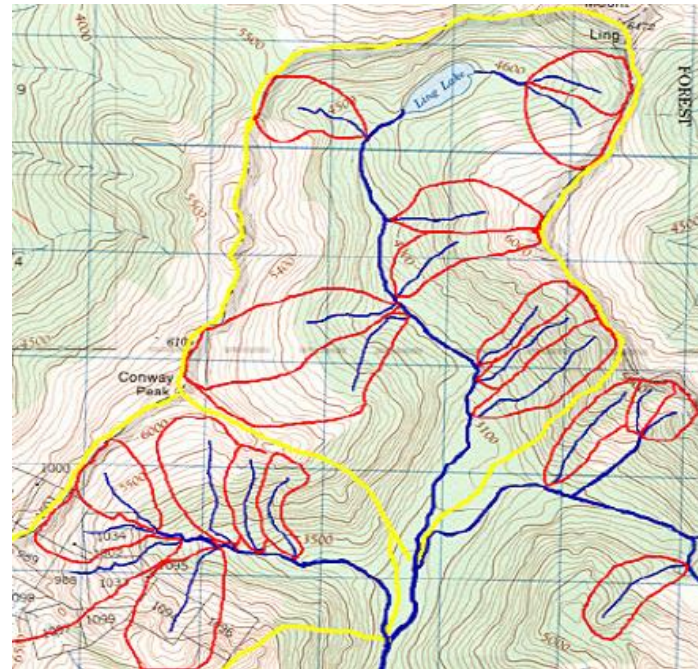


Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ

- Η νοητή γραμμή που συνδέει τα ψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας του εδάφους και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων.



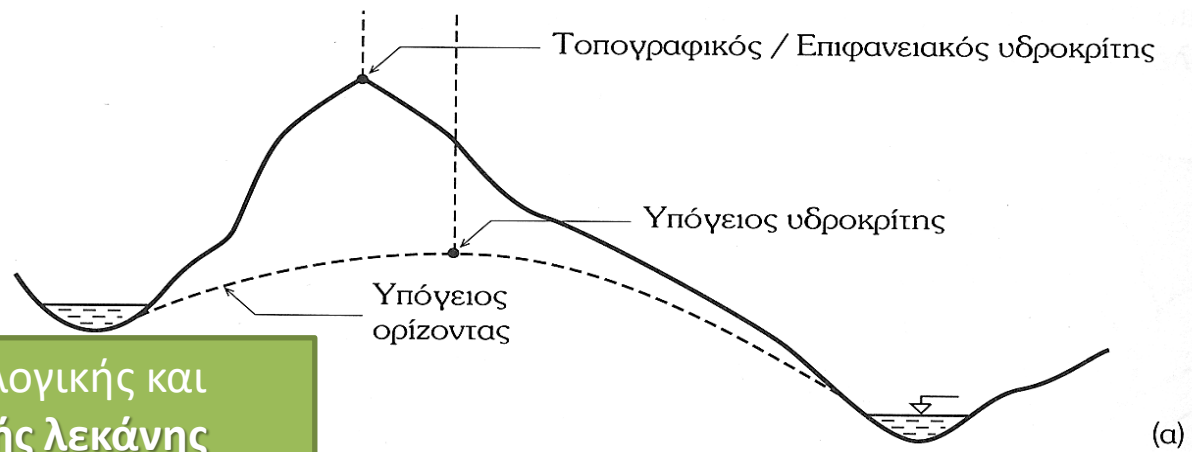
ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



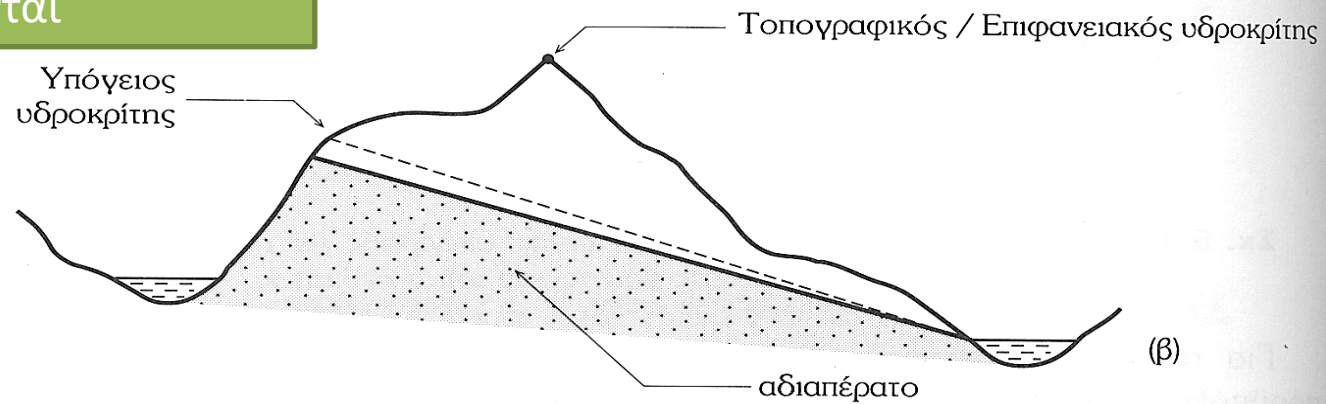
Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2013

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

- Η περιοχή της επιφάνειας της γης που περικλείεται από τον υδροκρίτη
- Το όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής → υδροκρίτης
- Στην περιοχή αυτή, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα που τα απομακρύνει/οδεύει προς το χαμηλότερο σημείο της (υπό)λεκάνης. Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι ένα ποτάμι, που καταλήγει στη θάλασσα, ένας χείμαρρος, μία καταβόθρα ή μία λίμνη όπου το νερό συγκεντρώνεται και εξατμίζεται ή απορροφάται από το έδαφος.
- Σε κάθε διατομή υδατορέματος αντιστοιχεί μία λεκάνη απορροής (ή υπολεκάνη για ακρίβεια)
- Για λόγους διευκόλυνσης (σε κατανεμημένα μοντέλα) → η λεκάνη υποδιαιρείται σε επιμέρους **υπολεκάνες**
- **2000/60/ΕΚ Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής (σύστημα)**



