

PHOTOBIOLOGICAL SAFETY OF DISCHARGE LAMPS

Jaroslav Štěpánek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xstepa41@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Škoda

E-mail: skoda@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of my paper is to provide a summary about photobiological safety of discharge lamps and light sources. It deals with negative biological effects of optical radiation for human body. In practical part of paper the blue light hazard of light sources is measured.

Keywords: photobiological safety, blue light hazard, light source

1. ÚVOD

Optické záření je důležité pro život člověka. Každá část spektra má svou nezastupitelnou roli. Díky viditelnému světlu vidíme okolní prostředí, ultrafialové záření má velký vliv na produkci vitamínu D a s pomocí infračerveného záření přijímá částečně lidské tělo od okolí teplo. Pro všechny tyto děje je potřeba záření o určité energii. Pokud je tato energie nižší než je potřeba, děje probíhají utlumeně. Pokud je ale energie záření mnohonásobně vyšší, může záření vyvolávat negativní biologické účinky.

2. NEGATIVNÍ BIOLOGICKÉ ÚČINKY VYVOLANÉ OPTICKÝM ZÁŘENÍM

| Vlnová délka [nm] | Oblast | Účinek na oko | Účinek na kůži |
|-----------------------|-----------|---|---|
| 100 – 400 | UV | Fotokeratitida Konjunktivitida Katarakta (UVA,UVB) Fotoretinitida (UVA) Aktinická retinopatie (UVA) | Erytém Oslabení imunitního systému Rakovina kůže Aktinická elastóza (UVA, UVB) Opálení kůže (UVA) |
| 380 – 780 | Viditelná | Fotoretinitida Aktinická retinopatie Oslnění | Spálení kůže Fotodermatóza |
| 780 – 10 ⁶ | IR | Katarakta Popálení sítnice (IRA) Popálení rohovky (IRB, IRC) | Spálení kůže |

Tabulka 1: Druhy záření a jejich účinek na lidské tělo

Biologické účinky vyvolané UV zářením - závisí na energii fotonů, intenzitě záření, době trvání ozáření a schopnosti absorpce záření tkání. Hloubka průniku UV záření do kůže závisí na jeho vlnové délce. UVA dosahuje maxima v rozhraní podkoží, UVB dosahuje maximálně do dermálních papil a UVC záření se po vstupu do kůže může i rozptylovat z důvodu interakce s nabitými částicemi.

Biologické účinky vyvolané viditelným zářením – působí nejvíce na sítnici, která ho nejvíce absorbuje. Největší nebezpečí nastává při ozáření modrým světlem v rozmezí 435 – 445nm. Pokud je oko vystaveno nadměrnému viditelnému záření, reaguje na něj přimhouřením víček.

Biologické účinky vyvolané IR zářením – Infračervené záření nemá dostatečnou energii, aby mohlo způsobit změny ve struktuře molekul nebo spustit fotochemické reakce. Riziko poškození

zdraví IR zářením spočívá ve zvýšení teploty tkáně, které může mít až charakter popálení. Lidské oko je náchylné na popálení, protože není schopno vnímat infračervené záření a tudíž není chráněno přirozeným mrkacím reflexem jako je tomu u viditelného záření. [1,2]

3. FOTOBIOLOGICKÁ BEZPEČNOST

Fotobiologickou bezpečností se zabývá norma ČSN EN 62471 s názvem Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a soustav světelných zdrojů. Poskytuje znalosti k hodnocení světelných zdrojů s ohledem na bezpečnost související s jejich vlivem na živou tkáň. Určuje meze ozáření, referenční techniku měření a způsoby měření pro širokospektrální zdroje používané ve světelné technice. Norma pracuje s rozsahem vlnových délek 200 – 3000nm.

