

9. OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Osvětlovací soustava je funkčně ucelený soubor osvětlovacích prostředků (tj. světelných zdrojů, svítidel a jejich příslušenství, včetně napájení a ovládání), které vytváří v osvětlovaném prostoru světelné prostředí v závislosti na vlastnostech, stavu a rozmístění zmíněných prostředků a rovněž na světelných vlastnostech osvětlovaného prostoru a v něm umístěného zařízení.

Účelem osvětlovací soustavy je zajistit požadovanou úroveň zrakového výkonu a zrakové pohody pro určitou činnost s přijatelnou spolehlivostí, bezpečností osob a majetku a při přiměřených nákladech. Kromě toho přistupují zpravidla další požadavky realizační, provozní, technologické, estetické aj., které je nutné při řešení osvětlení vzít v úvahu.

Podle použitých primárních zdrojů světla a funkčního rozsahu se osvětlovací soustavy dělí na : soustavy denního osvětlení, soustavy umělého osvětlení, popřípadě soustavy sdruženého osvětlení.

Denním osvětlením vnitřních prostorů se chápe jak osvětlení přírodním světlem slunečním i oblohovým pronikajícím do místností osvětlovacími otvory (např. okny či světlíky apod.) přímo, tak osvětlení přírodním světlem odraženým od vnějších a vnitřních překážek. Denní světlo, které se mění během dne i roku, vytváří při bočním osvětlení (okny) specifické podání trojrozměrných předmětů a rozložení jasů v místnosti, poskytuje žádoucí vizuální kontakt s venkovním prostředím, což má příznivý psychologický i fyziologický dopad na člověka a výrazně tak přispívá k dosažení jeho zrakové pohody. Současně však může denní světlo způsobovat oslnění a nepříznivě ovlivňovat tepelnou pohodu.

Soustavy umělého osvětlení zajišťují podmínky pro zrakovou činnost při nedostatku denního světla.

Termínem sdružené osvětlení se označuje záměrné současné osvětlení vnitřního prostoru denním světlem a doplňujícím umělým osvětlením. Zajišťují se tak potřebné hladiny osvětlenosti v místnostech nebo v jejich funkčně vymezených částech, kde není zajištěno dostatečné denní osvětlení pro danou činnost, např. ve větší vzdálenosti od oken, či při zastínění pracovních ploch vnitřním vybavením interiéru. V České republice platí pro navrhování, užívání a kontrolu sdruženého osvětlení norma ČSN 360020.

9.1 Členění osvětlovacích soustav umělého osvětlení

Osvětlovací soustavy se rozdělují podle zdroje proudu a provozního účelu, dále podle soustředění světla a konečně podle rozložení světelného toku.

Podle zdroje proudu a provozního účelu se rozeznává osvětlení:

- 1) **normální** (napájené z rozvodné soustavy), v jejím bezporuchovém stavu, které dále může být
 - a) **hlavní**, které slouží pro normální provoz
 - b) **pomocné**, určené pro úklid a jiné pomocné práce
 - c) **bezpečnostní**, využívané při poruchách technologického zařízení a vzniku nebezpečných stavů (např. při vzniku nebezpečí výbuchu se rozsvítí nebo zůstanou v provozu pouze svítidla s vhodným krytím nebo v nevybušném provedení)
- 2) **poruchové** (napájení z rezervního zdroje), které se člení (ČSN EN 1838 Poruchové osvětlení) na
 - a) **náhradní**, využívané při poruše hlavního osvětlení k dokončení nezbytných prací, aby nedošlo k úrazům a nevznikly škody,
 - b) **nouzové**, k vyznačení únikových cest. Zdrojem nouzového osvětlení je obvykle akumulátorová baterie nebo dieselelektrické soustrojí. V místnostech, v nichž je zajištěno náhradní osvětlení, není třeba instalovat nouzové osvětlení.

Náhradní osvětlení se zřizuje v místnostech, v nichž při poruše hlavního osvětlení může nastat nebezpečí požáru, výbuchu, poškození technologického zařízení, ohrožení technologického procesu nebo zásobování velkého počtu spotřebitelů (elektrárny, vodárny, teplárny apod.). Musí být uvedeno v činnost nejpozději do 15 sekund po zhasnutí hlavního osvětlení. V místnostech, v nichž je zajištěno náhradní osvětlení, není obvykle třeba instalovat nouzové osvětlení.

Nouzové osvětlení se pak dále rozděluje na **osvětlení únikových cest**, na **protipanické osvětlení** a na osvětlení **protiúrazové**.

Cílem osvětlení únikových cest je umožnit přítomným bezpečný odchod z daného prostoru (osvětlenost na podlaze v ose únikové cesty do šíře 2 m nesmí být menší než 1 lx; po zapnutí únikového osvětlení musí dosáhnout 50% požadované osvětlenosti do 5 s a plné hodnoty osvětlenosti do 60 s; min. doba svícení musí být 1 h) a současně zajištění podmínek pro snadné dosažení a použití protipožárních a bezpečnostních zařízení.

Účelem protipanického osvětlení veřejných prostorů je zmenšit pravděpodobnost paniky a umožnit přítomným bezpečný pohyb směrem k únikovým cestám (směr světla na únikových cestách a v otevřených prostorech má být dolů na pracovní plochu, osvětleny však mají být i překážky do výšky 2 m nad podlahou).

Účelem protiúrazového osvětlení je přispět k bezpečnosti lidí při potenciálně nebezpečných procesech nebo situacích a umožnit řádné ukončení činností bez nebezpečí pro ostatní uživatele v daném místě. Zdrojem nouzového osvětlení je obvykle akumulátorová baterie nebo dieselelektrické soustrojí.

9.2 Celkové, odstupňované a kombinované osvětlení

Podle soustředění světla se rozlišují osvětlovací soustavy celkového, odstupňovaného a kombinovaného osvětlení. V případě, že soustava umělého osvětlení doplňuje v určité části prostoru přírodní osvětlení, vzniká tzv. osvětlení sdružené.

Soustava **celkového** osvětlení je základní osvětlovací soustavou, zajišťující v celém osvětlovaném prostoru potřebnou hladinu osvětlení i bezpečnost s ohledem na požadovaný zrakový výkon. Vhodná je zejména tam, kde se vykonávají přibližně stejně náročné práce. Většinou jsou při ní svítidla rovnoměrně rozmístěna po osvětlovaném půdorysu. Jednotlivá pracovní místa je pak možno v prostoru snadno přemísťovat.

Soustava **odstupňovaného** osvětlení je obdobná celkové soustavě osvětlení, ale podle zrakové náročnosti vykonávané práce zajišťuje v některých částech vyšší hladiny osvětlenosti, a to buď větším počtem svítidel, nebo svítidly se zdroji větších výkonů. Přechody mezi různě osvětlenými částmi prostoru mají být pozvolné. Je třeba dbát na to, aby podmínky vidění v intenzivněji osvětleném úseku nebyly nepříznivě ovlivněny temným pozadím vytvořeným méně osvětlenými vertikálními plochami z části prostoru s nižší hladinou osvětlenosti.

Soustava **kombinovaného** osvětlení vzniká ze soustavy celkového nebo odstupňovaného osvětlení přidáním místního osvětlení, tj. svítidel k místnímu přisvětlení jednotlivých pracovišť, odpočinkových koutů apod. Celkové osvětlení zajišťuje v daném prostoru potřebnou rovnoměrnost osvětlení a doporučuje se proto, aby hladina osvětlenosti odpovídající celkovému osvětlení byla alespoň 30%, resp. minimálně 10% výsledné osvětlenosti zajištěné kombinovaným osvětlením. Místní osvětlení pak zabezpečuje požadovanou vyšší osvětlenost na pracovní rovině, vhodný převažující směr dopadu světla, popřípadě umožňuje vytvořit podmínky pro lepší prostorové vnímání apod. Svítidla místního osvětlení nesmí způsobit nedovolené kontrasty jasů v zorném poli pracovníků a nesmí přímo oslňovat jiná pracoviště. Použití samotného místního osvětlení (bez celkového osvětlení) je nesprávné. Při pouhém místním osvětlení vznikají totiž velké kontrasty jasů, které i při malých pohybech očí a hlavy způsobují časté adaptační procesy, což zvyšuje únavu zraku.

