

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

Smart City

Bc. Radek Orendáš

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Orendáš

Veřejná správa a regionální rozvoj – c.v. Jičín

Název práce

Smart City

Název anglicky

Smart City

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku Smart city. Hlavním cílem práce je využití technologie obnovitelných zdrojů, které vedou ke snížení energetické závislosti. Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- charakteristika stávajících způsobů využití energie v návaznosti na současnou situaci z pohledu politického, ekonomického a ochrany životního prostředí,
- analýza technologií, které vedou k úsporám energií,
- návrh a ověření realizace.

Metodika

Metodika řešení problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na vypracování dvou případových studií konkrétních objektů ve správě města Jičín, zhodnocení stávajícího stavu a návrh řešení pro zvýšení energetických úspor. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

obnovitelné zdroje, úspora energie, ochrana životního prostředí, solární technologie, bateriová úložiště, legislativa

Doporučené zdroje informací

BERAN Hynek, WAGNER Vladimír, PAČES Václav: Česká energetika na křižovatce, Albatros Media, Praha, 2018, ISBN 978-80-7261-560-5

GARLÍK Bohumír: Od chytrých sítí po chytré budovy, města a dopravu v prostředí umělé inteligence, Sefira, Praha, 2020, ISBN: 978-80-01-06624-9

HASELHUHN Ralf: Photovoltaik – Gebäude liefern Storm, FIZ Karlsruhe, Bonn, 2013, ISBN 978-3-8167-8737-2

SLAVÍK Jakub: Smart city v praxi, Profi Press, Praha, 2017, ISBN 978-80-86726-80-9
Web of Science a Scopus (citační databáze)

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Jarolímek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 4. 7. 2023

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 11. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Smart city" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Janu Jarolímkovi, Ph.D. za vedení a konzultace. Lence Hollerové, DiS. vedoucí oddělení veřejných zakázek MěÚ Jičín za seznámení s financováním projektů města Jičína. Ing. Ladislavu Machovi za odborný vhled do problematiky fotovoltaických systémů. Zdeňku Doleželovi, hlavnímu dispečerovi Technických služeb města Jičína za poskytnutí informací a podkladů. Ředitelce Mateřské školy Větrov Bc. Lence Vondrákové za poskytnuté materiály a konzultace.

Smart city

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je využití technologie obnovitelných zdrojů, které vedou ke snížení energetické závislosti. Pro celkový přehled bylo důležité zorientovat se v energetické politice České republiky i Evropské unie, zanalyzovat výrobu, regulaci a cenotvorbu elektrické energie. Definovat způsoby výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a detailně prozkoumat nejnovější technologie. Technologie, které dokáží co nejefektivněji vyrobit a uchovat získanou bezemisní energii. Pro ověření získaných informací a získání relevantních dat, byly použity dvě případové studie. Oba objekty se nachází ve městě Jičín a jsou jeho příspěvkovými organizacemi, důvodem bylo jednodušší zapojení obou organizací do sdílení energie v komunitní energetice. V obou objektech byla provedena důkladná pasportizace současného stavu využívání energií. Poté bylo navrženo nové řešení s využitím energie z obnovitelných zdrojů. Návrh nového řešení byl vypracován s cílem dosažení optimálního poměru investičních nákladů a získané elektrické energie, s možností rozšíření instalované technologie a její modernizace, to vše s důrazem na ochranu životního prostředí.

Klíčová slova:

Obnovitelné zdroje

Úspora energie

Ochrana životního prostředí

Solární technologie

Bateriová úložiště

Legislativa

Smart city

Abstract

The aim of this thesis is the use of renewable energy technology to reduce energy dependence. For the overall overview it was important to orientate ourselves in the energy policy of the Czech Republic and the European Union, to analyse the production, regulation and pricing of electricity. To define the methods of electricity generation from renewable sources and to examine in detail the latest technologies. Technologies that can produce and store the obtained emission-free energy as efficiently as possible. To verify the information obtained and to obtain relevant data, two case studies were used. Both facilities are located in the city of Jičín and are its contributory organizations, the reason was to facilitate the involvement of both organizations in community energy sharing. A thorough passporting of the current state of energy use was carried out in both buildings. A new solution was then proposed using renewable energy. The design of the new solution was developed with the aim of achieving an optimal ratio between investment costs and electricity generated, with the possibility of extending the installed technology and upgrading it, all with an emphasis on environmental protection.

Keywords:

Renewable resources

Energy saving

Environmental protection

Solar technology

Battery storage

Legislation

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce a metodika	12
3 Teoretická východiska	13
3.1 Energetická politika EU	13
3.1.1 Cíle EU v energetické politice	14
3.1.2 Politika EU pro oblast obnovitelných zdrojů.....	14
3.1.3 Green Deal a „Fit for 55“	15
3.1.4 Politika EU v oblasti energetiky v současnosti (Ruská invaze).....	16
3.2 Státní energetická koncepce České republiky	16
3.3 Výroba, regulace a tvorba ceny elektrické energie	18
3.3.1 Rovnováha výroby a spotřeby elektrické energie	18
3.3.2 Zdroje výroby elektrické energie	20
3.3.3 Výběr zdroje pro dodávku elektrické energie.....	21
3.3.4 Stanovení minimální ceny dodání elektrické energie	22
3.3.5 Stanovení ceny elektrické energie na trhu	22
3.3.6 Porovnání nákladů zdrojů elektrické energie.....	23
3.3.7 Princip prodeje elektrické energie na burze.....	24
3.4 Komunitní energetika	25
3.5 Smart city – obnovitelné zdroje	27
3.6 Solární systémy	28
3.6.1 Historie a současnost vývoje fotovoltaiky	28
3.6.2 Slunce jako zdroj energie.....	31
3.6.3 Solární článek – princip přeměny světla na elektrickou energii	33
3.6.4 Typy solárních článků.....	35
3.7 Technologie ukládání elektrické energie	39
3.7.1 Bateriová akumulace.....	40
3.7.2 Akumulace do TUV	43
3.7.3 Akumulace energie do vodíku	44
3.7.4 Akumulace energie do písku.....	44
3.7.5 Gravitační baterie.....	45
3.8 Solární ohřev vody – fototermitické systémy.....	46
3.8.1 Solární tepelný kolektor.....	47
3.8.2 Typy kolektorů.....	48
3.8.3 Zásobníky TUV	49
3.8.4 Regulace.....	49
4 Vlastní práce.....	50

4.1	Technické služby města Jičína	50
4.1.1	Obecné informace o TS Jičín	50
4.1.2	Popis objektů TS Jičín	51
4.1.3	Popis současných zdrojů energie TS Jičín	52
4.1.4	Výběr konkrétních technologií pro úsporu energií	54
4.1.5	Návrh řešení pro úsporu energií v TS Jičín	58
4.1.6	Fotovoltaická elektrárna (TS-1) na administrativní budově a dílnách	59
4.1.7	Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-1	61
4.1.8	Fotovoltaická elektrárna (TS-2) na budově dopravy	64
4.1.9	Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-2	66
4.1.10	Solární kolektory ohřevu TUV na budově dopravy	68
4.1.11	Rozpočet prací a materiálu solárních kolektorů na budově dopravy	70
4.2	Mateřská škola Větrov	71
4.2.1	Obecné informace o MŠ Větrov	71
4.2.2	Popis objektu MŠ Větrov	72
4.2.3	Popis současných zdrojů energie MŠ Větrov	73
4.2.4	Výběr technologií pro úsporu energie	74
4.2.5	Návrh řešení pro úsporu energie v MŠ Větrov	77
4.2.6	Fotovoltaická elektrárna (MŠ-1) na hlavní budově + SmartFlower	77
4.2.7	Rozpočet prací a materiálu na FVE MŠ-1	80
5	Výsledky a diskuse	83
5.1	Výsledky nového řešení úspory energií TS Jičín	83
5.1.1	Fotovoltaická elektrárna FVE - TS1 na ad. budově a dílnách TS Jičín	83
5.1.2	Úspory a návratnost FVE - TS1, ekologický přínos	85
5.1.3	Fotovoltaická elektrárna FVE TS-2 na budově dopravy TS Jičín	86
5.1.4	Úspory a návratnost FVE - TS2, ekologický přínos	87
5.1.5	Solární kolektory na budově dopravy TS Jičín - ohřev skleníku, TUV ...	88
5.1.6	Úspory a návratnost solárních kolektorů, ekologický přínos	90
5.2	Výsledky nového řešení úspory energií MŠ Větrov	91
5.2.1	Fotovoltaická elektrárna FVE - MŠ1 na hlavní budově	91
5.2.2	Úspory a návratnost FVE - MŠ1, ekologický přínos	92
5.3	Dotace	93
5.3.1	Modernizační fond	93
5.3.2	Modernizační fond v České republice	94
5.3.3	Výzvy modernizačního fondu RES+č.4/2022	94
6	Závěr	97
7	Seznam použitých zdrojů	98
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	100

8.1	Seznam obrázků	100
8.2	Seznam tabulek	100
8.3	Seznam grafů.....	101

1 Úvod

Téma Smart city je na počátku 21. století velmi živé a atraktivní téma, se kterým se bezpochyby setkal téměř každý. Neexistuje jednotná definice tohoto pojmu a každý si při jeho vyslovení může představovat něco jiného. Obecně se jedná o nalezení konceptu, který bude schopný městům a obcím zajistit trvale udržitelný rozvoj, zefektivní správu věcí veřejných, a tím tedy zvýší kvalitu života jejich obyvatel. K dosažení takovýchto cílů je třeba kromě jiného využít moderní technologie. Moderní technologie však v konceptu Smart city nelze chápat jen jako cíl sám pro sebe, ale hlavně jako prostředek k tomu, aby se obec či město stalo příjemným pro život, protože jen takové místo může pak ekonomicky prosperovat. Jedná se o cestu k udržitelnému rozvoji obcí a měst, kdy se cesta stává postupným procesem nikoliv stavem. Koncept Smart city by také neměl zůstat uzavřený v administrativních hranicích obcí či měst, ale měl by plynule přerůstat v chytré regiony bez hranic.

V rámci konceptu Smart city se nejčastěji jedná o chytrá řešení v dopravě (např. veřejná doprava, semafore...), v oblasti životního prostředí (využití obnovitelných zdrojů pro úsporu energií, inteligentní veřejné osvětlení...), cestovního ruchu (interaktivní tabule, mapy...), ale i v mnoha dalších odvětvích života.

Koncept Smart city reflektuje především obecný evropský přístup k udržitelnému prostředí, který je v posledních letech definován především v tzv. Zelené dohodě pro Evropu (European Green Deal). Tato vize Evropské komise by měla zajistit svým občanům a společností přechod na udržitelnější a ekologičtější prostředí. Mezi opatření v rámci této dohody patří snížení emisí, investice do inovací, výzkumu a ochrana přírodního prostředí evropského kontinentu. Jedná se o postupnou transformaci evropské ekonomiky tak, aby byla dlouhodobě udržitelná a její růst nebyl závislý na využívání neobnovitelných přírodních zdrojů. Aby se tato opatření stala reálnými, tak je třeba koncepčního zapojení na všech úrovních. Právě obce a města jako základní územní samosprávné celky jsou ty, které velmi dobře znají a umějí definovat své potřeby i nedostatky. Proto právě ty by měly ve svých strategických dokumentech definovat své jasné vize a plány, jak zlepšit svůj přístup k ochraně klimatu a životního prostředí na svých územích.

2 Cíl práce a metodika

Diplomová práce je tematicky zaměřená na problematiku Smart city. Hlavním cílem práce je využití technologie obnovitelných zdrojů, které vedou ke snížení energetické závislosti.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- charakteristika stávajících způsobů využití energie v návaznosti na současnou situaci z pohledu politického, ekonomického a ochrany životního prostředí,
- analýza technologií, které vedou k úsporám energií,
- návrh a ověření realizace.

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Na základě znalostí získaných v teoretické části práce, která bude vycházet z charakteristiky současného stavu poznání dané problematiky, bude praktická část metodou případových studií na konkrétních objektech, hodnotit stávající stav a navrhnout řešení pro zvýšení energetických úspor. Na vybraných dvou objektech ve správě města Jičín bude provedena podrobná analýza současných nákladů na energie, stávajících technologií a technických možnosti pro využití energie z obnovitelných zdrojů. Po zjištění všech technických a ekonomických parametrů, bude ve spolupráci s inženýrem elektrotechnikem vypracován návrh nového moderního řešení výroby energie, pomoci obnovitelných zdrojů. Nové řešení bude přímo navržené pro konkrétní objekty, včetně jejich možného umístění. Budou vybrány nejvhodnější technologie pro danou lokalitu, které trh nabízí, s důrazem na maximální výkon, dlouhou životnost a optimální cenu. Na navržených technických řešeních bude propočítán jejich teoretický výkon, včetně nákladových rozpočtů na jejich pořízení. Získaná data budou porovnána s aktuální spotřebou energie a náklady spojenými s jejich nákupem, pro každý objekt samostatně. Přesným porovnáním výsledků ze shromážděných dat, bude možné určit jestli dojde k úsporám nákladů na energie. Bude též řešena celková návratnost vložených prostředků, popřípadě možnost získání dotace z dotačních fondů. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

3 Teoretická východiska

Bez energie by se svět neobešel. Lidská civilizace byla do určité míry formována dostupností energie v různých jejích podobách a je na ni zcela závislá. Způsoby její výroby, ale i potřeby se historicky měnily a vyvíjely, a k další velké transformaci dochází právě nyní vlivem celospolečenských změn.

Celosvětová spotřeba energie činí asi 580 mil. TJ ročně. Hlavním zdrojem energie jsou dosud fosilní paliva s podílem přibližně 83 %. Podíl obnovitelných zdrojů energie sice roste, dosahuje však pouze okolo 15 %. Se stoupající spotřebou energie je tato situace dlouhodobě neudržitelná. Zdroje fosilních paliv jsou omezené a emise vznikající při jejich spalování mohou mít v dohledné době fatální dopad na klima na naší planetě. Do hry tak vstupují nové faktory a energetiku čeká v příštích desetiletích zásadní přeměna směrem k udržitelnosti. (1)

3.1 Energetická politika EU

K výzvam, jimž zejména EU čelí v oblasti energetiky, patří rostoucí závislost na dovozu, nízká míra diverzifikace, vysoké a kolísavé ceny energie, rostoucí celosvětová poptávka po energii, bezpečnostní rizika v producentních a tranzitních zemích, rostoucí hrozby související se změnou klimatu, dekarbonizace, pomalý pokrok v oblasti energetické účinnosti, výzvy spojené s rostoucím podílem obnovitelných zdrojů energie a potřeba větší transparentnosti, integrace a propojenosti energetických trhů. Vlastní jádro energetické politiky EU tvoří různá opatření zaměřená na vytvoření integrovaného trhu s energií, zabezpečení dodávek energie a udržitelnost odvětví energetiky. (2)

Snížení spotřeby energie a omezení jejího plýtvání má v EU stále větší význam. Opatření v oblasti energetické účinnosti jsou uznávána jako prostředek nejen k dosažení udržitelných dodávek energie, snížení emisí skleníkových plynů, zlepšení bezpečnosti dodávek a snížení výdajů za dovoz, ale i k podpoře evropské konkurenceschopnosti. Právní předpisy EU týkající se energetické účinnosti se za posledních 15 let výrazně změnily. V roce 2018 stanovili vedoucí představitelé EU cíl snížit do roku 2030 roční spotřebu energie v EU o 32,5 %. V březnu 2023 se dohodli na cílech EU v oblasti snížení spotřeby primární energie o 38 % a konečné spotřeby energie o 40,5 % do roku 2030. Energetická účinnost

představuje tudíž strategickou prioritu pro energetickou unii, která stojí na zásadě „energetická účinnost v první řadě“. Budoucí rámec politiky v oblasti energetiky pro období do roku 2030 a po tomto roce je předmětem jednání. (3)

3.1.1 Cíle EU v energetické politice

Strategie energetické unie má za cíl vybudovat energetickou unii, která zajistí bezpečnou, dostupnou, a hlavně udržitelnou energii pro spotřebitele (podniky, domácnosti) v členských státech EU. Od roku 2015 zveřejnila Evropská komise řadu balíčků a opatření za účelem dosažení vytyčených cílů:

- a) diverzifikovat evropské zdroje energie a zajistit energetickou bezpečnost prostřednictvím solidarity a spolupráce mezi zeměmi EU,
- b) zajistit fungování plně integrovaného vnitřního trhu s energií, který umožní volný tok energie v rámci celé EU prostřednictvím odpovídající infrastruktury a bez technických či regulačních překážek,
- c) zlepšit energetickou účinnost a snížit závislost na dovozu energie, omezit emise a stimulovat vznik pracovních míst a růst,
- d) dekarbonizovat ekonomiku a posunout se směrem k nízkouhlíkovému hospodářství v souladu s Pařížskou dohodou,
- e) podporovat výzkum v oblasti nízkouhlíkových technologií a technologií čisté energie a klást předně důraz na výzkum a inovace v zájmu transformace energetiky a zvýšení konkurenceschopnosti. (2)

3.1.2 Politika EU pro oblast obnovitelných zdrojů

Solární energie, větrná energie, energie z oceánu a vodní energie, biomasa a biopaliva – to vše jsou obnovitelné zdroje energie. Samotné trhy s energií nemohou v EU zajistit požadovanou úroveň obnovitelných zdrojů energie, což znamená, že může být nutné využít vnitrostátních režimů podpory a režimů financování ze strany EU. Zásady politiky EU

v oblasti energie z obnovitelných zdrojů zahrnují diverzifikaci dodávek energie, rozvoj místních zdrojů energie s cílem zajistit bezpečnost dodávek a snížit závislost na vnějších zdrojích. Pokud jde o obnovitelné zdroje energie, směrnice EU 2018/2001 o obnovitelných zdrojích energie, která byla v roce 2018 podstatně revidována, stanovila do roku 2030 alespoň 32 % podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie v EU. Zvláštní úlohu hraje vodík, který je dekarbonizovaným nosičem energie.

Návrh Komise z července 2021 na revizi směrnice o obnovitelných zdrojích energie (COM/2021/557) zvyšuje cíl EU v oblasti energie z obnovitelných zdrojů na 40 % do roku 2030. V květnu 2022 Komise v souladu s plánem REPowerEU (COM/2022/230) zvýšila cíl v oblasti energie z obnovitelných zdrojů na 45 % do roku 2030 a zkrátila a zjednodušila povolovací postupy.

Cílem strategie pro solární energii (COM/2022/0221) z května 2022, která byla zveřejněna v rámci plánu REPowerEU, je zdvojnásobit solární fotovoltaickou kapacitu do roku 2025 instalací 320 GW do roku 2025 a 600 GW do roku 2030, čímž se celková kapacita výroby energie z obnovitelných zdrojů v EU zvýší na 1 236 GW.

Strategie pro větrnou energii na moři z listopadu 2020 (COM/2020/741), zveřejněné před balíčkem „Fit for 55“, má za cíl dosáhnout do roku 2050 klimatické neutrality EU a navrhuje zvýšit kapacitu EU v oblasti větrné energie na moři na nejméně 60 GW do roku 2030 a 300 GW do roku 2050.

Cílem vodíkové strategie (COM/2020/301) z července 2020, revidované v květnu 2022, je instalovat do roku 2024 nejméně 6 GW elektrolyzérů pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů a 40 GW do roku 2030. Strategie stanoví cíle pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů do roku 2030 ve výši 10 milionů tun pro domácí výrobu a 10 milionů tun pro dovoz a vyzývá ke zvýšení dílčích cílů pro konkrétní odvětví a k dodatečnému financování.

Akční plán pro biometan z května 2022 navrhl zvýšit do roku 2030 výrobu biometanu na 35 miliard metrů krychlových. (2)

3.1.3 Green Deal a „Fit for 55“

Aby se Evropa stala do roku 2050 klimaticky neutrální a dlouhodobě soběstačnou a udržitelnou, vydala Evropská komise soubor politických iniciativ pod názvem Green Deal (Zelená dohoda pro Evropu), která má iniciovat ekologickou transformaci Evropy. Dohoda

obsahuje plán na ochranu klimatu včetně řady opatření, která by měla vést ke snížení emisí skleníkových plynů.

Pro oblast energetiky je navržen odklon od fosilních paliv – dekarbonizace a také podpora a rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Dohoda byla představena v r. 2019 a v roce 2021 byl vydán balíček opatření „Fit for 55“, ve kterém je stanoven závazek snížit emise skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 oproti roku 1990. (3)

3.1.4 Politika EU v oblasti energetiky v současnosti (Ruská invaze)

Ruská invaze na Ukrajinu dne 24. února 2022 si vyžádala změnu postoje EU v oblasti energetiky. Evropská komise navrhla řadu opatření, která měla a mají vliv na evropský trh. Opatření jsou uvedena v Nařízení Rady EU 2022/2576 ze dne 19. 12. 2022 o posílení solidarity prostřednictvím lepší koordinace nákupu plynu, spolehlivých referenčních cen a přeshraničních výměn plynu a jedná se v nich zejména o

- stanovení cenového stropu pro energie
- doporučení a následná opatření ke snížení poptávky po zemním plynem a elektřině
- solidární opatření v rámci přerozdělování zemního plynu mezi členskými státy EU.

3.2 Státní energetická koncepce České republiky

V dubnu 2023 schválila vláda ČR Východiska aktualizace Státní energetické koncepce ČR a souvisejících strategických dokumentů, která jsou vodítkem pro zpracování relativních strategických dokumentů.

V rámci Programového prohlášení vlády se vláda ČR zavázala, že do konce roku 2023 bude připravena aktualizace Státní energetické koncepce ČR, a to zejména s ohledem na to, že od jejího schválení v roce 2015 došlo k řadě změn, které je nutné reflektovat. Nutnost aktualizace tohoto dokumentu byla také jedním ze závěrů Vyhodnocení naplňování Státní energetické koncepce ČR, které bylo připraveno na začátku roku 2021. V letošním roce bude

také nutné připravit aktualizaci Politiky ochrany klimatu v ČR, jejíž příprava je v gesci Ministerstva životního prostředí a aktualizaci Vnitrostátního plánu ČR v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030.

V tomto ohledu byl připraven materiál shrnující základní východiska aktualizace Státní energetické koncepce ČR a souvisejících strategických dokumentů. Cílem předložení tohoto dokumentu je snaha o nalezení konsensu na úrovni vlády ČR nad základními tezemi a východisky zmíněných strategických dokumentů a dostatečně zohlednit vývoj a dostupnost nových technologií. Základním východiskem jsou tzv. vrcholové strategické cíle. Těmito vrcholovými strategickými cíli připravované energetické koncepce jsou:

- bezpečnost dodávek
- konkurenceschopnost a sociální přijatelnost
- udržitelné nakládání s energiemi a udržitelný environmentální rozvoj.

Tyto vrcholové cíle de facto reflektují tzv. energetické trilema. Kromě nich pak materiál nastiňuje další strategické cíle a východiska v kontextu celoevropských závazků a cílů dekarbonizace energetiky a průmyslu.

Na základě těchto východisek bude v průběhu roku 2023 ucelená aktualizace Státní energetické koncepce ČR, tak aby ji bylo možné do konce roku 2023 předložit vládě ČR ke schválení. Východiska také budou zohledněna při aktualizaci Vnitrostátního plánu ČR v oblasti energetiky a klimatu a Politice ochrany klimatu ČR. (4)

Státní energetická koncepce do budoucna počítá s podílem jádra na výrobě elektřiny v rozmezí 48 až do 56 procent, ze současných 36. Stát tak nyní připravuje stavbu nového jaderného bloku v Dukovanech, který by měl být hotový v roce 2036. Souběžně se pracuje i na přípravě povolení dalších bloků v Temelíně. V přípravě je zároveň výstavba malých a středních reaktorů na několika místech po celé zemi.

Podle Ministerstva průmyslu a obchodu jsou jaderné zdroje s využitím přes 8000 hodin ročně a s možností vytvoření strategických rezerv čerstvého paliva na řadu let, v tuzemských geografických podmínkách nejvhodnějším bezemisním zdrojem pro budoucí pokrytí spotřeby elektřiny, která by podle odhadů měla v budoucnu významně vrůst.

Vláda ve svém programovém prohlášení uvedla, že budoucnost české energetiky vidí v kombinaci jaderné energie a decentralizovaných obnovitelných zdrojů. Jedním z hlavních

cílů vlády v energetice je podpora fotovoltaiky. Odklon od uhlí chce podle prohlášení vláda stihnou nejpozději do roku 2033. (5)

3.3 Výroba, regulace a tvorba ceny elektrické energie

Tvorbu ceny elektřiny ovlivňují dva faktory:

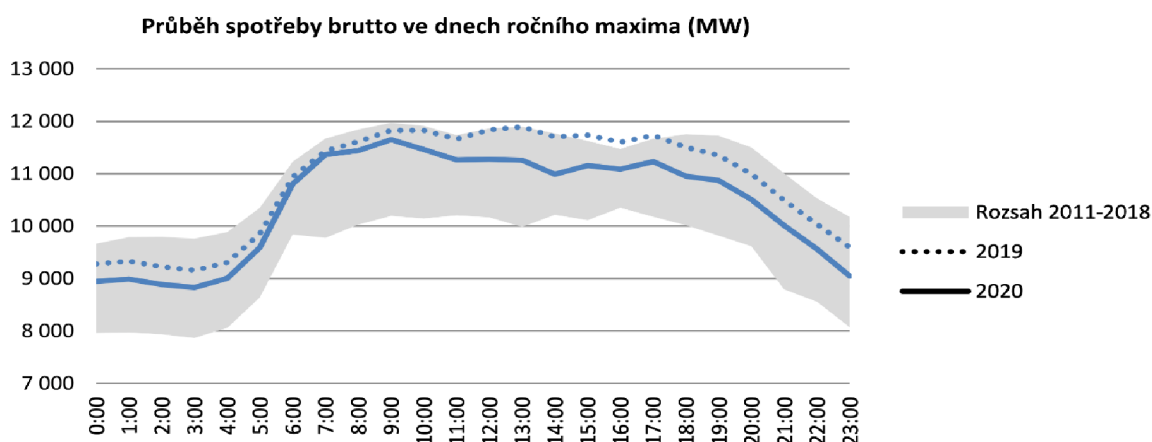
- jak se v síti zajišťuje vyrovnávání výroby elektřiny s její spotřebou
- podle čeho si jednotlivé elektrárny stanovují minimální cenu, za kterou jsou ochotny elektřinu na trhu prodávat.

3.3.1 Rovnováha výroby a spotřeby elektrické energie

Základní princip elektrické sítě spočívá v tom, že výroba elektřiny musí být vždy (zhruba) stejná jako její spotřeba. Jestliže spotřeba výrazně přesáhne výrobu, dochází k většímu namáhání generátorů elektřiny. Pokud naopak výroba výrazně přesáhne spotřebu, může docházet k poškození elektrické rozvodné sítě. Obojí pak v extrémním případě může vést k tzv. *blackoutu*, tedy k přerušení dodávky elektřiny. Výrobu a spotřebu je proto nutné neustále balancovat v reálném čase.

Spotřeba elektřiny se v průběhu dne mění – přes den je zpravidla vyšší než v noci. V zimě bývá poptávka po elektřině vyšší z důvodu vytápění (nicméně kvůli oteplování klimatu a rostoucí potřebě využívat klimatizace může v dalších dekádách letní spotřeba převýšit zimní).

