

# Malé družice a já

Návrh programu pro motivaci žáků základních škol a studentů středních a vyšších odborných škol na profesní kariéru v oblasti kosmického průmyslu a využívání kosmu a podporující zájem o univerzitní studia v oborech spojených s vědou, výzkumem a aplikacemi technologie malých družic.

## **Anotace**

*V současné době nastupuje stále intenzivnější využívání kosmu nejen pro vojenské účely, ale zejména pro potřeby vědy, výzkumu a inovací v řadě odvětví jako například v telekomunikacích, silniční, letecké a vodní dopravě, v družicových navigačních systémech, při ochraně životního prostředí a zemské atmosféry, pro tvorbu meteorologických předpovědí, v záchranných a krizových systémech pro prevenci a řešení hromadných neštěstí a přírodních katastrof.*

*Strategie a nástroje na zabezpečení zajištění potřebných kapacit odborníků pro oblast kosmu v České republice jsou v obecné rovině obsaženy Národním kosmickém plánu 2020 – 2025 (dále NKP) [[https://www.dataplan.info/img\\_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/nkp\\_2020-2025.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/nkp_2020-2025.pdf)] v kapitole 4.1.2 - vzdělávání a školení. K jejich implementaci vede řada způsobů a metod, jak deklarovaných cílů dosáhnout.*

*Navrhovaný program „Malé družice a já“ je primárně směřován na podporu motivace žáků základních a středních škol na témata spojená s vědou, výzkumem a aplikacemi technologie malých družic a způsoby pro rozvíjení potřebných polytechnických znalostí a dovedností. Využívaná část rádiového spektra v pásmu 145 MHz a 435 MHz pro komunikaci s malými družicemi současně vytváří předpoklady i pro další zájmové aktivity zejména v oblasti radioamatérského vysílání a radioamatérského sportu.*

*Cíl programu vychází z premisy motivace žáků a studentů formou souvisejících zájmových aktivit založených na spojení teorie a praxe v podobě dlouhodobé a cílené spolupráce základních, středních a vyšších odborných škol s univerzitami. Tento koncept vytváří předpoklady pro konkrétní a v praxi využitelné výstupy ve vzdělávacích procesech a v praktických aplikacích spojených s využíváním kosmu v souladu s cíli obsaženými v NKP. Jeho součástí je i využití motivační synergie s různými druhy soutěží a olympiád v elektrotechnice, kybernetice, informačních technologiích a přírodních vědách.*

*Pro ověření principů koncepce a cílů programu je navrhnout dále popsany věcný záměr pilotního projektu spolupráce mezi elektrotechnickou fakultou ČVUT v Praze se základními, středními a vyššími odbornými školami, které tento program osloví.*

*Realizace pilotního projektu by měla současně podpořit propagaci studia technických oborů ve vzdělávacích programech zúčastněných škol a fakult ČVUT v Praze spojených s tématy vzdělávání pro využívání kosmu a kosmického průmyslu a přispět tak ke zvýšení zájmu o univerzitní a celoživotní vzdělávání.*

*V současné době je otázka způsobu vzdělávání v kosmických tématech nikoliv systémovou záležitostí vzdělávacích procesů na všech stupních našeho školství, ale je v podstatě rozdrobena v řadě iniciativ některých univerzit (např. FEL v akreditovaném magisterském programu Letectví a kosmonautika, VUT Plzeň ve spojení s družicí VZLUSAT-1, zájmových organizací a školních kroužků (např. společnost Planetum ve spojení s družicí Planetum 1) nebo nadšených jednotlivců.*

*Získané poznatky pilotního projektu mohou být využity při novelizaci NKP pro další období po roce 2025 zejména v části věnované vzdělávání a školení. Případně i v dalších vzdělávacích programech, projektech a různých odborných soutěžích, které jsou koordinovány Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT) a Ministerstvem dopravy (MD), univerzitami u nás a ve spolupráci s ESA a dalšími mezinárodními kosmickými institucemi.*

## **1. Úvod**

Využívání kosmických stanic a misí družic na geostacionárních a orbitálních drahách ve vysokých výškách se v nedávných letech stále více stávalo omezujícím faktorem rozvoje vzhledem k rostoucím potřebám vědy, výzkumu a průmyslu ve spojení s vysokými finančními náklady a nutností řešení omezování rizik (technických, ekonomických a právních) ve využívání a ochraně kosmu.

Rozvoj moderních technologií a tlak na to, aby bylo umožněno i v kosmickém průmyslu uplatnění malých a středních podniků. Rovněž tak, aby byly vytvořeny podmínky pro širší zapojení do vlastních kosmických programů nejen vědeckovýzkumným institucím a univerzitám, ale také dalším zájemcům o danou problematiku z oblasti vzdělávání a praxe. To spolu s novými technologiemi dostupnými pro širší okruh uživatelů z řad malých a středních podniků, vzdělávacích institucí i jednotlivců (například 3D

tisk, CNC stroje,...) vyústilo ve vznik nového kosmického průmyslu. Ten umožňuje provozovat kosmické mise s pomocí podstatně levnějších družice malých rozměrů na nízkých drahách do výšky asi 1500 km.

Malé družice a jejich dnes používaný de facto standard CubeSat, který původně vznikl jako družicový výukový prostředek, představuje revoluční inovační prvek v celém řetězci od výroby kosmických technologií, prostředků pro vynášení a umísťování družic v kosmu po komunikace, řízení provozu a ochrany před kosmickým odpadem. Ty jsou dnes označovány shrnujícím pojmem „Nový kosmický průmysl“. Jeho základem je spolupráce a spojení neziskového a privátního sektoru.

Malé družice otevírají i široké možnosti participace školství a dalších vzdělávacích institucí nejen ve vzdělávacích procesech přípravy odborníků pro využívání kosmu a kosmický průmysl, ale i pro jejich přímou účast na vývoji, experimentech a provozu misí vlastních malých družic a jejich sítí (konstelací). Potenciálním zdrojem zájemců o kosmos a malé družice jsou i účastníci různých studentských soutěží a olympiád žáků základních škol a studentů středních škol v elektrotechnice, kybernetice, informačních technologiích a přírodních vědách.

Zkušenosti ze světa ukazují, že příprava odborníků pro využívání kosmu a jejich vzdělávání by měla začínat již na základních školách nebo dokonce v předškolních zařízeních. Zde lze předpokládat nejvhodnější prostředí pro základní motivaci vzbuzení zájmu o kosmos. Tento zájem je pak možné cíleně rozvíjet na středoškolském, vyšším odborném a následně na vysokoškolském stupni vzdělávání směrem k celoživotní profesní kariéře a celoživotnímu vzdělávání.

Strategii vzdělávání a školení odborníků obsažená v NKP vyžaduje pro naplnění deklarovaných cílů vypracování konkrétních opatření a nástrojů i pro motivaci zájmu o záležitosti dotýkajících se využívání kosmu na všech stupních vzdělávacího procesu. To v návaznosti na získané znalosti a dovednosti ze standardních vzdělávacích programů základních a středních technicky orientovaných škol. Pro deklarovaná opatření NKP je nezbytné získat a v praxi ověřit efektivní způsoby pro jejich úspěšnou implementaci.

V tomto dokumentu je předkládán návrh pilotního projektu pro praktické ověření základních prvků konceptu motivačního programu „Malé družice a já“, který je podrobněji popsán v kapitole 4. Realizace pilotního projektu je založena na spolupráci základních a středních odborných škol a elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení v Praze v období 2024 až 2027.

## 2. Malá družice

Pojem malá družice nemá jedinou všeobecně uznávanou definici a lze ji vyjádřit různými způsoby. Těmi mohou být fyzikální parametry (hmotnost, rozměry), nebo charakteristické parametry konstrukční a provozní.

Obecnou definici lze vyjádřit následovně:

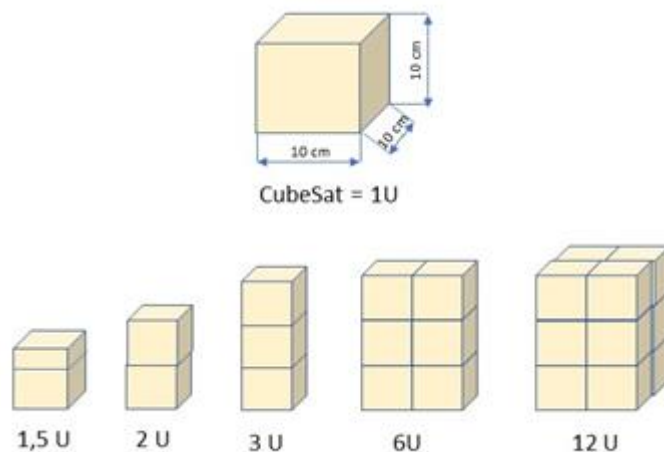
Malá družice je umělé těleso využívající kosmický prostor na nízkých drahách, které je malé svými rozměry a hmotností, je vyrobené rychle a levně a má krátkou dobu životnosti.

S pojmem malá družice jsou svázány i záležitosti spojené s požadavky na využívání rádiového spektra, přidělování míst na oběžných drahách spolu s povinnostmi registrace a ochrany kosmu vyplývajícími z plnění mezinárodních smluv o mírovém využívání kosmu.

Malé družice jsou rozděleny podle své hmotnosti na tyto kategorie:

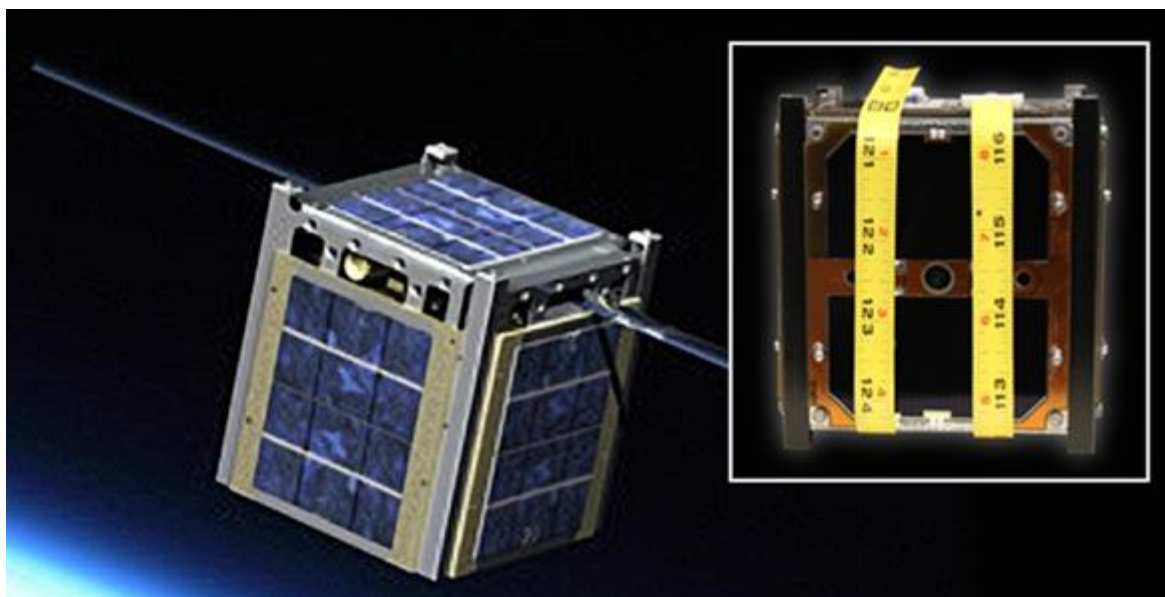
- minidružice – hmotnost menší než 1000 kg,
- mikrodružice – hmotnost menší než 100 kg,
- nanodružice – hmotnost menší než 10 kg,
- pikodružice – hmotnost menší než 1 kg,
- femtodružice – hmotnost menší než 0,1 kg.

V oblasti malých družic je v současnosti nejrozšířenější modulární konstrukční de facto standard CubeSat. Ten používá uspořádání se skládáním základní jednotky označované 1U (pikodružice o hmotnosti 1 kg) do konfigurací uvedených na obr. 2.1.



*Obr. 2.1 Modulové konstrukční uspořádání malých družic CubeSat*

Příklad malé družice základní jednotky CubeSat 1U je na obr. 2.2.



*Obr. 2.2 Příklad konstrukčního provedení pikodružice standardu CubeSat 1U*

Pro vymezení pojmu malé družice se používá skupina charakteristických znaků:

- a) krátká doba vývoje,
- b) vývojové týmy o malém počtu osob,
- c) rozsahem malá vývojová a testovací infrastruktura,
- d) přijatelné investiční náklady na vývoj, konstrukci, vypuštění a provoz,
- e) využívání nízké oběžné dráhy (LEO) od 200 km do 1500 km na Zemi,

f) krátká doba provozu – od několika měsíců do 3 let.

Historicky se Česká republika podílela na rozvoji kosmických technologií a vědeckých experimentech v kosmických misích malých družic. V letech 1977 až 1996 v rámci kosmického programu INTERKOSMOS bylo postupně vypuštěno 5 malých družic Magion (MAGnetospheric and IONospheric) vzniklých na půdě Československé akademie věd a později Akademie věd České republiky.

V současné době je od 23. června 2017 v kosmu první česká nanodružice VZLUSAT-1 realizovaná v rámci evropského družicového programu CubeSat – QB50 (modul U2 – 20 x 10 cm, 7. rámcový program EU). Jedná se o společný projekt Výzkumného a leteckého zkušebního ústavu Praha, VUT Plzeň a FEL ČVUT v Praze. Na palubě nese rentgenový teleskop, přístroj FIPEX pro měření atmosféry a detektor radiace družicového okolí pro ověření stínících vlastností kompozitních materiálů. Je připraveno vyslání další nanodružice VZLUSAT-2.

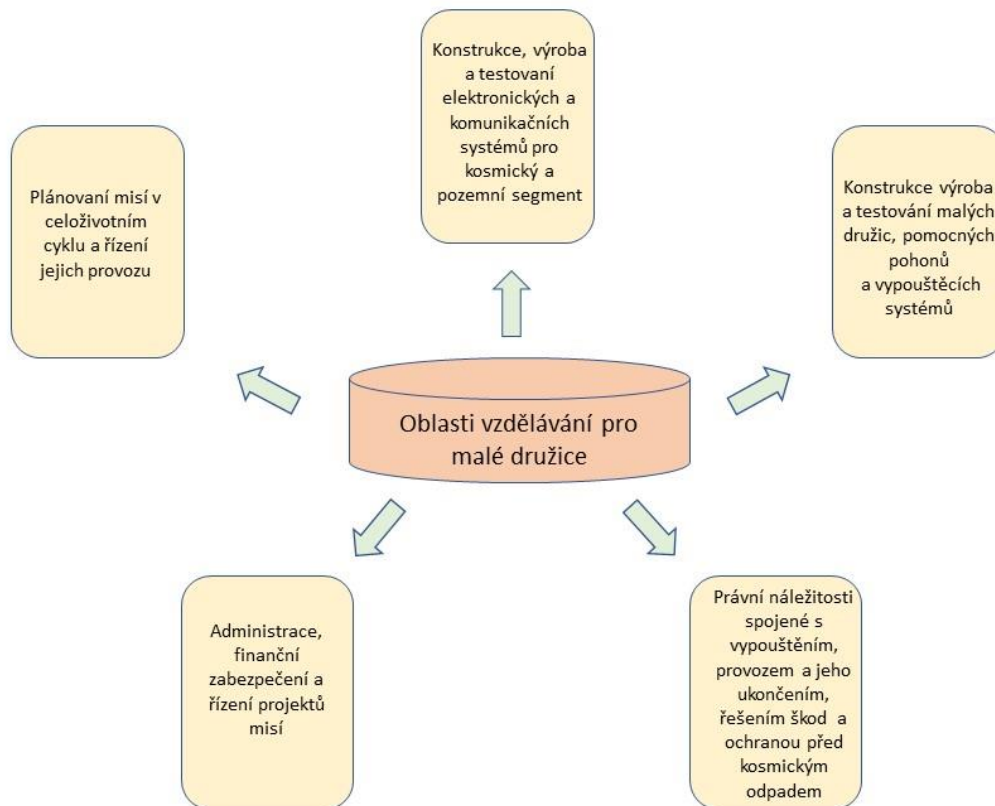
Od června 2019 je na oběžné dráze ve výši 530 km druhá česká malá družice LUCKY-7 realizovaná konsorciem SkyFox Pro Labs s.r.o. Ta nese technologické experimenty a zařízení pro měření kosmického záření. Dalšími českými družicemi jsou radioamatérská BDSat-2 a výuková Planetum-1 společnosti Planetum při Planetáriu Praha. Další projekty se připravují i ve spojení s programy EESA.

Z globálního pohledu jsou dnes nejznámější postupně realizované projekty sítě malých družic Starlink vizionáře Muska (využita i v rámci bojů mezi Ukrajinou a Ruskem) nebo OneWeb pro vysokorychlostní přístup do internetu.

### **3. Národní kosmický plán a vzdělávání**

Národní kosmický plán v kapitole 4 popisuje strategii k dosažení jeho implementace v oblasti přípravy potřebných odborných kapacit neboli lidských zdrojů. V jednotlivých kapitolách se tento dokument zabývá metodami a nástroji pro zvyšování povědomí v široké veřejnosti (dospělí, děti a mládež), odborné veřejnosti, vzdělávání a školením na základním, středním a univerzitní stupni a celoživotním vzděláváním.

Oblasti oborů a potřebných znalostí pro malé družice, kterých se problematika vzdělávání dotýká, je v základních rysech naznačen na obr. 3.



Obr. 3 Hlavní oblasti vzdělávání pro malé družice

V současné době je významným omezujícím faktorem pro získávání a vzdělávání potřebných kapacit odborníků chybějící efektivní systém polytechnického vzdělávání od mateřských škol až po univerzitní úroveň zahrnující vědu, techniku, inženýrství a matematiku (používaná zkratka „STEM“).

Přičemž právě studium kosmu má ze své vědecké a technické podstaty mimořádnou schopnost motivovat mládež ke studiu STEM předmětů napříč celým vzdělávacím systémem. To je mimo jiné podpořeno i produkty počítačového herního a filmového průmyslu.

V NKP jsou uvedeny příklady existujících vzdělávacích subjektů, technických univerzit a jejich akreditovaných edukačních programů, konsorcií a kosmických iniciativ. Česká republika díky svému členství v Evropské kosmické agentuře (ESA) má přístup do řady vědeckých, aplikačních a vzdělávacích programů.

V oblasti vzdělávání MD zřídilo v roce 2014 v ČR vzdělávací kancelář ESA – ESRO (European Space Education Resource Office, <https://esero.sciencein.cz/>),). Její činnost je zaměřena na podpůrné aktivity pro předávání a formování dovedností a kreativity nastupující mladé generace vědeckých pracovníků.

Navrhovaný motivační program „Malé družice a já“ je zaměřen na část komplexní problematiky vzdělávání v souladu s NKP zabývající se problematikou technického vzdělávání a školení na základním a středním vzdělávacím stupni. FEL ČVUT v Praze má akreditovaný magisterský studijní program Letectví a kosmonautika.

Pro úplnost je třeba připomenout i ten fakt, že využívání kosmu a kosmických technologií vyžaduje také přípravu specialistů z netechnických oborů jako jsou například právo nebo lékařství a vyškolené pracovníky státní správy.

#### **4. Koncepce motivačního programu „Malé družice a já“**

Hledání metod a nástrojů, které efektivním způsobem dokáží cíleně motivovat k jakékoliv činnosti je složitou komplexní materií. Je nepochybně průnikem jak vědních technických oborů a psychologie člověka, jeho dosaženého vzdělání a začlenění ve společnosti, ve kterém se odráží sociální, kulturní a ekonomické prvky.

Dosažená úroveň vzdělání vytváří základní předpoklady pro úspěšnou profesní kariéru. Ta je i jedním ze základních atributů uspokojování životních potřeb každého člověka.

V úvodu bude užitečné se ve stručné míře věnovat obecnějším úvahám vztahujícím se k hledání vhodných motivačních nástrojů dnešní a následující generace dětí a mládeže. V navrhovaném programu „Malé družice a já“ je pozornost zaměřena zejména na věkovou kategorii 6 – 20 let. I když vlastně problematice hledání nástrojů motivace ke kosmu a tedy i malých družic by měla začínat již v předškolním věku. Významným zdrojem zájemců jsou nepochybně účastníci různých žákovských a studentských soutěží a olympiád, které se svými tématy dotýkají oborů STEM a problematice kosmu, kosmických technologií, rádiových komunikací a aplikací zejména v oblasti kybernetické bezpečnosti.

Z obecného pohledu je formování každého jedince v celém jeho životním cyklu ovlivňováno mnoha okolnostmi od rodinného prostředí přes řetězec stupňů vzdělávacího procesu, zájmové činnosti až po jeho uplatnění ve společnosti. Jedním z důležitých prvků, které zásadním způsobem ovlivňují oblasti



aktivit každého jedince v celém cyklu života jsou inspirativní – motivační impulsy. Ty mohou působit vědomě (např. prostřednictvím vzorů dospělých nebo jejich vrstevníků) či nevědomě (např. působení sociálních sítí, a on-line her na internetu, filmů využívajících kosmická témata). Na oba tyto aspekty je třeba se při hledání a aplikaci motivačních metod zaměřit.

Je také zřejmé, že mají-li motivační nástroje na jednotlivých vzdělávacích stupních skutečně fungovat, tak se musí na nich podílet všichni účastníci - žáci, studenti a učitelé (lektoři). Tyto nástroje musí mít potenciál rozvíjení v delším časovém horizontu a směřovat k univerzitnímu vzdělávání. Zároveň se tyto nástroje musí opírat o nezbytné základní penzum všeobecných znalostí a dovedností, které jsou obsaženy v osnovách pro základní a středoškolský stupeň.

Navrhovaný program při formulování svého obecného konceptu, jaké motivační nástroje zvolit pro uvažovanou věkovou kategorii od 6 do 21 let, bere v úvahu následující základní faktory:

- Jedinec již prakticky od narození je silně ovlivňován a vědomě či nevědomě vnímá moderní technologie všeho druhu.
- Proces výuky a zájmových činností je stále z větší části realizován i prostřednictvím nástrojů informačních technologií v distančním vzdělávání pomocí počítačů, tabletů, mobilních telefonů využíváním internetových audio a video aplikací (zejména působení sociálních sítí a streamovacích služeb jako YouTube, Tik Tok,...) a počítačových her.
- Kosmická témata jsou obsažena a populární ve filmovém, video a knižním průmyslu.
- Téma kosmu v sobě nese řadu prvků, které vzbuzují vědomé, či nevědomé motivační impulsy (například mise na Měsíc nebo Mars, možnost sledovat snímky posílané z družic, navigační a geografické systémy, rádiová hlasová a datová komunikace, apod.).

