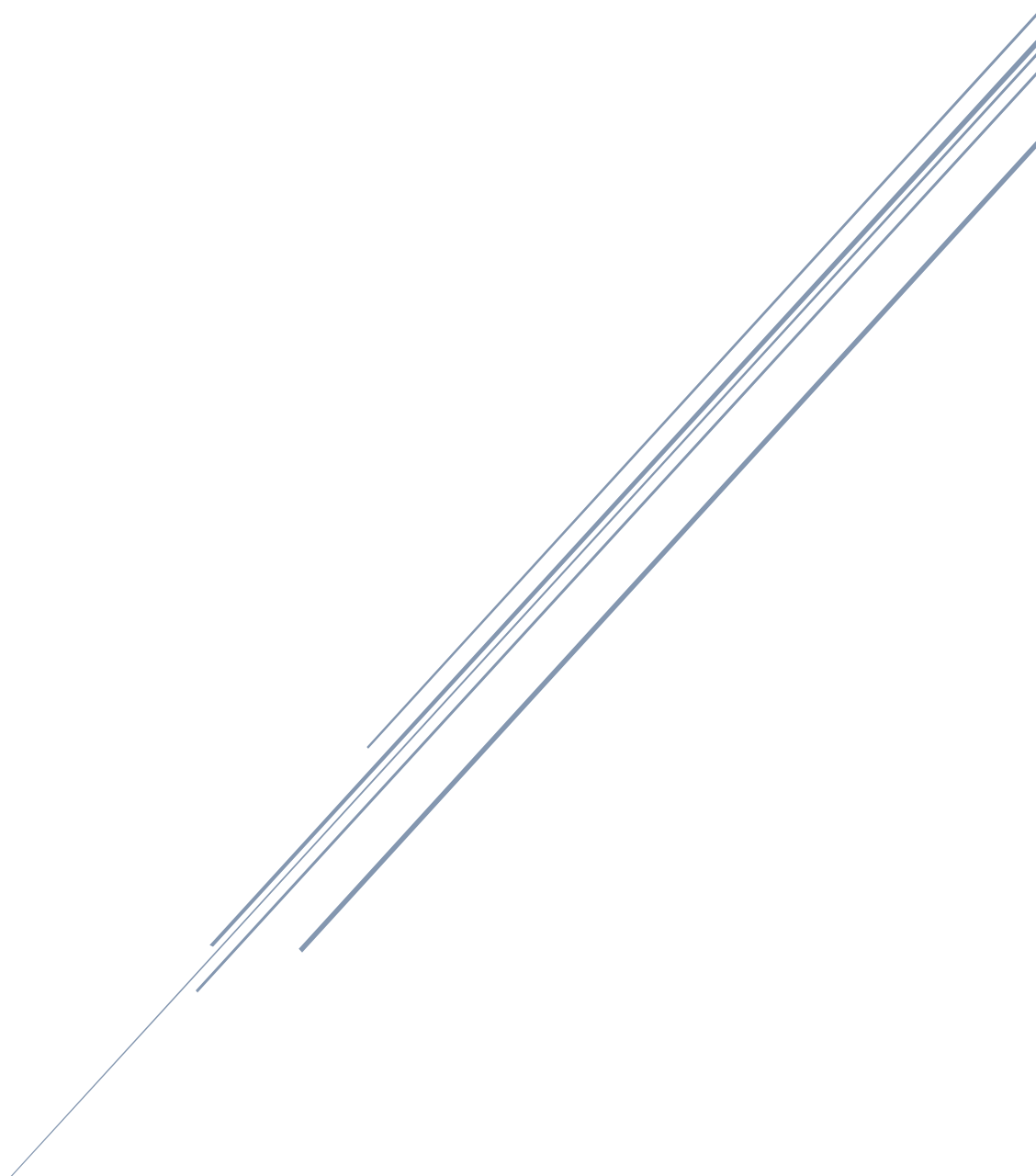

RADONMENTESÍTÉS A SZELLŐZTETÉS AUTOMATIZÁLÁSÁVAL

OTDK



Kertesi Csongor, Répási Bálint

Tartalom

QGIS.3.4.....	2
Helyszínek:	3
A Torna szoba leírása:	3
A DÖK szoba leírása:	3
Geológiai háttér	3
Az iskola körüli talajkutató:	5
A mérésünk menete:	5
Radon Koncentráció meghatározása	5
Radonterhelésre vonatkozó szabályozás Magyarországon:	6
Milyen egészségügyi elváltozásokat okoz a radon?	8
Utólagos Radonmentesítési megoldások	9
Kitérés a többi, a radon elvezetésére szolgáló berendezés/építményre.	9
A Radongyűjtő zsomp	9
A radon Kút	10
Levegőtisztító berendezés	10
Talajcsere	11
Szellőztetés	11
A projekt informatikai támogatása	12
A kezdetek	12
Megvalósítás	12
Működés	12
A mérés során készített képek:	15
Geiger-müller számláló műszer	17
radoneye mérő műszer a DÖK-szobában	18
Légoltalmi pince hermetikusan záró ajtókkal	20

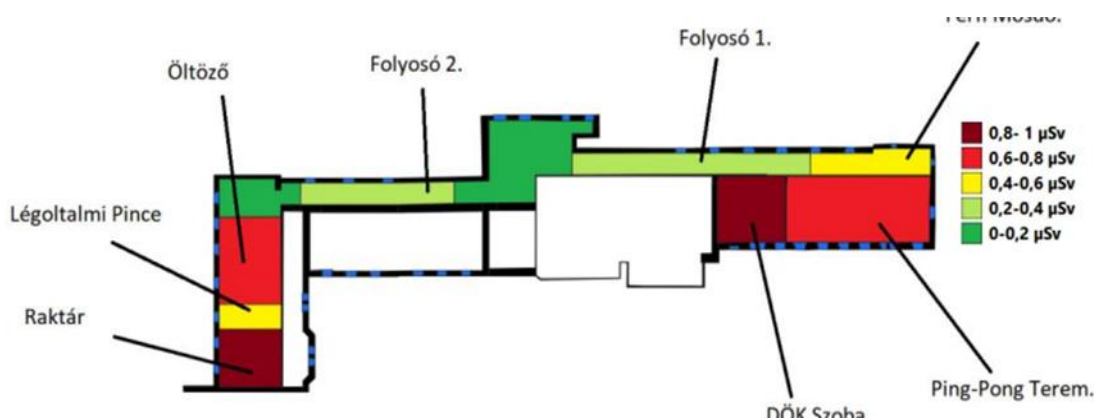
Összefoglaló

Radonmentesítés a szellőztetés automatizálásával mérés összefoglalója.

A méréshez a „radoneye” nevű mérőműszert használtuk. A műszert egy órán keresztül működtettük az adott helyiségben úgy, hogy közben nem volt ott mozgás vagy aktivitás.

