



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΦΕΡΤΩΝ (SBTs) ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

ΚΕΜΕΡΙΔΗΣ ΜΑΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΥΣΤΡΑΤΙΑΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2024

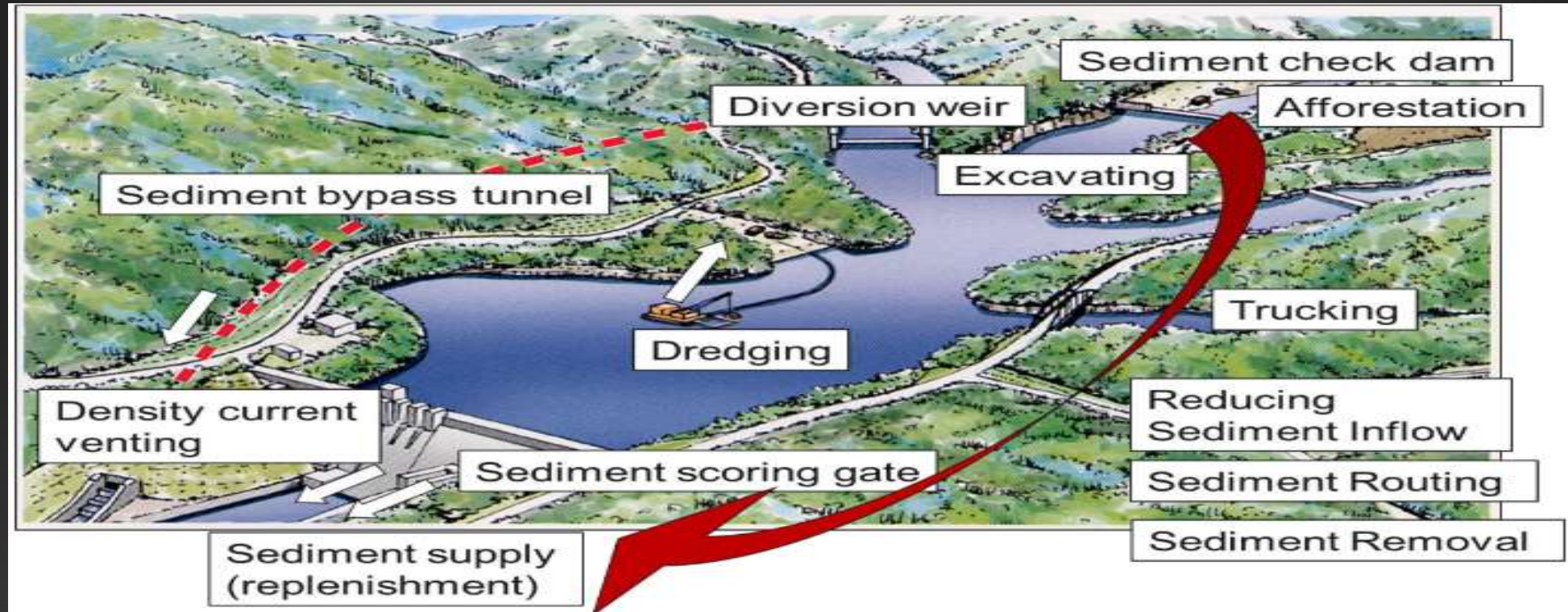
ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ



Το φράγμα Matilija στην Ventura County της Καλιφόρνια των Η.Π.Α.(2011)

- Ο ρυθμός απόθεσης φερτών σε ταμιευτήρες φραγμάτων παγκοσμίως είναι 0,96% του συνολικού όγκου αυτών ετησίως.
- Οι περισσότερες λύσεις για το πρόβλημα της στερεομεταφοράς είναι προσωρινές.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ



Μέθοδοι διαχείρισης φερτών ταμιευτήρα στην Ιαπωνία (*First International Workshop on Sediment Bypass Tunnels*)

ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΦΕΡΤΩΝ

- Μόνιμη λύση στο πρόβλημα της στερεομεταφοράς
- Εκτρέπουν την εισερχόμενη στερεοπαροχή με μέση απόδοση 80%
- Αποκαθιστούν την φυσική ροή φερτών κατάντη φραγμάτων
- Επιλύουν το πρόβλημα της διάβρωσης στα κατάντη φραγμάτων



*Σήραγγα Εκτροπής Φερτών Φράγματος
Asahi, Ιαπωνία*

ΦΘΟΡΑ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΗΣ



Σήραγγα φράγματος Palagnedra, Ticino canton, Ελβετία. Εικονοζόμενο είναι διαβρωμένο κανάλι βάθους ~2 μέτρων

- Διέλευση φερτών
- ↓
- Φθορές λόγω τριβής
- ↓
- Σημαντικό ετήσιο κόστος επισκευών

ΣΤΟΧΟΙ

- Κατασκευή διαδικασίας για τον υπολογισμό της στερεομεταφοράς στον ταμιευτήρα ενός φράγματος
- Εύρεση των καταστροφών λόγω τριβής που προκαλεί η στερεομεταφορά σε μια σήραγγα εκτροπής φερτών
- Παρουσίαση του μοντέλου βάσει των δεδομένων του ταμιευτήρα Λάδωνα

ΦΡΑΓΜΑ ΛΑΔΩΝΑ

- Κατασκευάστηκε το 1955
- Βρίσκεται στον δήμο Γορτηνίας του νομού Αρκαδίας
- Έχει ύψος 42 μέτρα
- Είναι υδροηλεκτρικό φράγμα με εγκατεστημένη ισχύ 70 MW
- Έχει μέγιστο όγκο και επιφάνεια ταμιευτήρα 47.85 hm³ και 4.31 km², αντίστοιχα, σε ύψος 420 m.
- Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντικό ποσό στερεομεταφοράς στον ταμιευτήρα του φράγματος



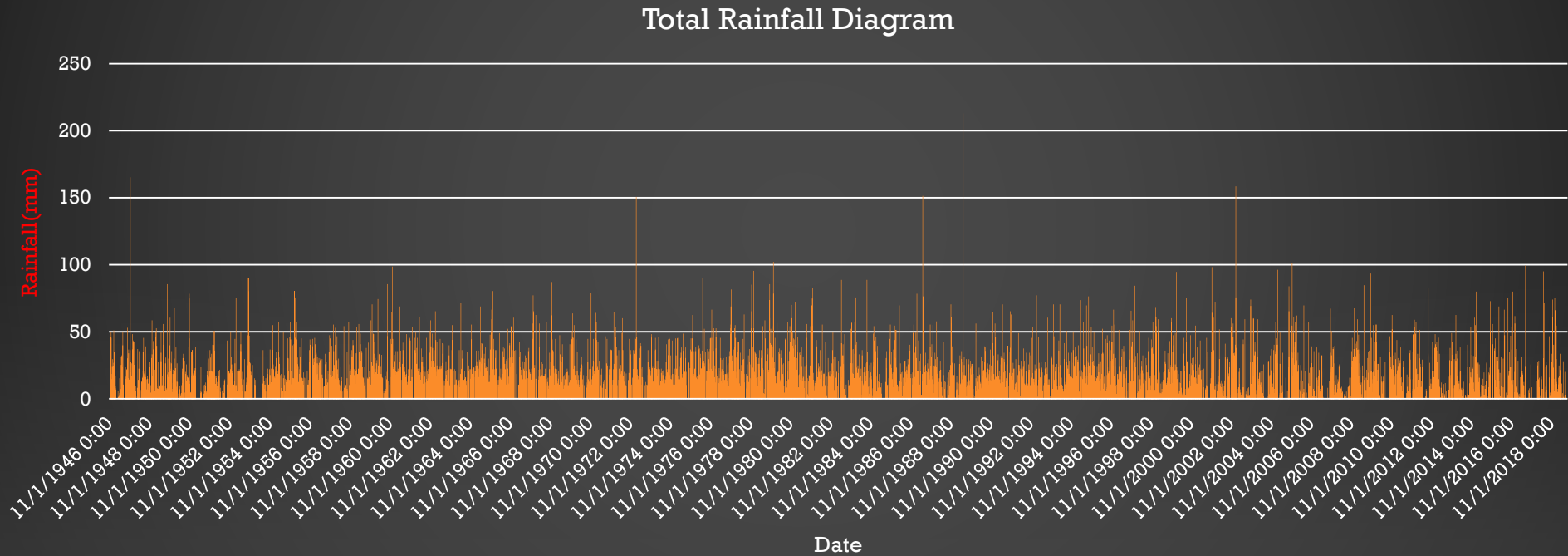
ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑ R.U.S.L.E.