Διαφορά υδρολογικής και
υδρογεωλογικής λεκάνης
--- Δεν ταυτίζονται

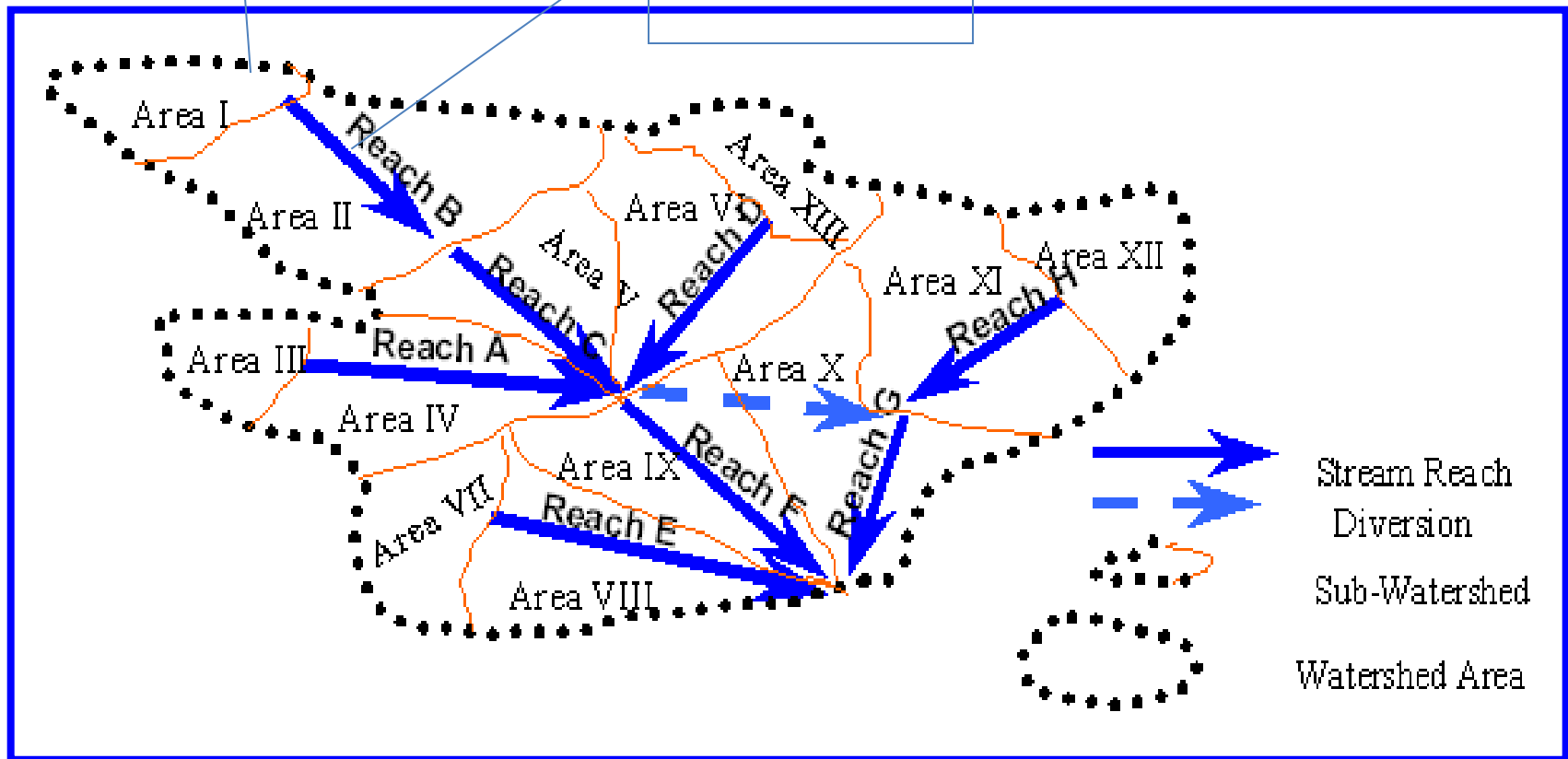


- Σχ. 5.2:** Περιπτώσεις απόκλισης στην εκτίμηση της λεκάνης απορροής που γίνεται με βάση τον τοπογραφικό/επιφανειακό υδροκρίτη:
- Το ψηλότερο σημείο του υπόγειου ορίζοντα δεν συμπίπτει με τον τοπογραφικό υδροκρίτη.
 - Η διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών δημιουργεί συνθήκες κατάλληλες για τον υπόγειο υδροκρίτη να βρίσκεται σε διπλανή λεκάνη απορροής.

ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Υπο-λεκάνες

Κλάδοι



ΕΝΝΟΙΕΣ

- Οι λεκάνες απορροής αναπαρίστανται από ένα σύστημα υπο-λεκανών και κλάδων
- Οι υπο-λεκάνες αποτελούν αυτόνομες περιοχές αποστράγγισης από τις οποίες παράγονται υδρογραφήματα τα οποία τροφοδοτούν το άνω άκρο του επόμενου κλάδου

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

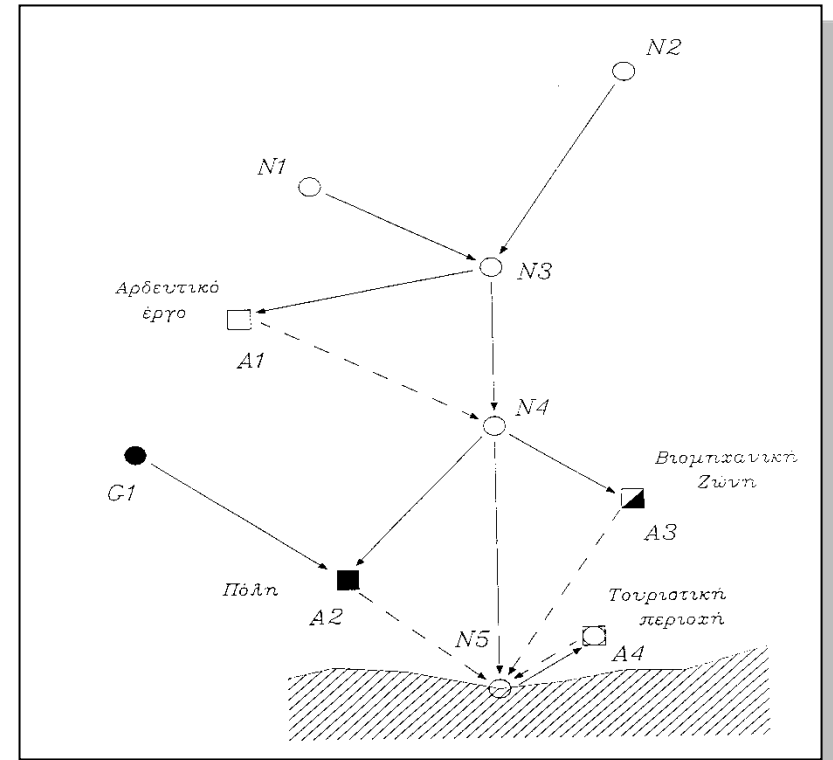
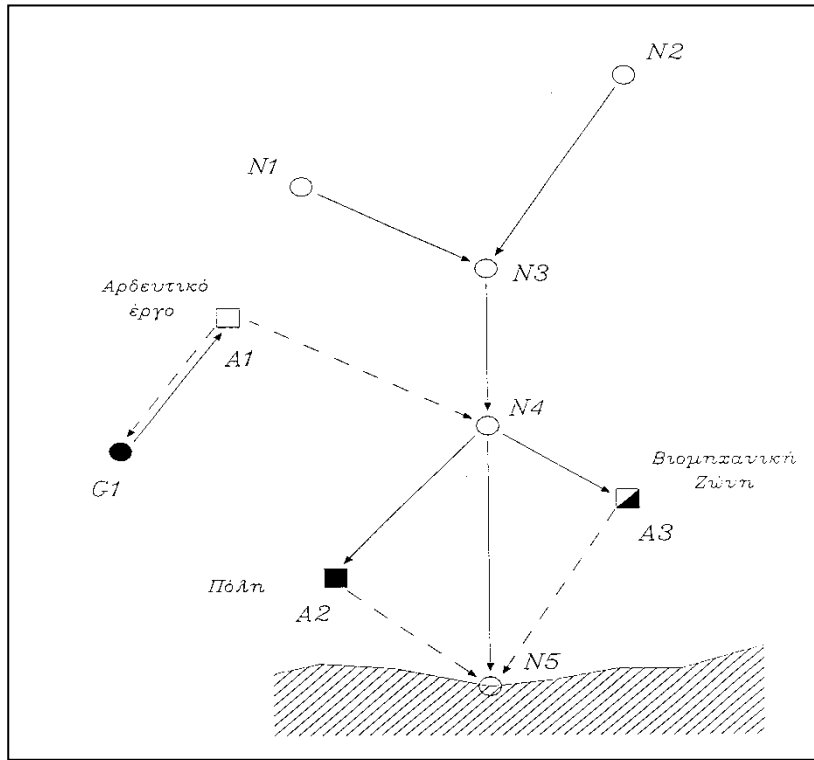
- ❑ Κλάδοι υδατορεμάτων: αποτελούν τη βασική διαδρομή της παροχής μέσω της οποίας διοχετεύονται τα υδρογραφήματα εισροής και εκροής

➡ Διόδευση Πλημμύρας διαμέσου ταμιευτήρα (λίμνες, φράγματα, υγράτοποι)

➡ Διόδευση Πλημμύρας διαμέσου υδατορεύματος (χειμαρρικό ρεύμα ή ποτάμι).

- ❑ Όλες οι (υπό)λεκάνες απορροής καταλήγουν στον τελικό κλάδο ο οποίος έχει μία έξοδο "Outlet"

Λεκάνη απορροής



Υπάρχουσα κατάσταση

Σενάριο 1: Μέσες υδρολογικές συνθήκες

Σενάριο 2: Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες

Μελλοντική κατάσταση με παράλληλη κατασκευή έργων

Σενάριο 1: Μέσες υδρολογικές συνθήκες

Σενάριο 2: Δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες

ΔΥΠ στον Ελλαδικό χώρο

- Μικρές λεκάνες απορροής και πολλαπλό καθεστώς
- Υδατικά διαμερίσματα
- Μείζων λεκάνη απορροής
- Σχηματοποίηση υδατικού συστήματος με βάση συστημικές αρχές

