

# Υπόγεια νερά και περιβάλλον

κρίσιμη πηγή γλυκού νερού σε όλο τον κόσμο - ουσιαστικό μέρος του υδρολογικού κύκλου

κύρια πηγή πόσιμου νερού για > 1.5 δισεκατομμύρια σε όλο τον κόσμο

**είναι σημαντικά για**

τη διατήρηση υδρορευμάτων, λιμνών, υγροτόπων και υδρόβιων κοινωσιών

**Κατά τα προηγούμενα 50 χρόνια,**

εξάντληση των υπόγειων νερών σε μεγάλες περιοχές και σε πολλές χώρες

**Παραδείγματα:**

High Plains των κεντρικών Ηνωμένων Πολιτειών,

> από τα 1/2 των αποθηκευμένων υπόγειων νερών έχει εξαντληθεί

πεδιάδα της Βόρειας Κίνας,

εξάντληση αβαθών υδροφόρων - αξιοποίηση των βαθιών και με βραδύ ρυθμό αναπληρούμενων υδροφόρων, **βάθη γεωτρήσεων > από 1000 m**

εξάντληση υπόγειων νερών - **μέγιστη απειλή για την γεωργία**

**ξηρές περιοχές,**

ένα μεγάλο μέρος των υπόγειων νερών που αντλήθηκε από την αποθήκευση, είχε εμπλουτιστεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου

άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα

Οι ειδικοί αγνοούν το ρόλο των ΥΝ στη βιόσφαιρα

**πολύαριθμες είναι οι δυναμικές πτυχές**

- 🌍 της ροής των υπόγειων υδατικών συστημάτων,
- 🌍 του εμπλουτισμού τους και
- 🌍 των αλληλεπιδράσεών τους με το επιφανειακό νερό και το έδαφος και επεκτείνονται σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες

υπόγεια νερά

θεωρούνταν πάντα μια εύκολα διαθέσιμη πηγή ύδατος για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση

**Συνέβαλαν στη βελτίωση κοινωνικών/οικονομικών συνθηκών**

**με την αύξηση της ζήτησης,**

γίνονται αντικείμενο υπερεκμετάλλευσης

**περιβαλλοντικές συνέπειες**

(καθίζηση εδάφους - υποβάθμιση της ποιότητας του νερού)

**με τις αλλαγές στη χρήση γης**

τεράστια αύξηση στις ποσότητες και τους τύπους αποβλήτων,

**που οδήγησαν σε βαθμιαία υποβάθμιση στην ποιότητα του νερού**

η παραγωγικότητα των αρδευόμενων εδαφών μειώνεται ως αποτέλεσμα πλημμυρίσματος και αλμύρινσης του εδάφους

**προγραμματισμός και χάραξη πολιτικής** για τη χρησιμοποίηση των ΥΝ  
δεν γίνονται με ορθολογικό τρόπο

**υπάρχει ανάγκη**

- να δοθεί έμφαση στην αλληλεπίδραση υπόγειων νερών/περιβάλλοντος
- να αναγνωριστούν τα κρίσιμα χάσματα στις προσπάθειές για διαχείριση

**μελέτη των υπόγειων νερών** - μια διεπιστημονική δραστηριότητα

**είναι απαραίτητο**

να πραγματοποιείται με ένα ολοκληρωμένο τρόπο μια λεπτομερής συλλογή υδρογεωλογικών δεδομένων, ανάλυση και αξιολόγηση

**Χαρακτηρισμός των συστημάτων ροής**

Το νερό εισέρχεται σε ένα σύστημα υπόγειου νερού με διήθηση, μεταναστεύει και κατεισδύει μέσω του επιφανειακού εδάφους ή της **ακόρεστης ζώνης**, προς την **κορεσμένη ζώνη**

## **το νερό στην κορεσμένη ζώνη,**

κινείται πλευρικώς και κατακορύφως μέχρι:

- να διαφύγει μέσω της επιφάνειας του εδάφους με τη μορφή πηγών
- ή να αποληφθεί μέσω γεωτρήσεων
- ή να απελευθερωθεί άμεσα σε σώματα επιφανειακού νερού

## **Το σύστημα ροής υπόγειων νερών, αποτελείται από**

- υδροφόρους που αποδίδουν νερό και
- από στρώματα που δημιουργούν συνθήκες αρτεσιανισμού

Το κλίμα, η τοπογραφία, και η γεωλογία καθορίζουν τη φύση και τη θέση των περιοχών εμπλουτισμού και εκροής

## **Οι υδροφορείς εμπλουτίζονται**

σε υγρά περιβάλλοντα από τη διήθηση:

- βροχοπτώσεων
- υδρορευμάτων
- νερών ποταμών και λιμνών

σε ξηρά περιβάλλοντα, από τη διήθηση:

- ➔ υδρορευμάτων,
- ➔ νερού ποταμών
- ➔ αλλουβιακών κώνων

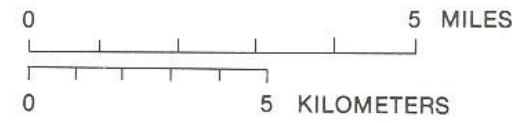
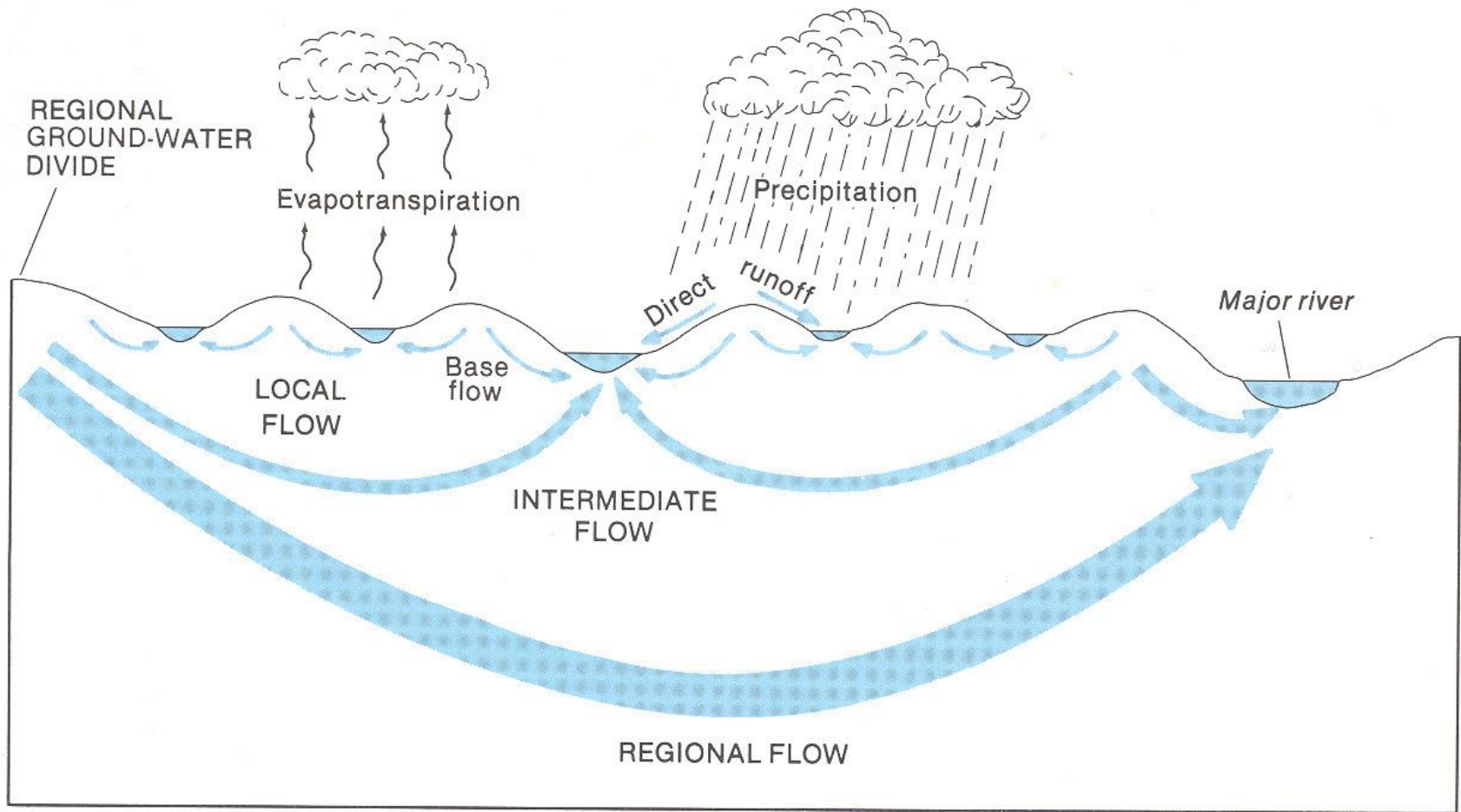
τα **συστήματα των υπόγειων νερών** υποδιαιρούνται σε διαδρομές:

- ➔ **τοπικών**
- ➔ **ενδιάμεσων** και
- ➔ **περιφερειακών ροών**

**τοπική διαδρομή ροής** σχετικά αβαθής, εκτεινόμενη από μια περιοχή εμπλουτισμού μέχρι μια παρακείμενη χαμηλότερη περιοχή εκροής, μερικές φορές μήκους 100ντάδων μέτρων ή και μικρότερη

**ενδιάμεσες διαδρομές ροής** περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα τοπικό σύστημα ροής, πρόκειται για ροές κάπως βαθύτερες και μακρύτερες της τάξης του ενός ή λίγων km

**περιφερειακές διαδρομές ροής** είναι οι πιο μακρές και πιο βαθιές Ρέουν από τον σημαντικότερο υδροκρίτη υπόγειου νερού και διαπερνούν ολόκληρη την περιφέρεια μέχρι το σημείο εκφόρτισης



EXPLANATION



-  GENERAL DIRECTION OF GROUND-WATER FLOW
-  SURFACE WATER DRAIN

Figure 2. Relation between surface drainage system and scale of ground-water flow system, which discharges into surface drainage (adapted from Toth, 1963).

