



ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA
CanSat 2020

Srpen 2020



Gebauer Jiří

Pazderka Adam

Šemík Martin

Umlauf Karel

Vávra Jakub

Zikmund Ondřej

Poděkování

Je naší milou povinností na tomto místě poděkovat našim skvělým mentorům, kterými byli Vojtěch Suk a Vojtěch Štěpančík. Děkujeme jim za jejich poradenství a konzultace. Také jim děkujeme za zprostředkování jejich zkušenosti z předešlých ročníků soutěže CanSat. Musíme také poděkovat matce Jiřího Gebauera a babičce a matce Ondry Zikmunda za velikou pomoc s šitím našich padáků. Co se týče padáku, tak musíme poděkovat panu Č., který nám umožnil testy padáku z větších výšek. Samozřejmě si vážíme podpory, kterou nám vyjádřila společnost DirectFly s.r.o., Fillamentum a e-shop laskarduino.cz. Jim patří obrovský dík za jejich ochotu a důvěru v nás. Naše poděkování míří i naší škole, Gymnáziu Jana Nerudy, která nám vycházela vždy vstříc, a to nejen finančně, ale mimo jiné nám poskytovala útočiště během našich schůzek. A samozřejmě děkujeme všem, kteří se zajímali o náš projekt, jak prostřednictvím sociálních sítí, tak i těm, kteří nás navštívili na různých akcích.

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme projekt vypracovali samostatně bez přímé účasti mentorů a jiných osob, které nebyly členy týmu GJN Aerospace. Mentoři plnili jen a pouze roli konzultační.

Abstrakt

Cílem projektu a soutěže CanSat je sestavit meteorologickou sondu, která se má vejít do nápojové plechovky. Sonda má být vybavena senzory, které musí měřit teplotu a tlak vzduchu. Tato data se také musí odesílat do pozemní stanice. Sonda bude v rámci finále vynesena do výšky a v průběhu jejího pádu bude zaznamenávat a odesílat data. Následně sonda musí bezpečně dopadnout. Navíc jsme se rozhodli vyhotovit postupy, jak zpětně analyzovat pád sondy a její pohyb v prostoru. Abychom toho dosáhli, tak sonda musí být vybavena příslušným vybavením, to ale není vše. Právě postupy analýzy by měly dokázat plnit svůj úkol i v případě částečného neúspěchu. Aby byl pohyb při pádu výraznější, rozhodli jsme se pro použití padáku typu křídlo. Sonda by tak mohla urazit větší vzdálenost v horizontálním směru. Ovšem jeho využití je riskantní, proto máme v záloze "klasický", kruhový padák, který můžeme zaměnit za padák typu křídlo.

Obsah

Poděkování.....	3
Prohlášení.....	4
Abstrakt.....	5
Obsah	6
Kapitola 1	9
ÚVOD	9
Kapitola 2	10
POŽADAVKY SOUTĚŽE.....	10
Kapitola 3	12
MISE.....	12
3.1 Primární mise.....	12
3.2 Sekundární mise.....	12
3.2.1 Použití GNSS.....	13
3.2.2 Pomocí akcelerometru a gyroskopu.....	13
3.2.3 Za použití videozáznamu	14
3.3 Příběh	14
3.4 Semifinále	14
3.5 Krátká rekapitulace ročníku 2019	15
Kapitola 4	16
TÝMOVÁ PRÁCE	16
4.1 Role členů týmu	16
4.2 Schůzky.....	16
4.3 Interní komunikace	17
4.3.1 Slack.....	17
4.3.2 Facebook Messenger	17
4.3.3 Zoom	17
4.3.4 Kalendář Google	17
4.4 Shrnutí kapitoly	18
Kapitola 5	19
SPOLUPRÁCE	19
5.1 DirectFly s.r.o.	19
5.2 Fillamentum.....	20
5.3 laskarduiono.cz.....	21
Kapitola 6	22
PROPAGACE.....	22
6.1 Jednotný vizuální styl	22
6.1.1 Grafický manuál identity GJN Aerospace	22
6.2 Sociální sítě.....	24
6.2.1 Facebook	24
6.2.2 Instagram.....	25
6.2.3 YouTube.....	25
6.2.4 Twitter	25
6.3 Webové stránky	26
6.3.1 Rozšířená realita	27

6.4 Další propagace	29
6.5 Shrnutí kapitoly	29
Kapitola 7	30
NÁVRH A VÝROBA SONDY	30
7.1 Přístrojová jednotka	30
7.1.1 DPS Písně kosmické II.....	30
7.1.1.1 Komponenty	30
7.1.1.2 Verze S a L	32
7.1.2 Výroba DPS	35
7.1.3 Prozatímní CanSat 2.....	37
7.1.4 openCanSat.....	37
7.1.4.1 Obal pro openCanSat.....	38
7.2 Obal S	39
7.2.1 Pouzdro	39
7.2.1.1 První vnitřní prostor	39
7.2.1.2 Druhý vnitřní prostor	39
7.2.2 Plášť	39
Kapitola 8	45
POZEMNÍ STANICE	45
8.1 openCanSat BaseStation.....	45
8.2 Anténa	45
8.3 qbcan pozemní stanice	46
Kapitola 9	47
PŘÍSTÁVACÍ SYSTÉM	47
9.1 Padák typu křídlo	47
9.1.1 Výpočet plochy křídla	47
9.1.2 Konstrukce zařízení	47
9.1.3 Testy zpomalování.....	49
9.1.4 Testy vypouštění.....	50
9.1.4.1 Vypouštěcí mechanismus	50
9.1.5 Aerodynamika křídla.....	51
9.1.6 Koncept říditelného padáku	52
9.2 Kruhový padák	53
9.2.1 Důvody výroby kruhového padáku	53
9.2.2 Základní výpočty	53
9.2.3 Slider kruhového padáku.....	54
9.2.4 Testy kruhového padáku.....	55
9.2.5 Interpretace experimentů.....	57
9.2.6 Rozevírání kruhového padáku.....	57
Kapitola 10	58
ANALYTICKÉ ŘEŠENÍ POHYBOVÉ ROVNICE	58
Kapitola 11	61
SOFTWARE	61
10.1 Software pro sondu	61
10.1.1 Kód pro PKII	61

10.1.2 Kód pro openCanSat	62
10.2 Software pro pozemní stanici	62
10.3 Aplikace pro analýzu dat	63
Kapitola 12	64
ZÁVĚR	64
11.1 Shrnutí projektu	64
11.2 Rozpočet	65
11.2.1 Celkový rozpočet	65
11.2.2 Cena sondy PKII	68
11.3 Odkazy	69
11.3.1 Kde nás najdete	70
11.3.2 Kdo nás podporuje	70

KAPITOLA 1

ÚVOD

Soutěž CanSat je v na evropské úrovni zaštitěna Evropskou kosmickou agenturou (**European Space Agency, ESA**). Bohužel letošní evropské finále soutěže CanSat bylo zrušeno kvůli globální pandemii nemoci COVID-19. Celoevropskému kolu obvykle předchází národní kola soutěže. V České republice soutěž pořádá vzdělávací kancelář Evropské kosmické agentury ESERO Česká republika (**European Space Education Resource Office**). Nyní bude vrcholem soutěže národní finále, které proběhne v Brně v Medlánkách.



Obr. 1: Koláž z vybraných snímků ze schůzek týmu GJN Aerospace

Tým GJN Aerospace tvoří studenti z pražského Gymnázia Jana Nerudy, kde vznikl stejnojmenný studentský klub, který spojuje studenty se zájmem o vědu a techniku. Náš tým tvoří 6 studentů z 3. až 6. ročníku francouzské sekce našeho gymnázia na Malé Straně, které je šestileté. Naším mentorem je Vojtěch Štěpančík, bývalý student Gymnázia Jana Nerudy, a Vojtěch Suk, člen klubu Silicon Hill, který je největším klubem Studentské unie ČVUT. Náš tým se soutěže účastní již podruhé. V ročníku 2019 jsme se umístili na 6. místě z 11 týmů, které byly ve finále. Letos jsme se ujali konstrukce sondy Píseň kosmická II, která odkazuje na Jana Nerudu, spisovatele a básníka, jehož jméno nese naše gymnázium. Římskou číslicí "II" dáváme najevo, že je to naše druhá účast v soutěži, a že se jedná o druhou námi postavenou sondu, která čerpá ze zkušeností minulého ročníku a je v mnohém odlišná oproti loňské první verzi.

KAPITOLA 2

POŽADAVKY SOUTĚŽE

Níže je vypsáno jedenáct kritérií, které CanSat musí splňovat. Tato kritéria jsou součástí propozice národního kola soutěže CanSat. Tyto body se samozřejmě silně odrážejí v našem projektu.

1. Všechny komponenty CanSatu se musejí vejít do válce (plechovky) o výšce 115 mm a průměru 66 mm. Výjimku tvoří padák, radiová anténa pro přenos dat a GPS anténa. Tyto antény mohou být, dle návržení celého CanSatu, umístěny na vrchní či spodní straně CanSatu. V průběhu vzletu není dovoleno překročit tyto rozměry (v průběhu sestupu je možné vysunutí měřicí sondy, přistávacího mechanismu atp.).

2. Váha CanSatu se musí pohybovat v rozmezí 300–350 g a to včetně padáku. CanSaty, které nedosahují minimální váhy, musí být zatíženy závažím, aby dané váhy dosáhly.

3. Použití výbušnin, pyrotechniky, hořlavin či jiných nebezpečných látek je zakázáno. Všechny použité materiály musejí být bezpečné pro osoby s ním manipulující, okolní zařízení i životní prostředí. V případě nejistoty jsou soutěžící povinni prokázat nezávadnost použitých materiálů.

4. CanSat musí být napájen s pomocí akumulátoru a/nebo solárních panelů. Minimální pohotovostní doba provozu je stanovena na 4 hodiny (po celou tuto dobu CanSat provádí měření a odesílá data). Baterie musí být v CanSatu snadno vyjmutelná pro případ kontroly či výměny.

5. CanSat musí být možné vypnout pomocí snadno přístupného vypínače.

6. CanSat musí být vybaven zařízením pro snadné nalezení – GPS modul, akustická signalizace. Ze zkušenosti z předchozích ročníků doporučujeme údaje o GPS poloze odesílat s pomocí telemetrie – usnadní to nalezení ztraceného CanSatu.

7. CanSat musí být vybaven padákem či jiným systémem, který umožní jeho bezpečný sestup a zabrání jeho zničení. Pro padák se doporučuje používat pestré barvy, díky kterým bude CanSat snáze k nalezení po přistání. **Systém připevnění padáku musí vydržet zatížení minimálně 1000 N. Rychlost sestupu CanSatu s pomocí padáku či jiného zařízení se musí pohybovat v rozmezí 6–12 m/s.** Pevnost a funkčnost padáku je třeba otestovat ještě před CanSat finále. **Doložení funkčnosti padáku musí být součástí Závěrečné zprávy.**

8. Celková cena použitých komponent pro sestavování CanSatu nesmí přesáhnout částku 10 000 Kč. Do této částky se započítávají pouze komponenty, které jsou použity přímo v CanSatu (nezapočítává se např.

cena antény pozemní stanice atp.). Do rozpočtu se započítávají i součástky, které tým obdržel v rámci sponzorství či daru od jiných subjektů (např. kit od ESERO kanceláře). Při překročení maximální povolené částky bude tým penalizován dle pravidel popsanych v další sekci.

9. Data primární mise musejí být odesílána s pomocí telemetrie minimálně 1x za sekundu do pozemní stanice. Ostatní data není nutné odesílat telemetricky do pozemní stanice (možno ukládat na SD kartu). Pokud tým využívá SD kartu, je možno při ukládání dat využívat jinou frekvenci.

10. Z CanSatu se po přistání či ve velmi malé výšce nad zemí (do 2 m) mohou oddělit další zařízení – měřící sonda, rover atd.

11. Na CanSatu musí být umístěno zařízení pro připevnění do rakety/dronu (dodá pořadatel).

KAPITOLA 3

MISE

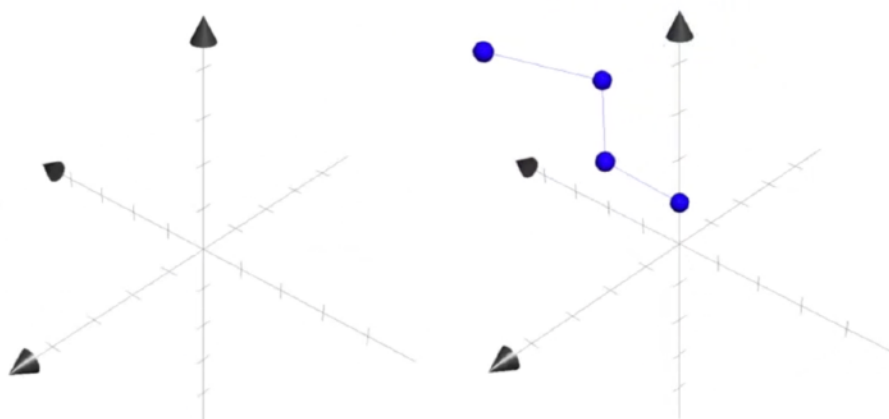
Cílem soutěže je výroba malé sondy, CanSatu, která pro soutěžící zastupuje reálnou kosmickou sondu. Ve skutečnosti bychom CanSat mohli klasifikovat jako sondu meteorologickou. Sonda musí mít velikost plechovky. Soutěžící se naučí práci s elektrotechnikou nebo získají zkušenosti s prací v týmu. Týmy musí splnit primární a sekundární misi.

3.1 Primární mise

Primární misí nebo také hlavním úkolem je během sestupu/pádu sondy měřit sondou různé veličiny. Mezi ty patří teplota vzduchu a atmosférický tlak. Tato data musí být minimálně jednou za sekundu odesílána do pozemní stanice, kde budou ukládány k pozdější interpretaci během závěrečných prezentací (např. určit výšku na základě tlaku, či dát do souvislosti teplotu a nadmořskou výšku).

3.2 Sekundární mise

Za naši sekundární misi jsme si zvolili 3D mapování sestupu naší sondy. To znamená sestavit graf, na kterém bude vidět trasa, kterou náš CanSat během pádu urazil. Letos bude naším úkolem vylepšit a zpřesnit naše postupy při provádění 3D mapování pádu sondy Píseň kosmická II, kterou jsme pojmenovali po básnické sbírce Jana Nerudy.



Obr. 2: Znáznornění možného výstupu 3D mapování sestupu

Mapování pádu sondy ve třech dimenzích lze provést několika možnými způsoby. Buď pomocí globálních navigačních satelitních systémů (zkratka GNSS z ang. **G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem), kterým je třeba GPS, Galileo, GLONASS nebo BeiDou. Také pomocí akcelerometrů a gyroskopů nebo pomocí videozáznamu.

Data jsme původně plánovali zpracovávat přímo v CanSatu a následně pomocí nich řídit sestup sondy. Pomocí odchylky souřadnic sondy od souřadnic požadovaného místa dopadu by algoritmus uvnitř sondy zjistil, zda má odbočit doleva, či doprava. Poté jsme zvažovali, že v CanSatu bude kód, který by zanesl CanSat na místo na Zemi, které je přímo pod bodem vypuštění, ale kód by nepočítal s vnějšími vlivy (např. vítr). Bylo by to jednodušší.

Celá myšlenka řízeného sestupu vznikla, aby 3D záznam pádu byl "atraktivnější". U zaznamenané křivky pádu, kde sonda nebude zatáčet, se špatně demonstrují technologické možnosti sondy. Nyní si ale uvědomujeme i výhody samotného 3D mapování sestupu. Hlavním padákovým řešením tedy bude stále padák

typu křídlo, ovšem bez možnosti řízení. Jako zálohu jsme také vyrobili kruhový padák, který je značně jednodušší a problematika jeho rozevírání není tak komplexní jako u padáku typu křídlo. Při použití kruhového padáku a záznamu trasy jeho pádu bychom ale mohli získat zajímavé údaje o vývoji větru. Právě pomocí rekonstrukce dráhy sondy bychom po porovnání s údaji z akcelerometru mohli zjistit například směr nebo sílu větru.

3.2.1 Použití GNSS

Pomocí satelitních navigačních systémů je možné sbírat data o poloze v určitém časovém intervalu. Ty pak je možné zanést do tříosého grafu, kde bude vidět trajektorie sestupu CanSatu. Jedná se asi o nejjednodušší možnost, co se týká principu fungování a analýzy naměřených dat. Ovšem jsou tu problémy s přijímáním signálů GNSS satelitů, dobrý výhled antény na oblohu, zajištění, aby příjem signálů nebyl rušen elektronikou na sondě apod. Softwarová integrace také tvoří problémy. Napsat funkční kód pro příjem dat není lehké a knihovny, které by práci mohli usnadnit nemusí fungovat.

3.2.2 Pomocí akcelerometru a gyroskopu

Údaje z akcelerometru na palubě CanSatu mohou být použity pro analýzu jejího pohybu v prostoru. Díky zmíněným datům můžeme mít každých zhruba 0,5 s údaje o zrychlení ve směru os x, y a z. Znalost časových rozmezí nám poté umožní na základě jednotlivých hodnot zrychlení v dílčích směrech spočítat i rychlost a uraženou vzdálenost podle jednotlivých tří os kartézského souřadnicového systému (reprezentujícího náš prostor).

Za tímto účelem jsme vytvořili následující tabulku:

[illegible]

Obr. 3: Ukázka tabulky pro částečné zpracování dat z akcelerometru

Zrychlení byla do tabulky vkládána manuálně. Rychlost po uplynutí prvního intervalu byla spočítána na základě vztahu: $v = a \cdot t$, kde a je zrychlení a t je doba trvání prvního intervalu.

Rychlost v každém následujícím bodě poté byla rovna součtu konečné rychlosti z předchozího intervalu a přírůstku z posledního intervalu, která byla stále počítána zmíněným vztahem.

Vzdálenost se počítala stejným způsobem jako rychlost, až na to, že přírůstek vzdálenosti byl počítán jinak. Pokud bychom například chtěli znát, o kolik se sonda posunula daným směrem mezi body 1 a 2, výsledek by byl tento: $s = t \cdot (v_1 + v_2) / 2$

Je zde totiž třeba brát v úvahu průměrnou rychlost mezi dvěma krajními body pro odhadnutí jedné hodnoty rychlosti mezi dvěma hranicemi. Z tohoto je také zřejmé, že přesnost našich výpočtů je omezena frekvencí získávání informací od akcelerometru. Čím delší byly prodlevy, tím panuje větší nejistota a nepřesnost při počítání rychlosti.

Celková uražená vzdálenost podle jednotlivých os může být porovnána s údaji z GPS a rovněž můžeme spočítat i procentuální odchylku.

3.2.3 Za použití videozáznamu

Pro 3D mapování sestupu lze samozřejmě také použít pozemní kamery. Ty přesně zachytí, kde se sonda v prostoru nachází a také nám mohou ukázat stav sondy. Pro zpřesnění určení polohy je lepší pořizovat záznam z více kamer zároveň. Palubní kamera také přispívá ke zlepšení povědomí o poloze sondy.

Videozáznam lze také dobře použít pro PR mise. Možností je také živě přenášet záznam na sociální sítě, ale tato možnost vyžaduje kvalitní internetové připojení a na velký výkon zařízení, které video přenáší.

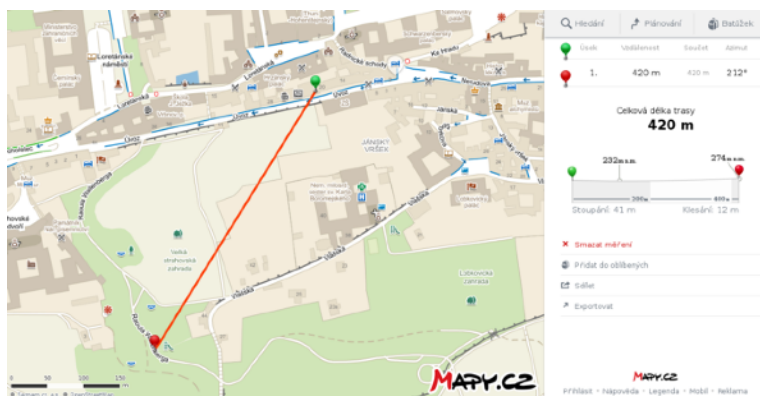
3.3 Příběh

Oproti loňskému roku jsme se letos vydali hledat praktické uplatnění naší sondy pěkně do terénu. Po zmapování situace na všech frontách jsme se rozhodli hledat pomoc u velkých českých kapacit a požádali jsme o pomoc skutečného mistra v oboru, terénního odborníka v oblasti zahradničení, Karla Umlaufa, který je také hrdým členem našeho týmu. V ten moment se naším zaměřením stalo zemědělství. Rozhovořili jsme se a vyplynulo, že se v posledních letech rodí podstatně méně peckovic, zejména třešní a meruněk, které, aby toho nebylo málo, velmi chutnají špačkům. "Tito nevinně vypadající tvorové jsou strůjci zla a bída," prohlásil náš týmový zahradník. Jejich nálety dokáží během doby zrání zlikvidovat celičkou úrodu, aniž by si toho sadař musel všimnout. Proto jsme se rozhodli přestat jen nečinně sedět a přizpůsobili PKII tak, že se může považovat za efektivní součást boje proti špačkům.

Sekundární náklad může být vybaven **kamerami**, aby sonda mohla zachytit, kterou část stromu špačci zrovna devastují a popřípadě kam pak letí domů. Dále bude probíhat precizní sledování, jenž jsme si zvolili za sekundární misi. S jeho pomocí bude pak možné sestavit mapu pohybu špačků v závislosti na denní době a fázi zrání.

3.4 Semifinále

Během letošního semifinále jsme přijímali data z našeho CanSatu, který byl tvořen sadou openCanSat. Semifinále se konalo v Praze v kanceláři ESERO jen maličký kousek od Petřína. Proběhlo 29. 1. 2020. V rámci semifinále proběhl test telemetrie (radiového přenosu dat na dálku), kde se část týmu vypravila z kanceláře cca 420m na Petřín, kde sonda vysílala a data byla přijímána v kanceláři ESERO zbytkem týmu. Výsledkem měření byla data o okolní teplotě, tlaku, vlhkosti. V průběhu semifinále jsme provedli základní analýzu těchto dat, kde průměrná teplota činila 10,6°C, průměrný tlak byl 974 hPa a vlhkost byla naměřena 44,8%. Nadmořskou výšku v místě, kde se CanSat nacházel, jsme určili jako 271 m.n.m. Součástí semifinále byla také



Obr. 4: Vzdálenost přenosu telemetri při semifinále ESERO, mapy.cz

VÝSLEDKY NÁRODNÍHO SEMIFINÁLE CANSAT 2020			
Pořadí*	Tým	Město	Body*
1	OG Sat	Frydek-Místek	107,0
2	Gykovy Sat	Vyškov	92,7
3	StratoCan	Frydek-Místek	92,0
4	PRIGOSat	Ostrava	89,3
5	GJN Aerospace	Praha	89,1
6	fsociety00.info	Břeclav	87,5
7	Úvaláci	Úvaly	74,2
8	LitoSpace	Litoměřice	72,7
9	UT-SAT	Pardubice	50,2
10	NucleoSat	Praha	41,5
11-12	REMEK	Pardubice	DNS
11-12	Team Meridian	Praha	DNS

*Do národního finále 2020 postupuje 8 týmů s největším počtem bodů z národního semifinále.

Obr. 5: Pořadí týmů v semifinále ESERO, facebook.com

prezentace. Tu si můžete pustit např. na našem YouTube kanále (<https://youtu.be/RaRPrnwxcY>). Po semifinále jsme si odnesli průběžné 5. místo v soutěži.

3.5 Krátká rekapitulace ročníku 2019

Minulý ročník soutěže CanSat jsme si dali za úkol víceméně stejné věci jako letos. Letošní ročník je ale ve znamení rozsáhlých zlepšení. V ročníku 2019 jsme neměli moc zkušeností s průběhem soutěže. Pomocí nám byla účast mentorů v předešlých ročnících. Hlavním problémem bylo to, že jsme neznali způsob vypouštění CanSatů. V minulých letech byl řešen odhákutím CanSatů z kotvícího oka. To se odrazilo v našem návrhu Píseň kosmické (1), která měla zřetelná poutka. Nakonec jsme se dozvěděli, že vypouštění bude probíhat otevřením dolních dvířek tubusu, ve kterém bude CanSat uložen, takže jsme poutka ve finálním designu vynechali.



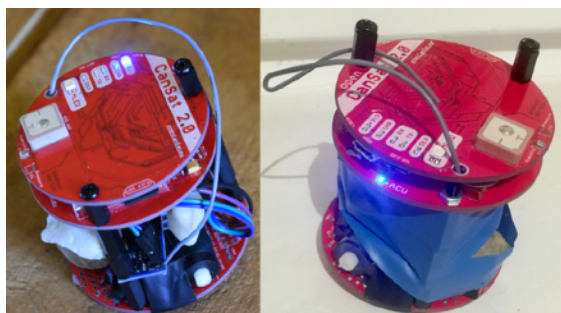
Obr. 6: CAD modely a náčrty obalu CanSatu Píseň kosmické (1)



Obr. 7: Padáky typu křídlo, které jsme ušili



Obr. 8: Sonda PK(1)



Obr. 9: Přístrojová jednotka sondy PK(1), kde jsou zřetelné i servomotory pro plánované řízení sestupu

Ročník 2019	
Umístění	Tým
1.	Charles the Fourth (SPŠE a VOŠ Pardubice)
2.	OG Sat (SPŠOA Frýdek-Místek)
3.	GykovSat (Gymnázium Vyškov)
4.	Quantum Limes (Gymnázium Hejčín Olomouc)
5.	Trisolaris (SPŠOA Břeclav)
6.	GJN Aerospace (Gymnázium J. Nerudy Praha)
7.	Úvaláci (DDM Úvaly)
8.	Stratocan (SPŠOA Frýdek-Místek)
9.	UT-Sat (UTESLA Pardubice)
10.	Gyza (Gymnázium Zábřeh)
11.	J-Sat (SPŠE Ječná Praha)

Obr. 10: Pořadí týmů ve finále 2019
<https://esero.sciencein.cz/cansat>

Píseň kosmická (1) měla 2 vnitřní prostory. První pro přístrojovou jednotku (openCanSat 2.0) a dolní pro jiné experimenty. My jsme tam uložili kameru, která skrz otvor ve spodních dvířkách měla nahrávat video. Ovšem kameru při finále potkaly problémy, tak jediné, co pořídila, byl záběr dlouhý pár sekund, kde kameru ukládáme do CanSatu.