Kombinované osvětlení se využívá i pro docílení vysokých hladin osvětlenosti na pracovním místě, které nelze hospodárným využitím technických prostředků docílit soustavou celkového osvětlení. Obvykle se volí už při hladinách osvětlenosti 1000 lx a vyšších. Kombinované osvětlení je nutné též v případech, kdy celkovým osvětlením nelze některá pracovní místa dostatečně osvětlit, např. při jejich zastínění jiným zařízením, při obrábění dutin apod., a dále tehdy, kdy je třeba docílit zvýšení jasů tmavých součástí opracovávaných na světlejším pozadí a v obdobných zvláštních případech.

Kombinované, popřípadě odstupňované osvětlení umožňuje zajistit zvýšení hladin osvětlenosti osobám vyššího věku i lidem se sníženou zrakovou schopností. V průmyslových závodech se zpravidla nejprve navrhuje celkové osvětlení a místní osvětlení se zřizuje dodatečně až po dodání a rozmístění strojů a zařízení. Rovněž z hlediska úspor elektrické energie se v posledních letech zdůrazňuje využívání kombinovaného a odstupňovaného osvětlení a upouští se od požadavku vysoce rovnoměrného celkového osvětlení.

Celkové osvětlení se volí přednostně v místnostech, kde je většina činností charakterizována stejnou zrakovou obtížností a náročností, dále tam, kde není možné s ohledem na technologické, stavební a jiné požadavky zachovat stejnou orientaci zrakových úkolů (pracovních míst), rovněž v prostorech, kde není možné fixovat zrakové úkoly do pevných poloh nebo kde se druh činnosti často mění a konečně v prostorech s činností nevyžadující speciální techniku osvětlování. Při návrhu osvětlovací soustavy celkového osvětlení je nutno vždy dbát na to, aby byly splněny všechny požadavky kladené na osvětlení na všech místech zrakového úkolu (např. při zastínění zařízením nebo stavebními konstrukcemi).

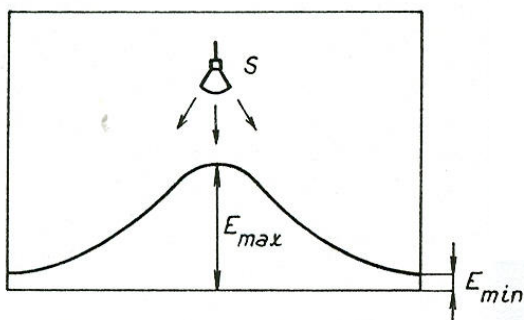
Odstupňované osvětlení se volí přednostně v místnostech, kde v určitých vymezených prostorech jsou prováděny činnosti s různou zrakovou obtížností a náročností (obrábění, mezisklad, komunikace apod.) a v prostorech, kde jsou prováděny různé činnosti splňující podmínky pro použití kombinovaného osvětlení, kde však z technologického nebo bezpečnostního hlediska nelze použít místního přisvětlení.

Kombinované osvětlení se volí přednostně v místnostech s různými zrakovými úkoly v jednotlivých místech při vysokých požadavcích na osvětlení, dále tam, kde zrakové úkoly vyžadují speciální techniku osvětlování (směrové světlo, osvětlení dutin apod.), všude, kde by celkové či odstupňované osvětlení bylo neefektivní, např. pro značné zastínění jiným zařízením, rovněž tam, kde je třeba omezit kmitání světla vlivem pohybujících se předmětů nebo vlivem napájení ze střídavé sítě a konečně též v případech činností, u nichž se kladou vysoké nároky na jakost podání barev.

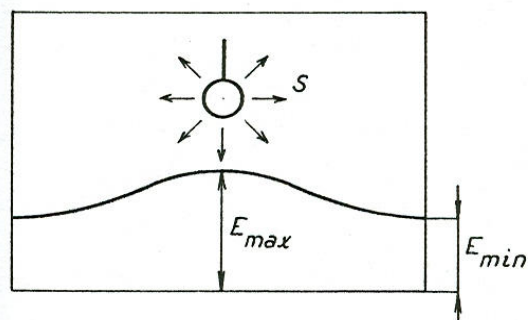
9.3 Osvětlení přímé, smíšené a nepřímé

Podle rozložení světelného toku svítidel do horního a dolního poloprostoru se rozlišuje osvětlení přímé, převážně přímé, smíšené, převážně nepřímé a nepřímé. Jde tedy o stejné členění jako u svítidel.

V soustavě **přímého osvětlení** dopadá světelný tok na osvětlované plochy téměř beze ztrát, takže pro danou hladinu osvětlení vychází u této soustavy nejmenší příkon zdrojů. Uvažují-li se pouze jednotlivá svítidla žárovková nebo výbojková, vytváří se v prostoru ostré tmavé stíny a velké kontrasty jasů v zorném poli. Možnost oslnění je při přímém osvětlení největší. Na obr.9-1 je znázorněn průběh osvětlenosti v bodech srovnávací roviny, ležících na stopě svislé roviny proložené svítidlem (při osvětlení prostoru jedním svítidlem).



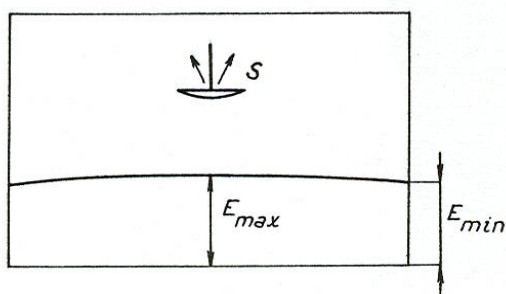
Obr. 9 - 1



Obr. 9 - 2

Je patrné, že nerovnoměrnost osvětlení jedním svítidlem je velká. Vyhovující rovnoměrnosti se dosáhne jen velkým počtem svítidel nebo přímými svítidly s velkou vyzařovací plochou.

V soustavách převážně přímého, smíšeného a převážně nepřímého osvětlení roste množství světelného toku, dopadajícího ze svítidel na strop a stěny osvětlovaného prostoru. Hospodárnost osvětlení tedy postupně klesá, dosahuje se však lepší rovnoměrnosti osvětlení (viz např. pro smíšené osvětlení obr. 9-2), vržené stíny se stávají měkčími a snižuje se možnost oslnění.



Obr.9-3

V soustavě **nepřímého osvětlení**, kdy na osvětlovanou plochu dopadá jen světelný tok odražený od stropu a stěn osvětlovaného prostoru je jas stropu a stěn vyšší než jas pracovní plochy. Nepřímé osvětlení zajišťuje téměř rovnoměrnou hladinu osvětlení jak je patrné z obr.9-3. Stíny se v této soustavě prakticky nevyskytují. Tím je ztíženo rozlišování, zhoršena orientace v prostoru i odhad vzdáleností. Činitel podání tvaru je velmi nízký. Zrak se při akomodaci více namáhá a zvyšuje se tedy jeho únava.

Provoz soustav nepřímého osvětlení je v porovnání s ostatními soustavami nepoměrně dražší, vykazují vyšší spotřebu elektrické energie a vyšší jsou i nároky na údržbu. V těchto soustavách je nutné používat svítidla s vysokou účinností, zdroje s vysokým měrným výkonem a je třeba zajistit i co nejvyšší hodnoty činitelů odrazu stropu a stěn. V těchto soustavách se nečistoty usazují přímo na hlavních vyzařovacích plochách a proto je nutné častěji svítidla čistit. Častěji je třeba obnovovat nátěry stropu a stěn. Výhodou nepřímého osvětlení je, že je v této soustavě vyloučeno přímé oslnění světelnými zdroji a prakticky je zamezeno i oslnění odrazem.

