

Světelné znečištění: environmentální problém, který může a musí být řešen

Fabio Falchi

ISTIL - Light Pollution Science and Technology Institute - www.lightpollution.it

CieloBuio - Coordinamento per la Protezione del cielo notturno - www.cielobuio.org

(anglickou verzi článku přeložil pro časopis Veronica J. Hollan, zkráceně vyšel po redakčních úpravách v čísle 1/2014, viz přehled celého čísla, z něhož je více článků dostupných i těm, co nejsou předplatitelé:

<http://www.casopisveronica.cz/obsahcisla.php?rok=2014&cislo=1>)

V tomto článku prezentuji výsledky a perspektivu úsilí snížit světelné znečištění v Itálii. Mezi hlavní výsledky patří, že 18 z 20 italských regionů zavedlo zákony proti světelnému znečištění. Dvanáct z nich zakazuje instalovat jiná než plně cloněná venkovní svítidla, což platí pro osvětlení veřejné i soukromé. Zákony, které vešly v platnost po roce 2002, tak znějí všechny. Požadavek plného clonění, který znamená, že svítidla nesmějí svítit vodorovně a šikmo nahoru, je ten hlavní, ale zákony jej kombinují také s limity pro maximální povolený jas osvětlovaných ploch či pro maximální intenzitu jejich osvětlení a s požadavky na vypnutí nebo tlumení osvětlení v době nočního klidu a na spektrální složení světla takové, které má méně škodlivých dopadů. V tom se různé regiony liší. Pro ozdobné osvětlení platí zvláštní pravidla, např. pro svícení na pomníky, památky, budovy. Bohužel některé starší regionální zákony jsou v praxi k ničemu, protože jejich technické požadavky jsou příliš slabé.

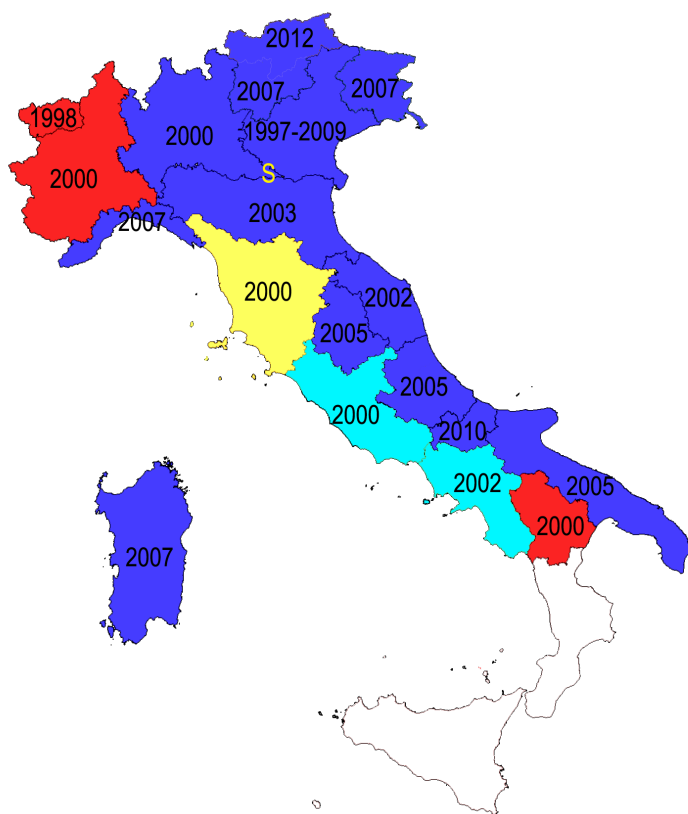
Navzdory téměř zdvojnásobení instalovaného světelného toku způsobeného instalací dalších osvětlovacích soustav a vyšší účinností nových světelných zdrojů (které poskytují více lumenů na watt svého příkonu), se v místě, které monitoruji, nezvýšil jas noční oblohy. V roce 2013 jsem naměřil tytéž hodnoty jako v roce 1998.

K tomu, aby se dopady světelného znečišťování snížily, by měla být zavedena další opatření. Nejprve limit pro nově přidávaný světelný tok, pak snížení celkového emitovaného toku světla a omezení modré složky uměle produkovaného světla.

Dokladů o škodlivých důsledcích světelného znečištění pro životní prostředí a lidské zdraví, které přináší vědecký výzkum posledních let, rychle přibývá. Světelné znečištění už není, jak si doposud kdekdokdo myslí, jen problémem pro astronomy. Je to nebezpečí pro naše prostředí a zdraví.

Italské regionální zákony proti světelnému znečištění

V Itálii je většina území a populace více či méně chráněna před světelným znečištěním. Italské regionální zákony proti světelnému znečištění a rok jejich přijetí ukazuje Obr. 1. Regiony se zákony vyžadujícími nulové přímé emise ze svítidel směrem vzhůru jsou znázorněny modře. Ty, které tento požadavek obsahují, ale připouštějí nějaké výjimky, jsou světle modré. Toskánsko, znázorněné žlutě, připouští, aby až 3 % světelného toku směřovala nad vodorovné směry. Regiony se zákony, které dovolují ještě větší emise směrem nad horizont nebo které v zákonech nestanovují pro venkovní svícení žádné technické požadavky, jsou zobrazeny červeně. Regiony bez zákonů jsou uvedeny v bílé barvě. Benátsko, první oblast, která přijala nějaký zákon (v roce 1997) a připouštěla tehdy, že 3 % toku ze svítidel smí jít nad vodorovnou rovinu, modernizovalo r. 2009 své právo na požadavek, že takový tok musí být nulový. Změna byla vynucena důkazy, že 3% hranice nezastavila růst světelného znečištění. I když bránila instalování těch nejhorších svítidel, jako jsou ta tvaru koule, umožňovala použití jiných velmi znečišťujících svítidel s nízkou účinností, jako jsou ta, která terén osvětlují nepřímo (svítí vzhůru a nad nimi je plocha, která světlo, ovšem ne všechno, nasměruje dolů). Navíc je notoricky známé, že světlo vyzařované jen nízko nad rovinu obzoru, typicky vycházející ze svítidel cloněných jen částečně, je zvláště účinné při znečišťování nočního prostředí, zejména v oblastech, které jsou od zdrojů světla velmi vzdálené. Luginbuhl, Walker a Wainscoat (2009) ukázali, že ve vzdálenosti 100 km způsobuje zdroj, z něhož jdou nahoru 3 % světla, téměř trojnásobný nárůst jasu oblohy oproti svítidlu produkujícímu též světelný tok, ale majícímu nulové emise vodorovně a vzhůru, tedy svítidlu plně cloněnému.



