

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΜΑΘΗΜΑ: ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι**  
**ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ: ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Β. ΜΠΕΛΛΟΣ**

**Εαρινό εξάμηνο 2024-2025**

**Θέμα 1 [65/100]**

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται σε κάτοψη και τομή στέγη βιομηχανικής εγκατάστασης η οποία έχει συλλεκτήριο αγωγό που συγκεντρώνει τα όμβρια νερά. Σημειώνεται ότι η τομή C-C' δεν είναι υπό κλίμακα. Να βρεθεί:

α) Ο χρόνος συγκέντρωσης της στέγης στην υφιστάμενη κατάσταση. Στο τμήμα που δεν υπάρχει συλλεκτήριος αγωγός η ταχύτητα ροής (σε m/s) προσεγγίζεται με τη σχέση  $V=(6+0.1 \cdot N)S^{1/2}$  όπου S είναι η κλίση του εδάφους και N το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ κάθε φοιτητή, ενώ για την ταχύτητα ροής στο συλλεκτήριο αγωγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση Manning με συντελεστή τραχύτητας  $n=0.016 \text{ s/m}^{1/3}$ , θεωρώντας ότι αυτός είναι κατά 70% πληρωμένος. [20/100]:

Υπόδειξη: η διαδρομή νερού για το χρόνο συγκέντρωσης είναι A->B->Γ

β) Ο χρόνος συγκέντρωσης στη στέγη αν αυτή γίνει πράσινη. Στο τμήμα που δεν υπάρχει συλλεκτήριος αγωγός η ταχύτητα ροής (σε m/s) προσεγγίζεται με τη σχέση  $V=(3+0.1N)S^{1/2}$  όπου S είναι η κλίση του εδάφους και N το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ κάθε φοιτητή, ενώ για την ταχύτητα ροής στο συλλεκτήριο αγωγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση Manning με συντελεστή τραχύτητας  $n=0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ , θεωρώντας ότι αυτός είναι κατά 70% πληρωμένος. [20/100]:

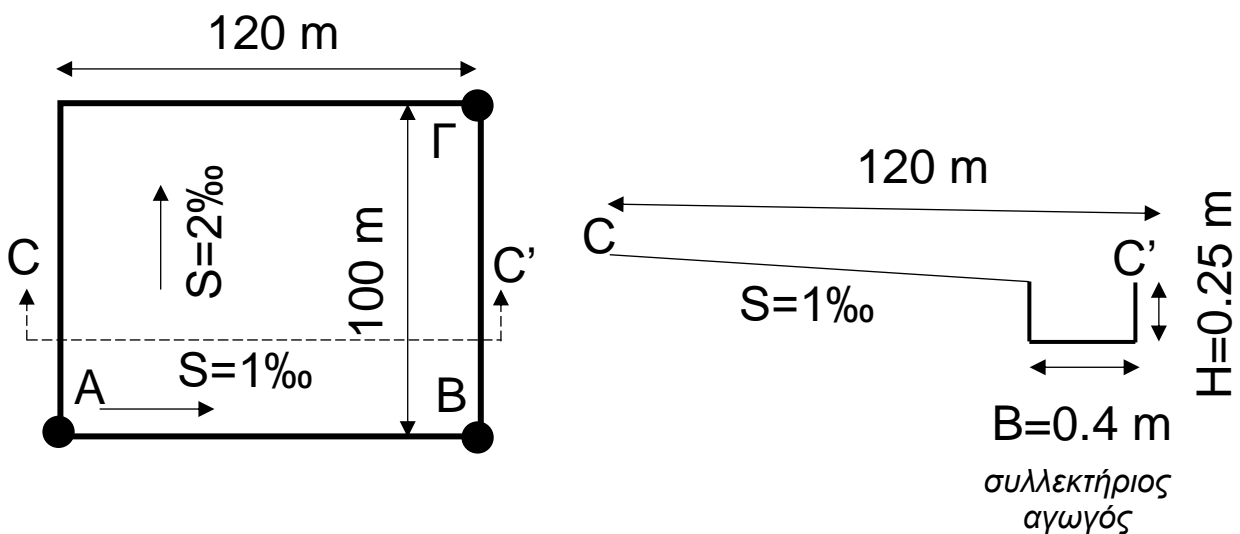
Υπόδειξη: η διαδρομή νερού για το χρόνο συγκέντρωσης είναι A->B->Γ

γ) Να βρεθεί πόσο μειώνεται η παροχή αιχμής για βροχή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς  $T=10$  έτη όταν η στέγη γίνει πράσινη. Ο συντελεστής απορροής στην υφιστάμενη κατάσταση να ληφθεί ίσος με  $C=1$ , ενώ με την πράσινη τεχνολογία  $C=0.6$ . Η όμβρια καμπύλη της περιοχής είναι:

$$i(t, T) = \frac{467.5(T^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{t}{0.082}\right)^{0.708}}$$

όπου  $i$  η ένταση της βροχής (mm/h),  $t$  η διάρκεια της βροχής (h) και  $T$  η περίοδος επαναφοράς (έτη) [25/100].

Υπόδειξη: Να χρησιμοποιηθεί η ορθολογική μέθοδος

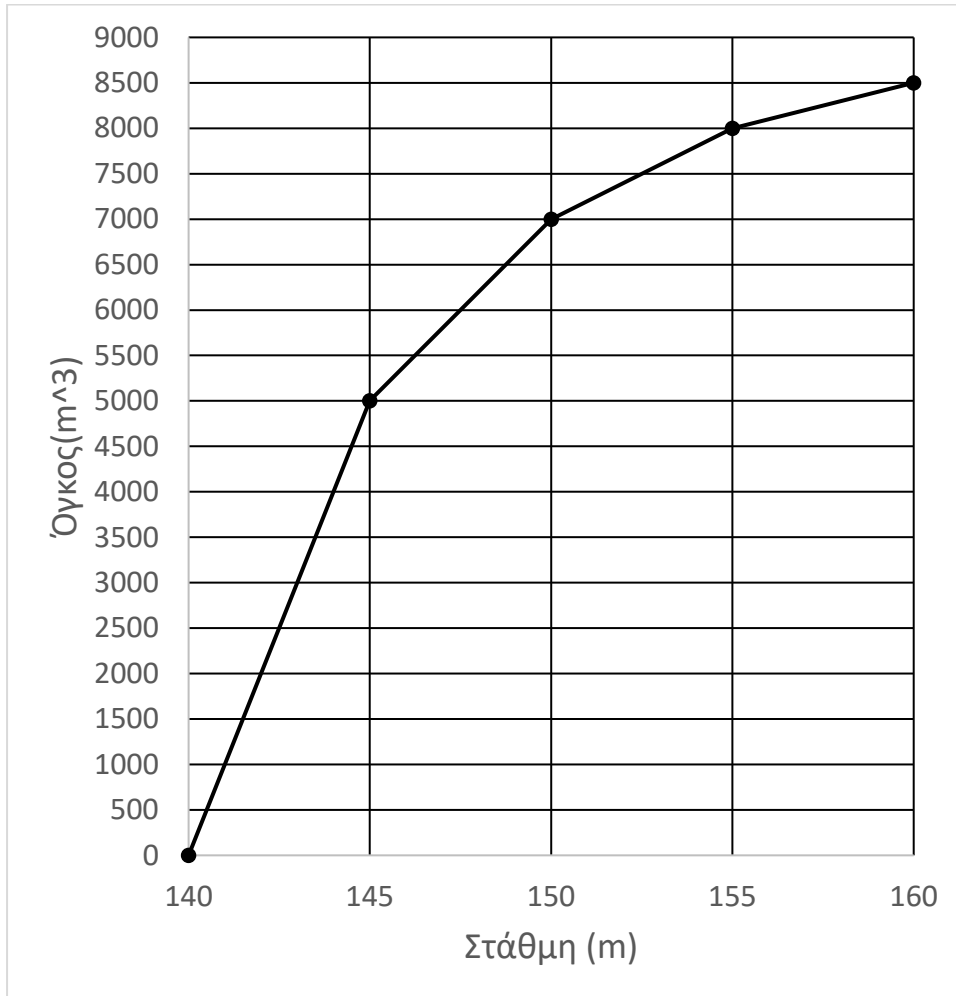


## Θέμα 2 [35/100]

Μικρό αντιπλημμυρικό φράγμα ύψους 4 m τοποθετείται στην έξοδο λεκάνης  $A=110 \text{ km}^2$  και σε υψόμετρο  $z=+140 \text{ m}$  (η καμπύλη στάθμης-όγκου δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα). Αν η ετήσια στερεοπορροή από τη λεκάνη είναι  $\Sigma=30000+1000 \cdot N \text{ kg/km}^2/\text{year}$  ( $N$  είναι το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ κάθε φοιτητή) και η πυκνότητα του φερτού υλικού  $\rho=1300 \text{ kg/m}^3$ :

α) να βρεθεί πόσος όγκος φερτών υλικών μπαίνουν ετησίως στον ταμιευτήρα [10/100].

β) ο χρόνος που απαιτείται για να πληρωθεί τελείως με φερτά υλικά ο ταμιευτήρας που σχηματίζεται ανάντη του φράγματος. [25/100]



## ΛΥΣΕΙΣ

1α) Για το χρόνο συγκέντρωσης επιμερίζουμε το ροή σε δύο τμήματα με δύο ταχύτητες ροής και συγκεκριμένα το AB και το ΒΓ.

Στο τμήμα AB η ταχύτητα ροής υπολογίζεται (για  $N=0$ ):

$$V_{AB} = 6S^{1/2} = 6 \cdot 0.001^{1/2} = 0.19 \text{ m/s}$$

Άρα ο χρόνος που απαιτείται είναι:

$$t_{AB} = \frac{L_{AB}}{V_{AB}} = \frac{120}{0.19} = 632.46 \text{ s}$$

Στο τμήμα ΒΓ εφαρμόζουμε τη σχέση Manning για λόγο πλήρωσης 70%. Το βάθος ροής δηλαδή θα είναι:

$$y = 0.7H = 0.7 \cdot 0.25 = 0.175 \text{ m}$$

Το εμβαδόν υγρής διατομής:

$$A = By = 0.4 \cdot 0.175 = 0.07 \text{ m}^2$$

Το μήκος της υγρής περιμέτρου:

$$P = B + 2y = 0.4 + 2 \cdot 0.175 = 0.75 \text{ m}$$

Η υδραυλική ακτίνα:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.07}{0.75} = 0.09 \text{ m}$$

Επομένως η ταχύτητα ροής στο τμήμα ΒΓ θα είναι:

$$V_{B\Gamma} = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.016} \cdot 0.09^{2/3} \cdot 0.002^{1/2} = 0.58 \text{ m/s}$$

Άρα ο χρόνος που απαιτείται είναι:

$$t_{B\Gamma} = \frac{L_{B\Gamma}}{V_{B\Gamma}} = \frac{100}{0.58} = 173.88 \text{ s}$$

Συνεπώς ο συνολικός χρόνος συγκέντρωσης στην υφιστάμενη κατάσταση είναι:

$$t_{grey} = t_{AB} + t_{B\Gamma} = 632.46 + 173.88 = 806.34 \text{ s} = 0.22 \text{ h}$$

1β) Για το χρόνο συγκέντρωσης επιμερίζουμε το ροή σε δύο τμήματα με δύο ταχύτητες ροής και συγκεκριμένα το AB και το ΒΓ.

Στο τμήμα AB η ταχύτητα ροής υπολογίζεται (για  $N=0$ ):

$$V_{AB} = 3S^{1/2} = 3 \cdot 0.001^{1/2} = 0.09 \text{ m/s}$$

Άρα ο χρόνος που απαιτείται είναι:

$$t_{AB} = \frac{L_{AB}}{V_{AB}} = \frac{120}{0.09} = 1264.91 \text{ s}$$

Στο τμήμα ΒΓ εφαρμόζουμε τη σχέση Manning για λόγο πλήρωσης 70%. Το βάθος ροής δηλαδή θα είναι:

$$y = 0.7H = 0.7 \cdot 0.25 = 0.175 \text{ m}$$

Το εμβαδόν υγρής διατομής:

$$A = By = 0.4 \cdot 0.175 = 0.07 \text{ m}^2$$

Το μήκος της υγρής περιμέτρου:

$$P = B + 2y = 0.4 + 2 \cdot 0.175 = 0.75 \text{ m}$$

Η υδραυλική ακτίνα:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.07}{0.75} = 0.09 \text{ m}$$

Επομένως η ταχύτητα ροής στο τμήμα ΒΓ θα είναι:

$$V_{BG} = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.035} \cdot 0.09^{2/3} \cdot 0.002^{1/2} = 0.26 \text{ m/s}$$

Άρα ο χρόνος που απαιτείται είναι:

$$t_{BG} = \frac{L_{BG}}{V_{BG}} = \frac{100}{0.26} = 380.36 \text{ s}$$

Συνεπώς ο συνολικός χρόνος συγκέντρωσης στην υφιστάμενη κατάσταση είναι:

$$t_{grey} = t_{AB} + t_{BG} = 1264.91 + 380.36 = 1645.27 \text{ s} = 0.46 \text{ h}$$

1γ) Σε πρώτη φάση υπολογίζουμε το εμβαδόν της λεκάνης απορροής που αντιστοιχεί με το εμβαδόν της στέγης:

$$A = 100 \cdot 120 = 12000 \text{ m}^2 = 0.012 \text{ km}^2$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη βροχή που αντιστοιχεί για  $T=10$  έτη στην υφιστάμενη κατάσταση. Εφόσον χρησιμοποιούμε την ορθολογική μέθοδο, στην όμβρια καμπύλη η διάρκεια βροχής λαμβάνεται ίση με το χρόνο συγκέντρωσης:

$$i(t, T) = \frac{467.5(T^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{t}{0.082}\right)^{0.708}} = \frac{467.5(10^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{0.22}{0.082}\right)^{0.708}} = 93.27 \text{ mm/h}$$

Η παροχή αιχμής σύμφωνα με την ορθολογική μέθοδο θα είναι:

$$Q_{grey} = 0.278CiA = 0.278 \cdot 1 \cdot 93.27 \cdot 0.012 = 0.31 \text{ m}^3/\text{s}$$

Αντίστοιχα, με την κατασκευή των πράσινων μέτρων, η βροχή που αντιστοιχεί για  $T=10$  έτη υπολογίζεται:

$$i(t, T) = \frac{467.5(T^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{t}{0.082}\right)^{0.708}} = \frac{467.5(10^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{0.46}{0.082}\right)^{0.708}} = 62.46 \text{ mm/h}$$

Η παροχή αιχμής σύμφωνα με την ορθολογική μέθοδο θα είναι:

$$Q_{green} = 0.278CiA = 0.278 \cdot 0.6 \cdot 62.46 \cdot 0.012 = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Η μείωση στην παροχή αιχμής που επιτυγχάνεται με το πράσινο μέτρο είναι:

$$\frac{0.31 - 0.13}{0.31} = 58\%$$

2α) Για  $N=0$  ο ετήσιος όγκος των φερτών υλών στον ταμιευτήρα είναι:

$$V = \frac{\Sigma A}{\rho} = \frac{30000 \cdot 110}{1300} = 2538.46 \text{ m}^3/\text{year}$$

2β) Από την καμπύλη στάθμης-όγκου και με δεδομένο ότι το φράγμα έχει ύψος 4 m, προκύπτει με γραμμική παρεμβολή ότι ο μέγιστος όγκος που μπορεί να αποθηκεύσει ο ταμιευτήρας είναι 4000 m<sup>3</sup>. Συνεπώς για να πληρωθεί ο ταμιευτήρας με φερτά υλικά απαιτούνται:

$$t = \frac{4000}{2538.46} = 1.58 \text{ years}$$

