

Jak osvětlovat budovy veřejných institucí šetrně k životnímu prostředí

Jan Hollan, Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně
2007

Obsah

Shrnutí.....	1	Když už oči tak neslouží.....	5
Trochu historie.....	1	Ostatní prostory budov.....	6
Denní světlo je nejlepší.....	2	Pracovní osvětlení od soumraku do rozednění: zcela žluté.....	6
Problémy s monitory.....	3	Osvětlení pro noční orientaci.....	7
Clonění a přesměrovávání světla zvenčí.....	3	Exteriéry budov.....	7
Umělé doplňování denního světla.....	3	Hi-tech okna.....	7
Zabraňme oslňování.....	4	Odkazy.....	8
Kolik světla potřebujeme.....	4		
Regulace světla dle situace.....	5		

Shrnutí

Veřejné instituce pracují téměř výhradně jen ve dne, a měly by téměř zcela vystačit s denním světlem, tak jako to dokázaly v minulých staletích. K tomu bývá potřeba přebytky přírodního světla přesměrovat z míst těsně u oken dál, do hloubky místností, kde už by jinak bylo světla málo. Nesmí se stávat, že zaclonění oken např. proti slunci vede až k tomu, že se zbytečně rozsvěcuje umělé osvětlení. Pro dobré využití přírodního, natož umělého světla je potřeba, aby místnost světlo co nejméně pohlcovala, tj. měla všechny povrchy co možná světlé.

Pro umělé doplňování denního světla jsou vhodné jen bílé zářivky typu T8 nebo T5, tzv. třípásmové, napájené elektronickými vysokofrekvenčními předřadníky. Tam, kde se svítí stovky hodin ročně, by předřadníky měly umožňovat plynulou regulaci výkonu zářivek, aby se uměle nepřidávalo více světla, než je momentálně nutné. Leckde to může dobře zajistit jen automatická regulace se světelným čidlem i čidlem na přítomnost osob. Celkové základní osvětlení pracovních místností by nemělo být příliš silné, stačí desítky luxů až sto luxů, jen skutečné pracovní plochy by měly mít možnost přisvětlení až na stovky luxů. Přisvětlování musí být dokonale regulovatelné jednotlivými uživateli. Pro přisvětlování můžou být vhodnější kompaktní zářivky, ovšem s odděleným elektronickým předřadníkem umožňujícím regulaci světla.

Je důležité si uvědomit, že při dvakrát světlejší ploše stačí polovina světla k okamžitému vyvolání stejného zrakového vjemu: podstatné jsou jasy, tedy to, co skutečně vidíme, ne intenzity osvětlení. A že umělým osvětlením je nutné šetřit: ptát se nejen „nesvítíte zbytečně?“, ale také „nesvítíte zbytečně silně?“ A také, že zrak se dokáže dobře přizpůsobit velmi různým jasům, má-li k tomu čas a podmínky – při třiceti kiloluxech

venku a třech stech luxů, ba i jen třiceti luxech uvnitř vidíme nakonec téměř stejně dobře.

Velkou intenzitou umělého osvětlení nelze kompenzovat ztrátu akomodační schopnosti lidí nad 45 či nad 50 let: jediným správným řešením je za takových podmínek důsledné používání čtecích brýlí, případně i dvou různých, pro různé vzdálenosti pracovních ploch.

Pokud se v budově pracuje i před rozedněním nebo po setmění, má přejít na režim mnohem slabšího, filtrovaného osvětlení. To nemá obsahovat modrou složku, má tedy být sytě žluté nebo dokonce oranžové a podobat se tím starému osvětlení pomocí plamene. Jen lokálně, pro nezbytné případy rozlišování všech barev, je přijatelné přidat na cílovou plochu bílé světlo s intenzitou několika luxů, pro to se hodí nejslabší kompaktní zářivky nebo LEDky. Naopak, pro běžnou práci s texty je tehdy vhodné ubrat modré složky na monitorech.

Zcela noční osvětlení, sloužící lidem se zrakem adaptovaným na tmu k případné orientaci na chodbách atd., má mít intenzitu jen desetiny luxu, jako venku při úplňku. To může být opět bílé.

Venkovní osvětlení, kromě toho, že nemá svítit nikam mimo skutečné cílové plochy, nemá být v provozu v době, kdy do budovy a z ní nikdo nechodí. Při pouze občasných chodcích se hodí světla spínat čidly. Totéž platí pro případné osvětlení fasád, které má být realizováno směrem shora dolů, s intenzitou pod deset luxů, a zapnuto jen na dobu, kdy je diváky či chodci skutečně využito; takovým osvětlením lze ev. nahradit samostatně rozmístěné veřejné osvětlení.

Trochu historie

Začněme úvahou, jak asi takové budovy fungovaly v polovině devatenáctého století, pokud jde o osvětlení. Odpověď se zdá jasná: fungovaly jen přes den. Od devíti ráno do tří odpoledne bylo u oken světla i v prosinci

a lednu vždy dostatek, a v jiných měsících přinejmenším od osmi do čtyř hodin – ve dvou třetinách roku bylo pak možné pracovat i mnohem déle, ale úřední hodiny mimo takové základní období jistě nebyly. Zrakově zvlášť náročné práce bylo možné za zimních rán o hodinu odložit, až bude světla hojnost. A že tehdy zrakově náročné mohly být: dokumenty psané šedou tužkou na nebeleném či zažloutlém papíře, či ve dvacátém století psacím strojem na „průklepáku“ se čtou mnohem hůře než dnešní dokonale kontrastní, ostré texty z laserové tiskárny.

Za pozornost stojí, že staré budovy mívají vysoké místnosti s okny sahajícími téměř ke stropu. Pro práci s dokumenty je totiž denní osvětlení postačující do vzdálenosti asi jedenapůlkrát větší než je výška horního okraje okna. Je-li místnost vysoká pět metrů a okna končí půl metru pod stropem, dopadá i ve vzdálenosti sedmi metrů od oken na stoly během dne dost světla. Tak ostatně dosud funguje např. většina školních učeben.

