

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**TOMÁŠ
BLÁHA**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bláha** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **484053**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav energetiky**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Energetika a procesní technika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Česká republika bez energie z uhlí

Název bakalářské práce anglicky:

Pokyny pro vypracování:

Práce má za cíl navrhnout možné varianty složení zdrojů elektrické energie v ČR v horizontu roku 2040 bez využívání primární energie v podobě hnědého nebo černého uhlí. Práce bude obsahovat tyto body:

- 1) Analýza současného stavu energetického mixu ČR ve výrobě elektrické energie, skladba zdrojů elektrické energie a instalovaných výkonů, výroby a vývoje spotřeby elektrické energie
- 2) Vyhodnocení potenciálu obnovitelných zdrojů energie relevantních pro ČR na základě literární rešerše a veřejně dostupných dat, vyhodnocení vývoje instalovaného výkonu OZE v ČR.
- 3) Návrh alespoň 4 scénářů možné skladby zdrojů elektrické energie k roku 2040 s respektováním vyhodnocených koeficientů výkonu a využití jednotlivých zdrojů a technicky možného vývoje jejich instalovaného výkonu
- 4) Stručné zhodnocení scénářů ve vztahu k možným trendům vývoje spotřeby elektrické energie a z hlediska potenciálních rizik

Seznam doporučené literatury:

Dle pokynů vedoucího práce.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Hrdlička, Ph.D. ústav energetiky FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **03.06.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2023**

prof. Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Česká republika bez energie z uhlí“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jana Hrdličky, Ph.D. Práci jsem vypracoval s využitím uvedené literatury v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při tvorbě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne

.....
Tomáš Bláha

Anotační list

Jméno autora:	Tomáš Bláha
Název BP:	Česká republika bez energie z uhlí
Anglický název:	Czech Republic without coal energy
Akademický rok:	2021/2022
Ústav:	Ústav energetiky 12115
Vedoucí BP:	prof. Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 73 Počet obrázků: 16 Počet tabulek: 44 Počet příloh: 1
Klíčová slova:	výroba elektrické energie v ČR, obnovitelné zdroje energie, scénáře vývoje energetického mixu, ukončení využití energie z uhlí
Keywords:	electric energy production in Czech Republic, renewable energy sources, scenario of energy mix development, termination of coal energy use
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá možnými variantami složení zdrojů elektrické energie v České republice v horizontu do roku 2040, bez využívání primární energie hnědého a černého uhlí. V teoretické části práce je analyzován současný energetický mix České republiky a vyhodnocen potenciál obnovitelných zdrojů energie relevantních pro Českou republiku. Praktická část se věnuje návrhu skladby zdrojů eklektické energie a následnému zhodnocení variant ve vztahu k možným trendům vývoje spotřeby elektrické energie.
Abstract:	The bachelor thesis is dealing with possible composition of electrical energy sources in the Czech republic until the year 2040 without using primary energy from black and brown coal. In the theoretical part of the work there is being analyzed present energy mix of the Czech republic and evaluated the potential of renewable energy sources for Czech republic. The practical part is dealing with proposition of the possible composition of electrical energy sources and also the evaluation of the possible variants in the future trends of the electrical energy consumption.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Současný stav energetického mixu České republiky ve výrobě elektrické energie	11
2.1	Vývoj energetického mixu České republiky	12
2.2	Typy zdrojů elektrické energie v České republice.....	13
2.3	Současná struktura instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie v České republice.....	14
2.4	Konečná spotřeba elektřiny a bilance přeshraničních toků.....	16
2.5	Vývoj výroby elektrické energie a bilance přeshraničních toků.....	17
3	Potenciál obnovitelných zdrojů v České republice a vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů	18
3.1	Potenciál biomasy	18
3.1.1	Energetický potenciál biomasy ze zemědělské půdy při pěstování biomasy 1. generace	20
3.1.2	Energetický potenciál biomasy ze zemědělské půdy při pěstování biomasy 2. generace	21
3.1.3	Současné a minulé využívání biomasy	23
3.1.4	Stanovení využitelného energetického potenciálu biomasy	24
3.2	Potenciál vodní energie	25
3.3	Potenciál větrné energie	26
3.4	Potenciál solární energie	29
3.4.1	Potenciál instalací fotovoltaických zdrojů na zemědělskou plochu	29
3.4.2	Potenciál instalací fotovoltaických zdrojů na budovy a brownfieldy	30
3.5	Potenciál geotermální energie	33
3.6	Vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů	34
4	Podmínky při tvorbě scénářů náhrady energie z uhlí	35
4.1	Doba trvání realizace scénářů a odstup od užívání uhlí.....	35
4.2	Trendy spotřeby elektrické energie.....	35

4.3	Metodiky použité pro výpočet výroby elektrické energie ve scénářích náhrady energie z uhlí.....	37
4.3.1	Koeficient výkonu.....	38
4.3.2	Koeficient využití	40
4.3.3	Výpočet netto výroby elektrické energie	42
4.3.4	Obnovitelné zdroje ve scénářích.....	43
4.3.4.1	Bioplyn	46
4.3.4.2	Biomasa	49
4.3.4.3	Zachování současného využívání biomasy	50
5	Scénáře složení instalovaného výkonu bez uhelných zdrojů.....	51
5.1	Jaderný scénář	51
5.2	Scénář s vysokým využíváním obnovitelných zdrojů.....	53
5.3	Plynový scénář	57
5.4	Scénář importu elektrické energie.....	61
5.5	Optimalizační scénář	63
6	Diskuse výsledků	65
7	Závěr	68
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	69
	Seznam příloh	73
9	Přílohy.....	73

Seznam symbolů

C	[%]	podíl vlastní spotřeby elektřiny na celkové výrobě elektřiny
C_e	[MWh]	vlastní spotřeba elektřiny
E	[GWh]	roční výroba elektrické energie
E_{Bp}	[GWh]	brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie bioplynu
E_{Sp}	[GWh]	brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie biomasy vhodné pro spalování
G_b	[GWh]	výroba elektřiny brutto
k_c	[-]	koeficient využití
k_v	[GWh/MWe]	koeficient výkonu
p	[-]	perioda klouzavého průměru
P_{ins}	[MWe]	instalovaný výkon
$P_{inst kv}$	[MWe]	instalovaný elektrický výkon pro vyrobené množství elektřiny E_{Bp} stanovený pomocí koeficientu výkonu
$P_{inst kc}$	[MWe]	instalovaný elektrický výkon pro vyrobené množství elektřiny E_{Bp} stanovený pomocí koeficientu využití
P_{Bp}	[PJ]	celkový dostupný energetický potenciál bioplynu z APB v závislosti na využití zemědělské půdy
$P_{inst Bp}$	[MWe]	navýšení instalovaného elektrického výkonu bioplynových stanic
P_{Sp}	[PJ]	celkový dostupný energetický potenciál biomasy pro spalování z APB
$P_{inst Sp}$	[MWe]	navýšení instalovaného elektrického výkonu parních elektráren spalující biomasu
P_{zp}	[GWh]	energie zemního plynu
η_{el}	[%]	účinnost výroby elektrické energie
η_{Bp}	[%]	účinnost přeměny primární energie bioplynu na energii elektrickou
η_{Bs}	[%]	účinnost přeměny primární energie biomasy pro spalování na energii elektrickou

Seznam zkratek

APB	Akční plán pro biomasu
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
ČSÚ	Český statistický úřad
FVE	fotovoltaické elektrárny
JE	jaderné elektrárny
MVE	malá vodní elektrárna
OZE	obnovitelné zdroje energie
PE	parní elektrárny
PPE	paroplynové elektrárny
PSE	plynové a spalovací elektrárny
PVE	přečerpávací vodní elektrárny
SMA	simple moving average (jednoduchý klouzavý průměr)
VE	vodní elektrárny
VtE	větrné elektrárny

1 Úvod

Energie uhlí je dlouhodobě dominantním zdrojem elektrické energie v České republice i přesto, že množství vyrobené elektřiny z uhlí se každoročně snižuje. Stále více se na výrobě elektrické energie podílí obnovitelné zdroje a zemní plyn, i přes to elektřina vyrobená z uhlí tvoří více než třetinu veškeré v tuzemsku vyrobené elektrické energie. V současné době stále více roste tlak o nahrazení fosilních paliv a snížení emisí skleníkových plynů. Evropská unie si stanovila cíl snížit emise skleníkových plynů o 40 % do roku 2030, do roku 2050 by pak měla být klimaticky neutrální.[1] [2] [3]

Z výše uvedených informací je patrné, že dříve či později musí být ukončeno využívání uhelné energie v České republice. Je nutné najít vhodný způsob, jak nahradit onu více než jednu třetinu elektřiny vyrobené z uhlí realizovatelným způsobem v České republice a zároveň bez ohrožení energetické nezávislosti.

Práce se zabývá možnými variantami složení zdrojů elektrické energie v České republice v horizontu roku 2040 bez využívání primární energie v podobě uhlí. Nejdříve je provedena analýza současného energetického mixu v České republice ve výrobě elektrické energie, dále vyhodnocení potenciálu obnovitelných zdrojů energie relevantních pro Českou republiku. Praktická část se zabývá návrhem pěti možných scénářů skladby zdrojů elektrické energie do roku 2040 bez využívání primární energie z uhlí. V závěru jsou navržené scénáře zhodnoceny ve vztahu k možným trendům vývoje spotřeby elektrické energie. Nad výsledky je provedena diskuse zabývající se možnými riziky, které vznikají realizací jednotlivých scénářů.

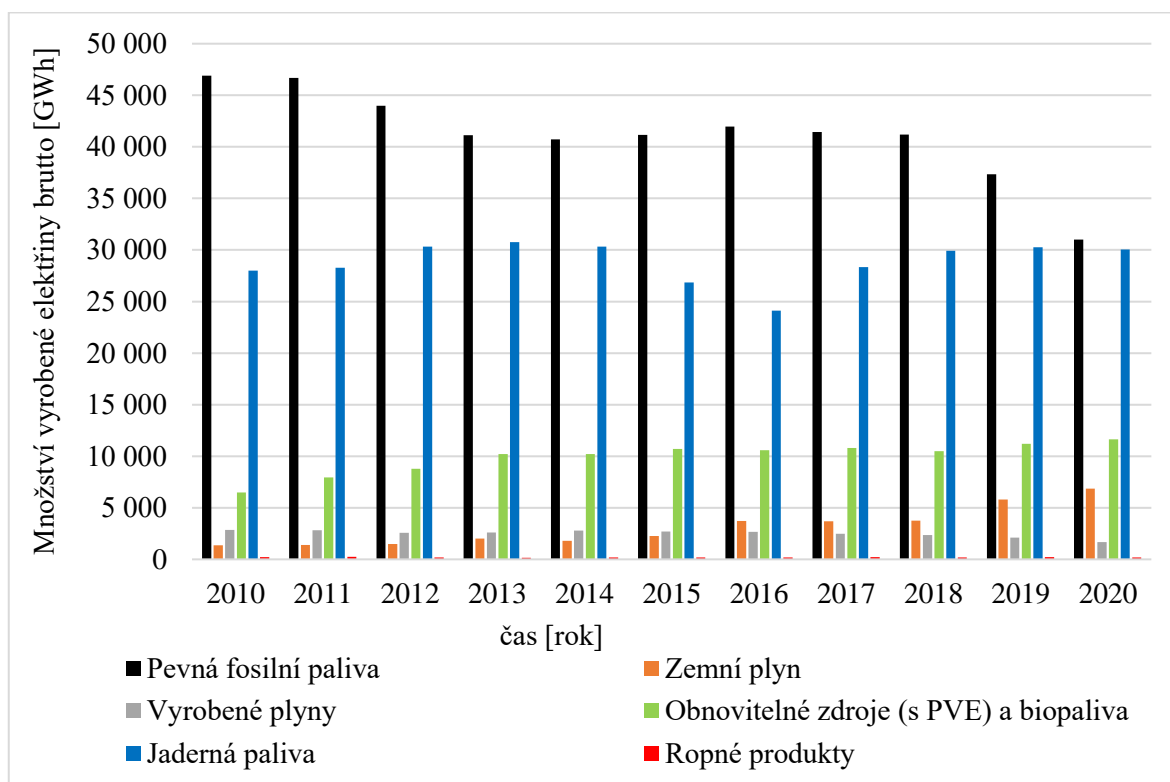
2 Současný stav energetického mixu České republiky ve výrobě elektrické energie

V současnosti je nejvíce elektrické energie v České republice vyrobeno z pevných fosilních paliv, kterými jsou hnědé a černé uhlí. Tato skutečnost se v budoucnu podstatně změní, protože dle stanoviska uhelné komise by mělo skončit využívání uhelné energie v roce 2038. Pevná fosilní paliva tím pádem v budoucnu kompletně zmizí z energetického mixu České republiky. [3] [4]

Energetický mix vyjadřuje směs primárních a sekundárních zdrojů energie, které jsou využívány k výrobě elektřiny v energetickém systému. Primární zdroje energie jsou přirozeně vyskytující se zdroje, které nejsou dále transformovány člověkem. Dělíme je na zdroje neobnovitelné a obnovitelné. Neobnovitelné zdroje jsou fosilní paliva jako uhlí, ropa, zemní plyn a paliva jaderná. Mezi obnovitelné zdroje se řadí energie vodní, větrná, sluneční, geotermální a energie biomasy. Sekundární zdroje jsou zdroje, které vznikají úpravou zdrojů primárních, nebo činností člověka. Sekundární zdroje jsou například paliva vyrobená z ropy a energeticky využitelné odpady. Vývoj a složení energetického mixu odpovídá dostupnosti energetických zdrojů. Energetický systém by správně měl efektivně využívat všechny dostupné zdroje, které má k dispozici. Významnost jednotlivých zdrojů neboli složek energetického mixu je posuzována podle velikosti jejich podílu. [5] [6]

2.1 Vývoj energetického mixu České republiky

Z vývoje energetického mixu České republiky (obr. 1) je patrné, že uhlí je dlouhodobě nejvýznamnějším zdrojem elektrické energie, i přes to že se jeho podíl na výrobě elektřiny stále zmenšuje. Od roku 2010 do roku 2020 poklesl podíl výroby elektrické energie z pevných fosilních paliv z 55 % na 38 %. Druhou nejvýznamnější složkou energetického mixu tvoří jaderná paliva. Výroba elektřiny z jaderných paliv se stabilně pohybuje v rozmezí mezi 29 %-37 %. V současné době mají třetí nejvyšší podíl na výrobě elektřiny obnovitelné zdroje energie. Jejich podíl na výrobě se postupně navyšuje, od roku 2010 do roku 2020 narostl ze 4 % na 14 %. Zemní plyn je další složkou energetického mixu, jehož podíl roste, mezi roky 2010 až 2020 se zvýšil podíl elektrické energie vyrobené ze zemního plynu z 2 % na 8 %. Předposlední složkou energetické mixu jsou vyrobené plyny, které tvoří koksárenský plyn, vysokopecní plyn, generátorový plyn a energoplyn. Celkově má tato skupina v průběhu let 2010 až 2020 přibližně 2 % podíl na celkové výrobě elektrické energie. Poslední složkou energetického mixu jsou ropné produkty, kterou tvoří rafinérský plyn, topný olej, zkapalněný plyn a motorová nafta. Tato složka se na celkové výrobě elektrické energie v průběhu let 2010 až 2020 nepodílela ani 0,5 %. [3] [7]



Obr. 1 Vývoj energetického mixu České republiky 2010-2020 [3]

2.2 Typy zdrojů elektrické energie v České republice

Pro pokrytí potřeby elektrické energie jsou v České republice využívány následující typy zdrojů:

- 1) Zdroje základního zatížení, u nichž nelze rychle měnit výkon v čase. Právě u těchto zdrojů je požadováno, aby fungovaly co nejvíce hodin v roce. Jsou to elektrárny jaderné a uhelné. [6]
- 2) Špičkové zdroje, u nichž lze výkon rychle měnit v čase, jsou používány pro vykrývání denních špiček spotřeby elektřiny. Jsou jimi plynové, paroplynové a akumulární vodní elektrárny. Důležitou vlastností špičkových zdrojů je schopnost rychle najet do provozu a regulovat výkon v širokém rozsahu. [6]
- 3) Intermittentní zdroje, u nichž se výkon jako jediný nedá plně řídit a je závislý na vnějších parametrech. Jsou to větrné, fotovoltaické a vodní elektrárny. Tyto zdroje by měly mít zálohu adekvátní svému instalovanému výkonu, pro případ dlouhodobě nepříznivých podmínek pro jejich provoz. [6]

Akumulace elektrické energie je v současnosti zajišťována přečerpávacími vodními elektrárnami a bateriovými úložišti. Pokud dojde k přebytku elektřiny v síti, přebytečnou elektřinu akumulují, a naopak při jejím nedostatku jsou schopny naakumulovanou energii rychle přeměnit na energii elektrickou a dodat zpět do sítě. Svou činností mohou zastupovat, či podporovat výrobu z ostatních zdrojů elektrické energie a tím pomoci dodat potřebný výkon do elektrizační soustavy. [6] [8]

2.3 Současná struktura instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie v České republice

Současná struktura instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie (tab. 1), ukazuje že nejvyšší instalovaný výkon zauímají parní elektrárny (PE). Parní elektrárny tvoří téměř polovinu instalovaného výkonu všech elektráren v České republice. Tyto elektrárny spalují hlavně hnědé uhlí, částečně pak černé uhlí a biomasu. Biomasa je v parních elektrárnách spalována společně s uhlím, nebo samostatně. Zanedbatelné množství elektřiny vyprodukuje parní elektrárny z kapalných a plyných paliv. Parní elektrárny se v roce 2020 podílely na celkové výrobě elektřiny 44 %. [7]

Instalovaný výkon jaderných elektráren (JE) tvoří pětinu celkového instalovaného výkonu, přesto v roce 2020 vyrobily 37 % celkové roční produkce elektrické energie. Výroba elektřiny z jaderných zdrojů je z dlouhodobého hlediska téměř konstantní. Jedním z faktorů, který toto může do budoucna ovlivnit je provoz jaderné elektrárny Dukovany, který je v současné době plánován do roku 2037, ale může být prodloužen až do roku 2047. [9]

Paroplynové elektrárny (PPE) jsou dalším zdrojem využívajícím k výrobě elektřiny fosilní paliva, konkrétně se jedná o zemní plyn. Přes jejich poměrně malé zastoupení na celkovém instalovaném výkonu, které je 6 %, tak tyto elektrárny v roce 2020 vyrobily 8 % elektrické energie v České republice. [7]

Zdroj	Instalovaný výkon [MWe]	Podíl instalovaného výkonu [%]	Výroba elektřiny brutto [GWh]	Podíl výroby elektřiny [%]
Parní elektrárny	10 058	47	35 198	44
Jaderné elektrárny	4 290	20	30 043	37
Paroplynové elektrárny	1 364	6	6 041	8
Plynové a spalovací elektrárny	962	5	3 790	5
Vodní elektrárny	1 094	5	2 144	3
Přečerpávací vodní elektrárny	1 171	5	-	-
Větrné elektrárny	339	2	699	1
Fotovoltaické elektrárny	2 071	10	2 235	3

