

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering

Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Požadavky na denní osvětlení interiérů a způsoby jejich prokazování

Day Lighting Requirements and Methods of their Attestation

Summary

Firstly, a discipline Building lighting technology is introduced as a part of Building physics. A content of Building physics is more specified. Significance of Daylighting in buildings is hygienic, economical and even ecological. Standard source of sky (winter overcast sky) is described to calculate Daylighting in buildings. Furthermore, there is said and explained the definition of Daylight factor. Then there are even mentioned criterions of quality of Daylighting in buildings and required values of Daylight factor. There are mentioned possibilities of determination of Daylight factor by measuring, measuring on model, measuring on model under artificial sky and by calculation. There is also discussed necessity of methods utilizing graphic tools at the time of PC calculations development.

Souhrn

V úvodu je představen obor stavební světelná technika jako součást stavební fyziky. Je upřesněna náplň oboru stavební fyzika. Význam denního osvětlení je hygienický, ekonomický i ekologický. Je popsán standardní model oblohy pro výpočet denního osvětlení. Je uvedena a vysvětlena definice činitele denní osvětlenosti. Jsou zmíněna i kvalitativní kritéria denního osvětlení a požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti. Jsou uvedeny možnosti stanovení činitele denní osvětlenosti měřením, měřením na modelu, měřením na modelu pod umělou oblohou a výpočtem. Je diskutována potřebnost metod využívajících grafické pomůcky v době rozvoje výpočtů na osobních počítačích.

Klíčová slova: stavební světelná technika, stavební fyzika, denní osvětlení, standardní zdroj oblohového světla, zatažená obloha v zimě, činitel denní osvětlenosti

Keywords: Building lighting technology, Building physics, Daylighting in buildings, Standard source of sky, Winter overcast sky, Daylight factor

Obsah

1. Denní osvětlení jako součást oboru Stavební fyzika	6
2. Význam denního osvětlení	7
3. Obloha jako zdroj denního světla	7
4. Činitel denní osvětlenosti	8
5. Kvalitativní kritéria	8
6. Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti	9
7. Stanovení činitele denní osvětlenosti	10
8. Daniljukovy diagramy	11
9. Protraktory	12
10. Waldramův diagram	13
11. Analytické metody	14
12. Bodová metoda	15
13. Arndtův vztah	15
14. Metoda BRS	16
15. Metoda mnohonásobných odrazů	16
16. Závěr	16

1. Denní osvětlení jako součást oboru Stavební fyzika

Problematika denního osvětlení interiérů budov spolu s prosluněním budov tvoří součásti technického oboru stavební světelná technika. Proslunění sleduje přímý přístup slunečního záření do budovy, zatímco denní osvětlení se zabývá osvětlením světlem, které je rozptýleno v atmosféře.

Stavební světelná technika spolu se stavební akustikou a stavební tepelnou technikou tvoří širší obor s názvem stavební fyzika. Jedná se o název vžitý, ale ne zcela přesný, protože kromě fyzikálního pohledu na působení světla, zvuku a tepla v budovách tento obor pracuje i s dalšími okolnostmi.

Zvuk, světlo a teplota patří mezi fyzikální faktory životního prostředí. V budovách působí dlouhodobě a opakovaně, a proto způsobem, který významně ovlivňuje práci i odpočinek a v konečném důsledku i zdraví lidí užívajících budovu. V dnešní době lidé tráví většinu svého času v budovách. Podle údajů WHO (Světové zdravotnické organizace) se u městské populace jedná až o 90 % času. Jedná se tedy o technickou disciplínu, která se zabývá *životním prostředím* v budovách. Sleduje vliv fyzikálních faktorů na zdraví lidí, takže je i oborem *hygienickým*. Snaha o zajištění příznivého stavu prostředí pro život člověka byla jistě jedním z hlavních důvodů, ne-li tím důvodem nejdůležitějším, proč člověk vůbec kdy začal stavět budovy. Cílem navrhování a výstavby budov je tvorba takového prostředí, jehož parametry (i fyzikální) by měly být pro život člověka příznivější než stav přirozeného prostředí ve venkovním prostoru. Fyzikální faktory prostředí nepůsobí jen na uživatele budovy, ale i na budovu samotnou, na její konstrukce a na zařízení a věci v interiéru budovy uložené.

Poznání významu fyzikálních faktorů vedlo postupně k vytvoření legislativy pro potřebu kontroly stavu prostředí v budovách. Hovoří se o *právu* uživatelů budov na přístup denního světla a přímého slunečního záření do interiéru. Úkolem stavební světelné techniky je toto právo jednoznačně vymezit a v konkrétních případech toto právo spravedlivě nalézt. K tomu právě slouží příslušná legislativa. Vybrané fyzikální veličiny jsou hygienickými předpisy a technickými normami stanoveny jako kritéria pro posuzování budov a jejich vnitřního prostředí. Jsou stanoveny limitní hodnoty těchto kritérií pro různá prostředí resp. různé typy konstrukcí.

Stavební světelná technika souvisí i s *urbanismem*, protože požadavky na denní osvětlení a proslunění spolurozhodují o stanovení odstupů mezi budovami a o návrhu výškové úrovně zástavby.

Působení fyzikálních faktorů v budovách lze významně usměrnit vhodným návrhem *konstrukcí budov* a některé z fyzikálních faktorů také ovlivňují funkci a životnost konstrukcí budovy. Proto je stavební fyzika především oborem pojednávajícím o stavebních konstrukcích a o jejich navrhování.

