



Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πολυτεχνική Σχολή
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Σημειώσεις μαθήματος **ENE2310: Τεχνική Υδρολογία**

Διάλεξη 6
08/04/2022

Βασιλική Συγγούνα
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Πατρών

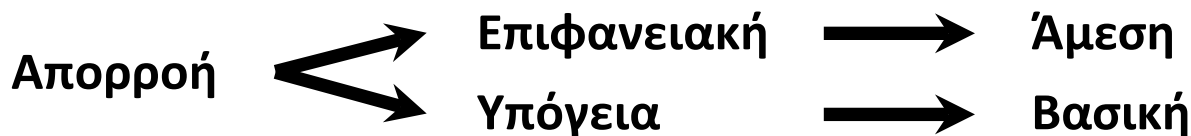
Απορροή (Runoff)

Ορισμοί

Απορροή είναι το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων που εμφανίζεται στα επιφανειακά ρεύματα (ρέματα) και είναι παροδικού ή μόνιμου χαρακτήρα.

Διακρίνεται σε:

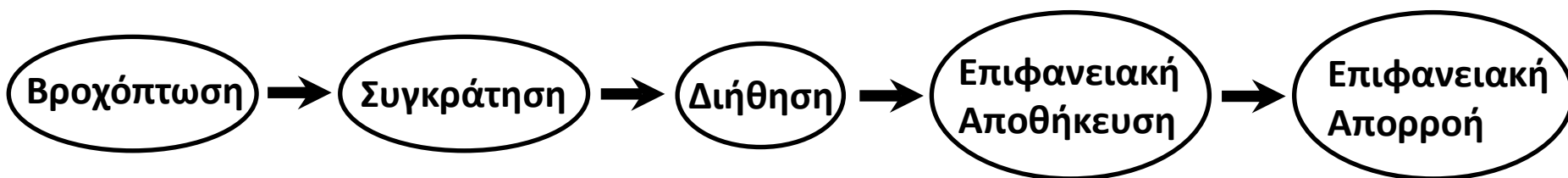
- **Επιφανειακή Απορροή:** Το μέρος που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους και καταλήγει μέσω των ρεμάτων στην έξοδο της λεκάνης απορροής.
- **Υπόγεια Απορροή:** Το μέρος των κατακρημνίσεων το οποίο διηθήθηκε εντός του εδάφους, κινείται υπογείως και συμβάλει στις κοίτες των ρεμάτων.
- **Άμεση Απορροή:** Αυτή που εισέρχεται στα ρέματα αμέσως μετά τη βροχόπτωση. Αποτελείται κυρίως από την Επιφανειακή Απορροή.
- **Βασική Απορροή:** Είναι η ροή των ρεμάτων στο διάστημα μεταξύ των βροχοπτώσεων. Αποτελείται κυρίως από την Υπόγεια Απορροή.



Απορροή (Runoff)

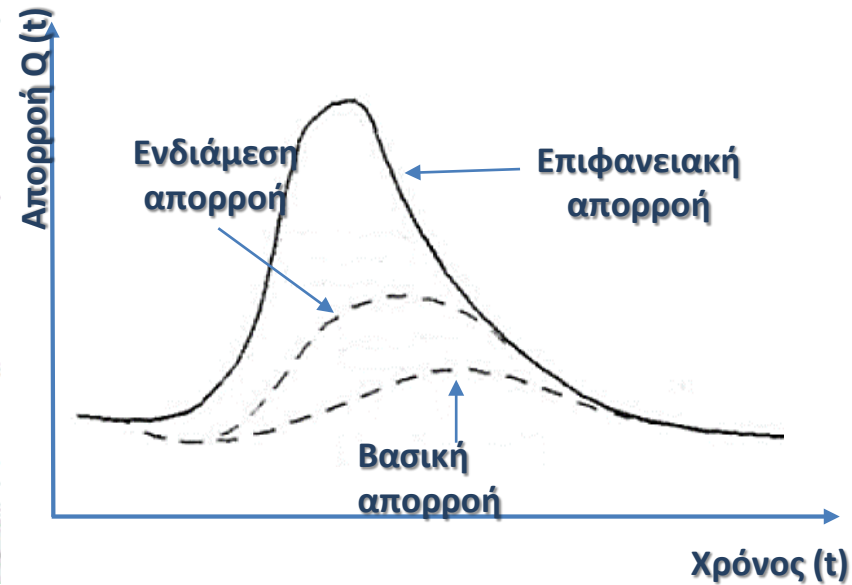
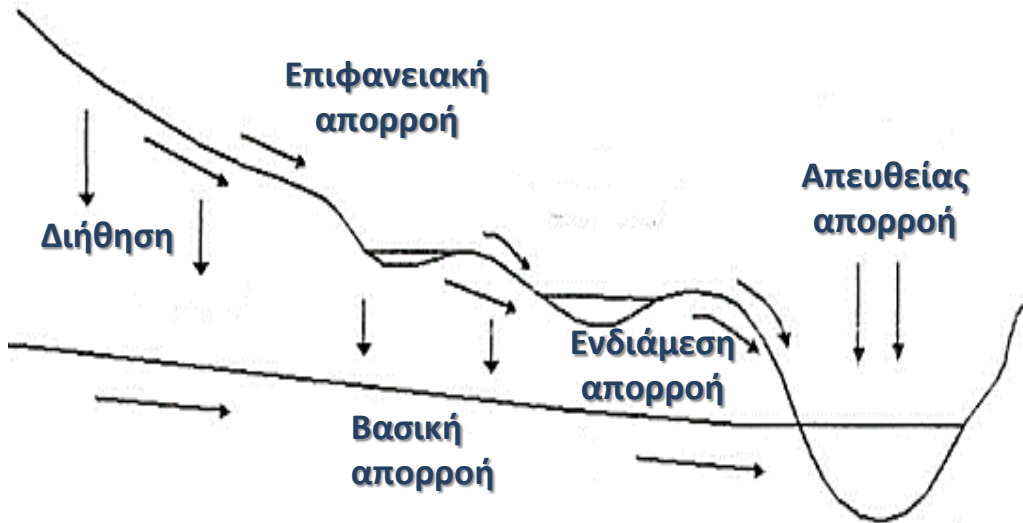
Διαδικασία

