

ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ Ε.Μ.Ε.Κ.Α. ΕΙΔΙΚΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ

*Τρωτότητα υπογείων υδατικών συστημάτων και κλιματική αλλαγή.
Ειδικές και γενικές επιπτώσεις*

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ

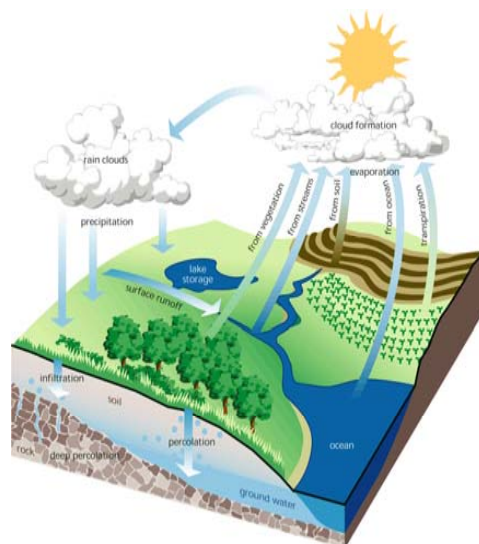
Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών

Πρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Υδρογεωλογίας



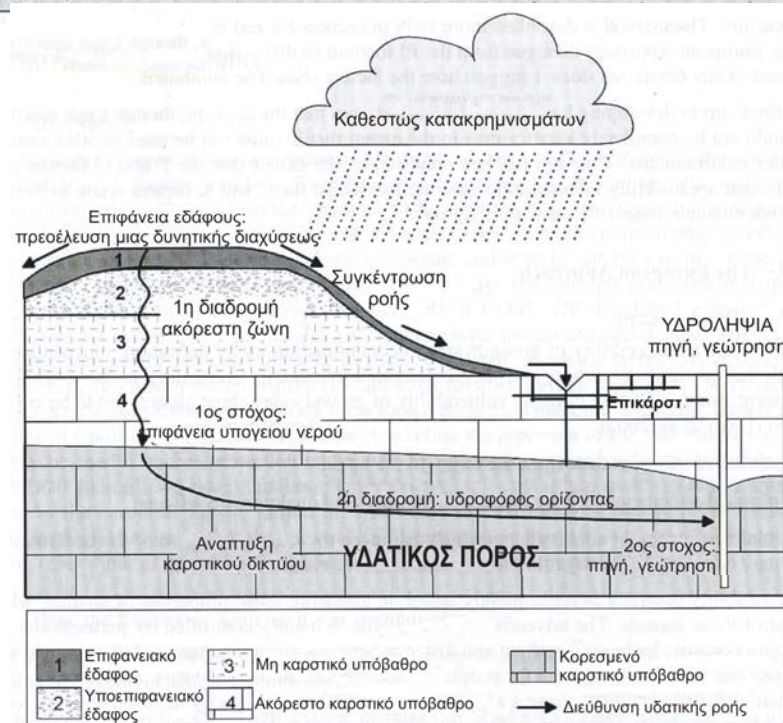
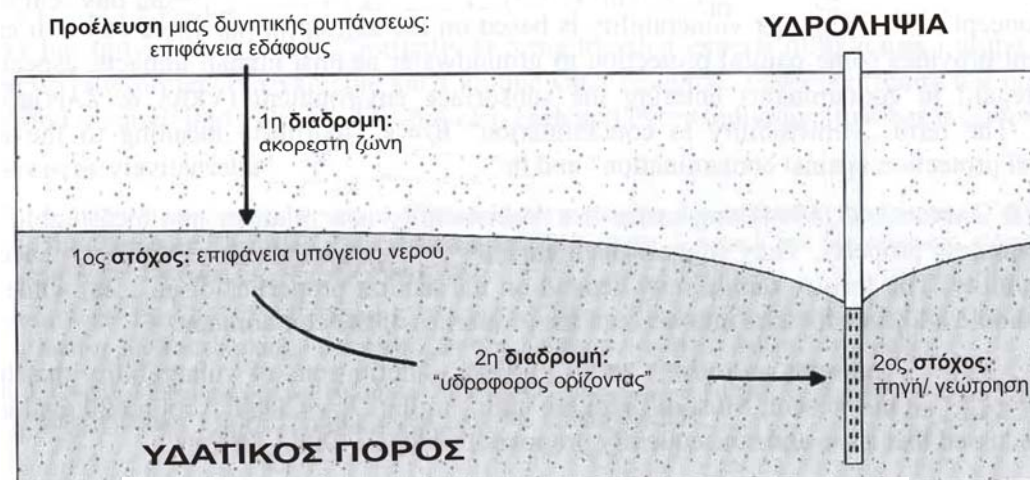
Για να γίνει κατανοητή και να αξιολογηθεί σωστά η τεχνοκρατική πλευρά

Όλοι οι ρύποι, ανεξαρτήτως φύσης, προελεύσεως και τρόπου διαθέσεώς τους στο περιβάλλον, αργά ή γρήγορα, αμέσως ή εμμέσως, τροποποιημένοι ή ως έχουν, θα καταλήξουν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη



Υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην προσβολή του υδατικού συστήματος από κάποιο ρύπο (**resource contamination**) και στην άφιξη του ρύπου στην υδροληψία (**source contamination**)





Η έννοια των ρυπάνσεων – μολύνσεων των υδατικών συστημάτων

Ο όρος **ρύπανση** χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση, στα Ελληνικά, του αγγλικού όρου **pollution**. Ο όρος **μόλυνση** χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση, στα Ελληνικά, του αγγλικού όρου **contamination** και η διαφορά του από τον προηγούμενο ήταν ότι αφορούσε τη βλαπτική δράση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών. Στα χρόνια που ακολούθησαν, διεφάνη μια σύγχυση των εννοιών και η τάση απλοποίησης του προβλήματος. Κατά μία άλλη έννοια και πρακτική, σε αντίθεση με τα προηγούμενα, σαν ρύπανση ορίζεται η εισαγωγή μη παραδεκτών ουσιών στο νερό, που είναι δυνατό να προκαλέσουν ανεπιθύμητα φαινόμενα στην υγεία ή στο περιβάλλον. Σαν μόλυνση, ορίζεται η είσοδος στο νερό κάθε ανεπιθύμητης ουσίας, που δεν υπάρχει, συνήθως, μέσα σ' αυτό, η οποία καθιστά το νερό ακατάλληλο για την επιδιωκόμενη χρήση. Η αλλαγή αυτή δεν είναι απαραίτητως βλαβερή για την υγεία.