Tab. 1 Instalovaný výkon zdrojů elektrické energie v České republice v roce 2020 [7]

Plynové a spalovací elektrárny (PSE) jsou skupinou využívající k výrobě elektřiny rozdílné typy paliva (tab. 2). Převážná část těchto paliv se řadí mezi obnovitelné zdroje. Roční vyrobená elektřina těchto elektráren v roce 2020 pocházela z 67 % z bioplynu, který zahrnuje kalové plyny, skládkové plyny a ostatní bioplyn. Zemní plyn se na výrobě podílel 26 %. Zbýlých 7 % tvoří nespécifikované ostatní plyny, mezi které nejpravděpodobněji patří důlní plyn. Zanedbatelné množství elektřiny vyrobí tyto zdroje z topných olejů a z biomasy, v roce 2020 to je méně než 1 %. Celkově tato skupina tvoří 5 % instalovaného výkonu a na výrobě elektrické energie se v roce 2020 podílela 5 %. [7]

Palivo	Instalovaný výkon zdrojů [MWe]
Bioplyn	334
Skládkový plyn	59
Kalový plyn	28
Důlní plyn	375
Zemní plyn	166

Tab. 2 Složení instalovaného výkonu plynových a spalovacích elektráren v roce 2020 [10] [11] [12] [13]

Instalovaný výkon vodních elektráren tvoří 5 % celkového instalovaného výkonu, v roce 2020 se na celkové výrobě elektřiny podílely 3 %. Přecherpávací vodní elektrárny se na celkovém instalovaném výkonu podílejí taktéž 5 %. Přecherpávací vodní elektrárny zprostředkovávají akumulaci elektrické energie, proto není uvedeno, jak se podílejí na výrobě elektřiny, jelikož se nejedná o přímou výrobu elektrické energie. [7]

Fotovoltaické elektrárny zastupují 10 % celkového instalovaného výkonu a na celkové výrobě elektrické energie se v roce 2020 podílely 3 %. [7]

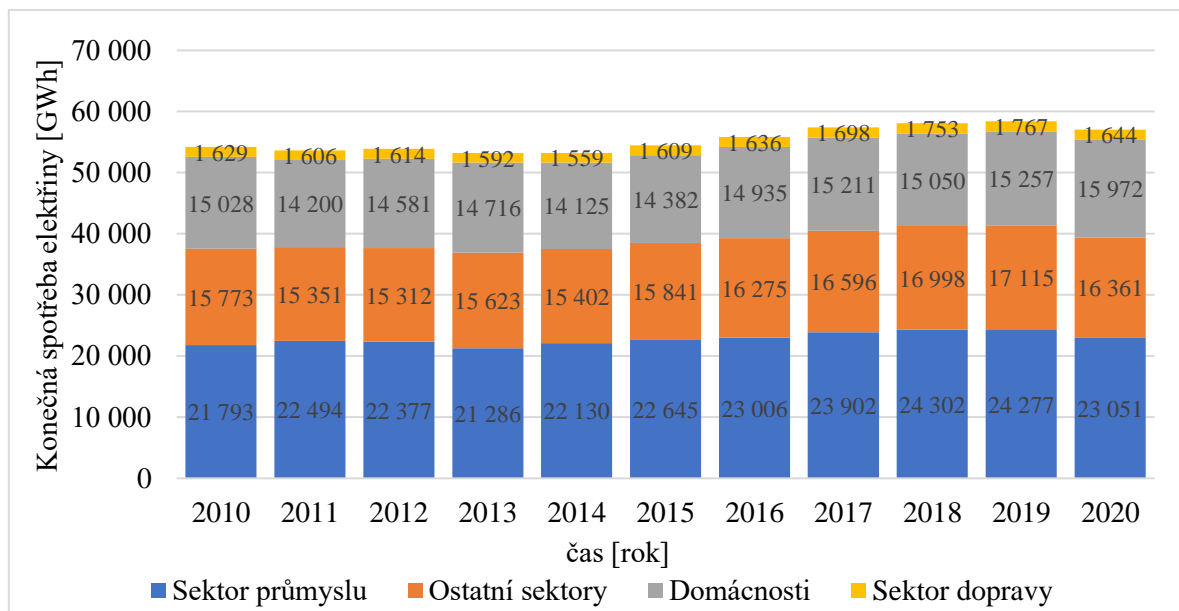
Instalovaný výkon větrných elektráren tvoří 2 % a v roce 2020 se tyto elektrárny podílely na výrobě elektřiny 1 %. [7]

Ačkoliv obnovitelné zdroje energie tvoří více než 20 % celkového instalovaného výkonu, na celkové výrobě elektrické energie se v roce 2020 podílely přibližně 15 %. Toto odpovídá skutečnosti, že v současnosti mají obnovitelné zdroje v České republice nízké využití.

2.4 Konečná spotřeba elektřiny a bilance přeshraničních toků

Konečná spotřeba elektrické energie, je definována jako elektřina zachycená před vstupem do spotřebiče, který ji již dále nevyužije na výrobu další elektřiny, ale pouze spotřebuje ke svému výkonu. [14]

Vývoj konečné spotřeby dle sektorů (obr. 2) ukazuje, že největší spotřebu tvoří sektor průmyslu, poté následují ostatní sektory, ve kterých jsou zahrnuty služby společně se zemědělstvím a lesnictvím. Poté následuje sektor domácností a nejmenší podíl na spotřebě má sektor dopravy. Z obrázku vyplývá, že aktuální trend spotřeby elektrické energie je rostoucí (v roce 2020 spotřeba elektřiny poklesla vlivem pandemie). Je pravděpodobné, že trend růstu bude nadále pokračovat. [3]



Obr. 2 Konečná spotřeba elektřiny dle sektorů v letech 2010-2020 [3]

2.5 Vývoj výroby elektrické energie a bilance přeshraničních toků

Netto výroba elektrické energie, je výroba elektrické energie bez elektřiny, kterou zdroje sami spotřebují při svém provozu. Netto výroba elektřiny se během let 2010 až 2020 (tab. 3) pohybovala přibližně kolem hodnoty 79 TWh/rok. [3]

Česká republika dlouhodobě více elektřiny exportuje, než importuje (tab. 3). Čistý export je tedy dlouhodobě kladný a jeho přibližná hodnota je 13 TWh/rok. Aktuálně tedy Česká republika disponuje přebytky elektrické energie, které se budou s největší pravděpodobností snižovat z důvodu postupného odstavování uhelných elektráren a zvyšující se spotřeby elektrické energie. [3]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Výroba netto [GWh]	78 218	79 821	80 235	79 702	79 028	76 834	76 303	79 782	80 736	79 992	73 598
Import elektřiny [GWh]	6 642	10 457	11 587	10 571	11 842	16 146	13 817	15 072	11 573	11 026	13 368
Export elektřiny [GWh]	21 590	27 501	28 707	27 458	28 142	28 661	24 791	28 109	25 481	24 123	23 521

Tab. 3 Vývoj výroby elektrické energie 2010 až 2020 a transportní bilance elektřiny [3]

3 Potenciál obnovitelných zdrojů v České republice a vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů

Česká republika jako vnitrozemní stát nacházející se v mírném podnebném pásu a bez dominantních vodních toků s velkými spády, nemá předpoklady pro rozvoj centralizované obnovitelné energetiky. Přesto potenciál obnovitelných zdrojů nelze zanedbat a je důležité jej efektivně využít. Obnovitelné zdroje jsou nejvýhodnější jako malé a střední zdroje stavěné decentralizovaně ve vhodných lokalitách. Pomáhají vytvářet energeticky stabilní ostrovy, snižují dovozovou závislost energetických surovin a zvyšují energetickou bezpečnost. [6]

3.1 Potenciál biomasy

Biomasou označujeme veškerou hmotu, která tvoří těla všech žijících nebo odumřelých, ale nikoliv fosilizovaných rostlin a živočichů. Primárním zdrojem energie je sluneční záření, které je v zelených rostlinách transformováno na energii chemické vazby. Tato reakce je syntézou atmosférického oxidu uhličitého a vody. Biomasa je nejdůležitějším obnovitelným zdrojem, a to díky možnosti řídit výrobu elektřiny z biomasy a také možnosti využít biomasu v teplárenství. [15]

Biomasu pro účely výroby elektřiny a tepla je možné spalovat, zplyňovat, procesem anaerobního kvašení přeměňovat na bioplyn, fyzikálně-chemickou úpravou vyrábět biopaliva či etanolovou anaerobní fermentací produkovat etanol. Energeticky využívanou biomasu dále rozdělujeme na odpadní a cíleně pěstovanou. Odpadní biomasu představují zbytky ze zemědělské prvovýroby, odpad vzniklý těžbou dřeva, odpad z papírenského a dřevního průmyslu, odpad z potravinářského průmyslu a komunální bioodpad. Cíleně pěstovanou biomasu rozdělujeme do dvou kategorií, a to energetické plodiny 1. generace, do které patří řepka, pšenice, kukuřice a triticales. Energetické plodiny 2. generace jsou speciálně šlechtěné plodiny pro energetické využití, jako rychle rostoucí dřeviny (v podmínkách České republiky nejčastěji vrby a topoly) a nedřevnaté rostliny jako ozdobnice, energetický šťovík, chrastice aj. [15]

Potenciál biomasy lze rozdělit do tří kategorií, a to na biomasu získanou ze zemědělských ploch, která zahrnuje biomasu cíleně pěstovanou, odpad z běžně pěstovaných plodin a biomasu z trvale travnatých ploch. Druhou kategorií je biomasa vzniklá lesní těžbou a odpadem z dřevozpracujícího průmyslu. Poslední kategorii tvoří biologicky rozložitelný komunální odpad. [16]

Energetický potenciál pěstované biomasy se dynamicky mění v čase, proto je obtížné přesně určit jeho hodnotu a je závislý na mnoha faktorech. Nejdůležitějšími faktory ovlivňující potenciál pěstované biomasy je množství využívané zemědělské půdy, složení pěstovaných rostlin pro energetické účely, vliv klimatických změn a efekt zdokonalování technologie pěstování rostlin. Potenciál zbytkové biomasy z primární zemědělské produkce závisí na množství a složení pěstovaných plodin a množství chovaných hospodářských zvířat, které tuto biomasu konzumují. [16] [17]

Celková zemědělská plocha České republiky tvoří 3 408 tis. ha , z toho při zajištění 100 % potravinové soběstačnosti je možné pro obnovitelné zdroje využít plochu o velikosti 1 120 tis. ha. [16]

Energetický potenciál lesní dendromasy se skládá z lesních těžebních zbytků, palivového dříví a zbytků ze dřevozpracujícího průmyslu. Palivové dříví je dodáváno výhradně domácnostem, z tohoto důvodu není potenciál palivového dříví zahrnut do celkového potenciálu dendromasy pro energetické účely. [16]

Energetický potenciál biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) se skládá z odpadu, který může být využit přímo ve formě spalování a odpadu využitelného v bioplynových stanicích. Je předpokládáno, že BRKO činní 48 % odpadu směsného. Vzhledem k odklonu od skládkování je nutné směsný komunální odpad využívat energeticky, pokud ho nelze využít materiálově. Potenciál BRKO pro využití v bioplynových stanicích tvoří odpad ze zahrad a parků. [16]

3.1.1 Energetický potenciál biomasy ze zemědělské půdy při pěstování biomasy 1. generace

Dostupnou zemědělskou půdu v rámci potenciálu biomasy lze využít pro pěstování konvenčních plodin výše označených jako biomasa 1. generace, které jsou běžně pěstované v České republice. Konkrétně se jedná o kukuřici, řepu, řepku a žito. Studií energetického potenciálu, kterého je možné docílit při pěstování těchto plodin se podrobně zabývá *Akční plán pro biomasu*. V této studii je uvažováno i o pěstování energetických plodin 2. generace, ale jen ve velmi malém množství. [16]

Energetický potenciál, který lze získat při využívání zemědělské půdy o výměře 1 120 tis. ha je zobrazen v tabulce 4. Je zde uváděn v intervalech v závislosti na tom, z kterého typu půdy biomasa pochází. Hodnoty ve formě intervalů jsou voleny kvůli odhadům bonity půdy, na které bude biomasa pěstována a výnosů jednotlivých plodin. Spodní hranice představuje pesimistický odhad výnosů, horní naopak optimistický. Při práci s tímto energetickým potenciálem je použita střední hodnota intervalu. [16]

Původ biomasy	Hodnota energetického potenciálu	Střední hodnota
	[PJ/rok]	[PJ/rok]
Orná půda pro energetické využití	29,5-46,5	38,8
Trvale travnaté porosty	22,4-29,2	25,9
Vedlejší produkty ¹	57,5-80,8	70,7
Celkem	111,1-158,3	135,4 ²
Energetický potenciál biomasy pro spalování	73,5-107,9	91,4
Energetický potenciál bioplynu	37,6-50,4	44

Tab. 4 Využitelný energetický potenciál biomasy 1. generace pěstované na zemědělské půdě o výměře 1 120 tis. ha [16]

¹ Vedlejšími produkty jsou výpalky, pokrutiny, plevy a exkrementy hospodářských zvířat, bez půdní náročnosti. [16]

² Akční plán pro biomasu uvádí, že celkový energetický potenciál biomasy ze zemědělské půdy činí 161,4 PJ, tato hodnota zahrnuje i energetický potenciál biopaliv, které činí 26 PJ. Biopaliva se na výrobě elektřiny a tepla podílejí zanedbatelným množstvím, proto je jejich potenciál odečten od celkového potenciálu biomasy ze zemědělské půdy. [16]

3.1.2 Energetický potenciál biomasy ze zemědělské půdy při pěstování biomasy 2. generace

Dostupnou zemědělskou půdu v rámci potenciálu biomasy lze využít pro pěstování speciálně vyšlechtěných plodin na energetické účely. Konkrétně se jedná o rychle rostoucí dřeviny a nedřevnaté rostliny. Souhrnně se tyto rostliny označují jako biomasa 2. generace.

Nejvhodnější rychle rostoucí dřeviny pro Českou republiku jsou vrby a topoly. Půda, na které jsou pěstovány, může být využívána až 25 let. Cyklus sklizně probíhá jednou za 3-6 let. Topoly a vrby dosahují nejvyšších výnosů ve vlhkých půdách. Nedřevní biomasa vhodná pro pěstování je energetický šťovík, chrastice a ozdobnice. Tyto rostliny mají jednoletý cyklus sklizně a největších výnosů dosahují na suchých místech, vhodně se tedy kombinují právě s rychle rostoucími dřevinami. Hlavní výhodou rychle rostoucích dřevin a energetických plodin je jejich nenáročnost na pěstování. Rostliny nejsou náchylné na nemoci způsobené škůdci a proces sadby a sklizně lze provádět pomocí běžně dostupné zemědělské techniky. Výnosy rostlin závisí na konkrétní lokalitě pěstování, a také na půdním typu, sklonu a světové orientaci plochy, hloubce půdního profilu, množství srážek a průměrné roční teplotě. [17]

Energetický potenciál, biomasy 2. generace v závislosti na velikosti půdy, na které je tato biomasa pěstována je zobrazen v tabulce 5. Přičemž 0 % odpovídá stavu, kdy není pěstována žádná biomasa 2. generace na zemědělské půdě a 30 % stavu, kdy na veškeré volné zemědělské půdě (1 120 tis. ha), je pěstována pouze biomasa 2. generace.

U energetických výnosů, kterých může dosahovat biomasa 2. generace je nutná obezřetnost, jelikož je zjištěno, že při praktickém pěstování v podmínkách České republiky energetické plodiny 2. generace (konkrétně je zkoumán energetický šťovík) nedosahují takových výnosů, jako je uváděno v odborné literatuře. Z tohoto důvodu bude za energetický potenciál biomasy z dostupné zemědělské půdy považován potenciál stanovený v kapitole 3.1.1. [18]

Využití volné zemědělské půdy [%]	0	5	10	15	20	25	30
Typ biomasy	Biomasa pro spalování						
Zbytková obilná sláma [PJ]	79,40	74,54	69,71	64,87	60,00	55,12	50,22
Zbytková sláma řepky [PJ]	10,85	10,34	9,83	9,31	8,79	8,27	7,74
Rychle rostoucí dřeviny [PJ]	0,00	5,59	8,72	11,47	14,31	17,02	19,81
Nedřevnatá biomasa [PJ]	0,00	8,52	14,84	21,61	28,52	35,53	42,47
celkem [PJ]	90,26	99,00	103,10	107,25	111,63	115,94	120,24
Typ biomasy	Biomasa pro výrobu bioplynu						
Kukuřice [PJ]	35,10	33,37	31,66	29,93	28,22	26,48	24,75
Tráva z trvale travnatých ploch [PJ]	32,17	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25
Nedřevnatá biomasa [PJ]	0,00	4,66	8,43	12,41	16,41	20,46	24,58
Celkem bioplyn [PJ]	30,79	32,80	34,85	37,12	39,40	41,71	44,11
Celkem biomasa a bioplyn [PJ]	121,05	131,79	137,96	144,37	151,03	157,65	164,35

Tab. 5 Využitelný energetický potenciál biomasy 2. generace v závislosti na využívání volné zemědělské půdy při pěstování biomasy 2. generace [17]

3.1.3 Současné a minulé využívání biomasy

K určení využitelného potenciálu biomasy je použit *Akční plán pro biomasu*, který pochází z roku 2012, v něm uváděná data o využívání biomasy jsou vztažena k roku 2010 (tab. 6). Využívání biomasy do roku 2020 však výrazně vzrostlo (tab. 7). Aby nedošlo při výsledném stanovení využitelného potenciálu biomasy k započtení energie biomasy, která je již využívána, je určen rozdíl mezi využívanou energií biomasy v roce 2020 a 2010. Hodnoty již využívaného energetického potenciálu biomasy činí 20,3 PJ pro spalovanou biomasu a 17,4 PJ pro bioplyn.

Z tabulek vyplývá, že došlo také ke skoro dvojnásobnému navýšení biomasy využívané v domácnostech, kterou představuje především palivové dřevo. U palivového dřeva se předpokládá, že je využíváno pouze v domácnostech a proto nekonkuruje biomase využívané v energetice.[19]

Druh biomasy	Energie v palivu užitém na výrobu tepla [PJ]	Energie v palivu užitém na výrobu elektřiny [PJ]	Energie celkem [PJ]	Výroba elektřiny [MWh]	Výroba tepla [PJ]
Biomasa (mimo domácnosti)	21,0	13,4	34,4	1 492 239	16 065 796
Biomasa (domácnosti)	48,5	0,0	48,5	-	30 670 484
Bioplyn	2,8	4,6	7,4	447 424	752 400
BRKO	1,6	2,1	3,7	35 586	2 746 320
Celkem	73,9	20,1	94,0	1 975 248	50 235 000

Tab. 6 Celková energie z biomasy v roce 2010 [16]

Druh biomasy	Energie v palivu [PJ]	Výroba elektřiny [MWh]	Výroba tepla [PJ]
Biomasa (mimo domácnosti)	54,7	2 498 965,00	26 446 458,00
Biomasa (domácnosti)	86,1	-	64 636 619,00
Bioplyn	24,8	2 405 491,00	3 782 996,00
BRKO	4,0	119 378,00	2 444 819,00
Celkem	169,6	5 023 834,00	97 310 892,00

Tab. 7 Celková energie z biomasy v roce 2020 [20]

3.1.4 Stanovení využitelného energetického potenciálu biomasy

Do celkového využitelného energetického potenciálu biomasy (tab. 8) je zahrnut potenciál biomasy ze zemědělské půdy stanoven v 3.1.1. Pro účely této práce je využitelný energetický potenciál ze zemědělské plochy rozdělen od 10 % do 100 %, přičemž 100 % využití znamená využívání veškeré volné zemědělské plochy o rozloze 1 120 tis. ha.