- Μετά την έναρξη της βροχόπτωσης αρχίζει η **συγκράτηση** ενός τμήματος νερού από τη βλάστηση.
- Στη συνέχεια έχουμε την **κατείσδυση (διήθηση)** του νερού στο έδαφος.
- Όταν η ένταση της βροχής γίνει μεγαλύτερη από την ταχύτητα διήθησεως, τότε αρχίζει η **επιφανειακή αποθήκευση** στις κοιλότητες του εδάφους.
- Μετά τα παραπάνω, αρχίζει η **επιφανειακή απορροή**.



- Το **περίσσευμα βροχόπτωσης** είναι το μέρος των κατακρημνίσεων που προκαλεί την άμεση απορροή. Η άμεση απορροή μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα λόγω των **πλημμυρών**.
- Οι **απώλειες βροχόπτωσης** (κατακράτηση από βλάστηση, επιφανειακή αποθήκευση, κατείσδυση) δεν συντελούν στην επιφανειακή απορροή.

Απορροή (Runoff)



Ανάλυση της απορροής στις τρεις βασικές συνιστώσες της (Επιφανειακή, Ενδιάμεση και Βασική Απορροή)

Απορροή (Runoff)

Ορισμοί

- **Λεκάνη Απορροής** είναι ένα τμήμα της επιφάνειας της γης στο οποίο υπάρχουν υδατορεύματα, και από το οποίο όλη η επιφανειακή απορροή διέρχεται από μία **διατομή εξόδου**.
- **Υδροκρίτης** είναι μία κλειστή γραμμή η οποία ορίζει φυσικά και τοπογραφικά τη λεκάνη απορροής, και ενώνει τα υψηλότερα σημεία της περιοχής.
- Τα υπόγεια νερά απορρέουν επίσης προς το κύριο υδατόρευμα και την έξοδο της επιφανειακής λεκάνης απορροής, αλλά προέρχονται από μία αντίστοιχη **Υπόγεια Λεκάνη Απορροής**.
- Τα όρια της υπόγειας λεκάνης απορροής **δεν συμπίπτουν πάντα** με τα όρια υπερκείμενης επιφανειακής λεκάνης απορροής.

Flash/SWF to GIF/AVI converter - unregistered version
www.minihttpserver.net

Λεκάνη Αποροής



Απορροή (Runoff)

Συνθήκη Έναρξης Απορροής: \longrightarrow Ύψος Βροχής > Ύψος Απωλειών

Μονάδες μέτρησης

- m^3/sec \longrightarrow Παροχή
- Παροχή/Επιφάνεια Λεκάνης $\left(\frac{m^3}{sec \cdot km^2} \right)$ \longrightarrow Ειδική απορροή
- Όγκος νερού που απορρέει (m^3) \longrightarrow Συνολική απορροή
- Όγκος νερού/Επιφάνεια Λεκάνης (mm) \longrightarrow Ύψος απορροής
- Ύψος απορροής / Ύψος βροχής \longrightarrow Συντελεστής απορροής

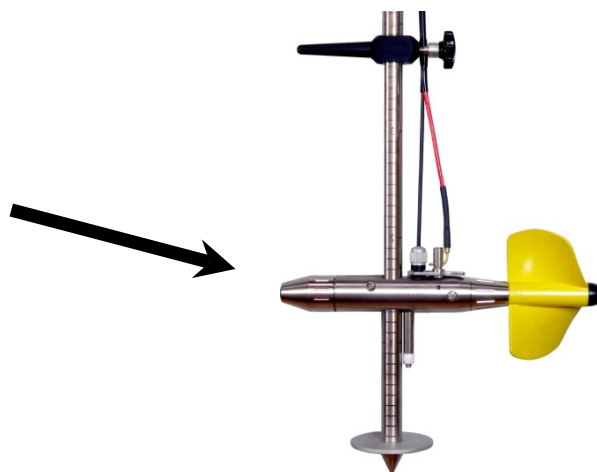
Απορροή (Runoff)

Μέτρηση Απορροής

Μικρές παροχές \longrightarrow Εκχειλιστές, Διάφραγμα με οπή

Μεγάλες παροχές \longrightarrow Εξίσωση Συνέχειας $Q = V \cdot A$

- Μέτρηση υγρής διατομής A (Βρεχόμενη Περίμετρος)
 - Προσδιορισμός Στάθμης (Σταθμήμετρο, Σταθμηγράφος)
- Μέτρηση μέσης ταχύτητας V
 - Μέτρηση με χρήση μιλίσκου
 - Μέτρηση με χημική μέθοδο
 - Μέτρηση με πλωτήρες