V místnostech, kde se vyžaduje dobré rozeznávání tvaru předmětů, tj. tam, kde je třeba zajistit dobré kontrasty a stíny, se volí osvětlení přímé, převážně přímé, popřípadě smíšené. Naproti tomu v místnostech určených k odpočinku, k zábavě a k různým kulturním účelům je vhodnější osvětlení nepřímé nebo převážně nepřímé.

Přímé osvětlení se používá zejména jako celkové osvětlení všude tam, kde se nemá nebo nemůže uplatnit nepřímá, tj. odražená složka světelného toku. Jsou to především všechny venkovní prostory, velké a vysoké vnitřní prostory, jako sportovní haly, průmyslové haly se skleněným nebo tmavým stropem apod. Přímého osvětlení se též užívá k místnímu osvětlení pracovišť. Převážně přímé osvětlení se používá k celkovému osvětlení místností, např. učeben i hal, pokud nemají skleněný nebo tmavý strop.

Smíšené osvětlení se používá k celkovému osvětlení všech místností se světlými stěnami a stropem, je vhodné pro učebny, kreslírny, rýsovný, k osvětlení obytných místností, chodeb; v průmyslu je možno smíšené osvětlení užít k osvětlení rozlehlejších pracovišť, kde se provádí méně jemná práce, jako třídění a překládání kusového zboží apod.

Převážně nepřímé a nepřímé osvětlení se užívá k celkovému osvětlení místností, kde nejsou nežádoucí stíny, k osvětlení laboratoří, obytných místností, jako např. ložnice, a dále také k osvětlení reprezentačních místností. Převážně nepřímé osvětlení se užívá též k osvětlení kreslíren, konstrukčních kanceláří a z obytných místností ještě k osvětlení dětských pokojů a hotelových pokojů. Při osvětlování obývacích pokojů se dává přednost soustavě nepřímého osvětlení s vhodně rozmístěným místním osvětlením.

Využití samotné nepřímé soustavy osvětlení v restauračních provozovnách je nesprávné, neboť při nepřímém osvětlení jsou nejvyšší jasy v horní části zorného pole, tedy na stropě. Zrak se podvědomě stáčí právě do míst s vyšším jasem a tak je pozornost stolujících odváděna od plochy stolu a zejména od jídla.

S ohledem na již zmíněnou zhoršenou orientaci a ztížený odhad vzdáleností je zcela nevhodné používat nepřímé osvětlení k osvětlování tělocvičen. Výjimkou by měly být případy, kdy jiný způsob osvětlení není technologicky možný (k tomu poznamenejme, že při osvětlování sportovišť je třeba vycházet z požadavků normy ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlování sportovišť).

Provoz soustav nepřímého osvětlení je v porovnání s ostatními soustavami nepoměrně dražší, vykazují vyšší spotřebu elektrické energie a vyšší jsou i nároky na údržbu. V těchto soustavách je nutné používat svítidla s vysokou účinností, zdroje s vysokým měrným výkonem a je třeba zajistit i co nejvyšší hodnoty činitelů odrazu stropu a stěn. V soustavách nepřímého osvětlení se nečistoty usazují přímo na hlavních vyzařovacích plochách a proto je nutné častěji svítidla čistit. Častěji je třeba obnovovat také nátěry stropu a stěn. Výhodou nepřímého osvětlení je, že je v této soustavě vyloučeno přímé oslnění světelnými zdroji a prakticky je zamezeno i oslnění odrazem.

V místnostech, kde se vyžaduje dobré rozeznávání tvaru předmětů, tj. tam, kde je třeba zajistit dobré kontrasty a stíny, se volí osvětlení přímé, převážně přímé, popřípadě smíšené. Naproti tomu v místnostech určených k odpočinku, k zábavě a k různým kulturním účelům je vhodnější osvětlení nepřímé nebo převážně nepřímé.

9.4 Výběr světelných zdrojů, volba svítidel a jejich rozmístění

Různorodost vnitřních prostorů, ať již z hlediska jejich účelu, rozměrů, či vybavení a požadavků na osvětlování je velmi velká a nelze proto uvést jednoduchá pravidla pro aplikaci jednotlivých typů zdrojů světla a svítidel. Volba světelných zdrojů a odpovídajících svítidel musí vycházet z konkrétního posouzení výchozích podkladů pro návrh osvětlení, požadavků na osvětlení, druhu osvětlovací soustavy atd., tedy ze zhodnocení světelně technických, architektonických, estetických a dalších okolností, ale také z rozboru technicko-ekonomických parametrů. Obecnou snahou vyplývající z potřebného zvyšování jakosti osvětlení při co nejehospodárnějším využití elektrické energie a vynaložených investičních prostředků, je maximálně využívat zdroje s vysokým měrným výkonem, s dlouhým životem, s velkou spolehlivostí a s malými nároky na obsluhu či údržbu. To ovšem znamená zvýšit investiční náklady, které se však zaplatí levnějším provozem, zvláště úsporami elektrické energie. V praxi to znamená nahrazovat, pokud možno, žárovky zářivkami, popřípadě výbojkami, ale také starší typy zářivek, resp. výbojek modernějšími, efektivnějšími typy těchto zdrojů a dále při zachování všech zásad osvětlování a ostatních technických, architektonických a dalších požadavků také, je-li to možné, nahrazovat zdroje s menšími jednotkovými výkony zdroji větších výkonů.

V úzké souvislosti s volbou světelného zdroje a druhu osvětlovací soustavy se podle účelu a charakteru osvětlovaného prostoru a podle požadavků kladených na osvětlení se provádí výběr svítidla. Svítidla se volí podle:

- 1) světelně technických vlastností určených zejména fotometrickou plochou svítivosti, účinností svítidla a provedením svítidla z hlediska zábrany oslnění,
- 2) konstrukčního provedení svítidla, které určuje podmínky jeho použití s ohledem na prostředí, způsob upevnění apod.

Posuzuje se přitom elektrický příkon, světelný tok zdrojů instalovaných ve svítidle, prostorové rozložení svítivosti a jasů svítidla (z hlediska navrhovaného rozmístění svítidel, požadavků na osvětlení a oslnivosti soustavy), dále provozní účinnost svítidla a její časová stálost (z hlediska dosažení maximálního činitele využití při požadovaném rozmístění svítidel), konstrukční provedení svítidla podle prostředí a montážních podmínek. Značnou roli hraje i tvarové řešení svítidla, jeho hmotnost, rozměry, snadnost montáže, čištění a výměny zdrojů, ale také otázka kompenzace účinníku u výbojkových a zářivkových svítidel, problém náběhového proudu, míhání světla, popřípadě i možnost regulace světelného výkonu.

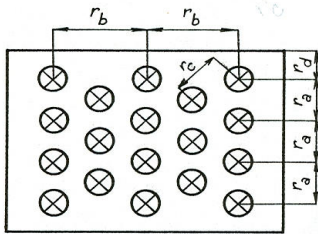
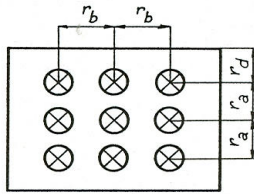
Výrobci svítidel vyvíjí a konstruují svítidlo vždy k určitému účelu. Sortiment svítidel by měl proto pokrývat všechny v praxi potřebné oblasti použití.

Svítidla celkového osvětlení lze po půdorysu osvětlovaného prostoru rozmístit buď rovnoměrně nebo lokálně s ohledem na rozmístění pracovišť. Rovnoměrné rozmístění svítidel se volí tam, kde se předpokládá stejně zrakově náročná práce na různých místech půdorysu (např. montážní haly, slévárny apod.), dále tam, kde jsou stroje a zařízení rovnoměrně rozmístěny po půdorysu a také je-li prostor osvětlen soustavou kombinovaného osvětlení, tj. když se soustava celkového osvětlení doplňuje místním přisvětlením.

