

# O mediánové osvětlenosti denním světlem

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Největším problémem stavební světelné techniky je nestálost oblohy jako zdroje denního světla. Stav oblohy se neustále mění v závislosti na roční a denní době a podle aktuálních atmosférických podmínek. Tyto změny probíhají velmi rychle a s velkou dynamikou. Jejich předpověď ani na několik příštích minut není možná. V současné době existují dvě metody, jak se s touto nepříjemnou skutečností částečně vyrovnat: metoda minimální osvětlenosti (např. podle [1]) a metoda osvětlenosti mediánové, kterou zavádí nová EN 17037 *Daylight of buildings* [2]. Adverbium *částečně* bylo v minulém větě použito proto, že ani jedna z obou metod není dokonalá. Název *mediánová osvětlenost* autor tohoto článku navrhuje jako překlad anglického *median illuminance*. Termín osvětlenost „mediánní“ či „mediální“ by totiž budil nevhodná spojení směrem ke sdělovacím prostředkům.

## 1. Metoda minimální osvětlenosti

Jako kritérium metoda používá *činitel denní osvětlenosti*  $D$  (%) stanovený při modelovém stavu *zatažené oblohy v zimě* [1]. Uvedený model neuvažuje polohu slunce na obloze a vyznačuje se nezávislostí na světových stranách. Jas tohoto modelu oblohy se mění jen v závislosti na výškovém úhlu nad terénem způsobem, který je definován normou. Činitel denní osvětlenosti je definován jako podíl osvětlenosti  $E$  (lx) ve sledovaném místě v interiéru a současně *horizontální exteriérové osvětlenosti*  $E_h$  (lx), tj. osvětlenosti vodorovné roviny celou oblohou.

$$D = \frac{E}{E_h} 100 \% \quad (1)$$

Užitečnou vlastností zatažené oblohy v zimě je skutečnost, že

$$E_h = \pi L_m \quad (2)$$

kde  $L_m$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) je průměrný jas oblohy. To umožňuje definovat *činitele jasu*  $k_m$  (-) [1] jako podíl jasu  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) povrchu k průměrnému jasu oblohy, resp. jako součin činitele odrazu světla  $\rho$  (-) a činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) daného povrchu.

$$k_m = \frac{L}{L_m} = \frac{\rho E}{\pi L_m} = \frac{\rho E}{E_h} = \frac{\rho D}{100} \quad (3)$$

Činitel jasu  $k_m$  (-) je jednou z možností, jak popsat vliv stínících překážek (např. budov) na osvětlení denním svět-

lem. Jeho výhoda spočívá v jednotnosti postupu, která podporuje stabilitu rozhodnutí učiněných na základě výsledků výpočtu [3]. Oprávněnost metody minimální osvětlenosti se odůvodňuje násled-



Obr. 1. Průmyslová hala osvětlená světlíkem zaskleným rozptylným materiálem; přímé sluneční světlo je rozptýleno a významně se podílí na osvětlení haly

ující logickou úvahou: *Zatažená obloha v zimě se považuje za nejméně příznivou situaci osvětlení denním světlem. Vyhoví-li osvětlení požadavkům při těchto podmínkách, pak bude dostatek světla vždy.*

## 2. Metoda mediánové osvětlenosti

Moderní výpočetní technika umožňuje zpracovat údaje o osvětlenosti během celého roku (nebo jiného dlouhého období) a z těchto údajů vycházet při hodnocení. Příslušná metoda je obsažena v evropské normě [2], kterou závazně převzme do systému technické normalizace i Česká republika. Kritériem osvětlenosti nebyl zvolen průměr, ale právě *medián*. Medián je hodnota, která dělí řadu vzestupně seřazených hodnot na dvě stejně početné poloviny. Vyjadřuje typickou hodnotu v souboru. Medián bývá často dáván do souvislosti s aritmetickým průměrem, který také vyjadřuje typickou hodnotu souboru. V případě průměru ale jde o součet všech hodnot dělený jejich počtem.