Από χημικής πλευράς, η ρύπανση ταυτίζεται, ποσοτικώς και ποιοτικώς, με την έννοια της **χημικής συγκεντρώσεως** (μάζα ρύπου / όγκος υδάτινου αποδέκτη)

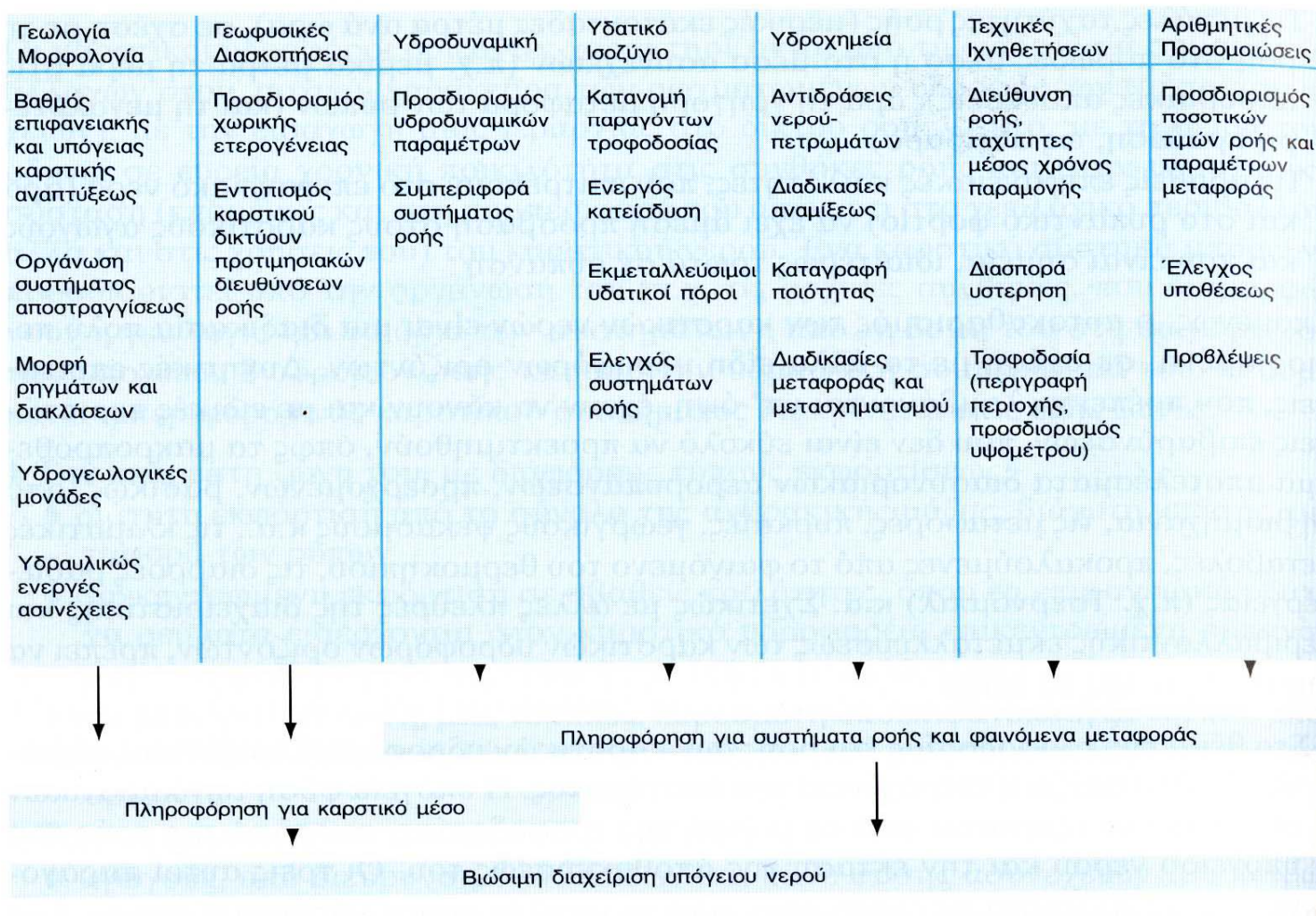
**Επομένως, όσο μειώνεται ο όγκος του υδάτινου αποδέκτη
και όσο αυξάνεται η ποσότητα του ρύπου,
τόσο μεγαλώνει η ρύπανση**

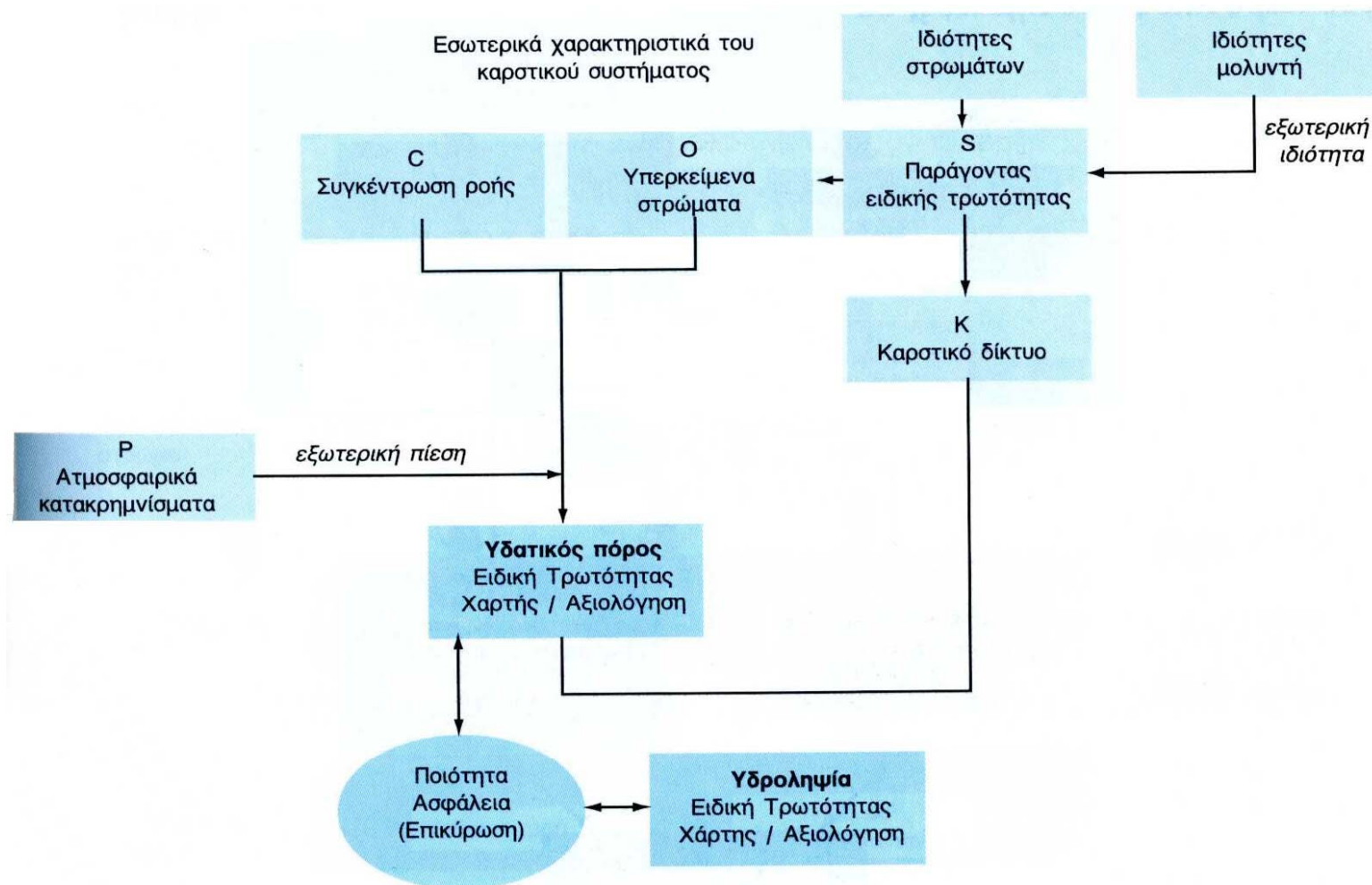
Εφαρμοζόμενο λογοπαίγνιο: **The solution to pollution is dilution**

