



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék

Műholdfedélzeti in situ biodoziometriai kísérlet fejlesztése

TDK dolgozat

Szerzők:

Goldschmidt Gergely
BME-VIK egészségügyi mérnök 2. évfolyam
goldschmidt@hvt.bme.hu

Kovaliczky Éva
BME-VIK villamosmérnök 1. évfolyam
asstaire@gmail.com

Konzulensek:

Dr. Rontó Györgyi
SOTE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
Gyorgyi.Ronto@eok.sote.hu

Dr. Szabó József
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
szabo@mht.bme.hu

2011.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
Előszó	3
1. Bevezetés.....	4
2. A kísérlet megvalósításának asztrobiológiai indokai	5
2.1. Röviden az asztrobiológiáról.....	5
2.2. A kísérlet célja	6
2.3. Az UV dózismérés elve.....	8
2.3.1. Fizikai alapfogalmak.....	8
2.3.2. Földi mérési elvek.....	9
2.3.3. A spektrumok feldolgozásának elvi kérdései	13
3. Az "in situ" módszer	17
3.1. Az EXPOSE-kísérlet tapasztalatai.....	17
3.2. A koncepció előnyei	17
3.3. Műholdfedélzeti fényforrás, hőkamrás mérései	20
3.3.1. Az áramkör működése és méretezése	20
3.3.2. Az áramkör hőkamrás mérései	22
4. Az „in situ” módszer második verziója	30
4.1. Fertőbozi obszervatórium.....	31
4.1.1. Az ötlet megfogalmazása	31
4.2. Az adatgyűjtő blokkvázlata.....	32
5. Összefoglalás.....	41
Ábrajegyzék	42
Irodalomjegyzék.....	44

Előszó

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéke 2010-ben a Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézetével együttműködést kezdett, melynek célja egy „in situ” kiértékelésű műholdfedélzeti asztrobiológiai kísérlet megvalósítása. Az együttműködés alapfeladata olyan berendezés létrehozása, melynek célja élő szervezetek földön kívüli túlélési esélyeinek vizsgálata. Az együttműködés legfontosabb előzményének tekinthető a Semmelweis Egyetem Nemzetközi Űrállomás Expose-R modulra feljuttatott kísérlete. [1][2][3][4] Erre a nemzetközi, konzorciális keretek között készült platformra felkerült kísérleti egységnek (PUR, Phage and Uracil Response) az volt a legnagyobb hiányossága, hogy az eredmény kiértékelését csak a Földre visszahozva (in vitro), laboratóriumi berendezésekkel lehetett elvégezni, így nem ismerhetjük meg a teljes folyamat dinamikáját, időbeni lefolyását. Már az együttműködés elején felmerült egy olyan berendezés készítésének az igénye, mely ezt a hiányosságot képes kiküszöbölni.

A földi kísérlet során kvarclemeze párologtatott polikristályos uracil vékonyréteget világítunk meg UV fényvel. A kísérlet lényegét két folyamat: a dimerizáció és monomerizáció kinetikájának a vizsgálata adja. Ezek a folyamatok egyidejűleg párhuzamosan zajlanak, melynek eredője függ az aktuális UV fény összetételétől. Projekt legfontosabb célja ugyanezen mérésorozat megismétlése űrbéli körülmények között.

A TDK konferencián ismertetjük az eddig elkészült eszközöket, a detektorerősítőt és a mérési adatgyűjtő rendszer egyes részeit. A kísérlet tápegysége és a fedélzeti szoftver fejlesztés alatt állnak. Mivel a berendezés az űreszköz fedélzetére készül, ezért már a tervezés során is figyelembe kell venni, hogy a földi fizikai körülményektől eltérő behatások fogják érni a kifejlesztett műszert.

A munka igyekszik keretbe foglalni az eddig tett lépéseket és törekszik arra, hogy a döntések logikája mentén az olvasót bevezesse ebbe a viszonylag új, interdiszciplináris tudományterületbe, mintegy enciklopedikus összefoglalását adva hallgatók és egyetemi oktatók közös munkájának eredményeiről. A fejezetek során nyomon lehet követni az elmúlt több mint másfél év munkáját. Részletesen bemutatjuk a kísérlet földi kiértékelésének folyamatát, az új berendezés kezdeti és jelenleg érvényes blokkvázlatát, annak megvalósított részegységeit és azokon elvégzett mérések eredményeit. Az alkalmazott biofizikai, villamosmérnöki és informatikai megoldásokon túl az elvégzett mérési eredményekből levont konklúziók alapján a további tevékenységek irányát és lehetőségeit is ismertetjük.

1. Bevezetés

Az űrkutatás a multidiszciplináris tudományágak egyik legjellegzetesebb példája: komoly eredmények eléréséhez a mérnökök és a tudományos kutatók (csillagászok, fizikusok, orvosok) szoros együttműködésére van szükség. Különösen igaz ez abban a korban, amikor a korlátozott anyagi lehetőségek miatt sok űrprogram megvalósítatlan marad. Ellenkező esetben a projektek időtartama és erőforrásigénye indokolatlanul megnő, vagy a kísérlet során nem a megfelelő eredményeket kapjuk. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ezen a területen ráadásul a szükségesnél kevesebb a mérnök, ami az általuk elvégzett feladatok újrafelhasználhatóságát teszi szükségessé.

A bemutatásra kerülő munka a BME HVT Űrkutató Csoportja (SRG) és a SOTE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézete (RGB) együttműködésének keretében valósul meg. A két csoport különböző utakat járt be az együttműködést megelőzően, a végkifejlet azonban a fenti tézist látszik megerősíteni.

Az SRG a magyar űrkutatás fejlődésében komoly szereppel bír, eddig azonban főleg energiaellátási feladatokkal foglalkozott, ami a kutatási pénzek megvonásával egyre kevésbé volt perspektivikus. Az új irányvonal a kutatás és az oktatás felé mutat: a platform energiaellátás mellett payload (kísérleti berendezés) fejlesztése is folyik, többek között oktatási célú holdakra is a hallgatók szerves együttműködésével (ESEO European Student Earth Orbiter, BEXUS Balloon-borne EXperiments for University Students programok).

Az RGB már korábban is részt vett űrkísérletben: az EXPOSE-R konzorcium Nemzetközi Űrállomás (ISS) egyik moduljának külsejére szerelt asztro- és űrbiológiai célú platformján általuk készített biodozimetriai célú mintákat helyeztek el. Ez a kísérlet jelentette a kiindulási alapot az együttműködéshez: az ottani tapasztalatok hasznosítása és a felmerült igények teljesítése mérnöki tudást igényel.

Az így létrejött közös csoport tagjai között orvosok, orvosbiológiai-, informatikus-, és villamosmérnökök is vannak, úgy hallgatók, mint tudományos fokozattal rendelkező kutatók.

2. A kísérlet megvalósításának asztrobiológiai indokai

2.1. Röviden az asztrobiológiáról

Az asztrobiológia interdiszciplináris tudományág, egyben az űrkutatás és az élettudományok határterülete. A legfontosabb kérdései az élet fogalmának általánosítása, az élet kifejlődésének és fennmaradásának lehetőségei a Földön kívüli környezetben. Többek között olyan problémákat vet fel, amelyek segíthetik az orvostudomány fejlődését, valamint a jelenleg zajló globális éghajlatváltozás megértését.

A Földön kívüli élet kutatásának módszerei közé tartozik a közvetlen bizonyítékok keresése, és bár vannak életjeleket tartalmazó meteoritok (1. ábra), ezek nem szolgáltatnak teljes bizonyosságot arra nézve, hogy valaha előfordult volna máshol is élet bolygónkon kívül.

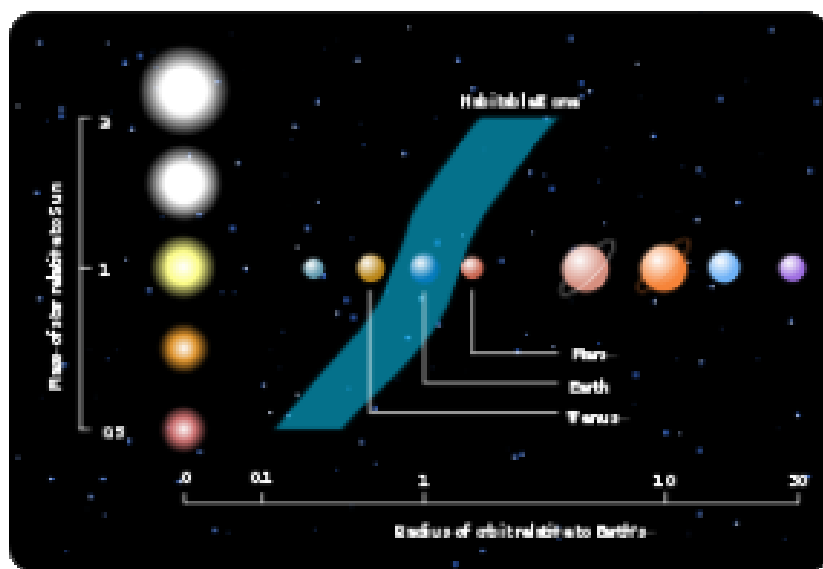


1. ábra 1984-ben az Antarktiszon talált meteorit (ALH 84001) elektronmikroszkópos képe

Jelenlegi ismereteink arra következtetnek, hogy az élet kialakulásakor a földi körülmények kedvezőtlenebbek voltak a mostaniaknál, így például az ózonpajzs hiányával is meg kellett küzdeniük az első organizmusoknak. Ezeket a körülményeket szimulálva megfelelő modelleket találva megérthetjük a túlélési stratégiájukat, valamint következtetéseket vonhatunk le más bolygók lakhatóságával kapcsolatban. A 2. ábrán látható a klasszikus planetáris lakhatósági zóna elmélet vizualizációja: minél fényesebb az adott csillag, a lakhatósági zónája annál távolabb esik tőle, valamint annál szélesebb is. Ez azt is

jelenti egyben, hogy fényesebb csillagok körül a klasszikus elmélet alapján nagyobb eséllyel várhatunk lakható bolygókat, de figyelembe kell vennünk, hogy ezeknek az általában magas hőmérsékletű csillagoknak az UV sugárzása jóval intenzívebb, emiatt pedig komoly kihívások elé állítja az ottani életet, ha van. Fontos megjegyezni, hogy mivel a földi típusú életen kívül mást nem ismerünk, gondolkodásunk akaratlanul is terra-centrikussá válik, tehát nem szabad elfelejtenünk, hogy következtetések csak az általunk jelenleg ismert biokémiára vonatkoznak. Amit ebből következően a vizsgálatok alapján később kijelenthetünk, az a földi típusú élet elterjedési lehetőségeire vonatkozik.

Mint említettük, vizsgálatainkhoz szükségünk van modellekre, amelyeken jól mérhetőek a lehetséges sérülések hatásai. Ilyen modellek lehetnek az extremofilek, vagyis a szélsőséges viszonyokhoz alkalmazkodni képes élőlények. Ezek rendszerint egysejtűek, mint például a mélytengeri füstlőkben fellelhető baktériumok, amelyek teljesen függetlenek a napsugárzástól, így akár a Jupiter Európa nevű holdjának feltételezett felszín alatti óceánjában is élhetnének. Jelen esetben más modelleket használunk, melyek az ultraibolya sugárzásra jól vizsgálható módon reagáló egyszerű nukleinsav készítménye. [6][7]



2. ábra lakhatósági zóna

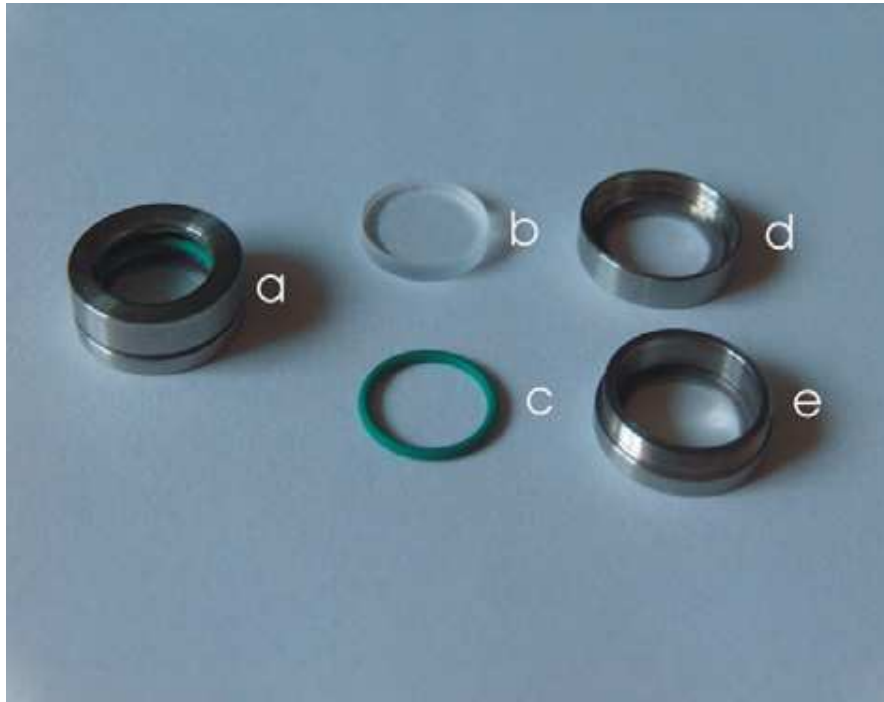
2.2. A kísérlet célja

A 3. ábrán a SOTE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet Biofizikai Kutatócsoportjának a Nemzetközi Űrállomásra felvitt kísérleti mintáit láthatjuk. A koncepció az RNS-világ hipotézisen alapul, vagyis az élet kialakulásának kezdeti lépései feltételezések szerint az

információtárolásra és katalízisre egyaránt alkalmas RNS-en alapuló egysejtűek voltak. [15] Ezek az egyszerű élőlények vagy prebiomok a pánspermia-hipotézis szerint egy forrásból kiindulva nagy távolságok megtétele után más bolygókra is eljuthattak, amennyiben képesek voltak kibírni a világűrre jellemző körülményeket. Ezek közül a kísérlet az ultraibolya sugárzás hatásának vizsgálatát tűzte ki célul. Ennek vizsgálata azért különösen fontos, mert az élet kialakulása idején a bioszférát nem védte ózonpajzs, az azt alkotó oxigén ugyanis biogén eredetű, ősi anaerob egysejtűek metabolizmusának eredménye. Jelenleg az ózonpajzs az ultraibolya sugárzás C komponensét teljesen, míg a B-t nagyrészt kiszűri, de még a maradék is komoly hatással van az életre, mivel kis mennyiségben nélkülözhetetlen, de a túl nagy dózis komoly sérüléseket, genetikai károsodásokat okoz. A Föld fejlődésének korai szakaszában az árnyékolatlan UV sugárzás a legnagyobb veszélyforrások közé tartozott, ami hasonló fejlődési utat feltételezve, más bolygókon is igaz. Ennek megismerése tehát az asztrobiológiai célok mellett paleoklimatológiai, paleontológiai ismereteinket is bővítheti.