Volbu výšky zavěšení svítidel nad srovnávací rovinou a jejich rozmístění po osvětlovaném půdorysu podmiňuje potřeba zajistit požadovanou hladinu osvětlenosti, její vhodnou rovnoměrnost při omezení možnosti oslnění a při co nejmenším měrném elektrickém příkonu ($W \cdot m^{-2}$). V řadě případů je výška svítidel dána stavebními či výrobními podmínkami; např. v halách s mostovými jeřáby se svítidla musí umístit tak, aby nebyl rušen provoz jeřábu apod. Poměr vzdálenosti mezi svítidly k výšce jejich zavěšení či poměr šířky k výšce osvětlovaného prostoru ovlivňuje i volbu typu svítidel. Je-li poměr šířky k výšce prostoru větší než 2, používají se obvykle svítidla přímého až smíšeného osvětlení, světelné pásy, svítidla s rozptylnými reflektory, svítidla s lamelami nebo rozptylnými mřížkami apod. Pro vysoké prostory s poměrem šířky k výšce menším než 2 se volí s ohledem na dosažení dobré hospodárnosti osvětlení svítidla se zrcadlovými reflektory.

V praxi se daří výšku zavěšení svítidel měnit jen málokdy. Ve většině případů je výška svítidel nad podlahou určena požadavky omezení oslnění a málo se liší od skutečně možné závěsné výšky určené rozměry místnosti.

Zářivková svítidla se všeobecně doporučuje používat až do výše zavěšení 4 m, za vhodných podmínek (čisté prostory, jednoduchá údržba) až do výše 10 m. Pokud jde o vysokotlaké rtuťové výbojky, doporučuje se jejich použití ve svítidlech s rozptylným reflektorem při jejich zavěšení od 5 do 8 m. Ve výškách nad 8 m je lépe využít halových zrcadlových hlubokozářících svítidel. Výhodou těchto svítidel je mimo jiné, že jimi lze dosáhnout vysokých hladin osvětlenosti relativně malým počtem svítidel vzhledem k poměrně vysokým jednotkovým výkonům zdrojů v jednom svítidle.



Obvyklé rozmístění žárovkových, popřípadě výbojkových svítidel po půdorysu je buď ve vrcholech obdélníku nebo kosočtverce (šachovnicové uspořádání) podle obr.9-4.

Obr. 9-4
Náčrt čtvercového, resp. šachovnicového rozmístění svítidel po půdorysu místnosti

Nejhospodárnější řešení (tj. minimální hodnoty elektrického příkonu na 1 m^2 osvětlované plochy) se dosahuje, když se při obdélníkovém uspořádání rovnají vzdálenosti $r_a = r_b$ (čtvercové uspořádání) a když při šachovnicovém uspořádání platí

$$r_a = r_c \quad \text{a} \quad r_b = \sqrt{3} \cdot r_a$$

(uspořádání ve vrcholech rovnostranného trojúhelníka).

Uváží-li se **čtvercové uspořádání** svítidel zavěšených ve výšce h a předpokládá-li se **rotačně souměrné** rozložení svítivosti svítidel určené rovnicí

$$I = I_0 \cdot \cos^n \gamma$$

a exponenciální závislost světelného toku Φ_z zdrojů na elektrickém příkonu P svítidel podle vztahu

$$\text{Obr. 9 - 4} \quad \Phi_z = c \cdot (P_z)^m ,$$

pak lze **pro hospodárnou** (min. měrný příkon $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) **poměrnou vzdálenost** r/h svítidel odvodit vztah

$$\left(\frac{r}{h} \right)_o = \sqrt{\frac{4m}{n+3-2m}} \quad (9-1)$$

Pro obvyklou hodnotu exponentu $m = 1,2$ a pro kosinusové rozdělení svítivosti ($n = 1$) vychází z rovnice (9-1) poměrná vzdálenost svítidel $(r/h)_o = \sqrt{3} \doteq 1,7$.

Výraz (9-1) umožňuje vyšetřit i nevhodnější poměrnou vzdálenost svítidel $(r/h)_E$ z hlediska minimálního světelného toku zdrojů světla připadajícího na 1 m^2 osvětlované plochy, a to dosažením $m = 1$. Platí tedy

$$\left(\frac{r}{h} \right)_E = \sqrt{\frac{4}{n+1}} \quad (9-2)$$

odkud pro kosinusové rozdělení svítivosti ($n = 1$) vychází $(r/h)_E = \sqrt{2} \doteq 1,4$.

Rozdíl v hodnotách poměrných roztečí $(r/h)_o$ a $(r/h)_E$ zjištěných podle minima příkonu a nejmenšího měrného toku lze vysvětlit tím, že vzrůst měrného výkonu žárovek při zvětšování příkonu činí účelným přechod k výkonnějším zdrojům, tj. k určitému zvětšení vzdálenosti mezi svítily oproti výsledku z kritéria minima světelného toku.

Aby byla dodržena rovnoměrnost hladiny osvětlenosti, je třeba, aby krajní řada svítidel celkového osvětlení nebyla příliš vzdálena od stěn. Ve výrobních provozech a v místech veřejných budov, v nichž se vykonává ruční práce určité zrakové náročnosti a v nichž jsou pracoviště umístěna těsně u stěn, by tato vzdálenost neměla být větší než $1/4$ až $1/3$ vzdálenosti mezi řadami svítidel. V ostatních případech lze vzdálenost svítidel od stěn zvětšit na $2/5$ až na $1/2$ vzdálenosti mezi řadami svítidel.

Při rozmísťování svítidel vysílajících část světelného toku na strop, je zapotřebí zvolit i jejich vzdálenost od stropu vzhledem ke vzdálenosti mezi svítidly, aby na stropě nevznikaly světlé skvrny.

Zářivková svítidla se, obvykle rozmísťují do plynulých nebo přerušovaných řad rovnoběžných se stěnami, resp. s okny. K zajištění rovnoměrnosti osvětlenosti podél řady svítidel nesmí vzdálenost mezi jednotlivými svítidly přesáhnout $1/2$ výšky zavěšení svítidel nad srovnávací rovinou. Optimální poměrnou vzdálenost r/h mezi řadami zářivkových svítidel lze s určitou přibližností stanovit z výrazu (9-2).

U zářivkových svítidel s kosinovým rozdělením svítivosti v podélné i příčné rovině ($n = 1$) je tedy $(r/h)_o \approx 1,4$. V některých případech je nutné ke zlepšení rovnoměrnosti osvětlenosti umístit u krajů řad zářivkových svítidel přídatná svítidla.

S růstem doporučených hladin osvětlenosti se ve vnitřních prostorech instalují jednak větší počty svítidel a jednak vzrůstá i výkon zdrojů světla. Takto narůstá množství tepla vyvinutého v osvětlovacích zařízeních, s nímž je třeba počítat při rozboru vytápění a větrání prostoru. Tuto problematiku řeší tzv. **integrované osvětlovací soustavy**, v nichž jsou svítidla přímou součástí klimatizační soustavy daného prostoru. Výroba je zejména propracována v oblasti zářivkových svítidel, kde se současně přihlíží k udržení optimálního pracovního bodu zářivek.

