

# ÁrpádSat

## Előzetes tervfelülvizsgálat

2023. november 15.

### Tartalomjegyzék

<b>1. A csapat bemutatása</b>	2
<b>2. Ütemterv</b>	2
<b>3. A küldetések áttekintése</b>	3
<b>4. Kockázatok, várható nehézségek</b>	3
<b>5. Mechanikai - szerkezeti tervezés</b>	4
<b>6. Elektromos tervezés</b>	4
6.1 Általános felépítés	4
6.2 A másodlagos küldetés eszközei	5
6.3 Energiaellátás	5
6.4 Kommunikációs rendszer	6
<b>7. Szoftver</b>	6
<b>8. Visszatérési rendszer</b>	7
<b>9. Földi állomás (ground station)</b>	7
<b>10. Ismeretterjesztés, kommunikáció (outreach)</b>	8

# 1. A csapat bemutatása

Mi vagyunk az ÁrpádSat csapat. Mindannyian az Óbudai Árpád Gimnázium 9.B osztályos tanulói vagyunk. A feladatokat együtt végezzük, segítünk egymásnak, de azért megvan, hogy kinek mi a fő feladatköre, amiért felel.

## Csapattagok:

- **Bognár Gábor:** Én csinálom a CanSat hardveres részének tervezését és összeszerelését.
- **Debreczeni Huba:** Én csinálom a csapat outreach feladatait, a weboldal programozását és a 3D rendereket a CanSat-ünkről.
- **Jamniczky Márton:** Én felelek a CanSat-ünk visszatérési rendszeréért, az ejtőernyő tervezéséért és gyártásáért.
- **Mihály Zsolt:** Én felelek a CanSat és a földi állomás szoftveres részéért.
- **Miklósi-Kovács Dániel:** Én felelek a munka koordinálásáért, a csapat összefogásáért és a CanSat teszteléséért, valamint segíték a hardver szerelésében.
- Csapatunk mentora **Neumayerné Manger Viktória Zsuzsanna**, aki a csapat előrehaladását, valamint a fizikai számításaink helyességét ellenőrzi.

# 2. Ütemterv

2023.11.25. Tervezés véglegesítése

2023.11.25-30. Alkatrészek, anyagok beszerzése az 1. prototípushoz

2023.12.01-20. 1. prototípus építése, alapvető rendszereinek tesztelése

2024.01.07-20. repülő hardverek első körű összeszerelése

2024.01.20-02.01. repülő hardverek, ejtőernyő tesztelése

2024.02.01. a CanSat külső 3D nyomtatott borításának megérkezése

2024.02.01-07. flight hardware-ek beszerelése a CanSat vázába

2024.02.07-17. végszerelés, végső tesztelés, ejtőtesztrel egybekötött próbamisszió

2024.02.17. a CanSat repülésre kész, CDR leadási határidő

Különböző feladatok becsült nettó időigénye:

- Alkatrészek beszerzése: 5-7 nap
- 1. prototípus építése és első körű tesztelése: 4-5 teljes nap
- repülő hardverek összeszerelése, első körű tesztelése: 3-4 teljes nap
- ejtőernyő tervezése, varrása, ejtőtesztelése ballaszt súllyal: 3-5 nap
- terepi tesztelés: 1 nap
- próbamisszió és ejtőteszt: 1 nap

Az ütemtervünk megtekinthető a lentebbi linken egy Google naptár formájában, mely a honlapunkon is megtalálható:

<https://calendar.google.com/calendar/embed?src=arpadsat%40gmail.com&ctz=Europe%2FBudapest>

### 3. A küldetések áttekintése

A másodlagos küldetésünk szorosan kapcsolódik az elsődleges misszió kötelezően mérendő hőmérséklet és légnyomás adataihoz. Az elsődleges misszióhoz hasonlóan időjárási adatokat mérünk, melyből a szélnyírás mértékére lehet következtetni, valamint időjárás-előrejelzést tudunk készíteni. A következő műszerek, eszközök kerülnek elhelyezésre a CanSat-ünkben:

- A CanSat fedélzeti számítógépe egy **Arduino Nano**.
- A kötelezően mérendő légnyomás és hőmérsékleti adatok mellett páratartalmat is mér egy **BME280 szenzor**.
- Szélirányra a CanSat állásából és mozgásából tudunk következtetni. Ehhez adatokat kétféle műszer is szolgáltat: egyrészt egy **GPS modul**, amiből a CanSat sodródását, és ebből a szélirányt tudjuk megállapítani. Másrészt egy **iránytű**, melyből a CanSat északhoz viszonyított szögét tudjuk meg, és ebből ugyan jóval pontatlanabban, de ugyancsak tudunk a szélirányra vonatkozó következtetéseket levonni.
- Szeretnénk ezentúl beépíteni egy mini fedélzeti **kamerát**, melynek felvételét a fedélzeten tárolnánk, és csak utólag, a CanSat landolása és begyűjtése után tölténénk át egy számítógépre.
- A földi állomással való kommunikációt egy **LoRa rádiós modul** fogja biztosítani.
- A CanSat-et egy 5 voltos, 1500 mAh-ás, **akkumulátor** látja el a megfelelő energiával.
- A CanSat teste fölötti részben egy **szélsebesség mérő** kerül elhelyezésre.

Minden homogén közegben, így a levegőben is vannak különböző tulajdonságokkal rendelkező rétegek, melyek egy viszonylag éles határvonal mentén elválaszthatóak. Csapatunk ezen rétegek közötti törések keresését tűzte ki céljául. Úgy gondoljuk, hogy akkor találtunk egy ilyen törést, ha a legtöbb adat hirtelen változást mutat. Ezért alapvetően főleg a szél esetén, nem is a pontos adatokat, hanem ezek hirtelen változásait keressük. Fontos kiemelni, hogy ha nem találunk ilyen törést, az is egy értékes adat, melyből fontos következtetéseket tudunk levonni.

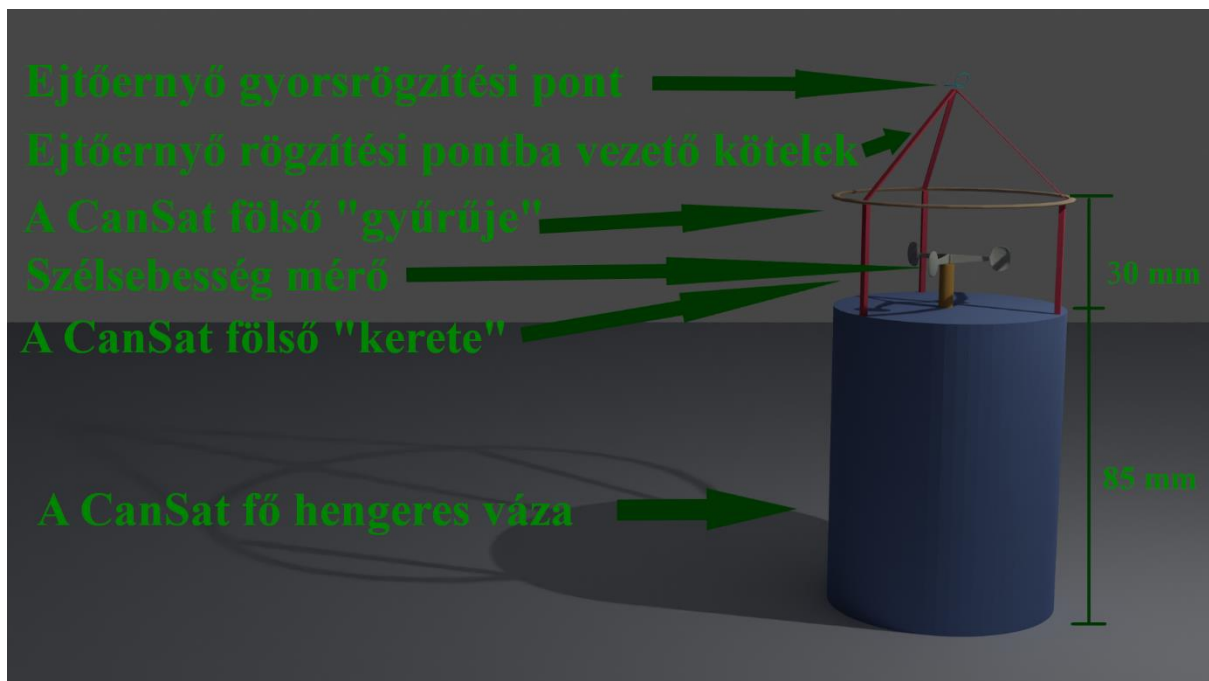
### 4. Kockázatok, várható nehézségek

A csapatnak nehézséget a következő pontok okozhatnak:

- Legnehezebbnek a CanSat stabilizálását találjuk, hogy a szélsebesség mérőnk, és a CanSat állását mérő iránytűnk megfelelően működjön. Erre a megoldást az ejtőernyő gondos tervezésű és teszteltségű kialakításában, és a CanSat arra való felfüggesztésének optimalizálásában látjuk.
- Nehézségként látjuk még a rádiókommunikáció megfelelő, és biztos működésének elérését. Ezt elegendő utánajárással és rengeteg teszteléssel tudjuk biztosítani.
- Hasonló nehézség, hogy soha nem dolgoztunk rádióval, így ez a terület nagyon alapos kutatást igényel. Nagyon várjuk már a rádiós képzést.

## 5. Mechanikai - szerkezeti felépítés

A CanSat-ünk teste két fő részből áll. A 115 mm-es magasság alsó 85 mm-e egy többnyire zárt henger, melyben elhelyezésre kerülnek a 3. pontban leírt eszközök. A felső 30 mm egy nyitott, tetején gyűrűvel határolt „keret”, melyben a szélsébség mérő kerül elhelyezésre. A keretet 3 ponton egy rúd kapcsolja a CanSat fő hengeréhez, mint ez a képen is látható. Erre a 3 pontra lesz rögzítve az ejtőernyő is.



1. ábra: A CanSat tervezett vázlatos felépítése

A CanSat-ünk fő vázát 3D nyomtatott technológiával szeretnénk előállítani, melyet ha szükséges, alumínium rudakkal erősítenénk meg, főképp a CanSat felső részén. Azért esett erre a megoldásra a választásunk, mert így viszonylag egyszerűen lehet erős, strapabíró anyagokat készíteni. További előny, hogy a formáját mi tervezhetjük meg, így lehet olyan alkatrészeket készíteni, melyekbe a műszerek egyszerűen belemegyesnek, így minimális szereléssel lehet elkészíteni a CanSat-et. Iskolánk rendelkezik 3D nyomtatóval, de azzal csak kisebb alkatrészeket lehet nyomtatni, ezért a fő váz létrehozásához nem alkalmas. Ennek megoldására a FREEDEE szolgáltatását tervezzük igénybe venni. (<https://www.freedee.hu/3d-szolgáltatások/bernyomtatás/>)

## 6. Elektronikai felépítés

### 6.1 Általános felépítés

CanSat-ünk elektronikai tervezése során a hely- és súlytakarékoság mellett az alacsony fogyasztást és megbízható működést tartottuk szem előtt. Így a CanSat elektronikai eszközei

előre gyártott modulok, melyeket nekünk csak megfelelően kell összeszerelni, nem kell figyelniük a megtervezésükre és legyártásukra.

A CanSat fedélzeti számítógépe egy Arduino Nano, melyet a 3., a 6.2. és 6.3. pontban leírt szenzorok látnak el adatokkal. Az energiaellátást egy 1500 mAh-ás, 5V-os akkumulátor biztosítja. Rádiókommunikációra egy LoRa modult tervezünk használni.

## 6.2 A másodlagos küldetés

A másodlagos küldetésünk hasonlít egy meteorológiai ballonéhoz. Kapcsolódva az elsődleges küldetéshez különböző meteorológiai adatokat fogunk mérni, melyekből meg tudjuk határozni a szélnyírás mértékét. Mint a 3. pontban is leírtuk, minden homogén közegben, így a levegőben is vannak különböző tulajdonságokkal rendelkező rétegek, melyek egy viszonylag éles határvonal mentén elválaszthatóak. Csapatunk ezen rétegek közötti törések keresését tűzte ki céljául. Úgy gondoljuk, hogy akkor találtunk egy ilyen törést, ha a legtöbb adat hirtelen változást mutat. Ezért alapvetően főleg a szél esetén, nem is a pontos adatokat, hanem ezek hirtelen változásait keressük. Fontos kiemelni, hogy ha nem találunk ilyen törést, az is egy értékes adat, melyből fontos következtetéseket tudunk levonni.

