

GEOMEDICINA

Uvod

Medicinska geokemija

- ❖ Proučevanje učinkov geokemičnih procesov in geoloških dejavnikov na zdravje ljudi in živali

Geomedicina

- ❖ Proučevanje geografske porazdelitve bolezni

Klasifikacije kemijskih prvin

- ❖ Periodni sistem
- ❖ Glavne in sledne prvine
- ❖ Geokemična klasifikacija po afiniteti
- ❖ Bistvene in nebistvene prvine

1 H 1.008	Major Element																2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.99	12 Mg 24.305	Minor Element										13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.060	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 to 71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.20	77 Ir 192.20	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.88	82 Pb 207.20	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn 222.02
87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89 to 103	89 to 103	104 Rf 261.10	105 Db 262.11	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)		114 Uuq (289)		116 Uuh (289)	

Atomic Number ← 27
 Symbol ← Cu
 Atomic Weight ← 63.546

Noble Gases

Toxic Element

57 to 71	Lanthanides	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
89 to 103	Actinides	89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu 244.06	95 Am 243.06	96 Cm 247.07	97 Bk 247.07	98 Cf 251.08	99 Es 252.08	100 Fm 257.10	101 Md 258.10	102 No 259.10	103 Lr 262.11

Glavne in sledne prvine

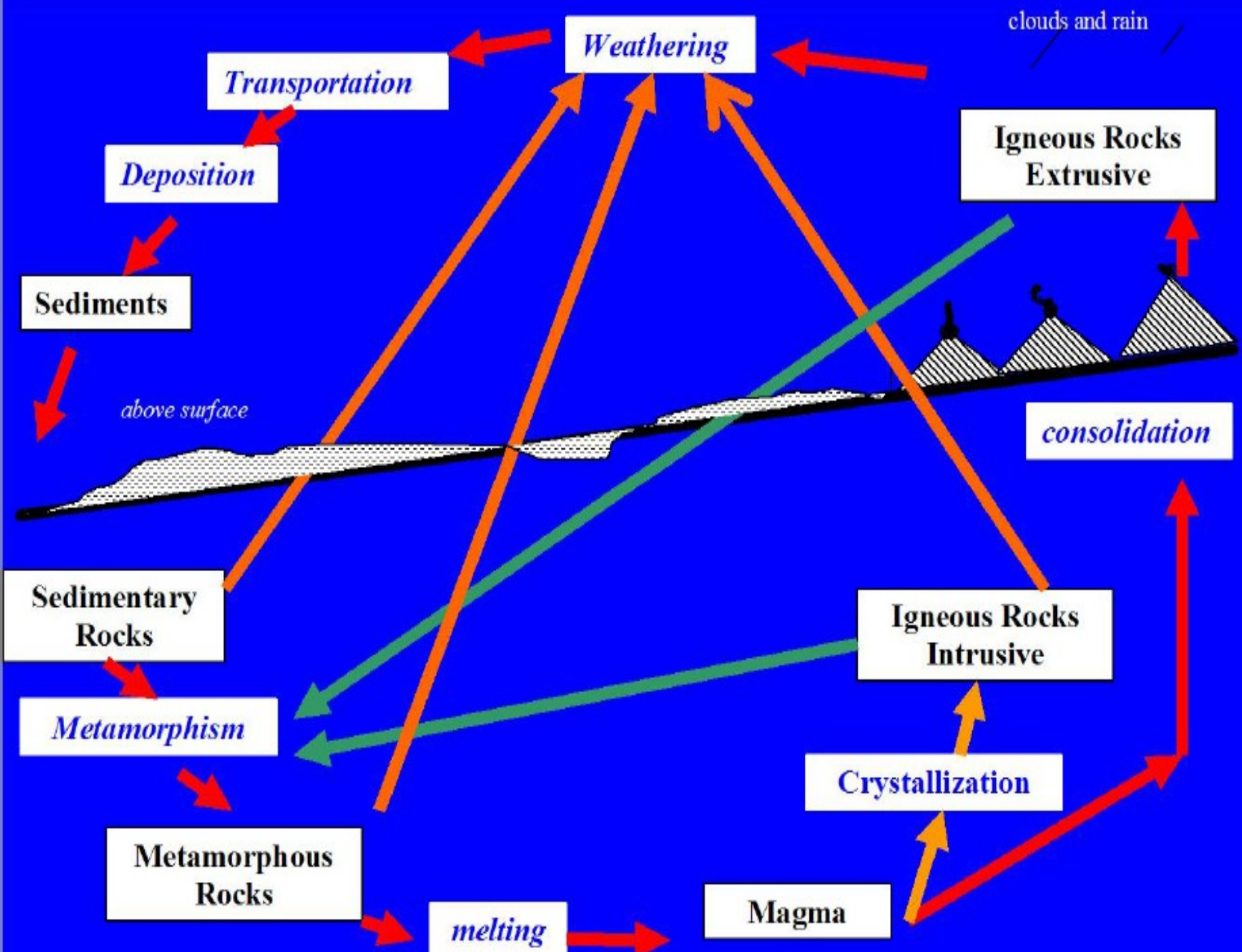
- ❖ Glavne (major) prvine – vsebnosti nad 1% (1g/100g)
- ❖ Stranske (minor) prvine – vsebnosti 0,1 – 1%
- ❖ Sledne (trace) prvine – vsebnosti pod 0,1 %
 - ❖ ppm – parts per million ($\mu\text{g/g}$ – 10^{-6} g/g)
 - ❖ ppb – parts per billion (ng/g - 10^{-9} g/g)

