



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2025.

SERAPH DIÁKMŰHOLD

Seraph student „satellite”

Készítette: Csaba Zsigmond Horel Anna Magó Máté

12. évfolyam, 12. évfolyam 12. évfolyam

Premontrei Iskolaközpont, Gödöllő

Témavezető: Dr. Seres István, egyetemi docens,
MATE Matematika és Természettudományi Alapok Intézet,
Fizika Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: „Műszaki szekció”

Gödöllő

2024.

Tartalomjegyzék

Tartalom

Bevezető:	4
Másodlagos, fő küldetés:	4
CanSat modul leírása:	6
A küldetés áttekintése:	6
Mechanikai, szerkezeti felépítés:	7
Az áramkör felépítése, szenzorok:	8
Szoftver felépítése:	10
Ejtőernyős rendszer:	11
Földi állomás:.....	12
Költségvetés:.....	14
Beszerzési árak:	14
Támogatás:.....	14
Tesztelés:.....	16
Elsődleges küldetés tesztelése:	16
Légnyomás kalibrációs mérése:	16
Hőmérséklet kalibrációs mérés:.....	17
Ejtési tesztek:.....	17
Rádiós tesztek:	19
GPS tesztek:.....	19
Másodlagos küldetés tesztelése:	20
CO ₂ -érzékelő (SCD30) kalibrációja:	20
Spekrométeres mérések:	22
Eredmények a rakétás ejtésekben:.....	24
GPS:.....	24
Rádió:	24
Méréseink:	26
Légnyomás mérése:.....	26
Magasság mérése:.....	26
Fedélzeti hőmérséklet mérése:.....	27
Gyorsulás mérése:	28
Szén-dioxid szint mérése:	28
Képelemzés:	29
Népszerűsítés:	31

Követelmények:.....	34
A Cansat elektromos teljesítményének meghatározása:	34
Röviden az űrbe fejlesztett panelünkről:	36
Hivatkozások:.....	37
Tudománynépszerűsítés / kiegészítő információk / média megjelenések:	38

Bevezető:

A pályamunka az Európai Űrügynökség diák műhold építő versenyének (ESA Cansat verseny) magyarországi fordulójára (Cansat Hungary 2024) készült Seraph “műhold” tervezésével, építésével, tesztelésével és a fellövés utána eredmények kiértékelésével kapcsolatos munkát mutatja be.

Csapatunk a Premontrei Szent Norbert Gimnázium 2025-ben érettségiző fizika fakultációs diákjaiból szerveződött, és a 2023 november és 2024 április között elvégzett munka eredményeként valósult meg. A Cansat verseny során egy kólásdoboz méretű, meghatározott feladatokat ellátó “műholdat” kell építeni, amelyet egy rakétával 1000- 1500 méterre kell felkísérni, és a meghatározott sebességű ejtőernyős ereszkedés közben különböző -részben kötelező - méréseket kell végeznie, amelynek eredményét rádióval egy földi állomásnak le kell sugároznia. A kötelező feladatok -légnyomásmérés, hőmérsékletmérés, a mért adatok kisugárzása- mellett saját, a csapat által kitalált feladatot is kell teljesíteni. Esetünkben a gyorsulásmérés mellett (érdekelt bennünket, hogy milyen erőhatások vannak egy rakéta kilövésekor), egy GPS helymeghatározó chip is került a Cansat-be, hogy biztosan megtaláljuk a leérkezés után.

Másodlagos, fő küldetés:

Másodlagos küldetésnek két fő eleme volt, mindkettő a környezetvédelemmel kapcsolatos: Az első a széndioxid koncentráció mérése, amit egy CO₂-szenzor segítségével mértünk, hiszen ez környezetvédelem szempontjából az egyik legfontosabb légköri paraméter.

Mivel a szén-dioxid gáz nehezebb (44 g/mol), mint a levegő (29 g/mol), koncentrációja függőleges irányban felfelé haladva csökken, ahogyan azt az irodalmi adatok is mutatják [1]. Ennek ellenőrzésére egy SCD30-as precíziós CO₂-szenzort telepítettünk a CanSat-re, amely képes 2 másodpercenként meghatározni a CO₂-szintet. Működése az infravörös sugárzás CO₂ gázban történő elnyelődésén alapszik, szenzorunk egy speciális hullámhosszú infravörös LED fényének a levegőben való elnyelődését méri egy infra detektor segítségével. A szenzor I2C kommunikációs portot használ, így kezelése egyszerű, a kalibrálását a tesztelési terv részletezi.

A második elem, hogy a CanSat alján elhelyezett kamera a leszállás során videót készít. Ezáltal több képet tudunk készíteni különböző magasságokból (a magasságot ismerjük a légnyomás

vagy a GPS adatok alapján). Az adatok elemzésekor, miután hozzáférünk a CanSat-en tárolt adatokhoz, meghatározzuk a zöld területek (fák, bokrok, fű) százalékos arányát, mivel ezek hatással vannak a CO₂-szintre.

Ezen felül, a képeket kielemezve, mesterséges intelligencia segítségével (amit később részletezünk), utakat is keresünk a zöld területeken, amely segítséget tud nyújtani a tájékozódásban.

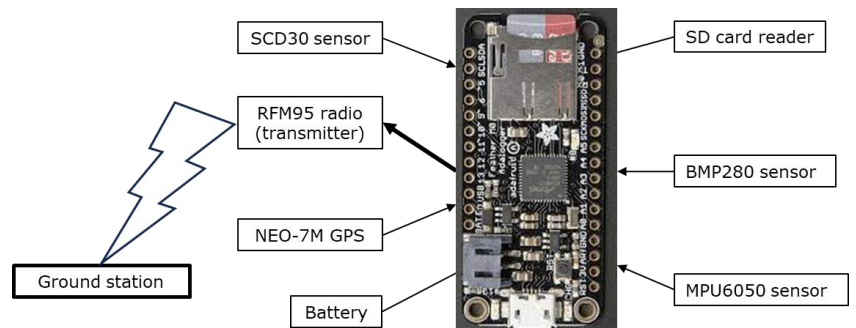
Az eszköz sikeresen teljesített, és az elvégzett munkáért a csapat tudományos különdíjban részesült. A sikeres szereplés jutalmaként lehetőséget kaptunk, hogy egy igazi műholdra is saját mérő-panelt fejlesszünk, amit röviden a leadott anyag végén mutatunk be.

CanSat modul leírása:

A küldetés áttekintése:

A repülés során a BMP 280-as szenzor méri a hőmérsékletet, és a légnyomást. Ezeket eltárolja egy SD-kártyán, majd továbbítja a földi állomásra rádiójelek segítségével. Modulunk egy hozzáerősített ejtőernyő segítségével, ami miatt a

nagyjából 1km-es ereszkedése során, 7 m/s sebességre gyorsul fel. Az eszköz könnyű fellelésének érdekében, modulunk egy GPS eszközt is tartalmaz. A modul áramellátását egy akkumulátor biztosítja, a kamerán kívül minden eszköz számára, aminek kapacitása lehetővé teszi a több mint 4 órán keresztüli működést.

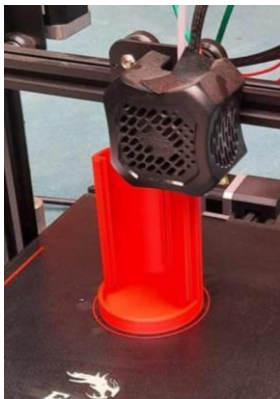


- Az indulás során fellépő nagymértékű gyorsulás a legnehezebben szimulálható esemény, ami kárt tehet az eszközben, pont ezért különösen fontos. Ehhez hasonló az SD kártya olvasó és a kártya csatlakozása, aminek esetleges elcsúszása esetén, ellehetetlenül az adatmentés. Ennek elkerülésének érdekében, az SD-kártyatartót ragasztószalaggal erősítettük meg.
- Továbbá fontos az ernyő helyes hajtogatása, mert nem megfelelő hajtogatás esetén összegubancolódhat a levegőben, ami nagyobb sebességet, rövidebb repülési időt és nagyobb becsapódási erőt okoz. Ennek elkerülése érdekében úgy hajtogattuk a kis ernyőnket, mint egy siklóernyős a saját ernyőjét.
- A másodlagos küldetéshez használt kamera önálló SD kártyával rendelkezik, illetve külön, peremekkel rögzítve van. Ennek köszönhetően feltehetően nem csúszik ki nagy erőhatások esetén sem.

Mechanikai, szerkezeti felépítés:

A házat az Autodesk Fusion360, egy 3D-s tervezőprogram segítségével terveztük. Két félhengerből áll, amelyek oldalain sínek találhatók a pontos illesztés érdekében, így a két burkolat könnyen összeilleszthető és állítható.

A felső és alsó peremek szintén ezt segítik. Az egyik henger alján egy 1 cm átmérőjű kör alakú lyukat fűrtünk, ahová a kamera lencsáját helyeztük, hogy ereszkedés közben képeket készíthessünk a műhold alatt elterülő területről. A kamera a CanSat alján egy 2,34x2,34 cm-es, 0,58 cm magas négyzetes tokban helyezkedik el.

