

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

POSSIBILITY OF USING ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY IN MANUFACTURING FACILITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Malchar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jirí Pospíšil, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Bc. Jakub Malchar**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Energetické inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Posouzení možnosti využití alternativních zdrojů v energetickém hospodářství výrobního areálu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na posouzení energetického hospodářství specifického výrobního areálu (výroba zdravotních pomůcek). V rámci práce budou provedeny návrhy instalace PV systému a kogenerační jednotky do energetického hospodářství. Provedeno bude základní technicko–ekonomické posouzení uvažovaných variant.

Cíle diplomové práce:

1. Popis současného stavu zásobování energiemi.
2. Návrh doplnění energetického hospodářství o fotovoltaický systém.
3. Návrh využití KJ v energetickém hospodářství, variantně s a bez uvažování PV systému.
4. Technicko–ekonomické zhodnocení variant rozpracovaných v předchozích bodech.

Seznam doporučené literatury:

DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. 2005. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 8073001187.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá otázkou vhodnosti instalace fotovoltaické elektrárny a kogenerační jednotky ve výrobním areálu spol. LIPOELASTIC a.s. a návrhem jejich řešení. Teoretická část popisuje zamýšlený objekt, stávající způsob zásobování energiemi a objasňuje způsob funkce navrhovaných řešení. Praktická část je věnována konkrétním výpočtům v oblasti návrhu a ekonomického zhodnocení jednotlivých investic, včetně jejich kombinace.

Abstract

The Master's Thesis prospects the suitability of installing a photovoltaic system and a cogeneration unit in the LIPOELASTIC manufacturing facility and proposes their actual realization. Theoretical part describes said facility, its current energy supply situation and presents the proposed realizations' principle of operation. Practical part contains concrete calculations needed for realizations' proposal and their economic evaluation both independently and jointly.

Klíčová slova

Návrh kogenerační jednotky, návrh fotovoltaické elektrárny, obnovitelné zdroje, zelený bonus, OPPIK, kogenerace, fotovoltaický jev, sluneční záření, úspora primárních energií

Key words

Cogeneration Unit Proposal, Photovoltaic System Proposal, Renewable Resources, "Green Bonus", OPPIK, Cogeneration, Photovoltaic Effect, Solar Irradiance, Primary Energy Savings

Bibliografická citace

MALCHAR, J. Posouzení možnosti využití alternativních zdrojů v energetickém hospodářství výrobního areálu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 75 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU“, vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum:
26.05.2017

Jméno a příjmení:
Bc. Jakub Malchar

Podpis:

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli při vypracování diplomové práce nápomocni. Obzvláště bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, ochotný přístup a pomoc i při těch nejmenších detailech. Dále také manželům Hradilovým za poskytnuté zázemí a ochotu sdílení informací nezbytných pro vypracování této diplomové práce.

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Představení společnosti.....	14
3	Umístění objektu, základní popis.....	15
3.1	Tvar objektu, situační řešení.....	15
3.2	1. Podzemní podlaží	16
3.3	1. Nadzemní podlaží	17
3.4	2. Nadzemní podlaží	17
3.5	3. Nadzemní podlaží	17
3.6	4. Nadzemní podlaží	18
4	Energetické hodnoty budovy	19
4.1	Užití energie v budově, základní hodnoty	19
4.2	Vytápění	20
5	Reálná fakturace	21
5.1	Fakturace plynu	21
5.2	Fakturace elektřiny	21
6	Aktuální spotřeba.....	23
7	Fotovoltaický systém	25
7.1	Historie	25
7.2	Výhody a nevýhody užití sluneční energie	26
7.3	Princip fotovoltaického jevu.....	27
7.4	Fotovoltaické systémy	28
7.4.1	Off – grid systémy.....	28
7.4.2	Menší On – grid systémy	30
7.5	Fotovoltaika v ČR.....	31
8	Fotovoltaický systém- návrh.....	33
8.1	Půdorys střechy a lokalita výrobního areálu	33
8.2	Poptávaný návrh řešení fotovoltaické elektrárny	34
8.3	Parametry vstupující do cenové poptávky	35
8.4	Fotovoltaická elektrárna – návrh řešení	35
8.4.1	Fotovoltaické panely	35
8.4.2	Měniče.....	36
8.4.3	Svodiče napětí	36
8.4.4	Vodiče napětí	37
8.4.5	Ostatní elektronické součásti.....	37
8.4.6	Ostatní mechanické části	37
8.4.7	Výčet položek.....	37
8.5	Akumulace energie	38
9	FV elektrárna – ekonomické zhodnocení	39
9.1	Účinnost panelu vlivem sklonu střechy.....	39
9.2	Objem vygenerované elektřiny.....	39
10	Kogenerační jednotka – teorie	48
10.1	Podpora v EU.....	48
10.2	Podpora v ČR.....	51
10.3	Typy kogeneračních jednotek.....	52
10.3.1	Spalovací motor	52
10.3.2	Stirlingův motor	53
10.3.3	Parní turbína	53
10.3.4	Ostatní	53

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

11	Kogenerační jednotka – návrh.....	54
11.1	Výběr typu KJ	54
11.2	Podmínky instalace	54
11.3	Stanovení ideálního instalovaného výkonu.....	55
11.4	Výběr konkrétního modelu kogenerační jednotky	57
12	Kogenerační jednotka – ekonomické zhodnocení.....	59
13	Celkové ekonomické zhodnocení.....	66
14	Závěr.....	68
15	Použitá literatura	69
16	Seznam použitých zkratk a symbolů	71
17	Seznam tabulek	72
18	Seznam obrázků	73
19	Příloha 1	74

1 Úvod

Alternativní zdroje zásobování energiemi jsou v dnešní době čím dál více populární. Jedná se o takové zdroje, které nezískávají energii spalováním fosilních paliv nebo termojadernou reakcí. Dle zákona č. 165/2012 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a o změně některých zákonů je definice obnovitelného zdroje následující: „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.“ Hlavní výhodou je ekologická šetrnost a obnovitelnost. Mezi nejpoužívanější alternativní zdroje patří větrná, vodní a sluneční energie.

Postupně je na ústupu doba, kdy si pod tímto pojmem snad každý představil pouze a jen velké větrné či solární elektrárny. Ještě stále menšina lidí si však uvědomuje, že výhod alternativních zdrojů lze využívat i u menších objektů, např. administrativních budov a rodinných domů.

Motivace využití alternativních zdrojů jsou různorodé. Od úspor ve vytápění (alternativní zdroje jsou schopny dodávat teplo s podstatně nižšími náklady) až po úplnou energetickou soběstačnost objektu.

Tato diplomová práce se zabývá využitím alternativních zdrojů ve výrobním areálu společnosti LIPOELASTIC a.s., sídlící ve Valašském Meziříčí, jejíž hlavní činností je výroba bandáží pro plastickou a estetickou chirurgii. Zadání ze strany společnosti LIPOELASTIC a.s. je konkrétní, a to v podobě úspory primárních energií a celkové rentability investic v dohledné době.

V první části je popsán současný stav objektu, jeho způsoby zásobování energiemi a finanční rozbor stávající situace. V dalších částech je provedena diskuze nad možností využití fotovoltaické elektrárny a kogenerační jednotky, včetně ekonomického vyhodnocení, což je základní hodnotící kritérium smysluplnosti realizace této diplomové práce.

2 Představení společnosti

LIPOELASTIC a.s. je přední světový výrobce kompresního pooperačního prádla v oblasti plastické a estetické chirurgie, jako jsou kompresní podprsenky, obličejové bandáže, dámské/pánské bandáže aj. Kromě vlastních produktů je také oficiálním distributorem prsních implantátů Eurosilicone a Nagor, dermálních výplní Teosyal, kosmoceutiky Teoxane, produktů pro léčbu hypertrofických jizev Biodermis nebo přístrojů pro transfer tuku Body-jet.

V současnosti jsou produkty vyváženy do více než 70 zemí světa a jsou považovány za jedny z nejkvalitnějších na trhu.

Historie společnosti sahá až do roku 2002. Významným mezníkem je rok 2011, kdy byla výrobní a expediční část společnosti přestěhována do stávajících prostor (viz Obr. 1), ve kterých bude formou této diplomové práce probíhat optimalizace zásobování energiemi.

Z pohledu ekologie je společnost LIPOELASTIC a.s. zapojena do systému sdruženého plnění EKO-KOM a všechny materiály, ze kterých jsou produkty vyráběny, jsou opatřeny certifikátem ÖKO-TEX, který je vydáván německým zkušebním institutem HOHENSTEIN, zaručující absenci škodlivých látek. V případě rentability navrhovaných investic tak společnost ocení i jejich ekologický přínos.

3 Umístění objektu, základní popis

Výrobní a expediční kapacity společnosti LIPOELASTIC a.s. jsou situovány ve Valašském Meziříčí na ulici Vrbenská 887. Jak lze vidět z fotografie níže (viz Obr. 1), jedná se o objekt, který prošel značnou modernizací. Veškerý popis objektu vychází z technické zprávy budovy. Pro lepší pochopení energetické náročnosti budovy je v této části detailněji popsán provoz na jednotlivých podlažích.



Obr. 1 Výrobní a expediční budova spol. LIPOELASTIC a.s.

3.1 Tvar objektu, situační řešení

Tvar objektu společnosti je podélný, o půdorysném rozměru 29,85 x 14,85m, a sestává se ze čtyř nadzemních a jednoho podzemního podlaží. Svou podélnou osou je orientován ve směru východ-západ. Budova je ukončena pultovou střechou se sklonem 8% směrem na jih s výškou max. 16m nad terénem. Hlavní vstup do objektu je situován ze strany severní.

Největší množství elektrické energie je vyrobeno fotovoltaickými panely, které jsou orientovány na jih se sklonem 35°. Na Obr. 2 lze vidět, že právě okolo této hodnoty je výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu největší.[2]



Obr. 2 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu[2]

Dalším velice důležitým faktorem je zhodnocení umístění budovy, a to z pohledu možného zastínění panelů. Budova společnosti LIPOELASTIC se nachází v poměrně těsném sousedství s ostatními budovami, nicméně výška budovy je v porovnání se sousedními objekty nejvyšší.

V sousedství se nenachází žádné stromy ani kopce, které by taktéž mohly snížit účinnost výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů.

Hlavní konstrukční systém objektu je tvořen monolitickým železobetonovým skeletem s příčlemi v podélném i příčném směru a monolitickými železobetonovými stropy. Obvodové stěny, vnitřní dělicí stěny a příčky jsou tvořeny výplňovým keramickým zdivem. Nosnost střechy je pro instalaci fotovoltaických panelů vč. podpůrných konstrukcí dostatečná.

3.2 1. Podzemní podlaží

Větší část podzemního podlaží se skládá z otevřeného prostoru, který slouží jako sklad materiálu a zázemí pro zaměstnance, sestávající z kuchyňky, šaten, umývárny, WC a denní místnosti. Zbylá část je tvořena technickým zázemím (kompresorovna, kotle, místnost centrálního vysavače, hlavní uzávěry...). Podzemní podlaží bývá zpravidla nejvíce využíváno v době polední půlhodinové pauzy, kdy se pracovníci výroby přemísťují do těchto prostor ke konzumaci jídel a nápojů.

3.3 1. Nadzemní podlaží

V prvním nadzemním podlaží je v současnosti umístěn centrální sklad výrobků, který zabírá většinu prostoru. V přední části směrem od vstupu se nachází kancelář expedice, v zadní části nájezdová rampa.

3.4 2. Nadzemní podlaží

Ve druhém nadzemním podlaží probíhá výrobní proces od šití zdravotnických pomůcek až po výstupní kontrolu a balení. V této místnosti se nachází převážně šicí stroje společnosti JUKL. V současné době je na tomto podlaží během provozu cca 40 pracovníků.

Pracovní doba, během které je nejvyšší odběr elektrické energie, je ve výrobním úseku stanovena od 06:00 do 14:30.

Z důvodu zajištění vhodných pracovních podmínek je v této místnosti instalováno umělé osvětlení, které eliminuje možnost výroby neshodného výrobku na strojích, které se nacházejí dále od okna. Dále pak vzduchotechnika, sloužící k cirkulaci vzduchu.



Obr. 3 Druhé nadzemní podlaží – výrobní úsek

3.5 3. Nadzemní podlaží

Ve třetím nadzemním podlaží probíhá proces stříhání, řezání a moldování materiálu a částečně je zde rozšířena i výrobní část z 2 NP.

V současnosti se na tomto podlaží nachází během provozu 9 pracovníků stříhárny a 20 šiček. Osvětlení, vzduchotechnika a pracovní doba, resp. období nejvyššího odběru energií jsou totožné s 2 NP.

3.6 4. Nadzemní podlaží

Čtvrté nadzemní podlaží je určeno pro vedení společnosti a administrativní úsek. Sestává se z kanceláří, 2 zasedacích místností, recepce, WC, kuchyňky a úklidové místnosti.

Povaha tohoto podlaží je čistě administrativní, což jasně definuje nejčastěji užívaný elektrospotřebič – počítač/notebook, popř. tiskárna.

Veškeré kancelářské prostory jsou dostatečně osvětleny denním světlem. Maximální prosklení fasády je orientováno na severní stranu (na úkor jižní), z důvodu prevence přehřívání prostor.

4 Energetické hodnoty budovy

K popisu základních energetických hodnot bude užit průkaz energetické náročnosti budovy, zpracovaný dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. společností ARTING plus, s.r.o. ze dne 24.5.2010. Kvůli změnám v uplynulých letech bohužel nelze využít dokument v celém rozsahu.

4.1 Užití energie v budově, základní hodnoty

Elektrická energie je využívána k osvětlení, ventilaci, provozu technického a administrativního vybavení a výrobních strojů. Vytápění je realizováno plynovými kotli. Větrání administrativní části probíhá přirozenou formou, výrobní a expediční úsek mechanicky vzduchotechnikou.

V budově se využívají 2 druhy energie, a to elektrická a energie zemního plynu, které jsou využívány na vytápění, přípravu teplé vody, osvětlení a mechanické větrání. [7]

V následujících tabulkách jsou vybrány důležité hodnoty z průkazu PENB.

Tab. 1 Geometrická charakteristika budovy

Vnější objem vytápěné budovy [m ³]	7138
Součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy [m ²]	2256
Celková podlahová plocha budovy [m ²]	1944

Tab. 2 Průměrné vnitřní teploty

Průměrná vnitřní teplota v otopném období (°C)	20,0
Průměrná vnitřní teplota v období chlazení (°C)	26,0

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU**

Tab. 3 Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy

Ochlazovaná konstrukce	Plocha všech konstrukcí A [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H_T [W/K]
Obv. stěna pod terénem	139,34	1,27	86,71
Obv.st.soklu - zdivo+zateplení	40,97	0,29	11,88
Obv.st.soklu - ŽB+zateplení	6,22	0,32	1,99
Obv.st. - zdivo+zateplení	419,83	0,19	79,77
Obv.st. - ŽB+zateplení	262,9	0,27	70,98
Obv st - zdivoTherm+zateplení	133,97	0,17	22,77
Obv.st. - panel IPN	28,53	0,21	5,99
Podlaha na terénu	403,85	1,45	286,94
Stříška nad vstupem	5,91	3,5	20,69
Střecha	24,43	0,18	4,4
Okno	141,21	1,1	178,63
Prosklená stěna u vstupu	28,66	1,2	39,55
Venkovní dveře	1,6	1,1	2,02
Obv.st. - panel IPN	151,61	0,21	31,84
Střecha	387,17	0,18	69,69
Okno	79,47	1,1	100,53

4.2 Vytápění

Systém vytápění v budově je charakterizován následující tabulkou:

Tab. 4 Charakteristika vytápění

Charakteristika systému vytápění	Centrální
Jmenovitý výkon zdrojů tepla (systému vytápění)	2 x 10-49,5 kW
Typ zdroje tepla	Plynový kotel
Průměrná roční účinnost zdroje energie [%]	> 95%

5 Reálná fakturace

V této kapitole je uvedena reálná spotřeba elektřiny a plynu spolu s fakturovanými částkami. Dodavatelem obou typů energií je společnost ČEZ prodej s.r.o.

5.1 Fakturace plynu

Jak již bylo zmíněno výše, plyn je využíván k vytápění objektu. Reálná spotřeba plynu za období 1 roku vychází z konkrétní faktury.

Hodnota spotřeby plynu odběrného místa:	119,8 MWh
Základ daně:	115 262,98 ,- Kč
Fakturovaná částka s DPH:	139 468,21 ,- Kč

5.2 Fakturace elektřiny

Faktury za elektrickou energii poskytnuté společností LIPOELASTIC a.s. obsahují podrobný výpis plateb za období 1.4.2015 – 31.12.2015. Nastavená distribuční sazba elektřiny je D02d. Oproti fakturaci za plyn, u které lze vidět roční spotřebu, je tedy náročnější určit celkový roční odběr.

Zamyslíme-li se nad povahou výrobního areálu a konstrukcí celé budovy (drtivá většina oken na severní části), lze konstatovat, že mezi jednotlivými měsíci nejsou velké rozdíly ve spotřebě elektrické energie.

1. Výrobní stroje, spotřebiče - pracovní doba výrobního i správního úseku nezávisí na ročním období.
2. Osvětlení – v prvních třech nadzemních podlažích se nachází expediční a výrobní kapacity společnosti. Jak již bylo zmíněno výše, je kladen vysoký důraz na kvalitu pracovního prostředí, tudíž osvětlení je v těchto částech vždy zapnuto, a to i v době slunných dní s dostatkem světla z venkovního prostředí.
3. Ostatní – Např. výtah, kompresor apod. Spotřeba těchto zařízení není ovlivněna ročním obdobím.

Z této základní analýzy spotřeby energie jednotlivými zařízeními lze zjistit průměrnou měsíční spotřebu, vycházející z poskytnuté fakturace, jelikož převážnou většinu spotřeby tvoří zařízení, na které nemá množství světla z venkovního prostředí vliv.

Z faktury lze odvodit průměrnou cenu za 1 MWh. Při výpočtu je nutno uvažovat i regulované platby související s dodávkou elektřiny.

