

Υγιεινή και ασφάλεια του πόσιμου νερού

Ελένη Σαζακλή

Επίκ. Καθηγήτρια

Υγιεινής – Περιβαλλοντικής Υγιεινής

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας



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

© UNICEF/UNI315914/Haro Niger, 2020. Early in the morning, children go to the nearest water point to fetch water, 15 kilometres away from their home in Tchadi village.

ΝΕΡΟ: ΑΓΑΘΟ ΣΕ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

- 4 δισεκατομμύρια άνθρωποι - σχεδόν τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού - αντιμετωπίζουν σοβαρή έλλειψη νερού για τουλάχιστον έναν μήνα κάθε χρόνο.
- >2 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε χώρες όπου η παροχή νερού είναι ανεπαρκής.
- Μέχρι το 2040, περίπου 1 στα 4 παιδιά παγκοσμίως θα ζει σε περιοχές με εξαιρετικά υψηλή έλλειψη νερού.
- Περίπου 1,8 δισεκατομμύρια εργαζόμενοι στον τομέα της υγείας και ασθενείς διέτρεχαν μεγαλύτερο κίνδυνο να προσβληθούν από COVID-19 το 2020, λόγω της έλλειψης καθαρού νερού ή κατάλληλων μέσων υγιεινής στις εγκαταστάσεις τους.

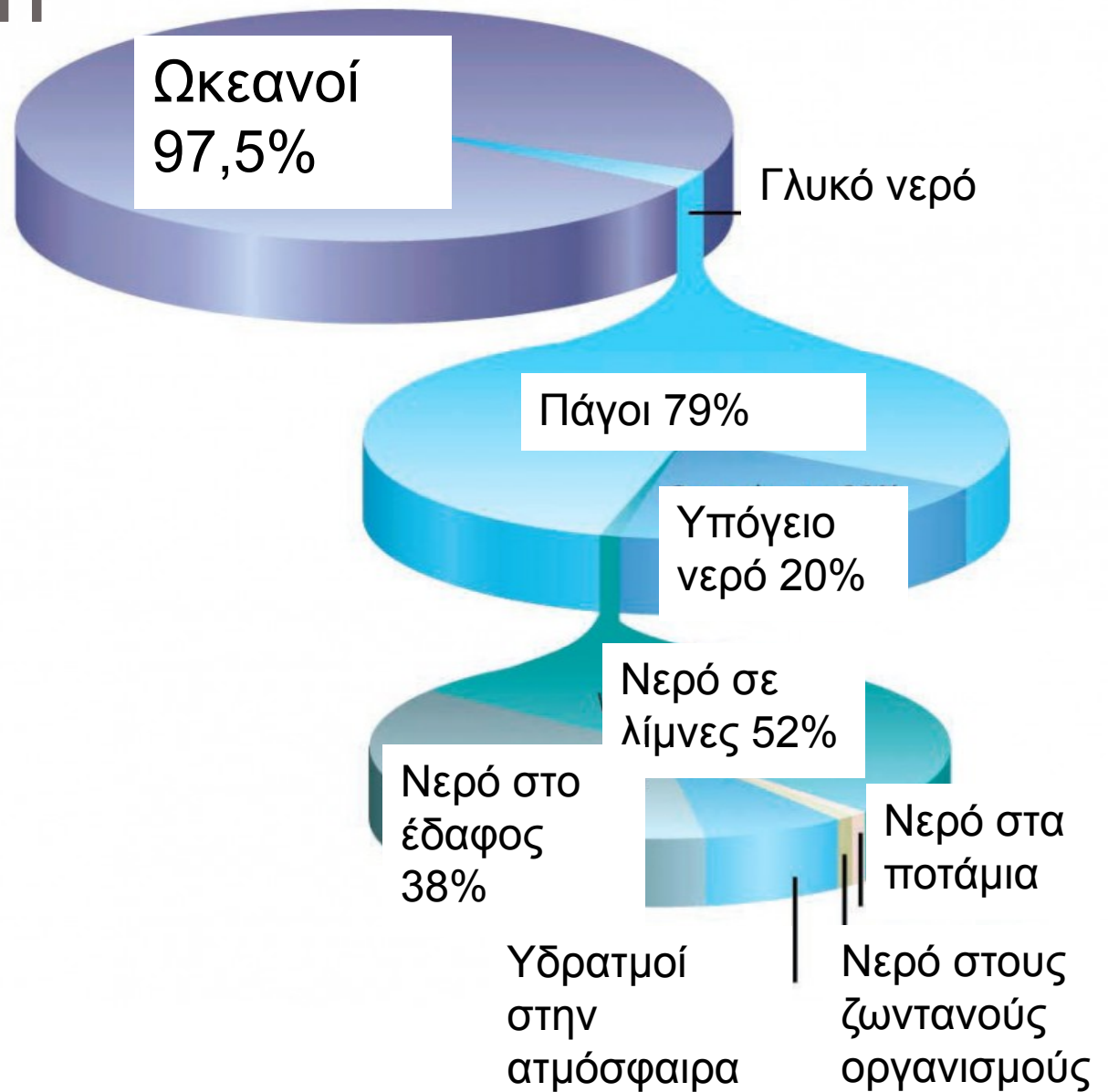
ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ & ΠΟΣΟΤΗΤΑ :

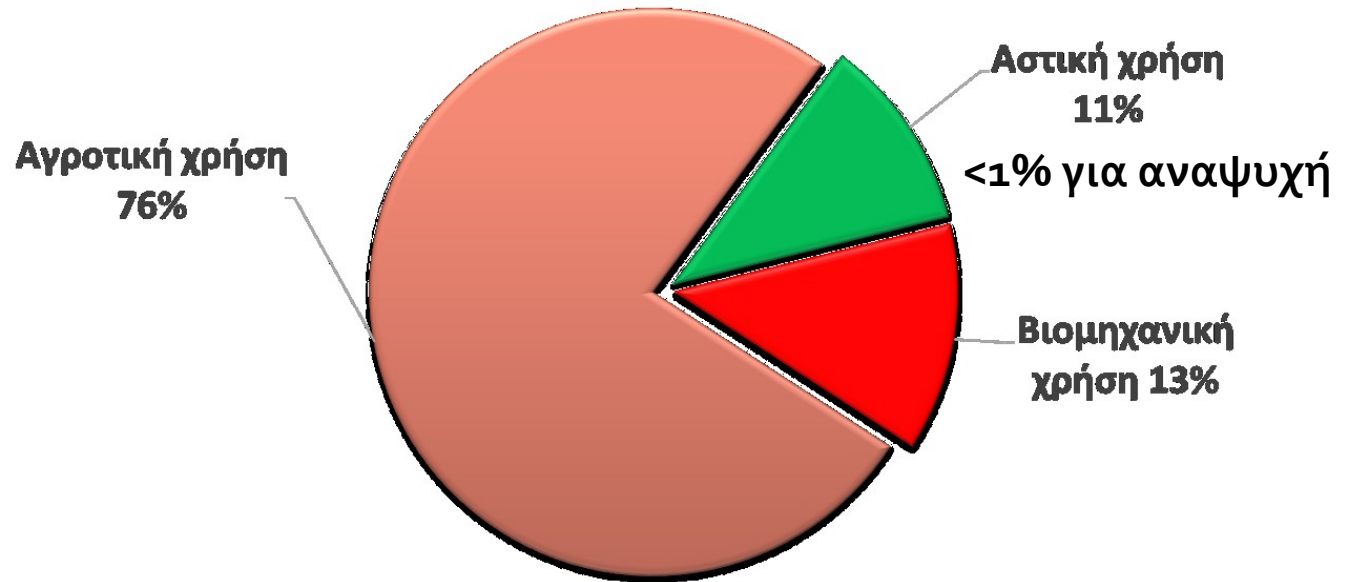
- **ΕΝΤΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ**

(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



Πού χρησιμοποιείται το νερό;



Στοιχεία από Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB).

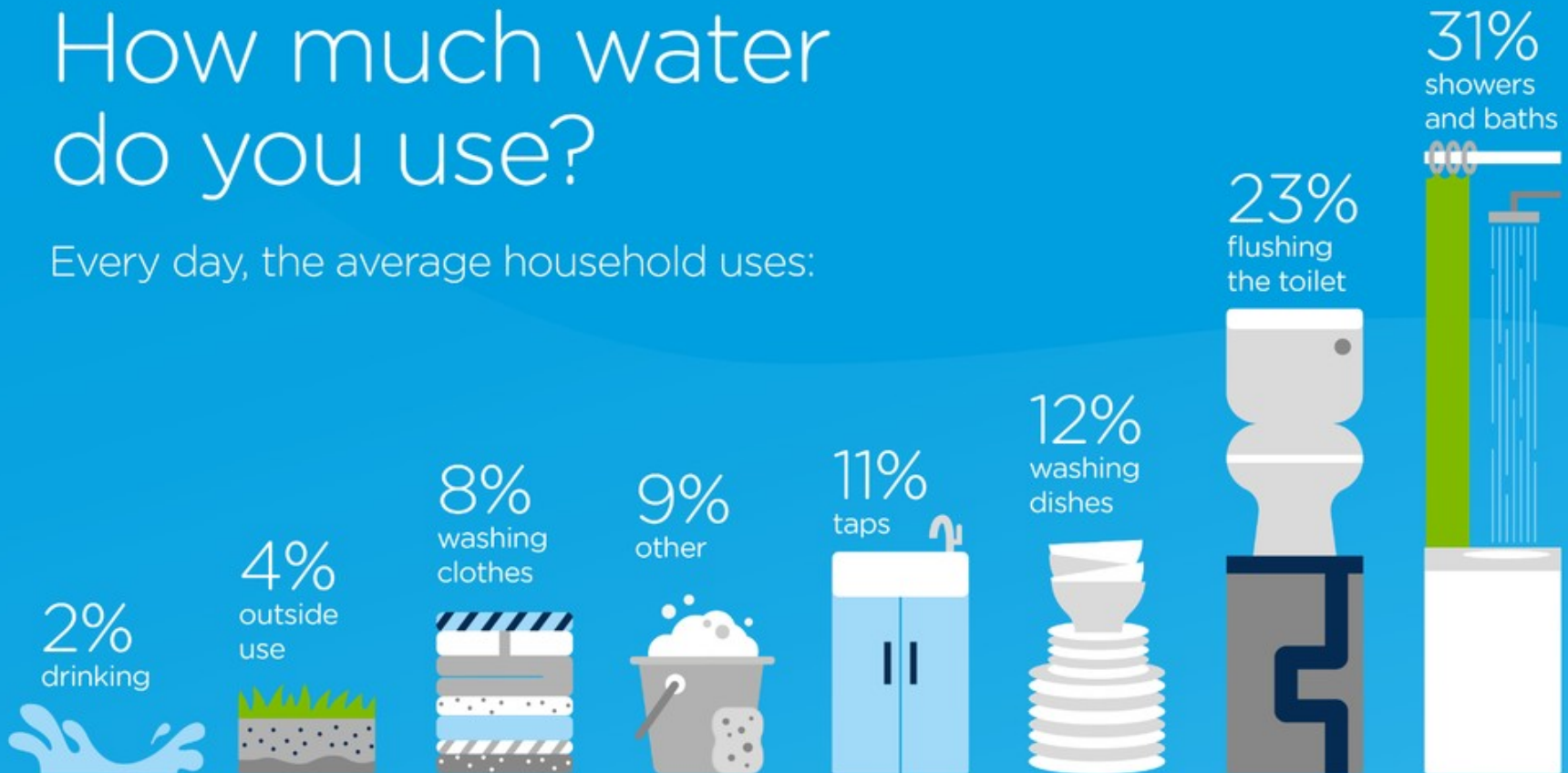
Δεδομένα 2020 από 118 χώρες

Ημερήσια οικιακή κατανάλωση νερού

Η συνολική ημερήσια ποσότητα για έναν ενήλικα είναι 150-200 λίτρα νερού για όλες τις χρήσεις.

