

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

**Maximalizace využití energie z FVE pro
VO: Porovnání efektivity a návratnosti
investice při nahrazení sodíkových
výbojek LED svítidly**

2023

**BENJAMIN
SICHROVSKÝ**

**VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:
ING. TOMÁŠ VÁCHAL, PH.D.,
ARQUITECTO TÉCNICO**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

Benjamin Sichrovský

Poděkování

Děkuji tímto za cenné rady a připomínky, které mi při odborném vedení práce věnoval Ing. Tomáš Váchal, Ph.D., Arquitecto Técnico. Dále děkuji, že starosta dotčené obce Mgr. Libor Mojžíš zpracování této případové studie umožnil. Poděkování patří také pracovníkům a to především řediteli společnosti Dekprojekt s.r.o. - Ing. Ctiborovi Hůlkovi, za poskytnutí nejen potřebných podkladů a velkorysých podmínek ke zpracování, ale také spolupráci při samotném měření. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině – rodičům za dlouholetou podporu ve studiu a nejvíce pak manželce za její všestrannou pomoc a pochopení i v období zpracování této práce.

Obsah

Úvod	8
Cíle bakalářské práce	9
Základní termíny a pojmy	10
1 Rešerše typů osvětlení využívaných pro VO	13
1.1. Rtuťová výbojka	14
1.2. Kompaktní zářivky, lineární zářivky	14
1.3. Halogenidová výbojka	15
1.4. Vysokotlaká sodíková výbojka	15
1.5. Světelná dioda (LED)	16
1.6. Další druhy světelných zdrojů	16
2 Maximalizace využití energie z FVE pro VO	17
2.1 VO jen sodíkové výbojky	19
2.2 VO jen LED	20
2.3 VO kombinace „výbojky + LED“	21
3 Zásady pro dimenzování výkonu FVE	24
4 Vliv výměny sodíkových výbojek za LED	26
5 Úvaha nad návratností	39
6 Technologický postup výměny	41
Závěr	47
Zdroje a použitá literatura	49
Použité elektronické dokumenty	49
Seznam zkratk	51
Seznam obrázků, tabulek a příloh	52
Přílohy	53

Anotace

Maximalizace využití energie z FVE pro VO: Porovnání efektivity a návratnosti investice při nahrazení sodíkových výbojek LED svítidly

Autor práce se zabývá problematikou využití energie z fotovoltaické elektrárny realizované v rámci dotačního titulu „RES+ č. 3/2022“ [1] pro napájení veřejného osvětlení. Ve své práci porovnává především efektivitu a návratnost investice při nahrazení sodíkových výbojek LED svítidly, dále zpracovává související technologický postup výměny, včetně návrhu mechanizace. V přímé souvislosti předkládá také rešerši typů osvětlení využívaných v posledních dvaceti letech, nebo uvádí např. zásady pro dimenzování výkonu FVE a velikosti bateriového úložiště vzhledem ke spotřebě VO. Autor provádí také měření osvětlenosti stávající soustavou VO pomocí jasového analyzátoru v rámci případové studie propojení FVE + VO v obci Žernov, kde hodnotí různé faktory ovlivňující náklady a výkonnost obou typů osvětlení, jako jsou pořizovací náklady, životnost, účinnost a především energetická úspornost. Celkově poskytuje tato bakalářská práce analýzu potenciálu integrace fotovoltaiky a veřejného osvětlení a nabízí další pohled na budoucnost využívání obnovitelných zdrojů energie.

Klíčová slova:

veřejné (venkovní) osvětlení, LED svítidla, výbojky, jasový analyzátor, LumiDISP, fotovoltaika, obnovitelné zdroje, solární energie

Abstract

Maximising the use of PV energy for public lighting: Comparing the efficiency and return on investment of replacing sodium vapour lamps with LED luminaires

The author of the thesis deals with the issue of using the energy from the photovoltaic power plant, which was implemented under the subsidy title "RES+ No. 3/2022" [1] for the power supply of public lighting. In his work, he mainly compares the efficiency and return on investment of replacing sodium vapour lamps with LED lamps, but also elaborates on the related technological procedure of replacement, including the design of mechanisation. In a more direct context, he also gives an overview of the types of lighting used over the last 20 years or, for example, the principles for sizing PV power and the size of battery storage in relation to the consumption of the public lighting. As part of the assessment, the author also measures the illuminance by the existing public lighting system using a brightness analyser in the context of a case study of a PV+PL interconnection in the municipality of Žernov, and further evaluates various factors that influence the cost and performance of both types of lighting, such as initial cost, lifetime, efficiency and, most importantly, energy efficiency. Overall, this bachelor thesis provides an analysis of the potential of integrating PV and public lighting and offers further insight into the future of renewable energy use.

Keywords:

public (outdoor) lighting, LED lamps, discharge lamps, brightness analyzer, LumiDISP, photovoltaics, renewable energy, solar energy

Úvod

Jak název napovídá, zaměřím se v této bakalářské práci na téma maximalizace využití energie z fotovoltaické elektrárny (dále FVE) pro napájení veřejného osvětlení (dále VO) a na porovnání efektivity a návratnosti investice při nahrazení sodíkových výbojek LED (light-emitting diode) svítidly. Hlavním cílem této práce je prozkoumat, jaký je potenciál využití energie z FVE, v oblasti VO v případové studii. V souvislosti s tématem je zpracována nejdříve rešerše typů osvětlení využívaných v posledních 20 letech, uvádím také zásady pro dimenzování výkonu FVE a velikosti bateriového úložiště vzhledem ke spotřebě VO, nebo např. technologický postup výměny. Dále se v práci zaměřuji především na srovnání nákladů a úspor při nahrazení stávajících sodíkových výbojek modernějšími a úspornějšími LED svítidly na konkrétním realizovaném příkladu propojení FVE a VO v obci Žernov, která se nachází na severovýchodě Čech v okrese Náchod, nedaleko např. známějšího Ratibořického Babiččina údolí. V rámci práce bude mmj. změřen pomocí jasového analyzátoru jas povrchu PK, který je výsledkem osvětlenosti povrchu PK stávající soustavou VO a dále budou zhodnoceny různé faktory ovlivňující náklady a výkonnost obou typů osvětlení, jako jsou pořizovací náklady, životnost, účinnost a především energetická úspornost. Celkově tato bakalářská práce poskytne analýzu potenciálu integrace FVE a VO a nabídne další pohled na budoucnost využívání obnovitelných zdrojů energie.

Cíle bakalářské práce

Tato práce má za cíl zhodnocení rentability využití energie z FVE pro napájení VO především při nahrazení sodíkových výbojek LED svítidly v případové studii obce Žernov. Vedlejším cílem je pak výpočet a zobecnění výpočtu doby návratnosti pro FVE a realizaci výměny světelného zdroje VO jako takového.

V průběhu zpracování mé práce usiluji o poskytnutí rozvahy pro obec Žernov s účelem pomoci jejímu rozhodnutí k nejvýhodnější variantě investice. Nejde tedy o poskytnutí komplexního rozboru propojení FVE a VO. Rozvahu podporuji především předložením jasného a srozumitelného výstupu, který se vztahuje k této konkrétní realizaci.

Základní termíny a pojmy

Veřejné osvětlení je klíčovou součástí každého města, jemuž zajišťuje v nočních hodinách bezpečnost a pohodlí, přičemž zlepšuje také estetický dojem. Je ovšem důležité, aby bylo navrženo správně, dle platných zákonů, právních předpisů a nejlépe také doporučených norem citovaných i v této práci. Nevhodný návrh může mít mnohdy horší dopad na bezpečnost účastníků provozu na PK, než když by osvětlení nebylo téměř žádné a kromě toho může také narušovat psychické pohodlí občanů obce svými rušivými vlastnostmi. Pro popis a porovnání VO je proto důležité znát několik základních termínů: světelný tok, jas, jasový analyzátor, osvětlenost, měrný výkon, životnost, teplota chromatičnosti, index podání barev, činitel využití, světelné místo, svítidlo a světelný zdroj.

Světelný tok je hlavním parametrem označujícím výkon světelného zdroje nebo svítidla. Odpovídá množství světla, které vyzařuje světelný zdroj. Udává se v lumenech (lm). Např. 70W vysokotlaká sodíková výbojka má světelný tok 6600 lm. [2]

Jas je změřená reakce lidského oka na světlo, které se odráží od pozorované plochy. Označuje se L a jednotkou je kandela na metr čtvereční (cd/m^2). Je to veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na PK určených pro motorovou dopravu. Požadované průměrné hodnoty se pohybují v rozmezí 0,3 až 2 cd/m^2 . [3]

Jasový analyzátor je dle normy [4] definován jako: „*digitální elektronické zařízení vybavené čočkou, odpovídajícím fotometrickým korekčním filtrem, snímačem tvořeným maticí detektoru (pixel) a kalibrované pro měření rozložení jasu ohraničené scény*“.

Osvětlenost (intenzita osvětlení) je naměřený světelný tok dopadající na osvětlovanou plochu. Udává se v luxech (lx). Osvětleností se hodnotí úroveň osvětlení především na komunikacích pro chodce či cyklisty. Požadované hodnoty se pohybují v rozmezí 2–50 lx. [2]

„Měrný výkon světelného zdroje udává účinnost přeměny elektrické energie na světlo. Je to tedy poměr světelného toku a elektrického příkonu a jednotkou je lumen na watt (lm/W). Měrný výkon je důležitý parametr pro porovnání účinnosti jednotlivých druhů světelných zdrojů. Např. 70W vysokotlaká sodíková výbojka má měrný výkon 92 lm/W.“ [2]

Životnost (doba života) je doba, po kterou světelný zdroj splňuje stanovené požadavky. Označuje se písmenem t a udává se v hodinách. Požadavky, na jejichž základě se posuzuje doba života zdroje, se dle [3]: „*vážou na pokles světelného toku v průběhu provozu*“, nebo dle [2]: „*souvisejí se samotnou funkčností světelného zdroje*“. Pro popis podílu výpadků zdrojů z celku (především LED) se používá tzv. střední doba života, po jejímž uplynutí zůstává funkčních ještě 50 % světelných zdrojů. Pro charakterizování poklesu světelného toku světelných zdrojů se používá tzv. efektivní doba života, což je doba, za kterou poklesne světelný tok o určitou hodnotu. Pro VO se obvykle používá 70–90 %. Pro popis LED svítidel se v praxi užívá označení doby života jako kombinace střední doby života a efektivní doby života, které se označují např. L70B50. [2]

Teplota chromatičnosti charakterizuje barvu vyzařovaného světla. Označuje se T_c , udává se v kelvinech (K) a rozděluje se do následujících skupin: teple bílý tón (méně než 3300 K), neutrálně bílý tón (3300–5300 K) a chladně bílý tón s modrým nádechem (nad 5300 K). Např. vysokotlaká sodíková výbojka má teplotu chromatičnosti cca 2000 K, naopak barva světla LED diod se může pohybovat v rozpětí od 2400 do cca 6000 K. [2]

„Index podání barev označuje schopnost věrně podat barvy. Označuje se Ra či CRI (Color Rendering Index) a udává se bezrozměrně na stupnici 0–100. Světelný zdroj s nulovým CRI neumožňuje rozlišovat barvy. Dokonalé podání barev (Ra = 100) zaručují teplotní světelné zdroje, např. Slunce.“ [2]

Činitel využití je dle [3]: „roven podílu světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu (např. plocha vozovky) a celkového toku vyzařovaného svítidlem.“ Popisuje skutečnost, že se světelný tok rozptyluje dle charakteristik svítidla do okolí a nejen na osvětlovaný povrch.

