

HLEDÁNÍ TMY

MICHAL BAREŠ

MICHAL BAREŠ

Amatérský astronom, člen ČAS a IDA.

Zaměřuje se na vliv světelného znečištění na noční oblohu a jeho měření. Podílel se na založení Manětínské oblasti tmavé oblohy a mapování jasu noční oblohy na mnoha dalších místech v ČR i zahraničí. Je spoluautorem webu svetelneznecisten.cz.

Je ještě možné zažít v Česku opravdovou tmu? Spatřit hvězdnou oblohu v plné kráse a rozhlédnout se po krajině, které nebude dominovat světelné znečištění? A jaký je výhled do budoucna?

Většina lidí, a to včetně astronomů, bohužel neví, jak vypadá zcela tmavá noční obloha, bez vlivu umělého světla, protože nic takového nikdy neviděli. Je totiž překvapivě obtížné dostat se na místo, které by bylo dostatečně vzdálené od všech relevantních zdrojů umělého osvětlení narušujících přirozenou tmu. Dokonce i na lodi uprostřed moře jste většinou obklopeni velkým množstvím světla produkovaného samotným plavidlem (samozřejmě, nemáte-li vlastní jachtu, kde si můžete zhasnout). Naprostá většina míst v naší zemi, která lidé upřímně pokládají za tmavá („u nás na chatě, tam je tma jako v pytli“), má pak ke skutečně tmavému, přirozenému prostředí poměrně daleko. Člověk si to ale uvědomí až ve chvíli, kdy se ocitne na velmi odlehklém místě, odkud je do nejbližší vesnice dvacet a do nejbližšího města dvě stě kilometrů. Světlo mající původ na zemském povrchu se v at-

mosféře šíří právě do vzdálenosti řádově 200 km, teprve pak zakřivení zemského povrchu jeho projevy eliminuje.

Světelné znečištění ve smyslu vlivu na krajinu a noční oblohu se může projevovat buď ve formě přímé viditelnosti zdrojů světla, které se v noci stávají významnými krajinnými prvky a mohou v extrémních případech pozorovatele přímo obtěžovat, nebo jako „světelný smog“ – tedy umělé světlo rozptýlené v atmosféře. Zatímco obtěžování přímo viditelnými zdroji světla se lze vyhnout přesunem na místo s omezeným výhledem (což samozřejmě neznamená, že by tím problém zmizel), světelnému smogu se jednoduše vyhnout nelze, jedinou účinnou zbraní je totiž dostatečná vzdálenost od zdroje světla. Bohužel, ve střední Evropě nemáme liduprázdňé oblasti dost rozlehle na to, aby bylo možné před světelným smogem uniknout. Čím více se vzdalujeme od jednoho města, tím více se přibližujeme jinému městu v opačném směru. V ČR jsou „světelně nejodlehlejší“ místa vzdálená od nejbližšího zdroje světla zhruba 8 km a nachází se na Šumavě.



Krajina poznamenaná světelným znečištěním. Výkonné, nevhodně nasměrované světlomety dominují scéně v okruhu mnoha kilometrů. Přestože se zdroj světla formálně nalézá mimo území CHKO Český les, jeho vliv zasahuje hluboko do chráněného území. Casino Rozvadov, CHKO Český les. Foto: Michal Bareš



Nerovný souboj. Vrstva oblačnosti odděluje Mléčnou dráhu od světla měst a vesnic pod ní. Manětínská oblast tmavé oblohy. Foto: Michal Bareš

