

Επανάληψη
διακινδύνευσης (το ζουμί)
&
υπολογισμοί
&
παραδείγματα υπολογισμού

Τι μας παρακίνησε να μελετήσουμε τη διακινδύνευση;

- Το πρώτο από τα βασικά ερωτήματα της Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής
 - Ποιος είναι ο κίνδυνος;
 - Τι γνώσεις πρέπει να έχω για να απαντάω αυτήν την ερώτηση; (σε προβλήματα περιβαλλοντικής γεωτεχνικής)
- Είδαμε ότι πρέπει να ξέρουμε τον κίνδυνο και με τις δύο έννοιες του: 1) ό,τι μας απειλεί, 2) η πιθανότητα δυσάρεστης έκβασης
 - Απόφαση για λήψη μέτρων: βασίζεται στη διακινδύνευση
- Χρησιμοποιούμε ξεχωριστόν όρο για κάθε έννοια: 1) κίνδυνος (hazard), 2) διακινδύνευση (risk)

Τα βασικά στάδια του υπολογισμού

Εύρεση μέτρου τοξικότητας $\left\{ \begin{array}{l} \mu\text{-}\kappa: 1/\text{RfD} \\ \kappa: \text{SF} \end{array} \right.$

Υπολογισμός δόσης $\left\{ \begin{array}{l} \text{Δόση}_{\mu\kappa} \\ \text{Δόση}_{\kappa} \end{array} \right.$

Υπολογισμός διακινδύνευσης $\left\{ \begin{array}{l} \mu\text{-}\kappa: \text{Δόση}_{\mu\kappa}/\text{RfD} < 1 \text{ OK} \\ \kappa: \text{Δόση}_{\kappa} \times \text{SF} < 10^{-6} \text{ OK} \end{array} \right.$

$\mu\text{-}\kappa$: μη καρκινικές, κ : καρκινικές (επιπτώσεις)

Δόση

$$\text{Δόση} = \frac{\text{μάζα ρύπου σε όλη τη διάρκεια της έκθεσης}}{[\text{σωματικό βάρος}] \times [\text{χρόνος υπολογισμού μέσης δόσης}]}$$

(μέσος όρος)

- Συγκέντρωση στο «ποτήρι» → μάζα ρύπου που ήπια σε όλη τη διάρκεια της έκθεσης → δόση (μέτρο τοξικότητας για κατάποση)
- Συγκέντρωση στα λαχανικά → μάζα ρύπου που κατάπια σε όλη τη διάρκεια της έκθεσης → δόση (μέτρο τοξικότητας για κατάποση)
- Συγκέντρωση στον αέρα → μάζα ρύπου που ανέπνευσα σε όλη τη διάρκεια της έκθεσης → δόση (μέτρο τοξικότητας για εισπνοή)
- κ.λπ.

Δόση – πόσιμο νερό

συγκέντρωση στο σημείο έκθεσης ρυθμός έκθεσης συχνότητα έκθεσης

Δόση = (μέσος όρος) = $\frac{\text{συγκέντρωση στο ποτήρι} \times \text{όγκος ποτηριών ανά ημέρα} \times \text{ημέρες έκθεσης ανά έτος}}{\text{σωματικό βάρος} \times \text{χρόνος υπολογισμού μέσης δόσης} \times \text{365 μέρες ανά έτος}}$ \times διάρκεια έκθεσης

μ-κ: χρόνος υπολογισμού μέσης δόσης = διάρκεια έκθεσης (εξαρτάται από χρήση γης)

κ: χρόνος υπολογισμού μέσης δόσης = διάρκεια ζωής (70 χρόνια)

Διακινδύνευση (μ-κ) για κατάποση

$$\frac{\text{συγκέντρωση στο ποτήρι} \times \text{όγκος ποτηριών ανά ημέρα} \times \text{ημέρες έκθεσης ανά έτος} \times \text{διάρκεια έκθεσης}}{\text{σωματικό βάρος} \times \text{χρόνος υπολογισμού μέσης δόσης} \times 365 \text{ μέρες ανά έτος}} \times \frac{1}{\text{RfD για κατάποση}}$$

Διακινδύνευση (μ-κ) για εισπνοή

$$\frac{\text{συγκέντρωση στον αέρα} \times \text{όγκος αέρα που αναπνέουμε ανά ημέρα}}{\text{RfD για εισπνοή}}$$

Συντελεστές Έκθεσης*

Χρήση γης	Τρόπος έκθεσης	Ημερήσια κατανάλωση	Συχνότητα έκθεσης (ημέρες/έτος)	Διάρκεια έκθεσης (έτη)
Αστική	Πόσιμο νερό	2 L (ενήλικας†) 1 L (παιδί‡)	350	30
	Χώμα-σκόνη (κατάποση)	200 mg (παιδί)	350	6
		100 mg (ενήλ.)		24
Βιομηχανική και εμπορική	Εισπνοή	20 m ³ (ενήλ.) 12 m ³ (παιδί)	350	30
	Πόσιμο νερό	1 L	250	25
		Χώμα-σκόνη (κατάποση)	50 mg	250
Αγροτική	Εισπνοή	20 m ³	250	25
	Βρώση ντόπιων οπωροκηπευτικών	42 g (φρούτα)	350	30
		80 g (λαχανικά)		
Αναψυχή	Βρώση ψαριών της περιοχής	54 g	350	30

†,‡ Για τους ενήλικες και για τα παιδιά υποθέτουμε σωματικό βάρος 70 και 15 kg, αντίστοιχα.