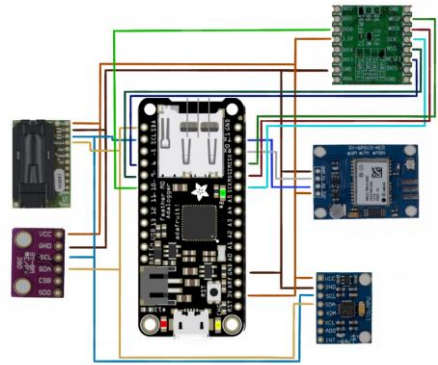
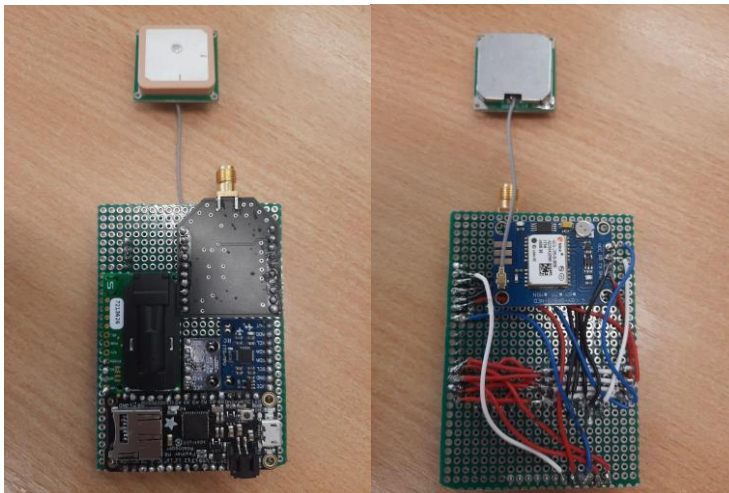


A henger belsejében egy tartószerkezet található, amelyhez az alaplapot ragasztjuk. A henger, az alap és a fedél vastagsága 3 mm, amik a tesztelés során elégséges vastagságúnak bizonyultak.

A burkolat első változata fehér PLA-ból készült, de a végső változat élénkpiros PLA-ból van. Ez nagymértékben megkönnyíti a CanSat megtalálását annak földetérése után.

A küldetéshez használt mikrokontrollert és a szenzorokat egy áramköri lapra forrasztottuk. A forrasztások biztosítják, hogy a vezetékek rögzítve maradjanak, minimálisra csökkentve annak esélyét, hogy érintkezzenek vagy eltörjenek a repülés során. A forrasztásnak köszönhetően stabil és megbízható kapcsolatot biztosítunk a mikrokontroller és a szenzorok között, ami elengedhetetlen a küldetés sikeres végrehajtásához.

Az áramkör felépítése, szenzorok:



Mikrokontrollernek az Adafruit Feather M0 Adalogger-t választottuk, mivel ahogy a neve is mutatja, kicsi és könnyű, emellett beépített SD-kártyaolvasóval is rendelkezik, ami egyszerűbbé teszi az adatok archiválását és biztonsági mentését (arra az esetre, ha a rádiós kapcsolat valamilyen okból megszakadna) [2].

Az elsődleges küldetéshez a BMP280 [3] szenzort választottuk, mivel tesztjeink során pontosnak bizonyult. Emellett az is pozitívum, hogy az elsődleges küldetés összes feladatát képes megvalósítani.

A másodlagos küldetéshez a gyorsulás mérésére az MPU6050 [4] szenzort, míg a légköri széndioxid szint mérésére az SCD30 [5] szenzort használjuk. Mindegyik eszközt kalibráltuk.

A repülés alatt a zöld területek arányának méréséhez egy mini HD kamerát használunk, amely független áramellátással rendelkezik (beépített akkumulátor, az eszköz típusa SQ11 [8]).



A CanSat megtalálásának megkönnyítése érdekében egy Neo 7M GPS-t [6] is beépítettünk a rendszerbe. A Neo 7M tesztjeink alapján méteres pontosságú adatokat szolgáltat, így biztosak lehetünk benne, hogy a CanSat-et a földet érése után meg tudjuk találni. A GPS és a mérések

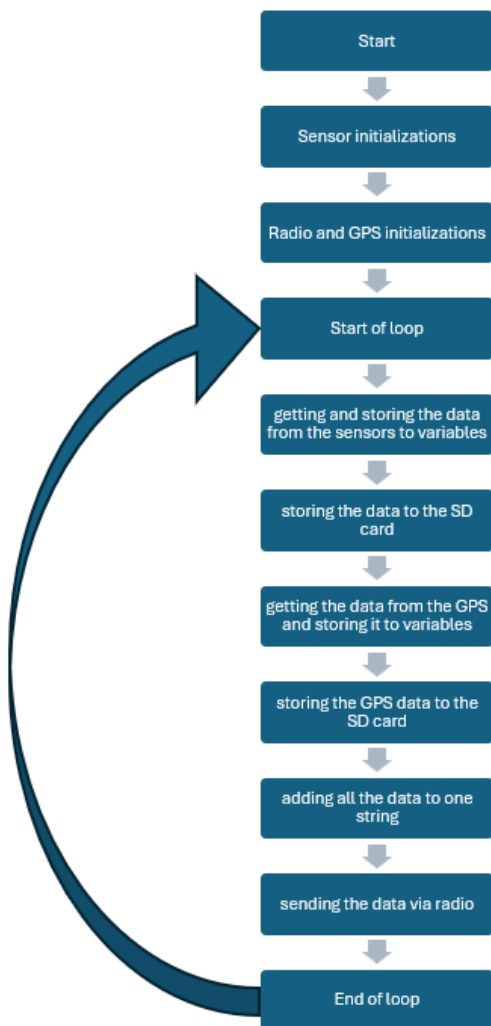
adatait másodpercenként továbbítjuk egy RFM95W [7] rádióchip használatával a földi állomásnak.

Az eszközök áramigényét a következő táblázat mutatja:

Eszköz	Áramigény
BMP280	0,1 mA
MPU6050	3,9 mA
SCD30	8,5 mA
NEO 7M	17 mA
RFM 95	87 mA
Adafruit Feather	15 mA
Összesen:	131,5mA

Az akkumulátorunk egy PKCELL LP 503562 1200 mAh. A Cansatünk fogyasztását 130 mA-re becsültük, ez alapján az akkumulátor körülbelül 10 órán át képes energiaellátást biztosítani.

Szoftver felépítése:



A kísérlet várható ereszkedési ideje körülbelül 150 másodperc, azonban az adatokat a rakéta indításától kezdve egészen a CanSat megtalálásáig rögzítjük, amely egy körülbelül 4 órás időtartam. Ezen időszak alatt megközelítőleg $1 * 60 * 240$ rádiójelet továbbítunk (másodpercenként egyet), és ugyanennyi adatot írunk az SD-kártyára. A lementett adatok körülbelül 5760 kilobájt ($50/125 * 240 * 60 = \text{jelek karakterekénti száma} / \text{kilobájtunkénti karakterek száma} * \text{ismétlések száma}$), helyet foglalnak, ami összesen 5,625 (~ 6 MB) megabájt helyet foglal. Ez az adatmennyiség könnyedén tárolható egy 8 gigabájtos SD-kártyán.

A kód szerkesztéséhez az Arduino IDE szoftvert használjuk, amely könnyen kezelhető és tartalmazza az összes szükséges könyvtárat az érzékelők működtetéséhez.

A repülő modulunk programkódja az alábbi linken érhető el:
https://github.com/mateking0/Seraph-Cansat/blob/main/flight_module_code.ino

Ejtőernyős rendszer:

A Cansatnak a talajra való biztonságos visszaérkezését egy ejtőernyő biztosította, amelyet karabinerrel a Cansat felső lapján rögzített szemes csavarokhoz erősített kötelekkel rögzítettünk a műholdhoz.



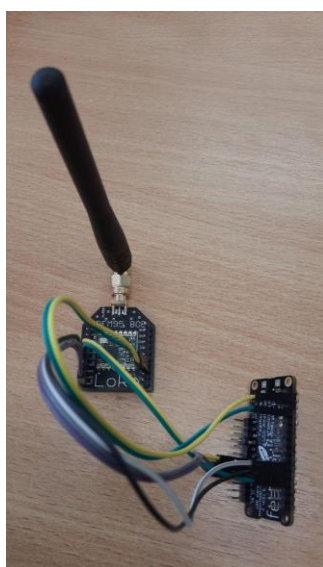
Az általunk használt ejtőernyő egy közelítőleg kör alakú ernyő (a valóságban nyolc szegmensből varrtuk össze, így korrektebb lenne nyolcszög alakú ernyőnek hívni). A méretét, azaz a “kör” sugarát azon fizikai elv alapján határoztuk meg, hogy az állandó sebességgel való esés közben az eszközre ható gravitációs erőt a közegellenállási erő kompenzálja. Mivel a műhold tömegét ismertük, a közegellenállási erőre vonatkozó összefüggésből (az alaktényező ismeretében, amit az irodalom alapján 1,1-es értékkel számoltunk) a homlokfelület, és ebből az ejtőernyő “sugara” meghatározható volt, amire 15,8 cm értéket kaptunk. Az ejtőernyő közepén hagytunk egy kis lyukat, mert a kísérleteink szerint az esés így stabilabb volt, kevésbé imbolygott esés közben a Cansat.



A verseny során azt is igazolnunk kellett, hogy az ejtőernyő és a felfüggesztése legalább 50 N erőt el képes viselni, ennek tesztelése során az ernyőre 9 liter vizet akasztottunk, így az előírt értéknél majdnem kétszer akkora terhelést alkalmazva.