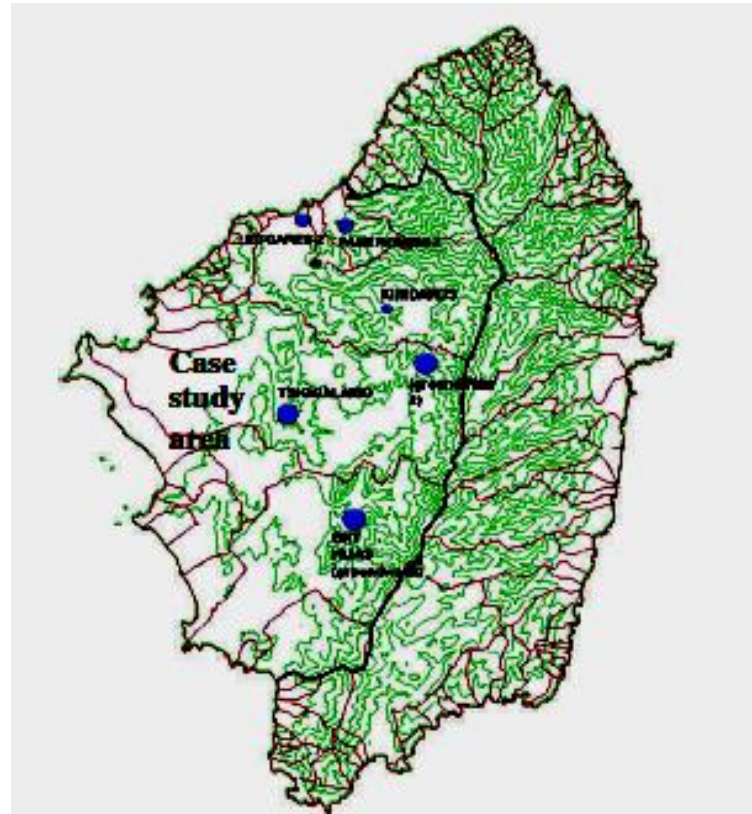
2000/60/ΕΚ

Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης απορροής

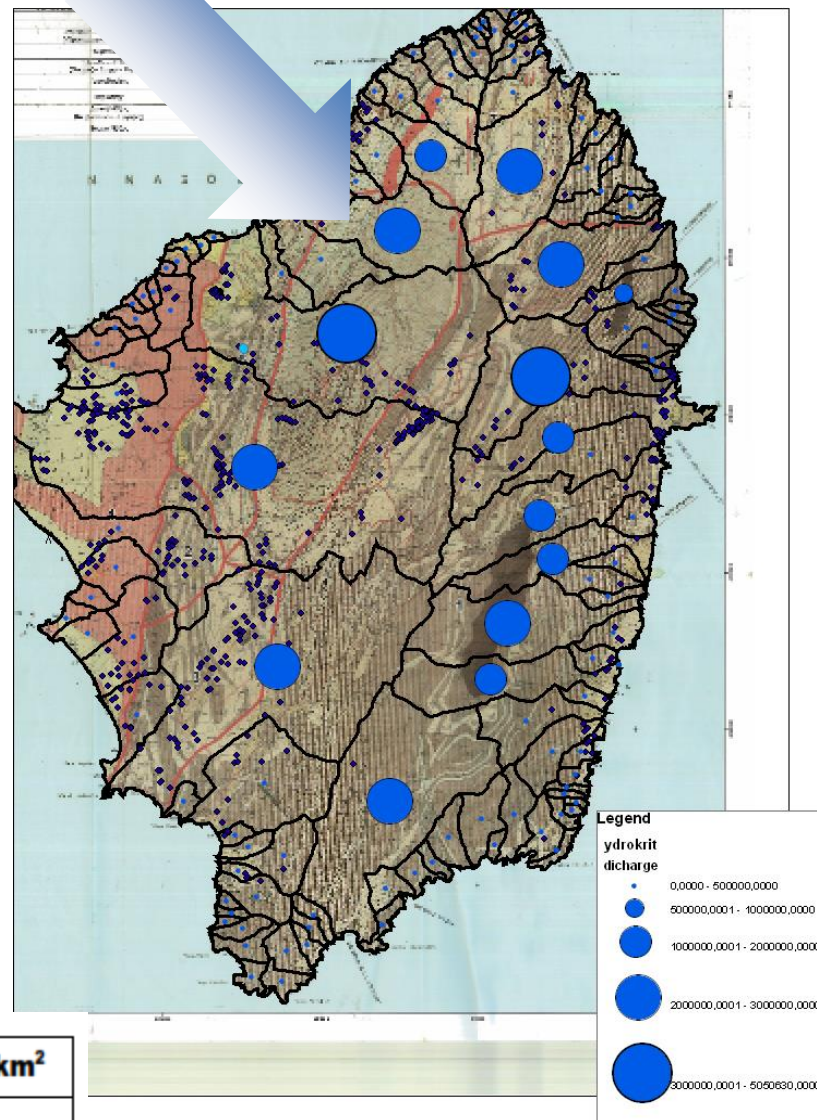
Νάξος, μικρές λεκάνες απορροής

Έννοια μείζονος λεκάνης απορροής

Π.χ. όλη η Νάξος ή το δυτικό τμήμα



- Μέση βροχόπτωση και διασπορά
- Υψόμετρο λεκάνης απορροής
- Μέγεθος λεκάνης απορροής (με προσοχή)
- Γεωλογικοί σχηματισμοί και εδαφολογική σύσταση στη λ.α.
- Κλίσεις λ.α και φυτοκάλυψη, σχήμα
- Ανθρωπογενείς δραστηριότητες
- Προσοχή στο καρστ!!!



Κατάταξη Λεκανών Απορροής	Εμβαδόν Λεκάνης Απορροής σε km ²
Μικρές λεκάνες απορροής	$A \leq 5,0 \text{ km}^2$
Μέσου μεγέθους λεκάνες απορροής	$5 \text{ km}^2 < A \leq 20,0 \text{ km}^2$
Μεγάλες λεκάνες απορροής	$A > 20,00 \text{ km}^2$
Πολύ μεγάλες λεκάνες απορροής	$A > 150,00 \text{ km}^2$

Συντελεστής απορροής C

- Σχέση βροχόπτωσης-απορροής (λαμβάνει υπόψη τις απώλειες λόγω διείσδυσης και εξάτμισης)
- Επίδραση στα χαρακτηριστικά πλημμύρας (χρήση στην ορθολογική μέθοδο)
- Η τιμή του λαμβάνεται από πίνακες και είναι συνάρτηση παραγόντων:
 1. Ανάγλυφο λεκάνης απορροής
 2. Έκταση και πυκνότητα φυτοκάλυψης
 3. Κλίση πρανών λ.α.
 4. Εδαφολογική σύσταση
 5. Κλίση κύριου υδατορέμματος
 6. Περιεχόμενη υγρασία εδάφους κατά την έναρξη βροχόπτωσης
 7. Όγκος αποθηκευμένου νερού στην επιφάνεια του εδάφους
 8. Ένταση βροχής

Συντελεστής απορροής C

$$C=1-\Sigma C'$$

Τύπος επιφάνειας	Κλίσεις	Τιμές του C'
A) Τοπογραφικές Συνθήκες		
Επίπεδα εδάφη μέσων κλίσεων	0,15%-0,50%	0,30
Κλιτύες μέσων κλίσεων	2,50%-3,50%	0,20
Λοφώδη εδάφη μέσων κλίσεων	25,00%-35,00%	0,10

Τύπος επιφάνειας (συνέχεια)	Κλίσεις	Τιμές του C'
B) Φύση εδάφους		
Αδιαπέρατοι άργιλοι	-	0,10
Μέσες συνθήκες αργίλων και πηλών	-	0,20
Αμμοπηλοί	-	0,40

Γ) Φυτική κάλυψη		
Καλλιεργήσιμες γαίες	-	0,10
Δενδροκάλυψη	-	0,20

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ
Μεμονωμένο επεισόδιο

$$Q = 0.278 C i A$$

Σε εξωτερικές λεκάνες, ελάχιστες τιμές που μπορούν να εφαρμοσθούν χωρίς περαιτέρω διερεύνηση των επί μέρους συνθηκών που επηρεάζουν το συντελεστή απορροής είναι :

για ορεινές λεκάνες	(κλίσεις 20% και άνω)	$C_3 = 0,60$
για λοφώδεις λεκάνες	(κλίσεις 5 έως 20%)	$C_3 = 0,50$
για πεδινές λεκάνες	(κλίσεις 0 έως 5%)	$C_3 = 0,30$

Μοντέλο υδατικού ισοζυγίου λεκάνης απορροής

Εξατμισοδιαπνοή

- Εξάτμιση: νερό από υγρή σε αέρια φάση (π.χ. ταμιευτήρας)
- Πραγματική εξατμισοδιαπνοή: μεταφορά νερό προς την ατμόσφαιρα από τη διαπνοή των φυτών και από την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και των φύλλων όταν αυτά είναι υγρά

**Αβεβαιότητα στην εκτίμησή της
Διάφορες μέθοδοι υπολογισμού**

! Συνήθως η διαστασιολόγηση γίνεται με βάση τη **δυνητική εξατμισοδιαπνοή**,
ο δυσκολία αποτίμησης της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή ET_{α}

➤ Προσδιορισμός της ET_{α} με τη μέθοδο *Turc*

Προσοχή στο λόγο P/L

$$ET_{\alpha} = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} \quad (mm)$$

όπου P : μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων

L : συνάρτηση της T^0

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (mm)$$

T : θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}C$)

Χρήση των μεθόδων
για μεγάλα ύψη
κατακρημνισμάτων

➤ Προσδιορισμός της ET_{α} με τη μέθοδο *Coutagne*

$$ET_{\alpha} = P \cdot \left(1 - \frac{P}{I}\right) \quad (mm)$$

όπου P : μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων (mm)

I : συνάρτηση της T^0

$$I = 800 + 140T \quad (mm)$$

T : ετήσια θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}C$)

ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΙΣΧΥΕΙ:

$$1/8 \leq N \leq 1/2$$



εάν $N < 1/8$, τότε $ET_{\alpha} \approx N$, (όχι απορροή)

εάν $N < 1/2$, τότε $ET_{\alpha} \approx I/4 = 200 + 35T$

Μέθοδος Τυτε

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

E : μέσο ετήσιο έλλειμμα ροής (μέση ετησία πραγματική εξατμισο-διαπνοή) [mm]

P : μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης [mm]

L : συνάρτηση της θερμοκρασίας [mm]

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

T : μέση ετησία θερμοκρασία αέρα [$^{\circ}\text{C}$]

$$E = (0.90 + H^2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$E = \frac{E}{P}$$

$$H = \frac{P}{L}$$

αδιάστατη μορφή

- για $H \geq 0.316 \Rightarrow E \leq 1$

- για $H < 0.316 \Rightarrow E = 1$

ΠΡΟΣΟΧΗ:
Εξίσωση για εκτίμηση
πραγματικής
εξατμισοδιαπνοής
σε ετήσια βάση

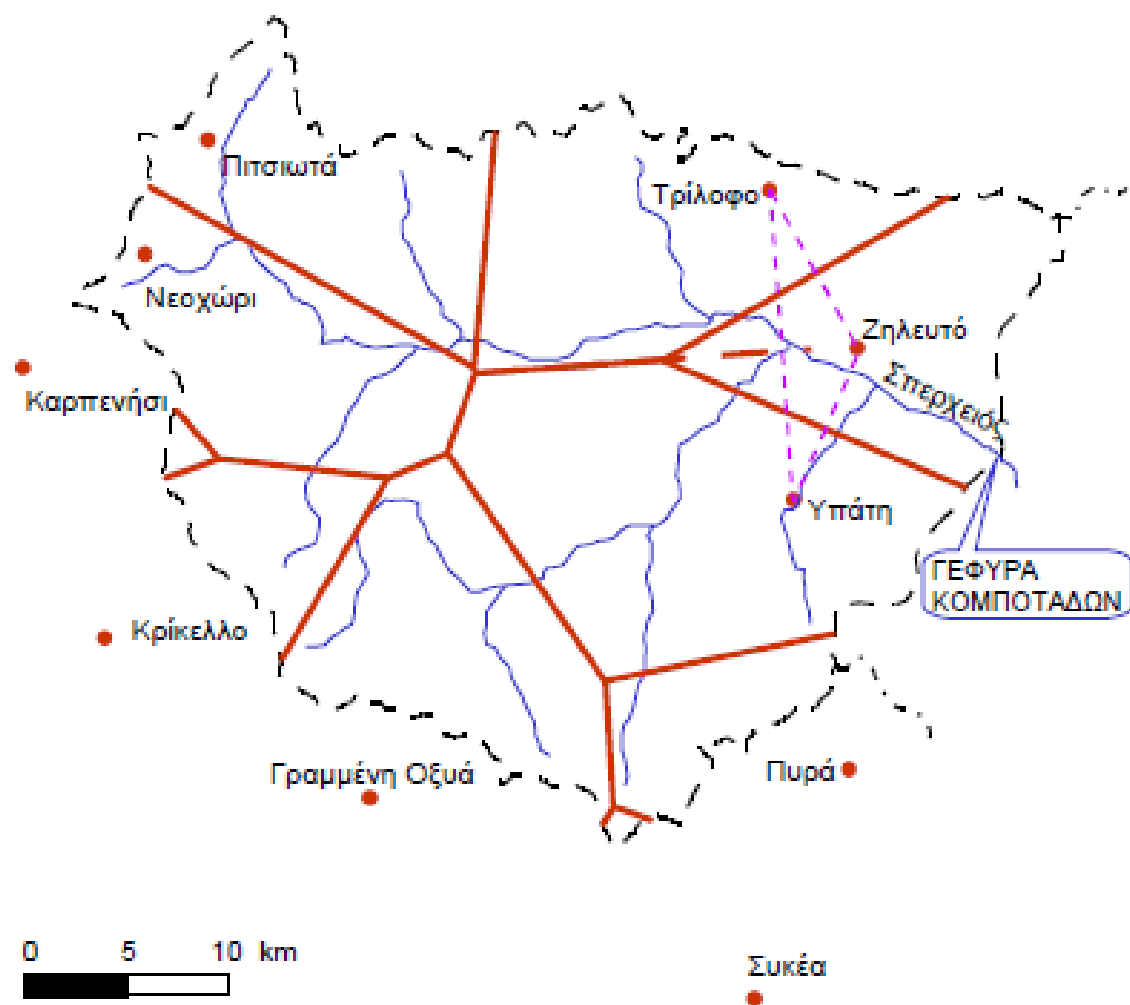
Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή ΡΕΤ

- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού (κλιματικοί παράγοντες θερμοκρασία, μικροκλίμα κ.ά) (πιο γενικό, μοντέλα υδατικού ισοζυγίου)
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού για μία καλλιέργεια αναφοράς (π.χ. μηδική) που αναπτύσσεται δυναμικά (Παπαμηχαήλ, 2001)(αρδεύσεις)
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας : υπολογισμός σε σχέση με τη Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς

Χωρική ολοκλήρωση βροχόπτωσης

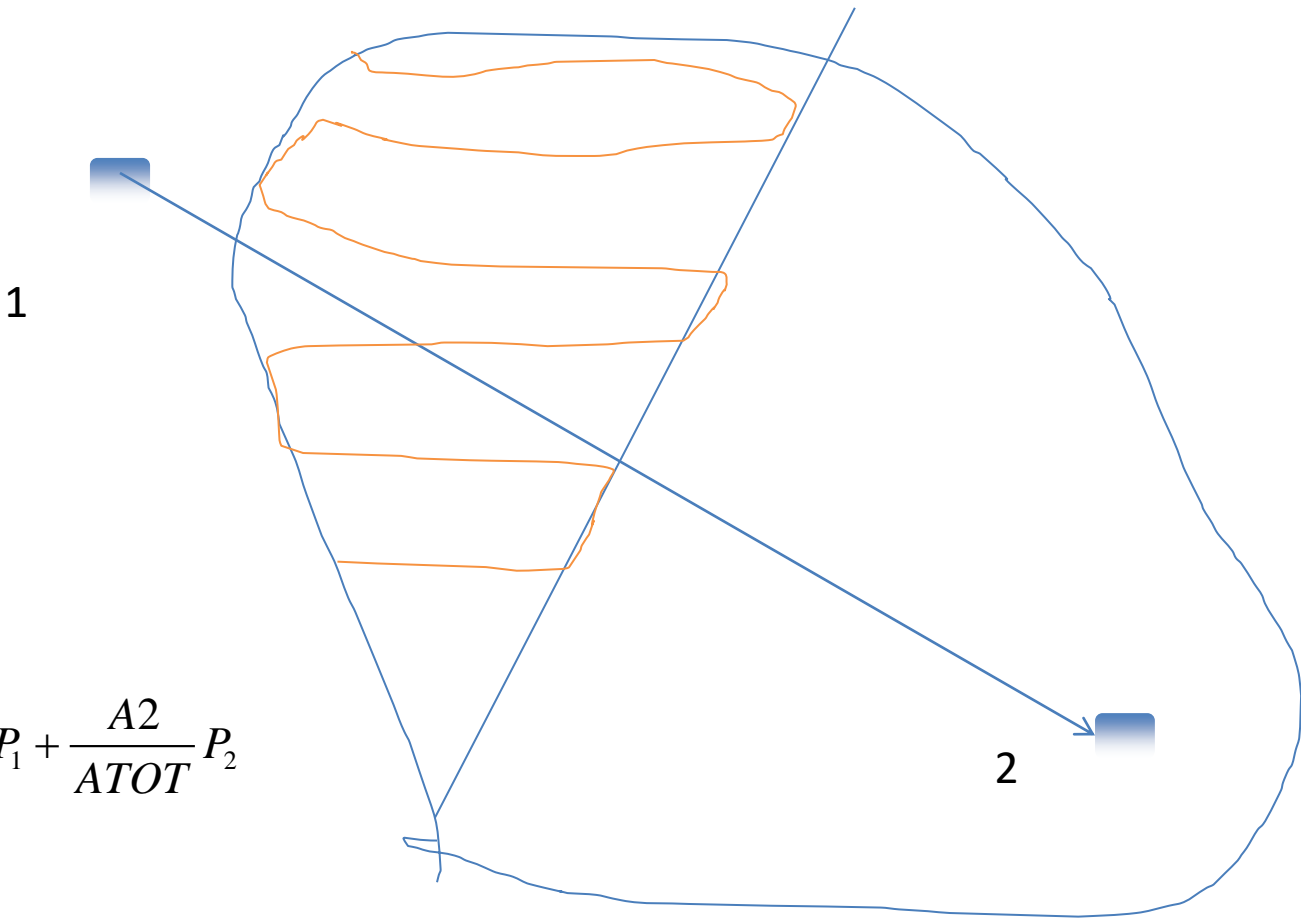
- Μέθοδοι άμεσης ολοκλήρωσης, εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης ως γραμμικού συνδυασμού των σημειακών βροχοπτώσεων (όπου έχω μετρήσεις)
- Πολύγωνα Thiessen: Το βάρος είναι ο λόγος της επιφάνειας της λ.α. που αντιστοιχεί σε κάθε σταθμό προς τη συνολική έκταση της λ.α
- Η επιφάνεια που αντιστοιχεί σε κάθε σταθμό προσδιορίζεται από τη γεωμετρική κατασκευή των μεσοκαθέτων στα ευθύγραμμα τμήματα που συνδέουν τους σταθμούς

$$P = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i}{A} \right) P_i$$



Σχ. 2.9 Πολύγωνα Thiessen της λεκάνης Σπερχειού ανάντη Κομποτάδων. Αναλυτικά, φαίνεται η χάραξη των ορίων των πολυγώνων στην περιοχή Τρίλοφο - Υπάτη - Ζηλευτό.

$$P = \frac{A_1}{A_{TOT}} P_1 + \frac{A_2}{A_{TOT}} P_2$$



ΚΑΤ'ΑΤΑΞΗ...