A műszer Bq/m^3 -ban adta meg a radon dózist a levegőben. A Mérés előtt feltérképeztük az alagsort egy geiger-müller számlálóval. Az összes alagsori helyiségben 10 percig mértünk vele, és felírtuk a legmagasabb és legalacsonyabb mért értéket. Itt mikrosievert/h-ban mértünk.

A mérésekről térkép is készült. Értékek terén $0 \mu\text{Sv}$ – től egészen $1 \mu\text{Sv}$ ig mértünk adatokat a Geiger Müller számlálóval. Érdekesség, hogy hiába mértünk több helyen is magas értéket ($1 \mu\text{Sv}$ feletti), a radon koncentráció mégis alacsony volt. Ilyen helyiség a raktár is, ahol a pincében átlagosnak mondható $28 \text{ Bq}/\text{m}^3$ as koncentrációt mértük. A legmagasabb radon koncentrációval a DÖK- szobában találkoztunk, ahol $38 \text{ Bq}/\text{m}^3$ -at mértünk. A háttérsugárzás ebből következtetve máshonnan származik. Így tehát elhatározásunk szerint két helyre fog radon koncentráció mérő kerülni, egy a pingpong terembe, egy pedig a dök-szobába.



QGIS.3.4

QGIS egy felhasználóbarát, nyílt forráskódú térinformatikai rendszer (GIS), amely GNU Általános nyilvános licenc alapján használható. A QGIS az Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) hivatalos projektje. Futtatható Linux, Unix, Mac OSX, Windows és Android környezetben, és számos vektoros, raszteres és adatbázis-formátumot és funkciót támogat.

Mi a projektünk hőpont térképezéséhez ezt a szoftvert használtuk, ebben a programban készült a fent látható térkép.

A képen a geiger-müller számlálóval mért adatok találhatók. Jól látható, hogy a lépcsőháznál, ahol a levegő tud áramolni, igen alacsony a koncentráció. Viszont tőle távolodva mindenhol emelkedni kezd a mért háttérsugárzás. Ez talán annak is betudható, hogy a folyosó két vége felé mélyül még 0,75-1 méterrel a folyosó. Összegezve, mostani mérésünk alatt megtudtuk, hogy az adott helyiségekben mekkora háttérsugárzás van. Ezek alapján eldöntöttük, hogy hol fogunk 1-1 órás méréseket végezni a radoneye műszerrel. Ezek után végül megállapítottuk a koncentráció mennyiségét a levegő köbméterében. Kakukktójs helyiségek, ahol magas a háttérsugárzás, de nem volt különösebb radon eleváció: a raktár és az öltöző.

Helyszínek:

Helyszíneinket több szempont miatt választottuk. Ezek voltak a: Használat; a berendezés; használat gyakorisága, szellőztetés mértéke; szigetelés mértéke. Mivel az iskolánk „A” épülete több mint 140 éves, ekkor nem használtak még szigetelési technikákat. Az épületet 30 éve újították fel, akkor került a falakba utólagosan szigetelés, illetve nyílászáró csere. Mivel utólag lett ez a falba beleépítve, emiatt nagyon hamar elvesztette a szigetelő képességét. Ez meglátszik a falak mentén kiváló samottból, ami azt jelzi, hogy a víz a kinti föld rétegekből szívárog át a falakon. A terem rendszeresen át van festve, de már nem tud segíteni a szituáción, hiszen folyton lemállik. Az iskola alagsorát emiatt választottuk mérő helyszíneként, mert számíthattunk arra, hogy a helyiségekben ki fogunk tudni mutatni egyfajta radon elevációt. Két helység kiválasztásán gondolkodtunk, ahol a legjobban lehet a szélsőségeket megfigyelni. Ez a két terem a tornaterem, a másik pedig a DÖK szoba.

A Torna szoba leírása:

A föld alatt 1,8 méterrel helyezkedik el, sarokterem. 4 ablaka van, amik 60 cm-el nyúlnak a föld fölé. mind a 4 ablak alatt beázási nyomok találhatók annak ellenére, hogy a nyílászárók relatív újak. A terem heti 4-szer használják. Szellőztetés az ablakok kinyitásával lehetséges. Továbbá a helységben magas sugárzás szintet mértünk, ezért esett rá a választás.

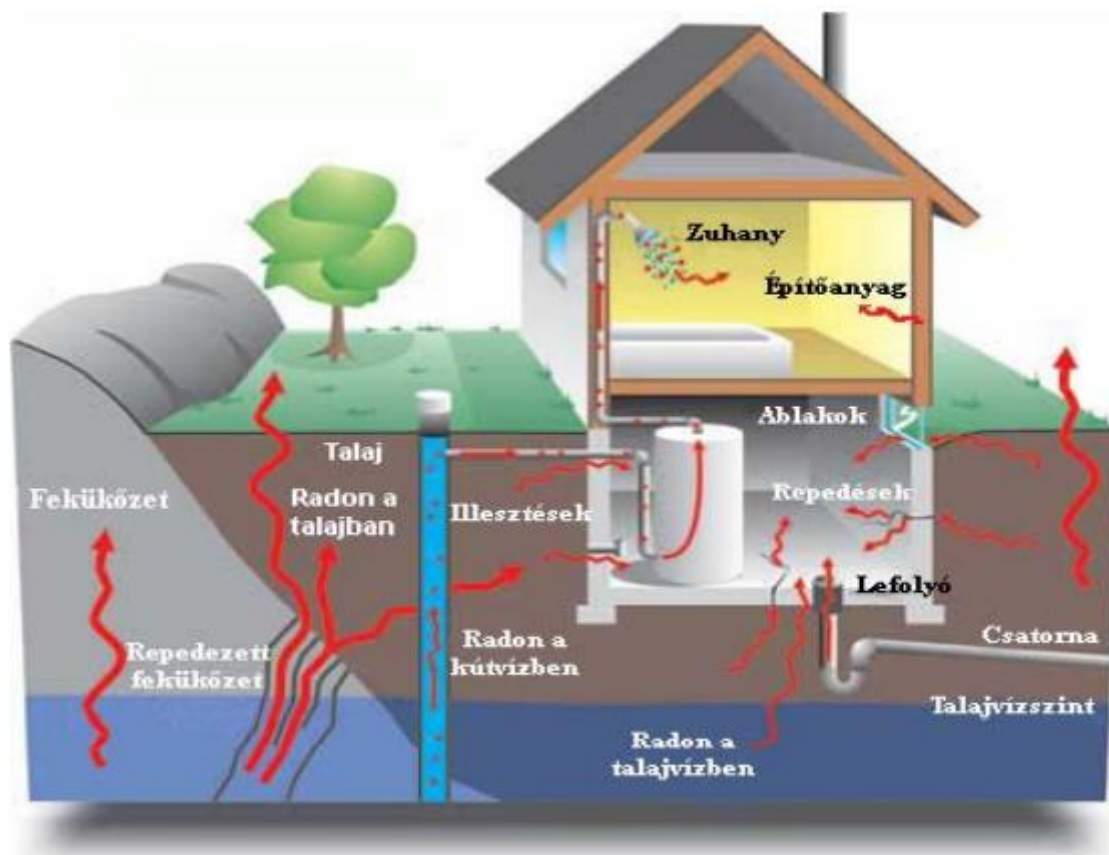
A DÖK szoba leírása:

A DÖK szoba egy 10x15x3m-es kis szoba, régi bútorzattal. Az ablakai furnér lapokkal vannak eltakarva, szellőztetés nincs. A furnér deszkázás miatt a nyílászárók kényszer szellőzőin sem képes levegő átáramolni. emiatt ebben a helyiségben mértük az egyik legmagasabb alpha-béta sugárzási szintet, emiatt itt végeztük a második mérésünket. A méréseket különböző időjárási viszonyok mellett végeztük el, és minimális eltérést tapasztaltunk

Geológiai háttér

A mérést befolyásolja a talajgáz radonkoncentrációja, a talaj szemcseátmérője és gázáteresztő képessége, nedvességtartalma, továbbá a csapadékviz viszonyok, egyéb gázokkal való áramlás mértéke, hőmérsékleti- és nyomásvizszonyok, évszakok, napszakok váltakozása, árapály. A radon tehát emanációval jut a szemcsék közötti pórustérbe, és onnan exhalációval a levegőre. A talajban lévő radon mozgását két fő folyamat vezérli: a koncentráció különbség és a nyomáskülönbség. Az első eset a diffúzió, amelyet a talaj és a körülötte lévő levegő radonkoncentrációjának különbsége vezérel. 3,82 nap felezési ideje alatt a radon, különösen porózus talajok és üledékek esetén, akár 1-2 m távolságot is meg tud tenni csak diffúzióval. Kiemelkedően nagy beltéri levegő radonkoncentráció esetében azonban a radon migrációját biztosító fő tényező az advekció. Az épületekben kisebb nyomás uralkodik, mint a talajban,

ezért a nyomáskülönbség szívóhatást indukál a talaj felől, és az épület repedésein, szerkezeti illesztései mentén nagy mennyiségű radont hoz magával. A radon fő forrása a talaj, de egyes esetekben az építőanyagok, a házba vezetett víz, a külső levegő és a földgáz is jelentős forrás lehet.



Forrás: RADONMENTESÍTÉS TERVEZÉSE, KIVITELEZÉSE ÉS HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

„Azt, hogy a pórusterbe került radongáz 3,82 nap (^{222}Rn felezési ideje) alatt mekkora utat tud megtenni, befolyásolja a talaj porozitása, permeabilitása, nedvességtartalma, valamint szemcsemérete. Minél több, kisebb átmérőjű szemcséből áll a talaj, annál nagyobb felületen történhet radon-emanáció”¹. A radon migrációját befolyásolja továbbá a hőmérséklet, a nyomáskülönbség és a széljárás változása is. A radon természetes eredetű *radioaktív* nemesgáz, amelynek radioaktív leányelemei a belégzésén keresztül okoznak sugárterhelést. A radon a helyiségek légterébe elsősorban az építőanyagból, illetve földszintes, nem alápincézett házak esetében a talajból az aljzaton keresztül, kívülről a fal repedésein keresztül szívárog be. A radon nehezebb a levegőnél, ezért a lakás alacsonyabban fekvő helyiségeiben tud felhalmozódni. Ebből következően az emeleti helyiségekben nem várható magas radon-koncentráció.

A beltéri levegő radon-koncentrációja rendszeres szellőztetéssel csökkenthető. De ez például hideg időben nem életképes megoldás. A beltéri radon-koncentráció mérését egy általunk készített műszer kihelyezésével, egy ponton mérjük 3 napon keresztül. A műszer folyamatosan rögzíti a mérési eredményeket, amelyeket a műszer egyből egy, az általunk meghatározott számítástechnikai eszközre továbbít. A mérés céljára olyan helyiséget jelölünk ki, amelyben biztosítható, hogy a mérés ideje alatt a helyiség ne szellőzőn ki, így a kevesebb szellőztetéssel

¹ Forrás: RADONMENTESÍTÉS TERVEZÉSE, KIVITELEZÉSE ÉS HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

járó és emiatt magasabbá váló radon koncentrációt tudjuk meghatározni. (fentebb említve a pince és a DÖK szoba). A mérés eredménye a választott helyiségre jellemző értéket ad, amely közvetetten az egész épületről is ad információt, feltételezve, hogy a lakás légtere közösnek mondható.

Az iskola körüli talajkutató:

Az iskola „A” épülete körül végeztünk talajkutatókat, 6 méteres mélységig. A Talajkutató során feltártuk, hogy az iskola körül homokos, majd löszös-agyagos rétegek találhatók. A fúrást egy földfúróval végeztük el, amelynek szára hosszabbítható. A feltárt rétegek nedvességtartalma 1 méter után ugrott meg igazán. ez azért probléma, mert a homokos rétegekből a radon sokkal könnyebben kiszellőzik, áthalad, ha nem nedves. A nedves homokos rétegekben a radon elakad, emiatt a réteg sugárzása megnő. Agyagos rétegekben viszont nem számít a víz jelenléte, egy agyagos rétegben mindig ugyan olyan nehezen jár át a radon. A falak mentén abban a 1,8m es mélységben nedves homok rétegek találhatók, emiatt a radon teljesen elakad és felgyülemlik. A nyomás miatt a falak felé áramlik a radon gáz,

A mérésünk menete:

Először kijelöltük az alagsorban a termeket a mérésre. Ezt úgy tettük meg, hogy a helyiségekben 15 percen keresztül alpha-béta, majd gamma sugárzást mértünk. Mivel elváltozást nem tapasztaltunk, emiatt a béta sugárzás adatait néztük. A műszer egy kézi dózismérő, melyről az ioncső végén található béta-pajzsot levéve lehet alpha-béta sugárzást mérni. Miután végeztünk a méréssel, kijelöltük a 2 szobát, amit választottunk. Először viszont hőpont térképet végeztünk a QGIS.3.4 szoftverrel tettük, ahol az iskola térképéről átjelölve különböző színekkel hőpont térképet készítettünk. A feltérképezés után a radoneye RD200P2 típusú radon koncentráció mérővel dolgoztunk. Ez a műszer 20 cm magas, és 8 cm széles. Ez a műszer magán keresztül levegőt szív át, amelyben meghatározza a radon koncentrációját. Fontos, hogy a talajtól 1,0 – 1,2 méteres magasságban helyezzük el. A műszert továbbá úgy kell elhelyezni, hogy előtte szellőztetve nem volt, továbbá nincs a szobában mozgás a mérés teljes ideje alatt. A mérés időtartama: 3 óra. Az idő leteltével a műszer tetején található kijelző kijelzi a végleges adatot. A számítógépre rácsatlakoztatva pedig a mérés teljes ideje alatt mért ingadozás is megfigyelhető.

Radon Koncentráció meghatározása

A mérési gyakorlat során a levegő aeroszol részeihez kötődött rövid felezési idejű radon bomlástermékek alfasugárzásának mérése alapján a leányelemek koncentrációjának meghatározásából következtethetünk a levegő radonkoncentrációjára. A természetes radioaktivitás jelentős részét képező 238U és 232Th bomlási sorának egyik tagja nemesgáz, a 222Rn, illetve a 220Rn. Mivel előbbi felezési ideje 3,8 nap, utóbbié pedig 54 s, a talajból és a talaj alatti kőzetből, valamint épületek esetében az építőanyagokból elsősorban a 222Rn kerülhet ki a légterbe.

Izotóp	Sugárzás	A sugárzás energiája [MeV]	Felezési idő [perc]	Bomlási állandó	
				[1/perc]	[1/s]
²²² Rn=Rn	alfa	5,49	5501	1,26e-4	2,1e-6
²¹⁸ Po=RaA	alfa	6,00	3,05	0,2272	3,78e-3
²¹⁴ Pb=RaB	béta	1,02	26,8	0,02586	4,31e-4
²¹⁴ Bi=RaC	béta	3,27	19,7	0,03518	5,86e-4
²¹⁴ Po=RaC'	alfa	7,69	2,73e-6	2,54e5	4232

Radonterhelésre vonatkozó szabályozás Magyarországon:

Magyarországon a sugárvédelmi előírásokat (a radonnal kapcsolatosakat is) az ún. Atomtörvény végrehajtási rendelete, a 16/2000 sz. EüM rendelet tartalmazza részletesen. Ez a rendelet az ICRP-60-as (ICRP=International Commission on Radiation Protection) és a radon tekintetében az ICRP-65-ös ajánlásokat tartalmazza, azonban a radonra vonatkozóan az átvétel nem teljes körű. A rendelet nem tartalmazza a lakások radonszintjének szabályozását, csak a foglalkozási (munkahelyi) radonterheléssel foglalkozik. E tekintetben ipari eredetű szennyező források esetén értelemszerűen az általános dóziskorlátok alkalmazását kell figyelembe venni. Létezik egy, az iskolák levegőjének tisztaságával foglalkozó terv, a „radon akció terv”. Ez a terv tartalmazza az iskolák levegőjének tisztaságáról szóló intézkedéseket, az iskolák állapotát, illetve a szigetelési védelmüket. Eseteli a Magyarországon ez ellen a probléma ellen tett intézkedéseket.

Ez az akcióterv továbbá beszámol a beltéri levegőminőségről is.

Beltéri levegőminőség méréseket csak nemzetközi projektek (i.e. SEARCH és SINPHONIE) keretében mértek Magyarországon. A beltéri levegőminőség vizsgálata mellett az említett projektek során a beltéri légszennyezők egészség hatásait is vizsgálták. A SEARCH kezdeményezést az olasz Környezet- és tájvédelmi, valamint tengerügyi minisztérium támogatta az Italian Trust Fund alapon keresztül. Két lépésben került végrehajtásra. A SEARCH kezdeményezés első fázisa (2006–2009) során egy átfogó adatbázis készült számos légszennyező anyag (PM10, NO2, formaldehid, benzol, etilbenzol, xilolok, toluol és CO2) bel- és kültéren mért koncentrációjáról. Összesen 10 általános iskolai épületet vizsgáltak Magyarországon. A vizsgálat eredményeit a 10. táblázat foglalja össze. A SEARCH kezdeményezés második fázisa (2010-2013) egy új komponenst vezetett be: az iskolaépületek energiafelhasználásának és az építőanyagok gyermekekre gyakorolt egészség hatásainak az értékelése, hogy javaslatokat lehessen összeállítani az iskolakörnyezetek, iskolaépületek, és az energiahatékonyság javítására. Fontos megjegyezni azt is, hogy a lakosság természetes eredetű sugárforrások okozta sugárterhelésére jelenleg nincs hazai szabályozás. Készült azonban felmérés magyarországi lakásokban mérhető külső gamma-dózisteljesítményéről. Az 1092 lakásra kiterjedő vizsgálatban kapott értékek átlaga 155 ± 37 nSv/h környezeti dózisteljesítménynek felel meg.

	Munkahely (Bq/m³)	Lakóház (Bq/m³)
ICRP	1000	200
IBSS	1000	-
EU	-	új:200, régi:400
Magyarország	1000	

A 16/2000 sz. EüM rendelet egy törvény, ami a radon és más sugárzó anyagok szervezetre mért terhelő hatását hivatottak megszabni. E törvény első szakasza kimondja, hogy:

26. §²

1 - Az ionizáló sugárzást kibocsátó berendezéssel vagy radioaktív anyaggal kapcsolatos rendkívüli esemény - a nukleáris létesítményben bekövetkező rendkívüli esemény és nukleáris veszélyhelyzet kivételével - kezeléséhez szükséges sugár-egészségügyi feladatok meghatározását és a végrehajtás szakmai irányítását az országos tisztifőorvos által működtetett Országos Sugár-egészségügyi Készenléti Szolgálat (a továbbiakban: OSKSZ) végzi.

2 - Azok a személyek, akik nem az atomenergia alkalmazási körébe tartozó tevékenységet végeznek és gazdátlan sugárforrások jelenlétét gyanítják, az OSKSZ-nél tehetnek erről bejelentést. Az OSKSZ a bejelentést kivizsgálja, és megteszi a szükséges intézkedéseket.

3 - Az OSKSZ működéséhez szükséges tárgyi és személyi feltételeket az országos tisztifőorvos biztosítja.

4 - A talált, illetve a lefoglalt radioaktív vagy nukleáris anyagokkal kapcsolatos intézkedéseket és értesítési rendet külön jogszabály tartalmazza.

5 - A nukleáris veszélyhelyzet kezeléséről külön jogszabály rendelkezik.

6 - Az OSKSZ riasztási rendjét, az azzal kapcsolatos feladatokat az országos tisztifőorvos közleményben teszi közzé.

27. §- Rendkívüli esemény szakszerű elhárításának támogatása érdekében az ionizáló sugárzást alkalmazó munkahelyekről, valamint a bekövetkezett rendkívüli eseményekről az országos tisztifőorvos Országos Nyilvántartást vezet.

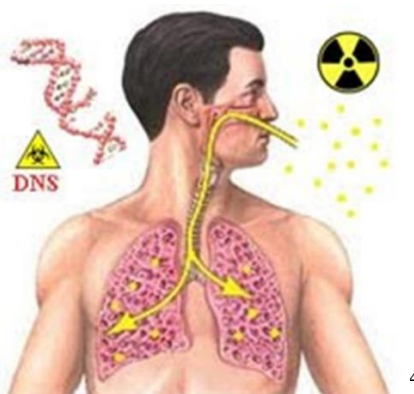
² munkavédelmi törvénykönyvből

„A foglalkozási sugárterhelés felső éves maximumának 20 mSv-et, a lakosság éves effektív dóziskorlátjának 1 mSv-et (pontosabban 5 mSv/5 év, ezen belül egy évben maximum 2 mSv-et (ez hosszú távon megfelel az egyszerűsített 1 mSv/éves korlátnak) határoz meg. A rendelet ettől az általános korláttól eltérően rendelkezik a munkahelyi radonszintekről, itt ugyanis 1000 Bq/m³ beavatkozási szintet ír elő (1. táblázat) az ezt meghaladó koncentrációk csökkentő beavatkozási kötelezettséggel és a koncentráció rendszeres ellenőrzésével.

Ezek az adatok Fontosak ahhoz, hogy megértsük, milyen hatással vannak ránk adott dózisok. Így jobban tudjuk elbírálni a mérések során megfigyelt szinteket”.³

Milyen egészségügyi elváltozásokat okoz a radon?

A radon gáz és annak bomlástermékei jelentik a legnagyobb kockázatot. A szabadba kijutva nem okoznak gondot, a baj főleg azzal van, ha egy zárt szobában gyűlik fel. A radon gáz már alaphoz egy bomlástermék, ami a Tórium bomlása során keletkezik. Először rádium, majd radon lesz belőle. Mivel a radon alpha és béta sugárzást bocsát ki emiatt a bőr legfelső rétegeiben elakad, tehát így közvetlenül nem okoz gondot. De mivel a radon és bomlástermékei rá képesek tapadni a porszemcsékre, amiatt az belélegezve a tüdő szöveteivel közvetlen érintkezés. Minél kisebb a porszemcse (PM10 vagy kisebb) akkor az egészen a tüdő aljába képes eljutni, és ott kifejteni hatását. Emiatt a poros helyiségek sokkal nagyobb gondot okoznak. Emiatt is esett a választás a tornaterembe, mert az alagsorhoz képest magas értéket mértünk ott, és továbbá sok por gyűlik a teremben fel, tehát teljes mértékben kifejti az egészségkárosító hatását.



4

³ Épület (lakás) sugáregészségügyi vizsgálata

⁴ Épület (lakás) sugáregészségügyi vizsgálata

Utólagos Radonmentesítési megoldások

a leggyakrabban a radongyűjtő zsomp, a radongyűjtő kút, illetve a megfelelő szigetelés. de ezeknél a megoldásoknál 2 esetben költségesen, a ház körül kell fúrásokat végezni, amiket a megfelelő technikával kell felszerelni (csőbélés, ventilátor). A 3 megoldás pedig szintén költséges, a megfelelő szigetelés mellett még egy extra rétegre is szükség lesz.

Mi főként a leg költséghatékonyabb módszerre, a szellőztetési technológiára építünk.

A legkézenfekvőbb és legegyszerűbb módszer radonkoncentráció csökkentésére a szellőztetés, ami lehet természetes és működhet mesterséges szellőztető berendezések segítségével is. Azonnali és gyors eredményt érhetünk el ezzel a beavatkozással, azonban hatása csak rövid ideig tart és a téli hónapokban nem gazdaságos. Mivel a sugárterhelés nagy részét a radon bomlásakor keletkező és a porszemekhez tapadó radioaktív bomlástermékek okozzák, hatásos lehet a lakótér levegőjének szűrése.

Továbbá szükséges meghatározni az épületbe jutó radon forrását is. a beltéri levegő radonkoncentrációjának rövidtávú mérése alapján feltételezhető, hogy az épületben egészségre káros mennyiségben halmozódhat fel radon – és ezt a hosszú távú mérés eredménye is alátámasztja – érdemes megvizsgálni és meghatározni az épületbe jutó radon forrását. Az irodalmi adatok és eddigi tapasztalataink alapján a leggyakoribb forrás a talaj és az építőanyag.

Kitérés a többi, a radon elvezetésére szolgáló berendezés/építményre.

A nagy radonkoncentrációjú (600-1200 Bq/m³)⁵ lakásokban élők rendszeresen évi 10-20 mSv sugárterhelést kaphatnak. Legegyszerűbb és legcélszerűbb 11 megoldás radonmentes házak építése. Bizonyos országokban az építési engedély megszerzéséhez szükséges az építési területen végzett talajgáz radonkoncentráció, talaj radon-exhaláció és talaj permeabilitás mérések elvégzése is. Az adatok ismeretében az építkezők javaslatot kapnak a megfelelő építkezési mód kiválasztására. Nagy Britanniában pl. egy nagyszabású kutatás keretein belül 68 radonmentes házat építettek speciális radonzáró lemezek segítségével egy olyan területen, amelynek jól ismert a geológiája, és amely radon szempontjából kockázatos. A felépített 68 házból 64 ház mérési eredményeit tudták kiértékelni. A mérések alapján a radonkoncentráció értéke minden esetben az Egyesült Királyság cselekvési szintje (200 Bq/m³) alatt maradt. Meglévő épületek esetében csak utólagos radonmentesítésre van lehetőség. A technikákat, amelyekkel csökkenthető a beltéri levegő radonkoncentrációja két csoportba oszthatjuk: vannak, amelyek megakadályozzák, hogy a radon a lakótérbe juthasson és vannak, amelyek a már bekerült radon eltávolítását tűzik ki célul. A megfelelő radonmentesítési módszer kiválasztásához és megfelelő tervezéséhez nélkülözhetetlen az épületbe jutó radon forrásának pontos meghatározása és az épületszerkezeti adottságok.

A Radongyűjtő zsomp

Az egyik leghatékonyabb radonmentesítési módszer az ún. radongyűjtő zsomp kialakítása, padló alatti nyomáscsökkentéssel, amelynek számos változata ismert az épület nagyságának, elhelyezkedésének és a beltéri levegő radonkoncentrációjának függvényében. Legegyszerűbb egy belső, mini zsomp alkalmazása. A lakás közepén egy lyukat fúrnak a padlóba, és kb. egy

⁵ Horváth Ákos kutató munkájából

vödörnyi talajt kiásnak alóla (a teret megközelítőleg 20 cm hatótávolságban ki kell tisztítani). Egy megfelelő átmérőjű csövet kell a lyukba helyezni, amin keresztül a tetőn át kivezethető a radon. Nagyon fontos a csővezeték körüli megfelelő szigetelés, hogy megakadályozzuk a levegő szivárgását. Egy átlagos lakásban egy egyszerű zsompnak megközelítőleg 250 m² -es hatóterülete vagy körülbelül 15 m-es hatótávolsága van. Azonban a talaj alatti eltömődés csökkentheti a hatást. Maga a zsomp elhelyezhető az épületen kívül, közvetlenül az épület mellett, vagy belül. A rendszer lehet aktív, nem kiemelkedően nagy radonkoncentráció esetében azonban passzívan is működőképes lehet. Aktív elszívó rendszerek esetében egy ventilátort vagy szivattyút iktatunk közbe. A cél itt nem a radon kiszívása hanem az, hogy a padló alatti térben a szívás hatására kisebb legyen a nyomás, mint az épületben, mivel a radon a padló alatti és az épületen belüli nyomáskülönbség hatására áramlik az épületbe. Bizonyos esetekben a padló alatti nyomáscsökkentés helyett levegőbe fúvással alkalmazható a nyomás növelése is radonmentesítésként. Szivattyúval a kültéri levegőt a zsompba juttatjuk, aminek köszönhetően egy légpárna alakul ki a padló alatt. Az így kialakult nagyobb nyomás megakadályozza a radon feláramlását és felgyülemelését a padló alatt lévő talajgázban és ezzel csökkenti a beltéri levegő radonkoncentrációját. Fontos megemlíteni azonban, hogy a radongyűjtő zsomp hatékonysága is függ a területre jellemző talaj permeabilitásától, ha nagyon tömör talaj/kőzet található az épület alatt, a zsomp működésének határfoka csökkenhet.

A radon Kút

„A radongyűjtő zsomp mellett a másik nagy hatékonysággal alkalmazható radonmentesítési módszer a radon-kút kialakítása (3. ábra), amely elsősorban vastag, de jó áteresztőképességű talajok esetében (kavics, homok) alkalmazható. Nagy előnye, hogy minden esetben az épületen kívül helyezkedik el, így nem kell átalakításokat végezni a lakótérben és egyszerre több ház is mentesíthető egy kúttal. A radon-kút működésének fő mechanizmusa, hogy csökkenti a talajlevegő radontartalmát az épület alatt és az épület környezetében. A módszer hatékonysága a talajrétegek homogenitásától, a talaj permeabilitásától, nedvességtartalmától, a kút mélységétől és a szivattyú/ventilátor hatékonyságától függ. A radon-kút ideális helyszínét a terület geológiája, a radon forrása és a kút mérete szabja meg, ami elsősorban attól függ, hogy mekkora területet kívánunk mentesíteni vele. Kedvező esetben egy radon-kúttal 20-60 m-es körzetet lehet mentesíteni, 80-95%-os határfokkal működik. „⁶

Levegőtisztító berendezés

Mivel a sugárterhelés nagy részét a radon bomlásakor keletkező és a porszemekhez tapadó radioaktív bomlástermékek okozzák, hatásos lehet a lakótér levegőjének szűrése. Okinawában (japán város) japán kutatók egy nagy radonkoncentrációjú épület radonmentesítését levegőtisztító berendezéssel oldották meg. A méréseket egy 74 m³ -es, 24 m² -es szobában végezték el a levegőtisztító berendezés működése mellett és nélküle. A vizsgálatok során meghatározták a levegőben lévő radonkoncentrációját, a radon leányelemeinek koncentrációját, a radon egyensúlyi ekvivalens koncentrációját, az aeroszolokhoz tapadt leányelemek szemcseméret eloszlását és a nem kötött frakció nagyságát. A berendezés egy nagy hatékonyságú részecskeszűrőt (high-efficiency particulate air filter – HEPA) és egy aktív

⁶ Horváth Ákos kutató munkájából

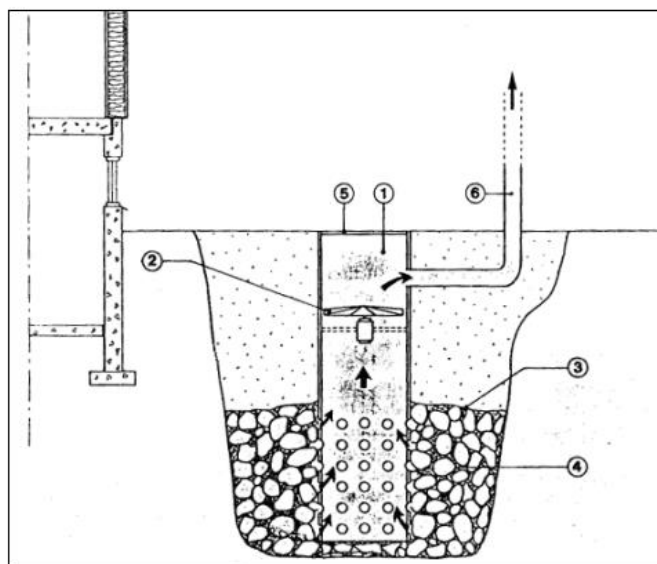
szenes szűrőt tartalmaz, és a gyors és hatékony tisztítás érdekében a legnagyobb fokozaton (6,5 m³ /perc) működött a mérések alatt. A levegőtisztító berendezés működése közben a radon leányelemeitől származó dózis a mérési adatokból végzett számítás szerint jelentősen csökkent. A szerzők szerint a levegőtisztító berendezés használata közepes radonkoncentráció esetén (200-400 Bq/m³) hatásos radonmentesítési eljárás lehet.

Talajcsere

Abban az esetben, ha a mentesíteni kívánt épület levegőjének határérték feletti radonaktivitáskoncentrációjáért a talaj felső rétegének (1-3 m) anomálishan nagy ²²⁶Ra tartalma felelős, felmerülhet a talaj eltávolítása, cseréje, ezzel ugyanis megszüntethető a keletkező radon forrása. Nagyon hatásos, de ugyanakkor nagyon költséges módszer, kiemelkedően nagy rádiumtartalom, talajgáz radonkoncentráció és radon-exhaláció értékek esetében érdemes alkalmazni, elsősorban bányászati vagy ipari tevékenység során szennyeződött területek rekultivációja során.

Szellőztetés

A legkézenfekvőbb és legegyszerűbb módszer radonkoncentráció csökkentésére a szellőztetés, ami lehet természetes és működhet mesterséges szellőztető berendezések segítségével is. Azonnali és gyors eredményt érhetünk el ezzel a beavatkozással, azonban hatása csak rövid ideig tart és nem gazdaságos (a lakosság számottevő része a téli hónapokban, illetve a fűtési szezon ideje alatt sokkal ritkábban és sokkal rövidebb ideig szellőztet). Emiatt nagy radonkoncentrációjú épületek esetében ezt a módszert teljesen kizárhatjuk, csak más mentesítési beavatkozás kiegészítéseként használható.



3. ábra: Radon-kút vázlatos rajza⁷

⁷ Forrás: Horváth Ákos kutató munkája, radon kút ábrázolása

A projekt informatikai támogatása

A kezdetek

Napjainkban az informatika az élet minden területét behálózza, segítségével olyan célokat érhetünk el, amelyeket az informatika fejlődése előtt csak nehezen, vagy egyáltalán nem tudtunk megvalósítani. A Radonmentesítés a szellőzés automatizálásával projekt ötletének megszületésétől kezdve támaszkodott az informatika támogatásra, így alakult ki az a koncepció, amelynek megvalósítása jelen dolgozat tárgya.

Célul tűztük ki, hogy az Óbudai Egyetem által rendelkezésünkre bocsátott Geiger-Müller számláló és National Instruments MyDAQ adatgyűjtő eszköz felhasználásával egy olyan rendszert hozzunk létre, amely segíthet a magas radon-szennyezettség negatív egészségügyi hatásainak megakadályozásában. A rendszer létrehozásakor az egyszerűséget, a bővíthetőséget, az univerzális felhasználhatóságot és az integrálhatóságot tartottuk szem előtt.

Megvalósítás

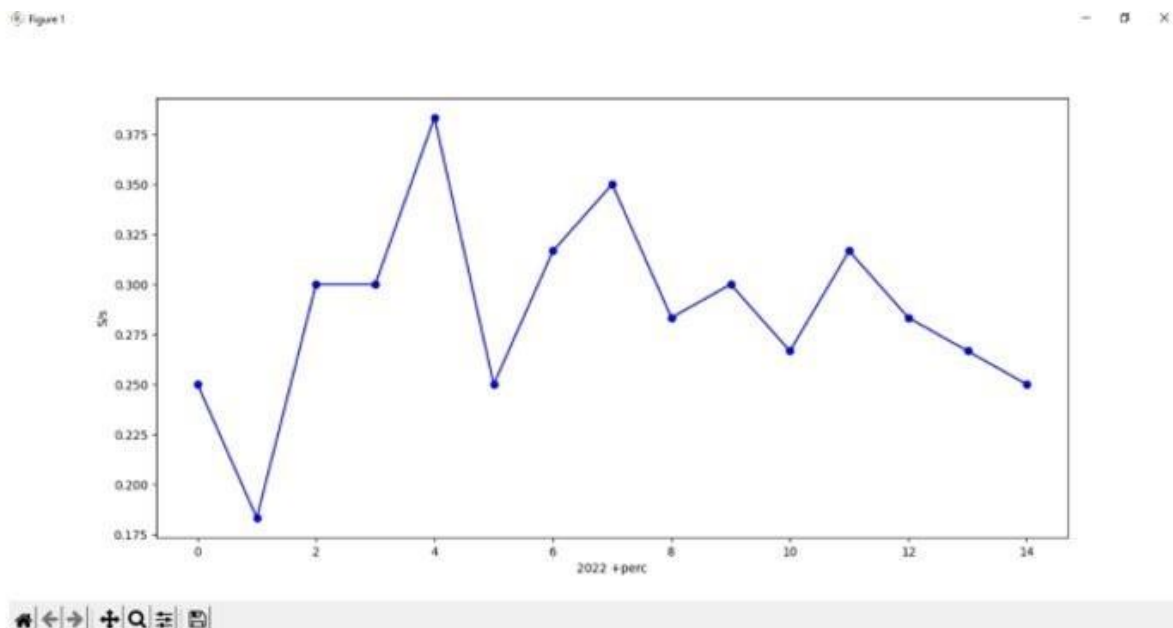
Első feladat volt az eszközök fizikai összekapcsolása. A Geiger-Müller számláló nem rendelkezett olyan fizikai interfésszel, ami a MyDAQ-ba csatlakoztatható lett volna, ezért a meglévő csatlakozó kiforrasztásával új fizikai kapcsolatot kellett kiépíteni a két eszköz között. További nehézséget okozott a számláló dokumentációjának hiánya, ezt a kimenő jelek mérésével és értékelésével pótoltuk. A Geiger-Müller számláló lelke a GM cső. A feszültség alá helyezett GM-csőbe érkező sugárzó részecskék ionizálják a GM csőben lévő nemesgáz atomjait addig, míg az ionizált atomok egy összeköttetést építenek a GM cső anód és katód része között, és így egy elektromos kisülés jön létre. A továbbiakban erre az eseményre beütésként hivatkozunk. A mérések alapján megállapítottuk, hogy a számláló által használt három vezeték közül kettő az áramellátásért felel, a harmadik egy kimenet, amin minden beütéskor hirtelen megugrik a feszültség. Ezek alapján építettük meg az összeköttetést a MyDAQ és a számláló között: a számláló pozitív bemenetét az adatgyűjtő folyamatos +5V-os kimenetéhez, a negatív vezetéket a MyDAQ földeléséhez, a kimeneti vezetéket pedig a MyDAQ egyik analóg bemenetéhez. Amikor az első verziójú rendszer hardver komponense összeállt, elkezdődött a szoftverek készítésének folyamata. A projekt menedzsmenttel az agilis módszertant követtük, körülbelül egyhetes sprintekkel. A sprintek során az addig elkészült rendszer vizsgálata alapján felmerült változtatási igényeket, módosításokat a következő sprintben végrehajtva tökéletesítettük a rendszert.

Működés

Első verzió

A projekt során több szoftvert is fejlesztettünk, az első verzió szoftvere csak a helyes működés ellenőrzésére és mérések vizualizálására szolgált, szellőzés automatizálásra még nem volt képes. A MyDAQ-kal való kommunikációhoz szükséges az adatgyűjtő szoftvere, a LabVIEW, amin keresztül képesek vagyunk használni az eszközt. A LabVIEW egy grafikus programozási környezet, amit főként környezetmérnökök használnak automatizált kutatásokra, bizonyításokra és teszt rendszerek építésére. Az első általunk készített szoftver nem a LabVIEW környezetében futott, viszont egy beépített LabVIEW programot használ a működéséhez, mivel csak azzal képes a számítógép kommunikálni a MyDAQ eszközzel. A LabVIEW beépített Data Logger applikáció egy adott bemeneti MyDAQ port feszültségét rögzíti, és az értékeket egy fájlba menti. A mi szoftverünk folyamatosan olvassa ezt a fájlt, és a mért feszültségértékekből, illetve, hogy azokat mikor mérte az eszköz, megállapítja, hogy mikor volt beütés. Adott időközönként eltárolja a beütések számát, majd törli a fájlt, amibe a Data Logger ír, mert nagyon hamar nagy fájl keletkezne. A mi szoftverünk automatikusan

leáll, amikor érzékeli, hogy a Data Logger már nem ír a fájlba. Miután megállítottuk a mérést, a szoftverünk a mért Becquerel értékekről grafikont rajzol. Egy példa grafikon az alábbi képen látható.



