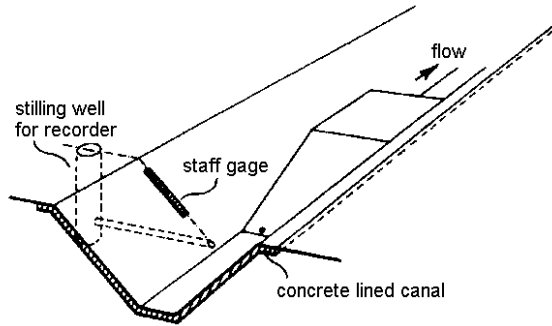
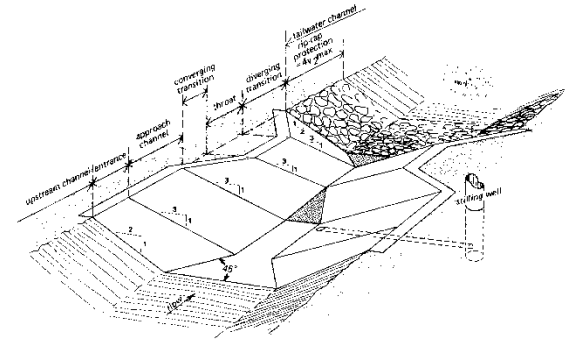


Concrete Channel





The term *long-throated flume* describes a broad class of critical-flow flumes and broad-crested weir devices used to measure flow in open channels.



Normal depth is function of flow rate, and geometry and slope. One usually solves for normal depth or width given flow rate and slope information

