

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra rozvojových a enviromentálních studií



Světelné znečištění a možnosti jeho snižování v EU

Vedoucí práce: Mgr. Tereza Nováková

V Olomouci 2023

Eva Kettnerová

Bibliografické identifikační údaje

Autor (osobní číslo):	Eva Kettnerová (R200389) Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého
Název práce:	Světelné znečištění a možnosti jeho snižování v EU
Studijní obor:	Mezinárodní rozvojová a environmentální studia
Vedoucí práce:	Mgr. Tereza Nováková
Akademický rok:	2022/2023
Počet stran:	64
Abstrakt:	<p>Bakalářská práce se zabývá zdroji světelného znečištění a jejich negativními dopady na zdraví lidí, živočichů a rostlin. Světelné znečištění ovlivňuje noční krajinu umělým světlem. Umělé světlo je svým spektrálním složením podobné dennímu světlu a tím narušuje biologické hodiny člověka, živočichů a rostlin. Za znečištění se označuje svícení na místa, kde pro to není důvod, typicky na nebe, či do volné krajiny. Nesprávným osvětlováním se navíc spotřebovává více elektrické energie a v současné situaci energetické krize je velmi nákladné. Cílem mé bakalářské práce je analyzovat přístupy ke snižování světelného znečištění v Evropě.</p>
Klíčová slova:	světelné znečištění, LED technologie, lidské zdraví, biologické hodiny, Evropská unie

Bibliographic identification data

Author: Eva Kettnerová (R200389)

Faculty of Science, Palacky University

Title of Thesis: Light pollution and options for reducing it in the EU

Field of study: International Development and Environmental Studies

Supervisor: Mgr. Tereza Nováková

Academic Year: 2022/2023

Number of Pages: 64

Abstract: The bachelor's thesis deals with the sources of light pollution and their negative effects on the health of people, animals and plants. Light pollution affects the night landscape with artificial light. Artificial light is similar in its spectral composition to daylight and thus disrupts the biological clocks of humans, animals and plants. Pollution refers to lighting in places where there is no reason for it, typically the sky or the open landscape. Improper lighting also consumes more electricity and is very costly in the current situation of energy crisis. The aim of my bachelor's thesis is to analyze approaches to reducing light pollution in Europe.

Keywords: light pollution, LED technology, human health, biological clock, European Union

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Terezy Novákové a s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

V Olomouci

Eva Kettnerová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Mgr. Tereze Novákové, za trpělivost a profesionální přístup při zpracovávání práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eva KETTNEROVÁ**
Osobní číslo: **R200389**
Studijní program: **B0588A330001 Mezinárodní rozvojová a environmentální studia**
Téma práce: **Světelné znečištění a možnosti jeho snižování v EU**
Zadávací katedra: **Katedra rozvojových a environmentálních studií**

Zásady pro vypracování

Bakalářská práce se zabývá zdroji světelného znečištění a jejich negativními dopady na zdraví lidí, živočichů a rostlin. Světelné znečištění ovlivňuje noční krajinu umělým světlem. Umělé světlo je svým spektrálním složením podobné dennímu světlu a tím narušuje biologické hodiny člověka, živočichů a rostlin. Za znečištění se označuje svícení na místa, kde pro to není důvod, typicky na nebe, či do volné krajiny. Nesprávným osvětlováním se navíc spotřebovává více elektrické energie a v současné situaci energetické krize je velmi nákladné. Cílem mé bakalářské práce je analyzovat přístupy ke snižování světelného znečištění v Evropě.

Rozsah pracovní zprávy: **10–15 tisíc slov**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- 1) Bennie, J., Davies, T. W., Duffy, J. P., Inger, R., & Gaston, K. J.. Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights. Scientific reports, 2014, 4.1: 1-6.
- 2) JECHOW, Andreas. Observing the impact of WWF earth hour on urban light pollution: A case study in Berlin 2018 using differential photometry. Sustainability, 2019, 11.3: 750.
- 3) MORGAN-TAYLOR, Martin. Regulating light pollution in Europe: Legal challenges and ways forward. 2015.
- 4) MŽP. Light pollution reduction measures in Europe. Working paper for the international workshop Light Pollution 2022, 2022, 1-59. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20221027/\\$FILE/Light_pollution_reduction_measures.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20221027/$FILE/Light_pollution_reduction_measures.pdf)
- 5) RAJKHOWA, Rasna. Light pollution and impact of light pollution. international Journal of Science and Research (IJSR), 2014, 3.10: 861-867.

- 6) SCHROER, Sibylle; HÖLKER, Franz. Light pollution reduction. Handbook of advanced lighting technology, 2017, 991-1010.
- 7) NARISADA, Kohei; SCHREUDER, Duco. Light pollution handbook. Springer Science & Business Media, 2013.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Tereza Nováková

Katedra rozvojových a environmentálních studií

Datum zadání bakalářské práce:

17. května 2022

Termín odevzdání bakalářské práce:

12. dubna 2023

LS.

Doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.

děkan

doc. Mgr. Zdeněk Opršal, Ph.D.

vedoucí katedry

V Olomouci dne 5. prosince 2022

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Seznam grafů	9
Seznam zkratk.....	10
Úvod	11
1. Metodologie a Cíle	12
2. Problematika světelného znečištění.....	13
2.1. SZ z astronomického pohledu	14
3. Měření světelného znečištění	15
3.1. Vizuální pozorování	15
3.2. Programy občanské vědy	17
3.3. Speciální přístroje na měření jasu	17
4. Světelné (ne)znečištění v ČR.....	19
4.1. Oblasti tmavé oblohy na území ČR.....	21
5. Světelné znečištění ve světě.....	24
6. Zdroje světelného znečištění.....	26
6.1. (Ne)úspora energie venkovního osvětlení (LED)	27
6.2. (Ne)vhodně osvětlená místa	30
7. Dopady světelného znečištění.....	34
7.1. Dopady SZ na noční oblohu	35
7.2. Dopady znečištění na noční organismy	37
7.3. Dopady znečištění na lidský organismus	39
8. Možnosti snižování světelného znečištění v EU	41
8.1. Snižování na úrovni EU	43
8.2. Opatření v jednotlivých zemích EU	45
8.2.1. Normy v evropských zemích.....	48
8.2.2. Osvětlovací příručky v evropských zemích	50
8.3. Snižování na úrovni státu a legislativa ČR	50
8.3.1. Meziřezortní pracovní skupina světelné znečištění (MPS SZ)	53
8.4. Snižování na úrovni města.....	54
Závěr	55
Zdroje	56

Seznam obrázků

Obrázek 1: Světelné znečištění.....	14
Obrázek 2: Bortleova škála tmavé oblohy.....	16
Obrázek 3: Mapa ČR se SZ.....	19
Obrázek 4: Mapa ČR s tmavými oblastmi ČR.....	20
Obrázek 5: Logo a mapa s vyznačenou hranicí BOTO.....	22
Obrázek 6: Mapa s vyznačenou hranicí MOTO.....	23
Obrázek 7: Vizualizace přechodu na LED technologii.....	27
Obrázek 8: Italské Miláno v letech 2012 a 2015.....	29
Obrázek 9: Vizualizace barevného spektra v Kelvinech.....	30
Obrázek 10: Míra SZ je důsledkem osvětlení z veřejných prostor.....	32
Obrázek 11: Ministerstvo vydalo příručku pro města a obce, jak správně využívat osvětlení.....	33
Obrázek 12: Mapa světla s vizualizací SZ.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupně SZ.....	18
Tabulka 2: Barvy SZ, které jsou použité v mapách z obrázku 2, 3, 7, 12.....	36
Tabulka 3: Přehled právních předpisů, technických norem a příruček, které jsou platné v EU.....	46

Seznam grafů

Graf 1: Pět nejméně světlem znečištěných zemích.....	25
--	----

Seznam zkratk

ALAN	Umělé světlo v noci (anglicky: Artificial Light at Night)
BOTO	Beskydská oblast tmavé oblohy
CIRES	Kooperativní institut pro výzkum environmentálních věd na univerzitě v Coloradu (anglicky: Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences at the University of Colorado Boulder)
ČAS	Česká astronomická společnost
ESO	European Southern Observatory (česky: Evropská jižní observatoř)
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IAU	Mezinárodní astronomická unie (anglicky: The International Astronomical Union)
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (anglicky: International Agency for Research on Cancer)
IDA	Mezinárodní asociace tmavé oblohy (anglicky: International Dark-Sky Association)
JOTO	Jizerská oblast tmavé oblohy
LED	Light Emitting Diodes
MPS SZ	Meziresortní pracovní skupina světelné znečištění
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
NOAA	Národního úřadu pro oceán a atmosféru (anglicky: National Oceanic and Atmospheric Administration)
RASC	Královská astronomická společnost Kanady Toronto Centre (anglicky: The Royal Astronomical Society of Canada Toronto Centre)
SDGs	Sustainable Development Goals (česky: Cíle udržitelného rozvoje)
SZ	Světelné znečištění
SQM	Sky Quality Meters

Úvod

Od dětství mě fascinovala noční obloha v mém blízkém okolí. Ovlivnil mě život na vesnici a jsem ráda, kde jsem své dětství strávila. Kdykoliv jsem byla venku s kamarády, tak nám rodiče říkali, že až se rozsvítí lampy na ulicích, tak máme jít domů. V létě byl tenhle interval delší, stmívalo se až kolem deváté hodiny večer a naopak s koncem léta a přicházejícím podzimem se interval denního světla zkracoval. Den a noc nám neurčují světla na ulicích či v domácnostech nýbrž slunce, které nás při východu vzbudí a při západu nám dá signál, že bychom se měli odebrat ke spánku.

V posledních letech si uvědomuji problematiku světelného znečištění (dále jen SZ) a to, jak narušuje biologické hodiny lidí, živočichů a rostlin. Téma mé bakalářské práce jsem si vybrala, jelikož se aktivně zajímám o životní prostředí a zejména noční obloha mě vždy fascinovala. V posledních letech si však nejde nevšimnout, že vlivem světelného smogu, je obloha jasnější. S pojmem světelné znečištění jsem se seznámila teprve před pár lety. Chtěla bych své vědomosti v této oblasti prohloubit a dozvědět se více o této problematice. Světelné znečištění je problém na globální úrovni a dopad má na lidský organismus a ekosystémy po celé planetě (Lyytimäki, 2013). Využíváním antropogenních zdrojů světla jsme si zvykli na světle znečištěné noční prostředí, které narušuje biologické hodiny u lidí, živočichů a rostlin.

Mým cílem je zjistit, jaké jsou nástroje na snižování světelného znečištění v nočních hodinách. Jeden z důsledků, proč osvětlujeme noc, je přesvědčení, že umělé světlo zvyšuje bezpečnost na silnicích a zabraňuje trestné činnosti, nicméně tohle přesvědčení není založeno na vědeckých důkazech (Falchi et al., 2016, 9). Nadměrné osvětlení v době, kdy ho není potřeba, je zodpovědné za více než jednu čtvrtinu veškeré celosvětové spotřeby elektrické energie (Globe at Night, 2023). Samostatnou kapitolu věnuji možnostem snižování světelného znečištění v EU a legislativě.

1. Metodologie a Cíle

Bakalářská práce se věnuje problematice světelného znečištění a možnostem jeho snižování v Evropské unii. Zaměřovat se bude především na poznání současného stavu světelného znečištění ve světě, jeho různých příčin, dopadů a možných způsobů jeho snížení. Cílem práce bude identifikovat hlavní zdroje světelného znečištění, zhodnotit jeho dopad na životní prostředí, lidské zdraví, ekonomiku. Práce navrhne možné strategie jeho snižování.

Bakalářská práce bude zahrnovat podrobnou analýzu existující literatury na toto téma. Informace získám formou literární rešerše¹, z knihovny UPOL a převážně z internetových a vědeckých článků, které jsou publikované v mezinárodních časopisech z *Web od Science* a *Google Scholar*.

Literární rešerše je souborem odborných informací, které jsou do sebe poskládány systematicky. Charakteristika literární rešerše v pěti bodech dle Jeráskové (2010):

- 1) Jednotlivé odstavce na sebe logicky navazují;
- 2) Využívat relevantní bibliografické odkazy v jednotném formátu;
- 3) Správné použití odborné terminologie;
- 4) Nezaujatý a konzistentní přehled dosavadního výzkumu dané problematiky;
- 5) Posledním a velice důležitým krokem je syntéza předložených informací, tj. poskytnou novou interpretaci starých poznatků nebo zkombinuje nové poznatky se starými.

Celkově cílem bakalářské práce bude zvýšení povědomí o světelném znečištění, jako významném environmentálním problému a poskytnou praktická doporučení pro jeho snížení v Evropské unii. Svými zjištěními by bakalářská práce přispěla k informování tvůrců politik a široké veřejnosti o významu snižování světelného znečištění a o možných přínosech těchto opatření.

¹ „Literární rešerše je text, jehož cílem je vytvořit kritický přehled současných znalostí o nějakém konkrétním tématu. Literární rešerše je obvyklou součástí vědecky orientované literatury a často předchází tvorbě návrhů výzkumných projektů a výběru vhodné metodiky. Základním cílem literární rešerše je přinést čtenáři aktuální přehled současné literatury o daném tématu a poskytnout podklady, z nichž je možné vyhodnotit výsledky navrženého budoucího výzkumu.“ (Jerásková, 2010)

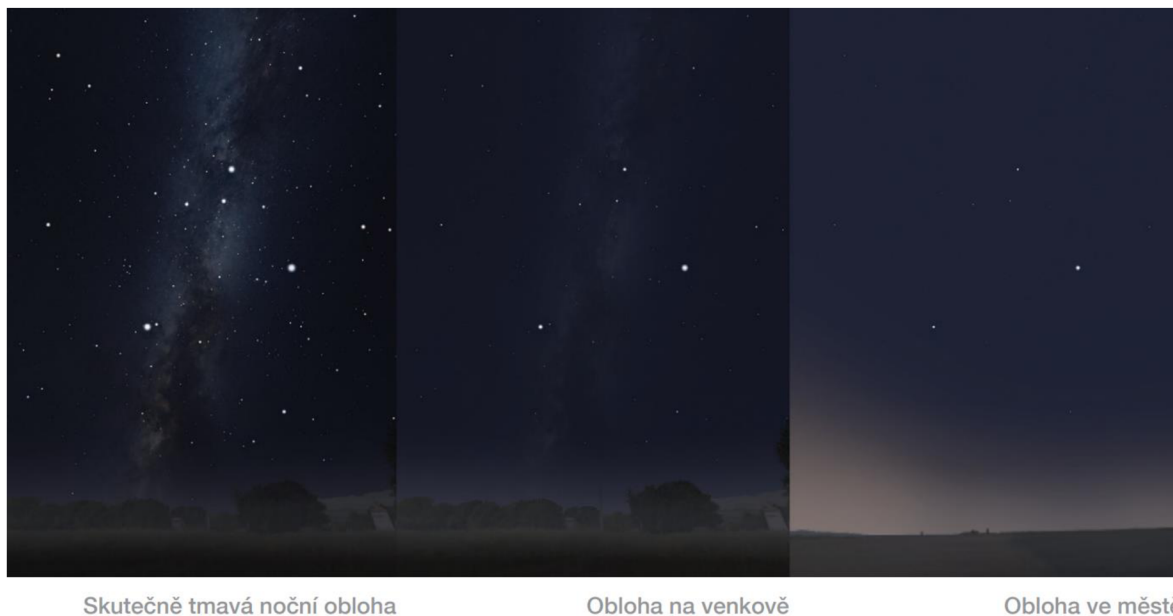
2. Problematika světelného znečištění

Definice pro světelné znečištění, či světelný smog² není. Pročetla jsem si mnoho zdrojů na téma SZ a snažila jsem se mu přiřadit jednotnou definici. Definice měly vždy lehce pozměněný výklad. Na oficiálních zahraničních stránkách Globe at Night se uvádí, že SZ představuje: „*osvětlení, které je nadměrné, nesprávně nasměrované nebo rušivé venkovní světlo.*“ Definice SZ z oficiálních českých stránek světelného znečištění (Světelné znečištění, 2023) zní: „*Souhrnné označení všech negativních jevů, které s sebou přináší umělé osvětlení.*“ Definice uvedená na stránkách Ministerstva životního prostředí: „*Každý umělý světelný zdroj a dochází k němu především směřováním světla do nežádoucích prostor (např. na nebe, do volné krajiny, oken, ale i z interiérů do vnějšího prostředí), osvětlováním mimo nutné časové období (např. osvětlení parkoviště nákupního centra mimo otevírací dobu) nebo použitím světelných zdrojů s nevhodnými spektrálními charakteristikami (bílé světlo s obsahem modré části spektra).*“

Zvýšení jasů noční oblohy je způsobeno vlivem umělých antropogenních zdrojů světla. Umělé osvětlení zvyšuje jas noční oblohy a vytváří nejviditelnější efekt světelného znečištění, jedná se o umělou zář noční oblohy (Falchi et al., 2016, 1). Jde o změnu úrovně přirozeného osvětlení ve venkovním prostředí (Cinzano et al., 2000, 1). Úrovně přirozeného osvětlení jsou dány přirozenými nebeskými zdroji, tj. Měsícem, přirozeným světelným zářením atmosféry³, hvězdami a Mléčnou dráhou. Zájem o světelné znečištění roste v mnoha oblastech vědy, od tradiční oblasti astronomie až po atmosférickou fyziku, environmentální vědy, přírodní vědy a dokonce i humanitní vědy (Cinzano et al., 2001, 689).