Evropská norma [2] stanovuje dvě výchozí hodnoty pro výpočet. Pro posuzování svislých oken je stanoven *medián horizontální difuzní oblohové osvětlenosti*  $E_{v,d,med}$  (lx) a pro posuzování vodorovných osvětlovacích otvorů (světlíků) s difuzním zasklením je stanoven *medián horizontální globální oblohové osvětlenosti*  $E_{v,g,med}$  (lx). Rozdíl mezi oběma veliči-

nami spočívá v tom, že jen druhá z nich (globální) bere v úvahu účast přímého slunečního záření na osvětlení. Evropská norma [2] stanovila hodnoty obou těchto veličin na základě klimatických údajů

odděleně pro každé hlavní město Evropské unie. Praze (a tedy i celé České republice) byly evropskou normou přiděleny tyto hodnoty:

$$E_{v,d,med} = 14900 \text{ lx}, E_{v,g,med} = 17400 \text{ lx} \quad (4)$$

Je třeba vysvětlit, proč norma [2] stanovuje dvě rozdílné hodnoty horizontální oblohové osvětlenosti. Přítomnost přímého slunečního světla je sice v mnoha vnitřních prostorech budovy žádoucí, ale vysokým jasnem povrchů, na které sluneční záření dopadá, zpravidla nepřispívá k zachování zrakové pohody. Proto bylo přímé sluneční záření ze stanovení mediánu osvětlenosti pro okna se skleněnou výplní vyloučeno. Jinak se ale přímé sluneční světlo chová v prostorech s horizontálními osvětlovacími otvory zasklenými materiálem, který propouští světlo difuzně. Současným častým příkladem difuzního zasklení jsou světlíky zasklené komůrkovým polykarbonátem. Difuzním zasklením je přímé sluneční světlo rozptylováno. V takovém případě se spolu s oblohovým světlem významně podílí na denním osvětlení a nesmí být při výpočtu denního osvětlení vynecháno.

Hodnoty horizontální oblohové osvětlenosti lze použít ke stanovení *cílových faktorů denního osvětlení*. Požadovaná osvětlenost  $E_{pož}$  (lx) srovnávací roviny v interiéru se při tom volí v závislosti na typu

osvětlovacího systému a náročnosti zrakové práce. V následujících příkladech, vztazích (5) a (6), je pro boční osvětlení počítáno s požadovanou hodnotou  $E_{\text{pož}} = 300 \text{ lx}$  a pro osvětlení horní s hodnotou  $E_{\text{pož}} = 700 \text{ lx}$ . Pro svislá okna se použije *cílový faktor denního světla*  $D_T$  (%).

$$D_T = \frac{E_{\text{pož}}}{E_{\text{v,d,med}}} 100 \% = \frac{300}{14900} 100 \% = 2,0 \% \quad (5)$$

Pro vodorovné osvětlovací otvory za sklené difuzním materiálem se použije *cílový faktor denního světla*  $D_{\text{TM}}$  (%).

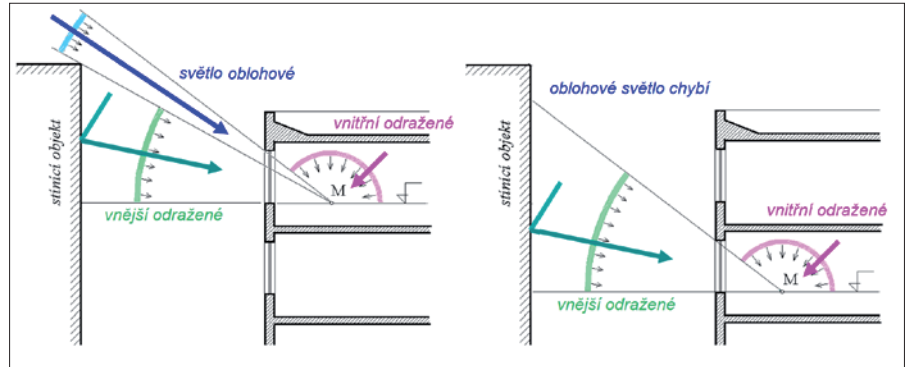
$$D_{\text{TM}} = \frac{E_{\text{pož}}}{E_{\text{v,g,med}}} 100 \% = \frac{700}{17400} 100 \% = 4,0 \% \quad (6)$$

