

Το πρόβλημα: χρήση χημικών σε υπόγεια
έργα Πολιτικού Μηχανικού
→ διαρροή συστατικών
στο υπόγειο νερό

Παρουσίαση με βάση
Διπλωματική Εργασία
Ελευθερίας Σταματάκη

Χημικές ουσίες σε υπόγεια έργα?

- ✘ Εισπίεση χημικών ενεμάτων (grouts) για βελτίωση ιδιοτήτων (μείωση περατότητας, βελτίωση αντοχής)
- ✘ Χρήση πρόσθετων σκυροδέματος για αύξηση αντοχής, επιτάχυνση πήξης
 - διαρροή συστατικών ενεμάτων και προσθέτων στο υπόγειο νερό (κυρίως όσο τα υλικά είναι σε ρευστή φάση):

πρέπει να μας απασχολήσει;

Χημικά ενέματα: Περιστατικά - Νομοθεσία

- ✘ Προβλήματα σε σήραγγες στη Σουηδία (Hallandsasen) και Νορβηγία (Romeriksporten) από τη χρήση ενεμάτων ακρυλαμίδης
- ✘ Οδηγία για το πόσιμο νερό (98/83/ΕΚ) έχει θεσπίσει αυστηρό όριο για την ακρυλαμίδα
- ✘ Σύσταση (**2004/394/ΕΚ**) προτείνει περιορισμούς στη χρήση ακρυλαμίδης και σύνταξη οδηγιών χρήσης για χημικά ενέματα

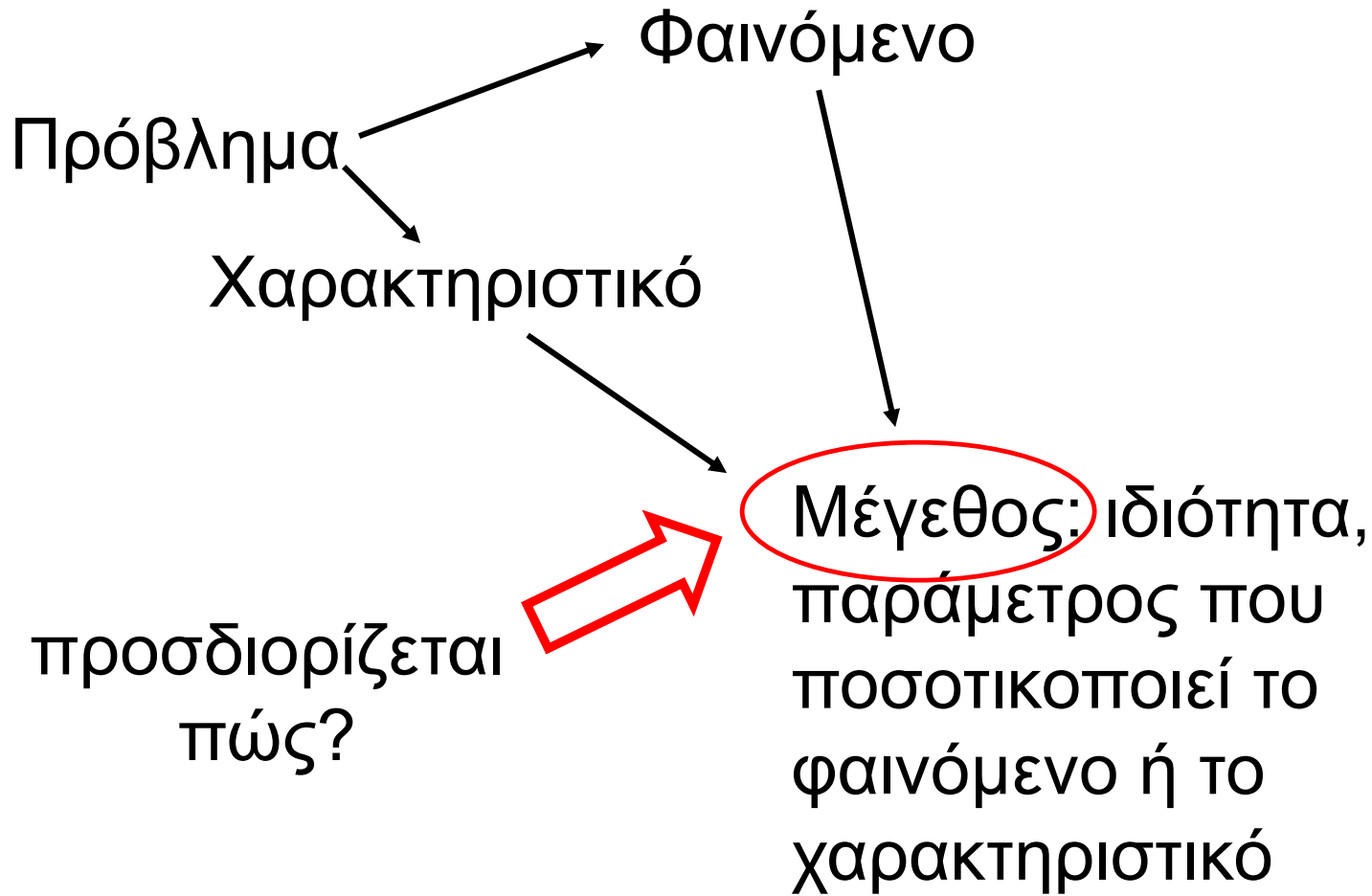
Πώς αξιολογούμε τα συστατικά των ενεμάτων/προσθέτων?

