

Energetická efektivnost osvětlení v průmyslu

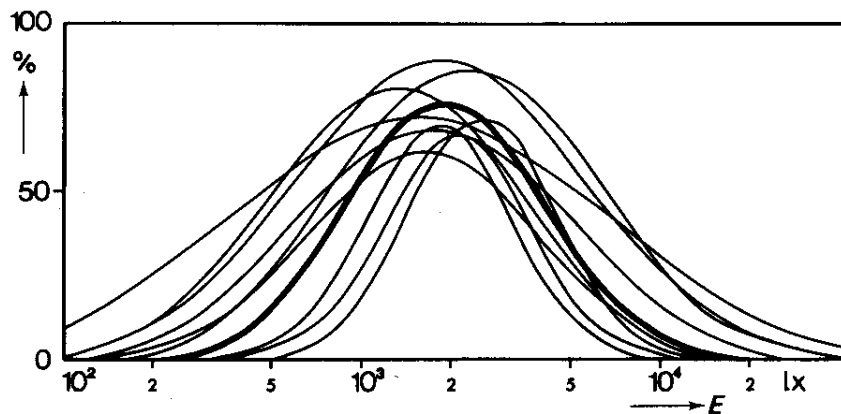
Ing. Petr Žák, Ph.D.



Účel osvětlení

VÝZNAM SVĚTLA PRO ČLOVĚKA:

1. fyziologický (příjem vizuálních informací) – normy (požadavky minimální ne optimální)
vliv na pracovní výkon, bezpečnost míru chybovosti,
2. biologický (řízení biologických procesů v lidském těle) – normy se připravují (E (lx) \uparrow)
vliv na celkový zdravotní stav (denní rytmy, regulace vylučování hormonů apod.)



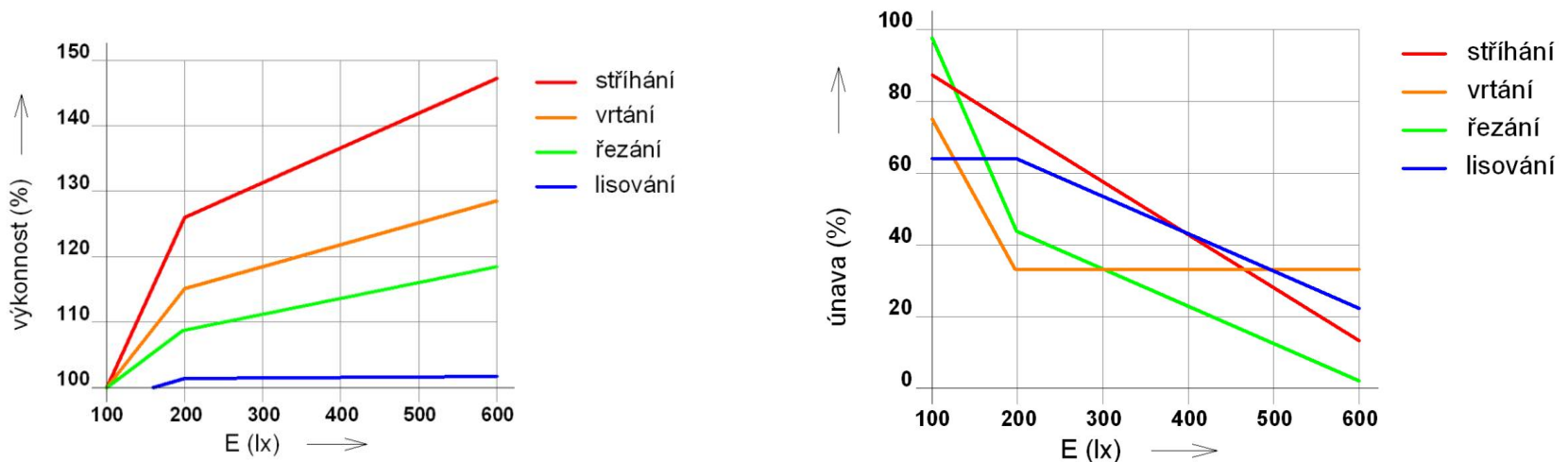
Obr. 1 Výsledky výzkumů subjektivního hodnocení hladin osvětleností ve vnitřních pracovních prostorech vyjádřených procentuálním počtem spokojených lidí v závislosti na hladině osvětlenosti

Účelem návrhu osvětlení je vytvořit odpovídající světelné podmínky pro dané využití prostoru. Požadavky na energetickou účinnost osvětlení nelze nadřazovat nad požadavky světelně technické. Správný návrh osvětlení by měl dosáhnout požadovaných světelně technických požadavků s co nejnížší energetickou náročností.

