

SAFECAST-PROJEKT MEGVALÓSÍTÁSA AZ ISASZEGI GÁBOR DÉNES GIMNÁZIUM ÉS SZAKGIMNÁZIUMBAN

Garamhegyi Gábor

Isaszegi Gábor Dénes Óvoda, Általános Iskola,

Gimnázium és Szakgimnázium

ELTE Fizika Doktori Iskola, Fizika Tanítása Program

Egy *Mengyelejev*től származó mondás szerint: „A tudomány akkor kezdődik, amikor elkezdünk mérni, pontos tudomány mérés nélkül nem lehetséges.” Ez egyben a fizikaórák mottója is, hiszen minden órán hangsúlyozzuk: a fizika mérhető és számszerűsíthető mennyiségekkel foglalkozik. Ugyanakkor jól ismertek a fizikatanítás hosszan elhúzódó (nem is mindig új keletű) gyermekbetegségei: a szertárak puritánsága, az igazán korszerű, a diákok figyelmét felkeltő (a kor jelenlegi technológiai színvonalát reprezentáló) mérőeszközök, és persze a kellő motiváltság hiánya. Egy hiteles adatokat szolgáltató sugázmérő eszköz pedig ugyancsak ritka kincsnek számít. A reális társadalmi igény azonban – és az új tanterv korszerűsítési céljai is ebbe az irányba mutatnak – az, hogy a tanított ismereteket minél jobban kössük gyakorlati, az élet által felvetett problémákhoz és a megélt élményekhez. Mérjünk, számszerűsítsünk, ismerjük meg a hétköznapi életet.

Ígéretes alternatív megoldás lehet egy, az országhatárokon messze túlívelő nemzetközi projektbe, a Safecast-projektbe való bekapcsolódás. Ez ötvözi: a problémafelvető, élményalapú, saját megélt tapasztalaton nyugvó, tanórai kereteken és ismereteken átnyúló projekt alapú, tudományos igényű tanítást, amellyel olyan diákok is bevonhatók a megismerési folyamatba, akik tanórai keretekben alig mutatnak érdeklődést a fizika, vagy egyáltalán a természeti környezetük iránt.

A résztvevő diákok ráadásul környezetük olyan részével kerülnek (számukra is érdekes) kapcsolatba, amely érzékszerveikkel nem érzékelhető. Hozzájárulnak továbbá a világ és egyben saját környezetük radioaktív tudományos térképének felméréséhez, amellyel a maguk és az egész társadalom számára hasznos ismereteket szereznek, és új adatokat állítanak elő a további kutatásokhoz. Érdekes időtöltés közben konkrét kutatómunkát végezhetnek.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja Támogatta.



Garamhegyi Gábor okleveles villamosmérnök, fizikatanár. 1978-ban a Szolnoki Repülő Műszaki Főiskolán fedélzeti rádiótechnikai üzemmérnök, 1994-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen villamosmérnök és 2004-ben a Pécsi Tudományegyetemen fizikatanár végzettséget szerzett. 15 éve az Isaszegi Gábor Dénes Középiskola fizikatanára. 2010 óta az ELTE Fizika Tanítása Doktori Program doktorandusza. Kutatási témája: „Sugárzások humán térben”, témavezetője: *Horváth Ákos*, ELTE Atomfizikai Tanszék.

A diákok a Safecast-projekt keretében önállóan, saját kezűleg (tanár által mentoráltan) építik meg, szerelik össze a radioaktív sugárzás hiteles mérését, elektronikus naplózását, majd rendszeres megfigyelését lehetővé tévő detektoregységet, a Safecast bGeige Nano mobil mérőrendszert. Az eszköz elkészültével, szinte korlátok nélkül lakótérben, szabadban, kirándulás közben, vagy akár aktívan sportolva végezhetik méréseiket, amelyeket a kor követelményeinek megfelelően, akár mobiltelefonnal feltölthetnek a világhálóra. Megoszthatják, megvitathatják egymással adataikat, mérési tapasztalataikat.

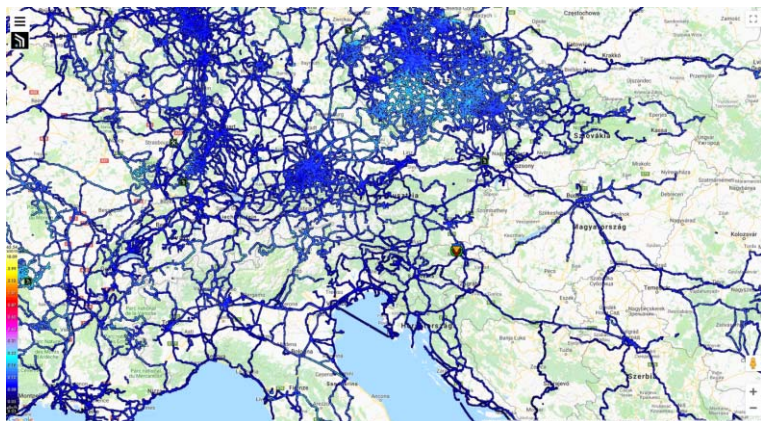
A Safecast-projekt

A projektet az a nem új keletű (Római Klub 1968) felismerés hozta létre, amelyet a közös gondviselés és az emberiség jövőjéért érzett felelősség motivál és köt össze. A felismerés újragondolását 2011. március 11-i japán Fukushima Daiichi atomerőmű-katasztrófa generálta. Ez a világ második legsúlyosabb – INES (International Nuclear Event Scale) skálán 7-es fokozatú – nukleáris eseménye volt, amely azt jelenti, hogy „radioaktív anyag kiterjedt egészségügyi és környezeti hatásokkal járó kibocsátása történt a környezetbe, amely szükségessé teszi tervezett és kiterjesztett óvintézkedések bevezetését”.¹

