

Vesmírne zrkadlá prežiaria nočnú oblohu

4.9.2026 - Miroslav Kocifaj | Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta managementu

Štúdia, ktorej autormi sú vedci z FMFI UK, SAV a Princetonskej univerzity bola publikovaná v prestížnom časopise The Astrophysical Journal Letters.

Na obežnú dráhu sa má čoskoro umiestniť konštelácia 50 000 obrích zrkadiel, ktoré majú v noci na požiadanie odrazeným slnečným svetlom osvetliť zvolenú oblasť na povrchu Zeme. Vedci z Univerzity Komenského, Slovenskej akadémie vied a Princetonskej univerzity ako prví vypočítali, ako toto svetlo prežiaria nočnú oblohu. Ako sa ukázalo, nevznikne iba osvetlená oblasť na povrchu Zeme, ale svetlo rozptýlené v atmosfére a odrazené od povrchu vytvorí nad oblasťou výrazný svetelný stĺp viditeľný zo vzdialenosti desiatok kilometrov a prekrywajúci svetlo hviezd. Štúdia vyšla v prestížnom časopise *The Astrophysical Journal Letters*.

Nápad osvetľovať v noci povrch Zeme zrkadlami na obežnej dráhe nie je nový. Jeho reálne komerčné využitie plánuje dnes americká firma Reflect Orbital, keď na obežnú dráhu vo výške asi 600 km chce umiestniť až 50 000 zrkadiel s rozmerom 54 m. Každé zrkadlo osvetlí na povrchu oblasť s priemerom asi 5 km. Firma chce komerčne ponúkať nočné osvetlenie „na požiadanie“ a jeho využitie vidí napríklad pri nočných kultúrnych podujatiach, záchranných alebo vojenských operáciách alebo v nočnej výrobe fotovoltickej elektrickej energie. V júli 2026 dostala od amerického regulátora FCC povolenie vypustiť pilotný satelit EARENDIL-1 so zrkadlom 18x18 m. Tento krok vyvolal obavy, pretože plošné prežiarenie povrchu a oblohy môže mať negatívny dopad na životné prostredie, ktorý sa pri udeľovaní povolenia neskúmal. Keďže chýbal realistický opis toho, ako projekt ovplyvní svetelné podmienky v nočnej atmosfére, postavila sa proti nemu aj Americká astronomická spoločnosť.

S fyzikálnym riešením prišiel tím z ÚSTARCH SAV, FMFI UK a Princetonskej univerzity v zložení Miroslav Kocifaj, František Kundracik a Gáspár Bakos. K dispozícii mali autori model MSOS, vyvinutý na SAV, ktorý je určený na presný výpočet jas oblohy od pozemných zdrojov. Model bol upravený na zdroj svetla umiestnený nad atmosférou, ale jeho problémom bolo priestorové rozlíšenie. Kužeľ svetla od zrkadla je totiž v porovnaní so záujmovou oblasťou s rozmermi v ráde desiatok až niekoľko stoviek kilometrov veľmi úzky a numerický 3D- výpočet programom MSOS v potrebnom vysokom priestorovom rozlíšení sa ukázal ako nereálny. Autori preto najprv analyticky s vysokým priestorovým rozlíšením vypočítali jas oblohy od svetelného kužeľa a od svetla odrazeného od povrchu v priblížení prvého rádu rozptylu. Hladkú spojitú žiaru oblohy spôsobenú mnohonásobným rozptylom svetla potom doplnili pomocou programu MSOS.

