



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

ÚSPORA ELEKTRICKÉ ENERGIE POMOCÍ LED SVÍTIVEK

Martin Loup

**VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou
Studentská 1, 591 01 Žďár nad Sázavou**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Ve Žďáře nad Sázavou dne 1. 3. 2014 podpis:.....

Poděkování

Děkuji ing. Voráčkovi a Tomáši Koptíkovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval.

ANOTACE

Projekt se týká moderních LED diodových svítidel a jejich porovnání s obyčejnými žárovkami. Ty se v současnosti již v Evropské unii nesmí vyrábět a prodávají se jen staré zásoby, nebo pod jiným názvem.

LED svítivka využívá technologie LED (Light Emitting Diode, světlo emitující dioda), která je známá je využívána v elektronice již od roku 1962. Byly používány výhradně jako různé kontrolky, zpočátku jen červené barvy. Rozvoj této technologie přinesl i další barvy a velký nárůst světelného toku. To způsobilo, že se LED diody začaly využívat i v počítačových monitorech, televizích apod. Dlouho trvalo, než se na trhu objevila „bíle“ svítící dioda. Ta se v současnosti využívá i v uvedených LED svítidlech.

V projektu jsem chtěl zjistit, kterým konkrétním LED svítidlem nahradit danou žárovku a jaká vznikne úspora elektrické energie, případně jak poklesne příkon. Provedl jsem proto jednoduchý průzkum nabízených svítidel s ohledem na světelný tok na internetu a zjistil jsem, že firma i4wifi nabízí na stránkách www.led-230V.cz velký sortiment za přijatelné ceny. Pro zajímavost jsem vypracoval jednoduchou anketu o zdrojích světla a nechal ji vyplnit spolužákům ve dvou třídách.

Navrhl jsem proto vedení naší školy VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou zakoupení několika typů svítivek s teple bílou barvou světla a jejich umístění ve školní budově. Ve škole jsem každou svítivku namontoval do stropního světla a při okolní tmě změřil intenzitu osvětlení této svítivky v určité vzdálenosti. Podle naměřených údajů jsem vybral svítivky a provedl jejich montáž na několika místech ve škole. Už na první pohled je vidět zvýšení osvětlení daného místa a zjevná úspora elektrické energie. Můj projekt je o LED svítivkách, o kterých mnoho lidí říká, že jsou drahá. Já jsem v tomto projektu snažil zjistit, jestli je to pravda.

Klíčová slova:

Prostorový úhel ω (steradián, sr): velikost prostorového úhlu, který vytne z kulové plochy o **poloměru r** plochu **vrchlíku S** , je pak dána vztahem $\omega = S/r^2$.

Plný prostorový úhel $\omega = 4\pi r^2/r^2 = 4\pi$ (sr).

Svítivost L (kandela, cd): Svítivost je světelný tok, který vyzařuje bodový zdroj do prostorového úhlu 1 steradián. Jedna kandela je rovna 1/60 kolmé svítivosti čtverečního centimetru černého tělesa při teplotě tuhnutí platiny (1 772 °C) za tlaku $1,01325 \cdot 10^5$ Pa.

Světelný tok Φ , také světelný výkon (lumen, lm): Jeden lumen je světelný tok, vysílaný bodovým zdrojem do prostorového úhlu 1 steradián při svítivosti zdroje 1 cd.

Pro teplotu tuhnutí platiny (za podmínek z definice svítivosti) bylo na základě rozboru spektrální citlivosti lidského oka a z Planckova zákona spočteno, že tok viditelného světla, který vzorek tuhnutí platiny vyzařuje plochou $5,305 \cdot 10^{-3}$ cm² do (polo)prostoru nad ním, je v energetických jednotkách roven $F_e = 0,001 47$ W. Velikost plošky byla záměrně zvolena tak, aby s ohledem na uvedené fotometrické definice byl její světelný tok právě $\Phi = 1$ lm.

Světelný tok lze vyjádřit jak v lumenech, tak ve wattech s převodní konstantou $1/K_m = 0,00147$ W/lm, resp. $K_m = 680$ lm/W.

Z toho plyne, že max. světelný tok ze zdroje s výkonem **1 W** může být **nejvýše 680 lm**.

Měrný světelný výkon P (angl. Overall luminous efficacy) v lm/W je poměr světelného toku v lm k příslušnému zářivému toku ve W touž plochou pro libovolný zdroj světla.

Světelná účinnost záření K (Overall luminous efficiency) je poměr světelného toku vyjádřeného ve W k příslušnému zářivému toku ve W touž plochou pro libovolný zdroj světla.

Platí tyto vztahy:

$$P = K \cdot K_m$$

$$\Phi = K \cdot K_m \cdot P_E, \quad \text{kde } P_E \text{ je elektrický příkon světelného zdroje ve W.}$$

Z toho odvodíme vztah pro světelnou účinnost záření K :

$$K = \frac{\Phi}{680 \cdot P_E} \quad K = \Phi / (K_m \cdot P_E), \text{ po dosazení}$$

Vyjádřeno v procentech:

$$K = \frac{100 \% \cdot \Phi}{680 \cdot P_E}$$

po úpravě dostaneme konečný vztah pro světelnou účinnost:

$$K = 0,147 \cdot \Phi / P_E$$

K ... světelná účinnost v %

Φ ... světelný tok v lumenech

P_E ... elektrický příkon zdroje světla ve W

Osvětlení E nebo osvětlenost (lux, lx): Jeden lux je osvětlení 1 m² plochy rovnoměrným světelným tokem o velikosti jednoho lumenu.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	LED žárovka	9
2.1	Co je to LED dioda?	9
2.2	Úbytek napětí na LED diodě podle barvy svícení	9
2.3	Používané LED diody v LED žárovkách	9
2.3.1	DIP (Dual In-Line Package).....	9
2.3.2	SMD (Surface Mount Device / Diode)	10
2.3.3	COB a MCCOB (Multiple Chips On Board)	10
2.4	Konstrukce LED žárovek	10
2.5	Rozdělení LED svítivek:	10
2.5.1	podle tvaru svítivky	10
2.5.2	podle druhu patice	11
2.5.3	podle barvy světla.....	12
3	Použité zdroje světla.....	13
3.1	Použité LED svítivky:	13
3.2	Použité žárovky:	13
4	Naměřené hodnoty:	14
5	Vypočtené poměrné hodnoty:	16
6	Ekonomické porovnání žárovky, zářivky a LED svítivky	18
6.1	Shrnutí požadavků nařízení EU	18
6.2	Světelný výkon	19

7	Výpočty návratnosti a porovnání účinnosti.....	20
8	Ekonomické zhodnocení náhrady 60W žárovky 13W zářivkou	21
8.1	Náklady a postup likvidace.....	22
8.2	Co dělat, když se rozbije kompaktní zářivka?	22
9	Ekonomické zhodnocení náhrady 60W žárovky 8W „LED žárovkou“	23
10	Anketa	24
10.1	Anketa na téma úsporné zdroje světla.....	24
10.1.1	Anketní lístek:	24
	Vyhodnocení ankety.....	25
10.1.2	bydlím v obci, městysu - takto odpovědělo 26 studentů	25
10.1.3	bydlím ve městě - takto odpovědělo 17 studentů	27
11	ZÁVĚR.....	29
12	SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY	30
13	SEZNAM PŘÍLOH	31
13.1	Obrazová příloha.....	31
13.2	Výpočty úspor a návratnosti	33

1 ÚVOD

Téma jsem si vybral proto, že je spjato s mým studijním oborem elektrotechnika a týká se úspor elektrické energie. To zase souvisí s ochranou životního prostředí. Zaujala mě problematika moderních LED zdrojů světla, které jsou v současné době perspektivní a začínají být rozšířené i u nás.

V nedávné době jsem získal vzorek tzv. LED žárovky, který mě zaujal, a proto jsem se rozhodl, že proměřím i další typy. Předběžné výsledky byly nadějně a konstrukce žárovky se mi líbila. Dále mě také zaujal velký rozdíl ve spotřebované energii při svícení. Proto vznikla moje práce s tematikou LED svítivek.

2 LED žárovka

2.1 Co je to LED dioda?

LED dioda je polovodičový světelný zdroj, který se používá v mnoha zařízeních jako kontrolky a stále častěji pro osvětlování. Jde o elektronickou polovodičovou součástku obsahující přechod P-N (propouští elektrický proud pouze jedním směrem). Prochází-li přechodem elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) světlo s úzkým spektrem. Pásmo spektra záření diody je závislé na chemickém složení použitého polovodiče. Dnes jsou vyráběny s pásmy vyzařování od ultrafialových, přes různé barvy viditelného spektra, až po infračervené pásmo. Z principu funkce LED vyplývá, že nelze přímo emitovat bílé světlo. Právě bílé LED využívají luminoforu (**luminofor** je látka schopná pohlcovat energii a následně ji vyzařovat ve formě světla). Některé průhledné LED emitují modré světlo, část tohoto světla je přímo na čipu luminoforem transformována na žluté světlo a díky mísení těchto barev vzniká bílá. Jiné typy bílých LED emitují ultrafialové záření, to je přímo na čipu luminoforem transformováno na bílé světlo.



2.2 Úbytek napětí na LED diodě podle barvy svícení

Barva	Úbytek napětí
Infračervená	1,6 V
Červená	1,8 V až 2,1 V
Oranžová	2,2 V
Žlutá	2,4 V
Zelená	2,6 V
Modrá	3,0 V až 3,5 V
Bílá	3,0 V až 3,5 V
Ultrafialová	3,5 V

2.3 Používané LED diody v LED žárovkách

2.3.1 DIP (Dual In-Line Package)

Jedná se o nejstarší technologii, jak již název napovídá, jedná se o klasické LED diody kloboučkového typu, samotná dioda má dvě nožičky která jsou napájené na desku a spojeny s ostatními diodami. Mají menší účinnost než SMD, tyto žárovky prakticky nevyrábí a pokud ano nemá je již ani cenu kupovat, jejich svítivost je mizerná a velmi často se objevují vadné kusy. Tyto žárovky se považují za jakýsi odpad, bohužel v ČR se hojně prodávají. Průměrná životnost tohoto čipu je kolem 20 000 hodin. Maximální svítivost se pohybuje kolem 70 lm/W.



2.3.2 SMD (Surface Mount Device / Diode)

Nástupce DIP technologie, jedná se o nejpoužívanější technologii v LED žárovkách, čipy jsou do jisté míry pružné a poddajné. Jejich výhodou je opravdu malá velikost a dlouhá životnost. Existuje více variant těchto čipů, které se značí rozměry a svítivostí. Životnost těchto druhů čipu může dosahovat i 100 000 hodin. Maximální svítivost se udává kolem 120 lm/W.



2.3.3 COB a MCCOB (Multiple Chips On Board)

Již podle názvu, tyto moduly mají více čipů na měděné desce, použití je hlavně u svítidel kde není možno integrovat dostatečný počet SMD čipů, jedná se převážně o bodovky nebo o svítidla velkého výkonu jako jsou halogeny, průmyslové osvětlení atd., nevýhodou je větší zahřívání žárovky/svítidla oproti SMD, ale nižší oproti COB. Životnost tohoto čipu může dosahovat i 100 000 hodin. Maximální svítivost se udává kolem 120 lm/W.



2.4 Konstrukce LED žárovek

LED svítivka je konstruována z AC/DC usměrňovacího zdroje a ten napájí LED čipy, které jsou spojeny do série. Usměrňovač je většinou tvořen Graetzovým můstkem:

2.5 Rozdělení LED svítivek:

2.5.1 podle tvaru svítivky

- **Kukuřice** - jedná se o žárovku, které je pokryta SMD LED čipy, které jsou na první pohled viditelné, jejich výhody jsou hlavně nižší cena a vyšší účinnost.



- **Vzhled podobný klasické žárovce** - jak již název napovídá, používají se hlavně tam, kde je kladen důraz na vzhled žárovky, jejich nevýhody jsou vyšší pořizovací cena oproti „kukuřicím“.



- **Bodovky** - náhrada za klasické bodové žárovky s uhlém vyzařování světla 120° a méně.



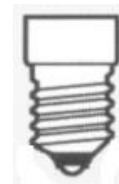
- **Speciální tvary** - tvary přizpůsobené speciálně pro atypická svítidla, nebo LED reflektory.



2.5.2 podle druhu patice

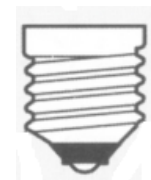
Písmeno znamená typ patice. Číslo uvedené za písmenem znamená průměr patice v milimetrech, případně vzdálenost trnů nebo výběžky.

- **E14** - patice používaná v lampičkách a menších svítidlech. se také jako závit Mignon (miňonka)



Označuje

- **E27** - nejběžnější patice, používaná v lustrech a svítidlech



- **GU10** - běžná patice používaná u halogenových reflektorů



- **MR11**- patice s 2 trny používaná u halogenových žárovek



- **MR16** - patice s 2 trny používaná u halogenových žárovek



- **G4** - patice s 2 trny používaná u halogenových žárovek

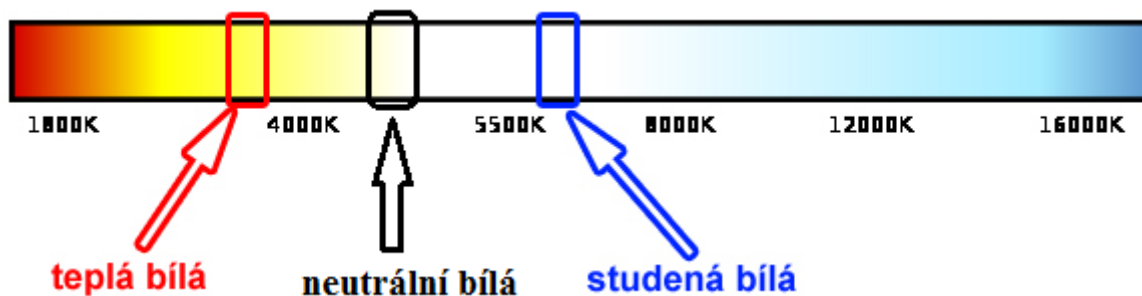


- **G9** - využití ve všech lampách, lustrech nebo i vitrínách.



2.5.3 podle barvy světla

- **Teplá bílá** - je určena pro relaxační prostory (obývací pokoje, ložnice), protože navozuje atmosféru klidu a pohody.
- **Neutrální bílá** - vhodné tam, kde se pracuje s barvami, tedy u výtvarníků, tiskařů, fotografů, oděvním návrhářství, reklamě, atd. Neutrální bílé světlo neovlivňuje podání barev a jejich subjektivní vnímání.
- **Studená bílá** - je určena pro pracovní zóny (kanceláře, kuchyně, koupelnová zrcadla, dílny, učebny) ale třeba i pro chodby, předsíně, a podobně. Studené světlo povzbuzuje lidský organizmus k činnosti.
- **Barvená světla** - umožňuje ovlivňovat náladu pozorovatele a vytváří atraktivní efekt. Je vhodné jak pro doplňkové osvětlení obytných prostor, tak především pro komerční prostory, jako jsou bary a restaurace, reklamní poutače a podobně. V závislosti na příslušenství lze většinou měnit nejen barvu světla, ale i intenzitu a případně i automatickou změnu barvy.



3 Použité zdroje světla

3.1 Použité LED svítivky:

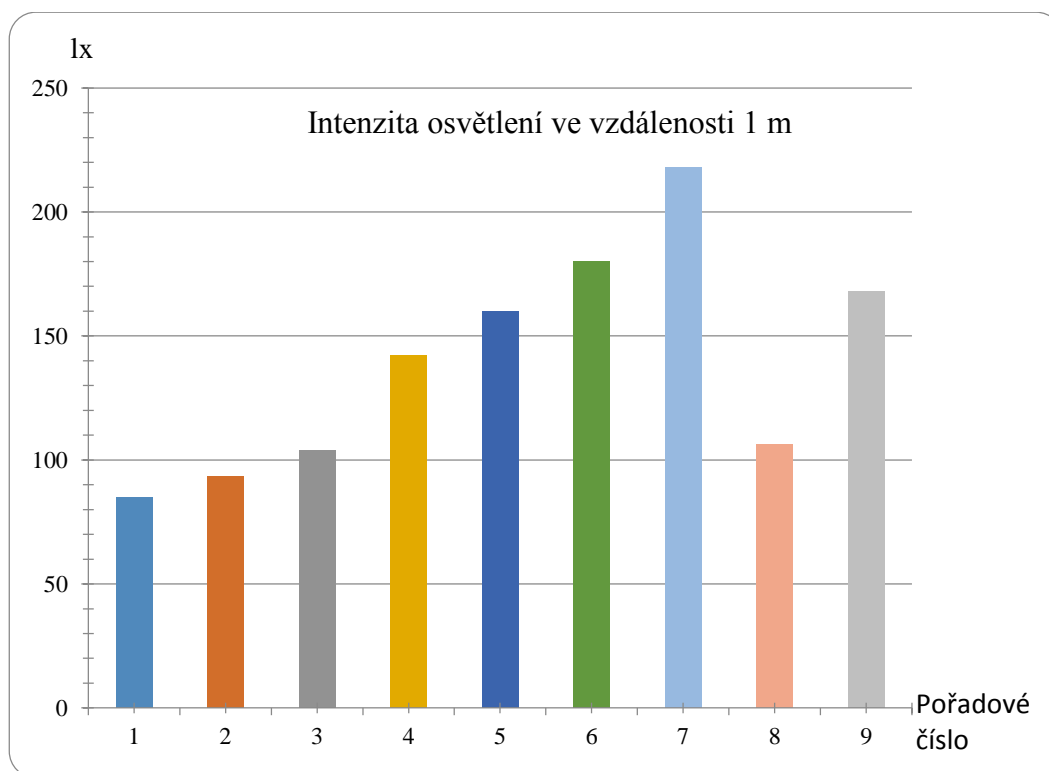
Označení	Typ LED svítivky	Výrobce	Druh diod	Příkon P (W)	Světelný tok ϕ (lm)	Cena (Kč)	Úhel svícení	Barevná teplota (K)	Životnost (hod)	Rozměry (mm)
1	LED-E27-24-W	GWL/Power	SMD 5050	3	325	125	360°	3000-3200	50 000	31×77
2	LED-E27-OV-42xH-W	GWL/Power	SMD 5630	4,5	350	125	120°	3000-3200	50 000	50×98
3	LED-E27-HO-32-W	GWL/Power	SMD 5050	6	480	265	120°	2700-3500	50 000	125×35
4	LED-E27-OV-60xH-W	GWL/Power	SMD 5630	8	610	165	120°	3000-3200	50 000	60×115
5	LED-E27-OV-28xH-W	GWL/Power	SMD 3528	9	600	295	120°	3000	50 000	104×60
6	LED-E27-OV-60HS-W	GWL/Power	SMD 5050	9	750	335	360°	2700-3500	50 000	120×50
7	LED-E27-OV-84HS-W	GWL/Power	SMD 5050	13	1284	415	360°	2920	50 000	145×60

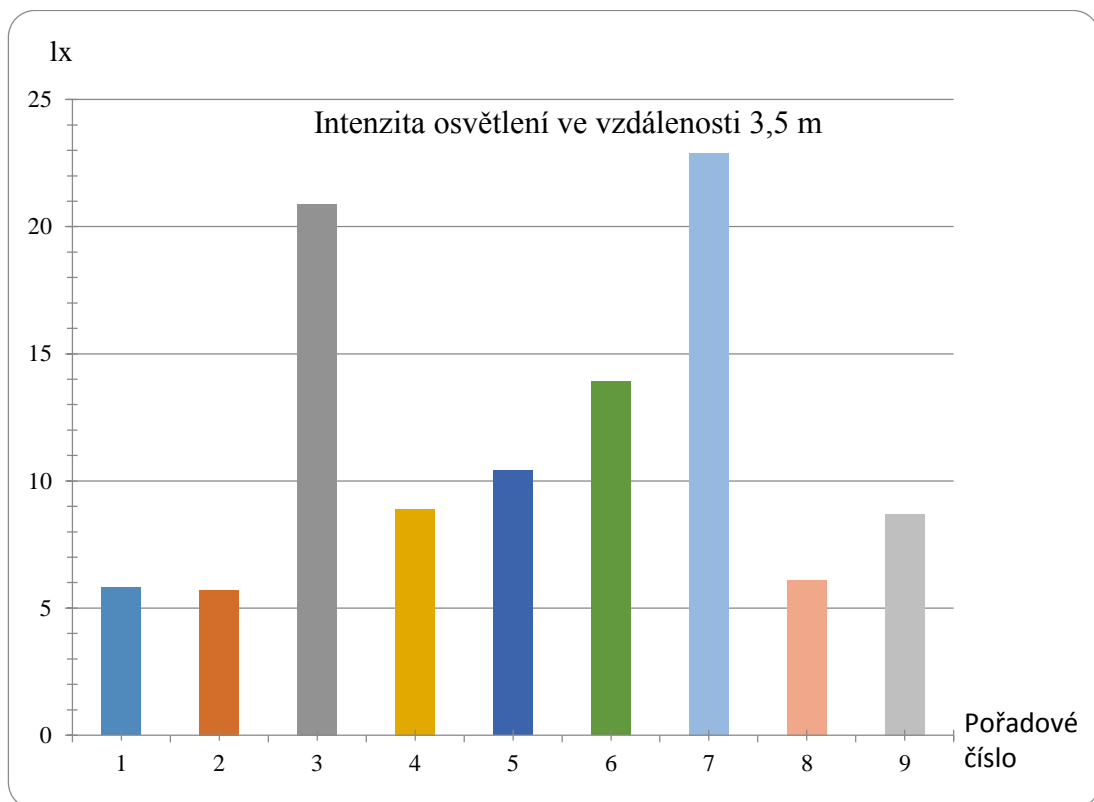
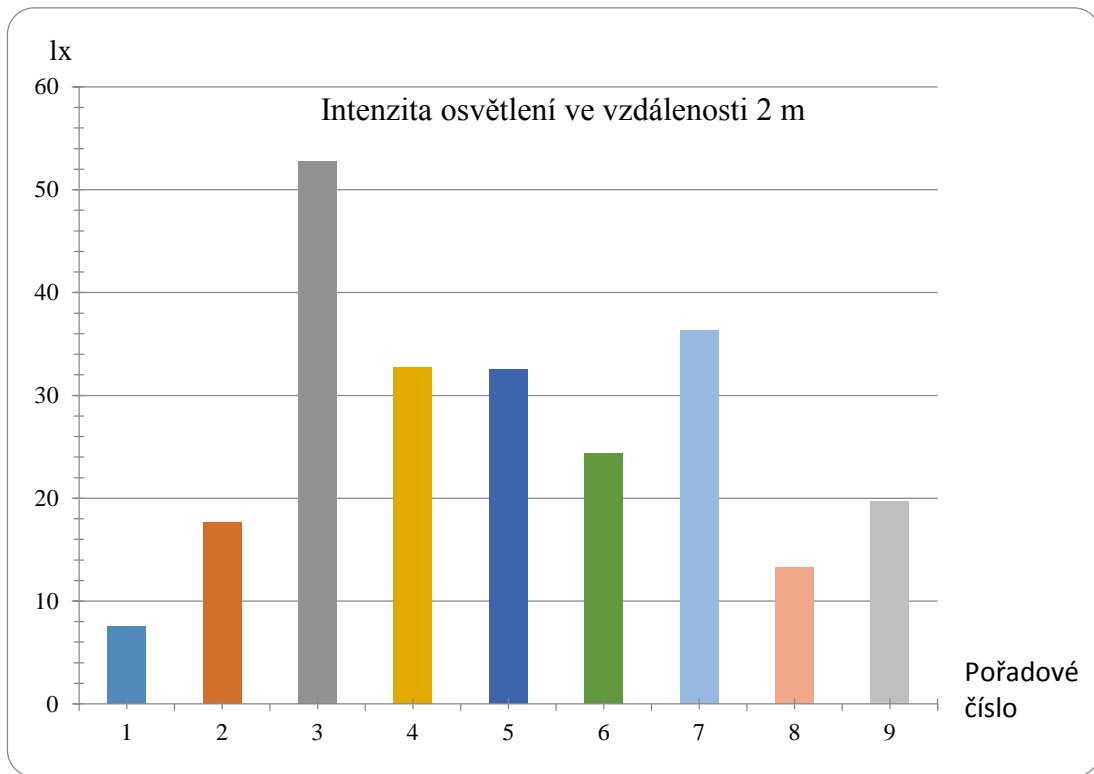
3.2 Použité žárovky:

Označení	Typ žárovky	Výrobce	Příkon P (W)	Světelný tok ϕ (lm)	Cena (Kč)	Úhel svícení	Barva svícení	Životnost (hod)	Rozměry (mm)
8	E27-40W240V	TES-LAMPS	40	420	12	360°	Čirá	1 000	55×93
9	E27-60W-240V	NBB Bohemia	60	610	13	360°	Čirá	1 000	55×93

4 Naměřené hodnoty:

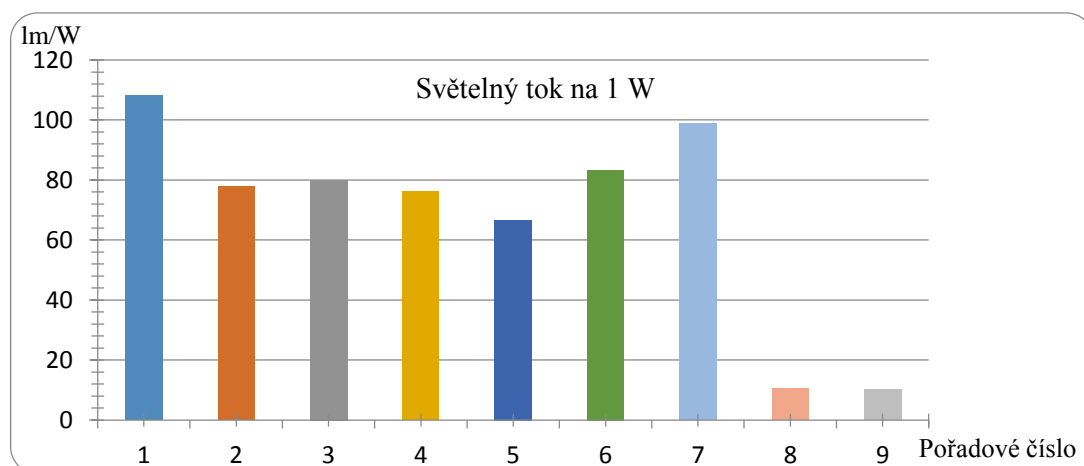
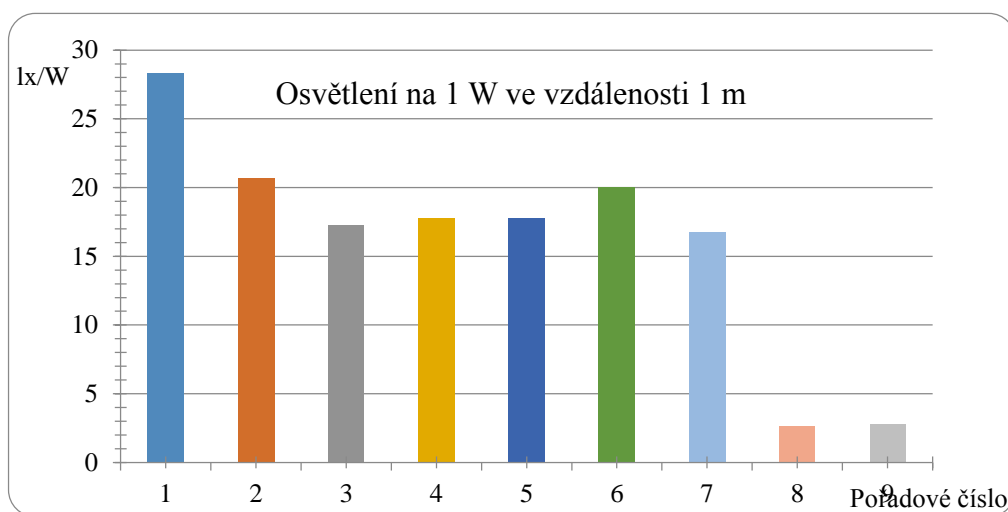
	Vzdáleno st čidla (m)	Svítilno podle označení								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Příkon (W)		3	4,5	6	8	9	9	13	40	60
Intenzita osvětlení E (lx)	1	85,1	93,3	103,7	142,1	160	180,2	218	106,3	168,1
	2	7,5	17,7	52,8	32,7	32,5	24,4	36,3	13,3	19,7
	3,5	5,8	5,7	20,9	8,9	10,4	13,9	22,9	6,1	8,7

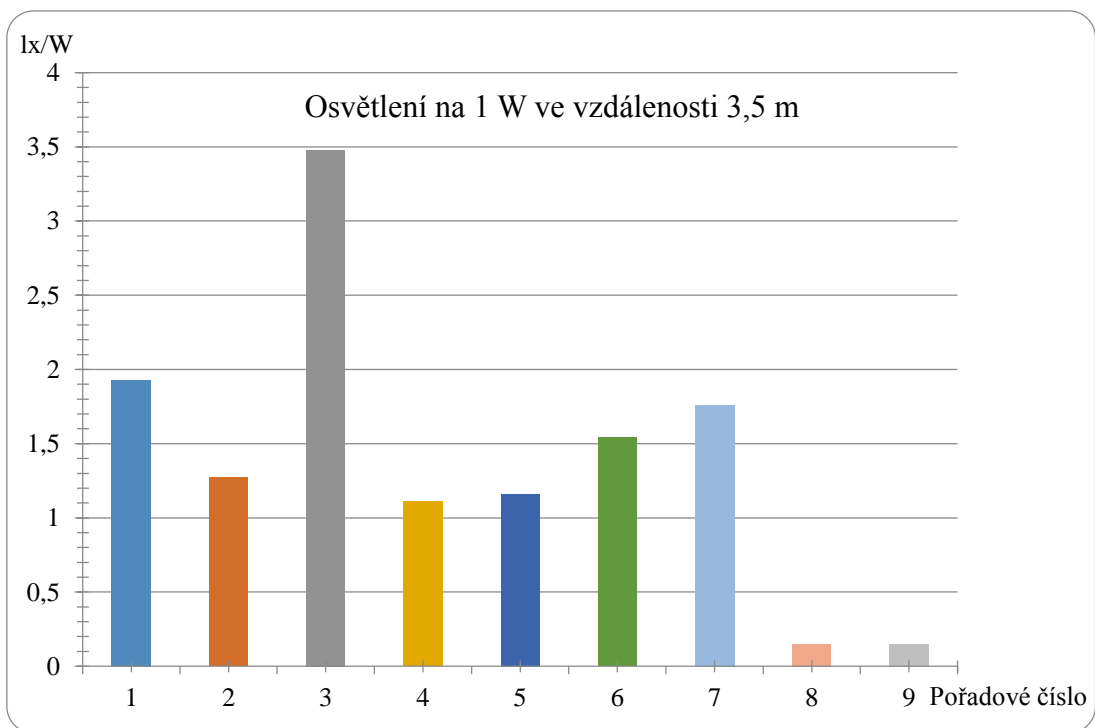
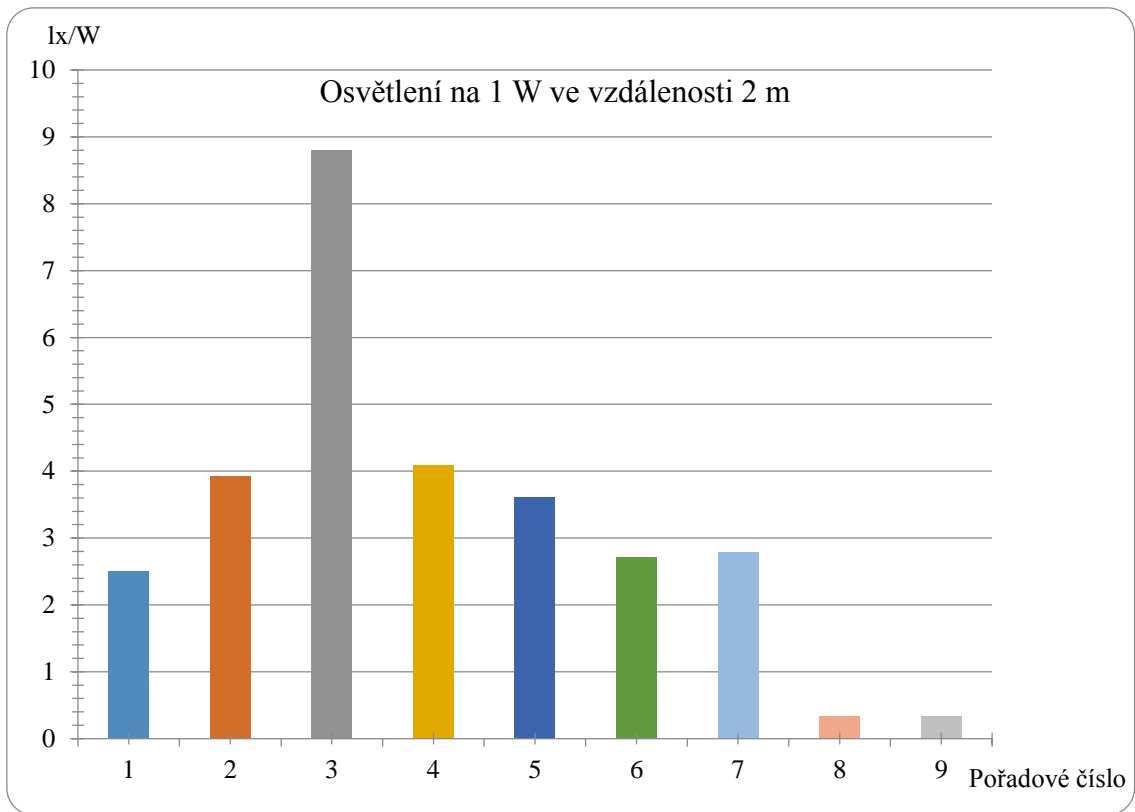




5 Vypočtené poměrné hodnoty:

Pořadové číslo	φ/P (lm/W)	Cena/P (Kč/W)	E/P (lx/W)		
			z 1 m	z 2 m	z 3,5 m
1	108,3	41,7	28,37	2,5	1,93
2	77,8	27,8	20,73	3,93	1,27
3	80	44,2	17,28	8,8	3,48
4	76,3	20,6	17,76	4,09	1,11
5	66,7	32,8	17,78	3,61	1,16
6	83,3	37,2	20,02	2,71	1,54
7	98,8	31,9	16,77	2,79	1,76
8	10,5	0,3	2,66	0,33	0,15
9	10,2	0,2	2,81	0,33	0,15





6 Ekonomické porovnání žárovky, zářivky a LED svítivky

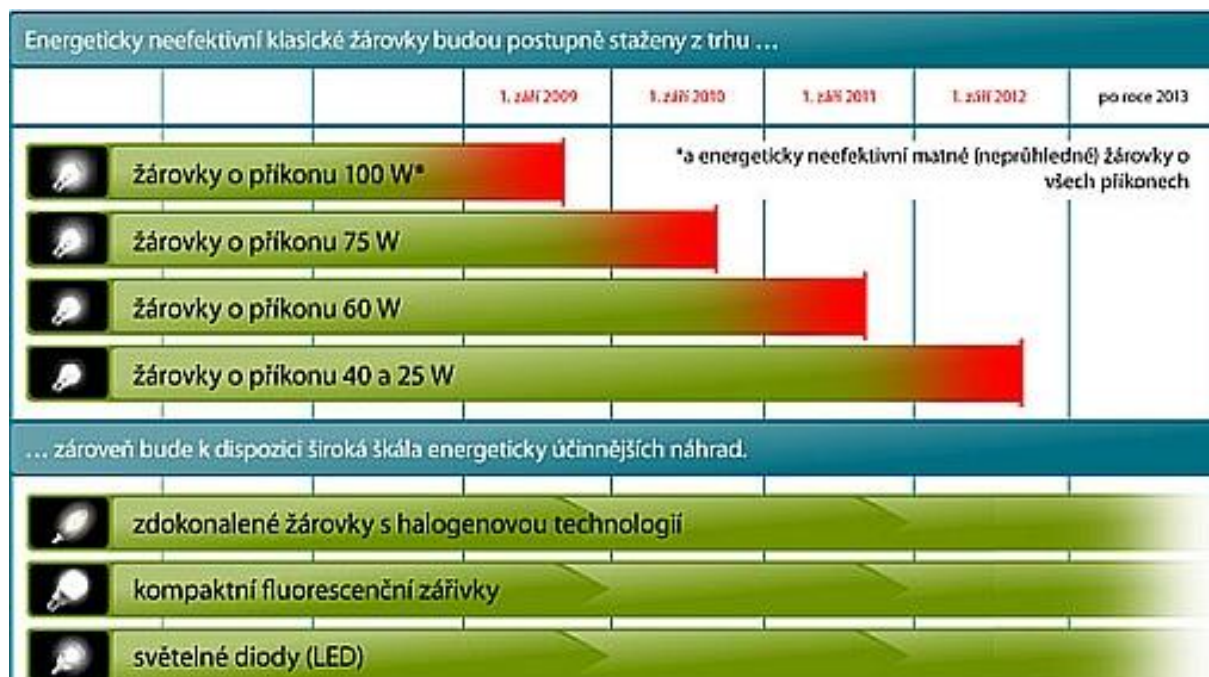
Ke svícení v domácnosti nebo škole můžeme používat žárovky, zářivky (lineární nebo kompaktní) nebo LED svítivky. Který způsob je úspornější a výhodnější? Zajímá nás, kolik elektrické energie a financí spotřebujeme, abychom osvětlili místnost žárovkou, zářivkou nebo LED svítivkou.

Světelný tok obyčejných žárovek (www.usporiespotrebice.cz)						
příkon P (W)	15	25	40	60	75	100
světelný tok (lm)	90	200	400	700	900	1 300

6.1 Shrnutí požadavků nařízení EU

Nařízení Evropské komise č. 244/2009 o ekodesignu světelných zdrojů pro domácnost je účinné od září 2009, kdy byly poprvé z prodeje staženy některé druhy žárovek.

postup omezení výroby a prodeje klasických žárovek		
termín	druh nepovolených žárovek	příkon (W)
1. 9. 2009	matné	–
1. 9. 2009	čiré	> 80
1. 9. 2010	čiré	> 65
1. 9. 2011	čiré	> 45
1. 9. 2012	čiré	> 7



Kromě ukončení prodeje uvedené nařízení stanovuje některé další požadavky na zdroje světla pro lepší orientaci spotřebitele:

6.2 Světelný výkon

Měření výkonnosti žárovky v lumenech (lm) umožňuje přímé porovnání množství vydávaného světla. Porovnání podle elektrického příkonu již postrádá smysl a může být zavádějící.

tabulka náhrad žárovek dle světelného toku dle Evropské komise (ec.europa.eu)					
žárovka P (W)	25	40	60	75	100
náhrada má mít světelný tok (lm)	220–250	410–470	700–810	920–1 060	1 300–1 530

Na [www stránkách Evropské komise](http://www.ec.europa.eu/energy/lumen/wizard/index_cs.htm) je i kalkulačka pro výběr náhradního zdroje osvětlení místo dané žárovky (nastaveno 60 W, teplé světlo, časté zapínání):

ec.europa.eu/energy/lumen/wizard/index_cs.htm

Potřebujete náhradu žárovky s kovovým vláknem a s příkonem

150 W
100 W
75 W
60 W
40 W
25 W
15 W

Jaký typ žárovky potřebujete?

- Studené světlo / mléčnou (pro práci)
- Teplé světlo / mléčnou (pro odpočinek)
- Teplé světlo / čirou

Kde a jak budete toto světlo používat?

- Zapnuto často a v delších intervalech (např. obývací pokoj)
- Zapnuto zřídka a v krátkých intervalech (např. sklep)
- Často zapínáno/vypínáno (např. koupelna)

- Potřebuji, aby se rychle rozsvítilo na plný výkon (žádná nebo krátká zahřívací doba)
- Používáno při jiné než běžné pokojové teplotě (např. venku, v sauně)
- Svítidlo, v němž žárovka bude používána, lze stmívat.

Výsledky

Typ: Zdokonalená žárovka s kovovým vláknem. **Není** k dispozici pro vybrané parametry.

Typ: Kompaktní fluorescenční žárovka

Typ: Žárovka LED






Lumen
Požadovaný světelný výkon **700 lumenů**
Údaje o výkonu:
Životnost: 6-15 let
Spotřeba elektřiny: 14 kWh/rok
Třída energetické účinnosti: **A**
Obsah rtuti: žádná

Použijte prosím níže uvedená kritéria:

Žárovka by měla mít teplé světlo s harmonickou teplotou maximálně 2700 K. Chcete-li, aby světlo bylo měkké, vyberte mléčnou (matnou) žárovku. Budete ji často zapínat, proto vyberte žárovku, která vydrží vysoký počet zapnutí (více než 60000). Pokud je va svítidlo málo místa, nejprve se přesvědčte, že se do něj nová žárovka vejde.

Tisk

7 Výpočty návratnosti a porovnání účinnosti

					
druh	a) klasická žárovka	b) halogenová žárovka	c) kompaktní zářivka	d) LED „žárovka“	e) LED „kukuřice“
elektrický příkon (W)	60	52	13	8	6,5
udaný světelný tok (lm)	660	840	845	610	607
udaná životnost (hod)	1 000	2 000	10 000	50 000	50 000
cena 2/2014 (Kč)	8	55	132	162	222
vypočtený světelný výkon (lm/W)	11	16	65	76	93
vypočtená světelná účinnost (%)	1,6	2,4	9,6	11,2	13,7
vypočtená návratnost (hod) při 4 Kč/kWh	–	1 719	702	779	1 037
Při porovnání zjistíme, že zářivka dosahuje mnohem větší světelné účinnosti než žárovka, a to šestkrát. Žárovka totiž většinu příkonu vyzáří jako teplo.					

8 Ekonomické zhodnocení náhrady 60W žárovky 13W zářivkou

Při výměně žárovky za zářivku ušetříme elektrickou energii. Zářivka má ještě další výhodu - větší životnost. Střední doba života žárovky je jen 1 000 hodin, zatímco zářivka má udáváno až 10 000 hodin. Střední doba života je doba, po kterou svítí minimálně polovina zdrojů.

Zářivka má větší účinnost a delší střední dobu života, ale zase je dražší, než žárovka. Vyplatí se nám tedy používat zářivky místo žárovek?

Střední doba života **žárovky** je jen **1 000 hodin**, zatímco **zářivka** vydrží až **10 000 hodin**. Nahradíme-li tedy **60W žárovku 13W kompaktní zářivkou** ušetříme za 10 000 hod (doba života zářivky).

úspora v kWh... $(60 \text{ W} - 13 \text{ W}) \cdot 10\,000 \text{ hod} = 470\,000 \text{ Wh} = 470 \text{ kWh}$ energie

úspora v Kč při 4 Kč/kWh ... $470 \cdot 4 = 1\,880 \text{ Kč}$

cena žárovky je 8 Kč, zářivky 132 Kč

za dobu života zářivky bychom museli koupit 10 žárovek za $10 \cdot 8 = 80 \text{ Kč}$

celková úspora bude $1\,880 \text{ Kč} - 132 \text{ Kč} + 80 \text{ Kč} = 1\,828 \text{ Kč}$

Za dobu životnosti zářivky (10 000 hod) ušetříme 1 828 Kč.

Je nutno ale počítat s postupným poklesem svítivosti zářivky. Můžeme se na úspory podívat i z pohledu tzv. uhlíkové stopy, tj. odhadnout, kolik CO₂ by nemuselo uniknout do ovzduší, pokud vyměníme 60W žárovku za 13W kompaktní zářivku.

Z jednoho kilogramu uhlí získáme 1 kWh elektrické energie. Pokud vyměníme jednu 60W žárovku za 13W zářivku, **ušetříme za dobu životnosti zářivky 470 kWh, tedy 470 kg uhlí**. Při jeho spálení by se uvolnilo do ovzduší $470 \cdot 3,2 \text{ kg CO}_2 = 1\,504 \text{ kg}$ Při spálení 1 kg uhlí se uvolní 3,2 kg CO₂ (při spálení 1 kg uhlí se uvolní 3,2 kg CO₂).

8.1 Náklady a postup likvidace

Kompaktní zářivky obsahují kromě rtuti i elektronické součásti na plošném spoji a nesmí se vyhazovat do běžného domovního odpadu. Lze je vracet v prodejnách, kde se prodávají, a na místech určených ke sběru elektronického odpadu, tzv. sběrných dvorech. **Náklady při vracení jsou nulové** – jsou již zahrnuty v prodejní ceně.

8.2 Co dělat, když se rozbije kompaktní zářivka?

Oproti žárovkám LED a většině ostatních typů žárovek určených pro používání v domácnostech obsahují kompaktní fluorescenční žárovky rtuť. Z nepoškozené žárovky se ani při jejím používání žádná rtuť neuvolňuje. Když se kompaktní zářivka rozbije, může se uvolnit maximálně 5 miligramů rtuti - velikost kapky na špičce kuličkového pera. Pro srovnání: rtuťové teploměry obsahují přibližně 500 miligramů rtuti, tj. 100x více.

Spotřebitelům se doporučuje, aby nejprve místnost vyvětrali, a poté vlhkou utěrkou zářivku odklidili. Při úklidu se má zabránit styku střepein s pokůžkou, nemá se používat vysavač (nasátá rtuť by se usadila ve vysavači a páry by byly vyfukovány ven).

Dejte přednost jinému typu úsporných žárovek, mezi něž patří zdokonalené žárovky s kovovými vlákny a s halogenovou technologií nebo žárovky LED – ani jedny z nich rtuť neobsahují.

9 Ekonomické zhodnocení náhrady 60W žárovky 8W „LED žárovkou“

Při výměně žárovky za LED svítivku ušetříme elektrickou energii. LED svítivka má ještě další výhodu - větší životnost. Střední doba života žárovky je jen 1 000 hodin, zatímco LED má udáváno až 50 000 hodin. Střední doba života je doba, po kterou svítí minimálně polovina zdrojů.

Tato LED svítivka má skoro 9x účinnost a 50x delší střední dobu života. Je 28x dražší, než žárovka. Vyplatí se nám tedy používat LED svítivky místo žárovek?

Střední doba života **žárovky** je jen **1 000 hodin**, zatímco **LED** vydrží až **50 000 hodin**. Nahradíme-li tedy **60W žárovku 8W LED svítivkou** ušetříme za 50 000 hod (doba života LED)

úspora v kWh... $(60 \text{ W} - 8 \text{ W}) \cdot 50\,000 \text{ hod} = 2\,600\,000 \text{ Wh} = 2\,600 \text{ kWh}$ energie

úspora v Kč při 4 Kč/kWh ... $2\,600 \cdot 4 = 10\,400 \text{ Kč}$

cena žárovky je 8 Kč, LED 162 Kč

za dobu života LED svítivky bychom museli koupit 50 žárovek za $50 \cdot 8 = 400 \text{ Kč}$

celková úspora bude $10\,400 \text{ Kč} - 162 \text{ Kč} + 400 \text{ Kč} = 10\,638 \text{ Kč}$

Za dobu životnosti LED svítivky (50 000 hod) ušetříme 10 638 Kč.

Je nutno ale počítat s postupným poklesem svítivosti LED technologie. Můžeme se na úspory podívat i z pohledu tzv. uhlíkové stopy, tj. odhadnout, kolik CO₂ by nemuselo uniknout do ovzduší, pokud vyměníme 60W žárovku za 8W LED svítivku.




Z jednoho kilogramu uhlí získáme 1 kWh elektrické energie. Pokud vyměníme jednu 60W žárovku za 8W LED svítivku, **ušetříme za dobu životnosti svítivky 2 600 kWh, tedy 2 600 kg uhlí**. Při jeho spálení by se uvolnilo do ovzduší $2\,600 \cdot 3,2 \text{ kg CO}_2 = 83\,200 \text{ kg CO}_2$ (při spálení 1 kg uhlí se uvolní 3,2 kg CO₂).

10 Anketa

10.1 Anketa na téma úsporné zdroje světla

10.1.1 Anketní lístek:

Křížkem označte, prosím, Vaši odpověď.

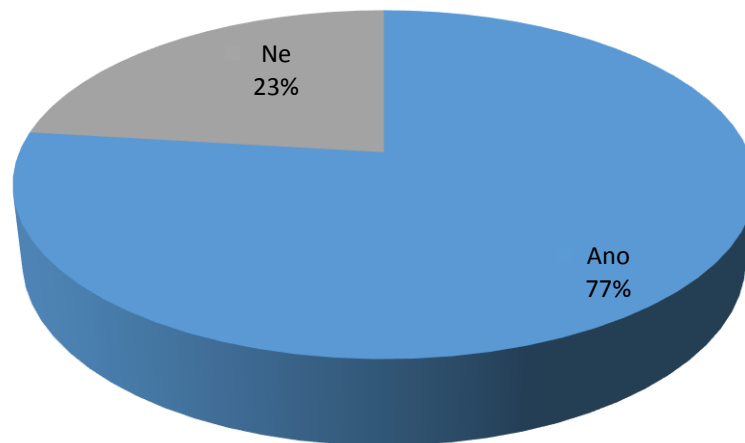
Bydlím v <input type="checkbox"/> obci, městysu <input type="checkbox"/> městě		
Používáte doma alespoň jednu dlouhou zářivku? např.: 	<input type="checkbox"/> ano	<input type="checkbox"/> ne
Používáte doma alespoň jednu úsporku – tzv. kompaktní zářivku? např.: 	<input type="checkbox"/> ano	<input type="checkbox"/> ne
Používáte doma alespoň jednu tzv. LED žárovku? např.: 	<input type="checkbox"/> ano	<input type="checkbox"/> ne
Označ nejvíce perspektivní zdroj světla: <input type="checkbox"/> žárovka <input type="checkbox"/> zářivka <input type="checkbox"/> LED		

Vyhodnocení ankety

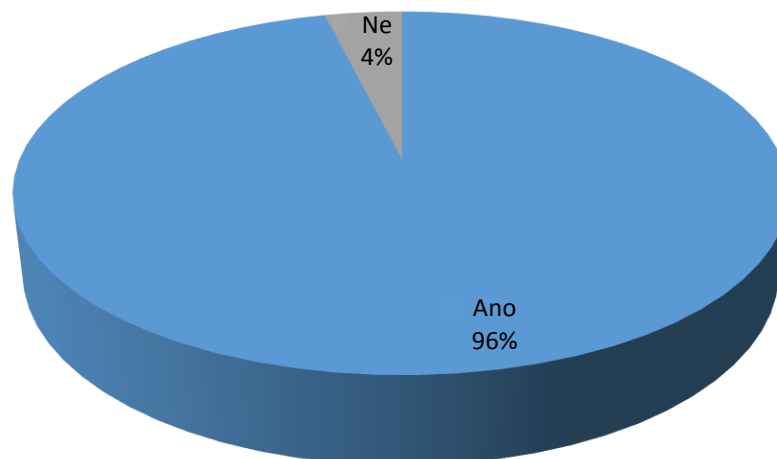
Na anketu mi vyplnilo celkem 43 studentů z mé školy. Rozdělil jsem si je podle úvodní otázky takto:

10.1.2 bydlím v obci, městysu - takto odpovědělo 26 studentů

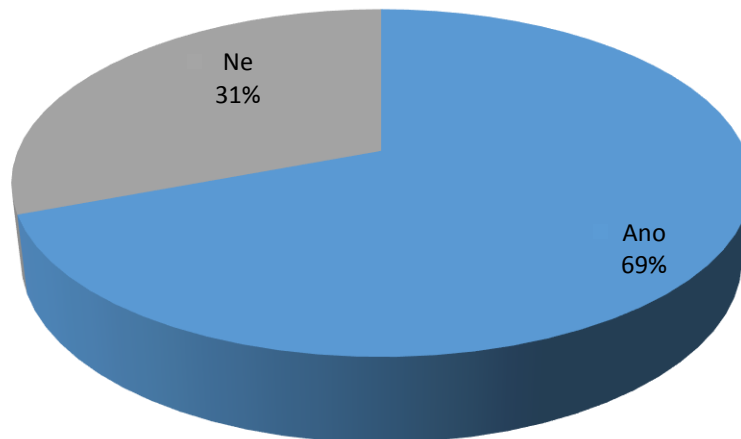
1. Používáte doma alespoň jednu dlouhou žárovku?



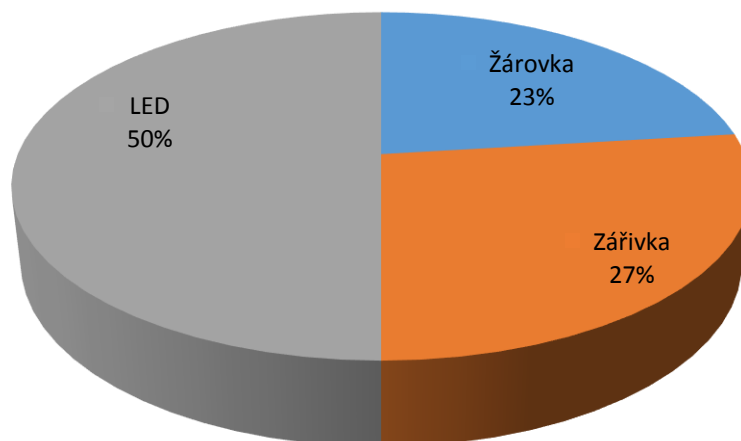
2. Používáte doma alespoň jednu úsporku – tzv. kompaktní žárovku?



3. Používáte doma alespoň jednu tzv. LED žárovku?

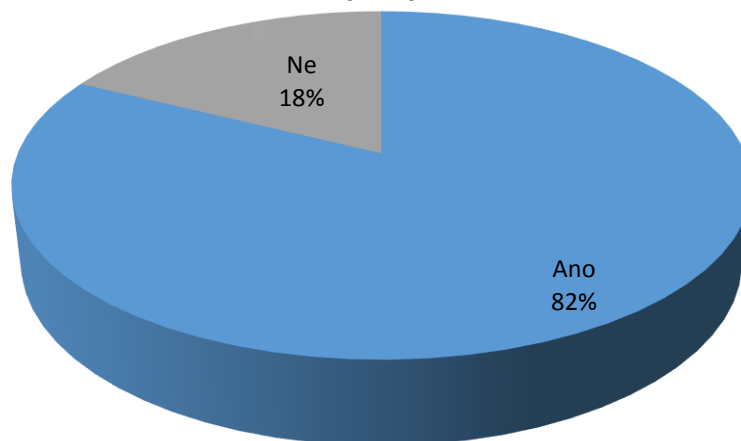


4. Označ nejvíce perspektivní zdroj světla

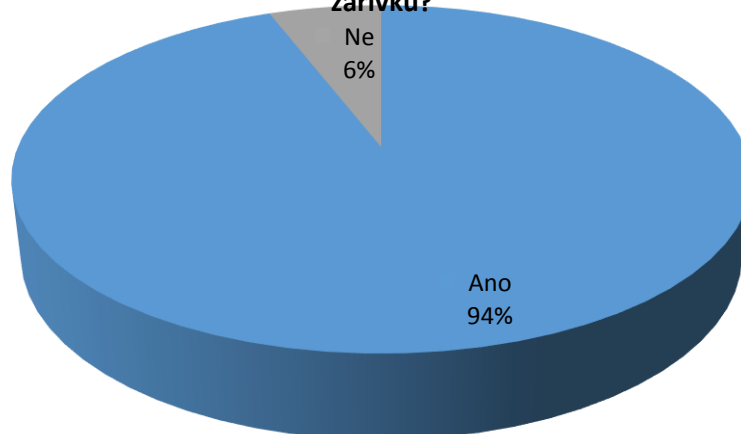


10.1.3 bydlím ve městě - takto odpovědělo 17 studentů

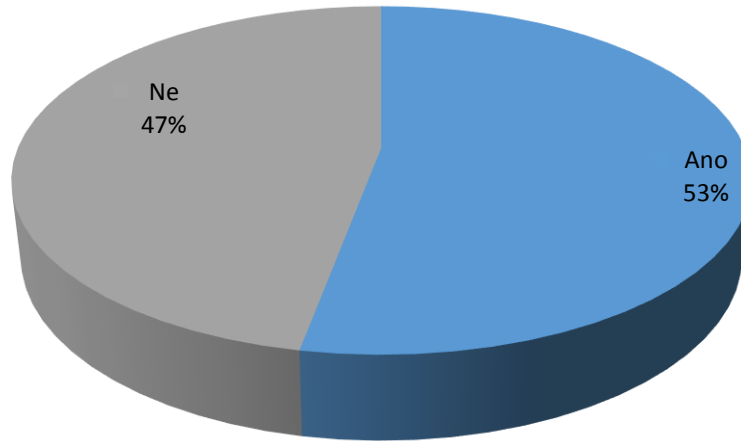
1. Používáte doma alespoň jednu dlouhou zářivku?