Dále je do celkového potenciálu biomasy započten potenciál lesní dendromasy a BRKO. Biologicky rozložitelný komunální odpad je rozdělen na potenciál pro přímé spalování a potenciál bioplynu z BRKO. Energetický potenciál lesní dendromasy a BRKO, nezávisí na využívání zemědělské půdy a jejich hodnoty vycházející z *Akčního plánu pro biomasu*. Odhadnuté hodnoty potenciálu lesní dendromasy a BRKO jsou stanovené k roku 2020, dále je uvažováno že jejich hodnota je i v následujících rocích neměnná, ačkoliv je to nepravděpodobné. [16]

V posledním kroku je od celkového potenciálu biomasy pro spalování a celkového potenciálu bioplynu odečten jejich již využívaný potenciál určený v kapitole 3.1.3. Celkový energetický potenciál biomasy pro spalování a bioplynu (tab. 8), je dále použit při tvorbě scénářů složení instalovaného výkonů zdrojů elektrické energie bez využívání primární energie uhlí.

Využití energetického potenciálu biomasy z dostupné zemědělské půdy [%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Biomasa pro spalování ze zemědělské půdy [PJ]	9	18	27	37	46	55	64	73	82	91,4
Bioplyn z biomasy ze zemědělské půdy [PJ]	4	9	13	18	22	26	31	35	40	44
Lesní dendromasa pro spalování [PJ]	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
BRKO pro spalování [PJ]	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
BRKO pro bioplyn [PJ]	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Celkem energetický potenciál biomasy pro spalování [PJ]	51	59	66	73	80	87	94	101	108	115
Celkem energetický potenciál bioplynu [PJ]	12	14	17	20	22	25	28	30	33	36

Tab. 8 Využitelný energetický potenciál biomasy v závislosti na využití dostupné zemědělské půdy [16]

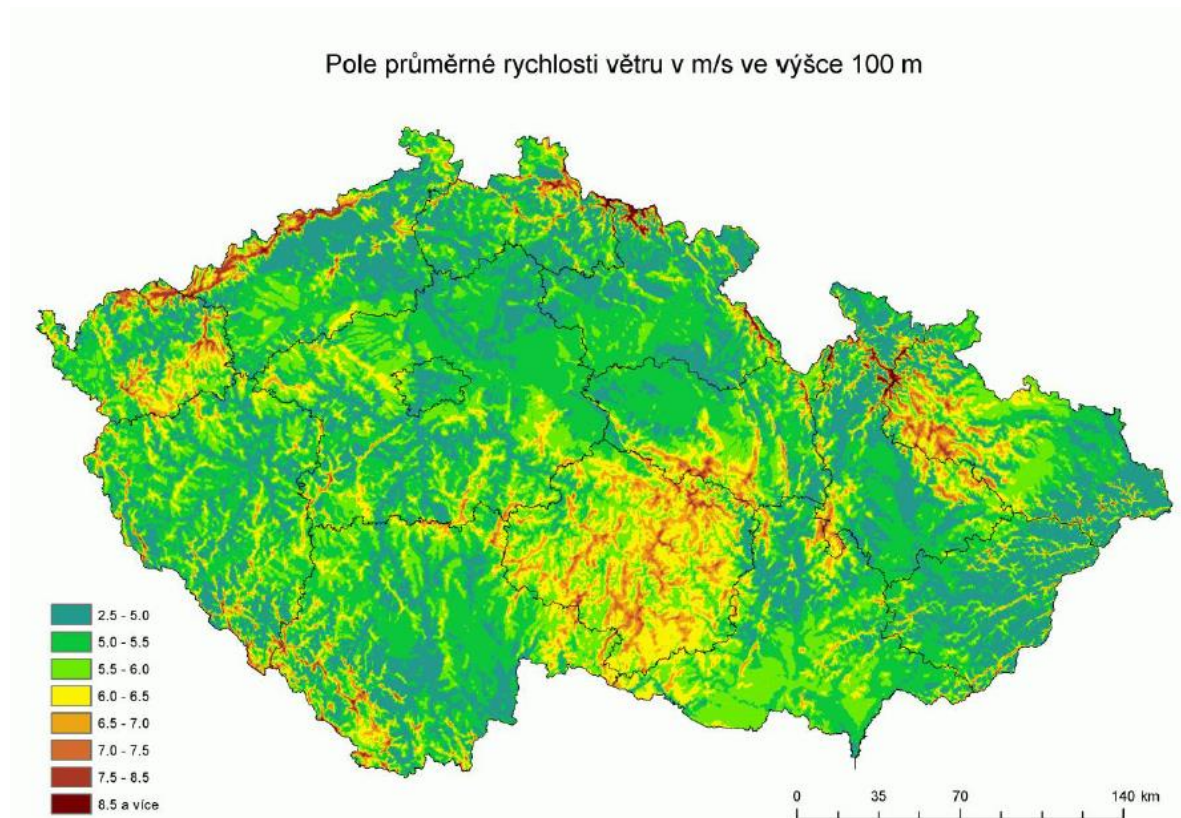
3.2 Potenciál vodní energie

Hydroenergetický potenciál závisí na výškovém spádu toku v posuzované oblasti a střední hodnotě průtoku. Dosud nevyužitý potenciál vodní energie je v oblastech velmi nízkých spádů a nelze předpokládat zvýšenou výstavbu nových jezových stupňů. Hydroenergetický potenciál je tím pádem soustředěn pouze do rozvoje malých vodních elektráren (MVE), které představují zdroje do instalovaného výkonu 10 MW. Zdroje výkonově větší již zcela vyčerpaly svůj potenciál a není možno budovat další velká vodní díla. Mimo stavby nových zdrojů je potenciál vodní energie ve využívání retenčních nádrží, rybníků, vodárenských objektů a rekonstrukci MVE se zastaralou technologií. [21]

Odhad energetického potenciálu pro nové instalace malých vodních elektráren je stanoven v rozsahu od 33,4 MW do 54,6 MW. Energetický potenciál vodní energie dále použitý při tvorbě scénářů složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie bez využívání primární energie uhlí je stanoven jako střední hodnota uvedeného intervalu, a to na hodnotu 44 MW. Tato hodnota je z celkového pohledu na množství vyrobené elektřiny těmito zdroji zanedbatelná, a je možné prohlásit, že potenciál vodní energie je v České republice téměř vyčerpán. [22]

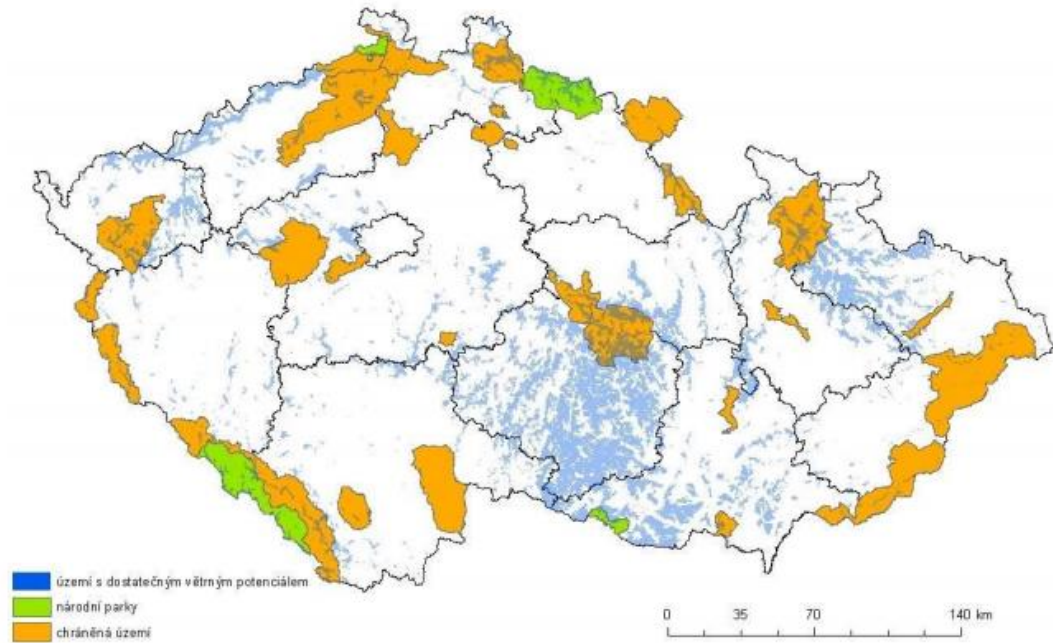
3.3 Potenciál větrné energie

Nejdůležitějším faktorem určujícím větrný potenciál je rychlost větru na daném území, jelikož výkon větrného zdroje roste se třetí mocninou rychlosti větru. Pro posouzení větrného potenciálu je vytvořena Ústavem fyziky atmosféry akademie věd ČR větrná mapa (obr. 3), zobrazující rychlosti větru ve výšce 100 m nad zemským povrchem. Tato výška je typická pro výšku osy rotoru uvažovaných větrných elektráren. [23]



Obr. 3 Větrná mapa České republiky ve výšce 100 m dle Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd České republiky [23]

Z větrné mapy (obr. 3) vyplývají vhodná území pro další rozvoj větrných zdrojů, jsou jimi oblast Vysočiny a hornaté příhraniční oblasti. V dalším kroku jsou z větrné mapy vyčleněna území s příliš vysokou nadmořskou výškou. Nadmořská výška negativně ovlivňuje rentabilitu větrných elektráren, se zvyšující se nadmořskou výškou se snižuje hustota vzduchu, roste pravděpodobnost vzniku námrazy na rotoru a zvyšují se náklady na vyvedení výkonu a další infrastrukturu. Tímto krokem jsou z větrné mapy vyčleněna území s dostatečným větrným potenciálem (obr. 4), současně jsou v ní zobrazena chráněná území a národní parky, ve kterých nelze větrné elektrárny instalovat.[23]



Obr. 4 Území s dostatečným větrným potenciálem vs. velkoplošná chráněná území [20]

Z územích, která dosahují dostatečného větrného potenciálu (obr. 4) jsou dále vyčleněny oblasti nacházející se v přílišné blízkosti sídel, letišť a elektrického vedení, národní parky a chráněná krajinná území a vojenské prostory. Dále jsou na toto území teoreticky rozmístěny pozice větrných elektráren, tak aby byl maximalizován počet větrných elektráren, větrné elektrárny jsou instalovány na vyvýšená místa s otevřeným prouděním vzduchu. Minimální vzdálenost mezi elektrárnami v příčném směru činí pětinásobek průměru rotoru a trojnásobek průměru rotoru ve směru podélném. V posledním kroku jsou vyčleněny ty elektrárny, které se vlivem vzájemného působení s okolními elektrárnami dostaly pod hodnotu minimální požadované průměrné rychlosti větru, která činí 6 m/s. [20]

Na základě výše zmíněných kritérií jsou *Ústavem fyziky a atmosféry Akademie věd* představeny dva možné scénáře odhadu navýšení výkonu větrných elektráren (tab. 9). Konzervativní scénář předpokládá nižší rozvoj větrné energetiky, protože využívání větrné energie nebude prioritou. Optimistický scénář předpokládá, že větrná energie je důležitým zdrojem a je nezbytné ji co nejvíce využít. Ve scénářích je uvažována větrná elektrárna *Nordex N117* o průměru rotoru 117 m a dvou kategoriích výkonu 2,4 MW a 3,6 MW. Plná realizace obou scénářů je předpokládána okolo roku 2040. Hodnoty možného navýšení instalovaného výkonu větrných elektráren (tab. 9), jsou dále využity ve scénářích náhrady uhelné energie. [23]

Typ scénáře	Počet VtE	Instalovaný výkon [MW]
Konzervativní scénář	800	2 500
Optimistický scénář	1400	7 000

Tab. 9 Možnosti navýšení větrných elektráren v závislosti na typu scénáře [20]

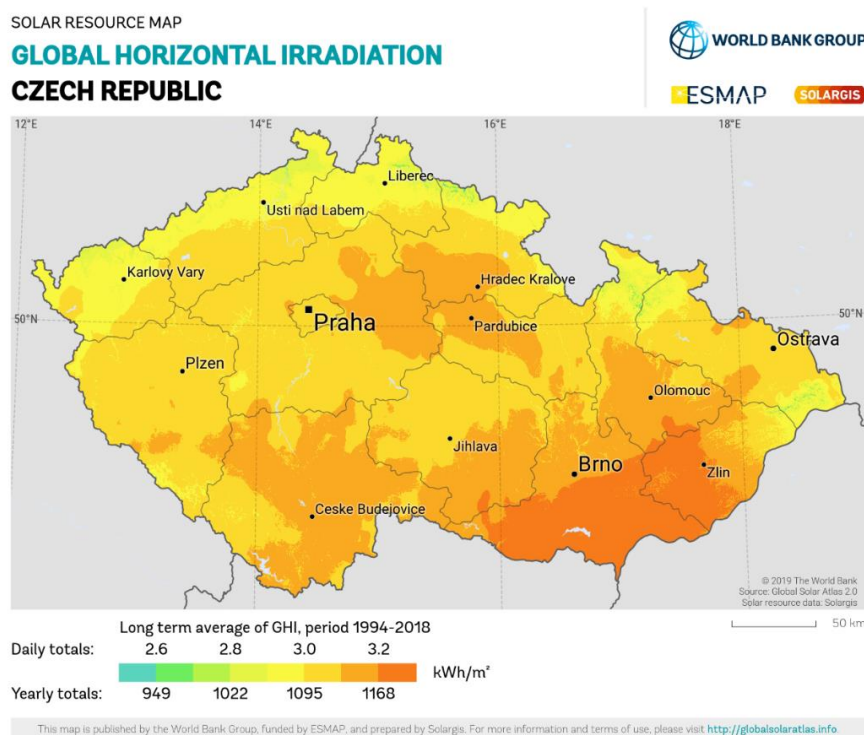
3.4 Potenciál solární energie

Česká republika se nachází v mírném podnebném pásu, proto nebude posuzován potenciál solární energie pro účely výstavby solárních termálních elektráren, ale pouze pro nové instalace fotovoltaických panelů. Potenciál solární energie je zjišťován pro dvě možnosti instalace, a to pro umístění panelů na zemědělskou plochu anebo na střechy budov či plochy brownfieldů.

3.4.1 Potenciál instalací fotovoltaických zdrojů na zemědělskou plochu

Nejdůležitějším ukazatelem při posuzování vhodnosti lokality pro instalaci fotovoltaických elektráren je množství dopadajícího slunečního záření za jednotku času (obr. 5). Na obrázku je znázorněné průměrné množství dopadajícího slunečního záření na území České republiky za období 25 let. Z obrázku vyplývá, že největší množství slunečního záření dopadá na oblast Jihomoravského kraje, toto území má tedy nejvyšší potenciál pro nové instalace fotovoltaických panelů.

Nejsou získána data, která by stanovovala, jak může být navýšen instalovaný výkon fotovoltaických elektráren na zemědělské půdě, proto lze předpokládat, že navýšení instalovaného výkonu FVE na zemědělskou půdu musí být v souladu se zemědělskou plochou dostupnou pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie uvedené v 3.1. Ověření tohoto předpokladu je dále v práci provedeno.



Obr. 5 Solární mapa České republiky zobrazující průměrné roční a denní množství dopadajícího slunečního záření za období 1994-2018[24]

3.4.2 Potenciál instalací fotovoltaických zdrojů na budovy a brownfieldy

Nejdůležitějšími faktory při určování potenciálu pro instalaci na střechy budov, je kromě množství dopadajícího slunečního záření také světová orientace střechy, nosnost střešní konstrukce a stínivost okolní vegetace a budov. Potenciál fotovoltaických elektráren pro instalaci na střechy budov a brownfieldy je stanoven, ze studií společnosti *ENACO* a *EGÚ Brno*, tyto studie byly vybrány, protože jsou dostatečně podrobné a vysvětlují kroky, jak je potenciál odhadován. Obě studie určují potenciál pro instalace na střechy rezidenčních a nerezidenčních budov, *EGÚ Brno* poté navíc i pro fasády budov a brownfieldy. [25]

Potenciál rezidenčních budov je určován v obou studiích z dat ČSÚ, která uvádějí plochu obydlených domů a jejich podlaží. V rámci studie *ENACO* je provedena modelová vizualizace běžných střech domů, a na základě toho dojde k závěru, že plocha, na které je možná instalace panelů, odpovídá přibližně třetině plochy půdorysu budovy. *EGÚ Brno* stanovuje plochu dostupnou pro instalaci na základě korekčních faktorů a dochází ke stejnému závěru, že plocha střechy možná pro instalaci fotovoltaických panelů je třetinová oproti ploše půdorysu objektu. Obě studie v konečném stanovení potenciálu pro rezidenční budovy předpokládají, že pouze 55 % plochy střech rezidenčních budov je vhodných pro instalaci fotovoltaických panelů. [25] [26]

Studie dále zjišťují potenciál nerezidenčních budov, které představují stavby pro průmyslovou výrobu, chov zvířat a parkoviště. Při stanovování plochy nerezidenčních budov vycházejí studie z rozdílných podkladů, *EGÚ Brno* vychází z dat dokumentu *Analýza fondu nerezidenčních budov v České republice*. *EGÚ Brno* zdůrazňuje, že tento dokument neobsahuje dostatek dat, a proto musela být chybějící data dopočtena. *ENACO* při určení plochy nerezidenčních budov vychází z dat programu *RESTEP*. *EGÚ Brno* opět předpokládá, že 55 % plochy střech nerezidenčních budov může být použito pro instalaci fotovoltaických panelů. *ENACO* je při odhadu vhodné plochy konzervativnější a předpokládá, že plocha vhodných střech pro instalaci fotovoltaických panelů je 25 % z celkové plochy střech nerezidenčních budov. [26] [25]

Potenciál instalací na fasády rezidenčních a nerezidenčních budovy je odhadován pouze ve studii *EGÚ Brno*. Data pro určení plochy fasád rezidenčních a nerezidenčních budov vycházejí ze stejných dat jako pro určení potenciálu pro střešní instalace. V obou případech studie odhaduje, že pouze 40 % z celkové plochy fasád rezidenčních a nerezidenčních budov je vhodných pro instalaci fotovoltaických panelů. [26]

Jako poslední je odhadnut potenciál brownfieldů, a to pouze společností EGÚ Brno. Brownfield je pozemek, který je nedostatečně využíván či opuštěn nebo zanedbán, jsou to nejčastěji pozůstatky zemědělské, průmyslové nebo vojenské činnosti. Při určování plochy brownfieldů vychází studie z dat *Národní strategie regenerace brownfieldů*. Studie předpokládá, že vhodná plocha pro instalaci panelů, je 70 % z celkové plochy brownfieldů. [26]

ENACO používá při výpočtu potenciálu referenční panel o rozměrech 1,65 x 0,992 m a jmenovitém výkonu 250 Wp, EGÚ Brno využívá panel o stejných rozměrech, ale jmenovitém výkonu 270 Wp. [26] [25]

ENACO, uvažuje jako časový horizont analýzy rok 2045 a stanovuje potenciál nových střešních instalací mezi roky 2015-2045 na hodnotu 7 GWp. Celkový technický potenciál stanovený EGÚ Brno je zobrazen v tabulce 10. Stanovené potenciály jsou pouze technickými, protože nezahrnují ekonomickou rentabilitu instalace, nebo další aspekty jako je vlastnictví, či dostupnost odběrného místa. Nelze tedy předpokládat, že by mohlo dojít k plnému naplnění těchto potenciálů. [25] [26]

Technický potenciál	Instalovaný výkon EGÚ Brno [GWp]
střechy rezidenčních budov	6,2
střechy nerezidenčních budov	4,3
fasády rezidenčních budov	8,8
fasády nerezidenčních budov	4,4
brownfieldy	15,3
celkem	39

Tab. 10 Celkový technický potenciál nových instalací FVE odhadnutý EGÚ Brno [21]

Ekonomický potenciál je tedy významně nižší než potenciál technický, ekonomický potenciál určený společností ENACO předpokládá, že jeho hodnota bude o 20 až 50 % nižší než hodnota technického potenciálu, v závislosti na podmínkách podpory a technických možnostech realizace. Snížené hodnoty odhadu technického potenciálu jsou zobrazeny v tabulce 11. Snížená hodnota technického potenciálu o 20 % je označována jako optimistický potenciál, snížení o 50 % jako konzervativní potenciál. [25]

EGÚ Brno předpokládá, že vývoj instalovaného výkonu FVE je v takové míře, aby bylo možné jeho technické začlenění z hlediska provozu do elektrizační soustavy a nezpůsobil výrazně vyšší náklady na zastoupení akumulace v elektrizační soustavě. Je předpokládáno, že celkový instalovaný výkon FVE v roce 2040 bude 5 GWp. [26]

Dále v práci jsou jako potenciály FVE pro instalace na střechy budov uvažovány pouze ekonomické potenciály stanovené společností *ENACO*, protože studie docházejí k podobným závěrům a hodnota *ENACO* konzervativního potenciálu je velmi podobná ekonomickému potenciálu stanovenému ve studii *EGÚ Brno*.

Ekonomický potenciál	Instalovaný výkon [GWp]
ENACO optimistický potenciál	5,6
ENACO konzervativní potenciál	3,5

Tab. 11 Ekonomický potenciál ENACO v horizontu roku 2045 [25]

3.5 Potenciál geotermální energie

Geotermální energie je energie získaná z nitra země. Může být využívána přímo ve formě tepla pro vytápění a ohřev teplé vody nebo pro výrobu elektřiny v geotermálních elektrárnách. Toto je možné díky uvolňování tepelného toku v kontinentální zemské kůře ze zemského jádra směrem k povrchu země. Původ tepelného toku je v gradientu teploty mezi povrchem a jádrem. Pro posouzení potenciálu geotermální energie je důležité znát geotermální teplotní gradient, tedy nárůst teploty s hloubkou pod povrchem. Průměrný teplotní gradient je přibližně 30 K/km , ale může klesat až na 10 K/km nebo naopak v oblastech s aktivními sopkami dosahuje až 100 K/km . V České republice je průměrná hodnota geotermálního teplotního gradientu 30 K/km . [21]

V České republice je aktuálně pouze jeden projekt zabývající se potenciálem geotermální energie a tím je geotermální elektrárna v Litoměřicích. V tomto projektu je proveden vrt do hloubky 2,1 km. Teplota byla změřena v hloubce 1,8 km a dosáhla hodnoty $57,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hlubší vrty prozatím nejsou provedeny, protože jsou spojeny s vysokými investicemi. Z těchto důvodů lze předpokládat, že aktuální využitelný potenciál geotermální energie je nulový. [27]

3.6 Vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů

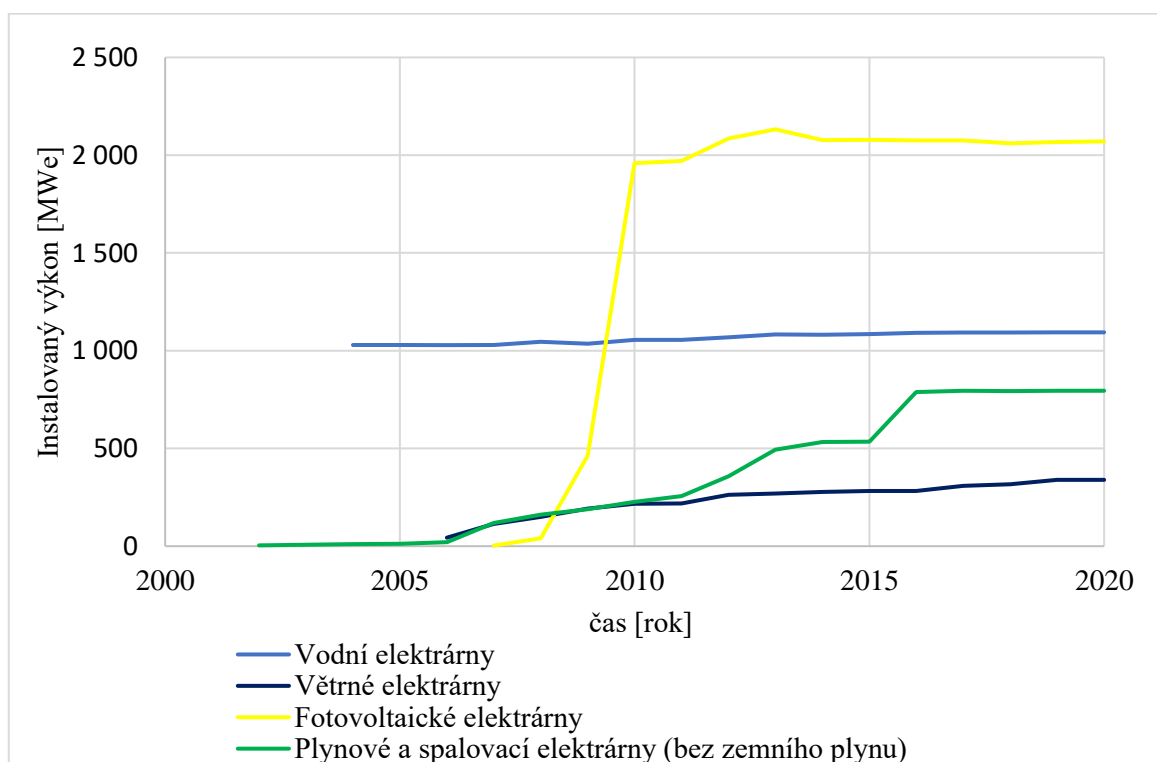
Vývoje instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů (obr. 6), ukazuje že téměř všechny obnovitelné zdroje v České republice zaznamenaly v počátcích uvádění do provozu rapidní růst instalovaného výkonu. Současný vývoj instalovaného výkonu se u mnohých obnovitelných zdrojů buď úplně zastavil, nebo rapidně zpomalil.

Fotovoltaické elektrárny (FVE) zaznamenaly nejvyšší nárůst instalovaného výkonu mezi roky 2008-2010, toto období bývá také označováno jako solární boom. Po roce 2010 instalovaný výkon FVE, roste jen velmi pozvolně.

Vodní elektrárny (VE) mají velmi nízký nárůst instalovaného výkonu, který je v posledních letech zcela neměnný.

Skupina plynové a spalovací elektrárny (PSE) slučuje vývoj instalovaného výkonu elektráren využívající jako palivo bioplyn, skládkový a důlní plyn. Na obrázku lze vidět, že tato skupina má dva strmé nárůsty instalovaného výkonu, a to mezi roky 2011-2013 a poté mezi roky 2015-2016. V prvním období je nárůst způsoben skokovým navýšením instalovaného výkonu bioplynových stanic a ve druhém období nárůstem instalovaného výkonu zdrojů využívající důlní plyn.

Větrné elektrárny (VtE) nejvíce navyšovaly svůj instalovaný výkon do roku 2010, poté nárůst výrazně zpomalil a v posledních letech je jejich instalovaný výkon beze změny.



Obr. 6 Vývoj instalovaného výkonu OZE [10] [11] [12] [13] [28] [29] [30]

4 Podmínky při tvorbě scénářů náhrady energie z uhlí

Před tvorbou scénářů náhrady energie z uhlí jsou v následujících kapitolách uvedeny podmínky a předpoklady, které platí pro vytvořené scénáře. Pokud tyto podmínky jsou pro konkrétní scénář pozměněné, je to vždy ve scénáři zdůrazněno.

4.1 Doba trvání realizace scénářů a odstup od užívání uhlí

Scénáře začínají rokem 2020, protože je to poslední rok, za který jsou dostupná veškerá data o výrobě elektrické energie. Scénáře jsou plánovány na dobu 20 let do roku 2040, a to z toho důvodu, že během následujících 20 let má dojít v České republice k zásadním změnám. Nejenom ukončení využívání uhlí, které se plánuje na rok 2038, ale také možná výstavba nového jaderného bloku nebo ukončení provozu jaderné elektrárny Dukovany. [4] [31]

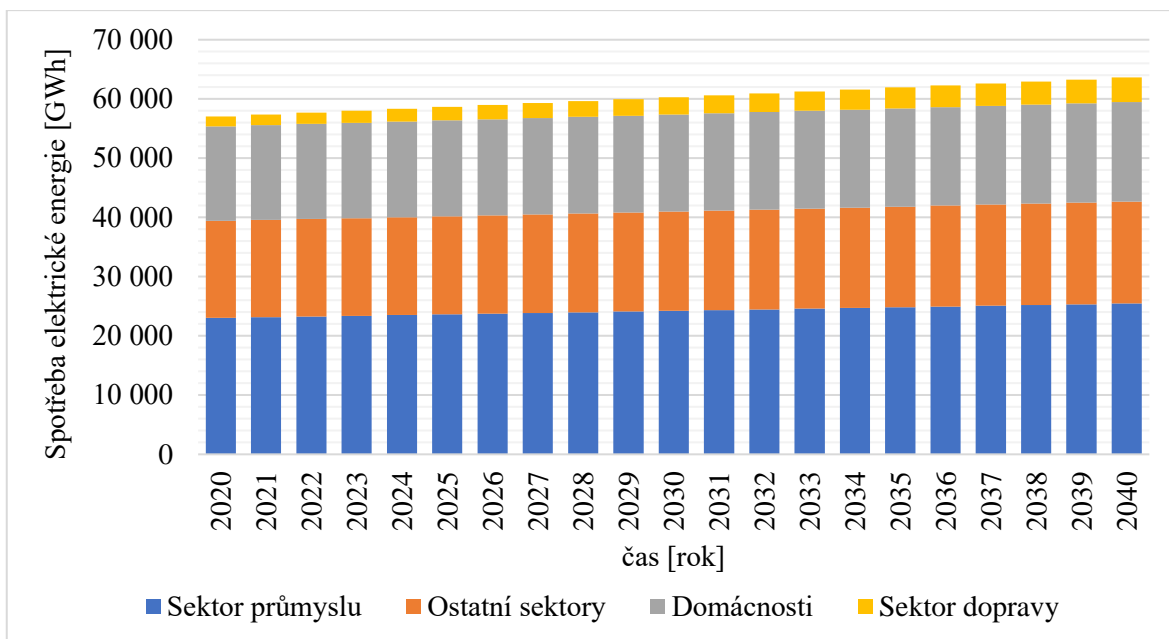
Ve scénářích je uvažováno roční snižování instalovaného výkonu parních elektráren spalujících uhlí o 400 MWe v období od roku 2020 do roku 2038. Zbývající instalovaný výkon, který není odstaven postupně, je odstaven naráz v roce 2038.

4.2 Trendy spotřeby elektrické energie

Pro vytvořené scénáře jsou uvažovány tři možné trendy spotřeby elektrické energie, které mohou nastat v České republice, mají stejně jako scénáře náhrady energie uhlí svůj počátek v roce 2020 a konec v roce 2040.

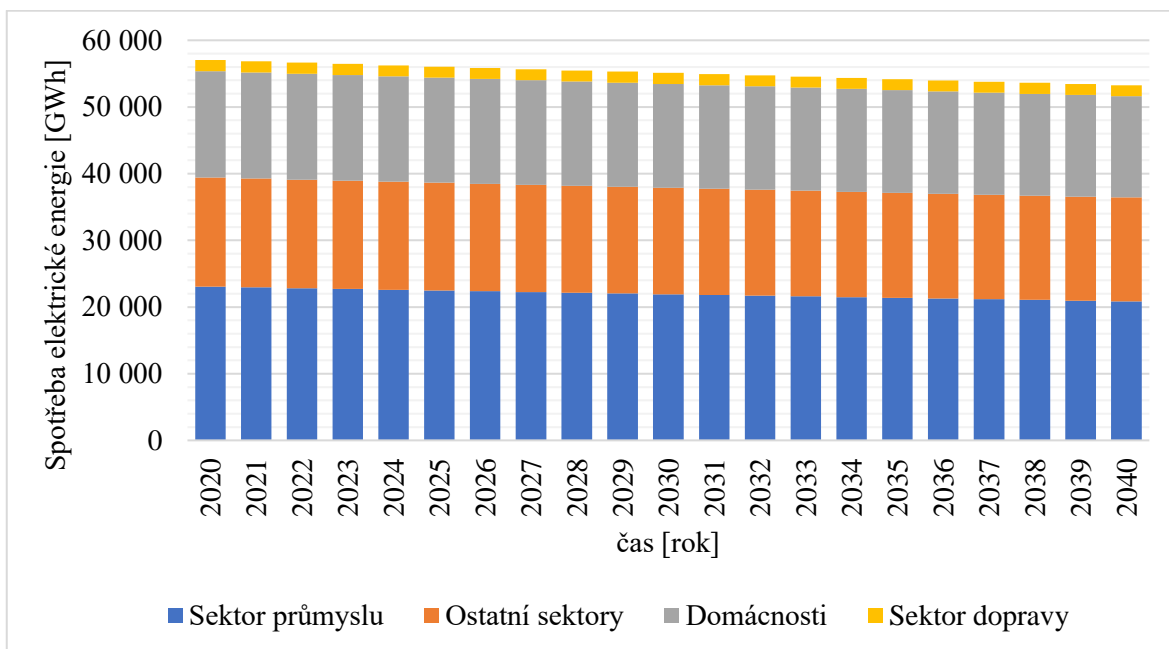
První trend předpokládá, že spotřeba elektrické energie je v čase neměnná a zůstane po celou dobu na konstantní hodnotě 60 TWh/rok. Tento trend je označován jako trend konstantní spotřeby elektrické energie.

Druhý trend, který je graficky znázorněn na obr. 7, se předpokládá, že konečná spotřeba elektrické energie každý rok narůstá. Nárůst spotřeby elektrické energie je každý rok o 0,5 % v sektoru průmyslu. V domácnostech a ostatních sektorech se spotřeba každoročně zvýší o 0,25 %. V sektoru dopravy je spotřeba navyšována narůstajícím podílem elektromobilů. V roce 2020 bylo registrováno 6 129 874 osobních automobilů, trend předpokládá, že během 20 let se 15 % benzínových automobilů ze stávajícího počtu obmění za elektromobily, každý rok tedy stoupne počet elektromobilů o 45 974. Předpokládána průměrná spotřeba elektromobilu je 21 kWh/100 km a ujetá roční vzdálenost 13 000 km/rok. Jeden elektromobil tedy ročně spotřebuje 273 MWh elektrické energie. Tento trend je označován jako trend zvýšené spotřeby elektrické energie. [32] [33]



Obr. 7 Trend zvýšené spotřeby elektrické energie

Poslední trend, který je graficky znázorněn na obrázku 8 předpokládá snižování spotřeby konečné spotřeby elektrické energie. Uvažované snižování spotřeby elektrické energie je každý rok o 0,5 % v sektoru průmyslu a o 0,25 % v domácnostech a ostatních sektorech. Sektor dopravy zůstane neměnný. Tento trend je dále označován jako trend snížené spotřeby elektrické energie.



Obr. 8 Trend snižování spotřeby elektrické energie

4.3 Metodiky použité pro výpočet výroby elektrické energie ve scénářích náhrady energie z uhlí

Pro výpočet výroby elektrické energie, jsou ve scénářích náhrady energie z uhlí použity dvě metodiky, a to koeficient výkonu a využití, tyto koeficienty jsou podrobně vysvětleny v následujících kapitolách. Oba tyto koeficienty vycházejí z dat o výrobě elektrické energie jednotlivými zdroji. Účelem je na základě dat z předcházejících let o produkci elektřiny v České republice, stanovit hodnoty obou koeficientů tak, aby při výpočtu výroby elektrické energie reflektovaly běžný provoz elektráren.

Použitá data pro stanovení koeficientů pocházejí z databáze ERÚ o provozu elektrizační soustavy a jsou za období 20 let od roku 2000 do 2020, data ale nejsou pro všechny zdroje kompletní. Některé elektrárny nebyly dříve v České republice provozovány nebo data o výrobě elektřiny byla zaznamenávána nehodícím se způsobem, či záznam chybí úplně. Použitá data jsou k nahlédnutí v příloze 1.

4.3.1 Koeficient výkonu

Koeficient výkonu, definovaný pro účely této práce, je definovaný jako podíl roční hrubé výroby elektřiny a aktuálního instalovaného výkonu zdroje, označovaný jako k_v . Určí se podle vztahu 1, kde je uveden i konkrétní příklad výpočtu pro jaderné elektrárny v roce 2020.

$$k_v = \frac{G_b}{P_{ins}} = \frac{30\,043}{4\,290} = 7,00 \text{ GWh} \cdot \text{MWe}^{-1}$$

(1)

G_b - Výroba elektřiny brutto [GWh]

P_{ins} - Instalovaný výkon [MWe]

Vypočtené hodnoty koeficientů výkonu z dostupných dat přílohy 1 jsou zobrazeny v tab. 12. Jejich hodnota se mění každý rok v závislosti na množství výroby elektrické energie a změně instalovaného výkonu. Množství vyrobené elektřiny se u obnovitelných zdrojů odvíjí od aktuálních klimatických podmínek. Zdroje využívající neobnovitelná paliva, mají produkci elektřiny podmíněnou provozním režimem, technickým stavem, odstávkami a opravami.