Tlak společnosti na to, aby jedinec byl něčím výjimečný a úspěšný má vedle negativních dopadů (např. drogy a kriminalita mládeže) i příznivé účinky na volbu profesní kariéry doprovázené silně motivujícím zájmem o konkrétní a hmatatelné výstupy, adrenalinové prožitky a vnitřního uspokojení z jeho aktivit.

Jako hlavní motivační nástroj navrhovaného programu v oblasti malých družic, které jsou obsaženy ve výstupech v jeho jednotlivých konkrétních projektech, je zvolena metoda bezprostředního propojení teoretických znalostí s praktickými dovednostmi vyplývající z cílené dlouhodobé spolupráce univerzitní sféry a nižších vzdělávacích stupňů.

Malé družice nabízejí každému zájemci vedle virtuálního prožitku v rámci počítačových her, filmů a videí i reálný vstup a seberealizaci v projektech jejich kosmických misí. Ten může nakonec vyústit i v realizaci vlastní mise od stavby malé družice, její vypuštění a provádění vlastních vědeckých nebo výzkumných experimentů.

Základ programu „Malé družice a já“ vychází z návazností na osvědčený koncept středoškolské odborné činnosti a s přihlédnutím k potřebám stanoveným v Národním kosmickém plánu. Ten však v programu nekončí splněním zadání úloh a jejich oceněním, ale je dána možnost jak rozvíjení řešených témat, tak tvorbu nových. Tento přístup je v širších souvislostech otevřený ke všem souvisejícím oborům STEM, polytechnickým dovednostem a dalším technickým zájmovým aktivitám v řadě synergických oblastí. Příkladem může být rádiová komunikace s malou družicí a využití získaných znalostí a dovedností v provozování rádiového orientačního běhu.

Pro realizaci jednotlivých projektů programu se předpokládá využívat v maximální míře sdílení technologií, znalostí a lidských zdrojů u všech zúčastněných subjektů. To zejména s ohledem na možnosti získávání a využívání finančních zdrojů pro realizované projekty programu. Tyto aktivity jsou nedílně spojeny i proaktivním využíváním propagace zejména pomocí sociálních sítí.

Výstupy programu by měly napomoci k vybudování a udržení zájmu žáků a studentů jak k záležitostem malých družic, tak i k získání všeobecných základních polytechnických dovedností a témat souvisejících s využíváním kosmu. A to tvořivou zábavní formou s ponecháním otevřeného prostoru pro vlastní kreativitu žáků a studentů za podpory jak prezenčního, tak on-line internetového způsobu realizace jednotlivých projektů a aktivit.

Projekty programu by měly rovněž napomoci učitelům a lektorům při tvorbě výuky zahrnutím teoretických a praktických témat souvisejících s využíváním kosmu v základních předmětech jako je matematika, fyzika, elektrotechnika, informační a komunikační technologie, robotika, internet věcí, umělá inteligence, strojírenství apod.

V neposlední řadě by se navrhovaný program měl odrazit v nasměrování jeho účastníků k dalšímu univerzitnímu vzdělávání a k celoživotní profesní kariéře dotýkajících se nejen technologií malých

družic, ale obecně k záležitostem spojených s kosmem a jeho využíváním, jak je uvedeno v kapitole 3. na obr. 3.

Hlavní zdroje financování jednotlivých projektů navrhovaného programu se předpokládají zejména z prostředků na projekty podpory vzdělávání ze státní, výzkumné a průmyslové sféry spojené s technologií a aplikacemi malých družic. Rovněž tak z rozvojových vzdělávacích programů ESA a z mezinárodní spolupráce na projektech účastí v konsorciích univerzit a dalších vzdělávacích institucí.

## **5. Pilotní projekt programu**

Pro praktické ověření navrhovaných principů konceptu programu „Malé družice a já“ je navržena forma pilotního projektu dlouhodobé cílené spolupráce elektrotechnické fakulty ČVUT v Praze se základními, středními a vyššími odbornými školami.

Navrhovaná délka projektu je tříletá v období od 1.1.2024 do 31.12.2027.

Rok 2023 je považován za přípravný pro dokončení nezbytné infrastruktury na FEL ČVUT a činnosti spojené s hledáním a výběrem partnerských středních škol. V návaznosti pak vypracování návrhu a dokumentace projektu, zajištění zdrojů jeho financování a propagaci pilotního projektu (web a sociální sítě).

### **5.1 Cíl pilotního projektu**

Cílem a nosným prvkem pilotního projektu je hledání a praktické ověření reálných motivačních impulsů žáku druhého vzdělávacího stupně základních škol a studentů středních a vyšších odborných škol v oblasti technologií malých družic. To jako nástroje pro podporu univerzitního vzdělávání jak v této odbornosti, tak i v souvisejících oborech v souladu s konceptem programu „Malé družice a já“.

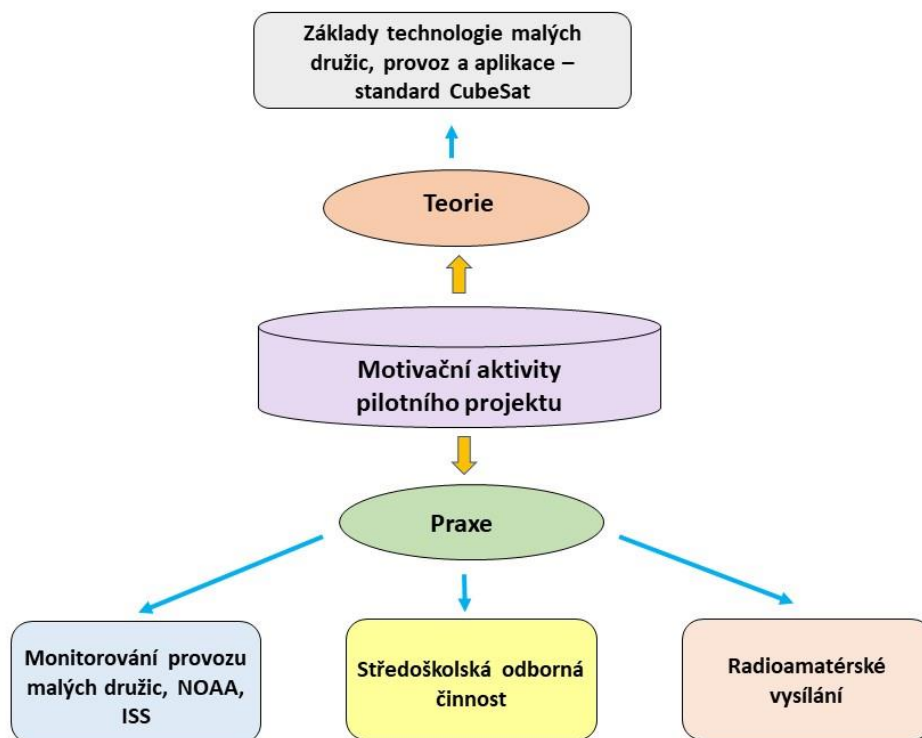
Výchozí základnu pilotního projektu představují poznatky a dovednosti studentů získaných ve stávajících rámcových vzdělávacích školských programech spadajících do skupiny oborů STEM a polytechnické dovednosti. Ty pak v rámci projektu budou rozvíjeny v teoretické a praktické oblasti směřované na témata spojená s technologiemi a aplikacemi malých družic.

Současně se pilotní projekt zaměřuje i na další synergické aktivity - nástroje, které mohou využívat získané poznatky a dovednosti pro příbuzné zájmové činnosti v jiných aplikačních oblastech (například radioamatérské vysílání, robotika, internet věcí, apod.). Tyto synergické aktivity mohou při jejich provozování zpětně působit jako posilující motivační prvek o hlubší studium souvisejících témat jak s malými družicemi, tak s dalšími oblastmi využívání kosmu.

Pro realizaci a naplnění cíle pilotního projektu bude zásadním předpokladem formování tematických odborných týmů z řad žáků a studentů vybraných spolupracujících škol (studenti a učitelé) a FEL ČVUT (členové Radioklubu a lektori předmětů programu Letectví a kosmonautika).

## 5.2 Základní struktura pilotního projektu

Struktura navrhovaného pilotního projektu je uvedena na obr. 5.2.



Obr. 5.2 Struktura pilotního projektu programu „Malé družice a já“

Motivační aktivity obsahují teoretickou část, která bude pokrývat získání základních znalostí z témat, které se vztahují, ke konstrukci, provozu a regulaci malých družic v tematických okruzích uvedených v kap. 5.2.1 v minimálním rozsahu 14 týdnů. Hloubka a rozsah výkladu bude vždy v jednotlivých týmech přizpůsobená výchozím znalostem účastníků v závislosti na jejich vzdělávacím stupni. Velikost týmů se předpokládá maximálně do 10 členů.

### **5.2.1 Osnova teoretické části**

**1. Úvod** - historie vývoje malých družic.

**2. Charakteristika a obecné aspekty malých družic**

- základní pojmy a terminologie,
- základní přehled technologie malých družic – stavba, vnitřní systémy, zdroje elektrické energie, užitečný náklad (payload - vědecké a technologické experimenty), testování a vynesení do kosmu, sítě malých družic.

**3. Ekonomické otázky spojené s vývojem a zaváděním malých družic**

- druhy položek rozpočtu mise v plánovacím, provozním a ukončujícím období,
- metody získávání a krytí položek rozpočtu,
- metody finančního řízení rozpočtu mise.

**4. Oblasti aplikace technologie malých družic**

- doprava,
- telekomunikace,
- monitorování Země,
- vzdělávání.

**5. Regulace malých družic**

- administrativní a legislativní požadavky spojené s provozem malých družic a jejich sítí a jejich ukončení
- trendy v oblasti regulace a legislativy pro malé družice,
- mezinárodní a národní řídicí subjekty pro oblast vývoje a využívání malých družic.

**6. Oběžné dráhy malých družic a jejich sledování**

- vlastnosti a parametry oběžných drah,
- umístování, pohyb a sledování malých družic na oběžných dráhách,
- matematické, programové a technické prostředky pro umístování a sledování pohybu malých družic.

**7. Rádiová komunikace**

- základy šíření elektromagnetických vln,
- základy správy rádiového spektra,

- šíření rádiových vln v pásmech rádiového spektra vyhrazených pro malé družce,
- prvky rádiového řetězce v kosmickém a pozemním segmentu,
- rádiové vysílací a přijímací technologie,
- antény a jejich vlastnosti a prostředky pro jejich návrh,
- modulace a protokoly, bezpečnost družicové komunikace,
- příjem a zpracování rádiové komunikace,
- družicové optické komunikace.

## **8. Konstrukce a testování malých družic**

- návrh a konstrukce malých družic,
- speciální technologie, stavebnice, běžně dostupné technologie a komponenty,
- metody a procesy testování,
- řízení a vyhodnocení testů,
- způsoby a zajištění provedení předstartovních testů.

## **9. Řízení provozu malých družic**

- subsystémy pro komunikaci, dohled nad stavem ovládacích systémů, užitečného nákladu, klimatu a energetických systémů,
- řízení propulsních systémů,
- vypouštění a umísťování malých družic na oběžných dráhách,
- ukončení mise.

## **10. Program Cubesat**

- obsah a cíle,
- základní charakteristiky a prvky malých družic standardu CubeSat,
- vývojové trendy CubeSat,
- příklady školních a univerzitních projektů a misí malých družic
- aplikace CubeSat u českých malých družic VZLUSAT 1, VZLUSAT 2 a LUCKY 7.

## **11. Plánování a simulace misí malých družic**

- prostředky pro simulaci misí,
- tvorba rozpočtu mise,
- zajišťování a zdroje financování misí,
- pojištění a právní ochrana misí.

## **12. Kosmický odpad**

- vývoj s ohledem na využívání malých družic,
- legislativní opatření,
- metody a způsoby potlačení vzniku kosmického odpadu a jeho úklidu,
- technické prostředky pro úklid kosmického odpadu.

## **13. Vývojové trendy**

- vývoj v oblasti technologií a řízení provozu malých družic a jejich sítí,

- příklady aplikaci malých družic v telekomunikacích, dopravě a v monitorování Země.

**14. Závěr** – shrnutí hlavních aspektů a poznatků z oblasti konstrukce, provozu a aplikací malých družic.

Základní studijní pomůckou je elektronická publikace Malé družice, která je volně k dosažení na <https://www.vovcr.cz/portal/topic/505?displayType=blocks>.

Tato teoretická část v týdenních cyklech proběhne ve výukových místnostech FEL ČVUT v Praze – Technická 2, Praha 6.

### 5.2.2 Praktická část

Praktická část pokrývá tři hlavní aktivity, které jsou uvedeny na obr. 5.2 a budou realizovány prostřednictvím vybavení Radioklubu (volací značka OK1KUR) FEL ČVUT v Praze v Dejvicích.

Tyto aktivity jsou:

- Monitorování družicového provozu - příjem a vyhodnocení signálů z družic a mezinárodní kosmické stanice ISS přelétávajících nad budovou FEL ČVUT prostřednictvím vybavení družicové sekce Radioklubu FEL ČVUT a navazující na teoretickou výukou.
- Středoškolská odborná činnost – předpokládá se řešení tří témat v návaznosti na teoretickou výuku (podrobněji viz kap. 5.2).
- Radioamatérské vysílání (komunikace s radioamatéry, účast na radioamatérských závodech) na krátkých (HF), velmi krátkých (VHF) a ultrakrátkých (UHF) vlnách - příjem a vysílání (hlas, morse a data) pod dohledem vedoucího operátora Radioklubu s volací značkou OK1KUR. Současně to umožňuje motivovat účastníky na teoretickou a praktickou přípravu pro získání vlastní radioamatérské licence nebo radioamatérský sport (rádiový orientační běh, závody v radioamatérských pásmech KV, VKV a UHF).

Teoretická a praktická část předpokládá kombinaci formy prezenční (pravidelné schůzky v Radioklubu), distanční, včetně on-line přístupu k rádiovým prostředkům družicového provozu Radioklubu (rádiová stanice, rotační anténní systém).