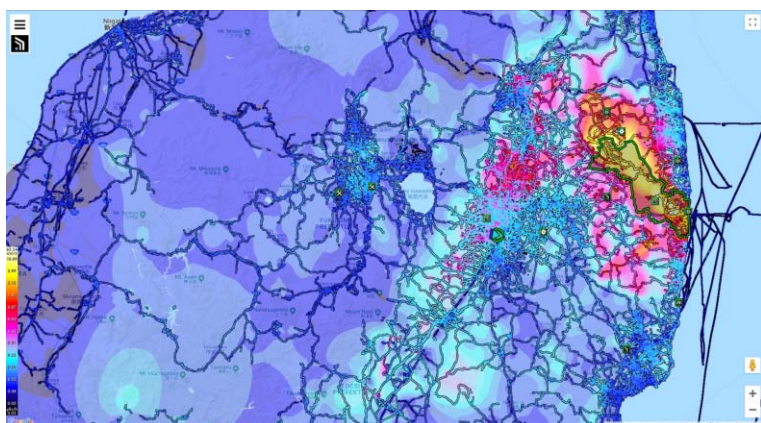
A Safecast-projekt elindítói (*Sean Bonner, Pieter Frank, Joi Ito*) ekkor egy olyan önkéntes, befogadó, nyílt nemzetközi közösség létrehozását határozták el, amelyhez bárki, tehát szakemberek, tudósok, diákok, fejlesztők, egyszóval önkéntesek csatlakozhatnak. Az állami, hivatalos szervezetektől függetlenül, elfogulatlanul, a tudományos kutatások módszertanának megfelelően mérhetnek, gyűjthetnek a környezeti ionizáló sugárzásokkal (radioaktív sugárzásokkal) kapcsolatos megbízható, hiteles adatokat. A mért adatokat pedig (ellenőrzés után „jövőhagyva”) egy mindenki számára nyilvános elérésű, térképpel is támogatott adatbázisba rendezik. Így a tudományos kutatások és az érdeklődők számára is könnyen elérhető és értelmezhető, a tudományos kutatások nemzetközi standardjának megfelelő adatbázis jön létre.

A mért adatok áttekintését nagyban segíti, hogy azokat ellenőrzés és jövőhagyás után egy nagyítható-kicsinyíthető, interaktív térképen, az interneten online láthatóvá teszik. Ezzel a megoldással egyedülálló

¹ Országos Atomenergia Hivatal 1.48.sz. útmutató.



1. ábra. Európai régió.



2. ábra. Japán részlet, jobbra Fukushima látható.

módon válik szemléletessé a Föld (a projektben részt vevő önkéntesek által) egyre pontosabbá váló globális radioaktív térképe (<https://safecast.org/tilemap>), amelynek létrehozása önmagában is komoly, nemzetközi tudományos vállalkozásként értékelhető.

A térkép (1. és 2. ábra) bal oldalán $\mu\text{Sv/h}$ mértegységben van feltüntetve a mért gamma-sugárzás dóziségyenérték adatskálája. A színskóddal jelölt értékek a térképen jól láthatók, így könnyedén összevethetők például lakókönyezetünk sugárzási adatai Csernobilével, Fukushimáéval, vagy az Országos Meteorológiai Szolgálat által üzemeltetett, Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer hazánkra vonatkozó, közzétett értékeivel. A Safecast-projekt által – világviszonylatban – már több

3. ábra. A „palacsinta” detektor.



mint 50 millió hely adatai kerültek feltöltésre, és – az önkénteseknek köszönhetően – ez folyamatosan bővül. A civil monitorozók általában mobil eszközökkel, pillanatnyi értékeket mérnek, de a különös érdeklődésre számot tartó helyszíneken már fix készülékekkel is mérnek. Ezek telepítéséhez engedélyre van szükség. Segítségükkel viszont nyomon követhetők a sugárzások időbeli változásai. Az adatgyűjtésekben természetesen kiemelt hangsúlyt kap az atomerőművek környezetének, és általában az ipari környezet civil monitorozása.

A Safecast-projekt a napjainkban már tudományos kutatásokban is egyre terjedő „crowdsourcing” modellt használja. Ennek lényege, hogy a kutatásokba tömegesen vonják be a „civil tudomány” képviselőit, mint az adott feladatra felkészült vagy felkészített, a szükséges alapsmeretekkel rendelkező vagy azokat elsajátított, de nem professzionális szakembereket.