✘ Ε: πώς αξιολογούμε από γεωπεριβαλλοντική σκοπιά τα υλικά που χρησιμοποιούμε?

*γενικεύω
την
ερώτηση*

- ✘ Α: με βάση επιλεγμένα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά
- Τοξικότητα
 - Βιοσυσσώρευση
 - Επιμονή
 - Κινητικότητα

Μεθοδολογία αξιολόγησης



Εφαρμογή για δύο ακρυλικά ενέματα

Χημική ουσία	Τοξικότητα		Βιοσυσσώρευση logK _{ow}	Επιμονή T	Κινητικότητα K _p (l/kg)	
	οξεία έκθεση LD ₅₀ (mg/kg)	χρόνια έκθεση RfD (mg/kg-day) NOAEL (mg/kg-day)				
Συστατικά ενεμάτων με βάση την ακρυλαμίδα						
ακρυλαμίδα	107-203 ¹	0.0036 ¹ / 0.0002 ²	0.2 ² /0.5 ¹	-1.65 έως -0.67 ¹	18-95h ^{1,α} 30 ημ. ^{1,β}	0.0039 ¹
μεθυλακρυλαμίδα	1653-1938 ³		9.1 ³	-0.15 ³		
Συστατικά ενεμάτων με βάση ακρυλικά άλατα						
ακρυλικό οξύ	1800 ⁴ / 2500 ⁵	0.5 ²	53 ²	0.161-0.46 ⁵	<1 ημ. ^{5,α}	
μεθακρυλικό οξύ	1320-2260 ⁶ / 1800 ⁴		167 ⁷	0.93 ^{6,7} -0.99 ⁷	30 ημ. ^{7,β}	0.076-0.24 ⁷
Αναφορές: ¹ ECB (2002a), ² IRIS (2005), ³ UNEP (2002), ⁴ Karol (2003), ⁵ IPCS (1997), ⁶ UNEP (2001) ⁷ ECB (2002b)						
Σημειώσεις: ^α από πειράματα, ^β από συσχετίσεις						

Πώς μπορώ να συγκρίνω ενέματα από γεωπεριβαλλοντική σκοπιά;

✘ Προσδιορίζουμε τις ιδιότητες των συστατικών τους που είναι καθοριστικές από γεωπεριβαλλοντική σκοπιά: τοξικότητα, βιοσυσσώρευση, επιμονή, κινητικότητα

