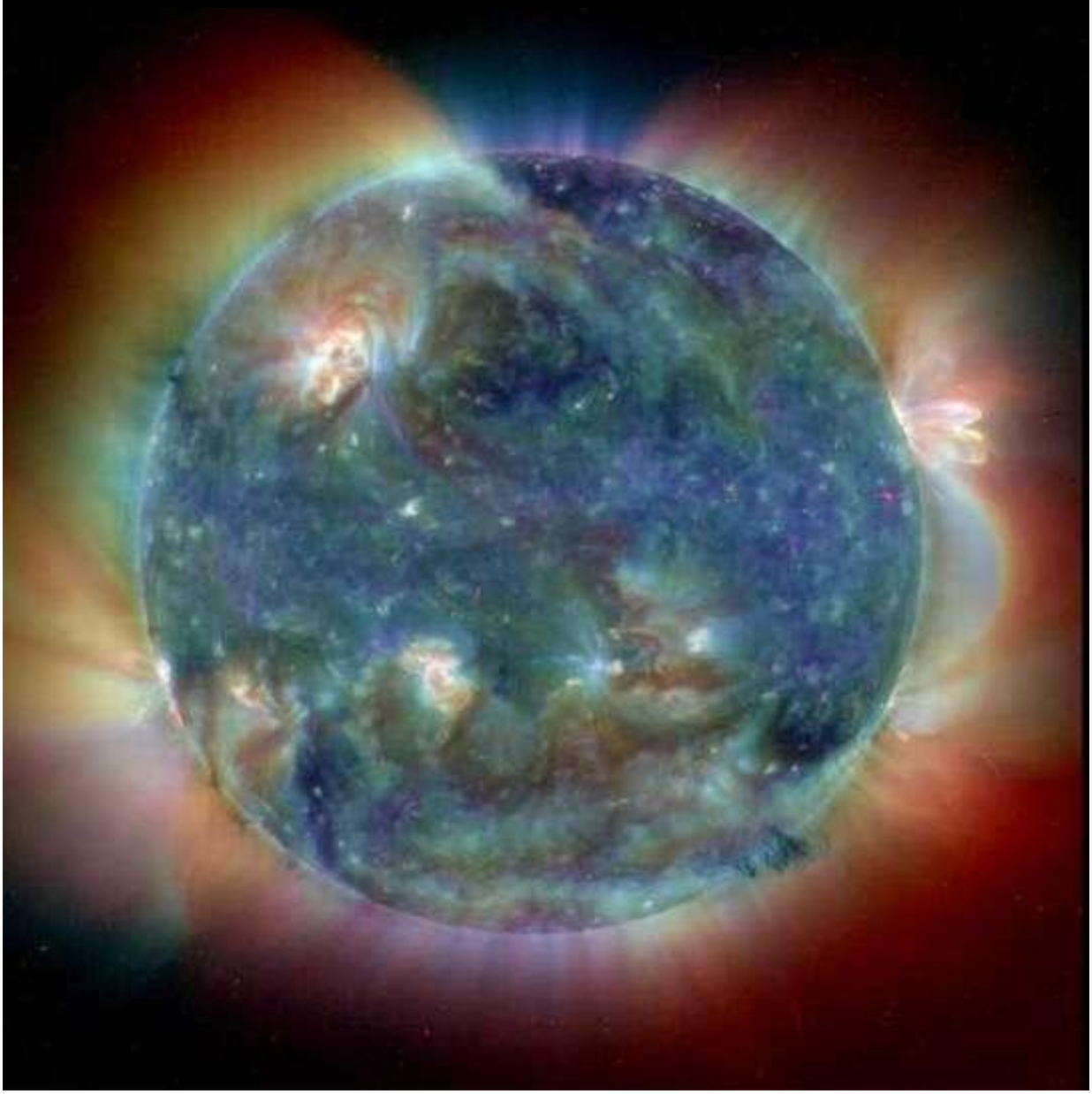
ENERSOL 2012



Střední odborná škola

a Střední odborné učiliště

Hradební 1029, Hradec Králové 3, 500 03

Úspora energie v naší škole

Enersol 2012

Autoři: **Tomáš Ondráček, Vladimír Horák, Jan Poisl**

Studijní obor: **Informační technologie 18-20-M/01**

Zaměření: **Elektronické počítačové systémy**

Vedoucí práce: **Daniel Ulrich**

Hradec Králové 2012

Adresa autora projektu:

Jméno, příjmení autorů projektu Enersol 2010:
Tomáš Ondráček, Vladimír Horák, Jan Poisl

Téma:
Úspora energie v naší škole

Učební, studijní obor, ročník studia:
Elektronické počítačové systémy

Adresa školy:
SOŠ a SOU Hradební 1029, 500 03 Hradec Králové 3

Koordinátor projektu:

Mgr. Ivana Tláskalová
Kontakt:

Tel/fax:	**495 513 391 kl. 38**
Email:	**tlaskalova@hradebni.cz**
Webové stránky školy:	**www.hradebni.cz**

Adresa partnerské firmy:

Obchodní název firmy:

Adresa firmy:

Odborný název investice:

Jméno, příjmení, ak. titul, konzultanta-odborníka firmy:

Kontakt na odborníka firmy:

Tel/fax:

Email:

Webové stránky firmy:

Práce zaslána (předložena) regionálnímu centru dne:

.....

Podpisy autorů projektu:

.....

Podpis učitele-koordinátora projektu:

.....

Poděkování

Děkujeme panu učiteli Danielu Ulrichovi za odborné vedení a cenné rady, které nám při zpracování práce poskytl.

Děkujeme Petru Kořínkovi ze 3.B, za návrh plošného spoje a pomoc při výrobě plošného spoje.

Dále bychom chtěli poděkovat firmě TREVOS, a. s. za darování svítidla HELIOS pro vestavění našeho LED svítidla.

Anotace

ONDRÁČEK, Tomáš; POISL, Jan; HORÁK, Vladimír. *Úspora energie v naší škole*. Hradec Králové : SOŠ a SOU Hradební 1029, 2012. 19 s.

Tato práce pojednává o úspoře energie vydané za osvětlení chodeb v naší škole. Práce je rozdělena do dvou částí. V první části se zabývá pojmy úzce souvisejícími se zmíněnou problematikou. Objasňuje principy různých světelných zdrojů. Druhá část se zabývá praktickým zpracováním úsporného LED světla. V závěru práce je zhodnocena účinnost a návratnost investice do úsporného osvětlení.

Klíčová slova: LED, úspora energie, žárovka, zářivka

Obsah

OBSAH 6

1. ÚVOD 7

2. TEORETICKÁ ČÁST 8

2.1 ŽÁROVKA 8

Základní princip 8

Historie 8

2.2 ZÁŘIVKA 9

Základní princip 9

Startování zářivky 9

2.3 LED 10

Základní princip 10

Historie 10

Technické Parametry 11

Zajímavosti 12

3. PRAKTICKÁ ČÁST 13

3.1. POPIS ZAPOJENÍ 13

3.2 VÝBĚR KRABIČKY 14

3.3 VÝROBA 14

3.4 MĚŘENÍ 14

3.5 VÝPOČET 15

3.6 EMISE 16

3.7 ZÁVĚR 17

4. ZÁVĚR PRÁCE 18

5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 19

6. SEZNAM PŘÍLOH 20

1. Úvod

Používání LED osvětlení zažívá poslední dobou velký rozmach. Svítivost bílých LED je dnes srovnatelná s kompaktními úspornými zářivkami a jistě bude časem ještě vyšší. A tak jsme se rozhodli vyrobit LED světlo a porovnat se zářivku na chodbě v naší škole. Bude se jednat o nástěnné světlo a chtěli bychom ho zabudovat do krabice s průhledným plexisklem, aby nebylo LED světlo tlumeno. Nejlépe krabice od nouzového osvětlení.

Proto jsme oslovili dvě české firmy vyrábějící nouzová světla. Firma Trevos nám vyšla maximálně vstříc a poskytla nám kompletní nouzové světlo, ze kterého jsme použili krabici.

Porovnávali jsme naše LED svítidlo s běžnou zářivkou 36W v ceně internetového obchodu minimálně 350 Kč. Naše LED světlo o příkonu 8,3W vyšlo na 1150 Kč.

2. Teoretická část

2.1 Žárovka

Základní princip

Žárovka je jednoduché zařízení k přeměně elektrické energie na světlo. Funguje na principu zahřívání tenkého, obvykle wolframového vodiče elektrickým proudem, který jím protéká. Při vysoké teplotě vlákno žárovky září především v infračervené oblasti, zčásti i ve viditelném světle. U přežhavených žárovek (projekční typy, halogeny apod.) najdeme ve spektru i ultrafialové záření, avšak baňka žárovky z obyčejného skla je pro ultrafialové záření prakticky nepropustná. Z optického hlediska se vlákno žárovky nechová jako absolutně černý zářič, ale jakoby bylo o několik set kelvinů teplejší (wolfram je selektivní zářič).

Obr. 1 - Žárovka

Historie

Obr. 2 - Žárovka 2

Technologicky výrobu žárovky zvládl až Thomas Alva Edison v roce 1879. Na trh byly uvedeny žárovky v provedení s bambusovým vláknem a standardní šroubovací paticí E27 v roce 1881. Edison ale není vynálezcem žárovky. Jeho předchůdcem byl Heinrich Göbel. První pokusy se žárovkou (principiálně vznik světla žhavením materiálů průchodem elektrického proudu) lze datovat k roku 1805 (Humphry Davy). Jako datum jejího vynalezení je často uváděn rok 1854 a jméno Göbel (Goebel), ale výrobou žárovky v soudní síni Edison dokázal, že prvenství ve využití patří jemu.

Výhody

- ✓ Plynule regulovatelný jas
- ✓ Jednoduší, levnější a úspornější výroba
- ✓ Ekologicky nezávadné
- ✓ Až 25x levnější než ostatní sv. zdroje
- ✓ Neemitují žádné nebezpečné záření
- ✓ Světelné spektrum je velmi podobné slunečnímu

Zápory

- Nízká energetická účinnost
- Kratší životnost (kolem 1000 hodin)
- Některé halogenové žárovky emitují UV záření

2.2 Zářivka

Základní princip

Zářivka je nízkotlaká výbojka používaná jako zdroj světla. Funguje tak, že v parách rtuti dojde k doutnavému elektrickému výboji, který ale září převážně v ultrafialové oblasti. Zářivka má ale stěny trubice pokryty luminoforem - to je látka, která ultrafialové záření absorbuje a sama září. Nejdůležitější část zářivky je zářivková trubice, ve které jsou páry rtuti a argon. Na obou koncích jsou patice s kovovými elektrodami. Elektrody jsou pokryty vrstvou oxidů barya, stroncia a vápníku. Ty při teplotě zhruba 700°C emitují elektrony. Platí, že čím větší proud protéká, tím je úbytek na výboji menší. Z tohoto důvodu musí být proud zářivkou zapojenou v obvodu omezen vhodným způsobem. Můžeme použít tlumivku, předřadný odpor nebo třeba elektronický předřadník. Zářivky byly vyvinuty koncem 20. století.

Obr. 3 - Kompaktní zářivka

Startování zářivky

Po připojení do sítě nastane ve startéru zkrat, díky kterému se začnou ohřívat jeho elektrody - bimetal. Tím se bimetalový pásek ohýbá. Asi po jedné sekundě se tento pásek prohne tak, že rozpojí elektrody a výboj zanikne. Přes tlumivku a elektrody následně protéká proud, díky kterému se rozžhaví vlákna uvnitř zářivky. Kolem elektrod zářivky se vytvoří značná ionizace plynů – svit zářivky.

Obr. 4 – Lineární zářivka

Výhody

- ✓ 4x větší účinnost na jeden Watt příkonu
- ✓ 4x nižší spotřeba energie než u žárovky
- ✓ Delší životnost
- ✓ Různé tóny barev

Zápory

- Dražší než klasické žárovky
- Blikání při rozsvěcování
- Kmitání světla
- Nedají se normálně stmívat
- Neměly by se často zhasínat a rozsvěcet
- Složitá recyklace, obsahují rtuť
- Pomalejší náběh na plný výkon

2.3 LED

Základní princip

Pokud prochází PN přechodem elektrický proud v propustném směru, dochází k vyzařování určitého spektra světla. Spektrum světla určíme podle vzdálenosti mezi PN přechodem. Toto světlo dále ovlivňujeme pomocí Luminoforu.

Obr. 5 - LED žárovka

Historie

Jak to vlastně začalo

Za vznik Led žárovek může Henry Joseph Round který jako první objevil existenci elektroluminiscence – jedná se o jev, při kterém dochází k přeměně z elektrické energie na světelnou energii.

Vývoj v 60. letech

První LED dioda byla vyrobena v roce 1962 a svítila pouze červenou barvou. Bohužel od této diody bychom se pořádného světla nedočkali, jednalo se o velmi slabý svítivý bodový zdroj světla. Tyto LED diody obsahovaly čip, pomocí kterého došlo k vyzařování určitého spektra světla.

Vývoj v 70. letech

Rok 1971 přinesl velké změny, protože došlo k objevení nových barev LED. Byla objevena zelená, oranžová a žlutá.

Vývoj v 90. letech

Až v roce 1993 se objevují první LED diody (Bílá LED), které jsou schopné vyzařovat světlo v režimu RGB. Pro osvětlení se používá takzvané bíle světlo, kterého šlo dosáhnout jedině pomocí barev červené, zelené a modré. Bíle světlo bylo realizováno pomocí 3 čipu pro každou barvu jeden.

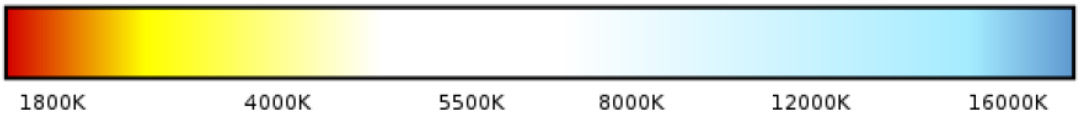
Za necelé 2 roky byly čipy nahrazeny ultrafialovou diodu v kombinaci s luminoforem, který je umístěn v průsvitném pouzdře LED diody. Tyto LED diody se používají dodnes.

Technické Parametry

Zde jsou uvedeny základní technické parametry LED diod: Pokud zapojujeme, LED diody do obvodu musíme vždy pamatovat na předřadný odpor, slouží hlavně k omezení proudů v obvodu, aby nedošlo k poškození LED. Musíme si ale uvědomit, že pokud použijeme k regulaci proudu předřadný odpor tak se nám sníží účinnost.

červená	1,9V	20mA
oranžová	2,0V	25mA
žlutá	2,0V	25mA
zelená	2,2V	20mA
modrá	3,5V	20mA
bílá	3,5V	20mA

- **Světelný tok ϕ**
  - Je výkon světelného zdroje zhodnocený normálním lidským zrakem. Je to tedy celkové množství viditelného světla vyprodukovaného světelného zdroje.
  - Jednotkou světelného toku je lumen [lm].
- **Svítivost I**
  - Je podíl světelného toku vyzářeného zdrojem v některém směru do malého prostorového úhlu a velikosti tohoto úhlu.
  - Jednotkou je kandela [cd].
- **Barva světla**
  - Udává nám, na jakou teplotu můžeme zahřát těleso, aby vyzařovalo danou barvu světla.
  - Příklad: pokud zahřejeme těleso na teplotu 4 000K tak bude zářit studeně bílou barvou.



Obr. 6 - Barva světla

- **Světelná účinnost**
  - Jedná se o celkový výkon světelné LED diody na 1W spotřebované energie. Světelná účinnost se používá k energetickému porovnání různých druhů zdrojů světla.
  - Jednotkou je (lm/W).

Zajímavosti

Zářivka je induktivního charakteru, za to LED je odporového charakteru, proto v zapojení nemusí být umístěn kondenzátor, který by odstraňoval rušivé vlivy.

Obr. 7 - Červené LED diody

Výhody

- ✓ Dlouhá životnost až 50 000 hodin
- ✓ Vysoká energetická účinnost
- ✓ Žádné IR nebo UV záření
- ✓ Malá velikost
- ✓ Nízké požadavky na napětí a proud
- ✓ Odolnost vůči nárazům
- ✓ Jednoduchá regulace osvětlení
- ✓ Časté zapínání a vypínání neovlivňuje životnost
- ✓ Větší bezpečnost oproti zářivkám (neobsahují rtuť)

Zápory

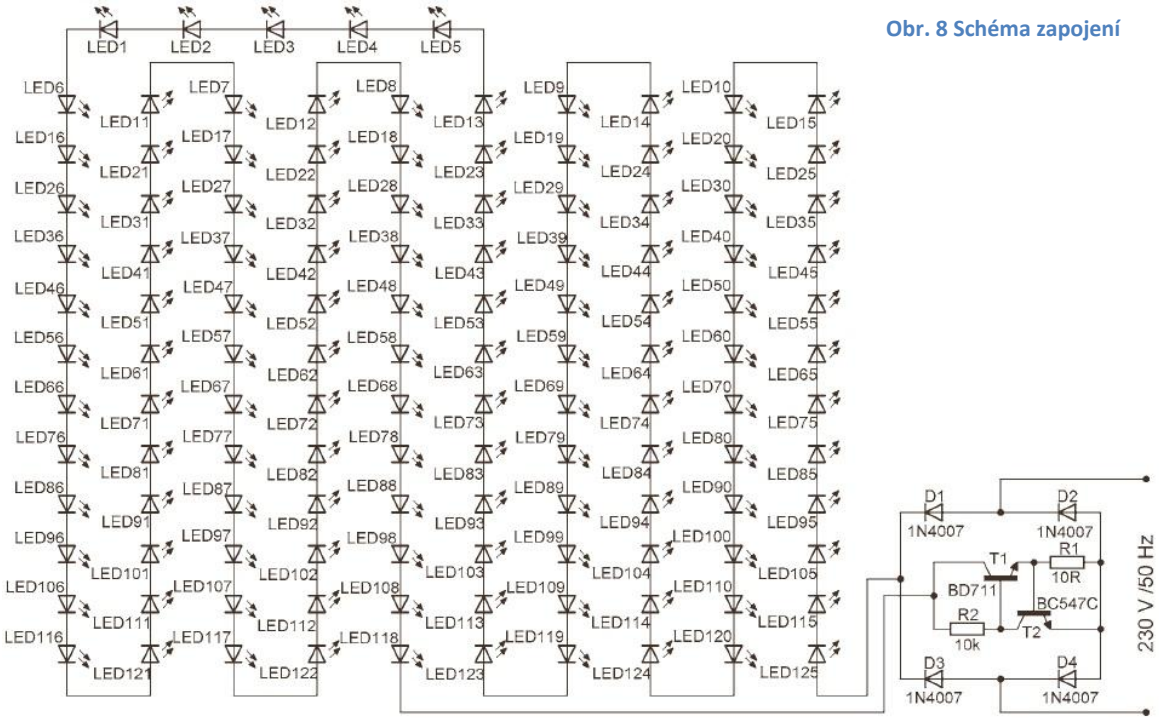
- Hlavní a skoro jediná nevýhoda je pořizovací cena LED žárovek. Ovšem její živostnost je mnohonásobně větší z čehož vyplívá, že se nám časem investice do LED žárovky vrátí.
- Malý vyzařovací úhel

3. Praktická část

Napájení osvětlovacích LED se v zásadě neliší od napájení běžných LED. Napětí „kolena“ na voltampérové charakteristice se ale mění i podle teploty a tak není vhodné napájet LED ze zdroje napětí, neboť i malá změna napětí nebo teploty vyvolá velkou změnu napájecího proudu. Jelikož nejsou běžně dostupné miniaturní spínané zdroje, které by přizpůsobily vysoké síťové napětí nízkému napájecímu napětí LED, a zároveň se vešli do těla žárovky, byl zvolen dlouhý řetězec sériově zapojených LED s tranzistorovým omezovačem proudu. Počet diod je dán úbytkem napětí (pro bílou LED 3,5 V) [1].

3.1. Popis zapojení

Pro naše účely jsme použili 2x zapojení [5] dle schématu na obrázku 6. Síťové napájení 230V je usměrněno čtyřmi diodami D1 až D4. Usměrněné napětí je přivedeno na sériový řetězec diod LED 1 až LED 125 (v našem případě až LED 85). Aby se proud tekoucí LED diodami neměnil při kolísajícím napájení, je do série zapojen stabilizátor proudu. Ten je tvořen tranzistorem T1, buzeným přes rezistor R2. Rezistorem R1 protéká stejný proud, jako teče LED diodami. Jakmile úbytek na tomto rezistoru přesáhne přibližně 600 mV, otevře se tranzistor T2 a zmenší budící proud tranzistoru T1. Tím se omezí proud tekoucí LED na bezpečnou úroveň. Změnou odporu R1 lze tak snadno nastavit proud procházející LED.



Obr. 8 Schéma zapojení

3.2 Výběr krabičky

Pro naše světlo jsme zvolili krabičku z nouzového světla firmy Trevos HELIOS 108 NM1h. Kompletní, funkční, nouzové zářivkové svítidlo 8W stojí 720 Kč.

Obr. 9 - Krabička

3.3 Výroba

Plošný spoj byl navrhnut s ohledem na umístění na stěnu a použitou krabičku. Navrhnut byl v programu Eagle a následně nažehlovací metodou přenesen na DPS. Plošný spoj obsahuje dvě samostatné LED světla. Osazení bylo provedeno klasickými součástkami, které se dají běžně sehnat v obchodu. Jako LED byl použit typ L-53SWC-G*G – 14000 mcd/20mA, Ø 5mm (viz příloha č. I.). Jedná se o LED s tzv. „studeným světlem“ o hodnotě 5 000 K. LED diody na krajích jsme ohnuli, abychom zvýšili vyzařovací úhel celého světelného tělesa.

3.4 Měření

Měření probíhalo na chodbě na odloučeném pracovišti Dlouhá 190 ráno v 7 hod, když ještě byla tma. Měření jsme prováděli měřicím přístrojem Luxmetr PU 150 a ampérmetrem C.A 5001.

Parametry		
	Zářivka	***LED světlo***
Výkon (W)	36	8,3
Napětí (V)	230	230
Proud (A)	0,4	0,036
Intenzita osvětlení (lx)	Až 60 (Ø 46)	Až 120 (Ø 51)
Spotřebovaná el. energie (Wh)	92	8,3
Wh/7 hod)*	644	58
kWh (školní rok)	149,4	13,46
Pořizovací cena (Kč)	450	1150
Pořizovací cena pro 460 světel (Kč)	207 000	529 000
Cena za energie za rok	822 Kč	74 Kč
Cena za energie za rok pro 460 světel	377 998	34 100
Počet světel na naší škole cca	460	

* Svítí se jen přes den

3.5 Výpočet

Pro jedno světlo v naší škole

Intenzita světla zářivka v průměru:

$$\frac{30 + 55 + 60 + 40}{4} = 46lx$$

Intenzita světla led v průměru:

$$\frac{20 + 120 + 45 + 21}{4} = 51lx$$

Výpočet Lumenů Zářivky:
$46 * 12{,}6 = 582lm$

Výpočet Lumenů LED:
$51 * 12{,}6 = 648lm$

$4PI = 12{,}6\ Steradiánu$

Spotřebovaná elektrická energie zářivky:

$W = 230 * 0{,}4 * 1 = 92W$

Spotřebovaná elektrická energie LED:

$W = 230 * 0{,}036 * 1 = 8{,}3W$

kWh LED za školní rok:

$8{,}3 * 7 * 232 = 13{,}4792\ kWh$

(pracovní dny = 232)

kWh zářivky za školní rok:

$92 * 7 * 232 = 149{,}408\ kWh$

(pracovní dny = 232)

Cena za energie za rok LED:

$13{,}4792 * 5{,}50 = 74k\check{c}$

Cena za energie za rok zářivky:

$149{,}408 * 5{,}50 = 822\ k\check{c}$

Výdělek za rok:

$822 - 74 = 748\ k\check{c}$

Pro pokrytí celé školy LED světly

kWh LED za školní rok:

$8{,}3 * 7 * 232 * 460 = 6200\ \ kWh$

(pracovní dny = 232)

kWh zářivky za školní rok:

$92 * 7 * 232 * 460 = 68\ 727\ kWh$

(pracovní dny = 232)

Cena za energie za rok LED:

$6200 * 5{,}50 = 34\ 100k\check{c}$

Cena za energie za rok zářivky:

$68\ 727 * 5{,}50 = 377\ 998k\check{c}$

Výdělek za rok:

$377\ 998 - 34\ 100 = 343\ 898K\check{c}$

Při ceně 1 kWh 5,50 Kč.

3.6 Emise

Normové množství znečišťujících látek v kg/MWh						
Typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	Elektřina systémová	Kotel HU pevný	kotel HU mostecké
Tuhé látky	(kg/MWh)	0,002	3,339032	0,09253571	2,539286	2,01071429
SO2	(kg/MWh)	0,001	0,267121	1,74777143	4,792857	4,30357143
NOx	(kg/MWh)	0,168	0,801368	1,48463571	0,610714	0,60714286
CO	(kg/MWh)	0,034	0,267121	0,14035714	9,157143	9,15714286
CxHy	(kg/MWh)	198,429	0,237739	0,13928571	2,035714	1,80357143
CO2	(kg/MWh)	198,4	0	1160,71429	357,1429	357,142857

Pro jedno světlo v naší škole

Množství znečišťujích látek přepočtené na množství energie kg						
Typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	Elektřina systémová	Kotel HU pevný	kotel HU mostecké
Tuhé látky	kg	0,000	0,4674645	0,012955	0,3555	0,2815
SO2	kg	0,000	0,037397	0,244688	0,671	0,6025
NOx	kg	0,024	0,1121915	0,207849	0,0855	0,085
CO	kg	0,005	0,037397	0,01965	1,282	1,282
CxHy	kg	27,780	0,0332835	0,0195	0,285	0,2525
CO2	kg	27,8	0	162,5	50	50

Pro pokrytí celé školy LED světly

Množství znečišťujích látek přepočtené na množství energie kg						
Typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	Elektřina systémová	Kotel HU pevný	kotel HU mostecké
Tuhé látky	kg	0,131	208,78968	5,78625821	158,7815	125,729964
SO2	kg	0,063	16,7031029	109,288147	299,6974	269,102321
NOx	kg	10,509	50,1095321	92,8342712	38,18796	37,9646429
CO	kg	2,102	16,7031029	8,77653214	572,5961	572,596143
CxHy	kg	12 407,739	14,8658375	8,70953571	127,2932	112,777321
CO2	kg	12 407,7	0	72579,4643	22332,14	22332,1429

3.7 Závěr

Smůla se nám lepila na paty hned od samého začátku a tak jsme nemohli provést všechna měření, která jsme měli naplánovaná. V první řadě nám práci komplikovali dodavatelé součástek. První dodavatel po objednání součástek zrušil svou provozovnu. A tak jsme se obrátili na druhého dodavatele. Byl sice dražší, ale slíbil, že součástky dodá. Největší problém byl s tak velkým množstvím LED diod. Ty nám dodal týden před odevzdáním práce. Naštěstí vše fungovalo na první zapojení a tak se mohlo měřit. Bohužel jsme si neuvědomili, že LED diody i zářivky mají mnohem užší vyzařovací spektrum a tak naměřené hodnoty nemusejí být relevantní. Sehnali jsme nový luxmetr, ale ten nám bude zapůjčen až v době odevzdání naší práce. A tak jsme si nemohli naměřené hodnoty ověřit.

Ale i tak jsme přesvědčeni, že svítidla s LED mají na trhu své místo a budou časem ještě „zelenější“ než zářivky – neobsahují rtuť a jejich svit se jistě ještě zvýší.

4. Závěr práce

LED světla zažívají velký rozmach a čím dál tím víc nahrazují klasické doposud používané světelné zdroje. Dokáže ale LED světla plně nahradit své předchůdce? Jako bodový zdroj světla je bezkonkurenční, ale pro běžné použití ještě pokulhává. Pro osvícení obývacího pokoje, či chodby je vyzařovací úhel LED světel příliš malý. Vynahrazuje se to množstvím – např. LED páskami.

V našem případě jsme skutečně došli k tomu, že vyzařovací úhel byl natolik malý, že jsme celé světlo nakonec směřovali do stropu (viz příloha č. II), aby osvětloval co největší plochu chodby a zároveň neoslňovalo. V podstatě stejně jako to je řešené u vlakového nádraží v Hradci Králové (viz příloha č. III).

Vzhledem k zcela odlišným konstrukčním parametrům, nelze LED žárovky přímo porovnávat s klasickými vláknovými. LED dioda je obecně více bodová a nerozptyluje světlo jako klasická žárovka. Otázka svítivosti je dána subjektivním vnímáním jednotlivce a konkrétní aplikaci osvětlení (umístění, účel osvětlení apod...).

Subjektivně dávalo LED osvětlení více světla než zářivka.

Po naměřených hodnotách jsme provedly výpočty, z kterých vyplynulo, že každý rok ušetříme748 Kč. Návratnost investice byla tedy už po 18 měsících provozu.

5. Seznam použité literatury

[1] ULRICH, Daniel. *LEDky*. třetí vydání. Hradec Králové, 2011. 5 s. Dostupné z WWW: http://vyuka.hradebni.cz.

[2] *Kupzarovky.cz* [online]. [cit. 2011-02-10]. Jakou vybrat úsporku místo stávající žárovky. Dostupné z WWW: http://www.kupzarovky.cz/jakou-vybrat-usporku-misto-stavajici-zarovky-ez-1.html.

[3] *Deramax.cz : elektronika pro dům a zahradu* [online]. 0 [cit. 2011-02-10]. LED žárovky. Dostupné z WWW: http://www.deramax.cz/led-zarovky/t-117/.

[4] LED žárovky. *Ledkové žárovky* [online]. **2011** [cit. 2011-02-10]. Dostupné z WWW: http://www.ledkovezarovky.cz/ .

[5] BUDINSKÝ, Zdeněk. *Praktická elektronika A Radio : LED žárovka na 230 V*. Praha : AMARO, 2/2009. str. 22-24.

[6] BELZA, Jaroslav. *Praktická elektronika A Radio : Osvětlení s LED na 230 V*. Praha : AMARO, 5/2009. str. 20-21.

[7] L-E-D.cz. *Hodně světla za málo peněz* [online]. **2012** [cit. 2012-01-14]. Dostupné z WWW: http://www.led-zarovky-svetla.cz/ .

[8] HUBEŇÁK, Josef. Superjasné LED. [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z WWW: http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_11/11_13_Hubenak.html

[9] Wikipedia. [online]. 11.12.2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zářivka

[10] Wikipedia. [online]. 11.12.2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Žárovka

[11] Veličiny pro měření světla. PIHAN, Roman. Fotografování.cz [online]. 15.2.2007 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1p_01_photometry.html

[12] SPATA, Roman. Led diody místo žárovek. In: Tzb-info.cz [online]. 22.3.2008 [cit. 2012-01-14]. Dostupné z: http://forum.tzb-info.cz/106683-led-diody-misto-zarovek/vsechny-prispevky

6. Seznam příloh

Příloha č. I : Katalogový list LED diod

Příloha č. II : Fotografie chodby s LED světlem

Příloha č. III: Fotografie veřejného osvětlení před nádražím v Hradci Králové

Příloha č. IV: Detail LED světla