

Přesnost a jednotnost při posuzování proslunění budov

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.,
Fakulta stavební ČVUT v Praze

1. Úvod

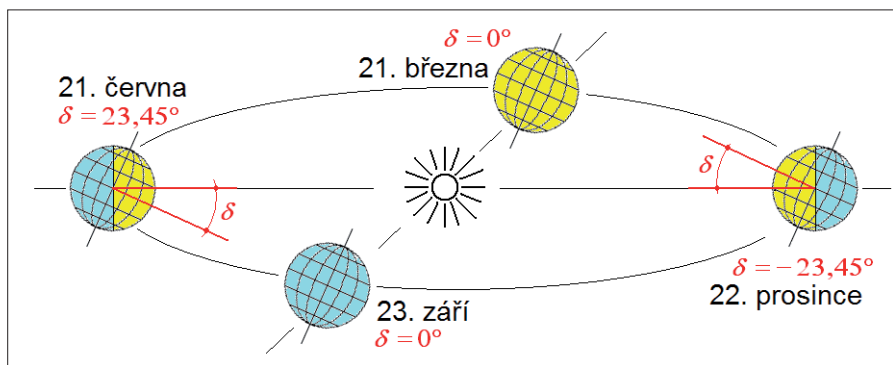
Slunce je hvězda, která je nejbližší Zemi. Povrch Země zásobuje teplem a světlem. Energie slunečního záření je nezbytná pro téměř všechny procesy, které na Zemi probíhají. Je na ní závislé podnebí, změny počasí i teploty, významně se podílí na přílivu a odlivu. Pomáhá na zemském povrchu udržet vodu v kapalném skupenství, je rozhodujícím faktorem pro fotosyntézu rostlin a umožňuje živočichům i lidem vnímat zrakem. Sluneční záření se vyznačuje baktericidním působením. Nedostatek přístupu slunečního záření do příbytků lidí v minulosti napomáhal šíření infekčních nemocí. Na neblahý zdravotní stav populace v době tzv. průmyslové revoluce reagovali významní architekti první třetiny minulého století v Athénské chartě. Článek 26 tohoto významného dokumentu moderního urbanismu výslovně požaduje stanovení požadované doby proslunění pro každý byt.

Sluneční světlo dosáhne povrchu Země za 8 min a 19 s. Vzdálenost mezi Zemí a Sluncem se pohybuje v rozmezí $147,1 \cdot 10^6$ km (perihélium) až do $152,1 \cdot 10^6$ km (afélium). Střední vzdálenost Země od Slunce je 149,6 milionů km. Tyto změny vzdálenosti však nejsou příčinou střídání ročních období na Zemi. Příčinou je střídavé přiklání severní polokoule Země ke Slunci vždy v letním období (a její odklon v zimě) při oběhu planety po mírně eliptické dráze kolem Slunce v průběhu jednoho roku. Sluneční deklinace δ ($^\circ$) je úhel, který svírá rovina zemského rovníku se směrem slunečních paprsků. Deklinace se v průběhu roku mění v rozsahu $-23,45^\circ$ až $+23,45^\circ$ (viz obr. 1). Periodické změny deklinace významně souvisejí se skutečností, že osa rotace Země při oběhu této planety okolo Slunce zachovává (přibližně) stejný směr. Dále bude ukázáno, že slovo „přibližně“, uvedené v předchozí větě v závorce, je v normalizaci o proslunění bytů zdrojem velkých potíží.

V české technické normalizaci se první požadavky na oslunění obytných budov objevily v ČSN 73 0020 z roku 1955 [1]. Dodnes platný postup při posuzování proslunění bytů ale zavedla až ČSN 73 4301 z roku 1968 [2]. Rozhodné datum pro posouzení bylo stanoveno na 1. březen a požadavek dopadu přímého slunečního záření do okna na 90 min. Stanovení data posuzování před počátek jara

má snad logiku ve skutečnosti, že v zimním období lidé nejvíce trpí nedostatkem slunečního záření, a toto záření je proto právě v závěru tohoto období pro ně nejvíce důležité. Jisté ale je, že datum 1. břez-

izotop cesia 133 vykazují nejistotu měření 1 s za 60 milionů let. Stejně tak společnosti vyvíjející software k posuzování všeho možného včetně proslunění se předhánějí v přesnosti výsledků svých výpočtů.