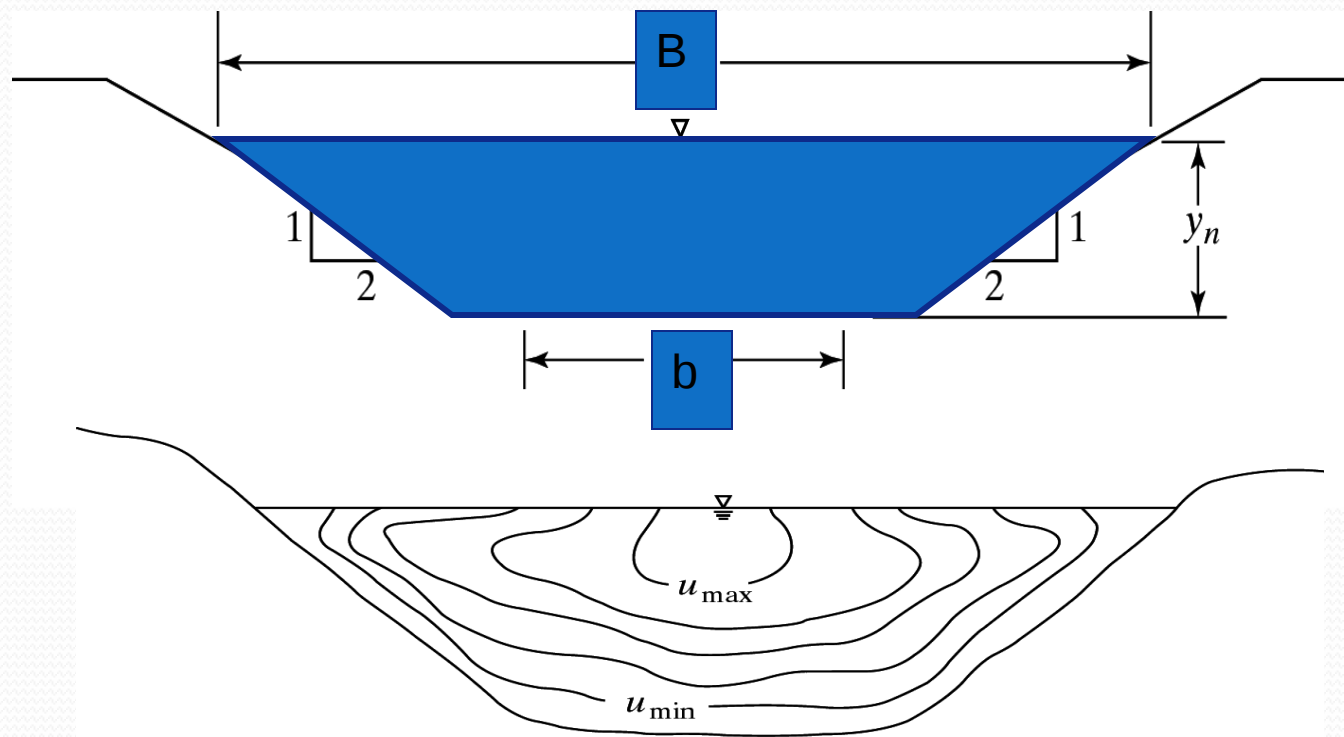
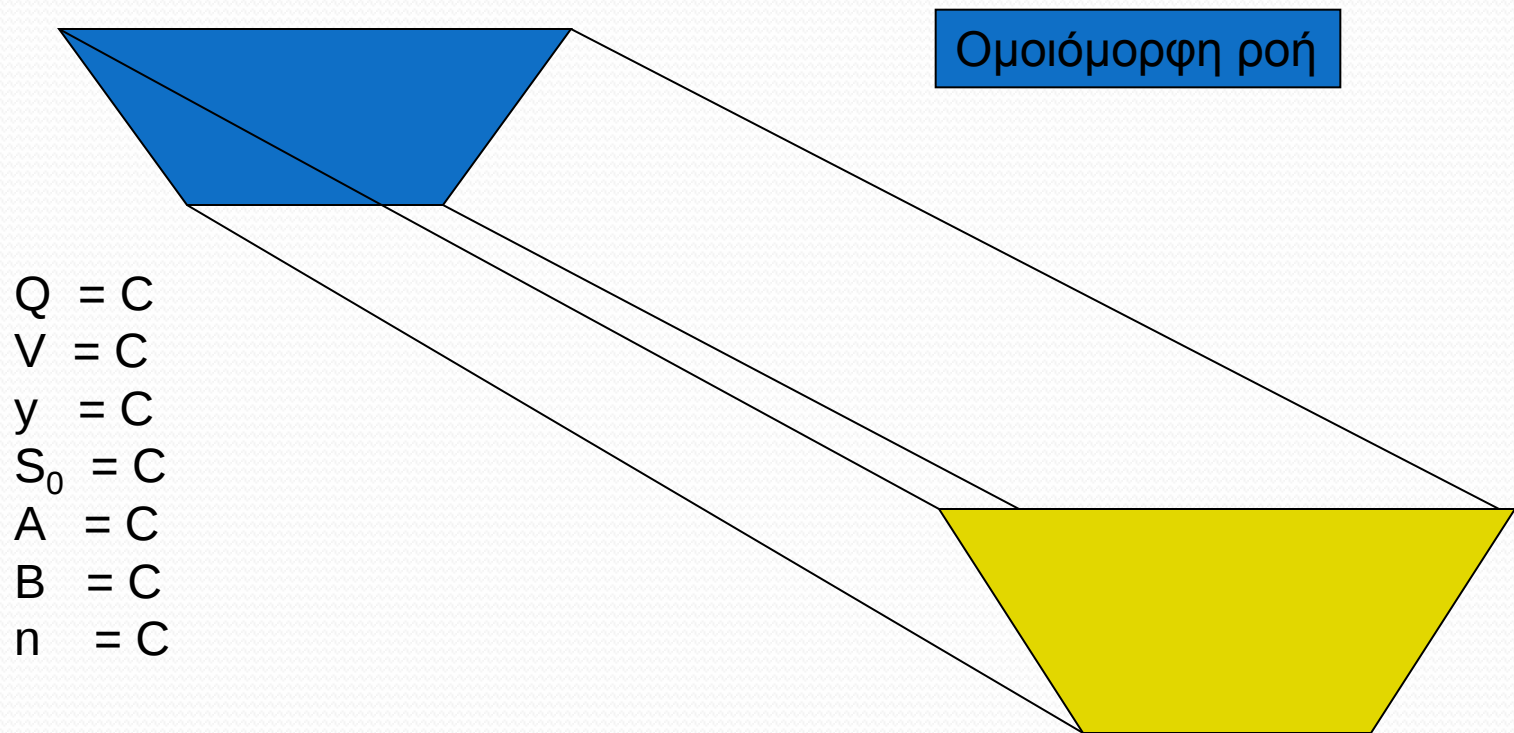
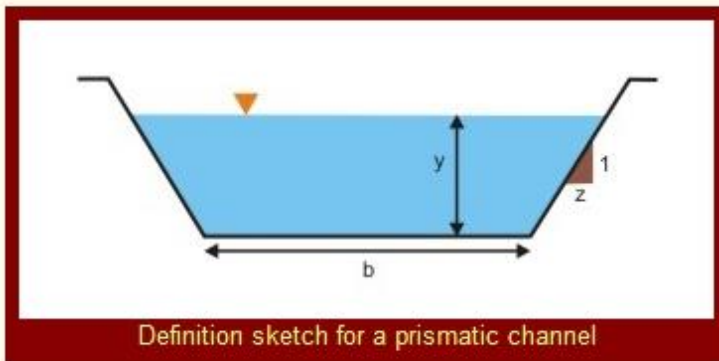


