

Zpráva – 2021-005-Z

Zprávu vydal:

Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická – Katedra elektrotechnologie
Technická 2
166 27 Praha 6 - Dejvice
IČO: 68407700

Zákazník:

Státní fond životního prostředí ČR
IČO: 00020729
Kontaktní údaje: Olbrachtova 2006/9
140 00 Praha 4

Zakázka: 2021-02-23/01
Číslo DHČ: 13395 830 8302101C047
Počet stran: 8

Zprávu sepsal(a): **Ing. Ladislava Černá, Ph.D.**

Zprávu schválil(a): **Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.**

Zprávu uvolnil(a): **Ing. Ladislava Černá, Ph.D.**

Datum vydání zprávy:

25/6/2021

Jednotkové náklady – fotovoltaické systémy a akumulace

1 Metodika stanovení

Předpokládané jednotkové náklady vychází z dat dostupných v době zpracování tohoto dokumentu. Přestože diskutované systémy budou ve výstavbě (resp. budou uvedeny do provozu) až řádově za několik let, není možné počítat s poklesem cen technologií. Toto je způsobené faktem, že pokud má vzniknout v ČR relativně velké množství instalovaného výkonu z komponent vyšší střední třídy, tak tyto komponenty musí dodavatelé zajistit, tzn. moduly instalované za tři roky, se kupují za současnou cenu – tzv. zasmluvněná cena. Tzn. cena je dána okamžikem objednání, nikoliv datem skutečné platby.

Z důvodu probíhající pandemie COVID-19 a také záplavám v Číně, která je majoritním hráčem na trhu s klíčovými komponenty fotovoltaických systémů (včetně akumulace), jsou ceny komponent víceméně neměnné od roku 2020. Studie reflektující konec roku 2019 a rok 2020 jsou tudíž také brány v potaz.

Náklady vychází z těchto studií:

- World Energy Outlook 2020 – vydavatel IEA
- Studie NREL – Q4 2019 + Q1 2020 – Solar Industry Update
- Studie Lazard - LAZARD'S LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS—VERSION 14.0
- Studie Lazard - Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis v6.0
- Studie IRENA - Renewable Power Generation Costs in 2019
- NREL analýzy CAPEX
- World Bank studie - FLOATING SOLAR MARKET REPORT (2018)
- Analýzy dat z předregistračních žádostí
- MONGIRD, Kendall, Vilayanur VISWANATHAN, Patrick BALDUCCI, Jan ALAM, Vanshika FOTEDAR, Vladimír KORITAROV a Boualem HADJERIOUA, 2020. An Evaluation of Energy Storage Cost and Performance Characteristics. *Energies* [online]. 13(13). ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en13133307
- SCHINDELE, Stephan, Maximilian TROMMSDORFF, Albert SCHLAAK, et al., 2020. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy* [online]. 265. ISSN 03062619. Dostupné z: doi:10.1016/j.apenergy.2020.114737
- Konzultací s dodavateli a investory

a údajů na stránkách:

- <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-do-solar-batteries-cost/>
- <https://www.pv-magazine.com/2020/10/07/floating-solar-nearing-price-parity-with-land-based-us-solar/>

2 Porovnání nákladů

	IEA	NREL	Lazard	IRENA	World Bank	Internet	Schin dele	Mongi rd	Mod Fond	Konzultace	Stanovené náklady - očekávané	Stanovené náklady - maximální			
	CAPEX (Kč/kWp)														
střešní systémy (>100 kW_p, < 1 MW_p)	0	59 701	55 626	0	36 261	0	0	0	0	21 425	23 000	0	23 000	25 500	
střešní systémy (> 1 MW_p)	0	37 892	35 248	0	24 894	0	0	0	0	20 000	22 000	0	22 000	24 500	
pozemní systémy (<1 MW_p)										22 500			22 500	25 000	
pozemní systémy (>1 MW_p)	18 505	20 708	18 175	0	19 805	0	0	0	19 586	0	20 000	20 000	21 000	20 000	22 000
Agrofotovoltaika	0	0	0	0	0	0	0	0	33 911	0	24 737	0	0	25 000	37 500
plovoucí fotovoltaika	0	0	0	0	0	25 114	22 977	0	0	0	25 714	0	0	25 000	27 500
baterie menší (stovky kWh)	0	0	7 711	18 351	0	0	17 624	28 639	0	0	0	0	0	20 000	22 000
baterie střední (jednotky MWh)	0	0	7 028	12 667	0	0	0	0	0	10 332	18 000	12 000	21 500	19 000	21 000
baterie větší (desítky - stovky MWh)	8 261	0	3 987	10 464	0	0	0	0	0	0	10 000	20 000		18 000	20 000