Vsebnost glavnih prvin

	Zemljina skorja	Človeško telo
O	46,6 %	65,4%
Si	27,7 %	260 ppm (0,026%)
Al	8,1 %	
Fe	5,0 %	60 ppm (0,006%)
Ca	3,6 %	1,4%
Na	2,8 %	0,14%
K	2,6 %	0,34%
Mg	2,1 %	0,5%
C	2 ppm (0,02%)	19,4%
H	15 ppm (0,15%)	9,3%
N	0,2 ppm (0,002%)	5,1%

Geokemična klasifikacija po afiniteti

Klasifikacija	Značilnosti	Prevladujoče prvine
Siderofilne	Samorodne prvine oz. zlitine z železom - rude	Au, C, Co, Fe , Ge, Mo, Ni, P, skupina Pt, (Pb), Sn, (W)
Halkofilne	Vezava z žveplom v sulfide - rude	Ag, As, (Au), Cd, Cu , (Fe), Hg, (Mo), Pb, S, Sb, Se, Zn
Litofilne	Prvine skorje - silikati, oksidi, karbonati	Al , Ba, Ca , (Fe), Li, K , Mg , Na , Rb, REE, Sr, U
Atmofilne	V ozračju	(C), H , He, Hg, N , O , žlahtni plini
Hidrofilne	V vodni fazi pri magmatskih procesih	Au, Be, Cl, Li, Mo, Nb, Sn



Geološke in biološke spremembe v času

Čas (pred mio let)	Biološke spremembe	Interpretacija	0 %	Izgube Fe ²⁺ , S ²⁻ , Se ²⁻ , H ₂ , MoS ₄ ²⁻ , NH ₃ , CO ₂	Obogatitve Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Cd ²⁺ , Fe ³⁺ , MoO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , I ₂ , SeO ₄ ²⁻	Nespremenjeno Mn ²⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , Si(OH) ₄ , HPO ₄ ²⁻
400	Velike ribe, kopenske rastline		100			
550	Kambrijska fauna	Lupinasti metazoji, absorbcija preko zunanje lupine	10			
670	Ediakarijska fauna	Metazoji, kolagen	1			
1400	Večje celice	Eukariotske celice	>1			
2000	Povečanje celic z odebeljeno skorjo	Kisik tolerirajoče modro-zelene cepljivke	1			
2800	Filamentene verige, stromatoliti	Podobni modro-zelenim cepljivkam	0,1			
3500	Stromatoliti, osiromašeneje s ¹³ C	Predhodniki modro-zelenih cepljivk	<0,01			
3800	Ritmično pasaste kamnine, osiromašeneje s ¹³ C	Mikrobni organizmi (?)	<0,01			



Bistvene prvine

- ❖ Prisotne v zdravih tkivih
- ❖ Stalna koncentracija
- ❖ Pomanjkanje povzroča fiziološke nenormalnosti
- ❖ Ponovno dodajanje simptome odpravi
- ❖ Fiziološke spremembe, ki so posledica pomanjkanja ali prebitka prvine, je možno preprečiti in zdraviti

Bistvene prvine za živali in rastline

Za vse	Za večino razredov	Za nekatere razrede	Za nekatere vrste	Mogoče bistvene
H, C, N	Si, V, Co	B, F, Cr	Li, Al, Ni	Rb, Sn
O, Na, Mg	Mo, I	Br	Sr, Ba	
P, S, Cl				
K, Ca, Mn				
Fe, Cu, Zn, Se				