How much water do you use?

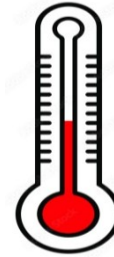
Every day, the average household uses:



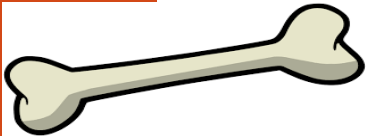
Γιατί χρειαζόμαστε το νερό



73% H₂O



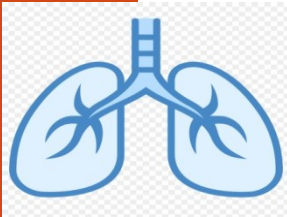
Ρυθμίζει τη
Θερμοκρασία του
σώματος



31%



Βοηθά στην απορρόφηση
θρεπτικών συστατικών



83%



Βοηθά στην πέψη των τροφών



79%



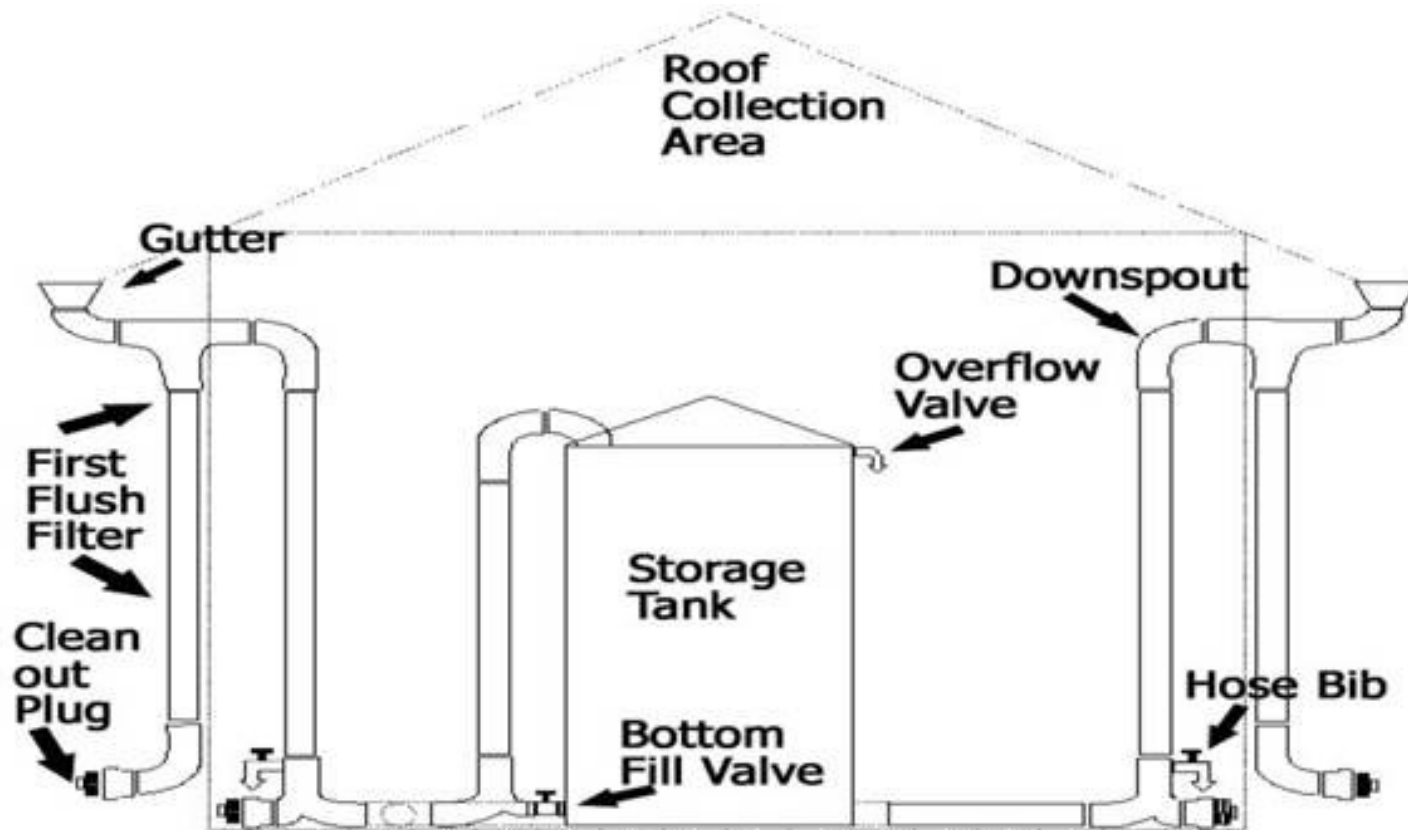
94%



ΠΗΓΕΣ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

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

Rainwater harvesting – Συλλογή βρόχινου νερού



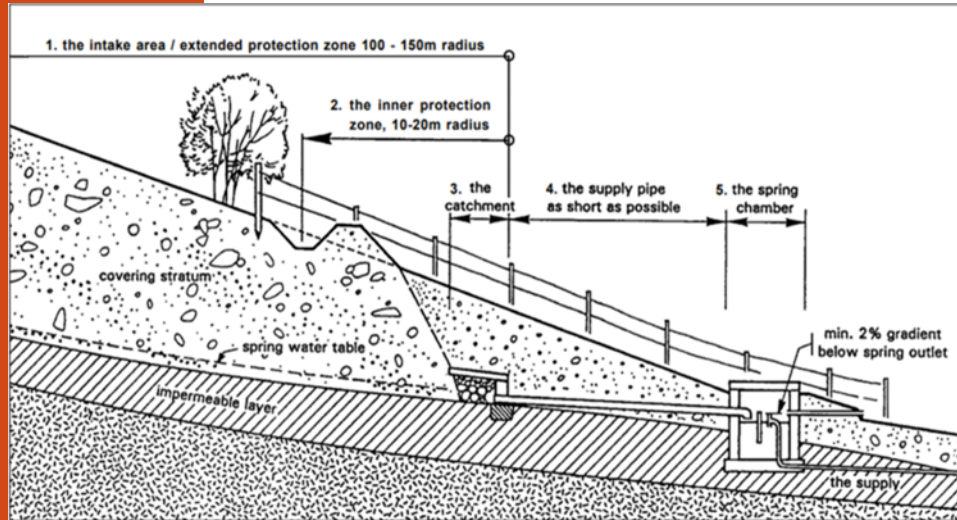
Πεδίο συλλογής βρόχινου νερού. Κεφαλονιά



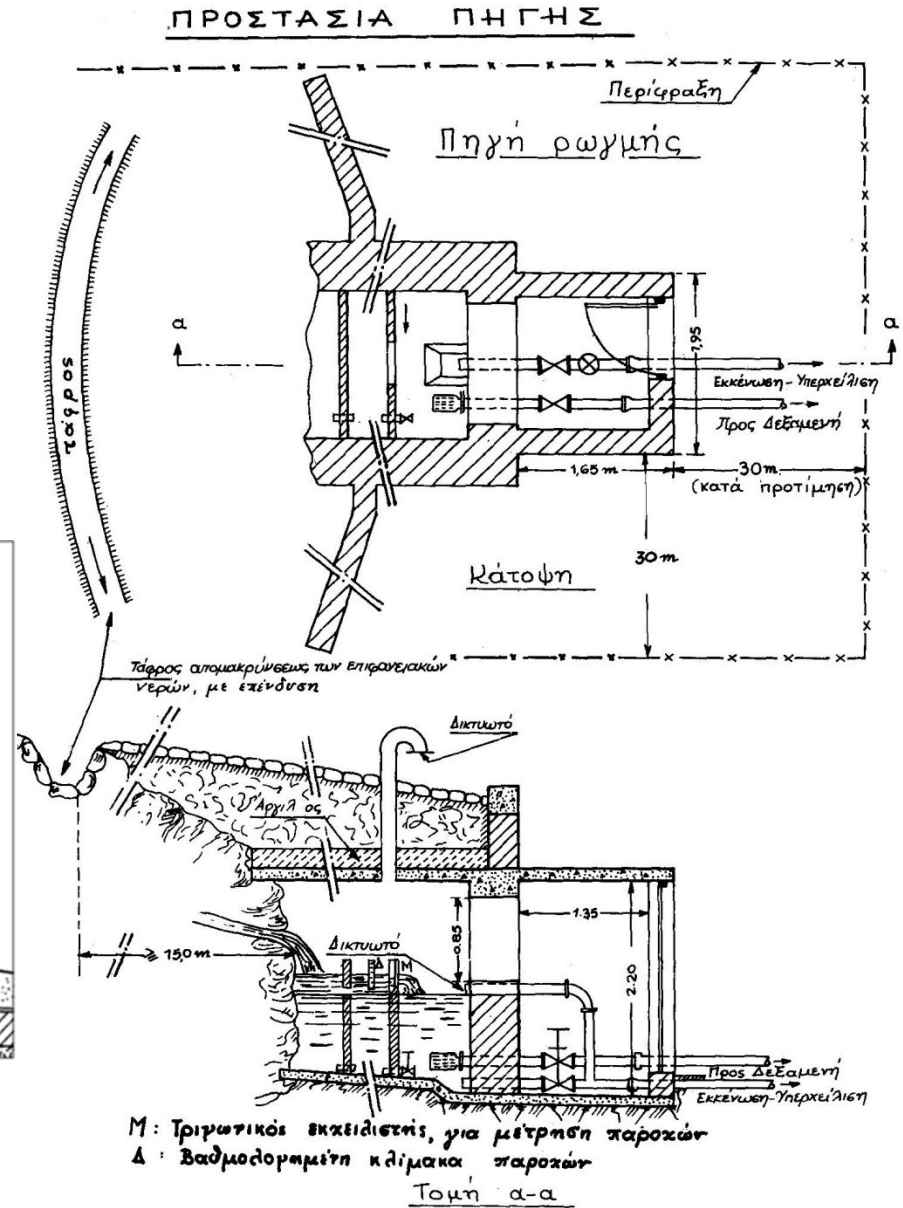
Δεξαμενές αποθήκευσης βρόχινου νερού. Κεφαλλονιά