- R.U.S.L.E. = Revised Universal Soil Loss Equation
- $L = R * K * LS * C * P$
- R = Συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής
- K = Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους
- LS = Τοπογραφικός συντελεστής
- C = Συντελεστής κάλυψης εδάφους
- P = Συντελεστής μέτρων ελέγχου διάβρωσης

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΡΟΧΗΣ, R

- Εξαρτάται από τις διαβρωτικές βροχοπτώσεις, οι οποίες καθορίζονται από τα ακόλουθα κριτήρια:
 1. Το συνολικό μέγεθος των βροχοπτώσεων σε μια περιοχή
 2. Την αιχμή των βροχοπτώσεων αυτών
 3. Την διάρκεια των βροχοπτώσεων
- Το πρόβλημα: Για τα 3 κριτήρια αυτά έχουν δοθεί όρια για βροχοπτώσεις με βήμα 15 ή 30 λεπτών και ενώ για την λεκάνη του φράγματος Λάδωνα έχουν καταγραφεί βροχοπτώσεις μόνο ημερήσιας βάσης.
- Η λύση: Χρήση δεδομένων ημερησίων βροχοπτώσεων και διαχωρισμός αυτών σε βήματα με την μέθοδο των ομβρίων καμπυλών.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΒΑΣΗ ΒΑΡΟΥΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΑΦΝΗΣ(747) ΚΑΙ ΠΑΓΚΡΑΤΑΙΙΚΩΝ ΚΑΛΥΒΙΩΝ(766)



ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

- Με βάση κάποιες παραμέτρους (λ , k , α , β και ξ), χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλημμυρικών φαινομένων βροχόπτωσης, ήτοι φαινομένων με μεγάλη περίοδο επαναφοράς T , π.χ. 50 ή 100 ετών.
- Αναστρέφοντας την μέθοδο μπορούμε από μια γνωστή βροχόπτωση να βρούμε την περίοδο επαναφοράς της.

$$x = \lambda_* \frac{(T/\beta_*)^\xi - 1}{(1 + k/\alpha)^{\eta_*}}$$

- Χρησιμοποιώντας την περίοδο επαναφοράς ανακατασκευάζουμε την βροχόπτωση αυτή σε βήματα μέσω της ίδιας μεθόδου.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΛΑΔΩΝΑ

From Position	Ladonas
ΥΔ	SHP_Polygon
ΚΩΔΙΚΟΣ	1995
ΟΝΟΜΑ	-
X	-
Υ	-
Z	-
a	0.18
η	0.626361902
ξ	0.18
λ	43.68779141
β	0.01631006
A(km2)	793.8663
i(d, T)(mm/h)	7.413216994
wi	1
Y,AvSlope(%)	22.18018747

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

- Οι όμβριες καμπύλες έχουν σχεδιαστεί για:

1-Day Flood rain(mm)	1-Day Flood rain T(year)
158.03	100

- Σε αυτήν την εργασία εφαρμόζονται για:

AVG Daily erosive rain(mm)	AVG Daily erosive rain T(year)
27.09	0.63

ΑΛΛΑΓΗ ΒΗΜΑΤΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

- Οι περισσότερες βροχοπτώσεις μικρής περιόδου επαναφοράς έχουν συνήθως μικρή διάρκεια και η αιχμή τους είναι αναλόγως μικρής διάρκειας.
- Αυξάνοντας την διάρκεια των βημάτων, οι όμβριες καμπύλες συγκεντρώνουν μεγαλύτερο μέρος της κάθε βροχόπτωσης στα πρώτα βήματα.
- Αυτό επιτρέπει στις μικρές βροχοπτώσεις να εμφανίζονται με μια μεγαλύτερη αιχμή αντί αυτή να είναι διαμελισμένη σε πολλά βήματα.
- Το βήμα σε αυτή την εργασία έχει τεθεί στις 2.4 ώρες.

ΑΛΛΑΓΗ ΟΡΙΩΝ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΒΡΟΧΩΝ

- Βάση του αριθμού των ετησίων διαβρωτικών βροχών γίνεται αλλαγή του ορίου της αιχμής των διαβρωτικών βροχοπτώσεων.
- Εδώ το όριο αυτό τέθηκε στα 4.5 mm το οποίο οδηγεί σε 48.84 ημέρες διαβρωτικής βροχής ετησίως.
- Αγνοείται το όριο της διάρκειας των βροχοπτώσεων, δηλαδή του μη διαχωρισμού αυτών σε πολλές μικρότερες.
- Το όριο του συνολικού ποσού βροχόπτωσης παραμένει ως έχει, δηλαδή στα 12.7 mm.
- Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για το ύψος των ορίων αυτών όταν συνδιάζονται με την μέθοδο των ομβρίων καμπυλών για μικρές βροχοπτώσεις.

ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ R

1. Εύρεση της ενέργειας μονάδας βροχής $e_r(\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$ βάση της έντασης βροχόπτωσης $i_r(\text{mm} \cdot \text{h}^{-1})$:

$$e_r = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05i_r)]$$

2. Εύρεση του γινομένου ενέργειας βροχής E επί της μέγιστης έντασης βροχής I30, όπου v_r είναι το ποσό βροχής ανά βήμα σε mm:

$$EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^m e_r v_r \right) I_{30}$$

3. Πρόσθεση των EI30 από κάθε ημέρα διαβρωτικής βροχόπτωσης και διαίρεσή τους με τον συνολικό αριθμό ετών για την εύρεση του ετησίου $R(\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{year}^{-1})$.
4. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω διαδικασία της R.U.S.L.E. υποεκτιμά τον συντελεστή R κατά 20% και αυτό διορθώνεται με πολλαπλασιασμό της τελικής τιμής με το 1.2. Τελικά R ισούται με 904.71.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ, K

- Υπολογισμός βάση αλγεβρικής σχέσης των Wischmeier and Smith (1978) και Renard et al. (1997):

$$K = [(2.1 \times 10^{-4} M^{1.14} (12 - OM) + 3.25 (s^{-2}) + 2.5 (p - 3)) / 100] * 0.1317$$

- M είναι ο συντελεστής σύνθεσης εδάφους. Βρίσκεται βάση των ποσοστών πολύ λεπτής άμμου, αργίλου και πυλού στο έδαφος. Εδώ είναι 4895.058. Βρίσκεται ως $M = (msilt + mvfs) * (100 - mc)$
- OM είναι το ποσοστό οργανικού υλικού. Εδώ είναι 3%.
- s είναι ο συντελεστής δόμησης του εδάφους. Εδώ είναι 2 δηλαδή λεπτό πετρώδες έδαφος
- p είναι ο συντελεστής διαπερατότητας εδάφους. Εδώ είναι 2 δηλαδή έδαφος μεταξύ πυλού και αμμώδους πυλού
- Η διαβρωσιμότητα του εδάφους μειώνεται και λόγω πετρότητας του εδάφους, κάτι αρκετά σύνηθες για τις Μεσογειακές χώρες. Κατά μέσο όρο η πετρότητα μειώνει τον συντελεστή K κατά 15%.
- Τελικά K ισούται με 0.031

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ, K

Kst(Correction of K factor due to Stoniness)(Average Reduction in %)	15.00%	
A(km2)	793.87	
km2 to mi2	0.39	
A(mi2)	306.43	
ρ_s (t/m3)	1.6	
SDR	0.21	
Balance towards HSG-C	1.00	
Clay Fraction Content(<0.002 mm)	mc(%)	30.04
Silt Fraction Content(0.002-0.05 mm)	msilt(%)	25.02
Very Fine Sand Fraction Content(0.05-0.1 mm)	mvfs(%)	44.95
Textural Factor	M	4895.06
Organic Matter Content	OM(%)	3
Soil Structure Class(1:very fine granular-4:blocky,platy or massive)	s	2
Permeability Class(1:very rapid-6:very slow)	p	2
Soil Erodibility($((t*ha*h)/(ha*MJ*mm))$)	K	0.031

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ LS

- Προκύπτει από απλό πολλαπλασιασμό των συντελεστών L και S , όπου L είναι ο συντελεστής μέσου μήκους κλίσης λεκάνης και S ο συντελεστής μέσης κλίσης πρανών λεκάνης.
- Βάση του λ , δηλαδή του ζυγισμένου μήκους κλίσης, και του συντελεστή m που εξαρτάται από το την κλίση των πρανών $s\%$, ο συντελεστής L είναι:
- Ο συντελεστής S βρίσκεται βάση της κλίσης $s\%$ ως:
- Τελικά LS ισούται με 3.74

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

$$S = \frac{0.43 + 0.3s + 0.043s^2}{6.574}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ LS