Během finále jsme měli problémy s padákem. Neměli jsme otestované rozkládání padáku v případě, kdy je CanSat vypouštěn z těsného tubusu. Museli jsme přistoupit k neotestovanému způsobu balení. V důsledku se padák neotevřel. Po pádu celý CanSat přežil jen s malým poškozením a během pár minut jsme ho znovu připravili do letuschopného stavu. Obal z materiálu PLA se osvědčil jako dostatečně pevný.

Ovšem celková naše účast v ročníku 2019 soutěže CanSat byla provázena jednou hlavní nepříjemností. Bylo to o 4 měsíce zpožděné dodání openCanSat kitu, který zajišťovali pořadatelé. Proto jsme se semifinále účastnili bez testu telemetrie a naše průběžné umístění bylo 11. místo. Ve finále jsme dost nedostatků doladili a naše celkové umístění bylo místo 6.

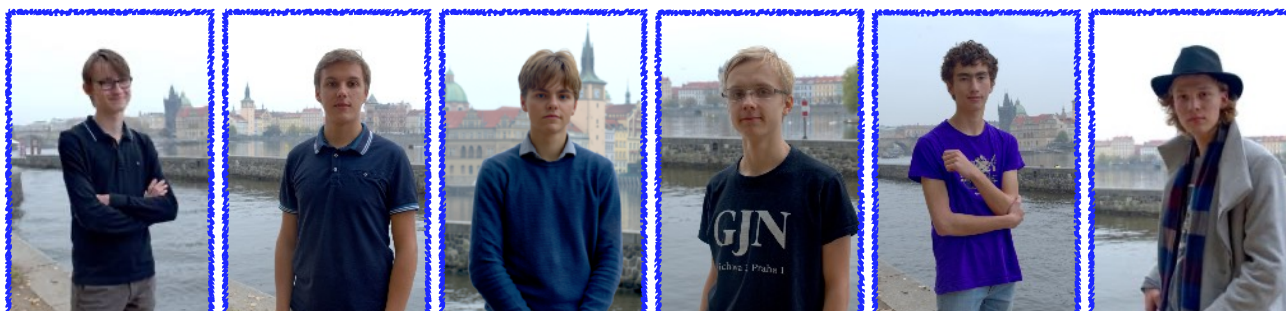
KAPITOLA 4

TÝMOVÁ PRÁCE

Práce v týmu je důležitou součástí celého projektu. Bez rozdělení úkolů a bez řádné komunikace mezi členy týmu bychom rozhodně nemohli dosáhnout cílů, které jsme si vytyčili. Spolupráce byla klíčová, a proto bylo nutné udělat sérii několika důležitých kroků, pomocí kterých jsme zajistili průběh prací.

4.1 Role členů týmu

Náš tým tvoří 6 členů. Všichni se soutěže účastníme dobrovolně, to zajišťuje funkčnost a ochotu k plnění úkolů. Každý si vybral práci v tom oboru, který ho nejvíce zajímá. Konkrétně Jakub Vávra pracoval na konstrukci hardwaru a přijal funkci vedoucího. Ondřej Zikmund prováděl fyzikální teoretické výpočty a zejména pracoval na konstrukci našeho padáku typu křídlo a i záložního kruhového padáku. Jiří Gebauer měl na starosti koordinaci spoluprací a komunikaci s partnery. Také se hlavně podílel na tvorbě procesů pro analýzu dat. Adam Pazderka se staral o software našeho CanSatu a pozemní stanice. Martin Šemík měl na starost PR projektu. Spravoval naše sociální sítě a internetové stránky. A (borec) nakonec Karel Umlauf se stal týmovým zahradníkem a jeho tipy a triky přišly vhod při plánování využití naší sondy. Z jeho první role vyplývá i ta druhá. Stará se také o stravování celého týmu v průběhu akcí jako jsou např. finále a semifinále soutěže CanSat.



Martin Šemík
PR

Adam Pazderka
Software

Jakub Vávra
Hardware/Vedoucí

Jiří Gebauer
Obchodní zástupce

Ondřej Zikmund
Padák

Karel Umlauf
Zahradník/Catering

4.2 Schůzky

Již od začátku nám bylo jasné, že pokud chceme něco udělat, bude třeba stanovit si režim schůzek, na kterých bychom se mohli vzájemně informovat o postupu prací a na kterých bychom si přidělovali další úkoly a samozřejmě také vykonat velkou část práce. Tradiční první schůzka proběhla v „Bastlárně“ na strahovských kolejkách za účasti našich mentorů, jmenovitě Vojtěcha Suka, Vojtěcha Štěpančíka a také bývalého účastníka soutěže Jakuba Boháčka.

Další schůzky se poté konaly pravidelně každou středu po 8. vyučovací hodině od 15:20 v suterénu našeho gymnázia. S hrdostí musíme prohlásit, že schůzky jsme rušili jen výjimečně, kvůli mimořádným programům. Mimo tyto schůzky se konaly i minischůzky (např. o velké přestávce) a to kdykoliv dle potřeby a navíc díky tomu, že navštěvujeme stejnou školu, jsme se mohli téměř kdykoliv setkat a probrat to co zrovna bylo třeba. Nevýhodou je samozřejmě to, že (až na pár jedinců) nechodíme do stejné třídy. To nám naopak dost snižuje naši časovou flexibilitu. Někdy jsme se také scházeli o víkendech či volných dnech na delší časový úsek. Na tyto tzv. „kiloschůzky“ (někdy i mega- nebo giga-, dle potřeby) jsme se většinou scházeli v prostorách Národní technické knihovny v Dejvicích.

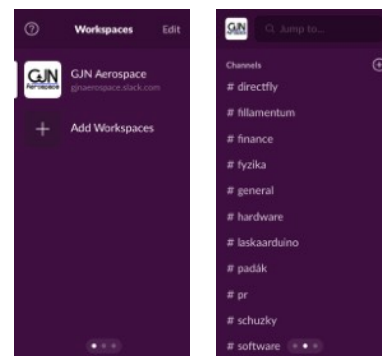
Kvůli zrušení fyzické výuky na školách v březnu 2020, které bylo způsobené rozšířením nového typu koronaviru SARS-CoV-2, jsme byli nuceni naše schůzky přesunout do online světa, kde přes platformu Zoom řešíme klasickou náplň schůzek. Tzv. „teleschůzky“ jsme provozovali i předtím, ale jen v omezené míře pro rychlé vyřešení akutních problémů.

4.3 Interní komunikace

Určitě hlavním pilířem naší komunikace a sdílení práce jsou různé platformy. My jsme využívali 2 hlavní. Tou primární je Slack a sekundární platformou se stal Facebook Messenger. Dalšími nástroji pro sdílení informací se stal Kalendář Google a již zmiňovaná platforma Zoom.

4.3.1 Slack

Platforma Slack nám umožňuje rychle komunikovat a řešit jiná témata odděleně. V jednotlivých skupinách (Workspaces) jsou jednotlivé kanály (Channels), kde si oddělujeme komunikaci pro jednotlivé části projektu. Například do kanálu “padák” dáváme jen a pouze dokumenty, které souvisí s vývojem a šitím našeho padáku, ale také komunikaci, která je s tím spojená. Ke Slacku je možné přidat další programy, které ve Slacku fungují pomocí příkazů (lomeno a příkaz). My jsme si do Slacku přidali Kalendář Google a Zoom.



Obr. 11: Logo služby Slack, Obr 12 a 13: Ukázka platformy Slack
<https://slack.com>

4.3.2 Facebook Messenger

Další platformou, kterou využíváme ke komunikaci v týmu je aplikace Messenger od firmy Facebook. Ta je hojně používaná a probíhá tam naše méně formální komunikace ve skupině, která je věnovaná CanSatu, ale domlouváme se tam i na věcech individuálně. Messenger využíváme obdobně jako SMS. Když potřebujeme rychle něco vyřešit, tak se na něčem domlouváme právě přes Messenger. Je široce rozšířený, ale pro komplexnější práci vyhovuje méně.



Obr. 14: Logo Facebook Messengeru
<https://www.messenger.com>

4.3.3 Zoom

Jak už bylo zmíněno, tak zoom využíváme pro videohovory, které částečně nahrazují schůzky. Jeho snadná integrace do Slacku umožňuje jednoduché sdílení hovoru (meetingu). Lze přes něj jednoduše sdílet obrazovku počítače, ale také obrazovku mobilního telefonu i v případě, že už voláte přes počítač (zkušenost v kombinaci s verzemi programu pro macOS a iOS, přes funkci zrcadlení). Omezující je jen maximální délka 40 minut u skupinových hovorů v bezplatné verzi.



Obr. 15: Logo služby zoom
<https://zoom.us>

4.3.4 Kalendář Google

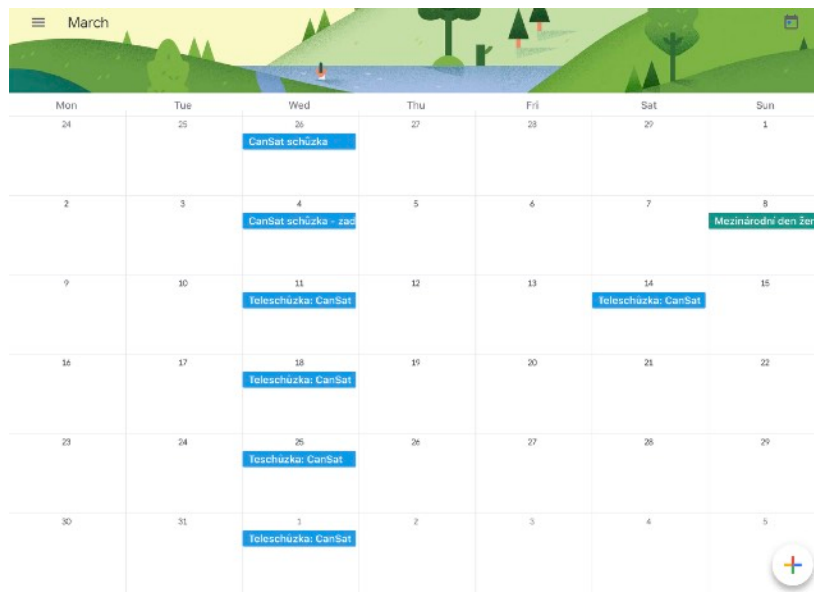
Kalendář Google nám dovoluje přes týmový mail tvořit týmový harmonogram. Opět ve spojení se Slackem je jeho použití výhodné. Když se do kalendáře pro CanSat přidá událost, tak do kanálu, kde řešíme schůzky, přijde upozornění. Upozornění také přijde těsně před schůzkou či jinou událostí. Také si jednotliví členové týmu mohou CanSat Kalendář Google sloučit se svým vlastním a vidět tak schůzky ve své mobilní aplikaci.



Obr. 16: Logo Kalendáře Google
<https://www.google.com/intl/cs/calendar/about/>

4.4 Shrnutí kapitoly

Dobrá týmová práce a komunikace v týmu je klíčová pro plnění úkolů a povinností. Bez týmové spolupráce by náš CanSat nemohl nikdy vzniknout, to je jisté, a proto bylo zapotřebí podniknout několik důležitých kroků k dobře fungující týmové spolupráci. Zprvč bylo třeba vybrat správné členy týmu, zkrátka jen ty, kteří se o danou problematiku opravdu zajímají, rozdělit si role a práci na našem projektu tak, aby každý dělal to, co ho baví, určit si termíny schůzek tak, aby byly pokud možno vždy ve stejný čas na stejném místě a určit jednotný kanál pro interní komunikaci mezi členy týmu. Zpětně musíme konstatovat, že se nám tato opatření povedla aplikovat a díky nim byla naše spolupráce takřka bezproblémová.



Obr. 17: Měsíc březen v Kalendáři Google pro projekt CanSat

KAPITOLAS

SPOLUPRÁCE

Celkem máme tři sponzory, kterým chceme ještě jednou poděkovat za důvěru. Samozřejmě jim patří také náš dík za to, co pro nás udělali během naší spolupráce. Ať se to týká jejich hmotných darů nebo i peněžních. Všichni 3 sponzoři jsou české společnosti, které jsou lídrem ve svém oboru.

5.1 DirectFly s.r.o.

Direct Fly, s.r.o. je klíčovým sponzorem našeho týmu. Poskytli nám potřebné finanční prostředky. Právě díky ní jsme mohli pořídit mnoho komponentů potřebných pro chod Písň kosmické II. Za tyto prostředky jsme koupili součástky na plošný spoj například rezistory, kondenzátory, LED diody apod.

Společnost se snažila nám umožnit testování pomocí jejich letadel v Brně-Medlánkách. Také bychom se mohli podívat i na terén, ve kterém se bude konat národní finále. To kvůli globální pandemii nebylo bohužel možné.

Společnost Direct Fly se specializuje na vývoj celokovových ultralehkých letadel. Společnost je na trhu více než deset let a v současné době vyrábí ALTO 912 TG a vyvíjí další dva typy sportovních letadel, ORANGE a STOL CRUISER. ALTO se těší nejen působivým výkonům. Firemní produkce využívá technologii Match Hole, která usnadňuje a zefektivňuje výrobu.

V roce 2016 společnost Direct Fly podepsala smlouvu o převodu technologií na asijský trh s čínskou společností Wanfeng Aviation.



directfly.cz



Obr. 18: Alto 912TG (D-MBWR)

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=72508321>



Obr. 19: Výroba ve firmě Direct Fly

https://directfly.cz/?page_id=2437

5.2 Fillamentum

Tato společnost nám pomohla s výrobou. Konkrétně nám poskytli vysoce kvalitní vlákna pro 3D tisk. S touto oblastí máme zkušenosti z minulého roku. Z těchto materiálů je kompletně vytištěný dvojitý obal sondy. Vybrali jsme 2 materiály. Jeden z nich je elastický a bude tak částečně fungovat jako amortizační systém.

Fillamentum je značka kvalitních vláken pro 3D tisk. Pro tuto celosvětově známou českou značku pracují odborníci v oblasti plastů s více než patnácti lety zkušeností. Jsou zaměřeni na zajištění kvality a tvoří nové trendy a materiály. Jejich specialisté vyvíjejí velké úsilí, aby uváděli na trh nové materiály a uspokojili i ty nejnáročnější zákazníky v průmyslovém prostředí. Fillamentum je záruka kvality, na kterou se můžete spolehnout!

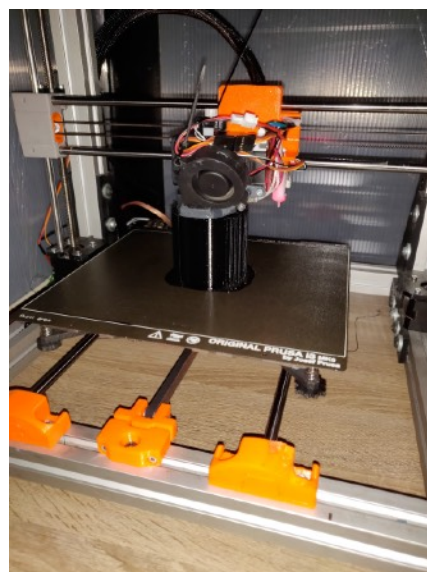
Od svého založení v roce 2011 společnost vyvíjí a vyrábí pro různá průmyslová použití, jako je automobilový průmysl, potravinářský průmysl, zdravotnictví, stavebnictví a mnoho dalších.



Obr. 20: Vlákna pro 3D tisk obdržaná od společnosti Fillamentum



Obr. 21: Vlákno/filament pro 3D tisk
<https://fillamentum.com/products/cpe-hg100-ghost-white>



Obr. 22: 3D tisk sondy

5.3 laskarduiono.cz

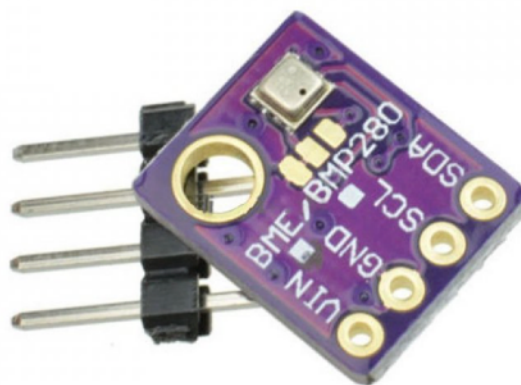
Posledním jmenovaným a zároveň velmi důležitým sponzorem jsou Konstantin a Tereza Láskovi. To jsou vlastníci obchodu laskarduino.

Poskytli nám senzory BME280 a MPU9250. První jmenovaný měří teplotu, relativní vlhkost a barometrický tlak. Druhý obsahuje gyroskop, akcelerometr a magnetometr. Jsou tedy nezbytné ke splnění obou misí.

Nabízí dobrý výběr zboží, skvělé ceny a rychlé doručení. Jejich stránky by také mohly být vzorem přehlednosti pro jiné e-shopy. Je to jeden z nejlepších e-shopů s materiálem pro Arduino.

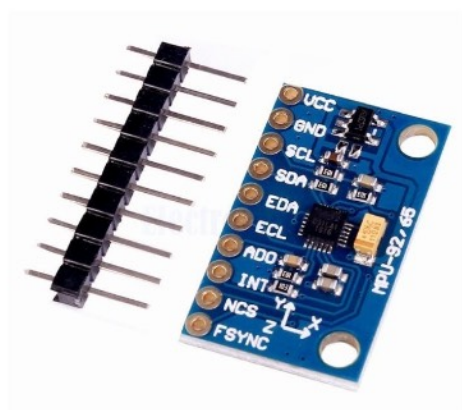


<https://www.laskarduino.cz>



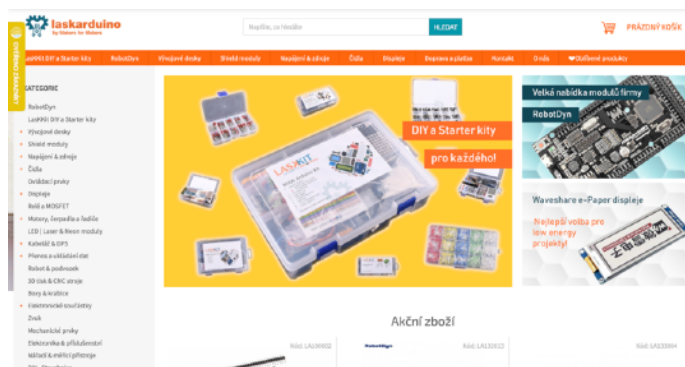
Obr. 23: BME280

<https://www.laskarduino.cz/arduino-senzor-tlaku--teploty-a-vlhkosti-bme280/>



Obr. 24: MPU9250

<https://www.laskarduino.cz/arduino-9dof-gyroskop-akcelerometr-magnetometr-mpu-9250-spi-iic/>



Obr. 25: Ukázka e-shopu laskarduino
<https://www.laskarduino.cz>

PROPAGACE

V dnešní době se již bohužel stává smutnou praxí, že marketing produktu je důležitější než jeho praktičnost a funkčnost a kvůli tomu si lidé kupují produkty, které třeba nikdy nepoužijí a v soutěžích často vyhrávají projekty, které vlastně nic nového nepřinášejí. Téměř by se chtělo říci, že jsou jen prostě pouhými kopiemi, ale díky tomu, že za nimi stojí tým dobrých marketérů, který si k těmto produktům více méně vymyslí jakýsi pseudopříběh, zcela vytržený z reality, vyhrávají. My jsme však chtěli jít jinou cestou, chtěli jsme vytvořit funkční přístroj, který bude mít jeden hlavní účel a to otestovat naše technická řešení, ze kterých se bude v budoucnu dát čerpat. Ovšem dalším účelem sondy je využití v zemědělství (viz 3.3 Příběh). Propagace našeho CanSatu probíhala na více frontách a to jak přes internet tak i účastí na různých akcích.

Hlavní částí propagace našeho projektu jsou jistě sociální sítě. Letos jsme ke stávajícímu Facebooku a Instagramu přidali také YouTube a Twitter. Takže jsme pokryli široké spektrum platform, kde nás může kdokoli najít. Na každé sociální síti jsme do popisku napsali i odkazy na ty ostatní, takže si zvědavý člověk může rychle dohledat více o našem projektu. K tomu máme také stránky, na kterých jsou ale jen pouze základní informace. Technickou dokumentaci projektu také vkládáme veřejně na GitHub, takže kdokoli se námi může inspirovat. Hlavním pojítkem našich sociálních sítí a materiálů se stal náš jednotný vizuální styl postavený kolem našeho loga.

6.1 Jednotný vizuální styl

Jelikož je tento ročník ve znamení mnoha vylepšení, tak i naše logo i celý vizuální styl byl trochu pozměněn. Logo GJN Aerospace je inspirováno logy kosmických agentur, kde se většinou vyskytuje "šipka" mířící vzhůru, symbolizuje to, kam agentura směřuje - do kosmu (např. NASA, Roskosmos, CNES, CNSA, Jaxa, ISRO, atd.).



Obr. 26: Loga různých kosmických agentur, naše staré logo a logo aktuální

Právě s tímto prvkem jsme propojili zkratku názvu našeho gymnázia "GJN". Nápis GJN je doplněn o druhou část názvu našeho týmu, tím je nápis Aerospace, který je psán fontem **01DigitGraphics**. Část GJN od Aerospace je dělená modrou linkou. To vychází již z původního loga, ale právě doplnění modré barvy a jakési ostřejší "seříznutí" linky na okrajích dodává logu na přímočarosti, ovšem všechny rohy jsou lehce zakulacené, až na jeden. Tím "rohem" je vrchol špičky, který tvoří výjimku, protože nový vizuální styl je směřován k "zakulacování". Celou tematiku "zakulacování" doplňuje přátelský řez písma BloggerSans, kterým píšeme naše texty. Logu jsme chtěli dodat modernější a uhlazenější vzhled, proto jsme nově použili pro tyto všechny úpravy program Affinity Designer, kde jsme změny provedli.

6.1.1 Grafický manuál identity GJN Aerospace

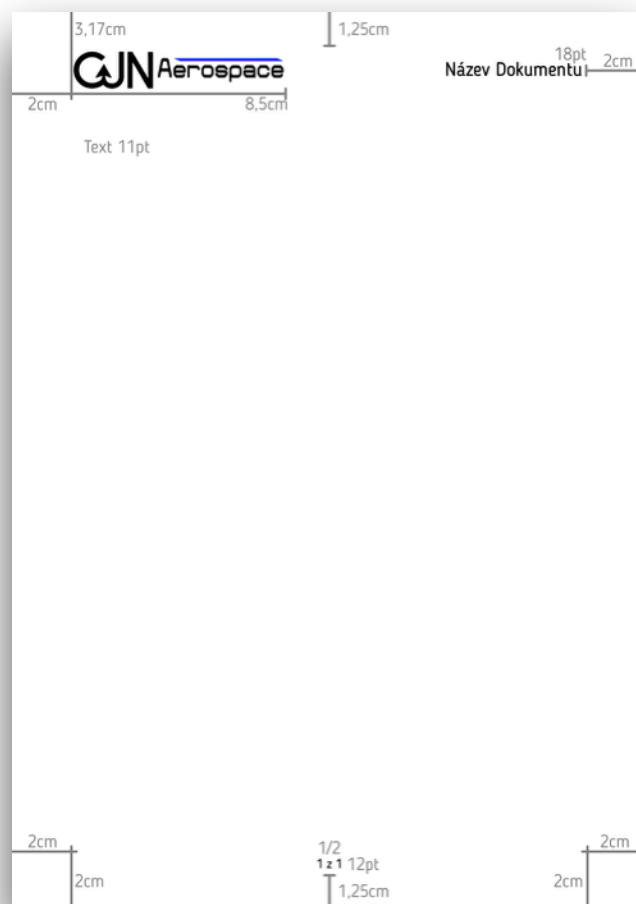
Barevnost je v základní modré barvě GJN Aerospace ve cmykové škále C-87, M-76, Y-0, K-0. V RGB pak R-20, G-40, B-255, v RGB hex pak **1428FF**. Používané řazy písma jsou: Blogger Sans (textové materiály) a **01DigitGraphics** (některé nadpisy a užití v logu)

- Možné varianty loga GJN Aerospace
- Vzor dokumentu
- Varianty Loga Písně kosmické II



Obálka, List A4

Hlavičkový papír, List A4





6.2 Sociální sítě

Hlavním pilířem naší komunikace s okolím a propagace našeho projektu jsou sociální sítě, jmenovitě Facebook a Instagram. Nejdůležitějším kanálem pro komunikaci s našimi fanoušky a kanálem pro oslovování všech potenciálních zájemců se u nás stal Facebook. Nalézají se na něm pravidelné zprávy o dění na našich středečních schůzkách a o stavbě a testování naší sondy. Příspěvky se snažíme dělat co nejvýstižnější a nejkratší, tak aby neodrazovaly jejich potenciální čtenáře. Přes Facebook se nám podařilo oslovit nejvíce návštěvníků. Profil máme také na sociální síti Instagram kam nahráváme zejména fotky a videa ze stavby našeho CanSatu a slouží zároveň k přesměrování návštěvníků na náš Facebook.

Od minulého ročníku se portfolio našich sociálních sítí rozrostlo i o Twitter, kam píšeme, vždy když je to nutné, krátké až heslovité žhavé novinky a postřehy z postupu našich prací. Na YouTube naleznou návštěvníci naše prezentační videa a záznamy prezentací ze semifinále a finále minulého ročníku. Naš web jsme si sami vytvořili, ale také používáme web, který je vytvořen v internetové službě Webnode a dominuje mu jednoduchá a minimalistická grafika a kombinace barev modré a bílé. Hlavním účelem našeho webu není být prvotním informačním kanálem, nýbrž jen druhořadným rozcestníkem, který poskytne jeho návštěvníkům základní informace o projektu, členech našeho týmu, našem gymnáziu a našich sponzorech, a to včetně odkazů. Založili jsme si i e-mail (gjn.aerospace@gmail.com), na který mohou návštěvníci směřovat své dotazy.

6.2.1 Facebook

Právě sociální síť Facebook je vůbec nejpodstatnějším krokem propagace našeho týmu. Účet na této sociální síti byl založen jako náš první komunikační kanál a naleznete na něm pravidelné zprávy o dění na našich pravidelných schůzkách, ale také zprávy o vývoji našeho samotného fyzického CanSatu anebo zprávy o naší účasti na různých tematických akcích. Snažíme se, aby naše příspěvky byly co nejkratší, ale aby se z nich návštěvník zároveň dozvěděl dostatek potřebných informací, jelikož v dnešním uspěchaném světě je čas velmi drahocenný a většina uživatelů sociálních sítí preferuje krátké a výstižné příspěvky, díky kterým zůstávají v obraze, ale zároveň s nimi neztrácí příliš času. Součástí příspěvků bývají také fotografie, které ilustrují aktuální dění. Přes Facebook se nám podařilo oslovit nejvíce návštěvníků.