Tabulka 1: Náklady na jednotku výkonu – Kč/kW_p pro fotovoltaiku, Kč/kWh pro jmenovitou kapacitu bateriového úložiště. Údaje ze zahraničních zdrojů jsou přepočítány z USD na Kč kurzem 1 USD = 22,03 Kč.

2.1 Komentář ke stanoveným nákladům

U menších střešních systémů je ve studiích patrná velká variabilita nákladů, která je způsobená pravděpodobně započítáním systémů s odlišnou konstrukcí (různé technologie včetně BIPV). Z tohoto důvodu lze očekávat nižší náklady, než které ukazují zahraniční studie. Data získaná z předrealizační výzvy ukazují na náklady okolo 21 500 Kč/kW_p. Tyto náklady však vychází z údajů zaslaných také uchazeči z části 10c, kteří budou mít zcela jiné postavení oproti běžným instalačním firmám, které se víceméně specializují pouze na střešní systémy. Z okruhu non10c uchazečů lze tudíž očekávat vyšší náklady, cca 23 000 Kč/kW_p.

U větších střešních systémů je již situace vyrovnanější a lze očekávat výdaje mírně nižší, cca 22 000 Kč/kW_p.

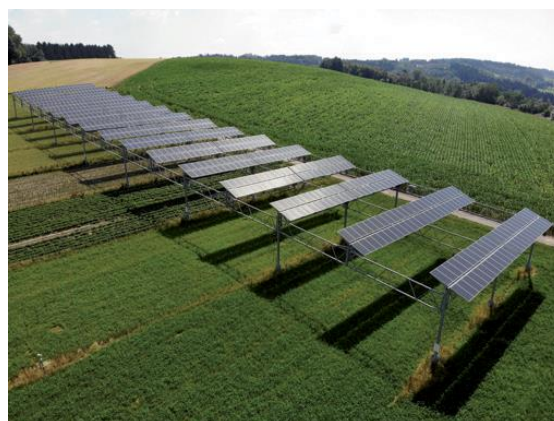
Pozemní systémy do 1 MW_p nelze porovnávat se zahraničními studiemi, protože takto malé systémy se jako pozemní systémy objevují méně často. Ani v ČR nelze očekávat, že by tyto systémy stavěli uchazeči ze skupiny 10c, tudíž i náklady jsou vyšší, jelikož budou realizovány převážně menšími instalačními firmami. Lze tedy očekávat náklady srovnatelné se střešními instalacemi, cca 22 500 Kč/kW_p.

Větší pozemní systémy jsou trendem současných instalací. To je patrné i z porovnání údajů ze studií a z předrealizační výzvy, které se víceméně potkávají. Lze očekávat náklady okolo 20 000 Kč/kW_p. Mírně vyšší náklady (podle průzkumů cca 21 000 Kč/kW_p) budou u největších systémů (náklady na přípojku, transformátor, vedení, apod.).

Speciální skupinu tvoří agrofotovoltaika, se kterou v ČR prakticky nejsou zkušenosti. Agrofotovoltaiku lze chápat jako systém instalovaný na pozemcích patřících do zemědělského půdního fondu (ZPF), které budou i nadále sloužit pro zemědělskou výrobu, aniž by ze ZPF byly vyjmuty (tzn. nejedná se o instalace semitransparentních modulů např. na skleníku – skleník = budova). Agrofotovoltaiku lze rozdělit na dvě základní skupiny – svislé řady modulů a vyvýšené konstrukce – viz následující foto.