Podrobnější informace o této metodě jistě podají naši zástupci v pracovní skupině WG 11, kde tato metoda vznikala. Podstatné a zcela nové je, že zde už nejde o posuzování minimální osvětlenosti během roku (tj. při zatažené obloze v zimě), ale o posouzení osvětlenosti typické pro danou lokalitu a pro dané uspořádání budovy a jejího okolí *během celého roku*. V porovnání s metodou obsaženou v dosud platné normě [1] jde o podrobnější popis světelných podmínek probíhajících v čase. Výhodou této metody je její užší vztah k systému posuzování umělého osvětlení (vstupy jsou osvětlenosti v luxech) a také možnost použít ji v různých zemích Evropské unie. Lze si jen těžko představit, že by WG 11 mohla udělat více pro sjednocení pohledu na problémy denního osvětlení budov v tak různorodých klimatických, geografických a kulturně historických podmínkách, jaké v Evropě jsou. Metoda relativně úspěšně řeší problém nepravidelně proměnných vlastností oblohy jako plošného zdroje světla a navíc poskytuje příležitost pomocí mediánu nově řešit též některé další okolnosti světelnotechnického posuzování. Jako každá nová věc, bude i tato metoda v průběhu příštích měsíců a let doplňována a laděna. Autor tohoto příspěvku se domnívá, že je třeba zaměřit se na spravedlivé započtení jasů stínících překážek do hodnocení.

### 3. Jas stínících překážek

Za stínící překážky jsou považovány všechny objekty, které brání přístupu denního světla do interiéru. Nejčastěji jde o budovy. Jednodušší z možností, jak započítat jas stínících překážek do hodnocení, je použití *činitele jasu*  $k_m$  (-), viz vztah (3). V dosud platné české technické normě [1] je pro výpočty doporučeno

na hodnota činitele jasu stínících překážek  $k_m = 0,1$ . Nedávno provedená šetření [4] naznačují, že tato hodnota dobře odpovídá běžné situaci domů stojících naproti sobě v ulici, zatímco v uzavřených dvorech by bylo spíše vhodné uvažovat hodnotu nižší.



Obr. 2. V nižších podlažích se přímé světlo z oblohy nepodílí na osvětlení interiéru

Automatizovanými výpočty na PC lze jasové poměry sledovat podrobněji. Dochází totiž ke vzájemné světelné interakci mezi povrchy stavebních objektů a povrchem terénu. K modelování tohoto jevu se používá *radiční metoda*, při které se povrch terénu a průčelí objektů rozdělí na konečný počet dílčích ploch, jež se



Obr. 3. Průčelí vesnického domu, které je zčásti osvětlené přímým slunečním zářením; osluněná část průčelí se jeví oproti obloze jako světlejší ( $k_m > 1,0!$ ) a zároveň je patrný rozdíl mezi jasem osluněné a neosluněné části tohoto průčelí

navzájem svým odraženým světlem ovlivňují. Do výpočtu vstupuje činitel odrazu světla  $\rho$  (-) stínících překážek a terénu. Hodnoty tohoto činitele závisí na barevném odstínu povrchu. Výsledkem je soustava  $n$  rovnic o  $n$  neznámých hodnotách činitelů jasu, kde  $n$  je počet ploch, na které byly povrchy rozděleny. Absolutní členy těchto rovnic závisí na

vlastnostech oblohy jako plošného zdroje světla. Řešením soustavy rovnic se získají hodnoty činitele jasu všech povrchů. Nevýhodou zmíněné metody může být někdy obtížné nebo neprůkazné stanovení hodnot činitelů odrazu světla  $\rho$  (-) jednotlivých povrchů [3].

