

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Πηγές υδροληψίας και
πρακτικές διαχείρισης

Ελένη Σαζακλή

Εντεταλμένη Διδάσκουσα Εργ. Υγιεινής

Χημικός, M.Sc., Ph.D.

Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας

«Όλοι οι άνθρωποι, ανεξαρτήτως κοινωνικοοικονομικών συνθηκών και επιπέδου ανάπτυξης, έχουν δικαίωμα πρόσβασης σε επαρκές και ασφαλές πόσιμο νερό»

ΝΕΡΟ: ΑΓΑΘΟ ΕΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Το 2025 3,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι σε 52 χώρες της Γης είτε θα ζουν σε καθεστώς λειψυδρίας είτε θα κινδυνεύουν άμεσα από αυτήν

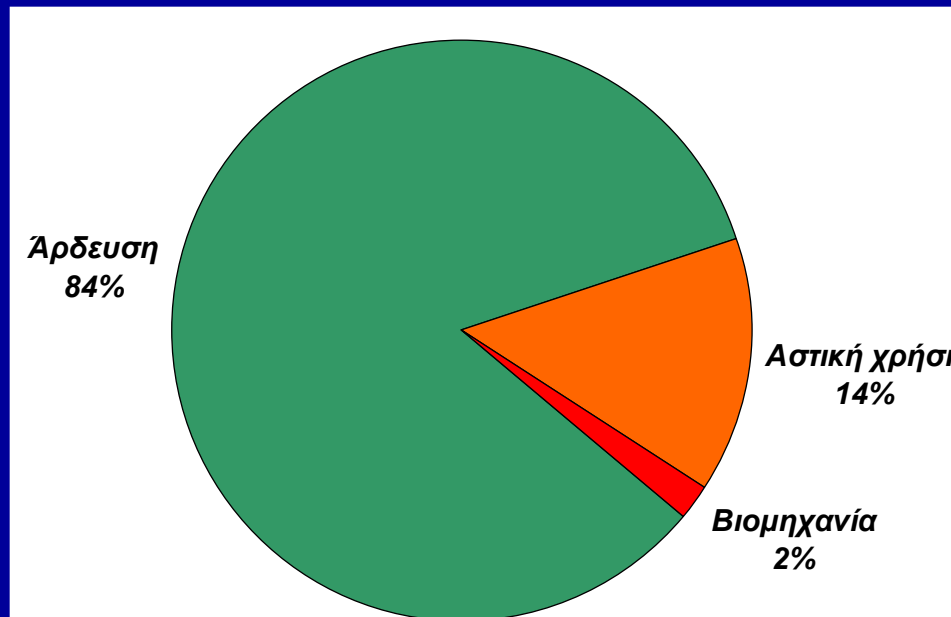
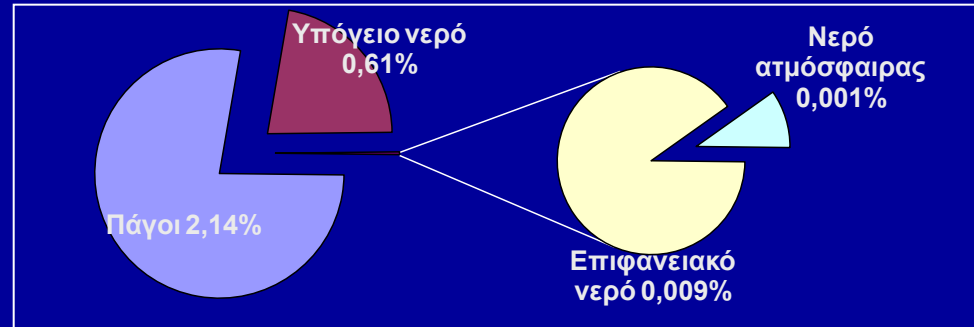
ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΚΥΡΙΑ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΘΕΜΑ:

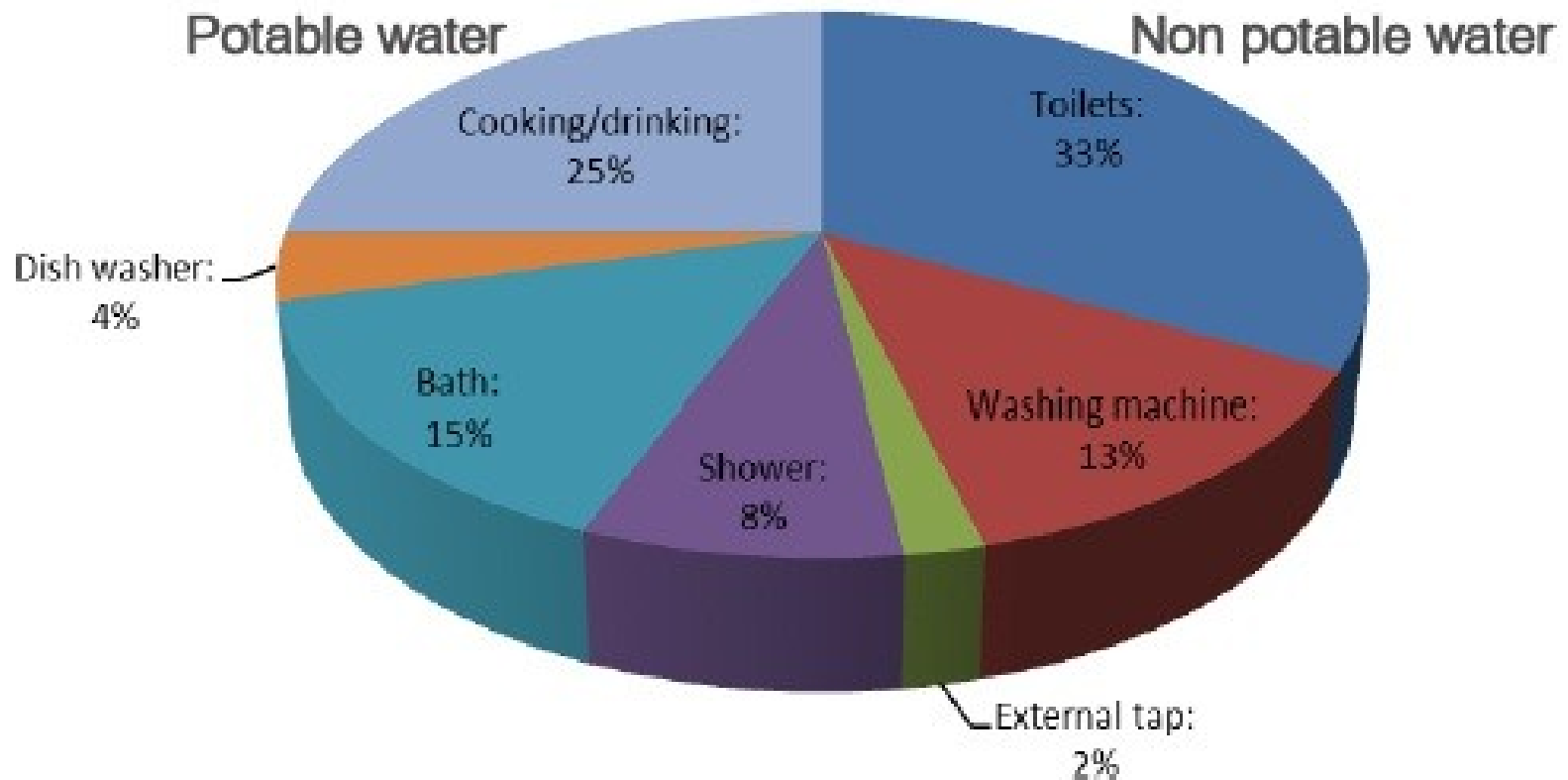
- **ΕΝΤΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ
ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΠΟΙΟΤΗΤΑ**

(με την έννοια ότι η επίδραση συγκεκριμένων
συστατικών συνήθως είναι εύκολα διαχειρίσιμη
εκτός της περίπτωσης ύπαρξης τοξικών ουσιών
και με το γενικό περιορισμό ότι τα διαλυμένα
στερεά δεν υπερβαίνουν τα 1500 ppm)

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ



VOLUME OF WATER USED PER PERSON PER DAY



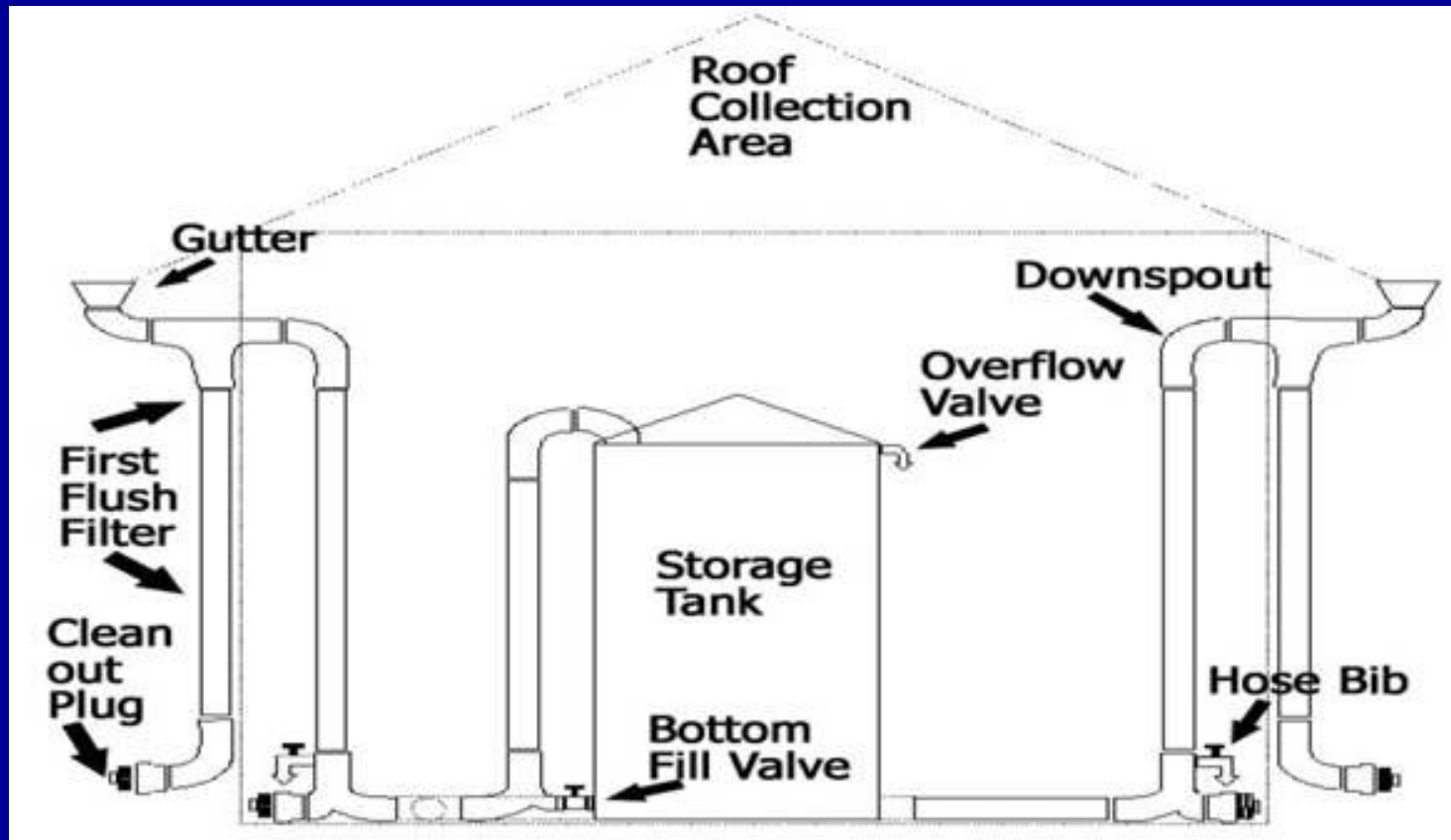
A typical household can save up to 50% mains water;

In a commercial environment the saving can go up to 90%

ΠΗΓΕΣ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

- Όμβρια
- Πηγές βουνού
- Πηγάδια
- Γεωτρήσεις
- Επιφανειακά ύδατα

Rainwater harvesting



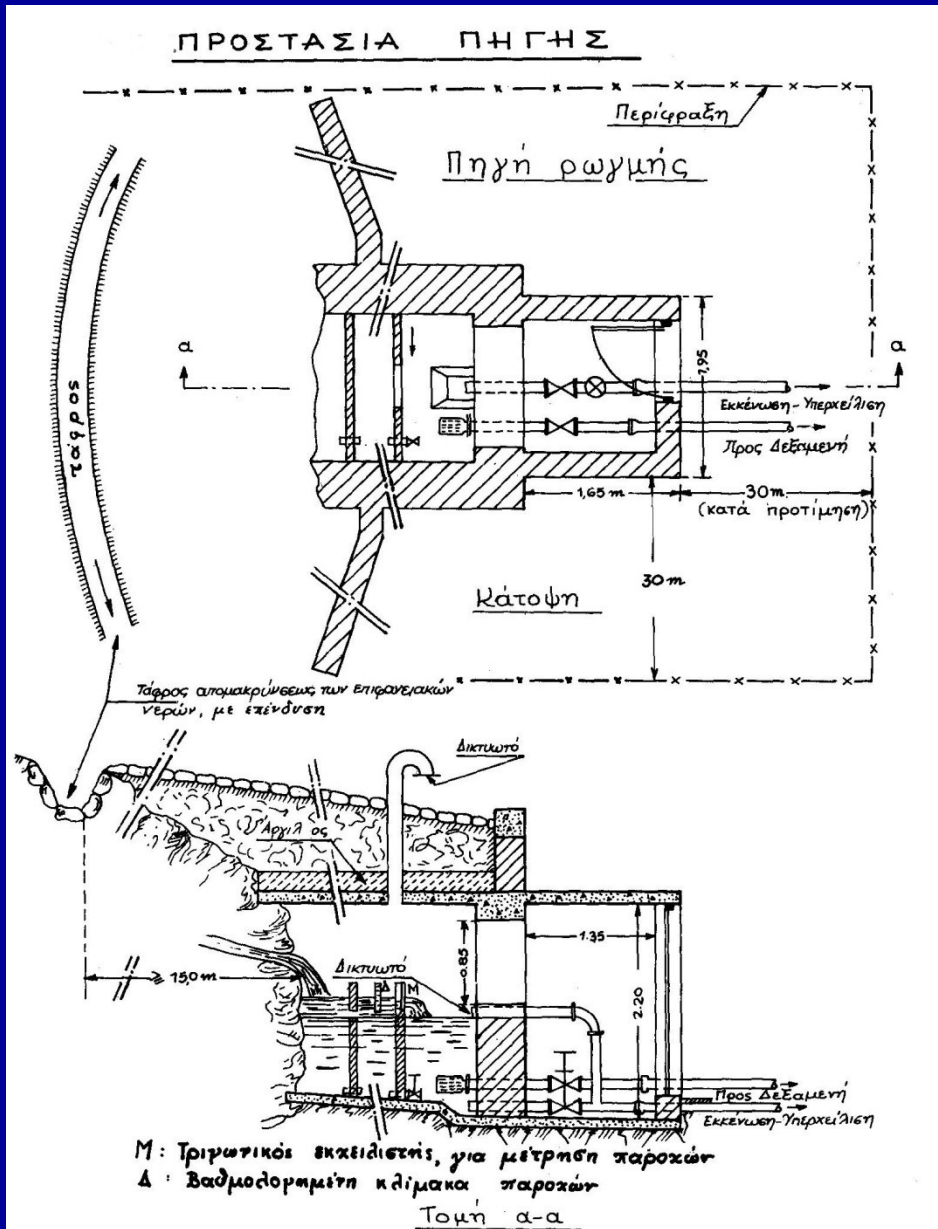
Πεδίο συλλογής βρόχινου νερού. Κεφαλλονιά



