Pitanja i zadaci uz predavanja 1.–7.

01 Od oborine do vodonosnika: osnove hidrogeokemije

A Teorijska pitanja

T1.1 Što proučava hidrogeokemija i koje dvije skupine procesa određuju kemijski sastav podzemne vode?

T1.2 Koja svojstva molekule vode objašnjavaju hidrataciju iona i kapilarno zadržavanje vode?

T1.3 Koji su glavni koraci hidrološkog ciklusa važni za prihranjivanje vodonosnika?

T1.4 Navedi glavne skupine tvari koje oborina može unijeti u tlo.

T1.5 Kako CO_2 utječe na pH čiste kišnice i kako se pH matematički definira?

T1.6 Koja je temeljna razlika između infiltracije i površinskog otjecanja?

T1.7 Što je hidrogeokemijski facijes i zašto je koristan?

T1.8 Koji podaci, osim koncentracija iona u jednokratno uzetom uzorku, pomažu pratiti razvoj kemijskog sastava vode na putu do izvora?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P1.1 U dvama izvorima izmjeren je gotovo isti pH, ali vrlo različita električna vodljivost. Zašto pH sam po sebi ne može poslužiti za procjenu mineralizacije?

P1.2 Nakon nekoliko tjedana suše prvi pljusak povisi koncentracije pojedinih iona u izvorskoj vodi. Kako je to moguće ako se izvor prihranjuje relativno slabo mineraliziranom oborinom?

P1.3 Zašto izraz „čista oborinska voda” ne znači „kemijski potpuno čista voda”?

P1.4 Koja dva različita izvora mogu povisiti koncentraciju klorida u oborini? Kako se njihovi doprinosi mogu razlikovati?

P1.5 Kako polaritet molekule vode istodobno olakšava otapanje iona i utječe na kretanje vode kroz sitne pore?

P1.6 Zašto veći intenzitet kiše ne mora značiti i proporcionalno veću prihranu vodonosnika?

P1.7 Na što upućuje istodobni rast koncentracija kalcija i hidrogenkarbonata tijekom podzemnog toka, a što iz toga još ne možemo zaključiti?

P1.8 Zašto uzorkovanje izvora u jednom terminu može prikriti njegove stvarne hidrogeokemijske promjene?

P1.9 Koja bi tri pokazatelja odabrao za razlikovanje brzog odgovora izvora na oborinu od vode koja je dulje reagirala sa stijenom? Obrazloži ograničenja takve procjene.

C Zadaci

Z1.1 Kiselost dviju oborina

Za dva oborinska događaja izmjereni su pH 5,4 i pH 4,0. Izračunaj koncentraciju H^+ u oba uzorka (uz pojednostavnjenu pretpostavku da je aktivnost približno jednaka koncentraciji) i odredi koliko je puta koncentracija H^+ veća u drugom uzorku. Navedi jednu moguću posljedicu prolaska takve vode kroz tlo.

Z1.2 Koliko se vode infiltrira?

Na sliv površine 0,80 km^2 tijekom jedne oborinske epizode padne 12 mm kiše. Pretpostavi da se 35 % oborine infiltrira kroz površinu tla, bez naknadnih gubitaka u ovom pojednostavnjenom proračunu. Izračunaj volumen oborine i infiltrirane vode u m^3. Je li infiltrirani volumen nužno jednak prihrani vodonosnika ili dotoku na izvoru?

Z1.3 Izdvoji učinak otapanja minerala

U oborini su Ca^{2+} = 2 mg/L i Cl^{-} = 5 mg/L, a u zdencu Ca^{2+} = 60 mg/L i Cl^{-} = 10 mg/L. Ako se klorid ponaša približno konzervativno i ako nema dodatnih izvora klorida, izračunaj očekivanu koncentraciju Ca^{2+} u zdencu zbog samog koncentriranja oborinske vode te „višak" Ca^{2+}. Koje je najjednostavnije objašnjenje dobivenoga viška?

Z1.4 Kako odabrati vrijeme uzorkovanja?

Izvor K nakon kiše brzo povećava protok i mutnoću, a električna mu vodljivost (EC) pada; izvor S na isti događaj reagira slabije i s odgodom od nekoliko dana. Predloži za svaki izvor dva termina uzorkovanja i dva pokazatelja koja bi pratio radi razlikovanja kratkotrajnih impulsa od stabilnijeg toka. Objasni izbor.