A projekthez a sugárzásmérők új generációját fejlesztették ki – az International Medcom és a Tokyo Hackerspace segítségével – a bGeige és bGeige Nano mobil eszközöket, valamint a Stationcast fix telepítésű eszközt. A detektor mindegyik eszköz esetén egy Geiger–Müller-számlálóső, amit a működtető áramkörtől kívül elláttak a jelenlegi technológiai színvonalat biztosító

GPS, bluetooth, wifi, mikroSD-kártya, digitális kijelző stb. kiegészítőkkal. A standard felszereltség mellett még számos opcionális kiegészítővel rendelkezik a rendszer.

A projektben résztvevők köre egyre bővül, már rendszeres nemzetközi Safecast-konferenciákat is rendeznek. A tudományos ismeretek ilyen módon történő elsajátítása, átadása és közvetítése ezen a folyamatosan bővülő hálózaton egyre növekvő számú diákokat ér el, és fordít a tudomány felé.

A bGeige Nano mobil detektor leírása

A hardver lelke egy LND 7317 típusú 500 V üzemi feszültséggel működő Geiger–Müller-számlálóső, amelyet jellegzetes alakja miatt „palacsinta detektornak” neveznek (3. ábra). A detektor érzékeli az alfa-, béta-, gamma-sugárzást, és Cs^{137} -re előkalibrált. A kalibrálás a készülék használata során nem változik. A mért értékek egymással és hasonló készülékek adataival megbízhatóan összehasonlíthatók.

A detektor működését biztosító és azt intelligensé tevő főbb áramkörök: egy 8 MHz-es órajellel működő, és önálló időzítő áramkörrel ellátott 14 digitális és 8 analóg bemenettel rendelkező mikrokontrollal (FIO), egy digitális kijelző panel (OLED), 8 MB-os mikroSD-kártyát működtető memóriaregység (OpenLog), GPS-

panel és egy verziószámától függő 1200 mAh vagy 2000 mAh kapacitású 3,7 V feszültségű lítium-polimer akkumulátor (4. ábra). Az egység egy mikrohangszórót is tartalmaz, amellyel észlelésekkor a már megszozottá vált, jellegzetes „kattogó hang” hallhatóvá tehető. Opcionálisan kerülhet beépítésre, akár utólag is, egy bluetooth-egység, amely lehetővé teszi a vezeték nélküli csatlakozást hasonló funkcióval ellátott készülékekkel, mobil telefontal, amennyiben a szükséges alkalmazás a telefonon fut. A mobil készülék – az akkumulátortól függően – 3-5 óra töltési idővel mintegy 35-40 óra folyamatos üzemre képes. Töltéskor – a teljes feltöltődésig – egy sárga színű jelzőfény világít. Az OLED-kijelző a készülék bekapcsolásakor százaléklában jeleníti meg az akkumulátor töltöttségét. Az összeszerelt egységek végül egy erős, külső rögzítésre is alkalmas vízálló, de nem vízhatlan, átlátszó műanyag tokba (Pelikan) kerülnek, amely így a külső helyszíni mérésekre is kiválóan alkalmas.

Az eszköz 5 másodperces időközökkel mér, egy perces időtartamra akkumulálja az adatokat és a digitális kijelzőn – az üzemmódnak megfelelően – CPM (counter per minute), illetve $\mu\text{Sv/h}$ (mikrosievert/óra) és Bq/m^2 (becquerel/ m^2) értékek 5 másodpercenként frissülnek. A CPM és $\mu\text{Sv/h}$ értékek közötti konverzió automatikus, gyári kalibráció alapján. Amennyiben a GPS-vétel zavartalan, úgy a kijelzőn látható az egység által egyidejűleg befogott GPS-műholdak száma is.

A detektor méréshatára 350 000 CPM, illetve 1000 $\mu\text{Sv/h}$. A detektor < 5%-os pontossága a hasonló jellegű mérőeszközökkel összehasonlítva igen jónak mondható.

A mért adatok a microSD-kártyára, a GPS-vevők adatátvitelére egyebek mellett használt NMEA 0183 protokoll szerint (National Marine Electronics Association szabvány) ASCII karakterláncot tartalmazó szöveges fájlban kerülnek tárolásra.

Egy ilyen karakterláncra példa a 30091230.log nevű fájl néhány sora, amely már saját mérési eredményünket tartalmazza. A naplófájlok a # karakter utáni egy vagy több megjegyzéssel kezdődnek, majd ezeket a mérési adatokat időbélyeggel és földrajzi adatokkal ellátott \$ jellel kezdődő, *-gal végződő vesszőkkel szegmentált karakter-sorozat követi az alábbiak szerint: # NEW LOG# format=1.3.4nano# deadtime=on \$BNRDD,3009,2017-12-30T12:01:11Z,16,2,16,V,4732.8372,N,01923.3773,E,199.40,A,9,88*65

Jelentése: új logfájl az 1.3.4 verziójú firmware-rel ellátott nano készülékről, \$ jeltől *-ig az 1. táblázat szerint értelmezve.



4. ábra. A főegységek helye beültetés előtt, az ellenállások, kondenzátorok, LED-ek, kapcsolók stb. már beforrasztásra kerültek.