Název oboru stavební fyzika se tak jeví poněkud nesystémově také proto, že ostatní stavební obory jako jsou např. Betonové a zděné konstrukce, Ocelové konstrukce apod. ve svém názvu slovo fyzika nemají, přestože fyziku široce používají nejméně ve stejném rozsahu jako stavební akustika, světelná a tepelná technika.

2. Význam denního osvětlení

Naprostá většina aktivit člověka je spojena s vykonáváním zrakové práce nebo alespoň s potřebou získávat zrakové informace. Světlo je nositelem všech zrakových podnětů. Množství světla v interiéru budov, jeho prostorové rozdělení, spektrální složení a světelné poměry v zorném poli rozhodují o zrakové pohodě člověka. Jsou tři důvody, proč dáváme přednost osvětlení denním světlem před osvětlením umělým: zdravotní, ekonomický a ekologický.

Denní světlo je důležitou fyziologickou a psychologickou potřebou lidského organismu a je v tomto smyslu pro člověka nenahraditelné. Člověk jako živočišný druh se vyvíjel v podmínkách denního světla a střídání dne a noci miliony let a je proto dennímu světlu dokonale přizpůsoben. Přes značný technický pokrok umělého osvětlení je při dlouhodobém působení denní osvětlení pro člověka příznivější a rozdíly v účincích jsou mnohostranné (stimulační účinek dynamiky denního světla, barevné podání, regulace denních rytmů funkcí některých orgánů v lidském těle, psychologický význam vizuálního kontaktu člověka v interiéru s vnějším prostředím).

Denní osvětlení představuje přímé využití sluneční energie bez potřeby její transformace nebo akumulace a tudíž s minimálními ztrátami bez velkých nákladů a bez zatížení životního prostředí odpady. Optimálním využitím denního světla se omezuje potřeba a doba používání umělého osvětlení. Úspora provozních nákladů plyne z ušetřené elektrické energie.

3. Obloha jako zdroj denního světla

Obloha s rozptýleným slunečním světlem je plošným zdrojem světla pro interiéry. Stav tohoto zdroje se během dne i roku dynamicky mění v závislosti na poloze slunce na obloze a na stavu oblačnosti. Stejně tak se mění i osvětlenost E [lx] v interiéru. Při běžném světelně technickém hodnocení se nejčastěji vychází z nejméně příznivého stavu oblohy: zcela zatažená obloha v zimě, kdy úroveň jasu oblohy ovlivňují jen odrazivé vlastnosti terénu v důsledku mnohonásobného odrazu oblohového světla mezi zemským povrchem a spodní vrstvou oblaků.

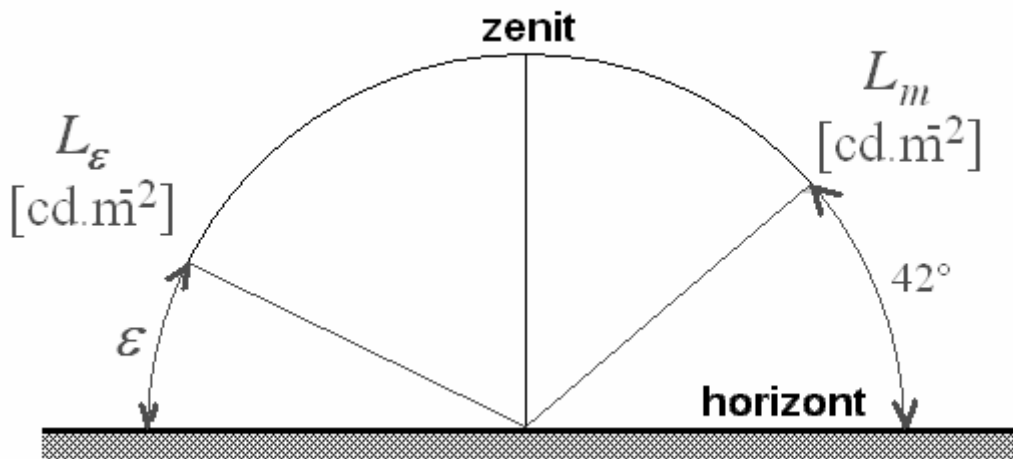
Prvním modelem zatažené oblohy byla obloha s konstantním jasem, kterou použil už v osmnáctém století švýcarský fyzik Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777), který je považován za zakladatele fotometrie. Koncem 19. století profesor Moon a doktorka Spencerová měřili jas zatažené oblohy a došli k poznatku, že jas vzrůstá s výškovým úhlem ε [°] od horizontu, kde je nejmenší, k zenitu, kde je přibližně trojnásobný. Tento model se nazývá Moon Spencer obloha a nebo také obloha CIE podle Mezinárodní komise pro osvětlování (Commission Internationale de l'Éclairage), která v polovině minulého století doporučila tento model jako mezinárodně dohodnutý standard. Tento model zatažené oblohy v zimě je také uveden v našich technických normách (ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov – základní požadavky). Jas oblohy L_ε [cd.m⁻²] v tomto modelu závisí na elevačním úhlu ε [°] podle vztahu



Lambert

$$L_\varepsilon = L_m \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \varepsilon) \quad (1)$$

kde L_m [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$] je průměrný jas oblohy, který se vyskytuje v místě s elevačním úhlem $\varepsilon = 42^\circ$. Důležitý je poznatek, že popsaný model oblohy není závislý na poloze slunce a tedy ani na světových stranách. Příslušné požadavky na denní osvětlení tak musí splnit každá místnost bez ohledu na orientaci jejích oken.