9.5 Návrh osvětlovací soustavy a světelně technický projekt

Postup návrhu osvětlovací soustavy lze v zásadě rozdělit do pěti etap:

1. Shromáždění a studium výchozích podkladů o osvětlovaném prostoru, o jeho účelu, vybavení, provozu, o zrakové obtížnosti úkolů atd.
2. Stanovení požadavků na osvětlení a parametrů osvětlovací soustavy podle předpisů a norem
3. Vlastní návrh osvětlovací soustavy, volba zdrojů světla a svítidel, stanovení potřebného počtu svítidel a jejich rozmístění
4. Provedení kontrolních světelně technických výpočtů, zpřesnění rozmístění svítidel, kontrola rovnoměrnosti osvětlení, hodnocení oslnění, popřípadě úprava, resp. změna původního návrhu soustavy a zpracování nových ověřovacích výpočtů, až se podaří všechny sledované ukazatele splnit v předepsaných tolerancích. Vypočtené hodnoty se považují za vyhovující, neliší-li se od předepsaných hodnot o více než $\pm 5\%$. V této fázi může být vypracováno i několik variant návrhů osvětlovací soustavy
5. Výpočet technicko ekonomických ukazatelů a výběr optimální varianty řešení, včetně zhodnocení vedlejších účinků osvětlovací soustavy, např. zvětšení tepelné zátěže prostoru, ovlivnění akustických poměrů atd.

Osvětlovací soustava musí být vždy navržena tak, aby ji bylo možno co nejehospodárněji realizovat a poté co nejsnáze provozovat a udržovat.

Pro vypracování návrhu osvětlení jsou zapotřebí zejména tyto údaje a podklady:

- 1) půdorys a nárys stavby nebo zařízení s důležitými stavebními údaji (vchody, okna, světlíky, schody apod.)
- 2) světelně technické vlastnosti stěn a stropů osvětlovaných prostorů (provedení, povrch, barva, činitel odrazu)
- 3) vnitřní zařízení s ohledem na účel prostoru; velikost a rozmístění nábytku nebo zařízení, velikost pracovních strojů a stolů, odrazné vlastnosti povrchů vnitřních zařízení, postup a směr případného pravidelného přemísťování velkých předmětů, které by mohly vrhat stíny na osvětlované pracovní plochy, požadavky na potřebu přenosných svítidel apod.

- 4) druh práce vykonávané v jednotlivých osvětlovaných prostorech; postavení pracujících, obvyklá pracoviště, potřebná rozlišovací schopnost na jednotlivých pracovištích, tj. minimální rozměry předmětů, které je třeba rozlišovat z určité vzdálenosti
- 5) podmínky čištění a údržby svítidel; druh prostředí (nebezpečí zaprášení, znečištění, vlhka, otřesů, ohně, výbuchu)
- 6) instalace v budově (potrubí vodovodního, tepelného nebo vzduchového rozvodu, výtahy, jeřáby, větráky, komíny apod.)
- 7) upozornění na zvláštní nebezpečí (schody, stupně, otvory, prahy, příkopy, nebezpečné části strojů a zařízení atd.)
- 8) určení elektrické napájecí sítě (proudová soustava, napětí, kmitočet atd.)
- 9) požadavky na spolehlivost dodávky el. energie a rizika přerušení dodávky proudu; potřeba nouzového aj. osvětlení
- 10) údaje o nákladech na el. instalaci (kalkulační podklady, popřípadě i další potřebné technicko hospodářské ukazatele).

Součástí projektové dokumentace určitého objektu je také světelně technický projekt, který se skládá z technické zprávy a výkresové dokumentace.

V dokumentaci musí být uvedeny zejména údaje o :

- 1) výchozích podkladech
- 2) použitých světelných zdrojích a svítidlech
- 3) udržovacích činitelích a o způsobu a plánu údržby osvětlení
- 4) požadavcích na povrchovou úpravu prostoru a návrh na jeho barevné řešení
- 5) požadavcích na elektrický rozvod, zvl. členění světelných okruhů, zapojení svítidel a zdrojů do jednotlivých fází elektrického rozvodu, ovládání osvětlení, řízení provozu osvětlovacích soustav, ale také údaje o způsobu instalace svítidel
- 6) řešení pomocného, náhradního či nouzového osvětlení, pokud je požadováno.

Vzhledem k tomu, že kontrolní orgán je oprávněn požadovat doložení navržených parametrů osvětlení, je třeba mít k dispozici popis použité výpočtové metody, postup výpočtu ukazatelů, včetně výchozích údajů a výsledků a rovněž zdůvodnění a charakteristiku osvětlovací soustavy.

Výkresová dokumentace obsahuje zejména půdorysné plány osvětlovaných prostorů se zakresleným rozmístěním všech svítidel. Ve složitějších případech se kreslí i podélné a příčné řezy s vyznačením umístění, popřípadě upevnění svítidel, doplněné podle potřeby výkresem návrhu úpravy upevňovacích konstrukcí, či údaji o směřování svítidel apod. V jednoduchých případech postačuje uvést závěsnou výšku svítidel.

Do výkresové dokumentace se zakreslují i vybraná místa úkolu a směr pohledu pro hodnocení oslnění. Vyznačují se také části místnosti s odlišnými navrhovanými hodnotami osvětlenosti.

9.6 Údržba osvětlovacích soustav - udržovací činitel

Údržba osvětlovací soustavy podstatně ovlivňuje hospodárnost využívání navrženého osvětlovacího zařízení. V průběhu využívání osvětlovací soustavy se mění její parametry. Zejména klesá světelný tok dopadající na jednotlivá místa zrakových úkolů. Dochází však nejen ke snižování kvantitativních parametrů osvětlení, ale mění se též ukazatele kvalitativní, zvláště rovnoměrnost osvětlení, prostorové rozložení světelného toku i oslnivost soustavy. Údržba osvětlovací soustavy zahrnuje nejen čištění osvětlovacích zařízení, obnovu světelně aktivních povrchů místnosti a výměnu světelných zdrojů, předřadníků a dalších částí i svítidel, ale také udržování konstrukčních částí, těsnosti zařízení a rovněž údržbu elektrické části soustavy. Údržba osvětlení musí být řešena již ve stadiu projektu v návaznosti na údržbu a provoz celého objektu a pro údržbu musí být vytvořeny veškeré potřebné předpoklady, včetně obslužného zařízení a pomůcek. Již při návrhu osvětlení je třeba předpoklady údržby zařízení mít na zřeteli, a to také při volbě materiálu a konstrukce svítidla podle druhu a vlastností prostředí. Např. v prašném prostředí textilních provozů je třeba dát přednost svítidlům z materiálů, na nichž se nevytvářejí elektrostatické náboje, jejichž povrch je hladký a které jsou provedeny a větrány tak, aby se omezilo usedání prachu vně i uvnitř svítidla. Z hlediska údržby není výhodné zvyšovat neodůvodněně krytí svítidel, neboť vyšší stupeň krytí představuje obvykle i komplikovanější demontáž jednotlivých částí svítidel. Při rozmísťování svítidel se přihlíží k tomu, aby funkční selhání jednotlivých zdrojů nevyvolalo příliš velkou nerovnoměrnost osvětlení, která by vyžadovala rychlou individuální výměnu zdrojů.

V průmyslových provozech je výhodné připojovat svítidla buď individuálně nebo alespoň skupinově přes zásuvku, aby při individuální údržbě zůstala převážná část osvětlení v provozu. Aby se omezila pravděpodobnost výskytu poruch v obtížně přístupných místech, je výhodné např. předřadníky umístit do snadno přístupných míst.

V návrhu plánu údržby je třeba stanovit základní pravidla pro hromadné činnosti, např. pro čištění svítidel, nebo výměnu zdrojů, a sladit hospodárný interval čištění svítidel a ostatních světelně činných ploch s hospodárnou dobou života zdrojů, a to na základě technicko ekonomických propočtů.

Míru stárnutí a znečištění hlavních součástí osvětlovacího zařízení a světelně činných ploch v daném prostoru charakterizuje **udržovací činitel** označovaný písmenem z . Udržovací činitel se stanoví jako součin čtyř dílčích činitelů, a to činitele z_z stárnutí světelných zdrojů, činitele z_s stárnutí svítidel, činitele z_p znečištění ploch osvětlovaného prostoru a činitele z_f funkční spolehlivosti světelných zdrojů, tj.

$$z = z_z \cdot z_s \cdot z_p \cdot z_f \quad (9-3)$$

Pro činitel z platí přitom podmínka, že nesmí být menší než 0,5. Takto je v souladu s normou ČSN EN 12464-1, Změna Z1 alespoň částečně omezena energetická náročnost osvětlení.