Rok	k_v JE	k_v PE	k_v PPE	k_v PSE	k_v VE	k_v VtE	k_v FVE
2000	7,72	5,09	4,52	-	-	-	-
2001	8,38	5,08	4,07	-	-	-	-
2002	6,79	4,93	4,13	-	-	-	-
2003	6,88	4,98	4,41	-	-	-	-
2004	7,00	4,93	4,59	-	1,96	-	-
2005	6,58	4,89	4,60	-	2,31	-	-
2006	6,93	4,90	4,58	-	2,48	1,13	-
2007	6,96	5,33	3,68	1,29	2,02	1,11	0,62
2008	7,06	4,79	4,27	2,08	1,94	1,63	0,33
2009	7,10	4,52	4,01	2,60	2,34	1,49	0,19
2010	7,18	4,64	3,98	2,88	2,64	1,54	0,31
2011	7,12	4,63	3,97	3,15	1,86	1,81	1,11
2012	7,51	4,63	4,23	2,98	1,99	1,58	1,03
2013	7,17	4,13	4,04	3,88	2,53	1,77	0,97
2014	7,07	4,10	1,62	4,19	1,77	1,71	1,02
2015	6,26	4,17	2,02	4,18	1,65	2,03	1,09
2016	5,62	4,21	2,97	4,13	1,83	1,76	1,03
2017	6,61	4,10	2,73	4,15	1,71	1,92	1,06
2018	6,97	4,07	2,71	4,05	1,49	1,92	1,11
2019	7,05	3,86	4,05	3,92	1,84	2,06	1,11
2020	7,00	3,50	4,43	3,94	1,96	2,06	1,08

Tab. 12 Koeficient výkonu pro jednotlivé zdroje v letech 2000-2020 určené na základě údajů z přílohy 1

Koeficienty výkonu představují časovou řadu, ve které důležitou roli tvoří náhodnost. Náhodností se myslí klimatické a technické podmínky zmíněné výše. Mění se hodnoty časové řady je proto nutné vyrovnat, aby došlo ke snížení vlivu náhodností pro určení jedné hodnoty, která bude dále použita pro výpočet výroby elektřiny ve scénářích náhrady energie z uhlí.

V tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty koeficientu výkonu po aplikování jednoduchého klouzavého průměru. Při výpočtu klouzavého průměru koeficientu výkonu u jaderných, parních a paroplynových elektráren je zvolena délka periody klouzavého průměru $p = 9$, pro ostatní hodnoty koeficientu výkonu je zvolena délka periody $p = 7$. Rozdílná délka period je volena kvůli menšímu množství dat u PSE, VE, VtE a FVE.

Konečná hodnota k_v , která je použita pro výpočet výroby elektřiny ve scénářích náhrady energie z uhlí je určena aritmetickým průměrem hodnot koeficientu výkonu z tabulky 13. V tabulce 13 je jednoduchý klouzavý průměr označován zkratkou SMA, která pochází z anglického výrazu simple moving average.

Rok	SMA k_v JE	SMA k_v PE	SMA k_v PPE	SMA k_v PSE	SMA k_v VE	SMA k_v VtE	SMA k_v FVE
2008	7,14	4,99	4,32	-	-	-	-
2009	7,08	4,93	4,26	-	-	-	-
2010	6,94	4,88	4,25	-	2,24	-	-
2011	6,98	4,85	4,23	-	2,23	-	-
2012	7,05	4,81	4,21	-	2,18	1,47	-
2013	7,07	4,72	4,15	2,69	2,19	1,56	0,65
2014	7,12	4,63	3,82	3,11	2,15	1,65	0,71
2015	7,05	4,55	3,53	3,41	2,11	1,71	0,82
2016	6,90	4,43	3,46	3,63	2,04	1,74	0,94
2017	6,85	4,35	3,28	3,81	1,91	1,80	1,04
2018	6,83	4,30	3,14	3,94	1,85	1,81	1,04
2019	6,82	4,21	3,15	4,07	1,83	1,88	1,05
2020	6,81	4,09	3,20	4,08	1,75	1,92	1,07
Průměr k_v	6,97	4,59	3,77	3,59	2,04	1,73	0,92

Tab. 13 Jednoduché klouzavé průměry k_v dle roků a jejich aritmetický průměr

4.3.2 Koeficient využití

Jako druhá metodika pro predikci množství vyrobené elektřiny je použit koeficient využití instalovaného výkonu, tento koeficient je bezrozměrný a vyjadřuje poměr mezi skutečným a teoreticky maximálně možným množstvím vyrobené elektrické energie. To je určeno pro hypotetickou situaci, kdyby zdroj trvale vyráběl elektrickou energii na úrovni instalovaného výkonu 8 760 hodin za rok. [34]

Označován je jako k_c . Postup výpočtu a názorný výpočet koeficientu využití pro jaderné zdroje za rok 2020 je uveden v rovnici 2.

$$k_c = \frac{G_b}{P_{inst} \cdot 8760} = \frac{30\,043}{4\,290 \cdot 8760} = 0,8$$

(2)

G_b - výroba elektřiny brutto [GWh]

P_{ins} - instalovaný výkon [GW]

V tabulce 14 jsou vypočteny koeficienty využití pro všechny elektrárny z dostupných dat o provozu elektrizační soustavy (příloha 1). Několik hodnot koeficientu využití zcela neodpovídá obvyklým dosahovaným hodnotám, to je způsobeno daty, z kterých výpočet vychází. V ročních statistikách je uváděn vždy stav ke konci roku, tudíž se v některých rocích promítá nárůst instalovaného výkonu, který nemohl vyrábět elektřinu celý rok. Tyto chybné hodnoty jsou v tabulce označeny oranžovou barvou a vyjmuty z výpočtu aritmetického průměru, který určuje výsledné hodnoty koeficientu využití, které jsou použity pro výpočet výroby elektrické energie ve scénářích náhrady energie z uhlí.

Z definice koeficientu využití vyplývá, že lze určit, kolik hodin v roce je zdroj provozován na nominální výkon.

Paroplynové elektrárny mají průměrnou hodnotu koeficientu využití 0,46, to je způsobeno tím, že největší paroplynová elektrárna Počerady, jejíž instalovaný výkon tvoří více než polovinu z celkového výkonu paroplynových zdrojů, funguje v pološpičkovém režimu. Pološpičkový režim znamená, že elektrárna funguje ve dne v pracovní dny na nominální výkon, přes noc je výkon snížen přibližně na polovinu a o víkendu je elektrárna odstavena. Tyto elektrárny mohou fungovat i jako zdroje základního zatížení a jejich koeficient využití může dosahovat hodnoty až 0,9. [35][36]

Průměrná hodnota koeficientu využití jaderných elektráren odpovídá provozu v režimu základního zatížení. Průměrné hodnoty koeficientu využití větrných a fotovoltaických elektráren odpovídají nízké době plného využití instalovaného výkonu, těchto zdrojů.

Průměrná hodnota koeficientu využití stanovená pro parní elektrárny je lehce nadhodnocena. Stejně hodnoty jako je hodnota průměrná dosahovaly elektrárny v období před 10 lety. Tudíž správně nereflektuje útlum výroby elektrické energie v parních elektrárnách a jejich aktuální produkci elektrické energie.

Rok	k_c JE	k_c PE	k_c PPE	k_c PSE	k_c VE	k_c VtE	k_c FVE
2000	0,88	0,58	0,52	-	-	-	-
2001	0,96	0,58	0,46	-	-	-	-
2002	0,78	0,56	0,47	-	-	-	-
2003	0,79	0,57	0,50	-	-	-	-
2004	0,80	0,56	0,52	-	-	-	-
2005	0,75	0,56	0,53	-	-	-	-
2006	0,79	0,56	0,52	-	0,28	0,13	-
2007	0,79	0,61	0,42	0,15	0,23	0,13	0,07
2008	0,81	0,55	0,49	0,24	0,22	0,19	0,04
2009	0,81	0,52	0,46	0,30	0,27	0,17	0,02
2010	0,82	0,53	0,45	0,33	0,30	0,18	0,04
2011	0,81	0,53	0,45	0,36	0,21	0,21	0,04
2012	0,86	0,51	0,48	0,34	0,23	0,18	0,12
2013	0,82	0,47	0,46	0,44	0,29	0,20	0,11
2014	0,81	0,47	0,18	0,48	0,20	0,20	0,12
2015	0,71	0,48	0,23	0,48	0,19	0,23	0,12
2016	0,64	0,48	0,34	0,47	0,21	0,20	0,12
2017	0,75	0,47	0,31	0,47	0,20	0,22	0,12
2018	0,80	0,46	0,31	0,46	0,17	0,22	0,13
2019	0,80	0,44	0,46	0,45	0,21	0,24	0,13
2020	0,80	0,40	0,51	0,45	0,22	0,24	0,12
Průměr k_c	0,80	0,52	0,46	0,42	0,23	0,20	0,12

Tab. 14 Koeficienty využití pro jednotlivé zdroje v letech 2000-2020 určené z přílohy 1 a hodnoty aritmetického průměru koeficientů využití.

4.3.3 Výpočet netto výroby elektrické energie

Oba koeficienty využitě pro predikování výroby elektrické energie určují hrubou výrobu elektrické energie. Pro určení netto výroby, musí být brutto výroba snížena o technologickou vlastní spotřebu elektrické energie, kterou elektrárny mají.

K určení netto výroby elektřiny je použit podíl vlastní technologické spotřeby elektrické energie na celkovém vyrobeném množství elektrické energie označovaný jako C . Hodnota C je vyjádřena v procentech. Vzorec pro výpočet C a příklad výpočtu pro jaderné zdroje je uveden v rovnici 3.

$$C = \frac{C_e}{G_b} \cdot 100 = \frac{1\,671}{30\,043} \cdot 100 \doteq 6\%$$

(3)

C - podíl vlastní spotřeby elektřiny na celkové výrobě [%]

G_b – výroba elektřiny brutto [MWh]

C_e – vlastní spotřeba elektřiny [MWh]

Při stanovení vlastní technologické spotřeby elektrické energie pro jednotlivé zdroje ze zpráv o provozu elektrizační soustavy (příloha 1) vyplynulo, že hodnota podílu vlastní spotřeby elektřiny na celkové výrobě elektřiny je pro elektrárny v průběhu let téměř neměnná. Vypočtené hodnoty proto nejsou průměrovány a pro výpočet netto výroby elektrické energie ve scénářích náhrady energie z uhlí jsou použity hodnoty podílu vlastní spotřeby elektřiny na celkové výrobě elektřiny z roku 2020 (tab.15).

Elektrárny	Jaderné	Parní	Paroplynové	Plynové a spalovací	Vodní	Větrné	Fotovoltaické
C [%]	6	9	1	6	1	1	1

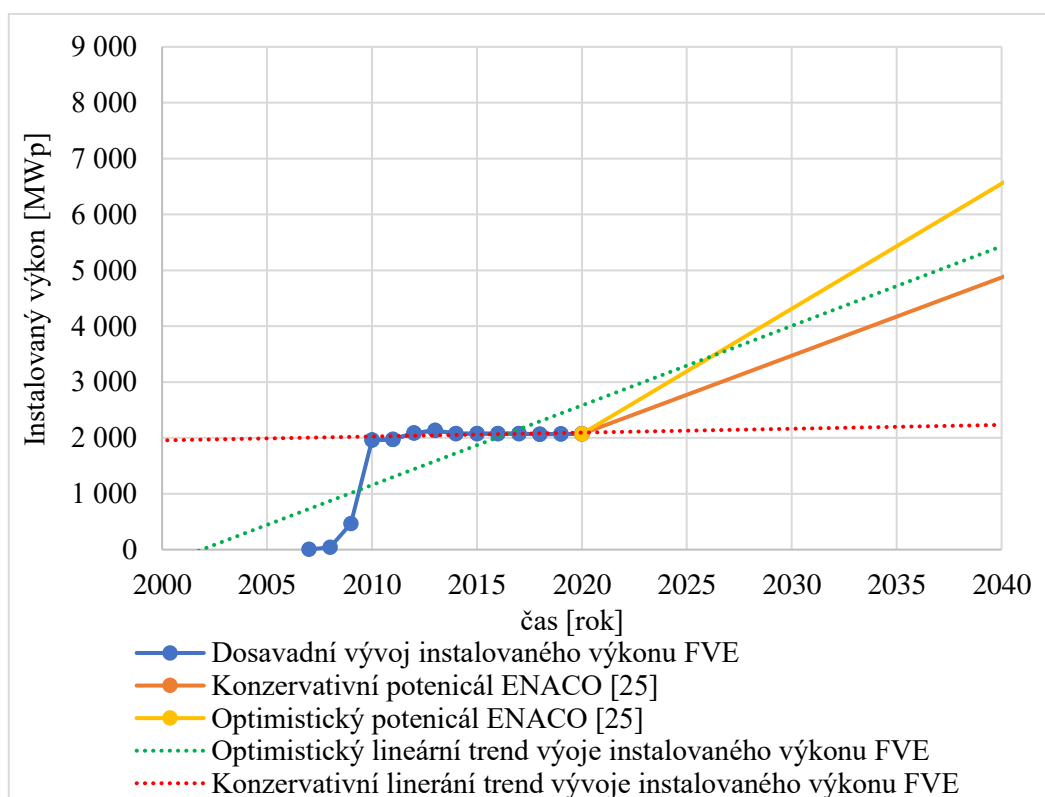
Tab. 15 Podíl vlastní spotřeby elektrické energie na celkové výrobě elektrické energie dle elektráren za rok 2020

4.3.4 Obnovitelné zdroje ve scénářích

Pokud ve scénářích není stanoveno jinak, předpokládá se, že instalovaný výkon vodních elektráren a plynových a spalovacích elektráren zůstane neměnný, a tudíž na hodnotě z roku 2020, stejně tak zůstane neměnné využívání biomasy.

Pro predikci dalšího vývoje instalovaného výkonu větrných a fotovoltaických elektráren ve scénářích, kde nebude docházet k plnému či částečnému naplnění uváděného potenciálu těchto zdrojů, je použita lineární aproximace. Lineárně aproximována jsou data o dosavadním vývoji instalovaného výkonu těchto elektráren (obr. 9,10). Lineární trend je následně prodloužen do roku 2040.

Optimistický lineární trend na obrázku 9, zobrazuje predikci vývoje instalovaného výkonu FVE při aproximaci veškerých dat o vývoji instalovaného výkonu, včetně extrémního nárůstu instalovaného výkonu za období 2008-2010. Konzervativní lineární trend uvažuje pouze o aproximaci vývoje instalovaného výkonu FVE po roce 2010. Z obrázku je patrné, jak velký vliv mají na výslednou predikci použítá vstupní data a funkce, kterou jsou aproximována. Pokud by data byla aproximována jinou funkcí, tak predikce vývoje instalovaného výkonu bude zcela odlišná.

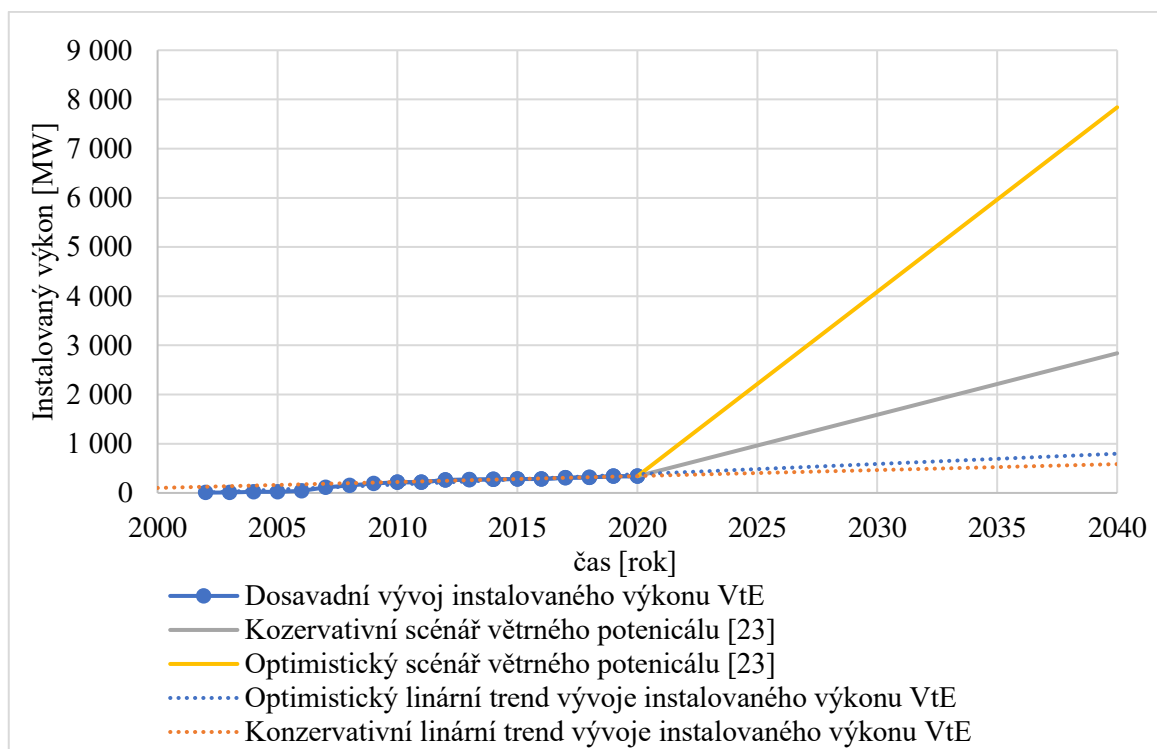


9 Lineární aproximace dosavadního vývoje FVE a možné vývoje instalací střešních FVE

Společně s aproximacemi je na obrázku znázorněn nárůst instalovaného výkonu, kterého je možné dosáhnout v rámci naplnění potenciálu pro střešní instalace FVE uváděného v kapitole 3.4.2. Oranžová přímka zobrazuje konzervativní scénář solárního potenciálu *ENACO* pro střešní instalace, ve kterém je uvažován nárůst instalovaného výkonu o 2 800 MWp do roku 2040, žlutá přímka zobrazuje optimistický scénář solárního potenciálu *ENACO* pro střešní instalace, ve kterém je nárůst uvažován o 4 480 MWp do roku 2040. Uvedené hodnoty navýšení instalovaného výkonu FVE v rámci potenciálu pro střešní instalace, jsou menší než ty uvedené v 3.4.2, protože scénáře náhrady energie z uhlí jsou uvažovány do roku 2040, ale plné naplnění potenciálu FVE pro střešní instalace je předpokládáno až v roce 2045. Hodnoty tedy odpovídají potenciálu FVE pro střešní instalace, kterých je možné dosáhnout v roce 2040.

Optimistický lineární trend aproximace se nachází mezi odhady potenciálu a mohl by tedy odpovídat určitému naplnění solárního potenciálu. Nárůst instalovaného výkonu při uvažování konzervativního lineárního trendu je výrazně nižší, a proto je tento trend uvažován ve scénářích náhrady energie z uhlí, ve kterých není uvažován významný rozvoj FVE.

Stejně jako v případě fotovoltaických elektráren byla dostupná data o vývoji instalovaného výkonu větrných elektráren lineárně aproximována (obr. 10). Optimistický lineární trend aproximuje veškerá dostupná data a dosahuje tak při prodloužení do roku 2040 lepších výsledků. Konzervativní lineární trend uvažuje pouze aproximaci dat po roce 2010, kdy je nárůst mírnější a prodloužení aproximace do roku 2040 dosahuje nižších hodnot instalovaného výkonu. Stejně jako u aproximace FVE platí, že zobrazený nárůst do roku 2040 je platný pouze pro lineární aproximace, pokud by data byla aproximována jinou funkcí budou výsledky aproximace zcela odlišné.