Obrázek 1. Mapa Itálie znázorňující, které regiony mají jaké zákony o venkovním osvětlování, a kdy vešly v platnost. Písmeno S označuje pozici Osservatorio Astronomico di San Benedetto Po, kde již 15 let měříme tmavost noční oblohy. Observatoř leží zhruba uprostřed severovýchodních regionů s nejlepší legislativou. Aktualizováno z Falchi 2011.

Hlavní pravidla pro silnice a ulice, rozlehlá prostranství a normální budovy, která byla přijata v regionech znázorněných na Obr. 1 modře, jsou:

a- měrná svítivost svítidla v poloze, jak je umístěno, nesmí překročit 0,49 cd / klm ve směrech vodorovně a výše,

b- jas vozovky ani intenzita osvětlení plochy, na niž světlo dopadá, nesmí překročit minimální hodnotu doporučenou bezpečnostními normami; když hustota dopravy klesne, je povinnost světelný tok snížit.

V některých z těchto regionů jsou v platnosti i dodatečná pravidla:

c- omezení barevné teploty světelných zdrojů,

d- relativní rozteč sloupů, čili poměr mezi vzdáleností sousedních svítidel a jejich výškou, má být větší než 3,7 (aby se minimalizovalo množení kandelábrů).

Všimněte si, že tato pravidla se uplatňují v celém území regionu, ne v nějaké oblasti kolem astronomických observatoří a přírodních parků. Tato pravidla platí pro všechny nové instalace (veřejné i soukromé), zatímco pro staré osvětlovací soustavy se plány jejich modernizace na nová méně znečišťující svítidla liší region od regionu. Některé žádné takové plány nemají, takže náprava přijde až tehdy, když je svítidla potřeba z nějakého důvodu změnit.

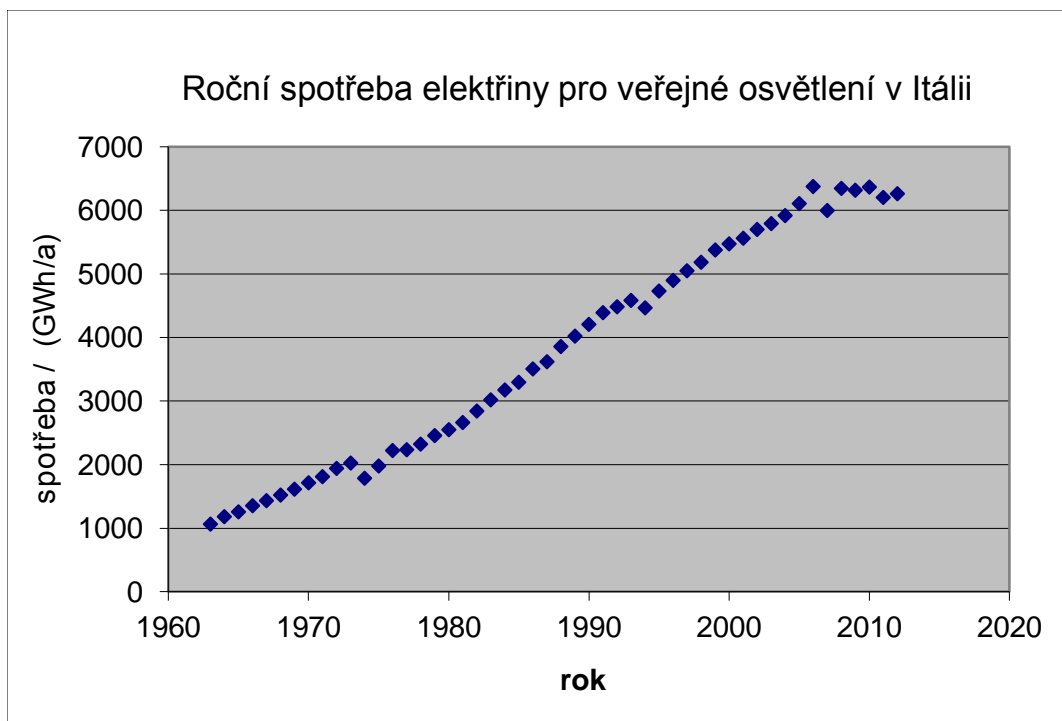
Pro zvláštní typy osvětlování existují některé výjimky, zejména:

- historické budovy, památky a monumenty mohou být osvětlovány i zespodu, přičemž platí omezení jasu / osvětlení a povinnost vypnout osvětlení na dobu nočního klidu;
- velmi malé instalace (jako osvětlení zahrady u domu) s lampami vydávajícími méně než 1500 lm mohou užívat i svítidla s nenulovým tokem vzhůru, pokud úhrn takového toku z celé instalace nepřekročí 2250 lm;
- osvětlené tabule nesmí způsobovat přes 4500 lm celkového toku a osvětlení se musí vypnout na dobu nočního klidu.