Εφαρμοζόμενη πρακτική : Σύνδρομο **NIMBY (Not In My Back Yard)**

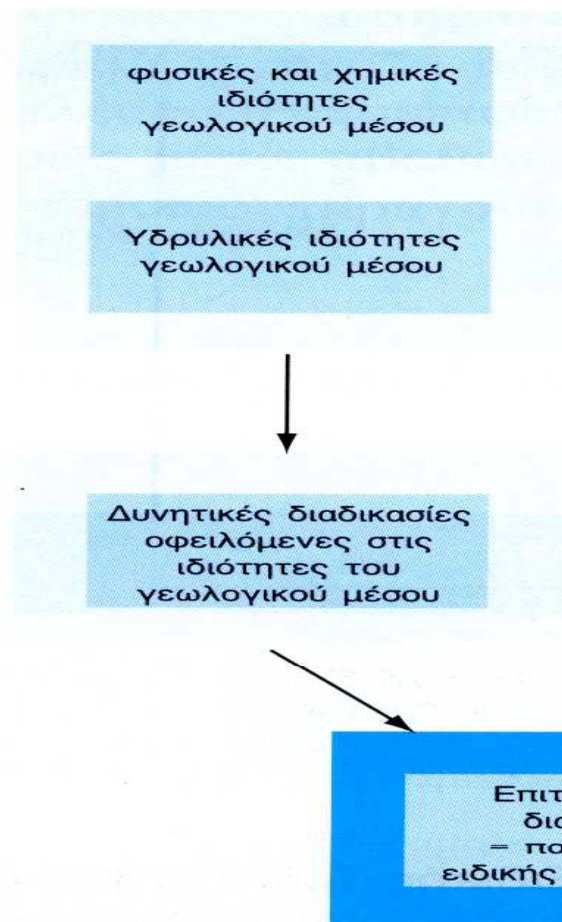


Εκτίμηση της τρωτότητας, επομένως και των μέτρων προστασίας

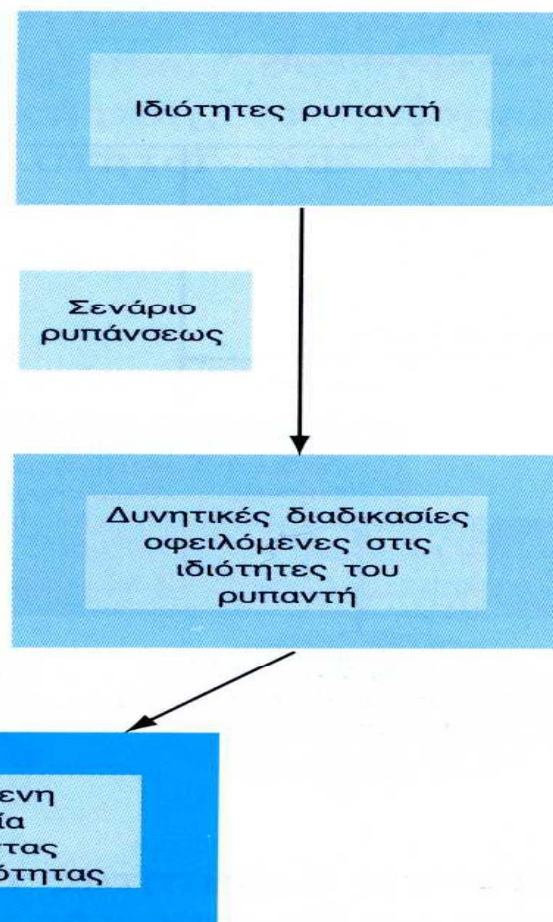


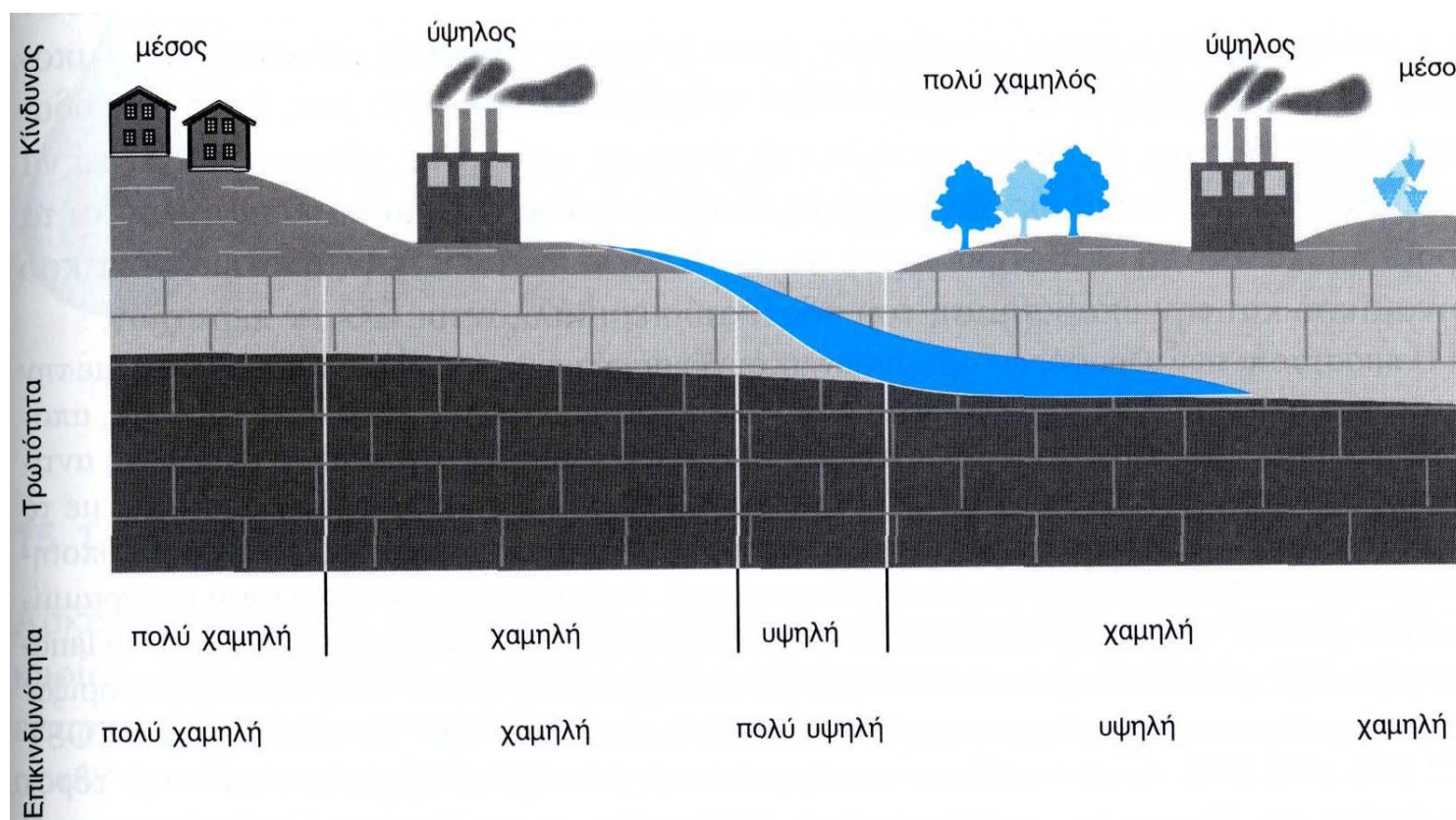


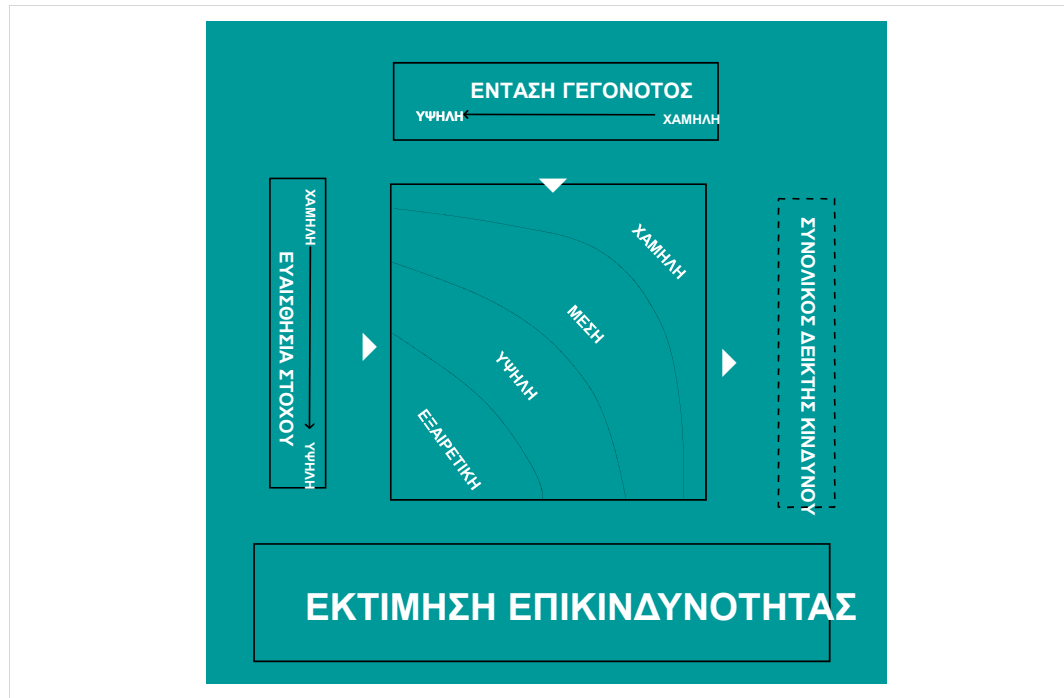
Παράγοντας γεωλογικού μέσου



Παράγοντας ρύπανσης







Η εκτίμηση της επικινδυνότητας μπορεί να διατυπωθεί και με την εξίσωση

$$RII = 1/HI \cdot \pi$$

Όπου, RII (risk intensity index) ο δείκτης εντάσεως της επικινδυνότητας, HI (hazard index) ο δείκτης κινδύνου, π , παράγοντας PI (δείκτης εσωτερικής τρωτότητας)



Η εκτίμηση της τρωτότητας των υπογείων υδατικών συστημάτων

Η τρωτότητα των υπογείων νερών είναι μια ιδιότητα

σχετική Ο αποκλεισμός της απολυτότητας και των μετρήσεων συνεπάγεται μόνο την εκτίμηση της τρωτότητας. Η σχετικότητα του όρου επιβάλλει την αναγκαιότητα της συγκριτικής παραθέσεως των αποτελεσμάτων επεξεργασίας και αξιολογήσεως των στοιχείων