Světelné zdroje pro měření musí být dostatečně zahořeny. Během prvních hodin provozu se spektrální charakteristika mění a nakonec se ustálí na rovnovážném stavu. Jelikož se v průběhu životnosti zdroje mění jeho spektrum, je potřeba, aby doba zahoření byla dostatečně dlouhá. U výbojek se doba zahoření pohybuje okolo 100 hodin, u žárovek je doba zahoření 1% jejich životnosti. Provoz a měření světelných zdrojů je z velké části ovlivněno prostředím. Teplota okolí výrazně ovlivňuje výkon, a tím i měření výbojových světelných zdrojů. Důležitým faktorem ovlivňujícím měření, je záření z okolních zdrojů. Při měření infračerveného záření je nutno zvážit, zda okolní prostředí není samo zdrojem infračerveného záření (například zahřáté stínidlo). [3]

4. VYHODNOCENÍ NEBEZPEČÍ MODRÉHO SVĚTLA U SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Modré světlo je pro oko nebezpečné z důvodu jeho velkého energetického potenciálu, který může přenášet. Energie přenesená krátkovlnným zářením je schopna poškodit sítnici a vytvořit trvalé poranění zvané fotoretinitida (zánět sítnice). Modré světlo vyzařují hlavně světelné zdroje LED a výbojové světelné zdroje a také lasery pracující v modré oblasti spektra. Výpočet hodnot nebezpečí se provádí vážením spektrálních složek příslušnou funkcí a výpočtem celkové vážené energie. Měření spektra a výpočty hodnot nebezpečí nad vlnovou délkou 400nm se provádí po krocích o velikosti 5nm. Mez ozáření sítnice modrým světlem se vypočítá podle vztahu č. 1:

$$L_B = \sum_{300nm}^{700nm} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

Ve vztahu č. 1 je L_{λ} změřená zář pro příslušnou vlnovou délku ve $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1} \cdot sr^{-1}$, $B(\lambda)$ je váhová funkce nebezpečí modrého světla pro příslušnou vlnovou délku a $\Delta\lambda$ je šířka měřeného pásma v nm. Mez ozáření pro vyjmuté zdroje je maximálně $100 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$, pro zdroje s nízkým nebezpečím je maximálně $10 kW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$, pro zdroje se středním nebezpečím je maximálně $4MW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ a pokud má zdroj mez ozáření vyšší než $4MW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$, patří do skupiny vysoce nebezpečných světelných zdrojů. [3]

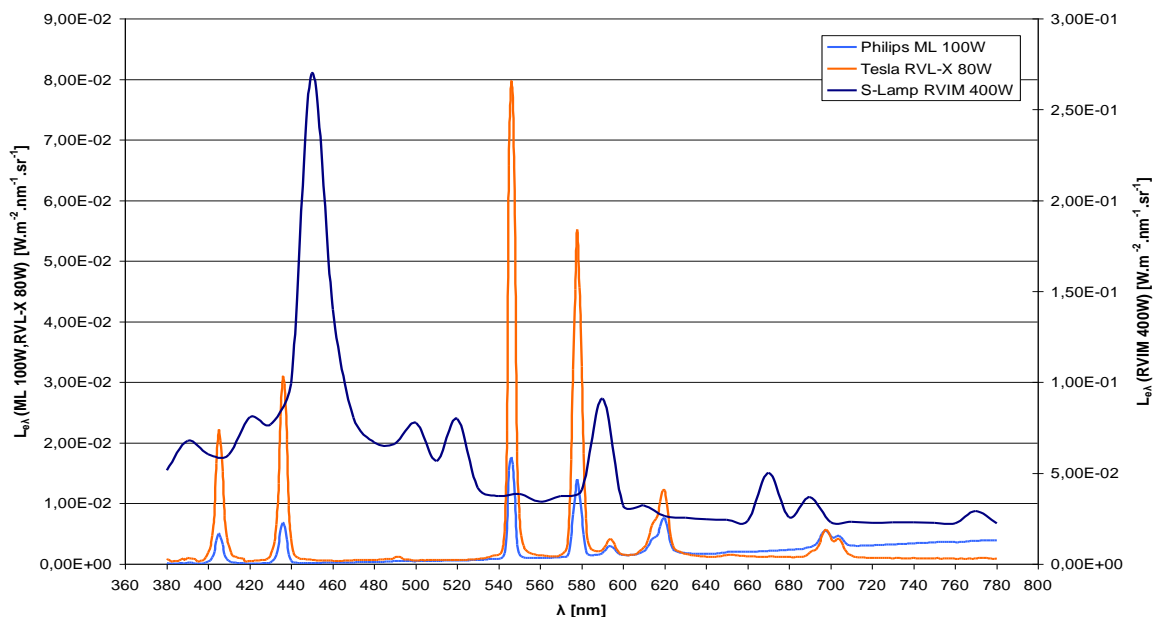
Pro měření byly vybrány tři výbojové světelné zdroje - směšová výbojka pro průmyslové použití Philips ML 100W, rtuťová výbojka pro pouliční osvětlení Tesla RVL-X 80W a speciální halogenidová výbojka svítící v modré oblasti viditelného spektra S-Lamp RVIM 400W, která se používá ve zdravotnictví pro léčení kojenecké žloutenky. Pro měření spektrální záře byl vybrán spektrometr CS-1000A od firmy Konica-Minolta, který je schopen měřit v rozmezí 380nm až 780nm.

Příklad výpočtu záře pro směšovou výbojku Philips ML 100W a vlnovou délku 380nm:

$$L_B(380nm) = L_{380nm} \cdot B(380nm) \cdot \Delta\lambda = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15 = 8,5 \cdot 10^{-6} W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \quad (2)$$

Příklad výpočtu meze ozáření pro směšovou výbojku Philips ML 100W:

$$L_B = \sum_{380nm}^{700nm} L_B(\lambda) = 0,05 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \quad (3)$$



Obrázek 1: Naměřená spektra výbojových světelných zdrojů.

| Typ světelného zdroje | Philips ML 100W | Tesla RVL-X 80W | S-Lamp RVIM 400W | Mez ozáření pro vyjmuté světelné zdroje |
|--|-----------------|-----------------|------------------|---|
| Vypočtené meze ozáření [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$] | 0,05 | 0,22 | 7,57 | <100 |

Tabulka 2: Vypočtené hodnoty

5. ZÁVĚR

Cílem příspěvku bylo shrnout základní informace o fotobiologické bezpečnosti a změřit mez ozáření modrým světlem u několika světelných zdrojů. Z vypočtených hodnot (tab. 2) je patrné, že žádný měřený světelný zdroj nepřekročil mez ozáření bezpečných světelných zdrojů. U směsové výbojky ML 100W je spektrum (obr. 1) tvořeno kombinací spekter rtuťového výboje a žárovkového vlákna. Jelikož světlo žárovkového vlákna je oproti světlu rtuťové výboje dominantnější, je i vypočtená mez ozáření modrým světlem velmi nízká. U rtuťové výbojky RVL-X 80W svítí vybuzené rtuťové páry v hořáku na krátkých vlnových délkách a vzniklé záření je následně transformováno pomocí luminoforu, který je nanesen na vnitřní straně baňky, do části modrozeleného spektra. Proto je zde vypočtená hodnota meze ozáření oproti směsové výbojce čtyřikrát větší. U halogenidové výbojky RVIM 400W je světlo vyzářeno ve velké míře hlavně v modré oblasti viditelného spektra (obr. 1), a proto u ní byla vypočtena nejvyšší intenzita ozáření modrým světlem ze všech měřených světelných zdrojů.

REFERENCE

- [1] Kolektiv autorů: *Lighting Handbook*, New York, IESNA, 2000, 1037 stran, ISBN 0-87995-150-8
- [2] Habel, J. a kol.: *Světelná technika a osvětlování*, Praha, FCC Public, 2013, 624 stran, ISBN 978-80-86524-21-3
- [3] ČSN EN 62471. Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a soustav světelných zdrojů. ÚNMZ, Červenec 2009