Az első verziójú szoftver által rajzolt grafikon

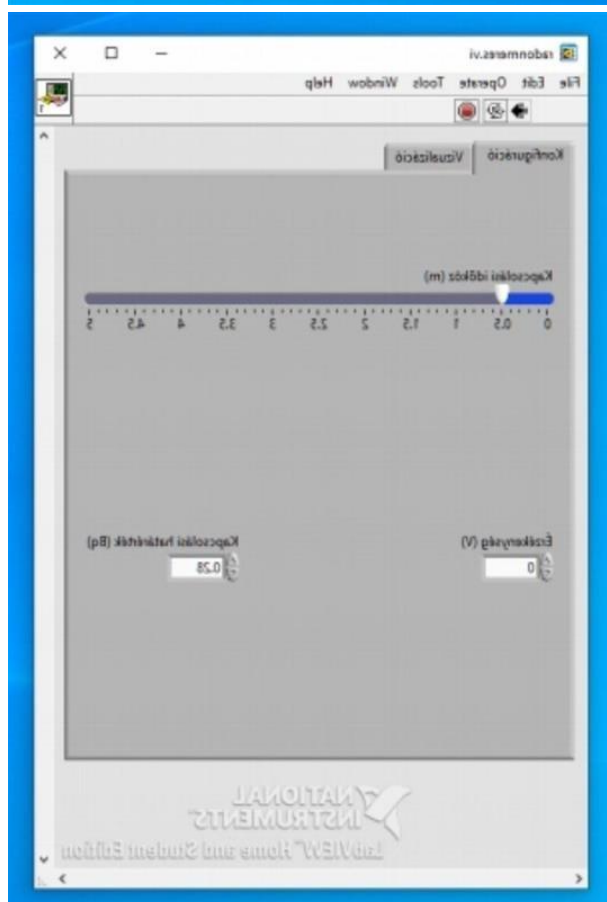
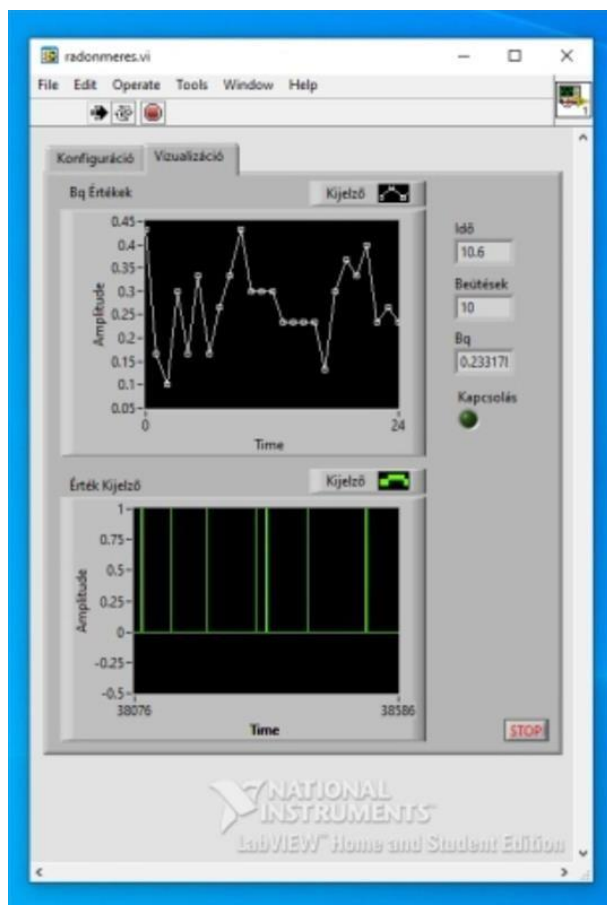
Második verzió

Az első verzió után világossá vált, hogy nem egy fenttartható megoldás egy nem-közvetlen kommunikációt használó szoftver, így meg kellett ismerkednünk a LabVIEW használatával.

A Geiger-Müller számláló beütéseire (ami egyszerűen az egyik vezetéken lévő feszültség hirtelen megugrása) figyel a szoftver, és ezeket számolja. A szoftver felhasználói felületén megadott időközönként az előző ciklus óta eltelt idő és az azóta történt beütések számából Becquerel (1/s) értéket számol, és ha az érték meghaladja a beállított határértéket, a MyDAQ-on keresztül a szoftver elindítja a csatlakoztatott ventilátort, ha nem haladja meg, kikapcsolja. A szoftver rendelkezik még egy vizuális elemmel, ami a mért Becquerel értékek grafikontja.

A jelenlegi megoldás a MyDAQ eszközhöz fejlesztett LabVIEW fejlesztői környezetben készült. A LabVIEW egy olyan grafikus programozási környezet, amelyet leggyakrabban mérnökök használnak automatikus kutatási, ellenőrzési és gyártási rendszerek fejlesztéséhez.

Elsőként a fejlesztési környezet megismerése, bekonfigurálása történt meg, majd rögtön utána hozzáláttunk az agilis módszer szerinti fejlesztésnek, azaz az első sprintben egy működő, de közel sem teljes funkcionalitású szoftvert hoztunk létre. A funkciók beépítésével a rendszer használhatósága és megbízhatósága egyszerre javult, és a hatodik sprint végére alakult ki a jelenlegi szerkezet és felhasználói felület. Az alábbi képeken látható a szoftver felhasználói felülete.



Harmadik verzió

A harmadik verzió annyiban tér el a másodiktól, hogy már két Geiger-Müller számláló van csatlakoztatva, és két grafikonon ábrázolja a két számláló alapján mért adatokat. A másik számlálót hasonlóan csatlakoztattuk. Ez a verzió egy bemutatóra készült, és értelme, hogy az egyik számlálót egy jól szellőzött helyre tesszük, a másikat pedig egy feltehetően magas radon szennyezettségű helyre. Az elvárásunk az volt, hogy a jól szellőzött helyen kevesebb radonsugárzást mérünk, mint a szabadban. A kísérlet megfelelt az elvárásoknak, és szépen kivehető volt a kettő közötti különbség. A két mérőműszeres megoldást még arra is lehet használni, hogy keressünk egy jó viszonyítási alapot a szoftver megfelelő beállítására.

[A továbbfejlesztés lehetőségei](#)

A célunk a rendszer egy olyan olcsó és tömegesen előállítható mikrokontroller vezérlésű megoldásba történő átültetése, aminek a segítségével nem kell számítógép a működtetéséhez.

További fejlesztési cél újabb szenzorok beépítésével a komplexitás növelése, egyéb környezeti hatások vizsgálata és az ezekre adandó reakciók kezelése.

Végül szeretnénk a rendszert a napjainkban rohamosan fejlődő AI alapú épület-automatizálási rendszerekhez, valamint a legelterjedtebb okosotthon megoldásokhoz (például: Amazon Alexa, Google Home) integrálni.

[A mérés során készített képek:](#)



Geiger-müller számláló műszer



radoneye mérő műszer a DÖK-szobában





Légoltalmi pince hermetikusan záró ajtókkal.