Činitel z_z **stárnutí světelných zdrojů** se stanovuje na základě údajů výrobce nebo norem. S ohledem na krátkou dobu života bývá činitel z_z u žárovek asi 0,9, zatím co u výbojových zdrojů bývá i 0,7.

Časovou změnu činitele z_z lze popsat vztahem

$$z_z(t) = \gamma_z + (1 - \gamma_z) e^{-\frac{t}{\tau_z}} \quad (9-4)$$

kde γ_z je konstanta charakterizující průběh činitele z_z

τ_z je časová konstanta průběhu stárnutí zdroje (h)

t je čas (h)

Při individuální výměně zdrojů se po určité době činitel stárnutí ustálí na střední hodnotě označované z_{pz} , která se zjistí z rovnice

$$z_{pz} = \gamma_z + \frac{1}{2 t_z} (1 - \gamma_z) \cdot \tau_z \left[1 - e^{-\frac{2t_z}{\tau_z}} \right] \quad (9-5)$$

kde t_z je doba života uvažovaného zdroje (h)

Příklady orientačních hodnot veličin γ_z a τ_z pro některé typy světelných zdrojů jsou hodnoty uvedeny v tab.9-1.

Tab. 9-1 Příklady konstant charakterizujících stárnutí některých zdrojů

Typ zdroje	Příkon (W)	Život (h)	γ_z	τ_z (h)
Zářivka	20 až 65	6000	0,69	1200
		8000	0,70	1140
		12000	0,70	1120
Vysokotlaká sodíková výbojka	70	6000	0,62	2650
	150	8000	0,68	2050
	250	10000	0,69	1910
	400	12000	0,70	1840

Pro stanovení činitele z_s znečištění svítidel se dané svídlo zařadí do určité kategorie I až VI podle tab 9-2 a pak se pro konkrétní míru znečištění prostoru stanoví z_s z grafů uvedených v normě ČSN EN 12464-1, Změna Z1, nebo se činitel z_s vypočte z rovnice vystihující časovou závislost této veličiny

$$z_s(t) = e^{-\tau_s \cdot t^{\gamma_s}} \quad (9-6)$$

kde t je čas v měsících

τ_s , γ_s jsou konstanty, které se zjistí z tab. 9-3.

Tab. 9-2 Kategorie svítidel pro stanovení činitele z_s

Kategorie svítidel		I	II	III	IV	V	VI
Kryt svítidel	v horní části	ž	ž $\eta_{sH} \geq 15\%$ p o s o	p o $\eta_{sH} < 15\%$ s o n s o	p b o s b o n s b o	p b o s b o n s b o	ž h n s
	v dolní části	ž	ž m, 1	ž m, 1	ž m	p b o s b o	h s n s

Označení: ž - žádný p - průhledný n p - neprůhledný m - mřížky
s - průsvitný n s - neprůsvitný l - lamely
h - průhledný n h - neprůhledný o - otvory
b o - bez otvorů

η_{sH} - účinnost svítidla do horního poloprostoru, tj. podíl toku vyzařovaného svítidlem do horního poloprostoru k toku všech zdrojů ve svídle

Tab. 9-3 Konstanty charakterizující znečištění svítidel

Kategorie svítidel	γ_s	τ_s pro prostředí ^{x)}				
		velmi čisté	čisté	průměrné	špinavé	velmi špinavé
I	0,69	0,0068	0,0128	0,0200	0,0292	0,0542
II	0,62	0,0710	0,0146	0,0219	0,0315	0,0403
III	0,70	0,0139	0,0186	0,0251	0,0323	0,0414
IV	0,72	0,0117	0,0219	0,0361	0,0525	0,0755
V	0,53	0,0209	0,0343	0,0509	0,0667	0,0860
VI	0,88	0,0085	0,0173	0,0245	0,0319	0,0445

x) Podrobněji ČSN EN 12464-1, Změna Z1

Činitel z_p znečištění ploch se určuje jako poměr činitelů využití osvětlovací soustavy η_k a η_o zjištěných pro konečné (ρ_{ik}) a počáteční (ρ_{io}) hodnoty činitelů odrazu stropní dutiny (označena indexem $i = 1$), stěn (označeny indexem $i = 2$) a podlahové dutiny (index $i = 3$).

Konečné hodnoty ρ_{ik} uvedených činitelů se zjistí ze vztahu

$$\rho_{ik} = r_p \cdot \rho_{io} \quad (9-7)$$

kde r_p je činitel zmenšení odraznosti povrchu, pro který platí vztah

$$r_p(t) = \gamma_p + (1 - \gamma_p) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_p}} \quad (9-8)$$

při čemž čas t je v měsících a konstanty γ_p a τ_p se určí z tab. 9 – 28.

Pro stanovení r_p jsou zpracovány |131, 108, 117| i diagramy.

Tab. 9 – 28 Konstanty charakterizující znečištění povrchů

Prostředí	velmi čisté	čisté	průměrné	špinavé	velmi špinavé
γ_p	0,848	0,767	0,701	0,635	0,571
τ_p (měsíců)	16,68	15,48	14,05	13,33	11,39

Činitel z_{fz} funkční spolehlivosti zdrojů se určuje podle údajů výrobce nebo přibližně linearizací skutečného průběhu ve dvou úsecích, a to tak, že do $2/3$ doby života zdroje se předpokládá $z_{fz} = 1$ a poté se uvažuje lineární snižování hodnoty z_{fz} podle vztahu

$$z_{fz} = 2 - 1,5 \frac{t}{t_z} \quad (9-9)$$

kde čas t se mění od $(2/3) \cdot t_z$ až do $(4/3) \cdot t_z$. Pro $t = t_z$ je $z_{fz} = 0,5$ a pro

$t \geq (4/3) \cdot t_z$ je už $z_{fz} = 0$.

Uvažuje se tedy, že při dovršení doby života t_z zdrojů je ještě polovina zdrojů v provozu.

Je výhodné volí-li se jednotlivé intervaly údržby tak, aby se buď shodovaly nebo, aby delší interval byl násobkem intervalu kratšího. Ideálně by měla být hodnota udržovacího činitele a dílčí intervaly údržby stanoveny na základě technicko ekonomické optimalizace.

Ve větších objektech nestačí, aby předpisy pro provoz a údržbu osvětlovacích zařízení obsahovaly jen pravidla pro obsluhu osvětlení, pracovní postupy jeho údržby a způsoby zajištění bezpečnosti, ale musí zahrnovat i způsob likvidace odpadu (zejména vyřazených světelných zdrojů a další součástí osvětlovacího zařízení) a rovněž termíny revizí a kontrolních měření a též způsob evidence stavu osvětlovacích soustav.

Velmi důležitou okolností pro uskutečnění pravidelné údržby osvětlovacího zařízení je, aby byl k jednotlivým součástem osvětlovací soustavy, zejména pak ke svítidlům snadný přístup. Jen výjimečně lze provádět údržbu osvětlení ze země. Většinou musí být předem připravena a v rámci výstavby objektu zajištěna vhodná obslužná zařízení (pracovní plošiny, lávky, různé konstrukce, popřípadě žebříky atd.), která by v daném prostoru co nejméně ovlivňovala technologický proces, ať již jakýkoliv.

Pracovníci, kteří provádějí údržbu osvětlení, provádějí práce na elektrickém zařízení a musí tudíž splňovat potřebný stupeň odborné způsobilosti. Většinou jde též o práce ve větších výškách, pro něž platí rovněž zvláštní předpisy. Snahou by mělo být práce ve výškách omezovat, zejména ve velkých objektech a podnicích. Proto například se čištění spojuje s opravami a provádí se výměnným způsobem, tj. demontované zařízení se nahradí čistým a předem připraveným a vyzkoušeným. Čištění a opravy se provádí v dílně, resp. na vhodném umývacím zařízení. V takovém případě je výhodné připojení svítidel na zásuvky a jejich připevnění na lehce odpojitelných závěsech. Vždy však musí být k dispozici dostatek náhradních světelných zdrojů, svítidel a dalších potřebných náhradních dílů.