Ismeretes a timin nukleinsav dimerizációja UV hatására. Ez két nukleotid összetapadását jelenti, ami élő szervezetben funkciójának elvesztésével, genetikai sérüléssel jár. Ez az UV sugárzás által okozott leggyakoribb károsodás, így kiválóan alkalmas a biológiai hatás reprezentációjára. Ennek ellentétje a monomerizáció, feltételezések szerint ez egyfajta javító mechanizmusként fogható fel. A két folyamat besugárzás hatására egyidejűleg játszódik le, bekövetkezésük aránya a használt sugárforrás spektrumától függ: a hullámhossz csökkenésével a monomerizáció egyre dominánsabbá válik.

A timin RNS-beli helyettesítője az uracil, így kvarc vagy kalcium-fluorid hordozóra felvitt uracil vékonyréteget alkalmazunk, mint biológiai mintát. A hordozó speciális anyaga a teljes spektrumra átlátszó, ellentétben a közönséges üveggel. A dimerizálódott rétegnek lecsökken a fényelnyelő képessége, így a kezdeti elnyeléssel összehasonlítva következtetni lehet a besugárzás spektrumára, illetve intenzitására. Fontos leszögezni, hogy bár a vizsgálat közvetlenül csak az UV sugárzás hatását mutatja ki, a keletkező elváltozásokban nagy szerepe van a hőmérsékletváltozásnak és egyéb behatásoknak is, amelyeket nem tudunk előre pontosan megjósolni. Az űreszközfedélzeti kísérlet szükségességét ez adja, emiatt nem váltható ki földi laborkísérlettel, ami egyébként fontos része a vizsgálatnak, mind kontrollkísérletként, mind a várható eredmények megbecslése miatt.



3. ábra A kísérletekhez használt mintatartó és részei

A fenti ábrán az egyes részelemek nevei:

- a) összeszerelt tartó
- b) kvarc- vagy fluorid hordozó
- c) tömítőgyűrű
- d) mintatartó frontális része
- e) mintatartó hátsó része

2.3. Az UV dózismérés elve

2.3.1. Fizikai alapfogalmak

Ultraibolya sugárzásnak tágabb értelemben a láthatónál rövidebb hullámhosszú fényt nevezzük, szűkebben véve a 400-100 nm-es tartományra vonatkozik. Ez három részre tagozódik: UV-A, UV-B illetve UV-C tartományok. Ezek közül a "lyukmentes" ózonréteg az A-t teljesen átengedi, a B-t részben, a C-t pedig teljes mértékben kiszűri. A bevezetőben már utaltam rá, hogy téma kutatása elősegítheti a klímaváltozás megértését, hiszen az elvékonyodott ózonréteg megváltozott UV-abszorbanciája lényegesen befolyásolhatja a földi életet. Ennek a hatásnak a megértése a következő fogalmakon keresztül lehetséges:

FIZIKAI DÓZIS: A besugárzott test egységnyi felületére érkező teljesítmény és a besugárzási idő szorzata. Mértékegysége: J/m^2 .

A BESUGÁRZOTT FELÜLETI TELJESÍTMÉNY SPEKTRÁLIS SŰRŰSÉGE (E_λ): A besugárzott test egységnyi felületére egységnyi hullámhossztartományban érkező teljesítmény. Mértékegysége: $W/(m^2 \cdot nm)$.

SPEKTRÁLIS ÉRZÉKENYSÉG ($S(\lambda)$): Adott biológiai hatás esetében a biológiai rendszer (bőr, DNS, stb.) érzékenysége annak a fizikai dózishoz a reciproka, mely az adott hatást éppen kiváltja.

HATÁSSPEKTRUM: A spektrális érzékenység hullámhosszfüggvénye.

BIOLÓGIAILAG EFFEKTÍV DÓZIS (H): Az egyes hullámhossz tartományokban érvényes fizikai dózisok spektrális érzékenységgel súlyozott összege:

$$H = t \cdot \sum_{i=1}^n S(\lambda_i) \cdot E_\lambda(\lambda_i) \cdot \Delta\lambda$$

A biológiai hatás esetünkben a dimerizáció, amit spektroszkóppal mérni tudunk, ebből következtethetünk az idő és a spektrális érzékenység ismeretében a mintát ért sugárzás jellemzőire. Az ultraibolya sugárzás keményebb (magasabb frekvenciás) tartományára jellemző, hogy az így kialakult dimereket képes monomerizálni, miközben a hullámhossz csökkenésével a dimerizáció százalékos aránya csökken, a monomerizációé nő. Ennek hatását a világűrben jelenlévő UV-C sugárzás miatt nem szabad figyelmen kívül hagyni.

2.3.2. Földi mérési elvek

Az űrbéli sugárzási viszonyok mérésére használt eszközök működési elve megegyezik a Földön használtakkal, és a velük szerzett ismereteket az űrkutatás is felhasználja. A dolgozat fő gondolatmenetének megértéséhez szükségesnek éreztük az ilyen eszközök bemutatását is.

Spektroradiométer (4. ábra)

A műszer egy adott fényforrás spektrumának meghatározására alkalmas, vagyis a fény intenzitását a hullámhossz függvényében képes mérni. Lámpák, képernyők bevizsgálására is szokták alkalmazni, esetünkben a Nap sugárzását vizsgáljuk vele.

A beérkező fényt prizmával vagy optikai ráccsal felbontják, és mindig a vizsgálni kívánt sávot engedik tovább a műszerbe. A kiválasztott sugárnyaláb ezután egy olyan rétegbe ütközik, amely minden foton becsapódására egy elektront bocsát ki (fotoelektromos hatás), majd fotonelektron-sokszorozóval erősítik a jelet.



4. ábra spektrométer

Piranométer (5. ábra)

A globál sugárzás mérésére szolgál, azaz a Nap és az égbolt együttes sugárzását méri. Érzékelője vízszintes, az érzékelő felületet a teljes félgömbi tartományból érkező sugárzás szabadon éri. Az érzékelő két koncentrikus ezüstgyűrűből áll, a belső feketére, a külső fehérre van festve. A két gyűrű hőmérsékletkülönbségét egy úgynevezett "termoszlop" méri. A kialakult termofeszültség arányos a beérkező rövidhullámú globálsugárzással.



5. ábra piranométer

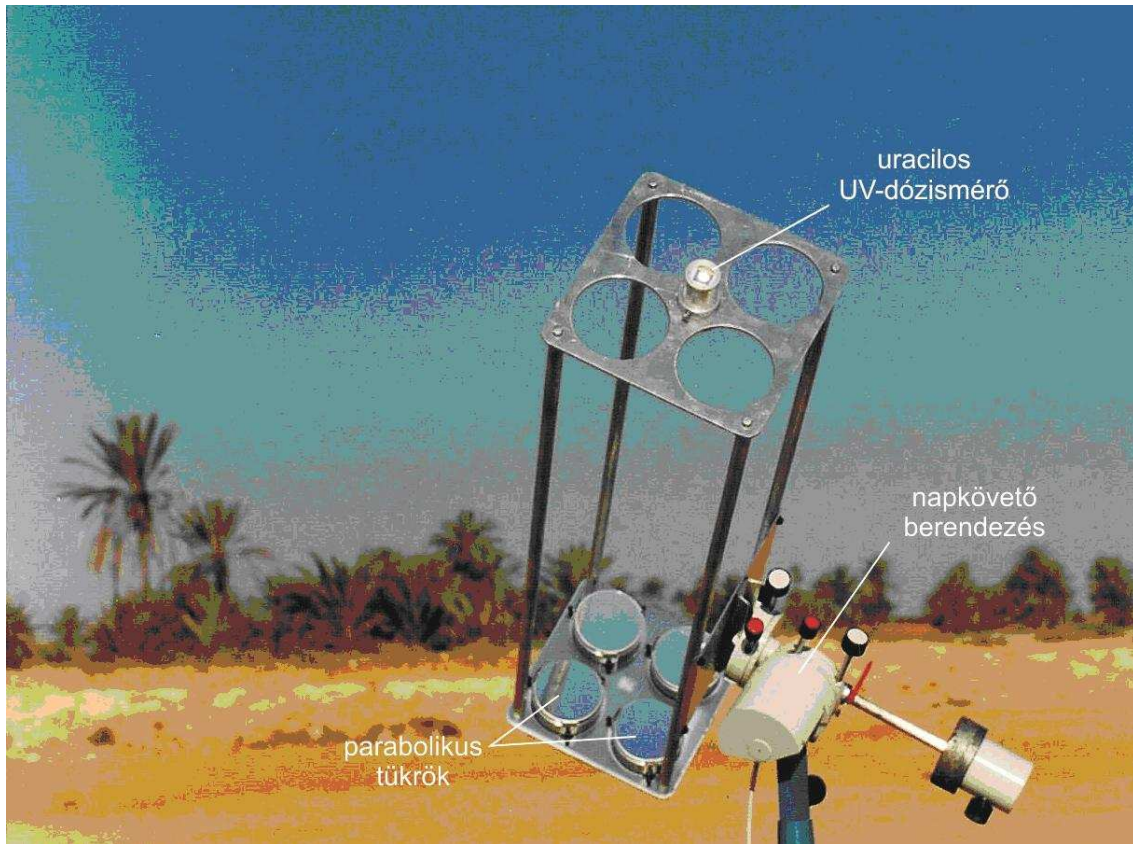
Biológiai doziméterek (6. ábra)

Az alapvető cél az élő szervezeteket érő hatás megállapítása, amit az eddigi módszerek a fizikai dózist méréséből közvetetten, a sugárzásra való érzékenység figyelembevételével határoztak meg. A biológiai doziméterek ezzel szemben közvetlenül, modellorganizmusok segítségével mérik ezt. (8. ábra) A detektor valamilyen, az élőlényeket jól reprezentáló biológiai anyagot tartalmaz, amelyben az ezt érő sugárzás annak intenzitásával arányos elváltozást indukál, amit már mérni tudunk.

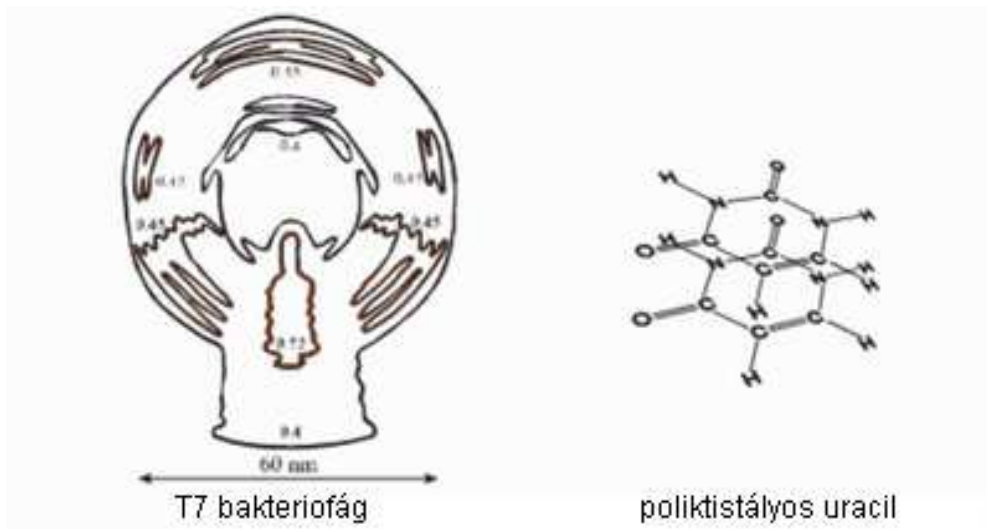
A SOTE Biofizikai Intézete erre uracil vékonyréteget használ, amely a benne lévő pirimidin molekulák dimerizációja - monomerizációja hatására megváltoztatja fényáteresztő képességét (optikai denzitását - OD value), amit spektrofotométerrel mérni tudunk. Ez utóbbi működési elve a spektroradiométerrel megegyezik, azonban a fényforrás ismert, a mért intenzitás ebben az esetben a mérni kívánt mintán át bocsátott fény. Ismerve a fényforrás eredeti intenzitását, meg tudjuk határozni, hogy a mintánk mekkora részét nyeli el az adott sugárzásnak, ebből az OD érték kiszámolható.

A biológiai dózismérő eszközök közé tartoznak a bakteriofág alapú mérőlelencsék. Ebben az esetben bakteriális vírusokat viszünk fel a felületre, és ezt tesszük ki sugárzásnak. Fontos különbség, hogy a mintát az uracillal ellentétben nem gőzöléssel, hanem cseppentéssel visszük fel, így az elkészült minták nem lesznek annyira egyenletesek, azonos vastagágúak, mint az uracil esetében. A rétegvastagság szabályozása egyébként uracil esetén sem tökéletes, itt is szükség van a technológia további fejlesztésére. A minta kielemezése az előbbieket miatt nagyobb feladatot jelent amennyiben továbbra is az optikai sűrűséget kívánjuk meghatározni, azonban ebben az esetben más módszereket is alkalmazhatunk. Ilyen módszer például a minta élősám változásának mérése, ami nem igényel egyenletes felületet, mivel a cél csak az, hogy ismerjük a kiindulási mennyiséget. A fágok baktériumokat támadnak meg, így az élősám változásra úgy következtethetünk, hogy megfigyeljük a baktériumokra gyakorolt hatásukat. Ezeknek az exponenciális növekedési üteme jól leírható, kiindulási élősámuk a táptalajul szolgáló baktériumok kiirtásához szükséges időből következtethető vissza. Ezt szintén spektroszkópiai módszerrel mérhető, mivel a baktériumok számának változása a közeg optikai sűrűségváltozásával arányos.

