

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ (9^ο ΕΞ. ΠΜ)

Ακαδ. έτος: 2009-10

8 Φεβρουαρίου 2010

[...]

• Δίνονται τα εξής δεδομένα, για όποιο ερώτημα μπορεί αυτά να χρειάζονται: πορώδες, $n=0.4$, κλάσμα οργανικού άνθρακα στο έδαφος, $f_{oc}=0.1\%$. Αν χρειάζεστε κι άλλο(α) δεδομένο(α) για κάποιο θέμα, εκτιμήσατε κατάλληλη(ες) τιμή(ες) γι' αυτό(ά). Αν κάποιο δεδομένο που δίνεται δεν χρειάζεται, το αγνοείτε.

[...]

Εκφώνηση

Αυτή η άσκηση αναφέρεται σε ένα περιστατικό παρόμοιο με αυτό της παρουσίασης που έκανε ο καθηγητής Sitar για την αποθήκη διαλυτών στη Σάντα Κλάρα της Καλιφόρνιας. Σύμφωνα με τη μελέτη χαρακτηρισμού ρυπασμένου χώρου, ανιχνεύτηκε στο έδαφος και το υπόγειο νερό μια σειρά από οργανικές ενώσεις, μεταξύ των οποίων και το τολουόλιο (toluene). Ο Πίνακας 1 δίνει τιμές που ανιχνεύτηκαν σε δείγματα εδάφους και δείγματα νερού από αντίστοιχα σημεία δειγματοληψίας (δηλαδή, σε κάθε μία από τις δύο θέσεις A και B, το εδαφικό δείγμα ελήφθη από την κορεσμένη ζώνη κοντά στη θέση της γεώτρησης από όπου ελήφθη το δείγμα νερού). Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 1, ζητείται να εκτιμήσετε αν είναι πιθανή η ύπαρξη τολουόλιου και σε μη υδατική μορφή (εκτός από την επιβεβαιωμένη παρουσία του σε διαλυμένη μορφή) στις θέσεις A και B. Σημείωση: αν και μάλλον θα βοηθήσει αν έχετε παρακολουθήσει τη συγκεκριμένη διάλεξη, δεν είναι απαραίτητο για να απαντήσετε αυτήν την ερώτηση.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων δειγμάτων εδάφους και υπόγειου νερού: συγκέντρωση τολουόλιου.

Θέση δειγματοληψίας	Συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα (mg/kg)	Συγκέντρωση στο δείγμα υπόγειου νερού (ppm = mg/L)
A	2.9	3.9
B	25.2	11

Λύση

♦ Βρίσκω τη διαλυτότητα του τολουόλιου $S_T=515$ mg/L από τον συνημμένο πίνακα της έγκυρης πηγής (La Grega et al., 1994). (Υπενθυμίζεται ότι η διαλυτότητα μιας ουσίας είναι η μέγιστη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στο νερό.) Οι μετρημένες τιμές δεν ξεπερνάνε τη διαλυτότητα, αλλά αυτό δεν είναι ένδειξη ύπαρξης μη υδατικής φάσης (γιατί;).

♦ Θα υπολογίσω (συνολική) συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα με βάση τη συγκέντρωση στο νερό και θα συγκρίνω με αυτήν που μετρήθηκε. Το σκεπτικό είναι το εξής: αν δεν

έχω μη υδατική φάση, περιμένω οι δυο τιμές να είναι παρόμοιες (λέω «παρόμοιες» και όχι «ίσες»), αφήνοντας περιθώριο για πειραματικές αποκλίσεις).