Δεξαμενές αποθήκευσης βρόχινου νερού. Κεφαλλονιά



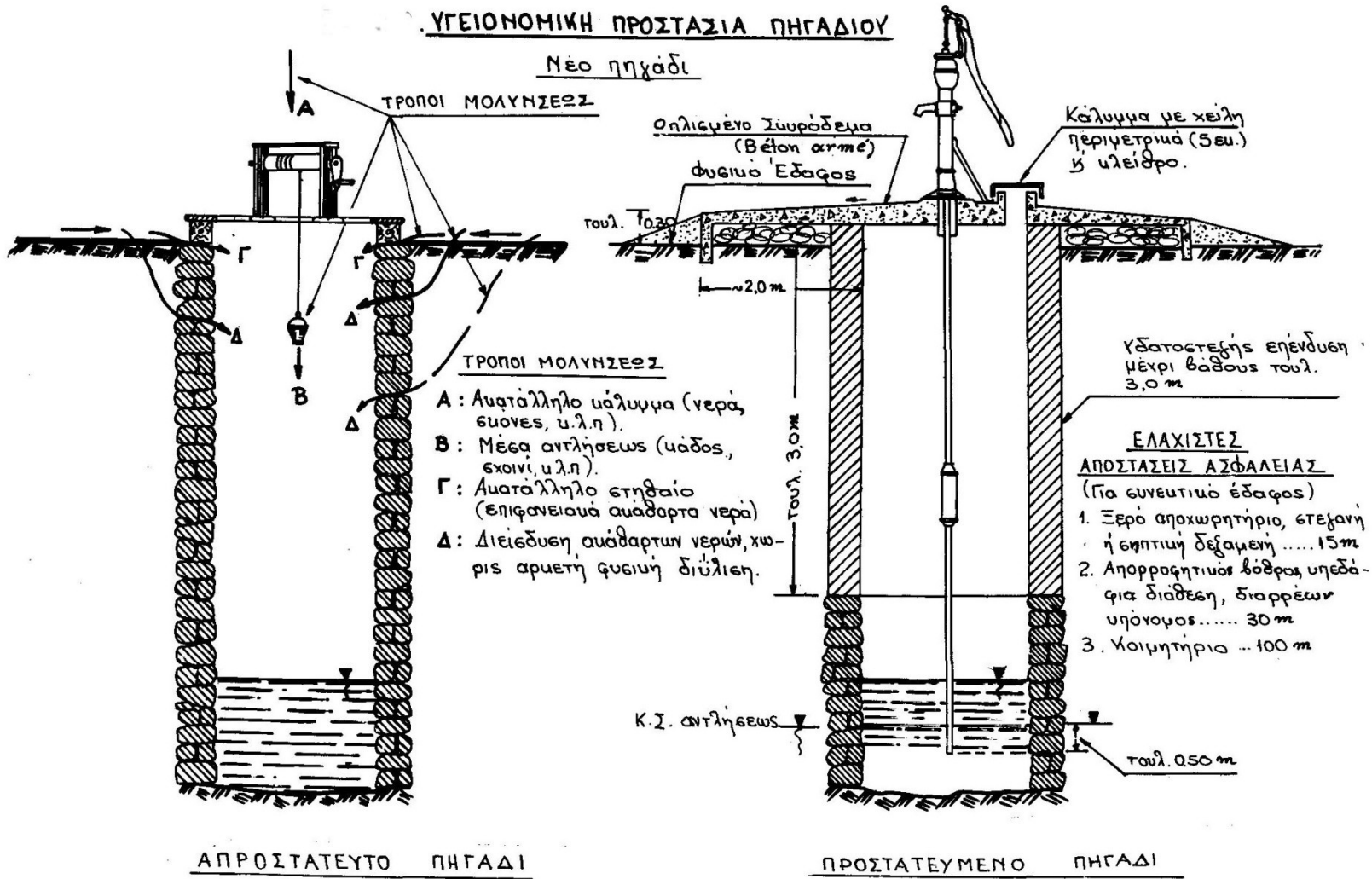
Πηγές βουνού



Πηγάδια

ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΗΓΑΔΙΟΥ

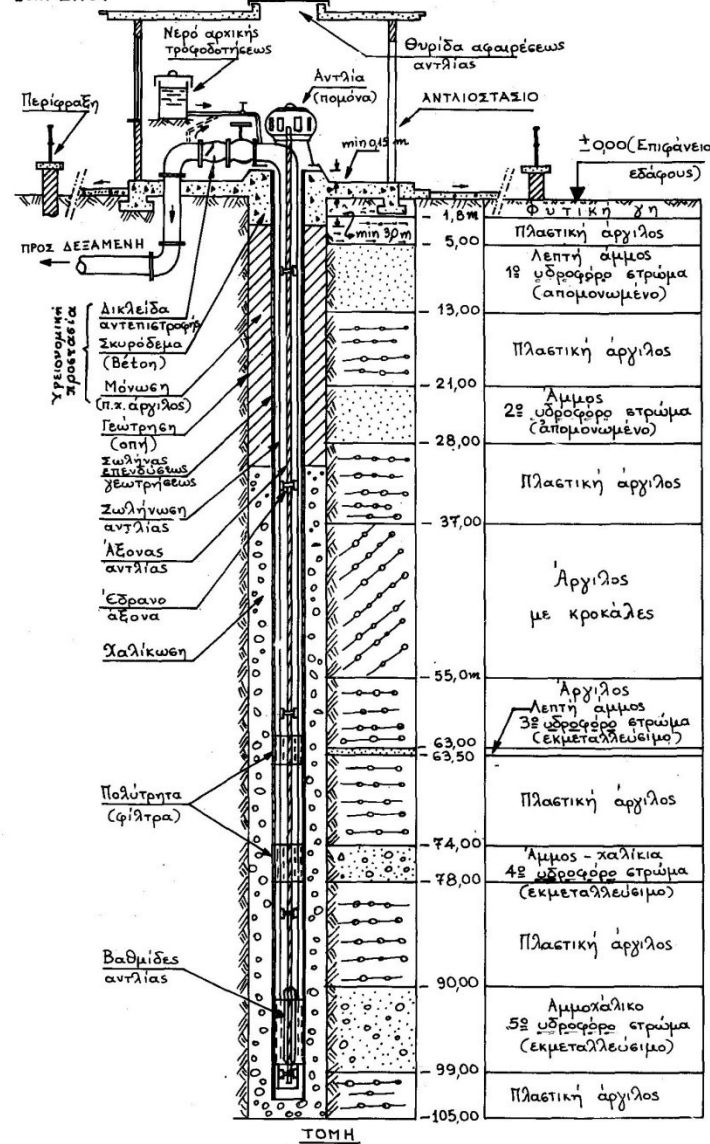
Νέο πηγάδι



Γεωτρήσεις

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Κ' ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ
(χωρίς κλίμακα)

Εικ. 2.10.



Επιφανειακά νερά

- Το νερό στην επιφάνεια είναι σε ροή ή στάσιμο.
- Το νερό που ρέει μπορεί να είναι σε μικρά ρυάκια μέχρι μεγαλύτερα και ποτάμια.
- Το στάσιμο νερό μπορεί να είναι σε λακκούβες μέχρι λίμνες και ωκεανούς.