A fágminták kielemezésére további lehetőség a genetikai anyaguk vizsgálata, szekvenálása, és az örökítőanyag sérülésének detektálása. Ez utóbbi módszer bonyolultsága miatt egyelőre nem tudjuk megvalósítani automata (emberi beavatkozás nélküli) kísérlet formájában.[8][9][10]



6. ábra biodoziméter

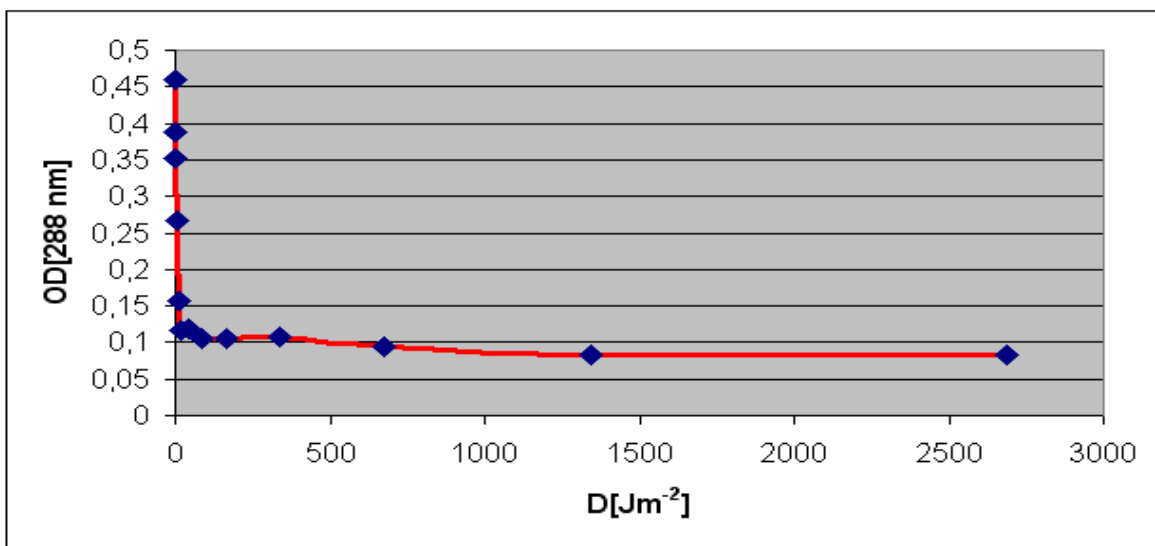


7. ábra UV modellorganizmusok

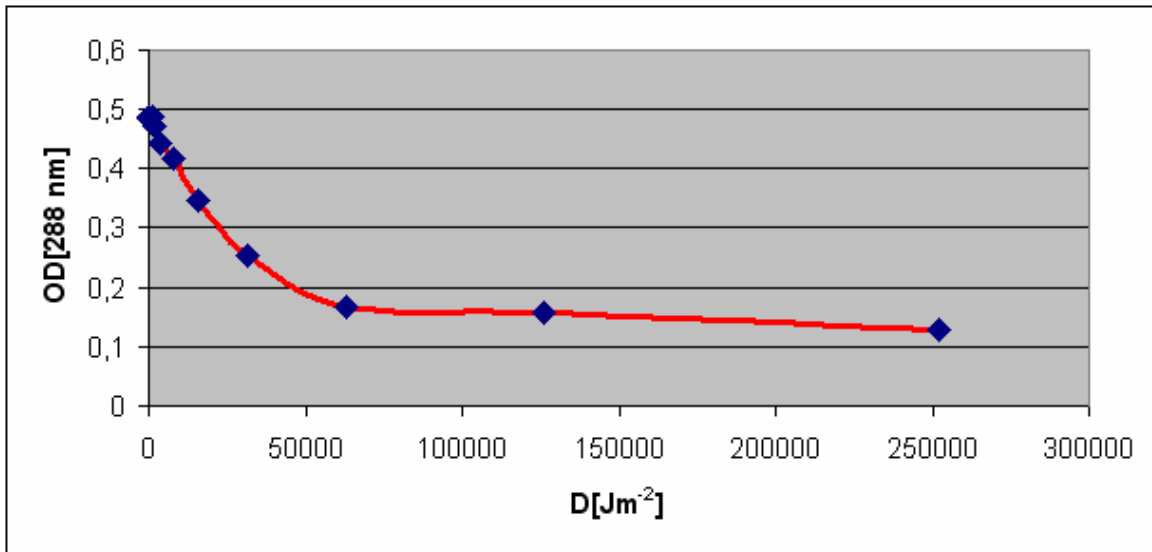
2.3.3. A spektrumok feldolgozásának elvi kérdései

A biológiai dózismérés integráló jellegű: valamennyi hullámhosszon kapott dózis hatását adja az idő függvényében. A spektrofotométerrel történő kiértékelés során több, különböző hullámhossz esetén lényegében ugyanazt a hatást figyelhetjük meg, így lehetőség van a zajok kiszűrésére. Az űrben alkalmazandó eszközünk esetén cél a minél egyszerűbb felépítés, amit úgy kívánunk biztosítani, hogy nem mérjük le a teljes spektrumot, csak néhány jellegzetes, földi mérésekkel igazolt hullámhosszat, amiből már lehetőség van a kérdéses információ kinyerésére. Az 8-10. grafikonon látható a különböző hullámhosszúságú fényvel történő besugárzás idő szerinti alakulása. A kiértékelés során 288 nm-es fényt használtunk.

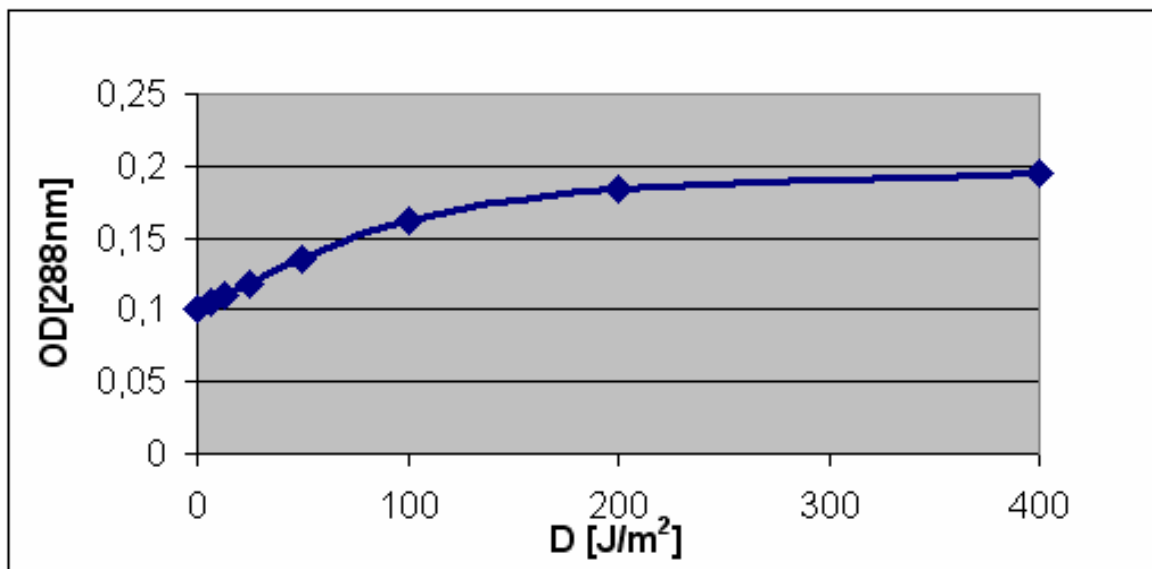
A 11-12. ábra a minták egy adott időpontban mérhető spektrumát mutatja. A 11. ábrán egy kiválasztott, a 12. ábrán különböző minták ugyanazon besugárzás utáni állapotát rögzítik. Jól látható, hogy ezt az adott mintára jellemző, előre nem számítható tulajdonságok is (például rétegvastagság-különbségek) befolyásolják. Mivel a folyamat során a minta a spektrum (látható fényhez) közeli UV tartományában mérve kevésbé változtatja meg a spektrális tulajdonságait, ezért ez a szakasz lehetőséget ad a normalizálásra, jelen esetben $n \cdot \lambda^{-4}$ -es függvény segítségével. Ezt kivonva a 12. ábra görbéiből, kapjuk a 13. ábrán látható normalizált görbesereget.



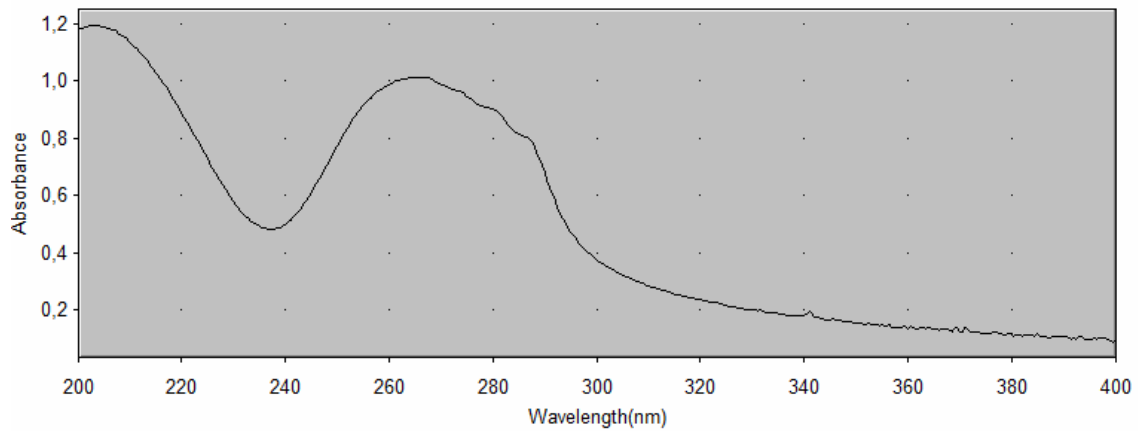
8. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 1



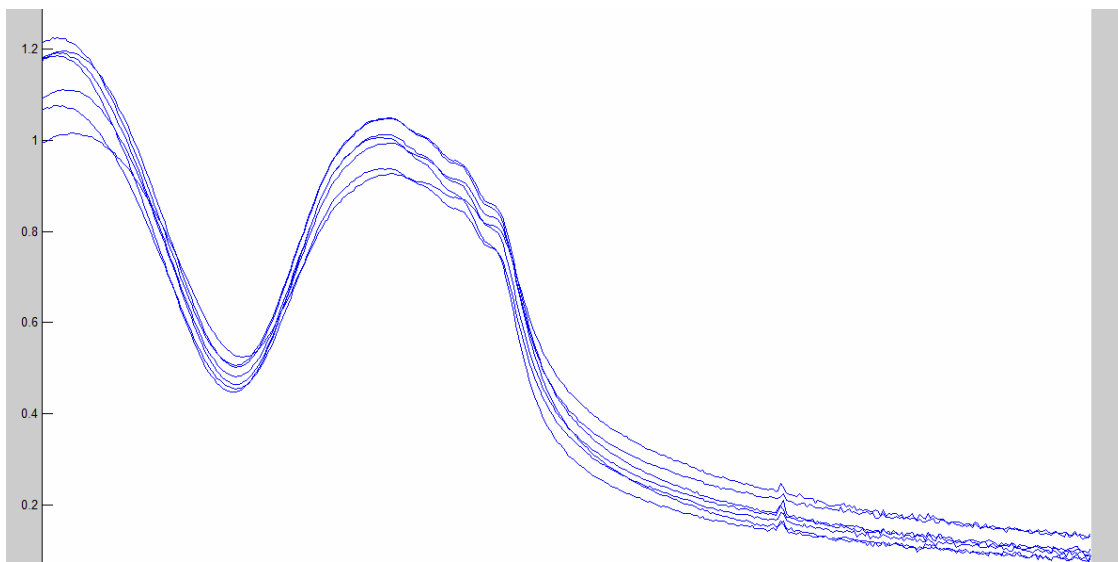
9. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 2



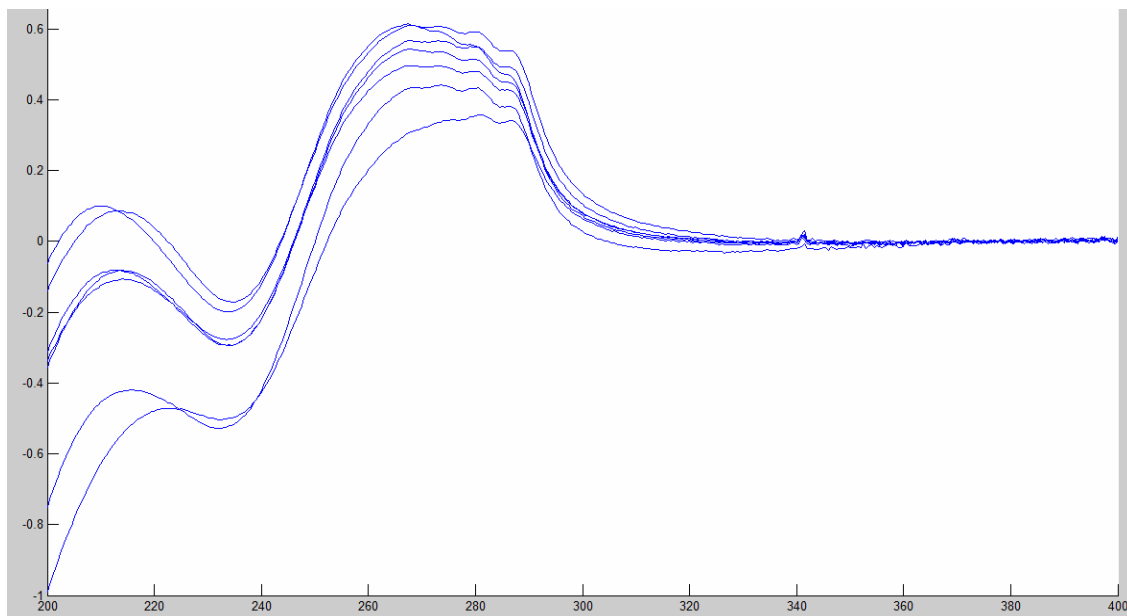
10. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 3



11. ábra Teljes spektrum 1



12. ábra Teljes spektrum 2



13. ábra Normalizált teljes spektrum

3. Az "in situ" módszer

3.1. Az EXPOSE-kísérlet tapasztalatai

A fentiekben már említettük, hogy az ISS-en lezajlott EXPOSE-kísérlet esetében nem volt lehetőség semmilyen beavatkozásra vagy bármilyen jellegű mérésre, amíg a minták a világűrben tartózkodtak. A kiértékelés később a Földön, laboratóriumban zajlott.