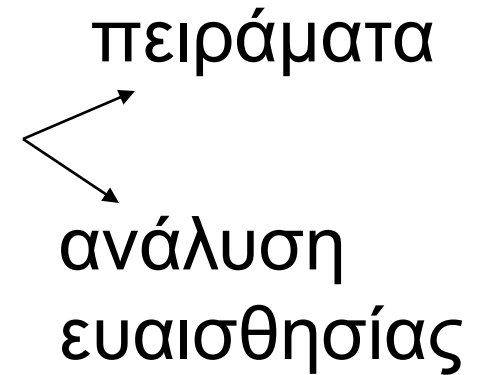
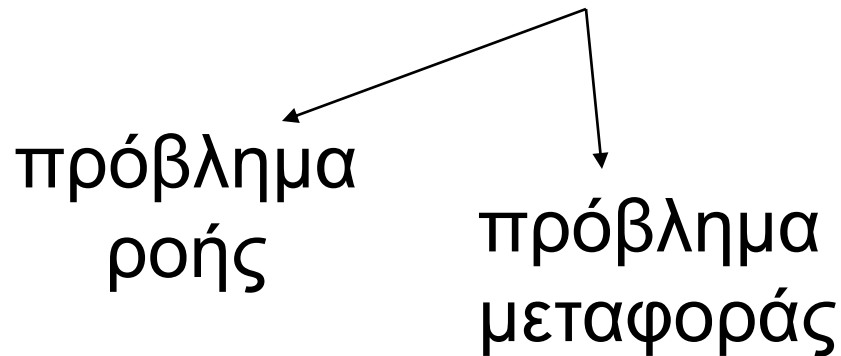
✘ Αναγνωρίζουμε τα πιο επίφοβα συστατικά

✘ Προσομοιώνουμε τη μεταφορά των επίφοβων συστατικών στο υπόγειο νερό: **για πόσο χρόνο μετά την εφαρμογή του ενέματος και για ποια απόσταση από τη σήραγγα αναμένονται συγκεντρώσεις μεγαλύτερες της οριακής;**