02 Trošenje, otapanje i taloženje silikata

A Teorijska pitanja

T2.1 Po čemu se primarni silikatni minerali razlikuju od sekundarnih?

T2.2 Koja je razlika između fizikalnog trošenja, kemijskog otapanja i taloženja minerala?

T2.3 Što je Goldichev niz stabilnosti minerala pri trošenju i kako se načelno odnosi prema Bowenovu reakcijskom nizu?

T2.4 Kako se razlikuju kongruentno i inkongruentno otapanje silikata?

T2.5 U kojem se kemijskom obliku otopljeni silicij najčešće pojavljuje u prirodnoj vodi približno neutralnog pH?

T2.6 Zašto Al može ostajati u sekundarnom mineralu dok Na odlazi u otopinu?

T2.7 Što znači da je aluminij amfoteran?

T2.8 Koji okolišni čimbenici utječu na nastanak sekundarnih minerala tijekom kemijskog trošenja?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P2.1 Zašto granit i bazalt u istim klimatskim uvjetima ne moraju dati vodu s istim dominantnim kationima?

P2.2 Zašto se tijekom trošenja feldspata može smanjivati njegov udio, a istodobno povećavati udio minerala glina u sedimentu?

P2.3 Mineral kristalizira na visokoj temperaturi. Što se na temelju Goldicheva niza može pretpostaviti o njegovoj stabilnosti u uvjetima površinskog trošenja?

P2.4 Zašto „više otopljenog silicija” ne znači nužno „više otopljenog aluminija”?

P2.5 Koji je geokemijski razlog da je aluminij potencijalno mobilniji i u izrazito kiselim i u izrazito lužnatim uvjetima?

P2.6 Zašto se u trošenju silikata razlikuju fizikalno usitnjavanje i kemijska transformacija, iako se obično odvijaju zajedno?

P2.7 Kako razlikovati povišenu koncentraciju Na^+ nastalu trošenjem feldspata od one uzrokovane unosom morske soli?

P2.8 Dva tla imaju sličan matični materijal, ali različite sekundarne minerale. Kojim bi okolišnim razlikama mogao objasniti tu pojavu?

P2.9 Zašto mjerenje samo koncentracije otopljenog Si u vodi nije dovoljno za određivanje brzine trošenja stijene?

C Zadaci

Z2.1 Olivin i potrošnja protona

U idealiziranom modelu trošenja forsterita vrijedi: $Mg_2SiO_4 + 4H^+ \rightarrow 2Mg^{2+} + H_4SiO_4$. Ako se otopi 0,30 mmol/L forsterita, izračunaj porast Mg^{2+} i H_4SiO_4 te potrošnju H^+ (sve u mmol/L).

Z2.2 Mineralni potpis dviju stijena

U vodi izvora A izmjereno je Ca^{2+} = 36 mg/L, Mg^{2+} = 22 mg/L i Na^+ = 7 mg/L, a u vodi izvora B Ca^{2+} = 8 mg/L, Mg^{2+} = 3 mg/L i Na^+ = 28 mg/L. Oba su izvora na području silikatne litologije, a koncentracije Cl^- su im slične. Za svaki izvor predloži vjerojatniji dominantni mineralni doprinos (mafični silikati ili sustav bogat Na-feldspatima). Navedi dva moguća ograničenja takva tumačenja.

Z2.3 Je li topljivost aluminija najmanja pri najvišem pH?

Tri uzorka imaju pH 4,2; 6,8 i 10,2. Na temelju amfoternosti aluminija odredi u kojem bi uzorku mogli prevladavati otopljeni kationski oblici, u kojem bi topljivost mogla biti niska, a u kojem raste važnost anionskih hidroksokompleksa aluminija. Objasni zašto na temelju pH ne možemo izračunati ukupnu koncentraciju otopljenog Al.

Z2.4 Maseni tok otopljenoga silicija

Izvor ima srednji protok 20 L/s, koncentracija otopljenog Si iznosi 11 mg/L, a procijenjena ulazna koncentracija u vodi koja prihranjuje izvor iznosi 2 mg/L. Uz pretpostavku stacionarnog stanja i da razlika potječe samo od trošenja stijena, procijeni neto maseni tok Si iz trošenja u kg/dan. Navedi ograničenja procjene.