Obr. 10 Lineární aproximace dosavadního vývoje instalovaného výkonu VtE a navýšení ze scénáře větrného potenciálu

Mimo aproximace je na obrázku znázorněn nárůst instalovaného výkonu, kterého je možné dosáhnout v rámci větrného potenciálu uváděného v kapitole 3.3. Šedá přímka zobrazuje konzervativní scénář větrného potenciálu, kdy je uvažován nárůst instalovaného výkonu o 2 500 MW do roku 2040, žlutá přímka zobrazuje optimistický scénář větrného potenciálu, ve kterém je nárůst do roku 2040 uvažován o 7 500 MW. Je patrné, že jak konzervativní, tak optimistický odhad realizovatelného potenciálu VtE je výrazně vyšší než vývoj instalovaného výkonu stanovený pomocí lineárních aproximací.

Pokud ve scénářích náhrady energie z uhlí není uvažován zvýšený rozvoj VtE, je předpokládáno, že nárůst instalovaného výkonu VtE bude probíhat podle optimistického lineárního trendu, protože tento trend se výrazně neliší od trendu konzervativního.

4.3.4.1 Bioplyn

Potenciál bioplynu se odlišuje od ostatních potenciálů obnovitelných zdrojů tím, že jeho hodnota není stanovena jako možné navýšení instalovaného výkonu, ale jako navýšení využívání primární energie v palivu. Pro tvorbu scénářů je ale potřebné získat hodnotu, o kterou se navýší instalovaný výkon elektráren využívajících energii z bioplynu.

V prvním kroku je potřebné určit účinnost přeměny primární energie v palivu na energii elektrickou, u dostupné energie z bioplynu je předpokládáno, že je vždy přeměna v kogeneračních jednotkách s plynovým motorem. Účinnost přeměny závisí na velikosti bioplynové stanice. Čím větší výkon stanice má, tím vyšší hodnoty účinnosti je schopna dosáhnout. Bioplynové stanice jsou provozovány v široké škále výkonů od desítek kWe do jednotky MWe. Bioplynová kogenerační jednotka společnosti TEDOM o výkonu 30 kWe má elektrickou účinnost při nominálním výkonu 29,5 %, největší kogenerační jednotka téhož výrobce o výkonu 2 300 kWe má účinnost při nominálním výkonu 43,6 %. Střední hodnota elektrické účinnosti určena z účinnosti pro nejmenší a největší výkon je 36,6 %, tato hodnota je určena z účinností pro nominální výkony. Nelze předpokládat, že bioplynové stanice budou vždy provozovány na nominální výkon, proto je střední hodnota účinnosti snížena na 30 %. [37][38]

Účinnost, se kterou je uvažována přeměna primární energie z bioplynu na energii elektrickou je označována jako η_{BP} a její hodnota je výše uvedených 30 %. Elektrina vzniklá z bioplynu se vypočte podle rovnice 4, vydělení rovnice $3,6 \cdot 10^{-3}$ je z důvodu převodu PJ na GWh.

$$E_{BP} = \frac{P_{BP} \cdot \eta_{BP}}{3,6 \cdot 10^{-3}} [GWh]$$

(4)

E_{BP} - brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie v palivu [GWh]

P_{BP} - Celkový dostupný energetický potenciál bioplynu z APB v závislosti na využití zemědělské půdy [PJ]

η_{BP} - účinnost přeměny primární energie bioplynu na energii elektrickou [%]

Druhým předpokladem je, že bioplynové stanice fungují ve stejném režimu jako celá skupina plynových a spalovacích elektráren. Tím pádem lze k výpočtu instalovaného elektrického výkonu bioplynových elektráren použít koeficient výkonu a využití stanovený pro plynové a spalovací elektrárny v kapitole 4.3.1 a 4.3.2. K výpočtu je použita průměrná hodnota, která je použita i pro výpočet výroby elektrické energie ve scénářích náhrady energie z uhlí. Pomocí koeficientu výkonu (rovnice 5) a využití (rovnice 6) lze vypočítat instalovaný elektrický výkon, který budou mít bioplynové stanice při předpokládaném vyrobeném množství elektrické energie E_{Bp} vypočtené v rovnici 4.

$$P_{inst kv} = \frac{E_{Bp}}{k_v} [MWe] \quad (5)$$

$P_{inst kv}$ - instalovaný elektrický výkon pro vyrobené množství elektřiny E_{Bp} stanovený pomocí koeficientu výkonu [MWe]

E_{Bp} - brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie v palivu [GWh]

k_v - koeficient výkonu

$$P_{inst kc} = \frac{E_{Bp}}{k_c \cdot 8760} \cdot 1000 [MWe] \quad (6)$$

$P_{inst kc}$ - instalovaný elektrický výkon pro vyrobené množství elektřiny E_{Bp} stanovený pomocí koeficientu využití [MWe]

E_{Bp} - brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie v palivu [GWh]

k_c - koeficient využití

Výsledná hodnota navýšení instalovaného elektrického výkonu bioplynových stanic $P_{inst\ Bp}$, je určena jako střední hodnota $P_{inst\ kv}$ a $P_{inst\ kc}$. Tabulka 16, zobrazuje množství primární energie z bioplynu, elektrickou energii vzniklou přeměnou primární energie z bioplynu a navýšení instalovaného výkonu bioplynových stanic, vše v závislosti na využití dostupného potenciálu zemědělské půdy.

Využití dostupného potenciálu biomasy ze zemědělské půdy [%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Celkový dostupný energetický potenciál bioplynu z APB P_{Bp} [PJ]	12	14	17	20	22	25	28	30	33	36
Brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie bioplynu E_{Bp} [GWh]	972	1 193	1 415	1 637	1 858	2 080	2 302	2 523	2 745	2 967
Navýšení instalovaného elektrického výkonu bioplynových stanic $P_{inst\ Bp}$ [MWe]	267	328	389	450	511	572	633	694	755	816

Tab. 16 Celkový energetický potenciál bioplynu, elektrická energie vzniklá z energie bioplynu a možné navýšení instalovaného výkonu bioplynových stanic v závislosti na využití potenciálu biomasy ze zemědělské půdy.

4.3.4.2 Biomasa

Potenciál biomasy stejně tak jako potenciál bioplynu je uváděn jako možné navýšení využívání primární energie v palivu, obdobně jako pro bioplyn je potřeba získat hodnotu, o kterou se navýší instalovaný výkon elektráren spalující biomasu.

Při určení účinnosti přeměny primární energie v palivu u spalované biomasy je předpokládáno, že tato biomasa bude využívána v elektrárnách i teplárnách různých výkonů, biomasa má proměnlivou kvalitu a zdroje využívající tuto biomasu nebudou vždy fungovat na svých nominálních parametrech. S ohledem na všechny tyto skutečnosti je stanovena účinnost přeměny primární energie v palivu na energii elektrickou $\eta_{BS} = 20\%$.

Dalším předpokladem je, že zdroje spalující biomasu fungují ve stejném režimu jako parní elektrárny, tudíž budou mít shodné koeficienty výkonu a využití. V tabulce 17 jsou zobrazeny hodnoty brutto výroby elektrické energie vzniklé ze spalované biomasy určené pomocí rovnice 4. Hodnota navýšení instalovaného elektrického výkonu elektráren spalujících biomasu je spočtena jako střední hodnota instalovaného elektrického výkonu vypočtená z rovnic 5 a 6. V tabulce jsou všechny hodnoty vztaženy k procentuálnímu využívání potenciálu biomasy ze zemědělské půdy.

Využití dostupného potenciálu biomasy ze zemědělské půdy [%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Celkový dostupný energetický potenciál biomasy pro spalování z APB P_{Sp} [PJ]	51	59	66	73	80	87	94	101	108	115
Brutto elektrická energie vzniklá přeměnou primární energie biomasy vhodné pro spalování E_{Sp} [GWh]	2 856	3 251	3 646	4 041	4 436	4 831	5 226	5 621	6 016	6 411
Navýšení instalovaného výkonu parních elektráren spalujících biomasu $P_{inst Sp}$ [MWe]	625	711	797	884	970	1 057	1 143	1 229	1 316	1 402

Tab. 17 Celkový energetický potenciál biomasy pro spalování, elektrická energie vzniklá z spalováním biomasy a možné navýšení instalovaného výkonu parních elektráren spalujících biomasu v závislosti na využití potenciálu biomasy ze zemědělské půdy.

4.3.4.3 Zachování současného využívání biomasy

V roce 2020 bylo v parních elektrárnách vyrobeno přibližně 2,5 TWh eklektické energie z biomasy (tab. 7). Lze předpokládat, že zůstane využívání této biomasy i po ukončení provozu parních elektráren, kde je v současnosti biomasa často spalována společně s uhlím. Pomocí stejného postupu jako v předchozí kapitole lze stanovit, že instalovaný elektrický výkon parních elektráren spalujících pouze biomasu, který bude zachován i po roce 2038, tak aby vyrobil přibližně 2,5 TWh elektřiny ročně, bude činit 547 MWe.

5 Scénáře složení instalovaného výkonu bez uhelných zdrojů

Následující kapitoly navrhují, jak by mohla proběhnout náhrada instalovaného výkonu uhelných zdrojů. Scénáře vycházejí z údajů uváděných v předchozích kapitolách. Ve scénářích dojde k zanedbání distribučních ztrát elektrické energie, tudíž výroba elektřiny netto bude zároveň i elektřinou dostupnou ke konečné spotřebě, která je srovnána s trendy spotřeby elektrické energie uvedenými v kapitole 4.2. Výroba netto elektřiny je vypočtena, jako střední hodnota netto výroby stanovené pomocí koeficientu výkonu a využití.

5.1 Jaderný scénář

V tomto scénáři jsou uhelné elektrárny nahrazeny zejména jadernými elektrárnami. Místa pro realizaci nových jaderných zdrojů jsou v České republice v areálech jaderné elektrárny Dukovany a Temelín, kde v každé je možná realizace až dvou nových bloků. Existuje také územní rezerva pro jaderný zdroj v obci Blahutovice, rozvoj této oblasti je předpokládán po roce 2040, stejně jako je tomu ve Státní energetické koncepci, a tím pádem nezasáhne do období realizace scénáře. [39] [40]

Provoz jaderné elektrárny Dukovany je plánován do roku 2047, i přes nutné investice do údržby pro zajištění provozu zdroje. V Dukovanech dojde k výstavbě jednoho nového bloku o předpokládaném výkonu 1 000 MWe. Předpokládaným rokem uvedení bloku do provozu je rok 2036. V Temelínské elektrárně dojde také k výstavbě nového bloku o stejném výkonu, u kterého je předpokládané uvedení do provozu v roce 2040.

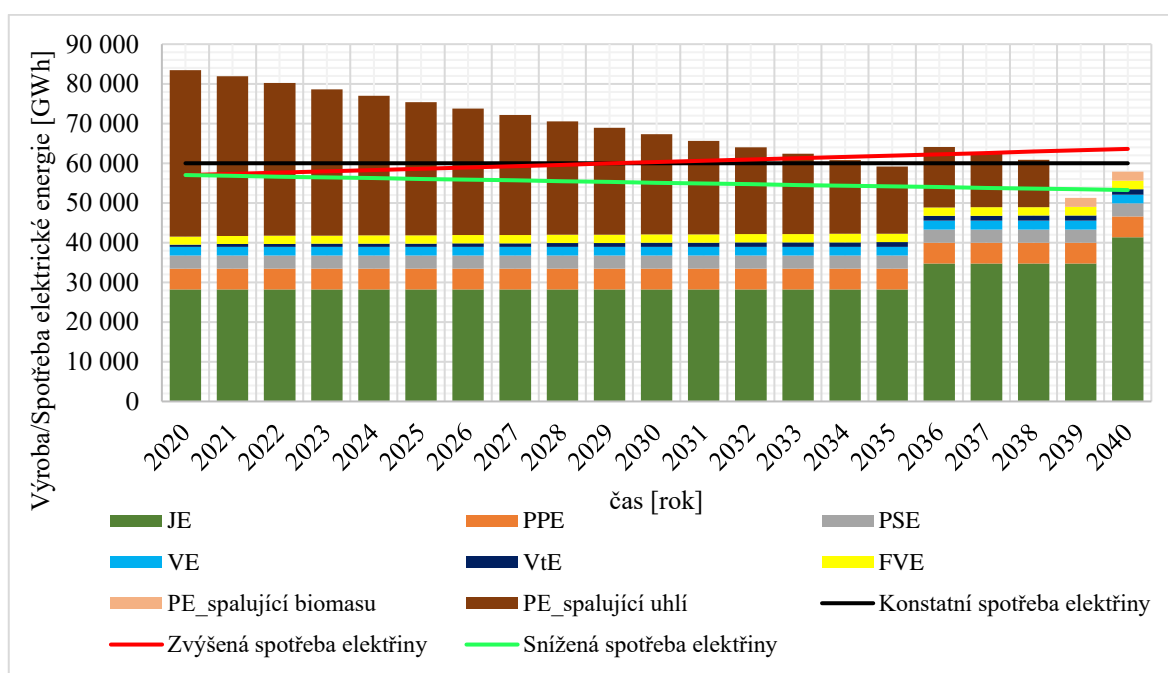
Instalovaný výkon fotovoltaických elektráren je navyšován podle lineárně konzervativního trendu uvedeného v kapitole 4.3.4, instalovaný výkon větrných elektráren je navyšován podle lineárně optimistického trendu uvedeného taktéž v kapitole 4.3.4.

Instalovaný výkon vodních elektráren a plynových a spalovacích elektráren nebude navyšován, stejně tak jako nebude více využívána biomasa. Výkon paroplynových elektráren zůstane také neměnný.

Složení instalovaného výkonu zdrojů po úplné realizaci scénáře, je zobrazeno v tabulce 18. Na obrázku 11 je znázorněn průběh realizace scénáře, ve srovnání s možnými trendy spotřeby elektrické energie.

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Zastoupení instalovaného výkonu v procentech [%]
Jaderné elektrárny	6 290	47
Parní elektrárny spalující biomasu	547	4
Paroplynové elektrárny	1 364	10
Plynové a spalovací elektrárny	962	7
Vodní elektrárny	1 094	8
Větrné elektrárny	798	6
Fotovoltaické elektrárny	2 232	17
Celkem	13 286	100

Tab. 18 Složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie po plné realizaci Jaderného scénáře v roce 2040



Obr. 11 Grafický průběh netto výroby elektrické energie při realizaci Jaderného scénáře v porovnání s trendy spotřeby elektrické energie

Tento scénář neplní požadavky na výrobu elektrické energie a v roce 2034 a 2035 a po roce 2038 v případě trendu konstantní i zvýšené spotřeby elektrické energie. Spotřeba elektrické energie je plně pokryta při uvažování trendu snížené spotřeby elektrické energie kromě roku 2039. Realizace trendu snížené spotřeby je přitom velice nepravděpodobná.

5.2 Scénář s vysokým využíváním obnovitelných zdrojů

Tento scénář navrhuje orientaci energetiky především k využívání obnovitelných zdrojů energie, které nahradí uhelné elektrárny.

Využívání energie biomasy je postupně navyšováno ve formě využívání dostupného potenciálu biomasy. Dostupný potenciál biomasy je využíván z 50 % v roce 2040. Po úplné realizaci je v roce 2040 využíváno 560 tis. ha zemědělské plochy pouze pro získávání energie biomasy. Podle tabulky 16 a 17, při takovém využívání biomasy může dojít k navýšení instalovaného výkonu parních elektráren spalujících biomasu o 970 MWe a bioplynových elektráren o 511 MWe. Instalovaný výkon parních elektrárny je navyšován každé 4 roky o 194 MWe. Bioplynové stanice navyšují svůj instalovaný elektrický výkon každé čtyři roky o 102 MWe. Navyšování instalovaného elektrického výkonu bioplynových stanic se projeví růstem instalovaného výkonu skupiny plynové a spalovací zdroje.

Navýšení instalovaného výkonu větrných elektráren je realizováno v podobě konzervativního scénáře větrného potenciálu uvedeného v kapitole 3.3, to představuje instalaci nových elektráren o celkovém výkonu 2 500 MW. Každý rok je instalovaný výkon větrných elektráren navýšen o 125 MW.

Navýšení instalovaného výkonu střešních fotovoltaických elektráren je plánováno v hodnotě 75 % optimistického potenciálu pro střešní instalace ENACO uvedeného v kapitole 4.3.4., to znamená navýšení instalovaného výkonu o 3 360 MWp. Nové instalace fotovoltaických elektráren na zemědělskou půdu jsou uvažovány v hodnotě 2 000 MWp. Celkem po plné realizaci je navýšen instalovaný výkon fotovoltaických elektrárna o 5 360 MWp. Každý rok je navyšován výkon fotovoltaických elektráren o 268 MWp.

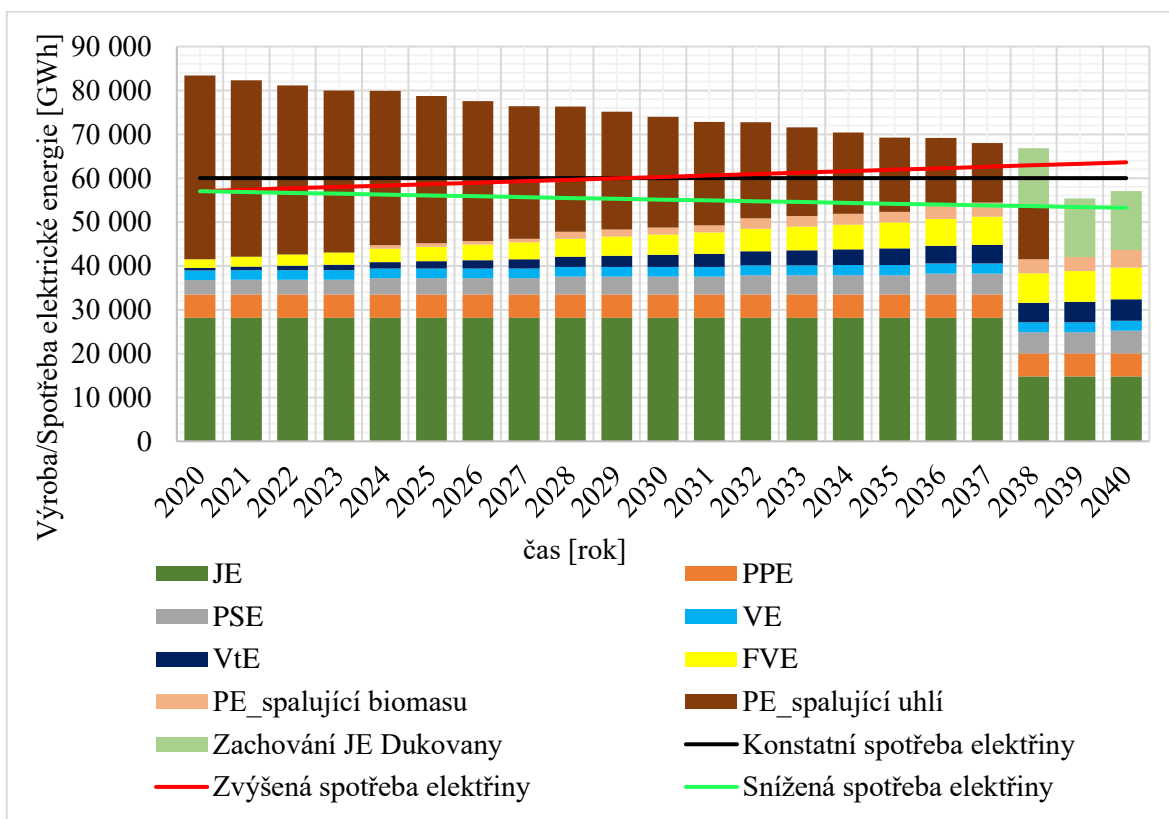
Vodní elektrárny navýší svůj instalovaný výkon o maximální odhadovaný potenciál stanovený v kapitole 3.2, celkové navýšení je v roce 2040 o 44 MW. Každý rok je navyšován výkon vodních elektráren o 2,2 MW.