A kísérlet kiértékelése még nem fejeződött be teljes mértékben, de már tudjuk, hogy a misszió során felmerült váratlan események következményeként nem sikerült az eredeti tervek szerint azt véghezvinni. Már a misszió startra készítése után sem sikerült a tervezett időben az állomásra feljuttatni a berendezést. A start két évet csúszott. Sajnos a fedélzetre kerülés és a kihelyezés után röviddel a szolgálati modul tartalék nélküli központi adatgyűjtője végleg meghibásodott. Az új adatgyűjtő feljuttatására a szervezési nehézségek miatt csak 1 év elteltével nyílt lehetőség. Eközben a minták sugárzásnak kitéve előre nem tervezett és sajnos nem is regisztrált ideig voltak az állomás külső platformján, így a megvilágítás idejét regisztráló radiométerek adatgyűjtése sem bizonyulhatott megbízhatónak. Később történt kísérlet az állomás és a mintatartó orientációjának megfelelő szimulációjával a sugárterhelés becslésére, de végül a konzorcium tudományos vezetése erről is lemondott. Az új központi adatgyűjtő felszerelése után a kísérletet végül az eredeti terv szerint lefolytatták, de később a visszahozás után kiderült, hogy a minták többlet sugárterhelést kaptak, mivel az átütemezett programot „nehéz” volt a szoros fedélzeti munkarendbe beilleszteni. A kiértékelést (in vitro) még az is késleltette, hogy az időbeni csúszás miatt, a befejezés egybeesett az amerikai űrrepülőgép program leállításával. Végül az utolsó alkalommal az Atlantis, 2011. júl. 21-én hozta vissza a az EXPOSE-R platformot az eredetileg tervezetthez képest 1 évvel később.

A fentiek nehézségek, már a SOTE-BME együttműködés kezdetén ismertek voltak, ezért a konzorcium vezetői is örömmel fogadták a felvetett javaslatunkat egy olyan rendszerre, amely képes emberi beavatkozás nélkül működni, értve ez alatt a minták megvilágításának ellenőrzését, illetve a kísérlet kezdetén az eszköz „fényre forgatását”, valamint az „in situ” kiértékelést (spektroszkópiai módszerekkel).

3.2. A koncepció előnyei

- A javasolt új mérési módszer kidolgozásakor a földi kiértékelést vettük oly módon alapul, hogy a laboratóriumi berendezések legszükségesebb funkcióit illesztettük be a

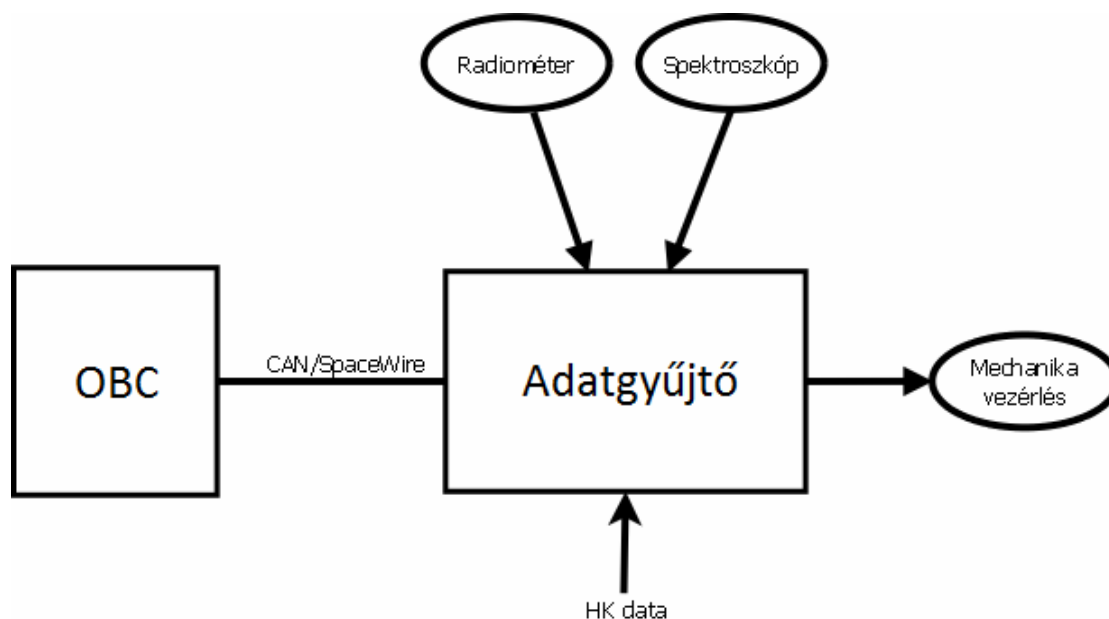
rendszertervbe. Például a spektroszkóp fényforrását és a bonyolult optikai rácsrendszerét, a mozgató mechanikus szerkezetekkel együtt, így helyettesítettük diszkrét sugárforrások alkalmas multiplexálásával. A javasolt megoldás legfontosabb előnyei:

- önálló kísérletként is felszerelhető bármilyen üreszköz payload platformjára, nem kötött az űrállomáshoz, így a pályamagasság a jelenleg ember által elérhetőnél magasabb is lehet (akár mélyűri is)

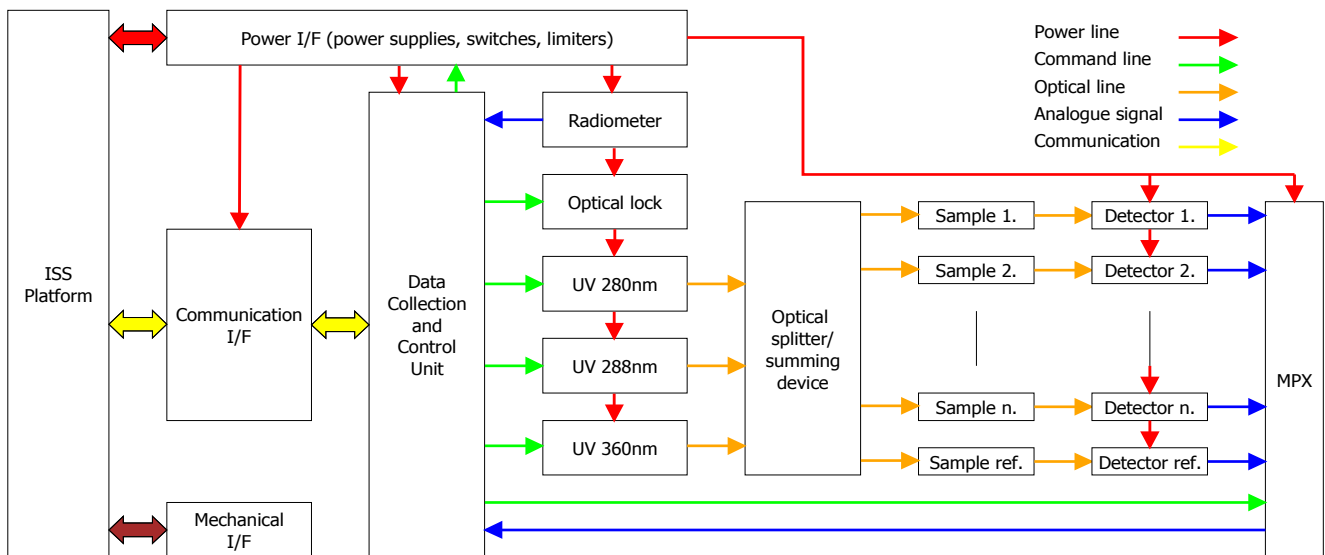
- a mintákat bármikor megmérhetjük, nem csak a teljes besugárzási idő végén

- a küldetés végén nem szükséges visszahozni a mintákat a Földre, amely egy fontos gazdasági előnyt jelent a misszió tervezés fázisában

A 11. ábra egy univerzális kísérleti berendezés elvi felépítését mutatja, míg a 12. az a konkrét megvalósítás sémája, mellyel az első közös pályázatunkat beadtuk. A rendszertervet a partnerek alkalmasnak ítélték konzorcium platformi adaptációra. Erre sajnos csak akkor kerülhet sor, ha jelenleg is folyó egyeztetések az ESA-val végre sikeresek lesznek.



14. ábra A kísérleti berendezés elvi sémája



15. ábra A részletes blokkvéma

A koncepció lényege, hogy az adatgyűjtés (a minták kiértékelése) a kísérlet helyszínén történjen, ezzel lehetőséget nyújtva a változások dinamikájának vizsgálatára. Az elképzelés szerint külön fényforrások szolgálnák a kiértékelést, melyet megfelelő, előre meghatározott időközönként kellene elvégezni. A mechanikai és optikai kialakítás viszonylag komplex, mivel biztosítani kell a minták megfelelő ideig tartó sugárterhelését, de a kiértékelés alatt a napsugárzást egy optikai zárral ki kellene rekeszteni. Ilyenkor sorban, csak a multiplexált, diszkrét frekvenciájú sugárforrások világítanak meg a mintákat, miközben az átjutott UV fényt mérnék a detektorok.

A blokkvéma elemeinek rövid leírása a következő:

- Power I/F: A kísérlet tápegysége, mely minden elektromos részarámkört a megfelelő paraméterű energiával látja el, melyet a fedélzeti központi energiaforrásból állít elő.
- Communication I/F: Az adatgyűjtő által a fedélzeti protokollnak megfelelő formátumban ezen egységen keresztül jutnak a mérési adatok a fedélzeti telemetria csatornába, miközben a fedélzeti számítógéppel folytatott szolgálati kommunikáció is rajta keresztül történik.
 - Mechanical I/F: A korábban használt platformot terveztük használni.
 - Data Collection and Control Unit: Adatgyűjtő és vezérlő egység feladatai a digitalizálás, tömörítés, kódolás valamint a szolgálati telemetria adatok kezelése a kommunikációs egységen keresztül.
 - Radiometer: Egy megfelelően kalibrált detektor az erősítőjével együtt.

- Optical lock: Egy mechanikus zárszerkezet a napsugárzás kizárására szolgál az optikai mérés alatt.
- UV light sources: megfelelően kiválasztott UV LED-es fényforrások, szükség esetén hőmérséklet szabályozással kiegészítve.
- Power splitter and summing device: Egy optikai multiplexer, melynek beszerezhetősége kockázati tényező.
- Detectors: Megfelelően kiválasztott SG Lux gyártmányú Si detektorok.
- MPX: Ez egyszerű címezhető analóg multiplexer.

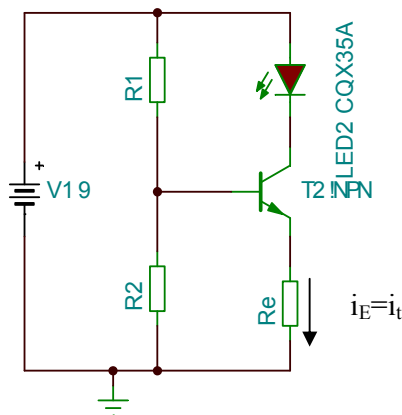
A bemutatott megoldás nem az egyetlen elképzelhető és több része is van, melynek megvalósíthatósága kritikus. Mivel az UV LED-ek nem tekinthetők koherens fényforrásoknak ezért kiegészítő optikai szűrők alkalmazása is szükséges lehet. A legkritikusabb a megfelelő optikai kábelek kiválasztása és a misszió során a degradációjuk, melyek folyamatos kompenzálására is szükség lehet. Valamivel kisebb a kockázat az optikai zár kifejlesztésében, bár komoly elektromechanikus tervezést igényelne.

3.3. Műholdfedélzeti fényforrás, hőkamrás mérései

A 3.2. alfejezetben ismertetett első rendszerterv egy kritikus pontja a stabil fényforrás megvalósításának kérdése volt. Két lehetőséget vetettünk fel, vagy megfelelő tulajdonságú fényforrást keresünk, vagy optikai szűrő segítségével állítjuk be az általunk kívánt fény paramétereit (frekvencia, intenzitás). Mindkét megvalósítás esetén a kalibrációs követelmények miatt szükséges készíteni egy olyan stabil áramgenerátort, mellyel a fényforrást megfelelően pontos paraméterekkel tudjuk működtetni. Így esett a választás elsőként egy áramgenerátoros LED meghajtó áramkör tervezésére és a deszkamodell megépítésére. Ezt az áramkört mutattuk be MTA GGKI és a Magyar Geofizikusok Egyesületnek szervezésében tartott előadás sorozat részeként.[5][16]

3.3.1. Az áramkör működése és méretezése

A kiindulási áramkörnek egy egyszerű bipoláris tranzistorral felépített áramgenerátoros meghajtó alapáramkört választottunk (16. ábra).



16. ábra Az alapáramkör

A LED specifikációs adatlapjából tudjuk, hogy a LED működéséhez javasolt állandó $i_f=20$ mA áramra van szükség. Ehhez mérten kellett megtervezni az áramkört az ürkörülmények miatt folyamatosan szem előtt tartott derating követelmények figyelembe vételével. [11][12][14]

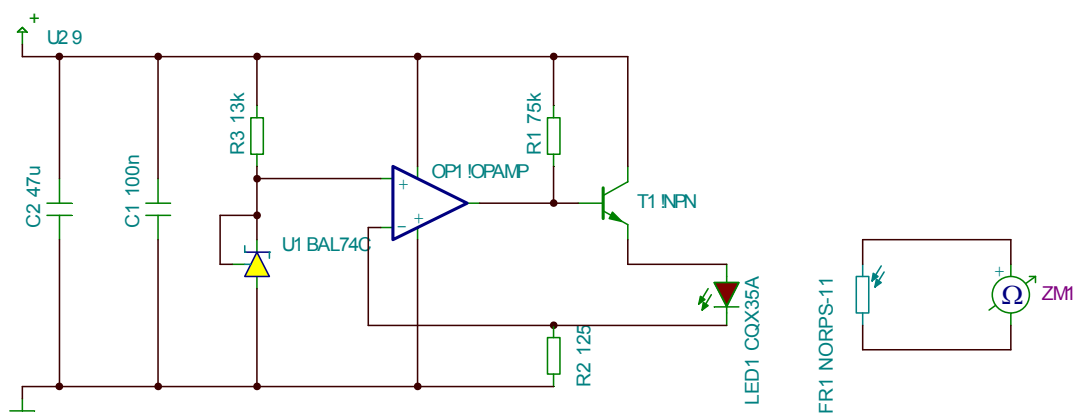
Ha a bázisáramot nullának vesszük, a tranzisztor bázis-emiter feszültsége pedig 0,7 V, akkor az U_B pontra a következő egyszerű egyenletet tudjuk felírni:

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 9V = 9V - 0,7V - R_E \cdot i_t$$

A LED nyitófeszültségét 2 V-al vettük figyelembe. Ezzel az egyszerű áramkörrel az a probléma, hogy hőmérséklet-változás hatására az alkatrészek értékei megváltozhatnak, nincs benne szabályozás, így a kívánt stabil áram értéke, az ürkörülmények között, komoly mértékben megváltozhat. Az U_B pont stabilizálásának biztosítása érdekében elsőként R_2 ellenállás helyére egy 2,5 V-os úgynevezett „programozható Zener diódát” tettünk be, amely gyakorlatilag egy integrált áramkör és a "BandGap" referencia elven működik. Azonban ezzel a tranzisztor pn átmenetének $-2mV/K^\circ$ -os hőfokfüggését még nem küszöböltük ki, ezért a minél nagyobb pontosság elérése érdekében, a stabil "referencia" feszültség alkalmazásán túl, az áramjel szabályozását további hibajel erősítéssel oldottuk meg. Bipoláris műveleti erősítő pozitív bemenetére kapcsoltuk a referencia feszültség forrást, míg a negatívra a LED áramával arányos feszültséget. Ha a LED árama bármilyen okból változna, akkor az erősítő azonnal szabályozni tudja az állandó áram értéket.