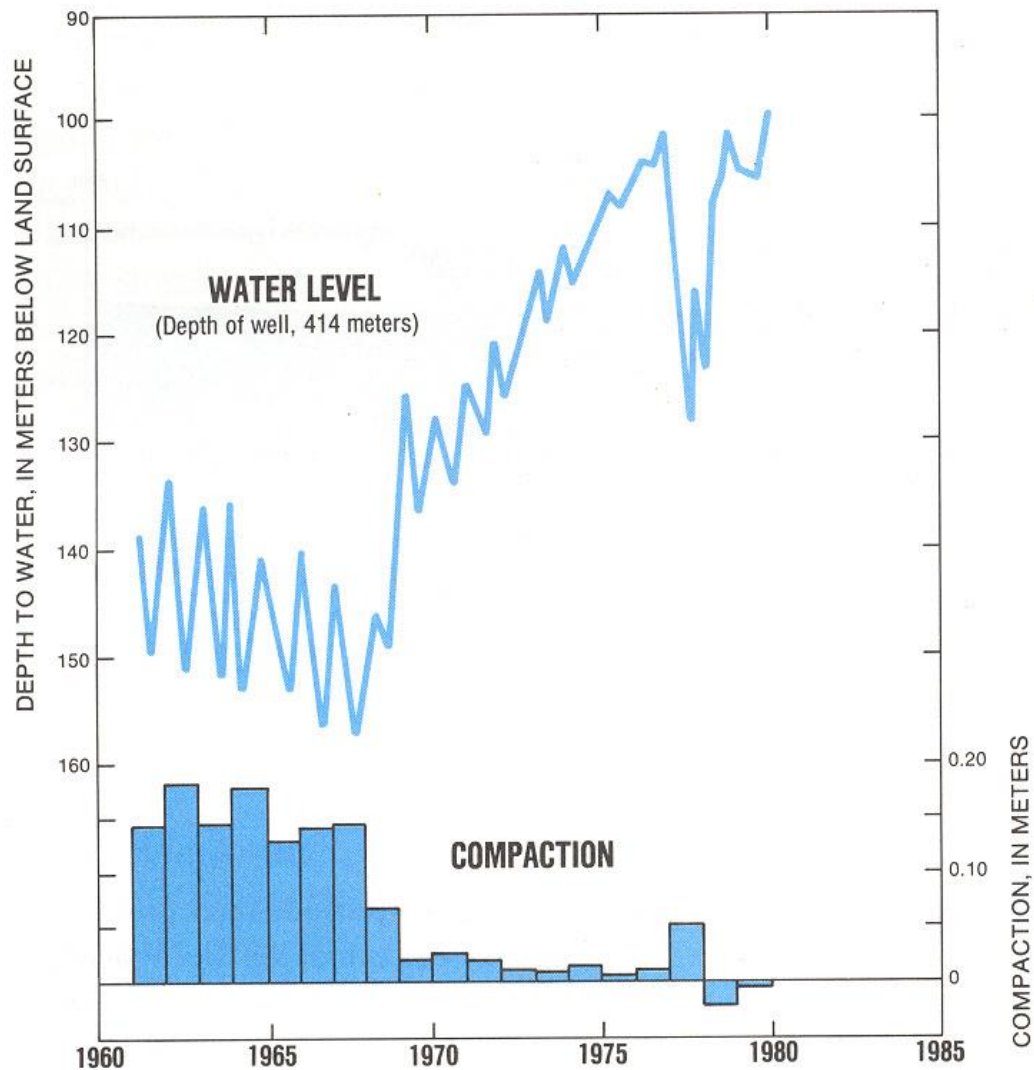
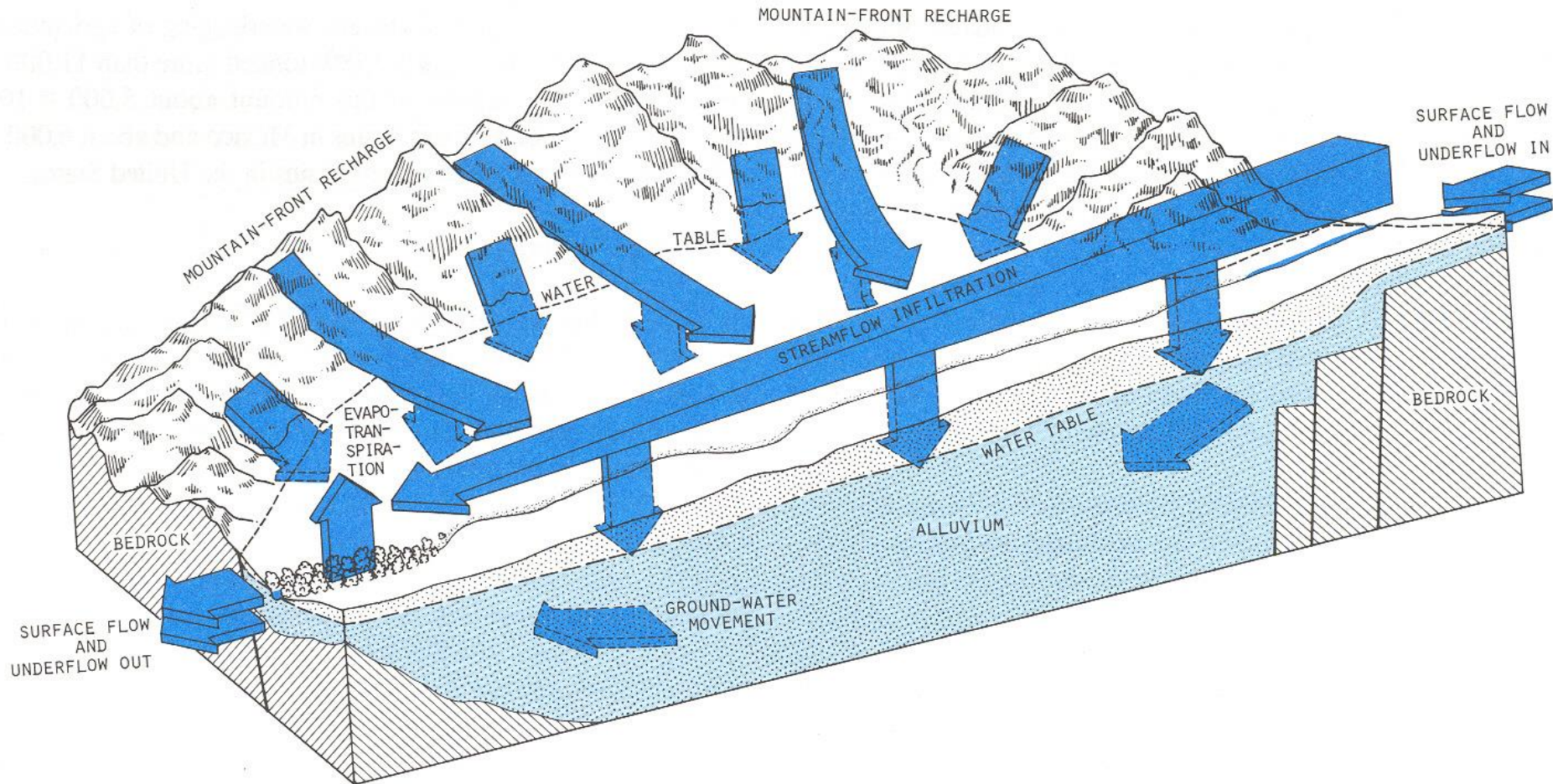


Figure 4. Hydrograph and compaction record for a 414-meter-deep well in the San Joaquin Valley, near Mendota, showing the relation between head decline and compaction. The rapid head decline during the period of increased pumpage in 1977-78 was due to the loss of storage in the aquifer system caused by compaction of fine-grained materials during the 1960s.





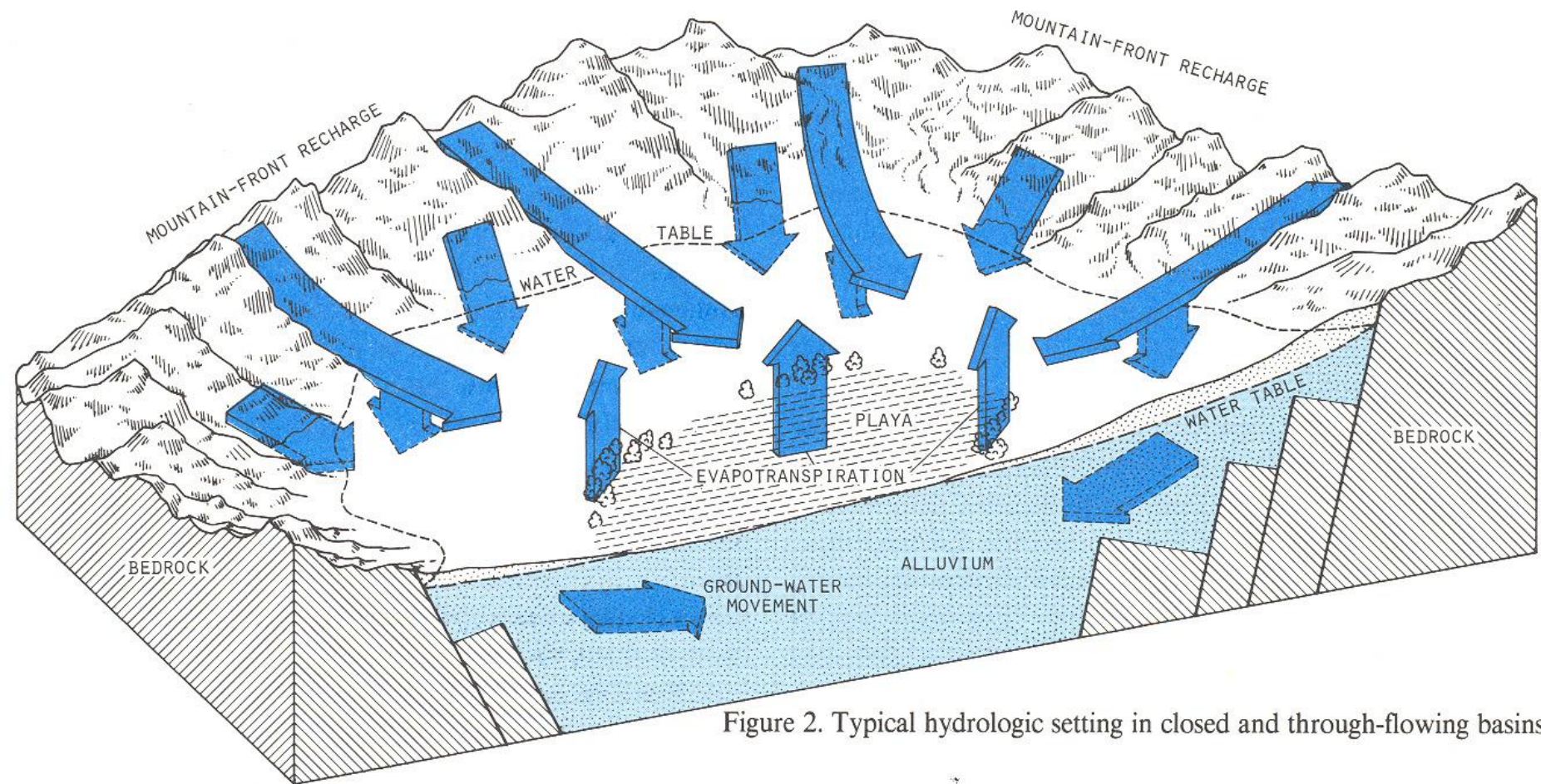
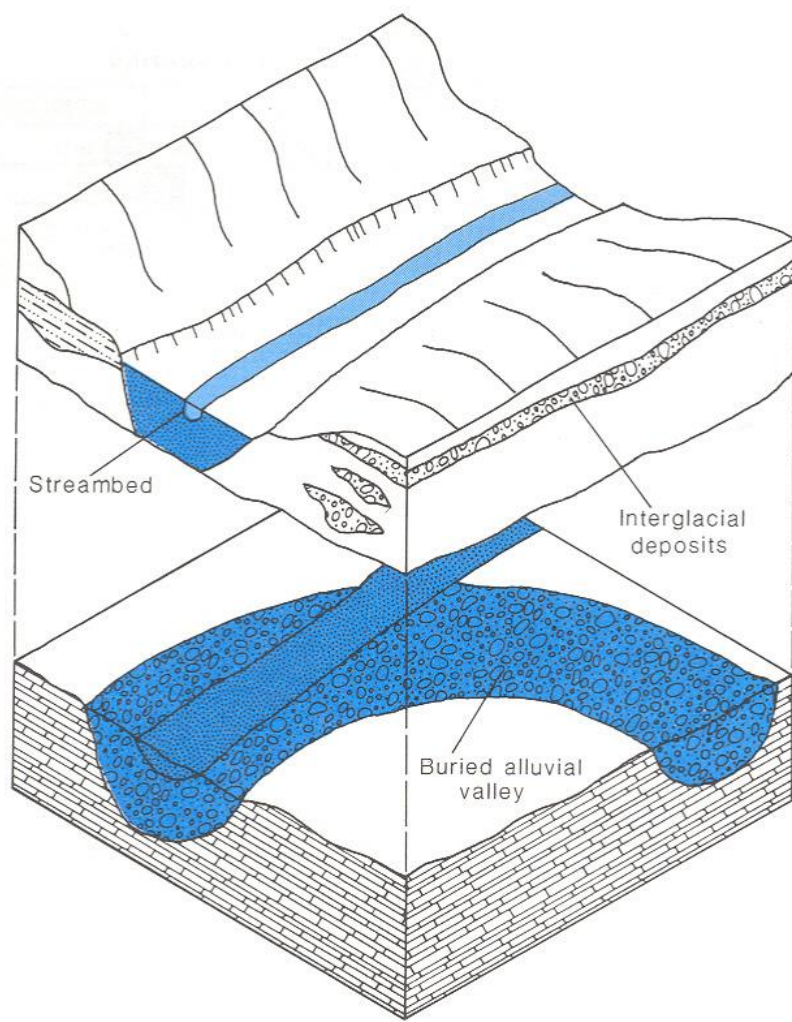