Obr. 1. Periodické změny deklinace Slunce během roku

na nemá žádný magický význam pro zdraví člověka a 90 minut není žádné vědecky podložené minimum z hlediska působení slunečního záření na zdraví. Smyslem požadavků na proslunění není doručit přímé sluneční záření do bytů právě v den 1. března a právě v uvedeném množství. Smyslem je vyloučit taková neefektivní řešení, kdy všechna okna bytu jsou orientována na sever nebo jsou nadměrně stíněna. K tomuto účelu by jistě mohlo sloužit i jiné datum a jiný požadovaný počet minut. A také slouží v technických normách jiných států Evropy. V návrhu evropské normy [3] se počítá s datem 21. března.

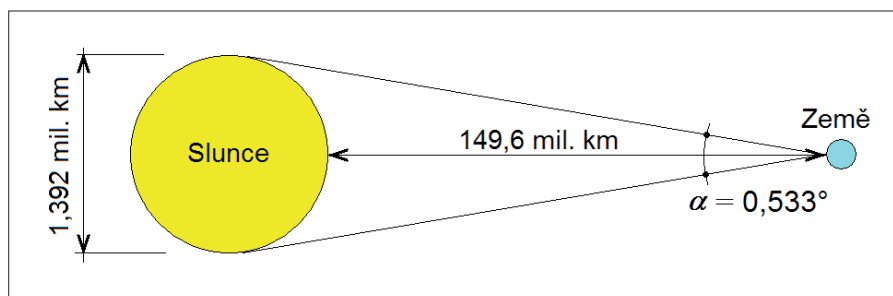
2. Přesnost

Moderní doba klade stále větší požadavky na přesnost měření a výpočtů ve fyzice. Ty rostou současně se zdokonalováním měřicí a výpočetní techniky. Právě čas je dnes nejpřesněji určenou fyzikální veličinou. Atomové hodiny využívající

Průměr Slunce je necelých 1,4 milionů km. Na obloze se nám proto jeví jako kotouč, jehož průměr vidíme pod úhlem asi $0,5^\circ$ (viz obr. 2). Východ nebo západ slunce je proto proces, který trvá nejméně 2 min a při skloněné zdánlivé sluneční dráze se tento časový údaj ještě více prodlužuje (viz obr. 3). Je zřejmé, že počítat dobu dopadu přímého slunečního záření přesněji než na celé minuty nemá pro technické účely smysl. Vzájemné stínění bývá často námětem sousedských sporů. Zavedení větší přesnosti posuzování by v těchto případech podporovalo spory o naprosto nevýznamné rozdíly v proslunění. Článek 3.3.6 platné ČSN 73 0581 (2009) [4] proto stanovuje, že „Výpočtem stanovená doba oslunění se zaokrouhluje na celé minuty.“

3. Měření

Jestliže se hovoří o přesnosti výpočtu, je třeba znát stav, ke kterému lze nejistoty výpočtu vztahovat, tj. stav, který lze po-

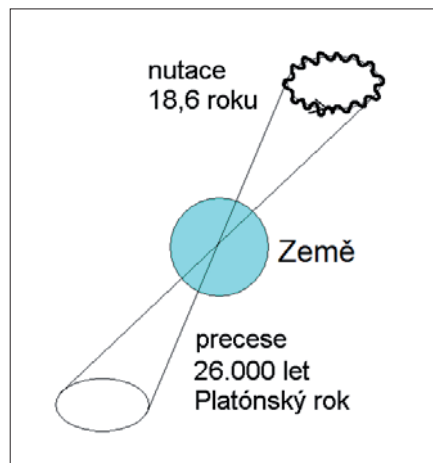


Obr. 2. Průměr slunce jako úhlová vzdálenost při pozorování

kládat za „přesný“. Ve fyzice se obecně za takový stav pokládá výsledek měření. Měřením se zjišťuje skutečnost, zatímco výpočet vždy pracuje s více nebo méně přesným modelem skutečnosti. I nejdokonalší výpočtový model je zjednodušený, protože nikdy není schopen postihnout skutečnost v celé její složitosti. Z nedokonalosti modelu právě plynou nejistoty výpočtu. Problémem ale je, že dobu proslunění nelze měřit. Obtížné je už jen jediné „observační“ datum 1. března. Budeli ten den zataženo, slunce nebude vidět a měření se bude muset odložit o rok nebo alespoň do 14. října, kdy by měla být zdánlivá dráha slunce po obloze totožná s tou březnovou. Ale jsou tu ještě další skutečnosti zpochybňující možnost měřit proslunění. Poloha slunce je v každém okamžiku určena azimutem A ($^\circ$) a výškou h ($^\circ$) nad obzorem. Tyto dva úhly je možné stanovit výpočtem, je-li známa deklinace δ ($^\circ$), hodinový úhel τ ($^\circ$) a zeměpisná šířka φ ($^\circ$) daného místa. Příslušné vztahy lze nalézt v [4].