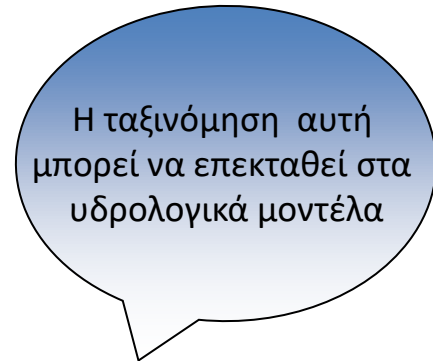
Πίνακας 6.1: Ταξινόμηση μοντέλων βροχόπτωσης – απορροής.

Κριτήριο	Κατηγορία	Περιγραφή
Χωρική μεταβλητότητα διεργασιών	Αδρομερή (lumped)	Η λεκάνη είναι μια χωρική ενότητα με ενιαία υδρολογικά μεγέθη και άλλα χαρακτηριστικά
	Κατανεμημένα (distributed)	Η λεκάνη διασπάται σε τμήματα με διαφορετικά υδρολογικά μεγέθη και άλλα χαρακτηριστικά
Είδος εξισώσεων	Μοντέλα “μαύρου κουτιού” (black box)	Σχέσεις της θεωρίας της ανάλυσης συστημάτων χωρίς θεώρηση φυσικών νόμων ούτε και εμπειρικών σχέσεων
	Εννοιολογικά μοντέλα (conceptual)	Μαθηματικές σχέσεις που έχουν καταρτιστεί με εμπειρικό τρόπο
	Μοντέλα φυσικής βάσης (physics – based)	Μαθηματικές σχέσεις που αναπαριστούν φυσικούς νόμους
Χειρισμός αβεβαιότητας	Αιτιοκρατικά (deterministic)	Τα υδρολογικά μεγέθη έχουν σταθερές τιμές χωρίς αβεβαιότητα
	Στοχαστικά (stochastic)	Ορισμένα εκ των υδρολογικών μεγεθών έχουν αβεβαιότητα
Λειτουργία σε σχέση με το χρόνο	Μοντέλα υδρολογικού γεγονότος (event-based)	Λειτουργούν ανά πλημμυρικό γεγονός και αναπαράγουν μόνον τις κύριες φυσικές διεργασίες των πλημμυρών
	Μοντέλα συνεχούς χρόνου (continuous – time)	Αναπαριστούν την πλήρη χρονική εξέλιξη των υδρολογικών διεργασιών, (σε υγρές και σε ξηρές περιόδους)

Ταξινόμηση μοντέλων βροχόπτωσης-απορροής Ναλμπάντης 2007

ΜΥΓ?

Υδατικό ισοζύγιο ?



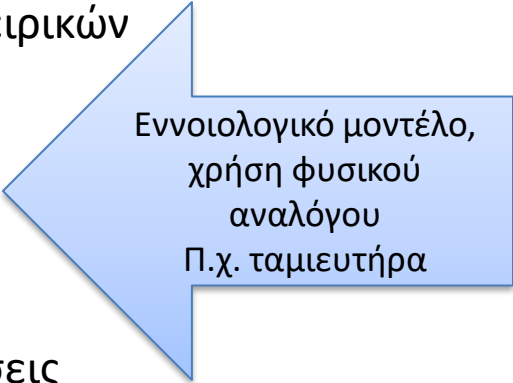
Κριτήρια Ταξινόμησης μοντέλων βροχής - απορροής

Κριτήριο 1: Χωρική κατανομή των φυσικών διεργασιών μετασχηματισμού της βροχόπτωσης σε απορροή

- Αδρομερή (lumped): ενιαία λεκάνη απορροής
- Κατανεμημένο (distributed): η λεκάνη απορροής διασπάται σε στοιχειώδη τμήματα

Κριτήριο 2: Είδος μαθηματικών εξισώσεων και σχέσεων για την αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών

- Μοντέλα “μαύρου κουτιού” (black box): οι φυσικές διεργασίες αναπαρίστανται από σχέσεις της γενικής θεωρίας της ανάλυσης συστημάτων χωρίς καμιά θεώρηση των φυσικών νόμων και εμπειρικών σχέσεων της ΛΑΠ
- Εννοιολογικά ή παραμετρικά μοντέλα (conceptual): οι φυσικές διεργασίες αναπαρίστανται με απλές εμπειρικές σχέσεις που περιλαμβάνουν άγνωστες παραμέτρους που εκτιμώνται με βαθμονόμηση (calibration).
- Μοντέλα φυσικής βάσης (physically-based): οι μαθηματικές σχέσεις αναπαριστούν φυσικούς νόμους που διέπουν το μετασχηματισμό της βροχόπτωσης σε απορροή.



Εννοιολογικό μοντέλο,
χρήση φυσικού
αναλόγου
Π.χ. ταμιευτήρα

Κριτήριο 3: Χειρισμός αβεβαιότητας των υδρολογικών μεγεθών

- Αιτιοκρατικά (deterministic): τα υδρολογικά μεγέθη έχουν συγκεκριμένες τιμές (γνωστές ή όχι) χωρίς αβεβαιότητα.
- Στοχαστικά (stochastic): ορισμένα υδρολογικά μεγέθη περιέχουν αβεβαιότητα και συνήθως αναπαρίστανται ως στοχαστικές ανελίξεις (stochastic processes).

Κριτήριο 4: Λειτουργία μοντέλου σε σχέση με το χρόνο

- Μοντέλα υδρολογικού γεγονότος (event-based): για μεμονωμένα επεισόδια βροχής ή πλημμυρικά γεγονότα.
- Μοντέλα συνεχούς χρόνου (continuous time): αναπαριστούν την πλήρη χρονική εξέλιξη των υδρολογικών διεργασιών, τόσο σε υγρές όσο και σε ξηρές περιόδους.

* Για την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού χρησιμοποιούνται αποκλειστικά τα μοντέλα συνεχούς χρόνου

Βαθμονόμηση μοντέλων βροχής-απορροής

- Τα εννοιολογικά μοντέλα βροχής-απορροής, καθώς και τα μοντέλα "black box" περιέχουν άγνωστες παραμέτρους στις μαθηματικές σχέσεις τους.
- Οι παράμετροι αυτές ενσωματώνουν πληροφορίες σχετικά με
 - (α) τις φυσικές διεργασίες στη θεωρούμενη λεκάνη απορροής
 - (β) τις διεργασίες που δεν λαμβάνονται υπόψη
 - (γ) το βαθμό επηρεασμού της απορροής από την κάθε υδρολογική διεργασία
 - (δ) τα σφάλματα προσέγγισης των πραγματικών διεργασιών

Χρυσάνθου, 2013

μοντέλο

- Απαιτείται εκτίμηση των τιμών των παραμέτρων για κάθε λεκάνη που εξετάζεται.

- Βαθμονόμηση (calibration): Εκτίμηση των παραμέτρων ενός μοντέλου βροχής-απορροής με βάση μετρήσεις των υδρολογικών μεγεθών εισόδου και εξόδου (δηλαδή της βροχής και της απορροής)

Τα εννοιολογικά μοντέλα έχουν λιγότερες παραμέτρους από τα μοντέλα μαύρου κουτιού (τα οποία χρειάζονται σημαντικό αριθμό δεδομένων).