μη μετρήσιμη Το μη μετρήσιμο του όρου αναβαθμίζει την ποιοτική περιγραφή σε κυρίαρχη, με αποδέσμευση από γενικότητες και αοριστίες και αναγκαιότητα εσωτερικών ποσοτικών δεδομένων για καλύτερη στήριξη της ποιοτικής περιγραφής

αδιάστατη Το αδιάστατο του όρου επιτρέπει την ελευθερία πολλαπλής εκφράσεως της τρωτότητας, στη βάση διαφορετικών εννοιών, δεδομένων, φυσικών ή άλλων φαινομένων ή δυνατοτήτων



Μεθοδολογίες

Υδρογεωλογικές μέθοδοι Συνηθισμένες διαδικασίες, κατάλληλες για μεγάλες περιοχές, με μεγάλη ποικιλία φυσικών χαρακτηριστικών. Βασικό στοιχείο, η απόκριση της θεωρούμενης περιοχής σε κριτήρια επιλεγμένα, ώστε να αντιπροσωπεύουν συνθήκες τρωσιμότητας

Παραμετρικές μέθοδοι Περιέχουν συστήματα βάσης, διαβαθμίσεως και μετρήσεων. Οι παράμετροι συμπληρώνονται με συντελεστές (βαθμοί σπουδαιότητας). Κάθε μία από τις επιλεγμένες παραμέτρους έχει δεδομένο φάσμα εφαρμογής, διαιρούμενο σε διακεκριμένα διαστήματα, με ιεραρχική δομή και συσχέτιση.

