

PŘÍLOHA I – POPIS PROJEKTU VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

CTA-CZ

Název: Cherenkov Telescope Array – účast České republiky

Akronym: CTA-CZ

Vědní oblast: fyzikální vědy a inženýrství

Příjemce: Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.

Statutární orgán: RNDr. Michael Prouza, PhD.

Odpovědná osoba: [REDACTED]

Další účastníci: Univerzita Karlova

Univerzita Palackého v Olomouci

Webové stránky: <http://www.particle.cz/infrastructures/cta-cz/>

1. ZAMĚŘENÍ A VÝZNAM VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

Smyslem výzkumné infrastruktury (dále jen „VI“) Cherenkov Telescope Array – účast České republiky je zajistit aktivní roli ČR a její podíl na designu, konstrukci a provozu jedné z nejprestižnějších mezinárodních VI současné astročásticové fyziky. To zahrnuje účast ČR v organizačních strukturách, expertních panelech a vědeckých pracovních skupinách. Cherenkov Telescope Array (dále jen „CTA“) je unikátní celosvětová VI s významně převažující evropskou účastí, která je také zařazena na Cestovní mapu ESFRI od roku 2018 jako Landmark project a patří mezi nejvýznamnější VI současné astročásticové fyziky. Z české strany se CTA účastní Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. (dále jen „FZÚ AV ČR“), Univerzita Karlova v Praze (dále jen „UK v Praze“) a Univerzita Palackého v Olomouci (dále jen „UP v Olomouci“) s tím, že kterákoli další česká výzkumná instituce se může kdykoli zapojit. Důležitým aspektem české účasti je dlouholetá tradice českých zařízení v prestižních projektech astročásticové fyziky, jako jsou zejména české dodávky optiky teleskopů a monitorovacích zařízení pro studium pozorovacích podmínek.

CTA bude síť zhruba sta čerenkovských zobrazovacích detektorů, které budou schopny pozorovat unikátní vesmírné zdroje vysokoenergetického záření gama s citlivostí o celý řád vyšší, než jaké dosahují současné experimenty. Pokud dnes známe pouze kolem 150 zdrojů fotonů s energií nad 1 TeV (energie svazku současného nejvýkonnějšího urychlovače protonů je přitom jen šestkrát vyšší), budeme jich po prvních deseti letech činnosti CTA znát přes 1 000. CTA formuje budoucnost astronomie vysokých energií a astročásticové fyziky a bude nejlepší světovou VI pro studium vysokoenergetických fotonů. Studium vysokoenergetických fotonů jako nejmladší obor astronomie, jehož experimentální počátky sahají do devadesátých let dvacátého století, tak v následujících dekádách prodělá novou revoluci. ČR, která stála u jedněch z prvních projektů týkajících se pozorování vysokoenergetických fotonů vůbec Cherenkov Array at Themis (dále jen „CAT“) a ChErenkov Low Energy Sampling and Timing Experiment (dále jen „CELESTE“) se účastnila i velmi úspěšného projektu High Energy Spectroscopic System (dále jen „H.E.S.S.“) a hraje nyní důstojnou a aktivní roli i v této celosvětové VI nové generace.

Konsorcium CTA je založeno na spolupráci 31 zemí, více než 200 institucí a více než 1 500 pracovníků. Čtrnáct zemí včetně ČR se účastní jednání organizace Cherenkov Telescope Array Observatory (dále jen „CTAO“) založené podle německého práva (CTAO gGmbH.). CTA dokončil přípravné aktivity a nyní buduje prototypy všech tří typů teleskopů – Large Size Telescope (LST), Medium Size Telescope (MST)

a Small Size Telescope (SST). CTA bude umístěno na celkem dvou lokalitách – na jižní a severní polokouli. Na jižní polokouli bylo vybráno Chile, konkrétně lokalita náležející European Southern Observatory (dále jen „ESO“), Paranal. Na severní polokouli se zvolilo umístění na ostrově La Palma. V současné době jsou již uzavřeny smlouvy o hostitelství pro obě lokality. Organizační sídlo CTA je v Italské Bologni a sídlem vědeckého provozního a datového centra se stane Deutsches Elektronen Synchrotron (dále jen „DESY“) v Zeutenu u Berlína.

Co se týče znalostního a technologického charakteru české VI, pak členství v CTA již přineslo důležité výsledky a podíl na nejdůležitějších úkolech mezinárodní observatoře. To se týká například výběru lokality pro umístění observatoře, kde české celooblohové kamery z Olomouce sledovaly oblačnost na celkem osmi kandidátských místech a nyní pečlivě sledují vybrané lokality v Chile a na ostrově La Palma. Analýza satelitních snímků se též prováděla pro celé konsorcium v Praze. Fotometrický Robotický Atmosferický Monitor (dále jen „FRAM“) z dílny FZÚ AV ČR, který monitoruje obsah aerosolů v zorném poli CTA teleskopů, je nainstalován jak na ostrově La Palma, tak dokonce ve dvou provedeních na jižní observatoři v Chile. V našich laboratořích se testují vzorky budoucích zrcadel, vyvíjí zrcadla české produkce a připravilo se několik systémů zařízení pro vyhodnocení okamžitých pozorovacích podmínek na observatoři. Česká strana přispívá k řešení optických systémů všech tří typů teleskopů a podílí se i na analýze dat prototypů těchto zařízení. Účast v CTA stimuluje vývoj české astročásticové fyziky na našich univerzitách a v našich vědeckých ústavech. Z technologického pohledu je důležitý vývoj nových zařízení, který je zajímavý i pro komerční sektor včetně českých firem, jak je vidět například na celooblohových kamerách. K technologickému vybavení a know-how domácích laboratoří patří zejména technologie na výrobu skleněných substrátů, CNC stroje na opracování a metrologii optických povrchů, přesná měřicí zařízení pro studium optických vlastností odrazných ploch, zařízení na kalibraci a testování fotosenzorů, klimatické komory pro studium chování elektroniky a optických prvků apod.