Földi állomás:

Földi állomásként egy laptopot és egy, a laptophoz csatlakoztatott Adafruit Feather M0 mikrokontrollert használunk. A mikrokontrollerhez ugyanaz a rádióchip (RFM95W) csatlakozik, mint amilyen a műholdon is megtalálható. Ily módon a műhold által mért adatokat a rádió segítségével továbbítjuk a laptopra, ahol azokat elmentjük és feldolgozzuk.



A földi állomás

Bejövő adatok innen: Soros USB-eszköz					
Ebben a szakaszban fognak megjelenni a jelenlegi adatforrásból érkező a					
Jelenlegi adatok					
TIME	myTime	Temperature	Pressure	Altitude	
15:55:31,90	255723	27,37	100271,8	135,68	
Előzményadatok					
TIME	myTime	Temperature	Pressure	Altitude	
15:55:31,90	255723	27,37	100271,8	135,68	
15:55:30,90	254716	27,36	100259,93	136,67	
15:55:29,89	253711	27,44	100268,67	135,94	
15:55:28,89	252704	27,49	100268,46	135,96	
15:55:27,88	251698	27,51	100268,43	135,96	

Excel adatküldő funkciója működés közben

A földi állomáson a mikrokontroller közvetítő egységként működik a rádióchip és a laptop között, maga az adatgyűjtés és feldolgozás a számítógépen futó programok segítségével történik. Egy nyilvánvaló és kényelmes megoldás a Microsoft Excel alkalmazás használata, amelynek Adatküldő funkciója lehetővé teszi, hogy közvetlenül olvassuk a mikrokontrollertől (tehát a rádiótól) kapott mérési adatokat. Ezek az adatok Excel-táblázatban is tárolhatók, és akár a közvetlen vizualizációt vagy a grafikonkészítést is lehetővé tesznek. Természetesen ezek az adatok közvetlenül a számítógépre is menthetők későbbi adatfeldolgozás céljából.

A rádiófrekvencia 868 MHz-es tartományban van, és a CanSat szoftverével finomhangolható:

```
#define RF95_FREQ 868.0
```

A zsűri által kiosztott frekvencia ez alapján könnyedén módosítható.

A földi állomás programkódja az alábbi linken érhető el:

https://github.com/mateking0/Seraph-Cansat/blob/main/ground_station_module_code.ino

Költségvetés:

Beszerzési árak:

Tétel	Ár
Adafruit Feather Adalogger M0	23€
BMP280	1,15€
MPU6050	3,2€
RFM95 radio	18,5€
NEO-7M GPS	10,25€
SCD30	34,6€
3D nyomtatáshoz PLA, forrasztó ón	10€
Akkumulátor (Lipo, 3,7 V, 1200 mAh)	10€
kábelek, SD kártya	6€
ejtőernyőn anyaga, kábelek, karabiner	10€
Összesen:	126,7€

Támogatás:

Két támogatónk volt: iskolánk, a Premontrei Gimnázium, valamint a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, amely az iskolánk közvetlen szomszédságában található.

Iskolánk anyagi, eszközi és helyszíni támogatást is nyújtott. A pénzbeli támogatás tette lehetővé a CanSat alkatrészeinek megvásárlását, míg a többi támogatás magában foglalta a tesztdobások helyszínének biztosítását, valamint a 3D nyomtatáshoz szükséges szoftverek beszerzését.

Ezzel párhuzamosan az egyetem egy műhelyt biztosított számunkra, ahol használhattuk a 3D nyomtatójukat, és különféle érzékelőket tesztelhettünk az ott elérhető eszközök segítségével,

valamint lehetőséget nyújtottak a forrasztáshoz, ami elengedhetetlen érzékelőkkel és mikrokontrollerekkel végzett munkánál.

Tesztelés:

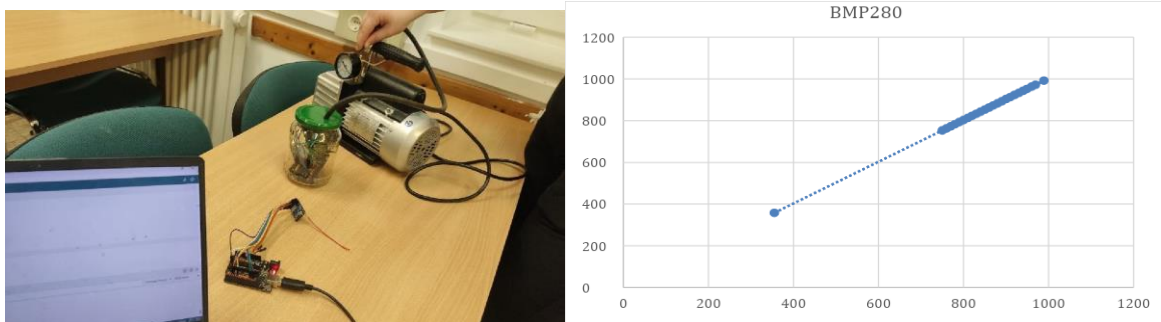
Elsődleges küldetés tesztelése:

Első lépésként az elsődleges küldetést ellátó szenzort teszteltük. Az elsődleges küldetéshez a BMP280 szenzort használtuk, de nem voltunk teljesen biztosak annak pontos működésében, ezért kalibrációs méréseket végeztünk professzionális légnyomás- és hőmérsékletmérő eszközökkel.

Légnyomás kalibrációs mérése:

A kalibrálandó érzékelőt és a referencia mérőeszközt (Greisinger GTD 1100) egy zárt térbe (zárt befőttesüvegbe) helyeztük. Ezután egy vákuumpumpa segítségével lassan elkezdtuk csökkenteni a nyomást, meghatározott időközönként megálltunk, és rögzítettük a mért értékeket.

Ez a módszer lehetővé tette számunkra, hogy ellenőrizzük az érzékelő pontosságát és megbízhatóságát különböző nyomásviszonyok mellett, biztosítva az elsődleges küldetés során szükséges precizitást.

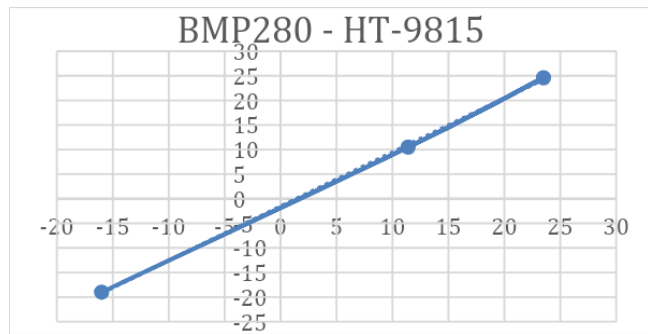


A légnyomás-érzékelő kalibrációjának fotói és eredményei

Az ábrából egyértelműen látszik, hogy a kalibrált nyomásérzékelő az eredeti nyomásértékeket megfelelő pontossággal képes mérni.

Hőmérséklet kalibrációs mérés:

A BMP280 érzékelőt pontosság szempontjából teszteltük. Ebben az esetben néhány hőmérsékleti értéket ellenőriztünk, -20 °C-tól 40 °C-ig terjedően. A -20 °C-ot mélyhűtőben, a 40 °C-ot hőkamrában állítottuk be. A mért értékek megegyeztek a referencia hőmérő által mutatott értékekkel, ami igazolja az érzékelő mérési pontosságát az adott tartományban.



Ejtési tesztek:

A CanSat ereszkedési sebességének teszteléséhez ejtési kísérleteket végeztünk. Az első teszteket iskolánk aulájában (6m), illetve az egyetem aulájában (10m) végeztük, végül pedig egy tízemeletes gödöllői lakóházban, a Palotakerti lakóparkban hajtottuk végre.

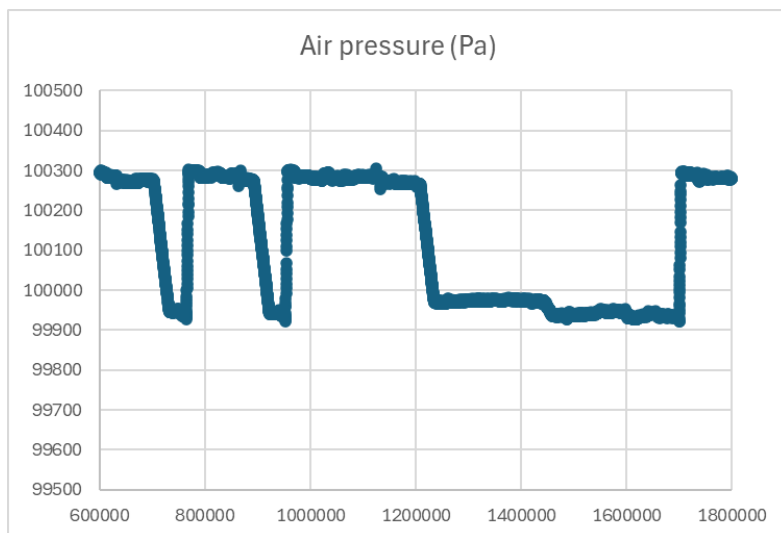
A tesztek során az idő adatokat és a szenzorok által mért értékeket egy SD-kártyára rögzítettük. A süllyedési sebesség meghatározásához a légnyomás változását elemeztük, pontosabban a nyomásértékekből számított magasságértékeket vizsgáltuk.