Graf 1 Průběh spotřeby ve dnech ročního maxima (MW)



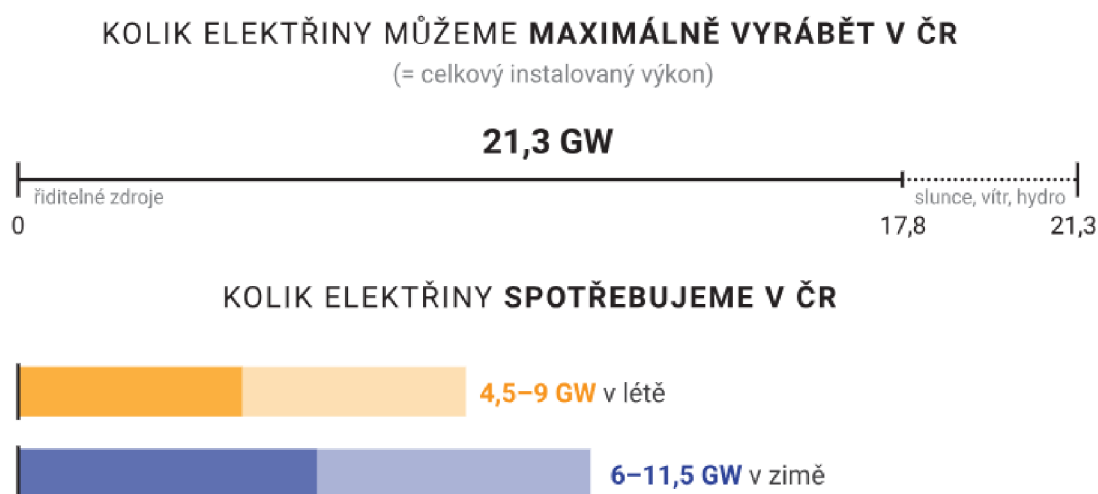
Zdroj: Energetický regulační úřad

Spotřebu elektřiny lze do určité míry dopředu odhadovat, a je proto možné předem plánovat i to, kolik elektřiny bude v každém okamžiku potřeba vyrobit. Toto plánování, tedy propojování nabídky elektráren na výrobu elektřiny s předpokládanou poptávkou dodavatelů elektřiny, probíhá na energetické burze. (6)

Protože však spotřebu elektřiny nelze nikdy odhadnout zcela přesně, v síti se vždy budou vyskytovat malé odchylky, které je potřeba v reálném čase vyrovnávat. Tuto regulaci provádí provozovatel přenosové soustavy, kterým je v České republice společnost ČEPS a. s. Její řídicí středisko sleduje v reálném čase spotřebu elektřiny v ČR a zajišťuje vyrovnávání výroby se spotřebou. Zjednodušeně řečeno: ČEPS dává pokyny ke zvýšení nebo snížení výkonu vhodných nasmlouvaných elektráren (typicky uhelných nebo plynových).

Spotřeba elektřiny v ČR se v závislosti na dni a hodině pohybuje mezi 4,5 GW a 11,5 GW. Celkový instalovaný výkon všech elektráren (včetně tepláren) v ČR je ale zhruba 21,3 GW. Protože export do zahraničí má svá kapacitní omezení, mohou v určitém okamžiku běžet vždy jen některé elektrárny, zatímco ostatní jsou ponechány vypnuté. (7)

Tabulka 1 Výroba a spotřeba elektřiny v ČR



Zdroj: Fakta o klimatu

Pro zapínání a vypínání elektráren jsou zásadní tyto parametry:





- maximální možná výroba (*instalovaný výkon*)
- rychlost, s jakou je možné je zapnout (*doba náběhu*), např. k pokrytí denní špičky spotřeby
- náklady na výrobu elektřiny.

3.3.2 Zdroje výroby elektrické energie

Elektrárny v ČR lze zjednodušeně rozdělit do následujících hlavních kategorií:

- Jaderné elektrárny
- Uhelné elektrárny
- Paroplynové elektrárny
- Elektrárny využívající obnovitelné zdroje (solární, větrné, vodní)

Tabulka 2 Hlavní typy zdrojů elektřiny v ČR

TYP ZDROJE	Slunce, vítr, hydro	Jádro	Uhlí	Plyn
INSTALOVANÝ VÝKON	 3,5 GW	 4,3 GW	 10 GW	 2,3 GW
DOBA NÁBĚHU	Náběh je skoro okamžitý, ale určuje to počasí a ne dispečer	Jednotky až desítky hodin	Jednotky až desítky hodin	Jednotky minut až jednotky hodin
NÁKLADY NA VÝROBU* NA 1 MWh	0 EUR	10 EUR	100 EUR	200 EUR
POZNÁMKY	Výroba závisí na počasí a může se během dne rychle měnit. Ostatní druhy elektráren tak musí flexibilně doplňovat tyto zdroje.		Z velké většiny hnědé uhlí, také se někde spoluspaluje biomasa, ta tvoří <10 % v této kategorii.	Z více než 60 % spalují zemní plyn a z 25 % bioplyn.

* Ceny jsou ilustrativní, ale realistické. Zde uvádíme jen přímé (variabilní) náklady.

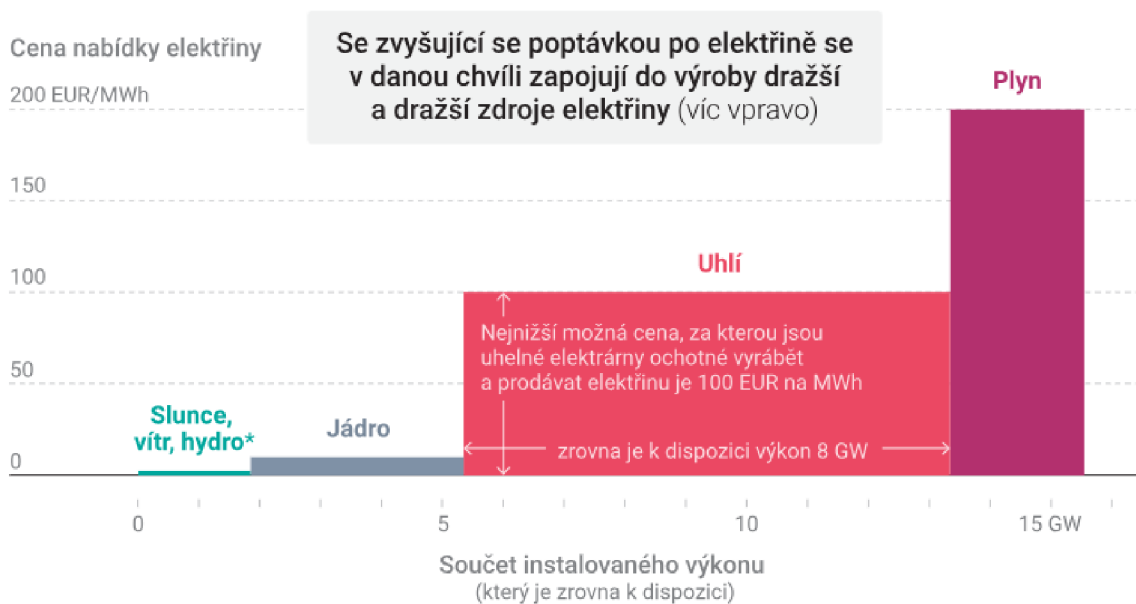
Zdroj: Fakta o klimatu

3.3.3 Výběr zdroje pro dodávku elektrické energie

Které elektrárny v daný den a hodinu budou dodávat, o tom se rozhoduje na burze s elektřinou – dodávat budou ty, kterým se na daný den a hodinu podaří svou elektřinu na trhu prodat (elektrárny samozřejmě musí při prodeji elektřiny respektovat svou schopnost elektřinu v daný den a hodinu skutečně vyrobit, tedy brát v potaz i svou dobu náběhu).

Jako první se k uspokojení poptávky využívají ty zdroje, které produkují elektřinu nejlevněji (tzn. podávají nejnížší cenové nabídky). Když je poptávka vyšší, než kolik mohou tyto levné zdroje pokrýt, využívají se dražší a dražší zdroje – dokud není poptávka uspokojena. Naopak při snižování poptávky po elektřině se nejdražší zdroje přestávají využívat jako první.

Tabulka 3 Seznam zdrojů podle jejich nejnižší ceny



Zdroj: Fakta o klimatu

Jak ilustruje graf výše, v danou chvíli obvykle není k dispozici veškerý instalovaný výkon. Počasí omezuje výkon solárních a větrných elektráren. Uhlé a plynové elektrárny často rezervují část svého výkonu na vyrovnávání výroby a spotřeby (dle pokynů společnosti ČEPS), a tento výkon proto nemohou nabízet na burze. Výkon jaderných elektráren zase mohou omezit plánované odstávky. (7)

3.3.4 Stanovení minimální ceny dodání elektrické energie

Elektrárny mají dva druhy nákladů:

- **Fixní náklady** jsou výdaje, které musí majitel elektrárny platit bez ohledu na to, jestli elektrárna běží, nebo stojí. Jsou to například mzdy zaměstnancům, náklady na údržbu či rozpočítané náklady na stavbu elektrárny.
- **Variabilní náklady** jsou výdaje, které musí majitel zaplatit za každou jednotku vyrobené elektřiny. Sem patří zejména cena paliva, a případně i cena emisní povolenky, pokud elektrárna při výrobě elektřiny spaluje fosilní paliva, a tedy vypouští oxid uhličitý.

Každý majitel elektrárny chce vyrábět elektřinu vždy, když se mu to vyplatí, tedy když cena prodané jednotky elektřiny přesáhne její výrobní náklady. Elektrárny tak nabízejí elektřinu za částku, které se rovná jejich variabilním nákladům – za nižší částku nejsou ochotny elektřinu vyrábět. Za vyrobenou elektřinu pak elektrárny zpravidla dostanou vyšší částku, než jaká byla jejich nabídková cena – dostanou peníze podle ceny elektřiny na trhu. (6)

3.3.5 Stanovení ceny elektrické energie na trhu

V každém okamžiku se porovnává poptávka po elektřině od zákazníků s minimálními cenami od jednotlivých elektráren. V případě České republiky se to děje na energetické burze PXE v Praze. Elektřinu vždy vyrábějí ty nejlevnější elektrárny, které jsou dohromady schopny uspokojit poptávku. Cena elektřiny na trhu je pak ta, za kterou elektřinu vyrábí ten poslední (nejdražší) zdroj, který je ještě potřeba k uspokojení poptávky. Výslednou cenu elektřiny dostanou všechny právě vyrábějící elektrárny – i ty, které měly nižší nabídkovou částku. Tím trh motivuje elektrárny nabízet elektřinu za nejnižší možné ceny (kdyby nabídly vyšší, posunou se do dražšího zdroje a jejich služby nemusí být vůbec využity), zároveň elektrárny většinou dostanou vyšší částku, ze které pak mohou generovat provozní zisk. Celkově to tedy znamená, že čím vyšší je poptávka po elektřině, tím více se musí zapojovat dražší a dražší zdroje, což navyšuje cenu elektřiny pro celý trh.

Když elektrárna vyrábí, generuje provozní zisk, protože cena elektřiny na trhu je většinou o něco vyšší než nabídková cena. Fixní náklady pak elektrárna pokrývá z tohoto provozního zisku. Protože však výši jejích příjmů z jednotky vyrobené elektřiny určuje trh, závisí provozní zisk elektrárny na průměrné ceně elektřiny na trhu.

Pokud budou tyto ceny příliš nízké, některé elektrárny nezvládnou pokrýt své fixní náklady a budou uzavřeny. Tím se ovšem sníží nabídka kapacit pro výrobu elektřiny a zvýší se průměrná cena elektřiny. Je-li průměrná cena elektřiny naopak vysoká, přiláká to investice do nových, levnějších elektráren, které pak rozšířením nabídky pro výrobu levnější elektřiny způsobí snížení průměrné ceny elektřiny. Takto se trh s elektřinou sám reguluje. (7)

3.3.6 Porovnání nákladů zdrojů elektrické energie

Tabulka 4 Struktura nákladů elektráren

	 Fixní náklady Náklady na stavbu elektrárny a její provozuschopnost	 Variabilní náklady Náklady přímo spojené s výrobou elektřiny v danou chvíli
JÁDRO	Vysoké 💰💰💰 stavba, zaměstnanci	Nízké 💰 palivové soubory
SLUNCE, VÍTR, HYDRO	Střední 💰💰 stavba, údržba	Nulové 💰
UHLÍ	Střední 💰💰 stavba, zaměstnanci	Vysoké 💰💰💰 uhlí, více povolenek
PLYN	Nízké 💰 stavba, zaměstnanci	Vysoké 💰💰💰 plyn, méně povolenek

Zdroj: Fakta o klimatu

Nejlevnější elektřinu v současnosti produkují obnovitelné zdroje. Ty nepotřebují žádné palivo a neplatí za emisní povolenky, protože nevypouštějí oxid uhličitý. Jejich variabilní

náklady jsou tak téměř nulové. Tyto zdroje vyrábějí elektřinu vždy, kdy je to dle aktuálních podmínek možné.

Druhým nejlevnějším zdrojem jsou (již postavené) jaderné elektrárny, protože mají velmi nízké variabilní náklady. Pokud však připočteme fixní náklady, vycházejí jaderné zdroje poměrně draze, což je jeden z důvodů, proč se v posledních desetiletích v Evropě staví velmi málo nových jaderných elektráren. Na trhu mají jaderné elektrárny zvláštní postavení, neboť je obtížné regulovat jejich výkon. Pokud jsou v daný moment poptávku schopny pokrýt jen obnovitelné a jaderné zdroje, mají přednost jaderné (protože svoji elektřinu na daný moment prodaly už předem).

V době, kdy výroba z obnovitelných zdrojů a jaderných elektráren k pokrytí celé poptávky po elektřině nestačí, přicházejí na řadu mnohem dražší zdroje, u kterých je možné vyrábět elektřinu dle potřeby (jsou regulovatelné). Mezi ně patří elektrárny na uhlí a zemní plyn. Pořadí jejich využití opět určí to, za jak nízkou cenu jsou tyto elektrárny schopny elektřinu vyrobit. To závisí na cenách paliva pro tyto elektrárny a na jejich emisní náročnosti – čím víc oxidu uhličitého na jednotku vyrobené elektřiny elektrárna vypustí, tím víc musí zaplatit na emisních povolenkách a tím je jednotková cena vyrobené elektřiny dražší. Pomocí tohoto mechanismu motivují emisní povolenky ke snižování emisní náročnosti celé soustavy.

Mezi cenou nejlevnějších a nejdražších zdrojů jsou obrovské rozdíly. Během jednoho dne tak může cena elektřiny oscilovat mezi nulou a několika stovkami euro, podle momentální spotřeby a podle výroby z obnovitelných zdrojů. Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů bude v Evropě nadále růst. Můžeme tedy čekat častější hodiny s velmi nízkou cenou elektřiny, a tedy i méně hodin s velmi vysokými cenami elektřiny. Tímto způsobem budeme postupně snižovat závislost na fosilních zdrojích a také emise skleníkových plynů v energetice. (6)

3.3.7 Princip prodeje elektrické energie na burze

Elektrická energie se obchoduje ve dvou časových horizontech. Jednak krátkodobě na tzv. *spotovém trhu*, kde se obchoduje hlavně elektřina na příští den (*day-ahead*) a je možné

tu obchodovat i elektřinu na právě probíhající den (*intra-day*). V tomto horizontu se elektřina obchoduje na každou hodinu daného dne zvlášť.

Dále se obchoduje dlouhodobě na tzv. *futures trhu*. Tím si většina dodavatelů elektřiny zajistí alespoň část odhadované spotřeby svých zákazníků. Tento trh funguje stejným způsobem jako trh v reálném čase, ale pracuje s odhadovanými budoucími náklady na výrobu elektřiny jednotlivých elektráren. V tomto horizontu se obchoduje hlavně fixní odběr (tzv. *base load*) na zvolený den, měsíc, kvartál nebo kalendářní rok. Cena elektřiny na tomto trhu většinou zhruba odpovídá výsledné průměrné ceně na spotovém trhu za dané období (přesněji řečeno bývá o něco dražší, protože je v ní započítáno riziko). V případě neočekávaného vývoje se ovšem výsledné spotové ceny mohou výrazně odchýlit od předchozích cen na dlouhodobém trhu. Například mohou být výrazně vyšší, jako to bylo během plynové krize v letech 2021 a 2022. Nákupy na dlouhodobém trhu tedy chrání dodavatele před náhlým kolísáním ceny elektřiny. Díky nákupům dopředu mohou dodavatelé poskytovat svým zákazníkům fixovanou cenu elektřiny na několik let dopředu.

(6)

3.4 Komunitní energetika

Ministerstvo průmyslu a obchodu připravilo novelu energetického zákona (LEX OZE II), která změní nejen nakládání s elektřinou, ale i její výrobu, která bude probíhat především lokálně a z obnovitelných zdrojů. Původní záměrem bylo ji připravit tak, aby bylo možné energii sdílet už od ledna 2024, datum účinnosti se však posune až na 1. července 2024.

Komunitní energetika, jak název napovídá, funguje na principu komunit. Společenství, jehož členem může být například společenství vlastníků jednotek, domácností, obce, úřady nebo celé malé podniky, má za úkol vyrábět elektřinu, sdílet ji a dodávat, ale ne za účelem zisku. Výsledkem budou nižší výdaje za energie, zvýšení energetické nezávislosti jednotlivců i společnosti a v neposlední řadě také pozitivní vliv na životní prostředí.

Bude tedy možné například solárními panely na střeše školy, která vyrábí elektřinu v době kdy ji nebude spotřebovávat (víkendy, prázdniny) zásobovat energii domácnosti bydlící v okolí, které jsou stejně jako škola členem energetického společenství. Výroba a spotřeba musí probíhat ve stejném čase.

Při sdílení elektřiny mají společenství a jeho členové právo využívat distribuční a přenosovou soustavu. Společenství musí odběrná místa, která si mezi sebou chtějí elektřinu posílat, přihlásit u Elektroenergetického datového centra. Elektřinu je však možné sdílet jen mezi odběrnými místy, která jsou vybavena průběhovým měřením. (8)

Společenství může sdílet elektřinu úplatně i bezúplatně. Pokud za elektřinu mají členové platit, musí jim společenství poskytnout vyúčtování sdílené elektřiny. Sdíleli-li elektřinu zadarmo, musí členům poskytovat údaje o množství sdílené elektřiny.

Zákon zavádí mimo jiné nové podobné pojmy: Energetické společenství a společenství pro obnovitelné zdroje

Společenství pro obnovitelné zdroje (SOZ) = právnická osoba, která je založena na dobrovolné a otevřené účasti, je účinně kontrolována členy, kteří se nacházejí v blízkosti energetických zařízení provozovaných touto právnickou osobou, členy jsou fyzické osoby, malé a střední podniky, územní samosprávné celky nebo právnické osoby zřizované nebo ovládané územními samosprávnými celky, hlavním účelem není vytvářet zisk, ale poskytovat environmentální, hospodářské nebo sociální přínosy svým členům nebo územím, kde provozuje svou činnost která je založena za účelem výroby energie z obnovitelných zdrojů, jejím sdílení, případně také k výkonu dalších oprávnění v souladu s tímto zákonem. (9)

Společenství pro obnovitelné zdroje může energii sdílet a vyrábět pouze z obnovitelných zdrojů (fotovoltaické, větrné) a členové zároveň musí být v blízkosti zdroje energie.

Energetické společenství (ES) = právnická osoba, která je založena na dobrovolné a otevřené účasti a je účinně kontrolována členy nebo společníky, kterými jsou fyzické osoby, malé podniky, územní samosprávné celky nebo právnické osoby zřizované nebo ovládané územními samosprávnými celky, hlavním účelem není vytvářet zisk, ale poskytovat environmentální, hospodářské nebo sociální přínosy svým členům nebo na území, kde provozuje svou činnost která je založena za účelem výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, jejím sdílením, případně také k výkonu dalších oprávnění v souladu s tímto zákonem.

Energetické společenství musí být registrováno v registru, který bude vést Energetický regulační úřad (ERÚ). Členové hlasují o různých změnách v rámci komunity, například o ceně sdílené elektřiny, o přijetí nových členů nebo o případném zániku společenství. Každý člen společenství má svá hlasovací práva, ať už jde o fyzickou osobu, malý podnik či územní samosprávný celek. (9)

Energetické společenství, může využívat různé zdroje energie – jak zelené, tak fosilní (plyn, kogenerační jednotky). Elektřinu by mezi sebou mohlo sdílet jen 1000 odběrných míst v rámci tří obcí s rozšířenou působností (ORP). Omezení počtu členů Ministerstvo průmyslu a obchodu, zdůvodňuje podmínkou vzniku informačního systému, která sdílení elektřiny umožní. Výměnu informací bude zajišťovat Elektroenergetické datové centrum, které se naplno rozjede až v roce 2026. Vybudování jeho první etapy je reálné k začátku roku 2024. (10)

Česká republika je poslední zemí ve střední Evropě, kde sdílení elektřiny není možné, zejména proto, že nemělo oporu v zákoně. Komunitní energetika už funguje nejen v Německu, Rakousku, Francii, Dánsku či Belgii, ale také v Polsku a Slovensku.

3.5 Smart city – obnovitelné zdroje

Energetika je ústředním bodem téměř každé velké výzvy a příležitosti, kterým dnes svět čelí ať už jde o pracovní místa, bezpečnost, změnu klimatu, produkci potravin. Přístup k energii pro všechny je zásadní. Cíle udržitelného rozvoje proto zdůrazňují, že zaměření na všeobecný přístup k energii, zvýšení energetické účinnosti a zvýšené využívání obnovitelné energie prostřednictvím nových hospodářských a pracovních příležitostí má zásadní význam pro vytvoření a zajištění udržitelnějších a inkluzivnějších komunit a odolnosti vůči otázkám životního prostředí, jako je změna klimatu. Celosvětové energetické potřeby se staly mimořádně důležitým zájmem pro všechny ekonomiky.

Primární zdroje zahrnují fosilní paliva, jako je ropa, uhlí a zemní plyn; všechny přispívají více než 80 % celosvětových dodávek energie. Vzhledem k tomu, že emitují skleníkové

plyny, jejich případné účinky na změnu klimatu, zejména pokud jde o ohrožení životního prostředí a lidského zdraví, se staly předmětem naléhavých obav.

Obnovitelné zdroje energie snižují emise skleníkových plynů, a jsou proto mimořádně důležité a jednou z klíčových strategií pro sledování udržitelnosti. Obnovitelná nebo zelená energie se vyrábí ze solárních, vodních, biomasových, větrných a geotermálních zdrojů energie, zatímco neobnovitelná nebo konvenční energie je často energie založená na fosilních nebo jaderných zdrojích. V reakci na environmentální a ekonomické hrozby, které představují fosilní paliva, musí země přejít od spotřeby neobnovitelné energie ke zvýšené spotřebě obnovitelné energie. (11)

Podpora obnovitelných zdrojů energie se stala důležitým politickým cílem EU v boji proti změně klimatu a zlepšování energetické bezpečnosti, čehož by mělo být dosaženo snížením emisí skleníkových plynů a závislosti na dovozu energie. Na druhé straně se předpokládá, že se otevřou nové příležitosti pro hospodářský růst prostřednictvím inovací a povedou k udržitelné a konkurenceschopné energetické politice. (12)

Pro potřeby diplomové práce budeme analyzovat solární systémy, technologie ukládání elektrické energie a systémy pro solární ohřev vody. Ostatní obnovitelné zdroje (vodní, větrné, biomasové, geotermální) budou zmíněny jen okrajově.

3.6 Solární systémy

3.6.1 Historie a současnost vývoje fotovoltaiky

Fotovoltaika má dlouhou historii. Ta začíná roku 1839 pozorováním tehdy teprve devatenáctiletého Alexandra Edmonda Becquerela, že při slunečním ozáření dvou platinových elektrod umístěných v roztoku, jimi protéká proud. Tento efekt byl nepatrný a neměl tehdy žádný praktický význam, nezůstal ale zapomenut. Kromě toho nebyl úplně pochopen. Teprve Albert Einstein byl první, kdo popsal všechny fyzikální principy fotoelektrického jevu, které za ním stojí. Výsledky svého bádání publikoval v roce 1905, když mu bylo pouhých 25 let. Za tento úspěch pak získal v roce 1921 Nobelovu cenu

za fyziku. Einstein zprostředkoval díky svému slavnému dílu vysvětlení fotovoltaického efektu a kvantové povahy světla. Ale i poté zůstal tento efekt po dlouhý čas znám pouze jako zajímavý fyzikální jev bez praktického využití.

Přesně před 140 lety, v roce 1883, americký vědec Charles Fritts sestrojil úplně první solární článek z mědi pokryté selenem a zlatem a instaloval ho na své střeše v New Yorku. I přesto, že náklady na výrobu článku byly vysoké a jeho účinnost velmi nízká, Fritts svůj objev prezentoval jako možnou alternativu pro uhelné elektrárny. Tato podoba solárních článků při výrobě elektřiny neuspěla, ale své uplatnění našla ve světě fotografie. Selenové články se používaly ve fotoaparátech jako světelný senzor pro určování času expozice až do roku 1960, kdy je nahradily články elektronické. (13)

Skutečně použitelný solární článek mohl být vytvořen teprve po rozvinutí polovodičové techniky. Zejména dosažitelnost krystalického křemíku vysoké čistoty byla jedna ze základních podmínek. Křemík je také stále i dnes zdaleka nejdůležitějším materiálem pro produkci solárních článků.

První křemíkový solární článek byl vyroben v Bellových laboratořích v Murray Hill, USA v roce 1954 vědci Chapinem, Fullerem a Pearsonem. Měl tenkrát již účinnost 6%, která byla brzy zvýšena na 10%.

Nejdůležitější aplikací fotovoltaiky byly tehdy pro lety do vesmíru. S tou se začalo v roce 1958, když bylo použito prvních 108 solárních článků pro satelit Vanguard. Články předčily všechna očekávání a zásobovaly satelit energií déle, než se očekávalo. Tak se vyvinul trh sice omezený, zato operující s produktem vysoké kvality.

Z důvodů vysokých nákladů bylo pozemské použití fotovoltaiky dlouhý čas vyhodnocováno jako iluze. Přesto vědce a veřejnost fascinovali přednosti FV článků a díky tomu výzkum na nich nikdy úplně neustal. Postupně našly solární články cestu do oblastí zásobování energií, bez připojení na veřejnou síť. Použití začalo na kalkulačkách a hodinkách a rozvíjelo se postupně na větších přístrojích a zařízeních jako například parkovací automaty.

Ačkoliv není křemík kvůli své poměrně nízké absorpci světla ideálním materiálem pro solární články, dominoval na trhu od svého počátku. Důležitým důvodem byla vysoká úroveň polovodičové technologie. Průmysl solárních článků fungoval mnoho let pohodlně díky odpadním produktům výroby křemíku. Křemíkové krystaly, které nesplňovaly specifikace čipového průmyslu, byly dále ještě použitelné pro solární články. Od roku 2005 se ovšem tato symbióza výrazně změnila. Produkce vysoce čistého křemíku pro solární průmysl si vyvinula svůj vlastní trh.

Křemíkové destičky mohou být vyrobeny buďto pomocí Czochralského monokrystalického způsobu, nebo být odlévány jako polykrystaly v blocích. Také existuje způsob výroby křemíkových destiček nebo pásů přímo z taveniny.

Výroba křemíku takzvanou Float-Zone metodou a optimalizování struktury článků pomocí například pasivace povrchu, selektivního zářiče a kontaktů na zadních stranách umožnily zvýšení účinnosti článku přes 20 %. Současně s automatizací a optimalizací řadové a modulové produkce se výrobní náklady od roku 2000 snížily na jednu pětinu.

