

# 4 SVÍTIDLA

(Kapitola č. 4



## Studijní cíle

- Popis a vysvětlení funkce svítidel, světelně technické parametry svítidel.
- Konstrukční prvky svítidel. Geometrické parametry svítidel
- Třídění svítidel podle světelně technických a elektrických parametrů.



## Klíčová slova

Účinnost svítidla, udržovací činitel, křivky svítivosti, krytí svítidel.



## Čas potřebný ke studiu

70 minut



## Text k prostudování

### 4.1 Úvod

Svítidla jsou přístroje, které tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Skládají se z částí světelně činných a částí konstrukčních. Světelně činné části slouží ke změně rozložení světelného toku, k rozptylu toku, k zábraně oslnění, snížení jasu, po případě ke změně spektrálního rozložení světla. Konstrukční části svítidla slouží k upevnění zdroje, k upevnění světelně činných částí, ke krytí zdrojů i světelně činných částí před vniknutím cizích předmětů a vody, musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím. Svítidla musí splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhého života a spolehlivosti. Kromě svítidel se ve světelné technice používají světlomety, které se od svítidel liší tím, že vyzařují směrově soustředěný svazek paprsků a používají se k osvětlování z velkých vzdáleností.

### 4.2 Světelné technické parametry svítidel

#### *Světelný tok svítidla*

Světelný tok svítidla  $\Phi_{SV}$ , který je svítidlem opticky upraven, je dán rozdílem světelného toku všech zdrojů  $\Phi_Z$  umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného  $\Phi_{ZTR}$ , který se ztratil při optickém zpracování. Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku je znázorněno v tabulce č. 2.5.

#### *Účinnost svítidla*

Účinnost svítidla charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem svět. toku svítidla ke svět. toku zdrojů dle vztahu:

$$\eta_{SV} = \frac{\Phi_{SV}}{\Phi_Z} \quad (-; \text{lm}, \text{lm}) \quad (4.1)$$

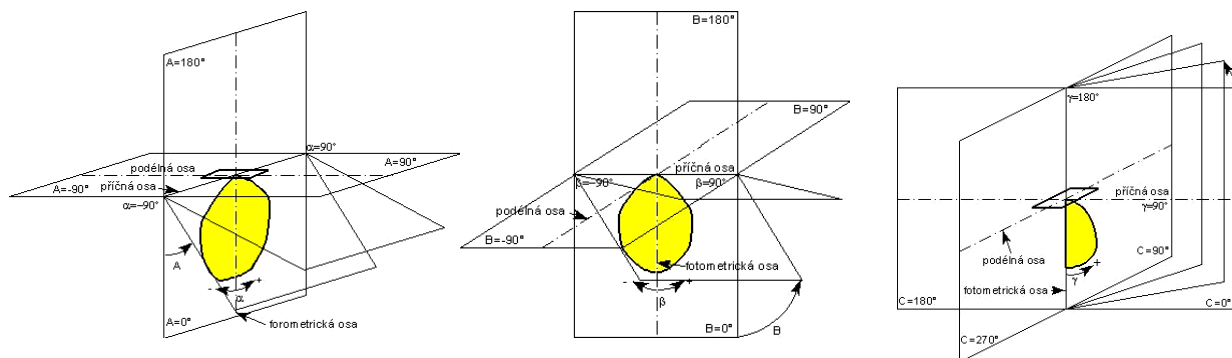
Maximální účinnost by měl z tohoto hlediska holý světelný zdroj v objímce. Ten však není možné použít s ohledem na oslnění, nevhodné směřování vyzařovaného světla a ochrany před povětrnostními vlivy. Z hlediska maximálního využití dodávané elektrické energie je třeba dosahovat vysokých hodnot této veličiny. U běžných svítidel se pohybuje účinnost v rozmezí od 0,3 do 0,9.

Zářivky mají světelný tok závislý na teplotě a dle CIE se pro zářivková svítidla definuje optická a provozní účinnost. Optická účinnost se stanovuje z hodnot světelného toku svítidla a zdrojů při provozních teplotách. Provozní účinnost je určena tokem svítidla při provozní teplotě a tokem zdroje při jmenovité teplotě, která se uvažuje pro zářivky 25 °C.