03 Karbonatna ravnoteža i njezina primjena

A Teorijska pitanja

T3.1 Koja tri međusobno povezana ravnotežna procesa čine karbonatni sustav?

T3.2 Što opisuje Henryjev zakon za CO_2?

T3.3 Što označava CO_2^* (u dijelu literature $H_2CO_3^*$) i što obuhvaća otopljeni anorganski ugljik (DIC)?

T3.4 Kako se s porastom pH mijenja prevladavajuća karbonatna vrsta?

T3.5 Koja je razlika između alkaliteta i koncentracije otopljenoga anorganskog ugljika?

T3.6 Definiraj produkt topljivosti K_{sp}, ionski produkt aktivnosti (IAP) i indeks zasićenja (SI).

T3.7 Što znači da je sustav pri otapanju kalcita otvoren, odnosno zatvoren prema izmjeni CO_2?

T3.8 Kako se razlikuju ukupna, karbonatna i nekarbonatna tvrdoća?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P3.1 Kako je moguće da alkalitet vode ostane približno stabilan, a pH se pri izlasku izvora znatno povisi?

P3.2 Zašto je voda s pH 7,8 još uvijek potencijalno sposobna otapati kalcit?

P3.3 Zbog čega se na istom vodotoku mogu izmjenjivati područja otapanja i taloženja karbonata?

P3.4 Zašto samo koncentracije Ca^{2+} i Mg^{2+} nisu dovoljne za jednoznačan zaključak o omjeru vapnenca i dolomita u slivu?

P3.5 Što se može dogoditi s ravnotežom kalcita kada podzemna voda pri izlasku na površinu brzo otpušta CO_2?

P3.6 Zašto karbonatni sustav otvoren prema CO_2 može otopiti više kalcita od sustava bez daljnje izmjene plina?

P3.7 U čemu je praktična razlika između DIC-a, alkaliteta i ukupne tvrdoće?

P3.8 Zašto indeks zasićenja ne otkriva koliko će se brzo istaložiti sedra?

P3.9 Kako uzorak podzemne vode može promijeniti izmjereni pH između terena i laboratorija bez dodavanja kemikalija?

C Zadaci

Z3.1 CO_2 u zraku tla i atmosferi

Pri 25 °C uzmi Henryjevu konstantu $K_H = 0{,}033$ mol/(L·atm) i oblik Henryjeva zakona $[CO_2^*] = K_H \cdot pCO_2$. Izračunaj ravnotežnu koncentraciju otopljenog CO_2^* za $pCO_2 = 0{,}0004$ atm (atmosfera) i $pCO_2 = 0{,}010$ atm (zrak tla). Koliko se koncentracije razlikuju i što to sugerira o vodi koja prolazi kroz tlo?

Z3.2 Odnos Ca^{2+}, Mg^{2+} i HCO_3^-

U vodi su $Ca^{2+} = 1{,}00$ mmol/L, $Mg^{2+} = 0{,}20$ mmol/L i $HCO_3^- = 1{,}90$ mmol/L. U pojednostavnjenom modelu otapanja kalcita i dolomita ugljičnom kiselinom očekuje se $[HCO_3^-] \approx 2 \cdot ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$. Koliko izmjerena vrijednost odstupa od očekivane? Predloži dva moguća geokemijska objašnjenja.

Z3.3 Kako se SI mijenja pri porastu karbonatnog iona?

Pretpostavi $K_{sp}(\text{kalcit}) = 3{,}3 \times 10^{-9}$ i $a(Ca^{2+}) = 1{,}0 \times 10^{-3}$. U stanju A $a(CO_3^{2-}) = 1{,}0 \times 10^{-6}$, a u stanju B $a(CO_3^{2-}) = 1{,}0 \times 10^{-5}$. Izračunaj $SI = \log_{10}(IAP/K_{sp})$ za oba stanja i objasni značenje rezultata bez zaključivanja o brzini taloženja.

Z3.4 Procjena koncentracije otopljenog CO_2^*

Pri pH = 7,50 izmjerena je koncentracija $HCO_3^- = 2{,}00$ mmol/L. Uz $pK_1^* = 6{,}35$ i zanemariv doprinos CO_3^{2-} procijeni $[CO_2^*]$ iz približnog omjera $[HCO_3^-]/[CO_2^*] = 10^{pH - pK_1^*}$ te ukupnu koncentraciju DIC-a. Navedi ograničenja.