Επιφανειακά νερά

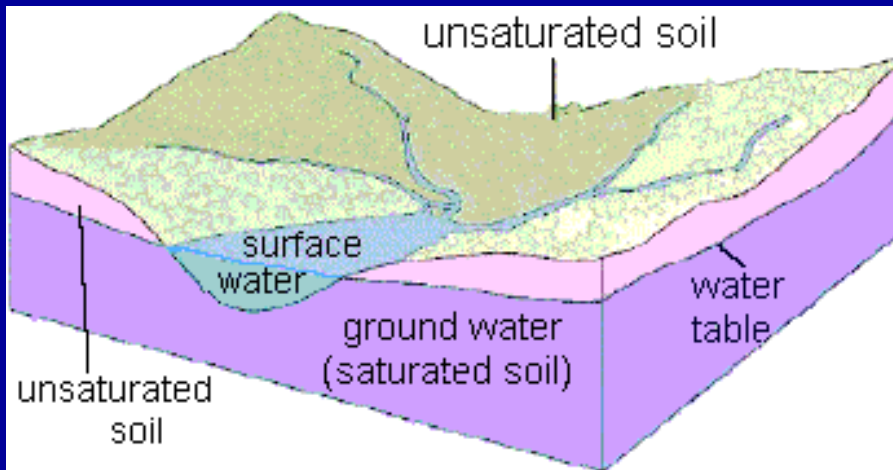
- Στις λακκούβες, κοινές κατά την περίοδο των βροχών, το νερό είναι συνήθως μολυσμένο.
- Το θαλασσινό νερό έχει πάρα πολύ αλάτι (**διαλυμένα στερεά $\gg 1500 \text{ ppm}$**) και απαιτείται ειδική τεχνολογία απομάκρυνσης.
- Γενικά, εάν το νερό ρέει, τότε είναι πιο πιθανό να είναι πιο ασφαλές από όταν είναι στάσιμο.



Lake Baikal in Siberia is the world's oldest, largest, and deepest freshwater lake. Credit: NASA Visible Earth.



Hidden Lake, Glacier National Park, Montana, is nestled in the high mountains, and runoff from the steep slopes of surrounding landscape helps to keep the lake full.



Rivers: irrigation, power generation, municipal uses, and even waste disposal.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΗΓΗΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΥΔΑΤΟΣ

- α) Χαρτογράφηση της περιοχής αξιολόγησης της πηγής,
- β) Διεξαγωγή υγειονομικής αναγνώρισης με την χρήση ερωτηματολογίου σχετικά με τις ενδεχόμενες εστίες μόλυνσης στην παραπάνω χαρτογραφημένη περιοχή,
- γ) Εκτίμηση της έκθεσης του νερού σε εστίες μόλυνσης.

ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΗΓΩΝ

- I. Οριοθέτηση ζωνών προστασίας
- II. Κάθε εγκατάσταση υδροληψίας από υπόγεια νερά συνιστά ξεχωριστή περίπτωση.
- III. Ο προσδιορισμός γύρω από υδρογεωτρήσεις ή πηγές, ομόκεντρων ζωνών ελεγχόμενων δραστηριοτήτων αποτελεί αντικείμενο αυτοτελούς μελέτης
- (N.1650/86,N.3199/03, Εγκύκλιος Υ2/4852/8-11-2000).

Ζώνες προστασίας

- - Η Ζώνη Ι (Απόλυτης Προστασίας):
 - *Απαγορεύεται κάθε δραστηριότητα*
 - *Η αντίστοιχη έκταση πρέπει να απαλλοτριώνεται, να περιφράζεται και να προστατεύεται από την κατάκλιση επιφανειακών νερών.*
 - *Επιτρέπεται η δασοκάλυψη ή η κάλυψη με γρασίδι.*

Ζώνες προστασίας

- - Η Ζώνη II (Ελεγχόμενη ή ζώνη βιολογικής προστασίας)
- Προστατεύει τα έργα υδροληψίας από μόλυνση και ρύπανση
- Πλήρης ή τουλάχιστον μερική απαλλοτρίωση
- Επιτρέπεται η χάραξη πεζοδρόμων και δρόμων και οι γεωργικές καλλιέργειες με φυσική λίπανση

Ζώνες προστασίας

- **-Ζώνη II :**
- **Απαγορεύεται:**

κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα, οικιστική εγκατάσταση, λατόμευση, απόθεση σκουπιδιών, βιομηχανικών ή χημικών προϊόντων, διάθεση αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων, τουριστική εγκατάσταση, λειτουργία χώρων στάθμευσης οχημάτων, χρήση ζωικών λιπασμάτων, εφόσον υπάρχει πιθανότητα επιφανειακής έκπλυσης τους προς τη Ζώνη I

Ζώνες προστασίας

- -Η Ζώνη III (Χημικής Προστασίας)
- Περιβάλλει τη Ζώνη II και φθάνει μέχρι τον υδροκρίτη της υπόγειας υδρολογικής λεκάνης Υποζώνη IIIA αν εύρος $< 2\text{Km}$,
- Υποζώνη IIIB αν εύρος $> 2\text{Km}$.

Ζώνες προστασίας

- -Η Ζώνη III (Χημικής Προστασίας)
- Προστατεύεται από ρύπους, που είναι αδύνατο να εξουδετερωθούν από την αυτό-καθαριστική ικανότητα του εδάφους.
- Επιτρέπεται κάθε γεωργική δραστηριότητα, εγκατάσταση οικισμών με στεγανό δίκτυο αποχέτευσης και βιομηχανικών μονάδων με αβλαβή για το πόσιμο νερό προϊόντα κ.ά.

Ζώνες προστασίας

- **- Η Ζώνη III (Χημικής Προστασίας)**
- **Απαγορεύεται:**
- *Η διάθεση αποβλήτων για γεωργική λίπανση, η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, η εγκατάσταση χωματερών, διυλιστηρίων πετρελαιοειδών, σταθμών βενζίνης, εφαρμογών πυρηνικής ενέργειας, νεκροταφείων, η παραγωγή ανεπεξέργαστων αποβλήτων, η απόθεση ραδιενεργών ή τοξικών υλικών, η μεταφορά καυσίμων κ.ά.*

Ζώνες προστασίας

Ενδεικτικές τιμές του εύρους των ζωνών προστασίας του υπόγειου νερού (m)

Ζώνη	Χαρακτηριστικά υπεδάφους		
	Ευνοϊκά	Μέσα	Δυσμενή
I	10 - 50	20 – 100	100 μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
II	50 - 250	100 – 500	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
III	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη		

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΥΔΑΤΟΣ

- **Οργανοληπτικά**

θερμοκρασία, διαύγεια, χρώμα, γεύση, οσμή

- **Φυσικοχημικά και χημικά**

Αγωγιμότητα , pH, Σκληρότητα, Χλωριούχα, Νιτρικά, Νιτρώδη, Αμμωνία, Θειικά, Φωσφορικά, Σίδηρος, Μαγγάνιο

- **Βιολογικά και μικροβιολογικά**

Ολικά Κολ/δή, Κολ/δή κοπράνων, Στρεπτ. Κοπράνων, Κλωστηρίδιο

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Αγωγιμότητα: $A = \sum b_i * c_i$.
- pH
- Σκληρότητα:
- Ολική: *Οφείλεται στα άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου*
- Παροδική: *Οφείλεται στα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου.*
- Μόνιμη: *Οφείλεται στα άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου εκτός των όξινων ανθρακικών.*