Již několik desetiletí se usiluje o nahrazení krystalického křemíku jiným materiálem. Hledá se přitom materiál s vysokou absorpcí světla, aby bylo možné vyrobit články tenčí a tím ušetřit výrobní náklady. Výsledkem budou tenkostěnné články, které mohou být až stokrát tenčí než z krystalického křemíku. (14)

Druhým nejdůležitějším materiálem po krystalickém křemíku je taktéž křemík, avšak v amorfni fázi. Tento materiál se od krystalického křemíku svými vlastnostmi tak výrazně odlišuje, že může být prakticky považován za úplně jiný materiál. První solární článek z amorfniho křemíku byl vyroben již v roce 1976 D. Carlsonem. Amorfni křemík má dnes pevné místo v produktech pro speciální použití, jako například na fasády budov a stále více také ve standardních panelech. Taktéž jsou na trhu k dispozici takzvané mikromorfni články (struktura z amorfniho a monokrystalického křemíkového materiálu.)

Další tenkovrstvý materiál, který se nachází před uvedením na širší trh, je CIS (dvojselenidu mědi india) nebo také CIGS, pokud obsahuje navíc galium. První CIS – tenkovrstvé články byly představeny roku 1986 L.Kazmerskim. Tyto články vykazují vysokou stabilitu a

disponují vysokou účinností jak v laboratoři, tak stále více také v modulové produkci. Aplikací těchto článků je možné dosáhnout účinnosti srovnatelné s krystalickými moduly, což vede k výraznému rozšiřování produkce CIS – modulů.

V současné době zabírají největší část trhu CdTe – moduly. Solární články z umělých hmot představují pro budoucnost zajímavou a finančně výhodnou technologii s novými vlastnostmi. Drážďanská firma Heliatek dosáhla s malými články z umělých hmot účinnosti 10,1 % a od roku 2012 začala s výrobou modulů v měřítku megawattů. (14)

3.6.2 Slunce jako zdroj energie

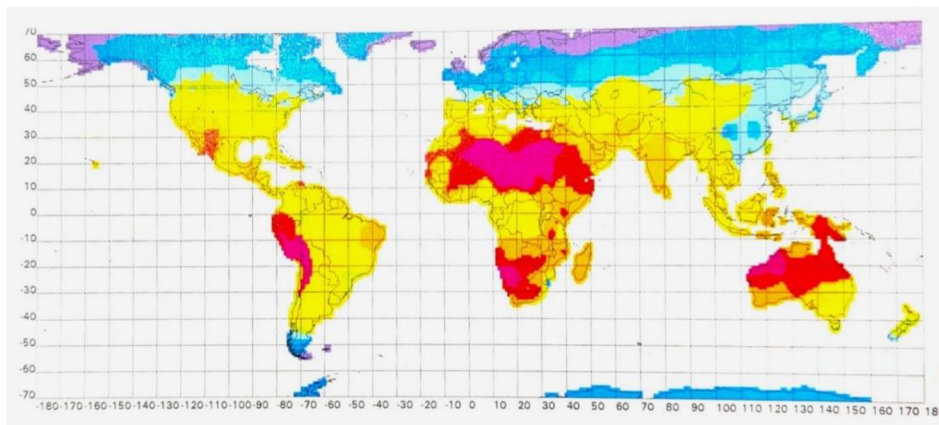
Slunce dodává energii ve formě slunečního záření, které umožňuje život na Zemi. Záření vzniká uvnitř Slunce slučováním vodíkových atomů na heliové. Část hmoty se při tom přemění na energii. Slunce tak představuje obrovský termionukleární reaktor. Kvůli velké vzdálenosti Země od Slunce se na zemský povrch dostává jen nepatrná část slunečního záření (přibližně dvě miliardy). To odpovídá množství energie $1,08 \times 10^{18}$ kWh.

Množství energie slunečního světla dopadajícího na zemský povrch odpovídá přibližně 8000násobku celosvětové spotřeby primární energie v roce 2019. K pokrytí celé spotřeby energie lidstva by tedy stačilo využívat pouhé 0,01 % energie slunečního světla.

Intenzita slunečního záření mimo zemskou atmosféru závisí na vzdálenosti mezi Sluncem a Zemí. V průběhu roku se pohybuje mezi 174 a 157 milióny kilometrů. Tím kolísá intenzita osvětlení na plochu orientovanou svisle vůči Slunci během roku mezi 1325 W/m^2 a 1420 W/m^2 . Zemská atmosféra dále snižuje oslnění odrazem, absorpcí (ozónem, vodními parami, kyslíkem a oxidem uhličitým) a rozptylem (molekulami vzduchu, částicemi prachu a nečistotami). Na zemském povrchu je při pěkném počasí za poledne dosahováno intenzity osvětlení 1000 W/m^2 , za velmi příhodných podmínek ve špičkách až 1300 W/m^2 .

Sečte-li se výkon oslnění za celý rok, získáme roční globální záření v kWh/m^2 (energie). Tato sluneční energie je regionálně velmi rozdílná, jak ukazuje obrázek č.1.

Obrázek 1 Celosvětové rozložení ročního oslunění v kWh/m²/rok



Zdroj: software METEONORM firmy METEOTEST

Některé regiony na rovníku dosahují hodnot přes 2300 kWh/m² ročně, zatímco v jižní Evropě lze počítat s ročním osluněním maximálně 1700 kWh/m², v Německu průměrně 1048 kWh/m². V Evropě existují značné rozdíly podmíněné ročními obdobími, které jsou vyznačovány především v poměru oslunění mezi létem a zimou.

V České republice se sestavováním mapy slunečního záření zabývá Český hydrometeorologický ústav (CHMU) prostřednictvím svých měřicích stanic, určil maximální a minimální hodnoty záření, v rozmezí 950 kWh/m² až 1150 kWh/m². (obrázek č.2) Nejmenší podíl slunečního záření je v severozápadní oblasti Čech, naopak největší podíl záření leží nepřekvapivě v oblasti jižní Moravy. (14)

Obrázek 2 Mapa slunečního záření v ČR v kWh/m²/rok



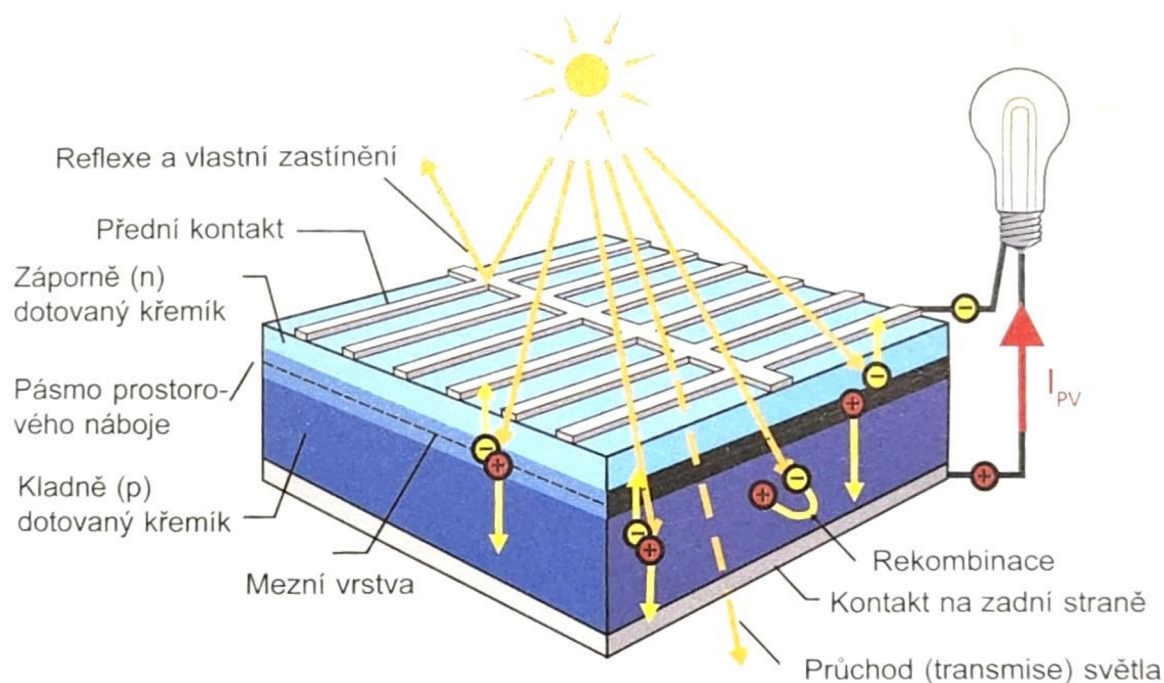
Zdroj: CHMU

3.6.3 Solární článek – princip přeměny světla na elektrickou energii

V solárním článku probíhá přímá přeměna světla (z řeckého photo – světlo) na elektrickou energii (voltaika od jednotky napětí Volt). Přeměna spočívá ve fyzikálním jevu, který probíhá nehlukně, bez emisí a spotřeby látek v solárně aktivních materiálech. Solární články se skládají z polovodičů, většinou z křemíku. Polovodiče jsou látky, jejichž elektrická vodivost leží mezi vodivostí kovu a dielektrika. Polovodiče se přívodem energie mohou stát vodivými. Čtyři vnější elektrony atomu křemíku tvoří vazby elektronových párů se sousedními atomy. U krystalických solárních článků při tom vzniká pravidelná krystalická mřížka. V článku spolu hraničí dvě elektricky odlišně dotované a tím rozdílně vodivé polovodičové oblasti. Mezi kladně dotovanou (p) a záporně dotovanou (n) oblastí vzniká vnitřní elektrické pole, které je způsobeno difuzí nadbytečných elektronů z polovodiče n do polovodiče p v prostoru pn přechodu. Vzniklá oblast s malým počtem volných nosičů náboje, tzv. vrstva prostorového náboje. V oblasti n vrstvy prostorového náboje zůstávají kladné, v oblasti p záporně nabitě atomy dotujícího prvku. Tím vzniká elektrické pole, které je orientováno proti směru pohybu nosičů náboje, takže difuze elektronů nemůže pokračovat donekonečna.

Dopadne-li na solární článek světlo, může zářivá energie fotonů uvolňovat elektrony z jejich vazeb v atomové mřížce. Fotony se přitom absorbují. Uvolněné záporně nabitě elektrony jsou pak volně pohyblivé a na svém původním místě ponechají kladný náboj, tak zvanou díru. Vnitřní elektrické pole solárního článku způsobuje, že jsou oba elektrické náboje (elektrony a díry) přitahovány do opačných směrů. Náboje postupují odlišnými cestami: záporné náboje plují k přední straně článku, kladné k zadní straně. V důsledku takto vznikající opačné polarizace přední a zadní strany vzniká mezi nimi rozdíl potenciálu, který lze naměřit jako elektrické napětí. Toto napětí naprázdno leží u krystalických solárních článků obvykle v rozmezí 0,6 V až 0,7 V. uzavře-li se elektrický obvod, teče přes spotřebič proud. Některé elektrony nedosáhnou kontaktů, nýbrž se rekombinují. Rekombinovaný elektron se nepodílí na průtoku proudu. Difuze nosičů náboje k elektrickým kontaktům tedy způsobuje, že na solárním článku vzniká napětí. (15)

Obrázek 3 Konstrukce a přeměna energie v krystalickém křemíkovém solárním článku



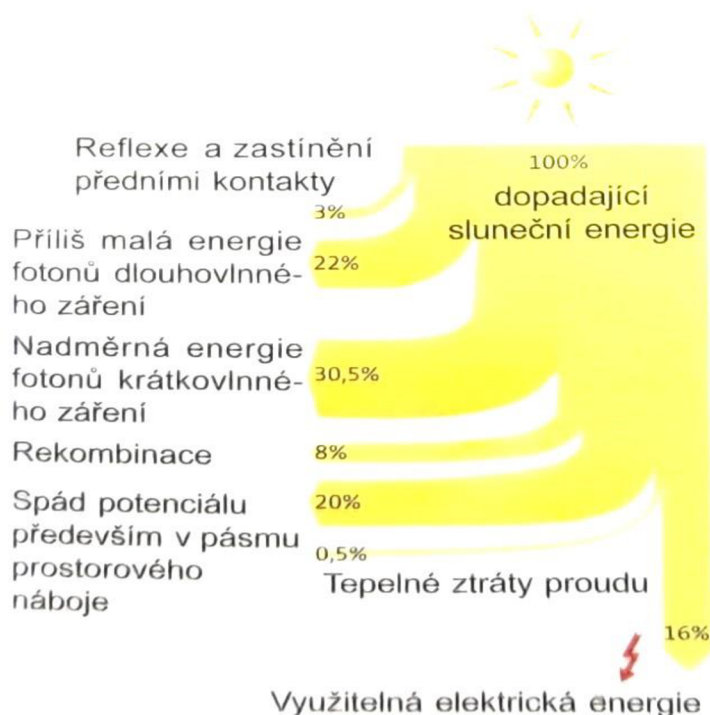
Zdroj: Fotovoltaika

Klasický krystalický solární článek se skládá ze dvou rozdílně dotovaných křemíkových vrstev. Strana obrácená ke slunečnímu světlu je záporně dotovaná fosforem, vrstva ležící pod ní je kladně dotována bórem. Aby bylo možné ze solárního článku odebírat proud, jsou na přední a zadní straně umístěny kovové elektrody jako kontakty. Na zadní straně je to většinou provedeno jako celoplošná elektroda. Naproti tomu přední strana musí co nejlépe propouštět světlo. Kontakty se zde většinou skládají z tenké mřížky, která zakrývá jen velmi malou část plochy povrchu článku. Umístění elektrod se většinou provádí sítotiskovou technikou. Na povrchu článku by se světlo mělo co nejméně odrážet, aby se co nejvíce fotonů absorbovalo. Proto se na povrch článků umísťuje antireflexní vrstva, která dává šedým křemíkovým článkům jejich typickou černou barvu u monokrystalických článků, popřípadě modrou barvu u polykrystalických článků.

Na solárním článku dochází ke ztrátám rekombinací a odrazem (reflexi), a také zastíněním předními kontakty. Největší podíl energie se ztrácí ve formě dlouhovlnného nebo krátkovlnného záření, které nemůže být využito. Například dlouhovlnné záření článkem prochází (transmise) a nepřispívá k vytváření nosičů náboje. Solární články mohou

v důsledku materiálně technických vlastností využívat jen část spektra slunečního záření. Další část nevyužitá energie se absorbuje a mění se v teplo. (15)

Obrázek 4 Energetická bilance krystalického křemíkového FV článku

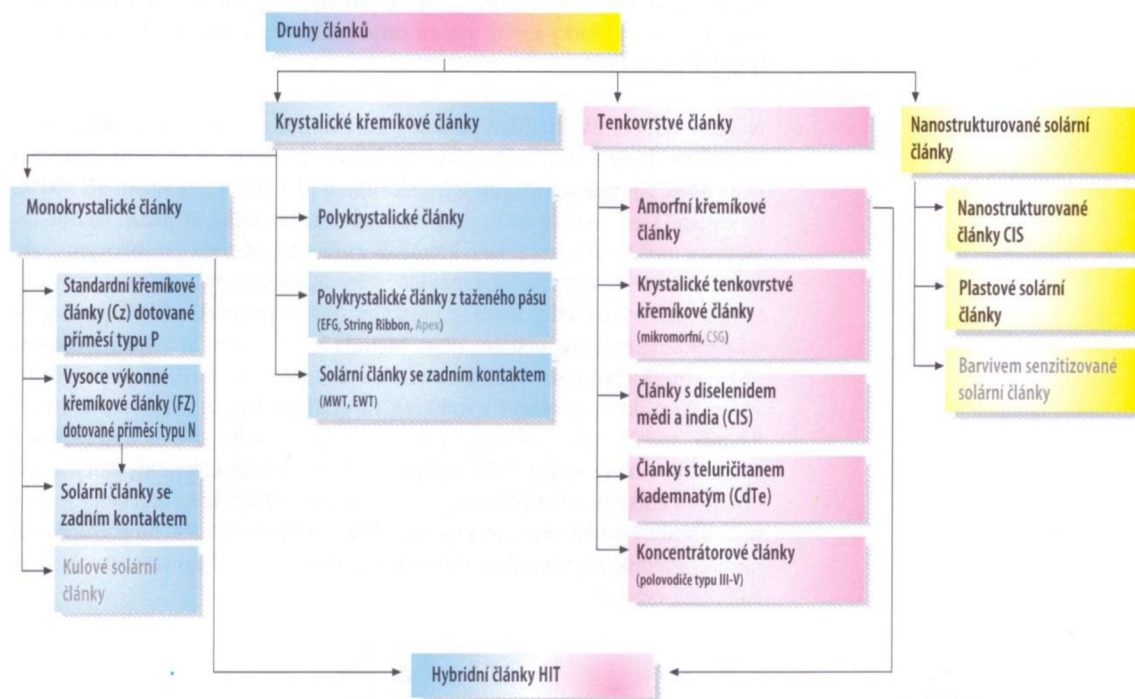


Zdroj: Fotovoltaika

3.6.4 Typy solárních článků

Technologie fotovoltaických článků se dají rozdělit do tří hlavních skupin a několika podskupin (viz. obrázek č.5). Za prvé to jsou krystalické křemíkové články, které jsou jako plátky o tloušťce cca 200 mikronů navzájem spájeny do modulů, pak tenkovrstvé články, u nichž jsou několik mikrometrů silné vrstvy článků většinou zachyceny na čelním skle modulu a články s nanostrukturou, které jsou právě uváděny na trh. Dosud dominují krystalické křemíkové fotovoltaické články s tržním podílem více jak 90 %. Ve středně dobém horizontu lze očekávat silný nárůst podílu tenkovrstvých a nanostrukturovaných technologií. (14)

Obrázek 5 Druhy solárních článků



Zdroj: Fotovoltaika

Tabulka 5 Porovnání účinnosti solárních článků

Materiál solárního článku	Účinnost článku η_z (laboratoř)	Účinnost článku η_z (výroba)	Účinnost modulu η_M (sériová výroba)
Tandemové články (polovodič typu III-V) s koncentrátorem	42,8 % *	36,0 %	30,0 %
Monokrystalický křemík (FZ)	25,0 %	22,4 %	20,4 %
Polykrystalický křemík	18,5 %	17,5 %	16,6 %
Monokrystalický křemík (Cz)	25,0 %	19,3 %	17,0 %
Hybridní křemíkový článek (HIT)	23,0 %	21,6 %	19,0 %
Polykrystalický křemík	20,4 %	17,1 %	16,0 %
Tažený křemíkový pás	19,7 %	15,0 %	14,1 %
CIS	20,3 %	17,3 %	14,5 %
CdTe	16,7 %	14,4 %	13,5 %
Mikrokrystalický křemík	15,2 %	13,0 %	7,6 %
Nanočlánky CIS	14,0 %	12,0 %	11,0 %
Amorfní křemík**	13,2 %	10,5 %	7,5 %
Mikromorfní křemík**	13,0 %	12,5 %	11,2 %
Barvivem senzitivovaný článek	12,0 %	7 %	5 % ***
Plastový solární článek	10,7 %	6 %	5 %

Zdroj: Fotovoltaika

Pro potřeby DP budou charakterizovány jen základní skupiny fotovoltaických článků.

Monokrystalické křemíkové články

Výroba: Polykrystalický výchozí materiál (polykřemík) se roztaví při teplotě 1420 °C. Zárodečný krystal se ponoří do taveniny, otáčí se a pomalu vytahuje. Krystal přitom naroste na válcovitý monokrystal nejčastěji s průměrem 30 cm a délkou několika metrů.

Účinnost: 15 – 19,3 %

Tvar: kulaté, čtvercové

Rozměr v cm: 10x10, 12,5x12,5, 15x15, kulaté 12,5, 15

Tloušťka: 0,14 až 0,3 mm

Struktura: homogenní

Barva: tmavě modrá až černá

Výrobce: Bosch Solar, Sanyo, Photovoltech a další

Polykrystalické křemíkové články

Výroba: Výchozí materiál polykřemík se roztaví, dotuje bórem a odlíje do kvádrové formy. Při řízeném tuhnutí se vytvoří mnoho velkých a homogenních krystalů o velikosti milimetrů až centimetrů.. Meze zrna představují krystalové defekty se zvýšeným rizikem rekombinace a mají negativní vliv na účinnost multikrystalických fotovoltaických článků, která je proto nižší než u monokrystalických článků.

Účinnost: 13 – 17,1 %

Tvar: čtvercový

Rozměry v cm: 10x10, 12,5x12,5, 15x15, 21x21

Tloušťka: 0,16 až 0,24 mm

Struktura: ledových květů

Barva: modrá, stříbřitě šedá

Výrobce: BP Solar, China Sunenergy, CSI, Suntech Power a další

Hybridní články

Výroba: Skládá se z krystalického a amorfního křemíku. Jádrem článku je monokrystalický plátek, potažený z obou stran amorfním křemíkem. Ztráty způsobené odrazem minimalizuje antireflexní vrstva a textura článku.

Oproti amorfním článkům zde nehrozí snížení účinnosti způsobené indukovaným světlem. Hybridní články mají vyšší energetickou vydatnost při vyšších teplotách a využívají širšího světelného spektra než krystalické články.

Účinnost: 20 – 21,6 %

Tvar: pseudočtvercový, šestiúhlý

Velikost v cm: 10 x 10, 12,5x12,5

Tloušťka: do 0,1mm

Struktura: homogenní

Barva: tmavě modrá až skoro černá

Výrobce: Sanyo

Tenkvrstvé články

Výroba: Nanášením fotoaktivních polovodičů jako tenké vrstvy na nosný materiál, většinou sklo. Jako polovodičový materiál se používá amorfni křemík, diselenid mědi a india a teluricitan kademnatý. Ve srovnání s výrobní teplotou 1500°C krystalických článků jsou zde teploty pouze 200°C až 600°C. Nízká spotřeba materiálu, energie a možnost vysokého stupně automatizace výroby s velkým výkonem nabízí výrazný potenciál úspor oproti technologii s krystalickým křemíkem.

Účinnost: 7–14 %

Velikost v m: moduly 1,2 x 0,6, 1,3 x 1,1, 2,6 x 2,2

Tloušťka: nosný materiál 2–4mm sklo, (kovové, plastové folie) s povrstvením cca 1 µm

Struktura: homogenní

Barva: červenohnědá až černá

Výrobce: Alti Solar, Canon, Astrnenergy, Avancis a další

3.7 Technologie ukládání elektrické energie

Ještě donedávna platilo, že elektřinu bylo třeba každou vteřinu vyrobit přesně tolik, kolik se jí spotřebuje. To je složitý a drahý úkol, protože výkon jaderné elektrárny nejde řídit téměř vůbec a uhelné elektrárny jen o první desítky procent. Reakce na změnu zatížení sítě je tedy pomalá a většinu času pracuje elektrárna v režimu, který může být dost vzdálen optimální účinnosti. Pokud změna zatížení sítě přesáhne možnosti regulace, je třeba najíždět či odstavovat celé elektrárenské bloky, což je pomalé a drahé. Připojit k takové síti fotovoltaickou či větrnou elektrárnu bez akumulace znamená, že zvýšíme nároky na řízení sítě nekontrolovatelnými dodávkami závislými na počasí.

Stále vysoký význam v regulaci elektrické sítě mají vodní elektrárny, zejména přečerpávací vodní elektrárny. Ty v době přebytku energie v síti, čerpají vodu ze spodní nádrže do horní, aby takto naakumulovanou energii využily v době nedostatku energie. Pracují s účinností zhruba 75 % a v České republice mají celkový instalovaný výkon 1,17 GW. Jejich výhodou je, že nejsou tolik závislé na momentální hydrologické situaci a mohou poměrně rychle reagovat na situaci v elektrické síti. Bylo by tedy logické a výhodné jejich podíl na našem energetickém mixu výrazně zvýšit. Problém však spočívá v tom, že velká část vhodných lokalit od vltavské kaskády po malé vodní elektrárny je již využívána. Proto v dohledné budoucnosti nemůžeme očekávat žádný velký nárůst kapacity výroby energie v hydroelektrárnách. Přijatelná by však mohla být změna některých existujících hydroelektráren (například na vltavské kaskádě) na elektrárny přečerpávací. Je však otázkou, jak by na časté změny hladiny reagoval život v přehradním jezeře. (16)

Při dnešním stoupajícím využívání obnovitelných zdrojů v moderní energetice, je akumulace stále důležitější. Již nevyrovnává jen kolísání spotřeby, ale i kolísání výroby. Nároky na akumulaci budou tedy mnohem vyšší než v tradiční energetice. Bude třeba nejen zvýšit kapacitu akumulace, ale i rychlost reakce, což umožní efektivnější řízení energetické sítě (Smart Grid). Protože se vlastnosti moderních baterií rychle zlepšují a jejich cena klesá, bude výhodné k akumulaci využívat baterie. Ty mohou rychle reagovat na poměry v elektrické síti a akumulace může být decentralizovaná, což sníží nároky na přenosovou soustavu.

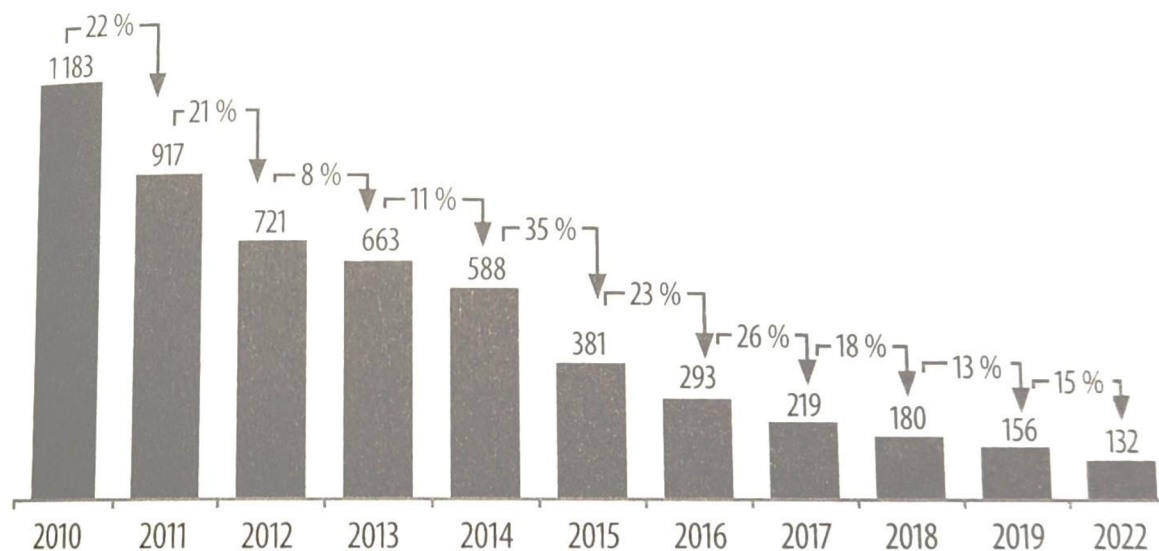
Bateriová akumulace je tedy nejen technologicky potřebná, ale i ekonomicky výhodná. Je jasné, že pokud budou nastavena spravedlivá pravidla pro obchodování s elektřinou, tak se z akumulace může stát zajímavé podnikání. Přitom nás i malá domácí bateriová akumulace ochrání před výpadky sítě, odlehčí distribuci a zvýší efektivitu domácí fotovoltaiky. (16)

3.7.1 Bateriová akumulace

V posledních letech nastal ve vývoji baterii velký technologický pokrok. Potřeby přenosné elektroniky, a především elektromobility vedly k velkým investicím do vývoje baterií a k zásadním vylepšením jejich vlastností.