Másrészt a kapott adatokból tudunk következtetni a következő rövid idő várható időjárására. Ezekhez a következő adatokat mérjük:

- légnyomás (melyből magasságot is számolunk)
- hőmérséklet
- páratartalom
- szél erősség
- szélirány

A szél erősség mérőt csapatunknak kell elkészítenie, mert ilyen méretben nem kapható kanalas szélmérő. Ezt egy Hall-effekt szenzorral, és a szélmérő forgó részére rögzített mágnessel tervezzük megoldani.

A missziótól a következő eredményeket várjuk:

- A CanSat működjön a küldetés teljes időtartama alatt
- A rádió működjön minimális adatvesztéssel
- Képesek legyünk időjárás-előrejelzést létrehozni a kapott adatokból
- Örülünk, ha találunk egy rétegek közötti törésvonalat, de ez nem feltétele a küldetés érvényességének

A küldetésünk tudományos jelentősége az, ha meg tudjuk határozni a szélnyírást, valamint ha előre tudjuk jelezni minél pontosabban a következő rövid idő időjárását.

A fentiekben túl egy mini kamerát is el tervezünk helyezni a CanSat-ben, mellyel a repülés közben on-board videót készítünk.

## 6.3 Energiaellátás

A CanSat-ünkön elhelyezett mérőműszerek és a fedélzeti számítógép interneten található fogyasztási adatai a következők:

- Arduino Nano: 19 mA
- Páratartalom-, hőmérséklet- és légnyomásszenzor (BME280): 0,0036 mA
- GPS modul (NE06M V2): 10 mA
- Iránytű modul (HMC5883L): 0.1 mA
- LoRa rádiós modul: 100 mA
- Szélmérőhöz használt Hall-effekt szenzor (KY-003): 8 mA

Ezekre egyenként, majd a teljes összegre is 20% ráhagyással számolva 197 mA-t kapunk. Úgy gondoljuk, hogy a CanSat-ünk legalább 3-4 órán át működőképes kell legyen, így egy 800-1000 mAh-ás akkumulátor kell. A fedélzeti kamera típusát nem döntöttük még el, így hogy ennek működésére is legyen megfelelő energiánk, egy 1500 mAh-ás akkumulátorral számolunk. A szenzorok és a fedélzeti számítógép közös üzemi feszültségének 5 V-ot tervezünk.

## 6.4 Kommunikációs rendszer

A CanSat-ünk küldetése nem igényli, hogy kétirányú kommunikációt hozzunk létre, elég, ha a mért adatokat a CanSat továbbítja a földi állomásra. Ezért egyirányú kommunikációt tervezünk, melyhez LoRa rádiós modulokat tervezünk használni. A rádiófrekvenciák és a rádiókommunikáció ennél részletesebb megtervezését a rádiós képzés után szeretnénk elvégezni.

## 7. Szoftver

A fedélzeti szoftver feladatait 3 fő részre tudjuk osztani:

- adatok mérése
- adatok mentése
- adatok továbbítása

Az adatok mérése különböző szenzorokkal fog történni, melyeket az Arduino koordinál. Az adatok mentését a rádiós kapcsolat esetleges megszakadásának esetére kell elvégezni, hogy az adatvesztést minimalizáljuk. A kamera által rögzített videó (melyet nem tervezünk a földre lesugározni) sd kártyára való mentése is a fedélzeti szoftver feladata. Az adatok valós idejű, rádióval való továbbítását is a fedélzeti szoftver kell, hogy végezze.

A repülési időt 3 percre, és az adattovábbítás gyakoriságát 1 mp-re állítva azt kapjuk, hogy kb. 2,84 mb az összegyűjtött adatok mennyisége a kamerát nem számolva. Mivel a fedélzeti tárolási kapacitás véges, így nem tervezzük a rakéta felkészítése közben mért adatokat eltárolni. Az eltárolás kezdetét a szoftver detektálni fogja a légnyomás hirtelen eséséből.

A fedélzeti szoftver C++ nyelven íródik, melyben az Arduino beépített függvényeit használjuk.