Jinak tomu bývalo v některých továrnách s drahými výkonnými stroji – např. v textilkách se už v osmnáctém století pracovalo na tři směny, při olejových lampách. Ty doznaly začátkem devatenáctého století zlepšení, ale i tak svítily stěží desetkrát více než svíčka. Továrny byly pak první, které osvětlování zlevnily instalováním rozvodů plynu a plynových hořáků. Po vynálezu plynoměru se takové osvětlování postupně zavádělo i v městských domácnostech; to vedlo ke změně životního stylu, totiž ke čtení knih za zimních večerů.¹ V poslední třetině devatenáctého století byl postupně olej nahrazen petrolejem.²

Teprve všeobecné rozšíření „punčoškových“ lamp, kdy je plamenem jen vyhřívána křehká mřížka z oxidu thoria a ceru, umožnilo koncem devatenáctého století efektivně pracovat s málo kontrastními, netišťnými dokumenty i bez denního světla. Bylo to ale svícení drahé. Na jednotku světelného toku, lumen spotřebovávalo ne zlomek wattu jako žárovka, ale několik wattů. V zimě to samo o sobě nevadilo, pokud bylo potřeba topit, ale plyn, natož petrolej byl na topení přílišným luxusem oproti dřevu nebo uhlí. Drahé bylo i elektrické svícení na začátku dvacátého století. Noční práce se v kancelářích vyplatila leda v redakcích novin, aby mohly ráno vyjít. Silné osvětlení celého prostoru nebylo v kancelářích obvyklé; když už, tak se používaly stolní lampy. Pěkným příkladem budovy, která měla splnit nejvyšší nároky na kancelářskou práci v době před zářivkami byla vzdušná „21“, čili mrakodrap ve Zlíně

1 V menším měřítku dokázali lidé i v dřívějších dobách po setmění vykonávat zrakově náročné úkoly, např. rytci si na danou plošku promítali obraz plamene vytvořený kulovou skleněnou nádobou naplněnou vodou.
2 To zřejmě zabránilo úplnému vybití velryb, které bývaly hlavním zdrojem tuku pro svícení zejména ve Spojených státech – v roce 1920 tam nakonec lov úplně skončil díky tomu, že velryby byly nahrazeny elektrárnami...

dokončený v roce 1938. Osa budovy je od obou stěn vzdálena jen dvojnásobek výšky oken, a proto bývala ve dne dobře osvětlena.

Ve druhé polovině dvacátého století se rozšířily zářivky, které poskytují při daném elektrickém příkonu šestkrát více světla (až sto lumenů na watt) než žárovky. To umožnilo zdánlivou nezávislost kancelářské práce na denním světle. Způsobilo to úplnou proměnu architektury, kdy se začaly stavět budovy s rozsáhlými, poměrně nízkými podlažními – aby se jich do dané výšky budovy vešlo co nejvíce – bez atrií či světlíků uprostřed, odkázané i ve dne často již pět metrů od oken téměř úplně na umělé osvětlení.

Denní světlo je nejlepší

I dnes se nicméně v úřadech pracuje převážně ve dne, tehdy také mívají otevřeno pro veřejnost. Sedět blízko okna, s hojností denního světla a výhledem ven je komfort, který přispívá k pohodě, zvyšuje produktivitu práce, a – vůbec ne zanedbatelně – šetří peníze na umělé osvětlování. V letních, ba i jarních vedrech navíc ohřívá místnost méně než i to neúčinnější stejně silné umělé osvětlení. „Nezávislost“ na denním světle je skutečně jen zdánlivá.

Daylighting, čili osvětlování interiérů světlem přírodního původu, je opět podstatné téma architektury, jako bylo před sto lety, kdy o něm nemluvilo, protože bylo samozřejmé. Jak kvůli nutnému razantnímu snížení užívání fosilních paliv, tak kvůli zdravotním, humanitním, estetickým, i čistě „kapitalistickým“ aspektům. Jsme totiž živočichové, kteří jsou aktivní hlavně ve dne, a až donedávna pobývali celý den venku. Střídání silného denního světla, které má za jasných dní ve stínu silnou modrou složku, a přírodní noční tmy je pro naše zdraví, pohodu, a tedy i výkonnost podstatné.³

Denní světlo může být v kancelářích i rušivé. Především přímé slunce dopadající na bílý papír. Bílé plochy otočené ke slunci mívají tak velký jas, že pohled na ně je nepříjemný. Všichni našťestí známe pomůcku, na rozdíl od předminulého století běžně dostupnou, totiž tmavé brýle. Ty mohou být vhodným vybavením kanceláře na dobu, kdy na pracovní plochu přímo svítí slunce. V zimě nemusejí být potřeba, protože na vodorovný stůl dopadá světlo naplocho, i bílé papíry mají tehdy jasy snesitelné. Jindy může být vhodnou pomůckou pohyblivý *čtecí stolek*, který lze vhodně otočit a naklonit, aby na papír dopadaly sluneční paprsky jen z boku.

3 Přírodní tma, na kterou jsme přizpůsobení, je ještě větší než v otevřené krajině, i naši předkové uléhali totiž v noci do úkrytů. Ukazuje se, že pro zdraví je podstatný právě velký poměr světelných intenzit, kterým jsme vystaveni ve dne a v noci, s přírodní délkou trvání obou fází. Tento poměr až do doby rozvoje elektrického osvětlování a práce převážně v interiérech činil asi jednu miliardu, dnes je to pro některé z nás jen deset tisíc.