Μονάδες μέτρησης

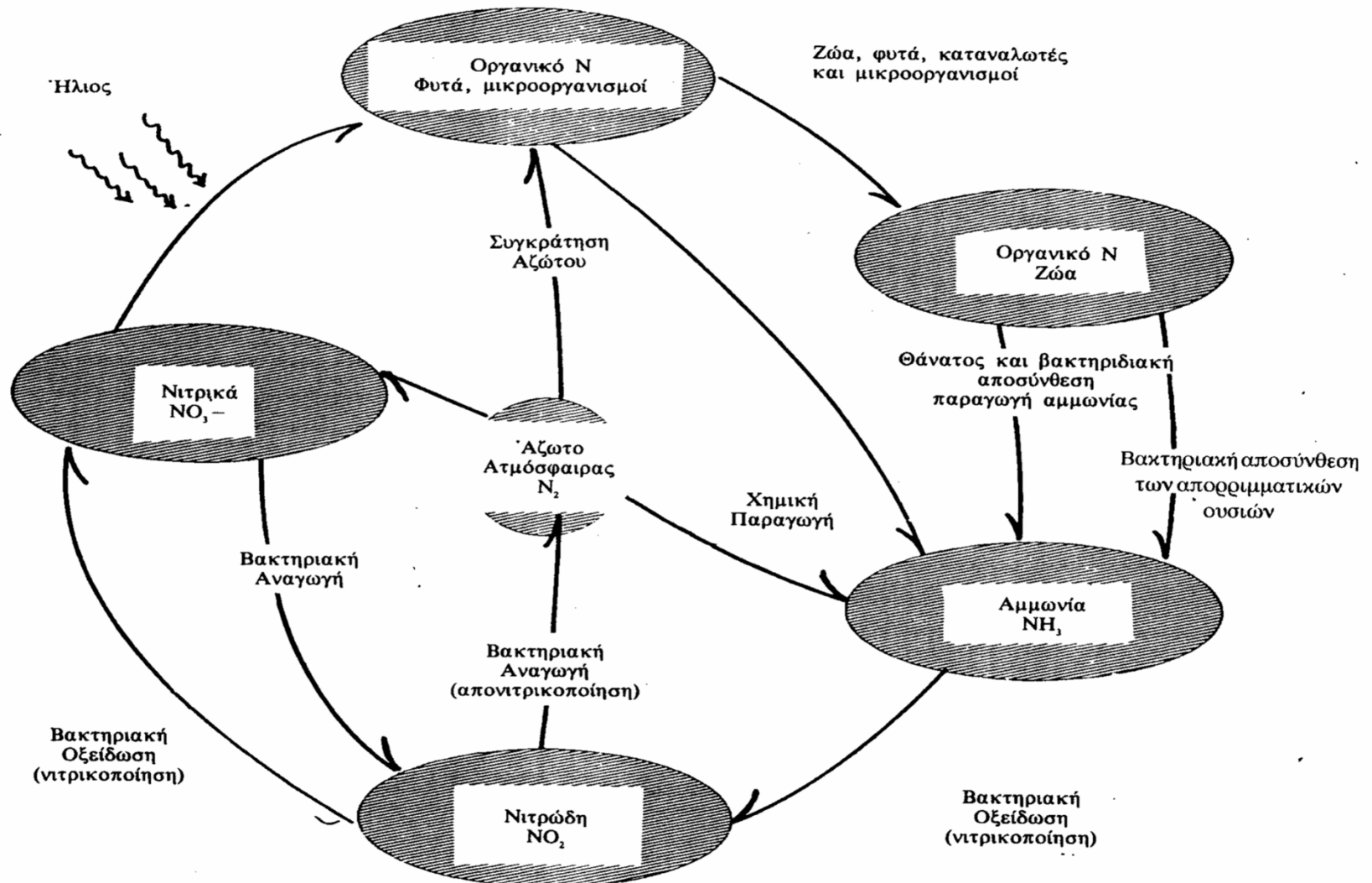
- Μονάδες μέτρησης: mg/L σαν ανθρακικό ασβέστιο
- Γαλλικοί βαθμοί
- Γερμανικοί βαθμοί
- Ένας Γαλλικός βαθμός = 10 mg/L ανθρακικό ασβέστιο
- Ένας Γερμανικός βαθμός = 10 mg/L οξειδίου του ασβεστίου
- π.χ. νερό σκληρότητας 200 mg/L σαν ανθρακικό - ασβέστιο είναι 20 Γαλλικών βαθμών και $200/17,86 = 11,2$ Γερμανικών

Κατάταξη:

- <50 mg/L μαλακό νερό
- 50-150 mg/L μέτρια σκληρό νερό
- 150-300 mg/L μέτρια σκληρότητα
- > 300 mg/L πολύ σκληρό νερό

Ανόργανες ουσίες

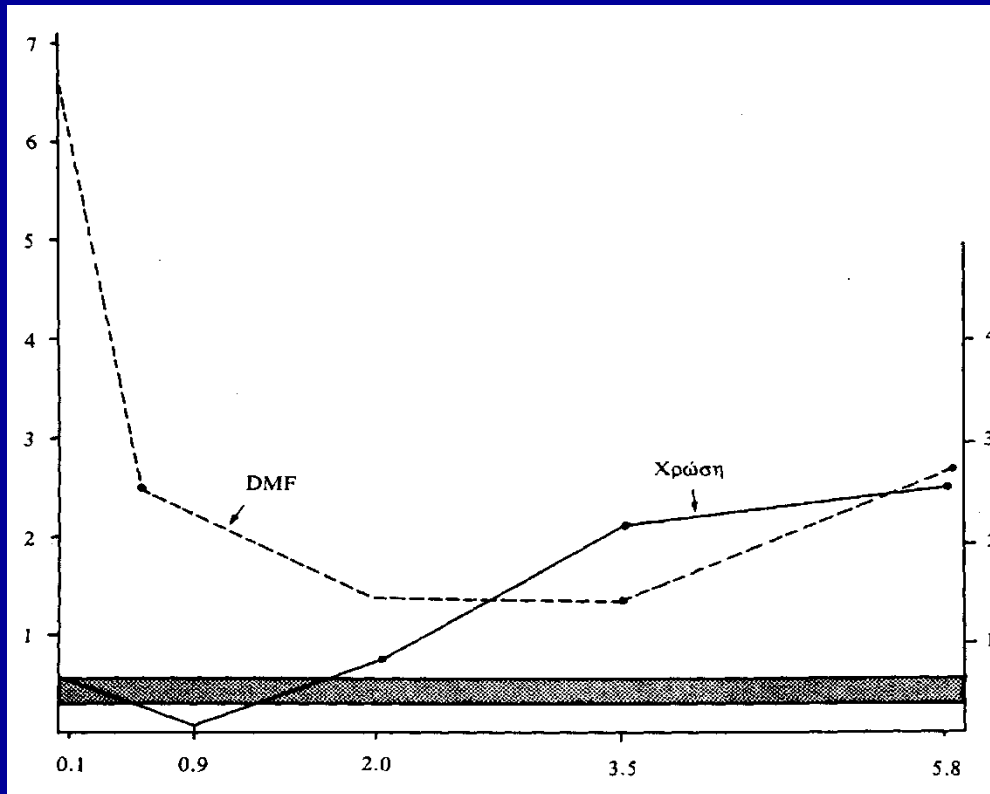
Νιτρικά Νιτρώδη αμμωνία (κύκλος αζώτου)



ΦΘΟΡΙΟ

Μέση θερμοκρασία	Ελάχιστο F	Μέγιστο F
22.5°-26.5	0.7 mg/l	1.0mg/l
26.5°-32.6	0.6mg/l	0.8mg/l

DMF



Σχέση δείκτη DMF (Decayed - Missing - Filled), και περιεκτικότητας του πόσιμου νερού σε φθόριο. Η σκιασμένη περιοχή αντιστοιχεί σε ανεκτή χρώση οδόντων.