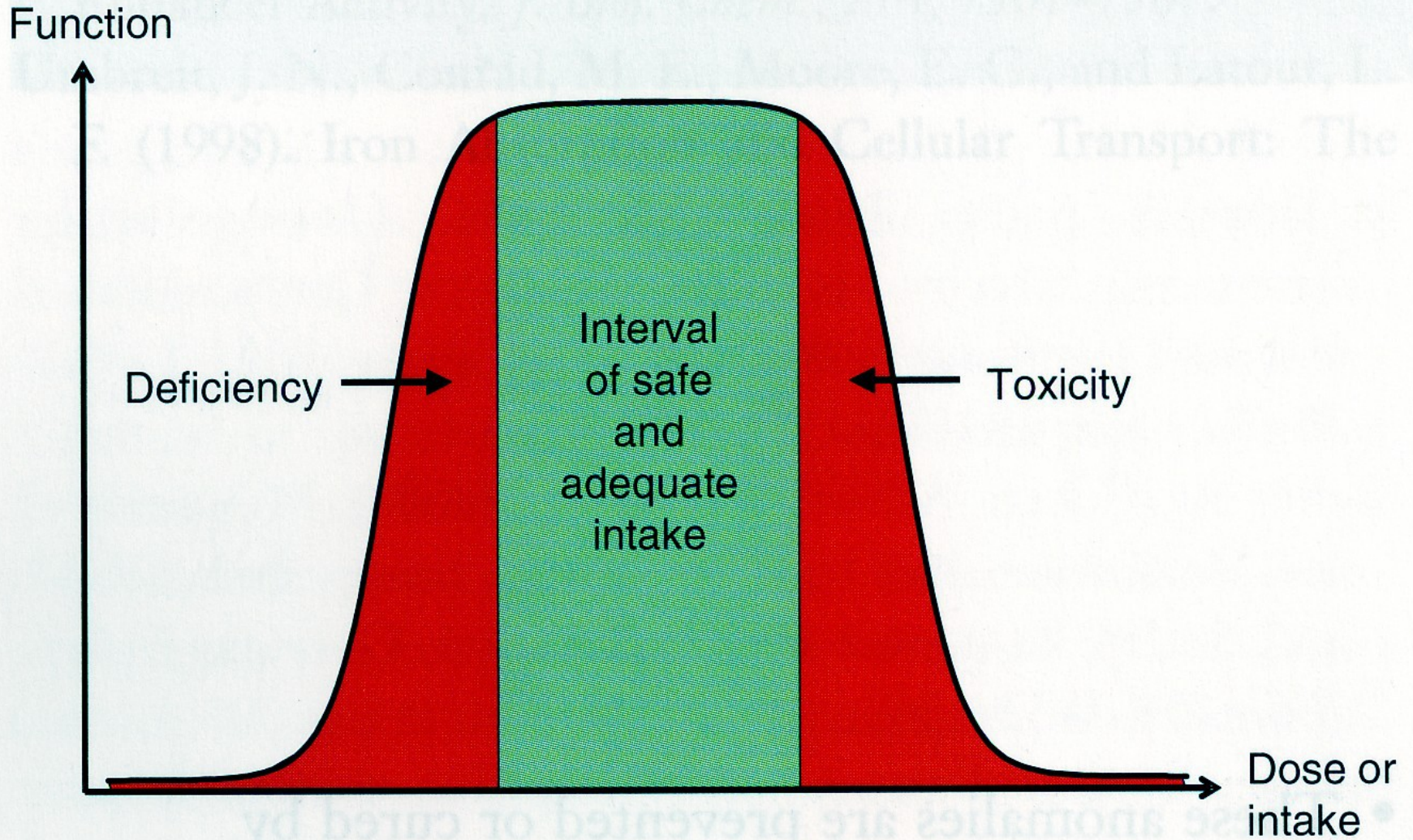
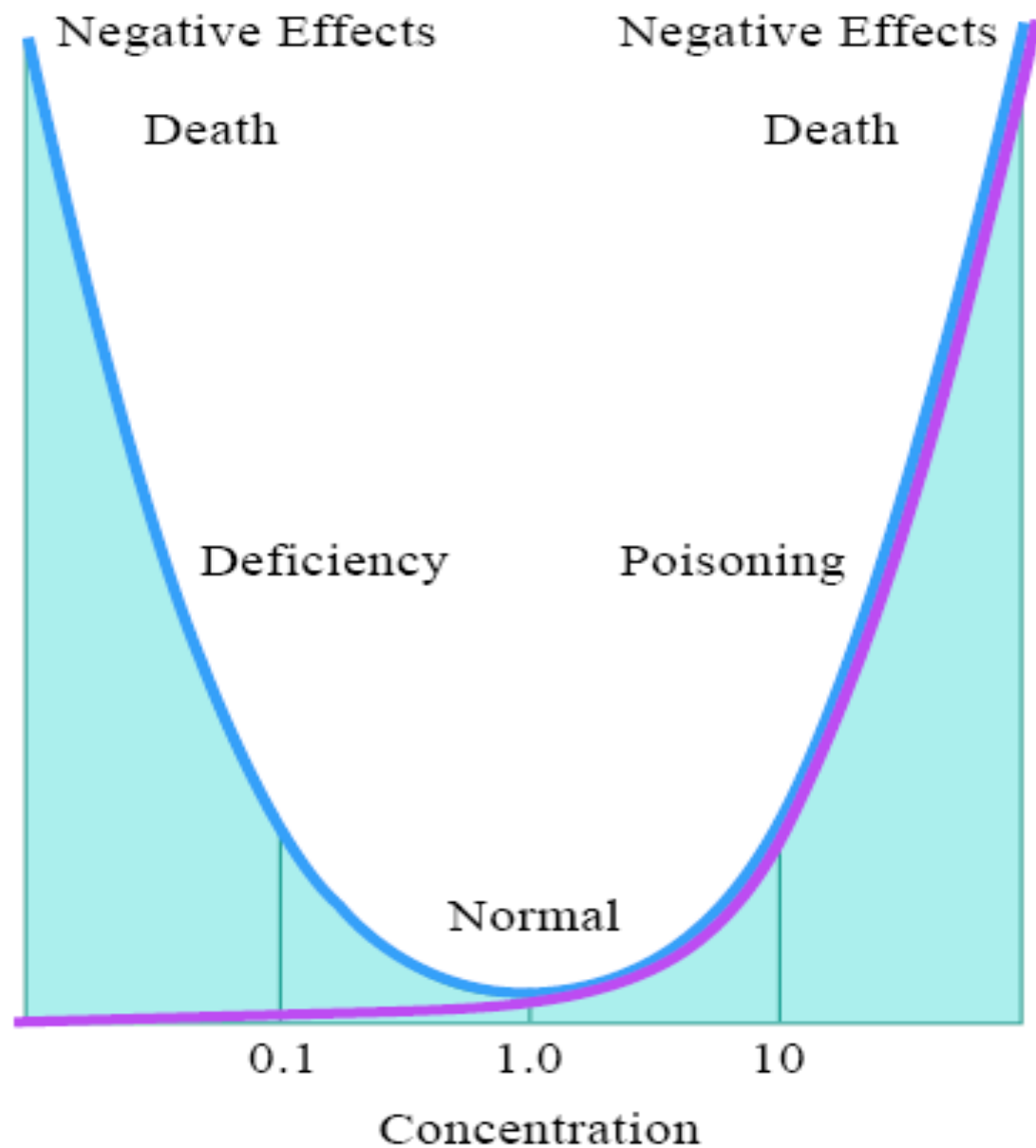


FIGURE 1 Dose–response of essential trace elements.



Dose-effect curve showing the relationship between concentrations and biological effects of essential (blue) and of non-essential (purple) elements.