Αναλογικές σχέσεις και αριθμητικά μοντέλα Βασίζονται σε μαθηματικούς συμβολισμούς και καταλήγουν σε πίνακα τρωτότητας. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, στη εκτίμηση της Ειδικής Τρωτότητας



METHODS OF THE VULNERABILITY ASSESSMENT AND MAPPING

Methods related to the European Method

PI Method from the Karlsruhe University (Germany) (karstic media)

VULK Method developed in the Neuchâtel University (Switzerland) (karstic media)

LEA Method (Localized European Approach) alternative of PI method (karstic media)

COP Method presented in the frame of COST 620 (karstic media)

Time-Input Method (karstic media)

Methods independent of the European Method

EPIK Method developed in the Neuchâtel University (Switzerland) (karstic media)

German Method (Germany) (karstic media)

Sintacs Method (Italy) (karstic media)

Riske Method evolutionary form of EPIK, developed in Herault (France) (karstic media)

PaPRIKa Method, developed in BRGM, France (karstic media)

PRESK Method, developed in Athens University (karstic media)

SCALDI Method, developed in Athens University (discontinuous media)

Le Grande Method (porous media)

Drastic Method (porous media)

NRA (National River Authority) Method (porous media)

BREEUWSMA Method (porous media)



Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι στην Ελλάδα Υφιστάμενη κατάσταση

Υψηλή **χρονική ανισοκατανομή των κατακρημνισμάτων**, καθώς το 85% των κατακρημνισμάτων συνδέεται με τη υγρή περίοδο του έτους (χειμώνας)

Υψηλή **χωρική ανισοκατανομή των κατακρημνισμάτων**, καθώς οι μεγάλες τιμές εντοπίζονται στη δυτική Ελλάδα (ομβροπλευρά, δυτικά της Πίνδου) και οι μικρές ανατολικά της Πίνδου (ομβροσκιά)

Η πλέον κρίσιμη περίοδος είναι η **ξηρή περίοδος του έτους**, όπου τα κατακρημνίσματα είναι, πρακτικώς, μηδενικά και η ζήτηση αυξημένη λόγω αρδεύσεων, τουρισμού και αυξημένων αναγκών.

Από πλευράς ρυπάνσεως, είναι **η πλέον κρίσιμη περίοδος** καθώς οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι αυξημένες και τα υδατικά σώματα μικρά σε όγκο, επομένως οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι αυξημένες



Τα σενάρια εκπομπών στην Ελλάδα

Το **σενάριο A1B** αναφέρεται σε οικονομική ανάπτυξη, που συνεχίζεται ταχέως. Βεβαίως, η σημερινή ύφεση, αν δεν διακοπεί σε εύλογο χρονικό διάστημα, θα ακυρώσει, εν μέρει (;), το σενάριο αυτό.

Μεταβολές δραστηριοτήτων	Επιπτώσεις στα υδατικά σώματα	Επιπ. στη ρύπανση
A1B Αύξηση ενεργειακής χρήσης	Δυσμενείς	Δυσμενείς
A1B Αλλαγή ενεργειακής βάσης	Απροσδιόριστες (πλέον αύξηση CO ₂)	Απροσδιόριστες
A1B Χρήση νέων τεχνολογιών	Γενικώς ευμενείς	Γενικώς ευμενείς
A1B Μέτρια αλλαγή χρήσεων γης	Γενικώς δυσμενείς	Γενικώς δυσμενείς
A1B Αύξηση πληθυσμού	Δυσμενείς	Δυσμενείς
A2 Αύξηση ενεργειακής χρήσης	Δυσμενείς	Δυσμενείς
A2 Ραγδαία αύξηση πληθυσμού	Δυσμενείς	Δυσμενείς
A2 Μικρή τεχνολογική ανάπτυξη	Απροσδιόριστες (πλέον αύξηση CO ₂)	
A2 Εντατικές αλλαγές χρήσεων γης	Δυσμενείς	Δυσμενείς
B2 Μέτρια οικονομική ανάπτυξη	Δυσμενείς εμμέσως	Δυσμενείς εμμέσως
B2 Ηπιες τεχνολογικές αλλαγές	Δυσμενείς εμμέσως (πλέον αύξηση CO ₂)	Δυσμενείς εμμέσως



Κλιματική αλλαγή και υδατικοί πόροι

Κάθε σενάριο χαρακτηρίζεται (πρακτικώς) από μείωση της προσφοράς νερού (των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων), παρά τις τοπικές εξάρσεις και ακραία φαινόμενα (**άμεση επίπτωση**), και από αύξηση της θερμοκρασίας (**έμμεση επίπτωση**) που σημαίνει αύξηση των υδατικών απωλειών λόγω εξατμισιδιαπνοής, επέκταση της αρδευτικής περιόδου, εντατικοποίηση της οικιακής, τουριστικής και βιομηχανικής χρήσης νερού και παρατεταμένες ανάγκες του οικοσυστήματος.