#### *Svítivost svítidel*

Prostorové rozložení svítivosti svítidla je souměrné anebo nesouměrné. Souměrné rozložení může být rotační anebo souměrné k jedné anebo více axiálním rovinám.

Svítivosti se udávají nejčastěji pomocí fotometrického systému C- $\gamma$ . U svítidel s rotačně symetrickou plochou svítivosti postačí křivka v jedné fotometrické rovině. U zářivkových svítidel se zpravidla udávají dvě křivky a to v rovinách C<sub>0</sub> a C<sub>90</sub>. U venkovních svítidel se z důvodů zábrany oslnění předepisují pro dané stupně oslnění maximální hodnoty svítivosti a to pro určité směry ve vybraných rovinách v soustavě C- $\gamma$ . Rozložení svítivosti daného svítidla lze též znázornit pomocí izokandelového diagramu.

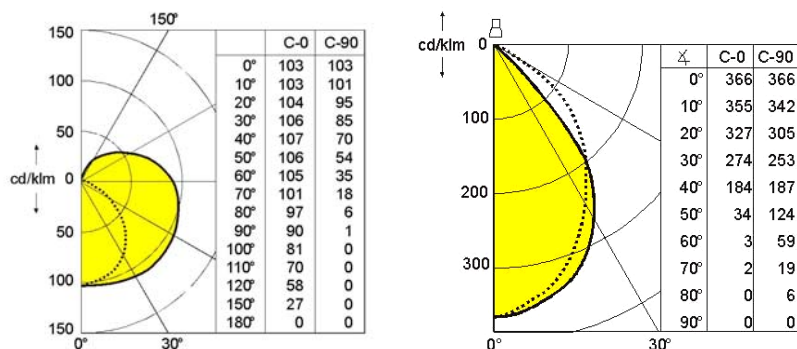


Obr. 4.1 Křivky svítivosti ve fotometrických systémech A- $\alpha$ , B- $\beta$ , C- $\gamma$

Pro vystižení tvaru čáry svítivosti svítidla se používá činitel tvaru křivky K<sub>F</sub> a úhlové pásmo maximální svítivosti. Činitel tvaru křivky je dán poměrem maximální svítivosti I<sub>max</sub> a střední svítivosti I<sub>stř</sub> dle vztahu:

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{\text{stř}}} \quad (-; \text{cd, cd}) \quad (4.2)$$

Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti je uvedeno v tabulce 4.2.



Obr. 4.2 Příklady křivek svítivosti

## ***Jas svítidel***

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průměru svítící plochy do roviny kolmé k uvažovanému směru viz vztah.

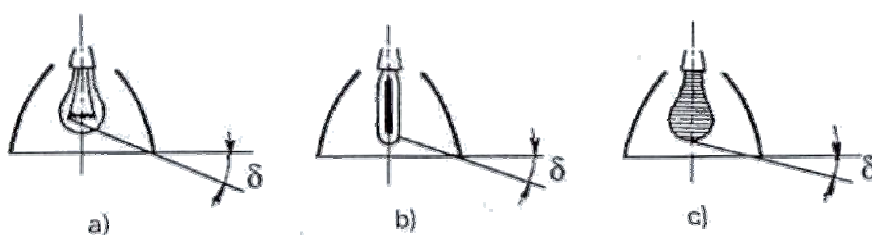
$$L_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (4.3)$$

$I_{\gamma}$ ... je svítivost svazku světelných paprsků (svítící plochy)

$A$ ... je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

$\gamma$ ... je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

U svítidel pro osvětlování vnitřních prostorů se pro kontrolu na oslnění udávají často jasy v kritické oblasti úhlů od 45 ° do 85 ° ve vodorovném směru pohledu.