Účel osvětlení

VLIV OSVĚTLENÍ V PRŮMYSLU:

- bezpečnost (úrazy)
- výkonnost
- únava
- chybovost



Obr. 1 Vliv osvětlení na výkonnost a únavu v závislosti na osvětlenosti (zdroj: www.licht.de)

Současná praxe

Aspekty současné praxe, limitující zavádění energeticky úsporného osvětlení:

I. Osvětlení není samostatnou částí projektové dokumentace;

- časové a finanční omezení návrhu \Rightarrow vliv na kvalitu návrhu;
- „návrh“ zpravidla podstoupen komerční firmě \Rightarrow chybí koncepční řešení;

II. Osvětlení je řešeno ve dvou samostatných částech projektové dokumentace:

F.1.1. Architektonické a stavebně technické řešení – denní osvětlení;

F.1.4g Zařízení silnoproudé elektrotechniky – umělé osvětlení.

Každá část osvětlení se hodnotí jiným způsobem \Rightarrow obtížný návrh optimalizace podílu denního osvětlení a využití řídicích systémů.



Úsporná opatření

CHARAKTERISTIKA PRŮMYSLOVÝCH PROSTORŮ:

- prostorového řešení (malé dílny až rozsáhlé haly);
- zrakových činnosti (od hrubých po jemné);
- specifické prostředí (prašnost, vlhkost, výbušné prostředí, nízké, vysoké teploty, agresivní chemické látky);
- přechod od mechanizace k automatizaci.



Úsporná opatření

STRATEGIE A POTENCIÁL ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ (ČSN EN 15193, TNI 73 0327)

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1. Využití denního světla | (úspora 0 – 55%) |
| 2. Změna osvětlovací soustavy | (úspora 0 – 30%) |
| 3. Změna technických prostředků | (úspora 0 – 30%) |
| 4. Kontrola dimenzování soustavy | (úspora 0 – 15%) |
| 5. Využití časových režimů | (úspora 0 – 5%) |



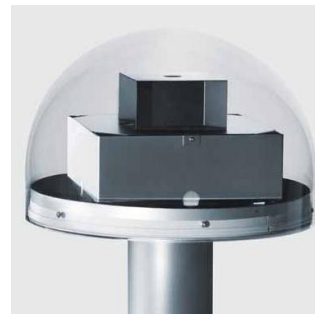
1. Využití denního světla

Horní osvětlení – světlíky:	halové jednopodlažní prostory
Boční osvětlení – okna:	vícepodlažní budovy (potravinářský, obuvnický průmysl, průmysl jemné mechaniky)
Kombinované osvětlení - světlíky+okna:	halové jednopodlažní budovy

KOMBINACE DENNÍHO A UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ:

- regulace skoková, plynulá;
- čidla pro snímání úrovně denního světla;
- řídicí systém pro ovládání osvětlovací soustavy;

- Otevřená regulační smyčka
- Uzavřená regulační smyčka



1. Využití denního světla

Tab.1 Využití denního světla v průmyslových prostorech (TNI 73 0327)