Az 17. ábrán látható kiindulási áramkörben a terhelés árama és a szabályozottnak tekinthető R_e ellenállás árama csak ideális esetben lenne azonos. Mivel a tranzisztor egyenáramú áramerősítési tényezője is erősen függ a hőmérséklettől ezért a terhelést és az áramérző ellenállást közvetlenül sorba kapcsoltuk.

Az áramgenerátoros meghajtó áramkör kísérlet modelljének végleges kapcsolási rajza a 17. ábrán látható.



17. ábra A részletes áramköri séma

3.3.2. Az áramkör hőkamrás mérései

Az áramkör hőmérséklet változásra mutatott érzékenységének vizsgálatát a tanszéki hőkamra segítségével végeztem el. Elsőként egy referencia méréssorozatot végeztünk a hőkamra beindítása nélkül, az aktuális 29 °C-os környezeti hőmérsékleten. Ezután sorban a 25 °C, 0 °C, -30 °C, -60 °C, majd 50 °C és 80 °C -os értéken végeztük el ugyanazokat a méréseket, melyeket a referencia mérés során tettünk. Mindegyik hőmérsékleten öt mérés sorozatot vettünk fel 10 V, 12 V, 14 V, 20 V és 30 V-os tápfeszültség esetén, amikor is az egyszerű áramkör négy paraméterét vizsgáltuk a következők szerint:

1. $I_1 + I_2 = I_{LED}$: a LED „direkt” áramát, két egymással párhuzamosan kötött multiméterrel mértük a nagyobb pontosság elérése érdekében, mivel a 20 mA-nél mérés határt váltanak. I_1 és I_2 áramot összeadva kapjuk meg a teljes áramot.
2. Referencia pontosság: a 2,5 V-os Zener dióda feszültségét mértük.
3. 125 Ω-os áramérző ellenállás hőfokfüggése: az R_e ellenálláson mérhető feszültség értéke, mely a LED direkt áramával arányos. Ezt az ellenállást mangánin huzalból

készítettük, a jobb hőfokfüggetlenség elérése érdekében (10ppm). A névleges feszültség az „ideálisan pontos” ellenálláson 2,5 V-os érték kell legyen.

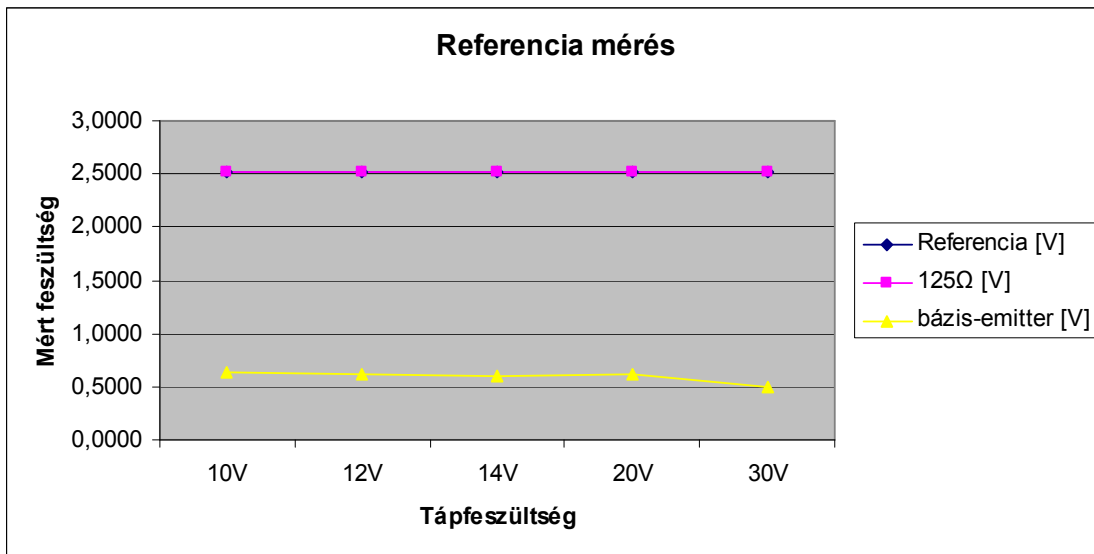
4. Emitter és az erősítő kimenet feszültsége: a tranzisztor pn átmenet hőmérséklet-függésének közvetett mérése. Az erősítő kimenetén mérhető feszültségből kivonva a tranzisztor emitter feszültségét, megkapjuk a pn átmenet nyitófeszültségét. A differenciális mérést az indokolta, hogy a hőkamrából kivezetett mérési pontok gyors ellenőrzése egy földelt multiméterrel könnyen elvégezhető.

A méréshez a már említett két párhuzamosan kötött multimétert, egy 5,5 digités feszültségmérőt, egy tápegységet és a hőkamrát használtuk. A hőmérséklet értékét egy olyan műszer segítségével ellenőriztem, amelynek alapja egy hőmérséklet függvényében lineárisan változó áramgenerátor, $1\mu\text{A/Kelvin}$ fokos érzékenységgel. A hőkamrán kívül $1\text{k}\Omega$ értékű ellenálláson mérve a feszültséget a mért feszültség mV-ban megegyezett a hőmérséklet értékével K° -ban.

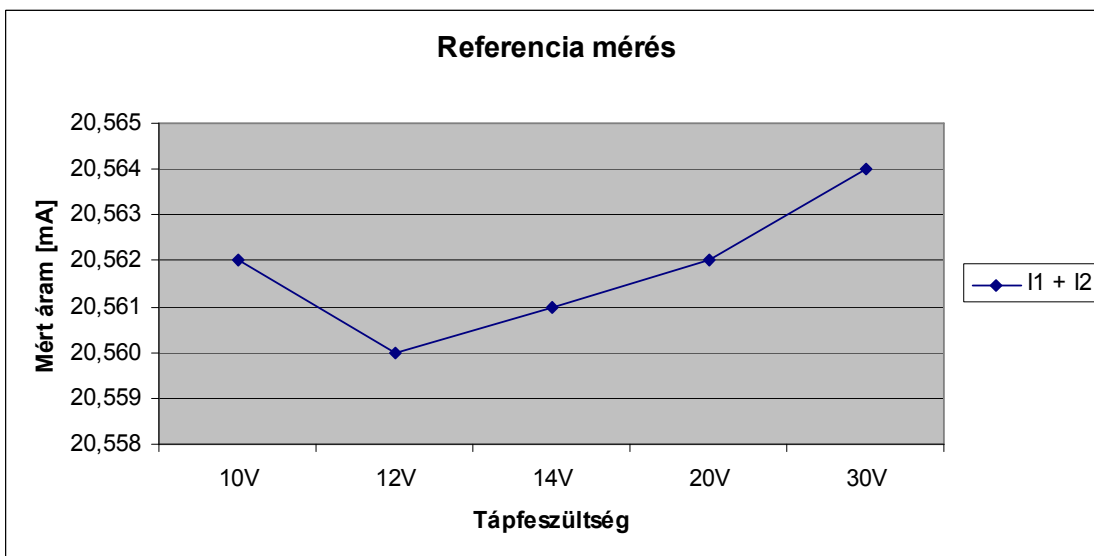
A hőkamra mérések előtt elsőként megnéztük, hogy a referencia mérés során a tápfeszültség növekedésével hogyan változnak az egyes paraméterek. A mérési eredményeket az 1. táblázat tartalmazza, a grafikus kép az 18. és 19. ábrán látható.

Referencia 29	10V	12V	14V	20V	30V
I_1 [mA]	10,256	10,254	10,255	10,256	10,256
I_2 [mA]	10,306	10,306	10,306	10,306	10,308
$I_1 + I_2$	20,562	20,560	20,561	20,562	20,564
Referencia [V]	2,5150	2,5155	2,5156	2,5157	2,5158
125Ω [V]	2,5140	2,5142	2,5143	2,5145	2,5147
Emitter [V]	4,7929	4,7920	4,7920	4,7927	4,7927
1.mérési pont [V]	5,4240	5,4150	5,4000	5,4070	5,2860
bázis-emitter [V]	0,6311	0,6230	0,6080	0,6143	0,4933

1. Táblázat



18. ábra Referencia pontok tápfeszültség függése



19. ábra Az áram tápfeszültség függése

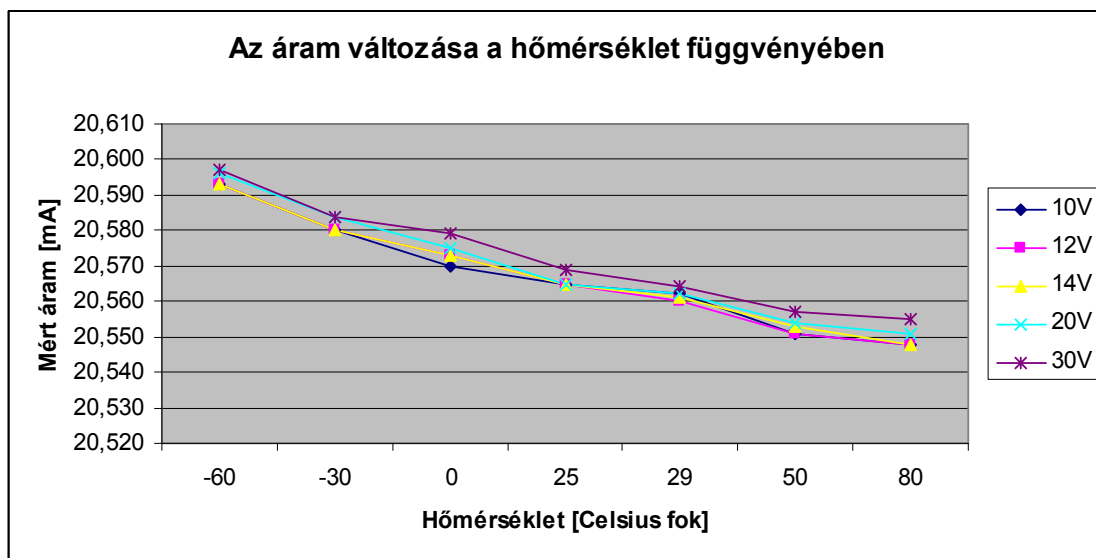
Az eredményekből látható, hogy az áramkör széles tápfeszültség tartományban teljesíti a specifikációt és a LED áramát megfelelő pontossággal képes 20 mA-en tartani. Az eltérések csak a harmadik tizedes jegyben jelennek meg, a hiba a teljes tápfeszültség tartományban 1000ppm pontossági tartományon belül maradt. A feszültségviszonyok is a vártak megfelelően alakultak: mind a referencia, mind a 125 Ω-on eső feszültség gyakorlatilag tápfeszültség függetlennek tekinthető. A bázis-emitter feszültség is a tápfeszültség változásától viszonylag független, a kis ingadozása annak köszönhető, hogy a tranzisztoron a

tápfeszültséggel arányosan változó feszültség, arányosan változó disszipációt okoz, így a félvezető réteg melegszik, és ennek következményeként egy kicsit "elcsúszik" a bázis-emitter feszültsége.

A továbbiakban az elvégzett hőkamra mérés eredményei alapján rendre megvizsgáljuk a paramétereiket. Elsőként a legfontosabbat nézzük, hogy a hőmérséklet függvényében hogyan változik a LED árama. A mért értékek a 2. táblázatban vannak összefoglalva, amik a 20. ábrán grafikusan is láthatók.

Hőmérséklet [Celsius fok]	10V	12V	14V	20V	30V
-60	20,593	20,593	20,593	20,596	20,597
-30	20,580	20,580	20,580	20,584	20,584
0	20,570	20,573	20,573	20,575	20,579
25	20,565	20,565	20,565	20,565	20,569
29	20,562	20,560	20,560	20,561	20,564
50	20,551	20,551	20,553	20,554	20,557
80	20,548	20,548	20,548	20,551	20,555

2. Táblázat



20. ábra Az áram változás a hőmérséklet függvényében a tápfeszültséggel paraméterezve

Megfigyelhető, hogy a hőmérséklet széles tartományban történő változás alatt a mért paraméter esetén az áramkör negatív koefficienssel rendelkezik, a LED-en folyamatosan csökkenő 20 mA körüli áram folyt. A 29 °C-on mért 20,566 mA, -60 °C-on 20,594 mA-re nőtt, amely 0,033 mA-es változást jelent. Tehát alacsony hőmérséklet esetén 0,159 %-os a hiba. Magas hőmérséklet mellett ugyanezzel a gondolatmenettel -0,057 %-os hibához jutunk. Megállapítható tehát, hogy az átlagértékre vetített hiba közelítően $\pm 0.1\%$

A referencia elemen és az emitter ellenálláson mért feszültség adatokat a 3. és 4. táblázat tartalmazza, melyeket grafikusán a 21. ábrán mutatunk be.