Problémy s monitory

S nástupem počítačů a jejich obrazovek začalo denní světlo dělat ještě větší problémy. Obrazovka je totiž po vynálezu promítání druhým případem v historii, kdy „světlo snižuje viditelnost“. Svítí sama obrazovka, a pokud na ni svítí ještě něco jiného, je obraz hůře zřetelný. Co víc, u starých monitorů s lesklým sklem je kromě žádaného obrazu vidět také odraz místnosti – okna, osluněných světlých ploch, případně i jasných ústí svítidel. Způsob osvětlování kanceláří se vlivem užívání skleněných monitorů zcela proměnil. S okny začal být problém, těžko se vybíralo, kam si monitor postavit a kam si sednout. Běžným opatřením začalo být okna zakrytá a raději svítit jen zářivkami strmě shora.

I z krásně prosklené kanceláře, jak sloužila třeba více než sto let, učinit jakousi jeskyni. V „nadzemní sklepy“ se proměnily i auly univerzit s vysokánskými okny.

Technika se naštěstí zlepšila, místo zavazecích těžkých monitorů se dnes nakupují jen tenké, s matným povrchem a řádově menším topným výkonem. Ty také velmi snižují únavu zraku. Odraz místnosti v nich nevidíme; přesto je vhodné dbát na co možná malé osvětlení obrazovky zvenčí. Tím, že nezabírají tolik místa a dají se snadno přemísťovat, vzniká možnost, že se dle denní i roční doby dají posunout tak, aby denní světlo viditelnost obrazu nekazilo. Ideální je, když jsou na zvláštním otočném rameni, pak lze bez obtíží polohu i natočení monitoru během dne měnit. Pomůže také, když sám uživatel má tmavé oblečení.

Clonění a přesměrovávání světla zvenčí

I při optimálním umístění pracovních ploch bývá potřeba množství světla zvenčí regulovat. Někdy kvůli viditelnosti obrazu, jindy pro snížení tepelného příkonu do interiéru. Když ještě není nutno interiér chránit před teplem, ba naopak je vhodné sluncem přitopit, je správnou alternativou ubrat světla co nejméně, jenom je vhodně přesměrovat. To mohou zvládnout i žaluzie, jejichž lamely lze naklápět. Lépe to dokáží, pokud jsou orientované miskovitými prohlubněmi nahoru a na této straně mají zrcadlový povrch – tehdy jimi lze odrážet přímé sluneční paprsky a zčásti i světlo ze zatažené oblohy dále na strop, čímž vzniká obdoba exteriéru: světlo přichází shora, z bílého stropu, jakoby z nebe. Moderní kancelářské budovy mívají takto řešená zasklená atria. To je ideální prostředí i pro čtení papírových dokumentů a psaní poznámek. Pěkným příkladem je německá budova Energon.

Pracuje-li v místnosti více osob, může být vhodné, aby manipulaci s pohyblivou žaluzií zajišťovala automatika, např. lamely žaluzie přivřela, když slunce začne přímo svítit do místnosti nebo už moc hřeje, a naopak otevřela nebo žaluzii odsunula, když už je světla málo. Samozřejmě, každou automatiku je potřeba mít možnost přemoci ručním ovládním. Automatické zavírání pohyblivé clony může být užitečné i z jiného důvodu, jako je snížení zbytečného solárního ohřevu interiéru během

víkendů nebo snížení úniku světla ven při použití umělého osvětlení ráno či večer.

Různé části oken, pokud jde o jejich výšku, obvykle vyžadují *různé* nastavení stínících a odrazných prvků. Nejhornější část oken může zůstat dokonce necloněná, ta přece svítí daleko do místnosti, kde se to téměř vždy hodí. Takové osvětlování se používalo i u velkých poslucháren, a samozřejmě u kostelů, však se tomu říká *bazilikální* okna či světlo. Bohužel, dnes obvyklá stínící a přesměrovávací zařízení takový komfort nenabízejí... Dají se alespoň namontovat dvě různá, pro vršek a spodek okna. Nebo k horní části okna přidat zvenčí lesklou polici, která světlo přesměruje na bílý strop a současně zastíní přímé slunce dopadající na stoly blízko okna. Pouhým zlepšením rovnoměrnosti osvětlení místnosti, tedy ubráním světla blízko oken, se může odstranit dojem, že daleko od oken „je nějak moc tma“.

Na trhu jsou i optické soustavy s lesklými zrcadlovými plochami důmyslného tvaru, které mohou nahradit horní část okna. Světlo sbírají hlavně z oblohy nad budovou a zrcadlovým tunelem je dopravují na vzdálený konec místnosti, kde je přesměrují dolů. I jinde než v horním podlaží tak vytvářejí něco jako světlíky. Jednodušší jsou samozřejmě právě ty světlíky, dnes mohou mít také složitou optiku a značnou svislou délku, pak se jim říká též světelné studny. Mohou taky brát světlo jen ze severní strany, bez přímého slunce. Více o technologiích využití denního světla viz [3].

Umělé doplňování denního světla

Daleko od oken bývá bohužel, mimo horní podlaží se světlíky, i tak leckdy potřeba ve dne přisvítit uměle. Pro kombinování s denním světlem jsou vhodné zářivky s dostatečně silnou modrou složkou označované jako cool white nebo daylight, s tzv. barevnou teplotou aspoň 5000 K. Dnes by mělo v každém případě jít o tzv. třípásmové zářivky, které se vyrábějí ve dvou průměrech, 8/8 palce (tj. 25 mm, označované jako T8) a 5/8 palce (T5, asi 16 mm). Tenčí verze může mít poněkud vyšší účinnost i životnost (až dvacet tisíc hodin), má ale vyšší jas, takže se nehodí pro ty případy, kdy je přímo v zorném poli a příliš oslňuje.