Az adatnaplófájl (30091230.log) neve a mérőegység azonosítójából (3009), és a naplóindítás hónap, nap (12. hó, 30. nap) áll össze. „Helytakarékosságból” sajnos a naplófájl dátuma egységesen 01/01/2000, de ez nem jelent megszorítást, hiszen a fájlban lévő karakter-sorozatban lévő időbélyeg másodperc pontosságú.

A bGeige Nano mobil detektor iskolai beszerzése

A mobil sugárzásmérő eszköz három formában kerülhet birtokunkba:

1. Kit (alkatrész-készletként, tehát mi szereljük össze) bluetooth nélkül, 550 USD.

1. táblázat		
Az NMEA protokoll szerinti karaktersorozat értelmezése		
mező	leírás	példa
fejléc	eszközmodell	BNRDD
eszközazonosító	eszköz sorozatszám	3009
dátum	ISO-8601 szerinti dátumforma, GMT	2017-12-30T12:01:11Z
sugárzás 1 perc	GM-cső utolsó egy percben jelzett impulzusainak száma	16
sugárzás 5 másodperc	GM-cső utolsó 5 másodpercében jelzett impulzusainak száma	2
számlálás összesen	indítás óta rögzített összes impulzus száma	16
érvényességjelző	„A” 1 perces futás nem nulla, „V” nulla	V
szélességi kör	GPS-adat	4732.8372
féltéke	„N” észak, „S” dél	N
hosszúsági kör	GPS-adat	01923.3773
kelet, nyugat	„W” nyugat, „E” kelet	E
magasság	GPS-adat méterben	199,40
GPS érvényesség	„A” érvényes, „V” érvénytelen	A
műholdak száma	GPS által használt műholdak száma	9
pontosság	vízszintes helyzet relatív pontossága	88
ellenőrző összeg	ellenőrző összeg, az átvitel ellenőrzéséhez	65

2. Kit (alkatrészekszetként, tehát mi szereljük össze) bluetooth modulral szállítva, 600 USD.

3. Összeszerelt állapotban 1500 USD.

Ehhez némi szállítási költség adódik, ami Los Angeles – Isaszeg viszonylatban (elsőbbségi szállítmányként, repülőgéppel szállítva) 55,92 USD volt. Amivel sajnos még számolni kell, az a vám eljárás költsége, a számla végösszegének mintegy 27%-a (magánszemély vámostatása esetén). Tapasztalat híján mi belefutottunk. A végösszeg így 211 300.- Ft lett, ami természetesen árfolyamfüggő.

A <https://shop.kithub.cc> honlapon található internetes „tudományos” webáruház, minden rész kérdésben eligazít. A megrendelést követően szinte azonnal visszaigazolást küldtek. A weblap természetesen kártyás fizetési módot ajánl elsőként, de például iskolánk átutalással fizetett. E-mailben küldték meg a nem európai bankközi átutalásokhoz szükséges banki adatokat (számlaszám, bank neve, címe, swift kód) és a számlát. Az adatok birtokában az iskola (erre feljogosított) számítógépével, minden nehézség nélkül intéztük az átutalást. A megrendeléssel szinte egy időben egy kapcsolattartó (*Tara Tiger*) a megrendelés e-mail-címére a projekttel, a szállítmány nyomkövetésével kapcsolatos tájékoztató anyagokat küldött. Ezek oktató videókra, a projekt sikerét biztosító, letöltendő dokumentumokra is felhívták a figyelmet, mint forrasztási technológiai ismeretek, összeszerelési és üzemeltetési kézikönyv stb.

Az átutalást követő egy héten belül a szállítmány megérkezett egy 25×17×7 cm nagyságú kartondobozban, amely minden alkatrészt külön-külön csomagolva tartalmazott.

A detektor összeszerelése, mint iskolai fizikaszakköri projekt

A Safecast iskolai projektünk – mint az eddigiek is – problémafölvétessel, projektindító előadásokkal kezdődött, ahol a sugárzásokkal kapcsolatos előzetes ismereteink, illetve a már tanult ismeretek kerültek (osztályonként, fizikaóra keretében) felelevenítésre. Hangsúlyozva a személyes érintettségünket környeze-

5. ábra. Elméleti felkészülés.



tünkkel kapcsolatban. Kiemelve, hogy a sugárzásokkal kapcsolatos negatív attitűdök ismerethiányokra, tévhitekre vezethetők vissza, és a helyes szemlélet csak megbízható, hiteles mérési adatok korrekett elemzésével alapozható meg. Ezek a témák, illetve szemlélet nagyon sok éppen tanítandó, vagy tanított témakörrel összekapcsolható. Ilyenek például:

- kölcsönhatások,
- mag- és részecskefizikai alapismeretek,
- dozimetriai ismeretek, mértékegység skálák,
- energia, energiaskálák,
- egyenáramú körök,
- radioaktivitás,
- kockázat, rizikó fogalmak és értelmezésük,
- detektorok,
- mérés technikai alapismeretek,
- technológiai alapismeretek,
- anyagismeret,

csak néhányat említve a szerteágazó lehetőségekből. A hivatkozások, utalások kiterjeszthetők voltak más tantárgyak körében tanult fogalmakra, jelenségekre. Itt (nem részletezve) elsősorban kémia, biológia, földrajz, informatika tárgyú ismeretekre gondolhatunk. Ezzel is erősítve és hangsúlyozva a környezetfizika interdiszciplináris jellegét.