Referencia:

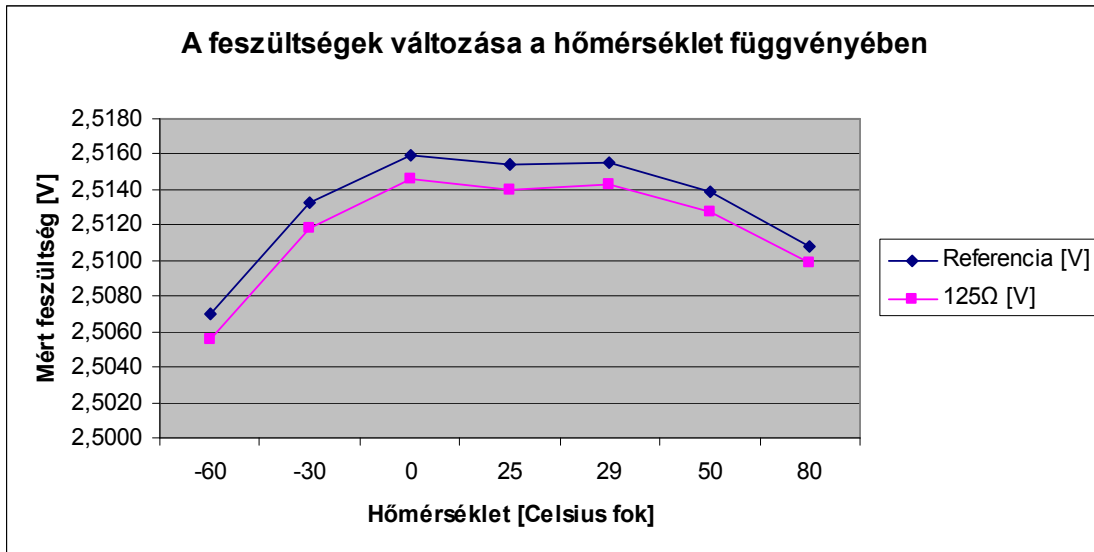
Hőmérséklet [Celsius fok]	10V	12V	14V	20V	30V	átlag
-60	2,5066	2,5068	2,5069	2,5073	2,5076	2,5070
-30	2,5129	2,5130	2,5132	2,5135	2,5137	2,5133
0	2,5157	2,5158	2,5158	2,5160	2,5162	2,5159
25	2,5150	2,5150	2,5150	2,5160	2,5160	2,5154
29	2,5150	2,5155	2,5156	2,5157	2,5158	2,5155
50	2,5137	2,5137	2,5138	2,5139	2,5142	2,5139
80	2,5107	2,5107	2,5108	2,5109	2,5110	2,5108

3. Táblázat

125Ω:

Hőmérséklet [Celsius fok]	10V	12V	14V	20V	30V	átlag
-60	2,5050	2,5052	2,5054	2,5058	2,5062	2,5055
-30	2,5115	2,5116	2,5118	2,5121	2,5123	2,5119
0	2,5143	2,5144	2,5145	2,5147	2,5150	2,5146
25	2,5140	2,5140	2,5140	2,5140	2,5140	2,5140
29	2,5140	2,5142	2,5143	2,5145	2,5147	2,5143
50	2,5125	2,5125	2,5126	2,5128	2,5132	2,5127
80	2,5096	2,5097	2,5098	2,5100	2,5101	2,5098

4. Táblázat



21. ábra A referencia változás a hőmérséklet függvényében

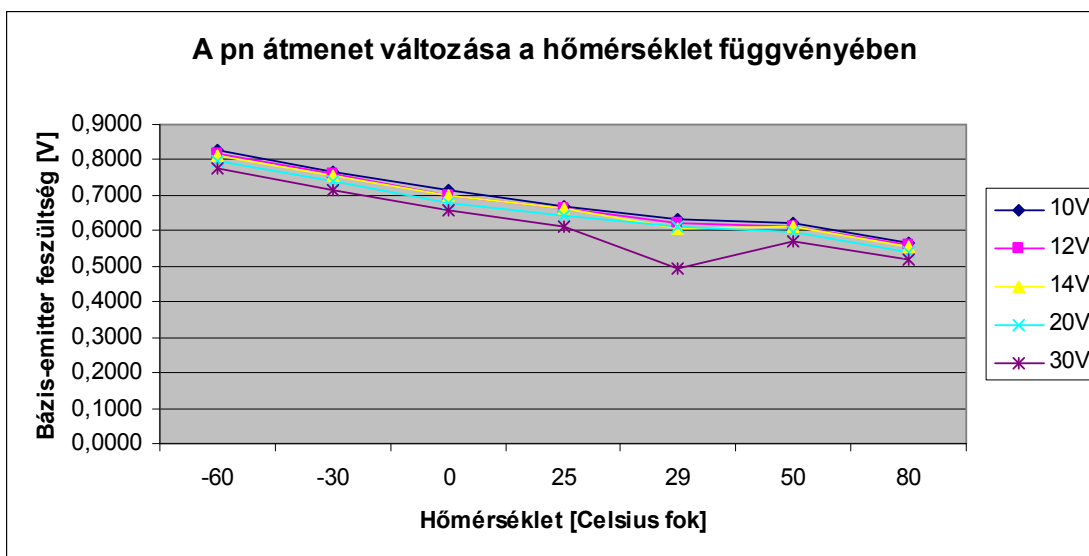
A könnyebb áttekinthetőség érdekében minden hőmérsékleten először kiszámoltuk a különböző tápfeszültség-szintekhez tartozó feszültségek átlagát, és ezt ábráztuk a diagramban. A mérésekből kitűnt, hogy a referencia elem feszültsége a 29°C-on mérthez képest magasabb és alacsonyabb hőmérsékleteken is csökken. Ennek mértéke -60 °C-on 0,008 V, 80 °C-on 0,005 V, ami -0,337 % és -0,187 %-os eltérést jelent a referencia méréshez képest. Ugyanez figyelhető meg a 125 Ω-on eső feszültségnél is. Itt a hiba -60 °C esetén 0,351 %-os, 80 °C esetén 0,179 %-os. A referencia elem feszültség értékeit a szabályozás átlag 1mV körüli ofszettel követi. Ezek az értékek a műveleti erősítő és a referencia elem esetében is elfogadhatóak, az áramkör feszültségviszonyai a hőmérséklet függvényében az eszköz adatlapoknak megfelelőek.

Az utolsó vizsgált paraméter a bázis-emitter feszültség, melynek a hőmérséklet hatására történő változását az 5. táblázat adatai mentén követhetjük és a 22. ábra mutatja be grafikusán.

pn átmenet:

Hőmérséklet [Celsius fok]	10V	12V	14V	20V	30V	átlag
-60	0,8259	0,8185	0,8125	0,7964	0,7753	0,8057
-30	0,7680	0,7630	0,7570	0,7384	0,7173	0,7487
0	0,7130	0,6992	0,6993	0,6812	0,6577	0,6901
25	0,6691	0,6650	0,6610	0,6453	0,6130	0,6507
29	0,6311	0,6230	0,6080	0,6143	0,4933	0,5939
50	0,6240	0,6145	0,6121	0,5948	0,5685	0,6028
80	0,5678	0,5629	0,5580	0,5401	0,5174	0,5492

5. Táblázat



22. ábra A tranzistor bázis-emitter feszültség változása a hőmérséklet függvényében

Láthatjuk, hogy alacsonyabb hőmérsékleten nagyobb, míg magasabb hőmérsékleten kisebb a tranzistor bázis-emitter feszültségének az értéke. Átlagosan 1,832 mV-ot változik 1 °C-onként. A 29 °C-on és 30 V-nál mért feszültség "elégé alacsony" lett. Ennek oka modelláramkör konstrukciójából és a korai leolvasásból ered. A műveleti erősítő kimenetén fellépő feszültség beállási ideje a termikus időállandók miatt nagyon hosszú lett, és ezt az időt a referencia mérés felvételekor nem vártuk elégé ki, így rossz értéket olvastunk le a műszerről.

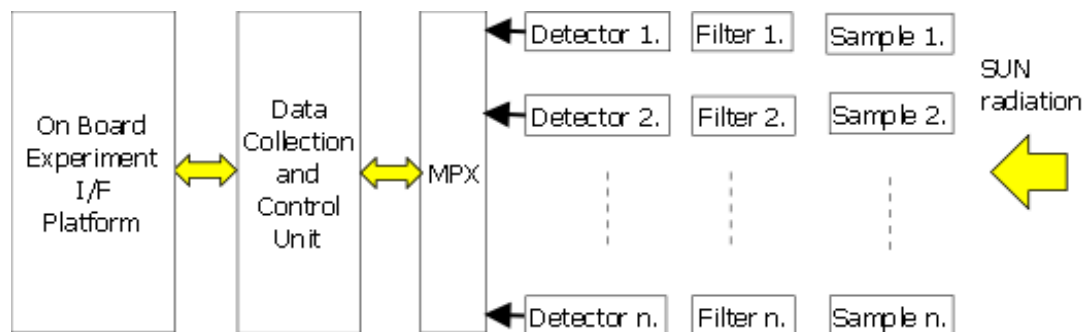
Összességében sikerült egy stabil fényforrást létrehozni, mely megfelelő alapot biztosít a további vizsgálatokhoz a rendszertervben betöltött feladat teljesítéséhez. Amennyiben a későbbiekben szükségessé válna a pontosság és hőfokfüggetlenség további

növelése, akkor első lépésként a szélesebb hőfoktartományú referencia elem választás, és a kevésbé hőfokfüggő offset feszültségű műveleti erősítő alkalmazás nyújt további lehetőséget.

4. Az „in situ” módszer második verziója

A kezdeti rendszertervről az egyes részek megvalósíthatósági szempontból történt részletesebb végiggondolás után, a rendszeres közös konzultációk során, végül úgy döntöttünk, hogy módosítanunk kell. Az új blokkvázlat a 23. ábrán látható. A legjelentősebb különbség az, hogy sikerült kiküszöbölni a rendkívül kockázatosnak tűnő optikai multiplexer úrkörülményeknek eleget tevő realizációjának szükségszerű kifejlesztését és az optikai "vonalak" hosszúságának szinte nullára csökkentését.

A kísérlet menetét a blokkdiagramon követhetjük nyomon. A Napból érkező ultraibolya sugárzás a mintában lévő pirimidin gyűrűket dimerizálhatja, a dimereket visszamonomerizálhatja. A legfontosabb célunk eme két folyamat kinetikájának vizsgálata. A blokkvázlat "átszervezés" alapötlete az, hogy a mintákat megvilágító 280 és 288 nm hullámhosszú sugarakat is közvetlenül a napsugárzásból szándékozunk kinyerni, minták után elhelyezett megfelelő szűrők segítségével. A szűrők mögé helyezett detektorokkal végezzük az optikai denzitás vizsgálatát, melyek a szelektált hullámhosszon érkező sugárzás intenzitásával arányos feszültséget közvetlenül előállítják. Ezzel a módszerrel a mintákat folyamatosan tudjuk vizsgálni és nincs szükség időnkénti optikai zárásra sem, mely további komplexitást csökkentő tényező. A detektorok által szolgáltatott mérési eredmények egy analóg multiplexer segítségével összegyűjtjük, és a kísérlet adatgyűjtője a telemetria csatornán keresztül továbbíthatja a földi vevőállomás felé.



23. ábra Az In-Situ kísérlet 2. verzió blokkvázlata

A fenti blokkdiagram egyes részeinek rövid funkcionális leírása a következő:

- On Board Experiment I/F Platform: A blokk magába foglalja a legfontosabb három műholdfedélzeti kapcsolódási felületet és az ehhez tartozó eszközöket. A benne lévő tápegység a platformtól kapott feszültséget átalakítja a kísérlet áramköreinek paraméter

igényei szerint. Ez a blokk foglalja magában a kommunikációs interfészt is, amelyen keresztül a kísérlet adatgyűjtő (Data Collection and Control Unit) blokkja küldi a mérési eredményeket és a szolgálati telemetria adatokat, illetve fogadja a parancsokat a standard fedélzeti protokoll szerint. Ez a blokk tartalmazza továbbá azt a mechanikus interfészt is, melynek segítségével mechanikusan és termikusan is csatlakozik a kísérlet a fedélzeti platformhoz.

- *Data Collection and Control Unit*: Az egység feladata mérési adatok kezelése (gyűjtés, tömörítés, kódolás), fogadott parancsok végrehajtása (ki-be kapcsolás, kalibrálás, működési paraméterek beállítása) és a kísérleti berendezés állapot információinak továbbítása, valamint a kommunikáció koordinálása a fedélzeti számítógéppel.

- MPX: Az egység egy megfelelő csatornaszámú címezhető analóg multiplexer.
- Detectors: Ezek megfelelően kiválasztott, SG Lux gyártmányú, szélessávú UV detektorok.

- Filter: Olyan optikai lyukszűrők, melyek a mintán átjutott a napsugárzás adott, teljes spektrumából kiszűri a megfelelő hullámhosszúságú jelet, mely a biológiai folyamatokat jellemzi. [10]

A fenti bevezetőben leírt kísérlet meghatározott sorrendű mérések sorozatára épül. Lehetőséget biztosít a minta folyamatos megfigyelésére, mely lehetővé teszi, hogy a Nap sugárzása által kiváltott folyamat dinamikáját olyan környezetben figyeljük meg, mely teszt környezet földi körülmények között nem alakítható ki.

A távlatinak számító célok eléréséhez különböző modellkísérleteken keresztül vezet az út. Jelenleg, az időközben felmerült, az UV detektorok földi és magas légköri alkalmazásának lehetőségeihez készítünk mérési adatgyűjtő rendszert, mely reményeink szerint egy ballonra fog felkerülni, mint egy extraterresztriális próbája a leendő ISS platformra szánt kísérletnek.

4.1. Fertőbozi obszervatórium

4.1.1. Az ötlet megfogalmazása

A nemzetközi konzorcium a részben "sikertelen" Expose-R kiértékelése miatt új missziós tárgyalásokba kezdett. A program jelenleg körvonalazódik ugyan, de ahhoz, hogy a munka folyjon, földi alkalmazási lehetőségeket is kerestünk.