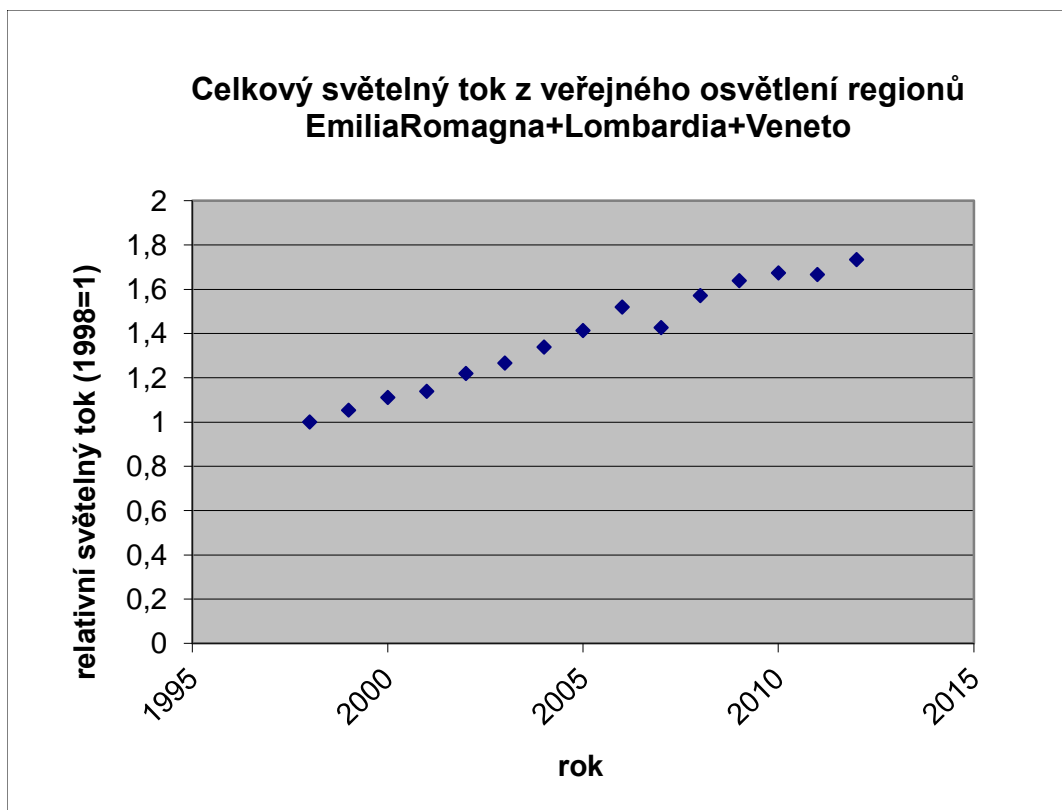
Ne všechna tato pravidla jsou vynucována stejným způsobem, i když jsou předepsána zákonem, ale to nejdůležitější ze všech (pravidlo a, viz výše) je velmi úspěšné pravidlo a používá se i v oblastech, kde je zákon nevyžaduje.

Růst instalovaného světelného toku a jeho následky, pokud jde o jas noční oblohy

V Itálii, navzdory problémům ekonomiky, roční spotřeba elektřiny pro veřejné osvětlení během posledních 35 let trvale rostla, od 2200 GWh v roce 1977 na téměř 6400 GWh v posledních letech (Terna 2013). Pouze v úplně posledních letech se zdá, že se růst zastavil (viz Obrázek 2), pravděpodobně v důsledku ekonomické krize. Kombinací dat o elektrické spotřebě a o nárůstu průměrné účinnosti instalovaných světelných zdrojů pro tři z nejvíce industrializovaných oblastí v severní Itálii (Lombardie, Benátsko a Emilia-Romagna) byl vypočten celkový tok vyzařovaný veřejným osvětlením v těchto regionech pro posledních 15 let, je znázorněn na Obr. 3.



Obrázek 2: Roční spotřeba elektřiny na veřejné osvětlení v Itálii, miliony kilowatthodin



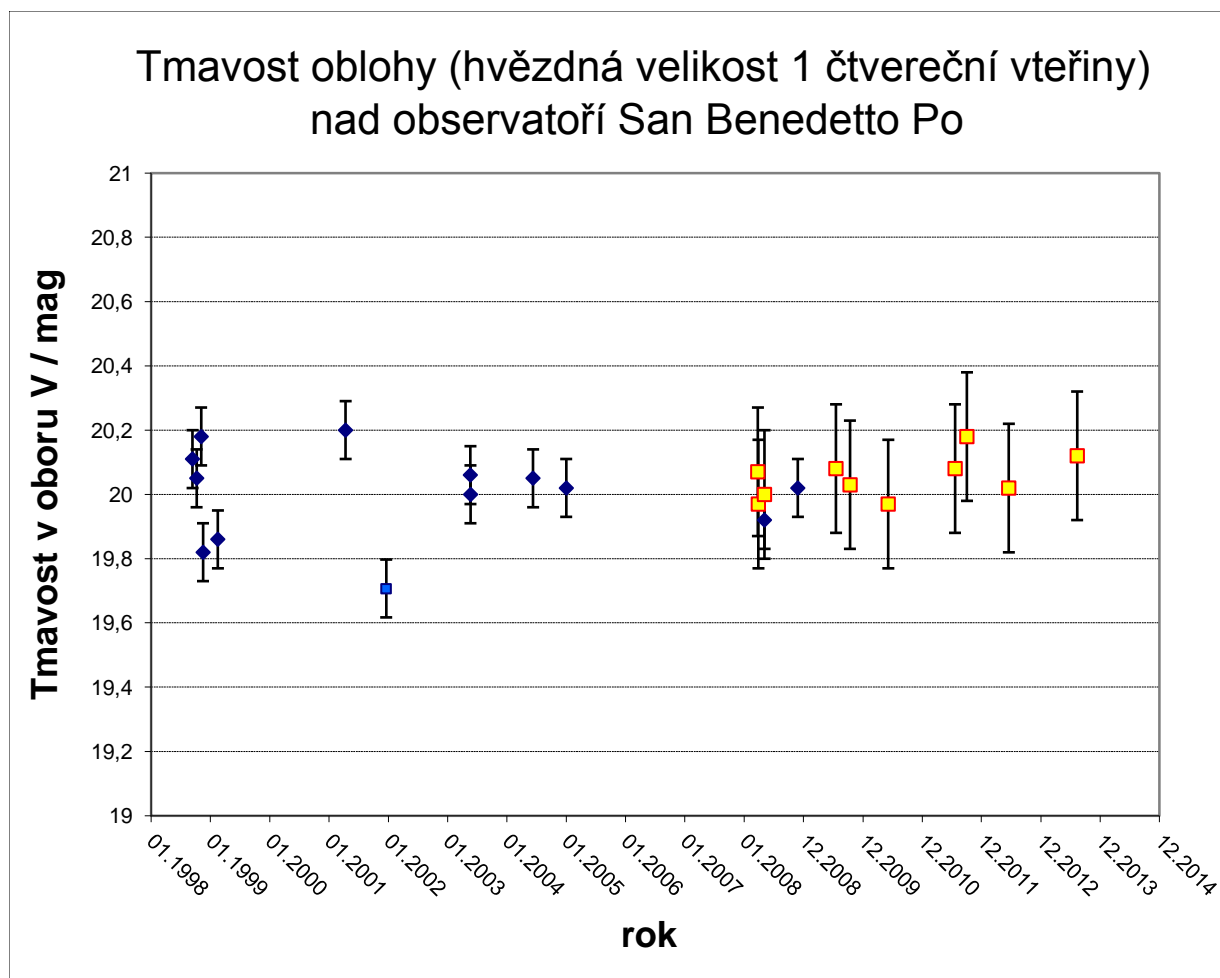
Obrázek 3: Světelný tok vytvářený veřejným osvětlením tří regionů v posledních 15 letech. Aktualizováno z Falchi 2011.