„Světelné místo (SM) je každý stavební prvek v osvětlovací soustavě vybavený jedním nebo více svítidly.“ [5]

Svítidlo je normou [6] definováno jako: „zařízení, které rozděljuje, filtruje nebo mění světlo vyzařované jedním nebo několika světelnými zdroji; a které obsahuje všechny díly nutné pro podepření, upevnění a ochranu světelných zdrojů a kromě světelných zdrojů samotných v případě potřeby i příslušenství obvodu včetně prostředků pro jejich připojení k elektrické síti.“

Světelný zdroj dle [3]: „slouží k přeměně elektrické energie na světelnou. Podle způsobu vzniku světla se elektrické světelné zdroje dělí na teplotní, výbojové a polovodičové (LED).“ Mezi jeho základní parametry patří především výše zmíněný světelný tok a dále měrný výkon, životnost, index podání barev, teplota chromatičnosti, nebo např. elektrický příkon.

1 Rešerše typů osvětlení využívaných pro VO

V posledních dvaceti letech se u nás technologie osvětlení radikálně mění. Vývoj zahrnuje nové typy světelných zdrojů, stejně tak jako inovativní způsoby ovládání. V následujících odstavcích se podíváme na nejpočetnější zástupce světelných zdrojů. Období jejich využití se až do současnosti překrývají a tedy tak jako se těžko určuje začátek využití jednotlivých zdrojů pro VO, tak také konec většiny z nich nelze jednoznačně určit, dohledat, ani předpovědět.

Tab. č. 1 Obvyklé parametry světelných zdrojů pro VO [2]

Světelný zdroj	Rtuťová výbojka	Zářivka	Halogenidová výbojka	Vysokotlaká sodíková výbojka	Světelná dioda
Měrný výkon [lm/W]	50	65–95	70–100	70–115	100–160
Doba života L70B50 [h]	20 000	20 000	20 000	24 000	až 70 000
Teplota chromatičnosti [K]	3500–4200	2700–6500	3000–4000	2000	2600–8500
Barevný tón [-]	Neutrálně bílá	Teple až chladně bílá	Teple až neutrálně bílá	Teple bílá	Teple až chladně bílá
Index podání barev [-]	50	80	80	25	70–80
Poznámka	Nedostupné od dubna 2015 dle nařízení č. 245/2009	Hodnoty pro typy s elektronickým předřadníkem	Některé typy dosahují i vyšších dob života a měrného výkonu	Některé typy dosahují i vyšších dob života a měrného výkonu	Údaje platné pro rok 2015

1.1. Rtuťová výbojka

Rtuťové výbojky jsou dle [2] jedním z prvních typů výbojek užívaných pro VO. Jejich světlo není příliš kvalitní, chybí v něm červená složka a index podání barev je tedy maximálně $R_a = 50$. Stejně tak měrný výkon je z dnešního pohledu nízký (cca 50 lm/W) a střední doba života pouze cca 20 000 hodin. Od dubna 2015 platí zákaz jejich umístování na trh EU. V České republice je jejich zastoupení ve VO velmi nízké (cca 4 %).

1.2. Kompaktní zářivky, lineární zářivky

Kompaktní zářivky a lineární zářivky fungují tak, že: *„průchodem proudu v parách rtuti při nízkém tlaku vyzařují v ultrafialové oblasti spektra a luminoforem naneseným v trubici transformují záření do viditelné oblasti.“* [2] Měrný výkon zářivek se pohybuje v rozmezí 65 – 95 lm/W max. 20 000 hodin při využití elektronického předřadníku. Zářivky mají obecně dobré podání barev - R_a až 80. Dále [2] uvádí, že: *„pro VO mají zářivky dvě zásadní omezení. Zaprvé, jejich světelný tok klesá při nižších teplotách a proto vzhledem k častějšímu provozu v zimních měsících nejsou zářivky vhodné pro osvětlení důležitých komunikací. Zadruhé, rozměry zářivek jsou oproti ostatním světelným zdrojům velké a tedy nevhodné pro přesnější optické směrování.“* Od roku 2017 platí v EU zákaz kompaktních zářivek pracujících s elektromagnetickým předřadníkem a ve VO v ČR jsou zářivky zastoupeny už jen cca 6 %.

1.3. Halogenidová výbojka

Halogenidové výbojky jsou podle [3]: „*vysokotlaké rtuťové výbojky, u nichž je světlo generováno nejen zářením par rtuti, ale převážně zářením par příměsí halových prvků a vzácných zemin.*“ Standardně mají měrný výkon okolo 100 lm/W, střední dobu života 12 000 h a velmi kvalitní podání barev ($R_a > 80$). Obecně poskytují věrnější vjem barev v porovnání s běžně používanými zdroji. [3] pokračuje: „*Při volbě halogenidových výbojek je třeba vzít v úvahu relativně nižší dobu života a vyšší cenu. Proto se halogenidové výbojky používají zejména k osvětlení městských částí se zvýšeným peším provozem (historická centra, nákupní třídy apod.) a pro osvětlení nebezpečných míst (přechody pro chodce, křižovatky apod.).*“

1.4. Vysokotlaká sodíková výbojka

„*Princip fungování vysokotlakých sodíkových výbojek je založen na výboji v parách sodíku a rtuti. Parametry vysokotlakých sodíkových výbojek jsou velmi příznivé pro použití ve VO.*“ [2] Je tomu tak především proto, že mají vysoké měrné výkony (70–115 lm/W), dlouhou střední dobu života (25 000 hodin i více) a vysokou spolehlivost. Na úkor své rentability poskytují, jak patrně z indexu podání barev ($R_a = 25$) velmi nekvalitní světlo. V České republice se k roku 2016 jednalo ve VO o převládající druh světelného zdroje (cca 85 %), aktuálnější údaj o jeho zastoupení ve VO vzhledem k překotným rekonstrukcím není prozatím k dispozici, dovoluji si však odhadnout současný podíl na cca 60 - 70 %. Obecně spotřebují více energie než LED svítidla a ponechávají se tak v současné době především v kombinaci s novými inteligentními řídicími systémy. Ty stále činí jejich rychlou, lehkou, stmívatelnost a nenákladnou vyměnitelnost jejich nespornou výhodou – záleží totiž pouze na příkonu elektrické energie a jejich ovládání je tedy v důsledku velmi úsporné.

1.5. Světelná dioda (LED)

LED osvětlení je jednoznačně trendem současné doby. Umožňuje širší možnosti designu, barvy světla, tedy také účelu a využití. Tyto světelné zdroje mají také řadu dalších výhod, včetně snadné regulace. V průběhu let se LED technologie zlepšila a výrazně se zvýšila její účinnost a životnost, např. podle [3]: „dosahují měrné výkony světelných diod až 150 lm/W při době života až 70 000 hodin a to při dobrém podání barev $R_a > 70$.“ Podmínkou je ovšem zajištění správných provozních teplot, což je často velmi obtížné, nebo je nutné navrhovat chladicí systémy, které celou investici prodražují. Díky své nízké spotřebě energie je však zatím považováno za ekologické a snižuje náklady na provoz.

Moderní LED svítidla mohou mít také [2]: „funkci konstantního světelného toku, kdy jsou světelné diody na počátku provozu napájeny nižším proudem a s narůstajícím počtem provozních hodin se proud postupně zvyšuje, aby kompenzoval úbytek světelného toku.“ To v důsledku znamená narůstající spotřebu. „Světelné diody v LED svítidle jsou obvykle sdruženy do modulů, které lze u některých výrobců vyměnit. Nicméně téměř 75 % poruch LED svítidel se týká předřadného zařízení, nikoliv samotných světelných diod.“ [2] Opravy těchto předřadných zařízení jsou pak ještě nákladnější. Návrh je otázkou především konkrétních typů modulů a okrajových podmínek.

1.6. Další druhy světelných zdrojů

Ve VO se objevují v menší míře také další druhy světelných zdrojů. V centrech měst můžeme vidět např. plynová historizující svítidla, na méně důležitých komunikacích se nacházejí nízkotlaké sodíkové výbojky, které se vyznačují relativně vysokým měrným výkonem, především pak ale nulovým indexem podání barev - vyzářují pouze jednobarevné oranžové světlo a proto jsou naprosto nevhodné pro širší využití ve VO. [2]

2 Maximalizace využití energie z FVE pro VO

Problematika maximalizace využití, neboli optimalizace, byla tématem již v minulosti, je zřejmé, že v současnosti zaměstnává stále více lidí a jistě bude také nadále jednou z velkých otázek budoucnosti. Jak bylo popsáno v úvodu práce, jedná se o případ, kdy byla FVE již realizována a propojena s VO a úkolem je proto především zhodnocení změny návratnosti této investice na základě výměny zdrojů (a tedy snížení příkonu) soustavy VO. V této kapitole dále přistupuji k problematice optimalizace v další malé oblasti a to využití energie z FVE pro VO.

Výpočty, které uvádím byly provedeny v MS Excel (verze 2023) na základě vstupních údajů uvedených na další straně (ceny bez DPH). Úvaha nad výpočtem probíhala následovně:

Slunce svítí na fotovoltaické panely v každém měsíci pod jiným úhlem a s jiným staticky uvažovaným zastíněním. Vzhledem ke zmíněným okolnostem a orientaci panelů uvažujeme tabulková procenta využití (účinnosti) vypsanych ve sloupci „výroba [% η]“. Současně s tím se mění délka denní a noční doby, tedy také využití energie pro VO. Čistá doba svícení VO (po odečtení poměrného snížení spotřeby vlivem regulace osvětlení v nejméně frekventovaných nočních hodinách) je tedy dle aktuálních požadavků obce uvedena ve 3. sloupci. Výroba FVE v daném měsíci je prostým součinem výkonu FVE, účinnosti a statisticky určenými 168 hodinami slunečního svitu splňující tabulkovou účinnost v dané lokalitě. Podobně spotřeba VO je součinem počtu svítidel s průměrným příkonem 1 svítidla, dobou svícení a počtu dní v měsíci – v jednotlivých měsících se tedy mění úměrně k době svícení. Přetoky jsou kladné hodnoty odečtu spotřeby VO od výroby FVE, tedy to, co již VO z vyrobené energie nespotebuje. Úspora VO je využitá energie z FVE pro VO, vynásobená cenou 1 kWh, kterou bychom za elektřinu pro VO zaplatili.

Úvaha v této části práce pro větší názornost nezahrnuje cenu investice do výměny zdrojů VO. Ukazuje závislost doby návratnosti pouze na příkonu zdrojů soustavy VO.

Vstupní údaje:

Aktuální počet svítidel v soustavě VO: 83 ks

Aktuální realizovaný výkon FVE: 4 950 Wp

Cena instalované FVE: 674 000 Kč

Získaná dotace na realizaci FVE+VO: 472 000 Kč

(v rámci dotačního titulu „RES+ č. 3/2022“ [1])

Splátky (Σ): 202 000 Kč

Cena elektřiny pro VO: 8 Kč/kWh

(neregulovaná složka 6 Kč, regulovaná složka 2 Kč)

Výkup přetoků FVE: 3 Kč/kWh

Soubor je vytvořený tak, aby bylo možné měnit buňky podbarvené žlutě, dle případných dalších změn aktuálního stavu. Případně je samozřejmě možné upravit celou tabulku, pro použití pro jiné konkrétní případy. Zelené položky jsou v tomto případě fixní, buď statisticky lokalitou (sloupec výroby FVE), nebo od obce požadovanými vlastnostmi (doba svícení VO).