ΠΡΟΣΟΧΗ!! Διαβάζω προσεκτικά την εκφώνηση και βλέπω ότι είμαι στην κορεσμένη ζώνη. Άρα δεν έχω αέρα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!! Δεν βάζω τον αυτόματο πιλότο για να φτιάξω τη σχηματική αναπαράσταση του εδαφικού δοκιμίου της εδαφομηχανικής όπως στο λυμένο παράδειγμα υπολογισμού συνολικής μάζας. Στο παράδειγμα δεν είχα καμία συγκέντρωση. Χρειαζόμουν το εδαφικό δοκίμιο για να οπτικοποιήσω τον όγκο αναφοράς των συγκεντρώσεων στον αέρα και στο νερό καθώς και τη μάζα αναφοράς της συγκέντρωσης στη στερεά φάση. Δεν απαγορεύεται να κάνω ένα δοκίμιο, βέβαια, εννοείται, με τη διαφορά ότι εδώ ξέρω ότι έχω δύο φάσεις (νερό, στερεά φάση) κι αναρωτιέμαι αν έχω και τρίτη (μη υδατική). Δηλαδή έχω δύο εναλλακτικά πιθανά εδαφικά δοκίμια, ένα διφασικό (στερεά φάση – υδατική φάση) και ένα τριφασικό (στερεά φάση – υδατική φάση – μη υδατική φάση), κι αναρωτιέμαι ποιο είναι το πιο πιθανό.

♦ Από τον συνημμένο πίνακα (La Grega et al., 1994) βρίσκω:

$$K_{OC} = 300 \text{ mL/g} = 300 \text{ L/kg}$$

Δίνεται $f_{OC}=0.1\%$ (οριακά εντός του εύρους ισχύος της εκτίμησης για το συντελεστή διαχωρισμού) $K_p = K_{OC} \times f_{OC} = 0.3 \text{ L/kg}$

Υπενθυμίζεται:

K_p = συντελεστής διαχωρισμού στερεάς φάσης* – υδατικής φάσης (εξαρτάται από τύπο εδάφους και ρύπου)

*στερεά φάση = ανόργανοι εδαφικοί κόκκοι και οργανικά συστατικά (μάζα που αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από οργανικό άνθρακα)

K_{OC} = συντελεστής διαχωρισμού οργανικού άνθρακα – υδατικής φάσης (βρίσκεται από έγκυρες πηγές, ιδιότητα του ρύπου)

f_{OC} = ποσοστό οργανικού άνθρακα στο χώμα (χαρακτηριστικό του εδάφους)

♦ **Υπολογισμός μεγεθών αναφοράς (όγκος νερού, μάζα στερεών)**

Δίνεται $n=0.4$, υποθέτω $G_s=2.65$

Για όγκο αναφοράς εδαφικού δείγματος $V=1\text{cm}^3$

$V_w=0.4\text{cm}^3 = 0.4 \times 10^{-3} \text{ L}$ (εννοείται ότι αν υπάρχει μη υδατική φάση, θα έχω λίγο μικρότερο V_w)

$$V_s=0.6 \text{ cm}^3$$

$$M_s = G_s \rho_w V_s = 2.65 \times 1\text{g/cm}^3 \times 0.6\text{cm}^3 = 1.59 \text{ g} = 1.59 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

♦ **Υπολογισμός συνολικής μάζας σε 1cm^3**

(όπως λυμένο παράδειγμα υπολογισμού συνολικής μάζας)

ΘΕΣΗ Α

Ξεκινώ από τη συγκέντρωση στο νερό $C_{Tw} = 3.9 \text{ mg/L}$

Από τη συγκέντρωση στο νερό, θα υπολογίσω τη μάζα στο νερό, M_{Tw}

$$M_{Tw} = 0.4 \times 10^{-3} L \cdot 3.9 \text{ mg} / L = 1.56 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

Υπολογίζω συγκέντρωση στη στερεά φάση:

$$C_{Ts} = C_{Tw} \cdot K_p = 3.9 \text{ mg} / L \cdot 0.3 L / \text{kg} = 1.17 \text{ mg} / \text{kg}$$

Μάζα ροφημένη στη στερεά φάση:

$$M_{Ts} = 1.59 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot 1.17 \text{ mg} / \text{kg} = 1.86 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

Συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα

$$\frac{M_{Tw} + M_{Ts}}{M_s} = \frac{1.56 \times 10^{-3} \text{ mg} + 1.86 \times 10^{-3} \text{ mg}}{1.59 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 2.15 \text{ mg} / \text{kg}$$

Βλέπω ότι η συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα είναι ελαφρώς μικρότερη, αλλά συγκρίσιμη με την μετρηθείσα τιμή (2.9 mg/kg). Συμπεραίνω ότι μάλλον δεν υπάρχει μη υδατική φάση στη Θέση Α.