DMF: Τερηδόνα + Ελλείποντες οδόντες + Σφραγισμένα

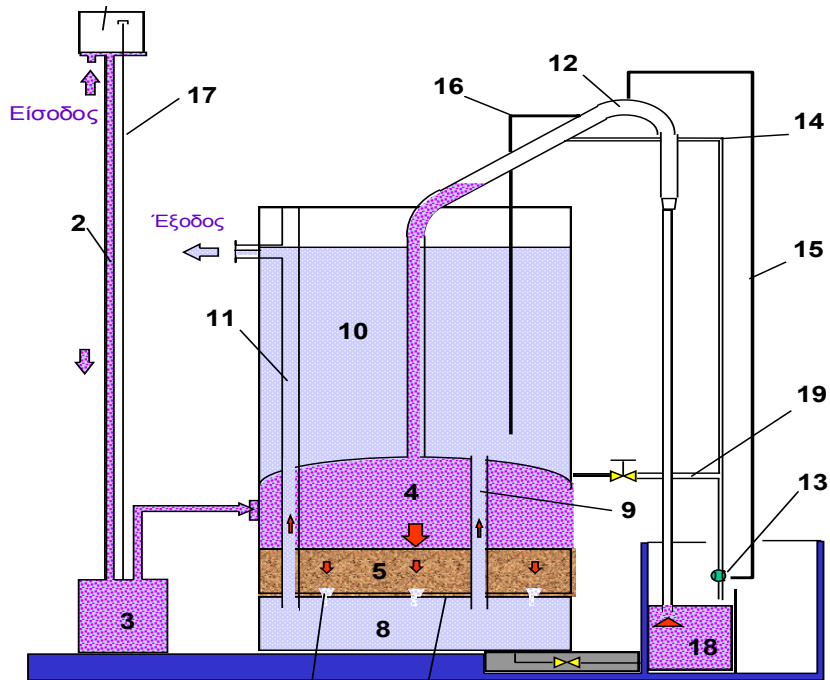
Ανόργανες ουσίες

- ΣΙΔΗΡΟΣ
- ΜΑΓΓΑΝΙΟ
- ΝΑΤΡΙΟ
- Τοξικά μέταλλα
Hg, Cd

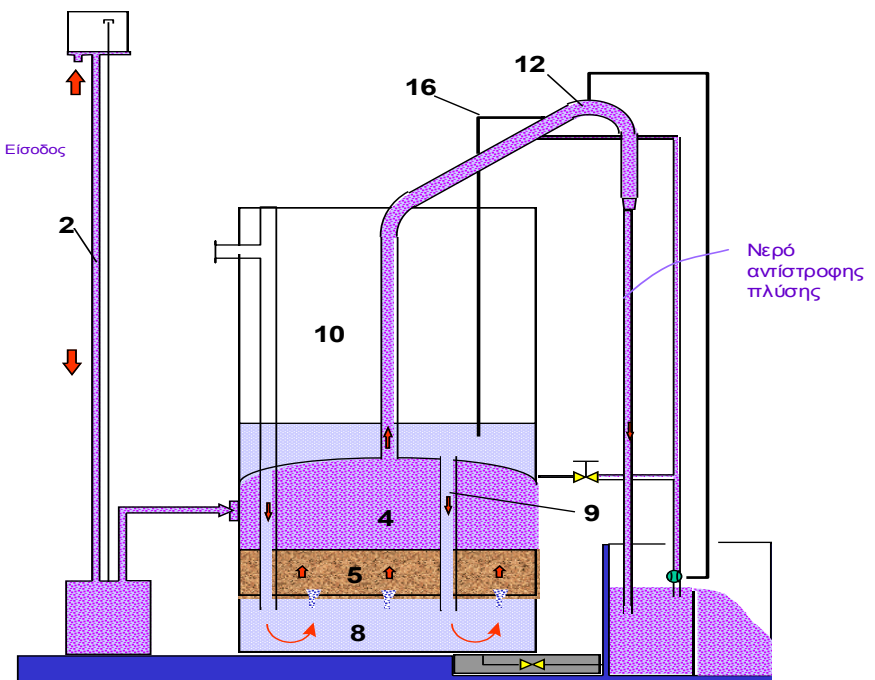
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ

- Απολύμανση
- Ιζηματοποίηση – καθίζηση διαλυμένων υλικών
- Κροκίδωση κολλοειδών
- Οξειδωση
- Ιοντοανταλλαγή

Φίλτρα βαρύτητας – Φάσεις λειτουργίας



Φάση διήθησης



Φάση αντίστροφης πλύσης

Απολύμανση ➡ Εφαρμόζεται σε βιομηχανικά και πόσιμα νερά
(ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα)

Αποστείρωση ➡ Καταστροφή όλων των μικροοργανισμών

Η απολύμανση είναι απαραίτητη για...

- λόγους τεχνικής φύσεως
thiobacillus thio-oxidans → θειικό οξύ
desulphovibrio spp → θειούχα
pseudomonas spp → βλεννώδες υμένιο
- λόγους υγείας
αποφυγή υδατογενών λοιμώξεων

Παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη των μικροβίων

- Χημικοί παράγοντες
Νερό, άνθρακας, άζωτο, θείο, φωσφόρος, ιχνοστοιχεία
- Φυσικοί παράγοντες
Πίεση, θερμοκρασία, ακτινοβολία

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Επιτυγχάνεται με...

- Προσθήκη χημικών
- Εφαρμογή φυσικών μέσων (φως, θέρμανση)
- Μηχανικά μέσα (διήθηση)
- Έκθεση σε ΗΜΠ (UV)

ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ

- Χλωρίωση
- Οζονισμός
- Βρωμίνωση
- Ιωδίνωση

ΧΛΩΡΙΩΣΗ:

Μορφές χλωρίου

- Αέριο χλώριο: Cl_2
- Διοξείδιο του χλωρίου: ClO_2
- Υποχλωριώδες Νάτριο: NaOCl
- Υποχλωριώδες Ασβέστιο: Ca(OCl)_2
- Χλωράσβεστος ή Βρωμούσα
($\text{CaO} \cdot 2\text{CaOCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Αδρανοποίηση του *Cryptosporidium* Oocysts στο νερό από χημικά απολυμαντικά

Απολυμαντικό	CT ₉₉ (mg-min/L)	Αναφορά
Ελεύθερο χλώριο	7,200+	Korich et al., 1990
Μονοχλωραμίνη	7,200+	Korich et al., 1990
Διοξειδίο του χλωρίου	>78	Korich et al., 1990
Μίγμα οξειδωτικών	<120	Venczel et al., 1997
Όζον	~3-18	Finch et al., 1994 Korich et al., 1990 Owens et al., 1994

ΧΗΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΧΛΩΡΙΟΥ

Το χλώριο είναι αέριο κιτρινοπράσινο, με έντονα ερεθιστική και αποπνιχτική οσμή. Αντιδρά οξειδωτικά τόσο με ανόργανες ουσίες (Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , H_2S), όσο και με **οργανικές ενώσεις**, που τελικά δεσμεύουν το λεγόμενο "απαιτούμενο χλώριο" (chlorine demand).

Μετά την "ικανοποίηση" του νερού σε χλώριο παραμένει το "υπολειμματικό" δραστικό χλώριο σε μικρή ποσότητα (residual chlorine), που συνεχίζει την απολύμανση.

ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

	MCL or TT (mg/L)	Πιθανές επιδράσεις επί της υγείας
Βρωμικά	0.010	Αυξημένος κίνδυνος καρκίνου
Χλωριώδη	1.0	Αναιμία: βρέφη και νεαρά παιδιά: επιδράσεις στο νευρικό σύστημα
Αλογονοοξικά οξέα (HAA5)	0.060	Αυξημένος κίνδυνος καρκίνου
Τριαλομεθάνια (THMs)	0.10 ----- 0.080	Ήπαρ, νεφρά ή προβλήματα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Αυξημένος κίνδυνος καρκίνου

Chlorinated hydroxyfuranones

3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5//)-furanone

E-2-chloro-3-(dichloromethyl)-4-oxobutenoic acid

Chloropicrin

Chlorophenols

2,4-Dichlorophenol

2,4,6-Trichlorophenol

2-Hydroxylchlorophenol

Cyanogen chloride

Haloacetonitriles

Dichloroacetonitrile

Dibromoacetonitrile

Bromochloroacetonitrile

Trichloroacetonitrile

Haloacids

Monochloroacetic acid

Dichloroacetic acid

Trichloroacetic acid

Monobromoacetic acid

Dibromoacetic acid

Haloaldehydes

Chloroacetaldehyde

Dichloroacetaldehyde

Trichloroacetaldehyde

Haloketones

1,1,1 -Trichloropropanone

1,1,3,3-Tetrachloropropanone

Hexachloropropanone

1,1 -Dichloropropanone

Trihalomethanes

Chloroform

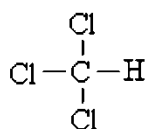
Bromoform

Dibromochloromethane

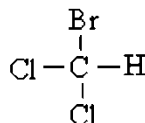
Bromodichloromethane

Chlorodibromomethane

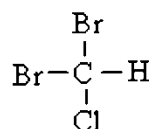
Τριαλομεθάνια



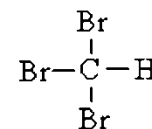
Χλωροφόρμιο



Βρωμοδιχλωρομεθάνιο

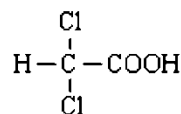


Χλωροδιβρωμομεθάνιο

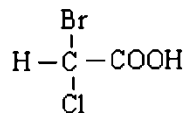


Βρωμοφόρμιο

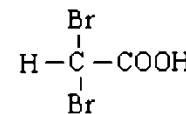
Αλογονομένα οξέα



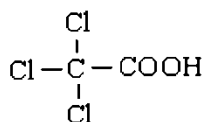
Διχλωροξικό οξύ



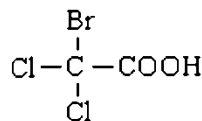
Βρωμοχλωροξικό οξύ



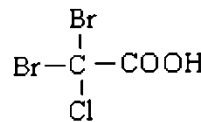
Διβρωμοξικό οξύ



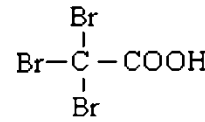
Τριχλωροξικό οξύ



Βρωμοδιχλωροξικό οξύ



Χλωροδιβρωμοξικό οξύ



Τριβρωμοξικό οξύ

Χλωραμίνες

NH₂Cl Μονοχλωραμίνη

NHCl₂ Διχλωραμίνη

NCl₃ Τριχλωραμίνη

Αλογονομένες Αλδεΐδες

CH₂ClCHO Χλώροακεταλδεΐδη

CHCl₂CHO Διχλωροακεταλδεΐδη

CCl₃CHO Τριχλωροακεταλδεΐδη

Αλογονομένες Κετόνες

Cl₃CCOCH₃ 1,1,1-Τριχλωροακετόνη

Cl₂CHCOCHCl₂ 1,1,3,3-Τετραχλωροακετόνη

Cl₃CCOCCl₃ Εξαχλωροακετόνη

Χλωροφαινόλες

C₆H₅ClO 2-Χλωροφαινόλη

C₆H₄Cl₂O 2,4-Διχλωροφαινόλη

C₆H₃Cl₃O 2,4,6-Τριχλωροφαινόλη

ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ

pH	Ελεύθερο χλώριο επαφή τουλ . 10´	Συνδυασμένο χλώριο επαφή τουλ.60´
6-7	0,2 mg/L	1,0
7-8	0,2	1,5
8-9	0,4	1.8
9-10	0,8	Δεν συνιστάται
10+	0,8	

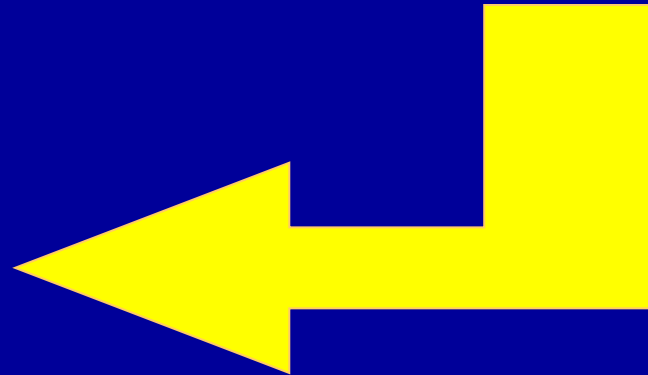
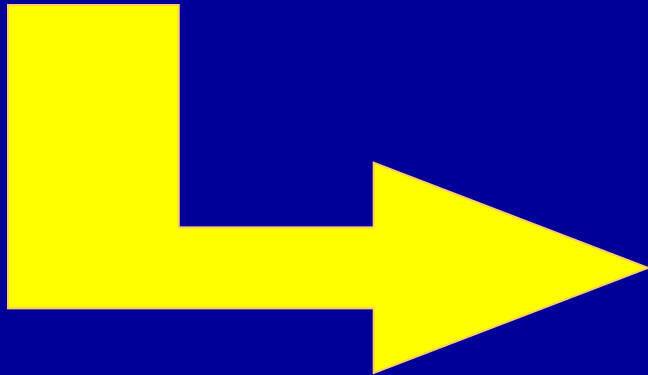
ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

- Ψεκασμός των επιφανειών με διάλυμα 200 mg/L και χρόνο παραμονής τουλάχιστον 30' ή
- Πλήρωση της δεξαμενής με διάλυμα 50 mg/L και παραμονή, τουλάχιστον 30' και κατά προτίμηση 12 ώρες.