*Obr. 4.3 Úhel clonění u svítidla.*

*a) žárovkového, b) s výbojkou s čirou baňkou, c) s výbojkou opatřenou luminoforem nebo s opálovou žárovkou*

### **4.2.1 Geometrické parametry**

Patří sem především úhel clonění  $\delta$ , který udává míru zaclonění světelného zdroje svítidlem. Je to nejmenší ostrý úhel mezi vodorovnou rovinou a přímkou spojující okraj svítidla se světelným zdrojem. U čiré žárovky je to její vlákno, u opálové zářivky nebo výbojky je to povrch baňky. Doplnkový úhel do 90° k úhlu clonění se nazývá úhel otevření svítidla.

### **4.2.2 Konstrukční prvky svítidel**

Konstrukční prvky a materiály, používané pro všechny druhy svítidel, mají kromě svých vlastních funkcí splňovat ještě další požadavky. Jsou to především:

- světelná stálost
- tepelná stálost
- odolnost proti korozi
- mechanická pevnost

Světelná stálost je důležitou veličinou, která určuje u mnoha materiálů jejich životnost. Stálým působením světelného a ultrafialového záření, zesíleného teplem a vlhkostí, dochází k trvalým změnám, např. žloutnutí, vybělení, zkřehnutí, tvoření trhlin nebo praskání.

Tepelná stálost konstrukčních prvků má zvláštní význam, protože provozní teploty na svítidle dosahují často hodnot na hranicích přípustnosti. Pokud jsou tyto hodnoty překročeny, dochází k trvalým změnám, např. k deformaci, zkřehnutí, zuhelnění a praskání - tvoření trhlin.

Odolnost kovů proti korozi musí být zajištěna účelnou povrchovou ochranou, která mimo to ovlivní ještě vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu. Aby bylo vyhověno přípustným podmínkám použití, požadovaným světelnětechnickým parametrům a estetickým požadavkům, používají se následující povrchové úpravy: lakování, poniklování, pochromování, emailování, pozinkování, kadmiování, nanášení umělých hmot, leštění a eloxování. U plastů je odolnost proti korozi zaručena, a proto nevyžadují dodatečná opatření.

Mechanická pevnost je mírou stability konstrukčních prvků, především u plastů a křemenných skel. Vlivem záření, tepla, chladu a vlhkosti se může změnit mechanická pevnost, a tím i spolehlivost svítidla.

Konstrukční prvky se dělí na tři skupiny - prvky (části):

- světelnětechnické (světelně činné)
- elektrotechnické
- mechanické

K používaným odrazovým materiálům světelně činných částí se používají: skleněná zrcadla, lakované povrchové plochy, opálová, světlo rozptylující skla, plasty nebo tkaniny.



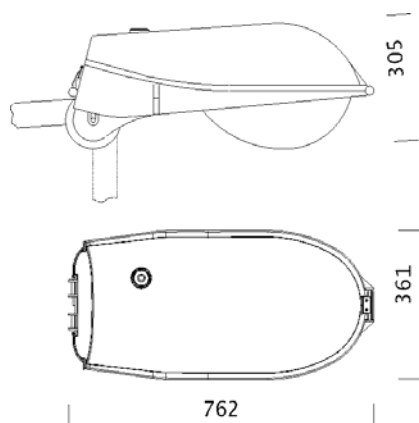
*Obr. 4.4 Příklad světelně činné části svítidla veřejného svítidla*

K propustným materiálům světelně činných částí se používají:

Křemenné sklo (čiré sklo, ornamentní sklo, opálové sklo, matované sklo, refraktorové sklo), světlo - propouštějící plasty, světlo - propouštějící tkaniny.

Elektrotechnické části svítidel slouží k připojení, upevnění a provozu světelných zdrojů a svítidel. Patří sem: objímky žárovek, vypínače, zásuvky a vidlice, vnitřní vedení vodiče, vnější vedení, připojovací a propojovací svorky, svítidlová krabice, předřadné přístroje, zapalovač, kondenzátory. Jednotlivé části musí odpovídat použitým světelným zdrojům. Použitím jiných světelných zdrojů se mění i připojovací podmínky. Některé části se vyskytují u všech svítidel, jiné jen tam, kde to vyžadují podmínky použití nebo světelné zdroje.