Provoz jaderné elektrárny Dukovany je ukončen v roce 2037. Kvůli primárním investicím do rozvoje obnovitelných zdrojů nejsou jaderné zdroje dále rozšiřovány. Výkon paroplynových elektráren zůstane neměnný.

Složení instalovaného výkonu po kompletní realizaci scénáře je zobrazeno v tabulce 19. Na obrázku 12 je zobrazen průběh realizace scénáře ve srovnání s možnými trendy spotřeby elektrické energie.

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Zastoupení instalovaného výkonu v procentech [%]
Jaderné elektrárny	2 250	13
Parní elektrárny	970	6
Paroplynové elektrárny	1 364	8
Plynové a spalovací elektrárny	1 472	8
Vodní elektrárny	1 138	7
Větrné elektrárny	2 839	16
Fotovoltaické elektrárny	7 431	43
Celkem	17 464	100

Tab. 19 Složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie po plné realizaci scénář s vysokým využíváním obnovitelných zdrojů v roce 2040



Obr. 12 Grafický průběh netto výroby elektrické energie při realizaci scénáře s vysokým využíváním obnovitelných zdrojů v porovnání s trendy spotřeby elektřiny

Scénář nenaplnuje požadavky všech předpokládaných trendů spotřeby elektrické energie po roce 2038. Pakliže je zachován provoz JE Dukovany, tak nedostatek elektřiny nastane po roce 2038 při uvažování trendu konstantní a zvýšené spotřeby elektrické energie. Scénář splňuje požadavky trendu snížené spotřeby elektrické energie při zachování provozu Dukovan.

V tomto scénáři jsou ze všech scénářů nejvíce využívané obnovitelné zdroje energie, proto je potřeba ověřit, jestli navýšení instalovaného výkonu nekoliduje s plochou zemědělské půdy, která je pro obnovitelné zdroje k dispozici.

U instalací FVE na zemědělskou půdu je nutné určit, jak velkou plochu zaujímá celá elektrárna ku ploše panelů, které jsou na ní umístěné. K určení této závislosti budou použity technické údaje o FVE Vepřek, která je jednou z největších FVE v České republice. Elektrárna Vepřek se rozkládá na ploše 82,5 ha, instalovaný výkon elektrárny je 35 MWp, tvoří ji 189 960 modulů o výkonech 185 Wp a 190 Wp, tyto moduly mají shodnou plochu a to $1,28 \text{ m}^2$. Plocha tvořená panely činní přibližně 24,3 ha, to znamená, že plocha panelů je přibližně třetinová oproti ploše pozemku elektrárny. Předpokladem je, že tato závislost je stejná i u nově stavěných FVE na zemědělské půdě.[41] [42] [43]

Použité panely pro stavbu nových FVE jsou shodné s panely, které uvažuje společnost ENACO v kapitole 3.4.2 pro střešní instalace. Jeden panel má plochu $1,64 \text{ m}^2$ a výkon 250 Wp. Při zajištění výkonu 2 000 MWp těmito panely bude nutné nainstalovat 8 000 000 modulů, plocha těchto modulů je přibližně 1 312 ha. Při zachování závislosti, že plocha panelů tvoří třetinu celkové rozlohy pozemku, tak plocha pozemku pro panely o výkonu 2 000 MWp činí přibližně 4 373 ha. Je nutné zdůraznit, že toto platí pouze pro výše zavedené závislosti a předpokládané plochy a výkony panelů.

Plocha, kterou zaujmou větrné elektrárny, se stanoví z podmínek, které jsou nutné dodržet při instalaci větrných elektráren. Pokud je instalována více než jedna větrná elektrárna musí být vzdálenost mezi jednotlivými elektrárnami v podélném směru pětinasobek průměru rotoru. V příčném směru musí vzdálenost mezi jednotlivými elektrárnami činit minimálně trojnásobek průměru rotoru. Pokud jsou instalovány větrné elektrárny Nordex N117 o průměru rotoru 117 m, které předpokládá studie větrného potenciálu, má vytyčený obdélník jednou elektrárnou rozměry $585 \text{ m} \times 351 \text{ m}$, plocha tohoto obdélníku činí 20,5 ha. Tuto plochu tedy zaujme jedna větrná elektrárna, při instalaci 800 nových větrných elektráren bude celková plocha, kterou tyto elektrárny zaujmou 16 400 ha. [23]

Zemědělská plocha, kterou využijí fotovoltaické elektrárny, v kombinaci se zemědělskou plochou využitou pro energetické využití biomasy dohromady činí 564,4 tis. ha. Plocha, kterou pokryjí větrné elektrárny není připočítávána, protože VtE blokuje zemědělskou plochu jen minimálně základem stožáru. Navýšení instalovaného výkonu FVE a VtE v kombinaci s výše uvedeným využíváním zemědělské plochy pro energie z biomasy je v souladu se zemědělskou plochou, která je k dispozici pro obnovitelné zdroje. Pro další rozšiřování obnovitelných zdrojů je v tomto případě možné ještě využít zemědělskou půdu o výměře 556,4 tis. ha. Toto ověření nebude prováděno v dalších scénářích, jelikož využívají obnovitelné zdroje v menší míře.

5.3 Plynový scénář

Při realizaci tohoto scénáře je uvažováno, že náhrada za uhelné zdroje bude v podobě paroplynových elektráren. Uhlé elektrárny nahradí čtyři nové paroplynové zdroje, každý o instalovaném výkonu 880 MWe. Nové paroplynové zdroje jsou instalovány v intervalu 5 let, celkově se tedy výkon paroplynových zdrojů zvýší o 3 520 MWe k roku 2040. Fungování paroplynových elektráren je v tomto scénáři uvažováno ve dvou režimech. Jednou v režimu pološpičkovém zatížení, výroba pro tento režim je počítána koeficientem výkonu. V druhém režimu fungují paroplynové elektrárny jako zdroj základního zatížení. Výroba elektřiny pro režim základního zatížení je počítána pomocí koeficientu využití s hodnotou 0,8. I přes to, že paroplynové elektrárny můžou dosahovat i vyšší hodnoty koeficientu využití s ohledem na bezpečnost je volena hodnota 0,8.

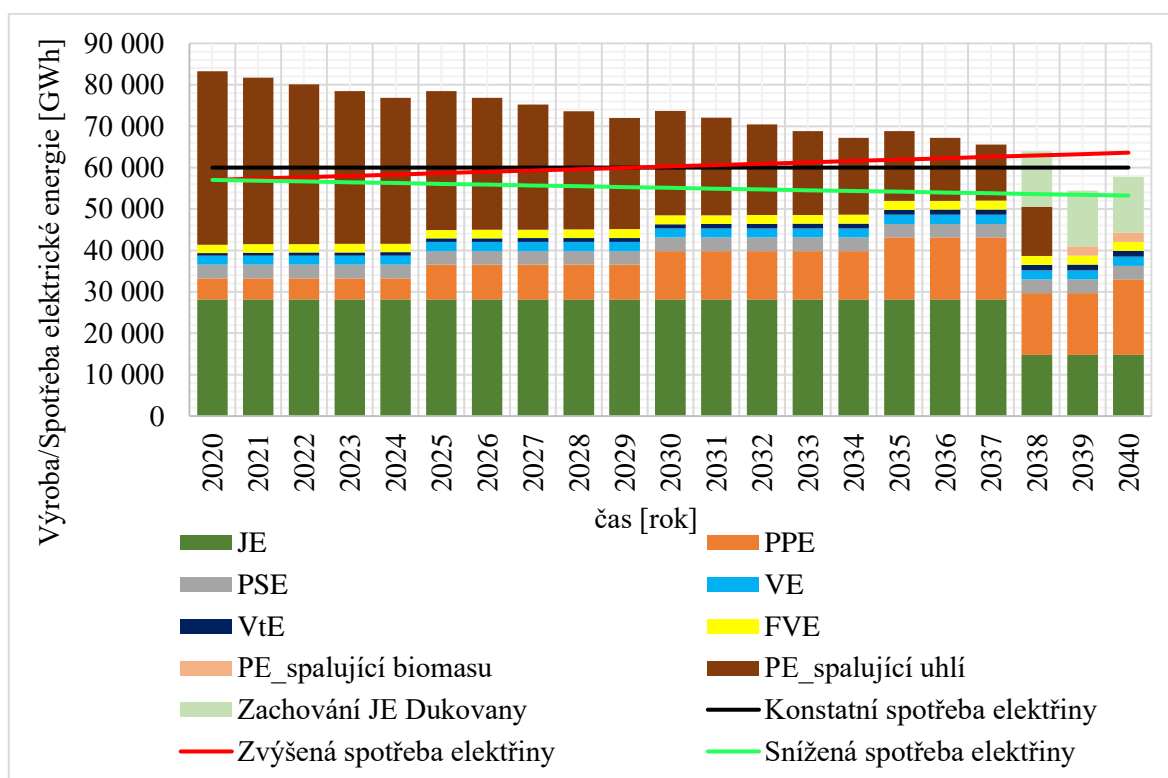
Instalovaný výkon fotovoltaických elektráren, je navyšován podle lineárně konzervativního trendu uvedeného v kapitole 4.3.4, instalovaný výkon větrných elektráren je navyšován podle lineárně optimistického trendu uvedeného taktéž v kapitole 4.3.4. Instalovaný výkon vodních elektráren a plynových a spalovacích elektráren není navyšován, stejně tak jako není navyšováno využívání biomasy.

Jaderná elektrárna Dukovany ukončí svůj provoz v roce 2037, protože přednější investice jsou do výstavby nových paroplynových elektráren, a nikoliv do prodloužení jejího provozu.

Složení instalovaného výkonu po kompletní realizaci scénáře je zobrazeno v tabulce 20. Na obrázku 13 je zobrazen průběh realizace plynového scénáře při fungování paroplynových elektráren v pološpičkovém režimu ve srovnání s možnými trendy spotřeby elektrické energie. Průběh realizace plynového scénáře při fungování paroplynových zdrojů v režimu základního zatížení ve srovnání s možnými trendy spotřeby elektrické energie zobrazuje obr. 14.

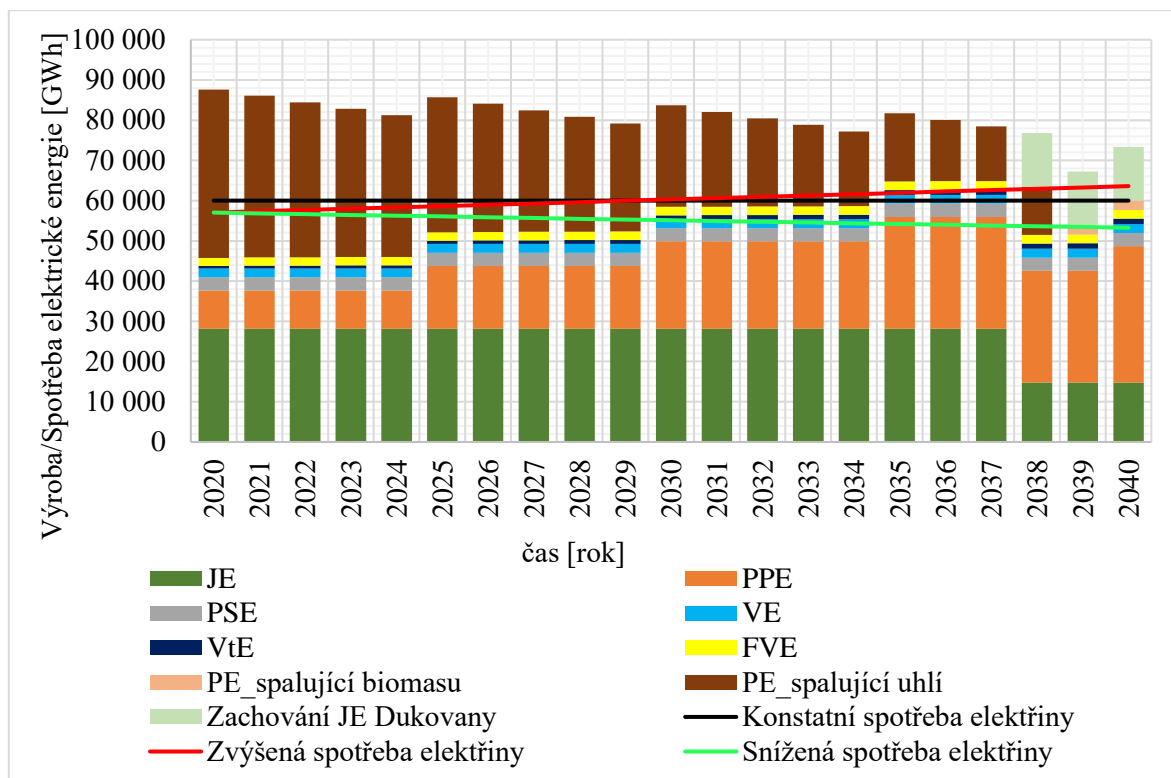
Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Zastoupení instalovaného výkonu v procentech [%]
Jaderné elektrárny	2 250	18
Parní elektrárny spalující biomasu	547	4
Paroplynové elektrárny	4 884	38
Plynové a spalovací elektrárny	962	8
Vodní elektrárny	1 094	9
Větrné elektrárny	798	6
Fotovoltaické elektrárny	2 232	17
Celkem	12 767	100

Tab. 20 Složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie po plné realizaci Plynového scénáře v roce 2040



Obr. 13 Grafický průběh netto výroby elektrické energie při realizaci Plynového scénáře v pološpičkovém režimu v porovnání s trendy spotřeby elektrické energie

Při uvažování provozu paroplynových elektráren v pološpičkovém režimu není po roce 2037 naplněn požadavek na množství elektřiny pro všechny trendy spotřeby elektrické energie. Jestliže by byl zachován provoz JE Dukovany i po roce 2037, dojde k splnění požadavku na výrobu elektřiny při uvažování trendu snížené spotřeby elektrické energie. Realizace snižování spotřeby elektrické energie je ale velice nepravděpodobná.



Obr. 14 Grafický průběh netto výroby elektrické energie při realizaci Plynového scénáře v režimu základního zatížení v porovnání s trendy spotřeby elektrické energie

Pokud budou paroplynové elektrárny fungovat v režimu základního zatížení, dojde k nedostatku elektřiny po roce 2037 pro trend zvýšené spotřeby elektrické energie, pro zbylé dva trendy spotřeby dojde k nedostatku elektřiny po roce 2038. Pakliže by byl zachován provoz JE Dukovany i po roce 2037, tak tento scénář splňuje požadavky všech trendů spotřeby elektrické energie.

Zemní plyn je strategická surovina a Česká republika je závislá na jejím importu, v rámci toho je určeno o jak přibližně velkou hodnotu se navýší spotřeba zemního plynu při realizaci tohoto scénáře.

Předpokladem je, že postavené paroplynové elektrárny budou mít stejné parametry jako paroplynová elektrárna Počerady, ta dosahuje při nominálním výkonu účinnosti výroby elektrické energie 57,8 %, v pološpičkovém režimu vyrobí jedna elektrárna ročně 3 432 GWh elektrické energie a v režimu základního zatížení 6 167 GWh elektrické energie. Rovnice 7 určuje hodnotu energie v palivu, která je potřeba na výrobu uvedených ročních množství elektrické energie. [36]

$$P_{zp} = \frac{E}{\eta_{el}} \quad (7)$$

P_{zp} -Energie zemního plynu [GWh]

E -roční výroba elektrické energie [GWh]

η_{el} -účinnost výroby elektrické energie [%]

V pološpičkovém režimu je využito 5 937 GWh/rok zemního plynu, v případě režimu základního zatížení je to 10 670 GWh/rok. V elektrárně Počerady je používán zemní plyn s výhřevností 9,493 kWh/m³, uvažuje se použití zemního plynu o stejných parametrech. Jedna paroplynová elektrárna v pološpičkovém režimu spotřebuje ročně přibližně 625 mil.m³/rok zemního plynu, v režimu základního zatížení je spotřeba zemního plynu přibližně 1 129 mil.m³/rok. Tyto hodnoty platí pouze pro výše uvedenou účinnost, která je stanovena při nominálním výkonu, pokud bude elektrárna provozována na nižší výkon, účinnost bude klesat a spotřeba paliva bude vyšší. [36]

V roce 2020 byla roční spotřeba zemního plynu přibližně 8 700 mil.m³/rok, při provozu čtyř paroplynových elektráren v režimu základního by došlo k více než 50 % navýšení současné spotřeby zemního plynu. V případě pološpičkového provozu dochází k navýšení současné spotřeby o více než 25 %. [44]

5.4 Scénář importu elektrické energie

Tento scénář předpokládá, že potřebné množství elektrické energie, které nebudou schopny dodat tuzemské zdroje, bude importováno. Zároveň ale bude snaha zachovat všechny současné provozované zdroje mimo těch využívající k výrobě elektřiny uhlí.