Ilyen lehetőséget találtunk egy szakmai kirándulás során a Fertőbozon található Magyar Tudományos Akadémia Széchenyi István Geofizikai Obszervatóriumának

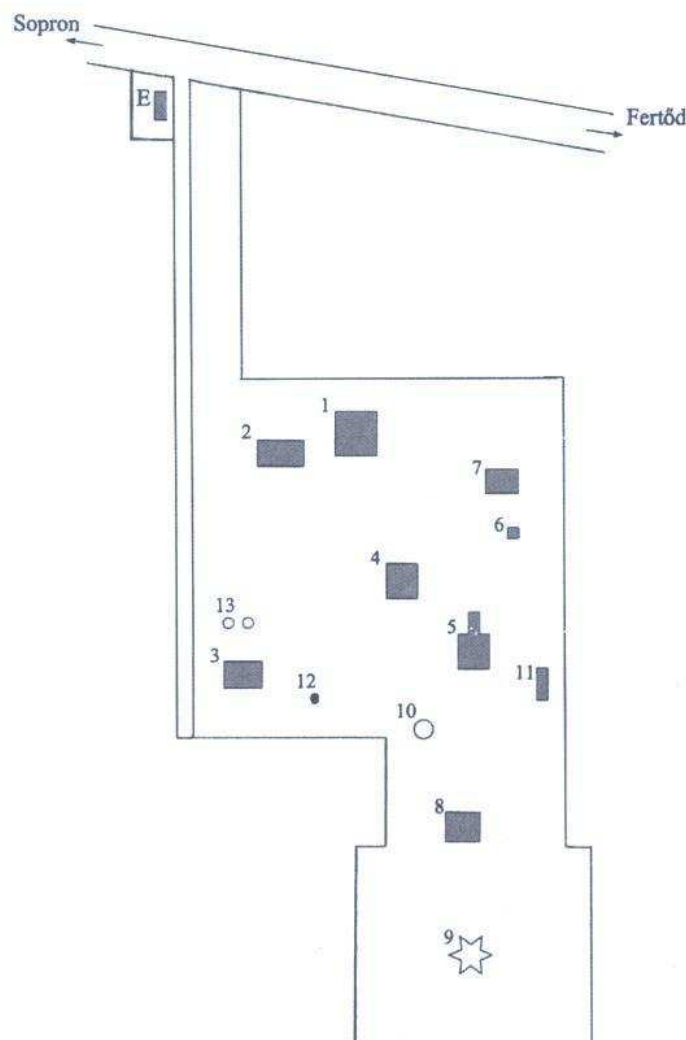
meteorológiai állomáson. Az obszervatórium telephelyén csak globális sugárzásmérő található, de felmerült az igény egy szelektív UV mérő berendezés készítésére. Ezzel párhuzamosan a SOTE-n Dr. Rontó Györgyi professzorasszony is jelezte, hogy támogatná, ha egy ehhez hasonló eszköz a SOTE épületének tetejére is felkerülne. Ebből következően természetesen nekünk is eszünkbe jutott a V2 épületünk tetejére helyezni egy ilyen berendezést.

Ezen indítatásokból határoztuk el, hogy az UV detektorokhoz készítünk mérési adatgyűjtő rendszert.

4.2. Az adatgyűjtő blokkvázlata

A Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai és Geodéziai Kutató Intézetének igazgatójával és az obszervatórium vezetőjével történt egyeztetések után lett kialakítva a blokkvázlat. Beleegyeztek abba, hogy amennyiben megvalósítjuk a berendezést és sikerül megfelelően telepítenünk, a mérési adatokat beilleszthetjük a fertőbozi obszervatórium adatfolyamába, így idővel az Interneten elérhetővé válik.

A megállapodásnak megfelelően már tervezésnél figyelembe kellett venni az obszervatórium belső telepítési szabályait és a jelenlegi kis méretű automata meteorológiai állomás elhelyezkedését a telephelyen, melynek alaprajzát 24. ábrán lehet áttekinteni.



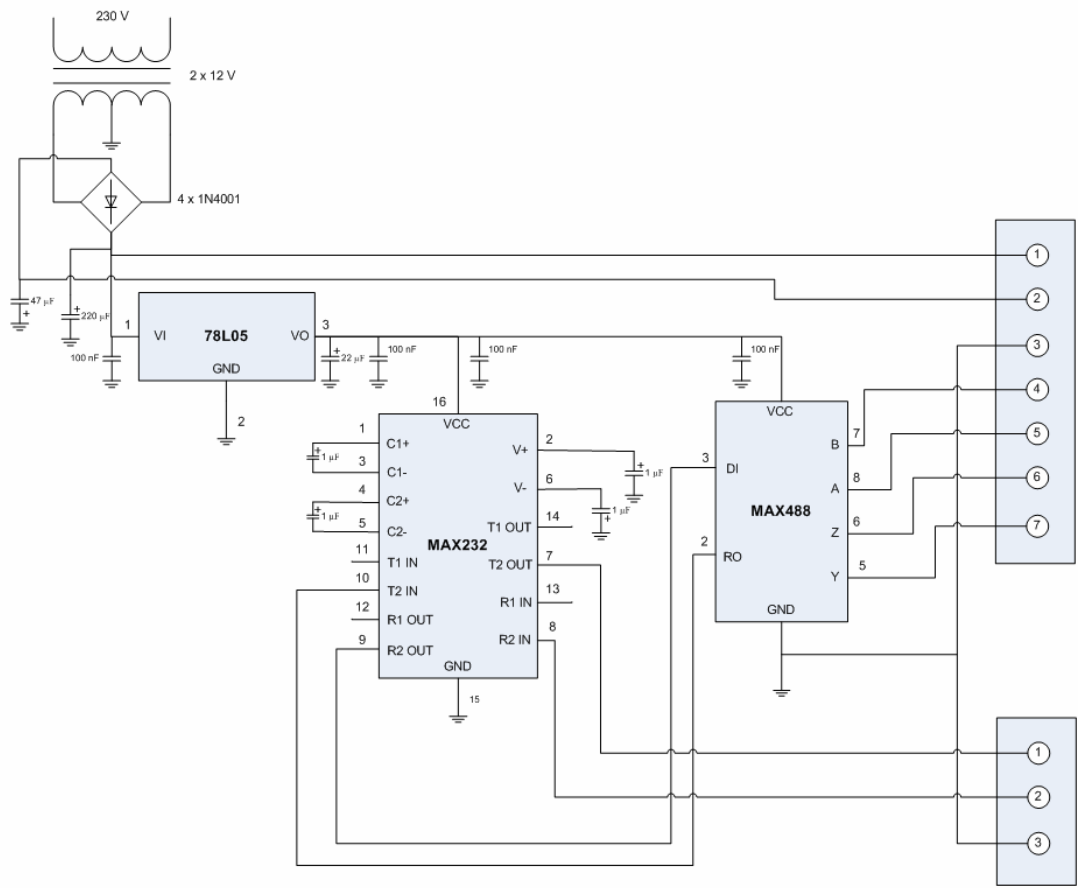
E – Entrance, 1 – Main building with staff hostel and electronic laboratory, 2 – Telluric instruments and office, 3 – Atmospheric electricity centre (laboratory of Schumann resonance, potential gradient, point discharge and radiowave absorption measurements), 4 – Magnetic absolute house with four pillars, 5 – Underground magnetic variometer chambers, 6 – Proton magnetometer (DI/DD) hut, 7 – Computer centre (data loggers, server of local network, satellite transmitter) 8 – Ionosonde station, electric and mechanical workshop, 9 – Ionosonde D-antenna, 10 – Meteorological station, 11 – ELF induction coil chamber, 12 Ball antenna (Schumann resonance antenna), 13 – Potential gradient sensors

24. ábra A Széchenyi István Obszervatórium alaprajza

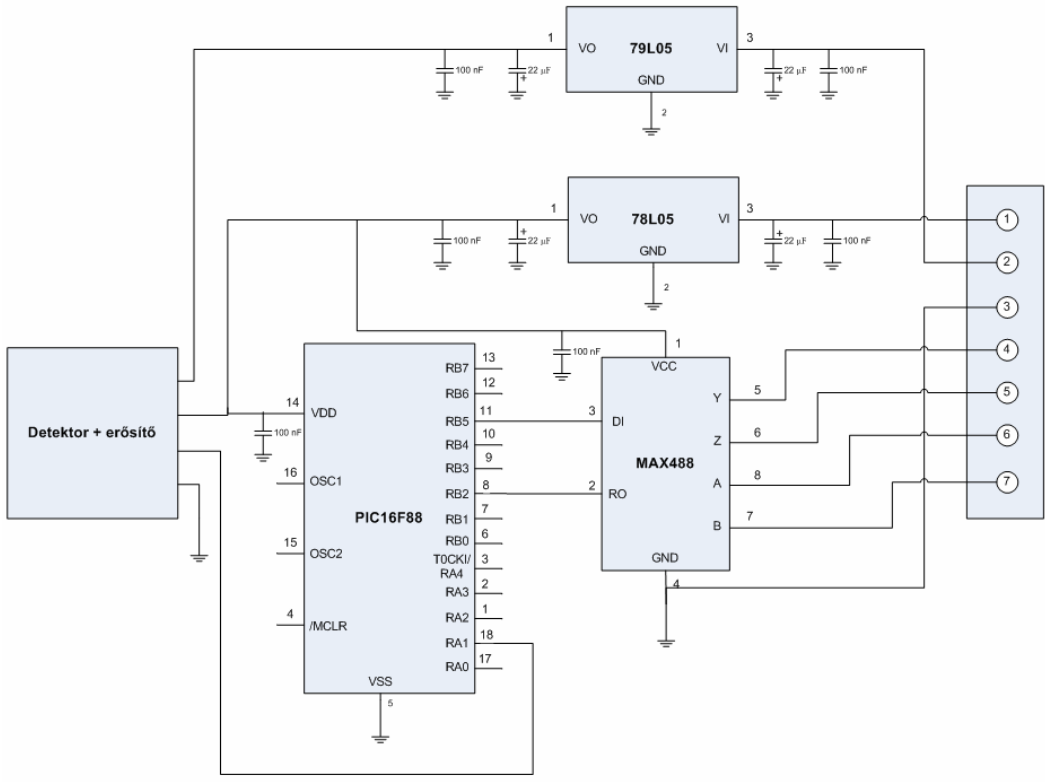
Az ábrán a 10-es pont jelöli a meteorológiai állomást. Ezen a valamivel kevesebb, mint 2 hektáros területen nagyjából az obszervatórium közepén található, az abszolút és relatív házak közelében. Ettől kb 200 m-re helyezkedik el a télen is fűtött helyiség, ahol a számítógépek folyamatosan működnek. A 200 m-t a telephelyen már kiépített, megfelelő kábelcsatornák figyelembevételével becsültük.

Tekintetbe véve az obszervatóriumban jelenlévő regisztrációs elveket, úgy döntöttünk, hogy a berendezést két részre bontjuk: beltéri és kültéri egységre. A beltéri egységben elhelyezkedő áramkört úgy terveztük, hogy közvetlenül a számítógép közelében helyezzük el, míg a külső "konténert", mely a detektort és az erősítőjét tartalmazza, a meteorológiai állomásra, a globális sugárzás mérő berendezés mellé szeretnénk felszerelni. Úgy gondoltuk, hogy ez a pont az, amely viszonylag nagy „optikai kilátást” biztosít. Ennek a telepítési elképzelésnek, valamint a felvetődött egyetemi helyszínek adottságainak, és egy esetleges jövőben felvetődő alkalmazásnak a tekintetbe vételével alakítottuk ki a rendszer blokkvázlatát, így a két egység nagy távolságok áthidalására is képes, esetünkben ez most maximum 3 km.

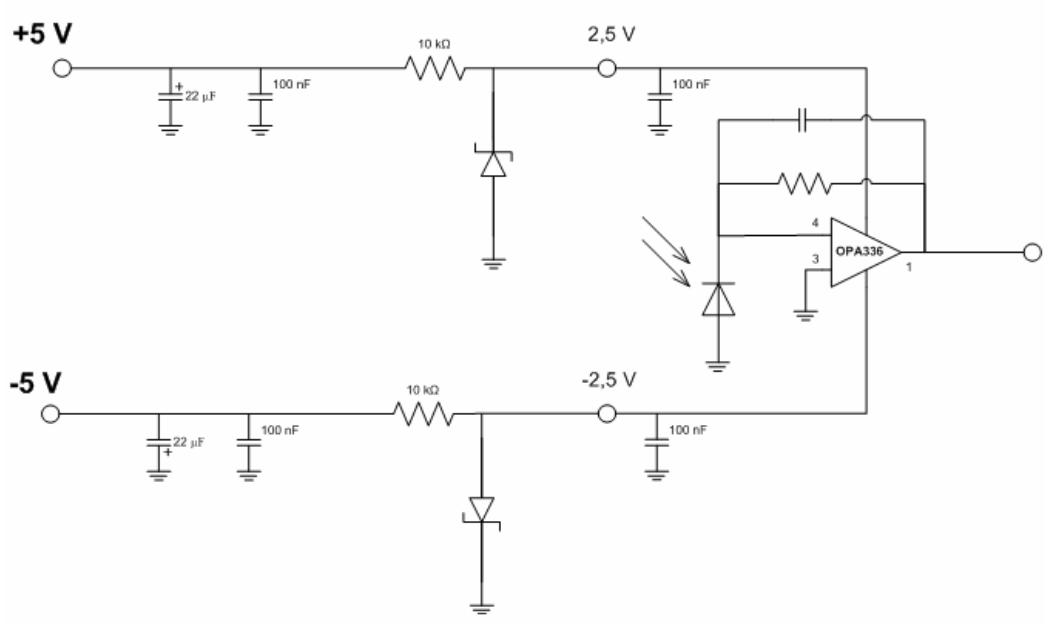
A részletes kapcsolási rajzot a 25. ábrán mutatjuk be.