Επί πλέον, αυτό σημαίνει:

- Μειωμένη τροφοδοσία και αναπλήρωση των υδροφόρων οριζόντων
- **Αυξημένη υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφορέων**
- **Αυξημένη συγκέντρωση (μειωμένη αραιώση) των ρύπων στα υδατικά σώματα**
- Εντατικοποίηση της αποδομήσεως των δελταϊκών περιοχών
- Ρύπανση ή ερημοποίηση των υγροτόπων
- Επιδείνωση του φαινομένου της ερημοποίησης

Πώς η υδατική ποσοτική ανεπάρκεια μετατρέπεται σε υδατική ποιοτική ανεπάρκεια

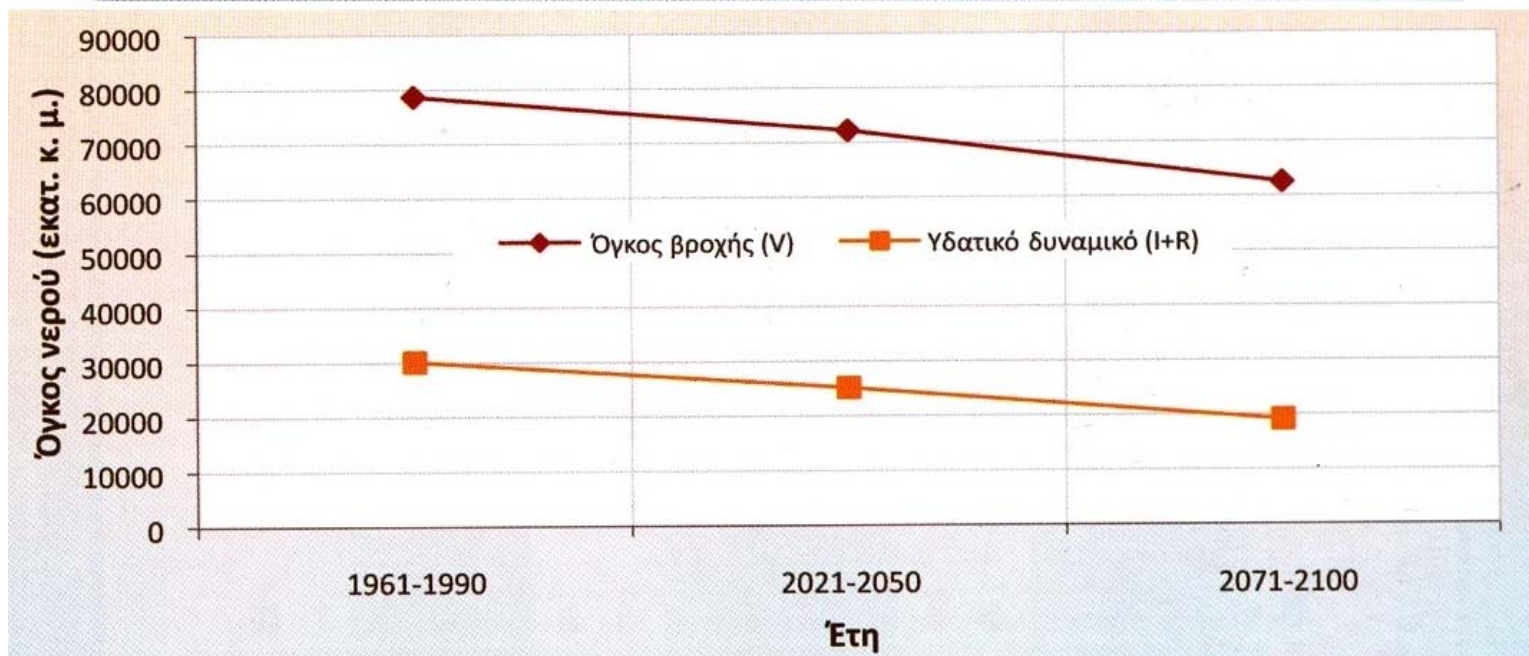


Εκτίμηση της εκατοστιαίας μεταβολής των παραμέτρων V (όγκος βροχής) και I+R (υδατικό δυναμικό του γενικευμένου υδρολογικού ισοζυγίου κατά κλιματικό σενάριο και κατά χρονική περίοδο (Ποσοστά %)

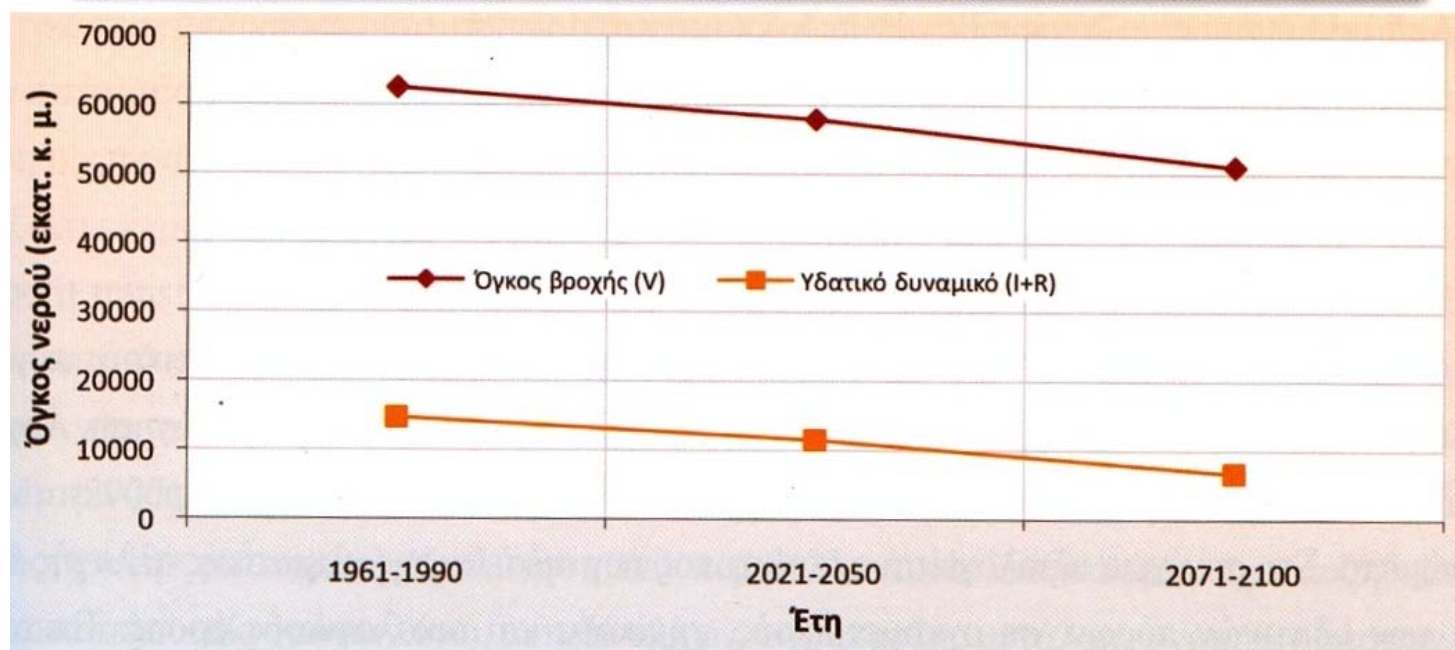
	A1B		A2		B2	
	V	I+R	V	I+R	V	I+R
2021-2050	-8	-14	-8	-22	-3	-14
2071-2100	-20	-37	-19	-54	-7	-30