Neocenitelnou pomůckou při mapování světelného znečištění a hledání tmavých míst se staly noční snímky zemského povrchu pořízené družicemi z oběžné dráhy. Ty slouží jako vstup do fyzikálních modelů šíření světla v atmosféře a umožňují spočítat míru světelného znečištění (resp. příspěvku umělého světla k celkovému jas oblohy) nad konkrétním územím, nebo i globálně. Bohužel, tyto družicové snímky poskytují jen omezené množství informací, neboť příslušný instrument snímá pouze v jednom spektrálním pásmu, které se navíc liší od spektrální citlivosti lidského oka a zachycuje pouze záření směřující ze zemského povrchu kolmo vzhůru, tedy nevíme, kolik světla uniká do jiných směrů. Proto je nutné některé další parametry vstupujících do modelů odhadovat. Zatím poslední dostupná globální [mapa světelného znečištění](#) pochází z roku 2015 a poměrně dobře se shoduje s pozemními měřeními, která s kolegy s České astronomické společnosti provádíme na různých místech.

Podobné mapy však mohou svádnout k ne-

správným závěrům, a proto vyžadují interpretaci. Důležité je, že téměř všechny dostupné mapy světelného znečištění znázorňují, jaká je na daném místě noční obloha v *zenitu*, což ovšem nemusí nutně vypovídat mnoho o tom, jak vypadají další části noční oblohy nebo o tom, jakým obloha působí dojemem na běžného pozorovatele. Na některých místech v ČR je příspěvek umělého osvětlení k celkovému jas oblohy v *zenitu* menší než 30 %, což skutečně nevypadá nijak špatně.

Pro vizuální dojem z noční krajiny však není důležité jen to, jak tmavá je obloha přímo v nadhlavníku. Kvůli nepřírozené pozici se tam totiž, pokud neležíme na zemi, téměř nedíváme, pohledu tímto směrem navíc chybí kontext okolní krajiny. Naopak zásadní je část oblohy níže nad horizontem, do výšky zhruba 30°, což je zhruba horní hranice zorného pole při pohledu do dálky. Celá polovina nebeské hemisféry se nalézá právě ve výšce do 30°, a mnoho nebeských útvarů a kosmických objektů se nachází v těchto místech – například zvětrníkové

světlo, centrum Mléčné dráhy nebo jižně položená souhvězdí, která nikdy nevystupují vysoko nad obzor.

Bohužel, vliv světelného znečištění z okolí na noční oblohu s klesající výškou nad obzorem rychle roste. Zatímco v zenitu může být jas oblohy uměle zvýšený „jen“ o 30 %, ve výšce 30° nad obzorem už to může být i více než 100 %, což je rozdíl dost markantní. A to je stále řeč o těch nejtmašších místech u nás, vzdálených desítky kilometrů od větších měst, na většině míst v ČR je situace ještě mnohem horší.

V Česku se tak již nachází jen několik málo lokalit, kde se dá noční obloha za normálních podmínek klasifikovat jako přírodě blízká (nikoliv však zcela tmavá) – jedná se o některé odlehlé části Šumavy a Novohradských hor. Všude jinde je vliv světelného znečištění více či méně, avšak vždy na pohled patrný, nejčastěji v podobě světelných „čepic“ nad horizontem ve směrech okolních měst a obcí. Jiná situace je například v zimě při inverzi, kdy je většina zdrojů světla v nižších polohách skrytá pod vrstvou oblačnosti, a na horách nad inverzí nastávají vynikající podmínky pro sledování noční oblohy. Bohužel, zimní období je právě na horách často spojené s provozem osvětlených sjezdovek, které naopak světelné znečištění zhoršují.

O stupínek horší než na Šumavě, ale přesto poměrně tmavou noční oblohu najdeme na několika dalších místech – např. v CHKO Český les nebo oblasti mezi Jindřichovým Hradcem a Znojmem. Jako vodítko může sloužit výše zmíněná [mapa světelného znečištění](#).

Za účelem ochrany nočního prostředí, ale především informování široké veřejnosti a zvyšování povědomí o problematice světelného znečištění, vytvořila v roce 2006 International dark-sky association (IDA) program oblastí tmavé oblohy – systém certifikace (a zároveň ocenění) míst, kde je zachovalé noční prostředí, která se zaváží toto prostředí chránit a řídit se zásadami šetrného osvětlování. Kritéria pro udělení certifikace v několika kategoriích jsou poměrně přísná a dbá se zejména na to,

Ani přírodní noční obloha není úplně černá. K jejímu přirozenému jasovi přispívá zejména sluneční světlo rozptýlené na meziplanetárním prachu (sem patří i zvětrníkové světlo, protisvit a zodiakální most – jevy běžně viditelné z velmi tmavých míst, ale u nás už vzácné), přirozené záření excitovaných svrchních vrstev atmosféry (airglow), rozptýlené světlo hvězd a souhrnný svit vzdálených kosmických objektů, příliš slabých na to, aby je bylo možné pozorovat jednotlivě. Při pohledu ze Země tak jas noční oblohy nikdy neklesá pod $1,7 \cdot 10^{-4}$ cd.m⁻². Ve velkých městech však jas noční oblohy dosahuje vlivem světelného smogu i více než dvacetinásobku přirozené hodnoty.



Světelné bomby. Průmysl představuje významný zdroj světelného znečištění. Nevhodně nasměrované / špatně cloněné světlomety posílají enormní množství světla do širokého okolí, zcela zbytečně. Takový zdroj je viditelný na vzdálenost mnoha desítek kilometrů. České dráhy a Plzeňská teplárenská, Plzeň. Foto: Michal Bareš

aby byl závazek péče o noční prostředí a šetrné osvětlování skutečně naplňován a nešlo jen o prázdnou proklamaci, která je v praxi ignorována. Mnohé takto oceněné lokality využívají publicity a značky spojené s certifikací k rozvoji specifického druhu turistického ruchu, který je spojený právě s nočními zážitky.

V ČR bohužel nemáme žádnou lokalitu certifikovanou IDA, ačkoliv bychom i zde našli místa, která by kritéria bez problémů splňovala. Jako problematická se však ukazuje ochota provozovatelů veřejného osvětlení (tedy zejména obcí) zavázat se k šetrnému osvětlování. Přesto našel nápad jako takový odezvu i u nás a Česká astronomická společnost se rozhodla k podobné, byť pouze lokální a ne tak propracované aktivitě, a na několika místech byla vyhlášena tzv. Oblast tmavé oblohy. Tyto oblasti se vyznačují na místní poměry zachovaným nočním prostředím s dobrými podmínkami pro pozorování noční oblohy a tím, že místní obce a organizace deklarovaly společný zájem na zachování tohoto stavu. Nejedná se ovšem o závazek a vše je založeno čistě na dobré vůli zúčastněných.

Jedním z důvodů toho, proč umělé světlo poškozují noční prostředí na tak velké vzdálenosti, je jeho nevhodné směřování. Každé, i sebelepší osvětlení způsobuje svě-

telné znečištění – jednoduše proto, že část světa se odráží od osvětlovaného povrchu do okolí, tomu se nedá zabránit. Světlo namířené dolů na zem se však odráží především vzhůru, do směru vysoko nad horizontální rovinu a následně poměrně rychle uniká mimo atmosféru. Jen jeho menší část se odráží do směru těsně nad horizontální

rovinu, kde je navíc efektivně blokována okolní vegetací, zástavbou a terénem.

Bohužel, mnoho svítidel vyzařuje přímo do směru blízkých horizontální rovině, a kvůli tomu, že svítidla bývají umístěná nad okolním terénem, je toto světlo mnohem méně blokováno než světlo odražené od země. V téměř horizontálním směru se pak světlo šíří atmosférou desítky až stovky kilometrů, během kterých dochází k jeho rozptýlu a poškozování noční oblohy i na místech, která jsou poměrně vzdálená. Obzvláště problematické jsou v tomto ohledu výkonné průmyslové světlomety, nakloněné tak, aby osvětlovaly co největší prostor. To nutně vede k vyzařování světla právě do kritických směrů a poškozování noční oblohy a krajiny v širokém okolí, takový zdroj světla se totiž stává dominantním prvkem velkého území (viz obrázky).

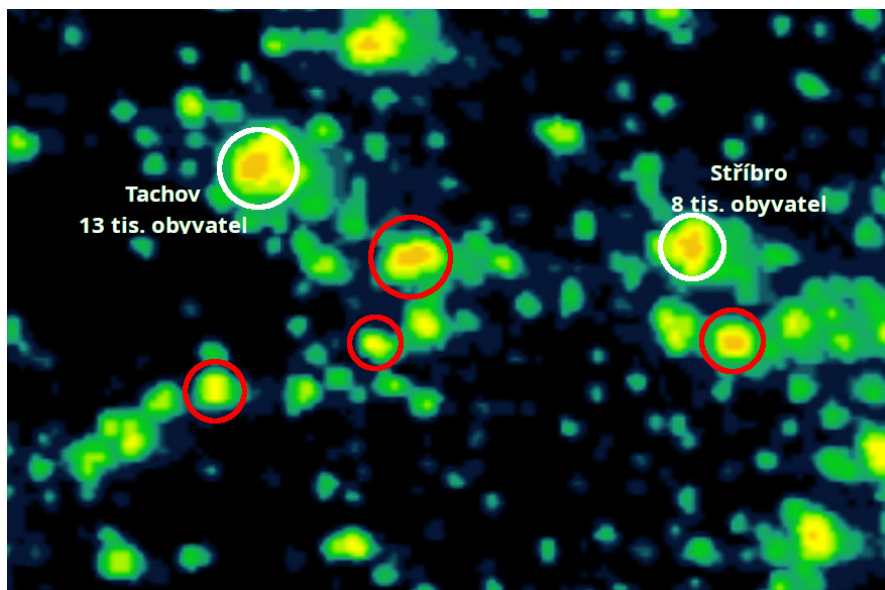
Velkým problémem se stává nárůst umělého osvětlení na místech mimo urbanizovanou území, kde bylo ještě donedávna poměrně zachovalé noční prostředí. Obří sklady rostoucí kolem dálnic produkují tolik světla jako menší města, zemědělské provozny na venkově využívají stále výkonnější světlomety, celonoční nasvětlování vesnických kostelů a kapliček je novou módou a ani sportovní, zábavní a ubytovací zařízení na horách, ale i jinde často ohled na své okolí příliš neberou. Ze stavu, kdy byla v noci přirozeně tma, kterou občas narušilo osvětlené lidské sídlo, se tak dostáváme



Je tohle ještě noc? Umělé světlo odrážející se od oblačnosti a sněhové pokrývky zcela změnilo podobu noční krajiny. Beskydy. Foto: Jan Kondziolka

do situace, kdy je osvětlení téměř všude, a vzácné se stávají naopak ostrůvky tmy. Moderní LED svítidla umožňují na rozdíl od starších výbojkových svítidel velmi efektivní směrování světla, a tedy i osvětlování jen těch míst, která být osvětlená mají. K tomu pak postačí menší (avšak lépe využitý) světelný tok, znamenající menší zátěž nočního prostředí. Je však nutné těchto možností skutečně využívat a vybírat varianty svítidel na míru konkrétní lokalitě a úloze. Často tomu tak bohužel není, provozovatel osvětlení zvolí jeden typ svítidla, který pak instaluje všude, bez ohledu na specifika konkrétního místa.

LED svítidla však přinášejí jiný, nový problém, a tím je barva jejich světla, respektive jeho spektrální složení. Naše oči jsou v nočním (skotopickém) režimu velmi citlivé na modrou a zelenou složku světla. Tento režim vidění se uplatňuje ve velmi tmavém prostředí, například ve zhasnutém pokoji, ve volné noční krajině nebo při pohledu na noční oblohu. Osvětlení se však běžně navrhuje na denní (fotopický) režim našeho zraku, kdy je naše citlivost k modré

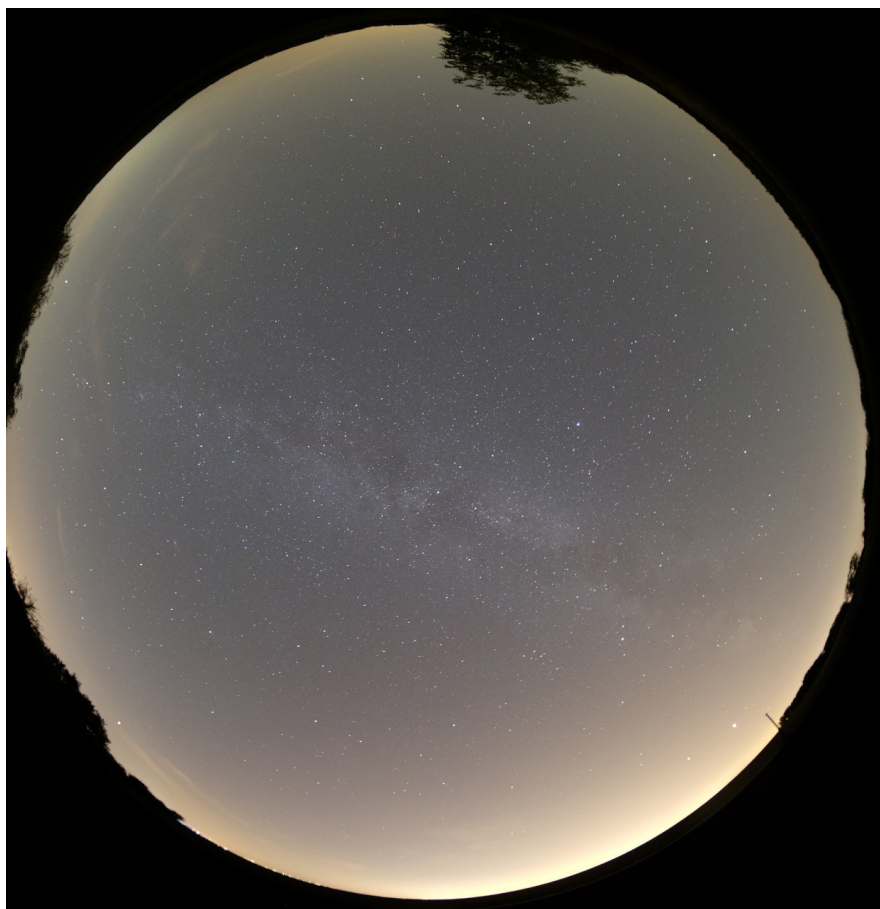


Sklady, sklady, sklady... Logistická centra mnohdy produkují tolik světla jako celé město. Okolí dálnice D5 mezi Plzní a Rozvadovem. Červené kroužky znázorňují průmyslové a skladovací areály a parkoviště. Zdroj: www.lightpollutionmap.info

výrazně nižší. Rovněž současné technické normy operují s veličinami platnými pro denní (fotopický) vidění. Dochází tak k výraznému podcenění nežádoucích vlivů

zdrojů světla bohatých právě na modrou a zelenou složku světla. Normy a výpočty v technické praxi jim přikládají malou váhu, zatímco pro náš zrak v nočním režimu jsou zásadní. Přechod z doposud používaných sodíkových výbojek se žluto-oranžovou barvou světla na bílé LED, bohaté na kratší vlnové délky světla, tak znamená zásadní zesvětlování noční oblohy, jak ji vidíme očima. Dnes velmi často používané bílé LED s CCT 4000K budí zhruba 3x větší skotopickou odezvu v porovnání se staršími sodíkovými výbojkami při stejném fotopickém světelném toku (S/P faktor). Abychom vykompenzovali negativní vliv změny barvy světla na noční oblohu, museli bychom tedy snížit celkový světelný tok o dvě třetiny! Proto by bylo vhodnější zvolit jinou cestu: LED osvětlení je dnes k dispozici v celé škále odstínů vyzařovaného světla, a to včetně velmi teplých (CCT 2200K) nebo dokonce oranžových (PC-Amber), které mají S/P faktor blízký starším sodíkovým výbojkám. Používání těchto šetrných variant by zachovalo výhody moderní technologie (efektivita, životnost, snadné řízení) a přitom neznamenal zásadní dodatečnou zátěž pro noční prostředí.