4. Precese a nutace

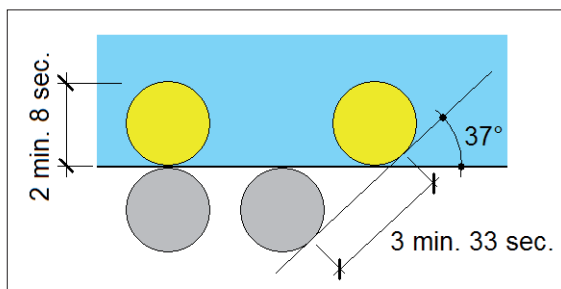
Zemská osa nezachovává v prostoru stále stejný směr, ale v důsledku gravitačních sil Slunce a Měsíce opisuje plášť dvojkužele (viz obr. 4). Hlavní pohyb, precese, má periodu 26 000 let (platónský rok) a je



Obr. 4. Precese a nutace

doprovázen drobnějším pohybem způsobeným gravitačními silami ostatních planet. Tento drobný pohyb se nazývá nutace a jeho základní periodou je 18,5 roku. Důsledkem precese a nutace je skutečnost, že hodnoty deklinace mají každý rok jiný průběh. Projevuje se to i tím, že např. den jarní rovnodennosti se rok od roku mění. V době 1 000 let před naším letopočtem rovnodennost běžně nastávala 30. břez-

na, okolo přelomu letopočtu 23. března a v současné době je nejčastěji 20. března, ale někdy také 21. března [5]. Přesné hodnoty deklinace pro jednotlivé dny v roce lze nalézt ve hvězdářských ročencích. Kdyby odborníci vycházeli při výpočtech z těchto astronomicky přesných údajů, měli by sice model s malými nejistotami, avšak stávalo by se, že vypočtená doba proslunění by se rok od roku měnila, včetně případu, kdy by v jednom roce proslunění vyhovělo požadavkům normy, zatímco v jiném roce nikoliv. Taková praxe je ale v technické praxi nepřijatelná.



Obr. 3. Čas potřebný k východu nebo západu slunce

Proto se v českých technických normách o proslunění [4], [6] hodnoty deklinace stanovují sice nepřesně, ale jednotně podle návodu, který je v těchto normách obsažen. Podrobněji tato tematika viz [7]. Je nutné poznamenat, že obdobně s deklinační zachází i návrh evropské normy na denní osvětlení a proslunění budov [3]. Procedura stanovení průměrné deklinace se ale bude lišit od té, která je v dosud platných českých technických normách.

5. Časová rovnice

Pravý sluneční čas vznikl rozdělením pravého slunečního dne na 24 hodin. Pravý sluneční den trvá od půlnoci do půlnoci dalšího dne. Je to časový úsek mezi dvěma dolními kulminacemi Slunce. Dolní kulminace nastává, když je Slunce nejníže pod obzorem, tj. právě o půlnoci. Země koná dva pohyby: otáčí se okolo vlastní osy a obíhá kolem Slunce. Červený bod na obr. 5 je na povrchu Země na straně odvrácené od Slunce. Představuje tak místo s dolní kulminací – má půlnoc. K uplynutí pravého slunečního dne nestačí, aby se Země otočila kolem své osy o 360° . Země se během dne zároveň posunula na své dráze okolo Slunce o úhel β ($^\circ$) a o tento úhel se musí navíc pootočit okolo své osy, aby nastala další dolní kulminace. Během pravého slunečního dne se tak Země otočí o $(360 + \beta)^\circ$. V důsled-

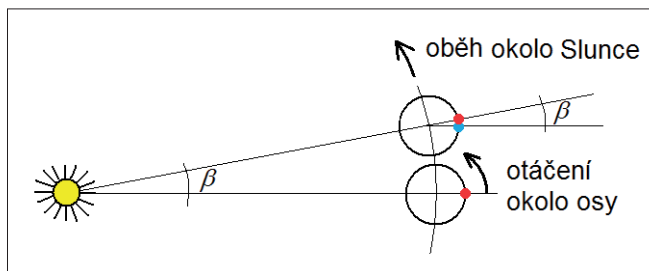
ku nerovnoměrné rychlosti oběhu planet okolo Slunce podle druhého Keplerova zákona se úhel β ($^\circ$) během roku mění a tím se mění i délka pravého slunečního dne. Rozdíl mezi pravým slunečním časem (podle kterého se pohybují planety) a středním slunečním časem (přibližně shodným s naším občanským časem podle atomových hodin) udává časová rovnice. Rozdíly v těchto časech jsou v některých obdobích roku až zhruba čtvrt hodiny. Problémy s plynutím času mohou být další příčinou nejistot výpočtu proslunění ve vztahu k měření. Norma [6] řeší tento problém tak, že stanovuje pro výpočet hodinového úhlu τ ($^\circ$) při posuzování proslunění jen pravý sluneční čas.