Moderní pokročilé baterie mají kapacitu 300Wh/kg, životnost 2000 až 20 000 cyklů, chemickou stabilitu 10–20 let a výrobní cenu pod 2500,- Kč/kWh. To znamená, že bateriové technologie jsou již natolik zralé, že umožňují využívání baterií k aktivnímu vyrovnávání sítě, s poměrem nákladů pod 1 Kč /kWh/ cyklus. Pakliže se podaří dořešit úspěšně recyklaci bateriových bloků, může vzniknout uzavřený cyklus: výroba – užití – recyklace – výroba.

Graf 2 Vývoj cen baterií v USD za kWh



Zdroj: BloombergNEF

Významnou výhodou bateriového vyvažování sítě je rychlost reakce a plynulé řízení výkonu. Jak již bylo napsáno výše, konvenční elektrárny na zvýšení zátěže reagují jen

omezeně. Reakce na změnu zátěže je pomalá a elektrárny nepracují v režimu s nejvyšší účinností. Velké spotřebiče (oblouková pec, rozjezd elektrického vlaku, dálniční vysokovýkonná nabíječka) však mění zátěž skokem a pokud by došlo k souběhu více takových skoků, nebo ke skokovému snížení zátěže, mohlo by dojít k vážné havárii sítě. Proto distributoři uzavírají složité smlouvy s velkými odběrateli, ve kterých podrobně plánují průběh odběru, najíždění a odstávky elektráren během dne.

Akumulátor s chytrým obousměrným měničem může na změnu zatížení sítě reagovat prakticky okamžitě. Může tedy zachytit i prudký výkyv odběru. Během zlomku sekundy může zvýšit výkon o desítky procent, přecházet z nabíjení do posilování elektrické sítě a naopak. Nic tedy není potřeba plánovat, řízení sítě může být jednodušší a probíhat automaticky a v reálném čase. Rychlá reakce bateriové akumulace je při prudkém kolísání nenahraditelná a výrazně zvyšuje efektivitu sítě tím, že vyrovnává skokové nárazy spotřeby i produkce (fotovoltaika, větrné elektrárny).

Součástí bateriových systému je elektronika, která řídí režim nabíjení a vybíjení a hlídá stav každého článku baterie (BMS battery management systém). Pokročilé BMS detailně archivují celou historii baterie, takže je možné dlouhodobě sledovat její stav, postupný pokles kapacity atd. V domácnostech, firmách může být BMS propojen s ostatními chytrými zařízeními v domě a vizualizovat i optimalizovat energetiku domácnosti. Vše řídí server chytré domácnosti či budovy, který zajistí řízení spotřebičů (chlazení, nabíjení elektromobilů, filtrace a ohřev bazénu). (16)

Typy baterii:

Olověné baterie

Klasické olověné baterie můžeme označit jako technologicky překonané, ale rozhodně ne špatné. Olověné akumulátory jsou prověřené mnoha desítkami let používání, ví se, co od nich čekat, a tak jsou stále velmi oblíbené.

V porovnání s novějšími lithium-iontovými bateriemi dostaneme ale kratší životnost zhruba 600 nabíjecích cyklů, přičemž Li-ion baterie zvládnou i desetkrát více. Olověné baterie také není možné vybit pod 50 %, takže efektivně lze využít jen polovinu jejich kapacity. Navíc

jsou velké, těžké a je potřeba do nich dolévat elektrolyt. Na jejich nízkou pořizovací cenu, která je nespornou výhodou, je tedy třeba dívat se také z hlediska kratší životnosti a omezeného pohodlí při častější údržbě.

Lithium–iontové baterie

Baterie zkráceně označované jako Li-ion nabízejí momentálně nejvyšší přidanou hodnotou ze všech baterií pro fotovoltaiku na trhu. Vyřešily řadu nedostatků starších olověných baterií (velikost, hmotnost, kapacita, životnost) a samozřejmě jsou kvůli tomu dražší. Vyšší pořizovací náklady se ale snadno vrátí díky výše popsaným výhodám, takže jsou u nových majitelů fotovoltaických elektráren nejoblíbenější.

Do této skupiny spadá několik typů baterií podle chemického složení, základní rozdíly jsou tyto:

Lithium – mangan oxid (LMO)

- + Rychlé nabíjení
- V porovnání s ostatními Li-Ion o něco kratší životnost

Lithium – nikl – mangan – kobalt oxid (NMC)

- + Vysoká kapacita
- Využití vzácných a ekologicky problematických prvků (kobalt)

Lithium – nikl – kobalt – hliník oxid (NCA)

- + Vysoká kapacita a stabilita
- Využití vzácných a ekologicky problematických prvků (kobalt)

Lithium – železo – fosfát (LFP)

- + Dlouhá životnost, dobrá funkce při teplotních výkyvech
- Vyžaduje zabudovaný ochranný obvod proti přehřívání. To je ale konstrukčně ošetřené, a tak patří tento typ u nových instalací k nejrozšířenějším.

Li-Ion baterie nabízejí proti starším typům obecně vyšší využitelnou kapacitu a velký počet nabíjecích cyklů, to vše při malé velikosti baterií. Nevyžadují formátování kapacity před

prvním použitím. Nevadí jim, pokud jsou dlouho plně nabité, a nemají ani sklony k samovolnému vybíjení.

Pokud to dovolí rozpočet v době instalace, jedná se momentálně o nejefektivnější baterie z hlediska dlouhodobého používání.

Průtokové baterie (flow)

Tento typ baterií své výhody uplatní jen ve velkoobjemových úložištích, pro domácí použití se nehodí.

I když se jedná o technologii používanou už řadu let, jako solární baterie se začaly používat teprve nedávno. Využívají roztoku bromidu zinku jako elektrolytu uloženého v oddělených nádržích, kdy v případě potřeby elektrické energie se elektrolyt z obou nádrží vhaní do příslušných segmentů. Nejsou zdaleka tak efektivní a výkonné jako Li-Ion baterie, mají ale vysokou životnost a umožňují velkou flexibilitu navrhované kapacity, protože místo přidávání dalších článků do soustavy stačí zvýšit objem elektrolytu. (17)

3.7.2 Akumulace do TUV

Akumulace tepla do zásobníku teplé užitkové vody (TUV) je jednou z možností, jak efektivně využít přebytečnou elektrickou energii z fotovoltaických panelů. Princip spočívá v tom, že pokud je výkon fotovoltaických panelů vyšší než aktuální spotřeba elektrické energie v domácnosti, je spuštěn elektrický ohřivač v zásobníku TUV, který zvyšuje teplotu vody pro budoucí potřebu. Tím se redukuje odběr elektrické energie ze sítě a zlepšuje se energetická bilance domácnosti. Tento způsob akumulace je vhodný pro domy s nízkou tepelnou náročností a dostatečným objemem zásobníku TUV. Pro správnou funkci systému je nutné mít řídicí a ochranné prvky, které zabrání přehřátí nebo poškození zásobníku ohřivačem.

Na každý kilowatt výkonu fotovoltaické elektrárny je potřeba počítat s 80 až 100 litry objemu vody v zásobníku. Pro solární elektrárnu s přebytkem výkonu 3 kWh tedy objem alespoň 250 až 300 litrů. Velký objem bojleru má své výhody ve vytvoření dostatečné zásoby

i na dny se špatným počasím. Zajímavou investicí je také akumulční nádrž pro topný systém.

3.7.3 Akumulace energie do vodíku

Bateriová akumulace vyrovnává velmi dobře denní či týdenní kolísání výroby a spotřeby, ale na sezónní vyrovnávání již nestačí. Na pokrytí delších časových období, hlavně zimních měsíců, je ideální letní přebytky z obnovitelných zdrojů, využít k elektrolytické výrobě vodíku. energii z vodíku lze využít k výrobě elektrické energie palivovými články. Účinnost celého cyklu je sice poměrně nízká (cca 40%), ale protože využívá levné přebytky zelené energie, je přijatelná.

Problém s vodíkem je v tom, že molekula vodíku je příliš malá, a proto snadno proniká stěnami tlakových nádob, do kterých se vodík ukládá. Dnes již existují materiály, které lze snadno nanést na vnitřek tlakových lahví a tím prosakování zmírnit či zastavit. Potřebný kompresor na stlačení plynu a tlakové nádoby jsou však investičně náročné a stlačování dále snižuje účinnost.

Druhou možností je přeměnit vodík na syntetický metan, se kterým se dá zacházet stejně jako se zemním plynem, ale lze ho také využít v palivových člancích. Můžeme ho tady uložit do podzemních zásobníků, které mají dostatečnou kapacitu pro vyrovnání zimního nedostatku energie. To vše, jsou dnes postupy vhodné pro větší firmy nebo komunitní energetiku. Vývoj však rychle pokračuje, takže se jednou možná dočkáme cenově dostupných malých domácích jednotek. (16)

3.7.4 Akumulace energie do písku

Finský startup Polar Night Energy vyvinul a patentoval technologii, která umožňuje skladovat přebytky elektřiny z obnovitelných zdrojů energie – solární, větrná, apod. do vyhřívání křemičitého písku. Písek lze zahřát až do teplot kolem 1000 °C, a jeho teplo následně pomocí výměníků snadno využít zpět na výrobu elektřiny nebo pro vytápění. Velmi

dobře izolovaná úschova energie v písku dokáže akumulovat a vydávat teplo v hodinových až měsíčních cyklech s kapacitou do 20 GWh s pořizovací cenou pod 10 eur/kWh.

Hlavním prvkem systému jsou různě velká termální skladiště, jejichž jednotlivá konstrukční řešení na míru jsou navrhována unikátní 3D simulací díky programu COMSOL Multiphysics.

První systémy od Polar Night Energy byly spuštěny již v zimě 2020-2021. Zásobník firmy Vatajankoski v Kankaanpää v západním Finsku má topný výkon 100 kW a kapacitu 8 MWh. Současně běží pilotní projekt v Hiedanrantē o výkonu 3 MWh, ten umožňuje testování, ověřování a optimalizaci řešení akumulace tepla. V pilotním provozu je energie získávána částečně z pole solárních panelů o rozloze 100 metrů čtverečních a částečně z elektrické sítě.

Některé parametry z pilotního projektu:

Velikost úložišť energie se pohybuje od desítek až po tisíce metrů krychlových a je možno je situovat do podzemí s minimálními nároky na plochu staveniště.

Teplota média: 600–1000 °C, jmenovitý výkon do 100 MW, kapacita do 20 GWh, účinnost až 99 %, investiční náklady do 10 eur/kWh. (18)

3.7.5 Gravitační baterie

Gravitační baterie funguje na principu závaží, které je vytaženo navijákem vzhůru za využití přebytečné energie a zase spouštěno dolů, když je třeba elektřinu opět vyrobit. Je to velmi levné, ekologické a materiálově i prostorově nenáročné řešení. Uložená energie roztočí elektromotor (generátor), který vyrobí elektrickou energii a tento proces lze opakovat až několikrát denně.

Elektřina může být díky takovýmto zařízením ukládána a vyráběna velmi rychle a po dlouhou dobu. Dosažení plného výkonu má trvat méně než vteřinu. Z dlouhodobého hlediska přitom fungují gravitační baterie levněji než baterie lithiové.

Společnost Gravitricity vyrábí velké gravitační baterie, které lze nainstalovat kdekoli. Jejich demonstrační zařízení používá dvě 25 tunová závaží v 15 m vysokém zařízení určeném k dodání 250 kW energie. Společnost však tvrdí, že její technologie může dodat až 20 MW, a že její systémy mají návrhovou životnost 50 let. Skutečný systém chce Gravitricity umístit do opuštěných důlních šachet, které tak najdou nové využití. Vlastně jde podle společnosti o ideální řešení, jelikož opuštěné šachty již existují, byly vyhloubeny a není třeba nic stavět do výšky. Samozřejmě by se v místech, kde šachty nejsou, daly vyhloubit nové, ale využití starých šachet je řádově levnější.

V České republice by mohla v brzké době vzniknout první gravitační baterie nejspíše v dole Darkov na Karvinsku, za podpory VŠB – Technické univerzity v Ostravě. (19)

3.8 Solární ohřev vody – fototermické systémy

Nejjednodušším způsobem, jak využít energie ze slunce, je přímé sluneční světlo. Máte-li velká okna na jih, za slunečných dnů můžete uspořit 30 až 40 % energie na vytápění. V létě ovšem potřebujete účinné stínění. Nebo můžete sluneční energii využívat ještě více, například na ohřev vody. Pak přicházejí na řadu fototermické systémy. Podle odborných výpočtů touto cestou lze mimo topnou sezónu (asi polovina května až počátek září) zajistit kompletní ohřev teplé vody, v topné sezóně potom asi ze 60 %. (20)

Termické kolektory a panely slouží k výrobě tepelné energie. Běžně se používají k ohřevu vody v bazénech, k přípravě teplé užitkové vody a k vytápění.

Při průchodu slunečních paprsků skleněným krytem kolektoru jsou sluneční paprsky pohlcovány do absorberu, který se nachází uvnitř kolektoru. Zde jsou paprsky přeměňovány na tepelnou energii. Absorbér je tvořen trubkami, které jsou natřeny zpravidla selektivní barvou a jsou umístěny velice těsně u sebe, aby lépe šířily teplo. V trubkách je teplotonosná kapalina, která se zahřívá a postupuje potrubím z absorberu do výměníku, ve kterém se teplá voda uchovává pro další využití.

Předchůdce solárního kolektoru vynalezl Horác Beedict de Saussure (1740-1799) v Ženevě. Tento panel nebyl v podstatě nic jiného než dřevěná krabice zakrytá sklem. I tak ale byl schopen dosáhnout teploty kolem 90°C. V 19. století přišel Augustin Mouchot na myšlenku využití vnitřních zrcadel (koncentrátor), tím opět posunul vývoj kolektorů blíže k těm dnešním. První komerční solární ohříváč vody si nechal patentovat v roce 1891 Clarence M. Kemp v Baltimore. Sluneční kolektor v podobě, jak ho známe dnes, byl vyvinut v 70. letech minulého století jako reakce na první ropnou krizi a hledání jiných zdrojů energie. (21)

3.8.1 Solární tepelný kolektor

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplotonosné látce, protékající kolektorem. Solární kolektory, ve kterých je používána kapalina jako teplotonosná látka (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu), se využívají pro naprostou většinu aplikací v budovách.

Účinnost solárních kolektorů se v dnešní době pohybuje mezi 60-75 %. To je na rozdíl od fotovoltaiky (cca 15-20 %) úctyhodné číslo. Účinnost kolektorů je závislá hlavně na jejich konstrukci a použití špičkových materiálů. Absorbér je nejčastěji tvořen z měděných trubek a plechů. Obvykle tmavě modré nebo černé zbarvení absorbéru je dáno použitou selektivní vrstvou. Ta má za úkol pohltit co největší množství dopadající energie a zároveň ji co nejméně vyzařít v podobě tepla do okolního prostředí.

Obrázek 6 Konstrukce solárního kolektoru



Zdroj: CNE

3.8.2 Typy kolektorů

Plochý nekrytý kolektor

Zpravidla plastová rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru; nekryté kolektory jsou proto určeny hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni.

Plochý selektivní kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně, vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorberu se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu

Plochý vakuový kolektor

Zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty. Ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění. V praxi je ale jeho výroba nákladná a je také choulostivý na poruchy v souvislosti se sníženým tlakem.

Trubicový vakuový kolektor

Kolektor selektivním absorberem umístěným ve vakuované skleněné trubce. Výrazné omezení tepelných ztrát a vysoký přenos tepla z absorberu do teplonosné kapaliny. Poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací.

Soustřed'ující (koncentrační) kolektor

Obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla, čočky nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými trubkami opatřené reflektorem jsou rovněž považovány za soustřed'ující kolektory. (21)

3.8.3 Zásobníky TUV

Zásobníky slouží pro akumulaci tepelné energie přiváděné z kolektorů pro pozdější využití. V solární technice mají značný význam, často se o nich hovoří jako o srdci solární soustavy. Podstatným kritériem pro účinnost solárního zařízení je dimenzování zvoleného zásobníku na teplou vodu. Objem musí být zvolen tak aby bylo možné překlenout 1-2 dny bez zisku energie ze solárního zařízení, a to pokud možno bez přídavného ohřívání.

Zásobníky teplé vody

Zásobníky teplé vody slouží k akumulaci tepla přímo do připravované teplé vody a podléhají hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Zásobník musí být na vnitřní straně ve styku s vodou opatřen povrchovou úpravou s hygienickým atestem a vysokou trvanlivostí nebo vyroben z nerezové oceli.

Zásobníky tepla

Pro akumulaci tepla se využívá běžných ocelových nádrží bez vnitřní úpravy. Zásobníků tepla lze využít jak pro solární soustavy k přípravě teplé vody, tak pro kombinované soustavy s přitápěním. Řešení se zásobníky tepla pak pro přípravu teplé vody využívá externích deskových výměníků pro průtokový ohřev vody. (21)

3.8.4 Regulace

Regulátor teplotní difference je mozkiem celého solárního zařízení. Má za úkol nastavit oběhové čerpadlo do optimální polohy pro maximální využití sluneční energie. Ve většině případů se jedná o jednoduché elektronické regulátory teplotních diferencí.

Funkce takového regulátoru je založena na porovnání teplotní difference mezi dvěma teplotními čidly. První je umístěno na výstupu ze solárního kolektoru a druhé měří teplotu v zásobníku ve výšce solárního tepelného výměníku. Regulace poté porovnává teploty obou čidel a pomocí relé spíná oběhové čerpadlo. Standardní nastavení se pohybuje mezi 5-7°C. To znamená že pokud je teplota kapaliny v kolektoru o 5-7°C vyšší než je teplota v zásobníku sepne oběhové čerpadlo a umožní tak přesun energie do zásobníku. Cyklus končí, když se teplotní difference ustálí na rozdílu 3°C.

Solární regulátory jsou v dnešní době vybaveny mnoha funkcemi jako je například ukládání naměřených hodnot pro kontrolu systému a možnost upozornění pomocí mobilní aplikace v případě poruchy. (21)

4 Vlastní práce

Vlastní práce bude zaměřena na praktické využití technologie obnovitelných zdrojů, které vedou ke snížení energetické závislosti u konkrétních objektů. Byly vybrány dva objekty ve správě města Jičín. Jeden společný vlastník nemovitostí bude výhodný pro bezproblémové sdílení elektrické energie v systému komunitní energetiky. Jedná se o objekt Technických služeb města Jičína a objekt Mateřské školy Větrov.

4.1 Technické služby města Jičína

Obrázek 7 Hlavní budova TS Jičín



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní fotografie

4.1.1 Obecné informace o TS Jičín

Technické služby města Jičína jsou příspěvkovou organizací města Jičín. V roce 2010 byly TS Jičín přestěhovány do nového areálu, v ulici Textilní 955, na okraji průmyslové zóny. Technické služby zajišťují servis a údržbu zařízení a ploch, pro čisté, bezpečné a bezproblémové fungování města.

Mezi jeho hlavní činnosti patří:

- údržba veřejné zeleně (sečení, výsadba a ošetřování stromů a keřů, výsadba a údržba květinových záhonů a květinových mís)
- svoz a separace domovního odpadu (pro Jičín a 23 blízkých obcí)
- čištění města (úklid komunikací a chodníků, včetně zimní údržby)
- údržba veřejného osvětlení (v Jičíně a 5 dalších obcích, celkem 2477 světelných bodů)
- provozování sběrného dvora (včetně třídící linky druhotných surovin a kompostárny na bio odpad)
- správa hřbitovů a pohřební služba
- údržba dětských hřišť a sportovišť
- a jiné (22)

4.1.2 Popis objektů TS Jičín

Obrázek 8 Areál TS Jičín – letecký snímek



Zdroj: Mapy.cz

Areál Technických služeb města Jičína se nachází na křižovatce ulic Textilní a Denisova, nedaleko vlakového nádraží a průmyslové zóny. Plocha pozemků je téměř 25 000 m².

V areálu se nachází několik objektů (obrázek č.8). Z pravé strany je to dvoupodlažní administrativní budova spojená s dílnami, vlevo od ní se nachází sklady pro materiálně technické zabezpečení, údržbu veřejného osvětlení, sklad pro údržbu zeleně a sklad soli pro zimní údržbu chodníků a silnic. Za sklady se nachází otevřený přístřešek pro sezónní údržbovou techniku. Na něj navazuje objekt dopravy, kde je zaparkována těžká technika jako zametací a kropící vozy, vozy na svoz komunálního odpadu a různé nákladní vozy s nástavbami. Jsou zde i opravárenské dílny a sklady náhradních dílů. Téměř na konci areálu, směrem k vlakovému nádraží, má své místo skleník o délce 25 m a šířce 10 m a k němu náležející záhony na okrasné květiny. Zahradnická divize je schopna se samostatně starat o jarní a letní květinovou výzdobu Jičína, a to nejen po stránce výsadby a údržby, ale i po stránce vypěstování vlastních okrasných květin a rostlin.

Technické služby města Jičína zaměstnávají celkem na všech pracovištích 130 zaměstnanců, Přímou v areálu TS Jičín jich pracuje 95. Třetina jsou technicko – hospodářští pracovníci a dvě třetiny dělníci a řidiči.

4.1.3 Popis současných zdrojů energie TS Jičín

V současné době hlavním médiem pro vytápění budov a ohřev teplé užitkové vody v areálu TS Jičín je zemní plyn. Pro vytápění jsou použity plynové kondenzační kotle Buderus, obchodním názvem Logamax plus GB 162 v počtu dvou kusů, o jmenovitém tepelném výkonu 85kW každý. Pro výrobu teplé užitkové vody se využívá rovněž kondenzační kotel Buderus, tentokrát o výkonu 100 kW. Kotle jsou moderní konstrukce s regulací výkonu 13–100 %, a vybavené keramickým plošným předsměšovací hořákem pro minimální emise.

Tabulka 6 Spotřeba zemního plynu TS Jičín

Spotřeba zemního plynu TS Jičín				
Rok	2019	2020	2021	2022
Spotřeba v objektu (m ³ /rok)				
Ad. Budova, sklady, dílny	20072	20967	19587	18745
Skleník	7124	8142	7059	6273
budova dopravy	1866	1909	1875	1826
Množství plynu celkem (m ³ /rok)	29062	31018	28521	26844
Sazba (m ³ /Kč)	10,8	10,8	10,8	10,8
Cena celkem Kč	313869,60	334994,40	308026,80	289915,20

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady TS Jičín

Elektrická energie z veřejné sítě zajišťuje nejen osvětlení kanceláří, hal a venkovních prostorů, ale je využita jako zdroj energie pro 14 kusů klimatizačních jednotek v kancelářích. Klimatizace jsou od firmy Daikin, typ FTXS25G2V1B, jednotky jsou schopné chladit i přitápět v přechodném období. Výkon jednotky je od 1,3 kW do 3,5 kW, každá s celkovou průměrnou roční spotřebou energie 275 kWh.

Tabulka 7 Spotřeba elektrické energie TS Jičín

Spotřeba elektrické energie TS Jičín				
Rok	2019	2020	2021	2022
Spotřeba v objektu (kWh/rok)				
Ad. Budova, sklady, dílny	23475,50	24818,20	24253,70	23801,20
Skleník	16571,60	17508,80	1732,40	16919,80
Budova dopravy	2637,00	2793,00	2730,00	2751,00
Množství el. energie celkem (kWh/rok)	42684,10	45120,00	28716,10	43472,00
Sazba (kWh/Kč)	3,52	3,52	3,75	4,12
Cena celkem Kč	150248,03	158822,40	107685,38	179104,64

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady TS Jičín

4.1.4 Výběr konkrétních technologií pro úsporu energií

Výběr konkrétních komponentů, jejich optimální umístění, propojení a začlenění pro daný objekt byl konzultován s Ing. Ladislavem Machem. Ing. Ladislav Mach je absolventem ČVUT Praha, obor elektrotechnik, s více než padesátiletou praxí.

Analýzou dostupných technologií a průzkumem trhu byly pro realizaci vybrány tyto komponenty:

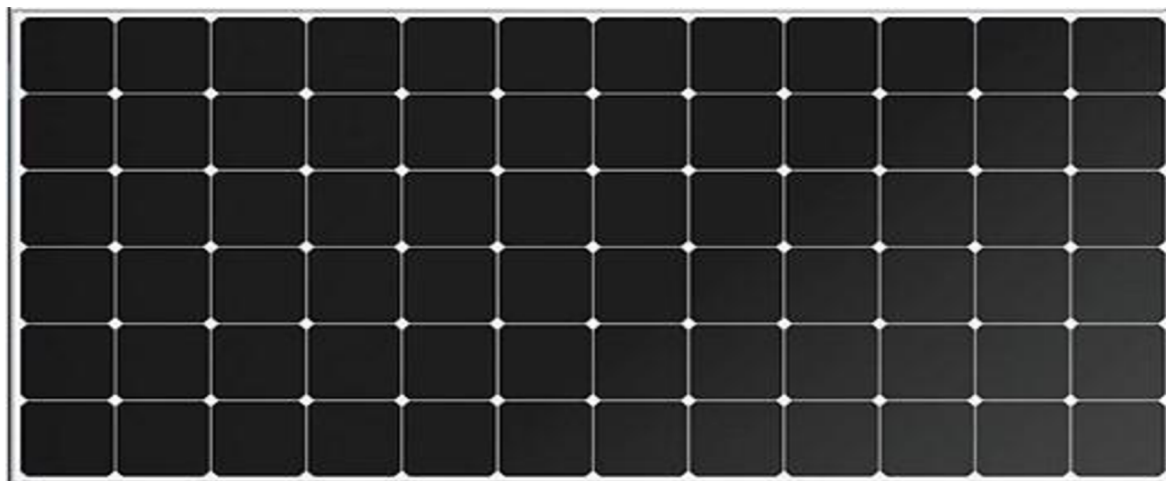
Fotovoltaické panely

Výrobce fotovoltaických solárních systémů firma SunPower Corporation. Zastoupení pro Českou republiku zajišťuje společnost Solsol, působící na trhu od roku 2012. Za poslední čtyři roky společnost dodala do regionu střední a východní Evropy přes 650 tisíc kusů solárních panelů a střídačů.

Panely **SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM** jsou konstruovány tak, aby dodávaly elektřinu za každého počasí. Mají lepší výkon za vysokých teplot a optimalizovanou přeměnu energie v podmínkách nízkého osvětlení, jako jsou rána, večery nebo oblačné dny. Články jsou odolné vůči prasklinám, zesílená spojení odolají únavě materiálu i korozi a elektronika panelu zmírňuje dopad zastínění a předchází vzniku horkých míst. Všechny použité technologie zvyšují výkon celého systému.

Po registraci u výrobce se na panely SunPower Maxeon vztahuje 40letá záruka na výrobní vadu anebo pokles výkonu o více jak 0,25 % za rok.

Obrázek 9 Fotovoltaický panel SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM



Zdroj: Solars, Solsol

Technická specifikace fotovoltaického panelu SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM:

Technologie:	monokrystalický křemíkový panel
Rám:	černá/bílá fólie
Velikost:	standard
Výkon:	460 Wp
Účinnost:	21,6 %
Délka:	1812 mm
Šířka:	1046 mm
Váha:	21.20 kg
Produktová záruka:	40 let
Záruka výkonu:	92% / 25 let 88,25% / 40 let
Cena:	10 902,- Kč včetně DPH

Bateriová úložiště

Jako výhodné a inovativní řešení bylo vybráno kompaktní all-in-one bateriové úložiště DES s kapacitou 328 kWh a výkonem až 300 kW, které využívá použité baterie z elektromobilů a plug-in hybridů vozů Škoda. Na vzniku tohoto zařízení se ve spolupráci s automobilkou ŠKODA AUTO a.s. podílejí dvě české firmy – společnosti AERS s.r.o. a IBG Česko s.r.o. Společnost AERS je česká start-upová technologická společnost ze skupiny Fenix Group, která vyvinula vlastní unikátní Battery Management System (BMS), kterým řídí jak své velkokapacitní bateriová úložiště SAS, tak domácí úložiště AES. BMS systém firmy AERS se také využívá v novém úložišti DES. Společnost IBG Česko zajišťuje proces svozu baterií, jejich třídění, následnou stavbu i servis samotného bateriového systému. O baterie se firma postará i v samotném závěru jejich životního cyklu jejich recyklací.

Systém skladování energie pojme až 20 baterií z plug-in hybridních modelů SUPERB iV a OCTAVIA iV o kapacitě 13 kWh, nebo pět baterií o kapacitě 82 kWh z elektrického SUV ENYAQ iV. Systém lze rozšiřovat nebo snižovat a v případě potřeby lze baterie v několika jednoduchých krocích vyměnit.

Kontejnerové bateriové úložiště DES poskytuje při kompaktních rozměrech kapacitu až 328 kWh s výkonem až 300 kW. Lze jej tedy využít v případě potřeby k snížení hodnoty rezervovaného příkonu nebo překlenutí výkonových špiček (např. při nabíjení elektromobilů), pro efektivní ukládání a využití energie z obnovitelných zdrojů a jako záložní zdroj v ostrovním režimu.

Obrázek 10 Univerzální kontejnerové úložiště DES



Zdroj: AERS

Technická specifikace univerzálního kontejnerového úložiště DES:

Jmenovitý výkon (dlouhodobý):	150 kW
Špičkový výkon (minuta):	165 kW
Jmenovitá kapacita:	70 až 328 kWh
Maximální výkon v základní konstrukci:	až 400 kW
Maximální výkon (1 jednotka)	až 2 000 kW
Počet jednotek v paralelním provozu	neomezeno kW
Jmenovité napětí (AC)	400 V
Napěťový rozsah (AC)	360 až 440 V
Jmenovitá frekvence (AC)	50 Hz
Podpora ostrovního provozu	volitelně
Krytí	IP 54
Provozní teplota základní	-15 až +40 °C
Provozní teplota ve verzi s klimatizací	-25 až +50 °C
Vlhkost	<90% nekondenzující
Rozměry	2550×2020×2200 mm
Hmotnost	cca 3,8 t
Cena:	od 90 000,- EUR (2 160 000,-Kč)

Solární kolektor

Pro ohřev teplé užitkové vody byl vybrán **solární kolektor TS 400** od slovenské firmy THERMO/SOLAR. Firma dává záruku na panel 12 let, předpokládaná životnost je 40 a více let.

Solární kolektor TS 400 je plochý zasklený kolektor se selektivním povrchem absorberu a vakuovou izolací. Výhodou tohoto kolektoru, oproti trubicovým vakuovým kolektorům, je možnost obnovení vakua vývěvou. Vakuum ve všech typech vakuových kolektorů časem zaniká a zhoršuje se tak účinnost kolektoru. Thermosolar přišel s nápadem, jak vakuum v kolektoru znovu obnovit, přes jednocestný ventil. Dalším častým problémem trubicových kolektorů je praskání skla trubic, konstrukce uchycení krycího skla a jeho tloušťka zabraňuje u TS 400 jeho poškození, např. při silném krupobití. Kolektor TS 400 je výhodný pro celoroční provoz pro průmyslové aplikace.

Obrázek 11 Solární kolektor TS 400



Zdroj: Termosolar

Technická specifikace solárního kolektoru TS 400:

Plocha	2,03 m ²
Absorpční plocha	1,70 m ²
Rozměry	200,9 cm x 104 cm x 7,5 cm
Hmotnost	45,3 kg
Obsah kapaliny	1,60 l
Doporučený průtok	30-100 l/h na jeden kolektor
Krycí sklo	solárně bezpečnostní, tloušťka 4 mm
Materiál rámu	výlisek z nerezového Al-Mg plechu
Tepelná izolace	vakuum (100 Pa)
Selektivní konverzní vrstva	TS 400: ALOx (černý) TS 400H: Eta plus (modrý)
Slunečná absorpce	95 %
Optická účinnost	81%
Doporučená pracovní teplota	nad 100 °C
Minimální roční energetický zisk z 1m ² plochy kolektory	525 kWh/m ² rok
Cena panelu	22 663,- Kč včetně DPH

4.1.5 Návrh řešení pro úsporu energií v TS Jičín

Účelem diplomové práce není tvorba projektové dokumentace pro instalaci technologií obnovitelných zdrojů. Vytvoření projektové dokumentace je vysoce kvalifikovaná činnost, řídící se přesnými technickými a technologickými předpisy a vyžaduje odbornou způsobilost, či autorizaci v příslušném oboru. Účelem diplomové práce je ukázat možnosti a současný trend v technologiích, pro využití chytrých řešení vedoucích k maximální racionalizaci využívání energií.

První navrhované řešení se bude týkat administrativní budovy a přilehlých dílen. Tyto objekty mají průměrnou roční spotřebu okolo 24 000 kWh elektrické energie. (viz. tabulka č.7) Jen klimatizačních jednotek je zde 14 ks, každá s průměrnou roční spotřebou 275kWh. Vybavení přilehlé opravárenské dílny je též plně závislé na elektrické energii.

O topení a výrobu teplé užitkové vody se zde starají 2ks plynových kotlů, jeden o výkonu 100kWh a druhý o výkonu 85 kWh. Celková poměrná roční spotřeba plynu je cca 19 000 m³ (viz. tabulka č.6), po přepočtení (1 m³ = 10,55 kWh) je to 200 450 kWh energie.

Nemalá část ze spotřebovaných energií se dá nahradit obnovitelnými zdroji, jak bude popsáno níže.

4.1.6 Fotovoltaická elektrárna (TS-1) na administrativní budově a dílnách

Administrativní budova má sedlovou střechu s orientací sever – jih, se stranami 36 m x 7 m. Na jižní straně střechy lze položit dvě řady fotovoltaických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM o výkonu 460 Wp na jeden panel, celkem 60ks, v každé řadě po 30 ks. (viz. obr.12) Bude použit modulární stavebnicový systém z hliníkových profilů, umožňující osazení fotovoltaických panelů kopírující sklon stávající střechy. Konstrukce je sestavena z konstrukčních celků spojených pomocí nerezových šroubů a matic. Fotovoltaický panel je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytů. Tyto konstrukce jsou na střechu přichyceny systémovými úchyty, při zachování hydroizolačních vlastností střechy. Všechny kovové prvky umístěné na střeše musí být pospojovány a uzemněny v souladu s požadavky norem ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-54.

Navazující budova dílen má plochou střechu o rozměrech 48m x 14m, orientovanou také na jih. Zde budou osazeny čtyři řady panelů SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM o výkonu 460 Wp, celkem 48ks, v každé řadě po 12ks. (viz.obr.12) Bude opět použit modulární stavebnicový systém z hliníkových profilů, umožňující osazení fotovoltaických panelů, sestavy pro FV panely budou umístěny v úhlu 30°, pro co největší zachycení světelného záření. Důvodem zachování sklonu je i samočistící funkce panelu za deště a snadné sklouzávání sněhu v zimě. Tyto konstrukce budou stejně jako na administrativní budově přichyceny systémovými úchyty, při zachování hydroizolačních vlastností střechy. Všechny kovové prvky umístěné na střeše musí být pospojovány a uzemněny v souladu s požadavky norem ČSN.

Navrhovaná fotovoltaická elektrárna (TS-1) se skládá z 108 ks fotovoltaických monokrystalických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM o jmenovitém výkonu 460 Wp. Celkově je tedy FVE tvořena 108 ks FV panelů a čtyřmi invertory – střídači. Na invertory INV1 – INV2 budou napojeny 2 + 2 stringy (větve) s počtem 15 ks FV panelů na string, na INV3 – INV4 budou napojeny 2 + 2 stringy s počtem 12 ks FV panelů na string. Fotovoltaické stringy (větve) budou připojeny přes DC odpojovače k třífázovému střídači, např. Fronius SYMO. Velikost napětí v DC stringu (větvích) při provozu závisí zejména na intenzitě dopadajícího záření a teplotě, uvažovaná max. hodnota napětí je ve výši 1000 V DC.

Obrázek 12 Umístění FV panelů a úložiště DES na ad. budovu a dílny TS



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní vizualizace navrhovaného řešení

Odhad výnosu energie FVE (TS-1)

V praxi se pro výpočet účinnosti FVE používají sofistikované programy (Horizon, PV-Kalk, SOLivest a jiné) k ověření výsledků simulací, které zohledňují roční období, zastínění, dobu trvalé sněhové pokrývky. Pro náš účel bude dostačující, použití obecného výpočtu.

Střední hodnota slunečního záření při sklonu 30° a orientaci na Jih, je pro lokalitu Jičín 1014 kWh/kWp. To znamená, že fotovoltaická elektrárna o špičkovém okamžitém výkonu 1 kWp, vyrobí za rok 1014 kWh elektrické energie. Pro co nejpřesnější výnos FVE se používá koeficient výkonosti PR (performance ratio) mezi skutečným energetickým výnosem (E_{real}) a teoreticky očekávaným energetickým výnosem (E_{ideal}), který je pro tento případ PR 80 % (15). Po započtení PR 80 % je energetický výnos pro lokalitu Jičín 811 kWh/kWp.

Tabulka 8 Roční výnos FVE na ad. budově a dílnách TS

Tabulka výkonu FVE na ad. budově a dílnách TS	
FV panel SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM	460Wp
FV panelů 108ks	49,58 kWp
Teoretický roční výnos při 1014kWh/kWp	50 274 kWh/rok
Roční výnos při PR = 80% (811kWh/kWp)	40 219 kWh/rok

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka

4.1.7 Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-1

Tabulka 9 Rozpočet prací a materiálu na FVE (TS1)

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Část AC</i>				
Materiál				
BD250NE305 + Spoušť 250A	ks	1	17 300 Kč	17 300 Kč
AC jistič, 2A/1B	ks	1	95 Kč	95 Kč
Pojistkový odpojovač vč. válcových pojistek 2A	ks	20	87 Kč	1 740 Kč
AC svodič přepětí B+C, třífázový	ks	1	5 250 Kč	5 250 Kč
Kabel H07RN-F 5x16 mm ²	m	35	275 Kč	9 625 Kč
Kabel NYY 4x95 mm ²	m	10	145 Kč	1 450 Kč
Odpínač FH2-3A pojistek 3F vč. válcových poj. NH2 200A	ks	1	5 300 Kč	5 300 Kč
Odpínač pojistek 3F vč. válcových poj. 125A	ks	2	1 240 Kč	2 480 Kč
U-f ochrana dvoustupňová	ks	1	9 100 Kč	9 100 Kč
Časové relé (alternativně multifunkční relé)	ks	1	950 Kč	950 Kč
Smart meter ABB vč. MTP 200/5 a zk. Svorkovnice	ks	1	25 360 Kč	25 360 Kč
Smart meter UMG vč. MTP	ks	1	22 000 Kč	22 000 Kč
Stykač 3F, 4P 200A	ks	1	14 830 Kč	14 830 Kč
Protipožární Kabel PRAFlaDur-J 2x1,5 RE P60-R	m	10	49 Kč	490 Kč
Trubka ohebná 50mm šedá – UV odolná	m	30	9 Kč	270 Kč
Přichytky na trubku 50 mm do zdi	ks	60	7 Kč	420 Kč
Plechové žlaby, rošty 50 x 50 vč. příslušenství	m	95	170 Kč	16 150 Kč
Vodič CYA 16 mm ² zž	m	120	45 Kč	5 400 Kč

Hromosvodní svorka okapová SO-m	ks	30	32 Kč	960 Kč
Svorka připojovací Sp-1	ks	15	15 Kč	225 Kč
Stop tlačítko s aretací	ks	1	590 Kč	590 Kč
Lisovací dutinky 6 a 16 mm ²	sada	1	200 Kč	200 Kč
Drobný elektroinstalační materiál (svorky, lisovací oka, šroubky)	sada	1	5 600 Kč	5 600 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž oceloplechové rozvodnice vč. výzbroje	ks	1	492 Kč	492 Kč
Napojení na stávající elektroinstalaci objektu	ks	1	3 600 Kč	3 600 Kč
Napojení na stávající hromosvodní soustavu/soustavu pospoj. objektu	ks	1	1 500 Kč	1 500 Kč
Úprava obchodního měření vč. materiálu (kabel, jističe, převodník)	ks	1	1 850 Kč	1 850 Kč
CELKEM				153 227 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Část DC</i>				
Materiál				
DC konektory MC4 (samec+samice)	sada	20	100 Kč	2 000 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm ² černý	m	1050	40 Kč	42 000 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm ² červený	m	1050	40 Kč	42 000 Kč
Pojistkový odpojovač 2 pólový vč. pojistek 10A, 1000 V DC	ks	20	220 Kč	4 400 Kč
Svodič přepětí DC, 1000 V	ks	10	4 850 Kč	48 500 Kč
Stahovací páska	ks	2100	1 Kč	2 100 Kč
Podružný materiál (svorky, konektory, přichytky,...)	%	2	8 407 Kč	16 814 Kč
Práce				
Montáž kabelů DC 6 mm ²	m	2100	12 Kč	25 200 Kč
Montáž pojistkového odpínače 2 pólového vč. pojistek 1000 V DC	ks	20	265 Kč	5 300 Kč
Montáž svodiče přepětí DC	ks	20	295 Kč	5 900 Kč
Propoj mezi budovami vč. podružného materiálu (trubky, vytýčení)	m	10	2 250 Kč	22 500 Kč
CELKEM				216 714 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
Konstrukce				
Materiál				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu	ks	108	1 520 Kč	164 160 Kč
Podružný materiál	%	4	6 566 Kč	6 566 Kč
Územní vlivy	%	2	3 283 Kč	3 283 Kč
Kompletační činnost	%	1	1 642 Kč	1 642 Kč
Práce				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu – přesun	ks	108	160 Kč	17 280 Kč
Montážní a demontážní práce	hod	16	520 Kč	8 320 Kč
CELKEM				201 251 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
Střídače a panely				
Materiál				
Třífázový střídač Fronius SYMO 20.0-3-M	ks	4	55 840 Kč	223 360 Kč
Fotovoltaický monokrystalický panel ,				
SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM	ks	108	9 010 Kč	973 080 Kč
Datové propojení včetně kabeláže (dálkový dohled)	ks	1	15 500 Kč	15 500 Kč
Kompletační činnost	%	2	23 929 Kč	23 929 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž třífázového střídače	ks	4	1 500 Kč	6 000 Kč
Montáž fotovoltaického panelu	ks	108	180 Kč	19 440 Kč
Doprava a přesun dodávek	%	2	24 239 Kč	24 239 Kč
CELKEM				1 285 548 Kč
Část AC				153 227 Kč
Část DC				216 714 Kč
Konstrukce				201 251 Kč
Střídače a panely				1 285 548 Kč
CELKEM FVE TS1				1 856 740 Kč

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podpora Fotovoltaické systémy (14)

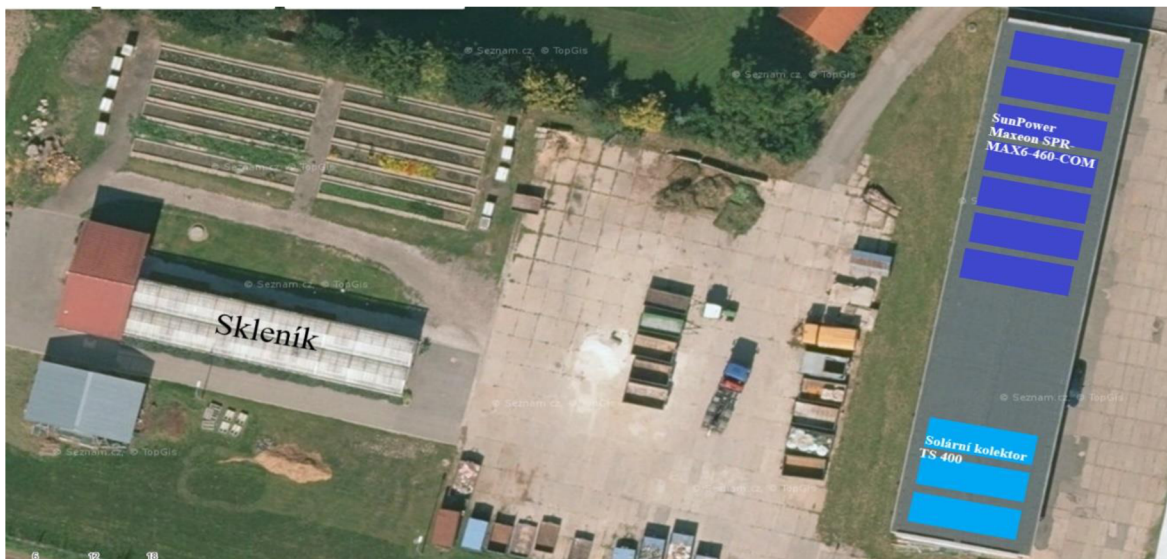
4.1.8 Fotovoltaická elektrárna (TS-2) na budově dopravy

Budova dopravy má plochou střechu s orientací na jih, se stranami 60 m x 15 m. Orientace na jižní stranu je na užší straně střechy, proto je potřeba takto orientovat fotovoltaické panely. Návrh počítá se 7 řadami fotovoltaických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM o výkonu 460 Wp na jeden panel, celkem 84 ks, v každé řadě po 12 ks. (viz. obr.13) Bude použit modulární stavebnicový systém z hliníkových profilů, umožňující osazení fotovoltaických panelů ve sklonu 30°, pro co nejlepší absorpci slunečního záření.

Konstrukce je sestavena z konstrukčních celků spojených pomocí nerezových šroubů a matic. Fotovoltaický panel je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytlů. Tyto konstrukce jsou na střechu přichyceny systémovými úchyty, při zachování hydroizolačních vlastností střechy. Všechny kovové prvky umístěné na střeše musí být pospojovány a uzemněny v souladu s požadavky norem ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-54.

Fotovoltaická elektrárna se skládá z 84 ks fotovoltaických monokrystalických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM o jmenovitém výkonu 460 Wp. Celkově je tedy fotovoltaická elektrárna tvořena 84 ks FV panelů a čtyřmi invertory – střídači. Na invertory INV1 – INV2 budou napojeny 2 + 2 stringy (větve) s počtem 12 ks fotovoltaických panelů na string, na INV3 – INV4 budou napojeny 2 + 1 stringy s počtem 12 ks FV panelů na string. Fotovoltaické stringy (větve) budou připojeny přes DC odpojovače k třífázovému střídači, např. Fronius SYMO. Velikost napětí v DC stringu (větvi) při provozu závisí zejména na intenzitě dopadajícího záření a teplotě, uvažovaná max. hodnota napětí je ve výši 1000 V stejnosměrného proudu.

Obrázek 13 Umístění FV panelů na budovu dopravy TS



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní vizualizace navrhovaného řešení

Odhad výnosu energie FVE (TS-2)

Jako v předešlém návrhu je střední hodnota slunečního záření při sklonu 30° a orientaci na Jih, pro lokalitu Jičín 1014 kWh/kWp. To znamená, že fotovoltaická elektrárna o špičkovém okamžitém výkonu 1 kWp, vyrobí za rok 1014 kWh elektrické energie. Pro co nejpřesnější výnos FVE se používá koeficient výkonosti PR (performance ratio) mezi skutečným energetickým výnosem (E_{real}) a teoreticky očekávaným energetickým výnosem (E_{ideal}), který je pro tento případ obvykle PR 80% (15). Po započtení PR 80% je energetický výnos pro Jičín 811 kWh/kWp.

Tabulka 10 Roční výnos FVE – TS2 na budově dopravy TS

Tabulka výkonu FVE na budově dopravy TS	
FV panelů	460Wp
FV panelů 84ks	38,64 kWp
teoretický roční výnos při 1014kWh/kWp	39 181 kWh/rok
Roční výnos při PR = 80% (811kWh/kWp)	31 345 kWh/rok

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka

4.1.9 Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-2

Tabulka 11 Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-2

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
Část AC				
Materiál				
BD250NE305 + Spoušť 250A	ks	1	17 300 Kč	17 300 Kč
AC jistič, 2A/1B	ks	1	95 Kč	95 Kč
Pojistkový odpojovač vč. válcových pojistek 2A	ks	15	87 Kč	1 305 Kč
AC svodič přepětí B+C, třífázový	ks	1	5 250 Kč	5 250 Kč
Kabel H07RN-F 5x16 mm ²	m	35	275 Kč	9 625 Kč
Kabel NYY 4x95 mm ²	m	10	145 Kč	1 450 Kč
Odpínač FH2-3A pojistek 3F vč. válcových poj. NH2 200A	ks	1	5 300 Kč	5 300 Kč
Odpínač pojistek 3F vč. válcových poj. 125A	ks	2	1 240 Kč	2 480 Kč
U-f ochrana dvoustupňová	ks	1	9 100 Kč	9 100 Kč
Časové relé (alternativně multifunkční relé)	ks	1	950 Kč	950 Kč
Smart meter ABB vč. MTP 200/5 a zk. Svorkovnice	ks	1	25 360 Kč	25 360 Kč
Smart meter UMG vč. MTP	ks	1	22 000 Kč	22 000 Kč
Stykač 3F, 4P 200A	ks	1	14 830 Kč	14 830 Kč
Protipožární Kabel PRAFlaDur-J 2x1,5 RE P60-R	m	8	49 Kč	392 Kč
Trubka ohebná 50mm šedá – UV odolná	m	25	9 Kč	225 Kč
Přichytky na trubku 50 mm do zdi	ks	50	7 Kč	350 Kč
Plechové žlaby, rošty 50 x 50 vč. příslušenství	m	75	170 Kč	12 750 Kč
Vodič CYA 16 mm ² zž	m	95	45 Kč	4 275 Kč
Hromosvodní svorka okapová SO-m	ks	30	32 Kč	960 Kč
Svorka připojovací Sp-1	ks	10	15 Kč	150 Kč
Stop tlačítko s aretací	ks	1	590 Kč	590 Kč
Lisovací dutinky 6 a 16 mm ²	sada	1	200 Kč	200 Kč
Drobný elektroinstalační materiál (svorky, lisovací oka, šroubky)	sada	1	5 600 Kč	5 600 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž oceloplechové rozvodnice vč. výzbroje	ks	1	492 Kč	492 Kč
Napojení na stávající elektroinstalaci objektu	ks	1	3 600 Kč	3 600 Kč
Napojení na stávající hromosvodní soustavu/soustavu pospoj. obj.	ks	1	1 500 Kč	1 500 Kč
Úprava ochodního měření vč. materiálu (kabel, jističe, převodník)	ks	1	1 850 Kč	1 850 Kč
CELKEM				147 979 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Část DC</i>				
Materiál				
DC konektory MC4 (samec samice)	sada	15	100 Kč	1 500 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm2 černý	m	950	40 Kč	38 000 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm2 červený	m	950	40 Kč	38 000 Kč
Pojistkový odpojovač 2 pólový vč. pojistek 10A, 1000 V DC	ks	15	220 Kč	3 300 Kč
Svodič přepětí DC, 1000 V	ks	10	4 850 Kč	48 500 Kč
Stahovací páska	ks	1900	1 Kč	1 900 Kč
Podružný materiál (svorky, konektory, přichytky,...)	%	4	8 407 Kč	33 629 Kč
Práce				
Montáž kabelů DC 6 mm2	m	1900	12 Kč	22 800 Kč
Montáž pojistkového odpínače 2 pólového vč. pojistek 1000 V DC	ks	15	265 Kč	3 975 Kč
Montáž svodiče přepětí DC	ks	15	295 Kč	4 425 Kč
Propoj mezi budovami vč. podružného materiálu (trubky, vytyčení)	m	20	2 250 Kč	45 000 Kč
CELKEM				241 029 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Konstrukce</i>				
Materiál				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu	ks	84	1 520 Kč	127 680 Kč
Podružný materiál	%	4	5 107 Kč	5 107 Kč
Územní vlivy	%	2	2 554 Kč	2 554 Kč
Kompletační činnost	%	1	1 277 Kč	1 277 Kč
Práce				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu – přesun	ks	84	160 Kč	13 440 Kč
Montážní a demontážní práce	hod	16	520 Kč	8 320 Kč
CELKEM				158 378 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Střídače a panely</i>				
Materiál				
Třífázový střídač Fronius SYMO 20.0-3-M	ks	4	55 840 Kč	223 360 Kč
Fotovoltaický monokrystalický panel ,				
SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM	ks	84	9 010 Kč	756 840 Kč
Datové propojení včetně kabeláže (dálkový dohled)	ks	1	15 500 Kč	15 500 Kč
Kompletační činnost	%	2	19 604 Kč	19 604 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž třífázového střídače	ks	4	1 500 Kč	6 000 Kč
Montáž fotovoltaického panelu	ks	84	180 Kč	15 120 Kč
Doprava a přesun dodávek	%	2	19 914 Kč	19 914 Kč
CELKEM				1 056 338 Kč
Část AC				147 979 Kč
Část DC				241 029 Kč
Konstrukce				158 378 Kč
Střídače a panely				1 056 338 Kč
CELKEM FVE TS2				1 603 724 Kč

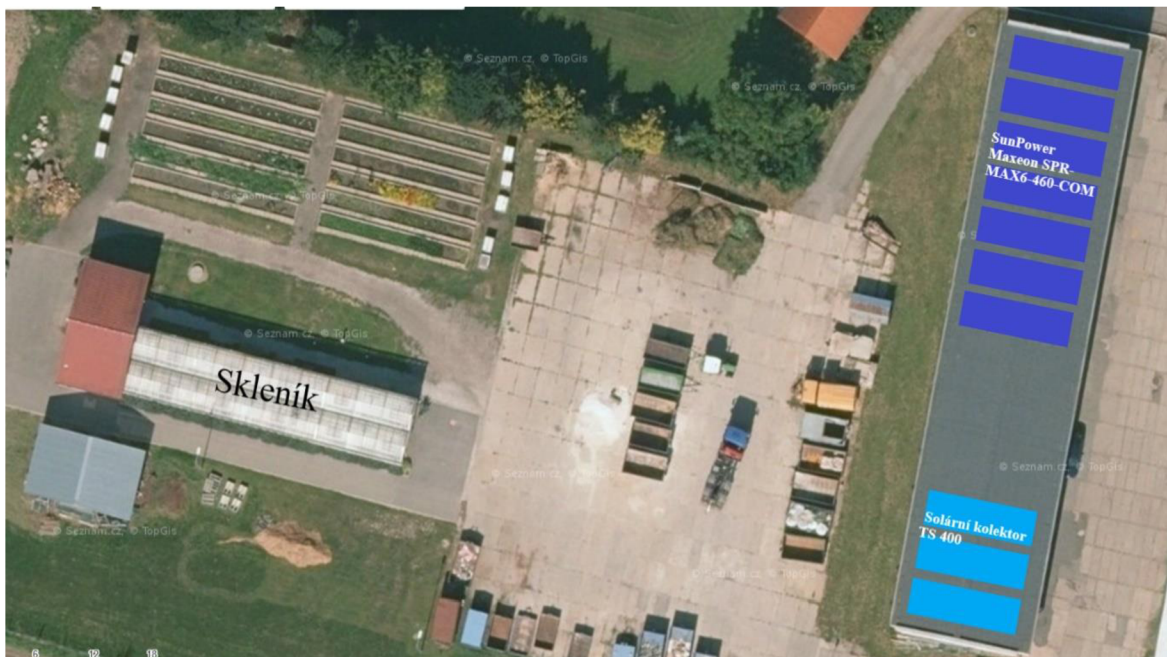
Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podpora Fotovoltaické systémy (14)

4.1.10 Solární kolektory ohřevu TUV na budově dopravy

Na budovu dílen budou též umístěny tři řady solárních kolektorů TS 400 od slovenské firmy THERMO/SOLAR. Kolektory se využijí pro přímý ohřev teplé užitkové vody do dílen, z větší části jako pomocný zdroj, pro ohřev vody do topení, k vytápění přilehlého skleníku. (viz. obr.14)

U fototermických systémů slunce ohřívá vodu, která následně dopravuje teplo dál. Kolektor obsahuje teplotnosnou kapalinu proudící uzavřeným okruhem, jehož součástí je zásobník tepla. Zde se energie předává do vody, kterou je zásobník naplněný. Solární kolektory pro ohřev vody vykazují účinnost 30–40 % (solární panely jen cca 20%)

Obrázek 14 Umístění solárních kolektorů na budovu dopravy TS Jičín



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní vizualizace navrhovaného řešení

Návrh počítá se 3 řadami solárních kolektorů TS 400, o minimálním ročním energetickém zisku z 1 m² kolektoru 525 kWh. Panely mohou být spojeny maximálně po 10 ks v jedné řadě, tudíž celkem bude instalováno 30 ks solárních kolektorů. (viz. obr.13) Pro instalaci bude použit modulární stavebnicový systém z hliníkových profilů, umožňující osazení solárních kolektorů ve sklonu 45° – 60°, pro co nejlepší absorpci slunečního záření, zejména v jarním a podzimním období. Konstrukce je sestavena z konstrukčních celků spojených pomocí nerezových šroubů a matic. Kolektor je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytů. Tyto konstrukce jsou na střechu přichyceny systémovými úchyty, při zachování hydroizolačních vlastností střechy. Všechny kovové prvky umístěné na střeše musí být pospojovány a uzemněny v souladu s požadavky norem ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-54.