Vstupy pro výpočet průměrné ceny jsou následující (vše bez DPH):

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Tab. 5 Regulované platby související s dodávkou elektřiny (bez DPH)

Stálý měsíční plat za příkon (měsíčně), dále jen SMPZP	820 Kč
Spotřeba elektřiny vysoký tarif (za každou MWh)	1998,3 Kč
Cena za systémové služby (za každou MWh)	105,27 Kč
Cena na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny (za každou MWh)	495 Kč
Cena OTE za činnost zúčtování (za každou MWh)	6,94 Kč

Tab. 6 Platba za silovou elektřinu (bez DPH)

Platba za silovou elektřinu (bez DPH)	
Pevná cena za měsíc, dále jen PCM	55 Kč
Spotřeba elektřiny vysoký tarif (za každou MWh)	1100 Kč
Daň z elektřiny (za každou MWh)	28,3 Kč

Výslednou cenu za 1 MWh lze stanovit následovně:

$$CMWh = (1998,3 + 105,27 + 495 + 6,94) + (1100 + 28,3) = 3\,733,81 \text{ Kč} \quad (1)$$

6 Aktuální spotřeba

Spotřeba elektrické energie, uvedená na faktuře v předešlé kapitole, je z roku 2015, tudíž je třeba provést kontrolní měření spotřeby.

Toto měření bylo prováděno v týdnu od 1.5.2017 do 8.5.2017 odečtem hodnot centrálního elektroměru. Hodnoty z víkendu byly měřeny jednou denně za uplynulých 24 hodin. Jelikož v tyto dny není v provozu výrobní ani administrativní úsek, lze uvažovat, že spotřeba během těchto dní je konstantní bez ohledu na denní hodinu. Spotřebu elektrické energie o víkendu lze užít i pro státní svátky a dny volna. Výsledné hodnoty jsou zachyceny v Tab. 7.

Tab. 7 Měření spotřeby elektrické energie

čas/datum	1.5.2017	2.5.2017	3.5.2017	4.5.2017	5.5.2017	6.5.2017	7.5.2017
	Rozdíl [kWh]						
6:00	-	-	-	-	-	-	-
7:00	37	39	36	35	38	-	-
8:00	38	38	38	39	38	-	-
9:00	37	38	36	37	38	-	-
10:00	40	42	40	41	41	-	-
11:00	40	40	40	40	39	-	-
12:00	37	37	41	37	37	-	-
13:00	39	37	39	42	40	-	-
14:00	38	38	39	38	40	-	-
15:00	38	39	37	38	35	-	-
16:00	37	38	37	36	34	-	-
06:00 násl. Den	209	209	209	209	209	-	-
Celkem / 24hod	590	595	592	592	589	358	350
Celkem / týden [kWh]	3 666						

Z Tab. 7 lze extrapolovat výsledky na rok 2017 následovně:

- Počet pracovních dní: 250
- Počet víkendu a svátků: 115

Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie v pracovním dni:

$$PHPD = \frac{590 + 595 + 592 + 592 + 589}{5} = 591,6 \text{ kWh} \quad (2)$$

Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie o víkendu či dni volna:

$$PHVD = \frac{358 + 350}{2} = 354 \text{ kWh} \quad (3)$$

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Extrapolovaná spotřeba elektrické energie pro rok 2017:

$$E_{2017} = (PHPD \times 250) + (PHVD \times 115) = (591,6 \times 250) + (354 \times 115) \quad (4)$$

$$E_{2017} = 147\,900 + 40\,710 = 188\,610 \text{ kWh} = 188,61 \text{ MWh} \quad (5)$$

Výsledná extrapolovaná částka úhrady za elektrickou energii pro rok 2017:

$$UCZE = (E_{2017} \times CMWh) + 12 \times (SMPZP + PCM) \quad (6)$$

$$UCZE = (188,61 \times 3673,81) + 12 \times (820 + 55) = 692\,917 + 10\,500 \quad (7)$$

$$UCZE = 703\,417 \text{ Kč} \quad (8)$$

$$UCZE_{DPH} = UCZE \times 1,21 = 703\,417 \times 1,21 = 851\,135 \text{ Kč} \quad (9)$$

7 Fotovoltaický systém

Nyní se přesouváme k první části diplomové práce, fotovoltaické elektrárně. V této kapitole bude vysvětlen princip funkce, druhy, výhody, základní informace ohledně stavu v ČR a podpoře tohoto alternativního zdroje.

7.1 Historie

S rozvojem civilizace je potřeba čím dál více elektrické energie. I přes skutečnost, že většina spotřeby je pokryta tepelnými a jadernými elektrárnami, dochází k růstu participace alternativních zdrojů. Nejrychleji rozvíjejícím se odvětvím je právě fotovoltaika, neboli přímá přeměna energie slunečního záření na energii elektrickou.

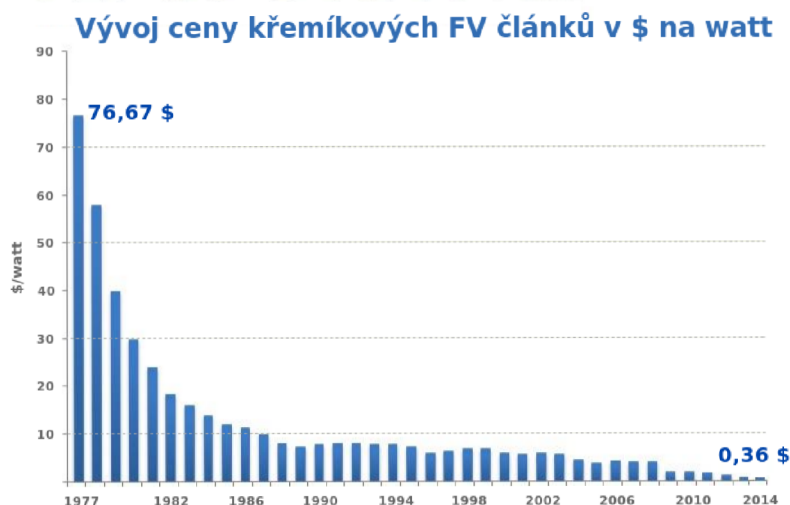
Historie fotovoltaiky sahá až k objevení fotoelektrického jevu. Alexander Edmond Becquerel prezentoval svůj objev, tedy závislost velikosti intenzity proudu mezi kovovými elektrodami ponořenými v roztoku na intenzitě osvětlení, již v roce 1839. [3][4]

Oproti tomu fotovoltaický jev poprvé pozorovali William Grylls Adams a jeho žák Richard Evans Day v roce 1876. Ke svému pokusu využili PN přechod mezi selenem a platinou. Na rozdíl od pokusu A. E. Becquerela vznikalo elektrické napětí bez působení vnějšího elektrického pole, jen působením světla. [4][5]

První fotovoltaický článek byl vyroben v roce 1954 v Bellových laboratořích. Monokrystalický článek dosahoval účinnosti okolo 6%.

Zásadním momentem byl rozvoj polovodičové techniky a také ropná krize v 70. letech, která ukázala nutnost hledání obnovitelných zdrojů energie, mezi které patří právě i energie Slunce. V tomto období došlo ke snížení energetické náročnosti výroby panelů natolik, že jsou za dobu své životnosti schopny vyprodukovat mnohonásobně více energie, než kolik bylo použito na jejich výrobu. [4]

Vývoj ceny fotovoltaických článků ve vztahu k produkovanému výkonu je zachycen na Obr. 4.



Obr. 4 Vývoj ceny křemíkových fotovoltaických článků v USD na W výstupního výkonu [6]

Fotovoltaické panely, tvořeny převážně křemíkem, který dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie, našly své využití v mnoha oblastech, patří mezi ně například:

- Kosmonautika (zdroj energie pro družice)
- Běžná elektronika (kapesní kalkulačky...)
- Zdroje energie pro místa bez možnosti připojení k síti
- A jiné[4]

7.2 Výhody a nevýhody užití sluneční energie

Ve srovnání s ostatními zdroji energie má fotovoltaické zařízení nespočet výhod, a to jak v oblasti provozní, tak i ekologické. Je však důležité mít na paměti, že i tato forma obnovitelného zdroje energie skýtá své nevýhody.

Mezi výhody patří:

- Prakticky nevyčerpatelný zdroj energie
- Nevznikají emise nebo jiné škodlivé látky
- Provoz je bezhlučný
- Jednoduchá instalace solárního systému
- Prakticky není třeba údržba
- Vysoká provozní spolehlivost

Mezi nevýhody pak:

- Malá účinnost přeměny
- Poměrně malá životnost ve vztahu k ceně
- Potřeba záložního zdroje elektřiny či akumulace

Konkrétně v podmínkách ČR se pak k nevýhodám přidávají:

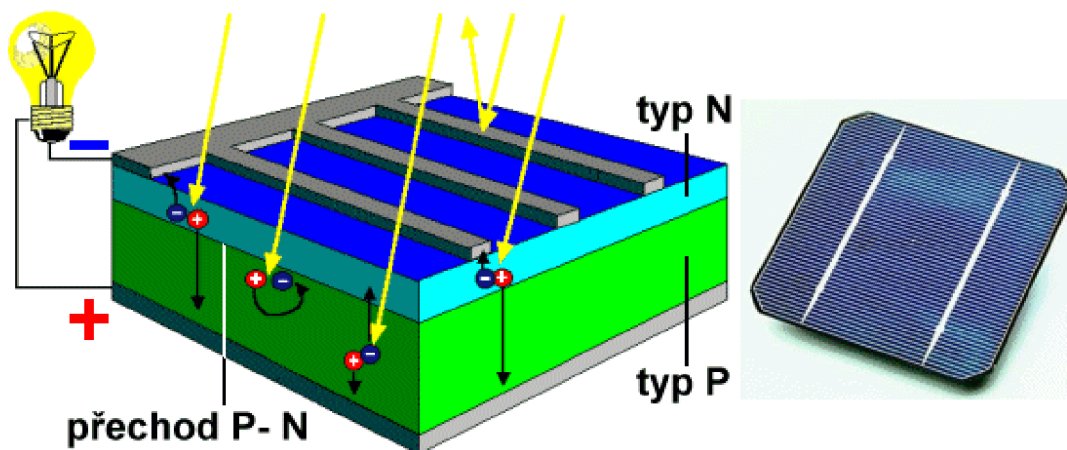
- Nízká průměrná roční intenzita slunečního záření
- Krátká průměrná doba slunečního svitu
- Velké kolísání intenzity záření během roku [8]

7.3 Princip fotovoltaického jevu

Fotovoltaický článek je polovodičová dioda, která je na svém základu tvořena křemíkovou destičkou s vodivostí typu P. Na této vrstvě se nachází tenká vrstva polovodiče typu N. Obě jsou pak odděleny tzv. přechodem P-N.

Při osvětlení článku vzniká v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev a z jeho krystalické mřížky se začnou uvolňovat záporné elektrony. Napětí, které dosahuje velikosti cca 0,5 V, lze pozorovat na přechodu P-N. Energie dopadajícího světla se v článku mění na elektrickou energii. Elektrický proud začne protékat v případě, že k článku připojíme spotřebič a začnou se tak vyrovnávat kladné a záporné náboje.

Jednotlivé články je možné zapojit sériově či paralelně a jsou z nich tvořeny fotovoltaické panely.



Obr. 5 Princip fotovoltaického jevu ve FV panelu[8]

Velikost proudu, který je vyroben fotovoltaickým článkem, je úměrná velikosti ozařované plochy článku. Účinnost přeměny energie závisí na struktuře materiálu a způsobu, jakým je článek vyroben (viz Obr. 6)

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

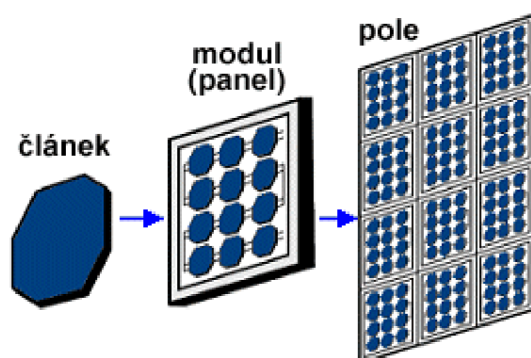
KŘEMÍKOVÝ MATERIÁL	laboratorní výr. (%)	průmyslová výr. (%)
monokrystalický	~ 24	14 - 17
polykrystalický	~ 18	13 - 15
amorfní	~ 13	5 - 7

Obr. 6 Účinnost přeměny energie v závislosti na použitém materiálu a podmínkách[8]

7.4 Fotovoltaické systémy

Výstupní napětí jednoho článku je v praxi nevyužitelné. Z tohoto důvodu se články spojují a vytvářejí tak fotovoltaický modul (panel). Jejich spojení závisí na požadovaném napětí a odebíraném proudu.

Spojením panelů je tvořeno tzv. fotovoltaické pole (viz Obr. 7), které je možné vidět například na střechách budov. Moduly jsou uloženy do hermeticky uzavřených pouzder, která jsou tvořena vysoce průhledným tvrzeným sklem. Tato konstrukce umožňuje ochránit moduly před povětrnostními vlivy a zajistit tak životnost modulu po dobu 20-30 let.[8]



Obr. 7 Sdružování FV článků[8]

7.4.1 Off – grid systémy

Jsou to systémy, které nejsou připojeny na síť. Zpravidla to jsou systémy, které zásobují elektrickou energií stavby, u kterých není vybudována elektrická přípojka.

Tyto ostrovní systémy se rozdělují na:

- Systémy s přímým napájením
- Systémy s akumulací elektrické energie
- Hybridní systémy[9]

6.4.1.1 Systémy s přímým napájením

Jedná se o prosté propojení solárního panelu a spotřebiče, který však funguje pouze při dostatečné intenzitě slunečního světla. Mezi charakteristické příklady připojení patří např.: čerpání vody pro závlahu, napájení ventilátorů aj.[9]

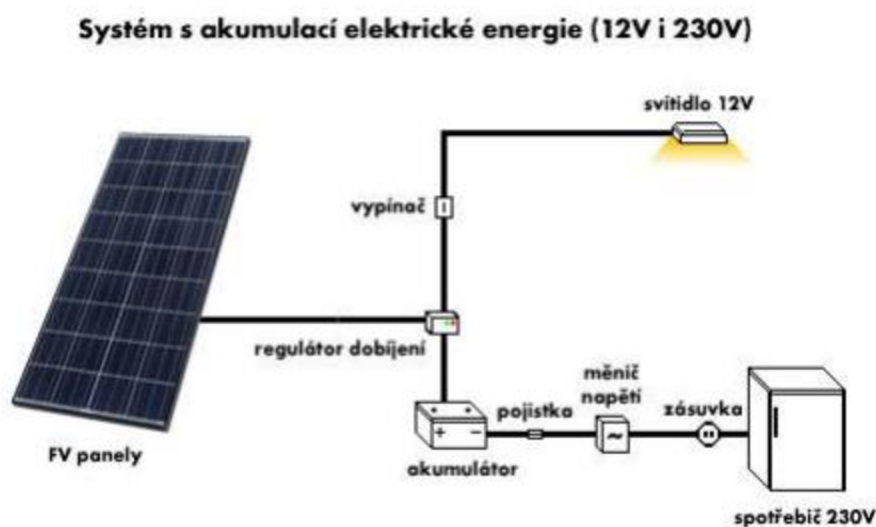


Obr. 8 Systémy s přímým napájením [9]

6.4.1.2 Systémy s akumulací elektrické energie

Tento druh systému bývá užíván v případě, že je potřeba zajistit přívod elektrické energie i v období bez slunečního záření. Tyto ostrovní systémy jsou charakteristické speciálními akumulátorovými bateriemi, které jsou typické svým pomalým vybíjením i nabíjením. Automobilové akumulátory vhodné nejsou, a to z důvodu jejich konstrukce pro vysoký proud za krátký časový úsek.

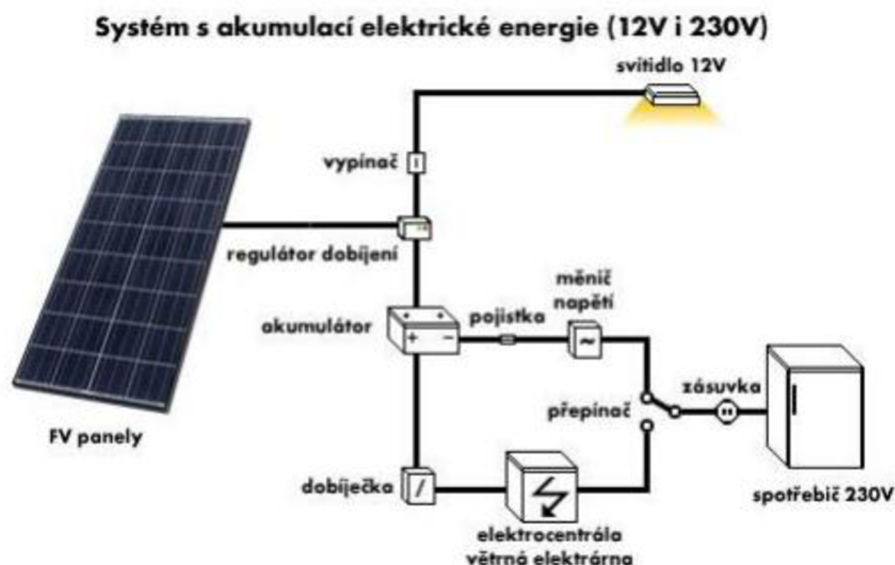
Optimální nabíjení a vybíjení je zajištěno regulátorem dobíjení.[9]



Obr. 9 Systémy s akumulací elektrické energie[9]

6.4.1.3 Hybridní systémy

Bývají využívány v případě celoročních provozů. V zimním období je možné získat z fotovoltaického systému podstatně méně elektrické energie, než v měsících letních. Výhodnou alternativou zefektivnění rentability systému je jeho rozšíření o doplňkový zdroj elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem. Mezi takovéto zdroje lze řadit větrnou elektrárnu či kogenerační jednotku.[9]



Obr. 10 Hybridní systémy[9]

7.4.2 Menší On – grid systémy

Systémy, které jsou připojené na síť, přičemž jejich výkon se pohybuje zpravidla v řádech jednotek až desítek kWp. Tyto systémy nebývají instalovány z důvodu nekvalitní sítě či stálosti dodávek elektřiny, jako je tomu u ostrovních systémů, ale hlavním motivem je zpravidla ekonomický přínos fotovoltaického systému.