Observatoř zohledňuje klíčové požadavky na moderní VI, jak je to vidět např. na otevřeném přístupu k datům. Pozorovací čas bude rozdělen na části, kdy zhruba polovina bude sloužit studiu tzv. klíčových vědeckých témat definovaných konsorciem CTA a druhá polovina bude zcela otevřena veškeré vědecké komunitě zúčastněných států. ČR tak svou participací v CTA získává přístup k naprosto unikátním vědeckým datům, která nebudou mít konkurenci jak co do kvality, tak i množství. Česká účast v CTA v současnosti pomáhá a i dále pomůže rozvíjet obor astročásticové fyziky, který má v naší zemi tradici a který spojil české optiky, astronomy a částicové fyziky do jednoho týmu schopného viditelně a významně přispívat po řadu let do prestižních mezinárodních VI a vědeckých projektů.

Česká účast v CTA navazuje na sérii předchozích mezinárodních astročásticových projektů a VI s českou účastí: CAT, CELESTE, H.E.S.S. a Observatoř Pierra Augera. Ve všech zmíněných projektech a VI se ČR podílela na optických systémech zobrazovacích teleskopů, a to zejména designem, výrobou a instalací zrcadlových teleskopů. CTA tak přirozeně navazuje na předešlé české aktivity jak z technologického, tak i vědeckého úhlu pohledu. Co se týče významu naší účasti pro domácí prostředí, patří mezi nejvýznamnější aspekty konkurenční a odborně inspirující mezinárodní prostředí CTA, které nutí české vědce a techniky k aktivitám na hranici jejich dovedností a technologického know-how a které tak posouvá úroveň kvality české astročásticové fyziky a optiky. ČR patří v CTA k respektovaným zemím, které se podílejí na řadě klíčových témat, jako je např. charakterizace lokalit umístění observatoře, testování optických prvků teleskopů nebo vývoj zrcadlových segmentů. Kontakt s předními vědci a techniky oboru přináší do ČR nové impulzy, které se přenášejí i do soukromého sektoru spojeného s produkcí optických zařízení. V CTA se tak dnes můžeme setkat se zařízeními zkonstruovanými v českých laboratořích, které používají výrobky českých firem. Dosavadní zkušenost potvrzuje, že bytí účast českých optických firem v CTA svým peněžním obratem zatím nevelká, je hodnocená samotnými firmami kladně a rády se k ní hlásí. Samotný fakt, že firma uspěla v mezinárodním konkurenčním prostředí, má pro ni svoji váhu.

CTA bude světově naprosto unikátní zařízení, neexistuje žádná jiná běžící nebo plánovaná VI podobné velikosti a detekčních možností. CTA zlepší možnosti stávajících experimentálních zařízení jako je např. H.E.S.S. především co se týče detekční citlivosti, energetického pokrytí, ale i úhlového a časového rozlišení. Například citlivost se zlepší o celý řád v intervalu čtyř řádů energie primárních fotonů měřených za tímto účelem třemi typy teleskopů. CTA tak prozkoumá širokou řadu různých druhů zdrojů gama záření a umožní detailní studie jak dosud objevených zdrojů, tak i stovek zdrojů dosud neznámých. Kromě toho observatoř umožní prozkoumání mnohem jemnější prostorové struktury zdrojů, které jsou na obloze více rozlehlé, např. bude možné stanovit šířku emitující zóny ve slupkách vybuchlých supernov. CTA má potenciál rovněž studovat temnou hmotu ve vesmíru a jiné fundamentální otázky moderní fyziky. Jako nejvýznamnější observatoř pro studium záření gama je CTA evropskou prioritou astročásticové fyziky, která je zařazena v mnoha evropských strategických dokumentech. Role států EU je v observatoři naprosto klíčová.

Účast v CTA přinese ČR plný přístup k dosud nejrozsáhlejším a nejpřesnějším datům o vysokoenergetických fotonech a jejich zdrojích ve vesmíru. Kterýkoli vědec zaměstnaný českou institucí bude moci připravit návrh pozorování a české výzkumné instituce, které jsou členy konsorcia CTA, budou mít navíc přístup k datům v rámci tzv. core science topics.