Vertikální agrivoltaika (Next2Sun GmbH)



Vyvýšené konstrukce

(https://www.laborelec.com/wp-content/uploads/2020/06/Fraunhofer_ISE.png)

V prvním případě lze očekávat náklady okolo 25 000 Kč/kW_p. Tento způsob bude pravděpodobně upřednostněn, ačkoliv výnosy z fotovoltaiky jsou pak v porovnání s druhou variantou nižší (zhruba o třetinu), a to s ohledem na investiční náklady (CAPEX). U druhé varianty jsou investiční náklady oproti



běžné fotovoltaice vyšší zhruba o 50 %. Z tohoto důvodu je vhodné umožnit (alespoň v budoucnu) dotovat i tyto systémy – vyšší max. možné jednotkové náklady.

Plovoucí fotovoltaika má proti pozemním systémům nižší provozní náklady a mírně vyšší výnosy (chladnější moduly díky instalaci na vodní ploše). Z hlediska CAPEX jsou tyto systémy dražší o 15 % oproti klasickým systémům. Vzhledem k tomu, že se bude jednat o pilotní projekty, lze očekávat spíše vyšší náklady, tzn. cca 25 000 Kč/kW_p.

Cena za akumulaci je značně variabilní. Kromě ceny samotných baterií je nutné započítat řadu dalších komponent (měnič, BMS, rozvodnu, řídicí systém apod.). Dalším aspektem je samotná velikost systému, která celou situaci komplikuje. U bateriových úložišť jsou poměrně vysoké fixní náklady. Vzhledem k tomu, že lze dle předrealizační výzvy očekávat spíše baterie v řádu stovek kWh až jednotek MWh, budou se i náklady na akumulaci pohybovat okolo 19 000 Kč/kWh.

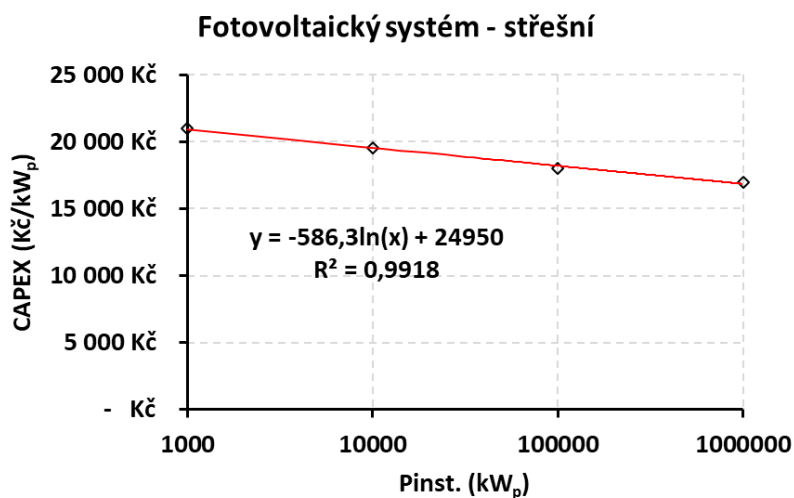
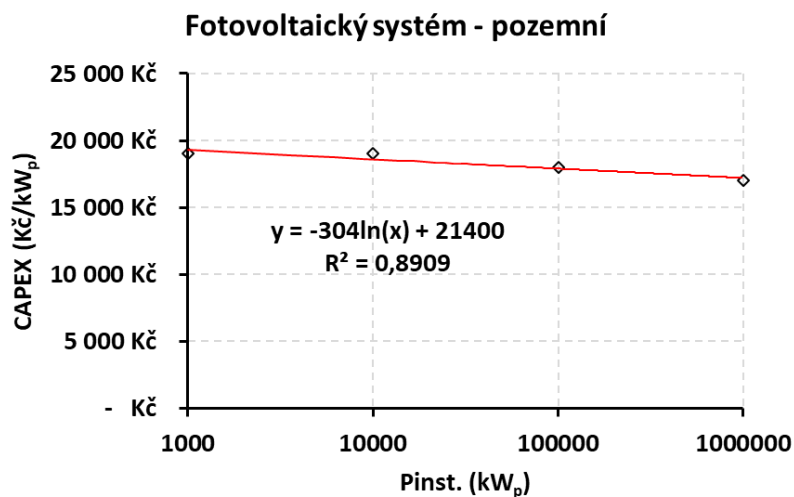
3 Maximální míra podpory pro systémy nad 1 MW_p