E_m (lx)	Parametr	Ozn.	Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m (%)							
			0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
300	Doba dostatečného denního světla	t_1 (hod)	0	0	609	1 301	1 683	1 944	2 085	2 180
	Doba nedostatečného denního světla	t_2 (hod)	0	2 472	1 863	1 171	789	528	387	292
	Doba bez denního světla	t_3 (hod)	2 600	128	128	128	128	128	128	128
	Energetická náročnost se spínáním	p_1 (%)	100%	100%	77%	50%	35%	25%	20%	16%
	Energetická náročnost s regulací	p_2 (%)	100%	67%	36%	23%	16%	13%	11%	10%
500	Doba dostatečného denního světla	t_1 (hod)	0	0	0	370	961	1 300	1 559	1 734
	Doba nedostatečného denního světla	t_2 (hod)	0	2 472	2 472	2 102	1 511	1 172	913	738
	Doba bez denního světla	t_3 (hod)	2 600	128	128	128	128	128	128	128
	Energetická náročnost se spínáním	p_1 (%)	100%	100%	100%	86%	63%	50%	40%	33%
	Energetická náročnost s regulací	p_2 (%)	100%	80%	60%	41%	29%	23%	18%	15%

Pozn.:
 - provozní doba 8:00 – 17:00
 - rovnoměrně zatažená obloha
 - zeměpisná šířka 50°N



2. Změna osvětlovací soustavy

Průmyslový prostor - 20 x 6 m, osvětlenosti - 500 lx - 300lx - 200lx

▪ celková soustava

$$\Phi = 120 \text{ m}^2 \cdot 500 \text{ lx} = 60\,000 \text{ lm (100\%)}$$

▪ odstupňovaná soustava

$$\Phi_1 = 40 \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ lx} = 8\,000 \text{ lm}$$

$$\Phi_2 = 80 \text{ m}^2 \cdot 500 \text{ lx} = 40\,000 \text{ lm}$$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = 48\,000 \text{ lm (80\%)}$$

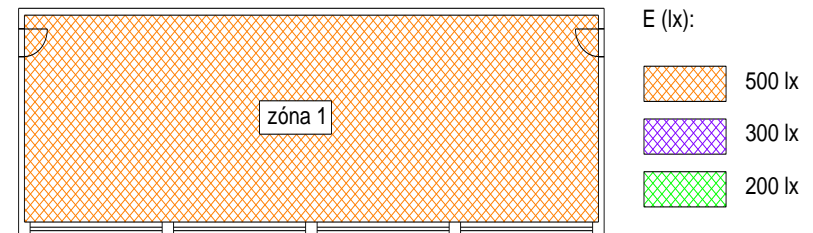
▪ kombinovaná soustava

$$\Phi_1 = 40 \text{ m}^2 \cdot 200 \text{ lx} = 8\,000 \text{ lm}$$

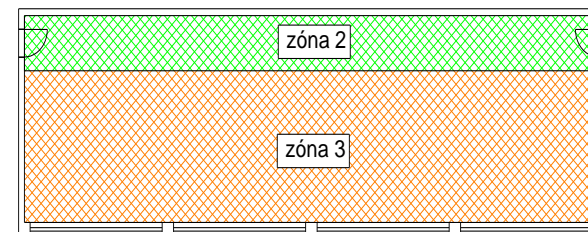
$$\Phi_2 = 67,2 \text{ m}^2 \cdot 300 \text{ lx} = 20\,160 \text{ lm}$$

$$\Phi_3 = 12,8 \text{ m}^2 \cdot 500 \text{ lx} = 512,8 \text{ lm}$$

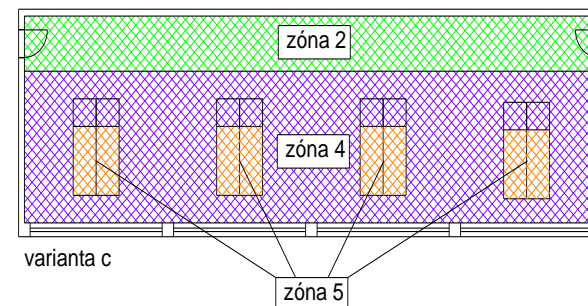
$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 28\,673 \text{ lm (48\%)}$$



varianta a



varianta b



varianta c

3. Změna technických prostředků



SVĚTELNÝ ZDROJ

měrný výkon (lm/W)

PŘEDŘADNÝ PŘÍSTROJ

příkon (W)