Πλημμυρικές Απορροές

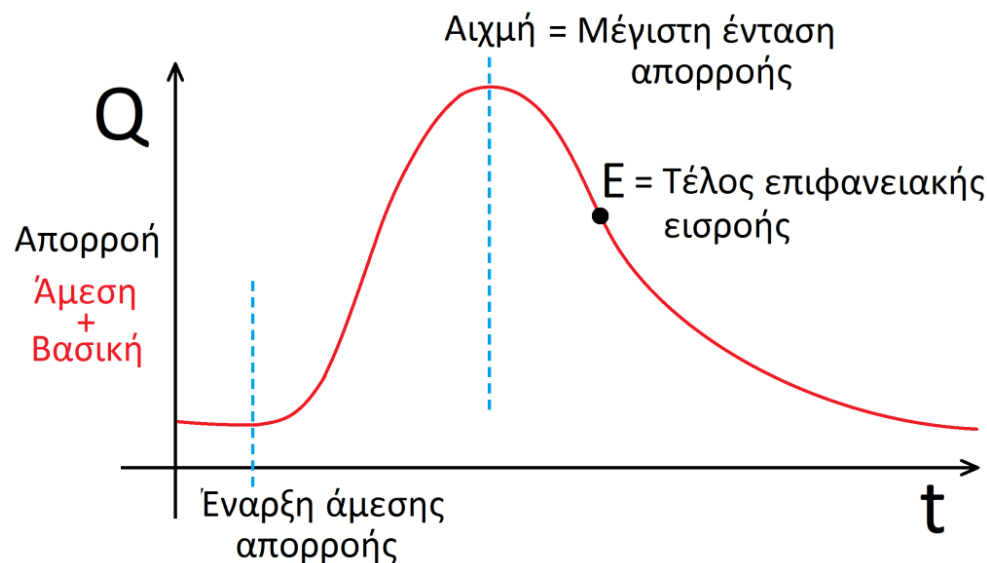
Πλημμυρικές απορροές είναι οι απορροές που αποτελούνται κυρίως από τα ύδατα της επιφανειακής απορροής.

Προκύπτει από έντονα καιρικά περιστατικά και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές καταστροφές.

Η διάρκειά τους κυμαίνεται από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες.

Υδρογράφημα: Είναι η γραφική παράσταση της μεταβολής της απορροής σε συνάρτηση με το χρόνο.

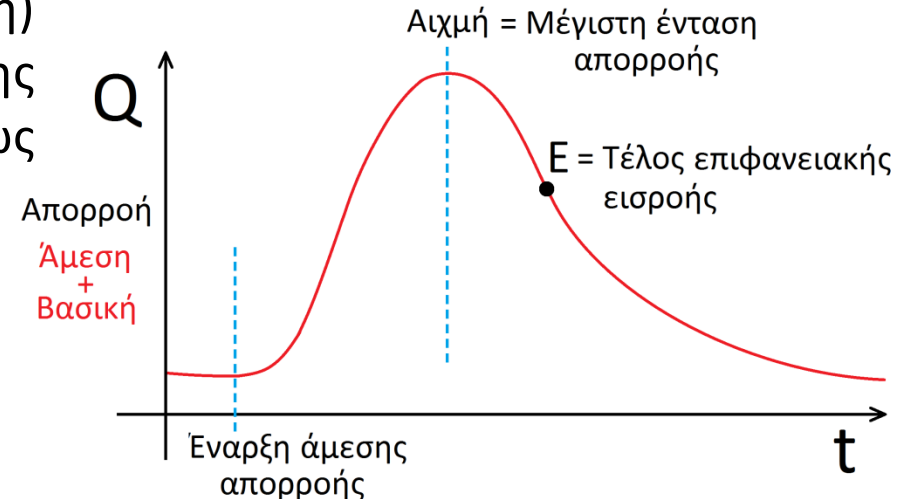
Υδρογράφημα πλημμύρας



Πλημμυρικές Απορροές

Χαρακτηριστικά Υδρογραφήματος

1. Έχει ένα **ανιόν σκέλος** που εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της βροχής και από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης και ένα **κατιόν σκέλος** το οποίο περιγράφει τη διαδικασία αδειάσματος της λεκάνης.
2. Το σημείο αλλαγής καμπυλότητας E είναι η χρονική στιγμή που σταματάει η επιφανειακή (άμεση) απορροή προς τα ρέματα. Εμφανίζεται μετά το μέγιστο γιατί η επιφανειακή απορροή συνεχίζει και μετά το τέλος της βροχής.
3. Η κορυφή του υδρογραφήματος (αιχμή) αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ένταση της απορροής και εμφανίζεται συνήθως μετά το τέλος της βροχής.



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

❖ κλιματικοί παράγοντες

❖ τοπογραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής

Οι βασικότεροι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο και την κατανομή της απορροής, δηλαδή το σχήμα του υδρογραφήματος είναι οι εξής:

1. η ένταση, η διάρκεια και η χρονική κατανομή της βροχής,
2. η κατανομή της βροχής πάνω στην υδρολογική λεκάνη,
3. η διεύθυνση που κινείται η βροχή,
4. η μορφή του κατακρημνίσματος και
5. ο τύπος της βροχής

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

1. Ένταση, διάρκεια και χρονική κατανομή της βροχής

κλιματικοί παράγοντες

Καθορίζουν:

- ✓ τον όγκο της απορροής,
 - ✓ τη χρονική διάρκεια της επιφανειακής απορροής και
 - ✓ το ύψος της αιχμής του υδρογραφήματος.
- ❖ Για μια βροχή με σταθερή ένταση, η διάρκεια της καθορίζει σε ένα βαθμό το ύψος της αιχμής και τη χρονική διάρκεια της επιφανειακής απορροής.
- ❖ Για σταθερή διάρκεια βροχής, μια αύξηση της έντασης της θα προκαλούσε άνοδο της αιχμής και αύξηση του όγκου της απορροής (με την προϋπόθεση βέβαια ότι η ένταση της βροχής ξεπερνά τη διηθητικότητα του εδάφους). Η επίδραση μιας τέτοιας αυξήσεως της έντασης δεν φαίνεται να επηρεάζει ουσιαστικά τη διάρκεια της επιφανειακής απορροής.
- ❖ Αυξομείωση της έντασης της βροχής επηρεάζει το σχήμα του υδρογραφήματος μικρών υδρολογικών λεκανών. Σε μεγαλύτερες λεκάνες η επίδραση αυτή είναι πολύ περιορισμένη.