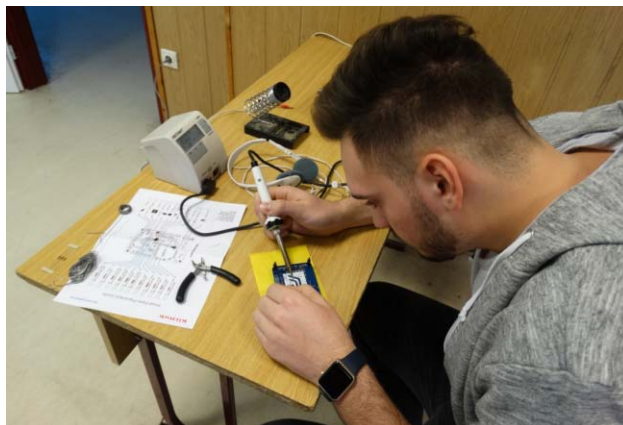
A projektindító előadások nem titkolt célja volt a leendő közreműködők, eszközépítők kiválasztása, és megnyerése a feladatra.

A mérőrendszer (detektor) összeszerelése (megfelelő mentortanár segítségével) akár 7–8. osztályosokkal is eredményes lehet, az alapvető, illetve kiegészítő jellegű elektrotechnikai ismeretek a helyszínen megadhatók. Ilyen például a digitális multiméter használata (mérési funkció, méréshatárváltások szükségessége), alkatrészek felismerése és azonosítása az összeszerelési (kapcsolási) rajzzal, dióda- és tranzisztorlábak azonosítása és annak szükségessége stb.

Mi végül eszközépítőnek két 11. osztályos tanuló választottunk ki, akik – elmondásuk szerint – rendelkeztek alapvető forrasztási ismeretekkel.

Az eszközigény is minimális volt: forrasztópáka (lehetőleg szabályozható hőfokú, körülbelül 300 °C), forrasztóon (gyantás), csípőfogó, csavarhúzó készlet (precíziós, órás, a kis méretek miatt), esetleg nagy

6. ábra. Alkatrész-beültetés forrasztással.



fémcsipesz. Helyszínül egy standard osztálytermet választottunk, ahol a diákok forrasztási ismereteit egy régi (elavult) számítógép-alaplap néhány alkatrészének ki, majd ismételt beforrasztásával ellenőriztük, illetve elevenítettük föl.

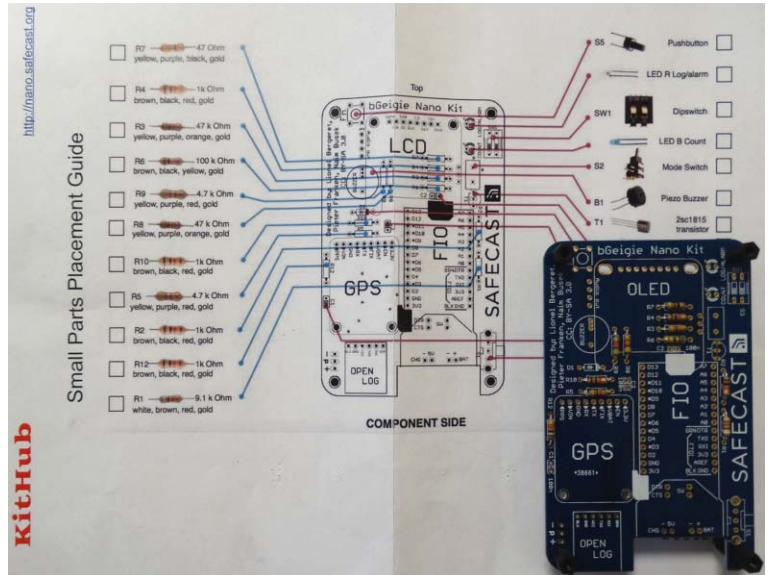
Ezután az *Összeszerelési kézikönyv* tanulmányozása, egy „alkatrészismereti gyorstalpaló” a mentortanár részéről, majd az alkatrészbeültetési vázlat kellően elmélyült megismerése következett (5. és 6. ábra).

Az összeszerelési útmutatót a <https://github.com/Safecast/bGeigieNanoKit/wiki/Assembly-Manual> honlap tartalmazta. Itt látható az alaplap beültetési rajza, ezt a szállítmányt tartalmazó csomagolásban nyomtatva is mellékelték.