6. Zeměpisná šířka

Ani poslední z veličin, které souvisejí s polohou slunce na obloze, zeměpisná šířka φ ($^\circ$), není bez problémů a nejistot. Pro jednotnost posuzování se na celém území naší republiky používá hodnota $\varphi = 50^\circ$. Ve skutečnosti ale tato veličina může nabývat hodnot v rozsahu od $\varphi = 48,6^\circ$ (Lanžhot) do $\varphi = 51,0^\circ$ (Rumburk). I to může být zdrojem nejistot výpočtu.

7. Závěr

Je nutné konstatovat, že přesné astronomické výpočty nejsou pro posuzování proslunění budov vhodné, a to nejen pro svoji složitost, ale i pro nestabilitu výsledků v čase z roku na rok. Doba proslunění



Obr. 5. Pravý sluneční den

byť se neměří (měření je zakázáno) – viz článek 3.3.7 normy [4]. V českých technických normách je posuzování proslunění zjednodušeno a bude tomu tak jistě i v normě evropské [3]. Před přesností výpočtu je dána přednost jednotnosti postupu. Pro zajištění spravedlivého posouzení je jednotnost nezbytná, zatímco na přesnosti (zejména při absenci možnosti měření) tolik nezáleží. Případné nejistoty výpočtu mohou plynout jen z chyb při zadávání polohy kontrolních bodů, rozměrů stínících překážek a ze stanovení severního směru v situaci. Náš výpočtový model není totožný s astronomickou skutečností, ale i tak (a právě proto) dobře plní svoji funkci spočívající v regulaci

výstavby ve smyslu vyloučení neefektivních návrhů bytů a v bránění nadměrnému stínění slunečního záření. Popsané problémy normalizace proslunění budov jsou příkladem toho, že jednotnost posuzování na jedné straně a přesnost měření a výpočtů na straně druhé mohou být (a často jsou) v protikladu. Jednotnost postupu zjednodušuje provoz a zvyšuje spravedlnost posuzování. V normách o proslunění jednotnost nad přesností naprosto zvítězila. Jistě by bylo možné zamyslet se nad možností zavést větší jednotnost i v normách o denním osvětlení. Zde je ale situace složitější v tom, že měre-

ní činitele denní osvětlenosti D (%) je sice obtížné, ale možné. Přesto i tyto normy [8] k potřebné jednotnosti výpočtů směřují. Projevuje se to např. v jednotném používání činitele jasů stínících překážek $k = 0,1$ i průměrného činitele odrazu světla $\rho_m = 0,5$ povrchů v místnosti a dalších okolností výpočtu. Ale o tom snad až v jiném příspěvku.

Poznámka: Psaní velkých písmen v názvech nebeských těles se v tomto příspěvku řídí světovým systémem. Jedná-li se o systém heliocentrický (Země se otáčí okolo Slunce), píše se v názvech velké písmeno. Naopak systém topocentrický

(pozorovatel stojí na zemi a svítí na něj slunce) vyžaduje psaní písmen malých.

Literatura:

- [1] ČSN 73 0020. *Obytné budovy*. 1955.
- [2] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. 1968.
- [3] Draft prEN 17037. *Daylight of buildings*.
- [4] ČSN 73 0581. *Oslunění budov a venkovních prostor – metoda stanovení hodnot*. 2009.
- [5] <http://www.beda.cz/~jirkaj/seasons/seasons.pdf>
- [6] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. 2004. Změna Z1. 2005.
- [7] Kaňka, J. *Deklinace Slunce v průběhu desetiletí*. Světlo, 1/2012.
- [8] ČSN 73 0580-1 až 4. *Denní osvětlení budov*. 1994 až 2007. Změna Z1. 2011.

Nejčernější materiál na světě

Firma Surrey Nanosystems (Velká Británie) uvedla na trh verzi nejčernějšího materiálu na světě Vantablack S-VIS ve spreji, který se snadno nanáší téměř na libovolný povrch s libovolnými podklady, včetně polymerů, a tak značně rozšiřuje oblast jeho použití.