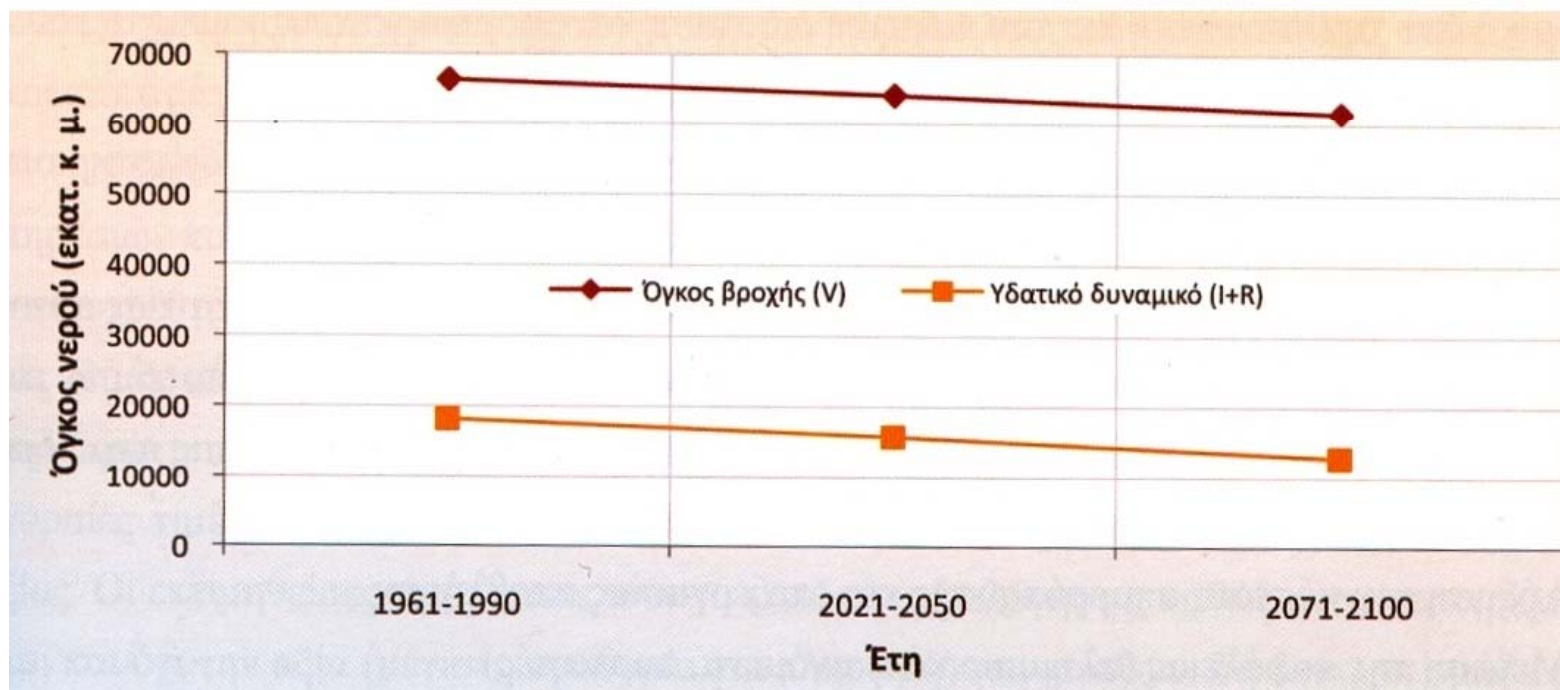
Μεταβολή του όγκου βροχής (V) και του υδατικού δυναμικού (I+R), 1961-2100, Σενάριο A1B



Μεταβολή του όγκου βροχής (V) και του υδατικού δυναμικού (I+R), 1961-2100, Σεναρίο A2



Μεταβολή του όγκου βροχής (V) και του υδατικού δυναμικού (I+R), 1961-2100, Σενάριο B2



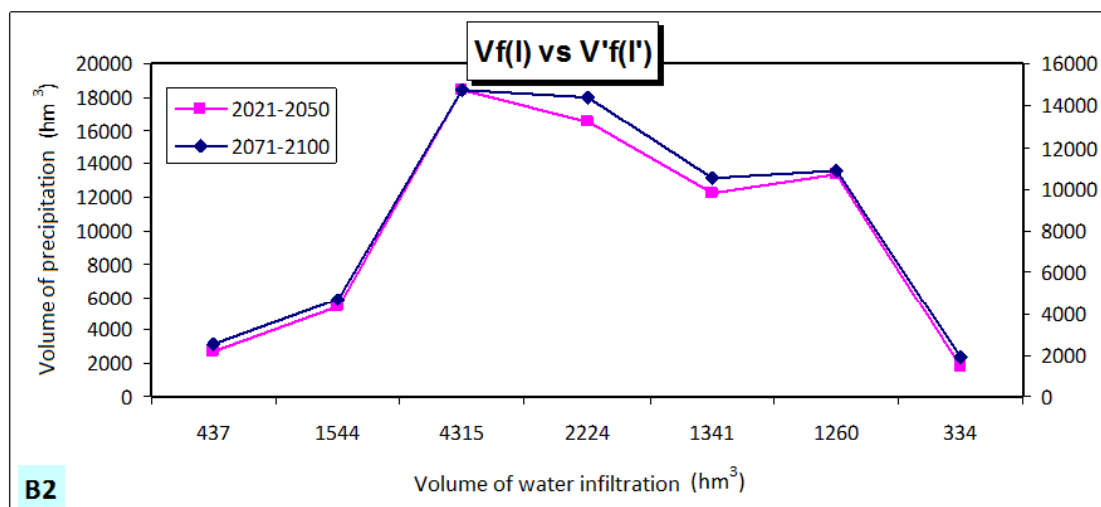
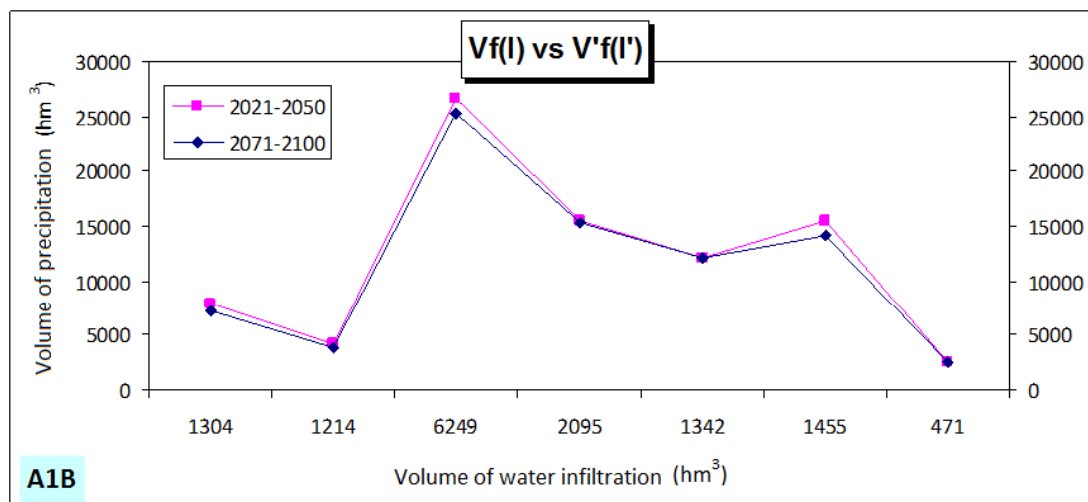
Εκτίμηση της μεταβολής των παραμέτρων σε ένα γενικευμένο υδατικό ισοζύγιο για κάθε κλιματικό σενάριο. Οι τιμές εκφράζονται σε ποσοστό %