Mechanické části svítidel slouží nejen jako ochranné nebo nosné části světelných zdrojů, ale i světelně technických a elektrotechnických konstrukčních prvků. Slouží k upevnění svítidel. Podstatné konstrukční díly svítidel, které se počítají k mechanickým konstrukčním prvkům, jsou: Ochranná skla, ochranná mříž, nosná konstrukce, zaostřovací zařízení, závěsy, upevňovací části, vidlice, klouby a stojany pro svítidla pro místní osvětlení. Protože jednotlivé díly mají velmi rozdílný význam a jsou různě zatíženy, najdou zde použití různé materiály. Jako ochranná skla jsou převážně používána křemenná skla. Svítidla musí mít potřebnou mechanickou pevnost a musí být odolná vůči korozi, vyhovět předepsaným oteplovacím zkouškám a být elektromagneticky slučitelná.



Obr. 4.5 Příklad mechanické konstrukce svítidla VO

#### 4.2.3 Třídění svítidel

Svítidla je možné rozdělit do skupin podle jejich vlastností, přičemž lze volit různá kritéria. Podle použitého světelného zdroje rozeznáváme svítidla žárovková, zářivková, výbojková, popř. i jiná. Podle oblasti použití je možné rozlišit svítidla vnitřní a venkovní.

Podstatné vlastnosti aplikační jsou ovšem dány světelně technickými vlastnostmi. Nejjednodušší světelně technické třídění svítidel je třídění podle CIE, založené na prostorovém rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru. Podrobně je uvedeno v tab. 2.5.

Tab. 4.1 Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Označení svítidla	Světelný tok do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok do horního poloprostoru (%)	Značení podle DIN 5040
přímé	90 až 100	0 až 10	A
převážně přímé	60 až 90	10 až 40	B
smíšené	40 až 60	40 až 60	C
převážně nepřímé	10 až 40	60 až 90	D
nepřímé	0 až 10	90 až 100	E

Pro rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti se v praxi používá několik způsobů. Například třídění podle tzv. BZ - klasifikace svítidel. Svítidla jsou rozdělena podle tvaru křivek svítivosti do 10 tříd, jak je zřejmé z tabulky 2.6.

Tab. 4.2 BZ - klasifikace svítidel

Označení	Tvar křivky svítivosti
BZ 1	$I_{\gamma} = I_0 \cos^4 \gamma$
BZ 2	$I_{\gamma} = I_0 \cos^3 \gamma$
BZ 3	$I_{\gamma} = I_0 \cos^2 \gamma$
BZ 4	$I_{\gamma} = I_0 \cos^{1,5} \gamma$
BZ 5	$I_{\gamma} = I_0 \cos \gamma$
BZ 6	$I_{\gamma} = I_0 (1 + 2 \cos \gamma)$
BZ 7	$I_{\gamma} = I_0 (2 + \cos \gamma)$
BZ 8	$I_{\gamma} = \text{konst.}$
BZ 9	$I_{\gamma} = I_0 (1 + \sin \gamma)$
BZ 10	$I_{\gamma} = I_0 \sin \gamma$

Toto třídění do jisté míry odpovídá i způsobu podle dřívějších čs. norem. Jde o zařazení svítidel podle tabulky do 7 typů, přičemž je dáno úhlové pásmo, v němž může ležet maximum svítivosti, a pro každý typ též činitel tvaru křivky svítivosti.

Tab. 4.3 Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti (°)	Činitel tvaru křivky svítivosti
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30, 150 až 180	$2 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35, 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55, 125 až 145	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85, 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$K_F \leq 1,3$ , přičemž $I_{\min} > 0,7 I_{\max}$
g	sinusová	70 až 90, 90 až 110	$1,3 < K_F$ , přičemž $I_{\min} < 0,7 I_{\max}$

Rozdělení svítidel podle elektrotechnických vlastností odpovídá elektrotechnickým předpisům. Podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím tak lze v souladu s ČSN 34 1010 a 36 0000-1 rozlišit svítidla třídy 0, I, II a III.