## 8. Visszatérési rendszer

A visszatéréshez az ejtőernyőt találtuk a legalkalmasabbnak, és a megvalósítás szempontjából a legegyszerűbbnek. Az ernyő anyagának kiválasztásakor az alábbi szempontok alapján esett a választásunk a 70 Denieres hasadásmntes nejlonra:

- könnyű
- vékony
- összetételében alkalmas ejtőernyő készítéséhez

A feljebb említett anyagot a tervek szerint szabályos nyolcszög alakúra vágjuk és ejtőernyő-zsinór segítségével a Cansat tetejére rögzítjük.

A számításokhoz a közegellenállás képletét alkalmaztuk:  $F_{közeg} = 0.5 \cdot c \cdot v^2 \cdot p \cdot A$

Amikor a Cansat eléri a végsebességét a közegellenállás egyenlő lesz a súllyal:  $F_{közeg} = W$ . Így a következő képletet kaptuk:  $A = 2 \cdot W / (p \cdot v^2 \cdot c)$ . Az ismert adatok a következők:

- $p = 1,225 \text{ kg/m}^3$
- $v = 9 \text{ m/s}$
- $W = 50 \text{ N}$
- $c = 0,9$

Ezután már csak be kellett helyettesíteni az adatokat a képletbe és kijött, hogy körülbelül  $1.12 \text{ m}^2$ -nek kell lennie a nyolcszög alakú ejtőernyőnek ahhoz, hogy kibírjon  $50 \text{ N}$  terhelést, illetve nagyjából  $9 \text{ m/s}$ -os állandó sebességgel zökkenő mentesen leereszkedjen.

## 9. Földi állomás (ground station)

A földi állomás tervezésekor az egyszerűsége törekedtünk, a hardveres része a következőkből áll:

- rádió vevőegység
- laptop
- tápellátás a laptophoz (egy akkumulátor)

A földi állomás szoftverének feladatai közé az adatok fogadása, feldolgozása és mentése tartozik. Az adatok egy fájlba mentődnek, melyet később be tudunk tölteni részletesebb feldolgozásra. A szoftver a kapott adatokból valós idejű grafikont is rajzol, melynek mérete fix, és az adatoktól függően nyomja össze a tartalmat. Az adatok részletesebb feldolgozását, elemzését és a kapott adatokból prezentációk készítését részben szoftveres segítséggel, de a csapat végzi a CanSat landolása után. A prezentációk elkészítésekor a könnyű megérthetőség érdekében sok grafikus elem (pl. diagrammok, táblázatok) használatát tervezzük. A földi szoftver C++ nyelven, az SDL2 grafikus modul segítségével íródik.

## 10. Ismeretterjesztés, kommunikáció (outreach)

Csapatunk számára fontos, hogy kiváló kommunikációt alkalmazzunk főleg a szervezőkkel. Eddig ennek érdekében a lenti kommunikációs csatornákat hoztuk létre, amelyeken bemutatjuk csapatunkat és a projektünk előrehaladását:

- Youtube-csatorna
  - <https://www.youtube.com/channel/UC7cv8CSyxpXw3WFumMLsNEQ>
  - Youtube-ra töltjük fel a videóinkat, amiket csinálunk, többek között például:
    - Olyan 3D videó rendereket a virtuálisan megtervezett CanSat-ünkről, amelyekben bemutatjuk a CanSat-ünk felépítését, belsejét, összetevőit.
    - Tesztjeinket, kísérleteinket.
- Weboldal
  - <https://arpadsat.netlify.app/>
  - Saját weboldalunkra teszünk fel mindent, ami a csapatunkkal kapcsolatos
    - 3d renderképeket, videókat egyaránt beleértve, a CanSattal kapcsolatos terveinket
    - Létrehozott dokumentumainkat (pl. a PDR-t és a CDR-t)
    - A CanSat-tel kapcsolatos tesztjeink eredményeit
    - Mindent, amit rólunk tudni kell
    - Ütemtervünket
      - Ütemtervünk még elérhető külön is egy Google naptár linken keresztül megnyitva:
      - <https://calendar.google.com/calendar/embed?src=arpadsat%40gmail.com&ctz=Europe%2FBudapest>

Az adatok megfigyeléséből nyert információk segítségével megpróbálnánk időjárás-előrejelzést alkotni és utána szeretnénk ellenőrizni, mennyire voltak helyesek a becsléseink. Ezen kívül a versenyen szerzett tapasztalatainkat a következő évben, a CanSat 2025-ös versenyen is fel szeretnénk használni.