Tyto typy instalací lze zpravidla vidět na rodinných domech, přičemž vyrobená energie je přímo spotřebována v dané stavbě a případné přebytky prodány do distribuční sítě. Druhou možností je využít systém výhradně pro dodávání energie do distribuční sítě, a to za výkupní cenu, tj. bez vlastní spotřeby v místě instalace.[9]



Obr. 11 Menší on-grid systémy[9]

7.5 Fotovoltaika v ČR

Obnovitelné zdroje a snižování energetické náročnosti budov je v České republice podporováno formou dotací zvaných „Zelená úsporám“. Obecně lze říci, že čím více je snížena energetická náročnost budovy po zavedení opatření, tím vyšší je hodnota dotace.

O příjem podpory mohou žádat vlastníci či stavebníci rodinných a bytových domů, například tedy:

- Fyzické osoby podnikající i nepodnikající
- Společenství vlastníků jednotek
- Bytová družstva
- Podnikatelské subjekty

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000
C.3.3	FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000

Obr. 12 Dotační program ČR pro využití solární energie [10]

Pro dosažení nejvyšší podpory je nutno zajistit automatické řízení v závislosti na aktuální výrobě a spotřebě elektrické energie s maximální prioritou využití pro pokrytí okamžité spotřeby elektrické energie a akumulaci jejich přebytků. Ve zkratce lze konstatovat, že podmínkou je alespoň 70% využití zisku systému pro pokrytí spotřeby přímo v daném objektu. [10]

Tento typ dotace se však netýká výrobních podniků, jako je konkrétně zamyšlený objekt společnosti LIPOELASTIC a.s. Pro tyto druhy objektů je určen dotační program Ministerstva průmyslu a obchodu, které vede agendu dotace a podpory podnikání. Od roku 2004 je většina této agendy realizována skrz program „Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost“ (zkráceně „OPPIK“), v rámci kterého ministerstvo vypisuje tzv. výzvy, které se vždy týkají konkrétního okruhu podporovaných technologických řešení. [11]

V současnosti není vypsána žádná výzva, která by se týkala konkrétních řešení zpracovaných v této práci. Z tohoto důvodu nelze počítat s možností dotace na výstavbu.

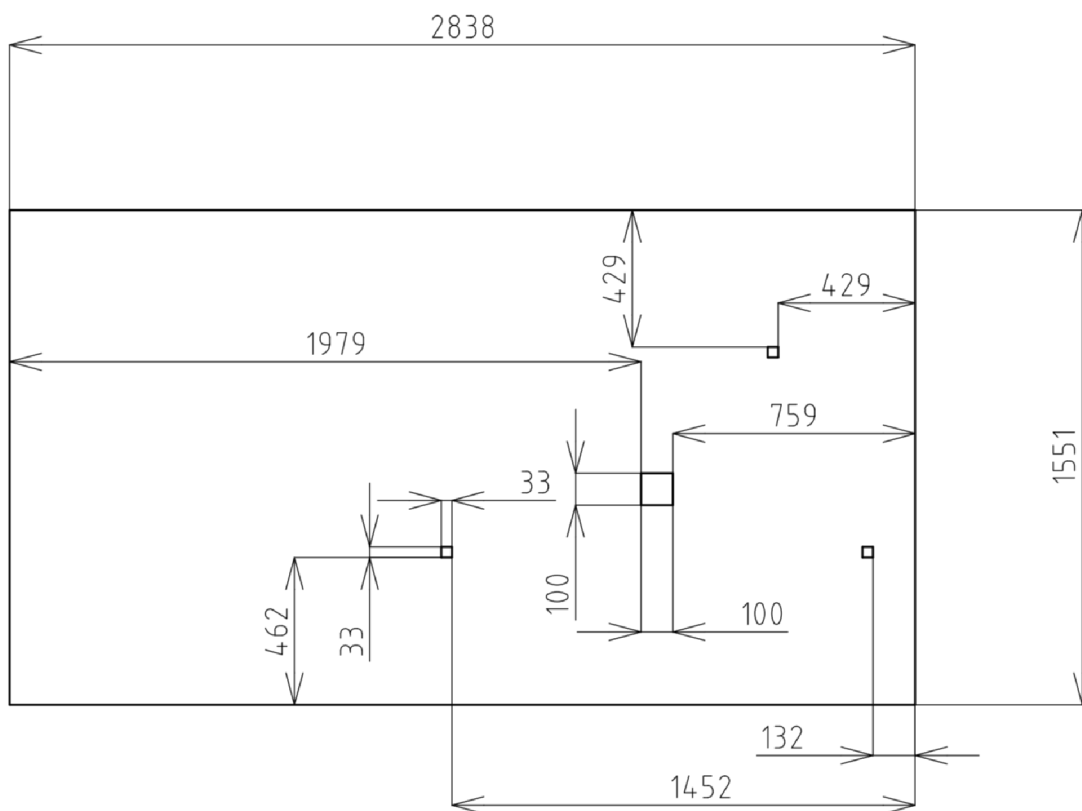
8 Fotovoltaický systém- návrh

Výkon FV panelů, který udává výrobce je pouze teoretický. Existuje spousta faktorů, které ovlivňují výsledky a tím nedílně i návratnost systému. Mezi tyto faktory patří:

- Sklon a orientace panelů
- Stínění panelů (vyvolané proměnností počasí)
- Intenzita slunečního záření (v závislosti na lokalitě)[12]

8.1 Půdorys střechy a lokalita výrobního areálu

Parametry střechy již byly zmíněny v kapitole 3.1. Půdorys střechy vyobrazuje možné překážky, které brání instalaci fotovoltaických panelů.



Obr. 13 Půdorys střechy (kotace v cm)

Sklon střechy pro instalaci panelů není příliš optimální, neboť je pouze 8° . Nejčastěji je volen sklon mezi $30 - 45^\circ$.

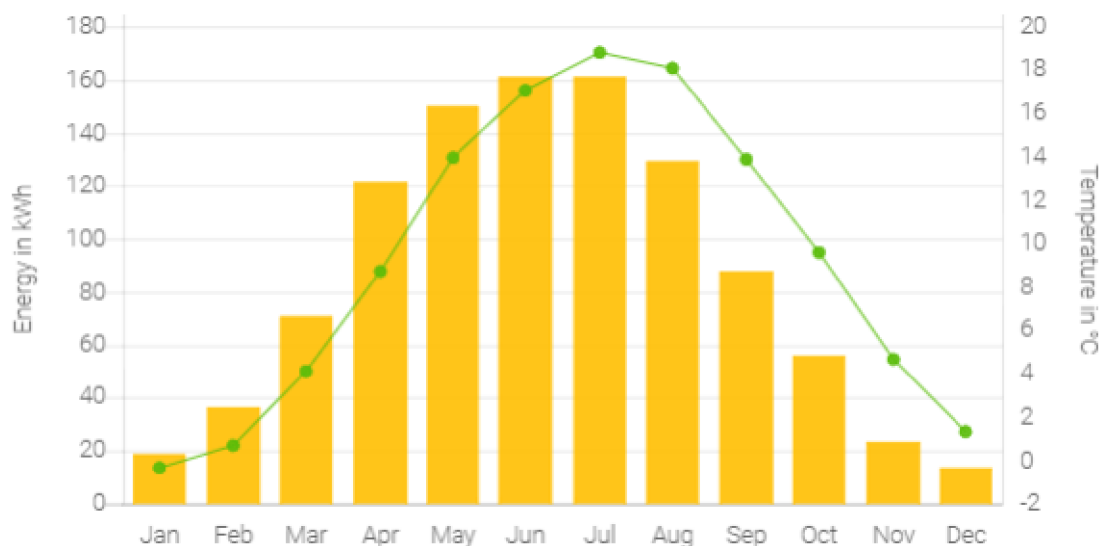
Jednou s možností je upevnit fotovoltaické panely pod požadovaným optimálním sklonem. Toto řešení však skýtá problémy, které by bylo nutno vyřešit. Jedním z nich je složitost konstrukce, která s sebou nese zvýšení ceny a hmotnosti. Druhým problémem je snížení účinné plochy střechy, jelikož by se mezi panely musela nechat mezera, zabráňující zastínění jednotlivých panelů. Z tohoto důvodu bude návrh proveden se sklonem panelů 8° , neboli připevněním panelů ke konstrukci střechy.

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

V této části kapitoly je taktéž důležité posoudit lokalitu, ve které se budova nachází, a to především z pohledu dopadajícího záření. Sluneční energie dopadající na zemský povrch není konstantní. Variabilita je patrná v jednotlivých dnech, měsících i letech. Je důležité mít na paměti, že v jednotlivých ročních obdobích se mění výška slunce i venkovní teplota, tudíž je obtížné přesně určit podmínky, ve kterých bude fotovoltaický systém pracovat.

Nejvhodnější je využít simulační softwaru, ve kterých lze vybrat konkrétní adresu, a které vyobrazují množství sluneční energie dopadající na zemský povrch. K tomuto účelu byl zvolen software od společnosti Valentin Software GmbH. Na obrázku níže lze vidět množství sluneční energie dopadající na zemský povrch v jednotlivých měsících na adrese společnosti LIPOELASTIC.

Dopadající energie je vyjádřena v kWh.



Obr. 14 Dopadající energie v kWh na zemský povrch na adrese zamýšleného objektu na m^2

Z obrázku je patrné, že největší množství sluneční energie dopadá na zemský povrch mezi květnem a červencem. Roční průměr se pohybuje okolo hodnoty 1150 kWh/m². Je chybou považovat tuto energii za energii vyrobenou fotovoltaickými panely. Množství vyrobené energie je podstatně ovlivňováno natočením a sklonem fotovoltaického panelu.

Největšího množství energie je dosaženo, pokud sluneční paprsky dopadají kolmo na osluněnou plochu, avšak poloha slunce se v závislosti na čase mění.[2]

8.2 Poptávaný návrh řešení fotovoltaické elektrárny

Na základě vstupních parametrů (charakteristika budovy, spotřeba elektrické energie, aj.) byly podány poptávky společností, které realizují výstavbu a servis fotovoltaických elektráren. Důvodem konkrétní cenové nabídky je snaha společnosti LIPOELASTIC realizovat zvyšování participace obnovitelných zdrojů na výrobním areálu za účelem snížení spotřeby primárních energií.

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Požadavek ze strany vedení společnosti byl na co nejpřesnější cenovou nabídku, která by při samostatném výpočtu a hledání cen z internetových zdrojů, odhadu délky kabeláže, či ceny montáže, byla značně zkreslená.

Celkem byly osloveny 4 společnosti, z nichž nejvýhodnější nabídku zaslala společnost INNOGY. Proto bude v této části kalkulace počítáno s jejich návrhem řešení, včetně cenové kalkulace.

8.3 Parametry vstupující do cenové poptávky

V této části kapitoly jsou vyjmenovány parametry, které jsou nezbytné pro návrh fotovoltaické elektrárny.

- Určení typu zatížení (odběru) – odběr elektřiny je vzhledem k charakteru provozu budovy v průběhu roku víceméně konstantní
- Roční spotřeba elektrické energie, včetně fakturované částky (viz kapitola 5)
- Lokalita areálu, dispoziční řešení budovy, užitný prostor střechy, sklonu aj. (viz kapitola 8.1)

8.4 Fotovoltaická elektrárna – návrh řešení

8.4.1 Fotovoltaické panely

Fotovoltaický panel tvoří nejdůležitější součást celého systému. Na jeho výstupních svorkách dostáváme za pomoci fotovoltaického jevu stejnosměrnou elektrickou energii. Vyrobena energie závisí nejen na účinnosti a maximálním výkonu fotovoltaických článků, ale také na množství dopadající energie.

Vzhledem k relativně vysoké spotřebě elektrické energie objektu je zde návrh limitován hlavně užitnou plochou střechy.

Pro realizaci řešení byly vybrány panely Amerisolar AS-6P30 270Wp, jejichž specifikace je sepsána v Tab. 8. Počet panelů je stanoven na 186.

Tab. 8 Specifikace FV panelů Amerisolar AS-6P30 270Wp[13]

Elektrické charakteristiky	
Maximální výkon	270 W
Účinnost modulu	16,6 %
Pracovní teplota	-40 °C – 85 °C
Jmenovité napětí (Vmp)	31,1 V
Jmenovitý proud při Vmp (Imp)	8,69 A
Mechanické charakteristiky	
Solární články	Polykrystalický
Počet článků	6 x 10
Rozměry modulu	1640 x 992 x 40 mm
Váha	18,5 kg
Přední sklo	3,2 mm tvrzené sklo
Cena	205 EUR = 5651,- Kč

Celková plocha pokryta panely je následující:

$$\text{celková pokrytá plocha} = 1,62 \times 186 \doteq 301 \text{ m}^2 \quad (10)$$

8.4.2 Měníče

Abychom byli schopni využít napětí, které vyrobí fotovoltaický panel, musíme zakoupit tzv. měnič, který převede stejnosměrné napětí na napětí střídavé, které je vhodné pro naši síť¹.

Na základě nabídky byly vybrány následující měniče, jejichž specifikace jsou v Tab. 9 a Tab. 10.

Tab. 9 Specifikace solárního měniče Omniksol-20k-TL[14]

Solární měnič Omniksol-20k-TL	
Vstup (DC)	
Max. vstupní výkon:	21 200 (W)
Jmenovité vstupní napětí:	640 V
Max. vstupní napětí:	1 000 V
Výstup (AC)	
Maximální účinnost měniče:	98,2 %
Jmenovitý výstupní výkon:	19 200 W
Max. výstupní proud:	29 A
Rozsah napětí:	185-276 V

Tab. 10 Specifikace solárního měniče Omniksol-10k-TL2[15]

Solární měnič Omniksol-10k-TL2	
Vstup (DC)	
Max. vstupní výkon:	10 000 (W)
Jmenovité vstupní napětí:	640 V
Max. vstupní napětí:	1 000 V
Výstup (AC)	
Maximální účinnost měniče:	97,6 %
Jmenovitý výstupní výkon:	8 200 W
Max. výstupní proud:	13,9 A
Rozsah napětí:	185-276 V

Maximální vstupní výkon na soustavě měničů je 52 400 W, což je více než maximální instalovaný výkon FV panelů. Vhodnost volby měničů je tedy potvrzena.

8.4.3 Svodiče napětí

Velmi důležitou součástí celého FV systému jsou tzv. svodiče napětí. Ty jej chrání před vzniklým přepětím, což je napětí, které dosáhne alespoň dvojnásobku hodnoty jmenovitého napětí.

¹ 230 V a 50 Hz

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Svodiče musí být zapojeny na DC vedení mezi FV panely a měničem napětí a také na vedení AC (za měničem napětí).

8.4.4 Vodiče napětí

Generovanou elektrinu z FV elektrárny je třeba nějak vést. Stejně jako svodiče dělíme vodiče na vedoucí DC a AC napětí.

Vodiče DC, tzv. solární kabely jsou využívány ke spojení FV panelů s měničem. Tyto kabely mají dobré vlastnosti při nízkých napětích a práci při vysokých proudech. Mezi hlavní výhody patří dlouhá životnost a nízké ztráty.

Od napěťového měniče vedeme AC za pomoci kabelu vodičů DC. Tímto typem kabelu jsou propojeny svodiče napětí, měniče a elektroměry.

8.4.5 Ostatní elektronické součásti

Rozvaděč – slouží k měření, jištění a ovládání elektroinstalace

Elektroměry – díky nim jsme schopni měřit množství vyrobené elektrické energie a také množství energie odebrané.

Jističe – pojistky proti nadměrnému elektrickému proudu v případě překročení hraniční hodnoty rozpojí el. obvod.

Zemnění panelů a uzemnění rozvaděče

8.4.6 Ostatní mechanické části

Konstrukce – profily, háky, upevňovací šrouby atd.

8.4.7 Výčet položek

Tab. 11 Výčet položek včetně pořizovací ceny[16]

Název	Počet	Cena bez DPH
FV panel Amerisolar 270W	186	1 051 086
Měnič Omniksol-20k-TL	2	139 128
Měnič Omniksol-10k-TL2	1	39 564
Elektromateriál vč. přepěťových ochran	-	62 174
Samonosná konstrukce	1	161 820
Projektová dokumentace a revize	-	10 000
Montážní práce	-	186 000
Doprava	-	25 000
Administrativní úkony	-	8 000
Sleva za realizaci	-	-100 000
CELKEM		1 582 772,- Kč

Při návrhu je nutné uvažovat i nutnost výměny měničů po 15 letech provozu FV elektrárny.[16]

8.5 Akumulace energie

Fotovoltaická elektrárna generuje elektřinu v závislosti na intenzitě slunečního svitu. Ta je typicky nejvyšší v období kolem poledne, kdy množství vyrobené elektrické energie dle návrhu řešení převyšuje aktuální spotřebu.

Je tedy na místě uvažovat o možnosti akumulace vyrobené energie. V objektu se v současnosti nachází akumulční nádrž na TUV, která by teoreticky mohla být využita. Vzhledem k tomu, že nejvíc elektřiny z FV elektrárny je ovšem generováno v letních měsících, je akumulace formou tepla nelogická.

Další možností akumulace je instalace baterií, které ihned nespotřebovanou el. energii pojmu a umožní její využití v době nízkého osvětlení či v noci.

K akumulaci byla vybrána baterie od společnosti INNOGY a.s., LiFePO₄ 14,4 kWh, která dokáže pojmout množství vyrobené energie nad rámec spotřeby v období okolo poledne. Vzhledem k tomu, že tento přebytek je generován pouze v tuto dobu a v průběhu dne postupně spotřeba elektrické energie opět převyšuje její výrobu, je tak zřejmé, že baterie se nabije pouze 1x denně a investice do ní, dosahující částky 269 000,- Kč, se tak prostou matematikou za dobu její životnosti nevrátí.[16]

9 FV elektrárna – ekonomické zhodnocení

9.1 Účinnost panelu vlivem sklonu střechy

Než bude popsána ekonomická návratnost FV elektrárny je nutné zohlednit další faktory vstupující do kalkulace. Mezi tyto faktory patří:

- Sklon střechy
- Azimut

Střecha je orientována na jih, tudíž tento faktor lze zanedbat. Sklon střechy však ovlivňuje účinnost výroby elektrické energie, jak je patrné z Tab. 12.