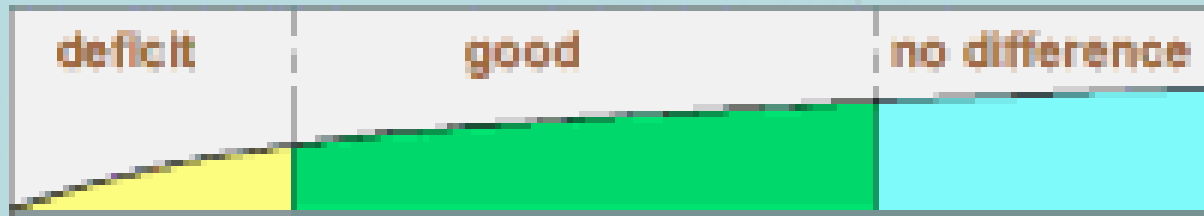
PATTERNS OF INFLUENCE OF THE ELEMENTS

assimilation increase



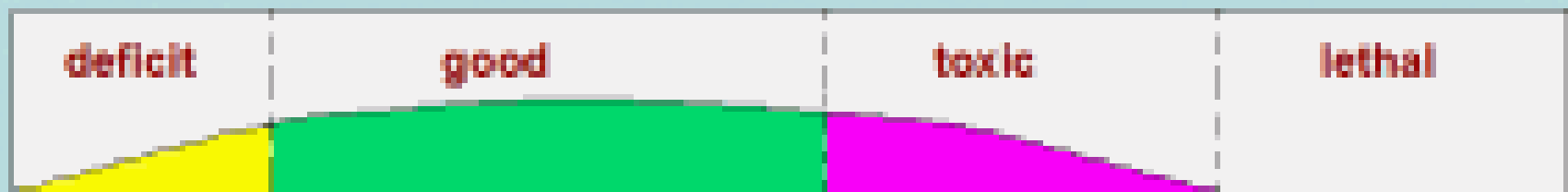
MACRONUTRIENTS

(C, Ca, Cl, P, Mg, K, Na, S, O, H)



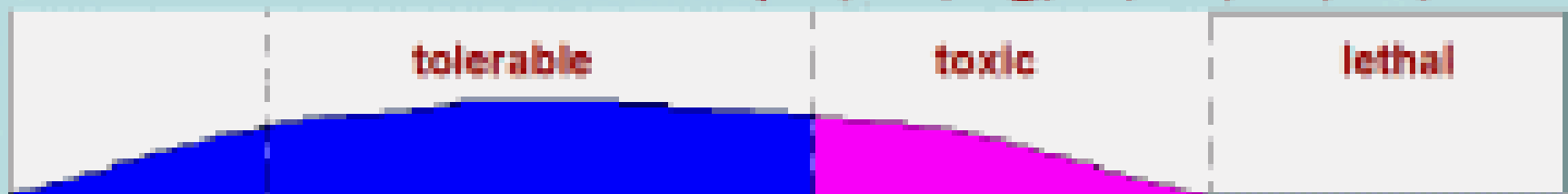
ESSENTIAL MICRONUTRIENTS

(As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn, F, I, Si)



NON ESSENTIALS

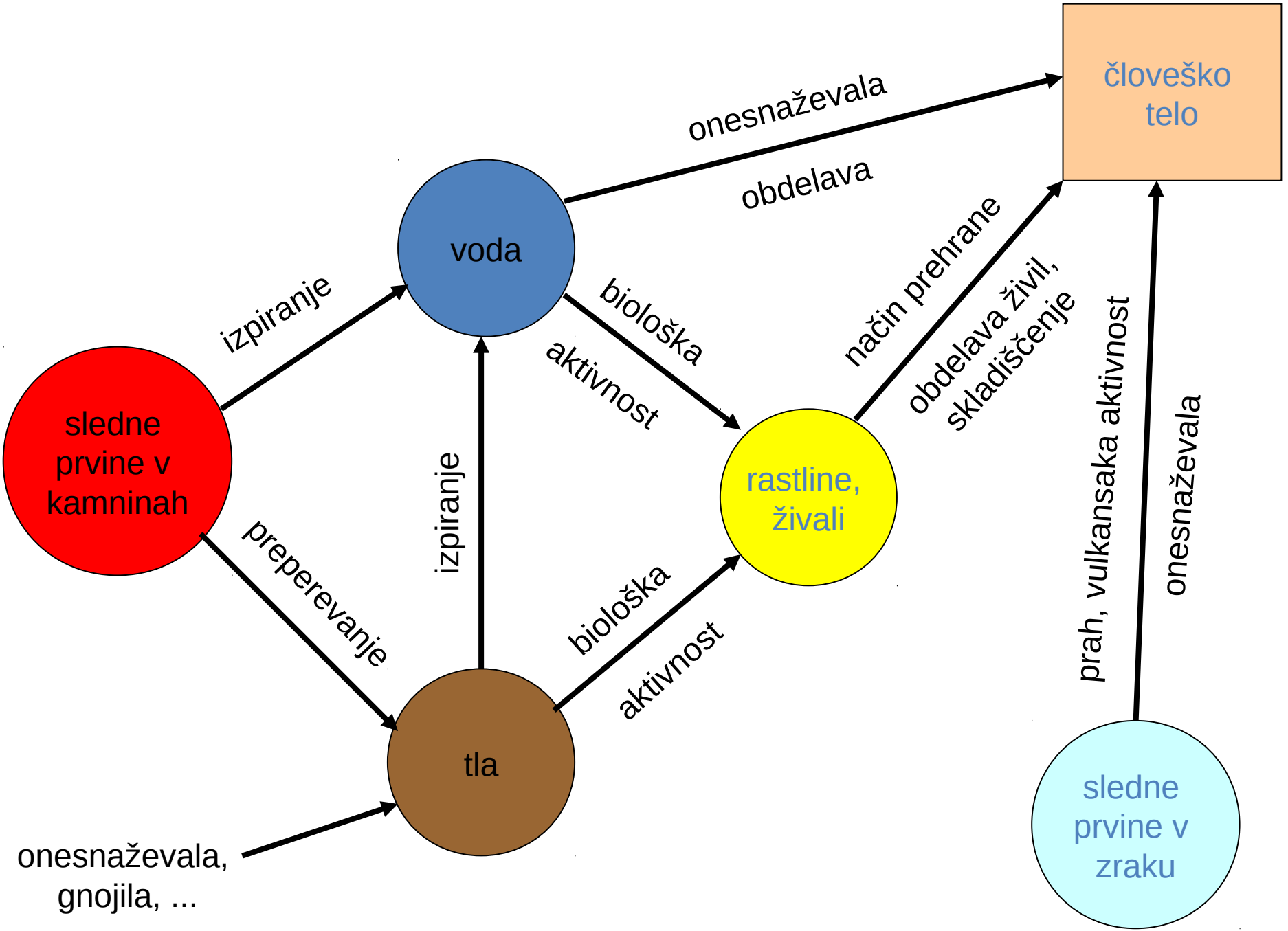
(Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti etc.)