A CanSat süllyedési sebességét az alábbi módon számoltuk ki:

$$v = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}$$

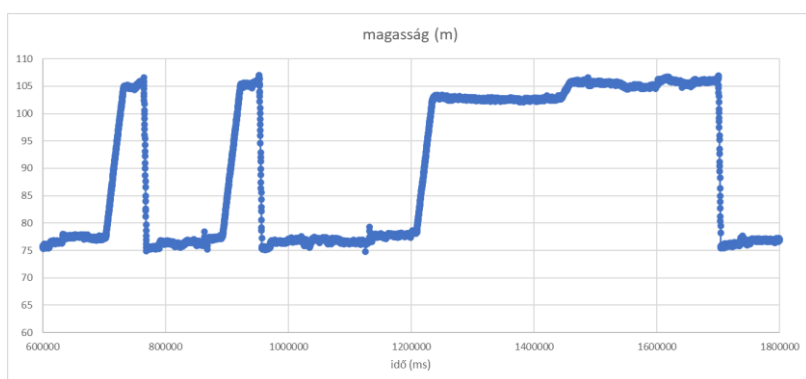
A teszt során a magasság második értéke (h_2) kisebb, mint az első értéke (h_1), mivel a CanSat lefelé esik. Ezért a sebesség előjele negatív, ezért az ellentetjét vesszük figyelembe a számítások során.

Egy tipikus, 30 méteres ejtési teszt során a nyomás időbeli változása (0,1 másodperces időközönként) az alábbiak szerint alakult, az ábrán az idő (ms) látható a vízszintes tengelyen, a pontos nyomásváltozási adatokkal:

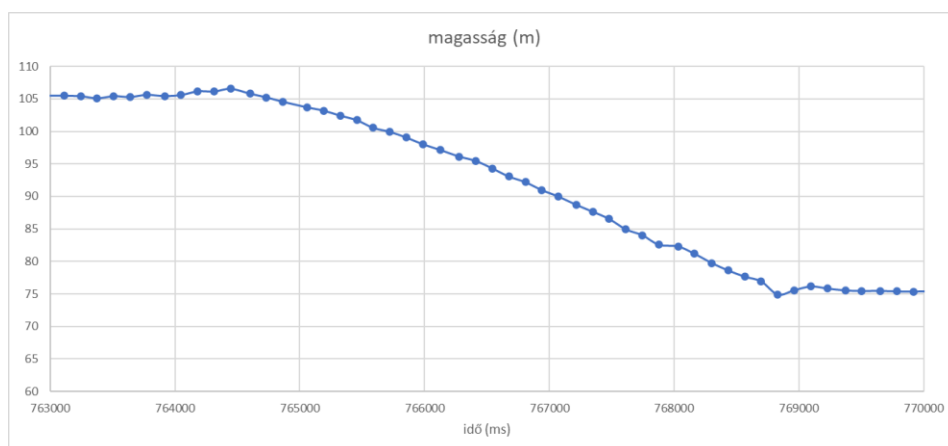


Ez a grafikon a nyomásértékek változását ábrázolja az ereszkedés során, amelyből kiszámítható a CanSat ereszkedési sebessége.

Ebből a grafikonból kiolvasható a magasság időbeli változása is:



magára az esési szakaszra pedig a magasság-idő függvény:



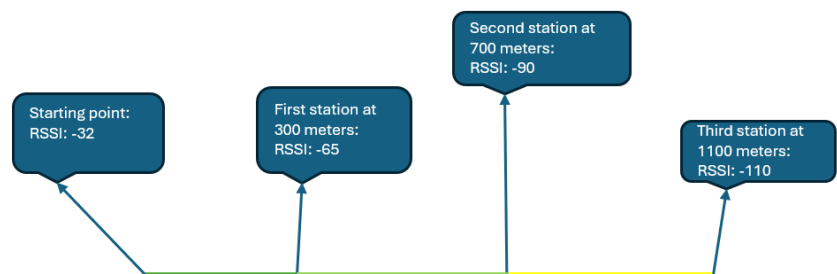
A függvény meredekségéből kiolvasható az esési sebesség ami jelen esetben $-6,97 \text{ m/s} \sim -7 \text{ m/s}$, itt a negatív előjel az előbb említett magasságsökkenés miatt van jelen.

Az ilyen mérések biztosítják, hogy az ejtőernyős rendszer megfelel az elvárásoknak, és a CanSat biztonságosan ér földet.

Rádiós tesztek:

Az adatátvitelhez az RFM95W LoRa rádióchipet használjuk. Az rádió tesztelése során sikerült több mint egy kilométer távolságból adatokat fogadnunk, -110 dB RSSI (jel-

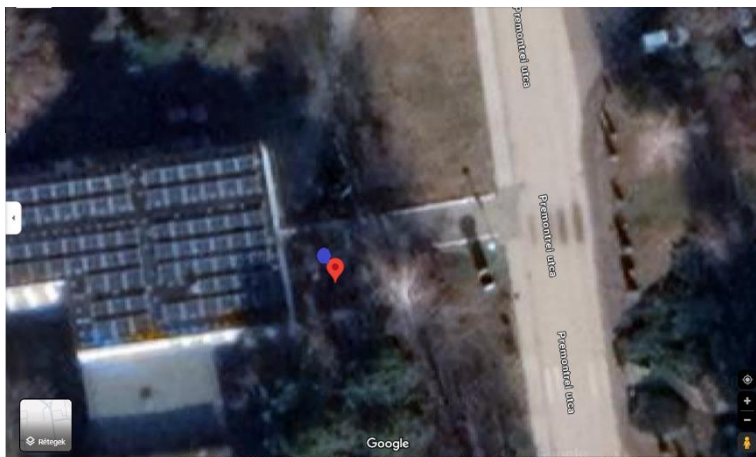
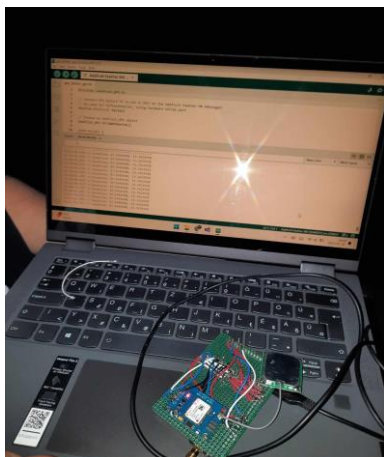
zaj arány) értékkel. Ez számunkra megfelelő eredmény, mivel a rádiójel érzékenysége -135 dB , és a CanSat maximális távolsága a földi állomástól körülbelül egy kilométer, amit a hatótáv bőven fedez.



GPS tesztek:

A helymeghatározáshoz Neo 7M GPS-re esett a választásunk, amely méteres pontosságú helyadatokat szolgáltat, még akkor is, ha épületen belül tartózkodunk.

Ezek a tesztelések igazolják, hogy a rádió- és GPS-rendszer megbízhatóan működnek, és biztosítják a szükséges adatkapcsolatot és a megfelelő helymeghatározást a küldetés során.



Piros: a GPS ide mérte be a helyzetet

Kék: ezen a helyen volt az eszköz elhelyezve a mérés alatt

Másodlagos küldetés tesztelése:

CO₂-érzékelő (SCD30) kalibrációja:

Számos CO₂-érzékelőt teszteltünk, például az Adafruit CSS811 levegőminőség-szenzort, amely 400 és 8192 ppm (részecske per millió) közötti eCO₂ koncentráció mérésére képes I2C interfészen keresztül. Azonban a szenzor mérései nem voltak megbízhatóan ismételhetők, és az alacsonyabb tartományokban (600 ppm alatt, amelyek különösen fontosak a repülés során) pontatlanul mért.

Ezért váltottunk egy drágább, de cserébe sokkal megbízhatóbb érzékelőre, a Sensirion SCD30-ra. Ez az érzékelő 30 ppm pontossággal képes mérni a CO₂-koncentrációt a 400 és 10 000 ppm közötti tartományban.

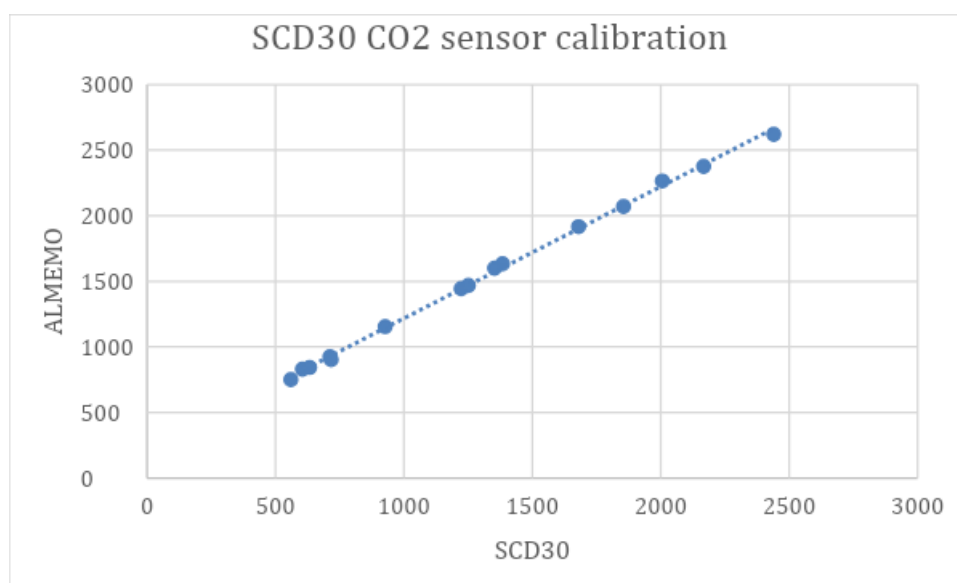
A kalibrációhoz professzionális szenzort kölcsönöztünk a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezetmérnöki laboratóriumából. A kalibrációs egység egy ALMEMO 2590 volt, amely egy hitelesített Alhborn széndioxid érzékelőt tartalmazott (0–10 000 ppm tartomány).

Ez a kalibráció biztosította, hogy a repülés során a SCD30 széndioxid-érzékelő pontos és megbízható méréseket végezzen, ami kritikus a küldetés sikerességének szempontjából.



CD30 CO₂ szenzor kalibráció

A kalibráció során a kalibrálandó szenzort és a referenciaérzékelőt egy zárt térbe (egy üvegakváriumba) helyeztük. Ezután fokozatosan változtattuk a CO₂-szintet, és mértük mindkét érzékelő jelét. Az így kapott adatokat az alábbi grafikon szemlélteti:



Ezzel kalibráltuk az SCD30 szenzort, biztosítva annak pontosságát a repülés során végzett mérésekhez. A lineáris illesztésből látható, hogy az érzékelő érzékenysége tökéletesen

illeszkedik a professzionális referencia érzékelőhöz, azonban van egy 213 ppm-es eltérés. Ez az eltérés szoftveresen korrigálható.

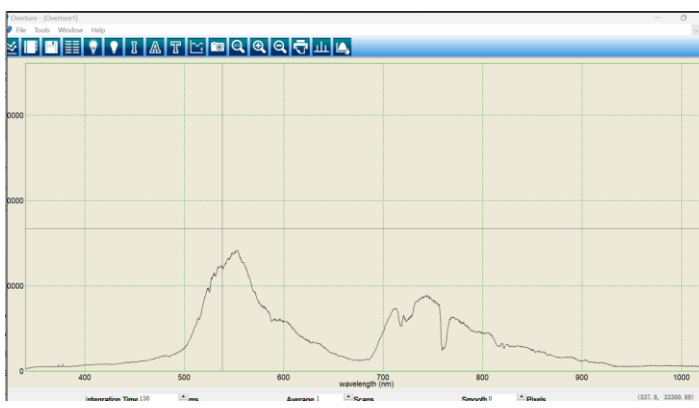
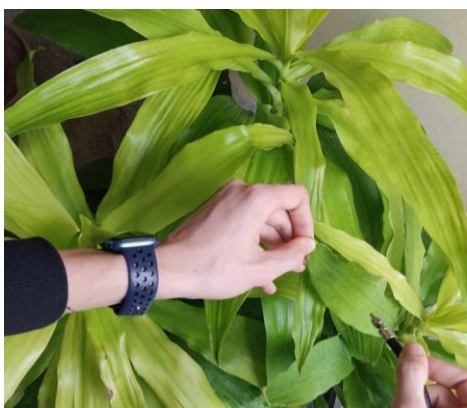
Ez alapján megállapítható, hogy az SCD30 CO₂-érzékelő megfelelően használható a széndioxid-szint mérésére, és pontos adatokat szolgáltat a küldetés során.

Spekrométeres mérések:

A repülés közbeni zöld terület méréshez előzetes spektrális méréseket végeztünk egy Ocean Optics 2000 USB+ VIS-NIR spektrométerrel, amely a 400 - 1050 nanométeres tartományban nanométer pontossággal képes spektrumot mérni.

A mérés során a beeső fény spektrumát vetettük össze a különböző zöld növények leveleiről visszavert spektrummal, amiből látszik, hogy a növények klorofill melyik hullámhossz tartományt (600 nm - 700 nm) tartomány nyeli el. Az így beazonosított zöld tartományt kerestük utána a Cansat által készített képeken.

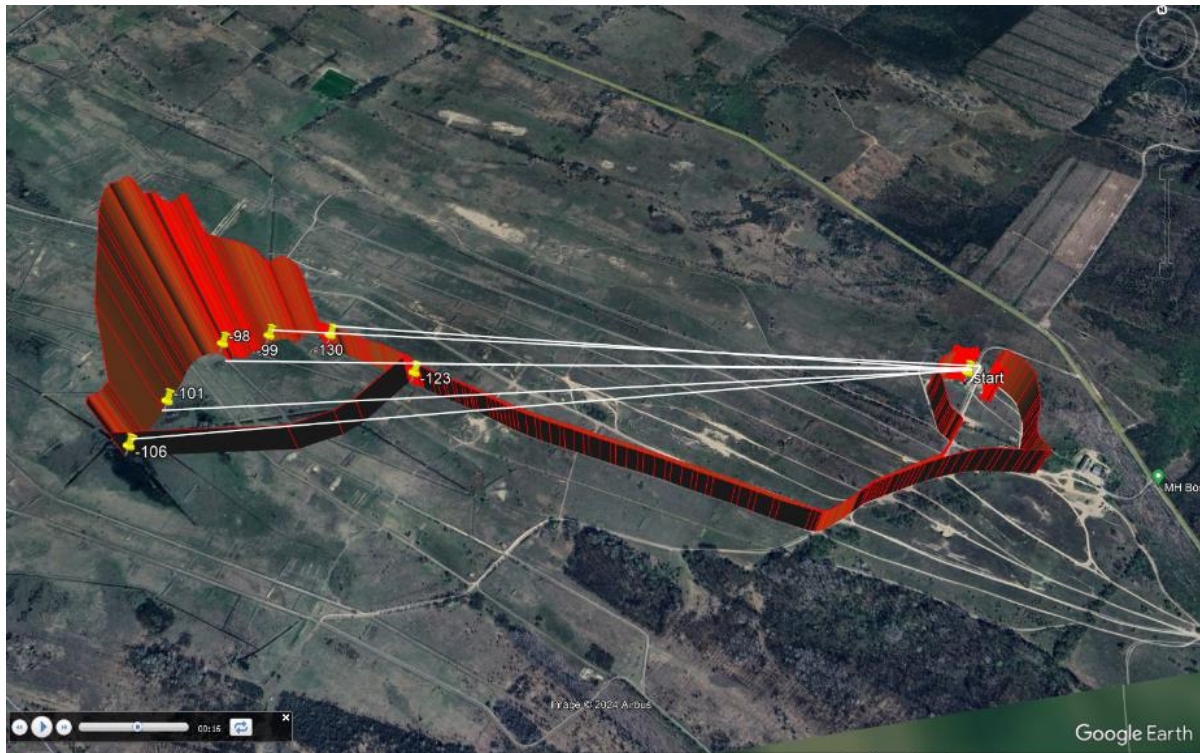
Közvetlenül beeső fény



A képekből látható, hogy függetlenül az éppen vizsgált növény szín-árnyalatától, a spektrumban a 600-700 nm között megjelenő “völgy” minden esetben megjelenik,

Eredmények a rakétás ejtésekből:

GPS:



A CanSat megtalálásához használt GPS koordinátákat a Google Earth segítségével ábrázoltuk, így követtük le az esés pályáját is. Az ábrán a kilövő állomáshoz vezető autót (ami alatt a CanSat bekapcsolt állapotban volt), az esés íve és a CanSat az esés egyes pontjain magassága is megfigyelhető.

Rádió:

```
15:58:49.916 -> -116,1979323,100952.66,20.64,32.33,0.19,-1.03,0.13,32.15,540.899,37.49,30.76,47.118980,104.70,19.335007
15:58:50.898 -> -116,1980319,100951.38,20.75,32.34,0.20,-1.02,0.13,32.15,541.005,37.49,30.71,47.118980,104.70,19.335007
15:58:52.044 -> -116,1981473,100951.92,20.70,32.34,0.20,-1.02,0.14,32.11,541.005,37.49,30.71,47.118980,104.80,19.335007
15:58:53.054 -> -118,1982470,100949.36,20.88,32.34,0.20,-1.03,0.13,32.06,541.396,37.51,30.74,47.118980,104.80,19.335007
15:58:54.023 -> -116,1983448,100949.73,20.88,32.34,0.20,-1.03,0.13,32.15,541.396,37.51,30.74,47.118984,104.90,19.335007
15:58:55.002 -> -116,1984450,100949.73,20.88,32.34,0.20,-1.03,0.14,32.20,541.255,37.49,30.70,47.118984,104.90,19.335007
15:58:55.997 -> -115,1985427,100951.92,20.70,32.33,0.20,-1.03,0.14,32.06,541.255,37.49,30.70,47.118980,104.90,19.335007
15:58:57.004 -> -116,1986427,100952.47,20.65,32.34,0.20,-1.03,0.13,32.15,541.755,37.49,30.70,47.118980,104.90,19.335005
15:58:57.994 -> -116,1987409,100947.16,21.10,32.33,0.20,-1.02,0.14,32.11,541.755,37.49,30.70,47.118980,104.90,19.335005
15:58:58.935 -> -116,1988387,100954.86,20.45,32.34,0.20,-1.03,0.13,32.06,541.755,37.49,30.70,47.118980,104.90,19.335005
15:58:59.952 -> -117,1989387,100952.17,20.68,32.34,0.20,-1.03,0.13,32.15,541.655,37.55,30.73,47.118980,104.90,19.335005
15:59:01.925 -> -116,1991365,100949.17,20.93,32.34,0.20,-1.03,0.12,32.06,541.463,37.55,30.73,47.118980,104.90,19.335005
15:59:02.917 -> -116,1992343,100955.06,20.44,32.34,0.20,-1.02,0.14,32.15,541.463,37.55,30.73,47.118980,104.90,19.335005
15:59:03.888 -> -116,1993340,100951.02,20.78,32.34,0.19,-1.03,0.13,32.15,541.509,37.55,30.71,47.118980,104.90,19.335005
15:59:04.891 -> -117,1994324,100955.65,20.39,32.34,0.20,-1.02,0.12,32.15,541.509,37.55,30.71,47.118980,104.90,19.335005
15:59:05.904 -> -117,1995321,100954.94,20.45,32.34,0.19,-1.03,0.12,32.06,541.157,37.51,30.74,47.118980,104.90,19.335005
15:59:06.866 -> -116,1996297,100952.75,20.63,32.34,0.20,-1.02,0.13,32.20,541.157,37.51,30.74,47.118980,104.90,19.335005
15:59:07.861 -> -117,1997297,100952.30,20.67,32.34,0.20,-1.02,0.13,32.20,541.079,37.54,30.70,47.118980,104.90,19.335005
15:59:08.840 -> -117,1998275,100949.91,20.87,32.34,0.20,-1.02,0.12,32.29,541.079,37.54,30.70,47.118980,104.80,19.335003
```

