



KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

---

## VÝZKUMNÁ ZPRÁVA K OVĚŘENÉ TECHNOLOGII

### **Energeticky úsporného polovodičového systému veřejného osvětlení**

---

Autor: doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D

Číslo projektu: KKS-VZ\_LEFIT-19-10-2012

Číslo výsledku: KKS-LEFIT-19-11-2012

Odpovědný pracovník: doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.

Vedoucí katedry: doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.

Děkan: doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.

Uživatel technologie: Josef Stezka, Lefit Ústí, s.r.o., Ústí nad Labem

---

PLZEŇ, LISTOPAD 2012

**Název anglicky:**

Energy-efficient semiconductor lighting system

**Název česky:**

Energeticky úsporný polovodičový systém veřejného osvětlení

**Anotace anglicky:**

Content of this research study new technology called "Energy-efficient semiconductor lighting system" is a description, identification and design of lighting spaces with minimal power consumption while maintaining health standards for light intensity. This proposal has been prepared for use in real-world conditions, where it is important to compliance, resistance to vandalism, ease of installation and the area of profitability in the economic field.

**Anotace česky:**

Obsahem výzkumné zprávy ověřené technologie s názvem „Energeticky úsporného polovodičového systému veřejného osvětlení“ je popis, určení a návrh osvětlení prostor s minimálními nároky na spotřebu elektrické energie se zachováním hygienických norem pro intenzitu osvětlení. Tento návrh je zpracován pro nasazení do reálných podmínek, kde je důležité dodržení předpisů, odolnosti proti vandalismu, jednoduchosti montáže i oblast rentability v ekonomické oblasti.

**Klíčová slova anglicky:**

lighting; LED; electrical energy

**Klíčová slova česky:**

osvětlení; LED; elektrická energie

**Interní identifikační kód přidělený tvůrcem:**

KKS-LEFIT-19-11-2012

Obsah zkrácené verze:

1. Úvod
2. Zpracování
3. Nabíjení akumulátorů přes FV panely
4. Energetické hodnocení
5. Rozvaha centralizovaného FV zdroje pro napájení více LED osvětlení
6. Ekonomický rozpočet
7. Závěr
8. Dodatkové přílohy

## **1. Úvod**

Cílem návrhu technologie s názvem „Energeticky úsporného polovodičového systému veřejného osvětlení“ je popis, určení a návrh osvětlení prostor s minimálními nároky na spotřebu elektrické energie se zachováním hygienických norem pro intenzitu osvětlení. Tento návrh je zpracován pro nasazení do reálných podmínek, kde je důležité dodržení předpisů, odolnosti proti vandalismu, jednoduchosti montáže i oblast rentability v ekonomické oblasti.

## **2. Zpracování**

Tato technologie je rozdělena na několik oddílů, kde jsou uvedeny a zpracovány informace o možnostech realizačních návrhů a variant komplexního řešení pro napájecí hladinu napětí 12V stejnosměrných. Rešeršní část obsahuje informace na trhu již dostupných možných zařízeních podobných vlastností. Dále je uvedena návrhová část, která je rozdělena na oddíl FV panely, oddíl využitelných druhů akumulátorů i oddíl návrh ostrovní FV elektrárny.

Část modelového řešení celého zařízení bude zpracována až po dodání konkretizovaných podkladů.

Prvotně je důležité podrobit toto téma rešerši pro zjištění dostupných a komerčně prodávaných zařízení. Dále provést rešerši FV panelů pro jejich energetický zisk, rozměry a cenu, vytvořit přesný popis využitelných druhů akumulátorům, provést základní teoretický i realizovatelný výpočet energetických hodnot se započtením ztrát v nabíjecím, vybíjecím cyklu a uvažování ztrát při „dopravě“ elektrické energie na větší vzdálenost.

### 2.1 Rešerše dostupných zařízení

Na trhu jsou k dispozici varianty LED veřejného osvětlení a to na těchto příkladech:

**ENERGY SAVING PRODUCT**



<http://mkmont.cz/category/led-verejne-osvetleni>

[http://mkmont.cz/media/0/05\\_pdf/LED\\_vo\\_MK.pdf](http://mkmont.cz/media/0/05_pdf/LED_vo_MK.pdf)



<http://www.silekto.cz/solarni-elektrarny/solarni-systemy-pro-verejne-poulicni-osvetleni-62>



<http://eshop.sumenergo.cz/led-osvetleni/dilenska-a-poulicni/solarni-verejne-led-osvetleni-60w>



<http://led-verejne-osvetleni.cz/4-solarni-led-verejne-osvetleni>



<http://www.led-studio.cz/led-studio/eshop/14-1-Verejne-LED-osvetleni/0/5/115-LED-svitidlo-LED-VO-720LD-60W>



<http://www.1-led-zarovky.cz/317-led-verejne-osvetleni->

## 2.2 Rešerše dostupných a využitelných akumulátorů

Klasické řešení je využití trakčního nebo také staničního akumulátoru. Vzhledem k specifickým podmínkám je možnost výběru akumulátorových bloků určena přes kapacitu, počet nabíjecích cyklů nebo možnost pracovní polohy.

*Klasické Pb akumulátory:*



<http://www.mulac.cz/trakni-blokove-baterie-pzs/>

Baterie vhodná pro manipulační vozíky, čisticí stroje, invalidní vozíky, golfové vozíky atp. Oproti bateriím s mřížkovou kladnou elektrodou je cyklická životnost cca trojnásobná. Životnost v režimu trvalého dobíjení je až 20 let!

**TECHNICKÉ PARAMETRY:**

Napětí: 12V

Kapacita C2: 117Ah

Kapacita C5: 150Ah

Kapacita C20: 200Ah

Cyklická životnost: 1200 cyklů, 80% DOD

Rozměry (d/š/v mm): 510/222/225

Hmotnost: 42Kg

Cena: **14.156,- Kč** s DPH 20%

*TRAKČNÍ BATERIE YUCELL PG200-12, 200Ah, 12V, trakční (gelová) baterie*



<http://www.battery.cz/trakni-baterie-yucell-yucell-pg200-12-200ah-12v-trakni-gelova-baterie-v4776>

Jedná se o uzavřené olověné akumulátory v provedení VRLA. optimální životností udávanou v cyklech (pravidelné vybíjení do 0% kapacity = přibližně 400 - 500 cyklů), jsou určeny především pro následující aplikace: MOBILNÍ SYSTÉMY ŘÍZENÍ DOPRAVY, SEMAFORY, VÝSTRAŽNÉ ZNAČENÍ

kapacita Ah/10hod	200
napětí (V)	12
max. vybíjecí proud (A)	600
typ pólů	F14 - plochý konektor s očkem nebo zapuštěný závit
typ	trakční bezúdržbový akumulátor, technologie VRLA a GEL
stav	nabitý
délka (mm)	522
šířka (mm)	240
výška (mm)	220
přibližná hmotnost (kg)	60,7

Cena: **8.990,- Kč** s DPH 20%

#### *NiCd akumulátory:*

Využití těchto článků je především pro elektromobily. Příklad: 6 V / 100 Ah NiCd akumulátor (SAFT STM 100 MRE - vodou chlazený). Cena u dodavatele akumulátorů.

#### *LiFePO akumulátory:*

Jedna se o akumulátory buď skládané z článku (jako Pb nebo NiCd) a nebo přímo akubloky 12V které jsou nižších kapacit do 100Ah, případně možnost akubloku na „míru“ u dodavatele.

Lithium Yttrium - LiFePO<sub>4</sub>/LiFeYPO<sub>4</sub> akumulátor 3.2V 200Ah (článek)





<http://www.battery.cz/lithium-yttrium-gwl/power-lithium-yttrium-lifepo4/lifeypo4-akumulator-3-2v-200ah-v5799>

Životnost je udávána více jak 2000 cyklů (až 8000 cyklů). Použití je v rozmezí teplot  $-45^{\circ}\text{C}$  až  $+85^{\circ}\text{C}$ . Samovybíjecí efekt u těchto článků prakticky neexistuje a je možné je nabíjet v jakémkoliv stavu vybití (nemají paměťový efekt). Upozornění: tyto články potřebují k provozu regulační nabíječ a monitorovací jednotku. Bez těchto doplňujících zařízení může dojít k poškození článku.

#### VLASTNOSTI:

- Modelové označení: LFP200AHA
- Jmenovité napětí naprázdno (V): 3.2
- Kapacita (Ah): 20
- Pracovní napětí (V): max 4.0 min 2.8
- Minimální napětí (V): 2.5 po překročení hodnoty hrozí nevratné poškození
- Maximální napětí (V): 4.2 po překročení hodnoty hrozí nevratné poškození
- Doporučený vybíjecí proud (A):  $< 100$
- Maximální vybíjecí proud (A):  $< 600$
- Špičkový vybíjecí proud (A):  $< 4000$ , po dobu max. 5 sekund
- Doporučený nabíjecí proud (A):  $< 100$
- Maximální nabíjecí proud (A):  $< 600$ , s tepelnou kontrolou akumulátoru
- Maximální pracovní teplota ( $^{\circ}\text{C}$ ): 80
- Životnost (počet cyklů): více jak 2000

kapacita (Ah)	200
krátký kód	LFP200AHA
napětí (V)	3.2
typ	bezúdržbový
připraven k použití	ano
délka (mm)	326
šířka (mm)	56
výška (mm)	256
přibližná hmotnost (kg)	8.3 kg

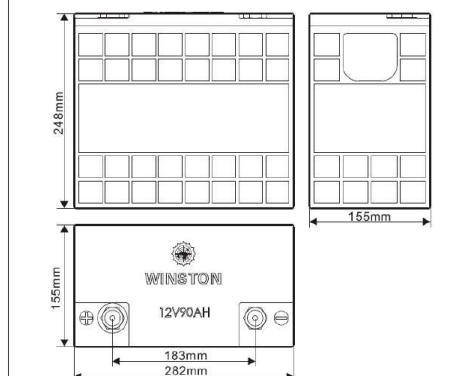
Cena: **8.939,- Kč** s DPH 20% za jeden článek cca za 12V \*4 = 35.756,-

## GWL/Power Lithium Battery 12V/90Ah (WB-LP12V90AH)



LP12V90AH+ (WB-LP12V90AH)

Model name	LP12V90AH+	Older product marking TS-LP12V90AH
Nominal voltage	12 V	Operating voltage under load is 12.0 V
Capacity	90 AH	+/- 5%
Operating voltage	max 16.0V - min 11.0V	At 80% DOD
Deep discharge voltage	10 V	The cells is damaged if voltage drops below this level
Maximal charge voltage	16 V	The cells is damaged if voltage exceeds this level
Optimal discharge current	< 45 A	0.5 C
Maximal discharge current	< 90 A	1 C, continuous for max 30 minutes from full charge
Max peak discharge current	< 1000 A	10 C, maximal 10 seconds in 1 minute
Optimal charge current	< 45 A	0.5 C
Maximal charge current	< 90 A	< 1 C with battery temperature monitoring
Maximal continuous operating temperature	80 °C	The battery temperature should not increase this level during charge and discharge
Dimensions	283 x 248 x 155	Millimeters (tolerance +/- 2 mm)
Weight	15 kg	Kilograms (tolerance +/- 150g)



<http://www.ev-power.eu/docs/GWL-LFP-Product-Spec-LP12V.pdf>

Další stránky prodejců LiFePO (hlavní dodavatel do ČR)