Obr. 1: Obloha CIE

4. Činitel denní osvětlenosti

Kvantitativním kritériem světelného stavu vnitřního prostředí charakterizujícím úroveň denního osvětlení je *činitel denní osvětlenosti* D [%]. Definuje se jako poměr osvětlenosti E [lx] pracovní roviny v interiéru (v posuzovaném místě) k současné horizontální exteriérové osvětlenosti E_H [lx]. Tento poměr se vyjadřuje v procentech.

$$D = \frac{E}{E_H} \cdot 100\% \quad (2)$$

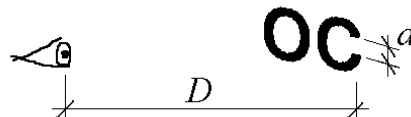
Obvykle postačí stanovit jeho hodnotu při nejméně příznivém stavu venkovního osvětlení – při zatažené obloze v zimě.

5. Kvalitativní kritéria

O světelném stavu interiéru a o působení světla na člověka a jeho zrakový orgán nerozhoduje jen *množství* světla, ale i další okolnosti (rozložení světla v prostoru, dynamika změn světla v čase apod.). Proto stavební světelná technika nevystačí jen s *kvantitativními kritérii*, ale vždy je třeba při hodnocení vzít v úvahu i *kritéria kvalitativní*. K nejobtížnějším problémům návrhu denního osvětlení patří skutečnost, že se musí docílit zrakové pohody ve vnitřním prostoru budovy za velmi různých podmínek venkovního osvětlení. Návrh musí zachovat zrakovou pohodu při zatažené, jasné i polojasné obloze a při přímém slunečním světle. K zajištění zrakové pohody nestačí jen umožnit přístup světla v dostatečném množství, t.j. dosáhnout v místě zrakové práce požadované hodnoty osvětlenosti. Světelný stav vnitřního prostředí musí splňovat i určitou kvalitu. Kvalitativními kritérii jsou: *rovnoměrnost denního osvětlení*, *rozložení světelného toku*, *rozložení jasu ploch v zorném poli*, *zábrana oslnění a barevné řešení interiéru*. Kvalitativní kritéria by měla být prověřena i pro jiné stavy venkovního osvětlení, než je zatažená obloha v zimě. Zejména je riziko výskytu oslnění při jasné obloze a při přímém slunečním světle.

6. Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti

Vnitřní prostory budov slouží rozmanitým činnostem a podle toho mají také rozdílné nároky na denní osvětlení. Podle zrakové obtížnosti se činnosti dělí do sedmi tříd. Kritériem zrakové obtížnosti je *poměrná pozorovací vzdálenost*. Stanoví se jako podíl pozorovací vzdálenosti D [m] dělený velikostí kritického detailu d [m]. Kritický detail je nejmenší podrobnost, kterou je třeba rozlišit při dané zrakové činnosti. Například při čtení textu může být kritickým detailem rozměr mezery v písmeni „c“, kterou se toto písmeno liší od „o“.



Požadavky na hodnotu činitele denní osvětlenosti udává tabulka 1 převzatá z ČSN 730580-1. Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti musí D_{min} [%] musí být splněny ve všech kontrolních bodech interiéru nebo jeho funkčně vymezené části. Mimoto u vnitřních prostorů s horním a kombinovaným osvětlením, kde převažuje podíl horního osvětlení, musí být splněna i průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m [%].

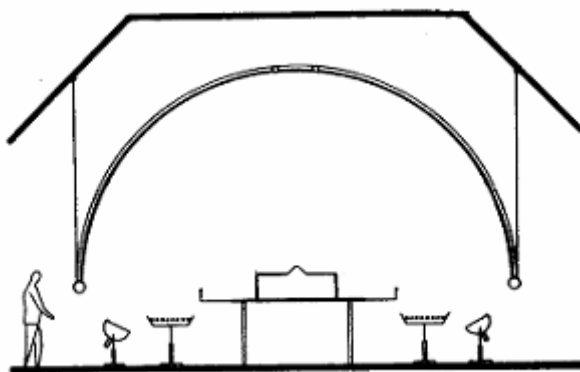
Tabulka 1: Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti podle ČSN 730580-1

Třída zrakové činnosti	Charakteristika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Požadovaná hodnota	
				minimální D_{min} [%]	průměrná D_m [%]
I.	mimořádně přesná	3330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II.	velmi přesná	1670 až 3330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce	2,5	7
III.	přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2,0	6
VI.	středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní (rukou i strojem), běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, obsluha strojů, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel	1,5	5
V.	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání	1,0	3
VI.	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování, mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII.	celk. orientace	-	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled	0,25	1

Jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti rovna nejméně 1,5 % resp. průměrná hodnota pro horní nebo převažující horní osvětlení rovna 3 %, i když pro danou zrakovou činnost podle tabulky stačí nižší hodnoty.