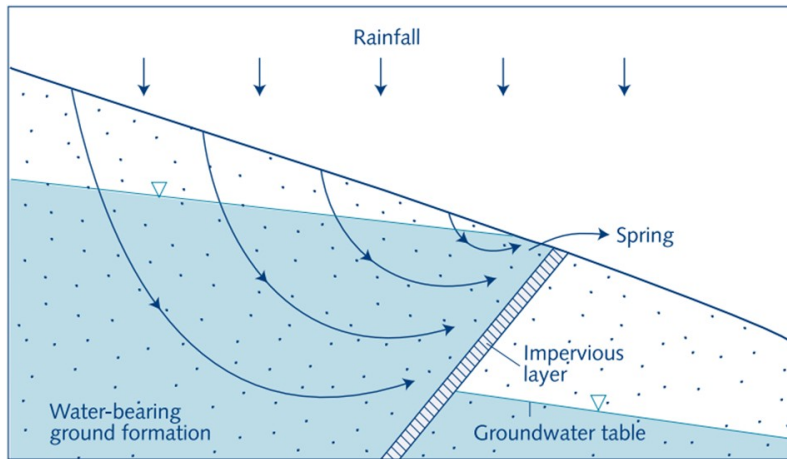


Πηγές βουνού

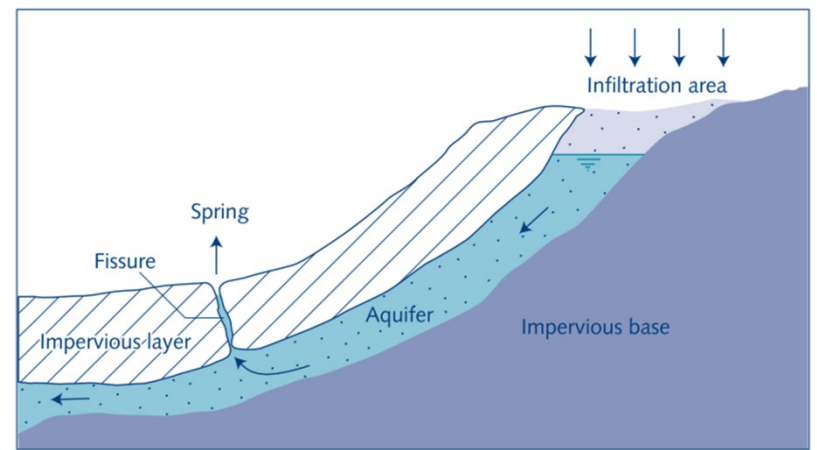


Protection zone for a spring.
Source: MEULI & WEHRLE (2001)





Gravity overflow spring. Source: SMET & WIJK (2002)



Artesian (fissure) spring. Source: SMET & WIJK (2002)

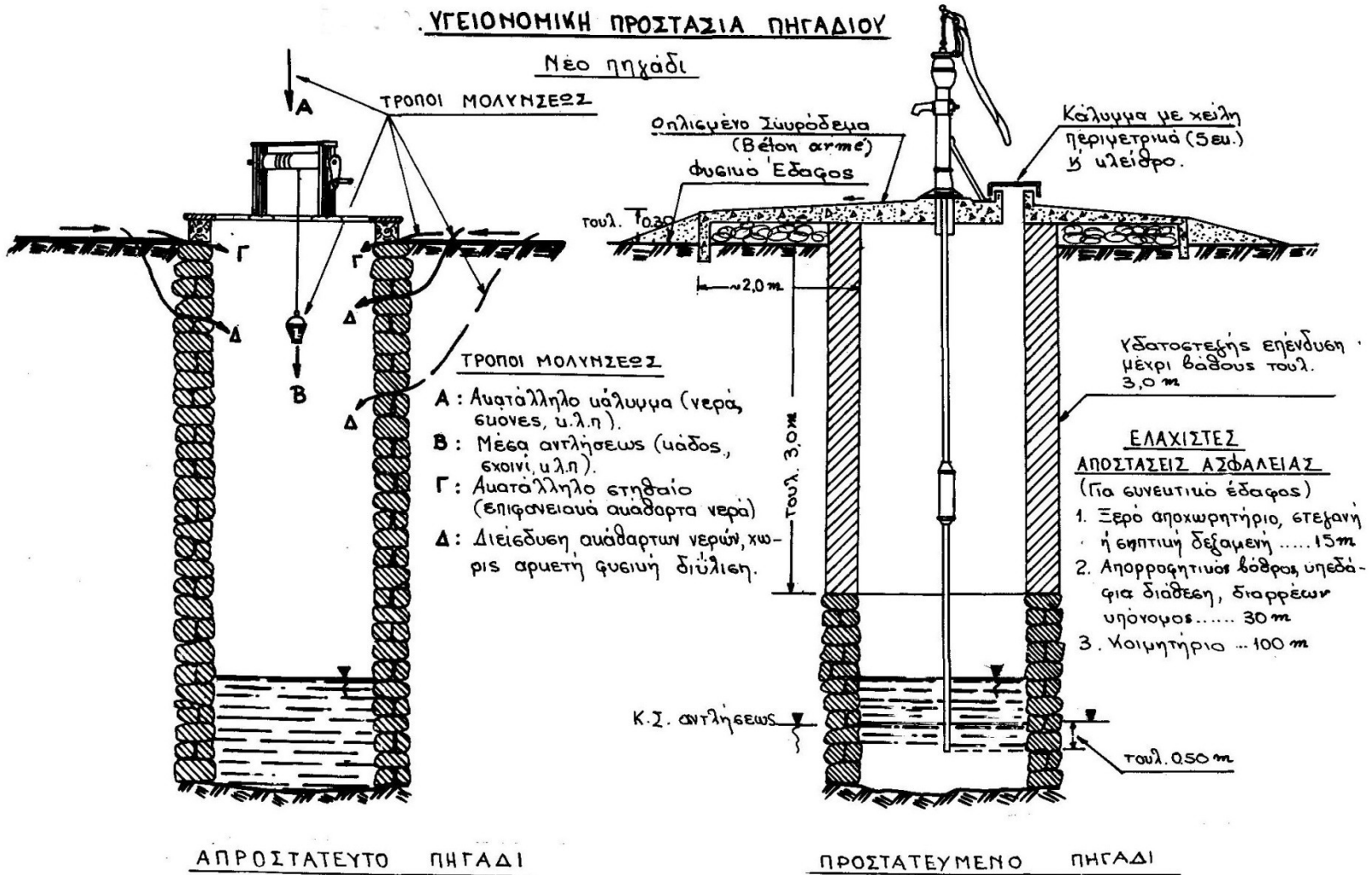


Πηγές βουνού

Key features of a well-protected spring source (WHO, 2020)

Πηγάδια

ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΗΓΑΔΙΟΥ

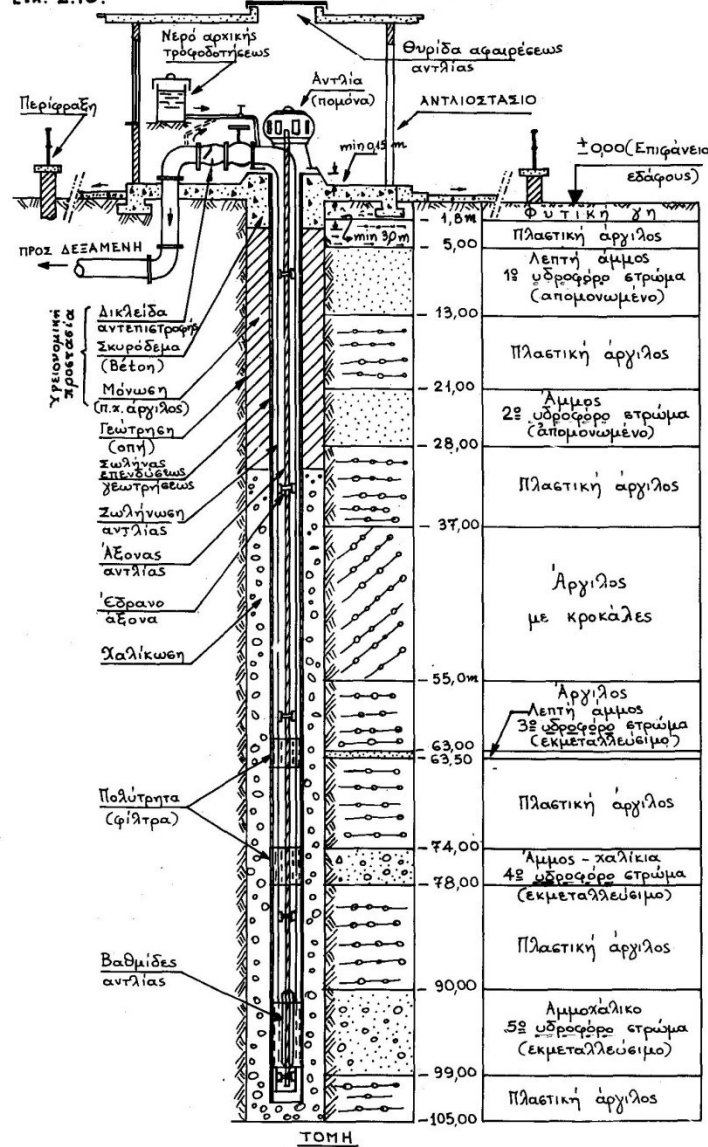


Γεωτρήσεις

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Κ' ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ

Εικ. 2.10.