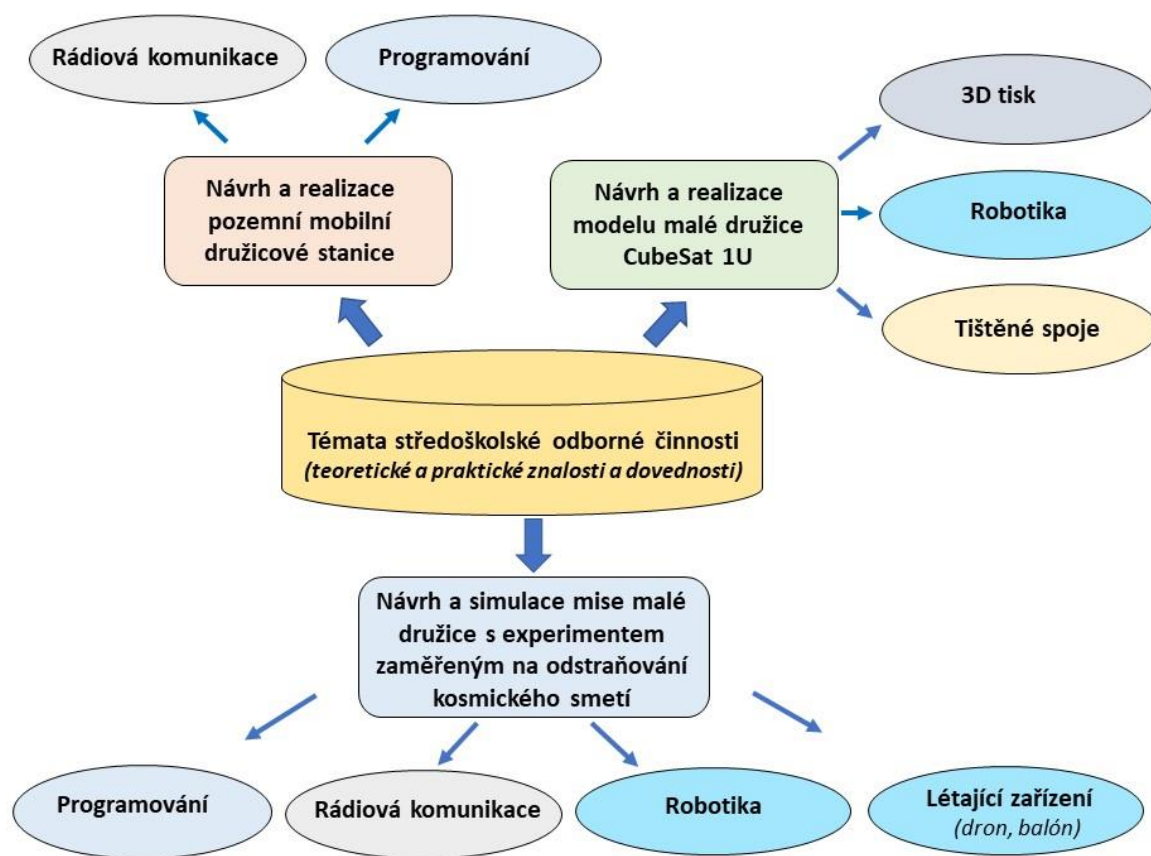
### 5.3 Témata středoškolské odborné činnosti

Navrhovaná témata středoškolské odborné činnosti pokrývají oblasti, které souvisí s technologiemi a aplikacemi malých družic a umožňují reálnou aplikaci získaných teoretických a praktických poznatků a jejich rozvíjení. Přičemž současně představují motivačními impulsy pro rozvoj vlastní kreativity studentů a učitelů při tvorbě dalších projektů a jejich aplikací.

Pilotní projekt předpokládá následující odborná témata:

- návrh a realizace pozemní mobilní družicové stanice,
- návrh a realizace modelu malé družice CubeSat 1U,
- návrh a simulace mise malé družice s experimentem zaměřeným na odstraňování kosmického smetí.

Hlavní oblasti odborných činností a praktických dovedností, kterých se navrhovaná témata středoškolské odborné činnosti dotýkají, jsou uvedeny na obr. 5.3.1.



Obr. 5.3.1 Témata středoškolské odborní činnosti, oblasti teoretických a praktických znalostí a dovedností

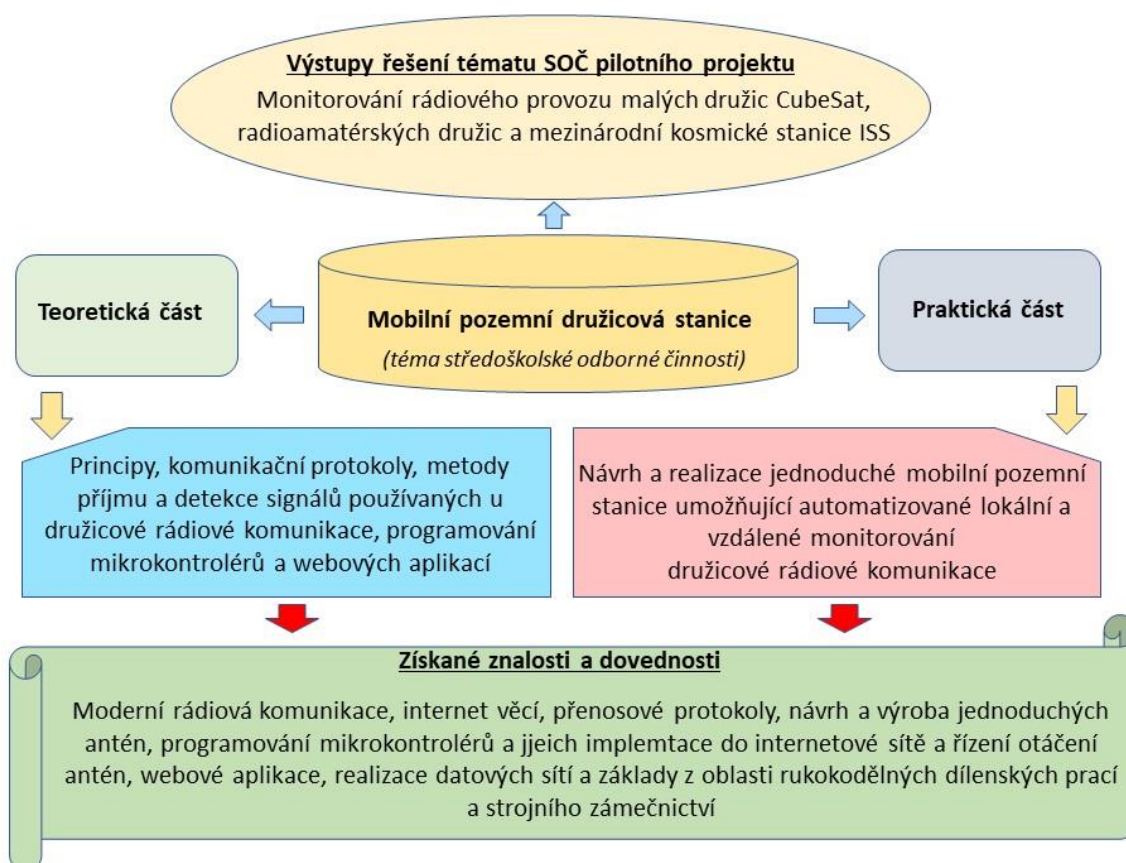
Navrhovaná témata umožňují širokou škálu technických aktivit, a tedy i motivačních impulsů z řady odborností jako například z telekomunikací (informačních a komunikačních technologií), robotiky, letectví nebo strojírenství. Z hlediska motivace se takto vytváří i možnost zapojení účastníků různých odborných soutěží a olympiád do řešení aplikačních projektů z oblasti malých družic.



Uvedená témata a vzdálený přístup k technologickému vybavení Radioklubu rovněž umožňuje zapojení více školských týmů z různých škol, přičemž ponechávají dostatečnou volnost pro jejich způsob řešení. Tento přístup vytváří předpoklady dále rozvíjet výstupy pilotního projektu a využívání při návrhu a realizace navazujících experimentů a aplikací. To v souladu s rozvojem technologií a samozřejmě i zajišťování finančních prostředků pro jejich pořizování, vývoj a výrobu (například využití v grantech, zapojení do národních nebo mezinárodních projektů, ...).

Tento přístup sleduje i naplnění jednoho ze základních principů konceptu programu „Malé družice a já“. Tím je motivace pro univerzitní studium technických oborů nejen v oblasti malých družic.

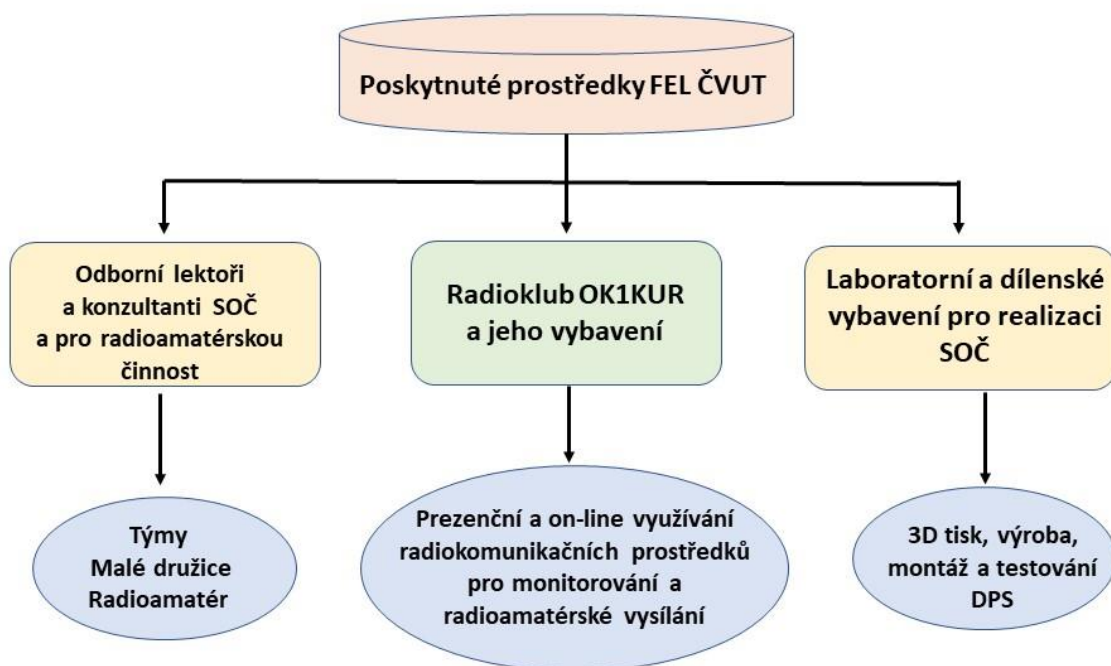
Na obr. 5.3.2 jsou uvedeny příklady okruhů znalostí a dovedností, které mohou získat řešitelé tématu návrhu a realizace pozemní mobilní družicové stanice pro komunikaci s malými družicemi a jejich další využití v projektech a aplikacích malých družic.



Obr. 5.3.2 Znalosti a dovednosti získané řešením tématu a jejich další využití

## 5.4 Zabezpečení realizace pilotního projektu

V současné době je pro pilotní projekt na FEL ČVUT k dispozici infrastruktura a odborné personální zabezpečení, která je uvedena na obr. 5.4.1.

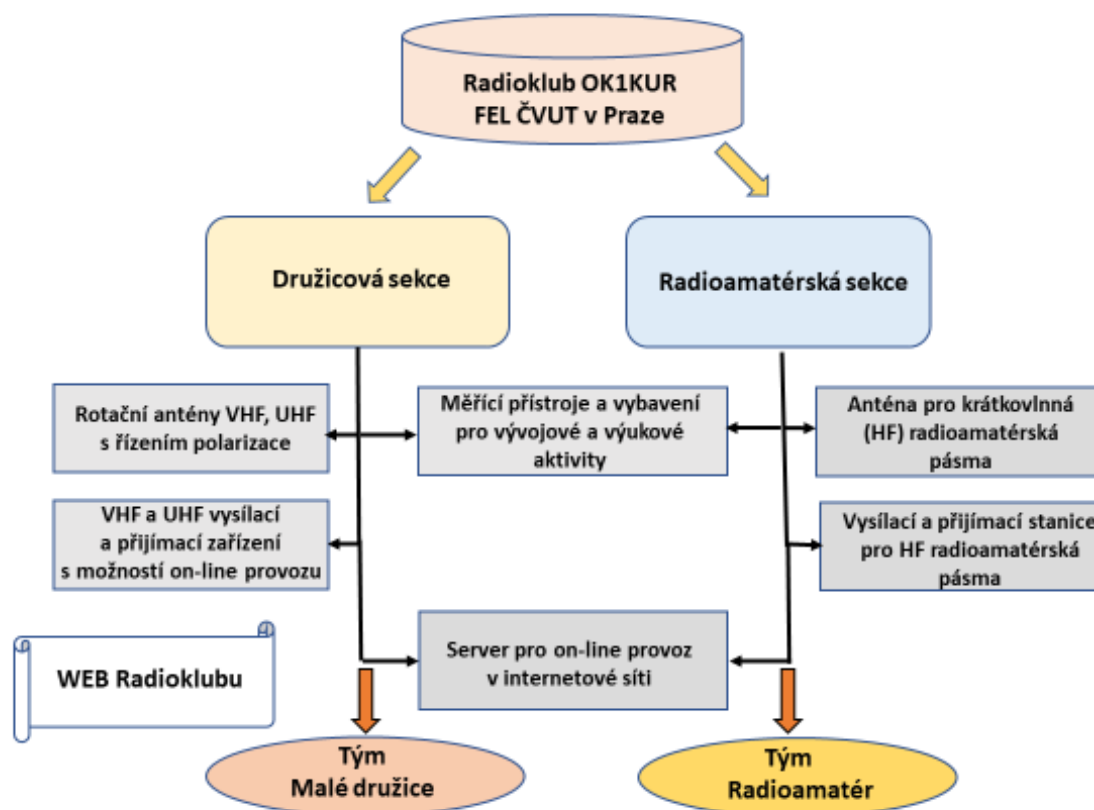


Obr. 5.4.1 Infrastruktura a odborné zabezpečení pilotního projektu

Základním subjektem pro realizaci pilotního projektu je Radioklub OK1KUR. Ten je využíván k zájmové činnosti studentů fakulty spojené s rádiovou pozemskou a družicovou komunikací. Radioklub se skládá ze dvou sekcí, družicové a radioamatérské. Struktura a vybavení Radioklubu je uvedena na obr. 5.4.2. Řada zařízení a technických prostředků je sdílena oběma sekcemi. V případě potřeby se předpokládá využití prostředků odborných laboratoří FEL ČVUT.

Důležitým aspektem je, že uvedené technické prostředky pilotního projektu je možné provozovat i on-line prostřednictvím internetové sítě Radioklubu propojené přes VPN do sítě veřejného internetu. Tato vlastnost infrastruktury Radioklubu umožní zapojení více subjektů do výukových a praktických úloh a nevyžaduje trvalou prezenční přítomnost participujících účastníků pilotního projektu v prostorách Radioklubu. Umožní se tak jednotlivým týmům flexibilní způsob řešení navrhovaných témat středoškolské odborné činnosti ze svých domovských lokalit (škola, domácnost) a současně je to další motivační nástroj pro vlastní aktivity a kreativitu v této oblasti. V případě získání zájmu je dána možnost získání radioamatérské licence a on-line využívání komunikačních prostředků Radioklubu.

Forma on-line sdílení infrastruktury Radioklubu vytváří podmínky pro snížení finančních požadavků na zajištění pilotního projektu.



#### 5.4.2 Infrastruktura Radioklubu OK1KUR pro pilotní projekt

Základy týmů pro malé družice budou tvořeny kmenovými členy Radioklubu. Ti budou vykonávat i lektorskou a podpůrnou činnost pro řešitelské týmy navrhovaných témat středoškolské odborné činnosti a dalších aktivit.

I když pilotní projekt se zabývá problematikou malých družic, tak existuje přirozené propojení na další aktivity Radioklubu. To platí zejména pro oblast radioamatérského vysílání a přípravy zájemců o získávání radioamatérských licencí. Takovéto propojení je vítaným synergickým efektem pro posílení motivace pro další univerzitní vzdělávání a praktického uplatňování získaných znalostí a dovedností v obou oblastech a v dalších oborech STEM.

## 5.5 Finanční zabezpečení pilotního projektu

Finanční zabezpečení pilotního projektu je rozděleno na dvě fáze přípravnou (rok 2023) a vlastní řešení pilotního projektu v letech 2024 – 2027. V přípravné fázi se předpokládá dokončení technologického vybavení Radioklubu (jeho hardware a software infrastruktura). Dále pak činnosti spojené s PR propagací Radioklubu a malých družic (web, sociální sítě), s výběrem a uzavření partnerských dohod se školami a zpracování dokumentace projektu. Financování přípravné fáze se předpokládá z prostředků FEL ČVUT v rozsahu do 250 tis. Kč

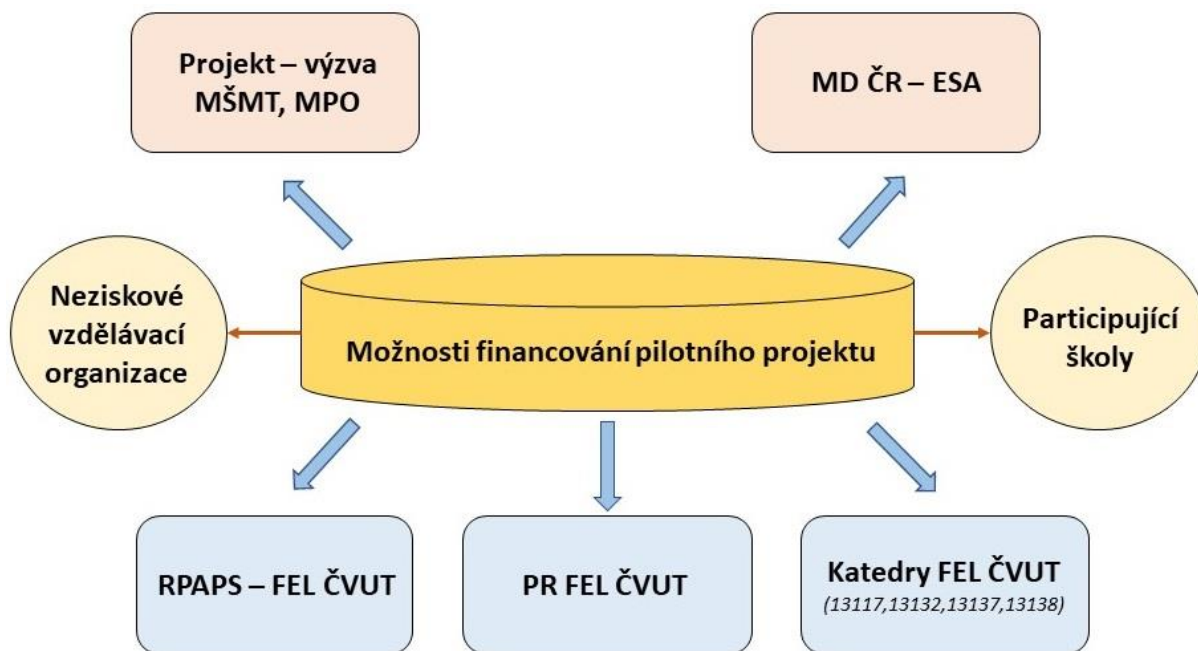
Při řešení projektu se předpokládá využívání a sdílení prostředků zejména výpočetní techniky, měřících přístrojů a dílenských kapacit všech zúčastněných subjektů pilotního projektu.

Náklady na vlastní řešení pilotního projektu jsou stanoveny odhady a vycházejí ze stávajících cenových relací a odhadu výše inflace promítajících se do vlastních řešení témat, provozu Radioklubu a nákladů na lidské zdroje v letech 2024 až 2027. Rámcový odhad celkové výše nákladů na řešení činí 1,5 mil. Kč.

Financování návazných projektů je možné buď formou jednoho zdroje (grant, dotační projekt z výzev EU, ...) nebo vícezdrojové. Vícezdrojové sice dovolují rozložit poskytovaných finančních prostředků na menší částky, ale na druhé straně část těchto získaných prostředků je spotřebována na administrativní a koordinační procesy. Proto primární snahou bude hledání jednozdrojového financování.

Je však zřejmé, že v přípravné fázi pilotního projektu půjde o vícezdrojové financování z rozpočtu FEL ČVUT (technické vybavení Radioklubu a jeho provoz, lidské zdroje), které umožní v předpokládaném rozsahu a čase pilotní projekt připravit a zajistit zdroj pro jeho financování.

Možné zdroje pro financování pilotního projektu v obou fázích jsou naznačeny na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Možnosti financování pilotního projektu

## 6. Závěr

Koncept motivačního programu „Malé družice a já“ pro žáky základních a studenty středních škola a jeho praktická implementace v podobě pilotního projektu pro studenty středních a vyšších škol nabízí jednu z cest konkrétní podpory implementace komplexního procesu vzdělávání odborných specialistů pro oblast kosmických technologií a využívání kosmu v souladu se záměry vládou schváleného Národního kosmického plánu 2020-2025.

Technologie malých družic nabízí široké možnosti a nástroje pro motivaci zájemců v řadě nejen technických oborů spadajícího do oblasti oborů STEM, ale i mnoha dalších spojených s problematikou využívání kosmu.

Obecně základním problémem u motivačních aktivit není ani tak vyvolání krátkodobého zájmu žáků a studentů formou různých soutěží a olympiád, ale spíše ve vytváření podmínek pro dlouhodobé udržení jejich zájmu a praktické podpory kreativity jejich účastníků směrem ke zvýšení zájmu o univerzitní studia, profesní kariéru a celoživotní vzdělávání.

Na základě navrhovaného pilotního projektu lze v budoucnu rozvíjet další aktivity směřující například k návrhu, realizaci a provozu vlastní malé družice nebo jejich celouniverzitní sítě ČVUT a participujících škol.

Návrh pilotního projektu je také jedním z konkrétních příkladů hledání motivačních prostředků a způsobu, jak naplnit cíle stanovené v Národním kosmickém plánu v oblasti zajištění potřebných odborných kapacit pro oblast kosmu.

Předkládaný dokument je současně i podkladem při hledání partnerů programu „Malé družice a já“ a jeho pilotního projektu. Dále pak pro jeho propagaci, rozvoj a zajištění finančního zabezpečení, jak ze strany FEL ČVUT a participujících základních a středních škol, tak ze strany státní správy, vzdělávacích institucí, výzkumné a výrobní sféry a dalších národních a mezinárodních subjektů působících v oblasti kosmického průmyslu a využívání kosmu.

Aktualizace tohoto dokumentu budou publikovány na internetových stránkách Radioklubu (<https://radioklub.fel.cvut.cz>).