Stojí za zmínku, že materiál Vantablack byl zpočátku určen na výrobu normálů typu „černé těleso“ a rovněž pro kosmické systémy na pozorování a ke kalibraci měřicích soustav, kde díky pohlcování nežádoucího UV záření, viditelného světla i infračerveného záření zlepšuje citlivost a přesnost přístrojů (teleskopy, monochromátory apod.).



Od té doby se objevily i další oblasti použití, včetně součástí kolektorů v solární energetice, pracovních ploch v budovách, v kinematografii v promítacích přístrojích apod..

Přitom Vantablack představuje „les“ z vertikálně rozmístěných uhlíkových nanotrubiček, jejichž výrobní postup umožňuje v procesu výroby ří-

dit výšku a hustotu „lesa“, přičemž cílem je získat maximální pohltivost v požadovaném rozsahu vlnových délek.

Činitel odrazu povlaku z daného materiálu je nižší než 0,2 % a zůstává konstantní v celém rozsahu vlnových délek a pozorovacích úhlů, což má rozhodující význam v optických přístrojích a v mnoha dalších oblastech použití.

Podle tvrzení firmy Surrey Nanosystems je materiál Vantablack S-VIS vhodný pro hromadné použití.

<http://www.surreynanosystems.com>

[Světotechnika, 2/2016.]

VL. Dvořáček

Co je nového v CIE

Technická zpráva CIE TN-004: Použití termínů a jednotek ve fotometrii – Zavedení Soustavy CIE pro mezopickou fotometrii (*The Use of Terms and Units in Photometry – Implementation of the CIE System for Mesopic Photometry*)

Technická zpráva představuje návod k používání termínů a jednotek ve fotometrii, jmenovitě ve vztahu k termínům a jednotkám použitelným pro mezopickou fotometrii. Lze ji použít ve spojení s publikací CIE 191:2010 (CIE, 2010), v níž jsou uvedeny podrobnosti ohledně metody, která by měla být použita při výpočtu mezopických jednotek a je plně kompatibilní s požadavky Mezinárodní soustavy jednotek SI a s metrologickými principy fotometrie.

Technická zpráva CIE TN-003: Zpráva z první mezinárodní tvůrčí dílny na téma cirkadiánní a neurofyzilogické fotometrie (*Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry*, 2013)

Technická zpráva pojednává o úloze lidského oka při zpracovávání světelné informace a měření světelné expozice oka se zvláštním důrazem na fyziologické a fotobiologické účinky, jejichž odlišnost od vizuálního vnímání byla hlouběji poznána po objevu melanopsinu v lidských nervových buňkách sítnice. Zpráva shrnuje materiály a společnou dohodu první mezinárodní tvůrčí dílny o cirkadiánní a neurofyzilogické fotometrii (IWCNP 2013, the Workshop) se záměrem poskytnout informace pro vlády, světelnotechnickou veřejnost a profesionální pracovníky ve veřejném zdravotnictví upozorňující na důležitost vědeckých pokusů a získávání dalších poznatků v této oblasti.

Publikace CIE 217:2016 Recommended Method for Evaluating the Performance of Colour-Difference Formulae (*Doporučená metoda hodnocení přesnosti vzorce pro výpočet rozdílu barev*) ISBN 978-3-902842-57-2

Metoda doporučená k vyhodnocení vazby vizuálně vnímaného rozdílu barev v daném souboru dvojic barev a odpovídajících hodnot stanovených pomocí vzorce pro výpočet rozdílu barev, který je založen na normalizované metodě nejmenších čtverců a zjišťuje, zda dva vzorce pro výpočet rozdílu barev jsou, nebo nejsou statisticky významně různé. Stejný ukazatel může být použit při výpočtu rozdílu mezi vizuálními posudky jednotlivých pozorovatelů či pozorovatele samotného při vizuálních experimentech. Vedle významného pokroku dosaženého v oblasti hodnocení rozdílu barev s využitím spolehlivých a v současnosti dostupných vizuálních datových souborů výsledky ukazují, že pro výpočet rozdílu barev nelze doporučit rovnoměrnější kolorimetrický prostor s euklidovským vzorcem, který je statisticky podstatně lepší než CIEDE2000.

Publikace je napsána v angličtině se stručným obsahem ve francouzštině a němčině. Má 28 str., 1 obr. a 11 tab.

Ing. VL. Dvořáček, místopředseda NK CIE

(pokračování ze str. 34)