Προσομοίωση μεταφοράς σε υποθετικό περιστατικό

η γεωμετρία: δοσμένη

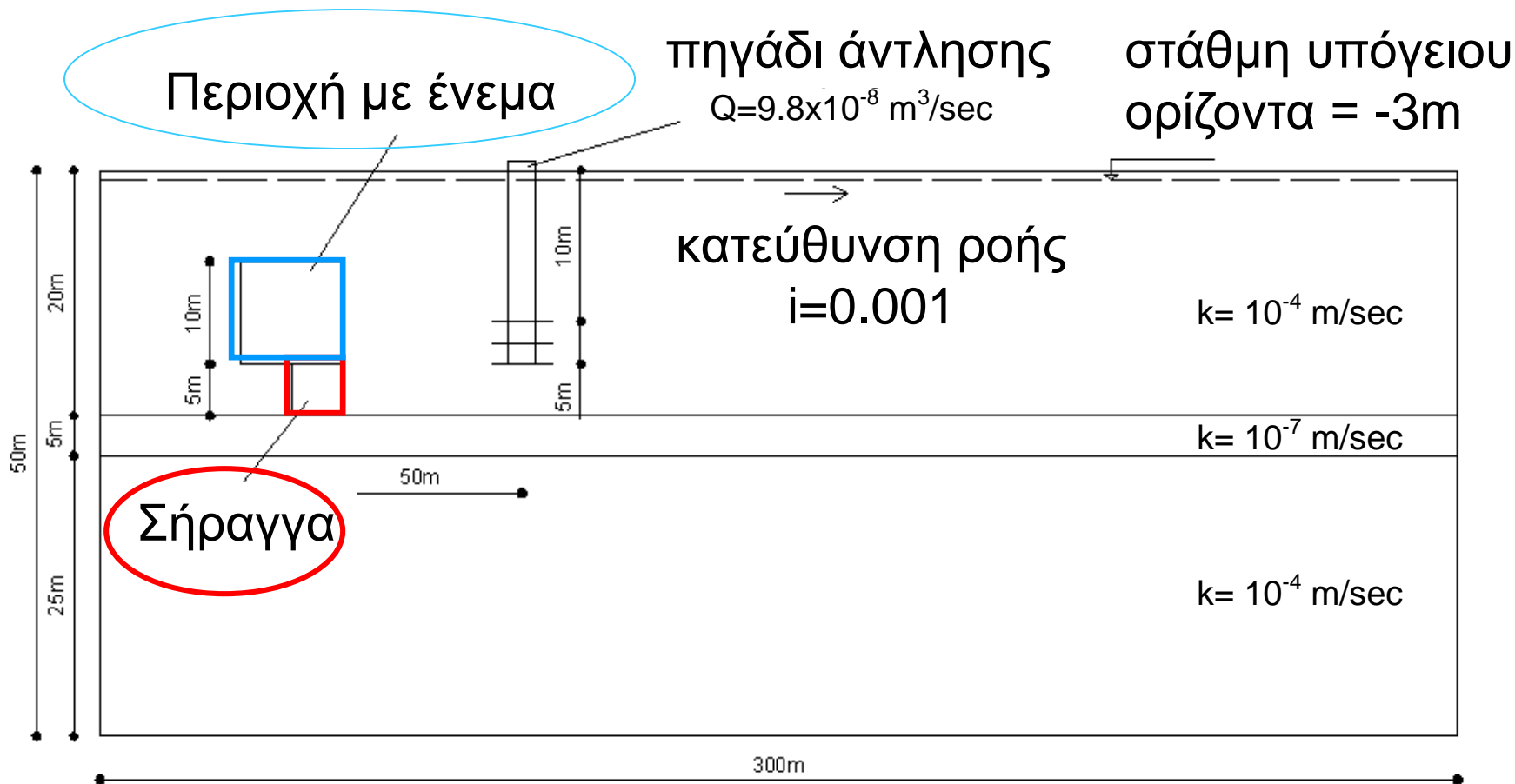
οι παράμετροι: αβεβαιότητα



Ο αριθμητικός κώδικας

- ✘ GMS (Groundwater Modeling System)
 - ✘ ενσωματώνει τα προγράμματα ροής MODFLOW και μεταφοράς MT3DMS
 - ✘ οι εξισώσεις ροής και μεταφοράς επιλύονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών
 - ✘ ο κώδικας μεταφοράς μπορεί να προσομοιώσει μεταγωγή, υδροδυναμική διασπορά, ρόφηση και υποβάθμιση