LS(Greek Average)	Ls	3.79
λ (length of slope)(m)	16.72	
m(factor due to slope)	0.5	
L(Slope-length factor)	0.87	
Mean s(Slope)(%)	22.18	
S(Slope-gradient factor)	4.30	
LS(topographic factor)	3.74	

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΛΗΨΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ C

- Υπολογίζεται βάση συντελεστών **C_{crop}** διαφόρων φυτών για αρδευόμενες, καλλιεργούμενες εκτάσεις και συντελεστών **C_{landuse}** για μη αρδευόμενες εκτάσεις(π.χ. δάση).
- Για αρδευόμενες εκτάσεις τα **C_{crop}** πολλαπλασιάζονται και με το **C_{management}** που συγχωνεύει μέσω απλού πολλαπλασιασμού τις πρακτικές διαχείρισης καλλιεργειών που μπορούν να μειώσουν την διάβρωση. Αυτές είναι: 1) το είδος οργώματος, 2) το κατά πόσο τα καλλιεργούμενα φυτά έχουν φυτικές αποθέσεις, 3) η χρήση φυτών κάληψης. Συγκεκριμένα οι φυτικές αποθέσεις υπολογίζονται αλγεβρικά ως:
$$C_{residues} = (0.88 \times F_{residues}) + (1 - F_{residues})$$
- Ανάγοντας τα αποτελέσματα στην έκταση που καλύπτει η κάθε κατηγορία βρίσκουμε τον τελικό συντελεστή **C** που εδώ είναι 0.095.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ CCROP

Ccrop Categories Reference Chart		
Number	Type	Ccrop
	1 Rice	0.15
	2 Common wheat and spelt - Durum Wheat - Rye	0.2
	3 Barley	0.21
	4 Linseed	0.25
	5 Oilseeds - Soya	0.28
	6 Rape and turnip rape	0.3
	7 Dried pulses (legumes) and protein crop - Sunflower Seeds	0.32
	8 Potatoes - Sugar Beet	0.34
	9 Grain maize – corn	0.38
	10 Tobacco	0.49
	11 Cotton seed - Fallow Land	0.5
	12 Other(Grapevine-Vineyard)	0.3

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΙΔΩΝ ΑΡΚΑΔΙΑΣ (ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ, ΧΟΡΤΑ)

Cereals, grasses	Amount	Cat. No.	Amount(%)	Ccrop
<i>Aegilops comosa</i> Sm.	3	2	1.62	0.2
<i>Aegilops lorentii</i> Hochst.	2	2	1.08	0.2
<i>Aegilops triuncialis</i> L.	1	2	0.54	0.2
<i>Dactylis glomerata</i> L.	4	3	2.16	0.21
<i>Festuca arundinacea</i> Schred.	1	1	0.54	0.15
<i>Haynaldia villosa</i> (L.) Schur.	1	2	0.54	0.2
<i>Hordeum bulbosum</i> L.	1	3	0.54	0.21
<i>Lolium perenne</i> L.	5	2	2.70	0.2
<i>Lolium</i> sp.	1	2	0.54	0.2
<i>Triticum aestivum</i> L.	3	2	1.62	0.2
<i>Triticum durum</i> Desf.	2	2	1.08	0.2
<i>Zea mays</i> L.	34	2	18.38	0.2
Subtotal	58			

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΙΔΩΝ ΑΡΚΑΔΙΑΣ (ΟΣΠΡΙΑ)

Pulses and other legumes	Amount	Cat. No.	Amount(%)	Ccrop
Cicer arietinum L.	11	7	5.95	0.32
Lathyrus sativus L.	4	7	2.16	0.32
Lens culinaris Medik.	14	7	7.57	0.32
Lens esculenta Moench.	1	7	0.54	0.32
Medicago coronata (L.) Bartal.	1	7	0.54	0.32
Medicago orbicularis (L.) Bartal.	3	7	1.62	0.32
Medicago sp.	4	7	2.16	0.32
Medicago truncatula Gaertn.	2	7	1.08	0.32
Phaseolus vulgaris L.	3	7	1.62	0.32
Trifolium alexandrinum L.	3	7	1.62	0.32
Trifolium repens L.	3	7	1.62	0.32
Vicia ervilia (L.) Willd.	4	7	2.16	0.32
Vicia faba L.	8	7	4.32	0.32
Vicia sativa L.	13	7	7.03	0.32
Vicia sativa L. subsp. Sativa	2	7	1.08	0.32
Vicia sativa L. subsp. sativa var. obovata Ser.	1	7	0.54	0.32
Subtotal	77			

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΙΔΩΝ ΑΡΚΑΔΙΑΣ (ΛΑΧΑΝΙΚΑ, ΑΓΡΙΑ ΦΑΓΩΣΙΜΑ/ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ/ΣΥΝΟΛΟ)

Vegetables and wild edibles	Amount	Cat. No.	Amount(%)	Ccrop
Brassica cretica Lam.	4	6	2.16	0.3
Lactuca serriola L.	2	8	1.08	0.34
Brassica cretica Lam. subsp. laconica Gustafs. and Snogerup.	1	6	0.54	0.3
Subtotal	7			
Other	Amount	Cat. No.	Amount(%)	Ccrop
Grapevines	43	12	23.24	0.3
Subtotal	43			
Full Total	185			

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ Carable

C-Crop,arable	0.277
C-Management	
Ctillage	1
Cresidues	0.930
Ccover	1
C-Management	0.930
Carable	0.258

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΜΗ-ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ Cnon-arable ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ C

Cnon-arable*Non-arable Area	Cnon-arable per type	Area(km2)	Land Coverage Type	Numbers=Percentage of Non-arable in Total	Non-Arable Area(km2)
0	0		4 Water	Non-arable	4
1.167	0.003	389	Forest(Trees)	Non-arable	389
0	0.35	24	Agricultural(Crops)	Arable	0
0	0.45	12	Medium Density Residential(Built)	Arable	0
0	0.275	0	Open Spaces(Bare)	Non-arable	0
0	0	0	Snow/Ice	Non-arable	0
18.25	0.1	365	Grasslands/Pasture(Range)	0.5	182.5
		794	<- Total Area(km2)	Total Non-Arable Area(km2) ->	575.5
				Total Arable Area(km2) ->	218.5
				Cnon-arable	0.034
				Ctotal	0.095

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ, P

- Η ύπαρξη μέτρων περιορισμού και ελέγχου της διάβρωσης όπως, για παράδειγμα, αναχωμάτων, βοηθάει στον περιορισμό της διάβρωσης.
- Η περιοχή της λεκάνης Λάδωνα είναι αρκετά ορεινή και δεν διαθέτει τέτοια μέτρα. Επομένως ο συντελεστής P ισούται με 1.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΓΚΟΥ ΦΕΡΤΩΝ

- Από την R.U.S.L.E. υπολογίζεται το ποσό εδαφικής απώλειας σε t/ha
- Για να μετατρέψουμε το ποσό αυτό σε όγκο υπολογίζουμε τον συντελεστή SDR που δείχνει το ποσό των φερτών που παγιδεύεται στη έξοδο της λεκάνης ως:

$$SDR = 0.42 A^{-0.125}$$

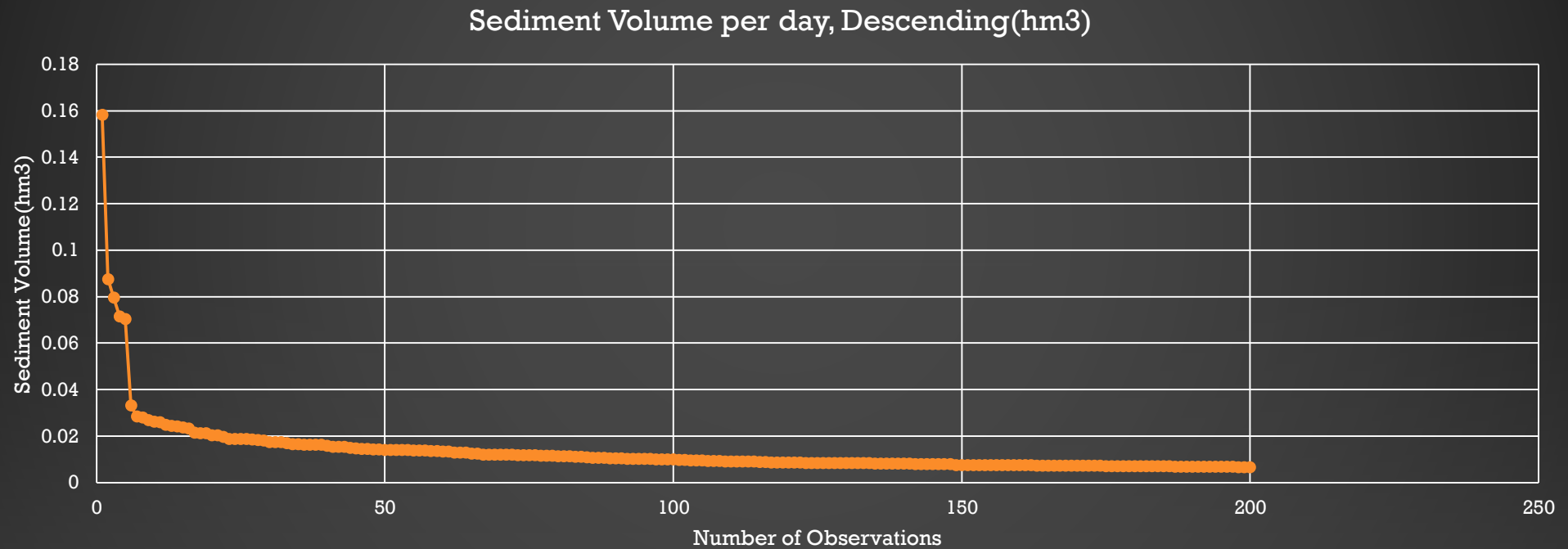
- Έστερα βρίσκουμε τον όγκο των εισερχόμενων φερτών ως:

$$V = \rho SDR L A$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Sedimentation Time X(years)	Total Reservoir Volume(hm3)
69	46
Sedimentation Volume in X years(hm3)	Percentage of Sediment to Total Volume in X years(%)
7.081651581	15.39489474
Sedimentation Volume in 100 years(hm3)	Percentage of Sediment to Total Volume in 100 years(%)
10.26326316	22.31144165
Average Yearly Sedimentation(hm3)	Percentage of Sediment to Total Volume per year(%)
0.102632632	0.223114417

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 200 ΗΜΕΡΩΝ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ



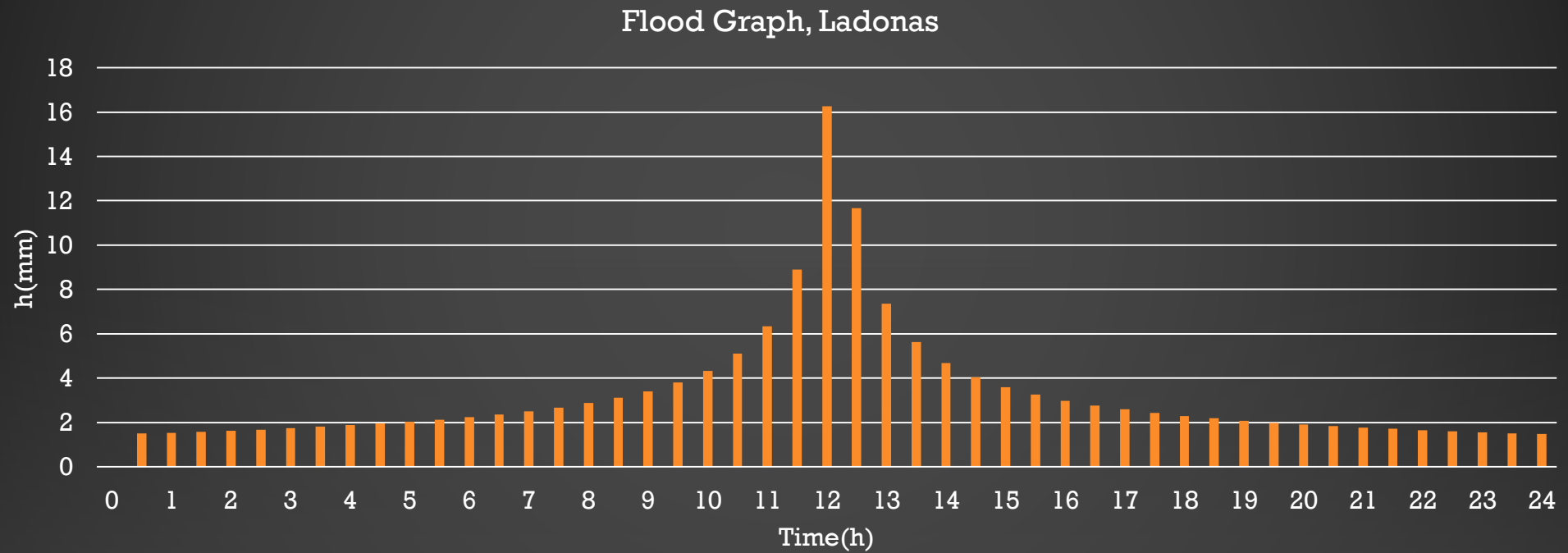
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

- Το φαινόμενο βάση του οποίου θα μελετηθεί η σήραγγα εκτροπής φερτών κανονικά πρέπει να είναι η μέση διαβρωτική βροχόπτωση.
- Μέθοδος των ομβρίων καμπυλών $\longrightarrow$ Μη ακριβής για μικρές περιόδους επαναφοράς.
- Λύση: Χρήση πλημμυρικής βροχόπτωσης 100-ετών και μετατροπή των τελικών αποτελεσμάτων σε μέσες τιμές μέσω συντελεστή.

$$\text{Συντελεστής μέσης βροχόπτωσης} = \frac{\text{σύνολο μέσης διαβρωτικής βροχόπτωσης}}{\text{σύνολο βροχόπτωσης 100-ετών}}$$

- Βάση των δεδομένων της εργασίας αυτής ο συντελεστής αυτός ισούται με 0.171

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 100 ΕΤΩΝ



ΕΥΡΕΣΗ CURVE NUMBER ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΡΟΗΣ ΚΑΙ LAG TIME

- Από τους χάρτες της ESRI και του open data portal της NASA βρίσκουμε:
 1. Την κάληψη του εδάφους και
 2. Το υδρογεωλογικό είδος του εδάφους
- Με τα δεδομένα αυτά βρίσκουμε το Curve Number(CN) της λεκάνης Λάδωνα
- Ύστερα βρίσκουμε το μέγιστο μήκος ροής μέσω του προγράμματος arcmap
- Βάση αυτών των στοιχείων συντάσσουμε τον δίπλα πίνακα δεδομένων όπου:
 1. CN = Curve Number
 2. S = Μέγιστη αφαίρεση ύδατος, ha0 = Αρχική αφαίρεση ύδατος = 5% του S
 3. L = Μέγιστη διαδρομή ροής
 4. LagTime = Χρόνος Lag = Χρόνος καθυστέρησης

CNmiddle	72.52
Cnmiddle,roundup	73
S(mm)	352.78
ha0(mm)	17.64
S(inch)	13.89
l(m)	52181.80
l(feet)	171200.13
TOC(h)	8.46
Lag or Muskingum? Lag	
LagTime(h)	5.08
LagTime(min)	304.51

ΠΙΝΑΚΑΣ CURVE NUMBER

Land Use Description	Cover Description		Hydrologic Soil Group			
	Cover Type and Hydrologic Condition	% Impervious Areas	A	B	C	D
Agricultural	Row Crops - <u>Slight</u> Rows + Crop Residue Cover- Good Condition (1)		64	75	82	85
Commercial	Urban Districts: <u>Commercial</u> and Business	85	89	92	94	95
Forest	<u>Woods</u> (2) - Good Condition		30	55	70	77
Grass/Pasture	Pasture, Grassland, or <u>Rangeland</u> (3) - Good Condition		39	61	74	80
Herbaceous	Mixture of grass, <u>weeds</u> , brush – Good Condition		–	62	74	85
Shrubs	Thick and low shrubs – Good Condition		–	30	41	48
Disturbed/Transitional	Gravel parking, quarries, land under development		76	85	89	91
Industrial	Urban district: Industrial	72	81	88	91	93
High Density Residential	Residential districts by average lot size: 1/8 acre or less; Multi-family, apartments, condos, etc.	65	77	85	90	92
Medium Density Residential	Residential districts by average lot size: 1/4 acre to 1 acre; single-family	30	57	72	81	86
Low Density Residential	Residential districts by average lot size: 1 acre lot or greater; single-family	15	48	66	78	83
Open Spaces	Open Space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) Fair Condition (grass cover 50% to 70%) (Open Space in Good Condition would have same CN as Grass/Pasture)		49	69	79	84
Parking and Paved Spaces	Impervious areas: Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)	100	98	98	98	98
Residential 1/8 acre	Residential districts by average lot size: 1/8 acre or less	65	77	85	90	92
Residential 1/4 acre	Residential districts by average lot size: 1/4 acre	38	61	75	83	87
Residential 1/3 acre	Residential districts by average lot size: 1/3 acre	30	57	72	81	86
Residential 1/2 acre	Residential districts by average lot size: 1/2 acre	25	54	70	80	85
Residential 1 acre	Residential districts by average lot size: 1 acre	20	51	68	79	84
Residential 2 acres	Residential districts by average lot size: <u>2 acres</u>	12	46	65	77	82
Water			100	100	100	100