04 Redoks procesi u prirodnim vodenim sustavima

A Teorijska pitanja

T4.1 Što je oksidacija, što redukcija i kako se mijenja oksidacijski broj?

T4.2 Koja je uloga oksidansa i reducensa u redoks reakciji?

T4.3 Što označava Eh, na koju se referentnu elektrodu odnosi i po čemu se razlikuje od standardnog potencijala E°?

T4.4 Koje varijable obuhvaća Nernstova jednadžba?

T4.5 Koji je uobičajeni slijed prihvatitelja elektrona pri postupnom smanjenju dostupnosti kisika u vodonosniku?

T4.6 Što je denitrifikacija i koji njezini produkti mogu nastati?

T4.7 Kako redoks uvjeti utječu na specijaciju i mobilnost željeza u podzemnoj vodi?

T4.8 Koja dva različita redoks procesa mogu mobilizirati arsen?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P4.1 Zašto je nepouzdano samo na temelju jednog mjerenja Eh zaključiti jesu li uvjeti u vodonosniku oksidacijski ili redukcijski?

P4.2 Zašto nestanak nitrata u dubokom zdencu nije sam po sebi dokaz da nikad nije bilo poljoprivrednog opterećenja?

P4.3 Kako razgradnja organske tvari može posredno povećati otopljeni Fe^{2+} u podzemnoj vodi?

P4.4 Zašto prozirna podzemna voda može nakon nekoliko minuta izlaganja zraku postati narančasta?

P4.5 Kako oksidacija pirita može istodobno smanjiti pH i povećati koncentracije otopljenih elemenata?

P4.6 Zašto koncentracija arsena može rasti pri redukcijskom otapanju Fe(III) (oksi)hidroksida, iako se arsen ne mora oslobađati iz zasebnog arsenova minerala?

P4.7 Koja je razlika između reducensa i oksidansa u primjeru razgradnje organske tvari uz prisutan kisik?

P4.8 Kako kisik unesen tijekom uzorkovanja može promijeniti interpretaciju podzemne vode bogate Fe^{2+} i sulfidom?

P4.9 Zašto eutrofikacija površinske vode može poslije promijeniti redoks uvjete u sedimentima i susjednoj podzemnoj vodi?

C Zadaci

Z4.1 Koliko organske tvari treba za denitrifikaciju?

Za pojednostavnjenu stehiometrijsku reakciju $4NO_3^- + 5CH_2O + 4H^+ \rightarrow 2N_2 + 5CO_2 + 7H_2O$ pretpostavi da mikroorganizmi reduciraju 1,60 mmol/L NO_3^-. Izračunaj teorijsku potrošnju organske tvari izražene kao CH_2O i nastajanje N_2 (u mmol/L).

Z4.2 Elektronska bilanca za dušik

Dušik u NO_3^- ima oksidacijski broj +V, a u N_2 ima 0. Koliko elektrona trebaju primiti dva atoma dušika za nastanak jedne molekule N_2? Ako jedan atom ugljika u pojednostavnjenoj organskoj tvari CH_2O prelazi iz oksidacijskog stanja 0 u CO_2 (+IV), koliko takvih atoma ugljika treba oksidirati da se preda 20 elektrona? Koliko molekula N_2 može nastati redukcijom nitrata uz tu količinu elektrona?

Z4.3 Redoks slijed nizvodno

Duž zamišljenog smjera toka uzorkovane su tri vode: A: O_2 = 6 mg/L, NO_3^- = 22 mg/L, Fe^{2+} < 0,05 mg/L; B: O_2 < 0,1 mg/L, NO_3^- = 1,2 mg/L, Fe^{2+} = 0,10 mg/L; C: O_2 < 0,1 mg/L, NO_3^- < 0,2 mg/L, Fe^{2+} = 3,0 mg/L, uz prisutan sulfid. Poredaj ih prema očekivanom stupnju redukcije, navedi dva moguća procesa i jedno ograničenje tumačenja.

Z4.4 Maseni tok nitrata kroz presjek

Vodonosnim sustavom prolazi 5,0 L/s vode u kojoj je koncentracija NO_3^- 45 mg/L. Procijeni ulazni maseni tok NO_3^- u kg/dan. Ako se nizvodno denitrifikacijom ukloni 65 % tog toka, koliki tok preostaje? Pretpostavi stalan protok i izostanak dodatnih izvora.

