

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

KÖRNYEZETTUDOMÁNYI CENTRUM

**A Velencei-hegység forrásainak
radontartalmának eredete**

SZAKDOLGOZAT

Készítette:

Dvorszki Rita

KÖRNYEZETTAN ALAPSZAKOS HALLGATÓ

Témavezető:

Dr. Horváth Ákos

egyetemi docens

ELTE ATOMFIZIKAI TANSZÉK

Budapest

2013

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. A radon környezetfizikai fontossága.....	1
2.1. A radon egészségügyi fontossága	1
2.1.1. A radonról általában.....	1
2.1.2. Radon a környezetünkben	3
2.1.3. A radon egészségkárosító mechanizmusa	4
2.2. A radon földtani eredete	5
2.2.1. Talajok radioaktivitása, urántartalma	5
2.2.2. Radon felszín alatti útja.....	6
3. A mintavételi helyek bemutatása.....	7
3.1. A Velencei-hegység földtani viszonyai	7
3.1.1. A hegység keletkezése.....	7
3.1.2. A hegység geomorfológiája.....	9
3.2. A mintavételezett források leírása.....	10
3.2.1. Szűcs-kút	11
3.2.2. Alsó-csepegő forrás.....	12
3.2.3. Éva-forrás	12
3.2.4. Angelika-forrás	13
4. Mintavételezési és mérési módszerek áttekintése	13
4.1. Mintavételek.....	13
4.1.1. 2013. január 11.	14
4.1.2. 2013. február. 15.....	14
4.1.3. 2013. március 17.....	15
4.1.4. 2013. május 6.	15
4.2. Vizek radontartalmának meghatározása folyadékszcintillációs módszerrel	15
4.2.1. Mintavételi eljárás.....	15
4.2.2. A TRI-CARB 1000A spektrométer működése és a mérés menete.....	16
4.2.3. Minták radontartalmának meghatározása	17
4.3. Talajok radon-exhalációjának mérése	17
4.3.1. Mintaelőkészítés	18
4.3.2. A RAD7 detektor és működési elve	18
4.3.3. A mérés menete.....	19

4.3.4. A radonexhaláció meghatározása	19
4.4. Talajok mérése gamma-spektroszkópiával.....	20
4.4.1. A mintaelőkészítés menete	20
4.4.2. A mérés elvi háttere	20
4.4.3. A mérés menete, kiértékelés	21
4.5. Források hidrológiai paramétere (pH, vezetőképesség, hőmérséklet)	22
5. Mérési eredmények.....	23
5.1. Vízvizsgálatok eredményei	23
5.2. Talajminták radonexhalációi	25
5.3. Gamma-spektroszkópiás eredmények	26
6. Diskusszió.....	27
6.1. Vizek radontartalmának időbeli változékonysága	27
6.2. Vizek radontartalmának és a talaj becsült radontartalmának kapcsolata	29
6.3. Talajminták rádiumtartalma és fajlagos exhalációjuk.....	30
7. Összefoglalás.....	32

1. Bevezetés

Jelen szakdolgozat célja, a Velencei-hegység forrásainak és talajainak vizsgálata, radioaktivitásuk szempontjából. Mivel a hegység alapkőzete gránit, magas urántartalommal rendelkezik, ennek tudatában pedig a terület forrásainak vízvizsgálatakor magas radonaktivitást várunk. Mivel a források emberi fogyasztásra alkalmasak, bekerülve a szervezetbe, hozzájárulnak a belső sugárterheléshez, s ez hosszútávon egészségügyi problémákhoz vezethet. A talajok magas rádiumaktivitása és radonexhalációja pedig a rájuk épülő házak, lakások belső terének radontól származó sugárterhelését képesek jelentősen megemelni. Ez részben ^{222}Rn 3,8 napos felezési idejének köszönhetően valósulhat meg, mely elegendően hosszú ahhoz, hogy a felszínre kerülve, bediffundáljon repedéseken keresztül a lakások levegőjébe. Belélegezve szintén egészségkárosító hatású.

1995-ben Béres László, 1998-ban és 1999-ben pedig Halász István végzett víz-, illetve talajvizsgálatokat a területen. A források aktivitása kivétel nélkül 100 Bq/l feletti volt, mely meghaladja az ajánlott egészségügyi határértéket, így fogyasztásuk hosszútávon nem tanácsos. Hasonlóan a talajok rádium-aktivitás vizsgálata is magas eredményeket hozott.

Vizsgálataim célpontjául a Szücs-kutat, az Alsó-csepegőt, az Éva-forrást és az Angelika-forrást választottam. 2013 januárjától kezdve 5 hónap alatt, négyszer voltam terepi mintavételezésen. Vízmintákból 4 sorozatot gyűjtöttem, talajmintát pedig egyszer vettem. A folyadékszintillációs, radonexhalációs, valamint gamma-spektroszkópiás méréseket az ELTE Atomfizikai Tanszékén végeztem. Célom a vizek radonkoncentrációjának, és időfüggésének vizsgálata, valamint kideríteni, hogy ez a megemelkedett koncentráció, származhat-e a talajok magas rádium-aktivitásától.

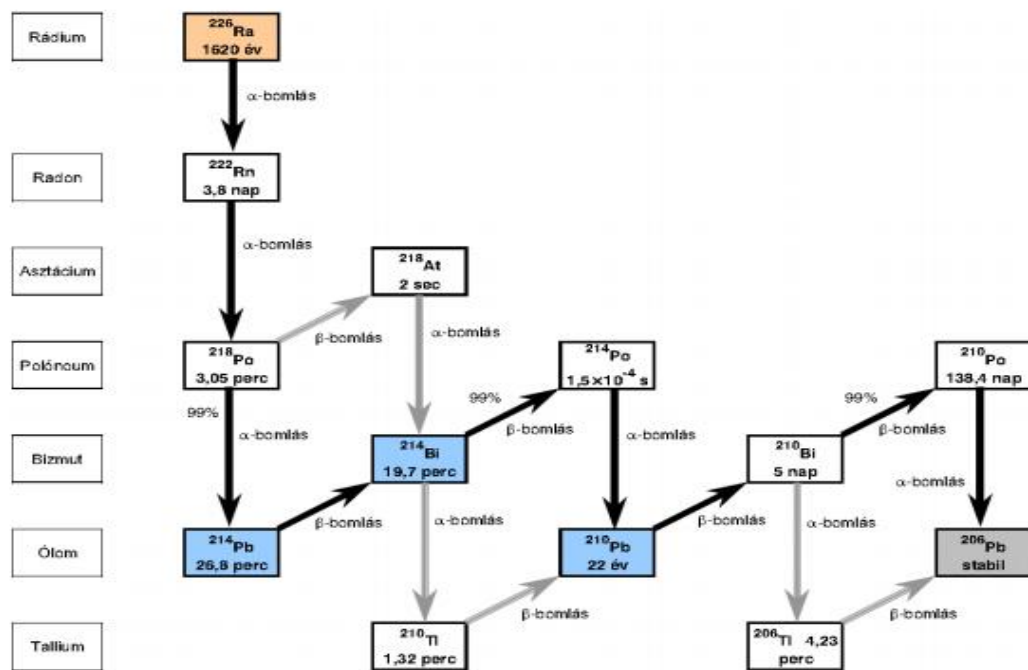
2. A radon környezetfizikai fontossága

2.1. A radon egészségügyi fontossága

2.1.1. A radonról általában

A környezetünkben fellelhető természetes radioaktivitásért, részben azok az ősi elemek felelősek, melyeknek felezési idejük milliárdos nagyságrendbe esnek, a Föld életkorával összevethető mértékűek. Ilyen elem az ^{238}U -as izotópja is (felezési ideje 4,4

milliárd év), mely bomlási sorának hatodik eleme a radon ^{222}Rn -es izotópja. A radon két másik izotópjának, az aktinonnak (^{219}Rn), és a toronnak (^{220}Rn) a felezési ideje nagyon rövid, másodperces nagyságrendű, mely nem elegendő ahhoz, hogy kijusson a kőzetekből, így az emberi egészségre gyakorolt hatása általában elhanyagolható. A ^{222}Rn közvetlenül ^{226}Ra -ból keletkezik alfa-bomlással, ő maga pedig szintén alfa-bomló elem. Leányelemei szintén radioaktívak, köztük a ^{218}Po 3 perces felezési idejű alfa-bomló izotóp, a sor további leányelemei a ^{214}Bi és a ^{214}Po , melyek béta-bomló elemek, felezési idejük körülbelül fél óra. A sor az ólom 210-es izotópjával „szakad meg”, mivel felezési ideje 21 év, laboratóriumi mérések során leányelemeit nem tudjuk megfigyelni. Ezen bomlások sorát az 1. ábrán szemléltettem a ^{226}Ra -ból kiindulva.



1. ábra A ^{226}Ra bomlási sora
(SOMLAI J. et al. 1999)

A radon a periódusos rendszer 86. eleme, a természetben előforduló legnehezebb gáz, a levegőnél jóval nagyobb sűrűségű ($9,73 \text{ kg/m}^3$) nemesgáz, azaz reakcióképessége igen kicsi, zárt elektronhéja miatt nem képes más kémiai elemekkel reagálni. Mindig csak nyomokban található a gázokban, ezért sűrűsége számolással becsült érték. Vízben

való oldékonysága viszonylag nagy. A lakosság természetes sugárterhelésének (2,4 mSv/év) több mint fele származik a radontól és leányelemeitől (1,3 mSv/év), ez az érték jelentősen megemelkedhet magas radonkoncentrációjú helyeken. (KÖTELES GY. 1994)

1900-as felfedezését követően (E. Rutherford és F. Soddy) nem tulajdonítottak neki nagyobb jelentőséget, egészen addig míg ki nem derült róla, hogy radioaktív (VÉRTES A. 2010.). Ezt követően már a radont és leányelemeit tették felelőssé a XVI. századtól megfigyelt, uránbányákban dolgozó emberek tüdőbetegségeiért. Évtizedekkel később jöttek rá, hogy a tüdőrákot nem elsősorban a radon, hanem annak rövid felezési idejű bomlástermékei okozzák. (EDDLING C. 2007)

2.1.2. Radon a környezetünkben

Tekintve, hogy az embert érő természetes háttérsugárzás jelentős részét a radon teszi ki, egészségügyi szempontból fontos ismernünk a környezetünkben lévő koncentrációját és forrásait.

A talajszemcsékben keletkezett és onnan kijutott radon, a talajvízbe vagy a levegőbe diffundálhat, így kerülhet közvetlen kapcsolatba az emberrel. Vízen való nagy oldékonysága miatt, felszín alatti vizekben könnyen feldúsulhat. A levegőbe jutó radon további sorsát éghajlati és meteorológiai viszonyok határozzák meg elsősorban (BORÁROS V. 2006). Általában gyorsan felhígul és eloszlik a szabad levegőben, veszélyt akkor jelent ha zárt térbe kerül, ekkor a levegő radontól származó aktivitása jelentősen megnövekedhet. Ilyen zárt terek például a barlangok, alagutak, fürdők, lakások, házak. (JOBÁGY V. 2007). Lakások szobalevegőjének aktivitását főként a talajból kiáramló radon határozza meg, mely a padló résein kerülhet be nyomás- vagy koncentrációgradiens hatására. Ezt tovább növelheti az építőanyagokból, a vezetékes vízből valamint a földgázból kidiffundáló radon. Koncentrációja a padlószinten a legalacsonyabb, felfelé egyre ritkul. (MARX GY. 1996)

Radonforrás megoszlása épületeken belül	
Radonforrás	Megoszlás (%)
Földgáz	3,9
Víz	5,2
Levegő	13
Építőanyag+talaj	77,9

1.táblázat Radonforrás megoszlása épületeken belül (JOBÁGY V. 2007)

Az előbb felsoroltak miatt érdemes rendszeresen szellőztetnünk. Télen általában jóval nagyobb a lakások sugárterhelése, mint a melegebb időszakokban a szellőztetés hiánya miatt, valamint a fűtött szoba könnyebb levegője felemelkedik, s kiáramlik a kéményen, emiatt lecsökken a légnyomás, ezáltal több radon fog a talajból kiáramlani.