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LAG TIME ΚΑΤΑ NRCS

- 8. NRCS Lag Time Method

According to **NEH Part 630 Hydrology**, the NRCS Lag Time Method (**Figure 19**) is suitable for different watershed conditions ranging from heavily forested watersheds with steep channels and a high percent of the runoff resulting from subsurface flow, to meadows providing a high retardance to surface runoff, to smooth land surfaces and large paved areas. The curve number CN used in the equations should NOT be less than 50, or greater than 95.

$$T_l = \frac{L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 S^{0.5}}$$

Where:

T_l = lag time (hrs)

L = longest hydraulic length of the watershed (ft)

CN = average watershed curve number

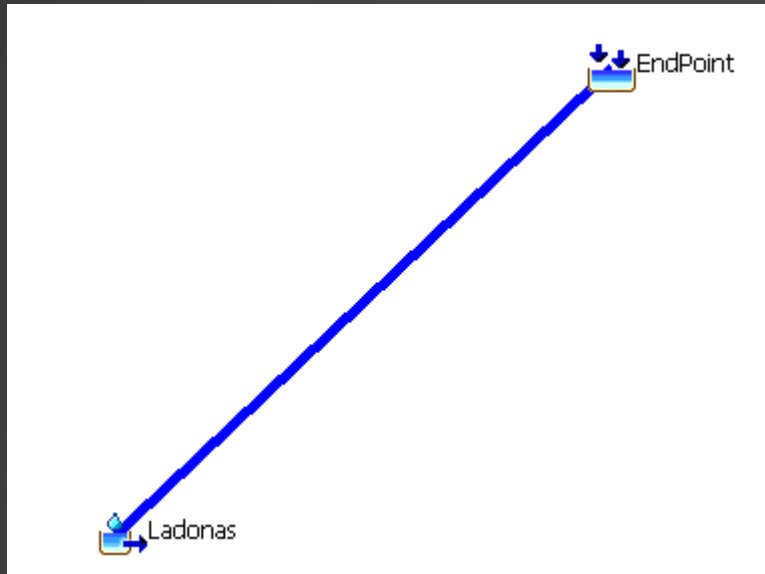
S = average watershed slope (%)

Assume *Lag time* = $0.6 \times TOC$,

$$TOC = \frac{L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1140 S^{0.5}}$$

ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ HEC-HMS ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΠΑΡΟΧΗ

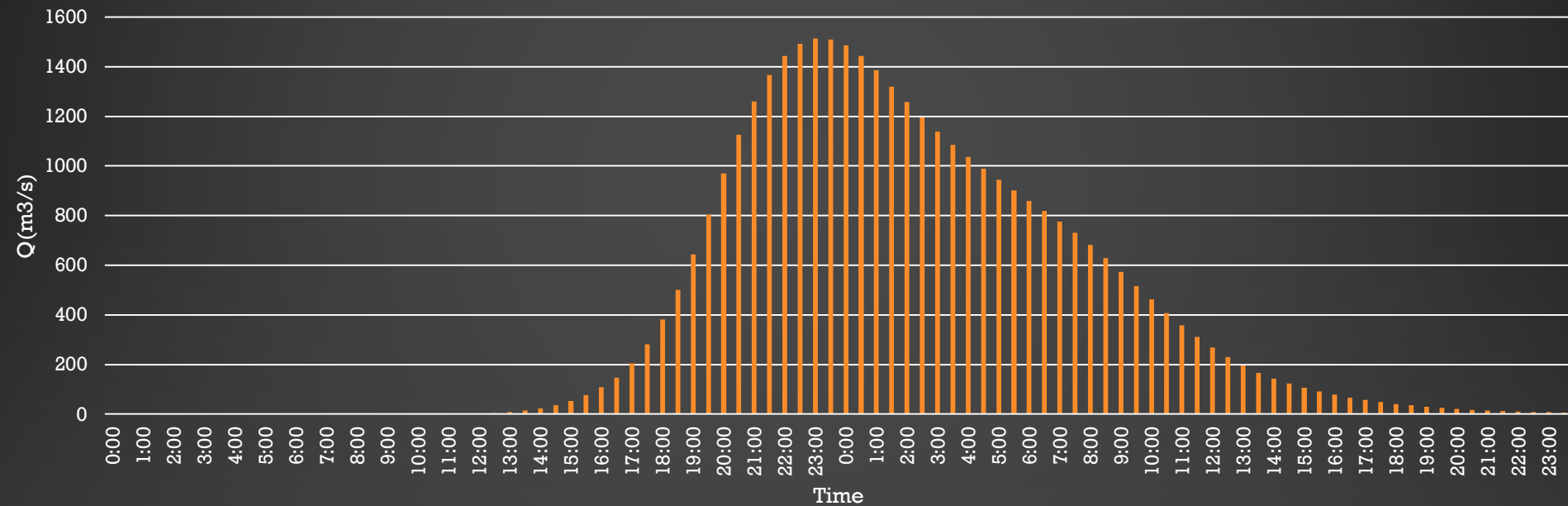
- Κατασκευάζουμε το ακόλουθο μοντέλο για την λεκάνη Λάδωνα στο πρόγραμμα HEC-HMS:



- Κατόπιν εισάγουμε στο πρόγραμμα τις τιμές βροχόπτωσης, το **curve number**, την μέγιστη διαδρομή ροής και το **lag time** και «τρέχουμε» το μοντέλο.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΡΡΟΩΝ ΣΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΗΕC-HMS

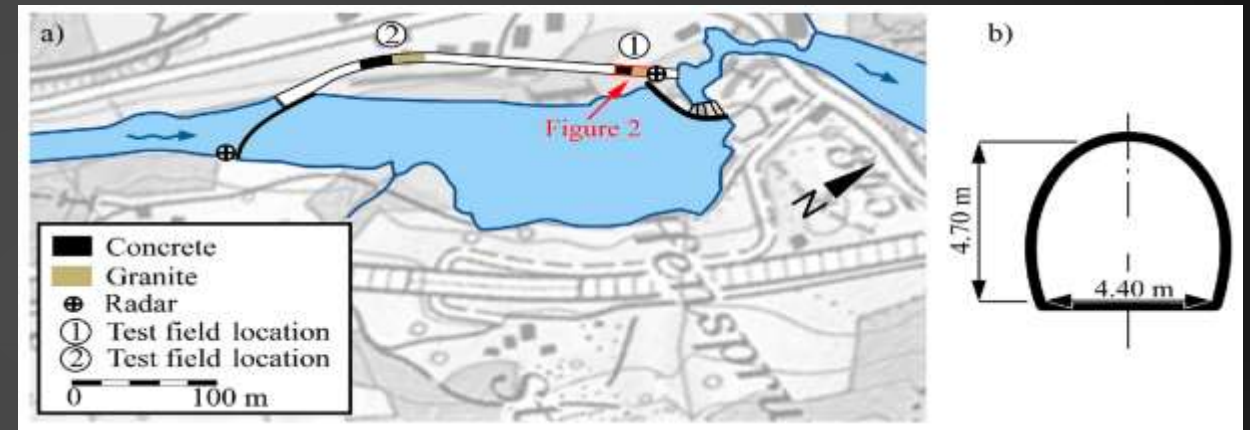
Χρονική Εξέλιξη Απορροής (Λάδωνας)



ΕΥΡΕΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ-ΟΓΚΟΥ

- Οι σήραγγες εκτροπής φερτών βρίσκονται πάντοτε πίσω από έναν υδατοφράκτη (=weir).