25. ábra A beltéri egység

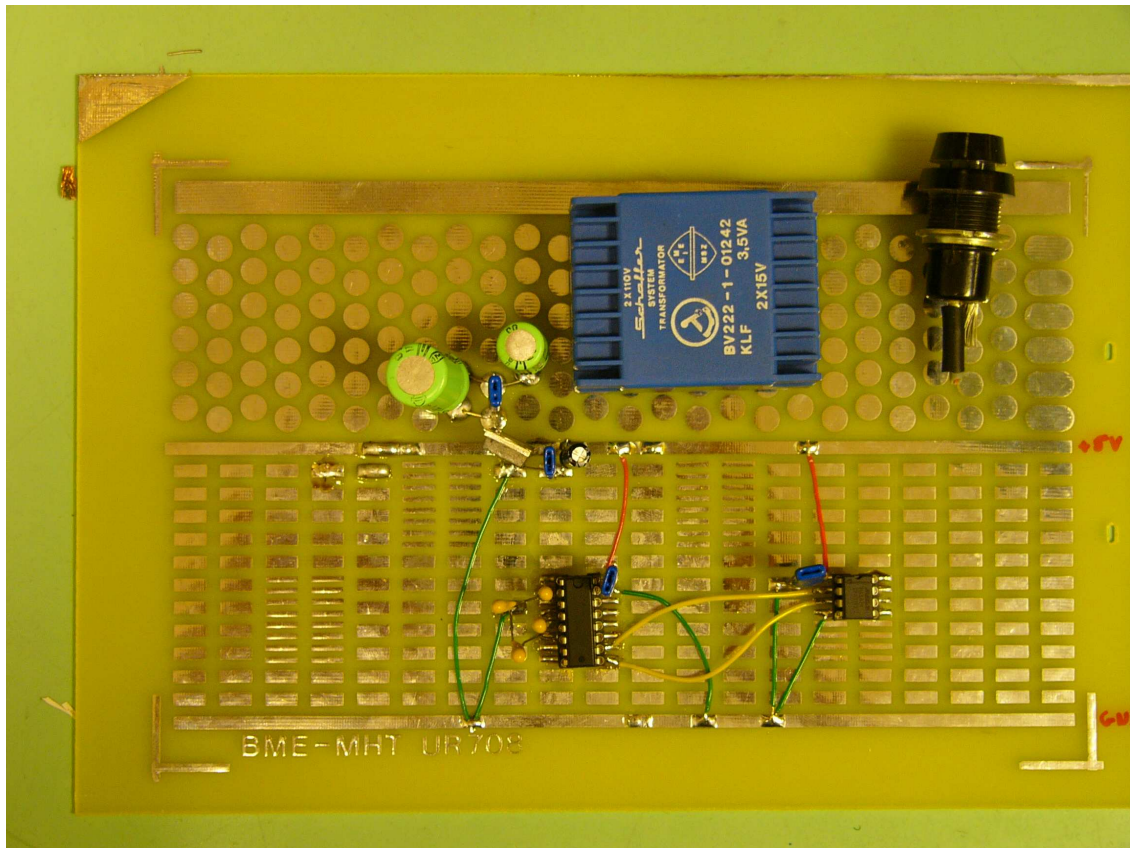


26. ábra A kültéri egység

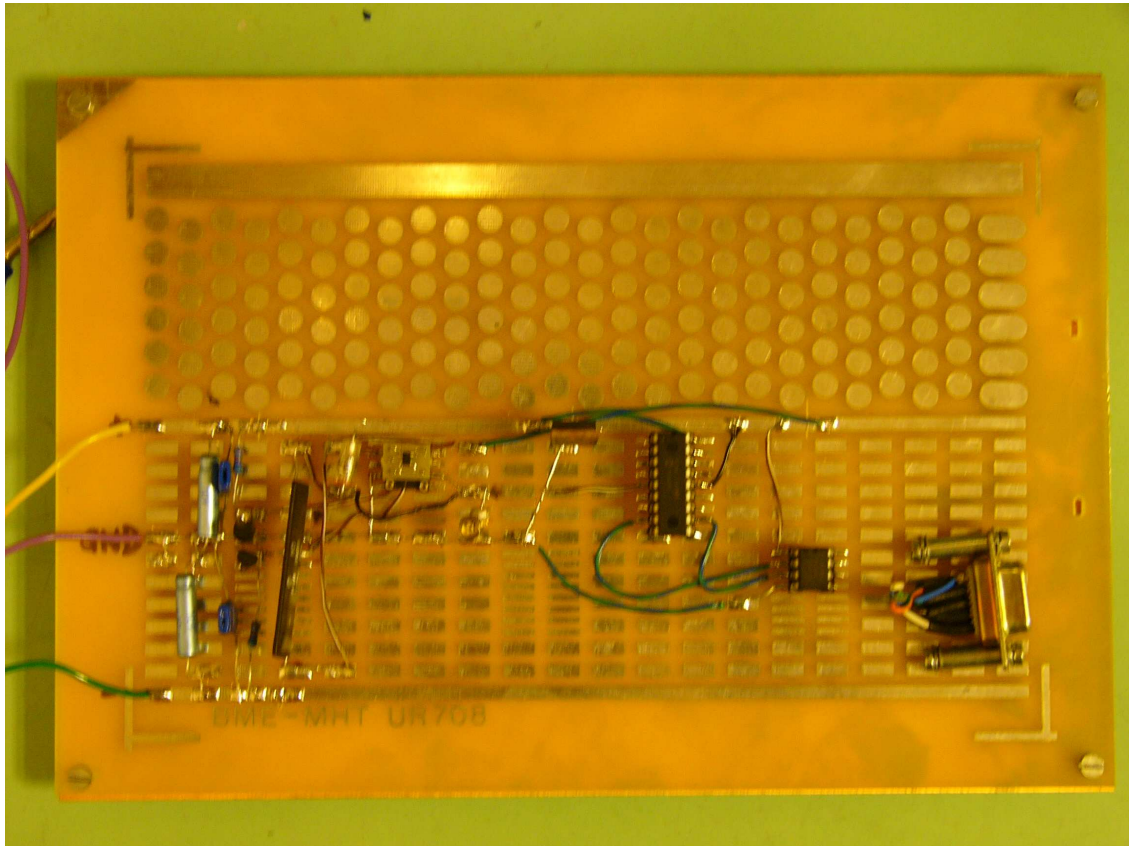


27. ábra A detektor és az erősítő kapcsolási rajza

A 28-29-es ábrán az eddig elkészült kül- és beltéri egység modelláramköre látható.
Reményeink szerint a konferencia előadásban már mérési eredményeket is sikerül prezentálni.



28. ábra A beltéri egység modellje



29. ábra A kültéri egység modellje

A munka jelenlegi fázisában a kültéri egység kialakításával még nem foglalkoztunk, így nem tudunk pontos konstrukciót adni. Ezt annak szem előtt tartásával szándékozunk a jövő év I. negyedévéig megtenni, hogy egy olyan működő rendszert hozzunk létre, mely ugyanazon elven működik, és ugyanazt a detektort használja, mint a majdani űreszköz fedélzeti UV mérő berendezés. Tehát ez a részfeladat egy "űrtechnológia" földi kipróbálásának is tekinthető.



30. ábra A meteorológiai állomás

Mint említettük a kültéri egységet a meteorológiai állomás mellé kívánjuk telepíteni. Az állomás, ahogy a 30. ábrán láthatjuk ferdén áll. Ez telepítési problémákat vetett fel, mellyel kapcsolatos egyeztetések során, első lépésként felvetődött az állomás szerkezeti a rekonstrukciójának szükségessége, de ez a berendezés fejlesztése szempontjából indifferens. További probléma volt a hálózati tápellátás kérdése. Egy lehetőségnek tekintettük, hogy a meteorológiai állomás energia elosztó dobozából vegyünk energiát, de a kültéri egység időjárásálló kivitelezése és az ebből fakadó életvédelmi kockázatok miatt, valamint a becsült

energia fogyasztás alapján arra az elhatározásra jutottunk, hogy beltéri egység lássa el energiával a kültérit. Azért tudtuk ezt megtenni, mert a kinti egység fogyasztása viszonylag alacsonynak mondható. Főleg az alkalmazott feszültségszabályozók (78L05, 79L05) saját fogyasztása dominál benne, mivel a külső egységbe kiválasztott PIC16F88 mikrokontrollerének kevesebb, mint 40 mW, a kommunikációs áramköröké (MAX488), és a detektor egységé (erősítővel együtt is) pedig ehhez képest is elhanyagolható.

A detektor méretezésénél fontos szempont volt, hogy a mért áram ne legyen kisebb, mint 1 nA. Ezt a pontosságot korábbi mérőerősítő fejlesztési tapasztalatok és a detektor gyártójának ajánlása szerint adtuk meg. Egy műholdfedélzetre tervezett detektor erősítő modelláramkörén a detektor 1 nA-es áramát jelenleg 10%-os pontossággal kell megmérnünk. Ezt komolyabb árnyékolás és szűrés nélkül is sikerült teljesítenünk. A munka jelen fázisában úgy gondoltuk, hogy egyelőre ezt a célt tűzzük ki ebben a projektben is. [13]

A detektor erősítésénél fontos szempont volt, hogy nagy érzékenységgű legyen. Végül az OPA336 viszonylag új erősítőre esett a választásunk. Ennek fő oka, hogy rendkívül kicsi a bias árama, mindösszesen 0,9 pA, tehát kifejezetten alkalmas érzékeny optikai detektorok jelének erősítésére. Jelenleg a SOTE laborjában is dolgozunk a detektor és az erősítő kalibrációs módszerének kidolgozásán, de sajnos az eszközökhöz való hozzáférés időben erősen korlátozott a normál biofizikai és sugárbiológiai laborok oktatási terhelése miatt. Nem kalibrált méréseket végeztünk Görögországban (Athén) és Svédországban (Esränge) is. Mivel ismert, hogy északon vastagabb légrétegen keresztül jut a Nap sugárzása a felszínre a modelláramkör erősítését több diszkrét érték beállítására tettük alkalmassá.

5. Összefoglalás

A dolgozat megírásakor nem lehetett törekedni teljességre, mert úgy érezzük, hogy egy több éves kutatómunka elején vagyunk, mely átível az egyetemi kurzusok és az évenként rendezett TDK konferenciák időablakain. A kutatás-fejlesztés progressziója során újabb és újabb alkalmazási lehetőségek vetődtek fel.

A több éves fejlesztés-kutatás jól összehangolt csoportmunkát igénylő komplex tevékenység. A csoporton belüli munkamegosztás szerint a dolgozatban a tudományos kísérlet asztrobiológiai és informatikai háttérét elsősorban Goldschmidt Gergely képviselte, míg a villamosmérnöki oldalon Kovaliczky Éva állt.

A csoport jelentkezett a kísérlettel az ESA BEXUS hallgatói programban való részvételre. A program keretében jövő év októberében lehetőségünk nyílna a kísérletünk sztratoszféraballon fedélzeti kipróbálására, amely már extraterresztriális jellegénél fogva közelíti az űrkörülményeket. Ennek kapcsán vetődött fel magaslégköri aeroszolkoncentráció mérés lehetősége, amely a jelenlegi struktúrán egyszerű paramétermódosítással megvalósítható.

Ábrajegyzék

1. ábra 1984-ben az Antarktiszon talált meteorit (ALH 84001) elektronmikroszkópos képe	5
2. ábra lakhatósági zóna	6
4. ábra spektrométer	10
5. ábra piranométer	10
6. ábra biodoziméter	12
7. ábra UV moldellorganizmusok	12
8. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 1	13
9. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 2	14
10. ábra Optikai denzitás a dózis függvényében 3	14
11. ábra Teljes spektrum 1	15
12. ábra Teljes spektrum 2	15
13. ábra Normalizált teljes spektrum	16
14. ábra A kísérleti berendezés elvi sémája	18
15. ábra A részletes blokksema	19
16. ábra Az alapáramkör	21
17. ábra A részletes áramköri séma	22
18. ábra Referencia pontok tápfeszültség függése	24
19. ábra Az áram tápfeszültség függése	24
20. ábra Az áram változás a hőmérséklet függvényében a tápfeszültséggel paraméterezve	25
21. ábra A referencia változás a hőmérséklet függvényében	27
22. ábra A tranzisztor bázis-emitter feszültség változása a hőmérséklet függvényében	28
23. ábra Az In-Situ kísérlet 2. verzió blokkvázlata	30
24. ábra A Széchenyi Isván Obszervatórium alaprajza	33
25. ábra A beltéri egység	35

26. ábra A kültéri egység	36
27. ábra A detektor és az erősítő kapcsolási rajza	36
28. ábra A beltéri egység modellje	37
29. ábra A kültéri egység modellje	38
30. ábra A meteorológiai állomás	39

Irodalomjegyzék

- [1] Goldschmidt Gergely - Kovaliczky Éva - Rontó Györgyi - Bérces Attila - Kovács Gáspár Az EXPOSE-R konzorcium PUR kísérlete
XXVII. Ionoszféra és Magnetoszférafizikai Szeminárium, Baja, (2010)
- [2] Goldschmidt Gergely – Kovaliczky Éva - Rontó Györgyi - Bérces Attila
In situ biosimetric experiment for astrobiological goal
AbGradCon'11 (Astrobiology Graduate Conference), Bozeman, Montana, USA
- [3] Goldschmidt Gergely – Kovaliczky Éva – Rontó Györgyi - Bérces Attila
Biosimetric experiment in space environment
11th EANA (European Astrobiology Network Association) Conference, Köln
- [4] Goldschmidt Gergely – Szabó József - Rontó Györgyi - Bérces Attila
In situ biosimetric experiment for the ISS EXPOSE platform
2nd International Conference on Space Technology, Athén, (2011)
- [5] Goldschmidt Gergely: Asztrobiológiai célú UV dozimetriás kísérlet az ISS-en
MTA GGKI Sopron 2011. március
- [6] G. Horneck, Ch. Baumstark-Khan: Astrobiology; The quest for the conditions of life,
Springer; Berlin, Heidelberg, 2002
- [7] Kerékgyártó et al. (1997) Central European Journal of Occupational and
Environmental Medicine, 3; 143-152
- [8] P.Gróf et al. (1996) Photochem. Photobiol.64; 800
- [9] Rontó et al. (1994) Photochem. Photobiol.59; 209-214
- [10] Kovacs G., Fekete A., Berces A., Ronto Gy.: The effect of the short wavelength
ultraviolet radiation. An extension of biological dosimetry to the UV-C range. Journal of
Phoychemistry and Photobiology B-Biology, 88 (2-3): 77-82 SEP 25 (2007).
- [11] Mukund R. Patel: Spacecraft Power Systems, CRC Press, (2005).
- [12] Maini A.K., Agrawal V.: Satellite Technology (Principles and Applications), John
Wiley & Sons Ltd, (2007).
- [13] Király Richárd: Műholdfedélzeti Langmuir szonda analóg egységeinek tervezése,
Diplomaterv, 2011.
- [14] Derating requirements applicabla to electronic, electrical and electro-mechanical
components for ESA space systems, ESA PSS-01-301 Issue 2 April 1992

- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/RNA_world_hypothesis
- [16] Kovaliczky Éva: Asztrobiológiai célú UV dozimetriás kísérlet mérés technikája
MTA GGKI Sopron 2011. március