(κυρίως κλίμακα)



Επιφανειακά νερά

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

Επιφανειακά νερά

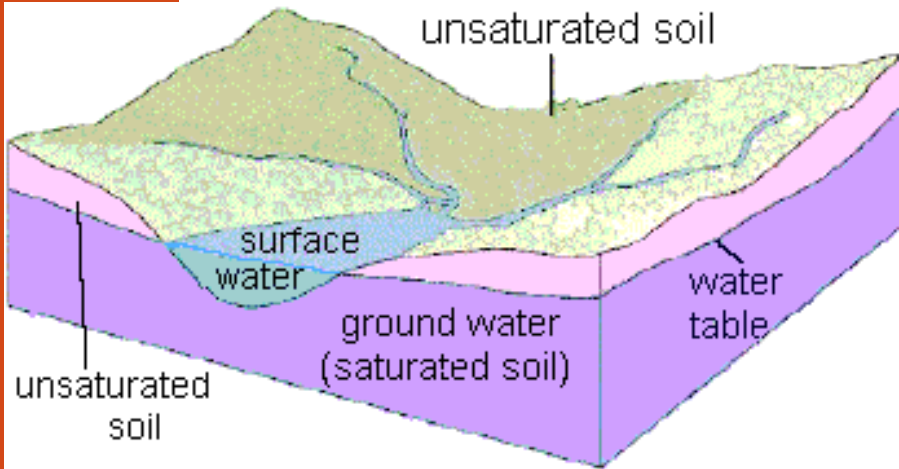
- Στις λακκούβες, κοινές κατά την περίοδο των βροχών, το νερό είναι συνήθως μολυσμένο.
- Το θαλασσινό νερό έχει πάρα πολύ αλάτι (**διαλυμένα στερεά >>1500 ppm**) και απαιτείται ειδική τεχνολογία απομάκρυνσης.
- Γενικά, εάν το νερό ρέει, τότε είναι πιο πιθανό να είναι πιο ασφαλές από όταν είναι στάσιμο.



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 και ρύπανσης.

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**
- *(Ν.1650/86, Ν.3199/03, Εγκύκλιος Υ2/4852/8-11-2000).*

Ζώνες προστασίας

- Η Ζώνη I (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 αυτόκαθαριστική 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)

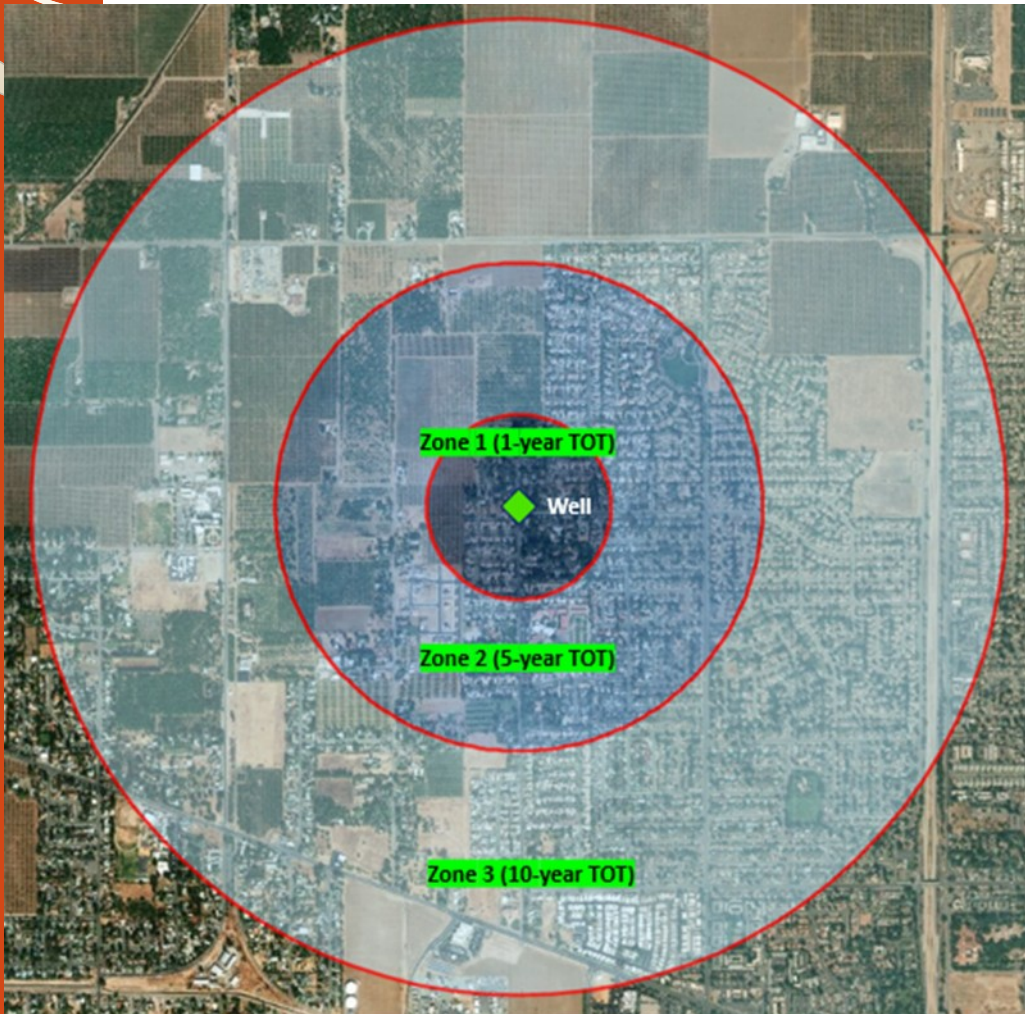
- **Απαγορεύεται:**
- *Η διάθεση αποβλήτων για γεωργική λίπανση, η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, η εγκατάσταση χωματερών, διυλιστηρίων πετρελαιοειδών, σταθμών βενζίνης, εφαρμογών πυρηνικής ενέργειας, νεκροταφείων, η παραγωγή ανεπεξέργαστων αποβλήτων, η απόθεση ραδιενεργών ή τοξικών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

Ζώνες προστασίας

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

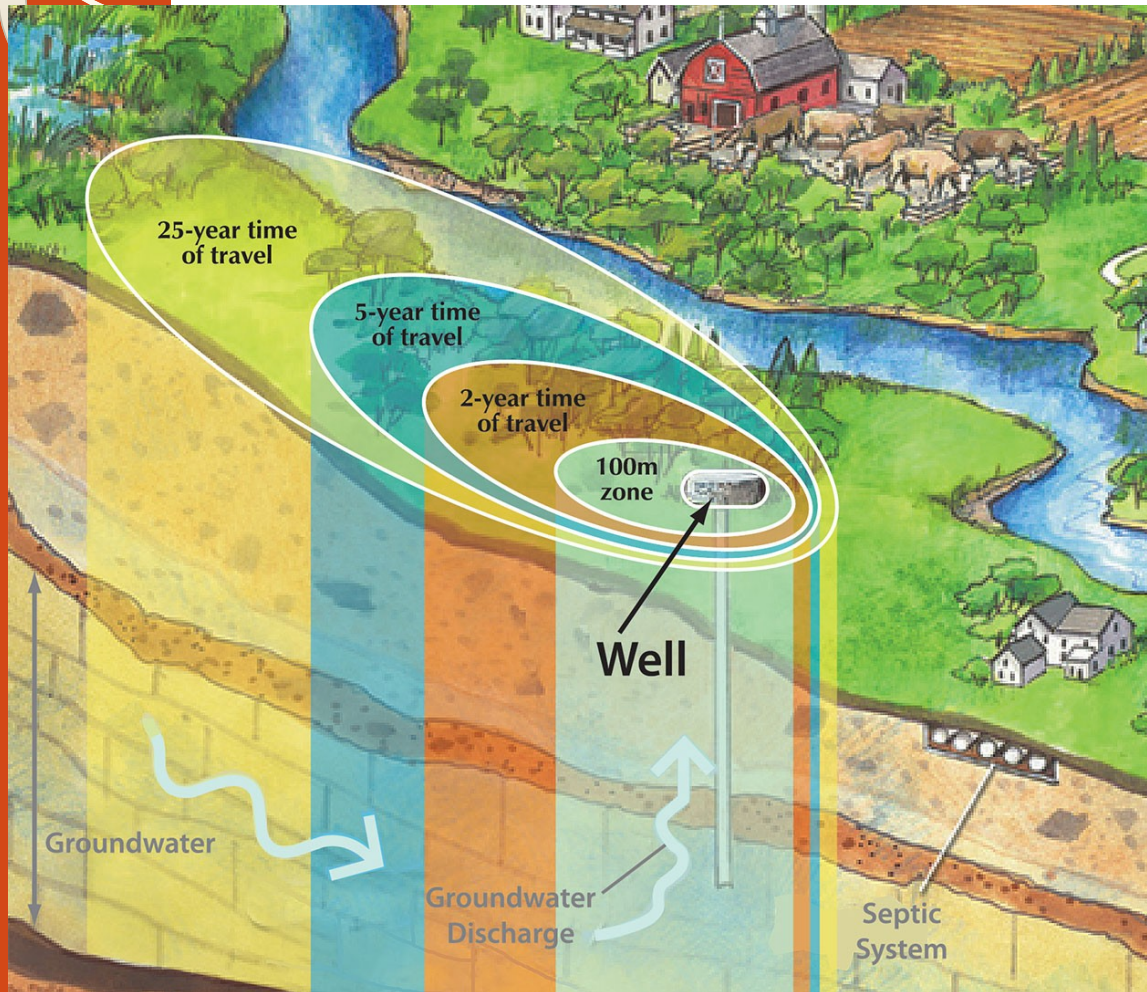
Ζώνη	Χαρακτηριστικά υπεδάφους		
	Ευνοϊκά	Μέσα	Δυσμενή
I	10 - 50	20 – 100	100 μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
II	50 - 250	100 – 500	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
III	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη		

Ζώνες προστασίας



Οι ζώνες προστασίας περιγράφονται συχνά ως μια **απόσταση ασφαλείας** από ένα πηγάδι ή ένα έργο υδροληψίας και εκφράζονται σε χρόνο διάδοσης (TOT) (π.χ., ένας χρόνος διάδοσης 2 ετών αναφέρεται σε μια απόσταση από ένα πηγάδι, από την οποία το νερό ή οι ρύποι χρειάζονται 2 χρόνια για να φτάσουν στο πηγάδι). Τα συστήματα ύδρευσης μπορούν να επιλέξουν να υποδιαιρέσουν τις ζώνες προστασίας πηγαδιών (SWPA) σε σχετικές ζώνες κινδύνου.

Ζώνες προστασίας



Το 2000, η παροχή νερού στο Walkerton του Οντάριο μολύνθηκε με E. coli λόγω απορροών από γεωργικές εκτάσεις, με αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους επτά άτομα, ενώ άλλα 2.300 άτομα αρρώστησαν. Σε απόκριση, προτάθηκε η εφαρμογή μιας προσέγγισης πολλαπλών φραγμών για την προστασία του δημοτικού πόσιμου νερού σε ολόκληρο το Οντάριο

Έχουν προσδιοριστεί αρκετές Ζώνες Προστασίας Πηγών (WHPA): μία που βασίζεται στην εγγύτητα (WHPA-A) και τρεις που βασίζονται στο χρόνο (WHPA-B, WHPA-C και WHPA-D).