Az beültetési rajz (7. ábra) a diákok alkatrész-ismereti felkészítésének alapja lehet. Például a felhasználás során mit kell ismerni, tudni egy ohmos ellenállásról: színkóddal jelölt nominális érték, tűrés %-ban, mint a nominális értéktől való \pm eltérés maximális értéke, az ellenállás által maximálisan disszipálható teljesítmény értéke wattban stb. A színkód konkrét megfejtését mi (didaktikai okokból) egy multiméteres ellenállásméréssel helyettesítettük. Így a diákok élményszerűen tapasztalhatták meg az ellenállások valódi értékének eltérését a nominális értéktől, egyben alapvető mérési tapasztalatot szereztek a multiméter használatával. (Mérési funkció, méréshatár-beállítás stb.) A multiméter felhasználható még később, a LED diódák helyes polaritásmeghatározására, egyéb jelölési szabványok megismerése mellett, vagy annak ellenőrzésére.

Az egyszerűbb kezelést igénylő alkatrészekről a bonyolultabbak felé haladva, amely elvet egyébként az említett *Összeszerelési útmutató* is követ, körülbelül 6 órai munkával elkészült, és nem kis meglepetésre már első bekapcsoláskor működőképes lett az eszközünk (8. ábra).

A mentortanár segítségére leginkább akkor volt (a fentiekén kívül) szükség, amikor a szállított alkatrészek néhány példány, kivitele (az állandó fejlesztés-



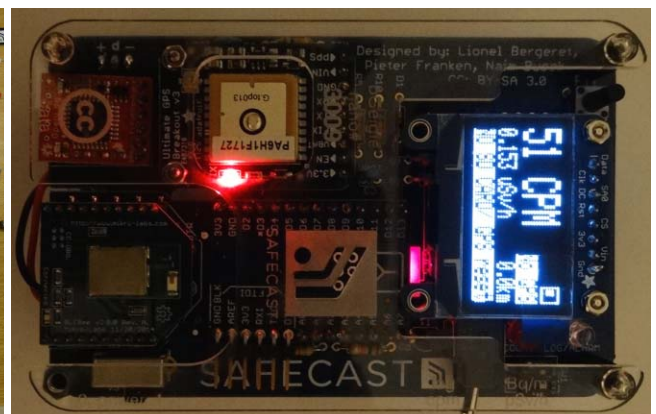
7. ábra. Beültetési rajz az alaplappal és néhány már beforrasztott ellenállással.

sek miatt) kissé eltért a *Szerelési kézikönyvben* szereplő (hasonló funkciót betöltő) alkatrészekről.

A 9. ábrán a teljesen összeszerelt, és már a Pelikan szállítódobozba zárt, naplózó üzemben működő mobil mérőegység látható. A kijelző éppen 42 CPM pillanatnyi értéket mutat, amit alul $0,126 \mu\text{Sv}/\text{h}$ -ra konvertálva jeleníti meg. Jobb oldalt 5 GPS műhold „befogását” jelzi, és 157 m tengerszint feletti magasságot mért. A piros „hosszúkás” világító LED az egység akkumulátorról való üzemet jelzi (töltéskor sárga fényel világít). Alul, bal oldalt egy kék világító pontnak látszó LED a microSD-kártyára írást mutatja. Az aktuális időbélyeg (dátum, időpont) leolvasását a képről a doboz megerősítése teszi nehezkessé. A doboz oldalán jól láthatók az egység mobil eszközhöz (terepjáró, drón stb.) rögzítését lehetővé és biztonságossá tevő hevederhelyek és egy karabiner. A dobozhoz való karbonszálas hevedert az egységcsomag tartalmazza.

A mérőeszköz összeszerelésekor az ideális diáklétszám egy fő lenne. Ilyenkor minden egyes lépést „át kell látnia”, és „át kell élnie” a konstruktőrnek. Például az ellenállásokon lévő színes csíkok, mint szín-

8. ábra. Alkatrészek még az asztalon, és a már működő kijelző egység tok nélkül.





9. ábra. Az összeszerelt, betokozott detektor.

kód azonosítását, és a helyes felismerés élményszerű ellenőrzését multiméter alkalmazásával. A hagyományos forrasztásos technológia is az alkotás egyedülálló átélését rejti magában. Természetesen egyidejűen – egy mentor segítségével – több detektor is összeállítható lenne. Három-négy fő/detektor esetén a feladatok kis szervezéssel, az igazi alkotás élményét nyújtva megoszthatók.

A detektor üzemeltetése, adatfeltöltés és -letöltés

A <https://github.com/Safecast/bGeigieNanoKit/wiki/Operations-Manual> honlapról a detektor *Üzemeltetési kézikönyve* letölthető. A legfontosabb kérdésben kelő részletességgel eligazít.

A detektornak két üzemmódja van, amelyek egy kapcsolóval választhatók: kijelző, naplózó. Kijelző üzemmódban (9. ábra) a mért adatokat nem rögzíti a mikroSD-kártyán. Naplózó üzemmódban a készülék bekapcsolása után a már leírt NMEA 0183 protokoll szerinti karakterláncba írva (adatnaplófájl) rögzíti a detektált értékeket.

Az első, mikroSD-kártya nélküli (ezt csak egyszer kell így elvégezni) bekapcsolást követően alaphelyzetbe állítja a GPS-rendszert, majd kikapcsolás után a kártyát behelyezve és újra bekapcsolva a készüléket, a detektor üzemkés, a mérések megkezdhetők.