Figure 2. Typical hydrologic setting in closed and through-flowing basins.



**EXPLANATION**

- |  |                        |  |                 |
|--|------------------------|--|-----------------|
|  | BEDROCK                |  | SAND AND GRAVEL |
|  | GLACIOFLUVIAL DEPOSITS |  | SILT AND CLAY   |
|  | GLACIAL TILL           |  |                 |

Figure 4. Hydrogeologic relations between alluvial-valley aquifer-stream systems, buried-valley systems, and other types of glacial and interglacial deposits.

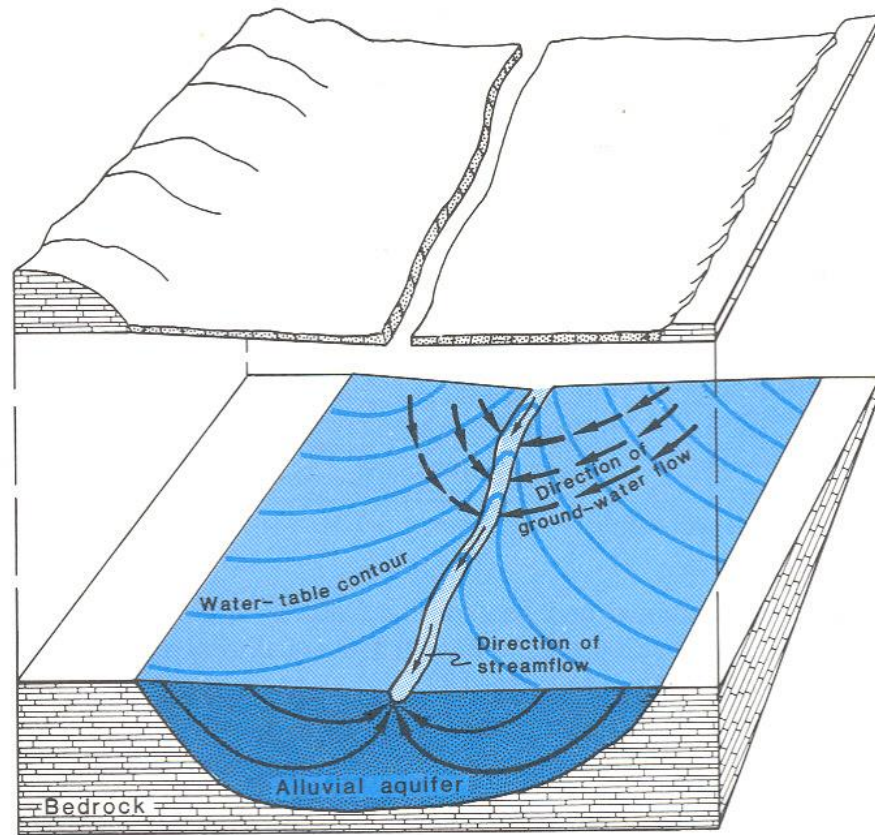


Figure 5. Gaining-stream conditions in alluvial-valley aquifer-stream systems.

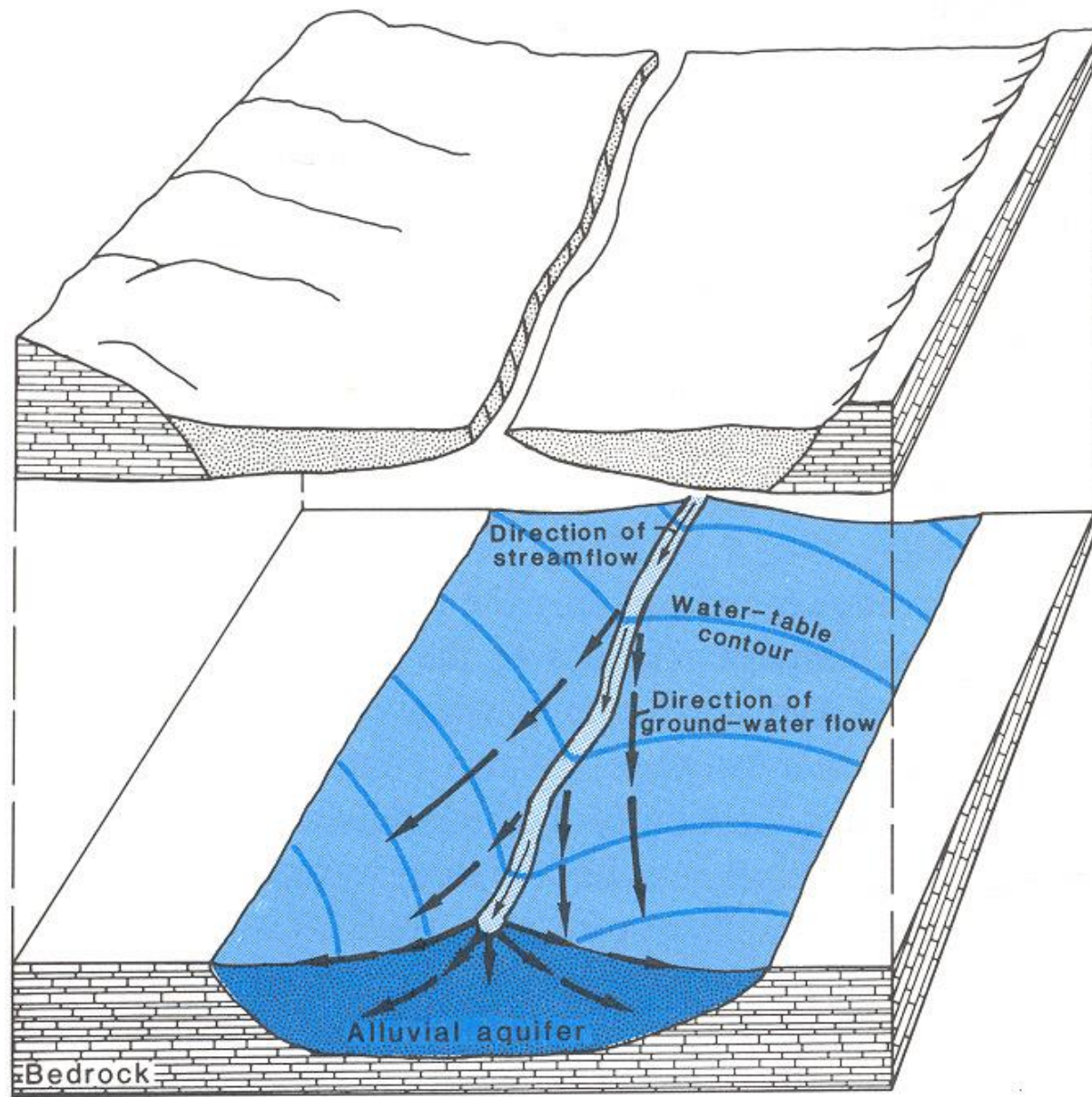


Figure 6. Losing-stream conditions in alluvial-valley aquifer-stream systems.