Tabulka 12 Roční výnos solárních kolektorů na TS

Tabulka výkonu solárních kolektorů na budově dopravy TS	
Solární kolektor TS 400	1050kWh/rok
Solární kolektor TS 400 30ks	27284 kWh/rok

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka

4.1.11 Rozpočet prací a materiálu solárních kolektorů na budově dopravy

Tabulka 13 Rozpočet prací a materiálu solárních kolektorů na ohřev TUV

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
Konstrukce				
Materiál				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu	ks	30	1 520 Kč	45 600 Kč
Podružný materiál	%	4	1 824 Kč	1 824 Kč
Územní vlivy	%	2	912 Kč	912 Kč
Kompletační činnost	%	1	456 Kč	456 Kč
Práce				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu – přesun	ks	30	160 Kč	4 800 Kč
Montážní a demontážní práce	hod	15	520 Kč	7 800 Kč
CELKEM				61 392 Kč
Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
Střídače a panely				
Materiál				
Oběhové čerpadlo Grundfos Magna1 D	ks	1	70 654 Kč	70 654 Kč
Propojovací hadice	m	125	57 Kč	7 125 Kč
Expanzní nádoba	ks	2	2 550 Kč	5 100 Kč
Zásobník ohřev TUV Sakusun 10001	ks	2	59 000 Kč	118 000 Kč
THERMO/SOLAR				
solární kolektor TS 400	ks	30	18 730 Kč	561 900 Kč
Datové propojení včetně kabeláže (dálkový dohled)	ks	1	15 500 Kč	15 500 Kč
tříokruhová regulace UVR 61-3	ks	1	9 700 Kč	9 700 Kč
Kompletační činnost	%	2	12 651 Kč	12 651 Kč
Práce				
Montáž zásobníků TUV 10001	ks	2	7 500 Kč	15 000 Kč
Montáž tlakového systému	hod	16	750 Kč	12 000 Kč
Montáž solárních kolektorů	ks	108	180 Kč	19 440 Kč
Napuštění nemrzoucí směsí + tlaková zkouška	ks	1	5 500 Kč	5 500 Kč
Doprava a přesun dodávek	%	2	12 961 Kč	12 961 Kč
CELKEM				865 531 Kč
Konstrukce				61 392 Kč
Solární kolektory + akumulace				865 531 Kč
CELKEM				926 923 Kč

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podpora Encyklopedie soběstačnosti (16)

4.2 Mateřská škola Větrov

4.2.1 Obecné informace o MŠ Větrov

Obrázek 15 Mateřská škola Větrov



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní fotografie

Mateřská škola Větrov, vznikla jako samostatný subjekt 1.1.2003, na základě rozhodnutí Rady města Jičína. Nachází se na okraji města nedaleko průmyslové zóny.

Od 1.5.2015, byl tento subjekt rozšířen o novou budovu, na projektu spolupracoval architekt David Vávra. Mateřskou školu začaly děti navštěvovat od 1.9.2015, v současné době zde dochází 126 dětí, o které se stará 27 zaměstnanců. Obě budovy mateřské školy jsou v těsném sousedství a mají společnou školní jídelnu.

Mateřská škola Větrov poskytuje vzdělávání dětem ve věku 2–7 let a dětem se speciálními vzdělávacími potřebami, pro které je zde zřízena speciální třída. Dětem je poskytována speciálně pedagogická péče, fyzioterapie, terapie chirofonetiky, neurovývojové a bazální stimulační. Nejen pro děti SVP je zde zřízena relaxační místnost s bublinkovým válcem, optickými vlákny, světelným projektorem a dalšími relaxačními pomůckami.

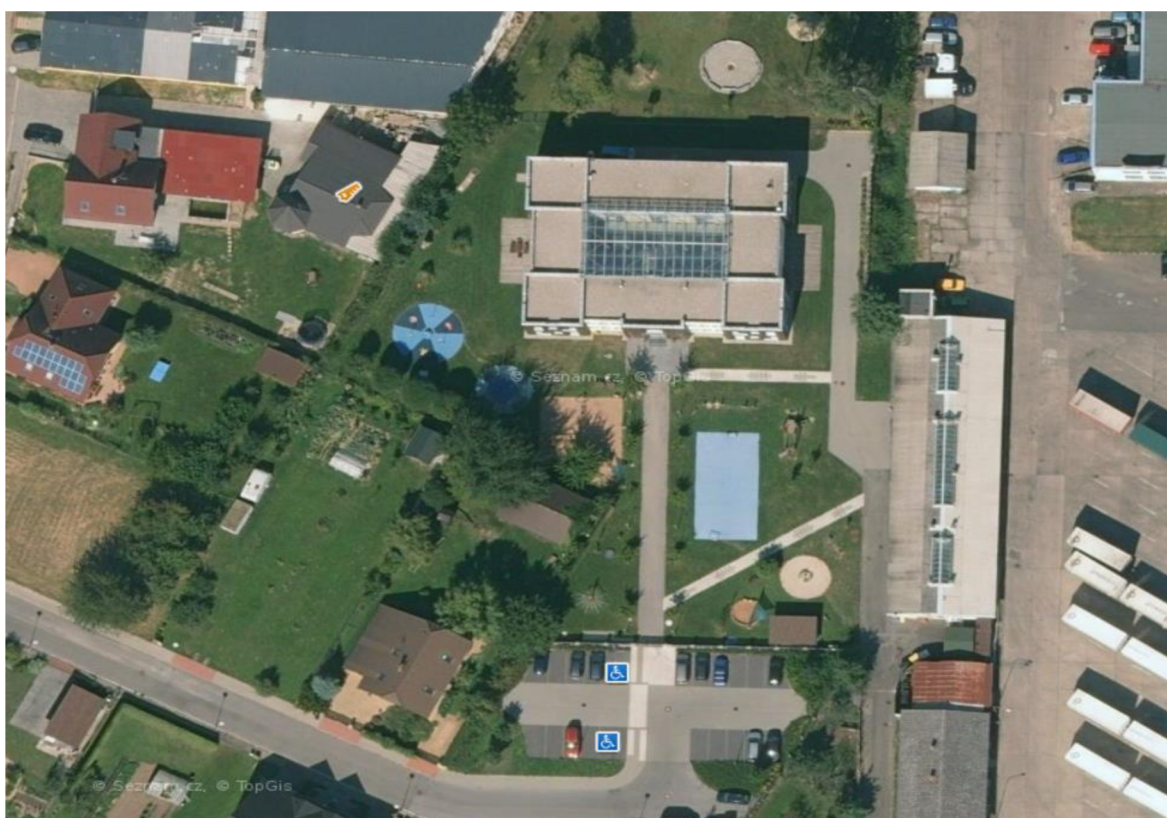
Na pozemku mateřské školy se nachází dvě zahrady. Vstupní zahrada je vybavena dvěma pískovišti, pružinovými houpadly, kolotočem, balanční lávkou, kreslicími tabulemi, lanovou

pyramidou, multifunkční herní sestavou, houpačkou, skluzavkou a odpočinkovou zónou s lavičkami, mlhovištěm a smyslovým chodníkem. Pro environmentální výchovu mají děti k dispozici hmyzí hotel, záhony pro pěstování bylin, ovoce a zeleniny a vrbové domečky. V případě příznivého počasí je k výchovně vzdělávacím činnostem často využívána venkovní učebna. Nejen k týmovým hrám slouží hřiště s umělým povrchem. K dispozici je i velké množství koloběžek, odstrkovadel a tříkolek.

Za budovou mateřské školy byla v roce 2019 nově vybudována přírodní zahrada. Dominantou je velké indiánské týpí s ohništěm a uměle vytvořené kopce, poskytující dětem další možnosti pro hru a pohyb. (23)

4.2.2 Popis objektu MŠ Větrov

Obrázek 16 Mateřská škola Větrov – letecký snímek



Zdroj: Mapy.cz

Areál MŠ Větrov se nachází v ulici Křížíkova, na jižním konci města Jičín. Hlavní budova postavená v roce 2015 má čtvercový půdorys, tvarem má připomínat středověký hrad s ochozy (viz. obr.15,16).

V hlavní budově se nachází čtyři třídy, ve kterých je poskytováno vzdělávání dětem ve věku 2-7 let. Všechny třídy jsou bezbariérové a umožňují vzdělávání i dětem se speciálními vzdělávacími potřebami. Uprostřed budovy je velké zastřešené nádvoří, umožňující hraní dětí i za nepříznivého počasí.

Vpravo od hlavní budovy se nachází původní budova mateřské školy, která je dvoutřídní. Též poskytuje vzdělávání dětem ve věku 2–7 let a dětem se speciálními vzdělávacími potřebami, pro které je zde zřízena speciální třída. V této budově se nachází i školní jídelna, která zajišťuje celodenní stravu pro děti i personál.

4.2.3 Popis současných zdrojů energie MŠ Větrov

V současné době hlavním médiem pro vytápění budov a ohřev teplé užitkové vody, v obou budovách mateřské školy je zemní plyn. Pro vytápění jsou použity závěsné plynové kondenzační kotle Vaillant, obchodním názvem VU 486/5-5 ECOTEC PLUS v počtu dvou kusů (hlavní budova), jeden kus (původní budova), o jmenovitém tepelném výkonu 48 kW každý. Pro výrobu teplé užitkové vody se využívá rovněž kondenzační kotel Vaillant, tentokrát o výkonu 35 kW a izolovaná akumulární nádrž na 750 l. Kotle jsou moderní konstrukce s regulací výkonu 40–100 %. Thermo-Compact modul vybavený nerezovým hořákem a ventilátorem s plynulou regulací otáček zajišťuje dokonalé využití plynu (se snižujícím se výkonem kotle klesá počet otáček ventilátoru, a tím je zajištěn konstantní poměr spalovacího vzduchu a plynu).

Tabulka 14 Spotřeba zemního plynu MŠ Větrov

Spotřeba zemního plynu MŠ Větrov				
Rok	2019	2020	2021	2022
Spotřeba v objektu (m ³ /rok)				
Hlavní budova	9500	11500	12545	8226
Původní budova	8334	7709	10245	7716
Množství plynu celkem (m ³ /rok)	17834	19209	22790	15942
Sazba (m ³ /Kč)	10,8	10,8	10,8	10,8
Cena celkem Kč	192607	207453	246130	172174

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady MŠ Větrov

Elektrická energie z veřejné sítě zajišťuje osvětlení všech tříd, učeben, heren a kanceláří, též zajišťuje osvětlení venkovních prostor, chodníků, hřišť. Elektrická energie pohání systémy vzduchotechniky v obou budovách a školní jídelně. Značnou část celkové spotřeby představuje kuchyně, kde kromě sporáků, které jsou na plyn vše ostatní jako jsou lednice, mrazáky, kuchyňské roboty, myčky nádobí pohání elektrická energie.

Tabulka 15 Spotřeba elektrické energie MŠ Větrov

Spotřeba elektrické energie MŠ Větrov				
Rok	2019	2020	2021	2022
Spotřeba v objektu (kWh/rok)				
Hlavní budova	47950	47890	43259	41012
Stávající budova	19321	19969	14239	12956
Množství el. energie celkem (kWh/rok)	67271	67859	57498	53968
Sazba (kWh/Kč)	3,52	3,52	3,75	4,12
Cena celkem Kč	236793	238862	215618	222347

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady MŠ Větrov

4.2.4 Výběr technologií pro úsporu energie

Fotovoltaické panely

Obdobně jako u TS Jičín, byl výběr konkrétních komponentů, jejich optimální umístění a propojení konzultován s Ing. Ladislavem Machem. Ing. Ladislav Mach je absolventem ČVUT Praha, obor elektrotechnik, s více než padesátiletou praxí.

Analýzou dostupných technologií a průzkumem trhu byly pro realizaci vybrány tyto komponenty:

Fotovoltaické panely

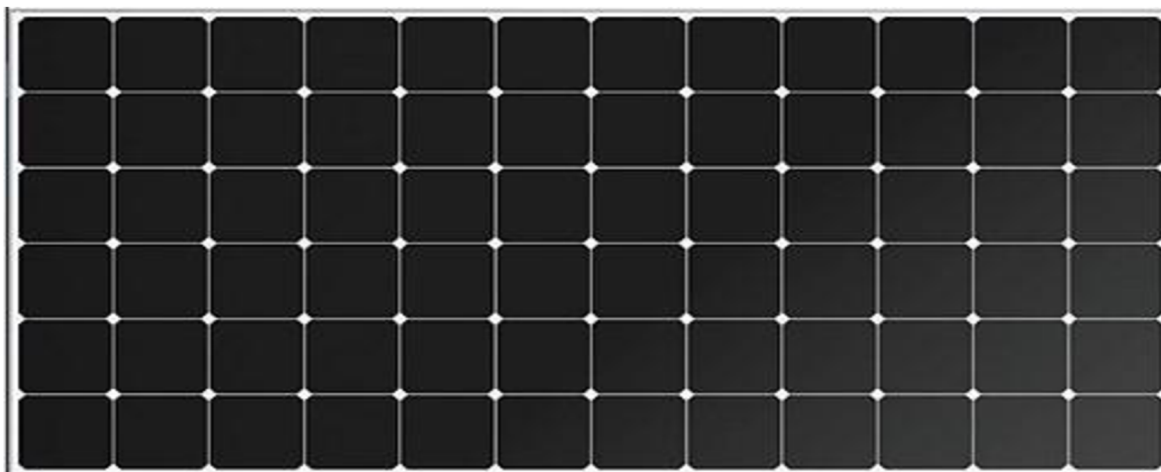
Výrobce fotovoltaických solárních systémů firma SunPower Corporation. Zastoupení pro Českou republiku zajišťuje společnost Solsol, působící na trhu od roku 2012. Za poslední

čtyři roky společnost dodala do regionu střední a východní Evropy přes 650 tisíc kusů solárních panelů a střídačů.

Panely **SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM** jsou konstruovány tak, aby dodávaly elektřinu za každého počasí. Mají lepší výkon za vysokých teplot a optimalizovanou přeměnu energie v podmínkách nízkého osvětlení, jako jsou rána, večery nebo oblačné dny. Články jsou odolné vůči prasklinám, zesílená spojení odolají únavě materiálu i korozi a elektronika panelu zmírňuje dopad zastínění a předchází vzniku horkých míst. Všechny použité technologie zvyšují výkon celého systému.

Po registraci u výrobce se na panely SunPower Maxeon vztahuje 40 letá záruka na výrobní vadu anebo pokles výkonu o více jak 0,25 % za rok.

Obrázek 17 Fotovoltaický panel SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM



Zdroj: Solars, Solsol

Technická specifikace fotovoltaického panelu SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM:

Technologie:	monokrystalický křemíkový panel
Rám:	černá/bílá fólie
Velikost:	standard
Výkon:	460 Wp
Účinnost:	21,6 %
Délka:	1812 mm
Šířka:	1046 mm
Váha:	21.20 kg
Produktová záruka:	40 let
Záruka výkonu:	92% / 25 let 88,25% / 40 let
Cena:	10 902,- Kč včetně DPH

Fotovoltaická květina (SmartFlower)

SmartFlower je automatický fotovoltaický systém který je možné nainstalovat kdekoliv. Inspirace přírodou vedla společnost k návrhu „chytré květiny“, která funguje stejně jako slunečnice. Slunečnice sledují cestu slunce, aby získaly přístup ke slunečnímu světlu. Otevírání a zavírání slunečnic a jejich pohyby jsou určeny sluncem.

Inteligentní květina přichází s jedinečným mechanismem, který replikuje slunečnici. Samotný design vypadá jako květina s 12 okvětními lístky. Ráno, po východu slunce, se okvětní lístky samy otevřou, aby pohltily sluneční světlo, a začaly produkovat sluneční energii. Jak slunce zapadá, okvětní lístky se samy skládají. Sluneční tracker (elektromotory a elektronika zajišťující pohyb) pomáhá okvětním lístkům získat maximální množství slunečního světla, po celý den. (24)

SmartFlower využívá pokročilou robotiku a automatizaci k inteligentnímu sledování slunce, což vytváří až o 40% více energie než tradiční stacionární solární panely. Kromě toho se každý den při západu slunce SmartFlower automaticky složí a vyčistí, aby si udržel maximální účinnost využití sluneční energie. (25)

Obrázek 18 Solární květina (SmartFlower)



Zdroj: SmartFlower

Technická specifikace SmartFlower:

Technologie:	tenkovrstvý křemíkový panel
Rám:	hliník, karbon
Plocha panelů:	12,5 m ²
Výkon:	2500 Wp
Účinnost:	20 %
Výška:	4,8 m
Váha:	845 kg
Teplotní rozsah:	-25°C - +50°C
Záruka výkonu:	25 let
Automatické složení při rychlosti větru:	64 km/h
Cena:	od 11 000,- EUR (265 000,- Kč)

4.2.5 Návrh řešení pro úsporu energie v MŠ Větrov

Jak jsme již uvedli v části týkající se návrhu řešení pro TS Jičín, nebudeme tvořit projektovou dokumentaci pro instalaci technologií obnovitelných zdrojů. Vytvoření projektové dokumentace je vysoce kvalifikovaná činnost, řídící se přesnými technickými a technologickými předpisy a vyžaduje odbornou způsobilost, či autorizaci v příslušném oboru. Účelem diplomové práce je ukázat možnosti a současný trend v technologiích, pro využití chytrých řešení vedoucích k maximální racionalizaci využívání energií.

V případě MŠ Větrov bude do návrhu začleněn edukační prvek, v podobě solární květiny (SmartFlower). Děti již od mala, budou mít možnost seznámit se s výrobou solární energie. Na rozdíl od stacionárních panelů na střeše budovy, budou moci přímo pozorovat rozkládání, skládání a otáčení solární slunečnice, při jejím sledování pohybu slunce. Hravou formou, jim bude umožněno pochopit důležitost a nezbytnost využívání obnovitelných zdrojů, pro ochranu životního prostředí, v kterém žijeme.

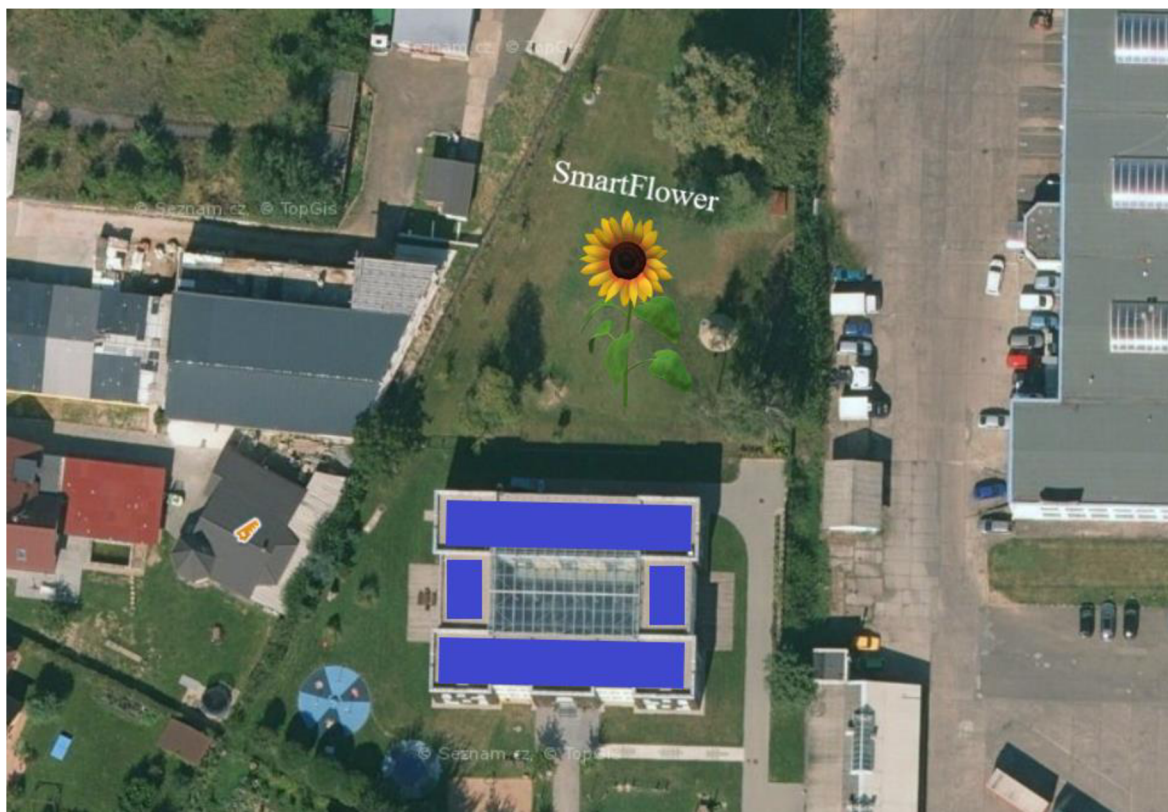
4.2.6 Fotovoltaická elektrárna (MŠ-1) na hlavní budově + SmartFlower

Hlavní budova má čtyři ploché střechy s orientací na jih a vnitřní nádvoří. Přední a zadní střecha mají rozměry 33 m x 7m. Pravá a levá střecha mají rozměry 10m x 6m. Na všech

střechách lze položit dvě řady fotovoltaických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM o výkonu 460 Wp na jeden panel. Přední a zadní střecha bude mít panely orientované na jih v každé řadě po 25 ks, celkem 100 ks. Pravá střecha bude panely orientovat na východ, pro co největší výkon v ranních hodinách. Levá střecha bude panely orientovat na západ, pro zachycení večerního výkonu. Každá po 2 x 5 ks, celkem 20ks (viz. obr. 19). Celkové množství FV panelů na střeše MŠ Větrov bude tedy 120 ks.

Pro uchycení FV panelů na střechách bude použit modulární stavebnicový systém z hliníkových profilů, umožňující osazení fotovoltaických panelů ve sklonu 30°, pro co nejlepší absorpci slunečního záření. Konstrukce je sestavena z konstrukčních celků spojených pomocí nerezových šroubů a matic. Fotovoltaický panel je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytů. Tyto konstrukce jsou na střechu přichyceny systémovými úchyty, při zachování hydroizolačních vlastností střechy. Všechny kovové prvky umístěné na střeše musí být pospojovány a uzemněny v souladu s požadavky norem ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-54.

Obrázek 19 Umístění FV panelů na hlavní budově + Smartflower na zahradě MŠ



Zdroj: Radek Orendáš – vlastní vizualizace navrhovaného řešení

Navrhovaná fotovoltaická elektrárna (MŠ-1) se skládá z 120 ks fotovoltaických monokrystalických panelů, SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM o jmenovitém výkonu 460 Wp. Celkově je tedy FVE tvořena 120ks FV panelů s pěti invertory – střídači. Na invertory INV1 – INV2 (přední střecha) budou napojeny 2 + 2 stringy (větvě) s počtem 25 ks FV panelů na string, na INV3 – INV4 (zadní střecha) budou napojeny 2 + 2 stringy s počtem 25 ks FV panelů na string. INV5 (pravá, levá střecha) 4 stringy po 5 FV panelech na string. Fotovoltaické stringy (větvě) budou připojeny přes DC odpojovače k třífázovému střídači, např. Fronius SYMO. Velikost napětí v DC stringu (větvích) při provozu závisí zejména na intenzitě dopadajícího záření a teplotě, uvažovaná max. hodnota napětí je ve výši 1000 V DC.

Odhad výnosu energie FVE (MŠ-1)

Střední hodnota slunečního záření při sklonu 30° a orientaci na Jih, je pro lokalitu Jičín 1014 kWh/kWp. To znamená, že fotovoltaická elektrárna o špičkovém okamžitým výkonu 1 kWp, vyrobí za rok 1014 kWh elektrické energie. Pro co nejpřesnější výnos FVE se používá koeficient výkonosti PR (performance ratio) mezi skutečným energetickým výnosem (E_{real}) a teoreticky očekávaným energetickým výnosem (E_{ideal}), který je pro tento případ PR 80% (15). Po započtení PR 80% je energetický výnos pro lokalitu Jičín 811 kWh/kWp.

Pro tento konkrétní případ, jsme použili na pravé a levé střeše FV panely orientované na východ a západ. Je to nyní moderní trend, využívající co největší rozprostření výkonu výroby elektrické energie během celého dne, a nejen přes poledne, kdy energii vyrábějí všichni.