2.1 VO jen sodíkové výbojky

V této podkapitole je pomocí tabulky a grafu z MS Excel (verze 2023) názorně ukázáno, jak je výpočtový soubor strukturován. Výpočty proběhly tak, jak bylo popsáno v úvodu kapitoly a přiložený graf vizuálně zobrazuje přetoky do sítě při aktuálním průměrném příkonu jednoho svítidla 70 W.

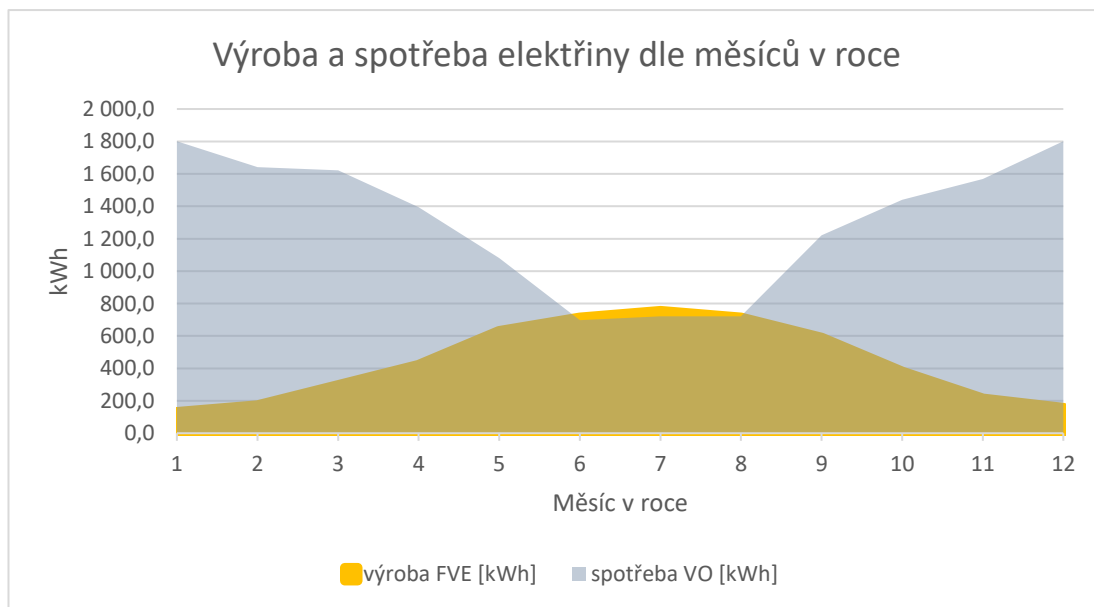
Tab. č. 2 Výstup z MS Excel – VO jen sodíkové výbojky

Počet svítidel:	83 ks	Cena:	674 000 Kč	Aktuálně:	Kč/kWh
Příkon 1 svítidla:	70 W	Dotace:	472 000 Kč	Cena kWh VO:	8
Výkon FVE:	4950 W	Splátky:	202 000 Kč	Výkup FVE:	3

měsíc	výroba [%1]	doba svícení VO [h]	výroba FVE [kWh]	spotřeba VO [kWh]	přetok [kWh]	úspora VO	výnos přetok
leden	15%	10	124,7	1 801,1	0,0	998 Kč	0 Kč
únor	20%	10	166,3	1 641,3	0,0	1 331 Kč	0 Kč
březen	35%	9	291,1	1 621,0	0,0	2 328 Kč	0 Kč
duben	50%	8	415,8	1 394,4	0,0	3 326 Kč	0 Kč
květen	75%	6	623,7	1 080,7	0,0	4 990 Kč	0 Kč
červen	85%	4	706,9	697,2	9,7	5 578 Kč	29 Kč
červenec	90%	4	748,4	720,4	28,0	5 764 Kč	84 Kč
srpen	85%	4	706,9	720,4	0,0	5 655 Kč	0 Kč
září	70%	7	582,1	1 220,1	0,0	4 657 Kč	0 Kč
říjen	45%	8	374,2	1 440,9	0,0	2 994 Kč	0 Kč
listopad	25%	9	207,9	1 568,7	0,0	1 663 Kč	0 Kč
prosinec	18%	10	149,7	1 801,1	0,0	1 198 Kč	0 Kč
Celkem:			5 097,7	15 707,3	37,7	40 480 Kč	113 Kč

Prostá návratnost:	5,0	let
---------------------------	------------	------------

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. č. 1 Výstup z MS Excel – VO jen sodíkové výbojky

Vyhodnocení kapitoly 2.1:

Jak je z grafu patrné, v letních měsících jsou minimální přetoky a výroba FVE tak vhodně pokrývá spotřebu aktuální soustavy VO.

2.2 VO jen LED

Tato část obdobně jako podkapitola 2.1 ukazuje přetoky pro variantu soustavy VO, ovšem s již vyměněnými zdroji při propojení s aktuální FVE s průměrným příkonem jednoho svítidla 18 W. Ukazuje nám tedy, jaký vliv na návratnost FVE má samotný nižší příkon, např. ve variantě až následného návrhu FVE.

Tab. č. 3 Výstup z MS Excel – VO jen LED

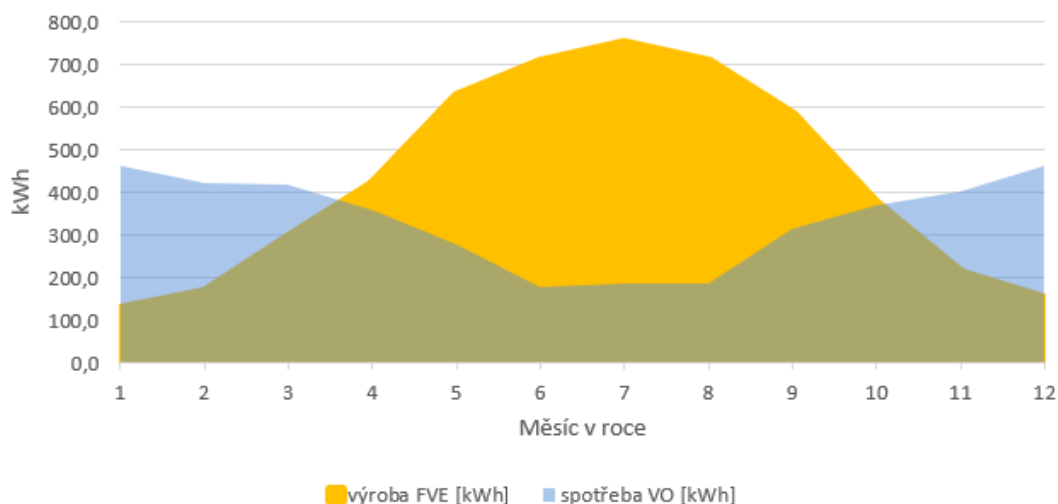
Počet svítidel:	83 ks	Cena:	674 000 Kč	Aktuálně:	Kč/kWh
Příkon 1 svítidla:	18 W	Dotace:	472 000 Kč	Cena kWh VO:	8
Výkon FVE:	4950 W	Splátky:	202 000 Kč	Výkup FVE:	3

měsíc	výroba [%/]	doba svícení VO [h]	výroba FVE [kWh]	spotřeba VO [kWh]	přetok [kWh]	úspora VO	výnos přetok
leden	15%	10	124,7	463,1	0,0	998 Kč	0 Kč
únor	20%	10	166,3	422,1	0,0	1 331 Kč	0 Kč
březen	35%	9	291,1	416,8	0,0	2 328 Kč	0 Kč
duben	50%	8	415,8	358,6	57,2	2 868 Kč	172 Kč
květen	75%	6	623,7	277,9	345,8	2 223 Kč	1 037 Kč
červen	85%	4	706,9	179,3	527,6	1 434 Kč	1 583 Kč
červenec	90%	4	748,4	185,3	563,2	1 482 Kč	1 690 Kč
srpen	85%	4	706,9	185,3	521,6	1 482 Kč	1 565 Kč
září	70%	7	582,1	313,7	268,4	2 510 Kč	805 Kč
říjen	45%	8	374,2	370,5	3,7	2 964 Kč	11 Kč
listopad	25%	9	207,9	403,4	0,0	1 663 Kč	0 Kč
prosinec	18%	10	149,7	463,1	0,0	1 198 Kč	0 Kč
Celkem:			5 097,7	4 039,0	2 287,5	22 482 Kč	6 863 Kč

Prostá návratnost	6,9	let
-------------------	-----	-----

Zdroj: vlastní zpracování

Výroba a spotřeba elektřiny dle měsíců v roce



Obr. č. 2 Výstup z MS Excel – VO jen LED

Vyhodnocení kapitoly 2.2:

Jak je z grafu patrné, v letních měsících jsou vidět naprosto nepřiměřené přetoky a výroba FVE je tak na tuto spotřebu nevhodně předimenzovaná.

2.3 VO kombinace „výbojky + LED“

Pokud bychom uvážili možnost výměny polovičního počtu zdrojů ještě před realizací FVE, byli bychom v podobné situaci jako v předchozím případě, ovšem s přibližným průměrným příkonem jednoho svítidla 44 W. Průměrný výkon je vypočítán dle poměru počtů svítidel 41:42, tedy cca 1:1, tedy $(70+18)/2 = \text{cca } 44 \text{ W}$.

Tab. č. 4 Výstup z MS Excel – VO: „výbojky + LED“

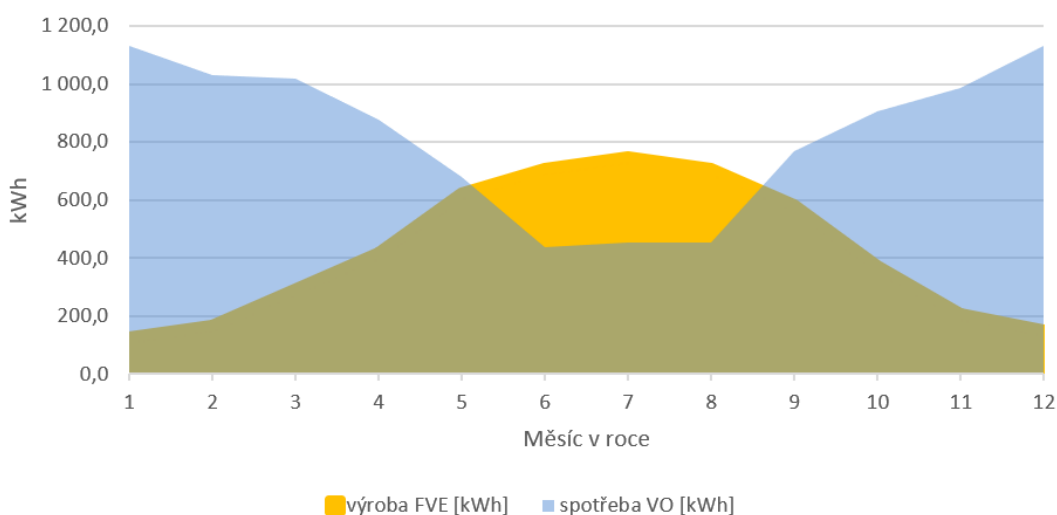
Počet svítidel:	83 ks	Cena:	674 000 Kč	Aktuálně:	Kč/kWh
Příkon 1 svítidla:	44 W	Dotace:	472 000 Kč	Cena kWh VO:	8
Výkon FVE:	4950 W	Splátky:	202 000 Kč	Výkup FVE:	3

měsíc	výroba [%/7]	doba svícení VO [h]	výroba FVE [kWh]	spotřeba VO [kWh]	přetok [kWh]	úspora VO	výnos přetok
leden	15%	10	124,7	1 132,1	0,0	998 Kč	0 Kč
únor	20%	10	166,3	1 031,7	0,0	1 331 Kč	0 Kč
březen	35%	9	291,1	1 018,9	0,0	2 328 Kč	0 Kč
duben	50%	8	415,8	876,5	0,0	3 326 Kč	0 Kč
květen	75%	6	623,7	679,3	0,0	4 990 Kč	0 Kč
červen	85%	4	706,9	438,2	268,6	3 506 Kč	806 Kč
červenec	90%	4	748,4	452,8	295,6	3 623 Kč	887 Kč
srpen	85%	4	706,9	452,8	254,0	3 623 Kč	762 Kč
září	70%	7	582,1	766,9	0,0	4 657 Kč	0 Kč
říjen	45%	8	374,2	905,7	0,0	2 994 Kč	0 Kč
listopad	25%	9	207,9	986,0	0,0	1 663 Kč	0 Kč
prosinec	18%	10	149,7	1 132,1	0,0	1 198 Kč	0 Kč
Celkem:			5 097,7	9 873,2	818,2	34 236 Kč	2 455 Kč