<http://www.ev-power.eu/>

[http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie\\_c590.html](http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie_c590.html)

## 2.2 Rešerše dostupných FV panelů

U FV panelů je nejdůležitější parametr „výťažnost“ elektrické energie pro tzv. 80% nasvícení, při větru a teplotě okolního vzduchu. Nominální hodnoty jsou od 1Wp do 300Wp. Energetická hodnota zisku strmě klesá se „zakrytím“ plochy FV panelu jakýmkoliv způsobem – nečistoty, zatažená obloha mraky, špatné směřování panelu apod.

FV panel SCHOTT Poly 217 Wp



<http://www.ev-power.eu/Solar-Panels/>

Data at normal operating cell temperature (NOCT)

Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum Air Mass 1.5, windspeed 1 m/s and ambient temperature 20°C

Nominal power [Wp] P<sub>mpp</sub> 156

Voltage at nominal power [V] U<sub>mpp</sub> 26.7

Open-circuit voltage [V] U<sub>oc</sub> 33.2

Short-circuit current [A] I<sub>sc</sub> 6.49 6

Temperature [°C] TNOCT 47.2

Rating tolerance for power output is ± 4 % and rating tolerance for all other parameters is ± 10 %.

Další stránky prodejců FV panelů (i výrobci v ČR)

<http://www.ev-power.eu/>

[http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie\\_c590.html](http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie_c590.html)

### 3. Nabíjení akumulátorů přes FV panely

Na trhu jsou již dostupné „regulátory“ jinak napsáno řízené nabíječky z FV panelů pro dané typy akumulátory, které mají možnost nastavení potřebných parametrů včetně časového spínače na „výdej“ energie z akumulátorů.

Možnost většího proudového vytížení pro nabíjení akumulátorů. GridFree je solární systém, který Vám umožní vyrábět energii nezávisle. Sada dva obsahuje solární panely. Výstupní napětí systému 12V s max odběrem proudu 45 A. Informace: tato sada je určena pro použití s baterií o napětí 12V. Maximální výkon regulátoru je 12V 45A, tj 540W. V konfiguraci se 12V baterií lze připojit pouze 2x panel 200Wp až 270Wp.



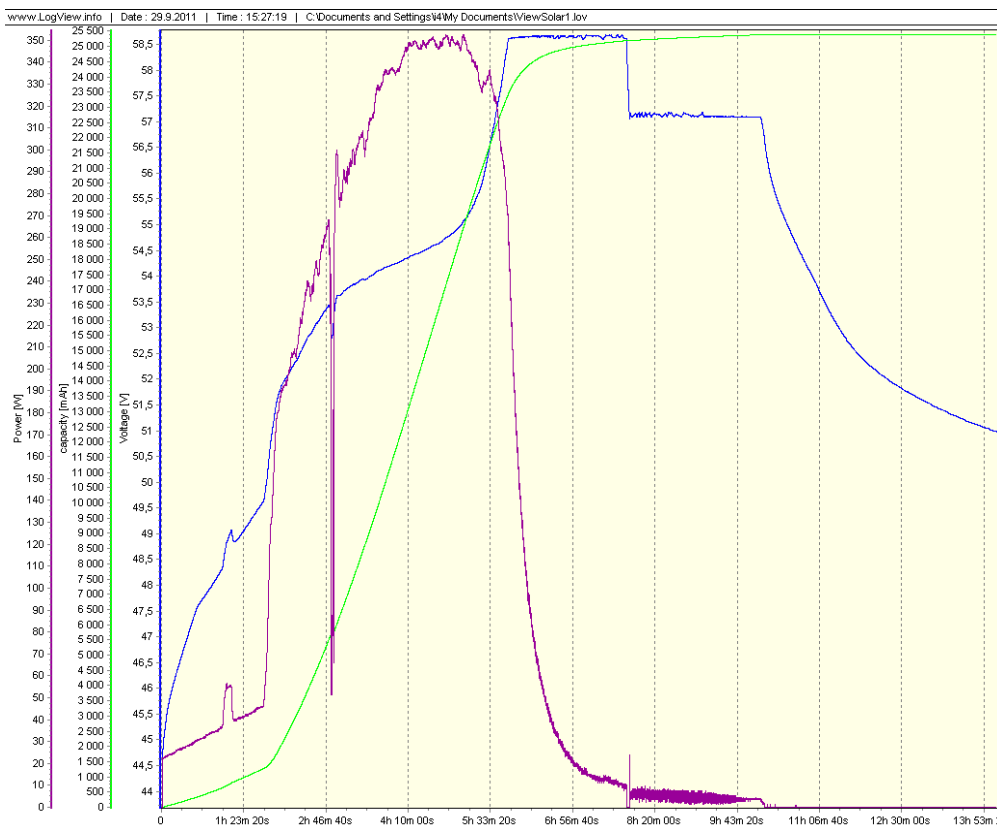
[http://www.i4wifi.cz/gridfree-sada-tracer-12v-45a-2x-panel-schott-poly-217wp\\_d2979.html](http://www.i4wifi.cz/gridfree-sada-tracer-12v-45a-2x-panel-schott-poly-217wp_d2979.html)

Další stránky prodejců FV panelů i regulátorů dobíjení akumulátorů (i výrobci v ČR)

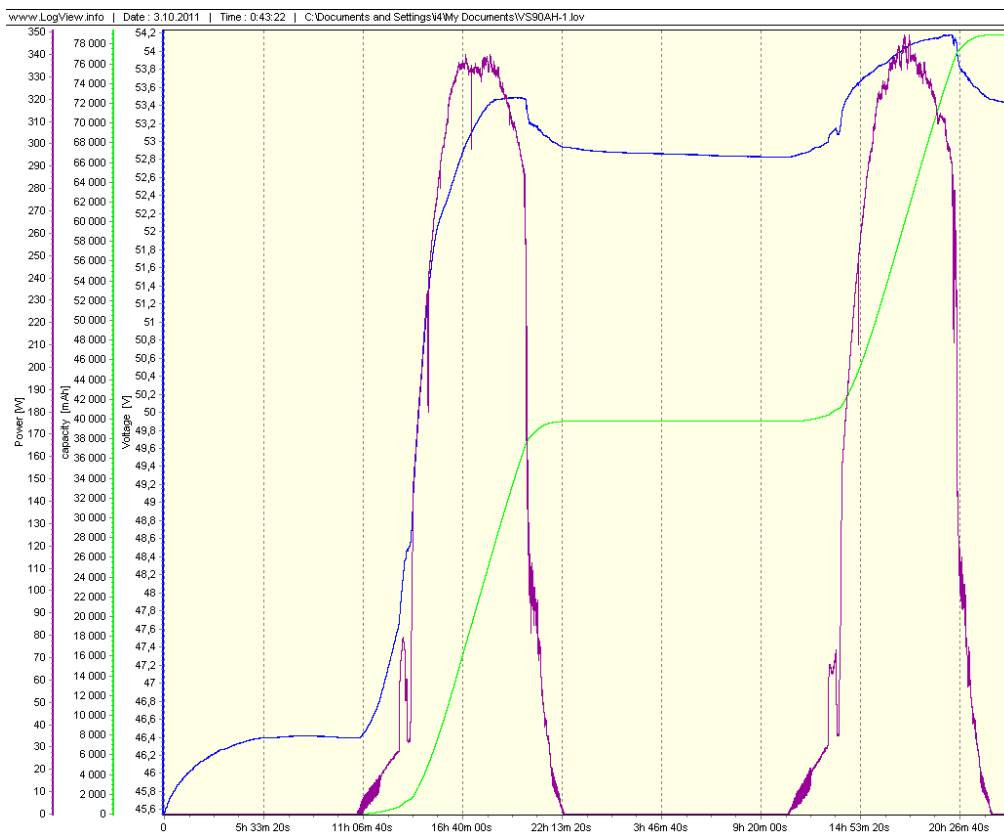
<http://www.ev-power.eu/>

[http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie\\_c590.html](http://www.i4wifi.cz/baterie-a-nabijeni-prumyslove-lfp-baterie_c590.html)