Tabulka 16 Roční výnos FVE MŠ-1 na hlavní budově

Tabulka výkonu FVE (MŠ-1)	
FV panelů	460Wp
FV panelů 120ks	55,2 kWp
SmartFlower	2,5 kWp
Celkový špičkový výkon	57,7 kWp
teoretický roční výnos při 1014kWh/kWp	58 508 kWh/rok
Roční výnos při PR = 80% (811kWh/kWp)	46 806 kWh/rok

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka

4.2.7 Rozpočet prací a materiálu na FVE MŠ-1

Tabulka 17 Rozpočet prací a materiálu FVE MŠ-1

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Část AC</i>				
Materiál				
BD250NE305 + Spoušť 250A	ks	1	17 300 Kč	17 300 Kč
AC jistič, 2A/1B	ks	1	95 Kč	95 Kč
Pojistkový odpojovač vč. válcových pojistek 2A	ks	20	87 Kč	1 740 Kč
AC svodič přepětí B+C, třífázový	ks	1	5 250 Kč	5 250 Kč
Kabel H07RN-F 5x16 mm ²	m	25	275 Kč	6 875 Kč
Kabel NYY 4x95 mm ²	m	10	145 Kč	1 450 Kč
Odpínač FH2-3A pojistek 3F vč. válcových poj. NH2 200A	ks	1	5 300 Kč	5 300 Kč
Odpínač pojistek 3F vč. válcových poj. 125A	ks	2	1 240 Kč	2 480 Kč
U-f ochrana dvoustupňová	ks	1	9 100 Kč	9 100 Kč
Časové relé (alternativně multifunkční relé)	ks	1	950 Kč	950 Kč
Smart meter ABB vč. MTP 200/5 a zk. Svorkovnice	ks	1	25 360 Kč	25 360 Kč
Smart meter UMG vč. MTP	ks	1	22 000 Kč	22 000 Kč
Stykač 3F, 4P 200A	ks	1	14 830 Kč	14 830 Kč
Protipožární Kabel PRAFlaDur-J 2x1,5 RE P60-R	m	8	49 Kč	392 Kč
Trubka ohebná 50mm šedá - UV odolná	m	25	9 Kč	225 Kč
Přichytky na trubku 50 mm do zdi	ks	50	7 Kč	350 Kč
Plechové žlaby, rošty 50 x 50 vč. příslušenství	m	75	170 Kč	12 750 Kč
Vodič CYA 16 mm ² zž.	m	75	45 Kč	3 375 Kč
Hromosvodní svorka okapová SO-m	ks	30	32 Kč	960 Kč
Svorka připojovací Sp-1	ks	10	15 Kč	150 Kč
Stop tlačítko s aretací	ks	1	590 Kč	590 Kč
Lisovací dutinky 6 a 16 mm ²	sada	1	200 Kč	200 Kč
Drobný elektroinstalační materiál (svorky, lisovací oka, šroubky)	sada	1	5 600 Kč	5 600 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž oceloplechové rozvodnice vč. výzbroje	ks	1	492 Kč	492 Kč
Napojení na stávající elektroinstalaci objektu	ks	1	3 600 Kč	3 600 Kč
Napojení na stávající hromosvodní soustavu/soustavu pospoj. obj.	ks	1	1 500 Kč	1 500 Kč
Úprava ochodního měření vč. materiálu (kabel, jističe, převodník)	ks	1	1 850 Kč	1 850 Kč
CELKEM				144 764 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Část DC</i>				
Materiál				
DC konektory MC4 (samec samice)	sada	20	100 Kč	2 000 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm ² černý	m	550	40 Kč	22 000 Kč
DC vodič, UV odolný 6mm ² červený	m	550	40 Kč	22 000 Kč
Pojistkový odpojovač 2 pólový vč. pojistek 10A, 1000 V DC	ks	20	220 Kč	4 400 Kč
Svodič přepětí DC, 1000 V	ks	10	4 850 Kč	48 500 Kč
Stahovací páska	ks	700	1 Kč	700 Kč
Podružný materiál (svorky, konektory, přichytky,...)	%	4	8 407 Kč	33 629 Kč
Práce				
Montáž kabelů DC 6 mm ²	m	700	12 Kč	8 400 Kč
Montáž pojistkového odpínače 2 pólového vč. pojistek 1000 V DC	ks	20	265 Kč	5 300 Kč
Montáž svodiče přepětí DC	ks	10	295 Kč	2 950 Kč
Propoj mezi budovami vč. podružného materiálu (trubky, vytyčení)	m	0	2 250 Kč	0 Kč
CELKEM				149 879 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Konstrukce</i>				
Materiál				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu	ks	120	1 520 Kč	182 400 Kč
Podružný materiál	%	4	7 296 Kč	7 296 Kč
Územní vlivy	%	2	3 648 Kč	3 648 Kč
Kompletační činnost	%	1	1 824 Kč	1 824 Kč
Práce				
Hliníková střešní konstrukce na šikmou střechu - přesun	ks	120	160 Kč	19 200 Kč
Montážní a demontážní práce	hod	20	520 Kč	10 400 Kč
CELKEM				224 768 Kč

Název rozpočtové položky	M.J.	počet m.j.	Cena za m.j.	Celkem za rozpočtovou položku
<i>Střídače a panely</i>				
Materiál				
Třífázový střídač Fronius SYMO 20.0-3-M	ks	5	55 840 Kč	279 200 Kč
Fotovoltaický monokrystalický panel ,				
SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM	ks	120	9 010 Kč	1 081 200 Kč
Datové propojení včetně kabeláže (dálkový dohled)	ks	1	15 500 Kč	15 500 Kč
Kompletační činnost	%	2	27 208 Kč	27 208 Kč
Práce				
Elektromontážní a zemní práce				
Montáž třífázového střídače	ks	5	1 500 Kč	7 500 Kč
Montáž fotovoltaického panelu	ks	120	180 Kč	21 600 Kč
Doprava a přesun dodávek	%	2	27 518 Kč	27 518 Kč
CELKEM				1 459 726 Kč

Část AC				144 764 Kč
Část DC				149 879 Kč
Konstrukce				224 768 Kč
Střídače a panely				1 459 726 Kč
SmartFlower (11 000 EUR)				265 000 Kč
CELKEM FVE MŠ1				2 244 137 Kč

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podpora Encyklopedie soběstačnosti (16)

5 Výsledky a diskuse

5.1 Výsledky nového řešení úspory energií TS Jičín

Energie vyrobená z fotovoltaické elektrárny FVE – TS1 na střeše administrativní budovy a přilehlých dílen bude primárně využívána pro vlastní spotřebu objektů. V případě naplnění okamžité spotřeby elektrické energie, bude přebytek energie ukládán do baterií v univerzálním bateriovém úložišti DES, po naplnění kapacity bude energie dodávána do místní distribuční sítě.

5.1.1 Fotovoltaická elektrárna FVE - TS1 na ad. budově a dílnách TS Jičín

Při použití 108 ks fotovoltaických panelů SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM, nám celkový roční výnos vychází na 40219 kWh. Spotřeba elektrické energie v roce 2022 byla 23800 kWh. (viz tab.č.7). Pokrytí roční spotřeby tedy teoreticky překračujeme o 69 %. Pokrytí však není rovnoměrné, v zimních měsících tedy lednu, listopadu a prosinci, fotovoltaická elektrárna nedokáže zcela pokrýt nároky na elektrickou energii objektů. Ostatní měsíce roku je výnos vyšší než okamžitá spotřeba, od dubna do září dokonce více jak dvojnásobná.

Tabulka 18 Spotřeba el. energie v roce 2022 a předpokládaná výroba FVE (TS1)

Rok 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
Spotřeba (kWh)	2245	1807	1785	1690	1817	1709	2278	1947	1823	2325	2146	2228	23800
Předpokládaný výnos FVE (kWh)	1934	3024	4214	5206	6049	5801	6445	5900	4710	3471	1983	1537	50274
Předpokládaný výnos FVE (PR 80 %)	1547	2420	3371	4165	4839	4641	5156	4720	3768	2776	1587	1230	40219
Soběstačnost (%)	68,9	133,9	188,9	246,4	266,3	271,5	226,4	242,4	206,7	119,4	73,9	55,2	169,0

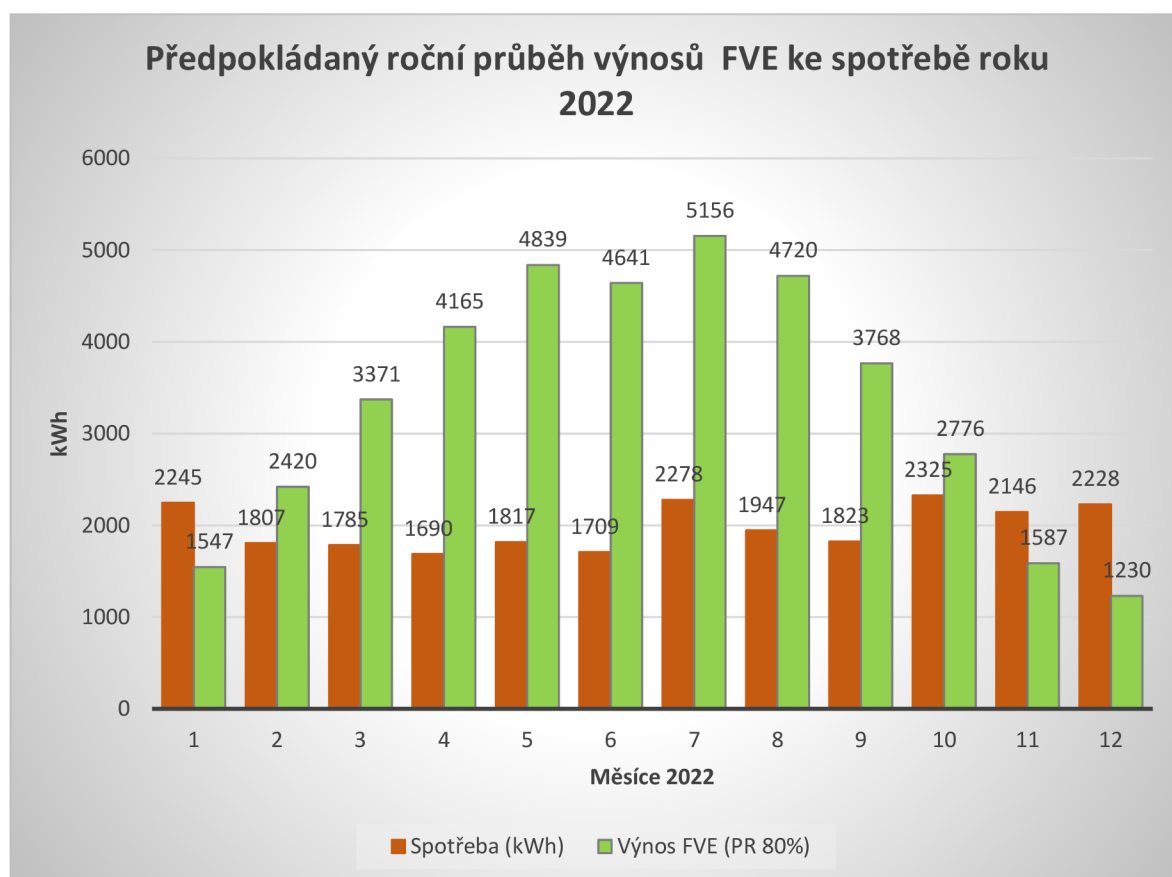
Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady Fotovoltaika (15)

Zdálo by se tedy, že FVE je předimenzovaná (viz graf č.3). Záměrem tak rozsáhlé instalace fotovoltaických panelů, bylo nejenom pokrýt okamžitou spotřebu elektrické energie, v co nejširší části roku, ale též efektivní akumulace.

Akumulace energie je důležitá z několika důvodů a přináší významné benefity. Umožňuje pokrýt spotřebu při špatném počasí, pokrýt výkonové špičky nad rámec povoleného odběru, může sloužit jako záložní zdroj při výpadku elektrické energie.

V současné době již TS Jičín vlastní dva elektromobily, nákladní elektromobil pro svoz odpadu a nákladní elektromobil pro údržbu městské zeleně, s nástavbou cisterna. Oba jsou nyní nabíjeny z veřejné elektrické sítě. Bateriové uložení DES je dimenzováno pro bezproblémové nabíjení několika elektromobilů, čistou energií uloženou z přebytků fotovoltaické elektrárny FVE – TS1.

Graf 3 Předpokládaný průběh výnosů FVE (TS1), ke spotřebě el. energie za rok 2022



Zdroj: Radek Orendáš – Vlastní graf, podklady Fotovoltaika (15)

5.1.2 Úspory a návratnost FVE - TS1, ekologický přínos

Technické služby města Jičína mají v současnosti nasmlouvanou cenu elektrické energie na částku 4,12 Kč za kWh. Roční výnos fotovoltaické elektrárny FVE – TS1 je 40 219 kWh (viz.tab. č.8). Minimální úspora je tedy v pokrytí současných nákladů na spotřebovanou energii 23 800 kWh x 4,12 Kč, tedy 98 056 Kč. FVE – TS1 je schopna vyprodukovat přebytky ve výši 16 419 kWh. Tuto energii je možné prodat na spotovém trhu, za aktuální cenu, tuto možnost ale nebudeme zohledňovat, jelikož ceny se mohou velmi rychle měnit. Přebytky energie se využijí do bateriové akumulace pro další použití, nebo se použijí v rámci komunitní energetiky se využije v jiných objektech ve správě města Jičín.

Pokrytí současných nákladů	23 800 kWh	98 056 Kč
Přebytky el. energie	16 419 kWh	67 646 Kč
Celková roční úspora el. energie		165 702 Kč

Rozpočet fotovoltaické elektrárny TS1 je 1 856 740 Kč (viz. tab. č.9). S využitím dotace „Výzva RES+č.4/2022“ bude činit doplatek investice 647 077 Kč. (viz. tab. č.22) Návratnost vložených investic, při roční úspoře minimálně 165 702 Kč, bude 3,9 roků.

Energie vyrobená fotovoltaickou elektrárnou nešetří jen finanční prostředky, ale významně přispívá k ochraně životního prostředí.

Roční úspora emisí CO2 (1,17kg/kWh)	- 47 056 kg
Roční úspora zemního plynu pro výrobu el. energie (1m ³ /10,55kWh)	- 3 812 m ³
Roční úspora uhlí pro výrobu el. energie (1,22kWh/kg)	- 32 966 kg

5.1.3 Fotovoltaická elektrárna FVE TS-2 na budově dopravy TS Jičín

Na střeše budovy dopravy bude instalováno 84 ks fotovoltaických panelů SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM, s celkovým roční výnosem 31345 kWh. Spotřeba elektrické energie v roce 2022 byla 19672 kWh. (viz. tab. č. 7). Pokrytí průměrné roční spotřeby překračujeme o 59 %. Jako v případě FVE – TS1 pokrytí není rovnoměrné, v zimních měsících tedy lednu, listopadu a prosinci, fotovoltaická elektrárna nedokáže zcela pokrýt nároky na elektrickou energii, obou objektů dopravy a skleníku. Důležité je, že i v tomto zimním období stačí pokrýt spotřebu elektrické energie pro skleník, na předpěstování sazenic okrasných květin a keřů, pro potřeby zahradníků TS. Ostatní měsíce roku je výnos vyšší než okamžitá spotřeba, od dubna do září dokonce opět více jak dvojnásobná.

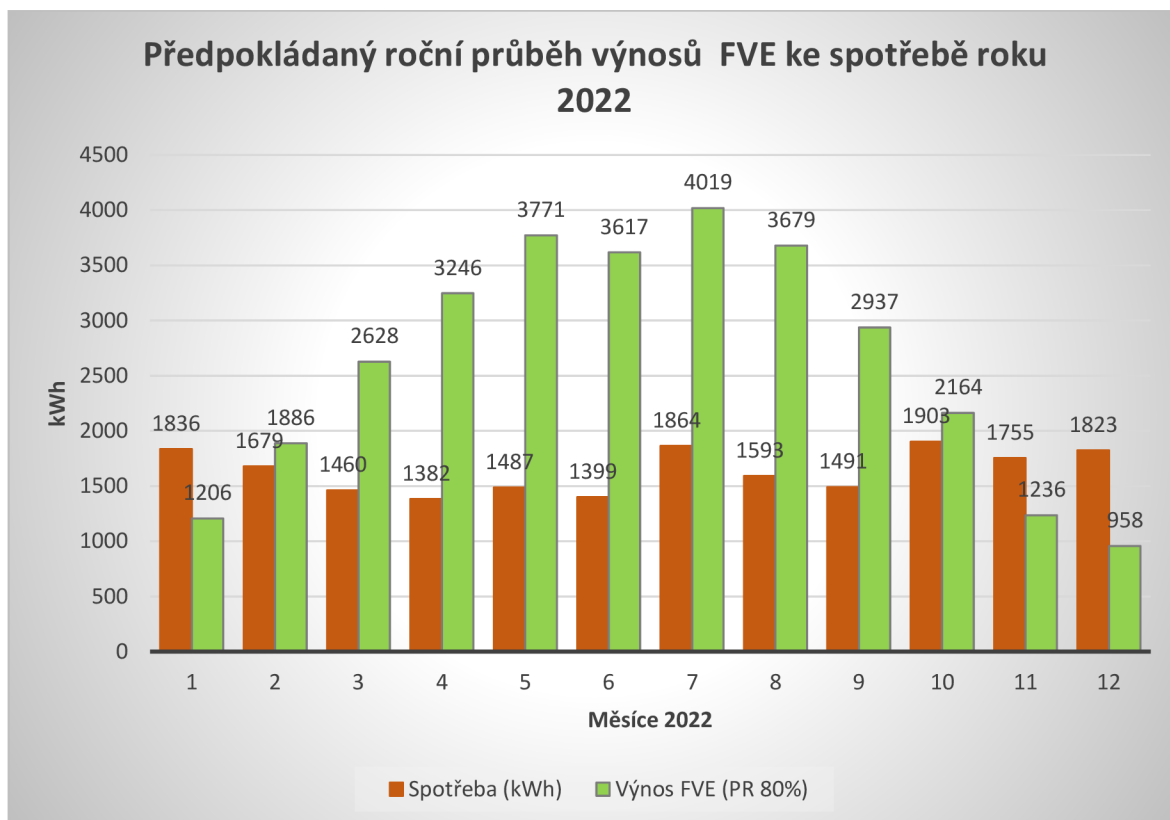
Tabulka 19 Spotřeba el. energie v roce 2022 a předpokládaná výroba FVE (TS2)

Rok 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
Spotřeba (kWh)													
Skleník	1561	1453	1192	1137	1307	1251	1671	1407	1270	1642	1515	1515	16921
Budova dopravy	275	226	268	245	180	148	193	186	221	261	240	308	2751
Spotřeba celkem	1836	1679	1460	1382	1487	1399	1864	1593	1491	1903	1755	1823	19672
Předpokládaný výnos FVE (kWh)	1507	2357	3284	4057	4714	4521	5023	4598	3671	2705	1546	1198	39181
Předpokládaný výnos FVE (PR 80%)	1206	1886	2628	3246	3771	3617	4019	3679	2937	2164	1236	958	31345
Soběstačnost (%)	65,7	112,3	180,0	234,9	253,6	258,5	215,6	230,9	197,0	113,7	70,5	52,6	159,3

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady Fotovoltaika (15)

I zde, jako u FVE-TS1 je fotovoltaická elektrárna mírně předimenzovaná (viz graf č.4). Záměrem bylo opět nejenom pokrýt okamžitou spotřebu elektrické energie v co nejširší části roku, ale též efektivní akumulace, popřípadě sdílení elektrické energie s dalšími objekty ve správě města Jičína.

Graf 4 Předpokládaný průběh výnosů FVE (TS2), ke spotřebě el. energie za rok 2022



Zdroj: Radek Orendáš – Vlastní graf, podklady Fotovoltaika (15)

5.1.4 Úspory a návratnost FVE - TS2, ekologický přínos

V roce 2022 i v roce 2023 mají technické služby města Jičína nasmlouvanou cenu elektrické energie na částku 4,12 Kč za kWh. Roční výnos fotovoltaické elektrárny FVE – TS2 je 31345 kWh (viz. tab. č. 10). Minimální úspora je tedy v pokrytí současných nákladů na spotřebovanou energii 19672 kWh x 4,12 Kč, tedy 81049 Kč. FVE – TS2 je schopna vyprodukovat přebytky ve výši 11673 kWh. Tuto energii je možné stejně jako u FVE - TS1 prodat na spotovém trhu, za aktuální tržní cenu, ale s možností rizika nulového zisku. Proto budou přebytky energie využity do bateriové akumulace pro další použití, nebo se použijí v rámci komunitní energetiky, na objektech města Jičína. Přebytky budeme oceňovat stejnou částkou, jakou má město Jičín hromadně nasmlouvanou s distributorem, tedy 4,12 Kč/kWh.

Pokrytí současných nákladů	19 672 kWh	81 049 Kč
Přebytky el. energie	11 673 kWh	48 093 Kč
Celková roční úspora el. energie		129 142 Kč

Rozpočet fotovoltaické elektrárny TS2 je 1 603 724 Kč (viz. tab. č.11). S využitím dotace „Výzva RES+č.4/2022“ bude činit doplatek investice 650 429 Kč. (viz. tab. č.22) Návratnost vložených investic, při roční úspoře minimálně 129 142 Kč, bude 5 let.

Energie vyrobená fotovoltaickou elektrárnou nešetří jen finanční prostředky, ale významně přispívá k ochraně přírody.

Roční úspora emisí CO2 (1,17kg/kWh)	– 36 674 kg
Roční úspora zemního plynu pro výrobu el. energie (1m3/10,55kWh)	– 2 971 m3
Roční úspora uhlí pro výrobu el. energie (1,22kWh/kg)	– 25 693 kg

5.1.5 Solární kolektory na budově dopravy TS Jičín - ohřev skleníku, TUV

Na stejné střeše budovy dopravy, ale na opačném konci bude instalováno 30 ks solárních kolektorů kolektorů TS 400 od slovenské firmy THERMO/SOLAR, pro ohřev TUV. S celkovým roční výnosem 27 284 kWh. Pro ohřev TUV v budově dopravy a vytápění skleníku je využíván zemní plyn. Spotřeba plynu v roce 2022 byla 6531 m³, přepočteno 68 902kWh. (viz. tab. č. 6)

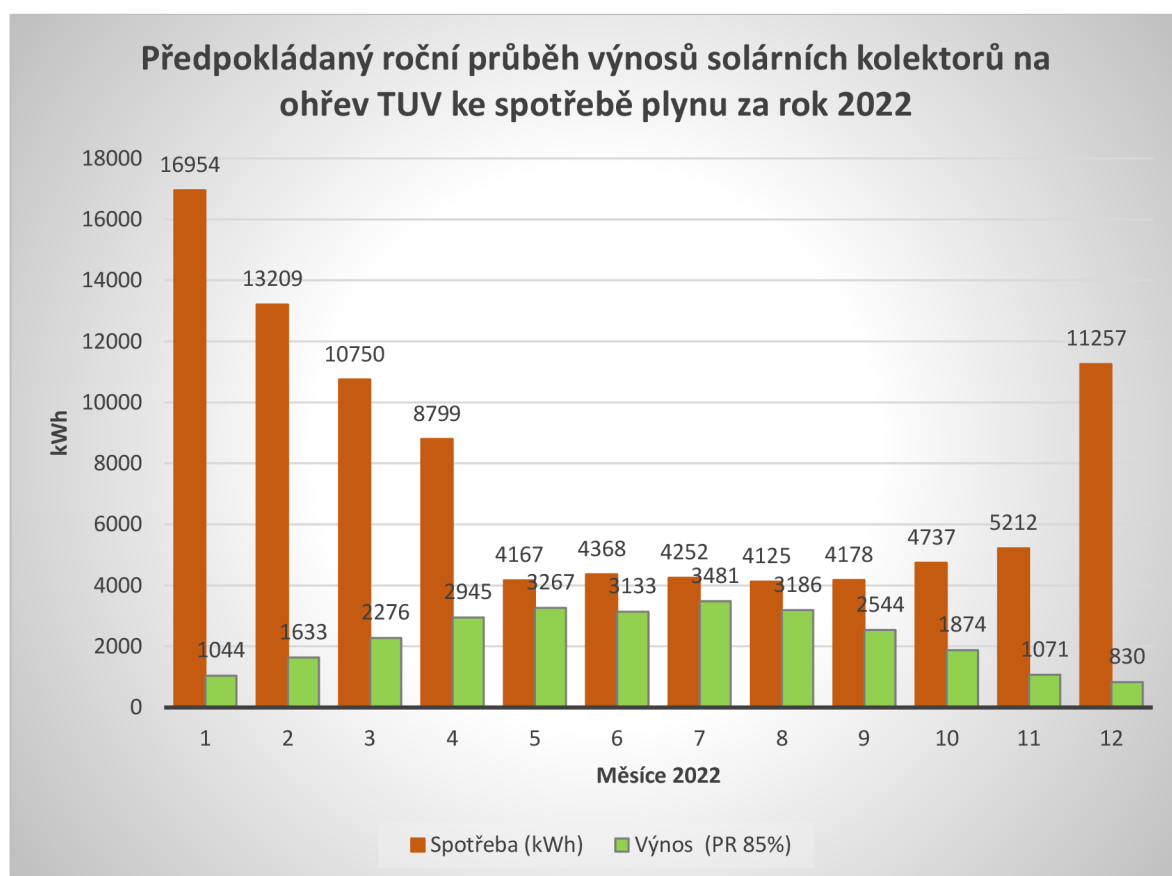
Tabulka 20 Spotřeba plynu v roce 2022 a přepokládaný výnos kolektorů TUV

Rok 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
Spotř. plynu (m3)													
Skleník	1607	1252	1019	834	0	0	0	0	0	0	494	1067	6273
Budova dopravy					65	38	14	11	53	77			258
Ad. Budova, dílny					330	376	389	380	343	372			2190
přepoččet na kWh	16954	13209	10750	8799	4167	4368	4252	4125	4178	4737	5212	11257	92007
Výnos kolektorů (kWh)													
	1229	1922	2678	3465	3843	3686	4095	3749	2993	2205	1260	977	32099
Výnos kolektorů (PR 85%)													
	1044	1633	2276	2945	3267	3133	3481	3186	2544	1874	1071	830	27284
Soběstačnost (%)	6,2	12,4	21,2	33,5	78,4	71,7	81,9	77,2	60,9	39,6	20,5	7,4	29,7

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady Fotovoltaika

Chování solárních kolektorů je odlišné od fotovoltaických panelů, v kolektorech koluje nemrznoucí kapalina, která ohřívá zásobník TUV, v našem případě o objemu 2x1000l. Tyto zásobníky slouží jako akumulace přebytečného výkonu. Účinnost kolektorů je zhruba dvojnásobná proti fotovoltaice a nelze ji nikam převádět, proto musíme zvolit takové množství panelů a výkon, abychom nepřesáhli i při letních měsících maximální spotřebu. Bohužel skleník v letních měsících ohřev nepotřebuje, proto všechen výkon budeme využívat na ohřev TUV pro objekt dopravy, budovu administrativy a dílen. V tomto plánovaném výkonu jsme schopni zajistit ohřev TUV, od května do října ze 68 %, bylo by tedy možné výkon navýšit, je ale potřeba mít dostatečnou rezervu (méně pracovníků – čerpání dovolených), protože jak bylo konstatováno výše, přebytky výkonu, po nahřátí nádrží, není kam posílat.

Graf 5 Předpokládaný výnos kolektorů TUV, ke spotřebě plynu za rok 2022



Zdroj: Radek Orendáš – Vlastní graf, podklady Fotovoltaika (15)

5.1.6 Úspory a návratnost solárních kolektorů, ekologický přínos

V roce 2022 i v roce 2023 mají technické služby města Jičína nasmlouvanou cenu zemního plynu na částku 10,80Kč za m³. Roční výnos fotovoltaický kolektorů je 27 284 kWh (viz. tab. č. 12). Jeden m³ zemního plynu je ekvivalent 10,55kWh, vyprodukovaná úspora je tedy $27\,284 / 10,55 = 2\,586\text{ m}^3 \times 10,80 = 27\,929\text{ Kč}$.

Celková roční úspora zemního plynu 27 929 Kč

Rozpočet solárních kolektorů včetně akumulace je 926 923 Kč (viz. tab. č. 13), při roční úspoře 27 929 Kč, bude návratnost vložených investic 33 roků. Návratnost je velmi dlouhá je to dané tím, že největší spotřeba zemního plynu je logicky v zimních měsících, kdy termické kolektory, byť mají dvakrát vyšší účinnost než solární panely, zdaleka nepokryjí spotřebu pro vytápění skleníku. Další faktor je cena zemního plynu, byť jeho cena se zvýšila, tak při vytápění nebo výrobě TUV jsou náklady na jednu kWh po přepočtení jen 1,02 Kč/kWh. Toto platí pro velkoodběratele, kteří si cenu mohou velmi výhodně nasmlouvat. Pro malého zákazníka je cena za m³ plynu daleko vyšší, a tudíž by byla návratnost daleko rychlejší.

Solární ohřev TUV je zajímavá doplňková technologie na úsporu energií, má však několik úskalí. První je vysoký výkon v letních měsících, který není kam hospodárně předat, při nahřátí akumulačních nádrží, nelze energii komunitně sdílet, musí být spotřebována v místě. Druhá nevýhoda, kapalina v panelech se při slunečním osvětlení neustále ohřívá nelze je jednoduše odpojit, jako fotovoltaické panely. Z těchto důvodů musí být výkon maximálně stejný, spíše výrazně nižší než maximální odběr.

Výhodou solární kolektorů je jejich relativní jednoduchost, a tedy dlouhá životnost, která by měla dosáhnout minimálně navrácení vložených prostředků. Celou dobu zde bude úspora ekologická, v podobě nespáleného plynu nebo uhlí a vypuštěného CO₂.

Roční úspora emisí CO₂ (1,17kg/kWh) – 31 922 kg
Roční úspora zemního plynu pro výrobu el. energie (1m³/10,55kWh) – 2 586 m³
Roční úspora uhlí pro výrobu el. energie (1,22kWh/kg) – 22 364 kg

5.2 Výsledky nového řešení úspory energii MŠ Větrov

Elektrická energie vyrobená z fotovoltaické elektrárny FVE-MŠ1, na střeše hlavní budovy a ze systému SMARTFLOWER bude primárně využívána pro vlastní spotřebu objektů. V případě naplnění okamžité spotřeby elektrické energie, bude přebytek energie ukládán do baterií v univerzálním bateriovém úložišti DES, v objektu Technických služeb města Jičína. Po naplnění kapacity úložiště DES, bude energie dodávána přes komunitní energetiku do dalších objektů města Jičína, nebo do distribuční sítě.

5.2.1 Fotovoltaická elektrárna FVE - MŠ1 na hlavní budově

Při použití 120 ks fotovoltaických panelů SunPower Maxeon SPR-MAX6-460-COM a systému SMARTFLOWER nám celkový roční výnos vychází na 46 806 kWh. Spotřeba elektrické energie v roce 2022 byla 53 967 kWh. (viz tab. č. 15). Pokrytí roční spotřeby tedy dosahujeme jen z 87 %. Logické by bylo zvětšit výkon FVE, není to však možné střecha hlavní budovy je pokrytá fotovoltaickými panely na maximum a střechu původní budovy nelze použít z důvodu nadměrného dodatečného zatížení.

Tabulka 21 Skutečná spotřeba el. energie 2022 a předpokládaný výnos FVE- MŠ1

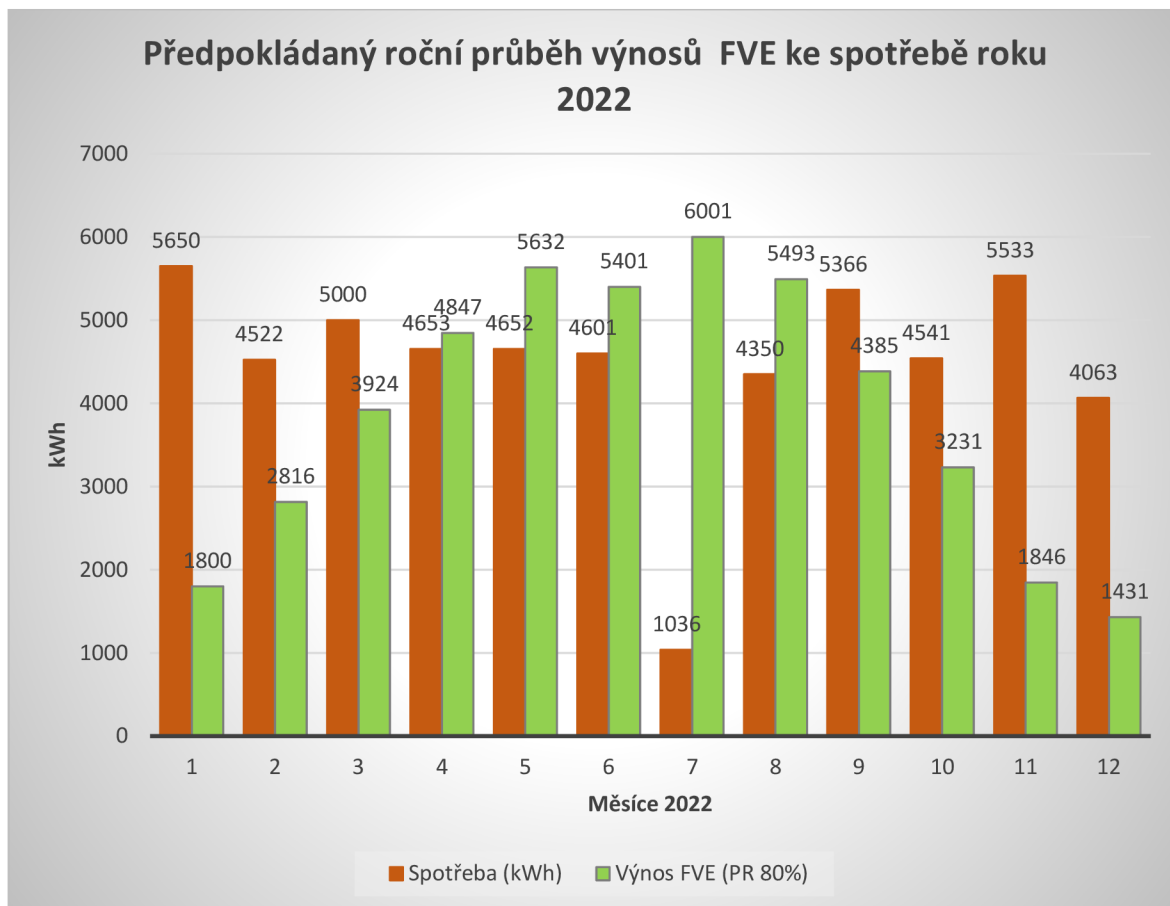
Rok 2022	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
Spotřeba (kWh)													
Hlavní budova	4259	3361	3774	3450	3590	3595	479	3600	4255	3450	4302	2897	41012
Stávající budova	1391	1161	1226	1203	1062	1006	557	750	1111	1091	1231	1166	12955
Spotřeba celkem	5650	4522	5000	4653	4652	4601	1036	4350	5366	4541	5533	4063	53967
Předpokládaný výnos FVE (kWh)	2250	3520	4905	6059	7039	6751	7501	6866	5482	4039	2308	1789	58508
Předpokládaný výnos FVE (PR 80%)	1800	2816	3924	4847	5632	5401	6001	5493	4385	3231	1846	1431	46806
Soběstačnost (%)	31,9	62,3	78,5	104,2	121,1	117,4	579,2	126,3	81,7	71,2	33,4	35,2	86,7

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady Fotovoltaika

I tak budeme schopni pokrýt spotřebu elektrické energie po většinu roku (viz graf č. 6). Od dubna do konce srpna pokryjeme spotřebu s rezervou, a i v březnu, září a říjnu dostaneme 70 – 80 % elektrické energie zpět. Zajímavostí na grafu je měsíc červenec, MŠ v Jičíně se přes prázdniny střídají v odstavce a v našem případě to bylo právě v červenci. Spotřeba byla

minimální a výkon FVE byl naopak maximální a přesáhl spotřebu téměř šestinásobně. Při začlenění plánovaného systému FVE do komunitní energetiky, to není problém a je možné přeměřovat výkon do jiných zařízení ve správě města Jičína.

Graf 6 Předpokládaný výnos FVE, ke spotřebě el. energie v roce 2022



Zdroj: Radek Orendáš – Vlastní graf, podklady Fotovoltaika (15)

5.2.2 Úspory a návratnost FVE - MŠ1, ekologický přínos

MŠ Větrov je příspěvkovou organizací města Jičína, proto i pro ni byla nasmlouvána výhodná sazba 4,12 Kč za kWh. Roční výnos fotovoltaické elektrárny FVE-MŠ1 je 46 806 kWh (viz. tab. č. 21). Minimální úspora je tedy v pokrytí současných nákladů na spotřebovanou energii 46 806 kWh x 4,12 Kč, tedy 192 841 Kč.

Pokrytí současných nákladů 46 806 kWh192 841 Kč

Rozpočet fotovoltaické elektrárny MŠ1 je 2 244 137 Kč (viz. tab. č. 17). S využitím dotace „Výzva RES+č.4/2022“ bude činit doplatek investice 846 442 Kč. (viz. tab. č.22) Návrh návratnosti vložených investic, při roční úspoře minimálně 192 841 Kč, bude 4,4 roku.

Energie vyrobená fotovoltaickou elektrárnou nešetří jen finanční prostředky, ale významně přispívá k ochraně přírody.

Roční úspora emisí CO₂ (1,17kg/kWh) – 54 763 kg

Roční úspora zemního plynu pro výrobu el. energie (1m³/10,55kWh) – 4 437 m³

Roční úspora uhlí pro výrobu el. energie (1,22kWh/kg) – 38 366 kg

5.3 Dotace

5.3.1 Modernizační fond

Evropská komise zřídila ve Směrnici 2003/87/ES na období 2021–2030 tzv. Modernizační fond, který nabízí členským státům Evropské unie miliardové investice na rozvoj nízkouhlíkových technologií, modernizaci energetických systémů a zlepšení energetické účinnosti.

Modernizační fond čerpá prostředky zejména z monetizace 2 % celkového počtu emisních povolenek v systému EU ETS na období 2021–2030. Zaměřuje se na tyto prioritní oblasti:

- výroba a využití energie z obnovitelných zdrojů,
- energetická účinnost,
- zařízení pro akumulaci a distribuci energie.

Evropská komise rovněž uvádí Modernizační fond ve strategickém balíčku opatření nazvaném Zelená dohoda, který představila koncem roku 2019. Modernizační fond je zde

uveden jako jeden z nástrojů zaměřujících se na oblast klimatu a energetiky, který přispěje k přechodu EU na udržitelnější hospodářství. (26)

5.3.2 Modernizační fond v České republice

Celková částka, která je dostupná pro Českou republiku, se odvíjí od cen na trhu emisních povolenek. Aktuální odhad částky pro léta 2021-2030 je 500 miliard korun. Prostředky jsou příjmem Státního fondu životního prostředí ČR. Prostřednictvím Modernizačního fondu se využijí rovněž výnosy z povolenek podle čl. 10c odst. 4 směrnice 2003/87/ES (tzv. derogační povolenky) a 50 % výnosů z povolenek podle čl. 10 odst. 2 písm. b) směrnice 2003/87/ES (tzv. solidární povolenky).

První standardní výzvy z Modernizačního fondu byly vypsány v roce 2021. Čerpání se předpokládá v následujících 10 letech. Dotace jsou otevřeny širokému spektru žadatelů. Do otevřených výzev se mohou hlásit zástupci veřejného i soukromého sektoru, obce, města, samosprávy, malé i velké podniky, fyzické osoby.

Dotace jsou postupně rozdělovány v 10 dotačních programech. Podpora míří na celou řadu energeticky úsporných opatření, od modernizace technologií v průmyslu a energetice, výstavbu fotovoltaických či větrných elektráren, přes energetické úspory v budovách až po modernizaci veřejného osvětlení nebo pořízení elektrobuses. (26)

5.3.3 Výzvy modernizačního fondu RES+č.4/2022

Výzva RES+č.4/2022 – Komunální FVE pro větší obce (energetická společenství)

Dotační výzva je určena pro větší obce, veřejné subjekty a subjekty vlastněné 100 % veřejným sektorem na pořízení fotovoltaických panelů na střechy a přístřešky veřejných i komerčních budov a veřejné pozemky. Žadatelé navíc budou moci dotací pokrýt náklady na zařízení na ukládání jak elektrické, tak tepelné energie a její řízenou spotřebu. (27)

Podpora pro:

- Instalace nových fotovoltaických elektráren (FVE) s instalovaným výkonem do 1 MWp (včetně) na jedno předávací místo do DS/PS.
- Sdružené projekty výstavby FVE, které zahrnují více dílčích projektů s více než jedním předávacím místem do DS/PS, umístěných na území žadatele a/nebo zřizovatele či majitele žadatele

Společně s poskytovanou podporou na instalaci FVE mohou být dále podpořeny:

- Systémy bateriové akumulace vyrobené elektřiny
- Systémy výroby vodíku elektrolýzou vody
- Systémy energetického managementu včetně řídicího softwaru a prvků pro optimalizaci výroby a spotřeby energie

Oprávnění žadatelé:

- Obce
- Samosprávné městské obvody a městské části
- Jimi zřízené příspěvkové organizace nebo jimi ze 100 % vlastněné právnické osoby a těmito plně vlastněné organizace a společnosti.

Způsob výpočtu podpory:

Stanovení celkové maximální výše podpory vychází z funkcí závislosti výše nákladů na instalovaném výkonu P_{int} (kWp) a případné kapacitě akumulace C_{bat} (kWh) či výkonnosti elektrolyzéry V_{H_2} (Nm³/h). Takto určená výše podpory zohledňuje veškeré náklady bezprostředně související s výstavbou FVE a akumulace elektřiny či její transformace na vodík. (27)

FV systémy na budovách a přístřešcích:

$$\text{Dotace}_{B-FVE_{\max}} = (-1\,092 \cdot \ln P_{\text{inst}} + 28\,657) \cdot P_{\text{inst}}$$

Systémy bateriové akumulace:

$$\text{Dotace}_{A_{\max}} = (-629,7 \cdot \ln C_{\text{bat}} + 25\,100) \cdot C_{\text{bat}}$$

Tabulka 22 Výčíslená dotace výzvy RES+č.4/2022

Výzva RES+č.4/2022 – Komunální FVE pro větší obce (energetická společenství)					
FVE	kWp	celkové náklady	dotace	doplatek	úspora (%)
FVE - TS1	49,58	1 856 740	1 209 663	647 077	65
FVE - TS2	38,64	1 603 724	953 295	650 429	59
FVE - MŠ1	57,7	2 244 137	1 397 695	846 442	62
Akumulace	kWh	celkové náklady	dotace	doplatek	úspora (%)
úložiště DES	70	2 160 000	1 566 579	372 6579	73

Zdroj: Radek Orendáš – vlastní tabulka, podklady RES+č.4/2022 (27)

6 Závěr

Využití energie z obnovitelných zdrojů má v dnešním světě řadu nezpochybnitelných a vyjádřitelných benefitů. Největším přínosem je ochrana životního prostředí, tím že každá energie vyrobená sluncem, vodou nebo větrem, ušetří tuny emisí skleníkových plynů, které se nevypustí do ovzduší při pálení uhlí či ropy. Další výhodou je zvyšování bezpečnosti dodávek energie a podpora průmyslového rozvoje založeného na znalostech. Využívání obnovitelných zdrojů energie také vytváří pracovní příležitosti a posiluje hospodářský růst, konkurenceschopnost a regionální rozvoj. V neposlední řadě nás osvobozuje od závislosti na dovážených surovinách z rizikových a politicky nestabilních zemí.

Cílem diplomové práce je využití technologie obnovitelných zdrojů, které vedou ke snížení energetické závislosti. Lze konstatovat, že technologie jsou připravené, mají potřebnou účinnost a dají se pořídit při rozumných investičních nákladech.

Na konkrétních případech v praktické části práce, bylo dosaženo velmi významných úspor elektrické energie a tím i dosažení úspor finančních.

Konkrétní úspora elektrické energie na objektech technických služeb města Jičína je na FVE-TS1 40 219 kWh/rok, na FVE-TS2 31 345 kWh/rok. Dohromady tedy 71 564 kWh ušetřené elektrické energie, při nasmlouvané ceně 4,12 Kč/kWh je finanční úspora 294 844 Kč. Je zde ještě použita technologie na ohřev TUV, ta má své limity i tak bude možné generovat výkon 27 284 kWh za rok a ušetřit na spotřebě 2 586 m³ zemního plynu, v ceně 27 929 Kč. Druhá případová studie se týká objektů Mateřské školy Větrov. Zde zamýšlená fotovoltaická elektrárna FVE-MŠ1, generuje 46 806 kWh za rok. Při nasmlouvané ceně 4,12 Kč/kWh dosahuje finanční úspora 192 841 Kč. Finanční úspory a použití dotací z modernizačního fondu, zajistí velmi dobrou návratnost vložených finančních prostředků. U FVE-TS1 3,9 roku, FVE-TS2 5 let a u FVE-MŠ1 4,4 roku.

Město Jičín má desítky objektů, na kterých by se daly postavit podobné fotovoltaické elektrárny, při využití komunitní energetiky může výkony nevyužité na jednom objektu použít v objektu druhém, přebytky skladovat v bateriových úložištích nebo prodat na spotovém trhu. Fotovoltaika má své limity, vyrábí jen přes den a je ovlivněna počasím, přesto s ní lze dosáhnout významných energetických a finančních úspor a zejména aktivně přispět k ochraně přírody a životního prostředí.

7 Seznam použitých zdrojů

1. **Akademie věd České republiky.** Udržitelná energetika. *Strategie AV21*. [Online] 2023. [Citace: 12. 8 2023.] <https://strategie.avcr.cz/programy/energetika>.
2. **Ciucci, Matteo.** Energetická politika: obecné zásady. *Fakta a čísla o Evropské unii*. [Online] 4 2023. [Citace: 12. 8 2023.] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/68/energeticka-politika-obecne-zasady>.
3. **Evropský parlament.** Energetická účinnost. *Fakta o evropské unii*. [Online] 4 2023. [Citace: 12. 8 2023.] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/69/energeticka-ucinnost>.
4. **Ministerstvo průmyslu a obchodu.** Východiska aktualizace Státní energetické koncepce ČR. [Online] 13. 4 2023. [Citace: 28. 6 2023.] <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vychodiska-aktualizace-statni-energeticke-koncepcce-cr-a-souvisejicich-strategickych-dokumentu--273672/>.
5. **O ENERGETICE.** Stát svou energetickou koncepci nepřehodnotí, důraz klade na jaderné zdroje. *OENERGETICE.cz*. [Online] 21. 2 2023. [Citace: 2. 7 2023.] <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/stat-svou-energetickou-koncepci-neprehodnoti-duraz-klade-na-jaderne-zdroje>.
6. **ZAMOUŘIL, Jakub a KRČÁL, Jan.** Jak se stanovuje cena elektřiny. *Fakta o klimatu*. [Online] 16. 5 2023. [Citace: 5. 7 2023.] <https://faktaoklimatu.cz/explainery/cena-elektriny-na-trhu>.
7. **Energetický regulační úřad.** *Energetické regulační věstníky*. [Online] 1. 4 2023. [Citace: 5. 7 2023.] <https://www.eru.cz/energeticke-regulacni-vestniky>.
8. **KRÝŽOVÁ, Sofie.** Přehledně: Jak si můžete se sousedy "půjčit" elektřinu a vydělat na tom. [Online] 21. 6 2023. [Citace: 1. 7 2023.] https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-prehledne-jak-si-muzete-se-sousedy-pujcit-elektrinu-a-vydelat-na-tom-232795#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=zpravy.sznhp.box&source=hp&seq_no=4&utm_campaign=abtest228_personal_layout_3_varA&utm_medium=
9. **Ministerstvo průmyslu a obchodu.** LEX OZE II - komunitní energetika. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 1. 3 2023. [Citace: 1. 7 2023.] https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2023/3/02_LEX-OZE-II_komunitni-energetika.pdf.
10. **KRÝŽOVÁ, Sofie.** Elektřinu bude sdílet jen 1000 odběratelů. Zatím to stačí, vláda slibuje víc. [Online] 15. 6 2023. [Citace: 1. 7 2023.] https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-firmy-elektrinu-bude-sdilet-jen-1000-odberatelu-zatim-to-staci-vlada-slibuje-vic-232575#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=zpravy.sznhp.box&source=hp&seq_no=4&utm_campaign=abtest223_presun_radio_boxiku_varB&
11. **HOJNÍK Jana, RUZZIER Mitja, FABRIOVÁ Stephanie, KLOPČÍČ Alena.** Co dáte, to dostanete: Ochota platit za zelenou energii. *sciencedirekt-com. infozdroje.czu.cz*. [Online] 7. 5 2021. [Citace: 25. 6 2023.] <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0960148121005553?via%3Dihub>.
12. **ZORIČOVÁ Jelena, HOROVADIN Nevenka.** Ochota domácností platit za zelenou elektřinu ve Slovinsku. *Sciencedirekt-com.infozdroje.czu.cz*. [Online] 31. 5 2012. [Citace: 25. 6 2023.] <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0301421512003606>.

13. **EDER, Ivan.** 140 let se solárními panely. [Online] 2023. [Citace: 4. 7 2023.] https://native.seznamzpravy.cz/140-let-se-solarnimi-panely/?utm_source=Seznam&utm_medium=HP_F_2.
14. **HASELHUHN, Ralf a MAULE, Petr.** *Fotovoltaické systémy*. Plzeň : Česká fotovoltaická asociace, 2017. str. 800. 978-80-9062281-5-1.
15. **HASELHUHN, Ralf.** *Photovoltaik - Gebaude liefern Storm*. Bonn : FIZ Karlsruhe, 2013. str. 176. 978-3-8167-8737-2.
16. **HAUSEROVÁ, Eva.** *Encyklopedie soběstačnosti pro 21. století*. Praha : Triton, 2022. 978-80-7684-060-7.
17. **BCE.** Baterie pro fotovoltaiku - typy, výhody, nedostatky. *bce.cz*. [Online] 8. 4 2022. [Citace: 16. 7 2023.] <https://www.bce.cz/baterie-pro-fotovoltaiku-typy-vyhody-nedostatky/>.
18. **TRNAVSKÝ, Jiří.** Ukládání energie do písku. *Energie21*. [Online] 19. 4 2022. [Citace: 17. 7 2023.] <https://energie21.cz/technologie-ukladani-elektriny-do-pisku/>.
19. **POJAR, Petr.** Gravitační baterie v Česku může být realitou. Jak využije gravitaci k uložení energie? *Českéstavby.cz*. [Online] 23. 2 2023. [Citace: 17. 7 2023.] <https://www.ceskestavby.cz/clanky/gravitacni-baterie-v-cesku-muze-byt-realitou-jak-vyuzije-gravitaci-k-ulozeni-energie-31750.html>.
20. **STEJSKALOVÁ, Helena.** Solární panely ušetří 60% energie na teplou vodu. *drevostavitel.cz*. [Online] 10. 1 2019. [Citace: 20. 7 2023.] <https://www.drevostavitel.cz/clanek/solarni-panely-na-drevostavbe-usetri-60-energie-na-teplou-vodu>.
21. **CZECH NATURE ENERGY.** Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění. *CNE.cz*. [Online] 10. 7 2023. [Citace: 20. 7 2023.] <https://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termicky-systemu/>.
22. **Technické služby města Jičína.** TS - služby. *TS Technické služby města Jičína*. [Online] 2023. [Citace: 26. 7 2023.] <https://tsjc.cz/#>.
23. **VONDRÁKOVÁ, Lenka.** Charakteristika. *Větrov mateřská škola*. [Online] 2023. [Citace: 26. 7 2023.] <https://msvetrov.jicin.cz/charakteristika>.
24. **Das, Rodoshi.** Smartflower: Inteligentní a krásné solární panely. *All Sustainable Solutions*. [Online] 24. 8 2020. [Citace: 26. 8 2023.] <https://allsustainable-solutions.com/smart-flower/>.
25. **SMARTFLOWER.** *Smartflower*. [Online] 2023. [Citace: 27. 8 2023.] <https://smartflower.com/products/>.
26. **STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY.** SFŽP ČR. *O modernizačním fondu*. [Online] 2023. [Citace: 28. 8 2023.] <https://www.sfzp.cz/o-modernizacnim-fondu/>.
27. **STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR.** SFŽP ČR. *Výzva RES+ č.4/2022 - Komunální FVE pro větší obce*. [Online] 2023. [Citace: 28. 8 2023.] <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/modernizacni-fond/vyzvy/detail-vyzvy/?id=18>.

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Celosvětové rozložení ročního oslunění v kWh/m ² /rok	32
Obrázek 2 Mapa slunečního záření v ČR v kWh/m ² /rok	32
Obrázek 3 Konstrukce a přeměna energie v krystalickém křemíkovém solárním článku...34	
Obrázek 4 Energetická bilance krystalického křemíkového FV článku	35
Obrázek 5 Druhy solárních článků	36
Obrázek 6 Konstrukce solárního kolektoru	47
Obrázek 7 Hlavní budova TS Jičín	50
Obrázek 8 Areál TS Jičín – letecký snímek	51
Obrázek 9 Fotovoltaický panel SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM	54
Obrázek 10 Univerzální kontejnerové úložiště DES	56
Obrázek 11 Solární kolektor TS 400	57
Obrázek 12 Umístění FV panelů a úložiště DES na ad. budovu a dílny TS	60
Obrázek 13 Umístění FV panelů na budovu dopravy TS	65
Obrázek 14 Umístění solárních kolektorů na budovu dopravy TS Jičín	69
Obrázek 15 Mateřská škola Větrov	71
Obrázek 16 Mateřská škola Větrov – letecký snímek	72
Obrázek 17 Fotovoltaický panel SunPower Maxeon SPR-MAX6-COM	75
Obrázek 18 Solární květina (SmartFlower)	76
Obrázek 19 Umístění FV panelů na hlavní budově + Smartflower na zahradě MŠ	78

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Výroba a spotřeba elektřiny v ČR	19
Tabulka 2 Hlavní typy zdrojů elektřiny v ČR	20
Tabulka 3 Seznam zdrojů podle jejich nejnižší ceny	21
Tabulka 4 Struktura nákladů elektráren	23
Tabulka 5 Porovnání účinnosti solárních článků	36
Tabulka 6 Spotřeba zemního plynu TS Jičín	53
Tabulka 7 Spotřeba elektrické energie TS Jičín	53
Tabulka 8 Roční výnos FVE na ad. budově a dílnách TS	61
Tabulka 9 Rozpočet prací a materiálu na FVE (TS1)	61
Tabulka 10 Roční výnos FVE – TS2 na budově dopravy TS	65
Tabulka 11 Rozpočet prací a materiálu na FVE TS-2	66
Tabulka 12 Roční výnos solárních kolektorů na TS	69
Tabulka 13 Rozpočet prací a materiálu solárních kolektorů na ohřev TUV	70
Tabulka 14 Spotřeba zemního plynu MŠ Větrov	73
Tabulka 15 Spotřeba elektrické energie MŠ Větrov	74
Tabulka 16 Roční výnos FVE MŠ-1 na hlavní budově	79
Tabulka 17 Rozpočet prací a materiálu FVE MŠ-1	80
Tabulka 18 Spotřeba el. energie v roce 2022 a předpokládaná výroba FVE (TS1)	83
Tabulka 19 Spotřeba el. energie v roce 2022 a předpokládaná výroba FVE (TS2)	86
Tabulka 20 Spotřeba plynu v roce 2022 a předpokládaný výnos kolektorů TUV	88

Tabulka 21 Skutečná spotřeba el. energie 2022 a předpokládaný výnos FVE- MŠ1.....	91
Tabulka 22 Vyčíslená dotace výzvy RES+č.4/2022.....	96

8.3 Seznam grafů

Graf 1 Průběh spotřeby ve dnech ročního maxima (MW).....	18
Graf 2 Vývoj cen baterii v USD za kWh	40
Graf 3 Předpokládaný průběh výnosů FVE (TS1), ke spotřebě el. energie za rok 2022.....	84
Graf 4 Předpokládaný průběh výnosů FVE (TS2), ke spotřebě el. energie za rok 2022.....	87
Graf 5 Předpokládaný výnos kolektorů TUV, ke spotřebě plynu za rok 2022.....	89
Graf 6 Předpokládaný výnos FVE, ke spotřebě el. energie v roce 2022	92