Figure 7.5

Typical velocity distribution in an open channel.

Κανονικό βάθος implies that flow rate, velocity, depth, bottom slope, area, top width, and roughness remain constant within a **prismatic** channel as shown below





Formulas

$$A = y(b + zy)$$

$$P = b + 2y(1 + z^2)^{1/2}$$

$$T = b + 2zy$$

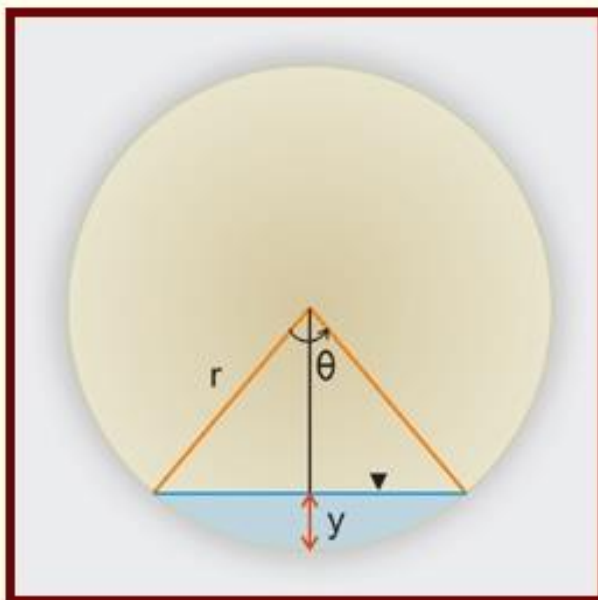
$$R = A/P$$

$$D = A/T$$

$$Q = (C/n) AR^{2/3}S^{1/2}$$

$$V = Q/A$$

$$F = V/(gD)^{1/2}$$



Formulas

$$r = D/2$$

$$\theta = 2\cos^{-1}[1 - (y/r)]$$

$$A = 0.5r^2(\theta - \sin\theta)$$

$$P = r\theta$$

$$R = A/P$$

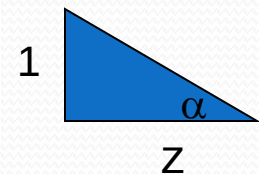
$$Q = (C/n) AR^{2/3}S^{1/2}$$

$$V = Q/A$$

SHAPE	SECTION	FLOW AREA A	WETTED PERIMETER P	HYDRAULIC RADIUS R
Trapezoidal		$y(b + y \cot \alpha)$	$b + \frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y(b + y \cot \alpha)}{b + \frac{2y}{\sin \alpha}}$
Triangular		$y^2 \cot \alpha$	$\frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y \cos \alpha}{2}$
Rectangular		by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
Wide flat		by	b	y
Circular		$(\alpha - \sin \alpha) \frac{D^2}{8}$	$\frac{\alpha D}{2}$	$\frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)$

Figure 7.1

Geometric properties of common open channel shapes.



$$\cot \alpha = z/1$$

Common Geometric Properties

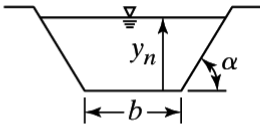
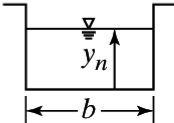
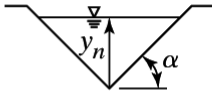
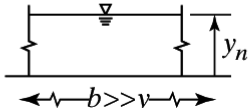
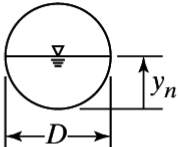
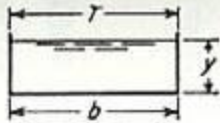
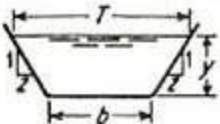
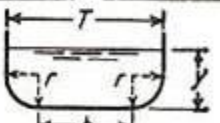
SHAPE	SECTION	OPTIMUM GEOMETRY	NORMAL DEPTH y_n	CROSS-SECTIONAL AREA A
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$	$0.968 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Wide flat		None	$1.00 \left[\frac{(Q/b)n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	—
Circular		$D = 2y_n$	$1.00 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Q_n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$

Figure 7.2

Properties of optimum open channel sections.