2.1.3. A radon egészségkárosító mechanizmusa

Az ember főként légzés útján kerül kapcsolatba a radonnal, s mivel jól oldódik a vérben, bejutva a keringésbe az érpályán keresztül a test minden részébe eljuthat. (KÖTELES GY. 1994) A leányelemeinek tüdőben kifejtett hatása azonban sokkal jelentősebb.

Ahogy arra már többször utaltam, nem a radon a fő veszélyforrás, lévén nemesgázzal van szó, bejutást követően egyszerűen kilélegezzük, ha nem bomlik el. Önmagában a radon akkor jelent veszélyt, ha éppen a tüdőben bomlik el, ezzel energiát közölve a tüdő szövetével. Sokkal nagyobb kockázatot jelentenek a leányelemei, melyek szintén alfa-bomlók, de nem nemesgáz-szerkezettel rendelkeznek. Az alfa-sugárzásról azt kell tudni, hogy rendkívül kicsi a hatótávolsága, 3-4 cm levegőben, akár egy papírlap is elnyeli, belátható tehát, hogy külső sugárforrásként nem veszélyes (CSORBA O. 2004). Más a helyzet belső sugárterhelés esetén, ugyanis rövid távon belül hatalmas energiát képes közölni a szövettel, ennek nyomán a sejt élettani működéséhez nélkülözhetetlen fehérjék térszerkezete megváltozhat, szabadgyökök keletkezhetnek, amelyek a sejt biokémiai működését megváltoztatják, kis valószínűséggel kromoszómák mutálódhatnak, vagy a sejtek el is pusztulhatnak.

A kémiaiilag aktív fémion leányelemek (Po és Bi izotópok) bomlás után rögtön kiülnek a falakra, bútorokra, illetve aeroszolokhoz (vízgőz, füst, por) tapadnak hozzá. Ezek a radioaktív aeroszolok belélegzést követően megtapadnak a hörgők hámján, s ott

elbomlanak. Ezek után könnyen belátható, hogy a dohányosok fokozott veszélynek vannak kitéve a dohányfüst miatt, mely ideális kondenzációs magvakat biztosít a leányelemeknek. (FRANCESCO BOCHICCHIO 2008)

A radon legfontosabb egészségre gyakorolt hatása tehát, a tüdőrák kialakulásának elősegítése, a betegség legfőbb kockázati tényezőjeként tartják számon, a dohányzás után (MÓCSY I. et al. 2009). Egyes az Egyesült Államokra vonatkozó becslések szerint, a radon évente 21.000 új tüdőrákos megbetegedést okoz (Samuelsson, L. 1990.)

Radon a belégzés mellett, táplálékkal és ivóvízzel is bekerülhet a szervezetünkbe. Az ily módon bejutott radon, az emésztőrendszerre van káros hatással.

2.2.A radon földtani eredete

2.2.1.Talajok radioaktivitása, urántartalma

A természetes háttérsugárzás részeként a radon 3 izotópjának radioaktív sorának anyaelemei, az ^{238}U , az ^{235}U és a ^{232}Th a Föld kialakulása óta, nagy mennyiségben megtalálhatóak az egész földkéregben. Ezek közül is az ^{238}U bomlási sora a legjelentősebb. Kőzetek, talajok radonkoncentrációját elsősorban az urántartalom határozza meg.

Az urán elemi állapotban nem található meg a természetben, azonban eddig 150 ásványban találták meg. Kalciumásványokba képes izomorf módon beépülni a kalcium-ionok helyére. A legfontosabb uránásványok a következők : uraninit, szurokérc, brennerit, autunit, carnotit, torbernit, tyuyamunit, uraniofán. (BÁRDOSSY GY. NUKLEÁRIS ENERGIA). Az uránásványokat leggyakrabban üledékes kőzetekben találjuk meg, például mészkőben, homokkövekben, breccsákban, fekete-agyagpalában, lignitben, foszforitokban és konglomerátumokban. Továbbá feldúsulhat még savas kémhatású magmás kőzetekben, ilyen a gránit, illetve hidrotermális tevékenység miatt (BÁRDOSSY GY. NUKLEÁRIS ENERGIA). Ezenkívül dúsulhatnak még törési zónák mentén, érces repedéseiben, vagy kötődhetnek szerves anyagokhoz, ugyanis szerves savakkal (ecetsav, oxálsav) erős komplexképzők (VARGA K. 2011). Az előbb felsoroltakból következik, hogy vulkáni hegységek közelében, vagy gránit alapú hegységekben (így a Velencei-hegységben is) magasabb lehet a talajok radioaktivitása. (TÓTH E. 1999). További magas urántartalmú talajok találhatóak Magyarországon például a Mecsek, Mátra, Soproni-hegység és a Börzsöny területén. A talajok átlagos

urántartalma 2,2 mg/kg körül mozog, azonban a különböző területek uránkoncentrációját jelentősen befolyásolja a kőzet- és talajtípus.

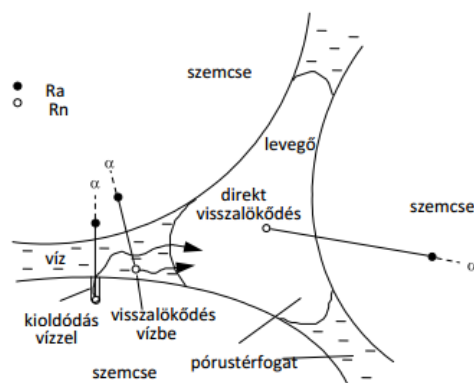
Kőzet típusa	²²⁶ Ra (Bq/kg)	²³⁸ U (Bq/kg)	²³² Th (Bq/kg)
vulkanikus üledékes	48	48	48
homokkő	26	15	24
pala	40	15	41
mészkö	16	15	5

2.táblázat Leggyakrabban előforduló kőzetek rádium, urán és tórium átlagos aktivitáskoncentrációja (BARADÁCS E. 2002)

2.2.2. Radon felszín alatti útja

A radon közvetlenül, a kőzetek ásványaiba zárt rádiumatomokból származik. Tekintve, hogy a rádium az ásványokban erősen kötve van, sugárvédelmi szempontból nem jelent veszélyt az emberi egészségre, de termálvizekkel kioldódhat és speciális helyeken felhalmozódhat. Más a helyzet első leányelemével, a radon 222-es izotópjával, amely kijuthat a kőzetszemcsékből a pórustérbe, majd onnan a levegőre, hozzájárulva ezzel aktivitásához, amennyiben nem túl mélyen, felszín közeli talajrétegekben keletkezik. A folyamatot melynek során a radon szabad levegőre áramlik exhalációnak nevezzük. Jelentős távolságot tud megtenni diffúzióval, illetve konvektív áramlással, mely nyomáskülönbség hatására valósul meg. A diffúziós úthossz néhány cm-től, akár néhányszor 10 m-ig is terjedhet (NAGY H. 2008).

A radon ásványszemcsékből pórustérbe való kerülésének folyamatát emanációnak hívjuk. Azok a radonatomok, melyek az ásványszemcse felszínén keletkeznek, nagyobb eséllyel jutnak a pórustérbe, mint amelyek a szemcse belsejében. Amennyiben a pórustér gázzal van kitöltve, előfordul hogy az oda kijutó radon egy szemközi szemcsén nyelődik el (BARADÁCS E. 2002). Márpedig diffúzióra akkor van esélye, ha a pórustérben marad, ennek valószínűségét növeli ha az vízzel van kitöltve, melyből könnyedén továbbdiffundálhat a pórusgázba, vagy a vízzel együtt szállítódik tovább.



2.ábra Radon atomok kiszabadulása a pórustérbe (KISS Á. Z. 2003)

Azt, hogy a radon mekkora utat tud megtenni mielőtt elbomlana, számos geológiai és meteorológiai tényező befolyásolja. Nagymértékben függ az alapkőzettől, a talaj szerkezetétől, annak porozitásától, sűrűségétől, nedvességtartalmától (BARADÁCS E. 2002). Tovább befolyásolja a radon-transzportot a talaj minősége, homokos talajok jelentősen megkönnyítik, míg csapadékos időben megduzzadt agyagos talajok esetében a mozgás gátolt. A Velencei-hegység erősen murvásodott gránitja szintén hozzájárul a radon gyorsabb exhalációjához.

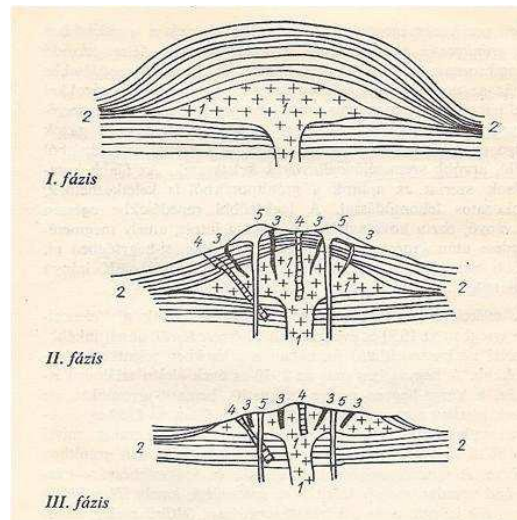
3. A mintavételi helyek bemutatása

3.1. A Velencei-hegység földtani viszonyai

3.1.1. A hegység keletkezése

Hazánk legnagyobb összefüggő gránithegységének kialakulása a földtörténeti paleozoikumra tehető, azon belül is a karbonra. Korát tekintve sok helyen variszkuszi hegységmaradványként említik, ez azonban nem egészen helytálló. Kialakulása valóban köthető a varisztidák kiemelkedéséhez, de csak közvetve, ugyanis az akkori nagy lemezmozgások következtében egymásnak ütköző Laurázsia és Gondwana mélységi magmás tevékenységeket indítottak el. A hegységet fő tömegében alkotó gránit, 700-800 °C-os olvadékból szilárdult meg 300 millió évvel ezelőtt (HALÁSZ I. 1999), mely a föld mélyéből nyomult be a felette található palaösszletbe, s boltozatosan kiemelte azt. A Velencei Gránit Formáció keletkezése 3 fő szakaszra tagolható. A korai fázisban jött létre a zárványok formájában megjelenő, szürkés színű, mállott magmás kőzettörmelék, a mikrodiorit. A formáció legnagyobb tömegét adó közép-nagy szemű biotitos gránit a

fő fázisban kristályosodott ki. Végül a telérképződési fázisban, különböző korú ásványok jöttek létre, melyek áttörik a gránitbatolitot (HORVÁTH I. et al. 2004).



- I. fázis:** A mélységből felnyomuló gránitanyag (1) az üledékes kőzetekből (2) álló felszín alatt marad és szilárdult meg (lakkolit).
- II. fázis:** A gránitanyag (1) kihűlése és a későbbi földkéregmozgások által okozott repedésekben telérek alakultak ki - porfir, pegmatit, aplit, kvarc (3), kvarcit (4) - andezit vulkáni kúpokkal (5).
- III. fázis:** A felszín lepusztulása után a gránit-lakkolit felszínre került.