7. Stanovení činitele denní osvětlenosti

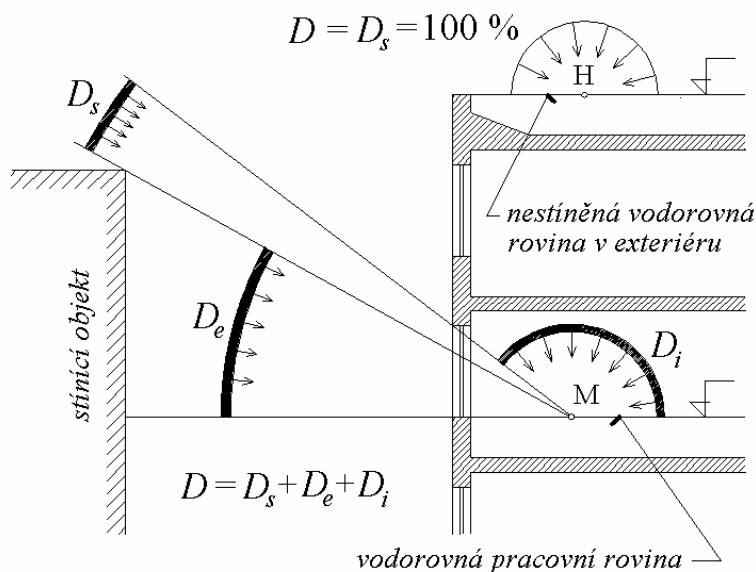
Hodnotu činitele denní osvětlenosti lze určit měřením na hotové stavbě, měřením na modelu nebo výpočtem. Zejména ve fázi projektové přípravy se požaduje předpověď hodnot činitele denní osvětlenosti výpočtem. Výpočet se ale uplatní i při posouzení světelného stavu vnitřních prostor již existujících budov, protože měření se mohou provádět jen při určitých podmínkách venkovní osvětlenosti a jsou proto vázána převážně jen na některé dny v roce. Tuto nevýhodu nemá měření pod umělou oblohou. Umělá obloha je zařízení, které je v provozu v Ústavu stavebnictva Slovenskej akademie ved. Jedná se o kopuli průměru 8 m, která je odspodu osvětlena umělými zdroji tak, aby bylo dosaženo gradace jasu oblohy CIE.



Obr. 2: Schématický řez umělou oblohou

K výpočtu činitele denní osvětlenosti je možno použít více metod, které se od sebe liší přesností, pracností a vhodností použití při různých okolnostech – např. pro posouzení nebo návrh různých osvětlovacích systémů, při různých podmínkách venkovního stínění, různých rozměrových a tvarových parametrech posuzované místnosti, osvětlovacích otvorů apod. Všem metodám je však společné stanovení výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti jako součtu tří dílčích složek: oblohové, vnější odražené a vnitřní odražené.

$$D = D_s + D_e + D_i \quad (3)$$



Obr. 2: Činitel denní osvětlenosti a jeho složky

Metody pro stanovení jednotlivých složek činitele denní osvětlenosti nejsou stejné. Pro výpočet D_s a D_e se u nás nejvíce používají tyto metody:

- Daniljukovy úhlové sítě
- protraktory
- Waldramův diagram
- Metody analytické (integrací)
- Bodová metoda (s využitím PC)

Pro výpočet vnitřní odražené složky D_i činitele denní osvětlenosti se nejvíce používají:

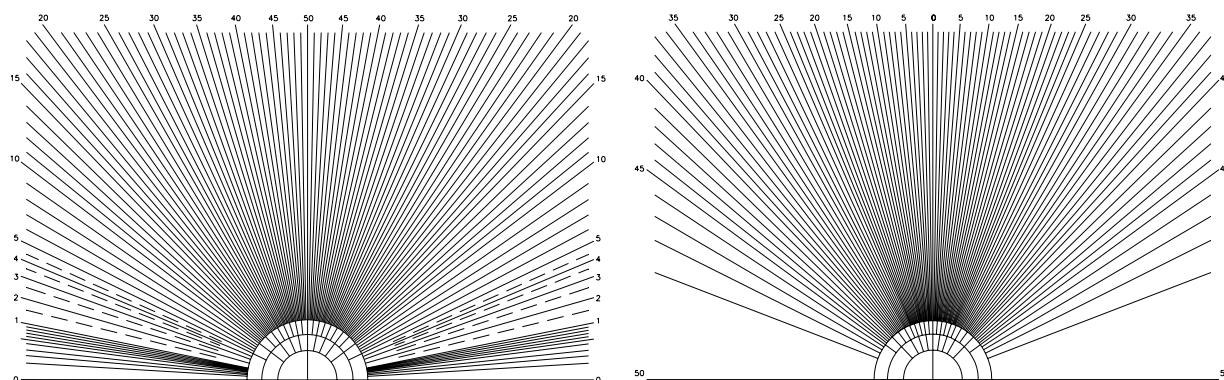
- Arndtův vztah
- BRS nomogramy
- Metody mnohonásobných odrazů (s využitím PC)

Každý výpočet musí respektovat tyto skutečnosti:

- a) *vlastnosti zdroje světla* tj. způsob rozložení jasu po obloze, který je dán výpočtovým modelem oblohy
- b) *vnější podmínky* tj. zejména existenci, tvar, velikost a jas stínících překážek
- c) *vlastnosti osvětlovacích otvorů* tj. zejména jejich velikost, umístění a propustnost světla
- d) *vnitřní podmínky* tj. zejména rozměrové parametry osvětlovaného vnitřního prostoru a odrazivost světla jeho povrchů.