Astročásticová fyzika jako relativně mladý obor se na českých vysokých školách a výzkumných ústavech rychle rozvíjí právě v návaznosti na význam českého příspěvku v předních mezinárodních VI, jako bude CTA nebo stále je např. Observatoř Pierra Augera. S důrazem na hodnoty vytvářené v ČR VI vychovává novou generaci českých fyziků schopných zúročit znalosti z optiky, částicové fyziky a astrofyziky v nových mezinárodních projektech světového významu. Kromě důrazu na vědeckou a vysokoškolskou komunitu v ČR se česká větev VI snaží být v kontaktu s laickou veřejností. Také středoškolská studenti mají možnost spolupracovat s českým týmem na řešení některých dílčích úkolů. Čeští odborníci z řad VI nelitují ani času stráveného na desítkách veřejných akcí nejen na školách a považují za samozřejmé o pokrocích v oboru informovat všechny zájemce.

Hlavním cílem VI pro období 2020-2022 je splnění závazků našich institucí vůči mezinárodním partnerům v CTA spočívajících v provozu stávajících českých zařízení na jižní a severní větví observatoře, v instalaci dalších monitorovacích systémů a v aktivním příspěvku k řešení optických systémů čerenkovských teleskopů CTA včetně testování optických komponent a vývoje odrazných ploch budoucí generace. K závazkům VI patří i finanční příspěvky do společné pokladny CTAO. Kontrola plnění pak probíhá prostřednictvím mezinárodních panelů CTA na různých úrovních. Jako vrcholný orgán slouží council CTAO, kde má své zastoupení i Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy (dále jen „MŠMT“). Výstupy a publikace jsou navíc pravidelně vykazovány v ročních zprávách VI spolu s vědeckými články uživatelů, které vznikly za využití údajů o detekčních možnostech observatoře či za využití národních uživatelských služeb, jako je např. testování optických komponent pro zahraniční partnery v CTA.

2. MANAGEMENT VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

FZÚ AV ČR jakožto hlavní hostitelská instituce českého zapojení do observatoře CTA poskytuje značnou podporu od začátku české účasti v tomto projektu a hraje klíčovou roli v organizaci a řízení českého zapojení do observatoře. Stěžejní úlohu má oddělení astročásticové fyziky v rámci sekce fyziky elementárních částic. Spolupráce na optických aspektech pak tradičně probíhá v rámci sekce optiky a jmenovitě Společné laboratoře optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu (dále jen „SLO“). Zapojení spolupracujících institucí UP Olomouc a UK v Praze je organizováno na základě smluv o řešení projektu infrastruktur a spolupracujícími subjekty jsou Přírodovědecká fakulta UP a Matematicko-fyzikální fakulta UK.

VI je řízena výkonnou radou složenou ze zástupců tří spolupracujících institucí. Rada má v současné době toto složení: ██████████ (FZÚ AV ČR), ██████████ (UK v Praze) a ██████████ (UP v Olomouci a SLO). Několikrát týdně se konají pracovní setkání jednotlivých týmů, jednou týdně probíhají porady výkonné rady. Jednotlivé pracovní okruhy jsou zaštitěny vedoucími odborníky,

jejichž úkolem je zajistit plnění dílčích úkolů v rámci jejich okruhu působnosti. V současné době mezi vedoucí odborníky patří [REDAKCE] (zodpovědný za monitoring atmosféry, je také součástí výkonné rady kalibračních přístrojů CTA na mezinárodní úrovni), [REDAKCE] (pověřený vedením prací na optických aspektech českého příspěvku k teleskopům CTA – teleskopy MST a SST), [REDAKCE] (vedení prací souvisejících s justáží zrcadlových segmentů a optickými výpočty), [REDAKCE] (pověřený technologickým dozorem a garancí kvality optických laboratoří). Koordinací činností na úrovni mezinárodního konsorcia je pověřen řešitel projektu [REDAKCE]. Výpočty pomocí Monte-Carlo simulací pro různá uspořádání teleskopů zaštiťuje [REDAKCE]. Ve zmíněných okruzích činnosti tým managementu pracuje s mladými členy VI, které odborně vede a dohlíží na jejich činnosti. Administrativní část managementu zahrnuje intenzivní spolupráci mezi koordinátorem VI a ekonomickým úsekem hostitelské instituce. Samotná hostitelská instituce poskytuje na základě sdílení s ostatními VI ekonomu, personalistu a účetní infrastruktury.

Návaznost na management mezinárodní observatoře je zajištěna na několika úrovních. Koordinátor VI (řešitel) je člen rady mezinárodního konsorcia CTA, kde reprezentuje zájmy českých institucí. Dále je VI zastoupena ve výkonné radě kalibračních přístrojů a další český odborník často předsedá zasedáním pracovní skupiny testování zrcadel (Mirror Test Facility). V minulém období měla česká VI zastoupení i v publikační komisi konsorcia a efektivně ovlivňovala dostupnost výsledků CTA pro široký okruh uživatelů. Expert z české VI se účastní také jednání administrativního a finančního výboru observatoře. Koordinátor VI a zástupce MŠMT zasedají v nejvyšším orgánu observatoře - councilu CTAO. Administrativní a finanční výbor má na starosti především tvorbu rozpočtu CTAO. Za tímto účelem komunikuje s jednotlivými účastnickými zeměmi a zajišťuje dostupnost a čerpání finančních prostředků. Tento výbor se také zaměřuje na přípravu řady dokumentů projednávaných councilem CTAO. Samotný council, který zasedá nejméně 2x ročně, pak projednává a schvaluje dokumenty klíčové pro rozvoj observatoře a schvaluje rozpočet. Management CTAO se sestává z ředitele observatoře, projektového manažera, ředitele administrativy, hlavního vědce projektu a předsedy rady konsorcia. Složení managementu CTAO a jeho kompetence jsou plně v rukou councilu CTAO.

Mezinárodní poradní orgán VI zahrnuje zahraniční odborníky jak z řad CTA, tak i mimo observatoř. Složení orgánu se obměňuje s ohledem na aktuální požadavky hostitelské instituce a doporučení evaluačního panelu MŠMT. Jeho součástí jsou v současnosti vedoucí kalibrací CTA, který panelu předsedá, vedoucí polského příspěvku do CTA a německý odborník, který v současnosti vede projekt teleskopu MST. Z řad zástupců mimo observatoř CTA se jedná o členy např. z Ústavu jaderné fyziky v Řeži. Pravidelná setkání poradního orgánu jsou organizována tak, aby se diskutovaly aktuálně řešené činnosti české infrastruktury. Vzhledem k tomu, že čeští odborníci jsou zapojeni do struktur mezinárodní spolupráce, realizují se nejen pravidelná setkání poradního orgánu VI, ale i průběžné porady na takřka týdenní bázi s vybranými členy poradního orgánu. Osobní setkání a zasedání se odehrávají jak v rámci porad konsorcia CTA (2x ročně), tak i na území ČR. Poradní orgán hodnotí úroveň odborných a provozních aktivit VI a vyjadřuje se a dává doporučení k plánovaným aktivitám na další období.

3. VÝZKUMNÉ A JINÉ SPOLUPRÁCE VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

Od roku 2008 je připravovaná observatoř CTA zařazena do cestovní mapy Evropského strategického fóra pro výzkumné infrastruktury (ESFRI) a od roku 2019 je součástí cestovní mapy jako tzv. „Landmark“ projekt. Jedná se současně o jeden z prioritních projektů Evropské strategie pro astročásticovou fyziku, zveřejněnou konsorciem ASPERA, a observatoř je vysoce zařazena i ve strategickém plánu Evropské astronomie - ASTRONET. Mnohé zúčastněné země zdůrazňují CTA ve svých vnitrostátních plánech nebo poskytují rozsáhlou podporu zúčastněných vědeckých skupin. To platí pro velké i středně velké země včetně sousedních zemí České republiky - Polska, Německa a Rakouska. Přestože se jedná o původně evropskou VI, observatoř je vysoko hodnocena rovněž ve

strategických dokumentech grantových agentur např. v USA. CTA-CZ představuje národní uzel projektu a pokrývá všechny činnosti českých inženýrů, vědců a techniků spojených s CTA.

Viditelné a dobře definované příspěvky ČR započaly v letech 2011/2012, kdy se FZÚ AV ČR stal členem konsorcia CTA. Postupně ČR významně přispěla k programu přípravné fáze a nyní se významně podílí i na fázi předkonstrukční. Bylo dosaženo odpovídajícího postavení ČR v rámci vědeckého programu CTA i v řídicích strukturách.

Za účelem právního zastřešení mezinárodní observatoře v současnosti probíhají intenzivní jednání o vytvoření Konsorcia evropské výzkumné infrastruktury – ERIC. Evropské komisi byly představeny stanovy projednané na jednáních Výboru vládních zástupců (Board of Governmental Representatives - dále jen „BGR“) a v současnosti se připomínají ze strany Komise. Přejícné právní zastřešení představuje od roku 2014 nezisková společnost založená podle německého práva - CTAO, gGmbH. Tento subjekt např. jedná a podepisuje smlouvy o umístění observatoře s partnery reprezentující hostitelské země a lokality (ESO, Chile a Instituto de Astrofísica de Canarias) a zastupuje observatoř i před místními autoritami na La Palma a v Chile. Součástí činností této právnické osoby je dojednávání kontraktů na budování základní infrastruktury, jako jsou např. cesty, elektrické vedení apod. ČR je členem CTAO, gGmbH od prosince roku 2014, tj. takřka od založení společnosti. Podílníkem je FZÚ AV ČR jako hostitelská instituce CTA-CZ a pravidelných zasedání councilu CTAO se účastní jak delegát ústavu, tak i zástupce MŠMT.

Návaznost na mezinárodní výzkumný prostor je určena mezinárodním charakterem observatoře a předurčuje řadu aspektů spojených s VI. Čeští vědci jsou v každodenním kontaktu se zahraničními odborníky, pro které zajišťují služby spojené s provozem českého hardwaru určeného např. pro charakterizaci nejdříve kandidátských míst a nyní vybraných finálních lokalit, nebo s nimi konzultují vývoj zařízení pro finální observatoř. V Evropě jsou partnery, se kterými přicházejí čeští odborníci do častého styku, zejména německé, švýcarské a polské instituce jako Max-Planck Institut für Kernphysik v Heidelbergu, DESY, Ženevská univerzita, krakovský Instytut Fizyki Jądrowej, Jagellonská a Varšavská univerzita. V oblasti testování zrcadel probíhá spolupráce rovněž s francouzskými a italskými institucemi. Přestože role evropských států v CTA je klíčová a dominantní, zahrnuje CTA i mimoevropské instituce. Více než 200 institucí z celkem 31 států z celého světa spolupracuje v rámci CTA s českou VI a má přístup k výstupům její činnosti.