Při výměně světelných zdrojů je možno aplikovat skupinovou nebo individuální výměnu. Skupinová výměna zdrojů dovoluje dosáhnout vyšší produktivity práce pracovníků údržby, neboť se po uplynutí hospodárné doby života vymění všechny zdroje. Většinou je však nutno provádět i individuální výměnu, neboť výpadkem určitých zdrojů bývá většinou narušena rovnoměrnost osvětlení i podmínky pro dosažení potřebného zrakového výkonu a zrakové pohody. Skupinová výměna zdrojů je nevýhodná zejména u zdrojů velkého příkonu, které jsou instalovány v soustavách s velkou roztečí a jsou drahé. Při skupinové výměně, které v těchto případech nutně musí předcházet výměna individuální, by došlo k tomu, že by se vyměňovaly i některé zdroje po relativně krátké době provozu a to by bylo velmi nákladné.

Pro kontrolu zdrojů, svítidel, předřadných přístrojů, zapalovacích systémů, je účelné mít k dispozici vhodné přenosné diagnostické měřicí přístroje, které bez komplikovaných zásahů do svítidla, či zařízení umožní snadno prověřit jeho parametry. Jde například i o takové pomůcky, které umožní zjistit proud nakrátko předřadných tlumivek. Tato pomůcka je zkonstruována tak, že se našroubuje do svítidla místo výbojky, přičemž izolovaná smyčka, uzavírající dokrátko obvod s tlumivkou, umožňuje nasazení klešťového ampérmetru a tak lze jednoduše ověřit správnou funkci tlumivky a ušetří se případně světelný zdroj, k jehož zničení by došlo, kdyby byla tlumivka vadná.

9.7 K osvětlování některých typů interiérů

Vnitřní prostory představují pro osvětlovací techniku velmi rozsáhlou aplikační oblast. Rozličnost interiérů je dána jejich stavebním provedením a rozměry, účelem, vybavením a využitím, ale také rozdílnými požadavky na zrakový výkon a zrakovou pohodu, světelně technickým řešením prostředí, parametry osvětlovacích soustav i dalšími okolnostmi. Z těchto hledisek je například možné hovořit o osvětlování průmyslových prostorů, administrativních budov, obytných budov, škol, objektů ve zdravotnictví, společenských prostorů, muzeí, galerií a výstavních prostorů, veřejných prostorů v obchodu a ve službách, ubytovacích a stravovacích prostorů, vnitřních prostorů v dopravě, zemědělských prostorů v živočišné a rostlinné výrobě, vnitřních sportovišť, ale také hlubinných dolů a dalších objektů.

V rámci omezeného rozsahu předkládané učební pomůcky není možné věnovat pozornost jednotlivým zmíněným oblastem podrobněji. Proto byly probrány všeobecné zásady osvětlování interiérů, při jejichž správné aplikaci a dodržení předepsaných parametrů lze zajistit kvalitní osvětlení i v dané konkrétní situaci. V některých případech je třeba respektovat určité zvláštní požadavky. Jde např. o zdravotnická zařízení, některé zemědělské provozy, hlubinné doly a další. Většinou jsou pro tyto prostory vypracovány buď přidružené normy, či speciální směrnice, k nimž je nutno při zpracování návrhu osvětlení těchto prostorů přihlížet.

Na závěr této kapitoly uvedme ještě jen několik poznámek k problematice osvětlování některých konkrétních interiérů:

Daleko větší pozornost než dosud bude třeba věnovat osvětlování bytů, a to jak z hlediska zlepšení jakosti osvětlení obytných prostorů, zvláště v oblasti využití světla a vhodných svítidel při tvorbě příjemného, esteticky působícího prostředí, tak také z hlediska reálných úspor elektrické energie na osvětlování. Uvědomíme-li si, že člověk v bytě stráví až asi 60% času, zatímco v pracovním prostředí asi 25%, zřejmě si bytové prostory zaslouží, aby nebyly na okraji našeho zájmu. Pro vykonávání zrakově náročnějších prací (např. příprava jídel, školní příprava, studium, čtení) je třeba zajistit hladiny osvětlenosti $E_{pk} = 300 \text{ lx}$ a pro zrakově velmi náročné práce (např. vyšívání, rýsování, ale i u běžnějších prací, které vykonávají starší osoby) hladiny ještě vyšší, např. 500 lx . Takových osvětleností většinou dosahujeme kombinovaným osvětlením při využití zářivkových svítidel, ať již s lineárními nebo kompaktními zářivkami.

V doporučení Světové zdravotnické organizace se pro celkové osvětlení obytných místností sice uvádějí hodnoty pouze 50 lx , stejně jako u ložnic, ale předpokládá se podle potřeby jeho doplnění vhodným variabilním místním přisvětlením, např. v ložnicích v čele postelí alespoň na 150 lx atd. Pro koupelny se ve zmíněném doporučení uvažuje s hladinou 100 lx (při možnosti přisvětlení zrcadla) a pro předsíně, haly a schodiště se uvádí průměrná osvětlenost 150 lx .

Na osvětlení bytových prostorů se však kladou i poměrně velké estetické požadavky, jejichž splnění je podmínkou vytvoření celkové příjemné pohody. Osvětlovací soustava musí být dostatečně proměnlivá a přizpůsobivá okamžitým činnostem či potřebám. Nutná zvýšení hladiny osvětlenosti, popřípadě úpravu či zvýraznění převažujícího směru dopadu světla je třeba zajistit bez narušení kontrastů a bez oslnění místním osvětlením. Je třeba mít na zřeteli, že pokud jde o osvětlení, souvisí estetický vzhled prostoru s barevnou úpravou prostředí (světlé barvy - bílá, světle žlutá, světle modrá, světle zelená, odráží více než 70% dopadlého světla a tudíž místnosti zesvětluje; žlutá a zelená barva zlepšují vidění a snižují zrakovou únavu atd.), ale také s rozložením jasů, s jejich kontrasty, s tvorbou stínů i s místní a časovou proměnlivostí osvětlení. Abychom si lépe uvědomili, jak významně může světlo přispět k vytvoření atmosféry vhodné pro určitou (oddychovou či pracovní) činnost postačí, představíme-li si jak rozdílně na nás působí obývací pokoj osvětlený centrálním lustrem v porovnání s tím, když takový prostor osvětlíme nepřímým osvětlením (k vytvoření oddechového prostředí), nebo když při stolování zvýšíme vhodně umístěným svítidlem osvětlení jídelního stolu a podávaných pokrmů. Je vždy jen třeba co nejlépe sladit praktické potřeby s estetickými hledisky, přičemž ovšem nelze opominout ani požadavky energetické a ekonomické.

Při osvětlování ve školách s celodenním provozem je třeba věnovat největší pozornost učebnám, kde jsou z hlediska zrakové zátěže významná dvě místa, a to tabule (která bývá od očí žáka zpravidla vzdálena minimálně 2,2 m) a pracovní plocha lavic či stolků (vzdálená od očí žáka asi 30 až 40 cm). Výzkumy zrakové zátěže ukázaly, že nejnáročnější je dynamické namáhání adaptačního zrakového systému vlivem vyrovnávání jasových kontrastů na zmíněných plochách pozorování. Proto je snahou přisvětlováním tabule docílit buď rovnováhy, či mírného kontrastu (1:3) jasů tabule a pracovní plochy (např. bílého linkovaného papíru) na lavici. Přípustný je, ještě tento kontrast 1:5, ale kritický je již poměr 1:10. Nátěr tabule musí být matný, aby se odstranilo zrcadlení oken a svítidel.