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΥΔΑΤΟΣ

- **Οργανοληπτικά**

θερμοκρασία, διαύγεια, χρώμα, γεύση, οσμή

- **Φυσικοχημικά και χημικά**

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

- **Βιολογικά και μικροβιολογικά**

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

Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Το νερό πρέπει να είναι

- Διαυγές
- Δροσερό
- Άχρωμο
- Άοσμο
- Εύγεστο
- Οι «μη αποδεκτές» οργανοληπτικές ιδιότητες του νερού είναι οι πιο συχνές αιτίες για το χαρακτηρισμό του ως ακατάλληλο προς πόση.
- Αποτελούν ενδείξεις οργανικής ρύπανσης του νερού

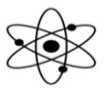
Χαρακτηριστικά νερού

Φυσικές παράμετροι

Θερμοκρασία

Θολότητα

Ηλεκτρική αγωγιμότητα



Χημικές παράμετροι

Τιμή pH

Άζωτο (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνία)

Διαλυμένο Οξυγόνο

Ανόργανα ιόντα

Μέταλλα

Οργανικές ουσίες



Βιολογικές παράμετροι

Βακτήρια

Παράσιτα

Ιοί

Πρωτόζωα



Ραδιολογικές παράμετροι

Ραδιενεργά στοιχεία, όπως ουράνιο



Χημικά συστατικά νερού

Διαλυμένο
Οξυγόνο

Νιτρικά
ιόντα

Νιτρώδη
ιόντα

Ιόντα
αμμωνίου

Ιόντα
χλωρίου

Φωσφορικά
ιόντα

Θειικά
ιόντα

Ιόντα
ανθρακικών

Ιόντα
Νατρίου

Ιόντα
Καλίου

Ιόντα
Ασβεστίου

Ιόντα
Μαγνησίου

Ιόντα
Σιδήρου

Ιόντα
Μαγγανίου

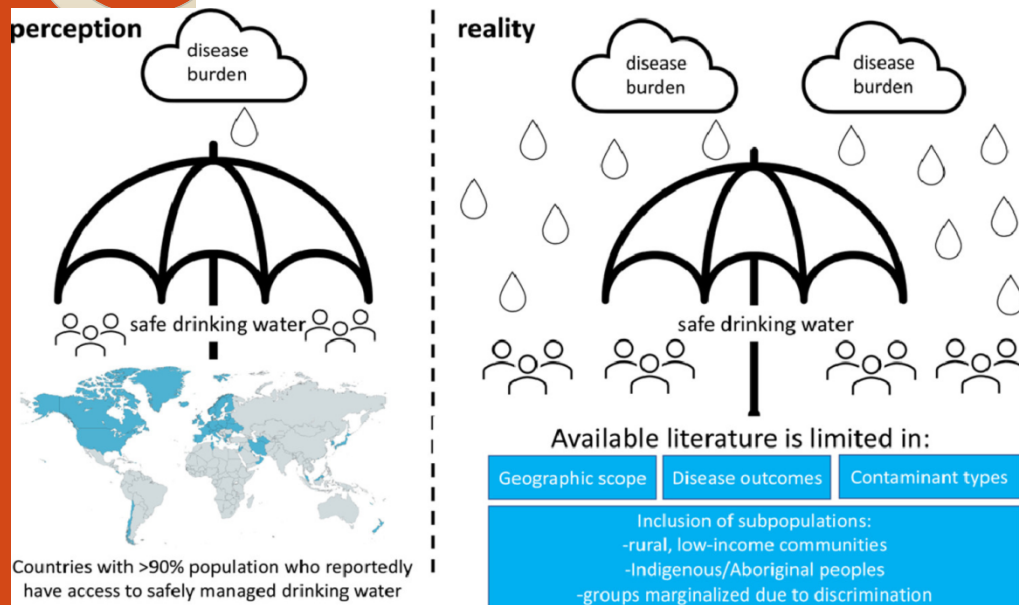
Άλλα
μέταλλα ή
στοιχεία

Ίχνη από τοξικά μέταλλα και
οργανικούς ρυπαντές

Νερό & Υγεία (I)

- Πάνω από 5 εκατομμύρια άνθρωποι, κυρίως παιδιά, πεθαίνουν κάθε χρόνο εξαιτίας υδατογενών ασθενειών που θα μπορούσαν να προληφθούν.
- Εκτιμάται ότι το 94% της διαρροϊκής νοσηρότητας μπορεί να αποδοθεί στο περιβάλλον, και σχετίζεται με παράγοντες κινδύνου:
 - Μη ασφαλές πόσιμο νερό
 - Κακές συνθήκες υγιεινής.
- ❖ Χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος: Πρόσφατες εκτιμήσεις αποδίδουν το 36% των 1,4 εκατομμυρίων ετήσιων θανάτων που συμβαίνουν από διάρροιες στο μη ασφαλές πόσιμο νερό

Νερό & Υγεία (II)



- ❖ Χώρες υψηλού εισοδήματος: Πρόσφατη μελέτη (2023) απέδωσε ~2.720 ετήσιες περιπτώσεις νόσου ανά 100.000 πληθυσμού στο πόσιμο νερό.
- ❖ Πέρα από την έκθεση σε μολυσματικούς παράγοντες, υπάρχουν επίσης κίνδυνοι ασθενειών -κυρίως καρκίνου- που σχετίζονται με χημικές προσμείξεις. Περίπου 1,2 επιπλέον περιπτώσεις καρκίνου ανά 100.000 πληθυσμού αποδίδονται στο πόσιμο νερό σε χώρες υψηλού εισοδήματος (Lee et al., 2023).

Lee D, Gibson JM, Brown J, Habtewold J, Murphy HM. Burden of disease from contaminated drinking water in countries with high access to safely managed water: A systematic review. *Water Research*, 2023,242:120244. doi: 10.1016/j.watres.2023.120244.

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 ασβεστίου και 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 νερών ως προς τη σκληρότητα:

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

Σκληρότητα νερού & Υγεία (I)

- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας: το σκληρό νερό δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων.
- Το σκληρό νερό μπορεί να λειτουργήσει ως συμπλήρωμα διατροφής, όσον αφορά στην πρόσληψη ασβεστίου και μαγνησίου (Galan et al., 2002).
- Ασβέστιο & Μαγνήσιο: σημαντικά για δομή οστών, μυϊκή συστολή, μετάδοση νευρικών ερεθισμάτων, πήξη αίματος και κυτταρική σηματοδότηση.

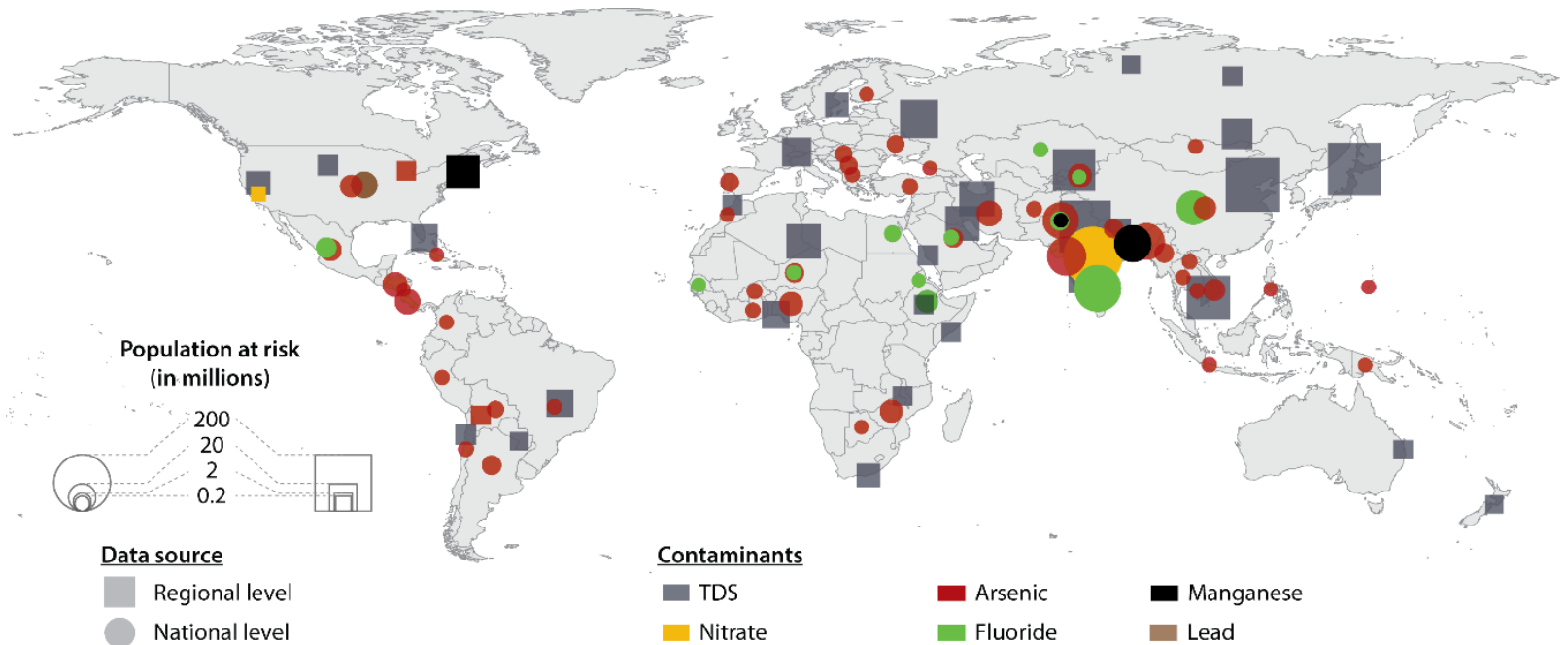
Σκληρότητα νερού & Υγεία (II)

- Επιδημιολογικές μελέτες: υψηλή πρόσληψη μαγνησίου μειώνει την πίεση του αίματος, ιδιαίτερα στους ηλικιωμένους
- Σκληρότητα νερού & θνησιμότητα από καρδιαγγειακά νοσήματα: σημαντική αντιστρόφως ανάλογη σχέση (Hall & Jungner 1993; Sauvant & Pepin, 2002; Nerbrand et al., 2003).
- Περιοχές με σκληρό νερό: χαμηλότερος αριθμός ξαφνικών θανάτων σε σύγκριση με περιοχές με μαλακό νερό.