CTA se aktivně podílí na programech Horizont2020, například na gridovém řešení zpracovávání dat a Monte-Carlo simulacích. Nejvýznamnější současnou aktivitou v rámci H2020 je projekt „Cherenkov Telescope Array: Infrastructure Development and Start of Implementation“ (CTA-DEV 676134), který umožňuje observatoři podniknout nezbytné kroky k vývoji infrastruktury a zahájení finální výstavby. Řešitelem projektu je CTAO, gGmbH a český uzel se na řešení podílí a má přístup k jeho výsledkům. Naši inženýři se například účastnili výstavby prvního zařízení CTA vůbec – meteorologických stanic – a byli tedy vlastně mezi prvními vědci, kteří pracovali na finálních lokalitách CTA. V neposlední řadě jsou na obou lokalitách CTA, tedy jak v Chile, tak i na La Palma, umístěna zařízení FRAM, která monitorují množství aerosolů a v budoucnu budou sloužit k monitoringu atmosférických podmínek a sledování oblačnosti během provozu hlavního pole teleskopů.

Spolupráce českých institucí zodpovědných za VI CTA-CZ, tj. UK v Praze, UP v Olomouci a FZÚ AV ČR je na vynikající úrovni a vychází z mnohaleté zkušenosti z předchozích mezinárodních projektů a VI CAT, CELESTE, Observatoř Pierra Augera a dalších experimentů nejen z astročásticové fyziky. Mladší generace fyziků a techniků, která v českém týmu CTA převládá, má za účasti zkušených starších kolegů skvělou příležitost navázat na zkušenosti získané v těchto předchozích VI a projektech. Spolupráce českých institucí je ošetřena navíc smluvně. V každodenní práci nedochází k výrazným problémům a čeští odborníci v CTA prakticky nepotřebují rozlišovat, kdo patří ke které vědecké instituci. Pro český tým je rovněž podstatné, aby zůstal otevřený spolupráci s jakoukoli další českou institucí, která o to projeví zájem. V červnu 2019 se členem vědeckého konsorcia CTA stal Astronomický ústav AVČR, v. v. i. (dále jen „AÚ AV ČR“), se kterým VI spolupracuje například na

zpracování dat z robotického teleskopu FRAM a na vědeckých úkolech spojených s plánováním měření budoucí Observatoře. Předpokládá se, že během příštího hodnocení VI bude představen plán na přímé zapojení AÚ AV ČR do budování Observatoře a jejího vědeckého programu.

Co se týče spolupráce s dalšími VI, podstatná je zejména koordinace s VI CESNET, která se podílí na podpoře rozsáhlých výpočtů pro CTA, a dále spolupráce s Regionálním centrem pokročilých technologií v Olomouci, ve kterém CTA nachází velkou podporu pro aktivity spojené s technologiemi astročásticových projektů. Na mezinárodní úrovni je velmi zajímavá rodící se spolupráce s čínskou observatoří LHAASO. Otevírají se možnosti k instalaci prototypů jednozrcadlových malých teleskopů (SST-1M) vyvinutých švýcarsko-polsko-českým konsorciem na této observatoři ve vysoké nadmořské výšce a k potenciálnímu získání přístupu k datům tohoto experimentu. Zájem o teleskopy konsorcia SST-1M projevily i další světové observatoře. Komerční sektor, se kterým VI spolupracuje na jiných technologických projektech v oblasti optiky, se systematicky zajímá také o témata související s CTA. Mj. existuje intenzivní spolupráce s českými firmami, které vyrábí optické prvky, jako jsou CCD kamery či čočky. Tyto výrobky jsou již instalovány např. v teleskopech FRAM a jsou používány i v existujících celooblohových kamerách pro monitoring oblačnosti. Na základě současných zkušeností lze předpokládat, že české firmy mají solidní šanci podílet se na dodávkách dílčích zařízení pro hlavní pole teleskopů CTA, jako jsou např. pointační a justážní kamery.

4. OTEVŘENÝ PŘÍSTUP A UŽIVATELÉ VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

Očekává se, že observatoř CTA bude sloužit komunitě ca 1000 uživatelů. Z tohoto důvodu bude muset efektivně jednat s velkým počtem interních a externích návrhů na pozorování a očekává se, že požadavky výrazně převýší časové možnosti observatoře. CTA bude následovat postupy jiných významných observatoří a bude v pravidelných intervalech vyhlašovat výzvy k předkládání návrhů. Tyto návrhy budou vyhodnocovány skupinou mezinárodních expertů s patřičnými kompetencemi. Předpokládají se různé skupiny návrhů - cílená pozorování konkrétního astrofyzikálního objektu, průzkumy částí oblohy, tzv. „multiwavelength“ kampaně, časově náročná pozorování, pozorování objektů okamžité důležitosti či pravidelné pozorovací programy. Přitom je možné zajistit dokonce i pozorování různých programů současně rozdělením pole teleskopů do několika pozorovacích segmentů. Česká VI bude sloužit jako místní kontakt pro naše astronomy a astročásticové fyziky a bude distribuovat jednotlivé výzvy mezi národní instituce. Dále bude napomáhat k zajišťování kontaktů se zahraničními odborníky ve vědeckém konsorciu CTA a neformálně přispívat ke zvyšování kvality českých návrhů. Teoretičtí fyzikové a astrofyzikové z celého světa budou mít možnost nejen posílat návrhy na pozorování, ale budou mít také přístup k publikovaným výsledkům základního programu CTA (core science program), předkládaného vědeckým konsorciem CTA.