ΘΕΣΗ Β

Ξεκινώ από τη συγκέντρωση στο νερό $C_{Tw} = 11 \text{ mg/L}$

$$M_{Tw} = 0.4 \times 10^{-3} L \cdot 11 \text{ mg} / L = 4.4 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

Υπολογίζω συγκέντρωση στη στερεά φάση:

$$C_{Ts} = C_{Tw} \cdot K_p = 11 \text{ mg} / L \cdot 0.3 L / \text{kg} = 3.3 \text{ mg} / \text{kg}$$

Μάζα ροφημένη στη στερεά φάση:

$$M_{Ts} = 1.59 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot 3.3 \text{ mg} / \text{kg} = 5.2 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

Συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα

$$\frac{M_{Tw} + M_{Ts}}{M_s} = \frac{4.4 \times 10^{-3} \text{ mg} + 5.2 \times 10^{-3} \text{ mg}}{1.59 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 6 \text{ mg} / \text{kg}$$

Βλέπω ότι η συγκέντρωση στο εδαφικό δείγμα είναι αρκετά μικρότερη από τη μετρηθείσα τιμή (25.2 mg/kg). Συγκεκριμένα η διαφορά είναι σχεδόν μιας τάξης μεγέθους άρα η επιπλέον μάζα στο δείγμα μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη μη υδατικής φάσης στη Θέση Β.

LaGrega, M., P.L. Buckingham and J.C. Evans, 1994, Hazardous Waste Management, McGraw Hill.