Optimal Channels - Max R and Min P

 Rectangle	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
 Trapezoid	$(b + zy)y$	$b + 2y \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y \sqrt{1 + z^2}}$
 Triangle	zy^2	$2y \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2 \sqrt{1 + z^2}}$
 Circle	$\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) d_0$
 Parabola	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8}{3} \frac{y^2}{T}$	$\frac{2T^2y}{3T^2 + 8y^2}$
 Round-cornered rectangle ($y > r$)	$\left(\frac{\pi}{2} - 2\right)r^2 + (b + 2r)y$	$(\pi - 2)r + b + 2y$	$\frac{(\pi/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(\pi - 2)r + b + 2y}$
 Round-bottomed triangle	$\frac{T^2}{4z} - \frac{r^2}{z} (1 - z \cot^{-1} z)$	$\frac{T}{z} \sqrt{1 + z^2} - \frac{2r}{z} (1 - z \cot^{-1} z)$	$\frac{A}{P}$

$$H = z + y + \alpha v^2/2g = \text{Total Energy}$$

$$E = y + \alpha v^2/2g = \text{Specific Energy}$$

α often near 1.0 for most channels

Energy Coeff.

$$\alpha = \frac{\sum v_i^2 Q_i}{V^2 Q_T}$$

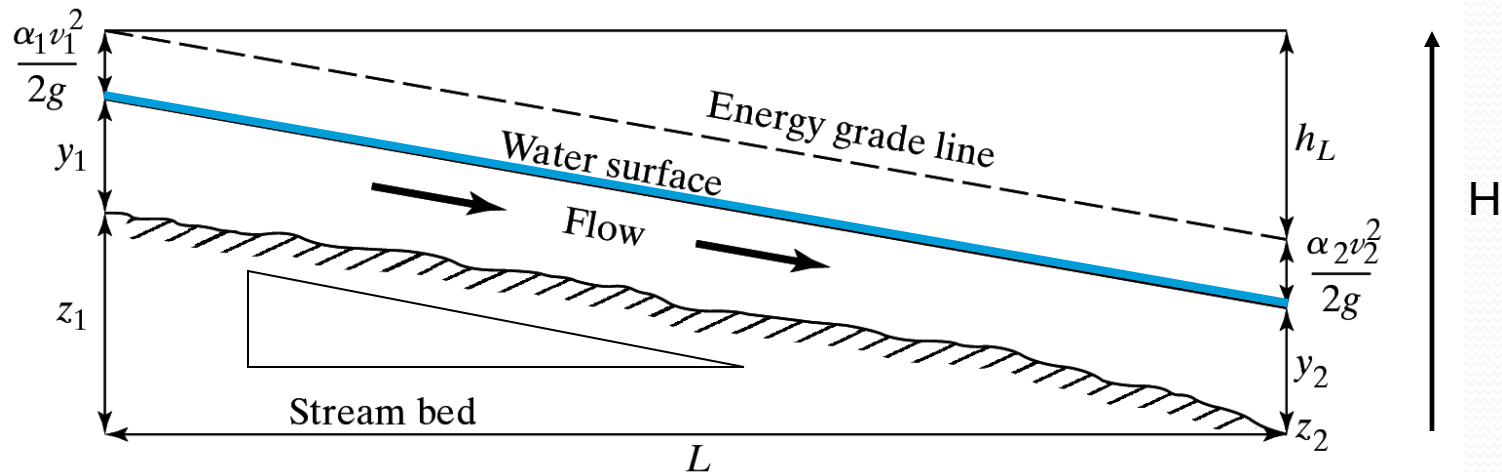


Figure 7.6

Uniform Flow

Energy slope = Bed slope or $dH/dx = dz/dx$

Water surface slope = Bed slope = $dy/dz =$

dz/dx

Velocity and depth remain constant with x

Water in motion: Chézy Equation

- Empirical equation:

$$u = CR^{1/2}S^{1/2}$$

In English Units

$$u = 0.552(CR^{1/2}S^{1/2})$$

In SI Units

- Where, C = Chezy's coefficient, which depends on the roughness of the channel
- C has units of $[L^{1/2} T^{-1}]$ and is an empirical roughness coefficient