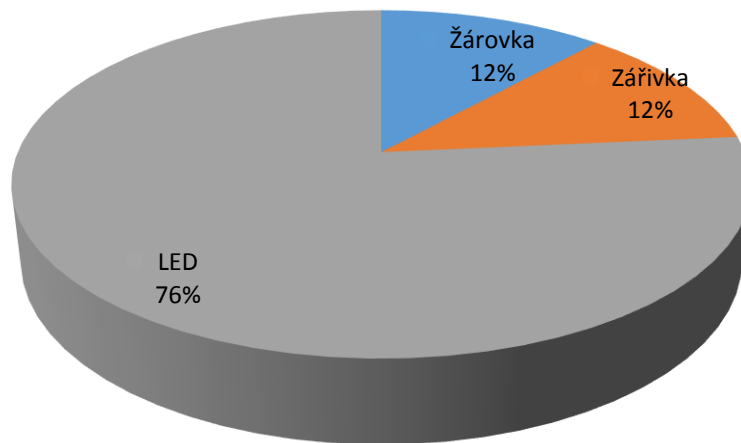
2. Používáte doma alespoň jednu úsporku – tzv. kompaktní zářivku?



3. Používáte doma alespoň jednu tzv. LED žárovku?



4. Označ nejvíce perspektivní zdroj světla



11 ZÁVĚR

Ze svého měření jsem zjistil, že díky podstatně menšímu příkonu LED se vyplatí vyměnit obyčejné žárovky za LED svítidla. Výhodou LED svítidel je také to, že mají velmi krátkou dobu rozsvícení oproti tzv. úsporným žárovkám (tzv. úsporkám), což jsou v principu stále zářivky – luminiscenční zdroje světla. LED svítivky (tzv. LED žárovky) mají mnohem menší příkon a i dokonce jejich životnost je mnohem větší.

Příkon LED svítidel vzhledem k žárovkám je podstatně menší, a proto budeme platit méně za elektřinu. Na začátku budeme muset ale zainvestovat nějaké peníze do těchto svítidel, protože nejsou nejlevnější. Časem se nám tyto peníze mnohokrát vrátí.

Z měření intenzity osvětlení jsme zjistili, že náhradou 40W žárovky je LED svítivka o příkonu 4,5 W. Ta má skoro desetkrát menší příkon, než 40W žárovka. Dále jsem zjistil, že uvedené zdroje světla mají skoro stejnou intenzitu osvětlení i na větší vzdálenosti (1 m, 2 m, 3,5 m). Žárovku o příkonu 60 W, pokud se týká intenzity osvětlení, lehce nahradí LED svítivka o příkonu 8 W. Ta neobsahuje oproti tzv. úsporce žádnou rtuť.

Z ankety jsme se dozvěděli, že spousta domácností v dnešní době začíná vyměňovat obyčejné žárovky za tato tzv. LED svítidla. Většina studentů je také hodnotí jako nejperspektivnější. Žáci naší školy si myslí, že LED svítidla jsou výborným a levným zdrojem světla v domácnosti, ale i na veřejných prostorech.

LED svítivky a jejich problematika mě zaujala a rád bych v tomto projektu pokračoval. Chci dále měřit další typy svítivek, jejich příkon a termovizní rozložení teplot na povrchu. Bylo by zajímavé také změřit změnu intenzity osvětlení po dlouhé době svícení nebo výdrž svítivky po mnohačetném rozsvícení.

12 SOUPIS POUŽITÉ LITERATURY

<http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>

http://cs.wikipedia.org/wiki/LED_%C5%BE%C3%A1rovka

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminofor>

<http://www.led-230v.cz/Patice/Specialni/MR11/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/Specialni/MR16/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/Specialni/G4/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/Specialni/G9/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/GU10/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/E27/>

<http://www.led-230v.cz/Patice/E14/>

<http://www.led-230v.cz/Barva-svetla-1/Barevne-svetlo/>

<http://www.led-230v.cz/Barva-svetla-1/Barva-studena-bila/>

<http://www.led-230v.cz/Barva-svetla-1/Barva-neutralni-bila/>

<http://www.led-230v.cz/Barva-svetla-1/Barva-tepla-bila/>

<http://www.led-ekosvetla.cz/content/11-led-slovnicek-pojmu>

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>

http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=109&id_casti=60

<http://www.porsennaops.cz/data/Image/ops/konec%20%C5%BE%C3%A1rovek%20v%20EU.pdf>

13 SEZNAM PŘÍLOH

13.1 Obrazová příloha



Měření osvětlení luxmetrem



Demontáž světla



Měřené místo na školní chodbě



Měření osvětlení



Rozebírání LED svítivky



Pohled na rozebranou LED svítivku

13.2 Výpočty úspor a návratnosti

k tabulce 7 Výpočty návratnosti a porovnání účinnosti

b) halogenová žárovka



Za kolik hodin svícení se vrátí na úsporách energie pořizovací cena nového osvětlení?

Zadáno	
cena energie (Kč/kWh)	4
pořizovací cena nového osvětlení (Kč)	55
příkon vyměněné žárovky (W)	60
příkon nového osvětlení (W)	52
průměrná doba svícení denně (hod)	3

Vypočteno	
úspory za 1 hod svícení (Kč)	0,032
úspory za 1 000 hod svícení (Kč)	32
návratnost ceny (hod)	1719
návratnost ceny (den)	573
návratnost ceny (měsíc)	18,8

Nový zdroj světla se zaplatí za 1 719 hod svícení.

Neuvažujeme pořizovací cenu žárovky.

Neuvažujeme poruchovost žárovky ani nového zdroje světla.

c) kompaktní zářivka



Zadáno	
cena energie (Kč/kWh)	4
pořizovací cena nového osvětlení (Kč)	132
příkon vyměněné žárovky (W)	60
příkon nového osvětlení (W)	13
průměrná doba svícení denně (hod)	3

Vypočteno	
úspory za 1 hod svícení (Kč)	0,188
úspory za 1 000 hod svícení (Kč)	188
návratnost ceny (hod)	702
návratnost ceny (den)	234
návratnost ceny (měsíc)	7,7

Nový zdroj světla se zaplatí za 702 hodin svícení.

Neuvažujeme pořizovací cenu žárovky.

Neuvažujeme poruchovost žárovky ani nového zdroje světla.

d) LED „žárovka“



Za kolik hodin svícení se vrátí na úsporách energie pořizovací cena nového osvětlení?

Zadáno	
cena energie (Kč/kWh)	4
pořizovací cena nového osvětlení (Kč)	162
příkon vyměněné žárovky (W)	60
příkon nového osvětlení (W)	8
průměrná doba svícení denně (hod)	3

Vypočteno	
úspory za 1 hod svícení (Kč)	0,208
úspory za 1 000 hod svícení (Kč)	208
návratnost ceny (hod)	779
návratnost ceny (den)	260
návratnost ceny (měsíc)	8,5

Nový zdroj světla se zaplatí za 779 hodin svícení.

Neuvažujeme pořizovací cenu žárovky.

Neuvažujeme poruchovost žárovky ani nového zdroje světla.

e) LED „kukuřice“



Za kolik hodin svícení se vrátí na úsporách energie pořizovací cena nového osvětlení?

Zadáno	
cena energie (Kč/kWh)	4
pořizovací cena nového osvětlení (Kč)	222
příkon vyměněné žárovky (W)	60
příkon nového osvětlení (W)	6,5
průměrná doba svícení denně (hod)	3

Vypočteno	
úspory za 1 hod svícení (Kč)	0,214
úspory za 1 000 hod svícení (Kč)	214
návratnost ceny (hod)	1037
návratnost ceny (den)	346
návratnost ceny (měsíc)	11,4

Nový zdroj světla se zaplatí za 1 037 hodin svícení.

Neuvažujeme pořizovací cenu žárovky.

Neuvažujeme poruchovost žárovky ani nového zdroje světla.