Prostá návratnost: 5,5 let

Zdroj: vlastní zpracování

Výroba a spotřeba elektřiny dle měsíců v roce



Obr. č. 3 Výstup z MS Excel – VO: „výbojky + LED“

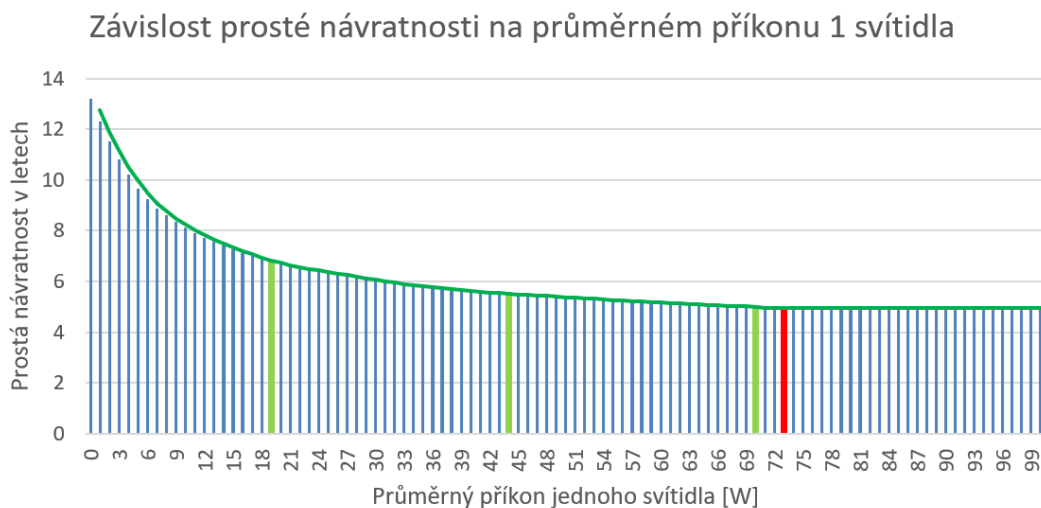
Vyhodnocení kapitoly 2.3:

Jak je i z posledního grafu patrné, jedná se o mezilehlou situaci, kdy v letních měsících stále pozorujeme vysoké přetoky, avšak už od května a až do poloviny srpna výroba FVE stále pokrývá celou spotřebu soustavy VO. Na době návratnosti se nám přetoky stále propisují a doba návratnosti je i v tomto případě vyšší, totiž 5,5 let.

Závěr kapitoly 2: „Maximalizace využití energie z FVE pro VO“

Z výstupů je patrné, že FVE byla správně dimenzována pro aktuální případ. Přetoky jsou téměř nulové a doba návratnosti je z těchto případů nejnižší a to pouhých 5 let.

V následujícím grafu jsem také vyjádřil závislost doby prosté návratnosti na příkonu svítidel. Hodnoty jsou odvozeny z přepočtů výše uvedené tabulky. Rozsah příkonu jsem pro lepší pochopení určil od 0 W do 100 W.



Obr. č. 4 Výstup z MS Excel – Závislost návratnosti na příkonu

Popsání grafu:

Případ s příkonem 0 W nám může posloužit jako ukázka návratnosti FVE, pokud by nebyla připojena k žádné spotřebě, veškerá vyrobená energie by šla přímo do sítě a jediný zisk by byl z prodeje přetoků. Dále se pohybujeme v zatím teoretických hodnotách velmi nízkých příkonů a přes zeleně vyznačené řešené případy, resp. dotčené hodnoty, pokračujeme až po nejdůležitější, červeně vyznačený bod teoretického minima doby návratnosti 4,95 let pro příkon průměrného svítidla 73 W. Od této hodnoty již doba návratnosti více neklesá, protože je dosaženo plného využití vyrobené energie z FVE pro VO, přetoky jsou nulové a FVE již nemůže větší spotřebu pokrýt. Graf je proložen křivkou pro lepší znázornění klesajícího trendu. Tento graf lze dále transformovat úpravou ostatních parametrů v tabulce a využít ho také reverzně, právě pro návrh FVE na daný příkon, který nemusí být nutně jen od zdrojů VO. Pro bližší pochopení se v kapitole 5 věnuji návratnosti podrobněji.

3 Zásady pro dimenzování výkonu FVE

Je zřejmé, že výkon FVE a velikost bateriového úložiště dimenzujeme především v závislosti na spotřebě VO.

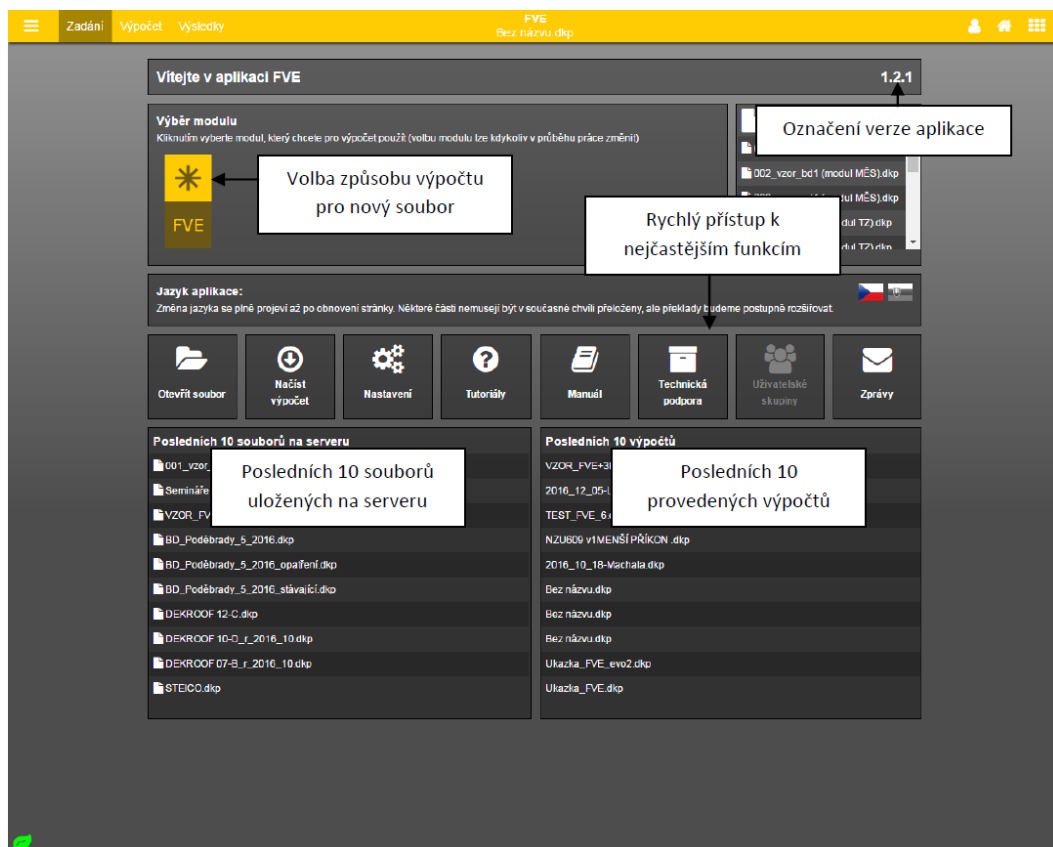
Navrhovaný výkon má v tomto případě zajistit především co nejnižší dobu návratnosti s ohledem na pořizovací náklady FVE a přiměřené přetoky vzhledem k nejvyšší produktivitě v průběhu letního období. Nejrentabilnější je FVE ve chvíli, kdy se výroba rovná spotřebě. Do té doby totiž „šetříme“, při současných cenách, za každou jednu vyrobenou kWh 8 Kč namísto 3 Kč (bez DPH).

Velkou změnu do těchto úvah přinesla nedávná energetická krize, která dle Ing. Petlacha [7] zrychlila vývoj legislativy okolo komunitní energetiky. Podle Ing. Petra Wolfa, přednášejícího ČKAIT na webináři o komunitní energetice [8], se tím pádem dá očekávat rozšíření možností sdílení energie. Dá se tedy předpokládat i navýšení spotřeby, kterou by mohla případná FVE pokrýt.

Kapacita baterie byla však v tomto případě navržena pouze na maximální spotřebu VO v průběhu noci, a to v měsících (jarních/podzimních), kdy se výroba rovná spotřebě VO. Jde tedy o průsečíky horizontálních linií na výše vyobrazených grafech, kde však můžeme vidět měsíční spotřebu a výrobu – baterie nám však stačí na 1,5násobek jednodenní spotřeby VO (statisticky pro případy, kdy se střídají slunné dny s ne-slunnými v poměru cca 2:1). A ještě jedna základní, velmi důležitá zásada je, že by se baterie měla pohybovat po prvním použití již stále mezi 10 - 90 % nabití, kvůli opotřebení a také samotné garanci výrobců, proto je vhodné její navrhovanou kapacitu ještě o cca 10 % navýšit.

Samotný návrh FVE je náročnou disciplínou. V tomto případě byl proveden v softwaru, který v následujících odstavcích ještě krátce představím:

Program „Fotovoltaika“ přístupný po zaplacení předplatného na webovém portálu deksoft.eu „je specializovaný nástroj pro výpočet produkované elektrické energie fotovoltaickým systémem. Program splňuje podmínky pro použití např. také pro dotační program Nová zelená úsporám.“ [9]



Obr. č. 5 Úvodní obrazovka programu [9]

„Program umožňuje provedení výpočtu v různých úrovních podrobnosti – zjednodušeným, nebo tzv. podrobným zadáním.“ [9]

4 Vliv výměny sodíkových výbojek za LED

Cílem této kapitoly je zhodnocení úvahy nad výměnou sodíkových výbojek za LED svítidla a její vliv na návratnost FVE systému. To je provedeno v následujících výpočtech (při současném zohlednění předpokládané investice) a dále je zobecněno na základě zavedení vzorců a parametrů v MS Excel (verze 2023).

V následujících dvou tabulkách uvádím porovnání stavů po připočtení investice, dle konkrétní nabídky od TELKABEL CR s.r.o. 1200 Kč/svítidlo. Při tomto započítání investice můžeme sledovat, že oproti kapitole 2 se návratnost FVE+VO systému jen ještě více prodlouží. Na druhou stranu v posledním sloupci tabulky pojmenovaném „výnos přetok“ je možné sledovat v navrhovaném stavu navýšení výnosů z přetoků, tzn. kolik obec utrží za přetoky do distribuční sítě v nejslunnějších dnech (jde o součin přetoku a ceny pro výkup FVE).

Tab. č. 5 Výstup z MS Excel – Aktuální stav

Počet svítidel:	83 ks	Cena:	674 000 Kč	Aktuálně:	Kč/kWh
Příkon 1 svítidla:	70 W	Dotace:	472 000 Kč	Cena kWh VO:	8
Výkon FVE:	4950 W	Splátky:	202 000 Kč	Výkup FVE:	3

měsíc	výroba [%7]	doba svícení VO [h]	výroba FVE [kWh]	spotřeba VO [kWh]	přetok [kWh]	úspora VO	výnos přetok
leden	15%	10	124,7	1 801,1	0,0	998 Kč	0 Kč
únor	20%	10	166,3	1 641,3	0,0	1 331 Kč	0 Kč
březen	35%	9	291,1	1 621,0	0,0	2 328 Kč	0 Kč
duben	50%	8	415,8	1 394,4	0,0	3 326 Kč	0 Kč
květen	75%	6	623,7	1 080,7	0,0	4 990 Kč	0 Kč
červen	85%	4	706,9	697,2	9,7	5 578 Kč	29 Kč
červenec	90%	4	748,4	720,4	28,0	5 764 Kč	84 Kč
srpen	85%	4	706,9	720,4	0,0	5 655 Kč	0 Kč
září	70%	7	582,1	1 220,1	0,0	4 657 Kč	0 Kč
říjen	45%	8	374,2	1 440,9	0,0	2 994 Kč	0 Kč
listopad	25%	9	207,9	1 568,7	0,0	1 663 Kč	0 Kč
prosinec	18%	10	149,7	1 801,1	0,0	1 198 Kč	0 Kč
Celkem:			5 097,7	15 707,3	37,7	40 480 Kč	113 Kč

Prostá návratnost:	5,0	let
--------------------	-----	-----

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. č. 6 Výstup z MS Excel – Navrhovaný stav

Počet svítidel:	83 ks	Cena:	773 600 Kč	Aktuálně:	Kč/kWh
Příkon 1 svítidla:	18 W	Dotace:	472 000 Kč	Cena kWh VO:	8
Výkon FVE:	4950 W	Splátky:	301 600 Kč	Výkup FVE:	3

měsíc	výroba [%/7]	doba svícení VO [h]	výroba FVE [kWh]	spotřeba VO [kWh]	přetok [kWh]	úspora VO	výnos přetok
leden	15%	10	124,7	463,1	0,0	998 Kč	0 Kč
únor	20%	10	166,3	422,1	0,0	1 331 Kč	0 Kč
březen	35%	9	291,1	416,8	0,0	2 328 Kč	0 Kč
duben	50%	8	415,8	358,6	57,2	2 868 Kč	172 Kč
květen	75%	6	623,7	277,9	345,8	2 223 Kč	1 037 Kč
červen	85%	4	706,9	179,3	527,6	1 434 Kč	1 583 Kč
červenec	90%	4	748,4	185,3	563,2	1 482 Kč	1 690 Kč
srpen	85%	4	706,9	185,3	521,6	1 482 Kč	1 565 Kč
září	70%	7	582,1	313,7	268,4	2 510 Kč	805 Kč
říjen	45%	8	374,2	370,5	3,7	2 964 Kč	11 Kč
listopad	25%	9	207,9	403,4	0,0	1 663 Kč	0 Kč
prosinec	18%	10	149,7	463,1	0,0	1 198 Kč	0 Kč
Celkem:			5 097,7	4 039,0	2 287,5	22 482 Kč	6 863 Kč

Prostá návratnost:	10,3 let
--------------------	----------

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je patrné již také z předchozích kapitol, kde jsou v aktuálním případě přetoky téměř nulové, byla současná FVE dimenzována právě na současný příkon svítidel a minimální přetoky. Pokud jde o celkovou návratnost investice při výměně zdrojů, mohla by se snižovat pouze pokud by se celkový příkon zvyšoval, stejně jako výkon FVE. V tomto případě je situace přesně opačná, proto se prostá návratnost prodloužila na 10,3 let (více než dvojnásobek).

Vzhledem k tomu, že v tuto chvíli zvažujeme výměnu zdrojů soustavy VO s využitím dotace [10], je nutné pro její přiznání splnit podmínky (tzv. „kritéria přijatelnosti“ - viz tabulka č. 7 na následující straně) a také předepsané normy pro osvětlení PK z rodiny ČSN EN 13 201. Touto problematikou se více zabývá např. Ing. Jiří Skála na webináři pro zástupce obcí z loňského roku [11]. Výměna zdrojů je vhodná také z hlediska odlišných světelně-technických parametrů. Těmi jsou např. index podání barev, který u vysokotlaké sodíkové výbojky umožňuje jen částečné podání barev ($R_a = 25$), zatímco světelné LED diody mají obvykle R_a v rozmezí 60–70. [2]

Tab. č. 7 MPO Efekt – Kritéria přijatelnosti [10]

Kritéria přijatelnosti	
Ministerstvo průmyslu a obchodu jako vyhlášovatel této výzvy stanovuje následující kritéria přijatelnosti žádosti o dotaci.:	
Typ kritéria	Vysvětlení
Úspora primární elektrické energie minimálně 30 %	Porovnává se spotřeba původní osvětlovací soustavy a nové soustavy, která ji nahradí (včetně nově doplněných světelných bodů).
Náhradní teplota chromatičnosti Tc musí být menší nebo rovna 2700 K.	Dokládá se katalogovým listem svítidla. Po realizaci se provádí měření Tc dle platné metodiky. Požadavek se netýká svítidel pro osvětlení přechodů pro chodce. Tato svítidla jsou ale součástí dotace.
Parametry osvětlení řešených úseků komunikací musí splnit požadavky norem ČSN EN 13201.	Jedná se především o parametry osvětlenosti, jasu, rovnoměrnosti, GR apod. Normou požadované parametry osvětlenosti nebo jasů nesmí být překročeny o více než 30 %.
Parametry rušivého světla musí splňovat požadavky platné legislativy.	Je nutné dodržet požadavky normy ČSN EN 12464-2.
	Bude dokládáno výpočtem v předepsaném počtu referenčních úseků. Výběr referenčních úseků bude vycházet z počtu renovovaných světelných bodů a počtu tříd komunikací. Světelný tok použitých svítidel směřující do horního poloprostoru se rovná nule.
Bezplatnou konzultaci nebo dotační asistenci k této dotaci můžete získat u energetických poradců sítě Energetických konzultačních a informačních středisek EKIS. Více informací na www.mpo-efekt.cz	

Posouzení VO z pohledu zmíněných norem zahrnuje především ověření splnění osvětlenosti PK po dokončení rekonstrukce. Proto je potřebné zjistit také aktuální stav a k tomu nám poslouží mmj. změření jasu PK. Ten je důsledkem osvětlenosti aktuální soustavou VO se sodíkovými výbojkami a několika LED svítidly s totožnou spotřebou. Měření je prováděno v současné době nejčastěji jasovým analyzátozem ve spojení s programem LumiDISP [12] a jeho vyhodnocení probíhá na základě požadavků norem [4], [13], [14], [15], [16], [17] a dalších platných právních předpisů - viz následující protokol z měření.

Protokol o zkoušce

Měření osvětlení pozemních komunikací

Veřejné osvětlení v Žernově

Silnice III/3049

552 03 Žernov

Zkušební laboratoř č. 1565
akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018



L 1565

Zpracováno v období:

Duben - Květen 2023

Obsah

1. Všeobecně.....	3
1.1. Předmět zkoušky.....	3
1.2. Úkol zkoušky.....	3
1.3. Zadavatel zkoušky.....	3
1.4. Dodavatel.....	3
1.5. Měření provedl.....	3
1.6. Datum a čas měření.....	3
1.7. Zpracovatel protokolu.....	3
1.8. Kontroloval.....	3
2. Podklady.....	3
2.1. Identifikace metody zkoušky.....	3
2.2. Další použité podklady.....	3
3. Situace.....	5
4. Zkušební zařízení.....	5
5. Popis zkoušky.....	5
5.1. Metoda a druh měření.....	5
5.2. Postup měření.....	5
5.3. Popis místa zkoušky.....	5
5.4. Atmosférické podmínky.....	6
5.5. Popis osvětlovací soustavy.....	6
5.6. Údaje o svítidlech a světelných zdrojích.....	6
5.7. Napájecí elektrické napětí.....	7
6. Výsledky zkoušky.....	7
6.1. Naměřené hodnoty.....	7
6.2. Nejistota výsledků měření.....	7
7. Výrok o shodě.....	7
8. Prohlášení laboratoře.....	8
Příloha A – Naměřené hodnoty a výpočty.....	9

1. Všeobecně**1.1. Předmět zkoušky** Veřejné osvětlení v Žernově, Silnice III/3049, 552 03 Žernov**1.2. Úkol zkoušky** Měření osvětlení pozemních komunikací**1.3. Zadavatel zkoušky**

DEKPROJEKT s.r.o. Tiskařská 10/257 budova TTC 108 00 Praha 10 tel.: +420 234 054 284 email: info@atelier-dek.cz	IČ: 27642411 DIČ: CZ699000797 Bankovní spojení: Komerční banka Praha 9 35-7899980247/0100
---	---

1.4. Dodavatel

DEKPROJEKT s.r.o. Tiskařská 10/257 budova TTC 108 00 Praha 10 tel.: +420 234 054 284 email: info@atelier-dek.cz	IČ: 27642411 DIČ: CZ699000797 Bankovní spojení: Komerční banka Praha 9 35-7899980247/0100
---	---

1.5. Měření provedl Ing. Viktor Zwiener, Ph.D., Benjamin Sichrovský,
Ing. Ctibor Hůlka**1.6. Datum a čas měření** 13.4.2023, 20:30 až 21:45**1.7. Zpracovatel protokolu** Benjamin Sichrovský**1.8. Kontroloval** Ing. Viktor Zwiener, Ph.D.**2. Podklady****2.1. Identifikace metody zkoušky**

[1] ČSN EN 13201 - 4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření

2.2. Další použité podklady

[2] ČSN EN 12665 (36 0001) Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

[3] ČSN CEN/TR 13201 - 1 (36 0455) Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení

[4] ČSN EN 13201 - 2 (36 0455) Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky

[5] ČSN EN 13201 - 3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet

[6] ILAC-G8:09/2019 Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě

3. Situace

Bylo provedeno měření veřejného osvětlení Silnice III/3049 v obci Žernov. Při měření byly přítomny tyto osoby: Ing. Viktor Zwiener, Ph.D., Benjamin Sichrovský, Ing. Ctibor Hůlka.

Účelem je měření umělého osvětlení pozemní komunikace dle ČSN EN 13201 ve fázi rozvahy investičního záměru rekonstrukce osvětlovací soustavy.