Je-li činitel odrazu černé čisté tabule asi $\rho = 0,04$ a bílého linkovaného papíru asi $\rho = 0,9$ a předpokládá-li se na obou plochách stejný charakter odrazu (např. difúzní), pak k docílení poměru jasů tabule (L_1) k papíru (L_2) $L_1 : L_2 = 1 : 3$ je zapotřebí zvětšit osvětlenost vertikální plochy tabule (E_1) oproti osvětlenosti přibližně horizontální plochy papíru (E_2) 7,5 krát, neboť

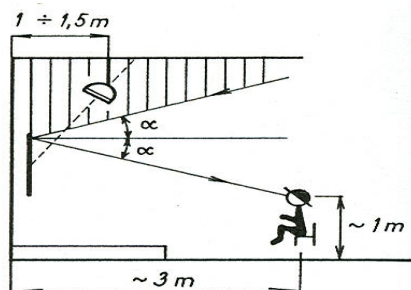
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,9}{0,04} \frac{1}{3} = 0,75$$

U zelené čisté tabule s činitelem odrazu $\rho = 0,18$ by postačilo zvýšit její osvětlenost k dosažení kontrastu 1:3 pouze 1,6 krát. Při stejné osvětlenosti zelené tabule a papíru na lavici se docílí ještě přípustného kontrastu $L_1 : L_2 = 1 : 5$. Kontrast jasů stěny v okolí tabule a jasů tabule může být asi 10:1. Za zelenou tabulí může tedy být stěna mnohem světlejší. I z tohoto hlediska se jeví zelená tabule příznivěji. Mezi povrchem lavice (stolu) a papíru (či sešitu) mohou být poměry jasů asi 1 : 4 až 1 : 2.

Osvětlení v učebnách musí být zásadně řešeno celkovou soustavou osvětlení. Jen v některých zvláštních případech se ještě doplňuje místním osvětlením. Místně průměrná a časově minimální osvětlenost na lavicích v běžných učebnách má být [131] $E_{pk} = 300 \text{ lx}$, v kreslárnách, rýsovnách, většinou postačuje 500 lx , i když v řadě zemí se požadují hladiny i 1000 lx . Při promítání diapozitivů či filmů se hladina osvětlenosti může pochopitelně podstatně snížit; je však třeba přihlídnout k tomu, budou-li si žáci při promítání psát poznámky.

Kromě tabule je ve specializovaných učebnách světelně též třeba zdůraznit vertikální plochy předváděcích a demonstračních stolů, popříp. samotného učitele vyššími hladinami osvětlenosti než je průměrná osvětlenost v učebně, a to přisvětlením vhodnými, např. stropními, svítidly.

Svítidla k přisvětlení tabule musí být umístěna tak, aby byla tabule co nejrovnoměrněji osvětlena, aby svítidla žáky neoslňovala a aby se tabule při pohledu z kterékoliv místa v učebně neleskla. Tomu vyhovuje umístění svítidel ve vyšrafované části prostoru v obr.9-16, neboť tehdy ani nejbližší sedící žák nevidí odlesky míst při horní hraně tabule.



Obr.9 – 16

Nejčastěji se učebny osvětlují souvislými nebo přerušovanými řadami zářivkových (v určité výši zavěšených nebo stropních) svítidel, která mají rozptylný kryt, popřípadě příčné clonky, parabolické mřížky apod. a jsou umístěna rovnoběžně s okenní stěnou, a to nad levou hranou lavic či stolů, aby se svítidla nemohla viditelně zrcadlit v pracovní rovině. Je důležité, aby jednotlivé pásy byly samostatně ovladatelné, aby se mohl postupně eliminovat úbytek denního světla na lavicích, které jsou umístěny dále od oken.

V učebnách, v nichž se předpokládá široké využití netradičních metod výuky, kde žáci budou pracovat v často se měnících a různě umístěných skupinkách, ztrácí výrazné směřování světla svůj význam. V takových učebnách se zajišťuje poměrně rovnoměrné osvětlení po celé ploše půdorysu, např. svítícími stropy. V některých případech se aplikuje i kombinované osvětlení.

Ve zdravotnických zařízeních musí osvětlení vytvářet dokonalou zrakovou pohodu současně pro nemocné i pro ošetřující a přitom pro lékaře a zdravotnický personál musí zajistit optimální podmínky i z hlediska často velmi náročných zrakových úkolů.

Svým způsobem je obdobná i situace v obchodních, stravovacích, kulturních a společenských zařízeních, kde se osvětlení řeší jako pracovní pro zaměstnance, kteří v těchto prostorech setrvávají po celou pracovní dobu, a jako užité, architektonicky a esteticky určitým způsobem laděné pro návštěvníky, kteří v těchto místech pobývají relativně krátce. Světlo by mělo v těchto případech skutečně přispět k tvorbě prostředí, odpovídající atmosféry a k dosažení zrakové pohody, přičemž by současně mělo vhodně usměrňovat pozornost návštěvníka.

V obchodech by mělo světlo napomáhat prodeji, nabízet zboží, ulehčovat jeho výběr, např. zvýrazněním některých prvků směrovým osvětlením, a potlačením jiných částí jejich osvětlením difúzním světlem atp. Je zřejmé, že osvětlovací soustava se v těchto případech musí navrhovat pro zcela určité rozmístění vybavení a umístění určitého prodávaného zboží.

Ve výstavních sálech, v galeriích a v muzeích je třeba soustředit pozornost návštěvníků na vystavované exponáty a dosáhnout toho, aby co nejlépe vynikla plastičnost a kolorita vystavovaných prací a uměleckých děl. Často značné hodnoty exponátů umístěných ve výstavních prostorech však také vyžadují zajistit, aby exponáty, zvláště pak malby, nebyly nevhodným denním, či umělým osvětlením poškozeny. Světlo, ale i infračervené a zejména ultrafialové záření vyvolávají v malbách různé fyzikální a chemické procesy, které mohou postupně vést až k jejich trvalému poškození. Proto se většinou požaduje omezit jak dobu, po kterou jsou exponáty osvětlovány, tak také hladinu osvětlenosti na jejich povrchu. Doporučuje se, aby hladiny osvětlenosti dosahovaly u velmi citlivých látek a maleb (např. akvarely, tisky, perokresby, některé textilie apod.) jen 50 lx, u citlivých materiálů (gobeliny, textilie, nástěnné malby aj.) 100 lx, u středně citlivých látek (např. olejomalby, tempery, přírodní kůže, rohoviny) 200 lx a u málo citlivých maleb (keramika, mosaika, skla, smalty, kovy apod.) 300 lx. Z uvedeného je zřejmé, že návrh osvětlení výstavních prostorů musí být určitým kompromisem mezi snahou o dosažení co nejlepšího zrakového vjemu vystavovaných exponátů a požadavky na jejich bezpečnost.

LITERATURA

- [9.1] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [9.2] ČSN EN 12464-1 Změna 1
- [9.3] ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť
- [9.4] ČSN 73 4301 Obytné budovy + změna Z1
- [9.5] Nouzové osvětlení
- [9.6] TNI 36 0450 Rušivé oslnění při osvětlení vnitřních prostorů
- [9.7] TNI 36 0451 Údržba vnitřních osvětlovacích soustav
- [9.8] CIE 147:2002 Glare from small, large and complex sources
- [9.9] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky
- [9.10] ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov
- [9.11] ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení škol
- [9.12] ČSN 73 0580-4 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení průmyslových budov
- [9.13] ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení
- [9.14] ZVEI Guide to DIN EN 12464-1, duben 2005
- [9.15] ČSN 730581 Metoda stanovení hodnot oslnění budov a venkovních prostorů
- [9.16] ANSI/IESNA RP-1-04 American National Standard Practice for Office Lighting, 2004
- [9.17] Lighting manual, Philips Lighting B.V., páté vydání, Eindhoven, 1993
- [9.18] ČSN EN 15193, Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení,