

Jiří Černý:

Základy
scénického
a architektonického
svícení
1–3

Nakladatelství
Akademie múzických
umění v Praze

Jiří Černý

Základy
scénického
a architektonického
svícení

1–3

Nakladatelství
Akademie múzických
umění v Praze

Toto dílo je licencováno pod licencí Creative Commons BY-SA
(Uveďte původ – Zachovejte licenci). Licenční podmínky najdete na adrese
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

© Jiří Černý, 2026

© Akademie múzických umění v Praze, 2026

ISBN 978-80-7331-720-1 (iPDF)

Obsah

DÍL PRVNÍ

PŘEDMLUVA	13
---------------------	----

Kapitola 1: ZÁKLADY LIDSKÉHO VIDĚNÍ, OKO, JEHO ANATOMICKÁ STRUKTURA A PROBLEMATIKA ZRAKOVÉHO SYSTÉMU	17
--	----

1.1 Úvod	17
1.2 Zrakový systém člověka.	18
1.3 Optika lidského oka.	21
1.3.1 Akomodace oka.	21
1.3.2 Fotopupilární reflex.	22
1.3.3 Optická kvalita zobrazovacího systému oka	23
1.3.4 Adaptace na světlo a tmu	23
1.3.5 Rozlišování jasů a jasových kontrastů	25
1.3.6 Teorie barevného vidění – rozlišování barev	25

Kapitola 2: SVĚTLO	28
------------------------------	----

2.1 Definice světla.	28
2.2 Fyzikální podstata světla	28

Kapitola 3: ZÁKLADNÍ SVĚTELNĚ TECHNICKÉ POJMY.	33
--	----

3.1 Světelné pole.	33
3.2 Zářivý tok	33
3.3 Světelný tok.	34
3.4 Měrný výkon.	34
3.5 Svítivost.	35
3.6 Osvětlenost	36
3.7 Jas.	37
3.8 Světlení	39

Kapitola 4: ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VIDITELNÉHO ZÁŘENÍ A JEHO MĚŘENÍ.	40
4.1 Spektrum.	40
4.2 Vjem barvy světla.	42
4.3 Trichromatické soustavy	48
4.3.1 Prostorové znázornění barvy.	50
4.3.2 Rovinné souřadnice r, g, b	51
4.4 Podání barev.	55
Kapitola 5: APLIKACE ZÁKLADNÍCH FYZIKÁLNÍCH ZÁKONŮ PRO NÁVRHY OSVĚTLOVACÍCH SYSTÉMŮ	56
5.1 Zákon úbytku osvětlení s druhou mocninou vzdálenosti.	56
5.2.2 Hloubka stínu, světelný poměr	59
5.2.3 Zákon úbytku osvětlení při pohybu předmětu	60
Kapitola 6: ZDROJE SVĚTLA POUŽÍVANÉ V OSVĚTLOVACÍ TECHNICE A JEJICH FYZIKÁLNÍ PRINCIPY.	61
6.1 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících teplotního záření.	66
6.2 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících elektrického výboje.	67
6.3 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících luminiscence	69
Kapitola 7: REÁLNÉ ZDROJE SVĚTLA POUŽÍVANÉ V OSVĚTLOVACÍ PRAXI	70
7.1 Inkandescenční zdroje světla – žárovky.	71
7.2 Výbojové zdroje světla.	82
7.2.1 Nízkotlaké výbojové světelné zdroje	83
7.2.2 Vysokotlaké výbojové světelné zdroje	85
7.3 Polovodičové světelné diody LED	88
7.4 Laserové zdroje světla	93
Kapitola 8: OPTICKÉ SYSTÉMY SVÍTIDEL	98
8.1 Rovinné plochy.	98
8.1.1 Zrcadla	98
8.1.2 Odrazné hranoly.	99
8.2 Sférické plochy	99

8.2.1 Sférická zrcadla	99
8.2.2 Sférické čočky	100
8.3 Asférické plochy, čočky, reflektory	101
8.3.1 Fresnelova čočka	104
Kapitola 9: ZÁKLADY FOTOMETRIE	105
9.1 Měření osvětlenosti	107
9.2 Měření jasu	109

DÍL DRUHÝ

Kapitola 1: HISTORIE UMĚLECKÉHO OSVĚTLOVÁNÍ	115
1.1 Divadelní osvětlovací systémy a historické způsoby osvětlování	115
1.2 Filmové osvětlovací systémy	133
1.3 Televizní osvětlovací systémy	137
1.4 Architektonické osvětlovací systémy	139
Kapitola 2: TECHNICKÉ PROSTŘEDKY POUŽÍVANÉ V DIVADELNÍ, FILMOVÉ, TELEVIZNÍ A ARCHITEKTONICKÉ PRAXI	155
2.1 Úvod	155
2.2 Základní technické požadavky na divadelní, filmové a televizní osvětlovací systémy	155
2.3 Základní technické požadavky na architektonické osvětlovací systémy	157
2.4 Technické základy scénického divadelního osvětlování	158
2.5 Technické základy filmového a televizního osvětlování	160
2.6 Technické základy architektonického osvětlování	162
2.7 Další fyzikální parametry ovlivňující osvětlení dané scény nebo objektu	163
2.7.1 Intenzita osvětlení	163
2.7.2 Barva osvětlení	163
2.7.3 Směr osvětlení	164
2.7.4 Tvar a kvalita vyzařovaného světelného svazku	164
2.7.5 Dynamická změna osvětlení	164

Kapitola 3: ZÁKLADNÍ TYPY SVÍTIDEL POUŽÍVANÝCH V DIVADELNÍ, FILMOVÉ A TELEVIZNÍ PRAXI	165
3.1 Rozdělení svítidel používaných v divadelní, filmové a televizní praxi	165
3.1.1 Rozdělení na svítidla konvenční a na moderní sofistikované osvětlovací systémy označované také High End nebo Hi Tech	165
3.1.2 Rozdělení svítidel podle druhu použitých světelných zdrojů	172
3.1.3 Rozdělení svítidel podle tvaru a charakteru vyzářovaného světelného svazku	175
3.2 Stručný přehled příslušenství scénických svítidel	203
3.3 Stmívače a řídicí systémy pro scénické osvětlovací systémy	205
3.4 Rozdělení svítidel používaných v architektonické praxi	217
3.4.1 Klasická architektonická svítidla	217
3.4.2 Moderní svítidla osazená světelnými zdroji LED	230
3.4.3 Rozdělení svítidel podle tvaru a charakteru vyzářovaného světelného svazku	234
3.4.4 Rozdělení podle typu, velikosti a životnosti světelných zdrojů	234
3.4.5 Rozdělení svítidel podle prostředí, ve kterém jsou nainstalována ...	236
3.5 Stručný přehled příslušenství a mechanických prvků architektonických svítidel	238
Kapitola 4: EFEKTOVÉ OSVĚTLOVACÍ A PROJEKČNÍ SYSTÉMY POUŽÍVANÉ V DIVADELNÍ, FILMOVÉ, TELEVIZNÍ A ARCHITEKTONICKÉ PRAXI	240
4.1 Úvod	240
4.2 Historie	241
4.3 Základní rozdělení efektových projekcí	247
4.4 Optimalizace problematiky návrhů projekčních systémů v divadelní praxi	249
4.5 Konkrétní řešení návrhu diapositivu pro scénickou projekci	253
4.6 Efektové diaprojektory	257
4.7 Velkoformátová projekce v architektuře	261
4.8 Videoprojekce na budovy a objekty	265
4.9 Pohled do budoucnosti velkoformátové projekce	265
Závěr druhého dílu	267

DÍL TŘETÍ

Kapitola 1: ZÁKLADNÍ KONCEPCE SCÉNICKÉHO SVÍCENÍ	271
1.1 Divadelní scénické svícení	271
1.2 Filmové a televizní scénické svícení	272
1.3 Architektonické svícení	274
Kapitola 2: PROBLEMATIKA DIVADELNÍHO SCÉNICKÉHO SVÍCENÍ A ZÁKLADY MODERNÍ OSVĚTLOVACÍ PRAXE	277
Kapitola 3: VLASTNÍ NÁVRH OSVĚTLOVACÍCH SYSTÉMŮ	280
Kapitola 4: ZÁKONITOSTI A VZTAHY PRO NÁVRHY SCÉNICKÉHO SVÍCENÍ	285
4.1 Jasová složka osvětlení a osvětlenost	285
4.2 Kontrast	286
4.3 Barevné vnímání světla	288
4.4 Dělení barev používaných v divadelní praxi	289
4.5 Barevná filtrace	293
4.6 Difuzní filtry	294
Kapitola 5: ZÁKLADNÍ POSTUPY PŘI REALIZACI NÁVRHŮ SCÉNICKÉHO OSVĚTLENÍ DIVADELNÍCH HER, SVĚTELNĚ TECHNICKÁ DOKUMENTACE	296
5.1 Začátky týmové práce	296
Kapitola 6: DŮLEŽITÉ BODY VLASTNÍHO SVĚTELNÉHO NÁVRHU	300
6.1 Geometrické rozdělení jeviště	300
6.2 Zásadní umístění osvětlovacích systémů	300
6.3 Selektivní viditelnost diváků	301
6.4 Směry svícení	302
6.5 Řízení a nastavování úrovně osvětlení	302

Kapitola 7: PRINCIPIÁLNÍ OSVĚTLOVÁNÍ PLOCHY JEVIŠTĚ, PORTRÉTU HERCE, POSTAVY HERCE NA JEVIŠTI A ZÁPISY POLOH SVÍTIDEL	305
7.1 Osvětlení plochy jeviště a instalovaných scénografických prvků	305
7.2 Osvětlování portrétu herce	308
7.3 Osvětlení postavy herce a generování jeho stínu na jevišti.	312
7.4 Reálné osvětlování herců na jevišti více svítidly.	319
7.5 Osvětlování pohybujících se herců na jevišti	322
Kapitola 8: ZÁKLADNÍ PRAXE FILMOVÉHO A TELEVIZNÍHO OSVĚTLOVÁNÍ A JEHO DIFERENCE VŮČI OSVĚTLOVÁNÍ SCÉNICKÉMU DIVADELNÍMU	329
Kapitola 9: POUŽÍVANÁ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA A ZPŮSOBY OSVĚTLOVÁNÍ VE FILMU A V TELEVIZI	333
9.1 Problematika stínů ve filmové a televizní praxi navazující na všechny typy osvětlování.	344
Kapitola 10: ARCHITEKTONICKÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY, JEJICH NÁVRHY A PŘÍKLADY JEJICH REALIZACÍ	346
Kapitola 11: PROGRAM WYSIWYG	376
ZÁVĚR TŘÍ PŘEDKLÁDANÝCH DÍLŮ	391
Seznam použité literatury.	392
Seznam použitých značek, symbolů a konstant.	393
Anglicko-český slovník.	395

Díl první

Předmluva

Předkládaný učební text je určen především studentům DAMU jako základní pomůcka pro předmět Světelný design. V druhém, přepracovaném vydání těchto skript jsou spojeny první dva díly a doplněny závěrečnou třetí částí.

Když jsem na popud profesora J. Duška začal pro posluchače Katedry scénografie na DAMU přednášet předmět Světelný design, neuvědomil jsem si, do jaké šíře se problematika scénického svícení během několika let rozroste. Vývoj osvětlovacích těles, jejich konstrukce, počítačové technologie pro řízení a programování a v neposlední řadě i nové generace osvětlovacích zdrojů LED v průběhu posledních několika let natolik pokročily, že následně bylo nutné skripta zásadně přepracovat, aby splnila komplexní požadavky výuky předmětu Světelný design na fakultě DAMU.

Z těchto důvodů se významně zvětšila náplň vlastního scénického svícení jak v rovině teoretické, tak i pomocí scénografického modelu a sofistikovaného počítačového programu WYSIWYG instalovaného ve studijních prostorách DAMU.

První a druhou částí skript jsou přepracované a aktualizované stávající dva díly, doplněná třetí část se zabývá problematikou scénického svícení nejen pro divadlo, ale i pro film, televizi a architekturu.

V první části skript jsou vysvětleny principy světelného spektra, fyzikální zákonitosti a vzájemné vazby viditelného záření. Kapitola zabývající se světelnými zdroji je doplněna o nejnovější směry ve vývoji polovodičových zdrojů světla (LED) včetně jejich charakteristik a následně i reálného využití v osvětlovací praxi. Dále jsou uvedeny základní vztahy technické optiky a měřicí metody pro zjišťování osvětlenosti a jasových hodnot.

V prvních kapitolách druhé části těchto skript jsem rámcově popsal světovou a českou historii osvětlovací techniky včetně ukázek světelně technických systémů a realizací osvětlení, které naši předkové navrhli a následně instalovali. Protože dobrý světelně technický návrh je spojením uměleckého záměru a technického řešení –osvětlovacích systémů –, je také náplní druhé části přehled technických prostředků potřebných k úspěšné realizaci divadelní hry, filmové či televizní scény nebo i k osvětlení architektury. K této části skript bych chtěl poznamenat, že

světelný návrh pro divadlo, film, TV nebo architekturu je ze sedmdesáti procent umělecké řešení a z třiceti procent jeho technická podpora, jež je sice nezbytná, ale bez kreativního návrhu vypracovaného lighting designerem (dále pouze LD) nemůže mít realizace na diváky požadovaný emotivní účinek.

V dalších kapitolách druhé části jsou konkretizovány používané osvětlovací systémy, jak klasické, tak i nejmodernější osazené LED. A následně vysvětleny jejich funkce, výhody a jejich možné využití v praxi.

V posledních kapitolách druhé části jsou vysvětleny principy řízení osvětlovacích systémů včetně základního řešení klasických a moderních projekčních systémů používaných při divadelních představeních.

Třetí část těchto skript je věnována scénickému svícení (osvětlování) divadelní, filmové a TV scény, definici vztahů při osvětlování jeviště a herců a také návrhům slavnostního osvětlení architektury, včetně základního popisu programu WYSIWYG a jeho vazby na interaktivní model scény instalovaný v učebně DAMU.

Skripta jsou také doplněna názornými obrázky jednotlivých způsobů osvětlování herců na divadelní, televizní a filmové scéně.

Protože v současné době dochází k jednoznačnému sblížování scénického a architektonického osvětlování, uvádím ve třetí části těchto skript nejen některé odlišnosti architektonického osvětlování od scénického či divadelního, ale zároveň ukazují některé konkrétní realizace osvětlení architektury. Samostatnou kapitolou je základní popis programu WYSIWYG používaného pro realizaci návrhů scénického osvětlení v divadlech a filmových a televizních studiích.

Předpokladem úspěšného zvládnutí předmětu Světelný design není jenom pasivní znalost učebního textu, ale i jeho konfrontace s realitou. Teorie musí být doplněna cvičením ve světelné laboratoři Disk nebo na speciálním modelu scény, ale také kontaktem s osvětlovací praxí v jiných divadlech nebo filmových a televizních studiích.

Na katedře scénografie jsme nainstalovali interaktivní model osvětlení divadelní scény včetně jeho řízení osvětlovacím pultem. Následná práce s modelem výrazně urychluje získávání názoru na praktické scénické svícení, umožňuje studentům navštívit vlastní modely scénických dekorací a v neposlední řadě pomocí počítačového programu simulovat reálné scénické svícení nejmodernějšími technologiemi.

Dovoluji si připomenout, že v současné době nastal dramatický rozvoj nové generace osvětlovacích systémů osazených polovodičovými prvky LED, a proto již při čtení těchto skript budou některé systémy nahrazovány novými, technicky i sofistikovaně lépe vybavenými, výkonnějšími a méně objemnými. Ale doufám, že se znalostí základních principů osvětlování se posluchači jistě velmi rychle adaptují i na ty nejnovější systémy osvětlovací techniky.

V závěru bych chtěl poděkovat panu profesorovi Duškovi, na jehož přímý popud tato skripta vznikla, dále panu Mgr. Kočímu za připomínky a opravy textu a v neposlední řadě i Tereze Bayerové za perfektní přepis rukopisu těchto skript.

V Praze 2017–2020

Autor

Základy lidského vidění, oko, jeho anatomická struktura a problematika zrakového systému

1.1 Úvod

Světelné záření a jeho působení na okolní prostředí vyvolává v člověku jak přímé fyziologické, tak nepřímé psychologické reakce, které jsou ovlivňovány jak množstvím světelné energie, tak časovým a prostorovým rozdělením této energie a v neposlední řadě druhem světla a jeho barvou.

Prostřednictvím zraku získává člověk asi 80–90 % všech informací o prostředí, které ho obklopuje.

Lidským senzorem pro přijímání informací je nejen oko, ale i proces přenosu do mozku při zpracovávání informací přijatých v podobě světelného podnětu. Vidění není pouze vnímání určité části elektromagnetického záření, ale je to i možnost identifikace pozorovaného předmětu a jeho zařazení do vědomí, a to buď bezprostředně při určité činnosti, nebo k uchování v paměti pro pozdější aplikace.

Zrak je pro člověka zařízením pro příjem a zpracování informací o vnějším prostředí. Nositelem těchto podnětů je světlo – světelný podnět. Světlo a osvětlení jsou prostředky umožňující přijetí zmíněných informací a mohou v některých případech příjem informací buď usnadnit, nebo ztížit.

1.2 Zrakový systém člověka

Zrakový systém člověka je tvořen souborem orgánů, které zajišťují *příjem, přenos a zpracování* informací přenášených světelným podnětem včetně jejich transformací do komplexu nervových podráždění, jejichž výsledkem je zrakový vjem.

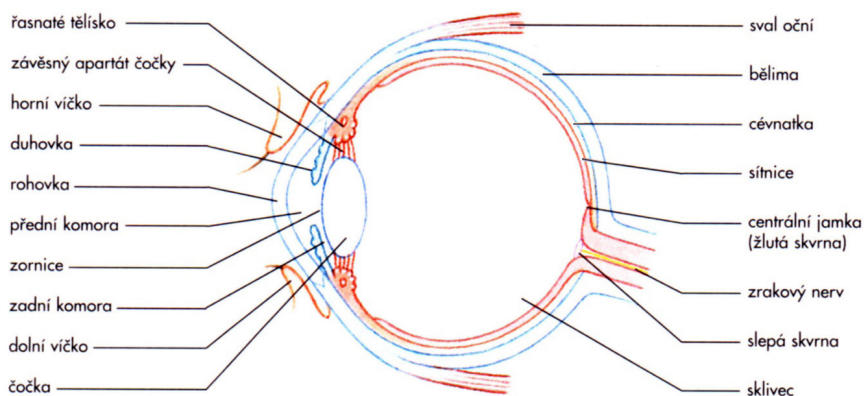
Zrakový systém člověka se v zásadě skládá ze tří částí:

- periferní část – oči
- spojovací část – zrakové nervy
- centrální část – podkorová jádra mozku a korové zrakové centrum

Oko je smyslový orgán zajišťující příjem informací o vnějším prostředí, které jsou přenášeny světlem. V oku se tyto informace primárně zpracovávají, upravují do nervových podráždění a těmito nervovými cestami se přenášejí do centrální mozkové části, kde dochází k finálnímu zpracování a uložení některých podnětů do paměti.

Oko má přibližně tvar koule s průměrem cca 24 mm a je uloženo v lebce člověka v tzv. očníci, v níž má možnost otáčení kolem své osy o cca $\pm 30^\circ$.

Oko se principiálně skládá z optického aparátu, který zobrazuje na jeho sítnici převrácený a patřičně nedokonalý obraz vnějšího světa. V očníci obou očí se nacházejí tři páry *vnějších očních svalů*, dále závěsný aparát, krevní a nervové zásobení očí (obr. 1).



Obr. 1: Řez lidským okem

Stěna oka v zadní části je tvořena třemi vrstvami:

- bělima – neprůhledná bílá tkáň,
- cévnatka – složitá soustava cév a vlasečnic vyživujících sítnici,
- sítnice, která je tenkou (asi 0,2 mm) průsvitnou blánou skládající se z deseti vrstev epitelů s fotoreceptory, má složitou, ale velice pravidelnou strukturu a tato blána zpracovává obrazové informace, které na ni dopadají z optického aparátu oka. Uprostřed sítnice je tzv. centrální jamka, což je místo s nejvyšším počtem fotoreceptorů.

V zadní části oka cca 18° od jeho vodorovné osy vystupuje zrakový nerv spojující sítnici s nervovými centry mozku.

V místě vstupu nervu do sítnice je tzv. slepá skvrna, která neobsahuje žádné fotoreceptory, a naopak tzv. žlutá skvrna, která je situovaná uprostřed sítnice a její střední prohloubená část o průměru asi 1,5 mm tvoří výše zmíněnou centrální jamku s nejvyšší rozlišovací schopností.

Základní *fotoreceptory* lidské sítnice jsou *tyčinky* a *čípky*. Rozložení a hustota čípků a tyčinek je různá podle toho, o kterou část sítnice jde. V centrální jamce jsou situovány pouze čípky, ve vzdálenějších periferiích sítnice jsou zastoupeny jak čípky, tak tyčinky. Čípky reagují na světelné podněty vyšší úrovně (jasy vyšší než cca 10 cd/m²) a svojí diferentní spektrální citlivostí na různé vlnové délky světla umožňují barevné vidění (tzv. fotopické). Tyčinky, druhá skupina světlocitlivých buněk, jsou cca 1000× citlivější než čípky a jejich nejvyšší citlivost je na modrou a následně na červenožlutou barvu. Vidění při nízkých úrovních světla se nazývá skotopické.

Celkem lidská sítnice obsahuje cca 6,5 milionů čípků a cca 125 milionů tyčinek. V centrální jamce v kořenu očního nervu je umístěno asi 800 000 čípků. Všechny fotoreceptory v podstatě mění viditelnou světelnou energii na nervová podráždění.

Velice složitá funkce těchto buněk umožňuje reagovat nejen na změnu intenzity osvětlení, ale i na drobné detaily s velkými jasovými kontrasty.

Samozřejmě s diferenciací tyčinek a čípků je diferentní rozlišovací schopnost lidského zraku, která je nejvyšší ve středu sítnice a prudce klesá směrem k jejím okrajovým polím.

V poslední době bylo potvrzeno, že mimo čípků a tyčinek jsou na sítnici ještě další světlocitlivé prvky se spektrální citlivostí koncentrovanou do modré

oblasti viditelného spektra o vlnové délce kolem 465 nm (nazývané čidla cirkadiánní soustavy). Pro člověka je přítomnost modré barvy v dopadajícím spektru přímo závislá na tvorbě hormonu „melatonin“, který se také nazývá hormon spánku. V případě akcentované hodnoty modré vlnové délky ve světle se blokuje tvorba melatoninu, což pro člověka znamená možnost intenzivní akceschopnosti. V létě a v poledne má sluneční světlo významnou složku modré barvy, produkce melatoninu je minimální. Naopak po soumraku je tento hormon vyráběn v hypofýze a člověk přechází do útlumového spánkového režimu. Ale v případě večerního osvětlování světlem s výraznou složkou modré barvy, např. LED s teplotou chromatičnosti vyšší než 3500 K a indexem podání barev CRI (viz str. 55 kap. 4.4) menším než 90, často dochází ke spánkovým poruchám a ke snížení kvality spánku. Potlačená tvorba melatoninu může způsobovat i další zdravotní komplikace, jako jsou kardiovaskulární choroby nebo nádorová bujení. Proto před spánkem není úplně vhodné používat monitor počítače, LED podsvětlené televizory a ostatní zdroje intenzivního modrého záření.

Je možno souhrnně konstatovat, že informace přenášena do mozku pomocí zrakového nervu je výsledkem celkové integrující funkce sítnice. Pomocí tohoto souboru, jehož významnou složkou jsou čípky a tyčinky, se do mozku dostávají informace o jasech, rozdílech jasů, barvách i o změnách těchto veličin v čase, včetně všech parametrů pohybu obrazu.

Nitrooční dutina je vyplněna průhlednou bezbuněčnou rosolovitou tekutinou sklivcem, která umožňuje svojí pružností prostorové změny oční bulvy.

Průhledný přední obal oka po stranách přecházející do krycího epitelu oční spojivky se nazývá *rohovka*.

Oční čočka je průzračné dvojevypuklé tělísko obalené do pružného pouzdra zavěšeného na řasnatém tělísku vytvořeném z cévnatky.

Strukturou oční čočky jsou lamelovité do radiální hvězdice uspořádané dlouhé buňky nazývané vlákna čočky.

Duhovka je v podstatě mechanickou optickou clonou oka, situovanou jako překážka světelných paprsků vstupujících do oka. Uprostřed duhovky je *zorníčka*, jejíž průměr kolísá v závislosti na smrštění a uvolnění svalů duhovky.

1.3 Optika lidského oka

Světlo vstupující do oka prochází diferentními optickými prostředími a dopadá na sítnici, kde je vytvořen nedokonalý obraz snímaného vnějšího prostředí.

Oko je tedy souborem celé řady povrchů a prostředí o různých indexech lomu, kde samozřejmě platí zákony geometrické optiky.

Vypočítat lomivost nebo určit přesné poloměry zakřivení jednotlivých prvků této soustavy je velmi nesnadné. Protože bylo zjištěno, že optické parametry prvků oka se i u normálně vidících lidí liší, a protože dále dochází ke změnám těchto parametrů s věkem, bylo na základě experimentálně průměrných hodnot navrženo tzv. schematické a redukované lidské oko, na nějž jsou vztaženy všechny optické výpočty určující jeho funkce.

1.3.1 Akomodace oka

Při jisté nedokonalosti optického systému lidského oka není možné současně stejně ostře zobrazit na sítnici předměty nacházející se od něj v různých vzdálenostech.

Zaostření předmětů do sítnice se dosahuje *akomodací*, což je schopnost servomechanismu ovládajícího čočku přizpůsobit lomivost optických prostředí oka (oční čočky) vidění do blízka, tj. do konečné vzdálenosti. V tomto smyslu se o přizpůsobení čočky k vidění do dálky (asi od 6 m do nekonečna) v některých lékařských pramenech mluví jako o *dezakomodaci*.

Podnětem k zahájení akomodace oka je většinou neostrost obrazu na sítnici. Oko se v tomto případě akomoduje bez jakékoliv účasti vědomí. V podstatě jde o změnu ohniskové vzdálenosti čočky změnou zakřivení obou jejích stěn. Současně se také změní hloubka přední komory oka a příčný průměr čočky.

Nejvzdálenější bod, který oko dokáže vidět ostře v případě jeho akomodace do dálky, nazýváme *vzdáleným bodem akomodace* a nejbližší bod viděný ostře při maximální akomodaci oka do blízka nazýváme *blízkým bodem akomodace*. Vzdálenost mezi těmito dvěma body se nazývá *hloubka* nebo *rozsah akomodace*. Vzdálený bod je u normálně vidícího člověka v nekonečnu, blízký bod je v závislosti na věku člověka od cca 9 cm až do cca 50 cm. Rozsah akomodace se měří v dioptriích.

Akomodace je aktivním procesem úzké spolupráce optického mechanismu oka a příslušného mozkového centra, i v případě fixace oka na definovaný pozorovaný předmět není jeho akomodace v absolutním klidu. Celý systém je v tzv. nestabilní oscilaci, kde neustále kolísá akomodace kolem tzv. střední hodnoty – tím se mění ostrost obrazu na sítnici. Tento jev není dosud exaktně vysvětlen, možná je pomocí oscilace zvyšována citlivost celé regulační smyčky. Zajímavým fenoménem je, že obě oči oscilují vždy naprosto stejně.

Na akomodaci lidského oka má vliv mnoho faktorů, v první řadě osvětlení, resp. jeho intenzita, dále fyzická a duševní únava a případně i některá farmaka.

Zraková únava se projevuje na dynamice akomodace, ale také na horším přenosu informací z oka do mozku.

1.3.2 Fotopupilární reflex

Hlavní funkci „servosmyčky“ duhovka–zornice je regulace množství světla vstupujícího do oka. Je to první z mnoha regulovaných podnětů vstupujících do oka, regulační pochod je sice nedokonalý, ale je poměrně rychlý a závisí na intenzitě a ploše podnětu, dále na výchozím stavu adaptace zraku a také na věku jedince.

Maximální rozsah průměru zornice je asi od 7,5 do 1,8 mm, z toho plyne, že plocha zornice se může měnit zhruba patnácti- až dvacetinásobně.

Adekvátním podnětem pro vybuzení servosystému je změna intenzity osvětlení, které dopadá na sítnici, čím vyšší je hladina osvětlení, tím více se zornička zužuje. Regulační křivka tohoto servomechanismu je nelineární. Práh reakce zorničky na světlo je trochu vyšší, než je absolutní práh světelné citlivosti zraku.

Na regulační smyčku zornice má vliv také dynamika, resp. délka doby světelného podnětu. Návrat zornice do neutrální polohy má značně delší průběh cca 150–200 sekund.

Regulační smyčka je v podstatě totožná pro obě oči, takže reagují zhruba stejně i v případě, že světelný podnět působí pouze na jedno z nich. Při stejném osvětlení obou očí je reakce zorniček větší. Někteří autoři to vysvětlují tím, že mozek se snaží udržet v této regulační smyčce konstantní tok dat. Pravděpodobně z důvodů větší citlivosti regulace průměrů zorniček je faktem, že i při konstantním osvětlení sítnice zorničky obou očí současně téměř nepřetržitě mění svůj průměr.

1.3.3 Optická kvalita zobrazovacího systému oka

Optickou kvalitu zobrazení oka určuje ostrost zobrazení v úrovni sítnice. Nedokonalost optického prostředí oka, dále pouze jedna čočka a zároveň celý systém oka tvořený buněčnou a fibulární strukturou s různými nepravidelnostmi limitují zobrazovací schopnost oka, která je v principu velmi špatná. Explicitně je možné definovat několik základních vad – např. otvorová aberace, fyziologický astigmatismus, zkreslení a zakřivení pole a další. Jejich přesná definice však přesahuje rámec těchto skript. Souhrnně je možné konstatovat, že mozek buď zcela, nebo částečně tyto chyby u zdravého jedince beze zbytku kompenzuje.

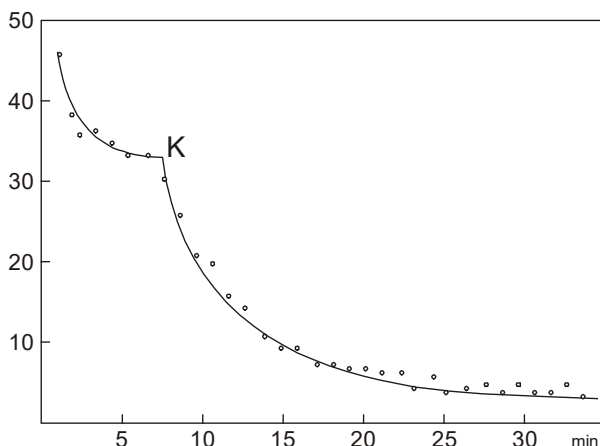
1.3.4 Adaptace na světlo a tmu

Rozlišovací schopnost lidského zraku je v rozsahu jasů cca $1 : 10^{12}$, což jest zhruba od jasové hodnoty 10^{-6} do cca 10^5 cd/m^2 – pro zajímavost televizní řetězec dokáže zpracovat jasy v poměru cca $1 : 60$, barevný film v poměru cca $1 : 160$.

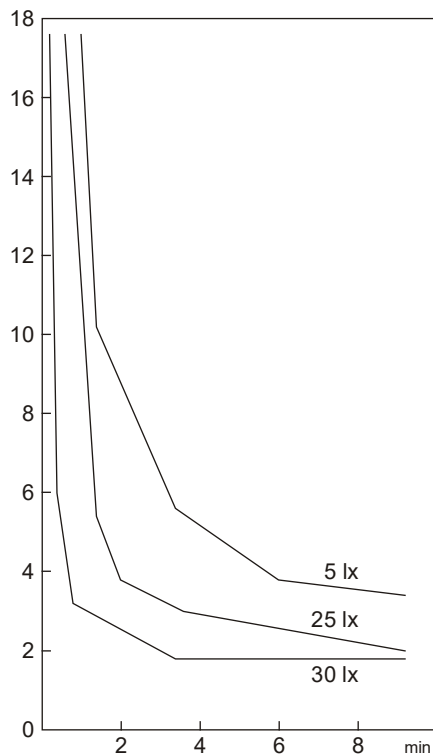
Lidské oko dokáže velice rychle měnit citlivost celého systému tak, aby se strmá část křivky rozlišovací schopnosti kryla s danou úrovní osvětlení na sítnici.

Tento proces se nazývá adaptací, která probíhá dvěma směry:

- adaptace lidského oka na tmu – obr. 2
- adaptace lidského oka na světlo – obr. 3



Obr. 2: Typický průběh křivky adaptace lidského oka na tmu
(K – Kohlrauschův ohyb křivky)



Obr. 3: Typický průběh adaptace lidského oka na světlo

V podstatě lze definovat dva mechanismy adaptace:

- fotopupilární reflex je změna osvětlení sítnice v poměru cca 1:16 až 1:20. Tento reflex lze nazvat předregulačním stupněm nebo prvním stupněm regulační smyčky oka, který je daný změnou průměru zornic
- adaptace vlastní sítnice na úroveň dopadajícího světelného podnětu; je to druhý a nejdůležitější regulační proces v lidském oku.

Průběh adaptace lze rozdělit na dvě části: počáteční tzv. *fotopická* část je připisována růstu světelné citlivosti čípků a delší tzv. *skotopická* část následující po tzv. Kohlrauschově ohybu křivky [k] je důsledkem růstu citlivosti tyčinek.

Dvoudílnost křivky souvisí s tím, že světelná citlivost tyčinek je mnohem vyšší než citlivost čípků (cca $10^3 \times$ větší). Světelná citlivost lidského zraku dosahuje svého maxima po cca 45 minutách pohybu v úplné tmě.

1.3.5 Rozlišování jasů a jasových kontrastů

Z důvodů minimalizace zátěže patříčných mozkových center je už v sítnici zpracovávána jen ta informace, která je významná z hlediska identifikace předmětů. A také jen ta je přenášena do mozku. Obraz dopadající na sítnici se už v začátku jeho přenosu do mozku zbavuje všeho nepodstatného a ve vyšších úrovních nervové činnosti se zpracovávají pouze informace o rozdílech kontrastu, tj. o osvětlovaných obrysech předmětů.

Mozek pak interpolací nebo extrapolací vyplňuje obrazy ploch, v jejichž hranicích se jas neměnil, resp. kde byly tyto změny podprahové.

Jako další fenomén mozkové činnosti je skutečnost, že v našem přirozeném prostředí, kde intenzita osvětlení povrchů značně kolísá, mozek redukuje tyto změny tak, že vnímáme jasy povrchů jako relativně stálé.

Tomuto jevu říkáme *stálost jasností* nebo *jasnostní konstantnost*. Zrak totiž neregistruje pouze jas, ale také součinitele odrazu povrchů, a proto jsme schopni rozlišit povrchy lesklé, polomatné, matné nebo i strukturované.

Normálně využíváme jasové konstantnosti v nestejnorodém zorném poli, kde je více předmětů o diferentních odraznostech.

Zvýší-li se intenzita osvětlení celého zorného pole, nestoupne intenzita dráždění sítnice světlem odraženým všemi předměty o stejnou absolutní hodnotu, nýbrž o hodnotu relativní, neboť každý předmět pohltí jiné množství světelné energie. Výsledkem je, že poměr jasů působících na sítnici je konstantní a platí zde logaritmický vztah mezi intenzitou podnětu a odpovědi.

Konstantnost jasností platí ve velmi širokém rozsahu intenzit osvětlení (asi 1 : 10), a proto v normálním prostředí, kde převažují povrchy o koeficientu odrazu od 0,1 do 0,9, je náš zrak vždy optimální.

Při podstatně vyšších hodnotách osvětlenosti dochází k subjektivním změnám vnímání, což sice působí negativně, ale při speciálních způsobech osvětlení jako např. v divadelní praxi to umožňuje emocionálně zvýšit obrazový dojem celého představení.

1.3.6 Teorie barevného vidění – rozlišování barev

V průběhu formulace principů lidského vidění bylo vysloveno několik teorií zrakového procesu rozlišování barev. Barevné vidění je výrazným obohacením informačních možností lidského zraku, zároveň je to zdroj další nutné informace o prostředí, které nás obklopuje.

Barevné vidění je informací o koloritu předmětů, barevných rozdílech a jasových kontrastech. Úloha barevného vidění spočívá převážně v identifikaci předmětů a podrobností již zjištěných na základě jasového kontrastu. Platí, že jasový kontrast napomáhá přesnému barevnému rozlišení větších různobarevných ploch.

Oko reaguje na vnímání barevného tónu také v závislosti na tom, zda sítnice byla předtím adaptována buď k achromatickému, nebo k různě zbarvenému světlu. Tomuto jevu, tj. přechodné změně barevných vjemů vlivem předchozí barevné stimulaci sítnice, říkáme *chromatická adaptace*. Bílý povrch po adaptaci k červenému světlu bude *po určitou dobu* vypadat jako modravě zelený, ke žlutému jako modrý atd.

ZÁVĚR:

Tón barevných povrchů se změní tak, jako kdybychom k jejich barvě přimíchali určitý podíl barvy, která je doplňková k barvě adaptujícího světla.

Významem chromatické adaptace lidského zrakového systému je jeho přizpůsobení k převládající barvě světla v mezích, ve kterých světlo můžeme nazývat „bílým“. Nutno podotknout, že v přírodě kolísá teplota chromatičnosti zhruba od 2 000 K až do hodnoty 100 000 K.

K = Kelvin je jednotka teplotního rozdílu, stejně velká jako °C ($1\text{ °C} = 1\text{ K}$) a platí, že $0\text{ °C} = 273,15\text{ K}$ a $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$, což je teplota absolutní nuly.

V tomto případě to znamená několikanásobné zvýšení světelného toku krátkovlnného konce spektra se současným poklesem světla teplejších tónů a dlouhovlnného konce spektra.

Při použití teplotních zdrojů světla s relativně nízkou teplotou chromatičnosti (cca 2 600 K – 3 200 K) se lidské oko běžně adaptuje i na tyto hodnoty, a proto v tomto případě nepozorujeme významné zkreslení barevných tónů.

Účinek světelného zdroje na barvu a vzhled předmětů jím osvětlených se ovšem definuje v praxi jakostí (kvalitou) podání barev. Vzhled je přitom srovnáván se vzhledem těchto předmětů při osvětlení tzv. normalizovaným zdrojem světla (definovaným CIE).

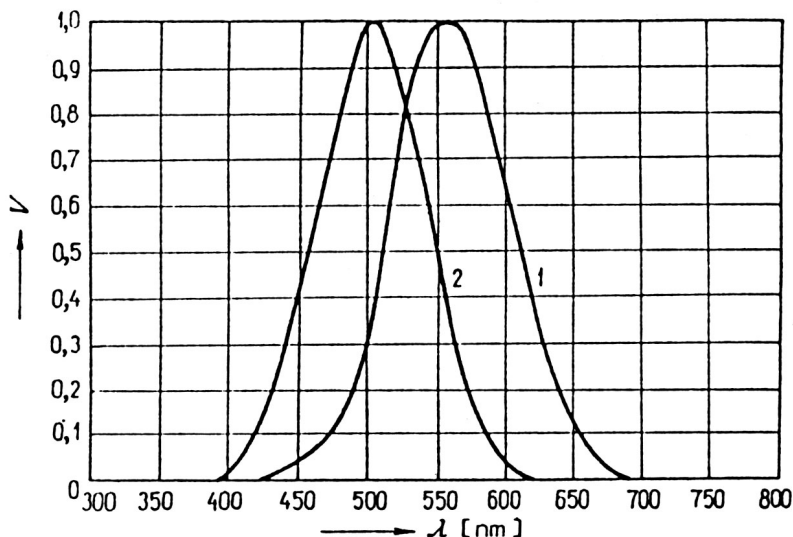
Číselné vyjádření stupně shodnosti barevného vjemu předmětů osvětlených uvažovaným zdrojem se nazývá *index podání barev CRI (Ra)*. Jeho definice je uvedena v další části těchto skript.

Je možné říci, že mozek člověka přijímá a zpracovává dva rozdílné nezávislé signály jasu a barvy (vlnové délky). U světelného zdroje neposuzujeme energetické hodnoty jeho záření, ale zkoumáme jeho účinky na zrakový orgán. Oko však registruje jen relativně malý rozsah vlnových délek, a navíc ani v tomto pásmu není stejně citlivé.

Spektrální citlivost jednotlivých pozorovatelů se ovšem liší, a proto byla mezinárodní komisí pro osvětlování CIE zavedena spektrální citlivost tzv. normálního fotometrického pozorovatele (obr. 4). Tyto hodnoty jsou udány v poměrných číslech vztažených k maximum křivky spektrální citlivosti.

Při denním (fotopickém) vidění má křivka $V(\lambda)$ maximum při vlnové délce $\lambda_m = 555 \text{ nm}$ a při nočním skotopickém vidění je maximum křivky spektrální citlivosti $V(\lambda)$ při vlnové délce $\lambda_m = 507 \text{ nm}$.

Noční vidění vzniká při adaptaci oka na nízké úrovni jasu, a proto při něm nelze rozeznávat barvy, osvětlované objekty mají pouze omezenou stupnici šedé barvy.



Obr. 4: Spektrální citlivost oka normálního fotometrického pozorovatele
1 – při denním vidění (fotopické)
2 – při nočním vidění (skotopické)

Světlo

2.1 Definice světla

Světlo je část zářivé energie zhodnocené lidským zrakem. Každé záření musí mít nějakou příčinu – zdroj, v našem případě zdroj světla.

Světelné zdroje lze rozdělit na primární a sekundární. Primární zdroje světlo emitují a sekundární pouze vyzařují světlo odrazem od primárního zdroje.

Typickým primárním zdrojem světla je Slunce, typickým sekundárním zdrojem je např. Měsíc nebo ozářená obloha.

Primární zdroje světla dělíme na přírodní a umělé. Přírodním zdrojem světla je Slunce, typickým reprezentantem umělého zdroje je žárovka, v současné době i polovodičový zdroj světla – LED.

Umělé světlo je dnes stejně neoddělitelnou součástí životního prostředí jako vzduch a voda. Umělé světlo slouží nejen k vlastnímu bytí člověka, ale realizuje i jeho umělecké ambice v kreativním osvětlení budov, památek, ale i v divadle, filmu, a televizi.

2.2 Fyzikální podstata světla

Učenci se již od starověku zabývali problematikou optického zobrazování, ale první vážné úvahy o podstatě světla spadají až do 17. století. V této době dva učenci předložili pojednání o podstatě světla, Christiaan Huyges (1629–1695) vlnovou teorii a Isaac Newton (1643–1727) korpuskulární teorii.

Principiální definice obou vědců byly:

Vlnová teorie – světlo je určitý druh postupného vlnění, jehož čelo – *vlnoplocha* – má v kritické vzdálenosti od zdroje světla tvar roviny. Kolmice k vlnoploše – *paprsek* – vyznačuje směr šíření světla.

Korpuskulární teorie – světlo je tok částic a světelný paprsek představuje dráhu pohybu světelné částice. Ve stejném prostředí se částice pohybuje přímočaře a paprsek má tvar přímky.

Pouze podle obou teorií bylo možné úspěšně vysvětlit některé zákony optiky, např. zákon odrazu.

Obě teorie se ale zásadně rozcházeły v názoru na rychlost světla v prostředích různé optické hustoty.

Podle korpuskulární teorie se světlo šíří v prostředí opticky hustším *rychleji*, podle teorie vlnové se šíří *pomaleji*.

Spor úspěšně vyřešil teprve *James Clerk Maxwell* (1831–1879), který ve svých čtyřech rovnicích shrnul vše, co bylo do té doby známo o elektřině a magnetismu, a vytvořil tak *jednotnou teorii elektromagnetického pole*.

Z těchto rovnic vyplývá, že časová změna elektrického pole budí pole magnetické a naopak časová změna magnetického pole budí pole elektrické. Současně prokázal, že obě pole se šíří rychlostí světla, která je konečná.

Shoda rychlosti jejich šíření s rychlostí světla byla natolik nápadná, že přivedla Maxwella na myšlenku, že podstata světla spočívá v těchto polích.

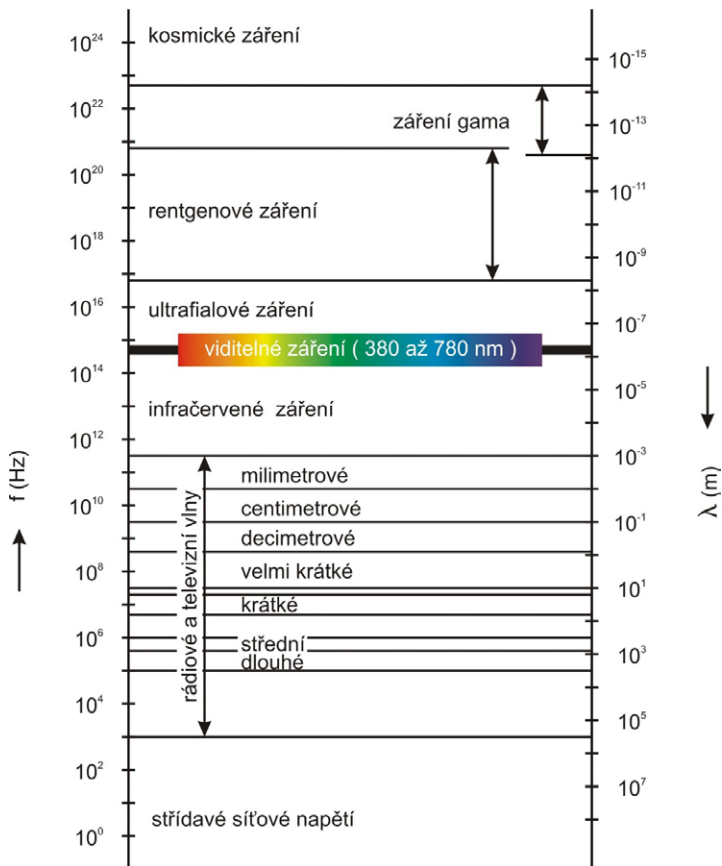
Na základě svých rovnic odvodil i základní zákony fyzikální optiky, a sjednotil tak optiku s teorií elektromagnetického pole.

Teprve po jeho smrti se podařilo teorii magnetického a elektrického pole experimentálně potvrdit a elektromagnetické vlny přestaly být pouhou hypotézou a staly se součástí ucelené fyzikální teorie elektromagnetického pole.

Vlnové délky elektromagnetických vln (elektromagnetického záření) jsou ve velmi širokém rozmezí, od řádu 10^{-13} m až po tisíce metrů. Z toho tvoří viditelné záření jen úzkou část v intervalu vlnových délek $\lambda = 380$ nm až 780 nm, kde symbol nm je nanometr a odpovídá 10^{-9} m (obr. 5).

Každá vlnová délka tedy odpovídá určité barvě světla. S prodlužující se vlnovou délkou barvy postupně přecházejí od fialové přes modrou, zelenou a žlutou až k červené.

Sluneční světlo vnímáme jako bílé, protože je složeno ze spojitého spektra všech barev viz tab. č. 1.



Obr. 5: Vlnové délky viditelného záření

Druh záření	Označení	Vlnová délka λ [nm]	Kmitočet f [Hz]
Ultrafialové	UV-C	100 až 280	$(30 \text{ až } 17) \times 10^{14}$
	UV-B	280 až 315	$(17 \text{ až } 9,5) \times 10^{14}$
	UV-A	315 až 380	$(9,5 \text{ až } 7,89) \times 10^{14}$
Viditelné	fialová	380 až 430	$(7,89 \text{ až } 6,98) \times 10^{14}$
	modrá	430 až 490	$(6,98 \text{ až } 6,12) \times 10^{14}$
	zelená	490 až 570	$(6,12 \text{ až } 5,26) \times 10^{14}$
	žlutá	570 až 600	$(5,26 \text{ až } 5,0) \times 10^{14}$
	oranžová	600 až 630	$(5,0 \text{ až } 4,76) \times 10^{14}$
	červená	630 až 780	$(4,76 \text{ až } 3,84) \times 10^{14}$
Infračervené	IR-A	780 až 1400	$(3,84 \text{ až } 2,14) \times 10^{14}$
	IR-B	1400 až 3×10^3	$(2,14 \text{ až } 1,0) \times 10^{14}$
	IR-C	3×10^3 až 10^4	$(1,0 \text{ až } 0,3) \times 10^{14}$

Tabulka 1

Zajímavou vlastností elektromagnetických vln je jejich dualistický charakter, neboť se chovají současně jako vlny i částice.

Vlnový charakter převládá v záření s kratší vlnovou délkou. V elektromagnetické vlně není energie rozdělena spojitě, ale je soustředěna v kvantech, která jsou chápána jako částice s nulovou klidovou hmotností.

V důsledku vlnového charakteru podléhají elektromagnetické vlny všem zákonitostem vlnění, jako jsou zákon odrazu a lomu na rozhraní dvou prostředí nebo interferenční jevy na tenkých vrstvách.

Naopak důsledkem částicového charakteru jsou projevy spadající do oboru kvantové mechaniky. Záření se projevuje jako tok částic, resp. kvazičástic, které nazýváme *fotony* (elementární účinkové kvantum).

Posléze se ukázalo, že některé účinky a podmínky vzniku světla nelze vysvětlit ani pomocí elektromagnetické teorie. Následně Max Planck (1858–1947) vyslovil domněnku, že zahřáté těleso vyzařuje světelnou energii jen v určitých dávkách (kvantech) úměrných kmitočtu vysílaného záření:

$$E = f \cdot h \quad [\text{J}; \text{s}^{-1}, \text{J} \cdot \text{s}]$$

E je energie vyzářeného kvanta [J]

f je frekvence vlnění – kmitočet [s^{-1}]

h je Planckova konstanta $6,625 \times 10^{-34}$ [J · s]

Jelikož vlnová délka je nepřímou úměrná frekvenci a přímo úměrná době kmitu, pak platí

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T \quad [\text{m}; \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{Hz}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{s}]$$

λ je vlnová délka [m]

c je rychlost světla ve vakuu [3×10^8 m/s]

f je frekvence vlnění [Hz]

T je doba periody, což je nejkratší doba, po které se stejný stav opakuje [s]

Platnost Planckovy kvantové hypotézy potvrdil v roce 1905 Albert Einstein. Prokázal, že Planckova úvaha platí nejen při vyzařování světla zdrojem, ale také když se světlo volně šíří prostorem. Světlo si představoval jako proud stejných kvant energie, které nazval fotony.

Pro energii světla určité vlnové délky platí následující vztah

$$E = h \cdot f \quad [J; s^{-1}, J \cdot s]$$

E je energie světla určité vlnové délky [J]

h je Planckova konstanta $6,625 \times 10^{-34}$ [J · s]

f je frekvence vyzařovaného světla [Hz]

Energie fotonu E_p se udává v elektrovoltech, kde $1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J

Foton je tedy charakterizován jako hmotná částice, která má určité vlnové vlastnosti a její hmotnost je úměrná frekvenci světla.

ZÁVĚR:

Jako shrnutí všech předchozích úvah můžeme světlo charakterizovat jako vlnění, které se šíří přímočaře a přitom přenáší energii. Pohyb částic se řídí zákony kvantové mechaniky. Většinou posuzujeme světlo při měření jeho vlastnostmi z hlediska vlnové teorie, ale při vysvětlování jeho vzniku používáme naopak zákonů kvantové mechaniky.

Základní světelně technické pojmy

3.1 Světelné pole

Světelné pole je část prostoru, ve kterém dochází k přenosu světelné energie, tj. *taková část prostoru, ve které můžeme výpočtem nebo měřením prokázat existenci světla stanovením hodnoty zvolené světelně technické veličiny.*

Z předchozích úvah je možné definovat, že světelné pole se chová analogicky jako elektromagnetické pole, neboť světlo patří také do souboru elektromagnetického záření, které je v rozsahu vlnových délek 380–780 nm.

3.2 Zářivý tok

Zářivý tok Φ_e je množství zářivé energie přenesené tokem fotonů za jednotku času. Následně tedy platí

$$\Phi_e = \frac{Q_e}{t} \quad [\text{W}; \text{Ws}, \text{s}]$$

Φ_e je zářivý tok [W]

Q_e je množství zářivé energie [Ws]

t je jednotka času [s]

Jednotkou zářivého toku je [W], protože jde o energetickou veličinu. Je-li zářivý tok zhodnocený normálním fotometrickým pozorovatelem, potom zavádíme místo množství přenášeného záření ve wattech fotometrickou veličinu světelný tok [lm].

3.3 Světelný tok

Světelný tok Φ vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. V případě zářivého toku monochromatického záření Φ_e (jedné vlnové délky λ) je možno určit světelný tok Φ ze vztahu

$$\Phi = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) \quad [\text{lm}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, \text{W}]$$

Φ je světelný tok [lm]

K je poměr světelného toku a jemu odpovídajícímu zářivému toku [$\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$]

Φ_e je zářivý tok [W]

Platí tedy, že transformací zářivého toku o hodnotě 1 W na světelný tok získáme na vlnové délce 555 nm světelný tok o velikosti 683 lm, což je *maximální světelná účinnost pro monochromatické záření*.

3.4 Měrný výkon

Pro posuzování přeměny el. energie na světlo se používá veličina měrný výkon η , který vyjadřuje podíl vyzařovaného světelného toku Φ k příkonu světelného zdroje P. Platí tedy vztah

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}]$$

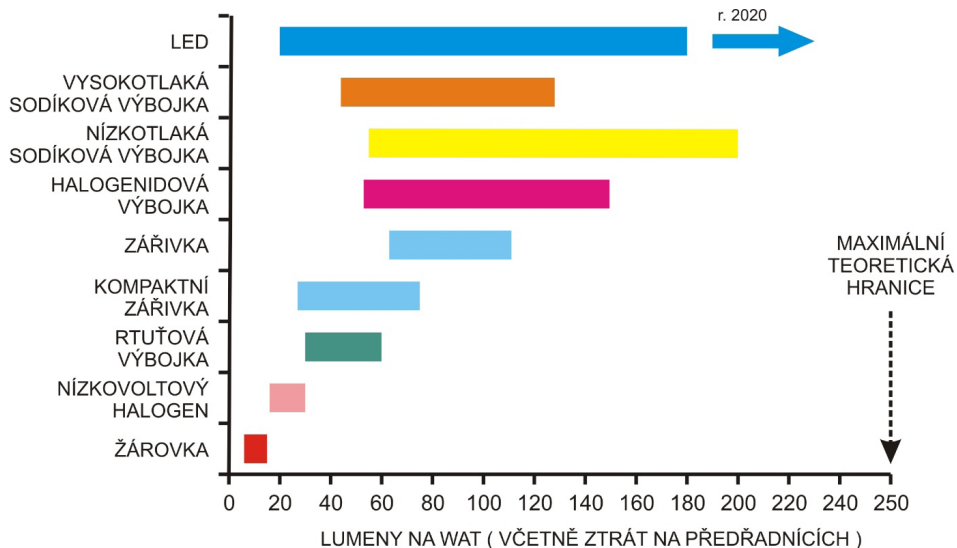
η je měrný výkon [$\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$]

Φ je světelný tok [lm]

P je příkon posuzovaného světelného zdroje [W]

Měrný výkon je jednou z důležitých veličin při rozhodování o nejvhodnějším světelném zdroji v uvažovaném svítidle.

Srovnání měrného výkonu pro jednotlivé typy světelných zdrojů včetně uvedení maximální teoretické účinnosti světelného zdroje je uvedeno v tabulce č. 2.



Tabulka č. 2: Měrný výkon jednotlivých světelných zdrojů (lm/W)

Poznámka: Maximální účinnost ideálního bílého světelného zdroje s obsahem všech vlnových délek 380–780 nm a s teplotou chromatičnosti 5 800 K je definovaná hodnotou 251 lm/W.

3.5 Svítivost

Různé zdroje světla se od sebe liší velikostí vyzařovaného světelného toku, rozložení tohoto toku v prostoru definuje svítivost I , která je rovna prostorové hustotě světelného toku, což lze vyjádřit vztahem

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad [\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}]$$

I je svítivost [cd]

Φ je světelný tok [lm]

Ω je prostorový úhel [sr]

Základní jednotkou svítivosti je 1 kandela [cd] a její definice je:

Kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření o kmitočtu 540×10^{12} hertzů a jehož zářivost v tomto směru je $1/683$ wattu na steradián [$\text{W} \cdot \text{sr}^{-1}$].

Vzájemné vztahy mezi svítivostí a světelným tokem

Ve středu koule o poloměru 1 m máme umístěn jednotkový světelný zdroj (1 cd), jestliže vyřízneme ve stěně koule otvor P o ploše 1 m², bude tímto otvorem procházet množství světla, které tvoří jednotku světelného toku jeden lumen (1 lm).

Prostor vymezený spojnici středu koule s obvodem otvoru P se nazývá prostorový úhel, jednotkou prostorového úhlu je jeden steradián (1 sr).

Protože povrch koule o poloměru 1 m činí celkem (4π), což odpovídá 12,6 m², je možné říci, že zdroj o jednotkové svítivosti 1 cd vyzařuje do prostoru kolem sebe světelný tok odpovídající 12,6 lm.

U světelných zdrojů je udáván celkový světelný tok v lumenech, resp. v kilolumenech a platí, že měrný světelný výkon v lm získáme, když svítivost světelného zdroje v cd vynásobíme prostorovým úhlem světelného kužele – tj. $2\pi(1 - \cos \alpha/2)$. Úhel α je vrcholový úhel světelného kužele.

3.6 Osvětlenost

Jedna z velice důležitých veličin, která definuje výsledný efekt dopadu světelného toku na nějakou plochu nebo objekt, se nazývá osvětlenost, nebo také intenzita osvětlení.

Intenzita osvětlení (osvětlenost) je poměr velikosti světelného toku Φ a plochy A, na kterou světelný tok dopadá a platí tedy vztah

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad [\text{lx; lm, m}^2]$$

E je osvětlenost [lx]

Φ je světelný tok [lm]

A je osvětlovaná plocha [m²]

Jednotkou osvětlenosti byl definován jeden lux [lx]. Rozměr jednotky osvětlenosti 1 lx je $1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr/m}^2$ [sr = steradián].

Nyní se ale vrátíme opět k duté jednotkové kouli, uvnitř které je umístěn světelný zdroj vyzařující do všech směrů vtažnou svítivostí 1 cd. Vnitřní povrch koule má plochu 12,6 m², na celý povrch tedy dopadá 12,6 lm. Pak je každý

čtvereční metr kulové plochy osvětlen světelným tokem o velikosti 1 lm a osvětleností 1 lx.

Poznámka: Z historické praxe byla tato hodnota definována tak, že svíčka ve vzdálenosti 1 m od zdi vytvoří v kolmém průmětu na tuto zeď osvětlenost přibližně 1 lux.

Pro osvětlenost platí dva základní zákony: zákon čtverce vzdálenosti a Lambertův kosinusový zákon.

Zákon čtverce vzdálenosti platící pro bodový zdroj konstatuje, že osvětlenost je úměrná svítivosti tohoto zdroje a klesá se čtvercem vzdálenosti.

Lambertův kosinusový zákon říká, že osvětlenost je úměrná kosinu úhlu, který je mezi normálou k povrchu plochy, na kterou dopadá světlo bodového zdroje a směrem dopadajících paprsků z tohoto zdroje.

Protože oba uvažované zákony jsou pro naši práci nanejvýše důležité, budeme se jejich aplikací pro běžnou praxi věnovat v jedné z příštích kapitol.

3.7 Jas

Jas je jedna ze světelných veličin, na kterou reaguje zrakový orgán člověka, a tudíž je to veličina s vysokou důležitostí pro naši práci. Výklad této veličiny omezují z hlediska potřeb divadelní praxe.

Osvětlení jako takové se týká dopadu světelného toku na osvětlovanou plochu. Vidění ale nezávisí bezprostředně na dopadu světelného toku na nějakou plochu, ale na množství paprsků, které tato plocha odráží.

Pro pochopení definice jasu si představíme ideální difúzní plochu, což je plocha, která naprosto všechny dopadající světelné paprsky vyzáří bez jakékoliv ztráty rovnoměrně do prostoru. Když na ni dopadne světelný tok o hodnotě 1 lm, vystupuje z této plochy opět tok o hodnotě 1 lm, poté platí, že *dopadající světelný tok se rovná odraženému*.

Kdyby ovšem nešlo o ideální difúzní plochu, byla by část světelného toku odrazena, část pohlcena a část látkou prošla. Odražený tok by byl vždy menší než dopadající. Poměr odraženého toku k dopadajícímu se nazývá činitel odrazu (součinitel odrazivosti).

Jas ideální difúzní plochy lze definovat takto:

Když na ideální difúzní plochu o velikosti 1 m² dopadne světelný tok 1 lm, má tato plocha jas odpovídající π násobku jedné cd/m² a platí vztah

$$\Phi = \pi \cdot L \quad [\text{lm}; -, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}]$$

Φ je světelný tok [lm]

L je jas [cd/m²]

Z předchozího lze konstatovat, že při dopadu 1 lm na plochu 1 m² vznikne osvětlení 1 lx; pak osvětlenost 1 lx vyvolává na ideální difúzní ploše jas

$$L = \frac{1}{\pi} \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}]$$

L je jas [cd/m²]

Pro tuto základní definici uvažujeme ovšem ideální difúzní (matnou) plochu, která dokonale rozptyluje všechny dopadající paprsky do všech směrů. Samozřejmě v běžné praxi se takové plochy nevyskytují. Od povrchů, které jsou předmětem našeho vizuálního vnímání, není světelný tok vyzařován do prostoru rovnoměrně. To znamená, že konstantně osvětlená plocha se může jevit z různých míst různě jasná. Nejvyšší hodnota jasu bude ve směru, do kterého se dopadající paprsky zrcadlově odrazí.

Praktická definice jasu tedy uvažuje směrovost světla a říká, že jas plochy v určitém směru je poměr svítivosti v tomto směru k velikosti průmětu plochy do roviny kolmé k tomuto směru.

A poté platí, že jas jakékoliv svítící plochy je dán vztahem

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A \cdot \cos_\gamma} \quad [\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^{-2}, -]$$

L_γ jas uvažované svítící plochy [cd · m⁻², cd, m⁻², -]

I_γ svítivost svítící plochy do směru určeného úhlem γ [cd]

A je pozorovatelem viděná velikost svítící plochy [m²]

γ je úhel mezi normálou plochy a směrem pozorování

3.8 Světlení

Vztah mezi světelným tokem dopadajícím na osvětlovanou plochu a velikostí této plochy udává osvětlenost. Vztah mezi světelným tokem odraženým z osvětlované plochy a velikostí této plochy udává světlení. Analogická situace nastává u ploch, kterými světelný tok prochází. Světlení je možné definovat jako podíl světelného toku vyzařovaného z dané plochy do všech stran a velikosti této plochy A. Platí tedy vztah

$$M = \frac{\Phi_v}{A} \quad [1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}; 1 \text{ m, m}^2]$$

M je světlení [lm/m^2]

Φ_v odražený světelný tok [lm]

A je uvažovaná plocha [m^2]

Jednotkou světlení byl definován $1 \text{ lm}/\text{m}^2$.

Základní vlastnosti viditelného záření a jeho měření

4.1 Spektrum

Zářivá energie ve viditelném spektru se uvažuje v rozmezí vlnových délek od 380 nm do 780 nm.

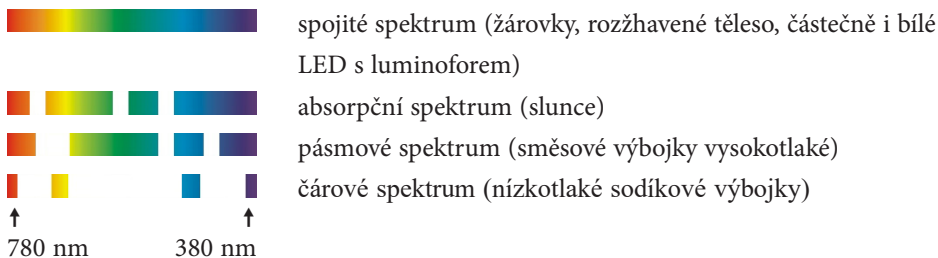
Rozdíly vlnových délek se jeví jako rozdíly barev světla.

Základní barevné tóny jsou definovány těmito oblastmi:

380 až 440 nm	fialová
440 až 490 nm	modrá
490 až 565 nm	zelená
565 až 595 nm	žlutá
595 až 620 nm	oranžová
620 až 780 nm	červená

Z hlediska zdroje světla rozdělujeme spektrum na *spojité* (světlo vzniklé např. rozžhavením tělesa), budou-li scházet některé vlnové délky, hovoříme o spektru *absorpčním* – (sluneční) světlo, z pohledu lidského oka se chová toto spektrum stejně jako spojité. Dále je spektrum *pásmové*, ve kterém jsou vynechány celé úseky vlnových délek, a v neposlední řadě je to spektrum *čárové*, které obsahuje pouze jednu nebo několik vlnových délek.

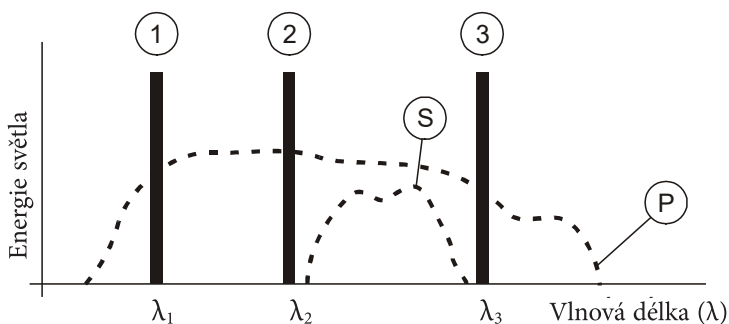
Pro ilustraci uvádím ukázkou zastoupení vlnových délek v různých spektrech viditelného záření:



Při aplikaci různých světelných zdrojů v osvětlovací praxi je velmi důležité znát spektrální složení použitého světelného zdroje, neboť při použití pásmového nebo čárového spektra může lehce dojít k posunu barev odraženého světla a ke změně barevného vnímání předmětu pozorovatelem.

Jako příklad uvedeme aplikaci světla s čárovým spektrem o vlnových délkách 1, 2, 3 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$), kterým osvětlíme plochu odrážející všechny vlnové délky, např. bílý papír, jehož spektrální odrazivost je reprezentována křivkou P, a jinou plochu, která má spektrální odrazivost danou křivkou S.

Budou-li vhodně zvoleny vlnové délky, bude se bílý papír osvětlený tímto světlem jevit jako bílý (křivka P), ale plocha se spektrální odrazivostí danou křivkou S se bude jevit jako černá (obr. 6).



Obr. 6: Aplikace zdroje s čárovým spektrem pro osvětlování

4.2 Vjem barvy světla

Vjem barvy je vlastností zrakového orgánu člověka, respektive zpracování barevné informace mozkiem, a je to definovaný vjemový rozdíl dvou pozorovaných stejných segmentů při změně spektrálního složení světla. Běžně se však pojem barva přenáší i na vlastnost světla a předmětů a hovoří se o barvě světla nebo o barvě předmětů.

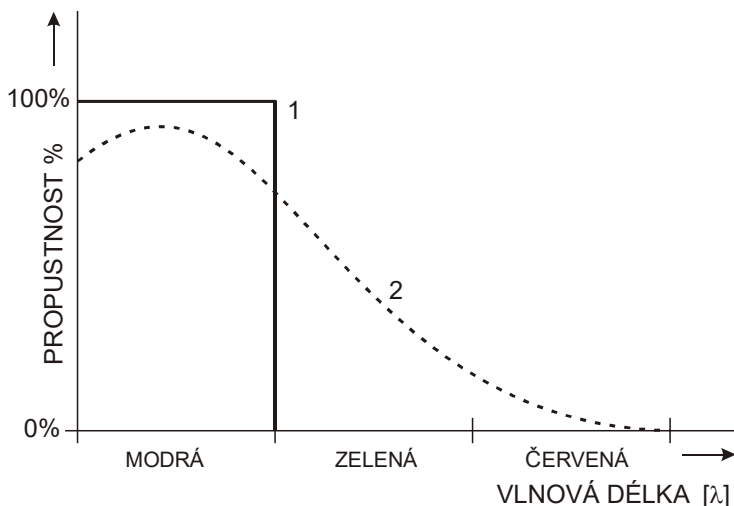
Ve fyzikálních definicích hovoříme o barvě světla jako o *chromatičnosti* a vlastní barvě předmětu jako o *koloritě*.

Chromatičnost je jednoznačně definována spektrálním složením primárního zdroje vysílajícího dané záření a kolorita je určena spektrálním složením záření zdroje osvětlujícího daný předmět a jeho spektrální odrazností, resp. pohltivostí.

Chromatičnost a kolorita jsou proto pojmy psychofyzikální.

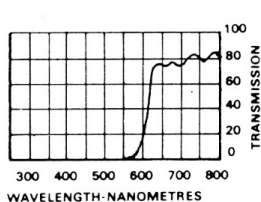
Jestliže na jistou červenou plochu dopadne bílé světlo, může tato plocha jeho červenou složku úplně odrazit a ostatní složky pak může úplně pohltit. Danému pozorovateli, ke kterému odchází pouze červená část spektra, se tato plocha jeví jako červená. Ideální červená plocha tedy odráží *všechny* červené paprsky spektra, ale reálná červená plocha vždy odráží i jisté procento jiných frekvencí z dopadajícího spektra.

Ve skutečnosti nemáme ideální barvivo, které by odráželo sto procent paprsků své vlastní barvy, a proto bílý papír odráží vždy více červených paprsků než papír červený, který vždy jisté procento paprsků pohltí. Totéž se vztahuje i na barevné filtry. Modrý filtr by měl modré paprsky beze zbytku propouštět a ostatní paprsky úměrně jeho hustotě zadržovat. Takto by se choval ideální barevný filtr. Bohužel ve skutečnosti reálný filtr zadržuje do jisté míry i paprsky své vlastní barvy a na druhé straně propouští část frekvencí příslušejících barvám jiným. Na obr. 7 jsou plnou čarou vyznačeny vlastnosti ideálního modrého filtru, kde v modré oblasti je 100% propustnost, v ostatních oblastech je propustnost nulová. Ve skutečnosti dochází na jedné straně ke snížení propustnosti filtru v modré barvě a na druhé straně některé frekvence záření částečně filtrem projdou (přerušovaná čára).



Obr. 7: Srovnání křivky spektrální propustnosti ideálního (1) a reálného (2) modrého filtru

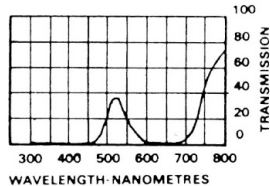
Analogicky se chovají reálné filtry ostatních barev světla. Příklady propustnosti standardních gelových filtrů pro základní barvy jsou na obr. 8.



LEE Filters

**106
PRIMARY RED**

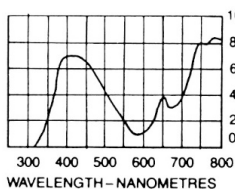
($Y = 9.32\%$)



LEE Filters

**(HT)* 139
PRIMARY
GREEN**

($Y = 14.97\%$)
*(HT Version Optional)



LEE Filters

**196
TRUE BLUE**

($Y = 26.64\%$)

Obr. 8: Příklady propustnosti gelových filtrů

Monofrekvenční složky libovolného záření se ve viditelné části spektra vyznačují tím, že vyvolávají zcela jednoznačný barevný požitek, tj. záření každé frekvence přísluší jednoznačně určitá spektrální barva. Obráceně to však neplatí. Zrakový orgán vnímá záření aditivně a odezvy na monochromatické složky skládá na určitý zrakový vjem barvy.

Kvalitativní odlišnost vjemu u jednotlivých spektrálních barev se nazývá barevným tónem a vyjadřuje se názvy: zelená, zelenožlutá, modrá, modrofialová, oranžová, červená atd.

Přibližné oblasti vlnových délek spektrálních barev jsou uvedeny v tab. č. 3.

Rozmezí vlnové délky [nm]	Barevný tón spektrální barvy
380–430	fialová
430–465	modrofialová
465–490	modrá
490–500	modrozelená
500–560	zelená
560–575	zelenožlutá
575–585	žlutá
585–620	oranžová
620–780	červená

Tabulka 3: Přibližné oblasti vlnových délek spektrálních barev

Vnímání určitého barevného tónu je u každého pozorovatele odlišné, závisí jednak na množství energie vyzařované v dané oblasti vlnových délek a jednak na citlivosti lidského oka.

Ve scénické osvětlovací praxi je nutno s tímto faktem počítat, např. halogenový zdroj s teplotou chromatičnosti 3 200 K má na rozdíl od xenonové výbojky s teplotou chromatičnosti 6 000 K ve svém vyzařovacím spektru velmi malý energetický obsah modré barvy. Při filtraci pomocí modrého filtru je nutno použít buď většího výkonu zdroje, nebo svítidla zdvojit, což je jeden ze základů barevného svícení v divadlech, filmu i televizi.

Kromě spektrálních barev obsažených ve spektru záření slunce existují i tzv. nespektrální, jejichž reprezentantem jsou purpurové barvy. Nejsou součástí

ani slunečního spektra, ani spektra jiných světelných zdrojů. Vyznačují se tzv. *nespektrálním barevným tónem*. Vznikají míšením obou krajních částí spektra viditelného záření, tj. spektrální barvy *fialové a červené*.

Jako další podskupinou třídění barev jsou barvy *pestré a nepestré*. Pestrá barva má mimo jasové složky takový vjem, jaký má barevný tón. K pestrým barvám jsou přiřazeny čisté spektrální barvy, dále purpurové a jejich odstíny vzniklé míšením, včetně míšení s bílou.

Názvy pestrých barev (modrá, tmavomodrá) neoznačují jejich fyzikální vlastnost, ale fyziologicky subjektivní vlastnost vázanou na normálního kolorimetrického pozorovatele.

Spektrální barvy mohou být syté (čisté) a jejich sytost udává podíl čisté spektrální nebo purpurové barvy v dané barvě na celkovém barevném požitku. Sytost se zmenšuje, smísí-li se spektrální barva např. s bílou (říkáme, že se tato barva *ředí*).

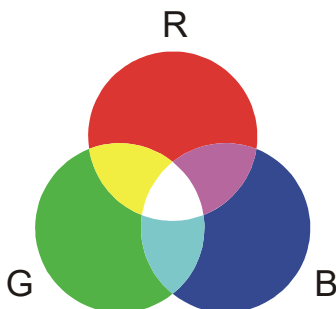
Spektrální barvy mají sytost rovnou jedničce. Bílá, šedá a černá mají sytost rovnou nule.

Nepestré barvy jsou vjemy barev bez barevného tónu a tvoří řadu od bílé po černou, mají tedy pouze *jasovou složku*.

Vyloučíme-li ze spektra slunečního záření (z bílého světla) oblast vlnových délek odpovídající modré barvě, pak zbývajícím zářením vytvoří barvu se *žlutým* barevným tónem.

Oddělíme-li zelenou oblast spektra z bílého světla, je barevný tón zbývajícím zářením purpurový. Smíšením spektrálních světél bez červené složky dostaneme světlo modrozeleného (azurového) tónu.

Tedy platí, že *spektrum viditelného záření lze rozdělit na tři části, složené ze tří základních barev – červené, zelené a modré (red, green, blue) (obr. 9)*.



Obr. 9: Příklad aditivního míšení barev

Jejich tzv. aditivním míšením (R, G, B) je možno dosáhnout jak bílého světla, tak i ostatních pestrých barev pomocí regulace intenzity jednotlivých barevných složek. V osvětlovací praxi je tento způsob realizován vždy třemi reflektory osazenými tzv. aditivními filtry. Reflektory budou v tomto případě vybaveny halogenovými světelnými zdroji. Reflektory LED pro aditivní míšení barev mají diody červené, modré a zelené a jejich elektronika umožňuje individuální nastavení intenzity každé barevné LED, a proto v tomto případě nejsou nutné barevné filtry.

Další zásadní způsob míšení barev je míšení *subtraktivní*.

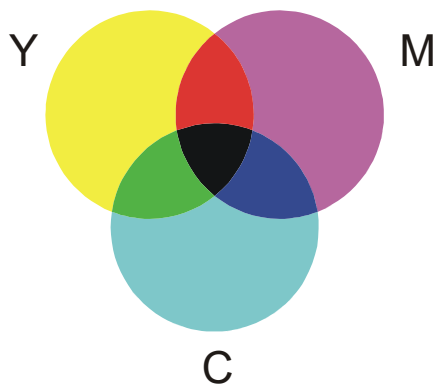
Subtraktivní (rozdílové) míšení barev vznikne procesem odečtení určité barevné složky z bílého světla a tím změnou poměru zbylých složek.

Bílé světlo, jakožto směs spektrálních barev, ztrácí své složky zcela nebo do určité míry průchodem filtry, intenzita se zeslabuje a filtrované světlo tmavne. Nová barva se získává *odečítáním*, tj. rozdílovým míšením.

Při subtraktivním míšení tří barev – azurové (c – cyan), purpurové (m – magenta) a žluté (y – yellow) můžeme dostat opět základní barvy (R, G, B), ale vždy dojde k poklesu intenzity procházejícího světla a při zařazení všech tří filtrů za sebou před zdroj je výsledná intenzita procházejícího světla rovna nule.

V osvětlovací praxi se subtraktivní míšení barev realizuje skládáním filtrů nebo jejich částí před světelný zdroj. Tento způsob je často využíván ve světlech typu „MOVING HEADS“ osazených výbojkovými světelnými zdroji.

Příklad subtraktivního míšení barev je na obr. 10.



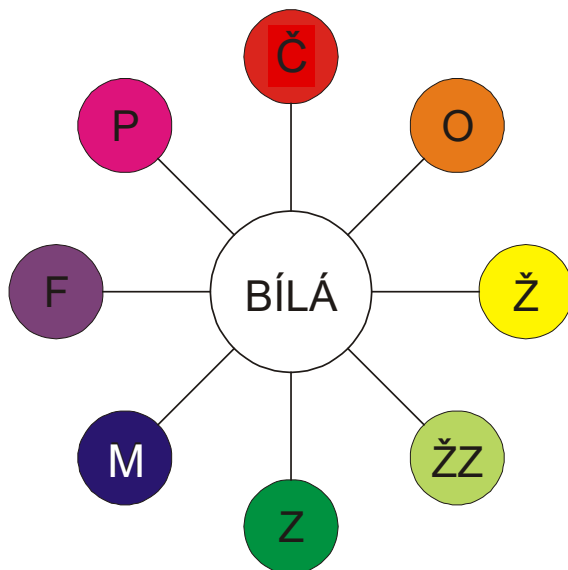
Obr. 10: Subtraktivní míšení barev

Bílé světlo lze získat i smíšením základní barvy se světlem ze zbývajících částí světelného spektra. Dvojice barev, které jsou smíseny ve vhodném poměru a dávají bílé (nepestré) světlo různé intenzity, se nazývá doplňková, komplementární barva.

Bílé světlo lze tedy vytvořit nejen jako směs všech spektrálních barev, ale také míšením dvou vhodně zvolených barev.

Vjem bílé barvy je stejný jako bílé světlo realizované jedním zdrojem bez filtru.

Příklady doplňkových barevných tónů k některým barvám jsou na obr. 11.



Obr. 11: Příklady doplňkových barev (Jiří Habel, Světlo a osvětlování)

Č – Z červená – zelená, P – ŽŽ purpurová – žlutozelená

F – Ž fialová – žlutá, M – O modrá – oranžová

Pro získání bílého světla je vždy výhodnější (z energetických důvodů) použít jediného světelného zdroje bez filtru, ale ve scénickém svícení se často používá tzv. přechodů přes bílou barvu pomocí doplňkových barev. Při tomto způsobu míchání barev pomocí gelových filtrů může dojít k jisté tonalitě bílé barvy, čehož se v divadelní osvětlovací praxi s výhodou využívá. V případě reflektorů s LED se často z energetických a programových důvodů doplňují diody RGB ještě LED bílé barvy a alternativně i oranžové nebo UV. To samé platí i pro filtrování systémem RGB, kde často přidáváme pro realizaci bílého světla reflektor bez filtru (označený W – White).

Poznámka: Pro ideální míchání barev by bylo nutno používat ideální filtry, což je možno definovat jako takový filtr, který má 100% propustnost pouze pro přesně danou oblast vlnových délek odpovídající požadované barvě a pro ostatní vlnové délky má nulovou propustnost. Standardně vyráběné filtry mají křivku danou buď chemickotechnologickými možnostmi, nebo limitovanou čistotou komponentů, které jsou na podložku vakuově napařovány.

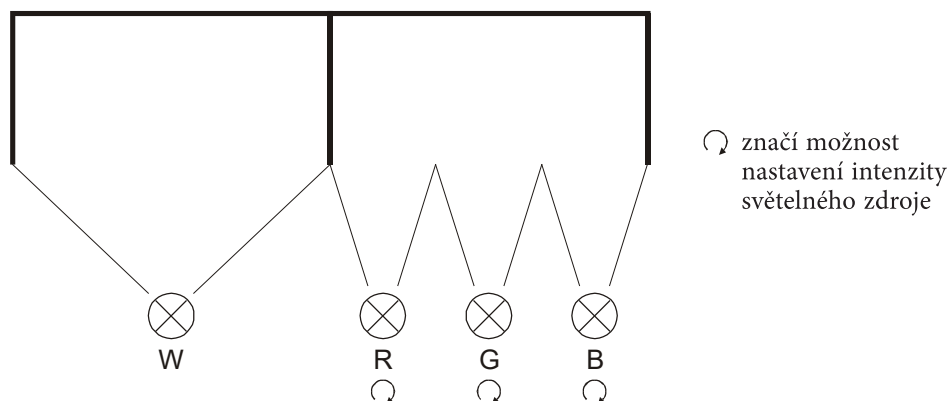
4.3 Trichromatické soustavy

K popisu barev se používají, jak bylo již dříve uvedeno, kolorimetrické soustavy.

Pro součtové zobrazení barev by bylo možno použít většího počtu základních (primárních) barev, aby se dosáhlo pokud možno všech barevných tónů vyskytujících se v přírodě.

Je ovšem nutné, aby použité barvy byly syté, spektrální. V praxi je větší počet základních barev nákladný, a proto se používá tří základních spektrálních barev. Různými vzájemnými poměry energií (jasů) lze získat převážnou část všech barev. K porozumění souřadnicového zobrazení barev je nutno se seznámit s *rovnicemi* barev a s kolorimetrem.

Pozorovací plocha kolorimetru se skládá ze dvou částí (obr. 12).



Obr. 12: Kolorimetr se základními kolorimetrickými barvami (R, G, B) a s bílým izoenergetickým světlem (W)

Jedna plocha je osvětlena bílým normálovým světlem (W) a na druhou plochu se promítají současně tři základní barevná světla, jejichž energie (jasy) lze měnit výkonem žárovek, případně clonami objektivů.

Při určitém poměru energií základních barev budou obě pole kolorimetru stejně osvětleny (co do druhu barvy a i jasu). Pro fotometrické měření se používají barevná světla následujících vlnových délek:

červená $\lambda = 700,00 \text{ nm}$

zelená $\lambda = 546,10 \text{ nm}$

modrá $\lambda = 435,80 \text{ nm}$

K získání barev světél se používají příslušné filtry.

Důležitým faktem je, že měření kolorimetrem nejsou absolutní, ale poměrná.

Při normálovém bílém světle dopadajícím na levou část kolorimetru se nastaví výkony zdrojů základních barevných světél tak, aby výsledná součtová barva v pravé části kolorimetru souhlasila s uvedeným bílým světlem.

Takto nastavené energie (jasy) základních barev se pokládají za jednotky měření a označují se v závorkách (R) pro červenou, (G) pro zelenou a (B) pro modrou barvu.

Energie červeného světla odpovídá při vyrovnání na bílé světlo výkonu zdroje např. 7 W se clonou v poloze 1. Tato energie bude jednotkou pro červené světlo. Při dalším měření se bude měnit energie červeného světla pouze změnou polohy clony (otvíráním, nebo zavíráním), např. na č. 2 nebo 0,5. Tím přiřadíme červenému světlu buď velikost 2 jednotky, nebo 0,5 jednotky. Takovouto velikost označíme R a nazýváme ji červeným *trojbarevným (trichromatickým) součinitelem*.

Pak tedy platí, že při cloně 1 je $R = 1$.

Výkon zeleného světla je v daném případě při vyrovnání na bílou např. 1,5 W.

Při cloně v poloze 1 bude představovat jednotku zeleného světla $G = 1$.

Při cloně nastavené na 3 bude energie zeleného světla zvětšena trojnásobně a zelený trojbarevný součinitel bude $G = 3$.

Podobně modrý trojbarevný součinitel se značí B pro jednotkový výkon např. 1 W.

Při zvětšení energie modrého světla s clonou v poloze 4 je součinitel $B = 4$.

Barvu bílého světla znázorníme rovnicí

$$\mathbf{W} = 1 (\mathbf{R}) + 1 (\mathbf{G}) + 1 (\mathbf{B})$$

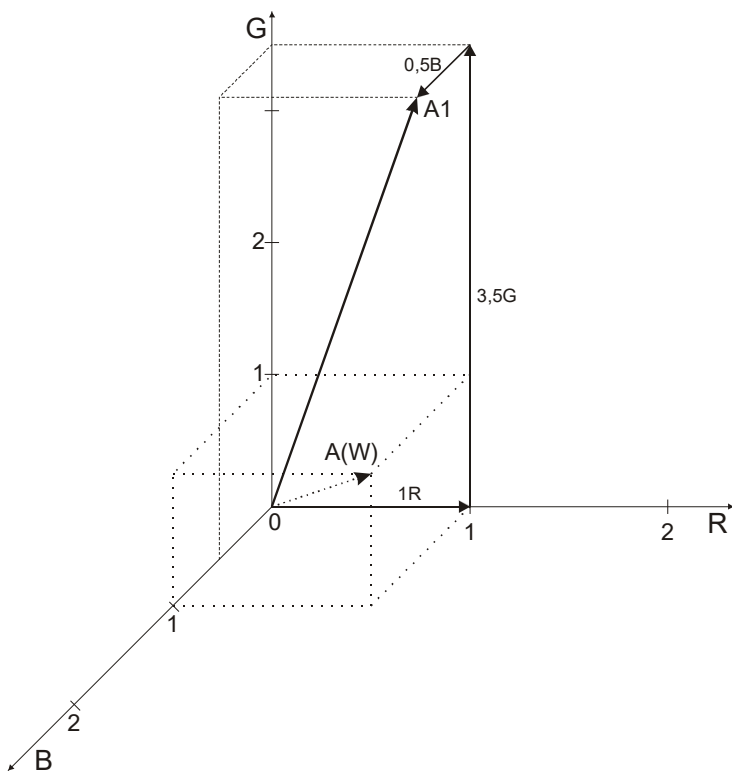
Zvětšíme-li jas (výkon) porovnávaného světla např. $3\times$, musíme zvětšit jas (výkon) všech tří složek taktéž $3\times$.

$$3\mathbf{W}_1 = 3\mathbf{R}_1 (\mathbf{R}) + 3\mathbf{G}_1 (\mathbf{G}) + 3\mathbf{B}_1 (\mathbf{B})$$

4.3.1 Prostorové znázornění barvy

Barevné světlo, tj. jeho chromatičnost a jas, je určeno třemi trojbarevnými součiniteli R, G, B. Těmto velikostem můžeme přisoudit tři souřadnicové směry a barvu vyjádřit prostorovým vektorem vycházejícím z počátku a končícím v bodě určeném souřadnicemi R, G, B.

Tak např. žlutozelená barva o koeficientech $R = 1$, $G = 3,5$, $B = 0,5$ by měla v prostoru znázornění vektorem $0A1$ (obr. 13).



Obr. 13: Prostorové znázornění vektoru barvy

Při zvyšování nebo snižování jasu určité barvy by se měnila jen délka vektoru, při změně barvy, tedy sytosti a tónu, by se měnil prostorový směr vektoru barvy.

Pro náš případ jsem znázornil vektor bílé barvy 0A (W) procházející bodem daným souřadnicemi $R = 1$, $G = 1$, $B = 1$. Je to prostorová úhlopříčka krychle.

Je nutné si uvědomit, že *stejně dlouhé vektory různých barev neodpovídají stejným jasům*.

Má-li jednotkový vektor červené (R) jas např. 1 cd/m^2 , má zelený (G) jednotkový vektor jas $4,6 \text{ cd/m}^2$ a modrý (B) $0,06 \text{ cd/m}^2$.

V kolorimetrii se uvádí pojem chrominance jako vektorový rozdíl mezi vektorem pozorovaného barevného světla a vektorem bílého světla izoenergetického (srovnávacího), které má stejný jas jako pozorované barevné světlo. A platí, že velikost chrominančního vektoru závisí na chromatičnosti i na jasu pozorovaného světla. Chrominance má tři složky (R–Y), (G–Y), (B–Y) a pro bílé světlo (nepestře barvy) je nulová.

4.3.2 Rovinné souřadnice r , g , b

Pozorování barev se zjednoduší, nebudeme-li si velikosti jasu všímat a směr výsledných vektorů posoudíme podle průsečíku těchto vektorů s jednotkovou rovinou, tj. rovinou, která prochází jednotkovými souřadnicemi na osách (R), (G), (B).

Průsečíky na této jednotkové rovině mají souřadnice, jejichž součet má stálou velikost pro různé trojbarvé součinitele R, G, B. Nazýváme je trojbarvé souřadnice určitého vektoru barvy a označujeme je malými písmeny r , g , b . Určují poměr činitele R nebo G nebo B v součtu všech těchto činitelů, a bude tedy platit:

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad g = \frac{G}{R + G + B} \quad b = \frac{B}{R + G + B}$$

a pro tyto souřadnice vždy platí:

$$r + g + b = 1.$$

Tento vztah vyznačuje v prostoru rovinu procházející na všech třech souřadnicových osách body o vzdálenosti 1 od počátku.

Jednotková rovina *není* rovinou konstantního jasu.

Kdybychom zakreslovali barvy o souřadnicích r , g , b do prostoru, končily by vždy vektory vycházející z počátku na jednotkové rovině. Barvy jsou tedy charakterizovány určitou polohou v ploše jednotkové roviny nezávisle na jasu.

Výše uvažovaná žlutozelená barva A1 s barevnými součiniteli $R = 1$, $G = 3,5$, $B = 0,5$ bude mít trojbarvé souřadnice

$$r = \frac{1}{1 + 3,5 + 0,5} = 0,2 \quad g = \frac{1}{1 + 3,5 + 0,5} = 0,7 \quad b = \frac{1}{1 + 3,5 + 0,5} = 0,1$$

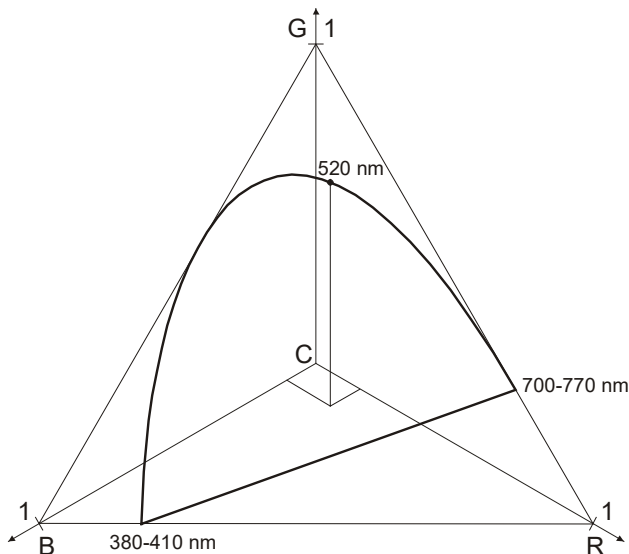
a musí tedy platit, že

$$r + g + b = 1 \quad \text{tj. } 0,2 + 0,7 + 0,1 = 1$$

Pro bílou barvu $R = 1$, $G = 1$, $B = 1$ bude platit

$$r = \frac{1}{1 + 1 + 1} = \frac{1}{3} \quad g = \frac{1}{3} \quad b = \frac{1}{3}$$

Pozorujeme-li jednotkovou rovinu na obr. 14, dostaneme v kolorimetrickém prostoru trojúhelník barev. V něm čisté spektrální barvy leží na křivce uzavřené mezi stranami trojúhelníku a každý bod uvnitř této křivky popisuje jednu barvu – platí, že pro určení druhu barvy (chromatičnosti) bez udání velikosti jasu stačí rovinné znázornění barvy.



Obr. 14

Pro praktické použití promítneme tento rovnostranný trojúhelník do roviny R, G, protože stačí pro určení barvy uvést souřadnice r na vodorovnou osu a g na svislou osu. Barva o nedefinovaném jasu je určena dvěma těmito údaji, v nichž je obsažena sytost a tón.

Třetí souřadnici (b) vypočteme z údajů r a g jako

$$b = 1 - r - g$$

Pro technickou praxi je nejčastěji používaná kolorimetrická soustava CIE. Je to kolmá souřadnicová soustava (x), (y), (z). Pro snadnější zobrazování zakreslujeme jen souřadnice

$$x = \frac{X}{(X + Y + Z)} \quad y = \frac{Y}{(X + Y + Z)}$$

souřadnici $z = \frac{Z}{(X + Y + Z)}$ dopočítáme dle již známého vztahu

$$z = 1 - x - y$$

Kolorimetrická soustava CIE tedy nahrazuje libovolný barevný podnět adiční směsí tří vhodně zvolených trichromatických složek (obr. 15).

Soustava je realizována diagramem chromatičnosti (kolorimetrickým trojúhelníkem) jakožto množinou bodů v rovině, z nichž každý svými souřadnicemi (x , y) vyjadřuje určitou chromatičnost, tj. barevnou jakost světla.

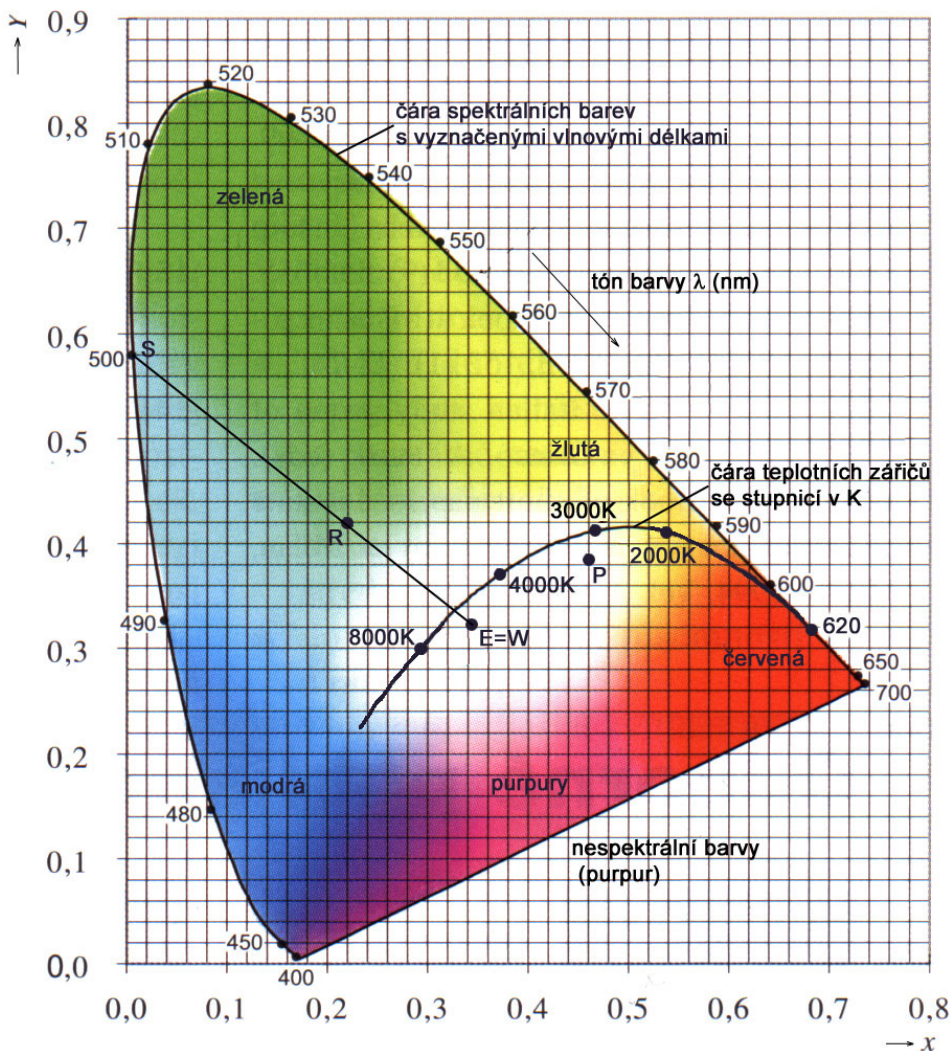
Barvy sytých spektrálních světél leží na podkovovité křivce a jsou označeny vlnovou délkou. Spojnice vlnových délek 380 nm a 780 nm představuje syté barvy nespektrální – tzv. purpury.

Uvnitř trojúhelníku leží křivka, která je geometrickým bodem teplot chromatičnosti teplotních zářičů. Bod E (W) se souřadnicemi $x = 0,333$ a $y = 0,333$ odpovídá bílému izoenergetickému světlu. Libovolnou barvu R lze tedy vyjádřit souřadnicemi x a y nebo dominantní (náhradní) vlnovou délkou a sytostí (čistotou) barvy. Náhradní vlnovou délku získáme prodloužením spojnice E–R na čáru spektrálních barev (bod S).

Kolorimetrickou čistotu (sytost) barvy vyjadřuje poměr délek ER : ES. Ta je pro bod E (bílá) rovna 0 (nepestrá barva) a pro spektrální barvy se rovná jedné.

Teplota chromatičnosti zdroje, jehož souřadnice x , y leží v blízkosti čáry teplotních zářičů, se udává pomocí náhradní teploty chromatičnosti. Je to teplota

odpovídající bodu, který leží na čáře teplotních zářičů a který znázorňuje chromatičnosť uvažovaného druhu světla a leží na průsečkových čarách protínajících čaru teplotních zářičů. Bod P má náhradní teplotu chromatičnosti 3000 K. Náhradní teplota chromatičnosti se připisuje zdrojům s čárovým spektrem.



Obr. 15: Kolorimetrická soustava CIE

Jako příklad je možno uvést teploty chromatičnosti různých zdrojů světla:

- svíčky cca 2 000 K
- žárovky cca 2 800 K
- halogenové žárovky cca 3 000 K
- výbojky cca 3 200–6 000 K
- modrá obloha cca 14 000–100 000 K
- bílá LED od cca 2 700–6 000 K

4.4 Podání barev

Vjem barvy určitého předmětu je podmíněn jednak spektrálním složením záření zdroje, který tento předmět osvětluje, a jednak spektrálním činitelem odrazu světla od pozorovaného předmětu. Nicméně vjem barvy je také ovlivněn i samotným zrakem v závislosti na jeho citlivosti k jednotlivým barvám, případně na stavu adaptace lidského zraku na převládající druh osvětlení zorného pole. Atavistický zvyk člověka na barevný vzhled předmětů při použití nejen denního, ale i žárovkového osvětlení dává tzv. normální vjem barvy daného předmětu. Vliv spektrálního složení světla zdrojů na vjem barvy osvětlených předmětů charakterizuje podání barev. Jako normálová hodnota je považován vzhled barvy předmětu ozářeného smluvním zdrojem světla. K číselnému ocenění jakosti podání barev se využívá *indexu barevného podání CRI (R_a)*, který vyjadřuje stupeň shodnosti vjemu barvy předmětů osvětlených uvažovaným zdrojem a barvy týchž předmětů osvětlených smluvním (normálovým) zdrojem. Index podání barev (CRI) slouží k posouzení shodnosti daného světelného zdroje se zdrojem normálovým.

Hodnota indexu podání barev CRI je v rozmezí 0 do 100. Nejvěrnější podání barev (na světle slunečním nebo žárovkovém) odpovídá $CRI = 100$.

Monochromatické žluté světlo nízkotlakých sodíkových výbojek, kde tím pádem nedochází k rozlišení barvy, má $CRI = 0$.

Uspokojivé podání barev je tehdy, když $CRI > 75$, vynikající podání barev je, když $CRI > 90$.

Jako poznámku možno uvést, že zářivky dosahují CRI až 90, výbojkové zdroje až $CRI = 85$, LED zdroje až $CRI = 95$.

Aplikace základních fyzikálních zákonů pro návrhy osvětlovacích systémů

V této kapitole, která se svým obsahem řadí spíše až do aplikační části, tj. druhého dílu těchto skript, ale protože názorově bezprostředně navazuje na základní fyzikální zákony světla a při studiu předpokládám nutnost okamžité konfrontace s předchozí částí, uvádím v této kapitole fyzikální dopady pro reálnou osvětlovací praxi.

5.1 Zákon úbytku osvětlení s druhou mocninou vzdálenosti

Formulace tohoto zákona uvedená dříve je pro praxi aplikovatelná definicí: *Jestliže dopadá světelný tok na různě velké plochy, vzniká různě velké osvětlení, které je tím menší, čím je větší osvětlovaná plocha. Hustota světelného toku klesá se zvětšující se osvětlovanou plochou.*

Takto definovaný vztah platí přesně pouze pro bodové zdroje světla.

Při zvětšení vzdálenosti osvětlované plochy od bodového zdroje $\times$ krát, osvětlení této plochy se zmenší $\times^2$ krát.

Jako příklad lze uvést:

při vzdálenosti L od světelného zdroje je osvětlenost E ; změníme-li vzdálenost od zdroje na hodnotu $L \times y$, osvětlení se změní na E/y^2 , a naopak změníme-li vzdálenost na L/y , stoupne nám osvětlenost na $E \times y^2$.

Máme-li tedy ve vzdálenosti 2 m od svítidla osvětlenost 200 lx, při zvětšení vzdálenosti na 4 m klesne osvětlenost na hodnotu 50 lx. Vzdálenost se zvětšila 2krát, osvětlení kleslo 4krát.

Vždy tedy platí kvadratická závislost úbytku osvětlení. V případě, že se vzdálenost zvětší ze dvou na deset metrů, není to zvětšení o osm metrů, ale pětinasobné.

Osvětlení se tedy zmenší 5²krát, tedy 25krát.

Znovu je nutné zdůraznit, že tento fyzikální zákon platí přesně pouze pro bodové zdroje světla. Světla používající optické systémy mohou vytvářet při svícení svazkem rovnoběžných paprsků v různých vzdálenostech prakticky stejné osvětlení. Při fokusaci reflektorem do daného bodu může v této vzdálenosti dosáhnout osvětlenost maxima a před i za tímto bodem může osvětlenost klesat.

Obecně můžeme tyto úvahy shrnout takto:

- čím je zdroj bodovější, tím bude přesněji platit zákon úbytku osvětlení
- u velkoplošných zdrojů např. světelných van, ale i u sekundárních zdrojů jako např. odrazných ploch budou značné odchylky od výše uvedených výpočtů. Lze říci, že od vzdálenosti větší, než je pětinasobek průměru výstupní plochy svítidla, bude tento zákon platit téměř přesně. Pro exaktní měření uvažujeme tuto vzdálenost rovnou desetinásobku průměru výstupní plochy.

Jako příklad dopadu tohoto zákona do oblasti scénického svícení uvádím následující příklad vycházející ze zákona o úbytku osvětlení.

Chceme-li znát úroveň osvětlení v dané vzdálenosti od světelného zdroje, nejdříve musíme znát celkový světelný tok tohoto zdroje; v našem příkladě uvažujeme bodový zdroj se světelným tokem 1 000 lm. Do jednotkového prostoru bude tento zdroj vyzařovat vztažnou svítivostí $1\,000 : 4\pi = 80$ cd. Podle citovaného zákona tedy platí, že ve vzdálenosti 1 m od zdroje bude osvětlenost 80 lx. Ve vzdálenosti 4 m od zdroje (4× větší vzdálenost) bude úroveň osvětlení 4² tj. 16× menší:

$$80 : 16 = 5 \text{ lx}$$

Aplikace tohoto zákona do praxe spočívá nejen ve výpočtu vlastního osvětlení herce v jisté vzdálenosti od zdroje světla, ale také ve výpočtu úrovně osvětlení pozadí, kde posunem pozadí ze vzdálenosti z 1 m na 2 m a na 4 m osvětlení klesne na 1/4 a 1/16 původní hodnoty.

Zákon o úbytku osvětlení je důležitý hlavně při svícení pro film a televizi. V divadelní praxi, kde jediným optickým senzorem je lidské oko ve spojení s mozkovou činností, se zcela automaticky částečně eliminuje difference osvětlení a de facto se snižuje skutečný kontrast mezi osvětlením herce a pozadím.

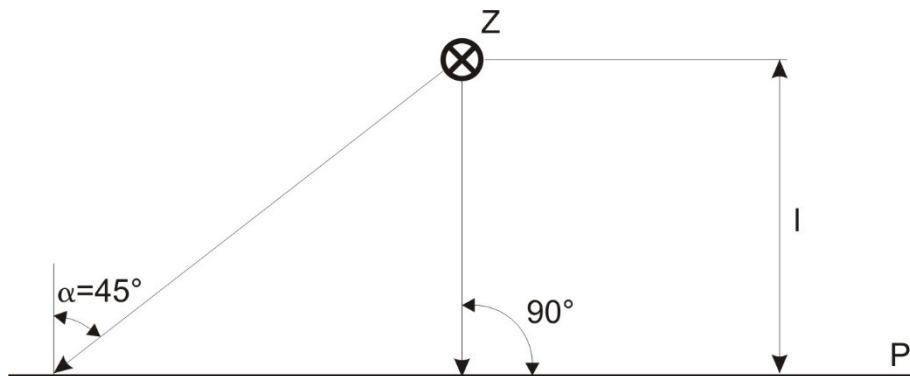
Filmová emulze a optické senzory v televizních kamerách ovšem platnost zákona jednoznačně potvrdí a pozadí při posunutí směrem od zdroje se stane černým, v takovém případě bude jednou z možností pozadí dosvítit dalším reflektorem.

5.2.1 Nerovnoměrnost osvětlení

Dalším důležitým fenoménem v osvětlovací praxi je nerovnoměrnost osvětlení.

Máme-li relativně malý bodový světelný zdroj a svítíme jen na náš objekt z malé vzdálenosti, paprsky dopadající na objekt jsou jednak kolmé, jednak s jistým úhlem odklonu od kolmice a různá místa osvětlované plochy jsou různě vzdálená od zdroje. Osvětlení této plochy se bude jednak měnit se čtvercem vzdálenosti (zákon o úbytku osvětlení) a jednak s kosinem úhlu dopadajícího paprsku (Lambertův kosinový zákon). Protože vzdálenost bodového zdroje se také mění s kosinem úhlu dopadajících paprsků, klesá intenzita dopadajícího světla s třetí mocninou kosinu úhlu dopadajících paprsků, viz obrázek č. 16.

Jednoduchým výpočtem zjistíme, že v místě, kde dopadají paprsky pod úhlem 45° (α), klesne intenzita osvětlení na hodnotu 30 % z maxima, které je v místě, kde paprsky dopadají kolmo.



Obr. 16: Osvětlení plochy P zdrojem Z

Tyto teoretické příklady přiblíží principiálně každému světelnému návrháři fyzikální základy osvětlovacího návrhu. V praxi ovšem nepracujeme s bodovými zdroji v prostoru, ale převážně s reflektory vybavenými optickými elementy, které z bodového zdroje světla realizují optický systém splňující požadované nároky. Ve světelných kuželech svítidel může ubývat světelný tok od osy do stran nerovnoměrně, což je dáno fyzikální podstatou reálného zdroje světla a následně celé optické soustavy. Např. halogenová žárovka není ideálním bodovým zdrojem světla z důvodu rozměru žhaveného vlákna. Vlákno je navinuto do elementární plochy a vlastní žhavicí dráty se částečně zastínují a tím pro následný optický systém není zdroj bodový, ale částečně plošný, což přináší zákonité chyby při návrhu opticko-mechanického systému svítidla.

5.2.2 Hloubka stínu, světelný poměr

Dalším nutným dopadem zákona úbytku osvětlení je tzv. hloubka stínu určeného daným objektem nebo tzv. světelným poměrem (teorie kontrastu).

Při osvětlování daného objektu před pozadím je jasné, že světlo dopadá na objekt, ale na pozadí pouze tam, kde objekt nevrhá stín. Do stínu ovšem může dopadat světlo rozptýlené od okolních předmětů. Čím tohoto světla bude méně, tím bude stín „hlubší“. Hloubku stínu vyjádříme poměrem mezi intenzitou světla části osvětlené a intenzitou světla části zastíněné.

Jako příklad lze uvést osvětlenou postavu jedním svítidlem před pozadím. Postava vrhá stín. Druhý krok našeho příkladu bude osvětlení pozadí dalším svítidlem, které současně svítí na osvětlené pozadí, ale i na vržený stín. Na pozadí se tedy sečte původní osvětlení postavy a dosvětlení pozadí druhým svítidlem. Zdánlivě se tedy nic nemění, neboť na pozadí a stín se připočítá stejný počet luxů.

Ve skutečnosti dojde k výrazné diferenciaci osvětlení, neboť *poměr* součtů se výrazně změní.

Předpokládáme, že na osvětlené části pozadí bylo 100 lx, ve stínu 10 lx. Stín je tedy 10× tmavší než osvětlené pozadí. Při dosvícení pozadí hodnotou 20 lx dostaneme poměr $120 : 30 = 4 : 1$ a stín je pouze 4× tmavší než osvětlené pozadí. Samozřejmě tímto způsobem dojde ke zvýšení osvětlenosti pozadí vůči dané postavě, což můžeme kompenzovat buď posunem pozadí dál od postavy (zákon úbytku osvětlení), nebo zeslabením světelného toku svítidla osvětlujícího postavu a přiblížením ho k ní, čímž se změní poměr vzdálenosti zdroj–postava–pozadí.

Pro osvětlovací praxi je možno vyvodit z výše uvedeného tyto závěry:

- *chceme-li limitovat stín na pozadí, použijeme co nejslabší zdroj světla co nejbližší k osobě, kterou osvětlujeme, a poté co největší vzdálenosti mezi osobou a pozadím*
- *chceme-li vytvořit hluboký stín postavy, použijeme silný zdroj světla co nejdále od postavy a zároveň co nejmenší vzdálenost postavy od pozadí.*

První situace dovolí velké dodatečné osvětlení pozadí a tím výrazné zmenšení hloubky stínu. Důsledkem druhé situace je vytvoření hlubokého stínu.

5.2.3 Zákon úbytku osvětlení při pohybu předmětu

Posledním základním prvkem osvětlovací praxe je zákon úbytku osvětlení při pohybu osvětlovaného předmětu.

Ve filmové a televizní praxi, kde není optickým receptorem oko a mozek, který automaticky kompenzuje poklesy intenzity osvětlení se změnou vzdálenosti od zdroje, dochází k její výrazné změně při pohybu objektu od světelného zdroje. Postava pohybující se ze vzdálenosti od bodového světelného zdroje 1 m na vzdálenost 4 m bude v této vzdálenosti osvětlena 16× menší intenzitou osvětlení než ve vzdálenosti 1 m.

Zde platí stejná zákonitost jako při vytváření stínu. Změna osvětlení po dráze, po které se objekt pohybuje, je tím menší, čím dále je zdroj světla od této dráhy. Někdy je tato změna žádoucí, ale v našem případě se pleť pohybující se osoby změnila od bílé až k téměř černé. Samozřejmě zde platí fenomén lidského mozku, který tuto výraznou změnu jasové hodnoty objektu částečně kompenzuje. Televize a film s touto změnou musí kalkulovat. Při nasvětlování scén pro filmové a televizní účely se většinou měří úroveň osvětlení na začátku a na konci předpokládané hercovy dráhy v osvětlovaném prostoru a větší jasové difference je nutno eliminovat instalací dalších přídatných reflektorů. Ale i pro divadelní osvětlování platí, že při hercově dráze po jevišti nesmí docházet k absenci jeho osvětlení při použití vzájemně navazujících reflektorů.

Zdroje světla používané v osvětlovací technice a jejich fyzikální principy

Světelné zdroje lze obecně rozdělit na:

- a) zdroje využívající inkandescence – emisi fotonů z rozžhaveného předmětu (vlákna),
- b) zdroje využívající vybuzení atomu plynů nebo par kovů v elektrickém poli,
- c) zdroje využívající luminiscenci pevných látek.

Každý použitý zdroj světla má své výhody a zároveň i nevýhody, které obvykle limitují jeho použití.

Pro pochopení principu generování světelného záření je nutno si ozřejmit strukturu atomu.

Každý atom se skládá z kladně nabitého jádra a v jisté vzdálenosti obíhajícími elektrony nabitých záporně. Hmotnostní poměr jádra atomu a elektronu je cca 99,9 % jádro a 0,1 % elektron.

Elektrický náboj jádra je roven násobku náboje elektronu ($1,602 \times 10^{-19}$ C). Atom je v klidovém stavu vůči svému okolí elektricky neutrální.

C (Coulomb) – jednotka elektrického náboje. Platí, že $1 \text{ C} = \text{A} \cdot \text{s}$ a náboj 1 C projde průřezem vodiče při proudu 1 A za jednu sekundu.

Pro ilustraci možno uvést, že nejjednodušší atom je atom prvku vodíku tvořený jádrem, složeným z protonu (+) a neutronu, kolem kterých obíhá jediný elektron (–). Náboj protonu a obíhajícího elektronu je stejný a liší se pouze znaménkem.

Při zkoumání atomů různých prvků jsme došli k závěru, že elektrony obíhají v tzv. slupkách (orbitech), kterých může být až 7. Slupky jsou označeny směrem od jádra písmeny K, L, M, N, O, P, Q. Při zkoumání elektronového obalu atomu se vychází z hlavního kvantového čísla $n = (1, 2, 3, 4 \text{ atd.})$, které charakterizuje pohybový stav elektronů.

Platí, že elektrony se stejným kvantovým číslem tvoří vždy jednu elektronovou slupku (orbit).

Nejbližše k jádru atomu je slupka K pro $n = 1$, dále slupka L pro $n = 2$, slupka M pro $n = 3$ atd. V každé slupce může být pouze určitý počet elektronů, kterým přísluší různé dráhy v rámci dané slupky, a *platí, že každá slupka může obsahovat pouze $2 \times n^2$ elektronů.*

Princip vybuzení světla z atomové struktury nastává přivedením energie (tepelné, kinetické, elektrické apod.), která umožní elektronu obíhajícímu na některé dráze, nejčastěji na té vzdálenější od jádra, překonat přitažlivou sílu a dostat se do vnější slupky s větší potenciální energií. Atom přejde do tzv. vybuzeného stavu. Elektron se ale ve velmi krátké době (cca 10^{-8} s) vrací buď na původní dráhu, nebo na dráhu s menší potenciální energií.

Při tomto fyzikálním procesu se uvolní elektromagnetická energie ve formě zářivého kvanta nazývaného *foton* (viz korpuskulární teorie vzniku světla).

V každém atomu daného materiálu jsou možné jen určité konkrétní přechody v drahách elektronů, ostatní dráhy (přechody) jsou nemožné. Z těchto důvodů může atom emitovat záření pouze o určité vlnové délce, a jedná-li se o přechody elektronů ve vnějších drahách atomů (valenční elektrony), může vzniknout optické záření. Jedná-li se o přechody elektronů ve vnitřních drahách, vzniká záření rentgenové.

Protože každý atom má více možných energetických přechodů, vzniká tím velký počet spektrálních čar s různými vlnovými délkami, které nazýváme *spektrum*.

Světelné zdroje vysílají záření složené, které je souhrnem záření monochromatických, tj. záření jediného kmitočtu. Celý soubor monochromatických záření tvoří spektrum. Rozložení vlnových délek a jejich intenzit je výlučně závislé na látce, která záření vydává (emisní spektrum). Podle tvaru rozlišujeme spektra na *spojitá, pásmová a čárová*.

Spojité spektrum vzniká převážně v pevných látkách např. v žárovce, kde rozložení vlnových délek ve spektru odpovídá vlastnostem žhavého vlákna a následně i na teplotě, na kterou je toto vlákno rozžhaveno. Za spojité spektrum můžeme považovat i vyzařované světlo z některých polovodičových LED.

Čárové spektrum vzniká obvykle dodáním energie do atomů plynů nebo par.

Spektrální čáry jsou jednoduché, dvojité nebo vícenásobné. Každá spektrální čára má v tomto spektru svoji šířku.

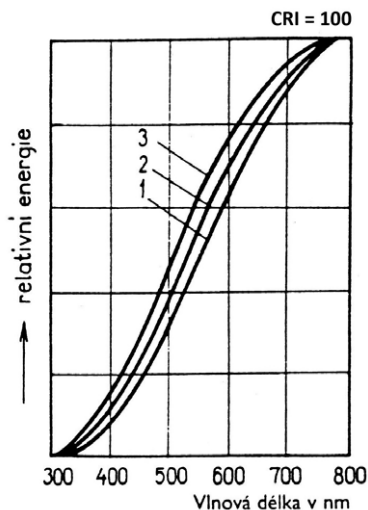
Při jistých teplotních a tlakových podmínkách může dojít i ke spojení čárového spektra do spojitého. Tohoto jevu se využívá u některých vysokotlakých výbojek, které jsou tedy použitelné i pro aplikace, kde je nutné dobré podání barev.

Některé látky (takové, u kterých září molekuly) mají obvykle rozšířenější čárové spektrum, než je spektrum jednoduchého atomu, protože dochází ke vzájemnému ovlivňování vedle sebe sousedících atomů v molekule a vznikající spektrum se skládá z výrazně ohraničených pásů. Pásmové spektrum je stejně bohaté jako spektrum spojitě a toho se účinně využívá v některých výbojkách s výborným podáním barev (CRI).

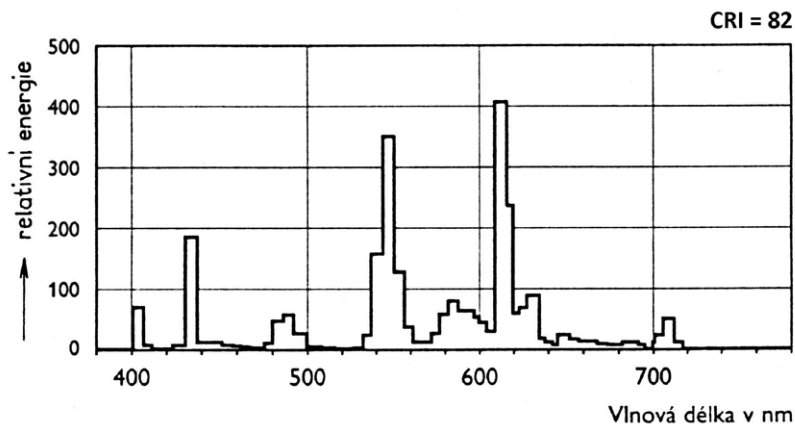
U některých světelných zdrojů dochází ke kombinaci spektra čárového a pásmového, obvykle záleží na vlastnostech použitých materiálů a použitého tlaku plynů ve zdroji. Typickým představitelem této kategorie jsou zářivky a směšové rtuťové výbojky. Tímto způsobem lze dosáhnout výborného podání barev (CRI), čehož se využívá v nejnáročnějších aplikacích.

Spektrální charakteristiky různých zdrojů jsou na obr.:

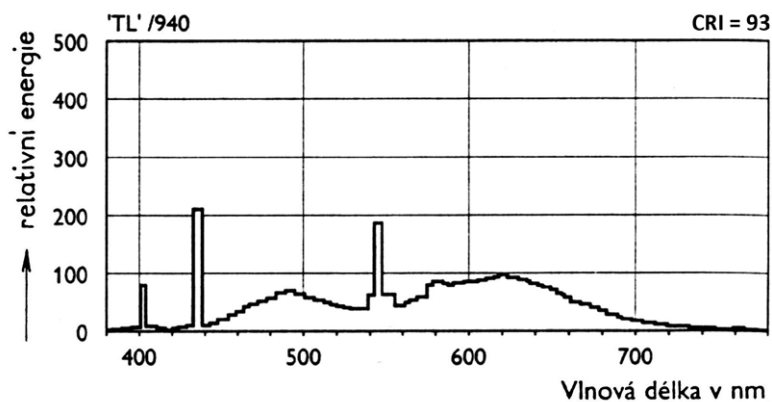
- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 17 – pro halogenový zdroj | 18c – pro zářivku 5 300 K |
| 18a – pro zářivku 3 000 K | 19 – pro vysokotlakou výbojku |
| 18b – pro zářivku 3 800 K | 20 – pro LED 2 700 K |



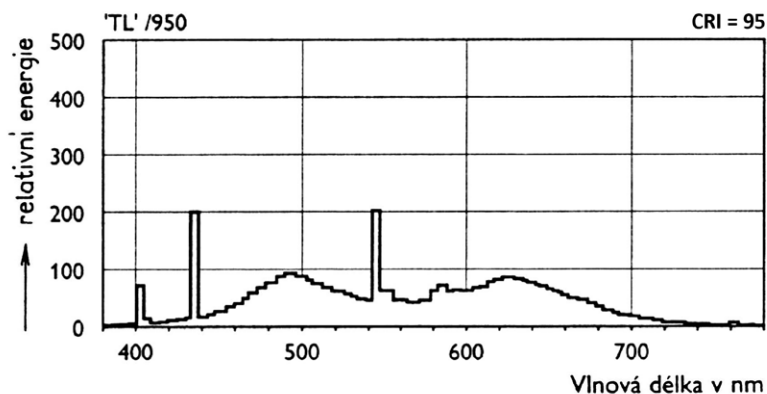
Obr. 17: Spektrální charakteristiky halogenového zdroje
1 – 3 000K, 2 – 3 200K, 3 – 3 400K



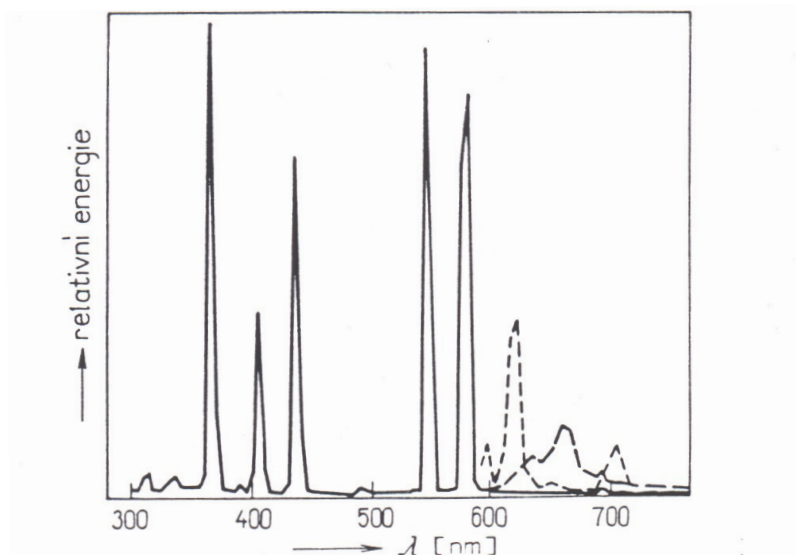
Obr. 18a: Spektrální charakteristika zářivkového zdroje 3 000 K



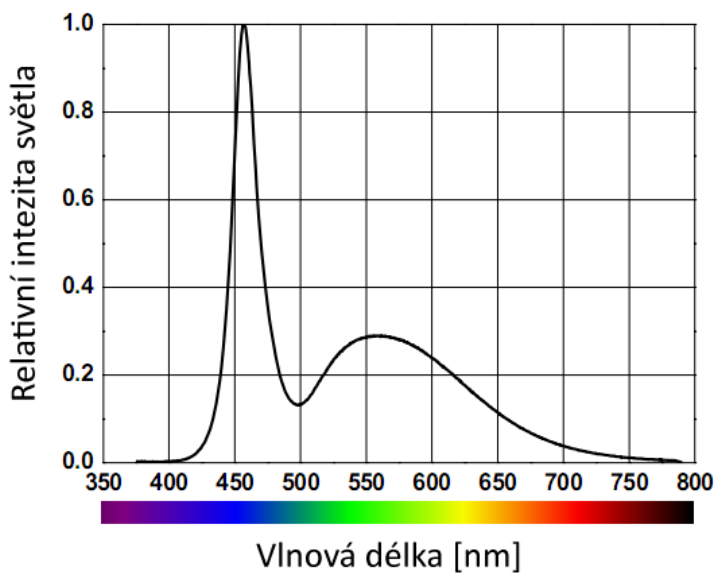
Obr. 18b: Spektrální charakteristika zářivkového zdroje 3 800 K



Obr. 18c: Spektrální charakteristika zářivkového zdroje 5 300 K



Obr. 19: Spektrální charakteristika vysokotlaké výbojky PHILIPS MSR 250



Obr. 20: Spektrální charakteristika bílé LED 2 700 K (s použitím luminoforu)

6.1 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících teplotního záření

Každé těleso, které zahříváme, bude vyzařovat energii následkem mnohonásobných srážek částic, z nichž se skládá. Při zvyšování teploty dochází k emisi fotonů a těleso začíná vyzařovat světelnou energii.

Se zvyšující se teplotou těleso emituje světlo bohatší na kratší vlnové délky, viz tab. 4.

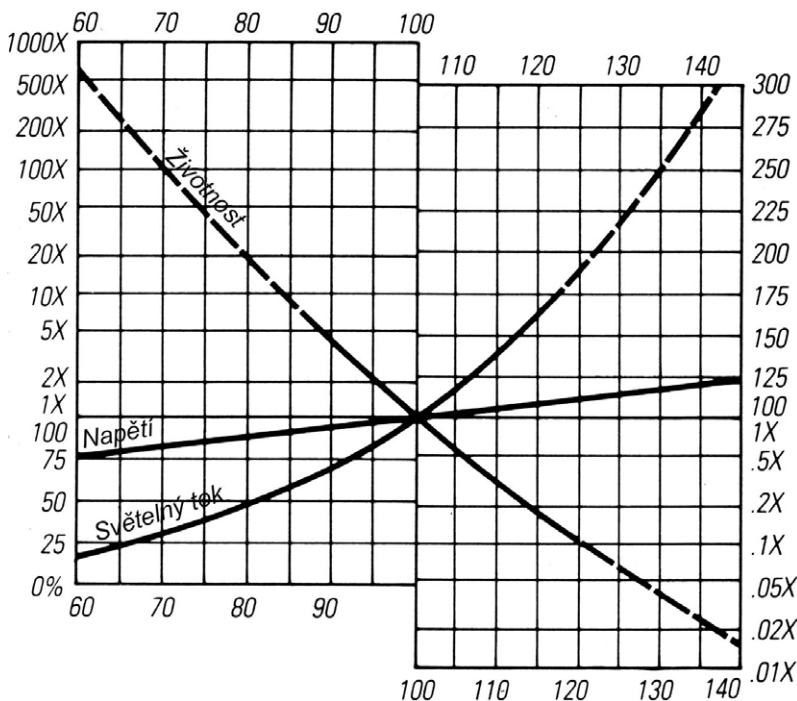
T [K]	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000
λ_{max} [nm]	2 900	1 450	965	725	580	483

Tabulka 4: Závislost teploty tělesa a vlnové délky emitovaného světla

Jako nejlepší materiál pro výrobu vláken světelných zdrojů se po letech vývoje stal wolfram, s teplotou tání 3 650 K, což je sice nižší hodnota než teplota tání uhlíku (3 995 K), ale jeho možná zpracovatelnost je výrazně lepší. Jistou nevýhodou wolframu je jeho poměr odporu za studena a za provozní teploty, neboť proud procházející do žárovky, která je ve studeném stavu, je u wolframového vlákna cca desetkrát vyšší než proud při provozní teplotě zdroje. Tento fakt je velmi častou příčinou předčasného zničení vlákna zdroje, neboť dynamické síly způsobené procházejícím proudem při zapnutí mohou snadno utrhnout vlákno z držáků nebo ho zkratovat. Při rozžhacování wolframového vlákna elektrickým proudem ve zdroji platí zákonitosti o napájecím napětí, svítivosti a době života zobrazené v následující tab. 5.

Z výše uvedených závislostí vyplývá, že např. při zvýšení napětí na světelném zdroji o 25 % se sice zvýší světelný tok zdroje na hodnotu 3× větší, než je hodnota nominální, ale životnost zdroje klesne na 1/5, a naopak při snížení napájecího napětí o 25 % klesne světelný tok na hodnotu cca 20 % hodnoty nominální, ale životnost zdroje se prodlouží 500×.

Dnešní produkce teplotních světelných zdrojů je založena prakticky pouze na použití wolframu jako odporového vlákna, které je rozžhacováno procházejícím elektrickým proudem.



Tabulka 5: Základní závislosti světelného toku a životnosti halogenového zdroje na napětí

6.2 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících elektrického výboje

Zcela odlišný je vznik světelného záření pomocí elektrického výboje. Na rozdíl od elektrického vodiče, kde dochází k zahřívání a následné emisi viditelného záření, je v plynech, kde se volné elektrony nevyskytují, vznik světelného záření možný pouze tehdy, jsou-li atomy plynu (nebo par kovů) ionizovány, tj. je-li jim dodáno určité množství energie.

Tento jev je možný pomocí několika zásadních principů:

- emisí elektronů z elektrody umístěné ve výbojové trubici, a to buď vysokým napětím (autoemise), nebo vysokou teplotou této elektrody (termoemise),
- sekundární emisí elektronů po absorpci dostatečně velkého kvanta záření (fotoelektrický jev),

c) přítomností ionizačního prvku v plynu.

Elektroda umístěná ve výbojové trubici se nazývá *katoda*.

Katoda je tedy nutným zdrojem primárních elektronů, které jsou schopny „spustit“ sekundární výboj v trubici.

Principiálně rozlišujeme katody na žhavé a studené.

Žhavá katoda je obvykle ohřátá průchodem elektrického proudu, začne emitovat primární elektrony a ty umožní výboj v plynu. Po zapálení výboje je možno katodu odepnout od zdroje žhavicího proudu, neboť dopadající ionty a elektrony ji následně dostatečně vyhřívají.

Podskupinou žhavé katody vyhřívané procházejícím proudem je katoda *samožhavená*. Tato katoda je až do okamžiku zapálení výboje studená a po zapálení je její funkce stejná jako u katody žhavené.

Vlastní zápal je nutný provést dodáním vnější energie k získání prvotních elektronů, a to obvykle pomocí zapalovací elektrody (u rtuťových výbojek) nebo vysokonapěťového impulsu u výbojek halogenidových.

Studená katoda je typická pro použití v doutnavém výboji. Zdrojem elektronů je autoemise daná velkým elektrickým polem spolu s emisí způsobenou dopadajícími ionty. Výbojky se studenou katodou mají velký katodový úbytek napětí.

Pro běžnou praxi ztotožňujeme katodu a anodu do výrazu elektroda, neboť při střídavém proudě se jejich funkce mění s kmitočtem.

Fyzikálně rozlišujeme dva druhy obloukového výboje.

a) nízkotlaký (např. zářivka)

b) vysokotlaký (halogenidová a sodíková výbojka)

Zásadní rozdíly jsou:

a) nízkotlaký výboj se vyznačuje malými proudovými hustotami (desítkami mA/cm^2) a teplotou plynu jen o málo větší, než je stěna vlastní výbojové trubice řádově 500–600 K. Ačkoliv tzv. elektronová teplota je cca 105 K (K = stupně Kelvina).

Typickým představitelem je zářivka.

b) vysokotlaký výboj s vysokou proudovou hustotou, větší než 1A/cm^2 a dále vysokou a stejnou teplotou plynu a elektronů s hodnotami cca 4 000–6 000 K. Typickým představitelem je vysokotlaká rtuťová výbojka.

Principiálně pro obloukové výboje neplatí Ohmův zákon – závislost mezi proudem a napětím, protože při zvětšování procházejícího proudu dochází k razantnímu zvětšení vodivosti a tím ke snížení napětí na oblouku.

6.3 Zákonitosti světelných zdrojů využívajících luminiscence

Luminiscenční látky jsou takové, které dokážou proměnit absorbovanou energii na optické záření a vznik světla je zcela diferentní než u zdrojů inkadescenčních a přeměna je realizována za nízkých teplot.

Pro světelné aplikace je nejdůležitější tzv. fotoluminiscence, ta se vyskytuje u luminoforů, což jsou obvykle anorganické látky v krystalickém stavu, nanesené na stěnu katodové trubice, které při zapálení výboje v trubici sekundárně emitují světelné záření.

Vhodnou volbou vlastního luminoforu lze měnit složení emitovaného světelného spektra, což umožňuje optimalizovat světelnou pohodu v různých aplikacích.

Jako nejmladší a nejperspektivnější použití elektroluminiscence je využití některých polovodičových přechodů (PN) jako světloemitujících diod – LED (light emitting diod). V posledním vývojovém stadiu těchto diod je aplikace několika barev (červená, zelená, žlutá, modrá, bílá a i UV) a světelný výkon na diodu je i několik desítek *cd*.

Podskupinou v definici zdrojů světla jsou tzv. lasery.

V podstatě jde o *zesilovače světla* pracující na principu stimulované emise. Rozdíl mezi normální emisí, vznikající přechodem atomu z vybuzeného stavu do základního, a stimulovanou emisí, která je charakteristická pro laser, je interakce atomu s elektromagnetickým zářením (fotonem).

To znamená, že máme-li látku, která obsahuje v jisté koncentraci vybuzené atomy, které jsou schopny emitovat záření přesně dané vlnové délky, a působíme-li na tuto látku zářením naprosto *totožné vlnové délky*, jakou má použitá látka, dojde k okamžité emisi fotonů o *dané vlnové délce, směru a polarizaci*, jakou má budící zařízení. Tento jev se nazývá čerpání. Při vyzáření se uvolní nashromážděná energie formou monochromatického záření s vysokou plošnou hustotou energie.

Reálné zdroje světla používané v osvětlovací praxi

Nejdříve nutno vždy posoudit daný zdroj pomocí několika zásadních kritérií:

- a) *měrný výkon* tj. účinnost přeměny elektrické energie na světlo vyjádřený v lumenech získaných z příkonu jednoho wattu. Jednotkou je tedy $1 \text{ lm} \times \text{W}^{-1}$.
- b) *teplota chromatičnosti* tj. barevná teplota zdroje, která je hlavním kritériem nejen pro použití dodatečných filtrů, ale i pro osvětlení daného předmětu s požadovanou světelnou atmosférou.
- c) *index barevného podání (CRI)* určuje v podstatě věrnost reprodukce barev při osvětlení objektů světelným zdrojem (pro osvěžení paměti CRI 100 je nejvěrnější podání barev a CRI 0 je pouze zobrazení stupnice šedé).
- d) *doba života zdroje* udává se v hodinách při jmenovitém napájecím napětí, standardní světová definice této veličiny je doba, kdy bude ještě svítit 50 % světelných zdrojů, u LED je to doba, kdy klesne světelný tok diody ze 100 % na 70 % (alternativně na 80 %).
- e) *doba k dosažení plného světelného výkonu*, je čas od zapnutí zdroje na jmenovité napětí k dosažení jmenovitých hodnot světelného toku, teploty chromatičnosti, indexu barevného podání a dalších důležitých veličin.
- f) *doba potřebná pro znovuzapálení daného výbojkového světelného zdroje z teplého stavu*, tj. doba potřebná k znovudosažení jmenovitých parametrů zdroje po jeho opětovném zapnutí a vypnutí z jmenovitých hodnot.
- g) *možnost stmívání*, resp. možnost plynulého snižování světelného toku daného zdroje standardními metodami, a to použitím elektronického stmívače nebo řízeného vysokofrekvenčního předřadníku.
- h) *geometrické rozměry* vlastního světelného zdroje, příp. jeho jednotlivých konstrukčních částí.

Zásadní rozdělení světelných zdrojů se řídí jejich použitím pro dané aplikace.

Světelné zdroje pro osvětlování architektury a objektů by měly mít dlouhou dobu života, vysokou účinnost a stabilní podání barev. Naopak se obvykle nepožaduje možnost stmívání nebo rychlého náběhu na provozní parametry a rychlý restart po vypnutí ze jmenovitých hodnot.

Scénické osvětlovací systémy naopak požadují možnost stmívání, okamžitý start a výborný index CRI. Vzhledem k tomu, že jejich světelné zdroje jsou obvykle instalovány do složitých optických systémů, je také nutný požadavek jejich minimálních rozměrů.

7.1 Inkandescenční zdroje světla – žárovky

Je to nejstarší a dosud nejpoužívanější zdroj světla pro scénickou praxi. Pro architektonické osvětlovací systémy je v současnosti vytlačen výbojkovými zdroji a zdroji LED.

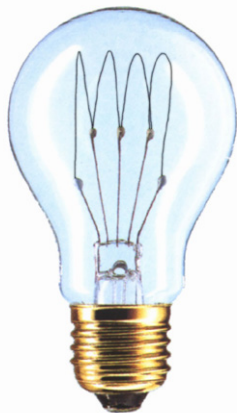
První žárovku zkonstruoval ruský inženýr Alexander Nikolajevič Lodygin a 11. července 1873 ji předvedl na jednom z petrohradských náměstí. Lodygin nechal patentovat tento vynález v Evropě, avšak už neměl tolik prostředků, aby to sám udělal i v Americe. V roce 1877 spatřil Lodyginovu žárovku Edison a začal pracovat na jejím zdokonalení. O dva roky později si nechal patentovat žárovku s uhlíkovým vláknem. Její princip spočíval v umístění vlákna vyrobeného z přírodního bambusu do vakua. Zuhelnatělé vlákno stočené do spirály bylo schopno svítit cca 500 hodin. Měrný výkon této žárovky byl kolem $2 \text{ lm} \times \text{W}^{-1}$.

Protože jak účinnost, tak životnost takovéto žárovky nevyhovovala neustále se zvyšujícím požadavkům na osvětlování, probíhal intenzivní výzkum nejvhodnějšího materiálu pro výrobu vlákna a plynu pro plnění baňky žárovky.

Na začátku dvacátého století se začalo používat wolframové vlákno uchycené do speciálních držáků a umístěné ve skleněné baňce (obr. 21).

V r. 1913 bylo zavedeno plnění žárovek neutrálním plynem, což podstatně zvýšilo životnost žárovky, protože neutrální plyn výrazně snížil rychlost odpařování wolframu.

Jako další etapa vývoje bylo svinutí wolframového vlákna, nejdříve do jedné a pak do dvojité spirály.



Obr. 21: Jedna z prvních prakticky použitelných žárovek s wolframovým vláknem

Jednou z posledních vývojových etap klasické žárovky bylo naplnění baňky kryptonem, což zmenšilo tepelné ztráty a tím se dosáhlo měrného výkonu až $12 \text{ lm} \times \text{W}^{-1}$ a životnosti cca 1 000 hodin. Samozřejmě speciálně pro architektonické i pro scénické osvětlovací systémy je tato hodnota stále ještě příliš nízká. Proto se klasická žárovka pro tyto účely používá zcela výjimečně, spíše jen jako dekorativní prvek.

Dalším zcela zásadním vývojovým stupněm žárovky byl objev tzv. halogenového cyklu. Je to v podstatě termochemická reakce wolframu a plynového halogenu. Halogenové žárovky radikálně změnilы tvar, došlo k zmenšení baňky až na malou trubičku z křemenného skla a zároveň i k nutné změně patice světelného zdroje.

Halogenový cyklus umožnil výrazně prodloužit dobu života zdroje až na 6 000 hodin se současným zvětšením měrného výkonu až na $22 \text{ lm} \times \text{W}^{-1}$ a teplotách chromatičnosti 2 800–3 300 K u běžných halogenových žárovek. Samozřejmě nastaly konstrukční problémy s uchycením vlákna na držáky a zátavem přívodních konektorů včetně požadavků na vysokou kvalitu křemenného skla baňky. Vývojové etapy halogenových světelných zdrojů se zaměřují nejen na materiál vláken a plnění baněk halogeny, ale komplexně na celkovou konstrukci žárovek. Je možné předpokládat, že další vývojové etapy by mohly přinést měrný výkon až 40 lm/W se současným prodloužením života až na 15 000 hod. Nutno ale podotknout, že halogenové zdroje jsou dnes razantně vytlačovány polovodičovými zdroji záření LED s jednoznačně lepšími světelně technickými parametry.

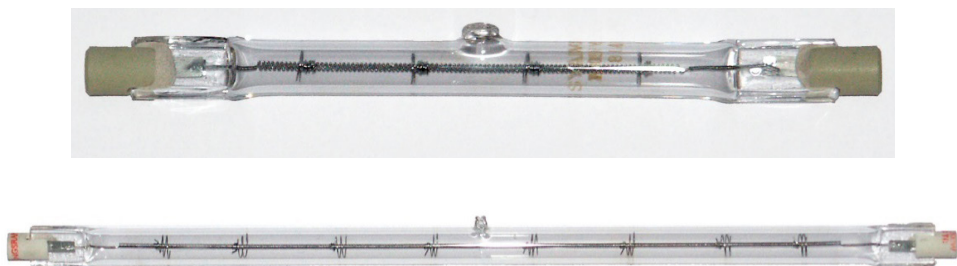
Pro scénickou osvětlovací praxi, kde se vždy hovoří o dvojici světelný zdroj a optický systém, byla halogenová žárovka skoro ideálním stavebním kamenem a dnes se ještě používá v různých velikostech a tvarech vyráběných svítidel.

Účinnost optického systému je tím větší, čím se použitý světelný zdroj blíží bodovému zdroji. Snadná stmívatelnost těchto zdrojů a propracovaný optický systém svítidel pro halogenové žárovky z nich vytvořil tažného koně scénických osvětlovacích systémů.

Naproti tomu u architektonických osvětlovacích systémů se halogenových zdrojů využívá poměrně zřídka, neboť jejich účinnost je ve srovnání s výbojovými světelnými zdroji, které dosahují účinnosti až 150 lm/W, poměrně nízká. Totéž platí o životnosti, která je několikanásobně menší, než mají např. vysokotlakové sodíkové výbojky. Nicméně pro speciální účely, kde je inkandescentní zdroj nutným prvkem (např. u podvodních svítidel napájených nízkým napětím), se tyto zdroje používají i pro architektonické osvětlení. Nutno podotknout, že i v těchto aplikacích jsou halogenové světelné zdroje razantně vytlačovány polovodičovými LED s výrazně lepšími světelně technickými vlastnostmi.

Halogenové zdroje se v podstatě ustálily na třech až čtyřech základních konstrukčních tvarech se širokou výkonovou a napěťovou škálou:

a) lineární halogenové zdroje s paticí (obr. 22)



Obr. 22: Lineární halogenový zdroj 230 V 500 a 1 000 W

Lineární halogenový zdroj 500 W a 1 000 W se používá převážně na síťové napětí 230 V (120 V), výkonové rozsahy jsou standardizovány v řadě 100 W, 200 W, 300 W, 500 W, 1 000 W, 1 500 W a 2 000 W. Speciální lineární zdroje jsou i na 12 a 24 V.

- b) projekční halogenové žárovky s kolíkovými paticemi (obr. 23) používaných v divadelních, filmových a TV systémech



Obr. 23: Projekční halogenové zdroje s kolíkovými paticemi

Výkonová řada těchto zdrojů je od 150 W až do několika kilowattů a napětí převážně 120 a 230 V.

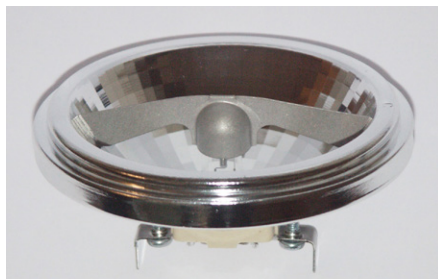
Nízkovoltové halogenové zdroje s kolíkovou paticí (obr. 24)



Obr. 24: Nízkovoltové projekční halogenové zdroje

Nízkovoltové projekční halogenové zdroje se převážně vyrábějí na nízké napětí 6 V, 12 V, 24 V a 36 V ve výkonových řadách od 10 W až do 400 W.

Ve výrobním sortimentu světových firem jsou i halogenové zdroje umístěné do odrazných ploch – reflektorů (obr. 25).



Obr. 25: Nízkovoltový halogenový zdroj s plechovým reflektorem (OSRAM)

Nízkovoltové zdroje s reflektory se vyrábějí v mnoha podobách, napěťová řada je od 6 V do 120 V a výkonová řada od 25 W až do 500 W.

Doby životnosti jsou dány požadavky na měrný výkon a barevnou teplotou a jsou podle použití od řádově stovek hodin až do 6 000 hodin.

Dalším významným konstrukčním typem je řada zdrojů PAR, který spojuje světelný zdroj a reflektorovou plochu, která je nanášena na vnitřním povrchu speciálně tvarované skleněné baňky.

Jedná se o klasický typ standardního nebo halogenového zdroje, který je *vždy* osazen do optického systému a tvoří s ním nedělitelný celek.

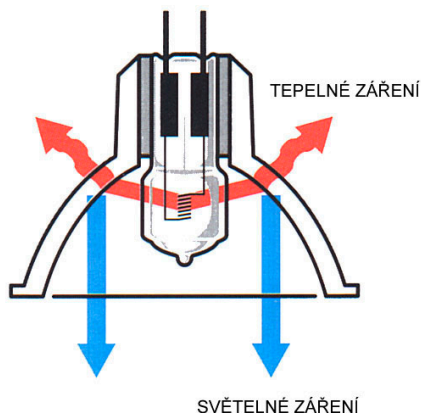
Nejmenší reprezentant této konstrukční řady je světelný zdroj MR16 (PAR 16) obr. 26.



Obr. 26: Halogenové nízkovoltové světelné zdroje MR 16 (PAR 16)

Jedná se o nízkovoltový zdroj světla (napájecí napětí 12 V), výkonový rozsah je 20 až 50 W a úhly svícení 10–60°.

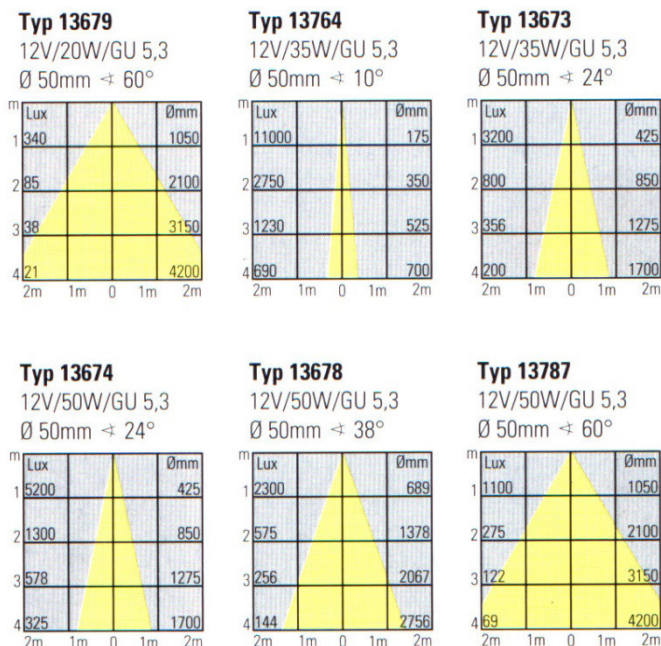
Zdroje MR 16 jsou nejmladší součástí rodiny světel PAR, vyznačují se (převážně) speciálním dichroickým odrazovým zrcadlem. Sklo vlastní baňky je vakuově pokovené a má vlastnost propouštět tepelné paprsky vlákna směrem dozadu, což významně snižuje tepelnou zátěž nejen osvětlovaných předmětů, ale i předsazených filtrů (obr. 27).



Obr. 27: Princip dichroického zrcadla (MR 16)

Charakteristické výkonové a optické parametry jsou v tab. 6:

Typ 13671 12V/20W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 10° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>7000</td><td>175</td></tr> <tr> <td>2</td><td>1750</td><td>350</td></tr> <tr> <td>3</td><td>778</td><td>525</td></tr> <tr> <td>4</td><td>438</td><td>700</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	7000	175	2	1750	350	3	778	525	4	438	700	Typ 13672 12V/20W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 24° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>1700</td><td>425</td></tr> <tr> <td>2</td><td>425</td><td>850</td></tr> <tr> <td>3</td><td>189</td><td>1275</td></tr> <tr> <td>4</td><td>106</td><td>1700</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	1700	425	2	425	850	3	189	1275	4	106	1700	Typ 13676 12V/20W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 38° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>800</td><td>689</td></tr> <tr> <td>2</td><td>200</td><td>1378</td></tr> <tr> <td>3</td><td>89</td><td>2067</td></tr> <tr> <td>4</td><td>50</td><td>2756</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	800	689	2	200	1378	3	89	2067	4	50	2756
m	Lux	Ømm																																													
1	7000	175																																													
2	1750	350																																													
3	778	525																																													
4	438	700																																													
m	Lux	Ømm																																													
1	1700	425																																													
2	425	850																																													
3	189	1275																																													
4	106	1700																																													
m	Lux	Ømm																																													
1	800	689																																													
2	200	1378																																													
3	89	2067																																													
4	50	2756																																													
Typ 13677 12V/35W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 38° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>1450</td><td>689</td></tr> <tr> <td>2</td><td>363</td><td>1378</td></tr> <tr> <td>3</td><td>161</td><td>2067</td></tr> <tr> <td>4</td><td>91</td><td>2756</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	1450	689	2	363	1378	3	161	2067	4	91	2756	Typ 13769 12V/35W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 60° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>650</td><td>1050</td></tr> <tr> <td>2</td><td>163</td><td>2100</td></tr> <tr> <td>3</td><td>72</td><td>3150</td></tr> <tr> <td>4</td><td>41</td><td>4200</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	650	1050	2	163	2100	3	72	3150	4	41	4200	Typ 13784 12V/50W/GU 5,3 Ø 50mm $\pm$ 10° <table> <tr> <th>m</th><th>Lux</th><th>Ømm</th></tr> <tr> <td>1</td><td>15200</td><td>175</td></tr> <tr> <td>2</td><td>3800</td><td>350</td></tr> <tr> <td>3</td><td>1689</td><td>525</td></tr> <tr> <td>4</td><td>950</td><td>700</td></tr> </table>	m	Lux	Ømm	1	15200	175	2	3800	350	3	1689	525	4	950	700
m	Lux	Ømm																																													
1	1450	689																																													
2	363	1378																																													
3	161	2067																																													
4	91	2756																																													
m	Lux	Ømm																																													
1	650	1050																																													
2	163	2100																																													
3	72	3150																																													
4	41	4200																																													
m	Lux	Ømm																																													
1	15200	175																																													
2	3800	350																																													
3	1689	525																																													
4	950	700																																													



Tab. 6: Charakteristické parametry halogenových zdrojů MR 16

Nejmodernějším světelným zdrojem je PAR 16 LED. Plně nahrazuje klasické světelné zdroje MR16 (PAR16) s výhodou nízké spotřeby el. energie, s možností různých teplot chromatičnosti, diferentních vyzařovacích úhlů, dlouhé provozní doby i diferenciací napájecího napětí (12 a 230 V). Na obr. 28 je PAR 16 LED 12 V / 4,6 W / 30° (Osram).



Obr. 28: PAR 16 LED 12 V

Na obr. 29 je světelný zdroj PAR 16 LED 230 V / 6,9 W / 36° (Philips).



Obr. 29: PAR 16 LED 230 V 6,9 W

Světelný zdroj PAR 16 LED má patici GU5,3 a PAR 16 LED 230 V má patici GU10.

Dalším velmi rozšířenými členy řady PAR jsou typy PAR 20, PAR 30 a PAR 38.

Svítlidla PAR 20 a PAR 30 se vyrábějí na napájecí napětí 230 V (120 V), výkonový rozsah 50–150 W (obr. 30).



Obr. 30: Světelný zdroj PAR 30

Tyto zdroje jsou opatřeny běžným závitem E27 a jsou v provedení buď jako halogenová, nebo jako klasická žárovka; nejnověji je na trhu i v provedení s LED.

Výkonové a technické parametry PAR 20, PAR 30 a PAR 38 jsou v tab. 7:

Světelný zdroj	Výkon	Napětí	Maximální svítivost	Úhel světelného kužele
	[W]	[V]	[cd]	[°]
PAR 20	50	230	3200	10°
	50	230	1100	30°
PAR 30	75	230	7500	10°
	75	230	2400	30°
PAR 38	120	230	9500	12°
	120	230	3100	30°

Tab. 7

Jako poslední a také nejpobulárnější typ z řady PAR je PAR 56 a PAR 64 (obr. 31).



Obr. 31: Světelný zdroj PAR 64

Tyto světelné zdroje (hlavně PAR 64) byly donedávna nejrozšířenějším osvětlovacím systémem – a i v dnešní době se velmi často používají ve scénickém svícení.

Světelné technické parametry PAR 56

Světelný zdroj PAR 56	Výkon [W]	Napětí [V]	Maximální svítivost [cd]	Úhel světelného kužele [°]
SPOT NSP	300	230	40 000	9° × 15°
MEDIUM FLOOD MFL	300	230	22 000	11° × 25°
WIDE FLOOD WFL	300	230	9 000	16° × 40°

Ke dnešnímu dni je na světě mnoho výrobců zdrojů typu PAR 56 a PAR 64.

Největšího rozšíření pro scénické osvětlovací systémy dosáhly zdroje PAR 64 o výkonu 1 000 W a s třemi pevně danými úhly svícení.

Poznámka: některé světové firmy vyrábějí i jiné úhly svícení, než jsou zde uvedené.

Světelné technické parametry PAR 64

Světelný zdroj PAR 64	Výkon [W]	Napětí [V]	Maximální svítivost [cd]	Úhel světelného kužele [°]
NARROW SPOT CP 60 NSP	1000	230	400 000	12° × 6°
SPOT CP 61 SP	1000	230	270 000	13° × 10°
FLOOD CP 62 FL	1000	230	125 000	25° × 14°

Z výše uvedeného vyplývá, že zdroje typu PAR 56 a PAR 64 mají světelnou stopu eliptickou, a proto osvětlovací systémy typu PARCAN mohou vždy s tímto zdrojem otáčet. Zdroje PAR jsou levnou variantou, jak nasvítit scénu relativně výkonnými světelnými zdroji, ale s limity nemožnosti použití jiných než daných úhlů a relativně nepřesné měkké eliptické stopy.

V moderních osvětlovacích systémech scénického svícení se začínají prosazovat atypické halogenové zdroje obvykle v součinnosti s dichroickými zrcadly, které svojí vysokou účinností významně pomáhají snižovat elektrický příkon i teplo vysílané na osvětlované objekty (obr. 32), přesně vyrobené zrcadlo a exaktní umístění světelného zdroje umožnilo při stejném světelném výkonu snížit příkon světla až o 25 %. Jako příklad možno uvést náhradu za zdroj PAR 64 (1 000 W) svítidlo LEKO o výkonu 750 W a daleko vyšší světelné účinnosti právě díky dichroickému zrcadlu.



Obr. 32: Dichroické zrcadlo pro scénické svítidlo (Strand)

G 4 IEC: 7004-72	G 6.35 GY 6.35 IEC: 7004-59 ANSI: C 8140-1972	G 5.3 IEC: 7004-73-2 ANSI: Miniature 2-pin	BA 15s DIN: 49720 IEC: 7004-11A ANSI: Single contact candelabra bayonet base CB1-30-1976 sheet 1-3-1	PX 28s	B 15d DIN: 49721 IEC: 7004-11	BA 20d DIN: 497390 IEC: 7004-72	BA 21d IEC: 7004-13
G 3.9	GU 4 IEC: 7004-72	GX 5.3 (Round pin)	GY 5.3	GZ 6.35 DIN: 49754 IEC: 7004-59A	GZ 4	PG 22-6.35 DIN: 49751 IEC: 7004-48	P 30s IEC: 7004-44
PY 22s	PX 22d	S15d					

Diagram illustrating 13 different types of single contact bases for circuit breakers, arranged in two rows. Each type is shown in a rectangular frame with its corresponding symbol above and below.

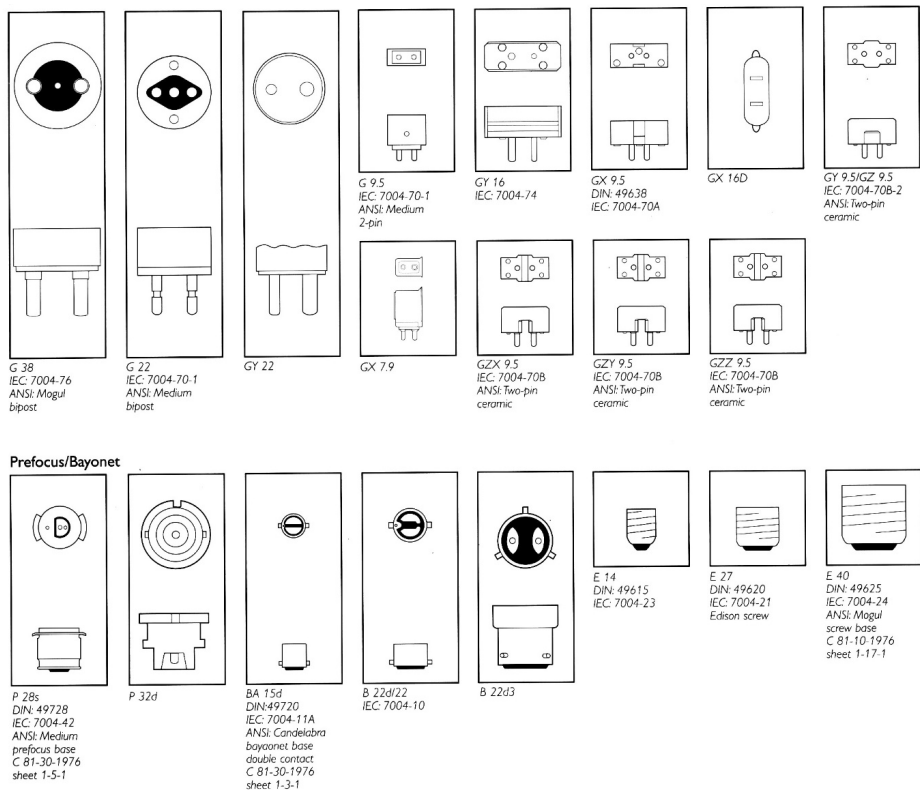
Top Row:

- SFc 10-4**
DIN: 49759
- SFa 21-12**
DIN: 49759
- SFc 15.6-6**
DIN: 49759
- G 13**
- G 5**
- R 7s**
DIN: 49750
IEC: 7004-92
ANSI: Recessed single contact base

Bottom Row:

- FC 2**
DIN: 49749
- SFA 6-2**
- SFA 7-5-2**
- SFA 9-2**

Reálné zdroje světla používané v osvětlovací praxi | 81



Tab 8c: Patice jednopaticových zdrojů

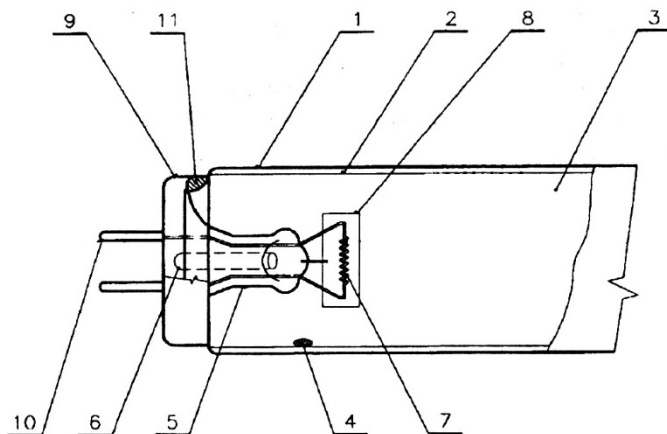
7.2 Výbojové zdroje světla

Výbojové zdroje světla jsou dalším významným stavebním kamenem v osvětlovací praxi. V podstatě spolu s vývojem žárovky byl veden intenzivní vývoj výbojů v různých plynech. Od první obloukovky, kterou český vynálezce František Křižík vybavil diferenciálním regulátorem polohy a osvětlil mnoho ulic a náměstí včetně barevného osvětlení vodní fontány na všeobecné výstavě v Praze, až po další vývoj, který se ubíral v zásadě do dvou odlišných typů výbojových zdrojů světla.

- nízkotlaké výbojové světelné zdroje
- vysokotlaké výbojové světelné zdroje

7.2.1 Nízkotlaké výbojové světelné zdroje

Nízkotlaké výbojové zdroje využívají jednak viditelné záření výboje v plynné náplni, jednak fotoluminiscenci pevných látek nanesených na stěnu výbojové trubice buzených ultrafialovým zářením – zářivky. Řez zářivkovou trubicí je na obr. 33.



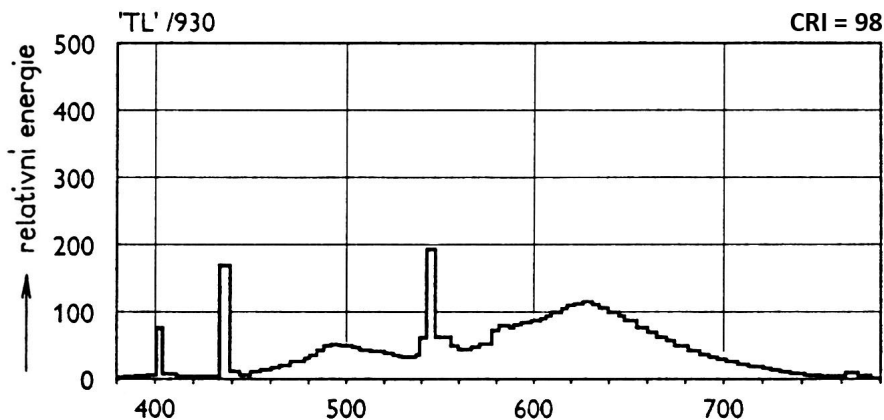
Obr. 33: Řez zářivkovou trubicí

- 1 – skleněný obal – trubice, 2 – luminofor, 3 – plynná náplň zářivky
4 – rtuťová kapka, 5 – nožka, 6 – čerpací trubička, 7 – elektroda
8 – ochranná clonka, 9 – patice, 10 – kolík patice, 11 – tmel

Jako poznámku možno uvést, že nízkotlaké sodíkové výbojky jsou pro divadelní, filmovou, televizní a architektonickou praxi nepoužitelné, neboť produkují téměř monochromatické záření s nevhodnou žlutou barvou a jejich koeficient barevného podání CRI je prakticky roven nule.

Mnohem vhodnější je nasazování zářivek pro speciální plošné nasvícení scén či pozadí. Vlastní zářivky prošly mnohaletým vývojem od křemičitanových luminoforů s měrným výkonem cca 40 lm/W až po nejmodernější vícepásmové luminofoxy s měrným výkonem až 90 lm/W.

Zároveň se podařilo výrazně zlepšit podání barev (CRI), které u moderních zářivek dosahuje hodnoty až 98, viz obr. 34.

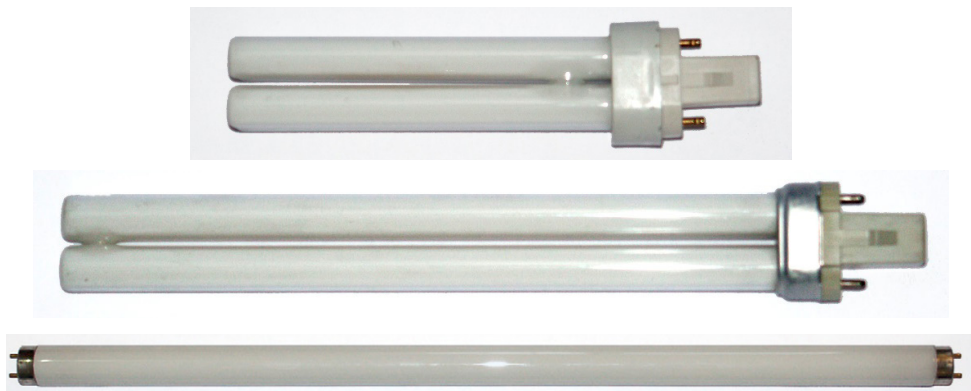


Obr. 34: Spektrální charakteristika zářivky TLD – de luxe (Philips)

Značnou nevýhodou zářivek je jejich velikost a tvar, limitující jejich použití pouze pro plošná svítidla na straně jedné a na straně druhé relativní obtížnost při stmívání pouze s použitím speciálních elektronických předřadníků. I v tomto případě obvykle dochází k nelinearitě a nestejnému stmívání více spolu spojených zářivek hlavně v oblasti nízkých napěťových úrovní. Neméně důležitým faktorem u zářivek je jejich tzv. stroboskopický efekt. Nesmíme totiž zapomenout, že výboj v trubici sleduje průběh napájecího napětí a zářivka tedy při zapojení na napájecí napětí 230 V bliká v rytmu frekvence tohoto napětí, což je 50 Hz.

Protože speciálně pro televizní a filmové účely je tato vlastnost nepřijatelná, osvětlovací systémy jsou v tomto případě vybaveny elektronickými předřadníky s frekvencí cca 20–30 kHz, což zcela eliminuje jejich stroboskopický efekt.

Sortiment zářivkových zdrojů se neustále rozšiřuje, dochází ke změně rozměrů a tvarů zářivkových trubic – a tím i možnosti jejich speciálního použití pro scénické a architektonické osvětlovací systémy, viz obr. 35. Je nutno ale podotknout, že žárovková a zářivková svítidla jsou masivně nahrazována svítidly osazenými LED. Důvodem jsou lepší světelné technické parametry na straně jedné a postupné snižování jejich ceny na straně druhé. Nesmíme také zapomenout, že zářivka na rozdíl od LED není bodovým zdrojem světla, což výrazně eliminuje její použití ve scénickém svícení.

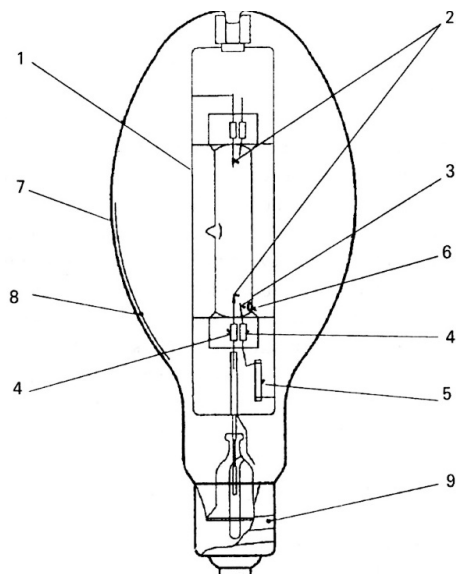


Obr. 35: Některé typy zářivkových světelných zdrojů

7.2.2 Vysokotlaké výbojové světelné zdroje

Vysokotlaké zdroje světla při svém vývoji prošly řadou zásadních zlepšení, která jim přinesla výrazné uplatnění nejen v průmyslovém a veřejném osvětlení, ale i pro realizaci osvětlovacích systémů pro film, divadlo a televizi.

Základním stavebním kamenem vysokotlakých zdrojů světla byla rtuťová výbojka (obr. 36).



Obr. 36: Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky

1 – nosná konstrukce hořáku, 2 – hlavní elektrody, 3 – pomocná elektroda
4 – fólie, 5 – rezistor, 6 – rtuť, 7 – vnější baňka, 8 – vrstva luminoforu, 9 – patice

Rtuťové výbojky se vyrábějí jak pokryté luminofory, tak s čirou baňkou, které se používají pro speciální účely.

Dalším typem vysokotlakých výbojek jsou sodíkové výbojky. S měrným výkonem až 160 lm/W jsou druhým nejúčinnějším světelným zdrojem na světě. S výkonem až 180 lm/W je předstihly polovodičové zdroje světla LED (rok 2020 firma CREE).

Největší využití vysokotlakých sodíkových výbojek je při osvětlení ulic, architektury a technických prostorů. Jejich žluté světlo a nízký index barevného podání CRI je ale zcela vyřadil ze scénických osvětlovacích systémů.

Pohled na vysokotlakou sodíkovou výbojku je na obr. 37.



Obr. 37: Vysokotlaká sodíková výbojka

Přidáváním příměsí (halogenidů) jako india, thalia, alternativně xenonu nebo některých vzácných zemin byly vyplněny mezery v čárovém spektru rtuťového výboje, čímž mohlo dojít k jejich nasazení do architektonických a scénických osvětlovacích systémů. Vznikla tak řada halogenidových výbojek vyznačujících se velkým měrným výkonem (až 100 lm/W) a velmi dobrým indexem podání barev dosahujícím hodnoty až CRI = 95.

Přidáním malého množství xenonu do plynové náplně výbojky došlo nejen ke zlepšení světelně technických parametrů zdroje, ale zároveň s konstrukčními úpravami elektrod přišly na trh výbojky s okamžitým startem a znovuzapálením.

Tyto dva jevy si popíšeme přesněji.

Každá vysokotlaká výbojka má jistou dobu náběhu na jmenovité provozní parametry.

Princip činnosti procesu zapálení výbojky lze popsat takto:

Výboj se zapaluje vnějším zapalovacím zařízením několika vysokonapětovými impulzy s amplitudou cca 3–5 kV. Výboj probíhá nejdříve v parách rtuti, následně se začnou vypařovat ze stěn hořáku halogenidy, jejichž molekuly difundují k výboji, kde je vysoká teplota, které způsobí štěpení halogenidů na atomy halogenů a příslušných kovů. Atomy kovů se vybudí a emitují příslušné čárové spektrum záření. Rostoucí gradient koncentrace v okolí výboje způsobí difuzi zpět ke stěně hořáku, kde dochází k opětovnému slučování na halogenidy.

Doba pro dosažení jmenovitých parametrů výbojky je při standardním zapnutí cca 2–15 minut.

V případě přerušení napájecího napětí je zapotřebí nechat výbojku vychladnout a poté je schopna se znovu zapálit. Pro scénické, televizní a filmové aplikace se jak upravenou náplní, tak konstrukci a zapalovacím zařízením s amplitudou až 15 kV dokáže realizovat světelný zdroj s dobou náběhu ze studeného i teplého stavu kratší než 0,5 s. Označení těchto výbojek (Philips) je HR – hot restrike.

Dalším faktorem limitujícím použití vysokotlakých výbojek je praktická nemožnost jejich stmívání pomocí elektronických předřadníků.

Je to dáno základní charakteristikou výbojového oblouku a jeho silné nelineární charakteristice, kterou lze ovlivnit pouze velikostí proudu. Při následné regulaci proudu (částečně i změnou napětí) dochází u vysokotlakých výbojek k výraznému posuvu teploty chromatičnosti a tedy i změny barvy emitovaného světla včetně výrazných teplotních a tlakových změn v hořáku, což může způsobit i jednoznačné snížení doby života výbojky.

Pro filmové a televizní účely bylo nutno vyvinout vysokofrekvenční napájecí zařízení pro výbojky, neboť při připojení výbojek na síťovou frekvenci 50 Hz musí docházet podobně jako u zářivek ke stroboskopickému efektu, který způsobuje blikání ve snímaném obraze.

Na obr. 38 je vyobrazena vysokotlaká xenonová výbojka firmy Philips používaná ve scénických reflektorech včetně moderních svítidel typu moving heads (pohyblivá světla – hlavy).



Obr. 38: Xenonová výbojka MSD 250 (Philips)

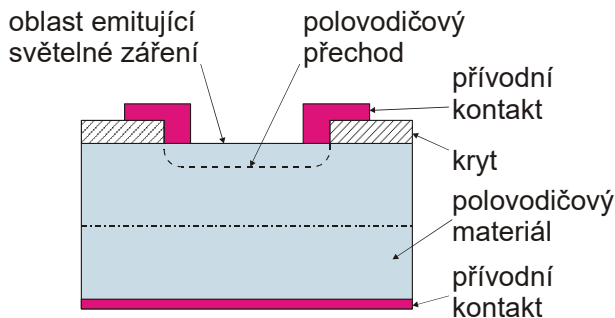
Chtěl bych vyzdvihnout ještě jeden důležitý faktor optického systému svítidel, a to je účinnost celého svítidla, která se skládá z měrného výkonu světelného zdroje a účinnosti optického bloku svítidla, která mj. výrazně závisí na velikosti světelného zdroje. V případě inkandescenčních zdrojů je to rozměr vlákna – buď několikanásobně svinutého do spirály, nebo instalovaného do tzv. rámečku. U výbojek je to délka hořáku, ale ideálním zdrojem v každém reflektoru bude vždy tzv. bodový zdroj umístěný v ohnisku tohoto reflektoru.

Reálný zdroj se svými danými geometrickými rozměry je vždy svojí částí mimo ohnisko, což snižuje účinnost celého systému a způsobuje emitalci parazitních světelných paprsků.

7.3 Polovodičové světelné diody LED

Jedním z nejmodernějších zdrojů světla jsou polovodičové diody (LED). Jsou to v podstatě speciální polovodičové diody, které při přiložení napětí v propustném směru emitují světelné záření o frekvenci, která je daná velikostí a typem přidaných „nečistot“ do základního krystalu polovodiče.

Výchozím polotovarem pro zhotovení světelné diody je deska z polovodivého materiálu, na kterou je fotograficky nanesena vodivá vrstva a proveden polovodičový přechod, který při přiložení daného napětí začne emitovat světelné záření. Schematický řez svítivou diodou je na obr. 39.



Obr. 39: Polovodičový přechod pro osvětlovací aplikace

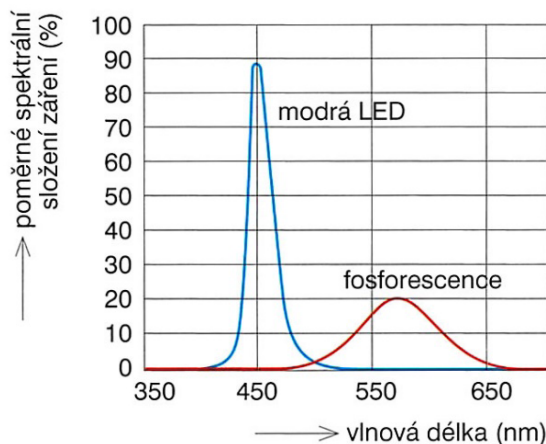
LED diody se vyrábějí převážně v následujících barvách:
červená, modrá, zelená, bílá, žlutá, oranžová, UV

Poznámka: Bílé LED jsou diferentní polovodičové prvky, na rozdíl od LED barevných. V podstatě lze bílé světlo generovat dvěma způsoby. Klasický způsob je použití vícenásobného čipu (červený, modrý, zelený) a provádět aditivní míšení těchto tří barev tak, abychom dostali bílé světlo. Jistou nevýhodou je relativně komplikované ovládání těchto tří světelných zdrojů a výsledný jas je menší (účinnost v bílém světle je cca 70 lm/W). Další nevýhodou je diferentní degradace barevných složek, a tím dochází k posunu barvy vyzařovaného světelného svazku v průběhu života LED.

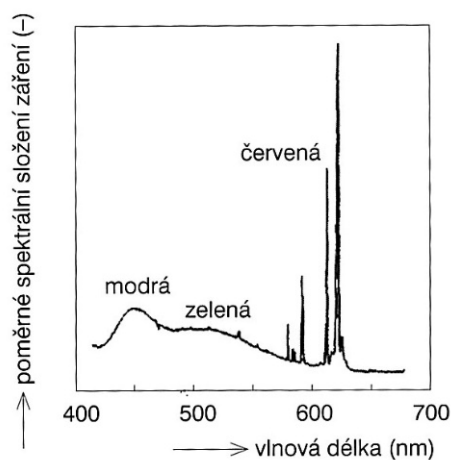
Druhý, progresivní způsob získání bílého světla je použití luminoforu transformujícího světlo modré diody na světlo bílé. V tomto případě dosahujeme činitele CRI cca max. 80 (obr. 40).

V případě použití ultrafialové LED a třípásmového luminoforu je výsledná charakteristika na obr. 41.

Při této konfiguraci dosahujeme lumenové účinnosti až 190 lm/W (rok 2020) a CRI až hodnoty 97.



Obr. 40: Spektrum bílé LED (modrá dioda)
(Habel světlo a osvětlování)



Obr. 41: Spektrum bílé LED s použitím UV diody a třípásmového luminoforu
(Habel světlo a osvětlování)

Jistou nevýhodou v obou případech je generování bílé barvy prostřednictvím světla s velmi krátkou vlnovou délkou odpovídající modré a ultrafialové barvě, tedy se všemi negativními dopady na lidskou psychiku.

Chtěl bych ještě připomenout, že jedním z nejdůležitějších kritérií pro aplikované osvětlovací systémy je vždy *měrný výkon* [$\text{lm} \times \text{W}^{-1}$] a kvalita podání barev (CRI).

Na začátku vývoje dosahovala tato hodnota měrného výkonu velikosti 0,1 lm/W, dnes je již kolem 190 lm/W a tato hodnota se neustále zvyšuje. Co se kvality podání barev týče, nejmodernější LED mají CRI až 97.

Výhody a nevýhody výkonových LED možno shrnout do následujících bodů:

a) výhody

- *dobrý měrný výkon* (až 190 lm/W); tato hodnota je poněkud zavádějící, neboť standardní výkonové LED diody mají relativně malý výkon (2–2,5 W) a pro realizaci skutečného svítidla potřebujeme značné množství LED diod. Ale v případě použití tzv. multichipů může být výkon jednoho LED pole i několik desítek Wattů.
- *dlouhá životnost zdroje* – doba faktického života LED je cca 50 000–100 000 hod, kalkulace je daná na pokles svítivosti LED na konci života na hodnotu 70 % světelného toku (alt. na 80 %).
- *malé rozměry* – diody se převážně vyrábějí v rozměrech o průměru 3 mm nebo 5 mm; vlastní polovodičový čip je ve velikosti cca 2 × 3 mm.
- *relativně dobrá stmívatelnost* – diody mají vždy pulsní napájecí napětí a změnou poměru pulsů (PWM – pulse wide modulations) je možné měnit produkovaný světelný tok prakticky od nuly až do maxima.
- *výroba diod různých barev* – možno provést aditivní míchání barev (R, G, B) bez použití filtrů.
- *minimální vyzařování tepla* – diody na rozdíl od inkadescenčních zdrojů díky své vysoké účinnosti produkují pouze asi 5 % tepelného záření ve srovnání se žárovkovým zdrojem.
- *odolnost proti nárazům a vibracím* – LED diody jsou extrémně odolné proti nárazům a vibracím jak ve funkčním stavu, tak při skladování a transportu.
- *nízké napájecí napětí* – LED diody jsou napájeny bezpečným napětím v řádu voltů, jejich použití je možné bez problému i v podvodních svítidlech.

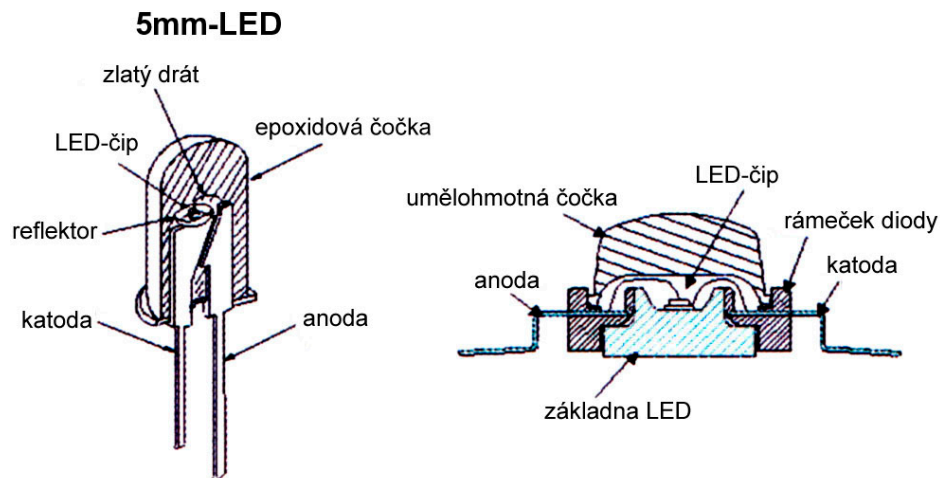
b) nevýhody

- *limitovaný příkon na jednu diodu* – a tím nutnost používat velké množství diod vzájemně spojených, které se pak chovají jako relativně *plošný*, nikoli bodový zdroj světla.

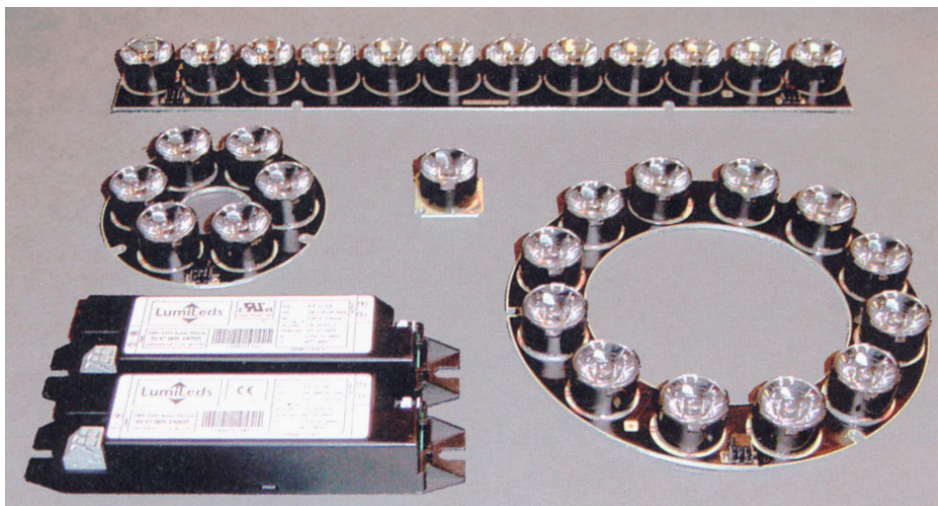
- *emitované světelné záření diod* je závislé na teplotě, což je při návrhu svítidla nutno zakalkulovat. Například máme-li maximální svítivost (100 %) při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, při teplotě $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dioda dosáhne pouze 75 % této svítivosti.
- *pokles emitovaného světla s dobou provozu LED* – po cca 30 000–50 000 hod klesá svítivost LED na cca 70 % nominální hodnoty (přesto je tato hodnota ve srovnání s klasickými světelnými zdroji vynikající).
- *v současnosti je relativně vysoká cena* – kalkulovaná na 1 cd u svítících diod; tato cena se rapidně zvyšuje u diod s vysokou úrovní emitovaného světla, ale samozřejmě s neustále se zvyšující výrobou LED cena dramaticky klesá.

Závěrem je možno konstatovat, že v současné době se již běžně používají osvětlovací systémy (jak pro architektonické, tak pro scénické osvětlení) se svítidly osazenými LED diodami s možností aditivního míchání barev a stmíváním pomocí vlastních řídicích systémů instalovaných ve svítidlech.

Na obr. 42 je řez LED diodou v provedení válcovém o $\varnothing 5\text{ mm}$ a v provedení k montáži do optického systému svítidla. Stavební prvky LED svítidel jsou vyobrazeny na obr. 43.



Obr. 42: Dioda $\varnothing 5\text{ mm}$ a dioda určená k plošné montáži



Obr. 43: Stavební prvky LED svítidel

7.4 Laserové zdroje světla

Laser je v podstatě zesilovač emitovaného světelného záření pracující na principu stimulované emise. Je to generátor intenzivního monochromatického záření.

Stimulovaná emise na rozdíl od spontánní emise vzniká vzájemnou vazbou atomu, resp. jeho elektronů s elektromagnetickým zářením.

Máme-li v nějaké látce obsaženy tzv. vybuzené atomy, které emitují světlo na přesně dané frekvenci, a působíme-li na tyto atomy zářením stejné vlnové délky, vyvolává toto záření přechody elektronů do nižších slupek a tím intenzivní emisi záření se stejnou energií, fází, směrem a polarizací, jakou má přiložené budící zařízení.

Elektrony atomů se tzv. přecherpávají a ty, které jsou vybuzeny, se aktivně zúčastňují zesílení záření.

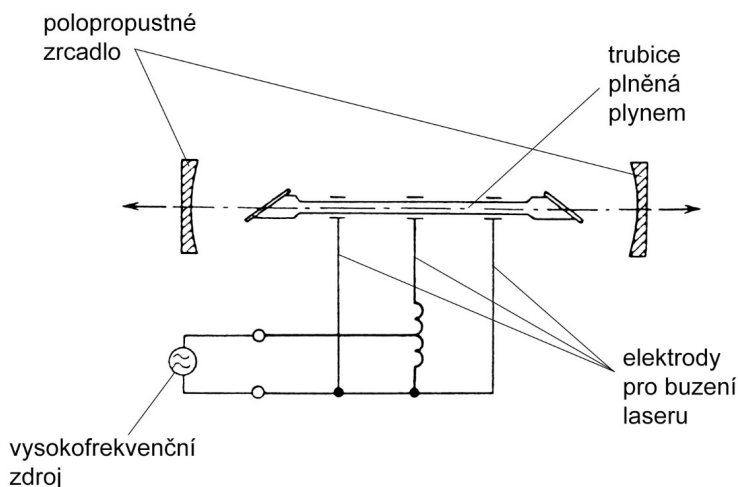
Tato tzv. stimulovaná emise je tedy procesem, kdy si z vnějšku dodaný foton vynutí přechod elektronu dané hmoty z horní slupky na dolní slupku, aniž by tento foton byl pohlcen za vyzáření dalšího fotonu se stejným kmitočtem, fází a směrem, jaký měl dodaný foton z vnějšku.

Zásadně dělíme lasery do tří skupin:

- a) lasery plynové
- b) lasery v pevné fázi
- c) polovodičové lasery

add. a) *Pracovním prostředím v laserové trubici je plyn, popř. směs plynů.* Pro oblast viditelného záření jsou tyto lasery dnes nejvýhodnějšími světelnými zdroji. Dosahují světelného výkonu až 20 W. Výboj v trubici se buď budí vysokofrekvenčně, nebo stejnosměrným proudem

Nejpoužívanější lasery jsou plněné kryptonem emitující světlo červené a lasery plněné argonem emitující světlo modrozelené. Principiální blokové schéma plynového laseru je na obr. 44.

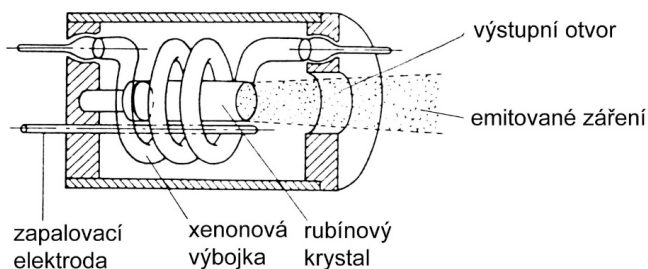


Obr. 44: Schematický řez plynovým laserem první generace

Pro průmyslové účely (řezání materiálů apod.) se často používají lasery plněné CO_2 .

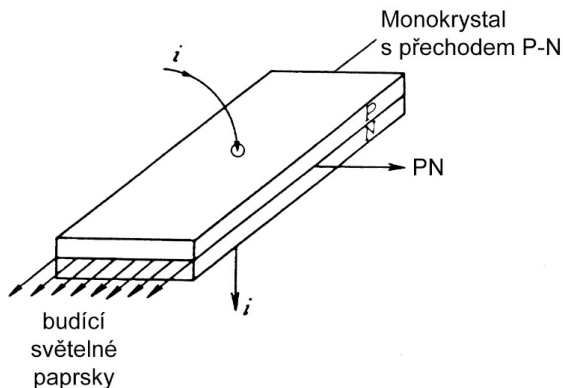
add. b) *Lasery v pevné fázi.* Jsou to nejstarší typy laserů, aktivní prostředí obsahuje obvykle ionty vzácných zemin, příp. další prvky.

Nejznámějším materiálem používaným v těchto laserech je krystal rubínu (Al_2O_3). Buzení těchto laserů se provádí obvykle optickým generátorem, nejčastěji krátkovýbojovými xenonovými zdroji různých tvarů navržených tak, aby světlo této výbojky bylo maximálně využito k buzení. Jak rubín, tak výbojka jsou umístěny ve válcovém odrazeči. Tyto lasery dosahují vysokých hustot světelného toku až 40 kW/cm^2 výstupní plochy laseru. Schéma jednoho z prvních rubínových laserů je na obr. 45.



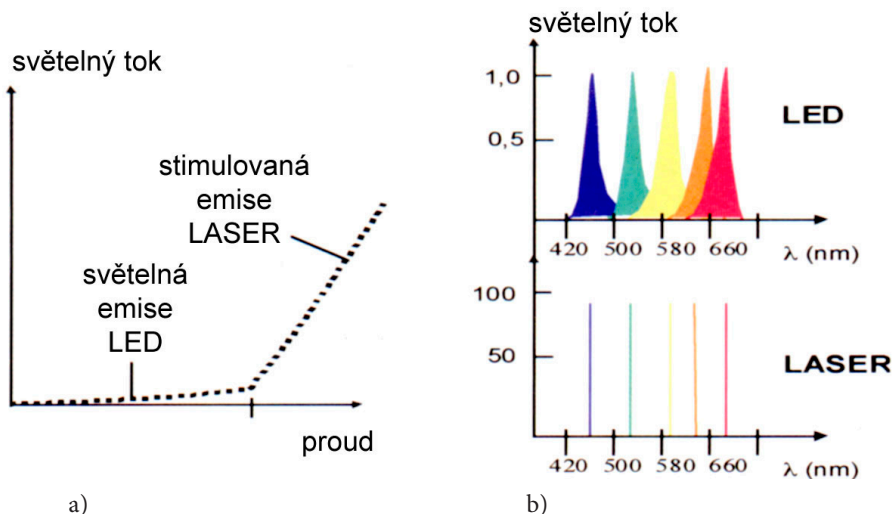
Obr. 45: Schematický řez rubínovým laserem

add. c) *Polovodičové lasery*. Podstatou polovodičového laseru je světlo emitující dioda, ale na rozdíl od LED tyto lasery emitují monochromatické záření na jedné vlnové délce. Je to způsobeno tím, že svítící dioda (LED) je umístěna do rezonátoru, ve kterém dojde ke stimulované emisi, jež je charakterizována výrazným zúžením emisní spektrální čáry. Princip laserové polovodičové diody je na obr. 46.



Obr. 46: Princip polovodičové laserové diody

Zásadní rozdíl mezi LED a laserovými diodami je vyobrazen na obr. 47.



Obr. 47: a) difference velikosti světelného toku u LED diody a laserové diody
b) závislost světelného toku a vlnové délky u LED diod a laserových diod

Pro osvětlovací techniku se vždy lasery vybavují přídatnými zařízeními, která rozšiřují úzký světelný svazek laseru do větších průměrů (optické kolimátory), a opticko-mechanickým zařízením pro realizaci nejen pohybu paprsku v prostoru, ale i možnosti clonění tohoto paprsku a tím regulace jasu.

Využití laserů emitujících světelné záření je převážně na vytváření světelných efektů používaných hudebními skupinami nebo disco kluby, ale v současnosti jsou lasery navrhovány i do specifických divadelních představení.

Stejně tak při osvětlování architektonických objektů jde především o vytváření efektů včetně možnosti rychlého pohybu světelného svazku jako např. psaní nápisů apod.

Ukončením této kapitoly je souhrnná tabulka 9 vlastností některých světelných zdrojů, rozdělená podle druhu zdrojů, měrného výkonu, barevného podání a dalších důležitých údajů potřebných k optimálnímu návrhu světelného zdroje pro dané použití. Pro získání všech údajů o jednotlivých typech zdrojů je nutno použít technické katalogy výrobců.

Tabulka vlastností některých světelných zdrojů

Zdroj světla	Měrný výkon lm/W	Podání barev RA	Teplota chromatickosti T [K]	Barva emit. světla	Pracovní poloha	Možnost stímitvání	Okamžitý start	Velikost vlastního zdroje	Účinnost v optíc. systému	Doba života (hod)	Použití pro arch. osvět.	Použití pro film, TV, divadlo
Standardní žárovka	10 - 14	100	2700	bílá	libovolná	ano	ano	relativně velká	průměr	cca 1 000	vyjimečné	vyjimečné
Halogenová žárovka	17 - 35	100	2 800 - 3 400	bílá	libovolná	ano	ano	malá	dobrá	cca 2 000	ano	ano
Neonová trubice	20 - 30	80	podle napíné	podle napíné	libovolná	ano	ano	velká	nepoužívá se pro OS	15000	ne	ne
Zářivka	až 80	až 87	podle napíné	podle napíné	libovolná	obtížné	obtížné	velká	nizká	až 15 000	vyjimečné	pro plošné svícení
Nizkotlaká výbojka sodková	až 170	15	2000	žlutá monochrom.	libovolná	ne	ne	velká	nizká	až 15 000	ne	ne
Vysokotlaká výbojka sodková	až 130	25	2200	žlutá	libovolná	ne	ne	relativně velká	nizká	až 35 000	ano	ne
Vysokotlaká výbojka halogenidová + xenon	až 130	až 90	3 600 - 6 000	bílá	libovolná s omezením	obtížné	vyjimečné speciální výbojky	relativně malá	dobrá	až 12 000	ano	ano
Vysokotlaká výbojka halogenidová s keramickým hořákem	až 92	až 96	3 000 - 4 200	bílá	libovolná	obtížné	ne	relativně malá	dobrá	až 12 000	ano	vyjimečné
LED	v současnosti až 190	podle barvy až 98	daná barvou diody	dle typu diody	libovolná	ano	ano	podle výkonu světla	střední	až 100 000	ano	ano

Tab. 9

Optické systémy svítidel

Optická část většiny svítidel je zhotovována z řady dílčích optických elementů. Všechny slouží převážně k usměrňování a změně tvaru světelného svazku emitovaného světelným zdrojem, samozřejmě se současným zvýšením účinnosti svítidla proti použití bodového zdroje.

Základními optickými prvky jsou:

- rovinné plochy
zrcadla
odrazné hranoly
- sférické plochy
sférická zrcadla
sférické čočky
- asférické plochy
paraboloidní zrcadla
speciální asférické lámavé plochy – čočky

8.1 Rovinné plochy

8.1.1 Zrcadla

Rovinných zrcadel se využívá u složitých optických systémů svítidel (např. u scannerů) ke změně směru světelných paprsků nebo ke změně orientace obrazu vůči předmětu. Platí, že *dopadá-li na rovinné zrcadlo paprsek pod jistým úhlem, pak se podle zákona odrazu pod stejným úhlem odráží.*

Pro osvětlovací účely se používají zrcadla kovová, dokonale pokovená odrazným materiálem nebo zrcadla skleněná.

Odrazný materiál na skleněném zrcadle může být buď ze strany přicházejícího paprsku, tím se vyloučí zdvojení obrazu vlivem lomu světla v použitém skle, avšak pokovená vrstva nemůže být ničím chráněna proti mechanickému poškození, nebo na straně opačné, kde je možno odraznou vrstvu pokrýt ochranným nátěrem.

V poslední době jsou velmi rozšířená tzv. zrcadla dichroická. Jsou to skleněná zrcadla, která se ve vakuu pokovují několika přesně specifikovanými vrstvami odrazného materiálu. Podle počtu vrstev a nanášeného materiálu můžeme dosáhnout efektu propouštění tepelných paprsků skrz zrcadlovou plochu, zatímco světelné paprsky budou odraženy do daného směru. Takto pokovená zrcadla výrazně snižují tepelnou zátěž osvětlovaného předmětu. Diferentním pokovením můžeme měnit i barvu odraženého světla.

8.1.2 Odrazné hranoly

Odrazné hranoly patří k optickým prvkům, které se začínají používat u nejsofistikovanějších svítidel (moving heads). Jsou vyráběny z kvalitního optického skla a vybrušovány do různých geometrických tvarů s rovinnými lámavými a odraznými plochami. Odrazné plochy jsou vždy pokoveny. U výše uvedených svítidel obvykle slouží k aditivnímu nebo subtraktivnímu míchání barev.

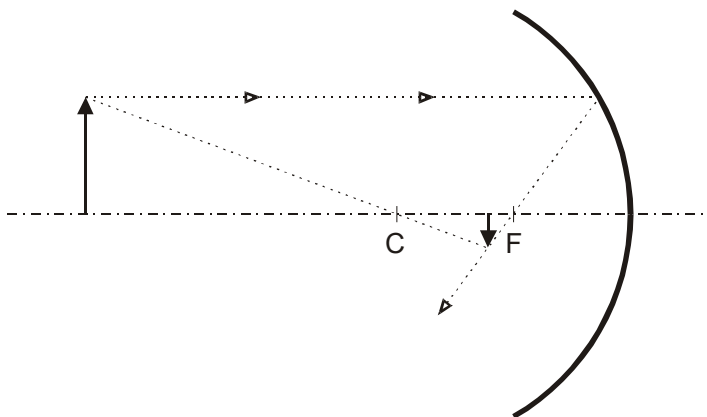
8.2 Sférické plochy

V optických systémech svítidel se velmi často používají sférické optické plochy, a to zejména:

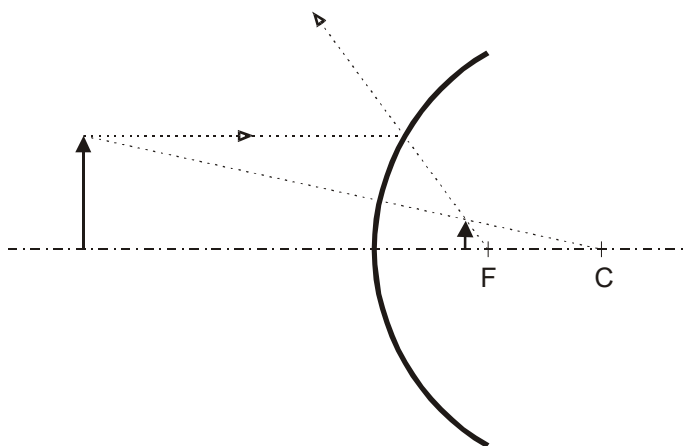
- sférická zrcadla
- čočky

8.2.1 Sférická zrcadla

Jsou buď konkávní (dutá), která mají ohnisko před zrcadlem obr. 48, nebo konvexní s ohniskem za ním obr. 49.



Obr. 48: Zrcadlo duté – konkávní



Obr. 49: Zrcadlo vypuklé – konvexní

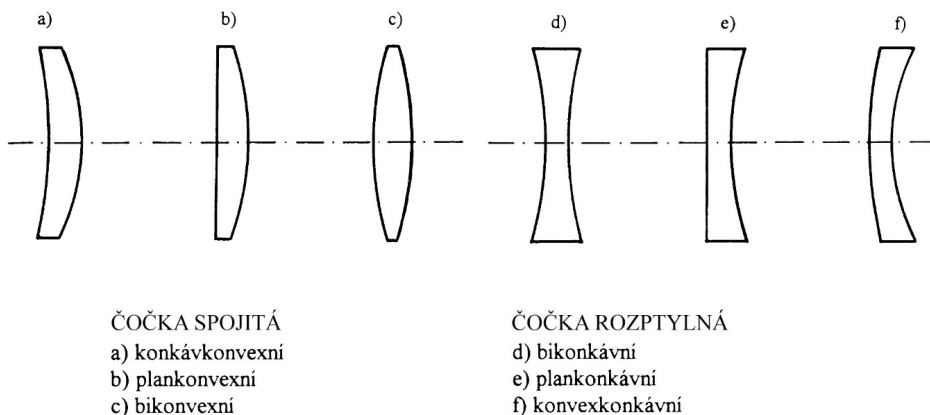
U těchto zrcadel platí, že rovnoběžný svazek paprsků dopadající na konvexní zrcadlo je po odrazu divergentní a rovnoběžný svazek paprsků dopadající na konkávní zrcadlo bude po odrazu konvergentní a všechny jeho paprsky budou procházet ohniskem.

8.2.2 Sférické čočky

Dalším důležitým stavebním kamenem osvětlovacích systémů jsou čočky, a to u svítidel převážně scénických, neboť svítidla pro architektonické svícení jsou osazována čočkami výjimečně.

Podle toho, zda čočky poskytují skutečné (spojné) nebo neskutečné (rozptylné) obrazy, dělíme je na spojky a rozptylky.

Spojky mají vždy okraje tenčí než středy a rozptylky mají vždy středy tenčí než okraje, viz obr. 50.



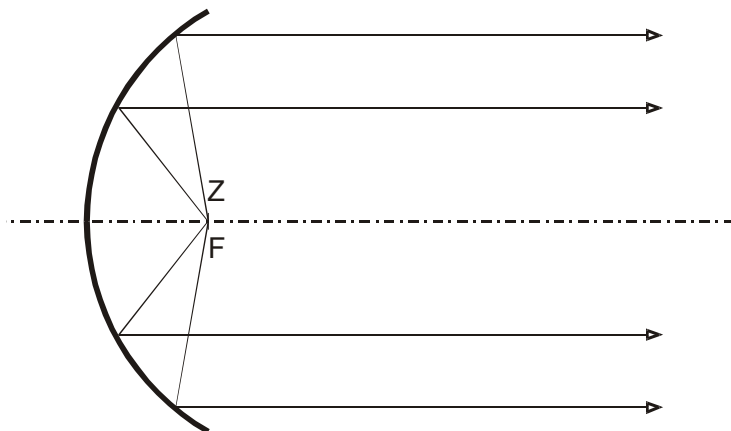
Obr. 50

Použití čoček v osvětlovacích systémech pro scénické svícení je běžné, svítidla bez těchto optických členů patří k nejstarší generaci svítidel, postupně vytlačované svítidly sofistikovanými.

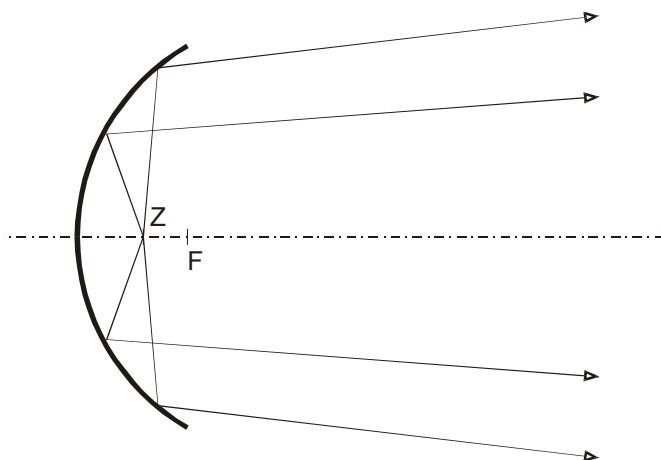
8.3 Asférické plochy, čočky, reflektory

Pro osvětlovací účely se místo kulových odrazných a lámavých ploch často používají i jiné geometrické křivky. Z odrazných ploch jsou to rotačně parabolická, elipsoidní a hyperbolická. Speciální asférickou čočkou je tzv. Fresnelova čočka.

Pro osvětlovací účely se často používá paraboloidní reflektor, který při umístění zdroje do ohniska dává paprsky rovnoběžné s jeho osou obr. 51. Při pohybu zdroje směrem do paraboly dochází k rozšíření vycházejících paprsků obr. 52 a tím k rozšíření světelného kuželu svítidla.

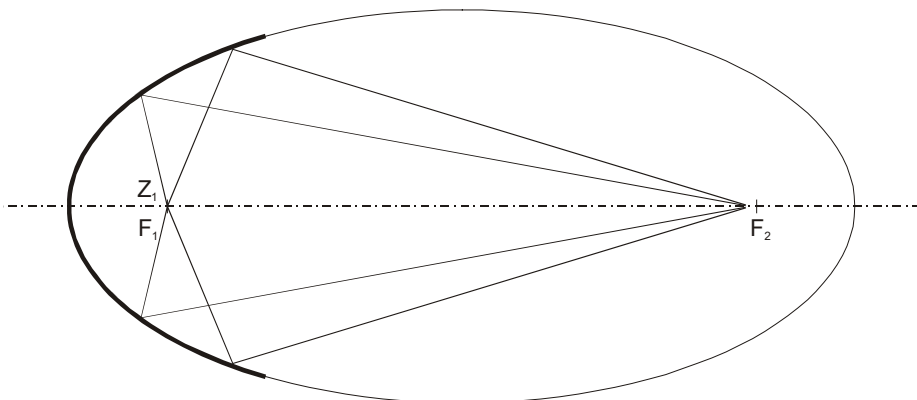


Obr. 51: Parabolický reflektor se zdrojem v ohnisku



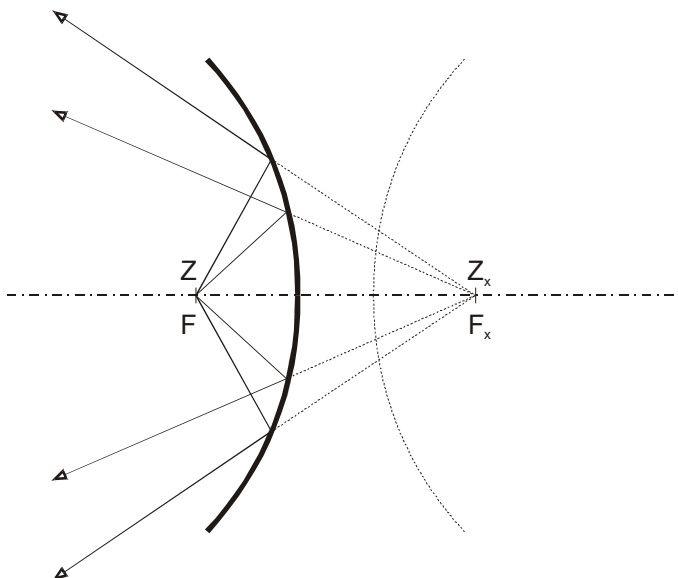
Obr. 52: Parabolický reflektor se zdrojem mimo ohnisko

Elipsoidní reflektor s bodovým zdrojem Z_1 umístěným v jeho ohnisku F_1 promítá paprsky do ohniska druhého F_2 obr. 53.



Obr. 53: Elipsoidní reflektor se zdrojem v ohnisku

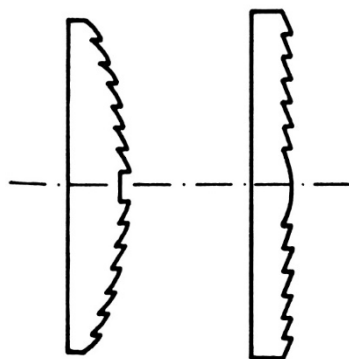
Při použití hyperboloidního zrcadla dostaneme rozbíhavý tvar paprsků s neskutečným odrazem bodu do druhého ohniska obr. 54.



Obr. 54: Hyperboloidní zrcadlo se zdrojem v ohnisku

8.3.1 Fresnelova čočka

Častým elementem ve scénických svítidlech je tzv. Fresnelova čočka obr. 55.



Obr. 55: Řez Fresnelovou čočkou

Fresnelovu čočku lze teoreticky zhotovit z běžné čočky odebráním koncentrických kuželových mezivrstev. Zužováním těchto mezivrstev se její optické parametry zlepšují. Právě Fresnelova čočka se stala základem jednoho z nejpopulárnějších svítidel pro scénické osvětlování, ale nutno podotknout, že svítidla osazená těmito čočkami mají v porovnání s Plan konvexními svítidly vždy horší parametry, co se týče tvaru, kvality světelné stopy a rozsahu fokusace svítidla.

Základy fotometrie

V osvětlovací praxi je fotometrie měřením světelně technických veličin, ve fyzikálním pojetí názvu je to nauka o měření a šíření záření všech vlnových délek v oblasti viditelného spektra.

Metody měření jsou:

- a) vizuální – subjektivní, při kterých se využívá porovnávací schopnost lidského zraku
- b) objektivní – kde se k měření světelných veličin používají fyzikální čidla

Vizuální měření se provádí pomocí tzv. vizuálních fotometrů, kde pozorovatel srovnává viditelnou veličinu s etalonem. Výsledky měření jsou ovšem závislé na individuálních vlastnostech pozorovatele a na vlastních podmínkách pozorování.

Pro naši světelnou praxi používáme přístrojového vybavení, které přináší exaktní a opakovatelné výsledky.

Máme-li osvětlovací systémy pro osvětlení architektonické a scénické, kde je indikátorem lidské oko, resp. mozek, bude nejdůležitějším faktorem pro posouzení kvality osvětlovací soustavy jasová, případně i barevná složka. Celkový výsledek bude vždy záviset na tom, jak lidské oko, resp. mozek dokáže kompenzovat nejen jasové složky, ale i kontrast osvětlovaného objektu vůči okolí.

Víme však, že i jedna rozsvícená svíčka na jevišti může vyvolat adekvátní vjem o celé scéně, samozřejmě v úzké kooperaci s akomodací očí diváků.

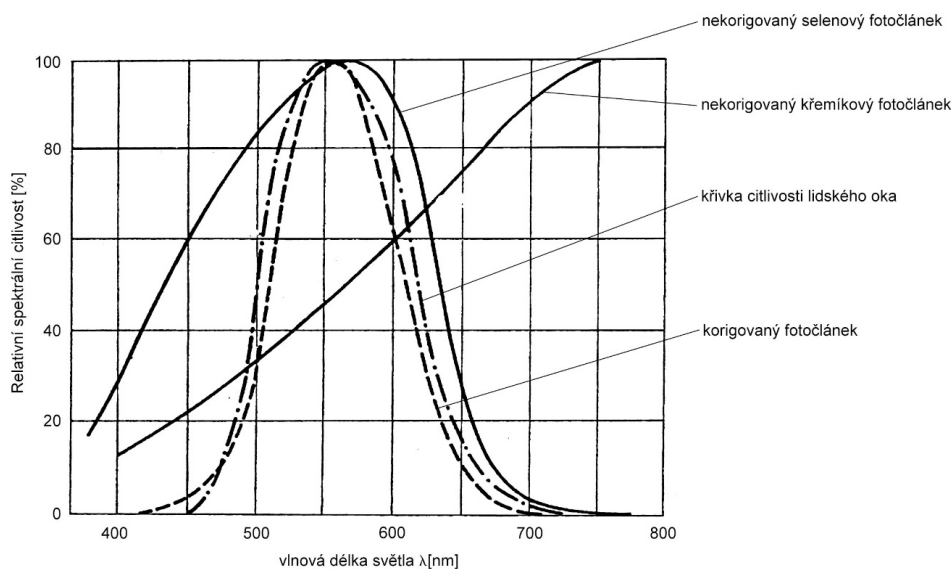
Diametrální rozdíl ovšem bude v případě osvětlení pro film a televizi, kdy je proveden záznam na definované medium – v tom případě kompenzace pomocí lidského mozku není principiálně možná. V těchto případech je nutné provést exaktní měření osvětlenosti, resp. jasu a podle výsledku měření upravit potřebné osvětlení a kontrastní poměry.

Nejdůležitější fyzikální prostředky pro měření světelného záření jsou hradlové fotonky založené na principu ventilového fotoefektu. Nejstarší a dosud používaný

fotočlánek je selenový. Nověji se používají fotočlánky křemíkové – buď jako hradlové (polovodičový přechod P–N), nebo odporové. Pro přesné měření se používají hradlové křemíkové fotočlánky. Tento polovodičový obvod má vysokou citlivost ve viditelné oblasti spektra a vykazuje nejen větší stabilitu než selenové fotočlánky, ale i jejich elektrický proud je při stejném osvětlení několikanásobně větší.

Jejich nevýhoda spočívá v zásadě odlišném průběhu spektrální citlivosti od průběhu spektrální citlivosti oka normálního fotometrického pozorovatele.

Z tohoto důvodu je stupnice přístroje vždy korigována na světlo přibližně jedné vlnové délky a pro měřicí praxi je nutné při diferentním světle používat předsádkové filtry nebo údaje digitálně přepočítat (obr. 56).



Obr. 56: Korigované a nekorigované křivky selenového a křemíkového fotočlánku

Další spíše historické principy měření světelných parametrů pomocí kuproxydových nebo vakuových fotočlánků se už prakticky nepoužívají.

Fotočlánky se vždy kalibrují na kolmý dopad světla.

Při šikmém dopadu světla klesá intenzita osvětlení s kosinusovým zákonem (viz kapitola 5). Tato chyba se odstraňuje tzv. *kosinusovým nástavcem* obvykle ve tvaru polokoule nasazené na fotočlánek a vyrobené z matného skla či umělé hmoty.

Pro naši provozní praxi jsou nejdůležitější měření osvětlenosti a jasu.

9.1 Měření osvětlenosti

K měření osvětlenosti se používá tzv. luxmetrů, tj. přístrojů složených z přijímače s korigovaným fotočlánkem, alternativně opatřených kosinusovým nástavcem, zesilovače a vyhodnocovacího systému buď analogového, nebo digitálního.

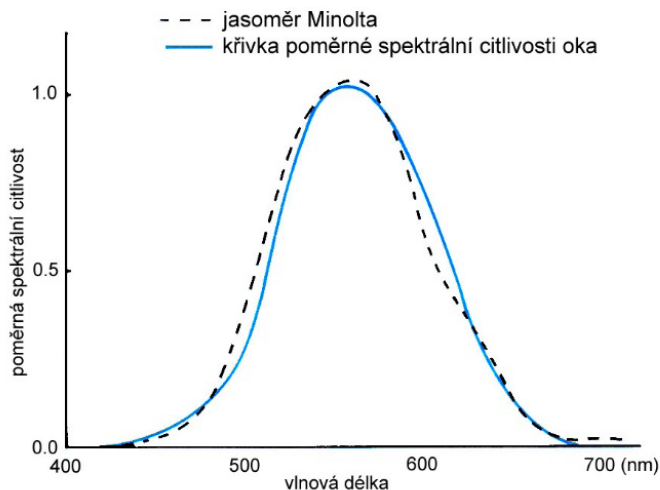
Pro naše potřeby se budeme dále zabývat pouze provozními luxmetry, neboť laboratorní luxmetry se používají pro přesná měření a mají i odpovídající třídu přesnosti.

Jedním z velmi používaných luxmetrů jsou výrobky firmy Minolta typově označené T-1 (T-1H; T-1M) obr. 57. Jedná se o řadu multifunkčních digitálních luxmetrů. Měřicí rozsah je podle typu od 0,01 do 99 000 lx; frekvenční rozsah je 400–760 nm.



Obr. 57: Výrobní řada luxmetrů Minolta

Korekce křivky těchto luxmetrů je v tolerančním pásmu křivky CIE (viz obr. 58). Toleranční pásmo křivky CIE je max 2 %.

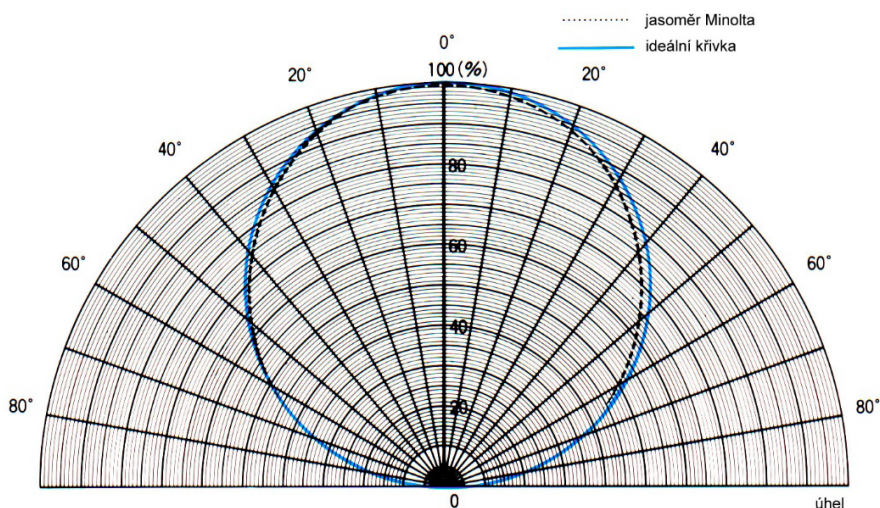


Obr. 58: Korekční křivka luxmetrů Minolta

Tyto luxmetry jsou opatřeny buď nástavcem a kabelem s čidlem pro měření (T-1M), nebo odnímatelnou hlavou s pevně namontovaným kosinusovým nástavcem (T-1 a T-14).

Pro měření osvětlenosti v jistém úhlu od kolmice má kosinusový nástavec max. chybu 2 % při 30° a 7 % při 60°.

Korekční křivka kosinusového nástavce je na obr. 59.



Obr. 59: Korekční křivka kosinusového nástavce luxmetrů Minolta

Celá uvedená řada luxmetrů firmy Minolta je schopna provádět integrál osvětlenosti osvětlení v periodě 0,01 až 999 hodin, tato funkce se ale spíše přimyká k laboratornímu použití.

9.2 Měření jasu

Pro práci světelného technika je dalším důležitým měřicím přístrojem jasoměr. Filmová, televizní a architektonická praxe v oboru osvětlovací techniky potřebuje znát nejen osvětlenost, ale i jas osvětlovaných předmětů – a to jak z důvodů expozičních časů a maximálních kontrastů (FILM, TV), tak z důvodů integrovaného jasu objektů vůči okolí a vůči pozorovateli (slavnostní osvětlení budov a osvětlení objektů).

Při měření jasu nesmíme opomenout, že měříme vždy střední hodnotu jasu měřené plochy (vyznačené v objektivu jasoměru kroužkem) v závislosti na vzdálenosti jasoměru od povrchu, který měříme.

Podle použití lze třídit jasoměry na bodové (úhel $0,3^\circ$ až 1°) a integrační s úhlem větším než 3° . Korekce jasoměrů, resp. jejich křivky je totožná s korekcí luxmetrů.

Pro účely filmové a televizní praxe se obvykle jasoměry kalibrují v tzv. relativních expozičních jednotkách EV – EXPOSURE VALUE. Převod EV na cd/m^2 viz tab. 10.

EV	cd/m ²	EV	cd/m ²	EV	cd/m ²	EV	cd/m ²	EV	cd/m ²
1,0	0,280	5,0	4,50	9,0	72,0	13,0	1 150	17,0	18 000
1,1	0,308	5,1	4,95	9,1	79,2	13,1	1 265	17,1	19 800
1,2	0,336	5,2	5,40	9,2	86,4	13,2	1 380	17,2	21 600
1,3	0,364	5,3	5,85	9,3	93,6	13,3	1 495	17,3	23 400
1,4	0,392	5,4	6,30	9,4	100,8	13,4	1 610	17,4	25 200
1,5	0,420	5,5	6,75	9,5	108,0	13,5	1 725	17,5	27 000
1,6	0,448	5,6	7,20	9,6	115,2	13,6	1 840	17,6	28 800
1,7	0,476	5,7	7,65	9,7	122,4	13,7	1 955	17,7	30 600
1,8	0,504	5,8	8,10	9,8	129,6	13,8	2 070	17,8	32 400
1,9	0,532	5,9	8,55	9,9	136,8	13,9	2 185	17,9	34 200
2,0	0,560	6,0	9,00	10,0	140,0	14,0	2 300	18,0	37 000
2,1	0,616	6,1	9,90	10,1	154,0	14,1	2 530	18,1	40 700
2,2	0,672	6,2	10,80	10,2	168,0	14,2	2 760	18,2	44 400
2,3	0,728	6,3	11,70	10,3	182,0	14,3	2 990	18,3	48 100
2,4	0,784	6,4	12,60	10,4	196,0	14,4	3 220	18,4	51 800
2,5	0,840	6,5	13,50	10,5	210,0	14,5	3 450	18,5	55 500
2,6	0,896	6,6	14,40	10,6	224,0	14,6	3 680	18,6	59 200
2,7	0,952	6,7	15,30	10,7	238,0	14,7	3 910	18,7	62 900
2,8	1,008	6,8	16,20	10,8	252,0	14,8	4 140	18,8	66 600
2,9	1,064	6,9	17,10	10,9	266,0	14,9	4 370	18,9	70 300
3,0	1,100	7,0	18,00	11,0	290,0	15,0	4 600	19,0	73 000
3,1	1,210	7,1	19,80	11,1	319,0	15,1	5 060	19,1	80 300
3,2	1,320	7,2	21,60	11,2	348,0	15,2	5 520	19,2	87 600
3,3	1,430	7,3	23,40	11,3	377,0	15,3	5 980	19,3	94 900
3,4	1,540	7,4	25,20	11,4	406,0	15,4	6 440	19,4	102 200
3,5	1,650	7,5	27,00	11,5	435,0	15,5	6 900	19,5	109 500
3,6	1,760	7,6	28,80	11,6	464,0	15,6	7 360	19,6	116 800
3,7	1,870	7,7	30,60	11,7	493,0	15,7	7 820	19,7	124 100
3,8	1,980	7,8	32,40	11,8	522,0	15,8	8 280	19,8	131 400
3,9	2,090	7,9	34,20	11,9	551,0	15,9	8 740	19,9	138 700
4,0	2,200	8,0	36,00	12,0	570,0	16,0	9 200	20,0	150 000
4,1	2,420	8,1	39,60	12,1	627,0	16,1	10 120		
4,2	2,640	8,2	43,20	12,2	684,0	16,2	11 040		
4,3	2,860	8,3	46,80	12,3	741,0	16,3	11 960		
4,4	3,080	8,4	50,40	12,4	798,0	16,4	12 880		
4,5	3,300	8,5	54,00	12,5	855,0	16,5	13 800		
4,6	3,520	8,6	57,60	12,6	912,0	16,6	14 720		
4,7	3,740	8,7	61,20	12,7	969,0	16,7	15 640		
4,8	3,960	8,8	64,80	12,8	1 026,0	16,8	16 560		
4,9	4,180	8,9	68,40	12,9	1 083,0	16,9	17 480		

Tab. 10: Převod mezi relativní expoziční jednotkou EV a cd/m²

Velmi rozšířené pro běžnou osvětlovací praxi jsou digitální jasoměry typu Minolta LS-100 resp. LS-110 (obr. 60). Jsou opatřeny průhledovým hledáčkem TTL (through the lens) s měřicím kroužkem uprostřed zorného pole. Měřicí rozsah pro LS-100 je 0,001 až 299 900 cd/m² a pro LS-110 0,01 až 999 900 cd/m².



Obr. 60: Jasoměry LS-100 a LS-110 firmy Minolta

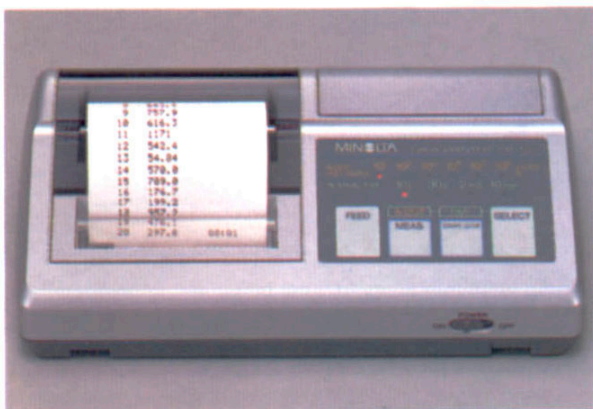
U těchto přístrojů je možné přesné měření nebo automatické porovnání jasu dvou světelných zdrojů.

Pozorovací, resp. měřicí úhel je u LS-100 1°, u přístroje LS-110 1/3°.

Pro měření jasů velmi malých předmětů jako např. LED diod se dodává speciální nástavec umožňující měřit jas objektů o průměru až 0,4 mm.

Oba jasoměry je možné připojit pomocí sériové linky s ASCII kódem k tiskárně například typu DP 10, viz obr. 61.

Data Printer DP-10



Obr. 61: Tiskárna DP-10 firmy Minolta

Znovu bych chtěl zdůraznit, že použití jasoměrů je důležité v osvětlovací praxi architektonického, filmového, televizního a veřejného osvětlení. Pro scénické osvětlovací účely se jasoměrů používá velice zřídka, pouze při extrémních situacích, převážně jako kontrola možného maximálního oslnění diváků speciálními bodovými zdroji.

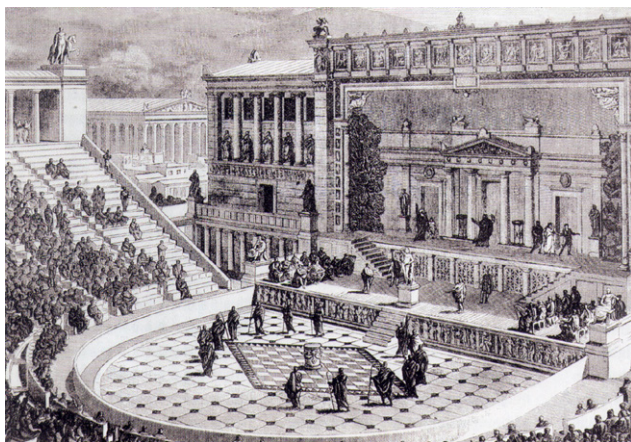
Díl druhý

Historie uměleckého osvětlování

1.1 Divadelní osvětlovací systémy a historické způsoby osvětlování

Světlo jako takové umožňuje vidět, ale samo o sobě je neviditelné. Jak filozofové starověku, tak i moderní výzkumní pracovníci se tedy snažili vysvětlit, co světlo vlastně je. Podstata světla není jednoznačně definována, nicméně pro světelného designera je důležitý jeho konkrétní efekt na osvětlovaných předmětech. Můžeme říci, že tzv. scénické světlo je a bylo základním emocionálně účinným prvkem nejen divadelních her, ale i filmového nebo televizního snímání.

Historie divadel se pravděpodobně začíná odvíjet od řeckých amfiteátrů, kde divadelní scéna, obvykle realizovaná kamennou stěnou se třemi vchody, byla osvětlována pouze denním světlem. V některých případech se k usměrnění osvětlení používaly pohyblivé kovové desky a noční scény se realizovaly černými závěsy instalovanými nad divadelní scénou. Pohled do řeckého divadla, které je situováno tak, aby denní světlo dopadalo přímo na scénu a slunce zapadalo za kamennou stěnu jeviště, je na obr. 1.



Obr. 1: Dionýsovo otevřené divadlo v Athénách

Po éře starořeckého divadla přišla doba divadelních her starého Říma. Novým progresivním prvkem bylo použití diferentních světelných efektů, jako např. hořících domů na otevřené scéně nebo zářících kráterů sopek realizovaných zapálenými dřevěnými poleny či balíky slámy.

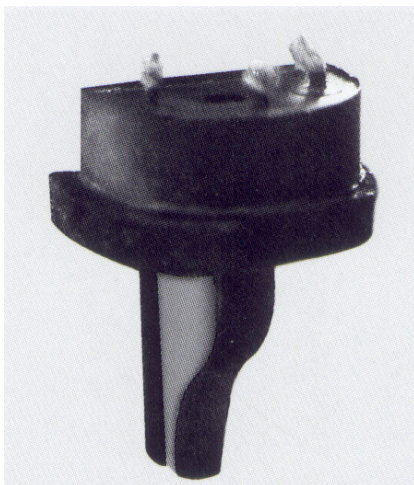
V poslední fázi římského impéria, kdy byly divadelní hry nezřídka provozovány ve večerních hodinách nebo i uvnitř budov, přišel čas na instalaci jednoduchých olejových lamp, které výrazně umocňovaly umělecký zážitek diváka z divadelní hry. V žádném případě se však tento primitivní způsob osvětlení celého prostoru nemohl nazývat reálným scénickým divadelním osvětlením.

Středověk začínal pracovat se světlem a scénou v gotických katedrálách, kde světlo procházející vitrážovými okny, doplněné osvětlením stropních částí kostela – které obvykle zobrazovaly anděly na nebesích –, v návštěvnických evokovalo pocit konfrontace nebe a země. Ale již na přelomu 14. a 15. století bylo ve Florencii v kostele svaté Felice použito stmívání slunečního světla osvětlujícího vymalované cherubíny a anděla Gabriela v horní části kostela. Spojení změny úrovně osvětlení s hudbou varhan umocňovalo vizuální vjemy zbožných účastníků mše svaté. Systém ovládání světla se však do dnešních dní nedochoval (ani ve výkresové dokumentaci).

Italská renesance přinesla do divadel velké množství základních typů osvětlovacích soustav, buď na principu olejových lamp (obr. 2 a obr. 3), nebo lojových svíček. I když výkon těchto světelných zdrojů byl na samé hranici použitelnosti, pomalu otvíral cestu k dramatickému divadelnímu osvětlování.



Obr. 2: Olejová lampa z konce 16. století naplněná zabarveným olejem produkující barevné světlo (Teatro Olimpico Vicenza – Itálie)



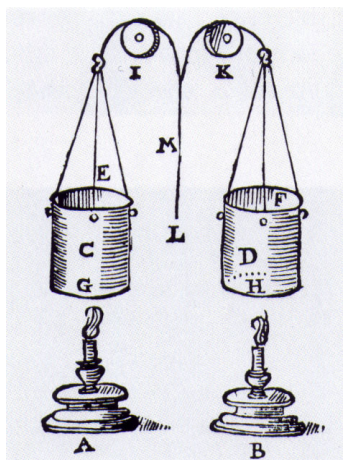
Obr. 3: **Tříknotová lampa sloužící k bočnímu osvětlování scény**
(Teatro Olimpico Vicenza – Itálie)

Angelo Ingegneri (1550–1613) jako první formuloval důležitost scénického divadelního osvětlení. Vyslovil poučku, že scéna musí být vždy více osvětlená, než je hlediště, a tím udělal první krok k realizaci komplexu osvětlovacích systémů barokního divadla. Krok nesmírně důležitý – mimo jiné i s logickou úvahou, že scéna, má-li být dostatečně osvětlena, musí být osvětlena umělými světly. V těchto letech začal mohutný vývoj různých typů svítidel, obvykle na bázi olejových lamp nebo svítidel se svíčkami, později vybavených i odraznými reflektory. Barevné osvětlování bylo realizováno buď barevnými skleněnými sklíčky představenými před vlastní svítidla, nebo světlo z hořícího knotu procházelo zabarveným olejem, který měnil barvu emitovaného světla.

Architekt Serlio (1475–1554) poprvé realizoval ideu základního osvětlení divadelní scény nasvícením celého jejího prostoru a mobilními světly, pohybujícími se nad scénou, simuloval efekty Slunce nebo Měsíce. Aby se realizovalo základní plošné osvětlení scény, používaly se jednotlivé světelné zdroje nebo spojená světla pověšená nad i před jeviště a opatřená zrcadly nebo prizmatickými skly (prostorově lomená skla). Spolu s jeho návrhem perspektivy jeviště můžeme konstatovat, že základ dramatického osvětlení divadelní scény byl tímto krokem položen.

Systemizaci způsobů divadelního osvětlení provedl italský architekt *Nicola Sabbatini* (1574–1654), který vydal podrobný návod nazvaný *Manuál pro*

divadelní scénu a divadelní stroje. Exaktně a pomocí obrázků popsal všechny známé přístroje k osvětlování jeviště, možnou mechanizaci divadelní hry včetně vysvětlení způsobu jejich činnosti a zároveň podal i detailní popis těchto systémů. V *Manuálu* vysvětlil a nakreslil pravděpodobně první systém použitelný k dálkovému stmívání světelných zdrojů pomocí plechových válců, které svým vertikálním pohybem zakrývaly plameny svíček osvětlujících prostor jeviště (obr. 4). Ovládaly se pomocí provazů a kladek jdoucích na ovládací pracoviště technika, který zároveň zajišťoval i provoz speciálních zařízení, jako je např. stroj na zvuk větru, deště, hromu a dalších nutných efektových technických systémů.



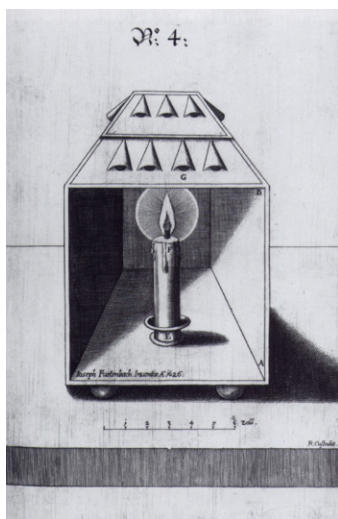
Obr. 4: Dvě svíčky A a B, dva válce s otevřeným dnem i vrchem a lankový mechanismus umožňující jejich spouštění a znovu vytažení realizující jejich stmívání. (Nicola Sabbattini, *Pratica di fabricar scene e macchine né teatri*, Ravenna 1638)

Architekt Sabbattini ve své knize přesně vysvětlil základní principy osvětlování jeviště pomocí předních a bočních světél a současně definoval i nutnost osvětlení pozadí pro realizaci perspektivy dané scény. Jako první vyslovil teorii o dynamické změně osvětlení, akcentaci osvětlování herců a koordinaci intenzity osvětlení s ostatními používanými scénickými efekty jako např. kouř, pohyblivé osvětlované objekty nebo akustické doplňky (hrom, déšť, zvuk vody apod.). Praktické závěry jeho prací daly základ dramatickému divadelnímu osvětlování.

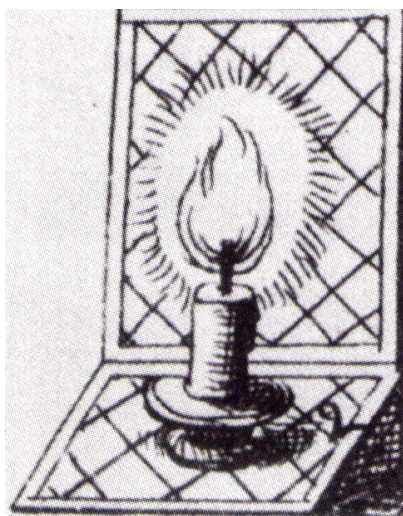
Zcela odlišná situace v divadelním osvětlování byla v Anglii. Kolem roku 1590, kdy přišel do Londýna mladý Shakespeare, zde byla pouze tři divadla, každé

konstrukčně jinak vybavené. Jednoduché zastřešení divadel s okny umožňovalo osvětlení pouze slunečním světlem. Z dochovaných pramenů vyplývá, že většina představení se provozovala ve dne. Teprve *Inigo Yones* (1573–1652), který byl pravděpodobně nejslavnějším anglickým divadelním architektem, prosadil italský model prostoru divadla rozděleného na hlediště a jeviště zároveň s instalací umělého scénického osvětlení, včetně použití barevných světelných efektů pomocí skleněných filtrů.

Scénické osvětlování divadelních her, které bylo nejlépe propracované v Itálii, se pomalu začalo rozšiřovat po celé kulturní Evropě. V Německu byla italská škola reprezentovaná *Josefem Furtttenbachem* (1591–1667), který byl pionýrem německé divadelní osvětlovací techniky. Jako první navrhl horní osvětlovací baterii jeviště vybavenou olejovými lampami, které prostřednictvím naklopených zrcadel osvětlovaly prostor divadelní scény. Poprvé navrhl i spodní osvětlování jeviště a realizoval systémy osvětlení pozadí scény pomocí dalších zavěšených osvětlovacích ramp. V dokumentaci, kterou vydal, detailně popsal konstrukční řešení osvětlovacích systémů od nejjednodušších prvků až po složité optické soustavy. Na obr. 5 je jeho svíčkový osvětlovací systém s chlazením a na obr. 6 je zobrazena svíčka se zrcadlem, které výrazně zvyšuje směrovost osvětlení.



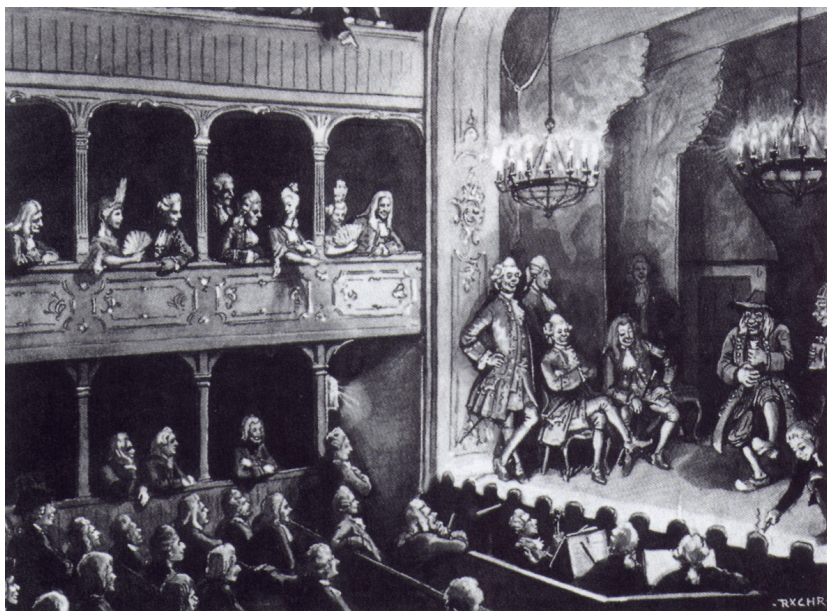
Obr. 5: Scénické svítidlo s chlazením
– Joseph Furtttenbach, Halinitro
Pyrobolia, Ulm 1627



Obr. 6: Vosková svíčka vybavená
reflektorem sloužícím ke zvýšení její
účinnosti – J. Furtttenbach 1663

K radikálnímu zvýšení světelného výkonu olejových lamp došlo teprve montáží skleněného komínku zvyšujícího proudění vzduchu kolem plamene a následnou instalací odrazového zrcadla, které – podobně jako u svíček – diversifikovalo světelný výkon zdroje do požadovaného směru.

Olejové knotové lampy a svíčky byly v různých modifikacích používány až do konce 17. století. Jejich světelný výkon byl však natolik nízký, že barokní divadlo muselo používat nejen velké množství těchto zdrojů, ale i herci museli účinkovat ve světlých oblecích a s bíle namaskovanými tvářemi. Nutno podotknout, že manipulace s olejovými lampami byla velmi problematická a světelný výkon zdroje nebyl vždy konstatní. Na dobové kresbě je vyobrazen muž, který v průběhu divadelní hry upravuje knoty olejových lamp (obr. 7).

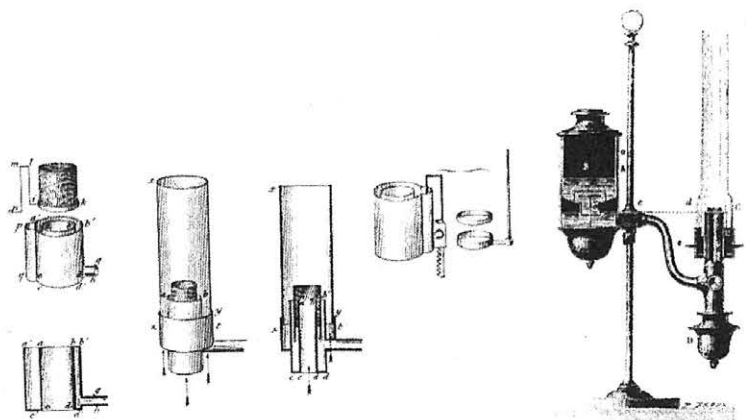


Obr. 7: Muž upravující knoty spodní osvětlovací rampy vybavené olejovými lampami (rekonstruovaná kresba – Grønnegade Theatre Copenhagen).

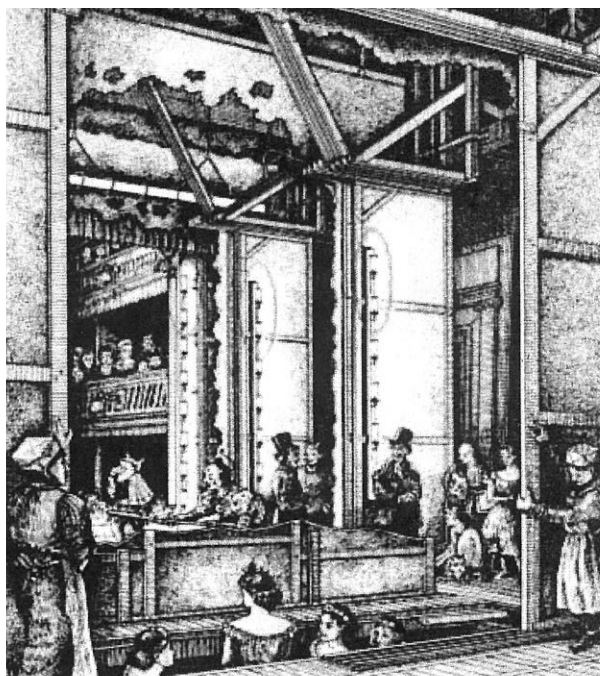
Zásadním vylepšením olejových lamp bylo použití tzv. dutého knotu (vynálezce Aime Argano, 1783), který upravoval proudění vzduchu v hořáku, čímž zlepšil hoření oleje a principiálně zvýšil svítivost olejových lamp. Vynález tzv. *argandické lampy* způsobil úplnou revoluci v divadelním scénickém svícení. Lampa svítila jako cca deset svíček. Tato vyšší světelná úroveň pomohla zredukovat

bílé líčení a umožnila vzdálit osvětlovací systémy od herců, ukrýt je z pohledu diváků sedících v postranních prostorách hlediště a i redukovat vznikající kouř.

Princip argandické lampy je vyobrazen na obr. 8, umístění těchto osvětlovacích systémů na vertikálních osvětlovacích latích je na obr. 9.



Obr. 8: Princip argandické lampy



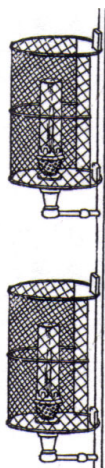
Obr. 9: Umístění argandických lamp na dřevěné vertikální osvětlovací latě
(Theatre Royal Leicester)

Barokní divadlo jednoznačně podporovalo rozvoj jevištní osvětlovací techniky. Počet světelných zdrojů použitých k osvětlení herců a jeviště se neustále zvětšoval a např. při otevření královské opery v Berlíně v roce 1742 bylo použito 1300 svíček vybavených reflektory, které byly svým větším výkonem vhodnějším osvětlovacím elementem než olejové lampy. Systémem scénického osvětlování používajícího tyto zdroje se však vždy docílilo pouze plošného osvětlení scény i herců a nebylo možno herce ani scénografické prvky světelně akcentovat.

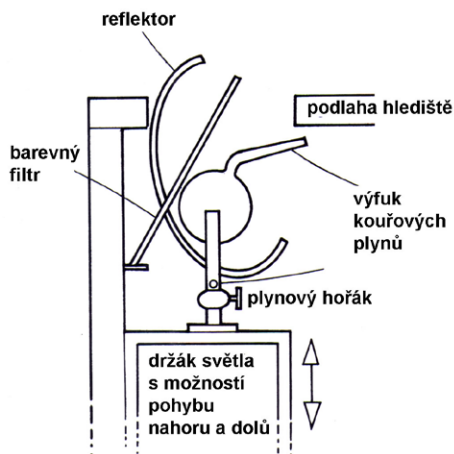
Teprve *Antoine-Laurent Lavoisier* (1743–1794) navrhl reflektor parabolického tvaru, který na rozdíl od dříve používaných plošných odrazových prvků jednoznačně fokusoval paprsky světelného zdroje do požadovaného směru. Dramatické divadelní svícení se právě narodilo.

Radikálním zlomem v historické divadelní osvětlovací technice byl *vynález plynového hořáku* jako základního zdroje světla nejen pro osvětlení jeviště a hlediště, ale i ostatních společenských prostorů divadel. V roce 1803 byl pro scénické svícení v Lyceu Théâtre v Londýně poprvé použit plynový hořák, který vydával daleko větší světelný výkon než jakýkoliv světelný zdroj používaný do této doby. Emitované světlo bylo zároveň bělejší, a tím jasnější než světlo všech dříve používaných světelných zdrojů. Další výhodou plynových hořáků bylo trvalé hoření beze změny intenzity a nutnosti výměny světelných zdrojů nebo knotů a velmi jednoduchým způsobem realizované regulace intenzity produkovaného světla. Prakticky neomezeným množstvím přiváděného plynu bylo pomocí plynových lamp možno vcelku rovnoměrně nasvítit i velké plochy panoramatického pozadí scény, což s předchozími zdroji bylo prakticky nerealizovatelné.

Použití plynového osvětlení s sebou samozřejmě přinášelo i jisté nevýhody. Pomineme-li možnost následného výbuchu plynu po zhasnutí hořáku, což se často stávalo, přičemž obvykle došlo nejen k destrukci scény, ale někdy i divadelní budovy, a zvyšováním zplodin vznikajících hořením plynu v divadle se zvyšovalo i procento CO₂ ve vzduchu, a to způsobovalo dýchací potíže nejen hercům, ale i divákům. Teplo vyzařované z velkých plynových svítidel atakovalo scénografické prvky na jevišti a i tento fakt také zvyšoval riziko požáru scény. Na obrázku č. 10 jsou plynová světla vybavená ochranným krytem a na obrázku č. 11 je principiálně nakreslena plynová jevištní osvětlovací rampa vybavená barevným filtrem a vertikálním posunem plynového hořáku.

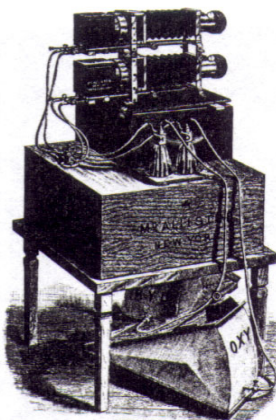


Obr. 10: Boční plynové osvětlovací rampy vybavené ochranným krytem



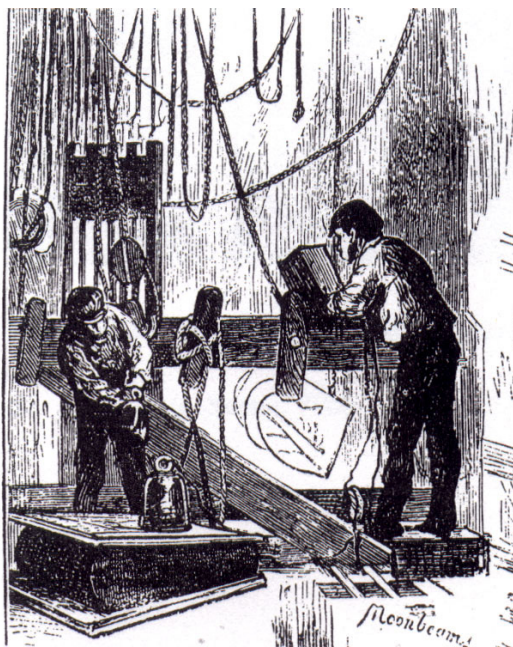
Obr. 11: Spodní jevištní osvětlovací rampa realizovaná plynovými hořáky s možností použití barevného filtru

Plynový hořák svým principem produkoval více či méně plošné světlo, což limitovalo jeho použití v divadelní osvětlovací praxi. V této době nebylo ještě možno realizovat jednoznačné bodové osvětlovací systémy. Požadavek vysoce směrovaného světelného zdroje pro bodové osvětlení herců a scénografie byl splněn v roce 1826 vynálezem *Charlese Macreadyho*, který navrhl svítidlo vybavené blokem páleného nehašeného vápna ohříváného kyslíko-vodíkovým plamenem. Instalovaný spalovací hořák pak produkoval intenzivní bodové světlo (obr. 12).



Obr. 12: Zdroj pro bodový hořák – svítidlo typu Limelight

Světelný systém nazvaný „Limelight“ byl v podstatě upravený vyvíječ acetylenu, který se používal ke svařování až do poloviny minulého století. Pohyblivá osvětlovací soustava „Limelight“ byla poprvé použita k osvětlení herců v pantomimě „Peeping Tom of Coventry“ v Covent Garden roku 1837. Bodový reflektor byl obsluhován dvěma operátory: první kontroloval plynový vyvíječ a redukoval pracovní tlak pohybem dvou měchů naplněných kyslíkem a vodíkem a druhý – osvětlovač – obsluhoval pohyblivý reflektor, měnil filtry a nastavoval velikost plamene (obr. 13). Používání bodových svítidel zahájilo novou éru divadelního osvětlování. Novým svítidlem byla možná přímá akcentace herce vůči scénografii, zdůraznění detailů scény, alternativně i plynulé sledování herců při jejich uměleckém vystoupení.



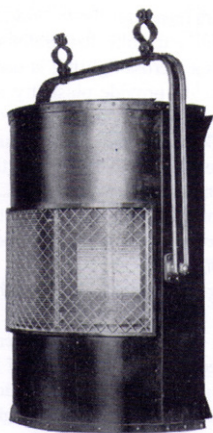
Obr. 13: Sledovací reflektor „Limelight“

Technický pokrok devatenáctého století a vynález elektrické žárovky se záhy začal aplikovat i do scénického osvětlování a položil základy moderní osvětlovací techniky a následně i vývoje celé generace divadelních scénických svítidel.

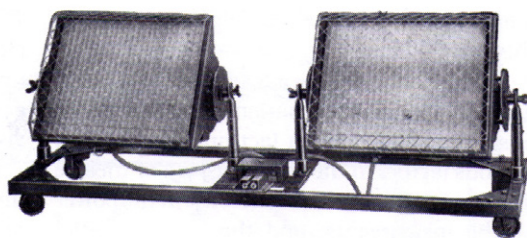
Začátky aplikací elektrických osvětlovacích systémů byly ovšem jen pouhou náhradou plynových lamp. Spodní jevištní rampy, boční rampy a osvětlovací baterie byly osazovány žárovkovými zdroji, které mimo konstantní světelný tok rapidně snížily tepelnou zátěž osvětlovaných předmětů a vydávaly jasné bílé světlo s nekolísající intenzitou. Životnost těchto světelných zdrojů byla však na hranici jejich ekonomické použitelnosti; ale instalací relativně malých elektrických žárovek bylo možno výrazně rozšířit divadelní světelný park a tím i zlepšit kvalitu světelných efektů. Například roku 1902 byl v Prinzregententheater v Mnichově navržen systém s možností změny čtyř barev a instalací 1 542 žárovek na jevišti, z toho 770 zdrojů bylo umístěno na pohyblivých stojanech. Protože tehdejší výkon elektrických zdrojů byl relativně nízký, bylo v této hře zároveň použito dvanáct kusů bodových zdrojů typu Limelight. A tak na základě světového úspěchu elektrických osvětlovacích systémů začal intenzivní rozvoj svítidel navržených pro plošné a i pro bodové osvětlení jevištních prostorů.

Světelné zdroje se začaly instalovat i do samostatných svítidel umístěných v osvětlovacích bateriích nebo individuálně do speciálních držáků zavěšených jak nad scénou, tak i na bočních osvětlovacích rampách.

První vysoce výkonná divadelní světla byla osazována mohutnými světelnými zdroji s výkony až 3 000 W. Tato svítidla v sobě často kombinovala spojení osvětlovacího zdroje, mechanického stmívače a zásobníku barevných filtrů (obr. 14 a 15).



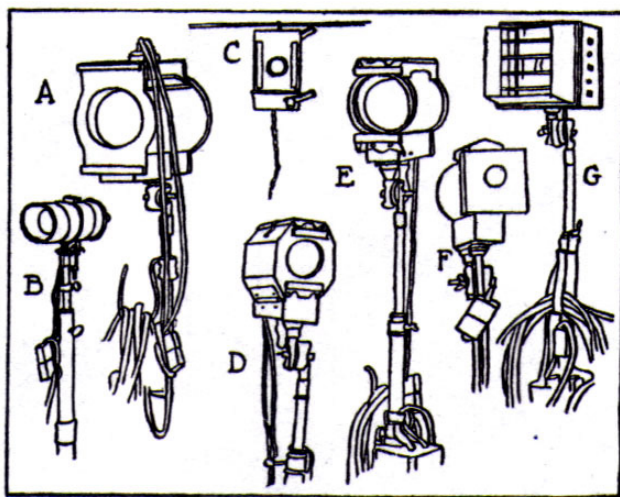
Obr. 14: Svítidlo s výkonem 3000 W, mechanickým stmívačem a zásobníkem barevných filtrů



Obr. 15: Mobilní osvětlovací baterie pro plošné nasvícení horizontu scény (výrobce neidentifikován)

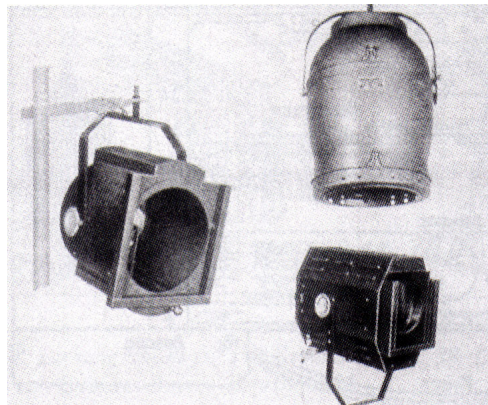
Teprve s použitím speciálně navržených reflektorů a skleněných optických členů bylo možné realizovat nejen plošná, ale i bodová divadelní svítidla. Fokussovatelná svítidla umožňovala diferentní osvětlování scénických prvků a herců, ale byla i základním kamenem pro přesné řízení osvětlení, které se používá i v dnešních moderních divadlech.

V Americe byla podobná situace jako v Evropě. *David Belasco* (1858–1931), který byl prvním ředitelem *Twentieth Century*, s osvětlovacím technikem *Luisem Hartmanem* realizovali řadu technicky velmi zdařilých svítidel, převážně bodových, případně i fokusovatelných. Dá se říci, že Hartman stál u zrodu nové generace moderních divadelních osvětlovacích systémů. Na obr. 16 je navrhovaná řada bodových a plošných svítidel vybavených optickými nástavci, klapkami a systémy pro výměnu barevných filtrů.



Obr. 16: Náčrtky sedmi různých scénických svítidel navržených Luisem Hartmanem

Světelná firma *Strand Electric* založená v Anglii v roce 1914 vyvinula ucelenou řadu scénických svítidel, která se prakticky beze změn používala až do padesátých let minulého století (obr. 17). Světelní designeři, kteří měli s použitím nových osvětlovacích prvků možnost osvětlit herce z různých úhlů přesně definovanou světelnou intenzitou, začali používat jak přední svícení, tak kontraosvětlování včetně bočních světelných efektů v kombinaci s exaktním mícháním barevných nálad.



Obr. 17: Svítidla Strand typ 43, 58: a 76

V roce 1965 navrhl *Edward Kook*, zakladatel americké osvětlovací firmy *Century Lighting*, první reflektor s elipsoidním zrcadlem, vysokou účinností a přesnou světelnou stopou, který nazval *LEKOLITE* (obr. 18).

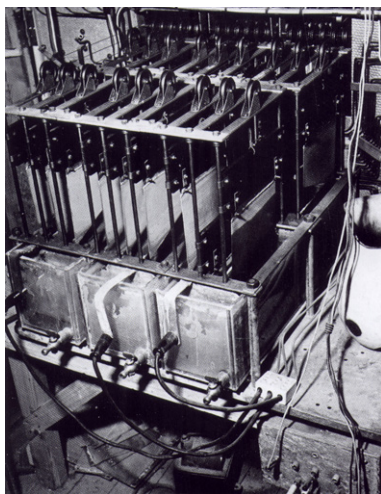


Obr. 18: První svítidlo typu Lekolite

V moderní osvětlovací praxi se toto vynikající svítidlo s mnohými vylepšeními, jako například instalací dichroického zrcadla, speciálního halogenového zdroje s ochlazovanou paticí, sadou výměnných objektivů nebo plynulou změnou vyzařovaného úhlu, vyrábí dodnes. A tak se „Lekolite“ stal základním kamenem osvětlovacího parku mnohých světových divadel.

Současně s rozvojem scénického elektrického osvětlování nastal i rozvoj řízení intenzity světla, který byl nutným krokem k plynulému ovládání jasu svítidel – a tím i světelných efektů. První použitelnou technologií pro řízení úrovně osvětlení byly odporové stmívače, kde byla regulačním médiem slaná voda. Byly to buď nádoby, nebo válce s pevnou železnou deskou umístěnou v dolní části nádoby a pohyblivou zavěšenou deskou spojenou s kladkovým ovládacím systémem. Slaná voda nebo zředěná kyselina sírová byly použity jako elektrolyt. Zařízení vůbec poprvé nazvané stmívač (dimmer) bylo spojeno v sérii se světelnými zdroji a potřebná úroveň osvětlení se nastavovala ponořením nebo vytažením pohyblivé železné desky z elektrolytu.

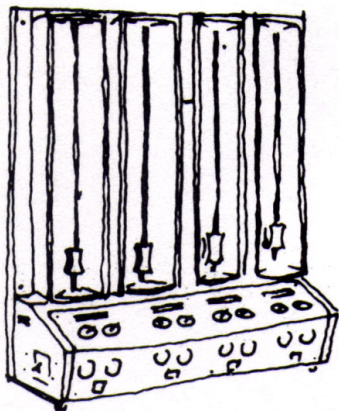
Nevýhodou těchto stmívačů byla jejich velikost, účinnost a závislost na koncentraci použitého elektrolytu a praktická nemožnost dálkového ovládání. Skupinového stmívání se dosahovalo akustickými povely „světelného“ režiséra, protože obvykle každý řízený obvod vyžadoval zvláštního operátora. Odporové stmívače včetně jejich mechanického ovládání jsou na obr. 19.



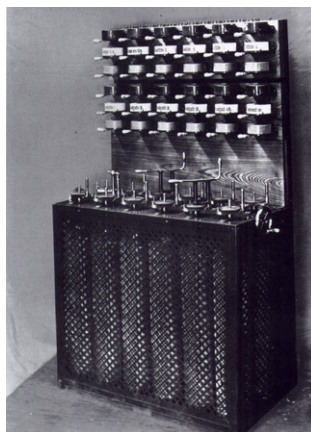
Obr. 19: Blok kapalinových odporových stmívačů s mechanickým dálkovým ovládáním

Byla to pionýrská doba řízení osvětlení, osvětlovači byli nejen lidmi realizujícími umělecké záměry režisérů, ale i zároveň opraváři a případně i chemiky. Mechanika zařízení, koncentrace elektrolytu a nutné akustické povely neumožňovaly přesné a stabilní stmívání osvětlení, celkový výsledek byl vždy závislý na lidském faktoru obsluhy a režiséřského řízení osvětlovačů.

Teprve s použitím mechanických odporových reostatů bylo možno – byť primitivně – realizovat jejich skupinové dálkové ovládání a přímou kontrolu úrovně osvětlení. Jedním z prvních hojně používaných stmívačů byl nástěnný systém s posuvnými reostaty ovládající čtyři nezávislé světelné obvody, každý s maximálním výkonem 1 000 W (obr. 20). Přímou ovladatelná světelná regulační skříň se šesti nezávislými stmívači, každý s výkonem 3 KW a možností společného přednastavení úrovně osvětlení, je na obr. 21.

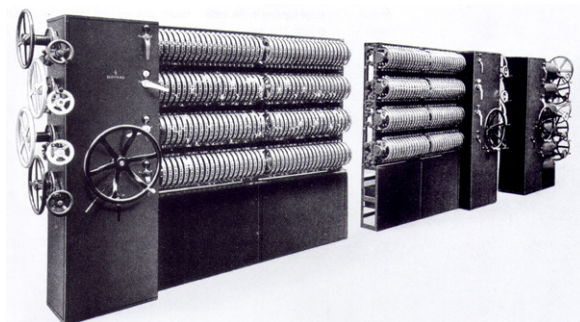


Obr. 20: Náčrtek nástěnného čtyřkanalového odporového stmívače (Strand Junior)



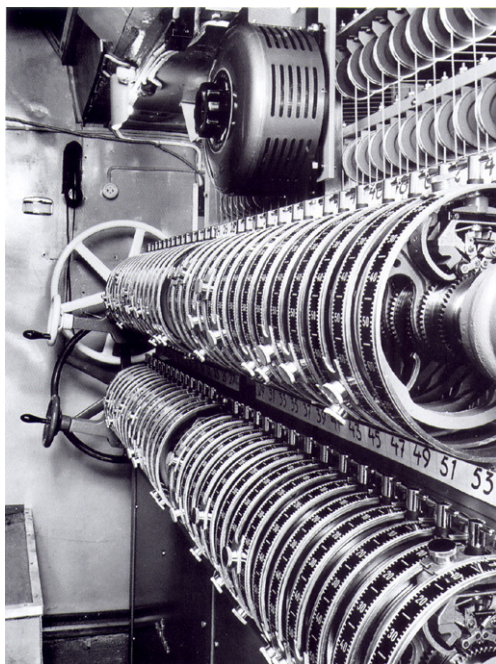
Obr. 21: Šestiokruhový odporový stmívač s přednastavením úrovně osvětlení, pravděpodobně r. 1908

Dalším vývojovým stupněm pro realizaci elektrického řízení osvětlení bylo spojení mechanického a elektrického ovládání odporových stmívačů do jednoho celistvého bloku. Na obr. 22 jsou tři řídicí jednotky odporových stmívačů zleva: 4×40 odporů, dále 4×28 odporů a poslední s osazením 5×12 odporů.



Obr. 22: Tři jednotky řízení odporových stmívačů

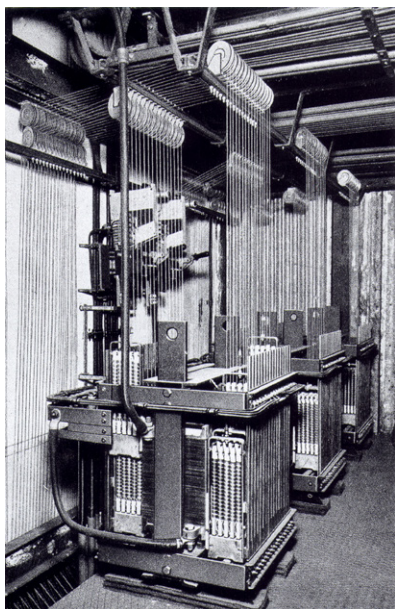
S postupným rozvojem divadel narůstaly nároky na jejich osvětlovací park, počty stmívačů bylo nutno zvětšovat a mohutné stmívačové systémy vyžadovaly i zvláštní oddělené prostory. Příkladem systému pro řízení 106 nezávislých stmívaných obvodů s možností centrálního přednastavení úrovně osvětlení (pomocí velkého bílého kola v zadní části snímku) od firmy Siemens-Halske dodaného do Berlínského divadla je na obr. 23.



Obr. 23: Řídicí jednotka pro 106: stmívačů

Výkonové členy – vlastní odporové reostaty, které byly spojeny lanky s jednotkou jejich ovládání, jsou na obr. 24.

Také Národní divadlo v Praze bylo vybaveno na tehdejší dobu moderním stmívačovým zařízením s individuální i společnou možností nastavování úrovně osvětlení (obr. 25).



Obr. 24: Výkonové členy
– odporové stmívače



Obr. 25: Osvětlovač při
práci s otočnými reostaty,
Národní divadlo, Praha

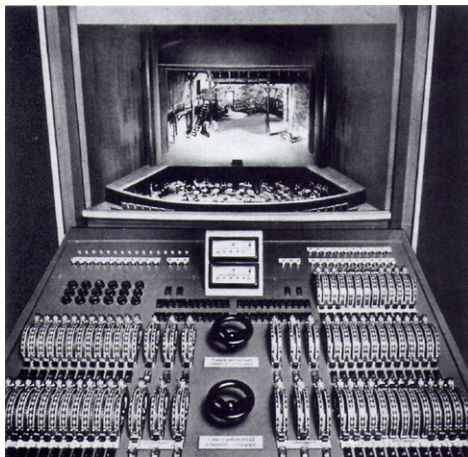
Vynález střídavého elektrického proudu se výrazně promítl i do scénické osvětlovací techniky, protože umožnil radikálně snížit výkonové ztráty na regulačních systémech použitím mechanicky a později i elektricky ovládaných autotransfornátorů. Použitím autotransfornátoru se snížil ztrátový výkon a tím i tepelné ztráty v regulačních obvodech. Převratem v ovládání intenzity osvětlení scénických svítidel se stal vynález elektronického vakuového řízeného usměrňovače nazvaného thyatron, který umožnil skutečně dálkové elektrické řízení scénických svítidel bez mechanických komponentů přímo z osvětlovacího pultu umístěného v kabině osvětlovače.

První instalace dobře fungujícího *osvětlovacího pultu* byla předvedena na americké univerzitě v YALE v roce 1947, název zařízení (podobajícího se třem psacím stolům respektive malým pianům) byl C – I Control. Osvětlovač mohl ovládat 50 světelných kanálů i v definovaných a předem nastavených úrovních. Dalším vývojovým stupněm byl pult CD Control od firmy Strand Century (obr. 26), umožňující přednastavení některých úrovní, celkové zvyšování nebo snižování úrovně světelných nálad (master) a možnost prolínání světél (crossfade).

Problémem těchto systémů byla jejich velká složitost, náročnost na obsluhu a následná vysoká poruchovost, která byla hlavní příčinou rychlého vyřazování ovládacích pultů této generace z divadelních scén.

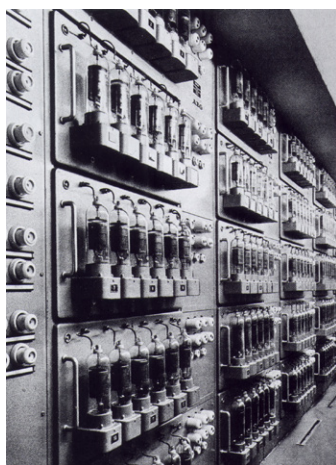


Obr. 26: Osvětlovací pult
Strand CD Control



Obr. 27: Ovládací světelný pult pro řízení
96 scénických světel pomocí vakuových
ventilů – thyatronů (1955)

Na obr. 27 je osvětlovací pult s možností přednastavení světelných úrovní a možností společného stmívání ovládající 96 nezávislých thyatronových vakuových ventilů. Část výkonové skříně s 96 thyatrony je na obr. 28.



Obr. 28: Výkonová část – thyatrony (1955)

K vývoji osvětlovacích pultů se posléze přidaly i velké evropské firmy jako Siemens, Thorn, ADB, AVAB a ostatní vytvořením zvláštních specializovaných divizí zabývajících se pouze scénickými osvětlovacími a řídicími systémy.

1.2 Filmové osvětlovací systémy

Ve filmové snímací praxi je také hlavním zobrazovacím prostředkem světlo, které umožňuje zaznamenat na citlivý filmový pás natáčený děj (filmové suroviny jsou dnes již víceméně historickým materiálem, používaným jen ve velmi omezeném množství – Hollywood). Dopadem světla na filmovou emulzi vzniká latentní obraz, fotochemicky dále zpracovatelný na materiál pro vlastní projekci. Pro filmovou realizaci není světlo pouze fyzikálním fenoménem, ale je součástí tvůrčí práce režiséra i kameramana. Začátky filmové osvětlovací techniky přímo navazovaly na svícení divadelní a fotografické, ale od zrodu filmu se jeho osvětlování postupně přetvářelo na samostatný obor, kde dynamika a barva pomáhaly realizovat umělecké záměry tvůrců v přímé návaznosti na typy používaných filmových emulzí.

První filmové záznamy používaly pouze sluneční světlo usměrněné zrcadly. V Edisonově ateliéru nazvaném Černá Máry se světlo koncentrovalo do prostoru před kamerou natáčením celého ateliéru do optimální polohy vůči slunci. V této době světlo sloužilo pouze k dosažení patřičného zčernání málo citlivé filmové suroviny, a tak se právě z těchto důvodů velká většina filmů natáčela v exteriérových podmínkách, kde byla dostatečná úroveň osvětlení zajištěna intenzitou slunečního světla.

Dalším vývojovým krokem v osvětlovací filmové praxi bylo *použití obloukové lampy* připojené na stejnosměrný proud, která přímo nebo pomocí odklápěcí misky (reflektoru) osvětlovala scénu. Oblouková lampa a později rtuťová výbojka emitující ve svém spektru převážně krátké vlnové délky odpovídající modré, resp. fialové barvě byly optimálními světelnými zdroji pro používané orthochromatické emulze, které mají v tomto pásmu největší citlivost. Po vynálezu vakuové žárovky s rozžhaveným wolframovým vláknem a modifikací orthochromatických filmů na panchromatické s vyšší citlivostí ve spektru delších vlnových délek začala éra slavného filmového osvětlování pomocí těchto elektrických zdrojů.

Koncem první světové války se v profesionální filmové praxi začal prosazovat směr, který kombinoval měkké idealistické osvětlení používané ve fotografické praxi s relativně ostrým předním osvětlením zdůrazňujícím detaily osvětlovaného objektu. Využíval přední světlo, difuzní modulační světlo a zároveň i protisvětlo. Tento způsob svícení nutně potřeboval relativně malé, flexibilní zdroje. K realizaci kombinovaného filmového osvětlování byla ideálním prostředkem žárovka. Po celém světě se začaly budovat rozsáhlé ateliéry vybavené na tu dobu vynikající světelnou technikou, umožňující nasvícení natáčené scény konstantní světelnou hladinou, včetně možnosti dodržet nastavenou hladinu světla a stínů i při pohybu kamery v celé její dráze. V té době začala v Německu progresa všech filmových odvětví včetně vývoje a aplikací osvětlovacích systémů. Ve dvacátých letech se v ateliérech budovaly *osvětlovací lávky*, používaly se radikálně větší počty osvětlovacích systémů včetně vysoce stylizovaného světla s vysokým jasnem, prokreslenými konturami a hlubokými stíny. V této době se při filmovém osvětlení také začaly používat *měřicí přístroje* ke kontrole úrovně osvětlení i tonality světla.

V meziválečném období se jak v Americe, tak v Evropě postupně standardizovaly základní způsoby osvětlení; tento způsob byl charakterizován třísměrovým osvětlením herců:

- *hlavní světlo (KEY LIGHT)*,
- *doplňkové světlo (FILL LIGHT)*,
- *kontrasvětlo (BACK LIGHT)*.

Mimo tyto základní způsoby obvykle použité na herce se z důvodů principu zákona úbytku osvětlení s druhou mocninou vzdálenosti (viz 1. díl těchto skript) začalo výrazně akcentovat osvětlení pozadí natáčené scény. Poměrem úrovně osvětlení herce, dopadajícího obvykle na jeho tvář, a osvětlením pozadí se definovala normální tonalita – poměr 1 : 3, kde osvětlení realizuje normální prokreslení osvětlovaného objektu a scény, v případě poměru 1 : 4 nazývaného „low key“ – v tomto případě stíny ztrácejí kresbu. Při poměru 1 : 1 až 1 : 2 – „high key“ je natáčené prostředí prakticky bez velkých kontrastů a herec je logicky na stejné světelné úrovni jako natáčená scéna. V těchto případech hovoříme o klasickém stylu, který pracuje výhradně s modulačním osvětlením složeným ze tří světelných směrů s různou intenzitou a kvalitou.

Základní definicí klasického stylu scénického svícení je, že nejdůležitější je **světelný akcent** (třeba i protisvětlo) a nejslabší úrovní osvětlení je světlo **doplňkové**. Postupně se rozvíjely a verifikovaly směry a intenzity světelného akcentu např. protisvětlo proti kameře, boční světlo ke zdůraznění obrysů, včetně vzájemně proti sobě nastavených bočních reflektorů a dále světél osvětlujících herce šikmo zdola nebo shora, případně dalších bodových světél, modelujících tváře a kostýmy herců.

Neméně důležitým faktorem při filmovém natáčení je fyzikální podstata filmového materiálu, který na rozdíl od lidského oka, resp. mozku vnímá úbytek světla odlišně. Lidský mozek částečně koriguje fakt, že intenzita osvětlení klesá se čtvercem vzdálenosti (viz 1. díl). Filmový materiál naopak nemůže tento fenomén kompenzovat a kameraman musí upravit úbytek světla vhodným dosvícením scény, aby výsledek odpovídal realitě zaznamenané lidským okem. *Tento fenomén je základní diferencí mezi divadelním a filmovým osvětlením.*

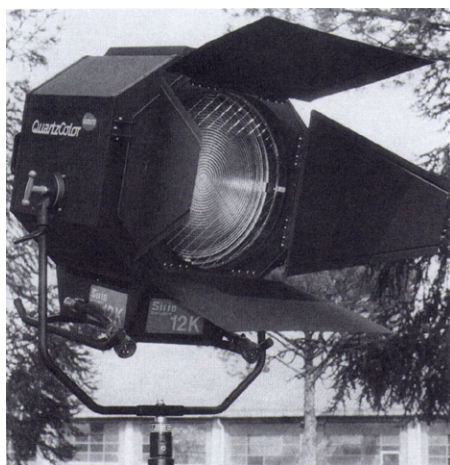
Světelný park se současně s rozvojem způsobu osvětlování filmové scény a modifikací filmového materiálu měnil tak, aby zabezpečil optimální osvětlovací podmínky, a to nejen v ateliérech, ale i v exteriérových podmínkách. Osvětlení velkých venkovních scénografických prvků vyžadovalo použití vysoce výkonných reflektorů s příkony až několik tisíc wattů. Vysokointenzivní systémy s uhlíkovými zdroji osazené fresnelovými čočkami, které dosahovaly velikosti až dvou metrů na jedné straně, nebo plošná svítidla osazená i několika stovkami žárovek v provedení symetrického nebo asymetrického světelného svazku na straně druhé, se používaly až do 60. let minulého století (obr. 29).



Obr. 29: Filmové svítidlo s uhlíkovým bodovým světelným zdrojem a fresnelovou optikou o výkonu 12 000: W

S nástupem barevného filmu přišla nová generace svítidel, začaly se používat halogenové světelné zdroje a pro nejvyšší výkony výbojky plněné xenonem, které svou vysokou teplotou chromatičnosti umožňovaly kombinaci s denním světlem. Protože v té době byla citlivost barevných filmů relativně nízká, výkony osvětlovacích systémů na rozdíl od divadel dosahovaly hodnot řádově i několik tisíc wattů. Tyto zdroje zároveň umožňovaly osvětlení i velkých exteriérových scén.

V padesátých letech minulého století se ve filmové snímání praxi začaly používat převážně pro realizaci exteriérových scén mohutné výbojkové osvětlovací systémy osazené vysokointenzitními světelnými zdroji spolu s plošnými svídkly osazenými stovkami inkadescenčních zdrojů (obr. 30).



Obr. 30: Svítidlo s výbojkou (HMI) o výkonu 12 000 W

Je třeba upřesnit, že při použití dnes již historického klasického barevného filmového materiálu, jehož emulze je senzibilována buď na světlo denní (teplota chromatičnosti cca 6 500 K), nebo na světlo umělé (teplota chromatičnosti cca 3 000 K), je nutno vzít tento fenomén v úvahu a realizovat osvětlení natáčených scén tak, aby nedocházelo k míchání denního a umělého světla. V případě, kde není možné tento fakt eliminovat, je nutno použít buď korekční filtry nasazené na halogenové zdroje, které zvyšují teplotu chromatičnosti, nebo využít zdroje výbojkové se srovnatelnou teplotou chromatičnosti, na kterou je filmový materiál senzibilován. Vysokointenzitní světelné zdroje (uhlíkové obloukové lampy) měly

principiální vliv na systém filmového scénického svícení v ateliérech, ale nástup nové generace světelných zdrojů s rozžhaveným vláknem tyto principy zásadně změnil. Fokusovací tvarovací reflektory (také používané v divadelní praxi), plošné osvětlovací panely osazené i 400 žárovkami, difuzní světla osazená parabolami z matovaného hliníku či asymetrická světla používaná na osvětlení pozadí začala zásadně měnit způsob filmové osvětlovací techniky. V šedesátých letech minulého století se začaly používat i halogenové žárovky s velkým světelným výkonem na jedné straně a s menším příkonem proudu na straně druhé. Světla s uhlíkovými obloukovými lampami postupně vymizela a nahradila je celá soustava svítidel s xenonovými výbojkami. Osvětlovací park se modifikoval až do dnešní podoby, kde použití malých vysoce intenzivních světelných zdrojů nebo výbojkových reflektorů s výkonem deset i patnáct kilowattů řeší všechny zásadní potřeby uměleckého filmového svícení. Zároveň se i ve filmové praxi začínají prosazovat i osvětlovací systémy osazené nejmodernějšími světelnými zdroji LED.

1.3 Televizní osvětlovací systémy

Kolem čtyřicátých let minulého století se začal rozvíjet další obor získání a zápisu obrazové informace nazvaný televize.

Snímání kamerou bylo podobné jako u filmu, ale světlocitlivý snímač pro zápis obrazové informace byla elektronka, která měnila obraz dopadající na její stínítko na elektrické napětí, které bylo možno zapsat buď na magnetický pásek, nebo přímo vysílat. Postupem let se intenzivním technickým vývojem změnil princip snímacího elementu videokamer, z vakuových elektronek na polovodičový senzor nazývaný CCD (charge-coupled device). Výhodou CCD čipů je fyzikální odolnost proti nárazům, větší tolerance na extrémně vysoké úrovně dopadajícího světelného záření a samozřejmě daleko menší mechanické rozměry. CCD senzor je také schopen zaznamenat větší diferencii osvětlení mezi tmavou a bílou scénou, a proto konstatujeme, že má větší zpracovatelný kontrast.

Chtěl bych vám přiblížit základní rozdíly mezi lidským okem a snímacím prvkem v televizní kameře. Televizní kamery historické i současné jsou v podstatě lidskému oku velice podobné, ale z pohledu elektrického zpracování signálu se chovají odlišně, což diferencovalo osvětlovací systémy v divadle a filmu od televize.

Oko je vybaveno irisovou clonou řídící množství dopadajícího světla na sítnici; pomocí nervů se promítaný obraz přenáší do mozku. Mozek přetvoří nedokonalý a obrácený obraz na reálný pohled na vnější prostředí. Citlivost oka je rozdílná i k jednotlivým základním barvám: na získání bílého vjemu je zapotřebí 30% červené, 59% zelené a 11% modré. Mozek dokáže interpretovat bílou barvu i při relativně velké změně teploty chromatičnosti dopadajícího světla, která je např. při východu nebo západu slunce (viz 1. díl). Na druhé straně senzory videokamer přesně interpretují procentuální rozdělení dopadajícího světla v barvách červené, modré a zelené, a proto je nutno při každé změně kolorimetrické teploty nastavovat tzv. úroveň bílé (White balance) snímáním bílé plochy při dané tonalitě osvětlení. Analogicky, i když často automaticky, se nastavení bílé v kamerách provádí dodnes.

Historie systémů televizního osvětlování se v podstatě začala odvíjet od způsobu filmového osvětlení, ale s použitím diametrálně odlišných výkonů světelných zdrojů. Jeden z nejdůležitějších parametrů pro návrh televizních osvětlovacích systémů je velikost kontrastu dané scény. První snímací elektronky (Ikonskop, Plumbicon, Vidicon) se vyznačovaly jak nízkou citlivostí na dopadající světlo, tak velmi malým rozsahem zpracovatelného kontrastu. Návrh osvětlení scény musel tuto skutečnost respektovat. Například v počátcích televizního snímání byl filmový pás běžně vyráběn s citlivostí 200 ASA a zpracovatelným kontrastem až 1 : 160, ale Ikonskop měl v přepočtu citlivost pouze 40 ASA a hodnotu zpracovatelného kontrastu od šumu v černé barvě až do plné hodnoty bílé cca 1 : 40.

Původní televizní osvětlovací systémy běžně osvětlovaly natáčenou scénu na hodnotu kolem 2000 lx a zároveň musely redukovat maximální úroveň kontrastu scény. Docházelo k vysoké tepelné zátěži herců a i scénografických prvků. Na rozdíl od divadelního a částečně i filmového osvětlování se limitoval počet bodových reflektorů vytvářejících neúměrně velké kontrasty a zároveň se často používaly systémy měkkého difuzního světla. Televizní studia byla vybavována většinou svítidly osazenými halogenovými zdroji, které automaticky „filtrovaly“ sinusový průběh napětí v rozvodné síti, a neměly tedy nežádoucí vliv na rychlé změny osvětlení zaznamenaného obrazu, jako mají zdroje výbojkové. S technickým rozvojem televize se zvyšovala citlivost snímacích prvků, zvětšoval tzv. odstup signál – šum (v podstatě se zvětšoval zpracovatelný kontrast), tím docházelo k radikálnímu snižování světelného výkonu osvětlovacích systémů a princip

osvětlování se více přibližoval osvětlování filmovému. Vynález barevné televize a zahájení výroby polovodičových snímacích prvků kamer s následným použitím digitálních korekčních obvodů minimalizoval diferenciaci jak osvětlovacích systémů, tak způsobů svícení mezi televizí a filmem.

1.4 Architektonické osvětlovací systémy

Současně se světovým rozvojem staveb často vznikaly požadavky na osvětlení prostor a objektů obývaných lidmi, a z těchto důvodů od prehistorického věku prakticky až do středověku lidé osvětlovali umělým světlem převážně komunikační zóny před domy nebo vstupní části domů svíčkami, loučemi, olejovými lampami nebo svíčkami chráněnými před vlivem povětrnostních podmínek skleněnými kryty.

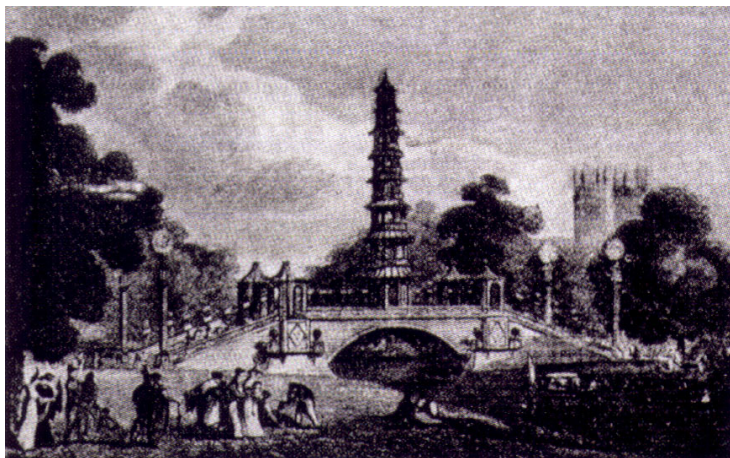
Ve středověku, kde stavba kostelů hrála prioritní roli, se začalo používat k jejich osvětlení bodových zdrojů (převážně svící) instalovaných do oken nebo výklenků staveb, ale obvykle jen při slavnostních příležitostech. Nevýhodou takto použitých světelných zdrojů byly malá intenzita osvětlení, krátká doba svícení i velká závislost na povětrnostních podmínkách, nehledě na množství produkováných spalin, které znehodnocovaly nástěnné malby a skulpturální objekty v budovách.

V 17. století byl ve Francii položen základ slavnostního osvětlení budov. Madam de Sévigne dala příkaz osvětlit palác ve Versailles a Ludvík XIV. nechal zapálit tisíce svící k osvětlení zahrady a části vodního kanálu. Velkolepé podívané se zúčastnil celý královský dvůr a mnoho zahraničních hostů.

Na konci 18. a začátku 19. století nastal celosvětový rozvoj plynového osvětlení, které se začalo uplatňovat nejen v domácnostech, ale i jako základní osvětlení ulic, náměstí i architektonických objektů.

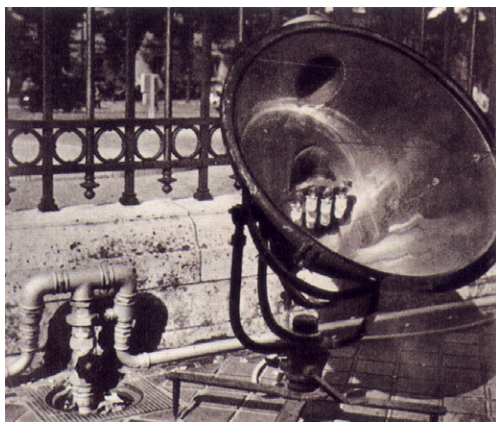
Pro slavnostní architektonické osvětlení bylo však použití plynu limitováno jeho negativními vlastnostmi, jako byly např. obtížný rozvod v trubkách a velká citlivost na povětrnostní podmínky, včetně nutnosti denně hořáky manuálně zapalovat. Pilotním projektem architektonického plynového osvětlení se v roce 1814 stalo osvětlení 24m vysoké dřevěné pagody v St. James Park v Londýně. Bylo použito více než deset tisíc plynových hořáků umístěných po obvodu stavby

(obr. 31). Při spuštění plynu došlo však k jeho zpětnému zápalu, pagoda se vzňala a zahynuli dva technici, kteří obsluhovali světelný park.



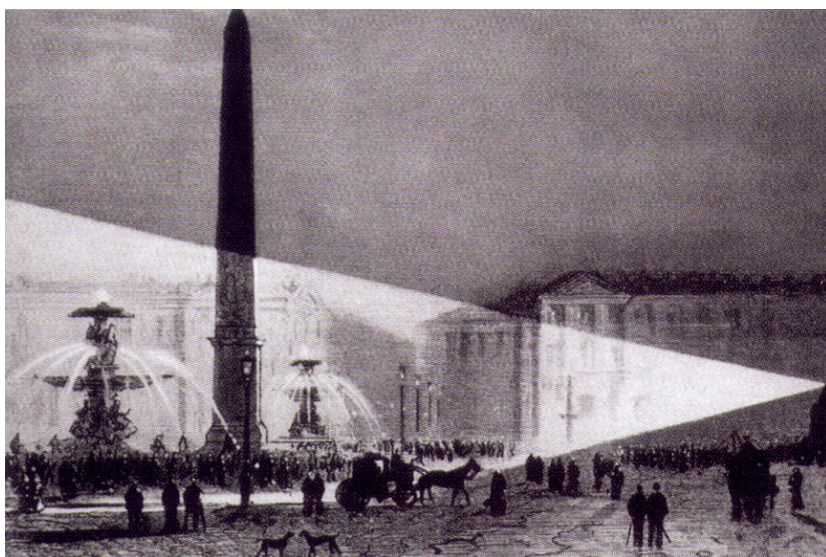
Obr. 31: Osvětlení 24 m vysoké dřevěné pagody, Londýn, 1814

Nicméně plynové osvětlení se začalo, mimo jiné díky svému charakteristickému zabarvení, uplatňovat jako nosný osvětlující element pro slavnostní osvětlení nejen architektonických objektů, ale i soukromých nebo státem spravovaných domů. Za zmínku stojí instalace parabolického reflektoru s plynovými hořáky pro osvětlení radnice ve Versailles. Historickou kuriozitou je, že toto osvětlení bylo funkční až do roku 1953 (obr. 32).



Obr. 32: Parabolický reflektor s plynovým hořákem, radnice ve Versailles

Zásadním momentem zvratu v architektonickém osvětlení se stal vynález a následný vývoj elektrických osvětlovacích systémů. V roce 1810 předvedl Humphrey Davy poprvé svůj vynález – uhlíkovou obloukovou lampu. Generoval výboj mezi dvěma uhlíkovými elektrodami napájenými z elektrické baterie. Následný vývoj vylepšoval jak světelné, tak mechanické parametry světelného zdroje, včetně automatické regulace vzdálenosti mezi uhlíky aplikované českým vynálezcem Františkem Křížíkem. Prvním pilotním projektem slavnostního architektonického osvětlení se stalo v roce 1844 osvětlení náměstí de la Concorde v Paříži. Bylo použito pouze jedné obloukové lampy osvětlující obelisk a sousedící vodní fontány (obr. 33).

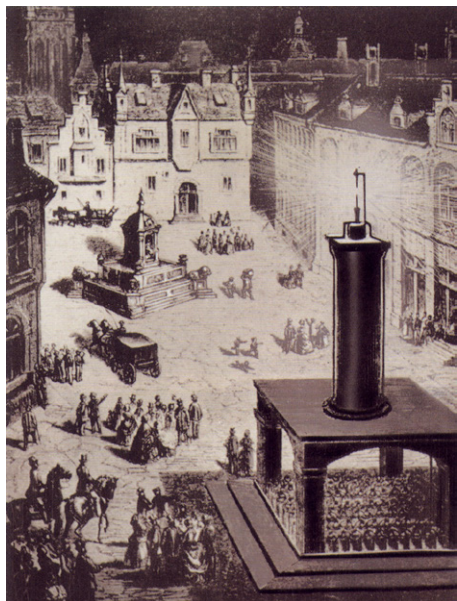


Obr. 33: Osvětlení náměstí de la Concorde, Paříž, 1844

Použití ještě nedokonalého zařízení vždy vyžadovalo kontinuální obsluhu techniků, regulujících vzdálenost mezi uhlíky a zabezpečujících jejich výměnu.

V roce 1849 instalovali Moritz Hermann von Jacobi a Archerean obloukovou lampu na budovu administrativy v Petrohradě, a tak oblouková lampy poprvé v historii osvětlovaly nejen plochu náměstí, ale i fasády domů (obr. 34).

Slavnostní osvětlení kostelní budovy bylo poprvé v historii realizováno v Drážďanech roku 1878, kde dvě obloukové lampy osvětlovaly vysoké štíhlé věže kostela (obr. 35).

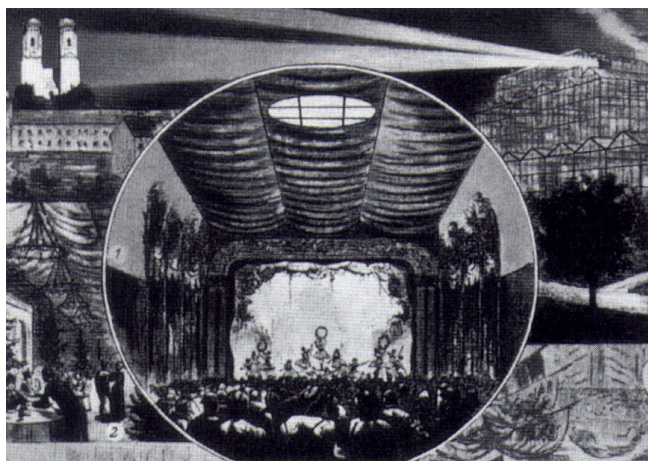


Obr. 34: Osvětlení náměstí pomocí obloukové lampy, Petrohrad



Obr. 35: Osvětlení kostela v Drážďanech, Německo, 1878

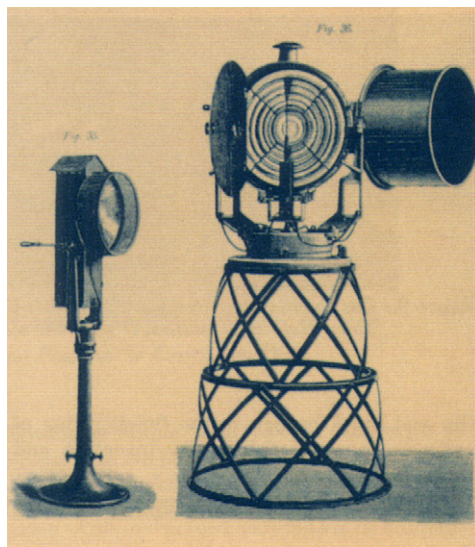
V roce 1882 bylo v Mnichově při příležitosti výstavy elektrotechnických zařízení instalováno sedm obloukových lamp, každá o výkonu 10 000 candel, které ze vzdálenosti 700 m osvětlovaly věže kostela (obr. 36).



Obr. 36: Slavnostní osvětlení kostela v Mnichově při příležitosti elektrotechnické výstavy v roce 1882 (dobová kresba)

Svět si začal zvykat na noční slavnostně osvětlené objekty a nastala éra architektonických designérů osvětlovacích systémů.

V témže roce představila německá firma Siemens-Halske první svítidlo s parabolickým reflektorem a fresnelovou čočkou navržené výhradně k uměleckému osvětlování architektury (obr. 37).



Obr. 37: První parabolický reflektor na svítidle Siemens-Halske, Německo, 1882

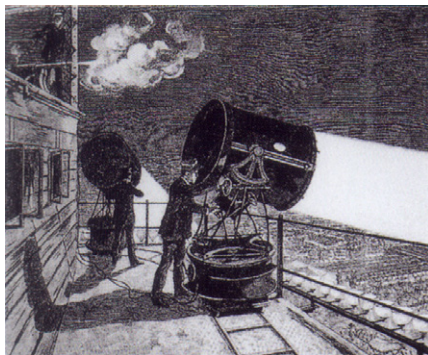
Je možno konstatovat, že v těchto letech byly instalace architektonických osvětlovacích systémů obvykle pouze dočasné, realizované pro slavnostní příležitosti, neboť právě narozené elektrické osvětlení trpělo mnoha dětskými nemocemi a vyžadovalo neustálou přítomnost techniků, zajišťujících výměnu nejen vadných zdrojů a patic žárovek, ale i přerušených kabelů.

V roce 1889 bylo při příležitosti světové výstavy v Paříži instalováno slavnostní osvětlení Eiffelovy věže spolu s dalšími světelnými a hudebními efekty.

Do ocelové konstrukce věže bylo umístěno 4 200 žárovkových zdrojů a z její horní části byly pomocí dvou vysoce výkonných obloukových lamp osvětlovány dominantní pařížské budovy. Současně po celou dobu výstavy byly předváděny umělecké kreace na vodních fontánách s použitím barevného světla a hudebního doprovodu, které důstojně reprezentovaly nejen technický, ale i umělecký pokrok té doby (obr. 38, 39 a 40).



Obr. 38: Eiffelova věž a bodové reflektory osvětlující budovy Paříže (dobová kresba)



Obr. 39: Oblouková lampy osvětlující pařížské budovy z Eiffelovy věže, 1889

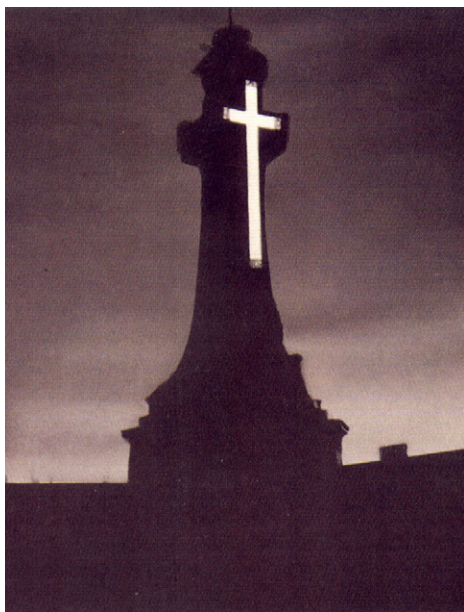


Obr. 40: Barevné osvětlení fontán v Paříži, 1889

Světová výstava v Paříži roku 1889 je nazývána mezníkem mezi plynovým a elektrickým osvětlováním architektonických objektů. Od té doby bylo plynové osvětlení razantně vytlačováno ze slavnostního osvětlení elektrickými zdroji a pouze pro osvětlení komunikací a chodníků ve městech si udrželo svoji pozici až do šedesátých let minulého století.

Po roce 1900 nastal bouřlivý rozvoj elektrických světelných zdrojů, u žárovek se nejen zvyšovala účinnost, ale podařilo se radikálně prodloužit dobu jejich bezchybné funkce. Se vzrůstající masovou produkcí žárovek začala klesat jejich cena; a zároveň se začal progresivně zvyšovat počet typů a tvarů světelných zdrojů.

Jednou z prvních aplikací architektonického osvětlení navrhovaného jako trvalá akcentace uměleckého objektu ve večerních hodinách bylo osvětlení kříže na věži kostela realizované italským architektem Guidem Cirilli-Moura 1910 (obr. 41).



Obr. 41: Umělecké osvětlení věže kostela,
Guida Cirilli-Moura, 1910



Obr. 42: Osvětlení sochy Svobody,
USA, 1916

V roce 1916 bylo instalováno slavnostní osvětlení sochy Svobody v New Yorku. Osvětlená pochodeň v ruce sochy měla sloužit jako maják pro projíždějící lodě. Instalace svítidel byla provedena firmou GE s použitím 240 kusů lamp, každé o výkonu 250 W (obr. 42).

Historie moderního architektonického osvětlení v podstatě začíná po konci první světové války, kolem roku 1920. Od této doby se datují projekty slavnostního osvětlení už nejen pro krátkodobé použití, ale instalace jsou zamýšleny pro trvalý provoz, s funkčností na několik let. Je to způsobeno bouřlivým rozvojem techniky, radikálním prodloužením doby života světelných zdrojů, novými návrhy optických soustav a v neposlední řadě i zlepšením mechaniky svítidla v oblasti těsnění, snadné výměny zdrojů a elektronických částí svítidla.

Tehdy byly na trh poprvé uvedeny vysoce výkonné světelné zdroje plněné plynem, které nejen výrazně prodlužovaly životnost svítidel, ale zároveň i zlepšovaly jejich účinnost. Pro osvětlení velkých objektů byly vyvinuty světelné zdroje o výkonech 1 000 W, 2 000 W i 3 000 W.

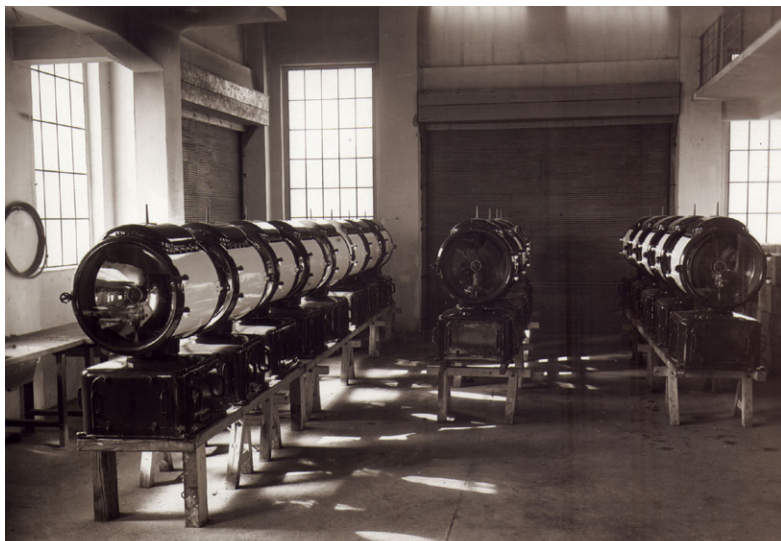
Zlepšením technologie výroby kovových nebo skleněných zrcadel se podařilo koncentrovat vyzařované světelné paprsky s vysokou účinností do žádaného směru. Za zmínku stojí, že i českoslovenští konstruktéři byli schopni navrhnout technicky vyspělé osvětlovací systémy. Např. firma Kolář Modřany vyvinula sofistikovaný vysoce výkonný dálkový bodový reflektor s automatickou výměnou světelného zdroje, za což obdržel šéfkonstruktér Ing. V. Černý zvláštní uznání na výstavě v Paříži (obr. 43 – reflektor, obr. 44 – automatická výměna zdroje, obr. 45 – výrobní linka firmy Kolář).



Obr. 43: Reflektor 1 000 W firma Kolář, Modřany

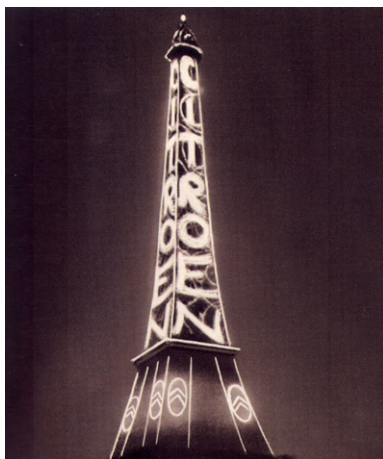


Obr. 44: Systém automatické výměny světelného zdroje firma Kolář, Modřany



Obr. 45: Výrobní linka na vysocevýkonné reflektory pro osvětlování architektury

Pionýrem ve světelném designu se stal architekt Jacoporri, který v roce 1925 navrhl originální osvětlení Eiffelovy věže, sloužící zároveň jako reklamní symbol francouzské automobilky Citroën. Osvětlení bylo navrženo jako dvoustupňové, po jeho přepnutí se pomocí 25 000 barevných světelných zdrojů zdůrazňovala ocelová konstrukce věže, včetně akcentace její špičky (obr. 46 a 47).



Obr. 46: Reklama firmy Citroën
Eiffelova věž, Paříž, 1925



Obr. 47: Osvětlení zdůrazňující
kontury ocelové konstrukce věže
(druhý stupeň osvětlení), 1925)

Použití slavnostního osvětlení francouzské národní památky jako reklamy automobilky Citroën vyvolalo bouřlivou diskusi nejen v odborných kruzích, ale i v široké francouzské veřejnosti; nicméně toto osvětlení bylo provozováno dvanáct let až do roku 1937, kdy byla otevřena další světová výstava v Paříži a věž byla znovu umělecky nasvícena. Slavnostní osvětlení budov a památek se stalo novým fenoménem a v těchto letech se profese světelného designera začala poprvé uznávat jako umělecká činnost.

Pravděpodobně světově největším klasickým projektem uměleckého osvětlování se stalo osvětlení fontány a okolních paláců při příležitosti světové výstavy v Barceloně roku 1929. Světelný designer Carlos Buigas navrhl dynamické barevné osvětlení fantastických rozměrů. Tisíce vodních trysek bylo poháněno 182 motory s celkovým výkonem 1 500 koňských sil a vlastní osvětlení bylo realizováno 4 760 svítidly osazenými 250 a 500 W světelnými zdroji s barevnými filtry. Celkový příkon osvětlovací soustavy byl 1,482 megawattů (obr. 48 a 49).

K fontánám se procházelo kolem 116 osvětlených obelisků a směrové vysokointenzivní reflektory na nočním nebi současně vytvářely fantastické obrazy.

Zcela právem byla tato kreace nazývána „magickými fontánami“ a za zmínku stojí, že s malými modifikacemi spočívajícími v náhradě zastaralých svítidel jsou tyto fontány provozovány dodnes.



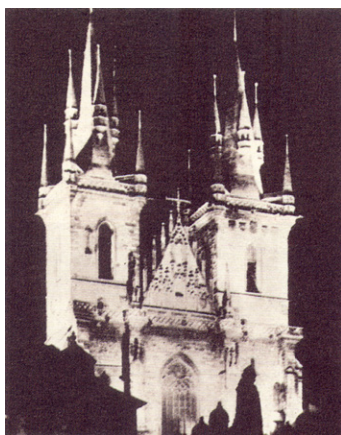
Obr. 48: Slavnostní osvětlení architektonických objektů, Barcelona, 1929



Obr. 49: Dynamické barevné osvětlení fontán, Barcelona, 1929

Podle Barcelony se po celém světě začalo instalovat analogické osvětlení fontán, kašen a dynamických představení používajících vody a barevných světelných efektů.

V Evropě se staly populární tzv. týdenní světelné festivaly, kde bylo slavnostní osvětlení objektů doplněno dynamickými světelnými efekty. Ani Praha nezůstala v technickém pokroku pozadu. V roce 1928 byl uspořádán světelný festival, při kterém bylo slavnostně osvětleno několik kostelů, včetně Týnského chrámu na Staroměstském náměstí (obr. 50).



Obr. 50: Osvětlení Týnského chrámu, zřejmě při světelném festivalu roku 1928, Praha

Na začátku třicátých let se začalo v architektonickém svícení používat zdůraznění prostoru objektu, podobně jako v divadle. Jednou z prvních aplikací bylo slavnostní nasvětlení Colossea v Římě pomocí silných plošných reflektorů osvětlujících přední část divadla. Arkády byly nasvěcovány malými reflektory s použitím kontraosvětlení, které zdůrazňovalo třetí rozměr osvětlované budovy (obr. 51).



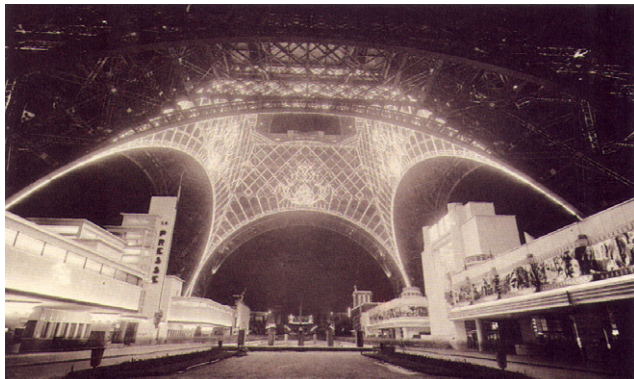
Obr. 51: První slavnostní elektrické osvětlení Colossea, Řím, 1930

Ve třicátých letech minulého století se začal používat nový vynález v oblasti světelné techniky – výbojky.

Nové zdroje – nízkotlaké sodíkové výbojky s vysokou účinností, ale velmi špatným podáním barev byly představeny veřejnosti firmou General Electric v roce 1929. Jejich použití pro slavnostní osvětlení bylo v podstatě eliminováno, neboť žluté monochromatické světlo působilo na diváky velmi nepřírozně. Z technických, ale i provozních důvodů byly následně vyvinuty další výbojkové zdroje, rtuťové výbojky emitující světlo v oblasti zelené barvy, a posléze firma Philips představila nízkotlakovou výbojku plněnou rtuťovými parami s obalem opatřeným fluorescenční barvou – zářivku.

Kombinací výbojek s různou barvou světla bylo možno odstranit barevné filtry, které výrazně snižovaly účinnost světelných zdrojů, a tím i nutnost používat světelné zdroje vysokých výkonů.

Největší světelná instalace s použitím výbojkového osvětlení byla opět v Paříži. V roce 1937 bylo demontováno stávající osvětlení Eiffelovy věže (Citroën od Jacoporriho) a instalováno nové a impozantní, sestávající ze dvou úrovní. V prvním patře bylo namontováno 750 výbojkových svítidel, osvětlujících kovovou konstrukci věže. Plošné reflektory nemohly nasvítit horní část ve výšce 330 m. Z těchto důvodů byly na druhé plošině nainstalovány bodové vysokointenzitní reflektory umocňující efekt výškové stavby (obr. 52).



Obr. 53: Spodní část Eiffelovy věže osvětlená zářivkovými trubicemi

Obr. 52: Slavnostní osvětlení Eiffelovy věže, Paříž, 1937

Základna věže byla osvětlena pomocí zářivek, což byla asi světově první aplikace těchto zdrojů na venkovních osvětlovacích systémech (obr. 53).

Po druhé světové válce se stalo slavnostní osvětlení součástí každodenního života a historické stavby i v noci prezentovaly svoji krásu a rozmanitost. V padesátých letech byl světu poprvé představen program *Son et Lumière* (Zvuk a světlo), kde se spolu se světelnými efekty odvíjí i zvuková kulisa, prezentující divákovi konkrétní děj představení. Opět možno říci, že se od té doby začíná sblížovat architektonické osvětlení s divadelním představením.

Prvním programem tohoto typu byl *Son et Lumière* na zámku Chambord, kde byl spolu se světelnými efekty použit vícekanálový zvukový doprovod (obr. 54).



Obr. 54: Světově první program Son et Lumière, zámek Chambord, 1952

Další monumentální programy tohoto typu byly provozovány na paláci ve Versailles, na pyramidách v Gíze (Egypt) nebo na Foru Romanu (Itálie).

Ani čeští umělci nezůstali stranou těchto nových divadelně architektonických kreací a v roce 1988 byl slavnostně uveden do provozu jeden z největších světových programů „zvuk a světlo“ na hradě Veliko Tarnovo (Bulharsko) navržený a realizovaný českými umělci a techniky.

Program používá 3 000 výkonných halogenových reflektorů, každý je spojen se stmívačem, reflektory jsou osazeny filtry R – G – B, což umožňuje nasvítit jakoukoliv plochu hradu a hradeb libovolnou barvou. Současně byly instalovány na tu dobu světově nejvýkonnější lasery, jejichž paprsky směřují z věže hradu na památné objekty města. Spolu se zábleskovými světly a zvukovým vícekanálovým doprovodem se tento program, dodnes provozovaný, řadí mezi světovou špičku (obr. 55, 56, 57).

Architektonické osvětlení se neustále dále vyvíjí, další projekty se s pomocí nejmodernějších osvětlovacích prostředků realizují a diváci mají možnost obdivovat krásu nejen historických památek, ale i moderní architektury. V poslední době se i v osvětlování architektury začínají prosazovat moderní sofistikovaná svítidla, obvykle s možností dynamické změny barvy a intenzity osvětlení. Jejich specifikace a použití je vysvětleno v dalších kapitolách.



Obr. 55–57: Program zvuk a světlo, Veliko Tarnovo, Bulharsko

Chtěl bych ještě připomenout českou historickou stopu v tzv. světelném kinetismu, který realizoval výtvarník Zdeněk Pešánek jako plastiku s názvem *Edisonka* umístěnou na transformační stanici v Jeruzalémské ulici. Je možno ji považovat za zásadní dílo světelně kinetického sochařství (obr. 58).



Obr. 58: Světelně kinetická plastika *Edisonka*

Technické prostředky používané v divadelní, filmové, televizní a architektonické praxi

2.1 Úvod

Návrh optimálních osvětlovacích systémů vždy byl a je umělecko-technickým řešením vycházejícím z konkrétních požadavků na osvětlení dané scény nebo objektu, realizovaným širokou paletou typů svítidel různých výrobců tak, aby se výsledný efekt co nejvíce přiblížil představě základního uměleckého návrhu. Sekundární problematikou každého projektu jsou také typy a ceny osvětlovacích systémů, jejich dostupnost, světelná účinnost a následné technické parametry dané místem a způsobem jejich instalace.

2.2 Základní technické požadavky na divadelní, filmové a televizní osvětlovací systémy

- a) *Možnost plynulé změny intenzity osvětlení každého svítidla.* Jedním z řešení tohoto problému je připojení svítidel na elektronické stmívače ovládané z řídicího osvětlovacího pultu, alternativně použití mechanických, ručně nebo dálkově ovládaných clon regulujících úroveň emitovaného světla ze svítidla. Při použití nejmodernějších svítidel osazených LED jsou stmívače eliminovány, protože obvykle každé LED svítidlo má individuálně adresovatelný stmívač se systémem řízením typu PWM integrovaným do svítidla.

- b) *Možnost změny barvy vyzařovaného světelného svazku každého svítidla.* U konvenční řady osvětlovacích systémů instalujeme barevné filtry obvykle na jejich přední část nebo na speciální zařízení umožňující automatickou dálkově ovládanou výměnu barev. Historicky jde o kolo s instalovanými barevnými filtry nebo dnes již klasické zařízení nazývané se scroller, kde jsou filtry navinuty na otočné válce a posunem barevných filtrů se barva vyzařovaného světelného svazku mění. U moderních svítidel (Moving heads, Scanners) jsou barevné filtry nebo systémy subtraktivního mísení barev (CMY) integrální částí svítidla. V tomto případě je možno dálkově plynule měnit barvu emitovaného světla pomocí povelů z osvětlovacího pultu. V případě svítidel osazených LED se používá systém aditivního míchání barev RGB, RGBW, RGBWA (A-Amber-žlutá), altRGBW+UV.
- c) *Možnost změny směru osvětlení dané scény.* V případě konvenčních svítidel je realizována instalací většího počtu světél umístěných v různých osvětlovacích úhlech a individuálně připojených na stmívače. Jejich vzájemným stmíváním měníme osvětlovací úhly. Svítidla jsou vždy manuálně nasměrována před představením. V případě použití moderních osvětlovacích systémů nazývaných Moving heads nebo Scanners je částečná změna osvětlovaného úhlu možná buď otáčením hlavy svítidla, nebo změnou polohy náklonného zrcátka. Nespornou výhodou těchto svítidel je možnost dálkového ovládání jejich technických parametrů z osvětlovacího pultu.
- d) *Možnost změny tvaru a kvality vyzařovaného světelného svazku.* U konvenčních svítidel je realizovaná buď manuálním pohybem optických členů uvnitř svítidla, případně u některých typů použitím předsazených clon a klapek. U nové generace svítidel je možno plynule měnit tvar a charakter vyzařovaného svazku i v průběhu osvětlování dané scény přímým řízením z osvětlovacího pultu pomocí vnitřních krokových motorů.
- e) *Možnost dynamické změny osvětlení scény.* U divadelního a filmového osvětlování probíhá dynamická změna osvětlení scény v závislosti na jevištní akci. U konvenčních svítidel dynamickou změnu osvětlení realizujeme opět pomocí elektronických stmívačů připojených na osvětlovací pult, u nové generace svítidel je tato změna umožněna interní soustavou stmívačů umístěných ve svítidlech, nebo dálkově ovládaných optických členů a clon.

2.3 Základní technické požadavky na architektonické osvětlovací systémy

a) *Světelná účinnost zdroje*

Je definovaná počtem lumenů získaných z jednoho wattu elektrické energie (viz první díl těchto skriptů). Její hodnota je jedním z nejdůležitějších technických parametrů světelných zdrojů používaných pro architektonické osvětlovací systémy. Při návrhu osvětlovací soustavy je možno použít buď zdroje s vysokou účinností a obvykle i s vyššími pořizovacími náklady, ale s následným šetřením provozních nákladů, nebo návrhem levnějších světelných zdrojů s nižší účinností a obvykle i kratší životností tyto náklady zvyšovat.

b) *Životnost světelného zdroje*

Důležitým parametrem světelného zdroje je vždy jeho faktická životnost, která tvoří nejen podstatnou část provozních nákladů, ale také určuje četnost revizí spojených s výměnou těchto zdrojů. U architektonického osvětlení je dlouhá životnost zdroje mimořádně závažným parametrem.

c) *Jakost a tvar optické části svítidla*

Dlouhodobá kvalita odrazné části reflektoru přímo určuje jeho účinnost a dobu ekonomického použití celého svítidla. Optimální tvar optické části svítidla soustřeďuje emitované paprsky pouze na daný objekt se současnou eliminací případného oslňování chodců a v okolí bydlících obyvatel. Neméně důležitým parametrem je i eliminace parazitních paprsků z osvětlovacích systémů na okolní stavby, stromy i oblohu (tzv. světelný smog). CIE definuje požadavky na likvidaci rušivého světla.

d) *Tvar a kvalita emitovaného světla*

je určujícím elementem návrhu architektonického osvětlování, jednoznačně definuje kvalitu osvětlení daného objektu, neboť velká nerovnoměrnost světelné stopy může zásadně ovlivnit vizuální vjem uměleckého osvětlení. Nevhodná barva použitého světla v kombinaci s barvou objektu následně ovlivňuje i jeho jasovou hodnotu.

e) *Stupeň krytí svítidla*

je jedním ze základních technických parametrů architektonických osvětlovacích systémů. Principiálně definuje odolnost svítidla proti vnikání mechanických nečistot i vody, jeho hodnota je v přímé souvislosti s ekonomickou použitelností celé osvětlovací soustavy.

f) *Dlouhodobá mechanická životnost u moderních osvětlovacích systémů*

je jedním z nejdůležitějších kritérií jejich kvality, neboť velká většina venkovních svítidel vybavených systémy umožňujícími dálkově ovládat změnu barvy emitovaného světla, případně i změnu směru osvětlování používá ke své funkci precizní mechanické komponenty, které jsou vždy atakovány venkovním prostředím, respektive vysokými změnami teploty při chodu svítidla a jeho následném vypnutí. Kvalita a přesnost výroby těchto prvků přímo určuje nejen ekonomickou životnost svítidla, ale je i výrazným ukazatelem pro kalkulaci nákladů na servis a potřebné náhradní díly.

Chtěl bych poznamenat, že moderní svítidla osazená svítivými diodami (LED) nepotřebují žádné pohyblivé prvky pro změnu barvy a jejich funkčnost je daná hlavně životností použitých světelných zdrojů, která je odhadována na 50 000 až 100 000 provozních hodin.

2.4 Technické základy scénického divadelního osvětlování

Na rozdíl od architektonického svícení, kde jsou osvětlované objekty statické a pozorovatel se obvykle pohybuje a pozoruje objekty z různých míst, resp. různých pozorovacích úhlů, osvětluje v divadlech většinou pohyblivé objekty na jevišti a divák je pozorovatelem v přesně definovaných pozicích. U divadelního scénického osvětlování realizuje designer osvětlení scény s důrazem na její finální vzhled a tomuto faktu se musí podřídít nejen výběr svítidel, filtrů a klapkek, ale i dynamických změn osvětlení v průběhu časové osy představení.

Designer tedy navrhuje osvětlení scény a potřebné osvětlovací systémy pro přesně limitované a geometricky definované auditorium na straně jedné a na straně druhé musí návrh osvětlení odpovídat dramaturgii a konfiguraci dané divadelní

hry. Nicméně důležitým kritériem dobrého divadelního světelného návrhu je mimo jiné i minimalizace oslnění diváků, které může snižovat jejich emocionální zážitek z divadelní hry a může být i závažným faktorem, který i dobrý scénář, vynikající režii a perfektní výkony herců odsune mezi podprůměrné divácké zážitky.

Základním a zároveň klasickým světelným zdrojem pro svítidla používaná v dnešních divadlech je halogenová žárovka. Souhrn výhod a nevýhod těchto zdrojů je podrobně popsán v prvním dílu. Zde bych rád zdůraznil jejich nejdůležitější parametry z pohledu použití v divadelní osvětlovací praxi:

Výhody:

- relativně malá plocha vlákna zdroje
- dobrá stmívatelnost od nulového až do maximálního provozního napětí pomocí elektronických stmívačů
- rychlá reakce na změny napětí a okamžitý start jak ze studeného, tak i teplého stavu
- světově bezproblémová dostupnost

Nevýhody:

- relativně malá světelná účinnost zdroje [$\text{lm} \cdot \text{w}^{-1}$]
- relativně krátká doba života světelného zdroje a také setrvačnost vlákna při vypnutí
- změna teploty chromatičnosti v průběhu jejich stmívání

U divadelního osvětlování není nejdůležitějším kritériem doba života světelného zdroje, neboť průměrný počet hodin chodu svítidla v divadle za dobu jednoho roku je podstatně nižší než např. u osvětlování architektonického. Navíc výměna světelného zdroje divadelního svítidla je obvykle velmi jednoduchou a rychlou záležitostí.

Jednoznačný požadavek dobré a přesné stmívatelnosti halogenových zdrojů byl vyřešen vynálezem elektronického stmívače, který je obvykle vybavený polovodičovým prvkem s obchodním označením „tyristor“ nebo „triak“.

Jistou nevýhodou halogenových zdrojů při realizaci scénických osvětlovacích systémů je jejich nízká energetická účinnost (15–30 lm/W), a proto svítidla musí být osazována zdroji s relativně velkým výkonem (až 2 000 W). Tento fakt přináší

vysokou tepelnou zátěž nejen na herce, ale i na scénografické prvky, nehledě na celkovou spotřebu elektrické energie při jednom odehraném představení. V případě požadavku vyšších úrovní osvětlování v divadlech, filmu a televizi se obvykle používají svítidla osazená výbojkovými zdroji, a sice z důvodu jejich vyšší energetické účinnosti, která je až 140 lm/W, a to je přibližně 7–9× více než u zdrojů halogenových.

Neméně důležitou vlastností většiny výbojek je relativně malá velikost jejich hořáku, který svou minimální plochou zvyšuje účinnost celého optického systému svítidla.

Zásadní nevýhodou všech výbojkových zdrojů světla je však nemožnost plného elektronického stmívání ($0 \div 100\%$ jejich výkonu), které musí být vždy řešeno mechanickými clonami ovládanými buď ručně, nebo dálkově prostřednictvím instalovaných servomotorů. Další negativní vlastností výbojkových světelných zdrojů je relativně dlouhá doba od zapnutí do jejich plného výkonu a obtížný „horký start“ (hot restrike). Všechny vyjmenované nevýhody jsou eliminovány nejnovějšími světelnými zdroji LED, které začínají být nosnými prvky ve scénické osvětlovací praxi.

Znovu si dovoluji zopakovat zásadní výhody svítidel osazených LED:

- vysoká světelná účinnost (až 190 lm/W – rok 2020)
- výborné podání barev (CRI až 97)
- bezproblémová stmívatelnost interními stmívači ve světlech
- aditivní míchání barev bez použití filtrů systémem RGB, alternativně RGBW a dalších doplňkových barev s vysokou účinností
- nízká tepelná zátěž herců a scénografických prvků daná nízkým příkonem svítidel

2.5 Technické základy filmového a televizního osvětlování

Filmové a televizní osvětlování se ve svých začátcích vyvíjelo z osvětlení divadelního a fotografického, ale na rozdíl od divadelního osvětlování, ve kterém se pracuje v reálném čase a relativně malém prostoru daném velikostí jeviště, u filmu a televize se často vyskytuje nutnost dostatečně osvětlit i veliké ateliérové

nebo venkovní dekorace. U filmu a televize se proto často používají osvětlovací systémy velkého výkonu a z důvodů potřeby jejich vysoké energetické účinnosti i svítidla výbojková. Výjimkou není použití osvětlovacích systémů s výkony 3 000, 5 000, 10 000 i 15 000 wattů.

Problém přesného stmívání světelných zdrojů není natolik prioritní, protože film a televize většinou nepracuje v reálném čase jako divadlo a dynamické změny osvětlení se mohou realizovat buď změnou clon v objektivěch kamer, nebo mechanickými žaluziemi instalovanými na svítidlech, obvykle manuálně ovládanými.

Jeden ze zásadních faktorů ovlivňujících návrh osvětlovacích systémů pro film a televizi je dán principiálními vlastnostmi filmového materiálu nebo snímacího prvku televizních kamer, které vždy vyžadují konstantní teplotu chromatičnosti dopadajícího světla na osvětlované objekty na rozdíl od lidského oka, resp. mozku, který automaticky při divadelním osvětlování koriguje změnu teploty chromatičnosti dopadajícího světla. V tomto případě není následným problémem kombinace zdrojů světla s vysokou teplotou chromatičnosti se zdroji umělými s teplotou chromatičnosti daleko nižší. Ale ve filmové praxi se musel vždy použít diferentní materiál pro speciálně denní nebo umělé světlo, případně se používaly tzv. konverzní filtry, které mění teplotu chromatičnosti emitovaného světla z reflektorů v souladu se založeným typem filmu nebo se základním nastavením televizní kamery.

Jistou komplikací při filmovém a televizním snímání je současné osvětlování snímaného objektu denním a umělým světlem. V těchto případech se obvykle používají výbojkové zdroje nebo světla osazená LED s co nejvyšší teplotou chromatičnosti, případně se filtrují umělé osvětlovací systémy nebo dopadající denní světlo tak, aby difference teploty chromatičnosti vzájemně působících světelných zdrojů byla co nejmenší. Dovoluji si ale připomenout, že teplota chromatičnosti přirozeného denního světla značně kolísá. Při východu nebo západu slunce je teplota chromatičnosti cca 2 000 K, hodinu po východu má slunce teplotu chromatičnosti cca 3 500 K, v poledne asi 5 500 K a na jasné modré obloze až 100 000 K. S tímto faktorem musí kameraman kalkulovat při definování umělých osvětlovacích systémů, korekčních filtrů, následné expozice nebo správného nastavení televizní kamery.

2.6 Technické základy architektonického osvětlování

Architektonické osvětlování, na rozdíl od divadelního, používá menší počet světelných efektů na straně jedné, na straně druhé však využívá daleko větší množství typů svítidel a světelných zdrojů od různých výrobců. Dynamika osvětlení se využívá sporadicky a musí být vždy závislá nejen na velikosti osvětlovaného objektu, ale i na uvažovaných pozorovacích vzdálenostech. Architektonický design osvětlení nejen realizuje co nejlepší vizuální vjem osvětlované stavby, ale zároveň ji musí adekvátně zařadit do vztahu k ostatním osvětlovaným objektům v okolí tak, aby nedocházelo ani k jejich přesvětlení, ani k nízké hladině osvětlení.

Důležitým faktorem architektonického osvětlovacího návrhu je ta skutečnost, že pozorovatel není na rozdíl od divadla v přesně definovaných pozicích a osvětlovaný objekt tedy musí splňovat umělecká kritéria osvětlení nejen z malých, středních nebo velkých pozorovacích vzdáleností, ale i z různých pohledových úhlů. Z těchto důvodů nesmí při pozorování osvětlovaných objektů z malých vzdáleností nikdy docházet k oslňování diváků nevhodně instalovanými svítidly.

Dalším a nezanedbatelným faktorem správného návrhu architektonického osvětlení je definice optimální polohy osvětlovacích systémů, neboť na rozdíl od divadla či filmu je obvykle jakákoli změna jejich polohy finančně velmi náročná a v některých případech i obtížně proveditelná. Nesmíme zapomenout, že architektonické osvětlovací systémy jsou vždy viditelné i za denního světla, v jejich okolí žijí a pracují lidé a necitlivě instalovaná svítidla, případně špatně položená kabeláž, mohou zcela degradovat denní pohledy na osvětlovaný objekt.

Základní poučka pro architektonický návrh osvětlovacích soustav zní: správné osvětlení zdůrazňuje detaily stavby, obvykle neviditelné ve dne; osvětlovaný objekt neruší celkové pohledy na jeho okolí, osvětlení jej citlivě doplňuje, a tím činí objekt zajímavým nejen za denního světla, ale i v nočních hodinách. V prováděcích projektech osvětlovacích soustav musíme vždy dodržovat všechny technické a bezpečnostní předpisy platné v době a místě návrhu, protože osvětlovací soustavy architektonického osvětlení jsou vždy navrhovány jako trvalé instalace a nesprávně provedený návrh nebo montáž může reálně ohrozit nejen vlastní osvětlovanou budovu, ale i zdraví lidí. Správně navržená svítidla nejen objekty efektně osvětlují, ale vyznačují se jednoduchou údržbou, snadnou výměnou zdrojů

a vysokou odolností proti povětrnostním vlivům (voda, prach, teplota) – a stejně tak jsou odolná i proti vandalismu, který je v dnešních dnech noční můrou všech správců architektonického slavnostního osvětlení.

Těmto několika základním požadavkům by měl být vždy podřízen každý správný osvětlovací návrh, samozřejmě při zachování uměleckého řešení daného autorem, které je prioritní.

2.7 Další fyzikální parametry ovlivňující osvětlení dané scény nebo objektu

2.7.1 Intenzita osvětlení

Intenzita osvětlení je jednou z nejdůležitějších veličin, která přímo působí na lidský zrak, a tím jednoznačně ovlivňuje vizuální dopad na mozkové centrum člověka. Změna intenzity osvětlení mění jasovou hodnotu scény či objektu, vyšší intenzita do jisté úrovně zdůrazňuje detaily, nízké intenzity potlačují barevnost. Změna intenzit u divadelního a filmového osvětlení se obvykle realizuje pomocí osvětlovacího pultu a stmívačů, nebo u LED svítidel využíváme jejich přímého řízení ze světelného pultu. U architektonického svícení je změna intenzity osvětlení obvykle možná pouze změnou výkonů světelných zdrojů a v případě použití moderních architektonických svítidel je realizovatelná i v reálném čase, s použitím dálkového řízení pomocí specializovaných komunikačních protokolů a speciálních elektronických předradníků.

2.7.2 Barva osvětlení

U divadelního, filmového a televizního osvětlování se změna barvy provádí obvykle výměnou barevných filtrů, alternativně pomocí aditivního nebo subtraktivního mísení barev. U architektonického osvětlování obvykle provádíme změnu barvy světla změnou barvy použitého světelného zdroje, popřípadě kombinací zdrojů s různou teplotou chromatičnosti, u nichž mozek interpretuje světelné zdroje s vysokou teplotou chromatičnosti jako modré (studené) a s nízkou teplotou chromatičnosti, jako jsou červené, nebo oranžové (teplé). Podotýkám, že použití barevných gelových filtrů s sebou přináší komplikace s jejich dlouhodobou životností a u skleněných filtrů snadno dochází k jejich mechanickému

poškození. Všechny tyto nevýhody jsou eliminovány osvětlovacími systémy osazenými barevnými polovodičovými světelnými zdroji LED.

2.7.3 Směr osvětlení

U divadelních, filmových a televizních osvětlovacích systémů můžeme měnit směr osvětlení buď připojováním různě (rozdílně) instalovaných svítidel, případně použitím speciálních osvětlovacích systémů, které jsou schopny pomocí dálkového ovládání měnit směr jimi vyzařovaných paprsků.

U architektonického osvětlování je změna směru osvětlení vždy spojena s celkovou změnou konfigurace osvětlovacích systémů a provádí se obvykle při rekonstrukci světelného parku nebo při principiální změně návrhu osvětlení daného objektu.

2.7.4 Tvar a kvalita vyzařovaného světelného svazku

Tvar a kvalita světelného svazku jsou obvykle dány typem svítidla, u některých systémů je možno tyto parametry měnit změnou vnitřního nastavení optické soustavy a u nejmodernějších svítidel typu Moving heads nebo Scannerů je možno tyto parametry dálkově ovládat z osvětlovacího pultu. U architektonického osvětlení jsou až na malé výjimky tvar a kvalita světelného svazku dány výrobcem a není je možné po instalaci svítidel měnit jinak, než výměnou celého optického systému svítidla nebo náhradou svítidlem s jinými světelně technickými parametry.

2.7.5 Dynamická změna osvětlení

U divadelního, filmového a televizního osvětlování je nutná dynamická změna intenzity, barvy a osvětlení scény v závislosti na právě probíhající jevištní, filmové nebo televizní akci a realizuje se buď systémy různě instalovaných svítidel opatřených filtry a připojených na stmívací zařízení, nebo použitím nové generace svítidel (Moving heads a Scannerů), u kterých můžeme měnit tvar i kvalitu světelného svazku v reálném čase divadelní hry či filmového a televizního snímání.

U architektonického svícení se dynamické změny používají výjimečně, ale i v této oblasti se začínají prosazovat sofistikované dynamické osvětlovací systémy, obvykle ovládané pomocí sériové digitální komunikace procesorovým řídicím systémem.

Základní typy svítidel používaných v divadelní, filmové a televizní praxi

3.1 Rozdělení svítidel používaných v divadelní, filmové a televizní praxi

3.1.1 Rozdělení na svítidla konvenční a na speciální osvětlovací systémy

3.1.2 Rozdělení podle druhu použitých světelných zdrojů

3.1.3 Rozdělení podle tvaru a charakteru vyzařovaného světelného svazku

3.1.1 Rozdělení na svítidla konvenční a na moderní sofistikované osvětlovací systémy označované také High End nebo Hi Tech

Tzv. konvenční svítidla jsou osvětlovací prvky standardně používané přibližně od dvacátých let minulého století. S mnohými úpravami a vylepšeními některé typy najdou uplatnění i v dnešní osvětlovací praxi.

Základní konvenční osvětlovací řadu reprezentují následující typy:

- svítidla plošná nazývaná též Floods
- svítidla směrová – světlomety, Beams
- svítidla směrová – Parcan
- svítidla směrová PC – Plan Convex
- svítidla směrová F – Fresnels
- svítidla směrová – Profil Spots a následně i sledovací reflektory – Follow Spots

Celá řada konvenčních svítidel má širokou paletu typů danou různými výrobci a navrhovanou pro diferentní použití na divadelních scénách nebo ve filmových či televizních ateliérech. Nejmodernější svítidla nazývaná obvykle High End, případně

Intelligent Light, se principiálně odlišují od konvenční řady osvětlovacích systémů. Patří k nim zejména pohyblivá světla (hlavy) označovaná jako Moving heads nebo i osvětlovací systémy typu Scanner. Ale Scannery pro svou omezenou úhlovou výchylku zrcátka jsou v dnešní době nahrazovány svítidly typu Moving heads.

Oba tyto osvětlovací systémy jsou jedním z nejmodernějších nástrojů LD. Pro jejich univerzálnost se stávají velmi populární pro dynamické řešení scénického osvětlování nejen v divadelní praxi, ale i v televizních show či v hudebním průmyslu při osvětlování rockových a jazzových kapel. Současná nabídka svítidel s pohyblivými hlavami se v zásadě diferencuje na typ SPOT (hard edge light), jejich optický systém je možno srovnávat se svítidly typu „profile“, obvykle i s možností projekce tzv. gobokotoučů a na plošné typy „WASH“ s optickým systémem podobným svítidlům PC, F a částečně i FLOOD.

Jejich názvy určují i oblast použití těchto svítidel. SPOT slouží převážně k bodovému a efekтовému osvětlování, WASH vybavený optikou se širší vyzářovací charakteristikou obvykle realizuje osvětlení větších ploch a scénografických prvků. Tyto sofistikované osvětlovací systémy se skládají z otočné hlavy vybavené světelným zdrojem (halogenem, výbojkou, LED) a opticko-mechanickým blokem s chlazením, filtry (v případě halogenového nebo výbojkového světelného zdroje), efektoými kotouči a nutnými servomechanickými elementy. Otočná hlava svítidla je umístěna na základně, v níž mohou být elektromotory realizující otáčení hlavy, řídicí a komunikační systém a ostatní mechanicko-elektrické komponenty.

Hlavy jsou obvykle vybaveny systémy na plynulou nebo skokovou změnu barvy buď skleněnými filtry na instalovaném kotouči, nebo častěji plynulou změnou barev systémem CMY (viz 1. díl těchto skript). V případě osazení svítidlem LED je změna barvy systémem RGB, alternativně RGBW a případně i dalšími doplňujícími barvami k RGB.

Jejich výhody lze shrnout do několika bodů:

- díky své univerzálnosti mohou nahradit větší množství konvenčních svítidel
- vždy umožňují řízení všech parametrů z ovládacího pultu
- realizují dynamickou změnu nastavení osvětlení scény bez nutnosti manuální změny osvětlovacích systémů
- v některých případech mohou nahradit i manuálně ovládané sledovací reflektory

Samozřejmě i pohyblivá světla mají svá omezení. Používají-li plynulou změnu barev (CMY), může při vzájemném navazování barevných ploch od současně operujících reflektorů docházet k jejich barevné diferenci, a tím k nutnosti relativně komplikovaného nastavování světelných nálad.

Tato svítidla se mohou ovládat z osvětlovacího pultu společně s konvenční řadou svítidel vyznačujících se jednoduchým ovládáním většiny parametrů, což výrazně snižuje programovací časy a umožňuje i v reálném čase optimální nastavení směrů a intenzit připojených osvětlovacích systémů. Oba typy svítidel Moving heads (případně dřívější Scanner) se vyznačují zcela netypickým řešením celého opticko-mechanického bloku i mechanické konstrukce svítidla.

Na obr. 59 je vyobrazeno svítidlo firmy Martin typ Mac 250 umožňující plošné efektové osvětlování nejen v divadlech a televizních studiích, ale díky vysokému světelnému výkonu je vhodné i pro některé kreace hudebních skupin. Je vybaveno subtraktivním mísením světla (CMY), dichroickým zrcadlem a krátkoobloukovou výbojkou typu MSR 250 (Philips).

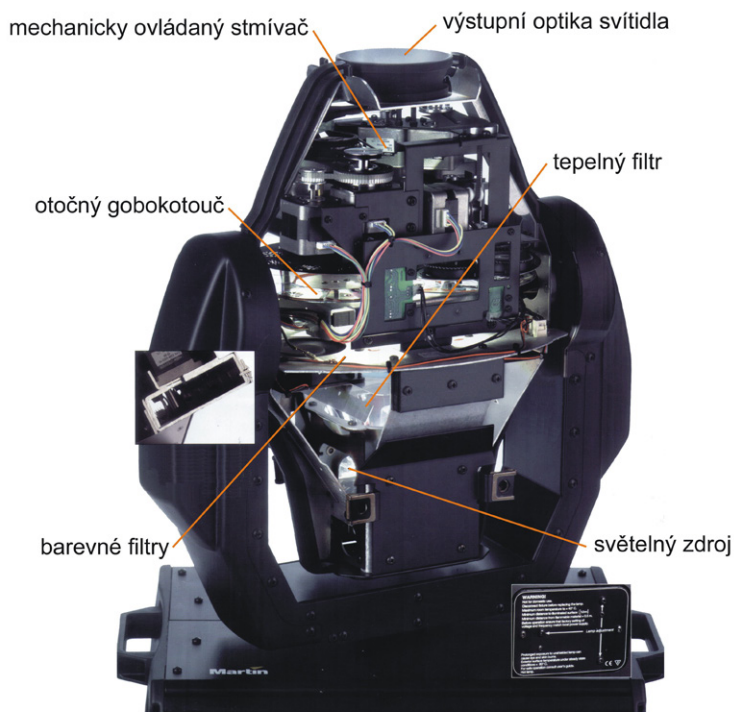


Obr. 59: Svítidlo typu Moving heads

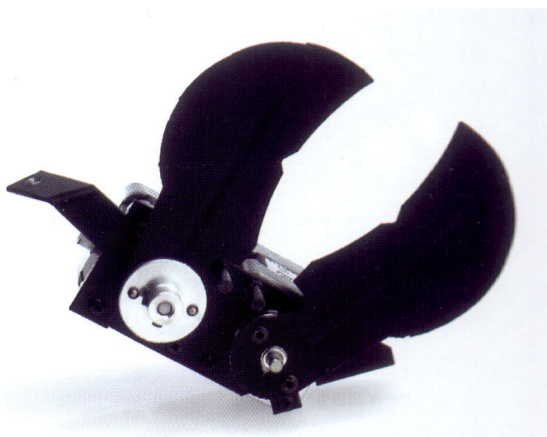
Řízení všech jeho parametrů je možné z osvětlovacího pultu komunikačním protokolem DMX512, alternativně i pomocí ethernetu.

Podélný řez svítidlem Martin MAC 250 s vyznačením jeho důležitých mechanicko-optických bloků je na obr. 60.

Kombinovaný mechanický stmívač svítidla MAC 250 s rychlozávěrkou (shutter) je na obr. 61.

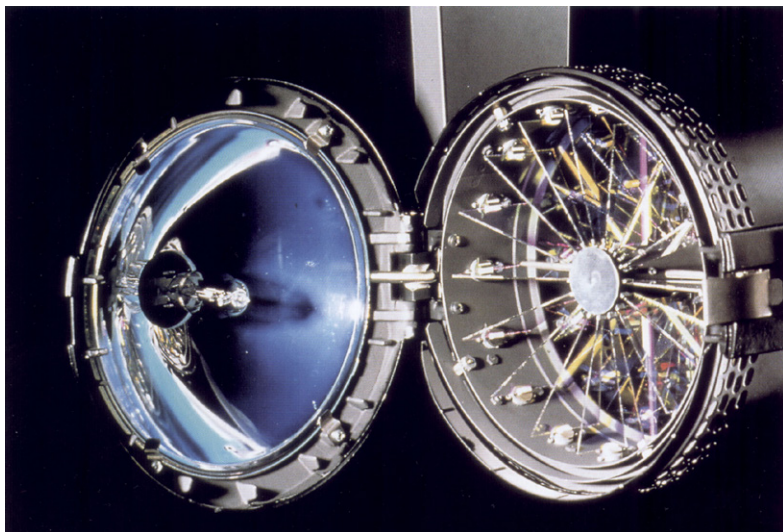


Obr. 60: Podélný řez svítidlem



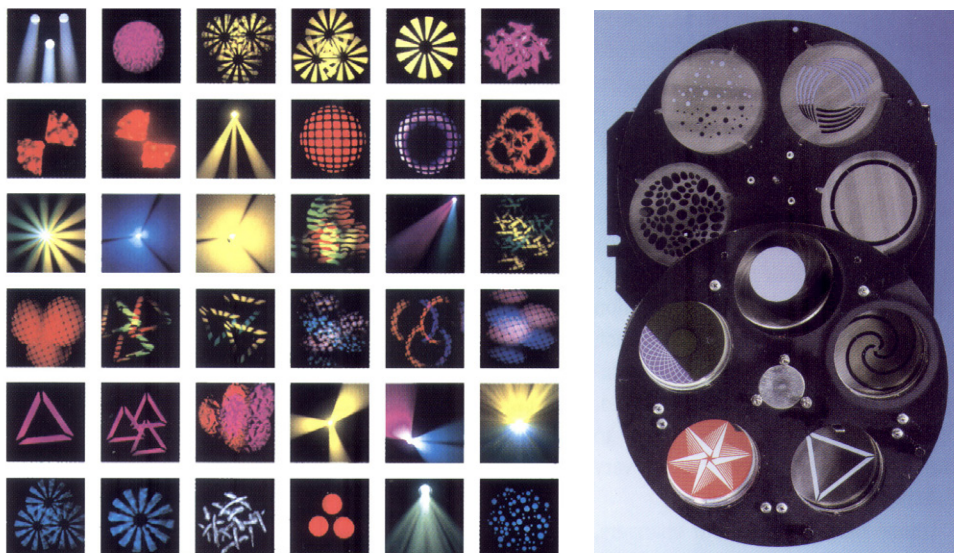
Obr. 61: Mechanický stmívač a rychlozávěrka svítidla

Mechanická koncepce hlavy svítidla se soustavou barevných dálkově ovladatelných filtrů a odrazného zrcadla, včetně světelného zdroje svítidla, je na obr. 62.



Obr. 62: Pohled na mechaniku ovládání barevných filtrů

Na obr. 63 je pohled na hlavní desky a držáky gobokotoučů instalované v hlavě svítidla typu Moving heads (MARTIN MAC 250) včetně vyobrazení dodávaných typů gobokotoučů obsažených ve výbavě svítidla.



Obr. 63: Typy gobokotoučů a jejich instalace do otočných držáků

Dalším typem moderního automatizovaného svítidla je tzv. Scanner. Má podobné vlastnosti jako Moving heads, ale změna směru vyzařovaného světelného paprsku je realizována otáčením pohyblivého zrcátka umístěného *před* výstupní čočkou optického systému svítidla. Ovládání všech jeho technických parametrů je řešeno obdobně jako u svítidel typu Moving heads připojením na osvětlovací pult.

Na obr. 64 je pohled na mechanicko-optickou koncepci výkonného divadelního Scanneru s výbojkovým zdrojem typu HMI 1 200 W.

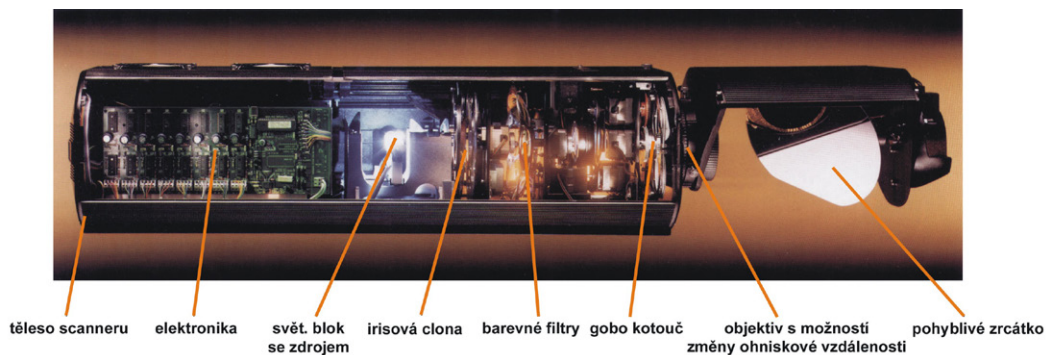


Obr. 64: Divadelní Scanner 1 200 W HMI

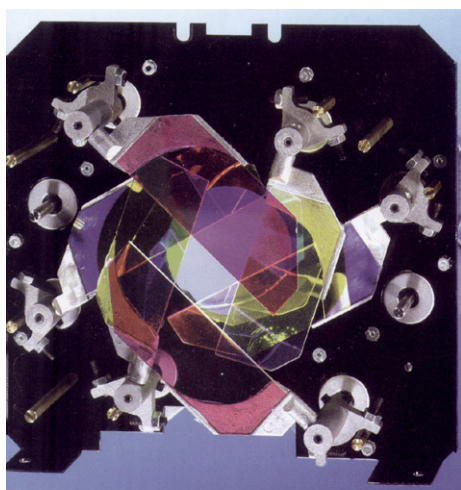
Elektronická a mechanická část Scannerů je vždy ovládána interním řídicím počítačem se vstupní a výstupní datovou stranou ovládající výkonové prvky pro změnu intenzity osvětlení, barvy světla, směru, úhlu vyzařovaného paprsku a zároveň zajišťuje sériovou komunikaci s řídicím systémem.

Podélný řez svítidlem typu Scanner, s označením jeho nejdůležitějších elektronických a mechanických komponentů, je na obr. 65.

Systém ovládání a umístění dichroických subtraktivních filtrů Scanneru včetně mechanických otočných prvků realizujících změnu barvy vyzařovaného světelného svazku je na obr. 66.



Obr. 65: Podélný řez výkonným Scannerem



Obr. 66: Subtraktivní barevná filtrace světla ve Scanneru

V divadelní a televizní praxi se v současné době více začínají prosazovat svítidla typu Moving heads na úkor Scannerů, protože se mohou otáčet a naklápět do větších prostorových úhlů než otočné zrcátko Scanneru, kde uchycovací konstrukce zvětšuje tzv. mrtvý úhel směrů svícení. Výhodou Scannerů je ale daleko vyšší úhlová rychlost vychýlení odrazného zrcátka daná jeho minimálními rozměry a malou vahou.

Porovnání důležitých parametrů Scannerů a Moving heads je uvedeno v tabulce 1.

Scanners		Moving heads
280°	Max. horizontální úhlové vyzařování světelného svazku	360°
80°	Max. vertikální úhlové vyzařování světelného svazku	270°
36°	Maximální úhlová rychlost (za 0,1 sec)	16°
2500 W HMI	Maximální světelný výkon (daný dnešními typy)	2500 W HMI 1200W LED
cca 60 kg	Přibližná váha	cca 30 kg

Tabulka 1: Porovnání vlastností svítidel typu Scanner a Moving heads

Po specifikaci požadavků na osvětlení scény musí světelný návrhář vždy sám rozhodnout o vhodnosti použití buď Moving heads, nebo Scanneru pro divadelní scénu, filmové, případně i televizní snímání.

Svítidla nové generace jsou vyráběna v různých cenových úrovních s differentním vybavením i kvalitou celého výrobku. Při světelném návrhu je nutno bedlivě uvážit nasazení těchto svítidel i z pohledu požadované životnosti, hluku, připojení k řídicímu systému a v neposlední řadě i k jeho ceně.

3.1.2 Rozdělení svítidel podle druhu použitých světelných zdrojů

Základním stavebním kamenem současných scénických svítidel jsou inkandescentní halogenové zdroje. Jejich výhody a nevýhody byly podrobně popsány v prvním díle a nebudeme se jimi již dále zabývat.

Na rozdíl od zdrojů používaných pro architektonické osvětlovací systémy, kde jedním ze zásadních kritérií je doba života zdroje, je u scénických svítidel důležitým parametrem jeho svítivost daná emitovaným počtem lumenů na jeden watt příkonu [lm.W-1]. Dalším jeho neméně důležitým parametrem je absolutní velikost vlákna zdroje, resp. jeho plocha, která zásadně ovlivňuje celkovou účinnost optického systému svítidla. Nicméně znovu podotýkám, že nastal mohutný nástup svítidel osazených polovodičovými zdroji světla LED, které postupně vytlačují halogenové a výbojkové světelné zdroje, nejen v divadle a filmu, ale i v osvětlování architektury.

Konvenční svítidla osazená halogenovými zdroji mají nepřehlédnutelnou výhodu snadného stmívání pomocí elektronických stmívačů osazených tyristorovými nebo triakovými polovodičovými prvky, ale na druhé straně jejich nízká energetická účinnost ($17 \div 30 \text{ lm/w}$) vyžaduje svítidla osazená zdroji o výkonu až 5 KW, které značně tepelně namáhají nejen optické členy svítidla, ale i filtry, obal svítidla a v neposlední řadě vytvářejí vysokou tepelnou zátěž na osvětlované objekty. Pro vyšší světelné výkony a speciální svítidla jsou preferovány zdroje využívající elektrického výboje v plynu (výbojky). Jejich světelná účinnost dosahuje hodnot až 140 lm/W , vlastní světelný zdroj je v porovnání se zdrojem halogenovým menší a teplota chromatičnosti, v porovnání se zdroji halogenovými s teplotou 3 000 K, dosahuje hodnot až 6 500 K. Základními nevýhodami výbojových zdrojů jsou velice obtížná stmívatelnost, realizovatelná obvykle použitím mechanických clon, dlouhá doba náběhu svítidla ze studeného stavu na jmenovité parametry daná vlastností výboje v plynové náplni a u většiny výbojek nemožnost okamžitého zápalu z horkého stavu výbojky.

V případě použití plošných svítidel je možno instalovat svítidla vybavená zářivkovými trubicemi. Osvětlovací systémy vybavené vysokofrekvenčními stmívači umožňují nejen okamžitý start do jmenovitých parametrů, ale i lineární stmívání prakticky od plného napětí až do cca 10 % jejich světelného výkonu, což plně vyhovuje filmovému, televiznímu a výjimečně i divadelnímu provozu.

Nejnovější kapitolu ve scénické osvětlovací technice začínají psát svítidla osazená polovodičovými prvky – LED. Světelné diody nejsou zcela novou technologií, jejich vývoj začal již v druhé polovině minulého století. Jednalo se ale pouze o signalizační systémy s výkonem cca 2–4 mW. Vyšší parametry tehdejší technologie nedovolovala. Nicméně v posledních cca 10 letech nastává dramatický rozvoj výkonových LED, což umožnilo nejen jejich rozšíření do domácností, ale i využití LED ve všech aplikacích, kde nahradily a nahrazují standardně používané zdroje světla. Tzv. výkonové LED jsou realizovány na polovodičových substrátech s vysokou čistotou daného materiálu. V současné době jsou ve výrobě tzv. monočipy (jeden svítící element na křemíkové podložce) a multičipy (pole LED na jednom substrátu). Výkon jedné klasické LED je k dnešnímu dni u světových výrobců maximálně 4 W, multičipy mají výkony až 100 W. Lumenová účinnost LED je až 190 lm/W (rok 2020). Životnost LED je standardizovaná poklesem jejich svítivosti na hodnotu 70–80 % a dosahuje 50 000 až 100 000 hodin. Nezanedbatelnou

výhodou světelných zdrojů LED při použití ve scénických osvětlovacích systémech je jejich dobrá stmívatelnost prakticky až do nulové hodnoty svítivosti, ale vždy pomocí vysoce sofistikovaných stmívačů. Dalším neméně důležitým faktorem je snadné míchání barev aditivním způsobem, neboť LED se vyrábí i v modré, červené a zelené barvě (a samozřejmě i v barvě bílé, a to i v širokém rozsahu teploty chromatičnosti).

Souhrnem všech výše uvedených výhod je skutečnost masové výroby reflektorů osazených LED od všech větších světových výrobců scénických svítidel. V praxi se jedná nejen o plošná, ale i o bodová svítidla a svítidla analogických typů, jako jsou PC, Fresnel, Profile Spot, Follow Spot a další speciální osvětlovací systémy.

Principiální výhody osvětlovacích systémů osazených LED netkví jen v jejich vysoké světelné účinnosti a tím k limitaci elektrického příkonu, ale i v daleko menší tepelné zátěži herců na jevišti a exaktním stmívání až do nulového světelného výkonu. Svítidla osazená LED s rozdílnou teplotou chromatičnosti jednoduše mohou tuto teplotu měnit přímo z osvětlovacího pultu. Svítidlo s barevnými LED (RGB) mění barvu vyzařovaného světla v široké paletě odstínů. Na druhé straně výrobci světel musí vyřešit problematiku relativně velkého pole LED nejen při diskrétních světelných zdrojích, ale hlavně při použití multičipů LED. Přináší to potřebu dodatečné optiky, kompenzaci nežádoucích posunů světelného spektra a samozřejmě i přesného nastavení primárních čoček. Důležité upozornění je, že při kombinaci konvenčních svítidel se svítidly osazenými LED musíme dbát na to, aby vzájemná teplota chromatičnosti spolupracujících svítidel (není-li jejich difference režisérským záměrem) byla stejná. Při použití barevného svícení je také nutno bedlivě posuzovat vzájemné působení svítidel osazených gelovými filtry a svítidel s LED. Důležité je, že při stmívání halogenových zdrojů vzrůstá podíl delších vlnových délek a výsledným efektem je změna barevného odstínu. Tento fenomén ale zásadně neplatí při stmívání svítidel osazených barevnými LED, kde se mění pouze intenzita vyzařovaného světelného svazku a nedochází ke změně světelného odstínu.

Samostatnou kapitolou scénických osvětlovacích systémů jsou svítidla osazená zdroji emitujícími ultrafialové záření (UV), které mohou spolu se speciálním nátěrem použitým na osvětlovaných objektech realizovat atypické světelné efekty. Zdroje emitující ultrafialové záření se převážně využívají pro efektové osvětlení některých scénografických prvků nebo v současné době velice populárních černých divadlech (Black Theatre). K realizaci UV efektů se používají speciální

fluorescenční trubice, případně výbojky emitující frekvence částečně na konci viditelného světelného spektra, ale převážně v oblasti spektra ultrafialového, případně i ultrafialové polovodičové prvky LED.

SUMARIZACE

V současné době je na světovém trhu široká paleta světelných zdrojů různých velikostí, výkonů a tvaru vláken nebo hořáků, které se obvykle přizpůsobují celému optickému systému svítidla daného výrobce. Protože poloha a tvar vlákna světelného zdroje jsou přesně definovány pro daný světlomet, obvykle není možno zaměňovat světelné zdroje různých typů, není-li výslovně uvedeno, že se jedná o přímý ekvivalent nahrazovaného zdroje. Tato limitace platí nejen pro konvenční svítidla, ale i pro svítidla osazená LED.

3.1.3 Rozdělení svítidel podle tvaru a charakteru vyzařovaného světelného svazku

Převážná část scénických svítidel je vždy vybavena nejen světelným zdrojem emitujícím viditelné světlo, ale i více či méně komplikovaným optickým systémem, který usměrňuje a formuje světelný paprsek vyzařovaný svítidlem.

Tzv. konvenční řada scénických svítidel je, jak již bylo uvedeno, v podstatě realizována následujícími typy:

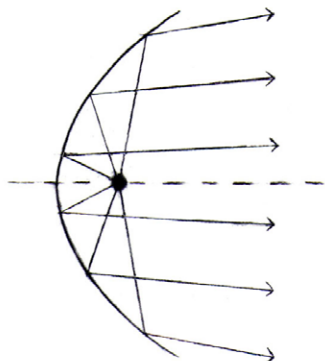
- a) Plošná svítidla – Floods
- b) Směrová svítidla, světlomety – Beams
- c) Směrová svítidla – PARcans
- d) Směrová svítidla – PC – Plan Convex
- e) Směrová svítidla F – Fresnel
- f) Směrová svítidla – Profile Spots a následně sledovací reflektory typu Follow Spots

a) Plošná svítidla

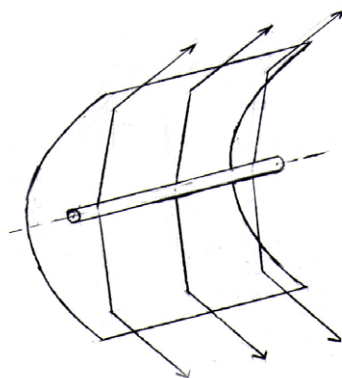
Plošná svítidla, anglicky a všeobecně nazývaná Floodlights (Floods) jsou používána všude tam, kde potřebujeme danou intenzitou světla osvětlit velkou plochu buď jeviště, nebo velkých scénografických prvků (případně i jako světla pracovní). Jsou to jedny z nejstarších elektrických osvětlovacích systémů používaných nejen v divadle, ale i ve filmu, televizi a architektuře. Plošná svítidla nevyužívají kromě

reflektorů žádné optické elementy a velikost osvětlované plochy je vždy dána tvarem reflektoru svítidla a jeho vzdáleností od této plochy.

Reflektory se v zásadě dělí podle tvaru vyzařovaného světelného svazku na symetrické a asymetrické. U symetrických svítidel jsou obvykle reflektory parabolické nebo válcové (obr. 67 a 68).

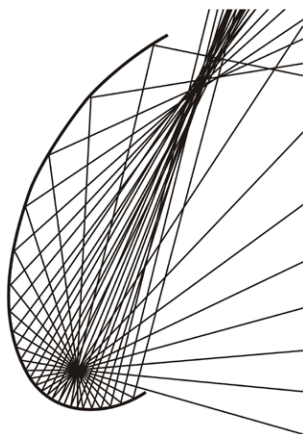


Obr. 67: Parabolický reflektor s polohou zdroje pro velký vyzařující úhel světelných paprsků



Obr. 68: Válcový reflektor s tyčovým světelným zdrojem (symetrická pozice zdroje)

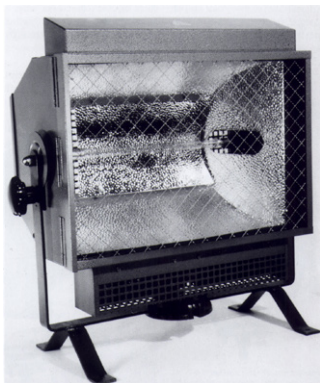
Asymetrické reflektory mají speciálně navrženou odraznou plochu, která i z malé vzdálenosti distribuuje paprsky tak, aby i nejvzdálenější osvětlovaná plocha měla přibližně stejný jas jako plocha nejbližší. Tvar a distribuce paprsků světelného zdroje u asymetrického reflektoru je vyobrazen na obr. 69.



Obr. 69: Základní tvar a distribuce světla u asymetrického reflektoru

Jeden z největších symetrických plošných reflektorů používaný v divadlech, s výkonem 5 000 W, lineárním halogenovým zdrojem a nucenou ventilací chladícího vzduchu je na obr. 70.

Standardní asymetrický reflektor s výkonem 1 000 W a jednostranným uchycovacím systémem je na obr. 71.

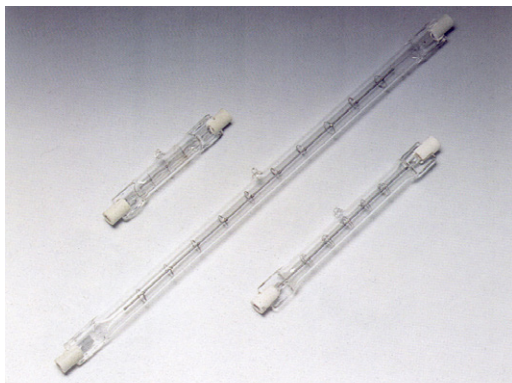


Obr. 70: Divadelní symetrický plošný reflektor 5 000 W



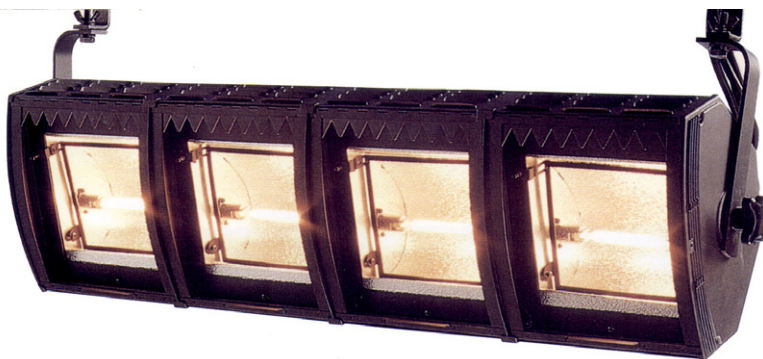
Obr. 71: Asymetrický plošný reflektor 1 000 W (TEATRO)

Válcový tvar reflektorů plošných svítidel upřednostňuje tyčové halogenové žárovky, výjimečně fluorescenční trubice. Běžně používaná výkonová řada halogenových žárovek je 100, 300, 500, 1 000, 1 500 a 2 000 W. Výjimečně pro největší aplikace jsou k dispozici světla i s výkonem 5 000 W. Běžně používané tyčové halogenové zdroje jsou vyobrazeny na obr. 72.



Obr. 72: Typy běžně používaných halogenových zdrojů

Plošná svítidla (Floods) jsou obvykle osazována pouze barevnými filtry, protože omezující klapky mají z principu minimální účinnost (v podstatě pouze zabraňují oslnění). Z důvodů vysoké tepelné zátěže se velmi často používají filtry skleněné, případně umožňuje-li konstrukce svítidla instalaci barevného filtru v dostatečné vzdálenosti od světelného zdroje, je možno použít i filtry gelové. Z provozních a ekonomických důvodů se v některých případech plošná svítidla spojují do tzv. osvětlovacích baterií umožňujících různé filtrace jednotlivých svítidel a zároveň jejich společný mechanický pohyb. V osvětlovacích bateriích používáme aditivního mísení barevných světél nebo pouze instalujeme barevné filtry podle požadavků osvětlení dané scény. Osvětlovací baterie je možno umísťovat buď horizontálně, nebo vertikálně a to v dolní části jeviště (spodní osvětlovací rampa) či v jeho horní části (většinou pro osvětlení pozadí, které je obvykle realizované asymetrickými reflektory). Horizontální baterie sestavená z plošných svítidel je na obr. 73 a svítidla osazená barevnými filtry jsou na obr. 74.



Obr. 73: Horizontální osvětlovací baterie osazená symetrickými plošnými svítidly 4 × 1 000 W (TEATRO)



Obr. 74: Osvětlovací baterie osazená barevnými filtry RGB (TEATRO)

Při použití osvětlovacích baterií se systémem aditivního mísení barev osazujeme svítidla filtry barvy

- R – červená,
- G – zelená,
- B – modrá,
- a alternativně W – další svítidlo bílá – bez filtru.

Je-li instalován čtvrtý reflektor, je obvykle bez filtru a používá se pro osvětlování bílým světlem, které je sice možno realizovat vhodně nastavenými intenzitami svítidel s filtry RGB, z energetických důvodů je však vhodnější pro bílou barvu světla použít samostatný reflektor s možností individuální filtrace dané požadavkem základního osvětlení scény nebo horizontu.

Na současném světovém trhu je k dispozici celá paleta plošných osvětlovacích systémů vzájemně se lišících pouze úhly vyzařovaných světelných paprsků případně některými mechanickými prvky svítidla.

Další z rodiny plošných svítidel jsou svítidla zářivková (fluorescentní). Jejich zdroje pracují na zcela odlišném principu než halogenové (viz první díl), ve kterých světlo vzniká rozžhavením vlákna v dané atmosféře. Fluorescenční trubice jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, ve kterých se ultrafialové záření plasmového výboje mění vrstvou luminoforu nanesenou na jejich vnitřním povrchu na viditelné světlo. Jejich použití je obdobné jako u plošných svítidel s halogenovými zdroji, to znamená pro osvětlování horizontů, pozadí, plošných scénografických objektů, případně jako ohraničující světelné systémy. Svým principem neprodukují velké množství tepla, a tím je jejich instalace možná i v malé vzdálenosti od osvětlovaných objektů nebo herců.

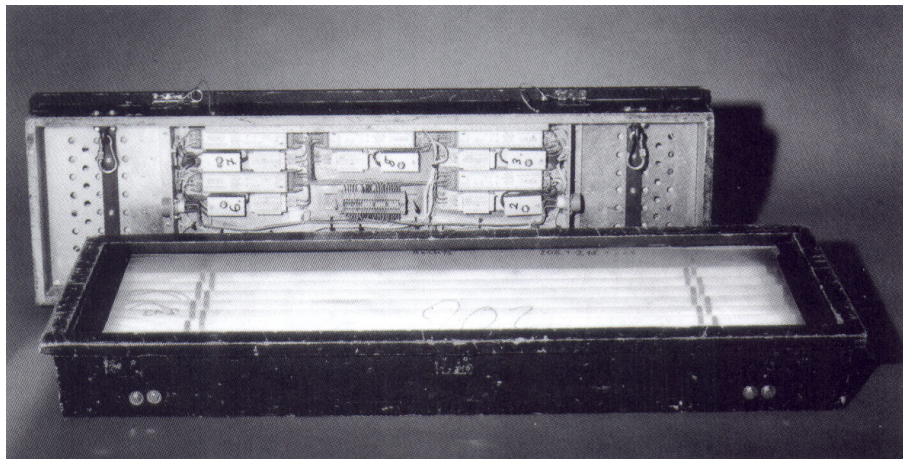
Úprava barevného tónu světla emitovaného zářivkami (barevná filtrace) se realizuje buď použitím gelového individuálního filtru nasunutého na každou zářivku, nebo celoplošným filtrem připevněným na svítidle, alternativně osazením barevnými zářivkovými trubicemi. Z důvodů obtížné a nepřesné regulace výkonu zářivkových zdrojů pomocí klasických stmívačů se k tomuto účelu používají výhradně vysokofrekvenční regulovatelné předřadníky s možností přímého spojení s osvětlovacím pultem, buď protokolem DMX512, ethernetem nebo pomocným řídicím napětím 0–10 V. Vysokofrekvenční elektronické předřadníky poslední generace umožňují i okamžitý start zářivky bez nežádoucího blikání a zároveň lineárně stmívají zářivkové trubice až do cca 5–10 % jejich výkonu.

Plošná zářivková jednopaticová svítidla s výkonem $2 \times 36 \text{ W}$ a $6 \times 36 \text{ W}$ jsou na obr. 75.



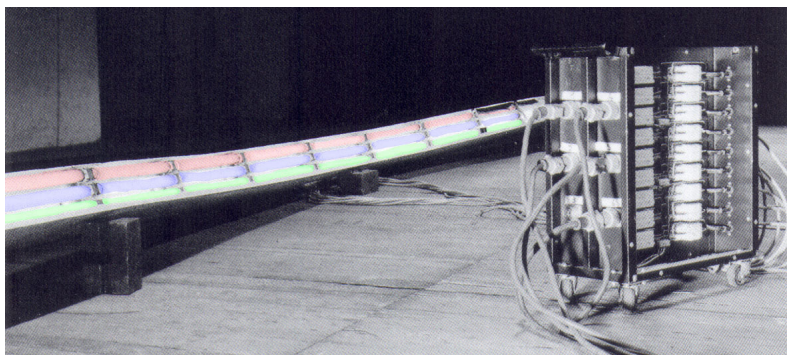
Obr. 75: Plošná zářivková svítidla (přednostně pro TV a film)

Otevřené zářivkové svítidlo s elektronickými předřadníky je obr. 76.



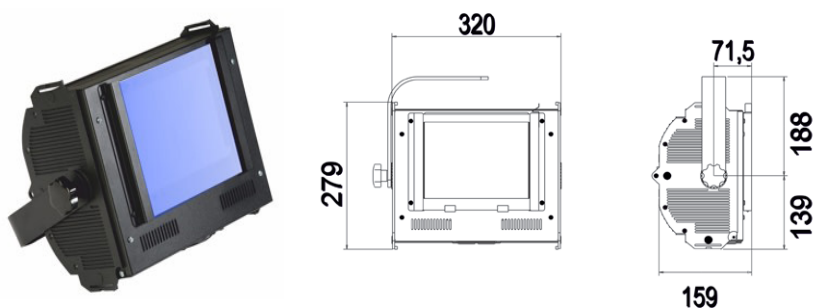
Obr. 76: Plošné svítidlo s elektronickými předřadníky

Spodní divadelní osvětlovací baterie realizovaná svítidly osazenými zářivkovými trubicemi včetně možnosti aditivního míšení barevného světla je na obr. 77.



Obr. 77: Spodní osvětlovací zářivková baterie se systémem RGB barevného míchání světla

Nejnovější generace plošných svítidel je osazována polovodičovými prvky LED. Jejich výhody jsem již uvedl, je ale nutné zdůraznit, že tato svítidla v současné době progresivně nahrazují tzv. konvenční řadu plošných osvětlovacích systémů. Jsou osazována převážně výkonovými čipy typu RGB nebo RGBW. Jedním z reprezentantů této skupiny je relativně levné svítidlo Diffusion italské firmy Arthea Luce osazené zdrojem RGBW, s výkonem 200 W a s asymetrickým reflektorem (obr. 78).



Obr. 78: Plošné svítidlo LED

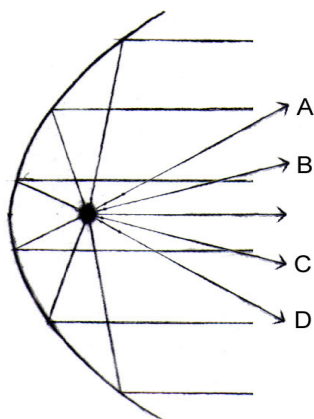
SUMARIZACE

Plošná svítidla zvaná Floods jsou jedny z nejstarších používaných elektrických osvětlovacích systémů. Mimo odraznou plochu (reflektor) obvykle nemívají žádné další optické elementy. Převážně slouží jako základní osvětlení horizontů, větších scénografických prvků či jeviště, jako ohraničující osvětlovací systémy

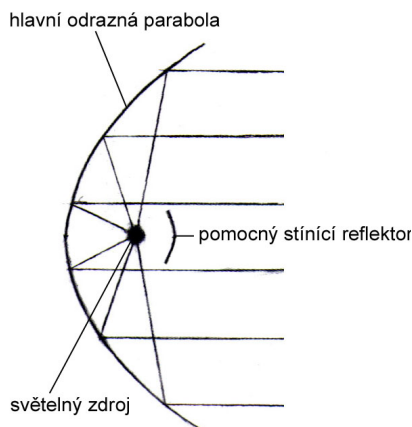
a také jako osvětlovací systémy tzv. pracovního osvětlení. Mají možnost použití barevných filtrů a výjimečně ohraničujících klappek, neboť jejich vliv na modelaci vycházejícího světelného svazku je zanedbatelný. Obvykle jsou osazovány tyčovými halogenovými zdroji, v některých případech i zářivkovými trubicemi nebo nejnověji i zdroji LED.

b) Směrová svítidla – světlomety (Beams)

Světlomety jsou, stejně jako světla typu Floods, jedny z nejstarších osvětlovacích systémů. Jsou to svítidla, která emitují úzkou intenzivní světelnou stopu s velice malou možností nastavení světelných parametrů. Ve svítidle je instalován pouze parabolický reflektor a světelný zdroj, svítidlo je bez jakýchkoli dalších optických členů. V některých případech je před světelný zdroj instalován malý sekundární odrazný reflektor omezující vycházející parazitní paprsky ze světelného zdroje. Na obr. 79 je parabolický reflektor bez odrazného zrcátka a na obr. 80 je reflektor s instalovaným odrazným zrcátkem. Pomocí posuvu světelného zdroje vůči parabolickému zrcadlu je možná pouze malá změna vyzařovacího úhlu světlometu ale v některých případech při nastavení svítidla na největší vyzařovací úhel může sekundární malý reflektor vytvořit uprostřed světelné stopy tmavý stín, výrazně porušující její linearitu.



Obr. 79: A, B, C, D – parazitní paprsky světelného zdroje. Parabolický reflektor bez pomocného zrcátka



Obr. 80: Parabolický reflektor s pomocným odrazovým zrcátkem omezujícím parazitní paprsky A, B, C, D vycházející ze světelného zdroje.

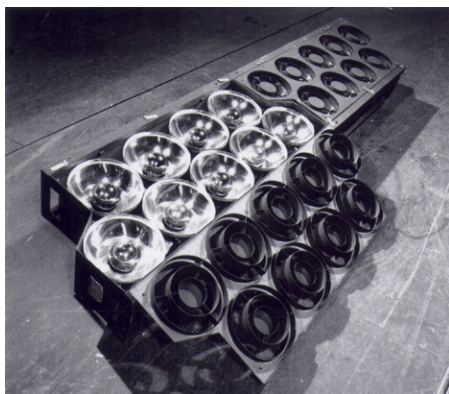
Na obr. 81 je pohled na divadelní světlomet, včetně kruhových clon omezujících boční oslnění. V přední části svítidla je umístěn držák barevných filtrů.

Reflektory tohoto typu se v některých případech mohou používat i pro simulaci slunečních nebo měsíčních paprsků, protože jejich velice úzký vyzařovací úhel a minimalizace parazitního světla vycházejícího z reflektoru dobře imitují paralelní paprsky vzdálených světelných zdrojů.



Obr. 81: Svítidlo s parabolickým reflektorem – světlomet (Strand Lighting)

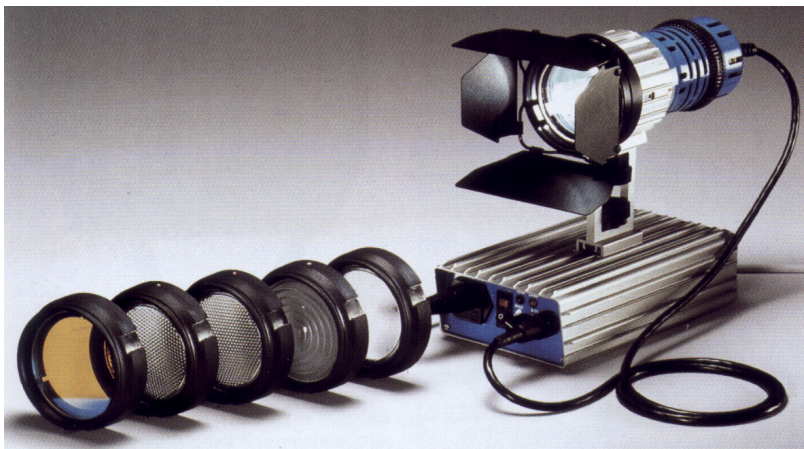
Světlomety jsou v některých případech osazovány nízkovoltovými světelnými zdroji s napětím 12, 24 nebo 36 V s výkonem 250, 500 nebo i 1 000 W. Tento typ svítidel je možno snadno instalovat do tzv. osvětlovacích baterií. Průkopníkem a zároveň prvním realizátorem těchto baterií byl český scénograf profesor arch. Josef Svoboda, který umístil 9 reflektorů do osvětlovací rampy (ve dvou řadách) a poprvé vytvořil v divadelní praxi tzv. světelnou oponu (obr. 82).



Obr. 82: Osvětlovací rampa realizovaná bloky devíti reflektorů

Nízkovoltové reflektory mají obvykle uvnitř tělesa svítidla instalován převodní transformátor – buď klasický, nebo elektronický – konvertující síťové napětí na potřebné napětí světelného zdroje. Transformátor se obvykle z důvodu vysoké indukčnosti jeho vinutí připojuje na upravené stmívačové jednotky.

Modernizované typy světlometů, které se často používají pro filmové a televizní natáčení, mají výbojkové světelné zdroje s teplotou chromatičnosti blízkou dennímu světlu. Jejich optické předsádky umožňují měnit vyzařovaný úhel a barvu světla. Obvykle slouží jako doplňkové osvětlovací systémy (obr. 83).



Obr. 83: Reflektor s výbojkou HMI, el. předřadníkem a optickými předsádkami (ARRI)

SUMARIZACE

Světlomety se ve scénické osvětlovací technice používají jako selektivní světelné zdroje s velmi úzkým vyzařovacím úhlem, ostrou světelnou stopou a s malou možností tento úhel měnit. Jsou buď na síťové napětí (230 V), nebo jsou jejich zdroje nízkovoltové (12 V, 24 V, 36 V). V tomto případě jsou svítidla vybavena převodními transformátory umožňujícími jejich přímé připojení na elektronické stmívače. Pro potřeby filmu a televize se světlomety někdy osazují výkonnými výbojkovými zdroji s lepší světelnou účinností, než mají zdroje halogenové, a zároveň i s vysokou teplotou chromatičnosti pro kombinované natáčení s denním světlem. Nejnovější generace těchto svítidel je osazována světelnými zdroji LED umožňujícími nejen plynulou změnu barvy vyzařovaného svazku, ale i bezproblémovou změnu teploty chromatičnosti.

c) Směrová svítidla typu Parcan

V sedmdesátých letech minulého století byla uvedena na trh jednoduchá svítidla na principu světlometů, sestávající ze světelného zdroje, který je zároveň vybaven reflektorem a tvoří s ním nedílný celek. Výrobní řada těchto zdrojů nese název PAR. Nejrozšířenějším typem pro použití v divadlech, filmu a televizi se stalo svítidlo osazené zdrojem PAR 64. Tyto zdroje se instalují do krátkého nebo dlouhého tubusu svítidla v závislosti na velikosti vyzařovaného úhlu světelného zdroje. Svítidlo se tedy skládá z plechového válcového pláště, zadní části s paticí pro zdroj a z držáku svítidla pro upevnění na konstrukci.

Do čela svítidla je možno umístit rámeček na barevný filtr. Jednou z nevýhod těchto svítidel je jejich eliptická světelná stopa a možnost otáčením světelného zdroje nastavit směr světelného svazku přesně v závislosti na tvaru osvětlovaného objektu.

Pro oživení paměti uvádím přehledné světelné technické parametry zdrojů PAR 64:

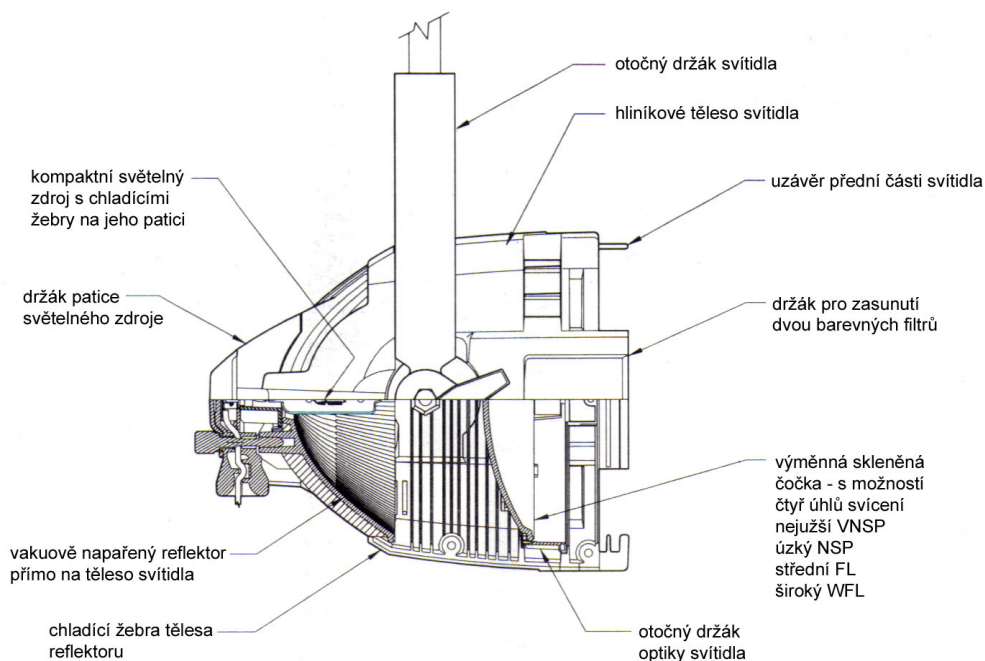
CP60 – úzký svazek – vyzařovací úhel	$9^{\circ} \times 12^{\circ}$
CP61 – středně široký – vyzařovací úhel	$10^{\circ} \times 15^{\circ}$
CP62 – široký – vyzařovací úhel	$11^{\circ} \times 24^{\circ}$
CP70 – velmi široký – vyzařovací úhel	$70^{\circ} \times 70^{\circ}$

V současné době je na trhu řada světelných zdrojů typu PAR různých výkonů a vyzařovacích úhlů (PAR 16, 20, 30, 54 a 64), jejichž nedílnou součástí je vždy parabolická odrazová plocha – reflektor pevně spojený se skleněným krytem svítidla, uvnitř kterého je instalován světelný zdroj.

PAR 64 je levné směrové svítidlo, které produkuje také paralelní světelný svazek podobně jako světlomety, a v divadelním osvětlování je často používáno jako doplňkové bodové světlo pro akcentaci detailů scény nebo k vytváření tzv. světelných opon. Úspěšné využití takové světelné opony závisí samozřejmě také na čistotě okolního prostředí, resp. na přítomnosti prachových částic nebo kouře v ovzduší. Z těchto důvodů jsou svítidla typu Parcan (PAR) často používána při vystoupení hudebních skupin nebo při tanečních zábavách typu disco, v kombinaci s vyvíječi kouře. Použití těchto levných svítidel typu Parcan v divadlech, filmu a televizi je velmi časté, ale současným trendem je jejich postupné nahrazení modernějšími osvětlovacími systémy.

Nová generace svítidel Parcan, uvedená na světový trh koncem devadesátých let, používá vysoce účinná dichroická zrcadla se separátním, samostatně vyjímatelným světelným zdrojem, umožňujícím zásadně snížit příkon (obvykle se používají zdroje s výkonem 575 W, resp. 750 W) a instalovat výměnné optické elementy na přední část svítidla. Tato směrová svítidla splňují i velmi náročné požadavky světelného designu, včetně malého tepelného zatížení osvětlovaného objektu daného použitím dichroického zrcadla, které propouští tepelné záření zdroje zpět a odráží světelnou část spektra směrem dopředu. Typickým představitelem těchto svítidel je ETC Source Four Par.

Podélný řez svítidlem je na obr. 84.



Obr. 84: Svítidlo ETC Source Four Par

Nejnovější generace svítidel typu PAR je prezentovaná světelnými zdroji LED. Na trhu je velké množství typů a diferentních výkonů, vyzařovacích úhlů i čipy RGB, alt. RGBW. Výhodou je malý elektrický příkon, relativně exaktní vyzařovací světelný úhel, dobrá stmívatelnost a malé rozměry. Jejich použití je v divadlech, zábavním průmyslu, TV a filmu. Svítidlo typu Parcan LED RGB s výkonem 100 W je na obr. 85.



Obr. 85: Svítidlo Parcan RGB

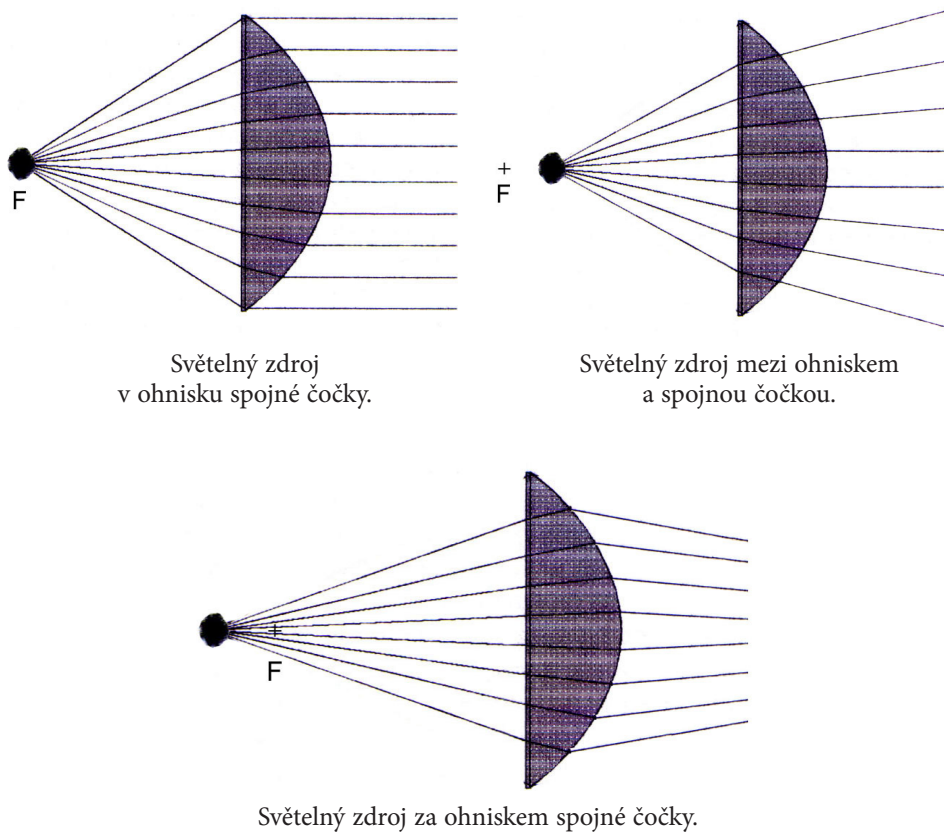
SUMARIZACE

Svítidla typu Parcan jsou jednoduchá směrová svítidla, u nichž se změny vyzařovaného úhlu provádějí výměnou světelného zdroje. Svítidla Parcan mají obvykle eliptickou stopu, používají barevné filtry, výjimečně klapky. Nejrozšířenějším typem světelného zdroje pro divadelní osvětlování je PAR 64 s výkonem 1 000 W. Nová generace těchto svítidel používá dichroické zrcadlo oddělené od světelného zdroje a optické nástavce pro změnu vyzařovaného úhlu. Elektrický příkon moderních svítidel typu PAR je od 575 W do 750 W (750 W platí pro napájecí napětí 120 V). V případě osazení LED zdroje je příkon obvykle do 150 W.

d) Směrová svítidla typu Plan Convex – PC

Nejjednodušší cestou, jak usměrnit vyzařované paprsky světelného zdroje do požadovaného směru, je použití skleněného optického elementu – čočky. Na základě tohoto fenoménu vznikla a vzniká celá řada osvětlovacích systémů různých typů od mnoha světových výrobců. Základním způsobem tvarování světelného svazku je posun světelného zdroje směrem od a ke spojné čočce, čímž dochází ke změně vyzařovaného úhlu světelných paprsků. Na tomto principu bylo v padesátých letech minulého století zkonstruováno svítidlo, jehož název se

vžil jako PC (plan convexní čočka). Svítidlo této koncepce má měkkou, neostře ohraničenou stopu a umožňuje v širším rozsahu měnit vyzařovaný úhel, avšak obvykle bez možnosti změny ostroty. Princip změny vyzařovaného úhlu posunem světelného zdroje vůči spojně čočce je na obr. 86.



Obr. 86: Princip změny vyzařovaného úhlu posunem zdroje vůči čočce

V průběhu let prošla svítidla typu PC intenzivním technickým vývojem. Jejich prvotní nevýhody – projekce vlákna zdroje do středu světelné stopy, duhové zabarvení okraje stopy či časté zničení výstupní čočky teplem zdroje – byly odstraněny návrhem jiného tvaru a materiálu čočky, případně zmatováním její zadní strany a technologicky kvalitnějším zakalením. Standardní divadelní svítidlo typu PC s 1 KW světelným zdrojem je na obr. 87.



Obr. 87: Divadelní svítidlo typu PC

Po všech technických vylepšeních má nová generace svítidel typu PC relativně přesnou světelnou stopu s jemným přechodem její svítivosti do krajů a minimálním parazitním světlem jdoucím mimo tuto stopu. Regulace úhlu emitovaných světelných paprsků se provádí mechanickým posunem světelného zdroje spolu s jeho odrazným zrcadlem směrem k a od výstupní čočky svítidla. Mechanický posun je obvykle prováděn pomocí fixačního šroubu, případně použitím otočné závitové tyče, na které jsou světelný zdroj a odrazné zrcadlo připevněny. Nastavitelný úhel světelného svazku je obvykle od 4° do 8° jako minimální až do 60° jako maximální. Klasická výkonová řada svítidel typu PC je 500 W, 1 KW a 2 KW, nová generace má obvykle výkony 300 W, 650 W, 1,2 KW a 2 KW.

Nejnověji průmyslově vyráběná svítidla typu PC osazená LED jsou k dispozici od několika světových firem v různých variantách, např. italská firma Arena Luci vyrábí univerzální reflektor PC LED s různým osazením světelných zdrojů LED.

Varianta 1: SPOT PC LED ~ 230 V 200 W

CRI > 95, DMX

stmívatelné, motorizovaný zoom 15° – 60°

teplota chromatičnosti 2 700 K

Varianta 2: SPOT PC LED ~ 230 V 200 W

CRI > 95, DMX

stmívatelné, motorizovaný zoom 15°– 60°

teplota chromatičnosti 6 500 K

Varianta 3: SPOT PC LED ~ 230 V 200 W

CRI > 95, DMX

stmívatelné, motorizovaný zoom 15°– 60°

variabilní teplota chromatičnosti 2 700 ÷ 6 500 K

Varianta 4: SPOT PC LED ~ 230 V 200 W DMX

stmívatelné, motorizovaný zoom 15°– 60°

aditivní systém míchání barev RGBW

Svítilno je na obr. 88.



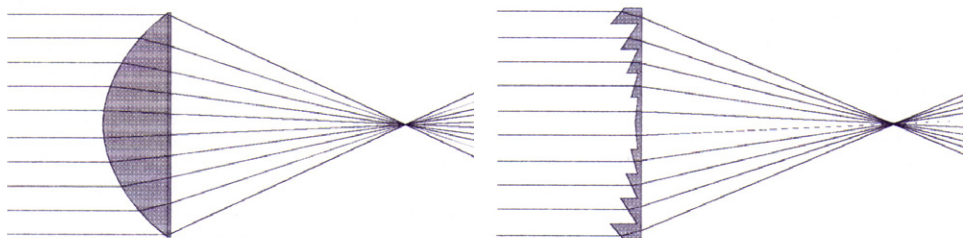
Obr. 88: Svítidlo PC LED (Arena Luci)

SUMARIZACE

Svítilna Plan Convex (PC) jsou jedny z nejrozšířenějších typů svítidel na světě. Umožňují změnu vyzařovaného úhlu světelného svazku pomocí posunu zdroje vůči výstupní čočce a jejich světelná stopa se vyznačuje měkkým přechodem. Tvarování světelného svazku je možné pomocí klapky otočně umístěných na čelní přírubě svítidla, kde je také instalován držák barevných filtrů.

e) Směrová svítidla typu Fresnel – F

Fresnel (F) je dalším typem směrového svítidla velmi často používaného v divadelní, filmové a televizní osvětlovací praxi. Jako optického elementu používá zvláštní čočku vynalezenou Francouzem Fresnelem, která je z jedné strany schodovitě vylišovaná do soustředných kruhů a jejíž druhá strana je vždy plochá, alternativně jemně mřížkovaná. Principy kolimace světla pomocí spojné čočky a čočky typu Fresnel jsou na obr. 89. Fresnelova čočka má proti spojné čočce výhodu v menší hmotnosti a tedy i menším gradientu tepelného namáhání, ale její kolimace vždy vykazuje větší či menší optické vady.



Obr. 89: Kolimace světla spojkou a Fresnelovou čočkou

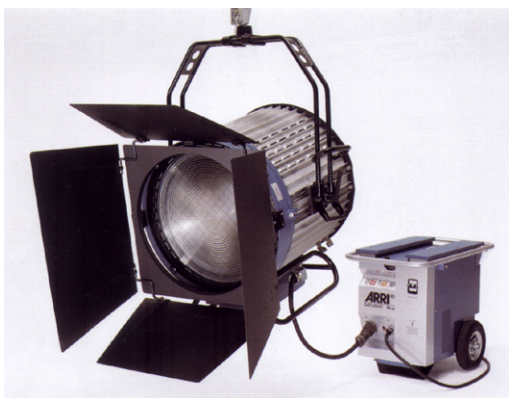
Podobně jako svítidla typu PC je i u typu F možnost axiálního pohybu zdroje v optické ose, což umožňuje měnit vyzařovaný úhel. Světelná stopa svítidel typu Fresnel má měkčí a difuznější okraje než svítidla PC, s tendencí propouštět malou část vyzařovaného světla mimo tuto světelnou stopu formou parazitního osvětlení. Možnost změny úhlu vyzařovaného světelného svazku je obvykle menší než u svítidel typu PC. Běžné nastavitelné úhly osvětlování jsou od 8° až do 60°. Výkonová řada je podobná jako u svítidel typu PC, u halogenových zdrojů od 500 W až do maximálního výkonu 5 000 W (obr. 90, 91 a 92) a u výbojkových vysoce výkonných svítidel používaných převážně pro filmové účely nejsou výjimkou ani svítidla s výkonem i několik tisíců wattů. U svítidel nejvyšších výkonů má Fresnelova čočka nepřehlédnutelnou výhodu menší tloušťky než čočka spojná (plan convex). Tento fakt výrazně snižuje její tepelné namáhání, čímž radikálně limituje možnost jejího poškození při delším provozu reflektoru.



Obr. 90: Svítidlo typu Fresnel s halogenovým zdrojem 500 W



Obr. 91: Konvenční svítidlo typu Fresnel (F) s halogenovým zdrojem 5 000 W



Obr. 92: Svítidlo typu Fresnel (F) s výbojkou typu HMI, průměrem čočky 50 cm a výkonem 6 000 W včetně elektronického napaječe

Zcela diferentní od klasických reflektorů jsou vyráběny reflektory osazené LED, příkladem je svítidlo typu Fresnel – Nettuno CCT LED od italské firmy Arena Luci (obr. 93) má následující parametry:

- napájecí napětí 230 V
- elektrický příkon 160 W
- CRI > 85
- manuální zoom 15°–50°
- plně stmívatelné pomocí integrovaného stmívače
- komunikační protokol DMX



Obr. 91: Svítidlo –Nettuno CCT-F LED

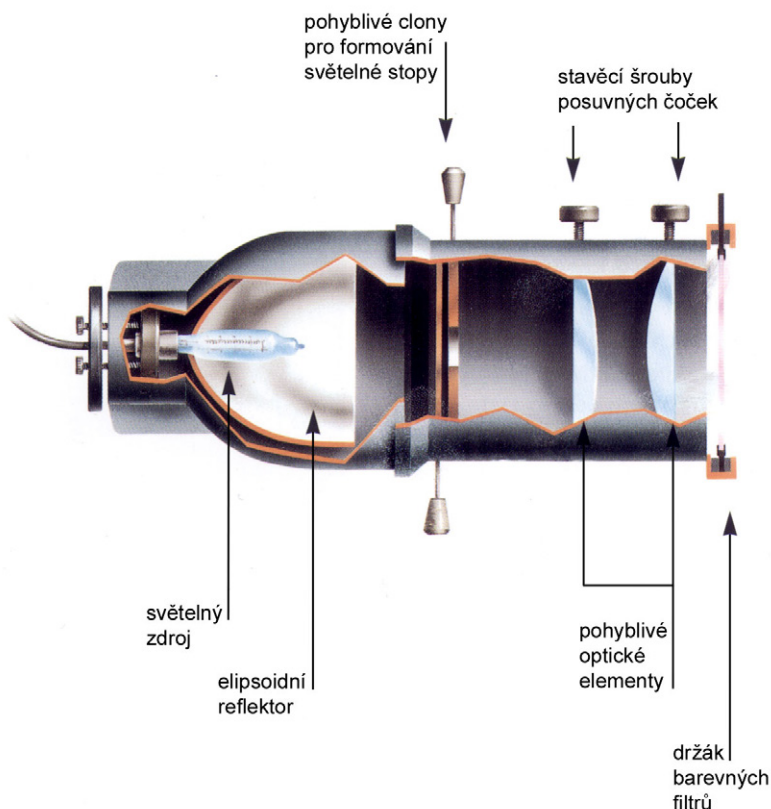
SUMARIZACE

Svítidla typu Fresnel (F) jsou obvykle levnější variantou směrových osvětlovacích systémů s možností nastavení úhlu vyzařovaného světelného svazku, podobné jako svítidla typu PC. Jejich světelná stopa je neostře ohraničená a malá část parazitního světla je někdy emitována vně světelné stopy. K tvarování vyzařovaného světla se používají klapky umístěné na čelní přírubě svítidla, kde jsou také umístěny držáky barevných filtrů. Svítidla osazená LED jsou často vybavena aditivním systémem změny barvy (RGB, RGBW, RGBWA).

f) *Směrová svítidla typu Profile Spots a sledovací reflektory (Follow Spots)*

Profile Spots jsou v současnosti nejrozšířenějšími reflektory používanými v moderní divadelní, filmové a televizní osvětlovací praxi. Tato svítidla prošla v průběhu času intenzivním technickým i technologickým vývojem a dnes je možno konstatovat, že jsou nejuniverzálnějším osvětlovacím systémem umožňujícím prakticky všechny požadované způsoby uměleckého osvětlování.

Zásadní rozdíl proti dříve uvedeným svídlům spočívá v typu používaného reflektoru, v systému optických členů svítidla, poloze světelného zdroje a následně i systému tvarování světelného svazku. Světelný zdroj a jeho eliptické odrazné zrcadlo jsou vždy pevně fixovány v tělese svítidla a kvalita vyzařovaného světelného svazku se mění pohybem optických členů instalovaných uvnitř svítidla. Principiální řez svídlím Profile Spots typu ERS je na obr. 94 a standardní divadelní svídlí typu Profile Spot (Teatro comma 37/48) je na obr. 95.



Obr. 94: Principiální řez svídlím Profile Spots typu ERS



Obr. 95: Svítidlo typu Profile Spot (Teatro Comma 37/48)

U těchto typů svítidel je možno zcela přesně nastavit ohraničení světelné stopy a případně i změnit její okraje na plynulý difusní přechod mezi ní a neosvětlovanou plochou. Velikost a tvar světelné stopy lze tvarovat pomocí mechanicky nastavitelných clon umístěných blízko u ohniska optického systému a vždy uvnitř svítidla. Obvykle se používají čtyři pohyblivé plechové clonky, které zasunováním do štěrbin v tělese svítidla mění tvar světelné stopy. V těsné blízkosti clon je ještě jeden prostor, do kterého je možno instalovat buď irisovou clonu, která mění velikost kruhové světelné stopy svítidla, nebo tzv. gobokotouče, které jsou vyrobeny z tepelně odolného materiálu a jsou to v podstatě masky s efektovými motivy. Profesionální výrobci, jako je např. Rosco, dodávají celou řadu gobokotoučů buď ocelových, nebo skleněných s motivy vyrobenými obvykle litografickým procesem. Pro návrhy světelných efektů jsou k dispozici katalogy efektových kotoučů, ze kterých má uživatel možnost objednat gobokotouč, splňující požadovaný umělecký záměr.

V případě potřeby výroby vlastního gobokotouče se obvykle pro jeho vyřezání používá ocelový plech tloušťky 0,15 až 0,30 mm. Pro složitější a barevné motivy vyráběné speciální litografickou cestou je nosičem obvykle skleněný dichroický kotouč o tloušťce cca 1–1,5 mm.

Světově jsou standardizovány tři průměry gobokotoučů:

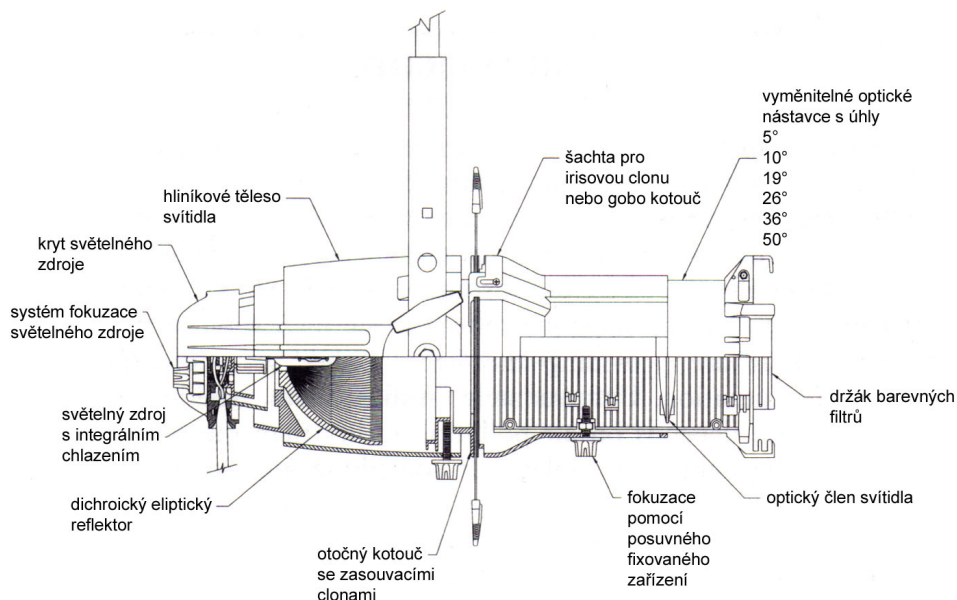
- velikost A – vnější průměr 100 mm, vnitřní 68–75 mm,
- velikost B – vnější průměr 86 mm, vnitřní 64,5 mm,
- velikost C – vnější průměr 65,5 mm, vnitřní 45–49,5 mm.

Zvláštním příslušenstvím reflektorů typu Profile Spots jsou motorové jednotky, které umožňují automatické otáčení gobokotoučů. Řízení rychlosti a ovládání těchto jednotek je prováděno standardním protokolem DMX512 s jeho následným připojením na osvětlovací pult.

Svítilna typu Profile Spots se v průběhu svého vývoje diferencovala na dva základní systémy s rozdílnou optickou konstrukcí:

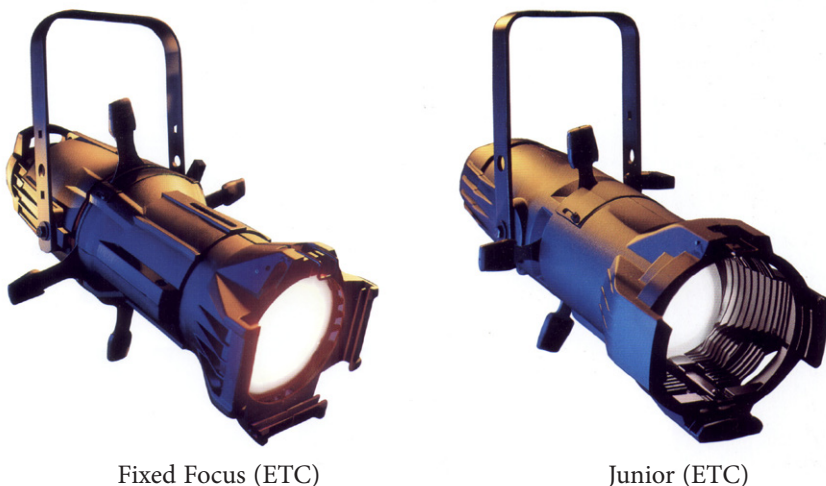
- a) Standardní verze, kde je světelný zdroj umístěn vertikálně vůči ose eliptického zrcadla a projekce jeho vlákna je do druhého ohniska elipsy. Clony a efektové kotouče jsou co nejbližší druhého ohniska a jejich posuvem se mění ostrost světelné stopy. Změna velikosti a tvaru světelné stopy se provádí buď pohyblivými clonami, nebo rotační irisovou clonou zasunutou do šterbiny obvykle v těsné blízkosti umístění gobokotouče.
- b) Americká verze reflektorů Profile Spots nazývaná ERS (Elipsoid Reflector Spotlights) má také elipsoidní reflektor, ale se zdrojem montovaným *axiálně* v ose reflektoru na rozdíl od standardních typů, kde je zdroj umístěný *vertikálně* vůči ose reflektoru. Axiální poloha zdroje rapidně zvyšuje účinnost světelného bloku lampa–reflektor. Typickými představiteli této řady svítidel jsou vysoce výkonné reflektory americké firmy ETC, podélný řez reflektoru s názvem Source Four je na obr. 96.

Svítilna Source Four jsou vždy osazována eliptickými dichroickými reflektory snižujícími tepelné zatížení optických členů a barevných filtrů, jejich výměnné optické nástavce umožňují také změnu vyzařovaného úhlu od 5° do 90°.



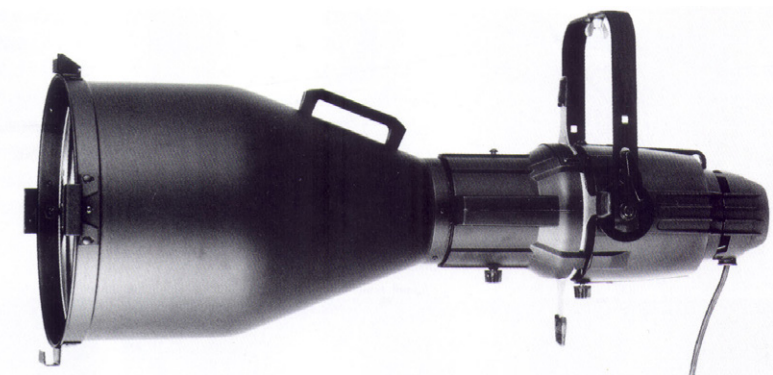
Obr. 96: Řez svítidlem Source Four Fixed Focus (ETC)

Pozn.: standardizované řady vyzařovacích úhlů jsou 5°, 10°, 19°, 36°, 50°, 75° a 90°. Výkon světelného zdroje je 575 W (u svítidla Junior) nebo 750 W u svítidla Source Four. Fotografie svítidel jsou na obr. 97.



Obr. 97: Svítidla Source Four Fixed Focus a Source Four Junior

Na obr. 98 je svítidlo Source Four s nasazenou optickou předsádkou prodlužující ohniskovou vzdálenost a vyzařovací úhel svítidla je v tomto případě 5°.



Obr. 98: Source Four s předsádkou 5° (ETC)

Novým přírůstkem do rodiny svítidel firmy ETC je typ Source Four zoom (dva typy 15°–30° a 25°–50°) a Source Four Junior zoom, kde je možno přidáním dalších dvou optických členů do svítidla měnit jeho vyzařovací úhel v daném rozsahu. Svítidla Source Four zoom a Source Four Junior zoom jsou na obr. 99.



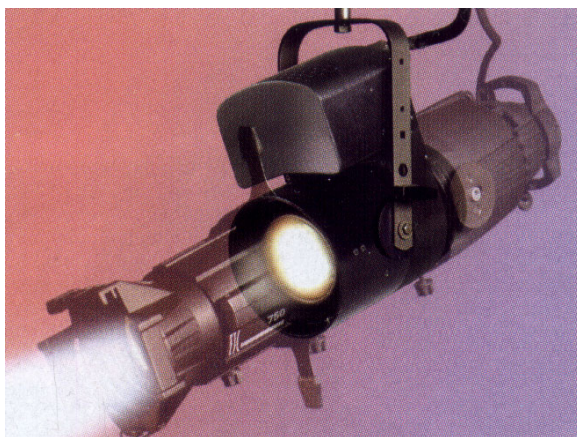
Source Four zoom (ETC) (15°–30°)



Source Four Junior zoom (ETC) (15°–30°)

Obr. 99: Svítidlo Source Four zoom a Source Four Junior zoom

Řada svítidel Source Four je pro své vynikající parametry a univerzálnost někdy nazývána tažnými koňmi scénického osvětlování. Světové firmy dodávající speciální příslušenství svítidel navrhují i pro svítidla Source Four další a další doplňky, zvyšující jejich užitnou hodnotu. Příkladem může být optickomechanický nástavec firmy Ocean Optics (USA) realizující subtraktivní mísení barev (CMY). Je vybaven čtyřmi dichroickými filtry (C-tyrkysový, M-purpur, Y-žlutý) a poslední šedý je možno použít jako mechanický stmívač. Připojení optického nástavce k osvětlovacímu pultu je opět přes komunikační protokol DMX 512. Na obr. 100 je svítidlo Source Four s nástavcem CMY.



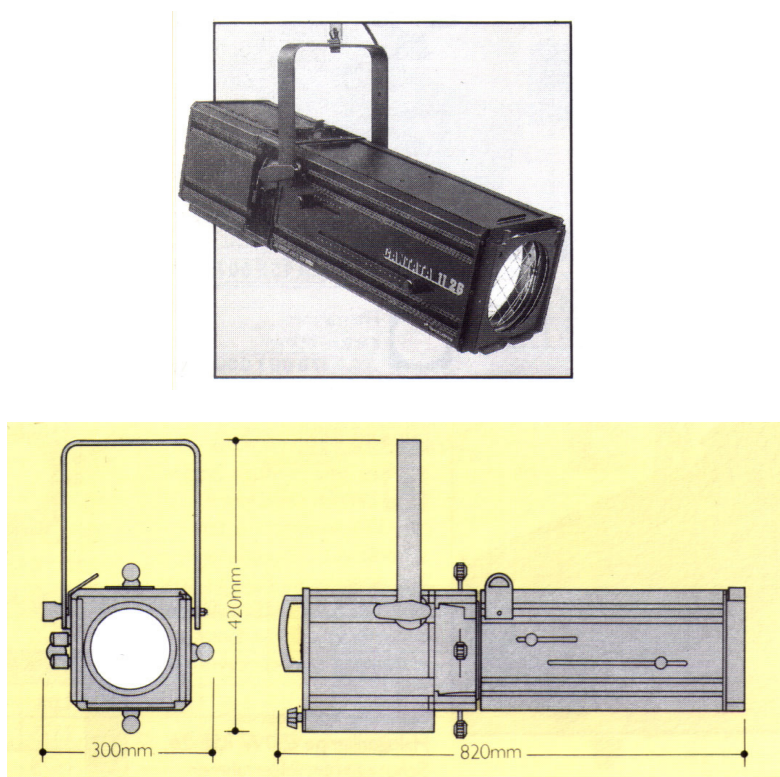
Obr. 100: Svítidlo Source Four s měničem barev (CMY, ETC, Ocean Optics)

Dalším vývojovým stupněm svítidel Profile Spots je typ Condenser Profile Spots, který je v přední části vybaven ještě třetí pevnou čočkou, jež vytváří jasnější a homogennější světelný svazek umožňující mimo jiné i lepší projekci gobokotoučů. Nejmladším, nejsložitějším, ale zároveň i nejlepším vývojovým stupněm svítidel typu Condenser Profile Spots jsou osvětlovací systémy nazývané Zoom Profile Spots. Svítidla takto označovaná mění jak úhel, tak i kvalitu vyzařovaného světelného svazku pomocí dalších dvou pohyblivých optických členů umístěných uvnitř svítidla. První čočka je umístěna za ohniskovou vzdáleností zrcadla směrem od zdroje a umožňuje měnit velikost světelné stopy, druhá čočka realizuje změnu kvality světelné stopy, která má buď měkký, nebo ostřejší okraje (stopa je více či méně difuzní).

Protože optický systém jednoho typu svítidla nepokryje celý rozsah trans-fokace, vyrábějí světoví výrobci obvykle tři typy svítidel s přibližnými rozsahy vyzařovacích úhlů:

- a) úhel cca 12° – 22° ,
- b) úhel cca 16° – 30° ,
- c) úhel cca 28° – 40° .

Axiálním pohybem světelného zdroje v ose eliptického zrcadla lze při použití gobokotoučů soustředit celý světelný výkon optické části svítidla na jejich plochu a tím maximálně zvýšit jas promítaného obrazce. Moderní svítidlo typu Profile Spots včetně jeho geometrických rozměrů je na obr. 101 (Strand Lighting).



Obr. 101: Condenser Profile Zoom Spot $11^{\circ}/26^{\circ}$ (Strand Lighting)

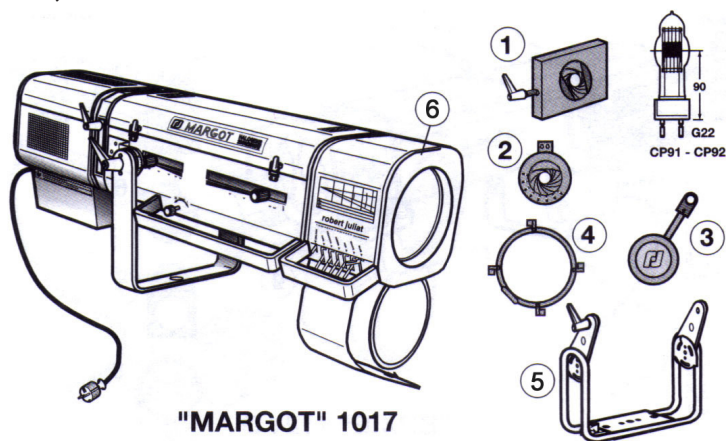
Vylepšením optického bloku těchto svítidel je použití dichroického odrazného zrcadla, které výrazně snižuje tepelnou zátěž gobokotoučů. Zároveň zvyšuje celkovou účinnost svítidla v kombinaci s kompaktním axiálně uloženým světelným

zdrojem s chladicími žebry na jeho patici, konstrukční provedení je pak podobné jako u americké verze svítidel ERS. Světelné zdroje instalované v těchto svítidlech s výkonem 575 W, resp. 600 W mají stejný světelný výkon jako klasická řada svítidel Profile Spots s výkonem 1 000 W, resp. 1 200 W.

V poslední době je v portfolio předních světových firem řada svítidel typu Profile Spot osazených polovodičovými prvky LED, které úspěšně nahrazují konvenční typy scénických svítidel.

Sledovací reflektory – Follow Spots

Jsou to v podstatě sofistikovanější reflektory typu Profile Spots, obvykle manuálně ovládané, s ergonomicky rozmístěnými ovládacími prvky. Reflektory se většinu umísťují na speciální stojany a jsou vždy dobře vyváženy pro snadnou manipulaci jak v horizontální, tak i ve vertikální rovině. Sledovací reflektor včetně příslušenství je na obr. 102.



Obr. 102: Sledovací reflektor a jeho příslušenství (Robert Juliat)

1. držák irisové clony, 2. manuálně ovladatelná irisová clona, 3. držák gobokotouče
4. rámeček na barevný filtr, 5. naklápěcí držák, 6. manuální měnič 6 barevných filtrů

V jeho standardní výbavě jsou vždy systémy pro rychlou výměnu barevných filtrů a používá se buď místní, nebo dálkově ovládaná změna intenzity osvětlení. Sledovací reflektory obvykle slouží k detailnímu osvětlování herců pohybujících se na jevišti a jejich umístění je často situováno do velké vzdálenosti od herecké akce. Z těchto důvodů jsou svítidla typu Follow Spots navrhována s malým vyzařovacím úhlem a osazována výkonnými xenonovými výbojkami. V těchto případech musí

být vybaveny i elektronickým předradníkem umožňujícím zapálení a provoz výbojky. Cena těchto svítidel je cca 2–8× vyšší, než je cena reflektorů typu Profile Spots. Výkonová řada halogenových reflektorů s manuálně ovladatelnou irisovou clonou se vyrábí od 1 000 W do 2 500 W, výbojkových od 575 W do 4 000 W a osazených světelnými zdroji LED až do výkonu 800 W.

Jedním z nejnovějších je sledovací reflektor firmy Robert Juliat, typ OZ 600W LED (obr. 103) s parametry:

- napájecí napětí 230 V
- elektrický příkon 600 W
- rozsah zoomu $7^\circ \div 14,5^\circ$
- ovládání manuální s alternativou protokolem DMX (8–16 bitů).



Obr. 103: Svítidlo typu Follow Spot – Robert Juliat, typ OZ 600 W LED

SUMARIZACE

Svítidla typu Profile Spots jsou nejsložitější z řady konvenčních divadelních osvětlovacích systémů. Mají obvykle vícečočkový optický systém, případně dichroická eliptická zrcadla a i axiální uložení světelného zdroje. Nejnovější svítidla typu Profile Spots jsou osazena multičipy LED buď v barvě bílé, nebo RGB, alternativně i RGBW.

Protože výstupní světelný svazek neprodukuje žádné parazitní světlo, není u svítidel tohoto typu běžné použití vnějších klapků. Vždy jsou však vybavena vnitřním systémem pohyblivých clon, které mění tvar vyzařovaného světelného svazku. Všechny typy mají systém pro uchycení barevných filtrů. Profile Spots se

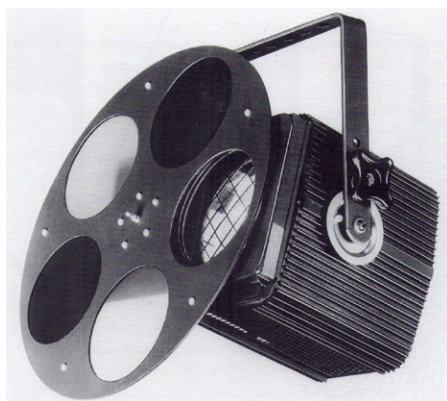
vyrábějí od 375 W (120 voltová verze) až do 2,5 KW halogenových zdrojů. Jejich použití je nejčastějších v divadlech, naopak film a televize je využívá méně.

Sledovací reflektory jsou v principu svítidla typu Profile Spots obvykle manuálně ovládané, s malým, ale vždy měnitelným vyzařovacím úhlem a ergonomickou obsluhou. Nejčastěji jsou osazována halogenovými, výbojkovými či LED světelnými zdroji. Výkonová řada halogenových žárovek je obvykle 1 000 W až 2 500 W, výbojkových 575 W až 4 000 W a výkon LED svítidel je cca 200 W až 800 W.

3.2 Stručný přehled příslušenství scénických svítidel

Pro lepší využití speciálních osvětlovacích efektů jsou scénická svítidla často vybavována zvláštním příslušenstvím. Z důvodů minimalizace počtu svítidel v případě potřeby aktuální změny barvy světla se používají různé automatické systémy výměny barevných gelových filtrů – ty jsou umístěny vždy před svítidly.

Nejjednodušším, historicky nejstarším a dnes už prakticky nepoužívaným typem je rotační výměník obvykle s pěti možnostmi instalace barevných filtrů (obr. 104).



Obr. 104: Rotační výměník barevných filtrů

Dalším vývojovým stupněm měniče barevných filtrů byly posuvné zásobníky (v angličtině nazývané Colour Scroller). Mají podstatně větší kapacitu barevných filtrů, časová změna na kteroukoli barvu není obvykle delší než několik vteřin. Principem je pás barevných fólií navinutých na jádro cívky, která je obvykle poháněna krokovým motorem, přes řídicí elektroniku spojenou se světelným

pultem. Motor je schopen posouvat pás s filtry směrem dopředu i dozadu podle požadavku na danou barvu světla. Poslední vývoj těchto měničů přinesl použití subtraktivního míchání barev (CMY). Klasický barevný měnič je na obr. 105 a se systémem CMY pak na obr. 106.

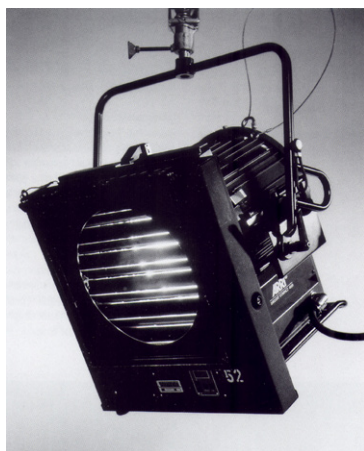


Obr. 105: Posuvný barevný měnič



Obr. 106: Barevný měnič se systémem CMY

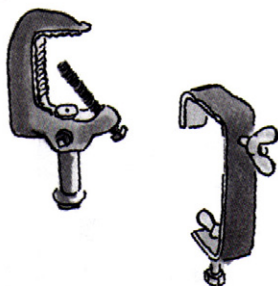
Pro svítidla vybavená výbojkovými světelnými zdroji, která jsou elektronicky obtížně stmívatelná, musíme realizovat plynulé snižování emitovaného světla obvykle mechanickými stmívači, někdy na principu otočných žaluzií nebo irisových clon instalovaných před svítidlem (obr. 107).



Obr. 107: Mechanický stmívač na principu otočných žaluzií instalovaný na výbojkovém svítidle (ARRI)

Samostatnou kapitolou příslušenství scénických světel jsou mechanické elementy pro jejich uchycení. Každé světlo použité pro realizaci scénického osvětlování musí být flexibilně uchyceno tak, aby osvětlovač mohl jednoduše nastavit světlo do požadovaného směru, osadit ho filtrem nebo klapkami a v případě výpadku světelného zdroje ho snadno vyměnit. Scénická světla jsou vždy vybavena držákem, který umožňuje jejich náklonný pohyb, a obvykle jsou centrálním šroubem fixována k pevné části jejich uchycení na konstrukci. V případě fixace světla na trubky se používá standardizovaný světový průměr 48 mm. Závěsné háky jsou fixovány šroubem na světlo a dalším pak na mechanickou uchycovací konstrukci.

Různé typy závěsných háků jsou na obr. 108.



Obr. 108: Závěsné háky světel

Pro realizaci bočních osvětlovacích ramp nebo osvětlovacích baterií se obvykle používají ocelové nosné konstrukce, tzv. ramínka, na kterých jsou světla fixována pomocí závěsných háků nebo šroubovým spojením.

Poznámka: Nikdy nesmíme zapomenout, že podle celosvětových předpisů je nutno každé scénické světlo jistit před pádem ještě bezpečnostním lankem s karabinkou uchyceným na zavěšovací konstrukci světel.

3.3 Stmívače a řídicí systémy pro scénické osvětlovací systémy

V moderní divadelní, filmové a televizní praxi se při návrhu scénického osvětlování neobejdeme bez řízení intenzity každého osvětlovacího systému a případně jeho dalších funkcí, a proto jsou systémy ovládání scénického osvětlení

neodmyslitelnou součástí každé divadelní scény nebo filmového a televizního studia. Pro hlubší porozumění problematice výkonových a řídicích členů scénických osvětlovacích systémů uvádím přehled základních vlastností a vztahů mezi elektrickým napětím, proudem, odporem a výkonem.

Nejdříve si dovoluji zopakovat některé elektrotechnické zákony a vztahy nutné k pochopení problematiky řízení světla.

Základní používané jednotky a vztahy mezi elektrickým napětím a proudem jsou dány tzv. Ohmovým zákonem, který pro ohmickou zátěž zapojenou v elektrickém obvodu definuje následující vztah:

$$I = U/R \quad [A, V, \Omega],$$

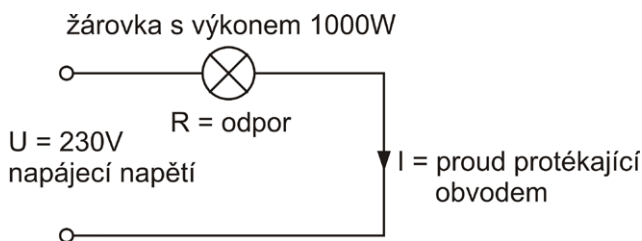
kde I je proud protékající obvodem měřený v ampérech,
 U je připojené napětí ve voltech,
 R je odpor v ohmech.

Následně pak platí vztah, že elektrický výkon je součinem připojeného napětí a proudu procházejícího elektrickým obvodem:

$$P = U \times I \quad [W, V, A],$$

kde P je výkon udávaný ve wattech.

Dovoluji si předložit jednoduchý příklad pro výpočet výkonu, odporu a protékajícího proudu el. obvodu. Do elektrického obvodu 230 V máme připojenou žárovku o výkonu 1 000 W. Chceme zjistit její odpor a následně protékající proud (obr. 109).



Obr. 109: Jednoduchý elektrický obvod

Podle Ohmova zákona vypočteme protékající proud obvodu:

$$P = U \times I$$

$$1000 = 230 \times I$$

$$I = 1000/230 = 4,34 \text{ A}$$

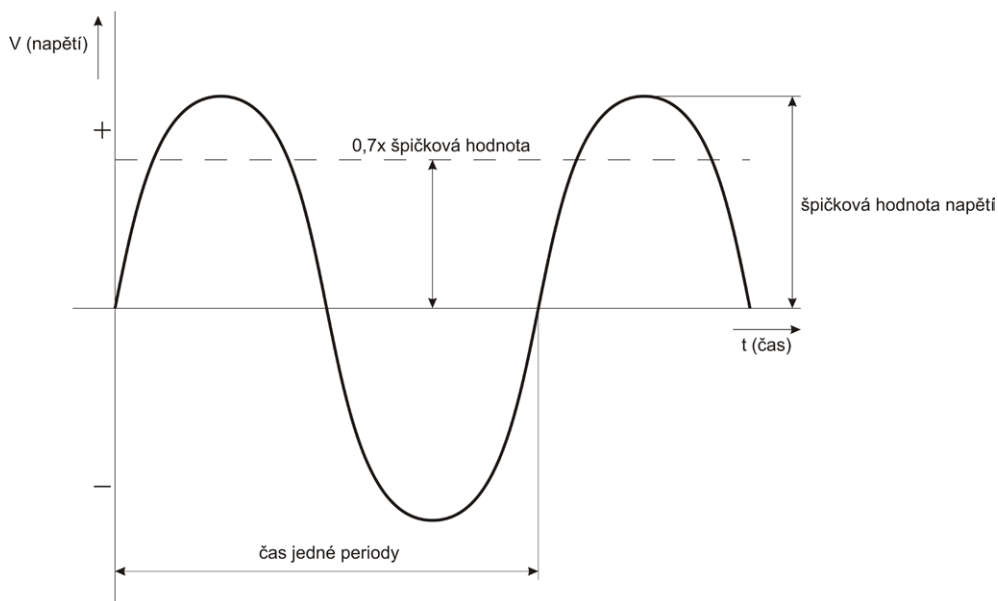
a následně vypočteme odpor žárovky:

$$R = U/I = 230/4,34 = 53 \text{ } \Omega$$

Na základě těchto výpočtů prokážeme, že připojíme-li 1 000 W světelný zdroj na elektrické napětí 230 V, bude obvodem protékat proud 4,34 A a odpor použité žárovky je 53 Ω .

Ohmův zákon, který platí pro tzv. stejnosměrný proud, je beze zbytku aplikovatelný i na proud střídavý, který je běžně používán v divadlech, průmyslu i domácnostech.

Principem střídavého napětí je periodická změna jeho velikosti a polarity probíhající sinusově v čase. Průběh střídavého napětí v čase lze zobrazit následovně (obr. 110).



Obr. 110: Definice střídavého napětí

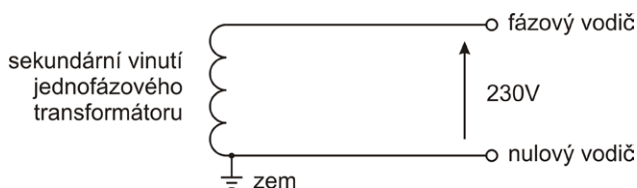
V české rozvodné síti jsou následující elektrické parametry:

- Špičková hodnota napětí $U_{\text{ŠP}} = 328 \text{ V}$
- $0,7 \times U_{\text{ŠP}} = \text{efektivní hodnota} = 230 \text{ V}$
- čas jedné periody je $1/50 \text{ sec}$, to znamená, že frekvence v síti je 50 cyklů/sec (Hz).

Pro naše výpočty je důležitá tzv. efektivní hodnota sinusového střídavého napětí. Výpočtem bylo prokázáno, že je to napětí, které má stejný tepelný efekt jako stejnosměrné napětí totožné hodnoty.

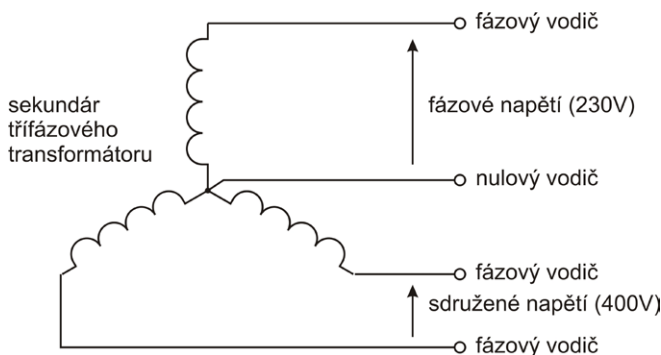
Platí tedy zásadní princip: připojíme-li do elektrického obvodu (obr. 109) napětí stejnosměrné o velikosti 230 V nebo střídavé s efektivní hodnotou 230 V, bude proud protékající obvodem i výkon zdroje totožný.

Průmyslové rozvody střídavého napětí jsou standardizovány prakticky po celém světě. Používá se buď rozvod jednofázový, nebo třífázový. Princip jednofázového napájení spotřebičů ze sekundárního vinutí transformátoru je na obr. 111.



Obr. 111: Jednofázový rozvod elektrického napětí

Princip třífázového rozvodu střídavého napětí (tzv. zapojení do hvězdy) je na obr. 112. Pro českou rozvodnou síť jsou vyobrazená napětí: fázové 230 V a sdružené 400 V.



Obr. 112: Systém třífázového rozvodu elektrického napětí

Do průmyslových objektů, divadel i studií je vždy přiveden třífázový rozvod, který je posléze do spotřebičů distribuován obvykle jednofázově. Napájecí napětí osvětlovacích systémů je tedy jednofázové 230 V~. Pro velké výkony svítidel osazených výbojkovými zdroji se používá i třífázový rozvod přivedený do elektroniky svítidla, kde je přetransformován na jednofázový a ten je přímo spojen se světelným zdrojem. Elektrické spotřebiče (svítidla nevyjímaje) musí být připojeny na hlavní elektrické rozvody přes systémy, které je při zvýšeném proudu protékajícím jejich obvodem automaticky odpojí. Historicky se používaly a používají tzv. elektrické tavné pojistky. Je to v principu tenký elektrický vodič zařazený do obvodu spotřebiče, který se při zvětšení proudu nad povolenou mez přepálí, a tím obvod přeruší.

V moderní praxi jsou pojistky nahrazovány mechanicko-elektrickými systémy, tzv. jističi, rovněž přerušujícími elektrický obvod při zvýšeném protékajícím proudu. Typizovaná česká řada jističů je 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A a 100 A. V případě nutného odjišťování specifických spotřebičů se hodnota jističe vždy navrhuje přesně podle jeho jmenovitého proudu.

Nejnovější elektrotechnické normy vyžadují zařazení dalšího pojistného systému do elektrického obvodu (nazývaného „proudový chránič“).

Chránič reálně zajišťuje ochranu člověka před elektrickým úrazem, neboť na rozdíl od jističů detekuje diferenci proudu protékajícího do spotřebiče a proudu procházejícího nulovým vodičem. Při rozdílu hodnot těchto proudů větším než 30 mA (0,03 A) dojde k odpojení celého systému od rozvodné sítě. Princip ochrany člověka spočívá v tom, že jistá difference proudu protékajícího elektrickým obvodem způsobí následné uzavření další proudové smyčky přes zemní spojení, které může být realizováno tělem člověka dotýkajícího se fázového vodiče. Velikost proudu 30 mA je bezpečná hodnota, která obvykle nepoškodí funkci srdečního svalu zdravého člověka.

Po stručném shrnutí základů elektrického proudu a napětí pokračuji další částí této kapitoly – *stmívače a řídicí systémy scénického osvětlování*.

Nejdůležitějším principem řízení scénického osvětlení je centralizace všech ovládacích funkcí svítidel do místa osvětlovače, který je obvykle v kabině situované tak, aby bylo možno opticky kontrolovat dění na scéně a i stav viditelných osvětlovacích systémů. Dnešní elektronické řízení osvětlovacích systémů je vždy

diversifikováno na řídicí část (osvětlovací pult) a výkonové jednotky (stmívače). Osvětlovací pult je se stmívači spojen buď komunikačním protokolem nazvaným DMX512, nebo ethernetovou komunikací diferentní od jednotlivých výrobců. Pro divadelní (a nejen je) potřeby se vyrábí řada osvětlovacích pultů, od nejjednodušších s přímým řízením stmívačů pomocí posuvných odporů a stále ještě používaných hlavně pro ovládání světel v hledištích a foyerech až po vysoce sofistikované paměťové pulty s možností řídit až tisíc nezávislých světelných obvodů. Jako příklad jednoduchého ovládacího pultu uvádím výrobek české firmy Nova Lighting typ Minor (obr. 113).



Obr. 113: Osvětlovací pult MINOR

Tento pult je určen pro řízení dvanácti nezávislých světelných okruhů a uživatel má možnost zvolit dva režimy ovládání: Preset nebo Cues.

V režimu Preset je možno manuálně pomocí tahových ovladačů předvolit 12 světelných okruhů nastavených při programování na libovolnou intenzitu osvětlení. Protože se jedná o paměťový světelný pult, je možno také zapsat do paměti jejich aktuální stav.

V režimu Cues je pod každým ovladačem uložena světelná nálada složená z dvanácti světelných okruhů nastavených při programování na libovolnou intenzitu. Při pohybu ovladačem se tedy řídí kompletní dvanáctiokruhová nálada a osvětlovací pult má možnost tyto nálady mezi sebou libovolně prolínat.

Všem ovladačům je nadřazen společný ovladač GM (Grand Master). V obou režimech je možné tlačítka pod ovladači okamžitě rozsvítit jednotlivé okruhy nebo scény na úroveň nastavenou ovladačem FM (Flash Master).

Osvětlovací pult Minor je svou jednoduchostí ovládání výborným nástrojem malých divadel, hudebních skupin, ale i semiprofesionálních televizních studií.

Střední komplexy scénických svítidel je možno ovládat řídicím pultem řady Image (Nova Lighting), obr. 114.



Obr. 114: Čtyřiadvaceti kanálový řídicí pult Image

Řada osvětlovacích pultů Image je schopna řídit buď 12, 24, 36 nebo 48 nezávislých světelných okruhů ze dvou manuálních předvoleb. Všechny typy pultů řady Image poskytují navíc 15 kroků jednoho plně programovatelného spínaného efektu. Dvě nezávislé předvolby označené *Preset 1* a *Preset 2* mohou být souhrnně stmívány tahovými ovladači *Master 1* a *Master 2*, případně spínány na maximální hodnotu tlačítky *Flash 1* a *Flash 2*. Jejich vzájemné prolínání je realizováno ovladačem označeným *Fader*. Osvětlovací pult je také vybaven funkcí *Black Out*, která okamžitě zhasne celou scénu, a dalším nezávislým tlačítkem *Strobo On* určeným pro řízení funkce stroboskopů.

Na nejvyšším stupni žebříčku osvětlovacích pultů jsou počítačově řízené systémy ovládání scénických světél. Umožňují uložení obsáhlých bloků informací o světelných efektech do harddisků, USB paměti nebo připojení k file serverům. Ovládací pult je obvykle vybaven kompletním výkonným počítačem včetně vstupní a výstupní strany, procesor generuje komunikační protokoly, zajišťuje matematické operace zadané osvětlovačem a ukládá data na paměťová média, případně je schopen tato data vytisknout. Na instalovaném monitoru lze indikovat i okamžitý stav připojených stmívačů včetně zobrazení všech zadaných operací.

Představitelem moderních počítačově řízených osvětlovacích pultů je komplet od firmy *Avolités* sestávající se z pultu *Quartz* a *Titan Mobile Fader Wing*, obr. 115.



Obr. 115: Kombinace osvětlovacího pultu Avolités Quartz, křídla Titan Mobile Fader Wing a cestovního plastového přepravního obalu

Osvětlovací pult Avolités Quartz je nový přírůstek do rodiny pultů Titan Mobile rozšířený o 12,1" dotykovou obrazovku. Je to nejmenší osvětlovací pult ve své třídě, který je díky svým malým rozměrům, vysoce kvalitním faderům a odolnému hardwarovému vybavení optimální pro cestování nebo koncertní vystoupení, případně jako back-up pro větší osvětlovací pulty.

Doplňek k osvětlovacímu pultu Quartz je tzv. křídlo – Titan Mobile Wing vybavené dvaceti programovatelnými fadery, které umožňují rychlý přístup k následným parametrům, jako je osvětlení sálu, sledovací reflektory, kouřostroje a další scénické, světelné a i mechanické prvky. Jeho výbava umožňuje rychlé, uživatelsky přívětivé a přesné programování světelných show.

Stmívače

Koncovým výkonovým členem pro řízení úrovně osvětlení inkadescentních světelných zdrojů je v současné době nejrozšířenější elektronický tyristorový stmívač nazývaný dimmer.

Po éře analogově řízených stmívačů, která začala v šedesátých letech minulého století, přišla doba stmívačů digitálních. Digitální stmívače splňují nejvyšší nároky na přesné řízení úrovně osvětlení, jednoduchou komunikaci s osvětlovacím pultem a zároveň možnost monitorování jejich stavu, případně zobrazení stavu připojených osvětlovacích systémů. Výkonový člen stmívače je polovodičový prvek nazvaný tyristor, který je schopen v závislosti na řídicím pulzu v jistém čase snížit radikálně svůj odpor. Tyristor je zařazen do obvodu spolu se světelným zdrojem svítidla. Princip regulace výkonu světelného zdroje pomocí výkonového prvku – tyristoru je na obr. 116.



Obr. 116: Princip regulace výkonu světelného zdroje pomocí výkonového prvku – tyristoru

Příklad digitálního stmívače nové generace je typ Sensor 3 od firmy ETC instalovatelného do 19" kazety je na obr. 117.



Obr. 117: Stmívač ETC – Sensor 3

Mechanická koncepce stmívačů je v dnešní době diversifikovaná do dvou odlišných skupin:

- a) Stacionární divadelní instalace osazují stmívače do rozvaděčových skříní obvykle po 8 až 12 stmívačích v jedné 19" kazetě. Celkový počet stmívačů v rozvaděči je 24, 36, 48 případně až 144. Procesorová řídicí jednotka je umístěna ve spodní nebo horní části skříně. Jištění stmívačů je na jejich čelním panelu a připojovací kabelové pole se nachází v prostoru skříně. Větrací a chladicí ventilátory jsou obvykle nad řídicí jednotkou. Pohled na otevřenou stmívačovou skříň osazenou 48 ks dvojitých stmívačů je na obr. 118. Pohled zezadu na propojovací pole stmívačové rozvaděčové skříně (Transtechnik) je na obr. 119.



Obr. 118: Stabilní rozvaděčová skříň se 96 ks stmívačů à 2,5 KW (Transtechnik)

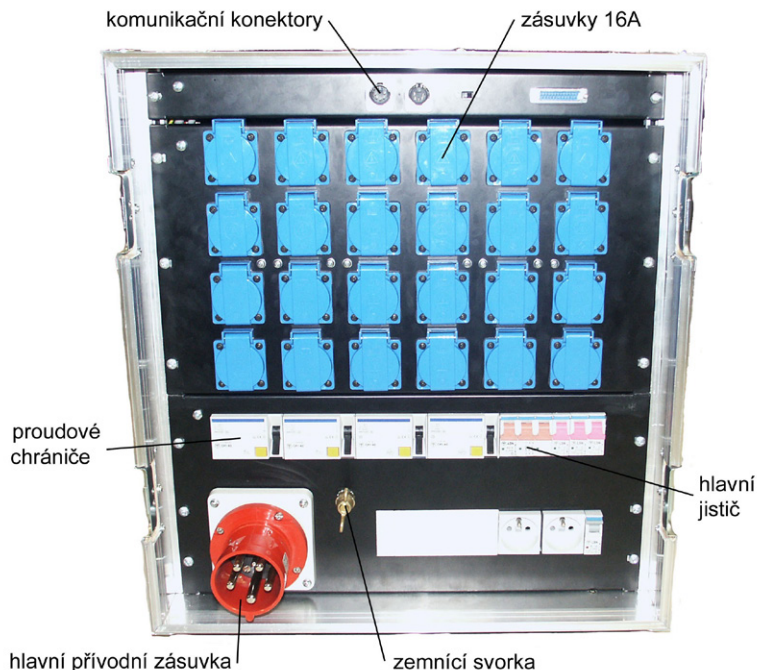


Obr. 119: Pohled zezadu na propojovací pole stmívačové rozvaděčové skřín (Transtechnik)

- b) Nejmodernějším způsobem instalace stmívačů je použití mobilních stmívačových jednotek nazývaných „flightcase“. Stmívače jsou instalovány do kazet podobně jako ve stacionárních skříních, ale kazety se montují do malých přenosných transportních jednotek spolu s řídicím procesorem, odjištěním a připojením. Přenosná skříň se připojí na hlavní elektrický rozvod kabelem a pomocí zásuvek nebo příslušnými konektory umístěných obvykle na zadní stěně skříně je možno individuálně zapojovat osvětlovací systémy. Pohled na flightcase zepředu a zezadu je na obr. 120 a 121.



Obr. 120: Pohled na přenosnou stmívačovou skříň zepředu (Artechnic)



Obr. 121: Pohled na zadní stěnu přenosné stmívačové skříně (Artechnic)

Původně byly přenosné skříně navrhovány pouze pro koncerty hudebních skupin, ale v současné době se touto technikou začínají vybavovat nejen televizní a filmová studia, ale i divadelní scény. Konfigurace malých přenosných stmívačových skříní totiž umožňuje vyšší flexibilitu při realizaci osvětlení divadelní scény, případně i rychlou možnost půdorysné změny filmového nebo televizního studia.

Principiální difference mezi svítidly osazenými klasickými světelnými zdroji a svítidly s LED spočívá nejen ve vysoké účinnosti osvětlovacího systému, ale i v systému jejich řízení. *Svítidla LED principiálně nepotřebují žádné odděleně umístěné výkonové stmívače*, vlastní proces ovládání intenzity světla je vždy umístěn ve svítidle. Napájení svítidla je 230 V~ a světlo je připojeno přímo na ovládací protokol generovaný světelným pultem. Tato konfigurace výrazným způsobem minimalizuje nároky na prostor (není potřeba stmívačových skříní) a zjednodušuje výkonovou kabeláž. Každé svítidlo má možnost naprogramování své adresy, která se uloží do paměti osvětlovacího pultu, nebo PC software umožňující individuální ovládání každého svítidla, včetně společného ovládání více naprogramovaných svítidel a vytváření tzv. světelných nálad.

SUMARIZACE

Pro řízení divadelního, filmového a televizního osvětlení používáme osvětlovací pulty různých velikostí a vybavení. Výkonové členy – stmívače (dimmers) jsou přímo spojeny s osvětlovacími prvky. Pro řízení se obvykle používají výkonové polovodičové regulační prvky nazývané tyristory, nebo také případně i triaky. Montáž stmívačů je buď do stabilních rozvaděčových skříní, nebo do přenosných s názvem „flightcase“. Digitální stmívače se obvykle vyrábějí s výkony 100 W až 10 KW. Svítidla osazená polovodičovými zdroji světla (LED) nepoužívají výkonové stmívače, protože řízení úrovně osvětlení je vždy instalováno do vlastního svítidla, a jsou přímo řízena komunikačním protokolem z osvětlovacího pultu nebo PC. Stejně jsou ovládány osvětlovací systémy typu Moving heads nebo Scanner s výbojovými nebo LED světelnými zdroji.

3.4 Rozdělení svítidel používaných v architektonické praxi

3.4.1 Klasická architektonická svítidla

3.4.2 Moderní svítidla osazená světelnými zdroji LED

3.4.3 Rozdělení podle tvaru a charakteru vyzařovaného světelného svazku

3.4.4 Rozdělení podle typu, velikosti a životnosti světelných zdrojů

3.4.4 Rozdělení podle prostředí, ve kterém jsou světla instalována

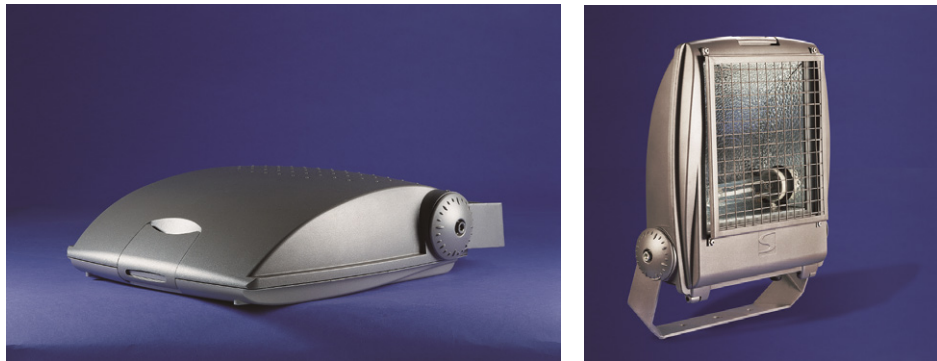
3.4.1 Klasická architektonická svítidla

Klasická řada architektonických svítidel se v různých variantách používá už od začátku minulého století. Zásadní změny dané technickým vývojem se průběžně uplatňovaly na vyráběných svítlidlech, zahrnovaly v sobě zvýšení účinnosti, zlepšení jejich těsnosti, zvyšování počtu typů reflektorů a snižování váhy svítidel. Použitím moderních elektrických komponentů a nových typů světelných zdrojů se ekonomická životnost architektonických svítidel výrazně prodloužila.

Klasická řada svítidel je obvykle osazená pouze světelným zdrojem, odraznou plochou (reflektorem) a případně speciálně tvarovaným krycím sklem svítidla nazvaným refraktor, který vycházející světelné paprsky pomáhá usměrňovat do požadovaného směru. Změna vyzařovaného úhlu světelných paprsků se u této řady svítidel realizuje vždy výměnou odrazného systému (reflektoru), případně

posunem světelného zdroje vůči reflektoru, v některých případech i změnou tvaru krycího skla (refraktoru).

Typickým představitelem klasických architektonických osvětlovacích systémů je řada svítidel firmy Schröder typu NEOS (obr. 122).



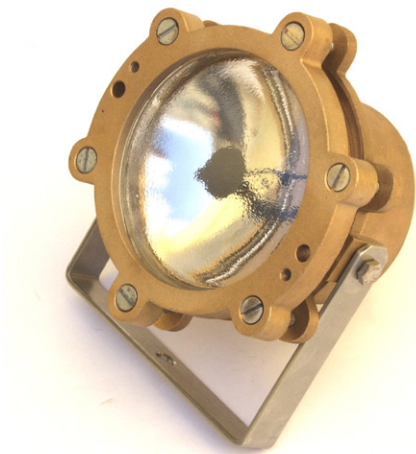
Obr. 122: Architektonická svítidla řady NEOS (Schröder)

Podskupinou klasických osvětlovacích systémů jsou *speciální osvětlovací systémy*.

Svítidla pro speciální použití musí splňovat některé zvláštní požadavky. Například pro nasvětlování bazénů, vodních ploch, případně vodních fontán byly vyvinuty osvětlovací systémy umožňující trvalý provoz pod vodní hladinou. Stupeň krytí těchto světel musí být (viz následující stať) vždy IP68. Tato svítidla mohou obvykle pracovat v hloubce až 3 m vodního sloupce. Z bezpečnostních důvodů a možnosti úrazu elektrickým proudem jsou obvykle napájena bezpečným nízkým napětím 12 V. Pro tato svítidla trvale svítící pod vodní hladinou byly vyvinuty halogenové zdroje s vysokou intenzitou a různými vyzařovacími úhly odvozené od zdrojů typu PAR. Podvodní svítidla, která jsou často atakovaná agresivní vodou (např. rozpuštěný chlor atd.), musí být vždy vyrobena z vysoce kvalitních materiálů. Tělo svítidla bývá odlito z bronzu nebo z nerezové slitiny. Spojovací materiál a uchycovací elementy jsou obvykle z nerezové slitiny. Bronzové podvodní svítidlo ART005 se světelným zdrojem typu PAR 36 je na obr. 123.

Se vzrůstajícím výkonem a zlepšující se účinností LED diod se podvodní svítidla osazují téměř výhradně těmito zdroji. Výhodou je prakticky neomezená životnost (50 000 až 100 000 hodin), možnost realizovat aditivní mísení barev bez

použití filtrů systémem RGB a samozřejmě i nízká spotřeba elektrického proudu. Nevýhodou je dnešní vyšší cena vysokointenzivních svítících diod (LED). Podvodní svítidlo ART 005 osazené svítícími diodami s možností dynamického aditivního mísení barev systémem RGB a elektronikou uvnitř svítidla je na obr. 124.



Obr. 123: Podvodní svítidlo se zdrojem PAR 36 12V / 50W (Artechnic)

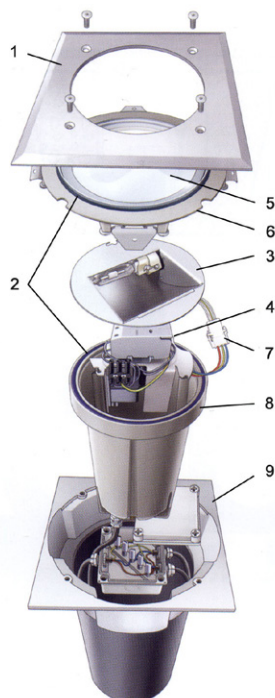


Obr. 124: Podvodní svítidlo ART 005 osazené svítivými diodami LED (Artechnic)

Dalšími typy speciálních architektonických svítidel jsou svítidla nazývaná pozemní. Jsou obvykle zabudována v úrovni země do chodníků, trávníků nebo cestiček, ale vždy v těsné blízkosti osvětlovaných objektů. Směr jejich osvětlování je obvykle vertikální, směrem nahoru. Jsou ideálním doplňkem plošného osvětlení budov, protože obvykle zdůrazňují detaily fasád, soch a architektonických objektů, které plošným nasvícením často zanikají. Protože svým umístěním mohou být atakovány nejen povětrnostními vlivy (déšť, sníh), ale i vandalismem, jejich konstrukce obvykle bývá z odolné hliníkové slitiny, krycí sklo je bezpečnostní – silné a kalené. Límec svítidla je většinou z nerezové oceli. Obrázek svítidla středního výkonu výrobce Schröder – Belgie typ Terra Midi je na obr. 125.

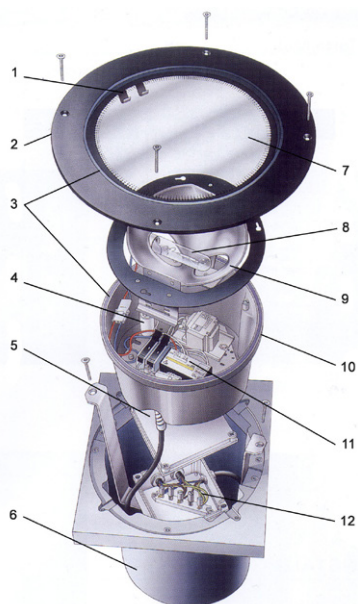
Na obr. 126 je třídimenzionální pohled na výkonnější pozemní svítidlo Terra Maxi.

Svítidla Terra Midi a Terra Maxi osazené výbojkovými světelnými zdroji jsou v současné době nahrazeny světelnými zdroji LED s výrazně lepšími světelnými technickými parametry a podstatně delší životností.



1. krycí plech z nerezové oceli
2. dvojité těsnění proti vodě a prachu
3. reflektor svítidla
4. demontovatelná deska elektroniky
5. ochranné kalené krycí sklo tloušťky 19 mm
6. hliníkový držák skla
7. konektor pro spojení reflektoru s elektronikou svítidla
8. hliníkové těleso svítidla
9. instalační kit – polykarbonátový obal včetně připojovacího konektoru

Obr. 125: Třídízenzionální pohled na pozemní svítidlo Terra Midi (Schréder, Belgie)



1. přístup k světelnému zdroji pomocí čtyř úchytů
2. hliníkový rám světla
3. dvojité těsnění svítidla zaručující vysokou těsnost
4. optická část svítidla připojení konektorem
5. přívodní kabel
6. instalační kit svítidla pro usnadnění montáže
7. 19 mm tvrzené sklo odolné proti poškození
8. světelný zdroj
9. reflektor svítidla
10. hliníkové těleso svítidla
11. vyjímatelná deska elektroniky
12. uzemňovací svorky

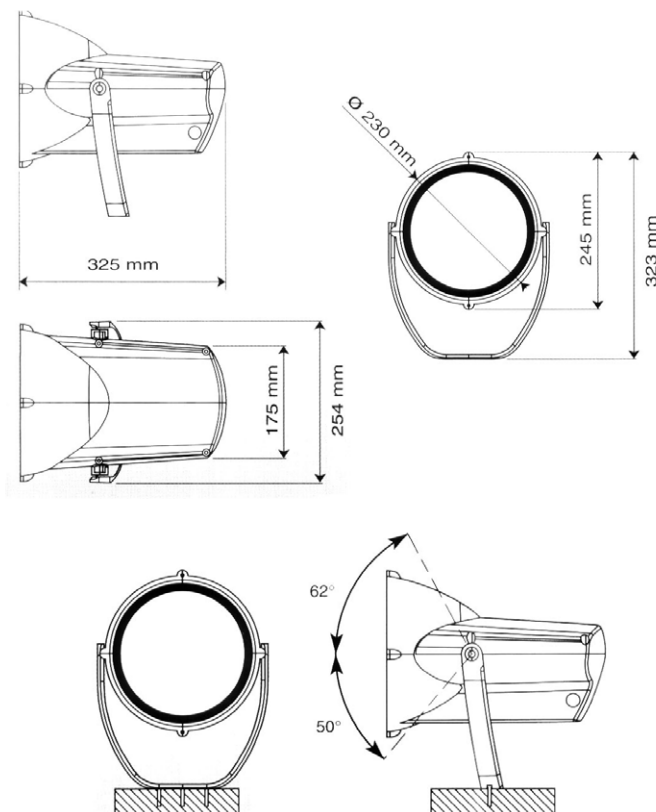
Obr. 126: Třídízenzionální pohled na svítidlo Terra Maxi (Schréder, Belgie)

Dalším speciálním bodovým svítidlem je typ FOCAL (Schröder, Belgie).

Svítidlo Focal je možno osadit třemi diferentními reflektory:

- typ 1576 (very narrow spot) s vyzařovacím úhlem $2 \times 2,5^\circ$
- typ 1691 (narrow spot) s vyzařovacím úhlem $2 \times 4,5^\circ$
- typ 1641 (medium flood) s vyzařovacím úhlem $2 \times 40^\circ$.

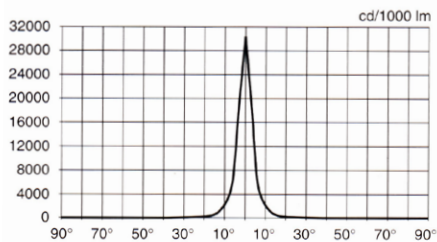
Svítidlo je vyrobeno z tlakově odlitého hliníku, těsnění optické části je pomocí silikonového tmelu. Na nosnou konstrukci je svítidlo fixováno pomocí otočného třmenu. Hlavní rozměry svítidla typu Focal jsou na obr. 127.



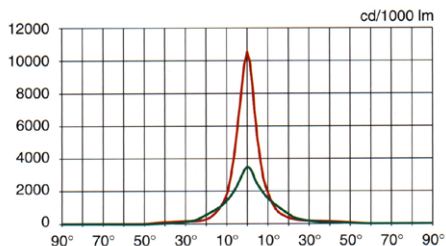
Obr. 127: Základní rozměry svítidla Focal

S použitím diferentních reflektorů a následným posunem světelného zdroje je tedy možno plynule měnit vyzařovací úhel od $2,5^\circ$ až do 40° .

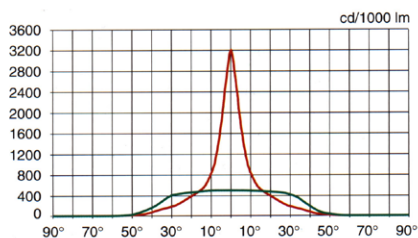
Vyzařovací charakteristiky pro reflektory svítidla FOCAL jsou na obr. 127a.



Reflektor typu 1576 – úzká vyzařovací charakteristika $2 \times 2,5^\circ$ bez možnosti její změny



Reflektor typu 1691 – s možností změny vyzařovací charakteristiky od $2 \times 4,5^\circ$ do $2 \times 7,5^\circ$



Reflektor typu 1641 s možností změny vyzařovací charakteristiky od $2 \times 9^\circ$ do $2 \times 40^\circ$

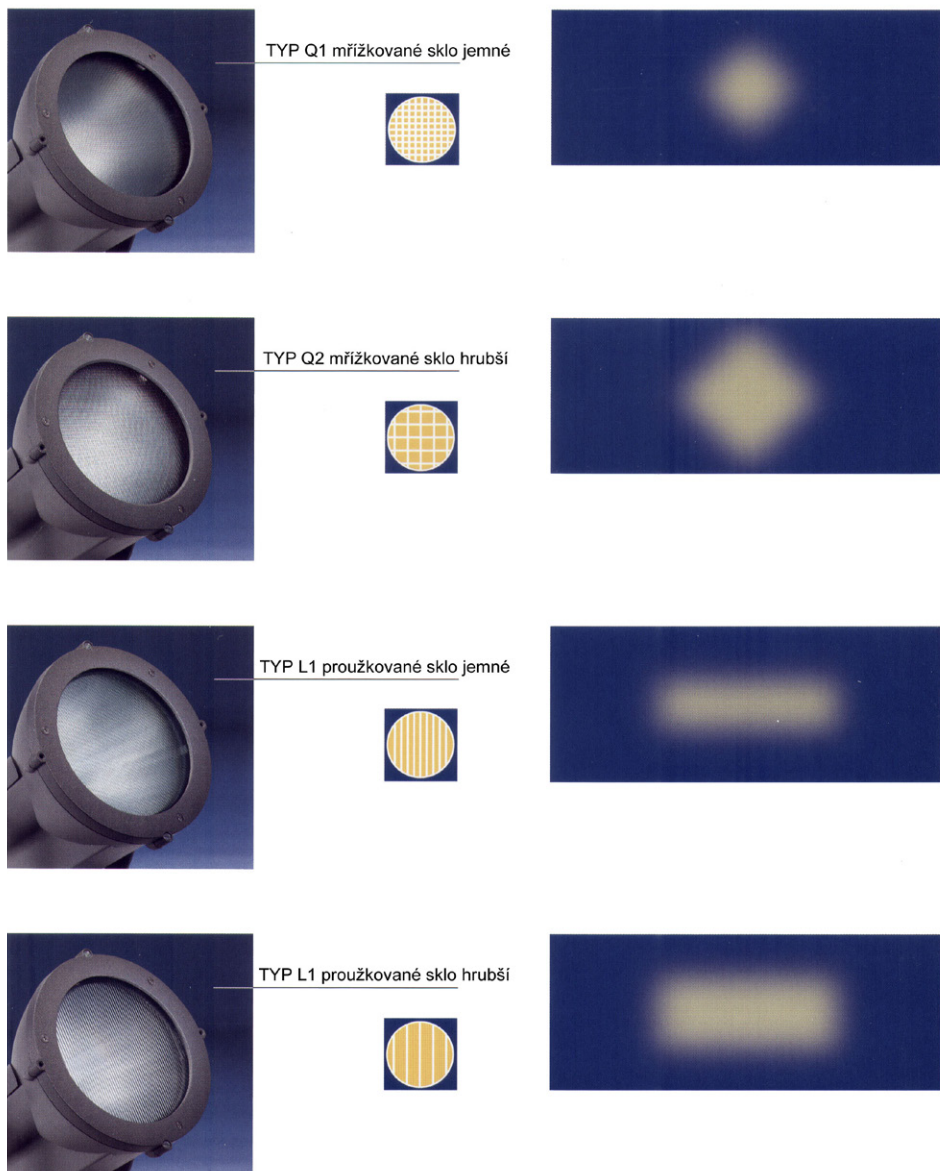
Obr. 127a: Vyzařovací charakteristiky svítidla FOCAL.

Princip posunu světelného zdroje ve svítidle FOCAL je na obr. 127b.



Obr. 127b: FOCAL – mechanický posun světelného zdroje svítidla FOCAL (Schröder, Belgie)

Tím se toto svítidlo stává univerzálním nástrojem pro světelného návrháře. Ke svítidlu Focal jsou dodávány sady optických nástavců, které umožňují přesně tvarovat paprsky podle individuálních potřeb. Sady příslušenství včetně dichroických barevných filtrů jsou na obr. 128 a 129.



Obr. 128: Svítidlo Focal s použitím optických nástavců (Schröder, Belgie)

Nejnovější variantou tohoto svítidla je typ „FOCAL LED“ s výkonem 50 W, možností změny teploty chromatičnosti a v případě varianty RGB i možností změny barvy vyzařovaného světelného svazku (obr. 129). Všechny uvedené parametry je možné dálkově měnit pomocí komunikačního protokolu DMX512, nebo protokolu DALI.



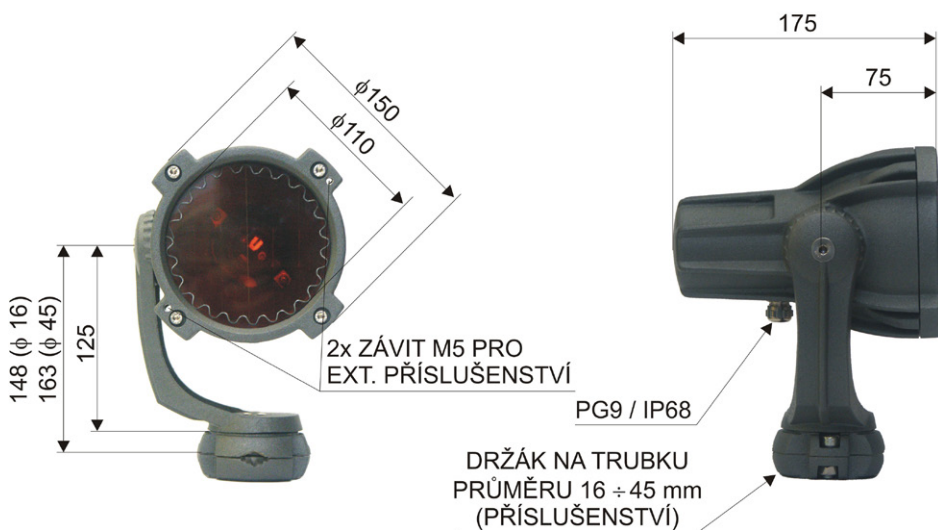
Obr. 129: Sada barevných filtrů svítidla FOCAL
a jeho nejnovější varianta vybavená světelnými zdroji LED

Použitelné zdroje pro svítidlo FOCAL jsou:

— Metal halid s keramickým hořákem (CDM-T)	70–150 W	3 000–4 000 K
— Metal halid	70–150 W	3 500–5 000 K
— Bílý sodík	50–100 W	2 200 K
— Vysokotlaký sodík	50–70 W	2 000 K
— LED monochromatické	60 W	2 800–5 000 K
— LED barevné	50 W	RGB, RGBW

Dalším reprezentantem univerzálních bodových svítidel je ART 005 české výroby.

Je to jedno z nejmenších sériově vyráběných architektonických svítidel. Používá se všude tam, kde je nutno akcentovat detail objektu a kde je minimum prostoru pro vlastní instalaci. Na obr. 130 je základní provedení svítidla včetně jeho hlavních mechanických rozměrů.



Obr. 130: ART 005 – rozměrový náčrtek (Artechnic)

Svítidlo ART 005 je možno osadit širokou škálou světelných zdrojů

- halogen 12 V 50 W HR16
- halogen 12 V 50–75 W CP111
- metal halid CDM-R PAR 30–35 a 70 W

- metal halid CDM-R PAR 20–35 W
- různé kombinace LED včetně možnosti aditivního mísení jejich barev systémem RGB.

Na obr. 131 je svítidlo ART 005 s výbojkovým zdrojem typu CDM – R 70 W.

Na obr. 132 je svítidlo ART 005 s halogenovým zdrojem 12 V 75W.

Na obr. 133 je svítidlo ART 005 osazeno svítícími diodami LED, buď bílé barvy, nebo RGBW.



Obr. 131: Svítidlo ART 005 se zdrojem CDM – R 70 W (Artechnic)

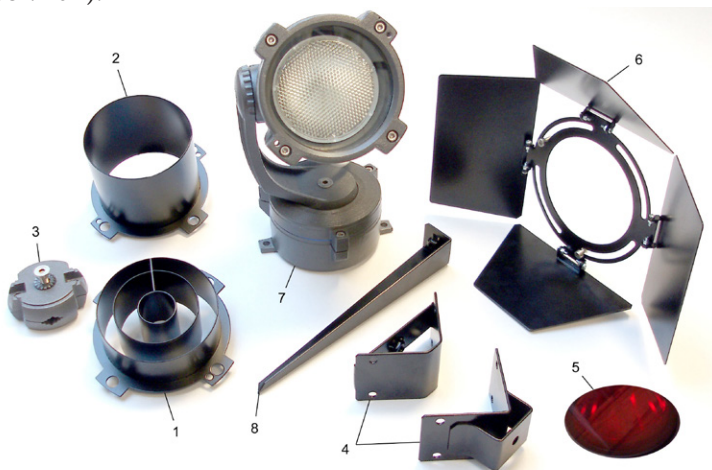


Obr. 132: Svítidlo ART 005
s halogenovým zdrojem 12 V 75W
(Artechnic)



Obr. 133: ART 005 18 LED
s výkonem 36 W a možností LED W
nebo RGBW (Artechnic)

Pro speciální požadavky se dodává k tomuto svítidlu bohatá sada příslušenství včetně barevných filtrů a elektronického předřadníku pro zdroje CDM – R 35 a 70 W (obr. 134).



Obr. 134: Příslušenství svítidla ART 005 (Artechnic)

1. kruhová protioslňující clona, 2. trubkový nástavec, 3. držák svítidla na trubku,
4. držák svítidla na roh vnitřní a vnější, 5. barevný filtr, 6. sada omezujících klapek
7. elektronický předřadník v aluminiovém pouzdře, 8. bodec na zapíchnutí do trávy

Svítidlo ART 005 je použitelné nejen na zdůraznění detailů architektury, ale je možno je aplikovat na dramatické osvětlení i relativně velkého architektonického objektu (obr. 135), kde bylo použito 115 kusů ART005, zdroje 35 W CDM-R.



Obr. 135: Ministerstvo zahraničí – Černínský palác, Praha

Univerzální řada plošných a bodových venkovních architektonických svítidel pokrývajících prakticky všechny výkonové stupně světelných zdrojů s možnou instalací výměnných reflektorů a skleněných optických předsádek byla nazvána Neos (Schröder, Belgie). Svítidla od nejmenších výkonů (Neos 1) přes střední (Neos 2) až po maximální výkonovou řadu (Neos 3) jsou celohliníkové robustní konstrukce a jsou univerzální z hlediska uchycení na konstrukci. Mají vysoký stupeň odolnosti proti povětrnostním vlivům a případnému vandalismu. Fotografie řady svítidel Neos je na obr. 136.



Obr. 136: Fotografie klasických osvětlovacích systémů řady Neos osazených výbojkami (Schröder, Belgie)

Např. Svítidlo Neos 3 (obr. 137) je určeno k osvětlování středních a velkých objektů. Použitelné výbojkové světelné zdroje jsou:

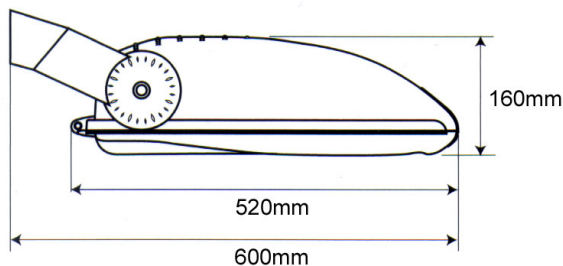
- Vysokotlaký sodík HPS 150–600 W
- Metal halid MH 250 a 400 W.



Obr. 137: Neos 3: s parabolou typu 1700: a úzkým vyzařovacím úhlem (Schröder, Belgie)

Při použití reflektoru 1700, zdroje MH 400 W je vyzařovací úhel $2 \times 4^\circ$ ($2 \times 5,5^\circ$) a maximální vyzařovaný světelný tok 7 500 cd/klm. Ke svítidlu Neos 3 je dodávána řada příslušenství včetně optických nástavců pro tvarování výstupního paprsku.

Základní rozměry svítidla Neos 3 jsou na obr. 138.



Obr. 138: Základní rozměry svítidla Neos 3

Příklad slavnostního nasvícení kostela sv. Petra a Pavla kombinací bodových (FOCAL) a plošných (NEOS) reflektorů je na obr. 139.



Obr. 139: Kostel na Vyšehradě nasvícený kombinací svítidel Neos a Focal (Černý, 2005)

3.4.2 Moderní svítidla osazená světelnými zdroji LED

V současné době se vývoj polovodičových světelných zdrojů LED dostal na takovou úroveň, která umožňuje jejich instalaci do prakticky všech typů architektonických svítidel. LED svítidla všemi svými parametry překonávají klasické světelné zdroje.

Převážná většina svítidel je osazena diskrétními LED s instalovanou optikou na každém čipu. Výměnné čočky mění tvar i kvalitu světelného svazku, a tím se tělesa svítidel stávají univerzální pro typ SPOT i FLOOD. Ve výrobních programech světových firem jsou svítidla všech výkonových kategorií od 2 W až po cca 1 000 W. Bezproblémové míchání barev systémem RGB, programovatelná změna teploty chromatičnosti, stmívání od nulové do plné hodnoty výkonu, minimální rozměry a váha jsou parametry, kterých klasická svítidla nemohou nikdy dosáhnout.

Pro informaci uvádím několik typů svítidel osazených LED pro architektonické osvětlování, včetně jejich základních parametrů.

Miniaturní svítidlo pro akcentaci detailů staveb typ ENYO (Schröder), obr. 140.

- napájecí napětí 100–240 V~
- příkon svítidla 5 W
- světelný výkon max 310 lm
- vyzařovací úhel od 12° do 40° (pomocí výměnné optiky)
- teplota chromatičnosti 3000 ÷ 5700 K
- možnost aditivního míchání barev systémem RGB



Obr. 140: Ultrakompaktní svítidlo ENYO (Schröder, Belgie)

Univerzální svítidlo pro akcentaci detailů staveb SCULP DOT (Schröder) je zobrazeno na obr. 141.

- napájecí napětí 230 V~
- příkon svítidla 35 W
- světelný výkon 2 770 lm
- vyzařovací úhel $8^{\circ} \div 72^{\circ}$ (pomocí speciální optické předsádky)
- teplota chromatičnosti 3 000–5 700 K

Univerzální pozemní svítidlo typ TERRA MIDI LED je zobrazeno na obr. 142.

- napájecí napětí 230 V~
- příkon svítidla 10 ÷ 40 W
- světelný výkon 880–4 230 lm
- vyzařovací úhel $16^{\circ} \div 76^{\circ}$ (pomocí výměnné optiky)
- teplota chromatičnosti 3 000–5 700 K



Obr. 141: Univerzální svítidlo SCULP DOT
(Schröder, Belgie)



Obr. 142: Pozemní svítidlo TERRA
MIDI LED (Schröder, Belgie)

Modernizovaná řada univerzálních svítidel typu NEOS 1 LED, NEOS 2 LED, NEOS 3 LED (Schröder) (obr. 143).

- napájecí napětí 230 V~
- příkon svítidla 20 ÷ 99 W (podle typu)
- světelný výkon 1 600–11 000 lm
- vyzařovací úhel $13^{\circ} \div 40^{\circ}$
- teplota chromatičnosti 3 000–5 700 K



Obr. 143: Svítidla typu NEOS 1–3: LED (Schröder, Belgie)

Výkonová svítidla pro osvětlování velkých objektů a ploch typu OMNIBLAST LED (Schröder) jsou vyobrazena na obr. 144.

- napájecí napětí 230 V, alt. 400 V
- příkon svítidla 325 ÷ 494 W
- světelný výkon 11 300–45 800 lm
- vyzařovací úhel 13° ÷ 40°
- teplota chromatičnosti 3 000–5 700 K
- možnost aditivního míchání barev systémem RGB
- pomocí komunikačního protokolu DMX512, nebo DALI

Příkladem kombinací LED osvětlovacích systémů OMNISTAR, NEOS 2 LED, NEOS 3 LED, TERRA MIDI LED, ILLUM WALL (Schröder), ART 005 LED a podvodních svítidel MINI FONTANA RGBW DMX 120° italské firmy TECLUMEN (s možností dynamické změny barvy osvětlení vodní fontány) je slavnostní osvětlení Národního muzea na Václavském náměstí v Praze, obr. 145.



Obr. 144: Svítidlo typu OMNIBLAST (Schröder, Belgie)



Obr. 145: Slavnostní osvětlení Národního muzea (Černý, 2018)

3.4.3 Rozdělení svítidel podle tvaru a charakteru vyzařovaného světelného svazku

- 1) Svítidla s úzkým vyzařovacím svazkem nazývané též bodové (SPOT) se většinou používají pro realizaci dramatického osvětlení částí objektů nebo soch. Jejich vyzařovací úhel je obvykle menší než 30° . Stopa je vždy kulatá a v závislosti na optice buď přesně kruhová, nebo jsou kraje stopy tzv. měkké. Na světovém trhu je velké množství typů svítidel s obvykle pevně nastavenými vyzařovacími úhly. V případě nutnosti změny úhlu je nutno buď vyměnit reflektor, nebo v případě LED je nutná výměna optické předsádky.
- 2) Svítidla s širokým vyzařovacím svazkem nazývané též FLOOD. Název je odvozen od plošného osvětlování. Stejně jako v divadelní a filmové praxi jsou plošná svítidla nejstaršími osvětlovacími systémy používanými prakticky od vzniku slavnostního architektonického osvětlení. Se svým vyzařovacím úhlem větším než $\pm 40^\circ$ jsou schopna pokrýt velké osvětlované plochy i z relativně malé vzdálenosti měkkým difusním světlem. Z důvodů minimalizace počtu osvětlovacích systémů jsou klasická plošná svítidla vybavována zdroji s výkonem až 2 000 W. Reflektory svítidel s širokým vyzařovacím úhlem jsou buď symetrické, nebo asymetrické, obvykle parabolické nebo válcové. Pro speciální požadavky, jako je nasvícení vysokých objektů z minimální vzdálenosti, byly vyvinuty tzv. asymetrické reflektory s nelineární vyzařovací charakteristikou. Tvar vyzařovací křivky je totožný s reflektory divadelními (viz. kapitola Scénická plošná svítidla). V případě použití polovodičových světelných zdrojů je tvar a úhel vyzařovaného svazku dán tvarem a konstrukčním provedením instalovaných optických členů na světelných zdrojích LED.

3.4.4 Rozdělení podle typu, velikosti a životnosti světelných zdrojů

Jedním ze základních parametrů architektonických osvětlovacích systémů je jednak energetická účinnost použitého zdroje, jednak doba, po kterou je schopen pracovat, a v neposlední řadě i jeho velikost.

Osvětlování architektonických a památkových objektů prošlo složitým vývojem od osvětlení pomocí obloukových lamp (např. Křížíkova fontána) přes žárovkové a halogenové zdroje, používané až do poloviny minulého století, až

po vysokotlaké sodíkové a halogenidové zdroje. V poslední době se začínají instalovat svítidla osazená LED. Nejnovější výzkum v oblasti světelných zdrojů poskytl architektonickému osvětlování novou řadu vysokotlakých směsných výbojek osazených keramickým hořákem. Výhodou těchto zdrojů je jejich vysoká účinnost, bílá barva světla s věrným podáním barev (CRI až 95 – viz první díl) a dlouhá životnost zdroje při časově nezměněné barvě emitovaného světla. Dalším důležitým parametrem světelných zdrojů používaných v architektonických osvětlovacích systémech je aktivní doba jejich života. Pro osvěžení paměti uvádím v následujících tabulkách životnosti a energetické účinnosti vybraných světelných zdrojů.

V tabulce č. 2 je udávána životnost nejběžnějších světelných zdrojů:

Typ světelného zdroje	Životnost (hod.)
Standardní žárovka	~ 1 000
Halogenová žárovka	~ 2 000–6 000
Sodíková vysokotlaková výbojka	~ 30 000
Metal – halidová výbojka	~ 10 000
Halogenidová výbojka s keramickým hořákem	~ 12 000
LED diody	~ 50 000–100 000

Tabulka č. 2: Životnost některých vybraných světelných zdrojů

V tabulce č. 3 je uvedena energetická účinnost jednotlivých zdrojů, která je neméně důležitým parametrem při návrhu osvětlovacích soustav:

Typ světelného zdroje	Energetická účinnost lm/w
Standardní žárovka	~ 10
Halogenová žárovka	~ 17–30
Sodíková vysokotlaká výbojka	~ 150
Metal – halidová výbojka	~ 80
Halogenidová výbojka s keramickým hořákem	~ 95
LED diody	~ max 190 (stav z roku 2020)

Tabulka č. 3: Energetická účinnost některých světelných zdrojů

Za zmínku stojí, že podle platných mezinárodních dohod je životnost světelných zdrojů udávána v hodinách a tato hodnota je dobou, po které musí ještě svítit padesát procent instalovaných zdrojů. Hodnota životnosti zdroje je významným faktorem pro optimalizaci návrhu osvětlovacích soustav, neboť např. v České republice je roční doba chodu zdrojů architektonického osvětlení cca 4 000 hodin a navrhování svítidel s dlouhoživotnostními zdroji tedy významně šetří provozní náklady. Z výše uvedených důvodů jsou žárovkové a halogenové zdroje na okraji zájmu světelných techniků a designerů nejen u nás, ale prakticky na celém světě; lze je použít pouze tam, kde není možno instalovat zdroje s podstatně delší dobou života, jako např. výbojky, zářivky a v poslední době i LED které prakticky eliminovaly použití ostatních světelných zdrojů (halogeny, zářivky a i výbojky).

3.4.5 Rozdělení svítidel podle prostředí, ve kterém jsou nainstalována

Dalším neméně důležitým kritériem všech venkovních svítidel je jejich odolnost proti vlivům vnějšího prostředí. Protože u venkovních architektonických svítidel předpokládáme životnost více než 10 let, je kritérium odolnosti svítidla důležitým faktorem při návrhu celé osvětlovací soustavy. Odolnost svítidla proti vnikání cizích těles a vody je mezinárodně definována a označena jako stupeň krytí svítidla značkou IP. Zároveň evropská norma CIE přesně definuje systém zkoušení svítidel a jejich odolnost proti vnějším vlivům. Ochrana před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích předmětů je v tabulce č. 4. V tabulce č. 5 je definován stupeň ochrany svítidel před vniknutím vody.

Z obou tabulek je jasné patrné, že pro vnitřní osvětlovací systémy (divadlo, film a televize) mohou být svítidla se stupněm krytí i IP20, zatímco pro venkovní svítidla vystavená povětrnostním vlivům musí být použit stupeň krytí min. IP65. Pro podvodní svítidla je jednoznačně požadován stupeň krytí IP68 s poznámkou, do jaké hloubky je možno svítidlo trvale ponořit. Stupeň krytí je neméně důležitý i pro ekonomickou dobu života svítidla. Čím je IP vyšší, tím je menší účinek vnějších vlivů na optickou část svítidla a tím je také menší dlouhodobý pokles účinnosti celého optického systému. Pro svítidla používaná pro osvětlení fontán, bazénů a vodních ploch (podvodní) je hodnota IP nejen kritériem dlouhodobé kvality optického systému, ale i nutnou podmínkou pro bezpečný provoz a ochranu před úrazem elektrickým proudem.

První číslice krytí	stupeň ochrany		Druh krytí s tímto stupněm ochrany chrání
	před nebezpečným dotykem	před vniknutím cizích předmětů	
0	žádná ochrana	žádná ochrana	
1	plochou částí těla (např. dlaní)		před nahodilým nebo nechtěným dotykem živých nebo pohybujících se částí plochou částí těla
		velkých	před vniknutím cizích předmětů rozměrů 52,5 mm a větších
2	prstem		před dotykem živých nebo pohybujících se částí prstem
		malých	před vniknutím cizích předmětů rozměrů 12,5 mm a větších
3	nástrojem		před dotykem živých nebo pohybujících se částí nástrojem, drátem apod., s průměrem 2,5 mm a větším
		drobných	před vniknutím cizích předmětů rozměrů 2,5 mm a větších
4	nástrojem		před dotykem živých nebo pohybujících se částí nástrojem, drátem apod., s průměrem 1 mm a větším
		velmi drobných	před vniknutím cizích předmětů rozměrů 1 mm a větších
5	jakoukoli pomůckou		úplně před dotykem živých nebo pohybujících se částí
		velmi drobných	před škodlivým vniknutím prachu, tj. prach nemůže vniknout ve větším množství na taková místa, kde by mohl způsobit zhoršení vlastností a ohrožení funkce elektrického předmětu
6	jakoukoli pomůckou		úplně před dotykem živých nebo pohybujících se částí
		prachu úplně	úplně před vniknutím prachu

Tabulka č. 4: Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů

druhá číslice	stupeň ochrany před vniknutím vody	druh krytí s tímto stupněm ochrany chrání
0	žádná ochrana	
1	sražená v kapkách (skapávající)	před škodlivým vniknutím svisle skapávající vodou
2	kapající	před škodlivým vniknutím vodních kapek do zařízení nakloněného až 15° od svislice
3	šikmo dopadající (deštěm)	před škodlivým vniknutím vody dopadající v podobě deště padajícího pod úhlem do 60° od svislice
4	stříkající	před škodlivým vniknutím vody stříkající ze všech směrů
5	tryskající	před škodlivým vniknutím (proudu) vody, tryskajícím ze všech směrů
6	při zaplavení	před vniknutím vody při zaplavení elektrických předmětů umístěných na palubě lodi
7	při ponoření	před vniknutím vody při stanoveném tlaku a času
8	při trvalém ponoření	před vniknutím vody při trvalém ponoření elektrického předmětu do vody při stanoveném tlaku

Tabulka č. 5: Stupeň ochrany před vniknutím vody

3.5 Stručný přehled příslušenství a mechanických prvků architektonických svítidel

Soubor venkovních svítidel pro osvětlování architektury by nebyl úplný bez pomocných prvků pro uchycování svítidel, ochranných a antivandalských prostředků, barevných filtrů a optických nástavců.

Venkovní svítidla jsou většinou instalována na světelné stožáry pomocí úchytých třmenů a šroubového spojení. Všechny otočné části svítidel jsou obvykle fixovány pomocí šroubů vyrobených z důvodu dlouhodobé odolnosti proti povětrnostním vlivům z nerezové oceli. Standardizace průměrů trubek pro uchycení svítidel je 48, 60, 76 mm. Pokud se použijí barevné filtry, jsou montovány obvykle

pod kaleným krycím sklem – jsou totiž málo odolné proti rychlým změnám teploty (daných blízkostí světelného zdroje) a ataku dešťových kapek na povrch. Proti vandalismu jsou venkovní osvětlovací systémy vybaveny ochrannými sítěmi a zcizení svítidel je znemožňováno použitím spojovacího materiálu vyžadujícího atypické nářadí.

Vyobrazení některého příslušenství svítidel viz obr. 134.

Efektové osvětlovací a projekční systémy používané v divadelní, filmové, televizní a architektonické praxi

4.1 Úvod

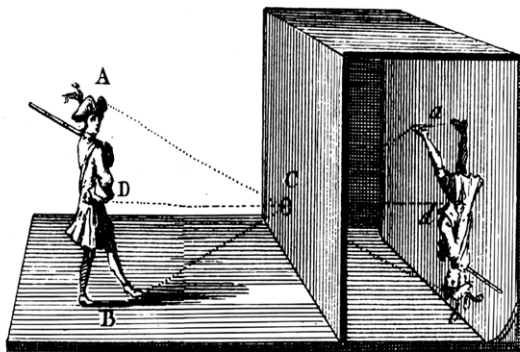
Poslední kapitola druhého dílu těchto skript vysvětluje základní principy projekčních a doplňkových efektových systémů používaných v divadelní, filmové, televizní a architektonické praxi. Projekční systémy mají nezastupitelné postavení nejen při realizacích divadelních představení, natáčení filmů a architektonickém osvětlení; projekce obvykle přímo navazují na scénické osvětlovací systémy. A z těchto důvodů jsem druhý díl těchto skript zakončil krátkým pohledem na efektové projekce jak historické, tak i nejmodernější.

Substituce reálného světa světem virtuálním je základním principem nejen divadla a filmu, ale i televize – na rozdíl od architektury, kde využití speciálních efektů, mezi které patří projekce na reálné objekty, pouze zvyšuje emocionální vjem diváka a případně realizuje uměleckou osu vyprávěného děje obvykle jednorázového představení nebo permanentních programů světlo a zvuk.

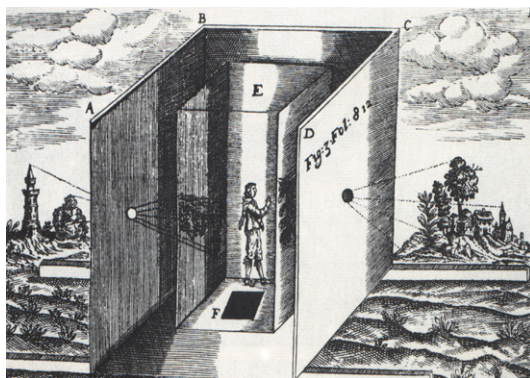
V divadelní a filmové praxi mohou v některých případech alternativní dynamické projekce nahradit nákladné dekorace či dotvořit scénografické řešení divadelní hry. V případě filmového natáčení se pomocí zadní projekce synchronizované s kamerou realizují filmové scény, jinými způsoby obtížně nasnímatelné.

4.2 Historie

První zmínky o projekcích jsou datovány začátkem 16. století, kdy došlo k promítnutí reálného světa na projekční plochu, a to prostřednictvím malého otvoru ve stěně místnosti. Promítaný obraz byl nejasný, nekонтastní a osově otočený. Fenomén této projekce byl nazván „Camera obscura“. De facto to byla v pravém slova smyslu „temná komora“, místnost, ve které se účastníci mohli i pohybovat. Jednoduchý princip „Camery obscury“ byl jako myšlenka již popsán Aristotelem a později i Platónem. První detailnější popis pochází od arabského učenice Iben Al Haitama z roku 1038 a reálný nákres je ve spisech Leonarda da Vinciho (1452–1590). Podrobný popis uveřejnil až v roce 1553 ve své knize Johann B. Porta. Princip „Camery obscury“ (viz obr. 146) a jedna z prvních realizací je od mnicha A. Kirchera (viz obr. 147).

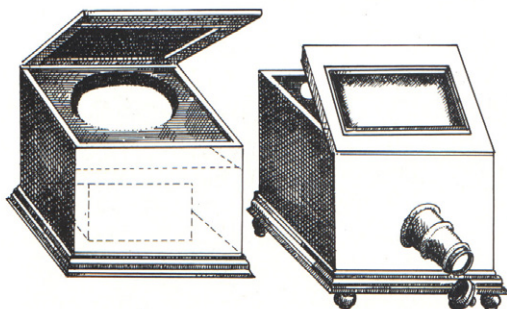


Obr. 146: Princip „Camery obscury“

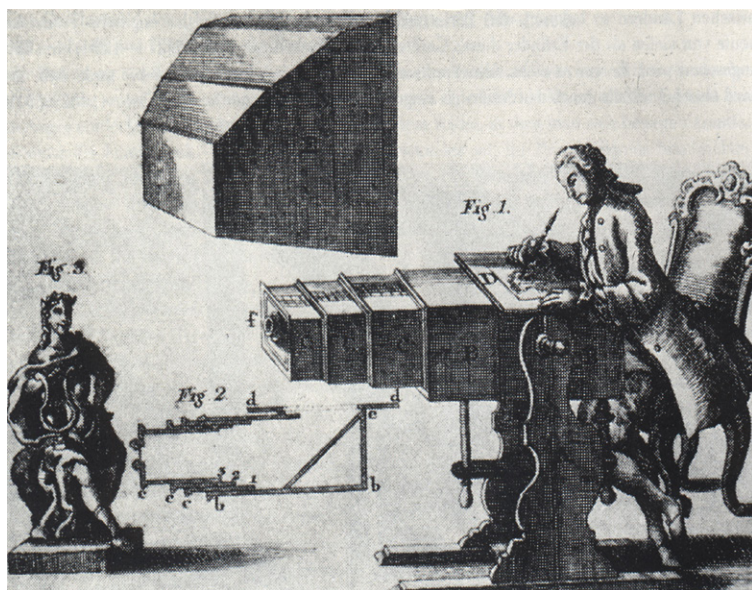


Obr. 147: Návrh řešení A. Kircher

Kvalita obrazu byla v krátké době zlepšena použitím jednoduché spojné čočky nahrazující malou díрку ve stěně místnosti. Obraz se stal ostřejší, jasnější a v okrajových částech získal více detailní kresby než při použití malého otvoru místo optického členu. Kolem roku 1665 se objevily i přenosné verze (obr. 148) se zrcadlem a později i sofistikované verze s několikanásobným výtahem (obr. 149), které byly prakticky využívány až do začátku 19. století.

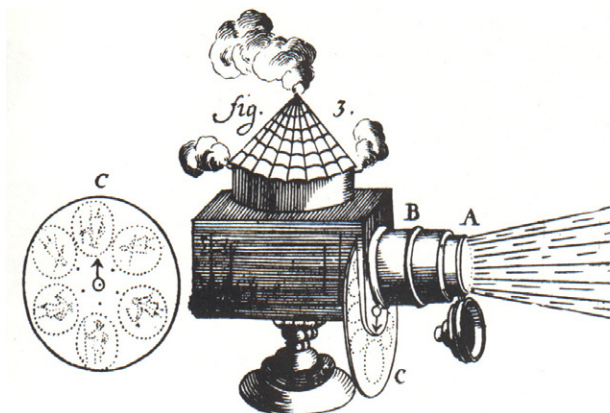


Obr. 148: Přenosná verze, Johannes Zahn, 1665



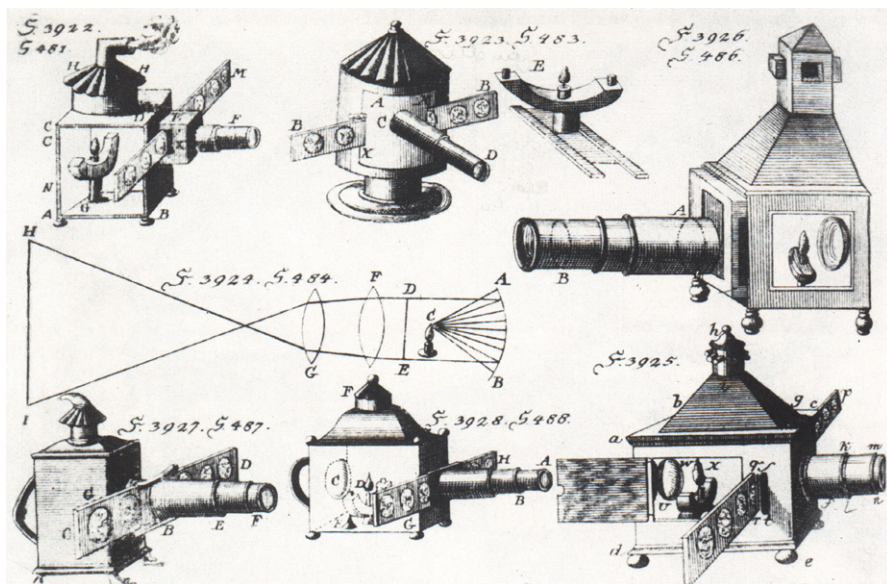
Obr. 149: Stacionární verze s výtahem od G. F. Brandnera z roku 1769

Teprve po roce 1620 (1665) byl představen přenosný diaprojektor „Laterna magica“, promítající ručně malované diapozitivy na skleněném podkladě (obr. 150).



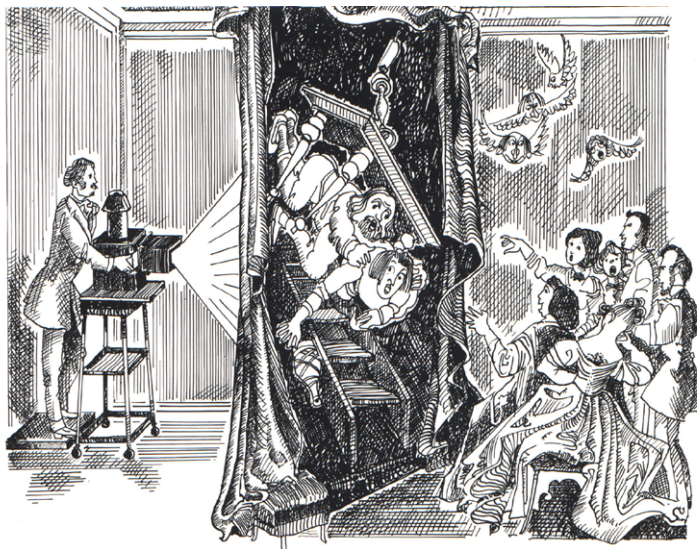
Obr. 150: Johannes Zahn 1665

První skutečně použitelný diaprojektor opatřený odrazným zrcadlem a dvěma čočkami, mezi kterými byl umístěn skleněný obrázek (slide), byl zkonstruován až v polovině 17. století. Tím začala éra přenosných diaprojektorů různých velikostí, světelných výkonů a diferentních optických členů (obr. 151).



Obr. 151: Přehled tehdejších přenosných diaprojektorů

Koncem 18. století byla pořádána první „představení“ pro veřejnost s použitím „Laterny magiky“. Promítaly se různé strašidelné kreslené diapozitivy, přičemž „Laterna magica“ byla skryta za projekční plochou, a tudíž pro diváka neviditelná. Tento způsob projekce nazýváme dnes „zadní projekci“ (obr. 152 a 153).



Obr. 152: E. C. Robertson – projekce pro veřejnost



Obr. 153: E. C. Robertson – projekce v márnici kláštera

Tyto veřejné seance – později i za hudebního doprovodu – byly vlastně předchůdci pozdější éry „němému filmu“ (přístroje viz obr. 154 a 155).

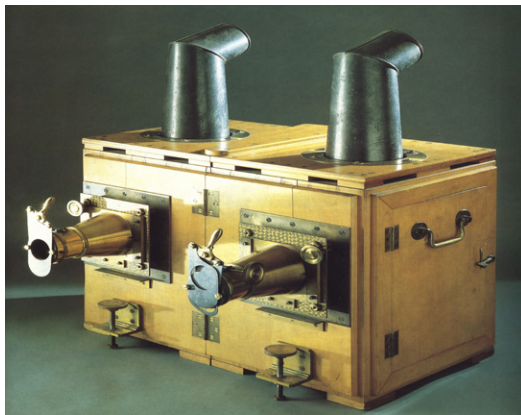


Obr. 154: Laterna magica s olejovou lampou ze začátku 19. století



Obr. 155: Laterna magica se sodnovápenným hořákem z r. 1810

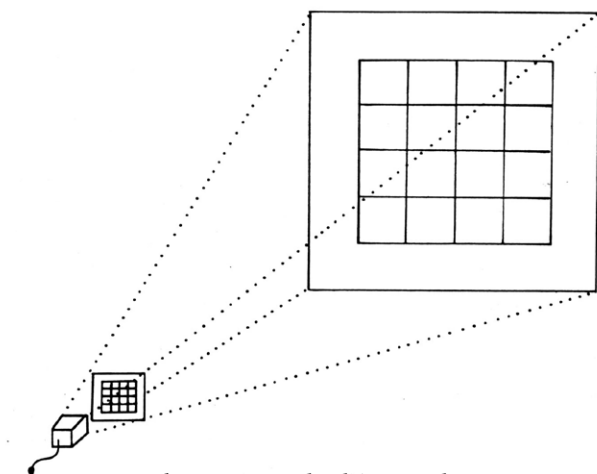
V krátké době byl vynalezen i způsob prolínání dvou promítaných obrazů (crossfading) pomocí dvou na sobě nezávislých projektorů (obr. 156), každý s možností pomalého snižování, resp. zvyšování světelného výkonu pomocí mechanicky ovládané závěrky umístěné před objektivu diaprojektorů. Chtěl bych upozornit na skutečnost, že i novodobé mechanické stmívače u výkonných projektorů osazených výbojkovými světelnými zdroji, nebo zdroji LED, využívají podobný princip.



Obr. 156: Dvojitý diaprojektor s možností vzájemného prolínání obrazu

Pro reálné divadelní využití diaprojekce bylo nutno vynalézt daleko výkonnější světelné zdroje, než byly olejové nebo petrolejové lampy. Převratný objev obloukového zdroje světla otevřel cestu k velkoplošné divadelní diaprojekci nejen na projekční plochy, ale i na relativně velké scénografické prvky.

Za zmínku stojí, že jedním z prvních divadelních projektorů byl tzv. Linnebachův projektor, který promítal obvykle abstraktní nerealistické obrazy. Projektor je vybaven pouze světelným zdrojem s co nejmenší vyzařovací plochou vlákna umístěným v matné černé krabici, před kterou je nainstalován namalovaný obraz na průhledném podkladě. Změnou vzdálenosti obrazu od projektoru měníme velikost promítaného obrazu (obr. 157).



Obr. 157: Linnebachův projektor

Nutno poznamenat, že jeho světelný zdroj a absence jakéhokoliv odrazného zrcadla neumožňovaly projekci jasných, ostrých a rozměrově velkých obrazů. Jedná se spíše o abstraktní zobrazovací medium, projekcí dotvářející scénografické prvky.

Dnes je možno tento typ projektoru celkem jednoduše realizovat pomocí bodového reflektoru (např. typu Fresnel), z něhož vyjmemе přední výstupní čočku a promítaný motiv zasuneme do držáku barevných filtrů.

Ve filmové a televizní praxi se často efektové projekce používají při trikovém natáčení, ve spojení s projekcí přes polopropustné zrcadlo, vodní hladinu nebo různě tvarované masky umístěné na kompendiu před kamerami. Efektové projekce použité pro trikové natáčení jsou nejen statické, ale i dynamické s filmovými projektory synchronizovanými se snímacími kamerami.

S bouřlivým rozvojem digitálního způsobu natáčení jsou však klasické filmové i televizní triky rychle vytlačovány vysoce sofistikovanými počítačovými programy, které dokonale realizují virtuální svět filmu a televize, zrychlují výrobní postupy a v některých případech i snižují náklady na natáčení filmů a tím se klasické diaprojektory stávají pouze historickými exponáty.

V architektuře se světelné projekce na rozdíl od filmu a televize začaly používat až v polovině minulého století obvykle při představeních nazývaných „Son et Lumière“ (světlo a zvuk) – např. program na pyramidy v egyptské Gíze nebo podobných multimediálních představeních. Pro realizaci uměleckého záměru byly instalovány vysoce výkonné diaprojektory s velkoplošnými slidy (diapozitivy) vždy mechanicky a obvykle manuálně ovládanými. S postupným vývojem nové generace vysoce výkonných světelných zdrojů a počítačového řízení posunu slidů je možno promítat i na plochách rozměrů řádově stovky metrů čtverečních. Pomocí projekcí na architektonické objekty se snažíme zvýšit emocionální zážitek diváka a v kombinaci s efektovými osvětlovacími systémy jej „vtahujeme“ do probíhajícího děje. Ale s intenzivním rozvojem výkonných videoprojektorů se i tyto statické projekce nahrazují dynamickými projekcemi nazývanými videomapping.

4.3 Základní rozdělení efektových projekcí

Základní rozdělení efektových projekcí:

- a) statické
- b) dynamické

V závislosti na umístění projekčního zařízení vůči divákovi a projekční ploše se efektové projekce dělí na:

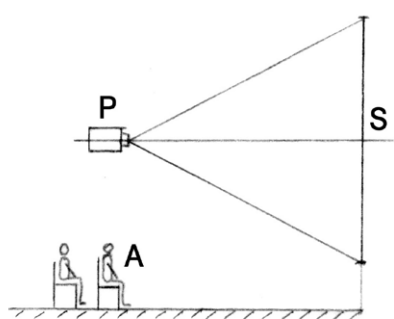
- a) projekce „přední“ (projektor ve směru pohledu diváka)
- b) projekce „zadní“ (projektor za projekční plochou proti divákovi)
- c) projekce „předožadní“ (kombinace předchozích bodů)

Statické projekce jsou realizovány převážně diaprojektory různých světelných výkonů i velikosti promítaného diapozitivu a jedná se tedy vždy o statický obraz.

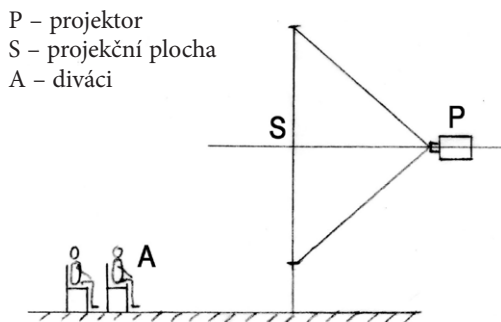
Do základních dynamických projekcí můžeme zařadit tzv. efektové projektory obvykle používající průhledné otočné (neboli animační) kotouče s natisknutými nebo laserem vypálenými motivy. V této kategorii jsou i tyto výkonné diaprojektory s posuvnými filmovými pásy, ale v současné době jsou klasické projekční systémy nahrazovány vysoce výkonnými videoprojektory.

Definice přední a zadní projekce je podle umístění projekčního zařízení a projekční plochy vůči divákovi. Při přední projekci (front projection; historicky nejstarší a nejjednodušší) je obraz realizován na projekční plochu nebo na scénografické prvky, případně na pozadí scény, ve směru pohledu diváka. Projekční systémy jsou obvykle umístěny na jevištním portále nebo na osvětlovacích lávkách, případně i v prostoru hlediště, ale vždy tak, aby nerušily pohled diváka na danou scénu (obr. 158 přední projekční systém). Pro divadelní použití je velkou nevýhodou vrhání stínu postavami pohybujícími se před plátnem na promítaný obraz.

Realizace zadní projekce (rear projection) je možná pouze s použitím speciální polopropustné projekční plochy, na které se zobrazí promítaný obraz (obr. 159 zadní projekční systém).



Obr. 158: Schéma přední projekce



Obr. 159: Schéma zadní projekce

Projektor je umístěn za projekční plochou obvykle v zadní části jeviště, alternativně na zadních osvětlovacích lávkách, případně na bočních výkrytech jeviště.

Zadní projekce má některé nezastupitelné výhody proti přední, jako např. absenci viditelných paprsků projekce, zvýšení kontrastu promítaného obrazu, případně optimálnější umístění projekčního zařízení. Jednou z nevýhod je nutnost použití speciální projekční plochy, u které se může její nedostatečná kvalita nebo velmi krátké ohnisko objektivu projevit viditelnou skvrnou v místě projekce výstupní čočky objektivu na projekční plochu (nazývanou hot spot). Při

konkrétním návrhu zadní projekce doporučuji kontaktovat výrobce a definovat potřebný pozorovací úhel, barvu, odrazivost či transparentnost projekční plochy.

Předozadní projekce, kterou zde uvádím pouze jako zajímavost, do jisté míry spojuje výhody obou již zmíněných druhů projekcí. Není běžná a využívá se pouze pro zvláštní efekty. Z fyzikálního hlediska nelze ovšem vyrobit projekční plochu, kde by kvalita jak zadní, tak i přední projekce byla optimální. U dnešních předozadních projekčních ploch je kvalita zadní projekce velmi dobrá, zatímco kvalita přední projekce pouze přijatelná. Materiálem je semitransparentní fólie, jejíž barva s ohledem na přední projekci je obvykle mléčně bílá.

4.4 Optimalizace problematiky návrhů projekčních systémů v divadelní praxi

Před realizací projekčního systému je nutno definovat několik důležitých parametrů:

- a) velikost uvažované projekční plochy
- b) možnosti umístění projekčních systémů (přední nebo zadní projekce)
- c) velikost intenzity ambientního osvětlení scénografických prvků přímo souvisejících s velkoplošnou projekcí, alternativně i velikost a směr nutného scénického osvětlení herců v blízkosti promítaného obrazu

a) Velikost uvažované projekční plochy

Maximální možnou velikost promítaného obrazu primárně určuje vyzařovaný světelný tok použitého projektoru. Pro osvězení paměti připomínám, že světelný tok (Φ) je udáván v lm (lumenech).

Při kalkulaci velikosti dopadajícího světla na uvažovanou plochu pracujeme s intenzitou osvětlení „E“, což je poměr velikosti světelného toku (Φ) a plochy (A), na kterou světelný tok dopadá, a platí tedy vzorec:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad [lx; lm, m^2]$$

Jednotkou osvětlení byl definován jeden lux [lx] (viz 1. díl skript).

Dovoluji si předložit názorný příklad na kalkulaci potřebného světelného výkonu projektoru. Použitý diaprojektor má světelný výkon 5 000 lm, uvažovaná projekční plocha je velikosti 4 × 5 m. Výpočet osvětlení bude tedy následující:

osvětlení = světelný výkon dělený celkovou plochou projekční plochy

$$E = \frac{5\,000 \text{ lm}}{20 \text{ m}^2} = 250 \text{ lx}$$

Pro orientační rozhodnutí o vhodnosti použitého projektoru je možno uvažovat, že v případě difúzní projekční plochy a nízkého ambientního osvětlení je doporučená průměrná hodnota osvětlení na projekční ploše 300 lx. Spodním limitem je cca 50 lx, neboť i při této velikosti osvětlení je ještě možno rozpoznat detaily promítaného obrazu. Horním limitem je cca 800 lx, ale v tomto případě se mohou vysokým světelným tokem degradovat detaily v nejsvětlejších místech promítaného obrazu. Při kalkulaci potřebné intenzity osvětlení na projekční ploše při videoprojekci je výkon videoprojektoru udáván v ANSI lm (což je *průměrná* hodnota vyzařovaného světelného toku měřeného v 9 definovaných místech projekční plochy). Proti diaprojekci je u videoprojekce nerovnoměrnost osvětlení vždy větší a divák vnímá obraz jako celkově tmavší. Z těchto důvodů se kalkulace potřebného osvětlení při použití videoprojekce zvyšuje koeficientem 1,5–2. Můžeme tedy prohlásit, že v našem případě bude diaprojekce s hodnotou $E = 300 \text{ lx}$ plně dostačující, ale při použití videoprojektoru se stejným výkonem bude hodnota 300 lx pod hranicí dobré čitelnosti obrazové informace.

Chtěl bych zdůraznit, že výsledný efekt projekce je vždy dán nejen komplexním pohledem na scénu, její barevnost, scénické a ambientní osvětlení, ale i akomodací oka diváka v daném okamžiku divadelní hry.

Před finálním rozhodnutím o vhodnosti či nevhodnosti použitého projektoru je vždy nutné provést světelnou zkoušku na konkrétní projekční ploše a posoudit i její finální barevné podání. Jisté malé korekce výsledné úrovně osvětlení na projekční ploše se mohou realizovat změnou hustoty promítaného media. Nesmíme však zapomenout na fakt, že čím je medium světlejší, tím nižší je i kontrast výsledného promítaného obrazu a nastává jeho celková obrazová degradace.

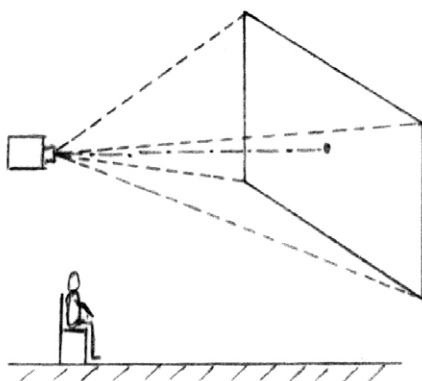
b) Možnost umístění projekčních systémů

Konfigurace scénografických prvků divadelní scény přímo určuje možnosti umístění projekčních systémů. V případě projekce na rovinnou plochu je nejoptimálnější umístění projekčních systémů kolmo na střed její plochy. V tomto případě nedochází k zásadní deformaci promítaného obrazu a není třeba kalkulovat s chybami hloubky ostrosti objektivu a nerovnoměrnosti osvětlení promítaného obrazu.

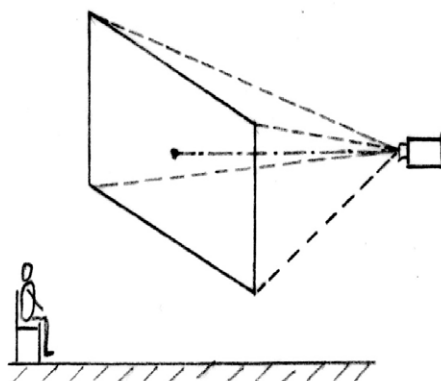
V divadelní praxi je obvykle velmi obtížné umístit projekční systémy do osy plátna nejen z důvodů jejich viditelnosti diváky, ale i pro omezení pohybu herců v paprscích vyzařovaných projekčními systémy, ale i u zadní projekce výrazně limitujeme touto konfigurací možný pohyb jevištního personálu za projekční plochou.

Důležitým aspektem při kalkulaci projekčních systémů je i ohnisková vzdálenost použitého objektivu. V případě velmi krátké ohniskové vzdálenosti a v závislosti na kvalitě objektivu dochází principiálně ke zkreslení daného obrazu a u zadní projekce i k nežádoucím „hot spotům“ v obraze. Svislé i vodorovné linie nejsou paralelní a divák rychle rozpozná nereálnost dané scény.

Na obr. 160 a 161 je naznačena přední a zadní projekce v ose projekční plochy.

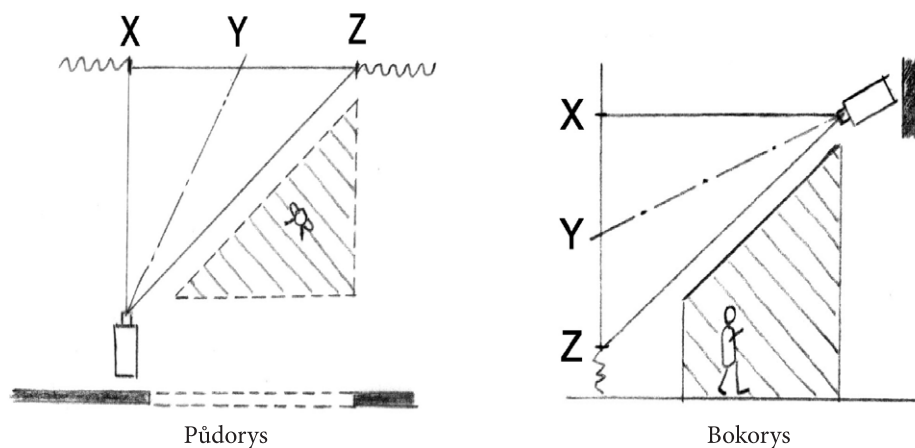


Obr. 160: Přední projekce
v ose projekční plochy



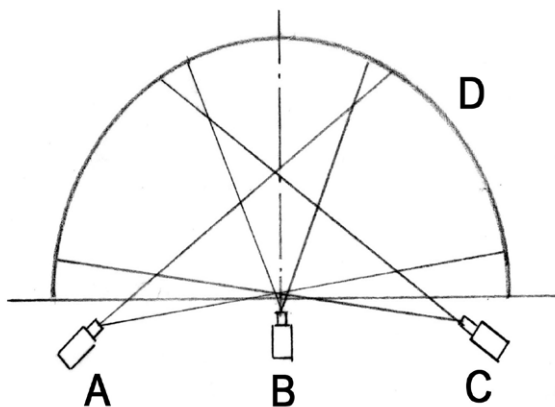
Obr. 161: Zadní projekce
v ose projekční plochy

Na obrázku 162 je vyobrazena projekce s vyosením projektorů na projekční plochu.



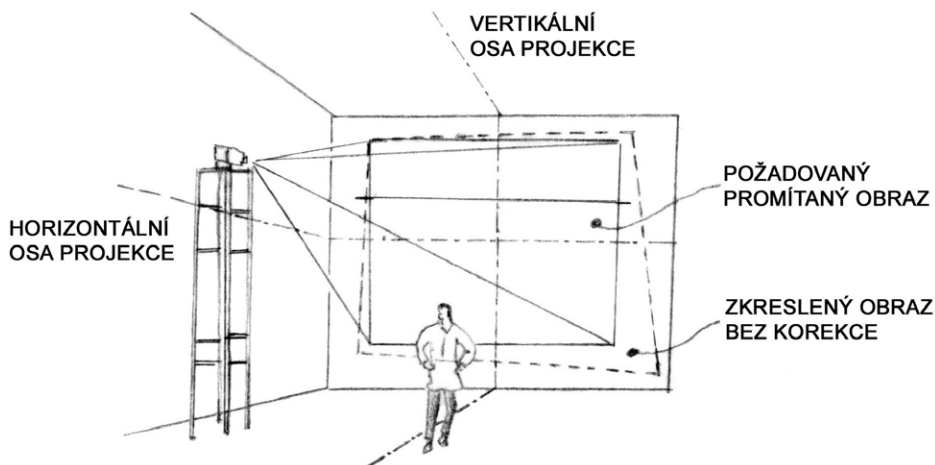
Obr. 162: Vyosená přední projekce v obou projekčních osách.
Vyšrafovaná část je prostorem vymezujícím pohyb herců.

Obr. 163 ukazuje možný způsob multiprojekce na horizont jeviště pomocí tří projektorů.



Obr. 163: Projekce na horizont divadelní scény

Při použití tzv. vyosené přední projekce dojde k zásadnímu zvětšení prostoru pro pohyb herců, ale zároveň dochází i ke zkreslení obrazu, a to nejen jeho geometrických rozměrů, nýbrž v některých případech i ke snížení ostrosti a zvýšení nelinearity úrovně osvětlení. Z těchto důvodů je nutno vždy realizovat korekci promítaného media, nebo provést digitální korekci při použití videoprojektoru (obr. 164).



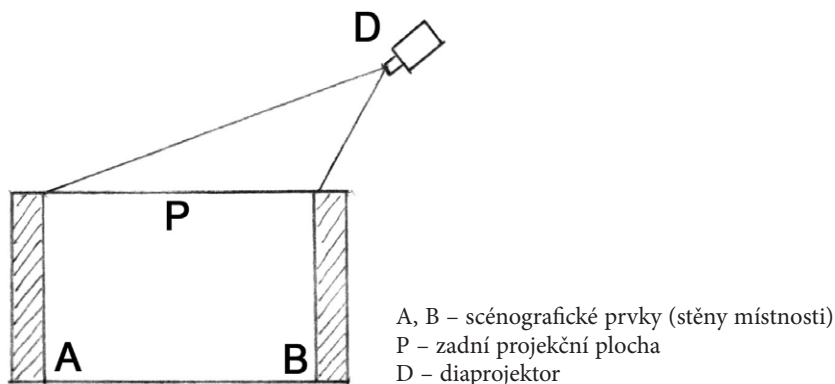
Obr. 164: Zkreslení promítaného obrazu vyosenou projekcí

4.5 Konkrétní řešení návrhu diapositivu pro scénickou projekci

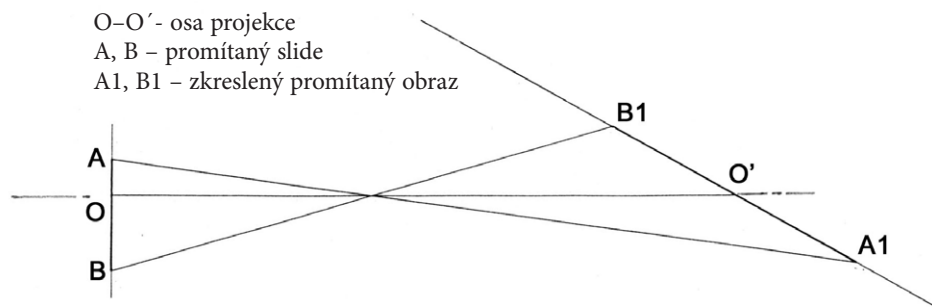
Základní úvahy pro detailní návrh geometrických rozměrů promítaného diapositivu je možno rozložit do několika následujících kroků.

1. Přesně definovat možné pozice umístění diaprojektorů.
2. Změřit vyosení projektorů v obou osách.
3. Nakreslit v měřítku půdorys a alternativně i řez vlastní projekce, s kalkulací ohniskové vzdálenosti objektivu a velikosti diapositivu.
4. Nakreslit pohled na vlastní zkreslení diapositivu a toto zkreslení realizovat.
5. Provést zkoušku s testovacím diapositivem a ověřit správnost provedeného výpočtu.

Příklad: Chceme pokrýt plochu pozadí scénické místnosti diaprojekcí s vyo-
seným umístěním projekčního systému (obr. 165).

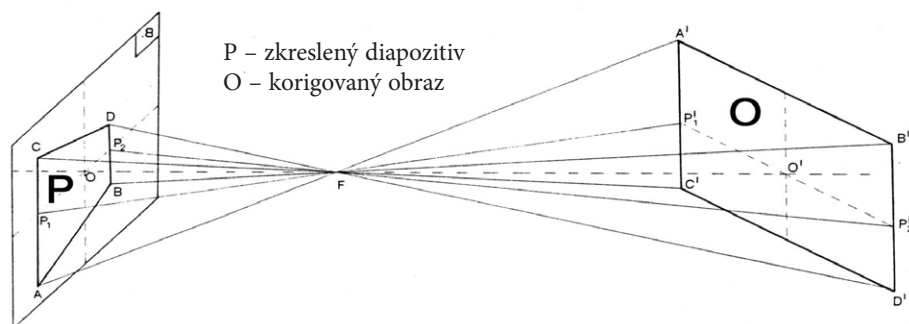


Obr. 165: Vyosená projekce – příklad

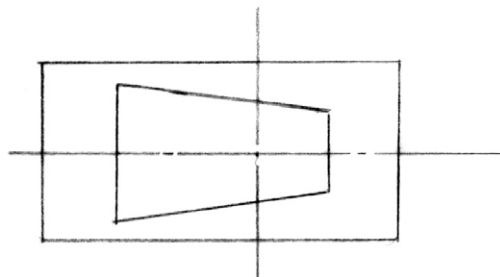


Obr. 166: Grafické zpracování promítaného diapozitivu při vyosené projekci

Ve 3D zobrazení se projeví zkreslení obrazu diapozitivu následovně (obr. 167):

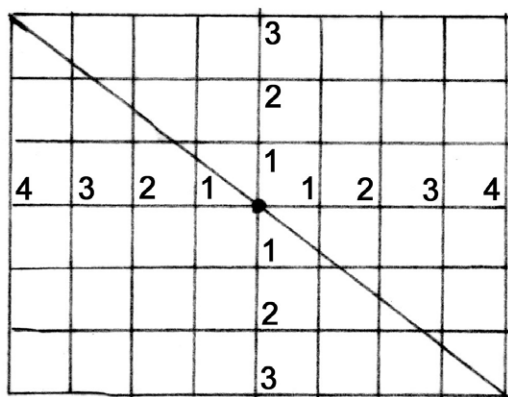


Obr. 167: Korigovaný promítaný obraz



Obr. 168: Výsledné zkreslení obrazu promítaného slidu

Pro kontrolu správnosti návrhu je možno vyrobit tzv. testovací průhledný přípravek, který promítneme do reálné scénografie a z geometrické deformace svislých a podélných čar určíme výsledné zkreslení obrazu promítaného diapo- zitivu (obr. 169).



Obr. 169: Testovací přípravek pro projekci

Zkreslení obrazu diapo- zitivu je možné buď klasickou cestou, tj. optickým překopírováním se stejným vyosením kopírovacího přístroje, jaké bude ve skuteč- nosti vyosení projekčního systému (obvykle se realizuje náklonem fotografického zvětšovacího přístroje), nebo nejnověji se použije naskenování originálního diapo- zitivu. V počítači se dosáhne požadovaného zkreslení pomocí speciálního programového vybavení (např. Photoshop).

Nevýhodou počítačového zpracování je snížení kvality obrazu způsobené jeho převodem do digitální formy ve scanneru. Z těchto důvodů musí být rozlišovací schopnost scanneru co největší, aby se vzniklé zkreslení eliminovalo na minimum.

Poznámka: Rozlišovací schopnost scanneru se udává v hodnotách DPI (dotch per inch), tj. počet bodů na jeden čtverečný palec. Pro normální barevný tisk je dostačující hodnota 300×300 DPI, ale pro kvalitní velkoformátový slide promítaný na větší plochu je nutná minimální hodnota alespoň $3\,000 \times 3\,000$ DPI. Z těchto důvodů se obvykle používají speciální bubnové scannery s vysokou rozlišovací schopností.

Zcela odlišná je problematika videoprojekce, která je dnes v divadlech nej-používanějším zdrojem obrazového signálu. Výkonné videoprojektory mají vždy možnost optické nebo elektronické korekce obrazu v obou jeho osách. Tím je umožněna instalace přístroje přímo nad projekční plochu bez jakéhokoli zkreslení promítaného obrazu. V případě potřeby multiprojekce na jakoukoli výrazně zakřivenou projekční plochu můžeme zkreslení promítaného obrazu realizovat speciálními výpočtovými programy jako např. programem WATCH OUT od firmy Dataton (USA).

V případě filmové a architektonické scénické projekce obvykle umísťujeme projektory do předpokládané osy projekce, a tím není třeba provádět žádné zkreslování promítaného slidu, filmového pásu anebo videoprojekce.

c) Velikost intenzity ambientního osvětlení scénografických prvků přímo souvisejících s velkoplošnou projekcí

Promítaný obraz je vždy virtuální realizací skutečného světa a měl by se co nejvíce přibližovat požadované realitě. Jistou a nutnou jeho degradací je jeho dvojdimenzionální rozměr, ale stejně důležité je podání barev a kontrast promítaného obrazu. Jak vlastní barevnost, tak i kontrast závisí také na velikosti ambientního osvětlení v těsné blízkosti projekce. Z těchto důvodů je nutno pozorně nastavit jak intenzitu, tak i polohu osvětlovacích systémů, aby nedocházelo k přímému osvětlení některých částí projekční plochy. Je-li v těsné blízkosti projekce herecký projev, obvykle používáme k osvětlení herců bodová svítidla a ohraničujeme jejich dopadající paprsky klapkami instalovanými na svítidlech, nebo použijeme tzv. boční stínění, kdy světlo dopadá do stran mimo divákovo zorné pole a mimo promítací plochu.

4.6 Efektové diaprojektory

V současné době se vyrábí minimální množství divadelních diaprojektorů i výroba filmových projektorů byla zastavena. Tyto přístroje jsou plně nahrazeny profesionálními videoprojektory, a to jak pro vnitřní, tak i (s jistými omezeními) i pro venkovní projekci. Sortiment velkoplošných diaprojektorů je v současné době pouze u jedné světové firmy. V případě divadelní projekce bylo možné se rozhodnout pro maloformátový rozměr slidu využívajícího kinofilm, jehož hlavním reprezentantem byla firma KODAK nebo francouzský výrobce Simda, které ve spojení s prolínacími jednotkami umožnily realizaci multimedialních představení, ale jejich světelný výkon (1 800 lm) limitoval rozměry projekční plochy na cca 4 × 4 m (obr. 170). Chci jen podotknout, že ale i tyto firmy postupně opouštějí od výroby diaprojektorů.



Obr. 170: Maloformátový automatický diaprojektor Simda typ 3462 vybavený halogenovým světelným zdrojem 400 W

Obrazy větších rozměrů (cca více než 50 m²) mohou být promítány pouze výrazným zvětšením výkonu světelného zdroje projektoru spolu se standardním použitým velkoplošného slidu 18 × 18 cm, místo běžného s rozměry 24 × 36 mm, alternativně superslidu s rozměry 38 × 38 mm. Zvětšení rozměru slidu má výhodu v jeho menší tepelné zátěži a zmenšeném koeficientu zvětšení, což výrazně zvyšuje kvalitu promítaného obrazu.

Jedním z největších světových výrobců – byť dnes již historických – velkoplošných scénických diaprojektorů je rakouská firma PANI. Řada diaprojektorů začíná typem BP2, resp. BP2500, světelným zdrojem je halogenová žárovka 2 000 W resp. 2 500 W, používaný formát slidu 18 × 18 cm. Tyto projektory jsou vhodné pro střední velikosti promítaného obrazu (obr. 171 a 172).



Obr. 171: Velkoplošný diaprojektor
PANI BP2



Obr. 172: Velkoplošný diaprojektor
PANI BP 2500

Pro promítání středních a velkých obrazů do velikosti cca 100 m² při nízké úrovni ambientního osvětlení jsou v sortimentu firmy PANI projektory BP1,2 a PB2,5GT (TURBO) osazené výbojkovými zdroji světla s výkony 1 200 W, resp. 2 500 W. Formát promítaného slidu je opět 18 × 18 cm, projektory jsou vybaveny tepelnými filtry výrazně snižujícími tepelné namáhání slidu, dále sférickými dichroickými zrcadly a sadou výměnných objektivů. Dálkové řízení výměny slidů je realizováno protokolem DMX512 (obr. 173 a 174).



Obr. 173: Velkoplošný projektor
PANI BP1,2



Obr. 174: Velkoplošný projektor
PANI BP2,5CT Turbo

Nejvýkonnější řada scénických diaprojektorů je reprezentována typy BP4CT TURBO a BP6GT (TURBO) se světelným výkonem výbojek typu HMI 4 000 W a 6 000 W. Projektory jsou vybaveny vysoce účinným systémem ochlazování slidů, prodlužujícím výrazně životnost promítaného filmového materiálu. Optický blok s dichroickým zrcadlem a speciální multifunkční tepelný filtr spolu s chlazením zaručují nízkou tepelnou zátěž promítaných diapozitivů. Projektory jsou vybaveny zásobníky pro 2 kusy velkoplošných (18 × 18 cm) diapozitivů (obr. 175 a 176).



Obr. 175: Velkoplošný projektor
PANI BP4CT (TURBO)



Obr. 176: Velkoplošný projektor
PANI BP6GT (TURBO)

Nejvýkonnějším velkoformátovým projektorem firmy PANI je typ BP12 PLATINUM, se světelným výkonem 12 000W, což je ve srovnání s typem BP 6GT (TURBO) o 100 % více (obr. 177).

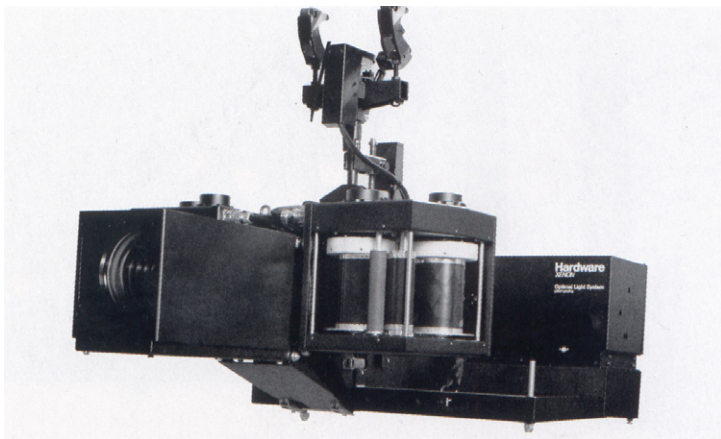
Tento vysoce výkonný projektor umožňuje projekci při nízkém ambientním osvětlení obrazů s maximální plochou až 300 m². V jeho standardní výbavě je výkonný chladicí systém, který spolu s dichroickým optickým systémem a účinným tepelným filtrem zaručuje minimální tepelnou zátěž promítaných diapozitivů. Chtěl bych poznamenat, že při výkonu 12 000W musí v každém případě docházet k postupné barevné degradaci promítaného slidu a pro více repríz divadelní hry je vždy nutné vyrobit větší počet slidů.



Obr. 177: Velkoplošný projektor PANI BP12 PLATINUM

Je možno konstatovat, že výše uvedenými typy se uzavírá tzv. klasická řada scénických diaprojektorů. Vývoj ale pokračuje dále a nastupují nové generace vysoce sofistikovaných projektorů s možností automatické projekce jednotlivých diapozitivů a v případě instalace speciálního zásobníku i projekci filmového pásu.

Typickým představitelem nového trendu dynamické efektové projekce je xenonový efektový projektor firmy HARDWARE, umožňující projekci jak jednotlivých diapozitivů rozměru 18×18 cm ze zásobníku na 40 kusů, tak v případě instalace posuvného bubnového zařízení (SCROLLER) i projekce filmu s maximální délkou až 40 m. Rychlost posunu filmu je regulovatelná od 1 mm/sec až do maximální hodnoty 80 cm/sec. Projektor je na obr. 178.



Obr. 178: Velkoplošný projektor s posuvným filmem, firmy Hardware 7000W

Jako doplňky efektových projekčních zařízení se často používají zábleskové projektory, obvykle modifikované diaprojektory vybavené zábleskovým zařízením. Na bázi projektoru BP 2 byl firmou PANI vyvinut kompaktní zábleskový projektor BP 2/BLITZ (obr. 179) produkující jak jednotlivé záblesky, tak i jejich sérii. Frekvence záblesků je nastavitelná od jednoho až do stroboskopické řady 25 záblesků za vteřinu, s nejdelší dobou trvání cyklu 3 minuty.



Obr. 179: Zábleskový projektor PANI BP2/BLITZ

4.7 Velkoformátová projekce v architektuře

Relativně novým fenoménem v oblasti venkovních projekcí je použití vysoce výkonných projektorů obvykle s posuvem filmu, realizujících požadované architektonické světelné efekty.

Problematika venkovních projekcí stojí na několika základních požadavcích: Projektory musí být vysoce odolné proti povětrnostním vlivům (minimálně IP 65 – viz kapitola architektonické osvětlovací systémy), dále musí splňovat náročné a dlouhodobé podmínky venkovního provozu. Musí být odolné proti vandalismu a schopné bezchybné funkce od okolních teplot -20°C až po $+40^{\circ}\text{C}$.

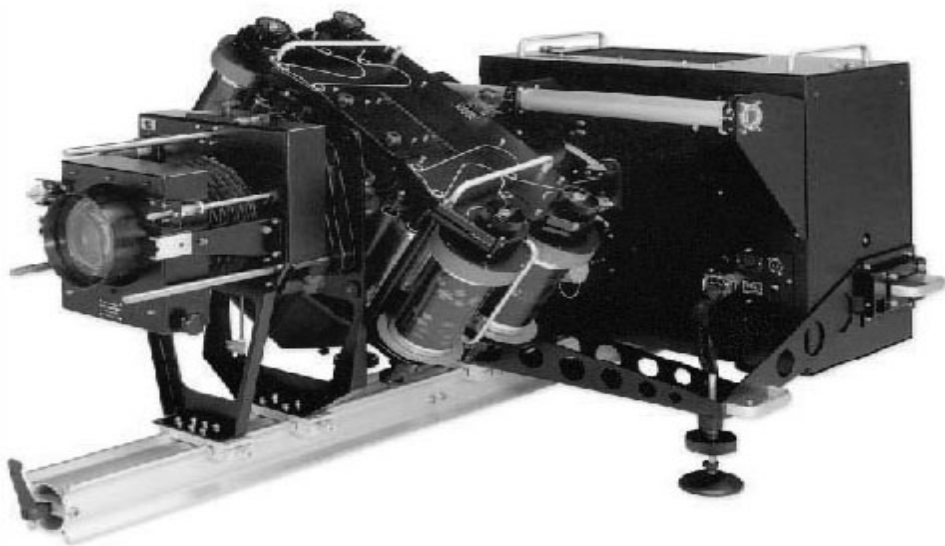
Venkovní architektonické projekce jsou relativně mladou, ale bouřlivě se rozvíjející kategorií efektového svícení. Promítá se obvykle na architektonické

objekty nebo velké venkovní plochy. Většinou se jedná o jednorázová představení spojená s různými optickými, akustickými a v některých případech i pyrotechnickými efekty.

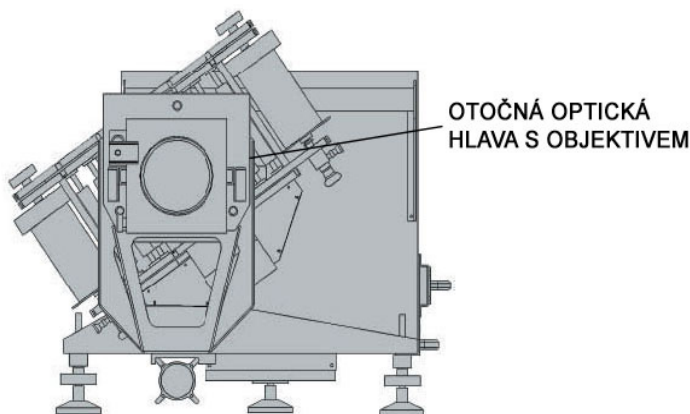
Světovou jedničkou ve venkovní velkoplošné projekci je anglická firma ETC Audiovisual, která vyvinula unikátní projekční systém nazvaný PIGI®. Dodává i sofistikovaný software s předprogramovatelnými efektovými bloky pro realizaci jak statických, tak i dynamických projekcí.

Jedná se v podstatě o spojení velkoplošné diaprojekce vysokého světelného výkonu se dvěma vzájemně nezávisle pohyblivými filmovými pásy a řízenou otočnou optickou hlavou s instalovaným objektivem.

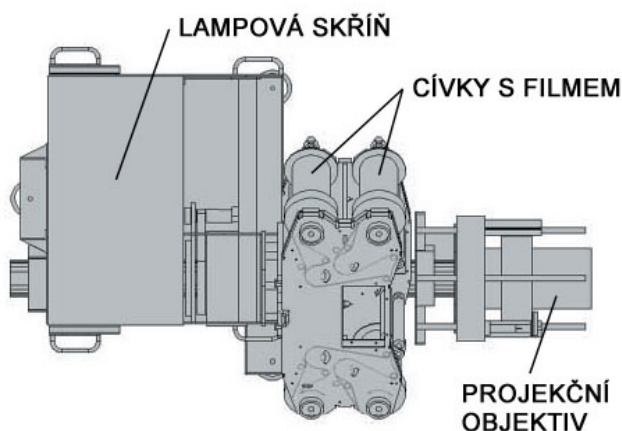
Zařízení tedy umožňuje dynamickou simultánní superprojekci dvou filmů v souběžném nebo protiběžném chodu, s možností současného otáčení hlavy projektoru o 360° a dálkového ovládání zaostřování obrazu (obr. 180, 181, 182).



Obr. 180: Pohled na architektonický velkoplošný projektor ETC Audiovisual typ „PIGI“



Obr. 181: Čelní pohled na projektor

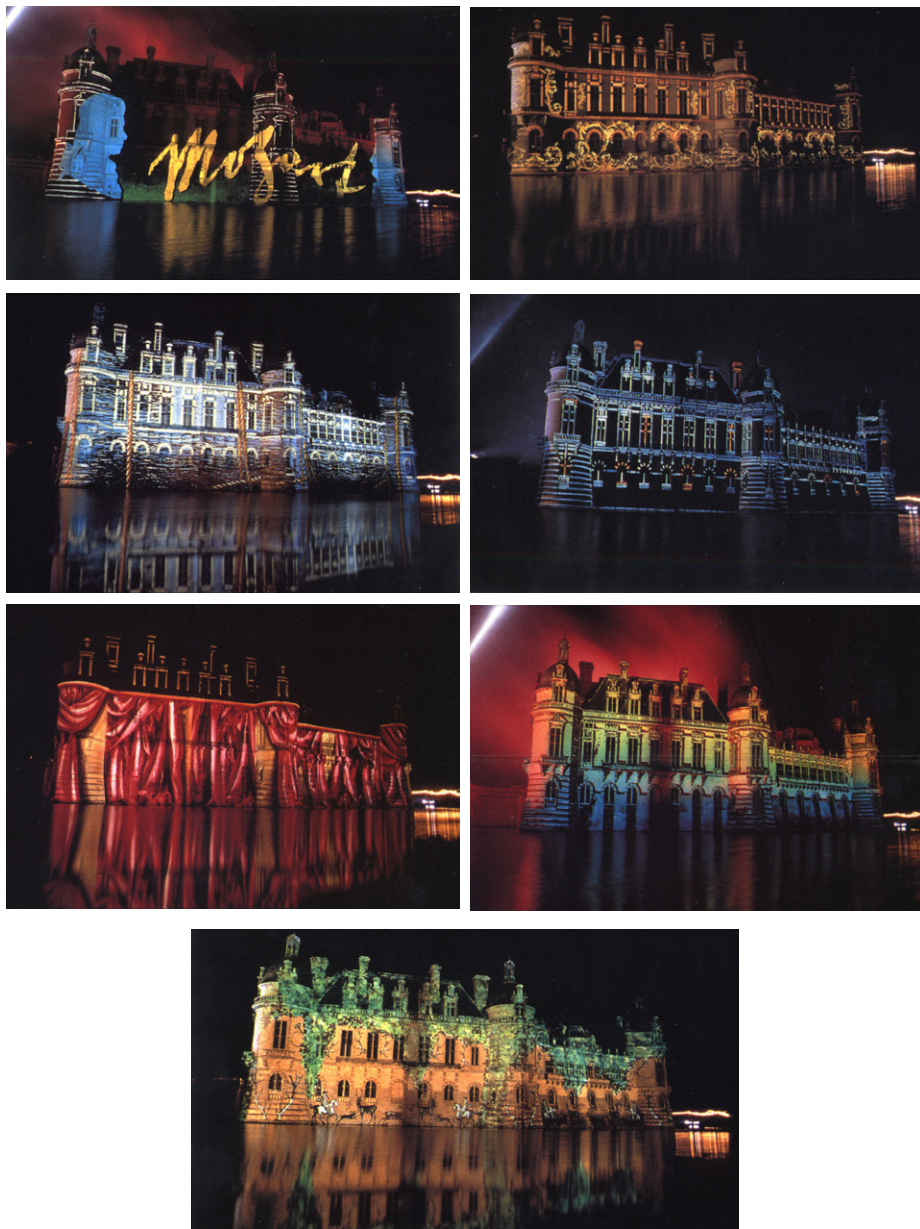


Obr. 182: Boční pohled na projektor

Mechanický posuvný systém dvou nezávisle pohyblivých filmových pásů je řízen optickým dekodérem s vysokou vzájemnou přesností a krokové motory umožňují vzájemný pohyb filmových pásů rychlostí od jednoho milimetru za minutu až po maximální posuv rychlostí jeden metr za minutu. Každý zásobník filmu je navržen na kapacitu dvaceti metrů 18,5 cm širokého filmu. Formát promítaného snímku je 155 × 155 mm. Světelný výkon výbojkového zdroje typu HMI je 5 kW, alternativně 7 kW.

Řídicí systém používá kód DMX512 a umožňuje vzájemnou synchronizaci až 20 vzájemně propojených projektorů typu PIGI.

Následující obrazy názorně ukazují proměny architektury vodního zámku (Château de Chantilly) pomocí dynamické projekce s použitím systému PIGI při festivalu Mozartovy hudby (obr. 183 a–g).



Obr. 183: a–g Proměny zámku Chantilly pomocí velkoplošné projekce

Velkoplošné divadelní a venkovní projekce se začínají výrazně uplatňovat ve světové umělecké tvorbě, zvyšují emotivní a vyprávěcí linku nejen divadelních her, ale i představení hudebních skupin, programů „zvuk a světlo“ či slavnostních výročí a rockových festivalů.

4.8 Videoprojekce na budovy a objekty

Současně s výrobou vysoce výkonných videoprojektorů začala realizace speciálních projekcí na budovy nebo skulpturální objekty nazývané videomapping. Jedná se o synchronní projekci několika videoprojektorů na daný objekt spolu se zvukovým, obvykle vícekanálovým, doprovodem. Při přípravě vlastního programu je nutno transformovat tu stranu objektu, na kterou bude realizována projekce, obvykle do Archicadu, a vlastní program navrhovat v souladu s tvarem a velikostí objektu. Videomapping odsouvá do historie statické diaprojekce na budovy a i na velké divadelní a filmové projekční plochy.

4.9 Pohled do budoucnosti velkoformátové projekce

V současné době se začíná stále více využívat speciálních efektových projekcí nejen v divadlech, ale i v představeních hudebních skupin, multivizuálních show, ale i v architektuře. Statické diaprojektory jsou nahrazovány vysoce výkonnými videoprojektory s velkým rozlišením promítaného obrazu. Maximální hodnotu světelného výkonu 20 000 lm speciálních videoprojektorů dosáhlo v roce 2018 několik světových výrobců. Tento výkon umožňuje dynamickou projekci až do velikosti projekční plochy cca 200 m². Pro speciální videoprojekce byly vyvinuty tzv. kinoprojektory dosahující světelného výkonu až 56 000 ANSI Lm a rozlišení obrazu 8 K. Jejich hlavním použitím je vysoce výkonná projekce v kinech, ale i v divadelním prostoru se realizují projekce i na největší horizonty dané scény. Nutno ale podotknout, že jejich cena začíná na 1 000 000 Kč.

Na obr. 184 je vyobrazen výkonný videoprojektor NEC NC3541L 35000 ANSI Lm s rozlišením 4 K ($4\,096 \times 2\,160$). Jeho světelný výkon umožňuje velikost uhlopříčky obrazu až 30 m.



Obr. 184: Výkonný videoprojektor NEC 35000 ANSI Lm

Na obr. 185 je vyobrazen výkonný videoprojektor pro použití nejen v kino-provozu, ale i k promítání obrazů až do velikosti uhlopříčky 45 m.



Obr. 185: Výkonný kinoprojektor BARCO 56 000 ANSI Lm 4K

Součástí výbavy videoprojektorů jsou obvykle i objektivy různých ohniskových délek, případně i hardwarové sestavy pro ukládání a dekodování obrazového signálu. Při použití těchto vysoce výkonných videoprojektorů pro tzv. videomapping je nutno při návrhu rozloženého obrazu vždy zohlednit nejen jejich světelný výkon, ale i tzv. rozlišení (2 K, 4 K, 8 K), které vždy výrazně ovlivňuje jeho kvalitu.

Závěr druhého dílu

Závěrem druhého dílu těchto skript si dovoluji podotknout, že po jejich prostudování bude čtenář schopen pochopit základní principy technického řešení návrhů a optimalizace scénických, divadelních, filmových, televizních a architektonických systémů. Chtěl bych však upozornit na to, že řešení osvětlení divadelní, hry, filmu, nebo architektury je kombinací znalosti základních technických parametrů svítidel skloubených s kreativitou, která je obvykle vlastní každému jedinci.

Základy uměleckého svícení postavy, scénografie, nebo architektonických objektů budou náplní třetího dílu těchto skript, a teprve poté budete připraveni zahájit dráhu profesionálního světelného designera.

Autor

Díl třetí

Základní koncepce scénického svícení

1.1 Divadelní scénické svícení

Scénické svícení umožňuje magickým způsobem realizovat režisérův záměr nejen barevnými efekty nebo dynamickými změnami světla, ale i hrou světla, stínů, polostínů a ostatních efektů používaných na jevišti v průběhu divadelní hry.

Existuje mnoho způsobů, jak osvětlit divadelní scénu a upoutat diváka k právě probíhajícímu ději, ale v podstatě nikdy nebude existovat jednoduchá „kuchařka“ nebo jednoznačný návod pro řešení neoptimálnějšího scénického svícení.

Při kreativním návrhu osvětlení divadelní scény stoprocentně neplatí žádná exaktní pravidla, a proto v této části skript dostanete pouze kvalifikovaná doporučení, jak principiálně osvětlit portrét, postavu, scénu nebo objekt a v neposlední řadě i pohybující se herce ve scénografických prvcích, a to vše nejen pro divadelní osvětlování, ale i pro film nebo televizi – a dnes také i pro architekturu.

Základním pravidlem pro realizaci divadelní hry je vytvoření uměleckého týmu, který definuje průběh představení, navrhuje všechny efekty, ztvárňuje herecké postavy a následně realizuje i adekvátní světelné atmosféry pro budoucí představení.

Hlavním a nejdůležitějším členem tohoto týmu byl a vždy bude režisér divadelní hry, který musí úzce spolupracovat nejen se scénografem, lighting designérem a návrhářem kostýmů, ale i architektem scény.

Po základní analýze koncepce divadelní hry jsou obvykle realizovány modely všech obrazů, scénograf konzultuje s lighting designérem (dále jen LD) osvětlení scény a s návrhářem kostýmů jejich tvar a barevnost. Zkoušky pro tyto profese se obvykle provádějí na modelu scény a na jejich základě se navrhne finální ztvárnění všech na sebe navazujících komponent divadelní hry.

Nejnovější alternativou pro vazbu na osvětlení a scénografii je použití moderních vizualizačních programů (např. program WYSIWYG), které pomáhají realizovat umělecký a technický návrh osvětlení scény pro divadlo, alternativně i filmového a televizního natáčení.

Pro návrhy architektonického osvětlování se osvědčil program DIALUX, který podobně jako programy pro návrhy divadelního scénického osvětlení realizuje výpočty osvětlenosti objektů danými svítidly a následně vytvoří 3D projekci osvětlovaného objektu, ale na rozdíl od programu WYSIWYG se jedná vždy o statické návrhy osvětlení.

Chtěl bych znovu zopakovat, že z historických zkušeností je prokázáno, že dobrý světelný návrh je vždy týmová práce režiséra, LD, scénografa a následně i celého tvůrčího týmu. A pouze v případě, kdy dojde k jejich úplnému názorovému souladu, bude i návrh scénického svícení sledovat základní ideu realizované divadelní hry.

1.2 Filmové a televizní scénické svícení

V úvodu této kapitoly bych chtěl podotknout, že film jako pracovní médium je už v podstatě historickou záležitostí. Principy filmového a televizního scénického svícení jsou v podstatě totožné, neboť vznikly ze stejného principiálního základu a používají i stejné technické prostředky. Film propracoval systém osvětlování herců a scénických prvků, který převzala televize a v některých případech i divadlo.

Scénické filmové a televizní osvětlování převzalo ve svých začátcích podstatnou část principů osvětlování fotografického, ale v průběhu jeho vývoje sehrálo neméně důležitou roli i divadelní scénické osvětlení.

Diference mezi divadelním, filmovým a televizním osvětlením spočívá ve faktu, že filmové a televizní natáčení (mimo přímých přenosů a online zpracovávání) probíhá diskontinuálně a mezi jednotlivými sekvencemi může být libovolná časová prodleva – na rozdíl od divadla, které až na přestávky probíhá kontinuálně. Z pohledu návrhu a realizace osvětlení je v divadle zodpovědný LD, na rozdíl od filmu a televize, kde scénické osvětlení řeší výhradně kameraman, samozřejmě ve spolupráci s režisérem.

Vynález filmu a později i televize se stal zcela novým médiem se specifickými vlastnostmi danými používanými technickými systémy, tedy nejen kvalitou filmové emulze, ale i způsobem vnímání obrazů filmového děje divákem.

V začátcích filmového snímání byla jednou z nevýhod filmových materiálů jejich malá citlivost a limitovaná expoziční pružnost, které při spojení s nízkou světelností používaných objektivů odsouvaly realizaci děje do exteriérů osvětlovaných vysokou intenzitou slunečního světla. S vývojem nových mnohem citlivějších emulzí, lepších objektivů a s rozvojem zdrojů pro osvětlovací techniku se film mohl vrátit do ateliérových interiérů či trikových studií a následně zažít slavnou éru klasických filmových děl.

U televizního natáčení byla situace v zásadě podobná jako v začátcích filmu. První televizní černobílé snímací vakuové elektronky se vyznačovaly nízkou citlivostí na dopadající světelné záření, malým rozsahem zpracovatelného kontrastu a v neposlední řadě i nízkou rozlišovací schopností. Televizní studia musela být vybavena silnými světelnými zdroji, které mimo jiné tepelně zatěžovaly nejen herce, ale i televizní hlasatele a ostatní účastníky natáčení. Velikost televizních kamer umístěných na podvozcích neumožňovala aktivní sledování probíhajícího natáčení a dynamika děje byla realizována přepínáním spolupracujících televizních kamer dle pokynů režiséra právě probíhající snímané akce.

Následné vynálezy barevného filmu a barevné televizní kamery dramaticky přiblížily problematiku filmového a televizního osvětlování k standardní divadelní osvětlovací praxi nejen po stránce umělecké, ale i použitím podobných osvětlovacích systémů včetně možnosti barevného svícení.

Nesmíme ale zapomenout na zásadní difference mezi divadlem, filmem a televizí, která spočívá ve faktu, že v divadle je scéna pozorována lidským okem a obrazový vjem je zpracován mozkiem, který tedy automaticky koriguje nejen diferentní kolorimetrické hodnoty různých světelných zdrojů dopadajících na osvětlovaný objekt, ale i eliminuje pokles osvětlenosti daný vzdáleností osvětlovaného objektu od zdroje světla. U filmové a televizní snímací kamery tato korekce logicky schází, neboť film a televize dokáže zpracovat rozsah osvětlenosti pouze v poměru max. 1 : 200 na rozdíl od lidského oka, respektive smyčky oka a mozku, který umožňuje zpracovat rozsah osvětlenosti až 1 : 100 000. Proto hlavní úlohou kameramana, který ve filmu a televizi zastupuje roli LD, je nasvítit scénu nejen tak, aby byla v souladu s režiséřským záměrem kvalitně zaznamenána na použité médium,

ale aby zároveň nedošlo k vizuálním zkratům při míchání osvětlovacích systémů s rozdílnou teplotou chromatičnosti (viz 1. část těchto skript) nebo nevhodně volenou barevnou filtrací scénických reflektorů, případně i s korekcí na pokles osvětlenosti daný vzdáleností objektu od reflektoru.

V kapitole řešící konkrétní úlohy osvětlování filmové a televizní scény se dozvíte i o základních principech, jak tuto zásadní problematiku beze zbytku vyřešit.

1.3 Architektonické svícení

Architektonické svícení se od divadelního v některých oblastech zásadně liší. Nejlépe to vystihl jeden známý lighting designer poznámkou, že principiální rozdíl ve svícení architektury a divadla spočívá ve faktu, že v divadle osvětlujeme pohybující se herce ve scénických dekoracích a diváci jsou v přesně definovaných předem známých pozicích, při architektonickém svícení osvětlujeme statické nepohyblivé objekty a pozorovatelné jsou v pozicích předem nedefinovaných.

Architektonický světelný návrh musí principiálně usilovat o co nejlepší vizuální vjem okolo procházejících pozorovatelů, intenzitou a světelnými efekty akcentovat osvětlovaný objekt ve vztahu k okolnímu prostředí a samozřejmě musí dodržovat všechny estetické, technické a bezpečnostní předpisy v dané lokalitě.

Nezanedbatelným faktorem při návrhu architektonického osvětlení je i správné umístění osvětlovacích systémů vůči poloze objektu i jejich poloha viditelná za denního světla. Nesmíme zapomenout, že objekt a na něm instalovaná světla (včetně jejich konstrukcí) jsou ve dne viditelná a mohou vytvářet různé nevhodné i neestetické pohledy na danou stavbu. Světelný designér nesmí nikdy zapomenout, že v okolí osvětlovaného objektu žijí, pracují a chodí lidé a osvětlovaný objekt včetně svítidel pozorují i za plného denního osvětlení.

Správný návrh osvětlení musí klást nejen důraz na vlastní návrh osvětlovacích systémů, ale i na faktor jednoduché údržby i v případě servisu méně kvalifikovanou obsluhou.

Pro architektonické svícení byla vyvinuta svítidla odolávající nejen všem povětrnostním vlivům, ale i vandalismu. Jejich světelné zdroje nové generace mají dobu života až 35 000 hodin (moderní směšové sodíkové vysokotlaké výbojky

Philips), v případě použití světelných zdrojů LED se jejich životnost prodlužuje až na hodnotu 50 000 hodin (exaktní životnost světelných zdrojů LED není z časových důvodů nutných pro jejich testování přesně stanovená). Analogicky jsou navrhovány i konstrukce na uchycení svítidel na sloupy nebo na objekty a střechy. Svítidla a jejich fixační elementy musejí odolávat nejen povětrnostním vlivům, ale i větru až do rychlosti cca 150 km/hod.

Z výše uvedených důvodů musíme vzít při návrhu osvětlení architektury v úvahu i velmi obtížně realizovatelné změny poloh svítidel a jejich kabeláže. To, co je běžné a finančně relativně nenáročné při divadelním, TV a filmovém osvětlování, je v případě architektonického svícení obvykle nejen časově a finančně nákladná operace, ale někdy i velmi obtížně realizovatelná záležitost.

V divadelní praxi, kde jsou svítidla často přemísťována na diferentně určená místa, není tato skutečnost problémem, ale naproti tomu u architektonického osvětlování jsou z výše uvedených důvodů bezpodmínečně nutné osvětlovací zkoušky, realizované před finálním návrhem poloh svítidel a jejich podpůrných konstrukcí, protože změna kabeláže a osvětlovacích stožárů je obvykle velmi nákladná záležitost.

Znovu opakuji, že jedním z důležitých faktorů správného návrhu architektonického osvětlení je konfrontace osvětlovaného objektu s okolním intravilánem. Na jedné straně by nemělo docházet k přílišnému světelnému zdůraznění objektu, na druhé straně nízká úroveň osvětlení podstatně sníží kvalitu celé práce LD.

Jako poznámku si dovoluji uvést, že intravilánem rozumíme pojem zastavěného území. Při návrhu architektonického osvětlení je nutno kalkulovat i s tzv. jasovým pozadím okolního prostředí souvisejícího s osvětlovaným objektem.

Je základní poučkou profesionálního designu, že správné osvětlení zdůrazňuje vždy takové detaily, které při denním světle nemusí být jednoznačně viditelné, ale osvětlení nesmí zásadně deformovat vlastní architekturu osvětlovaného objektu.

Dalším důležitým faktorem při finalizaci návrhu architektonického svícení historických objektů je velmi úzká komunikace s památkáři, kteří svým souhlasem musí potvrdit, že nedochází k poškozování objektů buď nevhodně umístěnou kabeláží, nebo nesprávně instalovanými osvětlovacími systémy.

V rámci Evropské unie byl legalizován zákon o světelném znečišťování (světelný smog). Byly navrženy limity a normy pro osvětlování vozovek a budov tak, aby osvětlovací systémy minimálně atakovaly okolní přírodu a osvětlovaný

prostor. Pro pouliční osvětlení platí, že vyzářovací charakteristika svítidla nad jeho horizontální osu musí být nulová. Pro architektonické svícení je normou, že paprsky svítidel nesmí dopadat mimo osvětlovaný objekt, a navíc nesmí oslňovat ani chodce, ani okna sousedních objektů.

Úkolem LD je nejen atraktivně nasvítit objekt, ale i dodržet všechny platné předpisy a zákonná nařízení pro provoz venkovních osvětlovacích systémů.

K této stati bych chtěl poznamenat, že ve světě se realizovaly a realizují programy nazvané „ZVUK A SVĚTLO“ (SOUND AND LIGHT, SON ET LUMIÈRE), které zásadním způsobem sbližují divadelní představení s osvětlováním architektury. Tyto programy mají principiální dějovou linku, probíhají kontinuálně v čase a ve finální podobě se začínají uplatňovat i herecké projevy spojené s dynamickým architektonickým svícením.

Na straně druhé dochází i k zvláštní symbióze architektonického osvětlování s videoprojekcí na objekty. Nazývá se „videomapping“, kde v dějové lince měníme pomocí videoprojekce daný objekt podle režisérského záměru na objekt se zcela diferentním vizuálním vjemem. Videomapping je vždy doplňován obvykle vícekanálovým akustickým doprovodem. Z technických a finančních důvodů se videomapping používá pouze pro jednorázové akce, nikoli pro trvalý provoz.

Problematika divadelního scénického svícení a základy moderní osvětlovací praxe

Základním fenoménem divadelního scénického svícení bylo a je, že diváci v podstatě nejsou schopni definovat dobré nebo špatné osvětlení scény, ale velice snadno vycítí, zda je světlo adekvátní dané divadelní hře. V opačném případě mohou mít podvědomý pocit, že některá složka divadelní hry nezapadá do jejího celkového kontextu. Správný LD proto při zkouškách vždy pozoruje hru pohledem diváka a snaží se pochopit nebo ovlivnit jeho pocity při jejím sledování.

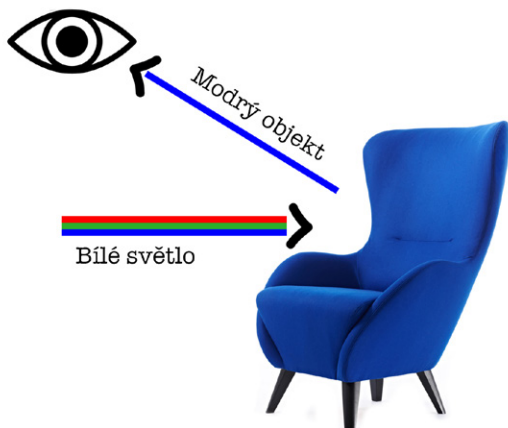
LD pracuje nejen se statickým a plošným osvětlováním, ale musí si uvědomit, že v divadle je osvětlení jednoznačně třídimenzionální probíhající dynamicky v čase a často využívající velkého množství barevných efektů. LD musí s těmito fakty počítat už od tvorby vlastního návrhu osvětlení až po poslední osvětlovací zkoušku před premiérou divadelní hry.

Při vlastním návrhu osvětlení divadelní hry je nutno akceptovat několik základních fyzikálních zákonů, které je nutno bezpodmínečně splnit.

- a) Při osvětlování scény bílým světlem se spojeným nebo i pásmovým spektrem vidí divák barevné objekty v takové barvě, kterou tyto objekty odrážejí, respektive nepohlcují. Vizuální vjem diváka bude tedy vždy záležet na kvalitě emitovaného a následně odraženého světla od daného objektu.

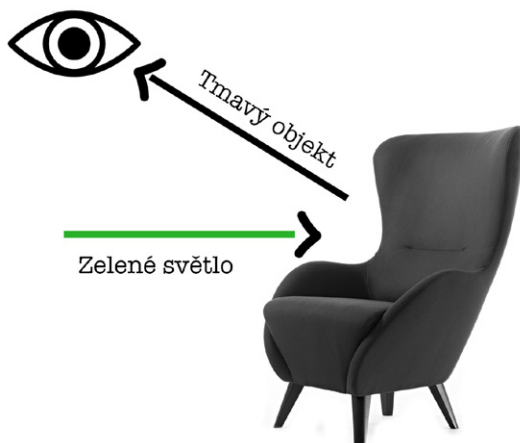
A proto je kvalita světelného zdroje mezinárodně definovaná tzv. indexem barevného podání CRI – color rendering index (1. část skript).

Jako příklad je možno uvést, že osvětlujeme-li modrý objekt bílým světlem se *spojitým* spektrem, např. žárovkou, tak tento objekt odráží frekvenci odpovídající pouze modré barvě a všechny ostatní části spektra pohlcuje. V tomto případě (obr. 1) bude věrné podání barev (CRI = 100).



Obr. 1: Modrý objekt osvětlený bílým světlem

- b) V případě, že světelný zdroj (např. některé výbojky) vyzařuje světlo s výrazně *nespojitém* spektrem, nebo osvětlujeme-li barevný objekt světlem jiné barvy, může docházet u osvětlovaného objektu i k výraznému posunu v jeho barevnosti. Když ve vyzařovaném spektru světelného zdroje bude chybět např. vlnová délka modré barvy, bude se nám osvětlovaný modrý objekt jevit jako černý (obr. 2).



Obr. 2: Modrý objekt osvětlený zeleným světlem

V divadle většinou používáme světelné zdroje se spojitým spektrem (halogenové žárovky, inkadescenční zdroje) a LED světelné zdroje s CRI > 90, a tak je tento problém automaticky eliminován jejich spojitým spektrem nebo dobrým

podáním barev (viz skripta 1. část), ale v případě architektonického osvětlování objektů pomocí sodíkových nebo halogenidových výbojek s pásmovým spektrem, může dojít k výraznému posunu barev předmětů, a v některých případech i k tzv. zdánlivé neviditelnosti některých barevných detailů povrchů staveb. Proto LD musí při světelně technických zkouškách tento fakt akceptovat nebo případně úspěšně využít.

- c) V případě, že osvětlujeme barevný objekt světlem stejné barvy, bude jeho barevnost akcentovaná. Tento fyzikální jev se někdy využívá i v architektonickém osvětlování, kde např. zelená kopule kostela při osvětlování nízkou úrovní bílého světla se jeví jako černobílá, ale při osvětlení stejnou intenzitou zeleného světla se barevnost jednoznačně akcentuje. V divadle při osvětlovacích zkouškách se správnost barev scénografických prvků konzultuje s režisérem a scénografem divadelní hry. V případě nevhodné barvy použitých předmětů musí být jejich barevnost buď změněna, nebo předměty musí být jinak barevně osvětleny (barevné filtry na svítidlech, barevné LED).
- d) Při realizaci dynamického osvětlování scény nesmíme zapomenout na fakt, že vnímání barvy lidským okem závisí mimo jiné na jasové hodnotě osvětlovaného objektu (problematika citlivosti čípků a tyčinek v lidském oku), kde při nízkých intenzitách bílého světla klesá vjem barev a při jeho velmi nízké úrovni se objekt jeví jako nebarevný, to znamená pouze ve stupnici šedé až černé.
- e) Neméně důležité je i vlastní podání barev, protože člověk má ve své barevné paměti vždy uloženy vztahy mezi tvarem objektů a jejich barvou. V případě, že LD svým návrhem osvětlení výrazně změní tyto vztahy a zkresluje tyto paměťové barvy, divák okamžitě vycítí něco zvláštního či neobvyklého. Samozřejmě v televizní a filmové technice je principiální problém věrné zobrazení barev na záznamovém médiu. Kamery na rozdíl od lidského oka mají jiné váhové funkce a jejich technické nastavení se provádí právě na paměťový efekt lidského mozku na barvy, a tím je definováno správné podání lidské pleti. Totéž musí platit i o vhodném typu barevné filmové emulze (senzibilace na denní nebo umělé světlo).

Vlastní návrh osvětlovacích systémů

V této kapitole se také dostáváme k zákonitostem scénického svícení, a proto zde uvádím několik principiálních axiomů nutných k porozumění problematiky osvětlování divadelního jeviště, jehož výsledky pak porovnáváme se svícením filmovým, televizním a architektonickým.

- a) Nikdy není možno navrhovat osvětlení scény z pohledu, kde budou umístěny osvětlovací systémy. Je nutno vždy uvažovat, *kam* budou dopadat (a případně se i odrážet) paprsky z těchto svítidel.
- b) Dalším neméně důležitým elementem pro správný návrh je *divák* a jeho pohled na osvětlenou divadelní scénu. On je ten, který vždy reprezentuje finální vjem právě probíhajícího divadelního představení. Platí, že divák musí dobře vidět na *celou* osvětlenou scénu z jakéhokoli místa v hledišti, při jakékoli velikosti divadla, a proto LD musí kontinuálně zkoumat nejen pozice diváků, ale i použité materiály scénografických prvků, jejich umístění, jejich barevnosti, povrch, tvar a odrazivost světla, aby byl výše uvedený požadavek beze zbytku splněn.

Správný návrh scénického osvětlení obvykle vychází z pohledů na malby známých umělců nebo fotografických portrétů, kde bylo možno čerpat názory na modeling světla, stíny, kontrasty a v neposlední řadě i barvy. V dnešní době je tento krok nahrazován počítačovou simulací osvětlovaného divadelního prostoru (např. programem WYSIWYG) a následně je vše verifikováno na modelu scény a finálně definováno při osvětlovacích zkouškách v divadle.

Neméně důležitým elementem ve vztahu k osvětlování scény je lidské oko, respektive lidský mozek a jeho zpracování všech obrazových vjemů přicházejících z lidského oka, včetně všech chyb a nedostatků daných nedokonalostí lidské oční

čočky. Nutno podotknout, že oko se automaticky adaptuje na dynamiku osvětlení (viz akomodace lidského oka na světlo a tmu – skripta 1. část).

Jako příklad lze uvést, že při zásadní změně osvětlenosti scény na její nízkou úroveň je vždy nutno sledovat relativně pomalým stmíváním křivku adaptace lidského oka na tmu, a tím zvýšit realisticky vjem celkového světelného efektu. Samozřejmě není-li režisérským záměrem vytvořit na divadelní scéně skokovou změnu do tmy. Analogicky totéž platí i pro zvyšování osvětlenosti scény na její maximální úroveň. Pozn.: příkladem skokové změny může být např. stisk falešného vypínače na stolní lampě.

Jako související element osvětlované scény je absolutní úroveň jejího osvětlení ve vztahu k divákovi. Např. i při nízkých úrovních bílého nebo sytější barevného osvětlení bude herec ve světlém obleku snadno rozpoznatelný, ale tmavé obleky nebo tmavé scénografické prvky musí být pro stejný vizuální vjem osvětleny podstatně vyšší intenzitou. Tento problém byl klíčovým v osvětlování scén barokních divadel, kde nízká světelná úroveň svíček nebo olejových lamp byla kompenzována světlými obleky herců a bílým líčením jejich obličejů.

- c) Dalším důležitým bodem při návrhu osvětlení je koordinace scénického osvětlovacího parku s ostatním technickým osvětlením hlediště.

Při osvětlování nízkou úrovní scénického osvětlení je vždy nutné kontrolovat vliv úrovní nouzového osvětlení východů, schodů i všech nutných technických provozních zdrojů světla tak, aby efekt osvětlované scény nebyl jednoznačně degradován těmito světelnými zdroji.

Kontrola základní parazitní úrovně technického osvětlení se obvykle provádí při zhasnutém scénickém osvětlení, zhasnutém světle v režijní kabině, a to po dobu nutnou k akomodaci oka LD nebo osvětlovače.

Dalším, ale stejně důležitým faktorem je zásadní styl vlastního nasvícení scény.

Musíme si uvědomit, že v divadle vytváříme iluzi virtuálního světa, realizovaného daným prostorem, časem, dynamikou divadelní hry a samozřejmě i světelnými efekty.

Snažíme se diváka vtáhnout do naší iluze, ale ta musí být ve všech attributech konzistentní. Jakýkoli paradox, jako dopolední mše v kostele nebo denní práce v kanceláři bez z venku osvětlených oken, bude mít na věrohodnost představení

katastrofální dopad a v tomto případě bude divák následně nemilosrdným kritikem celé divadelní hry.

Samozřejmě i v těchto bodech je jistá difference mezi osvětlováním v divadle a osvětlováním ve filmu a televizi, kterou chci nyní přiblížit.

Film, který byl ve svých začátcích novým a doposud neznámým médiem se svými specifickými vlastnostmi danými soudobými technickými možnostmi, od svého vzniku až i do dnešních dnů vždy používal menší dynamiku osvětlení (spolu s jeho vyšší intenzitou) a limitem byl maximální zpracovatelný kontrast daný použitým materiálem. Rozdíl mezi filmovým natáčením a divadelním představením je, že ve filmu se až na některé výjimky (pohádky, záměrné stylizace a sci-fi) nevytváří virtuální svět jako v divadle, ale naopak panuje snaha diváka zaujmout pohledem na reálný svět s vygenerovaným filmovým příběhem. Analogicky je tomu i při televizním natáčení. Tato zásadní difference se projevuje při návrhu jak pozic, výkonů, ale i typů používaných světlometů a svítidel. Divadlo může na rozdíl od filmu pro vlastní realizaci režiséřského záměru používat ve větší míře barevné svícení k akcentaci virtuálního prostoru, kde právě probíhá divadelní představení. A proto je barva dalším a neméně důležitým prvkem při divadelním scénickém svícení.

- d) Barva v divadle je vždy relativní záležitostí a záleží pouze na LD, jaké bude používat. Nutno si uvědomit, že například chladná ocelové modrá barva bude vypadat při osvětlení velmi „teplým světlem“ daleko méně chladná než při osvětlení svítidlem s modrým filtrem. Proto všechny tyto aspekty musí LD při návrhu osvětlení akceptovat, a vytvořit si tak svůj názor na realizaci barevného svícení scény. Nejlépe, když bude pozorovat scénografický model scény přes gelové filtry, které uvažuje použít, ale k finalizaci společného záměru, dynamiky osvětlení i změnám směru svícení nebo jeho barvy, alt. i chromatičnosti, případně k nutné výměně instalovaných svítidel nebo barevných filtrů bude vždy docházet až při osvětlovacích zkouškách spolu s herci a scénografickými prvky.

Při barevném osvětlení scény je nutno vzít v úvahu vlastnosti nainstalovaných světelných zdrojů. Proto z fyzikálního principu jednoznačně vyplývá, že např. při filtrování halogenových zdrojů modrými filtry, kde rapidně klesá podíl intenzity modré barvy emitované světelným zdrojem, se instalací filtru intenzita

vyzařovaného světelného svazku výrazně zeslabuje (energetický podíl modré barvy u inkadescenčních zdrojů je relativně malý).

Jak jsem již uvedl, v divadle můžeme na rozdíl od reálného světa daleko více používat barvu světla emitovaného z divadelních svítidel a tím zvýšit emotivní vjem diváka, ale je nutno podotknout, že i v přírodě jsou někdy okolní předměty osvětlovány barevným světlem (např. ranní červánky, západ slunce nebo večerní osvětlení měsícem) a tím se virtuální svět divadla může přiblížit i realitě. Při návrhu barevného osvětlování scény je důležité nepřebarvovat scénografické prvky (a to také platí i pro herce).

Existuje několik rozdílných názorů na barevné osvětlování divadelní scény.

Tzv. americký způsob daný tradicí v muzikálech daleko více používá barevného osvětlování, evropský je umírněnější a tzv. česká škola experimentuje s oběma názorovými proudy. Pro zesílení diváckého dojmu v klíčových scénách můžeme ve větší míře využívat nejen barevného osvětlování, ale i vyššího kontrastu.

Je ale vždy nutno zvážit dopad těchto efektů na děj hry a použitou scénografii, konzultace s režisérem a scénografem je v tomto případě absolutní nutností.

Samozřejmě světelný designér vždy sám rozhodne nejen jak svítit, ale také jakým způsobem v časové ose divadelní hry provádět změny barvy, kontrastu a dynamiky osvětlení. A proto v každém případě musí být scénické osvětlení v souladu s právě probíhající divadelní hrou.

Přebarvená scéna na začátku divadelního představení, která se v průběhu hry odbarvuje, jednoznačně nesleduje dramatickост hry a pro diváka bude jako celek působit nudným, případně i nepřírozeným dojmem.

Totéž platí i u filmu a televize. Jako analogický příklad je možno uvést filmy z 50. a 60. let minulého století, kde se noční záběry prováděly natáčením za denního světla, s modrými filtry umístěnými před kamerou a výsledkem byla modře přebarvená scéna, která diváka více či méně obtěžovala, a dokonce ho i vzdalovala od požadované reality právě probíhajícího příběhu.

V současné době se pro natáčení nočních scén používají nízké úrovně bílého světla, neboť zvýšená citlivost filmové emulze, ale i snímacích prvků v televizních kamerách to jednoznačně umožňuje. V případě přímé náhrady měsíčního světla, vždy použijeme výbojkové zdroje s co nejvyšší teplotou chromatičnosti ($> 5\,000\text{ K}$) a alternativně můžeme instalovat i bleděmodré filtry, např. od firmy LEE typ 061 „mist blue“. Na rozdíl od filmu a televize můžeme barevné osvětlování

v divadelní praxi používat ve větší míře, protože obvykle realizujeme virtuální svět a nechceme realitu jednoznačně imitovat. Divák je ochoten přijmout tzv. světelnou nadsázku tehdy a jen tehdy, bude-li akcentovat právě probíhající děj a tím umocňovat divácký zážitek.

Zákonitosti a vztahy pro návrhy scénického svícení

4.1 Jasová složka osvětlení a osvětlenost

V následujícím odstavci si vysvětlíme problematiku jasu v divadelní hře.

Jedním z velmi důležitých faktorů pro určení jasové hodnoty osvětlení je závislost velikosti hlediště a jeviště. Můžeme realizovat divadelní hru při nízkých jasových úrovních v malých divadlech ve hrách tzv. „one man show“, ale tato úroveň bude zcela nedostatečná v divadle s velkým jevištěm a s mnoha herci hrajícími v rozměrných dekoracích, nehledě na obvykle velké pozorovací vzdálenosti od jeviště k divákům v posledních řadách.

V podstatě jsou tři složky ovlivňující velikost jasové hodnoty osvětlované scény:

- a) *Umělecký záměr režiséra* je nejdůležitějším momentem pro návrh úrovně osvětlení.
- b) *Vliv ostatních nespecifikovaných světelných zdrojů na jevišti a v hledišti* (nouzová světla, osvětlení východů, podstupňové osvětlení schodů a dalších nebezpečných hran) a i světla v dekoracích, jako jsou stojací lampy, louče, krbové plameny apod.
- c) *Adaptace lidského oka na světlo a tmu* (viz předchozí stať a 1. díl těchto skript).

Zopakujeme si základní úrovně osvětlení pro normální osvětlení obličeje herce v luxech (lx):

- 2 lx – základní hodnota – nerozeznáváme detaily, pouze se můžeme v prostoru orientovat
- 20 lx – obličej je pouze rozeznatelný
- 200 lx – dobré, uspokojivé osvětlení

- 2 000 lx – i z velké vzdálenosti rozeznáme i detaily obličeje, tato hodnota se blíží maximální používané osvětlenosti divadelního představení

Pro informaci dále uvádím některé osvětlovací úrovně celkového osvětlení exteriéru a interiéru.

- 100 000 lx – léto, poledne, bezmračná obloha venku, tato hodnota se považuje za maximální hranici osvětlovací úrovně.
- 10 000 lx – zima, poledne, bezmračná modrá obloha venku
- 7 500 lx – stíny z modré oblohy
- 7 000 lx – stíny z částečně zatažené oblohy
- 6 000 lx – zatažená obloha
- 5 000 lx – časné sluneční odpoledne
- 1 500 lx – východ a západ slunce
- 400 lx – dobře osvětlený obývací pokoj
- 70 lx – minimální hodnota osvětlení hlediště divadla a komunikačních koridorů
- 2 lx – minimální hodnota nouzového osvětlení.

Upozornění! Nepleťte si osvětlenost s jasnem. Osvětlenost měřená v luxech (lx) udává, kolik dopadá světla na daný objekt. Na rozdíl od jasové hodnoty měřené v kandelách na m^2 (cd/m^2), která udává, kolik světla se odrazí od daného objektu, respektive jaký jas bude mít osvětlovaný objekt. V tomto případě vždy záleží na použitém materiálu, jeho barvě a i odrazových vlastnostech (viz 1. část těchto skriptů).

4.2 Kontrast

Dalším důležitým faktorem při návrhu scénického svícení je kontrast. Jádrem práce s kontrastem je vyváženost světla a tmy v obraze během celého divadelního představení. Tato vyváženost je vnímána jako kontrast a je nutno si uvědomit dvě velmi důležité, ale diferentní aplikace:

- a) *Tzv. statický kontrast* – podobně jako ve fotografii, jedná se o statické osvětlení prostoru divadelní scény.

- b) *Dynamický kontrast* – tj. změna osvětlení scény, scénografických prvků a herců v závislosti na čase a smyslu právě probíhající divadelní hry.

add a) *Statický kontrast*

Definice: Statický kontrast je rozdílnost intenzity osvětlení (jasu), která ovlivňuje celou kompozici scény, a je obvykle složen z prvků základního osvětlení, doplněného bodovými světelnými zdroji. Výrazně zdůrazňuje prostorovost scény. Bez kontrastu bude osvětlení ploché a bez záchytných bodů pro lidské oko. Dobrý designér vždy balancuje mezi nízkým a vysokým kontrastem a přizpůsobuje se uměleckému záměru osvětlení divadelní scény daného režisérem.

Je možno prohlásit, že základní plošné osvětlení vždy redukuje vysoký kontrast bodového osvětlení, které obvykle zdůrazňuje detaily, na něž chceme upoutat oko diváka.

add b) *Dynamický kontrast*

Definice: Dynamickým kontrastem rozumíme změny rychlostí a úrovní osvětlenosti v čase, ve kterém je oko diváka ještě schopno se na tyto změny adaptovat a mozek je tedy bude akceptovat.

V případě osvětlování scény

Rychlá změna (střih) bude mít jednoznačně zřetelný akcentující účinek. Střední hodnota *změny* s délkou 1–2 minuty bude viděna divákem jako transformace osvětlení v časové ose a pomalá změna osvětlenosti s délkou více než 4 minut nebude obvykle divákem vědomě zaznamenána, nejedná-li se o úmyslné časové změny (východ a západ slunce nebo radikální změna počasí).

V případě právě probíhajícího představení

Všechny dynamické změny osvětlení vztahující se k časové ose představení jsou v podstatě definovány rozdílem mezi nejsvětlejším a nejtmavším obrazem divadelní hry. Je vždy nutno nastudovat scénář a nastavit tyto dva limity v kontextu divadelní hry – je to v podstatě minimální a maximální úroveň kontrastu a jasu.

Musíme si uvědomit, že např. při nastavení vysoké jasové úrovně právě začínající scény nebude možné vygradovat úroveň osvětlení i v případě, bude-li to požadovat režiséřský záměr.

Samozřejmě tmavá scéna, která následuje scénu jasnou, se bude zdát temná a naopak rychlá změna z tzv. black out (tmy) do jasného obrazu způsobí dojem maximální světelné úrovně. S těmito faktory vždy pracuje při návrhu osvětlení LD, aby světlo pomáhalo dotvářet režijní záměr hry a v průběhu divadelní hry nepůsobilo negativně na pozorujícího diváka.

4.3 Barevné vnímání světla

V divadelní praxi často používáme barevné osvětlování k umocnění diváckého zážitku z divadelní hry, ale vždy samozřejmě v kombinaci se světlem bílým a diferenciací jasových úrovní všech světél.

Rozhodování o barvě je možná jedním z nejdůležitějších rozhodnutí LD, protože divácký vjem a pocit je obvykle vždy blíže k chápání barvy než k intenzitě nebo kontrastu světla. Divadelní osvětlení má ve hře mnoho funkcí. Může zdůraznit herce nebo scénografické prvky, anebo je naopak potlačit až zneviditelnit. Světlo může sdělit divákovi důležitou informaci o místě a času v právě probíhající hře, ale také navozuje celkovou atmosféru a náladu. A proto správně zvolená barva může představení umocnit, špatně navržená naopak zničit.

Moderní LD může k osvětlení scény v podstatě používat jakoukoli barvu, ale pro diváka jsou barvy vždy spojeny s jeho vlastním emocionálním zážitkem. Je nutno si uvědomit několik základních principů při použití barevného svícení.

- a) Barevnost jeviště je vždy tvořena barevností objektů na něm a barevností světla, které tyto objekty osvětluje.
- b) Všechny jevištní objekty osvětlené barevným světlem se budou jevit jinak než objekty osvětlené světlem bílým (předpokládáme spojitě nebo alespoň pásmové spektrum světelných zdrojů).
- c) Při použití tzv. barevné aditivity, tj. mísení barevných světél, je nutno kontrolovat barevnost scény při všech barevných odstínech, které chceme použít. Zrovna tak je neméně důležitá kontrola barevných stínů v případě použití tří nezávislých svítidel – aditivní systém RGB. Při použití inteligentních svítidel typu moving head nebo osvětlovacích systémů s LED následná kontrola rozdílné barevnosti stínů v principu odpadá, protože vyzařovací svazek

barevného svícení je z definovaného bodu, buď z ohniska světelného zdroje, nebo relativně malé plochy emitující barevné světlo (LED).

- d) Jednou ze základních vlastností lidského oka je, že vnímá více barevnou zónu střední části spektra, tj. žlutozelenou, než okrajové části spektra, což jsou barvy červená, modrá a pastelové tóny. Čili nejvyšší citlivost lidského oka je na frekvenci odpovídající žlutozelené barvě.

Je nutno poznamenat, že při použití barevného svícení vždy vyvoláváme v divákovi buď pozitivní, nebo neutrální (alternativně i negativní pocity), a s tímto fenoménem musí dobrý LD vždy pracovat.

4.4 Dělení barev používaných v divadelní praxi

- a) *Teplé barvy* – žlutá, oranžová nebo barvy s vysokým podílem žluté. Asociují slunce nebo plameny ohně. Často jsou používány pro interiérové scény, časově určují spíše ráno či večer nebo definují léto. V případě jejich použití vytvářejí dojem menšího prostoru, ale divácky jsou velice populární.
- b) *Studené barvy* – obsahují obvykle modrou. Osvětlení je spojováno s vodou, ledem, horskými jezery a modrou barvou oceli. Jsou také používány k vytvoření pocitu chladu, časově mohou určovat děj odehrávaný v exteriéru nebo v zimě. K těmto barvám patří hlavně modrá, modrozelená, fialová. Tyto barvy vytvářejí iluzi většího prostoru. Ke studeným, ale i teplým barvám patří zelená, ale principiálně inklinuje spíše k barvám studeným.
- c) *Barvy saturované* – syté, mají vysokou úroveň chromatičnosti, navozují dojem síly až agresivity. Mohou také pomoci při dynamických a rychlých změnách.
- d) *Barvy pastelové* – používají barevné filtry s větší propustností frekvence dané barvy, případně je možno míchat saturované barvy s bílým světlem. Vyvolávají příjemné a uklidňující nálady, vytvářejí na jevišti přátelskou náladu. Světelné efekty vytvořené pastelovými barvami jsou vždy divácky kladně hodnoceny. Obzvláště je záhodno používat pastelové barvy při stylizacích (pohádky, komiks, muzikály atp.).

- e) *Čisté – Primární (základní) barvy (RGB)* – červená, zelená, modrá. Použité filtry vždy propouštějí pouze úzké frekvenční pásmo dané barvy. Z těchto důvodů filtry musí absorbovat velkou část tepelné energie emitované světelným zdrojem. Při použití halogenových zdrojů, které vyzařují relativně malý podíl vysokých frekvencí, musíme při použití modrého filtru zvyšovat výkon osvětlovacích systémů. Scénická svítidla osazená čipy LED mají při barevném svícení daleko vyšší účinnost než svítidla vybavená barevnými filtry, protože LED se mimo jiné vyrábějí i v základních barvách (červená, zelená, modrá) a při míchání barev systémem RGB není jejich filtrace nutná. Současný standard většiny svítidel s LED je osazení RGB+W (W = bílá) a to z důvodů jednoduchosti osvětlování při použití pouze bílého světla a následně i možné změny jeho teploty chromatičnosti mícháním B+W a zároveň i možnosti vygenerovat pastelové barvy. V současné době se vyrábějí tzv. multičipy (výkonové LED) obsahující barvy RGBW, nebo RGBWA, alt. RGBWA + UV.

Pozn.: R – červená (red), G – zelená (green), B – modrá (blue), W – bílá (white), A – žlutá (amber), UV – ultrafialová (ultraviolet)

Následně uvádím některé základní barvy a jejich působení na psychiku diváka:

Bílé světlo – imituje přímé osvětlení přírodními zdroji světla, vytváří pole pro práci s kontrastem a má v podstatě největší možnost dynamiky osvětlení, od minimální až po maximální možnou osvětlovací úroveň. Důležitým efektem při osvětlování je, že stíny od bílého světla jsou zobrazovány různou úrovní šedé až černé barvy.

Žlutá barva – imituje letní nálady, zvyšuje kontakt diváka s jevištěm a je možno ji použít v některých případech i pro hlavní osvětlení herců. V těchto případech pak často používáme pastelové barvy. Někdy ji ale můžeme použít jen jako barvu síry pro akcentaci pekelné scény.

Růžová barva – imituje ranní a večerní červánky, působí uklidňujícím dojmem, je bezproblémová při osvětlování jevištního horizontu, a proto je velmi často používána v divadelní osvětlovací praxi. Zdůrazňuje teplé tóny obličejů herců, je vhodná i pro osvětlení jevištních dekorací a vyvolává kladné emoce diváků, proto se často používá i v muzikálové praxi.

Červená barva – je to tzv. saturovaná barva, osvětlování touto barvou je nutno vždy bedlivě rozvážit, často je používána, ale ne vždy s úspěchem. Samozřejmě např. při osvětlování požáru nebo pekla se bez této barvy neobjedeme, ale v ostatních případech, např. při osvětlování herců, je tmavě červená méně vhodná a tento fenomén platí i pro jejich oblečení, nevyžaduje-li to styl divadelní hry anebo následně režisérův záměr. Při jejím použití ji často doplňujeme bílým světlem, čímž zmenšujeme její agresivitu.

Zelená barva – její použití je omezeno na osvětlování speciálních scénografických prvků, případně plní jednoznačné požadavky režiséra např. na osvětlení mořských hlubin nebo zdůraznění zelených ploch, jako jsou trávy, jarní pole, les a podobně. Pozor na osvětlování obličejů herců, kdy zelené osvětlení vyvolá velmi negativní dojem (nejedná-li se např. o úlohu vodníka). Světle zelená barva, nazývaná také young green, evokuje mládí i jaro, naproti tomu tmavě zelená barva vzbuzuje pocit brutality. Při míchání zelené a žluté barvy na scéně zdůrazňujeme mládí a jeho aktivitu.

Modrá barva – je často používána v různých odstínech, od bleděmodré až po tmavomodrou, tzv. „dark sea blue“. Modrou barvou je možné imitovat jak zimní krajinu, tak i měsíční světlo osvětlující jevištní artefakty. Světlé odstíny modré se často používají pro osvětlení pozadí jeviště. Modré kontra svícení, alternativně i boční svícení při nízké úrovni, pomáhá modelovat hereckou postavu a zvyšuje odstup herců od pozadí. Nicméně při použití této barvy je vždy nutno vyzkoušet výslednou barevnost v realitě dané divadelní hry i v koordinaci s barvou scénografických prvků a režisérským záměrem.

Jedno malé upozornění – jak bylo již dříve řečeno, při použití halogenových světelných zdrojů je nutno vždy navrhnout dostatečný příkon svítidel osazených modrými filtry, neboť energetický obsah modré barvy v porovnání s barvou červenou nebo zelenou je u halogenového zdroje relativně malý (a při stmívání světél ještě klesá). Naproti tomu při použití svítidel „moving heads“, kde se používá subtraktivní mísení barev a obvykle výbojkové nebo LED zdroje, je modrá barva, respektive její intenzita, zcela bezproblémová.

Při osvětlování pomocí svítidel osazených LED, jsou barevné diody vysoce světelně účinné, neboť tyto diody emitují sytou barvu bez použití filtrů a je tedy zcela možné přímé míchání různobarevných LED, které jsou instalovány ve svítlech.

Purpurová barva (magenta) – své jméno dostala až koncem 18. století od Johanna Wolfganga Goethea. Ten při svých experimentech zjistil, že se tato barva záhadně zjevuje hned po barvě fialové nebo těsně před barvou červenou. Purpurovou barvu tvoří dva díly červené a jeden díl barvy modré. Purpurová barva se tedy vyskytuje mezi červenou a fialovou. Je tedy v podstatě začátkem i koncem světelného spektra. Obsahuje všechny ostatní barvy spektra včetně bílé. Není to spektrální barva, ale extraspektrální, takže nemůže být generována světlem jedné vlnové délky. Tato barva se v přírodě vyskytuje velmi zřídka (pouze barva levandule, šeríku nebo orchidejí).

Při použití v divadelní a filmové osvětlovací technice patří mezi barvy mystické, symbolizující bohatství, důstojnost, vysoké postavení, moudrost a spiritualitu. V minulosti byla spojována s justicí a klérem. Často se používá při realizaci speciálních efektů jak v divadle, tak ve filmu a televizi.

Fialová barva (violet) – je jednou z nejpozoruhodnějších barev. Svojí vlnovou délkou 400 nm je na okraji viditelného světelného spektra, protože kratší vlnové délky jsou obsahem ultrafialového záření, které lidské oko již nevnímá.

Z hlediska skládání barev je tvořena jedním dílem červené a jedním dílem modré barvy a změnou jejich poměru to může být kterákoli z barev mezi červenou a modrou. Patří tedy mezi důležité barvy barevného spektra. Z hlediska vnímání je to směs dvou protikladů, divoké červené a klidné modré barvy, ale vždy patří k chladným barvám.

Při scénickém svícení vyvolává světle fialová barva melancholické nálady, naproti tomu tmavě fialová evokuje skrytá tajemství nebo pokoru.

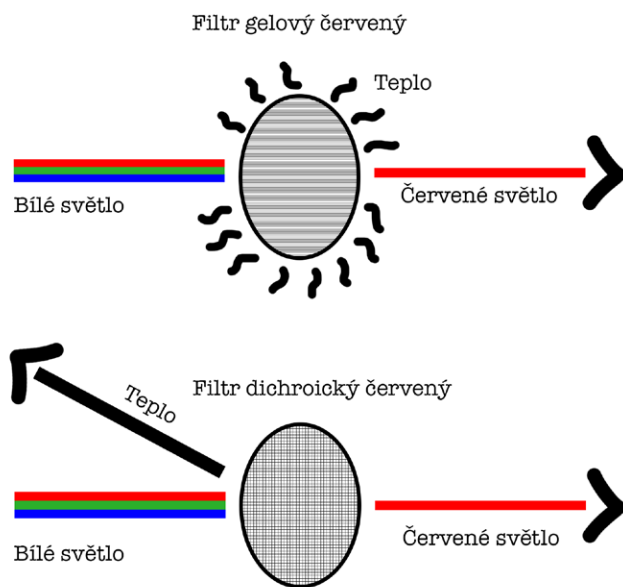
Je v ní něco mystického, něco, co může pro některé diváky být depresivní, něco, co může způsobovat i případnou nevolnost. Fialová, ve které dominuje modrá, zdůrazňuje svoji tendenci k éterickému, nadpozemskému. Fialová, ve které červená hraje pouze jemnou roli, se stává více delikátní.

Tyrkysová barva – je to barva na hranici spektra mezi modrou a zelenou. U pozorovatele vyvolává pocit chladu, třpytivosti a dálek. Při osvětlování ji často používáme jako kontrast k teplým barvám, které tímto získávají na intenzitě, protože teplé barvy vnímáme jako blízké, zatímco chladné barvy evokují pocit vzdálenosti.

4.5 Barevná filtrace

Při návrhu barevného osvětlení scény a použití reflektorů se zdroji bílého světla je nutno vyfiltrovat nežádoucí frekvence spojitého spektra a propustit pouze frekvenci požadované barvy. Tento problém je vyřešen u „klasických svítidel“ použitím barevných filtrů umístěných obvykle na držácích vpředu na svítidle.

Filtry jsou buď z nehořlavého plastického materiálu (gel), nebo skleněné, případně tzv. dichroické, které jsou vyrobené z tenkého skla a vakuově napařeny velmi tenkou vrstvou kovů. Zásadní difference mezi plastickými a dichroickými filtry spočívá v principu propouštění, resp. odrážení, frekvencí bílého světla. Gelové filtry vždy propouštějí požadovanou frekvenci a ostatní pohlcují (což vede k jejich velké tepelné zátěži) a dichroické filtry také propouštějí požadovanou vlnovou délku, ale ostatní frekvence odrážejí (obr. 3).



Obr. 3: Diference mezi plastickým a dichroickým filtrem

Dichroické filtry propouštějí velmi úzké spektrum z bílého světla, na rozdíl od filtrů gelových, které vždy propouštějí od žádané hodnoty ještě některé okrajové frekvence. Tím pádem dichroické filtry produkují barvy, které jsou tzv. „čistší“ a jasnější. Samozřejmě v použití s klasickými gelovými filtry může dojít

k nevhodné kombinaci spolupracujících barev projevující se hlavně při RGB aditivním míchání barev. Definice a křivky gelových filtrů najdete v 1. díle těchto skript.

Při návrhu vlastního barevného osvětlení scény a použití klasických halogenových světelných zdrojů je nutno mít na zřeteli změnu barvy emitovaného světla při jejich stmívání. V případě použití modrého filtru dochází k relativně velkému barevnému posunu, protože procento frekvencí modré barvy při nízkém napětí klesá a je atakováno delšími frekvencemi barvy červené. Tento fakt je možno využít i k diferentnímu barevnému osvětlování postavy herce na jevišti.

Při barevném filtrování jednoho světla je obvykle výsledek zcela uspokojivý, na rozdíl při filtrování více spolupracujících barevných světel osvětlujících nejen herce, ale i jeviště a scénografické prvky. Je nutno velmi opatrně volit barevnost filtrů ve vztahu k barevnosti všech osvětlovaných objektů a předpokládaným pozicím herců na scéně.

4.6 Difuzní filtry

Další neméně důležitou kapitolou v praxi každého LD je využití tzv. difuzních filtrů používaných jak při svícení bílým světlem, tak i při osvětlování barevným světlem.

Difuzní filtry (gelové) jsou z podobných materiálů jako filtry barevné – buď standardní, nebo tepelně odolné folie.

Difuzní filtry jsou většinou bezbarvé, ale každý výrobce má k dispozici paletu barevných difuzních filtrů. Ty se používají nejen na osvětlení pozadí, ale velmi často i při míchání barev. Umístění je na svítidlech ve stejných držácích jako pro barevné filtry. Podle uměleckého záměru je možno umístit difuzní filtr pouze na část vyzařovaného svazku ze svítidla nebo jen na střed výstupní čočky, a tímto způsobem pak bude centrální část světelné stopy přecházet velice jemně do obvodu emitovaného svazku.

Vyzařované difuzní světlo má vždy větší vyzařovací úhel než bez použití patřičného filtru. U svítidel typu profil spots se při použití difuzního filtru také redukuje vliv instalovaných světelných clon, světelná stopa se stává měkčí a blíží se stopě reflektorů PC a F.

Difuzní filtry se vyrábějí v několika provedeních:

- *Silný mat* – výsledek je velice měkká až zrnitá stopa, která se velmi obtížně formuje klapkami.
- *Lehký mat* – často používaný v divadelní a filmové praxi. Nejlepší výsledek je vždy při svícení na krátkou vzdálenost (viz 1. část těchto skript). Při osvětlování na větší vzdálenost musíme kalkulovat se snížením svítivosti až o cca 30 %.
- *Velmi lehký mat* – v osvětlovacím žargonu „Hamburg“ je nejvíce používaným difuzním filtrem, výsledek je sametové osvětlení herců. Světlo se dá dobře tvarovat clonami a klapkami, výsledkem je ale vždy neostrá světelná stopa. Ve filmové a televizní praxi je nepostradatelným pomocníkem při světelném modelování postav a jejich obličejů v detailních záběrech.

Na okraj uvádím realizaci difuzního svícení pomocí hedvábné látky (šifon). Použití tohoto materiálu bylo běžné v začátcích filmu a i televize. Je to materiál se strukturou orientovanou v jednom směru, to znamená, že maximálně rozptyluje světlo převážně v jedné ose.

V divadle se používá k osvětlování úzkých scénografických prvků, někdy i z bočního svícení. Při použití hedvábného materiálu v podstatě nejde použít clon a nastavení je pouze pozicí světla nebo maskou před výstupní čočku svítidla.

V architektonickém svícení se difuze realizuje buď matným, nebo pískovaným sklem umístěným před světelným zdrojem, případně speciálně tvarovaným sklem, alternativně i úpravou odrazové plochy svítidla tak, aby vystupující světelný svazek odpovídal požadovanému osvětlení plochy objektu. V případě reflektorů osazených zdroji LED je možno difuzi realizovat na optických členech každé svítivé diody, nebo na tzv. multičipu v případě, že svítidlo je osazeno těmito polovodičovými prvky.

Základní postupy při realizaci návrhů scénického osvětlení divadelních her, světelně technická dokumentace

5.1 Začátky týmové práce

Prvním a asi nejdůležitějším krokem, který musí LD učinit před navrhováním scénického osvětlení divadelní hry, je důkladné seznámení a následné nakreslení jevištní hrací plochy a samozřejmě i celého interiéru divadla, speciálně všech prostorů s možností umístění osvětlovacích systémů. Obvykle se tedy jedná o všechny důležité půdorysy budovy a podélné i příčné řezy. Ve formě zakreslení do dokumentace nebo i do náčrtku si zahrneme všechny stávající pozice svítidel. Důležitá je i zásadní komunikace s osvětlovacím technikem (je-li ovšem k dispozici) o možnostech osvětlovacího pultu, počtu stmívačů, umístění sledovacích reflektorů a schémat silových a slaboproudých zásuvek umístěných v celém prostoru divadla. Dokumentace je obvykle nakreslena v měřítku 1 : 25, 1 : 50, nebo i 1 : 100. Standardní stavební měřítko mezinárodně používané je 1 : 50. Souhrn výše uvedených a i ostatních důležitých informací se nazývá světelné schéma.

Další neméně důležitou činností přímo navazující na první krok LD je pečlivé prostudování scénáře divadelní hry, alternativně libreta, případně napsaného textu této hry. Globálně je nutno kontinuálně zpřesňovat všechny přicházející informace od spolupracujícího týmu a do scénáře (nebo vlastních poznámek) tyto informace zapisovat. Obvykle se zapisují do textu červeně. V této fázi se analyzují

všechny detaily divadelní hry, vzájemné profesionální vztahy herců a pomalu si ujasňujeme, co budeme v průběhu divadelní hry divákovi sdělovat.

Jelikož světlo je jedním ze základních kamenů emocionálního názoru diváka na divadelní hru, je nutno pečlivě navrhovat všechny vazby světla na ostatní profese. Doufám, že je všem jasné, že je zásadní rozdíl mezi scénickým svícením v případě monologu „být, či nebýt“ a osvětlením v případě „proč bychom se netěšili“. Proto je nutné si jednoznačně uvědomit, že dobré světlo je (a vždy bude) elementem, který může umocnit divácký zážitek, ale v případě špatného osvětlení udělá i z dobré divadelní hry nezajímavou podívanou.

Pokračováním práce LD jsou diskuze s režisérem divadelní hry i s celým pracovním kolektivem. Tyto diskuze probíhají v podstatě až do poslední osvětlovací zkoušky. Zažil jsem i zásadní připomínky těsně před premiérou, což ale svědčí o nedokonalé komunikaci již od začátku práce celého týmu, případně i o zásadních rozporech mezi jeho členy, což obvykle vede k jednoznačnému diváckému odsouzení celé divadelní hry.

V průběhu schůzek realizačního týmu se precizují detaily, určují se vzájemné vazby a priority a zpřesňuje se celkový průběh představení krok po kroku. Pro práci LD je velmi důležitý i těsný kontakt se scénografem divadelní hry, který obvykle realizuje modely jednotlivých scén buď jako jejich makety, nebo v poslední době i pomocí návrhových programů (CAD, WYSIWYG a dalších 3D programů), případně i s použitím fotografií těchto maket. Jako poznámku uvádím, že v učebně DAMU je realizován ucelený systém scénického nasvěcování objektů formou zmenšeného divadelního prostoru, do kterého je možno vkládat scénografické modely a pomocí miniaturních osvětlovacích systémů osazených LED s možností změny světelného toku, vyzařovacího úhlu a barvy můžeme tyto modely nasvěcovat. Přímým výstupem je vazba na scénografický model WYSIWYG, který nám umožňuje jednoznačnou konfrontaci modelu a virtuální skutečnosti.

Tímto způsobem realizujeme na monitoru v podstatě stejný model scény, můžeme přesouvat pozice svítidel, a tím měnit i principiální osvětlení scén. Maketu scény lze nafotografovat, porovnat s vytištěným navrhovaným osvětlením v programu WYSIWYG a progresivně finalizovat návrh scénického osvětlení.

Celá tato práce směřuje k vytvoření finálního světelného scénáře.

Světelný scénář vždy byl (a je) jednou z nejdůležitějších dokumentací pro realizaci scénického osvětlení. Slouží nejen k získání nejdůležitějších informací

LD, ale i k vzájemné komunikaci všech členů týmu. Je jednoznačným podkladem pro následnou práci s celým světelným parkem a samozřejmě i pro další zpřesňující schémata. Obvykle je vytištěn v potřebném počtu kopií se stejným číslováním stránek nebo alespoň stejným číslováním obrazů nebo scén, a to v ideálním případě na pravé straně dokumentace. Levá strana slouží k zapsání všech aspektů, poznámek, čísel světelných změn a všech důležitých akcí na jevišti generovaných budoucím průběhem divadelní hry.

V textu světelného scénáře si postupně LD запиše všechny světelné změny přímo navazující na akce právě probíhající na jevišti. Do světelného scénáře si LD také obvykle zapisuje všechny poznámky a připomínky, které vznikají v průběhu realizace celé divadelní hry a jsou v jednoznačném vztahu k finalizaci návrhu scénického osvětlení. Poznámky slouží nejen k přímému scénickému osvětlení, ale také k definici současně působících ostatních zdrojů na jevišti (oheň v krbu, stolní a stropní lampy, světla za okny a podobně), a proto LD musí neustále kontrolovat všechny aktuální světelné zdroje, co se týče intenzity, barvy světla a časové osy jejich funkce.

Světelný scénář je vždy zásadním podkladem i pro tvorbu navazující dokumentace, jako je např. osvětlovací plán, který je realizován na základních grafických plánech jeviště a hlediště. Je to v podstatě základní návrh rozmístění osvětlovacích systémů, jejich typů, směrů svícení a dalších důležitých parametrů pro realizaci osvětlení. V případě velmi komplikované divadelní hry může mít tento plán varianty pro každou významnou změnu na scéně. Slouží jako podklad např. pro zavěšovací plán (nasvěcovák), který dává jednoznačnou informaci o typech svítidel, jejich vyzařovacích úhlech, výkonech, pozicích, elektrických obvodech a instalovaných filtrech. Je vypracovaná jednoznačná symbolika odpovídající použité dokumentaci.

Nejjednodušší je pouze popis, kam má dopadat dané světlo (pracovní stůl světlo zprava simulující stolní lampu, schodiště světlo shora úhel 40° atd.). Při složitějších inscenacích je možno zakreslovat pozice světél a jejich světelné stopy přímo do fotografií jednotlivých scén, jsou-li vytvořeny. Při realizaci následné dokumentace se často sekáváme s výčtem veškeré světelné techniky, který je vlastně detailním soupisem svítidel a obvykle je tvořen tabulkou s označením všech svítidel a jejich funkce. Například:

Pořadové číslo	Typ	Filtr	Funkce	Poznámka
19	142	bez	hlavní světlo	zepředu
20	207	013	zelená 45°	iris
21	305	102	shora	klapky

Podle těchto tabulek je možno ještě před zavěšením svítidel nastavit vyzařovací úhel, osadit filtry, klapky a ostatní příslušenství svítidel.

Související světelně technická dokumentace může být i seznam navrhovaných osvětlovacích systémů, zpřesněná schémata zapojení, alternativně i soupis zapůjčovaných svítidel, cenové specifikace, změny připojovací kabeláže, případně i koordinační scénář pro spotáře. Rozsah dokumentace je závislý na složitosti osvětlení divadelní hry, na množství použité osvětlovací techniky a v neposlední řadě i na typu představení (kamenné divadlo, zájezdové verze, osvětlení hudebních skupin apod.).

Důležité body vlastního světelného návrhu

6.1 Geometrické rozdělení jeviště

Zásadně rozdělujeme jeviště do několika důležitých ploch. Orientace tohoto rozdělení je buď z pohledu herce do hlediště (angloamerické divadlo) – nazývané „stage right“, nebo evropské označování z pohledu diváka na jeviště nazývané „house right“, to znamená opačnou orientaci pravé a levé strany jeviště.

Z pohledu diváka je herecká pravá strana levou a naopak. U jeviště typu aréna se definují směry individuálně, např. podle hlavního vchodu nebo dle dohody obvykle s režisérem.

Další rozdělení je na tzv. horní část jeviště a spodní část. Tzv. horní jeviště je obvykle nazýváno zadní částí jeviště z pohledu diváka a spodní částí jeviště je část blíže k divákovi. Samozřejmě centrální část jeviště je uprostřed mezi horním a spodním jevištěm.

Tyto úvahy jsou pouze pro definici rozdělení jeviště při realizaci světelně technického designu a jeho zápisu do světelné dokumentace.

6.2 Zásadní umístění osvětlovacích systémů

Pro realizaci osvětlení herců a jeviště se používá několik prostorů, kde jsou instalována svítidla:

- a) v prostoru jeviště,
- b) v prostoru hlediště alternativně i v ostatních prostorech divadla, ze kterých se může efektivně osvětlovat jeviště.

add a) V prostoru jeviště je obvyklá instalace osvětlovacích systémů v horní části jeviště, spodní části jeviště, bočních a předních prostorách na speciálních konstrukcích, osvětlovacích rampách nebo osvětlovacích bateriích zavěšených nad jevištěm.

Efektové svícení může být i z přístupových koridorů jeviště nebo z ostatních technických prostorů podle světelného návrhu divadelní hry a možnosti stavebních prostorů divadla.

add b) V prostoru hlediště anglicky F.O.H. (FRONT OF HOUSE) jsou osvětlovací systémy obvykle umísťovány v jeho přední části, na bocích a i v zadní části hlediště. Instalace těchto systémů je na osvětlovacích konstrukcích, nebo v případě sledovacích reflektorů obvykle na stativech.

6.3 Selektivní viditelnost diváků

Prvním a nejvíce důležitým momentem dobrého světelného návrhu je dbát na světelnou čitelnost všech obrazů divadelního představení.

Principiální doporučení je, že každý divák musí mít možnost jasně a jednoznačně vidět všechny věci a objekty, které jsou důležité pro pochopení probíhajícího představení tak, aby jej mohl optimálně vnímat.

Z výše uvedeného je možno odvodit další postulát, že všechny věci či objekty, které nechceme divákovi ukázat, budou buď osvětleny málo, nebo zůstanou neosvětleny. Avšak světlé scénografické prvky mohou být částečně nebo i úplně viditelné díky odrazu nebo rozptylu světla po jevišti.

A návazně je možno říci, že v devadesáti devíti procentech času divadelní hry jsou herci osvětleni tak, aby je mohl kterýkoli divák opticky rozeznat. Pouze v několika málo velice dramatických efektech může být herec neosvětlen nebo osvětlen částečně (kontra, spodní rampa, bodový sledovací reflektor apod.).

Jestliže divák nevidí herce, který mluví či zpívá, je to obvykle naprosté selhání světelného designu. A proto je možné konstatovat, že herec, který nemůže být viděn, by neměl být ani slyšen, nejedná-li se o speciální režisérský záměr.

Jak bylo již dříve uvedeno, u divadelního osvětlení nezáleží pouze na tom, kolik luxů je na daném objektu. Důležitým faktorem je také reflexivita osvětlovaných objektů.

Tmavý předmět na osvětleném jevišti se jeví tmavým, zrovna tak jako světlý objekt je dobře viditelný i při relativně nízké úrovni osvětlení (viz 2. část těchto skript, stať osvětlování barokních her).

6.4 Směry svícení

Směry svícení jsou jedním z nejdůležitějších faktorů dobrého světelného designu, protože teprve optimální směrové nasvícení daného objektu může dát divákovi i správný stereoskopický vjem.

Jedním ze základních zákonů světelného designu je fakt, že správné osvětlení z přesně daného úhlu je srdcem dobrého návrhu. Dále platí, že jedna lampa na správném místě je daleko lepší než mnoho svítidel v nesprávných polohách.

Ale neplatí tvrzení, že použitím jednoho tzv. motorizovaného reflektoru Moving Head s možností fokusace vždy optimálně nasvítíme divadelní scénu. Naopak platí, že i jeden standardní klasický reflektor v optimální poloze umocní divácký zážitek ze hry.

6.5 Řízení a nastavování úrovně osvětlení

Neméně důležité pro správnou funkci osvětlovacích systémů je nastavení základních světelných úrovní.

Při světelných zkouškách je nutno vizuálně kontrolovat osvětlení jeviště. Speciálně při tmavých scénách osvětlených nízkou úrovní je nutné při zhasnutém světle režijní kabiny kontrolovat parazitní osvětlení dopadající na jeviště od nouzových východů, schodišťových stupňů a všech nutných technických provozních zdrojů světla, protože jejich světelný příspěvek může fatálně degradovat nasvětlenou scénu. Při hereckých zkouškách se finalizují dynamické změny scénického osvětlení, které musí být bezpodmínečně v synchronu s hereckým projevem, nesmí přijít ani dříve, ale ani později, protože divák bude tento nesynchron často dešifrovat jako principiální chybu scénického osvětlení.

Při nastavování jasových úrovní osvětlení korigujeme osvětlenost také podle oblečení herců, protože herec oblečený ve světlém kostýmu bude i při nízkých

úrovních osvětlení velice dobře rozpoznatelný, na rozdíl od tmavých nebo sytě barevných obleků, které budou vyžadovat osvětlovací úrovně značně vyšší.

Neméně důležitým aspektem dobrého světelného návrhu je kalkulace s ostatními nespecifikovanými světly na jevišti. Pro tato světla platí stejné zákonitosti, protože jsou to světelné zdroje pracující v alternaci s divadelním scénickým osvětlením a tím zvyšující dramatickост hry, ale mohou i drasticky ovlivnit celkový návrh scénického osvětlení. Patří k nim zejména stolní lampy, pouliční lampy na jevišti, plameny z krbu, svíčky, záblesky apod. Při všech světelných zkouškách je nutno pečlivě zkoumat vzájemnou vazbu scénického osvětlení a těchto nespecifikovaných světél.

Budou-li tato světla aktivní v průběhu hry, je nutno tuto skutečnost projednat s režisérem a následně je započítat do osvětlovacího návrhu i do celkového osvětlení scény. Obvykle necháme zhasnout scénické osvětlovací systémy, rozsvítíme všechny nespecifikované zdroje a zkoumáme, jaký světelný efekt vytvářejí. Následně můžeme upravovat i jejich barvu tak, aby nepůsobila rušivě nebo nepřesvědčivě v konfrontaci se scénickým osvětlením divadelní hry. Ve většině případů mají tato světla difusní charakter, ale mohou produkovat i nežádoucí stíny, které by mohly negativně ovlivňovat hlavní scénické osvětlovací systémy. Je pouze na rozhodnutí režiséra divadelní hry a LD, zda chtějí jasovou složku těchto světél zdůraznit vůči scénickým osvětlovacím systémům, nebo naopak jejich vliv potlačit.

Proto doporučuji vždy, bude-li to možné, připojovat tato světla přes stmívače ovládané buď ze separátního, nebo hlavního osvětlovacího pultu a nastavovat úroveň jejich svítivosti v souladu s úrovní scénického osvětlení.

Podskupinou těchto světél jsou doplňková scénická světla simulující reálné osvětlení, např. sluneční světlo procházející skrz okna nebo dveře či simulace venkovní krajiny za okny.

Při navrhování těchto svítidel postupujeme stejně jako při návrhu tzv. nespecifikovaných světél a vždy vše konfrontujeme s hlavním scénickým osvětlením.

V případě změny intenzity nebo barvy (např. denní, nebo večerní světlo procházející okny) je nutno kontrolovat vzájemné úrovně těchto světél a úrovně hlavních scénických osvětlovacích systémů.

V dalších kapitolách uvedu několik názorných příkladů použití těchto osvětlovacích systémů v praxi.

Při používání barevného osvětlování halogenovými světelnými zdroji s použitím barevných filtrů je nutno počítat i s fyzikálními zákony emise světla pomocí rozžhaveného vlákna. Budu-li stmívat halogenový zdroj, dojde k posunu frekvence vyzařovaného světla k červené barvě – vlnová délka se zvětšuje a podíl frekvencí modré barvy klesá, jak již bylo uvedeno. Na rozdíl od instalace svítidel osazených LED tento problém zásadně odpadá, protože při regulaci intenzity těchto světelných zdrojů nedochází ke změně frekvence vyzařovaného světla.

Principiální osvětlování plochy jeviště, portréту herce, postavy herce na jevišti a zápisy poloh svítidel

- a) Osvětlování plochy jeviště a instalovaných scénografických prvků
- b) Osvětlování portréту herce
- c) Osvětlení postavy herce a generování jeho stínu na jevišti
- d) Osvětlování pohybujících se herců na jevišti

7.1 Osvětlení plochy jeviště a instalovaných scénografických prvků

Zdánlivě nejjednodušší práce LD je nasvítit plochu jeviště. Je zapotřebí nasvítit všechny plochy, po kterých se pohybují herci, nebo které chceme, aby diváci vnímali jako osvětlené. Je nutné vždy sledovat režisérský záměr, alternativně akcentovat i scénografické prvky, a naopak potlačit prostory nedůležité pro oko diváka.

Principiální otázky jsou:

- *Jak jasné má být jeviště?* – Optimální maximální navrhované osvětlení detailů je při cca 1 000–2 000 lx, ale i v případě vyšších hodnot se oko diváka přizpůsobí této úrovni. V praxi se průměrná hodnota osvětlenosti jeviště pohybuje mezi cca 500÷2000 lx, záleží na principiálním návrhu všech scénografických prvků, režisérském záměru a i celé světelné náladě divadelní hry.

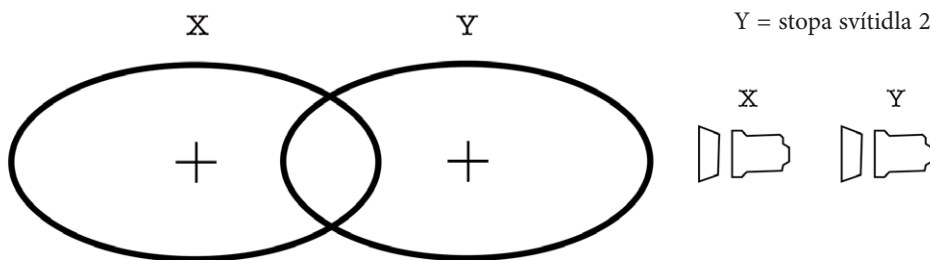
- *Jak tmavé?* – V tomto případě je nejdůležitější režisérský záměr principiální viditelnosti nebo resp. neviditelnosti scénografických prvků a samozřejmě i to, co chceme, aby publikum vidělo, a jak dlouho, protože při adaptaci lidského oka na tmu (viz 1. část skript) je nutno při požadavku tmavého jeviště postupně snižovat celkovou úroveň jeho osvětlení.

Základní osvětlení jeviště nám také definuje principiální stíny vyvolané tímto osvětlením a LD musí při osvětlení herců s tímto problémem vždy kalkulovat.

Při použití více světél spolu spolupracujících kalkulujeme také rovnoměrnost tohoto osvětlení. Obvykle se uvažuje pro plochu poloviny vyzařovaného úhlu osvětlovacích systémů. Proto často používáme světla s nevýraznou stopou a pro perfektní návaznosti intenzity světla, buď PC, F nebo profile spot s nastavenou měkkou stopou (obr. 4).

X = stopa svítidla 1

Y = stopa svítidla 2

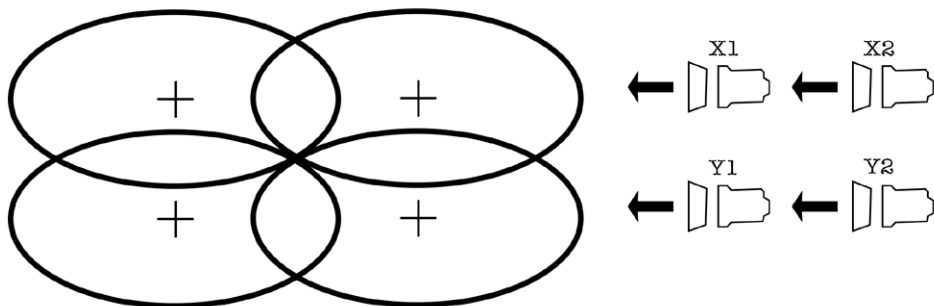


Obr. 4: Navazující světla a jejich stopy

Světlo X a Y má v centru svítivost 100, v navazující ploše je svítivost $X = 50$ a $Y = 50$, celkově 100. V tomto případě bude herec pohybující se z X do Y stále stejně nasvícen.

Při kalkulaci minimální osvětlenosti scénickými reflektory uvažujeme, že hraniční osvětlenost je 1/10 maximální svítivosti daného reflektoru.

Při osvětlení jeviště více reflektory spolu spolupracujícími vycházíme ze stejných předpokladů jako při použití světél X a Y (obr. 5).



Obr. 5: Vícenásobná návaznost osvětlovacích systémů

Chtěl bych ještě připomenout, že při navrhování scénického osvětlení je vždy nutno zohlednit světelné technické parametry navrhovaných svítidel nebo svítidel použitých z vybavení divadla.

Dovoluji si zopakovat hlavní difference svítidel, co se týče jejich vyzařovaného svazku.

Např. standardní svítidlo profile spot může mít velmi rovnoměrnou stopu s ostře ohraničenými okraji. Pak ale intenzita osvětlení na okraji stopy strmě klesá k nule. Naproti tomu svítidla s fresnelovou čočkou mají stopu mírně nerovnoměrnou, uprostřed je tzv. hot spot, od nějž intenzita více či méně kolísá a na krajích klesá pozvolna k nule. Stopa je tzv. měkká. Svítidla typu PC jsou v této klasifikaci někde mezi profile spot s měkkou stopou a fresnel. Budeme-li používat moderní typy osvětlovacích systémů (moving heads nebo LED), musíme vždy provést komplexní technickou zkoušku jejich vlastností, co se týče vyzařovaného světelného svazku, a tím verifikovat všechny požadované světelné technické parametry.

Chtěl bych ještě upozornit na fakt, že většina bodových reflektorů je méně efektivní při nastavení minimálního a maximálního úhlu vyzařovaného paprsku. Při návrhu umístění reflektorů se proto doporučuje kontrolovat jejich vzdálenost od herců tak, aby regulace vyzařovaného světla nebyla v krajních polohách.

Neméně důležité je při návrhu osvětlení jeviště také osvětlení všech scénografických prvků nacházejících se ve viditelném prostoru z pohledu diváka.

Každý prvek je nutno posoudit z pohledu režiséřského záměru pro právě probíhající hru a patřičně jej nasvítit. Vše, co chceme, aby divák vnímal, bude osvětleno. A naopak nežádoucí prvky scénografie nesmíme v průběhu divadelní hry akcentovat. Při osvětlování scénografických prvků je vždy nutno vzít v úvahu

jejich interní osvětlení (okna, osvětlení teras domů, pouliční osvětlení a podobně). Shrnutí všech výše uvedených aspektů je, že *vnitřní a vnější scénické osvětlení musí být v celém průběhu divadelní hry vzájemně vyvážené a nemělo by docházet k jejich vzájemné disproporci.*

7.2 Osvětlování portréту herce

Jedním ze základních kamenů osvětlovací praxe nejen v divadle, ale hlavně ve filmu a TV je osvětlení herce a jeho postavy. Osvětlování portréту vychází ze základů fotografického svícení, při kterém musíme jednoznačně pochopit vliv dopadajícího světla na herce, a to z různých osvětlovacích úhlů. Následně musíme definovat kvalitu vyzařovaného světelného svazku buď difuzního, nebo bodového a v poslední řadě posoudíme i vliv barvy na osvětlovaný předmět. Jako podskupinu těchto problémů je možnost přidat definici vrhaného stínu postavou herce.

Protože nejdůležitější částí každého herce ve vztahu k divákovi je jeho tvář a její mimika, ukážeme si na jednoduchých příkladech vliv změny osvětlovacího úhlu daného svítidla na osvětlení portréту a následně i postavy.

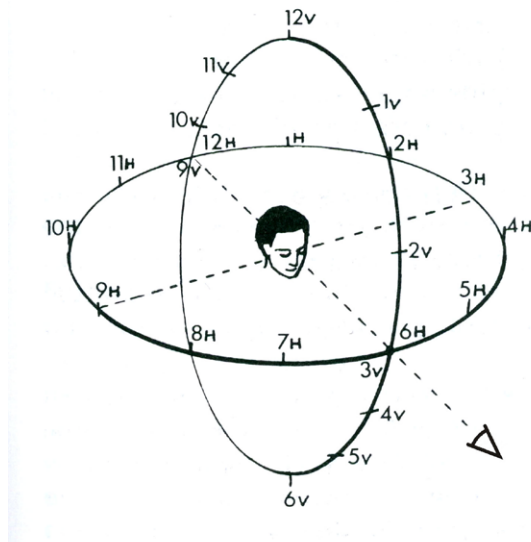
V první řadě je nutno definovat, jak zaznamenat polohu a směr světla osvětlujícího herce. Směr světla, resp. úhel, pod kterým světlo na herce dopadá, má jednoznačný vliv nejen na jeho čitelnost, ale také na dramatičnost, s jakou ho bude divák vnímat. Směr světla obvykle určujeme z pozice pozorovatele a tím je také přesně definován.

Existuje více systémů zápisu osvětlovacích úhlů, ale nejpoužívanější je způsob americký (podle dvou ciferníků hodin na sebe vzájemně kolmých), který je nejen názorný, ale i přesný. Zaznamenáváme hodiny i minuty na pomyslných cifernících. Tento systém vznikl v podstatě pro filmové snímání, ale často se používá i v divadelní praxi (obr. 6).

Z tohoto důvodu jej budeme používat na definici směrů svícení někdy u divadla, ale hlavně u filmového a televizního natáčení a v neposlední řadě i u svícení architektonického.

Horizontální směr označujeme písmenem *H* a vertikální písmenem *V*.

Poloha pozorovatele je vždy čelně proti osvětlovanému objektu a v našem případě bude čelo pozorovatele na souřadnicích 6H a 3V, viz obrázek 6.



Obr. 6: Zápis osvětlovacích úhlů

Mezipolohy osvětlovacích úhlů jsou definovány znaménkem (+) pro pohyb po směru hodinových ručiček a (-) pro pohyb proti směru hodinových ručiček. V některých případech doplňujeme vertikální svícení velikostí osvětlovacího úhlu ve stupních.

Uvedme příklady:

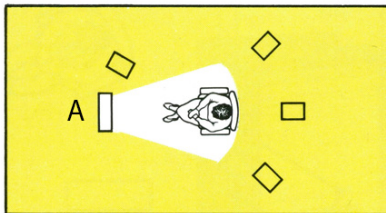
Kolmé osvětlení herce má zápis 12V, nebo V90.

V případě horizontálního zápisu:

- Kontra světlo má zápis 12H
- Boční světlo má zápis 3H (9H)

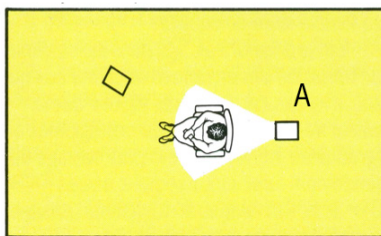
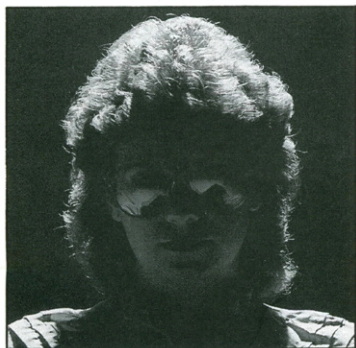
Při kombinaci „virtuálních hodin“ při horizontálním značení polohy světel a úhlové informace v jejich vertikální pozici bude zápis vypadat následovně: např. 4H60 znamená, že světlo svítí šikmo z boku s vertikálním osvětlovacím úhlem 60°.

V následující stati si názorně ukážeme vliv osvětlení na obličej herce při změně polohy jednoho svítidla. Nejjednodušeji můžeme experimentovat s jedním světlem (A) osvětlujícím obličej herce z různých úhlů svícení. Poté provedeme zápis a zhodnotíme diferentní osvětlení jeho obličeje.

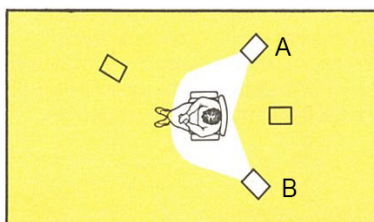
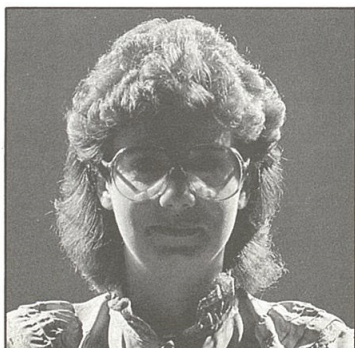


Obr. 7: Osvětlení portréty přímo zepředu.
Zápis tohoto osvětlení je 6H.

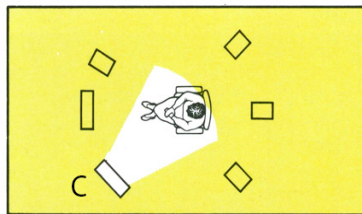
Následně přesuneme virtuální svítidlo v horizontální rovině přímo za obličej osvětlované osoby (tzv. kontrast světlo).



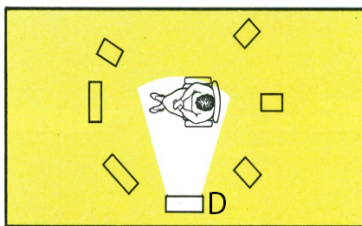
Obr. 8: Osvětlení portréty horizontálně kontra. Zápis tohoto osvětlení bude A (12H).



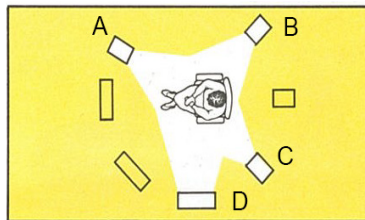
Obr. 9: Osvětlení portréty horizontálně dvojité kontra.
Zápis tohoto osvětlení bude A (10H), B (2H).



Obr. 10: Osvětlení portréту pod úhlem 45° v horizontální rovině.
Zápis bude C (5H) V 45° .



Obr. 11: Boční osvětlení portréту v horizontální rovině.
Zápis bude vypadat následovně: D (3H).



Obr. 12: Vyvážené osvětlení portréту pomocí čtyř reflektorů ABCD, reflektory ABCD jsou umístěné pod úhlem 30° od horizontální roviny.
Zápis A 7HV30, B 11HV30, C 2HV30, D 3HV30.

7.3 Osvětlení postavy herce a generování jeho stínu na jevišti

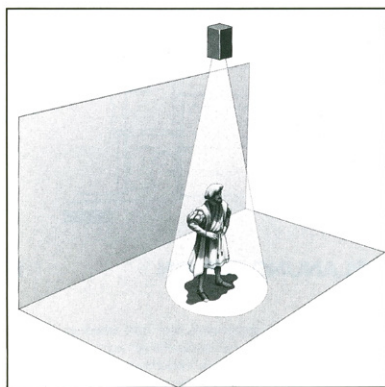
Na názorných příkladech si ukážeme, jak poloha jednoho svítidla ovlivňuje čitelnost herce a jeho stínu s přihlédnutím k následujícím světelným faktorům:

- světelný efekt na herci
- osvětlení plochy jeviště
- stín vrhaný hercem

Při našem virtuálním osvětlování použijeme svítidlo s tzv. ideální světelnou stopou a jeho polohu budeme měnit vůči postavení herce na jevišti.

1) Osvětlování herce shora a zepředu

1) Svítidlo je umístěno kolmo nad hlavou herce a osvětluje jej vertikálně směrem na podlahu jeviště (obr. 13).

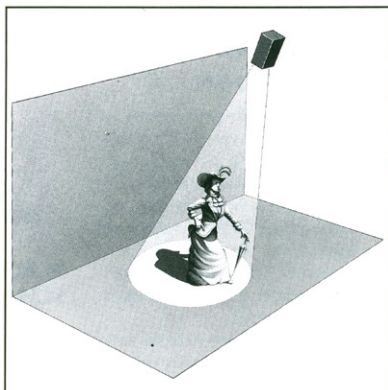


Obr. 13

Výsledek tohoto osvětlení bude, že oči herce budou jako dvě temné jamky, nos bude osvětlen pouze shora a ústa herce budou prakticky ve stínu. Stín na jevišti bude realizován pouze největší částí těla herce a osvětlovaná plocha jeviště bude dána pouze velikostí vyzařovaného úhlu světla z reflektoru a jeho vzdálenosti od jeviště. Při návrhu tohoto způsobu osvětlení je nutno vždy pečlivě vyzkoušet jeho vliv na osvětlení plochy jeviště.

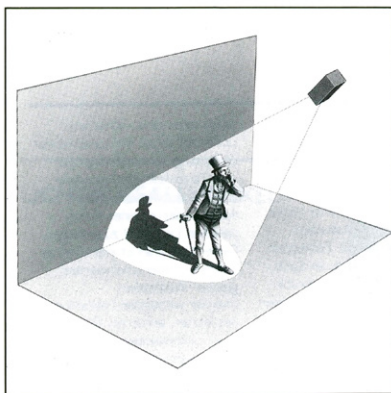
ZÁVĚR: Takto realizované osvětlení je velice selektivní a dramatické, ale z pohledu herecké aktivity je jeho vliv zanedbatelný. Použití je jen jako akcentační doplněk celkového osvětlovacího návrhu.

2) Provedeme posun virtuálního světidla směrem k divákovi, herce osvětlujeme již pod jistým úhlem a tím začínáme zvýrazňovat detaily jeho obličeje i jeho kostým (obr. 14).



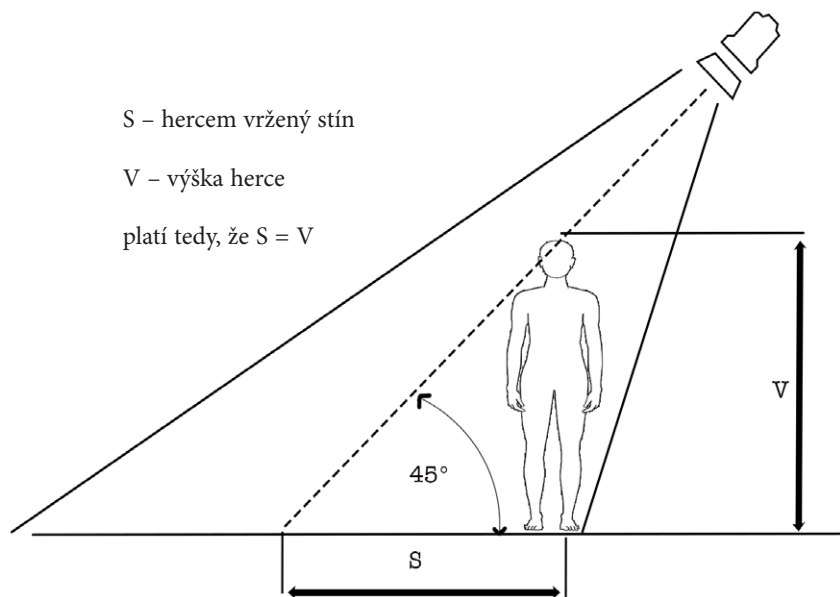
Obr. 14

Osvětlení jeviště a stínu herce se začíná zvětšovat a posouvat směrem od diváka. Posuneme-li náš virtuální reflektor dopředu až na osvětlovací úhel $V45$, bude modelace hercovy tváře relativně optimální, ale přesto bude jeho kvalita limitována osvětlením pouze jedním reflektorem (obr. 15).



Obr. 15

Vržený stín se zvětšuje a při osvětlovacím úhlu $V45$ je stejně dlouhý jako výška herce (obr. 16).



Obr. 16

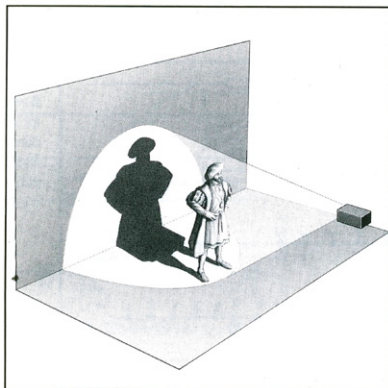
V tomto případě bude zápis polohy svítidla vůči herci vypadat následovně: 6HV45.

ZÁVĚR: Osvětlovací úhel 45° je nejpoužívanější ve scénické osvětlovací praxi, stín bude stejně velký jako výška herce a modelace obličeje je z pohledu diváka celkem uspokojivá.

Poznámka: pro různé osvětlovací úhly se stín herce nebo scénografického prvku mění následovně:

- pro úhel 15° je stín cca 4× delší než výška herce
- pro úhel 30° je stín cca 2× delší než výška herce
- pro úhel 45° je délka stínu totožná s výškou herce
- pro úhel 60° je stín cca poloviční výšky herce
- pro úhel 75° je stín roven cca $\frac{1}{4}$ výšky herce
- pro úhel 90° je stín dán pouze maximálními rozměry herce v horizontálním řezu.

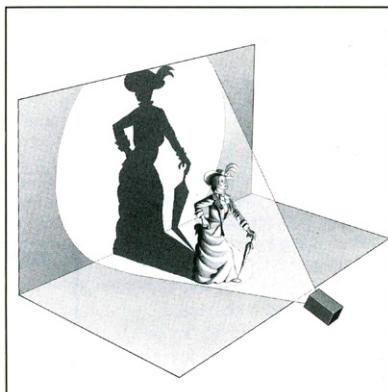
3) Následně změníme polohu našeho reflektoru až do horizontálního předního osvětlení (označení 6H), v tomto případě bude obličej herce plně osvětlen přímým světlem (obr. 17).



Obr. 17

ZÁVĚR: V případě horizontálního umístění svítidla bude obličej herce plošně osvětlen a výška stínu bude totožná s výškou herce, který je tímto svítidlem osvětlován.

4) Posuneme-li polohu našeho virtuálního svítidla na podlahu jeviště před herce (obr. 18), budeme realizovat tzv. spodní svícení (je to také nejstarší způsob osvětlování herce obvykle ze přední spodní osvětlovací rampy).



Obr. 18

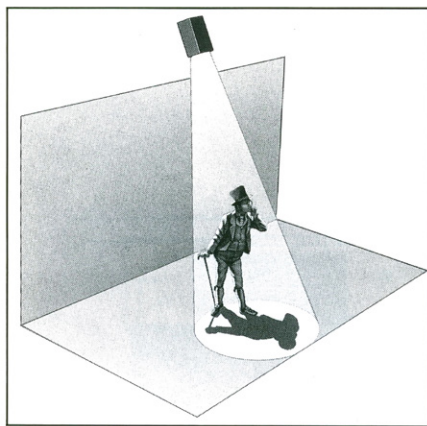
Toto osvětlení vytváří zvětšený stín na pozadí scény, jeho velikost se bude také měnit pohybem herce směrem od a ke svítidlu.

Je to dramatické osvětlení, zdůrazňující všechny detaily hercovy tváře. V normální osvětlovací praxi je toto svícení obvykle doplněno předním osvětlením, které změkčuje kontury hercova obličeje a přibližuje výsledný efekt požadované realitě.

ZÁVĚR: V těchto případech platí zásada, že změnou polohy svítidla od svisle kolmé k vodorovné se zvětšuje rozlišení tváře herce, ale kvalita osvětlení se snižuje, objekt se stává plošší. Můžeme konstatovat, že vertikální osvětlení je dramatické, skulpturní, přední osvětlení je plošné.

2) Osvětlování herce ze zadní sféry a z boků

5) Následně posuneme naše virtuální svítidlo z kolmé horní osvětlovací polohy směrem dozadu od diváka. Dostáváme se k zadnímu osvětlení herce zvaného v osvětlovacím žargonu „kontra“ (obr. 19).



Obr. 19

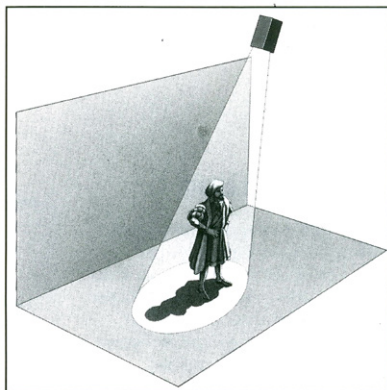
Svítidlo osvětluje herce ze zadních úhlů svícení. Stín vržený hercem se promítá podle polohy svítidla před jeho tělo, směrem k divákovi.

Mimika tváře je zcela eliminovaná, osvětlení je velmi dramatické, ale používá se obvykle ve spojení s předním osvětlením a v tomto případě zvyšuje 3D efekt herce na jevišti, ale je nutno velmi opatrně nastavovat vzájemné světelné úrovně svítidel.

ZÁVĚR: Kontra světlo může i svou barevností výrazně dramaticky působit na diváka, v případě filmu a TV se často používá ze zadních bočních směrů pro

dokreslení vlasů a celkovému zjemnění scénického osvětlení, hlavně při snímání detailu obličeje herce.

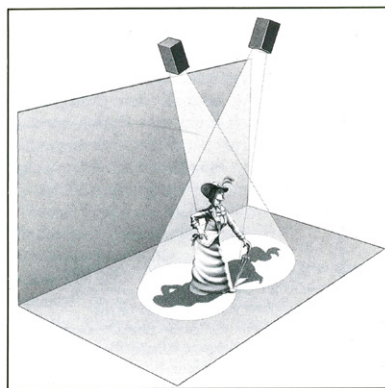
6) Nyní naše virtuální svítidlo posuneme z horizontální roviny předního svícení o úhel 90° tak, abychom svítili z boku na herce pod jistým osvětlovacím úhlem (obr. 20).



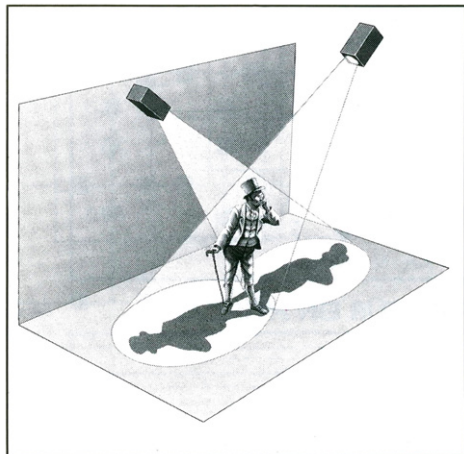
Obr. 20

ZÁVĚR: Svítidlo osvětluje pouze polovinu obličeje herce, neosvětlená strana postavy je prakticky nerozeznatelná.

Tento jev eliminujeme použitím dvou svítidel svítících na herce z bočních osvětlovacích úhlů (obr. 21 a 22).



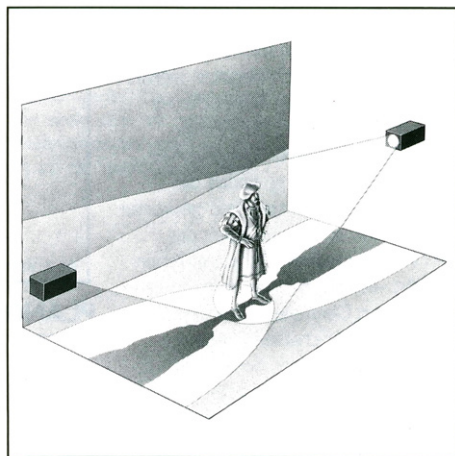
Obr. 21



Obr. 22

ZÁVĚR: Čím více budeme posouvat naše svítidla směrem k podlaze jeviště a zmenšovat jejich osvětlovací úhel, tím více bude klesat dramaticčnost našeho osvětlení a zároveň se budou zvětšovat vržené stíny herce na jevišti.

Umístíme-li svítidla do horizontální roviny z boku herce, dostaneme tzv. boční osvětlování (obr. 23).



Obr. 23

Obvykle je instalovaná řada svítidel po obou stranách jeviště.

Jistou nevýhodou bočního osvětlení je vytvoření temné linie tam, kde se na obličejích setkávají dva boční paprsky svítidel.

Tato boční poloha osvětlovacích systémů, v žargonu průvany (angl. „side-light“) umožňuje vytvořit tzv. světelný koridor napříč jevištěm. Šířka koridoru je daná nejen jeho požadovanou velikostí, ale hlavně technickými faktory svítidel, jejich počtem a umístěním.

Základní princip bočního osvětlování je skoro vždy doplňován dalšími svítidly situovanými tak, aby byla splněna podmínka dobré rozlišovací čitelnosti osvětlení a v neposlední řadě také požadovaná dramaticčnost osvětlení.

Při americkém muzikálovém designu osvětlovacích systémů je tento způsob velmi rozšířený, včetně akcentace tanečníků pomocí barevného svícení, v principu totéž platí i pro osvětlování baletu pro zvýraznění celé postavy herců a tanečníků.

Předpokladem efektivního nasvícení scény tímto způsobem je dobré vymaskování svítidel na obou stranách jeviště. Svítidla se obvykle umísťují do různých výšek z důvodu nutnosti dobré čitelnosti tanečních kreací.

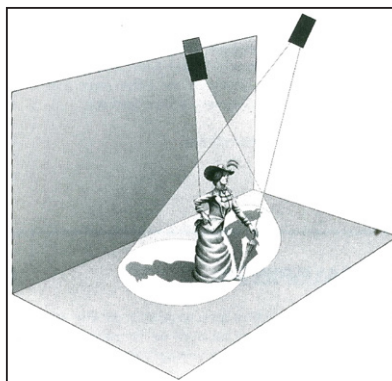
ZÁVĚR: Boční svícení je dramatické, zdůrazňující všechny detaily hercovy tváře. V normální osvětlovací praxi je to osvětlování obvykle doplněno předním osvětlením, které změkčuje kontury hercova obličej a přibližuje výsledný efekt požadované realitě.

7.4 Reálné osvětlování herců na jevišti více svítidly

Finální osvětlení statického herce na jevišti je vždy kompromisem mezi pozicemi osvětlovacích systémů, jejich typy a nastavením vzájemné intenzity vyzářovaného světelného svazku.

Nutno podotknout, že neexistuje žádná ideální pozice jednoho svítidla, které osvětluje postavu. Přední osvětlovací úhly se vyznačují dobrou viditelností postavy, boční zase lepším modelingem. Horní osvětlovací úhly zvyšují dramaticčnost osvětlení, ale prodlužují stíny na jevišti. Proto vždy používáme kompromis, který umožní nasvícení herce s dobrou viditelností a zároveň s dobrým modelingem tváře a oděvu. Samozřejmě se obvykle snažíme minimalizovat jeho stín na jevišti, není-li efekt stínu dán režiséřským záměrem.

Klasickou metodou je použití dvou světel, která jsou umístěna v horní osvětlovací scéně pod úhlem cca 45° a zároveň pod týmž úhlem v horizontálním směru také pod úhlem 45° (obr. 24).

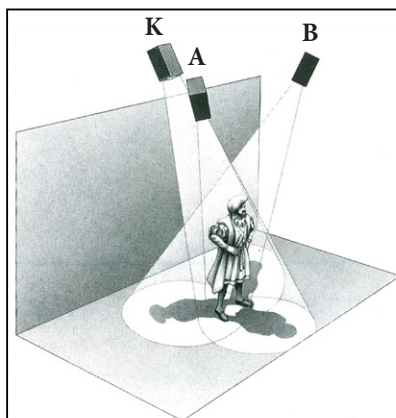


Obr. 24

Tento způsob osvětlování herce byl poprvé popsán Stanley McCandlessem v knize *A Method of Lighting the Stage* (1932).

V průběhu doby se doplnilo svítidlo osvětlující herce zezadu (kontra), které zdůrazňuje hloubku scény a tím i modeluje jeho plasticitu.

Standardní metodou osvětlování herce se stalo osvětlení pomocí tří primárních úhlů, dva zepředu a ze strany a jeden zadní – kontra. Použitá konfigurace svítidel akcentuje herce od pozadí, reflektory mají mezi sebou úhel cca 120° (obr. 25).

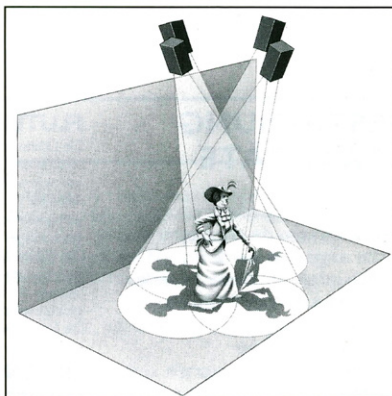


Obr. 25: (A, B – přední osvětlení, K – kontra světlo)

Samozřejmě i tato osvětlovací metoda má své limity. Je možno je následovně shrnout:

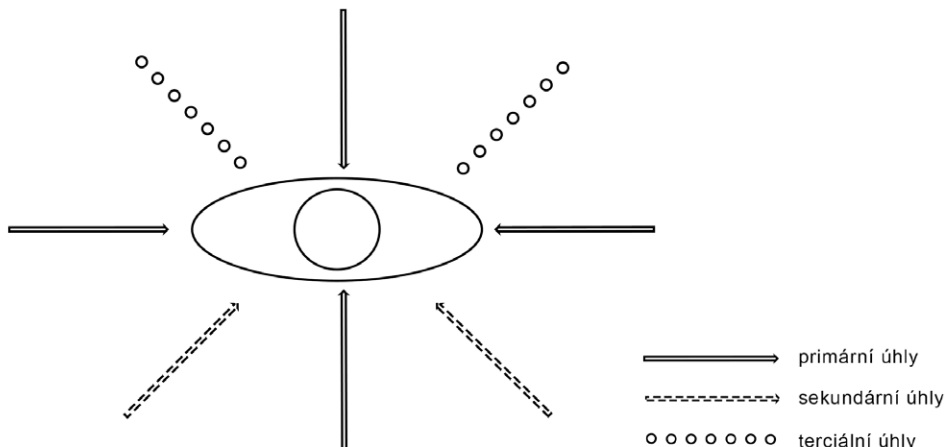
- a) diagonální stíny jdoucí od postavy herce neumožňují snadnou regulaci osvětlení herce
- b) silně osvětlená podlaha jeviště pomocí těchto světel může snižovat možnost optimálního osvětlení tváře herce
- c) nejdůležitější je fakt, že je prakticky nemožné v případě již nastavených úhlů svítidel měnit modeling a také viditelnost herce, což je jeden z velmi důležitých faktorů správného světelného návrhu.

Proto v moderním osvětlování postavy herce se obvykle použijí čtyři základní osvětlovací systémy vzájemně pootočené o 90°. Dobrá osvětlenost tváře je daná především předním osvětlením, kontra světlo separuje postavu od pozadí, a zároveň pomáhá jejímu modelingu a boční osvětlovací systémy dosvětlují stranově tvář a oblek herce (obr. 26).



Obr. 26

Je pouze na LD, jaké osvětlovací úhly v závislosti na dramatičnosti celkového děje použije. Základní osvětlení – primární úhly, další doplňkové – sekundární úhly a jako poslední – terciární úhly jsou na obr. 27.



Obr. 27: Základní osvětlovací úhly

7.5 Osvětlování pohybujících se herců na jevišti

Neméně důležité je správné nasvícení herců po celou dobu probíhajícího představení, a to po všech jejich předpokládaných pohybech po jevištní ploše. Při statickém nebo pohybujícím se herci po jevištní ploše nás zajímá jeho osvětlení ve dvou principiálních výškách:

- na ploše jeviště
- ve výšce hlavy herce

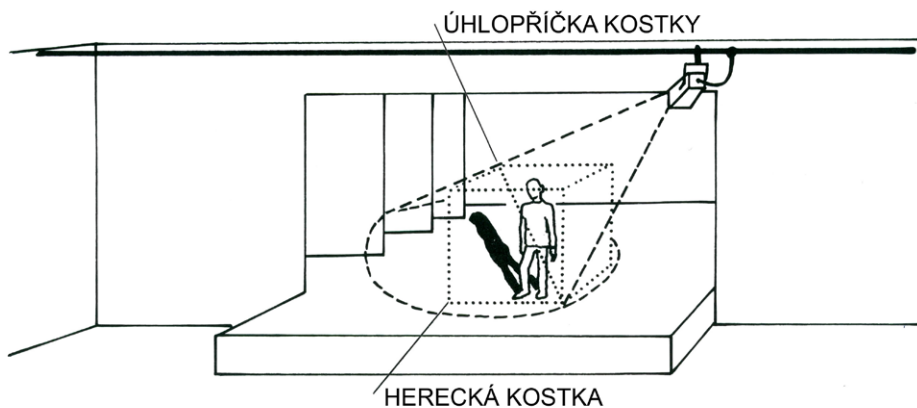
Platí poučka, že dobře osvětlený herec je pouze tehdy, bude-li mít dobře osvětlenou nejen hlavu, ale také i nohy. Výšku herců přibližně kalkulujeme bez pokrývky hlavy na hodnotu cca 200 cm.

Dále poznamenávám, že jakékoli vybavení scénografie včetně všech použitých rekvizit podléhá tomuto zákonu. V případě, že v průběhu divadelní hry bude herec stát třeba na žebříku nebo bude vybaven vysokou čepicí, musí být tyto difference zakalkulovány do všech osvětlovacích návrhů a ověřeny při osvětlovacích zkouškách.

Následně si při osvětlovacích zkouškách musíme prověřit, kam dopadne světlo, které splnilo základní funkci osvětlit herce stojícího nebo pohybujícího se na scénické dekoraci. Vzniká tak kombinace osvětlení herců a základního osvětlení jeviště.

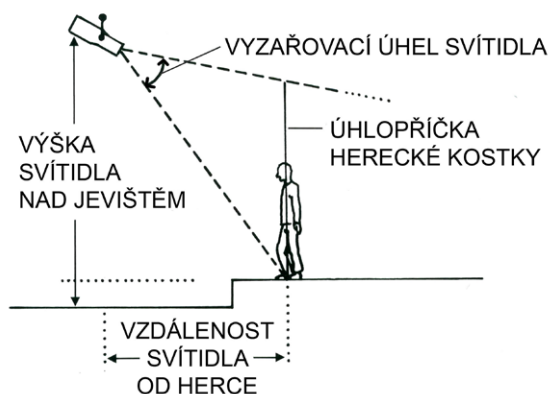
Dalším krokem při návrhu scénického osvětlení pohybujících se herců na jevišti je tzv. definice herecké kostky (obr. 28). Rozměry virtuálního osvětlovacího prostoru byly definovány následovně:

- uvažovaná šířka herecké kostky: cca 2,5 m
- uvažovaná hloubka herecké kostky: cca 2,5 m
- uvažovaná výška herecké kostky: cca 2 m



Obr. 28: Herecká kostka

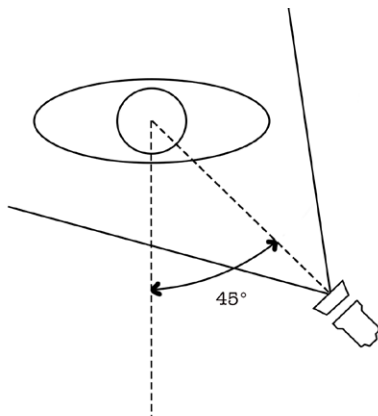
V tomto případě platí, že vyzařovací úhel svítidla musí vždy pokrýt úhlopříčku herecké kostky (viz obr. 29).



Obr. 29: Pokrytí úhlopříčky herecké kostky

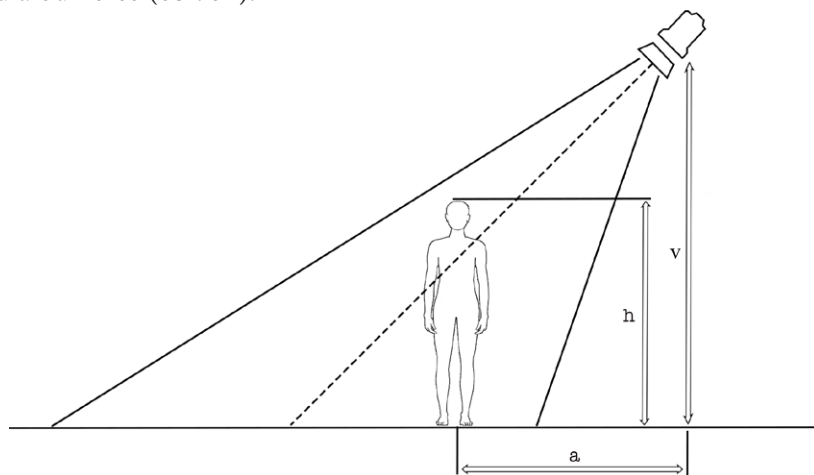
Pro příklad vlastního scénického osvětlování použijeme optimální osvětlovací úhly svítidla vůči herci na jevišti. Obvykle používáme jak vertikální, tak horizontální úhel cca 45° (obr. 30).

Horizontální úhel je definován pozicí svítidla na zavěšovacích systémech, který zakreslíme do vodorovného průmětu svítidla do půdorysného plánu divadelní scény.



Obr. 30: Svítidlo se zakresleným horizontálním osvětlovacím úhlem 45°

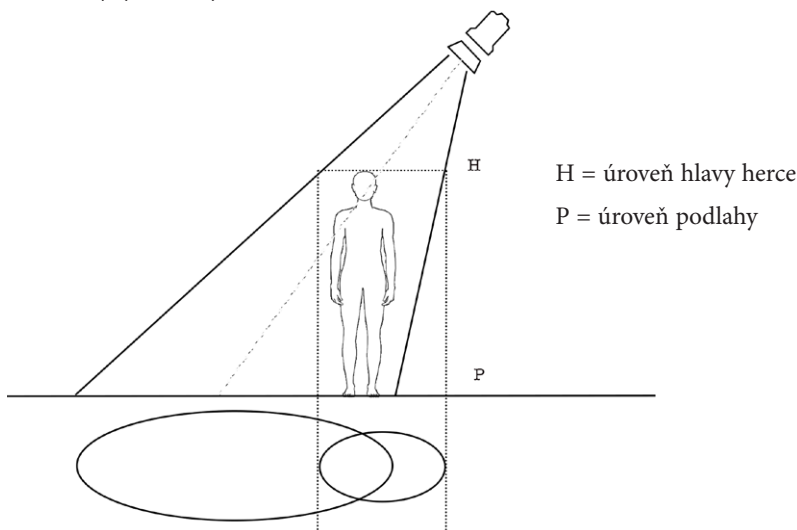
Vertikální úhel je dán výškou svítidla zavěšeného nad hercem a vzdáleností svítidla od herce (obr. 31).



Obr. 31: Vertikální úhel osvětlovacího systému vůči herci na jevišti.

Výška svítidla je označena v , výška herce h . Vzdálenost herce od kolmého průmětu svítidla na jeviště a .

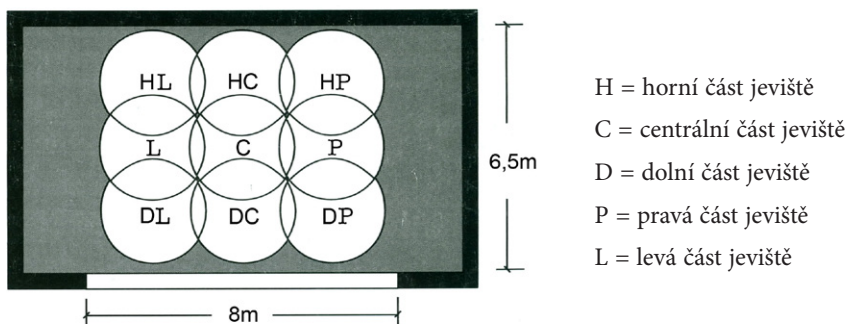
Při osvětlovacím návrhu je nutno si uvědomit, že vyzařovací úhel svítidla má diferentní velikost stopy v úrovni podlahy a v úrovni hlavy herce, resp. „stropu“ herecké kostky (obr. 32).



Obr. 32: Velikosti světelné stopy na jevišti

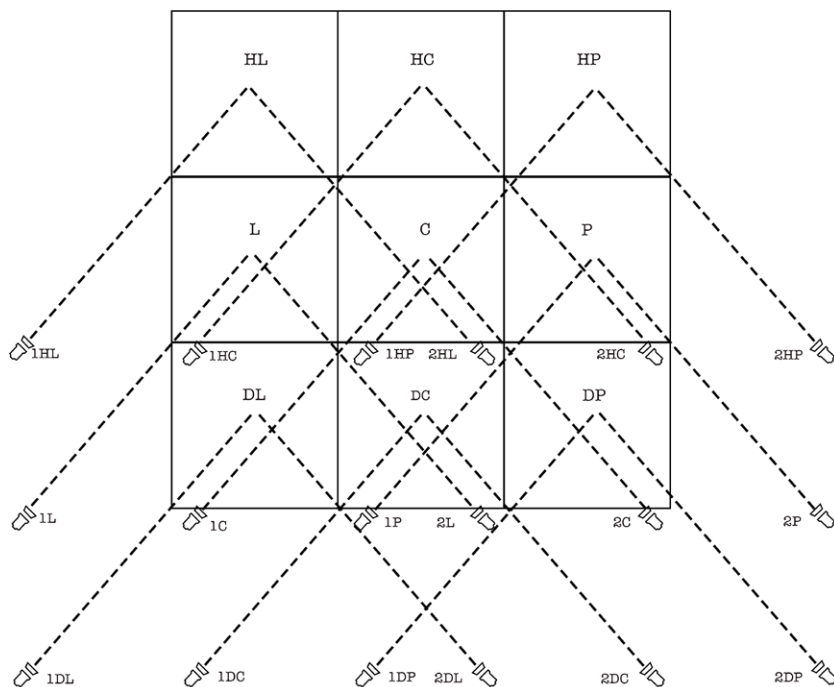
Herec se tedy může pohybovat jenom v obalové průměrně dvou osvětlovacích stop. Pouze tehdy a jen tehdy bude dobře osvětlen.

Při vlastním návrhu osvětlení scény s pohybujícími se herci musíme jeviště rozdělit na navazující osvětlované plochy, na kterých se herci pohybují. V podstatě se to shoduje s tzv. hereckými kostkami. Máme-li např. šířku hrací plochy 8 m, hloubku 6,5 m, můžeme provést rozdělení následovně (obr. 33):



Obr. 33: rozdělení jeviště na osvětlovací plochy

Základní osvětlení herců bude vypadat následovně (použití vždy dvou svítidel s prostorovým úhlem 45° na každou uvažovanou plochu – viz obr. 34):



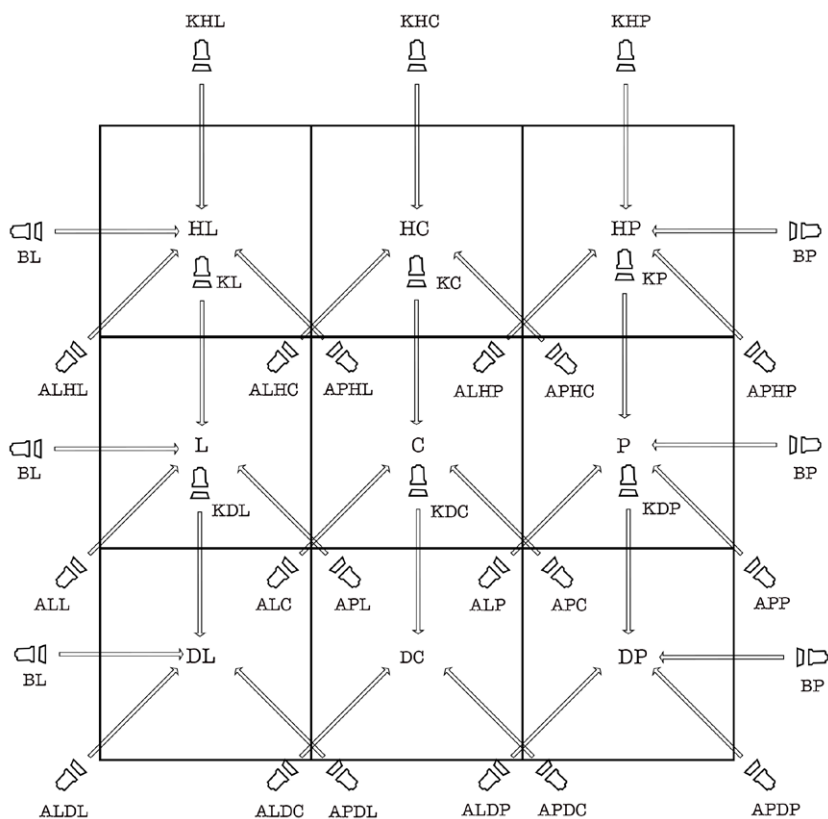
Obr. 34: Základní osvětlení herců na jevišti

V tomto návrhu bude herec (herci) relativně dobře osvětlen v těchto devíti uvažovaných plochách.

Při konkrétním návrhu osvětlovacích systémů je nutno vzít v úvahu intenzitu a případně i barvu vyzařovaného světla.

Budou-li intenzity obou svítidel svítících na jednu plochu (např. světlo – 1DC a 2DC – plocha DC) stejné, bude výsledek osvětlovaného herce relativně ploché nasvícení. Proto obvykle nastavíme diferentní úroveň osvětlení, a tím zvýšíme dramatickost celkového výsledku. Je možno velmi opatrně provést změnu barvy jednoho reflektoru osvětlujícího uvažovanou plochu, ale nesmíme zapomenout na přirozenou barvu jeho obličeje (použití zeleného filtru na jednom svítidle obvykle vede ke katastrofě). Samozřejmě při instalaci např. krbu na pravé straně jeviště bude vhodné svítidla osvětlující krb zprava filtrovat do teplých barevných tónů.

Uvedený příklad osvětluje každého herce v daných polohách tzv. herecké kostky pouze dvěma svítidly, sice v optimálních osvětlovacích úhlech (45° horizontálně a 45° vertikálně), ale jak již bylo uvedeno, perfektní osvětlení herce na ploše jeviště je realizováno obvykle třemi nebo ještě lépe čtyřmi svítidly. Proto tento příklad slouží pouze jako základní možné osvětlení herců pohybujících se na jevišti divadla v tzv. hereckých kostkách. V tomto případě se progresivně zvětší počet svítidel, ale celkový výsledek je výrazně lepší, viz obr. 35.



Obr. 35: Osvětlení herců více scénickými svítidly

Svítidlo A – přední svícení (45°/45°)

Svítidlo B – boční horizontální svícení

Svítidlo C – kontra svícení

Příklad: ALDP = přední, levé, dole, pravé.

Jeviště je rozděleno na horní pravé, centrální a levé atd.

Principiální osvětlení celého prostoru jeviště pomocí předního, bočního a kontra osvětlení.

Předpokladem je možnost individuálního stmívání svítidel. V případě potřeby diferentní tonality osvětlení je nutno svítidla zdvojit ($A + A'$; $B + B'$; $C + C'$).

Základní praxe filmového a televizního osvětlování a jeho difference vůči osvětlování scénickému divadelnímu

V prvním přiblížení budeme *definovat* zásadní rozdíly mezi návrhy scénického osvětlování v divadle a osvětlování ve filmu a televizi. Pro realizaci vhodných filmových a TV osvětlovacích systémů je nutno vzít v úvahu následující připomínky:

- a) Diferenci mezi vlastnostmi lidského oka, filmové emulze a snímacího čipu v televizní kameře.
- b) Diferenci dynamiky svícení spočívající v kontinuálním sledu divadelní hry a diskontinuálním způsobu natáčení filmu nebo televize.
- c) Diferenci mezi skutečným třídimenzionálním obrazem v divadle a dvojdimenzionální finální reprodukcí obrazu ve filmu nebo televizi.
- d) Diferenci pozorovací vzdálenosti diváka v auditoriu divadla na jedné straně a možnostmi snímacích kamer na straně druhé, kde objektiv je obvykle typu zoom, s možností plynulého nastavení proměnné ohniskové vzdálenosti a ostrého obrazu i možností změny světelnosti objektivu pomocí irisové clony a v neposlední řadě i počtem snímacích kamer.
- e) Diferenci mezi kontinuálně probíhajícím divadelním představením a filmovou či televizní postprodukcí, kde můžeme digitálně upravovat obraz a vytvářet triky a efekty v divadelní praxi neuskutečnitelné.

- f) Diferenci mezi akustickým projevem herce na jevišti divadla a snímáním zvuku při filmovém a televizním natáčení.
- g) Diferenci v kvalitě optické části snímacích kamer, hlavně v závislosti na úrovni osvětlení (ostrost obrazu a tzv. hloubka ostrosti) vůči lidskému zraku.

Add a)

Základní difference mezi vlastnostmi lidského oka, filmové emulze a snímacího čipu v televizní kameře spočívá v následujících parametrech.

Rozsah zpracovatelného jasu od tmy do plného světla je u lidského oka daleko větší než u filmu a televize a pro ilustraci uvádím, že maximální rozlišovací schopnost lidského zraku je v rozsahu jasů cca $1 : 10^{12}$, což je zhruba od 10^{-6} do cca 10^5 cd/m^2 (viz 1. díl skript).

Naproti tomu poslední generace filmového materiálu dokáže zpracovat jasy v poměru cca $1 : 200$ a televizní řetězec zpracovává úrovně od nulového do plného jasu v poměru cca $1 : 70$.

Další podstatnou diferencí mezi lidským zrakem, respektive okem v kooperaci s lidským mozkem a technickými systémy pro záznam obrazu je praktická nezávislost pozorovatele na rozdílné teplotě dopadajících paprsků z různých světelných zdrojů. Člověk tedy automaticky dokáže kompenzovat dopadající sluneční světlo míchající se se světlem svíček, nebo petrolejových lamp, které mají výrazně odlišnou teplotu chromatičnosti. Filmová emulze a snímací prvky v TV kamerách jsou nastaveny vždy na určitou teplotu chromatičnosti barev snímaného světla a rozdílné teploty chromatičnosti světelných zdrojů se musí kompenzovat patřičnými filtry tak, aby všechny světelné zdroje osvětluující daný objekt měly přibližně stejnou teplotu chromatičnosti.

Příklad: Natáčíme-li v místnosti, která je osvětlená svítidly osazenými normálními žárovkami a zároveň oknem dopadá sluneční světlo, musíme použít film na umělé světlo, který věrně zobrazí osvětlované předměty a na okno je nutno instalovat korekční filtr, který „odřízne“ krátké vlnové délky obsažené ve slunečním světle a sjednotí snímané vlnové délky obou světelných zdrojů. V praxi používáme tzv. korekční folie.

Jinou alternativou je simulace slunečního svitu procházejícího oknem světelnými zdroji se stejnou teplotou chromatičnosti, jakou má normální žárovka, tedy sv. zdroje o cca 2 700–3 200 K.

Add b)

Při pozorování divadelní hry jsou změny intenzity a barvy osvětlení kontinuální. V tomto případě dochází k efektu akomodace lidského oka na světlo a tmu (viz 1. díl skript). Všechny dynamické změny úrovně osvětlení musí akceptovat rozdílnou dobu akomodace lidského oka na světlo a tmu. U filmu a televizního snímání, kde je rozsah jasových hodnot limitován použitým materiálem a snímáním prvkem v kameře, není nutno kalkulovat s akomodací lidského oka, protože v tomto případě je rozsah zpracovatelného jasu u televize vždy mnohonásobně menší než u lidského oka a nemůže tedy dojít k optické disharmonii u pozorovatele.

Add c)

Dalším důležitým fenoménem je prostorové vnímání vnějšího světla člověkem díky jeho binokulárnímu vidění. V divadle je automaticky vnímán celý třídimenzionální prostor scény – na rozdíl od filmu a televize, kde je reprodukce obrazu dvoudimenzionální a iluzi třídimenzionálního prostoru musíme při natáčení umělecky substituovat obvykle pomocí diferentního scénického svícení nebo změnou hloubky ostroty snímající kamery. V případě filmového, resp. televizního snímání systémem 3D je pro pozorovatele dosaženo prostorové představivosti adekvátní divadlu.

Add d)

Diference pozorovací vzdálenosti diváka a technické možnosti kamer.

Zásadní diferencí mezi divadlem, filmem a TV je rozdílná pozorovací vzdálenost. V divadle může být jeviště vzdáleno od hlediště cca 5–50 metrů. Divák, na rozdíl od kamer, kde je možnost díky stříhu při zoomování (plynulé změně ohniskové vzdálenosti objektivu) snímat detail herce, případně i použít dynamický zoom v průběhu času, vidí vždy celou divadelní scénu. Je tedy možno při snímání filmu nebo TV měnit pohled na celou snímanou scénu a v následujícím okamžiku vidět detail herce, nebo detail scénografického prvku. Možno tedy konstatovat, že divák v průměrné vzdálenosti od jeviště bude obtížně definovat jemnou mimiku hercovi tváře, na rozdíl od filmového natáčení a televizního snímání, kde můžeme simultánně snímat obraz více kamerami s diferentní ohniskovou vzdáleností jejich objektivů a tím „dynamizovat“ průběh představení střídáním záběrů celek, polocelek, detail.

Add e)

Možnosti úpravy snímaného obrazu buď on-line nebo postprodukčně.

Při natáčení filmu a TV můžeme na rozdíl od divadelního představení používat více realistické scénografické prvky a zároveň v reálném čase můžeme provádět úpravy obrazu dle příkazů režiséra s použitím digitálních efektových prvků. Následně v digitálním postprodukčním řetězci je možno realizovat prakticky jakékoli triky a efekty, včetně substituce některých hereckých osobností nebo snímaných objektů, korekcí barvy a následně i zvukového doprovodu.

Add f)

Diference mezi zvukovým projevem divadelního herce a jeho protějškem při snímání filmů a TV programů.

Divadelní herci až na malé výjimky (muzikálové a speciální divadelní představení) nepoužívají zvukovou přenosovou techniku. Při snímání filmu je sice velmi často simultánně snímán zvuk, ale při finalizaci se obvykle realizuje kompletní nová zvuková nahrávka včetně všech akustických efektů. U televizního natáčení, které se často realizuje živě, to znamená, že obraz jde přes videopulty rovnou do vysílání a používá se více snímacích mikrofónů, zapojených do mixážního zvukového pultu. V tomto případě zvukový mistr míchá zvuk z mikrofónů do zvukového vysílacího doprovodu (event. komentáře). Velmi často jsou mikrofony přímo připevněné na oblek herců a bezdrátovým přenosem jsou spojeny se zvukovým (akustickým) mixážním pultem.

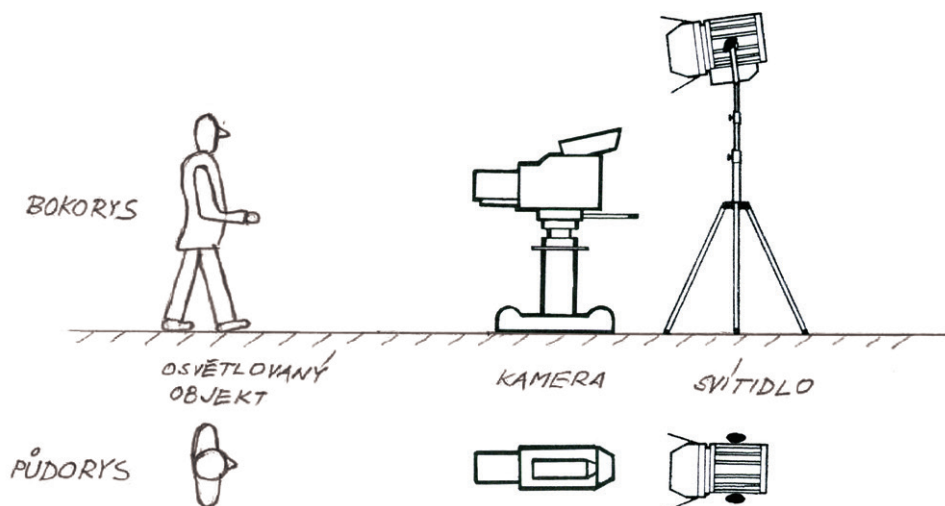
Add g)

Jako poslední, ale ne nedůležitou vlastností všech snímacích kamer je závislost ostroty obrazu na velikosti clony objektivu a také na nastavené vzdálenosti pro snímání. Platí zde pravidlo, že čím je clona objektivu kamery více otevřená, tím je menší hloubka ostroty snímané scény. Tuto vlastnost je možno při realizaci uměleckých záběrů v některých případech hodnotit kladně, neboť můžeme realizovat efekt třídimenzionálního prostoru s rozostřeným pozadím za hercem. V případě divadelní hry je tento efekt automaticky eliminován vzájemnou spoluprací oka a mozku diváka, který v tomto případě vidí reálný třídimenzionální obraz.

Používaná osvětlovací technika a způsoby osvětlování ve filmu a v televizi

Osvětlovací systémy pro snímání obrazu pomocí filmové a televizní kamery přímo navazují na klasické osvětlení objektů při fotografické realizaci. V podstatě se jedná o použití jednoho, dvou či tří světel pro optimální nasvícení objektů nebo postav.

Nejjednodušším způsobem je osvětlení postavy jedním světlem umístěným v ose světlo–kamera–objekt (obr. 36).



Obr. 36: Pozice osoby, kamery a jednoho světla

Tento způsob se často používá pro realizaci zpravodajských programů typu „news“ – pro rozhovory nebo diskuse s jedním člověkem, kde je osvětlovací systém většinou upevněn přímo na kameře.

Při realizaci je nutno použít dostatečně silný světelný zdroj a odpovídající citlivost filmové emulze nebo elektronického snímacího elementu. Použité svítidlo je obvykle difusní.

Chtěl bych ještě jednou upozornit na principiální diferenci mezi divadelním, filmovým a televizním svícením, která spočívá v rozdílu mezi lidským okem a filmovou emulzí nebo snímacím elementem v televizní kameře. Z těchto důvodů je nutno kontrolovat jasové hodnoty osvětlované scény nebo postavy buď exaktním měřením, nebo vizuální kontrolou na připojeném monitoru k televizní nebo filmové kameře.

Při použití jednoho svítidla je nutné najít nejvhodnější pozici svítidla a kamery vůči snímané osobě tak, aby se optimalizovalo zobrazení vrásek a stínů na obličeji. Použijeme-li bodové svítidlo, vrásky a stíny budou velmi intenzivní, u difuzního osvětlení tomu tak není (to ale zase potlačuje plasticitu obličeje).

Pro optimální zrakový vjem diváka při tomto typu osvětlování je důležitým faktorem jasová složka osvětlení pozadí při natáčení postavy stojící před ním. V případě velmi tmavého pozadí bude herec na televizní obrazovce situován do tzv. černé díry. Kamerová světla svým výkonem neumožňují současně nasvítit postavu a i přisvítit natáčené pozadí. Jedním z používaných způsobů je umístit herce před relativně světlé pozadí nebo dalším svítidlem zvýšit jasovou hodnotu objektů umístěných za ním. Je pouze na rozhodnutí kameramana, jak se s tímto problémem vypořádá a jaké prostředky použije.

Je pouze na kameramanovi nebo osvětlovači, jaký princip osvětlení bude zvolen. Zásadní poučka zní, že osvětlení má být takové, aby vzhled člověka při natáčení byl co nejvíce přirozený.

Osvětlování dvěma svítidly

V minulé stati jsme definovali tzv. ideální místo jednoho svítidla, osoby a kamery. Samozřejmě jedno svítidlo bude vždy realizovat velké množství nežádoucích stínů (nos, vrásky apod.). Chtěl bych ještě jednou připomenout, že difference mezi svícením divadelním a filmovým (respektive televizním) spočívá ve skutečném třídimenzionálním prostoru u divadla a obvykle

dvojdimenzionálním obrazem promítaným na projekční plochu nebo televizní obrazovkou.

Prostorové zobrazení ve filmu a televizi je možno realizovat tzv. změnou hloubky ostrosti. Objektivy těchto kamer jsou vždy vybaveny irisovými clonami, které při velkém zaclonění (velké číslo F) zobrazují ostře předměty nejen blízko kamery, ale i v pozadí. Při malém zaclonění (malé číslo F) jsou dobře zobrazeny blízké předměty, na které máme zaostřeno, a předměty vzdálené jsou více či méně rozmazané (neostře). Tento jev, respektive vzdálenost odkud až kam máme obraz ostrý, je nazýván hloubkou ostrosti.

Toto vysvětlení je samozřejmě v přímém vztahu k intenzitě osvětlení, které dopadá na scénu. Protože nejen filmová emulze, ale i snímací element v televizní kameře má definovanou citlivost, je nutno při kalkulaci výkonu svítidel tento fakt zohlednit.

Při použití dvou osvětlovacích systémů definujeme nejdříve jejich názvy a funkce:

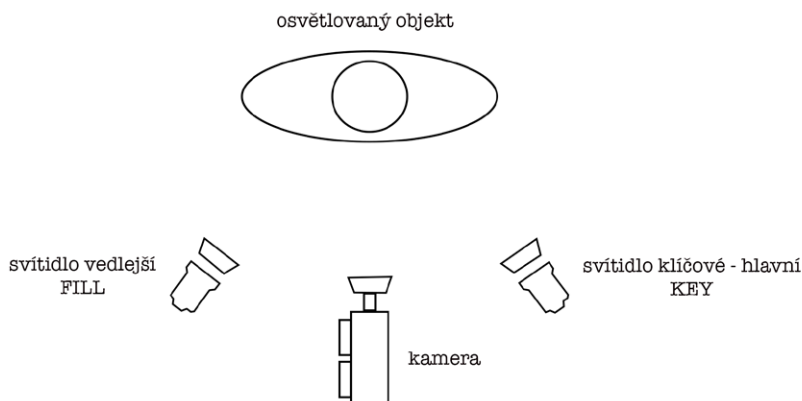
a) *Klíčové světlo (hlavní)*

- toto je vždy hlavní, dominantní zdroj světla, který realizuje objekt v záběru kamery.
- definuje charakter záběru a vytváří celkovou náladu snímané scény a určuje expozici.
- realizuje hlavní modeling a principiální stíny, vznikající osvětlením.

b) *Vedlejší nebo doplňkové světlo*

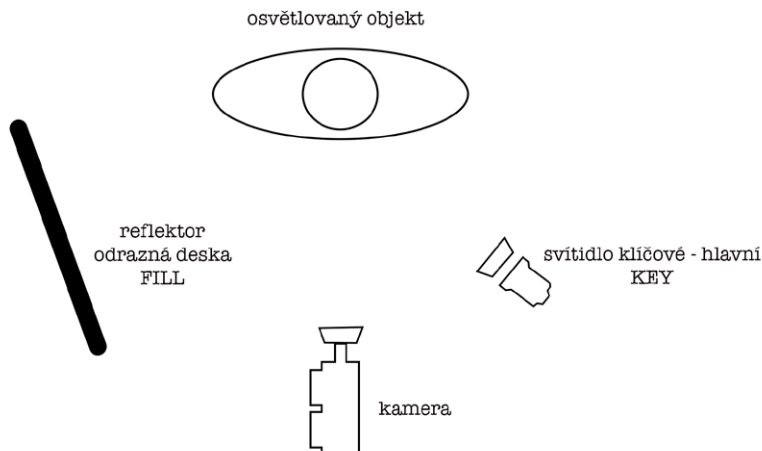
- eliminuje vysloveně tmavá místa osoby nebo scény a tím realizuje podobnost, jakou by měl divák pozorující tuto scénu v divadle; toto světlo dotváří dojem reálného okolního světa, který je snímán kamerou.
- dotváří tzv. náladu záběru buď projasňováním stínů, nebo jejich zvýrazněním, může měnit i jejich tonalitu buď rozdílnou teplotou barevného podání, nebo i s použitím barevných filtrů.
- tímto světlem obvykle zdůrazňujeme čas dne a dramatickost záběru.
- doplňkové světlo zásadně stanovuje tzv. poměr osvětlení doplňkového ke klíčovému (hlavnímu) – tj. např. 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4 atd.

- vedlejší světlo, jak bylo uvedeno, se obvykle používá částečně, nebo plně difuzní – obvykle je to plošně velký zdroj světla (zářivky, plošné svítidlo LED atd.); toto světlo nevytváří nevhodné stíny na tvářích herců, naopak je částečně eliminuje (obr. 37).



Obr. 37: Osvětlení osoby klíčovým a vedlejším osvětlovacím systémem

- vedlejší světlo je obvykle umísťováno blízko objektivů kamer a velmi často k realizaci vedlejšího osvětlení používáme odrazné panely nastavené obvykle proti klíčovému světlu, které odrážejí a zároveň rozptylují, směrem na stinnou stranu objektu v kamerovém záběru (obr. 38).



Obr. 38: Osvětlení klíčovým osvětlovacím systémem a pomocí odrazové desky

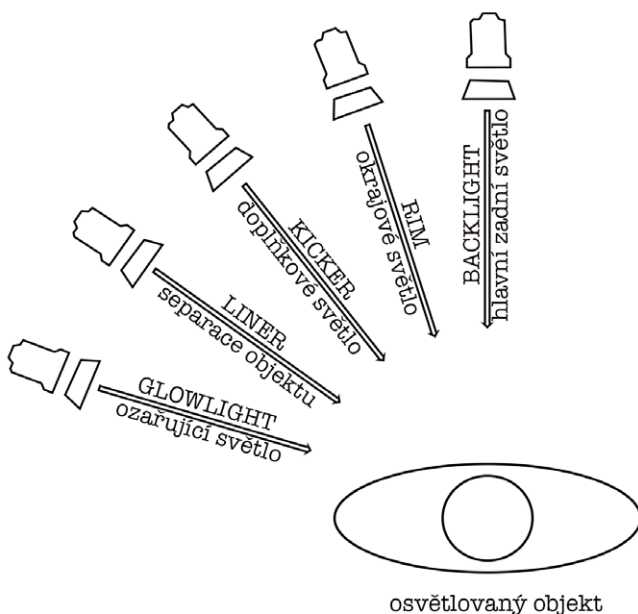
Anglické označení těchto světel je:

Klíčové světlo (hlavní) – KEY Doplnkové – FILL

Dalším stupněm v osvětlovací praxi je použití třetího osvětlovacího systému – protisvětla.

Hlavním účelem při osvětlování s použitím zadního světla (backlight), slangově „kontra“, je separace hlavního objektu od pozadí a tím i umožnění realizace třídimenzionálního pohledu.

Pro kinematografickou a televizní praxi se ustálilo několik poloh světel, každé z nich vytváří definovaný světelný efekt, který ve vzájemné součinnosti optimálně realizuje osvětlení daného objektu (obr. 39).



Obr. 39: Polohy světel v kinematografické a TV praxi

Hlavní zadní světlo (backlight)

- je umístěno přímo za snímaným objektem (postavou), vytváří světelný obrys hlavy a horní části trupu.

Okrajové světlo (RIM)

- je umístěno za osvětlovaným objektem, cca $10^\circ \div 25^\circ$ vlevo nebo vpravo.
- vytváří tenký okraj světla na jedné straně tváře a vlasů osvětlovaného objektu, odděluje jej od pozadí a zdůrazňuje jeho tvar.

Doplňkové světlo na separaci objektu od pozadí (KICKER)

- toto světlo obvykle realizuje výrazné lesky na tváři, dobře viditelné kamerou.
- v některých případech se také může použít na tmavou stranu osvětlovaného objektu a tím nahrazuje tzv. vedlejší světlo v poloze výrazně mimo osu kamery.

Světlo na přímou separaci objektu od pozadí (LINER)

- realizuje kamerou viditelný odstup objektu od pozadí, ale nevytváří lesk na tváři herce.

Ozařující světlo (GLOW LIGHT)

- nejvíce stranově umístěné svítidlo, které vytváří lehkou zář na zastíněné straně obličeje, ale jeho nízká intenzita nesmí vyvolávat velké stíny.
- toto osvětlení nic nezdůrazňuje a také nevytváří žádný lesk.

Samozřejmě komplex osvětlení je navrhován případ od případu dle úvahy kameramana, vždy v souladu s režisérem filmu tak, aby natáčená scéna nevybočovala z celkové koncepce filmu nebo televizního natáčení.

a) Světla v pozadí

- zvýrazňující místa za objektem, čímž ho také separují od pozadí.

b) Speciální světla

ba) Vrchní světla

- umísťují se vysoko nad osvětlovaný objekt, vytvářejí nebeský nebo tajemný dojem.

bb) Tzv. oční světla

- zvýrazňující světla, která akcentují oči herců, často umístované poblíž osy objektivu kamery nebo kolem něj (obvykle LED), jsou malého výkonu a generují rozptýlené světlo (z důvodu oslnění herců).

bc) Světla na obleky herců

- používají se na zdůraznění oblečení herců, ale i na jeho obličej.

bd) Akcentující světla

- využívají se všude tam, kde je nutno lokálně akcentovat některé části záběru nebo důležité rekvizity, případně pozadí od jeho okolí tak, aby nedocházelo k neúměrně vysokým kontrastům.

Nasměrování svítidel a vlastnosti osvětlovacího úhlu

Nejdůležitější je úhel hlavního světla, ten však obvykle neurčuje kvalitu osvětlení.

Standardní úhel osvětlování (platí i pro scénické divadelní osvětlování) je obvykle 30° a 45° stranou od objektu a nad ním (jedná se tedy o prostorový úhel!).

Nízký úhel osvětlování – zespodu na bradu herce vyvolává záhadný a strážidelný nadpřirozený vzhled, ale také velmi krásný smyslný pohled na objekt.

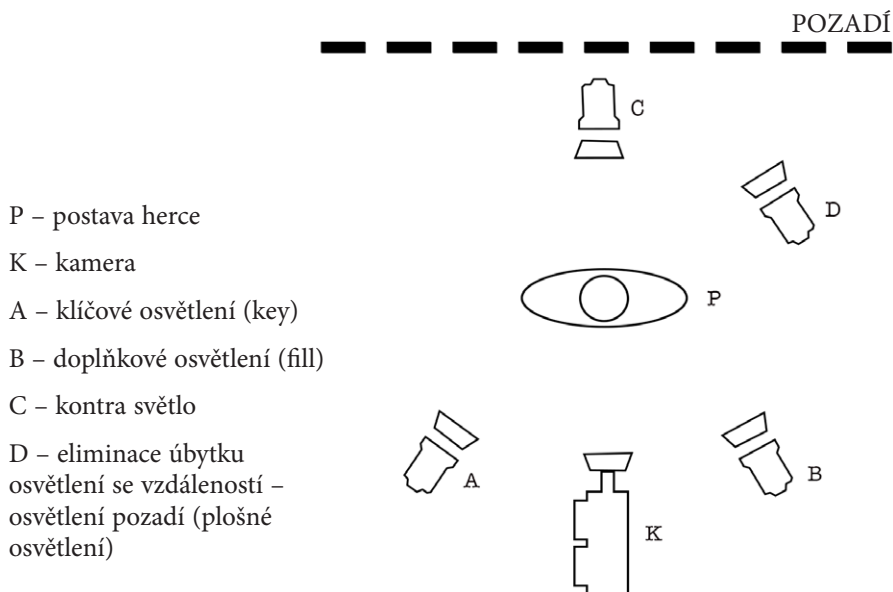
Postranní úhel (90°) – osvětluje objekt pouze z jedné strany, vytváří velmi ostrý až dramatický efekt. Může se použít buď bodové, nebo jako plošné světlo.

Horní úhel – nazývaný také hlavní světlo vytváří nálady až hrozivé, pokud objekt hledí směrem dolů, v opačném případě náladu buď oduševnělou, nebo odevzdanou.

Úhel ze vzdálené strany – má hlavní světlo namířené na vzdálenou stranu nosu objektu za vzdáleným okem tak, že zbytek tváře je ve stínu.

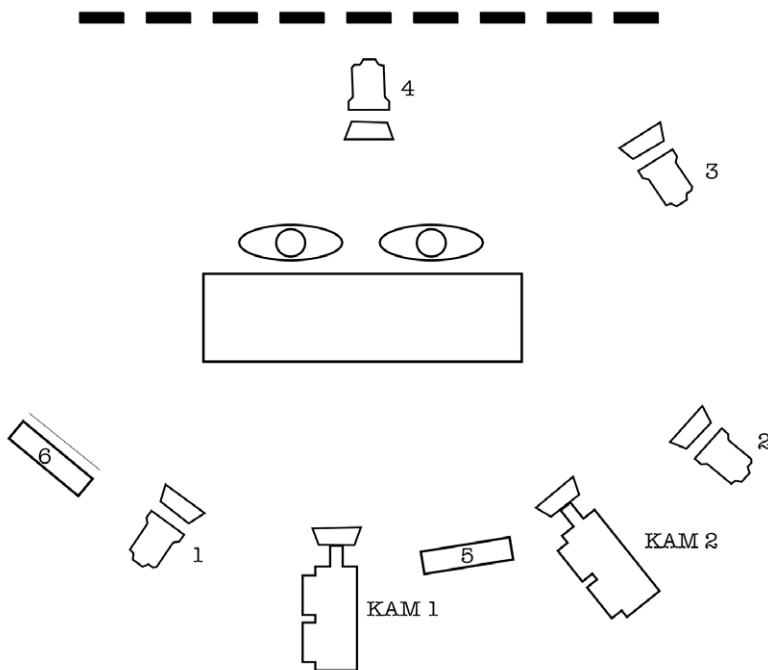
Zadní úhel – vyvolává záhadný záludný nebo i romantický dojem.

Příklad základního nasvícení filmové postavy s použitím jedné kamery



Obr. 40: Základní nasvícení postavy ve filmové a TV praxi

V případě použití dvou kamer a alternativně i dvou moderátorů se základní osvětlovací techniky rozšíří o další svítidla, která výrazně zvýší kvalitu osvětlení, včetně možné změny teploty chromatičnosti některých svítidel (obr. 41).



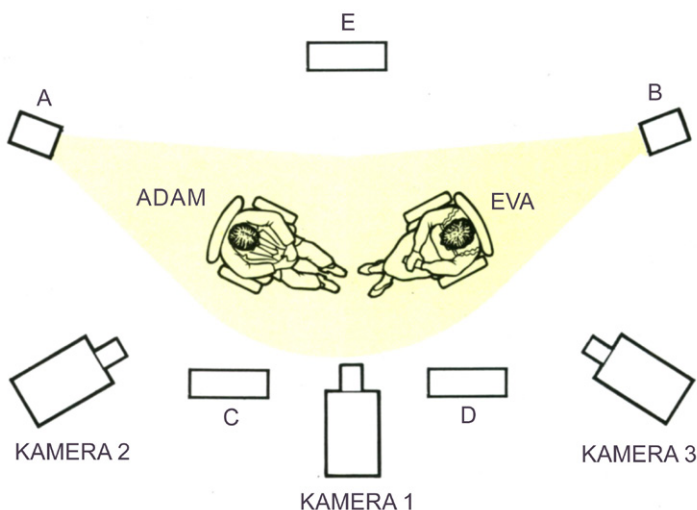
Obr. 41: Použití dvou kamer při osvětlení moderátorů TV

1	klíčové osvětlení (key)	LED	Fresnel	150 W
2	doplňkové osvětlení (fill)	LED	Fresnel	150 W
3	osvětlení pozadí	LED	PC	180 W
4	kontra	LED	Fresnel	100 W
5	plošné	LED		120 W
6	plošné + difusní filtr	LED		150 W

Svítidla Fresnel a PC jsou opatřena klapkami.