8. Daniljukovy diagramy

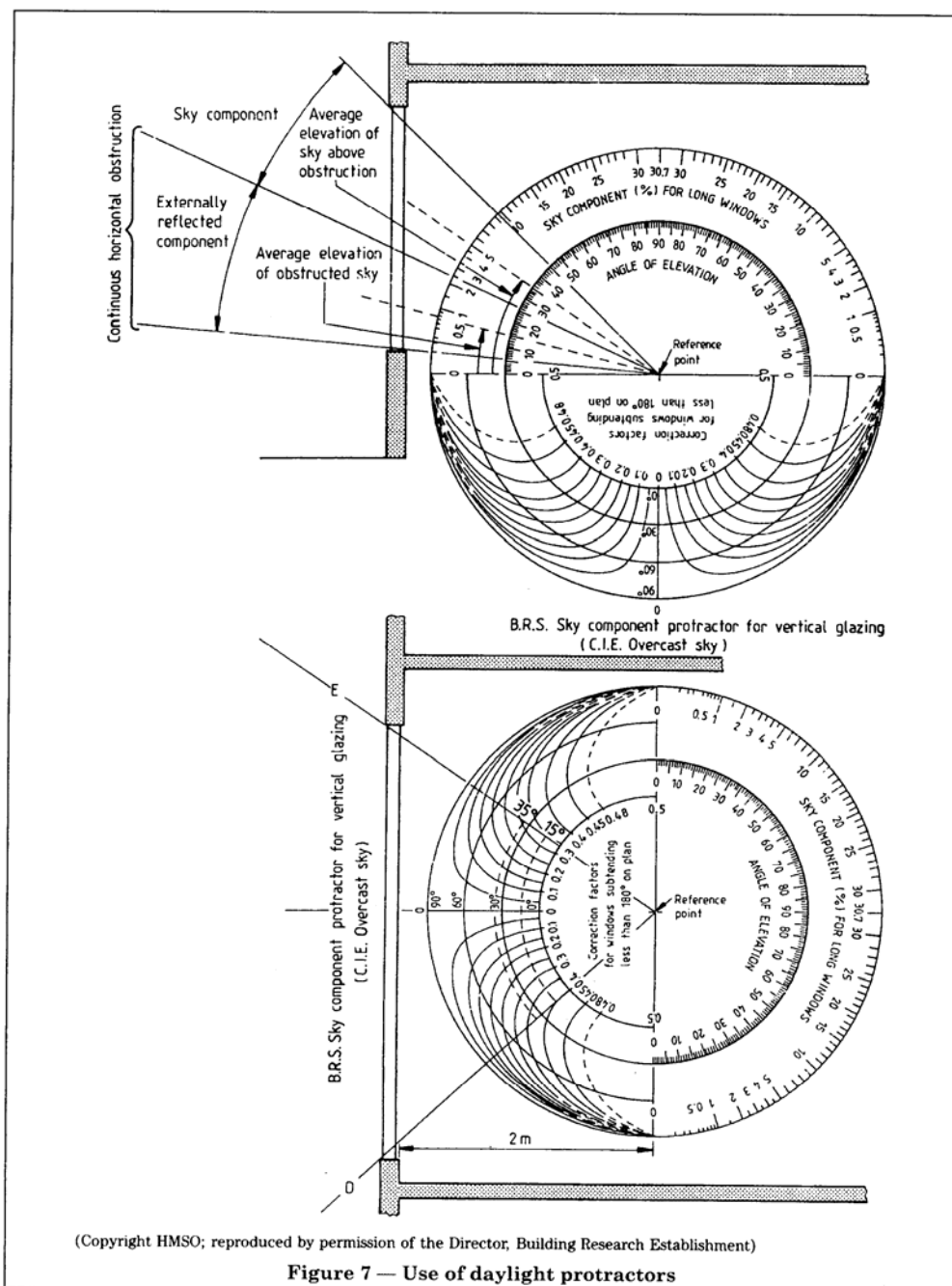
Metodou využívající Daniljukovy úhlové sítě lze stanovit hodnoty oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti. Princip Daniljukovy metody spočívá v rozdělení oblohové hemisféry na 10.000 plošek, z nichž každá v osvětlovaném místě vyvolá osvětlenost $\Delta E = E_H \cdot 10^{-4}$. Metoda vychází z výpočtového modelu zatažené oblohy s konstantním jasnem a neuvažuje ztráty světla v osvětlovacím otvoru. Proto musí být při výpočtu korigována činitelem gradovaného jasu q [-] a souhrnným činitelem prostupu světla $\tau_{0,\psi}$ [-]. Nevýhodou tohoto uspořádání je vyšší pracnost v porovnání s jinými grafickými metodami, ale naopak výhodou je možnost mnohostranného použití metody pro různé sklony osvětlovacích otvorů, různé sklony osvětlovaných rovin i pro případné různé výpočtové modely oblohy.



Obr. 3: Daniljukův diagram pro řez a půdorys

9. Protraktory

Protraktor je grafická pomůcka, pomocí které se nejdříve z řezu místnosti stanoví hodnota činitele denní osvětlenosti od okna nekonečné šířky. Tato hodnota se pak koriguje v závislosti na skutečné šířce okna a vzdálenosti kontrolního místa od okna v půdoryse. Na obrázku 4 je reprodukován protraktor ze současně platné britské normy BS 8206-2:1992 Lighting for buildings Part 2: Code of practice for daylighting.

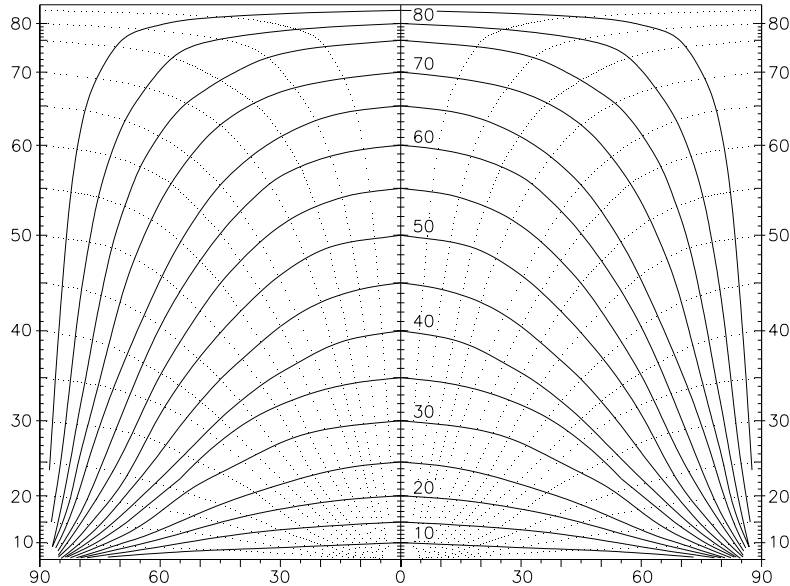


Obr. 4: Protraktor BS 8206-2:1992

Kromě na obr. 4 uvedeného britského protraktoru existují obdobné pomůcky, které uvedl do praxe doc. Richard Kittler, významný slovenský odborník v oboru osvětlení.