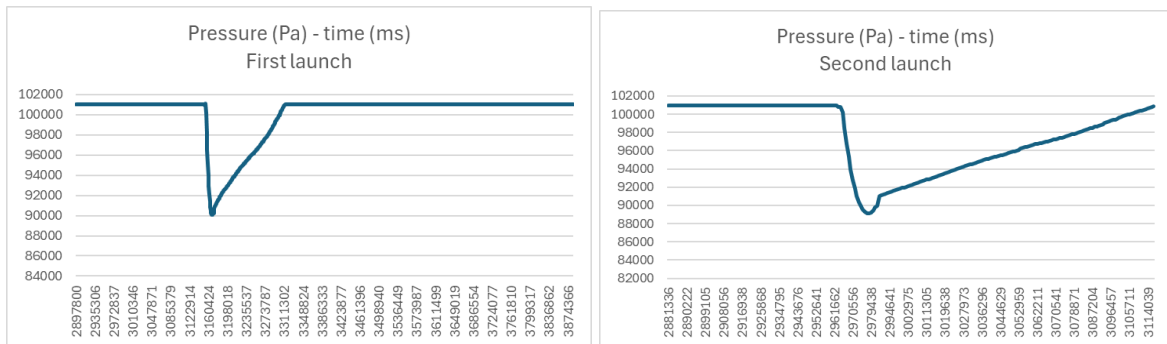
A képen látható adatok értelmezése (balról jobbra):
A mérés időpontja, a rádiójel erőssége (dB), a kísérlet bekapcsolása óta eltelt idő (ms), légnyomás (Pa), tengerszint feletti magasság (m), hőmérséklet (°C), x tengely irányú gyorsulás (g), y tengely irányú gyorsulás (g), z tengely irányú gyorsulás (g), hőmérséklet (°C), széndioxid koncentráció (ppm), relatív páratartalom (%), hőmérséklet (°C), szélességi fok, tengerszint feletti magasság (m) - GPS által mért, hosszúsági fok

Stabil jelet kaptunk a rádiótól, így minden adatot megkaptunk az ejtések során. A maximum RSSI érték -130 Bb volt, így a -135 dB-ig érzékelő rádióadónk érzékelési határán belül tudtunk maradni végig a mérés folyamán.

Méréseink:

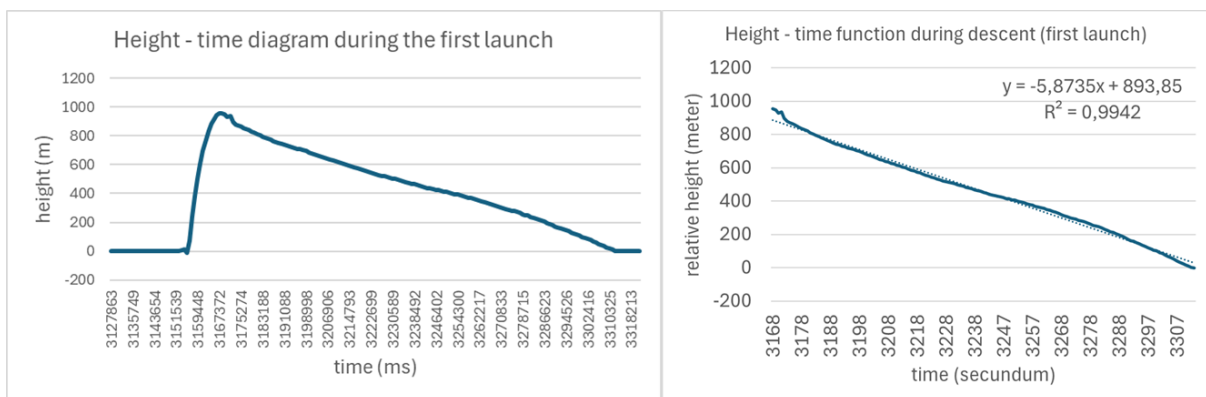
Légnyomás mérése:

Kétszer lőtték ki a CanSat-et, mindkét légnyomás mérés alkalmával hasonló értékeket kaptunk. A diagramokon megfigyelhető a rakétával megtett út alatti gyors légnyomás csökkenés, illetve az ereszkedés alatti lassabb légnyomás növekedés. A légnyomásértékek a minimuma a CanSat pályájának tetőpontján volt, ahol a rakéta kilőtte, és megkezdte az esést.



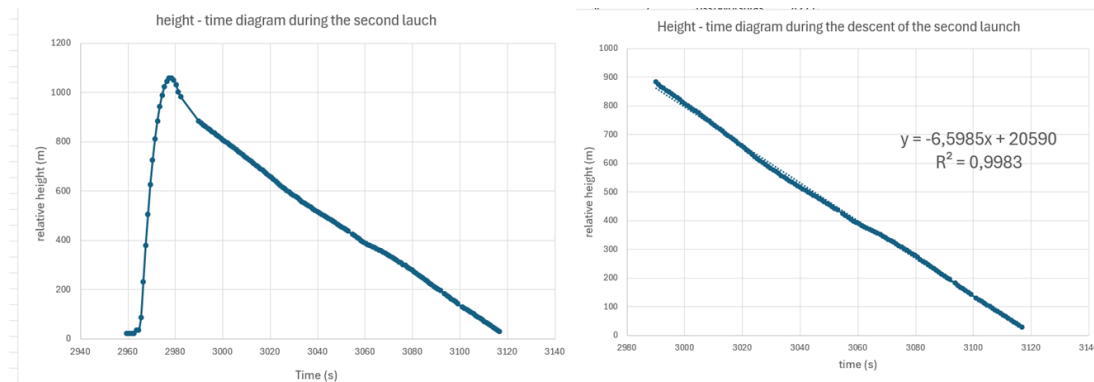
Magasság mérése:

A CanSat mindkét ejtés alkalmával egyenletes sebességgel esett. A különbség abból adódik, hogy az első ejtés során a CanSat a rakéta ejtőernyőjébe akadva, a második ejtés során pedig a saját ejtőernyőnkkel érte el a végleges sebességét.



Ereszkedési idő: 2 perc 28 másodperc

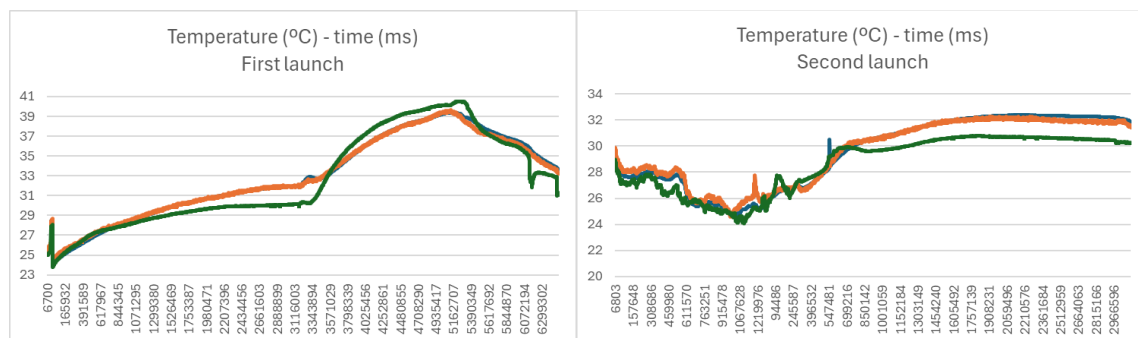
A mért értékek között kis eltérések vannak, így a diagram meredekségéből megállapítható az ereszkedés sebessége. Az első ereszkedés alatt a CanSat 5,9 m/s átlagsebességgel esett. Ez a sebesség bár nem a saját ejtőernyőnkkel értük el közel áll a tervezett esési sebességünkhöz.