² Dále budu tento pojem psát pod zkratkou SZ (anglicky: light pollution).

³ Světelné záření atmosféry (anglicky: Airglow nebo Nightglow) je slabé přirozené záření svrchních vrstev atmosféry, je nejzřetelnější v rámci asi 15° od obzoru (Bortle, 2001, 1). Airglow, je během dne nepozorovatelné, protože je přezářeno slunečním zářením. V noci je lze pozorovat pouhým okem, jen při skutečně nebo přirozeně tmavé obloze.



Obrázek 1: vizualizace SZ, které postupně mění úroveň oblohy v noci na světlem znečištěnou oblohu (Osvětlující příručka, 2021, 4).

Problematika SZ je nejnápadnější ve velkých obydlených aglomeracích, jelikož se zde vyskytuje velká koncentrace umělých zdrojů osvětlení, která postupně degradují přirozenou noční oblohu.

2.1. SZ z astronomického pohledu

Lidstvo bylo vždy fascinováno hvězdami na obloze. V průběhu tisíciletí staří filozofové našli opakující se vzorce v pohybu hvězd a planet. Od té doby technologie urazila dlouhou cestu a dnes jsme schopni předvídat pohyb hvězd s vysokou přesností. Umělé zjasnění noční oblohy představuje hlubokou změnu základní lidské zkušenosti, jedná se o příležitost pro každého člověka vidět a přemýšlet o noční obloze. Dokonce i malé zvýšení jasu zdrojů umělého záření na oblohu tento zážitek zhoršuje (Falchi et al., 2016, 1). Noční obloha patří do našeho světového dědictví. V posledních desetiletích došlo k rychlému nárůstu jasu na noční obloze téměř ve všech zemích, které také zhoršilo astronomické pozorovací podmínky. Primárním zdrojem světla, který přispívá k jasu noční oblohy, je umělé osvětlení, bez ohledu na stínění svítidel nebo úsporu energie (Cinzano et al., 2000, 1; Gallaway, 2014). Bohužel Mléčná dráha je skryta kvůli SZ před více než třetinou lidstva, včetně 60 % Evropanů a téměř 80 % obyvatel Severní Ameriky (Falchi et al., 2016, 1).

3. Měření světelného znečištění

Tato kapitola se věnuje různým možnostem, pomocí kterých se dá měřit množství SZ na noční obloze. Měření jasů noční oblohy je důležité, jelikož umělé osvětlení se může šířit zemskou atmosférou⁴ až do stovky kilometrů vzdálených oblastí. Za jasných nocí má tato rozjasněná obloha za následek ztrátu viditelnosti hvězd (Hänel et al., 2018, 279). Světlo, které přichází z oblohy, se rozděluje na dvě úrovně. Na přirozený jas oblohy a na umělý jas oblohy. Úrovně přirozeného jasů oblohy jsou uvedeny v kapitole 2, patří sem např. Měsíc a hvězdy (Bortle, 2001, 1). Do úrovně umělého jasů oblohy, které zvyšují jas noční oblohy, se řadí všechny antropogenní zdroje světla. Patří sem např. veřejná osvětlení, využívající zastaralé technologie, billboardy a velké průmyslové oblasti (Cinzano et al., 2001, 689). V dnešní době, máme díky moderním technologiím více možností, pomocí kterých můžeme měřit světelné znečištění.

První možností, jak SZ můžeme změřit, je z vesmíru pomocí družic a satelitů. Družice a satelity krouží kolem planety a ve dne i v noci snímají zemský povrch. Ze satelitních snímků poznáme, v jakých částech světa je znečištění větší, a v jakých lokalitách je znečištění menší. Pomocí satelitního snímání se dobře sleduje míra SZ, která se proměňuje v čase. Ze snímku se nedá zjistit podíl jednotlivých zdrojů světlem, které způsobují SZ (Kyba et al., 2021). Druhou možností je využití např. speciálních přístrojů na měření jasů, chytrých telefonů, ale i vlastního zraku, přímo ze zemského povrchu.

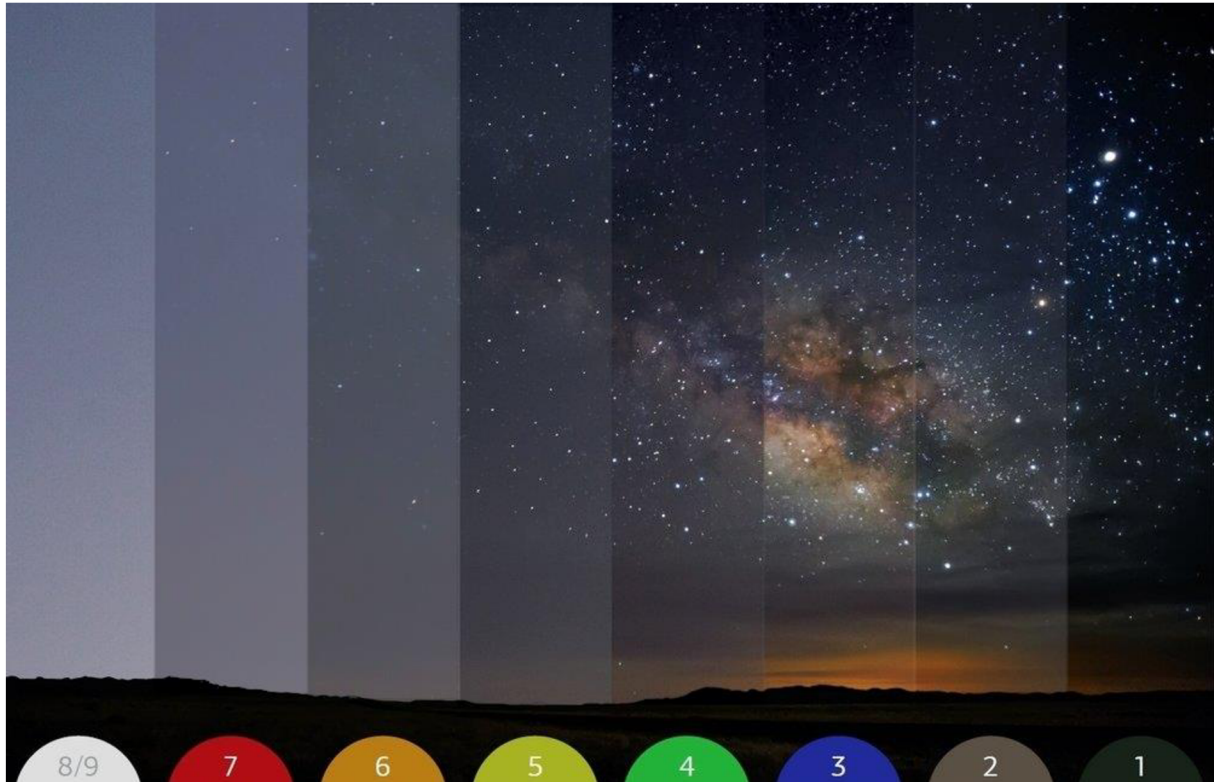
Bez ohledu na použitou metodu měření je důležité, aby se měření provádělo na více místech, a pokud možno ve stejném čase. Tohle pomůže stanovit přesnou základní hodnotu SZ, která bude sloužit pro porovnání v čase.

3.1. Vizualní pozorování

Pomocí pouhého oka nebo dalekohledu mohou pozorovatelé odhadnout jas noční oblohy. Pozorování se následně porovná se standardní tabulkou, která zobrazuje různé úrovně tmavosti. K tomuto účelu americký astronom John E. Bortle roku 2001 publikoval v časopise *Sky and Telescope* devítibodovou stupnici tmavosti oblohy, která je známá jako Bortleova škála (anglicky: Bortle scale). Třídy sahají od 1 (nejtmavší oblohy) po třídu 9 (nejjasnější obloha).

⁴ Světlo se v atmosféře šíří pomocí molekul aerosolu. Ze země můžeme tento jev pozorovat jako Skyglow (Hänel et al., 2018, 280).

Slouží pro snadnější posouzení skutečně tmavého místa, nejen pro profesionální, ale i pro amatérské pozorovatele. Bortleovým zájmem bylo, aby tahle stupnice poskytla konzistentní standard pro porovnávání pozorování (Bortle, 2001, 1).



Obrázek 2: Bortleova stupnice s odpovídajícím počtem viditelných hvězd podle škály znečištění (European Southern Observatory a Horálek, 2022).

Obrázek ilustruje Bortleovu škálu tmavé oblohy, která měří dopad SZ na tmavou oblohu v daném místě. Zleva doprava ukazuje nárůst počtu hvězd viditelných za vynikajících podmínek tmavé oblohy ve srovnání s městy (European Southern Observatory, 2022).

1. Skutečně tmavá obloha – jedná se o vynikající místo pro pozorování. Mléčná dráha je viditelná.
2. Typicky tmavá obloha – Mléčná dráha je stále viditelná, ale s menšími detaily.
3. Venkovská obloha – je přítomno určité SZ, ale Mléčná dráha je stále vidět.
4. Venkovská/příměstská obloha – SZ z měst a obcí začíná zakrývat Mléčnou dráhu.
5. Příměstská obloha – zdroje SZ jsou patrné ve všech směrech na celé obloze.
6. Světlá příměstská obloha – viditelné jsou pouze velmi jasné hvězdy a Měsíc.
7. Příměstská/městská obloha – celá obloha září světelným znečištěním, je obtížné vidět cokoliv, krom Měsíce.

8. Městská obloha – obloha září bělavě-šedou nebo oranžovou barvou. Některé hvězdy, které tvoří známé souhvězdí (Malý a Velký vůz), jsou těžko vidět nebo jsou zcela skryté.
9. Obloha uvnitř velkoměsta – nejsou vidět vůbec žádné hvězdy, kromě několika nejjasnějších v blízkosti obzoru.

První dvě třídy (skutečně tmavou oblohu a typicky tmavou oblohu) s nejlepší viditelností je v České republice nemožné spatřit (Světelné znečištění, 2023).

3.2. Programy občanské vědy

Další způsob, který můžeme využít na měření SZ, je fotoaparát na chytrém telefon. Celý proces je jednoduchý. Spočívá v tom, že si stáhneme aplikaci *Loss of the night*, funguje na IOS a Android operační systémy. Data jsou uvedena na stránkách *Globe at night*. Jedná se o mezinárodní projekt, který vznikl roku 2006. Velkou roli zde hraje veřejnost z celého světa, jednotlivci zde pomáhají přispívat údaji o jasu noční oblohy. Program *Globe at Night* údaje zpracuje a následně je vizualizují na Světové mapě jasu, která je veřejná pro všechny lidi na planetě. Výhodou je, že se měření může provádět kdykoliv a odkudkoliv, což pomáhá vědcům mapovat SZ. Nevýhodou je, že měření jsou prováděna v jediném spektru, snímky nejsou prováděny ve stejných časech, a nezkušení pozorovatelé mohou hodnotit hvězdnou viditelnost odlišně (Kyba et al., 2012, 703). Aplikace vznikla z iniciativy *Verlust der Nacht* (česky: Ztráta noci), která je finančně podporovaná rámcovým programem „Výzkum pro trvale udržitelný rozvoj“ německého ministerstva vědy a školství a městem Berlín. Zkoumá ekologické, ekonomické a socioekonomické dopady na lidské zdraví a důvody, proč míra SZ stále vzrůstá (Verlust der Nacht, 2010 – 2014).

3.3. Speciální přístroje na měření jasu

Na měření jasu se mohou využít i různé přístroje. Nejrozšířenější přístroj, pomocí kterého se dá změřit jas, je měřič kvality oblohy (anglicky: *Sky Quality Meters*; dále SQM).

Výhodou ručního zařízení SQM je, že použití je velice jednoduché (přístroj se namíří na oblohu, zmáčkne se tlačítko, přístroj párkrát zapípá a na monitoru se ukáže hodnota jasu) a poskytuje rychlé a přesné měření (Cinzano et al, 2005, 12). Výsledky jasu jsou vyjádřeny v magnitudách na čtvereční úhlovou vteřinu ($mag/arcsec^2$).

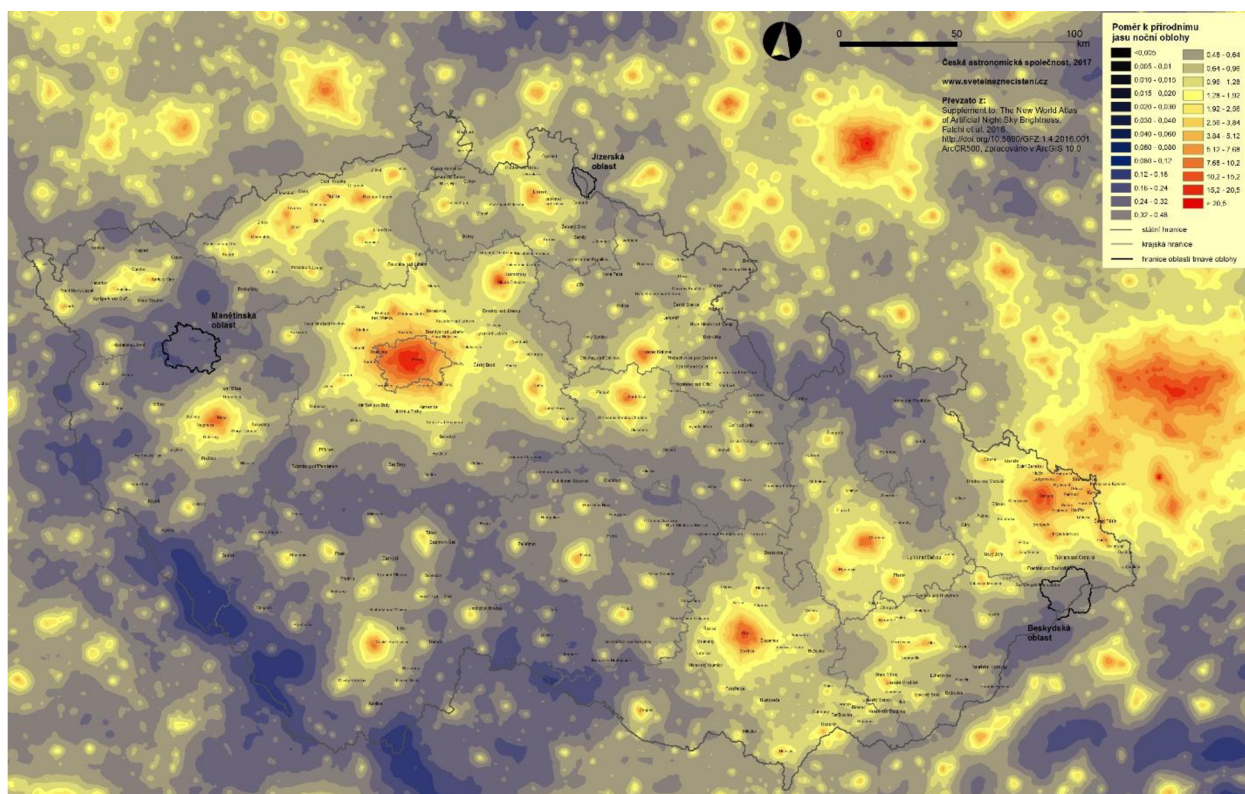
Barevné úrovně z map	Bortleova škála	SQM v $mag/arcsec^2$
Černá	1	> 21,90
Šedá	2	21,89–21,50
Modrá	3	21,49–21,30
Zelená	4	21,29–21,2
Žlutá	4–5	21,1–19,2
Oranžová	5	21,1–19,2
Červená	6–7	19,1–18,1
Bílá	8–9	< 18,00

Tabulka 1: Úrovně barev, které jsou využity v mapách 3, 7, 12, korelují s umělým zvýšením přirozené záře oblohy, které odpovídají různým třídám Bortleova škály, a rozsahem magnitud jasu oblohy v jednotkách $mag/arcsec^2$, které měří přístroj SQM (zpracováno autorem, dle Martinez-Ledesman et al., 2019, 4; Bortle, 2001).

Stupnice Bortleovy škály definuje kvalitu tmavosti oblohy v kvalitativní perspektivě. První škála odpovídá vynikající viditelnosti oblohy a poslední škála odpovídá obloze, která je znečištěna vlivem SZ z měst. U měřiče kvality oblohy (SQM) je interpretace obrácená, tzn. čím vyšší se hodnota $mag/arcsec^2$ naměří, tím je míra SZ menší a obloha je přirozenější (Kyba et al., 2011).