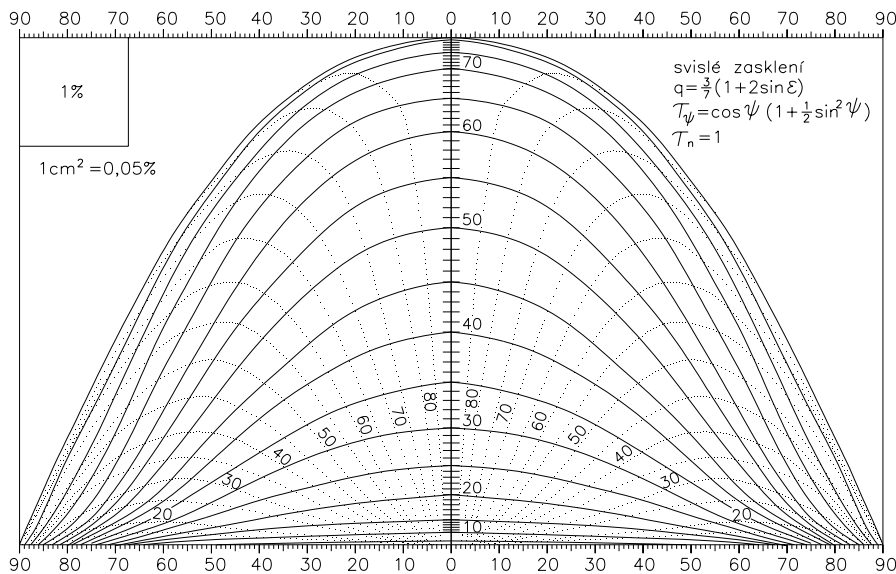
10. Waldramův diagram

Z Velké Británie také pochází grafická pomůcka Waldramův diagram. S výhodou ji lze použít zejména při výpočtech stínění překážkami složitých tvarů nebo má-li okno jiný tvar, než obdélník (např. klenutá okna). Na obr. 5 je uveden původní diagram sestrojený Waldramem ve 20. letech minulého století pro osvětlení vodorovné roviny oblohou s konstantním jasem.



Obr. 5: Waldramův diagram

Na obr. 6 je diagram, který vznikl úpravou původního Waldramova diagramu. Úpravu jsme provedli na stavební fakultě ČVUT na počátku 90. let minulého století. Upravený diagram byl předmětem méj doktorské práce a oproti původnímu diagramu uvažuje gradovaný jas oblohy CIE a směrovou propustnost světla svislým dvojitým zasklením okna, takže je vhodný pro výpočet činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině v interiéru.



Obr. 6: Waldramův diagram upravený na stavební fakultě ČVUT Praha

11. Analytické metody

Analytické metody vychází ze základního poznatku fotometrie, že totiž osvětlenost dE [lx] elementem plošného zdroje světla je součinem jeho jasu L [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] a plochy dS_2 [m^2], která vznikne dvojným průmětem dle obr. 7, děleným druhou mocninou poloměru R [m] myšlené kulové plochy (hemisféry).

$$dE = \frac{L dS_2}{R^2} \quad (4)$$

)

Horizontální exteriérová osvětlenost E_H [lx] závisí na průměrném jasu oblohy L_m [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] podle jednoduchého vztahu