Současná legislativa bohužel neumožňuje direktivně regulovat způsob, jakým je používáno umělé osvětlení. Tma jakožto přirozená a životně důležitá součást přírody a životního prostředí není v současné době nijak chráněna a každý tak může



Na příměstské obloze tmu nehledejme. Celo-oblohový snímek, louka pod Řípem. Foto: Michal Bareš

svítit prakticky bez omezení. Na rozdíl od podobné problematiky týkající se hluku, kde existují závazné hygienické limity nebo institut rušení nočního klidu, obtěžování a poškozování životního prostředí nevhodným svícením je dosud zcela opomíjeno. Paradoxně na omezení naráží spíše člověk, který chce před umělým světlem uniknout a zažít přirozenou tmu v přírodě – mnohá chráněná území omezují pohyb a aktivity v noci mimo území obce, nedávný covidový lockdown přinesl zákaz nočního vycházení...

Velká část světelného znečištění vzniká zcela zbytečně, z nevědomosti, pohodlnosti nebo kvůli snaze za každou cenu ušetřit (na nesprávném místě). Dobrým plánováním osvětlení, jeho chytrým řízením, hodnocením variant a jejich dopadů na okolní prostředí a využitím moderních technologií je možné dosáhnout významného omezení světelného znečištění, při zachování veškerých benefitů, které nám osvětlení přináší. Pokud však nebudou provozovatelé osvětlení motivováni k ohleduplnosti ke svému okolí, je výhled do budoucna nejasný.

Na jedné straně dochází ke zvyšování technické kvality veřejného osvětlení v obcích, na druhé straně neustále roste množství světla produkované soukromým sektorem. S postupující rezidenční i komerční výstavbou se rozšiřuje i osvětlované území a dochází k fragmentaci souvislých tmavých krajinných celků. Nástup technologie LED



Na barvě záleží. Současné technické normy pro osvětlení a navazující metodika projektování a měření pracují se spektrální citlivostí oka ve fotopickém (denním) režimu. V noci však náš zrak pracuje ve skotopickém režimu, který má citlivost posunutou ke kratším vlnovým délkám. Světelný smog vytvářený světelnými zdroji vyzařujícími na kratších vlnových délkách (např. bílé LED) proto vizuálně vnímáme jako výrazně jasnější než světelný smog vytvářený např. zdroji oranžové barvy, ačkoliv z pohledu podle zavedené technické praxe jsou hodnoty osvětlení v obou případech stejné.

v osvětlování sice představuje příležitost k efektivnějšímu nakládání se světlem, ale bohužel také další výraznou zátěž nočního prostředí plynoucí z velkého podílu kratších vlnových délek ve spektru dominantně používaných variant svítidel.

Ve městech a jejich blízkém okolí nikdy nebude úplná tma – umělé světlo je součástí moderní společnosti a neobejdeme se bez něj. Měli bychom však usilovat o to, aby vliv umělého osvětlení na okolí byl co

možná nejmenší, a tento zájem na ochraně přírody zakotvit i legislativně. Jen tak lze zajistit účinnou ochranu nočního prostředí ve volné krajině a také záchranu míst, kde se noční nebe ještě stále podobá tomu přírodnímu. Hvězdná obloha bez světelného smogu je jedna z vůbec nejpůsobivějších scénérií, kterou nám příroda nabízí a byla by nesmírná škoda, kdybychom jí nadobro ztratili.