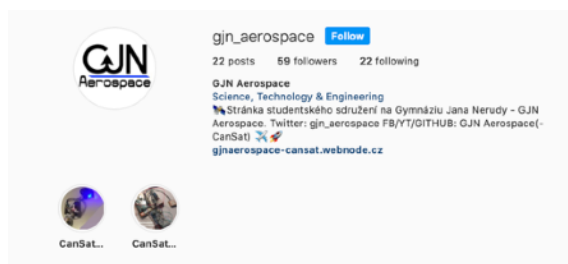
GJN Aerospace – CanSat



6.2.2 Instagram

Druhý profil jsme si založili na sociální síti Instagram. Na Instagram nahráváme zejména fotky ze stavby naší sondy a slouží také k přesměrování návštěvníků na náš Facebook a případně další sociální síť. Snažíme se na Instagram nahrávat fotografie, které naši sledující ještě neviděli na Facebooku. Mohou tak mít mnohem komplexnější pohled na projekt, když sledují právě více našich sociálních sítí.

gjn_aerospace



6.2.3 YouTube

Na YouTube soustředíme naši videotvorbu. Než jsme měli vytvořený účet na této platformě, tak všechna videa jsme sdíleli na Facebooku. Nyní videa jsou na obou platformách, ale na platformě YouTube nabízíme určitý exkluzivní obsah právě jen pro tuto platformu. Jedná se například o delší verze videí, kde se můžete o projektu dozvědět více a vidět záběry, které nebyly přímo na Facebooku zveřejněné. Nebo i samostatná videa, u kterých jsme se rozhodli, že je budeme sdílet jen na YouTube, ale ovšem se sdílením odkazu na video na Facebooku. I předešlá videa z Facebooku jsme na YouTube doplnili, aby fanoušek měl na výběr, kde videa sledovat.

GJN Aerospace



6.2.4 Twitter

Twitter je takovým doplňkem ke všem ostatním sociálním sítím. Slouží opět k tomu, abychom oslovili největší možný počet diváků přes množství platforem, kde nás někdo může najít. Na Twitter dáváme krátká výstižná sdělení nebo odkazy na Instagramové příspěvky. Plný potenciál této platformy jsme zatím nevyužili.

gjn_aerospace



6.3 Webové stránky

Původně jsme využívali webové stránky, které jsme vytvořili pomocí služby Webnode, ale již máme web vlastní. Web přes Webnode je tvořen jednoduchou a minimalistickou kombinací barev, modré a bílé a byl vytvářen dodatečně, až po našich primárních sociálních sítích. (tzn. Facebook, Instagram). Účelem tohoto webu není být prvotním informačním kanálem, nýbrž jen druhosledným rozcestníkem, který poskytne jeho návštěvníkům základní informace o projektu, o členech našeho týmu a hlavně návštěvníky přeměruje na naše sociální sítě, na kterých mohou návštěvníci nalézt ostatní informace, popřípadě na náš e-mail, na který mohou návštěvníci směřovat své dotazy. Rozhodli jsem se ale pro tvorbu vlastního webu, protože v řešení od společnosti Webnode bylo pro nás nedostačující.



Obr. 27: Ukázka našeho webu
<https://gjnaerospace.netlify.app/>

Náš vlastní web zakládáme na jednoduché scrollovací obrazovce, kde se postupným sjížděním dále stránkou dozvídáte více o projektu, o nás a našich aktivitách. Nahoře se ale nachází nabídka, kde rychle můžete přeskocit na sekci, která Vás zajímá. Stránky jsme doplnili o obrázky a zjednodušené obrázky, ze kterých si čtenář může lépe udělat přehled o projektu. Důležitou částí tohoto webu je také sekce, kam jsme dali odkaz na zajímavé a důležité dokumenty, které s naší účastí na soutěži souvisí (např. starší zprávy). Jednotlivé sekce webu jsou: CanSat, Mise, PKII, Organizace, Podpora, Dokumenty a Kontakt. V první části, která se nazývá CanSat, krátce popisujeme celou soutěž. Nechybí také proklikávací odkazy na jiné stránky, které se na projekt vážou (stránky ESERa, CanSatu na Wikipedii, apod.). Dále popisujeme naši sekundární misi, a jak souvisí se sondou CanSat. Následně se dostaneme k sekci, kde popisujeme naši sondu – Píseň kosmickou II. Jedná se víc o techničtější popis. Do této sekce jsme také umístili zajímavou funkci, a to možnost prohlédnout si naši sondu v **rozšířené realitě** (AR – *Augmented Reality*). Bohužel je tato funkce limitována na zařízení s operačními systémy iOS a iPadOS od společnosti Apple, protože tato funkce využívá prostředí právě od této společnosti (formát .usdz). Podobně tato firma používá rozšířenou realitu k prezentaci svých vlastních produktů na jejich stránkách. Potom v další sekci prezentujeme náš tým, pak se dostáváme k poděkování sponzorům (DirectFly, Fillamentum, laskarduino). Nechybí také odkaz na stránky našeho gymnázia (Gymnázium Jana Nerudy). Následuje pak úsek s odkazy na dokumenty, který pak doplňují odkazy na naše sociální sítě, GitHub, ale také je tam naše emailová adresa, přes kterou nás může kdokoli kontaktovat (gjnaerospace@gmail.com). Přes většinu obrázků a ikon se dá přímo dostat na odkazovanou věc. Při

kliknutí na ikonku sociální sítě, se stránka automaticky přesměruje na ní. Když je stisknuta ikonka mailu, automaticky se vytvoří nový mail, který je nastaven, aby byl nám odeslán. Klikem na loga sponzorů se dostanete na jejich stránky.



Obr. 28: Ukázka našeho webu
<https://gjnaerospace.netlify.app/>

Zatím je náš web bez vlastní domény a je zřizován přes službu Netlify (<https://www.netlify.com>). Psán je značkovacím jazykem HTML se souborem o podobě v CSS. Jelikož je koncipován jako stránka, kterou postupně projíždíte, tak její použití v mobilních prohlížečích nevyžaduje veliké úpravy. Také není moc potřeba klikat na relativně malá tlačítka na webu v mobilní verzi, protože je jednodušší posunutí stránky prstem dále. Celý web je ale v neustálém vývoji a pracujeme na přidání některých dalších zajímavých vlastností. Web naleznete na adrese <https://gjnaerospace.netlify.app/>.

6.3.1 Rozšířená realita

Do našich stránek jsme implementovali funkci, kde si můžete sondu Píseň kosmická II prohlédnout v rozšířené realitě (viz 6.3 Webové stránky). Museli jsme ale vyřešit problém, jak převést naše CAD modely do modelů, které se dají zobrazit v rozšířené realitě. Model si pak ale musí zachovat barvu a správnou velikost. Hledali jsme nejlepší a bezplatný způsob, jak modely převést. Program Fusion 360 je sice placený, ale pro studenty nabízí bezplatný program využívání. Fusion 360 dokáže exportovat do různých formátů, ale ne přímo do formátu .usdz, který jsme se my rozhodli využívat pro AR. Program Reality Converter je program přímo od společnost Apple, která formát .usdz používá. Ten dokáže do .usdz převádět právě dva formáty a to .obj a .glb. K .obj potřebujete ale i soubor s texturami a s těmito nedokáže Reality Converter pracovat, a když Fusion 360 přímo vyexportuje model do .obj a následně se exportuje do .usdz, tak se nezachová ani velikost z návrhu. Takže přichází v úvahu formát .glb. Abychom mohli použít formát .glb, tak využijeme program Blender. Je to primárně grafický program, takže se tam může i dodatečně upravit scéna pro rozšířenou realitu. Do Blenderu nahrajeme soubor .fbx, který se dá exportovat z Fusionu 360. Takže na začátku v programu Fusion 360, kde vzniká design sondy, máme formát .f3d, který z Fusionu 360 vyexportujeme do .fbx. Dále ho importujeme do Blenderu, upravíme scénu a vyexportujeme ve formátu .glb. Následně v Reality Converteru dále upravíme scénu (osvětlení) a vyexportujeme do .usdz. Tento formát můžete přímo otevřít v aplikaci Files (Soubory) na iOS a iPadOS. Zařízení samo zahájí promítání předmětu do naší reality a v obrazovce zařízení sledujete projekci.

Fusion 360



.f3d -> .fbx

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

Blender



.fbx -> .glb

<https://www.blender.org>

Reality Converter



.glb -> .usdz

<https://developer.apple.com/news/?id=01132020a>

Se soubory .usdz můžete dále pracovat. V aplikaci Reality Composer (<https://developer.apple.com/augmented-reality/reality-composer/>), která je k dispozici přímo v App Store na iOS a iPadOS nebo ji také naleznete v rámci programu Xcode na počítačích Mac. Tam si nahrajete objekty ve formátu .usdz a můžete s nimi dále vytvářet scény s pohybem a interaktivními prvky.



Obr. 29: Ukázka scény s více prvky, která byla vytvořena v aplikaci Reality Composer (vlevo), porovnání velikosti virtuálního modelu promítnutého vedle reálného objektu stejných vnějších rozměrů (vpravo)

6.4 Další propagace

Minulý ročník soutěže CanSat jsme ostatní formě propagace věnovali asi větší pozornost a péči než letos. Tento rok jsme se spíše soustředili na popularizaci projektu v rámci naší školy. Minulý ročník jsme byli na akcích jako je Arduino den, Future Gate nebo NeruDny 2019. Do seznamu “velkých” akcí, kterých jsme se zúčastnili, patří “pouze” NeruDny 2020. Tam jsme po celý den vystavovali nemalou část věcí, které se pojí s naším CanSatem. Narazili jsme tam také na tradici CanSatu na naší škole. Zájemci se nás mohli po celý den ptát na otázky, nebo si jen přečíst něco o projektu v příložených dokumentech. Z jiných dalších činností můžeme jmenovat malé příspěvky na naší škole, kde jsme povědomí o projektu šířili mezi studenty našeho gymnázia.

6.5 Shrnutí kapitoly

Správný marketing je dnes klíčem k úspěchu a je tudíž důležité věnovat mu dostatek času. Z toho důvodu jsme vytvořili poutavý, avšak zároveň minimalistický design, aktivně jsme komunikovali s fanoušky prostřednictvím několika sociálních sítí, vlastního webu a naši fanoušci měli také možnost nás potkat na některých akcích. Vždy jsme byli otevřeni všem dotazům, a co je pro nás ještě důležitější, nikdy jsme během naší prezentace, a to jak na sociálních sítích, tak při setkání s našimi fanoušky, nikomu nelhali, nic jsme nepředstírali, zkrátka říkali jsme věci narovinu, protože přetvářka by nám jen uškodila.



Obr. 30, 31: Fotografie z příprav na akci NeruDny 2020

NÁVRH A VÝROBA SONDY

Naše sonda sestává ze tří hlavních částí. Jednou je přístrojová jednotka Písně kosmické II, další je její obal a třetí je sekundární náklad. Přístrojová jednotka zajistí vše potřebné k průběhu primární a sekundární mise. Sekundární náklad slouží jako doplňkové vybavení CanSatu, ale samozřejmě se i tento náklad dá navázat na potřeby sekundární či primární mise. My jsme se rozhodli pro kamery.

7.1 Přístrojová jednotka

Přístrojová jednotka Písně kosmické II je vůbec nejdůležitější částí sondy. Zajišťuje průběh primární i sekundární mise. Proto jsme vypracovali vlastní přístrojovou jednotku s výkonným čipem od STMicroelectronics. Jako záložní řešení nám poslouží MainBoard 2.0 s PowerBoard 2.0 z openCanSat kitu.

7.1.1 DPS Písně kosmické II

Přístrojovou jednotku Písně kosmické II primárně tvoří náš vlastní plošný spoj. Ten vytváříme v programu KiCAD. V tomto open-source softwaru jsme připravili schéma zapojení potřebných součástek a dokončili práce na návrhu samotné desky. Výroba vlastní desky plošných spojů je nezbytná pro zmenšení, vylepšení a zdokonalení celé sondy a samozřejmě také pro získání nových zkušeností.

Všechny součástky, kterými je osazený plošný spoj, máme vypsané na našem GitHubu. Seznam všech součástek a jejich dokumentací, spolu s návrhem plošného spoje tam najdete (<https://github.com/GJN-Aerospace/CanSat2020>).

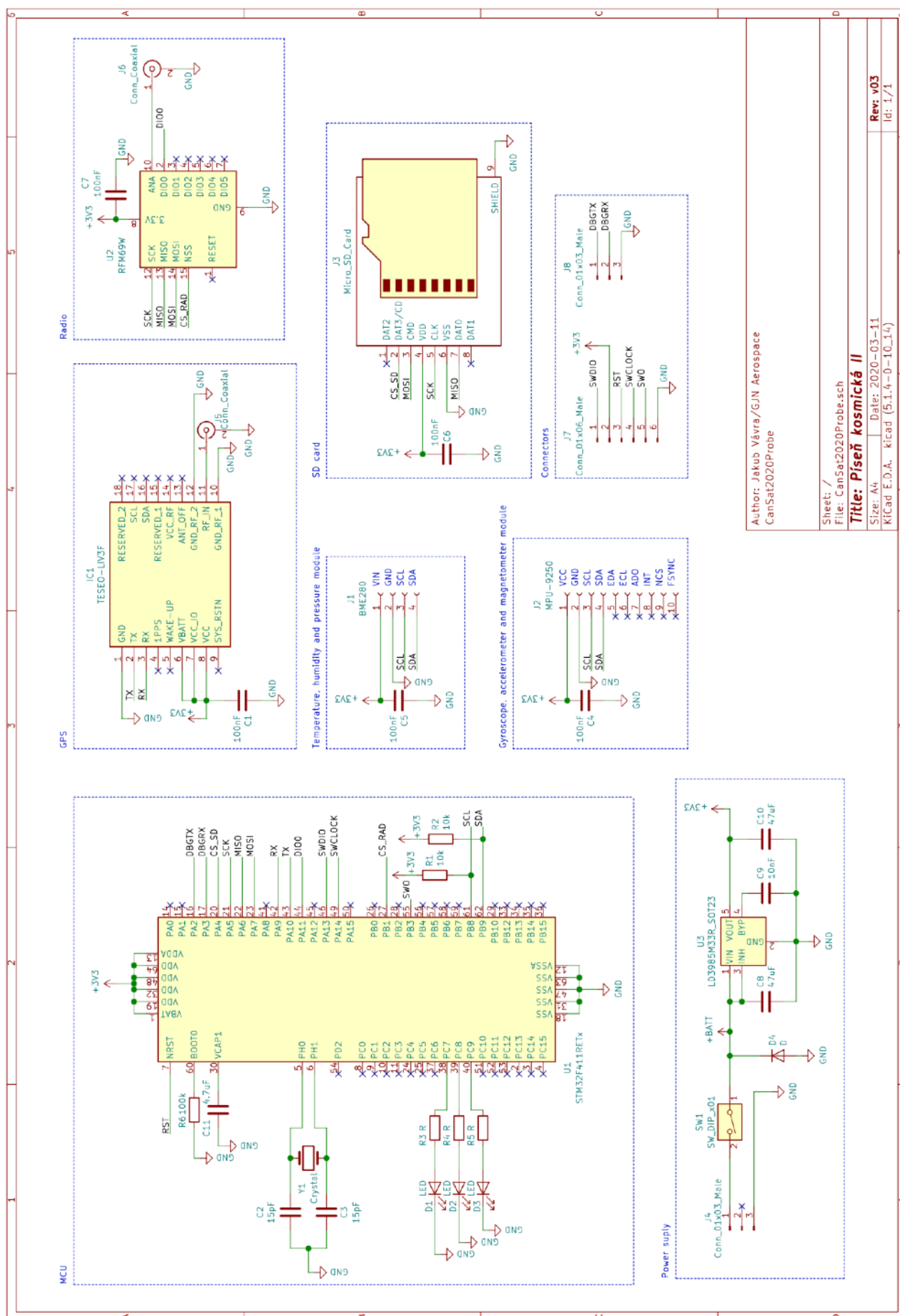
7.1.1.1 Komponenty

Přístrojová jednotka našeho CanSatu je klíčovou částí naší sondy. Právě na ní jsou umístěny všechny potřebné komponenty pro chod Písně kosmické II. Tvoří ji námi navržený plošný spoj. Ten bude osazený jednočipovým počítačem od firmy STMicroelectronics. Mikrokontrolér (MCU – microcontroller unit) postavený na architektuře ARM Cortex M4 s názvem *STM32F411RET6* bude řídit operace na palubě CanSatu. Jako externí krystal jsme zvolili 8,0 MHz krystal v pouzdru HC49. Důležitý pro napájení celé přístrojové jednotky je regulátor napětí, který poskytuje 3,3 V napětí pro chod sondy. Baterie, která se bude využívat v CanSatu s PKII je baterie LiPol s kapacitou 900 mAh. K testování využíváme větší baterii Li-ion o kapacitě 2 050 mAh. Obě mají nominální napětí 3,7 V. Mezi baterii a desku můžeme připojit ochranný a nabíjecí modul na baterie. Tento malý plošný spoj má micro USB konektor a čip TP4056, kterým se baterie nabíjí a ochranný čip DW01A.

Co se týká senzoru, který bude použit pro měření okolní teploty, tlaku a vlhkosti, tak to zajistí modul se senzorem *BME280*. Jedná se o senzor od firmy BOSH, který využívá řada jiných CanSatů. My jsme se rozhodli ho použít v jeho formě “modulu”, takže on sám je na malém plošném spoji. Tímto jsme se zbavili nutnosti pájení tak malého komponentu na desku. Spojený bude přes 4 piny kontaktní lišty, kde se nachází spojení napájení, země, SCL a SDA pro I²C sběrnici.

Dále data o zrychlení a náklonu obstará *MPU9250*. Ten je podobně jako senzor pro teplotu (...) také ve formě modulu na malém plošném spoji. To nám zaprvé šetří místo na vlastním plošném spoji sondy Písně kosmické II, ale také zjednodušuje stavbu. Nemusíme připevňovat tolik SMT komponentů (komponenty, které se dávají na povrch plošného spoje – surface mount technology), které oproti komponentům THT (through-hole technology, součástky, které se připevňují na plošný spoj skrz otvory) vyžadují více času a preciznosti pro připevnění/pájení. Pro SMD (surface mount device) se dá využít také pájecí pasta a šablona. K tomuto způsobu je také vyžadován horkovzdušná páječka. SMT komponenty se dají také připevnit klasickou páječkou a pájkou. To sice vyžaduje větší přesnost, ale je to méně náročné na potřebná zařízení.

Modul *Teseo LIV3R* se postará o informace o poloze z družic systémů GNSS a transceiver *RFM69W* bude přenášet naměřená data na pozemní stanici. Data se také mohou ukládat na MicroSD kartu. Slot na ni je vyklápěcí nahoru. Není “zašoupávací” ani “zamačkávací”, takže je SD karta při pádu ve větším bezpečí proti vypadnutí ze slotu. Jeho výhodou také je, že se mohl umístit prakticky kamkoli na DPS, protože u něj není



Obr. 32: Schéma Písně kosmické II

limitace pozice na okraj desky z důvodů zasouvání SD karty (jinde by mohly překážet jiné komponenty).

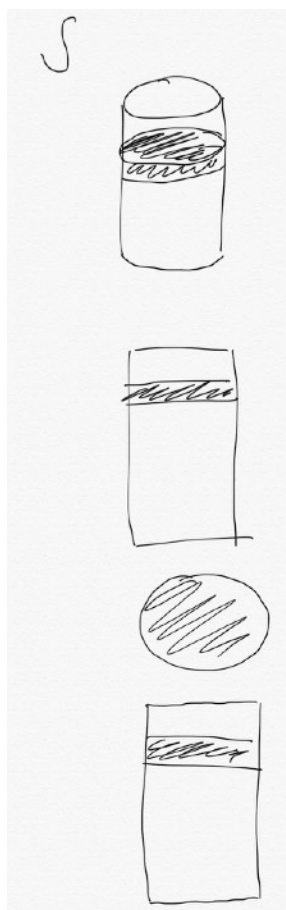
Zmíněné součástky byla potřeba otestovat. K tomu využíváme vývojovou desku *Nucleo F411RE*, která tvoří náš tzv. Prozatímní CanSat 2 (ve zkratce PCS 2), který oproti jeho minulé verzi z minulého ročníku soutěže disponuje plnohodnotným vybavením, s ním se také zúčastníme semifinále soutěže. Ovšem není možné otestovat všechny komponenty, které na finální přístrojové jednotce budou.

7.1.1.2 Verze S a L

Vypracovali jsme také koncepci dvou druhů plošných spojů Písně kosmické II. První verze S a druhá L. Z angličtiny tam naleznete význam velikostní, kde S znamená *small* - malý a L *large* - velký. Ovšem hlavní rozdíl je ve tvaru, kdy S je kruhová a L obdélníková. Obě desky by se daly použít na palubě CanSatu, ale s použitím desky S nebo L přichází i jiné uvažování nad prostorem v CanSatu a jiné možnosti experimentů. Jediný rozdíl ve výbavě mezi deskou S a L by byl volitelný SMA konektor u desky L, protože by se také dala použít jako pozemní stanice s "velkou" anténou. (Pro lepší znalost koncepce obalu pro S viz sekce 7.2 Obal)



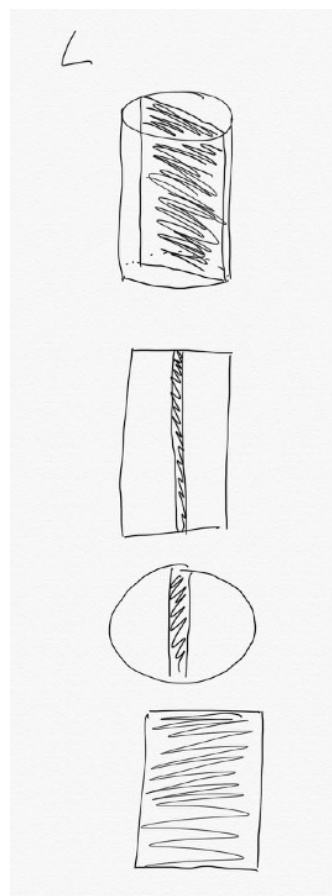
Obr. 33: Logo Písně kosmické S



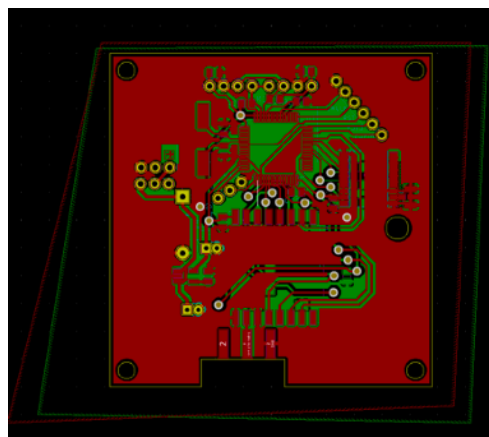
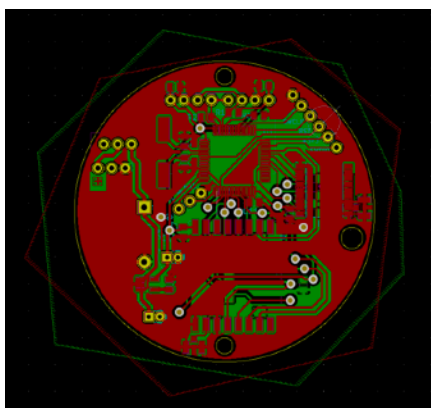
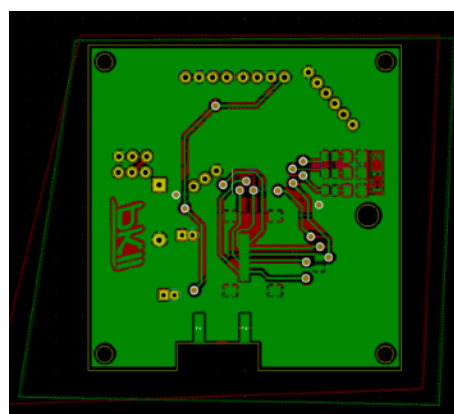
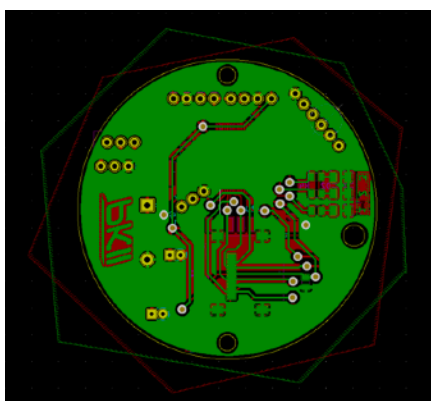
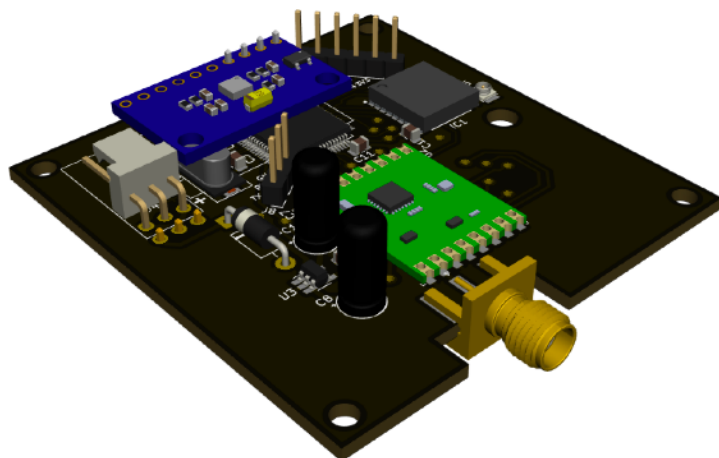
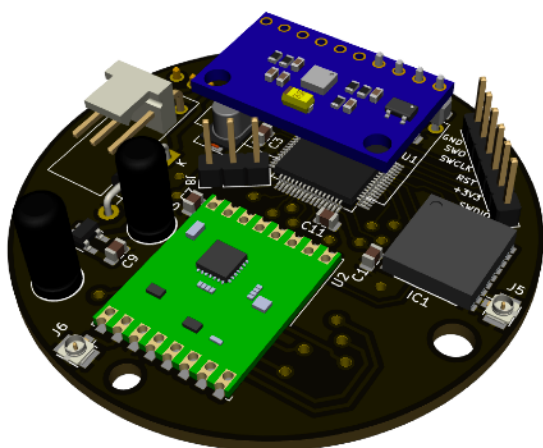
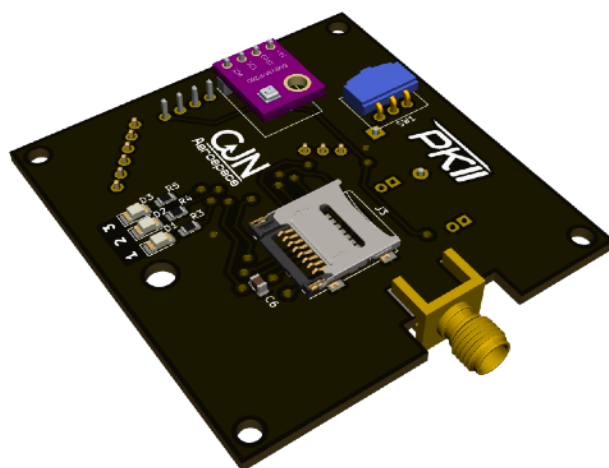
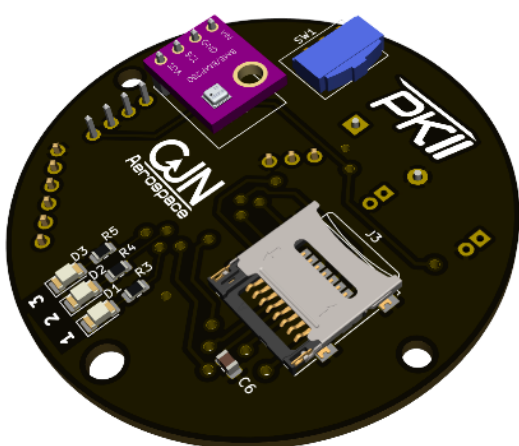
Obr. 35: Představa vnitřního uspořádání u verze S