Zářivky by měly dnes být vždy napájeny tzv. *elektronickým předřadníkem*, jehož výstupem je střídavý proud o frekvenci desítek kilohertzů. Elektronické předřadníky mají několik zásadních výhod proti dosud běžným tlumivkám. Mají menší spotřebu elektřiny, nevřčí a nepřerušují výboj v zářivce s frekvencí 100 Hz. Takové přerušování světla sice přímo nevnímáme, ale může unavovat zrak, je nebezpečné např. pro epileptiky, a může být nebezpečné v dílnách s točivými stroji (to se pravda kanceláří netýká). Kde se kombinuje denní světlo se zářivkovým, tam se hodí používat dražší *typy elektronických předřadníků, které umožňují plynulou regulaci výkonu zářivek*. Pokud se taková regulace správně používá, přináší velké úspory elektřiny, protože po většinu dne nemusí zářivky svítit naplno.

Ideální je, když si každý uživatel může případně umělé přisvěcování regulovat sám, např. ikonami na obrazovce počítače. Hledí-li převážně na obrazovku, může umělé osvětlení podstatně zeslabit nebo vypnout, čte-li drobné nebo málo kontrastní písmo, světla si přidá. Jednodušší může být regulovat nějaké menší místní svítidlo, stolní lampu nebo její obdobu připevněnou jinak. Podstatné je, aby šlo měnit sklon, výšku i místo, nad nímž je zavěšena, např. leváci si raději posvítí z pravé strany. Regulaci základní osvětlovací soustavy, umístěné ve stropě nebo svítící na bílý strop, lze nechat na automatické, která udržuje zvolenou základní intenzitu osvětlení i za situace, že se přírodní světlo často mění, jako když přes slunce chodí mraky. Samozřejmě, i lokální svítidlo dnes musí být zářivkové. Je-li nevyšoko nad stolem, může pro ně být vhodnější kompaktní zářivka, čili U-trubice, případně i vícenásobná, než zářivka lineární, přestože kompaktní zářivka je vždy méně účinná než rovná trubice stejného příkonu. To proto, že světlo kompaktní zářivky lze lépe nasměrovat na pracovní plochu. Nejlepší dostupnou technikou je v tomto případě nikoliv kompaktní zářivka s integrovaným předřadníkem, používaná pro jednoduchou náhradu žárovek, ale zářivka s předřadníkem odděleným. Taková zářivka zabírá méně místa a její relativně drahý doplněk, předřadník, se od ní nezahřívá. Může pak sloužit mnoho let. Jak již řečeno, oddělený elektronický předřadník může a má být schopen příkon zářivky spojitě regulovat.

Takovou high-tech regulaci je možné doplnit i do starých svítidel, nicméně levněji doplnitelná a leckde užitečná je i technika mnohem jednodušší, ba starobylá: *mít na téměř každém stropním svítidle vypínač ovládaný visící šňůrkou se záteží na konci*, na níž lze ve stoje dosáhnout. Je to přehledné a z daného místa snáze použitelné než řada vypínačů někde na zdi. Jak světla ráno přibývá, postupně lze vypínat zářivky, které jsou blíže u okna. Jen ty poslední z nich, které jsou v nejtemnějším koutě místnosti, mají být bez samostatného ovládní, takže je lze vypnout pouze vypínačem na zdi.

Zabraňme oslňování

U umělého osvětlení i u modifikování denního světla jdoucího zvenčí je důležité vyhnout se jak oslňování, tak možným odrazům v obrazovkách. Oslňováním přitom rozumíme v širokém slova smyslu situaci, kdy jsou v něčím zorném poli přítomné plochy tak vysokého jasů, že jejich odstranění či snížení jejich jasů taková osoba uvítá. Umělé zdroje ani jejich optické obrazy s vysokým jasnem by proto neměly být v zorném poli, nebo alespoň ne blízko směrů, do nichž při práci či pohybu v interiéru lidé hledí.

Například dnes běžné opatření proti přímému oslňování, totiž clona z bílých látkových pruhů, může oslňování způsobovat: oslňovaná látka může mít vyšší jas než obloha či krajina, která by jinak byla z nítra místnosti v téže směru vidět. Oslňování, které tím vzniká, se pak bohužel často kompenzuje zvláště silným umělým

osvětlením ploch od okna vzdálených, aby dosahovaly srovnatelně vysokého jasů...

Obecně platí, že při snaze ubrat přebytečného světla blízko u okna by se onen přebytek měl neoslňujícím způsobem přeměrovat do stropu nebo na protější zeď, ideálně tak, aby nesvítíl do očí lidem, kteří se na okno podívají. Rušivé mohou být i lamely, na nichž se leskne slunce. Co je velmi podstatné: *zalconění přímého oslňování, nebo obecně příliš silného světla zvenčí, ve prospěch osob, které pracují blízko oken, by nemělo nikdy vést k potřebě rozsvítit či zesílit umělé osvětlení*. Pokud se to ani pomocí nejlepších technologií umístěných na oknech nedaří, může být vhodné použít místní clonění osob či pracovních ploch, např. průsvitnou či jednostranně odraznou plochou na pohyblivém rameni či závěsu, někdy i jen clonění očí štítkem, které příliš nesníží žádoucí průnik světla do hloubky místnosti.

Kolik světla potřebujeme

Od geometrických a kvalitativních úvah se dostáváme k otázce kvantity: kolik světla je kdy a na co potřeba. Poté, co se docílí toho, aby přírodní osvětlení bylo maximálně využito, místo aby bylo nahrazováno umělým, je to z environmentálního hlediska další velmi podstatné téma. U něj je vhodné si uvědomit, že jakmile se technologie umělého osvětlování zprůmyslnily zavedením svítíplynu, žárovek a zářivek, celý vývoj postojů, preferencí a zvyklostí v tomto oboru byl ovlivňován, ba přímo veden právě osvětlovacím průmyslem. V něm pracovala většina lidí, kteří problematice technicky rozuměli. Ti ovšem byli zainteresováni na tom, aby se jejich produktů prodalo co nejvíce. Je nepochybné, že taková hybná síla působí doposud. A je příznačné, že technická doporučení, pokud jde o intenzitu světla, se vyvíjejí podle toho, co vůbec technika té doby je schopna zajistit: doporučené intenzity stále rostou, realizované intenzity snad ještě více. Například Technický slovník naučný [6] uvádí doporučení tehdejší relevantní české organizace (ESČ): minimální intenzity osvětlení v kancelářích by podle něj měly být 30 lx (doporučené 50 lx až 100 lx), v místech s extrémně náročnými vizuálními úkoly (kreslírně) pak 50 lx (doporučené 100 lx až 200 lx i více). Jaké jsou dnešní dolní meze? Desetinásobné, 300 lx a 500 lx!