### Nabíjecí cyklus LiFePO z FV panelu – testovací režim:



Nabíjecí cyklus pro jeden den



Nabíjecí cyklus pro dva dny

## 4. Energetické hodnocení

Pro teoretický výpočet využitelnosti energie je uvažováno vše v ideální rovině, bez ztrát, optimum zisku energie apod.

### Délka svitu

Uvažováno LED svítidlo o výkonu 60W při 12V, z čehož je proudový odběr el. energie  
 $P=U*I \quad 60=12*I \dots I=5A$

Uvažovaný akumulátor 200Ah kde odběr činí 5A a za hodinu odpovídá 5Ah z čeho je ideální doba svitu - kapacita aku/odběr . . .  $200/5 = 40$  hodin svitu jednoho LED svítidla

Pro určení ztrát je kapacita počítána na 80% nominální kapacity 200Ah odpovídá reálnému zisku energie z aku . . .  $160Ah / 5A =$  odpovídá 32hodinám svitu jednoho LED svítidla.

**Odpovídající doba svitu je zhruba 30 hodin při plně nabitém akumulátoru a teplotě 20 až 25 °C.**

**S klesající teplotou klesá i kapacita akumulátoru a to pro cca 1 až 2 °C je kapacita zhruba poloviční cca 100Ah po započtení využitelnosti 80% energie z akumulátoru je kapacita 80Ah což odpovídá době svitu 16 hodin.**

### Doba dobíjení

Pro teoretický výpočet nabíjení akumulátoru je uveden optimální nabíjecí cyklus a to 8hodin plného svitu slunce a optimálního „zisku“ elektrické energie potom z jednoho FV panelu 217Wp je možné přes regulační zařízení získat nabíjecí proudy pro akumulátor cca do 20A při 12V.

Uvažováno 8 hodin nabíjení při 20A odpovídá zisku energie  $P=U*I \dots 12*20 = 240W$  a odpovídající proudová charakteristika  $8*20A = 160Ah$  pro 200Ah akumulátor cca 80% nabití

Letní provoz až 12 hodin, zimní cca do 6 hodin při uvažování 100% výtěžnosti FV panelu.

Účinnost nabíjení je cca opět 80% z čehož je plynoucí potřebná energie pro dobití na 100% nabíjet o 20% více.

**2 hodiny dobíjení =  $20*2 = 40Ah$  což odpovídá svitu LED svítidla 8hodin.**

**Vhledem k nutnosti nabití akumulátoru na 100% a z něj odebírat energii je nutnost pro sychravé zatažené počasí přiřadit externí nabíjecí zařízení z 220V na nominální napětí akumulátoru. Zvyšuje se tím životnost a počet nabíjecích cyklu. Hluboké podbití poškozují akumulátory.**

## 5. Rozvaha centralizovaného FV zdroje pro napájení více LED osvětlení

Rozpočet odpovídá potřebnému počtu LED osvětlení pro danou oblast a to v modelu 25 svítidel s rozvodem 12V.

### Model pro 25 LED osvětlení

25 kusů 60W LED osvětlení při 12V má odběr  $25 \cdot 5A = 125A$  přepočteno pře časovou jednotku na 125Ah.

Bateriový pack by měl proto mít nominální kapacitu na min 10 hodin svícení což odpovídá kapacitě 1250Ah s připočtenou rezervou 20% je celková potřebná kapacita cca 1500Ah.