Obr. 34: Logo Písně kosmické L



Obr. 36: Představa vnitřního uspořádání u verze L



Obr. 37: Vizualizace desky S

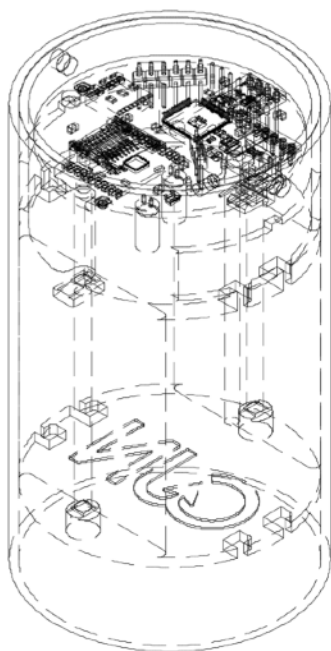
Obr. 38: Vizualizace desky L



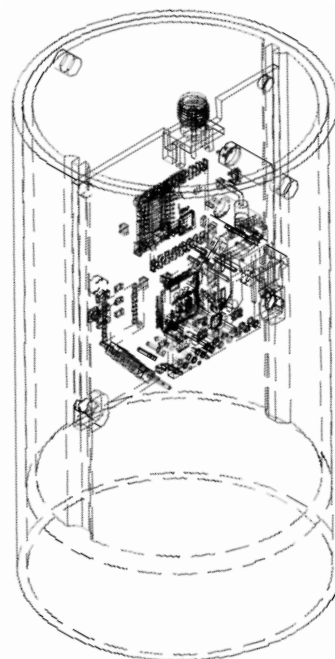
Obr. 39: Vizualizace CanSatu S



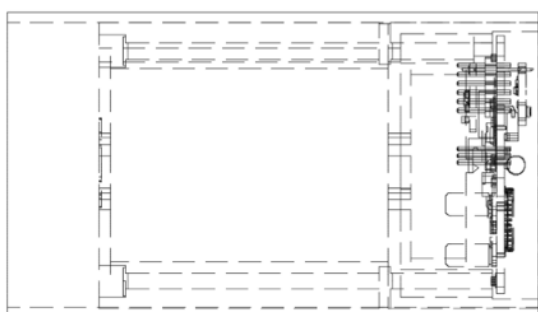
Obr. 40: Vizualizace CanSatu L



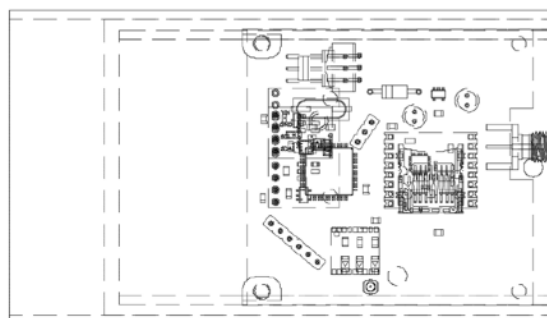
Obr. 41: Vizualizace CanSatu S



Obr. 42: Vizualizace CanSatu L



Obr. 43: Vizualizace CanSatu S



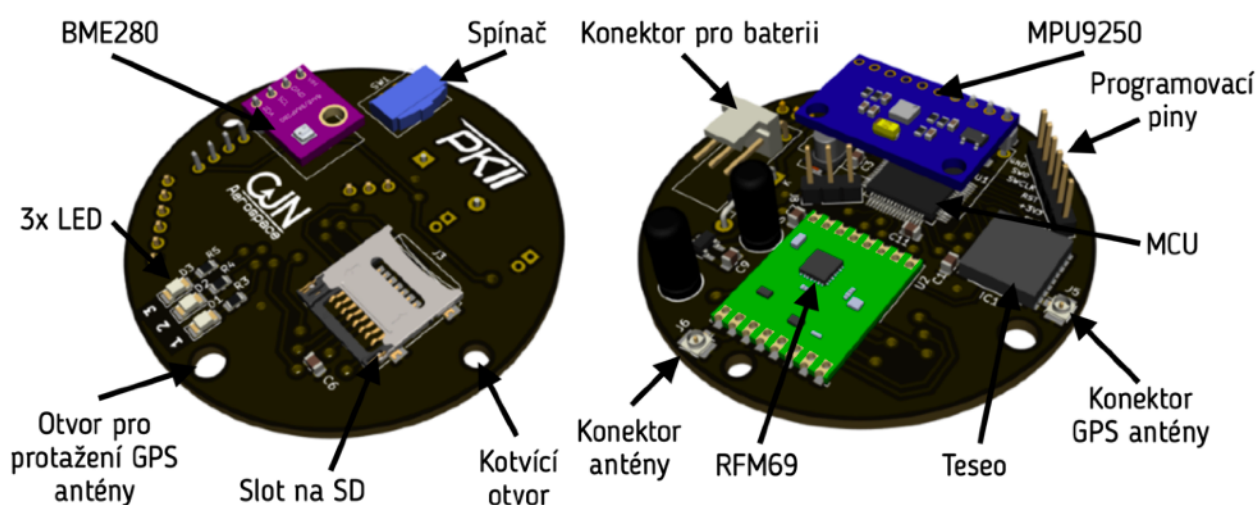
Obr. 44: Vizualizace CanSatu L

7.1.2 Výroba DPS

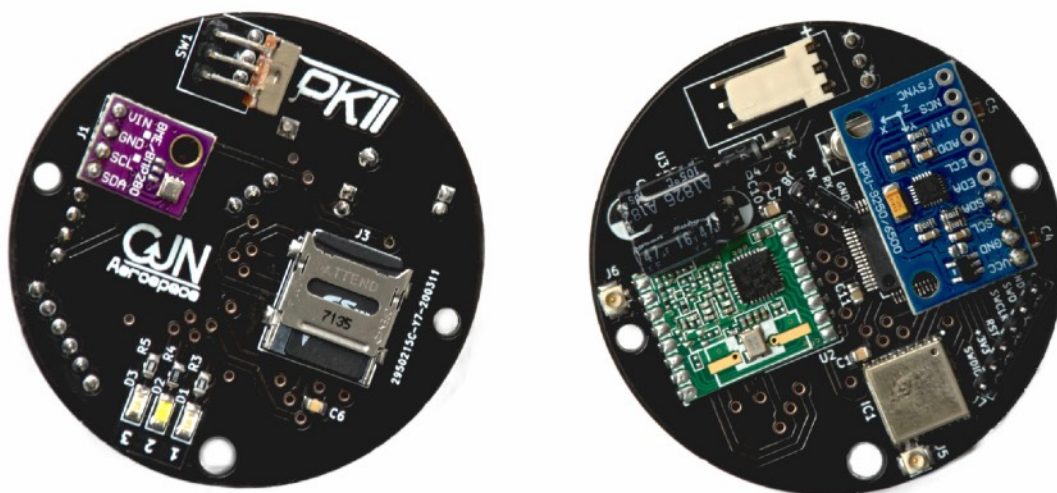
Původní plán byl takový, že vyrobíme plošný spoj sami v dílně na Strahovských kolejích s názvem "Bastlárna". S takovým záměrem byl plošný spoj navrhován. Za pomoci fotosenzitivního dvouvrstvého plošného spoje, na který vytvoříme cesty zapojení. Ovšem kvůli uzavření škol, dalších institucí a omezení provozů jsme museli objednat spoj, který jsme navrhli, z Číny. Jako výrobce pro desku naší sondy jsme zvolili JLCPCB (<https://jlcpcb.com>). Pak jsme plošný spoj osadili všemi potřebnými komponenty. Ty jsme objednávali z obchodu Farnell (<https://cz.farnell.com>), TME (<https://www.tme.eu/cz/>) a samozřejmě jsme také obdrželi komponenty od e-shopu laskarduino, který je našim sponzorem.

1 MI	2020-03-11 16:30:46	10 pcs - €4.29
2 Drilling	2020-03-11 17:05:10	Build Time: 3 days
3 Copper Deposition	2020-03-12 00:34:17	Layers: 2
4 Image the outer layers	2020-03-12 01:37:20	Dimension: 56 mm* 56 mm
5 Pattern Plating	2020-03-12 03:21:07	PCB Qty: 10
6 Automatic Optical Inspection(AOI)	2020-03-12 06:15:26	Different Design: 1
7 Solder Mask	2020-03-12 07:11:32	Delivery Format: Single PCB
8 Silkscreen	2020-03-12 17:23:44	PCB Thickness: 1.6
9 Hot Air Solder Leveling(HASL)	2020-03-12 17:25:44	Impedance: no
10 Electrical Test	2020-03-12 17:37:26	PCB Color: Black
11 Profiling,V-cut scoring	2020-03-12 23:57:55	Surface Finish: HASL(with lead)
12 Final inspection	2020-03-13 02:48:44	Copper Weight: 1
		Gold Fingers: No
		Flying Probe Test: Full Test
		Castellated Holes: no
		Remove Order Number: no

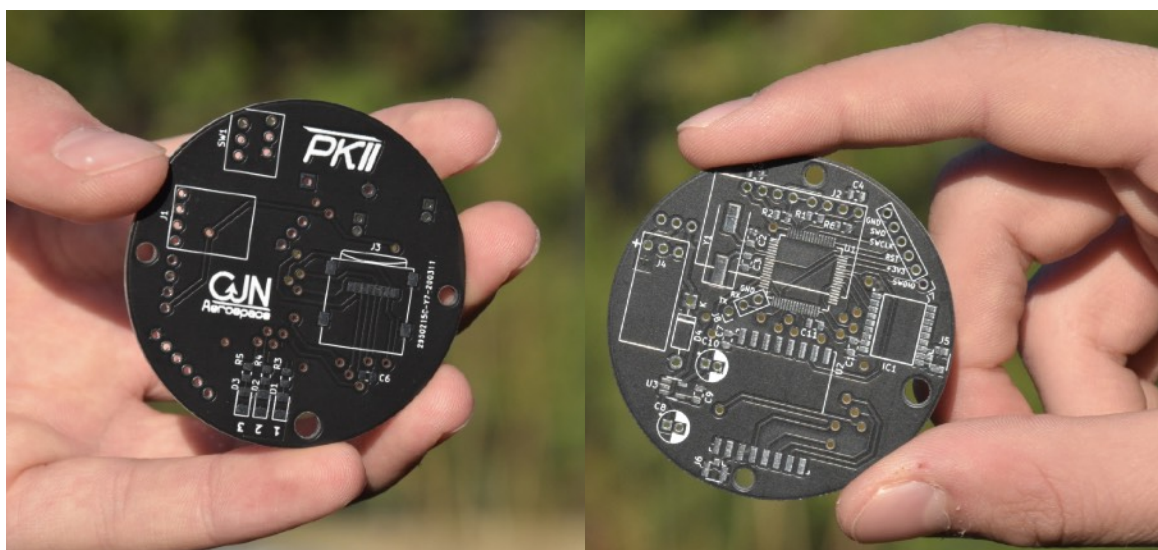
Obr. 45: Detaily o výrobě plošného spoje



Obr. 46: Popis hlavních komponentů na desce sondy PKII



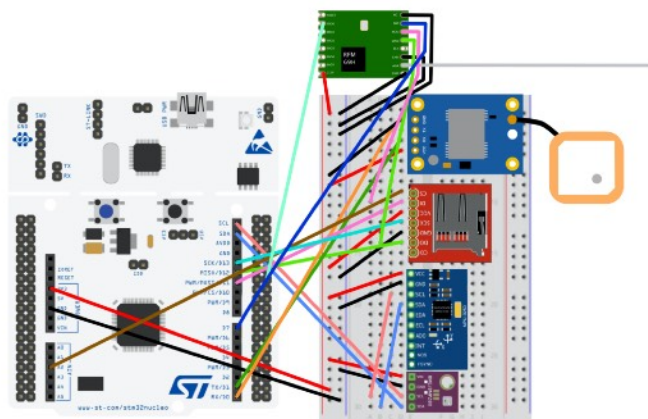
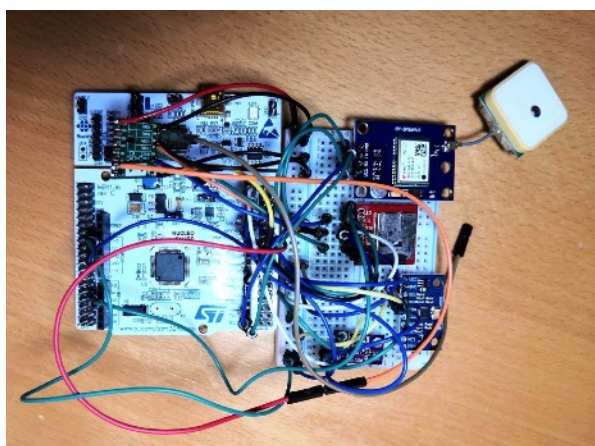
Obr. 47: Osazená deska sondy PKII



Obr. 48: Plošný spoj sondy PKII

7.1.3 Prozatímní CanSat 2

Jak už bylo uvedeno dříve, tak Prozatímní CanSat 2 je nezbytnou součástí vývoje plošného spoje. Jedná se o CanSat plnohodnotný přístrojovým vybavením. Všechny komponenty řídí námi vybrané MCU na vývojové desce *Nucleo F411RE*. Komponenty jsou na nepájivém poli a připojeny k desce Nucleo. Co se týká senzorů/komponentů, tak na Prozatímním CanSatu 2 máme 2 výjimky. Místo transcieveru *RFM69W* je použit *RFM69H* a místo modulu *Teseo LIV3R* je na Prozatímním CanSatu 2 modul *ublox NEO-6M*.

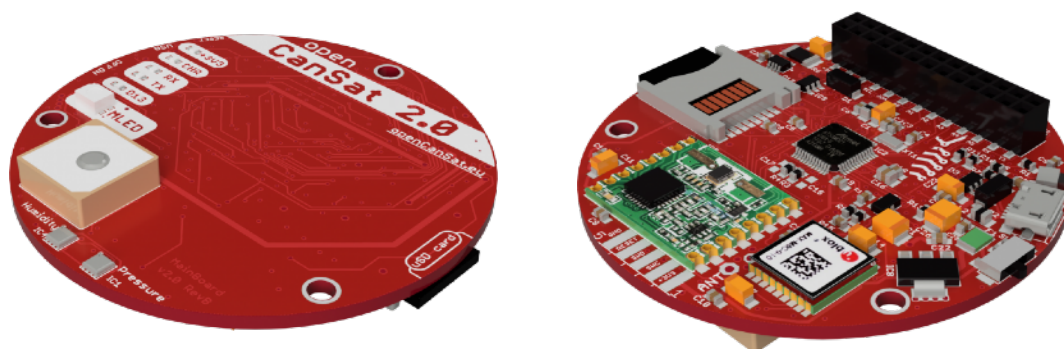


Obr. 49, 50: Prozatímní CanSat 2 (nalevo) a jeho schéma za použití obrázků z programu Fritzing (vpravo)

Prozatímní CanSat 2 je pro projekt velmi důležitý. Lze pro něj vytvářet software a s minimálními úpravami ho použít na finální přístrojové jednotce Písně kosmické II. Také samotná deska Nucleo poslouží k nahrávání kódu do Písně kosmické přes její "programovací" část.

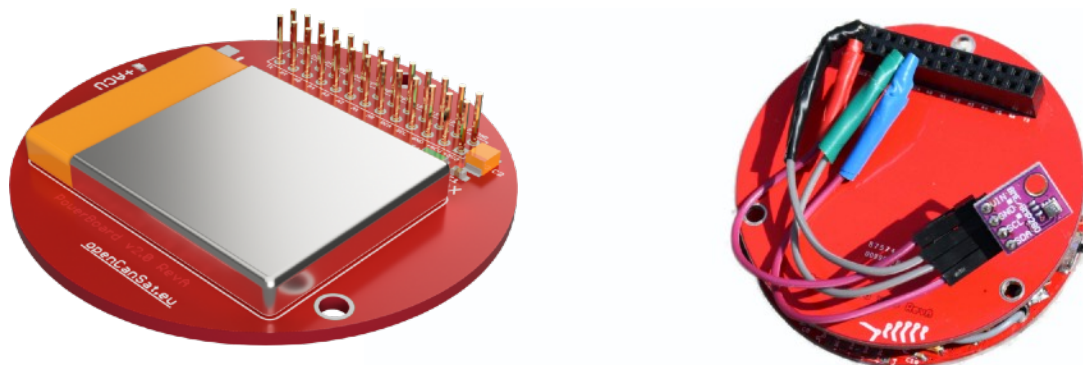
7.1.4 openCanSat

Sadu openCanSat budeme využívat jako zálohu pro naši desku PKII. Ale jelikož má jiné rozměry, tak je potřeba pro ni upravit pouzdro. Hlavní deska openCanSat kitu má 60 mm v průměru a deska PKII má 56 mm. To samé platí pro desku s baterií (PowerBoard). Baterie openCanSatu disponuje kapacitou 550mAh. Připojuje se právě k hlavní desce (MainBoard), která je osazena čipem s 32bitovou architekturou ARM Cortex-M0 s názvem *SAMD21G18A-AUT*. Naleznete na něm také senzor *BME280*, GPS modul *uBlox - MAX M8C* s její anténou přímo na plošném spoji. Pro komunikaci využívá modul *RFM69W* s neodnímatelnou anténou. Také má slot pro SD kartu. Asi hlavním rozdílem, co se týče vybavení, mezi deskou PKII a deskou openCanSatu je



Obr. 51, 52: Vrchní strana desky openCanSat (vlevo) a spodní strana (vpravo)
http://kit.sciencein.cz/wiki/index.php?title=MainBoard_2.0

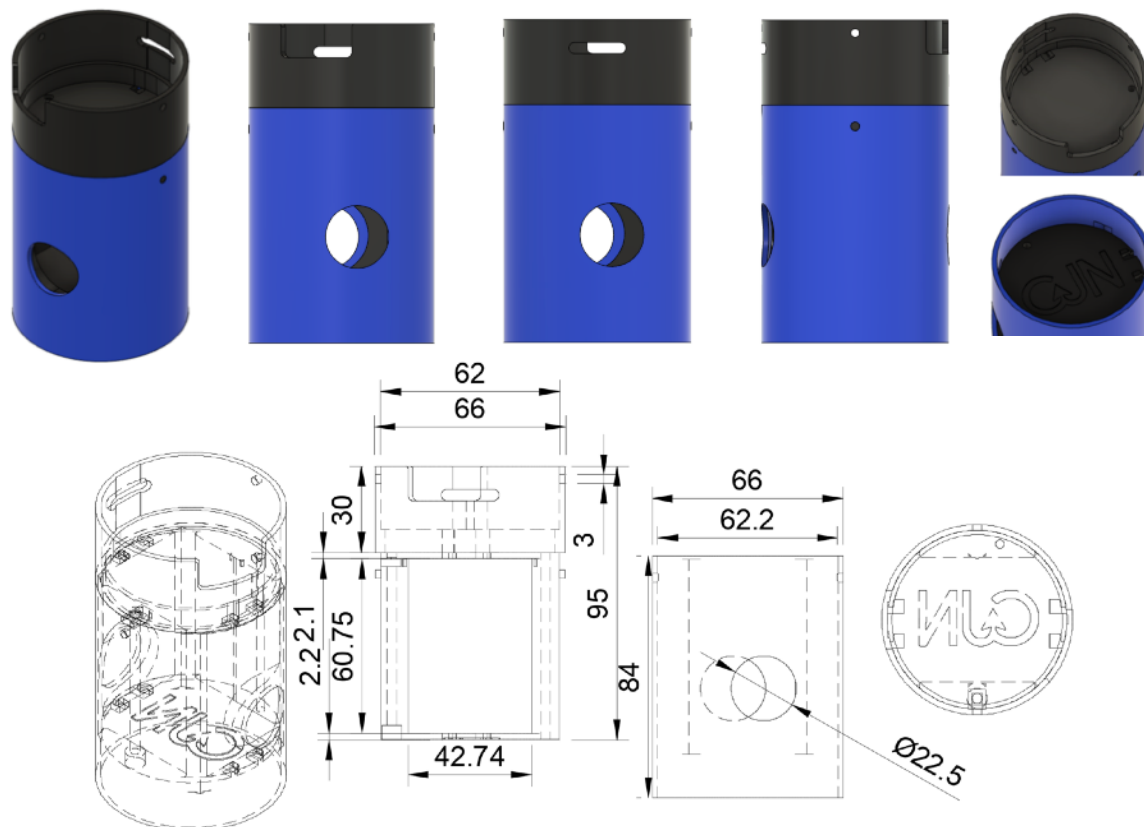
absence akcelerometru a gyroskopu na desce openCanSat. Protože jsme zaznamenali problémy se senzorem *BME280* na naší sadě, tak jsme vypracovali kalibrační tabulku, kde získáváme hodnoty pro kalibraci. Pro jistotu jsme také přidali k sadě další senzor *BME280* přes konektor zespodu desek.



Obr. 53, 54: Vrchní strana desky pro baterii(vlevo), spodní strana s připojeným senzorem BME280(vpravo)
http://kit.sciencein.cz/wiki/index.php?title=PowerBoard_2.0

7.1.4.1 Obal pro openCanSat

Jak již bylo zmíněno, tak desky ze sady openCanSat mají větší průměr. Desky openCanSatu mají 60 mm (ve skutečnosti je velikost ještě o trochu větší, takže je v modelech třeba mít větší toleranci) oproti 56 mm desky PKII. Proto jsme také museli upravit obal pro sondu, aby se desky ze sady openCanSat vešly do vnitřního prostoru pouzdra. Zvětšení prostoru pro desku odsunulo ochranný plášť níže, aby byly zachovány rozměry sondy. Dále jsou na tomto obalu další výřezy pro SD kartu, tlačítko RESET, MicroUSB port a spínač.



Obr. 55: Různé pohledy na upravený obal PKII pro sadu openCanSat ve verzi upravené pro kameru (nahore), rozměry (dole)

7.2 Obal S

Přístrojovou jednotku je potřeba chránit a je potřeba, aby byla spojena se zbytkem přístrojů na palubě. K tomuto účelu slouží obal CanSatu, který je navržen, aby se tisknul na 3D tiskárně (tisk s podporami). První částí je pouzdro, do kterého se zasune přístrojová jednotka s baterií a sekundární náklad. Aby se do pouzdra vešel primární náklad (přístrojová jednotka) a sekundární náklad (např. kamera(y), experimenty...) , tak jsou v pouzdru vytvořeny dva oddělené prostory. Systém je velice podobný jako u Písně kosmické 1 z minulého ročníku soutěže CanSat. Na pouzdro se pak může nasadit plášť, který dokáže zajistit dodatečnou ochranu nákladu.

7.2.1 Pouzdro

Pouzdro CanSatu je tvrdé, pevné. Jsou v něm dva oddělené prostory pro na sobě nezávislé experimenty. Je vytvořen na 3D tiskárně z filamentu CPE HG100 od společnosti Fillamentum. Je to modifikovaný, vylepšený materiál PETG, který je i díky vyšší přilnavosti jednotlivých vrstev pevnější např. než materiál PLA. V pouzdru se nachází přístrojová jednotka (deska PKII) a dále sekundární náklad, v našem případě to jsou kamery.

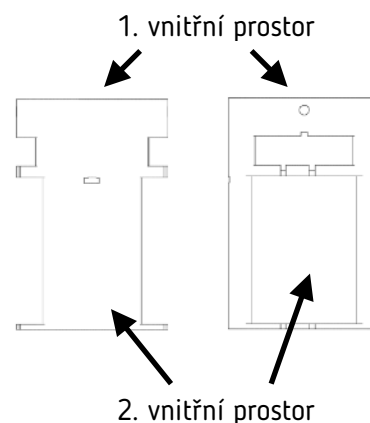
7.2.1.1 První vnitřní prostor

První vnitřní prostor v pouzdře CanSatu je určen pro přístrojovou jednotku. Plošný spoj, pod kterým je horizontálně zasunutá baterie (a nebo i nabíjecí modul), je přímo navrchu CanSatu, aby senzor pro měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu byl umístěn co nejbližší atmosféře a poskytoval měření vlastností vzduchu, která nejsou ovlivněná prostředím uvnitř pouzdra. Samozřejmě měření mohou být ovlivněná přímým vystavením slunečnímu záření. To může více zahřát povrch a ovlivnit měření. Ovšem můžeme na senzor nasunout sluneční clonu, aby zabránila zahřátí senzoru. Clona ale umožňuje volné proudění vzduchu kolem senzoru. Sonda je ale po většinu času ve stínu anebo uzavřená v tubusu při přepravě. Samotný pád sondy pak trvá relativně krátkou dobu. Umístění přístrojové jednotky do prvního prostoru, který je výš, také umožňuje, aby anténa modulu pro určování polohy byla blízko obloze a měla čistý, "nezastíněný" výhled pro chytání signálů družic systémů GNSS.

7.2.1.2 Druhý vnitřní prostor

Oproti minulému ročníku, kde se do druhého prostoru náklad ukládal vertikálně, zespodu, tak na Písně kosmické II bude v druhém prostoru horizontální integrace nákladu. Prostor je otevřený ze 2 stran a je uzavřený 2 dvířky, která jsou zajištěna pláštěm.