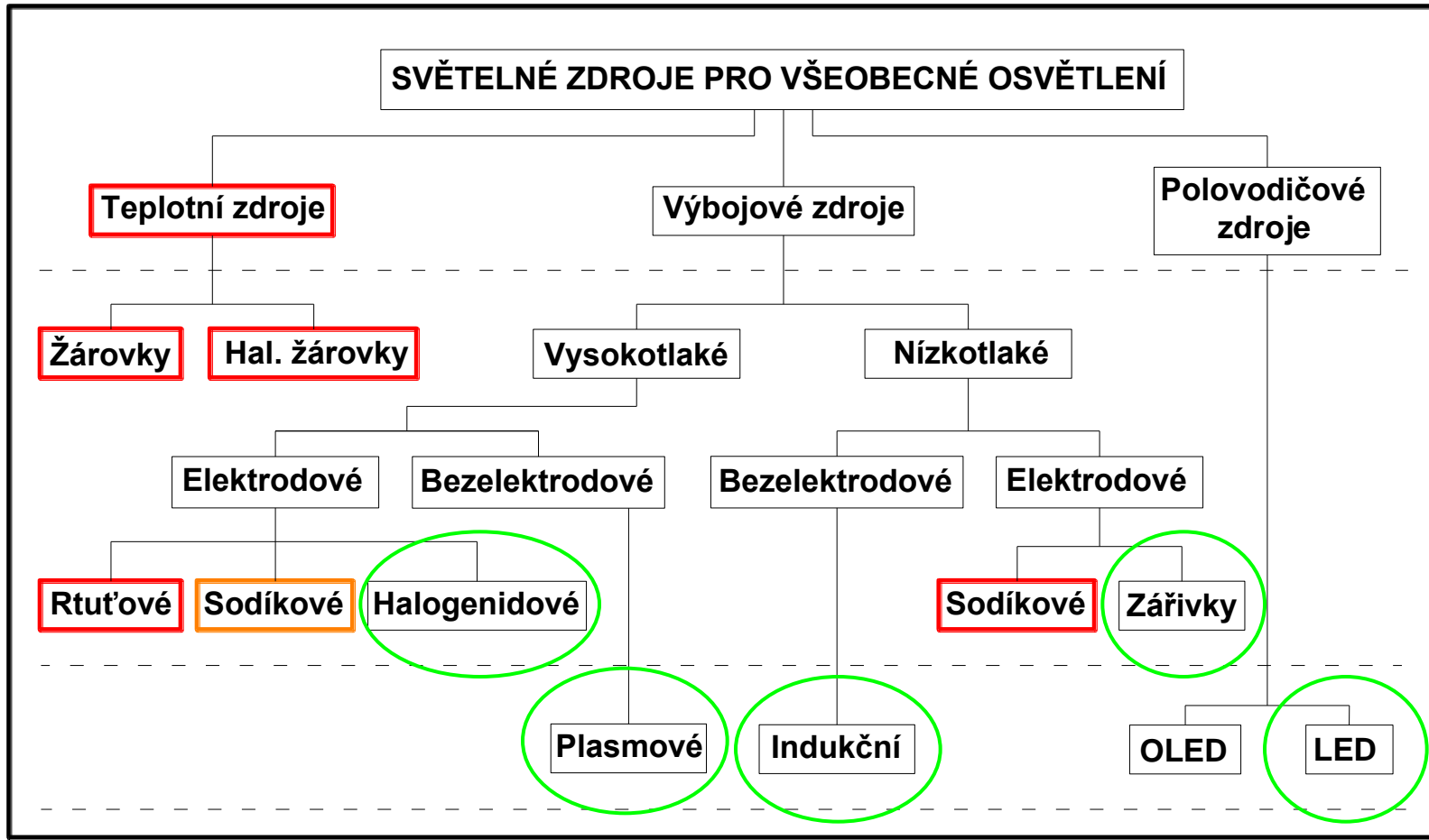
SVÍTIDLO

křivka svítivosti

účinnost (%)

3. Změna technických prostředků


3.1 Světelné zdroje



3. Změna technických prostředků

3.1 Světelné zdroje

Tab. 2 Technické parametry vybraných typů světelných zdrojů pro využití v průmyslu