Προέλευση ρύπων στο πόσιμο νερό

- Οι τύποι και οι ποσότητες των χημικών ρύπων που υπάρχουν στο πόσιμο νερό στο σημείο κατανάλωσης μπορεί να προκύψουν από **ρύπανση** του νερού της πηγής υδροληψίας, ως **συνέπεια** διεργασιών **επεξεργασίας** ή να εισέλθουν καθώς το **νερό μεταφέρεται** στον χρήστη.
- Πολλές ουσίες μπορεί να προσβάλλουν το νερό στην πηγή του, αλλά συνήθως υπάρχουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις.
- Χημικές ουσίες που εισέρχονται στο πόσιμο νερό κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του νερού είναι περιορισμένες σε αριθμό, αλλά εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα.
- Τέλος, ενώσεις που περιέχονται στους σωλήνες, τις συνδέσεις και τα εξαρτήματα του συστήματος διανομής νερού μπορεί να ρυπάνουν το επεξεργασμένο νερό στο δρόμο του προς τον καταναλωτή

Γεωγραφική κατανομή πληθυσμών που διατρέχουν κίνδυνο έκθεσης σε χημικούς ρύπους από το πόσιμο νερό



Amrose SE, et al. 2020.
Annu. Rev. Environ. Resour. 45:195–226

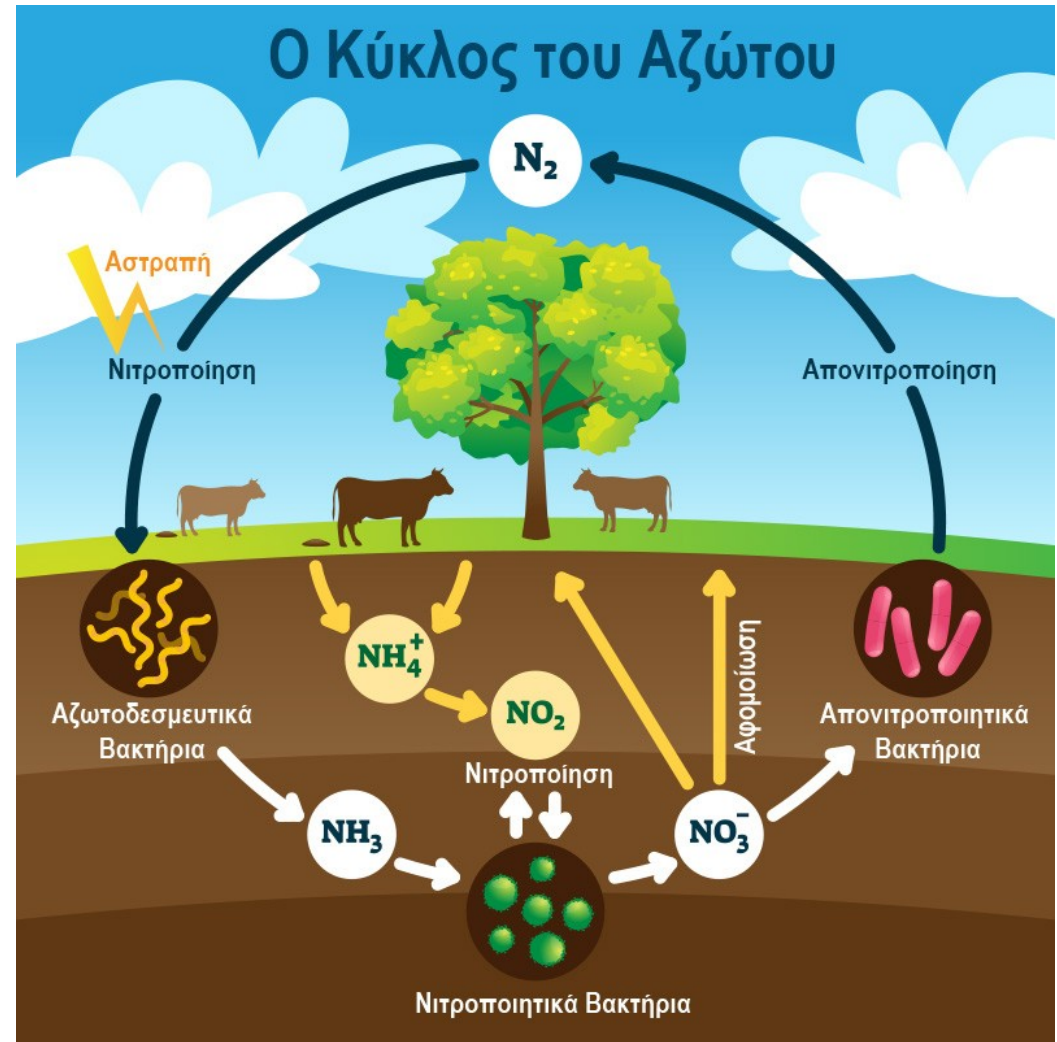
S.E. Amrose, K. Cherukumilli, N.C. Wright. **Chemical contamination of drinking water in resource-constrained settings: Global prevalence and piloted mitigation strategies**

Annu. Rev. Environ. Resour., 45 (1) (2020), pp. 195-226, [10.1146/annurev-environ-012220-105152](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-105152)

Ανόργανες ουσίες

Νιτρικά Νιτρώδη αμμωνία (κύκλος αζώτου)

Κύκλος Αζώτου
στη φύση



I) Νιτρικά (NO_3^-) και Νιτρώδη (NO_2^-)

Συγκέντρωση νιτρικών στα επιφανειακά νερά είναι συνήθως χαμηλή (0–18 mg/L)



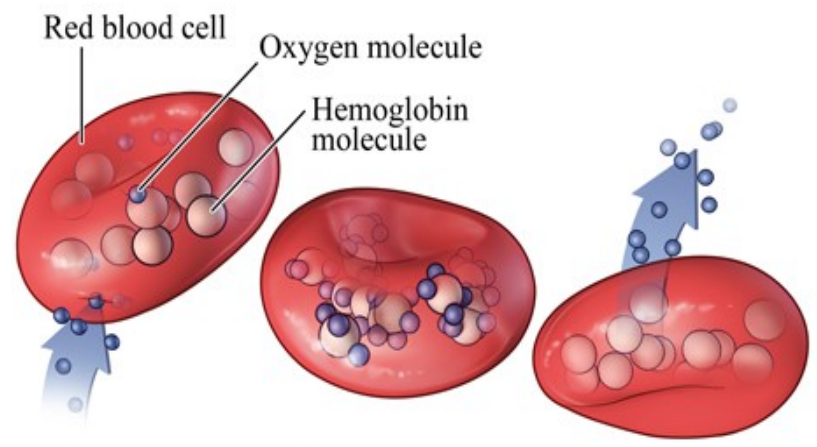
Νιτρώδη: Από οξείδωση της αμμωνίας ή από αναγωγή των νιτρικών (π.χ. σωλήνες με στάσιμο νερό και έλλειψη οξυγόνου)

Επιπτώσεις στην υγεία

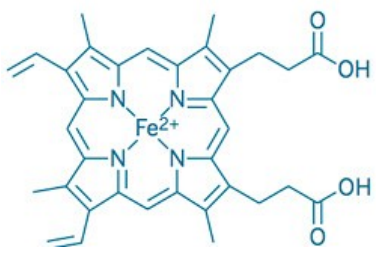
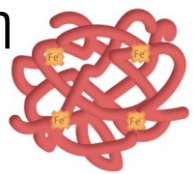
- Τοξικότητα νιτρικών στον άνθρωπο αποδίδεται κυρίως στην αναγωγή τους σε νιτρώδη.
- Η κύρια βιολογική επίδραση των νιτρωδών στον άνθρωπο είναι η εμπλοκή τους στην οξείδωση της φυσιολογικής Hb σε metHb, η οποία δεν είναι σε θέση να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς.
- Το φυσιολογικό επίπεδο metHb στους ανθρώπους είναι < 2%, σε βρέφη ηλικίας κάτω των 3 μηνών, είναι < 3%.

Ποσοστό μεθαιμοσφαιρίνης στο αίμα	Συμπτώματα
<15%	Κανένα
15-30%	Κυάνωση, ανησυχία, κούραση, πονοκέφαλος
30-50%	Ταχύπνοια, σύγχυση, λιποθυμία
50-70%	Επιληπτική κρίση, αρρυθμία, οξείδωση, κώμα
>70%	Θάνατος

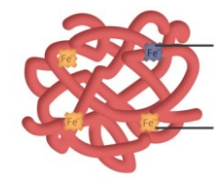
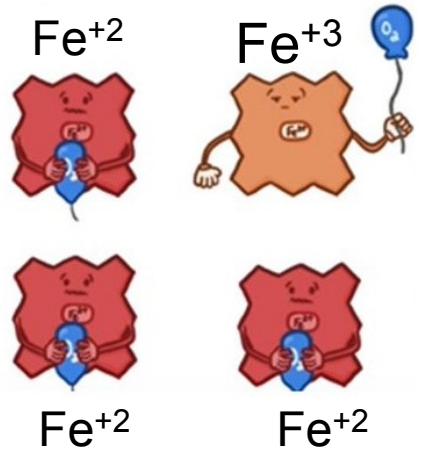
Αιμοσφαιρίνη: μεταφορά O_2 από πνεύμονες σε ιστούς
Μεθαιμοσφαιρίνη: μειωμένη ικανότητα δέσμευσης O_2



Αιμοσφαιρίνη



Μόριο αίμης
(Fe^{+2})



Μεθαιμοσφαιρίνη

Σύνδρομο του μπλε μωρού

- 1945: ο Hunter Comly, παιδίατρος στην πόλη της Iowa, περιγράφει δύο παραδείγματα μιας άγνωστης πάθησης του αίματος σε βρέφη.
- Τα βρέφη γεννήθηκαν υγιή, αλλά άρχισαν να εμφανίζουν κυάνωση κάποιες ημέρες μετά την επιστροφή στο σπίτι.
- Βρεφική μεθαιμοσφαιριναιμία (σύνδρομο του μπλε μωρού): κύριο σύμπτωμα την κυάνωση

Η πάθηση μπορεί να είναι σύμπτωμα καρδιακού ελαττώματος, όπως συμβαίνει με αυτό το βρέφος. Αλλά μπορεί επίσης να υποδεικνύει έκθεση σε μια χημική ουσία που μεταβάλλει την αιμοσφαιρίνη στο αίμα.