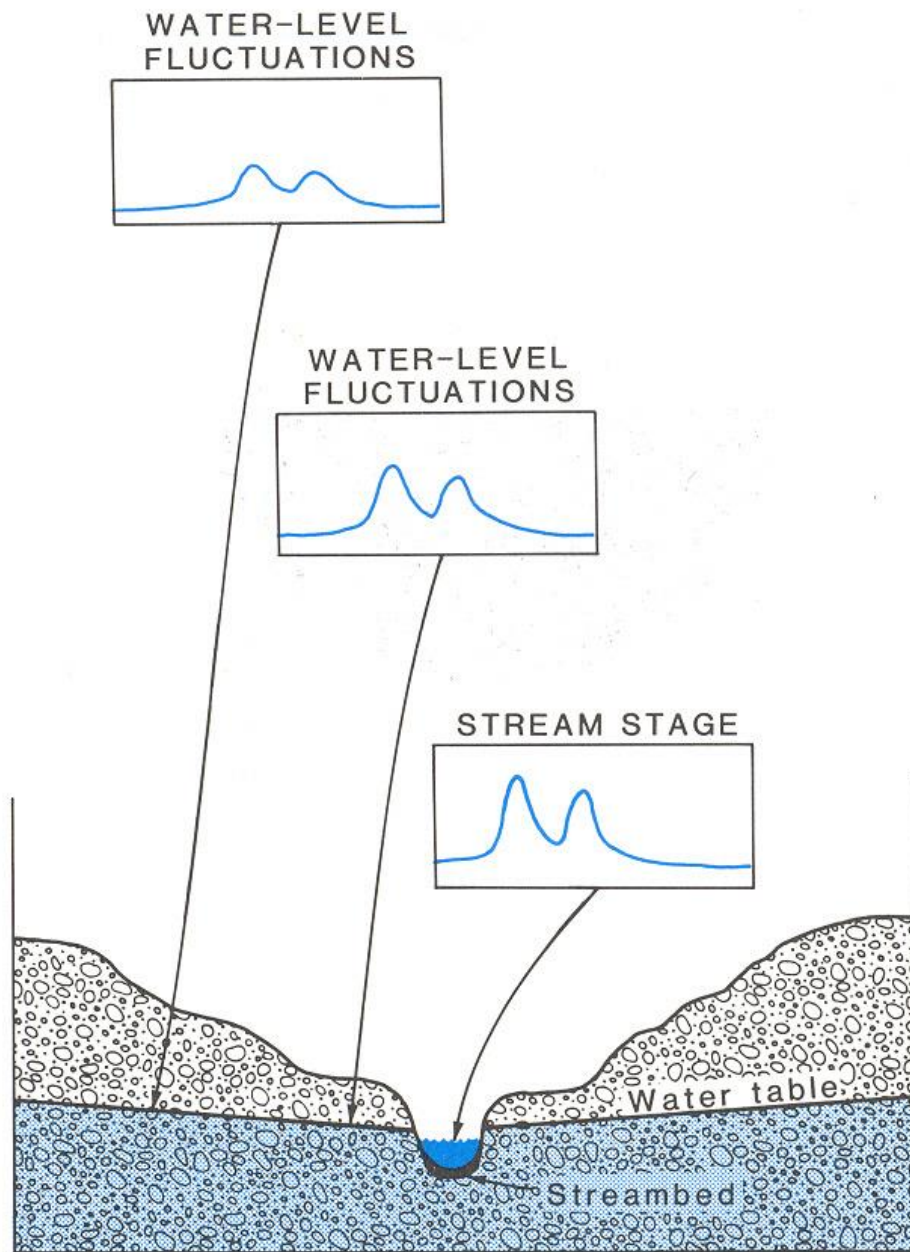


Figure 7. Water-level changes in an aquifer owing to changes in stage of an associated stream.

# Περιβαλλοντικά ζητήματα

**συνεχής υποχώρηση** της δυναμομετρικής ή της υδροστατικής στάθμης

**σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες:**

- 🌍 καθίζηση εδάφους
- 🌍 υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και
- 🌍 διείδυση της θάλασσας

**ανυψούμενες στάθμες υπόγειων νερών** ► προβλήματα αποστράγγισης

**εύρος** και **δριμύτητα** προβλημάτων και περιβαλλοντικών ζητημάτων ποικίλλουν από μέρος σε μέρος

**εξαρτώμενα από** το:

- ➡ υδρογεωλογικό,
- ➡ γεωτεχνικό και
- ➡ γεωχημικό περιβάλλον

## προβλήματα και περιβαλλοντικά ζητήματα

ομαδοποιούνται σε 3 κύριες κατηγορίες:

### Υπερεμπλουτισμός

Στα αλλουβιακά πεδία, η ύπαρξη και η κατανομή επιφανειακών και υπόγειων νερών είναι αλληλοεξαρτώμενες.

### πλημμύρισμα και αλμύριση

σημαντική μείωση της γεωργικής παραγωγής:

Punjab - εντατικές αρδεύσεις, ανεπαρκής υπόγεια αποστράγγιση, άνοδος της ΥΣ > 24,4 m, μέσος ρυθμός ανόδου 0,46 m/έτος

προγράμματα ελέγχου της αλατότητας και αποκατάστασης των εδαφών

το πρόβλημα της αποστράγγισης στη λεκάνη του Ινδού, έχει απαιτήσει μια ολοκληρωμένη στρατηγική

## Υπερεκμετάλλευση

οι συνολικές απολήψεις υπόγειου νερού υπερβαίνουν τον μακροπρόθεσμο εμπλουτισμό

- ➔ αυξανόμενο κόστος άντλησης
- ➔ μείωση της παροχής
- ➔ καθίζηση του εδάφους,
- ➔ υποβάθμιση της ποιότητας
- ➔ διείδυση της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές

## Καθίζηση εδάφους

είναι η συσσωρευμένη επίδραση της συμπίεσης διαφορετικών στρωμάτων σε διάφορα βάθη που οφείλεται στην αύξηση της πίεσης μεταξύ των κόκκων

## Οι αλλαγές στην ποιότητα των ΥΝ

προκαλούνται από τη γεωχημική εξέλιξη και τη ρύπανση που οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες



## **Καθίζηση εδάφους**

Μεγέθη καθίζησης  $\geq 30$  cm έχουν αναφερθεί σε πολλά μέρη του κόσμου

συστήματα αρτεσιανών υδροφόρων από άμμο και/ή κροκάλες χαμηλής συμπιεστότητας, που εναλλάσσονται με αργιλώδη στρώματα χαμηλής διαπερατότητας, υψηλής συμπιεστότητας και ποικίλου πάχους

## **Άργιλοι πλούσιοι σε μονμοριλλονίτη**

Santa Clara, κοιλάδα San Joaquin – Καλιφόρνια, Πόλη του Μεξικού > των 6 m

***εντοπίζονται κατά μήκος ακτών υδάτινων σωμάτων  
ο ωκεανός ή η λίμνη επεκτείνονται πάνω στην ακτή***

Η προστασία από την κατάκλυση κοστίζει πολλά εκατομμύρια €

**Η καθίζηση εξαρτάται από,**

τα χαρακτηριστικά συμπίεσης του υπεδάφους – η μαλακή άργιλος είναι ιδιαίτερα συμπιέσιμη

**γενικό πρότυπο καθίζησης**

είναι ένα χαρακτηριστικής μορφής κοίλωμα, με τη μέγιστη καθίζηση στο κέντρο του πεδίου με τις γεωτρήσεις και με την περιοχή καθίζησης αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν του πεδίου των γεωτρήσεων

**εμφάνιση πολλών προβλημάτων,**

- ➔ βύθιση τοπογραφικών σημείων αναφοράς,
- ➔ κατάρρευση σωλήνων γεωτρήσεων,
- ➔ αναστροφή των κλίσεων στα συστήματα αποστράγγισης/αποχέτευσης,
- ➔ ζημίες σε δρόμους, σιδηροδρόμους, υπονόμους νερών καταιγίδων, άλλους υπόγειους αγωγούς και
- ➔ ρωγμές σε κτήρια.

Η καθίζηση είναι ένα ουσιαστικά μη αντιστρεπτό φαινόμενο

### **Παρατήρηση**

Η καθίζηση έχει ελεγχθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου μέσω της μέτρηση μιας ή περισσότερων από τις ακόλουθες ποσότητες:

- απόλυτη καθίζηση,
- συμπίεση εδαφικών στρωμάτων
- πίεση νερού των πόρων

### **καθίζηση μιας πολυστρωματικής απόθεσης**

είναι το άθροισμα της συμπίεσης των συνιστώντων στρωμάτων

## Ρύπανση υπόγειων νερών

**Οι ρυπαντές μπορούν να φθάσουν στα υπόγεια νερά** από:

- σηπτικά συστήματα,
- άρδευση με ψεκασμό
- ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων υπονόμων
- λιμνοδεξαμενές,
- υλικά οδόστρωσης,
- ζωικές τροφές,
- διαρροές από συστήματα υπονόμων

Η σοβαρότητα και η έκταση της ρύπανσης καθορίζονται από:

- την υδρογεωλογική διάταξη
- τη φύση του ρυπαντή και
- την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των κανονισμών

## **Η σοβαρότητα της ρύπανσης**

εξαρτάται από τον όγκο και τη φύση του ρυπαντή

## **ΧΥΤΑ**

το διηθούμενο βρόχινο νερό διαλύει πολλά οργανικά και ανόργανα άλατα που μεταφέρονται σε πλησίον ευρισκόμενους υδροφορείς

## **Τα λύματα**

ακατέργαστα και επεξεργασμένα έχουν χρησιμοποιηθεί για άρδευση

Οι αποπλύσεις από τέτοια εδάφη εισάγουν βακτηρίδια, ιούς και χημικές ενώσεις στα τοπικά υπόγεια νερά

## **η συνεχής καλλιέργεια**

έχει καταστήσει τη γεωργία σημαντική πηγή ρύπανσης

## **διάθεση αποβλήτων από αγροκτήματα πουλερικών**

Μόλυνση των υδροφόρων από προϊόντα του πετρελαίου

## **διείσδυση αλμυρού νερού**

### **Από υδροδυναμική άποψη,**

οι πηγές μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τη γεωμετρία τους σε:

- 1. Σημειακές πηγές**
- 2. Πηγές γραμμών** (διείσδυση αλμυρού νερού, διήθηση από κανάλια μεταφοράς υγρών αποβλήτων, κ.λ.π.)
- 3. Επίπεδες ή διάχυτες πηγές**

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των συστατικών, οι ρυπάνσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε 4 ομάδες:

1. **Φυσική** (θερμότητα, αιωρούμενα στερεά, κ.λ.π.)
2. **Χημική** (ανόργανοι χημικοί ρυπαντές - αλμύρες, οξέα, νιτρικά, θειϊκά, χλώριο, κ.λ.π., οργανικοί ρυπαντές, βενζίνη, υδρογονάνθρακες)
3. **Βιολογική** (από λύματα και αποσυντιθέμενους μικροοργανισμούς)
4. **Πυρηνική** (ουράνιο, ραδιενεργά στοιχεία από πυρηνικές εγκαταστάσεις, χημικά εργοστάσια επανεπεξεργασίας, κ.λ.π.)

**είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός**

μέσω του οποίου οι ρυπαντές μπορούν να εισέλθουν στο σύστημα των ΥΝ και να αναπτυχθούν οι κατάλληλες διαχειριστικές πολιτικές

*δεν έχει αρχίσει ένα ολοκληρωμένο διαχειριστικό πρόγραμμα* επειδή

➡ τα υπόγεια νερά διαδραματίζουν έναν συμπληρωματικό ρόλο

➡ υπάρχει απουσία κατάλληλης θεσμικής και νομοθετικής δομής

το ΥΝ είναι στις περισσότερες περιπτώσεις *ατομική ιδιοκτησία*

Ο "κυβερνητικός έλεγχος" καθίσταται ανίσχυρος

ολοένα και περισσότερα άτομα εκφράζουν την επιθυμία διαχείρισης



## ***Με την συνειδητοποίηση από το ευρύ κοινό της μακροπρόθεσμης επίπτωσης***

θα μπορούσε να καταρτιστεί ένα διαχειριστικό πρόγραμμα και θα μπορούσε να εξασφαλιστεί η χρηματοδότηση για την εφαρμογή του

## ***Περιβαλλοντική εκτίμηση***

ανάγκη για την έναρξη ενός ολοκληρωμένου προγραμματισμού αξιολόγησης ώστε:

***να μπορούν να θεσπισθούν τα απαραίτητα μέτρα ελέγχου για να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις.***

***προγραμματισμός αξιοποίησης των υπόγειων υδατικών πόρων***

## **πρόγραμμα περιβαλλοντικής αξιολόγησης**

συνεχής, μεθοδολογική και τεχνική διαδικασία αξιολόγησης με παρατηρήσεις, μετρήσεις και αναλύσεις εργαστηρίου και πεδίου επιλεγμένων συνιστωσών και μεταβλητών με τους ακόλουθους στόχους:

1. Να αξιολογηθεί η χωροχρονική μεταβολή της απόκρισης και να προβάλει τη μελλοντική δυναμική συμπεριφορά του συστήματος
2. Να αξιολογήσει τις προσδοκώμενες μεταβολές στις περιβαλλοντικές συνέπειες και τις χωροχρονικές επιπτώσεις
3. Να παράξει
  - ανατροφοδότηση στο δίκτυο παρατήρησης
  - πληροφορίες στις αρχές και στα κέντρα λήψης αποφάσεων για τον κατάλληλο πολιτικό σχεδιασμό και στρατηγική χρήσης των υπόγειων νερών

## Μεθοδολογίες

Η κατανόηση φυσικών, χημικών και υδραυλικών διαδικασιών μεταφοράς είναι απαραίτητη για την περιβαλλοντική αξιολόγηση

Η κατάλληλη επιλογή μεθόδου ή ενός συνδυασμού μεθόδων αξιολόγησης βασίζεται:

- στις συνθήκες μιας περιοχής,
- στο αναμενόμενο επίπεδο αξιοποίησης,
- στο διαθέσιμο χρόνο
- στη χρηματοδότηση της έρευνας

### *Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι*

να αξιολογηθεί η διαθεσιμότητα και το δυναμικό του νερού για ασφαλή αξιοποίηση με τον οφειλόμενο σεβασμό στις περιβαλλοντικές ανησυχίες

### **βάση για την αξιολόγηση του δυναμικού των ΣΥΝ**

γεωλογικές, υδρογεωλογικές και γεωχημικές έρευνες, εκτιμήσεις του εμπλουτισμού

Οι διάφορες μέθοδοι και έρευνες αναθεωρούνται κατά τη διάρκεια **6 φάσεων δραστηριότητας**

1. **Υδρογεωλογική έρευνα** ο σκοπός είναι να αξιολογήσει
  - ➔ το γεωυδρολογικό πρότυπο
  - ➔ Τις υδραυλικές παραμέτρους κάθε μεμονωμένου στρώματος

η φάση αυτή πραγματοποιείται σε όλα τα στάδια αξιοποίησης

## **2. Υδρομετεωρολογική μέθοδος**

Τα μοντέλα προσέγγισης των συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου, (προσέγγιση ισοζυγίου)

3. **Παρατηρήσεις της στάθμης των υπόγειων νερών και ανάλυση υδρογραφήματος της στάθμης του νερού**

**Συντάσσονται χάρτες με τις υδροστατικές ή δυναμομετρικές στάθμες,**

Με τα υδρογραφήματα στάθμης του ΣΥΝ σε συνδυασμό με δεδομένα απολήψεων ΥΝ μπορούμε να υπολογίσουμε την **ασφαλή απόδοση**

4. **Γεωτεχνική έρευνα.** Αξιολόγηση του μεγέθους και του ρυθμού καθίζησης

## 5. **Ισοζύγιο υπόγειων νερών.**

περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες:

- Εισροές στον υδροφόρο
- Εκροές από τον υδροφόρο
- Αλλαγή στην αποθήκευση
- Διαρροή από υπερκείμενους και υποκείμενους υδροφορείς
- Απόληψη νερού από γεωτρήσεις και πηγές  
(υπολογίζεται από τις αρδευόμενες περιοχές ή την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας)
- Επιστρεφόμενη ροή από την άρδευση
- Φυσική επαναπλήρωση





***Η μέθοδος του ισοζυγίου εξαρτάται από:*** την διαθεσιμότητα ενός αξιόπιστου αρχείου με μακροχρόνιες καταγραφές.

### ***Μελέτη με μοντέλο***

Ένα μοντέλο εκφράζει την εννοιολογική αναπαράσταση του συστήματος με τυχαίες σχέσεις μεταξύ των διάφορων συνιστωσών του συστήματος και μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντός του

### ***Επιλογή των μεθόδων.***

Οι μεθοδολογίες αξιολόγησης είναι συμπληρωματικές και συνήθως διαδοχικές



μέσω του μοντέλου εξετάζοντας όλες οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις

## **Μαθηματικά μοντέλα**

είναι χρήσιμα για την ανάλυση σύνθετων προβλημάτων

### ***Μοντέλο ροής και Μοντέλο μεταφοράς διαλυμένων ουσιών***

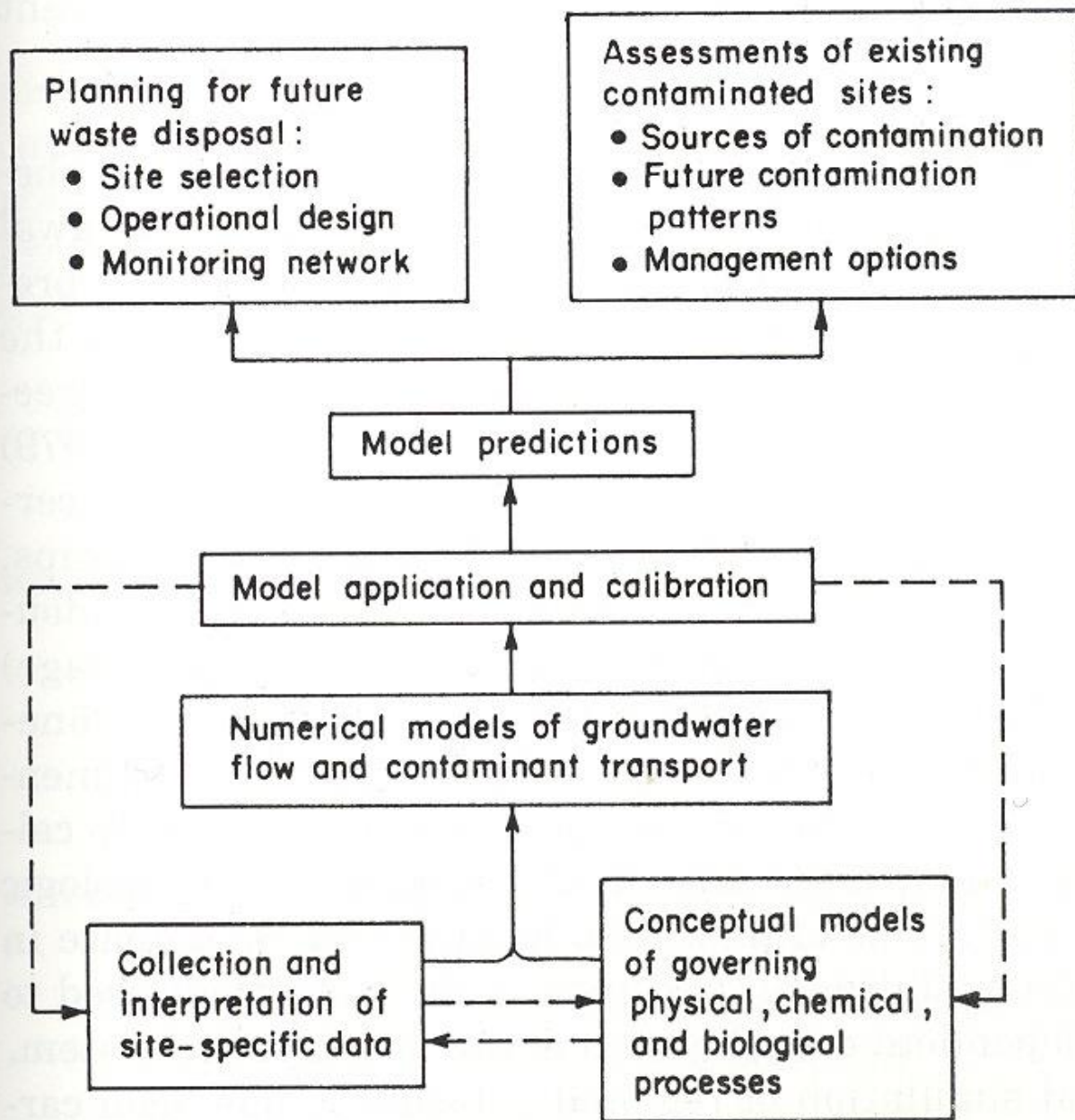
Χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση και την πρόβλεψη της κίνησης και της συγκέντρωσης των διάφορων ρυπαντών στους υδροφορείς,

***τα μοντέλα ενσωματώνουν μαθηματικές προσεγγίσεις***

**συντηρητικά μοντέλα μεταφοράς,**  
περιγράφουν την κίνηση ρυπαντών χωρίς αντιδράσεις

**μη συντηρητικά μοντέλα μεταφοράς**  
λαμβάνουν υπόψη τις αντιδράσεις

**ένα μοντέλο μεταφοράς διαλυμένων ουσιών περιλαμβάνει**  
ένα υπομοντέλο ροής που υπολογίζει την ταχύτητα ροής του ρευστού  
και χρησιμοποιεί στη συνέχεια αυτήν την ταχύτητα σε ένα υπομοντέλο  
ποιότητας το οποίο μεταφέρει τον ρυπαντή στο πεδίο ροής  
μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα ή κατά ένα συνδυαστικό τρόπο



**Figure 5.7** The use of simulation models in evaluation groundwater contamination problems. [Adapted from Konikow (1981).]

Για τα προβλήματα ρύπανσης, ***η ανάλυση των υδροφόρων εστιάζεται*** σε δύο γενικούς τύπους καταστάσεων:

- (1) αξιολόγηση των ήδη ρυπασμένων θέσεων και
- (2) προγραμματισμό ελαχιστοποίησης των κινδύνων ρύπανσης από μελλοντικές δραστηριότητες

### ***Μοντέλο προγραμματισμού***

Ο στόχος του είναι να διαχειριστούμε συνδυαστικά την παροχή νερού και την ποιότητα μιας υδρογεωλογικής λεκάνης ώστε να ελαχιστοποιηθούν ή να μεγιστοποιηθούν οι στόχοι προγραμματισμού που τέθηκαν, ικανοποιώντας παράλληλα τους υδρολογικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς του προβλήματος

η *αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου βελτιστοποίησης* μπορεί να εκφραστεί ως το σταθμισμένο άθροισμα των μεμονωμένων στόχων:

$$\max Z = \sum_{k=1}^{T^*} \sum_l \lambda_l F_l (h^k, C^k, Q_w^k, Q_r^k)$$

όπου:

$F_l$  είναι ο *λοστός* στόχος του προβλήματος προγραμματισμού και είναι συνάρτηση των μεταβλητών κατάστασης και των πολιτικών άντλησης και έγχυσης (εμπλουτισμού)

$\lambda_l$  αντιπροσωπεύει τα βάρη ή τις προτιμήσεις που συνδέονται με τους στόχους του προγραμματισμού