Srovnatelný nárůst lze očekávat z ostatních zdrojů světelného znečištění, zejména ze soukromých instalací (např. průmysl, nákupní centra). Od roku 1998 do 2012 činil nárůst zhruba 80 % instalovaného světelného toku. Pokud by se nezměnilo nic jiného, měli bychom zaznamenat značný, 80% nárůst umělého příspěvku k jasů nebe nad observatoří San Benedetto Po, obklopené regiony Lombardie, Benátska a Emilia-Romagna.

Měření jasů oblohy v letech 1998-2013

Od roku 1998 jsem měřil jas oblohy na hvězdárně v San Benedetto Po (označené písmenem S na Obr. 1). Používal jsem vědeckou CCD kameru vybavenou astronomickými filtry Johnson-Cousin (B a V), později jsem měřil přístroji nazvanými Sky Quality Meter (SQM), které jsem okalibroval měřením CCD v pásmu V (našel jsem malý posun mezi měřením CCD v pásmu V a údaji SQM, ty jsem dle toho korigoval).

Zjistil jsem, že i přes zvýšení instalovaného světelného toku v okolních regionech, které vytváření umělou složku jasů nebe nad hvězdárnou, se tento nárůst se neprojevil ve zvýšení jasů oblohy. Naopak měřený jas nebe v roce 2013 se rovná, s ohledem na nejistoty měření a proměnlivost jasů noc od noci, jasů oblohy zjištěnému v roce 1998. Obr. 4 ukazuje celou sérii měření. Podobný výsledek, s kratší časovou řadou, byl získán i v jiném místě, asi 25 km západně od San Benedetto Po.

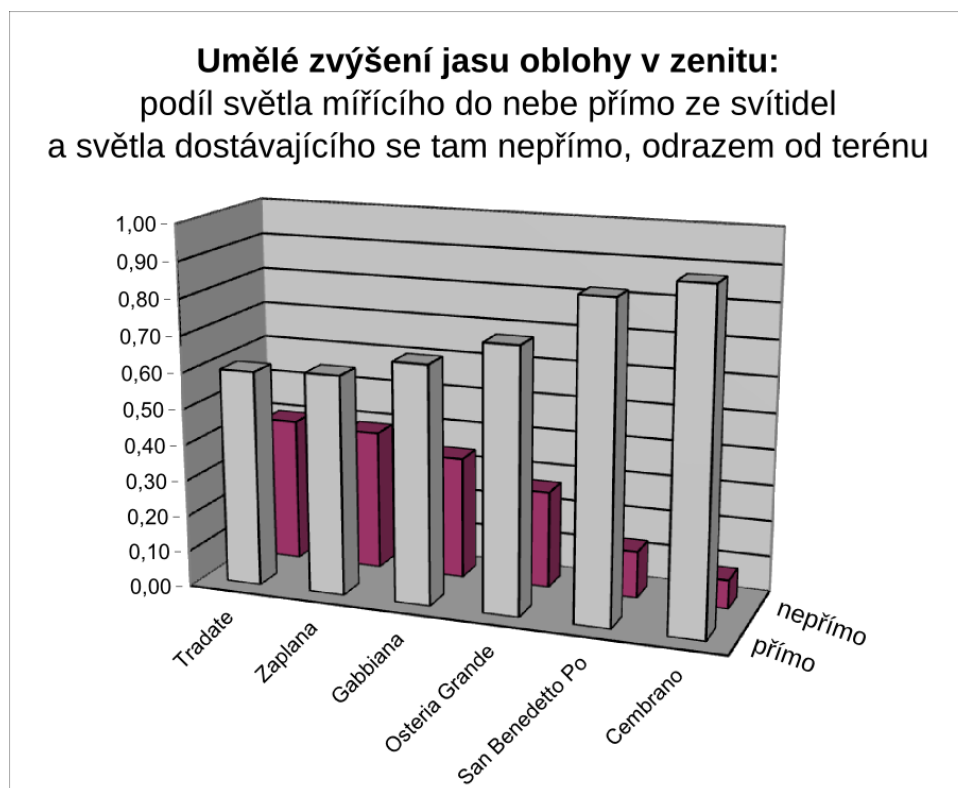


Obrázek 4. Místo jasů je v grafu uvedena logaritmická veličina, která je tím větší, čím je jas nižší. Je to veličina vycházející ze zvyklostí astronomické fotometrie, nazýváme ji tmavost. Jde o tmavost okolí zenitu nad observatoří v San Benedetto Po v letech 1998-2013 ve fotometrickém pásmu V. Přírodní bezměsíčné nebe má za jasné hluboké noci tmavost 21,5 mag až 21,8 mag, což znamená, že je čtyřikrát tmavší (více viz Veronica 4/2013), umělá složka jasů nebe nad observatoří je tedy třikrát větší než složka přírodní. Údaj znázorněný světle modrým čtvercem byl pořízen v situaci se zasněženou krajinou 15. prosince 2001. Tento údaj a údaje znázorněné pootočenými čtverečky jsou měření prováděná pomocí CCD s Johnsonovým V filtrem, zatímco žluté čtverce jsou měření prováděná s kalibrovanými přístroji SQM. Aktualizováno z Falchi 2011.