3.ábra A Velencei hegység kialakulása (HOLÉNYI L.1969)

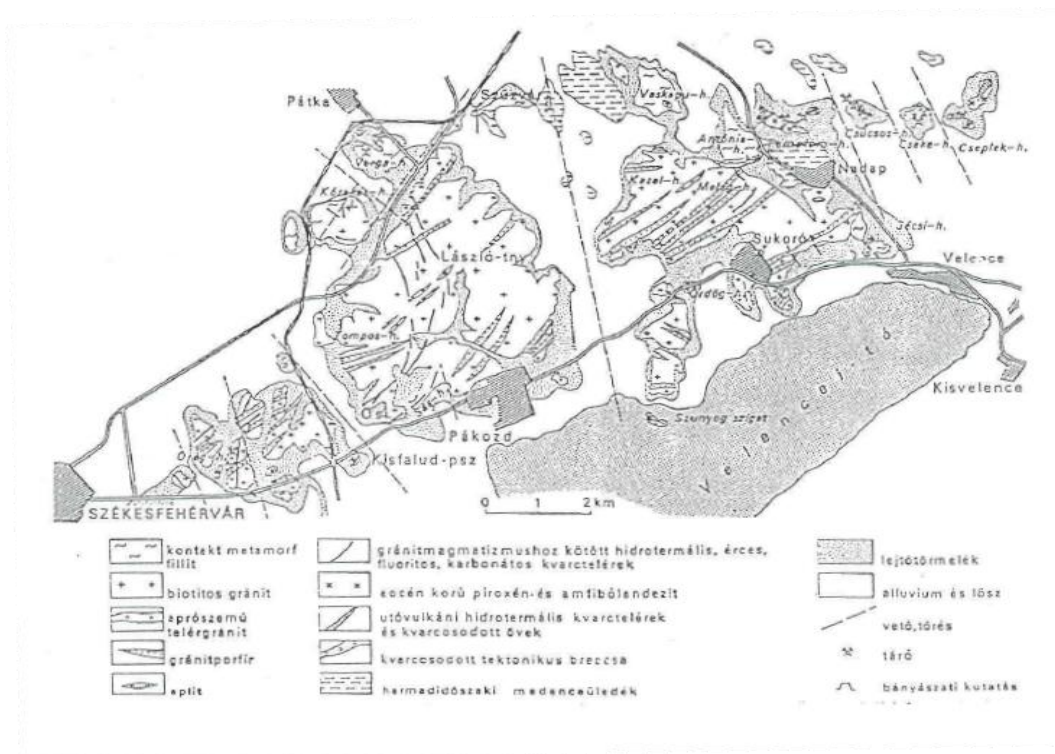
Ilyen ásványok például a turmalinos kvarcitok és aplitok, valamint ekkor keletkeztek a kvarcosodott intruzív breccsák és gránitporfirok. A gránitot fedő réteget főként Lovasi Agyagpala Formáció alkotja, mely a hegység legöregebb devon- és szilur-kori képződménye. (HORVÁTH I. et al. 2004). Az erős lepusztulásnak köszönhetően, mára már csak északon és keleten található meg a felszínen kisebb megszakításokkal (Varga-hegy, Bence-hegy, Vaskapu-hegy). A hegység területén található még felső-perm kori üledékes képződmények, a Velencei-tótól délre eső vidéken Gárdony és Dinnyés környékén.

Talaja az eredeti kőzetanyag aprózódása és mállása során keletkezett, melyet számos tényező segített elő. Már a gránit kikristályosodásakor keletkeztek benne repedések, az egyenlőtlen hűlés miatt. Ezekbe a repedésekbe a magmakamra, és a felszín felől víz áramlott be, s elkezdte mállasztani a gránit ásványait. A gránittömböket tovább aprózták s mállasztották az időjárási tényezők (víz és jég szerepe, hőmérsékletingadozás, szél) miután felszínre kerültek. Ugyanis a területet akkoriban egészében a Pannon tenger borította a Meleg-hegy kivételével, a tenger visszahúzódása és homokos-agyagos üledékének lepusztulása a pliocénben és kora-pleisztocénban zajlott le. Az így kialakult

néhány méter vastagságú gránitmurva, a hegység keleti részén vastagabb, nyugaton vékonyabb takarót képez.

3.1.2. A hegység geomorfológiája

A Dunántúli-középhegység legidősebb röghegysége, enyhe lejtők jellemzik, tájképe dombság jellegű, a Vértestől dél-keletre található. Földrajzilag nyugatról a Móri-árok és a Sárrét, északról a Zámolyi-medence, keletről a Váli-völgy, délkeletről a velencebalatoni törésvonal és a Mezőföld határolja (Dr. Frisnyák S. 1988). A Mórággyi-rög mellett Magyarország egyetlen olyan területe, ahol a gránit közvetlenül a felszínen van, ezért annak tanulmányozása szempontjából kiemelkedő jelentőségű.



4.ábra A Velencei-hegység földtani térképe (VINCZE P. 2006)

Továbbá, a Mórággyi-röggel ellentétben, néhol a peremi területeken a gránit és a palaköpeny közvetlen kapcsolatban állnak egymással, ezért kontaktusuk is jól tanulmányozható. Alapközete felszíni kiterjedésben 8 km széles és 15 km hosszú, mely a felszín alatt még tovább folytatódik egészen Tácig. Ásványos összetételét tekintve kvarc, pertites ortoklász, plagioklász és biotit alkotja (HORVÁTH I. et al. 2004). Ezek közül a biotit segítségével végeztek radiometrikus kormeghatározásokat. A

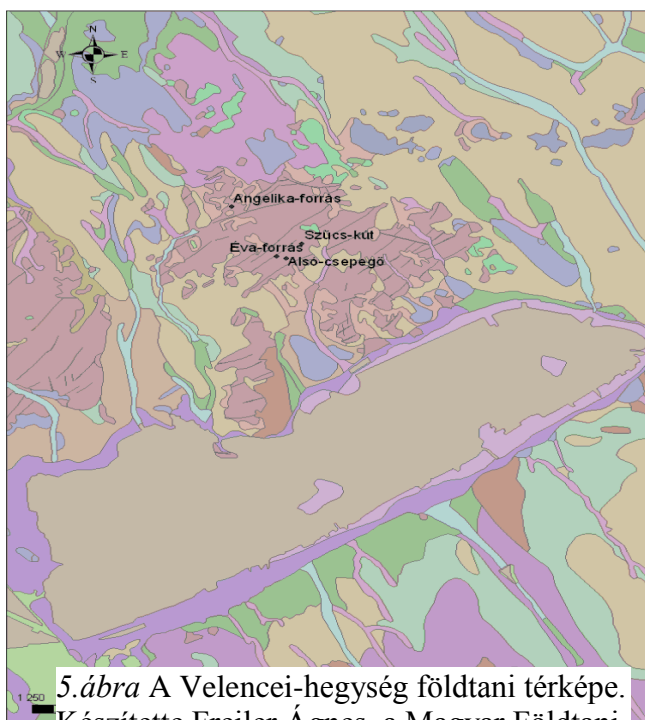
gránitbatolit nagymértékben lepusztult, ezért kevésbé tagolt, megszilárdulása óta tektonikus események hatására a hegység irányával megegyező irányú (ÉK-DNy) vetődések járják át, melyek jól vezetnek a vizet. Domborzatának legjellemzőbb formái a különböző magasságú tönkmaradványok és hegyláb felszínek. A gránitfelszín telérekkel átjárt, melyek keményebbek az alapkőzetnél, így a szelektív denudáció eredményeként hosszan bordázzák a felszínt. A hegygerinceket széles tálszerű völgyek tagolják, melyek szintén a szelektív lepusztulás következményei. A hegység 20 km hosszú, 5-10 km széles, 250-350 magas. Legmagasabb pontja a 352 méter magas Meleg-hegy.

Geomorfológiailag két fő vonulatra oszthatjuk fel, egy nyugati és egy keleti vonulatra. Előbbi átlagmagassága 220 méter, a Tompos-hegy, Sár-hegy, Sági-hegy és Pogánykő alkotja. A keleti egység átlagmagassága 300 m körül van, itt eocén korú andezitmigmatizmushoz köthető képződményeket találhatunk. Ilyen erősen lepusztult rétegvulkán-maradványok a Cseplek-hegy, Csúcsos-hegy, Templom-hegy, Meleg-hegy, és Sor-hegy. A két vonulatot a az Olasz-, Bika-, és Lapos-völgy választja el egymástól. A hegységben több patak ered, melyek a Velencei-tó vízgyűjtőjéhez tartoznak, mint például a Csontréti-patak, Bella-patak, Laposvölgyi-patak. Több állandó-vízű forrása is van, ilyenek az általam is vizsgált Angelika-forrás, Szücs-kút, Alsó-csepegő forrás, Éva-forrás, valamint itt található még a Pázmándi-, János- és Antal-forrás. Összesen 22 barlangja ismert, ebből 21 barlang természetes, 1 pedig mesterséges, löszbe mélyített barlang (TARSOLY P. 2010).

A környék nevezetességei az ingókövek, melyek nagy ellenállóképességű gránittömbök. A körülöttük évmilliók alatt kialakult málladéktakaró, a jelenkorra már lepusztult, a szél és a víz elhordta, s a hegység lábánál halmozódtak fel. Ilyen ingóköveket találhatunk például Pákozdtól mellett, vagy Sukoró határában a Meleg-, és Csöntör-hegyen. További érdekesség, hogy itt található (Nadapon), hazánk szintezési alappontja, mely a tengerszintfeletti magasságmérésre szolgál. Azért ezt a pontot választották, mert geológiai szempontból a legstabilabbnak tekinthetjük Magyarországon.

3.2. A mintavételezett források leírása

A Velencei-hegység Sukorótól észak-nyugatra fekvő területein lévő forrásokat vizsgáltam. Ezek közül kettő, az Éva-forrás és az Alsó-csepegő, a Csöpögő-völgyben a zöld jelzéssel elátott turistaösvényen helyezkedik el, tőlük nem messze található a piros



5.ábra A Velencei-hegység földtani térképe. Készítette Freiler Ágnes, a Magyar Földtani Térkép alapján

turistajelzés mentén, a borjú-völgyi Szűcs-kút. Ezek a források közvetlen Sukoró határában találhatóak. A negyedik vizsgált forrás, az Angelika-forrás, az előbbiektől körülbelül másfél kilométerre helyezkedik el. Legkönnyebben az Erdész-utcán felfelé haladva, majd onnan balra letérve a zöld turistajelzést végigkövetve érhetjük el. Mindegyik forrás emberi fogyasztásra alkalmas jelenleg is. Alattuk az alapkőzet biotitos gránit (HORVÁTH I. et al. 2004). Ezek a térképen a mályvaszínnel jelölt területek.

3.2.1. Szűcs-kút

Kiépített forrás, csappal nyitható és zárható. Ez vízhozamát jelentősen befolyásolja, általában ha zárva találtuk a csapot, megnyitása után vízhozama bővebb volt, majd az idő előrehaladtával fokozatosan csökkent. Ha nyitva volt a csap mikor megérkeztünk, már jóval alacsonyabb volt az időegység alatt kifolyt víz mennyisége (ahogy az az 5.1-es fejezetben látszik). Ha megnyitása után nem várunk eleget ahhoz, hogy a csapban és a csőben álló víz kifolyjon, jelentős radonveszteséggel kell számolnunk. A forrás az Öreg-hegy lábánál található.