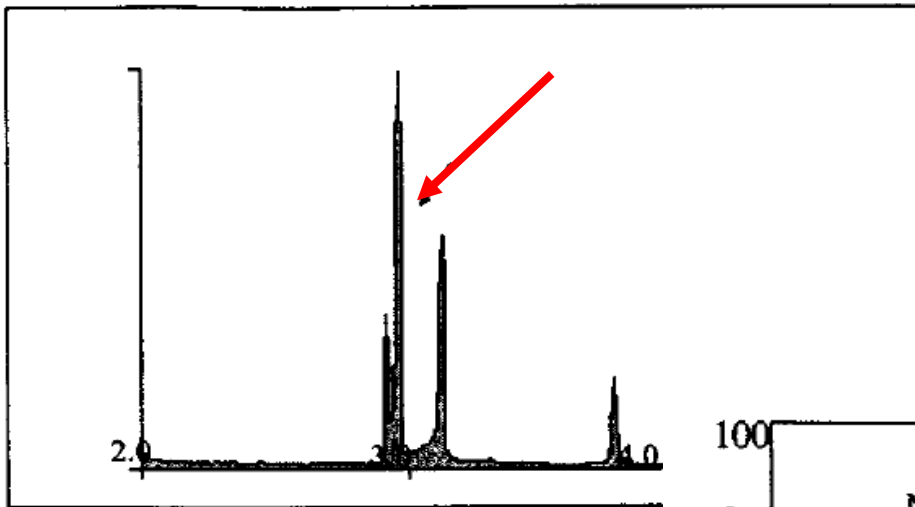
Οοοο...Μυρίζει



ΧΛΩΡΙΝΗ



Διαδικασία προσδιορισμού της πηγής οσμής



GC/MS ανάλυση.
Το βέλος δείχνει το ύποπτο peak

Figure 3. Total ion chromatogram of intense odor

Η φασματομετρία μάζας επιβεβαιώνει τη παρουσία χλωραμινών

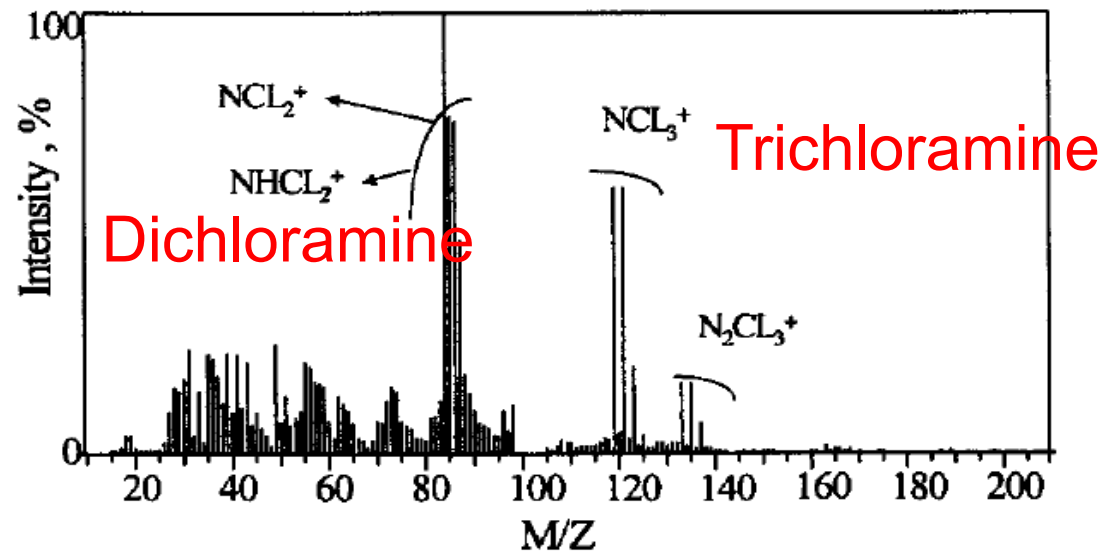
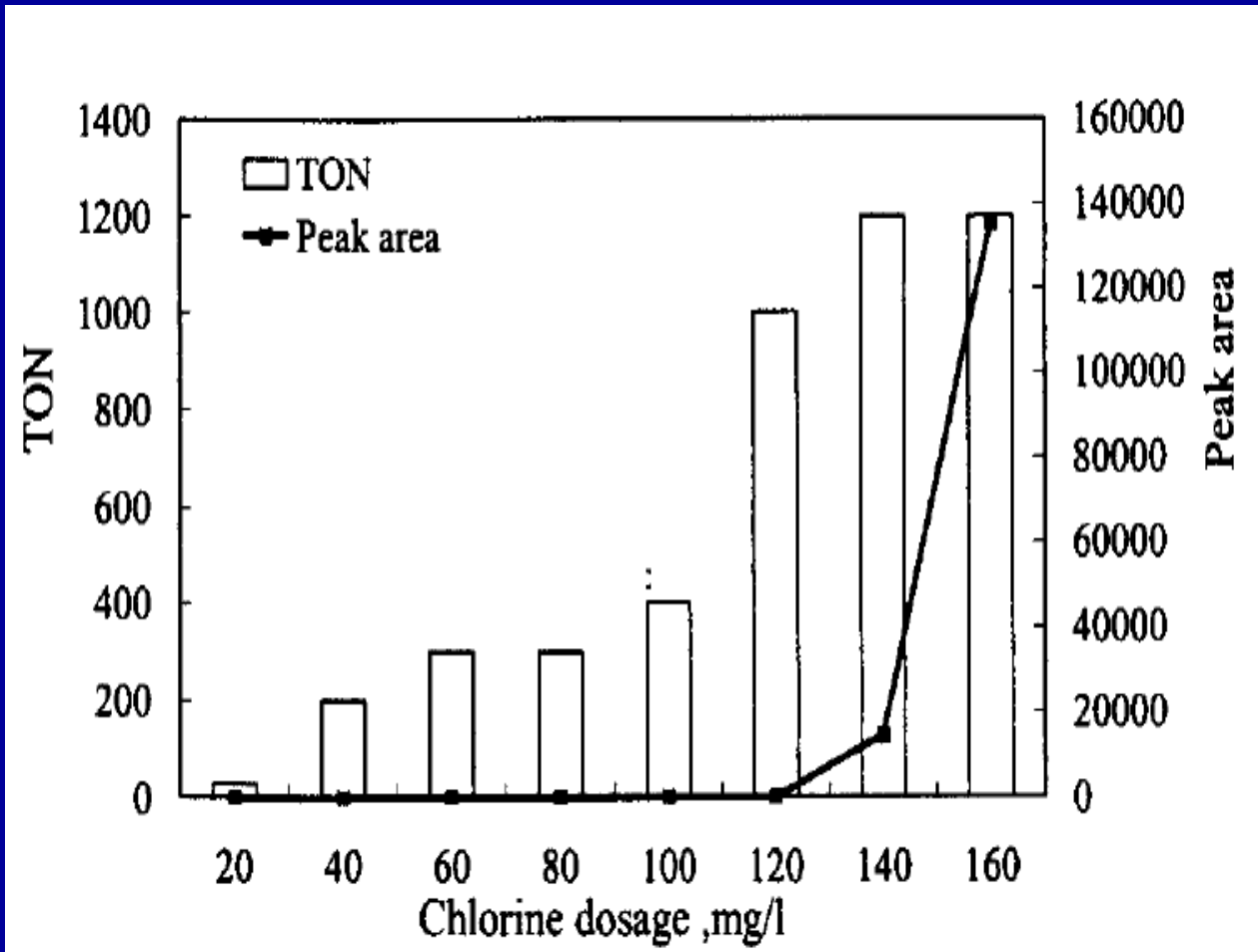


Figure 4. Electron impact mass spectra of suspected intense odor substances



Σχέση μεταξύ οσμής και εμβαδού της ύπτοπτης για την οσμή κορυφής (ένωσης)

Διοξειδίο του χλωρίου

- **Υψηλή διαλυτότητα στο νερό**
 - 5 φορές μεγαλύτερη του ελεύθερου χλωρίου
- **Ισχυρό οξειδωτικό**
 - 2.63 φορές μεγαλύτερη οξειδωτική ικανότητα από το ελεύθερο χλώριο, αλλά μόνο 20% είναι διαθέσιμο σε ουδέτερο pH.
 - Ουδέτερη ένωση του χλωρίου (IV) ελεύθερο radicals
 - Αποικοδομείται σε αλκαλικά νερά σε χλωρικά και χλωριώδη.
- **Η συνήθης δόση** στο πόσιμο νερό είναι περίπου 0,5 mg/L. Η τοξικότητα των παραπροϊόντων αποθαρρύνει τη χρήση του σε υψηλότερες συγκεντρώσεις

Διοξειδίο του χλωρίου

- Σύνθεση: Παράγεται επί τόπου με επίδραση οξέος ή αέριου χλωρίου σε χλωριώδες νάτριο :



- Η συνήθης δόση στο πόσιμο νερό είναι περίπου 0,5 mg/L.
- Η τοξικότητα των παραπροϊόντων αποθαρρύνει τη χρήση του σε υψηλότερες συγκεντρώσεις
 - θυρεοειδής, νευρολογικά προβλήματα και αναιμία σε πειραματόζωα από χορήγηση χλωρικών
 - Συνιστώμενη ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση συμπεριλαμβανομένων και των παραπροϊόντων
< 0.5 mg/L (by US EPA in 1990's)