$k$  είναι η περίοδος προγραμματισμού

$h^k, C^k$  = υδραυλικό φορτίο και συγκέντρωση

4. Οι μέγιστοι ρυθμοί άντλησης και έγχυσης  $Q_w^k$  και  $Q_r^k$  αντίστοιχα

το μοντέλο είναι εξαιρετικά δύσκολο να λυθεί για διάφορους λόγους.  
το σύνολο των περιορισμών του μοντέλου είναι μη κυρτοί

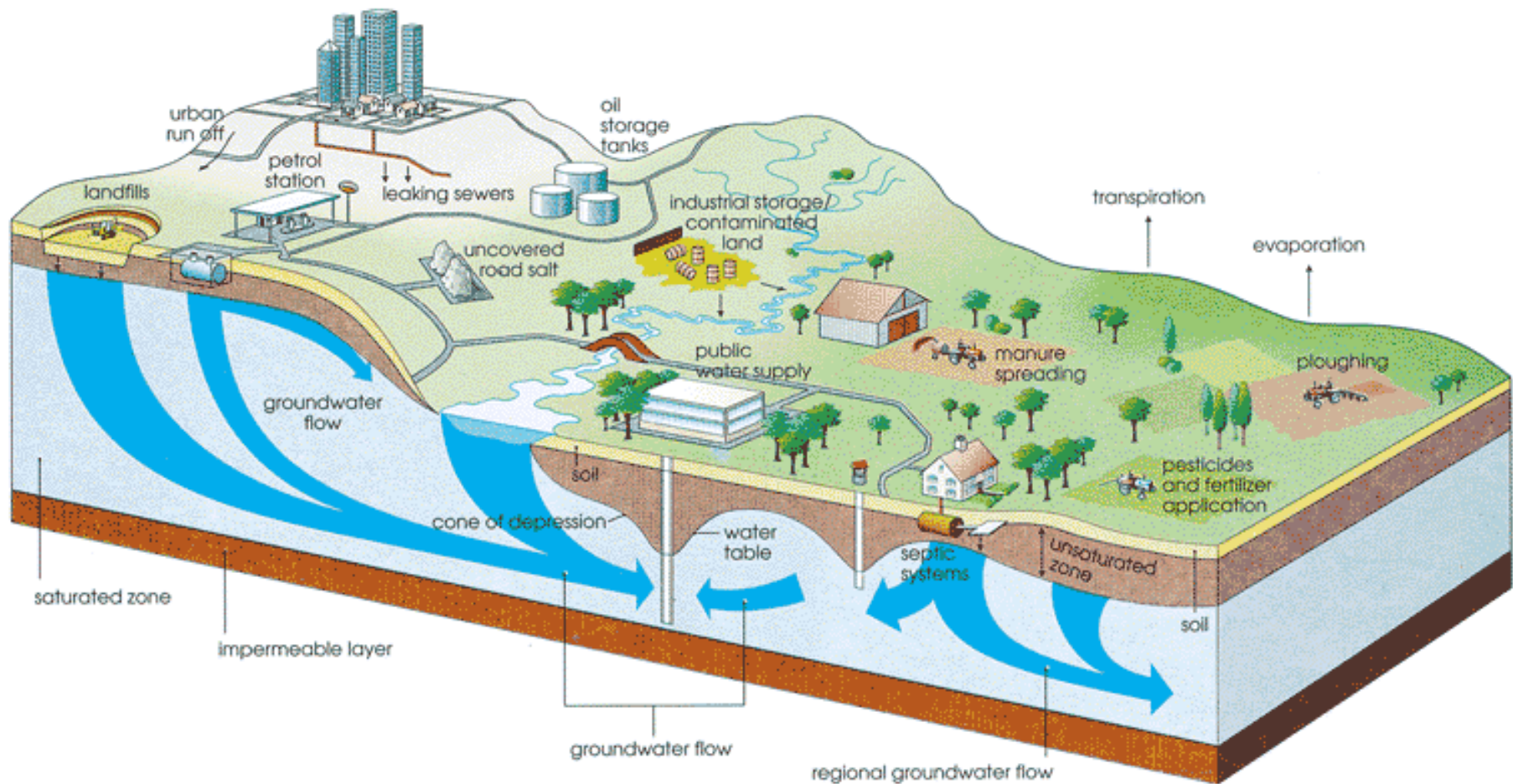
Το μέγεθος του συνόλου των περιορισμών μπορεί επίσης να είναι υπέρμετρα μεγάλο λόγω της χρονικής διακριτοποίησης των εξισώσεων απόκρισης

Εάν οι στόχοι είναι μη γραμμικοί, μπορούν να αναμένονται λύσεις στο πρόβλημα προγραμματισμού χρησιμοποιώντας μη γραμμικούς αλγορίθμους προγραμματισμού.

υπάρχει και η δυνατότητα λήψης μόνο σταθερών λύσεων του μοντέλου βελτιστοποίησης

### **Πλαίσιο αξιολόγησης της προσέγγισης**

Κάθε σύστημα υπόγειων νερών είναι μοναδικό όσον αφορά τη φυσική του διάταξη και δεν είναι δυνατό να περιγραφεί μέσω ενός απλού περιγράμματος ενός σχεδίου αξιολόγησης που θα οδηγήσει αναπόφευκτα στο καλύτερο πρόγραμμα αξιοποίησης των υπόγειων νερών



Οι αρμόδιοι οργανισμοί πρέπει να κατέχουν την ικανότητα και την εμπειρία για να θεσπίσουν ένα οικονομικά αποδοτικό σχέδιο συλλογής-αξιολόγησης δεδομένων

η αρμόδια επιστημονική ομάδα πρέπει να αποτελείται από επιστήμονες πολλών επιστημονικών κλάδων και από εξειδικευμένους επιστήμονες του ίδιου κλάδου

**εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ)** των προγραμμάτων αξιοποίησης υπόγειων νερών σε ξηρές και ημίξηρες αναπτυσσόμενες χώρες

εργαλείο προγραμματισμού που βοηθά:

στην πρόβλεψη πιθανών μελλοντικών επιπτώσεων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων αξιοποίησης των υπόγειων νερών,

με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης



Οι Adams and MacDonald (1995) ανέπτυξαν μια απλή τεχνική για τον καθορισμό της επιδεκτικότητας των υδροφόρων σε υποχώρηση της στάθμης, διείσδυση αλμυρού νερού και καθίζηση του εδάφους που βασίζεται στην απόδοση αριθμητικών τιμών στους παράγοντες τους υπεύθυνους για την εμφάνιση αυτών των φαινομένων

**Καθιέρωσαν τρεις κλίμακες χωριστά,**

***Για την υποχώρηση της στάθμης*** του υπόγειου νερού, χρησιμοποιούνται τέσσερις παράμετροι:

- ▶ βαθμός υδραυλικής διάχυσης (λόγος μεταβιβαστικότητας προς συντελεστή υδροχωρητικότητας),
- ▶ ετερογένεια (πλευρικές και κατακόρυφες αλλαγές),
- ▶ ετήσιος εμπλουτισμός και
- ▶ ο όγκος του υδροφόρου

**Στον εμπλουτισμό** με τη μέγιστη επίδραση στην επιδεκτικότητα ενός υδροφόρου, έχει δοθεί διπλάσια βαρύτητα

**Για την διείσδυση αλμυρού νερού**, έχουν συμπεριληφθεί τρεις παράμετροι: η υδραυλική κλίση, η υδραυλική αγωγιμότητα και η παρουσία ή η αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε υδραυλικού φραγμού

## ***Διαχείριση υπόγειων νερών***

περιλαμβάνει τον προγραμματισμό, την εφαρμογή και τη δράση την απαραίτητη για να παράσχει ασφαλείς και αξιόπιστες προμήθειες υπόγειων νερών

Οι στόχοι εστιάζουν

- στην απόδοση του υδροφόρου,
- στον εμπλουτισμό,
- στην ποιότητα του νερού και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες και
- στους νομικούς, κοινωνικοοικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες.

Η χρησιμοποίηση των υπόγειων νερών έχει μέσο- και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που επηρεάζουν τη μελλοντική διαθεσιμότητα και πρόσβαση στον πόρο

**Η διαχείριση της ζήτησης** εστιάζει στη χρήση του νερού πρέπει να γίνει μια προσπάθεια μείωσης της ζήτησης σε νερό μέσω

- της συντήρησης νερού,
- της τιμολόγησης νερού,
- της επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και
- τον προγραμματισμό χρήσης γης.

- **πλήρης προγραμματισμός,**
- **αξιολόγηση των επιπτώσεων** και
- **περιορισμός των δυσμενών επιπτώσεων**

είναι τα κεντρικά ζητήματα της διαχείρισης των υπόγειων νερών

Η **κατανόηση των λειτουργιών** ενός υπόγειου υδατικού συστήματος με ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση των εισροών προς και των εκροών από το σύστημα διαμορφώνει τη βάση για διαχείριση των υπόγειων νερών

Οι συνέπειες για τους υπόγειους υδατικούς πόρους του ακατάλληλου προγραμματισμού και χρήσης γης είναι πολλαπλές, εξαρτώμενες από τις

- φυσικές
- περιβαλλοντικές και
- κοινωνικοοικονομικές συνθήκες

Ο δύσκολος αυτός στόχος μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας ολοκληρωμένης προσπάθειας (τοπικός, περιφερειακός & εθνικός προγραμματισμός)

### ***Βασικά ζητήματα και προβλήματα***

Η φύση και η έκταση του προγραμματισμού και της διαχείρισης των υπόγειων νερών εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο μέρος από

- τους σκοπούς ή στόχους
- το είδος των προβλημάτων
- τις τοπικές συνθήκες

### ***Οι στόχοι μπορεί να είναι:***

- περιορισμός των απολήψεων στην διαρκή απόδοση,
- προστασία της υδρογεωλογικής λεκάνης από κινδύνους όπως η διείσδυση της θάλασσας ή η ρύπανση από άλλες ανεπιθύμητες ουσίες,
- προμήθεια παροχής νερού που μεγιστοποιεί τα οφέλη με ελάχιστο κόστος και
- αποφυγή της καθίζησης του εδάφους

ο προγραμματισμός των υπόγειων νερών πρέπει να εξετάσει τους:

### ***κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες***

- τα πρότυπα χρήσης νερού,
- τα χαρακτηριστικά της ζήτησης σε νερό,
- την ελαστικότητα των τιμών και
- τα διαθέσιμα κεφάλαια

### ***Οι διοικητικοί παράγοντες περιλαμβάνουν:***

- τους ισχύοντες νόμους και κανονισμούς,
- τη θεσμική οργάνωση και
- τις διαδικασίες λήψης απόφασης

***ο προγραμματισμός των υπόγειων νερών χαρακτηρίζεται συχνά από πολλαπλούς/συγκρουόμενους στόχους και κριτήρια***

***Ο προγραμματισμός και η διαδικασία λήψης απόφασης είναι συνεχείς, δυναμικές διαδικασίες που πρέπει να λάβουν υπόψη τις μεταβαλλόμενες συνθήκες και περιστάσεις.***

## Έξη παράγοντες καθορίζουν την έκταση της ρύπανσης των υπόγειων νερών

- Το έδαφος,
  - η γεωλογία,
  - το κλίμα και
  - η υδρολογία
- που υπερβαίνουν την ανθρώπινη ικανότητα ελέγχου,
- Η χρήση γης και
  - το πρότυπο ανάπτυξης που υπόκεινται στον ανθρώπινο έλεγχο

**η έννοια της προστασίας των υπόγειων νερών  
πάντα συνηγορεί υπέρ της πρόληψης και  
όχι υπέρ των μέτρων αποκατάστασης ή των διορθωτικών μέτρων**

## **Στρατηγική προστασίας - κύριοι στόχοι της:**

- Να καθορίσει την αξία των υπόγειων υδατικών πόρων
- Να καθορίσει την έκταση, το βαθμό και τα κριτήρια της προστασίας των υπόγειων νερών και να αναθέσει την εφαρμογή τους στις αρμόδιες αρχές
- Να καθιερώσει τις νομικές και θεσμικές βάσεις, ρυθμιστικούς νόμους και σταθερότυπα για την προστασία των υπόγειων νερών
- Να καθιερώσει ένα σύστημα επιθεώρησης και ένα σύστημα ελέγχου των αποβλήτων και την αρχή "αυτός που προκαλεί ρύπανση πληρώνει"
- Να παράσχει μεθοδολογικές και τεχνικές οδηγίες
- Να υποστηρίξει και να συντονίσει ερευνητικά προγράμματα
- Να εκπαιδεύσει το ευρύ κοινό για τα προγράμματα προστασίας του νερού



## ***Στόχοι των στρατηγικών προστασίας των υπόγειων νερών και δραστηριότητες σχετικά με τις τεχνικές πτυχές:***

- Αναγνώριση και κατάρτιση αναλυτικού πίνακα των πιθανών πηγών ρύπανσης και αξιολόγηση της φύσης και της έκτασής τους
- Λειτουργία αποτελεσματικών προγραμμάτων ελέγχου της ποιότητας του νερού και αξιοποίηση των αποκτηθέντων δεδομένων
- Παροχή τεχνικής και επιστημονικής βοήθειας κατά την επίλυση των προβλημάτων
- Διαθεσιμότητα πεπειραμένου και καταρτισμένου προσωπικού

***υπάρχει κάποια δυσκολία στην αναγνώριση των ρυπαντών οι σχετικοί νόμοι και κανονισμοί δεν εφαρμόζονται πάντα***

## **Πρόστιμα και επιβαρύνσεις**

θα μπορούσαν να είναι το κινητήριο μέσο για τη στρατηγική προστασίας

## **Πολιτική προστασίας**

Τα κριτήρια για τον καθορισμό μιας πολιτικής προστασίας εξαρτώνται από:

- ▶ την αξία των υπόγειων νερών και την τρωτότητά τους,
- ▶ τον όγκο των χρησιμοποιήσιμων υπόγειων υδατικών πόρων, και
- ▶ την τρέχουσα και αναμενόμενη ζήτηση σε μια δεδομένη περιοχή.

## **Διαχείριση προστασίας**

είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μια προκαταρκτική μελέτη που ακολουθείται από έρευνες και πιλοτικές μελέτες για να εκτιμηθούν οι διαθέσιμοι πόροι και να αξιολογηθούν οι οικονομικά χρησιμοποιήσιμοι

Υπάρχουν δύο κατηγορίες διαχείρισης της προστασίας των υπόγειων υδατικών πόρων:

- **γενική προστασία των υπόγειων υδατικών πόρων** και
- **ολοκληρωμένη προστασία των υπόγειων νερών** στο πλαίσιο των δημόσιων παροχών

## **Γενική προστασία των υπόγειων νερών**

Βασίζεται στην υπόθεση ότι όλοι οι αποτελεσματικά προσιτοί υπόγειοι υδατικοί πόροι θα είναι διαθέσιμοι για πόση ή άλλες χρήσεις και επομένως η προστασία τους είναι επιθυμητή

απαιτεί τις ακόλουθες δραστηριότητες:

1. Διερεύνηση του συστήματος των υπόγειων νερών και προσδιορισμό της τρωτότητάς του.
2. Αναγνώριση, κατάρτιση αναλυτικού πίνακα και αξιολόγηση των υπαρχουσών και πιθανών πηγών ρύπανσης
3. Έλεγχο του συστήματος υπόγειων νερών

**Ολοκληρωμένη προστασία των υπόγειων νερών** (αφορά κυρίως τις δημόσιες παροχές νερού) Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι προστατεύονται από τις ζώνες προστασίας,

απαιτεί:

- ➔ Συνεργασία εθνικών, περιφερειακών, ή τοπικών αρχών για το νερό, οργανισμών ύδρευσης και χρηστών γης (ιδιαίτερα αγρότες)
- ➔ Καθιέρωση μιας γενικής έννοιας του υπαλλήλου υπόγειων νερών και γης
- ➔ Εφαρμογή τεχνικών, θεσμικών, νομοθετικών και μέτρων ελέγχου και κανονισμών στις ζώνες προστασίας

**Οι τεχνικές και οι μέθοδοι οριοθέτησης ζωνών προστασίας εξαρτώνται από:**

- τη διαπερατότητα και την υδραυλική αγωγιμότητα των υδροφόρων (πορώδης, ρωγματωμένος, ή καρστικός),
- την πολυπλοκότητα και τρωτότητα,
- τις ιδιότητες και το πάχος της ακόρεστης ζώνης,
- τις ποσότητες και ιδιότητες και την ικανότητα αποικοδόμησης των πιθανών ρύπων και
- την απόστασή τους από τις γεωτρήσεις ή το πεδίο γεωτρήσεων

τα υπόγεια νερά θεωρούνται ένας ανεξάντλητος πόρος και υπάρχει μια τάση υπερεκτίμησης του δυναμικού τους

### **τεχνικές διαχείρισης για βέλτιστη χρήση των υδατικών πόρων**

- συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών,
- τεχνητός εμπλουτισμός,
- έμμεσος εμπλουτισμός,
- ενδολεκάνια μεταφορά νερού
- ενδοπεριφερειακή μεταφορά νερού

***δεν έχουν λάβει την οφειλόμενη προσοχή***

***το νερό θεωρείται ελεύθερο αγαθό*** (καμία επιβάρυνση)

## **Ο μηχανισμός εισαγωγής της διαχείρισης της ζήτησης**

θα μπορούσε να είναι:

- ▶ ένα οικονομικό μέσο η χρέωση για χρησιμοποίηση του νερού που συνδέεται άμεσα με το κόστος παραγωγής,
- ▶ εφαρμογή νομικών μέσων όπως η διαδικασία έκδοσης αδειών άντλησης νερού και επιβάρυνσης των εκροών υγρών αποβλήτων (ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση της βιομηχανικής χρήσης νερού)

Οι χρήστες νερού διαδραματίζουν έναν διπλό ρόλο στον προγραμματισμό των υδατικών πόρων: είναι οι τελικοί δικαιούχοι, αλλά και οι τελικοί διαχειριστές

**Ο προγραμματισμός που δεν δίνει ικανοποιητική προσοχή στο ζήτημα αυτό έχει μικρή πιθανότητα επιτυχούς εφαρμογής**

## **αβεβαιότητες στον προγραμματισμό**

συστημάτων υπόγειων νερών που προκύπτουν από:

1. την εγγενή μεταβλητότητα τους

2. την έλλειψη γνώσης για

- το φυσικό σύστημα,

- τις διαδικασίες και τις παραμέτρους,

- τη συλλογή δεδομένων

- την παρακολούθηση (έλεγχο),

- τον υπολογισμό και την ανάλυση των δεδομένων,

- τις διαδικασίες και τις συνθήκες σύνταξης των μοντέλων,

- την εξειδίκευση και αλλαγή των στόχων και/η των περιορισμών,

- των κοινωνικοοικονομικών και των άλλων λειτουργικών παραγόντων παραγόντων.

## **Ζητήματα διαχείρισης της ποιότητας του νερού**

Οι περισσότεροι ρυπαντές ανιχνεύονται κάποιο χρόνο μετά την εισαγωγή τους στο υπέδαφος

Ο ρυπαντής μπορεί να διανύσει μια μεγάλη απόσταση και να επηρεάσει ένα μεγάλο μέρος ενός υδροφόρου προτού να αναγνωριστεί η ρύπανση

Οι ρυπαντές μπορεί να συνεχίσουν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα υπόγεια νερά για μεγάλο χρονικό διάστημα

Χωρίς μέτρα αποκατάστασης, μπορεί να χρειαστούν δεκάδες, εκατοντάδες, ή και χιλιάδες έτη για να αποβληθούν οι ρυπαντές από το σύστημα ροής των υπόγειων νερών

**Τα υπάρχοντα προβλήματα ρύπανσης των υπόγειων νερών θα γίνουν πιο ενοχλητικά στο μέλλον, λόγω:**

- της αργής κίνησης του σώματος των υπόγειων νερών,
- της εξάντλησης της εξυγιαντικής ικανότητας του εδάφους και
- του συνεχώς αυξανόμενου όγκου και της πολυπλοκότητας των ρευστών που προκαλούν την ρύπανση.



## **1ου επιπέδου ζώνες προστασίας**

προστατεύουν την γεώτρηση και το άμεσο περιβάλλον της από μηχανικές ζημιές και από την άμεση ρύπανση (έκτασή μερικές δεκάδες m<sup>2</sup> το μέγιστο)

**Σ' αυτές αποκλείονται όλες οι δραστηριότητες.**

## **Ζώνες προστασίας 2ου και 3ου επιπέδου**

μερικές εκατοντάδες m<sup>2</sup> έως μερικά km<sup>2</sup>

περιλαμβάνουν περιοχές εκροής, κώνους κατάπτωσης, περιοχές εμπλουτισμού και τροφοδοσίας και άλλες τρωτές περιοχές

## **Σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες,**

καλύπτουν περιοχές με χρόνο παραμονής του νερού 50 έως 60 ημερών

- ➡ το επίπεδο περιορισμών & απαγορεύσεων μειώνεται με την απόσταση
- ➡ η υπερπροστασία των γεωτρήσεων παροχής νερού δεν είναι επιθυμητή
- ➡ μια λεπτή ισορροπία κόστους/οφέλους καθορίζει την έκταση των ππ

## **Συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών**

Αναφέρεται στη συντονισμένη και προγραμματισμένη χρησιμοποίηση επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων με έναν ολοκληρωμένο τρόπο, αναγνωρίζοντας την αλληλεξάρτηση καθώς επίσης και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των δύο πηγών νερού

*Με την κατάλληλη λειτουργία των συστημάτων επιφανειακού και υπόγειου νερού, μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη αποθήκευση επιφανειακού νερού στο υποεπιφανειακό περιβάλλον το οποίο διαφορετικά θα είχε χαθεί*

## **Μετριασμός ξηρασίας**

Τα υπόγεια νερά είναι μία δυναμική πηγή μακροπρόθεσμης αποθήκευσης νερού που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε περιόδους ξηρασίας για το μετριασμό της

***το ποσό που προήλθε από τα υπόγεια νερά, θα μπορούσε σε μια βραχυπρόθεσμη βάση να υπερβεί το ρυθμό φυσικού εμπλουτισμού, (εξόρυξη υπόγειου νερού)***

***Στο πλαίσιο της συνδυασμένης χρήσης***

είναι σημαντικό να διευκολυνθεί ο τεχνητός εμπλουτισμός του υδροφόρου

**Τα υδροφόρα στρώματα υπόγειων νερών μπορούν να χωριστούν**  
στα **ανώτερα αποθέματα** που χρησιμοποιούνται ως αποθήκευση για τα υγρά έτη και  
στα **χαμηλότερα αποθέματα** που χρησιμοποιούνται μόνο κατά τα έτη ξηρασίας.

### **Παρεμπόδιση πλημμυρίσματος και αλμυρότητας νερού**

Η χρησιμοποίηση υπόγειου νερού βοηθά την υποεπιφανειακή αποστράγγιση

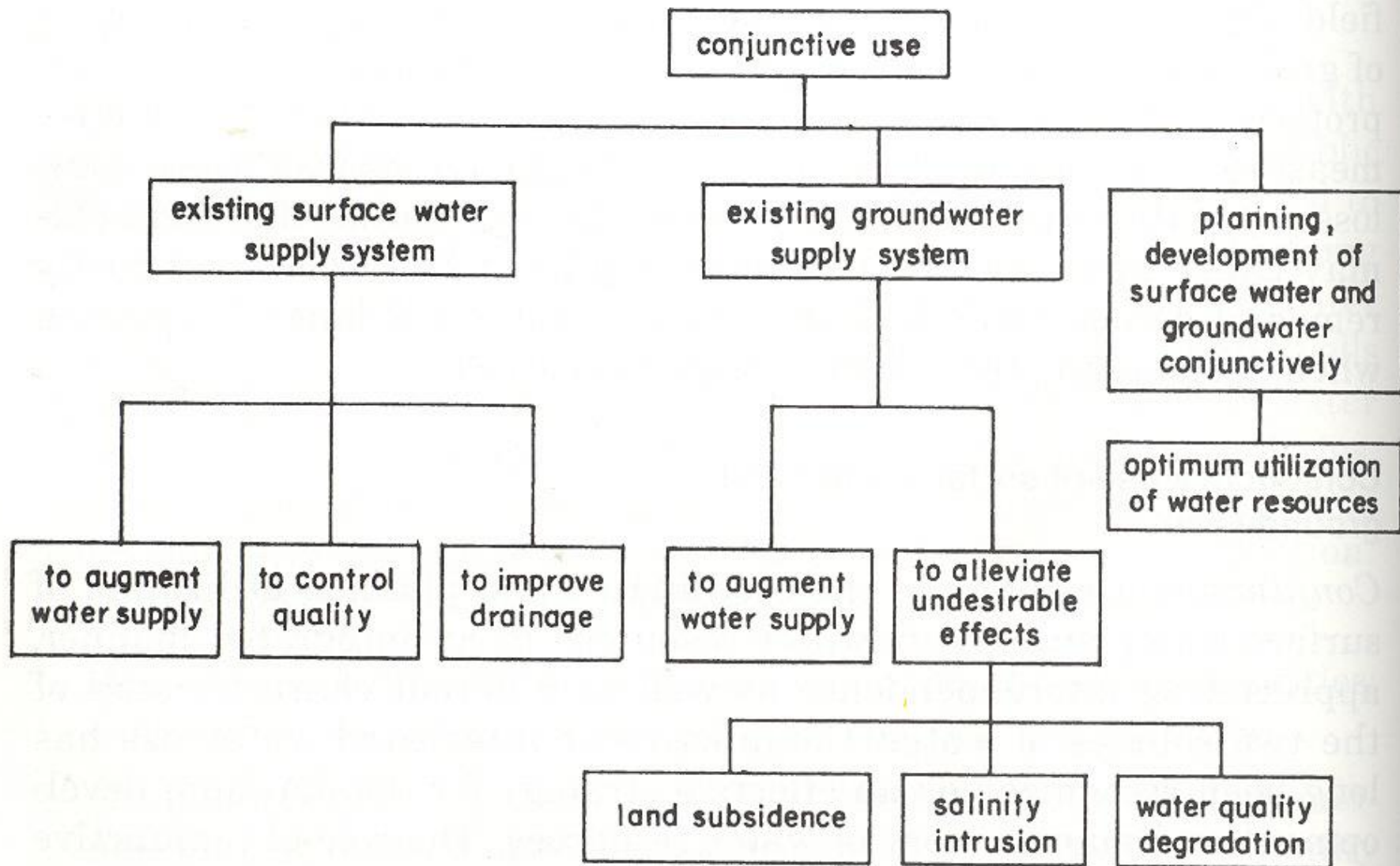


Figure 5.11 Classification of conjunctive use.

η ενσωμάτωση της έννοιας της συνδυασμένης χρήσης συμβάλλει στη γενική αποδοτικότητα της αξιοποίησης των υδατικών πόρων

**με την εκτίμηση της αποθήκευσης στο υποεπιφανειακό περιβάλλον,**  
ο βασικός όγκος του αποθηκευμένου επιφανειακού νερού μπορεί να μειωθεί και να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος όγκος για τον έλεγχο των πλημμυρών

**Έτσι τα πλημμυρικά νερά μπορεί να παρακρατηθούν**

οι απώλειες λόγω διήθησης αποκτούν μια διαφορετική σημασία μέσα στο σύστημα των υδατικών πόρων (τεχνητός εμπλουτισμός)

**μείωση των δαπανών της άντλησης**

άντληση υπόγειου νερού κατά τις ώρες (νυκτερινές) με χαμηλή τιμή ενέργειας για την πλήρωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης επιφανειακού νερού (υποστήριξη της χρησιμοποίησης υπόγειου νερού)

παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας την ημέρα

Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μπορούν να εμπλουτίσουν τα υπόγεια νερά και να υποστούν έτσι την εξυγιαντική επίδραση των πορωδών μέσων κατά τη διαδρομή τους σ' αυτά

## **Βελτίωση της ποιότητας του νερού**

Τα **επεξεργασμένα λύματα** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εμπλουτισμό των υπόγειων νερών

## **Ζητήματα εφαρμογής.**

Η συνδυασμένη χρήση και διαχείριση επιφανειακών και υπόγειων νερών είναι η πιο κατάλληλη και μελλοντική στρατηγική για τη βέλτιστη χρησιμοποίηση των υδατικών πόρων σε πολλές περιοχές

*Οι δύο πηγές υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς όπως και δυνατότητες*

*πολύ λίγα προγράμματα έχουν εφαρμοστεί μέχρι τώρα στη βάση της συνδυασμένης χρήσης*

## **Υπαρξη ενός κεντρικού διαχειριστικού σώματος**

αρμόδιου για όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με το νερό που έχει την κατάλληλη εξουσία για να επιβάλει τις ενέργειες που καθορίστηκαν από τη βέλτιστη στρατηγική αξιοποίησης

η απουσία του μπορεί να θεωρηθεί ως το κύριο εμπόδιο στην εφαρμογή ΣΧ

### **πρέπει να αντιπροσωπευθούν**

- ➡ η περιφερειακή και η κεντρική εξουσία όπως και οι εμπλεκόμενοι δήμοι
- ➡ οι κύριοι χρήστες νερού (ιδιώτες, συλλογικοί και κρατικοί)

### **περιβαλλοντικές πτυχές**

άμεση συμμετοχή των αντίστοιχων κυβερνητικών ή περιβαλλοντικών ομάδων

***Ο συντονισμός των στόχων μιας τέτοιας ετερογενούς ομάδας είναι ένας τρομερός στόχος***

**δημιουργία μιας αυτόνομης οργάνωσης** με τεχνικά τμήματα και ένα σώμα λήψης αποφάσεων που αντιπροσωπεύουν τις εμπλεκόμενες ενδιαφερόμενες ομάδες

# **Ρόλος των μοντέλων στη διαχείριση των υπόγειων νερών**

ισχυρό εργαλείο για τον προγραμματισμό και διαχείριση των υπόγειων νερών

πάρα πολύ συχνά εμφανίζεται λανθασμένη διατύπωση ή υπερβολή της εφαρμογής της προσομοίωσης - *η λίγη γνώση μπορεί να είναι ένα επικίνδυνο πράγμα*

## **Η τελική χρήση των μοντέλων πρέπει να στοχεύει**

στο να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων διαχείρισης, προγραμματισμού και πολιτικών αποφάσεων μέσω της παροχής χρήσιμων πληροφοριών

Τα **μοντέλα προσομοίωσης** προσεγγίζουν τη συμπεριφορά ενός σύνθετου συστήματος υπόγειων νερών για κάθε διαχειριστική εναλλακτική,

ένα **μοντέλο βελτιστοποίησης** περιγράφει πόσο καλύτερα να χρησιμοποιήσουμε τους υπόγειους υδατικούς πόρους στο πλαίσιο δεδομένων στόχων και περιορισμών

*τα μοντέλα θεωρούνται ως ουσιαστικά εργαλεία που συμπληρώνουν, αλλά δεν αντικαθιστούν, την εμπειρία και κρίση των αρμόδιων για το σχεδιασμό και των διαχειριστών*



## **Χάσμα στις γνώσεις και ανάγκες για έρευνα**

*Υπάρχει έλλειψη κατανόησης πολλών σημαντικών φυσικών διαδικασιών και της δυναμικής συστημάτων στα περιβάλλοντα υπόγειων νερών.*

**Η αρχική ανάγκη για έρευνα βρίσκεται στην κατανόηση των φυσικών και χημικών διαδικασιών που πραγματοποιούνται σε διαφορετικά υποεπιφανειακά περιβάλλοντα και στην ανάπτυξη μαθηματικών αναπαραστάσεων αυτών των διαδικασιών**

## **Στρατηγική ελέγχου**

***Αυτή περιλαμβάνει βασικά τα εξής:***

1. Οριοθέτηση της περιοχής ελέγχου
2. Διερεύνηση του υπό έλεγχο υπόγειου υδατικού συστήματος
3. Επιλογή θέσεων των σταθμών ελέγχου
4. Προσδιορισμός των κρίσιμων ανησυχιών και κατάλογος πιθανών και πραγματικών πηγών μόλυνσης

5. Σχεδιασμός του δικτύου ελέγχου

6. Καθιέρωση ενός συστήματος απόκτησης δεδομένων,

7. Επιλογή των εργαστηριακών οργάνων πεδίου και εργαστηρίου και υπολογιστών

*Το λογισμικό μέρος περιλαμβάνει:*

- ▶ τη διαχείριση βάσεων δεδομένων, ειδικά τις μεθόδους επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, χάρτες και μοντέλα και
- ▶ τις μεθόδους μετατροπής των δεδομένων σε πληροφορίες και μηχανισμούς μετάδοσης των πληροφοριών στο χρήστη