Ani umělé osvětlení takovými, vlastně obrovskými intenzitami dosahujícími leckde celý tisíc luxů není ale plnohodnotnou náhražkou denního světla. Je kromě toho drahé, investičně a zejména provozně. Způsobuje nemalý podíl emisí skleníkových plynů: málo platné, elektřina, která by se neprosvítala a tím též neprotopila, by znamenala snížení provozu právě těch elektráren, které jsou poháněny fosilními palivy a mají největší provozní náklady. Udává se, že běžná spotřeba „moderních“ kancelářských budov je jen na umělé osvětlení dvacet až třicet kilowatthodin na metr čtvereční podlahové plochy a rok! Porovnejme to se spotřebou pasivních domů na vytápění: ta je poloviční, s limi-

tem 15 kWh/m²a... Navíc, protože jde o „fosilní elektřinu“, primární spotřeba energie je alespoň trojnásobná, může tedy dosahovat až 100 kWh/m²a. Uvědomíme-li si, že emise fosilního uhlíku musí bohaté země, k nimž patříme i my, snížit do roku 2050 přinejmenším na pětinu těch dnešních, pak asi nemůže umělé osvětlení kanceláře zavinit emise půl tuny CO₂ na tam zaměstnanou osobu a rok, celou čtvrtinu toho, co bude možné si dovolit pro *všechny* potřeby připadající na jednu osobu... Dnešní umělé osvětlování znamená kromě toho v mnoha institucích další spotřebu: watty, které tečou do osvětlení, se pak z klimatizované budovy nákladně odčerpávají do horkého vnějšího prostředí. Zejména tehdy je silné umělé svícení naprosto neudržitelné.

Standardy pro intenzity světla a zvyklosti, jak je splnit, vznikaly zjevně bez vážení vedlejších důsledků. Tak to dál nejde, k umělému svícení je potřeba přistupovat jako k něčemu nesamozřejmému, vzácnému. Už se našťestí objevují udržitelnější příklady, třeba nová budova radnice v Melbourne zvaná CH₂. Tam místo tří set luxů udržují minimální osvětlenost sto padesát luxů; pokud v nějakém je místě už tolik denního světla, příslušné zářivky se zcela vypínají. Jen nad pracovními plochami si zaměstnanci přisvěcují kompaktní zářivkou. Standardně se na pracovní plochu počítá se třemi sty luxy, každý si to může zvýšit až na čtyři sta luxů nebo libovolně snížit. Intenzitu světla si lidé upravují podle toho, jestli hledí do papírů nebo na monitor. Jakmile zaměstnanec vypne počítač, přisvěcování se vypne také. Ráno od šesti do osmi se pro uklízení svítí „jen“ šedesát luxů, od osmi večer do rána je základní osvětlení zhasnuto. Na umělé svícení počítají s elektrickou spotřebou 8 kWh/m²a. Budova byla zprovozněna v srpnu 2006, reálná spotřeba bude jistě zveřejněna.

Ve skutečnosti se zrakový vjem nakonec téměř nezmění, pokud všeho světla desetkrát přidáme nebo ubereme, a počkáme, až se citlivost očí se přizpůsobí (ubrání světla lze simulovat dobře přiléhajícími tmavými brýlemi). Už pouhá redukce umělého osvětlení na třetinu přináší velké úspory. Samozřejmě, oči se skutečně přizpůsobí jen tehdy, když nejsou ničím oslňovány, potlačit oslnění je proto nejdůležitějším opatřením, aby bylo dobře vidět. Ostrost vidění i rychlost čtení je při jasech dvou, dvaceti i dvou set kandel na metr čtvereční jen málo odlišná, tomu odpovídají intenzity osvětlení tištěného dokumentu deset, sto a tisíc luxů.

Dnešní technická doporučení jsou zastaralá nejen morálně, ale i technicky. Nejde totiž o to, kolik světla dopadá na stůl či na zem, ale o to, jaký jas ony plochy mají, tedy kolik světla dopadá nakonec do očí. Pokud má stůl či podlaha dvakrát vyšší odrazivost, téhož účinku lze dosáhnout poloviční intenzitou osvětlení. Používání velmi světlých barev, nejlépe bílé především na stropě a na stěnách, je tou neúčinnější, nejjednodušší technologií. Samozřejmě, velmi světlá místnost může potřebovat častější clonění světla zvenčí, to je ale jen dobře, hlavně v létě pro snížení solárního ohřívání inte-

riéru. Pokud jde ověření, je-li jas povrchů v místnosti dost velký, lze formulovat jednoduché pravidlo: není důvodu, aby do očí dopadalo více než sto luxů. Podržíme-li čidlo luxmetru jako „své další oko“, zpravidla tedy v orientaci šikmo dolů, skutečnou hodnotu snadno zjistíme.

Regulace světla dle situace

Buduje-li se osvětlení úřadu zcela nově, je rozumné vybavit je tak velkoryse, aby oněch sto luxů do očí opravdu mohlo dopadat, rozumí se kombinací celkového osvětlení a zvláštního osvětlení pracovní plochy. Podstatné ovšem je, aby uživatelé mohli zvolit i ve dne osvětlení výrazně slabší, buď vypnutím některých zářivek, nebo jejich tlumením, nejlépe pak kombinací obojího. Zejména při práci u počítače bylo pokusně zjištěno, že některé osoby s dobrým zrakem volí jas obrazovky, pokud jej mohou libovolně regulovat, i tak nízký jako 20 cd/m². To odpovídá osvětlení tištěného dokumentu asi osmdesát luxy. Pro okolí obrazovky stačí, má-li jas dvakrát až třikrát nižší než obrazovka – u světlé místnosti pak stačí osvětlení třiceti luxy. Pro srovnání, to je hodnota doporučovaná kdysi jako minimum pro osvětlení pracovní plochy, ne celé místnosti...