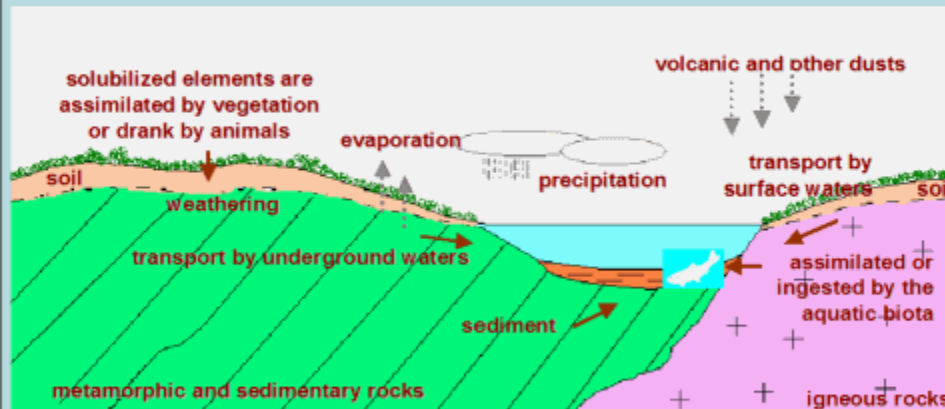
"Everything is poisonous, nothing is poisonous. It is just a question of dosage."

Vstopanje prvin v organizem

- ❖ Prvine so vezane v minerale, ki sestavljajo kamnine
- ❖ Med preperovanjem se minerali spreminjajo in prvine premeščajo – topne vstopajo v vodne raztopine
- ❖ Poti vnosa:
 - ❖ Zrak (dihanje)
 - ❖ Absorbcija
 - ❖ Pitna voda
 - ❖ Prehrambena veriga



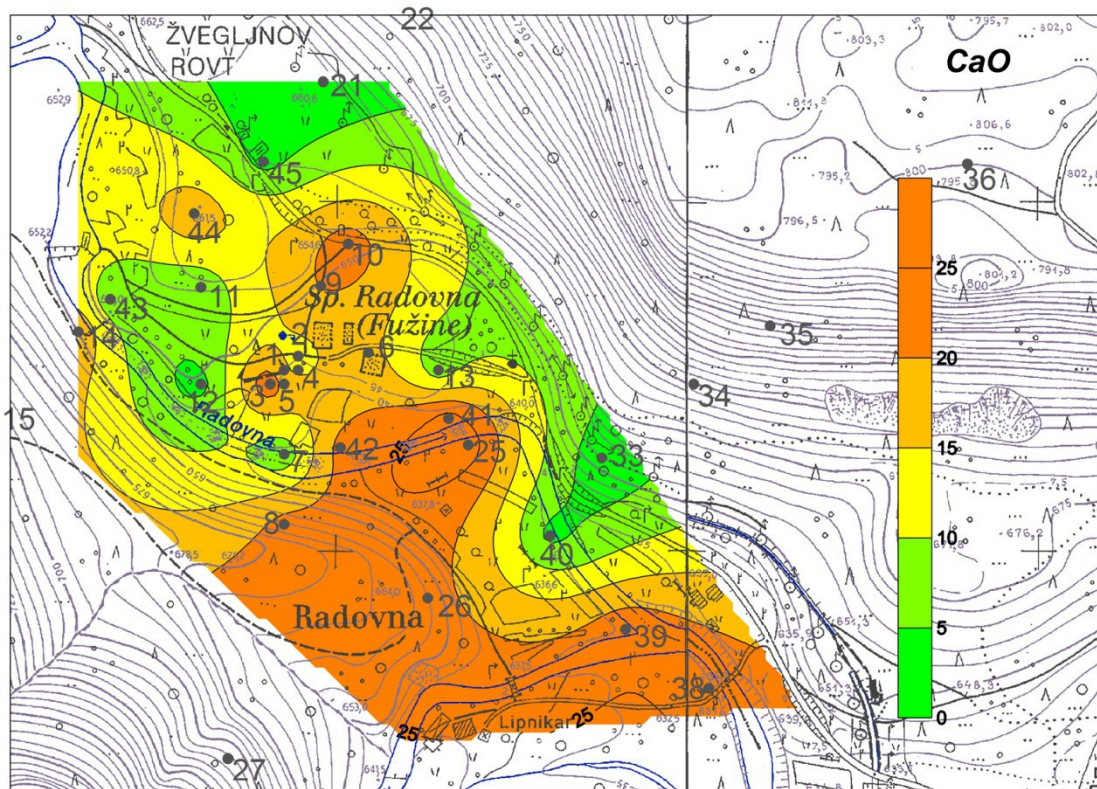
COMMON PATHWAYS OF THE ELEMENTS TO REACH THE FOOD CHAIN

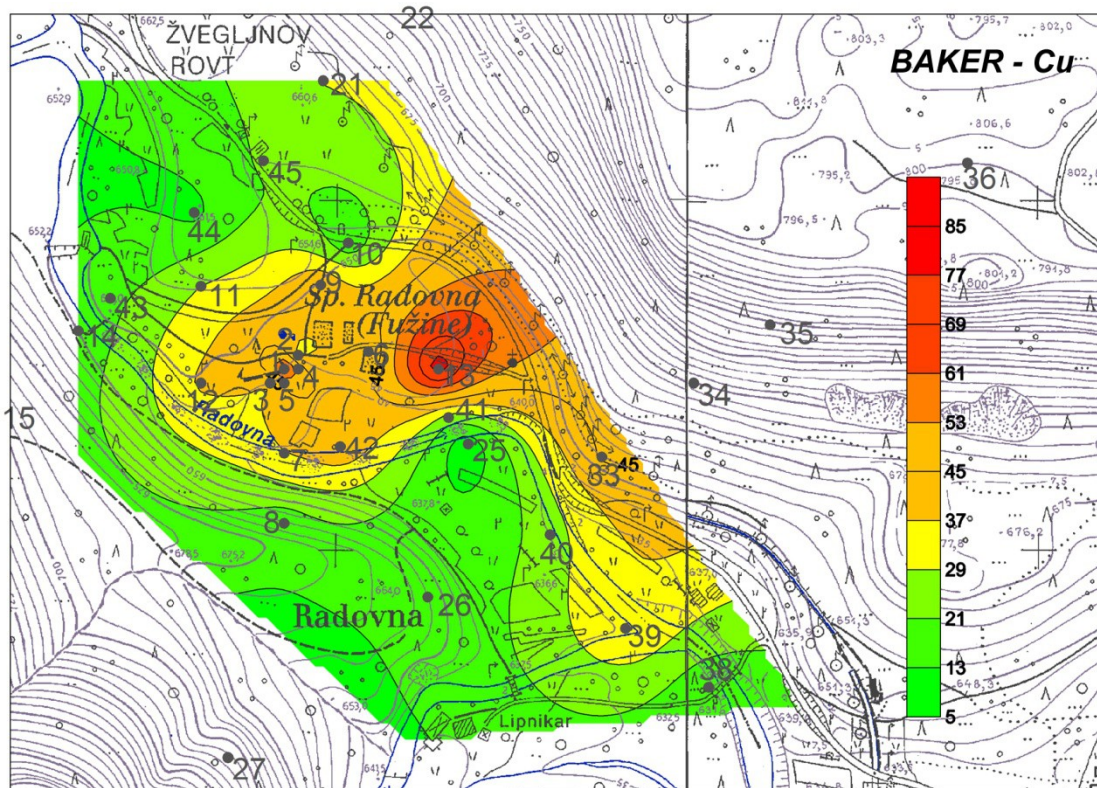


Anthropomorphic actions not considered.

Spremenljivost vsebnosti prvin v različnih kamninah

		Granit	Bazalt	Peščenjak	Glinavec	Apnenec
Si	%	32,3	24,0	36,5	27,1	2,4
Al	%	7,7	8,8	3,0	9,7	0,5
Fe	%	2,7	8,6	1,0	4,7	0,4
Mg	%	0,6	4,5	0,7	1,5	4,8
Ca	%	1,6	6,7	3,9	2,2	30,0
Na	%	2,8	1,9	0,3	1,0	0,04
K	%	3,3	0,8	1,1	2,7	0,3
Ti	%	2,3	9,0	4,6	1,5	0,4
P	ppm	700	1400	750	170	400
Mn	ppm	600	2000	850	10-100	1100
Cr	ppm	25	200	100	35	11
Cu	ppm	20	100	50	1-10	4
Pb	ppm	20	8	20	7	9
Ni	ppm	8	160	80	2	20
Co	ppm	5	45	20	0,3	0,1



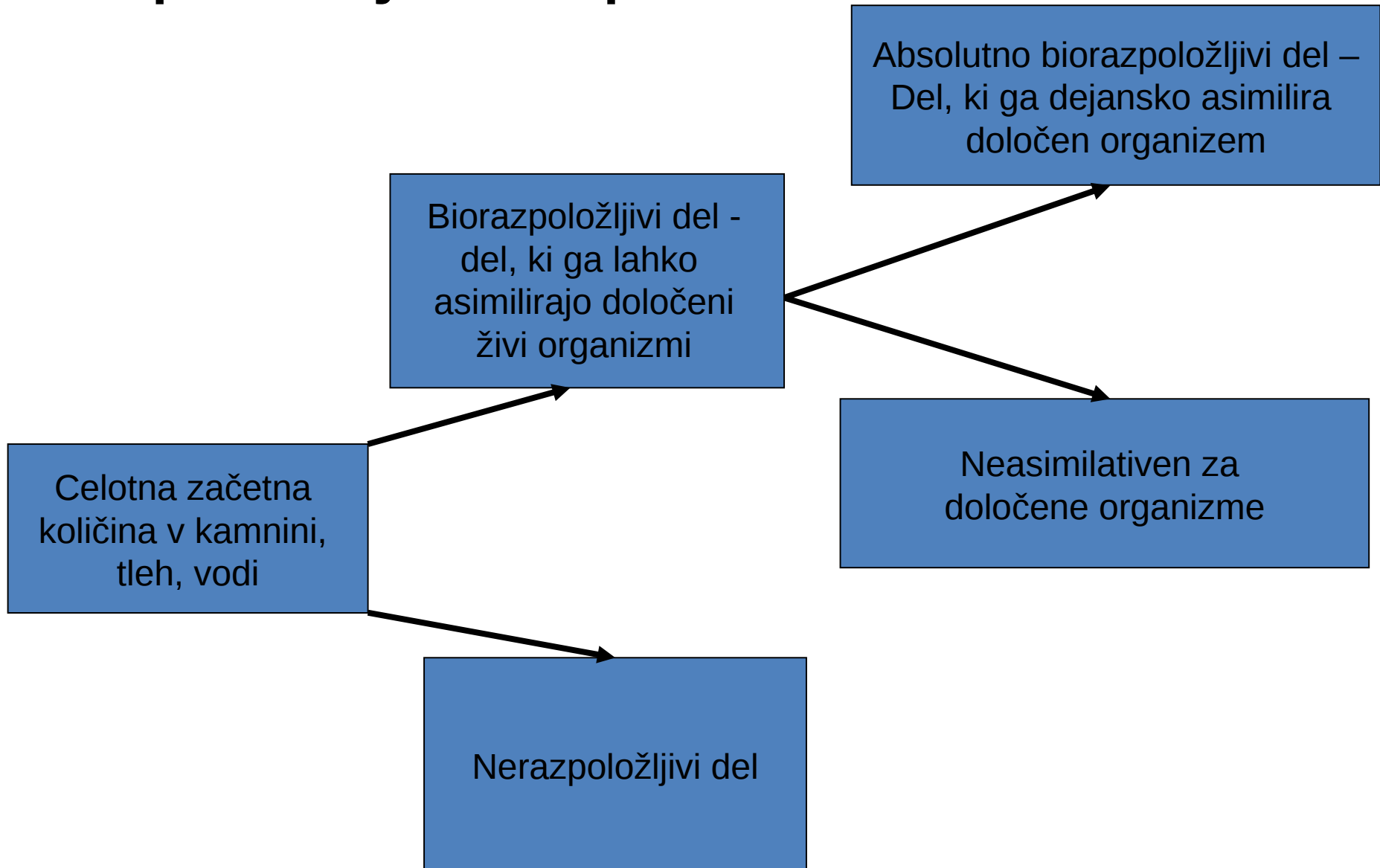


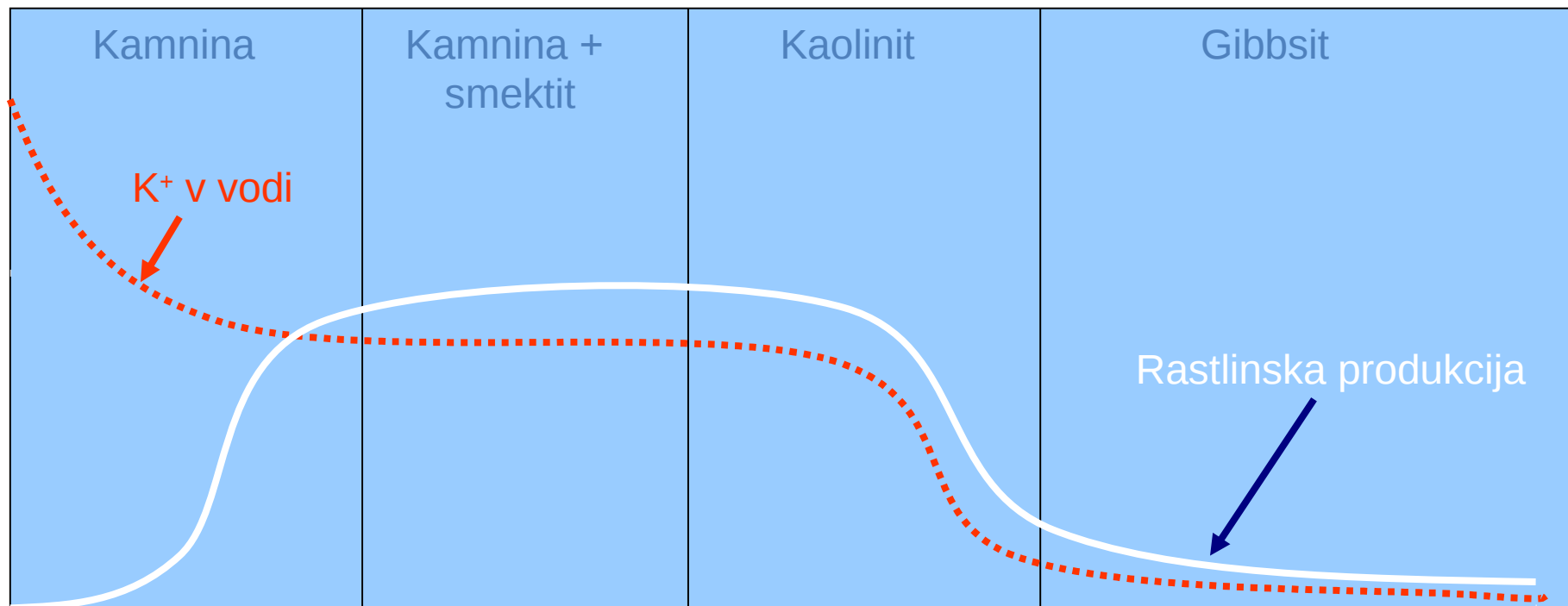
Onesnaženje kot vir anomalij

- ❖ Naravno
 - ❖ Vulkanizem
 - ❖ Peščeni viharji
- ❖ Antropomorfno
 - ❖ Industrijski odpadki
 - ❖ Rudarski odpadki
 - ❖ Insekticidi
 - ❖ Desertifikacija
 - ❖ Urbana središča
 - ❖ Drugo



Razpoložljivost prvin





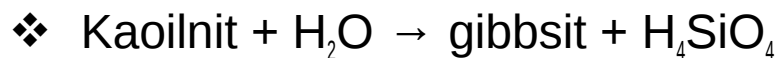
naraščajoča rodovitnost tal



največja rodovitnost tal




vpadajoča rodovitnost tal



najmanjša rodovitnost tal

Biorazpoložljivost

je odvisna od klime, pH, Eh, vrste rastlin in mikroorganizmov, mineralogije, temperature, speciacije prvine, interferenc med prvinami (\downarrow Cu ob \uparrow Zn, Fe, Mo)

Pojav soli	večja	Pb-oksalat
zvišuje		Pb-karbonat
biorazpoložljivost		Pb-sulfat
kovin	manjša	Pb-sulfid

Kovine, raztopljene v kationski obliki so bolj biorazpoložljive v kisli raztopini.

Kovine, raztopljene kot oksi-anioni so bolj biorazpoložljive v bazični raztopini.

Spremembe ravni toksičnosti zaradi speciacije prvine

Manj toksična

Bolj toksična

As

As^{3+}

As^{3+} (arzenat)

organski

anorganski

Cr

Cr^{3+}

Cr^{5+} (kromat)

Mo

Mo^{2+}

Mo^{6+} (molibdat)

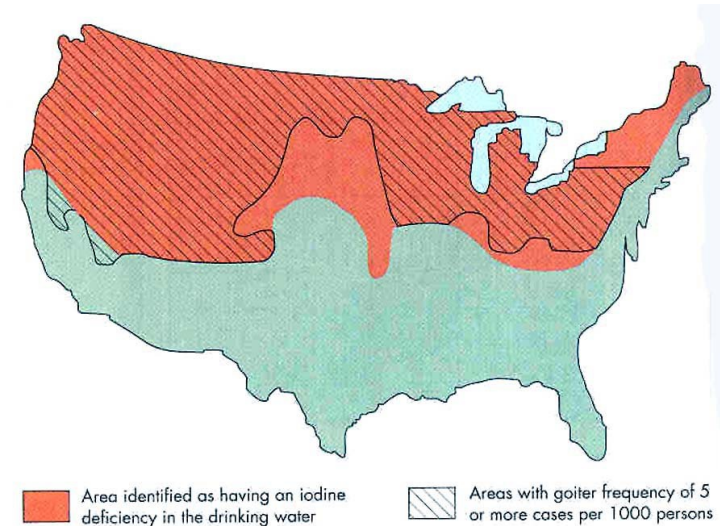
Kemične interference

Mo	Cu	Dvig pH tal poviša mobilnost Mo v primerjavi z mobilnostjo Cu, kar zmanjša sposobnost rastlin za asimilacijo Cu
Cu	Fe	Prisotnost Cu in verjetno Ni je potrebna za pravilno delovanje Fe v metabolizmu
P ₂ O ₅	Zn	Povišanje količine P ₂ O ₅ v tleh zmanjša sposobnost rastlin za asimilacijo Zn, kar ima škodljive posledice za živali in človeka
Zn	Cd	Povišanje količine Zn zmanjša sposobnost rastlin, živali in človeka za asimilacijo Cd
S	Se	Uporaba s S bogatih gnojil zmanjša sposobnost rastlin za asimilacijo Se iz tal, kar ima škodljive posledice za živali in človeka

Primeri medicinske geokemije

- ❖ Jod
- ❖ Fluor
- ❖ Selen

Jod



- ❖ Pomanjkanje joda povzroča motnje delovanja ščitnice – golšavost
- ❖ Do preteklega stoletja je bila golšavost pogosta v S delu ZDA
- ❖ Vzrok je nizka vsebnost I v tleh
- ❖ Ta je posledica celinske poledenitve v času zadnje ledene dobe, ko so ob taljenju ledeniške vode izprale I iz podlage



Normal



Osteoporotic bone

Fluor

- ❖ F vstopa v človeško telo večinoma z vodo (nekaj ppm), lahko tudi s prahom (premogovniki, industrija)
- ❖ Vgrajuje se v apatit, ki gradi zobe in kosti
- ❖ Pomanjkanje povzroča propadanje zob in osteoporozo
- ❖ Prevelika količina povzroča fluorozo in kostno sklerozo



Selen

- ❖ Bistven pri metabolizmu in anti-oksidantnih encimih, ki zavirajo staranje
- ❖ $>0,04$ mg \Rightarrow pomanjkanje, $<0,1$ \Rightarrow toksično
- ❖ Bolezni povezane s pomanjkanjem značilne za nekatere predele Kitajske

- ❖ V naravi običajno vezan na sulfide
- ❖ Se^{6+} lažje topen od Se^{4+} in zato bolj biorazpoložljiv
- ❖ Nekatere rastline ga kocentrirajo (*Astragalus*, zelje, čebula, gorčica)