Výhodou akumulátorů LiFePO je, že lze tyto akumulátory řadit jak sériově, tak i paralelně a to bez ztrát při nabíjení nebo vybíjení připojených článků.

Příklad 1000Ah aku GWL/Power WB-LYP1000AHC LiFeYPO4 (3.2V/1000Ah)

<http://www.ev-power.eu/Winston-400Ah-1000Ah/WB-LYP1000AHC-LiFeYPO4-3-2V-1000Ah.html>

Nabíjecí systém lze pak umístit na střechu nebo vyvýšené místo s cca počtem panelů min 4 se ziskem 217Wp a s možností nabíjecích proudů při plném zisku kolem 45A při 12V.

Další možností je ostrovní FV elektrárna s měničem na 230V a následný rozvod do nabíječek u jednotlivých akumulátoru svítidel. Nutnost započítat ztráty v transformaci a přenosu, včetně vyšší pořizovací ceny. Tento systém lze využít pro vyšší nároky spotřeby včetně využití el. energie institucemi.

Doplňující informace budou dopracovány dle dalších požadavků zadavatele.

## 6. Ekonomický rozpočet

V tomto projektu byla provedena cenová kalkulace z dostupných cen bez započtení slev nebo bonusů při větším odběru jednotlivých komponent pro jedno LED osvětlení s FV panelem a samostatným nabíjecím systémem (rozpočet je nutné upravit dle vybraných dodavatelů):

a) materiálové položky - elektro (bez slev, cena za odběr jednoho kusu)

- bateriové články LiFeYPO4 (4ks x 5.700,-)	22.800,- Kč s DPH
- terminálové konektory a propojovací kabely	3.800,- Kč s DPH
- FV panel s inteligentním regulátorem	7.140,- Kč s DPH
- LED svítidlo	6.860,- Kč s DPH

b) materiálové položky - držáky (odhad)

- držák osvětlení a FV panelu	8.704,- Kč s DPH
- bateriový box – spodní	9.800,- Kč s DPH

c) služby (odhad)

- profesionální montáž	15.000,- Kč s DPH
------------------------	-------------------

**Celkové náklady pro jedno svítidlo 74.104,- Kč s DPH.**

## 7. Závěr

Hlavním cílem tohoto projektu je určení možných kombinací jednotlivých prvků tak, aby byl splněn požadovaný cíl v samostatnosti světelného zdroje pro jeho účel – osvětlení veřejných prostor. Tento požadavek je pro celoroční bezúdržbový provoz s životností cca 15-20 let. Dle času životnosti odpovídá výběr komponent, především akumulátorového bloku. Celkový základní ekonomický výpočet je stanoven na dobu životnosti 20let s akumulátorem 200Ah moderní technologie LiFeYPO4. Pokračování v tomto projektu je pro zadání nových poznatků zadavatelem a zpracování víceokruhového systému nízkoenergetického osvětlení s možností využitelnosti dalších systémů.

V návazných zpracováních příkladových řešení jsou uvedeny konkrétní parametry a zpracování jednotlivých variant, které jsou rozděleny do jednotlivých technických zpráv pro tuto ověřenou technologii.

## 8. Dodatkové přílohy

Ekonomické parametry: Zvýšení užitné hodnoty výrobku o 50%, dle objednávky ze dne 19.10.2012, dle faktury č. 2115/129/12 s cenou 6840 Kč s DPH.

Technické parametry: Ověřená technologie energeticky úsporného polovodičového systému veřejného osvětlení pro firmu Lefit Ústí, s.r.o., Ústí nad Labem, IČO: 25487043, dle objednávky č. 1 zakázky 219052 ze dne 19.10.2012.

Vlastník: Lefit Ústí, s.r.o., Ústí nad Labem

Licence: Ano

Lokalizace: Lefit Ústí, s.r.o., Sebužínská 334, 40321 Ústí nad Labem

Kategorie dle nákladů: do 5 mil. Kč