

Informace pro vládu ČR o problematice světelného znečištění

Manažerské shrnutí

Světelné znečištění - neodborně a lidově také světelný smog - je **čím dál významnějším civilizačním problémem** obtěžujícím vyspělé země nepříznivými vlivy umělého osvětlení na oblasti lidského zdraví, ekologie, ekonomiky, bezpečnosti a viditelnosti noční hvězdné oblohy. Původcem světelného znečištění je obecně každý umělý světelný zdroj a dochází k němu typicky směřováním světla do nežádoucích prostor (např. na nebe, do volné krajiny nebo okny do interiérů), osvětlováním mimo nutné časové období (např. osvětlení parkoviště nákupního centra mimo otevírací dobu) nebo použitím zdrojů s nevhodnými spektrálními charakteristikami (zejména v modré části spektra).

Za posledních 10 až 15 let se poznání v této oblasti zásadně rozšířilo, na toto téma byly vydány stovky vědeckých a statistických prací a v Evropě byla přijata první zákonná opatření. **Významnou změnou jsou také iniciativy zdola** - občanské (např. Bystřické memorandum za zachování tmavé oblohy), komunální (Manětínská oblast tmavé oblohy, mikroregion obcí Bystřicko), ochrana přírody (CHKO Jizerské hory, CHKO Beskydy, NP Podyjí) - kdy zájem na těchto úrovních předbíhá zájem státu jako celku. V současné době registrujeme **stížnosti občanů** na jejich obtěžování světelným znečištěním a světlem obecně, kteří ale nemají kde své nároky uplatnit.

V současné době světelné znečištění není v České republice právně ošetřené, žádný právní předpis nestanoví, který správní orgán tento veřejný zájem chrání ani jaké jsou pro světelné znečištění limitní hodnoty, a proto **vnímáme absenci řešení této problematiky**. Světelné znečištění bylo částečně začleněno do zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Další novelizací zákona byly části týkající se světelného znečištění postupně zrušeny z důvodu absence věcného a právního vztahu. Ostatní oblasti dopadů světelného znečištění (příroda, lidské zdraví, doprava, energetika) nejsou explicitní zákonnou úpravou řešeny vůbec.

V únoru 2017 byla ministrem životního prostředí ustanovena mezirezortní pracovní skupina, jejímž prvním výsledkem je tento materiál pro informaci vládě. Tato souhrnná analýza problematiky světelného znečištění a možností jeho podchycení legislativními a nelegislativními prostředky v ČR byla zpracována **těmito subjekty, kterých se problematika dotýká**:

Ministerstvo životního prostředí	Ministerstvo průmyslu a obchodu
Ministerstvo zdravotnictví	Svaz průmyslu a dopravy ČR
Ministerstvo pro místní rozvoj	Svaz měst a obcí České republiky
Ministerstvo dopravy	Česká astronomická společnost
Ministerstvo vnitra	Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení ¹

¹ Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení není členem pracovní skupiny, její zástupce byl však přizván k projednání materiálu.

Materiál shrnuje:

- základní informace o světelném znečištění a jeho působení na různé složky (lidské zdraví, příroda, doprava, energetika)
- možnosti a nedostatky pro řešení problematiky v rámci stávající legislativy
- návrhy možného řešení (legislativní a nelegislativní)

Materiál **dokládá negativní dopady světelného znečištění** na společnost, občany a přírodu. Cílem další práce by mělo být nalezení účinných nástrojů pro omezení světelného znečištění v co největší míře a poskytnutí právní ochrany před světelným znečištěním občanům.

K naplnění cíle snižování negativního vlivu světelného znečištění se nabízejí tyto základní pilíře:

- 1) Regulace pro omezení vlivů na přírodu a životní prostředí jako veřejný zájem;
- 2) Regulace pro omezení vlivů na zdraví člověka jako veřejný zájem – svícení do oken, svícení s nevhodnou teplotou chromatičnosti (barvou světla);
- 3) Posílení pravomocí obcí pro regulaci problematiky světelného znečištění;
- 4) Vymezení limitů pro světelné podmínky v rámci právních předpisů na ochranu veřejného zájmu (lidského zdraví a životního prostředí);
- 5) Omezení nadměrného svícení jako způsob naplňování požadavků na hospodárné využívání energie nebo dosahování energetických úspor podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.

V České republice v současnosti neexistuje právní předpis, který by se komplexně zabýval problematikou světelného znečištění. Dílčí předpisy, které lze částečně využít pro ochranu občana a přírody před světelným znečištěním, však byly nalezeny a jsou v materiálu uvedeny. **Do budoucna je ovšem nutno nalézt komplexní způsob nebo způsoby řešení této problematiky.**

Obsah

1.	Informace pro Vládu ČR o problematice světelného znečištění	5
1.1.	Úvod	5
1.1.1.	Stručný úvod do problematiky	5
1.1.2.	Světelná technika a světelné zdroje	8
1.2.	Negativní dopady světelného znečištění podle oblastí	14
1.2.1.	Světelné znečištění a doprava	14
1.2.2.	Noční prostředí, osvětlení měst a obcí	17
1.2.3.	Lidské zdraví	18
1.2.4.	Noční příroda	29
1.2.5.	Světelné znečištění a chráněná území	32
1.2.6.	Plýtvání energií	33
1.3.	Analýza současného pokrytí v legislativě ČR	34
1.3.1.	Světelné znečištění a integrovaná prevence	35
1.3.2.	Světelné znečištění a ochrana přírody a krajiny	36
1.3.3.	Světelné znečištění a stavební zákon	38
1.3.4.	Světelné znečištění a občanský zákoník	39
1.3.5.	Světelné znečištění a osvětlení komunikací	40
1.3.6.	Světelné znečištění a technické normy	40
1.3.7.	Světelné znečištění a energetika	41
1.3.8.	Světelné znečištění a ochrana spotřebitele	41
1.4.	Srovnání s pokrytím v zahraniční legislativě	42
1.4.1.	Evropa	42
1.4.2.	USA	44
1.5.	Způsoby možného řešení světelného znečištění v ČR	45
1.5.1.	Možnost regulace světelného znečištění pomocí obecně závazné vyhlášky	45
1.5.2.	Možnost regulace zákonem o ochraně veřejného zdraví	50
1.5.3.	Možnost regulace světelného znečištění stavebním zákonem	51
2.	Závěr	53
3.	Přílohy	54
3.1.	Doporučení pro šetrné osvětlování	54
3.2.	Doplňující komentář k jednotlivým bodům	55
3.2.1.	Doporučené typy svítidel	55
3.2.2.	Doporučený způsob instalace svítidel	57

3.2.3.	Doporučené typy světelných zdrojů.....	58
3.2.4.	Pronikání světla do oken	60
3.2.5.	Maximální úroveň osvětlení	61
3.2.6.	Architektonické osvětlení.....	61
4.	Reference	63

1. Informace pro Vládu ČR o problematice světelného znečištění

1.1. Úvod

Není tomu ještě ani sto let, co každý člověk na zemi mohl v noci zvednout oči k obloze, vidět nebe poseté tisícovkami hvězd a mohl na vlastní oči vidět Mléčnou dráhu. Bez nadsázky můžeme říct, že z dnešních dětí a mládeže naprostá většina nikdy Mléčnou dráhu na vlastní oči neviděla. Ale není to absence poetického pohledu na oblohu, která je důvodem pro vznik tohoto materiálu. Chybějící temná noční obloha je totiž názorný a měřitelný ukazatel několika patologických jevů, které souvisí s rozvojem našich technologií a našeho blahobytu a které ohrožují zdraví člověka, jeho bezpečnost, negativně ovlivňují faunu i flóru a způsobují zbytečnou ekonomickou zátěž.

Po stovky tisíc let vývoje se biorytmus člověka vyvíjel s ohledem na střídání dne a noci, světla a tmy. A jen několik posledních desetiletí je tento přirozený cyklus narušován. Svítíme levněji a tak svítíme víc. Svítíme i tam kde nemusíme. A svítíme v noci čím dál tím více. Málokoho již dnes vyruší ze spaní měsíční úplňk, který se čas od času vloudí do vaší ložnice. To proto, že nám podobné měsíční úplňky vytváří špatně směřované pouliční lampy bez přestání po celý rok. Zvykli jsme si. Ale naše biologické hodiny ne.

Přitom kvalita nočního životního prostředí se v důsledku špatného svícení snižuje velmi rychle. Mapa světelného znečištění je každým rokem světlejší a to, co bylo na hvězdné obloze vidět z měst ještě před deseti lety, již dnes neuvidíme. Je nejvyšší čas se problémem světla v noci začít zabývat.

Cílem regulace světelného znečištění není snaha o to přestat svítit. Cílem je nesvítit v noci zbytečně, nebezpečně a špatně. Důsledky působení světla v noci na lidské zdraví i na přírodu jsou shrnuty v následujícím textu a jsou zřejmé. Stejně tak jsou diskutovány vlivy na bezpečnost a ekonomické hledisko. Pokud se podaří prosadit smysluplnou a rozumnou regulaci světelného znečištění a omezení rušivého světla v České republice, budou výsledkem ekonomické úspory, kvalitnější podmínky pro život obyvatel, lepší komfort při pohybu lidí v noci a zlepšení bezpečnostních hledisek spojených se světlem a osvětlováním. Regulace světelného znečištění neznamena snížení komfortu obyvatel ani firem s nočními provozem. Regulace světelného znečištění také neznamena další náklady, naopak, v globálním důsledku může vést k nemalým úsporám.

1.1.1. Stručný úvod do problematiky

Světelné znečištění lze definovat jako **soubor nepříznivých účinků umělého osvětlení**, [65, 34, 68, 9] které můžeme pozorovat v několika oblastech: lidské zdraví, ekologie, ekonomika a bezpečnost, a také viditelnost noční hvězdné oblohy důležitá jak pro potěchu občanů, tak pro vědecké účely.

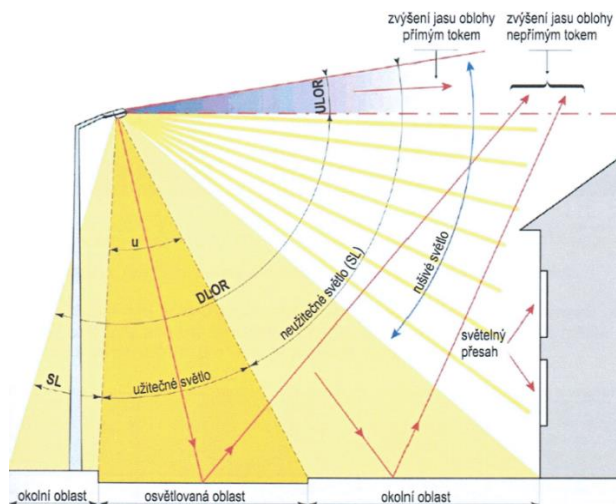
Světelné znečištění má několik forem:

- **umělý jas oblohy** (*sky glow*, též lidově nazývaný „světelný smog“) nad městy, způsobený rozptylem světla v atmosféře;
- rušivé a omezující **oslňení** (*glare*), kdy je překročena adaptační schopnost oka;
- **neúměrná intenzita osvětlení** (*over-illumination*) objektu nebo interiéru; a
- **světelný přesah** (*light intrusion/trespass*) do nevhodných prostor.

Tyto formy se vyskytují většinou pohromadě a mají charakter lokální (např. osvětlené okno ložnice), regionální (oslňení pocházející od vzdálených zdrojů, narušení krajinného rázu v okolí osvětlené obce) a nadregionální (zvýšený jas oblohy v širokém okolí megalopole).

Původcem světelného znečištění je obecně každý umělý světelný zdroj – vzhledem k podstatě viditelnosti objektů, kdy musí na sítnici pozorovatele dopadnout světlo odražené od osvětlovaného povrchu, je tedy jistá míra světelného znečištění při používání umělého světla v noci nevyhnutelná, nemusí být nadbytečná (Obrázek 1). Příčiny vzniku nadbytečného světelného znečištění lze rozdělit následovně:

- osvětlování mimo nutné časové období (např. osvětlení parkoviště nákupního centra mimo otevírací dobu);
- směřování světla do nežádoucích prostor (např. na nebe, do volné krajiny nebo okny do interiérů);
- použití zdrojů s nevhodnými spektrálními charakteristikami (zejména v modré části spektra).



Obrázek 1: Světlo vyzařované osvětlovací soustavou lze podrobněji rozdělit na užitečné světlo, které míří do osvětlované oblasti; neúžitečné světlo, které míří mimo osvětlovanou oblast; a rušivé světlo, jež je neúžitečným světlem, které má negativní vedlejší účinky. Každá z těchto kategorií částečně přispívá ke světelnému znečištění. Zdroj: [14].

1.1.1.1. Základní jednotky a veličiny

Tato kapitola přináší krátké shrnutí některých fyzikálních jednotek a veličin spjatých se světlem a osvětlováním, a přehled jejich vzájemných vztahů.

Jednou ze základních jednotek soustavy SI je kandela (cd), jednotka svítivosti, jež vychází ze standardní fotometrické křivky (V_λ) pro normálního fotometrického pozorovatele (viz Obrázek 2 vlevo). Jde tedy o režim fotopického vidění (více viz část: Fyziologie vnímání světla), který platí i pro všechny veličiny a jednotky od svítivosti odvozené.

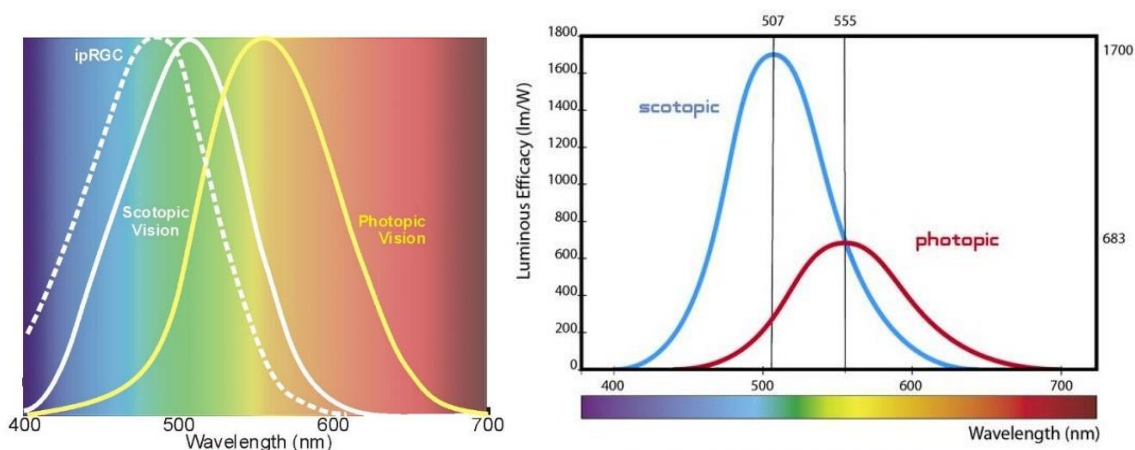
- Svítivost [cd] je světelný tok vyzařovaný bodovým zdrojem v prostorovém úhlu do určitého směru.
- Světelný tok [lm = cd.sr] je zářivý tok [W] vyprodukovaný zdrojem vzhledem ke spektrální odezvě lidského oka.

- Osvětlenost neboli intenzita osvětlení [$\text{lx} = \text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$] je světelný tok dopadající na 1 m^2 . Pro představu, osvětlenost za jasného dne se pohybuje v řádu 10^4 lx , u interiérového osvětlení desítky až stovky luxů, u Měsíce v úplňku $0,3 \text{ lx}$.
- Jas [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$] je měrnou veličinou svítivosti plošného zdroje, jde tedy o světelný tok z vnímané plochy do určitého úhlu. Např. jas silnice osvětlené veřejným osvětlením se pohybuje v rozsahu $0,5\text{-}2 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Zář [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$] je obdobou jasu pro celé spektrum bez ohledu na citlivost lidského oka.

1.1.1.2. Fyziologie vnímání světla

Osmdesát procent všech informací o našem okolí přichází očima. Světlo dopadající na sítnici v oku nám, podobně jako i mnoha jiným organismům, předává mimo obrazových i řadu dalších důležitých informací. V lidském oku se nacházejí dva základní fotoreceptory – tyčinky a čípky. Čípky obstarávají barevné vidění a jsou aktivní přibližně od jasu $3 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ výše [54]. Na nízké hladiny osvětlení jsou oproti čípkům mnohem citlivější tyčinky, které zprostředkovávají nebarevné vidění. Maxima spektrální odezvy dosahují tyčinky při $\lambda = 507 \text{ nm}$ (viz Obrázek 2) a jsou aktivní při jasu nižším než $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ (10^{-3} lx).

Poměrně nedávno, až v roce 2001, byla objevena **třetí skupina světločivných buněk sítnice** (ipRGCs; z angl. Intrinsic photoresponsive ganglion cells), která primárně zajišťuje tzv. **neobrazové vnímání světla**, kdy je do mozku předávána pouze **informace o intenzitě světla**, nikoli informace obrazová. Pomocí těchto fotoreceptorů a tohoto typu vnímání světla je **synchronizován běh vnitřních cirkadiánních hodin s rytmem střídání světla a tmy během dne a noci**. Obdobně jako tyčinky a čípky, ipRGC obsahují fotopigment – melanopsin s $\lambda_{\text{max}} = 480 \text{ nm}$ (viz Obrázek 2). Na rozdíl od fotopigmentů čípků, jež se u živočišných druhů liší (a liší se tedy i jejich odezva na spektrální složení světla), je melanopsin v ipRGC, podobně jako rhodopsin v tyčinkách, zřejmě přítomen u savců stejný, tj. reaguje na stejné spektrální rozmezí světla [43, 72, 52, 4].

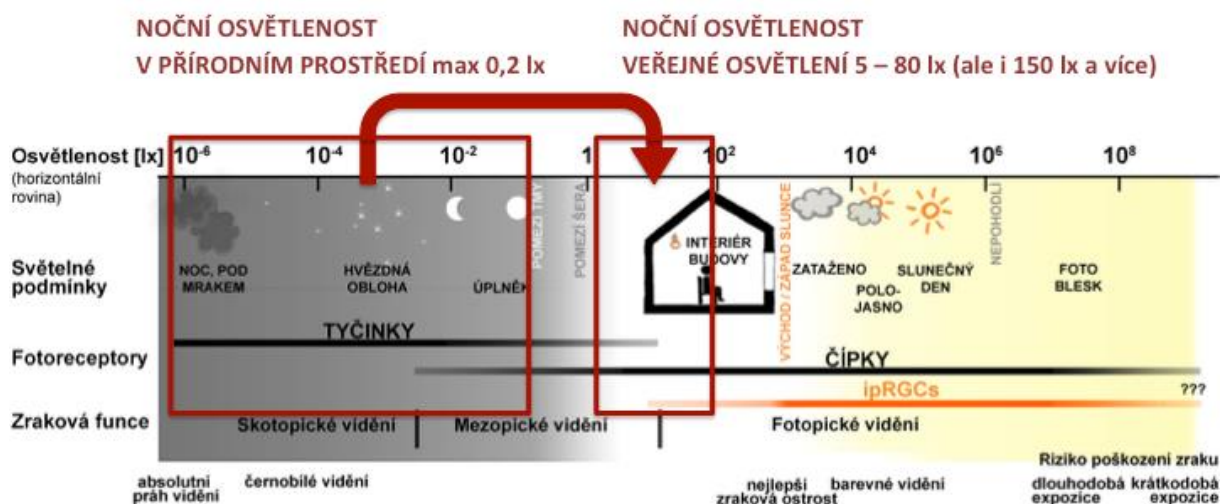


Obrázek 2: Relativní spektrální odezvy melanopsinu v ipRGC a lidského oka při fotopickém (neboli $V\lambda$) a skotopickém vidění (vlevo) a absolutní světelná účinnost fotopického a skotopického vidění (vpravo). Zdroj: www.rasc.ca a www.prismaenceuk.com.

1.1.1.3. Fotopické, mesopické a skotopické vidění

Ačkoliv oko funguje při velkém rozsahu jasu (až 10^{14}), zrakový vjem je tvořen pomocí odlišných fotoreceptorů; **podle intenzity osvětlení a aktivity fotoreceptorů rozlišujeme tři režimy vidění – fotopické, mesopické a skotopické** (Obrázek 3).

- Ve **fotopickém režimu** jsou aktivní pouze čípky, a pouze při denních hladinách jasu, zhruba od 10 cd.m^{-2} výše. Při fotopickém vidění vykazuje oko vyšší rozlišovací schopnost, vyšší rychlost tvorby zrakového vjemu a rychlejší adaptaci na změnu jasu. Křivka fotopického vidění je totožná se standardní fotometrickou křivkou V_λ , používanou pro výpočty ve světelné technice.
- Při **skotopickém vidění**, u jasu menšího než ca. $10^{-3} \text{ cd.m}^{-2}$, je světlo vnímáno pouze tyčinkami. Protože spektrální odezva tyčinek a čípků je odlišná, liší se i odezva při fotopickém a skotopickém vidění. Ačkoli tyčinky neumožňují rozlišení barev, jejich absolutní citlivost ke světlu o krátkých vlnových délkách je vyšší (Obrázek 3). S klesáním intenzity osvětlení proto dochází i k posunu ve vnímání barev – kratší vlnové délky jsou vnímány jako jasnější než dlouhé, zatímco ve fotopickém režimu je tomu naopak. Tento posun ve vnímání jasu, známý jako Purkyňův efekt, má obzvláštní důležitost vzhledem k požadavkům na spektrální charakteristiku umělých světelných zdrojů (viz následující sekce).
- Přechodovým režimem mezi skotopickým a fotopickým viděním je **vidění mesopické**, při kterém jsou aktivní čípky i tyčinky, a to v různém poměru v závislosti na hladině osvětlení. Nelze proto stanovit jednoznačnou křivku spektrální citlivosti pro mesopické vidění [54].



Obrázek 3: Příklad možných osvětleností horizontální roviny (v lx) za různých světelných podmínek - rozsah citlivosti lidského oka, režim zraku a aktivita fotoreceptorů. Adaptováno z [49].

1.1.2. Světelná technika a světelné zdroje

Obor „Světelná technika“ je úzce spjat s fotometrií, elektrotechnikou a energetikou, a zabývá se navrhováním osvětlování venkovních i vnitřních prostor teoreticky a prakticky. Hlavním úkolem návrhu světelné soustavy je zajistit dostatečnou osvětlenost pro vykonávání činnosti v daném prostoru s maximálním komfortem pro uživatele a minimálními negativními účinky [54]. S přihlédnutím k zatím neúplnému poznání lidského vidění a množství rozdílných (někdy i protichůdných) parametrů a požadavků jde o velmi komplexní problém, jehož řešení se stále vyvíjí dle nových poznatků a technického pokroku.

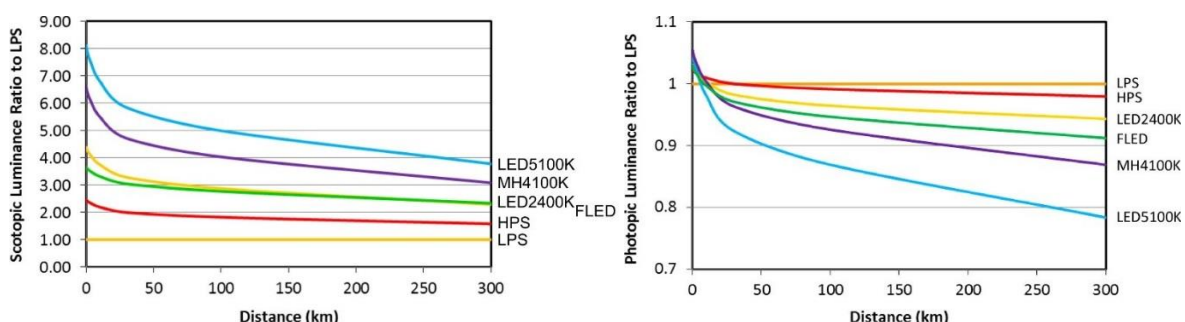
1.1.2.1. Světelné zdroje a svítidla

Světelný zdroj a svítidlo, jsou definovány několika důležitými parametry:

- spektrální distribuce
- **měrný výkon** [$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$] určuje závislost množství produkovaného světelného toku na dodávaném příkonu – současné nejúčinnější světelné zdroje disponují měrnými výkony kolem $200 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (pro srovnání, měrný výkon obyčejné žárovky je pouze $6\text{-}15 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$).
- náhradní **teplota chromatičnosti** T_c [K], jež úzce souvisí se spektrálním složením a částečně charakterizuje barvu světla. Podle teploty chromatičnosti se někdy zdroje, zejména LED, řadí do kategorií, a to teple bílá, $T_c < 3\,300 \text{ K}$, bílá, $T_c = 3\,300 - 5\,000 \text{ K}$ a denní (studená) bílá, $T_c > 5\,000 \text{ K}$.
- **index podání barev** R_a (též CRI, také úzce souvisí se spektrální distribucí), zohledňuje věrohodnost barevného vnímání. Hodnoty indexu jsou 0-100; čím vyšší hodnota, tím kvalitnější rozlišení a interpretace barev.
- **S/P** – poměr světelného toku svítidla vypočteného pro skotopickou a fotopickou citlivost lidského oka. Zdroje, které mají větší podíl modré složky spektra, mají vyšší S/P a zdají se při mesopickém vidění jasnější než zdroje se stejným příkonem, ale nižším S/P.
- procento světelného toku vyzařovaného nad / pod horizontální rovinu ULOR / DLOR (*upward / downward light output ratio*)
- dále se hodnotí **účinnost svítidla** (poměr světelných toků svítidla a zdrojů), **křivka svítivosti svítidla** (distribuce světelného toku do prostoru) a **životnost** (odlišná u zdroje, svítidla, stožáru a rozvodů).

Vzhledem k tomu, že současná světelná technologie a praxe je postavena na standardní fotometrické křivce V_λ , která odpovídá fotopickému režimu vidění, mohou být při praktické aplikaci rozdíly mezi naměřeným a vnímaným jasnem značné. V jasů mesopického vidění se přitom odehrává mnoho aktivit, kvůli kterým je zřizováno venkovní osvětlení, je proto žádoucí přizpůsobit osvětlení tomuto režimu vnímání, aby bylo pro uživatele výhodné. V posledních letech proto dochází k rozvoji nového oboru mesopické fotometrie (např. CIE 191:2010) a lze očekávat odpovídající změny v návrhu a klasifikaci světelných zdrojů, osvětlovacích soustav a legislativě.

Světelné zdroje s větším podílem krátkých vlnových délek přispívají k jasů oblohy při skotopickém vnímání **násobně více** než zdroje, které v krátkých vlnových délkách nevyzařují (Obrázek 4, vlevo). Pokud jde ovšem o jas naměřený přístroji kalibrovanými pro V_λ , použití modrých zdrojů se projeví sníženým jasnem oblohy (Obrázek 4, vpravo).



Obrázek 4: Relativní skotopický jas světelných zdrojů v závislosti na vzdálenosti (vlevo) a relativní fotopický jas světelných zdrojů v závislosti na vzdálenosti (vpravo). Zdroj: [11].