4. Světelné (ne)znečištění v ČR

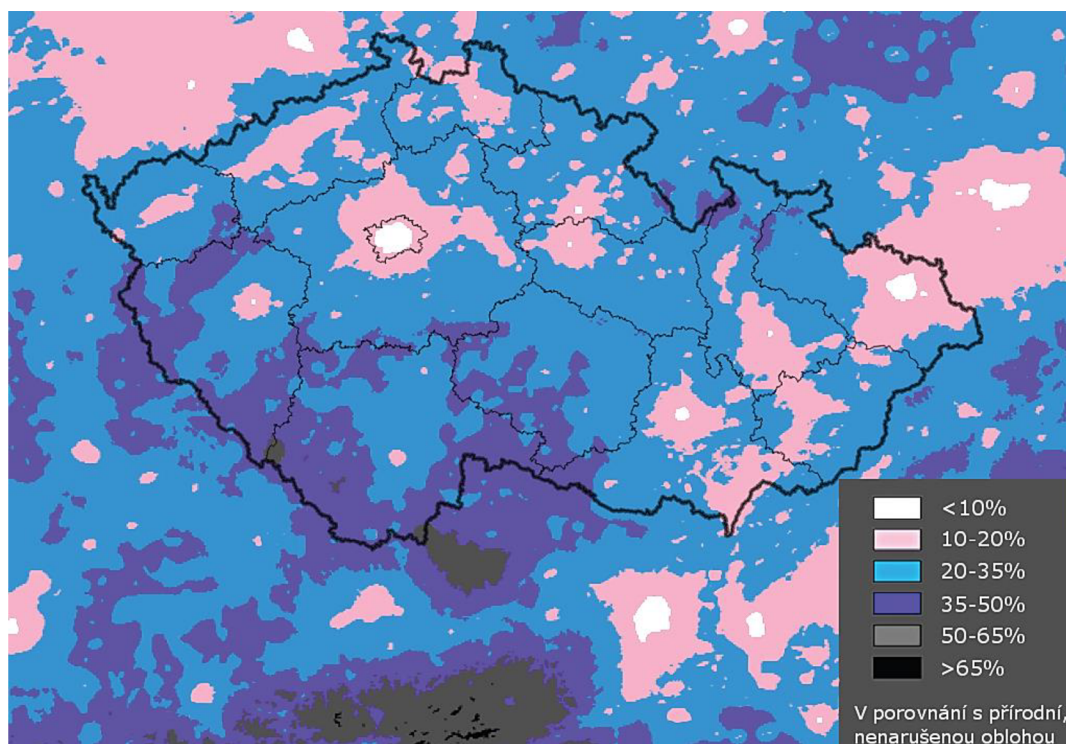
Tmy ubývá. Dnes zažít opravdovou tmavou noc, aniž by nás rušilo jakékoliv světlo, je opravdu těžké a dá se zažít pouze na několika málo místech v ČR. Tyto lokality hledá Odborná skupina pro tmavé nebe, která je součástí České astronomické společnosti (ČAS). Astronomové pomocí snímků z družic zkoumají a hledají oblast, kde je vliv velkých obydlených aglomerací co nejmenší a kde je noční prostředí co nejlépe zachované, obloha je tmavá a dají se tam pozorovat hvězdy (Bareš, 2015, 1).



Obrázek 3: Mapa světa z ArcGIS, a na ní je přenesená vrstva SZ z publikace Falchi et al., 10. června 2016 (Česká astronomická společnost, 2017). V mapě jsou vyznačeny Maněťínská, Beskydská a Jizerská oblasti tmavé oblohy.

Legenda pro obrázek 3 je uvedena v tabulce 1 a 2, kde jsou znázorněny vizualizace jasnosti s barevným rozřazením. SZ v městských centrech vytváří zářící oblohy, která může skrýt hvězdné nebe, to znamená, že čím jasnější je oblast na mapě, tím obtížnější je vidět hvězdy a souhvězdí na noční obloze. Mapa je založena na datech z publikace *The new world atlas of artificial sky brightness*, vedený týmem výzkumníků v čele s Fabiem Falchim, dále Chrisem

Elvidgem z NOAA a Kemberlym Baughem z CIRES⁵. SZ se vyskytuje převážně v městských oblastech. SZ trpí všechna velká města v ČR a přilehlé oblasti.



Obrázek 4: Mapa ČR s oblastmi, kde se vyskytuje tmavá obloha bez SZ (Světelné znečištění, 2023)

Na obrázku 4 jde vidět, že velká oblast tmavé oblohy na území ČR se převážně nachází v Národním parku Šumava. NP Šumava je zbarvena z velké části fialovou barvou a některá místa jsou i šedá. Ve fialové oblasti se vyskytuje 35 – 50% znečištění v porovnání s přírodní, nenarušenou oblohou. Šedá oblast je na tom o něco lépe, co se týká SZ. V porovnání s nenarušenou oblohou, se zde vyskytuje 50 – 65% znečištění a zdroje umělého osvětlení z obydlených aglomerací ovlivňují oblohu i v okolních oblastech. Bohužel Národní park Šumava není na seznamu oblasti tmavé oblohy. Proto, aby byl park zapsán na seznam, je nutné, aby zde byla podpora od místních obyvatel, obcí a popřípadě dalších místních sdružení (Bareš, 2013). Roku 2009 byla založena Jizerská oblast tmavé oblohy, potom se k ní přidala roku 2013 Beskydská oblast tmavé oblohy a v následujícím roce 2014 ve spolupráci

⁵ CIRES (Kooperační institut pro výzkum environmentálních věd) spolupracuje s NOAA (Národního úřadu pro oceán a atmosféru) na Univerzitě Boulder v Coloradu, pracují s vědci v oblasti životního prostředí, jejich cílem je pochopení dynamického systému Země, včetně vztahů lidí k planetě již od roku 1967.

s místními obcemi a některými občanskými sdruženími byl vyhlášen Projekt Manětínské oblasti tmavé oblohy. Projekt tmavé oblohy slouží k tomu, aby šířil mezi veřejností osvětu ohledně SZ a zároveň informuje návštěvníky o tom, že v místě je noční obloha ještě zachovaná a kdokoliv sem přijede, stráví zde noc, si může vychutnat krásu noční oblohy, aniž by ho rušila větší míra SZ (Bareš, 2013, 2).

4.1. Oblasti tmavé oblohy na území ČR

Oblastí tmavé oblohy se může stát park, či rezervace. Na území ČR vznikly oficiálně tři oblasti tmavé oblohy, do budoucna by se k nim mohla přidat čtvrtá oblast tmavé oblohy⁶. Oblasti jsou vyhlášeny na základě požadavku od partnerských institucí a po dohodě se starosty přilehlých obcí. Zakládající listinou je memorandum⁷. Z tohoto hlediska všechny strany přistupují k ochraně nočního prostředí dobrovolně. Dohoda na základě memoranda nemá žádnou právní závaznost ani vymahatelnost (Jizerské oblast tmavé oblohy, 2009; Manětínská tma, 2014-2022; Beskydská oblast tmavé oblohy, 2023).

V zájmu všech oblastí tmavé oblohy je informovat veřejnost o zachování nočního životního prostředí, vzdělávat v oblasti této problematiky a propagovat ochranu nočního životního prostředí. Z tohoto důvodu jsou u všech vstupů do oblastí umístěny informační tabule (Česká astronomická společnost, 2023).

První mezinárodní oblastí tohoto druhu na světě se stala Jizerská oblast tmavé oblohy (dále: JOTO), která vznikla v rámci Mezinárodního roku astronomie 2009. Založení přišlo z iniciativy Astronomického ústavu Univerzity ve Vratislavi v Polsku roku 2008. Za účelem informační kampaně vznikla česko-polská webová stránka (Jizerské oblast tmavé oblohy, 2009). Hranice byly zvoleny tak, aby vedly po hřebenech, oblast se rozkládá podél horního toku řeky Jizerky na území dvou států. Na české straně se nachází obec Jizerka a na polské straně osada Orle a Chatka Górzystow (Suchan et al., 2009). Velikost oblasti činí 75 km² a průměrná nadmořská výška je 800 m. n. m. Pozorovací podmínky a tmavost oblohy jsou

⁶ Podyjská oblast tmavé oblohy (POTO) zatím není oficiálně vyhlášena, memorandum vzniklo na podzim roku 2016 ve Znojmě. Podepsala ho správa parku, Česká a Znojenská astronomická společnost, a čeká se ještě na podpisy od starostů z přilehlých obcí. Dle memoranda by oblast měla sahat na celé území Národního parku Podyjí (Správa Národního parku Podyjí, 2016).

⁷ Memorandum je písemný neformální záznam, který vyjadřuje určitý požadavek, ať už mezi různými institucemi, anebo ze strany občanů (McNeill, J. H., 1994).

velice dobré, je zde dobře viditelná Mléčná dráha. Na Bortleově škále tmavosti oblohy se JOTO řadí do čtvrté třídy, již je charakteristická pro venkovskou/příměstskou oblohu. Velkou roli zde hraje nadmořská výška a hřebeny hor, které brání přicházejícímu umělému světlu z velkých měst (Bareš, 2013, 2).

Do oblasti tmavé oblasti se jako druhá po JOTO zapsala Beskydská oblast tmavé oblohy (dále: BOTO). Oblast spadá do CHKO Beskydy a CHKO Kysuce. BOTO byla založena na jaře 2013 a iniciativa přišla od skupiny mladých lidí, kteří se aktivně zajímají o SZ. Pozorovací podmínky a kvalita oblohy jsou stejně jako u JOTO velice dobré, i přes fakt, že ve vzdálených oblastech se nacházejí hustě obydlené aglomerace s průmyslovými oblastmi na Ostravsku. Na Bortleově škále se za dobrých astronomických podmínek tmavost oblohy pohybuje mezi třetí a čtvrtou třídou (Bareš, 2013, 3). BOTO oslavila tento rok krásné desáté výročí od svého založení a ve čtvrtek 2. března 2023 se konala tisková konference v chatě Švarná Hanka na Gruni.



Obrázek 5: Logo a mapa s vyznačenou hranicí BOTO (Česká astronomická společnost, 2014).

BOTO se nachází na česko-slovenské hranici. Celková rozloha oblasti činí 308 km² a nejvyšším bodem je Lysá hora s 1 323 m n. m. (Beskydská oblast tmavé oblohy, 2023). BOTO a JOTO zasahují na území více států a obě oblasti se řadí mezi světový unikát (Bareš, 2013, 3).

Jako třetí se do oblastí tmavé oblohy přidala 15. září 2014 Manětínská oblast tmavé oblohy (dále: MOTO). O založení tmavé oblasti se postarala skupina astronomů

z České astronomické společnosti (ČAS) a Hvězdárna Plzeň. MOTO má dva unikátní prvky. Prvním je, že do memoranda navíc vepsali specifika zásad šetrného osvětlení. Druhým unikátním prvkem MOTO je, že se nejedná o oblast, která se nachází v oblasti CHKO a je v blízkosti velkých obydlých aglomerací (Manětínská tma, 2014-2022). Na Bortleově škále tmavosti oblohy se MOTO zařazuje do třídy 3 až 5.



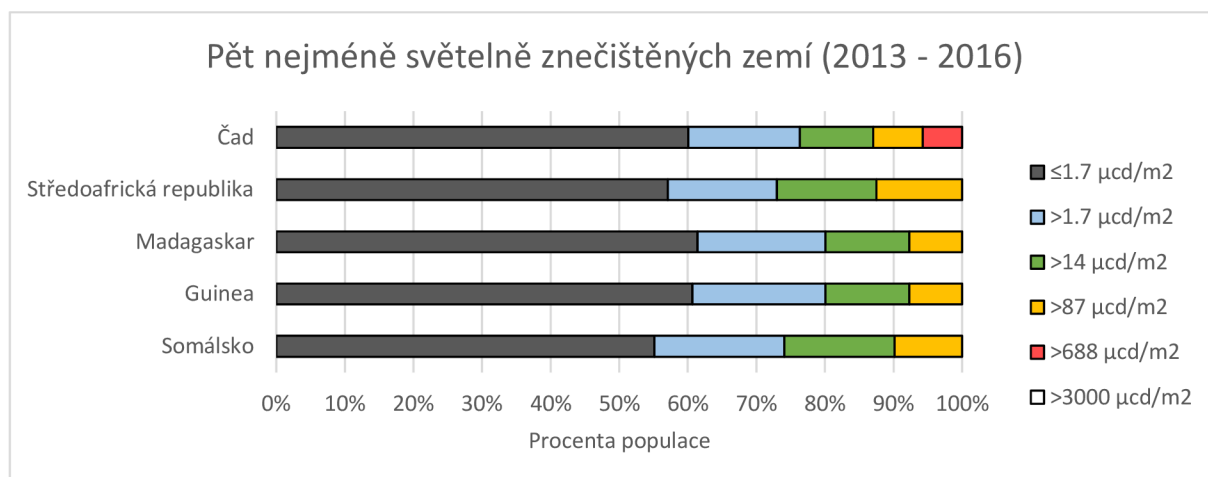
Obrázek 6: Mapa s vyznačenou hranicí MOTO (Manětínská tma, 2014-2022)

Oblast se nachází na pomezí Plzeňského a Karlovarského kraje, na celém projektu se podílí katastry deseti obcí. Oproti BOTO a JOTO se oblast MOTO nenachází na území chráněných krajinných oblastí, ani mezi pohraničními horami. Tím se stává MOTO snadno dostupná pro širokou veřejnost. Celková rozloha činí 346 km², a je největší oblastí tmavé oblohy v ČR (Manětínská tma, 2014-2022).

5. Světelné znečištění ve světě

Jedna z největších neziskových organizací, která se začala zajímat o SZ, se nazývá *Mezinárodní asociace tmavé oblohy* (anglicky: *International Dark-Sky Association*, dále: IDA). Buduje povědomí o hodnotě tmavé oblohy a o potřebě instalovat kvalitní venkovní osvětlení. Po celém světě podporuje legislativní úsilí v mnoha zemích o omezení SZ. Jejich cílem je chránit astronomické i amatérské observatoře, životní prostředí občanů. S tím je spojeno i vnímání vesmíru a zároveň se díky těmto opatřením šetří energie, peníze a zdroje. Pracovní skupina *Komise padesáti mezinárodních astronomických unií* aktivně pracuje na zachování astronomické oblohy a hledá prostředky k omezení světelného znečištění, a to prostřednictvím legislativy, předpisů a dalších metod na všech úrovních řízení od národních orgánů až po regionální a místní organizace (International Astronomical Union, 2023). Tato pracovní skupina se zrodila po IAU⁸ enviromentálním sympoziu, které se konalo ve vídeňském organizačním centru OSN v polovině července roku 1999 (Cinzano et al., 2001, 701). Konference měla připomenout, že vesmír byl definován jako oblast, kterou bychom měli chránit před nepříznivými změnami všech druhů a v rámci zachování přírodní oblohy bylo doporučeno, aby členské státy jednaly s cílem omezit veškeré typy znečištění, mezi něž se zahrnuje i světelné znečištění.

⁸ Mezinárodní astronomická unie (anglicky: *The International Astronomical Union*) byla založena 1919. Podporuje a chrání astronomickou vědu, včetně výzkumů, vzdělání a rozvoje prostřednictvím mezinárodní spolupráce.



Graf 1: Vpravo jsou zobrazené barevné rozsahy, které označují úroveň SZ v mikroandelách (dle Falchi et al., 2016, 12).

Když se podíváme na SZ z globálního hlediska, tak ve studii Falchi et al. (2016), jsou uvedeny země, kde je obyvatelstvo vystaveno nejmenšímu SZ a na druhé straně země, kde je nejvíce SZ.

Země s populací, která je nejméně ovlivněná SZ, jsou Čad, Středoafriická republika, Madagaskar, Guinea a Somálsko. Více než tři čtvrtiny obyvatelstva zde prožívají výsady života pod nedotčenou tmavou oblohou. Země s nejméně znečištěnými oblastmi jsou Grónsko – pouze 0,12 % jeho rozlohy má oblohu ovlivněnou SZ (Falchi et al., 2016, 5). Na druhé straně je světlem nejvíce znečištěnou zemí Singapur, kde celá populace žije pod oblohou tak jasnou, že se oko nemůže plně přizpůsobit nočnímu vidění. Další země, které zažívají tuto úroveň světelného znečištění, jsou Kuvajt, Katar, Spojené arabské emiráty, Saúdská Arábie, Jižní Korea, Izrael a ze zemí EU se zde například vyskytuje Španělsko a Malta, kde je více než polovina obyvatel ovlivněna světelným znečištěním.

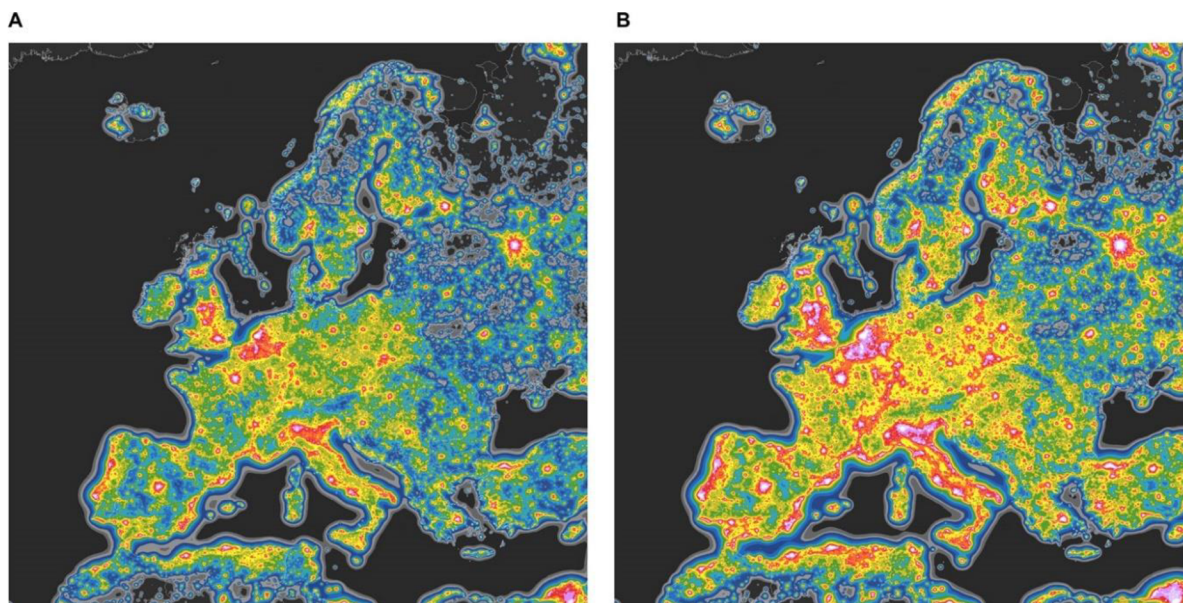
SZ není omezeno jen na rozvinuté země, ale jedná se spíše o globální problém, který postihuje téměř všechny země světa (Cinzano et al., 2001, 701). Tuhle myšlenku potvrdil Falchi ve studii z roku 2016, který pracuje a navazuje na První světový atlas Cinzana z roku 2001. Hänel et al. (2018); Kyba et al. (2021), potvrzují, že ve většině zemí žije více než polovina obyvatel pod extrémně jasnou oblohou.