Η απλοποίηση των εννοιολογικών μοντέλων επιτυγχάνεται με τη χρήση φυσικού αναλόγου

Εκτίμηση Απορροών με βάση την υδρολογική λεκάνη απορροής

- Μοντέλο Υδατικού ισοζυγίου κατά **Thornthwaite, 1948**
- Χωρική μεταβλητότητα: Αδρομερές, μία λεκάνη απορροής
- Είδος Εξισώσεων: Εννοιολογικό μοντέλο: Μοντέλο δεξαμενής
- Συνεχές

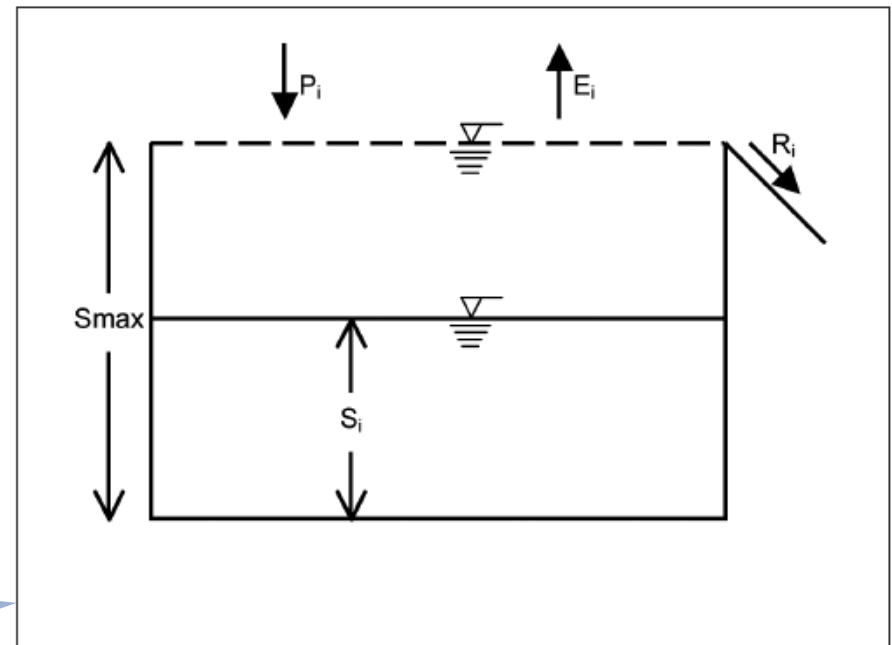


Fig. 2. Simplified Medbasin monthly water balance model.

Λεκάνη απορροής: χωρική ενότητα μετασχηματισμού βροχής σε απορροή (στράγγιση)

Εκτίμηση Απορροών με βάση την υδρολογική λεκάνη απορροής

$$\Delta S = P - E - Q \Rightarrow S_j = S_{j-1} + P_j - E_j - Q_j$$

όπου S : περιεχόμενη υγρασία εδάφους

E : πραγματική εξατμισοδιαπνοή

Q : επιφανειακή απορροή

P : βροχόπτωση

■ όταν $P \geq PET$ τότε $E = PET$

$$S_j = \min(S_{j-1} + P_j - PET_j, SMAX = K)$$

$$Q_j = \max(S_{j-1} + P_j - PET_j - SMAX, 0)$$

■ όταν $P < PET$ τότε

$$S_j = S_{j-1} \cdot \exp\left(\frac{P_j - PET_j}{K}\right)$$

και $E_j = (S_{j-1} - S_j) + P_j$

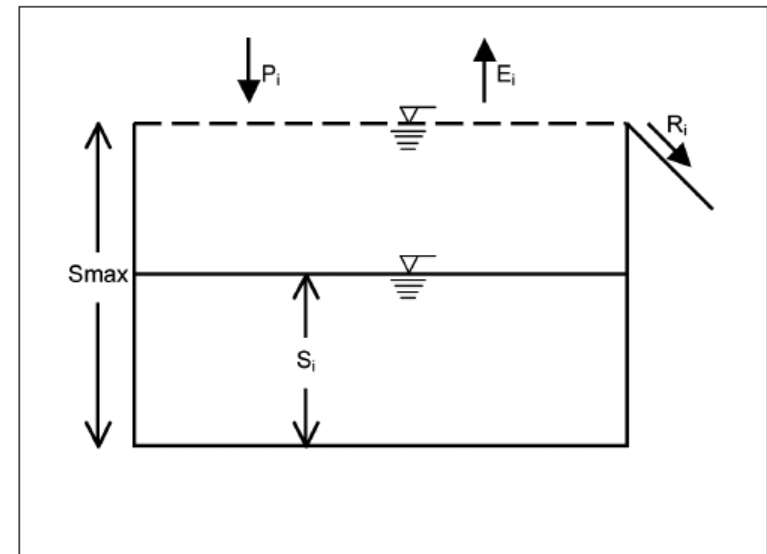


Fig. 2. Simplified Medbasin monthly water balance model.

όπου K : η μέγιστη χωρητικότητα νερού στο έδαφος

PET : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή

$j=1,2,3,\dots,12$

Εκτίμηση Απορροών με βάση την υδρολογική λεκάνη απορροής

- Μοντέλο Υδατικού ισοζυγίου κατά **Giakoumakis et al., 1991**, βλπ. **Τσακίρης, Τεχνική Υδρολογία**
- Χωρική μεταβλητότητα: Αδρομερές, μία λεκάνη απορροής
- Είδος Εξισώσεων: Εννοιολογικό μοντέλο: Μοντέλο δεξαμενής
- Συνεχές
- Βαθεία διήθηση σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο, απλοποίηση εξατμισοδιαπνοής

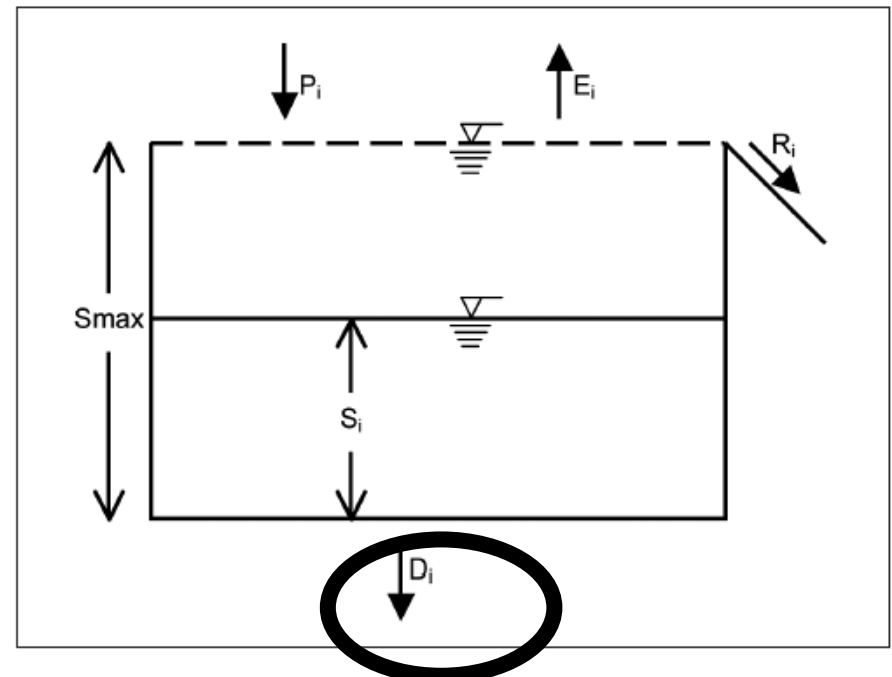


Fig. 2. Simplified Medbasin monthly water balance model.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ (2)

- Μεταβλητή κατάστασης: S , απόθεμα εδαφικής υγρασίας (θεωρείται όλος ο όγκος εδάφους της λεκάνης...)
- Παράμετρος: S_{\max} (αρχική εκτίμηση από SCS και βαθμονόμηση, μέγιστη εδαφική υγρασία ανάλογο της χωρητικότητας του ταμιευτήρα)

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Μέθοδος της SCS

Αριθμός καμπύλης CN

Εξαρτάται από:

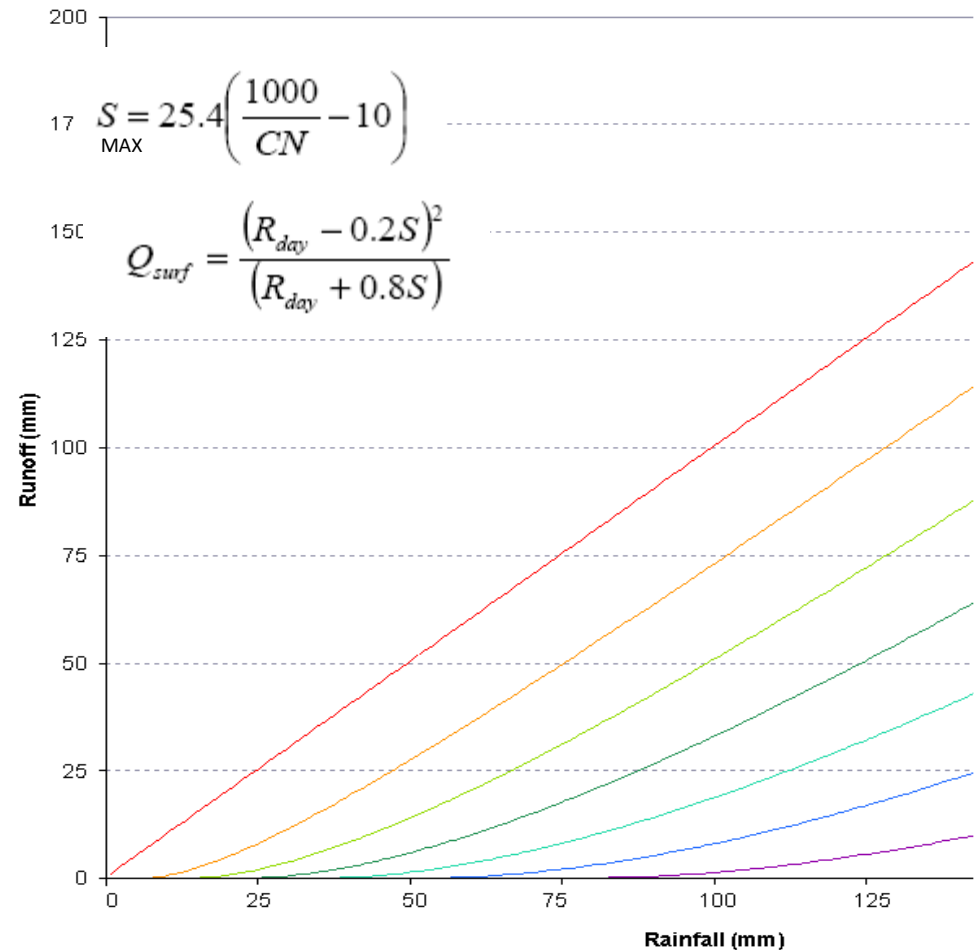
- Εδαφική Διαπερατότητα
- Εδαφοκάλυψη
- Συνθήκες Υγρασίας

SCS: Soil Conservation Service

S: max κατακράτηση εδάφους

Q_{surf}: επιφανειακή απορροή

R_{day}: βροχόπτωση



ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΜΠΥΛΗΣ CN

Χρήση γης	Υδρολογική Κατάσταση	Κατηγορία εδάφους			
		A	B	C	D
Καλλιέργειες	Φτωχή	72	81	88	91
	Μέτρια	67	76	83	86
	Καλή	62	71	78	81
Βοσκότοπος	Φτωχή	68	79	86	89
	Μέτρια	49	69	79	84
	Καλή	39	61	74	80
Δάσος	Φτωχή	45	66	77	83
	Μέτρια	36	60	73	79
	Καλή	25	55	70	77
Δρόμος (χώμα)	-	72	82	87	89
Δρόμος (σκληρή επιφάνεια)	-	74	84	90	92

βλπ. Τσακίρης, Τεχνική Υδρολογία, σχετικοί πίνακες

Giakoumakis et al., 1991

- Πρώτα πληρούται η εδαφική υγρασία έως τη τιμή S_{max} και κατόπιν υπάρχει βαθειά διήθηση και απορροή της περίσσειας («ξεχείλισμα ταμιευτήρα»)
- D : βαθειά διήθηση
- R : απορροή

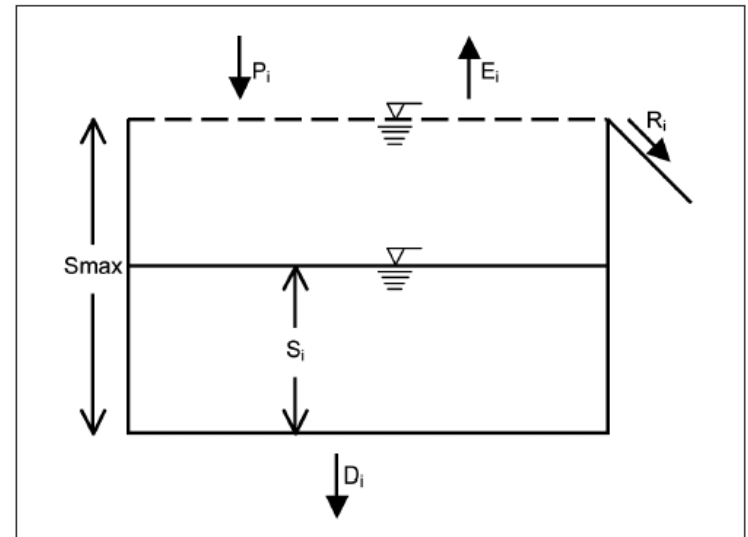


Fig. 2. Simplified Modbasin monthly water balance model.

βοηθητική μεταβλητή S'

$$S'_n = S_{n-1} + P_n - Ep_n$$

όπου:

S_n : Διαθέσιμη εδαφική υγρασία (mm ύψους νερού), $0 \leq S_n \leq S_{\max}$.

P_n : Ύψος βροχής (mm ύψους νερού).

Ep_n : Ύψος δυν. εξατμισοδιαπνοής (mm ύψους νερού).

($n = 1, 2, \dots, 12$) : δείκτης που προσδιορίζει το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται οι μεταβλητές. Εδώ κάθε τιμή του n αντιστοιχεί σε ένα μήνα.

Ο «ταμιευτήρας αδειάζει», εδαφική υγρασία μεταβαίνει σε πραγματική εξατμισοδιαπνοή μικρότερη από τη δυνητική

Προφανώς δεν υπάρχει απορροή και βαθειά διήθηση

Ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής S'_n (Εξ. 15.39), το αντίστοιχο ύψος επιφανειακής απορροής του μήνα n , h_{on} , εκτιμάται ως ακολούθως:

Εάν $S'_n < 0$:

$$S_n = 0 \quad (15.40)$$

$$h_{on} = 0 \quad (15.41)$$

$$D_n = 0 \quad (15.42)$$

όπου D_n , ύψος βαθειάς διήθησης το μήνα n , (mm ύψους νερού).

Εννοιολογικό μοντέλο: ταμιευτήρας «κουβάς»

- Αν η βοηθητική μεταβλητή S' είναι θετική, $S' > 0$, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι ίση με τη δυνητική
- Αν όχι, ο «ταμιευτήρας» αδειάζει, και η όποια εδαφική υγρασία είναι διαθέσιμη θα καταλήξει σε πραγματική εξατμισοδιαπνοή

Ο «ταμιευτήρας γεμίζει», εδαφική υγρασία αυξάνει η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ίση με τη δυνητική

Προφανώς δεν υπάρχει απορροή και βαθειά διήθηση

Εάν $0 \leq S'_n \leq S_{\max}$:

$$S_n = S'_n \quad (15.43)$$

$$h_{on} = 0 \quad (15.44)$$

$$D_n = 0 \quad (15.45)$$

Ο «ταμιευτήρας γέμισε», εδαφική υγρασία ίση με τη μέγιστη, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ίση με τη δυνητική

υπάρχει απορροή και βαθειά διήθησή .

Συνολικά η διαφορά $S' - S_{max}$ μεταβαίνει σε βαθειά διήθηση και απορροή

Εάν $S'_n > S_{max}$:

$$S_n = S_{max}$$

$$h_{on} = K'(S'_n - S_{max})$$

$$D_n = K(S'_n - S_{max})$$

όπου: $K' = 1 - K$.

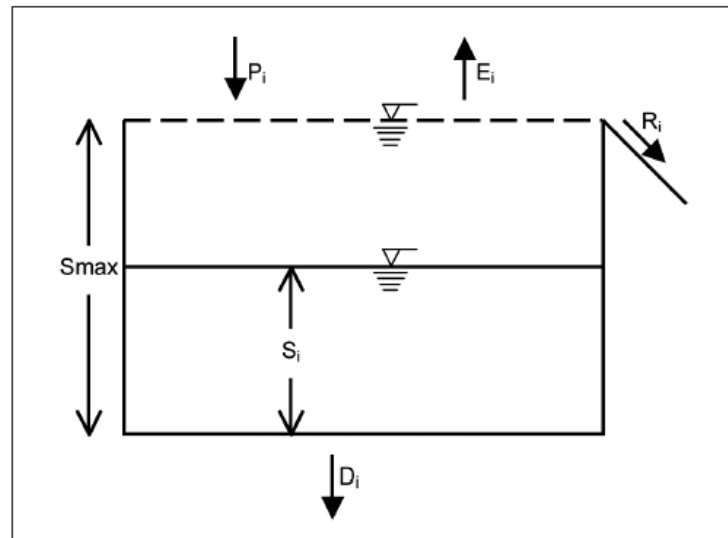


Fig. 2. Simplified Medbasin monthly water balance model.

Οι υπολογισμοί με το μοντέλο αυτό, αρχίζουν το μήνα Οκτώβριο του πρώτου υδρολογικού έτους της εξεταζόμενης χρονοσειράς.

Στο μοντέλο περιέχονται δύο παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν, (παράμετροι βαθμονόμησης): η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία S_{\max} της επιφανειακής εδαφικής ζώνης, (mm ύψους νερού) και ο συντελεστής βαθιάς διήθησης K , που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (ανάγλυφο, διηθητικότητα του εδάφους, φυτοκάλυψη κτλ).

Για τον περιορισμό του αριθμού των παραμέτρων βαθμονόμησης, η μέγιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία S_{\max} , μπορεί να εκτιμηθεί από την παρακάτω εξίσωση της Soil Conservation Service, (Mutreja, 1986):

$$S_{\max} = 25.4 [(1000/CN) - 10] \quad (15.49)$$

όπου:

CN : είναι ο αριθμός καμπύλης, (Curve Number), που προσδιορίζεται από πίνακες, με βάση τις συνθήκες διηθητικότητας εδάφους, φυτοκάλυψης και χρήσης γης της λεκάνης απορροής, ($0 < CN < 100$).

«Λεπτομέρεια»

- Προσέγγιση για αρχική χωρητικότητα εδάφους: ???
- Υπερ της ασφάλειας, αρχική υγρασία εδάφους ελάχιστη $S_0 = 0$ αλλά μάλλον σκληρή προσέγγιση

Κατάταξη εξεταζόμενου μοντέλου

- Εννοιολογικό μοντέλο (φυσικό ανάλογο ταμιευτήρα, απορροή υπάρχει αφού γεμίσει ο ταμιευτήρας)
- Συνεχούς χρόνου
- Αδρομερή (θα μπορούσε να ήταν και ημικατανεμημένο)(λεκάνη απορροής ως ένα σώμα)
- Ντετερμινιστικό μοντέλο (μη στοχαστικές μεταβλητές)

Σύνοψη μοντέλου

- Προσομοίωση με ταμιευτήρα (εδαφική υγρασία)
- Ελέγχω αν η βροχόπτωση του μήνα συν την υπάρχουσα χωρητικότητα σε υγρασία του εδάφους S_{i-1} είναι μεγαλύτερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Προφανώς, τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι ίση με τη δυνητική.
 - Ο ταμιευτήρας αρχικά γεμίζει (αυξάνεται η υγρασία εδάφους)
 - Αφού γεμίσει ο ταμιευτήρας, τότε και μόνο τότε, η υπερχείλιση προσδίδει την απορροή και τη βαθειά διήθηση.
- Αν βροχόπτωση του μήνα είναι μικρότερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή τότε ο ταμιευτήρας (εδαφική υγρασία) αδειάζει. Όλη η βροχόπτωση και το υπόλοιπο της εδαφικής υγρασίας θα γίνει εξατμισοδιαπνοή. Γενικά, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι μικρότερη της δυνητικής. Φυσικά, δεν υπάρχει απορροή και βαθειά διήθηση.

Κριτήρια βάρυμονόμενης

- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Square Error, MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Q_t - QE_t)^2$$

Q_t : χρονοσειρά μετρημένης απορροής

QE_t : χρονοσειρά συνθετικής (υπολογισμένης) απορροής

$t = 1, 2, \dots, n$ (t : χρόνος, n : συνολική χρονική διάρκεια)

- Οι τιμές των παραμέτρων που αντιστοιχούν στο ελάχιστο MSE, γίνονται δεκτές ως τιμές των παραμέτρων για την εξεταζόμενη λεκάνη.
- Εφαρμογή μεθόδου βελτιστοποίησης για την ελαχιστοποίηση του MSE
- Συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination, R^2)

$$R^2 = 1 - \frac{MSE}{Var[Q]}$$

$$-\infty < R^2 < 1$$

- Υψηλή τιμή του R^2 , κοντά στο 1 \Rightarrow καλή προσαρμογή του μοντέλου
- Αρνητική τιμή του $R^2 \Rightarrow$ μη αποδεκτό μοντέλο

$Var[Q]$: διασπορά μετρημένων απορροών

- Μέση τιμή των απόλυτων τιμών του σφάλματος (Mean Absolute Error, MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Q_t - QE_t|$$

- Μέγιστο σφάλμα

$$MAXE = \max(Q_t - QE_t)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (QMTRGMENES_i - QMONTELOY_i)^2}{\sum_{i=1}^N (QMTRGMENES_i - \bar{Q})^2} < 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^N (QMTRGMENES_i - QMONTELOY_i)^2 > \sum_{i=1}^N (QMTRGMENES_i - \bar{Q})^2$$

MONTELO EINAI GIATA SKOYPIΔIA

...Προεκτάσεις

- Περίπλοκα μοντέλα με πολλούς παραμέτρους με λιγοστά δεδομένα:
 - Κίνδυνος υπερεκπαίδευσης με λιγοστά δεδομένα
 - Αδυναμία ορθολογικού σχεδιασμού εάν δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα, κίνδυνος χρήσης παραμέτρων με εντελώς λανθασμένες τιμές
- **Δυνατότητα βελτιστοποίησης...** (βλπ Solver, εξελ) εάν υπάρχουν δεδομένα....

STDEVA



fx

=IF(E5<0;0;IF((E5>\$F\$2);\$F\$2;E5))

A	B	C	D	E	F	G	H	I
					smax	k'		
					233.5162	0.718244		
					S	R(mm) απορροή	πραγματι κή εξτ. (mm)	
Μήνας	QΠΡΑΓΜ Απορροή(mm) Μετρημενη	Βροχόπτωση (mm)	PET (mm) Δυν. Εξατμισοδιαπν οή	S'				
Οκτ-70	4.44	113.90	58.96	54.94	=IF(E5<0;0	0	58.96	
Νοε-70	19.83	150.90	30.91	174.93	174.93	0	30.91	
Δεκ-70	62.42	225.30	19.69	380.54	233.5162	105.5989	19.69	

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Πρόσθετα

Από την Access Από το Web Από κείμενο Από άλλες προελεύσεις Υπάρχουσες συνδέσεις

Ανανέωση όλων Συνδέσεις

Επεξεργασία συνδέσεων

ΑΩ↓ ΑΩ↑ ΑΩ↕ Ταξινόμηση Φίλτρο

Λήψη εξωτερικών δεδομένων

Ταξινόμηση & φίλτρα

J41 f_x =SUM(J5:J40)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2						233.5162	0.718244					
3					S		R(mm) απορροή	πραγματι κή εξτ. (mm)		(Q-QΠΡΑΓΜ)^2		
4	Μήνας	QΠΡΑΓΜ Απορροή(mm) Μετρημενη	Βροχόπτωση (mm)	PET (mm) Δυν. Εξατμισοδιατην οή	S'	0						

Παράμετροι επίλυσης

Κελί προορισμού:

Τσο με: Μέγιστο Ελάχιστο Τιμή:

Με αλλαγή των κελιών:

Περιορισμοί:

20										20	871.7494	
21										393	118413.3	
22										1.865	3296375	
23										0	2415.161	
24										8.261	67428794	
25										707	432383	
26										12.679	1.6E+08	
27										347	88546.26	
28										369	102101.9	
29										0	2406.695	
30										54	19.24393	
31										17	1053.488	
32										0	2412.145	
33										1.152	1215885	
34										971	849983.4	
35										215	27375.49	
36										2.544	6223273	
37										4.110	16489018	
38										135	7380.748	
39										1.724	2804469	
40										74	608.1305	
41										125	5723.567	
42										127	6041.577	
43										31	330.7917	
44										144	9066.658	
45										358	95561.3	
46										12	1388.137	
47										434	148341.5	
48										1.074	1051129	
49										15.265	2.32E+08	
50										124	5580.465	
51										4.793	22500906	
52										345	87681.58	
53										67	319.7481	
54										46	11.16488	
55										77	773.7914	
56										58.659	5.14E+08	

Υδατικό Δυναμικό

- Θεωρητικό Επιφανειακό Υδατικό δυναμικό: Με βάση την απορροή του κύριου υδατορεύματος, μέση ετήσια απορροή (MAR)
- Εκμεταλλεύσιμο Επιφανειακό Υδατικό δυναμικό. Διακρίνω περιπτώσεις:
 - Έργα χωρίς ταμίευση, πιθανοτική ανάλυση μικρή αξιοπιστία.
 - Έργα με ταμίευση. Προσομοίωση ταμιευτήρα. *Ακόμη και αν κατασκευάσω ταμιευτήρα ίσου όγκου με MAR και άνω, δεν θα έχω απόδοση αυτού του όγκου με την απαιτούμενη αξιοπιστία*

Μετάβαση στην επόμενη ενότητα...

- Είναι η μέση απορροή η ποσότητα επιφανειακού νερού που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε?
- Ακόμη και αν κατασκευάσουμε ένα φράγμα της αυτής χωρητικότητας?
- Εκμεταλλεύσιμο Υδατικό δυναμικό
- Αξιοπιστία και προσομοίωση ταμιευτήρα