Tab. 12 Závislost účinnosti elektrárny na azimutu a sklonu střechy[17]

PVGIS		Sklon					
orientace		0°	20°	35°	45°	60°	90°
Z	90°	88,8%	86,2%	82,9%	79,2%	71,7%	51,0%
ZJZ	67,5°	88,8%	91,4%	89,7%	87,1%	80,4%	56,7%
JZ	45°	88,8%	95,7%	94,8%	93,1%	87,1%	63,9%
JJZ	22,5°	88,8%	97,4%	98,3%	97,4%	91,4%	67,1%
J	0°	88,8%	97,4%	100,0%	98,3%	92,2%	67,9%
JJV	-22,5°	88,8%	97,4%	98,3%	97,4%	91,4%	66,9%
JV	-45°	88,8%	95,7%	94,8%	93,1%	87,1%	63,8%
VJV	-67,5°	88,8%	91,4%	89,7%	87,1%	80,3%	58,4%
V	-90°	88,8%	86,2%	82,9%	79,2%	71,7%	50,9%

Zvažovaný objekt má sklon střechy 8°, tudíž je nutné provést lineární regresi mezi body uvedenými v tabulce.

$$KUV = \left(\frac{(0,974 - 0,888)}{20} \right) * 8 + 0,888 \doteq 0,9224 \quad (11)$$

Výsledný koeficient účinnosti výkonu tedy je 0,9224.

9.2 Objem vygenerované elektřiny

Vzhledem k současným výkupním cenám silové elektřiny ze Slunce funguje FV elektrárna neekonomičtěji, když je vygenerovaná elektřina ihned využita v místě výroby.

Při hodnocení návratnosti investice do FV elektrárny je tedy nutné se co nejvíce přiblížit budoucí realitě řešení. Je nutné ověřit předpokládaný denní průběh funkce celého systému a zjistit, zda, kdy a v jakém objemu bude třeba vygenerovanou el. energii zpětně odprodávat do distribuční sítě.

Objem vygenerované elektřiny vychází ze softwarů společnosti INNOGY, které uvažují dopadající záření v místě zamýšlené instalace. V Tab. 13 je zachycena distribuce vygenerované elektřiny v průběhu roku (po měsících), potažmo přepočten na den.[16]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Tab. 13 Distribuce vygenerované elektřiny v průběhu roku[16]

Měsíc	Uvažovaná výroba energie [kWh]	Denní průměr výroby energie [kWh]
Leden	1100	35,5
Únor	1860	66,4
Březen	4040	130,3
Duben	5710	190,3
Květen	6410	206,8
Červen	6510	217,0
Červenec	6600	212,9
Srpen	5980	192,9
Září	4250	141,7
Říjen	2840	91,6
Listopad	1300	43,3
Prosinec	908	29,3

Z této tabulky by bylo možné vyvodit, že ani v letních měsících nepřekročí výroba el. energie její spotřebu. To by ovšem byla pravda pouze za předpokladu její rovnoměrné výroby během dne. V praxi je za ideálního slunečního dne křivka generované el. energie FV elektrárny v závislosti na denní hodině velmi podobná Gaussově křivce a maxima instalovaného výkonu je dosahováno v pravé poledne, resp. 13:00 během letního času. To lze vidět na Obr. 15, který zachycuje reálné měření generované el. energie FV elektrárnou na střeše rodinného domu. Pro náš návrh bude užita křivka FVE 2.[18]



Obr. 15 Reálné měření generované el. energie na střeše rodinného domu[18]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Nyní je nutné zjistit, zda bude alespoň v měsících s nejintenzivnějším slunečním svitem docházet v určité fázi dne k převisu generace el. energie nad spotřebou. Vypočteme tedy maximální dosažitelný výkon uvažované FV elektrárny, který získáme tak, že vynásobíme maximální instalovaný výkon panelů koeficientem účinnosti výkonu vzhledem ke sklonu střechy, zmíněném v kapitole 9.1.

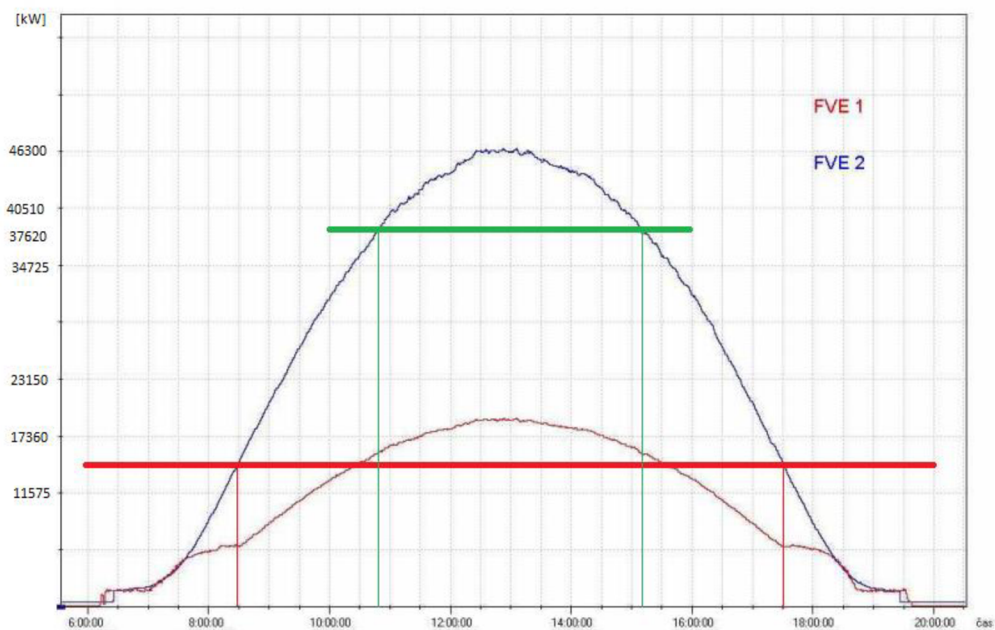
$$MDV = MIV \times KUV \quad (12)$$

$$MDV = 50220 \text{ Wp} \times 0,9224 = 46323 \text{ Wp} \quad (13)$$

kde: MDV.....maximální dosažitelný výkon....[Wp]
KUV.....koeficient účinnosti výkonu....[-]

Víme tedy, že maximálně je uvažovaná elektrárna schopna dosáhnout výkonu 46,32 kW. Nyní je třeba zjistit, kdy v letních měsících může dojít k převisu generované el. energie. Z Tab. 7 z kapitoly 6, tedy vypočteme průměrnou hodinovou spotřebu od 10:00 do 16:00 hod v pracovní dny, což je 38,6 kWh. Pro víkendy a svátky budeme uvažovat konstantní odběr, tj. za každou hodinu 14,75 kWh.

Na následujícím obrázku je využit původní graf průběhu generace el. energie v rámci dne a za hodnoty osy y dosazeny hodnoty reálně dosažitelného výkonu. Maximum křivky koresponduje s maximálně dosažitelným výkonem vypočteným výše. Následně byly do grafu zaneseny průměrné hodnoty spotřeby během pracovního a nepracovního dne.



Obr. 16 Graf průběhu generace elektrické energie za slunného dne v referenci s průměrným odběrem energie v pracovní a nepracovní dny[18]

Lze vidět, že i přesto, že FV elektrárna průměrně nevygeneruje víc el. energie, než objekt spotřebuje, díky asymetrickému rozložení generace během dne dochází v určitých hodinách ke stavu, kdy je generováno více elektřiny, než je spotřebováváno, a to hlavně v nepracovních dnech.

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Z Obr. 16 je patrné, že v letních měsících bude ve slunečných pracovních dnech částečný zpětný odkup do sítě realizován v čase přibližně mezi 10:50 a 15:10; ve slunečných nepracovních dnech pak dokonce mezi 8:30 a 17:30.

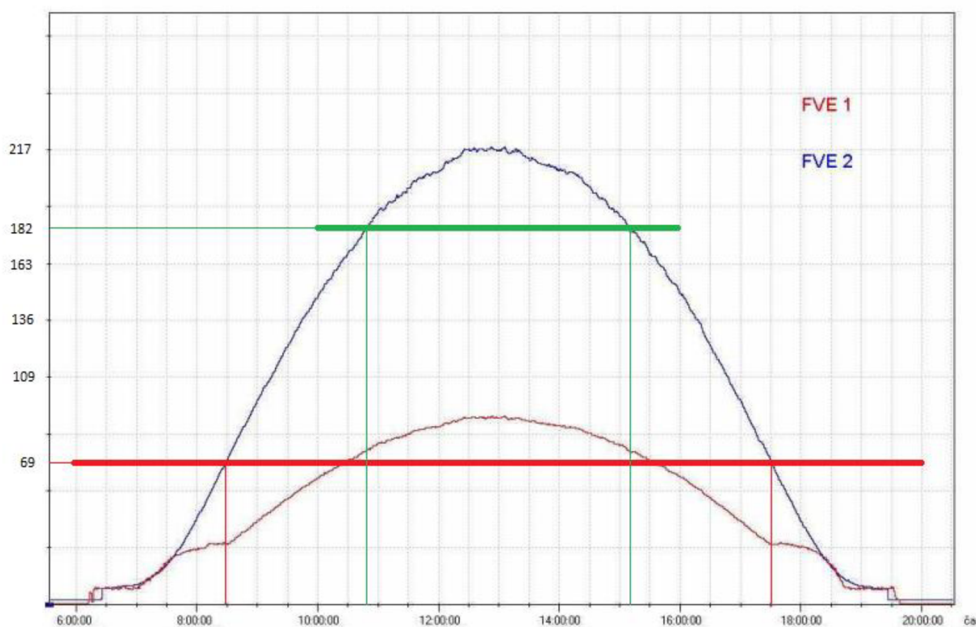
Dále je nutné zjistit v kterých měsících a v jakém objemu bude k této skutečnosti průměrně docházet. Pro tento účel využijeme opět původní obrázek grafu průběhu generace el. energie v rámci dne, kde hodnoty osy y zaměníme za hodnoty průměrně vygenerované el. energie během 1 dne v konkrétních měsících. Pokud se vrchol křivky bude pro daný měsíc nacházet pod průměrem spotřeby el. energie, ať už v pracovní či nepracovní den, budeme s dostatečnou mírou jistoty vědět, že daný měsíc nebude průměrně docházet ke zpětnému odkupu a můžeme tak počítat s tím, že se veškerá vygenerovaná el. energie bude na místě spotřebovávat.

Linky průběhu spotřeby v tomto případě nerepresentují přesnou hodnotu spotřeby v danou dobu, ale slouží jako reference pro typický slunečný den. Hodnoty byly vypočteny dle následujícího vztahu:

$$RHS_{PD} = \frac{38600}{46323} \times 217 = 182 \text{ kWh} \quad (14)$$

$$RHS_{ND} = \frac{14750}{46323} \times 217 = 69 \text{ kWh} \quad (15)$$

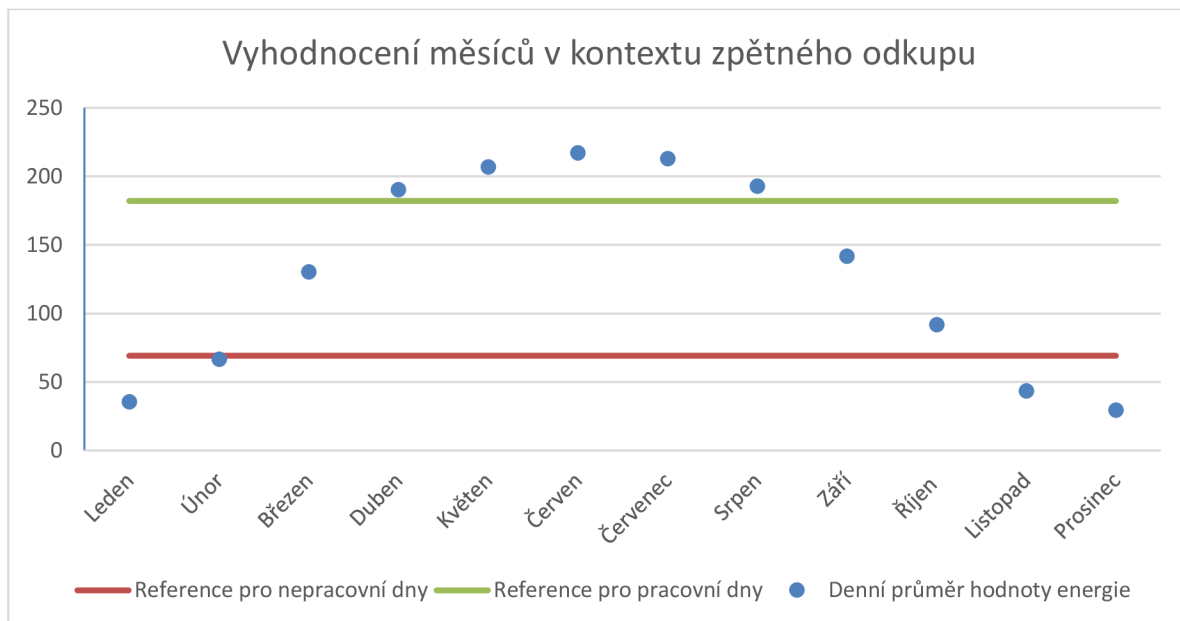
kde: RHS_{PD}referenční hodnota spotřeby pro pracovní den....[kWh]
 RHS_{ND} referenční hodnota spotřeby pro nepracovní den[kWh]



Obr. 17 Vizualizace průběhu výkonu v typický slunný den ve vztahu k průměrně spotřebované elektrické energii v pracovní a nepracovní den[18]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Jednotlivé měsíce tedy zavedeme na osu y. Modré body označují vrchol křivky z Obr. 17 pro daný měsíc.



Obr. 18 Vizualizace průběhu výkonu v typický slunný den ve vztahu k průměrně spotřebované elektrické energii v pracovní a nepracovní den pro konkrétní měsíce

Vidíme, že v pracovních slunečných dnech bude průměrně nutný odprodej od dubna do srpna a v nepracovních slunečných dnech průměrně od března do října.

Nyní tedy zbývá odhadnout, jakou část z celkového vygenerovaného objemu bude nutné odprodávat a s jakou četností bude k těmto odprodejům docházet. Nelze totiž uvažovat, že průběh konkrétních dnů v měsíci bude vždy totožný. V rámci zjednodušení bude poté výsledek vynásoben průměrným poměrem přímého záření ke globálnímu dle modelů PVGIS a Meteonorm.[19]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Tab. 14 Odhad odprodeje v % pro PD a ND

Měsíc	Model			Odhad objemu odprodeje		Finální výsledek odprodeje (%PD/%ND)	
	Meteonorm	PVGIS	Průměr	% PD	% ND		
Leden	0,33	0,3	0,315	-	-	-	-
Únor	0,36	0,37	0,365	-	-	-	-
Březen	0,45	0,4	0,425	-	27%	-	11%
Duben	0,52	0,45	0,485	4%	48%	2%	23%
Květen	0,56	0,46	0,51	7%	54%	4%	28%
Červen	0,62	0,44	0,53	8%	60%	4%	32%
Červenec	0,56	0,49	0,525	8%	58%	4%	30%
Srpen	0,48	0,47	0,475	5%	50%	2%	24%
Září	0,5	0,45	0,475	-	30%	-	14%
Říjen	0,45	0,44	0,445	-	10%	-	4%
Listopad	0,46	0,3	0,38	-	-	-	-
Prosinec	0,4	0,24	0,32	-	-	-	-

Příklad finálního výsledku odprodeje pro PD v měsíci dubnu:

$$FVO_{duben} = 4 \times 0,485 \doteq 2 \% \quad (16)$$

kde: FVO_{duben}finální výsledek odprodeje elektrické energie v měsíci dubnu

Tyto finální hodnoty lze již jen dosadit do Tab. 13 z kapitoly 9.2, a tím zjistíme finální průměrný odprodáváný objem v kWh.

Tab. 15 Finální výsledek odprodeje v kWh

Měsíc	Uvažovaná výroba energie [kWh]	Finální výsledek odprodeje (%PD/%ND)		Finální výsledek odprodeje (kWh PD/ND)	
		%PD	%ND	PD	ND
Leden	1100	-	-	-	-
Únor	1860	-	-	-	-
Březen	4040	-	11%	-	146,06
Duben	5710	2%	23%	75,87	418,82
Květen	6410	4%	28%	156,74	556,19
Červen	6510	4%	32%	189,06	652,25
Červenec	6600	4%	30%	189,86	633,19
Srpen	5980	2%	24%	97,28	447,48
Září	4250	-	14%	-	190,81
Říjen	2840	-	4%	-	39,82
Listopad	1300	-	-	-	-
Prosinec	908	-	-	-	-
SUMA	47508			3793,43	
SUMA %	100%			8%	

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Výpočet například pro měsíc březen je prostý součin uvažované výroby energie (v kWh) a finálního výsledku odprodeje (v %).

Jak vyplývá z tabulky, celkový objem zpětně odprodané el. energie by neměl průměrně překročit 8%. I přes případné nepřesnosti díky použitým zjednodušením tak není tato hodnota natolik signifikantní, aby významnější měrou ovlivnila celkovou návratnost investice. Vzhledem k tomu, že známe výkupní sazbu za kWh současného distribučního partnera (pozn. společnost ČEZ a.s.), můžeme vypočítat kolik lze průměrně ročně utržit za odprodanou el. energii.

$$TOE_{1R} = 3793,43 \times 0,7 = 2655 \text{ Kč} \quad (17)$$

Z těchto výnosů je nutné platit daň z příjmu, která je pro právnické osoby 19%

$$TOE_{1RDP} = TOE_{1R} \times 0,81 = 2151 \text{ Kč} \quad (18)$$

kde: TOE_{1R}tržba za odprodanou energii v rámci 1 roku....[Kč]
 TOE_{1RDP}tržba za odprodanou energii v rámci 1 roku vč. daně z příjmu

Posledním krokem před finálním ekonomickým zhodnocením FV elektrárny je zohlednění degradace účinnosti FV panelů v průběhu let. Výrobce panelů udává zachování 80,6% účinnosti po 30 letech provozu s lineárním průběhem degradace.[13]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Tab. 16 Finální ekonomické zhodnocení FV elektrárny

Rok	účinnost vůči původnímu stavu (%)	vygenerovaná el. Energie (kWh)	využitá el. energie (kWh)	odprodaná el. energie (kWh)	celková úspora (Kč)
1.	99,35	47 199	43 430	3 769	164 298
2.	98,70	46 892	43 148	3 744	163 228
3.	98,06	46 585	42 865	3 720	162 159
4.	97,41	46 278	42 582	3 695	161 090
5.	96,76	45 970	42 300	3 671	160 020
6.	96,12	45 663	42 017	3 646	158 951
7.	95,47	45 356	41 734	3 622	157 881
8.	94,82	45 049	41 452	3 597	156 812
9.	94,18	44 741	41 169	3 573	155 743
10.	93,53	44 434	40 886	3 548	154 673
11.	92,88	44 127	40 604	3 523	153 604
12.	92,24	43 820	40 321	3 499	152 534
13.	91,59	43 513	40 038	3 474	151 465
14.	90,94	43 205	39 755	3 450	150 396
15.	90,30	42 898	39 473	3 425	149 326
16.	89,65	42 591	39 190	3 401	148 257
17.	89,00	42 284	38 907	3 376	147 187
18.	88,36	41 976	38 625	3 352	146 118
19.	87,71	41 669	38 342	3 327	145 048
20.	87,06	41 362	38 059	3 303	143 979
21.	86,42	41 055	37 777	3 278	142 910
22.	85,77	40 748	37 494	3 254	141 840
23.	85,12	40 440	37 211	3 229	140 771
24.	84,48	40 133	36 929	3 205	139 701
25.	83,83	39 826	36 646	3 180	138 632
26.	83,18	39 519	36 363	3 156	137 563
27.	82,54	39 212	36 081	3 131	136 493
28.	81,89	38 904	35 798	3 106	135 424
29.	81,24	38 597	35 515	3 082	134 354
30.	80,60	38 290	35 232	3 057	133 285
SUMA					4 463 742 Kč

Výpočet pro 1. rok:

$$VEE = 47508 \times 0,9935 = 47\,199 \text{ kWh} \quad (19)$$

kde: VEE.....vygenerovaná elektrická energie.....[kWh]

$$VYEE = 47\,199 \times 0,92 \doteq 43\,430 \text{ kWh} \quad (20)$$

kde: VYEE.....využitá elektrická energie.....[kWh]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

$$OEE = 47\,199 \times 0,08 \doteq 3\,769 \text{ kWh} \quad (21)$$

kde: OEE.....odprodaná elektrická energie.....[kWh]

$$CUFV = (VYEE \times 3,73381) + (OEE \times 0,7 \times 0,81) \quad (22)$$

$$CUFV = (43430 \times 3,73381) + (3769 \times 0,7 \times 0,81) \quad (23)$$

$$CUFV = 164\,298 \text{ Kč} \quad (24)$$

kde: CUFV.....Celková úspora FV elektrárny....[Kč]

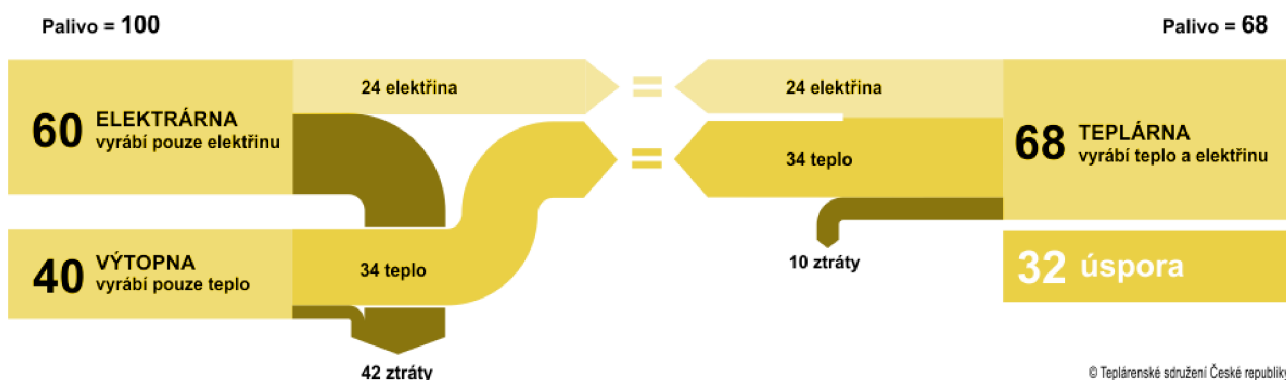
Ve výpočtu celkové úspory FV elektrárny je započítána i 19% daň z příjmu právnických osob za odprodanou elektřinu.

Z tabulky je patrné, že návratnost investice je po 10 letech provozu.

10 Kogenerační jednotka – teorie

Kogenerační jednotkou se zjednodušeně rozumí zařízení, které mění primární zdroj energie (palivo) na více využitelných forem energie. Ty jsou v zařízení generovány současně, tedy se kogenerují.

V praxi se pod tímto pojmem nejčastěji skrývá tzv. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET), která umožňuje efektivní využití odpadního tepla vzniklého při výrobě elektřiny. Místo elektrárny a výtopny je tak možno postavit pouze jedno zařízení, které nezanedbatelnou měrou redukuje celkovou spotřebu primárních surovin a potažmo produkci zplodin.



Obr. 19 Schéma principu ekonomického přínosu kombinované výroby elektřiny a tepla[20]

Limitací kogeneračních jednotek je nerovnoměrnost odběru výstupních energií. Zatímco spotřeba elektřiny (kromě vytápění) je ovlivněna hlavně pracovním cyklem (směna, víkend, dovolená), spotřeba tepla primárně závisí na okolní teplotě, v našich zeměpisných podmínkách tedy na ročním období. V létě, kdy je potřeba vytápění nulová, tak kogenerační jednotka pozbývá své výhody ležící ve vysoké účinnosti přeměny paliva na obě výstupní energie, elektřina je většinou čerpána z rozvodové sítě a návratnost investice do KJ se prodlužuje. [21]

Částečným řešením této nevýhody je možnost napojení vývodu tepelné energie (většinou teplé vody) na absorpční chladič. Teplo vzniklé v procesu kogenerace je pak možno za cenu snížení celkové účinnosti využít i k výrobě chladu pro technologické účely nebo klimatizaci. V takovém případě se jedná o tzv. trigeneraci, kombinovanou výrobu elektřiny, tepla a chladu.

Trigenerace zvyšuje využitelnost KJ v průběhu roku tam, kde je možno ji efektivně využít. Typicky jsou to prostory, kde je v zimě vysoká spotřeba tepla a v létě chladu, např. koupaliště, obchodní centra, kanceláře, hotely, nemocnice, sklady.[22]

10.1 Podpora v EU

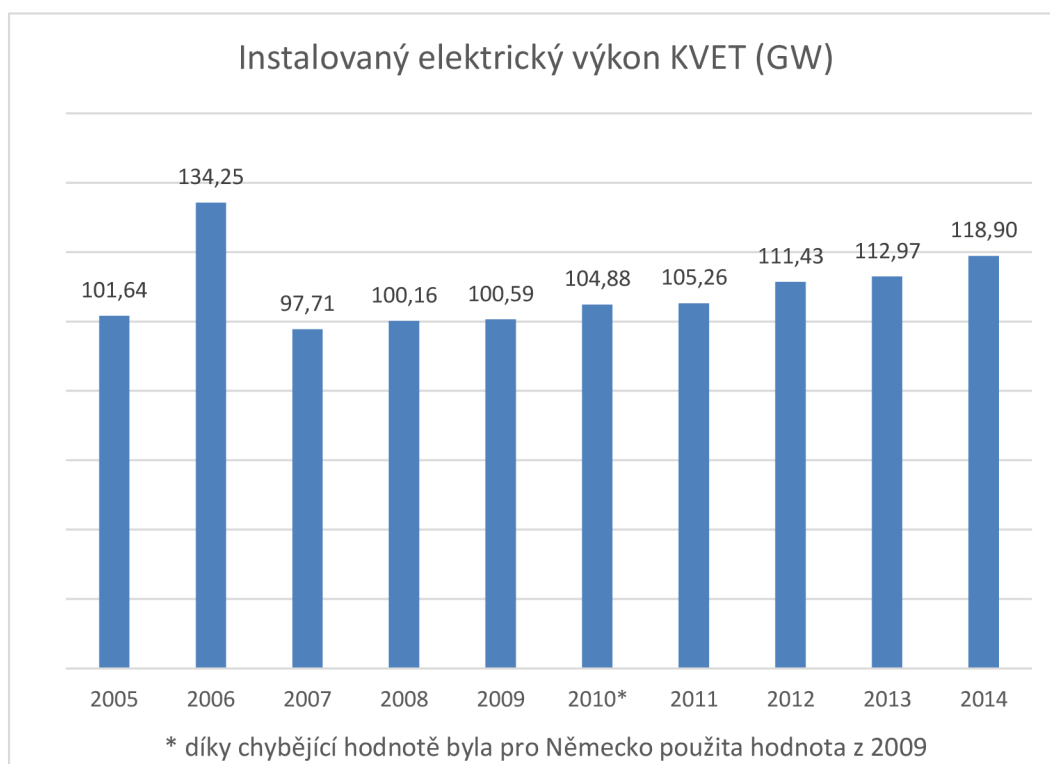
Vzhledem k ekologickým a ekonomickým přínosům využívání kogeneračního způsobu produkce elektřiny a tepla je bez překvapení, že je o jeho podporu usilováno systematicky v rámci celé Evropské Unie. Uvědomění si jeho důležitosti je poprvé oficiálně zmíněno v Usnesení rady z 18.12.1997. První závazná Směrnice zakotvující podporu KVET byla odsouhlasena 16.12.2002 a týkala se nových a renovovaných budov

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

s užitnou plochou více, než 1000 m². Poprvé byl zaveden termín „CHP – Combined Heat and Power“, ekvivalent českého KVET. [23][24]

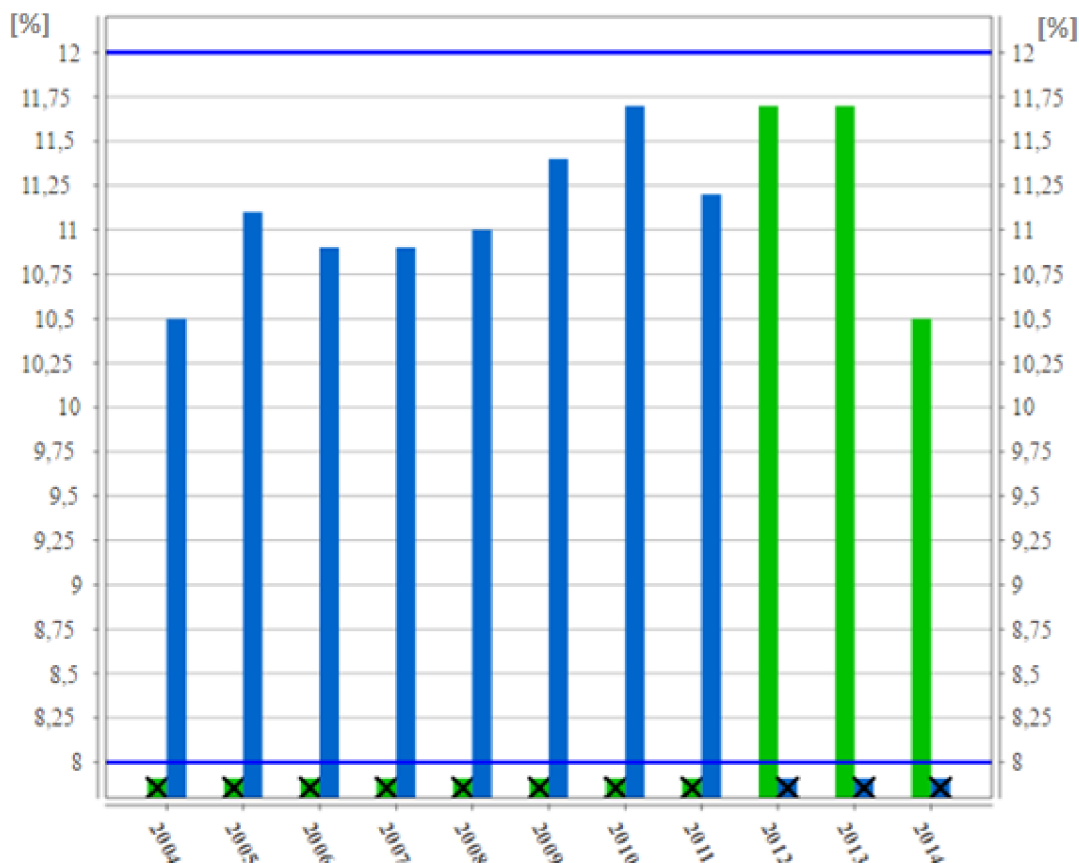
Evropská legislativa se nadále vyvíjela a aktuálně je podpora KVET dána Směrnicemi Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES a 2012/27/EU. Tyto směrnice musí všechny členské státy zakotvit do svých vlastních právních řádů. Naposledy zmíněná směrnice zmiňuje potřebu dosáhnout do r. 2020 hranice 20% kogenerované elektřiny z celkové spotřeby el. energie v EU.[25][26]

I když platná legislativa pravděpodobně stojí za pozvolným zvyšováním instalovaného výkonu KVET, podíl elektřiny z KVET na celkové spotřebě od roku 2004 do 2014 stagnuje (do r. 2011 statistika 27 členských států; od 2012 28 států). Lze tedy usoudit, že při současném vývoji nebude do r. 2020 splněn cíl daný směrnicí.[27]



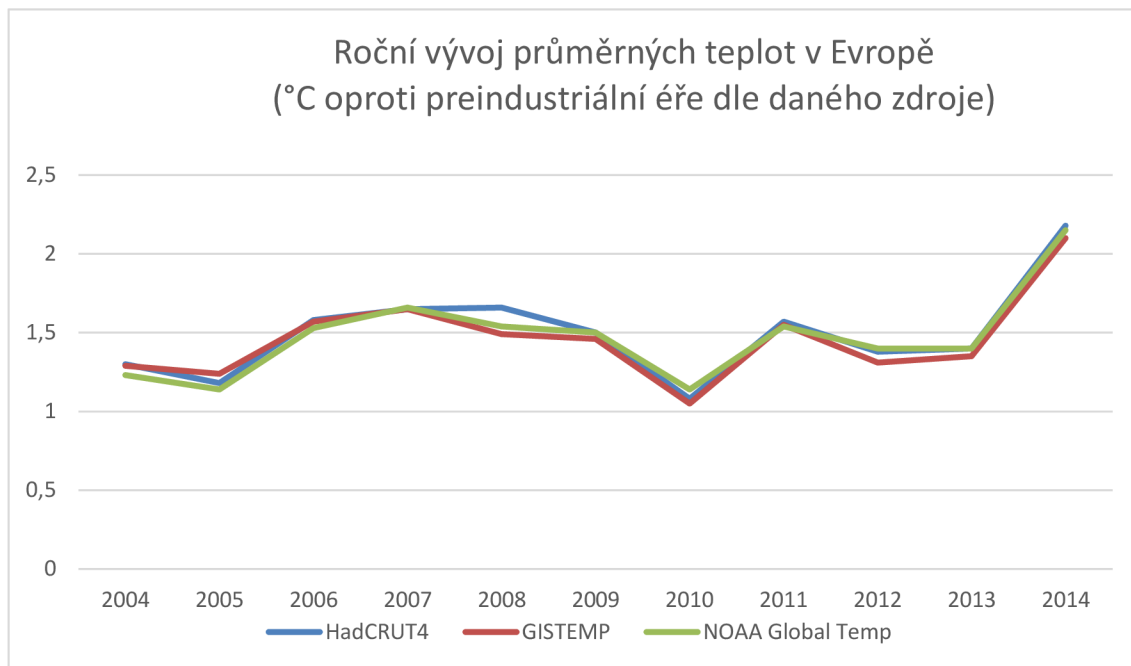
Obr. 20 Graf instalovaného výkonu KVET v EU[27]

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU



Obr. 21 Graf podílu výroby elektřiny z KVET z celkově vyrobené el. energie (modrá 27 členských států, zelená 28 členských států EU)

Citelný pokles v r. 2014 může souviset s nadprůměrnými teplotami v Evropě v tomto roce a vzhledem ke způsobu fungování kogeneračních jednotek a jejich optimálního využití popsaného v předchozí kapitole. [29]



Obr. 22 Vývoj průměrné roční teploty v Evropě 2004-2014 dle různých modelů[29]

10.2 Podpora v ČR

Podpora KVET v České Republice následuje trend EU. Konkrétní implementací směrnice je zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie navazující na zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, který ale ještě KVET nerozeznával. Je tak patrná značná časová prodleva v zakotvení příslušných evropských směrnic.

Zákon č. 165/2012 Sb. v § 2, písm. g) zavádí pojem kombinovaná výroba elektřiny a tepla, která je definována jako „přeměna primární energie na energii elektrickou a užitečné teplo ve společném současně probíhajícím procesu v jednom výrobním zařízení“ a písm. h) pojem užitečné teplo, které je definováno jako „teplo vyrobené v procesu kombinované výroby elektřiny a tepla k uspokojování poptávky po teple a chlazení, která nepřekračuje potřeby tepla nebo chlazení a která by byla za tržních podmínek uspokojována jinými procesy výroby energie než kombinovanou výrobou elektřiny a tepla“. Tím vystihuje hlavní přínos KVET, který byl popsán již v úvodní kapitole 10.

Podpora je naplňována tzv. zeleným bonusem. Pro jeho dosažení v rámci KVET zákon v § 6, ods. 1) jako podmínku pro zařízení s instalovaným elektrickým výkonem nižším než 1 MW dává, že musí jít o elektřinu, „při jejíž výrobě se dosahuje kladné hodnoty úspory primární energie“. Nad tuto hranici instalovaného el. výkonu je podmínka přísnější, neboť taková zařízení musí dosahovat úspory primární energie ve výši nejméně 10 % oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla.

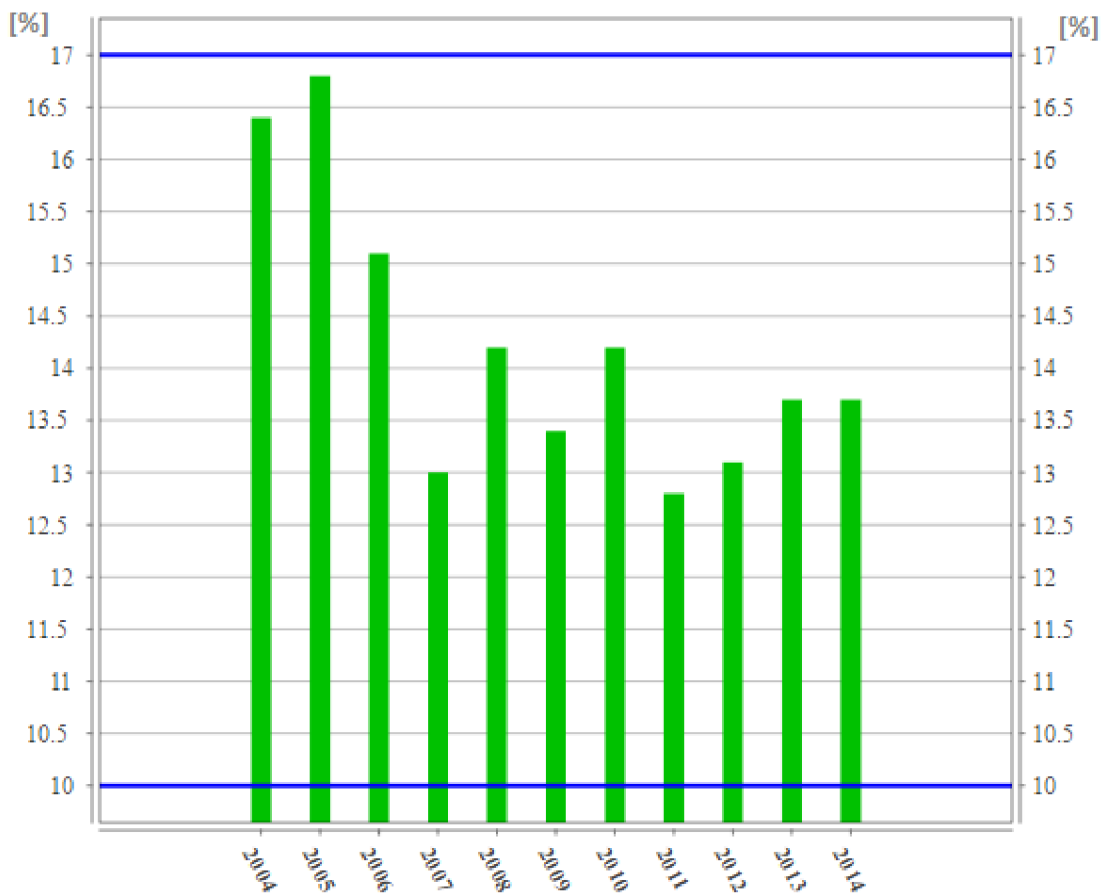
Dle zdroje č. 30 se uvedená podpora „vztahuje na výrobní elektrické energie umístěné v ČR, které jsou připojeny na elektrizační soustavu přímo, prostřednictvím odběrného místa nebo prostřednictvím jiné výrobní elektrické energie. Podpora se poskytuje na

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

množství vyrobené elektrické energie vykázané výrobcem a to v rozsahu, v termínech a způsobem podle vyhlášky č. 453/2012 Sb.”

Stanovení konkrétní výše a rozsahu podpory dává zákon v témže paragrafu v odst. 7 za úkol Energetickému regulačnímu úřadu (dále jen „ERÚ“). Aktuálně platné Cenové rozhodnutí ERÚ z 29.3.2017 je Přílohou č.1 této práce. [1][31]

I přes tyto zelené bonusy ale můžeme vidět, že ačkoli je ČR nad evropským průměrem, podíl elektřiny vyrobené v rámci KVET v průběhu let klesá.[27]



Obr. 23 Graf podílu výroby elektřiny z KVET z celkově vyrobené el. energie pro ČR[27]

10.3 Typy kogeneračních jednotek

V současné době jsou u nízko výkonných kogeneračních jednotek (též označovaných jako mikro-kogenerační), vhodných pro instalaci v podobných objektech jako cílový, používány hlavně 2 typy – spalovací a Stirlingovy motory. Pro velké teplárny či specifická použití je možné nasazení jiných druhů.

10.3.1 Spalovací motor

Spalovací motory jsou rozeznávány v provedení vznětovém (nafta) a zážehovém (benzín). V obou případech se zpravidla jedná o automobilové motory, upravené pro

spalování plynu. Motor je napojen na generátor, který je jím poháněn a současně je využíváno odpadního tepla, vzniklého za jeho provozu. Teplo je generováno jak chlazením pracovního prostoru, tak výfukovými plyny. Spalovací motory jsou typické pro své nižší pořizovací náklady, na druhou stranu však vyššími nároky na pravidelnou údržbu a servis.

10.3.2 Stirlingův motor

Stirlingův motor je typ horkovzdušného motoru, jehož princip je starý již 200 let. Na rozdíl od spalovacího motoru pracuje s externím zdrojem tepla, má oddělenou horkou a studenou část a pracuje s uzavřeným oběhem. Díky tomu dosahuje vyšší účinnosti a není náchylný na kvalitu paliva, protože to se spaluje odděleně. Dle způsobu uspořádání rozlišujeme modifikace alfa, beta a gama. Stirlingův motor v rámci kogenerační jednotky pracuje v součinnosti s klasickým kotlem na ohřev vody a využívá jeho odpadní teplo. Díky uzavřenému cyklu nepřichází vnitřní ústrojí do kontaktu se spaliny a motor je tak téměř bezúdržbový. Na rozdíl od spalovacího motoru nedochází k individuálním zážehům paliva ve válcích a je tak redukován hluk a vibrace. To je důležité zejména v takových aplikacích, kde není možné kogenerační jednotku dostatečně izolovat od obývaného prostoru.

10.3.3 Parní turbína

Parní turbíny se používají jako generátory elektřiny v drtivé většině elektráren. Kogenerační způsob použití spočívá ve využití tepla odpadní nízko potenciální páry, např. k vytápění přilehlých obcí a měst.

10.3.4 Ostatní

Mezi ostatní druhy pohonů kogeneračních jednotek patří například:

- Spalovací turbína
- Mikroturbína
- Palivový článok
- Parní stroj

11 Kogenerační jednotka – návrh

11.1 Výběr typu KJ

Z výčtu druhů kogeneračních jednotek použitelných v rozsahu zamýšleného objektu byla vybrána varianta se spalovacím motorem, a to především díky vyššímu poměru generované el. energie ku en. tepelné oproti např. Stirlingovu motoru.

Ačkoli se kogenerační jednotka sestává z mnoha částí (spalovací motor, generátor, rozvody, řídicí elektronika, atd.), komerční modely jsou dodávány formou „vše v jednom“, stačí je tedy jen připojit k rozvodům plynu a vody. Příkladem mohou být výrobky české firmy TEDOM a.s.



Obr. 24 Kogenerační jednotka TEDOM a.s.[32]

Kromě samotné kogenerační jednotky musíme při instalaci v objektu počítat také s doplňkovými materiály a přístroji, jako jsou např. příruby, elektroměr atd. Během provozu jednotky je rovněž třeba počítat s pravidelným servisem, který se většinou týká spalovacího motoru (výměna oleje, filtru, atd.)

11.2 Podmínky instalace

Pro instalaci je samozřejmě třeba dostatek prostoru, a to jak pro samotné umístění, tak i pro dopravu jednotky na dané místo, což může být někdy problém vzhledem k tomu, že se kogenerační jednotky zpravidla umísťují do nejméně obývaných prostor, běžně tedy do sklepů a suterénů. Ani jedno není v zamýšleném objektu spol. LIPOELASTIC a.s. problém; budova disponuje vykládací rampou a průmyslovým výtahem do suterénu, kde je v technické místnosti prostoru dostatek.

Další případnou limitací je provozní hluk jednotky, která by z tohoto důvodu neměla být v blízkosti pracovního prostoru. To rovněž není v zamýšleném objektu problém, neboť v suterénu není umístěno žádné stabilní pracoviště.

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Posledním požadavkem pro provoz kogenerační jednotky je dostatek přísunu vzduchu pro spalování. To může být zajištěno buď vzduchotechnikou či přirozeným přísunem vzduchu z venku skrz ventilační otvory. Zamýšlené prostory pro instalaci KJ nejsou aktivně větrány vzduchotechnikou, místnost je možné větrat přirozeně pomocí oken, avšak v případě potřeby je možno provést drobnou stavební úpravu tak, aby byla KJ napojena sacím potrubím přímo ven.

11.3 Stanovení ideálního instalovaného výkonu

V kapitole 10 bylo popsáno, že se provoz KJ vyplatí pouze v době potřeby obou generovaných typů energie. Protože je zamýšlený objekt již vybaven kotli na vytápění s dostatečným výkonem, není třeba uspokojit veškeré požadavky na teplo kogenerační jednotkou. Zároveň objekt ale spotřebovává relativně hodně el. energie v poměru k en. tepelné.

Při výběru konkrétní KJ je tedy třeba brát za limitní hodnoty množství potřebného tepla a minimálního průměrného konstantního odběru el. energie v průběhu dne. Ten byl stanoven již v kapitole 9.2. Jelikož je v objektu spotřebovávána TUV pouze na mytí rukou, nádobí a vytírání, lze považovat energii na její ohřev za zanedbatelnou a provoz KJ tak uvažovat pouze v měsících, kdy je třeba budovu vytápět.

Otopná sezóna je od září do května. Určení spotřebovaného tepla daný měsíc a den bylo provedeno zjištěním podílu spotřebované energie na výtop daný měsíc z celkové roční fakturace, to vše zvlášť pro pracovní a nepracovní dny, které se liší hodnotou vnitřní teploty budovy. Pro zjištění řečeného podílu byly využity průměrné venkovní teploty daný měsíc během otopné sezóny, jelikož množství dodaného tepla se musí rovnat množství tepla ztraceného prostupem zevnitř budovy ven. To je vyjádřeno měrnou tepelnou ztrátou na K, ztráta je tedy přímo úměrná teplotnímu gradientu mezi vnitřkem a vnějškem budovy.[33]

Tab. 17 Nutné vyrovnání teplotního gradientu dle měsíců

Vnitřní teplota pracovní den (°C)		20				
Vnitřní teplota nepracovní den (°C)		18				
Roční spotřeba (MWh)		113,81				
Měsíc	Průměrná venkovní teplota (°C)	počet dní v měsíci	Podíl PD/celková spotřeba	Podíl ND/celková spotřeba	Spotřeba (kWh/PD)	Spotřeba (kWh/ND)
Září	13,6	30	3,35%	1,06%	185,41	127,47
Říjen	8,5	31	6,22%	2,36%	333,16	275,22
Listopad	3,5	30	8,63%	3,49%	478,01	420,07
Prosinec	-0,5	31	11,08%	4,60%	593,90	535,96
Leden	-3,1	31	12,49%	5,25%	669,22	611,28
Únor	-1,7	28	10,59%	4,42%	628,66	570,72
Březen	2,8	31	9,30%	3,78%	498,29	440,35
Duben	8	30	6,28%	2,41%	347,65	289,71
Květen	13,4	31	3,57%	1,14%	191,21	133,26

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Pro výpočet hodnot v Tab. 17 je nutné spočítat pro každý řádek tabulky následující (výpočet bude probíhat pouze pro 1. řádek):

$$TG_{PD} = (20 - 13,6) = 6,4 K \quad (25)$$

$$TG_{ND} = (18 - 13,6) = 4,4 K \quad (26)$$

$$TGCP_{PD} = \frac{TG_{PD} \times 250 \times 30}{1000} = \frac{6,4 \times 250 \times 30}{1000} = 48 \quad (27)$$

kde hodnota 250 představuje počet pracovních dní v roce a hodnota 30 počet dní v měsíci září a jmenovatel slouží pouze k redukci řádu.

$$TGCP_{ND} = \frac{TG_{ND} \times 115 \times 30}{1000} = \frac{4,4 \times 115 \times 30}{1000} = 15,18 \quad (28)$$

kde hodnota 115 představuje počet nepracovních dní v roce a hodnota 30 počet dní v měsíci září a jmenovatel slouží pouze k redukci řádu.

Pro každý řádek tabulky bylo nutno vypočítat zmíněné četnosti. Jejich součet představuje 100% četností, konkrétně hodnotu 1433,8925, označenou zkratkou SČ.

Nyní můžeme vypočítat spotřebu tepla v pracovním a nepracovním dni:

$$\text{spotř. tepla PD} = \frac{TGCP_{PD} \times RST \times 1000}{SČ \times (30 \times \frac{250}{365})} = \frac{48 \times 113,81 \times 1000}{1433,8925 \times (30 \times \frac{250}{365})} \quad (29)$$

$$\text{spotř. tepla PD} = 185,41 \text{ kWh} \quad (30)$$

kde RST...roční spotřeba tepla...[MWh]
1000 je převod na kWh a 30 počet dní v měsíci září

$$\text{spotř. tepla ND} = \frac{TGCP_{ND} \times RST \times 1000}{SČ \times (30 \times \frac{115}{365})} = \frac{15,18 \times 113,81 \times 1000}{1433,8925 \times (30 \times \frac{115}{365})} \quad (31)$$

$$\text{spotř. tepla ND} = 127,47 \text{ kWh} \quad (32)$$

kde RST...roční spotřeba tepla...[MWh]
1000 je převod na kWh a 30 počet dní v měsíci září

Sloupce „Podíl PD/celková spotřeba“ a „Podíl ND/celková spotřeba“ je vyjádření jednotlivých četností v % ze SČ pro jednotlivé měsíce a druhy dnů (pracovní a nepracovní).

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Jakmile máme zjištěn požadavek na vytápění v konkrétních měsících a dnech, můžeme vypočítat hodinovou spotřebu tepla a ve spojitosti s minimální hodinovou spotřebou el. energie stanovit vhodný instalovaný výkon KJ. Vytápění je pro zjednodušení uvažováno po dobu 12 hodin denně, což zhruba odpovídá reálnému stylu provozu. Minimální spotřeba elektrické energie již byla určena v kapitole 9.2.39

Tab. 18 Průměrná spotřeba tepla vyjádřená na 1h vytápění

Měsíc	Spotřeba tepla (kWh/PD)	Spotřeba tepla (kWh/ND)	Průměr PD 1h (kW)	Průměr ND 1h (kW)	Minimální spotřeba el.energie (kW)
Září	185,41	127,47	15,45	10,62	14,75
Říjen	333,16	275,22	27,76	22,94	14,75
Listopad	478,01	420,07	39,83	35,01	14,75
Prosinec	593,90	535,96	49,49	44,66	14,75
Leden	669,22	611,28	55,77	50,94	14,75
Únor	628,66	570,72	52,39	47,56	14,75
Březen	498,29	440,35	41,52	36,70	14,75
Duben	347,65	289,71	28,97	24,14	14,75
Květen	191,21	133,26	15,93	11,11	14,75

Výpočet pro 1. řádek tabulky:

$$\text{Průměr PD 1h} = \frac{185,41}{12} = 15,45 \text{ kWh} \quad (33)$$

$$\text{Průměr ND 1h} = \frac{127,47}{12} = 10,62 \text{ kWh} \quad (34)$$

11.4 Výběr konkrétního modelu kogenerační jednotky

Vzhledem k typickému poměru generované elektrické a tepelné energie 1:2 u uvažované KJ se spalovacím motorem a faktu, že na začátek pracovní doby v 6:00, kdy teprve dochází k nárůstu spotřeby el. energie výše, než je minimálních 14,75 kW, musí být objekt již vytopen, lze vidět, že se vyplatí dimenzovat KJ tak, aby její maximální el. výkon příliš nepřevyšoval zmíněný min. hodinový odběr elektřiny.

Z tohoto důvodu byla vybrána KJ XRGI 15 od dánské společnosti EC POWER, kterou v ČR nabízí, servisuje a instaluje spol. GAS KOMPLET s.r.o. Ta disponuje elektrickým výkonem 6 – 15 kW a tepelným výkonem 17-30 kW a celkovou účinností 92%. [35]



Obr. 25 Kogenerační jednotka XRGI 15[34]

12 Kogenerační jednotka – ekonomické zhodnocení

Když máme vybrán konkrétní model KJ, můžeme přistoupit k finálnímu ekonomickému zhodnocení. Do toho vstupují na straně nákladů následující položky:

- pořizovací cena KJ
- náklady na nutné investice do KJ po dobu její životnosti
- servis
- rozdíl nákladů na vytápění KJ vůči současné technice

Na straně zisků pak:

- cena vygenerované elektřiny
- objem zeleného bonusu

Pořizovací cena vč. montáže byla přebrána z německého ceníku dodavatele. Náklady na servis byly po konzultaci se spol. TEDOM a.s. stanoveny na 400,-Kč za vygenerovanou MWh el. energie a výše nutných investičních nákladů po dobu životnosti KJ stanoveny na 60% její pořizovací ceny (montáž, gen. opravy atd.). Rozdíl nákladů na vytápění vychází z porovnání účinnosti navrhované KJ a stávajících kondenzačních kotlů pro objem tepla vyrobeného KJ. Objem zeleného bonusu je dán aktuálně platným Cenovým rozhodnutím ERÚ z 29.3.2017 (viz Příloha 1) v závislosti na objemu vygenerované elektřiny a množstvím motohodin, po které je KJ v provozu. Ty se dle vyhlášky 145/2016 Sb. počítají vynásobením prostých hodin provozu procentuálním výkonem KJ v danou dobu (tedy například za 4 hodiny provozu na 75% se pro zelený bonus započítají 3 hodiny).[36]

Dále je uvažováno v pracovní dny s provozem KJ v submaximálním výkonu tak, aby byl vyrovnán minimální hodinový odběr el. energie po dobu 3 hodin denně, po zbytek času je v měsících, kdy je to žádoucí, počítáno s maximálním výkonem. Pro měsíce s nízkým požadavkem na otop je uvažováno s provozem jednotky na submaximální výkon hlavně v brzkých ranních hodinách a posléze se střídavým provozem na maximální a nulový výkon vzhledem k výhodnému poměru generované elektrické a tepelné energie v režimu vysokého výkonu.

Pro nepracovní dny je uvažováno pouze s provozem v submaximálním výkonu, jelikož potřeba el. energie nikdy nevzroste nad 14,75 kW.

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU**

Tab. 19 Shrnující tabulka dodaného tepla ND a PD, včetně nutného zapojení stávajícího systému vytápění

Maximální el. výkon (kW)			15	Minimální el. výkon (kW)			6	Submaximální tepelný výkon (kW)			29,64
Maximální tepelný výkon (kW)			30,00	Minimální tepelný výkon (kW)			17,00	Submaximální el. výkon (kW)			14,75
Měsíc	Průměr PD 1h (kW/hod)	Průměr ND 1h (kW/hod)	Minimální spotřeba el.energie (kW)	submax. výkon PD (hod)	dodané teplo v PD v submax. výkonu (kWh)	max. výkon PD (hod)	dodané teplo v PD v max. výkonu (kWh)	teplo dodané v PD současným systémem vytápění (kWh)	submax. výkon ND (hod)	dodané teplo v ND v submax. výkonu (kWh)	teplo dodané v ND současným systémem vytápění (kWh)
Září	15,45	10,62	14,75	3	88,92	3,22	96,49	-	4,30	127,47	-
Říjen	27,76	22,94	14,75	3	88,92	8,14	244,24	-	9,29	275,22	-
Listopad	39,83	35,01	14,75	3	88,92	9,00	270,00	119,10	12,00	355,67	64,41
Prosinec	49,49	44,66	14,75	3	88,92	9,00	270,00	234,98	12,00	355,67	180,29
Leden	55,77	50,94	14,75	3	88,92	9,00	270,00	310,30	12,00	355,67	255,61
Únor	52,39	47,56	14,75	3	88,92	9,00	270,00	269,74	12,00	355,67	215,05
Březen	41,52	36,70	14,75	3	88,92	9,00	270,00	139,38	12,00	355,67	84,69
Duben	28,97	24,14	14,75	3	88,92	8,62	258,73	-	9,77	289,71	-
Květen	15,93	11,11	14,75	3	88,92	3,41	102,29	-	4,50	133,26	-

Hodnoty maximálních a minimálních el. a tep. výkonů jsou dány výrobcem. Submaximální elektrický výkon je dán hodnotou minimální spotřeby elektrické energie v průběhu dne. K této hodnotě byl následně vypočítán submaximální tepelný výkon následujícím způsobem:

$$STV = TV_{max} + \frac{(SEV - EV_{min})}{(EV_{max} - EV_{min})} + (TV_{max} - TV_{min}) \quad (35)$$

$$STV = 30 + \frac{(14,75 - 6)}{(15 - 6)} + (30 - 17) = 29,64 \text{ kW} \quad (36)$$

kde, TV_{max} ...maximální tepelný výkon...[kW]
 TV_{min} ...minimální tepelný výkon...[kW]
 EV_{max} ...maximální elektrický výkon...[kW]
 EV_{min} ...minimální elektrický výkon...[kW]
 SEV ...submaximální elektrický výkon...[kW]
 STV ...submaximální tepelný výkon...[kW]

Následně je potřeba vypočítat počet hodin provozu KJ v pracovním dni na maximální výkon (výpočty opět provedeny pro 1. řádek tabulky jako dorovnání do požadovaného objemu tepla v daný den měsíce září):

$$\text{max výkon PD} = \frac{((\text{Průměr PD 1h} \times 12) - 3 \times STV)}{TV_{max}} \quad (37)$$

$$\text{max výkon PD} = \frac{((15,45 \times 12) - 3 \times 29,64)}{30} = 3,22 \text{ hod} \quad (38)$$

$$\text{dodané teplo v PD v max výkonu} = \text{max výkon PD} \times TV_{max} \quad (39)$$

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU**

$$\text{dodané teplo v PD v max výkonu} = 3,22 \times 30 \doteq 96,49 \text{ kWh} \quad (40)$$

V nepracovním dni počítáme pouze se submaximálním výkonem. Jednotlivé buňky tabulky jsou vypočítány:

$$\text{submax. výkon ND} = \frac{(\text{Průměr ND 1h} \times 12)}{STV} = \frac{10,62}{29,64} = 4,3 \text{ hod} \quad (41)$$

$$\text{dodané teplo v ND v submax výkonu} = \text{submax výkon ND} \times STV \quad (42)$$

$$\text{dodané teplo v ND v submax výkonu} = 4,3 \times 29,64 = 127,47 \text{ kWh} \quad (43)$$

Vzhledem k instalaci KJ je nutné využít stávajícího systému vytápění pouze v měsících, kdy KJ není schopna dodat veškeré potřebné teplo (vzorový výpočet je uveden pro měsíc listopad):

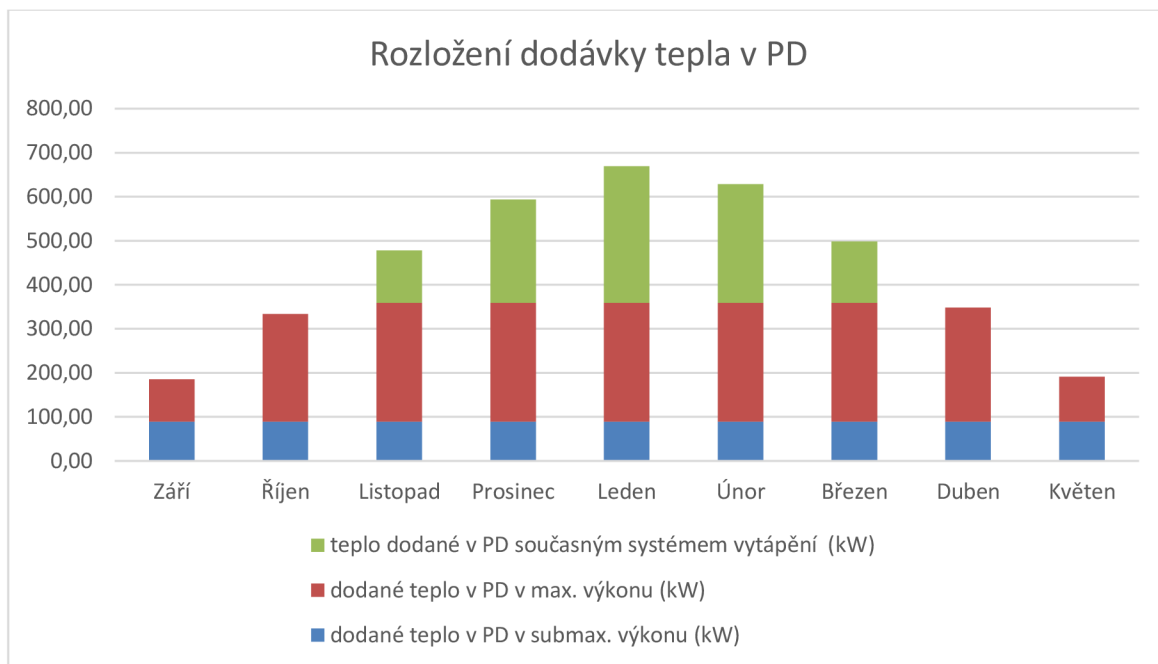
$$\text{teplo dodané v PD současným s. v.} = 39,83 \times 12 - 88,92 - 270 \quad (44)$$

$$\text{teplo dodané v PD současným s. v.} = 119,1 \text{ kWh} \quad (45)$$

$$\text{teplo dodané v ND současným s. v.} = 35,01 \times 12 - 355,67 \quad (46)$$

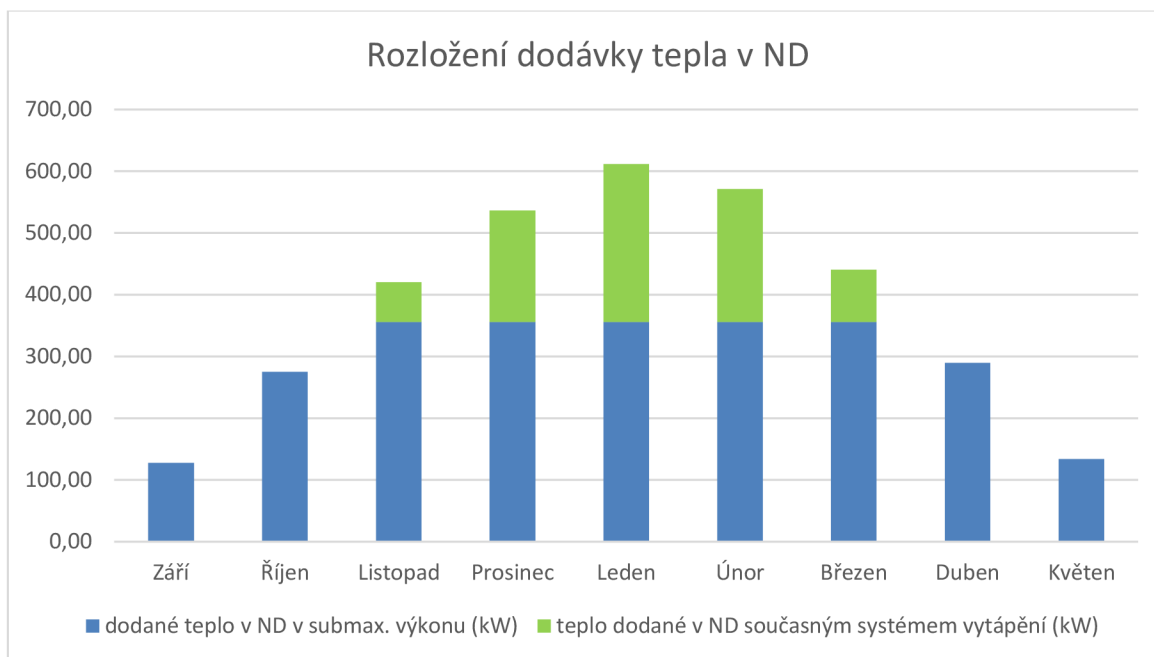
$$\text{teplo dodané v ND současným s. v.} = 64,41 \text{ kWh} \quad (47)$$

Pro lepší vizualizaci objemu a rozložení dodávek tepla současným a navrhovaným řešením jsou přiloženy grafy pro pracovní a nepracovní dny.



Obr. 26 Graf rozložení dodávky tepla v PD v konkrétních měsících

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU



Obr. 27 Graf rozložení dodávky tepla v ND v konkrétních měsících

Nyní vypočteme celkový objem tepla a el. energie dodané kogenerační jednotkou, stejně jako počet motohodin, po které byla dle vyhlášky jednotka v provozu, pro určení výše zeleného bonusu. Objem tepla, které bude nutné dodat současným systémem vytápění je uveden pro výpočet navýšení spotřeby plynu vlivem rozdílné účinnosti zmíněného systému a KJ.

Tab. 20 Doba provozu KJ, dodané teplo a vygenerovaná el. energie v závislosti na měsíci

Měsíc	počet dní v měsíci	počet motohodin KJ (hod)	el. Energie vygenerovaná v KJ (kWh)	teplo dodané KJ (kWh)	teplo dodané současným systémem vytápění (kWh)
Září	30,00	165,55	2 500,24	5 014,68	-
Říjen	31,00	322,97	4 870,32	9 762,08	-
Listopad	30,00	355,14	5 356,23	10 736,78	3 055,98
Prosinec	31,00	366,97	5 534,77	11 094,67	6 750,19
Leden	31,00	366,97	5 534,77	11 094,67	9 085,22
Únor	28,00	331,46	4 999,15	10 021,00	7 070,36
Březen	31,00	366,97	5 534,77	11 094,67	3 786,50
Duben	30,00	326,97	4 930,17	9 881,73	-
Květen	31,00	177,02	2 673,25	5 361,46	-
SUMA	273,00	2 780,03	41 933,69	84 061,75	29 748,25

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

Výpočet počtu motohodin pro měsíc září:

$$MH = \frac{250}{365} \times 30 \times \left(\max \text{výkon PD} + \frac{\text{submax výkon PD} \times (SEV - EV_{min})}{(EV_{max} - EV_{min})} \right) + \frac{115}{365} \times 30 \times \text{submax výkon ND} \times \frac{(SEV - EV_{min})}{(EV_{max} - EV_{min})} \quad (48)$$

$$MH = \frac{250}{365} \times 30 \times \left(3,22 + \frac{3 \times (14,75 - 6)}{(15 - 6)} \right) + \frac{115}{365} \times 30 \times 4,3 \times \frac{(14,75 - 6)}{(15 - 6)} \quad (49)$$

$$MH = 166,55 \text{ hod} \quad (50)$$

kde hodnota 30 představuje počet dní v měsíci září a členy se jmenovatelem 365 poměr pracovních a nepracovních dní v roce.

Další sloupec tabulky, nesoucí název el. Energie vygenerovaná v KJ je vypočítán dle vztahu:

$$EEVKJ = \frac{250}{365} \times 30 \times (\max \text{výkon PD} \times EV_{max} + \text{submax výkon PD} \times SEV) + \frac{115}{365} \times 30 \times \text{submax výkon ND} \times SEV \quad (51)$$

$$EEVKJ = \frac{250}{365} \times 30 \times (3,22 \times 15 + 3 \times 14,75) + \frac{115}{365} \times 30 \times 4,3 \times 14,75 \quad (52)$$

$$EEVKJ = 2500,24 \text{ kWh} \quad (53)$$

Teplo dodané kogenerační jednotkou:

$$TDKJ = \frac{250}{365} \times 30 \times (88,92 + \text{dodané teplo v PD v max výkonu}) + \frac{115}{365} \times 30 \times \text{dodané teplo v ND v submax výkonu} \quad (54)$$

$$TDKJ = \frac{250}{365} \times 30 \times (88,92 + 96,49) + \frac{115}{365} \times 30 \times 127,47 \quad (55)$$

$$TDKJ = 5014,68 \text{ kWh} \quad (56)$$

kde hodnota 88,92 představuje dodané teplo v PD v submaximálním výkonu.

Poslední sloupec, jehož výpočet je třeba objasnit je „teplo dodané současným systémem vytápění“ (výpočet proveden pro měsíc listopad):

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

$$TDSSV = \frac{250}{365} \times 30 \times 119,1 + \frac{115}{365} \times 30 \times 64,41 \quad (57)$$

$$TDSSV = 3055,98 \text{ kWh} \quad (58)$$

kde hodnoty 119,1 a 64,41 představují teplo dodané současným systémem vytápění v PD a ND.

Výše zeleného bonusu je odstupňována dle motohodin v pásmech 3 000 a 4 400 hodin. Z tabulky vyplývá, že jejich počet v uvažovaném případě nepřekročí hranici prvního pásma, pro které platí bonus 1970,- Kč za MWh vygenerované el. energie kombinovanou výrobou elektřiny a tepla. (viz Příloha 1)

Tab. 21 Finální ekonomické zhodnocení

KJ	
Pořizovací cena KJ ²	749 250 Kč
Nutné investiční náklady	449 550 Kč
Celkem náklady KJ za její životnost	1 198 800 Kč
Náklady:	
Servis (Kč/rok)	16 773,48
Spotřeba plynu stávající systém (MWh)	119,80
Spotřeba plynu při použití KJ (MWh)	122,69
Náklad zvýšené spotřeby plynu (Kč/rok)	3 359,13
Zisky:	
Zelený bonus (Kč/rok)	82 609,36
Úspora el. Energie (Kč/rok)	156 538,46
Celkem roční úspora	219 015 Kč

$$Servis = CEEVKJ \times 0,4 = 41933,69 \times 0,4 \quad (59)$$

$$Servis = 16 773,48 \text{ Kč} \quad (60)$$

$$\text{Spotřeba plynu stávající systém} = 113,81 \times \frac{1}{0,95} = 119,8 \text{ MWh} \quad (61)$$

$$\text{Spotřeba plynu při použití KJ} = \frac{(TDKJ \times \frac{100}{92} + CTSSV \times \frac{100}{95})}{1000} \quad (62)$$

$$\text{Spotřeba plynu při použití KJ} = \frac{(84061,75 \times \frac{100}{92} + 29748,25 \times \frac{100}{95})}{1000} \quad (63)$$

$$\text{Spotřeba plynu při použití KJ} = 122,69 \text{ MWh} \quad (64)$$

² Cena vychází z ceníku německého dodavatele s převodním kurzem 27 Kč = 1 EUR

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

kde hodnota 1000 ve jmenovateli je přepočet na MWh.

Náklad zvýšené spotřeby plynu je poté prostý rozdíl spotřeby plynu při použití KJ a využití stávajícího řešení, vynásobený cenou za 1 MWh zemního plynu.

Zelený bonus je vypočítán za základě úhrnu vygenerované elektrické energie vynásobeného hodnotou zeleného bonusu pro daný rozsah motohodin dle vztahu:

$$ZB = \frac{CEEVKJ \times 1970}{1000} = \frac{41933,69 \times 1970}{1000} = 82\,609,36 \text{ Kč za rok} \quad (65)$$

kde CEEVKJ...celková el. energie vygenerovaná v KJ...[kWh]
1970...hodnota zeleného bonusu na 1 MWh
1000...přepočet na MWh

Úspora elektrické energie:

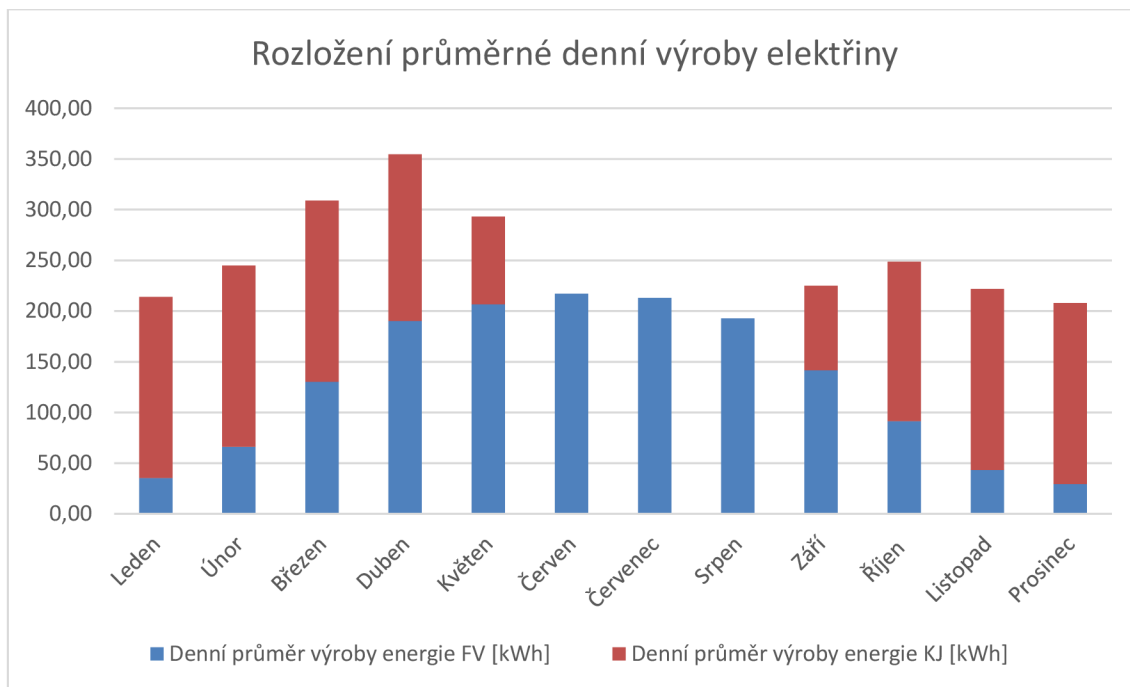
$$ÚEEKJ = CEEVKJ \times 3,733 = 41933,69 \times 3,733 = 156\,538,46 \text{ Kč za rok} \quad (66)$$

kde CEEVKJ...celková el. energie vygenerovaná v KJ...[kWh]
3,733...cena za 1 kWh elektrické energie ze sítě [Kč]

Z finální ekonomické bilance vyplývá, že investice do KJ se vrátí po cca 6 letech provozu, jelikož celková roční úspora dosahuje částky **219 015 Kč.**

13 Celkové ekonomické zhodnocení

Pro určení celkové ekonomické návratnosti při investici do obou systémů – kogenerační jednotky a fotovoltaické elektrárny – musíme určit, zda a v jaké míře se navzájem ovlivňují a jestli se tak nezmění ekonomika provozu při jejich souběhu.



Obr. 28 Rozložení průměrné denní výroby elektřiny KJ a FV v závislosti na měsíci

Z grafu je patrné, že v měsících od března do května dochází k výraznějšímu překryvu průměrně generované elektřiny v rámci dne. Vzhledem k charakteru výroby jednotlivých řešení, kdy KJ generuje el. energii zpravidla od brzkých ranních hodin a během pracovní doby již spíše jen temperuje, FV elektrárna naproti tomu začíná generovat většinu dodávaného výkonu až od 10:00, by jednotlivé systémy neměly interferovat. I přesto ale v těchto měsících existuje zvýšená pravděpodobnost překryvu provozu jednotlivých systémů, a tak částečného snížení jejich ekonomického přínosu.

O částečném překryvu je vhodné uvažovat i proto, jelikož se zpravidla během roku vyskytne vždy určitý počet dnů s nestandardním průběhem teploty a slunečního svitu. Celkový překryv by ale neměl být z důvodů uvedených výše v průběhu roku vyšší, než jednotky procent.

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU**

Tab. 22 Finální ekonomická bilance obou řešení zároveň

Rok	Investiční náklady FV (Kč)	Celková úspora FV (Kč)	Investiční náklady KJ (Kč)	Celková úspora KJ (Kč)	Celková bilance (Kč)
1.	1 582 772	164 298	749 250	219 015	-1 948 709
2.		163 228		219 015	-1 566 465
3.		162 159		219 015	-1 185 291
4.		161 090		219 015	-805 186
5.		160 020		219 015	-426 151
6.		158 951		219 015	-48 185
7.		157 881		219 015	328 712
8.		156 812		219 015	704 539
9.		155 743		219 015	1 079 297
10.		154 673	449 550	219 015	1 003 435
11.		153 604		219 015	1 376 054
12.		152 534		219 015	1 747 604
13.		151 465		219 015	2 118 084
14.		150 396		219 015	2 487 495
15.	178 692	149 326		219 015	2 677 144

Z tabulky je patrné, že původní investice do obou zařízení se vrátí mezi 6. a 7. rokem. Vzhledem k překryvu uvažovanému v předchozích odstavcích je bezpečné říct, že doba návratnosti obou uvažovaných systémů dohromady je 7 let.

I přes nutné investice za dobu životnosti zařízení (měniče u FV elektrárny, generální oprava u KJ) by měl být čistý zisk z úspor nad 2,5 mil. Kč za 15 let provozu.

14 Závěr

V diplomové práci byly diskutovány možnosti využití alternativních zdrojů v energetickém hospodářství výrobního areálu spol. LIPOELASTIC a.s. ve Valašském Meziříčí za účelem snížení spotřeby primárních energií, a to konkrétně fotovoltaické elektrárny a kogenerační jednotky.

Pro instalaci FV elektrárny bylo uvažováno s plochou střechy areálu, která ač byla limitujícím faktorem, díky využití FV panelů s vysokou účinností bylo dosaženo vysokého výkonu a zároveň využití přibližně 92% vygenerované elektřiny pro vlastní potřebu areálu, což je velmi důležitý faktor co se rentability řešení týče.

FV elektrárna se skládá z hodně částí, které musí být dimenzovány a vybrány tak, aby konečný systém fungoval efektivně a zároveň nebyl zbytečně drahý. Proto byly osloveny společnosti zabývající se již řadu let jejich instalací a vybrána nejvýhodnější nabídka, která byla následně ověřena vlastními výpočty pro určení finální rentability.

V minulosti byla výstavba FV elektráren podporována legislativou formou zelených bonusů na zpětný odkup vygenerované elektřiny, které v současné době pro nově postavené elektrárny již neexistují. I tak se ale investice do FV elektrárny vrátí za přibližně 10 let provozu, není tedy závislá na mnohdy volatilních změnách v politice a potažmo legislativě.

Návratnost investice lze snížit v případě, že bude vypsána výzva v současně probíhajícím dotačním programu OPPIK, která bude zaměřena na podporu tohoto druhu projektů. Finálním doporučením v oblasti FV elektrárny je tedy vyčkat na vypsání takové výzvy; v případě skončení programu je možno při akceptování doby návratnosti projekt realizovat i bez dotace.

Kogenerační jednotka je oproti FV elektrárně dodávána jako hotový modul, který stačí připojit k topnému řádu a plynové přípojce. Na rozdíl od FV el. není její výkon limitován např. plochou střechy, proto byl vybrán její elektrický a termální výkon tak, aby ji bylo možno využít co nejefektivněji, co se celkových finančních úspor týče.

Návratnost investice do KJ je v případě využití navrhovaného řešení přibližně 6 let, a to z podstatné části díky aktuálně platným zeleným bonusům za objem vygenerované elektřiny. Stejně jako u FV elektrárny lze tuto dobu dále snížit v případě vypsání adekvátní výzvy v dotačním programu OPPIK, platí tedy stejné doporučení ohledně realizace.

Zavedení obou návrhů využití alternativních zdrojů energie by přineslo za současných podmínek čistý zisk ve formě úspor oproti stávajícímu řešení přibližně po 7 letech. Vzhledem k energetickému mixu ČR a omezeným globálním zásobám zemního plynu se tak kromě ekonomického řešení jedná rovněž o řešení ekologické.

15 Použitá literatura

- [1] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: . V České republice, 2012, ročník 2012, číslo 59.
- [2] Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>
- [3] E. Becquerel (1839). „Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires“. Comptes Rendus 9: 561–567. Dostupné z: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.image> [cit 20140712]
- [4] Stručná historie fotovoltaiky. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>
- [5] Zachary Alden Smith, Katrina D. Taylor. Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook. Dostupné z: http://books.google.cz/books?id=OIA-fN3Bd4QC&pg=PA155&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [6] Vývoj ceny křemíkových FV článků v \$ na watt. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaick%C3%BD_%C4%8D1%C3%A1nek#/media/File:Vyvoj_ceny_FV_clanku_od_1977.svg
- [7] BELICA, Petr. Průkaz energetické náročnosti budovy. Rožnov pod Radhoštěm, 2010.
- [8] Solární (fotovoltaické) články. CEZ a.s. [online]. Praha [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [9] FOTOVOLTAIKA: Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj k umístování, povolování a užívání fotovoltaických staveb a zařízení. Ministerstvo pro místní rozvoj [online]. 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/b4a94988-32fd-4b69-a548-82a288467769/FVE-web_01_2014.pdf
- [10] Nová zelená úsporám [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- [11] Informační portál o dotacích pro podnikatele: Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost [online]. Praha: OPPIK [cit. 2017-05-22].
- [12] Software pro návrh solárních systémů. TZB-Info [online]. TZB-Info, 2010 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6912-software-pro-navrh-solarnich-systemu>
- [13] AS-6P30 Polycrystalline Module: Product list. USA.
- [14] Omniksol-13k/17k/20k-TL: Product specification. Omnik New Energy [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://www.omnik-solar.com/product-detail/259/Omniksol-13k_17k_20k-TL
- [15] Omniksol-5k-3P/6k/8k/9k/10K-TL2: Product specification. Omnik New Energy [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://web.omnik-solar.com/products/omniksol-6k_8k-tl2
- [16] Nabídka výstavby fotovoltaické elektrárny spol. Innogy. Praha, 2017.
- [17] Vliv sklonu a orientace na účinnost fotovoltaické elektrárny. EKOWATT: CENTRUM PRO OBNOVITELNÉ ZDROJE A ÚSPORY ENERGIE [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/vliv-sklonu-orientace.php>

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

- [18] ČERNÝ, J. Hodnocení provozu malých fotovoltaických elektráren s připojením do sítě nn. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 58 stran.
- [19] Přímé a difuzní záření. EKOWATT: CENTRUM PRO OBNOVITELNÉ ZDROJE A ÚSPORY ENERGIE [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/prime-difuzni-zareni.php>
- [20] Výhody kombinované výroby. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=05&1495476260#>
- [21] Energetický regulační úřad [online]. 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/>
- [22] O Kogeneraci: Trigenerace. COGEN Czech [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.cogen.cz/o-kogeneraci.html>
- [23] COUNCIL RESOLUTION of 18 December 1997 on a Community strategy to promote combined heat and power (98/C 4/01). In: . 1997.
- [24] EU. Směrnice evropského parlamentu a rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov. In: . 2003.
- [25] EU. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. In: . 2009.
- [26] DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. In: . EU, 2012, ročník 2012, 315/1.
- [27] Eurostat [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat>
- [28] Combined heat and power generation: % of gross electricity generation. Eurostat [online]. EU [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=tsdcc350&language=en&toolbox=sort>
- [29] European Environment Agency [online]. EU [cit. 2017-05-22].
- [30] OEnergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/>
- [31] Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění účinném od 1. 1. 2011. In: . Česká republika, 2011.
- [32] TEDOM a.s. [online]. Česká republika, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/>
- [33] Průměrné venkovní teploty v otopném období pro vybrané lokality. TZB-Info [online]. Česká republika, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/26-prumerne-venkovni-teploty-v-otopnem-obdobi-pro-vybrane-lokality>
- [34] Kogenerační jednotka XRGI 15. EC POWER [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.ecpower.eu/en/downloads-127.html>
- [35] Parametry kogenerační jednotky XRGI 15. XRGI® 15 mojekogenerace.cz [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.mojekogenerace.cz/xrgi-15/>
- [36] XRGI 6 und XRGI 9: Die neuen Mikro-BHKW von EC Power. XRGI 6 und XRGI 9: Die neuen Mikro-BHKW von EC Power [online]. Germany [cit. 2017-05-22].

16 Seznam použitých zkratek a symbolů

značka	jednotka	Popis
PHPD	kWh	Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie v pracovním dni
PHVD	kWh	Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie o víkendu či dni volna
E2017	MWh	Extrapolovaná spotřeba elektrické energie pro rok 2017
UCZE	Kč	Výsledná extrapolovaná částka úhrady za elektrickou energii pro rok 2017
UCZE _{DPH}	Kč	UCZE vč. DPH
CMWh	Kč	Výsledná cena za 1 MWh, vycházející z reálné fakturace
KUV	-	Koeficient účinnosti výkonu
MDV	Wp	Maximální dosažitelný výkon
RHS _{PD}	kWh	Referenční hodnota spotřeby pro pracovní den
RHS _{ND}	kWh	Referenční hodnota spotřeby pro nepracovní den
PD	-	Pracovní den
ND	-	Nepracovní den
FVO	%	Finální výsledek odprodeje elektrické energie
TOE _{IR}	Kč	Tržba za odprodanou energii v rámci 1 roku
TOE _{IRDP}	Kč	Tržba za odprodanou energii v rámci 1 roku vč. daně z příjmu
VEE	kWh	Vygenerovaná elektrická energie
VYEE	kWh	Využitá elektrická energie
OEE	kWh	Odprodaná elektrická energie
ERÚ	-	Energetický regulační úřad
TG	K	Teplotní gradient
TGCP	-	Teplotní gradient vynásobený četností dnů v měsíci
SČ	-	Suma četností
RST	MWh	Roční spotřeba tepla
TV	kW	Tepelný výkon
EV	kW	Elektrický výkon
SEV	kW	Submaximální elektrický výkon
STV	kW	Submaximální tepelný výkon
MH	hod	Motohodiny
EEVKJ	kWh	Elektrická energie vygenerovaná v KJ
TDKJ	kWh	Teplo dodané kogenerační jednotkou
TDSSV	kWh	Teplo dodané současným systémem vytápění
CEEVKJ	kWh	Celková elektrická energie vygenerovaná v KJ
CTSSV	kWh	Celkové teplo dodané současným systémem vytápění
ZB	Kč	Zelený bonus
ÚEEKJ	Kč	Úspora elektrické energie KJ
SMPZP	Kč	Stálý měsíční plat za příkon
PCM	Kč	Pevná cena za měsíc

17 Seznam tabulek

- Tab. 1 Geometrická charakteristika budovy
- Tab. 2 Průměrné vnitřní teploty
- Tab. 3 Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy
- Tab. 4 Charakteristika vytápění
- Tab. 5 Regulované platby související s dodávkou elektřiny (bez DPH)
- Tab. 6 Platba za silovou elektřinu (bez DPH)
- Tab. 7 Měření spotřeby elektrické energie
- Tab. 8 Specifikace FV panelů Amerisolar AS-6P30 270Wp[13]
- Tab. 9 Specifikace solárního měniče Omniksol-20k-TL[14]
- Tab. 10 Specifikace solárního měniče Omniksol-10k-TL2[15]
- Tab. 11 Výčet položek včetně pořizovací ceny[16]
- Tab. 12 Závislost účinnosti elektrárny na azimutu a sklonu střechy[17]
- Tab. 13 Distribuce vygenerované elektřiny v průběhu roku[16]
- Tab. 14 Odhad odprodeje v % pro PD a ND
- Tab. 15 Finální výsledek odprodeje v kWh
- Tab. 16 Finální ekonomické zhodnocení FV elektrárny
- Tab. 17 Nutné vyrovnání teplotního gradientu dle měsíců
- Tab. 18 Průměrná spotřeba tepla vyjádřená na 1h vytápění
- Tab. 19 Shrnující tabulka dodaného tepla ND a PD, včetně nutného zapojení stávajícího systému vytápění
- Tab. 20 Doba provozu KJ, dodané teplo a vygenerovaná el. energie v závislosti na měsíci
- Tab. 21 Finální ekonomické zhodnocení
- Tab. 22 Finální ekonomická bilance obou řešení zároveň

18 Seznam obrázků

- Obr. 1 Výrobní a expediční budova spol. LIPOELASTIC a.s.
- Obr. 2 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu[2]
- Obr. 3 Druhé nadzemní podlaží – výrobní úsek
- Obr. 4 Vývoj ceny křemíkových fotovoltaických článků v USD na W výstupního výkonu [6]
- Obr. 5 Princip fotovoltaického jevu ve FV panelu[8]
- Obr. 6 Účinnost přeměny energie v závislosti na použitém materiálu a podmínkách[8]
- Obr. 7 Sdružování FV článků[8]
- Obr. 8 Systémy s přímým napájením [9]
- Obr. 9 Systémy s akumulací elektrické energie[9]
- Obr. 10 Hybridní systémy[9]
- Obr. 11 Menší on-grid systémy[9]
- Obr. 12 Dotační program ČR pro využití solární energie[10]
- Obr. 13 Půdorys střechy (kotace v cm)
- Obr. 14 Dopadající energie v kWh na zemský povrch na adrese zamýšleného objektu na m²
- Obr. 15 Reálné měření generované el. energie na střeše rodinného domu[18]
- Obr. 16 Graf průběhu generace elektrické energie za slunného dne v referenci s průměrným odběrem energie v pracovní a nepracovní dny[18]
- Obr. 17 Vizualizace průběhu výkonu v typický slunný den ve vztahu k průměrně spotřebovávané elektrické energii v pracovní a nepracovní den[18]
- Obr. 18 Vizualizace průběhu výkonu v typický slunný den ve vztahu k průměrně spotřebovávané elektrické energii v pracovní a nepracovní den pro konkrétní měsíce
- Obr. 19 Schéma principu ekonomického přínosu kombinované výroby elektřiny a tepla[20]
- Obr. 20 Graf instalovaného výkonu KVET v EU[27]
- Obr. 21 Graf podílu výroby elektřiny z KVET z celkově vyrobené el. energie (modrá 27 členských států, zelená 28 členských států EU)
- Obr. 22 Vývoj průměrné roční teploty v Evropě 2004-2014 dle různých modelů[29]
- Obr. 23 Graf podílu výroby elektřiny z KVET z celkově vyrobené el. energie pro ČR[27]
- Obr. 24 Kogenerační jednotka TEDOM a.s.[32]
- Obr. 25 Kogenerační jednotka XRG1 15[34]
- Obr. 26 Graf rozložení dodávky tepla v PD v konkrétních měsících
- Obr. 27 Graf rozložení dodávky tepla v ND v konkrétních měsících
- Obr. 28 Rozložení průměrné denní výroby elektřiny KJ a FV v závislosti na měsíci

POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ V
ENERGETICKÉM HOSPODÁŘSTVÍ VÝROBNÍHO AREÁLU

19 Příloha 1

Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 2/2017 ze dne 29. března 2017, kterým se mění cenové rozhodnutí ERÚ č. 5/2016, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie, ve znění cenového rozhodnutí ERÚ č. 9/2016 a č. 11/2016.

(3.2.2.) Výrobna elektřiny s datem uvedení do provozu od 1. ledna 2016 včetně:

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	j	m
715	Elektřina z KVET	1.1.2016	31.12.2017	0	200	3 000	1 970
716		1.1.2016	31.12.2017	0	200	4 400	1 505
717		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	3 000	1 560
718		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	4 400	1 160
719		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	3 000	1 225
720		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	4 400	895