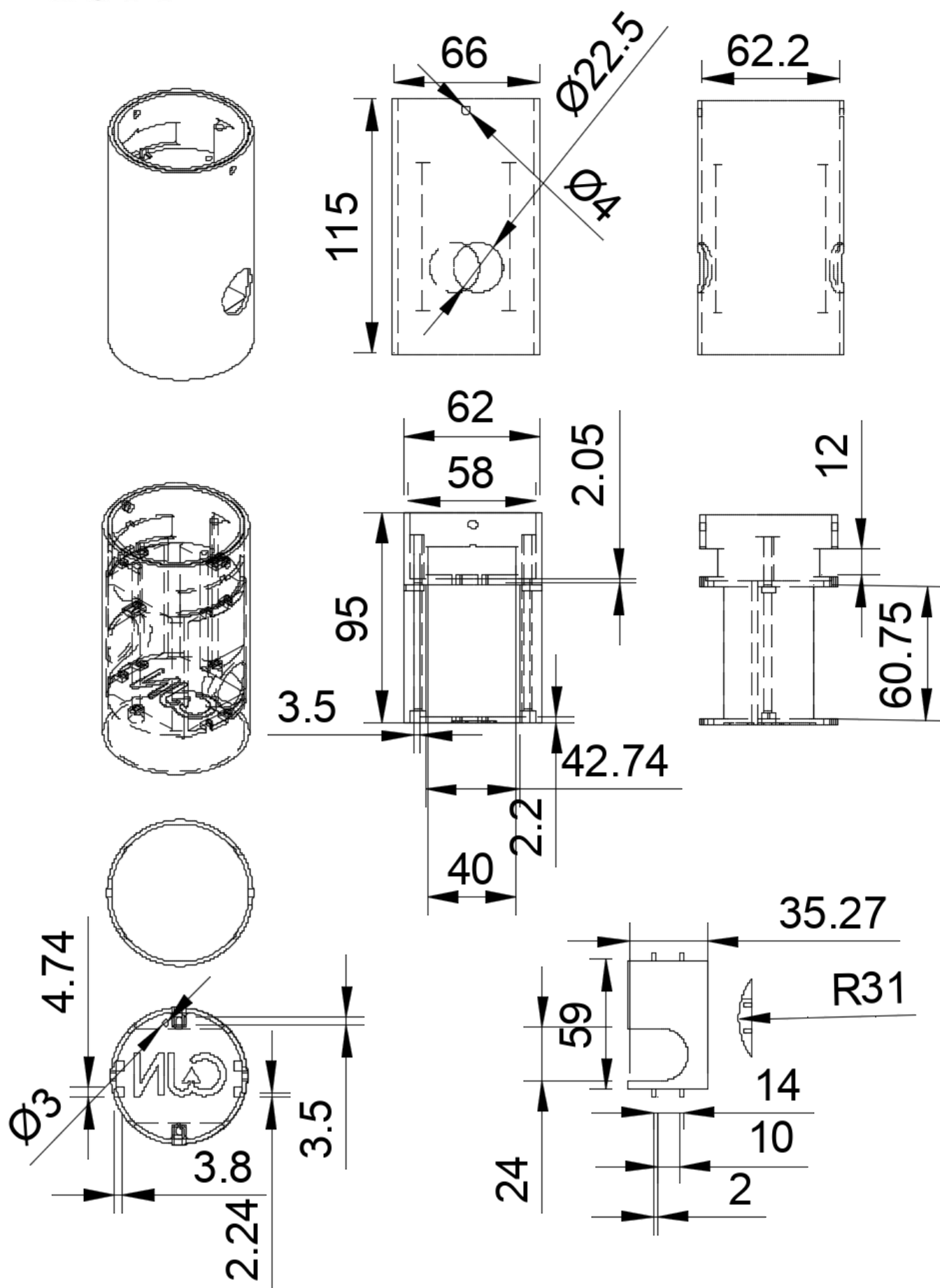
Do druhého prostoru jdou ukládat nejrůznější experimenty. Jeho velikost 50x60,7x42,7mm umožňuje do prostoru uložit například kameru, složitější senzor pro měření atmosférických jevů nebo rozměrnější experimenty vyžadující prostředí, ve kterém je vyšší nadmořská výška. Druhý vnitřní prostor se uzavírá dvířky. Dvířka se zasadí do drážek a posunou, aby pouzdro dodrželo kulatý tvar svrchu. Dvířka mohou být i upravena.



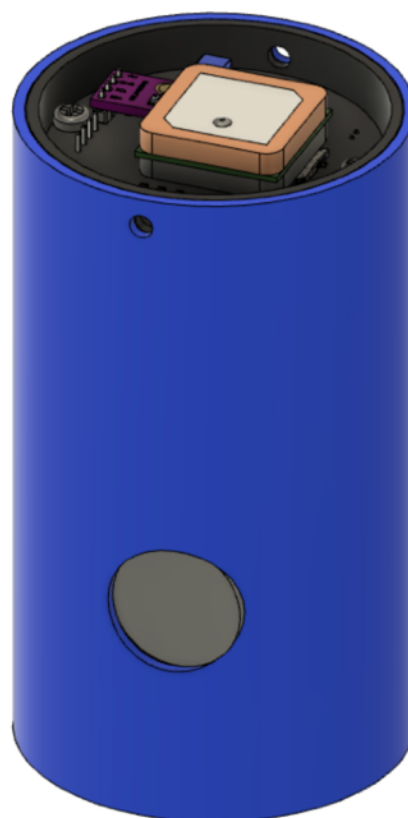
My do sekundárního prostoru umístili kamery pro sledování okolí během pádu sondy. Aby kamery mohli sledovat okolí, bylo potřeba upravit dvířka, která mají výřez pro čočku kamery. Ovšem užití dvířek nemusí být nutné, protože plášť může být dostatečná ochrana předmětu.

7.2.2 Plášť

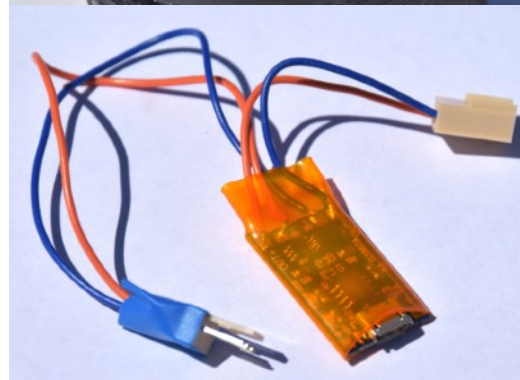
Abychom zajistili vyšší ochranu nákladu naší sondy, tak je na povrchu pouzdra nasunut a zajištěn flexibilní plášť. V zájmu vyšší flexibility a ohebnosti je potřeba použít vhodný materiál. Tímto materiálem je TPU 92A. Tento filament zajistí plášti pružnost a při nárazu CanSatu je náklad více chráněn. Plášť také tvoří amortizační systém CanSatu. Plášť totiž přesahuje 2 cm pod pouzdro a opět jeho pružnost při dopadu náklad ochrání. V plášti jsou také 2 malé kruhové otvory pro kotvení padáku a 2 otvory pro čočky kamer.



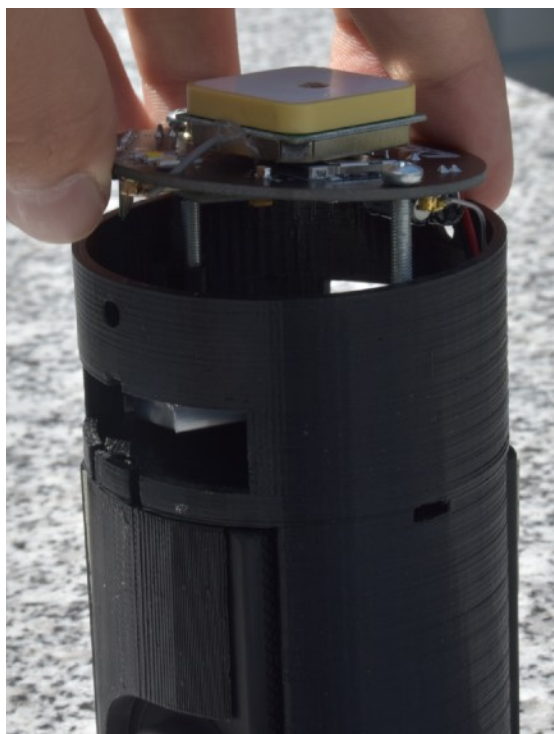
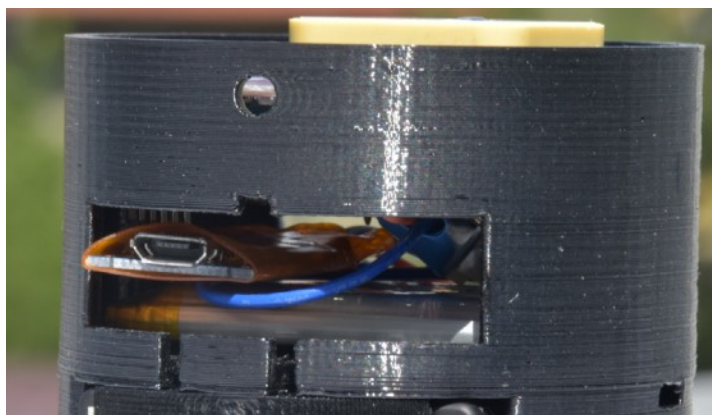
Obr. 56: Popis obalu sondy



Obr. 57, 58: Vizualizace sondy PKII bez pláště (vlevo) a s pláštěm (vpravo)



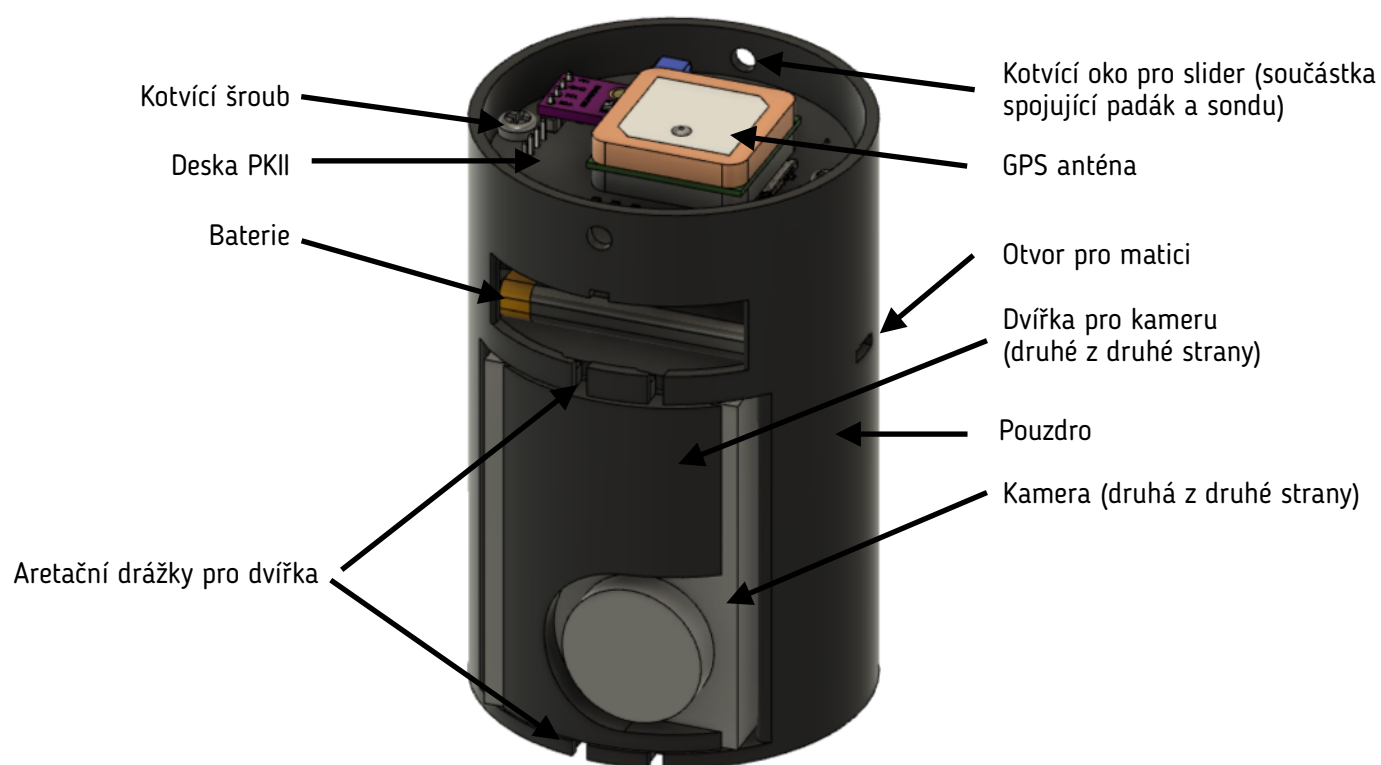
Obr. 59, 60, 61: Celá sonda PKII (nalevo), sonda PKII seshora (vpravo nahoře), nabíjecí a ochranný modul (vpravo dole)



Obr. 62, 63, 64, 65, 66: Ukázka nabíjecího modulu v sondě (vlevo nahoře), usazování desky do pouzdra (vpravo nahoře), celá sonda (vlevo uprostřed), sonda z boku (vpravo dole), spodní strana sondy (vlevo dole)



Obr. 67, 68, 69, 70: Sonda PKII (nahore vlevo, nahore vpravo, dole vlevo, dole vpravo)



Obr. 71: Popis pouzdra Písně kosmické II



Obr. 72: Dvě kamery Niceboy VEGA 5 FUN, pro které jsme navrhli druhý vnitřní prostor

KAPITOLA 8

POZEMNÍ STANICE

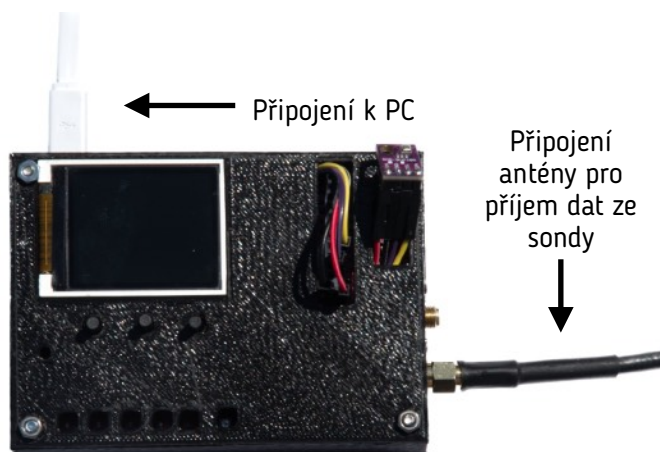
Časem jsme zvažovali mnoho řešení pro pozemní stanici, která slouží k přijímání dat, které sonda během pádu naměřila a odeslala radiovou komunikací. Organizátoři nám přidělili frekvenci **433,8 MHz**. Pozemní stanice svou větší anténou zachytí vysílaný signál a přenesení ho do počítače, kde se data po přečtení uloží a dále se s nimi může pracovat. Vyzkoušeli jsme řešení ze sady openCanSat, sady qbcan, ale také jsme provedli pár experimentů s Arduino deskou a vlastním zapojením.

8.1 openCanSat BaseStation

Jako hlavní řešení pro příjem dat z padající sondy využíváme BaseStation 2.0 ze sady openCanSat. Jedná se o plošný spoj osazený modulem s čipem *RFM69HW*. Jedná se o transceiver, který přijímá data ze sondy. Celou pozemní stanici řídí čip *SAMD21G18A-AUT* postavený na architektuře ARM Cortex-M0. Tyto dva komponenty tvoří nejdůležitější část stanice. Ta se dále připojuje do počítače a přenáší zachycená data do něj. Dále se data zobrazují na monitoru počítače a pak se uchovávají. Deska BaseStation 2.0 dále nabízí display pro přímé zobrazování údajů, slot na SD kartu, díky kterému stanice může získaná data sama ukládat. Na desce se nachází také modul *uBlox - MAX M8C*, který zachytává signály z družic systémů GNSS a dokáže určit polohu. K tomuto je ale také potřeba GPS anténa.



Obr. 73: Náš kus BaseStation 2.0



Obr. 74: Náš kus BaseStation 2.0

Deska je osazena dvěma SMA konektory, kde jeden slouží pro GPS anténu a druhý pro anténu na příjem dat ze sondy. My na stanici využíváme pouze anténu pro příjem dat. Celá stanice také dokáže být v provozu díky baterii. My jsme k BaseStation přidali senzor *BME280*, který je použit také na desce sondy PKII. Díky němu můžeme měřit podmínky na zemi, kde se stanice nachází a porovnat je s těmi ze sondy, která klesá z výšky.

8.2 Anténa

Anténu pro pozemní stanici jsme sami vyrobili. K její výrobě jsme mohli použít základní vztahy. Ale pro přesnější výsledky výpočtů a zahrnutí více faktorů jsme použili kalkulačku "VK5DJ's YAGI CALCULATOR".

Anténu na přijímací stanici jsme sami vyrobili, zvolili jsme anténu typu Yagi se sedmi elementy. Rozhodli jsme se, místo klasického rovného dipólu, použít dipól skládaný.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$AE = \frac{\lambda}{2}$$

$$R = \frac{\lambda}{2} + 0,05 \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

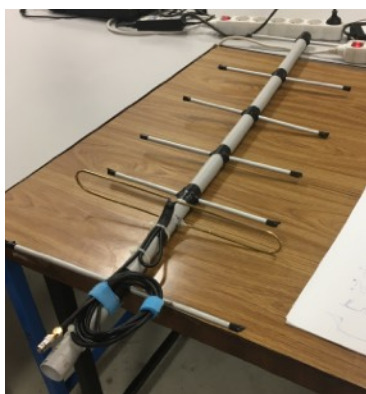
$$D1 = \frac{\lambda}{2} - 0,05 \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

$$D2 = D1 - 0,05 \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$

$$Da = \frac{\lambda}{4} \cdot 0,95$$

λ	vlnová délka
c	rychlost světla
f	frekvence
AE	vzdálenost AE
R	délka reflektoru
D1	délka 1. direktoru
D2	délka 2. direktoru
Da	délka antény na CanSatu

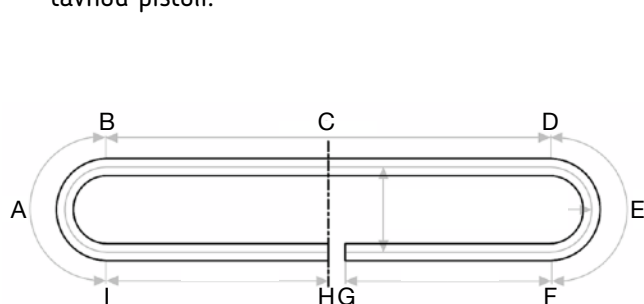
Obr. 75: Základní vztahy a vysvětlovací tabulka



Část	Délka	Průměr	Pozice	Materiál
Reklector	337,8 mm	8 mm	30 mm	Hliník
Dipól	691 mm	4 mm	169 mm	Mosaz
1. direktor	294,1 mm	8 mm	221,7 mm	Hliník
2. direktor	290,3 mm	8 mm	347,2 mm	Hliník
3. direktor	286,7 mm	8 mm	497,1 mm	Hliník
4. direktor	283,5 mm	8 mm	671,4 mm	Hliník
5. direktor	280,4 mm	8 mm	866,6 mm	Hliník

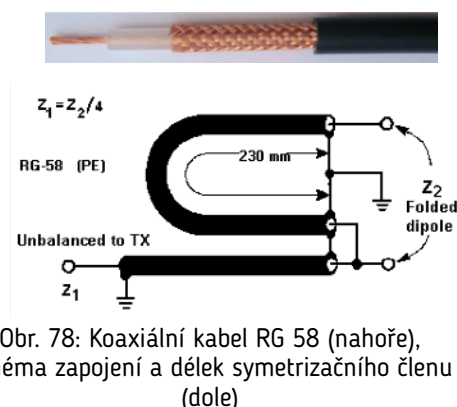
Obr. 76: Foto naší antény a informační tabulka

Na anténu jsme použili koaxiální kabel RG 58 (RG-100). Kabel je určen pro 50Ω anténní aplikace. Symetrizační člen má délku 230 mm. Pro spojení antény se stanicí je využit konektor SMA-V CAB. Na anténě je muž a na stanici žena. Části samotné antény jsme vyhotovili z hliníku (reflektor a direktory) a z mosazi (dipól). Všechny části jsou zasazené do PVC trubky. Jednotlivé části jsou zajištěny izolační páskou a lepicí tavnou pistolí.



Obr. 77: Skládání dipól a tabulka vzdáleností

BC	CD	148 mm
HI	GF	143 mm
HA	GE	170 mm
HB	GD	198 mm
HC	GC	345 mm
BI	DF	35 mm
HG		10 mm



Obr. 78: Koaxiální kabel RG 58 (nahore), schéma zapojení a délky symetrizačního členu (dole)

8.3 qbcan pozemní stanice

Máme také zapůjčenou od bývalého CanSat týmu, který se jmenoval Almighty Lobsters, modulární CanSat sadu qbcan modular (http://doc.open-cosmos.com/Qbcan_modular). Ta disponuje transceiverem RFM69 (433 MHz), převodníkem logického napětí (LLC - Low Level Converter) a v základu i senzorem pro měření teploty BMP180, který na zapůjčené sadě není zapojen. Celá sada se řídí čipem ATmega32U4 na desce Arduino (Leonardo) Pro Micro. K sadě je připojen koaxiální kabel, který je zakončen konektorem BNC. Naší anténu jsme ale vybavili konektorem SMA, který se používá také na pozemní stanici ze sady openCanSat. Nutné je tedy užití adaptéru.



Obr. 79, 80, 81: (zleva) qbcan pozemní stanice připojena k anténě a PC, pozemní stanice qbcan, konektor BNC (nahore) s adaptérem (uprostřed) a konektor SMA na anténě (dole)

PŘISTÁVACÍ SYSTÉM

Roli sestupného zařízení plní padák. Průběžně jsme vyvinuli 2 typy padáku – křídlo a kruhový padák. Obě tyto možnosti mají své přednosti i slabiny, což nám dalo možnost přizpůsobit konečné řešení konkrétním podmínkám.

9.1 Padák typu křídlo

Padák typu křídlo jsme vyrobili během předchozího ročníku soutěže. Vybrali jsme si jej především proto, že díky své konstrukci jsou tyto padáky schopny letu. Výsledná trajektorie je proto zajímavější pro analýzu, již jsme si zvolili pro účely sekundární mise. Aerodynamika spojená s padákem křídla je mnohem komplexnější než v případě kruhového padáku, díky čemuž jsme měli možnost dozvědět se mnoho nového a vytvořit originálnější sestupný systém. Současně však hrozí vysoké riziko zamotání šňůr a neotevření padáku. Z tohoto důvodu jsme letos věnovali zvýšenou pozornost právě rozevírání.

9.1.1 Výpočet plochy křídla

Na sestupující křídlo působí tři síly – gravitaci, odporová síla a vztlaková síla. Na jaře minulého roku jsme vyrobili prototyp, abychom získali představu o chování padáku. Během testů vyšlo najevo, že padák padá příliš rychle. Současně (pravděpodobně vinou příliš vysokého úhlu náběhu) padák neletěl, ale pouze padal. Chtěli jsme si být jisti, že i v případě, že bude padák sestupovat přímo dolů, bude odporová síla sama o sobě dostatečně silná pro zbrzdění pádu. V takovém případě musí platit, že po ustálení rychlosti pádu nabývá odporová síla (napravo) stejné hodnoty jako gravitace (nalevo):

$$mg = \frac{1}{2} S v_f^2 C_d \rho, \quad (9.1)$$

kde m je hmotnost soustavy sonda-padák, g je gravitační zrychlení, je koeficient odporu vzduchu, je hustota vzduchu a je požadovaná rychlost pádu. Za rychlost sestupu jsme dosadili hodnotu 6,5 m/s. Hodnota koeficientu odporu byla neznámá. Na základě zkušeností s prototypem jsme její hodnotu odhadli na 0,9.

Současně jsme však počítali s náklonem padáku vůči horizontále (o úhel). Tím se však sníží efektivní odporová plocha padáku. Spočítali jsme ji proto jako:

$$S = \frac{2mg}{v_f^2 C_d \rho \cos(\alpha)} \quad (9.2)$$

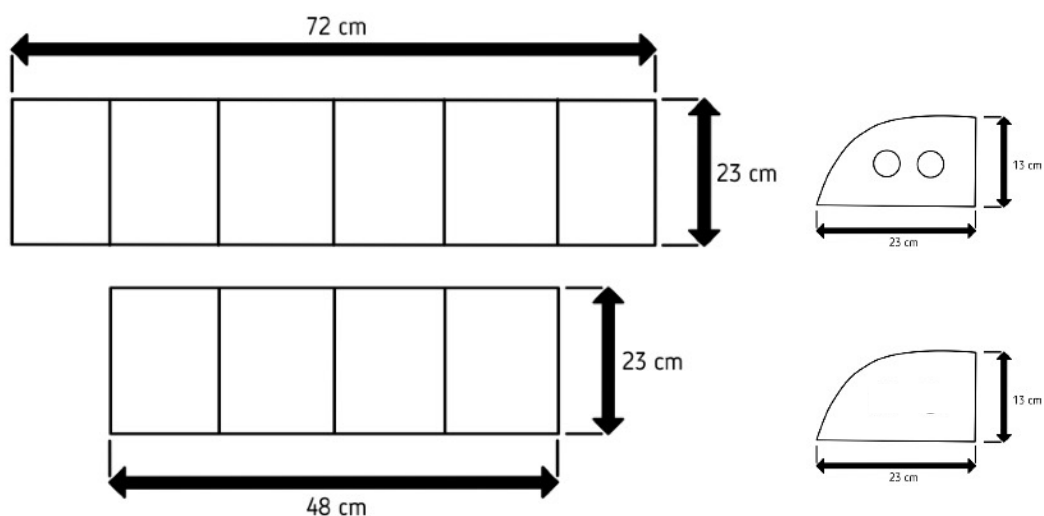
Plocha vrchní strany padáku byla takto stanovena na 1656 cm². Strany horní vrstvy jsou dlouhé 23 a 72 cm. Spodní strana padáku má strany dlouhé 23 a 48 cm.