Plánování přístupu uživatelů a pracovních postupů je následující: návrhy jsou shromažďovány, vyhodnocovány a seřazovány podle priorit, poté operační centrum naplánuje a provede pozorování a nakonec datové centrum shromáždí a distribuuje datové produkty uživatelům. Pozorovací čas bude rozdělen mezi základní program CTA (průzkumy částí oblohy atd.) a čas dedikovaný otevřenému přístupu všech uživatelů. Poměr mezi časem přiděleným základnímu programu a otevřeným přístupem se bude s časem vyvíjet ve prospěch zcela otevřeného přístupu. Tento postup mj. zaručí vědeckou návratnost hlavním institucím, které pomohly vybudovat infrastrukturu. Zároveň tato politika umožní, aby se jakýkoliv vědec prostřednictvím času dedikovanému pro otevřený přístup dostal k pozorovacímu času observatoře, pokud předloží skutečně vynikající návrh. Po několika letech provozu dosáhne otevřená doba přístupu ca 50%. Přesná pravidla otevřeného přístupu se ale stále dotvářejí a modifikují na různých úrovních observatoře, od vědeckého konsorcia přes council CTAO až po BGR. Finální slovo bude mít přirozeně council CTAO po vzniku právnické osoby ve formě Evropského vědeckého konsorcia CTAO. Velikost české komunity, která bude schopna předložit rozumný návrh v rámci otevřeného přístupu, je asi 40 osob – z nichž většina se bude podílet také na

garantovaném základním programu CTA. Velikost mezinárodního společenství uživatelů dosahuje přes 1000 aktivních osob a stále roste.

Co se týče současných uživatelských služeb české VI v předkonstrukční fázi CTA, mezi ty významné patří jistě monitoring stavu atmosféry nad oběma místy observatoře. Data jsou sdílána napříč konsorciem CTA a poskytují velmi cenné údaje zejména proto, že atmosféra slouží observatoři CTA jako detekční médium. Na observatořích v Chile a na La Palma je kromě teleskopů FRAM umístěn také sluneční/měsíční fotometr a jeho data jsou analyzována českou skupinou a poskytována CTA uživatelům. Stejně je tomu i v případě celooblohových kamer monitorujících oblačnost nad observatořemi. V neposlední řadě optická laboratoř testuje stovky vzorků zrcadel a optických povrchů, které jsou do ní zasílány zejména polskými, francouzskými, italskými a německými institucemi. Jedná se vlastně o uživatelský servis, který česká VI poskytuje ostatním spolupracujícím institucím uvnitř CTA.

Hlavním účelem observatoře je základní výzkum na rozhraní astronomie a částicové fyziky. Proto jsou vyhlídky na přímé využití pozorovacího času pro komerční účely minimální, nicméně v oblasti testování optických povrchů či v oblasti charakterizace atmosférických podmínek na vzdálených lokalitách jsou technická řešení české VI potenciálním předmětem zájmu i soukromého sektoru.

Data management observatoře CTA bude v rukou centrálního vědeckého operačního a datového centra, které bude zajišťovat sběr pozorovacích návrhů, koordinovat plnění úspěšných návrhů a bude zodpovědné i za shromažďování naměřených dat, jejich redukci a sdílení s uživateli. Jednotlivé kalibrační, rekonstrukční a redukční kroky, které jsou na data postupně aplikovány, jsou součástí tzv. CTA pipe-line. Ta bude využívat výpočetních prostředků jak v rámci operačního a datového centra, tak i distribuovaných v rámci výpočetní sítě grid. S ohledem na data Monte-Carlo simulací, která jsou nezbytná jak pro porozumění detektoru, tak i pro selekci fotonových spršek kosmického záření, je nutno zmínit, že česká VI ve spolupráci s CESNET je již několik let součástí tzv. virtuální gridové organizace CTA a řada výpočtů probíhá přímo na serverech FZÚ AV ČR.

5. SOCIOEKONOMICKÉ PŘÍNOSY VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

ČR se na CTA podílí zejména vývojem optických systémů CTA teleskopů a atmosférických zařízení v podobě plně autonomních teleskopů FRAM a celooblohových kamer. České optické detektory jsou již nyní využívány v zařízeních pro monitorování atmosféry a vývoj dalších zařízení probíhá. Účast v CTA je pro ČR významná především z pohledu vývoje technologií a výroby optických prvků a zařízení pro detekci světla. CTA představuje pro český průmysl jedinečnou příležitost pro spolupráci na rozvoji optických technologií, výrobě zrcadel a dalších optických prvků, které budou využívány při provozu CTA – unikátní výzkumné infrastruktury celosvětového významu. Pro české firmy, které CTA dodávají zejména optické a mechanické komponenty, je účast ČR na tomto největším experimentu v oboru prestižní, výrazně zvyšuje jejich renomé a tím i jejich mezinárodní konkurenceschopnost.

Charakter observatoře, který je svou povahou z definice mezinárodní, se přirozeně vztahuje i k Cílům udržitelného rozvoje Organizace spojených národů. Konkrétně v oblasti v oblasti technologií posiluje spolupráci sever-jih, jih-jih a trojstrannou regionální a mezinárodní spolupráci v přístupu k vědě, technologiím a inovacím. Posiluje sdílení znalostí za vzájemně dohodnutých podmínek. Důležitým faktorem v tomto ohledu je účast států Jižní Ameriky (včetně hostitelské Chile) a Jihoafrické republiky. Vědecké prostředí CTA představuje příklad otevřené společnosti bez národních, náboženských, rasových a třídních hranic a observatoř, kde vědci z mnoha evropských zemí, z Ameriky, z Afriky, Austrálie, Indie a asijských zemí spojují své síly, jednoznačně přispívá k mezinárodní výměně znalostí a mobilitě. Ve vztahu k široké veřejnosti pak takto rozkročená spolupráce napomáhá bořit předsudky.

Další aspekty udržitelného rozvoje úzce souvisí se samotným konceptem observatoře, kdy například severní větev na La Palma se již od počátku angažuje v myšlence účasti na ambiciózních plánech postupného rozšiřování využití zdrojů obnovitelné energie na tomto ostrově. Program Čistá energie pro ostrovy EU byl spuštěn v roce 2017 jako součást balíčku Čistá energie EU a La Palma patří mezi první z ostrovů, které detailně vypracovaly plán rozvoje využití obnovitelných zdrojů. CTA jako mezinárodní observatoř působící na ostrově přizpůsobuje strategii svého rozvoje plánům místních autorit a interně se zavazuje dbát na k životnímu prostředí šetrné využívání energie.

Výstavba a provoz výzkumné infrastruktury CTA má další široké sociální a ekonomické přínosy. Vzdělávání a špičková odborná příprava mladých pracovníků, studentů a postdoktorandů v rámci CTA, činí mladé odborníky velmi atraktivní pro průmysl. Automaticky se tak vytváří síť cenných kontaktů mezi výzkumnými pracovníky v CTA, odborníky v zúčastněných průmyslových oborech a v akademických kruzích. Hodnotu těchto sítí ekonomové stále více uznávají jako významný přínos veřejně financovaných základních vědních oborů.

Špičkový základní výzkum se opírá o stejně špičkovou experimentální techniku a to stimuluje pokrok technologií v řadě průmyslových odvětví, které pak nachází uplatnění i mimo základní výzkum. Často – a v případě CTA to jednoznačně platí – jsou vědecké požadavky na průmyslová odvětví za hranou současných technologických možností. Z překonání limitů dostupných průmyslových řešení pak profituje celá společnost. Teleskopy CTA představují nejmodernější výzkumná zařízení svého typu a vyžadují nejlepší technologické postupy a vysoké standardy. Navíc při velkém množství teleskopů se nejedná o výstavbu jednoho unikátního zařízení, ale vlastně o sériovou produkci mnoha špičkových měřicích systémů. Tyto technologie jsou tak následně vlastně okamžitě přístupné pro komercializaci a aplikace v jiných oblastech. Jedním z nejlepších příkladů je vývoj nových fotodetektorů s vylepšenou citlivostí a drobnější segmentací, který již několik let probíhá v přímé součinnosti CTA a průmyslových partnerů. Přitom detektory světla mají aplikace v mnoha jiných pro společnost klíčových oborech, jako je zejména lékařská diagnostika. Přímý ekonomický přínos pak má CTA v řadě zemí, které se podílejí na dodávkách experimentálních zařízení pro observatoř. To platí samozřejmě i pro ČR, kde řada ze subkomponent monitorovacích zařízení byla dodána místními firmami. Z pohledu ČR je také zajímavé umístění vědeckého operačního a datového centra do nedalekého Berlína, kde spolupracující vědci najdou uplatnění a které bude sloužit i k vyškolování našich techniků v multidisciplinárním, multikulturním a intelektuálně náročném prostředí.

6. UZNANÉ NÁKLADY VELKÉ VÝZKUMNÉ INFRASTRUKTURY

Rozpočet VI CTA-CZ vychází z rozpočtu současné infrastruktury a návazné strategie. V letech 2020-2022 čekají CTA-CZ dva hlavní úkoly. Jedná se o příspěvek k výstavbě atmosférických zařízení na severní i jižní větví observatoře a také o příspěvek k finalizaci designu a konstrukci čerenkovských teleskopů. Náklady v jednotlivých letech 2020-2022 vykazují ca 30% nárůst oproti nákladům roku 2019. To je dáno přechodem z předkonstrukční do konstrukční fáze. Rostou i přímé poplatky do CTAO, gGmbH, a to přibližně o 25%. Přejít od německé neziskové gGmbH k finální právní entitě CTAO ERIC může nastat již v roce 2020, pravděpodobněji je však rok 2021 nebo dokonce 2022. Z tohoto důvodu jsou poplatky plánovány ve všech letech. Investice související s umístěním mimo EU se plánují pořídit v prvním roce řešení projektu.