- Svítidlo třídy 0 má pouze základní izolaci, to znamená, že nemá prostředky na připojení ochranného vodiče.
- Třída I znamená, že svítidlo má prostředek pro připojení vodivých částí na ochranný vodič.
- Svítidlo třídy II obsahuje jako ochranu před nebezpečným dotykem dvojitou nebo zesílenou izolaci.
- Třída III označuje svítidla na bezpečné napětí.

Svítidla musí být konstruována tak, aby jejich živé části nebyly přístupné, je-li svítidlo instalováno a připojeno pro normální používání, ani když je svítidlo otevřené za účelem výměny světelných zdrojů nebo předřadníků. Ochrana před úrazem elektrickým proudem musí být zachována při všech způsobech montáže a polohách svítidla.

Pro krytí svítidel platí ČSN EN 60 529 (33 0330), podle níž se druh krytí svítidla označuje zkratkou IP (International Protection) a dvojčíslím. První číslice (od 0 do 6) vyjadřuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů, druhá (od 0 do 8) ochranu před vniknutím vody. Nejmenší krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Pro venkovní prostředí je třeba krytí před deštěm, tedy alespoň IP 23. Krytí IP 54 je běžné krytí svítidel proti stříkající vodě. Konstrukčně obdobně jsou tvořena svítidla s krytím IP 65, která však mají mnohem vyšší užitnou hodnotu. Krytí svítidel VO se dnes používá od IP 43 přes IP 54 až do IP 66. Vyšší ochrana proti vniknutí prachu a vody znamená prodloužení života optického systému svítidla a snížení nákladů na jeho údržbu (čištění). Nejčastěji používané způsoby k zajištění IP 65 nebo IP 66 jsou použitím:

- speciálního těsnění, které umožňuje dýchání optické komory bez jejího znečištění
- uhlíkového filtru, který zabraňuje nasávání znečištěného vzduchu okolí.

Tab. 4.4 Význam číslic pro krytí svítidel - kód IP

<b>První číslice</b>	<b>Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů</b>	<b>Druhá číslice</b>	<b>Stupeň ochrany před vniknutím vody</b>
0	bez ochrany	0	bez ochrany
1	před vniknutím pevných těles větších než 500 mm (hřbetu ruky)	1	před svisle kapající vodou
2	před vniknutím pevných těles větších než 12,5 mm (prstu)	2	před kapající vodou při sklonu 15°
3	před vniknutím pevných těles větších než 2,5 mm (jemného nástroje)	3	před dopadající vodou při sklonu 60° (déšť)
4	před vniknutím těles větších než 1 mm (drátu)	4	před stříkající vodou (z libovolného směru)
5	před prachem (částečně, prach však nemůže narušit funkce svítidla)	5	před tryskající vodou (tj. tlakovou vodou)
6	úplně před prachem	6	před intenzivně stříkající vodou
		7	při dočasném ponoření (při určeném tlaku a čase)
		8	při trvalém ponoření

Použití svítidel do určitého prostředí je dáno hlavně normou ČSN 333310. Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevýbušném provedení, která se mohou používat v prostorech s nebezpečím výbuchu, např. v dolech.

Podle požární bezpečnosti se svítidla dělí na ta, která jsou určena pro bezprostřední montáž na hořlavý materiál a svítidla pro montáž na nehořlavý materiál.





## Kontrolní otázky k teoretické části

1) Definujte pojmy pro účinnost svítidla a pro jas svítidla. (2 body)

2) Na jaké konstrukční prvky se dělí svítidla?

(2 body)

3) Jaké jsou požadavky na konstrukční prvky svítidel?

(2 body)

4) Jaký mají význam číslice v kódu IP? (1 bod)



## Kontrolní otázky k praktické části

1) Vypočítejte svítivost  $I_\alpha$  pro  $80^\circ$ , tok  $\Phi$ , maximální svítivost  $I_0$  a jas polokoule s  $d = 50$  cm! Svítidlo s rovnoměrným rozptylem je z mléčného skla s  $\eta = 54\%$ , žárovka má výkon 200 W a tok 2740 lm.

(3 body)

2) Vypočítejte jas svítidla zářivkového vaničkového typu 231 21.01 se čtyřmi zářivkami 40 W / 2700 lm pro příčnou rovinu a úhly  $60^\circ$  a  $70^\circ$ ! Světelná účinnost je 57 %, rozměry 1270 x 595 x 90 a pozorovací vzdálenost větší než pětinasobek délky svítidla. Svítivosti pro 1 klm:  $I(60^\circ) = 86,5$  cd,  $I(70^\circ) = 65,7$  cd.

(4 body)



## Shrnutí

### Nové poznatky a pojmy

- princip funkce svítidel
- parametry svítidel, jejich konstrukční části
- třídění svítidel podle světelnotechnických a elektrických vlastností.



### Klíč k otázkám k teoretické části

Ad 1)

Účinnost svítidla charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem svět. toku svítidla ke svět. toku zdrojů dle vztahu:

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} \quad (-; \text{lm}, \text{lm}) \quad (4.1)$$

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průměru svítící plochy do roviny kolmé k uvažovanému směru viz vztah.

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (4.3)$$

$I_\gamma$ ... je svítivost svazku světelných paprsků (svítící plochy)

$A$ ... je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

$\gamma$ ... je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

(2 body)

Ad 2)

Konstrukční prvky se dělí na tři skupiny - prvky (části):

- světelnotechnické (světelně činné)
- elektrotechnické
- mechanické

(2 body)

Ad 3)

Konstrukční prvky a materiály, používané pro všechny druhy svítidel, mají kromě svých vlastních funkcí splňovat ještě další požadavky. Jsou to především:

- světelná stálost
- tepelná stálost
- odolnost proti korozi
- mechanická pevnost

(2 body)

Ad 4)

První číslice	Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů	Druhá číslice	Stupeň ochrany před vniknutím vody
------------------	--	------------------	---------------------------------------

(1 bod)



### Klíč k otázkám k praktické části

Ad 1)

$$\Phi = \Phi_z \cdot \eta = 0,54 \cdot 2740 = 1480 \text{ lm}$$

$$I_0 = \Phi / 2\pi = 1480 / (2\pi) = 236 \text{ cd}$$

$$L = I_0 / S = 4 \cdot 236 / (\pi \cdot 0,5^2) = 1200 \text{ cd/m}^2$$

$$I_\alpha = I_0 / 2 \cdot (1 + \cos \alpha) = 236 / 2 \cdot (1 + 0,174) = 138 \text{ cd}$$

(3 body)

Ad 2)

$$S_h = 1,27 \cdot 0,595 = 0,755 \text{ m}^2 \quad S_v = 1,27 \cdot 0,09 = 0,114 \text{ m}^2$$

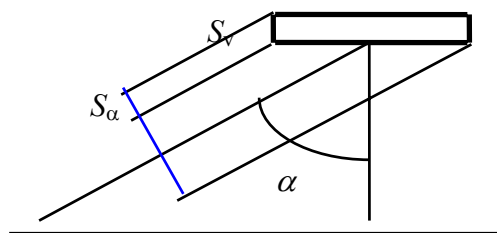
$$S(60^\circ) = S_h \cdot \cos \alpha + S_v \cdot \sin \alpha = 0,755 \cdot \cos 60^\circ + 0,114 \cdot \sin 60^\circ = 0,477 \text{ m}^2$$

$$S(70^\circ) = 0,755 \cdot \cos 70^\circ + 0,114 \cdot \sin 70^\circ = 0,366 \text{ m}^2$$

$$L(60^\circ) = 4 \cdot \Phi_z / 1000 \cdot I(60^\circ) / S(60^\circ) = 4 \cdot 2,786,5 / 0,477 = 2,0 \text{ kcd/m}^2$$

$$L(70^\circ) = 4 \cdot 2,765,7 / 0,366 = 1,95 \text{ kcd/m}^2$$

$S_h$



(4 body)