*Σχέδιο σήραγγας εκτροπής
φερτών φράγματος
Pfaffensprung, Ελβετία*

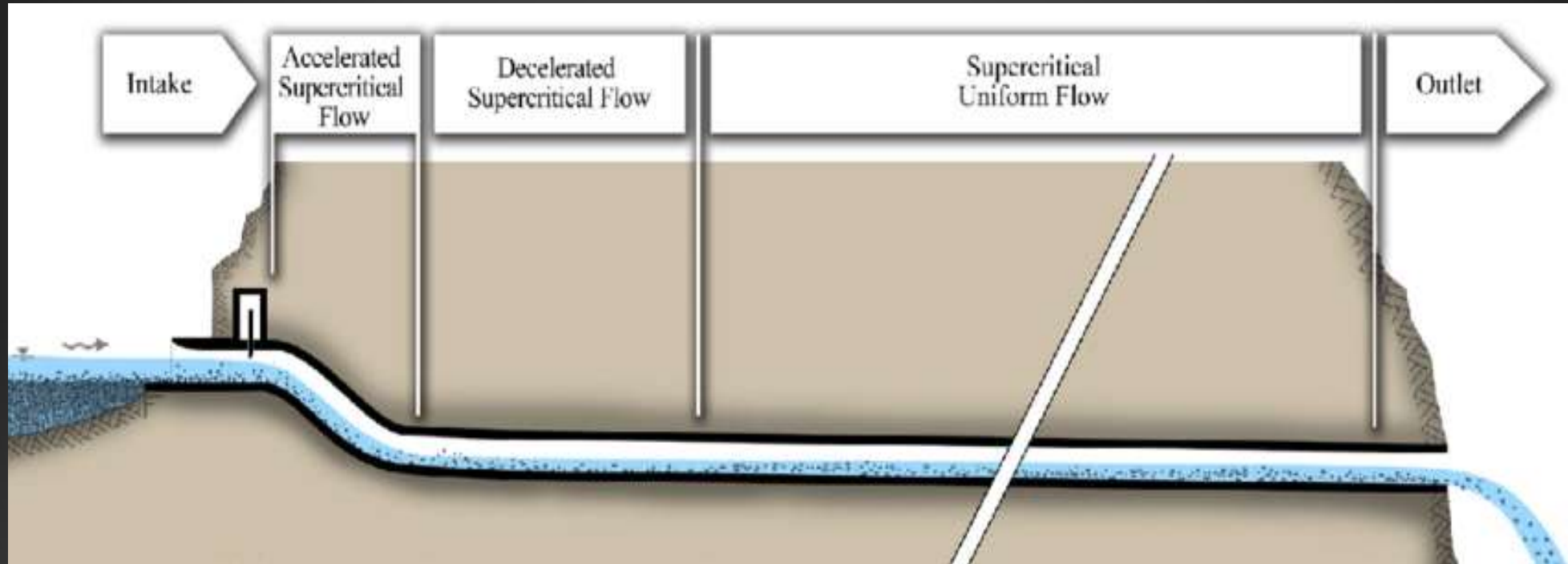


- Εξαιτίας αυτού η πραγματική σχέση στάθμης όγκου με την οποία λειτουργεί μια σήραγγα εκτροπής φερτών είναι αυτή του υδατοφράκτη.
- Το πρόβλημα: Δεν έχουν γίνει βυθομετρήσεις στον ταμιευτήρα Λάδωνα και επομένως δεν μπορεί να κατασκευαστεί σχέση στάθμης όγκου για οτιδήποτε πλην ολόκληρου του ταμιευτήρα.
- Η λύση: Αναγκαστικά χρησιμοποιείται η σχέση στάθμης-όγκου του ταμιευτήρα με θεώρηση ενός σχετικά υψηλού αρχικού όγκου ταμιευτήρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΣΧΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ-ΟΓΚΟΥ

		Opposite(Find V from
zmax(m)	424.491	z)
allow	384.48	6.84E-260
bllow	0.010	100.26
a1	382.97	1.95E-127
b1	0.020	49.06
a2	376.63	1.63E-91
b2	0.028	35.25
limit12(hm3/opposite: m)	20	408.5
limitlow1(hm3/opposite: m)	1.3	385.2

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΦΕΡΤΩΝ



Σκίτσο σήραγγας εκτροπής φερτών(C. Auel 2014)

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

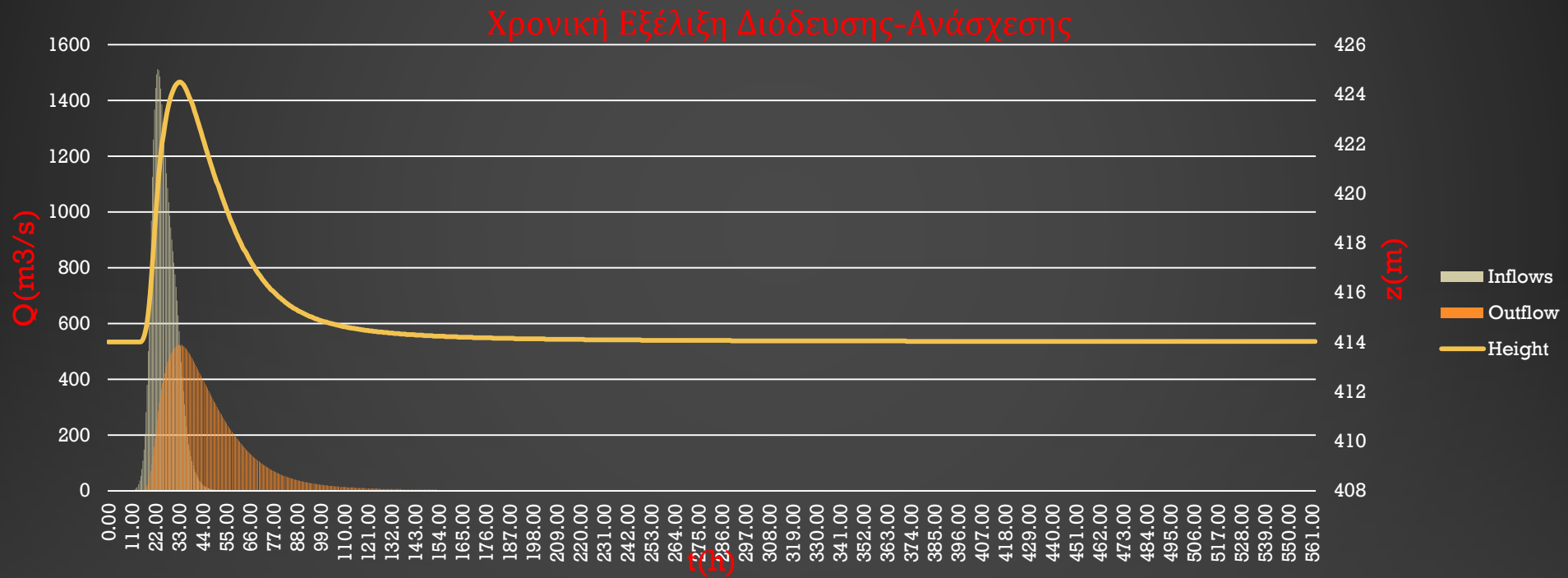
- Το μοντέλο ροής σήραγγας είναι μια απλή ροή με ελεύθερη επιφάνεια.
- Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το ύψος στο οποίο βρίσκεται το βάθος πυθμένα καθώς και η είσοδος της σήραγγας εκτροπής έχει τεθεί στα 414 μέτρα αλλά απαιτούνται βυθομετρήσεις για να τεθεί με ακρίβεια.
- Τα υπόλοιπα δεδομένα εισόδου είναι οι εισερχόμενες ροές που λήφθηκαν από το πρόγραμμα HEC-HMS, η σχέση στάθμης-όγκου και οι παρακάτω παράμετροι:

D(m)	4.5	g(m/s ²)	9.81
H(m)	10.5	v	0.0000011
DHstart(m)	0	α	1
DHend(m)	0	K	0.5
z0,river(m)	414	Size of Tunnel(m ²)	47.25
z0(m)	414	Gate Open time(h)	0
zend,river(m)	372		
zend(m)	372		
Sstart(hm3)	28.50590051		
Hstart(m)	413.85		
L(m)	4600		
Jo	0.009130435		
n	0.013		

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

- Η λειτουργία του μοντέλου έχει ως εξής:
 1. Εύρεση όγκου βάση παροχής λόγω βροχόπτωσης
 2. Χρήση σχέσης στάθμης-όγκου προς εύρεση στάθμης
 3. Υπολογισμός βάθους ροής
 4. Υπολογισμός εμβαδού ροής
 5. Υπολογισμός βρεχόμενης περιμέτρου
 6. Υπολογισμός υδραυλικής ακτίνας
 7. Υπολογισμός ταχύτητας βάση εξίσωσης Manning
 8. Υπολογισμός αριθμού Reynolds
 9. Υπολογισμός ταχύτητας ροής
 10. Υπολογισμός παροχής
 11. Υπολογισμός Όγκου Νερού Εξερχόμενου από την σήραγγα
- Όλα τα παραπάνω γίνονται με την θεώρηση ροής με ομοιόμορφο βάθος.
- Στην πραγματικότητα η ροή είναι καμπύλης S2 και δεν ξεκινά στο ομοιόμορφο βάθος αλλά η διαφορά μεταξύ βάθους εισόδου και ομοιόμορφου βάθους είναι μικρή και επομένως το βάθος γίνεται ομοιόμορφο γρήγορα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΕΡΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ(BED LOAD)

- Ο υπολογισμός των φερτών πυθμένα είναι κατά κύριο λόγο το αποτέλεσμα του συνδυασμού της γενικευμένης μορφής της εξίσωσης μεταφοράς φερτών πυθμένα κατά Meyer-Peter Mueller(1948) και της εξίσωσης απωλειών υλικού σήραγγων εκτροπής φερτών λόγω τριβής κατά Ishibashi(1983).
- Εδώ να σημειωθεί ότι η εξίσωση απωλειών υλικού κατά Ishibashi(1983) είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε και για τον υπολογισμό των απωλειών υλικού της σήραγγας αυτής της εργασίας.

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΕΡΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

$\rho_s(t/m^3)$	n for q_s^*	β (auxiliary parameter)($m/N^{(2/3)}$)
1.6	1.5	1.45E-07
Volume of one grain(by approximation of a sphere)(m^3)	τ_{c^*} based on the Shields equation(in relation to θ_{c^*})	M_p^* (submerged particle weight in kg)
0.00022	0.00072	0.13
Average Grain Diameter in bed load(mm)	Average Grain Diameter in bed load(m)	D^* (dimensionless grain size)
75	0.075	226506
	$\rho_{steel}(t/m^3)$	Critical Shields Number(θ_{c^*})
	7.85	0.00065
μ_s (Dynamic Friction coefficient)	M_p (particle mass)	
0.3	0.35	
	λ_p (air porosity)	
	0.4	
$\rho_w(t/m^3)$	n_i	
0.1	2716.24	
s	n_l (sediment gravel over concrete)(N/m^2)	
16	23634870000	

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΦΕΡΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ

- Βοηθητική παράμετρος β :
$$\beta = [2.5n_1^{2/3} (D/2)^{1/3}]^{-1}$$
- Βοηθητική παράμετρος n_1 (εδώ έχει τεθεί ως $2.41 \cdot 10^9 \text{ kgf/m}^2$ ως κατά Ishibashi):
- Μάζα κόκκου M_p :
$$M_p = 1/6\pi\rho_s D^3$$

$$n_1 = \frac{4}{3(k_1 + k_2)}$$
- Αδιαστατοποιημένη μάζα κόκκου/Μάζα κόκκου σε βύθιση:
$$M_p^* = 1/6\pi(\rho_s - 1000)D^3$$
- Αδιαστατοποιημένη διάμετρος κόκκου:
$$D_* = [(s-1)gD^3]^{0.5}/v$$
- Κρίσιμος αριθμός Shields:
$$\theta_c = 0.0907D_*^{-2/5}$$
- Κρίσιμη διατμητική τάση (λύνοντας την εξίσωση Shields αντίστροφα για $\theta = \theta_c^*$):
- Αριθμός κόκκων ανά μονάδα όγκου:
$$n_i = \frac{(1 - \lambda_p)\rho_s}{M_p}$$

$$\theta = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)gD}$$

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΕΡΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ(BED LOAD)

- Τα βήματα του υπολογισμού φερτών πυθμένα είναι ως εξής:

1. Υπολογισμός ταχύτητας τριβής U^* ως $(g * Rh * S) ^ 0.5$

2. Υπολογισμός αριθμού Shields ως: $\theta = U_*^2 / [(s-1)gD]$

3. Υπολογισμός πηλίκου μήκους σάλτου προς την μέση διάμετρο κόκκου φερτών ως: $\frac{L_p}{D} = 100(\theta - \theta_c)^{1.21}$

4. Υπολογισμός διατμητικής τάσης ως $\rho_w * g * y * S$

5. Υπολογισμός αδιαστατοποιημένης διατμητικής τάσης ως: $\tau^* = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)(g)(D)}$

6. Υπολογισμός παραμέτρου α_s της εξίσωσης Meyer-Peter Mueller

7. Εφαρμογή της εξίσωσης μεταφοράς φερτών των Meyer-Peter Mueller: $q_s^* = \alpha_s (\tau^* - \tau_{c^*})^n$

8. Εύρεση της μη-αδιαστατοποιημένης παροχής ξηρών φερτών ανά μονάδα πλάτους καναλιού από την εξίσωση του Hans Einstein:

9. Εύρεση της παροχής φερτών με πολλαπλασιασμό του q_s με το πλάτος καναλιού

$$q_s^* = \frac{q_s}{D \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D}}$$

10. Εύρεση του όγκου φερτών στο φορτίο πυθμένα, V_{ts} , με πολλαπλασιασμό της παροχής φερτών με το χρονικό βήμα

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

- Για την εύρεση του φορτίου πυθμένα ως ποσοστό:
 1. Το V_{ts} που υπολογίστηκε προηγουμένως είναι V_{ts} φαινομένου βροχόπτωσης 100-ετών
 2. Μετατρέπουμε το V_{ts} αυτό σε V_{ts} μιας ημέρας του φαινομένου πολλαπλασιάζοντας με 24 δια το συνολικό χρονικό διάστημα εκτροπής φερτών εντός του φαινομένου
 3. Ύστερα μετατρέπουμε το V_{ts} μιας ημέρας του φαινομένου 100-ετών σε V_{ts} μιας μέσης διαβρωτικής ημέρας μέσω πολλαπλασιασμού με τον συντελεστή μέσης βροχόπτωσης που ισούται με 0.171 όπως αυτός βρέθηκε προηγουμένως
 4. Πολλαπλασιάζουμε το V_{ts} μιας μέσης διαβρωτικής ημέρας με τον αριθμό διαβρωτικών ημερών ανά έτος και έτσι λαμβάνουμε το μέσο ετήσιο V_{ts} που είναι και το φορτίο πυθμένα σε m^3
 5. Μετατρέπουμε το φορτίο πυθμένα σε μονάδες μάζας-τόνους εν' προκειμένω-πολλαπλασιάζοντας με την πυκνότητα των φερτών ρ_s και κάνουμε το ίδιο και για τον συνολικό όγκο στερεομεταφοράς που έχει υπολογιστεί
 6. Ο λόγος της μάζας φορτίο πυθμένα προς την συνολική μάζα στερεομεταφοράς είναι το φορτίο πυθμένα. Μετατρέποντας τον λόγο σε ποσοστό βρίσκουμε ότι το φορτίο πυθμένα είναι 16.1%

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

		Observed Average Erosive Total Daily Rainfall(mm)				
		27.08836215				
Total Sediment Diversion Time(h)		IDF Curve Total Daily Rainfall(mm)				
216.5		158.0251076				
Total Event Vts 1(m3)	Total Event Vts 2(m3)	Percentage of an average erosive event to this event	Average Yearly Sedimentatio n(hm3)	Average Yearly Sedimentation(m3)	Tons of Average Sedimentation/ year	Percentage of Sediments on Bed
17807.61659	0	0.17141809	0.102632632	102632.6316	164212.2106	16.10%
Total Event Vts(m3)	Vts per day of this event(m3)	Vts per average day(m3)	Erosion days per year	Vts per year(m3)	tons of bed load sediment/year	
17807.61659	1974.054495	338.3886517	48.84057366	16527.09587	26443.35339	

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΗΣ(ΚΑΤΑ ISHIBASHI(1983))

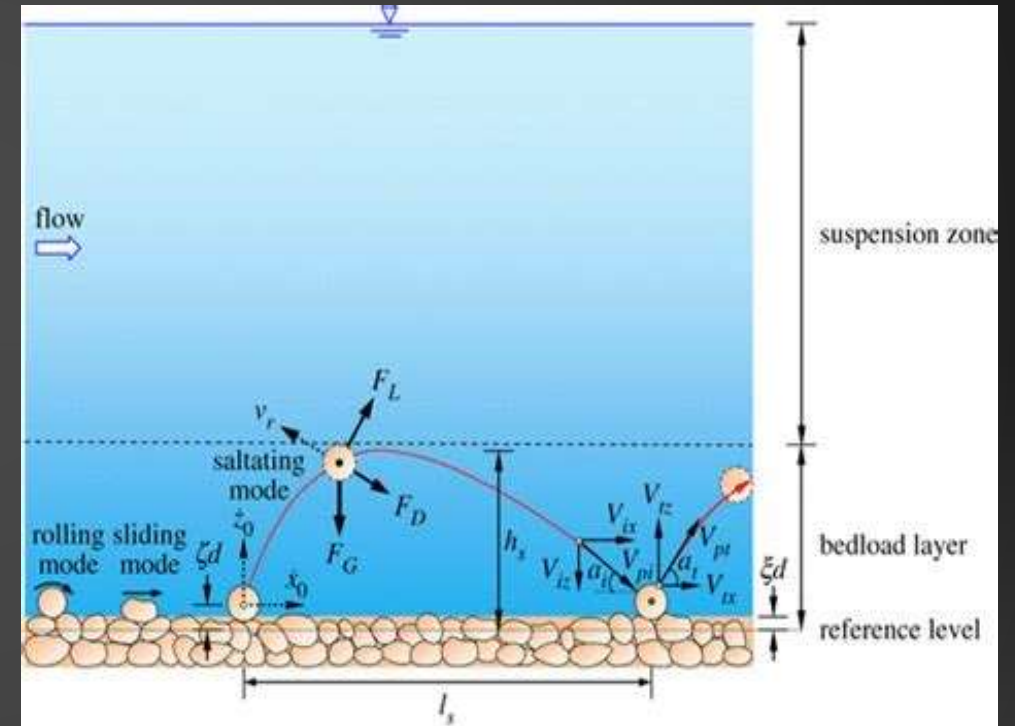
1. Πολλαπλασιάζουμε τον λόγο μήκους σάλτου προς μέση διάμετρο κόκκου φερτών με την μέση διάμετρο κόκκου φερτών για να βρούμε το μήκος σάλτου
2. Βρίσκουμε την συχνότητα πρόσκρουσης των φερτών με τον πυθμένα, N_i , ως τον λόγο του συνολικού μήκους της σήραγγας προς το μήκος σάλτου
3. Υπολογίζουμε την δύναμη πρόσκρουσης των φερτών, F_i , ως:
$$F_i = 1.95 \times 10^3 M_p^* (\theta - \theta_c)$$
4. Υπολογίζουμε την ενέργεια πρόσκρουσης ενός κόκκου φερτών, E_i , ως:
$$E_i = \beta F_i^{5/3}$$
5. Υπολογίζουμε την γωνία πρόσκρουσης των φερτών με τον πυθμένα, γ_{im} , ως:
$$\gamma_{im} \approx \frac{U_p}{V_s} = 19.2 (\theta - \theta_c)^{-0.13}$$
6. Εφαρμόζουμε τις παρακάτω δύο εξισώσεις για την εύρεση της απώλειας υλικού λόγω σάλτου και λόγω λείανσης αντίστοιχα:

$$E_k = 1.5 V_{ts} \sum E_i N_i n_i$$

$$W_f = 5.513 \mu_s V_{ts} \sum \gamma_{im} E_i N_i n_i$$

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΕΙΔΩΝ ΤΡΙΒΗΣ ΦΕΡΤΩΝ

- Ολίσθηση + Κύλιση = Τριβή Λείανσης
 - ❖ Σήραγγες εκτροπής από πετρώδη υλικά (π.χ. Γρανίτης)
 - ❖ Δεν επηρεάζει εύθραυστα υλικά(π.χ. άοπλο σκυρόδεμα)
- Τριβή λόγω Σάλτου
 - ❖ Σήραγγες από σκυρόδεμα υψηλής απόδοσης(HPC)
 - ❖ Επηρεάζει τόσο εύθραυστα όσο και ελατά υλικά



ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΛΟΓΩ ΤΡΙΒΗΣ(ΚΑΤΑ ISHIBASHI(1983))

1. Θέτουμε τις παραμέτρους των υλικών C_1 και C_2 βάση του παρακάτω πίνακα:

Material	C_1 [m ² /(kgf)]	C_2 [m ² /(kgf)]
Concrete	1.189×10^{-7}	1.135×10^{-8}
Steel (SM 41)	3.73×10^{-11}	6.59×10^{-11}
Steel (HT 80)	2.53×10^{-11}	4.78×10^{-11}
Steel (SUS 304)	2.04×10^{-11}	3.25×10^{-11}
Steel (SCMnH 11)	1.18×10^{-11}	1.33×10^{-11}

2. Χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση απώλειας όγκου υλικού σήραγγας εκτροπής φερτών λόγω τριβής φερτών κατά Ishibashi(1983). Αγνοούμε τον όρο $C_2 * W_f$ για εύθραυστα υλικά, δηλαδή για το σκυρόδεμα εν' προκειμένω. Επίσης εφαρμόζουμε την εξίσωση ξεχωριστά για κάθε υλικό.

$$V_a = C_1 E_k + C_2 W_f$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

- Μετατρέπουμε την απώλεια υλικού σε μέση ετήσια με την ίδια διαδικασία που εφαρμόστηκε για την μετατροπή του όγκου φορτίου πυθμένα από όγκο φαινομένου 100-ετών σε μέσο ετήσιο όγκο φερτών πυθμένα. Τελικά λαμβάνουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ek(Nm)	Wf(Nm)
95037410268	4.09708E+12

	Concrete Tunnel?(YES/NO)				
Loss of Concrete	YES				
Va(m3) per event due to Ek	Va(m3) per event due to Wf	Va(m3) per event	Va(m3) per day of this event	Va(m3) per average day(m3)	Average Va(m3) per year
1152.232903	4741.700849	1152.232903	127.7302064	21.89526804	1069.377452

Loss of Steel						
Va(m3) per event due to Ek	Va(m3) per event due to Wf	Va(m3) per event	Va(m3) per day of this event	Va(m3) per average day(m3)	Average Va(m3) per year	Average Va(ton) per year
0.361465831	27.53110889	27.89257473	3.092017521	0.530027739	25.88685881	203.2118417

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ/ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

- Πριν υπολογιστεί το κόστος είναι απαραίτητο να αποφασιστεί κατά πόσο το σίδερο χρησιμοποιείται στο εσωτερικό της σήραγγας. Αυτό διότι οι απώλειες σιδήρου που υπολογίστηκαν δεν αφορούν ράβδους οπλισμού αλλά κυρίως επικαλήψεις του δαπέδου σκυροδέματος με πλάκες σιδήρου.
- Εδώ έχει αποφασιστεί ότι δεν θα τοποθετηθούν πλάκες σιδήρου και επομένως το κόστος απωλειών σιδήρου αγνοήθηκε στο τελικό σύνολο του κόστους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ/ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

		Cost of 1 m3 of C25/30 concrete(in euros)		Concrete Invert without Steel Lining?
		110		YES
	Cost of Concrete	Average Va(m3) per year	Average Financial Loss per year(in euros)	Average Total Financial Loss per year(in euros)
		1069.377452	€ 117,631.52	€ 117,631.52
Cost of steel in USD/mt(Q3 2024)	USD to EUR conversion rate(6/11/2024)	Cost of steel in EUR/mt(Q3 2024)	Cost of steel in EUR/t(Q3 2024)	Total Cost
657	0.933144	613.075608	556.1729929	
	Cost of Steel	Average Va(m3) per year	Average Va(ton) per year	Average Financial Loss per year(in euros)
		25.88685881	203.2118417	€ 113,020.94

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΑΝΑΦΕΡΘΗΣΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

- Βυθομέτρηση ταμιευτήρα Λάδωνα
 1. Δημιουργία σχέσης στάθμης-όγκου υδατοφράκτη
 2. Εξακρίβωση του ύψους εισόδου της σήραγγας.
- Ξεχωριστή έρευνα σχετικά με την ακριβή λειτουργία των συστημάτων του υδατοφράκτη
 1. Καθορισμός ποσοστού εκτρεπόμενου ύδατος
 2. Διόρθωση της μη-ρεαλιστικής θεώρησης πλήρους εκτροπής του εισερχόμενου ύδατος
 3. Προσδιορισμός πραγματικού ύψους σήραγγας
- Έρευνα σχετικά με την σχέση της μεθόδου ομβρίων καμπυλών για βροχοπτώσεις μικρής κλίμακας και των ορίων διαβρωτικών βροχοπτώσεων
- Ενσωμάτωση διαδικασίας **Standard Step Method** στο μοντέλο διόδευσης της σήραγγας για μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη της ροής ιδιαίτερα στην είσοδο της σήραγγας
- Ενσωμάτωση της κλίσης εισόδου της σήραγγας στο μοντέλο διόδευσης

A scenic view of a river with a dam and a small building. The river flows from the left, creating white water rapids as it passes the dam. In the background, there is a small building with a green roof and a stone wall. The surrounding area is lush with green trees and vegetation.

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!