Μια υποθετική σήραγγα

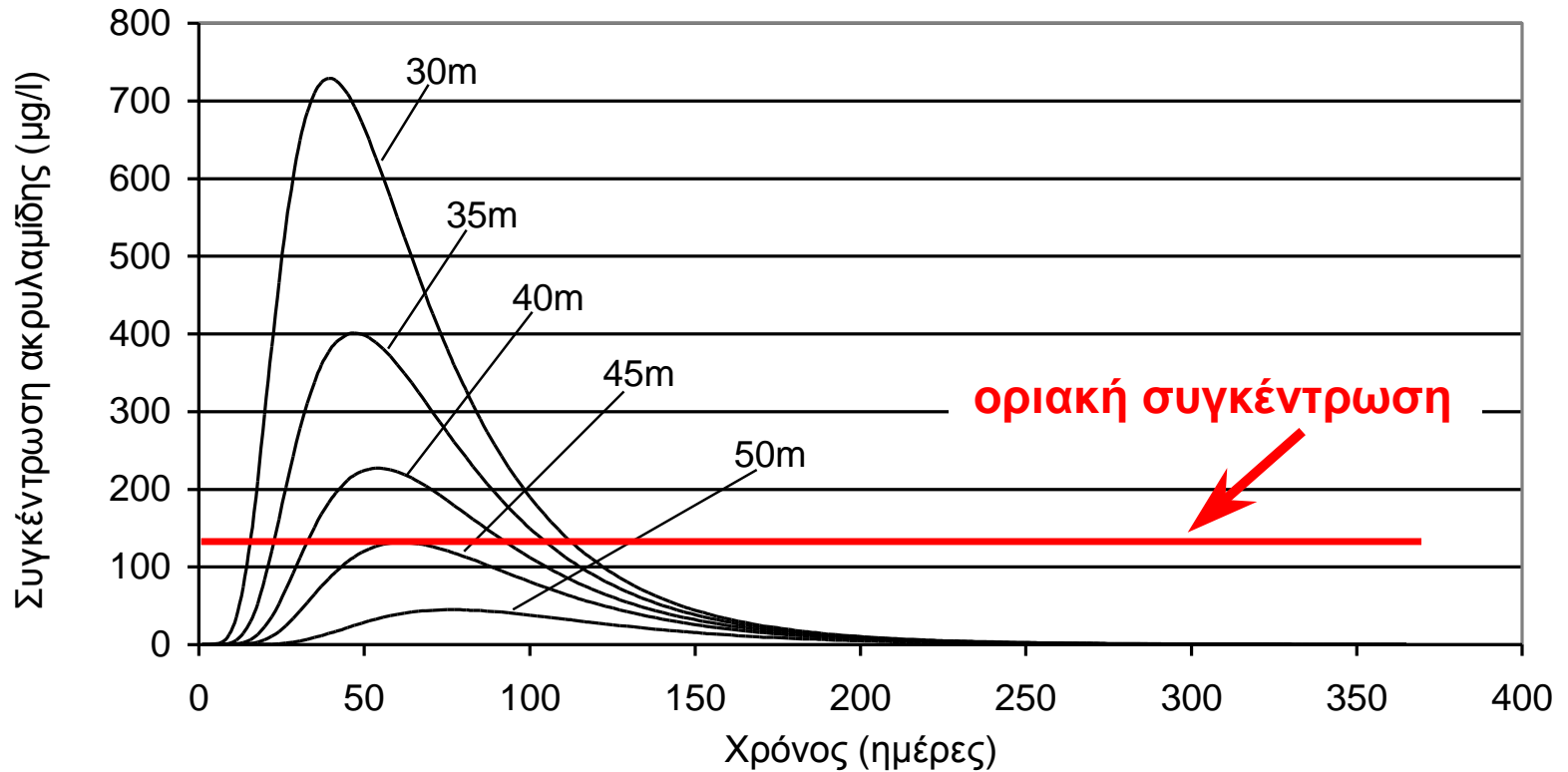


Οριζόντια διάσταση πεδίου ροής: 200 m

Οι υπόλοιπες παράμετροι...

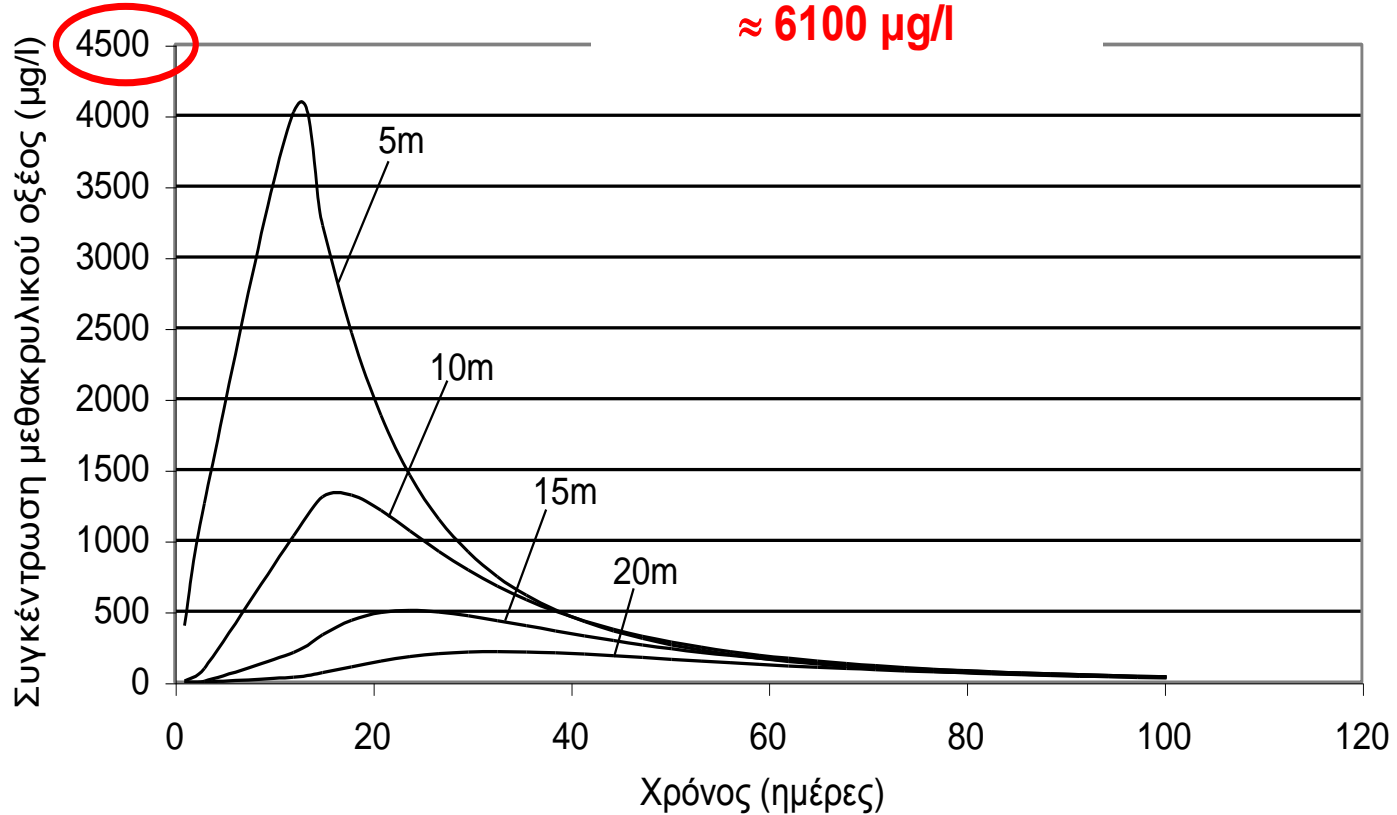
Συντ. διαμήκους διασποράς, α_L	20 m
Συντ. εγκάρσιας διασποράς, α_T	2 m
Συντελεστής διαχωρισμού, K_p	0.0039 l/kg – ακρυλ. 0.076 l/kg – μεθ. οξύ
Χρόνος ημιζωής	30 ημέρες
Συγκέντρωση στην πηγή (περιοχή με ένεμα)	292 mg/l – ακρυλ. 21.7 mg/l – μεθ. οξύ
Διάρκεια πηγής: σταθερή για 3 μέρες	γραμμική μείωση στο 0: σε 7 μέρες – ακρυλ. σε 12 μέρες – μεθ. οξύ
Οριακή συγκέντρωση (μετατροπή από δόση)	131.5 μ g/l – ακρυλ. 6095.5 μ g/l – μεθ. οξύ

Ένεμα ακρυλαμίδης



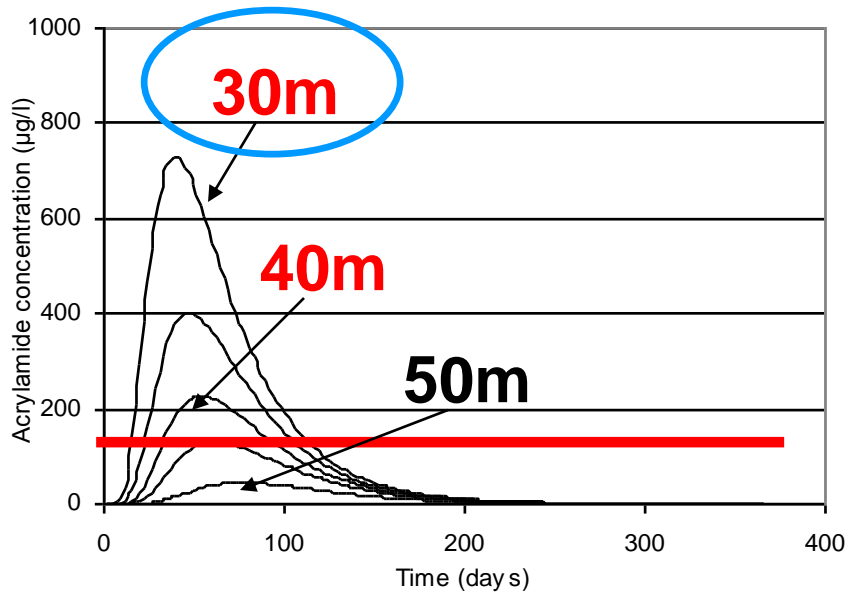
Ένεμα ακρυλικών αλάτων

Οριακή συγκέντρωση
 $\approx 6100 \mu\text{g/l}$



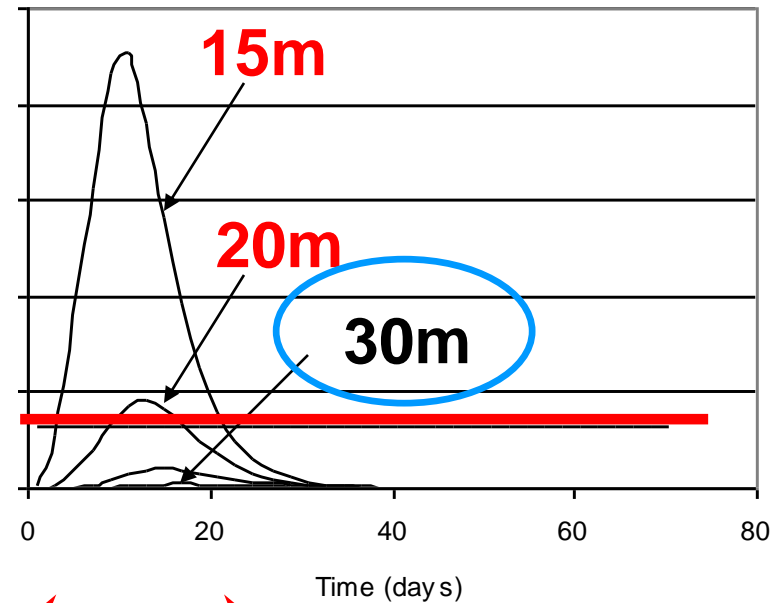
Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας

$T_{0.5} = 30$ ημέρες



≈ 120 ημέρες

$T_{0.5} = 3$ ημέρες



≈ 20 ημέρες

Συμπέρασμα

- ✘ Επειδή η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία δεν μπορεί να καλύψει κάθε περιβαλλοντική πτυχή ενός έργου...
- ✘ ...παραμένουν απαραίτητα τα εργαλεία που αποτιμούν τις γεωπεριβαλλοντικές επιπτώσεις ενός υπόγειου έργου

Βιβλιογραφικές αναφορές

- 98/83/ΕΚ: Οδηγία του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998, για την ποιότητα του πόσιμου νερού.
- 2004/394/ΕΚ: Σύσταση της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 29ης Απριλίου 2004, για τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των κινδύνων από τις ουσίες: ακετονιτρίλιο, ακρυλαμίδιο, ακρυλονιτρίλιο, ακρυλικό οξύ, βουταδιένιο, υδροφθόριο, υπεροξειδίο του υδρογόνου, μεθακρυλικό οξύ, μεθακρυλικό μεθύλιο, τολουόλιο, τριχλωροβενζόλιο.
- ECB – European Chemicals Bureau, (2002a), European Union Risk Assessment Report: Acrylamide, Series 1st Priority List, Vol. 24, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, <http://ecb.jrc.it/>
- ECB (2002b), European Union Risk Assessment Report: Methacrylic Acid, Series 1st Priority List, Vol. 25, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Βιβλιογραφικές αναφορές (συν.)

- Karol, R.H. (2003), Chemical Grouting and Soil Stabilization, Marcel Dekker Inc., New York, 3rd Edition.
- IPCS – International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 191: Acrylic Acid, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc191.htm>
- IRIS – Integrated Risk Information System (2005), <http://www.epa.gov/iris/> (accessed October 2005).
- UNEP – United Nations Environment Programme (2001), Assessment Report: Methacrylic Acid, UNEP Publications, <http://www.chem.unep.ch/>
- UNEP (2002), Assessment Report: Methacrylamide, UNEP Publications.

Βιβλιογραφία

- ✘ Πανταζίδου, Μ., Ε. Σταματάκη και Μ. Καββαδάς (2006). Μεταφορά στο Υπέδαφος Συστατικών Χημικών Ενεμάτων, 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Ξάνθη, 31 Μαΐου – 2 Ιουνίου.
- ✘ Σταματάκη, Ε. (2005). Χημικά Ενέματα και Πρόσθετα Σκυροδέματος σε Υπόγεια Έργα: Η Περιβαλλοντική Διάσταση. Διπλωματική Εργασία, Τομέας Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ.