

Kármán Krisztina

ELTE TTK, IV. éves geológus hallgató

A környezetgeokémia egyik legaktuálisabb kérdése:

A szelén szerepe, jelentősége és természetes forrása környezetünkben



ELTE TTK
Kőzettani és Geokémiai Tanszék
Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium



Budapest, 2007.

Témavezető: Szabó Csaba, Ph.D.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. A szelén kémiai és fizikai tulajdonsága	5
3. A szelén geokémiája.....	10
4. A szelén természetben való megjelenése	11
4.1. Szelén a kőzetekben.....	11
4.2. Szelén a talajban.....	12
4.3. Szelén a vizekben	14
4.4. Szelén az atmoszférában.....	16
5. A szelén élettani hatásai	17
5.1. Az emberi szervezet szeléntartalma.....	17
5.2. Szelénforrások a táplálkozásban.....	18
5.2.1. Növények szeléntartalma.....	18
5.2.2. Egyéb élelmiszereink szeléntartalma	19
5.2.3. Szelénnel dúsított élelmiszerek	20
5.2.4. Szelént tartalmazó étrend-kiegészítők.....	20
5.3. Betegségek.....	23
5.3.1. Keshan betegség	23
5.3.2. Keshin-Beck betegség	23
5.3.3. Jód-hiányos rendellenesség	24
5.3.4. Rák	24
5.3.5. Szív- és érrendszeri betegségek.....	25
5.3.6. Állatokban fellépő szelén-mérgezős betegségek	25
5.3.7. Szelén-mérgezés embereknél.....	26
5.4. Egyéb hatások.....	26
5.4.1. Szaporodás	26
5.4.2. Dohányzás	26
5.4.3. Asztma	28
5.4.4. AIDS	28
6. Esettanulmányok	29
6.1. Szelénmérgezés állatokban – Kesterson Reservoir, Amerikai Egyesült Államok	29
6.2. Szelénhiány embereknél – Zhangjiakou körzet, Hebei tartomány, Kína.....	30
6.3. A szelén élettani hatása és a geológia kapcsolata – Enshi körzet, Hubei tartomány, Kína.....	31
6.4. Nyugati országok	33
7. A szelén Magyarországon	35
7.1. Irodalmi áttekintés	35
7.2. Jogszabályok.....	36
7.2.1. Élelmiszerek.....	36
7.2.2. Környezet.....	37
7.2.3. Környezeti jogszabályok összefoglalása.....	41
7.2.4. Hivatkozott szabványok.....	42

Köszönetnyilvánítás.....	43
Irodalomjegyzék	44

1. Bevezetés

A szelén napjaink egyik legjobban vizsgált eleme. Több tanulmány tanulsága szerint szervezetünk számára esszenciális. Minden más elemhez hasonlóan azonban a szelén is csak bizonyos koncentrációban jótékony hatású. Bizonyított szerepe van a rákmegelőzésben és vizsgálják hatását más, nagy tömegeket veszélyeztető betegségekkel való összefüggésben is. **Fontos azonban figyelembe vennünk, hogy élelmiszerláncunkba való bekerülését környezetünk minősége határozza meg.**

Ennek felismerésekor merült fel, hogy érdemes lenne foglalkozni a szelén geokémiai viselkedésével, illetve megismerni magyarországi vonatkozásait. Nemzetközi szinten egyre nagyobb mértékben kutatják a szelén jelentőségét, természetes előfordulási formáit, az élővilágra gyakorolt hatásának a szerepét, így időszerű az eddigi és a jövőben várható eredmények hazai gyakorlatba való beépítésére gondolni.

Dolgozatomban tárgyalom a szelén általános jellemzésén túl környezetünkben való jelenlétét, természetes előfordulását, eloszlását, gyakoriságát a különböző kőzetekben, talajokban és szervezetünkben való jelentőségét és hatását. Kitérek az irodalomban elérhető olyan, geológiai környezettel összefüggő esettanulmányok bemutatására, amely az emberrel, az egészségüggyel kapcsolatos, és segített eldönteni, valamint meghatározni a szelén szerepét a emberi szervezet számára. A dolgozat végén ismertetem magyarországi jogi, szabályozási helyzetet, amelyek egyértelműen kirajzolódnak azok a legfontosabb kutatási irányok, amelyek a közeljövőben orvosgeokémiai szempontból érdekesnek és eredményesnek ígérkeznek.

2. A szelén kémiai és fizikai tulajdonsága

Mindenek előtt ismerkedjünk meg a szelén legalapvetőbb fizikai és kémiai tulajdonságaival, amelyeket az alábbi összesítés mutat:

Rendszám	34
Vegyjel	Se
Csoport	16
Periódus	4
Mező	p
Atomtömeg	78,96 g/mol
Elektronszerkezet	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁴
Atomrádiusz	117 pm
Olvadáspont	220,5 °C
Forráspont	685 °C

A szelénnek a természetben 6 izotópja fordul elő:

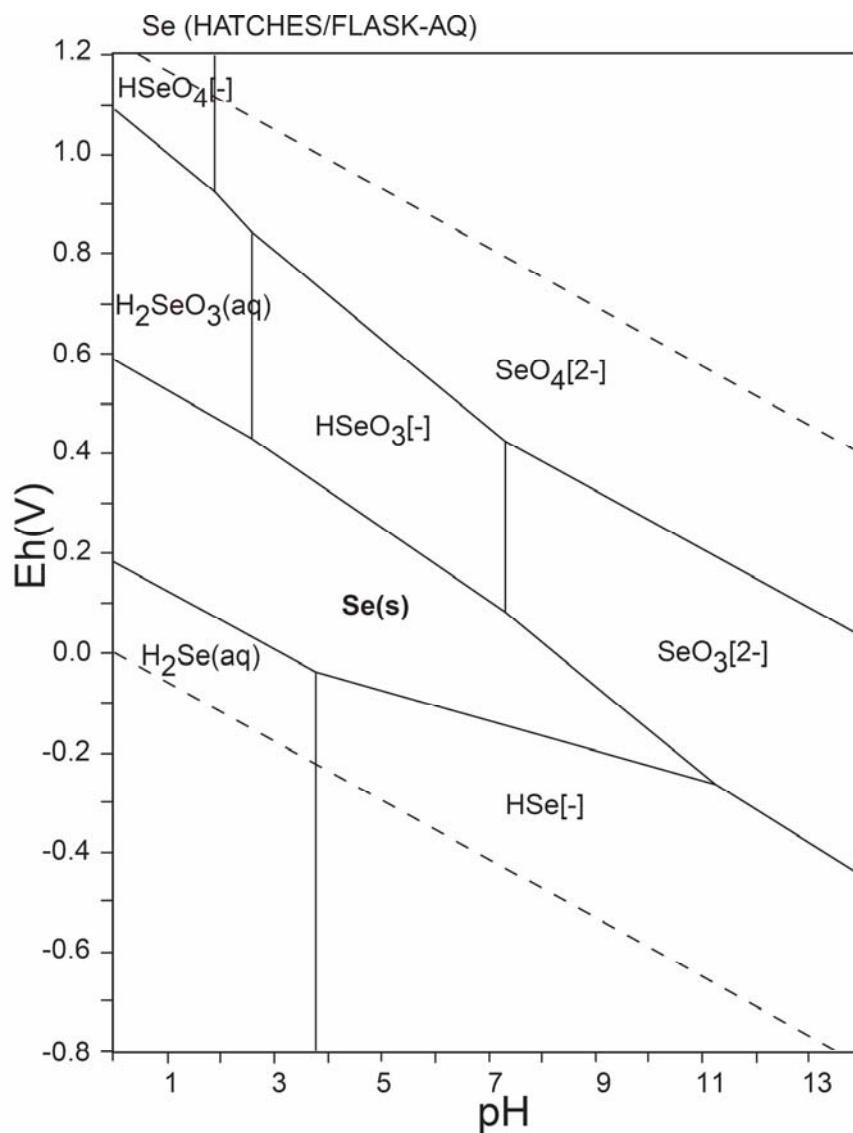
⁷⁴ Se	0,87%	stabil
⁷⁶ Se	9,02%	stabil
⁷⁷ Se	7,58%	stabil
⁷⁸ Se	23,52%	stabil
⁸⁰ Se	49,82%	stabil
⁸² Se	9,19%	β ⁻ -emitter, t _{1/2} =1,4·10 ⁻²⁰ év

A sok izotóp miatt az atomtömeg nem pontosan ismert, megközelítő értéket használunk ilyen irányú jellemzésekor.

A természetben a szelén négy fajta oxidációs állapotban jelenik meg:

Se(-II)	szelenid
Se(0)	elemi szelén
Se(IV)	szelenit
Se(VI)	szelenát

A sokféle oxidációs állapot miatt előfordulása, egyes fázisokban a gyakorisága nagymértékben függ az oxidációs viszonyoktól. A szerves szelén oxidatív körülmények között szelenát (VI), redukтивabb körülmények között szelenit (IV) formájában jelenik meg. Közepesen-erősen redukтив és savas körülmények között a szelenid (-II) vagy az elemi szelén (0) dominál, amit részletesen az 1. ábra mutat.



1. ábra A szelén Eh-pH stabilitási diagramja 25 °C-on és 1 bar nyomáson. A víz stabilitási mezejét a szaggatott vonalak jelzik. HATCHES kísérletei alapján, FLASK-AQ program felhasználásával (Takeno, 2005).

A szelénnek több, szerkezetileg különböző módosulata ismeretes. Három vörös színű monoklin módosulatát (α , β , és γ) Se_8 -gyűrűk alkotják. A szürke, „fémes szelén” hexagonális kristályaira jellemző a spirális polimerlánc, ehhez hasonló, némileg torzult módosulat megtalálható az amorf vörös szelénben is. Végül, az üvegszerű fekete szelén meglehetősen bonyolult, szabálytalan szerkezetű, nagy polimergyűrűkből áll.

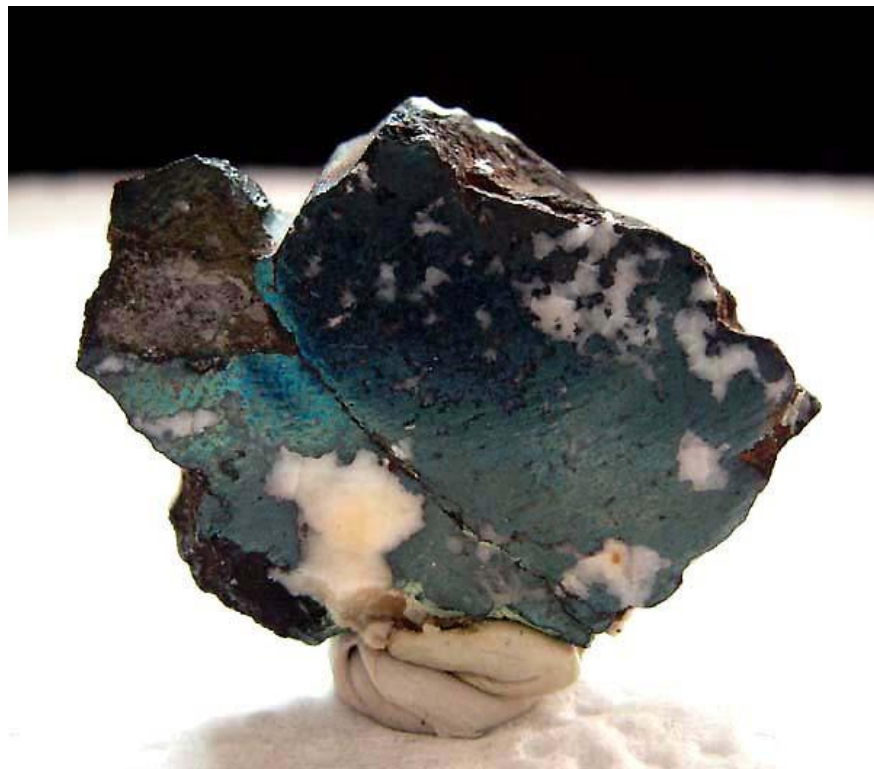
Elemi formában ritkán fordul elő (1. kép), általában más elemekkel alkotott vegyületei jelentősek. Közvetlenül vegyül a legtöbb elemmel, bár nem olyan könnyen, mint az oxigén és a kén. A legstabilisabb vegyületek: az 1. és 2. csoport nagyon pozitív elemeivel, illetve a lantanidákkal képzett szelenidek és az elektronegatív elemekkel (oxigén, fluor, klór) képzett vegyületek, amelyekben az oxidációs állapota +2, +4 és +6 lehet. A vegyületek általában kevésbé stabilak, mint a megfelelő kénvegyületek. A szelénásványok nagyon ritkák, mindig kéntartalmú ásványokkal együtt jelennek meg. A természetben előforduló formák: claushtalit (PbSe) (2. kép), aumannit (Hg_2Se), berzelianit (Cu_2Se) (3. kép), tiemannit (HgSe), guanajuatit (Bi_2Se_3), antimonselit (Sb_2Se_3).



1. kép Szelén elemi formában történő megjelenése (forrás: internet)



2. kép Clausthalit dolomitban (forrás: internet)



3. kép Berzelianit (forrás: internet)

A kőzetekben szulfidásványokba épül be, jelen lehet különösen ezüst-, réz- és nikkelásványokban. A felszínen – a talajosodás következtében - a szelén oxigénnel alkot kötést, így nátrium-szelenitként (Na_2SeO_3) vagy nátrium-szelenátként (Na_2SeO_4) van jelen. Néhány szelénvegyület gáz halmazállapotú. Ezek közül szervezetünkre valószínűleg a hidrogén-szelenid (H_2Se) van hatással.

A szelén szerves kötésben is részt vehet. Szerves vegyületei közül legfontosabbakat az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat A szelén legfontosabb szerves vegyületei

SeMet	Szelenometionin
SeOMet	szeleno-oxo-szelenometionin
L-SeMet	szeleno-L-metionin
SeCys	Szelenocisztein
MeSeCys	szeleno-metil-szelenocisztein
γ -MeSeCys	γ -glutamil-szeleno-metil-szelenocisztein
SeEt	szeleno-etionin
DMSe v. Me_2Se	dimetil-szelenid
DMDSe v. Me_2SeO_2	dimetil-diszelenid
GS-Se-N-acetil-galaktózamin	Szelenocukor
Se-metil-N-acetil-galaktózamin	Szelenocukor
szelenoproteinek	
GPx glutation-peroxidáz	

3. A szelén geokémiája

Endogén körülmények között a Se erőteljesen kalkofil tulajdonságú, azaz a kénhez nagy affinitást mutat. Geokémiai tulajdonságai alapján a kalkofil elemeken belül a könnyen illó elemek közé tartozik, csakúgy mint a S, Cd, In, Sn, Te, Hg, Pb. Az azonos külső elektronhéj szerkezetből és a hasonló ionrádiuszból adódóan hasonló kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a kén. Szerves és szervetlen vegyületekben egyaránt tudja helyettesíteni. Szeret kötődni az ólomhoz, a higanyhoz, emellett tárgyalják arannyal való megjelenését.

Genetika alapján két fajta szelén-akkumulációt különböztetünk meg. Az első, az úgynevezett redukív típus, amely a nagy kéntartalmú szenekre jellemző (Lakin, 1972). Ebben az esetben a szelén a szulfid fázishoz köthető. A második az oxidatív típus esetén, ami olyan telepekre jellemző, amelyek arid körülmények között képződtek és viszonylag nagy Se-tartalmú vizekkel állnak kapcsolatban. Ebben az esetben a szelén-akkumulációja epigenetikus folyamat, oxidációs zónásság jellemzi.

A szelén napjaink egyik legjobban vizsgált eleme. A figyelem akkor irányult rá, amikor kiderült, hogy esszenciális mikroelem, vagyis szervezetünk normális működésében elengedhetetlen szerepet tölt be. Minden más elemhez hasonlóan azonban a szelén is csak bizonyos koncentráció-tartományban jótékony hatású. 1930-ban még nagyon mérgező elemként kezelték, 1943-ban rákkeltő hatását tartották bizonyítottnak. 1957-ben a létfontosságú elemek sorába emelték, 1966 óta rákellenes elemként tartjuk nyilván (Vernie, 1984; Pais, 1997).

Láthatjuk, hogy az elmúlt száz év kutatásai, a tudomány fejlődése olyan hatással volt a szelén megítélésére, hogy ellenségből nélkülözhetetlen baráttá szelidült. Ez a látszólagos ellentmondás értelmezhetővé válik, ha megismerjük tulajdonságait és szervezetünkben való előfordulását. Ehhez azonban fontos látnunk, környezetünkben hol és hogyan jelenik meg, hiszen ez határozza meg, milyen módon kerül nap mint nap szervezetünkbe és hogy kell-e mesterségesen befolyásolnunk szelénellátottságunkat.

4. A szelén természetben való megjelenése

4.1. Szelén a kőzetekben

A szelénre vonatkozó Klark-érték¹ 0,05 g/t, a földkéreg elemeinek gyakorisági sorában a 68. A földkéregnek kb. 10⁻⁵ %-át teszi ki. Szilikátos Földre ajánlott összetétel 0,075 ppm (McDonough & Sun, 1995). Feltűnő, hogy a C1 meteoritokban minden szerző milyen jelentős értékeket közöl (2. táblázat).

2. táblázat Meteoritokra - C1 szenes kondritokra - ajánlott összetétel (ppm)				
	McDonough & Sun (1995)	Anders & Grevesse (1989)	Palme (1988)	Wasson & Kallemeyn (1988)
Szelén	21	18,6	18,9	19,6

A kontinentális kéregben 50 ppm értéket mértek (Taylor & McLennan 1995). Magmás kőzetekben kis koncentrációban, főleg az akcesszóriaként jelen lévő szulfid ásványokban fordul elő (a ként helyettesítve). Mivel a szelenid ion ionrádiusza kicsit nagyobb, mint a szulfid ioné, a szelenidek kisebb kötési energiájúak a szulfidoknál, így azt várnánk, hogy kisebb hőmérsékleten kristályosodjanak, mint a megfelelő szulfidok. Ezzel szemben azt tapasztaljuk, hogy a Se:S arány a hőmérséklet csökkenésével csökken. Ennek az oka, hogy ezekben a fázisokban a szelén nem saját ásványt alkot, hanem a kén mellett a szulfidásványokban fordul elő. A hőmérséklet csökkenésével a méretkülönbség toleranciája csökken, azaz csökken a helyettesítés lehetősége (Plant et al., 2003).

Vulkáni exhalációkban a kén mellett, esetenként tekintélyes mennyiségű szelén kerülhet a felszínre, elemi szelén, szelénhidrogén és szeléndioxid formájában. Ez lokálisan akár a 6-15 mg/kg mennyiséget is elérheti, mint például Hawaii térségében. Mivel a szelén eltávozik a magma kigázosodása során, így a vulkáni kőzetekben csak kis koncentrációban van jelen.

Kalkofil jellege, azaz a kénhez való vonzódása miatt a hidrotermális szulfidokban relatíve feldúsulhat. Megtalálható kis szulfidizációs fokú epitermális ércesedések, vulkáni hidrotermális ércesedések és mezotermális telepek metamorf kőzetekhez kötődő hidrotermális rendszereinek elemasszociációjában. Mivel ólomhoz és higanyhoz szeret kötődni, ezért ezek akkumulációs zónáiban előfordul (Molnár, 2007).

¹ Klark-érték: az adott elem átlagos földkéregbeli gyakorisága

Az exogén fázisban, oxidatív viszonyok között a szelénhordozó szulfidásványok és a szelenidek gyorsan oxidálódnak, a szelén és a kén elkülönül egymástól. A kén könnyebben oxidálódik és a képződő szulfát-ion tartósan mobilis marad.

Az üledékes kőzetekben nagyobb szeléntartalom mutatható ki, mint a magmás kőzetekben, bár a mészkőben és a homokkőben alig haladja meg a 0,1 mg/kg mennyiséget. Palákban átlagosan 0,06 mg/kg a szeléntartalom. Foszfáttartalmú kőzetekben meghaladhatja a 300 mg/kg-ot. Kőszénben és szerves anyag gazdag üledékekben 1-20 mg/kg mennyiséget detektáltak. A geoszféraiban nincs az elemi szelénnek olyan természetes előfordulása vagy feldúsulása, amelyből gazdaságosan és közvetlenül ki lehetne nyerni (Fordyce, 2005) (3. táblázat).

3. táblázat A szelén előfordulása a kéreg néhány jellegzetes kőzetében (Fordyce, 2005)

Kőzetek	Összes szelén (mg kg ⁻¹)
Mélyégi kőzetek (átlag)	0,35
Kiömlési kőzetek (átlag)	0,35
Tufák (átlag)	9,15
Mészkő (átlag)	0,03-0,08
Homokkő (átlag)	<0,05
Agyagpala (átlag)	0,05-0,06
Agyagkövek (átlag)	0,1-1500
Karbonátok (átlag)	0,08
Tengeri karbonátok (átlag)	0,17
Foszfátok (átlag)	1-300
U.S. kőszén	0,46-10,65
Ausztrália kőszén	0,21-2,5
Kína antracit	<6471
Olaj (átlag)	0,01-1,4

Szelénvegyületek szabadulnak fel a szén, illetve a petróleum égése, valamint egyéb fémek olvasztása (ólomkamrás kénsavgyártás) és finomítása során. A legfontosabb szeléntermelő országok az USA és Kanada.

4.2. Szelén a talajban

A legtöbb talajban 0,01 -2 mg/kg közti, átlagosan 0,4 mg/kg szelént mutattak ki (4. táblázat). A legnagyobb érték, amit mértek 1200 mg/kg volt. Megkülönböztetnek szelénhiányos, kis és nagy szeléntartalmú környezeteket. Szelénhiányos környezetbe sorolják azokat a területeket is, ahol a növények számára nem felvehető formában van jelen a szelén (Fordyce, 2005).

A természetes szelén eloszlása a talajokban igen tág intervallumban váltakozik, 0,1 µg/g-tól 10 µg/g-ig. A szelén elpárolgása évente jelentős, 6×10^6 kg Se-t juttat az

atmoszférába. A szelén mobilitása függ a talaj hőmérsékletétől, víztartalmától, szervesanyag tartalmától, évszaki jellemzőktől és a talaj mikrobiális folyamataitól. Savas, redukáló és szervesanyagban gazdag talajban a nem mobilis és felvehetetlen szelenid és elemi szelén, míg lúgos, oxidatív talajban a szelenit (Se(IV)) és a szelenát (Se(VI)) dominál. Ezek közül is a szelenit stabilabb, így a talaj felszínén kötődik meg (Skinner, 1999; Kápolna, 2006) (4. táblázat).

4. táblázat Talajok szelénkoncentrációi (Fordyce, 2005)

Talaj	Összes szelén (mg kg ⁻¹)	Vízoldható szelén (ng g ⁻¹)
Világ (átlag)	0,4	
Világ szelénakkumuláló	1-5000	
U.S. (átlag)	<0,1-4,3	
U.S. szelénakkumuláló	39092	
Anglia/Wales (átlag)	<0,01-4,7	50-390
Írország szelénakkumuláló	1-1200	
Kína (átlag)	0,02-3,81	
Kína szelén-hiányos	0,004-0,48	0,03-5
Kína szelén-megfelelő	0,73-5,66	
Kína szelénakkumuláló	1,49-59,4	1-254
Finnország (átlag)	0,005-1,241	
India szelén-hiányos	0,025-0,71	19-66
India szelénakkumuláló	1-19,5	50-620
Sri Lanka szelén-hiányos	0,112-5,24	4,9-43,3
Norvégia (átlag)	3-6	
Görögország szelén-hiányos	0,05-0,10	
Görögország szelén-megfelelő	>0,2	
Új-Zéland (átlag)	0,1-4	

Az elemi szelén általában nem jelenik meg a természetben, de anaerob körülmények között a talajban stabilis formában lehet jelen. Oxidatív körülmények között szelén-dioxidá alakul át. A növények szeléntartalmát a talaj szeléntartalma határozza meg, amit műtrágyázással tudnak befolyásolni. A foszforsavas műtrágyák akár 400 mg/t szelént is tartalmazhatnak (Fordyce, 2005).

Magyarországon Gondi (1990) vizsgálta a talajok és talajképző közeteik szeléntartalmát. Zalaapáti mellett összehasonlító vizsgálatok céljára két, egymás szomszédságában található, nagyjából ugyanolyan tulajdonságokkal (alapkőzet, csapadékmennyiség, kiettség, stb.) rendelkező területet választott. Erdei és mezőgazdaságilag művelt talajok szelvényeit hasonlította össze. Jelentős különbségek adódtak az összes és az extrahálható szelén mennyiségében egyaránt. A szántóföldi szelvény A- és B-szintjében az összes szeléntartalom jóval nagyobb, mint az erdei szelvény azonos szintjeiben. A könnyen mobilizálódó szelénmennyiség azonban az erdei szelvény szintjeiben

nagyobb. Az eredmények alátámasztják annak feltételezéseit, hogy az intenzív mezőgazdasági művelés során alkalmazott műtrágyák hozzájárulnak a talaj összes szeléntartalmának növekedéséhez, ugyanakkor a savasan hidrolizáló műtrágyák következtében a savasodó talajokban a szelén kevésbé mobilis állapotba kerül; erőteljesen lecsökken a könnyen mobilizálódó szelén aránya és megnő a feltételesen mobilis frakció. Agyagos talajon növő növények fele annyi szelént tud felvenni, mint a homokos talajon élők. Ezt a jelenséget az agyag szemcséin növekvő adszorpcióval magyarázzák.

A környezeti minták szerves szelén összetételének pontos és precíz leírása (például üledékekben, növényi szövetekben, állati szövetekben) még nem történt meg, számos ismeretlen szelén komponens van még környezetünkben. A környezet szeléntartalmát jól tükrözi a növények szeléntartalma (Terry et al., 2000; Kápolna, 2006).

A talaj szeléntartalmát a terület geológiai adottságai befolyásolják. Vannak úgynevezett kiemelten szelénhiányos térségek Európában pl. Finnország, Németország, Svédország, Franciaország néhány régiója, Ázsiában Kína egyes tartományai, pl. Keshan és Afrikában Zaire, valamint az ötödik kontinensen Új-Zéland déli része. Ezeken a területeken más-más módon próbálják orvosolni a problémát. Finnországban és Új-Zélandon a műtrágyához adagolják a szelént, így növelve a szelén koncentrációját a gabonafélékben. Kínában, a szelénhiányos térségekben szelénnel egészítik ki a konyhasót, máshol pedig az ivóvízhez adagolnak szelént. Vannak olyan régiók is, ahol bizonyos geológiai adottságokból kifolyólag kifejezetten nagy szeléntartalommal rendelkeznek: pl. Amerika egyes területei.

4.3. Szelén a vizekben

Az elemi szelén vízben nem, vagy csak kissé oldható. A szelenátok (SeO_4^{2-}) és a szelenitek (SeO_3^{2-}) vízben oldható vegyületek. Legmobilisabb ezek közül is a szelenát. A jobb biológiai hozzáférhetőség miatt a vízdékony szelén vegyületek veszélyesebbek lehetnek, mint az elemi szelén. A szelenátok jobban oldódnak és rosszabbul szívódnak fel, mint a szelenitek. Talajból könnyen kimosódnak, és a talajvizeken keresztül a növények számára hozzáférhetővé válnak (Lemly, 2004).

Átlagos koncentrációja a tengervízben 0,09 $\mu\text{g/l}$. Tartózkodási ideje kevert rétegekben 70 év, mélyebb zónákban meghaladhatja a 1100 évet. Természetes felszíni vizek szeléntartalma 10 $\mu\text{g/l}$. Tipikusan <0,1-100 $\mu\text{g/l}$ szelént szoktak vizekből detektálni, de általában 3 $\mu\text{g/l}$ -nél nem mérnek többet. 10-25 $\mu\text{g/l}$ szeléntartalom már fokhagymaszagot eredményez, 100-200 $\mu\text{g/l}$ kimondottan savanyú ízt kölcsönöz a víznek. A talajvizeknek – a

hosszabb közetkölcsonhatás következtében – általában nagyobb a szeléntartalma, mint a felszíni vizeknek. A felszíni vizek szelén-tartalmát nagyban befolyásolja a pH. Savas (pH<3,0) és lúgos (pH>7,5) vizekben nagyobb a szelénkoncentráció (Fordyce, 2005) (5. táblázat).

5. táblázat A Föld vizeinek szelénkoncentrációjából készült összefoglaló táblázat (Fordyce, 2005)

Víz	Összes szelén (mg kg ⁻¹)
Világ édesvizei	0,02
Brazil Amazon folyó	0,21
U.S. (átlag)	<1
U.S. szelénakkumuláló	50-300
U.S. Kesterson	<4200
U.S. Mississippi folyó	0,14
U.S. Colorado folyó	10-400
U.S. Gunnison folyó	10
U.S. Michigan-tó	0,8-10
U.S. szelénakkumuláló talajvíz	2-1400
U.S. ivóvíz	0,0-0,01
Spanyol édesvíz	0,001-0,202
Kína szelén-hiányos felszíni víz	0,005-0,44
Kína szelén-megfelelő felszíni víz	1,72
Kína szelénakkumuláló felszín víz	0,46-275
Finnország folyóvíz	0,035-0,153
Kanada folyóvíz	1-5
Norvégia talajvíz	0,01-4,82
Szlovákia talajvíz	0,5-45
Bulgária ivóvíz	<2
Svédország ivóvíz	0,06
Németország ivóvíz	1,6-5,3
Ukrajna felszíni víz	0,09-3
Ukrajna talajvíz	0,07-4
Argentína felszíni víz	2-19
Reggio, Olaszország ivóvíz	7-9
Sri Lanka ivóvíz	0,056-0,235
Görögország ivóvíz	0,05-0,700
Sarki jég (átlag)	0,02
Tengervíz (átlag)	0,09

Az ivóvizekben 0,001 – 10 ng/l tartományban detektáltak szelént (5. táblázat).

A szelén biokémiai körforgását a vízi rendszerekben a talajerózió nagyban segíti, mivel ezáltal a szelén bejut a tengervízbe, főként szelenit (Se(IV)) és szelenát (Se(VI)) formájában 1 ng/ml koncentrációban. Ezek a szelén módosulatok szerves szelén vegyületekként beépülnek a fitoplanktonokon és zooplanktonokon keresztül, alacsonyabb és magasabb szintű gerinces szervezetekbe, vagy újra hasznosulnak mikroorganizmusokon keresztül, Se(IV), Se(VI), hidrogén-szelenid formájában, vagy elemi szelénként Se(0).

4.4. Szelén az atmoszférában

Az atmoszféra természetes szeléntartalma nagyon alacsony (6. táblázat). Erre igen nagy hatással van az óceánból a levegőbe kerülő szelén, ami évi 5000-8000 tonnát jelent. Ennek legnagyobb kibocsátói a fitoplanktonok. A szelén egyéb forrásai a vulkáni kigőzölgések és gázok, valamint a talajból és üledékekből való párolgás, a növényekből és állatokból történő evaporáció, illetve az ipari tevékenységek. A szelén az atmoszférában maximum 1 hétig tartózkodik dimetilszenid formájában. Szemcsékhez kötve több ezer km-t tehet meg a légkörben, mielőtt a Föld felszínére lerakódna (Fordyce, 2005).

6. táblázat A levegő szelénkoncentrációja (Fordyce, 2005)

Levegő	Összes szelén
Légköri por (mg kg ⁻¹) (átlag)	0,05-10
Levegő (ng m ⁻³) (átlag)	0,00006-30

5. A szelén élettani hatásai

5.1. Az emberi szervezet szeléntartalma

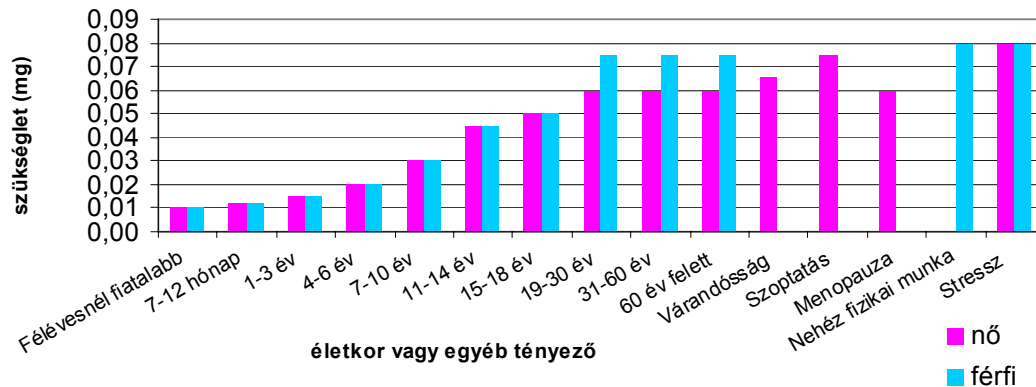
Az emberi szervezet csak meghatározott mértékben képes tárolni a szelént, így a mindenkori szelénellátottság a folyamatos szelénbevitel függvénye. Az emberi szervek szinte mindegyike tartalmaz szelént. Legnagyobb koncentrációban májban és vesében található, de ezek a szervek is csak 8, illetve 4%-át teszik ki a szervezet teljes szelén tartalmának. A vázizomzat fehérjében tárolt szelenometionin a szervezet összes raktározott szelén tartalmának elérheti az 50%-át. A szívizomban pedig még több szelén raktározódik, mint a vázizomzatban. Nagyobb koncentrációban van jelen a hasnyálmirigyben és a herében is. Az emberi test szeléntartalma 3-14,6 mg-ra becsülhető.

Az emberi szervezet szelénigénye mg-ban egy ismeretterjesztő forrás szerint a 7. táblázat és 2. ábra értékei szerint alakul.

7. táblázat Az emberi szervezet szelénigénye (forrás: internet, www.hazipatika.com)

Életkor	Nő	Férfi
Félévesnél fiatalabb	0,01	0,01
7-12 hónap	0,012	0,012
1-3 év	0,015	0,015
4-6 év	0,02	0,02
7-10 év	0,03	0,03
11-14 év	0,045	0,045
15-18 év	0,05	0,05
19-30 év	0,06	0,075
31-60 év	0,06	0,075
60 év felett	0,06	0,075
Várandósság	0,065	-
Szoptatás	0,075	-
Nehéz fizikai munka	-	0,08
Stressz	0,08	0,08
Dohányzás	0,075	0,08
Alkohol fogyasztás	0,075	0,075
Menopauza	0,06	-

Szelén napi szükséglet



2. ábra A 7. táblázat adatai alapján készült áttekintő diagram az emberi szervezet szelénigényéről

5.2. Szelénforrások a táplálkozásban

5.2.1. Növények szeléntartalma

A növények és a mezőgazdasági termények Se koncentrációja átlagosan 1 mg/kg száraz anyagra nézve. Felhasználhatósága függ a pH-tól, a redox viszonyoktól, a szelén kémiai formájától, típusától, a talajt felépítő ásványoktól, szervesanyag tartalomtól és a helyettesítő elemek jelenlététől.

Szelénakkumuláció szempontjából a növényeket három csoportba sorolhatjuk. A szelénfelhalmozók több, mint 1000 mg/kg szelént képesek felvenni. Ide tartoznak a *compositae* (fészekvirágzatúak), *leguminosae* (pillangósok), *cruciferae* (keresztesvirágúak) és *allium* (hagymafélék). A másodlagos szelénabszorbeálók 50-100 mg/kg szelénél nem vesznek fel többet. A harmadlagos szelénabszorbeálók a gabonák és fűfélék közül kerülnek ki, és <50 mg/kg szelént vesznek fel. A gyökérzöldségfélék annyi szelént képesek felhalmozni, amennyi állati vagy emberi szervezet számára már mérgező lehet. Ezek közül egyesek fitoremediáció révén képesek a szennyezett talajból eltávolítani a szelént. A fitoremediáció azt jelenti, hogy néhány növény kiterjedt gyökérrendszere segítségével képes a szennyeződést vagy vizet kivonni a talajból és ezzel eltávolítani a szelént anion formában, majd azt átalakítani illékony szelén módosulattá, mint például dimetilszeleniddé, ami kevésbé toxikus, mint a szelenát. A rizoszféra mikroorganizmusai közvetlenül el tudják párologtatni a szelén módosulatokat.

Túlzott szelénfelvétel esetén mérgezés alakulhat ki a növényekben, mivel megakadályozhatja a létfontosságú metabolitok felhasználását, illetve beépülhet a növényi szövetekben előforduló kénvegyületekbe, a ként helyettesítve. Kiszoríthat fontos kationokat,

mit például a vasat, magnéziumot, rezet vagy cinket. A szelenát elfoglalhatja a foszfát és a nitrát helyét. Mérgezésre utaló jel a levelek sárgulása, fekete foltok megjelenése, gyökerek elszíneződése.

Bizonyos növények, mint például a brazil dió képes akkumulálni a szelént a talajból és képes tárolni azt nagy koncentrációban (8. táblázat). Ez Brazília szelénben gazdag talaján természetve szemenként akár több, mint 100 µg Se-t is tartalmazhat (vagyis a napi ajánlott mennyiség másfélszeresét), míg a szelénhiányos talajokról származó termékekben csak tizedannyira dúsul fel a Se. A fokhagyma szelénvegyületekben aránylag gazdag. Jó forrásai még a tejtermékek - elsősorban a vaj -, a citrusfélék, az avokádó, hagyma, paradicsom, brokkoli, sörélesztő, lencse, búzacsíra, búzakorpa és a teljes kiőrlésű gabonafélék (8. táblázat). A gabonafélék esetében széles tartományban mozog a szeléntartalom, mert a növények nem igénylik a szelént életműködésükhöz.

8. táblázat Néhány élelmiszer szeléntartalma

Élelmiszer csoport:	Se-tartalom (µg/g)
Gabonafélék	0,01 - 0,55
Húsok, halak, tojás	0,01 - 0,36
Tejtermékek	< 0,001 - 0,17
Zöldségek, gyümölcsök	< 0,001 - 0,022
<u>Nagy Se-tartalmú élelmiszerek</u>	
Marha vese	0,78 - 1,45
Brazil dió	0,85 - 53
Brokkoli	< 0,001 - 0,46
Rák	0,028 - 1,26
Gomba	0,01 - 1,40

A növények szelénkoncentrációját számos geológiai és földrajzi tényező befolyásolja. Ezek közül egyik legfontosabb – mint azt már korábban is láthattuk – a talaj szeléntartalma és módosulat eloszlása. Ezen felül a módosulat eloszlást, illetve a növények számára a felvehetőséget a kémhatás szabja meg. Jelenléte függ olyan komponensek jelenlététől, amelyek megköthetik. Elsősorban a szervesanyag mennyisége meghatározó ilyen tekintetben. Itt kell megemlíteni a kénvegyületek jelenlétét is, amelyek versenyeznek a szelénnel az abszorpciós helyekért. A szelén a talajból való kivonódása elsősorban az esőzések eredménye, mivel a víz kimossa a talajból. Bizonyos mikrobák oldhatóvá alakítják a korábban oldhatatlan szelénvegyületeket, így hozzájárulva kimosódásukhoz.

5.2.2. Egyéb élelmiszereink szeléntartalma

Leggazdagabb természetes szelénforrásaink a belső szervek, mint például a máj, a tengeri szervezetek (halak, rákok), és az állati izomszövet (8. táblázat). Az állati szervezetekben való szelén-dúsulást természetesen nagyban befolyásolja, hogy az adott egyed táplálkozása során milyen szelénkoncentrációkat fogyaszt el. Mesterségesen növelhető táplálékunk szelén-tartalma, ha a takarmányhoz, illetve növények esetén a termőföldbe szelént juttatunk. Vigyáznunk kell azonban arra, hogy az adott egyed valóban tudja-e szervezetében akkumulálni a szelént, illetve hogy ha tudja, akkor megfelelő formában adagoljuk azt, hiszen nem minden módosulatot tudnak beépíteni.

5.2.3. Szelénnel dúsított élelmiszerek

Szervezetünk szelén-ellátottságának kordában tartásához a piac egyre több lehetőséget ajánl. Természetes módon való utánpótlásra nyújtanak lehetőséget a szelénes táptalajon nevelt élesztők, majd az ebből készült élelmiszerek. A boltok polcain egyre többször találkozhatunk olyan kenyérrrel, péksüteményekkel, joghurttal, tojással, margarinnal, amelyek címkéje arról tanúskodik, szeléntartalmuk az átlagosnál nagyobb.

5.2.4. Szelént tartalmazó étrend-kiegészítők

Étrend-kiegészítőink nagy részének címkéin manapság a szelén-koncentráció is helyet kap. Az előállításuknál általában valamilyen szelénvegyülettel dúsított élesztőt használnak, mivel az élesztő nagymértékben képes felvenni a szelént. Bizonyos kutatási eredmények azonban rávilágítottak, hogy a szelénes élesztő teljes szeléntartalmának csak 40-60%-a hasznosítható, míg a maradék szeléntartalmú komponens molekuláris formája nem ismert, ezáltal kérdéses szervezetünkben való hasznosulása, arra gyakorolt hatása.

Kápolna (2006) az antioxid, az ACE+selen, a selenor és a SelenoPrecise készítményeket tanulmányozta. Megállapította, hogy az anitoxid termék szeléntartalma az emésztés körülményei között legfeljebb 15%-ban nyerhető ki, a kinyert módosulatok nagy része azonosítatlan. Az ACE+selen az emésztés során nem hozzáférhető, illetve ismeretlen szeléntartalmú vegyületeket eredményezett. A selenor mintájában a nagy kinyerési hatásfokkal jellemezhető fehérjebontás során a detektált komponens a szelenit, amelynek 70%-a hozzáférhető az emberi szervezet számára. A SelenoPrecise tableta a gyártó szerint szelenometionint tartalmaz, ami valóban 80%-át alkotja a kinyerhető szelénmennyiségnek. További 20% azonosítatlan. A szerző megállapítja, hogy a szervezet számára leginkább hozzáférhető semet tartalma alapján a selenoprecise legalkalmasabb a szervezet szelénpótlására a vizsgált étrend-kiegészítők közül.

Egy átlagos drogéria polcain fellelhető szelén tartalmú készítményeket a 9. táblázat mutatja be.

9. táblázat Szelén tartalmú készítmények összefoglaló táblázata

Forgalmazó	Terméknév	μg Se/kapszula	RDA %	Szelén minősége	db/doboz	Ár	Megjegyzés	
juvamine	ANTI-AGE	75	94	szelénes élesztő	45	1 499 Ft	Az A-, C-, E-vitamin, Béta karotin, cink és szelén antioxidáns hatásúak. Hozzájárulhatnak ahhoz, hogy káros szabadgyökök ne alakuljanak ki, így segíthetik a bőrt fiatalon és egészségesen tartani. Napi 1 kapszula ajánlott 2-3 hónapos kúra erejéig.	
BÉRES Egészségtár	ACTIVAL ENERGIA	40	50	szelén tartalmú inaktív élesztőpor	30	2 299 Ft		
	ACTIVAL MAX	40	50	szelénessav	30	1 649 Ft		
	ACTIVAL 50+	40	50	szelénessav	30	1 619 Ft		
	ACTIVAL KID	5	50	3 év	szelénessav	72	1 659 Ft	Elősegíti az egészséges immunrendszer kialakulását és működését.
		2*5	50	4-6 év				
		2*5	33	7-10 év				
3*10		63	11 év felett					
Csonterősítő filmtabletta	25	31	szelénessav	60	2 499 Ft			
MULTI-TABS	IMMUNOKID	30		nátrium- szelenát	30	2 999 Ft	4-10 éves kor között ajánlják.	
Haas	A-Z	25	31	nátrium- szelenit	30	1 249 Ft		
DAS gesunde PLUS NAHRUNGSE RGÄNZUNGS MITTEL (dm termék)	A-Z DEPOT	30	38	nátrium- szelenit	100	1 189 Ft		
	AUGEN KAPSELN	30	37.5	nátrium- szelenit	30	849 Ft		
	GELENK DEPOT- KAPSELN csontra, porcra és ízületre	10	-	nátrium- szelenát	30	999 Ft	Hozzájárul az ízületek egészséges működéséhez.	
Dr. Theiss	Antioxid kapszula	30	37.5	szelénes élesztő	30	999 Ft	A készítmény hatóanyagai (béta-karotin, C-vitamin, E-vitamin, szelén), az úgynevezett antioxidánsok gátolják az egyes környezeti tényezők (dohányzás, helytelen táplálkozás, stb.) hatására a szervezetünkben létrejövő káros oxidációs folyamatokat.	
Bio Co	50 mg vízoldékony Q ₁₀ egyben	50	62	nátrium- szelenit	30	5 999 Ft		
	Transzport emulziós Q ₁₀	50	62	nátrium- szelenit	30	2 299 Ft		
SINNEX	EPA SEL kapszula	25	-	szelént tartalmazó élesztőpor	60	1 499 Ft	Napi 2x2 kapszulát javasol 2-3 hétig szedni. Szívinfarktus vagy más szív és keringési betegségek kialakulásának megelőzésére.	
VITA-MED ÉTREND- KIEGÉSZÍTŐ	SÖRÉLESZ TŐ	9	11	nátrium- szelenát	150	799 Ft		

SUNLIFE	A C'E + SELEN	14.4	-	élesztővel kötött szelén (sodium selenat)	80	999 Ft	A szelén nyomelem, mely az emberi szervezet anyagcseréjében fontos szerepet játszik.
	365+ VITAMIN	40	50	nátrium-szelenit	60	779 Ft	A termék antioxidáns összetevői (A-,E-,C-vitamin, cink, szelén, rutin, likopin, lutein) többek között hozzájárulnak a légszennyezettség, UV-sugárzás és a dohányzás hatására a szervezetben létrejövő káros oxidatív folyamat gátlásához.
B PHARMA	SELENOR	100	-	szerves kötésben (élesztőhöz kötve)	40	999 Ft	Felnőtteknek naponta 1 tablettát, gyermekeknek 10 éves életkor felett minden második nap 1 tablettát. Irodalmi adatok alapján a szelén a szervezetet károsító úgynevezett szabad gyököket megkötve, hatástalanítva fejti ki védő hatását. A szelén szervezetünk egyik kulcsfontosságú enzimének alkotórésze, ezért a szelén hiánya a szív- és érrendszeri megbetegedések, a reumatikus bántalmak, a reumaszerű ízületi gyulladások és egyéb gyulladós folyamatok kialakulásának valószínűségét elősegíti. Terhesség, szoptatás: kezelőorvos véleményét ki kell kérni. Mással való szedhetőség: már szeléntartalmú készítménnyel együtt nem szedhető. Ügyelni kell: 3-4 tablettát/nap tartós szedése krónikus szelénmérgezés tüneteit okozhatja (fokhagymaszagú lehelet, hányinger, bőrvizketés, fáradékonyság, köröm- és hajtöredezetttség, hajhullás, a bőr szürkés elszíneződése, valamint fogszuvasodás). 2-3 hónapig ajánlott szedni, majd újabb kúra előtt javasolt orvos véleményének kikérése.

5.3. Betegségek

5.3.1. Keshan betegség

Szelén, illetőleg a glutation-peroxidáz hiányában olyan peroxidációs folyamatok indulnak meg, amelyek a szívizom szöveteinek elhalását eredményezik, amely súlyos betegséget okoz, majd halálhoz vezet. Főleg fiatal anyák és 1-9 éves gyerekek esetében figyelték meg ezt a betegséget, amelyet Kína egyik tartományáról Keshan-kórnak neveztek el. Azt tapasztalták, hogy téli időszakokban déli, nyáron északi tartományokban tört ki járvány. Feltételezték, hogy a járvány kitörését vírus okozza; ki is mutatták, hogy az E-vitamin hiánya jelentős szerepet játszhat abban, hogy vírusfertőzés alakuljon ki (Fordyce, 2005).

5.3.2. Keshin-Beck betegség

A Kashin-Beck betegség is elsősorban a szelénhiányra vezethető vissza. Szibéria, Kína, Észak-Korea, Afrika néhány részén fordul elő. Tünetek a végtagokon, így a láb- és kézfejen jelentkeznek. A betegség elgyengíti azokat, csontfejlődési rendellenességet okoz, mint a kéz- és lábujjak rövidülése valamint okozhat törpenövést is. Az eredmények azt mutatták, hogy a Kashin-Beck betegség peroxidációs hatásra fordul elő a porcszövetben és a csontsejtekben (Fordyce, 2005).



4. kép Keshin-Beck kóros férfi (forrás: internet)

5.3.3. Jód-hiányos rendellenesség

A pajzsmirigy működéséhez is szükség van egy szeléntartalmú enzimre, amelyet jodotironin 5-dejodináz néven tartanak számon, és a pajzsmirigy jódanyagcseréjét szabályozza. Ezek szerint nemcsak a jódhiány, hanem a szelénhiány is pajzsmirigy-rendellenességekhez, súlyos esetben halálhoz vezethet. Szerte a világon kimutatták a jódhiányos betegségek, mint a golyva és a kretinizmus szelén-hiánnyal való összefüggését – így például Kínában, Sri Lankán, Indiában, Afrikában, Dél-Amerikában (Fordyce, 2005).

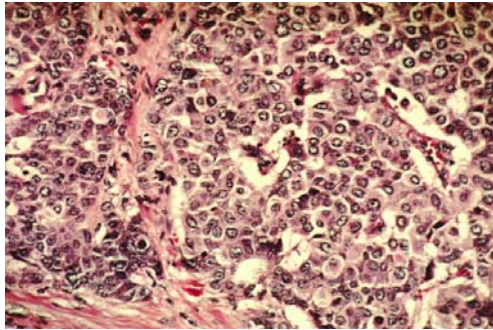
5.3.4. Rák

A kemoterápia megelőzését taglaló tanulmányok száma az utóbbi időben ugrásszerűen megnőtt. Ennek háttérében az áll, hogy a természetes úton történő rákmegelőzés általában nagyon látványos eredménnyel bír. A kiváló tényezőket a rák különböző formáinak megelőzése szempontjából tesztelték. Egy kínai tanulmányban kivizsgálták a nyomelemek és vitaminok dúsításának eredményeit, a rákeseteket és a rákban történő elhalálozások vonatkozásában. A nyolc éves időszak alatt a résztvevők napi 50 µg szelénrel (szelén-élesztő formájában) kiegészített vitamin-készítményt kaptak, amelyben a szelénen kívül 30 mg E-vitamin, illetve 15 mg β-karotin volt. A kapott eredmények alapján egy statisztikailag jelentős, 13%-os csökkenést tapasztaltak a daganatos megbetegedés okozta halálozásban (Fordyce, 2005; Gergely, 2006; Kápolna, 2006).

Az első tanulmányt Kínában, Qidongban, Shanghai északi régiójában végezték, ahol a szelént, mint a humán rákmegelőzés eszközt vizsgálták. Ezen a területen élők között nagyszámmal fordult elő májdaganatos megbetegedés. A kísérletben résztvevők étrendjét nátrium-szelenittel dúsított asztali sóval egészítették ki 15 ppm mennyiségben, ami megközelítőleg napi 30-50 µg Se-t jelentett nyolc éven keresztül. A szelénadagolás elsődleges hatásaként a májdaganatos megbetegedések száma megközelítőleg a felére csökkent. Miután megvonták a szelént a vizsgált populációtól, a májrák újból sok ember halálát okozta.

Állatkísérletek során az derült ki, hogy azoknál az állatoknál, amelyek nátrium-szelenátot, nátrium-szelenitet, szerves eredetű szelént alkalmaztak táplálék kiegészítőként, a rákos sejtek elterjedése csökkent, míg azoknál az alanyoknál, amelyek szelénium-szulfidot kaptak, az anyag karcinogénnek bizonyult.

Azokban az ivóvizekben, amelyeknek nagy szeléntartalma volt, a tüdőrák (5. kép), veserák, melanoma (férfiaknál), valamint nyirokmirigyek rákos megbetegedése (nőknél) okozta halálesetek száma szintén nagyobb volt.



5. kép Rákos tüdőszövet (forrás: internet)

Tehát a szervezetben lévő megfelelő mennyiségű szelén antioxidáns tulajdonságának köszönhetően megakadályozhatja a rák kialakulását. Napi 200 µg bevitel csökkentheti a különféle rákbetegségek kialakulását.

5.3.5. Szív- és érrendszeri betegségek

A szelén-hiány okozhat szív- és érrendszeri betegséget, azonban a kialakulását már 45 µg/l mennyiséggel csökkenteni lehet (Fordyce, 2006).

5.3.6. Állatokban fellépő szelén-mérgezéses betegségek

Laboratóriumi kísérletek szerint a legmérgezőbb szelén-vegyületek: hidrogén-szelenid (belégzéssel), a nátrium-szelenit (Na_2SeO_3) (táplálkozással), ezen kívül és a kevés elemi szelén bevitel a napi táplálkozás során szintén betegséget okozhat. A nátrium-szelenit és a 6,4 mg/kg szelén-tartalmú búza növekedési rendellenességet, szőrhullást; 8 mg/kg pedig már hasnyálmirigy-nagyobbodást, vérszegénységet, sárgaságot végső sorban pedig halált is okozhat.

Fokozott nátrium-szelenát bevitel egereknél vezethet az embrió halálához, valamint a szaporodóképesség csökkenéséhez. Egyedül a szelén-szulfidról bizonyították, hogy karcinogén.

A leggyakoribb szelén-mérgezéses tünetek: hányás, légzési nehézségek, merevgörcs, vérbőség a vesékben és a májban, tumor-képződés és vérzés a szívben, tompaság, soványodás. Továbbá szőrzet durvaságát, bénulást, májzsugort okoz, valamint az ízület és csont növekedését akadályozza.

A nagy mennyiségű szelén bevitel a sertés, juh, szarvasmarha esetében az embrió rendellenes fejlődését okozza. A szelenózis juhoknál és lovaknál születési deformáltságot, patkányoknál, sertéseknél, kutyáknál, szarvasmarháknál szaporodási problémákat okoz. Békáknál a koponya és a gerinc deformációját mutatták ki. A szelenózist kimutatták tengeri állatoknál, madaraknál is. Tengeri gerinceseknél 70-760 µg/l szelén is mérgező lehet.

5.3.7. Szelén-mérgezés embereken

Az embereken sokkal gyakoribb a szelén-mérgezés, mint a szelén-hiány. A mérgezés mértéke főleg a szelén vegyületformától, koncentrációjától függ. Szelén-tartalmú sav elfogyasztása halálos lehet, amelyet eszméletlenség, magas vérnyomás, légzési nehézségek előznek meg. A szervezetben lévő kevés E vitamin szintén növelheti a szelén-mérgezést, míg a szulfát ellensúlyozza azt (Gergely, 2006; Kápolna, 2006).

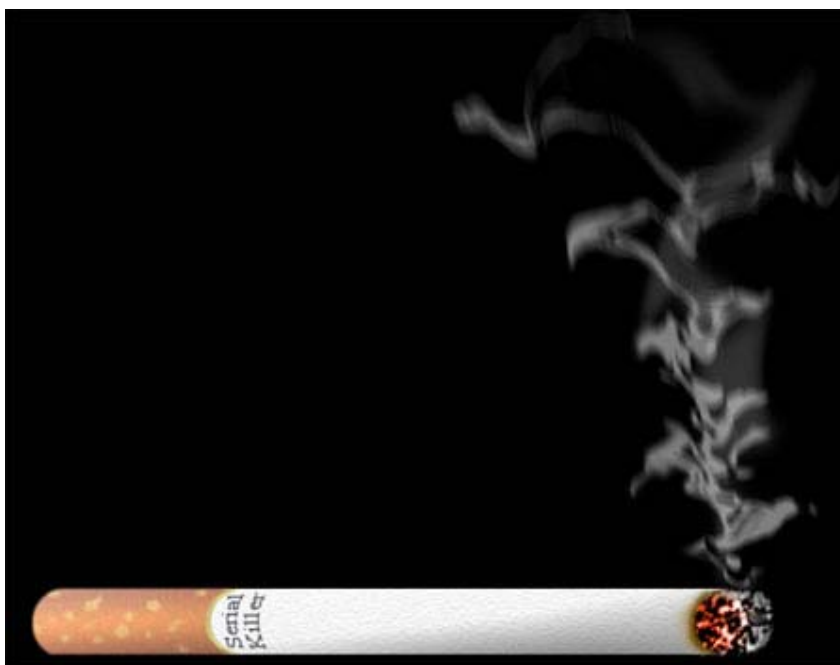
A betegek légzési nehézséget, fémest ízt, fülcsengést, orrfolyást, tüdőgyulladást, fokhagymaszagot éreztek, valamint gyomorbántalmakról, elszíneződött bőrről, bőrgyulladásról, körömvestésről, hajhullásról, lyukas fogak mennyiségének növekedéséről, és a szellemi képességek csökkenéséről számoltak be.

5.4. Egyéb hatások

5.4.1. Szaporodás

Skóciába nyugati részén csökkent termékenyséű férfiaknak három hónapon keresztül szelént adtak. Kimutatták, hogy a hímivarsejt kevésbé mozgékony és deformált lesz szelén-hiány esetén. Szelénpótlás után a kísérletben részt vevő férfiak 11 %-a visszanyerte nemzőképességét, míg a szelénpótlásban nem részesülteknél nem történt változás e tekintetben (Scott, 1998.).

5.4.2. Dohányzás



6. kép (forrás: internet)

Northrop-Clewes és Thurnham (2007) a *Clinical Chemical Acta* című folyóiratban gyűjtötte össze a passzív és aktív dohányosok szervezetében észlelt jelenségeket, amiket korábbi kutatások a dohányzásnak tulajdonítanak (6. kép). Ezek alapján a következő összefoglalást adták a meglévő tanulmányokról.

A dohányosok szervezetében alacsonyabb a vérplazma Se-koncentrációja, amit a fokozott cigarettafogyasztással kapcsolnak össze. Swanson et al. alacsonyabb szelénfelvételt állapított meg a dohányosok szöveti koncentrációinak vizsgálata során. Goodman et al. CARET tanulóinak szelénháztartását vizsgálva kimutatta, hogy a rendszeresen dohányzók vérplazmájában alacsonyabb a szelén koncentrációja (1,44 $\mu\text{mol/l}$) azokhoz a tanulókhöz képest, akik korábban dohányoztak (1,49 $\mu\text{mol/l}$). Ebből arra következtettek, hogy a Se-koncentráció az étkezéssel bevitt Se-től függetlenül emelkedett. Kim et al. 15-17 év közötti fiatal lányok Se-háztartását vizsgálták. A vizsgálatok ellentmondó eredményekkel számoltak, ami annak lehet tulajdonítható, hogy a Se-koncentrációt a szervezetben kialakult gyulladások is befolyásolják. Abou-Seif jelentősen alacsonyabb Se-koncentrációt mutatott ki a nemdohányzók körében, amit a Se és a nikotinsav közti bonyolult kapcsolattal magyaráz. Egy új brit kutatás során 4-18 év közötti fiatalokat vizsgáltak. Mérték a vérplazma, a vörösvérsejt és a szelén-koncentrációját és az erythrocyta GHSPx aktivitását. Ez utóbbiról korábban Kim et al. és Koeyigit et al. is kimutatták, hogy a dohányosok körében jelentősen csökkent az aktivitása. A brit kutatás során kiderült, hogy korra és nemre való tekintet nélkül a Se-koncentráció kiegyenlített a gyerekek szervezetében, ám azok között, ahol akár csak az egyik szülő dohányozik, a Se-koncentráció alacsonyabb. Ez a csökkenés nagyobb mértékű volt azokban az esetekben, ahol a gyermek édesanyja dohányzott. A tanulmány eredményei arra engednek következtetni, hogy a passzív dohányzás is megzavarhatja a szervezet Se-háztartását.

A készült tanulmányokból megállapíthatjuk, hogy a szervezet Se-koncentrációja és a GHSPx aktivitása alacsonyabb a dohányzók körében. Néhány vizsgálat azt is bizonyítja, hogy a Se-koncentráció kapcsolatban áll a szervezetben kialakult gyulladásokkal.

A dohányosok szervezetében alacsonyabb a vérplazma szelén koncentrációja, amit a kutatók a nikotinsav és a szelén közti bonyolult kapcsolattal magyaráznak. Kiderült az is, hogy a szelénkoncentráció kiegyenlített a gyerekek szervezetében, ám azok között, ahol akár csak az egyik szülő dohányozik, a szelénkoncentráció alacsonyabb. Ezek szerint a passzív dohányzás is megzavarhatja a szervezet szelénháztartását.

5.4.3. Asztma

A szelén fogyasztása bizonyítottan fontos rákellenes, gyulladáscsökkentő és vírus elleni tényező az emberi táplálkozásban. Ehhez kapcsolódóan szerepe lehet bizonyos ráktípusok és egyéb halálokok, így esetleg a HIV/AIDS és az asztma kockázatának csökkentésében is (Lyons, 2004).

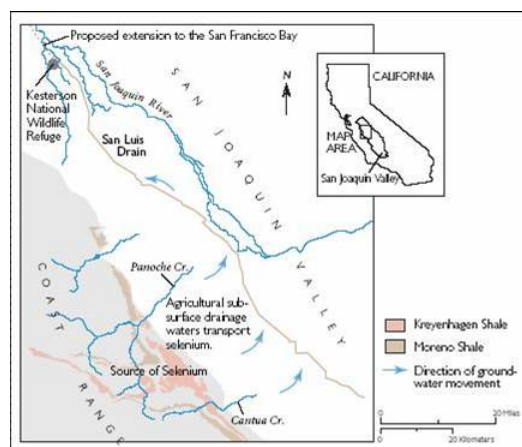
5.4.4. AIDS

Sok emberi betegség, így az AIDS hátterében is szabadgyökös mechanizmuson alapuló peroxidációs folyamatok állnak. Ezeket a folyamatokat különböző antioxidánsokkal, így a szelént tartalmazó glutation-peroxidázzal, a C-, az E- és az A-vitaminokkal, továbbá ezek analóg vegyületeivel (például a béta-karotinnal) gátolni lehet. Tudományosan még senki sem tudta bizonyítani, hogy az AIDS terjedéséért elsődlegesen felelős HIV-vírus gátlásában a szeléntartalmú, vagy más antioxidáns anyagok bizonyítottan megelőző, illetőleg gyógyító hatásúak lennének, de a kutatások valószínűsítik, hogy a szelénnek kedvező hatása lehet e tekintetben is (Fordyce, 2005).

6. Esettanulmányok

6.1. Szelénmérgezés állatokban – Kesterson Reservoir, Amerikai Egyesült Államok

Számos olyan tanulmány létezik, amely a Se mérgezés állatokon jelentkező tüneteit írja le. Az egyik legjobban dokumentált eset a kaliforniai Kesterson Reservoirban megfigyelt szelén mérgezés (Fordyce, 2006) (3. ábra).



3. ábra Kesterson Reservoirs elhelyezkedése Kalifornia államban (forrás: internet)

Mivel Kaliforniában kevés a lápvidék, így mesterséges vízutánpótlással próbálták fenntartani a lápos környezetet a Kesterson Reservoirban. A vízutánpótlást San Luis völgyből biztosítják. A beérkező víz a területen található 12 tavacskában gyűlik össze. Az év bizonyos szakaszában, a víz egy részét a Sacramento-San Joaquin folyó deltájába engedték vissza, amikor elég magas volt a vízállás ahhoz, hogy a mezőgazdasági vízben előforduló szennyezőanyagokat felhígítsa. Mivel ez a művelet a folyó ökoszisztémáját megzavarta, hatóságilag ezt 1975-ben leállították. Ennek ellenére a Reservoir továbbra is a csatornarendszerből kapta a vizet. A hetvenes években a vízellátás túlnyomó részét a felszíni vizek biztosították, azonban a nyolcvanas években szinte teljes egészében a csatornákon érkező víz táplálta a lápvidéket. 1983 és 1985 között a beérkező víz szelén koncentrációja 300 mg/l volt. A száraz, lúgos környezetben a szelén 98%-a szelenát formájában fordult elő, amely az élőlények által legkönnyebben felvehető formája. Feltételezték, hogy a szelén elsődleges forrása a kréta-paleocén, illetve az eocén-oligocén korú szelénben gazdag agyagpala, amely a völgyet nyugatról határoló Parti-hegységben található. A szulfidásványok mállása következtében lúgos pH alakult ki, így a Se mobilizálódni tudott. A folyamatos

vízfolyások és az erózió következtében 1-1,2 millió év alatt a szelén feldúsult a talajban és a talajvízben.

A szennyezett víz élőlényekre gyakorolt hatásait csak kevéssé ismerték, így 1983 és 1985 között a U.S. Wildlife Service összehasonlító megfigyeléseket végzett a Kesterson és a közeli Volta Wildlife között, amelyet normál szelénkoncentrációjú, tiszta öntözővíz látott el. Összehasonlították a két terület halálozási rátáját, az embrió mutáció arányát, illetve megmérték a kígyók és a békák májának szelénszintjét. 10 emlősfaj 332 egyedéből vettek szövetmintát, amelyet szintén megvizsgáltak. A vizsgálatok kimutatták, hogy a Kesterson Reservoir valamennyi élőlényében lényegesen nagyobb a szelén szint, mint a Volta bióta esetében. Bár egyetlen nyilvánvaló károsodást sem sikerült kimutatni a hulló és emlősfajok esetében, mégis nyilvánvalóvá vált, hogy a szelén felhalmozódott a táplálékláncban. Ezzel szemben a madarak esetében az embriók 22%-a elpusztult, vagy mutációt szenvedett. A fejlődési rendellenességek, mint például a hiányzó vagy rendellenes szemek, szárnyak, csőrök, lábak és a vízfejűség, gyakran voltak halálosak. Becslések szerint a vizsgált időszak alatt legalább 1000 madár pusztult el a magas szeléntartalmú növények és halak fogyasztása miatt.

6.2. Szelénhiány emberekben – Zhangjiakou körzet, Hebei tartomány, Kína

Zhangjiakou körzet belső Mongóliától délre fekszik (4. ábra).



4. ábra Zhangjiakou körzet elhelyezkedése Hebei tartományban, Kínában (forrás: internet)

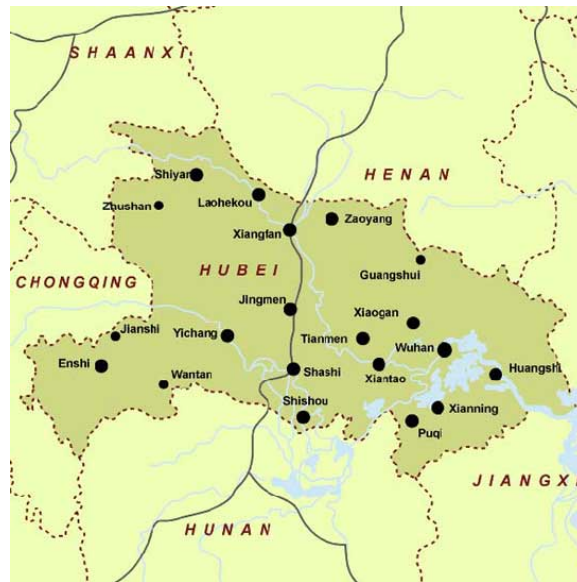
Az aljzat helyenként archai metamorfit, máshol jura korú vulkáni kőzet, amelyre negyedidőszaki lösz, illetve alluviális rétegek települnek. Valamennyi rétegben kicsi a szelénkoncentráció. A terület az úgynevezett KD (Keshan Disease) övben helyezkedik el, amely azt jelenti, hogy a területen élők jelentős része szenved szelénhiányos betegségben. Az elzárt falvak lakói erősen a helyi terményre vannak utalva, ami növeli a betegség kialakulásának a kockázatát (Fordyce, 2006).

Megfigyelték, hogy a területen a megbetegedések aránya a falvakban 0 és 10,8% között változott 1992 és 1996 között. Ez alapján a vizsgált 15 falut 3 csoportba tudták osztani: (1) 0%-os (2) 0-3%-os és (3) >3%-os Keshan betegek aránya falu lakosságához viszonyítva. Mintákat vettek és megmérték a különböző termények, a haj, a víz és a talaj szelénszintjét. A vártak megfelelően, az első három szelénkoncentrációja negatív korrelációt mutatott a megbetegedések arányával. Ez azonban a talajra már nem volt igaz, vagyis ahol a legkisebb szelénszintet mérték a terményben és az emberekben, ott volt a legnagyobb koncentráció a talajban. További kutatások kimutatták, hogy a harmadik csoportba sorolt falvak mindegyikében fekete vagy sötétbarna, nagy szervesanyag-tartalmú, kisebb pH-jú talaj van. A nagy szelénkoncentráció ellenére a növények nem tudták felvenni a Se-t, mert a szervesanyagok megkötötték, s visszatartották a talajban. A helyreállítás során növelték a talaj pH-ját, amely elősegíti a szelén mobilizációját, így felvehetővé válik az élőlények számára. Ahol szükséges volt, ott további szelént adtak a talajhoz, ezáltal növekedett a helyi termények szelénszintje. 1996 óta nem jelentettek erről a területről újabb megbetegedéseket.

Ez a tanulmány felhívja a figyelmet arra, hogy nem mindig reprezentatív a talaj teljes szelénszintje, fontos meghatározni, hogy ennek mekkora része felvehető, s ez alapján kell kiválasztani a megfelelő remediációs tervet.

6.3. A szelén élettani hatása és a geológia kapcsolata – Enshi körzet, Hubei tartomány, Kína

Enshi azon kevés helyek egyike, ahol hangsúlyozott, hogy a terület geológiájának óriási szerepe van szelén élettani hatásaiban, ugyanis 20 km-es körzeten belül találkozunk szelénhiány okozta megbetegedéssel és szelénmérgezéssel. A hegyvidékes területen kis, elzárt falvak találhatók, amelyek lakossága fokozottan önellátásra utalt (Fordyce, 2006) (5. ábra).



4. ábra Enshi elhelyezkedése Hubei tartományban, Kínában (forrás: internet)

A körzet északnyugati részének jura korú homokkő aljzata van, amely csak nagyon kis koncentrációban tartalmaz nyomelemeket, beleértve a szelént is. A középső és keleti térségben permiszenes rétegen alakult ki a talaj. A Keshan betegség az előbbi, még a szelénmérgezés az utóbbi területen fekvő falvakban jellemző. A hatvanas és hetvenes években széleskörű tanulmányokat folytattak a térségben.

Kimutatták, hogy a szelénmérgezés a nagy szervesanyag-tartalmú palákhhoz köthető. A szelén elemi formában mikrorészecskéként van jelen, illetve a pirit kristályrácsába beépülve. A mállásnak, a biológiai aktivitásnak és a beszivárgó, különböző kémhatású oldatoknak köszönhetően könnyen mobilizálódni tudott. A további vizsgálatokból kiderült, hogy nem minden faluban találtak szelénmérgezést, azok között, amelyek ezen a rétegen fekszenek.

A településeket három csoportba osztották: (1) Keshan betegségben szenvedő lakosokkal rendelkezők, (2) a környezetben nagy a szelénkoncentráció, de nincs, illetve (3) van szelénmérgezéses eset. Egy adott falun belül is jelentős változékonyság mutatkozott az élelmiszerek szelénkoncentrációjában, attól függően, hogy kibukkant-e az említett szénréteg.

A lakosoknak azt tanácsolták, hogy ne a szenes réteg feletti földeken termeljenek, s ne használják a szenes eredetű hamut talajjavításra. Az északnyugati területeken a talaj pH értékének emelésével próbálták fokozni a felvehető szelén mennyiségét, s ezzel csökkenteni a szelénhiányt.

Bár a szelénszint lényegében nem változott, az utóbbi években nem jelentettek megbetegedéseket. Lehetséges, hogy az emberek alkalmazkodtak a különböző környezeti feltételekhez, illetve feltételezhető, hogy az ötvenes és hatvanas években járványszerűen megjelenő szelénmérgezés egyéb tényezőkhöz is köthető. Például a területet ekkor sújtó aszály következtében a lakosok kevesebb élelemhez jutottak, csökkent a protein bevitel és az étrendjükben inkább a zöldségek, gabonafélék és a természetes növények domináltak.

6.4. Nyugati országok

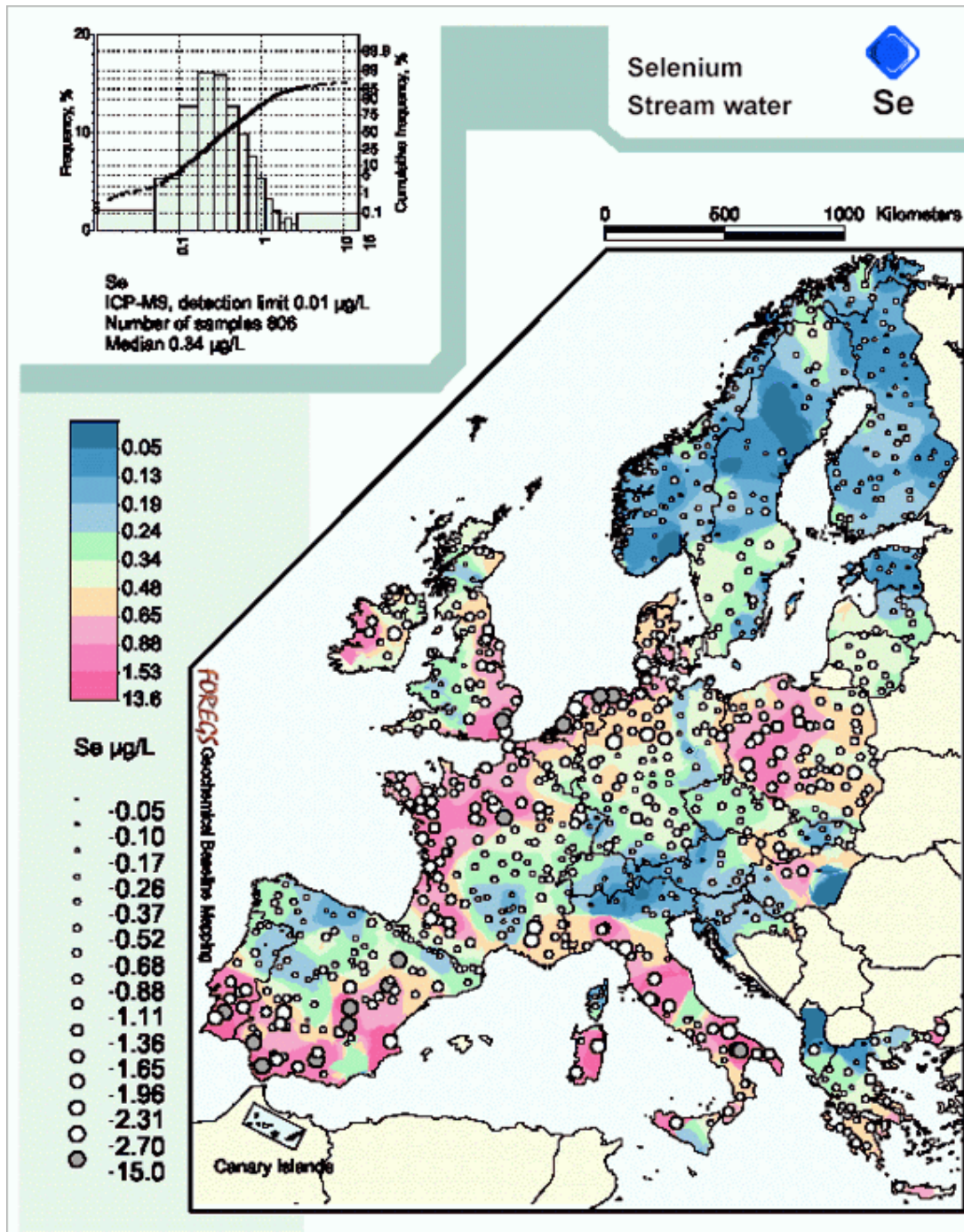
Felmerül a kérdés, hogy a nyugati országokban is olyan szoros a környezet és a szelénszint kapcsolata, mint pl. Kínában, ahol a falvak jelentős része önellátásra utalt. Ma már az emberek sokat költöznek, az élelmiszert boltban vásárolják, s jelentős mennyiségű import árut fogyasztanak. Ennek ellenére még mindig kimutatható a környezet hatása.

Olyan országokban, mint pl.: Új-Zéland, Finnország, Svédország és Kína egyes területein a talajban nagyon kicsi a szelén koncentrációja. Ezekben az országokban a napi bevitel kevesebb 70 µg/napnál. Nagy Skóciában, Venezuelában és Kína más területein, a napi bevitel akár a 200-700 µg-ot is elérheti. Új-Zéland esetében mérhető változás mutatkozott a lakosság szelénszintjében, miután Ausztráliából kezdtek el gabonát importálni.

Egy másik tanulmány vizsgálta az Egyesült Államokból Új-Zélandra költöző lakosság vérének szelénszintjét, s kimutatható csökkenést tapasztaltak. Az USA jó példa arra, hogy akár egy országon belül is jelentős eltérések lehetnek az emberekben mérhető szelénkoncentrációban, attól függően, hogy milyen geokémiai környezet jellemzi az adott térséget.

Egy másik érdekes eset Nagy-Britannia. Korábban az Egyesült Államokból importálta a gabonát, amelynek a szeléntartalma fedezte a normális bevitelt. Az EU megalakulása után azonban európai gabona fogyasztására kényszerültek a brittek, s a szelénszintben mérhető csökkenést tapasztaltak. Számatalan példát lehetne még felhozni, amely azt bizonyítja, hogy milyen nagy hatást gyakorol a környezet a mindennapi életünkre s az egészségünkre.

Az itt látható térkép Európa legtöbb országának folyóvízében mér szelénkoncentrációit mutatja (3. ábra).



3. ábra Európa nagy részének szelénkoncentrációi folyóvízében (forrás: internet)

7. A szelén Magyarországon

7.1. Irodalmi áttekintés

Magyarországon először valószínűleg Török (1962) foglalkozott mélyrehatóan a szelénnel *A szelén előfordulása a recski ércben* című doktori értekezése kapcsán. Később Nagy (1972) tesz említést hidrotermális szulfidásványokból történő szelén-meghatározásra. A MÁFI Geokémiai Osztályának kutatásait összegezve megállapítja, hogy dúsulás tapasztalható a kelet-mátrai (recsk-lahócai), a nagybörzsönyi és a telkibányai szulfidásványok esetében egyaránt. Említést tesz szelénásvány, a guanajuantit kelet-mátrai előfordulásáról is.

Gondi (1990) vizsgálta a magyarországi talajok és talajképző kőzeteik Se-tartalmát. Kutatásai során a kőzeteket illetően arra az eredményre jutott, hogy egyiknek sem éri el a Se-tartalma a 0,4 ppm-es értéket. Különösen a savanyú magmatitokat, a karbonátokat és a homokos képződményeket jellemezték kis koncentrációk. Relatív nagyobb értékek adódtak az agyagpala (>0,300 ppm), agyagmárga és a fiatal agyagos képződmények (0,261-0,07 ppm), valamint löszök esetén (0,06-0,100 ppm). Összességében elmondható, hogy a mért koncentrációértékek rendre elmaradnak a hasonló képződményekre nemzetközileg megállapított értékektől. Ebből az következik, hogy a hazai felszínalkotó kőzet-talaj együttesekre a közepesnél kisebb Se-tartalom jellemző. A környezeti ellátottság ennek megfelelően gyengének minősül. A kis pufferkapacitású talajok esetében oda vezethet, hogy jelentős mértékben lecsökken a bioszféra számára könnyen elérhető, mobilis szeléntartalom aránya. Ennek megelőzésére, illetve visszafordítására Gondi (1990) megfelelő minőségű műtrágyák racionális felhasználását, valamint talajmeszeztést javasol.

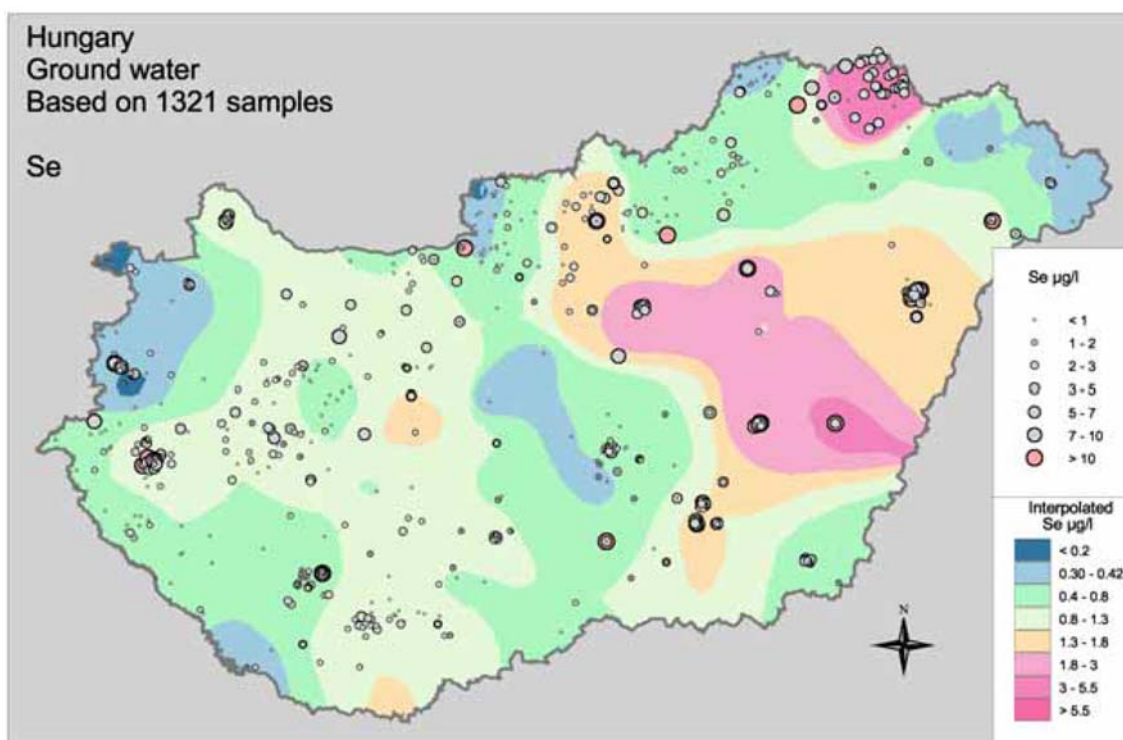
Az előző munka szerzője extrakciós vizsgálatokat is végzett a talajok könnyen mobilizálható Se-tartalmának meghatározására. Az eredmények azt mutatták, hogy a mobilizálható Se-tartalom ritkán lépi túl az összmenyiség 10 %-át. Kivételt képeznek a szikes jellegű talajok, amelyeknél ez az érték általában 20% feletti, egy esetben 35%-ot is elérheti.

Tehát elmondhatjuk, hogy a magyarországi talajok szelénben meglehetősen szegények, így a növényi eredetű termékekből származó szelénpótlás csak töredéke a szükségesnek. A haszonállataink takarmányához premixek formájában szelénvegyületeket is kevernek, és így vészes szelénhiányról nem beszélhetünk.

Magyarországon a 201/2001. kormányrendelet alapján a szelén határértéke ivóvizekben 10 g/l. A Szentendrei-sziget víztermelő kútjainak vízmintáiból félévente határoznak meg szelént. A Víz Keretirányelv adatai alapján évente a Dunába 0,020 kg, a

Tiszába 0,214 kg szelén kerülhet a különböző kibocsátásokból. A kibocsátásbecslést a VITUKI Kht. adatbázisa képezte, amelyet a cégek kérdőíves felmérése alapján határoztak meg. A prioritással kezelendő anyagok közé a szelén is besorolódott.

A felszín alatti vizekben egy nemrég elkészült tanulmány tárgyalta különböző elemek, többek között a szelénkoncentrációkat felszín alatti vizekben. Ennek összefoglalását a 4. ábra mutatja be.



4. ábra Magyarország felszín alatti vizeinek szelénkoncentrációi (GKT et al., 2006)

Magyarországon humán táplálkozási célból többek között szelénrel dúsított kenyeret, péksüteményeket, margarint, tojást, illetve ún. szelénes szeszampelyhet hoznak forgalomba. Előállításukról azonban nem áll rendelkezésre információ. Gyakran nem ismert, hogy a szelén mely módosulatával dúsítják a terméket, milyen koncentrációtartományban.

7.2. Jogszabályok

7.2.1. Élelmiszerek

A hatályos jogszabályok, egy Európai Uniósi irányelv (2002/46/EC) alapján mind a szelénrel dúsított étrend-kiegészítők, mind pedig a különleges táplálkozási célú élelmiszerek előállítása esetén a nátrium-szelenátot, a nátrium-hidrogén szelenitet, illetve a nátrium-szelenitet jelölik meg felhasználható szelén formaként.

7.2.2. Környezet

38/1995. (IV. 5.) Korm. Rendelet a közműves ivóvízellátásról és a közműves szennyvízelvezetésről

Külön elbírálást igényel az a szennyvíz, amely e rendelet 2. számú melléklet I. és II. számú jegyzékében meghatározott anyagokat tartalmaz.

A II. számú jegyzékben szerepel a Se is.

A 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM EGYÜTTES RENDELET

A felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről

Anyagcsoportonként (A) háttér koncentráció talajra és határértékek földtani közegre

Se esetén (mg/kg szárazanyag):

A	→ 0,8
B	→ 1
C ₁	→ 5
C ₂	→ 10
C ₃	→ 20
K _i	→ K2

Az értékek meghatározására a következő szabványt és műszereket ajánlják: MSZ 21470-50: AAS, ICP.

Anyagcsoportonként (A) háttér koncentráció és határértékek felszín alatti vizekre

Se esetén (µg/l):

A	→ 1
B	→ 5
C ₁	→ 10
C ₂	→ 20
C ₃	→ 50
K _i	→ K2

Az értékek meghatározására a következő szabványt és műszereket ajánlják: MSZ 1484-3: AAS (FAAS, ETA-AAS, ICP-OES)

A felszín alatti vizekből történő mintavételt az MSZ 21464 sz. szabvány szerint kell végezni.

50/2001. (IV. 3.) KORM. RENDELET

A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól

1. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Szennyvíz, szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának megkezdéséhez szükséges talaj- és talajvízvizsgálatok

Vizsgálendő paraméter	Szennyvíz, folyékony szennyvíziszap	Szennyvíziszap	Vizsgálati szabvány
Toxikus elem tartalom (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn)	X	X	MSZ-21470-50:1998

X Maximum 5 ha-ként kialakított mintatereken 25 leszúrásból átlagmintát kell képezni 0-25 és 25-60 cm-es talajrétegből, melyekből a jelzett paraméterek vizsgálendók.

2. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Szennyvíz, szennyvíziszap vizsgálendő komponensei mezőgazdasági felhasználás előtt

Vizsgálendő paraméter	Szennyvíz	Szennyvíziszap	Vizsgálati szabvány	
			szennyvíz	szennyvíziszap
Pb, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Hg, Se, Zn, As	+ kivéve: Se	+	MSZ-1484-3:1998, MSZ 260-32:1989, MSZ EN ISO 11969:1998	MSZ-21470-50:1998 és kiegészítő listán (3)

3. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Mérgező elemek és káros anyagok megengedhető koncentrációja talajokban

Paraméter	Határérték (mg/kg szá.)
Se	1

4. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Szennyvízben megengedhető mérgező elemek és károsanyagok határértékei mezőgazdasági felhasználás esetén: ebben az esetben nem említi a Se-t. A 2. számú melléklet szerint nem kell mérni.

5. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Szennyvíziszapban megengedett mérgező elemek és károsanyagok határértékei mezőgazdasági felhasználás esetén

Paraméter	Határérték (mg/kg sza.)
Se	100

6. számú melléklet

az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelethez

Mezőgazdasági területre szennyvízzel és szennyvíziszappal évente kijuttatható mérgező elemek és káros anyagok mennyisége

Paraméter	Határérték (kg/ha/év)
Se	1,0

2006. márciusában van egy *előterjesztés* az előbbihez, ami a szennyvíziszap komposztot is tartalmazza. A szelén esetében ugyanazokat a határértékeket kéri elfogadásra, amik a szennyvíziszapra vonatkoznak.

6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről

1. számú melléklet a 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelethez

Az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz szennyezettségi határértékei kezelési kategóriák szerint

Minőségi jellemzők	Mértékegység	Kezelési kategóriák		
		A1	A2	A3
Szelén	mg/l Se	0.01	0.01	0.01

Az ivóvízzé alakításhoz szükséges kezelés:

A1 = Egyszerű fizikai kezelés és fertőtlenítés.

A2 = Normál fizikai kezelés, kémiai kezelés és fertőtlenítés.

A3 = Intenzív fizikai és kémiai kezelés, majd további kezelés és fertőtlenítés.

2. számú melléklet a 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelethez

Az e rendelet 1. számú mellékletében meghatározott minőségi jellemzők értékeinek mérésével szemben támasztott követelmények

	Pontosság/precizitás * (%)	Kimutatási határ * (%)	Referencia módszer
Szelén	10	10	MSZ 1484-3:1998

4. számú melléklet a 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelethez

A halak életfeltételeinek biztosítása érdekében védelemre szoruló felszíni vizek vízszennyezettségi határértékei és mérésükkel szemben támasztott követelmények

Ebben a kormányrendeletben semmi a szelénre vonatkozóan, pedig dúsul a halak szervezetében.

14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet a kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokról

Szűrővizsgálat során a felszín alatti vízmintából vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok → Szervetlen szennyezők

Szennyező anyagok és tulajdonságok	Javasolt vizsgálati módszer elve	Javasolt vizsgálati szabvány, mérési módszer
króm, kobalt, nikkel, réz, cink, molibdén, szelén, kadmium, ón, bárium, ólom, ezüst (kivéve: krómVI)	ICP-MS ¹ , vagy ICP-OES ² , vagy AAS ³ , vagy AAS-ETA ⁴ , vagy GF-AAS ⁵	MSZ 1484-3:1998, ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020, MSZ EN ISO 11885:2000

Szűrővizsgálat során a földtani közeg mintából vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok → Szervetlen szennyezők

Tulajdonságok	Javasolt vizsgálati módszer elve	Javasolt vizsgálati szabvány, mérési módszer
króm, kobalt, nikkel, réz, cink, molibdén, szelén, kadmium, ón, bárium, ólom, ezüst (kivéve: króm VI)	ICP-MS, vagy ICP-OES, vagy AAS, vagy AAS-ETA	MSZ 21470-50:1998, EPA-6010, EPA-6020

A 27/2005. (XII. 6.) rendelet a használt- és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról címet viseli.

Táblázatai az előírt vizsgálandó anyagok javasolt vizsgálati módszereit és a módszerhez tartozó alsó méréshatárokat mutatják. Ez a Se esetében a következő:

<i>Veszélyes és mérgező anyag</i>	<i>Javasolt vizsgálati módszer</i>	<i>Alsó méréshatár</i>
Szelén	MSZ 1484-3	0,1 mg/l

A javasolt vizsgálati módszerekre vonatkozó fent hivatkozott nemzetközi szabványok, módszerek megismerhetőségével, hozzáférhetőségével kapcsolatos információkat elvileg a KVVM honlapja tartalmazza, bár ott nem sikerült megtalálni a keresett információkat.

7.2.3. Környezeti jogszabályok összefoglalása

38/1995: külön elbírálást igényel a Se tartalmú víz
határérték nem szerepel

10/2000: talajra, földtani közegre, és felszín alatti vízre határértékek meghatározása
(módszert is ajánl)

50/2001: szennyvizek és szennyvíziszapok:

- talaj- és talajvízvizsgálatok → leendő befogadó földtani közeg vizsgálatához módszer
- szennyvíziszap vizsgálata kijuttatás előtt → kijuttatandó anyag vizsgálatához módszer
- megengedhető koncentráció talajokban → leendő befogadóra határérték
- szennyvíziszapban kijuttatás előtti koncentráció → kijuttatandóra határérték

- évente kijuttatható maximális koncentráció

6/2002: felszíni víz

- felszíni víz szennyezettségi határértékei (kezelési kategóriák megadásával)

- méréssel szemben követelmény

- halak életfeltételeinek biztosításakor nem kell mérni

219/2004: a felszín alatti vizek védelméről -> a szennyezőanyagok jegyzéke tartalmazza a szelént, mint olyan anyagot, ami a vízre káros hatást fejthet ki

határérték nem szerepel

14/2005: kármentesítési tényfeltárás

- felszín alatti vízmintából

- földtani közeg mintából

határértékek nincsenek megadva

27/2005: használt- és szennyvizek esetén Se-re is javasol vizsgálati módszert, és ad meg alsó méréshatárt

határérték nincs megadva

7.2.4. Hivatkozott szabványok

Szabványok	
MSZ EN ISO 11969:1998	Vízminőség. Az arzén meghatározása. Atomabszorpciós spektrometriás (hidridtechnikás) módszer (ISO 11969:1996)
MSZ 260-32:1989	Sennyvizek vizsgálata. A krómtartalom meghatározása.
MSZ EN ISO 11885:2000	Vízminőség. 33 elem meghatározása induktív csatolású plazmaéghős atomemissziós spektrometriával 17 o.
ISO 17294-1:2004	(MSZ EN ISO: 17294-1:2007 → Vízminőség. Az induktív csatolású plazmaemissziós tömegspektrometria (ISP-MS) alkalmazása. 1. rész: Általános irányelvek)
MSZ EN ISO 17294-2:2005	Vízminőség. Az induktív csatolású plazmaemissziós tömegspektrometria (ICP-MS) alkalmazása. 2. rész: 62 elem meghatározása
MSZ 1484-3:1998	Vízvizsgálat. Az oldott lebegőanyaghoz kötött és az összes fémtartalom meghatározása AAS- és ICP-OES módszerrel 22 o.
EPA 6010	
EPA 6020	
MSZ 21470-50:1998	
MSZ 21464	

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Szabó Csabának**, aki támogatásával és lelkesítésével lehetővé tette a munka megszületését.

Hálás köszönettel tartozom azoknak az évfolyamtárimnak, akik részt vettek a dolgozat alapját képező házidolgozat elkészítésében. **Győri Orsolya, Klébesz Rita, Somogyi Kinga, és Szabó Csilla Mária** nélkül ez a munka biztosan nem készült volna el.

Köszönöm továbbá mindazoknak, akik mellettem állnak, megértenek, és elfogadják. Támogatják, és megerősítenek abban, hogy jó helyen vagyok.

Köszönöm az LRG dolgozóinak a munka légkörének biztosítását.

Irodalomjegyzék

1. Fordyce F. (2005): Selenium deficiency and toxicity in the environment, *Medical Geology*, p. 373-415.
2. Gergely V. (2006): Fehérje-elválasztási módszerek bevezetése a szelénmódosulat-analitikába. *Doktori értekezés*, 120. p.
3. GKT, BRGM, HGN, MÁFI, SMARAGD-GSH, ELGOSCAR-2000 (2006): Survey of the Chemical Status of Groundwaters, The Final Report, EUROPEAID/114956/D/SV/HU2002-000-180-04-01-02-03 (English version), p. 101., 38 Appendices
4. Gondi F. (1990): A Se a geokémiai környezetben (*Kandidátusi értekezés*) 161.
5. Kápolna E. (2006): Mérési eljárások kidolgozása és alkalmazása szeléntartalmú élelmiszerek és étrend-kiegészítők módosulatanalitikai vizsgálatára. *Doktori értekezés*, 151. p.
6. Lakin, W. H.(1972): Selenium accumulation in soils and its absorption by plants, *Geological Society of America Bulletin*, 83 v., 181-190.
7. Lyons, G. H., Judson, G. J., Stangoulis, J. C. R., Palmer, L. T., Jones, J. A., & Graham, R. D. (2004). Trends in selenium status of south Australians. *Medical Journal of Australia*, 180, 383–386.
8. McDonough, W.F., Sun, S.-s. (1994): The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120. p. 225., 228., 238., 240.
9. Molnár, F. (2007): órai jegyzet
10. Nagy, B. (1974): A magyarországi hidrotermális szulfidásványok Se-tartalma. *A Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1972. évről*. 39-48.
11. Northrop-Clewes, Christine, I. Thurnham, David (2007): Monitoring micronutrients in cigarette smokers. *Clinica Chimica Acta* 377. 29-30.
12. Pais I. (1997): A szelén és az antioxidánsok. *Természet világa*, 128. évf., 9. sz., 422-423.
13. Plant, J. A., Kinniburgh, D.G., Smedley, P. L., Fordyce, F. M., Klinck, B. A. (2003) Arsenic and Selenium in *Treatise on Geochemistry* eds. by Holland, D.H., Turekian, K.K., Vol. 9., 17-66.
14. Scott, R. (1998): The effect of oral selenium supplementation on human sperm motility. *British Journal of Urology*, 82(1): 76-80.

15. Skinner C. P. (1999): Environmental Chemistry of Selenium. *Soil Science Society of American Journal*, 164 70-72.
16. Takeno, N. 2005: Atlas of Eh-pH diagrams. Intercomparison of thermodynamic databases. *Geological Survey of Japan Open File Report No.419* pp. 231.
17. Terry N., Zayed A. M., Desouza M. P., Tarun A. S. (2000): Selenium in higher plants. *Annula Review of Plants Physiology and Plant Molecular Biology*, 51 401-432.
18. Yudovich Ya., E., Ketris, M. P. (2006): Selenium in coal: A review, *International Journal of coal geology* 67, 112-126.
19. Vernie L. N. (1984): Selenium in carcinogenesis. *Biochim. Biophys. Acta* 738: 203-217.
20. Vállalkozási szerződés a Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítésére II. fázis., 3. Előrehaladási Jelentés: 3. Melléklet Az ipari létesítmények szennyvízkibocsátásának jellemzése és meghatározása, valamint a növényvédőszeres használatából származó mezőgazdasági eredetű terhelések becslése (*kézirat*)
21. Egyezmény a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről (Duna Védelmi Egyezmény) (*kézirat*)
22. A 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM EGYÜTTES RENDELET A felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
23. 201/2001. (X. 25.) Kormány rendelet: az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
24. A 27/2005. (XII. 6.) rendelet a használt- és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról címet viseli.
25. 38/1995. (IV. 5.) Korm. Rendelet a közműves ivóvízellátásról és a közműves szennyvízelvezetésről
26. 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet a kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokról
27. 50/2001. (IV. 3.) KORM. RENDELET A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól
28. 6/2002. (XI. 5.) KvVM rendelet az ivóvízkivételre használt vagy ivóvízbázisnak kijelölt felszíni víz, valamint a halak életfeltételeinek biztosítására kijelölt felszíni vizek szennyezettségi határértékeiről és azok ellenőrzéséről
29. <http://www.earthref.org/GERM/>
30. www.hazipatika.com
31. www.google.com adatbázisa