Dostačující intenzita osvětlení, či přesněji potřebný jas pozorovaného předmětu závisí ve skutečnosti na tom, jak velké kontrasty objekt vykazuje, čili jaký je poměr jasů plošek, které je potřeba rozlišit, a jak jemné detaily je potřeba sledovat. U výborně kontrastních černobílých dokumentů tištěných dvanáctibodovým písmem dobře stačí třetinový jas ve srovnání s četbou novin.

Když už oči tak neslouží...

Velmi záleží na věku čtenáře: lidem do čtyřiceti let, kteří snadno přeostří na blízko, stačí na čtení velmi málo světla. Lidé nad padesát let už svůj zrak téměř nedokáží přeostřovat. Přesněji, dokáží měnit jeho optickou mohutnost jen asi o jednu dioptrii, což odpovídá oblasti ostrého vidění řekněme mezi jedním metrem a nekoječnem, či pokud si nasadí čtecí brýle, pak mezi 25 cm až 33 cm (trpí tzv. presbyopií čili vetchozrakostí). Těm může stačit podobně málo světla také, ovšem jen pokud mají patřičné brýle. Velmi silné intenzity umělého osvětlení, když do očí dopadá z pracovní plochy a jejího okolí i více než sto luxů, pomáhají ke zmenšení zorniček a tedy ke zvětšení hloubky ostroty vidění: tehdy se i lidé takového věku mohou obejít bez čtecích brýlí.

Nahrazovat brýle hojností elektřiny, to nicméně není moudrá strategie. Hojností denního světla, to je něco jiného. V otevřených podlažích, kde je řada jednotlivých pracovních stolů, může být proto výhodné, když starší lidé pracují blíže oken; problémem je, že jim také více vadí oslnění, tomu se někdy mohou vyhnout použitím „kšiltovky“. Pokud denního světla hojnost není, rozhodně je lepší platit zaměstnancům dvoje „služební brýle“ na práci s různě vzdálenými předměty, než stupňo-

vat intenzitu umělého osvětlení do extrémních, i když dnes technicky dosažitelných hodnot. Aby jim stačily i jasy pod 50 cd/m², je ale potřeba, aby sledované objekty, zpravidla papír a obrazovku, měli ve zhruba stejné vzdálenosti od očí, na niž mají pomoci brýlí zaostřeno. Dále je velmi vhodné, aby alespoň lidé nad padesát let měli k dispozici dobře manipulovatelné stolní lampy. Totéž platí pro i pro mladší osoby s takovými vadami zraku, které nelze plně kompenzovat brýlemi.

Ostatní prostory budov

Ve veřejných budovách nejsou jen oblasti, kde se pracuje s jemnými detaily. Jsou tam i chodby a haly, kudy lidé jen procházejí. Technický slovník naučný [6] uvádí minimální hodnoty podle ESČ, které by měly být ve dne zaručeny na chodbách do pracovních místností, jako 2,5 lx (doporučuje 10 lx až 20 lx) a pro dvorany, schody, východy a chodby k nim jako 5 lx (doporučuje 20 až 30 luxů). Uvedená minima nejsou hodnotami, při kterých se pohodlně čtou noviny, ale rozhodně je při nich vidět na cestu a na ostatní lidi. Například uprostřed chodby brněnské hvězdárny, osvětlené jen okny na obou koncích, bývá přes den 2 lx až 20 lx. Pro osvětlení dlouhých chodeb uprostřed budov je velmi vhodné použít denní světlo z pracoven – prosklením horních částí přepážek mezi pracovny a chodbou.

Pokud je dvorana v nitru budovy obklopena přepážkami či obsahuje stoly nebo pulty, kde se pracuje s dokumenty, lokálně lze použít osvětlení desetkrát vyšší. Při dnes běžné technice by ve všech takových případech mělo ve dne jít o zářivky, u slabého osvětlení se žlutavým nádechem, tj. barevné teploty pod tři tisíce kelvinů, u silného osvětlení zářivky bělejší. Během tří let lze očekávat, že zesílené osvětlení pracovních ploch o velikosti kolem jednoho metru čtverečního převezmou světelné diody. Ty už v roce 2007 dosáhly téže světelné účinnosti jako zářivky, tedy jednoho sta lumenů na watt. Na rozdíl od zářivek umožňují LEDky velmi účinně směřovat světlo v úzkém kuželu, tedy osvětlovat danou plochu i zdáli, aniž by světlo šlo zbytečně do okolí – jsou pro takové úkoly proto výhodnější.

Pracovní osvětlení od soumraku do rozednění: zcela žluté

Zabývali jsme se doposud osvětlením denním nebo jeho umělým doplněním. To je pro veřejné instituce základní stav. Nicméně i ony mohou začínat pracovat už za svítání, ne-li v noci, a končit až po setmění, i když tehdy nemají otevřeno pro veřejnost. Tehdy je na jejich umělé osvětlování potřeba klást zcela jiné nároky. Nemělo by totiž v žádném případě narušovat noční fázi lidského metabolismu, která v přírodních podmínkách probíhá skutečně od soumraku do svítání. Nástup této fáze, kdy narůstá zejména tvorba hormonu melatoninu, je řízen právě poklesem intenzit světla dopadajícího do očí: z hodnot stovek, ba i tisíců luxů venku, či desítek luxů v místnosti, na hodnoty pod jeden lux. Můžeme

odhadovat, a pokusy to potvrzují, že noční metabolismus není už vůbec rušen svitem měsíce, který činí maximálně čtvrt luxu. Jak ale skloubit takové slabé osvětlování, které v noci není zdravotně závadné, s potřebou číst a psát? Jeden lux samozřejmě číst umožňuje, tolik světla padá na papír půl metru od svíčky vysoké 15 cm, ale je to čtení namáhavější a pomalejší než při světle o řád silnějším. Na druhé straně je potřeba zdůraznit, že oči se rozhodně čtením při slabém světle nekazí, ač se to říká.