### 4. Medián jasu stínících překážek?

Na denním osvětlení se podílí světlo tří druhů: oblohové světlo, světlo odražené od vnějších překážek a světlo odražené od vnitřních povrchů prostoru, jež je posuzován. Ve stavební praxi se přednostně posuzuje denní osvětlení těch vnitřních prostor budov, které jsou nejvíce stíněny. Vychází se přitom z rozumného předpokladu, že vyhovující výsledek v nejnižším podlaží znamená i vyhovující stav v podlažích vyšších, která jsou relativně méně stíněna. V nejnižším podlaží ale velmi často přímé světlo z oblohy chybí nebo je nevýznamné oproti příspěvku světla odraženého od vnějších překážek. Toto odražené světlo má pak v těchto případech na denní osvětlení největší vliv (viz obr. 2).

Metoda, která má ambici do hodnocení zahrnout všechny stavy jasu oblohy v průběhu roku, by proto měla sledovat i všechny stavy jasu stínících překážek vyskytující se během tohoto intervalu. Na rozdíl od metody minimální osvětlenosti, která pracuje jen se zataženou oblohou, je však nutné počítat i s jasem překážek osvětlených přímým slunečním světlem. Přímé sluneční světlo odražené od překážky, jejíž povrch má vlastnosti kosinového zářiče, je dostatečně difuzní k tomu, aby se stejně tak jako světlo difuzně zasklených světlíků uplatnilo v denním osvětlení interiéru. Příspěvek takto odraženého slunečního záření by měl být v hodnocení započten. Výpočet světelné interakce mezi objekty ra-

diační metodou v podmínkách zatažené oblohy v zimě je proto zapotřebí doplnit výpočet pro nespočet dalších stavů oblačnosti včetně vlivu přímého slunečního záření. To by ale znamenalo počítat i s měnící se polohou slunce na obloze během dne i v průběhu roku. Pro každý uvažovaný stav oblohy by tak bylo nutné opakovaně řešit již popsanou soustavu  $n$  rovnic. Složitost a doba zpracování takového výpočtu by s počtem různých obloh narůstaly geometrickou řadou.

Větší naději na uplatnění ve výpočetní praxi má snad činitel jasu  $k_m$  (-). V kontextu metody mediánové osvětlenosti by ale nemohlo jít o dosud používanou minimální hodnotu  $k_m = 0,1$ , ale o hodnotu  $k_{med}$  (-) stanovenou (obdobně jak je tomu u osvětlenosti) jako medián z hodnot to-

hoto činitele tak, jak se vyskytují během celého roku včetně vlivu přímého slunečního záření. Autor tohoto příspěvku nemá přístup k potřebným klimatickým údajům ani nezná metodiku jejich zpracování, a nemůže se proto pokusit hodnotu  $k_{med}$  (-) ani přibližně stanovit. S jistotou je ale možné odhadnout, že by šlo o hodnotu vyšší než 0,1, a také to, že tato hodnota bude záviset na orientaci průčelí stínící překážky ke světovým stranám. Průčelí objektů, která jsou obrácená na jih, budou mít  $k_{med}$  (-) nejvyšší.

Přesnějším započtením jasu stínících překážek by se metoda mediánové osvětlenosti více přiblížila realitě (byla by „přesnější“) a architektům by umožnila lépe využívat denní světlo při navrhování budov. Normou EN 17037 Daylight of

buildings [2] Evropa prokazuje, že jí problematika denního osvětlení a proslunění budov není lhostejná. Praxe v nejbližší době jistě prověří schopnost nových metod obsažených v této normě napomáhat regulaci výstavby našich měst.

#### Literatura:

- [1] ČSN 730580-1. *Denní osvětlení budov – základní požadavky*. 2007.
- [2] EN 17037. *Daylight of buildings*. 2018.
- [3] KAŇKA, J. Co je stále a co je proměnné v denním osvětlení. *Světlo*. 2018, (2), 42.
- [4] KAŇKA, J., J. MOHELNÍKOVÁ, K. ULLMANNOVÁ a J. VYCHYTIL. Influence of facade luminance on daylight factor simulations. In: *Conference Central Europe towards Sustainable Building 2016 – CESB 16*. Prague 22.–24. 6. 2016.