* συνιστώνται από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (Environmental Protection Agency, 1991, OSWER Directive 9285.6-03) σύμφωνα με τους Kolluru, R.V. et al., 1996, Risk Assessment and Management Handbook, McGraw-Hill.

Παράδειγμα 1, πόσιμο νερό

- Για το όριο των ΗΠΑ για το αρσενικό στο πόσιμο νερό, που είναι ίσο με 10 μg/l, ρωτάμε:

(α) Σε τι δείκτη κινδύνου αντιστοιχεί;

Υπολογισμός μέσης ημερήσιας δόσης

$$\frac{0,01mg / l \times 2l / \eta\mu \times 350\eta\mu / \epsilon\tau\omicron\varsigma \times 30\epsilon\tau\eta}{70kg \times (365\eta\mu / \epsilon\tau\omicron\varsigma \times 30\epsilon\tau\eta)} = 2,7 \times 10^{-4} \frac{mg}{kg \cdot \eta\mu}$$

Δόση αναφοράς

(<http://www.epa.gov/iris/>): RfD = 3×10^{-4} mg /kg ημ

Μη καρκινική διακινδύνευση - δείκτης κινδύνου

$$\frac{2,7 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-4}} = 0,9$$

Παράδειγμα 1, πόσιμο νερό (συνέχεια)

(β) Σε ποια πιθανότητα πρόσθετων περιστατικών καρκίνου αντιστοιχεί;

Η ημερήσια δόση θα είναι διαφορετική, γιατί *ο χρόνος αναφοράς* δεν *είναι* η διάρκεια έκθεσης, αλλά *η συνολική διάρκεια ζωής* (70 έτη).

Υπολογισμός μέσης ημερήσιας δόσης

$$\frac{0,01mg / l \times 2l / \eta\mu \times 350\eta\mu / \epsilon\tau\omicron\varsigma \times 30\epsilon\tau\eta}{70kg \times (365\eta\mu / \epsilon\tau\omicron\varsigma \times 70\epsilon\tau\eta)} = 1,2 \times 10^{-4} \frac{mg}{kg \cdot \eta\mu}$$

Συντελεστής κλίσης για κατάποση (<http://www.epa.gov/iris/>): = 1,5 kg ημ/ mg

Καρκινική διακινδύνευση - πιθανότητα πρόσθετων περιστατικών

$$1,2 \times 10^{-4} \frac{mg}{kg \cdot \eta\mu} \times 1,5 \frac{kg \cdot \eta\mu}{mg} = 1,8 \times 10^{-4}$$

ή ένα πρόσθετο περιστατικό σε περίπου 5600 κατοίκους

Παράδειγμα 2, έκθεση σε ρυπασμένο έδαφος

• Να υπολογιστεί η ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση στο έδαφος μείγματος πετρελαιοειδών (mg ουσίας / kg χώματος). Υποθέτουμε βιομηχανική χρήση γης, έκθεση μέσω κατάποσης και δερματικής επαφής και δόση αναφοράς RfD = 0,6 mg / kg ημ (ίδιο για κατάποση και δερματική επαφή).

Δόση κατάποσης

$$\frac{[C \cdot 50 \text{ mg χώματος / ημ} \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg} \cdot 250 \text{ ημ / έτος} \cdot 25 \text{ έτη}] / [70 \text{ kg} \cdot 25 \text{ έτη} \cdot 365 \text{ ημ / έτος}]}$$

Αλλαγή μονάδας μάζας του χώματος

Δόση δερματικής επαφής

Χρειαζόμαστε επί πλέον στοιχεία για τον ρυθμό έκθεσης. Θα δεχτούμε ότι είναι ίσος με την επιφάνεια της εκτιθέμενης επιδερμίδας – μπράτσα, χέρια (1960 cm²), επί ένα συντελεστή προσκόλλησης (0,5 mg χώματος / cm² ημ), επί ένα συντελεστή απορρόφησης (1%) = 9,8 mg χώματος / ημ

$$\frac{[C \cdot 9,8 \text{ mg χώματος / ημ} \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg} \cdot 250 \text{ ημ / έτος} \cdot 25 \text{ έτη}] / [70 \text{ kg} \cdot 25 \text{ έτη} \cdot 365 \text{ ημ / έτος}]}$$

Παράδειγμα 2, έκθεση σε ρυπασμένο έδαφος (συνέχεια)