Řešení spočívá v barvě světla. Receptory, které startují noční a denní fázi metabolismu, jsou citlivé hlavně na modré světlo. Pokud modrou složku velmi potlačíme, případně i složku modrozelenou, zbylá zelená a červená složka může být dost silná, aniž ony receptory na sítnici signalizují, že je den. To se výhodně pojí s citlivostí té zrakové soustavy, která je podstatná pro čtení: pro tu je totiž rozhodující zelená a červená složka světla, odfiltrování modré části se proto např. na údajích luxmetrů téměř neprojeví (luxmetry napodobují spektrální citlivost denního lidského vidění). I když do očí dopadá až deset luxů čistě žlutého světla, nástup či průběh noční fáze metabolismu to neovlivní. Pokud je místnost osvětlena žlutě pěti luxy a na pracovní plochu si posvítíme až třiceti luxy, limit deseti luxů do očí nepřekročíme. Při opravdu dobrém filtrování s vyloučením světla s vlnovou délkou nižší než 530 nm se výrazně nemusí projevovat ani hodnoty o řád vyšší, jak ověřil pokus se žlutými brýlemi [1].

Je pozoruhodné, jak málo absence modré složky světla při většině činností vadí – za chvíli její nepřítomnost přestaneme vnímat. Naše vnímání se ostatně musí rychle přizpůsobovat i během dne, kdy se barva světla hodně mění, a též na noční užití starých zdrojů světla, totiž plamenů. Ty jsou rovněž chudé na modrou složku, mají výrazný žlutý, až oranžový nádech. Přesto vnímáme bílý papír osvětlený takovým světlem jako bílý, ne žlutý. Záměrné filtrování silnějšího, elektricky produkováného světla tuto naši schopnost s výhodou využívá. V případě nutnosti, jako při korekturách barevných publikací, si nicméně můžeme přisvítit na menší plochu několika luxy i nefiltrovaně, nejspíš malou kompaktní zářivkou (několikawattovou).

Naopak, pokud při pohledu na monitor není potřeba dosahovat výborného rozlišování modrých odstínů, lze i barvy monitoru nastavit tak, že modrou složku úplně nebo téměř úplně potlačíme a zelenou potlačíme zčásti, to kromě toho, že snížíme jas monitoru a případně i jeho kontrast. Takové ruční nastavení monitoru dnes umožňují a dokáží si je zapamatovat, takže na zvolené noční nastavení lze příště za soumraku zase přepnout.

Budovy, v nichž lidé pobývají i v noci, by takovým druhým systémem žlutého osvětlení, doplňovaným případně lokálním slabým bílým světlem, měly být postupně všechny vybaveny. Základní, silné bílé umělé osvětlení určené ke kombinování s denním světlem by v noční době mělo být zcela vyřazené z provozu, aby je

nikdo omylem nemohl zapnout. Samozřejmě, i slabé žluté osvětlení má být zapnuto, jen když je někdo opravdu potřebuje k práci. K samotnému pohybu po chodbách, např. při pochůzkách vrátného přivyklého šeru, není oněch pět či deset luxů zdaleka potřeba.

Čistě žluté, slabé svícení má ještě jednu kladnou stránku – v létě můžeme mít po setmění okna dokořán, *aniž by světlo lákalo dovnitř hmyz*. Lze si pak dovolit vánek chladnoucího nočního vzduchu, který práci velmi zpříjemňuje. Tohoto nečekaného, a přitom vlastně zásadního přínosu si povšimla autorova rodina poté, co přestala po setmění užívat silná světla s modrou složkou... Pravda, taková výhoda se týká spíše domácností než úřadů. Dobře se ale uplatňuje i na autorově pracovišti.

Osvětlení pro noční orientaci

K případnému nočnímu pohybu po budově se hodí třetí osvětlovací soustava, vhodná tam, kam neproniká dostatek přírodního nočního světla okny. Tu lze velmi snadno realizovat pomocí bílých LEDek, které se umístí tak, aby samy nebyly viditelné, jen osvětlovaly patřičné povrchy. Intenzity osvětlení jistě stačí na úrovni úplňku, tj. kolem jedné desetiny luxu. Pro úplnost dodejme, že takové noční osvětlení je vhodné i na chodbách ubytoven. Samotné prostory, kde lidé spí, ovšem nesmí být osvětleny silněji než jednou setinou luxu, teprve to je hodnota, kterou přes zavřená víčka nevnímáme. Modrá složka je přitom vítaná: jednak je účinná pro noční, tyčinkový systém vidění, a jednak ji víčka výborně odfiltrují. Slabé bílé, orientační osvětlení lze dobře kombinovat s mnohem silnějším žlutým použitým jinde – zcela žluté světlo bez vlnových délek kratších než 530 nm totiž jen málo narušuje adaptaci tyčinek na tmou, takže noční vidění po přechodu do slaběji, ale bíle osvětlených prostor začíná dobře fungovat téměř okamžitě.

Podrobněji o správném nočním osvětlování viz starší článek s potřebnými odkazy [2].

Exteriéry budov

Pro osvětlení exteriérů veřejných budov platí obecná zásada venkovního osvětlování: žádná lampa, žádné jasné ústí svítidla, či nějaký dolů vyčnívající čirý či rozptylující kryt takového ústí, nemají být zdáli vidět. Světla tedy nemají vůbec svítit vodorovně, natož šikmo nahoru.