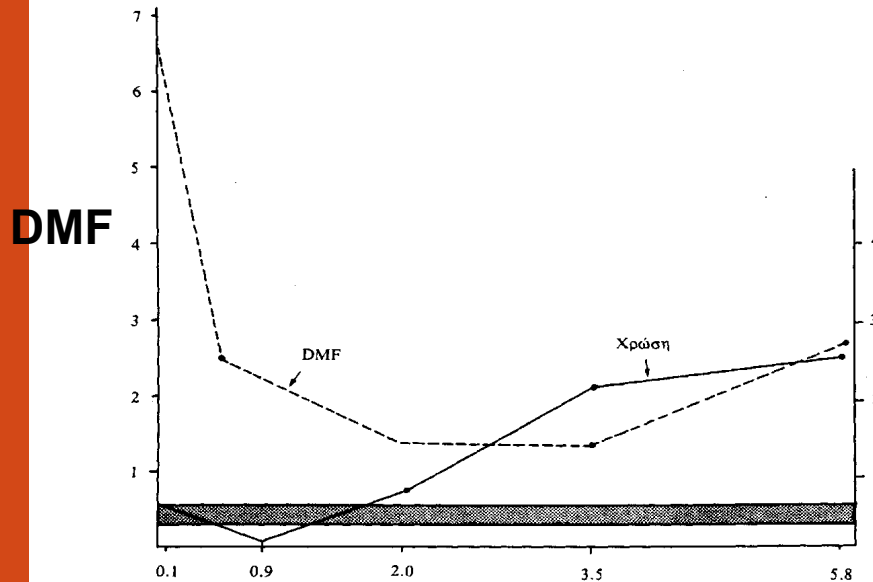


Επιπτώσεις στην υγεία

- Συγχρονική μελέτη Μαρόκο: 22% αυξημένο κίνδυνο μεθαιμοσφαιριναιμίας σε βρέφη όταν πόσιμο νερό $\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg/L}$ σε σύγκριση με βρέφη με $\text{NO}_3^- < 50 \text{ mg/L}$ στο νερό (Sadeq, M., Moe CL, Attarassi B., Cherkaoui I., ElAouad R., Idrissi L. (2008). Drinking water nitrate and prevalence of methemoglobinemia among infants and children aged 1–7 years in Moroccan areas. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 211, 546–554)
- Το όριο της EPA των ΗΠΑ των $10 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$ (και των $50 \text{ mg/L NO}_3 \text{ EE}$) ορίστηκε για να προστατεύει από τη βρεφική μεθαιμοσφαιριναιμία.
- Άλλες επιπτώσεις υγείας: καρκίνος & δυσμενείς αναπαραγωγικές εκβάσεις
- IARC (2010): «ανεπαρκείς ενδείξεις» στους ανθρώπους (καρκινογένεση νιτρικών από νερό/ τρόφιμα
- «ανεπαρκή στοιχεία» σε ζώα
- «επαρκή στοιχεία» σε πειραματόζωα για την καρκινογένεση των νιτρικών σε συνδυασμό με αμίνες ή αμίδια
- «περιορισμένα στοιχεία» σε ανθρώπους για την καρκινογένεση των νιτρικών στα τρόφιμα, με βάση αυξημένη συχνότητα γαστρικού καρκίνου
- → ταξινόμηση στην ομάδα 2A, «πιθανώς καρκινογόνα για τον άνθρωπο».

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



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

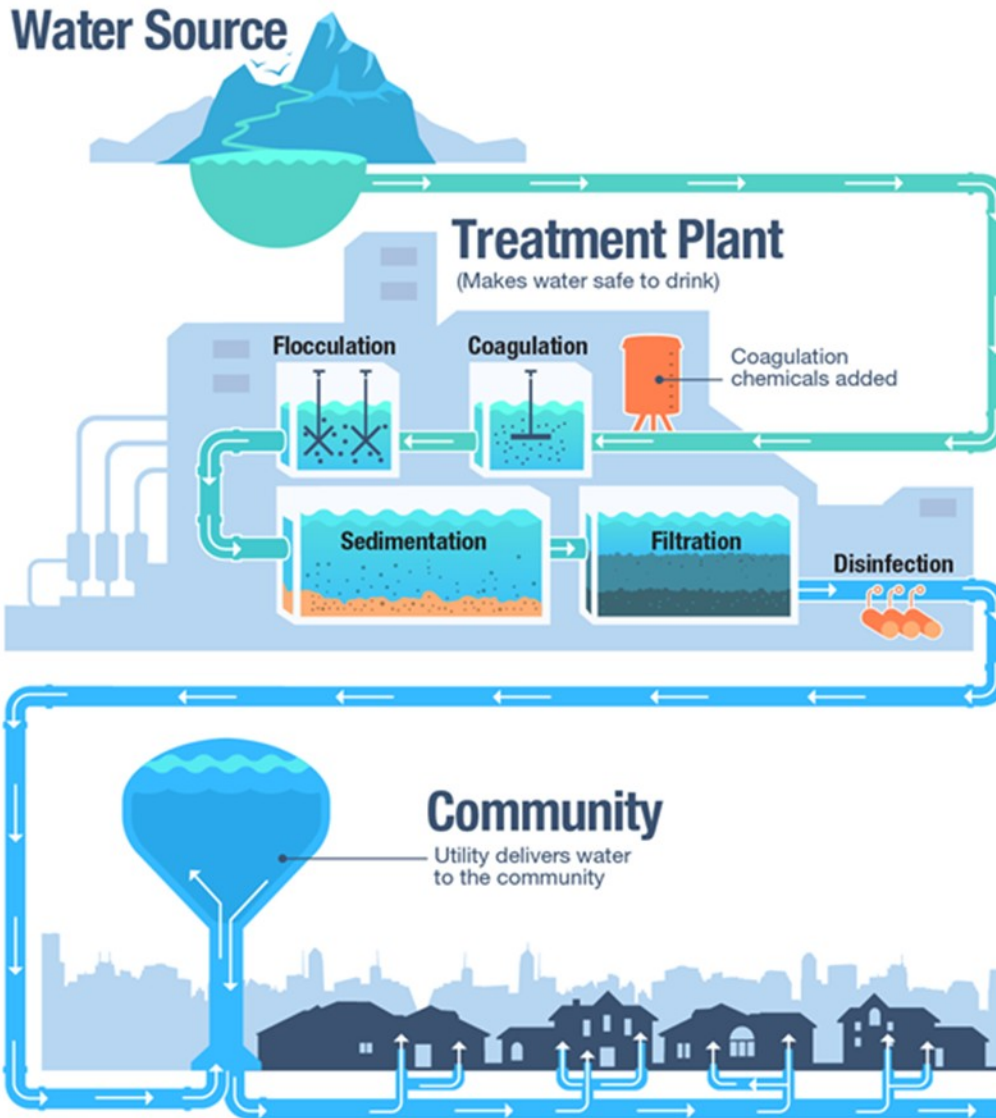
Ανόργανες ουσίες

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

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΥΔΑΤΟΣ

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

Water Treatment Steps



Σύστημα
επεξεργασίας
πόσιμου
νερού



Απολύμανση



Εφαρμόζεται σε βιομηχανικά
και πόσιμα νερά

(ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα)

Αποστείρωση



Καταστροφή όλων των
μικροοργανισμών



Η απολύμανση είναι απαραίτητη
για...

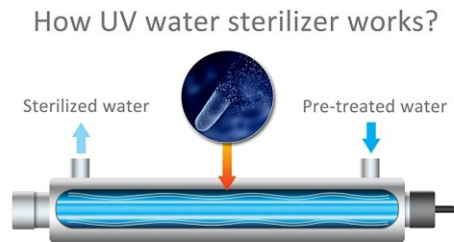
- λόγους τεχνικής φύσεως
thiobacillus thio-oxidans → θειικό οξύ
desulphovibrio spp → θειούχα
pseudomonas spp → βλεννώδες υμένιο
- λόγους υγείας
αποφυγή υδατογενών λοιμώξεων

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

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 $(\text{CaO} \cdot 2\text{CaOCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$

Η χλωρίωση εφαρμόζεται σε 24ώρη βάση στις κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.

Απολύμανση πόσιμου νερού - χλωρίωση

- Όταν το προς χλωρίωση νερό περιέχει φυσικές οργανικές ουσίες (NOM), τότε
- $\text{NOM} + \text{HOCl} + \text{Br} \rightarrow \text{DBPs}$ (THMs και άλλα Αλογονωμένα προϊόντα)
- Αυτές οι ενώσεις υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού
- Σχετίζονται με την εμφάνιση δυσμενών αποτελεσμάτων υγείας.



Maness, 2018

DBPs: Disinfection By-products

Κοινά απολυμαντικά & παραπροϊόντα

Κοινά Απολυμαντικά	Αλογονωμένα οργανικά παραπροϊόντα	Ανόργανα παραπροϊόντα	Μη αλογονωμένα παραπροϊόντα
Χλώριο/υποχλωρώδες οξύ	THMs, HAAs, HANs , ένυδρη χλωράλη, χλωροπικρίνη, χλωροφαινόλες, N-χλωραμίνες, αλογονωμένες φουρανόνες, βρωμοϋδρίνες	Χλωρικά (όταν χρησιμοποιείται υποχλωριώδες)	Αλδεϋδες, κυανοαλκανοϊκά οξέα, αλκανοϊκά οξέα, βενζόλιο, καρβοξυλικά οξέα
Διοξείδιο του χλωρίου		Χλωριώδη, Χλωρικά	Άγνωστο
Χλωραμίνη	HANs , χλωριούχο κυάνιο, οργανικές χλωραμίνες, χλωραμινοξέα, ένυδρη χλωράλη, αλογονοκετόνες, N-νιτροζοδιμεθυλαμίνη (NDMA)	Νιτρικά, νιτρώδη, χλωρικά, υδραζίνη	αλδεϋδες, κετόνες
Όζον	βρωμοφόρμιο, μονοβρωμο-οξικό οξύ, διβρωμο-οξικό οξύ, διβρωμο-ακετόνη, βρωμιούχο κυάνιο	Χλωρικά, ιωδικά, βρωμικά , υπεροξείδιο του υδρογόνου, υποβρωμικό οξύ, εποξειδία, οζονικά	αλδεϋδες, κετοξέα, κετόνες, καρβοξυλικά οξέα

Craun, G.F., Craun, Gunther F., Pegram, R.A., Siddiqui, M., 2004. Environmental Health Criteria 216 Disinfectants and Disinfectant By-Products. WHO.