A mérési adatok, a mikroSD-kártyára írt adatnaplófájl nemzetközi Safecast-rendszerbe (adatbázisba) történő feltöltéséhez előbb regisztrálni kell egy Safecast-

applikációba, API-ba, amely <https://api.safecast.org> weboldalon érhető el. A regisztráció, és az API-ba történt bejelentkezés után sok lehetőség nyílik meg előttünk. Felhasználókra kereshetünk rá, az összes, adatbázisba feltöltött mérési adat különböző szűrési lehetőséggel letölthető, további feldolgozás, kutatás számára. A mérő detektorok adataira is rákereshetünk, és természetesen feltölthetjük saját adatainkat. Korábban feltöltött saját adataink is visszakereshetők. Ezek a lehetőségek a tanórai (tudományos) felhasználások kimeríthetetlen tárházát biztosítják számunkra. Például informatikaórán a táblázat- és adatbázis-kezelő szoftverek „éles” adatokkal tölthetők fel, a szűrési és egyéb funkciók gyakoroltatása céljából. Fizikaszakción (esetleg -órán) pedig a már megismert szoftve-ekkel a valódi mérési adatok analizálhatók, megadott szempontok szerint ábrázolhatók, így élményszerűvé, látványossá (adott esetben láthatóvá) téve az adatokban rejlő összefüggéseket.

Az adatfeltöltés a Safecast API-n keresztül a feltöltendő naplófájl nevének megadásával kezdődik, majd a naplófájl a mérésünkre vonatkozó metaadatokkal kell ellátni: város, ország, mérő személy megadása, milyen településekre terjedt ki a mérés, milyen magasságban volt a szenzor a földfelszínhez képest, milyen típusú volt a mérés. A mérési típusok lehetnek: „Drive” (autóra, hajóra, biciklire, mozgó személyre rögzített eszköz), „Surface” (valamely közeli felületnél történő, felszíni alfa-, bétaaktivitásmérés), és „Cosmic” (valamely légi eszközhöz rögzített eszköz, repülőgép, légballon, rakéta). A metaadatokban még a mérés egyéb körülményeire utaló információk, eső, hó, köd stb. is rögzíthetők. A detektor orientációját is meg kell adni: le, föl, jobbra, balra, előre, hátra irányult mérés közben. Az adatfeltöltés folyamata 6 lépcsős: feltöltés – folyamatkezdés – metaadatok hozzárendelése – küldés – jóváhagyás – on-line térképen történő megjelenés. Az utolsó két lépcsőt már az API rendszergazdák végzik. Tapasztalatunk szerint, a feltöltött adatok egy-két napon belül megjelentek az on-line térképen, és erről visszaigazoló üzenetet kaptunk. A feltöltéshez – alapesetben – ki kell venni az SD-kártyát, behelyezni a kártyaolvasóba és beolvasatni az API-ba. A beolvasás folyamatát egyszerűsítene a beépített bluetooth. Itt azonban néhány „meglepetéssel” találkoztunk, ami a projekt nemzetközi voltaival, és a széles alkatrész- és szoftver (firmware) beszállítói körrel, a nyílt fejlesztői filozófiával van összefüggésben. Például: a nekünk szállított kínai bluetooth-egység nem hajlandó együttműködni minden, a kézikönyvben ajánlott, a jelenlegi mobiltelefonokon futó, iOS, Android operációs rendszerhez írt applikációval. (A közelünkben nem találunk iPhone, Samsung készüléket, amellyel működött volna a bluetooth modul, csak egy Huawei típusút.) A „elkünkre” gyógyír lett a kiterjedt levelezőlisták gondos olvasgatása, ahol sok hasonló panasszal találkoztunk (<https://groups.google.com/forum/#forum/safecast-devices>), ez egyben kitűnő nyelvyakrolási lehetőség volt.

Első mérési tapasztalatok

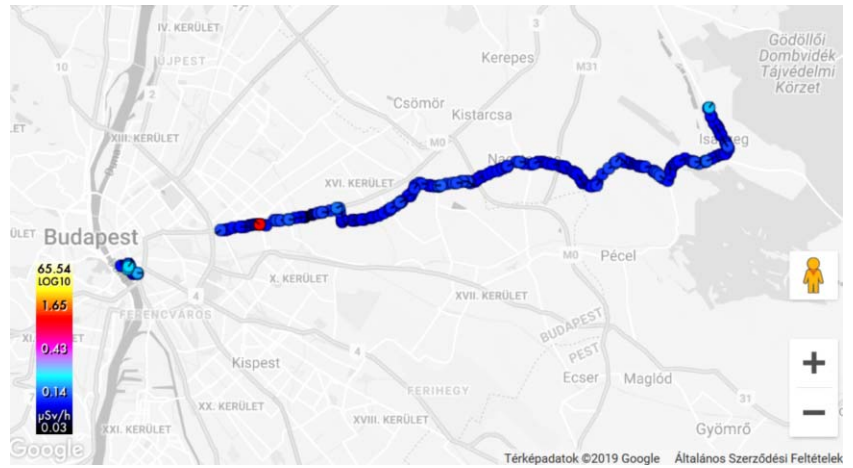
Igazi élményt jelentett, amikor megláttuk az on-line világtérképen saját mérési eredményeinket, amelyek Isaszegről indulva hagytak most már örök nyomot és értékelhető adatokat a világ számára. Igazi kuriózum volt az első piros pont (10. ábra) megpillantása „humán környezetben”, amely már „jelzés értékű”, kiemelkedő sugárdózist mutatott a Magyarországon jellemző természetes éves sugárdózis-értékeket (2,4 mSv) figyelembe véve. Az on-line térképen a pont fölé pozicionálva a kurzort, egy felugró ablak mutatja a mérőponton mért részletes adatokat: 1,08 $\mu\text{Sv/h}$, CPM 360, 2017.12.18 13:20:23 (UTC), 106 m magasság stb. A detektor jelzőszintje, ahol már a készüléken lévő „piros LED” is jelez 350 CPM. Az adatponton mért értéket éves dózisterhelésre átszámítva: 9,46 mSv-t kapunk, amely majdnem négyszerese a „normálisnak”.