Osobní náklady

Zajištění současné české účasti v CTA vyžaduje ca 25 FTE, z nichž jen ca 7,7 FTE bude v letech 2020-2022 hrazeno z prostředků VI CTA-CZ. Zbytek osobních nákladů nesou instituce. Velikost uvedeného celkového FTE bude ovšem odrážet aktuální rozložení mezi jednotlivé kategorie zaměstnanců a je nutné ji brát jen jako velmi indikativní.

Na konci roku 2018 pokrývaly mzdové náklady VI CTA ca 4,7 FTE. Nárůst mzdových prostředků pro roky 2020-2022 částečně kompenzuje fakt, že v nových komplementárních projektech OP VVV není možné hradit mzdové náklady na provoz infrastruktury. Rozdělení FTE napříč různými kategoriemi zaměstnanců bude odrážet aktuální potřeby infrastruktury a vzhledem k různým platovým hladinám je předpoklad, že i celkové FTE bude předmětem operativních změn. Za velmi hrubé a předběžné rozdělení mezi různými kategoriemi zaměstnanců lze považovat následující členění: doktorandi 1,6 FTE, seniorští výzkumníci 2,5 FTE, juniorští výzkumníci 1,7 FTE, technici a inženýři 1,6 FTE, administrátoři 0,2 FTE a ostatní studenti 0,1 FTE. Přepočty komplikují poněkud odlišné platové hladiny jednotlivých institucí, protože mzdy jsou nastaveny vždy podle vnitřních předpisů jednotlivých organizací. Uvažované průměrné platové hladiny jsou následující: 65 tis. Kč starší vědeckí pracovníci, 42 tis. Kč mladší vědeckí pracovníci, 25 tis. Kč doktorandi, 18 tis. Kč magisterští studenti, 40 tis. Kč inženýři a technici a 45 tis. Kč administrativní pracovníci. Mzdové náklady budou čerpány formou úvazků, osobních ohodnocení a odměn jakožto i dohod o provedení práce či pracovní činnosti. V prvním roce činí celkové mzdové náklady 5 755 tis Kč.

Investice

Součástí uznaných nákladů jsou v prvním roce projektu i investice související s umístěním mimo EU (v lokalitě Chile, ESO Paranal). Jedná se zejména o komponenty pro atmosférická zařízení, např. stanovující výšku mraků (tzv ceilometr) či fotometr (upgrade stávajícího zařízení). Celková výše investic činí 1 400 tis. Kč.

Poplatky

Poplatky do CTAO, gGmbH, jsou v roce 2020 odvozeny od navrhovaného rozpočtu CTAO pro rok 2020, který aktuálně projednává council CTAO. Částečný pokles plánovaných poplatků v letech 2021, 2022 reflektuje celkovou redukci navrhovaných nákladů projektů infrastruktur schválenou vládou ČR. Poplatky v těchto letech jsou navrženy na 300 tis. € (při kurzu 26 Kč za 1 €) a jsou tak stále výrazně vyšší, než byly roční poplatky v letech 2016-2019. Cílem bude tuto výši poplatků dojednat při tvorbě rozpočtů CTAO na 2021 a 2022.

Provozní náklady

Výše provozních nákladů hrazených z dotace MŠMT byla stanovena jako součet režijních pracovních míst, služeb pro potřeby infrastruktury, cestovního a jiných provozních nákladů. Mezi službami patří především položky spojené s přepravou vzorků a zrcadel a náklady spojené s opravou optických komponent mimo naše laboratoře. V případě cestovního jde zejména o cesty spojené s montáží a provozem českých komponent CTA v lokalitách Chile a Španělsko, technické a organizační porady apod. Předpokládají se i montážní cesty na spolupracující observatoře, kde mohou nalézt uplatnění stávající prototypy jednozrcadlových teleskopů zkonstruovaných v letech 2016-2019. Do kategorie dalších provozních nákladů zahrnujeme další materiální náklady spotřebované v domácích laboratořích a také na observatoři. Jedná se např. o materiál pro výrobu zrcadlových segmentů, měřících aparatur vlastností optických prvků, údržbu (opotřebení) zařízení, materiál pro udržování celoblohových kamer, slunečního fotometru a materiál spojený s testováním a opravou optických prvků. Součástí provozních nákladů je i drobný hmotný majetek ve formě disků počítačových polí a servisní náklady na provoz výpočetního centra.

Režijní náklady odrážejí náklady spjaté s provozem infrastruktury VI. Nevztahují se na investice a členské poplatky. Režijní náklady hostitelské instituce byly stanoveny „Full Cost“ metodou. Analýza nákladů byla provedena ve spolupráci s firmou *Deloitte Advisory Ltd.* a je specifikována v Rozhodnutí ředitele Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., č. 300/2012. Následně byl celý postup a metodologie auditovány firmou *BDO CA Company, a. s.* Kalkulace režijních nákladů je každým rokem aktualizována. Současná hodnota 11,75% byla vypočtena z účetní uzávěrky pro rok 2017. Obdobně jsou režijní náklady partnerských institucí stanoveny v souladu s vnitřními pravidly těchto institucí. Odhadované režijní náklady VI CTA-CZ činí v roce 2020 přibližně 1 609 tis. Kč a za celé období pak 4 513 tis. Kč. Celkové provozní náklady pak činí v prvním roce řešení projektu 5 859 tis Kč.