1.1.2.2. Nejpoužívanější světelné zdroje

V osvětlování venkovních prostor patří mezi nejrozšířenější zdroje následující: vysokotlaké sodíkové výbojky (HPS), nízkotlaké sodíkové výbojky (LPS), zářivky, halogenidové výbojky (MH), rtuťové výbojky a LED. Pojmem FLED se někdy označují LED svítidla vybavená filtrem pro blokadu kratších vlnových délek (např. pod 500 nm). Parametry některých těchto zdrojů uvádí Tabulka 1, a jejich spektrální citlivosti Obrázek 4. Kvůli svým nevyhovujícím charakteristikám jsou v současnosti zcela opouštěny rtuťové zdroje a LPS.

Tabulka 1: Vybrané parametry světelných zdrojů používaných pro veřejné osvětlení. Zdroj: sestaveno podle údajů z [1], [14]

Světelný zdroj	Měrný výkon [$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$]	T_c [K]	R_a	Životnost [hod]	S/P
Vysokotlaká sodíková výbojka	80-130	2000	25	24 000	0,4-0,6
Nízkotlaká sodíková výbojka	130-200	1700	0	18 000	0,2
Halogenidová výbojka	100-125	2800-4000	70-90	16 000	1,4-2,1
Rtuťová výbojka	40-50	3000-4000	50	10 000	0,8
LED	130-200	2400-8000	70-90	80 000	1,2-2,0

1.1.2.3. Současný stav a budoucí vývoj osvětlení obcí v ČR

Podle dotazníkového hodnocení 350 obcí v ČR z roku 2010 od společnosti SEVEN je necelých 85 % zdrojů veřejného osvětlení tvořeno HPS, 5 % MH, 4 % rtuťovými výbojkami, 6,4 % kompaktními zářivkami a 0,2 % ostatními zdroji. V roce 2009 byly průměrné náklady související s provozem světelného bodu 2 600 Kč, z toho náklady na elektrickou energii 1 300 Kč při průměrném příkonu 124 W. Regulování veřejného osvětlení bylo prováděno ve 37 % obcí, nejčastěji zhasínáním v pozdních nočních hodinách. Odhadovaný počet světelných míst veřejného osvětlení v ČR se pohybuje okolo 1,4 mil. a odhadovaná roční spotřeba okolo 585 GWh, což činilo 0,9 % spotřeby elektrické energie v ČR [56]. Stáří jednotlivých prvků veřejného osvětlení ukazuje Tabulka 2 a pouze dílčí či žádnou opravou neprošlo veřejné osvětlení v 50 % obcí.

Tabulka 2: Stáří jednotlivých prvků veřejného osvětlení k roku 2014. Zdroj:[16], [53]

	0-5 let	6-10 let	11-20 let	21+ let
Stožáry	3%	11%	40%	44%
Rozvody	4%	12%	39%	43%
Svítidla	11%	29%	39%	19%

Vzhledem k tomuto stavu lze v nejbližších letech očekávat nutnost nákladné obnovy sítí veřejného osvětlení; možnosti financování z jiných, než obecních rozpočtů jsou ovšem omezené (např. dotační program MPO EFEKT či program MŽP pro obce v národních parcích).

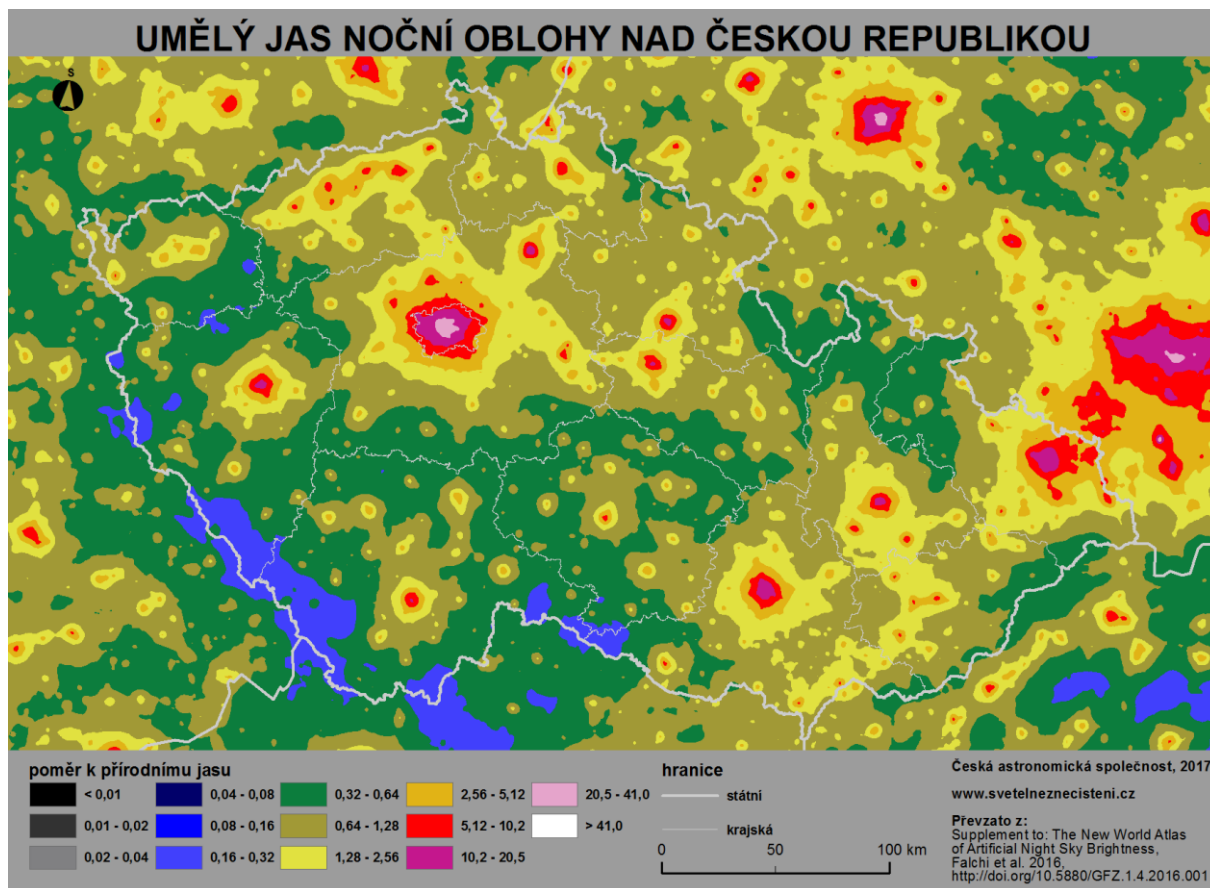
V posledním desetiletí nastal velký **pokrok na poli LED osvětlení**, jehož parametry se stále zlepšují – do roku 2030 se očekává zvýšení měrného výkonu až na $250 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ a zvýšení životnosti, a to zejména u „teplých“ LED zdrojů ($T_c < 3\,300 \text{ K}$), které v současnosti v těchto parametrech zaostávají za „studenými“ zdroji ($T_c > 3\,300 \text{ K}$) zhruba o 10-15 % [40]. Oproti jiným zdrojům distribuují LED světlo do konkrétního směru, čímž podstatně zvyšují účinnost svítidel (tj. snižují energetickou náročnost). Další výhody spočívají ve snadné regulovatelnosti a okamžitém náběhu na maximální výkon.

LED zdroje, které již nyní tvoří v USA zhruba 13 % veřejného osvětlení, se v posledních letech rozšiřují i v ČR. Do roku 2030 se počítá, že podíl LED zdrojů při obnově a instalaci nových sítí veřejného osvětlení v USA dosáhne 100 %. Očekávané úspory ve spotřebě energie na osvětlení vlivem zavedení LED svítidel by měly v USA v roce 2030 dosáhnout 46 % a pořizovací náklady LED by se měly snížit na méně než desetinu [62]. V Evropě by měl podíl instalovaných LED v témže roce dosáhnout $\frac{2}{3}$ v nerezidenčním osvětlení s úsporami energie 46 % [40].

1.1.2.4. *Stav a měření světelného znečištění*

Kvůli různorodosti forem světelného znečištění je jeho kvantifikace obtížná – jakýmsi proxy měřítkem pro hodnocení míry světelného znečištění je proto **jas oblohy**. Přirozený jas oblohy je tvořen rozptýleným světlem Měsíce, jasných planet, hvězd, pásu Mléčné dráhy, zvířetníkového světla, airglow a dalšími astronomickými jevy. Umělý jas oblohy je způsoben světlem uměle přidaným do nočního prostředí a bývá vyjádřen v poměru k přirozenému jasů noční oblohy (Obrázek 5).

Pod oblohou zasaženou světelným znečištěním žije 83 % světové populace a **v Evropské unii a USA 99 % obyvatel**; více než čtvrtina světové populace, 80 % populace USA a $\frac{1}{4}$ obyvatel EU žijí pod noční oblohou jasnější než za Měsíce v úplňku; třetina obyvatel Země, 80 % obyvatel USA a 60 % obyvatel EU již nemůže pouhým okem spatřit Mléčnou dráhu (Obrázek 7, 8, 9).

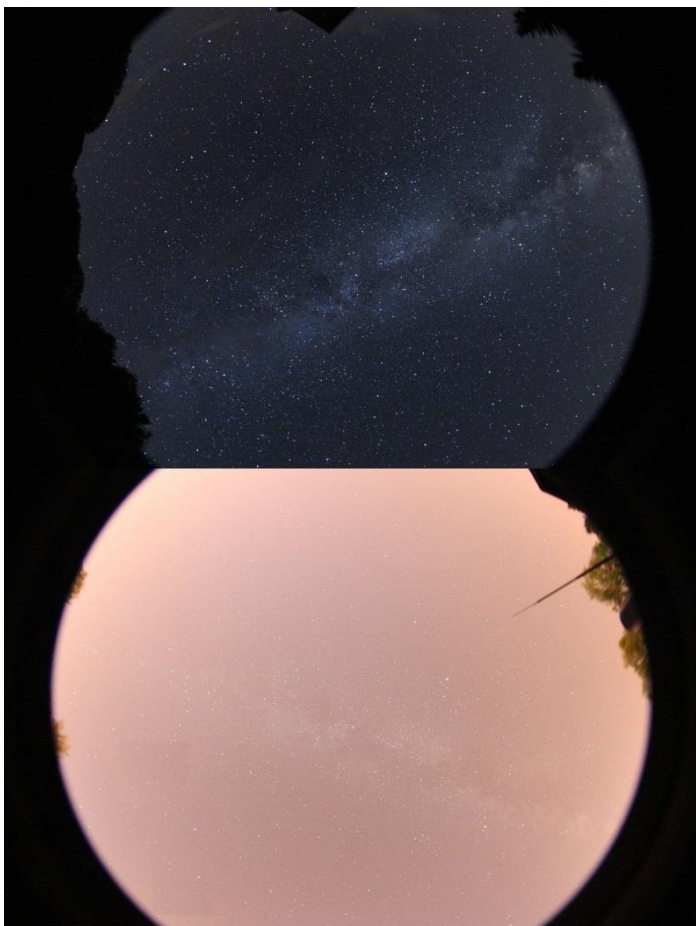


Obrázek 5: Mapa jasu noční oblohy nad Českou republikou z nového atlasu světelného znečištění (The new world atlas of artificial night sky brightness, Falchi a kol. 2016.). Černé a tmavě modré lokality (přírodní či přírodě blízké) se v ČR již nevyskytují.



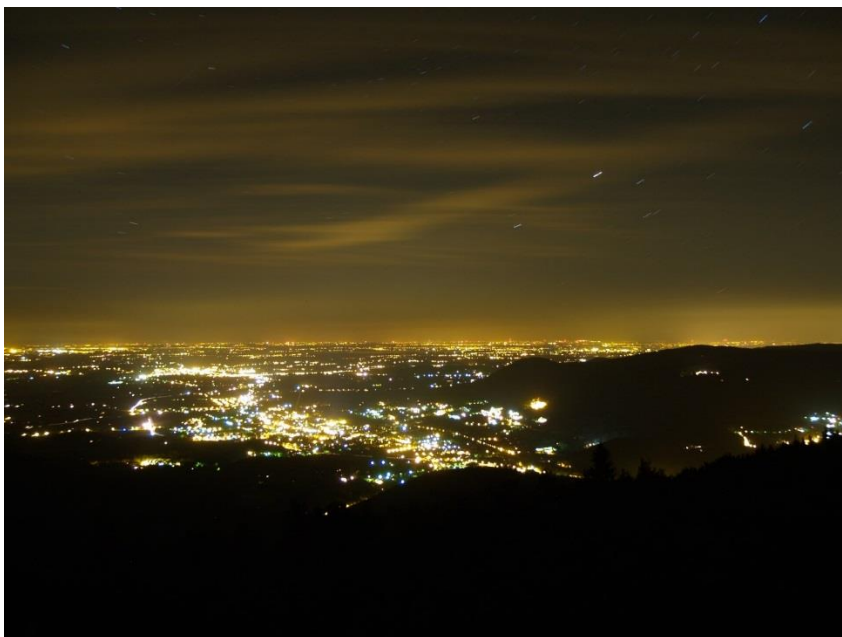
Obrázek 6: Srovnání jasu noční oblohy v různých lokalitách. Centrum města (vlevo), typická venkovská obloha v ČR (uprostřed), centrální Šumava (vpravo). I v centrálních částech Šumavy není obloha přírodně tmavá, při obzoru je zvýšený jas ze vzdálených měst stále patrný.

Vliv na jas oblohy má množství zdrojů světla, umístění a parametry svítidel, množství zeleně, sněhové pokrývky, množství a typ aerosolů, šířka ulic, výška zástavby, apod. Velkou měrou se na velikosti jasu oblohy a jeho spektrálním složení podílí oblačnost a další aerosol v atmosféře (smog, opar). Také **úhel vyzařování světla hraje roli** – světelné znečištění způsobené světlem vyzařovaným v úhlu 0-10° nad horizontální rovinu je stejné jako světlem vyzařovaným v úhlu od 10° do zenitu [38].



Obrázek 7: Dvojice snímků ze Slovenska ukazuje dramatický rozdíl v pohledu na oblohu ve středně velkém městě (Žilina) a na odlehlém venkově. Foto: Miroslav Znášik. Situace v České republice je podobná.

Venkovní osvětlení, jež je hlavním přispěvatelem ke světelnému znečištění, můžeme rozdělit na několik druhů: veřejné osvětlení, osvětlení památek a budov, osvětlení sportovišť, komerčních soukromých objektů, reklamních ploch a soukromé nekomerční osvětlení. Významnou složkou je zejména veřejné osvětlení – osvětlení veřejných komunikací a prostor, osvětlení významných objektů a slavnostní příležitostné osvětlení, jež je hrazeno většinou z obecních rozpočtů [54].



Obrázek 8: Osvětlení je jedním z nejnápadnějších veřejných statků spravovaných obcemi. V hustě osídlené střední Evropě zcela proměnilo vzhled noční krajiny.

Podíl jednotlivých druhů osvětlení na světelném znečištění se nedá stanovit obecně – liší se u jednotlivých obcí podle jejich charakteru, zvyklostí osvětlování a místních legislativních úprav. Na různých formách světelného znečištění se navíc různé druhy mohou projevat odlišně, a to i v závislosti na čase a vzdálenosti. Stejně tak se podle charakteristik dané oblasti liší celková zář – u obcí v USA je průměrně 3-5× vyšší než u obcí srovnatelné velikosti v Německu [88].

Množství osvětlení ve světě narůstá o 3-6 % za rok [74, 65]. I pokud by celkový světelný tok zůstal na stejné úrovni jako je nyní, se zvyšujícím se poměrem běžných LED svítidel se bude vzhledem k jejich spektrálním charakteristikám zvyšovat i vnímaný jas noční oblohy.

1.2. Negativní dopady světelného znečištění podle oblastí

1.2.1. Světelné znečištění a doprava

Umělé osvětlení je významným prvkem v nočním prostředí. Osvětlení je zřizováno za účelem usnadnění orientace, zvýšení bezpečnosti a snížení nehodovosti. Některé parametry nevhodně provedeného osvětlení, např. ostré přechody mezi světlem a stínem, nevhodně umístěné zdroje způsobující oslnění apod., ovšem mohou bezpečnost v noci přímo snižovat. Přímá souvislost mezi zvyšováním intenzity osvětlení nad normované hodnoty a mírou nehodovosti a kriminality je sporná [10, 18, 69, 58 - 62].

Smysluplnost pouhého zvyšování intenzity osvětlení nad úroveň postačující k plnění daného účelu je tedy diskutabilní, neboť ostatní parametry osvětlení (rovnoměrnost, oslnění,...) jsou neméně důležité. **Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že možné snížení nehodovosti je natolik malé, že neospravedlňuje náklady na osvětlování přehledných úseků silničních komunikací** [69].

Účelem osvětlení komunikací je zvýšit viditelnost neosvětlených prvků (např. chodců a zvířet), snížit nároky na zrak řidičů a přispět tak k bezpečnějšímu provozu. Zejména u nočního provozu je mnoho specifik a faktorů, které je třeba při analýze vzít v úvahu (rozdílná intenzita provozu podle ročního období, nižší počet najetých kilometrů, únava řidiče, vyšší počet řidičů a chodců pod vlivem alkoholu

a omamných látek, různorodá kvalita osvětlení). Podíl vlivu veřejného osvětlení na bezpečnost provozu je tudíž obtížné přesně určit. Bezpečnost provozu může dále ovlivňovat i jiné osvětlení v zorném poli řidiče, zejména reklamní plochy a další soukromá osvětlení. Podle studií z 50. let provedených ve Velké Británii, měla přítomnost veřejného osvětlení za následek snížení noční nehodovosti až o 30 %. Díky zlepšujícím se parametrům aut (zejména světlometů) a stavu komunikací se ovšem podíl veřejného osvětlení na bezpečnosti silničního provozu snížil. Britská Highways Agency v roce 2008 uvedla, že osvětlení dálnic mezi sjezdy snižuje nehodovost o 10 % se závěrem, že tento pozitivní vliv není ospravedlnitelný vzhledem k nákladům [69]. Statistika nehod v Berlíně mezi roky 2006 a 2008 neukázala spojitost mezi počtem nehod s ublížením na zdraví a intenzitou osvětlení místa nehody [58].

Existující normy nezohledňují technologický vývoj posledních let v oblasti světelných zdrojů, zejména pak přechod na zdroje s podstatným vyzařováním v modré oblasti spektra (MH, LED). Spektrální citlivost oka se při nižších hladinách osvětlení značně odchyluje od standardně používané fotopické citlivosti. Skutečně vnímané jasové poměry se tedy mohou významně lišit v závislosti na použitém zdroji světla, přestože dle projektu i případného měření mohou tyto různé světelné zdroje vykazovat stejné hodnoty světelně technických parametrů.

Zrak starších lidí se ve srovnání s mladšími lidmi vyznačuje pomalejším přizpůsobováním změnám světelných podmínek, vyšší náchylností k oslnění, vyšším rozptylem světla ve sklivci, zejména v oblasti kratších vlnových délek.

S obecným stárnutím populace lze předpokládat i větší zastoupení starších lidí mezi řidiči, je tedy na místě více zohledňovat specifické potřeby této skupiny účastníků provozu na pozemních komunikacích (jak chodců, tak i řidičů).



Obrázek 9: Nerovnoměrnost osvětlení je významným parametrem ovlivňujícím bezpečnost provozu



Obrázek 10: LED billboard je zdaleka nejvýraznějším prvkem v prostoru křižovatky. Byl povolen stavebním úřadem a spuštěn i přes negativní stanovisko dopravní policie

V ČR neexistuje žádná jednotná normativní ani legislativní úprava týkající se světelných zdrojů, které přímo nesouvisí s osvětlením samotné komunikace, které ovšem uživatele této komunikace přímo a mnohdy zásadním způsobem ovlivňují. Jedná se zejména o osvětlení přilehlých prostor (obchodní, zábavní, logistické a průmyslové areály) a o reklamní osvětlení. Kromě obecné světelné reklamy lze v posledních letech pozorovat značný nárůst pohyblivé světelné reklamy (LED billboardy) umístěné přímo v zorném poli řidičů, a to často ve složitých dopravních situacích ve městech (Obrázek 10 a Obrázek 11).



Obrázek 11: Pohled na noční Prahu z Mezinárodní vesmírné stanice (ISS). Jasně body podél hlavních tahů jsou osvětlené billboardy – na celém snímku je jich několik set.

1.2.2. Noční prostředí, osvětlení měst a obcí

Vliv světelného znečištění, obzvláště ve formě zvýšeného jasu oblohy, je na první pohled nejvýraznější v **proměně noční krajiny a krajinného rázu**. Krajinu vnímáme většinou ve dne, kdy je součástí dojmu z celkového obrazu i obloha nad krajinou a s ní spojené jevy (východ a západ Slunce, počasí). Stejně tak **v noci je součástí krajiny noční obloha**, jejímiž prvky jsou astronomické objekty jako Měsíc, hvězdy, pás naší Galaxie neboli Mléčná dráha, planety a zvířetníkové světlo a atmosférické jevy jako polární záře, noční svítící oblaka a airglow. Po mnoho tisíciletí lidé používali hvězdné nebe pro navigaci a odhad času, byly s ním úzce spojeny náboženské a mytologické příběhy, inspiraci z něj čerpali umělci i vědci. Světelné znečištění má za následek ztrátu viditelnosti této součásti krajiny – zatímco na přírodní obloze je možno pouhým okem spatřit až několik tisíc hvězd, na většině území ČR jsou to pouze stovky hvězd a v nejhůře postižených oblastech jako centra velkých měst a aglomerací jde pouze o několik jednotek či desítek hvězd [5]. **Noční obloha je organizací UNESCO považována za součást světového dědictví**, ačkoliv přírodní obloha jako taková, ani oblasti tmavé oblohy, nemohou být podle současných kritérií zapsány do Seznamu světového dědictví [50].

Analýza změn jasu ze satelitních snímků pro přírodní a polo-přírodní ekosystémy mezi lety 1992 až 2012 prokázala největší nárůst jasu v mírných pásmech a v oblasti Středozevního moře. Nejnižší nárůst vykazují horské, arktické a boreální oblasti. V tropických a subtropických oblastech jsou nejvíce dotčeny mangrovové a subtropické jehličnaté a smíšené lesy; v suchých oblastech jde o lesnaté a zemědělské lokality. Ekosystémy s nejvyšším nárůstem záře jsou již nyní fragmentované a často se jedná o oblasti, které vykazují vysokou diverzitu a přítomnost endemických a vzácných druhů [31].

S cílem propagovat a zachovat hvězdnou oblohu jsou v posledních letech zakládány tzv. oblasti a parky tmavé oblohy, které jsou často součástí jiného chráněného území, např. národních parků. Nejrozšířenější program zaštiťující tyto lokality je pod správou International Dark-Sky Association a bylo v něm založeno více než 45 parků a rezervací tmavé oblohy – z toho 17 v Evropě (Velká Británie 7, Německo 3, Maďarsko 2, Irsko 2, Nizozemí 2, Francie 1) [76]. V ČR existují tři Oblasti tmavé oblohy vyhlášené mimo rámec těchto programů (Jizerská, Beskydská a Manětínská) a přípravy k založení oblasti tmavé oblohy probíhají v NP Podyjí.

Jizerská oblast tmavé oblohy byla vyhlášena 4. listopadu 2009 v rámci Mezinárodního roku astronomie a stala se první v Evropě a prvním mezinárodním parkem tmavé oblohy na světě. Rozkládá se na 75 km² v téměř neobydlené části Jizerských hor a leží z poloviny na české a z poloviny na polské straně Jizerských hor. Jejím účelem je především informování široké veřejnosti o problematice světelného znečištění, a také ochraně přírody a životního prostředí. Na projektu se podílí 6 institucí (3 za českou a 3 za polskou stranu), které vůli spolupracovat stvrdily podepsáním memoranda.

Beskydská oblast tmavé oblohy (BOTO) se nachází na Česko – Slovenské hranici se středem kolem obcí Staré Hamry a Bílá. Její rozloha je 308 km². Rozkládá se na území 12 obcí, z toho je 7 obcí na české straně a 5 na slovenské. Ve velké většině pak na území spadající do CHKO Beskydy a CHKO Kysuce. Oblast byla oficiálně založena na tiskové konferenci dne 4. března 2013. Zakládací listinou je memorandum podepsané zástupci zakládajících organizací. Z tohoto hlediska nemá oblast žádnou právní závaznost ani vymahatelnost. Ke všem krokům směřujícím k ochraně nočního prostředí

přistupují všechny strany dobrovolně. Obce, na jejichž katastrálním území se oblast rozkládá, jsou partnery, avšak nejsou signatáři memoranda.

Manětínská oblast tmavé oblohy (MOTO) se nachází na pomezí Plzeňského a Karlovarského kraje a zahrnuje katastry 10 obcí, které se na projektu přímo podílí. Byla založena 15. září 2014 podpisem memoranda zástupci zúčastněných obcí, místních občanských sdružení a České astronomické společnosti jakožto odborného garanta projektu. Klíčovým a v rámci ČR unikátním prvkem projektu je dobrovolný závazek zúčastněných obcí dbát zásad šetrného osvětlování, specifikovaných v zakládajícím memorandu, a tak chránit zdejší zachovalé noční prostředí před světelným znečištěním. Některé ze zapojených obcí již začaly realizovat úpravy jimi provozovaného osvětlení podle dohodnutých pravidel.

Zatímco v zahraničí se v některých parcích tmavé oblohy úspěšně rozvíjí **zcela nová oblast cestovního ruchu, astroturistika**, v ČR zatím představuje zachovalé noční prostředí, potažmo hvězdná obloha zatím neobjevený a jen **velmi málo využívaný nástroj propagace regionů**. První záměry a konkrétní podnikatelské aktivity v tomto smyslu lze pozorovat právě v našich oblastech tmavé oblohy a pak také např. v NP Šumava, **potenciál je však prozatím z velké části nevyužitý. Využití veřejné finanční podpory projektů zaměřených na rozvoj cestovního ruchu v tomto směru je problematické, neboť konkrétní opatření obvykle nespadají do žádné z kategorií podporovaných dotačními tituly.**

1.2.3. Lidské zdraví

Člověk se po mnoho milionů let vyvíjel v prostředí, kde se pravidelně střídá den a noc, tedy světlo a tma, a celá jeho fyziologie, stejně jako fyziologické procesy všech organismů, jsou tomu dokonale přizpůsobeny. Nejzřetelnější adaptace na rozdíl mezi dnem a nocí je rytmus spánku a bdění. Méně je známo, že i **většina hormonů mění svoji hladinu mezi dnem a nocí. Neurohormon melatonin je například vyplavován pouze v noci a pouze za tmy**; nejvyšší hladiny melatonin dosahuje za normálních podmínek mezi 3. a 5. hodinou ranní. Sekrece melatoninu není ovlivněna bdělým stavem nebo spánkem, závisí pouze na intenzitě světla dopadajícího na sítnici.

Moderní životní styl přesunul většinu denních aktivit člověka z přírodního prostředí do urbanizovaných území, do interiéru budov. Nejsou to již vlivy přírody, ale sami současní lidé, kteří si vytvářejí své světelné prostředí a jsou tak zodpovědní za jeho dopad na vlastní zdraví.

1.2.3.1. Systém cirkadiánní regulace

Cirkadiánní rytmus (z latiny circa = přibližně, diem = den) je přibližně 24-hodinový cyklus biochemických, fyziologických a behaviorálních procesů v organismu, kontrolovaný centrálními biologickými hodinami v hypotalamu, zjednodušeně řečeno vnitřními hodinami člověka. Nejedná se pouze o rytmus spánku a bdění, cirkadiánně jsou regulovány také změny tělesné teploty, tlaku, srdeční frekvence, aktivity trávicího traktu, vylučování, mění se hladiny hormonů v těle atd. Tento endogenní rytmus se může lišit mezi jedinci, délka se pohybuje mezi 23,6 – 25,1 hodiny, v průměru 24,2 hodiny. Jedinci s kratší nebo delší (kterou má většina populace) periodou než 24 hodin musí své vnitřní hodiny pravidelně synchronizovat s periodou vnějšího času danou rotací Země kolem své osy, a tato synchronizace se děje právě pomocí systému neobrazového vnímání světla [2]. Při dopadu dostatečného množství světelného záření na sítnici oka jsou aktivovány fotoreceptory ipRGCs, které jsou přímo propojeny s centrálními hodinami v suprachiasmatických jádrech se suprachiasmatickým jádrem (SCN) v hypotalamu a s dalšími centry v mozku (Obrázek 2, obrázek 11). SCN koordinuje

periferní oscilátory v jednotlivých orgánech těla a informuje je o denní době [74]. K tomu využívá např. hormon melatonin, produkovaný v součinnosti s SCN v šišince, neboli epifyze (Obrázek 12).

1.2.3.2. *Neurohormon melatonin a zdraví člověka*

Sekrece melatoninu se zvyšuje při klesající intenzitě osvětlení, tj. v přírodních podmínkách při západu slunce. Sekrece melatoninu závisí na intenzitě světla dopadajícího na sítnici; během dne jsou koncentrace melatoninu v těle velmi nízké. Výrazně se zvyšují v době, kdy se organismus ukládá ke spánku. Experimenty ukazují, že pouhých 30 minut pobytu v prostředí osvětleném běžně užívanými zdroji světla (při intenzitě osvětlení < 200 lx) významně potlačuje večerní produkci melatoninu a odsouvá počátek jeho produkce do pozdějších hodin. Ranní konec produkce melatoninu není večerním světlem ovlivněn, celkově se však zkracuje doba, kdy je melatoninu produkován, a to až o 90 minut [84].

Melatonin má mj. „očistnou“ funkci v těle. Zbavuje organismus volných radikálů, zplodin metabolismu, které se kumulují během dne, a významně podporuje imunitní systém, což přispívá k regeneraci těla během noční doby, tedy během spánku [3, 73-75]. Umělé osvětlení, které dnes umožňuje člověku svítit během noci, neodpovídá přirozenému prostředí a syntézu tohoto hormonu systematicky potlačuje. Pokud je organismus vystaven světlu i ve večerních hodinách, sekrece melatoninu je posunuta a **nestihne se vytvořit dostatečné množství melatoninu** do té doby, než ráno dojde ke zvýšení hladin osvětlení a k jeho přirozenému poklesu.

K nejvýznamnějšímu potlačení melatoninu dochází při expozici světelnému záření s vyšším podílem modré složky, tj. u zdrojů s vyšší CCT (5 000 K), často označovanému jako „daylight white“ nebo „studená bílá“. Výrazný efekt byl však zaznamenán například i u „teple bílého“ zdroje Planon s CCT 2 800 K, pokud byl zdroj umístěn ve vzdálenosti 1 m od oka [9], jak je to běžné například v koupelně u osvětlení zrcadla. Negativní vliv však může mít i tlumené světlo v ložnici během spánku [48]. IPRGC's receptory v oční sítnici jsou velmi citlivé právě v oblasti modrých vlnových délek, typicky vyzařovaných LED zdroji [45]. Významné potlačení sekrece melatoninu bylo prozatím u člověka prokázáno od hladiny osvětlenosti 1,5 lx monochromatického záření a nižší než 100 lx multispektrálního záření [12, 5, 12, 75], u zvířat ještě méně.

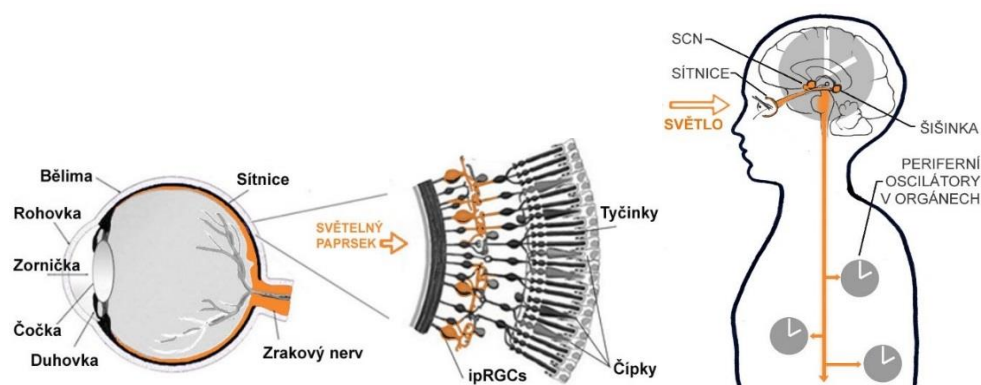
1.2.3.3. *Vliv časového rozložení světla během dne*

24-hodinový rytmus proměn dne a noci a zejména čas východu a západu slunce jsou silné podněty pro všechny organismy žijící na planetě Zemi. Proměnlivost světla pomáhá vnímat čas. Načasování dopadu světla na sítnici (dle fáze cirkadiálního rytmu) ovlivňuje typ tělesné reakce a její intenzitu. Chování vnitřních biologických hodin lze zjednodušeně přirovnat k pohybu houpačky/kyvadla, kdy je při stejné intervenci v různých fázích pohybu vyvolána odlišná reakce – od zrychlení kmitu až po jeho úplné zastavení [2].

- V ranních hodinách – před probuzením a na začátku dne bude reakcí na jasné světlo fázový posun vnitřních hodin směrem dopředu, tj. zkrácení subjektivního dne. Vzhledem k tomu, že více než 70 % osob má vnitřní hodiny s periodou delší než 24 hodin, je expozice brzkému rannímu světlu velmi žádoucí. Ranní samovolné probuzení světlem (ve fázi lehkého REM spánku) je také pro organismus daleko přirozenější než zvonění budíku bez ohledu na spánkovou fázi.

- Během dne nemá vyšší osvětlenost na fázový posun cirkadiálních hodin významný vliv. Zvyšuje však aktuální bdělost a schopnost koncentrace organismu a pozitivně působí na psychiku člověka. Posiluje také celkovou stabilitu systému, což následně přispívá ke kvalitnímu odpočinku v noci.
- Jasně světlo v době před západem slunce naopak prodlužuje subjektivní den a oddaluje nástup spánku. Používání umělého osvětlení ve večerních a nočních hodinách je tak významnou příčinou nárůstu výskytu osob s pozdním chronotypem (jedinců, u kterých je nástup spánku odsunut až do pozdních nočních/ranních hodin, tzv. sovy, noční ptáci, častý jev např. mezi adolescenty). Tito lidé jsou pak vystaveni dlouhodobé spánkové deprivaci a tzv. sociálnímu jetlagu, protože jsou společenskými normami nuceni být aktivní v době jejich subjektivní noci.

Expozice světlu s obsahem kratších vlnových délek v době po západu slunce (tj. noční době pro organismus) ruší zdravý vnitřní rytmus organismu. Během subjektivní noci mohou i slabé světelné podněty (u laboratorních zvířat méně než 1 lx) potlačit produkci hormonu melatoninu, jasné světlo je schopno způsobit výrazný fázový posun nebo dokonce úplné resetování vnitřních hodin [6]. Obzvláště citlivě reaguje systém u osob, jejichž biologické hodiny nepřijímají dostatečně silný stabilizační signál během dne – nedochází k pravidelné expozici jasnému dennímu světlu. Může se týkat osob s omezenou schopností pohybu, seniorů nejen díky přirozenému zákalu čočky oka ve vyšším věku, ale také osob, které pobývají celý den v interiéru budov, z biologického hlediska v nedostatečně osvětleném prostředí.



Obrázek 12: Systém cirkadiální regulace v lidském těle. IpRGC buňkami na sítnici oka, pokud stimulovány světelnými paprsky, předávají impuls do centrálních biologických hodin v SCN. Tyto pak koordinují další periferní hodiny v jednotlivých orgánech atd.

Světlo tedy působí na organismus člověka trojím způsobem:

- vysoká intenzita světla ve dne zvyšuje serotonin v mozku a tím podporuje dobrou náladu, zlepšuje kognitivní funkce a tlumí ospalost, čímž nepřímo zlepšuje kvalitu spánku v noci;
- každodenní zvýšená či snížená intenzita světla za rozbřesku a za soumraku informuje biologické hodiny o tom, že se mění poměr mezi dnem a nocí a je třeba o tom informovat organismus;
- světlo zasahující do temné fáze dne působí patologicky. Zasahuje do periody spánku, která je nutná pro růst organismu, konsolidaci paměťových stop, regeneraci periferních orgánů a imunitního systému. Světlo uprostřed noci organismus mylně vnímá jako signál dne a spouští biochemické procesy zajišťující jeho denní aktivitu, tím podporuje jeho vyčerpávání.

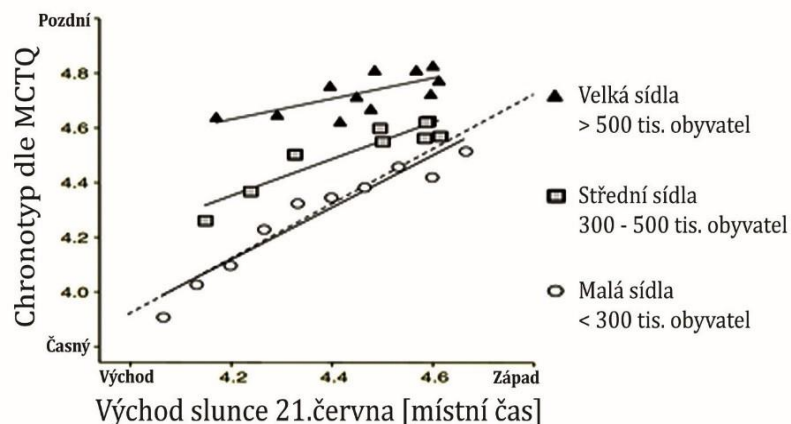
Biologická účinnost světla závisí nejen na jeho intenzitě, ale také na spektrálním složení. Specializované receptory oka (ipRGCs), které posílají signály do struktur mozku zodpovědných za regulaci fyziologických a kognitivních funkcí, jsou citlivé na světlo o vlnové délce 460-480 nm, tedy na modrou složku světelného spektra. Noční expozice světelnému záření, zejména pokud obsahuje modrou spektrální složku, potlačuje produkci melatoninu i při velmi nízkých intenzitách [3, 73-75].

Měření jasu noční oblohy potvrzuje, že 99 % obyvatel Evropy žije dnes v prostředí se světelným znečištěním. Intenzita nočního venkovního osvětlení byla potvrzena jako jeden ze tří klíčových faktorů způsobujících pozdější nástup spánku u dospívajících osob. Dlouhodobá spánková deprivace a sociální jetlag s tím spojený mají negativní vliv na kvalitu života celkově a zvyšují například o desítky procent i pravděpodobnost vzniku závislosti na nikotinu.

Více než padesátileté studium časového systému člověka i různých druhů zvířat řadou světových i českých pracovišť vede k poznání, že **opakované narušování temné fáze noci světlem významným způsobem zvyšuje riziko vzniku tzv. civilizačních chorob**, jako jsou psychiatrická onemocnění včetně depresí, spánkových poruch a poruch paměti, kardiovaskulární nemoci, inzulinová rezistence a obezita, a zejména celá řada forem karcinomů [77-81].

Prosté používání celkového zatemnění oken závěsy, které by zabránilo přístupu rušivého osvětlení do interiéru, brání současně přístupu světla po rozbřesku, které je zásadní pro dobrou synchronizaci vnitřních biologických hodin člověka.

Na podobném principu funguje cirkadiánní cyklus i u ostatních živočichů, včetně citlivosti na podobné vlnové délky [78].



Obrázek 13: Závislost chronotypů dle času východu Slunce (dle zeměpisné délky) v SRN. Průměrný chronotyp osob ze sídel menších než 300tis. obyvatel (kroužky), sídel menších než 500tis. obyvatel (čtverce) a větších měst (trojúhelníky). Čárkovaná čára ukazuje poměr 1:1 mezi změnou chronotypu a změnou času východu slunce. Škála MCTQ znamená ranní chronotyp (4.0) až večerní pozdní chronotyp (4,8). Upraveno z [2].

Jako reakci na tato zjištění vydala například Americká zdravotnická asociace prohlášení, ve kterém doporučuje používat pro veřejné osvětlení světelné zdroje tak, aby se minimalizoval negativní vliv nočního osvětlení na zdraví člověka.

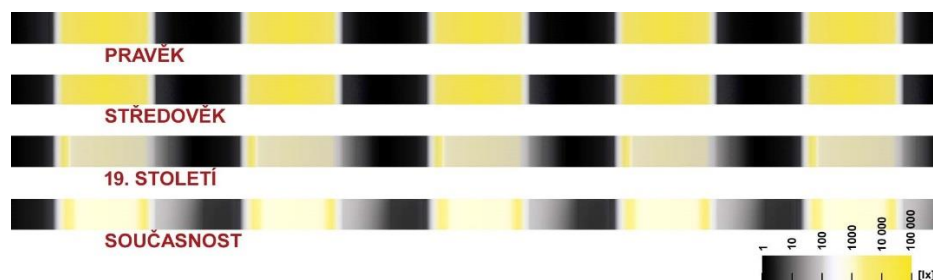
1.2.3.4. Proměna světelného prostředí

„... mezi roky 1950 a 2000 se náklady na produkci světla snížily na šestinu, spotřeba světla na osobu ve Velké Británii vzrostla čtyřnásobně. Tato rostoucí spotřeba světla je paralelní s nárůstem nedostatku spánku ... Technologie nás fakticky oddělila od přirozeného 24 hodinového dne, pro který se náš organismus vyvinul. Díky

jejímu vlivu chodíme spát stále později. Ráno pak používáme kofein, abychom byli schopni vstát stejně brzy, jako jsme vstávali dříve. Náš spánek se dostal do sevření...“

Charles A. Czeisler, lékař, profesor spánkové medicíny Harvard Medical School

Pokus o rekonstrukci typického světelného prostředí, ve kterém naši předkové v historii žili, ukazuje výraznou proměnu světelných podmínek. Člověk se vyvinul v prostředí s denním světlem, s výrazně vyšší celkovou osvětleností během dne a hlubokou tmou v noci, tj. v prostředí s velkými rozdíly osvětleností mezi dnem a nocí. Pro toto prostředí je náš organismus přizpůsoben. V našem současném světelném prostředí je denní rytmus střídání světla a tmy redukován, časová distribuce světla během 24-hodinového dne se výrazně proměnila, jak názorně ilustruje Obrázek 14 – simulace typického světelného profilu osvětlenosti ve sledovaných etapách historie.



Obrázek 14: Světelné prostředí ve zvolených etapách historie: ilustrace předpokládané typické hladiny osvětlenosti, ve které se běžný člověk pohyboval (5 x 24 hodin). Černá pole – tma, žlutá pole – dostatečné osvětlení pro zrakovou činnost, bílá pole – synchronizuje cirkadiánní systém. Grafika převzata z [3].

1.2.3.5. Urbanizovaná území

V přírodním prostředí byla aktivita člověka podmíněna denním světlem, a jeho chování se výrazně proměňovalo v průběhu roku v souvislosti se změnou délky dne – tzv. fotoperiody. Umělé osvětlení způsobuje, že délka působení světla na fyziologické funkce je během dne i roku konstantní, informace o denní či roční době v ní není obsažena.

Snížení vlivu ročního období, menší vliv pohybu Slunce na obloze (například okamžik úsvitu) na počátek aktivity člověka, méně přirozeného světla ve dne a více umělého osvětlení v noci snižuje míru cirkadiánní synchronizace současné společnosti, zejména v silně urbanizovaných oblastech [2].

U některých jedinců se tak vnitřní biologické hodiny mohou začít předbíhat/ zpožďovat v závislosti na délce jejich vnitřní cirkadiánní periody. Expozice umělému osvětlení ve večerních hodinách, kdy je cirkadiánní regulace citlivá, může vyvolat zpoždění fáze a s tím spojený pozdější nástup spánku. Fakt, že obtíže s usínáním a ranní ospalost jsou častý stav u dospívajících a u osob v produktivním věku, tento závěr podporuje. Celkově se v USA od roku 1942 do roku 2013 zkrátil spánek o více než hodinu denně, průměrná délka spánku dospělé populace v USA nedosahuje 7 hodin za noc. Pouze 30 % obyvatel USA považuje délku svého spánku jako postačující [29]. Spánek kratší než 7 hodin denně byl opakovaně prokázán jako nedostatečný pro plnou regeneraci organismu dospělého člověka. Vede k dlouhodobému hromadění spánkového deficitu, snížení bdělosti v pozornosti během dne [32]. Celosvětově je více než 40 % dětí (v USA 73 %) ve školním věku dlouhodobě spánkově deprivováno, což má vliv na jejich soustředění a celkově schopnost učit se [35].

Narušení cirkadiánních cyklů nevhodným osvětlováním přispívá ke zvýšení rizika vzniku tzv. civilizačních chorob, jako jsou psychiatrická onemocnění včetně depresí, výše zmíněné spánkové

poruchy a poruchy paměti, kardiovaskulární nemoci, inzulínová rezistence, ke vzniku cukrovky či nárůstu obezity [15, 78]. Melatonin je schopen vnitrobuněčného membránového transportu – díky těmto vlastnostem je velmi účinným antioxidantem a podílí se na funkci imunitního systému [79]. Vzhledem ke schopnosti melatoninu působit jako protirakovinné činidlo, jsou jeho nízké hladiny způsobené přemírou osvětlení asociovány se vznikem rakoviny prsu a prostaty [18, 19, 75]. Další důsledky potlačení produkce melatoninu se zdravím člověka shrnuje například Pauley [15]. Řada studií potvrzuje také vztah mezi vyšší hladinou venkovní osvětlenosti v urbanizovaných oblastech a zvýšeným výskytem rakoviny prsou u žen [37]. Výskyt rakoviny prsu celosvětově koreluje s množstvím světelného znečištění – ačkoliv tato situace může být způsobena rozložením obyvatelstva, podobná korelace se neprojevila u rakoviny plic, jater, hrtanu a tračnicku, což znamená specifickou citlivost některých typů rakoviny na kumulativní účinek světla v noci, podobně jako způsobuje kumulativní účinek dlouhodobého kouření vulnerabilitu k rakovině plic [83].

Přestože hladiny osvětlenosti jsou v exteriéru zpravidla nižší než u osvětlení v budovách, dlouhodobý vliv nočního světla může mít podobné důsledky. Světlo v noci je mezi odbornou veřejností celosvětově vnímáno jako závažný negativní faktor pro zdraví člověka, což prokazuje i prohlášení Světové zdravotnické organizace z roku 2013, ve kterém klasifikuje “práci na směny s narušením cirkadiánního cyklu” jako možný karcinogen [81], nebo fakt, že Dánsko uznalo rakovinu prsu jako nemoc z povolání při práci na směny [39]. Souhrnnou zprávu na toto téma poskytuje například Stevens a kol. [75].

1.2.3.6. Světelná hygiena

Účinnou prevencí proti poruchám cirkadiánního rytmu, které mohou být iniciátorem závažných zdravotních problémů, je dodržování světelné hygieny, tj. respektování rytmu denního světla, pobyt v prostředí s dostatečnou intenzitou světla během dne a omezení rušivého světla v noci. Světelná hygiena je zejména důležitá pro rizikové skupiny osob – extrémní chronotypy (tzv. skřivany a sovy), dospívající a seniory.

Vliv expozice dennímu světlu a odstranění vlivu umělého osvětlení na stabilizaci rytmu spánku/bdění byl testován v experimentu se skupinou mladých jedinců z městského prostředí [36]. Čas aktivity a hodnoty melatoninu v jejich běžném prostředí byly porovnány s hodnotami získanými při pobytu v přírodním prostředí, bez přístupu k umělému osvětlení. Po týdnu života v přirozeném rytmu denního světla se všechny sledované hodnoty cirkadiánního rytmu posunuly průměrně o dvě hodiny směrem k normálu. U jedinců s extrémně pozdním chronotypem (tzv. sovy) došlo k ještě výraznější úpravě směrem k neutrálním hodnotám. Jejich fázový posun se působením přirozených synchronizátorů zredukoval natolik, že se blížil běžné populaci. Výrazný rozdíl mezi intenzivním světlem během dne a tmou v noci pomohl synchronizovat vnitřní biologické hodiny těchto jedinců.

Přestože hladiny osvětlenosti jsou v exteriéru zpravidla nižší než u osvětlení v budovách, dlouhodobý vliv světla může mít podobné důsledky.

1.2.3.7. Světelné zdroje

V minulosti používané vysokotlaké sodíkové výbojky jsou dnes postupně nahrazovány moderními LED zdroji. Technologie LED umožňuje volit z celé řady možných spektrálních kompozic a tím ovlivňovat kvalitu světla. V současnosti je nejvíce používána tzv. neutrální bílá LED, zejména s cílem úspory energie a tím i úspory finanční. CCT (náhradní teplota chromatičnosti) těchto zdrojů je vyšší než

teplota chromatičnosti Měsíce a současně jejich intenzita je tisícinásobně vyšší než Měsíc v úplňku. Vysoké zastoupení modré spektrální složky může mít negativní vliv na kvalitu spánku osob v okolních objektech.



Obrázek 15: Běžná osvětlenost na ulici ve městě. Světlo obsahuje výrazné zastoupení modré vlnové délky. Požadavek normy je významně překročen. Foto archiv Luxvitaest.

Náhrada původních sodíkových výbojek osvětlením LED s nízkou CCT může zajistit nejen vizuální příjemnější, ale také biologicky méně rušivé prostředí, viz Obrázek 16.



Obrázek 16: LED zdroj s CCT kolem 2200 K a indexem podání barev téměř 80 je vhodným pro noční osvětlení. Foto archiv Luxvitaest.

Objevují se případy, kdy jsou v komunikačních prostorech bytových domů osazovány LED zdroje s velmi vysokou CCT (přes 5 500 K), které nejen že nezajistí příjemné vizuální prostředí, ale také zabrání adaptaci zrakového aparátu na nižší hladiny osvětlenosti v exteriéru, a to i na několik desítek minut. Úspora energie při nonstop provozu těchto osvětlovacích systémů (nelze vypnout, svítí celou noc a den) je velmi diskutabilní.



Obrázek 17: Schodiště bytových domů s LED osvětlením s CCT přes 5500 K. Foto archiv Luxvitaest.

Samostatnou kapitolou je použití monochromatického světla, zejména zdrojů s krátkou vlnovou délkou kolem 460-480 nm. U zdrojů obsahujících pouze tuto část barevného spektra (Obrázek 18) se může poměr vizuální a cirkadiánní osvětlenosti lišit zásadně a při jejich využívání je třeba zvážit možné důsledky.



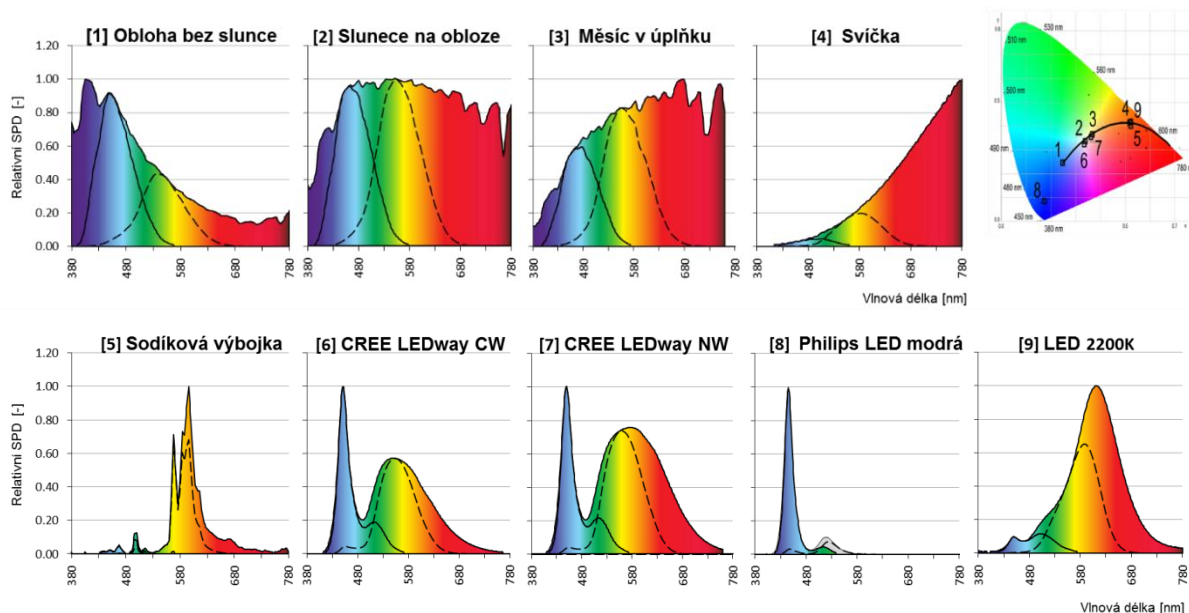
Obrázek 18: Reklamní, dekorační osvětlení ve volné krajině. Monochromatické modré světlo ruší cirkadiánní systém nejen člověka ale i všech živých organismů v přírodě. Foto archiv Luxvitaest.

1.2.3.8. Spektrální vlastnosti LED zdrojů

Pro ilustraci možností a rizik při volbě vhodného zdroje byly změřeny spektrální vlastnosti několika kvalitních zdrojů LED používaných pro venkovní osvětlení (studené bílé, neutrální bílé a teplé bílé LED) a jeden LED zdroj téměř monochromatického modrého světla. Pro srovnání s vlastnostmi nových LED zdrojů bylo provedeno měření přírodních zdrojů světla (jasné oblohy bez slunce, slunce na obloze, Měsíce v úplňku a ohně - plamene svíčky) a tradičních vysokotlakých sodíkových výbojek.

Vedle určení teploty chromatičnosti (CCT) a indexu podání barev (CRI) bylo cílem vzájemně porovnat také jejich účinnost na cirkadiánní systém organismu. Pro každý světelný zdroj byl vyjádřen vzájemný poměr cirkadiánní a vizuální citlivosti (E_V / E_C). U jednotlivých zdrojů bylo provedeno srovnání jejich cirkadiánní účinnosti (E_C) s účinností klasických sodíkových zdrojů ($E_C / E_{C, HPS}$) a s vlivem Měsíce v úplňku ($E_C / E_{C, \text{měsíc}}$). Pro grafické porovnání jednotlivých světelných zdrojů byla data všech vlnových

délek v intervalu 380-780 nm vyjádřena jako relativní k maximální dosažené intenzitě zdroje, viz Obrázek 19.



Obrázek 19: Grafické porovnání zdrojů přirozeného světla a umělého osvětlení. Barevná plocha - celé spektrum zdroje. Čárkovaná křivka vyznačuje vizuálně aktivní část spektra, plná křivka vyznačuje cirkadiánně aktivní poměrnou část spektra.

LED zdroje nabízejí možnost vhodně zvolit osvětlení dle požadované náročnosti na zrakové funkce a současně respektovat biologické potřeby člověka. Zatímco během dne, kdy je požadavek, aby byl náš organismus stimulován k aktivitě, je vhodné být vystaven světelnému prostředí s vysokou cirkadiánní účinností, po západu slunce, kdy by se měl náš organismus připravovat k odpočinku, je vhodné světlo s výrazně nižší intenzitou a minimální cirkadiánní účinností. Z výpočtů vyplývá, že **biologická účinnost LED zdrojů běžně používaných pro veřejné osvětlení násobně překračuje účinnost původních sodíkových výbojek, a tisícnásobně překračuje vliv Měsíce, přestože „barva světla“ těchto zdrojů se zdá být měsíčnímu světlu blízká.**

U barevných zdrojů s velkým zastoupením modré vlnové délky je jejich biologická účinnost téměř 6x vyšší než vizuální. Světlo, které náš zrak vnímá jako temné, ne příliš jasné, je pro náš cirkadiánní systém silně zářící alarmující podnět, viz Tabulka 3.

Tabulka 3: Vlastnosti zdrojů světla. E_V = účinná vizuální osvětlenost horizontální roviny dle $V(\lambda)$; CT = teplota chromatičnosti; CCT = náhradní teplota chromatičnosti; CRI = index podání barev; E_C = účinná cirkadiánní osvětlenost dle $C(\lambda)$; $E_C / E_C, HPS$ = poměr účinné cirkadiánní osvětlenosti zdroje vůči sodíkové výbojce; $E_C / E_C, \text{měsíc}$ = poměr účinné cirkadiánní osvětlenosti zdroje vůči měsíčnímu světlu

	Zdroj světla	E_V [lux]	CT (CCT) [K]	CRI [%]	E_V / E_C	$E_C / E_C, HPS$	$E_C / E_C, \text{měsíc}$
1	Obloha bez slunce	670	51 072	irrelevant	165 %	415 x	irrelevant
2	Polední slunce	108 000	5250	99.19	80 %	32 300 x	irrelevant
3	Měsíc v úplňku	0.02	4134	98.58	60 %	0.004 x	-
4	Svíčka	4	2013	94.30	20 %	0.3 x	0.0022 x

	Zdroj světla	E_v [lux]	CT (CCT) [K]	CRI [%]	E_v / E_c	E_c / $E_{c, HPS}$	E_c / E_c měsíc
5	Sodíková výbojka 150W	30	2057	17.02	9 %	-	204 x
6	CREE LEDway - studená	30	6273	75.02	77 %	8.7 x	1775 x
7	CREE LEDway – neutrální	30	4466	80.54	60 %	6.8 x	1385 x
8	Phillips LED modrá	30	irrelevant	irrelevant	580 %	66 x	13500 x
9	LED 2200K – teplá bílá	30	2167	77.85	18 %	2 x	415 x

1.2.3.9. Vliv na lidské zdraví – shrnutí

Není pochyb o tom, že rezoluce nedávno schválená Americkou zdravotnickou asociací (American Medical Association, AMA) je důležitým krokem správným směrem. Další zdravotnické organizace po celém světě by měly přijmout takové usnesení. Pokud se tak stane, bude mnohem jednodušší pro osoby s rozhodovací pravomocí, přijmout myšlenku trvale udržitelného osvětlení a jednat odpovídajícím způsobem. Vnímat noční osvětlení jako zdroj znečištění životního prostředí a zdroj toxicity je výzvou ke změně našeho způsobu myšlení. Nechceme žít ve tmě, v době „před Edisonovým“ světem, ale chceme žít ve světě zdravém pro nás, stejně jako pro ostatní přírodu. Znalost negativních dopadů nočního osvětlení na zdraví člověka snad může motivovat k intenzivnímu hledání komplexního řešení jak snížit míru nočního osvětlení v globálním měřítku.

Různé spektrální složení mění tzv. „barvu světla“ nejen pro obrazové vidění, ale působí odlišně na biologické procesy v organismu, například na vnitřní biologické hodiny.

Denní doba, pro kterou je osvětlení určeno, hraje nejdůležitější roli při volbě teploty chromatičnosti zdroje. Dodržování světelné hygieny vyžaduje odstranění zdrojů s vyšší cirkadiánní účinností (zvyšující bdělost organismu) v době očekávaného odpočinku.

Díky širokému výběru světelných zdrojů s různými vlastnostmi je možné vytvořit dynamiku střídání světla/tmy, simulující přírodní prostředí i v urbanizovaných územích. Vhodně navržená pokročilá časová regulace distribuce světla v prostoru, kvantitativně a spektrálního složení světla denní době, může vytvořit dostatečné osvětlení pro zrakové činnosti a současně významně omezit negativní vliv nočního světla na zdraví obyvatel.

Z jednání s odborníky z Fyziologického ústavu Akademie věd ČR (prof. RNDr. Illnerová, DrSc.; PharmDr. Sumová, Dsc.) vyplynulo:

1. Jasně světlo během dne, optimálně přirozené, ale i umělé s dostatečnou složkou světla modrého, je důležité pro lidské zdraví, zejména pro synchronizaci časového cirkadiánního systému s vnějším 24 hodinovým dnem, ale i pro činnost kognitivního či imunitního systému a obecně i pro náladu.
2. V nočních hodinách může naopak světlo, a to zejména modré, časový systém narušovat a desynchronizovat.

3. Ačkoliv většina dostupných studií o vlivu světla na organismus byla prováděna na laboratorních zvířatech, epidemiologická studie ukazují možnou korelaci mezi světelným narušením systému v noční době a s ním spojené desynchronizace a mírou rizika četných onemocnění.
4. Vliv jasného, zejména modrého světla v noci na hladinu melatoninu, jedné ze složek časového systému, je prokázáný. Světlo ale může ovlivňovat i četné další složky systému a vést k jejich desynchronizaci.
5. Z hlediska vlivu na zdraví je světlo během nočního spánku v rozporu se spánkovou hygienou.
6. Pro synchronizaci časového systému člověka s vnějším dnem je důležitý rozdíl mezi intenzitou světla ve dne a v noci. Vzhledem k tomu, že velká část naší populace žije ve městech, kde již zažívá daleko nižší intenzitu osvětlení během dne než při dřívější práci na venkově, je nezbytné, aby světlo přicházející z vnějšího prostoru bylo co nejslabší. To platí zejména u starších občanů, kteří již méně vycházejí ven, a jejich časový systém se může fragmentovat.
7. Vhodná barevnost (teplota) nočního osvětlení umožňuje lidskému oku vnímat jako stejnou intenzitu osvětlení nižší intenzitu v lx oproti světlu s vyšším podílem „modrého světla“ (sodíkové výbojky vs. bílé LED).
8. Je nutné volit takové veřejné osvětlení, které by dostatečně zajišťovalo bezpečnost občanů, např. proti úrazům a dopravním nehodám, a současně neovlivňovalo negativně jejich zdraví.

Nejvýznamnější vliv melatoninu spočívá v synchronizaci biologických hodin u savců – cirkadiánní rytmus. Ovlivňováním tvorby melatoninu jej světlo významně ovlivňuje.

Melatonin je produkován epifýzou (nadvěskem mozgovým). Má důležitou funkci v řízení rytmů den-noc. Hladina melatoninu je silně závislá na střídání světla a tmy. Ve dne hypothalamus blokuje tvorbu melatoninu v epifýze, pokles intenzity denního světla vyvolá u lidí zvýšení hladiny hormonu melatoninu a vzestup jeho hladiny je spojen s nutkáním ke spánku. Jeho produkce je největší právě během tmy a maxima dosahuje mezi druhou a čtvrtou hodinou noční. *S nadsázkou lze říci, že z hlediska ČR je optimální „chodit spát se slepicemi“ a „budit se za rozbřesku“.*

U člověka má melatonin vliv na hypotalamo-hypofyzární systém. Melatonin se podílí na regulaci celoročního rytmu, tj. střídání období léta a zimy. Snížená produkce melatoninu regulovaná rovněž délkou světelného dne se podílí u mnoha živočichů na odbrzdění produkce pohlavních hormonů v jarním období; tato funkce je u člověka výrazně potlačena.

Ze světelných složek je nejvýznamnější modré světlo. Nelze říci, že modré světlo je obecně škodlivé. Jeho přítomnost ve dne (jako přirozené složky denního světla a zvláště pak v ranních hodinách) je více než žádoucí – používá se i v umělé formě při léčbě některých psychických onemocnění. V noci je jeho přítomnost naopak nežádoucí, jeho zdroje jsou v noční době vždy umělé.

Modré světlo dráždí světelné receptory, odpovědné za „nastartování tvorby melatoninu“. Oproti dřívějším (historickým) obdobím došlo k výrazné změně životního stylu, vynuceného často profesními důvody. Dochází k posunu řady činností do období tmy (večerní práce s počítačem, sledování televize do pozdních hodin, noční směny, apod.), tj. do doby, kdy by se tělo mělo již připravovat ke spánku (spuštění produkce melatoninu nenastává automaticky po přechodu do „tmy“ a usnutí, ale má několika hodinovou spouštěcí dobu). Na druhou stranu, většina pracovišť se nachází v uzavřených prostorách osvětlených buď smíšeným, nebo umělým osvětlením – takové osvětlení není schopno

nahradiť žiadoucí vliv denního světla (modré světlo). Dochází tak ke stírání rozdílu mezi světlem v denní a noční době.

1.2.4. Noční příroda

Téměř třetina obratlovců a 2/3 bezobratlých jsou noční živočichové – člověkem vytvořené umělé osvětlení proto významně zasahuje do jejich přirozeného prostředí. Na rozdíl od člověka, který dnes čas určuje převážně pohledem na hodinky a do kalendáře a své aktivity široce přizpůsobuje vlastnímu přání, jsou živočichové v odhadu času mnohem více závislí na množství světla a jeho dalších parametrech. Podle světla odhadují správnou dobu pro rozmnožování, hledání potravy či odpočinek, světlo slouží jako orientační pomůcka, živočichové jsou k němu přitahováni, či se mu naopak vyhýbají. Pokud se živočichové nacházejí v prostředí, kde dosahuje umělé světlo takových intenzit, že narušuje tyto přirozené pochody, jsou tyto dopady pozorovatelné na celých společenstvech a ovlivňují na ně navázaný ekosystém. Kromě narušení cirkadiálních cyklů na podobném principu jako u člověka, se lze u živočichů setkat s dopady zvýšených hladin umělého světla v noci popsanými např. v reportech od Gaston a kol., Navara a Nelson či Rich a Longcore [57, 44, 63].

Příklady zahrnují přitahování hmyzu ke světelným zdrojům, dezorientace ptáků a vliv na jejich reprodukční chování nebo výrazné změny v životním stylu ohrožených druhů netopýrů. Vlivem světelného znečištění může dojít i ke změně kvality vody v důsledku narušení trofického řetězce. Umělé světlo v noci má vliv i na floru – světlo obecně ovlivňuje několik fází růstu rostliny, např. klíčení semen, růst stonku, rašení a opad listů, přechod z vegetativního do kvetoucího stavu či rozvoj květu a plodů a dobu kvetení. Přítomnost nadměrného množství světla v noci může u rostlin způsobit předčasné olistění, pozdní opad listů (tyto efekty byly pozorovány zejména u stromů ve městech) a prodloužení růstové periody, což má dopad na individuální zdraví rostliny.

1.2.4.1. Hmyz

Hmyz tvoří polovinu dosud známých druhů a je nezastupitelnou součástí potravního řetězce. Je ovšem také třídou, jež v posledních desetiletích zažívá nejvyšší úbytek a vymírání [51]. V některých obzvláště ohrožených skupinách (např. motýli) je většina druhů aktivních v noci. Noční motýli (“můry”) a další druhy hmyzu jsou ke světlu silně přitahováni – přilákání jedinci poté okolo svítidla krouží tak dlouho, dokud nezemřou vyčerpáním, či se nestanou obětí predátorů. Jediné svítidlo v blízkosti potoka může přilákat stejné množství jedinců, jaké se za stejnou dobu vylíhne ve 200m úseku potočního břehu [70]. Davies a kol. prokázali, že přítomnost venkovního osvětlení významně a trvale pozměňuje složení přízemních společenstev [46]. Přitažlivost různých světelných zdrojů se liší podle druhu hmyzu – obecně je ale hmyz nejméně přitahován zdroji bez modré složky spektra, LPS a HPS, zatímco u osvětlení s vyšším podílem modrého světla je množství hmyzu vyšší [70, 63].

1.2.4.2. Ptáci

Změny reprodukčního chování byly pozorovány u několika druhů zpěvných ptáků (např. kosi, sýkory, červenky, drozdi). V přirozených podmínkách je časný ranní zpěv znakem kvality samce – ovšem v oblastech s umělým osvětlením začínají samci zpívat podle toho, jak daleko od zdroje světla se nacházejí, nikoliv podle své zdatnosti. Samičky jsou pak přitahovány k samcům, kteří mohou být méně kvalitní, což má dopady na další generace. Dochází také k dřívějšímu kladení vajíček, které může mít opět nepříznivý vliv na přežití či zdraví mláďat [80, 82, 70].

Známé jsou případy dezorientace či úmrtí ptáků při setkání s výraznými světelnými zdroji a objekty – výškové domy, památky, majáky, ropné plošiny, billboardy a výkonné světlomety. Tyto efekty jsou navíc výraznější při špatném počasí a snížené viditelnosti. V USA jsou známy případy, kdy během jedné noci uhynou tisíce jedinců při srážce s konkrétní budovou. Ptáci mají také tendenci u silných zdrojů světla kroužit až do úplného vyčerpání, přičemž intenzita světla je přímo úměrná atraktivitě pro ptáky. V průzkumu u nasvíceného mrakodrapu Post Tower v Bonnu byly u více než 90 % pozorovaných ptáků výrazně ovlivněny trasa letu a chování. Minimálně v době migrací stěhovavých ptáků proto bývá doporučeno odstínit či zhasnout svítidla mířící k nebi [70, 25].

Podle experimentu od Poot a kol. je pro ptáky při této orientaci nejvíce rozptylující červené světlo, následně bílé a nejméně modro-zelené [58]. Tyto výsledky jsou diskutovány v reportu od Ballasus a kol., který poukazuje na nedostatky v provedení experimentu. V témže reportu jsou uvedeny další studie, jež přináší vzájemně neslučitelné výsledky – přesnou reakci ptáků na různou barvu světla tak zatím neznáme [25]. Při výrazné intenzitě světla, se kterou se ptáci u osvětlených budov většinou setkávají, však nehraje barva osvětlení významnou roli [70]. Jedním z faktorů, které mohou přispívat ke schopnosti navigace u ptáků, je také hladina melatoninu [63]. Zajímavá je citlivost ptáků na dobu trvání světla – stavby s výstražnými svítidly pro letecký provoz, u kterých svítidla vydávají krátké záblesky, vykazují menší úmrtnost ptáků než obdobné stavby s trvale svítícími či pomalu blikajícími svítidly bez ohledu na to, zda jsou světla bílá či červená [25].

1.2.4.3. Netopýři

Netopýři jsou jediní létající savci a výlučně noční živočichové. Ačkoliv se orientují převážně pomocí echolokace, netopýři jsou schopni vidět zrakem. Vyšší množství umělého světla v noci má za následek zkrácení aktivní doby lovu – netopýři vylétají z hnízdiště později a dříve se vrací. Vzhledem k tomu, že většina vhodného hmyzu je aktivní v dřívějších večerních hodinách, mají netopýři nejen celkově kratší dobu na lov, ale i menší šanci úspěchu a celkové množství přijaté potravy je tak výrazně zmenšeno. 12 z 35 zkoumaných druhů netopýřů se pohybuje v blízkosti světla; není ovšem známo, zda je pro ně atraktivní světlo samotné či hmyz, který se u něj sdružuje [25, 70].

Ačkoliv některé druhy z umělého světla profitují lovem hmyzu nashromážděného u zdrojů světla – např. netopýr severní (*Eptesicus nilssonii*) či netopýr hvízdavý (*Pipistrellus pipistrellus*) – většina druhů se při lovu světlu vyhýbá a vynakládá tak další energii, což se může negativně projevit na zdraví a reprodukčních schopnostech jedince. Naopak v méně osvětlených oblastech hmyzu ubývá a světloplaší netopýři tak mají potravy nedostatek. Netopýr pobřežní (*Myotis dasycneme*)* snižuje v osvětlených oblastech svou predační aktivitu, i přesto, že je zde větší hojnost kořisti. Změny chování byly pozorovány také u netopýra jižního (*Pipistrellus kuhlii*) a Bottova (*Eptesicus bottae*), který loví pouze v neosvětlených oblastech. Vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*)* začíná v oblastech se zvýšeným jasným oblohy lovit znatelně později a osvětleným oblastem se vyhýbá. I netopýři, kteří umělého světla využívají k lovu, jsou na světlo citliví, pokud je osvětlen vstup jejich hnízdišť, kterými často bývají kostelní věže. Netopýr hvízdavý nezalétává do hnízdiště, pokud je osvětleno a netopýr brvitý (*Myotis emarginatus*)* se vstupem čeká až dvě hodiny po zhasnutí osvětlení. Podobné chování bylo pozorováno i u vrápence velkého (*Rhinolophus ferrumequinum*)* a netopýra východního (*Myotis oxygnathus*) a vysoká intenzita osvětlení může vést až k úplnému opuštění hnízdiště. Mláďata v osvětlených hnízdištích vykazují menší velikost a tělesnou hmotnost [33, 70].

Stejně jako ptáci mají netopýři tendenci ke kolizím s osvětlenými vysokými budovami. Pokud jde o citlivost na jednotlivé části spektra, u svítidel s monochromatickým spektrem byla pozorována nižší aktivita netopýřů než u svítidel se širší spektrální distribucí. Je pravděpodobné, že netopýři vidí i v UV části spektra [25].

* Kriticky ohrožené druhy podle vyhlášky 395/1992 Sb.

1.2.4.4. Ryby a vodní ekosystémy

Velká část vodních ploch a toků, jako řeky, vodní nádrže a pobřeží jezer, moří a oceánů, je dnes přímo či nepřímo osvětlena umělým světlem. Mnoho ryb je ke světlu přitahováno, čehož se využívá v rybářském průmyslu. Změny chování se projevují například u hrotnatek (*Daphnia* sp.), které v přirozených podmínkách ve dne klesají ke dnu a v noci stoupají k hladině, kde se živí řasami. V osvětlených oblastech se zmenšuje množství vzhůru migrujících hrotnatek i doba migrace, čímž zůstává u hladiny vyšší množství řas a mění se kvalita vody, což má důsledky pro všechny v ní žijící organismy. Některé druhy zooplanktonu a krevet nevykonávají tuto vertikální migraci, pokud je intenzita osvětlení hladiny vyšší než za Měsíce v první čtvrti. Také mladé ryby a potěr jsou často světloplaché a vykonávají noční vertikální pohyb k hladině společně se zooplanktonem, kterým se živí. Migrace z moří zpět na trdliště (např. u úhoře evropského či lososů) se odehrává pouze v noci a může být narušena i osvětlením o nízké intenzitě. U lososovitých je měsíční nov (tedy nízká hladina osvětlení) jedním ze signálů pro započítí migrace k moři. U některých ryb mohou vhodné světelné podmínky ke tření nastat v přirozených podmínkách pouze 1-2 × ročně [8]. Pro ryby živící se hmyzem u hladiny je problematická přítomnost umělého osvětlení, které množství tohoto hmyzu snižuje [70, 63, 57].

1.2.4.5. Další

Důležitou schopností některých živočichů je **orientace s pomocí Měsíce a jeho polarizovaného světla, hvězd či Mléčné dráhy**, která byla pozorována u obojživelníků, plazů (zejména mladých želv), brouků či ptáků; tato orientace je v případě zvýšeného jasu oblohy či přemíry umělých zdrojů světla nefunkční [41, 42, 126, 47, 63, 57]. Je známo několik tisíc druhů, jež pomocí biochemických reakcí **světélkují** – toto světlo slouží k různým účelům, od lovu a obrany po rozmnožování, ale jeho intenzita je velmi malá. Tito živočichové proto preferují výskyt v oblastech s nízkou mírou světelného znečištění, ať už jsou to oceány (bioluminiscentní plankton, ryby, měkkýši) či lesy (světlušky, chrobáci, Phengodidae), kde se může jejich evoluční přizpůsobení projevit [57, 67, 59]. U některých druhů žab se v přítomnosti umělého osvětlení projeví změny ve výběru partnera a namlouvacích rituálech [63]. Úspěšnost predátorů v lovu kořisti (např. sova-hlodavci) se značně mění s množstvím měsíčního světla – přítomnost umělého osvětlení se ukázala jako rizikový faktor u některých druhů hlodavců [63].

1.2.4.6. Rostliny

Vliv umělého světla v noci na floru není zatím tak podrobně prozkoumán. Podobně jako u živočichů také u rostlin probíhají důležité fyziologické pochody i v noci – např. fotosyntéza má ekvivalentně významné denní i noční fáze a přítomnost umělého světla narušuje rozložení těchto fází. Světlo obecně ovlivňuje několik fází růstu rostliny, např. klíčení semen, růst stonku, rašení a opad listů, přechod z vegetativního do kvetoucího stavu či rozvoj květu a plodů a dobu kvetení – pro každou z těchto fází jsou typické světelné parametry jako délka a intenzita osvětlení či vlnová délka a tyto

parametry jsou používány pro co nejproduktivnější růst rostlin ve skleníkovém průmyslu [57]. Při fotosyntéze je citlivost na specifické vlnové délky závislá na zastoupení pigmentů (chlorofyly, karoteny, ...), jež se u jednotlivých druhů liší. Často se proto používá průměrná fotosyntetická odezva rostlin (DIN 5031 - 10), jež má dvě maxima v 430 nm a 660 nm. **Mezi zdroje, jež mají nejnižší dopad na fotosyntézu, patří tedy například LPS či FLED, naopak širokospektrální zdroje s maximy v modré a červené části spektra jako MH a nefiltrované LED narušují fotosyntézu podstatně více** [23]. Dalšími fotoreceptory rostlin, které regulují nefotosyntetické chování (např. fototropismus, fotoperiodismus) jsou fotosenzory, jež informují rostliny o parametrech světla na stanovišti. Jde opět o chemické sloučeniny různého složení a různých vlastností, včetně odlišné citlivosti na vlnové délky, a to od UV po červené záření [57].

Přítomnost nadměrného množství světla v noci u rostlin může způsobit **předčasné olistění, pozdní opad listů** (tyto efekty byly pozorovány zejména u stromů ve městech) a **prodloužení růstové periody**, což má dopad na individuální zdraví rostliny [57]. Negativní vliv na rostliny má také snížené množství nočních opylovačů v důsledku změn nočního prostředí (top-down efekt) [74]. Bennie a kol. V experimentu prokázali, že vliv světla ze zdroje LED 6000 K na množství květů štirovníku bažinného (*Lotus pedunculatus*) je nižší než vliv z LED o téměř monochromatickém jantarovém spektru. Snížené množství rostlin určitého druhu může mít dále dopad na populaci specializovaného býložravce (bottom-up efekt) [30].

1.2.5. Světelné znečištění a chráněná území

Vzhledem k charakteru světelného znečištění je jím většina našich velkoplošných zvláště chráněných území méně ovlivněna. Některé části chráněných území mají i parametry srovnatelné s oblastmi tmavé oblohy (i v programu IDA) a Jizerská i Beskydská oblast tmavé oblohy se nacházejí uvnitř CHKO Jizerské hory, resp. Beskydy. Z analýzy satelitních snímků vyplývá, že naprostá většina chráněných území je v lepším stavu než zbytek České republiky. Na území všech národních parků a CHKO Brdy byla taktéž provedena pozemní měření, jejichž výsledky jsou dostupné na adrese svetelneznecesteni.cz.

O **zachování či zlepšení současného stavu** by se mělo usilovat zejména v územích s dostatečně velkou rozlohou, nízkou průměrnou září a malým množstvím zdrojů světelného znečištění v jejich blízkosti - např. NP a CHKO Šumava, CHKO Český les a Orlické hory.

Významný prostor pro zlepšení existuje v oblastech, na jejichž území a v jejich blízkosti se nachází pouze malé množství dominantních zdrojů světelného znečištění, které zároveň nejsou příliš velké - např. NP Podyjí (Znojmo), Krkonošský NP (Pec p. Sněžkou, Špindlerův Mlýn, Vrchlabí), CHKO Jeseníky (Jeseník, Šumperk).

Problémem mnoha chráněných území je velké množství malých zdrojů (CHKO Pálava), přítomnost velkých měst či aglomerací, často v bezprostřední blízkosti chráněných území (např. CHKO Jizerské hory, Beskydy, Poodří, Český kras) či přímo v něm (CHKO České Středohoří).

Vzhledem k negativním důsledkům světelného znečištění a relativně dobrému stavu v našich národních parcích a chráněných krajinných oblastech by se měla ochrana nočního životního prostředí stát běžnou součástí ochrany životního prostředí na jejich území, ale také i mimo ně, včetně uvedení do legislativy; ta je v současné době v České republice v možnostech omezení světelného znečištění řešena částečně v zákoně č. 114/1992, o ochraně přírody a krajiny (dále jen ZOPK), viz kapitola 1.3.2.

Dosud byla problematika světelného znečištění řešena např. v některých velkoplošných zvláště chráněných územích (CHKO Jizerské hory, KRNP, CHKO Beskydy). V oblasti ochrany přírody a krajiny je však těžiště dopadů světelného znečištění především na živé složky přírody (viz kapitola 1.2.4), proto nelze problematiku světelného znečištění zužovat pouze na zvláště chráněná území, ale je nezbytné se jí zabývat např. i v lokalitách soustavy Natura 2000, kdy předmětem ochrany mohou být právě druhy citlivé na světelné znečištění.

1.2.6. Plýtvání energií

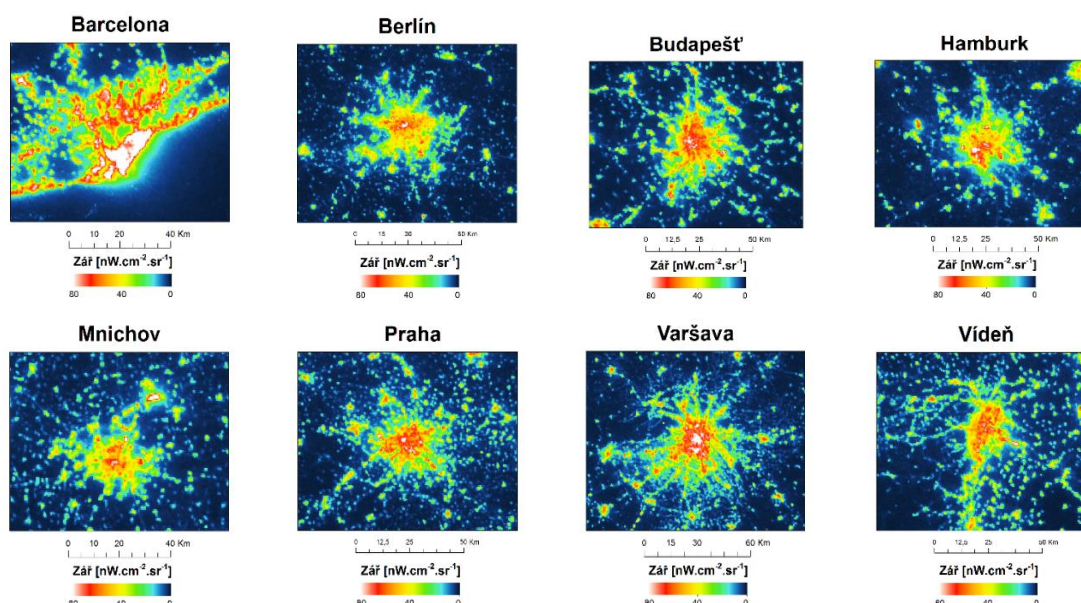
Neefektivní nakládání s energií lze vyhodnotit stanovením přímých finančních nákladů na energii nutnou k výrobě nevyužitého světla. **Celosvětově jde zhruba 20 % světové energie na osvětlení**, v EU činí tento podíl 15 %. Podíl venkovního osvětlení tvoří v EU zhruba 21 % celkové spotřeby energie vydané na osvětlení, což činí 200 kWh ročně na obyvatele [70]. **Náklady na nevyužité světlo** v Evropě jsou odhadovány na 5,2 mld. Euro ročně (140 mld. Kč), přičemž v poměru k počtu obyvatel tato částka **pro ČR činí asi 2 miliardy Kč** [71]. **Mnoho obcí z důvodu úspor snižuje hladinu osvětlení či ho úplně vypíná.** Stejně se postupuje u **osvětlení památek** (např. osvětlení Pražského hradu, které je po půlnoci zhasínáno) a soukromého osvětlení. S přechodem na účinnější, lépe směrovatelná a regulovatelná LED svítidla se očekává jak celková redukce nákladů na energii, tak pokles poměru nevyužitého světla, čímž se omezí jeden z aspektů světelného znečištění. **Vzhledem k výraznějšímu zastoupení modrého světla ve spektru LED lze ovšem předpokládat nárůst výše jmenovaných externalit a nákladů na ně.**

Pro mnoho zejména menších obcí je kvalitní veřejné osvětlení z finančních důvodů nedostupné. Tyto obce často instalují a provozují investičně nenáročná, avšak **technicky často nevyhovující a provozně neefektivní osvětlovací soustavy**, které jsou zdrojem zbytečného světelného znečištění. Oblast veřejného osvětlení a její optimalizace je jednou z oblastí, která je předmětem podpory v rámci národního dotačního programu EFEKT zajišťovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu, ze kterého jsou kromě jiného poskytovány prostředky na rekonstrukce veřejného osvětlení dle stanovených parametrů programu. Pro rok 2017 se podařilo podstatně zvýšit rozpočet programu, ze kterého je určeno na rekonstrukce veřejného osvětlení zhruba 100 mil. Kč a to by mělo platit i pro další roky.

Při návrhu každé osvětlovací soustavy jsou, či měly by být, brány v úvahu požadavky bezpečnostně-dopravní a architektonicko-urbanistické a hledisko rušivých vlivů na okolí (tj. světelné znečištění). Dbá se tedy mj. na osvětlenost, možnost oslnění, rovnoměrnost a kontrast jasů, barevné podání a tón či možnost stmívání. Je obecně doporučováno, aby obce zpracovávaly tzv. **koncepti venkovního osvětlení** – soubor dokumentů, jenž definuje představu o nočním vzhledu obce a jehož součástí je zejména **Základní plán osvětlení (Lighting Masterplan)**, který řeší osvětlení z pohledu výše uvedených požadavků. Dalšími dokumenty jsou např. plány obnovy a údržby či standardy používaných prvků. V současnosti je u nás také používán dokument zvaný Generel VO, který se ovšem zaměřuje pouze na bezpečnostně-dopravní hledisko [66].

1.2.6.1. Srovnání vybraných evropských měst s Prahou

Satelitní snímky ukazují průměrné množství světla vyzářeného kolmo vzhůru. Je patrné, že Praha svítí při přepočtu na obyvatele podstatně více než např. Berlín či Vídeň. Obě tato města mají zpracovanou koncepci venkovního osvětlení.



Tabulka 4: Jednotky záře jsou v [nW.cm⁻².sr⁻¹]. Data o záři jsou získána z průměru měsíčních nočních kompozitů za měsíce září a říjen 2014, autory kompozitů je Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center.

Město	Rozloha [km ²]	Max. zář	Průměrná zář	Celková zář	Počet obyvatel	Zář na 1 obyvatele	Poměr zář/obyv.vůči Praze
Berlín	724,25	139,304	14,804	171548	3562166	0,0482	0,41
Mnichov	302,75	197,675	14,924	72292	1493900	0,0484	0,41
Vídeň	406,75	107,148	18,262	118848	1805681	0,0658	0,56
Hamburk	514,5	214,632	15,518	127747	1760433	0,0726	0,62
Budapešť	505,813	157,602	20,754	167963	1754000	0,0958	0,81
Praha	495,5	139,045	18,864	149554	1268796	0,1179	1,00
Varšava	416,875	306,334	37,283	248675	1740119	0,1429	1,21
Barcelona	294,25	190,534	63,563	299255	1602386	0,1868	1,58

1.3. Analýza současného pokrytí v legislativě ČR

V České republice v současnosti neexistuje právní předpis, který by se komplexně zabýval problematikou světelného znečištění.

Do již neplatného zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší (zákon o ochraně ovzduší) byla včleněna „opatření ke snižování světelného znečištění ovzduší“ (§ 1, odst. 1, písm. d) ve znění ze 14. 2.2002), čímž se ČR stala první zemí světa s celostátní zákonnou úpravou týkající se světelného znečištění. Konkrétní opatření měla být součástí zvláštního prováděcího předpisu, k jehož vydání ovšem nikdy nedošlo. Další novelizací zákona byly části týkající se světelného znečištění postupně rušeny a

pozměňovány. Předmět úpravy zákona o ochraně ovzduší totiž s problematikou světelného znečištění nesouvisel a jeho nástroje nebyly na světelné zdroje aplikovatelné. Současně sice formálně existovala právní úprava, ale žádná složka státní správy nebyla definována jako zodpovědná za efektivní a účinné řešení její aplikace. Původně bylo světelné znečištění zákonem definováno jako *“každá forma osvětlení umělým světlem, které je rozptýleno mimo oblasti, do kterých je určeno, zejména pak míří-li nad hladinu obzoru”* (§ 2, písm. r) ve znění ze 14.2.2002). V posledním platném znění zákona se světelným znečištěním rozumělo *„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.”* Obce měly dále podle § 50, odst. 3, písm. c) téhož zákona možnost obecně závaznou vyhláškou *“regulovat promítání světelných reklam a efektů na oblohu”*, přičemž pod regulací se rozumí i úplný zákaz [11]. Této pravomoci využily např. obce Pec pod Sněžkou, Vimperk, Harrachov, Malá Úpa, Sezimovo Ústí či Otrokovice. Zákon č. 86/2002 Sb. byl nahrazen zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který již o problematice světelného znečištění nehovoří a dle názoru Ministerstva životního prostředí by její navrácení do tohoto předpisu nebylo a vhodné.

V územním plánování není problematika světelného znečištění v současnosti řešena. Kusé zmínky o obtěžování světlem lze nalézt v několika právních předpisech – podle zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku, § 1013, odst. 1, se má vlastník zdržet *„všeho, co působí, že ... světlo, stín, ... vnikají na pozemek jiného vlastníka (souseda) v míře nepřiměřené místním poměrům a podstatně omezují obvyklé užívání pozemku.”*[16]

1.3.1. Světelné znečištění a integrovaná prevence

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů teoreticky umožňuje řešit prostřednictvím závazných podmínek provozu v rámci tzv. integrovaných povolení (provozní povolení, zahrnující např. emisní limity, podmínky monitoringu či nakládání s odpady) i světelné znečištění. Důvodem je velmi široká definice znečištění a emise v § 2 uvedeného zákona, které zahrnují i hluk, teplo nebo jiné formy neionizujícího záření. Neionizující záření zahrnují jak nejrůznější elektrické a magnetické pole, tak i elektromagnetické záření včetně viditelného světla.

Je však nutné konstatovat, že zákon reguluje pouze vymezená průmyslová zařízení, která jsou definována pomocí jeho přílohy č. 1. Jedná se o elektrárny, cementárny, chemické provozy, skládky, slévárny, velkochovy apod. Celkem cca 1500 zařízení. Prostřednictvím tohoto povolení lze regulovat provoz pouze na vlastním zařízení (tj. technologii a související areál).

Závazné podmínky provozu v integrovaném povolení formuluje povolující úřad (běžně místně příslušný krajský úřad) na základě žádosti provozovatele. Výchozím podkladem jsou zejména tzv. Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách (BREF), národní legislativa a normy. BREF pro příslušné průmyslové odvětví je zpracováván skupinou expertů z členských států EU, průmyslu a nevládních organizací pod vedením Evropské komise. Ve vztahu k řešené problematice světelného znečištění/neionizujícímu záření je nutné konstatovat, že se jedná o záležitost doposud zcela okrajovou, která se určitým způsobem může překrývat s požadavky na efektivní využívání energie.

Systémové nastavení zákona o integrované prevenci umožňuje s odkazem na tzv. místní podmínky životního prostředí ukládat prostřednictvím povolení v odůvodněných případech i podmínky nad

rámec standardní legislativy, nicméně k problematice světelného znečištění není k dispozici žádný odborný podklad pro povolující úřady, který by to umožňoval v širším měřítku. Při takovém postupu je však také nutné zohlednit případné požadavky na provozní bezpečnost u některých typů průmyslových výroby.

1.3.2. Světelné znečištění a ochrana přírody a krajiny

Zákon č. 114/1992 Sb., ZOPK, neupravuje, s výjimkou jedné nové ochranné podmínky v národních parcích, výslovně problematiku osvětlení a jeho vlivů na přírodu a krajinu, avšak limity (ochranné podmínky, zákazy) dané tímto zákonem jsou s ohledem na šíři vlivů, které přírodu a krajinu ovlivňují, formulovány (v mnoha případech) obecně a vztahují se často nikoli ke konkrétně vyjmenovaným činnostem, ale jejich faktickému impaktu. Často je proto dovození těchto vlivů otázkou správní úvahy příslušného orgánu ochrany přírody. Vzhledem ke skutečnosti, že nevhodné osvětlení, resp. světelné znečištění, má dopady především na živou složku přírody, tedy rostliny a živočichy, případně v dlouhodobějším měřítku i na jejich společenstva, je možné poukázat na jednotlivá ustanovení v oblasti ochrany ohrožených druhů a ochrany území, v nichž jsou jednotlivé druhy či jejich společenstva předměty ochrany (Zvláště chráněná území (ZCHÚ), lokality soustavy Natura 2000). V některých případech (při rozsáhlém dopadu) by se však mohla uplatnit i ustanovení obecné ochrany přírody a krajiny (obecná druhová ochrana, významné krajinné prvky). Světelné znečištění může zároveň měnit vnímání krajiny a mohlo by tak vstupovat do otázek spojených s hodnocením ovlivnění krajinného rázu (§ 12 ZOPK) v málo urbanizovaných oblastech nebo v případech nového intenzivního zdroje světelného znečištění.

Druhová ochrana

Základní podmínky ochrany zvláště chráněných živočichů jsou stanoveny § 50 odst. 1 a 2 ZOPK, přičemž základem je zákaz "*škodlivě zasahovat do přirozeného vývoje*" jednotlivých zvláště chráněných živočichů (další jednotlivé zákazy, jako je zákaz usmrcování, zraňování či rušení, jsou příkladným, nikoli však konečným, výčtem činností, které představují takový škodlivý zásah). Obdobně i v případě zvláště chráněných rostlin (§ 49 odst. 1 ZOPK) nebo památných stromů (§ 46 odst. 2 ZOPK) zahrnují ochranné podmínky i zákaz jiného (dalšího) rušení ve vývoji, vč. poškozování, ničení. V případech, kdy světelné znečištění vede (nebo v případě nově povolovaných aktivit by zjevně vedlo) ke škodlivým zásahům, resp. narušení vývoje jednotlivých jedinců zvláště chráněných druhů či památného stromu (narušení jejich vitality, omezení možností rozmnožování, získávání potravy, orientace při nezbytných přesunech atp.) se tedy tyto ochranné podmínky mohou uplatnit. Limitem jsou zde především odborné poznatky o impaktu světelného znečištění na jednotlivé druhy a potřeba vztáhnout obecné poznatky a škodlivost vlivy dovést ve vztahu ke konkrétní situaci (na konkrétní míru světelného znečištění, podmínky území atp.). Světelné znečištění je navíc v některých případech důsledkem kumulace mnoha drobných zdrojů, které je samostatně obtížné podchytit (identifikovat u nich významnější dopady), nicméně jejich vzájemné působení může být škodlivým dopadem ve smyslu výše uvedeném.

V rámci obecné druhové ochrany (§ 5 odst. 1 - 3 ZOPK) je zakotvena ochrana všech druhů rostlin a živočichů (tj. ochrana před vyhubením celého druhu), včetně ochrany před narušením rozmnožovacích schopností druhu a ochrany jednotlivých populací; před zničením chráněn je rovněž ekosystém, jehož jsou rostliny a živočichové součástí. Pokud by docházelo k porušení těchto podmínek ochrany, může orgán ochrany přírody rušivou činnost omezit a stanovit její podmínky

(rozhodnutím, nebo plošně opatřením obecné povahy). V závažných případech, kdy by světelné znečištění mělo dopad na přežívání celého druhu nebo některé z jeho populací (velice rozsáhlý impakt nebo naopak vliv na velmi vzácný druh či populaci) by bylo možné aplikovat i toto ustanovení ZOPK.

Zvláště chráněná území

Soustava zvláště chráněných území je tvořena 6 kategoriemi území - národními parky (NP), chráněnými krajinnými oblastmi (CHKO), národními přírodními rezervacemi (NPR), národními přírodními památkami (NPP), přírodními rezervacemi (PR) a přírodními památkami (PP). Pro každou z kategorií jsou stanoveny v ZOPK základní ochranné podmínky odpovídající cílům a potřebám těchto území a jsou zpravidla kombinací obecnějších limitů (vázaných zejména na impakt - viz výše) a omezení konkrétních činností. Pro zajištění specifických potřeb ochrany jednotlivých území mohou být v jejich zřizovacích předpisech stanoveny tzv. bližší ochranné podmínky, kterými jsou určité činnosti vázány na souhlas orgánu ochrany přírody (v případě NP jsou pak stanoveny přímo v ZOPK).

Do základních ochranných podmínek národních parků (§ 16 odst. písm. j ZOPK) byl nově zařazen zákaz na celé území NP "umísťovat světelné zdroje mimo uzavřené objekty, které směřují světelný tok nad vodorovnou rovinu procházející středem světelného zdroje". Tento zákaz konkrétně omezuje umístování takových světelných zdrojů, které svítí nad horizont.

V ostatních kategoriích zvláště chráněných území jsou základní ochranné podmínky dané ZOPK pro řešení problematiky světelného znečištění prakticky nevyužitelné. Lze sice v případě vyhlášení nového zvláště chráněného území stanovit bližší ochrannou podmínku v příslušném zřizovacím předpise, avšak obecně je problémem nedostatek odborných údajů a tedy i možnost objektivního vyhodnocení dopadů světelného znečištění v konkrétním případě na daný předmět ochrany příslušné kategorie zvláště chráněného území.

Primárně by hodnocení vlivu světelného znečištění mělo být provedeno v rámci procesu posuzování vlivů na životní prostředí (EIA, případně SEA), jako součást hodnocení vlivů na flóru, faunu a ekosystémy.

Soustava Natura 2000

Soustava Natura 2000 je složena z ptačích oblastí (PO) a evropsky významných lokalit (EVL), přičemž u každého z těchto typů území je způsob jejich ochrany zajištěn různými nástroji, naopak některé nástroje (hodnocení vlivů na lokality soustavy Natura 2000 v rámci postupu podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)) jsou společné.

Ptačí oblasti nemají zákonem stanoveny žádné ochranné podmínky a jejich vymezení a ochrana je zajištěna jednotlivě prostřednictvím nařízení vlády (§ 45e odst. 1 a 2 ZOPK), kterými jsou PO vymezeny, a které obsahují vždy specifický výčet činností vázaných na souhlas orgánu ochrany přírody (ve vztahu ke konkrétním aktivitám, např. hospodaření v území, změnám využití pozemků atp.). Žádné z nařízení vlády pro PO a stanovených podmínek nejsou formulována s ohledem na problematiku světelného znečištění.

EVL jsou vyhlášovány nařízením vlády souhrnně a po jejich zařazení na evropský seznam se na ně vztahuje tzv. základní ochrana (§ 45c odst. 2 ZOPK), tedy ochrana před jejich poškozováním a ničením

(ve vztahu k druhům či stanovištím, které jsou předmětem ochrany EVL). Pokud je to pro zajištění příznivého stavu předmětů ochrany EVL potřebné, lze v souladu s § 45c odst. 4 ZOPK území EVL nebo jejich části vyhlásit za zvláště chráněné území - tato potřeba ochrany je indikována v příslušné příloze nařízení vlády (Nařízení vlády č. 318/2013 Sb., o stanovení národního seznamu evropsky významných lokalit, ve znění pozdějších předpisů), kterým byly EVL vyhlášeny. V případě EVL tedy u lokalit v tzv. základní ochraně platí obecně formulovaná podmínka omezující poškození, která by v závislosti na předmětu ochrany a jeho citlivosti mohla být vztahována i na světelné znečištění (pokud by byl prokazatelný poškozující dopad, který by bylo stejně jako např. u zvláště chráněných druhů potřebné vztáhnout na konkrétní situaci a dovodit správní úvahou). U EVL, jejichž ochrana je zajištěna formou ZCHÚ pak platí výše popsané ochranné podmínky jednotlivých kategorií chráněných území, případně by mohly být ve vztahu ke konkrétním předmětům ochrany stanoveny bližší ochranné podmínky, které by mohly zohlednit ohrožení světelným znečištěním, je-li pro předmět ochrany ohrožujícím faktorem.

Specifickým nástrojem ochrany lokalit soustavy Natura 2000 a její koherence jako celku, je požadavek na hodnocení vlivů záměrů a koncepcí na předmět ochrany a celistvost EVL a PO. Hodnocení, které je procesně navázáno na posuzování vlivů na ŽP, podléhá podle § 45h ZOPK (a stanoviska vydávaného dle § 45i odst. 1 ZOPK) koncepcí či záměrů, které mohou *"samostatně nebo ve spojení s jinými významně ovlivnit příznivý stav předmětu ochrany nebo celistvost evropsky významné lokality nebo ptací oblasti"*. Pokud je na základě provedeného hodnocení konstatován významně negativní vliv na předmět ochrany PO či EVL a jejich celistvost, lze koncepci či záměr schválit pouze pokud neexistuje variantní řešení (bez vlivu nebo s menším vlivem), je-li záměr či koncepce ve veřejném zájmu převažujícím nad zájmem ochrany EVL a PO a pokud jsou zajištěna kompenzační opatření. Dopad světelného znečištění na předmět ochrany EVL či PO by v případě, že u posuzovaného záměru či koncepce takový vliv hrozí, měl být bezpochyby vyhodnocen. Lze si představit též situaci, kdy by nadměrné světelné znečištění bylo důvodem pro konstatování významného negativního ovlivnění předmětů ochrany PO nebo EVL a následně mj. pro ukládání kompenzačních opatření.

Obecně může být otázka hodnocení vlivu světelného znečištění (z věcného hlediska) rámcově zohledněna v aspektech posuzovaných v rámci procesu posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (EIA), jako součást hodnocení vlivů na veřejné zdraví a flóru, faunu a ekosystémy, jako jednom z možných postupů vyhodnocení vlivu. Je třeba si však uvědomit, že při procesu EIA, vzhledem k jeho charakteru, ještě není zpravidla známo přesné technické řešení záměru, aby mohl být aspekt světelného znečištění relevantně vyhodnocen. Podstata řádného vyhodnocení vlivu světelného znečištění by tak věcně měla být předmětem navazujících řízení (především stavebního), kdy už je přesné technické řešení detailně známo.

1.3.3. Světelné znečištění a stavební zákon

V zákoně č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů (stavební zákon) je v § 137 odst. 1, písm a) ukotvena pravomoc stavebního úřadu nařítit *„vlastníku stavby, stavebního pozemku nebo zastavěného stavebního pozemku nezbytné úpravy, jimiž se docílí, aby užívání stavby nebo jejího zařízení neohrožovalo životní prostředí, nepřiměřeně neobtěžovalo její uživatele a okolí ... světelným zářením."*[4]. Tyto nezbytné úpravy však může stavební úřad nařítit pouze v případě, že stavba nebo zařízení nejsou postaveny a užívány v souladu s podmínkami danými povolením stavebního úřadu. Jsou-li stavba nebo zařízení postaveny a užívány v souladu s podmínkami danými povolením stavebního úřadu, může stavební úřad nařítit nezbytné úpravy jen

v případě prokazatelně významného ohrožení a za náhradu újmy, kterou by nařízené úpravy vyvolaly (§ 137 odst. 3 stavebního zákona). Prováděcí předpis tohoto zákona, vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v § 10, odst. 1, písm j) stanoví, že „stavba musí být navržena a provedena tak, aby neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat, bezpečnost, zdravé životní podmínky jejich uživatelů ani uživatelů okolních staveb a aby neohrožovala životní prostředí **nad limity obsažené v jiných právních předpisech, zejména následkem ... nevhodných světelně technických vlastností.**“[7]. Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území (501/2006 Sb.) zakazuje v § 24d, odst. 1 umísťovat reklamní zařízení a stavby pro reklamu tak, že obtěžují okolí světlem nad “limitní hodnoty stanovené jinými právními předpisy.”[5]. **Ve vztahu ke světelnému znečištění jsou ustanovení § 10 vyhlášky č. 268/2006 Sb. a § 24d odst. 1 vyhlášky č. 501/2006 Sb. neaplikovatelná, neboť světelné znečištění není v České republice právně ošetřené, žádný právní předpis nestanoví, který správní orgán tento veřejný zájem chrání ani jaké jsou pro světelné znečištění limitní hodnoty.**

Obtěžování světlem by v ideálním případě mělo být minimalizováno už při plánování staveb. Dokud však nebude legislativně řešena problematika světelného znečištění s jasným vymezením věcné působnosti správních orgánů, nelze v postupech podle stavebního zákona tuto problematiku posuzovat. Žádný právní předpis nestanoví, který správní orgán tento veřejný zájem chrání ani jaké jsou pro světelné znečištění limitní hodnoty. Jakmile bude některý právní předpis problematiku světelného znečištění řešit včetně stanovení věcně příslušného správního orgánu (např. orgánu hájícího veřejné zájmy v oblasti ochrany životního prostředí nebo veřejného zdraví) a jeho pravomoci k vydání závazného stanoviska, lze v plném rozsahu využít možnosti stavebního zákona a jeho prováděcích předpisů. K naplnění cíle snížení negativního vlivu světelného znečištění by se tedy nabízelo vymezení limitů pro světelné podmínky v rámci právních předpisů na ochranu veřejného zájmu (lidského zdraví a životního prostředí) včetně stanovení dotčených orgánů příslušných k vydání závazného stanoviska. Závazné stanovisko je podkladem rozhodnutí správního orgánu, např. pro rozhodnutí a pro jiné úkony stavebního úřadu nebo úkony autorizovaného inspektora podle stavebního zákona.

Podle § 4 odst. 2 stavebního zákona postupují stavební úřady ve vzájemné součinnosti s dotčenými orgány chránícími veřejné zájmy podle zvláštních právních předpisů. Dotčené orgány vydávají závazná stanoviska pro rozhodnutí a pro jiné úkony stavebního úřadu nebo úkony autorizovaného inspektora podle stavebního zákona, nestanoví-li zvláštní právní předpis jinak. V praxi to znamená, že v případech, kdy zvláštní právní předpis stanoví, že pro konkrétní stavební záměr vydává dotčený orgán závazné stanovisko, stavební úřad po stavebníkovi doložení závazného stanoviska vyžaduje. Pokud je závazné stanovisko dotčeného orgánu nesouhlasné, nemůže být stavební záměr povolen.

1.3.4. Světelné znečištění a občanský zákoník

Právní úprava tzv. sousedských vztahů, je obsažena v § 1013 zákona č. 89/2012 Sb. (občanského zákoníku). Ten stanoví, že "Vlastník se zdrží všeho, co působí, že světlo vniká na pozemek jiného vlastníka (souseda) v míře nepřiměřené místním poměrům a podstatně omezuje obvyklé užívání pozemku. Zakazuje se přímo přivádět imise (světlo) na pozemek jiného vlastníka bez ohledu na míru takových vlivů a na stupeň obtěžování souseda, ledaže se to opírá o zvláštní právní důvod.

1.3.5. Světelné znečištění a osvětlení komunikací

Často je příčinou rušení světlem veřejné osvětlení, ať už silniční nebo pouliční. Pokud jde o veřejné osvětlení, obce nemají ze zákona povinnost jej zřídít. Vyhláška 104/1997 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, stanovuje povinnost osvětlovat silnice (I. II. a III. třídy) a dálnice v zastavěném území obcí, dodržení norem o osvětlení je však pouze doporučeno. Povinnost osvětlovat se vztahuje k vlastníkovi komunikace – v případě dálnic a silnic I. třídy je jím stát, u silnic II. a III. třídy kraj – ten ale nemusí být vlastníkem veřejného osvětlení [55]. Podle stavebního zákona se stavba veřejného osvětlení pouze umísťuje. V praxi to znamená, že lze stavbu veřejného osvětlení realizovat na základě pravomocného územního rozhodnutí nebo územního souhlasu. Za silniční veřejné osvětlení nese odpovědnost vlastník dané komunikace (u silnic I. třídy je jím stát, u silnic II. a III. třídy kraj, u místních komunikací obec a u účelových komunikací právnická či fyzická osoba), protože toto osvětlení je podle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích příslušenstvím dálnice, silnice nebo místní komunikace. Uvnitř obcí (resp. zastavěných území) to však neplatí pro dálnice a silnice I.- III. třídy (tzv. průjezdní úsek dálnice a silnice - § 14 ve spojení s § 8). Jejich vlastníkem (a tedy tím, kdo by za ně měl nést odpovědnost) tedy zřejmě bude obec, zákon to však výslovně neřeší.

1.3.6. Světelné znečištění a technické normy

Požadavky na kvalitu osvětlení jsou stanoveny v českých technických normách (ČSN), které ovšem nejsou obecně závazné; jejich splnění v určitých oblastech může být vyžadováno příslušným zákonem či vyhláškou, a to formou výlučnou (splnění je povinné) či indikativní (požadavek lze splnit i jinou formou než uplatněním norem) [10]. Normy ČSN EN 13 201 (části 1-4) zaměřené na osvětlení venkovních komunikací s ohledem na zrakové potřeby uživatelů komunikace specifikují třídy osvětlení, jež jsou stanoveny podle charakteru a uspořádání komunikace a okolních prostor a dalších jevů jako např. intenzita provozu, převládající počasí apod. Každá třída osvětlení pak má určeny minimální či maximální hodnoty vybraných světelně-technických parametrů, např. minimální průměrný jas, celková a podélná rovnoměrnost jasu, maximální prahový přírůstek (pro zabránění oslnění) aj. V ČSN EN 12193 a 12464-2 jsou podobně stanoveny požadavky na osvětlení sportovišť, resp. venkovních pracovních prostor. V obou těchto normách jsou navíc uvedeny limity pro rušivé světlo s aplikací na environmentální zóny CIE (viz Tabulka 5 a Tabulka 6). Normy též doporučují využít možnosti regulace veřejného osvětlení až o 65 % jmenovité hladiny osvětlení, pokud to dopravní situace dovoluje [54].

Tabulka 5: Definice environmentálních zón CIE. Zdroj: podle Narisada a Schreuder, 2004 a [1].

Zóna	Popis	Min. vzdálenost hranice od zóny E4 (km)
E1	národní parky a chráněná území	100
E2	zemědělské a venkovské obytné oblasti	10
E3	příměstské a městské obytné oblasti	1
E4	centra měst a oblasti s významnou noční aktivitou	-

Tabulka 6: Parametry osvětlení v zónách CIE (adaptováno v ČSN EN 12464-2). Zdroj: podle Narisada a Schreuder, 2004 a [1]. Tato doporučení jsou značně zastaralá vzhledem k současnému stavu znalostí a jsou vhodná k omezení jen zanedbatelné menší škodlivých dopadů světelného znečištění.

Zóna	ULOR [%]		Osvětlenost objektů [lx]	Svítivost svítidla [cd]		Jas [cd.m ⁻²]	
		mimo noční klid		mimo noční klid	v době nočního klidu	fasády budov	značky
E1	0	2	0	2500	0	0	50
E2	≤ 5	5	1	7500	500	5	400
E3	≤ 15	10	2	10 000	1000	10	800
E4	≤ 25	25	5	25 000	2 500	25	1000

1.3.7. Světelné znečištění a energetika

V oblasti energetiky je problematika osvětlení řešena především z pohledu energetických úspor a hospodárného užití energie, nikoli primárně z pohledu potenciálního světelného znečištění.

Problematika světelného znečištění není v právních předpisech z oblasti energetiky explicitně ukotvena. Nicméně obecně i pro tuto oblast platí zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií (zákon o hospodaření energií), jehož předmětem jsou, kromě jiného, některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, požadavky na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie, či požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie.

Jistý překryv problematiky světelného znečištění a energetických úspor tedy můžeme nalézt v oblasti designu a optimalizace osvětlení, resp. veřejného osvětlení. Jedná se především o některé parametry, které jsou zaměřeny na stanovení potenciálu úspory energie, resp. u konkrétních projektů rekonstrukce osvětlení pak pro výpočet úspory energie dosažitelné navrhovanými opatřeními. Mezi parametry významné pro oblast úspory energie související rovněž s potenciálním světelným znečištěním tedy můžeme zařadit například celkovou dobu svitu, parametry použitých svítidel, či parametry regulace intenzity svitu.

1.3.8. Světelné znečištění a ochrana spotřebitele

Problematika světelného znečištění nespadá do oblasti ochrany spotřebitele a právní předpisy na tomto úseku tedy světelné znečištění neregulují. Nicméně v této souvislosti lze zmínit informační povinnosti podnikatelů vůči spotřebitelům, které jsou upraveny v ustanovení § 9 a násl. zákona č. 634/1992 Sb., o ochraně spotřebitele, ve znění pozdějších předpisů. Dle § 9 odst. 1 je prodávající je povinen řádně informovat spotřebitele o vlastnostech prodáváných výrobků nebo charakteru poskytovaných služeb, o způsobu použití a údržby výrobku a o nebezpečí, které vyplývá z jeho nesprávného použití nebo údržby, jakož i o riziku souvisejícím s poskytovanou službou. Jestliže je to potřebné s ohledem na povahu výrobku, způsob a dobu jeho užívání, je prodávající povinen zajistit, aby tyto informace byly obsaženy v příloženém písemném návodu a aby byly srozumitelné.

Požadavek, aby byl spotřebitel řádně informován o vlastnostech prodávaných výrobků, je tedy v současné právní úpravě zakotven. V oblasti osvětlovací techniky nejsou k dispozici informace o tom, že by docházelo k situacím, kdy by byli spotřebitelé nakupující světelné zdroje v důsledku nedokonalé právní úpravy nedostatečně informováni o vlastnostech těchto zdrojů.

Dalším právním předpisem v oblasti ochrany spotřebitele je zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (zákon o ochraně spotřebitele). Účelem tohoto zákona je zajistit (v souladu s právem EU), aby výrobky uváděné na trh nebo do oběhu byly z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví pro spotřebitele bezpečné. Bezpečným výrobkem je podle tohoto zákona výrobek, který za běžných nebo rozumně předvídatelných podmínek užití nepředstavuje po dobu stanovenou výrobcem nebo po dobu obvyklé použitelnosti nebezpečí, nebo jehož užití představuje pro spotřebitele vzhledem k bezpečnosti a ochraně zdraví pouze minimální nebezpečí při užívání výrobku, přičemž se sledují z hlediska rizika pro bezpečnost a ochranu zdraví spotřebitele zejména tato kritéria:

- vlastnosti výrobku, jeho životnost, složení, způsob balení, poskytnutí návodu na jeho montáž a uvedení do provozu, dostupnost, obsah a srozumitelnost návodu, způsob užívání včetně vymezení prostředí užití, způsob označení, způsob provedení a označení výstrah, návod na údržbu a likvidaci, srozumitelnost a rozsah dalších údajů a informací poskytovaných výrobcem; údaje a informace musí být vždy uvedeny v českém jazyce,
- vliv na další výrobek, za předpokladu jeho užívání s dalším výrobkem,
- způsob předvádění výrobku,
- rizika pro spotřebitele, kteří mohou být ohroženi při užití výrobku, zejména děti a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace.

1.4. Srovnání s pokrytím v zahraniční legislativě

Jednu z možností, jak omezit světelné znečištění a jeho negativní vlivy, představují právní předpisy, jež jsou v poslední době zaváděny v různých podobách po celém světě. Některé předpisy se týkají pouze vymezených oblastí (např. v okolí astronomických observatoří v Chile a na Kanárských ostrovech) či jednotlivých obcí, jinde platí předpisy na regionální či celostátní úrovni. K příbuzným dokumentům lze zařadit i technické normy a doporučení oborových organizací – např. Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) vydala k rušivému světlu doporučení 126:1997 a 150:2003. Některé parametry těchto doporučení byly posléze převzaty do evropských (a následně českých) technických norem (viz Tabulka 5 a Tabulka 6). Tato doporučení jsou ale značně zastaralá vzhledem k současnému stavu znalostí a jsou vhodná k omezení jen zanedbatelné menšiny škodlivých dopadů světelného znečištění.

1.4.1. Evropa

Světlené znečištění není legislativně na unijní ani národní úrovni v ČR řešeno. Limitní hodnoty osvětlení např. u pozemních komunikací, sportovišť, ale i osvětlení pracovních prostorů však stanovují evropské normy, které přijala i ČR a řada evropských zemí.

Jedná se např. o normy:

- **EN 12665** Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements (*Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení*), převzata překladem v dubnu 2003 jako ČSN EN 12665.

- **EN 13032-2** Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places (*Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 2: Údaje pro vnitřní a vnější pracovní prostory*), převzata překladem.
- **EN 12464-2** Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places (*ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory*).

Nicméně v oblasti ochrany přírody na evropské úrovni lze již problematiku světelného znečištění nalézt. Ve vztahu k lokalitám zařazeným do soustavy NATURA 2000 je světelné znečištění jako jeden z "výstupů"/vlivů projektu řešen prostřednictvím článku 6 odst. 3 směrnice "o stanovištích" (stejně jako např. rušení z provozu silnic, zábor biotopu aj.), kdy jakýkoliv projekt s významným vlivem musí být předmětem odpovídajícího posouzení ve smyslu zmíněného ustanovení. Pokud je tento významný vliv založen právě světelným znečištěním, je nutné odpovídající posouzení provést a následně přijmout potřebná opatření (případně projekt odmítnout či jej schválit s kompenzačními opatřeními).

Směrnice a nařízení EU vztahující se k osvětlení:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady ze dne 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie.
- Nařízení Komise (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek a předřadníků a svítidel, jež mohou sloužit k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se zrušuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES – nařízení řeší z environmentálního pohledu pouze energii spotřebovanou ve fázi používání výrobku a obsah rtuti v zářivkách a výbojkách. Uznává se však, že opatření vyvinutá ke zvýšení světelné účinnosti zařízení pro osvětlení v terciárním sektoru mohou mít na „světelné znečištění“ pozitivní dopad.

V balíčku EU pro čistou energii z listopadu 2016² se ekodesign řeší opět spíše z hlediska energetické účinnosti, nikoli z pohledu světelného znečištění.

Tabulka 7: Právní úprava světelného znečištění v oblasti ŽP ve vybraných zemích EU, které se určitým způsobem světelným znečištěním zabývají

Stát	Upraveno národní legislativou	Jakým způsobem
Itálie	ANO	Zákon proti světelnému znečištění v 15 italských regionech, které pokrývají více jak 2/3 celkové populace země, viz níže.
Slovinsko	ANO	Zákon proti světelnému znečištění z roku 2007, viz níže.

² http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-4009_cs.htm

Stát	Upraveno národní legislativou	Jakým způsobem
Slovensko	NE	Regulace světelného znečištění upravena pouze evropskými normami. Regulována je také úroveň osvětlení billboardů.
Francie	ANO	V roce 2013 přijat zákon, který nařizuje obchodnímu sektoru vypínat vnější osvětlení v čase mezi 1 – 7 hodinou ranní, viz níže.
Španělsko	ANO	Zákon z roku 1992 na ochranu astronomických observatoří na Kanárských ostrovech. Opatření v ŽP pro osvětlovací systémy na ochranu nočních ekosystémů zavedené v Katalánsku v roce 2001
Německo	NE	Regulace světelného znečištění upravena pouze normami definujícími limitní hodnoty osvětlení bez škodlivého vlivu na lidský život a životní prostředí (ÖNORM O 1051, 1052, 1053)
Rakousko	NE	Regulace světelného znečištění upravena pouze normami
Velká Británie	ANO	Řeší zákon o ochraně životního prostředí z roku 1990

V 15 italských regionech platí zákony omezující instalaci svítidel s vyzařováním nad horizontální rovinu. Pouze svítidla s nižším světelným tokem (pod 2 250 lm, např. historická či architektonická) mohou mít ULOR > 0 % [68].

Slovensko přijalo v roce 2007 zákon, který určuje přesné požadavky na venkovní osvětlení, např. že svítidla musí být "plně cloněná" s ULOR = 0 %. Obce nesmí při spotřebě energie na osvětlení překročit limit 44,5 kWh na obyvatele. Jas fasád objektů nesmí překročit 1 cd m⁻² a pokud jde o architektonické osvětlení budov, doporučeno je nasvětlení shora. Je zakázáno osvětlovat vstupy do hnízdišť netopýrů (kostelní věže apod.) a zakázány jsou rovněž světelné lasery a zemní svítidla. Výjimky jsou uděleny pro dočasné slavnostní osvětlení, některé kulturní oblasti a vojenské či záchranné operace [70, 68].

Zatímco italská a slovinská nařízení se zaměřují především na venkovní osvětlení, francouzský zákon o světelném znečištění se týká i interiérového osvětlení. Vnitřní osvětlení podniků (včetně výloh obchodů) musí být zhasnuto nejpozději hodinu po odchodu posledního zaměstnance, a pokud je zavřeno, tak i exteriérové osvětlení mezi 1. a 7. hodinou ranní musí být zhasnuto. Výjimky z důvodu bezpečnosti jsou povoleny, pokud jsou svítidla napojena na pohybový senzor. Z nařízení lze také udělit výjimku pro slavnostní osvětlení a významné turistické oblasti [68].

1.4.2. USA

Nejrozšířenější jsou právní opatření k omezení světelného znečištění v USA, kde přes 300 obcí zavedlo nařízení stanovující vhodné parametry svítidel a osvětlení – často vycházející ze vzorového

nařízení, které vydala IDA (*International Dark-Sky Association*) ve spolupráci s *Illuminating Engineering Society*. V osmnácti státech USA jsou schváleny celostátní zákony k omezení světelného znečištění [64, 77].

1.5. Způsoby možného řešení světelného znečištění v ČR

Při řešení problematiky světelného znečištění je žádoucí, aby orgány veřejné správy vzájemně spolupracovaly a v duchu dobré správy poskytly občanovi, který se na ně s problémem obtěžování nadměrným světlem či světelnými efekty obrátí, radu a pomoc. Kompetentní úřední osoba by dle povahy problému měla umět dotyčnému vysvětlit, jaké jsou možnosti správného orgánu a co mu umožňuje legislativa. V rámci součinnosti s ostatními zainteresovanými úřady by měla hledat možnosti, jak občanovi pomoci, přestože jich momentální právní úprava moc nenabízí. Vzhledem k tomu, že nejsilněji jsou práva občana na neobtěžování formulována v občanském zákoníku a v zákoně č. 251/2016 Sb., o některých přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (zákon o některých přestupcích), jeví se tato cesta jako nejschůdnější. Nicméně velmi záleží na okolnostech případu a charakteru stížnosti.

Z hlediska Ministerstva životního prostředí se jeví jako vhodná regulace světelného znečištění zákonnou úpravou, a to nejlépe novelou zákona o ochraně ovzduší. Rámcově by se tak dosáhlo stavu nastaveného pomocí původního zákona o ochraně ovzduší z roku 2002, který světelné znečištění ovzduší jasně vymezil a rovněž nastavil jeho omezení jako jeden z cílů zákona.

Než bude dosaženo konkrétního úspěchu v podobě úpravy legislativy nebo vydání předpisu jiné právní formy, případně zapracování problematiky do příslušné legislativy v rámci její novelizace, je nutné zvyšovat povědomí obyvatelstva o škodlivosti a negativních vlivech světelného znečištění na zdraví a přírodu a pokusit se tím docílit stavu, kdy občan sám bude mít zájem na tom, aby neobtěžoval a potažmo nebyl obtěžován.

1.5.1. Možnost regulace světelného znečištění pomocí obecně závazné vyhlášky

Obce jsou nadány pravomocí vydávat v samostatné působnosti vlastní právní předpisy, a to obecně závazné vyhlášky. Pravomoc obcí vydávat obecně závazné vyhlášky je stanovena přímo v Ústavě ČR, konkrétně v čl. 104 odst. 3, dle kterého mohou zastupitelstva v mezích své působnosti vydávat obecně závazné vyhlášky. Ústavou zakotvené oprávnění obcí vydávat obecně závazné vyhlášky je konkretizováno v zákoně č. 128/2000 Sb., o obcích (obecní zřízení), ve znění pozdějších předpisů (zákon o obcích), a to především v ustanovení § 10, podle kterého mohou obce ukládat v samostatné působnosti obecně závaznou vyhláškou povinnosti:

- k zabezpečení místních záležitostí veřejného pořádku;
- pro pořádání, průběh a ukončení veřejnosti přístupných akcí;
- k zajištění udržování čistoty ulic a jiných veřejných prostranství, k ochraně životního prostředí, zeleně v zástavbě a ostatní veřejné zeleně a k užívání zařízení obce sloužícím potřebám veřejnosti;
- stanoví-li tak zvláštní zákon.

Obce jsou dle ustanovení § 35 odst. 1 zákona o obcích oprávněny v rámci samostatné působnosti regulovat pouze záležitosti, které jsou v zájmu obce a občanů obce, pokud nejsou zákonem svěřeny krajům nebo pokud nejde o přenesenou působnost orgánů obce nebo o působnost, která je

zvláštním zákonem svěřena správním úřadům jako výkon státní správy, a dále záležitosti, které do samostatné působnosti obce svěří zákon. Při vydávání obecně závazných vyhlášek, které je dle ustanovení § 84 odst. 2 písm. h) zákona o obcích vyhrazeno zastupitelstvu obce, se obce na základě ustanovení § 35 odst. 3 písm. a) zákona o obcích řídí zákonem.

Obce jsou tedy formou obecně závazných vyhlášek oprávněny na svém území regulovat pouze místní (lokální) záležitosti, neboť obecně závazná vyhláška platí a je závazná jen pro území obce, která ji vydala.

Pokud jde o regulaci problematiky světelného znečištění formou obecně závazné vyhlášky, tak obce byly s účinností do konce měsíce srpna roku 2012 oprávněny regulovat na základě výslovného zákonného zmocnění obsaženého v ustanovení § 50 odst. 3 písm. c) dnes již zrušeného zákona o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů, obecně závaznou vyhláškou promítání světelných reklam a efektů na oblohu, a to v rámci opatření proti světelnému znečištění. Do podzimu roku 2012 byly tedy obce oprávněny regulovat oblast světelného znečištění formou obecně závazné vyhlášky dle ustanovení § 10 písm. d) zákona o obcích, na základě výslovného zákonného zmocnění obsaženého ve zvláštním zákoně, kterým byl zákon o ochraně ovzduší.

I když obce nejsou v současnosti oprávněny regulovat problematiku světelného znečištění na základě výslovného zákonného zmocnění, mohou dle názoru Ministerstva vnitra regulovat tuto oblast na základě ustanovení § 10 písm. a) či c) zákona o obcích, tedy za účelem ochrany místních záležitostí veřejného pořádku nebo za účelem ochrany životního prostředí. Dle ustanovení § 10 písm. a) zákona o obcích mohou totiž obce stanovit, které činnosti, jež by mohly narušit veřejný pořádek v obci nebo být v rozporu s dobrými mravy, ochranou bezpečnosti, zdraví a majetku, lze vykonávat pouze na místech a v čase obecně závaznou vyhláškou určených, nebo stanovit, že na některých veřejných prostranstvích v obci jsou takové činnosti zakázány. Dle názoru Ministerstva vnitra si lze představit situaci, kdy obce budou regulovat problematiku světelného znečištění (světelných reklam, efektů apod.), a to z důvodu, že se s ohledem na místní poměry a situaci v obci bude jednat o činnost, která bude způsobilá narušovat veřejný pořádek v obci, bude ohrožovat bezpečnost osob či životní prostředí. Respektive se bude jednat o nežádoucí činnost, která bude představovat lokální problém určité obce.

Ministerstvo vnitra zastává názor, že se v případě regulace světelného znečištění jedná o obdobnou činnost, jako je užívání zábavní pyrotechniky, kterou mohou obce dle ustálené judikatury Ústavního soudu regulovat na základě ustanovení § 10 písm. a) zákona o obcích v rámci ochrany veřejného pořádku, neboť se dle názoru Ústavního soudu jedná o činnost, která je nepochybně způsobilá narušit pokojné soužití občanů obce (veřejný pořádek). Jestliže mohou obce regulovat používání pyrotechnických předmětů na svém území, které mají rovněž nepochybně neblahý vliv na oblohu a jsou zdrojem světelného znečištění, mohou dle názoru Ministerstva vnitra obdobně regulovat i jiné činnosti způsobující světelné znečištění, které v místních podmínkách určité obce představují lokální problém.

Přestože lze dle názoru Ministerstva vnitra problematiku světelného znečištění (světelných reklam, efektů apod.) regulovat obecně závaznou vyhláškou vydanou především za účelem ochrany veřejného pořádku, upozorňujeme v souvislosti s úpravou místních záležitostí veřejného pořádku na několik úskalí:

1. předmět a cíl obecně závazné vyhlášky

Za situace, že obec upravuje místní záležitosti veřejného pořádku bez výslovného zákonného zmocnění, je nezbytné, aby nejlépe přímo v obecně závazné vyhlášce, vymezila předmět a cíl, který nesmí být shodný s předmětem a cílem zákonné úpravy. Obecně závazná vyhláška jako podzákoný právní předpis nemůže upravovat to, co je již kogentně upraveno v zákonech, tedy v předpisech vyšší právní síly. Je proto třeba dbát na to, aby povinnosti stanovené v obecně závazné vyhlášce nepřekročily rámec samostatné působnosti a aby také nebyly regulovány činnosti, které obec v samostatné působnosti regulovat nemůže.

2. princip přiměřenosti (proporcionality)

Regulace provedená v obecně závazné vyhlášce musí být v souladu s obecným principem proporcionality (přiměřenosti), tj. že povinnosti lze ukládat jen v nejmenším možném rozsahu ve vztahu ke sledovanému cíli. Tato zásada rovněž znamená, že by obce měly vydávat obecně závaznou vyhlášku k zabezpečení místních záležitostí veřejného pořádku jen tam a tehdy, kde skutečně k narušování veřejného pořádku dochází, tj. v co nejmenším rozsahu vymezit jednání, která jsou na daných místech v obci způsobilá narušit veřejný pořádek, aby prostor pro svobodu občanů zůstal co největší. V praxi to znamená, že by obec měla regulaci určitého chování vztahovat na určitá v obecně závazné vyhlášce vymezená místa, případně doby, s přihlédnutím k povaze chování a jeho způsobilosti (významnou měrou) narušit veřejný pořádek v obci.

Obce by proto měly určitou činnost (v daném případě činnost způsobující světelné znečištění), která je způsobilá narušit veřejný pořádek, regulovat pouze na těch místech a v tu dobu, kdy k narušování veřejného pořádku skutečně dochází, tedy v co nejméně omezujícím rozsahu, neboť dle judikatury Ústavního soudu nemohou obce (s výjimkou regulace prostituce a hazardních her) přistoupit k celoplošné regulaci, resp. k celoplošnému zákazu.

3. regulace na veřejných prostranstvích

Obce jsou oprávněny formou obecně závazné vyhlášky regulovat činnosti, které se odehrávají (ke kterým dochází) na veřejném prostranství, případně, jak vyplývá z ustálené judikatury Ústavního soudu (např. nálezy sp. zn. Pl. ÚS 35/06), i činnosti odehrávající se na jiných místech než veřejných prostranstvích, pokud se jejich následky projevují na veřejných prostranstvích, nebo pokud jsou způsobilé veřejný pořádek v obci narušit. Z toho tedy výkladem a contrario vyplývá, že na jiných místech (mimo veřejná prostranství) se jedná o záležitost soukromoprávní, kterou je třeba řešit v intencích práva občanského.

S ohledem na uvedené mohou obce regulovat činnosti způsobující světelné znečištění, respektive zdroje světelných znečištění, které se nacházejí pouze na veřejných prostranstvích nebo případně i mimo ně, avšak za podmínky, že se jejich následky na veřejných prostranstvích projevují.

4. zákaz diskriminace

Obce musí při vydávání obecně závazných vyhlášek sledovat, zda jejich regulace není v rozporu se zákazem diskriminace. To znamená, že při stanovení povinností k zabezpečení veřejného pořádku je třeba řídit se zásadami rovného přístupu (zákazu diskriminace), kdy případné rozdíly musí být objektivně zdůvodnitelné (viz nálezy Ústavního soudu sp. zn. Pl. ÚS 15/02).

Obce musí posoudit, zda se s různými subjekty, které se nacházejí ve stejné nebo srovnatelné situaci, zachází rozdílným způsobem, a pokud ano, musí zkoumat existenci objektivních a rozumných důvodů pro uplatněný rozdílný přístup (v daném případě by se konkrétně jednalo o situaci, pokud by obec regulovala obecně závaznou vyhláškou pouze některé zdroje světelného znečištění, resp. pouze zdroje znečištění (např. světelné reklamy či efekty) konkrétní osoby.

V případě regulace činností, které v obci narušují nebo by mohly narušovat veřejný pořádek, musí být obec schopna v případě potřeby doložit důvody, na základě kterých se rozhodla svoji regulaci uplatnit právě na v obecně závazné vyhlášce vymezená veřejná prostranství.

5. vymahatelnost a kontrola

Před vydáním obecně závazné vyhlášky by měla obec zvážit, zda je schopna stanovené povinnosti vymáhat. Neboť stanovení povinností bez zajištění jejich vymahatelnosti je naprosto neúčelné a bezpředmětné.

Obec by proto měla zohlednit a posoudit: aplikovatelnost nastavené regulace; existenci kontrolních orgánů (obecní policie); povinnost, resp. ochotu, orgánů obce vymáhat splnění povinností.

Obce by měly před regulací určitých činností zvážit, zda stanovené povinnosti jsou vymahatelné a zda disponují nástroji k jejich kontrole. Jestliže by totiž obce stanovovaly zákazy určitých činností, resp. by ukládaly povinnosti, jejichž plnění/neplnění by nebyly schopny kontrolovat a vymáhat, byla by taková regulace naprosto zbytečná a bezpředmětná.

Kromě výše uvedených příkladů úskalí regulace činností narušujících veřejný pořádek rovněž upozorňujeme na skutečnost, že v případě světelných znečištění se nemusí jejich zdroje vždy nacházet na území obce, na jejímž území se jejich následky projevují (resp., na jejímž území dochází k narušování veřejného pořádku, bezpečnosti apod.). **V praxi se může stát, že zdroje světelných znečištění se budou nacházet na území jiné obce, případně jiného státu, a obec, na jejímž území se budou následky těchto zdrojů světelných znečištění projevovat, je nebude moct z důvodu územní působnosti obecně závazné vyhlášky regulovat. V takových případech je tedy problematika světelného znečištění otázkou regulace nikoli na úrovni územní samosprávy (obcí), ale státu, a to nejen vnitrostátního práva, ale v případě zdrojů světelných znečištění nacházejících se na území jiného státu i práva mezinárodního.**

Zde je namístě zmínit, že kromě zdrojů světelného znečištění na území obce, které je možné řešit formou obecně závazné vyhlášky, existují významné zdroje mimo území obce, které však nemohou být regulovány v rámci takové vyhlášky.

Současně je třeba vnímat úpravu světelného znečištění formou vydání obecně závazné vyhlášky jako dílčí a, jak bylo zmíněno výše, poměrně komplikovaný způsob řešení této problematiky. Nelze předpokládat, že vedení samospráv bude na základě tohoto doporučení hromadně schvalovat obecně závazné vyhlášky, neboť proces jejich tvorby není nijak jednoduchý a v tomto případě by určitě nebyl jednoduchý ani proces schvalování zastupitelstvy. SMO ČR chápe tuto možnost jako omezenou, a nepříliš systémovou, a upřednostňuje úpravu legislativy. V souvislosti s tímto krokem je připraven spolupracovat na návrhu způsobů osvěty představitelů měst a obcí ČR, tak aby se problém a předcházení jeho vzniku (koncepte osvětlení obce) dostali do povědomí těchto kompetentních osob. K regulaci světelného znečištění formou obecně závazné vyhlášky ještě uvádíme, že vzhledem k tomu, že lze činnosti způsobující světelné znečištění regulovat s ohledem na místní poměry v

konkrétní obci z důvodu ochrany veřejného pořádku, případně bezpečnosti nebo životního prostředí, nemohou obce v souladu s ustanovením § 10 písm. a) či c) zákona o obcích stanovovat v obecně závazných vyhláškách kromě zákazů či omezení takových činností i technické požadavky či normy (např. technické požadavky na osvětlení, příkon svítidel atd.). Tyto skutečnosti nemohou (a nejsou oprávněny) obce v obecně závazných vyhláškách, ve kterých regulují lokální záležitosti, upravovat. Ke stanovení technických požadavků či norem by měly primárně sloužit právní předpisy s celostátní působností.

Závěrem k problematice světelných znečištění uvádíme, že dle názoru Ministerstva vnitra je tato oblast regulována i zákonem o některých přestupcích, ve znění pozdějších předpisů, a to v souvislosti s regulací nočního klidu. Za porušení obecně závazné vyhlášky je podle § 4 zákona o některých přestupcích pokuta do 100 tis. Kč. Dle zákona o některých přestupcích je rušení nočního klidu přestupkem proti veřejnému pořádku, jehož spáchání je sankcionováno zákonem stanovenou sankcí. Samotný pojem „noční klid“ není, na rozdíl od doby nočního klidu, žádným právním předpisem výslovně vymezen. Legální definice tohoto pojmu tedy neexistuje. Nicméně pod pojmem „noční klid“ lze chápat určitý pokojný stav na určitém místě ve vymezenou dobu, na jehož zachování má společnost za účelem spořádaného a poklidného soužití zájem.

Vzhledem k tomu, že „rušení nočního klidu“ (s ohledem na absenci vymezení pojmu „noční klid“) není na rozdíl od „doby nočního klidu“ (doba od 22. do 6. hodiny) zákonem vymezeno, nelze vyloučit, že skutková podstata přestupku rušení nočního klidu bude naplněna nejen v souvislosti s hlasitými hlasovými projevy, se kterými je rušení nočního klidu nejčastěji spojováno, či živou nebo reprodukovanou hudbou, ale i v souvislosti se světelnými efekty, reklamami apod. Rušení nočního klidu mohou totiž způsobit takové projevy či činnosti, které jsou způsobilé porušit nebo ohrozit občanské soužití a veřejný pořádek.

Objektivní stránka přestupku rušení nočního klidu je zákonem vymezena pouze obecně, a to jako „porušení nočního klidu.“ Zákonem však není blíže specifikován možný fyzikální zdroj tohoto porušení. Ačkoliv měl zákonodárce patrně na mysli zejména rušení nočního klidu hlukem, je třeba vycházet z toho, že nadměrná produkce světla může mít srovnatelné negativní následky pro odpočinek obyvatel a ochranu veřejného pořádku. Předmětný výklad, že rušení nočního klidu může být způsobeno i světlem (konkrétně např. světlenými reklamami či světelnými efekty), je tudíž v souladu s textem ustanovení zákona o některých přestupcích i s účelem právní úpravy, kterým je ochrana nočního klidu, respektive veřejného pořádku. **Správní orgán samozřejmě musí i v tomto případě, jako i v jiných případech řešení přestupků, náležitě posoudit společenskou škodlivost činu, a to tak, aby nedocházelo k postihu bagatelních jednání.** Současně nesmí postih daného přestupku fakticky směřovat k ochraně veřejných zájmů spadajících do jiných oblastí veřejné správy, např. regulace reklamy anebo ochrany veřejného pořádku. Smyslem přestupku rušení nočního klidu však není obecně regulovat „světelnou“ či jinou reklamu anebo řešit problematiku hygienických standardů ochrany proti světlu.

Z výše uvedeného důvodu nelze rušení nočního klidu dle názoru Ministerstva vnitra vykládat pouze ve vztahu k hluku, ale mnohem širěji (k rušení nočního klidu může dojít i „světlem“). Tento výklad v podstatě podporuje i nejaktuálnější judikatura Ústavního soudu ve věci problematiky nočního klidu, konkrétně náleží sp. zn. Pl. ÚS 4/16, ve kterém byl vysloven názor, že veřejný zájem, jakým je noční klid, a tedy nerušený odpočinek v noční době, má být zájmem na udržení místních tradic převážen pouze ve výjimečných případech. Ústavní soud v předmětném nálezu zdůraznil právo na nerušený

odpočinek v noční době, přičemž právo na nerušený odpočinek může být narušeno nejen hlasovými projevy, hudbou, ale i světlem a světelnými efekty.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti lze k dané problematice uzavřít, že dle názoru Ministerstva vnitra mohou obce v současnosti regulovat činnosti způsobující světelné znečištění (světelné reklamy, efekty apod.) formou obecně závazné vyhlášky na základě ustanovení § 10 písm. a) či c) zákona o obcích, tedy s ohledem na místní poměry a situaci v konkrétní obci z důvodu ochrany veřejného pořádku, bezpečnosti nebo ochrany životního prostředí. Touto obecně závaznou vyhláškou však obce nemohou obecně regulovat veřejné osvětlení v obci, neboť to je záležitost samotné obce, a nemohou tak stanovovat povinnosti sobě samým, poněvadž to není účelem obecně závazných vyhlášek. Kromě regulace světelného znečištění formou obecně závazné vyhlášky, avšak s výše uvedenými úskalími, může být světelné znečištění řešeno v individuálních případech (s ohledem na konkrétní okolnosti daného případu) i v rámci přestupku rušení nočního klidu, avšak v těchto případech je třeba důsledně dbát a zkoumat společenskou škodlivost každého konkrétního jednání.

1.5.2. Možnost regulace zákonem o ochraně veřejného zdraví

Vliv světla na lidské zdraví je velmi široká problematika, kterou nelze zajistit pouze, byť sebelepší, regulací nočního svícení. Ministerstvo zdravotnictví vnímá regulaci nočního svícení jako významný příspěvek k ochraně veřejného zdraví, ale dle názoru Ministerstva zdravotnictví na ochraně veřejného zdraví nelze takovou regulaci stavět.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (zákon o ochraně veřejného zdraví), v ustanoveních §§ 35 a 36 se zabývá „neionizujícím zářením (*§ 36 se týká pouze povinností výrobců a dovozců laserů*). Neionizujícím zářením se pro účely tohoto zákona rozumí elektrická a magnetická pole a elektromagnetické záření o frekvenci do $1,7 \cdot 10^{15}$ Hz, pokrývá tedy i viditelná část neionizujícího záření. Prováděcím předpisem k ust. § 35, dost. 2 je **nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením**. V případě světla však řeší účinky na zdraví jako je např. popálení sítnice či její poškození fotochemickou reakcí, tj. přímé účinky světla. V příloze č. 2 stanoví nejvyšší přípustné hodnoty ultrafialového, viditelného a infračerveného záření nekoherentních (nelaserových) technologických zdrojů.

Zmocňovací ustanovení k NV:

§ 35

(2) Osoba, která používá, popřípadě provozuje stroj nebo zařízení, které je zdrojem neionizujícího záření včetně laserů (dále jen "zdroj neionizujícího záření"), je povinna

a) činit taková technická a organizační opatření, aby expozice fyzických osob v rozsahu upraveném prováděcím právním předpisem nepřekračovaly nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření,

b) při zjišťování a hodnocení expozice fyzických osob a úrovně neionizujícího záření postupovat způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem,

c) před zahájením používání nebo provozu stacionárního zdroje neionizujícího záření sítě elektronických komunikací v obytné zástavbě vypracovat dokumentaci, ve které bude doloženo výpočtem nebo měřením dodržení nejvyšších přípustných hodnot neionizujícího záření z hlediska

možné expozice fyzických osob, a předložit tuto dokumentaci příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví,

d) v případech stanovených prováděcím právním předpisem označit výstrahou místa (oblasti, pásma), ve kterých expozice osob neionizujícímu záření může překročit nejvyšší přípustné hodnoty.

1.5.3. Možnost regulace světelného znečištění stavebním zákonem

Řízení a postupy podle stavebního zákona se dotýkají celé řady veřejných zájmů. Zájem na ochraně těchto hodnot (zájmů) a bližší právní úprava způsobu jejich ochrany plyne ze zvláštních právních předpisů. Na základě těchto právních předpisů je prosazují a chrání příslušné správní orgány, které mají v řízeních a postupech podle stavebního zákona postavení dotčených správních orgánů.

Ze samotného označení určitého správního orgánu za dotčený orgán (např. pro územní řízení) ve zvláštním právním předpise ještě neplyne jeho pravomoc vydávat závazné stanovisko nebo vyjádření. Správní orgán vydává závazné stanovisko nebo vyjádření ve smyslu § 154 správního řádu do řízení nebo jiných postupů podle stavebního zákona pouze, pokud takový orgán má v zákoně upravenou pravomoc vydávat závazné stanovisko nebo vyjádření a v zákoně je vymezen obsah takového závazného stanoviska nebo vyjádření. Správní orgán, který je pouze ve zvláštním právním předpise označený, s ohledem na územní nebo stavební řízení, má pouze práva a povinnosti vyplývající z § 136 správního řádu. Poskytuje tedy stavebnímu úřadu informace, má právo nahlížet do spisu, může se (nezávazně) vyjadřovat k podkladům pro vydání rozhodnutí, tato jejich vyjádření však nejsou závazná.

Působnost dotčených orgánů ve vztahu ke stavebnímu zákonu je upravena v § 4 stavebního zákona:

„§4

(1) Orgány územního plánování a stavební úřady přednostně využívají zjednodušující postupy a postupují tak, aby dotčené osoby byly co nejméně zatěžovány a aby v případě, kdy lze za podmínek tohoto zákona vydat v dané věci, zejména u jednoduchých staveb, pouze jedno rozhodnutí, upustily od dalšího povolování záměru. Pokud je spolu se stavbou hlavní předmětem žádosti nebo ohlášení soubor staveb, stavební úřad všechny stavby projedná v režimu stavby hlavní. Stanoví-li tak tento zákon, mohou orgány územního plánování a stavební úřady uzavřít s žadatelem veřejnoprávní smlouvu místo vydání správního rozhodnutí. Tím nesmí být dotčena práva a oprávněné zájmy dotčených osob a zájmy dotčených orgánů³.

(2) Orgány územního plánování a stavební úřady postupují ve vzájemné součinnosti s dotčenými orgány chránícími veřejné zájmy podle zvláštních právních předpisů⁴. Dotčené orgány vydávají

³ § 136 zákona č. 500/2004 Sb., správní řád

⁴ Například zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 133/1985 Sb., o

- a) závazná stanoviska⁵ pro rozhodnutí a pro jiné úkony stavebního úřadu nebo úkony autorizovaného inspektora podle tohoto zákona, nestanoví-li zvláštní právní předpis jinak,
- b) stanoviska, která nejsou samostatným rozhodnutím ve správním řízení a jejichž obsah je závazný pro politiku územního rozvoje a pro opatření obecné povahy podle tohoto zákona.

(3) Obsahuje-li posuzovaný návrh varianty řešení, dotčený orgán posuzuje každou variantu samostatně.

(4) Dotčený orgán je vázán svým předchozím stanoviskem nebo závazným stanoviskem. Navazující stanoviska nebo navazující závazná stanoviska mohou dotčené orgány v téže věci uplatňovat pouze na základě nově zjištěných a doložených skutečností, které nemohly být uplatněny dříve a kterými se podstatně změnily podmínky, za kterých bylo původní stanovisko vydáno, nebo skutečností vyplývajících z větší podrobnosti pořízené územně plánovací dokumentace nebo podkladů pro rozhodnutí nebo jiný úkon orgánu územního plánování nebo stavebního úřadu podle tohoto zákona, jinak se k nim nepřihlíží.

(5) V řízeních podle části čtvrté tohoto zákona se nepřihlíží k závazným stanoviskům dotčených orgánů ve věcech, o kterých bylo rozhodnuto ve vydaném regulačním plánu, v územním rozhodnutí nebo v územním opatření o stavební uzávěře anebo v územním opatření o asanaci území, nejde-li o závazné stanovisko uplatněné na základě nově zjištěných a doložených skutečností podle odstavce 4.

(6) Stanoví-li dotčené orgány ve svém stanovisku nebo závazném stanovisku podmínky, a stanou-li se tyto podmínky součástí výrokové části rozhodnutí, nebo součástí opatření obecné povahy nebo jiného úkonu orgánu územního plánování nebo stavebního úřadu podle tohoto zákona, mohou dotčené orgány kontrolovat jejich dodržování.

(7) Je-li dotčeným orgánem podle zvláštních právních předpisů tentýž orgán veřejné správy, vydává koordinované stanovisko nebo koordinované závazné stanovisko, zahrnující požadavky na ochranu všech dotčených veřejných zájmů, které hájí. Koordinované stanovisko nebo koordinované závazné stanovisko lze vydat pouze v případě, nejsou-li požadavky na ochranu dotčených veřejných zájmů v rozporu. Ustanovení správního řádu o společném řízení⁶ se použijí přiměřeně.

(8) Orgány územního plánování a stavební úřady projednávají protichůdná stanoviska nebo protichůdná závazná stanoviska dotčených orgánů. Dojde-li k rozporu mezi příslušnými orgány podle

požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

⁵ § 149 zákona č. 500/2004 Sb.

⁶ § 140 zákona č. 500/2004 Sb.

tohoto zákona a dotčenými orgány, jakož i mezi dotčenými orgány navzájem, postupuje se podle správního řádu.⁷

Světelné znečištění má nepříznivý vliv zejména na životní prostředí a veřejné zdraví. Nabízí se tedy možnost upravit problematiku světelného znečištění ve zvláštních právních předpisech chránících tyto veřejné zájmy, tj. životní prostředí nebo veřejné zdraví.

Ústředním orgánem státní správy pro ochranu přírody a krajiny je Ministerstvo životního prostředí, které je rovněž orgánem vrchního státního dozoru ve věcech životního prostředí (§ 19 zákona č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České republiky, ve znění pozdějších předpisů (kompetenční zákon)). Ústředním orgánem státní správy pro ochranu veřejného zdraví je Ministerstvo zdravotnictví (§ 10 kompetenčního zákona).

Základní předpokladem pro to, aby stavební úřad při umísťování a povolování staveb zohlednil také problematiku světelného znečištění, je její ukotvení v právním řádu České republiky. Pokud by zvláštní právní předpis stanovil podmínky ochrany životního prostředí a veřejného zdraví, označil určitý správní orgán za dotčený orgán včetně jeho pravomoci k vydávání závazného stanoviska, uplatnil by se v celém rozsahu § 4 stavebního zákona též na problematiku světelného znečištění.

Vzhledem k tomu, že v současné legislativě není působnost k řešení problematiky světelného znečištění zakotvena v žádném zvláštním právním předpise, nemůže tuto problematiku posuzovat prostřednictvím závazných stanovisek dotčených orgánů ani stavební úřad („Správní orgán uplatňuje svou pravomoc pouze k těm účelům, k nimž mu byla zákonem nebo na základě zákona svěřena, a v rozsahu, v jakém mu byla svěřena.“ - § 2 odst. 2 zákona č. 500/2004 Sb., správního řádu).

2. Závěr

Materiál **dokládá negativní dopady světelného znečištění** na společnost, občany a přírodu. Cílem další práce by mělo být nalezení účinných nástrojů pro omezení světelného znečištění v co největší míře a poskytnutí právní ochrany před světelným znečištěním občanům.

K naplnění cíle snižování negativního vlivu světelného znečištění se nabízejí tyto základní pilíře:

- 1) Regulace pro omezení vlivů na přírodu a životní prostředí jako veřejný zájem;
- 2) Regulace pro omezení vlivů na zdraví člověka jako veřejný zájem – svícení do oken, svícení s nevhodnou teplotou chromatičnosti (barvou světla);
- 3) Posílení pravomocí obcí pro regulaci problematiky světelného znečištění;
- 4) Vymezení limitů pro světelné podmínky v rámci právních předpisů na ochranu veřejného zájmu (lidského zdraví a životního prostředí) uplatnitelných v rámci vydávání závazných stanovisek podle zákona č. 183/2006 Sb., stavebního zákona;

⁷ § 136 zákona č. 500/2004 Sb., správní řád.

- 5) Omezení nadměrného svícení jako způsob naplňování požadavků na hospodárné využívání energie nebo dosahování energetických úspor podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

V České republice v současnosti neexistuje právní předpis, který by se komplexně zabýval problematikou světelného znečištění. Dílčí předpisy, které lze částečně využít pro ochranu občana a přírody před světelným znečištěním, však byly nalezeny a jsou v materiálu uvedeny. **Do budoucna je ovšem nutno nalézt komplexní způsob nebo způsoby řešení této problematiky.**

3. Přílohy

3.1. Doporučení pro šetrné osvětlování

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout investorům a provozovatelům jednoduché vodítko pro výběr veřejného osvětlení šetrného k nočnímu prostředí a respektujícího soukromí a zdraví obyvatel. Takové osvětlení bývá i ekonomicky výhodné, neboť u něj nedochází ke zbytečnému plýtvání energií. Z hlediska funkčního jsou požadavky na osvětlení dobře definované technickými normami. Vedlejšími nežádoucími účinky osvětlení, tedy fenoménem světelného znečištění, se však tyto normy zabývají nedostatečně, nekonzistentně a nezohledňují nové poznatky v oblasti medicíny, biologie a ekologie. Níže uvedená doporučení by měla být jedním z podkladů pro práci projektanta, který osvětlovací soustavu navrhuje. V některých případech nelze ani při nejlepší vůli dosáhnout splnění všech požadovaných parametrů, snahou by však mělo být omezit jejich překračování na nezbytné minimum.

Doporučené typy svítidel

Použijí se svítidla vyzařující v základní (vodorovné) poloze pouze do dolního poloprostoru (ULR = 0%).

V případech, kdy pomocí těchto svítidel není možné dosáhnout požadované úrovně či rovnoměrnosti osvětlení a není možné změnit polohu světelného místa, je přípustné v intravilánu obce použít svítidla vyzařující maximálně 1% světelného toku do horního poloprostoru (ULR ≤ 1%). Měrná svítivost takového svítidla v žádném směru nad horizont nemá přesáhnout 10 cd/klm.

Výjimku z tohoto pravidla představují svítidla, která slouží k architektonickému osvětlení (viz. bod 3.2.6).

Doporučený způsob instalace svítidel

Svítidla budou instalována vždy ve vodorovné poloze, tak, aby byl naplněn záměr co nejmenšího vyzářování do horního poloprostoru.

V případech, kdy takto není možné dosáhnout požadované úrovně či rovnoměrnosti osvětlení a není možné změnit polohu světelného místa, je přípustné naklonit svítidlo nejvýše o 10°, pokud to umožní dosažení významně lepších parametrů osvětlení cílového prostoru.

Doporučené typy světelných zdrojů

Budou použity světelné zdroje, které nevyzařují více než 10% energie ve vlnových délkách < 500nm. Pokud tento parametr není známý, použijí se světelné zdroje s náhradní teplotou chromatičnosti nejvýše 3000 K (CCT ≤ 3000 K). Světelné zdroje budou použity výhradně ve svítidlech pro tyto zdroje přímo určených.

Pronikání venkovního osvětlení do oken

Přímé osvětlení oken obytných budov nemá překročit 2 lx, v době nočního klidu pak 1 lx. Pokud je budova osvětlena záměrně tak, že je limit překračován (viz. bod 3.2.6), nesmí tak být činěno proti vůli obyvatel dotčených bytů. Ti by měli být dostatečně informováni o zdravotních rizicích, která dlouhodobé vystavení světlu v nočních hodinách přináší.

Maximální úroveň osvětlení

Průměrná udržovaná úroveň osvětlení pozemních komunikací nebude překračovat minimální hodnoty stanovené příslušnou normou o více než 30%.

Architektonické a dekorativní osvětlení

Pro architektonické osvětlení se použijí taková svítidla, takový způsob jejich instalace a takové technické doplňky, aby mimo obrys osvětlovaného architektonického prvku směřovalo nejvýše 10% světelného toku. Je-li to technicky možné, architektonické prvky se osvětlují shora dolů. Průměrný jas fasády osvětlované budovy nemá přesáhnout 2 cd.m⁻² v centru města a 1 cd.m⁻² v rezidenčních oblastech a na venkově. Je-li to technicky možné, bude architektonické osvětlení v době nočního klidu vypnuto.

Z těchto doporučení je možné vyjmout osvětlení dočasného charakteru (sváteční výzdoba, jednorázové kulturní a sportovní akce, zabezpečení stavenišť,...). I takové osvětlení by však mělo být používáno uvážlivě. Doporučení se nevztahují na svítidla se specifickým účelem (dopravní signalizace apod.).

3.2. Doplnující komentář k jednotlivým bodům

Následující řádky blíže vysvětlují jednotlivá kritéria uvedená v doporučení pro šetrné osvětlování a ukazují, čeho si při výběru osvětlení všimnout a čeho se naopak vyvarovat.

Požadavky kladené na osvětlení jsou formulované tak, aby je bylo možné jednoduše splnit pomocí výrobků, které jsou běžně na trhu. Projektant by měl být schopen, s přihlédnutím k místním specifikům, navrhnout osvětlení, které nebude zbytečně poškozovat noční prostředí ani obtěžovat obyvatele. Dodavatel by měl dodat svítidla splňující požadavky projektu.

V určitých situacích se nelze vyhnout kompromisům – např. v úzkých ulicích je obtížné zajistit odpovídající osvětlenost a přitom nesvítit do oken. Mnohdy je, zejména v menších obcích, velký problém nevhodné umístění světelných míst, v památkově chráněných zónách vstupují do hry požadavky památkářů atd. Ani v takových případech by se však nemělo rezignovat na snahu o co nejšetrnější osvětlení.

3.2.1. Doporučené typy svítidel

Smyslem tohoto požadavku je omezit množství světla, které míří do nebe a vytváří nad našimi městy a obcemi světelný závoj. Zároveň se jedná o zbytečné plýtvání energií i financemi. Používat by se měla svítidla vyzařující pouze do dolního poloprostoru (zkrátka dolů). Zkratka ULR označuje podíl světla, které směřuje ze svítidla vzhůru. Zde je ULR = 0% - vzhůru by tedy nemělo směřovat vůbec žádné světlo. Taková svítidla mívají obvykle plochý spodní kryt, ale stejnou funkci zastane např. i vhodně tvarované stínítko. V nabídce je mají snad všichni výrobci osvětlení a jejich cena je jen o něco málo vyšší než u stejných modelů s vypouklým plastovým krytem. LED svítidla obvykle (ale zdaleka ne vždy) této podmínce vyhovují.



Obrázek 20: **Takto ANO**: příklady svítidel, která svítí pouze dolů, na oblohu neuniká žádné světlo. Rovněž při pohledu z dálky nejsou taková svítidla téměř vidět a neruší tedy ráz noční krajiny. Všimněte si plochého spodního krytu. Dá se říci, že pokud má svítidlo plochý spodní kryt, automaticky splňuje požadavky bodu 1). Svítidla používající LED by měla být vždy tohoto typu.

Nevýhodou některých výbojkových svítidel s plochým krytem je skutečnost, že nedokážou osvětlit tak široký prostor jako typy s vypouklým krytem. Pokud jsou svítidla umístěna daleko od sebe, poskytnou typy s vypouklým krytem obvykle o něco rovnoměrnější osvětlení. Proto bod 1) v pravidlech dovoluje použít uvnitř obcí i některá svítidla s vypouklým krytem, pokud to prokazatelně zlepší kvalitu osvětlení. Platí to však pouze pro moderní typy s kvalitní optikou, z toho důvodu jsou stanovené technické požadavky $ULR < 1\%$ a max. měrná svítivost nad horizont $< 10 \text{ cd/km}$. Kvalitní LED svítidla mají výhodu v lepší možnosti směrování světla, proto u nich není potřeba z požadavku na $ULR = 0\%$ ustupovat. Údaje o ULR by měl znát a na vyžádání poskytnout dodavatel osvětlení.

V některých situacích může být záměrem osvětlit i okolní vyšší budovy (obvykle v centrech měst) a dotvořit tak atmosféru místa. V takovém případě je možné od striktního požadavku na směrování světla pouze dolů upustit. Je však nutné dbát na to, aby nedocházelo k nadměrnému obtěžování obyvatel domů (viz. body 4 a 6), ani ke zbytečnému unikání světla přímo na oblohu. Tato výjimka by se měla vztahovat skutečně jen na místa, kde ve večerních hodinách pobývá nebo se pohybuje větší množství lidí (centra obcí, pěší zóny, náměstí) a kde je osvětlení fasád odůvodněné. V žádném případě ne na rezidenční, obchodní či průmyslové oblasti nebo volná prostranství.



Obrázek 21: **Takto ANO**: v odůvodněných případech lze využít i výbojková svítidla s mírně vypouklým spodním krytem, pokud jsou vybavena kvalitní optikou a udržovaná v čistém stavu.



Obrázek 22: **Takto NE:** zastaralá a znečištěná svítidla, stejně jako svítidla bez kvalitní optiky usměřující světlo pouze dolů, nevyhovují požadavkům na šetrné osvětlení.



Obrázek 23: **Takto NE:** Nevhodná jsou nejrůznější tzv. „parková“ svítidla typu koule či polokoule bez řádného směrování světla. Jsou významným zdrojem světelného znečištění a pro osvětlení komunikací či volných prostranství by se neměla používat. Téměř vždy lze najít esteticky zajímavou alternativu, která bude dobře svítit a přitom bude šetrná k okolí.

Jistou výjimku představují pouze situace, kdy je záměrem osvětlit fasády okolních vyšších domů (náměstí, uličky v centrech obcí).

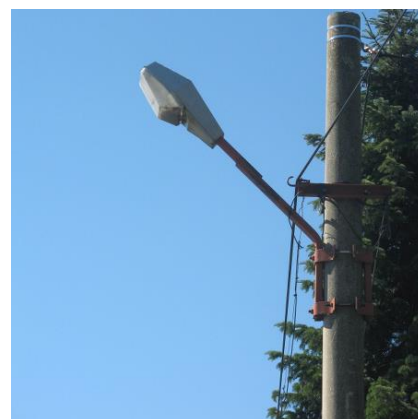
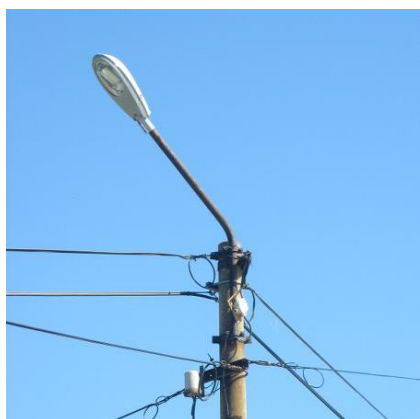
3.2.2. Doporučený způsob instalace svítidel

Svítidla by se měla instalovat vždy vodorovně. Jednoduché pravidlo, které má zabránit tomu, aby se zbytečně svítilo do širokého okolí. I jediné příliš nakloněné svítidlo může poškodit noční prostředí v okruhu několika kilometrů.

Občas se ale může stát, že je svítidlo umístěné např. na zdi domu nebo na sloupu elektrického vedení, který stojí příliš daleko od silnice. Vodorovně nainstalované svítidlo by v takovém případě svítilo pod sebe a nikoliv tam, kde je světlo potřeba. Pokud není možné umístit svítidlo na vhodnější místo, je možné jej mírně naklonit. V mnoha případech se dá problém vyřešit též použitím vhodného výložníku.



Obrázek 24: **Takto ANO:** Svítidla by měla být instalována vodorovně. S problémem nevhodně umístěných sloupů daleko od silnice se dá vypořádat použitím delších výložníků. Pak není nutné naklánět samotná svítidla. Na pravém obrázku si však lze všimnout osvětlené fasády rodinného domu – to by se u dobrého osvětlení stávat nemělo.



Obrázek 25: **Takto NE:** Nemělo by docházet k situacím, kdy je svítidlo nakloněné pod úhlem 45° nebo i více. Takový náklon v žádném případě nezajistí lepší osvětlení, ale pouze vyšší světelné znečištění. Téměř vždy takové svítidlo oslňuje. Jedná se o jeden z nejčastějších nešvarů osvětlení zejména na venkově.

3.2.3. Doporučené typy světelných zdrojů

Z hlediska působení na noční prostředí i na lidský organismus nejsou všechny zdroje světla stejné. Ukazuje se, že kritická je zejména modrá barva (resp. světlo o vlnové délce pod 550nm), která je rovněž složkou „bílého“ světla. Lékařské výzkumy ukazují, že i poměrně malé množství modrého světla, kterému jsme vystaveni v noci, má zásadní vliv na náš cirkadiánní rytmus. Proto byl mezi doporučení zahrnutý požadavek na omezení modré složky světla.

Žluto-oranžové sodíkové výbojky, které stále tvoří většinu veřejného osvětlení, vyzařují modré barvy málo. Naproti tomu mnohé moderní LED zdroje září v modré barvě velmi výrazně. Běžně se u světelných zdrojů uvádí tzv. náhradní teplota chromatičnosti nebo krátce barevná teplota (zkratka CCT, jednotka je Kelvin - K). CCT je veličina, která číselně vyjadřuje to, čemu říkáme odstín světla. Čím



Obrázek 26: Rozdíl mezi LED osvětlením ve studeném (vlevo) a teplém (vpravo) odstínu. Doporučení pro šetrné venkovní osvětlení je držet CCT co nejnižší (pod 3000K), tedy preferovat teplejší odstíny světla.

nižší hodnota CCT, tím „teplejší“ nádech má světlo a tím méně modré složky obsahuje. Např. obyčejná žárovka a většina úsporných zářivek a LED žárovek používaná v domácnostech má CCT asi 2700K, přímé polední slunce asi 5500K, při zamračeném dni má venkovní světlo CCT asi 7000K.

Z běžných zdrojů světla pro venkovní osvětlení nejlépe vyhovují žluto-oranžové sodíkové výbojky (CCT 2000K), případně LED v teplém bílém provedení (warm-white, 2700K až 3000K). Naopak nevyhovují zastaralé nazelenalé rtuťové výbojky (4100K – ty mají navíc velkou spotřebu a nízkou účinnost), většina halogenidových výbojek ani LED v neutrálním nebo studeném provedení (neutral-white, day-white, cool white, 4000K až 6500K). Většina seriózních výrobců nabízí LED jak v teplém, tak v neutrálním či studeném provedení, volit by se měla vždy nejteplejší varianta s CCT 3000K nebo nižší.

Existují i speciální LED světelné zdroje (PC-amber nebo bílé LED s filtrem), které v modré barvě nevyzařují vůbec. Používají se na místech, kde je ochrana nočního prostředí velmi důležitá, např. v okolí významných astronomických observatoří nebo v národních parcích.

Druhý požadavek v pravidlech se týká kombinování různých světelných zdrojů a svítidel. Zásadně nedoporučujeme používat běžné „LED žárovky“ ve starých výbojkových svítidlech, pokud to není doporučeno přímo výrobcem svítidla.



Obrázek 27: **Takto NE** (vlevo); **Takto ANO** (vpravo). LED by měly být vždy ve speciálním svítidle přímo pro ně určeném (vpravo), jen tak lze zajistit kvalitní osvětlení a nízkou míru světelného znečištění. Do výbojkových svítidel (vlevo) LED nepatří.

3.2.4. Pronikání světla do oken

Přímé osvětlení oken je k obyvatelům nesmírně bezohledné, dlouhodobé vystavení světlu v noci může mít navíc závažné zdravotní důsledky. Limit 1 lux, který doporučujeme jako maximální přípustnou hodnotu, je do značné míry subjektivní – někomu vadí i mnohem slabší svit Měsíce (úplněk dává pouze 0,25lx), někomu naopak nevadí ani silnější osvětlení. Stejně tak záleží na lokalitě, v centru města s velkým množstvím světelných zdrojů může být limit obtížně splnitelný a obyvatelé budou k pronikání světla okny tolerantnější než ve čtvrti rodinných domků, které jsou dál od osvětlené ulice a kde jsou lidé zvyklí mít doma v noci klid a skutečnou tmou. Kritérium se vztahuje na přímé osvětlení, ne tedy např. na světlo odražené od země.

Vzhledem k možným dopadům na náš organismus by mělo být s velkou opatrností přistupováno k bílému LED osvětlení, které obsahuje značný podíl modré složky světla (viz. bod 3).



Obrázek 28: **Takto NE**: Takto by veřejné osvětlení v žádném případě vypadat nemělo. V obou případech jsou použita svítidla, která pro danou situaci nevyhovují svými vlastnostmi ani způsobem instalace.



Obrázek 29: **Takto ANO**: Vhodná, správně nainstalovaná svítidla umožňují dobře osvětlit chodník před domem, aniž by obtěžovala obyvatele. V obou případech svítidla splňují požadavky specifikované v bodech 1) a 2).

3.2.5. Maximální úroveň osvětlení

Požadavek na nepřekračování doporučeného osvětlení je poměrně jasný – technické normy stanoví úroveň osvětlení dostatečnou pro daný účel. Nemělo by se svítit více, než je třeba, vede to pouze k větší zátěži nočního prostředí a žádný skutečný užitek to nepřináší.

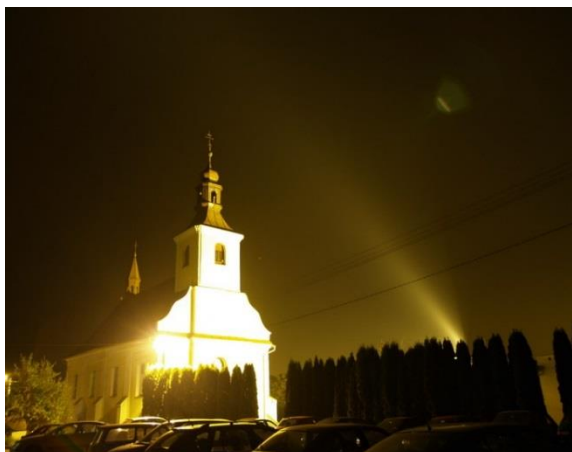
3.2.6. Architektonické osvětlení

Architektonické osvětlení se ve většině obcí týká především nasvícení kostelů, hradů a zámků, někdy též pomníků a památníků. Pokud se rozhodnete nějaký objekt osvětlit, mělo by to být učiněno formou přiměřenou okolnímu prostředí. Limit pro maximální jas fasády je stanovený tak, aby umožňoval dostatečně výrazné osvětlení objektů i v centru velkého města, všude jinde by mělo být osvětlení slabší. Kapličky na návsi jistě bude více slušet intimnější nasvícení než světoznámé památce v centru velkoměsta, kterou i pozdě večer obklopují davy turistů.

Mimo osvětlovaný objekt by mělo unikat co nejméně světla, zejména je třeba dát pozor na to, aby nebyli oslňováni kolem jedoucí řidiči a aby takové světlo nesvítilo do oken okolních domů – je to velmi nepříjemné. Pozdě v noci, když téměř všichni spí a venku není nikdo, kdo by nasvícený objekt obdivoval, je možné architektonické osvětlení zhasnout.

Splnění první podmínky předpokládá, že bude použito vhodné svítidlo, toto bude vhodně umístěno a případně se použijí doplňky, které omezí svícení mimo samotný objekt. Technická svítidla používaná pro jednoduché architektonické osvětlení můžeme rozdělit na 2 základní typy: floodlight (vytváří široký kužel světla) a spotlight (úzký kužel světla). Světlomety typu flood se hodí pro nasvícení velkých ploch zblízka, naproti tomu spot světlomety se hodí pro nasvícení menších ploch, detailů anebo pro směrové osvětlování z větší vzdálenosti. Kombinací obou typů se dá vyřešit i složitější osvětlení.

I na architektonické osvětlení se vztahuje doporučení týkající se barvy světla. S návrhem osvětlení by měl opět pomoci odborník.



Obrázek 30: **Takto NE:** Bohužel, podobně provedené osvětlení staveb není výjimkou. Velká část světla uniká zcela mimo cíl a i samotný objekt je často nasvícen mnohem silněji, než by bylo vhodné. Světelné znečištění způsobené nešetrným osvětlením jediné budovy může mít vliv na přírodu a krajinu v okruhu mnoha kilometrů.



Obrázek 31: **Takto ANO:** Příklady jednoduchých technických doplňků, které účinně omezují světelné znečištění. Podobné clonky se obvykle dají použít i na již nainstalovaná svítidla. Vlevo jsou světlomety se širokým kuželem světla (flood), vpravo s úzkým kuželem (spot).

4. Reference

- [1] Sokanský, K., T. Novák, M. Bálský, a kol.: Světelná technika. České vysoké učení technické v Praze, Praha, první vydání. 2011, ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] Roenneberg T, Merrow M (2007a). Entrainment of the human circadian clock. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol.* 72:293-9.
- [3] Maierová L. Světelné prostředí v budovách, nevizuální vnímání světla a inter-individuální rozdíly. Disertační práce, ČVUT v Praze. 2015.
- [4] Foster, R. G., M. W. Hankins: Circadian vision. *Current Biology.* 2007, 17(17): s. 746ff751, ISSN 09609822, doi:10.1016/j.cub.2007.07.007, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982207016855>.
- [5] Wandell, B. A.: Foundations of vision. Sinauer Associates, Sunderland, Mass. 1995, ISBN 08-789-3853-2, url: <https://foundationsofvision.stanford.edu>.
- [6] Jewett M.E., Kronauer R.E., Czeisler C.A. Phase-amplitude resetting of the human circadian pacemaker via bright light: a further analysis. *J Biol Rhythms* 9: 295–314, 1994.
- [7] Lucas, R. J., S. N. Peirson, D. M. Berson, a kol.: Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences.* 2014, 37(1): s. 1ff9, ISSN 01662236, doi: 10.1016/j.tins.2013.10.004, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166223613001975>.
- [8] Do, M. T. H., S. H. Kang, T. Xue, a kol.: Photon capture and signalling by melanopsin retinal ganglion cells. *Nature.* 2008, 457(issue 7227): s. 281ff287, ISSN 0028-0836, doi:10.1038/nature07682, url: <http://www.nature.com/doi/10.1038/nature07682>.
- [9] Banterle, F., A. Artusi, K. Debattista, a kol.: Advanced high dynamic range imaging. A K Peters, Natick, Mass. 2011, ISBN 978-156-8817-194.
- [10] Narisada, K., D. Schreuder: Light pollution handbook. Springer, Dordrecht. 2004, ISBN 14-020-2665-X.
- [11] Luginbuhl, C. B., P. A. Boley, D. R. Davis: The impact of light source spectral power distribution on sky glow. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer.* 2014, (139): s. 21ff26, ISSN 00224073, doi:10.1016/j.jqsrt.2013.12.004, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022407313004792>.
- [12] Falchi, Fabio and Cinzano, Pierantonio and Elvidge, Christopher D. and Keith, David M. and Haim, Abraham, "Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility", *Journal of Environmental Management* 92, 10 (2011).
- [13] Navigant Consulting, I.: Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications. 2014, url: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/energysavingsforecast14.pdf>.
- [14] Habel, J., P. Žák: Veřejné osvětlení Prahy: Základní analýza pro MHMP. 2015.
- [15] Pauley S.M. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Med Hypotheses.* 2004;63(4):588-96.

- [16] Staša, M.: Financování a efektivita veřejného osvětlení. 2014, url: http://tschechien.ahk.de/fileadmin/ahkfftschechien/Energieeffizienz/6ff_FinancovaniffaffefektivitaffverejnehoffosvetleniffvffCR.pdf.
- [17] CIE: Elektronický mezinárodní slovník světelné techniky CIE. 2015, url: <http://eiv.cie.co.at/>.
- [18] Morgan-Taylor, M.: Regulation of Light Pollution in Europe: Legal Challenges and Ways Forward. In *Urban lighting, light pollution, and society*, Routledge, New York, ISBN 9781138813977, s. 159ff176.
- [19] ES 245/2009. Úřední věstník Evropské unie. 2009, url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:076:0017:0044:CS:PDF>.
- [20] Cinzano, P., F. Falchi: Quantifying light pollution. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2014, (139): s. 13ff20, ISSN 00224073, doi: 10.1016/j.jqsrt.2013.11.020, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022407313004755>.
- [21] Kyba, C. C. M., T. Ruhtz, J. Fischer, a kol.: Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems. *PLoS ONE*. 2011, 6(3), ISSN 1932-6203, doi:10.1371/journal.pone.0017307, url: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0017307>.
- [22] Kyba, C. C. M., T. Ruhtz, J. Fischer, a kol.: Red is the new black: how the colour of urban skyglow varies with cloud cover. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2012, 425(1): s. 701ff708, ISSN 00358711, doi:10.1111/j.1365-2966.2012.21559.x, url: <http://mnras.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1111/j.1365-2966.2012.21559.x>.
- [23] Garstang, R. H.: Model for Artificial Night-Sky Illumination. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 1986, (98).
- [24] Garstang, R. H.: Night-Sky Brightness at Observatories and Sites. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 1989, (101).
- [25] Garstang, R. H.: Dust and Light Pollution. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 1991, (103).
- [26] Luginbuhl, C. B., D. M. Duriscoe, C. W. Moore, a kol.: From the Ground Up II: Sky Glow and Near-Ground Artificial Light Propagation in Flagstaff, Arizona. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 2009, 121(876): s. 204ff212, 58 ISSN 0004-6280, doi:10.1086/597626, url: <http://www.jstor.org/stable/10.1086/597626>.
- [27] Cinzano, P., F. J. Diaz Castro: The artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux. *Memorie della Societa Astronomia Italiana*. 2000, (71).
- [28] Aube, M., L. Franchomme-Fosse, P. Robert-Staehler, a kol.: Light pollution modelling and detection in a heterogeneous environment: toward a night-time aerosol optical depth retrieval method. *Proceedings of SPIE: The International Society for Optical Engineering*. 2005, (8), doi:10.1117/12.615405, url: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=868212>.
- [29] Jones J.M.. In U.S., 40% get less than recommended amount of sleep. GALLUP 2013. In: <http://www.gallup.com/poll/166553/lessrecommendedamountsleep.aspx>

- [30] Kocifaj, M.: Light-pollution model for cloudy and cloudless night skies with ground-based light sources. *Applied Optics*. 2007, 46(15), ISSN 0003-6935, doi:10.1364/AO.46.003013, url: <https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-46-15-3013>.
- [31] Kocifaj, M.: Modelling the spectral behaviour of night skylight close to artificial light sources. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2010, 403(4): s. 2105ff2110, ISSN 00358711, doi:10.1111/j.1365-2966.2010.16241.x, url: <http://mnras.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1111/j.1365-2966.2010.16241.x>.
- [32] Czeisler CA (2015). Duration, timing and quality of sleep are each vital for health, performance and safety. *Sleep Health* 1, p. 5–8. Doi: 10.1016/j.sleh.2014.12.008
- [33] Kocifaj, M.: Modeling the night-sky radiances and inversion of multi-angle and multispectral radiance data. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2014, (139): s. 35ff42, ISSN 00224073, doi:10.1016/j.jqsrt.2013.12.002, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022407313004779>.
- [34] Aube, M.: Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015, 370(1667): s. 20140117ff20140117, ISSN 0962-8436, doi:10.1098/rstb.2014.0117, url: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2014.0117>.
- [35] Martin MO & Mullis IVS (Eds.) TIMSS and PIRLS 2011: Relationships among reading, mathematics, and science achievement at the fourth grade—Implications for early learning. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, 2013.
- [36] Wright KP, McHill AW, Birks BR, Griffin BR, Rusterholz T, Chinoy E. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology* 23, 2013.
- [37] Bauer SE, Wagner SE, Burch J, Bayakly R and Vena JE (2013). A case-referent study: light at night and breast cancer risk in Georgia. *International Journal of Health Geographics* 12:23, doi:10.1186/1476-072X-12-23.
- [38] Cao, X., J. Wang, J. Chen, a kol.: Spatialization of electricity consumption of China using saturation-corrected DMSP-OLS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2014, (28): s. 193ff200, ISSN 03032434, doi: 10.1016/j.jag.2013.12.004, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303243413001724>.
- [39] IARC, "Agents Classified by the IARC Monographs" (2015).
- [40] Hattori, R., S. Horie, F.-C. Hsu, a kol.: Estimation of in-use steel stock for civil engineering and building using nighttime light images. *Resources, Conservation and Recycling*. 2013, (12), ISSN 09213449, doi:10.1016/j.resconrec.2013.11.007, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344913002528>.
- [41] Levin, N., Y. Duke: High spatial resolution night-time light images for demographic and socio-economic studies. *Remote Sensing of Environment*. 2012, (119): s. 1ff 10, ISSN 00344257, doi:10.1016/j.rse.2011.12.005, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425711004421>.

- [42] Gillespie, T. W., E. Frankenberg, K. F. Chum, a kol.: Night-time lights time series of tsunami damage, recovery, and economic metrics in Sumatra, Indonesia. *Remote Sensing Letters*. 2014, 5(3): s. 286ff294, ISSN 2150-704x, doi:10.1080/2150704X.2014.900205, url: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/2150704X.2014.900205>.
- [43] Cinzano, P., F. Falchi, C. Elvidge: The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2001, 328(3): s. 689ff 707, ISSN 00358711, doi:10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x, <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>.
- [44] Elvidge, C. D., P. Cinzano, D. R. Pettit, a kol.: The Nightsat mission concept. *International Journal of Remote Sensing*. 2007, 28(12): s. 2645ff2670, ISSN 0143-1161, doi:10.1080/01431160600981525, url: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160600981525>.
- [45] Czeisler C. A. (2013) Perspective: casting light on sleep deficiency. *Nature* 23;497(7450), p13.
- [46] Witmer, F. D. W., J. O'Loughlin: Detecting the Effects of Wars in the Caucasus Regions of Russia and Georgia Using Radiometrically Normalized DMSP-OLS Nighttime Lights Imagery. *GIScience & Remote Sensing*. 2011, 48(4): s. 478ff500, ISSN 15481603, doi:10.2747/1548-1603.48.4.478, url: <http://bellwether.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2747/1548-1603.48.4.478>.
- [47] Ghosh, T., S. Anderson, C. Elvidge, a kol.: Using Nighttime Satellite Imagery as a Proxy Measure of Human Well-Being. *Sustainability*. 2013, 5(12): s. 4988ff5019, ISSN 2071-1050, doi:10.3390/su5124988, url: <http://www.mdpi.com/2071-1050/5/12/4988/>.
- [48] Kloog I, Portnov BA, Rennert HS, Haim A (2011). Does the modern urbanized sleeping habitat pose a breast cancer risk? *Chronobiol Int*. 28(1):76-80. doi: 10.3109/07420528.2010.531490.
- [49] Hattar, S., a kol., Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 2002. 295(5557): p. 1065-70.
- [50] 89/2012: Občanský zákoník. Sbíрка zákonů České republiky. 2012.
- [51] Obecně závazná vyhláška 5/2013. Město Otrokovice. 2013.
- [52] Obecně závazná vyhláška 3/2007. Město Sezimovo Ústí. 2007, url: <http://www.sezimovo-usti.cz/prilohapdf/2007-03.pdf>.
- [53] Obecně závazná vyhláška 1/2011. Město Vimperk. 2011, url: <http://www.vimperk.cz/files/3333-obecne-zavazna-vyhlaska-c-1-2011-kterou-se-reguluje-promitani-svetelnych-reklam-a-efektu-na-oblohu-na-uzemi-mesta-vimperk.pdf>.
- [54] Právní výklad k zákonnému zmocnění odboru dozoru a kontroly veřejné správy Ministerstva vnitra: K obecně závazné vyhlášce, kterou se stanoví regulace promítání světelných reklam a efektů na oblohu. Ministerstvo vnitra ČR. 2009.
- [55] Connolly, K.: Light pollution law helps Czechs reclaim the stars. *The Guardian*. 2002, url: <http://www.theguardian.com/science/2002/mar/27/spaceexploration.physicalsciences>.
- [56] IDA, IES: Model Lighting Ordinance with User's Guide. 2011, url: <http://www.ies.org/PDF/MLO/MLOffFINALffJune2011.pdf>.

- [57] Gallaway, T.: The Value of the Night Sky. In *Urban lighting, light pollution, and society*, Routledge, New York, ISBN 9781138813977, s. 267ff283.
- [58] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: *Stadtbild Berlin: Lichtkonzept Handbuch*. Druhé vydání. 2015.
- [59] Welsh, P., D. Farrington: Effects of improved street lighting on crime. 2008, doi: 10.4073/csr.2008.13, url: <http://dx.doi.org/10.4073/csr.2008.13>.
- [60] Steinbach, R., C. Perkins, L. Tompson, a kol.: The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2015, ISSN 1470-2738, doi: 10.1136/jech-2015-206012, url: <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2015-206012>.
- [61] Atkins, S., S. Husain, A. Storey: The Influence of Street Lighting on Crime and Fear of Crime. Crime Prevention Unit Paper No. 28. 1991, url: <http://www.popcenter.org/library/scp/pdf/07-AtkinsffHusainffStorey.pdf>.
- [62] Pena-Garcia, A., A. Hurtado, M. Aguilar-Luzan: Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. *Safety Science*. 2015, 78, ISSN 0925-7535, doi:10.1016/j.ssci.2015.04.009, url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.009>.
- [63] Bennie, J., T. W. Davies, D. Cruse, a kol.: Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015, 370(1667), ISSN 1471-2970, doi:10.1098/rstb.2014.0131, url: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0131>.
- [64] Aube, M., J. Roby, M. Kocifaj: Evaluating Potential Spectral Impacts of Various Artificial Lights on Melatonin Suppression, Photosynthesis, and Star Visibility. *PLoS ONE*. 2013, 8(7), ISSN 1932-6203, doi:10.1371/journal.pone.0067798, url: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067798>.
- [65] Picchi, M. S., L. Avolio, L. Azzani, a kol.: Fireflies and land use in an urban landscape: the case of *Luciola italica* L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. *J Insect Conserv*. 2013, 17(4), ISSN 1572-9753, doi:10.1007/s10841-013-9562-z, url: <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-013-9562-z>.
- [66] Bennie, J., T. W. Davies, J. P. Duffy, a kol.: Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights. *Scientific Reports*. 2014, (4), ISSN 2045-2322, doi:10.1038/srep03789, url: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/srep03789>.
- [67] Hölker, F., C. Wolter, E. K. Perkin, a kol.: Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology*. 2010, 25(12): s. 681ff682, ISSN 01695347, doi: 10.1016/j.tree.2010.09.007, url: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534710002211>.
- [68] Hagen, O., R. M. Santos, M. N. Schlindwein, a kol.: Artificial Night Lighting Reduces Firefly (Coleoptera: Lampyridae) Occurrence in Sorocaba, Brazil. *AE*. 2015, 03(01), ISSN 2331-2017, doi:10.4236/ae.2015.31004, url: <http://dx.doi.org/10.4236/ae.2015.31004>. 65
- [69] *Artificial Light in the Environment*. 2009, ISBN 9780108508547, url: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachmentffdata/file/228832/9780108508547.pdf>.

- [70] IDA: Dark Sky Places Program. 2015, url: <http://darksky.org/idsp/>.
- [71] Diego-Rasilla, J., R. Luengo: Celestial orientation in the marbled newt (*Triturus marmoratus*). *Journal of Ethology*. 2002, 20(2), ISSN 0289-0771, doi:10.1007/s10164-002-0066-7, url: <http://dx.doi.org/10.1007/s10164-002-0066-7>.
- [72] Longcore, T.: Sensory Ecology: Night Lights Alter Reproductive Behavior of Blue Tits. *Current Biology*. 2010, 20(20), ISSN 0960-9822, doi:10.1016/j.cub.2010.09.011, url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2010.09.011>.
- [73] Jones, T. M., J. Durrant, E. B. Michaelides, a kol.: Melatonin: a possible link between the presence of artificial light at night and reductions in biological fitness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015, 370(1667), ISSN 1471-2970, doi:10.1098/rstb.2014.0122, url: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0122>.
- [74] Cajochen, C., M. Munch, S. Kobiacka, a kol.: High Sensitivity of Human Melatonin, Alertness, Thermoregulation, and Heart Rate to Short Wavelength Light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2005, 90(3), ISSN 1945-7197, doi: 10.1210/jc.2004-0957, url: <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2004-0957>
- [75] Stevens, Richard G. and Brainard, George C. and Blask, David E. and Lockley, Steven W. and Motta, Mario E., "Breast cancer and circadian disruption from electric lighting in the modern world", *CA A Cancer Journal for Clinicians* 64, 3 (2013).
- [76] Paul, M. A., R. J. Love, A. Hawton, a kol.: Sleep and the endogenous melatonin rhythm of high arctic residents during the summer and winter. *Physiology & Behavior*. 2015, 141, ISSN 0031-9384, doi:10.1016/j.physbeh.2015.01.021, url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.01.021>.
- [77] Zelinski, E. L., S. H. Deibel, R. J. McDonald: The trouble with circadian clock dysfunction: Multiple deleterious effects on the brain and body. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014, 40, ISSN 0149-7634, doi:10.1016/j.neubiorev.2014.01.007, url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.01.007>.
- [78] Karatsoreos, Ilia N., "Effects of Circadian Disruption on Mental and Physical Health", *Curr Neurol Neurosci Rep* 12, 2 (2012).
- [79] Haim, A and Portnov, B, *Light Pollution as a New Risk Factor for Human Breast and Prostate Cancers* (Springer, 2013).
- [80] Megdal, S. P., C. H. Kroenke, F. Laden, a kol.: Night work and breast cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cancer*. 2005, 41(13), ISSN 0959-8049, doi:10.1016/j.ejca.2005.05.010, url: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejca.2005.05.010>.
- [81] Kloog, Itai and Haim, Abraham and Stevens, Richard G. and Portnov, Boris A., "Global Co-distribution of Light at Night (LAN) and Cancers of Prostate, Colon, and Lung in Men", *Chronobiol Int* 26, 1 (2009).
- [82] Davies, T. W., J. Bennie, K. J. Gaston: Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters*. 2012, 8(5), ISSN 1744-957X, doi:10.1098/rsbl.2012.0216, url: <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2012.0216>.

[83] Wise, J., "Danish night shift workers with breast cancer awarded compensation", *BMJ* 338, mar18 1 (2009).

[84] Gooley, Joshua J. and Chamberlain, Kyle and Smith, Kurt A. and Khalsa, Sat Bir S. and Rajaratnam, Shantha M. W. and Van Reen,..., "Exposure to Room Light before Bedtime Suppresses Melatonin Onset and Shortens Melatonin Duration in Humans", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 96, 3 (2011).

[88] Rich, C., T. Longcore: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. První vydání. 2004, ISBN 9781559631297.