



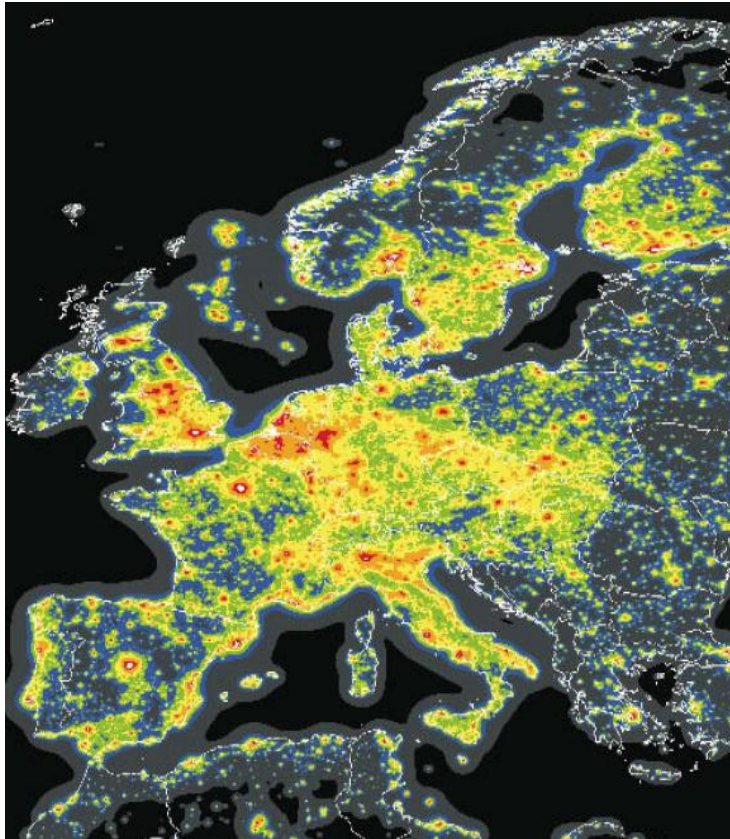
SVETELNÉ ZNEČISTENIE A SMOG

prof. RNDr. Michal Zeman, DrSc.,

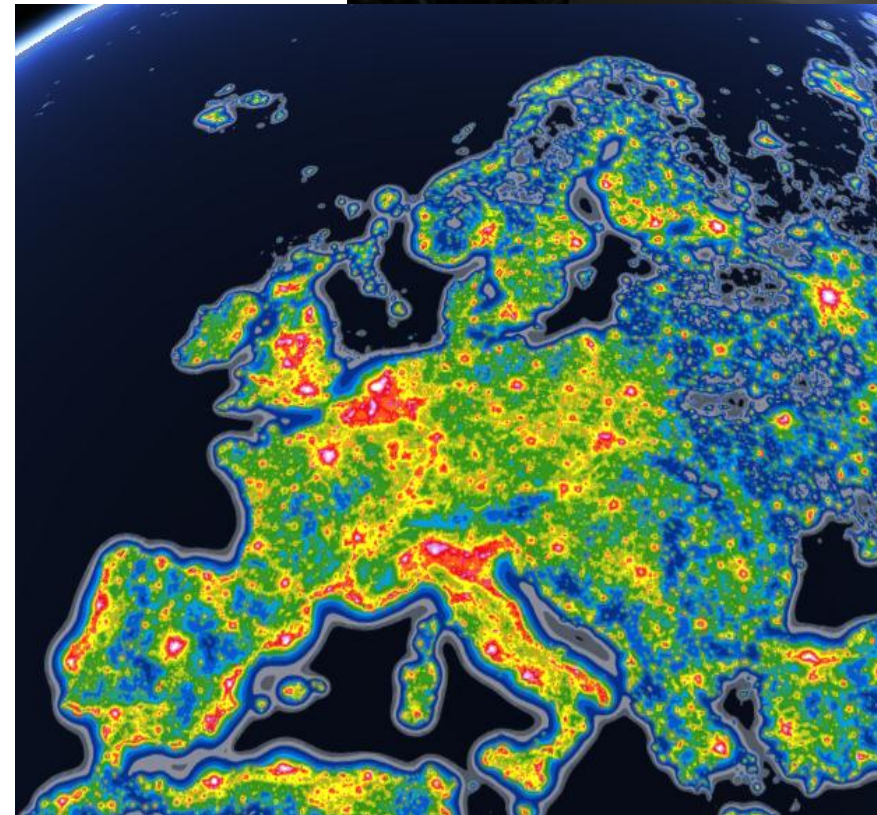
Univerzita Komenského v Bratislave,
Prírodovedecká fakulta

Umelé svetlo v noci (ALAN) a zdravie

- Svetelné znečistenie stúpa 2-6 % za rok
- Väčšina ľudí (80%) žije v oblastiach ovplyvnených ALAN
- Dôsledky ALAN na biodiverzitu a zdravie?



Cinzano et al, 2001



Falchi et al, Science Advances, 2016

Svetelné znečistenie – koho to zaujíma, komu to vadí

- **Astronómovia – strata možnosti pozorovať hviezdnu oblohu**
- **Kultúrna hodnota – strata možnosti obdivovať hviezdnu oblohu**
- **Environmentalisti – biodiverzita**
- **Biomedicína – riziko civilizačných ochorení**
 - **Metabolický syndróm, obezita, diabetes typu 2...**
 - **Neurologické poruchy – poruchy spánku, bipolárna porucha...**

Cirkadiánná disrupcia

Environmentálne stimuly

Práca na zmeny
Western diet+jej časovanie
Nedostatok spánku
Cestovanie cez časové pásma
Sociálny jet lag
ALAN