Most nyer valódi értelmet a projekt, most töltődik föl igazi tartalommal! Mi is a normális dózisérték, hogyan értelmezzük a mért értékünket? Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által üzemeltetett jelzőrendszer riasztási szintje: 0,5 mSv! Egy mellkas CT 5,8 mSv terhelés. Az éves dóziskorlát a sugárveszélyes helyen dolgozók számára 20 mSv.

Rengeteg tanulság már az első, még csak „kísérleti jellegű” mérésorozat feldolgozásánál: „egy mérés nem mérés” elv indokoltsága, kontrollmérés szükségessége, egy pillanatnyi anomália nem jelent közvetlen veszélyt, mekkora is a mért érték rizikófaktora stb. Ezek valódi elemzésére itt most nincs mód kitérni. Azóta már több mint 50 ezer adatponton mértünk és sehol nem tapasztaltunk ilyen értéket.

A projekt továbbfejlesztésének lehetőségei, irányai

Rövid távú terveink: tervezett mérés-sorozatokat végrehajtása atomerőmű-látogatáskor, illetve a Mátrában és a Velencei-hegységben. A mért adatok összevetése különböző talajokkal, kőzetekkel. Kereskedelmi forgalomban lévő építőanyagok aktivitásának mérése. Safecast Nyári Tábor tervezése: eszközépítés, mérés. Isaszeg teljes radioaktivitás-térképének elkészítése. Különböző szempontok



10. ábra. On-line térkép a piros adatponttal.

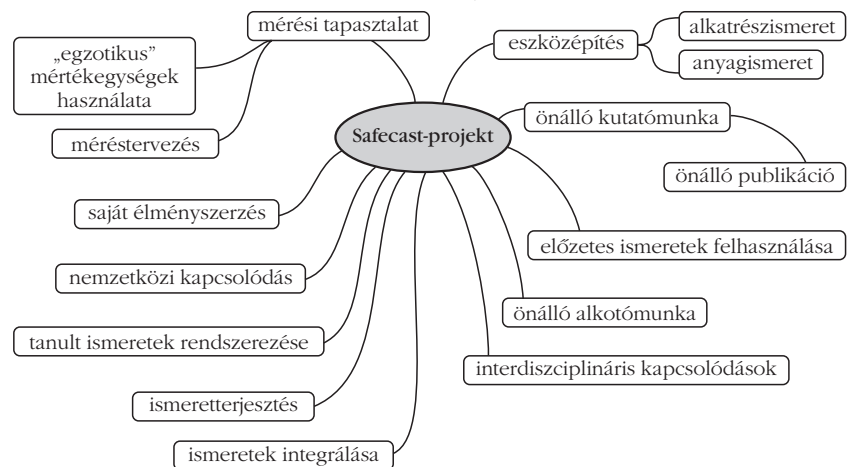
szerinti adatletöltések a Safecast-adatbázisból, és diákoknak irányított adatelemzések szakkörön, nyári fizikatábor keretében. A közvetlen tapasztalatok folyamatos beépítése az aktuálisan tanított tananyagrészekbe. Diákközzéadásos tevékenység (11. ábra).

Hosszú távú terveink: Magyarország radioaktivitás-térképének összeállítása. A projekt országos méretűvé fejlesztése.

Irodalom

- <https://shop.kithub.cc/>
- <https://github.com/Safecast/bGeigieNanoKit/wiki/Assembly-Manual>
- <https://groups.google.com/forum/#!forum/safecast-devices>
- <https://github.com/Safecast/bGeigieNanoKit/wiki/Operations-Manual>
- <http://www.katasztrofavedelem.hu/>
- [http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/aca1c323eb58e62dc1257be9002cd900/\\$file/1.48v3.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/aca1c323eb58e62dc1257be9002cd900/$file/1.48v3.pdf)
- Bódisz Dénes: *Atommagugárzások mérés technikái*. Typotex Kiadó, Budapest, 2006.

11. ábra. A Safecast-projekt felépítése.



Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtítkár, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszámlán.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 900.- Ft (duplaszámé 1800.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015-3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588-0540 (online)