Chemical name	Chemical formula	P	C	N	H	CASRN	Molecular weight (g/mole)	Water solubility (mg/L) (C)	S	Vapor pressure (mm Hg) (°C)	Diffusion coefficient in air (cm ² /s)	Henry's Constant H-exp(A-B/T) (Atm m ³ /mol); T (K)	Koc	Log Kow	pH	K	1/n	Friendly parameters (mg/kg)	Fish BCF (L/kg)	
1,2,4,5-Tetrachlorobenzene	C ₆ H ₂ Cl ₄		N			95-94-3	215.88	3.00E-01	22	1.00E-01	25		1.60E+03	4.67	S			1125	H	
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxin	C ₁₂ H ₄ Cl ₄ O ₂		N			1746-01-6	321.96	2.00E-04	25	1.00E-06	25		3.30E+06	6.72	A			5000	H	
1,1,1,2-Tetrachloroethane	C ₂ H ₂ Cl ₄		N			630-20-6	167.84	2.90E+03	20	5.00E+00	20		5.40E+01	3.03	Y					
Tetrachloroethene	C ₂ Cl ₄					127-18-4	165.82	1.50E+02	25	6.00E+01	190		3.64E+02	2.60	A					
2,4,5,6-Tetrachlorophenol	C ₆ H ₂ Cl ₄ O					58-90-2	231.88	1.00E+03	F	1.50E-01	20		9.80E+01	4.10	F			31	H	
Tetraethyl Lead	C ₈ H ₂₀ Pb					78-00-2	323.47	8.00E-01	20	1.00E+00	20		4.90E+03					240	H	
Thallium	Tl					7440-28-0	204.37	2.90E+03	E	1.00E+00	825									
Thallium Chloride	TlCl					7791-12-0	239.82	2.90E+03	E	1.00E+01	517									
Thallium Sulfate	Tl ₂ O ₄ S					7446-18-6	504.8	4.88E+04	21	0.00E+00										
Thioacetamide	C ₂ H ₅ NS					62-55-5	75.14	9.18E+05	13											
Thiourea	C ₁₂ N ₂ S					62-56-6	76.13	7.35E-01	B											
Tolidine	C ₁₄ H ₁₆ N ₂					119-93-7	212.32	5.15E+02	20	2.20E+01	20		1.60E+00	-1.14	G					
Toluene	C ₇ H ₈					108-88-3	92.15	1.50E+02	20	2.20E+01	20		3.00E+02	2.73	A			10.7	H	
o-Toluidine Hydrochloride	C ₇ H ₉ N.ClH					636-21-5	143.63	1.50E+04	J	1.00E-01	J		2.20E+01	1.29	J					
Toxaphene	C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈ (approx)					8001-35-2	413.8	5.00E-01	25	4.00E-01	25		9.64E+02	3.30	C			13100	H	
Tribromomethane	CHBr ₃					75-25-2	252.75	3.19E+03	30	5.60E+00	25		1.16E+02	2.40	C					
1,2,4-Trichlorobenzene	C ₆ H ₃ Cl ₃					120-82-1	181.44	3.00E-01	25	2.90E-01	25		9.20E+03	4.30	C			2800	G	
1,1,1-Trichloroethane	C ₂ H ₃ Cl ₃					71-55-6	133.4	4.40E+03	20	1.00E-02	20		1.52E+02	2.50	C			5.6	H	
1,1,2-Trichloroethane	C ₂ H ₃ Cl ₃					79-00-5	133.4	4.50E+03	20	1.00E-02	20		5.60E+01	2.47	A			5	H	
Trichloroethylene	C ₂ HCl ₃					79-01-6	131.38	1.10E+03	25	6.00E-01	20		1.26E+02	2.38	A			10.6	H	
Trichloron	C ₄ H ₉ Cl ₃ O ₄ P					52-68-6	257.44	1.54E+05	20	7.80E-06	20		6.10E+00	2.29	A					
Trichlorofluoromethane	CCl ₃ F					75-69-4	137.36	1.10E+03	20	6.67E-02	25		1.59E+02	2.53	D			5.6	0.24	
2,4,5-Trichlorophenol	C ₆ H ₃ Cl ₃ O					95-95-4	197.44	1.19E+03	25	1.00E+02	25		8.90E+01	3.72	A			110	H	
2,4,6-Trichlorophenol	C ₆ H ₃ Cl ₃ O					88-06-2	197.44	8.00E+02	25	1.20E-02	25		2.00E+03	3.87	A			150	H	
2,4,5-Trichlorophenoxyacetic Acid	C ₈ H ₅ Cl ₃ O ₃					93-76-5	255.48	2.06E+02	20	2.00E+00	20									
1,2,3-Trichloropropane	C ₃ H ₅ Cl ₃					96-18-4	147.43	1.90E+03	20	2.70E-02	20									
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	C ₂ Cl ₃ F ₃					76-13-1	187.37	1.70E+01	20	2.70E-02	20									
1,3,5-Trimethylbenzene	C ₉ H ₁₂					108-67-8	120.21	2.00E+02	15	2.00E+00	20									
syn-Trinitrofluorene (TNT)	C ₇ H ₅ N ₃ O ₆					118-96-7	227.15	8.00E+00	24	2.00E+00	20									
Tris(2,3-dibromopropyl) phosphate	C ₉ H ₁₅ Br ₆ O ₄ P					126-72-7	687.67	8.00E+00	24	2.00E+00	20									
Uracil Mustard	C ₈ H ₁₁ Cl ₂ N ₃ O ₂					66-75-1	252.12	6.41E+02	B	2.00E+00	20									
Urethane	C ₃ H ₇ NO ₂					51-79-6	89.11	4.27E+03	20	3.00E+01	78		3.10E+02	4.12	B			2.7	G	
Vinyl Chloride	C ₂ H ₃ Cl					75-01-4	62.5	1.75E+02	20	3.00E+01	20		5.70E+01	1.38	A			1.17	H	
m-Xylene	C ₈ H ₁₀					95-47-6	106.18	1.30E+02	20	6.28E+00	3.46E+03	AA	5.70E+01	2.95	F					
o-Xylene	C ₈ H ₁₀					108-38-3	106.18	1.30E+02	20	5.54E+00	3.22E+03	Z	5.70E+01	3.26	F					
p-Xylene	C ₈ H ₁₀					106-42-3	106.18	1.98E+02	20	3.00E+01	20		2.00E+03	3.15	F			7.3	85	
Xylene	C ₈ H ₁₀					1330-20-7	106.18	1.98E+02	20	3.00E+01	20		2.40E+02	3.26	F					
Zinc	Zn					7440-66-6	65.37	3.00E+00	D	3.00E+00									47	H

S = Source of data; P = Priority Poll; C = Haz; Substance List; N = App; IX; H = Haz; Air Poll; Calculated value.