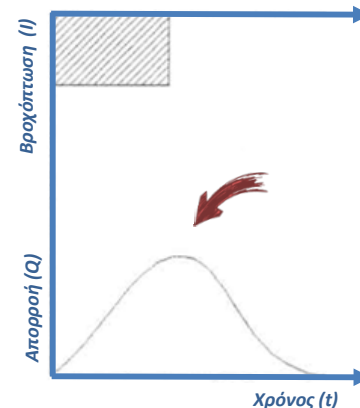
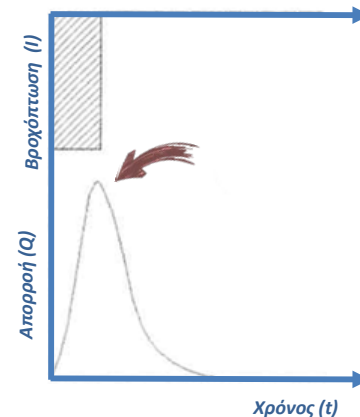
Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

κλιματικοί παράγοντες

1. Ένταση, διάρκεια και χρονική κατανομή της βροχής

Μια βροχή με μεγάλη ένταση και μικρή διάρκεια προκαλεί υψηλή αιχμή, καμπύλες ανόδου και καθόδου με σχετικά απότομες κλίσεις και περιορισμένη διάρκεια επιφανειακής απορροής.

Βροχή του ίδιου συνολικά ύψους αλλά με μικρή ένταση και μεγάλη διάρκεια προκαλεί υδρογράφημα με χαμηλή αιχμή, καμπύλες ανόδου και καθόδου με μικρές κλίσεις και μεγαλύτερη διάρκεια επιφανειακής απορροής.



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

2. Κατανομή της βροχής στην υδρολογική λεκάνη

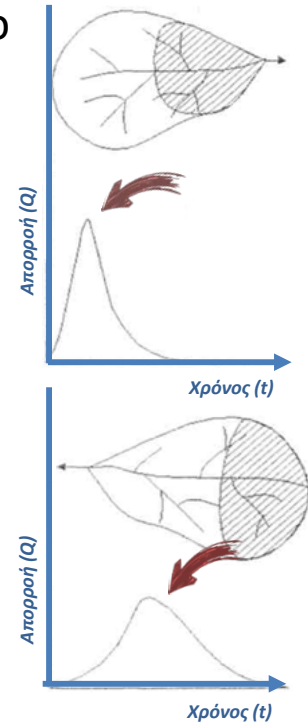
κλιματικοί παράγοντες

Αν η έκταση της υδρολογικής λεκάνης είναι αρκετά μεγάλη, η κατανομή μιας βροχής που πέφτει πάνω της μπορεί να μην είναι ομοιόμορφη.

Δηλαδή, μπορεί να πέσει περισσότερη βροχή σε ένα μέρος της λεκάνης από ότι σε ένα άλλο. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, αυτό θα έχει επιπτώσεις πάνω στο σχήμα του υδρογραφήματος.

➔ **Αν το μεγαλύτερο ύψος βροχής πέσει στο μέρος της λεκάνης που είναι κοντά στην έξοδο της, το υδρογράφημα κατά κανόνα θα έχει έντονη αιχμή και απότομες καμπύλες ανόδου και καθόδου.**

➔ **Αν πέσει σε απομακρυσμένο μέρος της λεκάνης, τότε η αιχμή του υδρογραφήματος θα είναι χαμηλότερη και πιο πεπλατυσμένη, θα παρουσιασθεί καθυστέρηση στο ανέβασμα της καμπύλης ανόδου και η καμπύλη καθόδου θα είναι σχετικά ομαλότερη**



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

3. Διεύθυνση της βροχής

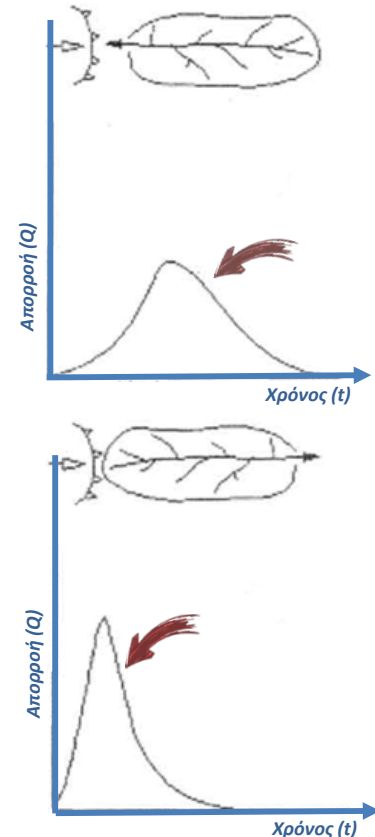
κλιματικοί παράγοντες

Η διεύθυνση της βροχής σε σχέση με τον κύριο προσανατολισμό του δικτύου των ρευμάτων της υδρολογικής λεκάνης, **μπορεί να επηρεάσει τόσο το ύψος της αιχμής του υδρογραφήματος όσο και τη διάρκεια της επιφανειακής απορροής.**

➤ Η επίδραση του εν λόγω παράγοντα είναι πιο έντονη σε λεκάνες με μακρόστενο σχήμα

➤ Σε λεκάνη με μακρόστενο σχήμα, **αν η διεύθυνση της βροχής είναι από την έξοδο της προς τα ανάντη**, θα έχουμε υδρογράφημα με **χαμηλότερη αιχμή και μεγαλύτερη διάρκεια** επιφανειακής απορροής.

➤ Σε λεκάνη με μακρόστενο σχήμα, **αν η διεύθυνση της βροχής είναι από το πιο απομακρυσμένο άκρο της λεκάνης προς την έξοδο**, θα έχουμε υδρογράφημα με **υψηλότερη αιχμή και μικρότερη διάρκεια** επιφανειακής απορροής.



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

κλιματικοί παράγοντες

4. Μορφή του κατακρημνίσματος

Σε αντίθεση με τη βροχή, που έχει άμεσο αποτέλεσμα στη διαμόρφωση του υδρογραφήματος, η επίδραση του χιονιού δεν σχετίζεται με το ύψος και τη διάρκεια πτώσης του, αλλά με το χρόνο και το ρυθμό τήξεως του χιονοστρώματος που καλύπτει την υδρολογική λεκάνη.

Σε λεκάνες που έχουν διαμορφωμένο χιονόστρωμα και συνήθη περίοδο τήξεως την άνοιξη, η πρόκληση απορροής από την τήξη του χιονιού είναι μια σχετικά αργή διαδικασία.

- ❖ Αυτό οφείλεται στην ανομοιόμορφη κατανομή του χιονοστρώματος πάνω στη λεκάνη και τις ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που έχουν ως αποτέλεσμα ο μέσος ρυθμός τήξεως να μην ξεπερνά στις περισσότερες περιπτώσεις τη διηθητικότητα του εδάφους.
- ❖ Έτσι, στις περιπτώσεις αυτές το μεγαλύτερο μέρος της άμεσης απορροής προέρχεται από ενδιάμεση απορροή, με αποτέλεσμα το υδρογράφημα να έχει χαμηλή αιχμή αλλά πολύ μεγάλη χρονική διάρκεια.

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

κλιματικοί παράγοντες

5. Τύπος της βροχής

Ο τύπος της βροχής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της αιχμής του υδρογραφήματος, σε σχέση με το μέγεθος της υδρολογικής λεκάνης.

- ❖ Οι βροχές που προκαλούνται από έντονα ανοδικά ρεύματα (*ανοιξιάτικες και καλοκαιρινές καταιγίδες*) δίνουν τις υψηλότερες αιχμές απορροής σε μικρές υδρολογικές λεκάνες, ενώ η επίδραση τους δεν είναι σημαντική σε μεγάλες λεκάνες γιατί οι ανοδικές βροχές είναι περιορισμένες σε έκταση.
- ❖ Οι βροχές που προκαλούνται από εκτεταμένα μετωπικά συστήματα σε συνδυασμό με ορογραφικούς παράγοντες δίνουν υψηλές και παρατεταμένες αιχμές.

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

Τοπογραφικοί παράγοντες

1. το μέγεθος και το σχήμα της λεκάνης,
2. η κατανομή και η πυκνότητα του δικτύου των ρευμάτων,
3. η κλίση των πρηνών της λεκάνης,
4. η κλίση του κύριου υδατορεύματος,
5. το ανάγλυφο του εδάφους και
6. το ποσοστό και το είδος της φυτοκάλυψης.

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

1. Μέγεθος και σχήμα της υδρολογικής λεκάνης

τοπογραφικοί παράγοντες

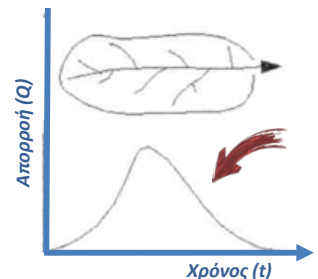
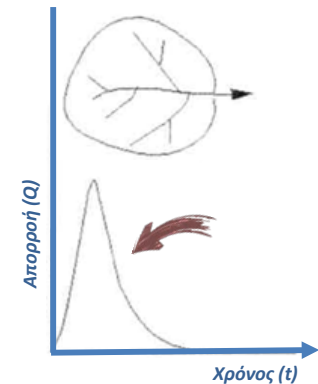
Η κύρια επίδραση του μεγέθους της λεκάνης στο σχήμα του υδρογραφήματος της άμεσης απορροής έχει σχέση με τη χρονική διάρκεια του υδρογραφήματος.

- ❖ Μια συγκεκριμένη βροχή που πέφτει σε μεγάλη λεκάνη θα δώσει υδρογράφημα μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, ενώ η απορροή ανά μονάδα επιφάνειας στην περίοδο της αιχμής θα είναι μικρότερη

Το σχήμα της λεκάνης απορροής διαμορφώνει το ρυθμό με τον οποίο το νερό φτάνει στο κύριο υδατόρευμα, επηρεάζει την καμπύλη ανόδου του υδρογραφήματος και το μέγεθος της αιχμής του.

➔ Αν τα ρεύματα της λεκάνης έχουν μικρό μήκος και συγκλίνουν προς την έξοδο, η καμπύλη ανόδου του υδρογραφήματος είναι πιο απότομη και η αιχμή φτάνει σε μεγαλύτερο ύψος.

➔ Αν το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης είναι σχετικό απομακρυσμένο από την έξοδο της η καμπύλη ανόδου του υδρογραφήματος είναι πιο ήπια και η αιχμή φτάνει σε μικρότερο ύψος.



Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

τοπογραφικοί παράγοντες

2. Κατανομή και πυκνότητα του δικτύου των ρευμάτων

Όσο πυκνότερο και πιο ομοιόμορφα κατανεμημένο είναι το δίκτυο των ρευμάτων μιας υδρολογικής λεκάνης:

- ❖ **τόσο μικρότερες είναι οι διαδρομές που κάνει το νερό πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος που κάνει το νερό για να φτάσει στην έξοδο της λεκάνης**
- ❖ **η καμπύλη ανόδου του υδρογραφήματος θα είναι πιο απότομη, το ύψος της αιχμής μεγαλύτερο και γενικά η άμεση απορροή μεγαλύτερη. Ο χρόνος επαφής του νερού με το έδαφος είναι μικρότερος και κατά συνέπεια μικρότερες ποσότητες νερού διηθούνται μέσα σ' αυτό.**

Στην περίπτωση λεκάνης με αραιό δίκτυο ρευμάτων συμβαίνει ακριβώς τα αντίθετα.

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

3. Κλίση των πρανών της υδρολογικής λεκάνης

τοπογραφικοί παράγοντες

Η κλίση των πρανών της λεκάνης καθορίζει το χρόνο επαφής του νερού της βροχής με την επιφάνεια του εδάφους, δηλαδή καθορίζει τη διάρκεια της διηθήσεως.

Η κλίση είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας του χρόνου συγκεντρώσεως γιατί ρυθμίζει την ταχύτητα που το νερό κινείται πάνω στην επιφάνεια.

Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση:

- τόσο περιορίζεται η χρονική βάση του υδρογραφήματος,
- η αιχμή φτάνει σε μεγαλύτερα ύψη και
- οι καμπύλες ανόδου και καθόδου γίνονται πιο απότομες.

4. Κλίση του κυρίου υδατορεύματος

Όταν το νερό φτάσει στον κύριο κλάδο του ρεύματος μιας υδρολογικής λεκάνης, ο χρόνος που θα χρειασθεί να φτάσει μέχρι την έξοδο της εξαρτάται από το μήκος και την κλίση του ρεύματος. Ο χρόνος αυτός μικραίνει όσο μεγαλώνει η κλίση

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

5. Η ανάγλυφη όψη της υδρολογικής Λεκάνης

τοπογραφικοί παράγοντες

Το νερό της βροχής που συγκεντρώνεται στην επιφάνεια του εδάφους, πριν αρχίσει να κινείται επιφανειακά προς τα ρεύματα, γεμίζει πρώτα τις πιθανές εδαφικές κοιλότητες.

Ο αριθμός και η μορφή των εδαφικών κοιλοτήτων, σε συνδυασμό με την κλίση της λεκάνης, θα επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

- ❖ **Οι λεκάνες με λίγες εδαφικές κοιλότητες και μεγάλες κλίσεις πρανών δίνουν υδρογράφημα με μικρή χρονική βάση, απότομες καμπύλες ανόδου και καθόδου και μεγάλη αιχμή.**
- ❖ **Οι λεκάνες με μεγάλο αριθμό εδαφικών κοιλοτήτων και μικρή κλίση δίνουν υδρογράφημα με χαμηλή αιχμή και μεγάλη χρονική βάση**

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

6. Ποσοστό και είδος φυτοκάλυψης

τοπογραφικοί παράγοντες

Η φυτοκάλυψη επηρεάζει την απορροή με δύο τρόπους:

- ❖ ο ένας είναι άμεσος κι αναφέρεται στη συγκράτηση του νερού της βροχής από τη φυτοκάλυψη, που στη συνέχεια εξατμίζεται πίσω στην ατμόσφαιρα
- ❖ ο άλλος είναι μακρόχρονος και οφείλεται στη διαπνοή

Οι υδρολογικές **λεκάνες που έχουν μεγάλο ποσοστό φυτοκάλυψης** από δέντρα με πυκνό φύλλωμα, δίνουν **ομαλό υδρογράφημα με μεγάλη χρονική βάση και χαμηλή αιχμή**.

Γεωλογικοί παράγοντες

Γεωλογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος είναι εκείνοι που ρυθμίζουν τη ροή του νερού προς τα ρεύματα, είτε με τη μορφή ενδιάμεσης απορροής, είτε με τη μορφή υπόγειας ροής (βασικής απορροής).

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

1. Επιφανειακές εδαφικές στρώσεις

γεωλογικοί παράγοντες

Η κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους, σε συνδυασμό με την υφή και τη δομή των υποκείμενων στρώσεων, καθορίζει το ρυθμό διηθήσεως του νερού και τον όγκο της επιφανειακής απορροής.

Επίσης, η διάταξη των εδαφικών στρώσεων επιδρά στο ρυθμό της κατακόρυφης και πλευρικής κινήσεως του νερού που έχει διηθηθεί στο έδαφος.

Το διαμορφωθέν υδρογράφημα θα έχει **χαμηλή αιχμή** και **μεγάλη χρονική διάρκεια**

- ❖ Αν η επιφανειακή στρώση της λεκάνης αποτελείται από **έδαφος με μικρή διηθητικότητα**, → το μεγαλύτερο μέρος της βροχής θα κινηθεί επιφανειακά προς τα ρεύματα με συνέπεια το **υδρογράφημα να έχει υψηλή αιχμή και μικρή χρονική βάση**.
- ❖ Αν όλες οι **εδαφικές στρώσεις είναι σχετικά διαπερατές**, → το μεγαλύτερο μέρος του νερού, θα διηθηθεί βαθιά, με αποτέλεσμα πολύ **χαμηλή αιχμή και γενικά μικρό όγκο άμεσης απορροής**.

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα του υδρογραφήματος

2. Βαθύτεροι γεωλογικοί σχηματισμοί

γεωλογικοί παράγοντες

Το είδος και η διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών που βρίσκονται κάτω από μια υδρολογική λεκάνη, **επιδρά στη βασική απορροή.**

Ανάλογα με τη διάταξη των σχηματισμών αυτών:

- ❖ η περιοχή που συνεισφέρει νερό στα ρεύματα μιας λεκάνης μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την επιφανειακή έκταση της λεκάνης, όπως αυτή καθορίζεται από τον υδροκρίτη.
- ❖ Επηρεάζεται η υπόγεια στάθμη του νερού. Δηλαδή μπορεί:
 - είτε να εφοδιάζει τα ρεύματα συνέχεια με νερό, οπότε η βασική απορροή θα είναι συνεχής και σημαντική,
 - είτε να την κρατά μόνιμα κάτω από τον πυθμένα των ρευμάτων, οπότε τα ρεύματα θα εμπλουτίζουν με νερό τα υπόγεια στρώματα χωρίς να δέχονται τίποτε από αυτά, με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της βασικής απορροής.

Παραπάνω εξετάστηκε μεμονωμένα η επίδραση των παραγόντων στο σχήμα του υδρογραφήματος. Στη φύση είναι σύνηθες ένας παράγοντας να αναιρεί τα αποτελέσματα κάποιου άλλου έτσι που το τελικό υδρογράφημα να εξαρτάται από το αθροιστικό αποτέλεσμα όλων των παραγόντων, καθώς αυτοί δρουν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους.

Πλημμυρικές Απορροές

Περιπτώσεις Υδρογραφήματος Horton

Βασίζονται στη σχέση 4 παραμέτρων:

1. Ένταση βροχής i (mm/hr)
2. Διηθητικότητα εδάφους f (mm/hr)
 - Ταχύτητα κατείσδυσης του νερού στο έδαφος.
3. Συνολικό ύψος του διηθούμενου νερού h_i (mm)
4. Έλλειμμα εδαφικής υγρασίας h_D (mm)
 - Διαφορά μεταξύ υδατοϊκανότητας του εδάφους και υφιστάμενης υγρασίας του εδάφους.

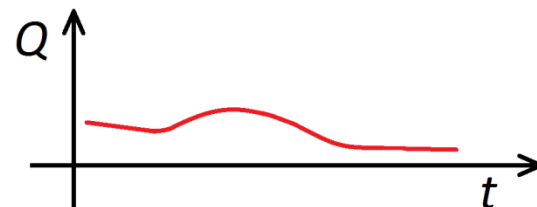
Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους ο Horton διέκρινε τέσσερις (4) περιπτώσεις παραλλαγής ενός υδρογραφήματος.

Πλημμυρικές Απορροές

Περιπτώσεις Υδρογραφήματος Horton

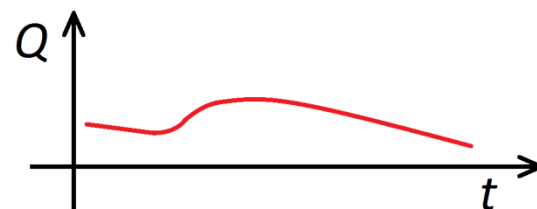
1. $i < f$ και $h_i < h_D$

Δεν έχουμε επιφανειακή (άμεση) απορροή, μόνο μικρή αύξηση της απορροής λόγω απευθείας βροχόπτωσης στην υδάτινη επιφάνεια.



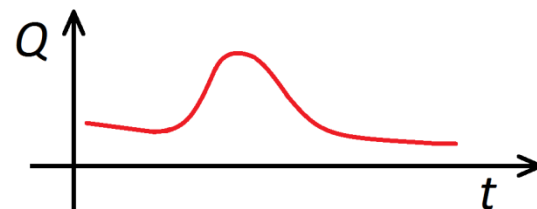
2. $i < f$ και $h_i > h_D$

Δεν έχουμε επιφανειακή (άμεση) απορροή, αλλά έχουμε αύξηση της βασικής απορροής.



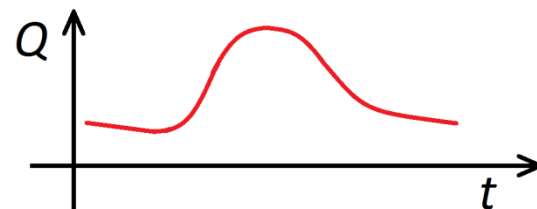
3. $i > f$ και $h_i < h_D$

Έχουμε επιφανειακή (άμεση) απορροή, αλλά δεν έχουμε αύξηση της βασικής απορροής.



4. $i > f$ και $h_i > h_D$

Έχουμε επιφανειακή (άμεση) απορροή αλλά και αύξηση της βασικής απορροής.



Πλημμυρικές Απορροές

Χρονική βάση υδρογραφήματος

Είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο λαμβάνει χώρα η άμεση απορροή.

Η αρχή της συμπίπτει με την αρχή του ανιόντος σκέλους.

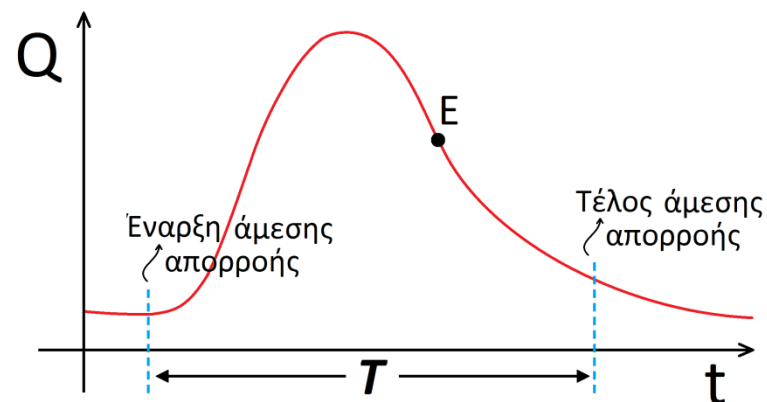
Δίνεται από τη σχέση:

$$T = t_R + t_c$$

όπου T είναι η χρονική βάση του υδρογραφήματος

t_R είναι η διάρκεια της βροχόπτωσης

t_c είναι ο χρόνος συγκέντρωσης



Χρόνος συγκέντρωσης είναι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να φτάσει το νερό από το υδραυλικά πιο απόμακρο σημείο στην έξοδο της λεκάνης.

Υδραυλικά πιο
απόμακρο σημείο

≠

Γεωμετρικά πιο
απόμακρο σημείο

Χωρισμός Άμεσης και Βασικής Απορροής

3 εμπειρικές μέθοδοι

1^η Μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής.

Η βασική απορροή μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο.

$$B = a + \beta \cdot t$$

2^η Μέθοδος των N ημερών.

Η άμεση απορροή τελειώνει N ημέρες μετά την εμφάνιση της κορυφής.

Το N δίνεται από τη σχέση: $N = 0,83 \cdot A^{0,2}$

3^η Μέθοδος του γραμμικού ταμιευτήρα.

Η βασική απορροή μεταβάλλεται με βάση την εξίσωση:

$$Q = Q_o \cdot e^{-a \cdot t}$$

Το σημείο τομής της γραφικής παράστασης της εξίσωσης με το υδρογράφημα είναι το σημείο διαχωρισμού βασικής και άμεσης απορροής.

Γραμμικός ταμιευτήρας: Η απορροή είναι ανάλογη της ποσότητας του νερού S που είναι αποθηκευμένη μέσα σε αυτόν.



$$Q = a \cdot S$$

$$a \text{ (1/sec)}$$

$$S \text{ (m}^3\text{)}$$

Χωρισμός Άμεσης και Βασικής Απορροής

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Ως μοναδιαίο υδρογράφημα για μία λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται εκείνο το οποίο προκαλείται από περίσσειμα βροχόπτωσης 1cm με ομοιόμορφη κατανομή στη λεκάνη, και ομοιόμορφη ένταση κατά την **ορισμένη χρονική διάρκεια** της βροχόπτωσης.

Το ΜΥΓ είναι η συνάρτηση μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε απορροή. Λέγεται **μοναδιαίο** λόγω της ορισμένης διάρκειας και όχι επειδή το περίσσειμα βροχόπτωσης είναι 1 cm. Η χρονική διάρκεια είναι χαρακτηριστικό του ΜΥΓ.

Το ΜΥΓ είναι συνάρτηση της διάρκειας της βροχής και των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής.

Με βάση το ΜΥΓ μπορούμε να προσδιορίσουμε το υδρογράφημα της άμεσης απορροής οποιασδήποτε βροχόπτωσης στην ίδια λεκάνη.

Χωρισμός Άμεσης και Βασικής Απορροής

Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥΓ, Unit hydrograph)

Για την χρήση του ΜΥΓ θεωρούμε τις παρακάτω υποθέσεις.

1. Ο χρόνος συγκέντρωσης t_c παραμένει σταθερός για μία λεκάνη απορροής.
2. Η λεκάνη απορροής αποτελεί γραμμικό σύστημα. Άρα ισχύουν η αρχή της επαλληλίας και η αρχή της αναλογικότητας.

Αρχή επαλληλίας: Έστω ύψη βροχής h_1 και h_2 που προκαλούν απορροή R_1 και R_2 αντίστοιχα. Τότε το ύψος βροχής $h_1 + h_2$ προκαλεί απορροή $R_1 + R_2$

Αρχή αναλογικότητας: Έστω ύψη βροχής h_1 που προκαλεί απορροή R_1 . Τότε το ύψος βροχής $2 \times h_1$ προκαλεί απορροή $2 \times R_1$.

3. Θεωρούμε ότι η βροχή είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στη λεκάνη.
4. Οι ιδιότητες της λεκάνης δεν μεταβάλλονται με το χρόνο.

Τεχνική Υδρολογία

Βιβλιογραφία

- Τεχνική Υδρολογία, Λευθεριώτης Γεώργιος, Σημειώσεις Μαθήματος, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2021.
- Τεχνική Υδρολογία, Σακκάς Ι.Γ., Τόμος 1, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Εκδόσεις Αϊβάζης, 2007.
- Τεχνική Υδρολογία, Μιμίκου Μ.Α., Μπαλτάς Ε.Α. 6^η έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2018.
- Υδατικοί Πόροι II: Εφαρμογές Τεχνικής Υδρολογίας, Τσακίρης Γ., Βαγγέλης Χ. Εκδόσεις Συμμετρία, 2009.