4. Zkušební zařízení

Jasový analyzátor – Luminance Distribution Analyser LDA, výrobní číslo 18320-LDA-2020-1, kalibrační list č. 42394

Měřicí pásmo Richter-Qualität 308-WP, výrobní číslo 15711 (Praha), kalibrační list 7111/2009 (Praha)

Termohydrograf D3631, seriál 6910333 (Praha-akustika), kalibrační list 1033-KL-70020-17 a 1033-KL-C0075-17 (Praha-akustika)

5. Popis zkoušky

5.1. Metoda a druh měření

Měření umělého osvětlení bylo provedeno statickým měřicím systémem. Při měření nenastala žádná odchylka od měřicích postupů. Měření probíhalo pro třídy osvětlení M.

5.2. Postup měření

Třídy M - Ve vybraných úsecích konstantních osvětlovacích soustav byly vyznačeny rohové body sítě. Jasovým analyzátozem byla snímána vybraná oblast komunikace, body byly následně vyhodnoceny dle ČSN EN 13201-3. Výsledné hodnoty byly porovnány s požadavky dle ČSN EN 13201-2.

5.3. Popis místa zkoušky

<i>Charakteristika místa měření</i>	
Místo měření	Žernov
Datum	13.04.2023
Čas měření	20:30 až 21:45
<i>Charakteristika jednotlivých úseků měření</i>	
Název/popis	<u>Úsek č. 1 – výbojky</u> Silnice III/3049
Třída osvětlenosti	M5
Rozměry úseku (š . d) v m	š. 6,0 m, d. 66,0 m
Název/popis	<u>Úsek č. 2 - LED</u> Silnice III/3049
Třída osvětlenosti	M5
Rozměry úseku (š . d) v m	š. 6,0 m, d. 74,0 m

5.4. Atmosférické podmínky

<i>Atmosférické podmínky dne 13.04.2023</i>	<i>Začátek</i>	<i>Konec</i>
Počasí	bezvětří, zvýšená vlhkost, bez mlhy	bezvětří, mírný déšť, bez mlhy
Teplota (°C)	8°C	6°C
Vlhkost (%)	86%	92%
Viditelnost	běžná	běžná
Povrch komunikace (suchý, orosený, moký)	orosený	moký

5.5. Popis osvětlovací soustavy

<i>Osvětlovací soustava v úseku 1</i>	
Uspořádání svítidel v osvětlovací soustavě	Oboustranně uspořádané
Zašpinění svítidel	Částečné
Cizorodé světlo	Ne
Překážky v šíření světla	Ne
Jiné důležité údaje o soustavě	-
Udržovací činitel	1,0
<i>Osvětlovací soustava v úseku 2</i>	
Uspořádání svítidel v osvětlovací soustavě	Oboustranně uspořádané
Zašpinění svítidel	Čisté (nová svítidla)
Cizorodé světlo	Ne
Překážky v šíření světla	Ne
Jiné důležité údaje o soustavě	V mírné zatáčce
Udržovací činitel	0,8

5.6. Údaje o svítilkách a světelných zdrojích

<i>Svítilka v úseku 1</i>	
Druh/typ svítidla	Technické - silniční svítidlo
Sklon ramene svítidel	10°
Montážní výška (m)	6,0 m
<i>Světelné zdroje v úseku 1</i>	
Typ	Vysokotlaká sodíková výbojka
Příkon (W)	70 W
Stáří	10 let
Teplota chromatičnosti	2100 K
Předřadník	elektronický
Způsob stmívání	interní programovatelný harmonogram

Protokol o zkoušce – Měření osvětlení pozemních komunikací

Veřejné osvětlení v Žernově, Silnice III/3049, 552 03 Žernov

Strana 5/ 9

Svítidlo v úseku 2	
Druh/typ svítidla	Technické - silniční svítidlo
Sklon ramene svítidel	10°
Montážní výška (m)	6,0 m
Světelné zdroje v úseku 2	
Typ	10LEDs
Příkon (W)	18 W
Stáří	nové
Teplota chromatičnosti	2700 K
Předřadník	elektronický
Způsob stmívání	interní programovatelný harmonogram

5.7. Napájecí elektrické napětí

Hodnota elektrického napětí (V)	229V*
* elektronický předřadník má proudový zdroj, který zajišťuje standardní výkon i při poklesu napájecího napětí.	

6. Výsledky zkoušky

6.1. Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou v příloze A.

6.2. Nejistota výsledků měření

Kombinovaná rozšířená nejistota výsledků měření osvětlenosti jasovým analyzátozem je $U \approx 8,9 \%$. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95 %.

7. Výrok o shodě

Výrok o shodě je proveden podle ILAC-G8:09/2019, článek 4.2.3 Nebinární výrok s ochranným pásmem.

Měřený úsek		Úsek 1, třída osvětlení M5, po směru jízdy	
Jas mokrého povrchu jízdního pásu pozemní komunikace			
\bar{L} udržovaný	0,26 cd.m ⁻² ±0,02 cd.m ⁻²	U_0 stanovená	0,08
\bar{L} udržovaný se zohledněním rozhodovacího pravidla	0,24 cd.m ⁻²	U_0 požadovaná min.	≥ 0,35
		U_1 stanovená	0,13
\bar{L} požadovaný min.	≥ 0,50 cd.m ⁻²	U_1 požadovaná min.	≥ 0,40
Hodnocení	nevyhovuje	Hodnocení	nevyhovuje
U_0 celková rovnoměrnost jasu povrchu komunikace			
U_1 podélná rovnoměrnost jasu jízdního pásu pozemní komunikace			

Měřený úsek		Úsek 2, třída osvětlení M5, po směru jízdy	
Jas mokrého povrchu jízdního pásu pozemní komunikace			
\bar{L} udržovaný	0,05 cd.m ⁻² ±0,01 cd.m ⁻²	U ₀ stanovená	0,25
\bar{L} udržovaný se zohledněním rozhodovacího pravidla	0,04 cd.m ⁻²	U ₀ požadovaná min.	≥ 0,35
		U ₁ stanovená	0,10
\bar{L} požadovaný min.	≥ 0,50 cd.m ⁻²	U ₁ požadovaná min.	≥ 0,40
Hodnocení	nevyhovuje	Hodnocení	nevyhovuje
U ₀ celková rovnoměrnost jasu povrchu komunikace U ₁ podélná rovnoměrnost jasu jízdního pásu pozemní komunikace			

8. Prohlášení laboratoře

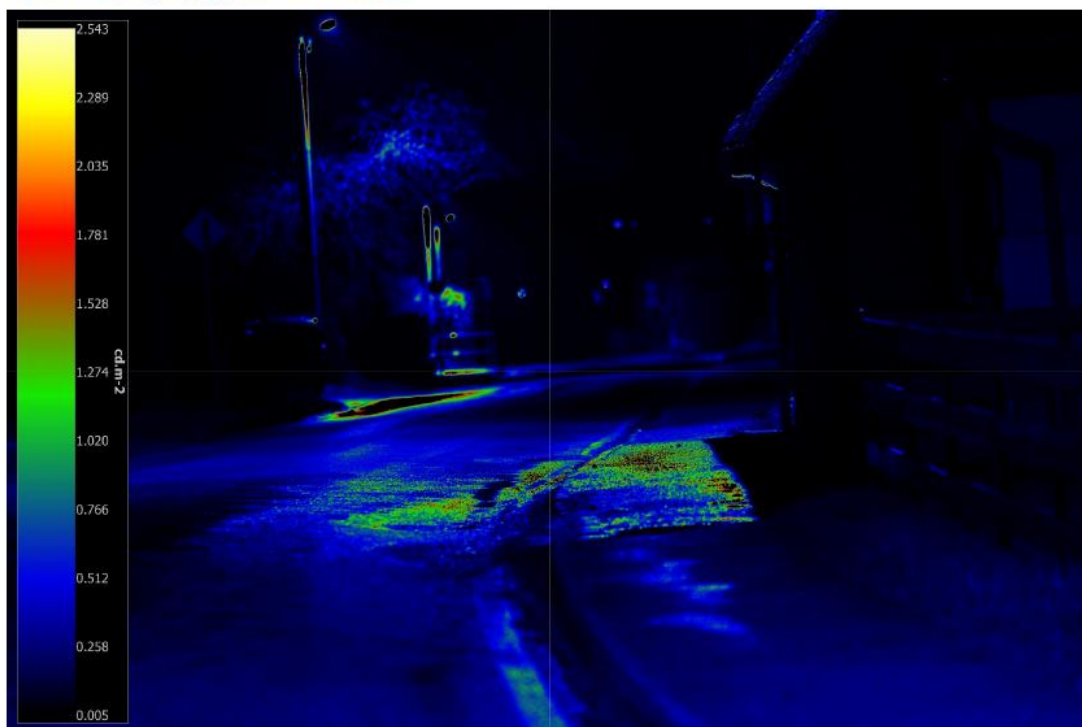
Výsledky zkoušek se týkají pouze předmětu zkoušky. Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol o zkoušce reprodukovat jinak než celý.

V Praze dne 21.4.2023

Za Zkušební laboratoř ATELIER DEK

Ing. Viktor Zwiener, Ph.D.
+420 731 544 905
victor.zwiener@dek-cz.com

~Konec protokolu~

Příloha A – Naměřené hodnoty a výpočty**Úsek č.1 – výbojky, Silnice III/3049**

	0	1	2	3	4	5
0	0,03	0,04	0,09	0,24	0,70	1,48
1	0,03	0,03	0,07	0,22	0,60	1,56
2	0,03	0,03	0,06	0,18	0,49	1,58
3	0,03	0,03	0,07	0,15	0,37	1,21
4	0,04	0,05	0,09	0,17	0,39	0,52
5	0,07	0,08	0,13	0,21	0,43	0,17
6	0,12	0,16	0,22	0,30	0,37	0,11
7	0,25	0,22	0,28	0,39	0,30	0,14
8	0,27	0,22	0,32	0,42	0,25	0,17
9	0,38	0,37	0,43	0,45	0,26	0,17
10	0,51	0,41	0,52	0,45	0,32	0,20
11	0,55	0,44	0,51	0,39	0,34	0,23

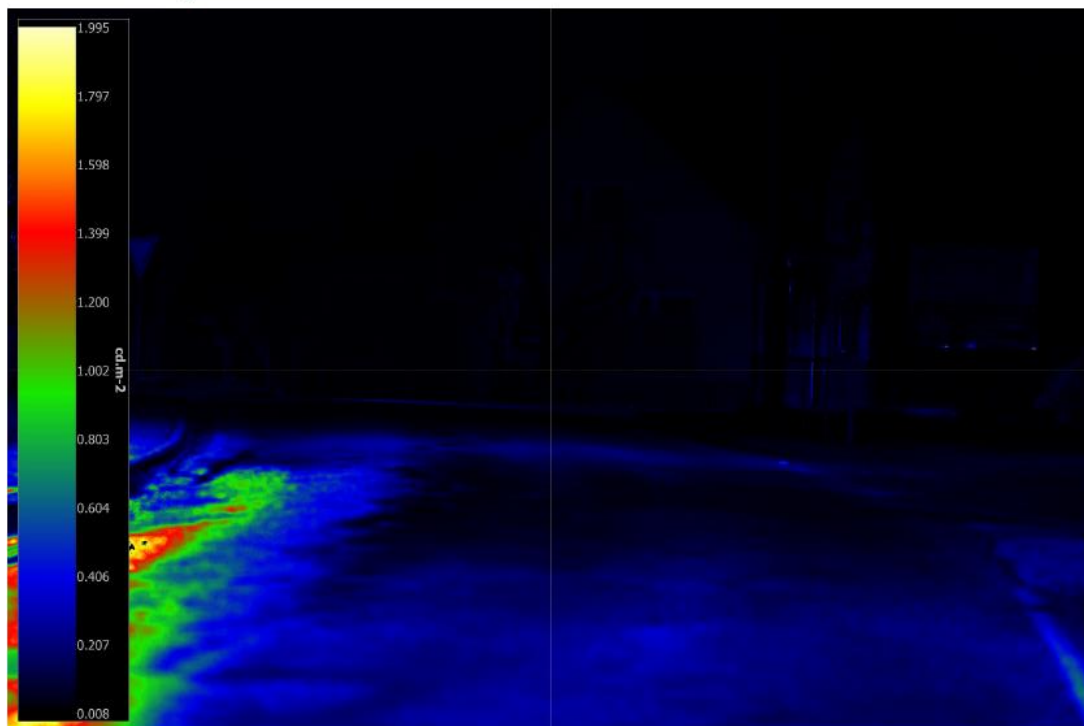
Průměrná hodnota

$$L = 0,32 \text{ cd.m}^{-2}$$

Se zohledněním udržovacího činitele 0,9

$$\bar{L} = 0,29 \text{ cd.m}^{-2}$$

Úsek č.2 – LED, Silnice III/3049



	0	1	2	3	4	5
0	0,12	0,08	0,06	0,03	0,03	0,03
1	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
5	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
6	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
7	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04
8	0,08	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05
9	0,16	0,11	0,13	0,11	0,07	0,08
10	0,26	0,13	0,19	0,18	0,13	0,10
11	0,21	0,11	0,14	0,17	0,16	0,14

Průměrná hodnota

$$L = 0,06 \text{ cd.m}^{-2}$$

Se zohledněním udržovacího činitele 0,8

$$\bar{L} = 0,05 \text{ cd.m}^{-2}$$

Vyjádření k protokolu:

Je zřejmé, že osvětlení je z hlediska norem naprosto nedostatečné (nevyhovuje). Je to především kvůli roztečím SM, kde by pro splnění norem mezi téměř každá dvě SM mělo připadat jedno další, aby se tak jejich rozteč pohybovala okolo 35 m (± 5 m). Osvětlenost tak může být zajištěna dle možností aktuálně vyráběných svítidel a jejich umístění v této konkrétní realizaci. Počet SM by se tedy měl pro splnění norem a požadavků pro dotace téměř zdvojnásobit.

Pokud jde o úsporu energie, což je vzhledem k aktuální finanční situaci této konkrétní obce tou hlavní otázkou, je řešení mnohem jednodušší a je mu věnována následující kapitola.

5 Úvaha nad návratností

Při úvaze nad návratností výměny se řídíme především cenou výměny včetně zdroje a poměrem příkonů jednotlivých zdrojů. Je jisté, že z hlediska bezpečnosti na PK je nejlépe splnit požadavky norem. Jejich splnění je také podmínkou dotací. Tyto normy mají však pouze doporučující charakter. Doplnění SM by bylo velmi nákladné, přestože by bylo také podpořeno zmiňovanou dotací [10]. Kromě toho se dá předpokládat pozdější zavedení komunitní energetiky (viz zmínka v kapitole 3) a tedy navýšení spotřeby. To může vzniknutším přetokům umožnit další využití v rámci obce. V této kapitole se tak dle požadavků obce zabývám především samotnou návratností a zajištění úspory při zachování počtu SM.

Ze vstupních parametrů níže odvíjím na další stránce úvahu nad konkrétním výpočtem i obecným vyjádřením prosté návratnosti pro výměnu zdrojů VO.

Vstupní parametry:

Spotřeba dle ročního vyúčtování: 15 416 kWh/rok

Aktuální počet svítidel: 83 ks

Příkon aktuálních / navrhovaných svítidel: 70 W / 18 W

Uvažovaná cena kWh (s distribucí bez DPH): 8 Kč

Cena nového zdroje včetně výměny: 1 200 Kč

Úvaha:

Spotřeba 1 aktuálního svítidla/rok = $15\,416/83 = \text{cca } 186 \text{ kWh/rok}$

Cena provozu 1 aktuálního svítidla/rok: $186 \cdot 8 = 1\,488 \text{ Kč/rok}$

Cena provozu 1 navrhovaného svítidla/rok: $1\,488 \cdot 18/70 = 383 \text{ Kč/rok}$

Úspora/rok výměnou zdroje 1 svítidla: $1\,488 - 383 = 1\,105 \text{ Kč/rok}$

Výsledek:

Návratnost v měsících na základě investice do výměny 1 zdroje:

Úspora/Cena nového zdroje vč. výměny = $1105/1200 =$ cca 13 měsíců

(Konkrétní nabídka zdrojů se stejnými světelně - technickými parametry nových LED svítidel je poskytnuta od firmy TELKABEL CR s.r.o.)

Odvození obecného vzorce:

Cena provozu 1 svítidla s nižším příkonem P: $1488 \cdot P/70 = \dots$

Úspora/rok za provoz 1 svítidla s nižším příkonem P: $1488 \cdot (1 - P/70) = \dots$

Návratnost výměny: $1488 \cdot (1 - P/70)/1200 = \dots$

- Při navrhovaném příkonu „P“, jiné ceně „C“ provozu aktuálního svítidla, jiném příkonu „P_a“ aktuálního svítidla a jiné ceně nového zdroje včetně výměny „C_n“ stačí vložit hodnoty do obecného vzorce:

Návratnost výměny obecně: $C/C_n \cdot (1 - P/P_a) = C \cdot (1 - P)/C_n \cdot P_a$

Závěr kapitoly:

Celková investice výměny sodíkových výbojek za LED při stejných světelných vlastnostech se vyplatí. Předpokladem je splnění totožných světelně-technických parametrů dle nabídky od firmy TELKABEL s.r.o., a životnost LED svítidel delší než 13 měsíců. Jejich odhadovaná životnost je 6 - 10 let. Nízká doba návratnosti je dána především zastaralým veřejným osvětlením s vysokým příkonem, vývojem technologií a na současné poměry také velmi nízkým příkonem navrhovaných LED svítidel.

6 Technologický postup výměny

Potřebnost VO je uložena Zákonem o pozemních komunikacích [18] a jeho prováděcí vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů [19]. V té je v §25 psáno, že „*Dálnice a silnice se vždy osvětlují v zastavěném území obcí.*“ K samotnému VO pak vyhláška odkazuje: „*Podrobnosti obsahují doporučené české technické normy uvedené v příloze č. 1.*“ Pokud jde tedy o technologický postup výměny zdrojů soustavy VO, jsme vázáni jen obecně závaznými předpisy, především tzv. Stavebním zákonem. [20]

1. Základní identifikační údaje

1.1 Identifikační údaje stavby

- Stavba je umístěna na oblastním pozemku obce Žernov v Královéhradeckém kraji.

1.2 Vymezení předmětu řešení

- výměna zdrojů VO

2. Vstupní materiály a výrobky

2.1 Zásady manipulace, dopravy a skladování materiálu

- Materiály jsou dopravovány vozidlem „TATRA Euro 6“, povětšinou v krabicích.
- Krabice s materiálem budou skladovány na rovné ploše ve skladu obce.

2.2 Metody kontroly kvality materiálu (při převzetí na stavbě)

- Při převzetí zkontrolujeme množství a stav materiálu a porovnáme s objednávkou.
- Množství a stav musí odpovídat dodacímu listu.

3. Pracovní podmínky

3.1 Připravenost pracoviště

- Na staveništi musí být připravená zpevněná plocha.
- Na stavbu bude dovezena vysokozdvizná plošina.

3.2 Struktura pracovní čety (rozdělení povinností a zodpovědnosti, kvalifikace)

- Vedoucí pracovník – organizuje a řídí práci celého kolektivu, zodpovídá za kvalitu prováděných prací a za bezpečnost při práci.
- Pracovník na zemi s požadovanou kvalifikací elektro
- Pracovník na montážní plošině s požadovanou kvalifikací elektro

3.3 Stroje a přístroje, pracovní pomůcky

- Montážní plošina - Eulift AWPS4696HD [21]
 - Parametry:
 - Celková délka: 2720 mm
 - Celková výška: 2000 / 2400 mm
 - Celková šířka: 1150 mm
 - Kapacita baterie: 24V-4x6V/232 Ah
 - Motor zdvihu: 24/3,2 V/kW
 - Výška zdvihu: 9600 mm
 - Pohon: AKU / hydraulický
 - Poloměr otáčení: 500 / 3000 m
 - Rozměry stolu: 2500 x 1120 mm
 - Vlastní hmotnost: 2670 kg
- Osobní ochranné pracovní pomůcky – ochranný oděv, rukavice, obuv s ocelovou špičkou, ochranná helma, vesta, ochranné brýle.

3.4 Technologický postup

- Technologický postup pro výměnu světelného zdroje ve svítidle VO zahrnuje 2 pracovníky – pracovníka na zemi a pracovníka na montážní plošině.

Pracovník na zemi [22]

1. **Vymezení záboru**
2. **Zabezpečení vypnutého stavu v RVO**
3. **Ustavení plošiny**
4. **Odpojení svítidla od zdroje – pojistka v elektrovýzbroji**
5. **Kontrola stavu elektrovýzbroje a jištění – provést dotažení a konzervaci, nebo její výměnu**
6. **Prověřit stav připojení uzemnění – očistit, označit, doplnit vějířovou podložku**
7. **Očistit a promazat dvířka patice**
8. **Prověřit upevnění patice, a její těsnost ke stožáru**
- 8.1. **Doplnit šrouby a těsnění**
- 8.2. **Konzervace šroubů a zámků**
9. **Připojit kabelový svod ke svítidlu do elektrovýzbroje**
10. **Osadit pojistku ve velikosti dle příkonu svítidla**
11. **Zavřít dvířka**
12. **Provést úklid okolí místa práce**
13. **Složení montážní plošiny**
14. **Kontrola svítivosti opravovaného úseku**
15. **Uvedení RVO do zapnutého stavu**

Pracovník na montážní plošině [22]

1. *Zabezpečení vypnutého stavu v RVO*
2. *Ustavení plošiny*
3. *Otevření svítidla a vyjmutí výbojky*
4. *Kontrola mechanického připojení svítidla ke stožáru*
5. *Kontrola předřadných přístrojů*
- 5.1. *Vyčištění optické části svítidla včetně krytu*
6. *Výměna výbojky za LED*
7. *Kontrola nastavení svítidla*
 - 7.1. *Podélná horizontální rovina*
 - 7.2. *Příčná horizontální rovina*
 - 7.3. *Stupeň náklonu*
8. *Kontrola upevnění a nastavení výložníku*
 - 8.1. *Horizontální kolmost ke komunikaci*
9. *Kontrola připojení svítidla*
 - 9.1. *Dodržení správného připojení ochrany před nebezpečným dotykovým napětím dle typu svítidla*
10. *Osadit výbojku, prověřit správnost těsnění světelně činné části svítidla a uzavřít svítidlo*
11. *Složení montážní plošiny*
12. *Kontrola svítivosti opravovaného úseku*
13. *Uvedení RVO do zapnutého stavu*

4. Jakost provedení

4.1 Metody kontroly jakosti výsledného provedení, možnosti oprav vad a nedodělků

- Stavbyvedoucí provede kontrolu.
- Konstrukce je provedena v souladu s platnými normami a požadavky včetně všech detailů.
- Mistr bude vše zapisovat do stavebního deníku, kontrolovat technologický postup.
- Opraví se všechny vady a nedodělky.

4.2 Závazné kvalitativní parametry, referenční hranice (přípustné odchylky)

- Zákon č. 13/1997 Sb. Zákon o pozemních komunikacích
- Doporučené normy ČSN EN 13201

5. BOZ a PO

5.1 Konkrétní vymezení opatření pro zajištění BOZ a PO

- Před zahájením činnosti na staveništi budou všichni pracovníci povinně proškoleni.
- Pracovníci mají povinnost nosit ochranné pomůcky:
 - o viz kapitola 3.3
- Veškeré používané elektrické vybavení projde každý půlrok revizí.
- Po celou dobu výstavby musí všichni pracovníci dodržovat všechna opatření a zákonné předpisy k zajištění bezpečnosti práce, ochrany osob a majetku.
- Na dodržování BOZP bude dohlížet stavební dozor spolu se stavbyvedoucím.

Viz základní ustanovení:

- Zákon č. 309/2006 Sb.
- Nařízení vlády č. 362/2005 Sb.
- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb.
- Vyhláška č. 499/2006 o dokumentaci staveb

5.2 Vymezení odpovědnosti za dodržení těchto podmínek

- Za bezpečnost na celé stavbě odpovídá stavbyvedoucí.
- Všichni pracovníci se musejí řídit pokyny svých nadřízených.
- Zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm.

6. Vliv na životní prostředí

6.1 Možnosti poškození životního prostředí, návrhy ochrany

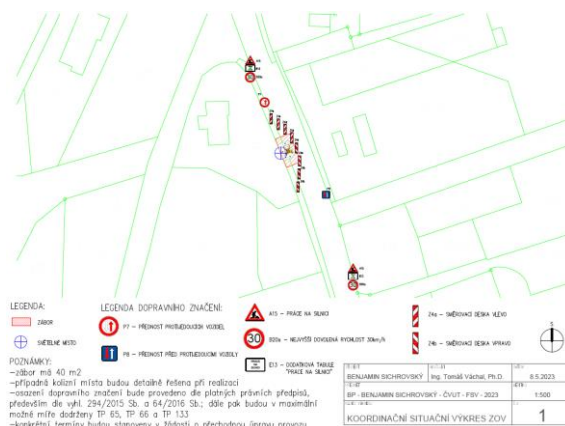
- Vzniklý odpad bude tříděn dle katalogu a budou odstraněny dle určení, viz:
- Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech
- Vyhláška č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů
- O nakládání s odpady bude vedena evidence.

Situační výkres ZOV (Zásady organizace výstavby)

- Pro započítí rekonstrukce VO je vždy nutné zpracovat PD, viz např. [23]: „Ke každému elektrickému zařízení, uváděnému do provozu, je nutno dodat dokumentaci, umožňující stavbu, provoz, údržbu a revize zařízení, jakož i výměnu jednotlivých částí zařízení a další rozšiřování zařízení.“
- Dle zákona by měl být zpracován koordinační situační výkres, který by měl obsahovat:
 - maximální dočasné a trvalé zábory

Vzhledem k rozměrům plošiny: 2720 mm x 1150 mm bude vymezen dočasný zábor s dostatečným zabezpečením okolního prostoru o rozměrech 10,0 m x 5,0 m, tedy ploše 50 m².

Výsledný situační výkres, který byl vypracován na podkladu katastrální mapy z ČÚZK [24], je k této práci přiložen jako příloha.



Obr. č. 6 Ukázka výkresu: Koordináční situační výkres ZOV

Závěr

Samotné úvodní vysvětlení základních pojmů a řešerše v 1. kapitole snad čtenáře seznámili s problematikou VO a umožnili tak pochopit text práce i její výstupy a vyhodnocení.

Případová studie obce Žernov byla ideálním nástrojem jak pro zhodnocení rentability, tak také pro samotný výpočet a zobecnění výpočtu doby návratnosti FVE při výměně zdrojů soustavy VO.

Jak je patrné z kapitol 2 – 4, pokud je FVE navržena správně, vychází při nahrazení sodíkových výbojek LED svítidly celková prostá doba návratnosti vždy delší a je tedy rentabilnější ponechat výbojky v současném stavu. Ale jak je zřejmé z kapitoly 5, v současné situaci po realizaci FVE je již z hlediska úspor pro obec výměna výhodnější. To však negativně ovlivní předpokládanou dobu návratnosti FVE a to z původně plánovaných 5 let až na 10,3 let, tedy více než dvojnásobek. Toto nastane, pokud nebude FVE v blízké době po výměně zdrojů připojena k jiné dostatečně vysoké spotřebě na základě přicházejících legislativních změn komunitní energetiky.

Poslední kapitola, věnovaná technologickému postupu výměny, měla za úkol především nastínit, co taková pouhá výměna zdroje VO znamená z hlediska zákonem vyžadovaného postupu a spolu s vypracovanou situací předložit čtenářům možnost nahlédnout také do toho, jaká dopravní omezení a opatření s sebou přináší.

V průběhu zpracování mé práce jsem poskytl rozvahu pro obec Žernov, která se rozhodla pro ekonomicky nejvýhodnější variantu investice – pouhou výměnu zdrojů soustavy VO. Rozhodnutí bylo provedeno na základě měření osvětlenosti PK a z něj jasného a srozumitelného výstupu, který ukázal, že potřebná tvorba nových SM, jakkoliv dotací podporovaná, by pro splnění podmínek současné výzvy k podávání žádostí o dotaci nebyla ekonomicky výhodnější. Zhodnocení rentability investice při nahrazení sodíkových výbojek LED svítidly bylo tedy zdárně provedeno a obec dospěla ke svému konečnému rozhodnutí.

Snad poslouží tato práce pro budoucí komplexnější zkoumání, při kterém bude kromě ekonomických faktorů zohledněno dále také bezpečnostní hledisko, neboť jak bylo i v této práci měřením ukázáno, stávající soustavy VO velmi často z hlediska doporučených technických norem nejsou vyhovující a při rekonstrukci je tak nutné v některých případech kromě pouhé výměny zdrojů i nákladnější doplnění SM pro splnění požadavků nejen dotačních titulů, ale také doporučených technických norem, zajišťujících bezpečnost při provozu na PK nám všem.

Nechť je tato práce také podkladem pro další zkoumání propojení FVE a VO v dalších případových studiích i nástrojem k dalšímu rozvoji a vyzdvižení důležitosti samotného VO.

Zdroje a použitá literatura

Použité elektronické dokumenty

Články, normy a předpisy, dotační programy, webináře, software

[1] Detail výzvy – SFŽP ČR. SFŽP ČR – Státní fond životního prostředí ČR [online]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=17>

[2] Veřejné osvětlení 1 – Pojmy, prvky a přehled světelných zdrojů | iMaterialy. Portál pro odborníky ve stavebnictví – projektanty, stavaře z praxe, architekty i řemeslníky | iMaterialy [online]. Copyright © [cit. 11.04.2023]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/tzb/verejne-osvetleni-1-pojmy-prvky-a-prehled-svetelnych-zdroju__43122.html

[3] MPO Efekt. MPO Efekt [online]. Copyright © [cit. 11.04.2023]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2230-seven-svetelne-zdroje-a-svitidla.pdf>

[4] ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření

[5] Vzdálenost sloupů veřejného osvětlení - Ledeos. O nás - Ledeos [online]. Copyright © 2022 JD ROZHLASY s.r.o. [cit. 20.04.2023]. Dostupné z: <https://www.ledeos.cz/vzdalenost-sloupu-verejneho-osvetleni/>

[6] ČSN EN 60598-1 ED.6 (360600) Svítidla - Část 1: Obecné požadavky a zkoušky

[7] Ing. Jiří Petlach. (25.1.2023). Dopady energetické krize [Webinar]. STP. <https://energetika.tzb-info.cz/24797-pozvanka-na-odborny-seminar-webinar-dopady-energeticke-krize>

[8] Ing. Petr Wolf, Ph.D. (18.1.2023). Komunitní energetika a užití fotovoltaiky v bytových domech [Webinar]. ČKAIT. <https://www.ckait.cz/komunitni-energetika-a-uziti-fotovoltaiky-v-bytovych-domech-webinar>

[9] DEKSOFT | Program FVE. DEKSOFT | Úvod [online]. Copyright © 2023 DEK a.s. [cit. 11.04.2023]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/programy/fve>

[10] MPO Efekt. MPO Efekt [online]. Copyright © [cit. 03.05.2023]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/dotacni-programy/vyzvy/1-2022-rekonstrukce-verejneho-osvetleni>

[11] Ing. Jiří Skála - Electrosun, Ing. Ondřej Židek. (14.9.2022). Webinář pro zástupce obcí III [Webinar]. DEKPROJEKT s.r.o.. <https://dekprime.cz/video/webinar-pro-zastupce-obci-iii-114>

[12] Ing. Petr Baxant, Ing. Stanislav Sumec: LumiDISP; LumiDISP - Luminance Distribution Processing - software for luminance analyses from digital photography. Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně. [software]. Dostupné z: <http://www.feec.vutbr.cz/~baxant/lumidisp>.

[13] ČSN EN 12665 (36 0001) Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

[14] ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení

[15] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky

[16] ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet

[17] ILAC-G8:09/2019 Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě

[18] Zákon č. 13/1997 Sb. Zákon o pozemních komunikacích

[19] Vyhláška č. 104/1997 Sb. Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

[20] Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon)

[21] Eulift Montážní plošina AWPS4696HD. Eulift EULIFT eshop - manipulační technika [online]. Copyright © EULIFT eshop [cit. 08.05.2023]. Dostupné z: <https://eulift.cz/montazni-plosina-awps4696hd.html>

[22] Home | Art Metal Products. Home | Art Metal Products [online]. Copyright © Art Metal Products. All [cit. 25.04.2023]. Dostupné z: <http://www.artmetal-cz.com/přednášky/zařízení%20vo/Správa%20a%20údržba%20veřejného%20osvětlení.pdf>

[23] ČSN 33 2000-1 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice

[24] Geoprohlížeč. Document Moved [online]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Seznam zkratk

FVE – fotovoltaická elektrárna

VO – veřejné osvětlení

SM – světelné místo

PK – pozemní komunikace

PD – projektová dokumentace

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Obrázky

Obr. č. 1 Výstup z MS Excel – VO jen sodíkové výbojky.....	19
Obr. č. 2 Výstup z MS Excel – VO jen LED.....	20
Obr. č. 3 Výstup z MS Excel – VO: „výbojky + LED“.....	21
Obr. č. 4 Výstup z MS Excel – Závislost návratnosti na příkonu....	22
Obr. č. 5 Úvodní obrazovka programu [9].....	25
Obr. č. 6 Ukázka výkresu: Koordinační situační výkres ZOV.....	46

Tabulky

Tab. č. 1 Obvyklé parametry světelných zdrojů pro VO [2].....	13
Tab. č. 2 Výstup z MS Excel – VO jen sodíkové výbojky.....	19
Tab. č. 3 Výstup z MS Excel – VO jen LED.....	20
Tab. č. 4 Výstup z MS Excel – VO: „výbojky + LED“.....	21
Tab. č. 5 Výstup z MS Excel – Aktuální stav.....	26
Tab. č. 6 Výstup z MS Excel – Navrhovaný stav.....	27
Tab. č. 7 MPO Efekt – Kritéria přijatelnosti [10].....	28

Přílohy

Příloha č. 1 Koordinační situační výkres ZOV.....	53
---	----

Přílohy