Světelný zdroj	Obrázek	Měrný výkon	t (hod)	Ra (-)
Lineární zářivka (EVG)		75 – 100	20 000	80 – 90
Kompaktní zářivka		60 – 100	12 000	80 – 90
Halogenidová výbojka		85 – 100	12 000	80 – 90
Indukční výbojka		70 - 80	60 000	80
Plasmová výbojka		70 - 90	60 000	70 - 95
LED		100 - 154	50 000	70 – 90

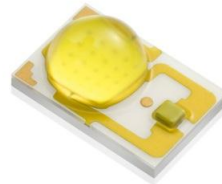
3. Změna technických prostředků

3.1 Světelné zdroje – vývoj LED

- 1907 – objev elektroluminescence
- 1962 – první světelná dioda – červená (N. Holonyak, GE)
- 1993 – modrá dioda (Nakamura, Nichia)
- 1995 – bílá dioda, 20mA , YAG luminofor (Nichia)
- 1999 – výkonová dioda 350 mA (Lumileds)
- 2005 – 2010: COB LED



Standardní LED
 $P = 0.1 - 1 \text{ W}$
 $\Phi = 10 - 100 \text{ lm}$
 $\eta = 100 - 120 \text{ lm/W}$



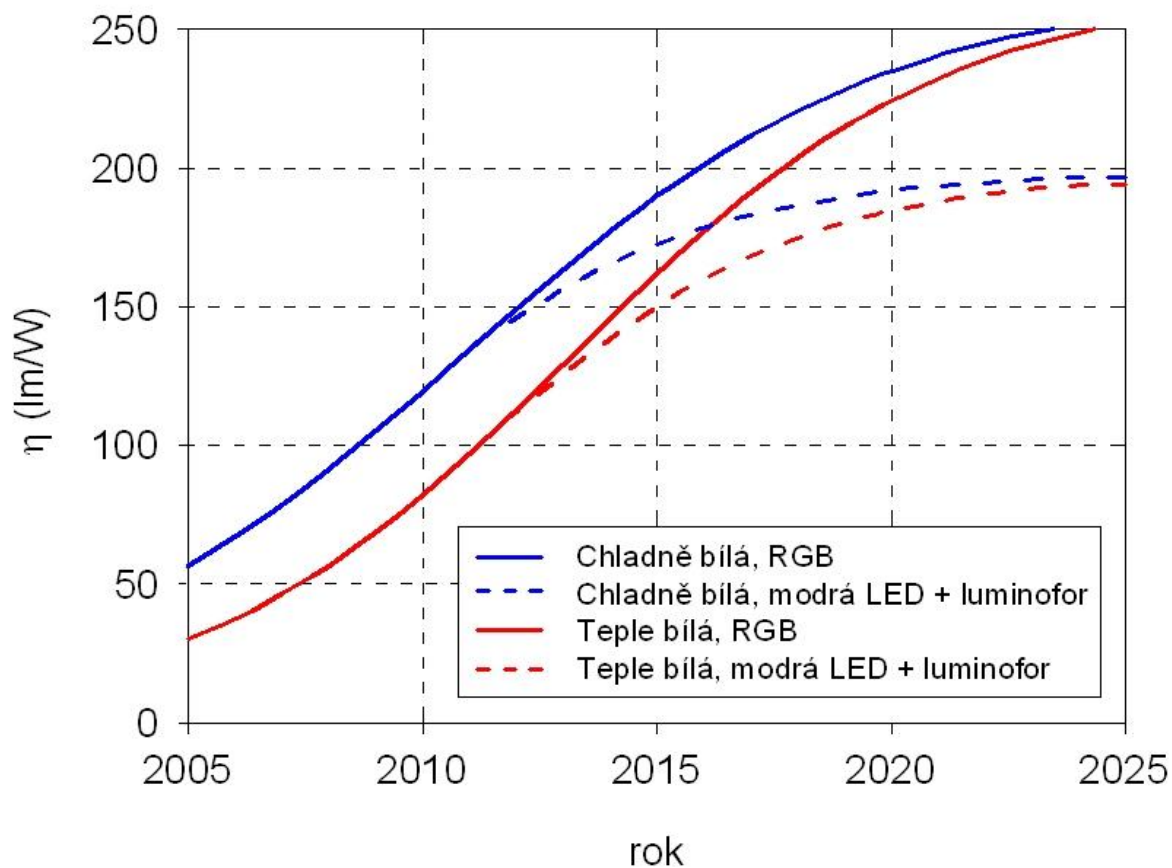
Výkonové LED
 $P = 1 - 5 \text{ W}$
 $\Phi = 100 - 700 \text{ lm}$
 $\eta = 110 - 150 \text{ lm/W}$



Vícečipové (COB) LED
 $P = 5 - 180 \text{ W}$
 $\Phi = 0,7 - 18 \text{ klm}$
 $\eta = 80 - 120 \text{ lm/W}$

3. Změna technických prostředků

3.1 Světelné zdroje – vývoj LED



Obr. 7 Odhady vývoje měrného výkonu sériově vyráběných diod, 350 mA (zdroj: DOE, 2012)

3. Změna technických prostředků

3.1 Světelné zdroje – vývoj LED

Tab.5 Prakticky dosažitelné hodnoty měrného výkonu LED v závislosti T_{cp} a R_a (zdroj: DOE 2012)

T_{cn} (K)	RGB			modrá LED + luminofor		
	R_a (-)			R_a (-)		
	70	85	90	70	85	90
2 700	287	273	264	211	200	196
3 800	273	261	254	199	190	189
5 000	255	245	239	189	182	179

3. Změna technických prostředků

3.2 Předřadné přístroje

- elektromagnetické
- elektronické

- transformátory (teplotní zdroje)
- předřadníky (výbojové zdroje)
- napáječe (LED)

Rozdělení zářivkových předřadníků do tříd podle energetické náročnosti EEI (Celma):

A1 – elektronické stmívatelné

A2 – elektronické

A3 – elektronické

B1 – elektromagnetické nízkoztrátové

B2 – elektromagnetické nízkoztrátové

C – elektromagnetické předřadníky

D – elektromagnetické předřadníky

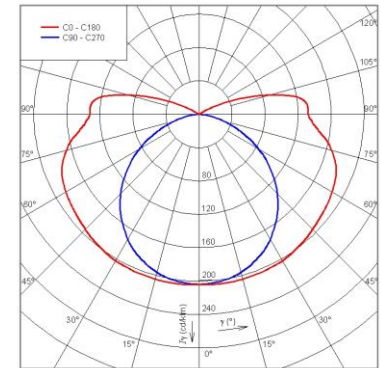
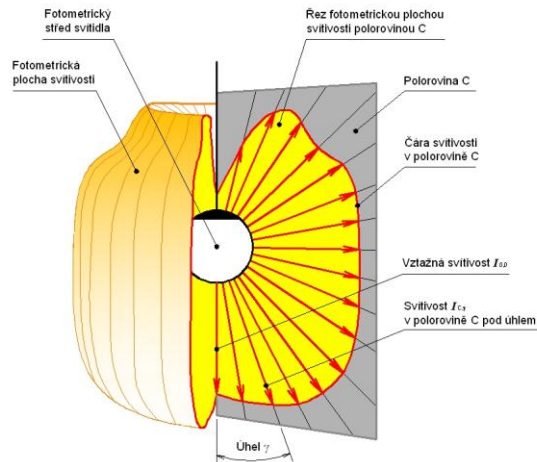
Tab. 6 Příklad příkonu předřadníku pro lineární zářivku 36 W

	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
P_p (W)	< (6)	< 4	< 6	< 5	< 7	< 9	> 9



3. Změna technických prostředků

3.3 Svítidla



Účinnost svítidel

$$\eta = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} \quad (\%)$$

Φ_z – světelný tok světelných zdrojů (lm)

Φ_{sv} – výstupní světelný tok svítidla (lm)

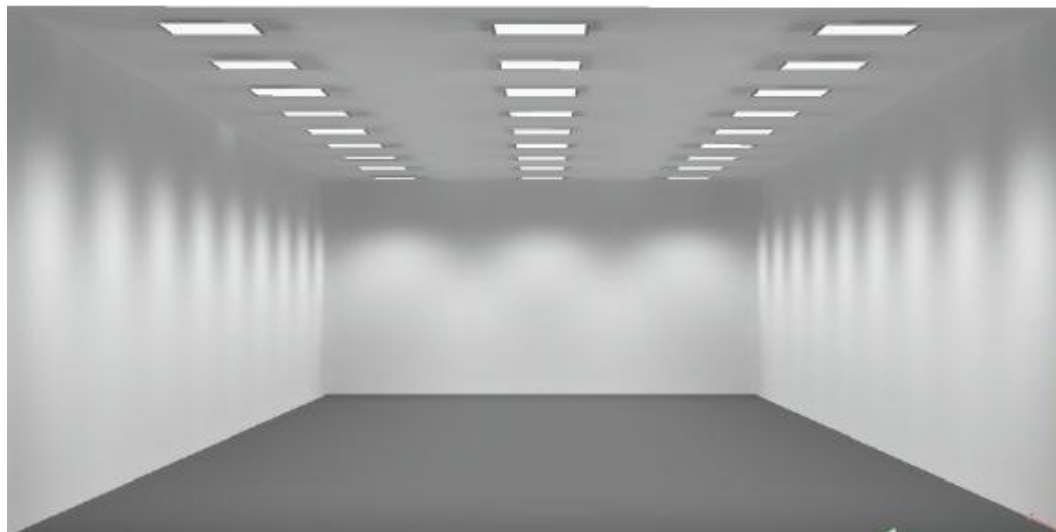
3. Změna technických prostředků

3.4 Komplexní posouzení technických prostředků

Prostor $A = 120 \text{ m}^2$

Osvětlenost $E_m = 500 \text{ lx}$

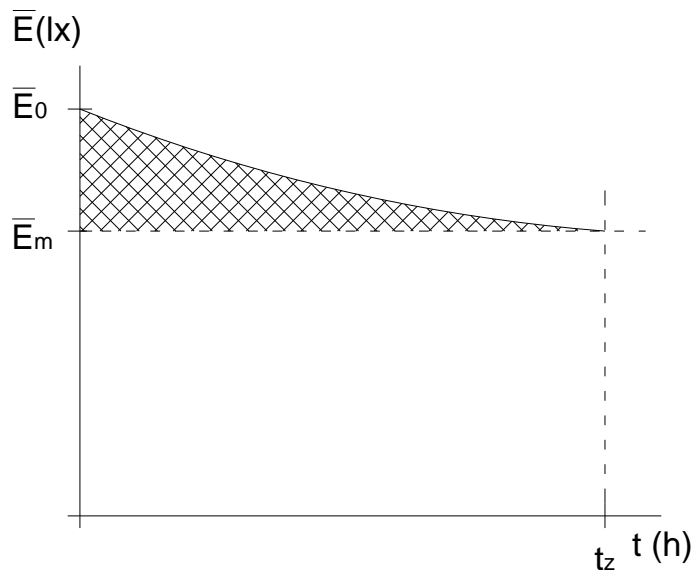
Celková osvětlovací soustava



Svítilno	n (ks)	η (%)	P_i (W)	p_1 (W/m ²)	p_2 (W/m ² /100lx)
4x18W	27	62%	2 376	20	3,7
4x14W	27	85%	1 755	15	2,7
2x28W	21	85%	1 300	10	2

4. Kontrola dimenzování soustavy

- volba technických prostředků z výkonové řady (např. 18, 36, 58W)
- stárnutí osvětlovací soustavy (světelné zdroje, svítidla, povrchy)



$$E_m = E_0 \cdot z$$

E_m – udržovaná osvětlenost

E_0 – počáteční osvětlenost

z – udržovací činitel (0,6 – 0,8)

5. Využití časových režimů

- Nepravidelné využití prostoru – pohybová čidla (např. sklady, úspora 45 – 80%)



Techniky (ČSN EN15193)

- kontrola přítomnosti osob
- kontrola nepřítomnosti osob

- Pravidelné využití prostoru – časové plány (časová relé)

Děkuji za pozornost



České vysoké učení technické v Praze,
Fakulta elektrotechnická