Proč se zvýšení světelného toku neodráží ve zvýšení jasů oblohy? Moje odpověď je, že je to díky prosazování zákonů proti světelnému znečištění. Tyto zákony umožňují jen instalaci plně cloněných svítidel, a tak vylučují ve všech nových instalacích to nejvíce škodlivé světlo, vyzařované směry jen mírně vzhůru. Navíc byly v průběhu let postupně modernizovány starší osvětlovací soustavy, jejichž svítidla byla nahrazena plně cloněnými, čímž se snížilo znečištění, které způsobují.

Porovnání vlivů přímého světelného toku a toku nepřímého srovnáním jasů nebe při zasněžené krajině a krajiny beze sněhu

Měření jasů nebe v zenitu pořizena, když je krajina pokrytá sněhem, a měření za (v Pádské nížině obvyklých) zimních podmínek, když žádný sníh není, umožňují odlišit podíl jasů oblohy, který je způsoben přímým světlem emitovaným ze svítidel od podílu, který je důsledkem světla odraženého od terénu. Přímý tok vydávaný svítidly zůstává beze změny, zatímco odražený světelný tok vlivem sněhové pokrývky vzroste. Měření za obou těchto stavů se podařilo provést na pěti místech v Itálii a jednom ve Slovinsku. Obr. 5 ukazuje, že ve všech studovaných místech je složka jasů oblohy působená světlem unikajícím přímo ze svítidel nad terén do ovzduší tou hlavní složkou umělého zvýšení jasů noční oblohy: ve Tradate a Zaplanu činí asi 60 %, zatímco v San Benedetto Po a Cembrano je to přes 90 %. To znamená, že kdybychom nějakým kouzlem odstranili všechno světelné tok, který jde ze svítidel nahoru (a přitom ponechali tok směřující tam, kde je mnohem užitečnější, čili dolů), pak bychom eliminovali 60 % až více než 90 % z umělé složky jasů bezoblačné noční oblohy! Podrobně to rozebírá Falchi 2011.



Obrázek 5: Přímé oproti nepřímým emisím světla, pokud jde o příspěvek k jasům nebe v zenitu, na šesti místech. Upraveno z Falchi 2011.

Z těchto údajů je zřejmé, že odstranění té části toku, která jde z osvětlovacích soustav nahoru, je možné podstatně zlepšit kvalitu noční oblohy. Důkazem toho je také

absence růstu jasu oblohy nad San Benedetto Po, i když narostl uměle produkovaný světelný tok.

Vlivy světelného na životní prostředí a zdraví

Jsou-li oči během noci vystaveny světlu, snižuje to sekreci melatoninu u většiny živočichů včetně člověka. Parametry, které mají vliv na potlačení produkce melatoninu, jsou intenzita světla, vlnová délka, načasování a trvání expozice. Jak výzkum pokračuje, tak nachází stále nižší úrovně intenzity světla, které u lidí potlačují tvorbu melatoninu. V roce 1980 Lewy ukázal, že k potlačení sekrece melatoninu je zapotřebí jasné světlo. Nyní víme, že už osvětlenost řádu jednoho luxu může ovlivnit cirkadiánní rytmy (Wright et al., 2001, Glickman et al., 2002). Typické večerní osvětlení ložnic je dostačující ke snížení a zpoždění produkce melatoninu (Gooley et al. 2011).

Na začátku nového tisíciletí byl objeven nový fotoreceptor nepodílející se na tvorbě obrazu, tedy na tom, jak vidíme. Tento objev a též objev fotopigmentu melanopsinu umožnily lepší pochopení toho, jak světlo ovlivňuje lidské bytosti. Několik studií ukázalo, jak se mění lidské odezvy na to, když jsou v noci vystaveny světlu, v závislosti na spektrálním složení světla (např. v Thapan et al. 2001; Brainard et al. 2001). Například Cajochen et al. (2005) studovali vliv vlnové délky světla působícího na člověka měřením melatoninu, bdělosti, termoregulace a tepové frekvence. Bylo zjištěno, že dvě hodiny expozice monochromatickému světlu s vlnovou délkou 460 nm (modré světlo) v pozdních večerních hodinách výrazně potlačuje vylučování melatoninu. Pokud se vlnová délka prodloužila na 550 nm (zelené světlo), pak se i při zachování stejné intenzity záření, jeho načasování a trvání takový účinek nedostavil.

Vzhledem k tomu, že melatonin je onkostatické čili antikarcinogenní činidlo, jeho snížené množství v krvi v důsledku vystavení umělému světlu během noci (ve srovnání s normálními nočními hladinami melatoninu v krvi) může podporovat růst některých typů rakoviny (Glickman et al. 2002; Stevens et al. 2007; Stevens 2009; Kloog et al. 2008, 2009; Bullough et al. 2006; Haim et al 2010).

Světlo z umělých zdrojů působí v noci přímo na fyziologii, ale má i nepřímé důsledky, jako jsou poruchy spánku a nevyspání, které mohou mít negativní dopad na několik onemocnění, jako je cukrovka, obezita a další (Haus & Smolensky 2006, Bass & Turek 2005; Reiter et al 2011a; Reiter et al 2011b; Bray & Young, 2012). Fyziologické, epidemiologické a ekologické důsledky světla v noci, jsou uvedeny v Navara a Nelson (2007) a Fonken & Nelson (2011).

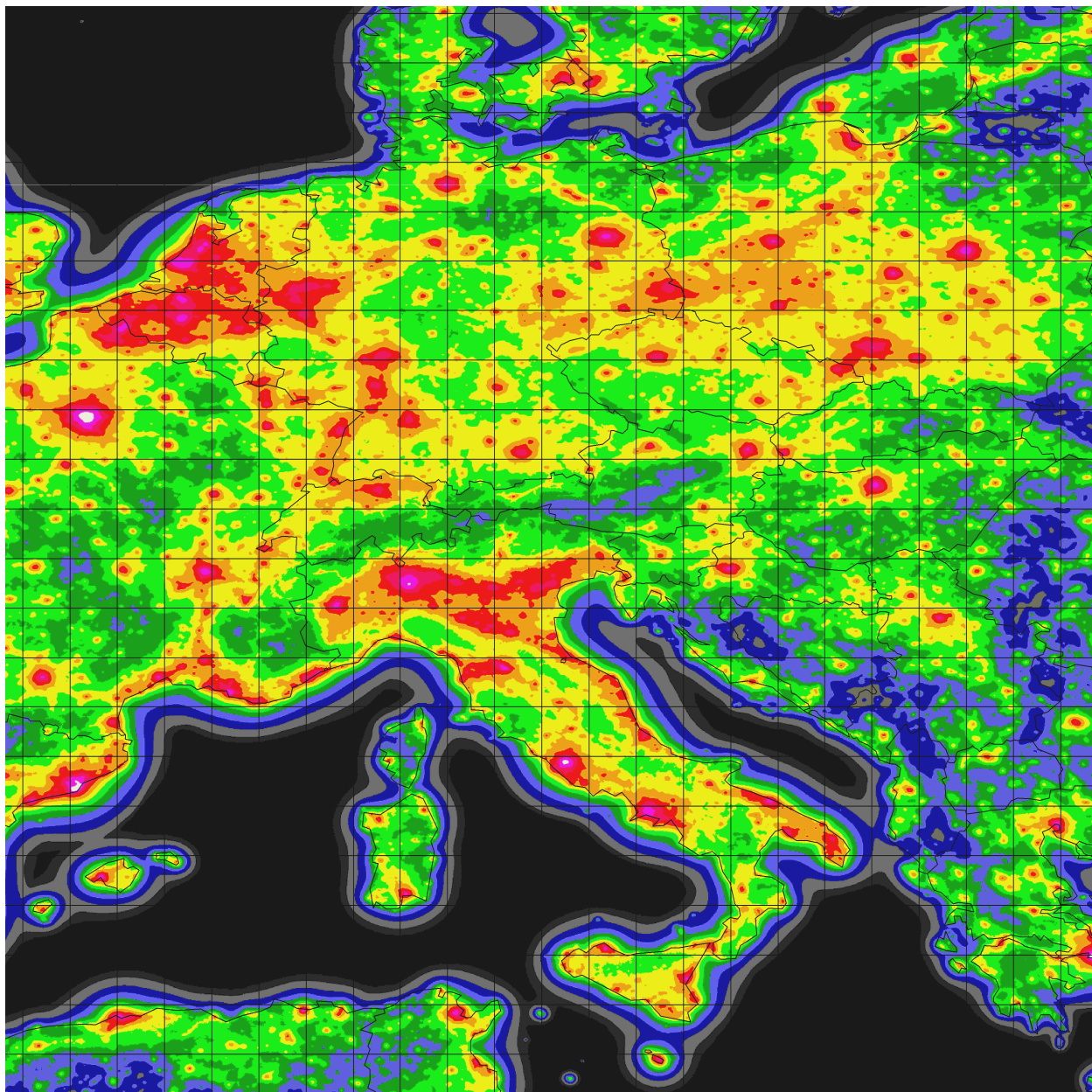
Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny přidala do seznamu skupiny 2A (pravděpodobně karcinogenní pro člověka) práce ve směnném provozu, který zahrnuje cirkadiánní narušení (Straif et al. 2007). Jak řečeno, narušení cirkadiánního rytmu může být vyvoláno tím, že je člověk v noci vystaven nepřírodným množstvím světla.

Světlo v noci se stává problémem v oblasti veřejného zdraví (Pauley 2004, Stevens 2009, Fonken a Nelson 2011). Silný postoj formulovala Americká lékařská asociace v rezoluci (2009) říkájící, že světelné znečištění je ohrožením veřejného zdraví.

Trvajícím nárůstem venkovního osvětlení v kombinaci s rozšiřujícím se využíváním halogenidových výbojek a LED světel se silnou emisí krátkých vlnových délek, tedy vydávajících nikoliv oranžové či alespoň žluté, ale bílé světlo napodobující denní spektrum, bude pravděpodobně mít vážné negativní dopady na lidské zdraví a na noční prostředí.

V přirozeném nočním životním prostředí jsou zvířata a rostliny vystaveny na otevřeném prostranství světlu v úrovních, které sahají od desetin mililuxu při zatažené obloze přes jeden mililux při bezoblačném nebi za bezměsíčné noci až k 0,02 lx, které poskytuje Měsíc v první čtvrti, a k maximum 0,1 lx až 0,3 lx v týdnu, kdy nastává úplňk. Umělé osvětlení typické silnice, 20 lx, je 20000× až 50000× silnější než osvětlení vyskytující se v dobách kolem novoluní v přirozených podmínkách. Život se vyvinul během dob, kdy panovaly jen přírodní intenzity osvětlení, takže není divu, že umělé světlo má v noci významný vliv na životní prostředí. A to v oboru ekologie behaviorální, populací a společenstev tím, že ovlivňuje návyky v oblasti potravní, páření, orientace, migrace, komunikace, konkurence a predace. Světelné znečištění může být více všudypřítomná a zároveň opomíjená forma znečištění než jiné formy. Vědecká komunita mu v posledních letech teprve začíná přikládat důležitost, jakou si zaslouží. Pro přehledy ekologických důsledků světelného znečištění viz Navara a Nelson 2007; Longcore & Rich 2004; Rich & Longcore 2006, Longcore 2010;. Kempnaers et al. 2010; Hölker et al 2010; Kyba et al. 2011; Gaston et al. 2012; Gaston et al. 2013.

Silné důkazy o nepříznivých účincích umělého světla v noci na zvířata a na lidské zdraví je potřeba klást na váhu oproti předpokládaným (ale dosud neprokázaným) pozitivním vlivům na bezpečnost.



Obrázek 6: Mapa umělé složky jasů bezměsíčné bezoblačné noční oblohy v zenitu (kalibrace je předběžná). Výpočet jasů byl proveden v rámci přípravy Druhého světového atlasu umělých jasů nebe. Každý ze stupňů ukazuje jeden dvojkový řád: černá znamená, že umělá složka činí méně než 2 % přírodního jasů mimo Mléčnou dráhu. Další stupně označují: tmavě šedá 2 % až 4 %, šedá až 8 %, tmavě modrá až 16 %, atd. Další úrovně jsou tedy např.: tmavě zelená 32 % až 64 %, žlutá 128 % až 250 %, červená jas 5× až 10× větší než přírodní, purpurová 20× - 40×, bílá >40×. Pokud je zataženo, je poblíž urbanizovaných oblastí umělá složka jasů noční oblohy obvykle několikanásobně vyšší, takže ekologické účinky světelného znečištění narůstají s oblačností (Kyba et al., 2011). Kromě toho, i v oblastech uvedených zde černě se může obloha velmi lišit od přírodní, protože v malých úhlových výškách je jas

„světelných čepic“ působených vzdálenými městy obvykle mnohem větší. Například malý černý prostor mezi Baleárskými ostrovy a kontinentem má nad sebou nebe, které má takové čepice nad obzorem kolem dokola, nejsilnější ale směrem k severovýchodu (Barcelona) a západu (Valencie).

Co dělat dál

Abychom došli k robustnějším výsledkům v ochraně nočního prostředí a získali zpět pohled na hvězdné nebe, je potřeba konat na všech úrovních. Uvádím zde některé zásady, jak je navrhla iniciativa Starlight spolu s CieloBuio a ISTIL (Falchi a Marin 2012):

- a. Uvažme, že prvním krokem k tomu je omezit svícení, které není nezbytné.
- b. Usilujme o přijetí standardních pravidel, která umožní podstatné snížení hladin v současné době používaných ve venkovním osvětlení; takové snížení povede trh LED technologií směrem k osvětlování šetrnějšímu k životnímu prostředí.
- c. Provádějme výzkum, zda a jak světlo snižuje kriminalitu a / nebo dopravní nehody.
- d. Poměřujme výhody (pokud by se v bodě c nějaké našly) proti přínosům jiných akcí, jež mají stejné náklady (např. větší kontrolu ze strany policie).
- e. Zvažme zdravotní problémy užívání světla v noci, zejména má-li modrou složku, a omezme tuto krátkovlnnou složku při nočním osvětlováním jak v interiérech, tak i venku.
- f. Varujme, že specifické frekvence světelného spektra (např. vysoký podíl modré složky) ovlivňují mnoho druhů volně žijících živočichů a mění fungování ekosystémů v urbanizovaném prostředí i mimo ně.
- g. Správně definujme pojem ekologicky šetrných technologií, který by kromě energetické účinnosti měl vzít v úvahu regulaci světelného znečištění ve všech jeho aspektech tím, že za šetrnou bude označena jen taková technologie, která alespoň:
 - nepřipouští, aby svítidla posílala nějaké světlo přímo vodorovně nebo výše;
 - vyhýbá se osvětlení zbytečně silnému;
 - neplýtvá světelným tokem tím, že osvětluje i jiné plochy, než osvětleny být mají;
 - vypíná světla, když se oblast nevyužívá;
 - dbá na to, aby celkový instalovaný světelný tok nerostl, a aby posléze klesal (jako se to děje u všech ostatních znečišťujících látek);
 - silně omezuje krátkovlnné „modré“ světlo.

Ve vztahu k bodu e a f je třeba poznamenat následující.

Za účelem snížení nepříznivých účinků na zdraví, které plynou se snížení produkce melatoninu a narušení cirkadiálního rytmu u lidí a zvířat, je vzhledem k závislosti potlačení tvorby melatoninu na vlnové délce světla doporučen celkový zákaz nočního umělého osvětlování s vlnovými délkami kratšími než 540 nm. Relativně nízké vyzařování vysokotlakých sodíkových výbojek v tomto spektrálním rozsahu může být vzato za horní hranici toho, co lze pro začátek brát za přijatelné, pokud jde o krátkovlnné emise světla. Takže je třeba dodržovat následující pravidlo (Falchi et al. 2011):

Oblast vlnových délek viditelného spektra pod 540 nm, čili ta, která nejvíce potlačuje tvorbu melatoninu, by měla být ustanovena jako chráněná. Světelné zdroje, které vyzařují v tomto chráněném pásmu více než standardní vysokotlaké sodíkové výbojky, vztaženo na týž fotonický výkon (čili ten, který se udává v lumenech), by pro noční užívání neměly být instalovány.

Závěry

Světelné znečištění je celosvětový problém, který vyžaduje multidisciplinární opatření, aby se studoval a vyřešil. Ekologové by nyní měli převzít iniciativu započatou astronomy (Settele 2009). Věda již ukázala, jaké jsou hlavní cesty k co největšímu snížení negativních vlivů použití umělého světla v noci. Nynějším úkolem je, aby tyto cesty byly vyžadovány legislativou a aby byly účinně prosazovány.

Odkazy

American Medical Association, House of Delegates, (2009) Resolution 516 – Advocating and Support for Light Pollution Control Efforts and Glare Reduction for both Public Safety and Energy Savings, online at: http://physics.fau.edu/observatory/lightpol-hlth-ascn.html#AMA_resol

Bass J, Turek FW. (2005) Sleepless in America: a pathway to obesity and the metabolic syndrome? Arch Intern Med; 165:15–16.

Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner G., et al., (2001) Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor, Journal of Neuroscience, 21(16), 6405-6412.

Bray M, Young M (2012) Chronobiological effects on obesity. Current Obesity Reports. DOI: 10.1007/s13679-011-0005-4

Bullough JD, Rea MS, Figueiro MG. (2006) Of mice and women: light as a circadian stimulus in breast cancer research. Cancer Causes Control; 17:375–383

Cajochen, C, Munch, M, Kobińska, S, Krauchi, K, Steiner, R, Oelhafen, P, Orgul, S, Wirz-Justice, A. (2005). High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. J. Clin. Endocrinol. Metab. 90:1311-1316.

Falchi, F., 2011. Campaign of sky brightness and extinction measurements using a portable CCD camera, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 412, 33-48. doi:10.1111/j.1365-2966.2010.17845.x

Falchi F, Cinzano P, Elvidge CD, Keith DM, Haim A (2011) Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management* 92, 2714-2722

Falchi F., Marin C., There are several ways of Lighting the Future, Starlight Initiative-CieloBuio-ISTIL 2012 www.starlight2007.net/pdf/LightGreenPaperComments.pdf či i v jiných jazycích na <http://tinyurl.com/GreenLight-StarLight>

Fonken LK, Nelson RJ (2011) Illuminating the deleterious effects of light at night. *F1000 Med Rep.* 2011; 3: 18. Online as <http://f1000.com/prime/reports/m/3/18>

Gaston K.J., Davies T.W., Bennie J., Hopkins J., (2012) Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments *Journal of Applied Ecology*, 49, 1256–1266 doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02212.x

Gaston K.J., Davies T.W., Bennie J., Hopkins (2013) The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal *Biol. Rev.* doi: 10.1111/brv.12036. Online as <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12036/full>

Glickman, G., Levin, R., Brainard, G. C., (2002) Ocular Input for Human Melatonin Regulation: Relevance to Breast Cancer, *Neuroendocrinology Letters*, 23 (suppl 2):17-22

Gooley JJ, Chamberlain K, Smith KA, Khalsa SB, Rajaratnam SM, Van Reen E, Zeitzer JM, Czeisler CA, Lockley SW. (2011). Expo- sure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 96:463–72.

Kempnaers, B., Borgström, P., Loës, P., Schlicht, E., Valcu, M., (2010), Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds, *Current Biology*, Vol. 20, Issue 19, pp. 1735-1739

Kloog, I., Haim, A., Stevens, R.G., Barchana, M., Portnov, B.A., (2008) Light at Night Co-distributes with Incident Breast but not Lung Cancer in the Female Population of Israel, *Chronobiology International*, 25(1), 65-81

Kloog I, Haim A, Stevens RG, Portnov BA. Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon, and lung in men. *Chronobiol Int.* 2009;26(1):108-25.

Kyba CCM, Ruhtz T, Fischer J, Hölker F (2011) Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems. *PLoS ONE*6(3): e17307. doi:10.1371/journal.pone.0017307

Haim, A., Yukler, A., Harel, O., Schwimmer, H., Fares, F., (2010). Effects of chronobiology on prostate cancer cells growth in vivo. *Sleep Science*, 3 (1): 32-35

Haus E, Smolensky M. (2006) Biological clocks and shift work: circadian dysregulation and potential long-term effects. *Cancer Causes Control*; 17:489–500

Hölker F, Wolter C, Perkin EK, Tockner K (2010) Light pollution as a biodiversity threat. *Trends EcolEvol* 25: 681-682.

Lewy AJ, Wehr TA, Goodwin FK, Newsome DA, Markey SP. (1980). Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* 210:1267–1269

Longcore T. and Rich C. (2004) Ecological Light Pollution, *Front. Ecol. Environ.*; 2(4): 191-198

Longcore, T., (2010) Sensory Ecology: Night Lights Alter Reproductive Behavior of Blue Tits, *Current Biology*, Vol. 20, Issue 20, pp. R893-R895

Luginbuhl C. B., Walker C. E., Wainscoat R. J., 2009, *Phys. Today*, 62, 35

Navara, K., J., Nelson, R., J., (2007) The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J. Pineal Res.* 43:215-224

Pauley, S.M. (2004) Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue, *Medical Hypotheses*, 63, 588-596

Reiter R, Tan D, Korkmaz A, Ma S (2011a) Obesity and metabolic syndrome: Association with chronodisruption, sleep deprivation, and melatonin suppression. *Annals of Medicine*; doi:10.3109/07853890.2011.586365

Reiter R, Tan D, Sanchez-Barcelo E, Mediavilla M, Gitto E, et al. (2011b) Circadian mechanisms in the regulation of melatonin synthesis: disruption with light at night and the pathophysiological consequences. *J Exp Integr Med* 1: 13-22; doi: 10.5455/jeim.101210.ir.001

Settele, J., 2009. Ecologists should join astronomers to oppose light pollution. *Nature* 576, 379

Stevens, R.G., Blask, E. D., Brainard, C. G., Hansen, J., Lockley, S. W., et al., (2007) Meeting Report: The Role of Environmental Lighting and Circadian Disruption in Cancer and Other Diseases, *Environmental Health Perspectives*, vol. 115, n.9, p.1357-1362

Stevens, R.G. (2009) Light-at-night, circadian disruption and breast cancer: assessment of existing evidence, *International Journal of Epidemiology*, doi:10.1093/ije/dyp178

Straif K, Baan R, Grosse Y, Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Altieri A, Benbrahim-Tallaa L, Coglianò V. (2007) Carcinogenicity of shift-work, painting, and fire-fighting. *Lancet Oncol.* 2007 Dec; 8(12):1065-6. PubMed PMID: 19271347.

Terna 2013

http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETRICO/statistiche/consumi_settore_mercato_logico.aspx

Thapan K, Arendt J, Skene DJ, (2001) An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans, *Journal of Physiology*, 535, 261-267.

Wright, K., P., Jr., Hughes, R., J., Kronauer, R.E., Dijk, D., J., Czeisler, C., A., (2001) Intrinsic near-24-h pacemaker period determines limits of circadian entrainment to a weak synchronizer in humans, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98(24): 14027-32