Zistenia potvrdili obavy. Jediné zrkadlo s rozmerom 54 m osvetlí na povrchu Zeme oblasť s priemerom 5 km na úroveň 9,5 luxu, čo zodpovedá úrovni pouličného osvetlenia (čo je vlastne cieľom projektu). Zrkadlo však bude na oblohe viditeľné ako bod s jasnosťou -16,7 magnitúdy, teda bude 40-krát jasnejšie než Mesiak v splne. Priamo v lúči bude jas oblohy podobný jas oblohy tesne po západe Slnka a nebude vidno ani najjasnejšie hviezdy. Vo vzdialenosti 14 km bude veľká časť oblohy stále jasnejšia než obloha za mesačného splnu a svetelný stĺp bude jasne viditeľný aj zo vzdialenosti 30 km. Ak by dané miesto osvetľovalo 400 zrkadiel naraz (ako sa plánuje pri nočnom osvetľovaní fotovoltických fariem), osvetlenie v lúči dosiahne 2 400 luxov (približne pri takejto úrovni začínajú pracovať fotovoltické panely) a žiaru bude vidieť aj zo vzdialenosti 80 km. Výpočty boli pritom robené v optimistickom scenári, lebo sa predpokladala bezoblačná obloha.

„Doteraz sa predpokladalo, že hlavným problémom pre astronómov budú svetelné stopy zrkadiel na fotografických snímkach nočnej oblohy. Ako sa však ukázalo, presvetlená obloha obmedzí

astronomické pozorovania až do vzdialenosti desiatok kilometrov od osvetľovaného miesta.“, hovorí František Kundracik z FMFI UK.

Na základe výpočtov pripravil Joel Hartman z Princetonskej univerzity vizualizácie vzhľadu nočnej oblohy v okolí osvetlenej oblasti. Médiám sú k dispozícii na linke

http://starryprinceton.org/scattering_calculations_renderings.

Článok „*Atmospheric Light Pollution by Proposed Reflect Orbital Space Mirrors*“ vyšiel v časopise *The Astrophysical Journal Letters*, ktorý patrí k najrešpektovanejším astronomickým periodikám.

Výsledky zaujali viaceré svetové médiá. O práci už informovali MIT Technology Review (Massachusetts Institute of Technology v Cambridge), Universe Today, Phys.org a desiatky ďalších redakcií v Európe, Severnej i Latinskej Amerike a v Ázii. Autori priebežne poskytujú rozhovory zahraničným novinárom.

Popisy obrázkov

(prevzaté z článku Kocifaj, Bakos a Kundracik (2026), ApJL):

Obr. 1: Mapy jasu nočnej oblohy pre pozorovateľa vo vzdialenosti 5,4 km (vľavo) a 14,1 km (vpravo) od osi svetelného lúča jedného 54-metrového zrkadla, pre tri hodnoty odrazivosti zemského povrchu $\alpha = 0,0$, $\alpha = 0,2$ a $\alpha = 0,8$. Výpočet platí pre aerosólovú optickú hrúbku 0,3 a parameter asymetrie $g = 0,6$. Prirodzený jas nočnej oblohy býva typicky 10^{-4} cd/m² (na obrázku úroveň -4 znázornená čiernou farbou).

Obr. 2: Porovnanie jasu nočnej oblohy s jej jasom počas splnu pre pozorovateľa vo vzdialenosti 5,4 km (hore) a 14,1 km (v strede) a 34,1 km (dolu) od osi svetelného lúča jedného 54-metrového zrkadla, pre tri hodnoty odrazivosti zemského povrchu $\alpha = 0,0$ (vľavo), $\alpha = 0,2$ (v strede) a $\alpha = 0,8$ (vpravo). Výpočet platí pre aerosólovú optickú hrúbku 0,3 a parameter asymetrie $g = 0,6$. Jas oblohy rovnaký ako počas splnu (vtedy je väčšina astronomických pozorovaní nemožná) je znázornený bielou farbou, červené odtiene predstavujú vyšší jas a modré odtiene nižší jas.

PUBLIKÁCIA

M. Kocifaj, G. Á. Bakos, F. Kundracik. Atmospheric Light Pollution by Proposed Reflect Orbital Space Mirrors. *The Astrophysical Journal Letters*, 2026, 1008:L25.

<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ae9551>

KONTAKT

Miroslav Kocifaj, FMFI UK, miroslav.kocifajfmph.uniba.sk

František Kundracik, FMFI UK, frantisek.kundracikfmph.uniba.sk

https://www.fm.uniba.sk/detail-aktuality/back_to_page/aktuality-35/article/vesmirne-zrkadla-preziari-a-nocnu-oblohu