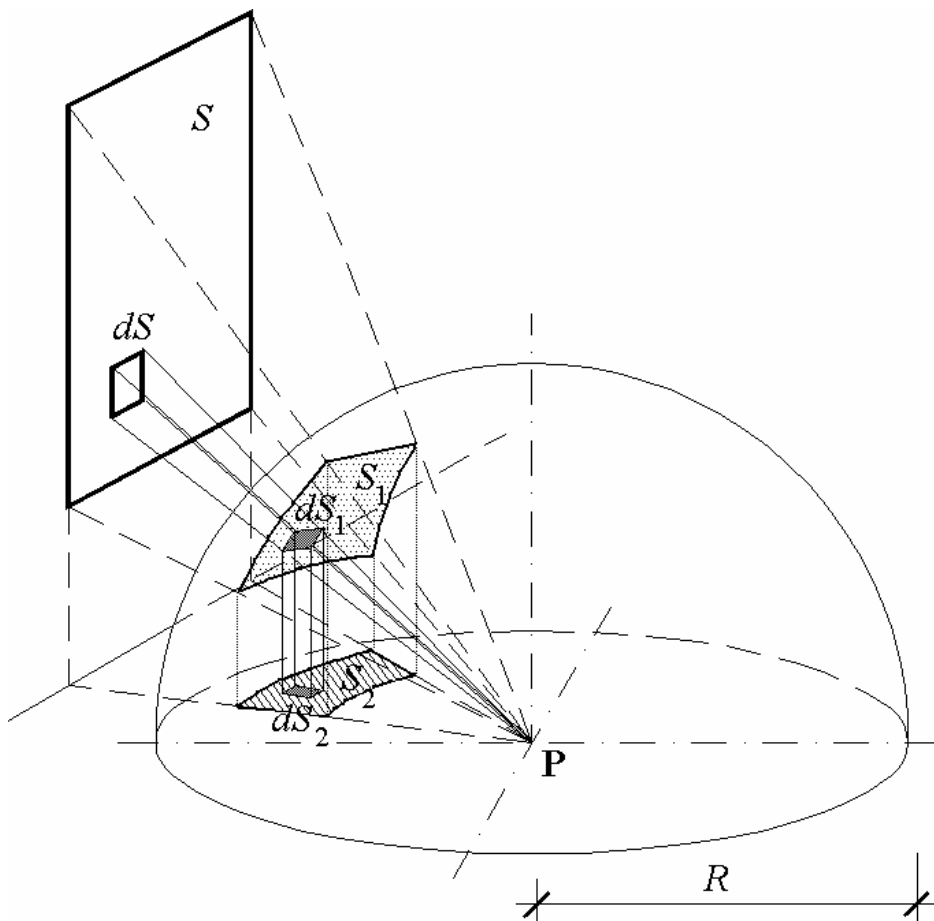
$$E_H = \pi L_m \quad (5)$$

)

Činitel denní osvětlenosti tak lze vypočítat ze vztahu

$$D = \frac{1}{\pi R^2} \int \frac{L}{L_m} dS_2 = \frac{1}{\pi R^2} \int q dS_2 \quad (6)$$

kde $q = \frac{3}{7}(1 + 2 \sin \varepsilon)$ se nazývá činitel gradovaného jasu.



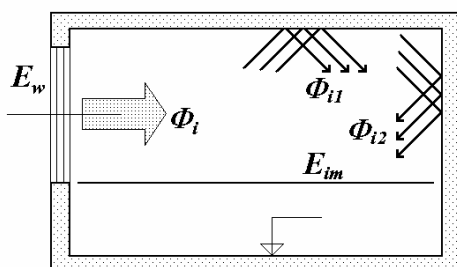
Obr. 7: K analytickým metodám výpočtu činitele denní osvětlenosti

12. Bodová metoda

Princip bodové metody spočívá v rozdělení osvětlovacího otvoru na velký počet malých plošek, z nichž každá působí do sledovaného místa jako bodový zdroj světla. Metoda je využívána v programech na PC.

13. Arndtův vztah

Jednoduchý model uvažující jen průměrné podmínky ve vnitřním prostoru navrhl v roce 1955 W. Arndt. Světelný tok Φ_i [lm] vnikající oknem do místnosti je součinem osvětlenosti roviny zasklení E_w [lx], činitele difúzního prostupu světla $\tau_{s,dif}$ [-] a čisté plochy W [m²] zasklení okna.



$$\Phi_i = E_w \tau_{s,dif} W \quad (7)$$

Světelný tok Φ_{in} [lm] po n -tém odrazu od vnitřních povrchů místnosti s průměrným činitelem odrazu světla ρ_m [-] je

$$\Phi_{in} = \Phi_i \rho_m^n \quad (8)$$

Světelný tok Φ_{in} [lm] osvětluje vnitřní povrchy místnosti, jejichž plocha je ΣS [m²]. Průměrná osvětlenost E_{imn} [lx] vnitřních povrchů místnosti světlem odraženým n -krát od vnitřních povrchů místnosti pak je

$$E_{imn} = \frac{\Phi_{in}}{\Sigma S} = \frac{E_w \tau_{s,dif} W \rho_m^n}{\Sigma S} \quad (9)$$

Celková průměrná osvětlenost E_{im} [lx] světlem odraženým od vnitřních povrchů místnosti je součtem osvětleností po všech odrazech světla od vnitřních povrchů, tedy s využitím konvergence součtu řady $x + x^2 + x^3 + \dots$ pro $x \in (-1;1)$

$$E_{im} = \sum_{n=1}^{\infty} E_{imn} = \frac{E_w \tau_{s,dif} W}{\Sigma S} \sum_{n=1}^{\infty} \rho_m^n = \frac{E_w \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1 - \rho_m)} \quad (10)$$

Obě strany rovnice (107) lze dělit horizontální exteriérovou osvětleností E_H [lx] a násobit 100 %. Získá se tak Arndtův vztah mezi průměrnou hodnotou vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti D_{im} [%] a činitelem denní osvětlenosti roviny zasklení okna D_w [%].

$$D_{im} = \frac{D_w \tau_{s,dif} W \rho_m}{\Sigma S (1 - \rho_m)} \quad (11)$$

Hodnotu činitele difúzního prostupu světla lze uvažovat jako $\tau_{s,dif} = 0,9 \tau_s$

14. Metoda BRS

Metoda BRS (Building Research Station) zpřesňuje Arndtův vztah tím, že odděleně sleduje světelný tok přicházející do vnitřního prostoru shora a odrážející se především od podlahy místnosti a světelný tok přicházející zdola převážně odrazem od terénu a odrážející se především od stropu místnosti. Do výpočtu se zavádí průměrný činitel odrazu světla ρ_{mh} [-] povrchů nad vodorovnou pracovní rovinou a průměrný činitel odrazu světla ρ_{md} [-] povrchů pod vodorovnou pracovní rovinou. Průměrná hodnota vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti je po tomto zpřesnění

$$D_{im} = \frac{\tau_{s,dif} W}{\Sigma S (1 - \rho_m)} (C\rho_{md} + 5\rho_{mh}) \quad (12)$$

Metodu ve formě nomogramů je možno použít pro stanovení vnitřní odražené složky D_i [%] činitele denní osvětlenosti pro interiéry s bočním osvětlovacím systémem a svisle zasklenými okny.

15. Metoda mnohonásobných odrazů

Metoda modeluje konečný počet odrazů světla ve vnitřním prostoru budovy a stanoví tak hodnoty vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti. Je využívána ve výpočtech na PC.