05 Koloidi i sorpcija

A Teorijska pitanja

T5.1 Što su koloid, disperzna faza i disperzno sredstvo?

T5.2 Zašto smanjivanje veličine čestica, pri jednakoj ukupnoj masi i sličnom obliku, povećava njihovu specifičnu površinu?

T5.3 Što je električni dvosloj i što opisuje zeta-potencijal?

T5.4 Kako ionska jakost može djelovati na agregaciju koloida?

T5.5 Po čemu se razlikuju adsorpcija, apsorpcija i ionska izmjena?

T5.6 Što opisuju linearna, Freundlichova i Langmuirova izoterma?

T5.7 Što označava koeficijent raspodjele K_d i zašto njegova vrijednost nije univerzalna za određeni metal?

T5.8 Što je kapacitet kationske izmjene (CEC) i u kojim se jedinicama izražava?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P5.1 Kako metal može biti izmjeren u „filtriranoj vodi", iako nije prisutan isključivo kao slobodni otopljeni ion?

P5.2 Zašto smanjenje zeta-potencijala po apsolutnoj vrijednosti često olakšava agregaciju koloida?

P5.3 Kako ista glinovita barijera može u jednim okolnostima zadržavati onečišćivalo, a u drugima pridonositi njegovom transportu?

P5.4 Zašto promjena pH može osloboditi metal iz oksidne površine čak i ako nije došlo do otapanja samog minerala?

P5.5 Zašto se koeficijent K_d dobiven u destiliranoj vodi ne može automatski primijeniti na pornu vodu zaslanjenog vodonosnika?

P5.6 Kako bi se očekivana mobilnost aniona mogla razlikovati na pozitivno i negativno nabijenoj mineralnoj površini?

P5.7 Zašto velika specifična površina nije jedino svojstvo koje određuje učinkovitost prirodnog sorbenta?

P5.8 Kako se prirodne organske makromolekule mogu istodobno ponašati kao sorbenti i kao prijenosnici metala?

P5.9 Zašto se iz same vrijednosti CEC ne može zaključiti koji će se kation prvi zamijeniti na mineralu?

C Zadaci

Z5.1 Metali u trima operacijski definiranim frakcijama

U istom uzorku izmjereno je 160 µg/L ukupnog Fe bez filtracije, 100 µg/L Fe nakon filtracije membranom s veličinom pora 0,45 µm i 40 µg/L Fe nakon filtracije membranom s veličinom pora 0,02 µm. Izračunaj sadržaj Fe u frakcijama > 0,45 µm, 0,02–0,45 µm i < 0,02 µm te udio srednje frakcije u ukupnom Fe. Objasni zašto te frakcije nisu istovjetne kemijskim vrstama željeza.

Z5.2 Freundlichova izoterma sorpcije

Za zamišljeni sorbent vrijedi Freundlichova izoterma $q = K_F \cdot C_e^{\,n}$, pri čemu su $K_F = 2{,}0$ (mg/kg)/(mg/L)$^{0{,}60}$ i $n = 0{,}60$. Izračunaj q za $C_e = 4{,}0$ mg/L i $C_e = 9{,}0$ mg/L. Koliko puta poraste q i kako se taj porast razlikuje od porasta ravnotežne koncentracije u otopini?

Z5.3 Granica kapaciteta u Langmuirovu modelu

Primijeni Langmuirovu izotermu $q = q_{max} \cdot K_L \cdot C_e/(1 + K_L \cdot C_e)$, pri čemu su $q_{max} = 150$ mg/kg i $K_L = 0{,}50$ L/mg. Izračunaj q za $C_e = 2{,}0$ mg/L i $C_e = 10{,}0$ mg/L te objasni zašto peterostruko povećanje C_e ne dovodi do peterostrukog povećanja q.

Z5.4 Koliko Ca^{2+} može vezati izmjenjivač?

U 0,20 kg suhe gline kapacitet kationske izmjene (CEC) iznosi 15 cmol(+)/kg, odnosno 15 centimola pozitivnog naboja po kilogramu. Pretpostavi da se cijeli kapacitet može popuniti samo ionima Ca^{2+}. Izračunaj količinu tvari Ca^{2+} u molovima i masu Ca u gramima (M(Ca) = 40,1 g/mol).

06 Izotopi ugljika u istraživanju podzemnih voda

A Teorijska pitanja

T6.1 Koja je razlika između stabilnih izotopa ^{12}C i ^{13}C te radioaktivnoga ^{14}C?

T6.2 Što označavaju $\delta^{13}C$ i pMC te koje se izotopne veličine njima iskazuju?

T6.3 Koji su oblici otopljenoga anorganskog ugljika (DIC) u vodi?

T6.4 Kako ^{14}C iz atmosfere može dospjeti u podzemnu vodu?

T6.5 Koliko iznosi vrijeme poluraspada ^{14}C i kojom se jednadžbom opisuje jednostavan radioaktivni raspad?

T6.6 Što je početna aktivnost A_0 pri datiranju vode radiougljikom?

T6.7 Što je učinak dodavanja radiougljično „mrtvog" ugljika iz starih karbonata?

T6.8 Kako $\delta^{13}C$ može pomoći razlikovati biljne i karbonatne izvore C?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P6.1 Zašto niska aktivnost ^{14}C u DIC-u ne mora biti jednoznačan pokazatelj vrlo dugog vremena zadržavanja?

P6.2 Kako se prividna starost dobivena iz ^{14}C može promijeniti duž toka, a da promjena ne odražava samo protek vremena od prihranjivanja?

P6.3 Zašto početnu aktivnost A_0 treba procijeniti za konkretni vodonosnik, umjesto uvijek uzeti 100 pMC?

P6.4 Zašto $\delta^{13}C$-DIC vrijednost između signala tla i karbonata ne dokazuje jednostavno dvokomponentno miješanje?

P6.5 Kako se $\delta^{13}C$ i ^{14}C međusobno dopunjuju u procjeni podrijetla DIC-a?

P6.6 Zašto je pri procjeni starosti duboke geotermalne vode s niskom aktivnošću ^{14}C i razmjerno manje negativnim $\delta^{13}C$-DIC potreban poseban oprez?

P6.7 Koje bi podatke uz izotope ugljika prikupio prije tvrdnje da je vodonosnik obnovljiv na vremenskoj skali desetljeća?

P6.8 Koja je razlika između „starosti ugljika" i „starosti vode" u složenom podzemnom sustavu?

P6.9 Zašto mjerenje ^{14}C bez informacije o tome koji je ugljikov rezervoar analiziran može dovesti do pogrešne interpretacije?

C Zadaci

Z6.1 Dvije vode s jednakim ^{14}C, različitom početnom aktivnosti

Dva hipotetska uzorka imaju aktivnost ^{14}C od A = 35 pMC. Za uzorak A početna aktivnost procijenjena je na A_0 = 85 pMC, a za uzorak B na A_0 = 55 pMC. U idealiziranom zatvorenom sustavu izračunaj modelnu starost $t = (5730/\ln 2) \cdot \ln(A_0/A)$ i usporedi rezultate.

Z6.2 Miješanje triju izvora ugljika u DIC-u

Pri idealiziranom trenutačnom miješanju 50 % ukupnog ugljika potječe iz mladog izvora (100 pMC), 30 % iz starog karbonata (0 pMC), a 20 % iz dubljeg rezervoara (20 pMC). Izračunaj dobivenu vrijednost pMC u DIC-u i objasni zašto ona ne predstavlja starost vode.

Z6.3 Obrnuti račun izvora $\delta^{13}C$

Pretpostavi dva izvora ugljika, bez izotopne frakcionacije: ugljik biljnog podrijetla s $\delta^{13}C = -24$ ‰ i karbonatni ugljik s $\delta^{13}C = +1$ ‰. Smjesa ima $\delta^{13}C = -14$ ‰. Procijeni udio karbonatnog ugljika jednostavnom linearnom aproksimacijom i navedi zašto takva procjena može biti nesigurna za stvarni DIC.

Z6.4 Promjena signala u razmjerno kratkom razdoblju

U istom zdencu u ožujku izmjereni su ^{14}C-DIC = 70 pMC, δ^{13}C-DIC = −12 ‰ i Ca^{2+} = 1,0 mmol/L, a u travnju ^{14}C-DIC = 61 pMC, δ^{13}C-DIC = −8 ‰ i Ca^{2+} = 1,8 mmol/L. Može li radioaktivni raspad ^{14}C tijekom jednog mjeseca objasniti tu promjenu? Predloži vjerojatnije procese i barem jedno dodatno mjerenje.