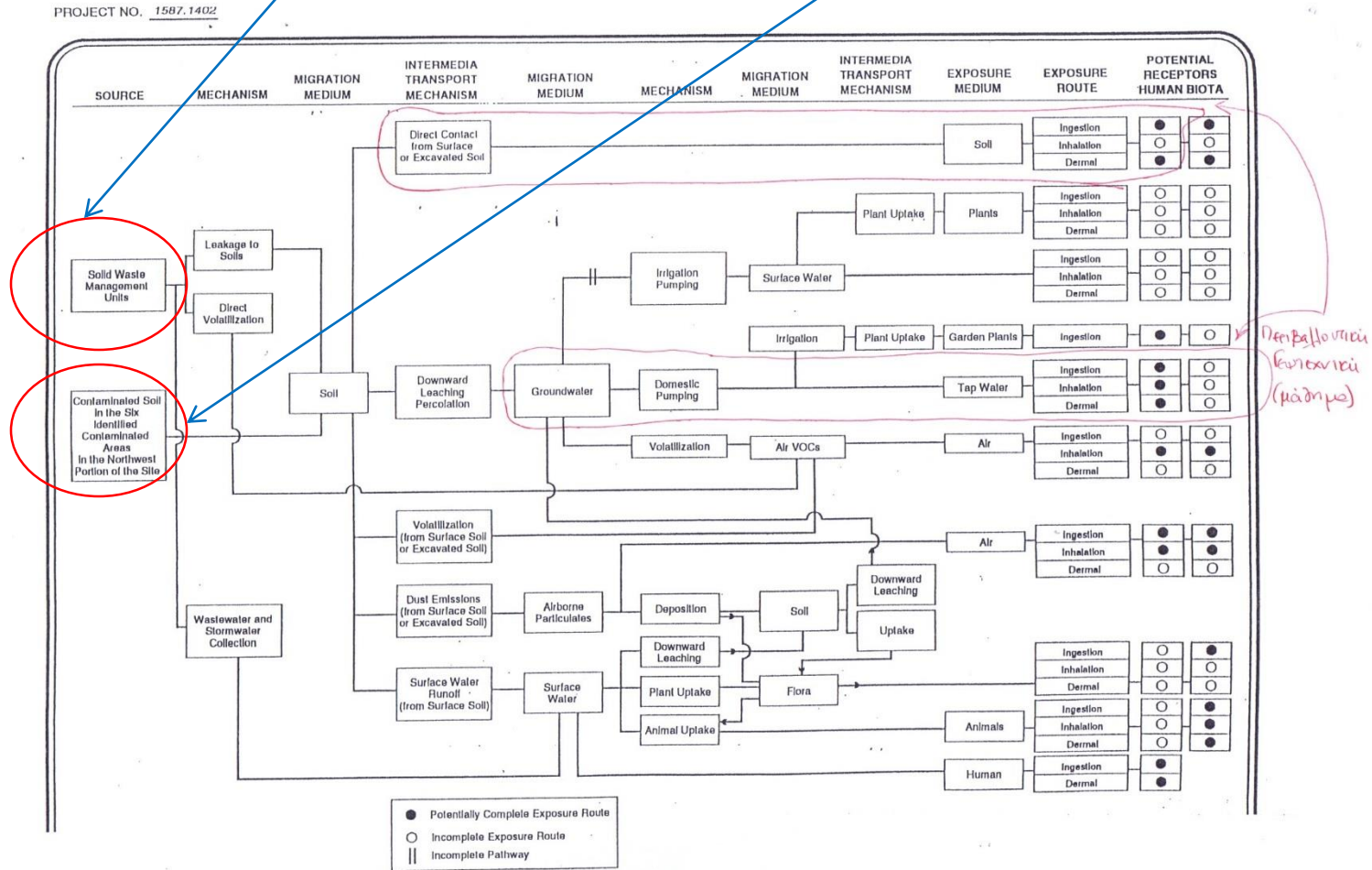
Αποδεκτός δείκτης κινδύνου = 1 = Δόση κατάποσης/ RfD + Δόση
δερματικής επαφής/ RfD

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{RfD} &= 0,6 \text{ mg} / \text{kg} \text{ ημ} \\ &= C [50+9,8] \text{ mg} / \text{ημ} \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg} \cdot 250 \text{ ημ} / \text{έτος} \cdot 25 \text{ έτη}] \\ &\quad / [70 \text{ kg} \cdot 25 \text{ έτη} \cdot 365 \text{ ημ} / \text{έτος}] \end{aligned}$$

$$\rightarrow C \approx 1.000.000 \text{ mg ουσίας} / \text{kg χώματος}$$

Ας σημειωθεί ότι καταλήξαμε σε μια παράλογα υψηλή τιμή συγκέντρωσης στο έδαφος (λόγος μάζας ρύπου: μάζα στερεών εδάφους 1:1!) γιατί το μείγμα πετρελαιοειδών είχε πολύ υψηλή τιμή RfD. Η απάντηση θα ήταν πολύ διαφορετική αν είχαμε συνυπολογίσει και το βενζόλιο, που συνήθως περιέχεται στα πετρελαιοειδή και το οποίο είναι γνωστό καρκινογόνο.

Εκτίμηση έκθεσης από μελέτη (χώροι απόθεσης αποβλήτων, ρυπασμένο έδαφος)



Πώς σχετίζονται αυτά που κάνουμε στο μάθημα με την πράξη;