9.1.2 Konstrukce zařízení

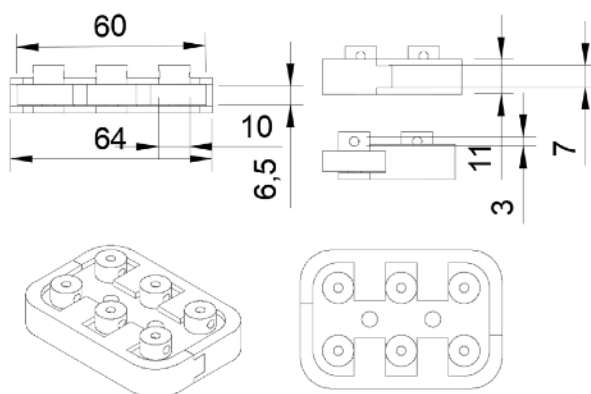
Náš padák je ušit z červeného ripstopu. Skládá se ze dvou hlavních částí – spodní strany a horní strany. Mezi vrstvami je celkem 7 žeber. Do 5 středních žeber jsme prostříhli dva otvory umožňující cirkulaci vzduchu. Tvar jednotlivých dílů padáku je znázorněn na obrázku.

V zájmu zlepšení otevíracího mechanismu padáku jsme také za pomoci měřicího pásma vyrobili výztuhy. Celkově je zde možno nalézt 6 pásek. Čtyři pásy jsou vztyčeny po obou stranách bočních žeber a dva pásy také lemují kratší stranu spodní (menší části) vrchlíku. Pásy jsou zabudovány do kapsy a na koncích zaobleny. Na horní části padáku se nachází dvě látková očka sloužící k zachycení výtažného padáčku. Padák se k sondě pojí pomocí 6 kotvicích lanek. Kotvicí lanka vyběhají ze čtyř rohů spodního obdélníku, zatímco další dvě lanka jsou upevněna uprostřed delších stran obdélníku. Pro potřeby testů byl náš sestupový systém také vybaven novou součástí (podobnou slideru) vytisknutou na 3D tiskárně. Tento nový prvek je pomocí lanka připevněn k testovací plechovce a pomocí jednoduchého a efektivního mechanismu se k němu upínají

jednotlivá padáková lanka. Tato součástka nám umožnila například rychle řešit problémy spojené se zamotáním lanek při přípravách na testy.



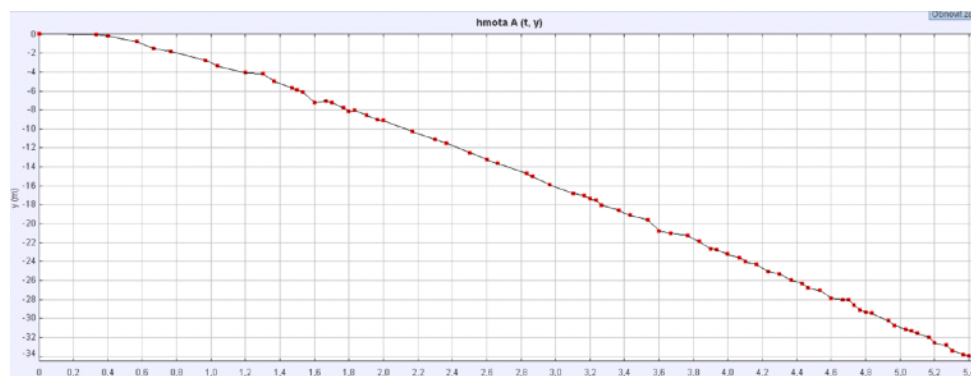
Obr. 82: Rozměry jednotlivých částí našeho padáku



Obr. 83: Rozměry nové součástky, kterou nazýváme slider, ta spojuje padák a sondu

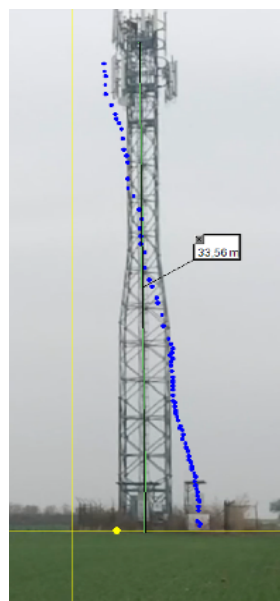
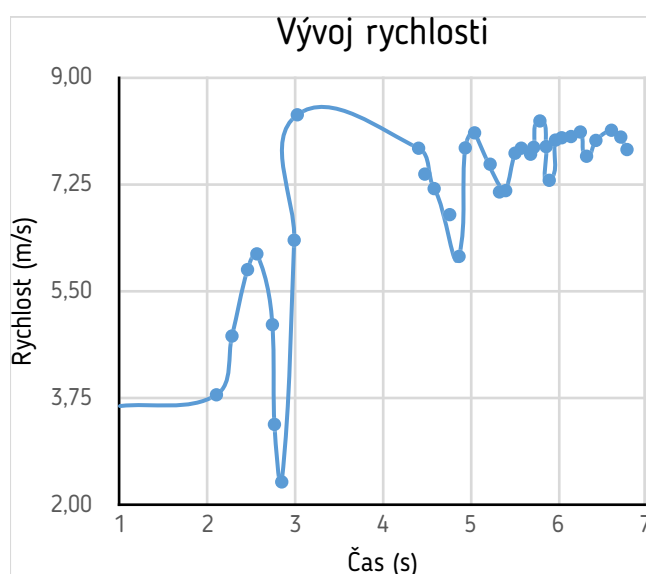
9.1.3 Testy zpomalování

Zpomalovací schopnost našeho zařízení jsme několikrát úspěšně testovali shozem ze střechy rodinného domu z výšky 8 m. Za účelem provedení přesnější analýzy jsme 20. listopadu 2019 provedli také shoz z telefonní věže v Jenštejně. Balastní CanSat vybaven padákem typu křídlo (celková hmotnost byla 303 g) byl shozen z výšky 34 m. Ve chvíli vypuštění byl padák plně rozevřený (šlo pouze o test zpomalování). Výsledná rychlost ustálení byla o málo vyšší než 7,5 m/s, což jsme hodnotili jako uspokojivé (jedná se o rychlost blíží nižší hranici požadovaného intervalu). Rychlost jsme ověřili v programu LoggerPro, který umožňuje analýzu videí. Využili jsme licence, kterou vlastní naše gymnázium. Celková doba sestupu činila přibližně 5,5 s. Rychlost se ustálila velmi rychle, přibližně po 1,3 s od vypuštění. Graf závislosti výšky na čase je zobrazen na následujícím grafu [2]:



Ukázka dat z analýzy pádu

Čas (s)	X (m)	Y (m)	Vx (m/s)	Vy (m/s)	V (m/s)
1,37	1,41	34,75	-0,26	-3,61	3,62
2,40	1,10	31,12	-0,22	-3,80	3,81
2,57	1,10	30,44	0,00	-4,77	4,77
2,73	1,16	29,33	0,04	-5,85	5,85
2,83	1,10	28,72	0,20	-6,11	6,11
3,00	1,22	27,67	0,21	-4,95	4,95
3,02	1,15	27,69	0,23	-3,31	3,32
3,10	1,28	27,00	-0,14	2,38	2,38
3,23	0,91	30,03	1,02	-6,25	6,34
3,27	1,41	26,05	1,53	-8,24	8,39
4,57	3,18	17,07	1,54	-7,69	7,84
4,63	3,37	16,69	1,79	-7,20	7,42
4,73	3,49	15,94	2,28	-6,81	7,18
4,90	4,00	14,80	2,47	-6,28	6,75
5,00	4,25	14,29	1,84	-5,78	6,07
5,07	4,25	14,04	1,52	-7,70	7,84
5,17	4,50	12,90	1,18	-8,00	8,09
5,33	4,63	11,76	0,67	-7,55	7,58
5,43	4,63	10,94	0,37	-7,11	7,12
5,50	4,63	10,63	0,72	-7,11	7,14
5,60	4,76	9,80	1,02	-7,69	7,76
5,67	4,88	9,30	0,52	-7,82	7,84
5,77	4,82	8,48	0,19	-7,74	7,74
5,80	4,82	8,29	1,12	-7,77	7,85
5,87	4,95	7,72	1,91	-8,06	8,28
5,93	5,14	7,15	1,96	-7,62	7,86
5,97	5,14	6,96	1,87	-7,07	7,31
6,03	5,33	6,52	1,79	-7,77	7,97
6,10	5,39	5,88	1,64	-7,84	8,01
6,20	5,52	5,19	2,23	-7,71	8,03
6,30	5,90	4,37	2,30	-7,77	8,10
6,37	5,96	3,86	1,66	-7,53	7,71
6,47	6,15	3,17	1,33	-7,85	7,97
6,63	6,34	1,77	0,91	-8,08	8,13
6,73	6,40	0,95	0,34	-8,01	8,02
6,80	6,34	0,45	-0,38	-7,81	7,82



Na výsledku testu se příznivě podepsal pouze minimální vliv povětrnostních podmínek. Padák v horizontálním směru urazil asi 5,5 m. Sledovací záběr pádu z věže jsme zveřejnili v delší verzi našeho prezentačního videa, které je k dispozici na YouTube (<https://youtu.be/T6OwupweLKE> v čase 3:33).

Znalost rychlosti po ustálení pádu nám umožnila přesnější stanovení hodnoty odporového koeficientu. Do výpočtu jsme přitom zahrnuli i vlastní odpor plechovky počítaný opět pomocí Newtonova vzorce. Nová hodnota koeficientu odporu křídla při vertikálním sestupu činí 0,5 (což je velký rozdíl oproti původním 0,9 použitým při počítání plochy padáku).

9.1.4 Testy vypouštění

Padák zatím balíme harmonikový způsobem. Nejprve je padák otočen spodní stranou nahoru a jeho okraje jsou ohnuty směrem na střed. Následně padák otočíme vzhůru nohama a proceduru zopakujeme. Na závěr jsou obě poloviny ohnuty k sobě tak, aby horní očko směřující vzhůru bylo vidět. Celkově jsme provedli 5 testů rozevírání. Ve třech případech se padák rozevřel úplně. Jednou se padák otevřel přibližně z 65%, to však stačilo na ustálení sestupu při rychlosti nepřekračující limitních 12 m/s. Při jednom testu se padák neotevřel (padal přibližně z poloviny zabalený). Tuto chybu přisuzujeme chybě při balení padáku, kdy pravděpodobně došlo k překroucení kotvicích lanek. Nahrávky všech těchto testů, kdy jsme padák shazovali z výšky cca 8 metrů, jsou dostupné na našem YouTube kanále (<https://youtu.be/6KgZKu5tt64>).

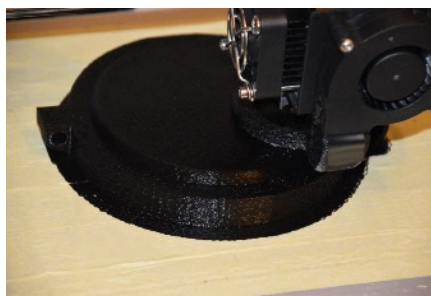
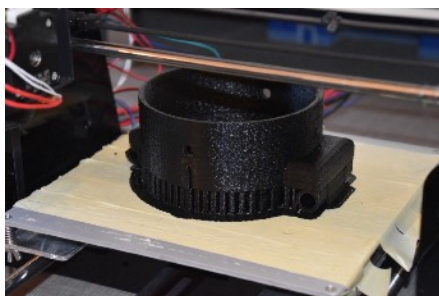
Po provedení těchto testů jsme ze křídla vyndali boční vzpruhy (zvyšovaly hmotnost sondy, po delší době se opotřebovávaly, znesnadňovaly balení a jejich funkce byla pochybná). Padák se otevíral relativně dobře, avšak v některých případech se boční část křídla ohnula směrem pod vrchlík. Namísto vzpruh, jsme se proto rozhodli použít 4 krátké pružiny o délce 8 cm. Na každé straně budou 2 pružiny při okrajích vrchlíku, jež budou napojovat střední část padáku na okrajová žebra. Tím by se mělo zaručit snazší otevření křídla po celé jeho délce. Uvažovali jsme také o užití nízkých, úzkých, dlouhých kvádrů z trochu více tuhého flexibilního filamentu. Taková výztuha by mohla zastoupit pružiny.

9.1.4.1 Vypouštěcí mechanismus

Jak již bylo řečeno v úvodu, tak v minulém ročníku soutěže CanSat byly sondy vypouštěny z tubusu, který se ve své dolní části otevíral. My jsme se proto rozhodli vypracovat vlastní vypouštěcí zařízení na tomto principu. Trubice s vnitřním průměrem 103 mm bude sloužit jako tělo. Jsme si vědomi toho, že tento vnitřní průměr je dost veliký. Proto jsme také vnitřek "vyložili" kartonem, abychom udělali stěny více tlusté, takže vnitřek je jen o kousek širší než vnější rozměr sondy. V CAD softwaru jsme připravili vrátka do spodní strany trubice, která budou moci být otevírána vyndáním aretačního kolíčku. Z venku je na nich přidělena gumička, aby se dvířka po uvolnění otevřela. Dvířka jsme vytiskli na 3D tiskárně. Toto zařízení je dobrým pomocníkem při testech rozložení padáku, ale také při transportu CanSatu, protože je chráněn stěnami tubusu. Jelikož jeho tělo tvoří trubka, která byla zkrácena z 1 metru, tak toto vypouštěcí zařízení může být snadno prodlouženo, aby zařízení pojalo více CanSatů.



Obr. 84: Vizualizace vypouštěcího zařízení.



Obr. 85, 86, 87, 88: Tisk části, která spojuje dvířka s trubicou (vlevo nahoře), tisk dvířek (vpravo nahoře), zavřený mechanismus (vlevo dole), otevřený mechanismus (vpravo dole)



9.1.5 Aerodynamika křídla

V rámci našeho projektu jsme se neomezili pouze na konstrukci a testování padáku. Chtěli jsme i lépe pochopit základní zákony aerodynamiky, které sestup padáku řídí. Za tímto účelem jsme vytvořili program v Excelu, jež na základě dodaných dat (rychlost padáku při vypuštění, charakteristiky padáku, hustota vzduchu) modeluje pohyb sondy. Tento pokus si v žádném případě neklade za cíl reálně předvídat pohyb sondy, neboť realita je mnohem komplexnější (nebereme v úvahu vítr, hrubě odhadujeme některé charakteristiky křídla atd.). Pomohl nám však lépe pochopit, jaké všechny fyzikální veličiny sestup charakterizují, jaké jsou vztahy mezi nimi a jak přibližně může sestup vypadat.

Dynamika sondy GJN Aerospace "Píseň kosmická"																			
Všechny zelené hodnoty jsou v jednotkách SI.										https://epos.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a395503.pdf									
Gravitační síla				Vertikální odporová síla (tenžejn)				Horizontální odporová síla (začátek)											
hmotnost				rychlost vypuštění				rychlost vypuštění				odhad rychlosti letadla							
2,9694				0				55 ?											
0,303				Cd (padák)				Cd (padák)				zdroj: Detailed analysis of a re							
9,8				0,67022				0,05 ?											
1,247				Cd (plechovka)				Cd (plechovka)				0,58 https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fu							
				0,85				0,68											
				rychlost po ustálení				úhel náběhu				5							
				6,5															
				S(padák)				S(padák)				0,166							
				0,164															
				S(plechovka)				S(plechovka)				0,011							
				0,0033															
				Odpor plechovky				Odpor plechovky				14,1079							
				0,07389															
								Odpor padáku				15,6545							
				Poznámka: ustálená rychlost, zrychlení na závěr, pomalá rotace															

Obr. 89: Ukázka tabulky

Vycházeli jsme ze skutečnosti, že na padák při sestupu působí 3 síly – gravitační síla, jež je přímo úměrná hmotnosti padáku a míří směrem dolů, odporová síla působí vždy proti směru pohybu a vztlaková síla působící kolmo na směr pohybu. K tomu je navíc potřeba připočíst i odporovou a gravitační sílu působící na plechovce samotnou. Výslednice těchto 5 sil dělená hmotností zařízení následně udává velikost a směr zrychlení. Zrychlení je možné rozložit na horizontální a vertikální složku (pro zjednodušení jsme předpokládali pohyb zařízení v rovině). Sonda tak zrychluje nezávisle v obou směrech, přičemž se mění její rychlost. Změna



Obr. 90, 91: (zleva) Roztažený padák typu křídlo, padák po dopadu (foceno s balastní sondou)

velikosti rychlosti však má za následek také změnu charakteristiky aerodynamických sil. Za prvé se mění jejich velikost, protože obě dvě síly jsou přímo úměrné druhé mocnině celkové rychlosti. Za druhé se mění jejich směr, protože ten je dán směrem pohybu, jež závisí na poměru horizontální a vertikální rychlosti.

Vidíme, že se jedná o velmi komplexní problém, jež by bylo velice obtížné řešit analytickou metodou. K otázce jsme proto přistoupili numericky a k řešení použili Eulerovu metodu. Celou dobu sestupu jsme rozdělili na velmi krátké úseky (po desetíně vteřiny), přičemž v každém okamžiku jsme zkoumali hodnoty horizontální a vertikální složky následujících veličin: gravitační síly, odporové síla, vztlakové síla, rychlosti a zrychlení. Metoda fungovala následovně: v určitý moment t působí na padák různé síly, jejichž velikost se počítá na základě rychlosti v tomto čase. Podle velikosti jejich složek, můžeme zjistit zrychlení v obou směrech v daný moment t . Rychlost v následujícím okamžiku je pak součtem rychlosti v čase t a rychlosti nabitě za 0,1 s, kdy sonda zrychlovala se zrychlením odpovídajícím momentu t .

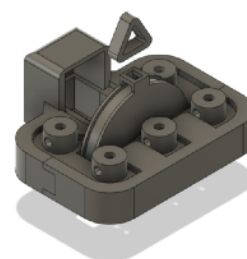
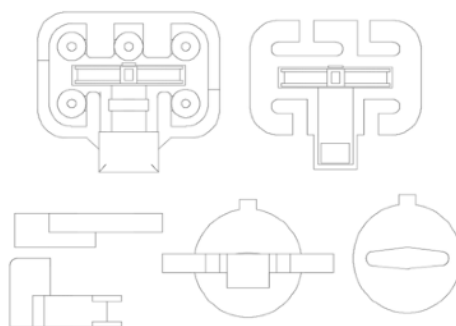
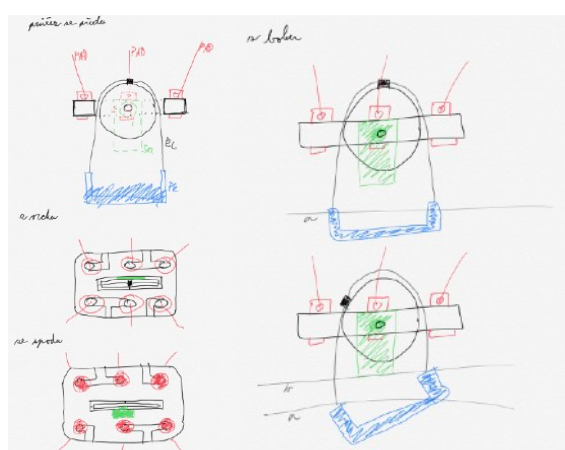
Důležitou charakteristikou ovlivňující interakci mezi vzduchem a sondou je *úhel náběhu*. Jedná se o úhel, jenž svírá vektor přilétajícího vzduchu s referenční přímkou tělesa (uvažovali jsme spodní stranu křídla). Je tedy jasné, že tato veličina závisí na poměru horizontální a vertikální rychlosti, jak jsme vzali v tabulce v úvahu. Současně na její hodnotě také závisí odporová i vztlaková síla (koeficient odporu i koeficient vztlaku se s úhlem náběhu mění), což tabulka také zachycuje.

Po namodelování těchto vztahů jsme konstatovali, že i při změně vstupních parametrů se pád pokaždé ustálil (horizontální a vertikální rychlost už se neměnila), což byl také očekávaný výsledek. To nám také umožnilo spočítat *klouzavost* udávající poměr uletěné horizontální a vertikální vzdálenosti.

9.1.6 Koncept říditelného padáku

Použití padáku typu křídlo přináší možnost snadné ovladatelnosti. Je několik možností, jak tento padák ovládat. Vypracovali jsme koncept řízení našeho padáku, který přímo souvisí s nově přidanou součástí - sliderem.

Úpravou nové součástky, která je součástí padáku a spojuje ho s CanSatem, se její velikost zvětší a zvýší se její hmotnost. Ovšem měla by zajistit ovladatelnost pádu. Přidaný servomotor bude otáčet kotoučkem, přes který vedou spojovací lanka s CanSatem. Otáčením se bude měnit jejich délka na každé straně a tím se těžiště soustavy vychýlí ze středu padáku by měl zatočit.



Obr. 92, 93, 94: Ukázka principu našeho konceptu spolu s nákresey a vizualizací úpravy součástky.

9.2 Kruhový padák

9.2.1 Důvody výroby kruhového padáku

Používání padáku typu křídlo sebou nese několik rizik. V první řadě jsme se potýkali se zamotáváním kotvicích šňůr a problém nám způsobovala také značná plocha a váha padáku. Z tohoto důvodu jsme přikládali velký význam testování rozevírání a sestupu sondy vybavené padákem typu křídla, ke kterému mělo dojít v březnu 2019 za laskavé pomoci firmy Direct Fly, jejíž letadlo jsme k testu měli použít. V případě, že by tyto testy vedly k neuspokojivému výsledku (například pokud by se padák neotevřel, pokud by se otevřel nedostatečně, nebo pokud by vinou větru odletěl příliš daleko), jsme se rozhodli najít alternativní cestu. Přirozeným řešením bylo vyrobit spolehlivý kruhový padák, kterým by bylo případně možné křídlo nahradit.



Obr. 95, 96, 97: Fotografie našeho kruhového padáku

Výkres padáku: <https://gjnaerospace.netlify.app/Dokumenty/Výkres%20kruhového%20padáku.pdf>

9.2.2 Základní výpočty

Při konstrukci nového padáku jsme si naštěstí mohli vzít příklad z kruhového padáku bývalého CanSat týmu „Almighty lobsters“ z Gymnázia Jana Nerudy, jehož bývalí členové jsou našimi mentory. Nechtěli jsme však udělat úplnou kopii tohoto zařízení, neboť tento padák byl počítán pro rychlost pádu 9 m/s. My bychom však z hlediska naší sekundární mise dali přednost pomalejšímu pádu, a proto jsme veškeré parametry padáku přepočítali tak, aby sonda padala rychlostí 6 m/s.

K nalezení plochy padáku jsme použili Newtonův odporový vzorec:

$$S = \frac{2mg}{C_D \rho v^2},$$

kde m je hmotnost soustavy sonda-padák, g je gravitační zrychlení, C_D je koeficient odporu vzduchu (použili jsme hodnotu 0,75), ρ je hustota vzduchu a v požadovaná rychlost pádu (pracovali jsme tedy s 6 m/s). Vyšla nám hodnota:

$$S = 0,207 \text{ m}^2$$

Na základě závěrečné zprávy týmu Almighty lobsters jsme zjistili, že mezi průměrem šestidílného padáku a jeho plochou platí následující vztah:

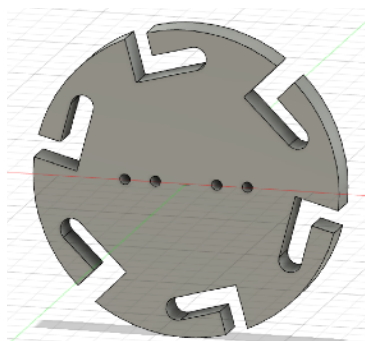
$$d = 1,2408\sqrt{S} = 56 \text{ cm}$$

Nyní bylo potřeba zjistit rozměry jednotlivých dílů. Průměr větracího otvoru vrchlíku jsme stanovili na 6 cm. Následně jsme použili internetový software [3], který nám na základě dodaných údajů o průměru padáku a parametrech větracího otvoru udělal náskres jednoho z 6 dílů padáku (všechny díly byly stejné). Po vytištění a vystřihnutí tohoto papírového dílu jsme ušili nový šestidílný kruhový padák.

9.2.3 Slider kruhového padáku

Padák typu křídlo disponuje vlastním sliderem obdélníkovitého tvaru, do něž se za pomoci 6 kolíků upínají jednotlivá kotvicí lanka. Tato plastová součástka se nám mnohokrát osvědčila především díky rychlosti a spolehlivosti, se kterou je možné padák k sondě připínat. Rozhodli jsme se proto udělat jeden exemplář také pro kruhový padák. V programu Fusion 360 [1] jsme navrhli dva prototypy. Tvar slideru kopíruje stejně jako v případě křídla průřez padáku, a je tedy kruhový, přičemž kotouč má průměr 6,0 cm. Takto vypadal první návrh:

Do jednotlivých pravoúhlých otvorů je možné zacvaknout kolíky, do nichž jsou provlečeny padáková lanka. Původní slider pro kruhový padák disponoval také bočními kryty, jež měly zamezit uvolnění lanek.



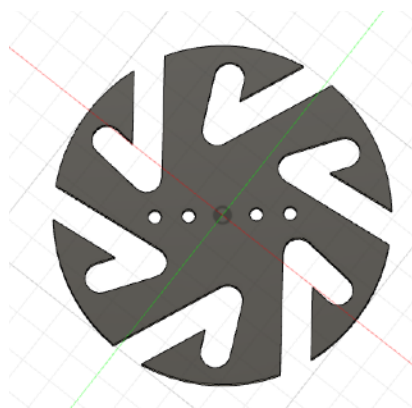
Obr. 98: První návrh slideru pro kruhový padák

Protože však kolíky zůstávaly spolehlivě upevněny za záhyby během všech provedených testů, rozhodli jsme se, že jejich použití v tomto případě by bylo zbytečné.

Uprostřed padáku se nacházejí 4 otvory o průměru 2 mm. Těmito otvory jsou protaženy dvě lanka (o průměru 1,1 mm), jež slider poutají k Písni kosmické II.

Vzhledem k tomu, že první slider používaný pro sestup křídla se po delším používání rozlomil, jsme připravili ještě jeden návrh této součástky pro kruhový padák, abychom mohli případně porovnat jejich pevnost a rozhodnout se, která z nich je vhodnější pro potenciální použití kruhového padáku během národního finále. Přitom však bylo důležité, aby kvůli váze a rozměrům nebyl komponent zbytečně velký.

Druhá součástka měla opět kruhový tvar o průměru 5,0 cm, avšak uspořádání jednotlivých prvků bylo odlišné, jak můžete vidět na následujícím obrázku:

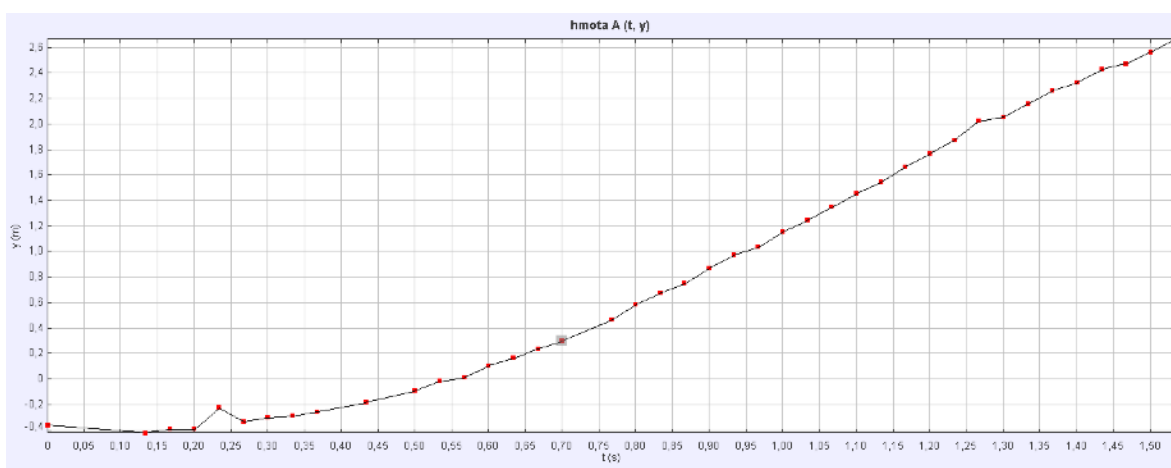


Obr. 99: Druhý návrh slideru pro kruhový padák

9.2.4 Testy kruhového padáku

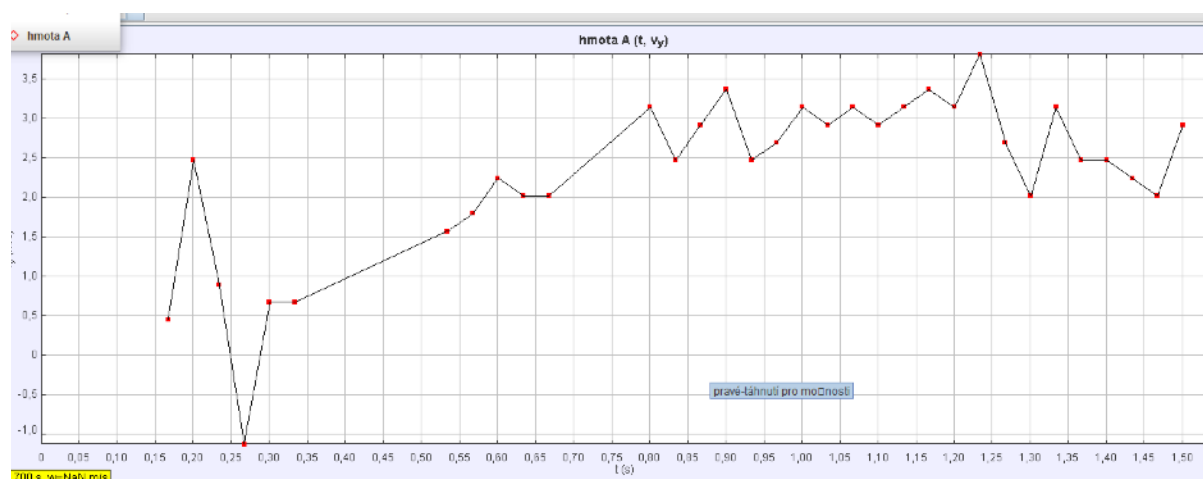
Kruhový padák byl počítán pro rychlost sestupu 6,0 m/s. Tuto skutečnost bylo potřeba ověřit, a proto ihned po skončení šití došlo k prvním testům. Hmotnost balastního CanSatu byla stanovena na 350 g. K připoutání plechovky padáku jsme použili starý slider prvořadě sloužící pro potřeby křídla. Pád byl natáčen a následně analyzován v programu Tracker [2]. Účelem analýzy bylo zjištění závislosti výšky na čase a z toho také plynoucí graf vertikální rychlosti. Současně bylo i důležité všimnout posunutí zařízení v horizontální směru, neboť toto posunutí určuje, do jaké míry byl pád sondy ovlivněn větrem a do jaké míry jsou tedy data o vertikální rychlosti průkazná. I přes snahu o správné načasování nakonec byly některé testy působením větru silně ovlivněny.

1. Test: Plechovka urazila téměř stejnou vertikální i horizontální vzdálenost (foukal silný vítr). Rychlost pádu se velmi rychle ustálila na konstantní hodnotě a pokles výšky v závislosti na čase byl dle očekávání po ustálení lineární:



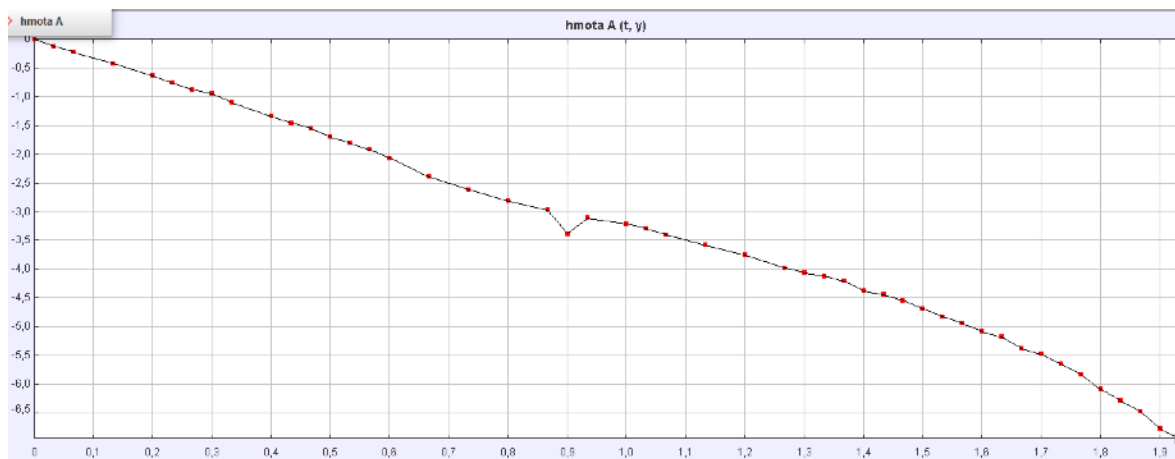
Poznámka: Křivka stoupá z důvodu nevhodné orientace os (vertikální osa mířila nahoru a padák samozřejmě klesal).

Rychlost pádu ve vertikálním směru je zachycena zde:

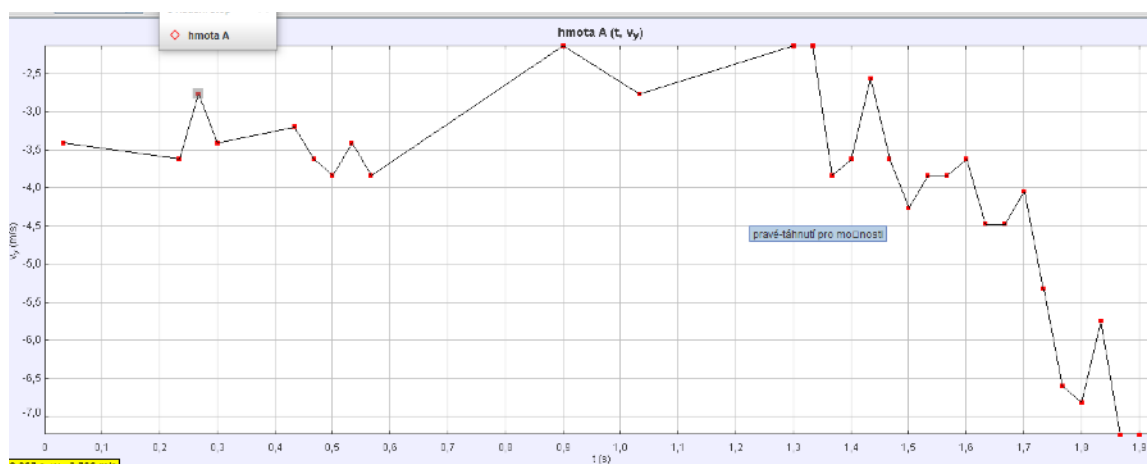


Padák se ustálil na rychlosti přibližně 3 m/s.

2. Test: V tomto případě rychlost pádu nebyla větrem příliš ovlivněna větrem, neboť horizontální pohyb sondy je možné snadno zanedbat. Rychlost v závěrečné fázi sestupu nabyla lehce vyšší než očekávané

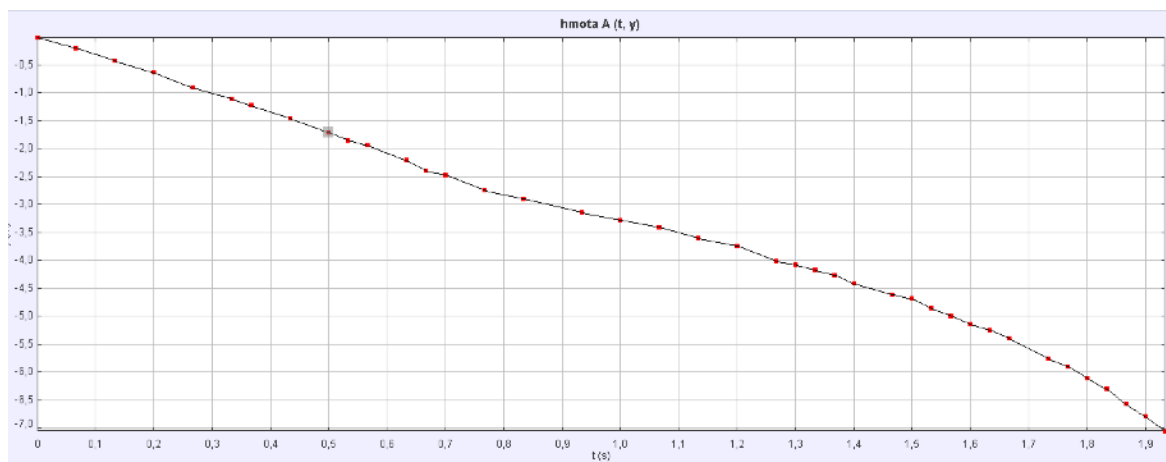


hodnoty 7 m/s. Závislost výšky na čase je znázorněna na následujícím grafu (zde je již orientace os správně):



Na následujícím grafu je zobrazen vývoj vertikální rychlosti. Rychlost má stále vyšší negativní hodnotu, neboť vertikální osa směřuje směrem dolů:

3. Test: Poslední provedený test byl kvůli technické chybě značně zkomplikovaný pro detailní analýzu. Rychlost sestupu byla odhadnuta na 4,5 m/s.
4. Test: Byl podobný 2. testu. Padák padal po jisté době rovnoměrně, neboť závislost výšky na čase má



lineární charakter:

Rychlost sestupu po ustálení (vyrovnání odporové a gravitační síly) měla stejně jako u druhého experimentu hodnotu přibližně 7 m/s.

9.2.5 Interpretace experimentů

Jak bylo možné očekávat, je sestupová rychlost silně ovlivněna rychlostí větru a standardní sestupovou rychlost je tak obtížné stanovit. Nejpresnějšího měření s nejmenším rušivým vlivem větru bylo dosaženo ve 2. experimentu, kdy se závěrečná sestupová rychlost pohybovala blízko předpokládané hodnoty 6 m/s. Současně je zajímavé se ptát, proč stále tvrdíme, že vítr pád zpomaluje? Vždyť může na padák foukat klidně seshora a pád tak urychlovat? Dle našeho mínění se odpověď skrývá v aerodynamických vlastnostech kruhového padáku. Odporová síla počítána na základě Newtonova vztahu závisí jednak na průřezu tělesa kolmém na směru pohybu a také na koeficientu odporu, jež je dán aerodynamickým tvarem tělesa. Ať už se na padák díváme zespoda či seshora, průřez se samozřejmě nemění. Koeficient odporu je však značně rozdílný v závislosti na tom, z jakého směru vzduch do této duté polokoule naráží. Vzduch jdoucí zespoda (jež padák zpomaluje) naráží do vnitřních stěn padáku. Zde se vytváří turbulentní proudění mající za následek relativně vysoký koeficient odporu 0,75. Vítr narážející ze shora (jež padák urychluje dolů) však naráží na vydutou polokouli mající menší koeficient odporu (0,42). To je z našeho pohledu důvod, proč je vertikální odporová síla mířící nahoru vyšší a vítr obecně padák spíše zpomaluje. Při této úvaze jsme zanedbali kruhový otvor ve vrchlíku, jež má na aerodynamické vlastnosti padáku také vliv (stabilizuje jej).

9.2.6 Rozevírání kruhového padáku

Poté, co jsme ověřili, že padák zpomaluje sondu dostatečně, přišly na řadu testy jeho rozevírání. Padák balíme následujícím způsobem: Poutací šňůry za pomoci kolíčků připevníme do plastového slideru. Padák položíme jej a uhladíme tak, abychom nahoře viděli 3 díly. Boční díly následně ohneme tak, aby se překrývaly s dílem středním. Tento „trojúhelník“ následně zúžíme do podlouhlé „ruličky“. Tu následně dvakrát přepůlíme po její délce. Šňůrky stáhneme do jediného svazku, jež dílčími ohyby vrstvíme na složený padák. Na závěr přimáčkneme slider k plechovce a navrch položíme padák se šňůrami pod ním. Takto složenou sondu vsuneme do testovacího tubusu.

Provedli jsme celkem 4 testy vypouštění, padák se vždy otevřel rychle a spolehlivě (nejvýše po 5 metrech padal již padák bezpečně rozložený). Současně jsme také na palubu umístili i osazený plošný spoj a 2 funkční kamery. Máme proto několik záznamů jak z fotoaparátu, tak ze sondy samotné. Jednotlivá videa jsou dostupná na našem YouTube kanále (<https://youtu.be/wW-aKnPB6Mk>).

KAPITOLA 10

ANALYTICKÉ ŘEŠENÍ POHYBOVÉ ROVNICE

Numerické modelování sestupu sondy nás vedlo k úvahám, jestli by se tento problém nedal řešit také analyticky. Naším cílem proto bylo najít závislost výšky, rychlosti a zrychlení na čase. Museli jsme však provést zjednodušení, kdy jsme padák se sondou nahradili hmotným bodem, jehož hmotnost je stejná jako hmotnost celé sondy. Jedná se o výrazné zkrácení, neboť odporová síla se v tomto případě mění lineárně (nikoliv kvadraticky) s rychlostí pohybu. I přesto však řešení obsahuje mnoho charakteristik shodných s experimenty a umožnilo nám lépe pochopit vztahy mezi proměnnými.

Na hmotný bod působí dvě síly – gravitační síla a síla odporu vzduchu. Tyto dvě síly mají podle 2. Newtonova zákona vliv na zrychlení sondy:

$$a = g - F/m, \quad (10.1)$$

Kde a je zrychlení tělesa, m jeho hmotnost, g je gravitační zrychlení a F je odporová síla. Odporovou sílu si můžeme nadále rozepsat jako:

$$F = 1/2 v^2 S C_d \rho = K v \quad (10.2)$$

kde K je koeficient odporu, ρ je hustota vzduchu, S **styčná plocha** a v požadovaná rychlost pádu. Rozepíšeme-li si zrychlení jako derivaci rychlosti a zkombinujeme-li rovnice (10.1) a (10.2), získáme:

$$dv/dt = g - K v/m = g - C v \quad (10.3)$$

Naším cílem je najít vyjádření rychlosti jako funkce času. Najít analytické řešení poslední diferenciální rovnice není snadné, proto jsme si pomohli převzetím obecné aproximace této funkce, které následně upřesníme na naši konkrétní situaci a ostatní kinematické veličiny z ní vyvodíme. Aproximace je ve tvaru:

$$v(t) = A(1 - e^{-Bt}) \quad (10.4)$$

Naším prvním úkolem je najít vyjádření neznámých konstant A a B . Jaký je jejich význam z hlediska aerodynamiky? Víme, že padák zrychluje, až je jeho rychlost dostatečně velká, aby velikost odporové síly vyrovnala sílu gravitační, jak je vidět z rovnice (10.3). Hodnotu koeficientu A určíme snadno z okrajových podmínek. Víme, že pokud se čas blíží k nekonečnu, rychlost padáku se blíží rychlosti ustálení. Spočítejme tedy tuto limitu pro zmíněnou funkci:

$$\lim A(1 - e^{-Bt}) = A \quad (10.5)$$

Vidíme, že A se rovná konečné rychlosti sestupu v_f .

Nyní je potřeba nalézt koeficient B . S okrajovými podmínkami pro rychlost si v tomto případě nevystačíme. Můžeme však použít vyjádření funkce zrychlení. Zrychlení je derivace rychlosti podle času. Derivací funkce (10.4) snadno zjistíme, že:

$$a(t) = AB e^{-Bt} \quad (10.6)$$

Čemu se rovná hodnota této funkce v okamžiku vypuštění, kdy $t = 0$? V tuto chvíli se padák nepohybuje, a nepůsobí tak na něj žádná odporová síla. Zrychlení je proto rovno g . Dosazením do (10.6) tak získáme výsledek:

$$B = g/A = g/v_f \quad (10.7)$$

Dosazením nových vyjádření A a B do původního předpisu dojdeme k:

$$v(t) = v_f(1 - e^{-gt/v_f}) \quad (10.8)$$

Čemu se rovná rychlost ustálení? Po ustálení je gravitace přesně kompenzována odporovou silou. Pro rychlost tak pomocí (10.2) můžeme psát:

$$v_f = \sqrt{\frac{2mg}{S C_d \rho}} \quad (10.9)$$

Kombinací (10.8) a (10.9) tak získáme obecné vyjádření rychlosti jako funkce času. Negativní exponent Eulerova čísla funkce (10.8) snižuje hodnotu záporného členu v závorce. S postupujícím časem tak rychlost roste, což jsme předpokládali. Po jisté době, je druhý člen v závorce tak malý, že můžeme rychlost pádu považovat za ustálenou. Současně také platí, že pokud za čas dosadíme nulu (okamžik vypuštění), bude rychlost nulová, což je správný výsledek. Podle těchto indicií můžeme soudit, že jsme našli správné vyjádření rychlosti, ze kterého již lze za použití diferenciálního a integrálního počtu přímo odvodit závislost polohy i okamžitého zrychlení na čase. Již bylo řečeno, že okamžité zrychlení je definováno jakožto derivace rychlosti podle času. Stačí jen dosadit získané konstanty do rovnice (10.6).

$$a(t) = g e^{-gt/v_f} \quad (10.10)$$

Je vidět, že z této rovnice stále plyne náš axiom, že v počátečním čase je zrychlení rovno g . Jak plyne čas, zmenšuje se exponent u Eulerova čísla, až tento člen nabývá nekonečně malé až nulové hodnoty. To dává smysl, neboť po ustálení rychlosti je zrychlení skutečně nulové. Je však zajímavé si všimnout, že čistě matematicky k tomu nikdy nedojde. Zrychlení je vždy nenulové. Rychlost sestupu se tedy blíží k rychlosti ustálení asymptoticky, přísně vzato by bylo potřeba počkat nekonečně dlouho, aby jí dosáhlo. Funkce (10.10) je funkcí klesající, což také odpovídá zkušenostem z testů obou typů padáku.

Nyní se vydejme od rychlosti opačným směrem. Rychlost je derivací polohy podle času. Vyjádření polohy tak z rychlosti získáme integrací:

$$y(t) = \int v(t) dt \quad (10.11)$$

Integrací funkce rychlosti (10.8) získáme:

$$y(t) = At + \frac{A}{B} e^{-Bt} + C \quad (10.12)$$

Jaký je význam konstanty C ? Pomocí tohoto členu můžeme nastavit výšku shozu. Předpokládejme, že sonda byla vržena z výšky h . V počátečním čase je tak $y(t) = h$. Pro C pak platí:

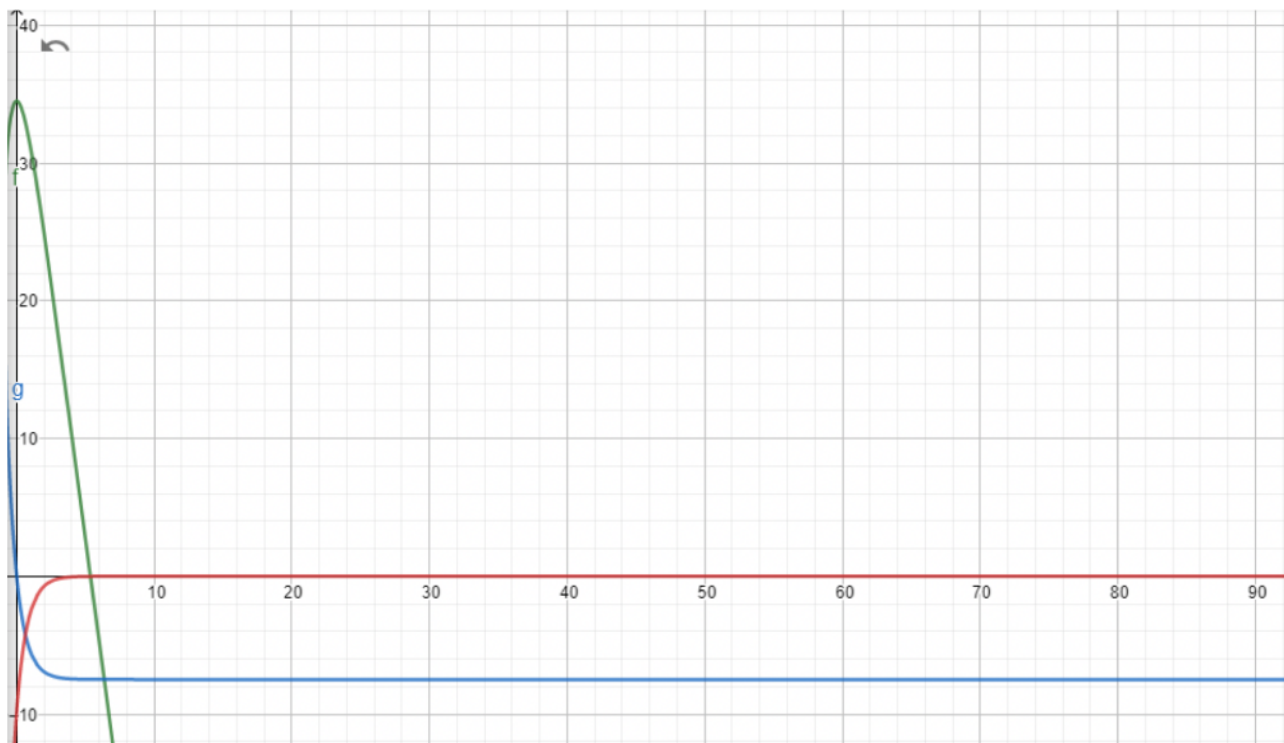
$$C = h - \frac{A}{B} \quad (10.13)$$

A celé vyjádření závislosti polohy na čase pak získáme kombinací (10.7), (10.12) a (10.13):

$$y(t) = v_f t + \frac{v_f^2}{g} e^{-gt/v_f} + h - \frac{v_f^2}{g} \quad (10.14)$$

Takto jsme vyřešili kinematický problém pohybu sondy v prostředí kladoucím odpor v homogenním gravitačním poli.

Pokud za rychlost ustálení dosadíme 7,5 m/s naměřených během experimentu v Jenštejně, za počáteční výšku dosadíme 34,5 m (výška této telefonní věže), a za g hodnotu 9,8 m/s², získáme následující grafy závislosti výšky, rychlosti a zrychlení na čase. Kladný směr je definován směrem vzhůru. Zeleně je vyznačena výška, modře rychlost a červeně zrychlení. Horizontální osa odpovídá času. Graf byl vygenerován v programu Geogebra. Lze tam snadno graficky ověřit, že všechny předpoklady týkající se časového vývoje veličin a jejich mezních hodnot uvedené v předešlém postupu jsou splněny.



Obr. 100: Grafy znázorňující závislosti výšky, rychlosti a zrychlení na čase z našeho řešení pohybové rovnice

SOFTWARE

Softwarová část našeho projektu se dělí na dvě podčásti. Jedna se přímo týká sondy. Jedná se o vývoj kódu, který sondu nebo pozemní stanici řídí. Další část se váže ke zpracování naměřených dat sondou, kde se snažíme urychlit a zjednodušit interpretaci dat v programu, který vyvíjíme.

10.1 Software pro sondu

Jelikož vyvíjíme vlastní sondu, ale zároveň i záložní řešení, které je z openCanSat kitu, tak musíme vytvořit dvě verze kódu, které budou moci pracovat s jednou pozemní stanicí. Jelikož je openCanSat a jeho bootloader uzpůsoben lepšímu nahrávání kódu přes program Arduino IDE, ale naše deska využívá programátor STLink z desky Nucleo, tak jsme museli vyvíjet ve dvou prostředích a na dvou různých platformách. Jedná se tedy o Arduino IDE s Arduinem a PlatformIO s mbedem. Kód pro sondy by měl umět měřit data ze senzorů na sondě, ukládat je na SD kartu a odesílat je rádiem. Interval mezi těmito jednotlivými sekvencemi by měl být menší než jedna sekunda.

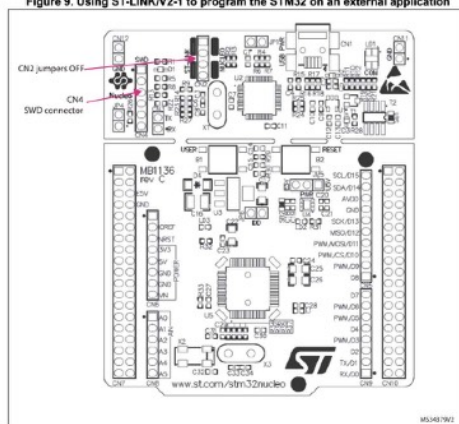
10.1.1 Kód pro PKII

Do naší sondy Píseň kosmická II se nahrává kód přes externí programátor **STLink**. Ten je součástí vývojových desek Nucleo (nebo se dá pořídit i samostatně). Na desce jsme vyvedli programovací piny SWO, SWCLK, SWDIO, RST. Také jsou vyvedeny piny napětí, země a piny pro sériovou komunikaci RX, TX. Ty programovací připojíme na příslušné piny na kolíkové liště CN4 na desce Nucleo. Dále se kabelem, který končí MiniUSB konektorem, připojí programátor k počítači. Tímto způsobem můžeme naprogramovat čip, kterým je osazena naše deska.

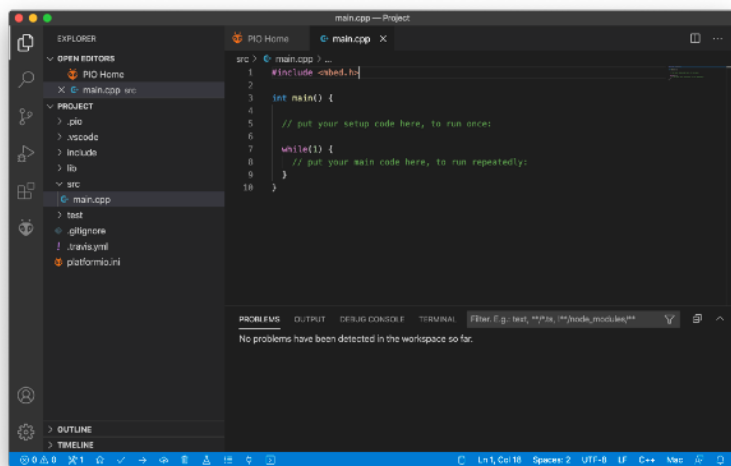
V aplikaci **Visual Studio Code** je potřeba doinstalovat rozšíření **PlatformIO**, které vývoj programu pro jednočipové počítače umožňuje. Kód pro naši sondu jsme psali na platformě **mbed**. Ta je vhodnější pro procesory s architekturou ARM. Nutné je dále využít knihoven. Ty jsme užili pro senzor BME280, MPU9250, RFM69W, GPS modul a také dvě knihovny pro možnost ukládání dat na SD kartu.

Pin	CN4	Designation
1	VDD_TARGET	VDD from application
2	SWCLK	SWD clock
3	GND	ground
4	SWDIO	SWD data input/output
5	NRST	RESET of target STM32
6	SWO	Reserved

Figure 9. Using ST-LINK/V2-1 to program the STM32 on an external application



Obr. 101: Obrázek desky Nucleo, který popisuje programovací piny
https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00387966-stm32-nucleo-64-p-boards-stmicroelectronics.pdf



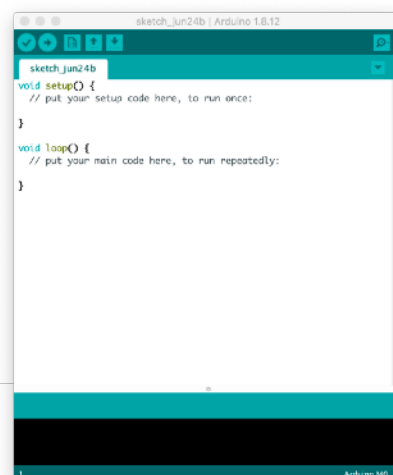
Obr. 102, 103, 104: (zleva doprava) Ukázka prázdného projektu v prostředí mbed, logo Visual Studio Code, logo PlatformIO
<https://code.visualstudio.com>, <https://platformio.org>



10.1.2 Kód pro openCanSat

Kód pro openCanSat vyvíjíme na platformě Arduino, která je primárně určena pro procesory s architekturou AVR. Takové procesory jsou totiž běžné na deskách Arduino. Ovšem kit openCanSat má procesor s architekturou ARM. Arduino také podporuje ARM procesory, ale u některých knihoven apod. dochází k problémům a komplikacím s buildem atd.

Na čipu v openCanSatu je nahrán bootloader, který umožňuje nahrávat program z vývojového prostředí **Arduino IDE** na sondu přes MicroUSB port na kitu. V tomto prostředí na platformě arduino vyvíjíme kód pro openCanSat kit. V Arduino IDE je ale nejdříve potřeba doinstalovat potřebné dodatky pro jiné než AVR procesory. V sekci "Boards Manager" je potřeba najít a doinstalovat "Arduino SAMD Boards (32-bits ARM Cortex-M0+)" a pro kit zvolit čip/desku s názvem "Arduino M0". V kódu jsme také využili knihovny. Byly potřeba pro BME280, INA219, zapisování na SD kartu, RFM69W a GPS modul.



Obr. 105, 106: (vlevo) Logo Arduino IDE, (vpravo) ukázka prázdného projektu v prostředí Arduino <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

10.2 Software pro pozemní stanici

Pozemní stanice, kterou primárně používáme je součástí openCanSat kitu. Pro její naprogramování je tedy potřeba využít stejný proces jako při programování sondy ze sady openCanSat. Využíváme tedy k tomu vývojové prostředí Arduino IDE. Stanice se s počítačem propojí kabelem, který se na stanici zapojí do jejího MicroUSB konektoru. Tento kabel zajistí přenos zachycených dat ze sondy do počítače přes sériovou komunikaci. V počítači jsou pak data zobrazována. Data se zároveň uchovávají na MicroSD kartě, která je vložena do pozemní stanice. Tam jsou zapisována do CSV (Comma-separated values) tabulkového souboru, kde jsou hodnoty odděleny určitým znakem. Tím bývá čárka nebo třeba středník. To nám umožňuje rychlou práci s naměřenými údaji v tabulkovém procesoru. Stanice samozřejmě také zobrazuje a ukládá naměřená data ze senzoru BME280, který je připojen přímo ke stanici.

Pro samotné naprogramování je potřeba v sekci "Boards Manager" doinstalovat "Arduino SAMD Boards (32-bits ARM Cortex-M0+)" a pro čip na pozemní stanici zvolit Arduino M0.

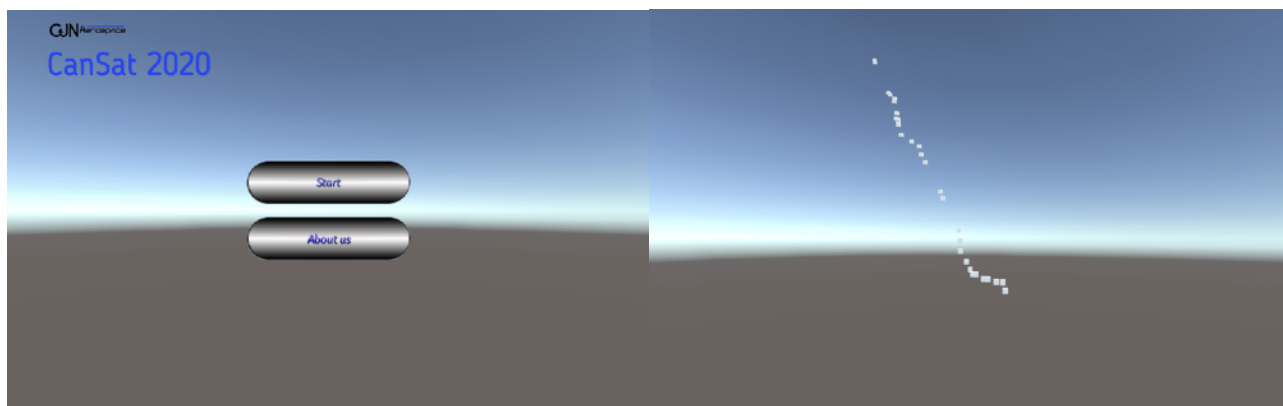
PKII	MessageID	Teplota	Tlak	Vlhkost	Výška(BME280)
PKII_OCS	111	26.41	983.60	58.64	249.81
PKII_OCS	120	26.40	983.61	58.39	249.73
PKII_OCS	121	26.40	983.59	58.35	249.92
PKII_OCS	122	26.40	983.63	58.28	249.57
PKII_OCS	123	26.40	983.57	58.21	250.07
PKII_OCS	125	26.40	983.63	58.13	249.57

```
;PKII;MessageID;Teplota;Tlak;Vlhkost;Výška(BME280)
;PKII_OCS;111;26.41;983.60;58.64;249.81;5.14;3.90;
;PKII_OCS;120;26.40;983.61;58.39;249.73;4.47;3.91;
;PKII_OCS;121;26.40;983.59;58.35;249.92;4.44;3.90;
;PKII_OCS;122;26.40;983.63;58.28;249.57;4.78;3.90;
;PKII_OCS;123;26.40;983.57;58.21;250.07;4.82;3.90;
;PKII_OCS;125;26.40;983.63;58.13;249.57;5.28;3.90;
```

Obr. 107: Ukázka tabulky a hodnot, které ukládá pozemní stanice v CSV souboru

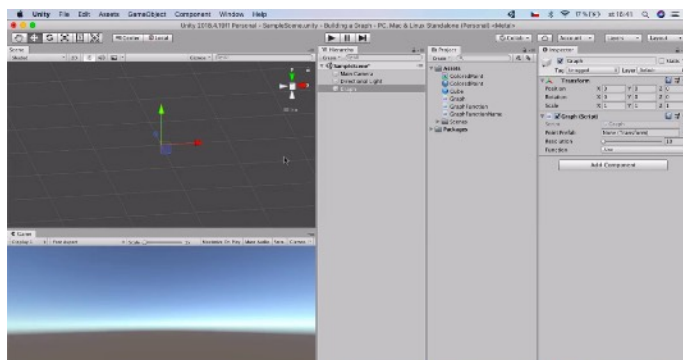
10.3 Aplikace pro analýzu dat

Důležitou částí projektu je dobře interpretovat data, která sonda během svého pádu naměřila. Proto jsme se rozhodli vytvořit program, který by z dat o poloze sondy dokázal sestavit prostorový graf. Aktuálně máme k dispozici první verzi, která obsahuje pouze naprosto základní funkce, pro nás jsou ovšem dostatečné. Těmi je čtení CSV tabulkového souboru, přidělení hodnot do jednotlivých proměnných a následně vygenerování grafu. Uživatelé je také umožněn pohyb kamerou, aby si mohl graf lépe prohlédnout. Zároveň hlavní menu naší aplikace v rámci zachování naší “značky” obsahuje odkaz na naše internetové stránky.



Obr. 108, 109: Menu vyvíjené aplikace (vlevo), Příklad zobrazení sestupu ve 3D (vpravo)

Aplikaci jsme vyvíjeli v herním engine Unity, ten umožňuje snadnou práci s 3D prostředím. To také znamená, že jsme používali programovací jazyk C# (C Sharp) a editor Visual Studio Code. Aplikace je zkonstruována na naše vlastní řazení veličin v CSV souboru, ale obsahuje též připravený základ pro řazení veličin dle NMEA standartu a to podle (GP)GGA formátu. Souřadnice jsou získávány z GPS modulu a následně převáděny na metry, aby bylo možné je zavést do grafu společně s nadmořskou výškou.



Obr. 110, 111: Rozpracovaný program na analýzu dat tvořený v Unity (vlevo), Logo Unity engine (vpravo)
<https://unity.com>

Dříve jsme pro znázorňování 3D trajektorie pádu sondy využívali grafickou kalkulačku GeoGebra, kde jsme vytvořili dva souřadnicové systémy, kdy byly vždy dvě osy ze tří promítnuté, aby tyto dva odlišné pohledy dohromady daly pohled v prostoru. Nyní s vlastní aplikací můžeme snadno znázornit pád sondy.

Dále data ze sondy analyzujeme v tabulkových procesorech (např. Excel, Numbers, LibreOffice Calc,...). Tam děláme grafy a výpočty pro naměřená data ze sondy. Jedná se o jednoduchý a efektivní nástroj pro zpracovávání většího množství dat a na provádění výpočtů s údaji.

11.1 Shrnutí projektu

Z projektu jsme si odnesli mnoho zkušeností. Naučili jsme se pracovat s elektronikou. Navrhování plošných spojů, jejich výrobu (plošný spoj jsme sice objednali, ale byl navrhován pro domácí výrobu, kterou jsme studovali a ještě ji plánujeme pro výrobu dalších exemplářů desky PKII), osazení a následné uvádění do chodu. Projekt nám pomohl upevnit přátelské vztahy v týmu. Dal nám zkušenosti s koordinací práce, interní komunikací i s komunikací s externími subjekty. Dále jsme se naučili nové metody v oblasti výpočtů. Analýza dat a různé predikční modely nám pomohly zlepšit naše schopnosti v této oblasti.

11.2 Rozpočet

11.2.1 Celkový rozpočet

	Výrobce / Popis	Počet na DPS	Jednotková cena	Množství	Cena zakoupených položek	Cena použitých součástek na DPS	Poznámky	Z finančních prostředků
1	STMICROELECTRONICS ARM MCU, Režim Dávkového Sběru, STM32 Family STM32F4 Series Microcontrollers, ARM Cortex-M4, 32bitů	1	190,5460	2,0	381,09	190,55	DPS	DF1
2	HOPE MICROELECTRONICS RFM69W-433S2	1	93,52	2,0	187,04	93,52	DPS	DF3
3	STMICROELECTRONICS Pevný LDO Napěťový Regulátor, 2,5V až 6V, 150 mV pokles, 3,3V/300mA výstup, SOT-23-5	1	19,0290	4,0	76,12	19,03	DPS	DF1
4	STMICROELECTRONICS TINY ROM GNSS MODULE, LCC-18	1	338,2060	2,0	676,41	338,21	DPS	DF1
5	IQD FREQUENCY PRODUCTS Krystal, 8 MHz, HC49, 50 ppm, 16 pF, 30 ppm, Série HC-49/4HSMX	1	14,5090	3,0	43,53	14,51	DPS	DF1
6	LED 1206 BLUE 120/120° S150BC-B4-1A (k ní rezistor 5.6 ohm)	2	1,50	6,0	9,00	3,00	DPS	GS GJN
7	LED 1206 COOL WHITE 350/120° S150W-W2-1B (k ní rezistor 27 ohm)	1	2,70	6,0	16,20	2,70	DPS	GS GJN
8	VISHAY Dioda se Standard Charakterist Obnovení, 400 V, 1 A, Samostatná, 1.1 V, 30 A	1	4,0330	5,0	20,17	4,03	DPS	DF2
9	Arduino Senzor tlaku, teploty a vlhkosti BME280	1	233,00	1,0	233,00	233,00	DPS	LA
10	Arduino 9DOF Gyroskop + Akcelerometr + Magnetometr MPU-9250 SPI/IIC	1	198,00	1,0	198,00	198,00	DPS	LA
11	SLOT-SDMICRO/1	1	28,00	2,0	56,00	28,00	DPS	GS GJN
12	Konektor se zámkem PSH02-03WG, Konektor se zámkem do DPS 3 kontaktů, rozteč 2,54mm	1	4,40	2,0	8,80	4,40	DPS	GS GJN
13	HIROSE(HRS) RF / Koaxiální Konektor, UFL Koaxiální, Příčný Jack, Povrchová Montáž Vertikální, 50 ohm, Mosaz	2	22,6280	10,0	226,28	45,26	DPS	DF2
14	Dupont 40Pin 2,54 mm pinový pás, LA217003BK (potřeba rozdělit)	1	4,00	1,0	4,00	4,00	DPS	JV
15	AVX SMD Vícevrstvý Keramický Kondenzátor, 0.1 µF, 100 V, 0805 [2012 Metrické], ± 5%, X7R, AVX 0805 MLCC	5	7,4120	20,0	148,24	37,06	DPS	DF2
16	AVX SMD Vícevrstvý Keramický Kondenzátor, 15 pF, 100 V, 0805 [2012 Metrické], ± 5%, COG / NPO	2	4,3480	10,0	43,48	8,70	DPS	DF2
17	RUBYCON Elektrolytický Kondenzátor, Miniaturní, 47 µF, 16 V, Série YXF, ± 20%, Radiální Vývodové, 5 mm	2	5,1860	5,0	25,93	10,37	DPS	DF2
18	AVX SMD Vícevrstvý Keramický Kondenzátor, 10000 pF, 100 V, 0805 [2012 Metrické], ± 10%, X7R, Série MLCC	1	5,9190	10,0	59,19	5,92	DPS	DF2
19	Keramický kondenzátor CKS0805 4,7u/10V X5R 10% YAGEO	1	4,50	5,0	22,50	4,50	DPS	GS GJN
20	SMD Rezistor R0805 10k 1% YAGEO	2	3,30	8,0	26,40	6,60	DPS	GS GJN
21	VISHAY SMD Čipový Rezistor, Tlustý Film, 0805 [2012 Metrické], 27 ohm, Série CRCW, 150 V, Thick Film	1	2,0640	10,0	20,64	2,06	DPS	DF2

22	MULTICOMP PRO SMD Čipový Rezistor, Keramický, 0805 [2012 Metrické], 5.6 ohm, Série MCMR, 150 V, Thick Film	2	0,6390	10,0	6,39	1,28	DPS	DF2
23	VISHAY SMD Čipový Rezistor, Tlustý Film, 0805 [2012 Metrické], 100 kohm, Série CRCW, 150 V, Thick Film	1	2,1000	10,0	21,00	2,10	DPS	DF2
24	Posuvný přepínač 0,3A 50VDC	1	4	2,0	8	4,00	DPS	JV
25	STMICROELECTRONICS Vývojová Deska, STM32 Nucleo-64, STM32F411RE MCU, Arduino Uno & Morpho Připojení		327,1630	1,0	327,16	0,00	DPS	DF1
26	EHAO LiPol Baterie 603443 900mAh 3.7V, LA123014	1	158,00	1,0	158,00	158,00	DPS	JV
27	Konektor se zámkem PFH02-03P	1	0,70	1,0	0,70	0,70	DPS	GS GJN
28	Kontakt PFF02-01FG TAPE	3	2,20	3,0	6,60	6,60	DPS	GS GJN
29	Nabíječka Li-ion článku TP4056 s ochranou microUSB, LA123003C	1	25,00	1,0	25,00	25,00	DPS	JV
30	BAK Dobíjecí Baterie, 3.7 V, Lithium Ion, 2.05 Ah, Konektor		551,8630	1,0	551,86	0,00	TESTY	DF1
31	MOLEX Anténa, GPS, 1,578 GHz až 1,572 GHz, 5,5 dBi Zisk, SMD, Pravostranná Kruhová	1	45,9670	2,0	91,93	45,97	DPS	DF1
32	ANAREN Anténa, Prutová, Přímý RF, U.FI, 433MHz	1	163,4260	1,0	163,43	163,43	DPS	DF2
33	Fotocuprexit 160x100x1,5mm, dvouvrstvý, FR4 BEP100160A2		96,00	1,0	96,00	0,00	NAV.	GS GJN
34	PCB Prototype, 56mm*56mm, FR4-Standard Tg 130-140C, HASL(with lead), Thickness 1.6 mm, Black,	1	12,00	10,0	120,00	12,00	DPS	JV
35	openCanSat KIT		2000	1,0	2000		BS/ZAL.	SH
36	RobotDyn Převodník 6Pin USB TTL UART, CH340, LA161003		48,00	1,0	48,00		TESTY	JV
37	Akční kamera Niceboy VEGA 5 FUN		1440	2,0	2880		PKII	GS GJN
38	MicroSD karta 64GB		409	2,0	818		PKII	GS GJN
39	CPE HG100 "Lagoon Transparent", 1.75mm, >750g		934,50	1,0	934,50		TESTY	FM
40	CPE HG100 "Black Soul", 1.75mm, >750g		934,50	1,0	934,50	51,40	PKII	FM
41	Flexfill TPU 92A "Sky Blue", 1.75mm, >500g		907,80	1,0	907,80	45,39	PKII	FM
42	Šroub M3x30mm		1,75	20,0	35,0	3,50	PKII	JV
43	Matice M3		0,56	40,0	22,4	1,12	PKII	JV
44	Doprava Farnell		130	2,0	260			DF1, DF2
45	DPH Farnell 1		592,73	1,0	592,73			DF1
46	DPH Farnell 2		223,13	1,0	223,13			DF2
47	Doprava JLCPCB		536,32	1,0	536,32			JV
48	Doprava TME		95	1,0	95			DF3
49	DPH TME		67,09	1,0	67,09			DF3
50	Osobní odběr Praha GME		30	2,0	60			GS GJN

51	Doprava MALL.CZ		38	1,0	38			GS GJN
52	Trubka 110x1000		98	1,0	98		TESTY	GS GJN
53	Koaxiální kabel 50 Ohm, průměr 4,95mm RG58-100		20	5,0	100		ANA BS	JV
54	Koaxiální konektor zlacený SMA-V CAB/K 50R RG-58		44	1,0	44		ANA BS	JV
55	PVC Trubka, 25mm		22	1,0	22		ANA BS	JV
56	Tyč hliníková kulatá 8 mm x 8 mm x 1000 mm		99	3,0	297		ANA BS	JV
57	Vysokopevnostní padáková šňůra		7	20,0	140	42,00	PAD	GS GJN
58	Látka - RIPSTOP		275	10,0	2750	137,50	PAD	AL
59	HOPERF Modul Automat. Odečtu Měřiče, GFSK, GMSK, MSK, OOK, 300Kbps, 868MHz, -120dBm, 1.8V až 3.6V, SPI		272,2080	2,0	544,42		NAV.	DF1
60	PANASONIC Polymerový Hliníkový Elektrolytický Kond, 47 µF, 16 V, Radiální Plechovka - SMD, Série SVP6		31.4280	5,0	157,14		NAV.	DF2
61	ESP2010Přepínač:posuvný;Polohy:2;SPDT;0,5A/12VDC;ON-ON;Poč.výv:3 ROHS Výrobce: ECE Originální symbol:ESP2010		18,705	2,0	37,41		NEP.	DF3
62	Posuvný spínač SL19-121		27	1,0	27		NAV.	GS GJN
63	VISHAY SMD Čipový Rezistor, Tlustý Film, 0805 [2012 Metrické], 10 kohm, Série CRCW, 150 V, Thick Film		5.0810	8,0	40.65		NAV.	DF2
64	Redukce SMA-BNC Z/Z 50R		58	1,0	58		NAV.	GS GJN

Celkem/Total (CZK)	18785,53
Cena kompletního DPS/Total for complete PCB (CZK)	1878,70
DF1 (Objednávka z fin. DirectFly - 1)	3415,25
DF2 (Objednávka z fin. DirectFly - 2)	1285,67
DF3 (Objednávka z fin. DirectFly - 3)	386,54
DF (Objednávky z fin. DirectFly)	5087,46
FM (dar od Fillamentum)	2776,80
LA (dar od laskarduino)	431,00
SH (z fin. Silicon Hill)	2000
GS GJN (z fin. Grantový systém GJN)	4361,2
AL (dar od Almighty Lobsters)	2750

DPS - Použito na DPS PKII
TESTY - Využito při testování
BS/ZAL. - Použito jako pozemní stanice a jako záloha
PKII - Použito na PKII, ale ne v souvislosti s DPS
ANA BS - Použito na anténě pozemní stanice
PAD - Použito na padáku
NAV. - Navíc
NEP. - Nepřišlo

11.2.2 Cena sondy PKII

Cena sondy PKII

Položka	Poznámka	Cena (CZK)
Deska PKII	zaokrouhleno	1900
Pouzdro	49 g CPE	61
Plášť	46 g TPU 92A	84
2x kamera Niceboy VEGA 5 FUN		2880
2x SD karta 64 GB		818
Padák	orientační cena	140
Celkem		5883

Cena sondy s použitím openCanSat sady

Položka	Poznámka	Cena (CZK)
sada openCanSat		2000
Senzor BME280		233
Pouzdro	55 g CPE	69
Plášť	48 g TPU 92A	87
2x kamera Niceboy VEGA 5 FUN		2880
2x SD karta 64 GB		818
Padák	orientační cena	140
Celkem		6227

11.3 Odkazy

Závěrečná zpráva z ročníku 2019:

<https://gjnaerospace.netlify.app/Dokumenty/CanSat%202019%20-%20ZZ%20-%20GJN%20Aerospace.pdf>
(<https://www.facebook.com/2187655784782923/posts/2301794843369016/?d=n>)

Internetové stránky Gymnázia Jana Nerudy:

<http://www.gjn.cz>

3D modelování:

Program Fusion 360: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

Open-source alternativa - FreeCAD: <https://www.freecadweb.org>

Program Blender: <https://www.blender.org>

Program Reality Converter: <https://developer.apple.com/news/?id=01132020a>

Aplikace Reality Composer: <https://developer.apple.com/augmented-reality/reality-composer/>

Týmová práce:

Slack: <https://slack.com>

Messenger: <https://www.messenger.com>

Zoom: <https://zoom.us>

Google Kalendář: <https://www.google.com/intl/cs/calendar/about/>

Jednotný vizuální styl:

Affinity Designer: <https://affinity.serif.com/en-gb/designer/>

Open-source alternativa - Inkscape: <https://inkscape.org>

Font Blogger Sans: <https://www.1001fonts.com/blogger-sans-font.html>

Font 01DigitGraphics: <https://www.1001fonts.com/01-digitgraphics-font.html>

Návrh a výroba sondy:

EDA - KiCAD: <https://kicad-pcb.org>

Obchody: <https://jlcpcb.com>, <https://www.laskarduino.cz>, <https://cz.farnell.com>, <https://www.tme.eu/cz/>

Pozemní stanice:

Sada openCanSat: http://kit.sciencein.cz/wiki/index.php?title=BaseStation_2.0

Sada qbcan: http://doc.open-cosmos.com/Qbcan_modular

Anténa:

Yagi kalkulačka: <http://www.vk5dj.com/yagi.html>

Video, které vysvětluje Yagi anténu: <https://youtu.be/7Dy8j5XnF6o>

Informace k anténě: http://wiki.sciencein.cz/subdom/wiki/index.php?title=CANSAT#Ant.C3.A9na_pozemn.C3.AD_stanice

Datasheet: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.651-323.1.pdf>

Datasheet: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.817-130.1.pdf>

Padák:

Program Fusion 360 [1]: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

Program Tracker [2]: <https://physlets.org/tracker/>

Webové stránky s výpočty pro kruhový padák [3]: http://scottbryce.com/parachute/spherical_parachute.html

Program GeoGebra: <https://www.geogebra.org/?lang=cs>

Software:

Visual Studio Code: <https://code.visualstudio.com>

PlatformIO: <https://platformio.org>

Arduino IDE: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

Unity: <https://unity.com>

Tabulkové procesory: Excel <https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/excel>, Numbers <https://www.apple.com/numbers/>, Calc <https://cs.libreoffice.org/discover/calc/>

11.3.1 Kde nás najdete

Facebook: GJN Aerospace - CanSat

<https://www.facebook.com/gjn.aerospace.cansat/>

YouTube: GJN Aerospace

<https://www.youtube.com/channel/UCII9sy1Nzqw1Fr-uJmF4VMw>

Instagram: gjn_aerospace

https://www.instagram.com/gjn_aerospace/

Twitter: gjn_aerospace

https://twitter.com/gjn_aerospace

GitHub: GJN Aerospace

<https://github.com/GJN-Aerospace>

Web

<https://gjnaerospace.netlify.app>

(<https://gjnaerospace-cansat.webnode.cz>)

Facebook



YouTube



Instagram



Twitter



GitHub



Web



Závěrečná zpráva
2019



11.3.2 Kdo nás podporuje

DirectFly s.r.o.
directfly.cz



Fillamentum
<https://fillamentum.com>



E-shop laskarduino
<https://www.laskarduino.cz>