07 Izotopi kisika i vodika u istraživanju podzemnih voda

A Teorijska pitanja

T7.1 Koji su stabilni izotopi H i O najčešći hidrološki tragači, a koji radioaktivni?

T7.2 Kako se definira δ-vrijednost stabilnih izotopa vode?

T7.3 U čemu se razlikuju ravnotežna i kinetička izotopna frakcionacija?

T7.4 Što opisuje Rayleighova izotopna frakcionacija pri nastanku oborina?

T7.5 Koji su najvažniji klimatski i geografski utjecaji na $\delta^{18}O$ i $\delta^{2}H$ oborina?

T7.6 Što znače GMWL i LMWL?

T7.7 Kako se izračunava deuterijski eksces (d)?

T7.8 Koliko približno iznosi vrijeme poluraspada tricija i zašto samo njegova koncentracija ne određuje jednoznačno starost podzemne vode?

B Pitanja za razumijevanje i promišljanje

P7.1 Dvije vode imaju gotovo isti sadržaj Ca^{2+}, ali različit $\delta^{18}O$. Što to govori o ograničenjima ionskog sastava kao tragača podrijetla?

P7.2 Zašto pad temperature i postupna kondenzacija tijekom kretanja vlažne zračne mase u pravilu dovode do sve negativnijih vrijednosti $\delta^{18}O$ u preostaloj pari?

P7.3 Kada je za tumačenje podataka prikladniji lokalni, a kada globalni meteorski pravac?

P7.4 Zašto izotopni sastav jezerske vode može biti obogaćen teškim izotopima u odnosu na oborine koje ga prihranjuju?

P7.5 Koja je pogreška ako se iz jedne vrijednosti $\delta^{18}O$ podzemne vode izravno izračuna točna nadmorska visina prihrane?

P7.6 Zašto prisutnost tricija ne znači da je sva voda u zdencu mlada?

P7.7 Zašto usporedba ^{3}H i ^{3}He može bolje ograničiti vremensku komponentu nego sam ^{3}H?

P7.8 Kako obilna proljetna prihrana može promijeniti izotopni potpis izvora i bez promjene geološke litologije?

P7.9 Zašto dvije točke blizu globalnoga meteorskog pravca nisu dokaz da između dviju voda nema miješanja?

C Zadaci

Z7.1 Deuterijski eksces dvaju uzoraka

Uzorak A ima $\delta^{18}O = -8{,}0$ ‰ i $\delta^{2}H = -56$ ‰, a uzorak B ima $\delta^{18}O = -6{,}0$ ‰ i $\delta^{2}H = -46$ ‰. Izračunaj $d = \delta^{2}H - 8\delta^{18}O$ za oba uzorka te odstupanja od klasičnog globalnog meteorskog pravca (GMWL: $\delta^{2}H = 8\delta^{18}O + 10$ ‰). Predloži opreznu interpretaciju.

Z7.2 Provjeri miješanje s dva neovisna tragača

Voda A: $\delta^{18}O = -10{,}0$ ‰, $Cl^{-} = 8$ mg/L. Voda B: $\delta^{18}O = -6{,}0$ ‰, $Cl^{-} = 40$ mg/L. Smjesa ima $\delta^{18}O = -8{,}4$ ‰ i $Cl^{-} = 20{,}8$ mg/L. Pretpostavi samo konzervativno miješanje bez frakcionacije i izračunaj udio B zasebno iz $\delta^{18}O$ i Cl^{-}. Jesu li rezultati usklađeni?

Z7.3 Tricij nakon 18,5 godina

Pretpostavi izoliranu vodenu masu s početnim sadržajem tricija od 10,0 TU. Uz $T_{1/2}(^{3}H) = 12{,}32$ godine i bez miješanja izračunaj koliko bi TU preostalo nakon 18,5 godina primjenom $A(t) = A_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$. Zašto se taj jednostavni model ne može nekritički primijeniti na otvoreni vodonosnik?

Z7.4 Obrnuta procjena visine prihrane

Za lokalne oborine utvrđeno je $\delta^{18}O = -7{,}2$ ‰ na visini od 200 m n. v., uz visinski gradijent od −0,25 ‰ na 100 m. Izvor ima $\delta^{18}O = -8{,}7$ ‰. Uz pretpostavku istoga gradijenta, bez isparavanja i miješanja, procijeni reprezentativnu nadmorsku visinu prihranjivanja. Navedi dvije nesigurnosti.