Manning Coefficient

- Several equations were proposed after Chézy's initial effort, many of which sought to replace the C with a parameter that is a function of roughness only. In 1891, another Frenchman, A. Flamant, proposed

Substituting into the
Chezy eq.

$$C = \frac{R_H^{1/6}}{n}$$

↑
Manning coeff

$$U = \sqrt{8g/f} \sqrt{SR_H} = C \sqrt{SR_H}$$

$$U = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

Τύπος Manning: $$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

όπου:

n : συντελεστής τραχύτητας

R : υδραυλική ακτίνα (m)

J : κατά μήκος κλίση του αγωγού

V : ταχύτητα (m/sec)

$$Q = V \cdot E$$

E : διατομή (m²)

V : ταχύτητα (m/sec)

Q : παροχή (m³/sec)

Μεταβολή του Manning's “n”

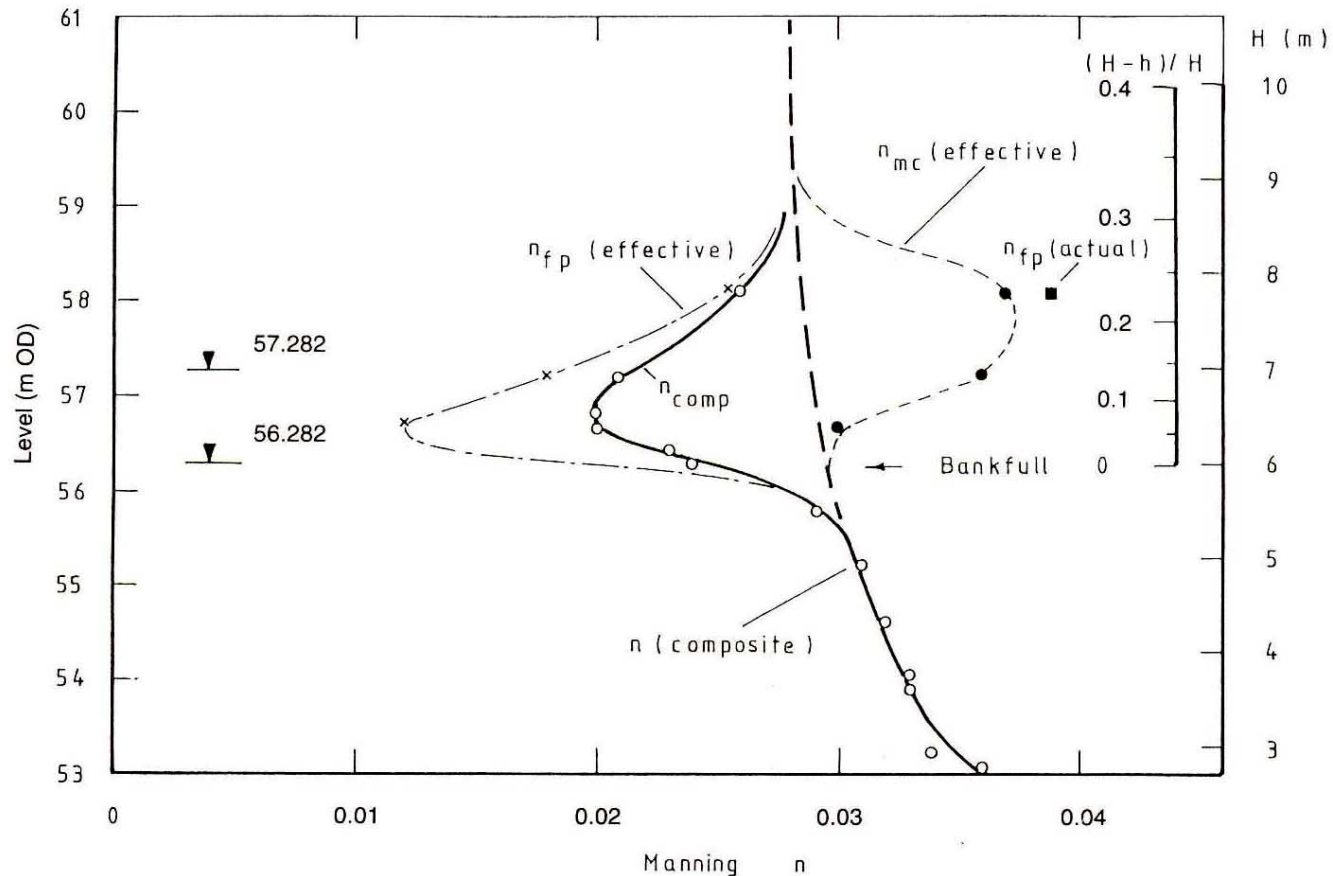


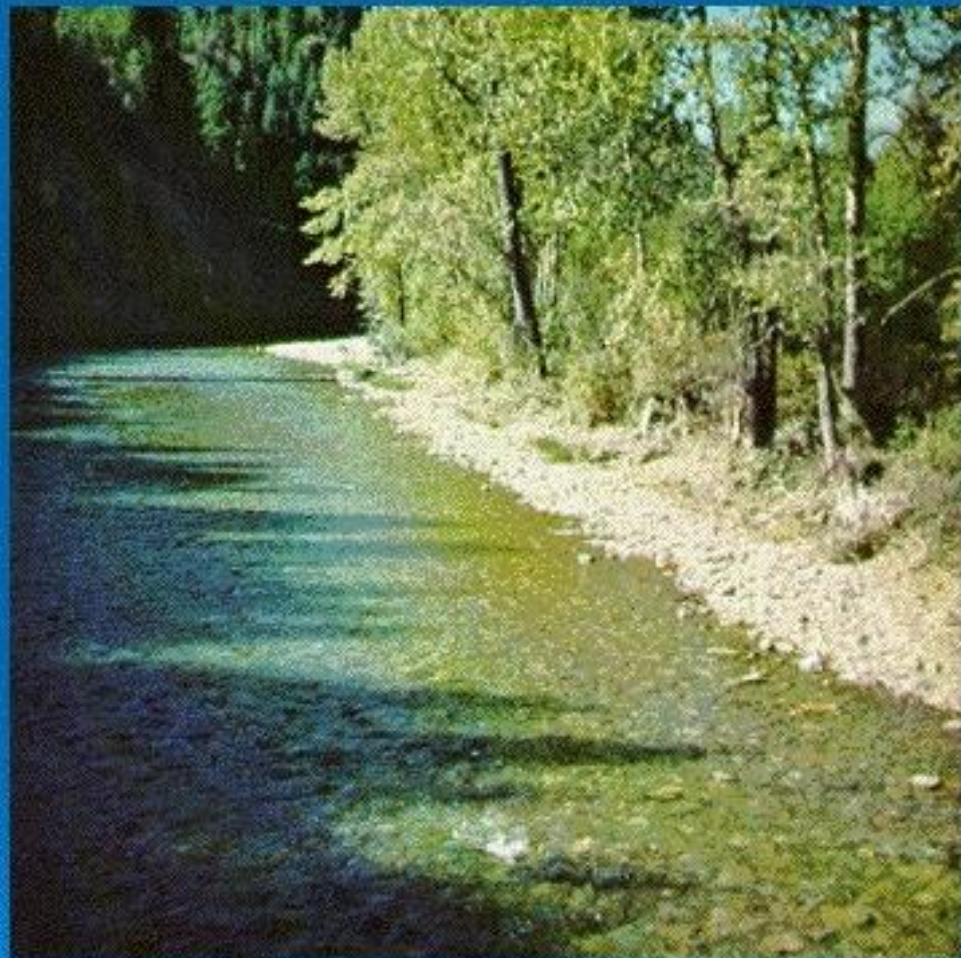
Figure 5.13 Variation of Manning “ n ” resistance coefficient for overbank flow at Montford, River Severn (after Knight *et al.*, 1989)