Příklad nasvícení TV diskuze – realizace s použitím tří kamer

Dvě postavy, Adam a Eva, sedící na židlích proti sobě (obr. 42):

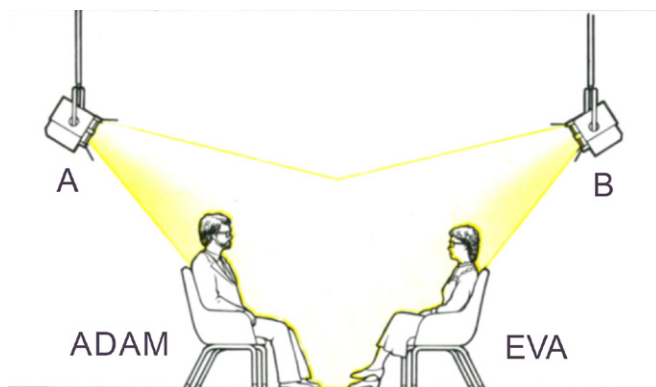


Obr. 42: Nasvícení TV diskuze – půdorys

A, B hlavní svítidla (PC, F nebo PC LED)

C, D, E svítidla pro difusní nasvícení – změkčení kontrastu hlavních světel

- 1) kamera č. 1 snímá obě postavy
- 2) kamera č. 2 snímá postavu Evy
- 3) kamera č. 3 snímá postavu Adama



Obr. 43: Pozice hlavních osvětlovacích systémů (A, B) – bokorys



Obr. 44: **Obráz kamery č. 1** – zobrazuje dvojici Adam a Eva

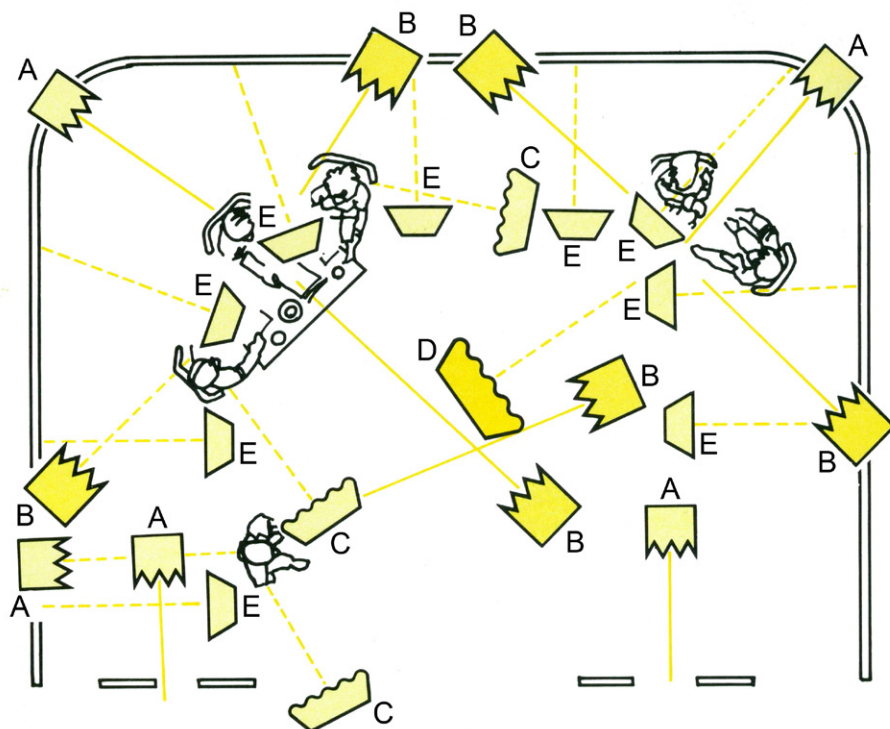


Obr. 45: **Obráz kamery č. 2** – Eva



Obr. 46: **Obráz kamery č. 3** – Adam

Příklad nasvícení malého TV studia – interview



Obr. 47: Nasvícení TV studia

a) Osazení klasickými svítilny

A – FRESNEL 1 kW (5×)

B – FRESNEL 2 kW (5×)

C – plošný 1,25 kW (3×)

D – plošný 2 kW (1×)

E – asymetrický 600 W (9×)

b) Osazení moderními svítilny – LED

A – FRESNEL LED 160 W 2 700–8 000 K

B – FRESNEL LED 260 W 2 700–8 000 K

C – plošný LED 100 W 3 000–6 500 K symetrický

D – plošný LED 200 W 3 000–6 500 K symetrický

E – plošný LED 100 W 3 000–6 500 K asymetrický

Svítlidla LED jsou obvykle vybavena možností individuálního nastavení teploty chromatičnosti, a to z důvodu přizpůsobení tonality obrazu k předchozím a následným natáčeným sekvencím.

Předpokladem optimálního nasvícení studia je možnost individuálního řízení úrovně osvětlení každého svítidla. Příklad byl nakreslen pro použití „interview“, ale změnou polohy svítidel je možno nasvítit i jiné typy natáčení (news, diskuze více účastníků apod.).

Ve všech těchto případech jsou svítidla obvykle umístěna na stropních osvětlovacích konstrukcích, umožňující změnu jejich polohy jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru.

Při filmovém osvětlování platí v podstatě stejné zákonitosti jako při TV natáčení, samozřejmě podřízené snímanému záběru, prostoru, ve kterém se natáčí, a prioritně režisérskému záměru pro probíhající akci, následně i možností použité filmové emulze.

9.1 Problematika stínů ve filmové a televizní praxi navazující na všechny typy osvětlování

Při osvětlování musíme kalkulovat se stíny vznikajícími za osvětlovanými objekty. Musíme si uvědomit, že stíny jsou nedílnou součástí jak umělého, tak i denního světla.

Při osvětlování umělým světlem můžeme aktivně ovlivňovat tvorbu stínů, ale platí zásada co největšího přiblížení k přírodnímu naturelu, tedy pokud nechceme, aby stín byl součástí hereckého záměru.

Při osvětlování objektu jedním svítidlem nám vznikne pouze jeden stín. Samozřejmě můžeme tvorbu stínu ovlivnit buď polohou světla vůči objektu, nebo použitím bodového či difusního zdroje. V tomto případě můžeme hovořit o tvrdém, nebo měkkém stínu.

Při použití jednoznačně bodového zdroje dostaneme ostře konturovaný stín, budeme-li objekt osvětlovat zdrojem difusním, bude mít stín neostře ohraničené okraje (měkký).

Při snímání je nutno posoudit projekci stínu osvětlovaného člověka také na okolní předměty. Osoba před stěnou osvětlená jedním bodovým svítidlem vrhá

na zem i stěnu ostrý zalomený stín, který obvykle působí velmi rušivě. Eliminaci tohoto jevu můžeme provést změnou pozice svítidla, posuvem člověka od stěny, případně kombinací obojího, nebo přesvícením vlastního stínu jiným svítidlem.

Při použití difusního světelného zdroje dojde k tzv. změkčení vrhaného stínu osvětlovanou osobou a tím pádem stín diváka méně upoutává.

Vrátíme-li se k primární otázce, kam umístit svítidla, dojdeme k výsledku simulace slunečního záření dopadajícího na osobu, které vytváří při změně polohy diferentní stíny. Čím je úhel osvětlování menší (zapadající slunce), tím je stín delší. Při kolmém svícení na osobu vrhaný stín nemáme, ale stíny nadočnicových oblouků, nosu a brady vytvářejí nečitelný vjem tváře osoby. Proto volíme vždy kompromis osvětlovacího úhlu, vzdálenosti kamery od osoby a osoby od pozadí. Při osvětlování více svítidly také platí pravidlo jako při použití jednoho světla, ale je nutno každé separátně kontrolovat ve vztahu k jimi vrhaným stínům.

Architektonické osvětlovací soustavy, jejich návrhy a příklady jejich realizací

Seznámení se s problematikou architektonického slavnostního osvětlení je v dnešní době stejně důležité, jako je scénické osvětlování v divadle, filmu a televizi.

Na začátek bych chtěl velice krátce definovat zásadní rozdíly mezi divadelním, filmovým a architektonickým osvětlováním. Tyto difference jsou důležité pro optimalizaci návrhů osvětlovacích systémů, a to nejen u divadla či filmu, ale i u architektury.

- a) Divadelní hra probíhá konzistentně od začátku do konce představení (mimo přestávky) a je vždy dynamická v čase. Scénické světlo dynamiku divadelní hry výrazně akcentuje.
- b) Filmové natáčení probíhá diskontinuálně záběr po záběru a v čase snímání mohou probíhat dynamické a barevné změny osvětlení. Filmování v exteriéru se snaží imitovat skutečnost osvětlením objektů a tím se také ztotožňuje s architektonickým osvětlováním.
- c) Architektonické osvětlování je více či méně statické (mimo programy zvuk a světlo – „*Sound and Light*“), ale v současnosti se začínají v některých přesně definovaných projektech v architektonickém osvětlování používat změny intenzity a barvy světla. Vždy záleží na vhodnosti dynamiky ve vztahu k vlastnímu objektu a samozřejmě i k jeho okolí.

- d) Poslední a neméně důležitý rozdíl spočívá ve faktu, že v divadle a filmu vždy osvětlujeme pohybující se postavy na jevišti nebo v záběru kamery a diváci (nebo kamera) jsou v přesně definovaných pozicích. U architektonického osvětlování, jsou osvětlované objekty statické a diváci je mohou pozorovat z mnoha determinovaných míst i různých pozorovacích vzdáleností. Intenzita osvětlení objektu je divákem vždy porovnávána se světelnou hladinou objektů okolních. Úspěšné vyřešení všech těchto premis je jedním z nejdůležitějších pilířů správného návrhu architektonického osvětlení.

V bohaté historii České republiky je mnoho zachovalých i většinou dobře udržovaných architektonických památek, a proto je architektonické svícení důležitým akcentujícím prvkem pro pozorující diváky a mnohdy i lákadlem pro přijíždějící turisty.

Vytvořit optimální osvětlení daného objektu obvykle nebývá jednoduché a je vždy tvůrčím řešením světelného designéra, který vytváří na základě své vlastní vize základní umělecký návrh. Jeden světově známý lighting designér prohlásil, že světelný návrh je z 70 % kreativní a z 30 % technická záležitost, ale vzájemná provázanost obou složek je absolutně nutná.

Při světelném návrhu používáme celou paletu osvětlovacích systémů realizovanou různými svítidly, které spolu kooperují buď staticky, nebo v některých případech i dynamicky.

Obvykle začíná umělecký návrh osvětlovacích systémů základním popisem osvětlenosti objektu bez definice svítidel, jejich umístění, barvy emitovaného světla a jeho intenzity. Následně si vytvoříme přibližný model osvětlovaného objektu a na počítači definujeme osvětlované plochy podle vlastní umělecké vize. V této etapě projektu platí poučka, která říká: „Neuvažuj, kde budou instalována svítidla, ale vyřeš, jak bude objekt osvětlován.“

V případě, že model odpovídá návrhu uměleckého osvětlení, můžeme postoupit k dalšímu bodu projektu.

- a) Musíme zjistit základní odrazivosti materiálu objektu, a to buď odhadem, nebo osvětlením normálovým zdrojem a měřením jasové hodnoty objektu jasoměrem. Pro základní orientaci platí tabulka činitele odrazu některých vybraných povrchů. Činitel odrazu jednoznačně určuje korekci výkonu světelných zdrojů od osvětlování bílé difusní plochy, viz *tab. 2*.

Druh povrchu		Stav povrchu	Činitel odrazu
Bílý mramor		poměrně čistý	0,60–0,65
Žula			0,10–0,15
Světlý kámen nebo beton			0,40–0,50
Tmavý kámen nebo beton		poměrně čistý	~ 0,25
		značně znečištěný	0,05–0,1
Cementová mazanina		čistá	~ 0,5
Cihly	bílé	čisté	~ 0,80
	žluté		~ 0,30
	červené		~ 0,20
Cihly		značně znečištěné	~ 0,05

Tab. 2

- b) Následným bodem práce LD je určení základní jasové hodnoty osvětlení. Nejdříve je nutno zařadit osvětlovaný objekt do okolního prostředí. Je zásadní rozdíl mezi intenzitou osvětlení Národního divadla, které musí svojí úrovní osvětlenosti korespondovat s jasovou hodnotou okolních, ale i vzdálenějších objektů na jedné straně a vesnickým kostelíkem, kde parazitní světelné zdroje jsou 30 let staré pouliční lampy (případně i bez parabol) a osazené obvykle směšovými rtuťovými výbojkami, na straně druhé. Pro definici intenzity osvětlení daného objektu se opět provádí měření globálního jasu jeho okolí.

Pro základní určení osvětlenosti v závislosti na okolním prostředí a osvětlovanému materiálu můžeme použít následující tabulku (*Tab. 3*) doporučené průměrné osvětlenosti objektu (v lx). Z tabulky vyplývá, že osvětlenost může být v závislosti na okolí až 4× vyšší ve vztahu k málo či maximálně osvětlenému okolí. S touto hodnotou musíme pracovat při základním návrhu výkonu světelných zdrojů i instalovaných svítidel.

<i>Druh povrchu</i>		<i>Ep (lx) při</i>		
		<i>Málo osvětleném okolí</i>	<i>Dobře osvětleném okolí</i>	<i>Velmi jasné okolí</i>
Bílý mramor		25	50	100
Světlý beton		50	100	200
Cementová mazanina		100	200	400
Cihly	bílé	20	40	80
	žluté	50	100	200
	červené	75	150	300
Žula		150	300	600
Tmavý kámen a beton		75	150	300

Tab. 3

- c) Dalším neméně důležitým faktorem při návrhu architektonického osvětlení je pozorovací vzdálenost diváka. Stejně osvětlené objekty pozorované z velké vzdálenosti se divákovi zdají tmavé, naopak z minimální vzdálenosti mohou být přesvětlené. Empiricky byla definovaná optimální osvětlenost objektů (Tab. 4) v závislosti na pozorovací vzdálenosti.

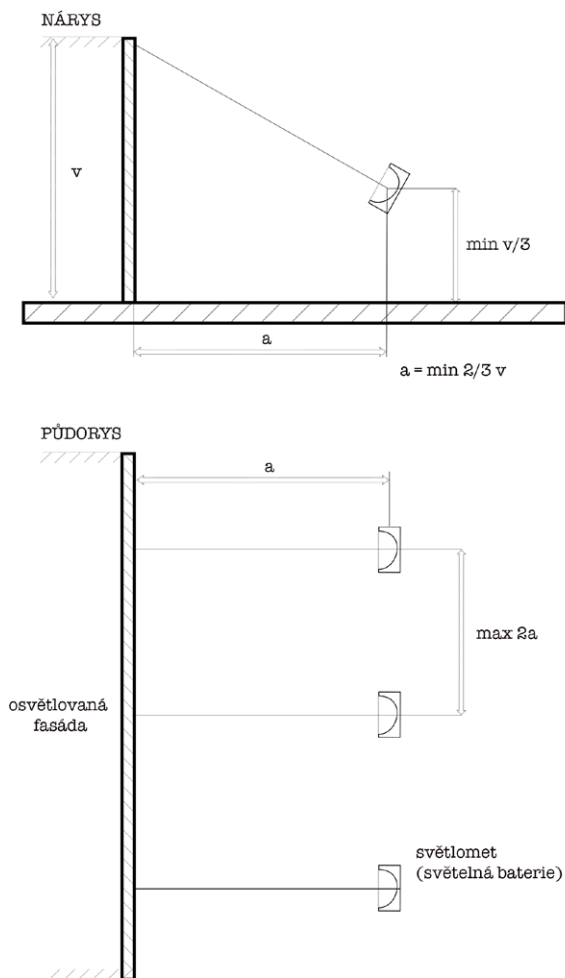
<i>Vzdálenost pozorovatele</i>	<i>Doporučený jas objektu</i>	<i>Přibližná vzdálenost</i>
Dálkové pohledy	10÷20 cd/m ²	více než 1 km
Střední pozorovací vzdálenost	5÷10 cd/m ²	řádově stovky metrů
Bezprostřední blízkost diváka	1÷5 cd/m ²	řádově desítky metrů

Tab. 4

Předpokladem je ovšem rovnoměrně a rozptýleně osvětlovaná plocha daného objektu. V případě zrcadlově lesklých a odrazných ploch je nutno provádět zkoušky s osvětlovacími systémy a pozorovateli, kontrolovat oslnění a podle potřeby měnit polohy svítidel, instalovat clony na svítidla, klapky, refraktory nebo i optické nástavce.

Dalším bodem je základní umísťování svítidel vůči osvětlovanému objektu a vůči pozorovateli.

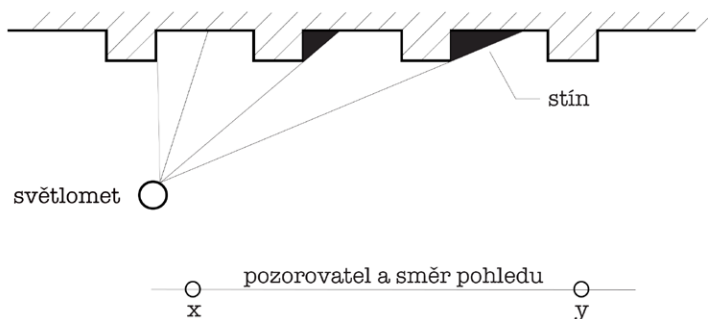
Při plošném osvětlování objektů, kde používáme minimální počet svítidel s velkým vyzařovacím úhlem a dostatečně vysokým elektrickým příkonem, není výjimkou umístění instalace svítidel s výkonem výbojkových zdrojů 400 W, 1 000 W, ale i 2 000 W. Při použití moderních venkovních svítidel osazených světelnými zdroji LED bude jejich výkon redukován na cca jednu třetinu výkonu výbojkových svítidel. Doporučená konfigurace svítidel osvětlujících plošně stěnu objektu je vyobrazena na obr. 48.



Obr. 48: Doporučená konfigurace svítidel osvětlujících objekt

Způsob plošného osvětlování fasád se nazývá klasický, vznikl zároveň s vynálezem výkonných světelných zdrojů, dnes se obvykle kombinuje s akcentujícím nasvícením zajímavých detailů stavby.

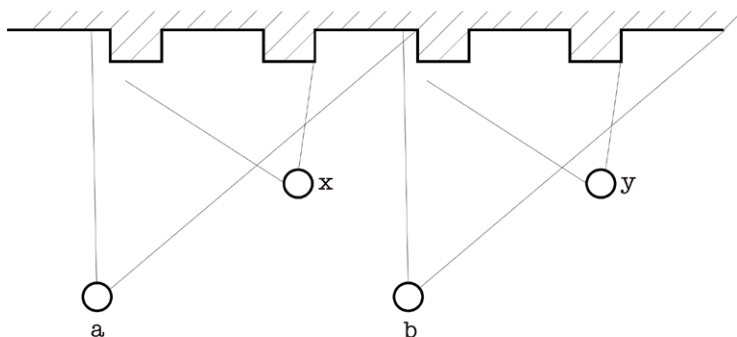
Protože historické budovy mají obvykle fasády různě členité, je i způsob jejich osvětlování diferentní. V případě vertikálně členěné stavby je nutno určit optimální pozici svítidel nejen k vlastní stavbě, ale i k poloze pozorujícího diváka (obr. 49).



Obr. 49: Osvětlení členité stavby

Na obr. 49 je jednoznačně vidět, že pozice plošného osvětlovacího systému k postavě diváka může být akceptovatelná pro postavu X, která vrhaný stín nevidí, ale pro postavu Y může docházet ke zkreslení celkového vizuálního dojmu vysokým kontrastem světla a stínu na objektu.

Naopak chceme-li upozornit na plasticitu objektu ale s eliminací vysokého kontrastu daného osvětlováním jedním svítidlem, můžeme použít níže uvedenou světelnou konfiguraci, kde A a B jsou hlavní osvětlovací systémy a X a Y jsou difusní světla změkčující kontrast vzniklý osvětlením hlavním (obr. 50).



Obr. 50: hlavní a doplňkové osvětlovací systémy

V tomto případě je možno použít i světelné zdroje s odlišnou teplotou chromatičnosti hlavních svítidel. Doplňkové osvětlovací svítidla by měla mít cca 30 až 40% intenzity hlavních svítidel.

Obdobná situace je i u budov horizontálně členěných, kde buď akcentujeme členitost stavby, nebo ji naopak potlačujeme.

Jako příklad uvádím zdůraznění okenních oblouků a říms u kostela sv. Ludmily na náměstí Míru v Praze 2. Zde jsou použity na stěny věže vždy tři pozemní svítidla, dvě krajní osvětlují vertikální sloupy a částečně i zeď kostela, teplota chromatičnosti je 4 200 K a prostřední akcentuje horizontální linie oken a říms, ale jeho světelný zdroj má teplotu chromatičnosti 3 000 K. Vzájemná kombinace použitých svítidel nabízí divákům velmi přitažlivý umělecký vjem barevné diferenciace povrchů stavby (obr. 51).



Obr. 51: Umístění tří pozemních svítidel

Za povšimnutí stojí instalace stínících clon (proti oslnění) u pozemních svítidel omezujících oslnění procházejících chodců (obr. 52).



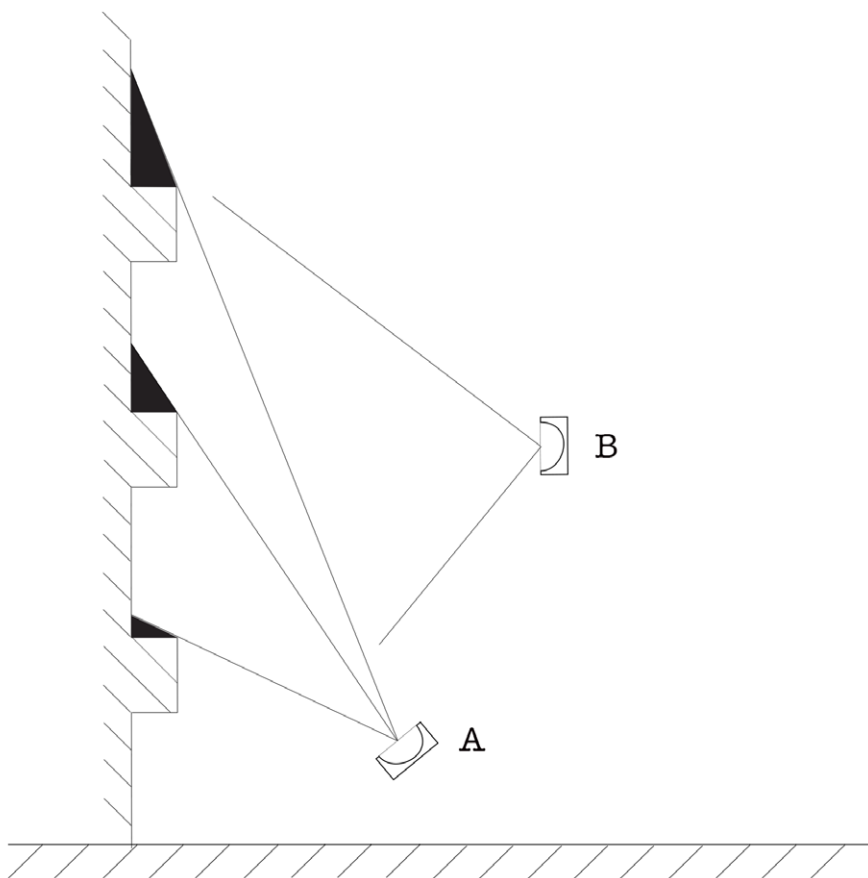
Obr. 52: Protioslňující clony pozemních svítidel

Výsledným efektem je akcentace horizontálního členění stavby, doplněna vertikální osvětleností s jinou teplotou chromatičnosti (obr. 53).



Obr. 53: Diferentní teplota chromatičnosti svítidel

V případě horizontálně členěných fasád (nechceme-li toto členění akcentovat) musíme správně zvolit vzdálenost a výšku svítidel od osvětlovaného objektu tak, abychom eliminovali vzniklé rušivé stíny od říms fasády. Existují dva způsoby řešení tohoto problému. Buď vhodné umístění osvětlovacích systémů, nebo dosvětlení fasády z její římsy pomocí speciálních tzv. liniových svítidel (obr. 54).

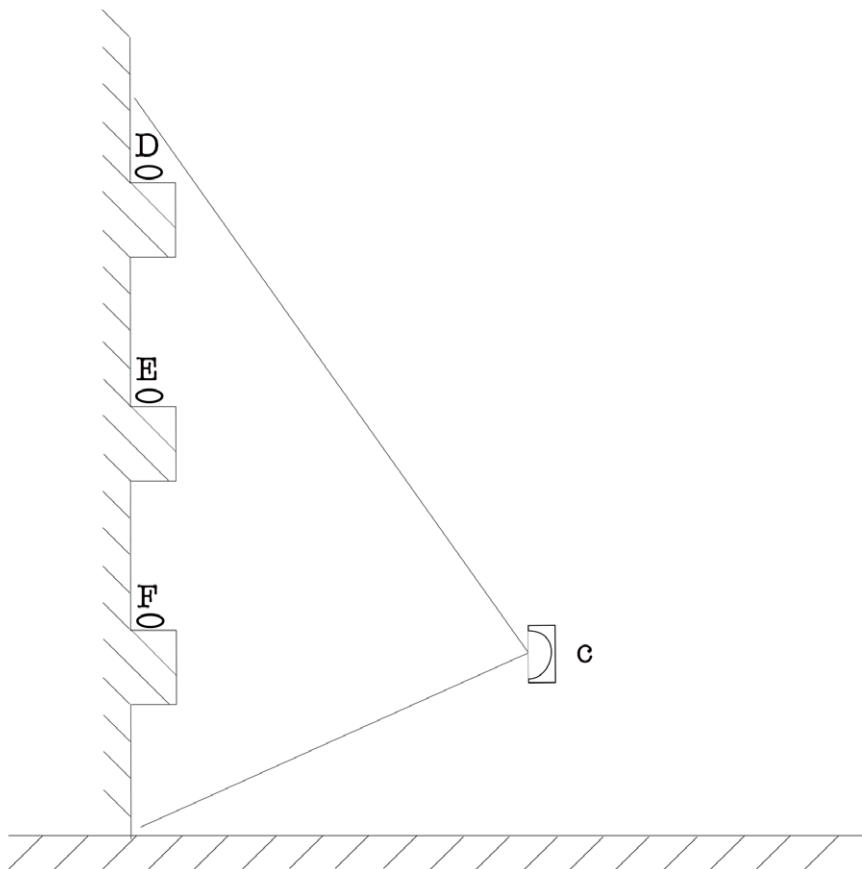


Obr. 54: **Vhodné a nevhodné umístění svítidel**

A = nesprávná poloha osvětlovacího systému (vysoký kontrast a stín římsy)

B = vhodnější poloha osvětlovacího systému (částečná eliminace stínů vrhaných horizontálním členěním fasády)

Další možností je dosvětlení fasády objektu z jeho horizontálních říms lini-
ovými svítidly (obr. 55).



Obr. 55: Dosvětlení fasády liniiovými svítidly

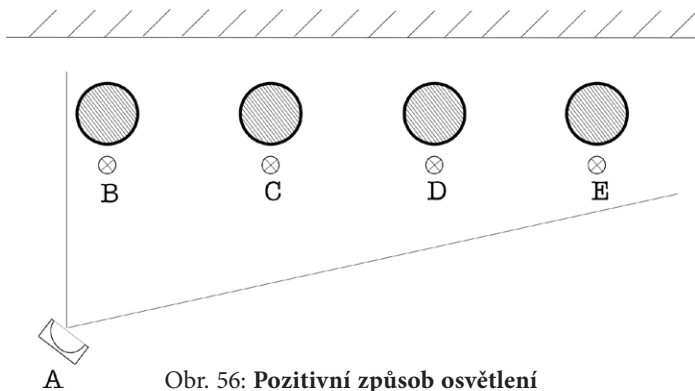
D, E, F – dosvětlení plochy fasády z jejich říms obvykle pomocí liniiových
svítidel

C – plošné nasvícení fasády

Další ukázkou je řešení architektonického osvětlování objektů s vertikálními sloupy umístěnými před fasádou, kde můžeme použít dva základní způsoby rozmístění svítidel.

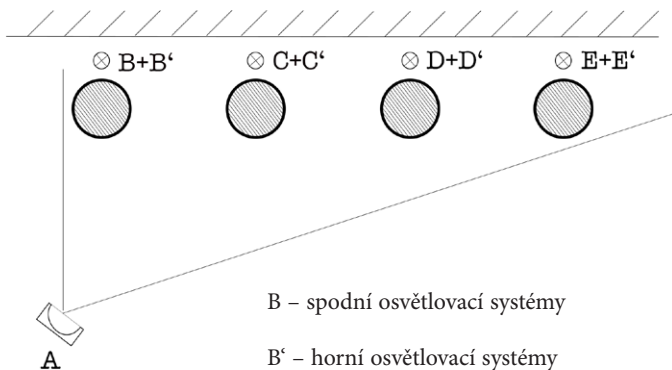
a) Pozitivní způsob osvětlení (obr. 56).

Hlavní svítidlo „A“ – s plošnou vyzařovací charakteristikou osvětluje celou fasádu včetně sloupů a bodová svítidla B, C, D, E akcentují jednotlivé sloupy. Tato svítidla mohou být případně i s jinou teplotou chromatičnosti, než má svítidlo hlavní.



Obr. 56: Pozitivní způsob osvětlení

b) Další často používaný způsob osvětlení je pomocí tzv. kontra, kde opět hlavní svítidlo „A“ osvětluje plošně celek budovy a bodová svítidla B, C, D, E umístěná za sloupy je akcentují kontraosvětlením. Instalace bodových svítidel je při nízkých sloupech v jejich spodní části, u vysokých je možná instalace ze spodní části i z vrcholu sloupů, viz obr. 57.



B – spodní osvětlovací systémy

B' – horní osvětlovací systémy

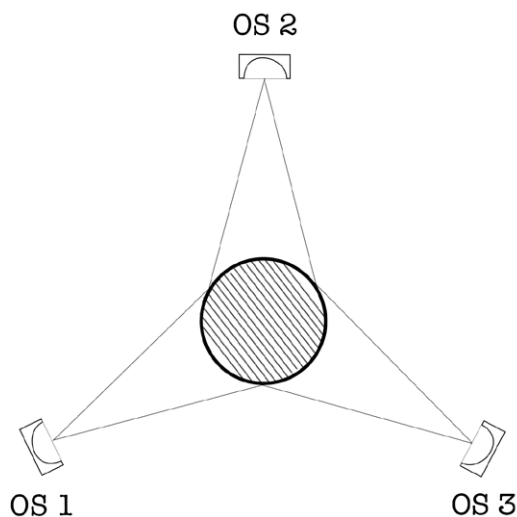
Obr. 57: Kontraosvětlení fasády

Vzdálenost svítidel od sloupu je podle jejich vyzařovací charakteristiky a výšky sloupů cca 20–80 cm.

Oba tyto způsoby jsou z pochopitelných důvodů málo esteticky účinné, pokud osvětlujeme sloupy čtvercového nebo obdélníkového průřezu, kde divák dostává jednoznačně zkreslený pohled na objekt.

Vhodné pozice svítidel při osvětlování samostatně stojících vertikálních objektů:

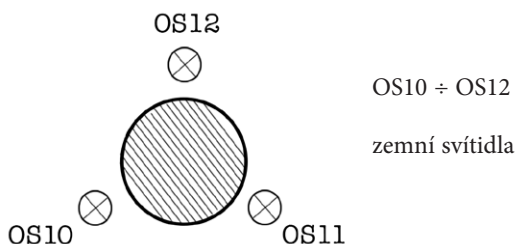
a) kruhového průřezu a svítidel umístěných na stožárech (obr. 58).



Obr. 58: Osvětlení samostatného sloupu viditelného ze všech stran

Objekt kruhového průřezu (sloup, obelisk) můžeme osvětlit opět dvěma způsoby:

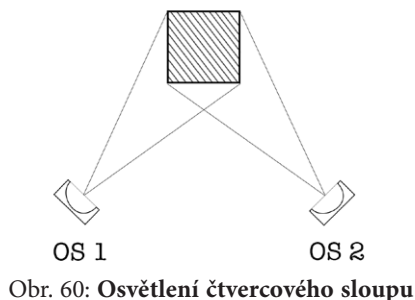
- 1) svítidly umístěnými na stožárech, poté platí řešení analogické jako na obr. 58.
- 2) pomocí zemních svítidel s úzkým vyzařovacím svazkem umístěných blízko stavby (obr. 59).



Obr. 59: Osvětlení sloupu zemními svítidly

b) objekty s obdélníkovým nebo čtvercovým půdorysem (obr. 60).

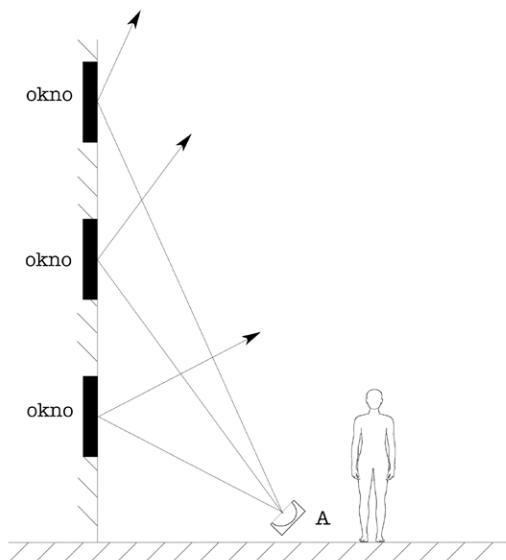
Optimální nasvícení je tzv. na 45° , to znamená, že svítidla by nikdy neměla být kolmo na osvětlovanou plochu, ale šikmo na rohy věže, a jejich světelný tok se na povrchu stavby budou vzájemně sčítat. Pro celkové osvětlení ze všech stran použijeme čtyři osvětlovací systémy, uvedený příklad je pro pozorovací pozice diváka před stavbou.



Obr. 60: Osvětlení čtvercového sloupu

Řešení osvětlení pro objekty se zrcadlově lesklými plochami – nerezové obklady, skla nebo světelně propustné plochy, jako jsou např. okna.

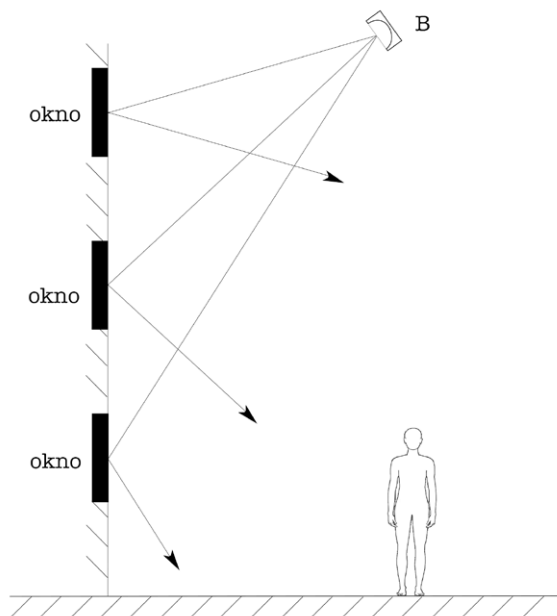
V tomto případě je nutno velice obezřetně navrhnout pozice svítidel vůči pozorovatelům, problematika spočívá jednak v oslnění diváků a na druhé straně v odrazu lesklých ploch mimo pozorovací úhly.



Obr. 61: Nevhodně umístěná svítidla osvětlující fasádu

Na obr. 61 je nevhodně umístěné svítidlo vůči pozorovatelům, kde odražené paprsky od povrchu fasády nedopadají na diváky a v tomto případě budou okna budovy tmavá a celek bude působit dojmem neobydlené stavby.

Vhodnější poloha osvětlovacího systému viz obr. 62.



Obr. 62: Vhodnější poloha osvětlovacího systému

V tomto případě směřují odrazy od lesklých ploch do předpokládaného pozorovacího prostoru.

Samozřejmě že v mnoha případech není možno instalovat osvětlovací bod do místa B. V případě nutného umístění svítidla do bodu A (obr. 61) je jedinou možností, jak eliminovat tento nežádoucí efekt, prosvětlení oken zevnitř, což komplikuje nejen kabeláž, ale i finanční vztahy mezi provozovatelem slavnostního osvětlení a lidmi v tomto objektu žijícími.

Po definici technické problematiky architektonického svícení bych chtěl uvést několik konkrétních ukázek osvětlení objektů různým způsobem, od klasického až po nejmodernější dynamické osvětlení. Zároveň si dovoluji upozornit na některé chyby při realizaci osvětlovacích systémů.

Nebudu se vracet k historickému osvětlování sakrálních objektů, ale budu definovat moderní směry osvětlování památek a moderních objektů na několika ukázkách.

- a) Klasický způsob, jak již bylo řečeno, je plošné nasvícení budovy pomocí několika výkonných svítidel, obvykle výbojkových, historicky sodíkových nebo směsových, metalhalidových, případně osazených výkonovými LED.

Osvětlovací návrh je celkem jednoduchý a svítidla obvykle mají širokou vyzařovací charakteristiku. Celkový výsledek z hlediska pozorovatele je pouze akcentace celku objektu, jeho detaily se tímto v podstatě difusním svícením eliminují.

- b) V současné době se používá obvykle kombinace osvětlení plošného s bodovým se zdůrazněním detailů osvětlovaného objektu. Správný návrh uměleckého osvětlení musí být vždy v souladu s architekturou daného objektu. Slavnostní osvětlení nikdy nesmí jeho vzhled měnit nebo akcentovat jeho nevhodné detaily. Na obr. 63 je kostelík nasvícený pomocí zemních svítidel. Celkový výsledek je značně problematický, protože u kostelíku došlo k likvidaci detailů, dále k nepříjemnému zdůraznění římsy jejím stínem a stín střechy je vržen na boční stěnu věže, jejíž střecha se ztrácí v temnotě. V tomto případě je minimalizace pořizovací ceny (použitím pouze dvou světél) i zcela neprofesionální požadavek (nepoužití osvětlovacích sloupů) výraznou devalvací celého osvětlovacího projektu. Nutno podotknout, že tato instalace byla realizována nejen na základě jednoznačného požadavku investora, ale i v souladu s názorem architekta a památkáře, kteří nepovolili instalovaný objekt osvětlit ze sloupů před budovou. Můj osobní názor je, že v tomto případě je lepší objekt neoosvětlovat, protože špatné slavnostní osvětlení vyvolává negativní emoce diváka a tím i deklasuje celou stavbu.



Obr. 63: Nevhodně osvětlená sakrální památka

Opakuji, že při plošném osvětlování jsou světelné zdroje z důvodů relativně velkého výkonu výbojkové – vysokotlaké sodíkové výbojky HPS, výbojky metalhalidové HPI, případně výbojky s keramickým hořákem CDM-T nebo CDO-TT. Chci jen poznamenat, že sodíkové výbojky emitují světlo žluté s teplotou chromatičnosti cca 2 200 K, metalhalidové výbojky mají teplotu chromatičnosti od 3 200 K až do 6 000 K a výbojky s keramickým hořákem mají teplotu chromatičnosti od 2 700 K do 4 200 K.

Vzájemnou kombinací diferentních světelných zdrojů se budou osvětlované objekty jevit jako částečně barevné.

V současné době jsou výbojkové osvětlovací systémy nahrazovány svítidly osazenými LED zdroji. Jejich výhody lze stručně shrnout následovně:

- a) Vyšší světelná účinnost až o 30 % ve srovnání s výbojkovými světelnými zdroji.
- b) Přesnější fokusace svítidla na daný objekt, a tím snížení elektrické spotřeby.
- c) Menší rozměry svítidel v porovnání s výbojkovými svítidly téhož výkonu.
- d) Podstatně delší životnost světelného zdroje (LED má životnost až 100 000 hodin).
- e) Nižší váha celého osvětlovacího systému.
- f) Teplota chromatičnosti od 2 200 K až do 6 000 K.
- g) Některá svítidla osazená LED umožňují dálkovou změnu barvy vyzařovaného svazku.

Na obr. 64 je provedeno kombinované osvětlení Petřínské rozhledny v její spodní části dvanácti svítidly se širokým vyzařovacím svazkem osazenými zdroji HPS o výkonu 400 W emitující žluté světlo a z ochozu věže je nasvícena vnější a horní část konstrukce osmi svítidly s úzkým vyzařovacím svazkem osazenými metalhalidovými výbojkami typu HPI 400 W 4 500 K. Díky nedokonalosti lidského oka, respektive mozku, se zdá být vrcholek věžní konstrukce modrý, ale ve skutečnosti je nasvícen pouze tzv. studeným světlem, tj. světlem o podstatně vyšší teplotě chromatičnosti.

Na základě požadavku Magistrátu hl. m. Prahy bylo osvětlení petřínské rozhledny inovováno použitím svítidel osazených LED systémem RGB, základní charakteristika nasvícení zůstává stejná jako původně navržená, ale celou konstrukci rozhledny je možné nasvítit barevnou kombinací světél.

Svítidla osazená LED umožňují změnu barvy vyzařovaného světelného svazku pomocí aditivního systému míchání barev RGB (viz 1. díl těchto skript).



Obr. 64: Kombinované osvětlení Petřínské rozhledny

Protipólem plošného svícení je tzv. francouzský systém bodového osvětlování objektů nazývaný někdy „pointilismus“. V tomto případě se objekt nasvítí relativně velkým množstvím malých bodových svítidel umístěných tak, aby došlo k výrazné akcentaci jeho detailů.

Tento způsob je ovšem použitelný pouze na některých objektech, obvykle na takových, u kterých je výrazná vertikální členitost stavby případně doplněná horizontální plochou, na níž dochází ke spojení individuálních paprsků bodových světelných zdrojů – tím bude celek působit vyváženým dramatickým dojmem. Na obr. 65 je bodové osvětlení Černínského paláce malými svítidly s výbojkovým zdrojem typu CDM-T 35 W, které akcentují z obou jeho stran bohatě zdobené sloupy. Horní osvětlená linka vertikálně světelně uzavírá celou budovu.



Obr. 65: Objekt nasvícený malými bodovými svítidly

U tohoto způsobu svícení se začínají výrazně prosazovat osvětlovací systémy používající nejmodernější světelné zdroje LED.životnosti

Při použití LED je realizace barevného svícení relativně jednoduchá. Z mého pohledu – na rozdíl od mých přátel, francouzských lighting designérů – je nutno

barevné osvětlení historických památek velice dobře zvážit, protože výrazná barva nebo její změny mohou osvětlovaný objekt přiblížit k Disneylandu, kde je to v podstatě normou, ale skutečná historická památka ztrácí svoji estetickou hodnotu.

Asi nejlepším řešením je střední cesta, a to je kombinace bodového osvětlování památek a plošného dosvícení celého objektu. Je pouze na uměleckém řešení osvětlovacího návrhu, v jakém světelném poměru budou difuzní (plošná) a bodová svítidla navržena.

Jedním z příkladů kombinovaného bodového a plošného nasvícení čelní fasády je divadlo v Pardubicích, kde bylo použito 14 bodových svítidel kombinovaných s 6 plošnými, viz obr. 66.



Obr. 66: Osvětlení fasády divadla v Pardubicích

Celek působí velmi dramaticky, částečně i divadelně, což byl záměr světelného projektu.

Na obr. 67 je opět kombinace bodového a plošného osvětlení budovy Národního divadla v Praze.



Obr. 67: Osvětlení Národního divadla

Bylo použito 68 bodových svítidel a 26 plošných, světelné zdroje jsou různé teploty chromatičnosti, trigy jsou bodově osvětleny kombinací svítidel s diferentní teplotou chromatičnosti, respektive kombinací zeleného (30 %) a bílého (70 %) osvětlení, které akcentuje zelený povrch skulptur. Akcentace střechy je provedena dálkovými svítidly osazenými metalhalidovými zdroji o teplotě chromatičnosti 6 200 K.

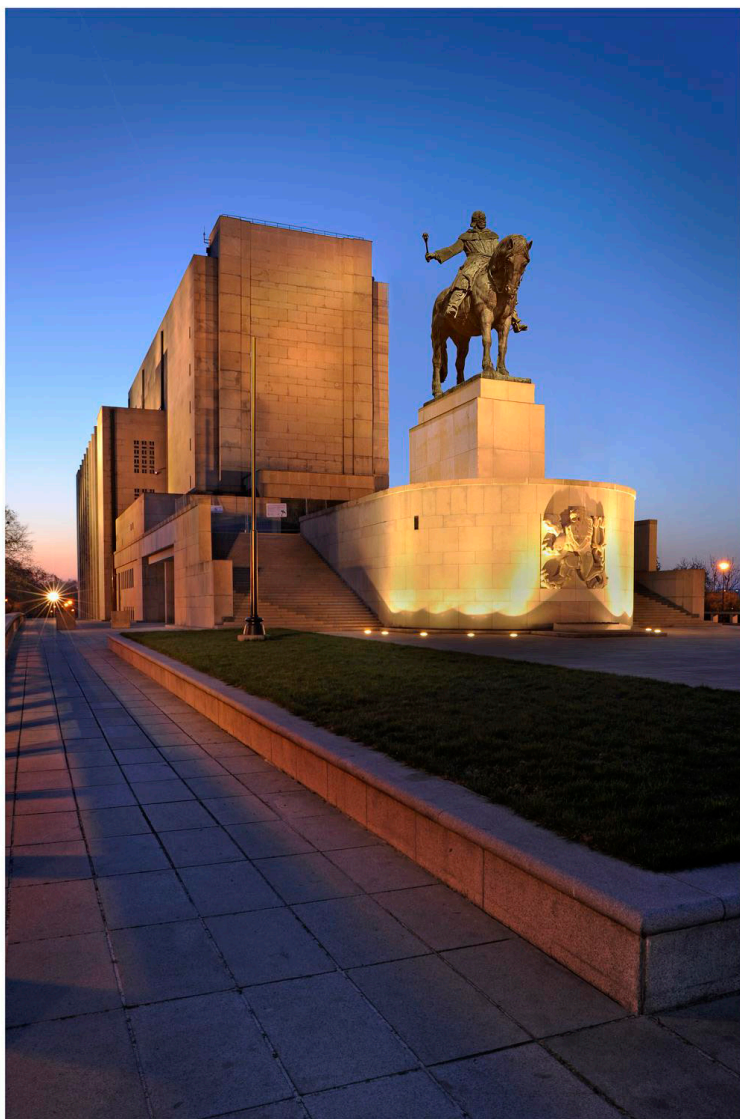
Osvětlení Schwarzenberského paláce na Hradčanech (obr. 68) je kombinace akcentujícího osvětlení realizována pomocí zemních svítidel s úzkým vyzařovacím svazkem osvětlujících přední část budovy, doplněných plošným nasvícením ze sloupů. Plošná svítidla mají nižší teplotu chromatičnosti, což se projeví na horní části budovy, protože blízko umístěné pozemní svítidla nemohou nasvítit vršek budovy přes relativně širokou římsu.

Umělecký záměr tohoto návrhu byl zachovat výtvarné pojetí fasády, ale odlišit její relativně velké plochy pomocí osvětlení. Celek působí vyváženým estetickým dojmem.



Obr. 68: Osvětlení Schwarzenberského paláce

V případě, že chceme u dvou na sebe navazujících objektů zdůraznit jejich rozdílnou důležitost, potlačíme světelně méně zajímavý objekt a akcentujeme objekt divácky přitažlivý. Nikdy ale nesmí dojít k úplnému neosvětlení objektu nedůležitého, neboť v tomto případě bude vždy figurovat pro pozorovatele jako černá rušivá plocha (viz obr. 69 – osvětlení památníku na vrchu Vítkově).



Obr. 69: Osvětlení památníku na Vítkově

Dramaticky působí kombinace nasvětlení budovy z vnějšku a akcentace vnitřní části objektu pomocí svítidel umístěných uvnitř. Celek působí velmi prostorovým dojmem.

Na obr. 70 je tato kombinace použita na kostele sv. Petra a Pavla na Vyšehradě, kde vrcholky věží jsou nasvíceny z vnějšku kostela bodovými svítidly umístěnými na krátkých výložnicích, zatímco vnitřek věží je nasvětlen svítidly plošnými. Celek osvětleného kostela působí na diváka velmi plastickým dojmem, kde nezastupitelnou roli hraje i diferentní teplota chromatičnosti vnitřních a vnějších osvětlovacích systémů.



Obr. 70: Osvětlení kostela sv. Petra a Pavla na Vyšehradě

Efektové osvětlení budov může využívat nejen diferentní teplotu chromatičnosti, ale i barevného svícení. Protože jasové hodnoty slavnostně osvětleného objektu nejsou příliš vysoké ($5\text{--}20\text{ cd/m}^2$), jeví se barevný povrch osvětlený bílým světlem pozorovateli jako černobílý (viz 1. díl skript). Chceme-li akcentovat barevnost osvětlovaného objektu, můžeme použít barevné světlo stejné barvy, jakou má osvětlovaný objekt.

Protože svítíme-li na barevný povrch stejnou barvou, povrch bude odrážet největší procento té barvy, kterou obsahuje. Na kostele sv. Ludmily, kde je zadní věžička zelená, by při nasvětlení nízkou úrovní osvětlení nebyla její barva viditelná. Z tohoto důvodu je zelená věžička osvětlena svítidlem osazeným zeleným zdrojem a ke snížení intenzity zeleného světla je použito kooperující bílé svítidlo. Na obr. 71 je věžička fotografována ve dne a na obr. 72 je pak dvojice světlometů bodových (zelený a bílý zdroj) osvětlujících věžičku doplněna plošným svítidlem osvětlujícím průčelí kostela.



Obr. 71: Osvětlení zelení věžičky kostela sv. Ludmily



Obr. 72: Osvětlovací systémy kostela sv. Ludmily

Celek, včetně akcentace kostelních hodin a zelené věžičky, je na obr. 73 a 74.



Obr. 73: Celkové nasvícení kostela sv. Ludmily



Obr. 74: Kostel sv. Ludmily, slavnostní osvětlení (pohled zepředu)

Nyní se dostávám k poslední části této kapitoly, k dynamickému a barevnému osvětlování objektů včetně programů zvuk a světlo.

Na obr. 75 je osvětlený Karlův most, kde sochy jsou osvětlovány miniaturními svítilny osazenými výkonovými LED, instalovanými na otočných držácích umožňujících jejich individuální nastavení, viz obr. 76. LED svítilny se pomalu rozsvěčují na dobu cca 3 minut a následně pomalu zhasínají na dobu cca 5 minut.

Na obr. 77 je socha bez dodatečného osvětlení, obr. 78 ukazuje sochu jednostranně světelně akcentovanou.

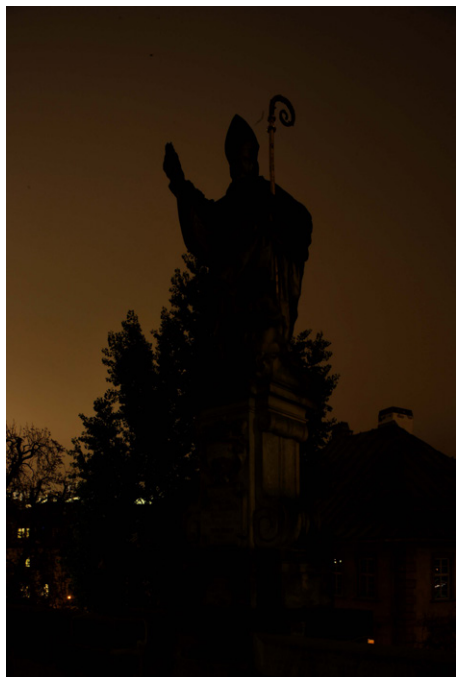
Sochy, které nebyly nikdy osvětleny, dostávají ve večerních hodinách další emocionální dimenzi a umožňují procházejícím nevšední a neopakovatelnou podívanou.



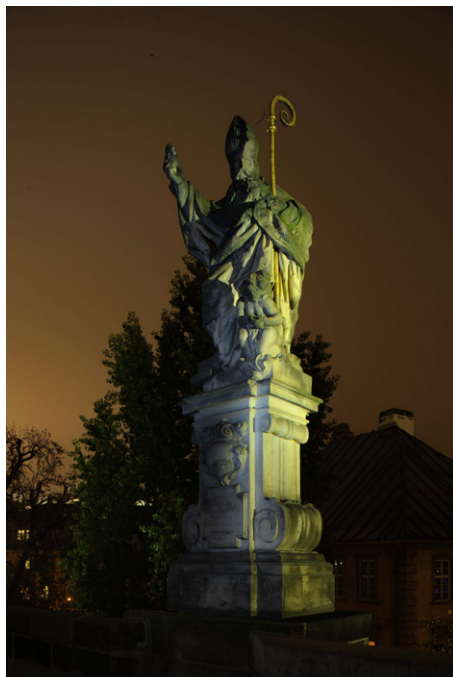
Obr. 75: Slavnostní dynamické osvětlení Karlova mostu



Obr. 76: Miniaturní svítidlo LED na vnějším plášti Karlova mostu



Obr. 77:
Socha bez dodatečného nasvícení



Obr. 78:
Jednostranně nasvícená socha

Jak jsem již uvedl, barevné svícení historických objektů mimo programy s dějovou linkou typu „zvuk a světlo“ je velmi problematické, ale moderní budovy mohou být úspěšně barevně a případně i dynamicky osvětlovány.

Příkladem je Žižkovský vysílač barevně nasvícený svítidly imitujícími barvy české trikolory. Jsou použity bílé a barevné výbojky o výkonech 250 W a 400 W. Protože neexistují výbojky v barvě červené, byly použity světelné zdroje HPS (vysokotlaký sodík) a na tato svítidla byly nainstalovány červené skleněné filtry. Tento způsob osvětlení akcentuje stavbu vysílače, která se stává moderní dominantou Prahy i ve večerních a nočních hodinách, viz obr. 79.



Obr. 79: Barevně nasvícený Žižkovský vysílač

Osvětlování architektury výrazně doplňuje kolorit měst a vesnic, akcentuje tvar a styl staveb a ukazuje turistům i domácím obyvatelům krásu nejen staré, ale i nejnovější architektury. Návrh a realizace architektonického osvětlení je sice diferentní od osvětlování divadelního, ale jeho znalost se jistě v profesionální praxi uplatní.

Program WYSIWYG

Nejdříve trocha historie. Program WYSIWYG je akronymem anglického sloganu „What you see is what you get“, česky „Co vidíš, to dostaneš“, což je průmyslovým standardem pro obecné kreativní řešení. S jeho pomocí můžeme nejen programovat a tvořit tiskové předlohy, ale hlavně sofistikovaně řešit scénické osvětlení divadelní scény, filmového natáčení a televizního snímání, včetně tvorby osvětlovacích plánů, seznamu svítidel a scénického vybavení. Je to princip snadného upravování virtuálního obrazu dané scény zadané ve formátu 3D ve všech jeho parametrech.

Designový software WYSIWYG od firmy CAST relativně jednoduše a snadno komunikuje se zadanými kreativními daty, ovládá světla a díky obsáhlé databázi vytváří požadované scénické prostředí pomocí předprogramovaných vybavovacích prvků. Pro vzdělávání v lighting designu na vysokých školách odpovídajícího směru je k dispozici tzv. CAST Academic Version Of Lightning Software, což je vlajková verze tvorby programů pro jevištní realizace a jeho vybavení se zvláštním zřetelem na tvorbu osvětlovacích plánů jak pro divadlo, tak pro film a televizi.

Pro studenty je připraven program „Academic version“, resp. WYSIWYG „Student edition“, který významně zjednodušuje výuku budoucích profesionálů. V tomto programu se mohou studenti připravit na reálnou práci a mohou si vyzkoušet kreativitu svých nápadů i myšlenek s užitím všech možností tohoto populárního programu.

Nezákladnějším programem z rodiny WYSIWYG je program „Report“, který eliminuje ruční kreslení a umožňuje vytvářet přesné výkresy ve formátu CAD, ale jen ve 2D. Pracuje s obsáhlým fundusem (cca 25 000 relevantních objektů) včetně nejmodernějších svítidel. Tento program existuje také ve variantě pro použití ve školách daného směru.

WYSIWYG „Design“ je sofistikovanějším programem se softwarovou variantou ve 3D postavenou na možnostech programu „Report“. Je to v podstatě

průmyslový standard pro realizaci scénického osvětlení pro profesionální použití v divadelním, televizním, filmovém a zábavním průmyslu.

Verze „Perform“ je špičkový software navržený speciálně pro divadelní oblast. Je postavený na základech programů „Report“ a „Design“ a umožňuje preprograming na světelných ovládacích pultech přes protokoly DMX, ART-NET a další profesionální protokoly. V případě realizace scény v tomto programu je možno provést základní osvětlovací simulaci na modelu scény postaveného na Divadelní fakultě AMU.

Pro informaci sděluji, že firma CAST uvedla na konci roku 2018 na trh novou a zatím nejsofistikovanější verzi software pro Lighting design, WYSIWYG verze 4.1. Je stejně vybavena v programovacích možnostech jako dřívější verze R38 nebí R39, ale nabízí nová zlepšení bezpečnosti, která chrání data v kterémkoli modu programu WYSIWYG. Nová verze přináší i výrazná zlepšení jako např. možnost přímé změny tvaru 3D předmětů a samozřejmě je rozšířena nabídka jak vybavovacích scénografických předmětů, tak nejnovějších LED svítidel.

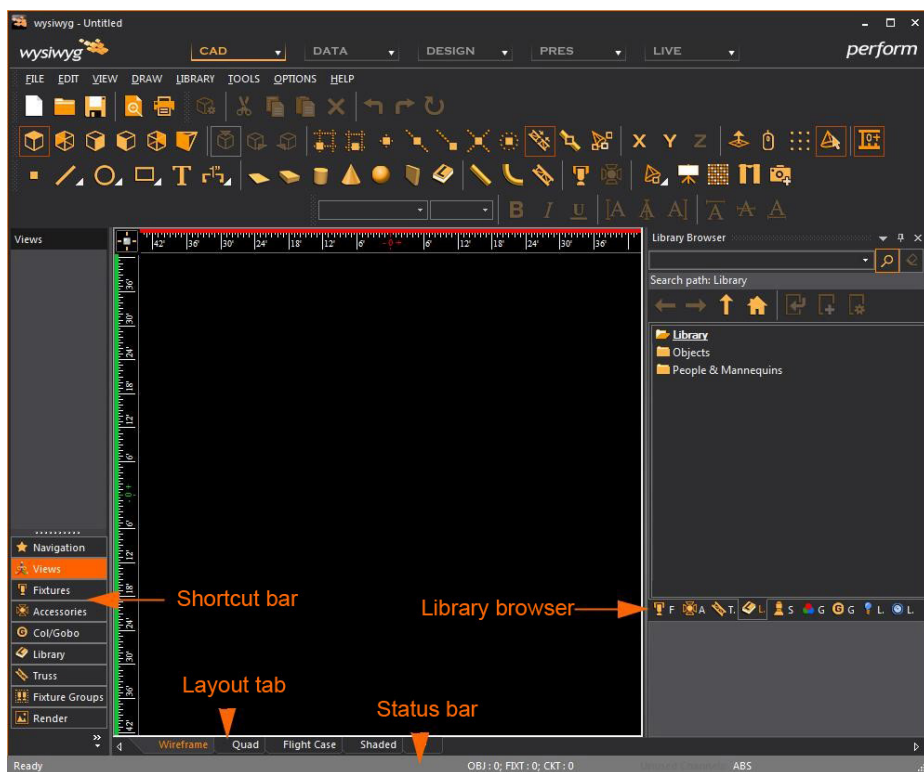
V následující stati budete seznámeni se základy práce s programem WYSIWYG tak, aby byl pro vás snadnější přechod do vlastního programování pomocí software WYSIWYG. Pro informaci uvádím stručný přehled možností kreativního řešení scénického osvětlování tímto programem.

a) **Výběr souboru**

Po spuštění programu se objeví úvodní obrazovka, kde klikneme na NEW, nebo OPEN podle toho, zda požadujeme nový nebo již uložený soubor. Další možností je IMPORT, kde je možno načíst soubory z jiných aplikací CAD typu dwg./.dxf nebo Google SketchUp skp. Poslední možností jsou TEMPLATES, kde jsou již nahrány přednastavené šablony nastavení programu (obr. 80).



Klikneme-li na tlačítko NEW objeví se následující obrazovka jako základ pro vkládání půdorysů, scénografických prvků a ostatních objektů (obr. 81).



Obr. 81: Pracovní obrazovka

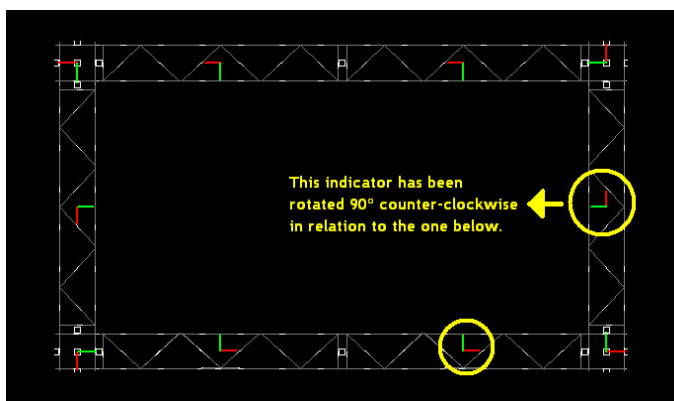
Například po kliknutí na DRAW a dále na VENUE vložíme půdorys prostoru a dále vložení objektů z knihoven vytvoříme celou sestavu scény. Následující obrazovka ukazuje sestavu v půdorysu, bokorysu, nárysu a 3D pohledu (obr. 82).



Obr. 82: Vložení objektů do programu

b) Práce se závěsnými konstrukcemi

V programu je možno vytvořit závěsnou soustavu z trubek (pipes) a konstrukcí (truss), které vybereme z příslušných knihoven (truss, pipes). V této fázi se také označí pozice těchto konstrukcí (obr. 83).



Obr. 83: Návrh závěsných konstrukcí

c) Rozmístění světel

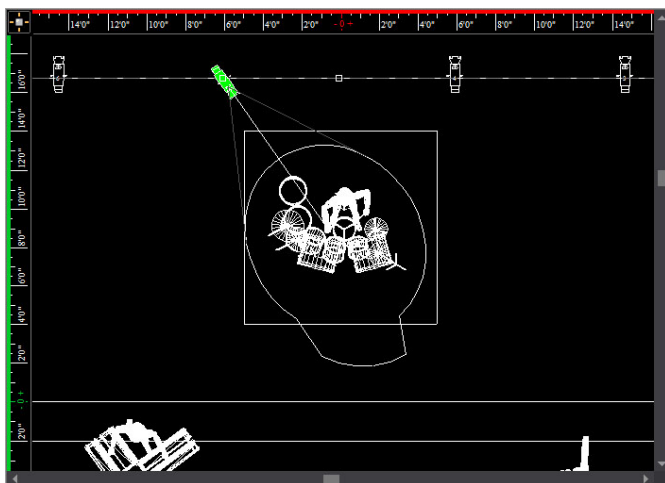
Následně můžeme z knihovny světel (fixtures) vybrat kliknutím příslušná světla (např. SOURCE 4) a umístit je na předem definované pozice (obr. 84).



Obr. 84: Rozmístění světel

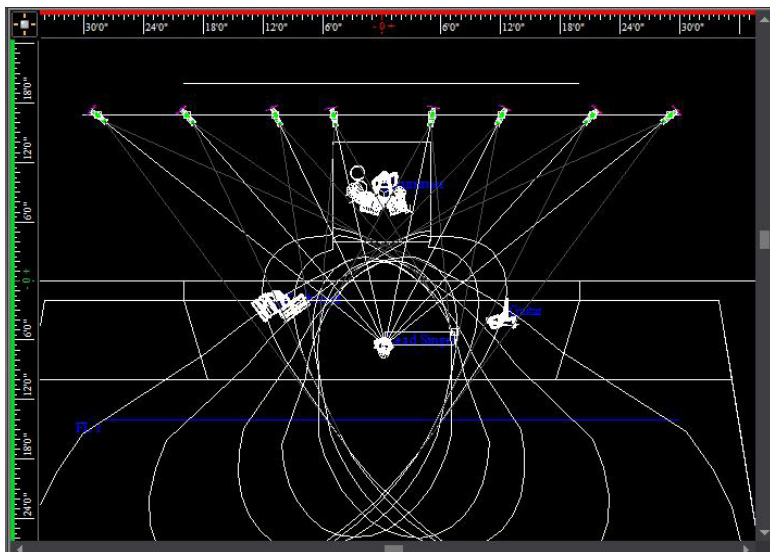
U zvolených světel je možno nastavit jejich příslušné parametry, určit směry svícení a vyzařovací úhly svítidel. Program vytvoří v půdorysu světelné stopy svítidel.

V modu CAD a v pohledu Wireframe klikneme na příslušné světlo. Objeví se světelná stopa daného světla (obr. 85).



Obr. 85: Světelná stopa daného svítidla

V modu CAD a v pohledu Wireframe, z menu Tools vybereme Quick Tools > Quick Focus. Světla zaměříme na požadovanou pozici (obr. 86).



Obr. 86: Nastavení konfigurace svítidel

d) Tabulky pro zadávání parametrů světél

V modu CAD a v pohledu Wireframe z menu TOOLS vybereme Quick tools > Quick Focus (obr. 87).

Quick Fixture Tool

Control Data

☐ Patch ... ☒ Auto Increment

☐ Custom Increment: 0 Additional ▾

☐ Spot 1 ☒ Auto Increment

☐ Channel 1 ☒ Auto Increment

☐ Dimmer 1 ☐ Use DMX address ☒ Auto Increment

☐ Circuit Number: 1 ☒ Auto Increment

Name:

☐ Multi-Cable

No. of Circuits Prefix Start Style

6 by 1-99 ☒ Include Dash Separator

General Details

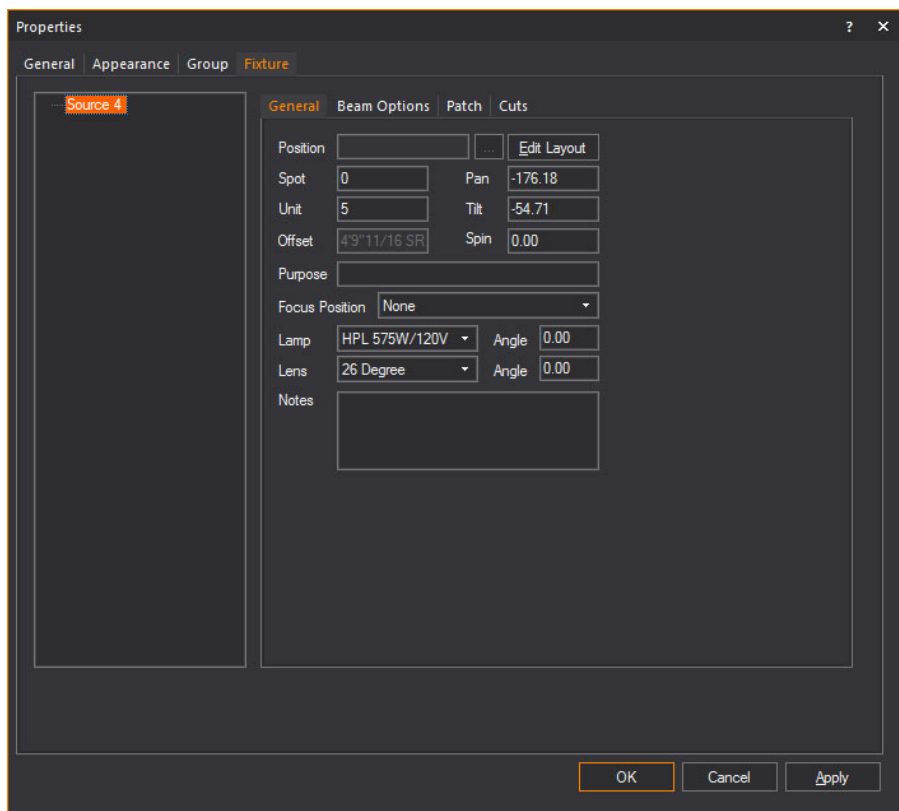
Accessories

OK Clear All Cancel

Obr. 87: Tabulka pro zadávání parametrů svítidel

Klikněte na některý symbol „+“ vedle každého záhlaví (Control Data, General Details, Accessories) pro případnou úpravu atributů světel a příslušenství.

V pohledu Wireframe dvojklikněte na světlo pro zadání příslušných atributů. Výsledek: Otevře se okno Properties (obr. 88).



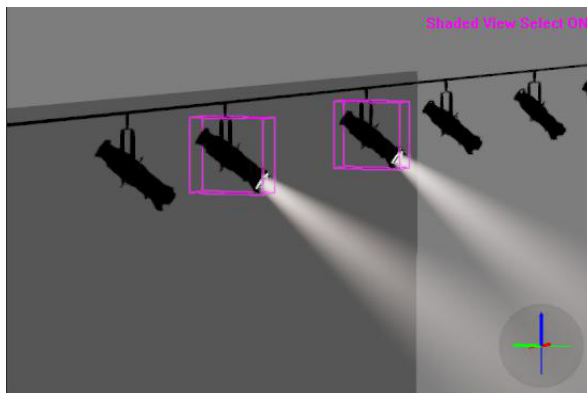
Obr. 88: Okno vlastností svítidel

V tabulkách General, Beam Options, Patch and Cuts nalezneme atributy daného světla, které mohou být následně změněny dle požadavků pro danou scénu.

e) Vytváření světelných scén

V modu CAD, Design, nebo Live v pohledu Shaded můžeme simulovat světelné scény a přechody mezi nimi bez nutnosti použití světelných pultů. Stiskem klávesy TAB se v pravém horním rohu okna objeví nápis „Shaded view select

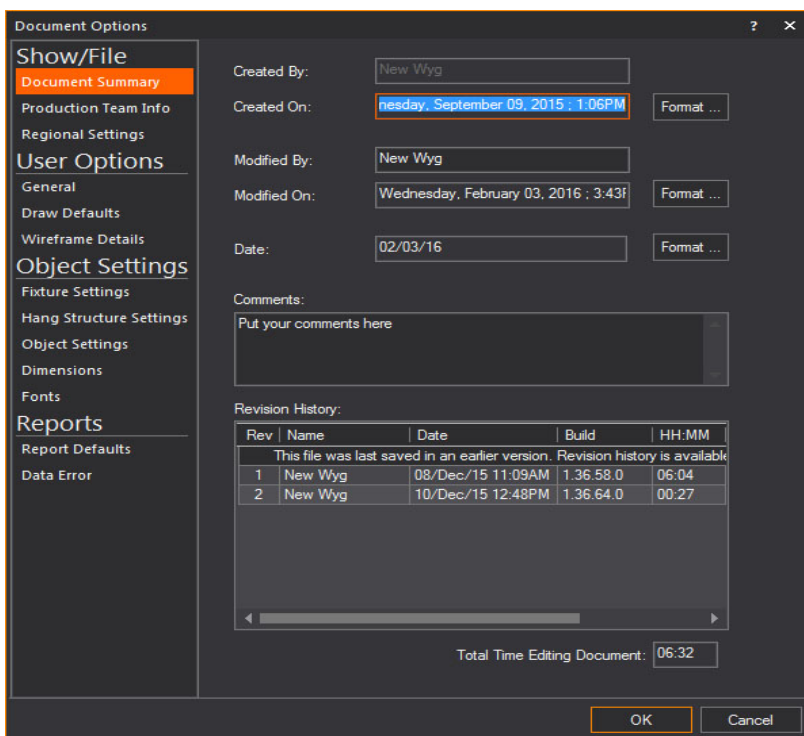
ON“ a můžeme vybrat příslušná svítidla pro úpravu parametrů. Svítidla, u kterých měníme parametry, jsou barevně orámována (obr. 89).



Obr. 89: Simulace světelných scén

f) **Tvorba výpisů.**

V menu Options vyberte Document Options (obr. 90).



Obr. 90: Tvorba typu výpisů

Výběrem příslušných možností Options vytvoříme dokumenty přizpůsobené danému projektu a daným požadavkům.

Z Report menu zvolíme Format Cells a nastavíme požadovaný formát buňky, přiřazení textu, fontu a barev pozadí (obr. 91).

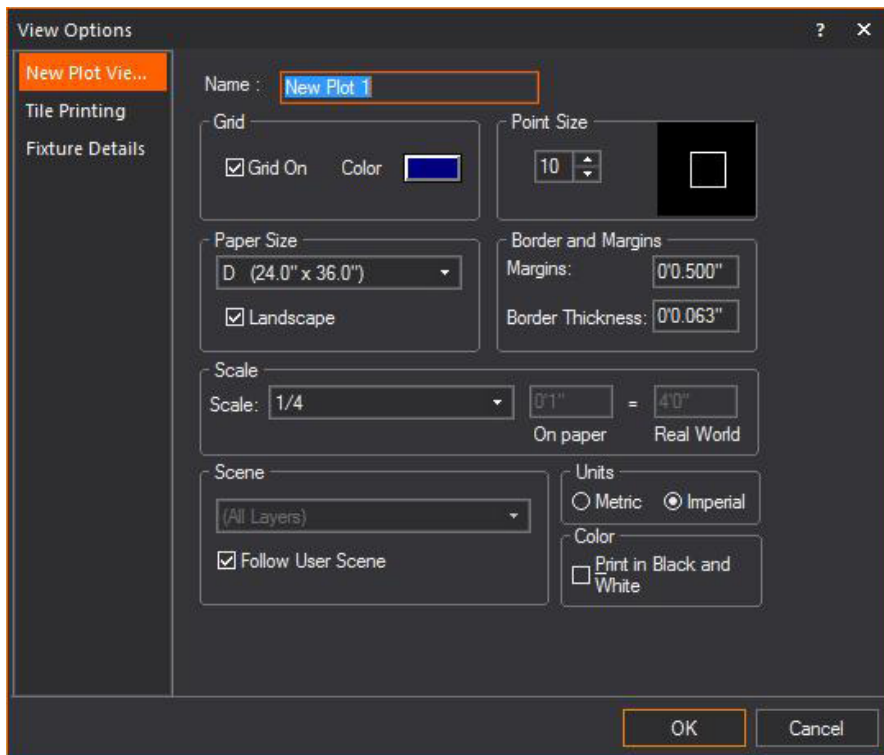
Hanging Data									
E15									
1	Hanging Data			(All Layers)			02/03/16		
2	Venue:				Designer:				
3	Show:				Assistant:				
4									
6	Unit	Type	Lens	Offset	Channel	Color	Gobo	Focus	Fixture
7	1	Source 4	26 Degree	-29'2"3/8 SL					
8	2	Source 4	26 Degree	-21'3"7/8 SL					
9	3	Source 4	26 Degree	-12'2"15/16 SL					
10	4	Source 4	26 Degree	-5'2"15/16 SL					
11	5	Source 4	26 Degree	4'9"11/16 SR					
12	6	Source 4	26 Degree	10'7"1/4 SR					
13	7	Source 4	26 Degree	19'6"7/8 SR					
14	8	Source 4	26 Degree	28'6"1/2 SR					

Obr. 91: Příklad tabulky pro zavěšování svítidel

V závislosti na parametru Pipe mode parametr Offset určuje pozici svítidla na trubce (pipe) nebo nosníku (truss).

g) Tisky

Program umožňuje zefektivnění práce s výkresy v CAD při vytváření nových „lighting plots“. V modu „Pres“ klikněte na New Plots (obr. 92).



Obr. 92: Zadávání tisků

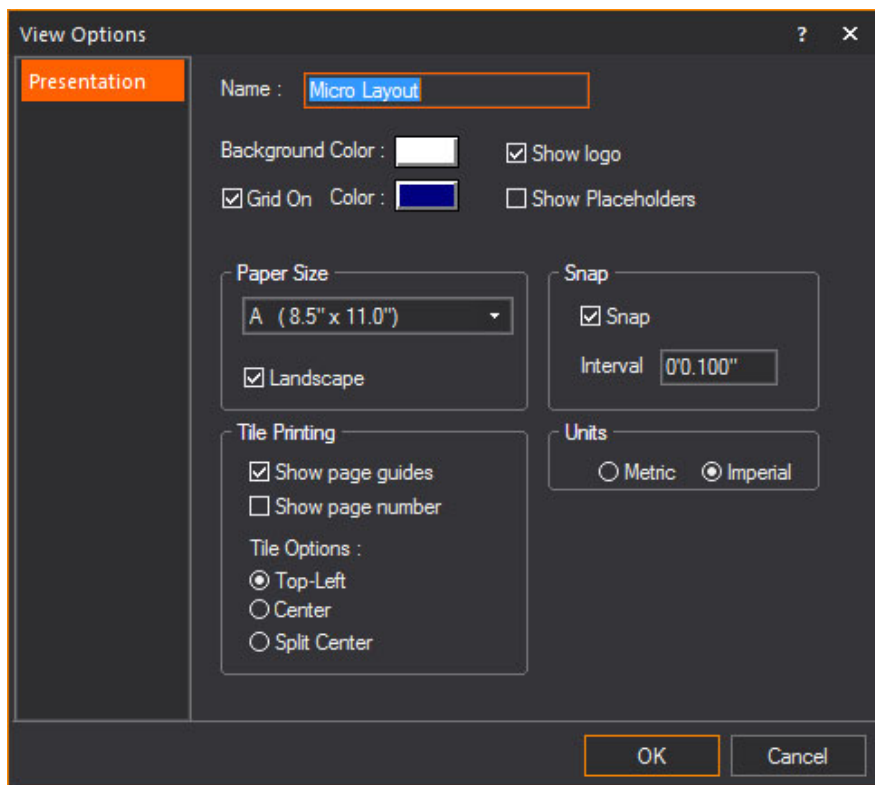
Z výběru Paper Size určíme požadovaný formát papíru. Klikněte na OK.

Dále určíme ty části výkresu, které chceme zobrazit pomocí nástroje Move Page.

h) Tvorba a úprava vrstev

Layouts Tab umožňuje definovat celkovou strukturu informací, kterou si přejeme vytisknout. Layouts tab jsou vytvořeny kombinací různých CAD souborů, výpisů, obrázků a dalších atributů na určeném papírovém formátu (obr. 93).

V Presentation mode, klikněte na Layouts tab.



Obr. 93: Definice a úprava vrstev

i) Prostory přiřazení (Patching)

Je možno použít přiřazení typu DMX nebo Motion Control. V DMX prostoru (universe) jsou světla nebo pohybové osy přiřazeny jednotlivým DMX adresám. Jejich vizuální reprezentací je Patch Tab v modu Data. Tato tabulka se zároveň použije pro připojení řídicího pultu. Zvolíme-li přiřazení Motion Control přiřadíme do něj pohybové osy a použijeme Motion Control System, nebo WYSIWYG's Motion Control Console pro všechny objekty které jsou přiřazeny těmto osám.

V Data mode klikněte na Patch tab (obr. 94).



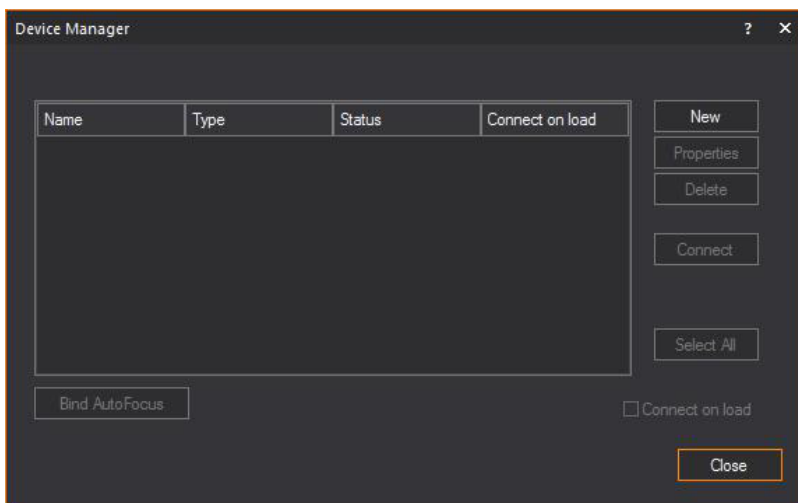
Obr. 94: Tabulka přiřazení DMX a parametrů svítidel

V tabulce je v každém políčku přiřazena DMX adresa (levý horní roh) a barevně jsou zvýrazněny adresy příslušející danému světlu. V našem případě světlo „Spot VL3500“ zabírá 31 DMX adres (1–31). Ve středu políček je uveden parametr daného světla, který je touto adresou řízen (adresa 1 = intenzita, adresa 2 = Pan, 3 = Pan jemně atd.)

j) Vložení a připojení světelného pultu

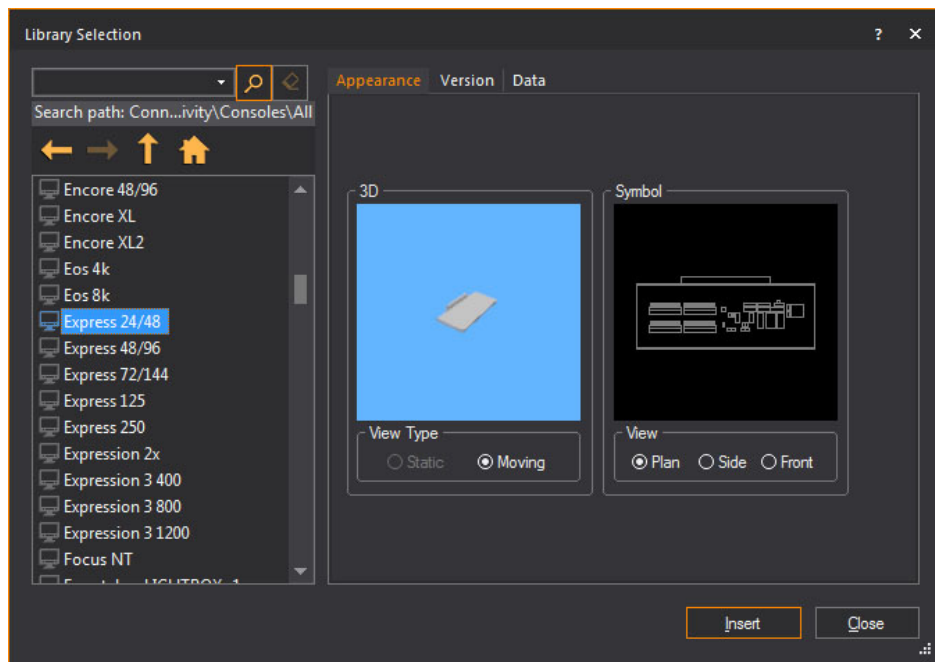
Program umožňuje připojení světelného pultu jako součást software WYSIWYG a testování celé show v reálném čase (obr. 95).

Z Managers menu vyberte Device Manager.



Obr. 95: Základní tabulka pro výběr osvětlovacího pultu

V okně Device Manager klikněte na New. Objeví se okno Library Selection. Vyberte příslušný pult a klikněte na Insert.



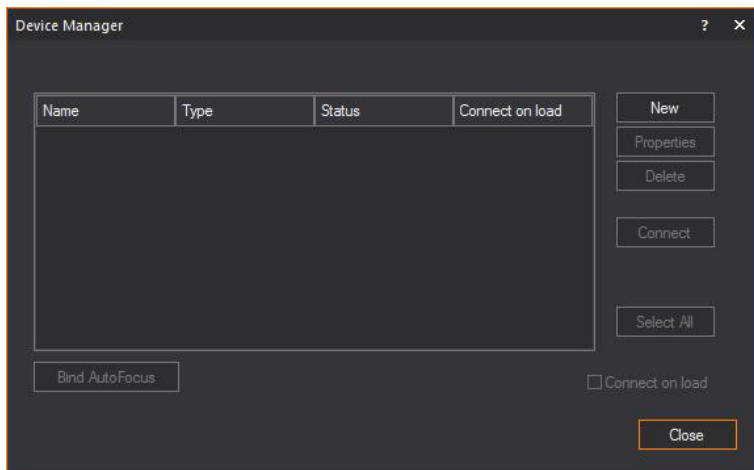
Obr. 96: Tabulka pro výběr osvětlovacího pultu (vybrán Express 24/48)

k) **Zařazení videa**

V modu LIVE klikněte na Managers a dále na Video Manager.

Objeví se okno Video manager (obr. 97).

Program umožňuje zařadit do show předem připravené videonahrávky včetně jejich synchronizace se světly realizovanými programem WYSIWYG a uloženými do paměťového media.

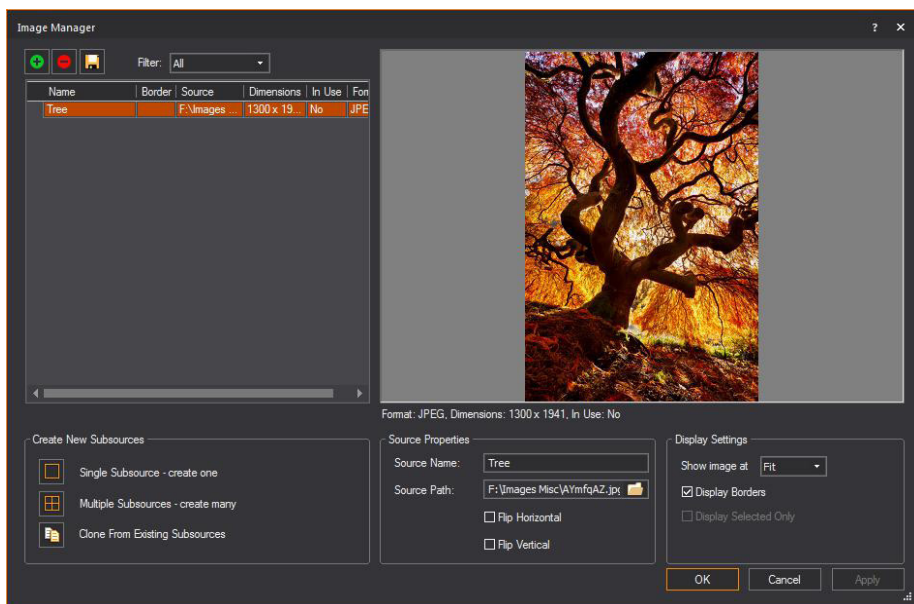


Obr. 97: Základní okno pro výběr videa

1) Použití pohyblivých scén

Program umožňuje tvorbu pohyblivých scén přiřazením rotačních nebo lineárních pohybů v určených osách pro jednotlivé scénické objekty.

Dále umožňuje v jednotlivých případech pospojování obrazů pomocí nástroje Image Manager, který je součástí WYSIWYG softwaru (obr. 98).



Obr. 98: Příklad vložení objektu do programu WYSIWYG

Závěr

Kapitola 11 – program WYSIWYG není manuálem pro práci s tímto produktem, pouze globálně ukazuje jeho možnosti. Pro pochopení programování, simulace a definice tabulek je nutno pečlivě prostudovat návod pro práci s programem WYSIWYG, který je jeho součástí. Teprve po jednoznačném pochopení možností tohoto programu budou návrhy scénického svícení nejen kreativní, ale i výrazně rychlejší a progresivnější než při klasické práci.

Závěr tří předkládaných dílů

Závěrem třetího a posledního dílu těchto skript si dovoluji podotknout, že po jejich prostudování bude čtenář schopen pochopit základní principy technicko-uměleckého řešení problematiky návrhů a optimalizace scénických divadelních, filmových, televizních a architektonických osvětlovacích systémů.

Chtěl bych však upozornit, že řešení scénického a architektonického osvětlení je vždy kombinací znalostí základních technických parametrů celého osvětlovacího parku skloubených s kreativitou, která je obvykle vlastní každému jedinci.

Při řešení problematiky scénického svícení vám tato skripta mohou být základním kamenem úspěšné realizace. K tomu vám přeji mnoho zdaru.

Autor

Seznam použité literatury

- Box, Harry C. *Set Lighting Technician's Handbook*
- Brooker, Darren. *Essential CG Lighting Techniques (Focal Press Visual Effects and Animation)*
- Carlson, Verne and Sylvia. *Professional Lighting Handbook*
- Coleman, Peter. *Basics A Beginner's Guide to Stage Lighting*
- Cuttle, Christopher. *Lighting by Design*
- Fraser Neil. *Stage Lighting Explained*
- Habel, Jiří. *Světlo a osvětlování*
- Keller, Max. *Light Fantastic: The Art and Design of Stage Lighting*
- Millerson, Gerald. *Lighting for Video (Media Manuals)*
- Moran, Nick. *Performance Lighting Design: How to Light for the Stage, Concerts and Live Events*
- Morgan, Nigel. *Stage Lighting for the Theatre Designer*
- Pilbrow, Richard. *Stage Lighting Design*
- Reid, Francis. *Discovering Stage Lighting*
- Reid, Francis. *The Stage Lighting Handbook*
- Shelley, Steven Louis. *A Practical Guide to Stage Lighting*
- Swainson, Graham. *La Iluminacion en Video / Basics of Video Lighting*
- Walters, Graham. *Stage Lighting Step-By-Step: The Complete Guide on Setting the Stage With Light to Get Dramatic Results*
- WYSIWYG. *Manual Cast Academic Version*
- Firemní prospekty, fotografie světél a vybavení osvětlovacích systémů

Seznam použitých značek, symbolů a konstant

Seznam veličin:

Φ_e	[W]	zářivý tok
Φ	[lm]	světelný tok
E	[lx]	osvětlenost, intenzita osvětlení
I	[cd]	svítivost
L	[cd·m ⁻²]	jas
M	[lm·m ⁻²]	světlení
T _C	[K]	teplota chromatičnosti
K	[lm·W ⁻¹]	měrný výkon, světelná účinnost
Ω	[sr]	prostorový úhel
λ	[nm]	vlnová délka
E	[J]	energie
U	[V]	napětí
R	[Ω]	odpor
I	[A]	proud
=		znak stejnosměrného el. napětí
~		znak střídavého el. napětí
1F		jedna fáze
3F		tři fáze
ASA		jednotka citlivosti filmových materiálů
ANSI	[lm]	definice světelného toku videoprojektorů
f	[s ⁻¹]	frekvence
P	[W]	výkon
γ	[°]	úhel
<i>l</i>	[m]	vzdálenost
A	[m ²]	obsah plochy
R		červená
G		zelená
B		modrá
W		bílá
CRI (Ra)		index barevného podání

CIE	International Commission on Illumination – Mezinárodní světelně technická, vědecká a kulturní organizace
PWM	pulse wide modulation – typ napájecího napětí LED s možností stmívání

Fyzikální konstanty:

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Planckova konstanta

elementární elektrický náboj

Anglicko-český slovník

- acommodation** akomodace (schopnost oka zaostřit obraz)
adaptation adaptace
arc discharge výboj obloukový
arc ignition zapálení elektrického oblouku
arc tube hořák
aspherical reflector reflektory používané v divadelní praxi (válnové, parabolické, hyperbolické a elipsoidální)
average life průměrný život
- ballast** předřadník
barn doors omezovací klapky svítidel
base (USA); cap patice
black light lamp černý (světelný) zdroj; zdroj UV
blackbody (Planckian radiator) černé těleso (černý zářič)
blackout shutter mechanická clona u svítidel Profile Spot nebo Moving Heads s výbojkovými světelnými zdroji, nebo sledovacích světlometů
bounced light odražené světlo (od stropu, stěn, odrazné desky)
bulb baňka, světelný inkadescenční zdroj
- candela (cd)** mezinárodní jednotka svítivosti bodového zdroje světla
cap; base (USA) patice
chromaticity coordinates trichromatické souřadnice
chromaticity diagram diagram chromatičnosti; kolorimetrický trojúhelník
chromaticity chromatičnost
colour; color (USA) barva
colour mixing barevné míšení světla (aditivní nebo subtraktivní)
colour rendering index CRI (Ra) index barevného podání – určuje věrnost barev při osvětlení objektu daným zdrojem světla
- colour stimulus** barevný podnět
colour temperature teplota chromatičnosti
colour-matching coefficients kolorimetrické koeficienty (trichromatické činitele)
complementary wavenlength doplňková vlnová délka
cones čípky
contrast rendering factor činitel podání kontrastu
cut-off angle úhel otevření, úhel vyzařování
- daylight** denní světlo
dichroic filter barevný filtr s vakuovým navářením více vrstev vzácných kovů na skleněnou desku
diffuse reflectance činitel rozptylného odrazu
diffuse reflection odraz difúzní (rozptylný)
diffuse transmission prostup difúzní (rozptylný)
diffused lighting osvětlení difúzní (rozptýlené)
diffuser difuzor
dimmer stmívač; stmívací zařízení
direct current (DC) stejnosměrný proud
direct flux přímý (světelný) tok
direct glare oslnění přímé
direct lighting přímé osvětlení
directional lighting osvětlení směrované
discharge lamp výbojka
DMX 512 mezinárodně vyvinutý standard komunikace mezi osvětlovacím pultem a koncovými prvky
downlighter; downlight reflector; downlight úzkouhlé (stropní) svítidlo
- electric discharge** elektrický výboj
electromagnetic radiation záření elektromagnetické

elektroluminescence elektroluminiscence
emission vyzařování
exposure meter expozimetr

filament vlákno

filter filtr

fluorescence fluorescence

fluorescent lamp zářivka

foot light spodní osvětlovací rampa
v přední části jeviště

fresnel lens skleněná nebo plastická
čočka, jedna strana plochá, druhá se
schodovitě soustřednými kruhy

glare oslnění (záře)

gobo kotoučky obvykle z nerezového
plechu, aluminia nebo skla, v různých
barvách a motivech; vkládané do
otočných prvků v profile spot, moving
heads

**half-peak divergence; one-half-peak
spread (USA)** poloviční divergence

**high intensity discharge lamp (HID
lamp)** výbojka vysokotlaká

high pressure mercury (vapour) lamp
výbojka vysokotlaká rtuťová

hue tón barvy

ignitor zapalovač

illuminance meter luxmetr

illuminance vector světelný vektor

illuminance osvětlenost

**illuminant (perceived) colour shift;
colour distortion** zkreslení vnímání
barev

incandescence záření teplotní

incandescent (electric) lamp žárovka

infrared radiation záření infračervené

iris pohyblivá kruhová lamelová clona
používaná v profilových svítidlech,
kamerách a fotoaparátech

kelvin jednotka měření teploty
chromatičnosti; $0\text{ K} = -273\text{ °C}$,
 $0\text{ °C} = 273\text{ K}$

key light hlavní světlo osvětlující scénu,
je obvykle nejintenzivnější, směřované
shora a z boku

Lambert's (cosine) law zákon Lambertův
(kosinusový)

lamp voltage (of a discharge lamp)
napětí na světelném zdroji (na výboji)

lamp světelný zdroj, lampa

lampholder objímka

LED (light emitting diode)

polovodičová součástka s přechodem
PN emitující světelné záření

life (of a lamp) život (světelného zdroje)

life test zkouška života technického
zařízení

light beam svazek světelných paprsků

light (luminous) flux světelný tok,
intenzita světla procházející prostorem

light centre světelný střed

light output maximální výkon nebo
energie vyzařované daným světelným
zdrojem

light stimulus světelný podnět

light světlo

**lighting technology; illuminating
engineering** osvětlovací technika

**lighting technology; illuminating
engineering** osvětlování

lighting; illumination osvětlení

louvre; spill shield; louver (USA)
mřížka

low pressure mercury (vapour) lamp
výbojka nízkotlaká rtuťová

lumen jednotka světelného toku

luminaire guard mřížka svítidla ochranná

luminaire svítidlo

luminance jas

luminance coefficient součinitel jasu

luminance meter jasoměr

luminance threshold práh vnímání jasu

luminous efficacy of a source měrný výkon světelného zdroje
luminous efficacy of radiation světelná účinnost (účinek) záření
luminous environment světelné prostředí
luminous flux světelný tok
luminous intensity svítivost
lux jednotka osvětlení

main electrode hlavní elektroda
mean spherical luminous intensity střední prostorová svítivost
metal halide lamp vysokotlaká výbojka plněná směsnými plyny
monochromatic radiation záření monochromatické
moving head tzv. inteligentní osvětlovací systém s otočnou hlavou a dálkově ovládanými funkcemi, též *moving light*

optical light output ratio optická účinnost svítidla
optical radiation záření optické

PAR lamp (parabolic aluminium reflector) skupina světelných zdrojů s neostrou stopou pevně spojených s reflektorem
perceived colour barevný vjem
(perceived) colour; colour sensation barevný vjem (barva)
photodiode fotodioda
photoeffect fotoefekt
photoelectric detector fotoelektrické čidlo; fotonka
photoelement (photovoltaic cell) fotočlánek (hradlový)
photoluminescence fotoluminiscence
photometer fotometr
photometry fotometrie
photomultiplier fotoelektrický násobič; fotonásobič
photopic vision denní (fotopické) vidění
pin socket lamp žárovka s kolíkovou patičí

pin spot parabolický reflektor (může být i s odrazným zrcátkem)
Planck's law Planckův zákon
Planckian radiator; blackbody černý zářič (černé těleso)
point source (of radiation; of light) bodový zdroj (záření; světla)
primary photometric standard základní fotometrický normál (etalon)
profile spot scénické svítidlo s ostře nebo neostře ohraničenou stopou, může mít i prostor na gobo
projector světlomet nebo projekční zařízení
protective glass ochranné sklo
purple boundary přímka čistých purpurů
PWM (Pulse Wide Modulation) systém ovládání LED

radiance světelná zář
radiant exitance (intenzita) vyzařování
radiant flux; radiant power zářivý tok
rated luminous flux (of a type of lamp) jmenovitý světelný tok (zdroje)
rated power (of a type of lamp) jmenovitý příkon (světelného zdroje)
reflectance činitel odrazu
reflector spotlight zrcadlový světlomet
reflector reflektor. zrcadlo
refractor refraktor
relative spectral distribution poměrné spektrální složení
resistor odpor (součástka)
retina sítnice
rods tyčinky

saturation sytost
scotopic vision noční (skotopické) vidění
screw cap; screw base (USA) patice závitová
secondary photometric standard; secondary standard lamp odvozený fotometrický normál (etalon)

shade stín	threshold of illuminance; visual threshold práh vidění; prahová osvětlenost
shell cap; shell base (USA) patice sufitová	total flux celkový (světelný) tok
shutter mechanický stmívač, též závěrka fotoaparátu	trichromatik system trichromatická soustava
socket patice světelných zdrojů	tristimulus values trichromatické složky
soft light difúzní (rozptýlené) světlo	tungsten halogen lamp žárovka halogenová
spectral concentration spektrální hustota	ultraviolet radiation záření ultrafialové
spectral luminous efficiency poměrná spektrální světelná účinnost	uniformity ratio of illuminance rovnoměrnost osvětlení
spectrum spektrum	visible radiation záření viditelné
spot light bodový světlomet	visual performance zrakový výkon
spot lighting bodové osvětlení	wavelength vlnová délka
starter startér	Wood's glass lamp černý (světelný) zdroj; Woodův zdroj
starting voltage (of a discharge lamp) zapalovací napětí (výbojky)	yellow spot žlutá skvrna
steradian steradián	
studio floodlight (scénické) plošné svítidlo	
symmetrical (asymmetrical) luminaire souměrné (nesouměrné) svítidlo	

Jiří Černý

Základy
scénického
a architektonického
svícení
1–3

Vydala Akademie múzických umění v Praze
v Nakladatelství AMU

Sazba: Nakladatelství AMU
Druhé, revidované vydání
Praha 2021, 2026

ISBN 978-80-7331-720-1 (iPDF)

www.namu.cz