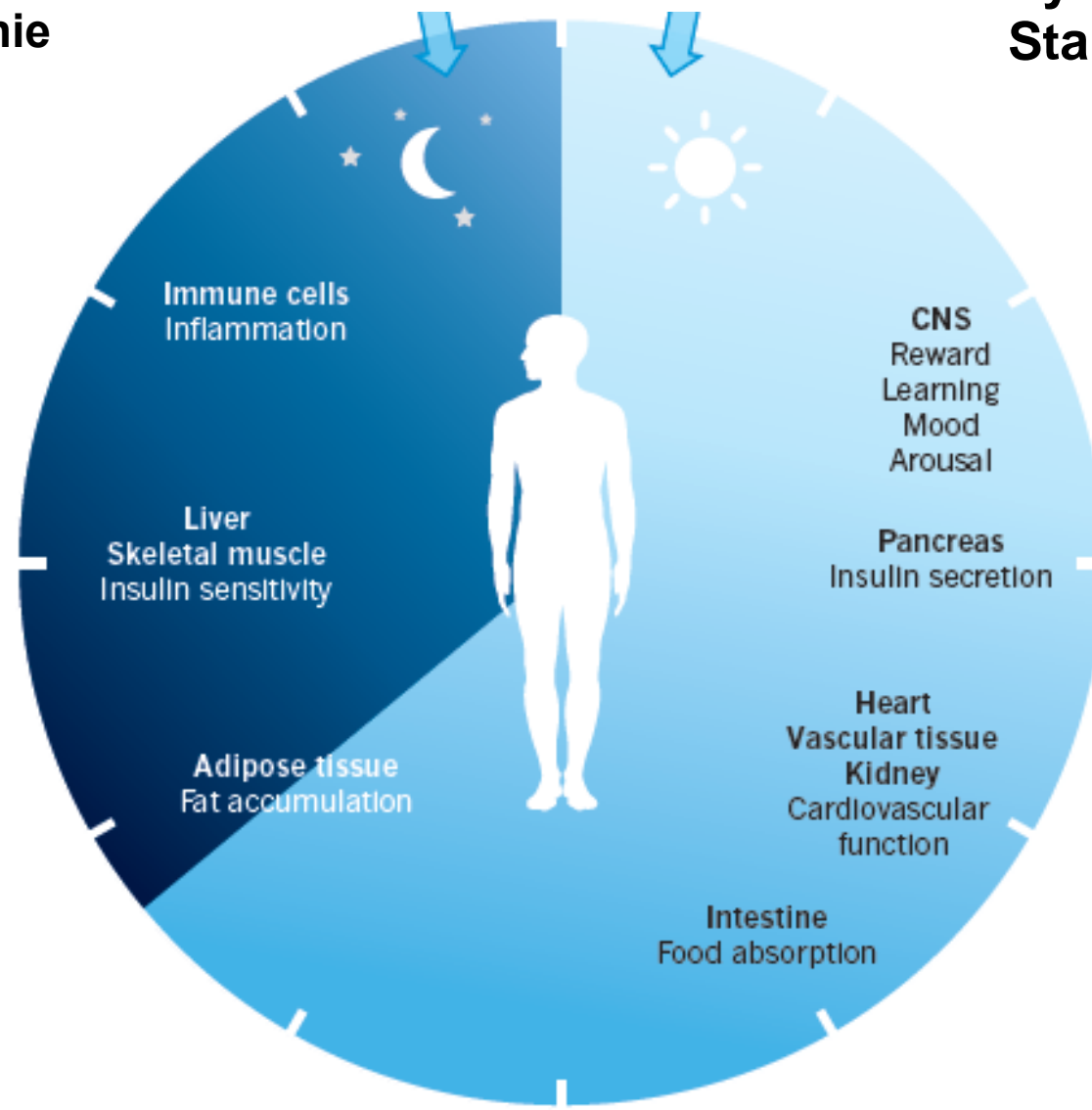
Prirodzene v minulosti

Žiadne svetlo v noci
V súčasnosti 1-10 lux

Pomer L:D

100 000:0

ALAN: 100L:10DL



Vnútorne prostredie organizmu

Vývin a dospievanie
Starnutie

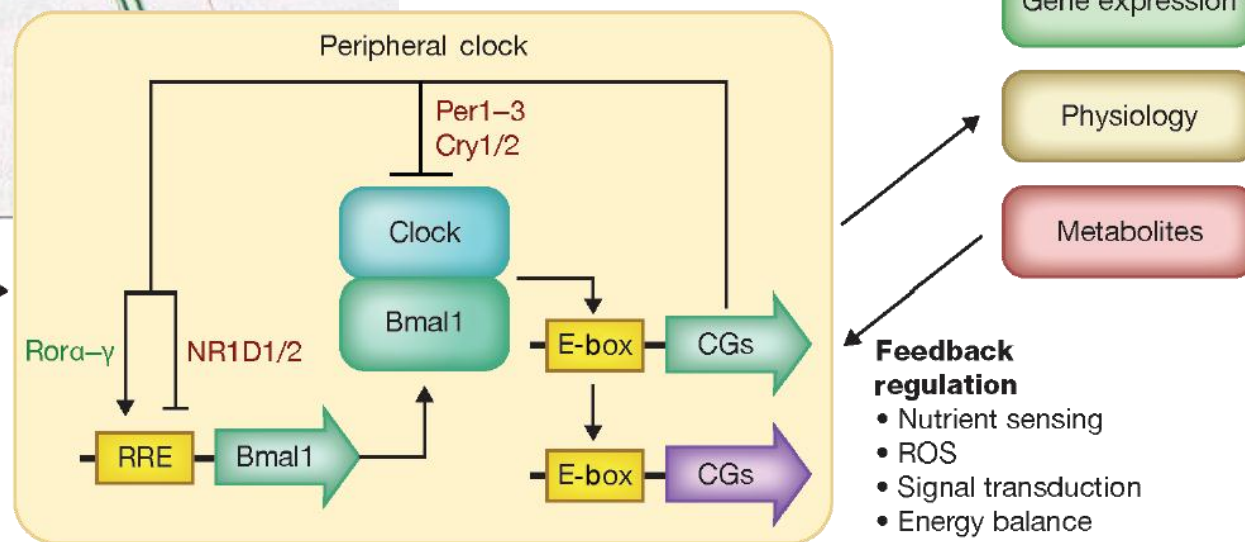
Prirodzene v minulosti
100 000 lux cez deň

V súčasnosti 100-200 lux
Najmä v zime

Diagram illustrating the circadian clock mechanism and its molecular regulation.

Diagram Labels:

- Ganglion cell
- Retina
- Optic nerve
- Suprachiasmatic nucleus
- Paraventricular nucleus
- Pineal gland
- Signal emitted after SCN stops inhibiting its release
- AFTER BRAKE IS RELEASED**
- Melatonin
- Pineal gland
- Blood-stream
- Light
- Synchronization of SCN clock by sunlight
- SCN (hypothalamus)
- Rhythmic entraining cues**
 - Feeding
 - Temperature
 - Autonomic tone
 - Hormones
 - Arousal
- Periph
- Rora-γ*
- NR1D1/2
- RRE
- Bmal1



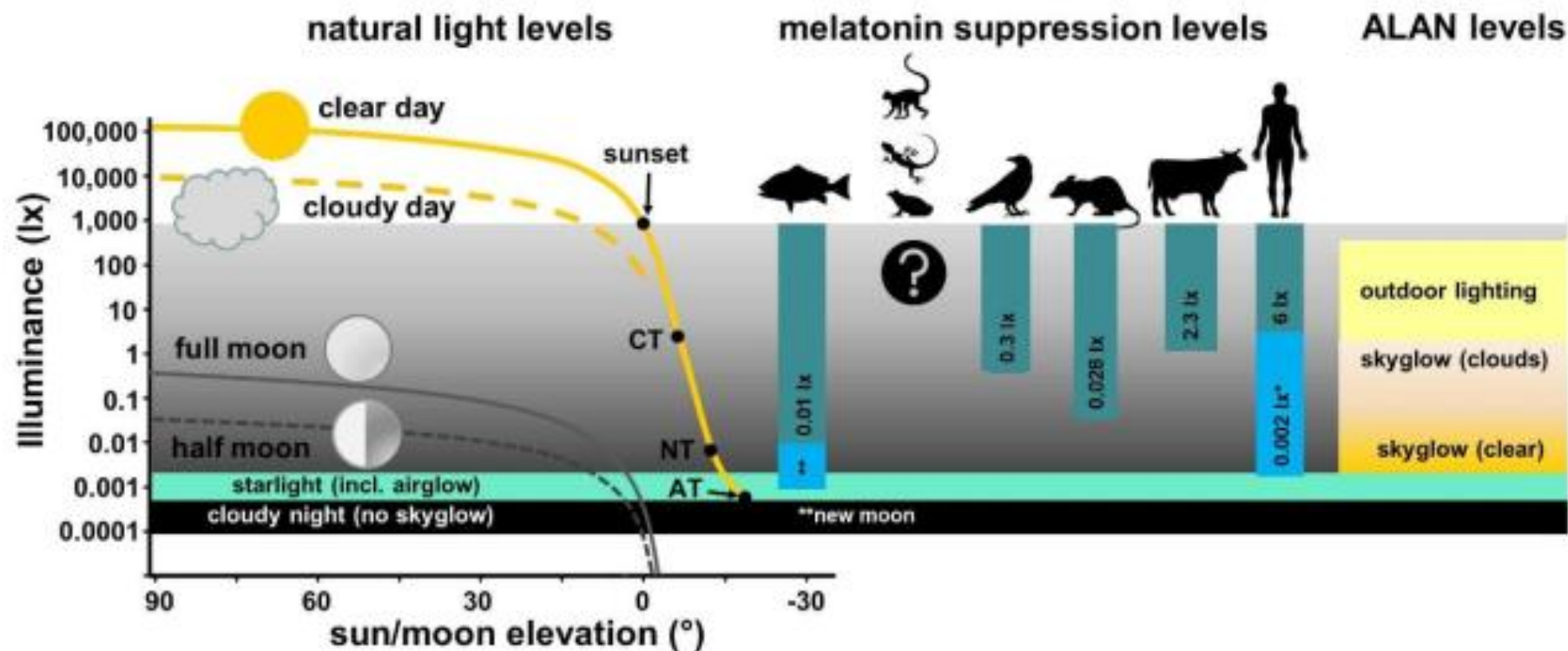
Haspel et al. 2020

Supresia melatonínu umelým svetlom v noci

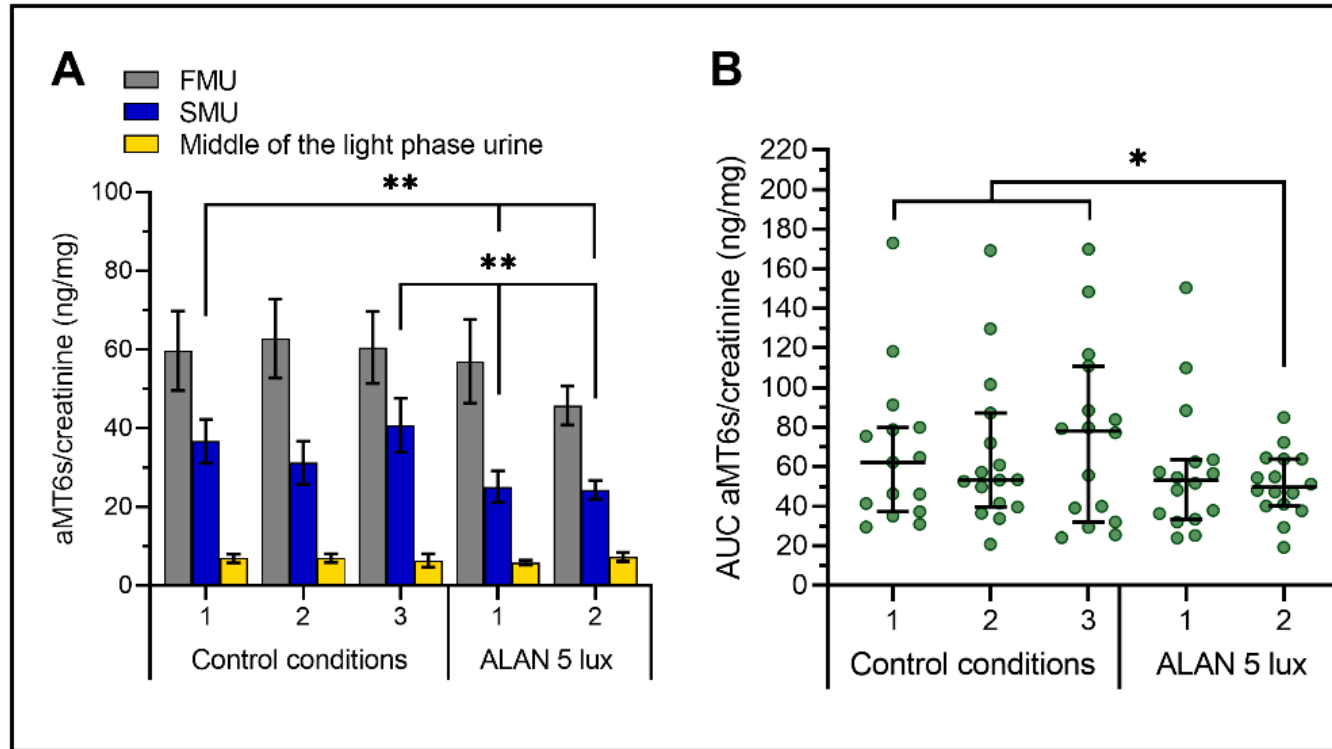
Review

Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates

Maja Grubisic ^{1,2,*}, Abraham Haim ³, Pramod Bhusal ⁴, Davide M. Dominoni ⁵, Katharina M. A. Gabriel ⁶, Andreas Jechow ^{1,7}, Franziska Kupprat ¹, Amit Lerner ⁸, Paul Marchant ^{9,10}, William Riley ¹¹, Katarina Stebelova ¹², Roy H. A. van Grunsven ¹³, Michal Zeman ¹², Abed E. Zubidat ³ and Franz Hölker ¹



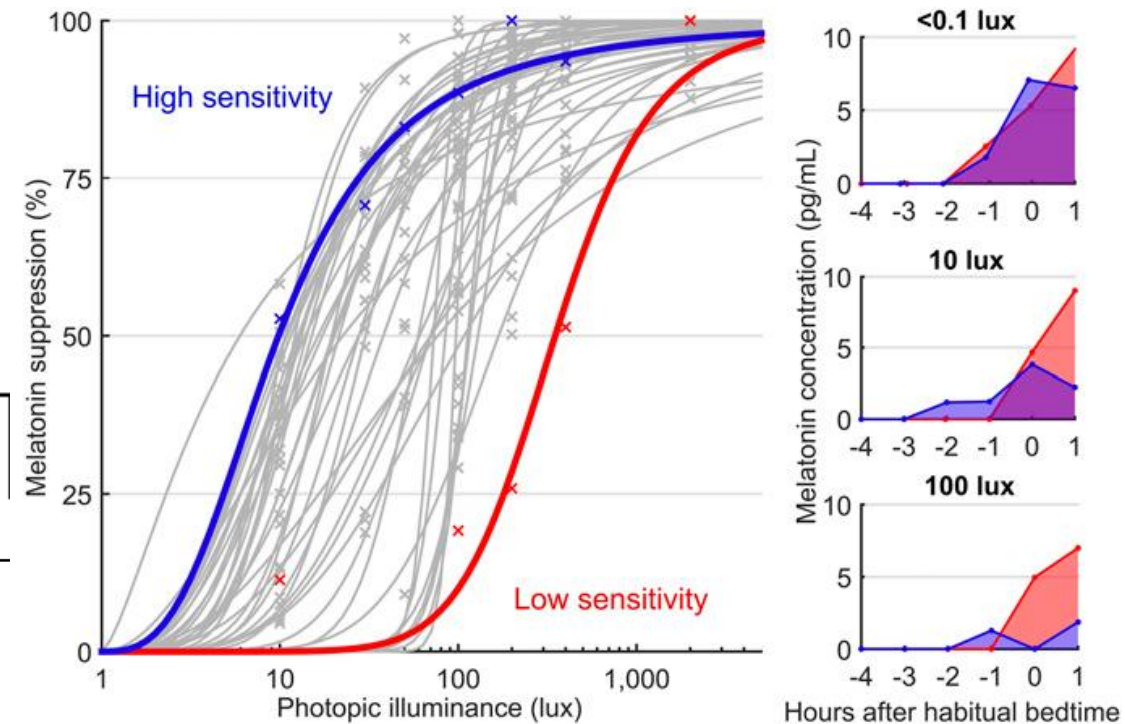
ALAN a zdravie - Obrovské interindividuálne rozdiely v citlivosti ľudí na ALAN



Stebelova et al. 2020

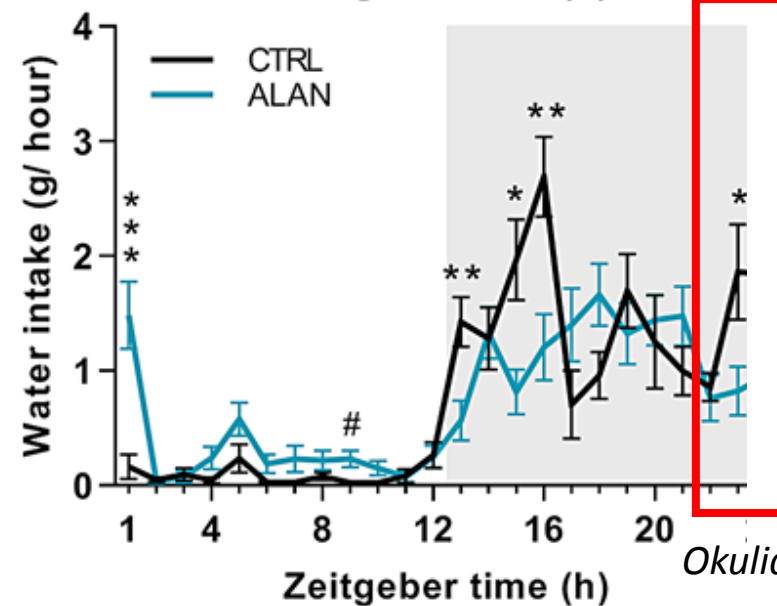
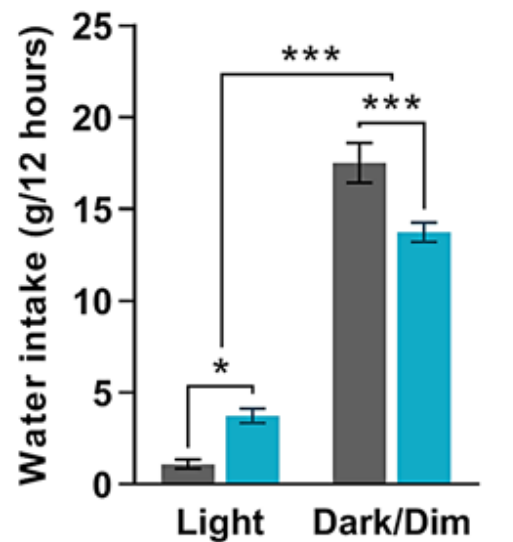
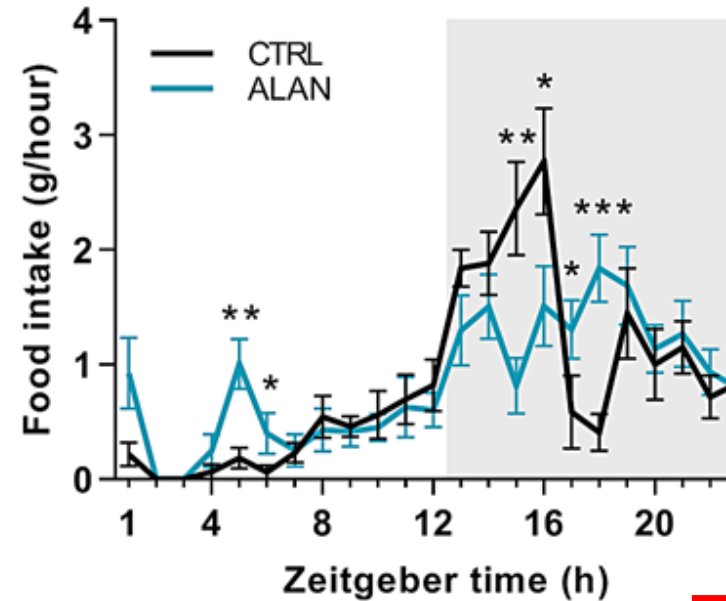
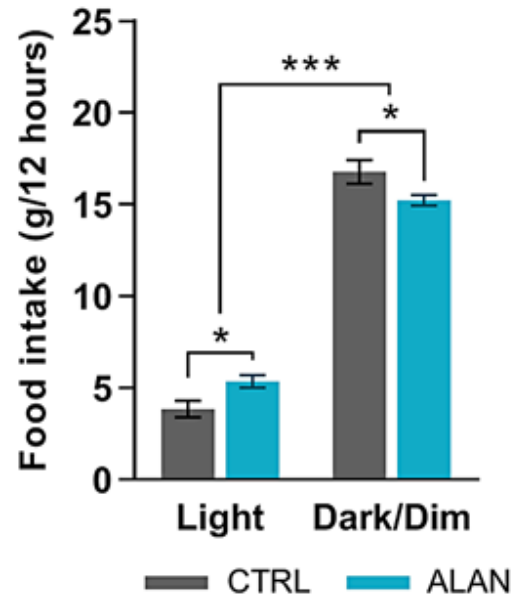
- ✓ Pokles kvality spánku už pri hodnote 1 lux celu noc, bez zmeny hladín melatonínu
- ✓ Pri 5 lx pokles aj hladín melatonínu na individuálnej úrovni

Hodnota 20 lux podľa EN 13201

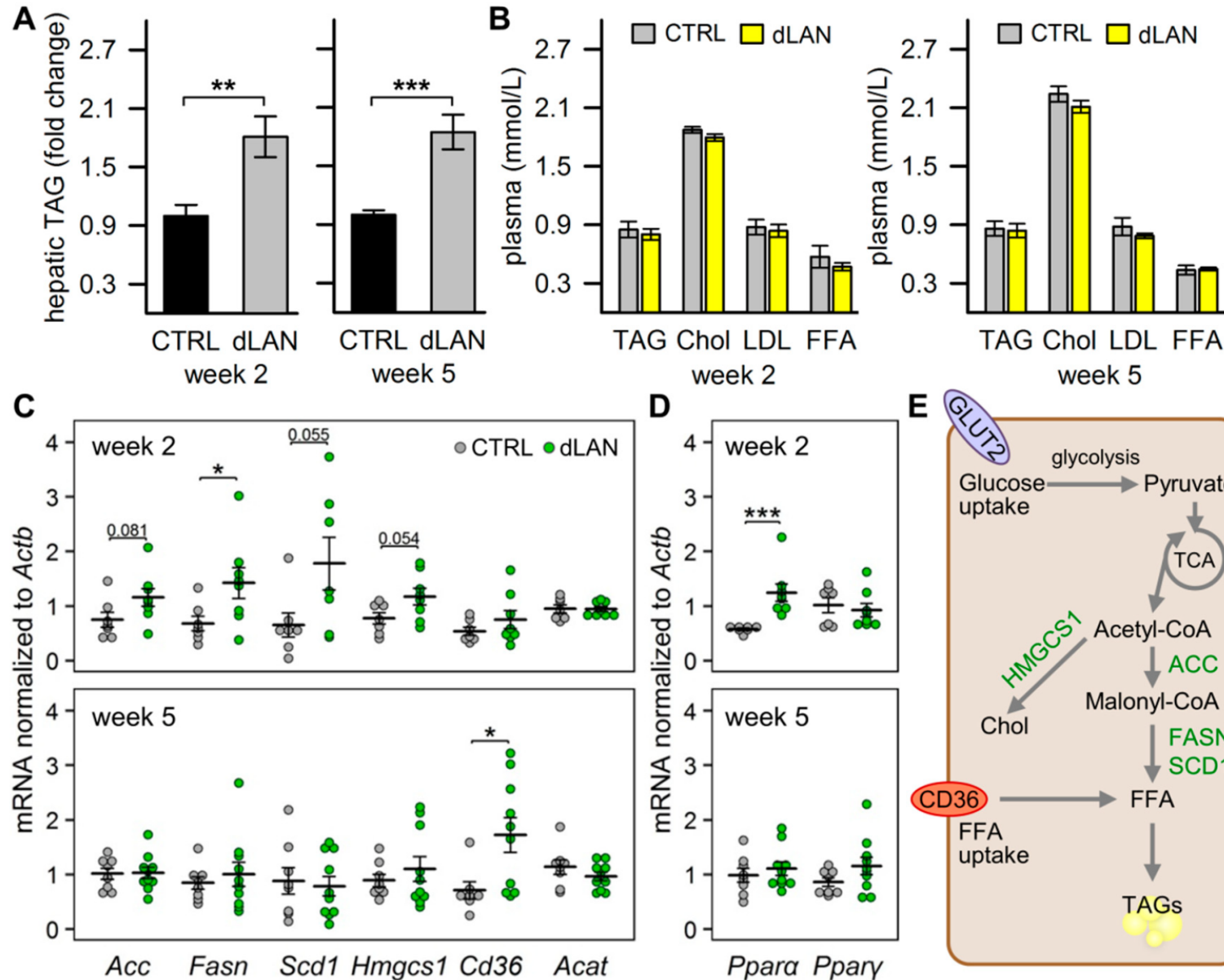


Philips et al., 2019

ALAN pozmeňuje denné rytmy príjmu potravy, vody a metabolizmu a eliminuje anticipačný pocit smädu pred spánkom u laboratórnych hlodavcov



ALAN stimuluje akumuláciu tuku v pečeni – riziko pre steatózu pečene



Svetelné znečistenie **vs** rušivé svetlo

Medzinárodná komisia pre osvetľovanie – CIE - Commission Internationale de l'Éclairage

Rušivé svetlo - rušivé svetlo je svetlo zo zdrojov umelého svetla vo vonkajšom prostredí okrem svetla z dopravných prostriedkov a okrem svetla z verejného osvetlenia, ktoré po dopade na vonkajšiu plochu osvetľovacieho otvoru obytnej miestnosti svojím pôsobením subjektívne obťažuje užívateľov obytnej miestnosti.

International Dark-sky Association – IDA

Svetelné znečistenie - svetelný smog - rozptyl svetla z umelého osvetlenia v nočnom prostredí, ktoré interferuje so životnými procesmi na viacerých úrovniach – **2018 - EU akceptované, že svetelná kontaminácia prispieva k poklesu početnosti opelovačov v Európe**

Európska komisia prijala 12. mája 2021 Akčný plán EÚ: „Smerom k nulovému znečisteniu ovzdušia, vody a pôdy“ – kľúčový výstup Európskej zelenej dohody.

Svetelné znečistenie je už definované ako vynárajúce sa environmentálny polutant, ktorému je potrebné venovať pozornosť do roku 2030

Svetelné znečistenie - stav legislatívy v EU

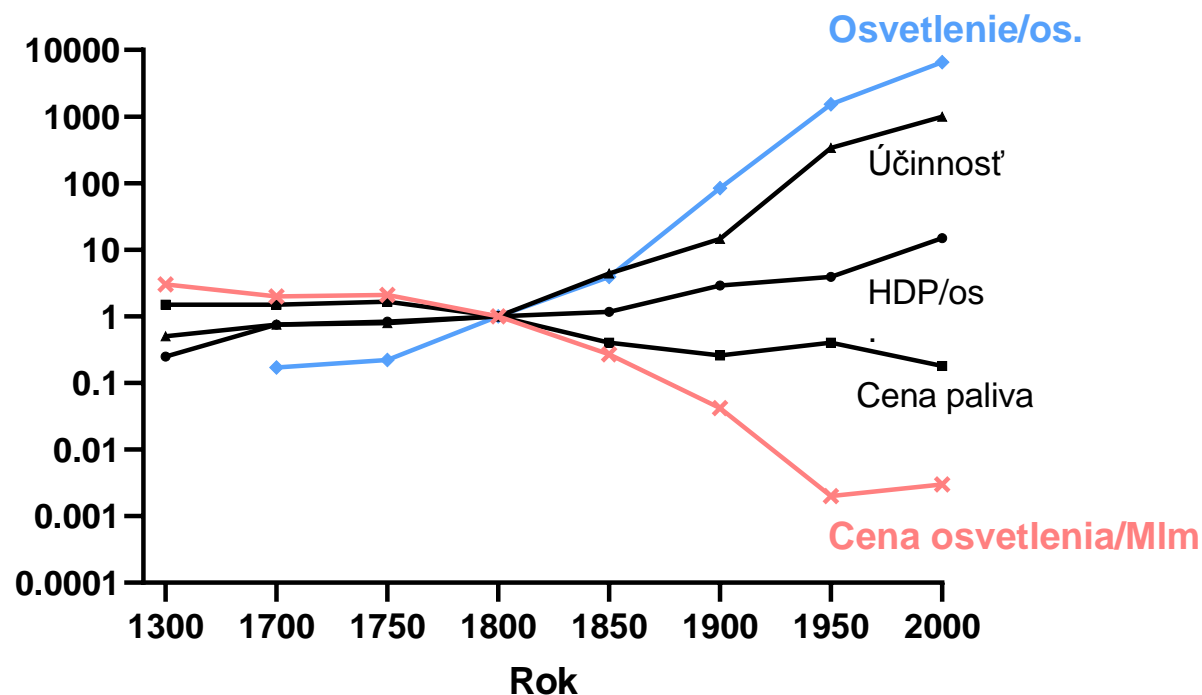
Country	Legislation ¹	Standard	Manual ²	Other ³					
Austria	X	✓	✓	✓	Italy	✓	✓	X	X
Belgium	X	✓	✓	✓	Latvia	(✓)	X	X	✓
Bulgaria	X	✓	X	X	Liechtenstein	X	X	X	✓
Croatia	✓	X	X	✓	Lithuania	X	X	X	X
Cyprus	X	X	X	✓	Luxembourg	X	X	✓	✓
Czech Republic	(✓)	(✓)	✓	✓	Malta	✓	✓	(✓)	✓
Denmark	(✓)	X	✓	✓	Netherlands	(✓)	X	✓	✓
Estonia	X	X	X	✓	Norway	X	X	✓	X
Finland	(✓)	X	(✓)	X	Poland	X	X	X	✓
France	✓	X	X	✓	Portugal	X	X	✓	✓
Germany	✓	X	✓	✓	Romania	X	X	X	✓
Greece	✓	X	X	✓	Slovakia	(✓)	X	X	✓
Hungary	(✓)	X	✓	✓	Slovenia	(✓)	X	✓	✓
Iceland	X	X	X	✓	Spain	✓	X	✓	✓
Ireland	X	X	✓	✓	Sweden	✓	(✓)	✓	X
					Switzerland	(✓)	✓	✓	✓
					United Kingdom	✓	X	✓	✓

Problém so zákonmi, nariadeniami, vyplývajúci z návrhov noriem, ktoré sú nezáväzné, ale podľa environmentalistov
 Príliš vysoké - EN 13201, štáty ako Rakúsko a Nemecko svietia výrazne úspornejšie, ako vyžaduje norma
Chorvátsko, Slovinsko až 20x nižšie hodnoty

Rekonštrukcia verejného osvetlenia

História

Indexy kľúčových svetelných premenných v Spojenom Kráľovstve
(Log stupnica, 1800=1), 1300-2000



Skúsenosti

Farba chromatickosti (CCT) v Kelvinoch
Modrá.

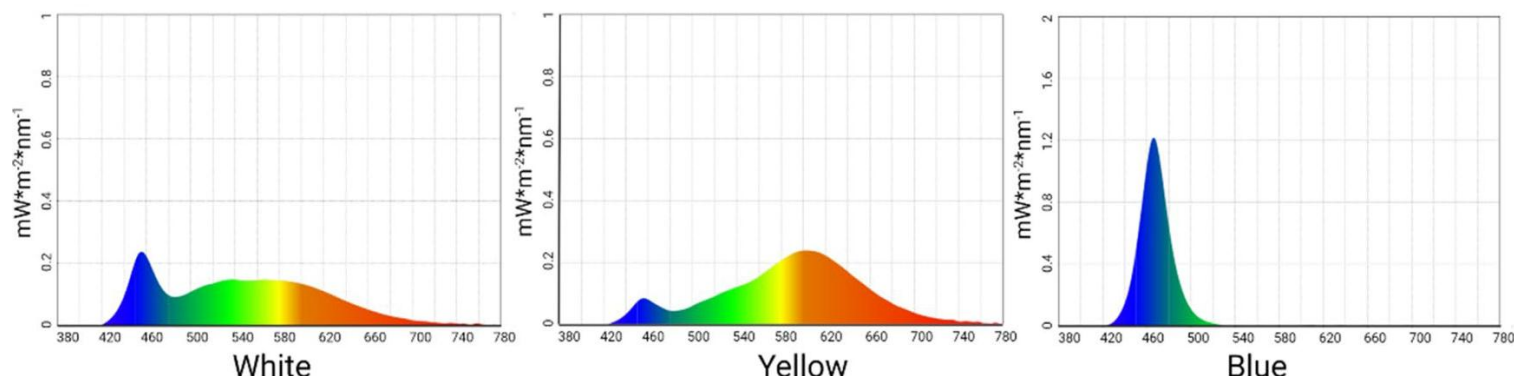
Typická pre deň, ostrejšie videnie,
najvýraznejšie efekty na fyziológiu,
Nie pre noc - chronodisrupcia

Teplejšie farby

Nie vyššie ako 3000 K






Preferované nižšie - IDA - **max 2700**

Existujú aj s nižšími vlnovými dĺžkami (K)



Existujú LED svietidla, ktoré majú teplotu chromatickosti nižšiu ako 2700 K, rovnakú ako vysokotlakové sodíkové výbojky (NICHIA, Japonsko)

10000K	9000K	8000K	7000K	6000K	5000K	4000K	3000K	2000K	1000K
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	High Pressure Sodium Lamp(HPS) High Efficacy Type	HPS color LED
CCT	1800K	1800K
CRI ¹	 Ra ≥ 5	 Ra ≥ 70
Efficacy ²	106-116 lm/W	118 lm/W
Life(L70) ²	24,000h	60,000h
Color Image	Conventional low CCT LED 2200K/Ra ≥ 70  Too White	High Pressure Sodium Lamp(HPS)  HPS color LED 1800K/Ra ≥ 70  Equivalent Color



Čo sa stane, ak sa prijme norma a bude v budúcnosti potrebné vymeniť svietidla s CCT viac ako 3000 K ???

Rekonštrukcia verejného osvetlenia

Výmena výbojkových svietidiel za LED by malo znížiť cenu za svietenie až o 70% vďaka ich vyššej účinnosti

Je to tak?

- Príklad z mesta Milano svedčí o opaku
- Zvýšila sa intenzita svietenia a teda aj úroveň svetelnej kontaminácie!!!
- Záleží od technológie, ako sa zmenili počty svietidiel, intenzita vyžarovania svetla, ako sa menia svetelné emisie počas životnosti svietidiel a denné načasovanie - Stmievanie
- Odlišné prístupy
Proaktívne - Taliansko, Chorvátsko, Španielsko...
Konzervatívne - Rakúsko, Nemecko...aj plynové osvetlenie! (Krems)

Odporúčania EU_COST Action ES 1204 LoNNe

Môže naša spoločnosť využívať umelé svetlo počas noci spôsobom, ktorý je dlhodobu udržateľný, nie je zdraviu škodlivý a je spoločensky prijateľný?

Projekt Európskej únie v oblasti vedy a techniky (COST) Action ES 1204 spojil odborníkov z oblasti svetelného inžinierstva, biológie, ekológie, medicíny, mestského plánovania, práva, fyziky, astronómie a štatistiky, aby hľadali odpovede na túto otázku.

Získané dôkazy poukazuje na to, že:

- svetlo počas noci vplýva na cirkadiánnu systém človeka a je spájané s nepriaznivými dôsledkami na spánok, výkonnosť a zdravie
- ekosystémy sú narušované oveľa vyššími intenzitami nočného osvetlenia ako v dobách, keď sa život vyvinul
- dochádza ku plytvaniu energiou a financiami, znečisteniu životného prostredia, zvýšením emisie oxidu uhličitého a zmenám vo využívaní krajiny v súvislosti s výrobou elektriny

Úplné znenie vyhlásenia môžete nájsť na adrese: <http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2013/08/LoNNe-statement-1607.pdf>

Vyhlásenie EU-COST Action ES 1204 LoNNe (Loss of the night network)

<http://fns.uniba.sk/kzf/>



Odporúčania EU_COST Action ES 1204 LoNNe

Odporúčanie 1

Svietidlá navrhované pre osvetlenie verejných ale aj súkromných vonkajších priestorov by nikdy nemali svietiť nad horizont a pokiaľ možno mali by čo najmenej svetla emitovať v „tupých“ uhloch smerujúcich do priestoru.

Svetlo smerujúce do oblohy nemá praktický význam a svetlo svietiace plocho, so širokým záberom, oslňuje a znižuje viditeľnosť.

Navrhujeme klasifikáciu intenzity svietivosti podobne, ako je definovaná v Európskej norme EN13201-2, ale so všeobecnou požiadavkou „žiadne svetlo svietiace smerom nahor“ (t.j. ULOR (Upper Light Output Ratio) = 0 pre všetky triedy).



NE!

ÁNO!



Odporúčanie 2

Počas večera a noci odporúčame vyhýbať sa v maximálnej možnej miere expozícii jasnému svetlu, predovšetkým svetlu s vlnovou dĺžkou pod 500 nm (modré svetlo). Svetidlá používané pre vonkajšie osvetlenie by mali mať korelovanú teplotu chromatičnosti 3000 Kelvinov alebo menej.

Existuje na to viacero dôvodov:

- modré svetlo je viac oslňujúce, najmä pre starších ľudí
- cirkadiánný systém cicavcov je najcitlivejší na modré svetlo
- lietajúci hmyz je priťahovaný najmä svetlom so zvýšeným pomerom modrého alebo UV svetla
- za jasných nocí sa modré fotóny rozptyľujú v atmosfére a vracajú sa naspäť na Zem v podobe žiary „skyglow“



NE!

ÁNO!



Odporúčanie 3

Štandardnú intenzitu osvetlenia uvádzanú v Európskej norme EN 13201 a ANSI/IES RP-8 je potrebné prehodnotiť s ohľadom na najnovšie vedecké poznatky, pretože:

- Infraštruktúra osvetlenia v Európe je často pod limitmi, ktoré odporúča norma EN 13201, ale napriek tomu úspešne zabezpečuje bezpečnosť verejnosti.
- Spotreba energie a emisie CO₂ spojené s vonkajším osvetlením by sa dramaticky zvýšili, dokonca aj v tom prípade, keby sa vo všetkých krajinách Európy nastavili iba minimálne limity odporúčané týmito normami.



NE!

ÁNO!



Odporúčania EU_COST Action ES 1204 LoNNe

Svetelné znečistenie je rastúcim problémom aj v chránených prírodných rezerváciách po celom svete.

Svetelné znečistenie je nadmerné, zle usmernené alebo nepotrebné umelé svetlo v noci, ktoré plytvá energiou aj peniazmi a zároveň:

- negatívne ovplyvňuje prirodzený cyklus deň/noc – svetlo/tma, v ktorom sa vyvinuli všetky druhy živočíchov a ekosystémy
- ohrozuje nočné stanovišťa živočíchov a narušuje biologické (t.j. cirkadiálne a sezónne) rytmy denných a nočných živočíchov
- narušuje prirodzenú tmu a znemožňuje pozorovanie oblohy plnej hviezd
- dezorientuje hmyz a iné živočíchy, spôsobuje ich úhyn a tým ovplyvňuje biodiverzitu
- negatívne ovplyvňuje životnú pohodu a zdravie človeka a môže súvisieť s nespavosťou, obezitou, metabolickými ochoreniami a hormonálne indukovanou rakovinou
- potenciálne znižuje bezpečnosť (napr. na cestách) vzhľadom na oslnenie
- zapríčiňuje podráždenosť a znižuje pocit súkromia

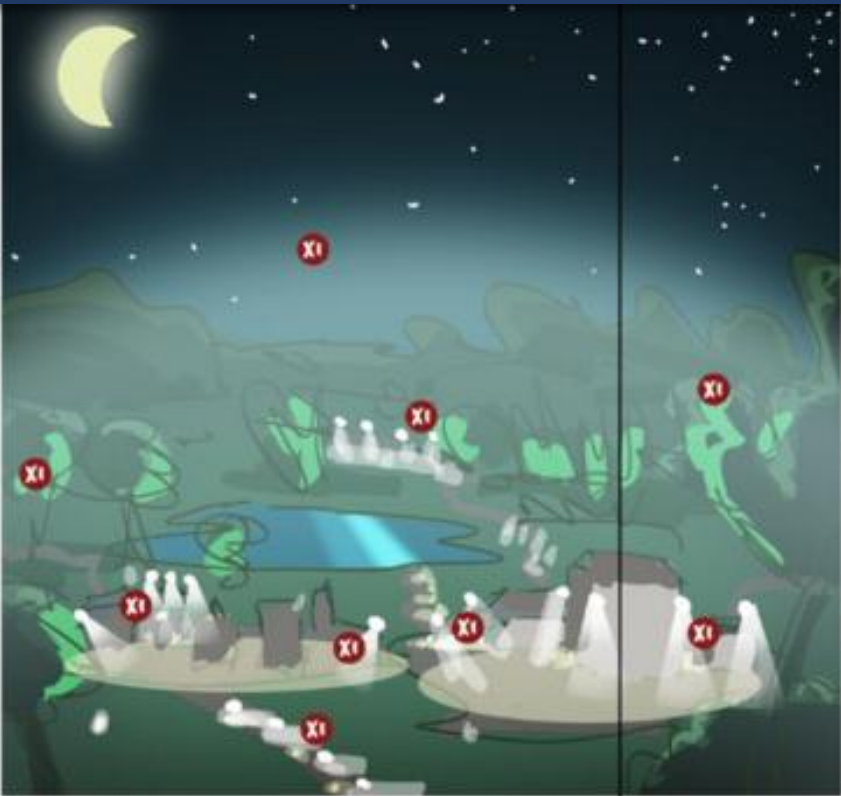
Úplné znenie vyhlásenia môžete nájsť na adrese:
http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2013/08/LoNNe-Statement-for-NPAs_2016_160722.pdf



www.cost-lonne.eu
cost.lonne@gmail.com



Odporúčania EU_COST Action ES 1204 LoNNe



- Svetlo musí byť starostlivo nasmerované tak, aby svietilo iba na miesta, ktoré majú byť osvetlené (najmä v cestnej premávke).
- Zdroj svetla nesmie byť viditeľný na veľké vzdialenosti v žiadnom smere mimo oblasť, ktorú potrebujeme osvetliť. To znamená, že v niektorých prípadoch je potrebné dodatočné tienenie (napríklad na svahu).
- Žiadne svetlo nemôže byť emitované priamo do oblohy, preto sa nemajú používať do zeme zapustené svetlomety a reflektory. Akékoľvek osvetlenie má byť smerované zhora nadol.



- Je potrebné znížiť celkovú úroveň osvetlenia vonkajších priestorov a používať ju uniformne. Ľudské oko je schopné prispôbiť sa nízkej intenzite osvetlenia, ale problém mu spôsobujú záblesky ostrého svetla.

- Vyhýbajme sa večer a počas noci studenému svetlu s vlnovou dĺžkou kratšou ako 480 nm alebo s teplotou svetla vyššou ako 3000 K. Uprednostňujeme sodíkové výbojky, žlté úzkospektrálne LED svietidlá s teplotou chromatickosti 2000 K.

**ĎAKUJEM ZA
POZORNOST !**