White water rafting, Browns Canyon, Colorado

Critical Depth and Flow

Manning's n 's



$n = 0.032$, Coeur
d'Alene River near
Pritchard, Idaho

Little roughness, low n

Manning's n 's

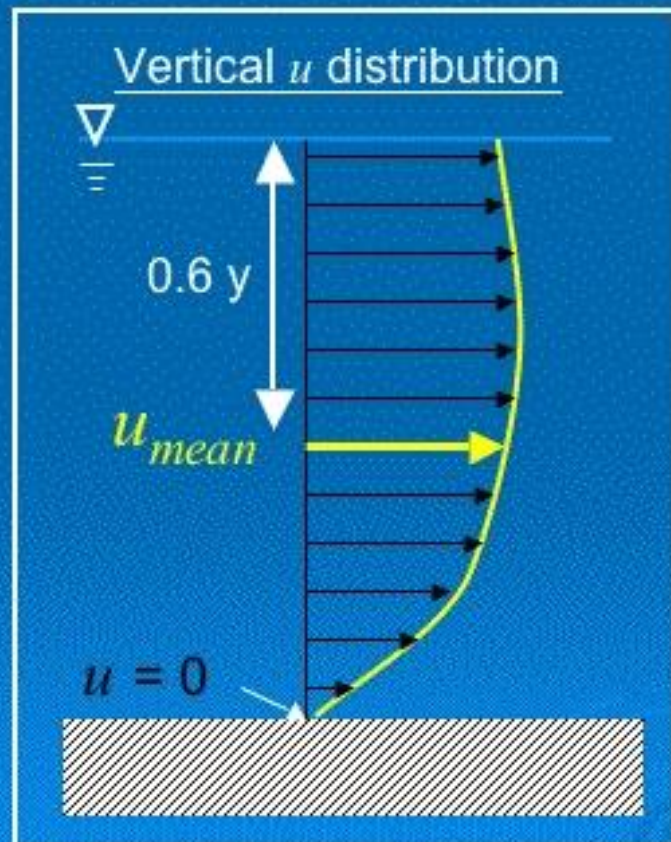


$n = 0.075$, Rock
Creek Canal
near Darby,
Montana

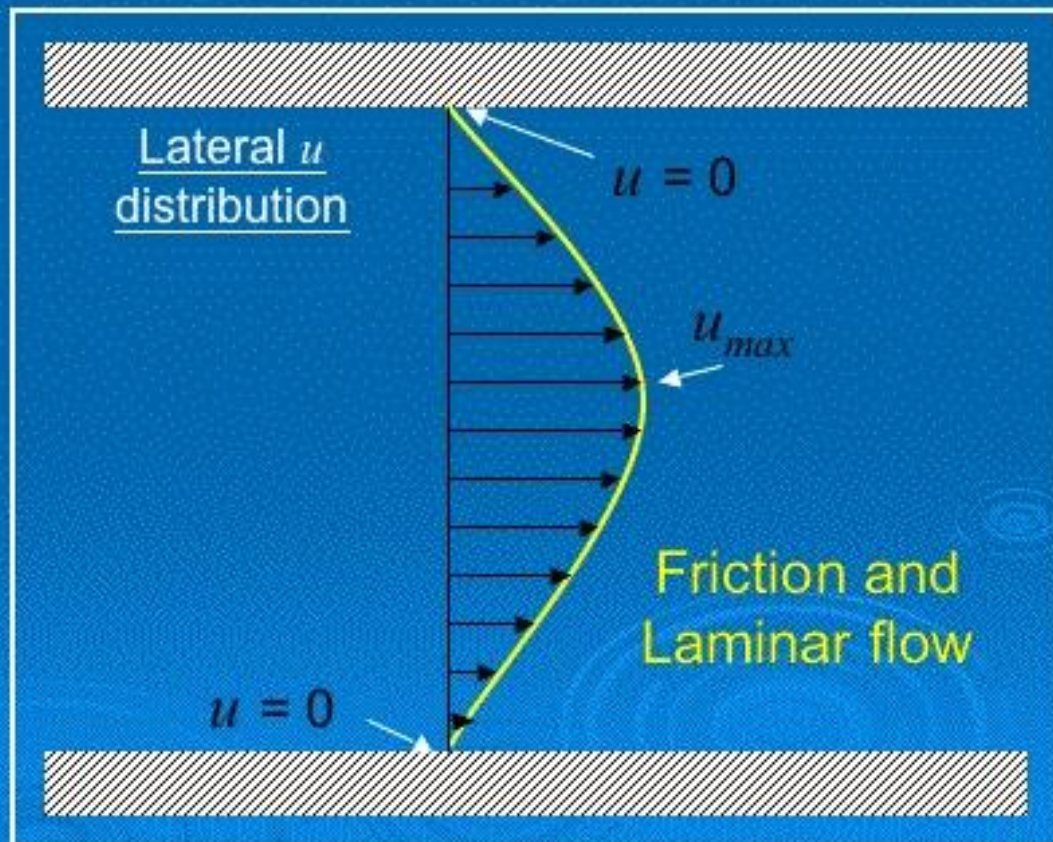
Very rough, higher n

Velocity Distribution in an Open Channel

- Velocity varies with depth and width in a channel:



(looking from the side)



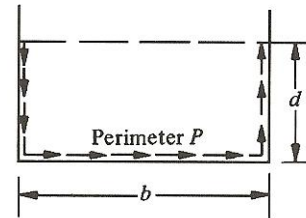
(looking down from above)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Το πρόβλημα συνίσταται στην εύρεση του $R_{\max}$, όταν τα b και d (πλάτος πυθμένα, κατακόρυφο βάθος = βάθος ροής αντίστοιχα), μεταβάλλονται αλλά η επιφάνεια της διατομής παραμένει σταθερή (πρόβλημα μεγιστοποίησης, που επιλύεται με μια κλασσική μέθοδο μεγιστοποίησης, πχ. την μέθοδο Lagrange).

Τελικά καταλήγουμε:

α) για ορθογωνική διατομή:



ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Τα προβλήματα στους ανοικτούς αγωγούς ορθογωνικής διατομής έχουν τις εξής μορφές:

1. Δίνονται: b , n , y , J και ζητείται: Q
2. Δίνονται: b , n , y , Q και ζητείται: J
3. Δίνονται: b , n , Q , J και ζητείται: y
4. Δίνονται: b , Q , y , J και ζητείται: n

1. $b = 1,00 \text{ m}$, $n = 0,025$, $y = 0,6 \text{ m}$, $J = 1\text{‰}$, $Q = ;$

$$E = b \cdot y = 0,6 \text{ m}$$

$$\Pi = b + 2 \cdot y = 2,20 \text{ m}$$

$$R = E / \Pi = 0,27 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} = 0,319 \text{ m}^3/\text{sec} = 319 \text{ lt/sec}$$

2. $b = 1,00 \text{ m}$, $n = 0,025$, $y = 0,6 \text{ m}$, $Q = 319 \text{ lt/sec}$, $J =$;

$$E = b \cdot y = 0,6 \text{ m}$$

$$\Pi = b + 2 \cdot y = 2,20 \text{ m}$$

$$R = E / \Pi = 0,27 \text{ m}$$

$$0,319 = \frac{1}{0.025} \cdot 0,60 \cdot (0.27)^{2/3} \cdot J^{1/2} \Rightarrow J = 0.998 \text{ ‰}$$

3. $b = 1,00 \text{ m}$, $n = 0,025$, $J = 1\text{‰}$, $Q = 319 \text{ lt/sec}$, $y =$;

$$Q = \frac{1}{n} \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \Rightarrow \frac{Q \cdot n}{J^{1/2}} = E \cdot R^{2/3} = b \cdot y \cdot \left[\frac{b \cdot y}{b + 2y} \right]^{2/3}$$

Η λύση γίνεται με δοκιμές:

α) Υπολογίζουμε τον γνωστό όρο:

$$\frac{Q \cdot n}{J^{1/2}} = 0.25219$$

β) Δίνουμε τιμές στο y και προσπαθούμε να προσεγγίσουμε την τιμή του γνωστού όρου:

Y	$E = b \cdot y$	$R = (b \cdot y) / (b + 2 \cdot y)$	$E \cdot R^{2/3}$
0,50	0,50	0,25	0,198
0,70	0,70	0,29	0,307
0,60	0,60	0,27	0,252

4. $b = 1,00 \text{ m}$, $Q = 319 \text{ lt/sec}$, $y = 0,6 \text{ m}$, $J = 1\text{‰}$, $n = ;$, $V = ;$

$$E = b \cdot y = 0,6 \text{ m}$$

$$\Pi = b + 2 \cdot y = 2,20 \text{ m}$$

$$R = E / \Pi = 0,27 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \Rightarrow n = \frac{1}{Q} \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \Rightarrow n = 0.025$$

$$V = Q/E = 0.53 \text{ m/s}$$

Ερωτήσεις