Ereszkedési idő: 2 perc 18 másodperc

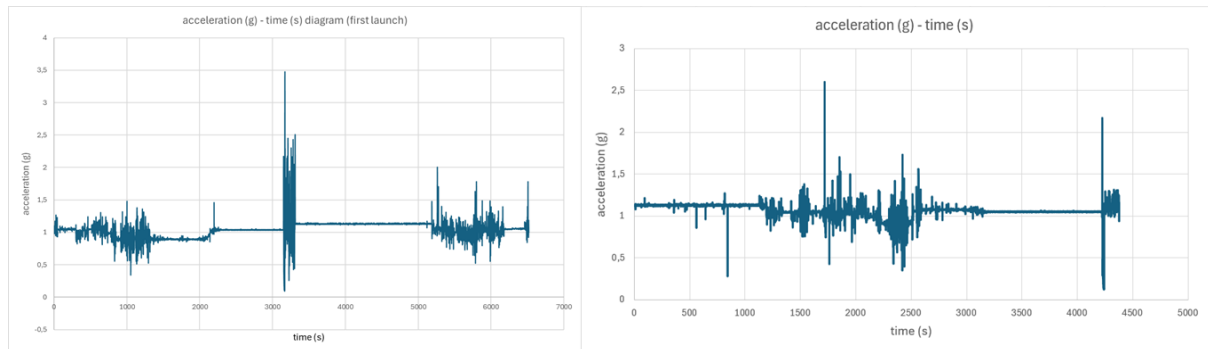
A második ejtés során a CanSat 6,6 m/s átlagsebességgel esett. Ennél az ejtésnél már a CanSat saját ejtőernyőjével értük el a sebességet, és stabilan tudtuk hozni az eredeti 6 m/s és 7 m/s közé tervezett értéket.

Fedélzeti hőmérséklet mérése:



Három szenzorunk mért hőmérsékletet. Az értékeket a kamera hőmérséklete is befolyásolja, így amelyik szenzor közelebb volt hozzá, az magasabb értékeket mért. A három szenzor adatai között nincs nagy különbség, tehát szenzoraink pontosak.

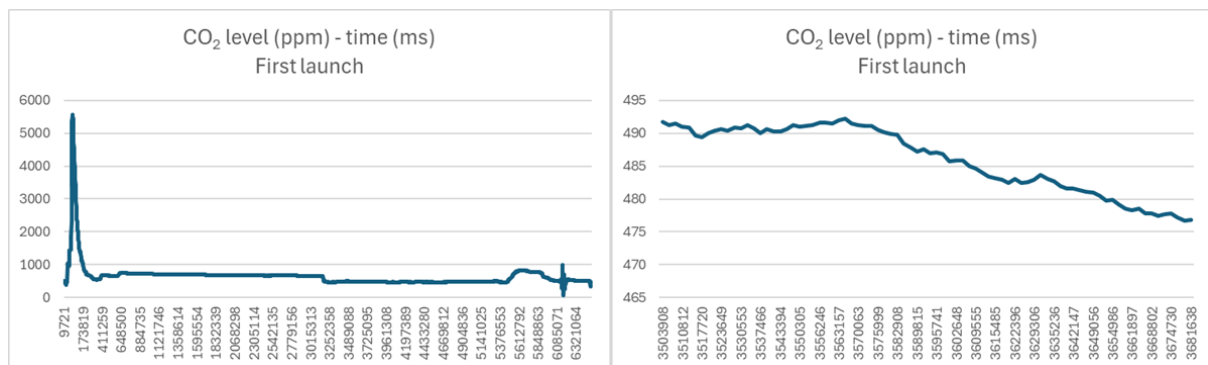
Gyorsulás mérése:



Az első diagram közepén látható az első ejtés, a második ejtés pedig a második diagram végén, a többi kilengést az okozza, hogy a kilövés helyére és visszafelé bekapcsolt állapotban szállították a CanSat-et, így az autót alatti is mérte a gyorsulást.

A maximum gyorsulás az első ejtésnél 3,5 G, a második ejtésnél pedig 2,2 G volt.

Szén-dioxid szint mérése:



Az első diagram elején látható egy teszt (ráleheléssel teszteltük a szenzort), így a jobb átláthatóság érdekében a második diagramon láthatóak az esés alatt mért értékek.

A szenzor körülbelül fél perc késleltetési idővel mér. A levegő sűrűsége hatással van rá, a légáramlatok pedig véletlenszerű sűrűség változást okoztak, ezek pedig befolyásolták az infra vörös szenzort, így a mért értékek változása az esés alatt nem felelt meg az előre várhatónak.

Képelemzés:



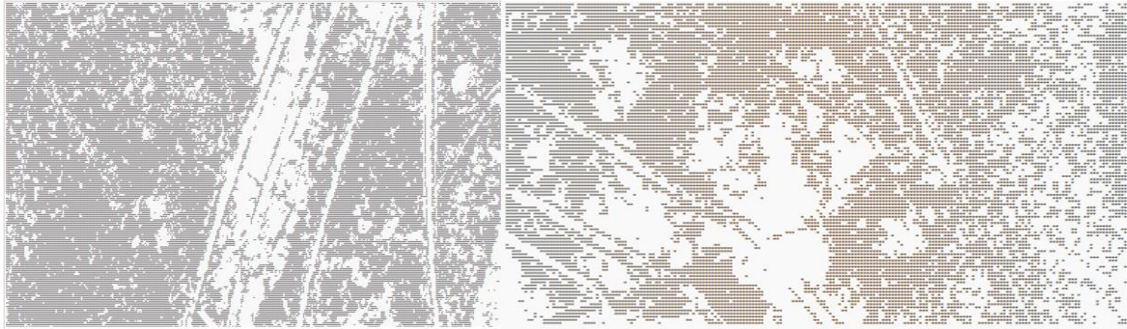
A műholdunk által készített képek

A műholdunk által készített képeket egy saját Mesterséges intelligencia szoftverrel elemeztük, melynek kódját mi magunk írtuk Python programozási nyelven. A kódban mi magunk adtuk meg a modellnek, hogy az adott RGB színkód zöld-e, vagy sem. Ehhez a 680 darab RGB színkódot magunk gyűjtöttük ki egy RGB vizualizáló oldal használatával, melyek ismeretével el tudja dönteni az adott RGB színkódról, hogy zöld-e. Ha az adott szín zöld volt, akkor 1-es (igaz) értéket adtunk neki, és ha nem, akkor 0-ás (hamis) értéket.

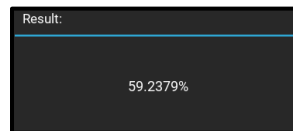
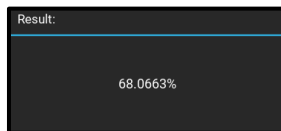
Ezen bemeneti adatok alapján a modellünk körülbelül 91,9%-os pontossággal tudja meghatározni, hogy az adott szín zöld-e. Mivel a modellünk főleg természetes zöld színeken van betanítva, ezért a természetes zöld színek megállapításában közel 99%-os a pontossága.

A kód végigmegy minden pixelén egy adott képnek, és meghatározza, hogy az zöld-e, vagy sem. Majd ezen eredmények alapján meghatároz egy százalékos arányt, illetve létrehoz egy szövegfájlt, melyen fehér színnel vannak jelölve a járható (nem zöld) területek, és fekete színnel a járhatatlan (zöld) területek.

Ezen kód segítségével utakat és ösvényeket tudunk találni a természetben, amely egy nagyon hasznos eszköz a tájékozódásban. A szövegfájlnak, melyek a programunk kiad, nagy a kontrasztja, mivel fekete és fehér színek alkotják a teljes képet. A magas kontraszt segítségével a térkép segítséget tud nyújtani a tájékozódásban a gyengénlátóknak is.



A modellünk kimenete a fenti képekre



A zöld területek aránya a képeken

```
kiir = open("output.txt", 'w')
for y in range(height):
    for x in range(width):
        pixel_value_bgr = image[y, x]
        pixel_value_rgb = cv2.cvtColor(np.array([[pixel_value_bgr]]), cv2.COLOR_BGR2RGB)[0][0]
        if self.isgreen(np.array([[pixel_value_rgb[0], pixel_value_rgb[1], pixel_value_rgb[2]]]]):
            passed_pixels += 1
            print("#", file=kiir, end="")
        else:
            print(" ", file=kiir, end="")
        pixels += 1
        self.progress_bar.value = (pixels / image_size) * 100
print(file=kiir)
```

Kódrészlet a képelemző kódból

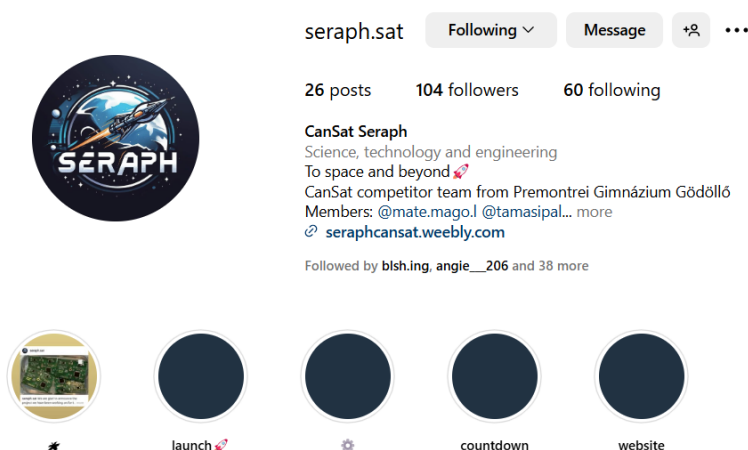
A képelemző teljes kódja az alábbi linken érhető el:

<https://github.com/mateking0/Seraph-Cansat/blob/main/main.py>

Népszerűsítés:

Úgy gondoljuk, hogy projektünk népszerűsítése kulcsfontosságú, ezért igyekeztünk erre minden lehetőséget megragadni.