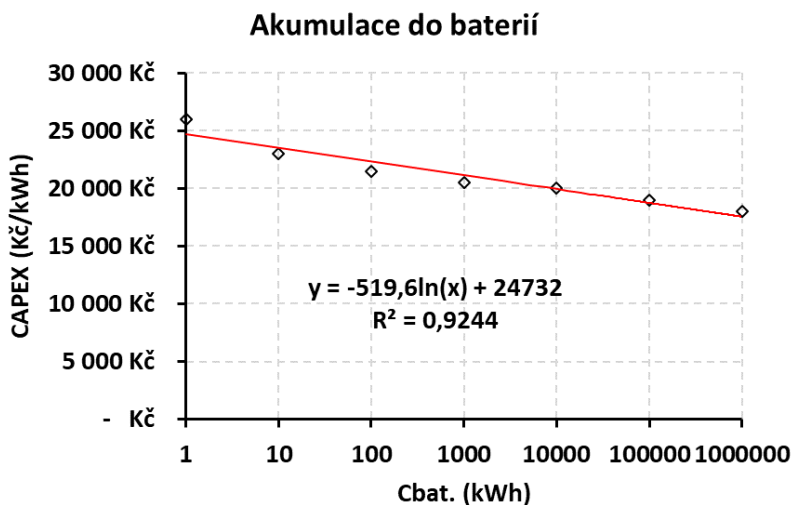
Uvažované míry podpory:

- Systémy nad 1 MW_p bez akumulace – 35 % nákladů na systém (uznatelné výdaje nepočítají referenční variantu, resp. uvažují jako nulovou)
- Systémy s akumulací – 50 % nákladů na akumulaci a 35 % na PV systém (uznatelné výdaje nepočítají referenční variantu, resp. uvažují jako nulovou)
- Agrofotovoltaika a plovoucí fotovoltaika – 50 % uznatelných výdajů očištěných o referenční variantu.

3.1 Nákladové funkce pro pozemní a střešní FVE a akumulaci

Z předpokládaných výdajů a průzkumu trhu byly stanoveny křivky závislosti výše nákladů na instalovaném výkonu, resp. kapacitě. Celková maximální výše podpory je stanovena pomocí funkce závislosti výše nákladů na instalovaném výkonu ($P_{inst.}$), resp. kapacitě akumulace ($C_{bat.}$). Jednotkové dotace jsou určeny podle níže uvedených vzorců:





Maximální dotace na pozemní fotovoltaický systém s výkonem $P_{inst.}$ v kW_p

$$Max. dotace = 0,35 \cdot [-304 \cdot \ln(P_{inst.}) + 21\,400] \cdot P_{inst.}$$

Maximální dotace na střešní fotovoltaický systém s výkonem $P_{inst.}$ v kW_p

$$Max. dotace = 0,35 \cdot [-586,3 \cdot \ln(P_{inst.}) + 24\,950] \cdot P_{inst.}$$

Maximální dotace na systém akumulace energie s využitelnou kapacitou $C_{bat.}$ v kWh v případě akumulátorů (lithiové akumulátory, průtočné baterie, apod.)

$$Max. dotace = 0,5 \cdot [-519,6 \cdot \ln(C_{bat.}) + 24\,732] \cdot C_{bat.}$$

Maximální dotace na ostatní typy akumulace (např. vodík) – 50 % ze způsobilých výdajů.

3.2 Kalkulace alternativní investice

Kalkulace alternativní investice slouží k určení výše způsobilých výdajů projektu dle nařízení komise č. 651/2014, článku 41, bodu 6, písm. b):

"Ize-li náklady na investici do výroby energie z obnovitelných zdrojů určit na základě srovnání s podobnou investicí, která je méně šetrná k životnímu prostředí a která by byla pravděpodobně realizována, kdyby nedošlo k poskytnutí podpory, tento rozdíl mezi náklady na obě investice vymezuje náklady související s výrobou energie z obnovitelných zdrojů a představuje způsobilé náklady; "

Jelikož se jedná o omezení způsobilých výdajů na část výroby, je alternativní investice vztažena pouze k nákladům spojeným s výstavbou FVE bez uvažování akumulace.

Ke kalkulaci byly použity údaje z analýzy Lazard: <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf>, konkrétně hodnoty pro CAPEX a kapacitní faktor Diesel agregátu a CCG. Vzhledem k faktu, že alternativní investicí by byla realizována pouze nejlepší řešení, byly použity i odpovídající krajní hodnoty. Hodnoty byly zaokrouhleny na mil. Kč po přepočtu z USD na CZK.

Units	Diesel Reciprocating Engine		Gas Combined Cycle	
Total Capital Cost ⁽¹⁾	\$/kW	\$500 - \$800	\$700 - \$1,300	
Fixed O&M	\$/kW-yr	\$10.00	\$6.20 - \$5.50	
Variable O&M	\$/MWh	\$10.00	\$3.50 - \$2.00	
Heat Rate	Btu/kWh	9,500 - 10,000	6,133 - 6,900	
Capacity Factor	%	95% - 10%	80% - 40%	

Jako referenční varianta pro FVE do 10 MW_p je uvažován dieselaagregát. Výroba fotovoltaického systému je uvažována jako 1 000 kWh/kW_p, se stárnutím 0,6 % ročně. Příklad výpočtu pro systém s Pinst. 1 kW_p a skutečnými náklady na pořízení systému 20 000 Kč/kW_p.

Alternativní investice 0-10 MW _p - Diesel agregát	
CAPEX (Kč/1 MW)	11 000 000,00
CAPEX na ekv. instalovaný FVE výkon (Kč)	11 000,00
kapacitní faktor (%)	95,00
Roční výroba agregátu (MWh/rok/MW)	8 322,00
Výroba agregátu za 20 let (MWh/MW)	166 440,00
Výroba agregátu za 20 let - ekvivalentní instalovaný výkon k FVE (MWh)	166,44
Výroba FVE za 20 let (MWh)	18,90
Alikvotní CAPEX vzhledem k fotovoltaice (Kč)	1 249,10
Neuznatelné výdaje (Kč/systém)	1 249,10 Kč

Pro FVE s instalovaným výkonem nad 10 MW_p je jako referenční varianta uvažována paroplynová turbína (CCG). Příklad výpočtu pro systém s Pinst. 10 MW_p a skutečnými náklady na pořízení systému 20 000 Kč/kW_p.

Alternativní investice > 10 MW _p - CCG	
CAPEX (Kč/1 MW)	15 000 000,00
CAPEX na ekv. instalovaný FVE výkon (Kč)	150 000 000,00
kapacitní faktor (%)	80,00
Roční výroba CCG (MWh/rok/MW)	7 008,00
Výroba CCG za 20 let (MWh/MW)	140 160,00
Výroba CCG za 20 let - ekvivalentní instalovaný výkon k FVE (MWh)	1 401 600,00
Výroba FVE za 20 let (MWh)	189 000,13
Alikvotní CAPEX vzhledem k fotovoltaice (Kč)	20 226 897,77
Neuznatelné výdaje (Kč/systém)	20 226 897,77 Kč