16. Závěr

Přestože v posledních desetiletích zaznamenaly ve všech technických oborech velký rozvoj metody založené na automatických výpočtech na osobních počítačích, neztratily a do budoucna asi neztratí grafickopočetní metody výpočtu ve stavební světelné technice svůj význam. Výpočty na PC jsou ve srovnání s grafickopočetními metodami mnohonásobně rychlejší, přesnější a celkově efektivnější, avšak stále zaostávají při praktickém použití v důležité vlastnosti každého posouzení – v průkaznosti. S využitím dnešní dokonalé kopírovací techniky jsou tištěné protokoly z výstupů automatických programů snadno pozměnitelné, a tak bývá často napadána jejich věrohodnost při územních a stavebních řízeních jakož i při soudních přích týkajících se vzájemného stínění budov. Stanovení hodnoty činitele denní osvětlenosti grafickopočetní metodou je oproti výpočtům na PC snadno kontrolovatelné prakticky krok za krokem od zadání vstupních hodnot až po výsledek.

Ve světě se projevují dvě tendence rozvoje výpočetních metod ve stavební světelné technice. Jednak se rozvíjí podrobné výpočty pomocí programů na osobních počítačích a jednak přetrvává používání grafickopočetních metod. Některé státy mají grafickopočetní metody zahrnuté v národních technických normách. Výhodou výpočtu na PC je vysoká přesnost a rychlost výpočtu, která dovoluje zpracovat velký objem dat. Je možné provádět výpočet v husté síti kontrolních bodů a získat tak velmi podrobnou představu o rozložení osvětlení v řešeném interiéru. Rovněž výstupy z programů jsou nezřídka velmi názorné a efektní. Grafickopočetní metody se používají k testování výpočetních programů a jejich předností oproti výstupům z výpočtu na PC je jejich průkaznost.

Literatura:

- [1] Bystřický V, Kaňka, J: Osvětlení, ČVUT Praha 1997
- [2] Habel, J. a kol: Světelná technika a osvětlování, FCC PUBLIC 1995
- Halahyja, M. a kol: Stavebná tepelná technika osvetlenie a akustika,
[3] Alfa Bratislava 1985
- Kaňka, J: Použití Waldramova diagramu při stanovení činitele denní
[4] osvětlenosti, Stavební obzor 6/1993, str.157-159
- Kaňka, J. Pelech, M.: Program pro výpočet činitele denní osvětlenosti WAL 1.1.,
[5] Projektování a výstavba 1-2/1995, str.39-43
- [6] Kaňka, J. Kulhánek, F: Stavební fyzika, ČVUT Praha 1998
- Kaňka, J: Stanovení činitele denní osvětlenosti svislé roviny okna Waldramovým
[7] diagramem upraveným v ČVUT Praha, Světlo 2002/1
- [8] Kaňka, J: Stavební fyzika 1: Zvuk a denní světlo v architektuře, ČVUT Praha 2003
- [9] Kaňka, J. Svoboda, Z: Stavební fyzika 31, ČVUT Praha 2004
- [10] Kittler, R. Kittlerová L: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, Alfa 1975
- [11] Matoušek, J: Denní osvětlení budov, komentář k ČSN 730580, ÚNM Praha 1988
- Provazník, K. a kol: Prevence nepříznivého působení vlivů obytného prostředí na
[12] zdraví, SZÚ Praha 1996
- [13] Provazník, K. Komárek, L. Havránek, J: Manuál prevence v lékařské praxi, SZÚ 1996
- Weiglová, J. Kaňka, J: Stavební fyzika 10, Denní osvětlení a oslunění budov,
[14] ČVUT Praha 1999
- [15] ČSN 734301 Obytné budovy (1989)
- [17] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov - základní požadavky (1999)
- [18] ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov (1992)
- [19] ČSN 730580-3 Denní osvětlení škol (1994)
- [20] ČSN 730580-4 Denní osvětlení průmyslových budov (1994)
- [21] ČSN 360020-1 Sdružené osvětlení - základní požadavky (1994)

Osobní údaje:

Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Vzdělání:

Ing: září 1971, ČVUT stavební fakulta Praha

Ph.D: únor 2000, ČVUT stavební fakulta, Praha

Profesní praxe:

1971 – 1981 projektant: Mlýny a pekárny, Československá televize, Zelenina Praha

1981 – 1993 vedoucí pracoviště stavební akustiky v Institutu hygieny a epidemiologie

1993 – 2007 odborný asistent ČVUT v Praze, fakulta stavební a fakulta architektury

1993 – 2007 spolupráce s praxí: vypracování světelně technických a hlukových studií k projektům: Hydroprojekt Praha, Helika, Loxia, atelier Labus, atelier Pleskot, atelier Dům a město, atelier Omikron-K, arch. Hubička, arch. Masák aj.

Vysokoškolská skripta:

Kaňka, J. Novotná, O: Stavební fyzika – pomůcka pro cvičení, ČVUT Praha 1991

Kaňka, J: Akustika v architektuře, ČVUT Praha 1994

Weiglová, J. Kaňka, J: Stavební fyzika 10, denní osvětlení a oslunění budov, ČVUT Praha 1999

Kaňka, J: Stavební fyzika 1, zvuk a denní světlo v architektuře, ČVUT Praha 2004

Kaňka, J. Svoboda, Z: Stavební fyzika 31, ČVUT Praha 2004

Bedlovičová, D. Kaňka, J. Weiglová, J: Stavební fyzika 1, denní osvětlení a oslunění budov, ČVUT Praha 2006

Kaňka, J: Stavební fyzika 1, akustika budov. ČVUT Praha 2007

Znalost jazyků: anglický jazyk, ruský jazyk