A1B				B2				A2			
V	Etr	I	R	V	Etr	I	R	V	Etr	I	R
- 5%	- 2%	- 5%	- 12%	- 15%	- 12%	- 16%	- 35%	- 22%	- 20%	- 21%	- 37%

→ Επιφανειακή απορροή

→ Υπόγεια απορροή





Διαγράμματα συσχέτισεως όγκου βροχοπτώσεων και όγκου κατεισδύοντος νερού στα εξετασθέντα σενάρια



Φυσικοί πόροι και φυσικές / ανθρωπογενείς δραστηριότητες,
εντατικοποιούμενες, ποσοτικώς και ποιοτικώς,
σε μειούμενο υδάτινο αποδέκτη
Κατάλογος μη εξαντλητικός

ΓΕΩΡΓΙΑ. Φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα, λιπάσματα, αεροψεκασμοί, επιστρεφόμενη αρδευτική ροή
ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ. Απόβλητα και λύματα κτηνοτροφικών μονάδων και συνδεδεμένων μονάδων επεξεργασίας κρέατος
ΑΛΙΕΙΑ ΚΑΙ ΙΧΘΥΟΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ. Διαθεσιμότητα υδάτων, ανταγωνιστικές χρήσεις, ανάπτυξη περιθωριακών οργανισμών, στερεομεταφορά
ΔΑΣΗ. Αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιών, αποσταθεροποίηση και κατάρρευση λόγω μη προσαρμογής, διαταραχή δασικών οικοσυστημάτων, συρρίκνωση δασοκαλύψεως, επιλεκτική ανάπτυξη
ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ. Απώλεια βιοποικιλότητας, ιδιαιτέρως σε παράκτια, αλπικά και αρκτικά είδη και ενδιαιτήματα
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ. Διάθεση αποβλήτων αναλόγως του είδους της βιομηχανίας της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, του μεγέθους παραγωγής και της ενδεχόμενης επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών
ΣΚΟΥΠΙΔΟΤΟΠΟΙ. (Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων). Διασταλάγματα, πρωτογενή (από τα υγρά των απορριμμάτων) και δευτερογενή (από το νερό της βροχής)
ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΑ. Παραγωγή ρευστών από ρευστοποίηση, αμμωνιοποίηση και αζωτοποίηση.
ΥΠΟΝΟΜΟΙ. Διαρροές από κατασκευαστικές ατέλειες ή θραύσεις από φορτία εδάφους, σεισμούς, ριζικά συστήματα, φθορές υλικών κ.α.
ΒΟΘΡΟΙ. Κυρίως από τους διηθητικούς βόθρους, αλλά και στεγανούς λόγω διαρροών ή διαφυγών αερίων (NH₄, PO₄)
ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ. Απόκλιση γραμμών ροής προς μεταλλείο, επιβάρυνση κατά τη διέλευση του από το κοίτασμα και από τις συγκεντρώσεις των στερίων
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ. Δημιουργία «νέφους» από μη διαλυτότητα και μικρότερο ειδικό βάρος στην επιφάνεια του νερού
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ. Μη αποθήκευση με κατάλληλες διατάξεις και κατασκευές.
ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ – ΔΙΑΒΡΩΣΗ. Καθιζήσεις, κατολισθήσεις, στερεομεταφορά, μεταβολή δομής και χωρητικότητας ποταμών, λιμνών και εκβολών (μεταβολή χαρακτηριστικών θαλάσσιου παράκτιου περιβάλλοντος)
ΔΟΜΗΣΗ. Στεγανοποίηση φυσικού εδάφους, επέμβαση στους φυσικούς πόρους
(ΥΓΕΙΑ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ, ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ, ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, κ.λπ.)

ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ, ΡΥΠΑΝΣΗ →

ΑΜΕΣΕΣ ΚΑΙ ΕΜΜΕΣΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΤΩΣΕΙΣ



University of Athens – Department of Geology & Geoenvironment
Hellenic Committee of Hydrogeology



Στη μελέτη της ΤτΕ για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα και στο κεφάλαιο για το **υδατικό δυναμικό** εμφανίζεται, κυρίως, η ποσοτική πλευρά του θέματος (**ποσοτική επάρκεια των υδάτινων σωμάτων**). Η σημερινή παρουσίαση και η παρουσίαση του κ. Γ. Σταμάτη, που ακολουθεί, αφορούν δύο σημαντικές πλευρές της ποιοτικής πλευράς (**ποιοτική καταλληλότητα υδάτινων σωμάτων**).

Η ποιοτική αυτή πλευρά δημιουργεί πρόσθετες επιπτώσεις

- Στις υδατικές χρήσεις, κατά χρήση και κατά χρήστη
- Στην ποσοτική επάρκεια και καταλληλότητα άλλων φυσικών πόρων
- Αντίστοιχες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις

Σε περίοδο οξύτατης οικονομικής κρίσης, προβλήματα όπως αυτά συνήθως μπαίνουν στο περιθώριο και η αντιμετώπισή τους παραπέμπεται σε ένα αόριστο μέλλον. Επειδή οι επιπτώσεις τους είναι πολύ μεγάλες και αθροιστικές στις ήδη υπάρχουσες και επειδή πρέπει κάποτε να αρχίσουμε να δαπανούμε για το μέλλον, πιστεύουμε ότι θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τώρα με την κατάλληλη ιεράρχησή τους στον κατάλογο των προτεραιοτήτων.



Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!



University of Athens – Department of Geology & Geoenvironment
Hellenic Committee of Hydrogeology