Παραμετρικές τιμές

Ανησυχίες που σχετίζονται με τους πιθανούς κινδύνους των DBP για την υγεία προκάλεσαν μερικά βιομηχανικά κράτη να δημιουργήσουν διάφορες κατευθυντήριες γραμμές

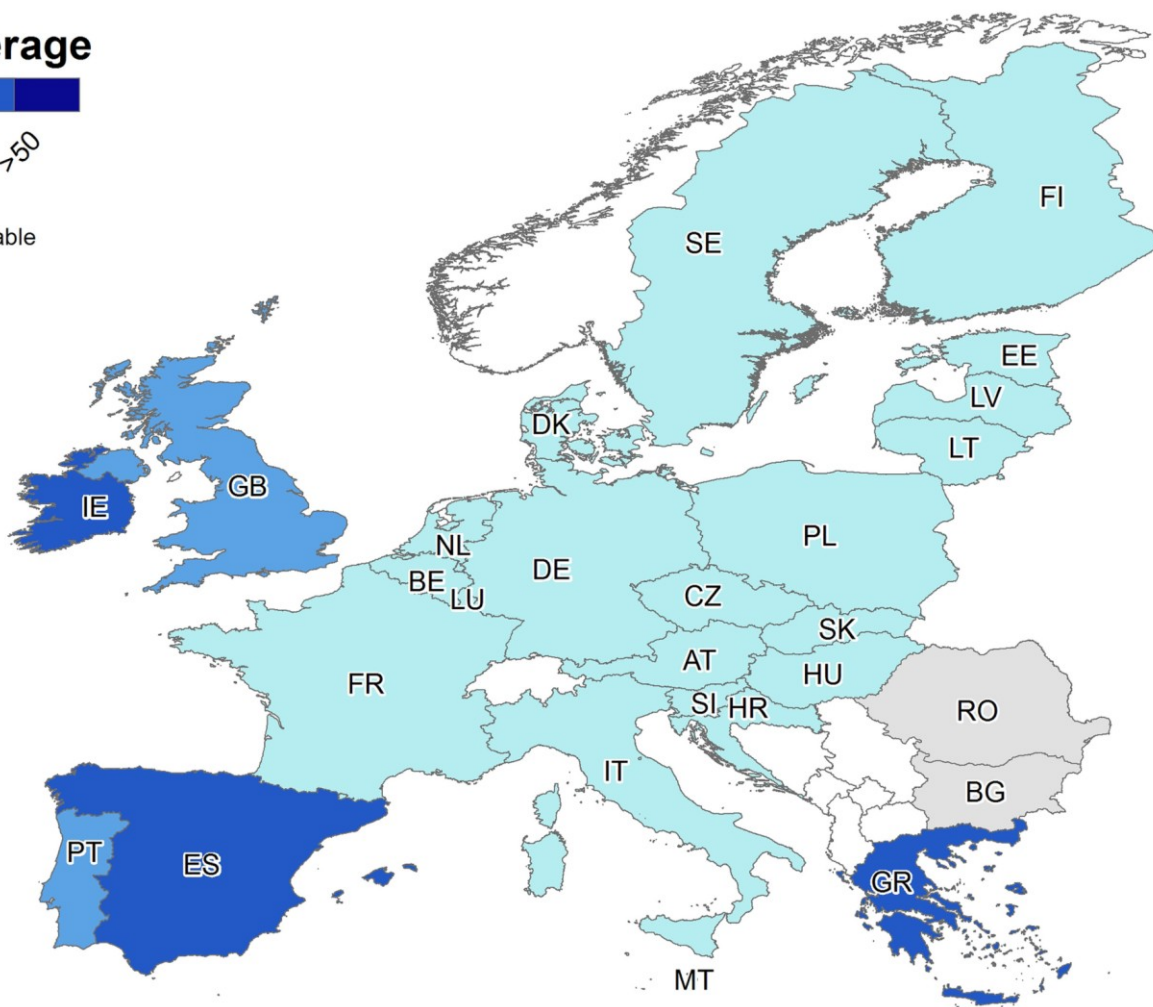
	Ευρώπη ($\mu\text{g/L}$)	Νέα Οδηγία 2020/2184 ($\mu\text{g/L}$)	ΗΠΑ ($\mu\text{g/L}$)
Τριαλομεθάνια (χλωροφόρμιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο, διβρωμοχλωρομεθάνιο, βρωμοφόρμιο)	100	100 (επιδίωξη για χαμηλότερη παραμετρική τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση)	80
Αλογονοοξικά οξέα (μονοχλωροοξικό οξύ, διχλωροοξικό οξύ, τριχλωροοξικό οξύ, μονοβρωμοοξικό οξύ, διβρωμοοξικό οξύ)		60	60
Βρωμικά	10	10	10
Χλωριώδη		250 (700 για ClO_2)	1000
Χλωρικά		250 (700 για ClO_2)	

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

THM ($\mu\text{g/L}$)

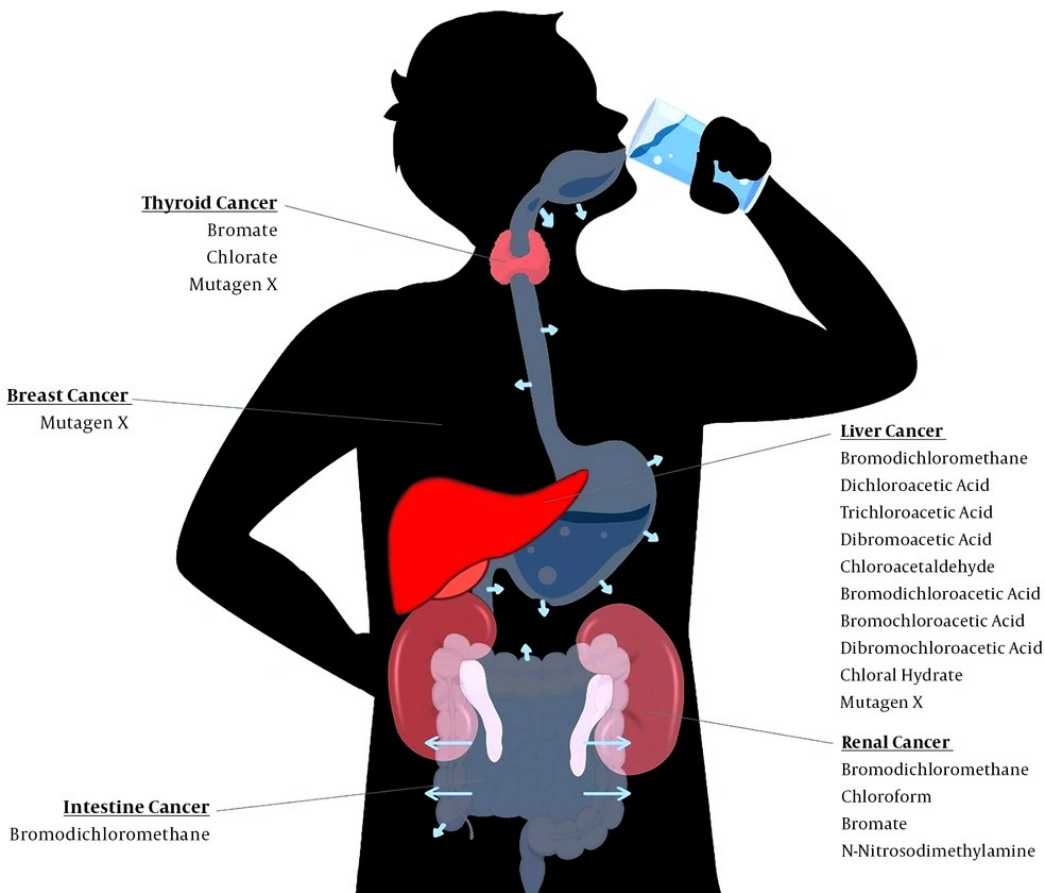
Annual average



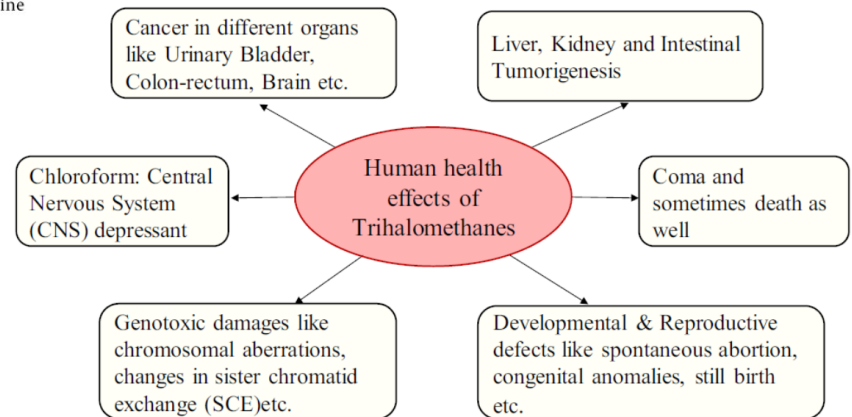
Χάρτης μέσω των εθνικών επιπέδων ολικών τριhalομεθανίων (THM) στο πόσιμο νερό στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2005–2018.

Ελλάδα:
εύρος τιμών (0,0-43,7 $\mu\text{g/L}$)
(N>297), (2007–2017)

Επιπτώσεις στην υγεία από τα THMs



Aslani H et al.



Όργανα που επηρεάζονται περισσότερο από την έκθεση σε DBPs

Καρκίνος ουροδόχου & THMs

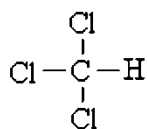
- Εάν τα μέσα επίπεδα THM σε 13 χώρες με υψηλότερη έκθεση μειώνονταν στον μέσο όρο της ΕΕ (11,7 µg/L), τότε θα μειωνόταν ο εκτιμώμενος αριθμός των αποδιδόμενων κρουσμάτων κατά 43,7% (2.868 λιγότερα κρούσματα ετησίως).

Evlampidou I, Font-Ribera L, Rojas-Rueda D, Gracia-Lavedan E, Costet N, Pearce N, et al. 2020. Trihalomethanes in drinking water and bladder cancerburden in the European Union. Environ Health Perspect 128(1):017001, <https://doi.org/10.1289/EHP4495>

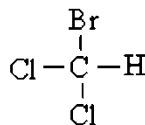
- ΗΠΑ: Περίπου 8.000 από τις 79.000 ετήσιες περιπτώσεις καρκίνου της ουροδόχου κύστης στις Ηνωμένες Πολιτείες αποδίδονται δυνητικά σε DBP στα συστήματα πόσιμου νερού.

Weisman RJ, Henrich A, Letkiewicz F, Messner M, Wang L, Regli S. 2022. Estimating national exposures and potential bladder cancer cases associated with chlorination DBPs in U.S. drinking water. Environ Health Perspect 130(8):087002, <https://doi.org/10.1289/EHP9985>.

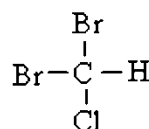
Τριαλομεθάνια



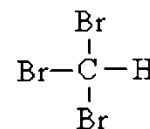
Χλωροφόρμιο



Βρωμοδιχλωρομεθάνιο

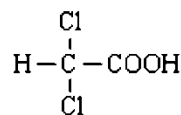


Χλωροδιβρωμομεθάνιο

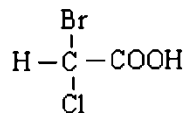


Βρωμοφόρμιο

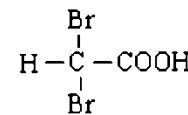
Αλογονομένα οξέα



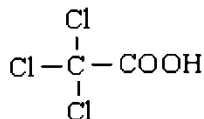
Διχλωροξικό οξύ



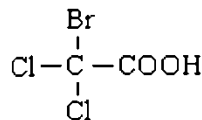
Βρωμοχλωροξικό οξύ



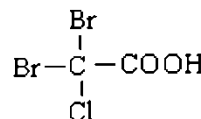
Διβρωμοξικό οξύ



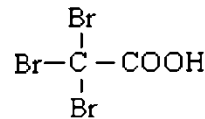
Τριχλωροξικό οξύ



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