Venkovní osvětlení, stejně jako vnitřní, by od soumraku do svítání mělo být zapnuté jen tehdy, když tudy opravdu lidé chodí. Dnes obvyklý zlozvyk nechávat nějaké lampy zapnuté i jindy, po celou noc, je zřejmě atavismem vyplývajícím z vrozeného strachu ze tmy či z pohádek, v níž se ze tmy rodí strašidla či zlí duchové – dnes si za ně dosazujeme zloděje, lupiče nebo jiné násilníky. Ve skutečnosti umělé osvětlení nikoho, kdo má špatné úmysly, nezapláší, ale naopak mu plnění jeho záměrů usnadní. V osvětleném areálu či osvětlené budově není přítomnost nepovolané osoby případným náhod-

ným svědkům nápadná, na rozdíl od situace, kdy tam chodí zloděj s baterkou. Dlouholetá zkušenost mnoha školních areálů ze Spojených států říká, že poté, co je přestali v noci osvětlovat, klesly nejen výdaje za elektřinu, ale vymizel i vandalismus a podstatně ubylo vloupání.

Pokud budova v noci v provozu je, ale návštěvníků přichází či odchází jen několik za hodinu, může být vhodné, aby se venkovní osvětlení přístupových cest zapínalo jen dle signálu infračidel a bylo slabé, jen takové, že je vidět, kudy jít – nejspíše osazené kompaktními zářivkami osvětlujícími cestu zlomkem luxu, v budoucnu pak LEDkami.

Stále hojnějším zvykem je osvětlovat i fasády budov. V době, kdy se na ně lidé skutečně s potěšením dívají, to může být rozumné, lze tím ostatně nahradit běžné veřejné osvětlení – ve dne na ulici svítí nebe, v noci to může být osvětlená fasáda. Je přitom ale potřeba dodržet několik pravidel. Samotná světla mířící na fasádu nemají být odnikud patrná, oslňovala by a účel ozdobného osvětlování by tak kazila. Mají svítit shora dolů, aby kontury budovy měly přirozené stíny, ne opačné, danou architekturu zesměšňující – jako když si děti v noci svítí na obličej baterkou odspodu. A nemají svítit příliš silně: stačí jeden lux až deset luxů; opět zdůrazňujeme, že úplněk poskytne nanejvýš čtvrt luxu, a vzpomeňme, jak bývá krajina zalitá svitem úplňku půvabná. Horní limit deseti luxů je uveden i v zákonech sedmi italských regionů, zahrnujících území o rozloze větší než Česko. Decentní, nerušivé osvětlení fasád lze dnes již dobře realizovat pomocí svítících diod.

Rozumí se samo sebou, že ozdobné osvětlení má být vypnuté v době nočního klidu. O místní půlnoci se ostatně vypíná i osvětlení Hradčan, ač tehdy ještě mnoho turistů po Praze chodí. V menších městech a na vsi je vhodné ozdobné osvětlení vypínat už v jedenáct nebo v deset večer. Nebo, ještě rozumněji, je zapínat jen při svátečních příležitostech: tehdy lze oprávněně mluvit o osvětlení slavnostním.

Hi-tech okna

Závěrem výhled do budoucna. Vyhledávaným prostředím pro zrakově náročnou práci jsou ateliéry s velkorysým prosklením směrem na sever; výhodná jsou tehdy i střešní okna, pokud do nich nesvítí během práce slunce. Problémem takového osvětlování je, že u velkoplošného prosklení může být zima, a že tepelné ztráty za zimních nocí jsou neúnosně velké. To ale má své řešení: takovou úpravu oken na noc, aby ztráty velmi poklesly. A samozřejmě, výborné tepelně izolační vlastnosti zasklení i přes den, tedy dodržení pasivního standardu, kdy tepla ven neuniká více než 0,8 W/m²K. Takové zasklení na trhu už je, možnosti, jak je na noc zlepšit a jak ubrat dle potřeby světla přes den se zachováním výhledu ven, jsou popsány ve [4]. Jde o elektricky ovládané foliové rolety, dvě v téže mezeře mezi skly. Další možnosti zlepšení osvětlení a tepelných zis-

ků se otevírají užitím povrstvených skel s nepatrnou odrazivostí a téměř dokonalou propustností pro záření slunce i denní oblohy [5].

Odkazy

[1] Kayumov L, Casper RF, Hawa RJ et al.: Blocking Low-Wavelength Light Prevents Nocturnal Melatonin Suppression with No Adverse Effect on Performance during Simulated Shift Work. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; **90**:2755-2761. URL <http://jcem.endojournals.org/cgi/content/abstract/90/5/2755>

[2] Hollan J: *Ve zdravém domě zdravou noc!* Sborník konference Zdravé domy 2006, str. 147-154. URL <http://hlina.info/doc/28-hollan.pdf>. ISBN 80-214-3040-0, FA VUT, Brno 2006

[3] *Daylight in Buildings*. IEA Solar heating and cooling programme, Task 21. URL <http://www.iea-shc.org/task21/>

[4] Hollan J: *Thermal improvement of windows by low-emissivity blinds* 9. Internationale Passivhaustagung 2005, Tagungsband, pp. 645-646 ([abstract](#) of a poster) (for full text of the poster see <http://amper.ped.muni.cz/jenik/windows/9pht/>; novější český poster viz http://amper.ped.muni.cz/jenik/windows/ph_brno/)

[5] Hollan J: *Coated glass, the only proper lens for any luminaire*. Odstavec v textu <http://amper.ped.muni.cz/light/EuP/FS.htm> (dále viz odkazy z tohoto odstavce), příspěvku k projektu <http://www.eup4light.net>.

[6] Teysler-Kotyška: *Technický slovník naučný*, díl IX, heslo Osvětlování, str. 745. Vyd. Fr. Borový, Praha 1933.