6.ábra A Szűcs-kút

3.2.2. Alsó-csepegő forrás

A Szücs-kúttól, 500 m-re nyugatra, az Erdész utcában van a felső elágazás előtt a jobbra, közvetlenül az út mellett. Természetes állapotában lévő forrás, szabad vízfelülettel rendelkezik, ezért radonkipárolgással kell számolnunk. Vízhozamát befolyásolja, hogy épp milyen évszak van, a tavaszi olvadásokat megelőzően, egyáltalán nem találtunk benne vizet. A vizsgált források közül az egyetlen, melynek nincs kifolyása, egy gödörben található. A Csöntör-hegy lábánál találjuk.



7. ábra Alsó-csepegő forrás

3.2.3. Éva-forrás

Régebbi nevén Felső-csepegő, a legkisebb vízhozamú vizsgált forrás, az évszakok és csapadékviszonyok jelentősen befolyásolják, csak márciusban találtunk benne vizet. Ez a forrás már bent található az erdőben, a Gádé-hegy és a Csöntör-hegy találkozásánál. Természetes forrás, szabad vízfelülete kisebb, de radonvesztés itt is van a diffúzióval működő radonkipárolgás miatt. Képzett foglалása az elmúlt tíz évben készült el.



8. ábra Éva-forrás

3.2.4. Angelika-forrás

Szintén természetes állapotában meglévő forrás, melynek vízhozama csekély, azonban több másik forrással folyik össze. A víz kibukkanásának sebessége igen alacsony. Mivel ez is szabad vízfelülettel rendelkezik, radonveszteségre itt is számíthatunk. A Bodza-völgy végében található, a Sor-hegy lábánál.



9. ábra Angelika-forrás

4. Mintavételezési és mérési módszerek áttekintése

4.1. Mintavételek

2013 januárjától kezdve 4 alkalommal végeztem vízmintagyűjést, talajmintát pedig az első alkalommal vettem. A terepi munkához a következő eszközöket vittem magammal: térkép, GPS, fecskendő, Optifluor-O-val töltött küvetták, Ph-mérő, vezetőképesség-mérő, fél literes műanyag palack és stopper vízhozamméréshez, műanyag zacskó és ásó talajminták vételéhez, terepi jegyzőkönyv, alkoholos-filc. Azt, hogy az egyes mintavételekkormilyen feladatokat végeztem a következő táblázat foglalja össze.

dátum	küvetta	talaj	vízkémia	vízhozam
2013. január 11.	+	+	-	+
2013. február 15.	+	-	+	+
2013. március 17.	+	-	+	+
2013. május 6.	+	-	-	+

3. táblázat Mintavételek

4.1.1. 2013. január 11.

Az első mintavételkor vízmintát csak a Szűcs-kútból, és az Angelika-forrásból tudtam venni kettő-kettőt, a fent említett másik kettő vízhozama nulla volt, állapotuk mintavételezésre alkalmatlan. Érkezésünkkor a Szűcs-kút csapja zárva volt, így megnyitása után vártunk két és fél percet, hogy ne a csapban lévő pihent vizet mintavételezzük. A második mintát 7 perccel később vettük, közben a fél literes üveg és egy stopper segítségével háromszor megmértük a vízhozamot. Háromszor mértem, hogy a fél literes (későbbi pontosított térfogata 540 ml) üveg milyen gyorsan telik meg, majd az átlagukat vettem. Talajmintát ezt követően vettünk 5 cm mélyről közvetlenül a forrás mellől a felső réteg eltávolítása után. Az Angelika-forráshoz érve némi mederrendezés után (ásóval utat engedtünk a víznek) tudtunk mintát venni, a forrás szájánál, kövön kívüli pangó vízből, körülbelül 5 cm mélyről. A két vízmintavétel között 9 perc telt el. Talajmintát a vízfolyás medre mellett vettünk 10 cm mélyről, a felső humuszos réteg eltávolítása után. Mint már említettem az Alsó-csepegőnél és Éva-forrásnál vizet nem találtunk, talajmintát viszont természetesen vettünk, szintén közvetlen a források mellől. Ez alkalommal a források pH-ját, hőmérsékletét, és vezetőképességét eszköz hiányában sajnos még nem tudtam mérni.

4.1.2. 2013. február. 15.

Csak vízminták miatt mentünk ki, talajmintát már nem vettünk, hisz rádiumtartalmuk nem változik. A Szűcs-kút csapja ezúttal nyitva volt, így külön kifolyatási idő nélkül vettem mintát, ezúttal csak egyet. Majd a vízhozamot mértem meg ismét háromszor, ugyanúgy mint az első mintavételkor. Majd megmértem a 4.5. fejezetben említett módon a pH-t, vezetőképességet és hőmérsékletet. A csapadékos télnek köszönhetően ezúttal az Alsó-csepegő forrásból is tudtam vízmintát venni, szintén egyet. Majd itt is megmértem a pH-t, vezetőképességet és hőmérsékletet, közvetlenül a forrás vizében. Az Éva-forrás még mindig ki volt száradva, az Angelika-forrásból két mintát tudtam venni. A két mintavétel közt negyed óra telt el, közben mértem az előbb már említett hidrológiai paramétereiket.

4.1.3. 2013. március 17.

A hóhelyzet igencsak megnehezítette a mintavételt. Az első helyszín, mint mindig most is a Szűcs-kút volt, a már megszokott módon zajlott minden. A csap ismét nyitva volt érzésünkkor, két vízmintát vettünk 10 perces különbséggel, majd sor került a pH, vezetőképesség és hőmérséklet mérésre egy pohárban, és a vízhozam meghatározására. Másodjára az Alsó-csepegőt látogattuk meg, mely még bővízűbb volt mint februárban. A két vízmintát 10 perc differenciával vettük, majd a már említett paraméterek meghatározása történt közvetlen a forrásvízből. Valószínűleg a sok csapadéknak, és a tavaszi olvadásnak köszönhetően az Éva-forrásnál végre találtunk vizet. Kis ásóval eltakarítottam a leveleket és faágakat a forrás szájától, így még több víz tört a felszínre. Két vízmintát vettem a forrás szájánál, körülbelül 6 cm mélyről, 11 perces időkülönbséggel. A hidrológiai paramétereket közvetlenül a forrásvízből határoztam meg. Végül az Angelika-forrásnál is mindent rendben találtunk, szokott módon két mintát vettem 10 perc különbséggel, majd megmértem a pH-t, hőmérsékletet és vezetőképességet.

4.1.4. 2013. május 6.

Első állomásunk szokás szerint a Szűcs-kút volt, ahol ezúttal zárva volt a csap. Megnyitását követően két vízmintát vettem 2 perc kifolyatási idő után, 3 perces időkülönbséggel, az elsőt 17:00-kor. Majd megmértem a vízhozamot háromszor. Az Alsó-csepegőnél (17:22), Éva-forrásnál (17:32) és Angelika-forrásnál (17:56) szintén két-két mintát vettem. Sajnos a szállítás során fellépő veszteség miatt, a Szűcs-kútból és az Alsó-csepegőből egy-egy küvetta maradt csak.

4.2. Vizek radontartalmának meghatározása folyadékszintillációs módszerrel

4.2.1. Mintavételi eljárás

A terepi mintavételek során, minden egyes forrásból 10 ml mintát fecskendeztem az előzetesen 10 ml Optifluor-O szcintillátor anyaggal feltöltött küvettákba. Tekintve, hogy

az Optifluor-O-nak kisebb a sűrűsége mint a víznek, így az a víz tetején fog úszni, megakadályozva ezzel azt, hogy a radon a levegőbe diffundálhasson. További előnye, hogy a radon sokkal jobban oldódik benne mint a vízben, így a diffúziós egyensúly beállta után (5 óra) sokkal több radon-atom fog ebben a fázisban tartózkodni. Ez az 5 óra le is telt míg a mintákat Sukoróról az egyetemre szállítottam, s nekiálltam mérni. Fontos a mintavétel idejének feljegyzése, ennek ismeretében tudunk csak pontos koncentrációt számolni, figyelembe véve ezzel a mérés és a mintavétel között eltelt idő okozta koncentráció-csökkenést. Mivel a radon felezési ideje 3,8 nap, fontos a mintákat 3 napon belül megmérni, ha tovább várunk már csak az eredeti aktivitás kisebbik felét tudjuk megmérni. Minden terepi munkáról jegyzőkönyv készült, melyek a mellékletben olvashatók.

4.2.2. A TRI-CARB 1000A spektrométer működése és a mérés menete

A mérések kiértékelését Tri-Carb folyadékszintillációs spektrométerrel végeztem, mely radonkoncentráció meghatározására alkalmas mérési protokollt is tartalmaz. A műszer kalibrálását ^{14}C standard mintával végeztem SNC üzemmódban, minden méréssorozat megkezdése előtt. Erre azért van szükség, hogy meghatározzuk az egyes csatornához tartozó energiákat. Ezután lehet megkezdeni a radon minták mérését, a megfelelő beállítások elvégzése után. Az egyes mintákat 15 percig mértem 6-os protokollon.

A következő csatornabeállításokkal dolgoztam, amiből az A csatorna beütéseit használtam a radontartalom meghatározására :

A: 25 keV ee – 900 keV ee

B: 50 keV ee – 900 keV ee

C: 0 keV ee – 25 keV ee

A szcintillátorok-anyagok, melyekkel a küvettákat feltöltöttem, fotonkibocsátásra képesek, gerjesztett molekulái és atomjai látható fény kibocsátásával térnek vissza alapállapotukba, miután radioaktív sugárzás halad át rajtuk. A bomlást követő fényfelvillanásokat két fotoelektronsokszorozó detektálja, s számolja azokat percenként (CPM=counts per minute). A zavaró hatások kiküszöbölésének érdekében, az elektronika csak azokat a felvillanásokat fogadja el igazinak, melyeket mindkét fotoelektronsokszorozó érzékelt. A fotoelektronsokszorozók a fényhozammal, azaz a radioaktív bomlások energiájával arányos jelet szolgáltatnak, melyek egy sokcsatornás

analizátor bemenetelére jutnak, mely nagyság szerint szétválogatja majd digitalizálja őket. A jelek nagyságához csatornaszámot rendel, melyeket 1-el megnövel. A spektrométer egy számítógéphez van csatlakoztatva, mely a kapott spektrumokat megjeleníti, az adatokat pedig nyomtató segítségével print formájában rögzítette. A kiértékelést excel segítségével végeztem.

4.2.3. Minták radontartalmának meghatározása

Kiértékeléskor először meg kell határoznunk a percnkénti beütésszámot, azaz, hogy a mintánk hány elektromos jelet keltett percnként. Ez fontos, hogy nem azonos a radioaktív bomlások számával, mivel a hatásfok nem 100%. A kalibrációs-görbe meghatározásához ismert radonkoncentrációjú oldatok adatait használjuk fel. Ennek segítségével már meg tudjuk határozni a radonkoncentrációt a mérés pillanatában $\frac{Bq}{l}$ ben a következő képlettel :

$$C = \frac{CPM - 12,1}{1,98} .$$

Azonban mérésünk célja a mintavételkor radonkoncentráció meghatározása, melyet az exponenciális bomlástörvény segítségével számolhatunk :

$$C_{(t)} = C_0 * e^{-\lambda t}$$

ahol $C_{(t)}$: koncentráció a mérés pillanatában

C_0 : koncentráció a mintavétel pillanatában

λ : bomlási állandó

t : mintavétel és mérés között eltelt idő

4.3. Talajok radon-exhalációjának mérése

A talajminták radonkibocsátását a talajszemcsékben található rádium atommagok alfa-bomlása okozza. Mérésem célja, hogy meghatározzam hány radon-atom lép ki a mintából másodpercnként radonkamrák és RAD7 detektor segítségével.