Elsőként létrehoztunk egy logót a csapatunk számára (mesterséges intelligencia segítségével), hogy professzionálisabbá tegyük Instagram-oldalunk megjelenését. Ezután elkészítettük az Instagram-oldalt, ahol rendszeresen megosztottuk a projekt fejleményeit posztok és történetek formájában. Az egyik rövid videónk még némi figyelmet is kapott, és elérte az 2500 megtekintést. Ezzel a közösségi médiás jelenléttel igyekeztünk szélesebb közönséget elérni és népszerűsíteni munkánkat.



Az Instagram oldalunk

Nemcsak az online térben, hanem azon kívül is aktívak voltunk. Például szerveztünk egy kiállítást iskolánkban az 5–12. évfolyam számára, hogy népszerűsítsük a projektet. A program részeként a 3D nyomtatónkat az iskola aulájának közepére helyeztük ki. Számításaink szerint körülbelül 300–400 diáktársunk haladt el mellette, így gyorsan elterjedt a hír: „3D nyomtatnak az aulában!”.

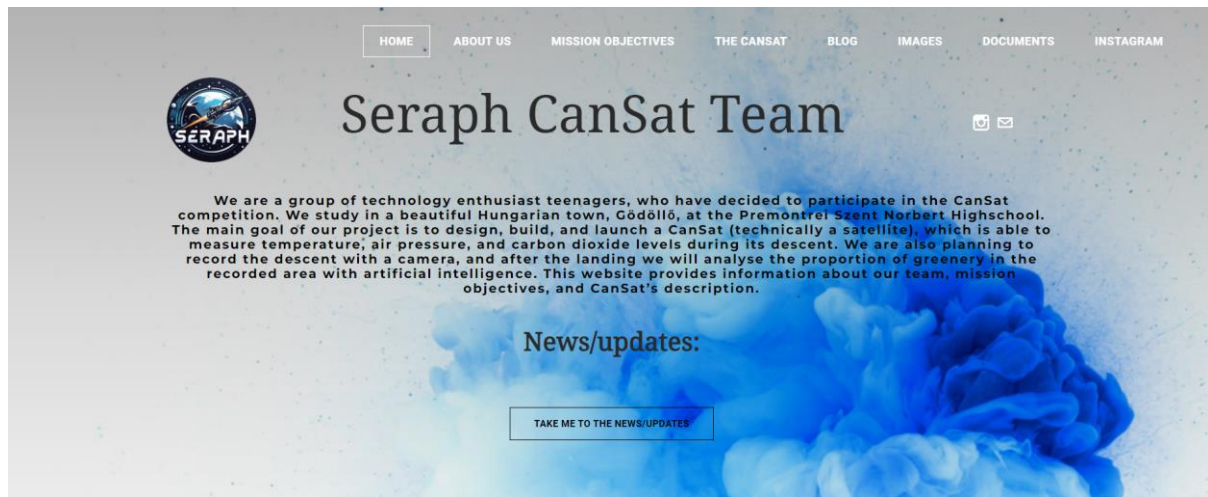


Azok számára, akik mélyebben érdeklődtek, tartottunk egy prezentációt, amelyben bemutattuk a projektet, röviden elmagyaráztuk, miről szól, és hogyan működik a CanSat. Ezt követően a résztvevők lehetőséget kaptak arra, hogy megismerjék azt a szoftvert, amelynek segítségével a műhold komponenseinek tervezése valóra vált.

Saját csapatpólót is terveztünk:



Mindezek mellett létrehoztunk egy weboldalt is, hogy azok, akik mélyebben érdeklődnek, betekintést nyerhessenek a projektbe, és részletesebb képet kaphassanak munkánkról.



A honlapunk kezdőoldala

Követelmények:

A Cansatünknek az alábbi követelményeket teljesítenie kellett, amit a kilövés előtt ellenőriztek:

Paraméter	érték (mértékegység)
A CanSat magassága	110 mm
A CanSat tömege	305 g
A CanSat átmérője	66 mm
külső elemek (ejtőernyő) hossza a tengely irányában	57,5 cm
tervezett repülési idő	143 s
tervezett ereszkedési sebesség	7 m/s
Használt rádió frekvencia	868 MHz
teljesítmény (fogyasztás)	433 mW
Teljes bekerülési költség	130 Euro

A Cansat elektromos teljesítményének meghatározása:

Eszköz	feszültség (V)	fogyasztás (mA)	Teljesítmény (mW)
Adafruit Feather M0 mikrokontroller	3,7 V	15 mA	50 mW
Rádiós modul (RFM95)	3,3 V	87 mA	288 mW
Kamera	5 V	saját energiaellátás (akku)	
nyomás és hőmérő szenzor BMP280	3,3 V	0,1 mA	4 mW
gyorsulásmérő szenzor MPU6050	3,3 V	3,9 mA	13 mW
Neo 7M GPS	3,3 V	17 mA	56 mW
széndioxid szenzor SCD30	3,3 V	8,5 mA	28 mW
Összesítés	3,3/3,7	123 mA	433 mW (csúcs)

A Cansat-et egy 3,7 V 1200 mAh kapacitású Lítium Polimer (LiPo) akkumulátor látta el energiával, amely legalább 10 órán keresztül tudja működtetni az eszközt.

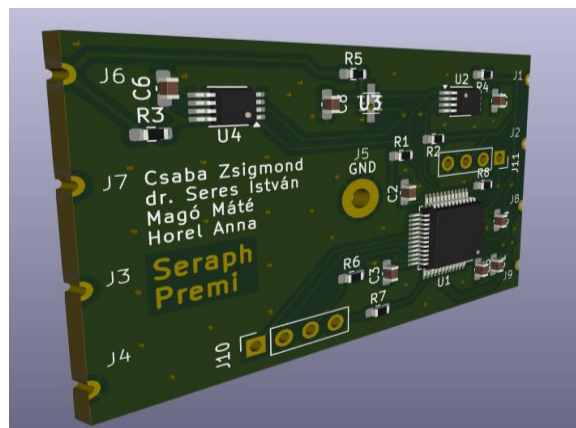
Röviden az űrbe fejlesztett panelünkről:

A fejlesztésünk egy 45*30*3 mm-es, egyedi építésű, érzékelőkkel ellátott NYÁK, amely a BME VIK által fejlesztett 3PQ méretű PocketQube műhold, a HUNTY műhold fedélzetén fog hőmérséklet- és fényméréseket végezni az űrben.

Kísérletünk célja a hőmérsékletváltozás intenzitásának mérése különböző színű festékeken, és ezek hőhatásra bekövetkező viselkedésének tanulmányozása. Két MCP9808 hőmérséklet szenzort és egy OPT3002 fényszenzort helyezünk el a mikrokontrollelünkön, a két hőmérséklet szenzor közül az egyiket feketére, a másikat fehérre festjük be. Mérjük a nyomtatott áramkörre beeső napenergia teljesítmény sűrűségét, és ennek függvényében vizsgáljuk a két hőmérséklet szenzor által mutatott értékek változását. Az mért adatokat egy STM32F103C8T6 mikrokontroller továbbítja a műhold központi része felé.



Az elkészített panelek.



A panel 3D modellje

Hivatkozások:

[1] - Yanli Li, Junjun Deng, Chao Mu, Zhenyu Xing, Ke Du: Vertical distribution of CO₂ in the atmospheric boundary layer, Atmospheric Environment, Vol. 91, July 2014, pp. 110-117
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.067>

[2] - Adafruit Feather M0 adalogger adatlap: <https://learn.adafruit.com/adafruit-feather-m0-adalogger>

[3] - BMP280 légnyomás és hőmérséklet-mérő szenzor adatlap: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bmp280-ds001.pdf>

[4] - MPU6050 gyorsulásmérő és giroszkóp adatlap:
<https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>

[5] - SCD30 széndioxid szenzor adatlap:
https://sensirion.com/media/documents/4EAF6AF8/61652C3C/Sensirion_CO2_Sensors_SCD30_Datasheet.pdf

[6] - NEO 7M GPS modu adatlap:
https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-7_DataSheet_%28UBX-13003830%29.pdf

[7] - RFM95W LORA rádió modul adatlap:
https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/8/0/4/RFM95_96_97_98W.pdf

[8] - SQ11 mini HD kamera adatlap:
https://tok-shop.hu/shop_ordered/42710/pic/hasznalati-utasitasok/mini-dv-kamera-sq11-termek-leiras.pdf

Tudománynépszerűsítés / kiegészítő információk / média megjelenések:

Instagram oldalunk:

<https://www.instagram.com/seraph.sat/>

Honlapunk:

<https://seraphcansat.weebly.com/>

Esero Hungary megnyitó:

<https://eserohu.hu/megnyito.html>

Energia- és környezet szeminárium publikáció:

ISBN 978-963-623-108-8

https://press.mater.uni-mate.hu/290/1/EE%202024_Book%20of%20Abstracts.teljes.pdf

Cansat döntő sajtómegjelenések:

https://www.urvilag.hu/magyar_korszeru_oktatas/20240409_cansat_hungary_2024_%E2%80%93_93_donto

<https://www.mant.hu/lezajlott-a-2024-es-cansat-verseny-dontoje/>

<https://spacejunkie.hu/a-hetvegen-lezajlott-a-cansat-2024-muholdepito-verseny-dontoje/>

Európai Űrügynökség:

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/ESERO_Hungary_launches_STEM_education_into_space

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2024/05/Student_participants_of_the_Hungarian_CanSat_competition

A projethez még hozzájárultak:

Tamási Pál, László Fruzsina, Grébel Hanna

A kísérletünkhöz használt (általunk készített) kódok az alábbi Github repulsory-ben érhetőek el:

<https://github.com/mateking0/Seraph-Cansat>