## Odborný seminář Denní světlo v praxi

Dne 5. listopadu 2018 se v hotelu Modrá Stodola v Horoměřicích konal první ročník semináře Denní světlo v praxi, určený především architektům a projektantům. Cílem bylo posluchačům přiblížit problematiku denního osvětlení budov a podělit se s nimi o zkušenosti z praxe. Tuto akci organizovala společnost WT-Windows Tomorrow, s. r. o., zastupující na českém trhu amerického výrobce světlovdů Solatube, spolu se softwarovou společností MS Astra Software.

Seminář zahájil Radomír Kučera z firmy WT-Windows Tomorrow. Hovořil o možnostech denního osvětlení se zaměřením na světlovdy obecně, o jejich vývoji od počátku až do dnešního dne, o tom, jak fungují a kdy je vhodné je použít. Výhody jejich použití prezentoval na produktech amerického výrobce Solatube®. Podle jeho slov je jednou z nejvýznamnějších výhod světlovdů Solatube® to, že zabírají menší plochu prostupu střechou a díky principu převodu světla tubusem dokážou světlo efektivně přivést do budovy s menšími ztrátami než při konstrukčním řešení světlíku. Účinnější přenos světla na menší ploše je dále podpořen použitím kopule odolné UVA/UVB/UVC v kombinaci s odrazným povrchem Spectraligt® Infinity, který má nejen výborné optické vlastnosti, ale zároveň redukuje na minimum přenos infračerveného záření. Menší plocha, odolná kopule, speciální povrch redukcující IR záření a samotná vzduchová dutina systému vedou k tomu, že solární zisky (SHGC – solar heat gain coefficient) jsou při použití světlovdů Solatube® o poznání menší než u světlíků nebo jiných světlovdů (více informací v časopise Světlo 4/2018, str. 26 až 27). Následovala přednáš-

ka Martina Krejného ze stejné společnosti, zaměřená hlavně na konkrétní požadavky, které musí realizace se světlovdy splňovat. Na úvod přítomné seznámil s normami a předpisy týkajícími se denního světla.



Obr. 1. Přednáška Martina Krejného byla mj. zaměřena i na řešení méně standardních situací, s kterými se mohou projektanti při použití světlovdů setkat



Obr. 2. Radomír Kučera seznamuje přítomné se složením a funkcí světlovdů

Následně představil několik již realizovaných projektů s různými typy světlovdů Solatube od návrhu až po realizaci. Posluchači si tak mohli udělat celkovou představu o možnostech použití světlo-

dů v praxi (v obytných domech, tělocvičnách, průmyslových halách aj.). Posledním přednášejícím byl Ing. Pavel Staněk z firmy MS Astra Software, který přednášku vedl jako interaktivní diskusi s přítomnými. Demonstroval možnosti programu BuildingDesign při výpočtu denního osvětlení, proslunění a zastínění. Program BuildingDesign se svými moduly Wdls a SunLiS umožňuje výpočet v podstatě jakýchkoliv tvarů budov, místností a otvorů. Ukázky z programu zahrnovaly jednoduché i složitější geometrie, jako jsou schodiště, zařizovací předměty, střechy, střešní vestavby apod. Zvláštní pozornost byla zaměřena na spolupráci se systémy CAD. Vzhledem k velkému zájmu posluchačů o praktické výstupy programu přednáška přesáhla vyměřený čas o více než půl hodiny.

O tom, že téma denního světla je pro architekty a projektanty mimořádně zajímavé, svědčí i skutečnost, že přestávky mezi přednáškami přítomní využívali více k individuálním dotazům a diskusím s přednášejícími než k občerstvení. Seminář byl zakončen večeří formou rautu v příjemných prostorách místní restaurace, kde mohli zájemci pokračovat v diskusi nad sklenkou vína či piva. S ohledem na aktuální velký zájem o problematiku denního světla a velmi pozitivní ohlasy zúčastněných na zmíněnou akci bylo rozhodnuto v organizaci seminářů o denním světle pokračovat. Je tedy možné se těšit na další ročník.

Ing. Jana Kotková