4.3.1. Mintaelőkészítés

A források mellől származó talajmintákat a mintavétel után 4 hétig papírdobozokon szárítottam, majd a száradás ellenőrzése után analitikai-mérleg segítségével körülbelül 15-20 dkg-ot helyeztem az egyes kamrákba. A radonkamra egy légmentesen zárható alumíniumhenger, mely tetején csavaros fedéllel nyitható, és csapok segítségével biztosítja, hogy rá lehessen kötni a detektorra. Átmérőjük 7 cm, a nagyobb kamrák (18-as, 26-os) magassága 9 cm, a kisebbeké (2-es, 11-es) 8 cm. A minták behelyezése után a csapokat elzártam, majd megvártam míg beáll a szekuláris egyensúly a rádium és leányelemei között, ami azt jelenti hogy pont ugyanannyi radon keletkezik, mint amennyi elbomlik, azaz az aktivitás egyenlő az exhalációval. Ez nagyjából a radon felezési idejének ötszörösét teszi ki, azaz nagyjából 3 hét (5x3,8 nap).

4.3.2. A RAD7 detektor és működési elve

A RAD 7 detektor a levegőben található radon mérésére használható detektorok közül az aktív-, azon belül pedig a félvezető detektorok közé tartozó alfa-spektrométer. A detektor a radon leányelemeinek alfa-bomlásakor felszabaduló energiát képes detektálni, ebből lehet visszakövetkeztetni a radon aktivitására. A kis beépített szilícium félvezető-detektor egy 7 dl térfogatú félgömb alakú cella központjában van elhelyezve, mely belülről elektromos vezetőréteggel van bevonva. Ha erre feszültséget kapcsolunk, akkor elektromos tér jön létre a cella belsejében. Ez azért fontos, mert a radon leányeleme a ^{218}Po , ionizált állapotban keletkezik, azaz elektromos térrel a detektorra lehet irányítani, majd ott megtapadnak és elbomlanak ($T_{1/2} = 3,05$ perc). A létrejövő elektromos jel nagysága arányos az alfa-sugárzás energiájával. Az elektromos jeleket a RAD7 felerősíti és amplitúdó szerint rendezi.

Az előállt spektrum több különböző energiájú részecske detektálása nyomán keletkezik 4 különböző energiájú csatornában melyek a következők :

- A: új-radon csatorna, 6MeV, ^{218}Po
- B: új-toron csatorna, 6,78 MeV, ^{216}Po
- C: régi radon csatorna, 7,69 MeV, ^{214}Po
- D: régi toron csatorna, 8,78 MeV, ^{212}Po

4.3.3. A mérés menete

Az egyes mérések megkezdése előtt fél órás háttérkoncentráció méréseket végeztem, ezután kezdtem a tényleges méréseket. A kamrákat műanyag csövek segítségével kötjük össze a RAD7 detektorral, és egy páralekötő egységgel. A csapok kinyitása után a kamra levegőjét egy pumpa szívja be a detektor belsejébe, melyet kétszer is megszűr. Az első szűrés megakadályozza az apróbb szennyeződések bejutását, a detektorban található kis pórusú szűrő pedig kiszűri a bejutáskor keletkező radon leányelemeket. Mivel a radon nemesgáz mindkét szűrőn könnyedén átjutva kerül a detektorra. A méréseket sniff (szippantási) üzemmódban végeztem, mely csak a ^{218}Po bomlásából származó alfa-részecskék beütéseit számlálja a 6 MeV energiájú csatornában, s figyelmen kívül hagyja a ^{214}Po beütéseit. Három kamrát 1-1 óráig mértem (4x15 perc), a negyediket pedig 5 (20x15 perc) órán keresztül. Mérés után a hiteles eredmények érdekében feljegyeztem a csövek és a páralekötő paramétereit, majd kiszámoltam a térfogatukat, s a detektor térfogatával együtt figyelembe vettem őket az eredmények kiértékelésekor. Erre azért van szükség, mert a csapok megnyitásakor a kamrákban lévő levegő felhígul, és csökken a radon aktivitáskoncentrációja.

4.3.4. A radonexhaláció meghatározása

A radonkoncentrációk számolásakor az első 15 perces mérés eredményét figyelmen kívül kell hagyni, ugyanis meg kell várni míg a radon és a ^{218}Po között beáll a radioaktív egyensúly. 15 perc után a polónium aktivitása eléri a 100%-ot.

A már felhígult levegő radonkoncentrációja a következő képlet segítségével számolható:

$$c_{lev} = c_m * \left(1 + \frac{V_{det}}{V_{net}}\right) - c_h * \frac{V_{det}}{V_{net}}$$

ahol V_{det} : detektor + csövek térfogata

c_h : háttérkoncentráció

V_{net} : kamra- minta térfogata

c_m : mért egyensúlyi radonkoncentráció

Majd innen az exhalációt már könnyedén meghatározhatjuk, ami egyenlő a teljes levegő aktivitásával:

$$E=A= c_{lev} * V_{lev},$$

ahol v_{lev} a detektor, a csövek és a kamra levegőjének összterfogata. A fajlagos exhaláció (M) meghatározásához, pedig ezt az értéket el kell osztani a minta tömegével, így az eredményünk $\frac{Bq}{kg}$ -ban adódik. A számolásokat excel táblázat segítségével végeztem.

4.4. Talajok mérése gamma-spektroszkópiával

4.4.1. A mintaelőkészítés menete

A méréshez az exhalációs mérésekhez előkészített talajmintákat használtam fel, tömegük pontos bemérése után az alumíniumkamrákba helyeztem őket, majd meg is kezdtem a méréseket külön várakozási idő nélkül. A mérés célja a talajminták rádiumtartalmának meghatározása volt a 186 keV-es csúcs beütésszáma alapján.

4.4.2. A mérés elvi háttere

A méréseimet gamma-spektroszkópia segítségével végeztem el GC1520-7500SL típusú HPGe detektorral. Maga a detektor 10 cm vastag ólomburkolattal van körülvéve, mely leárnyékolja a detektort, kiszűrve a környezetből származó természetes és mesterséges háttérsugárzást. A mérés során a nagy tisztaságú germánium félvezető detektor érzékeny térfogatában maradt energiát tudjuk mérni.

A gamma-fotonok háromféleképpen képesek kölcsönhatni az anyaggal:

- 1. Compton-szóródás:* a foton szóródik egy elektronon, és kisebb energiával továbbhalad
- 2. Fotoeffektus :* a foton teljes energiáját átadja a detektor egy elektronjának
- 3. Párkeltés :* a foton egy elektron-pozitron párt kelt

Mindezen kölcsönhatások eredményeképpen, a keletkező töltéssel rendelkező részecskék a Ge-detektorban haladva elektron-lyuk párokat hoznak létre, melyek hogy ne tudjanak rekombinálódni, a detektorra 3000-4000 volt nagyfeszültséget kapcsolunk. Ezáltal elektromos áramimpulzus jön létre. Ezeket a jeleket egy spektroszkópiai erősítő továbbítja az analóg digitális konverterbe, mely a jel nagysághoz csatornaszámot rendel (1-4096), s ezekbe a csatornába gyűjti a jelek gyakoriságát, ezt nevezzük beütésszámnak. Minél nagyobb energiát adott le a foton a detektorban, annál nagyobb lesz a csatornaszám. A kapott energiaspektrum a csatornaszám függvényében jeleníti meg a detektált jelek számát. A csúcsok alatti terület a gamma-fotont kibocsátó

radioaktív elem aktivitásával arányos. A detektor folyékony nitrogénnel van hűtve, különben akkor is áram folyna rajta ha nem érné radioaktív sugárzás, ez pedig zajt eredményezne a mérésben.

4.4.3. A mérés menete, kiértékelés

Mivel a háttérsugárzás nem változik, így azt nem mértem külön, egy 2011-ben 3 napig felvett háttér adatait használtam fel. A mintáim energiaspektrumát a detektorra való helyezés után 24 órán keresztül vettem fel. Az energia-kalibráció célja, hogy a csatornaszámot átváltsuk energiábat. Ehhez a spektrumban is megjelenő tórium 2614 keV-os, és a kálium 1461 keV-os csúcsát használtam fel. A kiértékelést egy Spill nevű programmal végeztem. A következő energiáknál számolta a csúcsterületet : 186 keV (rádium 226), 609 keV (bizmut 214), 1461 keV (kálium 40), 2614 keV (tórium 232-sor tallium 208).

Az aktivitás kiszámolására a következő képlet használható:

$$A = \frac{\frac{N_m}{t_1} - \frac{N_h}{2}}{\eta * \varepsilon}$$

ahol N_m : a spektrumban a mintához tartozó nettó csúcs alatti terület

N_h : a spektrumban a háttér csúcs alatti területe

η : hatásfok

ε : relatív intenzitás

Azt, hogy a mintából kilépő foton, teljes energiája mekkora valószínűséggel marad a detektorban Monte-Carlo szimuláció segítségével adjuk meg, melyet Deák Ferenc fejlesztett ki az Atomfizikai Tanszéken. A program figyelembe veszi a geometriai viszonyokat, indításakor meg kell adnunk a minta méreteit, a minta magasságát a mintatartóban, a minta és a detektor távolságát, a minta átlagrendszámát és sűrűségét, valamint a vizsgálni kívánt energiaértékeket, melyek a következők : 0,143 MeV, 0,186 MeV, 0,609 MeV, 0,911 MeV, 1,461 MeV, 2,614 MeV. Az átlagsűrűség a minta térfogatából és tömegéből adódott, az átlagrendszám megadásakor pedig közelítésként SiO_2 -al számoltunk. A módszerrel véletlen irányba kilépő fotonokat generálunk különböző energiatartományokban, s ha az a detektor irányába indul el végigkövetjük útját mindaddig, míg teljes energiáját leadja a detektor anyagában, vagy elhagyja a

detektort. Azokat az eseményeket amikor a foton teljes energiája átadódik külön számoljuk, ezt elosztva az összes generált foton számával, megkapjuk a keresett hatásfokot.

4.5. Források hidrológiai paramétereit (pH, vezetőképesség, hőmérséklet)

A 2. és 3. mintavételezéskor a helyszínen megmértem a források fent említett paramétereit. A műszereket az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékétől kaptam kölcsön. A pH-t és a hőmérsékletet ugyanazzal a műszerrel mértem, mivel a pH mérő képes volt hőmérsékletmérésre is. A Szűcs-kút esetében mintát vettem egy műanyagpohárba, és abba merítettem bele a pH mérő készüléket. A többi forrás esetében, erre nem volt szükség, közvetlenül a vízben tudtam a vizsgálatot végezni. Ugyanez érvényes a vezetőképesség-mérésre is.