Završni integracijski zadaci

Primijeni znanje iz svih sedam predavanja. Pri složenijim zaključcima navedi koje bi dodatne podatke trebalo prikupiti.

I.1 Izvor nakon pljuska: koja je voda stigla?

Tri uzorka krškog izvora: prije kiše (EC = 510 µS/cm, Ca^{2+} = 76 mg/L, HCO_3^- = 230 mg/L, $\delta^{18}O$ = −9,2 ‰); za vrijeme vrha protoka (EC = 340 µS/cm, Ca^{2+} = 51 mg/L, HCO_3^- = 155 mg/L, $\delta^{18}O$ = −8,2 ‰); nakon tri dana (EC = 465 µS/cm, Ca^{2+} = 69 mg/L, HCO_3^- = 210 mg/L, $\delta^{18}O$ = −8,9 ‰). Oborina ima $\delta^{18}O$ = −7,7 ‰. (a) Opiši hidrogeokemijski i izotopni odgovor. (b) Predloži mehanizam. (c) Koja bi dva dodatna mjerenja najbolje provjerila hipotezu?

I.2 Zaslanjivanje i ionska izmjena uz obalu

Slatka podzemna voda sadrži Cl^- = 20 mg/L, Na^+ = 10 mg/L i Ca^{2+} = 40 mg/L. Za morsku vodu pretpostavi Cl^- = 19 000 mg/L, Na^+ = 10 800 mg/L i Ca^{2+} = 400 mg/L. U zdencu su izmjereni Cl^- = 210 mg/L, Na^+ = 100 mg/L i Ca^{2+} = 100 mg/L. (a) Iz klorida procijeni udio morske vode linearnim modelom miješanja. (b) Izračunaj očekivane koncentracije Na^+ i Ca^{2+} bez dodatnih reakcija. (c) Koje procese sugeriraju odstupanja i kako bi ih provjerio?

I.3 Je li voda stara ili miješana?

U dubokom zdencu izmjereni su ^{14}C-DIC = 35 pMC, procijenjena početna aktivnost A_0 = 70 pMC, $\delta^{13}C$-DIC = −10 ‰ i ^3H = 1,5 TU. (a) Izračunaj modelnu starost na temelju ^{14}C za idealizirani zatvoreni sustav; uzmi $T_{1/2}(^{14}C)$ = 5730 godina. (b) Zašto prisutnost mjerljivog tricija otežava tumačenje? (c) Koji procesi mogu dodatno promijeniti ^{14}C i $\delta^{13}C$ u DIC-u?

I.4 Redoks i koloidni prijenos arsena

U vodonosniku uz glinovite slojeve uzorak U ima O_2 = 5 mg/L, Fe^{2+} < 0,05 mg/L i ukupni As = 4 µg/L. Uzorak D ima O_2 < 0,1 mg/L, Fe^{2+} = 2,5 mg/L, ukupni As = 46 µg/L i As nakon filtracije kroz membranu s veličinom pora 0,02 µm = 18 µg/L. (a) Koji je proces mogao povisiti koncentraciju As u uzorku D? (b) Koliki je udio ukupnog As u operacijski definiranoj frakciji > 0,02 µm? (c) Kako bi razlikovao doista otopljeni As od arsena koji se prenosi s koloidima?

I.5 Od stijene do sedimenta: objedinjena interpretacija

Voda izvora na kontaktu silikatnih i karbonatnih stijena ima Ca^{2+} = 1,50 mmol/L, Mg^{2+} = 0,25 mmol/L, Na^+ = 0,40 mmol/L, Si = 7 mg/L, HCO_3^- = 3,0 mmol/L, pH = 8,1 i IAP/K_{sp}(kalcit) = 4,0. Tijekom prolaska kroz rubni dio jezera opaža se povećana mutnoća, a $\delta^{18}O$ jezerske vode manje je negativan od $\delta^{18}O$ izvorske vode. (a) Izračunaj SI kalcita. (b) Navedi najmanje dvije mineralne reakcije koje bi mogle objasniti kemijski sastav. (c) Objasni što može upućivati na isparavanje i zašto se metali mogu prenositi s koloidima. (d) Koje dodatne podatke treba prikupiti prije zaključka o taloženju kalcita i transportu onečišćivala?