

Mgr. Jan TOMÁŠTÍK<sup>1</sup>, Leo HUČÍN<sup>2</sup>, Bc. Ladislav LOUKOTA<sup>3</sup>, RNDr. Rudolf BLÁHA<sup>2</sup>,  
Mgr. Bohumil COUFAL<sup>4</sup>, Mgr. Eva FARMAČKOVÁ<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. Listopadu 12, 771 46 Olomouc, tel.: 585631573.

<sup>2</sup>OK2KYJ, Hanácký radioklub, Dolní hejčínská 47/25, Hejčín, 779 00 Olomouc, tel.: 585 428 488

<sup>3</sup>FTV Prima, spol. s r. o., Na Žertvách 24/132, Praha 8 - Libeň, tel.: 266700111

<sup>4</sup>ONYX engineering, spol. s r. o., Pavelkova 598/11, 779 00 Olomouc, tel.: 587406800

<sup>5</sup>Gymnázium Čajkovského, Čajkovského 9, 779 00 Olomouc, tel.: 585412493

## **Olomouc byla svědkem historicky prvního veřejného kontaktu České republiky s vesmírnou stanicí**

*„Good morning, Oscar Kilo 2 Kilo Yankee Juliet. I have you by five nine now and it is a huge privilege to be speaking with the Czech Republic for the first time HAM radio call and I am ready for your questions. OVER.” Témto v rádiu čistě slyšitelnými slovy byla 8. 3. 2016 v jedné z místností Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci psána historie. Hlas totiž patřil Timovi Peakovi, toho času astronautovi pobývajícím na Mezinárodní vesmírné stanici (ISS), a ono rádiové spojení s místností plné studentů a hostů bylo završením několikaletého plánování pod mezinárodním projektem ARISS.*

### **ÚVOD**

Počátek zmíněného prvního veřejného kontaktu s ISS v historii České republiky se datuje čtyři roky nazpět. Právě tehdy Hanácký radioklub OK2KYJ poprvé podal přihlášku do projektu Amateur Radio on the International Space Station (ARISS), která, jak již název napovídá, zastrešuje provoz amatérského rádiového spojení s ISS pro popularizační cíle. První žádost sice nebyla přijata kladně, avšak vedoucí radioklubu Ing. Rudolf Bláha vytrval a nakonec s osmou podanou verzí přihlášky uspěl. Olomoucké Gymnázium Čajkovského, pro který radioklub celou akci organizoval, se tak mohlo těšit na jeden z budoucích termínů, které NASA pravidelně vypisuje. Tím teprve začal ten pravý kolotoč studijních, propagačních, technických a hlavně byrokratických povinností. Než na ně dojde, podívejme se napřed do historie projektu i vesmírné stanice samotné.

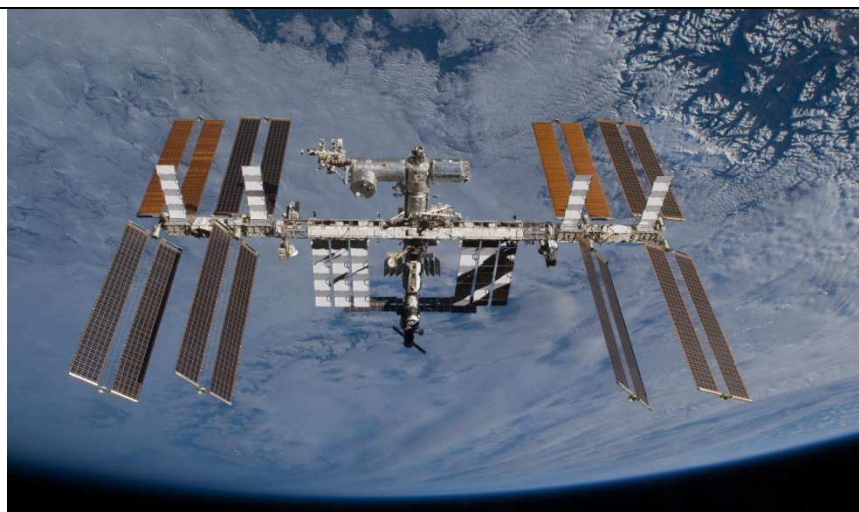
### **MEZINÁRODNÍ VESMÍRNÁ STANICE**

Projekt ARISS je primárně zaměřen na popularizaci vědy. Ta se sama o sobě může zdát jako proces nehodný velké byrokracie, je nutné si ovšem uvědomit, že ARISS vyžaduje vyhrazení času astronautů na jediném dlouhodobě osídleném místě mimo Zemi. Posádka ISS obývá a spravuje fakticky nejdražší projekt všech dob – 420 tun nejmodernějších materiálů, elektroniky a revoluční technologie, jaké kdy lidstvo vytvořilo, oblétaující 16× denně naši planetu rychlostí 7,66 km/s ve výšce kolem 400 km nad jejím povrchem.

Mezinárodní vesmírná stanice je bezprecedentním výsledkem spolupráce nejen dvou dříve ve studené válce soupeřících velmocí USA a Ruska (NASA, resp. Roskosmos), ale v současnosti i dalších organizací jako jsou Evropská kosmická agentura (ESA), Japonská kosmická agentura (JAXA) a Kanadská kosmická agentura (CSA). Od roku 2004 je trvale obydlena v průměru šesti zástupci zúčastněných organizací, přičemž pobyt každého z členů posádky je obvykle šestiměsíční [1].

Posláním ISS je provádět výzkum ve všech oborech vědeckého bádání, k čemuž slouží 43 kompaktních laboratorních modulů (research racks) a dalších originálních vědeckých zařízení. Ty zajišťují kontrolované prostředí, napájení a sběr naměřených dat pro specifické fyzikální, chemické, mechanické a biologické experimenty. Motivací je sledovat jak známé děje v nezvyklém prostředí stavu beztíže, tak zjišťovat, jakými prostředky lze provádět výzkum efektivně právě v beztížném stavu a v omezeném prostoru modulů stanice. Za všechny jmenujme např. experimenty studující proudění kapalin či hoření, které se bez vlivu gravitace chovají zcela jinak než na zemském povrchu, anebo studium krystalizace proteinů, v prostředí tíže vůbec neuskutečnitelné. Nové postupy, materiály a znalosti by pak měly být ku prospěchu celého lidstva. Sami astronauti jsou také součástí experimentu zkoumajícího dopad pobytu v kosmu na lidské tělo [2]. Ačkoliv je ISS se svými 400 kilometry nad povrchem stále skryta uvnitř magnetického pole Země a tak chráněna proti vyšší intenzitě největšího zabijáka kosmu – kosmickému záření – je pobyt astronautů ve stavu beztíže obrovským náporům na lidské tělo, které se evolučně vyvinulo pro život pod ochrannou vrstvou atmosféry a za působení gravitace. Všechny ovlivňující faktory je potřeba evaluovat a nalézt protipatření, která pomohou v budoucnu lidem přežít ve zdraví delší pobyt v kosmu např. během meziplanetárních misí k Marsu.

Je zřejmé, že čas astronautů-vědců na ISS je velmi striktně rozdělen a rozpis činností nedává mnoho místa pro další aktivity. Když zrovna astronauti neplní zadané vědecké úkoly, obvykle se věnují popularizaci vědy, s čímž se v rozpisu také oficiálně počítá. Jedna z aktivit běžících již několik let je právě kontakt se skupinami studentů a středními školami prostřednictvím amatérského rádia, který je pod patronací organizace ARISS.



Obr. 1 Mezinárodní vesmírná stanice v současné době [3]

## ORGANIZACE ARISS

Historie radioamatérského vysílání (tzv. HAM rádio) ve spojení s lety do kosmu se píše již od listopadu 1983, kdy při misi STS-9 byl součástí výbavy raketoplánu Columbia „Experiment amatérského rádia na raketoplánu“ (SAREX) [4]. Od tohoto letu dále mohli američtí studenti ve vymezených časech během misí komunikovat s posádkami raketoplánů, tázat se na cíle mise, diskutovat s astronauty o svých osobních poznatcích z kosmu a podobně. V roce 1996, kdy probíhalo plánování výstavby ISS, se pak organizace sdružující radioamatéry ze zúčastněných zemí dohodly ve společném memorandu s NASA na založení organizace ARISS. Ta dodnes spravuje amatérské rádiové vysílání s ISS a rozhoduje o udělení termínu žadatelům. Jelikož byla doposud většina obyvatel ISS

z USA (141 osoba), byly nejčastějšími uživateli tohoto spojení právě americké střední školy. Už od počátku bylo v projektu zapojeno taktéž Rusko, byť jejich kontakty přes HAM rádio nejsou příliš četné. Se zvyšujícím zapojením dalších agentur a s lety jejich astronautů (17 Evropanů a 7 Japonců) se kontakty ARISS dostaly i na západ Evropy a do Asie.

Cíle projektu by se daly shrnout prohlášením NASA: „Nabídnout vzdělávací prostředek pro studenty, a inspirovat je k dosažení nejdůležitějších vědeckých cílů, jakými lety pozemšťanů do vesmíru bezesporu jsou“. Současně nabízí funkční HAM rádio také pohotovostní metodu komunikace stanice se Zemí. Zapojené agentury rovněž považují přístup astronautů k HAM rádiu za výraznou psychologickou podporu, jelikož posádka je šest dlouhých měsíců bez přímého kontaktu s lidskou společností [5, 6]. Astronauti tak mohou kdykoliv ve svém volném čase zařízení používat a provádět neplánovanou spojení s radioamatéry na Zemi, což se dle informací autora tohoto článku již párkrát povedlo na bázi předání pozdravu i přímo z Olomouce.

## **ARISS KONTAKT Z OLMOUCE**

Nyní se vraťme k události z 8. března 2016, kdy projekt ARISS poprvé zavítal do České republiky. Vše organizoval Hanácký radioklub OK2KYJ [7], jehož předseda Ing. Rudolf Bláha je také bývalým ředitelem Gymnázia Čajkovského, pro které bylo spojení exkluzivně plánováno. V pořadníku ARISS byl tento kontakt však umístěn až ve vzdálené budoucnosti, po poradách s atase organizace Armandem Budzianowskim padlo rozhodnutí, že případné zapojení více místních škol zvýší pravděpodobnost na uspíšení termínu kontaktu. Do projektu se tak zapojily další dvě olomoucké střední školy, Gymnázium Hejčín a Slovanské gymnázium.

Součástí plnění přihlášky do projektu ARISS bylo taktéž zavedení tematiky letů do kosmu do výuky zúčastněných středních škol. Studenti se tak při přednáškách seznámili s historií lidského dobývání kosmu i současným výzkumem lidské adaptace na pobyt mimo planetu. Jelikož NASA vyžaduje také dostatečnou medializaci projektu, do projektu se zapojil rovněž studentský spolek UP Crowd [8], zaměřený na popularizaci vědy. Česká médi byla o celém projektu spravena, což se ke spokojenosti ARISS projeví na značném zájmu v den kontaktu.

Řešení celé akce bylo uskutečněno využitím techniky z majetku radioklubu, případně z vlastnictví členů radioklubu. Radioklub musel zajistit dvě výkonné nezávislé 100W vf radiostanice, což NASA po každém z účastníků požadovala. Některé komponenty byly vyrobeny speciálně pro tuto akci – například oddělovací interface umožňující propojení audiosignálů z radiostanic do zvukové aparatury sálu a pro záznam. Firma ONYX engineering [9] poskytla pro akci telefonní konektivitu, která byla využita na propojení se záložní stanicí v Itálii, a mimo jiné zajišťovala přenos audiosignálu do mezinárodní radioamatérské sítě Echolink. Pro spojení byla jako primární stanice využita radiostanice z produkce japonské firmy ICOM s typovým označením IC-910. Tato radiostanice umožňuje pracovat až na třech radioamatérských pásmech o vlnových délkách 2 m, 70 cm a 32 cm. Spojení s ISS probíhalo v 2m pásmu, tedy s frekvencí kolem 145 MHz, kde tato stanice poskytuje výstupní vysokofrekvenční výkon 100 W. Obvodově se jedná o superheterodyn s dvojitým směřováním. Zajímavostí je skutečnost, že díky kmitočtové syntéze s technologií DDS dokáže tato stanice požadovanou frekvenci naladit s přesností 1 Hz (běžná komerční zařízení mají obvykle minimální krok ladění 100 Hz a více) a obsahuje také obvod pro automatické doladění přijímané frekvence, což je výhodné v situaci, kdy se vysílač na ISS pohybuje velkou rychlostí a vlivem Dopplerova jevu dochází při přeletu k postupné změně frekvence na straně příjmu. Z důvodu nezávislosti na externích zdrojích energie byly stanice napájeny z baterií NiCd s napětím 12 V a kapacitou 160 Ah, které i při

plném výkonu, kdy radiostanice odebírá ze zdroje až 25 A, dokázaly zajistit bezproblémový provoz. Jako záložní stanice byla připravena radiostanice Kenwood TS-2000, která využívá pro zpracování přijímaného signálu v druhém mezifrekvenčním stupni digitální technologii DSP. Vzhledem k dobré přípravě, schopnostem operátora a příznivým podmínkám šíření nebyla nakonec záložní stanice použita.

Jako pozemní základna pro komunikaci byla vybrána Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého. Její lokalita a zařízení umožňovalo instalaci všech potřebných zařízení a účast množství studentů i hostů v přenosové místnosti. V neposlední řadě Univerzita Palackého také zajistila techniku nezbytnou pro streamování celé akce na internet. Anténa pro příjem velmi krátkých vln (VKV pásmo 145 MHz) byla umístěna na střeše fakulty, která umožňovala nezakrytý výhled na obzor. Spojení s ISS na VKV totiž vyžaduje přímou viditelnost vesmírné stanice, které trvá vzhledem k její oběžné rychlosti zhruba jen 10 minut. Pět dní před samotným kontaktem se konala generální zkouška, kdy probíhalo testování funkčnosti spojovací techniky a také poslední z mnoha školení správného způsobu komunikace studentů rádiem. Hlavní koordinátorka zapojení studentů Eva Farmačková pak v diskuzích s Armandem Budzianowskim vybrala 18 otázek pro studenty ze zúčastněných středních škol doplněných o otázky členů spolku UP Crowd. Studenti si na generální zkoušce rovněž vyzkoušeli správnou anglickou výslovnost otázek.



Obr. 2 Logo olomouckého kontaktu se znaky zúčastněných organizací

V úterý 8. března 2016 se pak konečně konala dlouho očekávaná akce. V pátém patře Přírodovědecké fakulty se ve vysílací místnosti sešlo vedle studentů velké množství hostů z fakulty, Univerzity i města Olomouce a vybraní zástupci médií (obr. 3). Ti všichni s napětím vyčkávali na 9. hodinu a 22. minutu, kdy měl z rádia zaznít hlas astronauta. Tím byl po předchozích změnách nakonec Tim Peake, jehož pobyt na vesmírné stanici, nazvaný Principia [10], je mimo výzkumu též protkán velkou řadou popularizačních aktivit (obr. 4).

Když se nachýlil čas, připravilo se devět vybraných studentů (po třech z každého gymnázia) k radiostanici, aby ve dvou kolech přečetli otázky a vypočetli odpovědi astronauta (obr. 6). Těsně před určeným časem pak služba u vysílačky několikerým vyvoláním volacích znaků „Oscar Radio 4 India Sierra Sierra calling Oscar Kilo 2 Kilo Yankee Juliet, OVER” testovala, zdali již astronaut není na příjmu. Když se po čtyřech vyzváních poprvé z rádiového šumu rozezněl tehdy ještě slabý hlas Tima Peaka, v místnosti propukli všichni v jásot! A nejen tam, jelikož AVP centrum Univerzity Palackého [11] zajistilo audiovizuální stream z celé akce. Odhadem na 100 pozvaných hostů tak mělo možnost sledovat přenos ve velké aule Přírodovědecké fakulty a k nim další stovky až tisíce při

přenosu celostátní televize (ČT) a na internetu, kde záznam přebíralo a prezentovalo několik internetových deníků. Začal tedy první veřejný rádiový kontakt Země s obyvateli mimo naši planetu od dob Vladimíra Remka, prvního československého kosmonauta. Studenti postupně položili všech 18 otázek, dotýkajících se jak vědeckého, tak osobního života astronautů na orbitě. Celý přepis konverzace v češtině si můžete přečíst níže.

Po sedmi minutách plynulého rozhovoru byly všechny otázky vysloveny a Timem Peakem zodpovězeny, zbyl tak ještě dostatek času na rozloučení a poděkování za kontakt. Timova poslední slova už pak trochu zanikla v závěrečném výbuchu nadšení, tak pochopitelném po úspěšném završení čtyřletého projektu. Do vysílací místnosti se pak nahnulo množství zástupců snad všech českých médií, kteří s organizátory a studenty provedli řadu rozhovorů.

A tím skončil kolotoč organizace olomouckého kontaktu s ISS, jehož záznam si můžete prohlédnout spolu s odkazy na články v českých médiích na internetové adrese <http://exfyz.upol.cz/didaktika/iss/>. Již sám Tim v posledních slovech popřál vše nejlepší a brzy na slyšenou, a jelikož akce vyvolala značný ohlas, dá se očekávat, že v budoucnu přibudou snahy o kontakt z ČR. Nyní již další zájemci mohou čerpat znalosti všech zúčastněných organizátorů, které proces žádosti urychlí. Pro nás všechny zúčastněné se jednalo o vpravdě životní zážitek a pro mladé studenty snad i inspiraci ke studiu na vědecké úrovni.



Obr. 3 Vysílací místnost zaplněna studenty a hosty



Obr. 4 Britský astronaut Tim Peake ukazuje HAM rádio



Obr. 5 Počátek radiokontaktu a koordinátorka Eva Farmačková hovoří s Timem Peakem



Obr. 6 Osm z devíti studentů, kteří komunikovali s astronautem Timem Peakem

## PŘEPIS OTÁZEK A ODPOVĚDÍ

### 1. Jaké to je jít ve stavu beztíže?

(astronaut Tim Peake): Je to celkem zábava, nemusíš si nic odkládat, můžeš si vzít všechno jídlo k sobě, ale musíš si dávat dobrý pozor, abys neudělal moc velký nepořádek.

## **2. Jak na ISS odpočíváte? Máte čas dívat se na filmy?**

(TP): Přes týden jsme velice vytížení, takže vlastně ani moc neodpočíváme, ale přes víkendy máme čas, v době našeho osobního volna, abychom se podívali na film, mohli pořídit krásné fotografie z oken stanice nebo si trošku užili sociálních sítí.

## **3. Je střídání dne a noci stejné jako na Zemi? Pracujete na směny?**

(TP): Nepracujeme na směny, děláme normální služby od 7 ráno do osmi večer greenwichského hlavního času.

## **4. Jaká byla nejtěžší nebo nejpodivnější věc, na kterou jste si musel na ISS zvyknout?**

(TP): Nejtěžší věc, které jsme se museli přizpůsobit, byla nízká gravitace, jak se zorientovat v prostoru, stísněnost v prostorech stanice a denní režim.

## **5. Má pobyt ve vesmírné stanici nějaký dopad na vaše zdraví? Pokud ano, jaký?**

(TP): Musíme cvičit každý den po dobu dvou hodin, abychom omezili redukci našich svalů, také ztrácíme z těla spoustu tekutin a máme zvýšený tlak v lebeční dutině, v našich tělech se děje hodně nezvyklých změn.

## **6. Co vám nejvíce chybí ze zemské přitažlivosti?**

(TP): Nejvíce mi chybí moje postel, spánek na stanici není nic hrozného, ale opravdu není nadto lehnout si na noc do svého vlastního lůžka, natáhnout se a spokojeně usnout v měkkých peřinách za gravitace.

## **7. Jak snášíte odloučení od vaší rodiny?**

(TP): Můžeme mluvit s našimi rodinami úplně běžně, jednou týdně s nimi máme dokonce videokonferenci, ale je náročné být od nich odloučen po šest měsíců.

## **8. Je možné na ISS nastydnout, nebo je to zcela sterilní prostředí?**

(TP): Na ISS nejsou žádné viry, je to prakticky sterilní prostředí, máme tady filtrovaný vzduch, nicméně vždy je zde nějaké malé riziko, že někdo něco přinese ze země. Před odletem jsou sice všichni účastníci podrobeni extenzivním lékařským kontrolám, ale nelze podchytit úplně vše a byly posádky, v nichž byl někdo nemocný, což se následně rozšířilo na celou posádku.

## **9. Můžete využívat 3D tiskárnu stejně jako na Zemi?**

(TP): Ano, můžeš využít 3D tiskárny, ale musely být přizpůsobeny podmínkám beztížného stavu, musejí používat speciální materiály, speciální tiskové trysky, aby bylo zajištěno, že v mikrogravitaci budou pracovat správně.

## **10. Jak po návratu na Zemi překonáváte přechod ze stavu beztíže do gravitace?**

(TP): Trvá nám docela dlouho. Aklimatizovat se zpátky na gravitaci trvá zhruba dva týdny, než můžeme normálně stát na nohách a provádět běžné věci. Potrvá ale rok až dva, než se hustota našich kostí vrátí zpět do normálu. Máme výborný rehabilitační program, který nám s tím pomáhá.

## **11. Ubíhá vám čas pomaleji na palubě ISS ve srovnání se životem na Zemi?**

(TP): Skvělá otázka, myslím, že čas ubíhá velmi rychle, máme tady nahoře totiž hodně práce, střídáme zde jednu aktivitu za druhou, takže dny ubíhají velmi rychle.

## **12. Máte možnost připojit se k internetu stejně jako na Zemi?**

(TP): Máme připojení na internet skrze server umístěný v Houstonu, čili je to hodně odlišné a velmi pomalé, má běžně rychlost zhruba jako staré vytáčené připojení. Moc věcí na internetu tedy neděláme.

## **13. Máte na palubě nějaký hudební nástroj?**

(TP): Máme kytaru a klávesy na palubě. Nenašel jsem si ještě čas si na ně zahrát, ale doufám, že to stihnu, než stanicí opustím.

## **14. Plánujete, že by na ISS pobývalo malé zvíře?**

(TP): Nemáme běžná domácí zvířata, ale pár zvířat jsme tu v minulosti už měli, na palubě byly například ryby nebo mravenci a další hmyz. V budoucnosti přivezou Japonci i myši, které budou následně vráceny zpět na zem ke zkoumání jejich potomstva.

### **15. Máte nějaké speciální věci (předměty), které s sebou musíte nosit po celou dobu?**

(TP): Inu, nemyslím, že jsou příliš speciální, ale nosím sebou vždycky baterku a multifunkční kleště, protože je používám vícekrát denně.

### **16. Co považujete za největší překážku toho, aby se člověk mohl vydat dál do vesmíru (za oběžnou dráhu Země)?**

(TP): Výborná otázka, největším problémem je v tuto chvíli kosmické záření. Pohonné systémy se totiž zlepšují, budeme schopni letět na Mars, i když to bude trvat dva, tři roky. Ale našim největším problémem po cestě bude právě ochrana před kosmickým zářením.

### **17. Jakým způsobem je pořizován videozáznam při výstupech do vesmíru?**

(TP): Naše přilby jsou vybaveny kamerami a skafandry vysílají obraz rádiovými vlnami na stanici. Rusové dokonce používají GoPro kamery, přičemž záznamy z nich si stahují po návratu na stanici.

### **18. Lze srovnat život na ISS s nějakým místem na Zemi?**

(TP): Myslím, že je to jako život na ponorce, pravděpodobně. Jsme totiž dosti izolováni, recyklujeme vzduch, vodu, jíme jen z balíčků. Není to úplně stejné, ale řekl bych, že život na stanici se nejvíce blíží životu na ponorce.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Organizátoři akce děkují za technickou podporu firmě Onyx engineering a setrvalé přízni a finanční podpoře Městu Olomouci. J.T. dále děkuje internímu grantu univerzity Palackého č. IGA\_PrF\_2016\_002, která mu umožnila zapojení do projektu i publikační činnost.

## **LITERATURA**

- [1] NASA. About the Space Station: Facts and Figures 2016 [cited 2016 13. 3.]. Available from: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/main/onthestation/facts\\_and\\_figures.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/onthestation/facts_and_figures.html).
- [2] NASA. Reference guide to the International Space Station. In: Administration NAAS, editor. Johnson Space Center, 2101 Nasa Pkwy, Houston: TX 77056; 2015. p. 116.
- [3] 10 International Space Station facts: Snow Brains; 2016 [cited 2016 13. 3.]. Available from: <http://snowbrains.com/10-international-space-station-facts-a-video-of-northern-lights-from-space/>.
- [4] NASA. STS-9 2016 [cited 2016 13. 3.]. Available from: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/shuttle/shuttlemissions/archives/sts-9.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/shuttlemissions/archives/sts-9.html).
- [5] NASA. ARISS: Talking to Astronauts: Johnson channel, YouTube; 2016 [cited 2016 13. 3.]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=Z-yHD9IVbH8>.
- [6] Station ARotIS. ARISS History [web page]. 2016 [cited 2016 13. 3.]. Available from: <http://www.ariss.org/ariss-history.html>.
- [7] Hanácký radioklub OK2KYJ [cited 2016 13. 3.]. Available from: <http://www.ok2kyj.cz/>.
- [8] UP Crowd [cited 2016 13. 3.]. Available from: <https://www.facebook.com/UPCrowdOL/>.
- [9] Onyx engineering [cited 2016 13. 3.]. Available from: <http://www.onyx.cz/>.
- [10] ESA. Principia mission [cited 2016 13. 3.]. Available from: <https://principia.org.uk/>.
- [11] UPOL. Audiovizuální produkce Univerzity Palackého: Univerzita Palackého v Olomouci; [cited 2016 13. 3.]. Available from: <http://avp.upol.cz/>.

Jan Tomáščík<sup>1,a</sup>, L. Hučíň<sup>2</sup>, L. Loukota<sup>3</sup>, Rudolf Bláha<sup>2,b</sup>, B. Coufal<sup>4</sup>, Eva Farmačková<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Olomouc

<sup>2</sup>OK2KYJ, Hanácký radioklub, Olomouc

<sup>3</sup>FTV Prima, spol. s r. o., Praha

<sup>4</sup>ONYX engineering s r. o., Olomouc

<sup>5</sup>Gymnázium Čajkovského 9, Olomouc

<sup>a</sup>tomastik@jointlab.upol.cz, <sup>b</sup>blaha.ok2bov@seznam.cz