5. Mérési eredmények

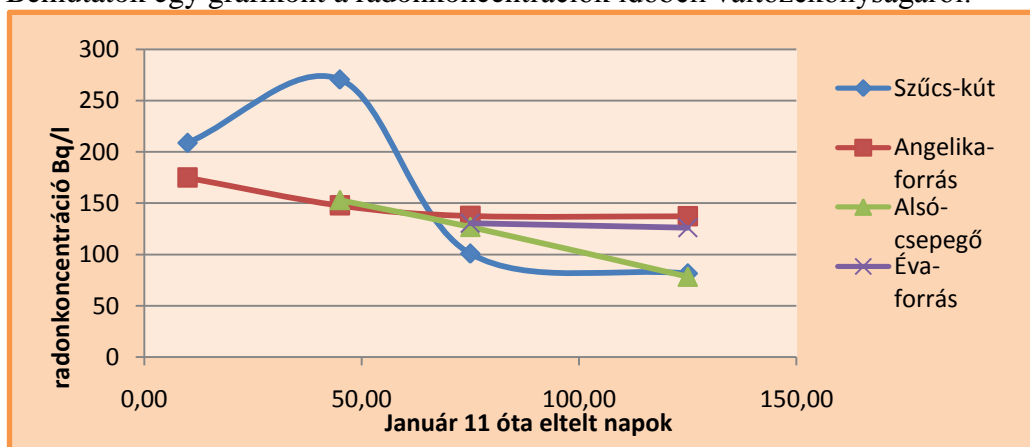
5.1. Vízvizsgálatok eredményei

Céлом a források radonkoncentrációinak megállapítása, és időbeli változásuknak megfigyelése volt. 5 hónap alatt 4 helyről vettem mintát, melyeket 4 alkalommal mértem meg az egyetemen folyadékszintillációs módszerrel. Az alábbi táblázat az általam vett vízminták radonkoncentrációit és azok abszolút hibáit tartalmazza Bq/literben. Sajnos amint látszik, az adatsor nem minden esetben teljes. Az Alsó-csepegő és az Éva-forrás első alkalommal ki volt száradva, utóbbi másodjára is.

Az egyes mintavételek alkalmával mért radonkoncentrációk (Bq/l)	Források neve	Szűcs-kút	Alsó-csepegő	Éva-forrás	Angelika-forrás
	2013. január 11.		207,8±11	-	-
		209,8±11	-	-	164,3±10
2013. február 15.		270,6±13,4	153±9,2	-	156,2±9,3
		-	-	-	139,3±8,6
2013. március 17.		96,3±6	125,3±7,2	127,8±7,3	153,2±8,3
		105,4±6,4	128,3±7,3	132,9±7,5	122±6,7
2013. május 6.		81,5±6,3	78,3	128,5±8,3	146±8,9
		-	-	123,7±8,1	128,6±8,2

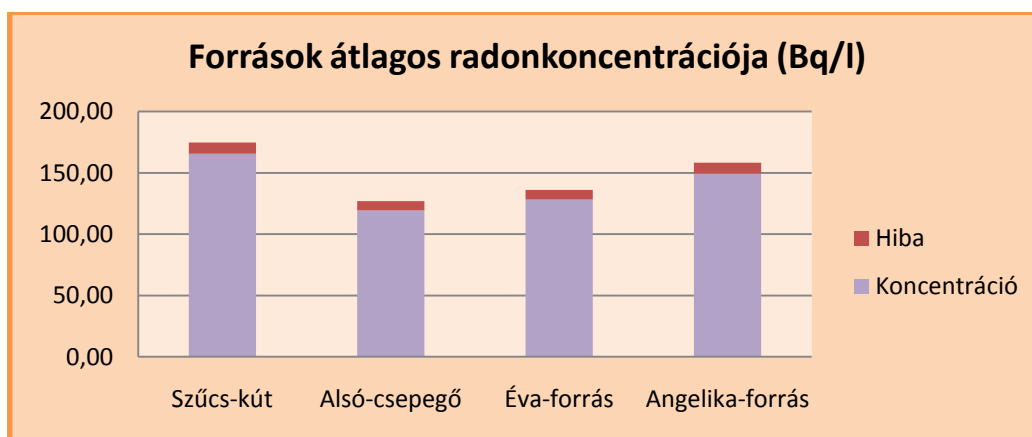
4. táblázat Források radonkoncentrációja

Bemutatok egy grafikont a radonkoncentrációk időbeli változékonyságáról.



10. ábra Radonkoncentrációk időfüggése

A források átlagos radonkoncentrációja, pedig az alábbi oszlopdiagramon látható.



11.ábra Források átlagos radonkoncentrációja

2 mintavétel alkalmával megmértem a vizek pH-ját, elektromos vezetőképességét és hőmérsékletét. A kapott értékeket táblázatba foglaltam.

Megjegyzés : az első mintavételkor január 11-én, a Szűcs-kút vízhozama $103,8 \text{ cm}^3/\text{sec}$, május 6-án pedig $47,8 \text{ cm}^3/\text{sec}$ volt.* paraméterek.

Forrás neve	pH	vezetőképesség(μS)	T ($^{\circ}\text{C}$)	vízhozam (cm^3/s)
Szűcs-kút	6,86	$4,5 \cdot 10^2$	7,9	77
Alsó-csepegő	6,5	$4,6 \cdot 10^2$	6,5	-
Angelika-forrás	6,29	$5,3 \cdot 10^2$	9	-
Éva-forrás	-	-	-	-

5.táblázat február 15-ei mintavétel

Forrás neve	pH	vezetőképesség (μS)	T ($^{\circ}\text{C}$)	vízhozam (cm^3/s)
Szűcs-kút	7,05	$4,8 \cdot 10^2$	6,9	109,5
Alsó-csepegő	7,3	$3,7 \cdot 10^2$	7	-
Angelika-forrás	6,62	$4 \cdot 10^2$	7,9	-
Éva-forrás	6,8	$5,9 \cdot 10^2$	6,7	-

6.táblázat március 17-ei mintavétel

5.2. Talajminták radonexhalációi

Az egyes források mellől származó talajok radonkibocsátását RAD7 detektor segítségével mértem meg. A kamrák lezárása után 5 hetet vártam a mérés megkezdésével.

Az alábbi táblázat tartalmazza a mérési előkészületek adatait. Az első három oszlopban a minta kódja, származási helye és vételezésének időpontja található. Ezt követi a kamraszám, majd a tömege, melyet a kamrába helyezés előtt mértem le analitikai-mérleg segítségével. Az 6. oszlop tartalmazza a kamrába kerülés időpontját, a 7. pedig az egyes mérések kezdetét.

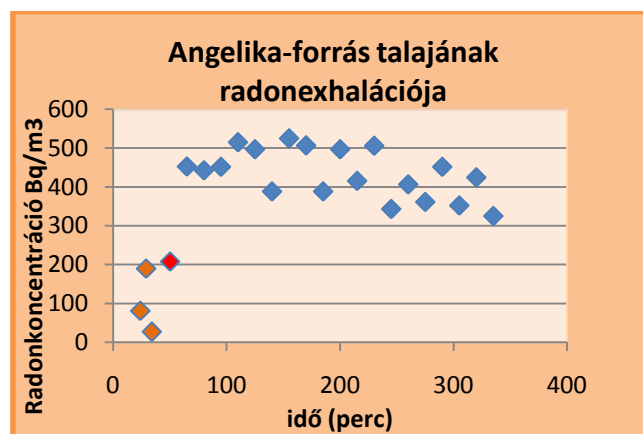
Minta kódja	Származási hely	Mintavétel időpontja	Kamra száma	Minta tömege (g)	Kamrába kerülés	Mérés kezdete
SZKT	Szűcs-kút	2013.01.11.	18	190,7	febr.4. 15:23	márc.13. 14:40
ALT	Alsó-csepegő	2013.01.11.	11	154,4	febr.4. 15:31	márc.18. 13:40
ÉVAT	Éva-forrás	2013.01.11.	2	165,7	febr.4. 15:40	márc.13. 16:28
ANGT	Angelika-forrás	2013.01.11.	26	130,1	febr.4. 15:36	márc.13. 17:44

7. táblázat Mérési előkészületek

A mérések kiértékelését excel-táblázat segítségével végeztem, a 4.3.4-es fejezet alapján. Kiértékeléskor figyelembe kellett vennem, hogy az utolsó kamrát (11) más csövekkel mértem, így a kamrában lévő levegő más arányban hígult fel a többi kamrához képest a detektorra való csatlakoztatás után. A 26-os kamrát lehetőségem nyílt 5 órán keresztül mérni, a másik 3 kamra 4x15 perces mérési idejével szemben. Az 5. táblázat tartalmazza az eredményeket. Az első oszlopban a minta kódja található, mellette a beütésszámból számolt, a már detektor levegőjével felhígult levegő radonkoncentrációja Bq/m³-ben. A 3. és 4. oszlop tartalmazza az exhalációs értékeket (Bq), valamint a mintatömeg figyelembevételével számolt fajlagos exhalácót (Bq/kg), és ezek abszolút hibáit.

Minta kódja	c_{lev} (Bq/m ³)	Exh. (Bq)	Fajl. exh. (Bq/kg)
SZKT	6515,4±1265,6	6,3±1,2	33,2±6,4
ALT	7497,8±1515	7,2±1,5	46,5±9,4
ÉVAT	2136,4±899,4	2,1±0,9	12,5±5,3
ANGT	1729±759,3	1,8±0,8	13,9±6,1

8.táblázat Talajminták radonexhalációi



12.ábra Angelika-forrás talajának radonexhalációja

A grafikonon narancssárga színnel van feltüntetve a háttérmerések radonkoncentrációja. A piros adatpont már a kamrás méréshez tartozik, ez az érték melyet elhagytunk a kiértékeléskor. Kékkel jelöltem azokat a radonkoncentrációkat, melyekkel a kiértékelést végeztem. Az értékek enyhén csökkenek az idő előrehaladtával, melyből azt a következtetést lehet levonni, hogy a RAD7 működése alatt a rendszer kicsit eresztett. Ugyanez elmondható a többi esetben is, de az ábrából látszik, hogy ez a csökkenés az első 1 órában nem volt jelentős.

5.3. Gamma-spektroszkópiás eredmények

A talajok rádiumkoncentrációjának meghatározásához, az exhalációs mérésekhez előkészített kamrákat használtam. A rádium mellett a bizmut 214, tórium és kálium aktivitását is meghatároztam. A kapott .mca kiterjesztésű fájlokat egy Spill nevű programmal értékeltem ki, mely a kalibráció után megadta az egyes elemekhez tartozó csúcsterületeket. Ezek, valamint a Monte-Carlo szimuláció által számolt hatásfok, és a relatív intenzitás értékek segítségével számoltam a fajlagos aktivitást. A Spill által számolt csúcsterületeket a különböző energiákon táblázatba foglaltam össze, feltüntetve azok abszolút hibáit is.

Minta	Mérési idő (sec)	Ster 186 keV	Ster 609 keV	Ster 1461 keV	Ster 2612 keV
SZKT	86400	2052,5±105,6	2996,7±70,2	8169,4±92,6	908,7±31,5
ALT	86400	2429,3±111,9	3595,2±76,4	8308,5±93,5	1093,8±35,2
ÉVAT	86400	2300,2±100,1	2483,3±66,3	9618,6±100	705,9±30
ANGT	86400	1619,7±89,1	2137,8±60,8	8371,1±93	487,6±23,7
Háttér	259200	1662,4±73,1	472,1±36,9	390±25	152,8±15,5

9.táblázat Spill által kiértékelt adatok

A következő táblázatban pedig összefoglaltam az egyes talajminták fajlagos aktivitását, azok abszolút hibáival együtt a különböző elemekre nézve. A számításokat excel-táblázat segítségével végeztem, az 4.4.3. fejezetben leírtak alapján.

Minta neve	rádium (Bq/kg)	bizmut214 (Bq/kg)	kálium (Bq/kg)	tórium (Bq/kg)
SZKT	37±2,8	18,9±0,5	498,9±7,3	26±1
ALT	53,2±3,3	19,6±0,5	445,4±5,5	26,9±0,9
ÉVAT	42±2,5	14,6±0,4	557,2±7,6	18,9±0,9
ANGT	27,9±2,4	14,1±0,4	550,1±6,5	15,5±0,9

10.táblázat Talajminták fajlagos aktivitása

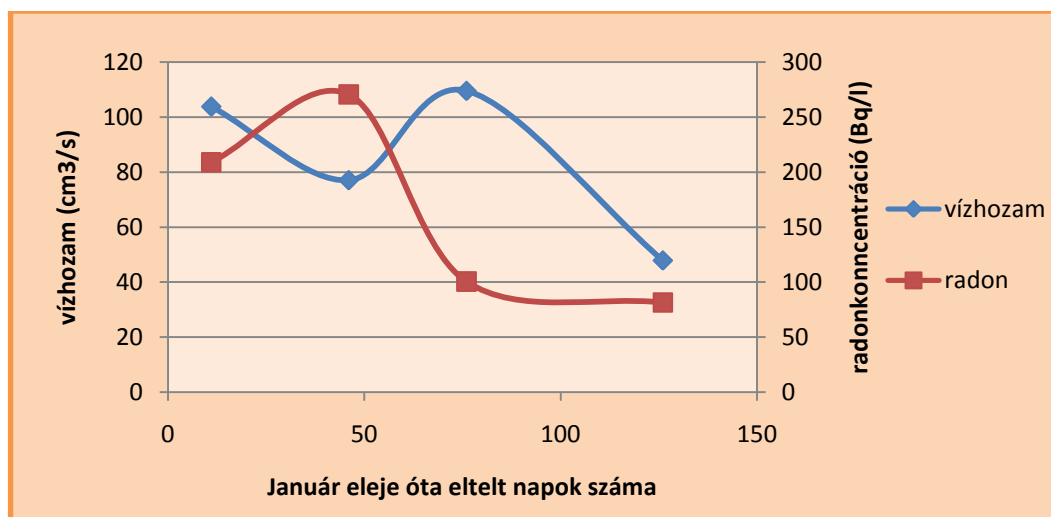
6. Diskusszió

6.1. Vizek radontartalmának időbeli változékonysága

A várakozásoknak megfelelően, a források átlagos radontartalma mind a négy helyen magasnak mondható, nagyjából 120 és 170 Bq/liter között változnak. Az átlagértékek azonban gyakran árnyalják a valóságot, fontos kiemelni a Szűcs kút esetében, hogy az átlagos 165 Bq/l-es aktivitásánál, ennél jóval nagyobb 270 Bq/l-es aktivitást is mértem. A források átlagos radonkoncentrációi Bq/liter-ben a következők :

Szűcs-kút	Alsó-csepegő forrás	Éva-forrás	Angelika-forrás
165,4	119,4	128,2	149,4

Mind a négy forrásról elmondható, hogy radontartalmuk az év elején volt a legmagasabb. Amint az a 10. ábráról leolvasható az Éva-forrás és Angelika-forrás aktivitása időben megközelítőleg állandó, kis mértékű csökkenés azonban a tavasz beköszöntével mindkettőnél tapasztalható. Időbeli állandóság szempontjából az Éva-forrás volt a legstabilabb (aktivitása csupán 3%-al csökkent), azonban figyelembe kell venni, hogy nincsenek róla adataim januárból és februárból, így nem tudni, hogy az évszakos csökkenés itt is bekövetkezett-e volna. Az Angelika-forrás radonkoncentrációja 21%-ot csökkent, mely már jelentősebbnek mondható. Az Alsó-csepegőnél mért értékek alapján, a radontartalma májusra majdnem a felére esett vissza. A legmagasabb átlagos radontartalmú, és egyben legdrasztikusabb csökkenést (60%-os) mutató forrás a Szűcs-kút volt. Ennek több oka is lehetséges. Előfordulhat, hogy a szokásosnál csapadékosabb időjárás volt az ami ennyire felhígította a vizet (2013 tavaszán, főleg márciusban és áprilisban szokatlanul nagy volt a csapadék mennyisége). Ezt alátámasztják, az 1999-ben Halász István által végzett mérések is. Ebben az évben a Szűcs-kút aktivitása 270-ről 176 Bq/l-re esett vissza, s a tavasz szintén meglehetősen csapadékos volt. De más okokat is feltételezhetünk, a csökkenés nagy mértéke miatt. Mind a négy alkalommal, amikor terepen voltam, mértem a forrás vízhozamát is. A következő grafikon a radonkoncentráció és a vízhozam időbeli változását szemlélteti:



13.ábra A Szűcs-kút vízhozamának és radonkoncentrációjának időfüggése

Szembetűnő, hogy április közepén a magas vízhozam ellenére, a radontartalom már alacsony volt, így lehet hogy a csapadék már önmagában képes volt ekkora csökkenést okozni, viszont májusban volt mindkét érték minimuma, tehát lehetséges, hogy kapcsolat van köztük. Abból, hogy csökkent a vízhozam, lehet arra következtetni, hogy

megváltoztak a felszín alatti áramlási viszonyok, mely befolyással van arra, hogy a víz milyen típusú kőzeteken megy keresztül, mielőtt felszínre bukkanna. A talajvíz lejjebb ereszkedik, így a felette lévő kőzeteken, melyeken előtte átlahadt volna, a továbbiakban nem fog, tehát változik a vízbe oldódó anyagok minősége és mennyisége. Ez egy lehetséges magyarázat az aktivitás csökkenésére.

6.2. Vizek radontartalmának és a talaj becsült radontartalmának kapcsolata

A $C_{max}=(M \cdot \rho)/P$ képlettel, ahol M =fajlagos exhaláció (Bq/kg)

ρ = sűrűség

P =porozitás,

egy becslést tehetünk arra, mekkora lehet a talaj szemcséi közt a radon maximális koncentrációja. A biotitos gránit mállásakor homokos-vályogos talaj keletkezik, melynek átlagos porozitása 0,29 (Freiler Ágnes szakdolgozatából, a Soproni-hegység talaja ugyanis analóg a Velencei-hegységével). A talajminták becsült maximális radonkoncentrációját,

és a számításokhoz szükséges adatokat az alábbi táblázat tartalmazza:

Talajminta	Fajlagos exhaláció (Bq/kg)	Sűrűség (kg/m ³)	Porozitás	Maximális C_{Rn}	Vizek radontartalma (Bq/l)
SZKT	33,2	1126,1	0,29	128,9	165,4
ALT	46,5	933	0,29	149,6	119,4
ÉVAT	12,5	1036	0,29	44,7	128,2
ANGT	13,9	1352,4	0,29	64,8	129,4

11.táblázat Maximális radonkoncentrációk

Amint az látszik a vizek radontartalma egy nagyságrendbe esik a talajok becsült maximális radontartalmával, tehát valószínű, hogy a térség forrásainak aktivitása valóban a gránit alapkőzet nyomán, és a belőle képződött talaj miatt ilyen magas. Az Alsó-csepegő kivételével azonban, a vizek értékei magasabbak, mint a talajok estében, azaz radontartalmuk forrása nem kizárólagosan a talajgáz. A mélyben lehet, hogy

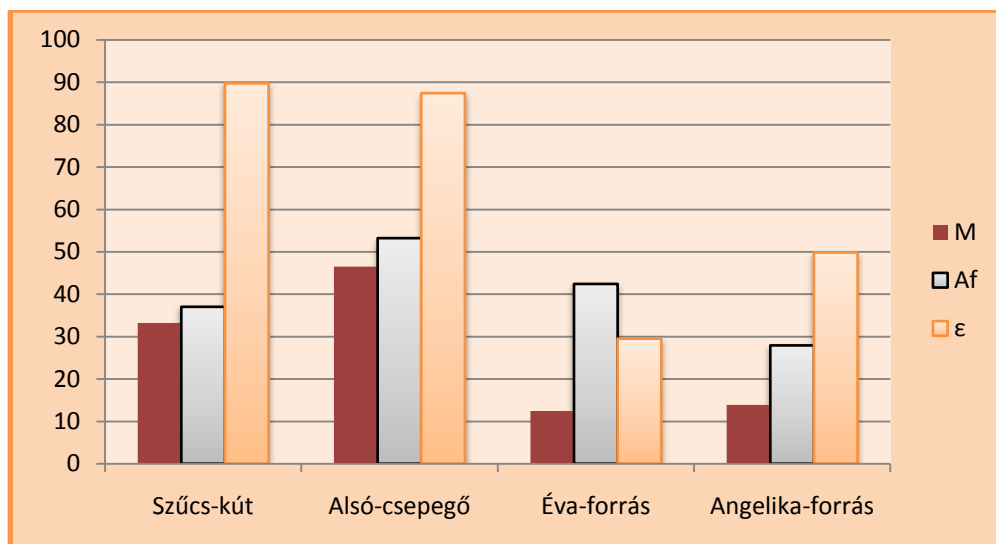
nagyobb exhalációjú, s kisebb porozitású kőzet található, és a vízbe ennek repedésein keresztül oldódik be a radon. A vékony talaj is arra utal, hogy az alapkőzet miatt magas a radonkoncentráció, mivel C_{\max} mélységfüggő, tehát vékony talajokban nem tud nagyságrendileg megnőni. Ahogy azt a 3.2.2. fejezetben említettem, az Alsó-csepegő forrás az egyetlen, mely nem rendelkezik kifolyással, vize állóvíz, így az ott található talaj radontartalma egyensúlyban van a víz radontartalmával.

6.3. Talajminták rádiumtartalma és fajlagos exhalációjuk

Vizek radontartalmát befolyásolja még, hogy mekkora a rádiumtartalmuk, illetve hogy a különböző talajokból, mekkora valószínűséggel jut ki radon a környezetbe. Ezt az értéket az exhalációs együttható adja meg. Minél nagyobb ez az érték, annál nagyobb a valószínűség. Értéke az $\varepsilon = \frac{M}{A}$ képlettel számolható, tehát a fajlagos exhaláció (Bq/kg) és a fajlagos aktivitás (Bq/kg) hányadosa. Az alábbi táblázat a talajminták exhalációs együtthatóit tartalmazza, és a számításhoz szükséges adatokat.

Minta neve	M (Bq/kg)	A ^{226}Ra (Bq/kg)	ε
SZKT	33,2	37	0,89
ALT	46,5	53,2	0,87
ÉVAT	12,5	42,4	0,29
ANGT	13,9	27,9	0,49

12.táblázat Fajlagos exhaláció (M), fajlagos aktivitás (A), exhalációs koefficiens



14.ábra Talajminták fajlagos exhalációja, fajlagos aktivitása , és exhalációs együtthatója

A könnyebb összehasonlíthatóság érdekében, ezt a 3 értéket egy oszlopdiaqramon ábrázoltam. Jól látható, hogy a legmagasabb exhalációs képességgel a Szűcs-kút és az Alsó-csepegő forrás mellett vett talajminta rendelkezik. Ezek extrém nagy értékek, melyek arra utalhatnak, hogy a talajszemcsék felületén rádiumkiválás lehetséges. A Szűcs-kút esetében, ez a nagy érték nem meglepő, hisz itt mértem a legmagasabb vízradonkoncentrációt. A másik két talajminta exhalációs képessége, majdnem fele az előzőeknek, de még így is kiemelkedően magasak. A talajok fajlagos Ra-aktivitása nagyjából 30 és 50 Bq/kg közé esnek, melyek átlagosnak mondhatók, az átlagot épphogy meghaladják, ám ezek is biztos hozzájárulnak a vizek aktivitásához.

7. Összefoglalás

Szaktervezésem keretein belül a Velencei-hegység 4 forrásának (név szerint a Szűcs-kút, Alsó-csepegő forrás, Éva-forrás és Angelika-forrás) radonkoncentrációját, és a mellőlük származó talajok rádiumaktivitását vizsgáltam. A mintavételezéseket január 11-én, február 15-én, március 17-én, valamint május 6-án végeztem. Vizekből 4 sorozatot gyűjtöttem, összesen 24 mintát. Talajmintát mindenhol egyet-egyet vettem.

Folyadékszcintillációs módszerrel meghatároztam a források átlagos radontartalmát, majd megnéztem ezek időbeli változékonyságát. A Szűcs-kút átlagos radonkoncentrációja 165,4 Bq/l, az Alsó-csepegő forrásé 119,4 Bq/l, az Éva-forrásé 128,2 Bq/l, az Angelika-forrásnál ez az érték pedig 149,4 Bq/l-nek adódott. Megállapítható tehát, hogy a források kivétel nélkül magas radontartalommal rendelkeznek. Ami az időbeli állandóságot illeti, mérsékelt csökkenést mindegyiknél tapasztaltunk, a Szűcs-kút esetében pedig 60%-os visszaesést a januári aktivitáshoz képest.

A gamma-spektroszkópiás mérések eredményeként megállapítható, hogy a talajok rádiumtól származó fajlagos aktivitása csak kicsit magasabb az átlagnál. Ez a Szűcs-kút esetében 37 Bq/kg, az Alsó-csepegő forrásnál 53,2 Bq/kg, az Éva-forrásnál 42,4 Bq/kg, az Angelika-forrásnál pedig 27,9 Bq/kg.

A talajok exhalációs együtthatója 29-89% között változik, melyek nagyon magasnak mondhatók, a pórusokban lévő radon igen hatékony módon képes kikerülni a környezetbe.

Meghatároztam a talajok becsült maximális radontartalmát, s ezt összevettem a vizek radontartalmával. A becsült értékek alacsonyabbak voltak annál, mint amiket vizek esetében mértem, az Alsó-csepegő forrás kivételével.

Összességében elmondható a Velencei-hegység forrásairól, hogy az egészségügyi határértéket meghaladó radontartalommal rendelkeznek, s ehhez az értékhez jelentősen hozzájárulnak a nagy exhalációs képességű talajok, de nem kizárólagos módon, ugyanis valószínűleg közrejátszik az alapkőzet is.

Irodalomjegyzék

1. BARADÁCS ESZTER MÓNICA doktori disszertációja : Hévizek és ásványvizek radon-, és rádiumtartalma, Debreceni Egyetem 2002
2. BÁRDOSY GYÖRGY : Nukleáris energia, készletek, kutatás, kitermelés
3. BORÁROS VIOLA szakdolgozata : A permi vörös homokkő radonkibocsátásának vizsgálata a Balaton-felvidéken, ELTE Atomfizikai Tanszék 2006
4. CSORBA OTTÓ : A kozmikus sugárzás vizsgálata, ELTE egyetemi laboratóriumi jegyzet 2004
5. EDDLING C : Lung cancer and smoking in a group of iron ore miners –American Journal of Industrial Medicine, pages 191-199, 2007
6. FRANCESCO BOCHICCHIO : The radon issue :Considerations on regulatory approaches and exposure evaluations on the basis recent epidemiological results, pages 1561-1564, 2008
7. DR. FRISNYÁK SÁNDOR : Magyarország földtana, Tankönyv Kiadó, 1988, 236-237.o
8. HORVÁTH ISTVÁN-DARIDÁNÉ TICHY MÁRIA-DUDKO ANTONYINA-GYALOG LÁSZLÓ-ÓDOR LÁSZLÓ : A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana, Magyar Állami Földtani Intézet, 2004, 16. o, 26-34.o, 133-136.o.
9. HOLÉNYI LÁSZLÓ : Velencei-tó, Velencei hegység Útikalauz, Sport Lap-, és Könyvkiadó 1969
10. JOBBÁGY VIKTOR DOKTORI DISSZERTÁCIÓJA : NORM anyagok radionuklid koncentrációját és emanációját befolyásoló paraméterek vizsgálata építőipari felhasználhatóság szempontjából, Pannon Egyetem 2007
11. KISS ÁRPÁD ZOLTÁN: Fejezetek a környezetfizikából, Kossuth Egyetemi kiadó, Debrecen, 2003
12. KÖTELES GYÖRGY: Radon a környezetünkben – Fizikai szemle 1994/6
13. MARX GYÖRGY: Atommag-közelben, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged 1996
14. MÓCSY I.-NÉDA T. –SZACSVAI K.: Ásvány és termálvizek terápiás alkalmazása és az abból adódó dózisok
15. NAGY H. TDK dolgozata : Környezettudományi vizsgálatok az egykori mecseki uránbánya környékén, ELTE Atomfizikai Tanszék, 2008
16. SAMUELSSON L. : Radon a lakásban Fizikai Szemle 1990/5 138.o

17. SOMLAI J.- TARJÁN S.- KANYÁR B. : A bomlás virágai – Energia Klub
Környezetvédelmi egyesület 16.o, 1999
18. TARSOLY P. : Gyapjuzsákbarlangok a Velencei-hegységben, 2010
19. TÓTH E. : Radon a magyar falvakban, Fizikai Szemle 1999/2
20. VÉRTES A. : Marie Curie és a kémia éve- Magyar Tudomány, 2010
21. VINCZE P.: Általános földtan és gyakorlat 3., NymE-EMK Földtudományi Intézet,
Kézirat, Sopron, 2006

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek Dr. Horváth Ákosnak, hogy szakértelmével, munkásságával segítségemre volt szakdolgozatom elkészítésében.

Köszönettel tartozom Freiler Ágnesnek, hogy segítségemre volt a mérések és kiértékelésük megértésében.

Szeretném megköszönni Boginak, Daninak, és anyának hogy elkísértek a mintavételekre.

Köszönöm Fanninak, Pimpinek és Sárának a sok türelmet.

Melléklet

Mintavételi jegyzőkönyv

Dvorszki Rita

Mintavétel időpontja: 2013. január 11 péntek

Helyszín: Velencei-hegység Sukorói források

Minta kódja	Mintavételi pont neve	GPS koordináta	Mintavétel ideje	radon konc. Bq/l	Mintavétel körülményei	Vízhozam (cm ³ /sec)
SzK1A	Szűcs-kút	E 615532 N 211723	10:16	208±11	Piros csap megnyitása után, 2:30 perc kifolyási idő elteltével, fecskendővel 10 ml mintát vettünk a csapból folyó vízből minél mélyebbről, majd a szcintillátorral feltöltött küvettába fecskendőztük.	103,8
SzK1B			10:23	210±11	7 perc kifolyási idő után az előzővel megegyező módon. Talajmintát ezt követően vettünk közvetlen a kút mellől, a felső réteg eltávolítása után. Vízhozamot 0.5 l-es pet palack és stopper segítségével mértünk.	
Ang1A	Angelika-forrás	E 614455 N 212456	11:36	185±11	Mederrendezés után (11:32), a víz folyási sebessége megnövekedett, majd 10 ml mintát vettünk a forrás szájánál, fecskendővel kövön kívüli pangó vízből 5 cm mélyről, és a küvettába helyeztük.	-
Ang1B			11:45	164±10	A mintavétel az előzővel megegyező módon történt 11 perc elteltével. Talajmintát a vízfolyás medre mellett vettünk közvetlen, a felső humuszos réteg eltávolítása után	
-	Alsó-csepegő	E 615289 N 211435	-	-	Vizet nem találtunk, talajmintát az út mellől vettünk, a felső réteg eltávolítása után 12:35-kor.	0
-	Felső-csepegő (Éva-forrás)	E 615144 N 211474	-	-	Vízhozam szintén nulla, talajmintát 12:30-kor vettünk.	0

Mintavételi jegyzőkönyv

Dvorszki Rita

Mintavétel időpontja: 2013. február 15 péntek

Helyszín: Velencei-hegység Sukorói források

Minta kódja	Forrás	Mintavétel ideje	Radonkonc. (Bq/l)	Vezetőképesség (μS)	T($^{\circ}\text{C}$)	pH	vízhozam (cm^3/s)	Körülmények
Al 2	Alsó-csepegő	15:29	153 \pm 9,2	4,6*10 ²	6,5	6,94	-	Fecskendővel 10 ml mintát vettünk, kb 5 cm mélyről, majd a szcintillátorral feltöltött küvettába helyeztük.
SzK	Szűcs-kút	14:47	270,6 \pm 13,4	4,5*10 ²	7,9	6,86	77	Érkezésünkkor a csap nyitva volt, mintavételkor a fecskendőt minél mélyebbre helyeztem a csapban.
Ang2A	Angelika-forrás	16:21	156,2 \pm 9,3	5,3*10 ²	9	6,29	-	A forrás szájánál vettem mintát, kövön kívüli pangó vízből 5 cm mélyről
Ang2B		16:35	139,3 \pm 8,6					Mintavétel negyed óra elteltével az előzővel megegyező módon.
-	Éva-forrás	-	-	-	-	-	0	A forrás mintavételre alkalmatlan volt.

Mintavételi jegyzőkönyv

Dvorszki Rita

Mintavétel időpontja: 2013. március 17 vasárnap

Helyszín: Velencei-hegység Sukorói források

Minta kódja	Mintavételi pont neve	Mintavétel ideje	radon konc. Bq/l	Mintavétel körülményei	vezetőképesség (μS)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Vízhozam (cm^3/sec)
SzK3A	Szűcs-kút	11:53	96,3±6	Érkezésünkkor a csap nyitva volt, így külön kifolyásai idő nélkül 10 ml mintát vettem kétszer 10 perc időkülönbséggel.	4,8*10 ²	6,9	7,5	109,5
SzK3B		12:03	105,4±6,4					
Ang3A	Angelika-forrás	13:20	153,2±8,3	Semmi szokatlant nem észleltünk, mintavételel az előző alkalommal teljesen megegyező módon történt, 2 mintát vettem a forrás szájánál 10 perc elteltével.	4*10 ²	7,9	6,62	-
Ang3B		13:30	122±6,7					
Al3A	Alsó-csepegő	12:27	125,3±7,2	A múltkorhoz képest még bővizűbb volt, két mintát vettem 10 perc különbséggel.	3,7*10 ²	7	7,3	-
Al3B		12:37	128,3±7,3					
Éva3A	Éva-forrás	12:43	127,8±7,3	A sok csapadéknak köszönhetően, végre innen is tudtam mintát venni, miután ásóval kicsit kitakarítottam a forrás medrét, két mintát vettem 11 perc különbséggel	5,9*10 ²	6,7	6,8	-
Éva3B		12:54	132,9±7,5					

Mintavételi jegyzőkönyv

Dvorszki Rita

Mintavétel időpontja: 2013. május 6 hétfő

Helyszín: Velencei-hegység Sukorói források

Minta kódja	Mintavételi pont neve	Mintavétel ideje	radon konc. Bq/l	Mintavétel körülményei	vezetőképesség (μS)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Vízhozam (cm^3/sec)
SzK4A	Szűcs-kút	17:00	-	Érkezésünkkor a csap zárva volt, 2 perc kifolyatási idő után két mintát vettem. Sajnos az egyik a szállítás során „elveszett”				47,8
SzK4B		17:03	81,5±6,3					
Ang4A	Angelika-forrás	17:56	146±8,9	Minden a megszokott módon zajlott, két vízmintát vettem 4 perc különbséggel				-
Ang4B		18:00	128,6±8,2					
Al4A	Alsó-csepegő	17:22	78,3±6,1	Két vízmintát vettem 3 perc időkülönbséggel, sajnos a szállítás során itt is elveszett az egyik mintám.				-
Al4B		17:25	-					
Éva4A	Éva-forrás	17:31	128,5±8,3	Szerencsére még bővízűbb volt a forrás mint eddig, két mintát vettem 2 perc különbséggel.				-
Éva4B		17:33	123,7±8,1					