6. Zdroje světelného znečištění

Od 18. století lidstvo došlo k revoluci v poskytování umělého světla řadou inovací v oblasti spotřebičů, paliv a infrastruktury. Umělé zdroje osvětlení nám vládnou od zavedení žárovky na konci 19. století. Tyto inovace umožnily uspokojit rostoucí požadavky hospodářského rozvoje umělého osvětlení za velice nízké náklady (Fouquet et al., 2006). Emise umělých zdrojů světla se zvyšují ve všech zemích po celém světě (Berry, 1976, 111; Cinzano et al., 2001, 701; Kyba et al., 2021, 190). Mezi bohatými národy existují výrazné rozdíly, pokud jde o využití světla a emise světla na obyvatele. Mezi lety 2012 a 2016 se každý rok míra SZ zvyšovala o 2,2 % (Kyba et al., 2017, 1). Do jaké míry SZ způsobuje pouliční osvětlení nebo soukromé světelné zdroje osvětlení (tj. reklamní osvětlení, osvětlení parkovišť, světlo pronikající z budov ven) není známo (Kyba et al., 2021, 190). Levné a energeticky účinné světelné LED (anglicky: *Light emitting diodes*) se rozšiřují stejně rychle jako nové metody výroby elektrické energie. V současnosti je svět pohlceno solárními fotovoltaickými systémy, které umožňují elektrifikaci i vzdálených míst (Lyytimäki, 2013).

Potřeba splnit *Cíle udržitelného rozvoje*⁹ v oblasti změny klimatu vedla k celosvětovému nárůstu energeticky účinných světelných zdrojů, jako jsou LED, vyzařující světlo s vysokým jasem (Stone et al., 2012). LED technologie je revolucí v osvětlování a také velkou změnou v nočním osvětlování. Výhoda LED osvětlení je, že se dají jednoduše nasměrovat a v porovnání s klasickými sodíkovými výbojkami jsou účinnější a spotřebují méně elektrické energie (Bareš, 2015, 2). Plyne z toho také paradox zvýšeného využívání levného zdroje osvětlení, který povede k nárůstu umělého osvětlení v noci (jelikož není potřeba setřít energií), a tím se zvýší spotřeba energie a SZ v obydlených aglomeracích, které ovlivní tmou i v odlehlých místech (Bareš, 2015, 2; Berry, 1976, 114; Cinzano et al., 2001).

⁹ Cíle udržitelného rozvoje (SDGs; anglicky: *Sustainable Development Goals*) obsahují 17 globálních cílů přijatých Organizací spojených národů v roce 2015. Cílem je chránit lidi, planetu a zajistit prosperitu pro všechny do roku 2030. SDGs jsou důležité, protože poskytují společnou vizi udržitelné budoucnosti. Tím, že se pracuje na dosažení cílů, vytváří se lepší svět pro všechny lidi a budoucí generace (United Nations, 2023).



Obrázek 7: Obrázek A vizualizuje umělou jasnost oblohy. Obrázek B vizualizuje předpověď umělé jasnosti oblohy po přechodu na technologii LED (4000 K) (Falchi et al., 2016, 5). Tabulka 2 vysvětluje význam barevných úrovní.

6.1. (Ne)úspora energie venkovního osvětlení (LED)

Energetické náklady na venkovní veřejné osvětlení jsou velké. Riegel (1973, 125) uvádí, že úroveň venkovního osvětlení v USA roste asi o 20 % ročně, což je mnohokrát více než rychlost růstu populace. Pouliční osvětlení představuje přibližně 20 % z celkové spotřeby elektrické energie a noční venkovní osvětlení zabírá velkou část této spotřeby (Berry, 1976, 111).

Snížení spotřeby elektrické energie u venkovního osvětlení by mohlo napomoci přechodu k udržitelné společnosti, neboť snižuje potřebu skladování energie. Nebyla by potřeba vyrábět elektrickou energii skrz spalování tuhých paliv. U každého svítidla, které je založeno na technologii LED¹⁰, se může regulovat tok elektrické energie. Možnost regulace, až na malý počet výjimek ve světě, nevyužívají všichni.

¹⁰ Moderní zdroje světla jakými jsou zářivky a LED žárovky pracují na jiných fyzikálních principech, než je ohřev vláknů, a proto u nich lze dosáhnout barevné teploty vyšší než u klasických žárovek, aniž by skutečné teploty některá jejich část dosahovala. V případě LED žárovek lze mluvit o tzv. studeném světle, kdy čip produkující světlo je zpravidla jen o několik desítek stupňů teplejší než je okolní teplota.

Příkladem může být experiment v Tucsonu, USA z roku 2017, který vedl Dr. Christopher Kyba. Jeho tým provedl desetidenní test, při kterém v noci ztlumili osvětlení na 60 % výkonu. Regulace pouličních lamp umožnila městu s půl milionem obyvatel snížit svou roční spotřebu energie o více než 800 MWh ročně, což ušetří zhruba 100 000 dolarů ročně (tj. zhruba 2 201 000 korun českých ke dni 27. března 2023). Schopnost systémů řízení osvětlení „inteligentního města“ by mohla být použita jako vzor pro ostatní státy, města, obce, jež budou mít zájem o uvedení nového systému osvětlení do provozu (Kyba et al., 2021, 207). Pomocí LED technologie můžeme ušetřit spotřebu energie v případě, kdy se bude regulovat způsobem úplného vypnutí pozdě v noci, anebo se jen sníží jeho energetická a světelná účinnost, která neohrozí bezpečnost na slabě osvětlených místech tj. přechody na křižovatkách (Kyba et al., 2017, 5).

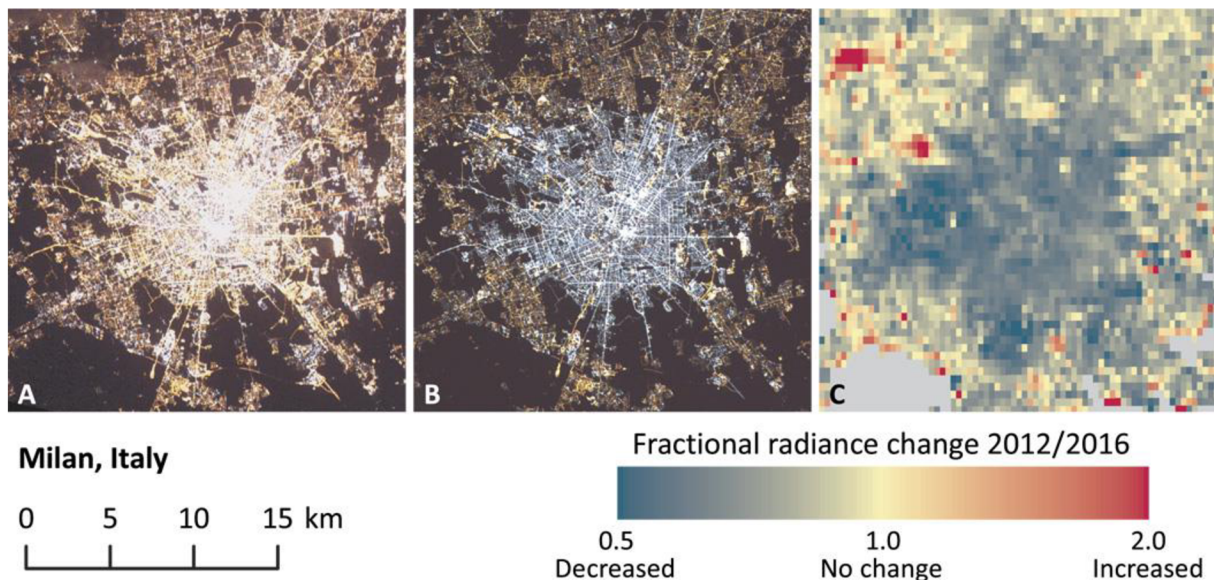
Riegel (1973) rovněž uvedl pět důvodů, které zvyšují tempo růstu SZ:

- 1) Zvětšování se měst a doprovodný růst infrastruktury a osvětlených ulic, nákupních center, průmyslových oblastí.
- 2) Strach z kriminality a přesvědčení, že osvětlení zvyšuje bezpečnost, tvrzení je vyvráceno i v mnoha studiích př. Perkins et al. (2015)¹¹.
- 3) Zvýšená účinnost moderních žárovek a překračující limity na jasnější žárovky (< 4000 K CCT¹²).
- 4) Zvýšená obchodní a rekreační aktivita v noci.
- 5) Intenzivní propagační kampaně výrobců (billboardy) a dodavatelů venkovních osvětlovacích zařízení.

¹¹ Výzkum byl prováděn v Anglii a Walesu. Ve studii od Perkins et al. (2015), nebylo prokázáno, že by vypnuté pouliční osvětlení bylo spojeno s dopravními kolizemi v noci. Nebyly nalezeny žádné důkazy o tom, že by vypnuté pouliční osvětlení bylo spojeno s kriminalitou. Většina lidí si neuvědomila, že byla pouliční světla vypnuta, jen u malé skupiny lidí, to vyvolalo strach ze tmy. Závěrem studie bylo zmíněno, že je třeba se zabývat i dalšími dopady světla v noci. např. na veřejné zdraví.

¹² Teplota chromatičnosti (anglicky: Correlated Color Temperature, dále: CCT) je ukazatelem toho, jak žlutá nebo modrá je barva světla vyzařovaného žárovkou. Měří se v Kelvinech (K) a nejčastěji se pohybuje v rozmezí 2200 až 6500 stupňů Kelvina. (Brozmanová, 2017, 19).

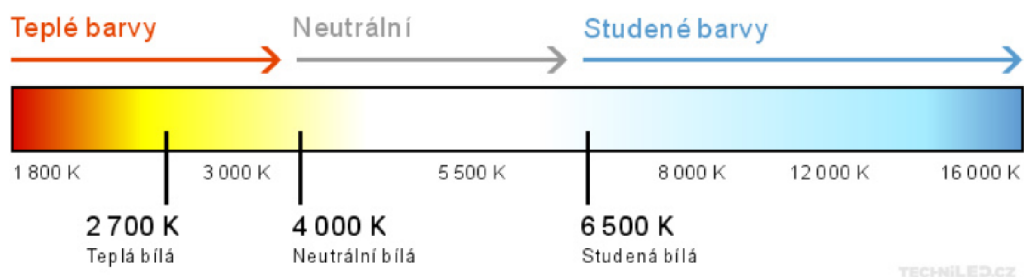
V mnoha městech realizovali výměny starších světelných zdrojů na nové LED technologie, které měly vést k úsporám nákladů. Na lokálních úrovních se projeví úspory energie, jednalo se převážně o města. V globálním a národním měřítku se projevilo zvýšení spotřeby energie a záření. Zvýšení bylo dáno instalací dostupnější LED technologie v oblastech, kde dřív technologie nebyla využívána. Z tohoto důvodu je téměř jisté, že zvýšení pozorovaného záření bude způsobeno rozšířením instalovaného světla a tím i zvýšenou spotřebou energie. Dle Christophera Kyby (2017) tenhle efekt není překvapující, jelikož snížení nákladů na LED technologie umožňuje instalaci a rozšíření využívání tohoto typu osvětlování v oblastech, které dříve byly buď bez pouličního osvětlení, anebo zapínaly světla pouze ve večerních hodinách.



Obrázek 8: Italské Milano v letech 2012 a 2015. V průběhu tří let stoupla intenzita u pouličního osvětlení ve městě a barva se změnila barva ze žluté na bílou, která je způsobena technologií LED. V odlehlých oblastech se projevilo nárůst světelných zdrojů (Kyba et al., 2017, 4).

Příklady barevných teplot světelných zdrojů v Kelvinech (Šindelář et al., 1977):

- 1200 K: světlo svíčky, které nám dává nejteplejší odstín oranžové barvy.
- 2800 K: běžné žárovky nebo slunce při východu a západu.
- 3000 K: studiové osvětlení, halogenové žárovky, LED.
- 5000 K: obvykle denní světlo, LED.
- 5500 K: fotografické blesky nebo sluneční svit v poledne, které vyzařují bílé světlo.
- 6000 K: jasné polední světlo.
- 6500 – 10000 K: studené modré světlo.



Obrázek 9: Vizualizace barevného spektra v Kelvinech (Šindelář et al., 1977)

Pro lidské oko jsou viditelné barevné teploty přibližně od 800K do 18 000K. Čím je tedy barevná teplota vyšší, tím více se mění barevný odstín od červené po modrou (Maňásková, 2011).

6.2. (Ne)vhodně osvětlená místa

Při instalaci nevhodného osvětlení si široká veřejnost, města, obce, či samostatné instituce neuvědomují dopady SZ. Je to problém většího měřítka, jelikož i menší města s menším počtem obyvatel, jež mají nainstalované špatné osvětlení, mohou ovlivnit noční přirozenou oblohu až na stovky kilometrů vzdálených míst (Cinzano et al., 2001, 701; Berry, 1976, 98). Pro veřejný prostor neexistují žádné regulace na instalované osvětlení. Problém SZ si na počátku uvědomilo jen pár lidí. Jednalo se převážně o astronomy, a to jak amatérské, tak profesionální. Pro ně je ztráta přirozeně tmavé oblohy profesně ohrožující. První měření kvality oblohy proběhlo v 70. letech 20. století. V létě roku 1974 byl založen ve městě Toronto výbor *The Sky Brightness Programme of the Toronto Centre of the*

R.A.S.C.¹³. Cílem R.A.S.C. bylo měřit a vyhodnocovat rozsah světelného znečištění a kvalitu noční oblohy ve městě Ontario (Berry, 1976, 98). Již v tomto období se trend znečištění zvyšoval meziročně o 10 %. Ještě roku 1935 byla Mléčná dráha vidět z centra města Toronto, o dvacet let později byla ztracena (Berry, 1976, 114).

Pike (1976) provedl predikci pro město Ontario na příštích pětadvacet let. Výsledkem bylo, že pokud se trend dramaticky nezmění, je zřejmé, že do konce 20. století bude předměstská a venkovská obloha ztracena za záři světelného smogu (Pike, 1976, 125). Berry (1976) uvedl, že největší vliv na zamezení růstu bude mít efektivnější využívání zdrojů světla, včetně využívání stínidel, zamezení přímého zdroje světla směrem vzhůru, tato opatření povedou i k úsporám elektrické energie. I přes tato opatření se nikdy SZ nezbavíme, určitá míra SZ bude doprovázet všechno osvětlení.

Dnešní společnost se bez osvětlení neobejde, jsme závislí na osvětleném venkovním prostředí a potřebujeme ho. Cílem omezování SZ není vypnout všechny zdroje osvětlení, ale učit, jak svítit správně a pokud možno SZ minimalizovat. V centru města nebude nikdy přirozeně tmavá obloha, proto vznikly osvětlovací příručky, které radí, jak svítit správně, jak nesvítit zbytečně na oblohu, do směrů, kde je to zbytečné, a aby se umělého světla pouštělo do nočního prostředí co nejméně (MŽP, 2021). Snižování osvětlení v nočních hodinách také potenciálně snižuje dopady samotného světla na noční životní prostředí (Bolliger et al., 2020, 45).

¹³ Centrum Královské astronomické společnosti Kanady v Torontu (anglicky: *The Royal Astronomical Society of Canada Toronto Centre*) – jedná se o největší kanadský astronomický klub, který byl založen v roce 1868. R. A. S. C. více než 900 členů. Jedná se o profesionální i amatérské astronomy.



Architektonické osvětlení



Obchodní centrum a kancelářské budovy



Osvětlení skleníků



Osvětlení bytových domů



Osvětlení sportovišť



Světelné reklamy



Osvětlení komunikací

Obrázek 10: Míra SZ je důsledkem osvětlení z veřejných prostor, tj. architektonické osvětlení, obchodní centra a kancelářské budovy, kde světlo uniká ven z budov do prostředí. Ke světelnému smogu dále přispívají osvětlení skleníků, bytových domů, sportovišť, komunikací a světelné reklamy (Jednoduchá osvětlovací příručka, 2021, 2).

Dr. Christopher Kyba (2021) prokázal malý vliv pouličního osvětlení na celkové emise SZ ve světě. Politika udržitelnosti související s venkovním osvětlením by měla brát v úvahu všechny světelné zdroje. Na obrázku 10 můžeme vidět vybrané typy osvětlení z hlavního města Prahy, které tvoří jednotlivé světelné zdroje, mají různé úhlové a barevné profily. Jedná se o osvětlené fasády, billboardy a nesprávně směřované světlomety, které tvoří větší část celkového SZ.

Na počátku roku 2017 vznikla Meziresortní pracovní skupina světelné znečištění (dále: MPS SZ) a začala se zabývat tématem SZ. Od této doby se MPS SZ podařilo toto téma uchopit a provádět patřičné kroky k edukaci a osvětě široké veřejnosti. MŽP vydalo v pořadí již druhou příručku, která má pomoci převážně obcím a městům, které mají v plánu

modernizaci a výměnu starých svítidel za nová. Příručka byla financována z MŽP a sestavena za pomoci odborníků na SZ a odborníků na světelnou techniku. Popisuje jednoduchá pravidla na správné osvětlení, která pomáhají minimalizovat negativní vlivy světla v nočních hodinách na životní prostředí a obyvatele (Jednoduchá osvětlovací příručka, 2021, 32).



Obrázek 11: Ministerstvo životního prostředí vydalo Jednoduchou osvětlovací příručku pro města a obce, jak správně využívat osvětlení (Jednoduchá osvětlovací příručka, 2021, 15).

7. Dopady světelného znečištění

Světelné znečištění označuje veškeré negativní dopady, když v noci něco nevhodně osvětlujeme. Měří se, aby se zjistil stav nočního prostředí dnes a v průběhu let na různých místech světa. Tím, že jsme my jako lidé začali svítit v noci, tak jsme narušili vzhled nočního prostředí (Falchi et al., 2016, 2). V důsledku nevhodného osvětlení se noční emise venkovního světla zvyšují ve většině světa (Kyba et al., 2021, 198). V posledních desetiletích města, obce i soukromí uživatelé světla po celém světě přešli na novou technologii osvětlení a instalovali namísto starých oranžových výbojek nové modré světelné diody. Dvacáté první století je spojeno s rozmachem LED technologie, která má představovat moderní způsob udržitelného osvětlení, jelikož má vést k úsporám energie. Evropská komise očekává, že LED osvětlení může snížit náklady na osvětlení a ušetřit až 70 % energie. Přejít na LED technologii má pomoci evropským městům, aby se stala zelenějšími (EU, 2013, 5). Nejvíce rozšířený typ je chladné modré a bílé LED světlo (Schulte-Römer et al., 2019, 2). Navzdory energetickým přínosům dopady LED světel na živé organismy nebyly pořádně otestovány (Stone et al., 2012; Kyba et al., 2021, 200).

V posledních letech se prostřednictvím interdisciplinárních výzkumů ukazuje, že ekologicky udržitelná LED světla jsou neudržitelná, jelikož zvyšují SZ, které způsobuje ztrátu jasnosti hvězd na noční obloze (Falchi et al., 2016, 2). Také experti z řad biologů a lékařů varují, že modré LED světlo narušuje biologické hodiny živých organismů a má negativní účinky na zdraví jednotlivých druhů, včetně člověka a celých ekosystémů (Schulte-Römer, 2019, 2; Kyba et al., 2021, 190).

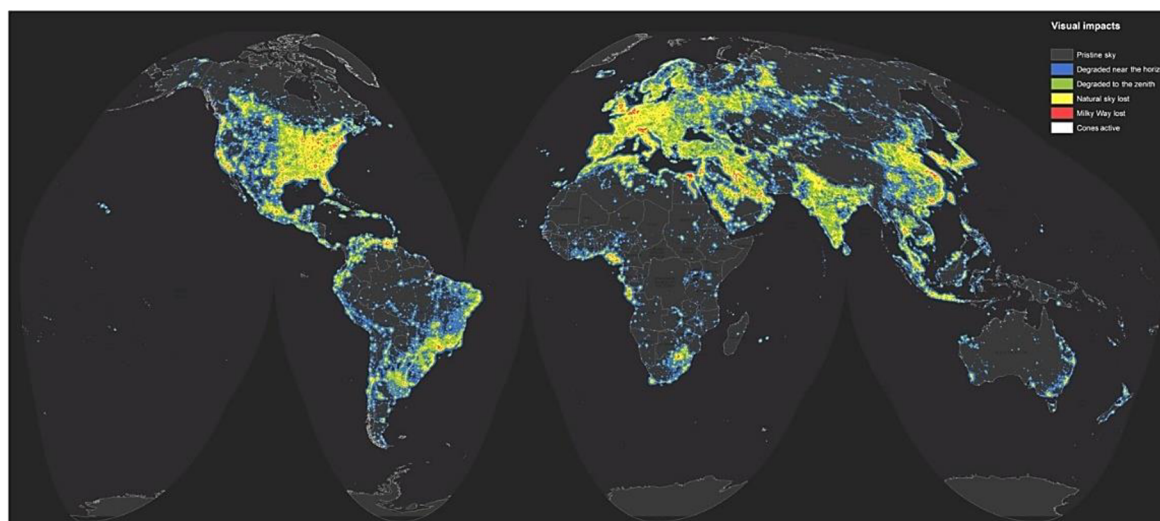
Světlo a tma určovaly rytmy od počátku života na naší planetě. Tma může vyvolat strach z něčeho neznámého, ale je to také část dne, která formovala vzorce našeho chování stejně jako denní světlo. Po staletí svět prosperovalo z těchto cyklů. Nyní je cyklus života v noci narušen kvůli SZ. Nepříznivé účinky se týkají, jak živé přírody, tak i lidského zdraví. Problém zasahuje i do oblasti bezpečnosti a plýtvání energií (International Dark-Sky Association, 2012, 6).

Dopady emisí umělého světla na životní prostředí, tj. jas oblohy a přitažlivost pro zvířata závisí jak na jeho spektru, tak i na dávce (Kyba et al., 2021, 200). Ve dne má bílé světlo větší podíl krátkých vlnových délek. LED osvětlení v noci má stejný charakter jako toto

bílé světlo, což se ukazuje jako zdraví nebezpečné pro lidi, faunu a flóru. Ve studiích se již apeluje, aby se upřednostňovaly diody s teplejším barevným spektrem (Bareš, 2015, 2). V blízké budoucnosti se zdá, že emise umělého světla do životního prostředí se budou i nadále zvyšovat (Kyba et al., 2017). Je to dáno zvýšeným využíváním levného zdroje osvětlení, který povede ke zvýšení umělého osvětlení v noci, a tím se zvýší SZ v obydlených aglomeracích, které budou ovlivňovat tmou i v odlehlých místech (Bareš, 2015, 2; Berry, 1976, 114). Světlo má výbornou funkci, a ta je, že se umí šířit atmosférou až na stovky kilometrů (Cinzano et al., 2001, 691; Berry, 1976, 114). To na dálku poškodí venkovské oblasti i noční krajinu v chráněných oblastech, jako jsou národní parky (Falchi et al. 2016).

7.1. Dopady SZ na noční oblohu

V *Novém atlase světa umělé jasnosti noční oblohy* z roku 2016 se ukázalo, že imise, které unikají směrem nahoru, tvoří většinu emisí SZ, jež pocházejí z měst. Tyto emise pochází ze špatně stíněných svítidel (Falchi et al., 2016, 2). *Nový atlas světa umělé jasnosti noční oblohy* poprvé za patnáct let ukazuje vizuální dopady znečištění, které je způsobeno antropogenními nočními zdroji osvětlení na lidskou populaci. Mnoho oblastí, které byly považovány za neznečištěné, jelikož se v oblasti nevyskytoval žádný zdroj umělého světla, vykazovaly i přesto ve studii od Cinzana z roku 2001, nezanedbatelnou úroveň umělé jasnosti. Je to způsobeno vnějším šířením světelného znečištění z umělých zdrojů osvětlení v sousedních zemích. SZ může působit až na vzdálenost 250 km z obydlených aglomerací. Tento fakt by mohl do budoucna otevřít novou kapitolu mezinárodní právní vědy (Cinzano et al., 2001, 701).



Obrázek 12: světová mapa znázorňující dopady SZ na přirozenou noční oblohu (Falchi et al., 2016, 11).

Vizualizace jasnosti s barevným rozřazením

Poměr k přirozenému jasů ($\mu\text{cd}/\text{m}^2$)	Uměly jas ($\mu\text{cd}/\text{m}^2$) ¹⁴	Bortleova škála	Barva
<0,01	<1,74	1–2	Černá
0,02–0,16	1,75–28	3	Modrá
0,17–0,64	29–111	4–5	Zelená
0,65–2,56	112–445	6	Žlutá
2,57–10,2	446–2999	7	Červená
>20,5	>3000	8–9	Bílá

Tabulka 2: Úroveň SZ, které jsou v mapách z obrázků 2, 3, 7, 12 (upraveno autorem; dle Falchi et al., 2016, 9; Bortle, 2001).

Černá barva znázorňuje světlem nedotčené nebe (respektive 1 % nad přirozeným světlem; tj. 0 až 1,7 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$). Na Bortleově škále, by to odpovídalo místu, kde je vidět Mléčná dráha, a je zde vynikající místo pro pozorování.

Modrá barva vizualizuje určité SZ, ale v zenitu je obloha bez světelného smogu (od 1 do 8 % nad přirozeným světlem; tj. 1,7 až 28 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$). V této oblasti je přítomno určité SZ.

Zelená barva vizualizuje znečištěnou oblohu degradovanou v zenitu (od 8 do 50 % nad přirozeným nočním jasnem; tj. 28 až 111 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$). Jedná se o oblasti měst, kde jsou zdroje SZ patrné ve všech směrech a Mléčná dráha je skryta.

Žlutá barva vizualizuje od 50 % nad přirozenou úroveň světla až po úroveň, kdy již není Mléčná dráha viditelná; tj. 111 až 445 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$. Jedná se o příměstskou oblohu, a celá obloha je ovlivněna SZ.

¹⁴ Kandela (cd) udává hustotu světla, který zdroj světla vyzařuje. Čím je světlo hustší, tím se zdá jasnější a intenzivnější a čím řidší, tím se zdá slabší. Kandela je veličina svítivosti, slouží ke kvantifikaci metrologických veličin a patří mezi sedm základních jednotek Mezinárodní soustavy jednotek SI (Maňásková, 2011).

Červená barva vizualizuje ztrátu viditelnosti Mléčné dráhy; tj. 445 a více jak 3000 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$. Oblast se nachází v přechodu mezi příměstskou a městskou oblohou, celá obloha zde září SZ.

Bílá barva vizualizuje velmi vysokou intenzitu nočního osvětlení, kde noční adaptace již není pro lidské oči možná; $>3000 \mu\text{cd}/\text{m}^2$. Obloha se nachází uvnitř města, nejsou zde vidět žádné hvězdy.

Zásadní zjištění ve studii bylo, že asi 83 % světové populace a více než 99 % americké a evropské populace, žije pod světlem znečištěnou oblohou (tj. kde je jas umělé oblohy v zenitu $>28 \mu\text{cd}/\text{m}^2$).

7.2. Dopady znečištění na noční organismy

Několik milionů let probíhala u organismů evoluce a adaptace na venkovní prostředí. Noční organismy tvoří přibližně třetinu všech obratlovců a více než 60 % všech bezobratlých organismů. V průběhu evoluce se u těchto organismů vyvinuly smysly, které jim umožňují být aktivní za špatných světelných podmínek. Informace o směru světla využívá mnoho organismů jako vizuální vodítko. K orientaci využívají jas a barvu světla (Schroer et al., 2016, 3). Orientace v noci je u organismů narušována od počátku 20. století umělým antropogenním světlem (Gaston et al., 2017). Vysoká intenzita pouličních světel je stejný problém jako rozptýlené umělé světlo v noci (dále: ALAN¹⁵), které se v atmosféře rozptýlí a vytvoří tzv. skyglow¹⁶. Skyglow může vést až k tisícinásobně vyššímu jas v noci, který se rozprostírá na mnohem větších plochách, než na kterou byly zvyklí organismy a rostliny během své evoluční historie (Kyba and Hölker, 2013, 1637).

Hlavním problémem umělého osvětlení je barva. LED osvětlení vyzařuje bílou, někdy až modrou studenou barvu, na rozdíl od starších sodíkových lamp, které mají spíše žlutou až oranžovou barvu. Noční přesvícení má negativní vliv nejen na hmyz, ale i na ptáky, kteří migrují za potravou. Poot et al. (2008) zjistili, že ptactvo, které migruje v noci, bylo dezorientováno a přitahovalo je modré a bílé světlo vyzařované z osvětlení.

¹⁵ Jedná se o umělé světlo v noci, které je vyzařované z elektrických zdrojů světla (anglicky: Artificial Light at Night).

¹⁶ Skyglow, anebo v českém překladu nebeská záře, je jas noční oblohy. Je to efekt světelného znečištění. Záře z umělého osvětlení je nejčastěji pozorována jako zářící kopule světla nad městy a obcemi.

Nová studie Boyes et al. (2021), která vyšla ve vědeckém časopise *Science Advances*, popisuje výzkum entomologů z britských univerzit, kteří přišli s novou metodou výzkumu. Nezkoumali světlo jako celek, ale rozdělili jej do dvou rozdílných zdrojů nočního osvětlení.

Do první skupiny patří starší sodíkové výbojky a do druhé skupiny patří nové technologie LED. I když je technologie LED energeticky úspornější a světlo dosvítí dál, tak negativně ovlivňuje živé organismy po celé planetě. Ve studii se ukázalo, že světlo neovlivňuje jen to, kterým směrem hmyz létá, ale také, kterým místům se vyhýbá. Expert na světelné znečištění a ekolog Ing. Škorpík popsal, jak funguje noční zrak u hmyzu. Hmyz využívá světelný zdroj jako bod, podle kterého se orientuje v noční přírodě. Během vývoje se hmyz orientoval v přírodě skrz přirozené světelné zdroje, které se na obloze vyskytují, např. Měsíc. Problémem jsou antropogenní zdroje světla. Jelikož se jich v přírodě nachází mnoho, tak si vyberou ten nejsilnější zdroj světla, který vidí, a jsou dezorientováni. Osvětlená noční obloha negativně ovlivňuje i reprodukční systém u hmyzu (Boyes et al., 2021). Reprodukce je úzce spojena s přirozenými světelnými zdroji. Problémem je umělé světlo v noci (zejména při vysokých úrovních), které může ovlivnit reprodukci. Při kladení vajíček potřebuje hmyz co největší tmu. Hmyz má na sítnici speciální vrstvu buněk, pomocí které vnímá světlo v noci mnohem lépe než člověk. Světelný smog, i v malé míře, ovlivňuje kladení vajíček hmyzu (Škorpík, 2020, 10). Výsledky studie (Boyes et al., 2021) prokázaly, že ve vybraných lokalitách s pouličním osvětlením se vyskytovalo až o polovinu méně housenek hmyzu. Počet vajíček ubýval, když se vědci přibližovali ke zdroji osvětlení. Studie (Boyes et al., 2021) prokázala rozdíly mezi teplým světlem ze sodíkových výbojek a studeným světlem z LED osvětlení. LED osvětlení funguje u hmyzu jako tzv. světelná bariéra. Je to díky krátkým vlnovým délkám, které blokují u samic proces kladení vajíček. Hmyz je druhově nejbohatší skupinou organismů na světě, a zároveň nejrychleji mizející. Tento problém se dotýká i celých ekosystémů, se kterými je hmyz pevně spjat (Škorpík, 2020, 11).

7.3. Dopady znečištění na lidský organismus

Použití umělého osvětlení v noci nám přineslo výhody, ale jak se ukazuje v posledních letech, SZ nám přináší značné problémy. Narušili jsme přirozené světelné cykly, které se dělí na denní, sezonní a lunární. Hlavní funkce přirozených cyklů je načasování mnoha biologických aktivit. Vytvořili jsme civilizační produkt, který se nazývá SZ. Škodí všem živým organismům, včetně lidí (Gaston et al., 2017, 51). Umělé světlo je tu od 80. let 19. století, kdy se rozsvítily první elektrické světelné zdroje, ale nikdo v té době netušil, jaký dopad to bude mít ve 21. století (Škorpík, 2020, 10). Dnes je SZ látkou, která znečišťuje životní prostředí a ovlivňuje lidské zdraví (Kyba et al., 2017). Umělé noční osvětlení ovlivňuje spánkový režim nejen lidí, ale i zvířat. Většina výzkumů byla dosud provedena na lidech.

Z fyziologických mechanismů umělé světlo ovlivňuje zejména produkci důležitého hormonu melatoninu¹⁷, působením krátkovlnného světla tj. LED. Tohle tvrzení se dá rozšířit obecněji i na savce a pravděpodobně i na mnoho jiných tříd obratlovců (Gaston et al., 2017, 59). Nadměrné vystavení umělému světlu v nočních hodinách může mít negativní vliv na spánek a zdraví. Může ovlivnit naši náladu, chování a náš cirkadiánní biorytmus, tj. biologické hodiny, které jsou dány přirozenými cykly denního a nočního světla (Kyba et al., 2017; Mason et al., 2022, 1; Muscogiuri et al., 2022; Park et al., 2019, 1062).

Umělé světlo v noci může mít negativní dopady na naši duševní pohodu. V nejnovějších studiích se zjistilo, že vystavení organismu ALAN může vést k přírůstku hmotnosti, nadváze, obezitě a rizikový faktor je vznik rakoviny (Mason et al., 2022, 1; Muscogiuri et al., 2022; Park, 2019, 1062). Jednalo se převážně o lidi, kteří bydleli v městském prostředí, kde jsou v mnohem větší míře vystaveni umělému světlu v noci. V městských oblastech je větší množství zdrojů antropogenního umělého osvětlení, které v důsledku přechodu na LED technologii vyzařuje bílé nebo modré světlo. Vystavení organismu ALAN může potlačit produkci melatoninu a ovlivní tak jeho cirkadiánní rytmus, který naruší spánek a zkrátí jeho dobu (Mason et al., 2022). Narušením těchto dvou fyziologických funkcí se prokázalo, že vystavení umělému světlu v noci vede k obezitě a způsobuje rakovinu. Pokud jde o obezitu, tu nejvíc ovlivňovala práce na noční směny, kde byli lidé vystaveni umělému světlu v noci,

¹⁷ Melatonin je hormon, který se tvoří v mozku a je důležitý pro správný cyklus spánku. Jeho produkce je závislá na světle. Produkce se snižuje, jakmile je organismus vystaven světlu (Erren et al., 2015, 187).

a nebo krátká délka spánku, která narušila produkci melatoninu (Muscogiuri et al., 2022; Ward et al. 2019, 1058). Práce na noční směny se prokázala jako rizikový faktor pro vznik rakoviny prsu a prostaty. Oficiální varování vydala i Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC)¹⁸ (Ward et al. 2019, 1058).

¹⁸ IARC (International Agency for Research on Cancer) je mezivládní agentura, která je součástí Světové zdravotnické organizace. Úkolem IARC je provádět a koordinovat výzkum příčin vzniku zhoubných nádorů. Kromě toho IARC shromažďuje a publikuje údaje o celosvětovém výskytu rakoviny (NZIP, 2023).

8. Možnosti snižování světelného znečištění v EU

V následující kapitole jsem analyzovala, jaké možnosti můžeme využít v boji proti rostoucímu světelnému znečištění. Rychlý nárůst globálního rozsahu jak přímého osvětlení, tak osvětlení oblohy je významným problémem, jelikož studie ukazují (Muscogiuri et al., 2022; Ward et al. 2019; Mason et al., 2022; Kyba et al., 2017; Park et al., 2019; Gaston et al., 2017), že ALAN má negativní dopady na lidské zdraví, živočichy a celé ekosystémy. Kvůli těmto problémům je zapotřebí rozsáhlá implementace zmírňujících opatření, které povedou ke snížení SZ a zmírnění jeho negativních dopadů (Gaston et al., 2017, 50). Nejnovější studie Kyby (2023) ukázala, že noční obloha se průměrně zjasnila meziročně o 9,6 % mezi lety 2011 až 2022, což odpovídá zdvojnásobení jasu oblohy každých 8 let. Tento nárůst je rychlejší než změny emisí indikované satelitním pozorováním.

Satelity, které jsou nyní v provozu, neumí detekovat modré světlo, které je vyzařováno technologií LED, jež postupně nahrazují staré sodíkové výbojky s oranžovým světlem (Falchi et al., 2023). Za posledních 12 let práce Dr. Kyby a jeho týmu, kteří shromáždil data od 51 251 vědců z celého světa o SZ. Vědci pozorovali a porovnávali viditelnost hvězdného nebe pouhým okem. Výsledky jejich studií poukazují nejen na problém stále se zvyšujícího SZ, ale také na potřebu novějších satelitů, které budou detekovat světlo v různých barevných pásmech. Do budoucna to pomůže s podrobnějším výzkumem SZ a jeho rozsáhlých negativních účinků, od ekologických přes zdravotní až po kulturní (Kyba et al., 2023). Ve velkých městech po celém světě nahradily přirozenou tmu miliony umělých zdrojů osvětlení. Tyto nepřirozené zdroje osvětlení vytváří nad městem červeno-oranžový opar, který skrývá hvězdy. Špatně navržená svítidla osvětlují objekty intenzitou denního světla, dále uniká z budov ven a proniká do atmosféry, odkud se šíří dál. Billboardová světla a nápisy svítí i v hodinách, kdy je velice malá pravděpodobnost, že je zákazníci uvidí. Nápisy obchodních domů svítí v hodinách, kdy je dlouho po zavírací době. Osvětlení soch a památek rozzařují temnotu a přitahují stovky ptáků a nočního hmyzu. Bezpečnostní světla zbytečně osvětlují osamělá schodiště, parkoviště, bankomaty a vytváří stíny, které ve skutečnosti snižují viditelnost (International Dark-Sky Association, 2012, 6).

Umělé osvětlení je nezbytnou součástí moderní kultury a ukázkou technologického pokroku. Problém nastává, když pokrok začne zbytečně plýtvat energií, zdroji a negativně ovlivňuje životní prostředí. Je to známkou neefektivního a špatného využívání technologie

(International Dark-Sky Association, 2012, 6). V poslední době došlo k velkému pokroku v hodnocení a zjišťování dopadů SZ na člověka a přírodní ekosystémy. Byly zdůrazněny závažné negativní dopady SZ, přičemž bylo realizováno velmi málo zmírňujících opatření (Rodrigo-Comino et al., 2021, 2). Pro přehlednější uspořádání informací jsem vytvořila podkapitoly, ve kterých jsou zpracovány nejnovější informace, které slouží k osvětě o světelném znečištění, a zároveň kroky, pomocí kterých se dá přispět v boji proti zvyšující se míře SZ na celém světě. S ohledem na to, že SZ je problémem v globálním měřítku, tak v boji proti jeho negativním vlivům se dá přispět na úrovni místní, národní, či mezinárodní úrovni (Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 5).

Veřejné a soukromé skupiny po celém světě podnikají kroky k navrácení oblohy do jejího přirozeného stavu. Hnutí se nazývá *The Dark-Sky movement*¹⁹ a spadá pod něj mezinárodní nezisková organizace *The International Dark-Sky Association*²⁰ (česky: Mezinárodní asociace tmavé oblohy; dále: IDA), která již od roku 1988 pracuje na ochraně noční oblohy pro současně a budoucí generace. V posledních letech se eviduje nárůst předpisů proti nevhodnému osvětlení, stejný nárůst je i u využívání nových technologií v osvětlování. Informovanost ve velkých městech a na vesnicích také roste a informační programy probíhají v širokém měřítku. Aby se dosáhlo snížení SZ a efektivnějšího využívání technologií světelné techniky, bude zapotřebí vzdělání a komunitní participace. Jednotlivci a skupiny se budou muset zaměřit na to, jakým způsobem a proč svítí (International Dark-Sky Association, 2012, 10).

¹⁹ The Dark-Sky movement (česky: Hnutí tmavé oblohy) je celosvětová kampaň na snížení SZ. Cílem hnutí je snížit SZ, aby byla zachována přirozená noční obloha.

²⁰ Mezinárodní asociace tmavé oblohy (IDA) vznikla v roce 1988. Jedná se o americkou neziskovou organizaci. Jejím cílem je zvyšovat povědomí o hodnotě přirozené oblohy a podporovat její ochranu a obnovu prostřednictvím vzdělávání o problematice SZ. Na podporu povědomí má IDA mezinárodní program Místa tmavé oblohy. IDA byla první organizací v Hnutí tmavé oblohy a v současné době je i největší organizací, která se zaměřuje ochranu před SZ (International Dark-Sky Association, 2023).

8.1. Snižování na úrovni EU

Problematika SZ se řeší na evropské úrovni ze dvou důvodů. Za prvé se řeší kvůli negativním dopadům SZ na lidské zdraví a biologickou rozmanitost, a za druhé se řeší z hlediska energetické účinnosti (*Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 4*). Dne 26. října 2022 se v brněnské Hvězdárně a planetáriu konal mezinárodní workshop na téma Světelné znečištění 2022. Kvůli vzrůstajícím obavám ze SZ se téma dostalo na program českého předsednictví v Radě Evropské unie. Mezinárodního workshopu se zúčastnilo devatenáct evropských států, Evropská komise, IDA, evropské agentury pro životní prostředí a mezinárodní komise pro osvětlování a odborníci z akademické, soukromé a neziskové sféry. Pro příležitost mezinárodního workshopu české předsednictví vypracovalo dokument *Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě*. Tento dokument v úvodu shrnuje všechny doposud zjištěné informace o dopadech SZ a uvádí důvody, proč by se problematika SZ neměla brát na lehkou váhu. V druhé části dokumentu se mapují všechna opatření na snižování SZ, která jsou platná v evropských zemích. Dokument byl vypracován v anglickém jazyce a je uveden pod názvem *Light pollution reduction measures in Europe*. Cílem workshopu bylo, aby si země mezi sebou v rámci diskuze navzájem vyměnily své zkušenosti s řešením problematiky SZ (MŽP, 2008-2023). Většina zemí má povědomí o SZ a implementují kroky proti jeho snižování na celostátní, regionální či místní úrovni.

Na celostátní úrovni se provádí opatření proti SZ skrze právní předpisy nebo technické normy. Na regionální úrovni se snižování SZ provádí na základě výzkumných projektů, anebo se vymezí oblasti tmavé oblohy. Pro vzdělání široké veřejnosti v zemích EU vznikají osvětlovací příručky a manuály (*Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 3*).

V rámci EU vznikl dokument *Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and traffic signals*. V dokumentu jsou vypsány dobrovolná kritéria pro zelené zakázky, které se zabývají silničním osvětlením a světelnou signalizací. Kritéria jsou rozdělena do tří částí, které řeší klíčové dopady na životní prostředí:

- 1) spotřeba energie;
- 2) světelné znečištění;
- 3) aspekty životnosti.

Silniční osvětlení a světelná signalizace je spojena se SZ a jeho dalším dopadem na životní prostředí. Limity se navrhují pro výstupy modrého světla ze svítidel, záření světel směrem nahoru a horizontálně. EU doporučuje, aby se při navrhování systému osvětlení silnic využívala schopnost stmívání světel, zejména v období nízkého provozu. Tohle opatření zamezí nadměrnému osvětlení silnic v nočních hodinách. Dále doporučuje využívat úspornější světla a v neposlední řadě by se měla sledovat výkonnost osvětlovacího systému. Smyslem kritérií je dosáhnout nižších nákladů na ŽP a zároveň nižší energetických nákladů na osvětlení (Donatello et al., 2019).

Zmínka o světelném znečištění je uvedena v cíli nulového znečištění, který je součástí *Zelené dohody pro Evropu*²¹ (anglicky: *The European Green Deal*). Plán byl přijat Evropskou komisí v roce 2021 (European Commission, 2022). Do budoucna se bude míra SZ monitorovat, stejně jako ostatní znečišťující látky, a bude se prosazovat jejich snižování. Kroky ke snižování budou promítnuty do politických doporučení v členských zemích EU (Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 5).

²¹ Zelená dohoda pro Evropu je souborem politických iniciativ, který má EU nasměrovat na cestu k ekologické transformaci. Konečným cílem je dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. Byla vydána Komisí EU v zimě roku 2019 a Evropská rada ji na prosincovém zasedání vzala na vědomí (Evropská unie, 2023).

8.2. Opatření v jednotlivých zemích EU

Jen v několika málo zemích EU existují právní předpisy, ve kterých je problematika SZ legislativně zakořeněna. Účinné zákony regulující SZ na národní úrovni platí v Chorvatsku, Francii, Slovinsku, a z našich sousedů je Německo progresivní v omezování SZ. Některé země se rozhodly, že účinnější v boji se SZ bude využití právních předpisů na místní úrovni. Příkladem je italský region Lombardie, který spolu se 14 dalšími regiony vydal vlastní regulaci na omezení SZ (Kodziolka et al., 2008). Obdobný přístup regulací na místní úrovni přijali i ve Španělsku. Problematika SZ je zde ošetřena skrze *Zákon o ochraně Kanárských ostrovů*, který tu byl vydán již v roce 1988. Zákon vznikl zejména k ochraně astronomické observatoře La Palma. V zemích, kde se na legislativě pracuje (stejně jako v ČR), se využívají části právních předpisů, které se týkají jiných témat například *Zákon o ochraně ovzduší* (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 7).

Země	Právní předpisy ²²	Norma ²³	Příručka ²⁴
Rakousko	Ne	Ano	Ano
Belgie	Ne	Ano	Ano
Bulharsko	Ne	Ano	Ne
Chorvatsko	Ano	Ne	Ne
Kypr	Ne	Ne	Ne
Česká republika	(Ne)	Ano	Ano
Dánsko	(Ne)	Ne	Ano
Estonsko	Ne	Ne	Ne
Finsko	(Ne)	Ne	(Ne)
Francie	Ano	Ne	Ne
Německo	Ano	Ne	Ne
Řecko	(Ne)	Ne	Ne
Maďarsko	(Ne)	Ne	Ano
Irsko	Ne	Ne	Ano
Itálie	Ano	Ano	Ne
Lotyšsko	(Ne)	Ne	Ne
Litva	Ne	Ne	Ne
Lucembursko	Ne	Ne	Ano
Malta	Ano	Ne	(Ne)
Nizozemsko	(Ne)	Ne	Ano
Polsko	Ne	Ne	Ne
Portugalsko	Ne	Ne	Ano
Rumunsko	Ne	Ne	Ne
Slovensko	(Ne)	Ne	Ne
Slovinsko	Ano	Ne	Ano
Španělsko	Ano	Ne	Ano
Švédsko	Ano	(Ne)	Ano

Tabulka 3: Přehled právních předpisů, technických norem a příruček, které jsou platné v zemích EU do roku 2022 (upraveno autorem, dle *Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 9*)

²² Ano – existuje daný legislativní předpis (na místní, regionální, celostátní rovině), který řeší SZ; (Ne) – neexistuje daná legislativa, ale lze použít ustanovení jiných legislativních předpisů; Ne – neexistuje žádný legislativní předpis, který by řešil SZ

²³ Ano – v zemi byla vydána norma pro správné osvětlování; (Ne) – na normě se pracuje; Ne – nepřipravuje se a ani neexistuje

²⁴ Ano – v zemi byla vydána příručka pro správné osvětlování; (Ne) – na příručce se pracuje; Ne – nepřipravuje se a ani neexistuje

V Chorvatsku platí *Zákon o ochraně před světelným znečištěním č. 14/19*. Zákon stanovuje normy pro hospodaření s osvětlením, které mají vést ke snížení spotřeby energie. Dále jsou zde uvedena opatření, která mají zamezit nadměrnému osvětlení. Na Zákon navazuje *Vyhláška o zónách světelného prostředí, povolených hodnotách a způsob řízení osvětlovacích soustav (č. 128/2020)*. Vyhláška předepisuje zóny světelného prostředí a podmínky na jeho ochranu, tj. podmínky pro výběr a instalaci světelných zdrojů, kritéria energetické účinnosti, limity pro maximální přípustné hodnoty chromatičnosti (CCT) a používání osvětlení, které je šetrné k ŽP. Chorvatské Ministerstvo hospodaření a udržitelného rozvoje také připravuje dvě vyhlášky, které se budou zabývat monitorováním okolního osvětlení, a Akční plán na rekonstrukci venkovního osvětlení (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 6).

Ve Francii platí dva zákony, které se zaměřují na problematiku SZ. První je *Zákon č. 2010-788 12 (2010) národní závazek k životnímu prostředí*, a druhý je *Zákon č. 2021-1104 22 (2021) o boji proti změně klimatu a budování odolnosti vůči jejím účinkům*. Ve Francii mají i velice účinnou *Vyhláška o předcházení, snižování a omezování světelného znečištění*. Vyhláška definuje místa, která jsou výjimečná pro astronomické pozorování. *Vyhláška o předcházení, snižování a omezování světelného znečištění* navazuje na *Zákon o životním prostředí (583-4-2018)*. Vyhláška stanovuje omezení pro venkovní zdroje světla, tj. zákaz vnikání světla do obydlí, nesmí se využívat laserů a podobného světla s vysokou intenzitou. Ve Francii se také každoročně pořádají akce, které mají zvýšit povědomí o SZ u široké veřejnosti (Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 23).

Německo – Světelné znečištění zde řeší *Federální zákon o ochraně přírody* z roku 2021. Zákon zakazuje výstavbu pouličního osvětlení ve všech přírodních rezervacích. V souvislosti s negativními dopady osvětlení na přírodu musí být dodržován i *Zákon o ochraně volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin* z roku 1986, který byl aktualizován v únoru roku 2005. Dále se uplatňují obecné předpisy, které mají zamezit nepříznivým dopadům SZ na přírodu a krajinu. V případě porušení těchto obecných předpisů hrozí provozovatelům peněžní sankce za nedodržování. V současné době připravují vyhlášku na ochranu zvířat a rostlin před světelným znečištěním, která má být v platnosti od roku 2025. Ve vyhlášce budou jasně definované předpisy na ochranu biodiverzity před nepříznivými vlivy osvětlení jak při instalaci nového, tak i při rekonstrukci stávajícího osvětlení (kolem dopravní infrastruktury, osvětlení

nemovitostí a reklamních instalacích)
(Light pollution reduction measures in Europe, 2022, 25).

Itálie – Jako první v Evropě tu přijali přísnou legislativu na regionální úrovni (Kodziolka et al., 2008), 15 regionů zde má vlastní regulaci v zákonech. Národní Italský Zákon č. 751 z roku 1996 poskytuje konkrétní pokyny a normy, které se týkají osvětlení (Cinzano et al., 2001). Legislativa má za cíl snížit a nebo předcházet SZ, dále specifikuje požadavky a návrhy na provoz venkovního osvětlení a dále jsou zde i definovány předpisy pro vlastníky veřejných i soukromých nemovitostí (např. zákaz osvětlování reklamních tabulí zdola nahoru, omezení osvětlování památek, zákaz reklamních sloupů, limity vyzářování světla do horního prostoru).

8.2.1. Normy v evropských zemích

Jedná se o obecně právně nezávazné technické dokumenty, jestliže se norma a její parametry stanou právně závaznými, tak na něj musí odkazovat právně závazný dokument, tj. zákon, vyhláška či vládní nařízení (MŽP, 2008-2023). Obdobně jako u právních předpisů, normy, které se specializují na světelné znečištění, existují jen v několika málo zemích. Normy jsou vydány zákonodárným orgánem dané země a provozovatelům je doporučováno, aby se normou řídili. V případě světelného znečištění se předepisují technické parametry pro elektrické zdroje osvětlení. Jejich cílem je, aby současné světelné zdroje byly upraveny tak, aby způsobovaly menší světelné znečištění. Normy, které se týkají SZ, jsou na mezinárodní úrovni, či na národní úrovni. Rozšířenější jsou normy na národní úrovni, kde si normu každá země vydá a určí si parametry podle svých potřeb. Technické normy v praxi dobře definují požadavky na osvětlení, ale problémem je, že z funkčního hlediska neposkytují dostatečnou ochranu před negativními dopady SZ (Osvětlovací příručka, 2021, 7). Evropská unie vydala mezinárodní normu (EN 13201), kterou převzalo pár evropských zemí (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 7). Vlastní národní normu má Belgie, Bulharsko, Rakousko, Česká republika a Itálie.

Rakousko vydalo svou první normu roku 2012. Od té doby prošla dvěma změnami a nejnovější verze byla vydaná na podzim roku 2022. Rakouská norma *ÖNORM O 1052 Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung* (česky: Norma O 1052 světelné emise - měření a hodnocení), se zabývá světelnými účinky na člověka a životní prostředí způsobenými umělými světelnými zdroji a stanovuje pro ně mezní hodnoty. Norma se netýká

osvětlovacích systémů motorových vozidel a vnitřního osvětlení v obydlených prostorech (Austrian Standarts, 2022).

Nové česká technická norma řeší negativní dopady na přírodu a nežádoucí účinky na lidské zdraví a cirkadiánní rytmy. Pracovalo se na ní téměř dva roky a podílel se na ní multidisciplinární tým (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 7). Norma ČSN 36 0459 (*Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení*) poprvé stanovuje maximální horní limity pro nově zřizované osvětlení, tzn. při osvětlování se mají zvolit takové parametry osvětlení, které musí splňovat maximální horní limity, jež jsou stanoveny v normě. Norma také nově stanovuje limity pro barvu světla, tzn. modrá část spektra by měla být potlačena, jelikož má negativní dopady na živé organismy (MŽP, 2023). Norma slouží pro stanovení technických parametrů u nově instalovaných nebo rekonstruovaných světelných zdrojů a je zakotvena v nové české stavební legislativě (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 7). Parametry nové normy ČSN 36 0459 stanovují požadavky na omezení nežádoucích účinků trvalého venkovního osvětlení v pěti oblastech:

- 1) osvětlení pozemních komunikací, tj. silnic, chodníků, cyklostezek a parkovišť;
- 2) osvětlení pracovišť, tj. skladů, hal a letišť;
- 3) osvětlení sportovišť, tj. stadionů a sjezdovek;
- 4) architektonické osvětlení, tj. památky;
- 5) reklamní osvětlení, tj. billboardy a LED panely.

Na druhou stranu požadavky normy se netýkají dočasného venkovního osvětlení, tj. vánočního a dekorativního osvětlení, či osvětlení na kulturních akcích. Dále norma nestanovuje limity světelných parametrů svítidel v dopravě (tj. silniční, železniční, letecké, lodní) a osvětlení venkovních pracovišť, které je určeno pro práci základních složek IZS. Nedostatek nové technické normě je, že nereguluje vnitřní osvětlení, např. u velkých kancelářských budov, kde vnitřní světlo je natolik silné, že uniká do venkovních prostor a silně prostředí osvětluje (MŽP, 2023).

8.2.2. Osvětlovací příručky v evropských zemích

Jedná se o nezávazné dokumenty, které poskytují většinou rady odborníků široké veřejnosti. Osvětlovací příručky většinou popisují jednoduchá pravidla pro výběr správného osvětlovacího zařízení, a jak má být osvětlení nastaveno, aby minimalizovalo negativní dopady SZ na noční prostředí (Jednoduchá osvětlovací příručka, 2021, 33). Většina evropských zemí má vydanou nějakou příručku, která se zabývá správným osvětlováním. Podílejí se na ní národní agentury pro životní prostředí, obce anebo i dopravní agentury (Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě, 2022, 8).

V ČR vydalo Ministerstvo životního prostředí již dvě příručky, které slouží jako pomůcka ke snižování světelného prostředí. První *Jednoduchá osvětlovací příručka* se zabývala správným a šetrným využíváním veřejného osvětlení a byla vydaná na podzim roku 2017. Druhou aktualizovanou *Jednoduchou osvětlovací příručku* vydalo MŽP ve spolupráci s MPS SZ na jaře roku 2021. V příručce najdou zástupci, projektanti, ale i občané informace o dopadech SZ a zároveň, jak omezit tyto dopady skrz efektivní využívání světla během noci. Snížení SZ je v příručce uvedeno ve třech jednoduchých bodech:

- 1) Používejte správnou barvu světla, tj. modrá a zelená barva by měla být omezena, zejména v blízkosti přírody a hvězdáren a teplota chromatičnosti by neměla přesahovat 2 700 K;
- 2) V noci by se měla využívat na tlumení světla pohybová čidla, či funkce stmívání;
- 3) U venkovních zdrojů by mělo být světlo zastíněno, aby neunikalo mimo osvětlovaný objekt, či směrem nahoru.

8.3. Snižování na úrovni státu a legislativa ČR

Při řešení problematiky SZ je žádoucí, aby orgány veřejné správy vzájemně spolupracovaly, a v případě, když se na ně obrátí občan s problémem, tak by mu měly poskytnout radu a pomoc (Řešení problematiky světelného znečištění, 2018). Do letošního roku 2023 není problematika SZ ošetřena v žádném zvláštním právním předpise, který by se SZ hlouběji zabýval (MŽP, 2023). Ministerstvo životního prostředí se aktivně zajímá o stav SZ a stále se snaží nalézt účinné nástroje ke snižování SZ, ochraně životního prostředí a poskytování právní ochrany všem občanům ČR. Většina vědců, mezi které patří jak ekologové, tak i astronomové, s nadějí očekává novou českou technickou normu, která vzniká na Ministerstvu průmyslu a obchodu ČR, a bude u nových zdrojů světla omezovat intenzitu záření či barvu. Nová česká technická

norma ČSN 36 0459 (Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení) vyšla 1. února 2023 a účinná se stala následující měsíc 1. března 2023. Tato norma určuje parametry šetrného svícení a minimalizuje negativní dopady umělého světla (MŽP, 2008-2023).

Mimo nově vydanou českou technickou normu je problematika SZ zahrnuta v Zákoně o ochraně ovzduší (86/2002 Sb.). Po novelizaci od 1. května 2004 platí tato formulace: §2 odst. 1 r): *„Pro účely tohoto zákona v oblasti ochrany ovzduší se rozumí světelným znečištěním viditelné záření umělých zdrojů světla, které může obtěžovat osoby nebo zvířata, způsobovat jim zdravotní újmu nebo narušovat některé činnosti a vychází z umístění těchto zdrojů ve vnějším ovzduší nebo ze zdrojů světla, jejichž záření je do vnějšího ovzduší účelově směřováno.“* Dle tohoto zákona se mohly alespoň obce bránit vůči SZ tím, že jim umožňovala regulaci reklamního osvětlení, kdy zdroje osvětlení míří volně na oblohu a osvětlují ji. Právní úprava světelného znečištění z českého právního řádu zmizela koncem účinnosti Zákona č. 86/2002 Sb., který byl nahrazen novým Zákonem č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.

Využitelnější se u této problematiky jeví občanský zákoník § 127 odst. 1: *„Vlastník věci se musí zdržet všeho, čím by nad míru přiměřenou poměrům obtěžoval jiného nebo čím by vážně ohrožoval výkon jeho práv. Proto zejména nesmí ohrozit susedovu stavbu nebo pozemek úpravami pozemku nebo úpravami stavby na něm zřízené bez toho, že by učinil dostatečné opatření na upevnění stavby nebo pozemku, nesmí nad míru přiměřenou poměrům obtěžovat susedy hlukem, prachem, popílkem, kouřem, plyny, parami, pachy, pevnými a tekutými odpady, světlem, stíněním a vibracemi, nesmí nechat chovaná zvířata vnikat na susedící pozemek a nešetrně, popřípadě v nevhodné roční době odstraňovat ze své půdy kořeny stromu nebo odstraňovat větve stromu přesahující na jeho pozemek.“*

Na rozdíl od technické normy může občan tento zákoník využít v případě konkrétního zdroje světla, který ho obtěžuje. Technickou normu nemůže využít v případě, že jej někdo obtěžuje světlem, ale u pouličního osvětlení může být nová technická norma velice účinným nástrojem (Kodziolka et al., 2008).

Na konci června 2020 zaktualizovalo MŽP Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody. V souvislosti se SZ byly upraveny základní podmínky na ochranu národních parků na našem území (§ 16, j). Zároveň vznikly i výzkumné projekty, které mají zkoumat vliv SZ na citlivé druhy fauny, flóry, ekosystémů a krajinný ráz. Výzkumy mají za cíl rozšířit ochranu všech druhů

organismů. Spolu s aktualizovaným zákonem vydala vláda i *Metodický pokyn k předcházení a snižování světelného znečištění*. Metodický pokyn je určen pro zpracovatele posudků o vlivech záměrů na životní prostředí a příslušným úřadům (Ministerstvo životního prostředí, 2008-2023). Úkolem zpracovatelů Posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (proces EIA) je posoudit, zda je problematika SZ dostatečně zohledněna a vyhodnocena, či navrhnout vhodná opatření k minimalizaci negativních vlivů na životní prostředí, které vzniká vlivem SZ.

V souvislosti se snižováním SZ byly v metodice stanoveny obecné zásady:

- 1) Využívat moderní osvětlení a technologie, které jsou šetrné k nočnímu prostředí a které je zároveň účelné a neobtěžuje své okolí;
- 2) Osvětlovací soustavy navrhovat tak, aby se osvětlovala místa, pro která slouží osvětlení, a světlo co nejméně unikalo do volného prostoru;
- 3) Směřovat světelný tok pouze do dolního prostoru, mimo provozní a bezpečnostní oblasti;
- 4) Pokud to provozní nebo bezpečnostní okolnosti nevyžadují, vyvarovat se světelných zdrojů s vysokým podílem krátkých vlnových délek, tj. chladné bílé světlo (s vysokou hodnotou teploty chromatičnosti CCT);
- 5) Vyvarovat se zářením, která využívají laserové světelné efekty a unikají do vnějšího prostředí;
- 6) Intenzitu a barvu osvětlení u reklam, osvětlení průmyslových center a obchodních center přizpůsobit okolnímu prostředí;
- 7) Vypínat světelné zdroje a reklamní osvětlení v době, kdy je není potřeba, tj. v době nočního klidu, po zavírací době;
- 8) Navrhovat takové osvětlení, které nebude z venku pronikat do oken obytných domů,
- 9) Skrze odpovídající technická opatření zajistit, aby mimo osvětlované objekty unikalo co nejméně světla.

Ministerstvo životního prostředí doporučuje, aby se i na dále zvyšovalo povědomí obyvatelstva o vlivech SZ, než dojde k naplnění konkrétních cílů v podobě úpravy legislativy, a pokusit se dosáhnout bodu, kdy občan bude mít sám zájem o problematiku SZ. K tomuto účelu vznikla Mezirezortní skupina světelné znečištění (dále: MPS SZ), vede ji MŽP a zaměřuje se na tuto komplexní problematiku.

8.3.1. Mezirezortní pracovní skupina světelné znečištění (MPS SZ)

MPS SZ vznikla roku 2017, kdy se MŽP začalo tématem SZ výrazněji zabývat. Za své období skupina vydala mnoho důležitých a podrobně vypracovaných dokumentů, které předložila vládě ČR. První dokument *Informace pro vládu ČR o problematice světelného znečištění* poskytl informace o celkové problematice SZ, tj. dopady a absence řešení SZ na území ČR.

V návaznosti na první dokument vydalo MPS SZ roku 2018 druhý dokument *Řešení problematiky světelného znečištění*, nabízející řešení problematiky SZ, který byl následně schválen vládou ČR.

K naplnění cílů, na snižování negativního vlivu SZ, se nabízejí dle (MPS SZ) základní pilíře:

- Ve veřejném zájmu by měla být regulace SZ kvůli omezení vlivů na přírodu a životní prostředí, zdraví člověka – nesvítit do oken, nesvítit s vysokou teplotou chromatičnosti, tj. barva světla;
- Měla by se znovu posílit pravomoc obcí, pomocí které by mohly regulovat zvyšující se SZ;
- Měly by se vymezit hranice pro světelné zdroje závaznými stanovisky v rámci vydaných právních předpisů dle zákona č. 183/2006 Sb., stavebního zákona na ochranu veřejného zájmu, tj. na ochranu lidského zdraví a životního prostředí;
- Omezit nadměrné svícení v rámci hospodárného využívání energií nebo dosahování energetických úspor dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

8.4. Snižování na úrovni města

Příkladem snahy snížit světelné znečištění v ČR je město v Brno. V rámci *Akčního plánu udržitelné energetiky a klimatu* chce město Brno dosáhnout snížení emisí oxidu uhličitého ve městě do roku 2030 o 40 %. Pomocí útlumu nočního osvětlení dojde nejen ke snížení SZ, ale i zároveň ke snížení emisí oxidu uhličitého, který je spojen s výrobou elektrické energie z fosilních paliv. Jejich iniciativa ve snižování světelného znečištění je dovedla do bodu, kdy se rozhodli ve svém městě provést experiment a vypnout světla veřejného osvětlení. Jejich cílem bylo zjistit, který zdroj osvětlení přispívá k celkovému světlenému znečištění nejvíce. Na základě ortofotomap²⁵ z leteckého snímkování zjistili, že se na SZ více podílí soukromý sektor, tj. reklamní billboardy, více než město a jeho firmy.

Experiment *Noc v Brně* provedli na jaře roku 2021 a hned o rok později vedení města a Technické sítě Brno schválily standardy, které určily maximální intenzitu osvětlení a stanovily technické parametry pro veřejné osvětlení, které se týkají také soukromých investorů. Rovněž stanovili parametry, jakým způsobem se mohou osvětlovat fasády budov. Navíc Technické sítě Brno v parku Lužánky testovaly čtyři druhy svítidel. Do celé akce se mohli zapojit obyvatelé Brna, kteří nejvíce hlasovali, aby bylo použito sytě oranžové světlo, jehož výkon se od 22. hodiny sníží o 40 % (Ministerstvo životního prostředí, 2023).

²⁵ Ortofotomapa je složená z mozaiky leteckých měřických snímků, které umístěné v souřadnicovém systému a opravené dle výškových poměrů území do roviny. Zachovává si vlastnosti, jaké mají mapy - měřítko, souřadnicový systém a směrovou orientaci (Hrdlička et al., 2023).

Závěr

Světelné znečištění je v Evropské unii i na celém světě stále větším problémem. Má negativní dopady na lidský organismus, volně žijící noční zvířata a astronomický výzkum. Nadměrné užívání umělého světla v nočních hodinách narušuje biologické hodiny, které mohou ovlivnit kvalitu spánku. To může vést k problémům jako je obezita, deprese, anebo ke vzniku rakoviny prsu a prostaty. Světelný smog má vliv také na volně žijící živočichy. Způsobuje dezorientaci, narušuje migrační vzorce a reprodukci. To může vést k poklesu populací, a dokonce k vyhynutí některých druhů. Světelné znečištění má vliv i na astronomická pozorování, ztěžuje pozorování hvězd a dalších nebeských objektů.

Ke snížení světelného znečištění v EU lze zavést právní předpisy nebo technické normy, které omezí venkovní osvětlení a podpoří používání energeticky účinného osvětlení. Tyto normy mohou zahrnovat požadavky na stínění, stmívání a vypínání světel v případě, že nejsou využívána. To může pomoci snížit množství světla vyzařovaného do nočního prostředí, které přispěje k ochraně lidského zdraví, volně žijících nočních živočichů a zlepší kvalitu astronomických pozorování. Používání energeticky účinného osvětlení LED navíc může snížit množství spotřebované energie, což může pomoci snížit emise skleníkových plynů a celkově přispěje v boji proti změně klimatu.

Vzdělávací příručky a osvětové kampaně pro jednotlivce, podniky a obce pomohou pochopit význam snižování světelného znečištění a skrz dané kroky mohou k řešení přispět. Osvětové kampaně mohou poskytovat informace o negativních účincích světelného znečištění a o tom, jak ho snížit. Mohou také poskytnout zdroje a nabídky na podporu používání energeticky účinného osvětlení. Vzděláváním jednotlivců a podniků můžeme přispět k odpovědnosti občanů za životní prostředí, a k tomu, že budou pracovat na udržitelné budoucnosti.

Světelné znečištění je problém, který má negativní dopady na lidské zdraví, volně žijící živočichy a astronomická pozorování. Zavedením předpisů a norem v evropských zemích se podpoří používání energeticky účinného osvětlení LED a vzděláváním jednotlivců i obcí se můžeme dopracovat k řešení, které bude prospěšné jak pro lidi, tak pro životní prostředí. Je důležité, aby se již nyní podnikly kroky k řešení problému světelného znečištění, a zajistily tak udržitelnou budoucnost pro další generace.

Zdroje

Vědecké publikace

Berry, R. L. (1976). Light pollution in southern Ontario. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada, Vol. 70, p. 97, 70, 97.*

Bolliger, J., Hennet, T., Wermelinger, B., Bösch, R., Pazur, R., Blum, S., Haller, J., Obrist, M. K. (2020). Effects of traffic-regulated street lighting on nocturnal insect abundance and bat activity. *Basic and Applied Ecology, 47, 44-56.*

Boyes, D. H., Evans, D. M., Fox, R., Parsons, M. S., & Pocock, M. J. (2021). Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances, 7(35), eabi8322.*

Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. D., & Baugh, K. E. (2000). The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite Operational Linescan System measurements. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 318(3), 641-657.*

Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. D. (2001). The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328(3), 689-707.*

Cinzano, P. (2005). Night sky photometry with sky quality meter. *ISTIL Int. Rep, 9(1).*

Rodrigo-Comino, J., Seeling, S., Seeger, M. K., & Ries, J. B. (2021). Light pollution: A review of the scientific literature. *The Anthropocene Review, 20530196211051209.*

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science advances, 2(6), e1600377.*

Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., Cinzano, P., Elvidge, C. D. (2019). Light pollution in USA and Europe: The good, the bad and the ugly. *Journal of environmental management, 248, 109227.*

Falchi, F., & Bará, S. (2023). Light pollution is skyrocketing. *Science, 379(6629), 234-235.*

Fouquet, R., Pearson, P. J. (2006). Seven centuries of energy services: The price and use of light in the United Kingdom (1300-2000). *The energy journal, 27(1).*

Gaston, K. J., Davies, T. W., Nedelec, S. L., & Holt, L. A. (2017). Impacts of artificial light at night on biological timings. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 49-68.

Hänel, A., Posch, T., Ribas, S. J., Aubé, M., Duriscoe, D., Jechow, A., Kollath, Z., Lolkema, D. E., Moore, Ch., Schmidt, N., Spoelstra, H., Wuchterl, G., Kyba, C. C. (2018). Measuring night sky brightness: methods and challenges. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 205, 278-290.

Kyba, C. C., Ruhtz, T., Fischer, J., & Hölker, F. (2011). Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. *PloS one*, 6(3), e17307.

Kyba, C. C., Ruhtz, T., Fischer, J., & Hölker, F. (2012). Red is the new black: how the colour of urban skyglow varies with cloud cover. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 425(1), 701-708.

Kyba, C. C., & Hölker, F. (2013). Do artificially illuminated skies affect biodiversity in nocturnal landscapes?. *Landscape Ecology*, 28, 1637-1640.

Kyba, C. C., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennie, J., Elvidge, C. D., Gaston, K. J., Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science advances*, 3(11), e1701528.

Kyba, C. C. M., Ruby, A., Kuechly, H. U., Kinzey, B., Miller, N., Sanders, J., Espey, B. (2021). Direct measurement of the contribution of street lighting to satellite observations of nighttime light emissions from urban areas. *Lighting Research & Technology*, 53(3), 189-211.

Kyba, C. C., Altıntaş, Y. Ö., Walker, C. E., & Newhouse, M. (2023). Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022. *Science*, 379(6629), 265-268.

Perkins, C., Steinbach, R., Tompson, L., Green, J., Johnson, S., Grundy, C., Wilkinson, P., Edwards, P. (2015). What is the effect of reduced street lighting on crime and road traffic injuries at night? A mixed-methods study.

Pike, R. (1976). A simple computer model for the growth of light pollution. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, Vol. 70, p. 116, 70, 116.

Poot, H., Ens, B. J., de Vries, H., Donners, M. A., Wernand, M. R., & Marquenie, J. M. (2008). Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society*, 13(2).

- Lyytimäki, J. (2013). Nature's nocturnal services: Light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services research and management. *Ecosystem Services*, 3, e44-e48.
- Martinez-Ledesma, M., & Falchi, F. (2019). Spectral and Zonal Restriction Justification-Review Process of DS043/2012 MMA (Ministry of Environment). *no. November*, 1-37.
- Mason, I. C., Grimaldi, D., Reid, K. J., Warlick, C. D., Malkani, R. G., Abbott, S. M., & Zee, P. C. (2022). Light exposure during sleep impairs cardiometabolic function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(12), e2113290119.
- Muscogiuri, G., Poggiogalle, E., Barrea, L., Tarsitano, M. G., Garifalos, F., Liccardi, A., Pugliese, G., Savastano, S., Colao, A. (2022). Exposure to artificial light at night: A common link for obesity and cancer?. *European Journal of Cancer*, 173, 263-275.
- McNeill, J. H. (1994). International Agreements: Recent US-UK Practice Concerning the Memorandum of Understanding. *American Journal of International Law*, 88(4), 821-826.
- Park, Y. M. M., White, A. J., Jackson, C. L., Weinberg, C. R., & Sandler, D. P. (2019). Association of exposure to artificial light at night while sleeping with risk of obesity in women. *JAMA internal medicine*, 179(8), 1061-1071.
- Riegel, K. W. (1973). Light Pollution: Outdoor lighting is a growing threat to astronomy. *Science*, 179(4080), 1285-1291.
- Schroer, S., & Hölker, F. (2016). Impact of lighting on flora and fauna. *Handbook of Advanced Lighting Technology*; Karlicek, R., Sun, C.-C., Zissis, G., Ma, R., Eds, 1-33.
- Schulte-Römer, N., Meier, J., Söding, M., & Dannemann, E. (2019). The LED paradox: how light pollution challenges experts to reconsider sustainable lighting. *Sustainability*, 11(21), 6160.
- Stone, E. L., Jones, G., & Harris, S. (2012). Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. *Global change biology*, 18(8), 2458-2465.
- Ward, E. M., Germolec, D., Kogevinas, M., McCormick, D., Vermeulen, R., Anisimov, V. N., Schubauer-Berigan, M. K. (2019). Carcinogenicity of night shift work. *The Lancet Oncology*, 20(8), 1058-1059.

Internetové zdroje

Austrian Standarts: ÖNORM O 1052 Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung. (2022).

Dostupné z:

[https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/1233514/OENORM O 1052 2022 10 15](https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/1233514/OENORM_O_1052_2022_10_15)

Akční plán udržitelné energetiky a klimatu (2030): Statutární město Brno. (2019). Dostupné z:

[https://ekodotace.brno.cz/wpcontent/uploads/2019/09/SECAP Brno zpr%C3%A1va 29.8.2019 fin%C3%A1ln%C3%AD.pdf](https://ekodotace.brno.cz/wpcontent/uploads/2019/09/SECAP_Brno_zpr%C3%A1va_29.8.2019_fin%C3%A1ln%C3%AD.pdf)

American Medical Association. (2016). AMA adopts guidance to reduce harm from high intensity street lights.

Bareš, M. (2012). Je venku tma? aneb Výsledky měření světelného znečištění v Česku. *Česká astronomická společnost, 2012(1), 3*. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/proc-c-h-tit-oblasti-tmave-oblohy.html>

Bareš, M. (2013). Proč c(h)tít oblasti tmavé oblohy?. *Česká astronomická společnost, 2013(4), 4*. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/proc-c-h-tit-oblasti-tmave-oblohy.html>

Bareš, M. (2015). Proběhlo celostátní setkání o světelném znečištění. *Česká astronomická společnost, 2015(3), 5*. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/probehlo-celostatni-setkani-o-svetelnem-znecisteni.html>

Bareš, M. (2021). Co se stane, když se zhasne...?. *Česká astronomická společnost, 2021(4), 3*. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/probehlo-celostatni-setkani-o-svetelnem-znecisteni.html>

Beskydská oblast tmavé oblohy. (2013). BOTO. Dostupné z: http://www.boto.cz/?page_id=12

Beskydská oblast tmavé oblohy: Pozvánka na tiskovou konferenci. (2023). Světelné znečištění. Dostupné z: https://svetelneznecisteni.cz/wp-content/uploads/2023/02/TK_10let_BOTO.jpg

Bortle, J. E. (2001). The bortle dark-sky scale. *Sky and Telescope*.

Brozmanová, H. (2017). Posouzení stavu aktuálního osvětlení interiéru univerzitního objektu.

E. S. O. (2022). *How light pollution affects the dark night skies.* European southern Observatory. Dostupné z: <https://www.eso.org/public/czechrepublic/images/dark-skies/?lang>

Evropská unie: Zelená dohoda pro Evropu. (2023). Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/#what>

European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, (2013). *Lighting the cities : accelerating the deployment of innovative lighting in European cities*, Publications Office. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/96173>

Globe at Night: Light Pollution. (2023). Dostupné z: <https://www.globeatnight.org/light-pollution/>

Horálek, P. (2022). *How light pollution affects the dark night skies.* European southern Observatory. Dostupné z: <https://www.eso.org/public/czechrepublic/images/dark-skies/?lang>

Hrdlička. (2023). *Tvoříme ortofotomapy leteckým snímkováním.* Ortofotomapa. Dostupné z: <https://www.ortofotomapa.cz/#co-je-ortofotomapa>

Informace pro Vládu ČR o problematice světelného znečištění: Manažerské shrnutí. (2017). Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7//cz/news_170724_SZ/\\$FILE/ma_SZ.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7//cz/news_170724_SZ/$FILE/ma_SZ.pdf)

International Astronomical Union: About the IAU. (2023). International Astronomical Union. Dostupné z: <https://www.iau.org/administration/about/>

International Dark-Sky Association: Light Pollution. (2023). International Dark-Sky Association. Dostupné z: <https://www.darksky.org/light-pollution/>

International Dark-Sky Association: Nightscape. 2022. Tuscon. Dostupné z: <https://www.darksky.org/wp-content/uploads/2022/09/Nightscape-109-Sep-2022.pdf>

Izera Dark-Sky Park, Izerski Park Ciemnego Nieba, Jizerská oblast tmavé oblohy: Memorandum. (2009). Dostupné z: [moz-extension://a1b2125a-250d-458d-bba9-4590d7f1a701/enhancedreader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.izeradarksky.eu%2Finfo%2Fmemorandum-cs.pdf](http://a1b2125a-250d-458d-bba9-4590d7f1a701/enhancedreader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.izeradarksky.eu%2Finfo%2Fmemorandum-cs.pdf)

Jersáková, J. (2010). Literární rešerše. *Jihočeská univerzita.*

Jednoduchá osvětlovací příručka. (2017). Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20210511-MZP-vydava-osvetlovaci-prirucku-pro-obce-projektanty-i-obcany

Jizerská oblast tmavé oblohy: Tisková zpráva. (2009). Izera-darksky. Dostupné z: <http://www.izera-darksky.eu/info/tiskova-zprava.pdf>

Jizerské oblast tmavé oblohy: Světlo a tma. (2009). Jizerské oblast tmavé oblohy. Dostupné z: <http://www.izera-darksy.eu/index-cs.html>

Jizerské oblast tmavé oblohy: Memorandum. (2009). Jizerské oblast tmavé oblohy. Dostupné z: <http://www.izera-darksy.eu/index-cs.html>

Kondziolka, J. (2008). *Světelné znečištění - Co na to zákon?*. EnviWeb. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/71658>

Light pollution reduction measures in Europe: Working paper for the international workshop Light Pollution 2022. (2022). Retrieved from [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20221027/\\$FILE/Light_pollution_reduction_measures.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20221027/$FILE/Light_pollution_reduction_measures.pdf)

Ministerstvo životního prostředí: Posuzování vlivů na životní prostředí (EIA). (2008–2023). Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zameru_zivotni_prostredi_eia

Ministerstvo životního prostředí: Brněnská výzva na snížení světelného znečištění v Evropě. (2022). Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne_znecisteni_2022_workshop/\\$FILE/OP_ZPUR-Brnenska_Vyzva_2022_CZ-20221026.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne_znecisteni_2022_workshop/$FILE/OP_ZPUR-Brnenska_Vyzva_2022_CZ-20221026.pdf)

Ministerstvo životního prostředí: Světelné znečištění. (2008–2023). Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/svetelne_znecisteni

Ministerstvo životního prostředí: Zhasli Brno a upřednostnili teplejší osvětlení. (2023). Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20230206_Lidi-a-prirodu-pomuze-ochranit-pres.svetelnym-znecistenim-nova-norma

National Oceanic and Atmospheric Administration: Home. (2023). National Oceanic and Atmospheric Administration. Dostupné z: <https://www.avl.class.noaa.gov/saa/products/welcome>

Národní zdravotnický informační portál. (2023). Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>

Nachtlicht Buehne: Erforschung nächtlicher Lichtphänomene. (2023). Nachtlicht-buehne.de. Dostupné z: <https://nachtlicht-buehne.de/>

Night Lights: About. (2023). Nachtlicht Buehne. Dostupné z: <https://lichter.nachtlicht-buehne.de/about>

Noc v Brně. (2021). Dostupné z: <https://mestobrna.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=bf534942900e41229e5ba5067f35cfa5>

Odbor posuzování vlivů na životní prostředí a integrované prevence: EIA metodika. (2020). Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/dokumenty/dokumentSoubor/167/SZ_EIA%20Metodika_final.pdf?lang=cs

Opatření ke snížení světelného znečištění v Evropě: Komunikační verze. (2022). Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne_znecistení_2022_workshop/\\$FILE/OP_ZPUR-Opatreni_ke_snizeni_svetelneho_znecistení_v_Evropě-20230117.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/svetelne_znecistení_2022_workshop/$FILE/OP_ZPUR-Opatreni_ke_snizeni_svetelneho_znecistení_v_Evropě-20230117.pdf)

Správa Národního parku Podyjí: Podyjská oblast tmavé oblohy. (2016). Dostupné z: <https://www.nppodyji.cz/>

Řešení problematiky světelného znečištění: Manažerské shrnutí. (2018). Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/problematika_svetelneho_znecistení_informace/\\$FILE/O150_ReseniProblematikySvetelnehoZnecistení_180725.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/problematika_svetelneho_znecistení_informace/$FILE/O150_ReseniProblematikySvetelnehoZnecistení_180725.pdf)

Světelné znečištění: Co je světelné znečištění. (2023). Světelné znečištění. Dostupné z: <https://svetelneznecistení.cz/co-je-svetelne-znecistení/>

Světelné znečištění: Metody a technika. (2023). Světelné znečištění. Dostupné z: <http://svetelneznecistení.cz/mapovani-tmy/metody-a-technika/>

Světelné znečištění: Manětínská oblast tmavé oblohy. (2023). Světelné znečištění. Dostupné z: <http://svetelneznecistení.cz/data/mapovani/zpravy/manetinsko.pdf>

Usnesení Senátu na téma "Světlo - dobrý sluha, zlý pán": 21. veřejné slyšení (2020). Parlament České republiky. Dostupné z: https://svetelneznecistení.cz/wp-content/uploads/2021/01/SZ_usneseni_senatu.pdf

The Royal Astronomical Society of Canada Toronto Centre: About Us. (2023). The Royal Astronomical Society of Canada Toronto Centre. Dostupné z: <https://rascto.ca/content/about-us>

The International Agency for Research on Cancer: World Health Organization. (2023). Dostupné z: <https://www.iarc.who.int/>

Škorpík, M. (2020). Světelné znečištění a hmyz. *Veronica*, 2020(3), 10-11. Dostupné z: <http://www.casopisveronica.cz/clanek.php?id=2400>

Verlust der Nacht. (2013). Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei. Dostupné z: <https://www.igb-berlin.de/projekt/verlust-der-nacht>

Knihy

International Dark-Sky Association. (2012). *Fighting light pollution: smart lighting solutions for individuals and communities.* Stackpole Books.

Jednoduchá osvětlovací příručka: Doporučení pro šetrné moderní osvětlování. (2021). Dostupné z: <https://svetelneznecistení.cz/wp-content/uploads/2021/06/Osvetlovaci-prirucka-2021.pdf>

Legislativní dokument

Zákon č. 40/1964 Sb.: Občanský zákoník, 1964. In: . Praha: Tiskárna ministerstva vnitra, 19/1964. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1964-40>

Zákon č. 114/1992 Sb.: o ochraně přírody a krajiny, 1992. In: Praha: Tiskárna ministerstva vnitra. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>

Zákon č. 406/2000 Sb.: o hospodaření energií, 2000. In: . Praha: Tiskárna ministerstva vnitra. 115/2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>

Zákon č. 100/2001 Sb.: o posuzování vlivů na životní prostředí, 2001. In: . Praha: Tiskárna ministerstva vnitra, 40/2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>

Zákon č. 86/2002 Sb.: o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů, 2002. In: . Praha: Tiskárna ministerstva vnitra, 38/2002, číslo 86. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=2002&cz=86>

Zákon č. 183/2006 Sb.: o územním plánování a stavebním řádu, 2006. In: . Praha: Tiskárna ministerstva vnitra, 63/2006. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183#cast1>

Zákon č. 201/2012 Sb.: o ochraně ovzduší, 2012. In: Praha: Tiskárna ministerstva vnitra, 69/2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

Zákon č. 14/2019: o ochraně před světelným znečištěním, 2019. In: Chorvatsko: Parlament Chorvatska. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_14_271.html

Vyhláška č. 128/2020: o zónách světelného prostředí, povolených hodnotách a způsob řízení osvětlovacích soustav, 2020. In: . Chorvatsko: Ministerstvo hospodářství a udržitelného

rozvoje. Dostupné také z: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_11_128_2442.html

Zákon R. 583-2: o životním prostředí, 2018. In: Francouzská republika. Dostupné také z: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037864346>

Technické normy

ÖNORM O 1052. *Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung*. Wien: Austrian Standards, 2022. 24 p.

ČSN 36 0459. *Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2023. 20 p.