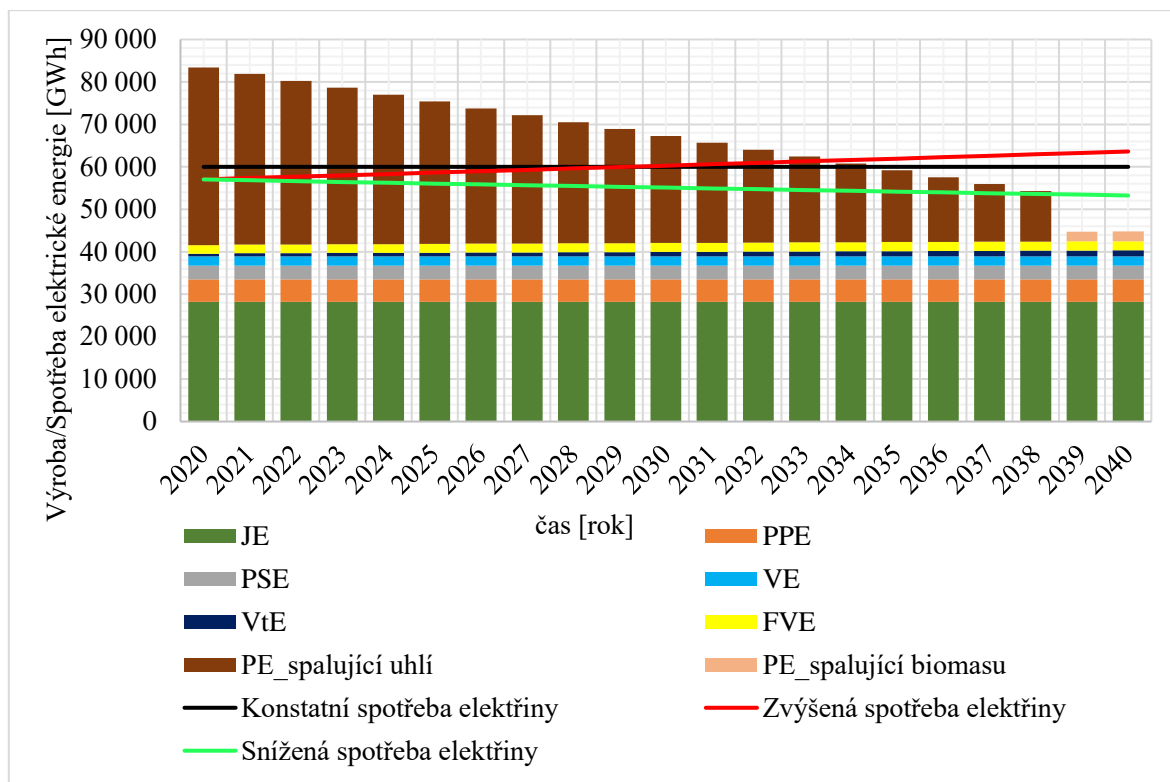
Provoz jaderné elektrárny Dukovany je prodloužen do roku 2047. Instalovaný výkon vodních elektráren a plynových a spalovacích nebude navyšován, stejně tak jako nebude více využívána biomasa. Výkon paroplynových elektráren zůstane také neměnný.

Instalovaný výkon fotovoltaických elektráren je navyšován podle lineárně konzervativního trendu uvedeného v kapitole 4.3.4, instalovaný výkon větrných elektráren je navyšován podle lineárně konzervativního trendu uvedeného taktéž v kapitole 4.3.4.

Složení instalovaného výkonu po kompletní realizaci scénáře je zobrazeno v tabulce 21, grafický průběh realizace scénáře uvádí obrázek 15.

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Zastoupení instalovaného výkonu v procentech [%]
Jaderné elektrárny	4 290	39
Parní elektrárny spalující biomasu	547	5
Paroplynové elektrárny	1 364	12
Plynové a spalovací elektrárny	962	9
Vodní elektrárny	1094	10
Větrné elektrárny	575	5
Fotovoltaické elektrárny	2 232	20
Celkem	11 064	100

Tab. 21 Složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie po plné realizaci scénáře importu v roce 2040



Obr. 15 Grafický průběh netto výroby při realizaci scénáře importu elektrické energie v porovnání s trendy spotřeby elektrické energie

Pakliže dojde k trendu zvyšování spotřeby elektrické energie, musí import elektřiny nastat po roce 2033, v případě trendu konstantní spotřeby musí import elektřiny nastat po roce 2034. Při uvažování trendu snížené spotřeby elektrické energie musí import nastat po roce 2038.

V tabulce 22 je uvedeno, jaké množství elektřiny musí být v jednotlivých rocích importováno v závislosti na trendech spotřeby elektrické energie.

Množný trend spotřeby elektrické energie	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Potřebný import při trendu konstantní spotřeby [GWh]	-	832	2 455	4 077	5 700	17 556	17 513
Potřebný import při trendu zvýšené spotřeby [GWh]	812	2 768	4 724	6 681	8 639	20 831	21 125
Potřebný import při trendu snížené spotřeby [GWh]	-	-	-	-	-	10 988	10 757

Tab. 22 Potřebný import elektrické energie v jednotlivých letech v závislosti na trendech spotřeby elektrické energie

Při uvažování trendu konstantní spotřeby představuje import mezi roky 2035 až 2038 1 % až 10 % z celkového spotřebovaného množství elektřiny. Po roce 2038 import rapidně naroste a představuje 29 % ze spotřeby elektrické energie. V trendu zvýšené spotřeby je situace velmi podobná do roku import představuje 1 % až 10 % celkové spotřeby elektrické energie, po roce 2038 opět import rapidně narůstá na 33 % z celkové spotřeby elektřiny. V trendu snižování spotřeby není import elektřiny do roku 2038 vůbec nutný, až po jeho skončení je nezbytné importovat 20 % z elektřiny v tomto trendu spotřebované.

5.5 Optimalizační scénář

Tento scénář je navržen tak, aby vytvořil co nejvhodnější složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie, které by splňovalo všechny navržené trendy spotřeby elektrické energie.

Jaderná elektrárna Dukovany je provozována do roku 2047, zároveň dojde na jejím území k výstavbě nového jaderného bloku o výkonu 1 000 MWe, který bude spuštěn do provozu v roce 2036.

Instalovaný výkon paroplynových zdrojů je navýšen o dvě nové elektrárny, každá má instalovaný výkon 880 MWe. Jsou uvedené do provozu v roce 2028 a 2033.

Využívání energie biomasy je postupně navyšováno ve formě využívání dostupného potenciálu biomasy. Dostupný potenciál biomasy bude využíván ze 40 % v roce 2040. Celkově je v roce 2040 využíváno 448 tis. ha zemědělské plochy pouze pro získávání energie biomasy. Podle tabulky 16 a 17 při takovém využívání biomasy může být navýšen instalovaný výkon parních elektráren spalujících biomasu o 797 MWe a bioplynových elektráren o 389 MWe. Parní elektrárny spalující biomasu navyšují svůj výkon každé 4 roky o 159 MWe. Bioplynové stanice navyšují svůj instalovaný elektrický výkon každé čtyři roky o 79 MWe. Navyšování instalovaného elektrického výkonu bioplynových stanic se projeví růstem instalovaného výkonu skupiny plynové a spalovací zdroje.

Instalovaný výkon větrných elektráren je navýšen o 1 500 MW do roku 2040. Nárůst instalovaného výkonu větrných elektráren je každý rok o 75 MW.

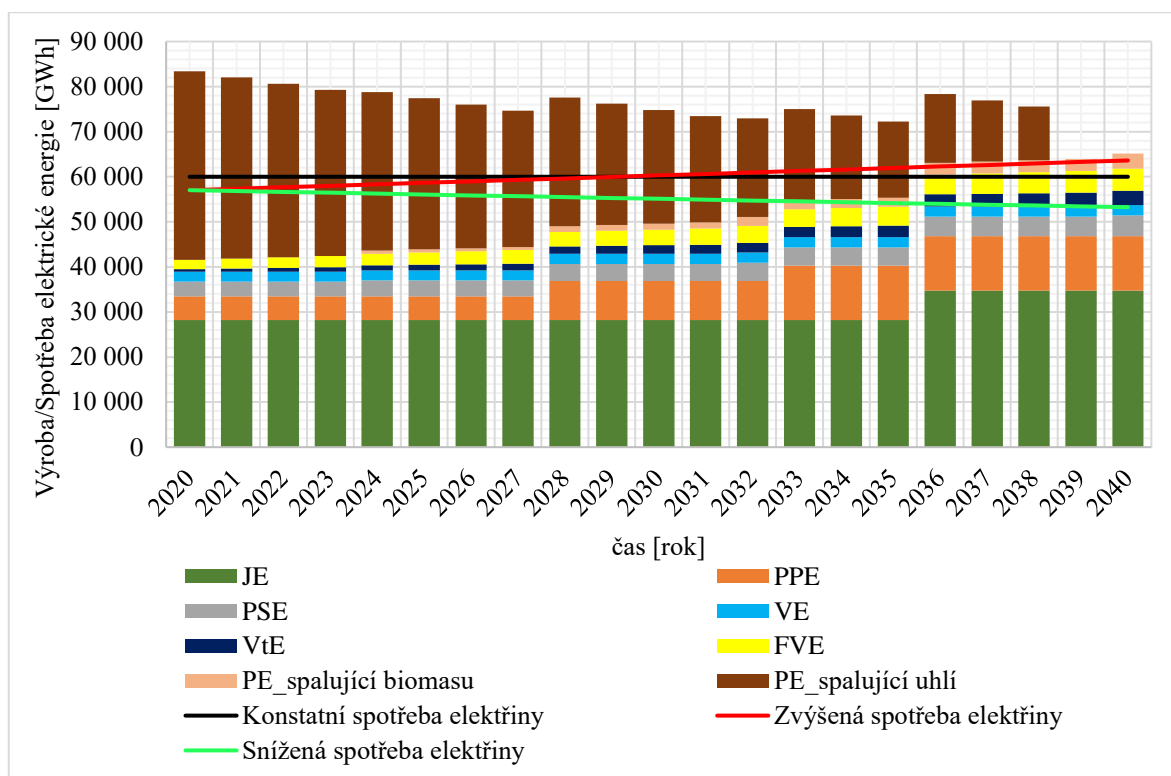
Instalovaný výkon fotovoltaický elektráren je celkově navýšen o 3 000 MWp k roku 2040. Na střechy budov je celkově nainstalováno 2 000 MWp a na zemědělskou půdu je nainstalováno 1 000 MWp. Předpokládaný nárůst instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren je o 150 MWp za rok.

Vodní elektrárny navýší svůj instalovaný výkon o maximální odhadovaný potenciál stanovený v kapitole 3.2, celkové navýšení je v roce 2040 o 44 MW. Každý rok je navyšován výkon vodních elektráren o 2,2 MW.

Složení instalovaného výkonu po kompletní realizaci scénáře je zobrazeno v tabulce 23, grafický průběh realizace scénáře uvádí obrázek 16.

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Zastoupení instalovaného výkonu v procentech [%]
Jaderné elektrárny	5 290	27
Parní elektrárny spalující biomasu	1 543	8
Paroplynové elektrárny	3 124	16
Plynové a spalovací elektrárny	1 351	7
Vodní elektrárny	1 138	6
Větrné elektrárny	1 839	10
Fotovoltaické elektrárny	5 071	26
Celkem	19 356	100

Tab. 23 Složení instalovaného výkonu zdrojů elektrické energie po plné realizaci Optimalizačního scénáře v roce 2040



Obr. 16 Grafický průběh netto výroby elektrické energie při realizaci Optimalizačního scénáře v režimu základního zatížení v porovnání s trendy spotřeby elektrické energie

Tento scénář splňuje všechny požadavky na spotřebu elektrické energie stanovené možnými trendy spotřeby elektrické energie.

6 Diskuse výsledků

V práci je navrženo pět různých scénářů, jak může být nahrazena elektrická energie vyrobená z uhlí, současně s těmito scénáři byly navrženy tři možné trendy, jak se může vyvíjet spotřeba elektrické energie. Trendy spotřeby elektrické energie jsou konstantní spotřeba, zvýšená a snížená spotřeba. Trendy spotřeby elektřiny a scénáře náhrady energie z uhlí jsou navrženy na období od roku 2020 do roku 2040.

Ukončení využívání uhelných elektráren je stanoveno na rok 2038. Odstavování uhelných elektráren je plánováno každý rok o 400 MWe, protože ve většině scénářů dochází k problémům uspokojení požadavků spotřeby elektrické energie po roce 2038, je toto odstavené množství v rámci výsledků optimální. Pokud by bylo zvoleno každoroční odstavení většího výkonu, pravděpodobně by došlo k nedostatkům elektřiny již před rokem 2038. V rámci tvorby scénářů došlo k zanedbání distribučních ztrát a pokud by nebyly ztráty zanedbány, pravděpodobně by v mnohých scénářích došlo k nedostatku elektřiny již před rokem 2038. V příštích predikcích složení energetického mixu bez uhelných elektráren je vhodné distribuční ztráty zachovat. Při použití metodiky koeficientu výkonu a využití na predikci výroby elektrické energie z parních elektráren, došlo k nadhodnocení jejich výroby. Koeficienty výkonu a využití parních elektráren by se měly postupně snižovat podle toho, jak budou odstavovány parní elektrárny. Pokud by docházelo ke snižování koeficientů pro parní elektrárny je také velice pravděpodobné, že by ve scénářích docházelo k nedostatkům elektrické energie již před rokem 2038. Další chybou se stává sumarizace výroby elektrické energie obnovitelnými zdroji do celého roku, tímto je předpokládáno, že veškerá elektrická energie, kterou obnovitelné zdroje vyrobí tak se spotřebuje v České republice. V reálné situaci se výroba obnovitelných zdrojů řídí aktuálními klimatickými podmínkami. Pokud výkon, který obnovitelné zdroje poskytují je větší než výkon, který požaduje elektrizační soustava musí dojít buď k akumulaci tohoto výkonu, nebo k jeho převedení do zahraničí. Bylo by vhodné do scénářů začlenit i možný rozvoj akumulace elektrické energie, obzvláště pokud v nich dochází k výraznému nárůstu instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů energie.

Ve scénářích s vysokým využíváním obnovitelných zdrojů a v plynovém scénáři je uvažováno odstavení jaderné elektrárny Dukovany v roce 2037, pokud by byl provoz elektrárny zachován, scénáře lépe naplní požadavky dané možnými trendy spotřeby elektrické energie. Z tohoto vyplývá, že prodloužení provozu Dukovanské jaderné

elektrárny i pro roce 2037 je při náhradě energie z uhlí stěžejní a pokud by opravdu mělo dojít k ukončení jejího provozu v roce 2037, je nutné za tento zdroj najít adekvátní náhradu.

Kompletní požadavky dané možnými trendy spotřeby elektrické energie plní pouze optimalizační scénář a plynový scénář, ve kterém jsou paroplynové elektrárny provozovány v režimu základního zatížení a zachován provoz jaderné elektrárny Dukovany i po roce 2037. Z těchto dvou scénářů je patrné, jak mohou být nahrazeny uhelné elektrárny tak, aby byly splněny všechny požadavky dané možnými trendy spotřeby elektrické energie,

Kromě optimalizačního scénáře se tedy ve všech scénářích stane Česká republika importérem elektrické energie. Scénář importu elektrické energie je na importu elektřiny přímo založen a ukazuje, jak velké množství elektřiny by bylo nutné zajistit při zachování stávajících elektráren a jen s konzervativním rozvojem obnovitelných zdrojů. Je tedy velká pravděpodobnost, že v budoucnu Česká republika plně ztratí status čistého exportéra elektrické energie.

Náhrada uhelných elektráren je velmi komplexní problém a nemá jednoznačné řešení, všechny scénáře mají svá rizika, která při nebo po jejich realizaci mohou nastat. V každém scénáři může nastat riziko v podobě zpoždění ve výstavbě nových elektráren či nedodržení stanovených plánů na navyšování instalovaného výkonu, zároveň každý zmíněný scénář může ohrožovat nepřehledné množství dalších rizik a nesrovnalostí při případné realizaci. V následujících odstavcích chci stručně popsat jedno riziko, které považuji za nejdůležitější pro daný scénář.

Pro jaderný scénář je hlavním rizikem regulace jaderných elektráren, jaderné elektrárny jsou zdroje základního zatížení. Když bude jejich celkový instalovaný výkon 6 290 MWe, tak zejména v letních měsících (v roce 2020 bylo minimální zatížení 4 654 MW [7]) bude nutná neustálá regulace výkonu v síti, pokud nebude moci dojít k přetoku elektřiny do zahraničí. Vhodný by byl další rozvoj přečerpávacích vodních elektráren pro regulaci a akumulaci elektřiny vyrobené nad požadavky sítě. Toto riziko nemusí být tak důležité, pokud dojde ke zvýšení spotřeby elektrické energie.

Ve scénáři orientovaném především na energii z obnovitelných zdrojů je největším rizikem samotné fungování obnovitelných zdrojů, které je závislé na aktuálním stavu atmosféry. Obnovitelné zdroje by měly mít vždy za sebe zálohu ve stejné výši jako je jejich instalovaný výkon, v tomto scénáři nejsou žádné zálohy uvažovány a jejich absence je pro tento scénář největším rizikem.

V plynovém scénáři považují za největší riziko cenu a strategický význam zemního plynu. Elektrina vyrobená ze zemního plynu je silně závislá na jeho ceně. Zemní plyn je rovněž strategickou surovinou a Česká republika je plně závislá na importu zemního plynu. Lze dovážet i zkapalněný zemní plyn, který je možné zajistit z více zdrojů než zemní plyn dopravovaný potrubím, ale jeho cena je vyšší. Plynový scénář má tedy jako hlavní riziko cenu elektřiny ze zemního plynu a závislost, která by vznikla na této strategické surovině.

Scénář importu elektrické energie spoléhá na nákup elektřiny ze zahraničí, pokud nebude možné žádnou elektřinu nakoupit, měla by si Česká republika být schopná pokrýt požadované denní zatížení vlastními zdroji elektřiny. Maximální zatížení v roce 2020 činilo 11 649 MW, hodnota maximálního zatížení může být vyšší při zvyšování spotřeby elektrické energie. Celkový instalovaný výkon v tomto scénáři činí pouze 11 064 MW. Hlavní riziko shledávám v tom, že Česká republika by nemusela být schopná v případě nutnosti samostatně pokrýt dodávky elektrické energie. [7]

Optimalizační scénář je navržený tak, že energetický mix nespolečá na jediný zdroj elektřiny, ale zdroje jsou diverzifikované tak, aby byly vhodně využity všechny dostupné zdroje, které má Česká republika k dispozici. Elektrizace soustava by měla být flexibilní pro zajištění všech požadavků sítě. V tomto scénáři je uvažován poměrně vysoký rozvoj obnovitelných zdrojů a s tím je stejně jako ve druhém scénáři spojená nutnost záloh, které v tomto scénáři také nejsou uvažovány.

Výsledky ukazují, že náhrada energie z uhlí je velice komplexní problém, který nemá jednoznačné řešení, predikce vývoje instalovaného výkonu zdrojů je pouze odhadem a může se kompletně lišit od reality, která skutečně nastane. Je také patrné, jak moc je uhelná energie důležitá pro nezávislost energetiky v České republice a bez velkých investic a úsilí nebude tuto energii možné nahradit.

Práce může sloužit pro vytvoření představy, co by znamenalo ukončení využívání elektrické energie z uhlí v roce 2038, jak obtížné je nahradit tyto elektrárny s možnostmi, které má Česká republika k dispozici. Potvrzuje také, že obnovitelné zdroje jsou v České republice vhodné jako doplňkový zdroj ke zdrojům neobnovitelným, ale není na nich možné postavit celý energetický mix.

7 Závěr

Cílem této práce je navrhnout vhodné složení zdrojů elektrické energie bez využívání primární energie hnědého a černého uhlí. Navrhnuté scénáře bez elektřiny z uhelných zdrojů jsou následně srovnány s navrženými trendy spotřeby elektrické energie a vyhodnoceny, zda splňují požadavky dané spotřebou či nikoliv.

V první části bakalářské práce je analyzován současný stav energetického mixu a vyhodnocen potenciál obnovitelných zdrojů relevantních pro Českou republiku.

Ve druhé části práce jsou zvoleny koeficienty pro predikci výroby elektrické energie jednotlivými zdroji. Zvolenými koeficienty jsou koeficient využití a koeficient výkonu, který je definován pouze pro účely této práce. Před navrhováním scénářů bez energie z uhlí jsou stanoveny podmínky tak, aby jednotlivé scénáře mohli být kvalitativně porovnány mezi sebou. Stanovenými podmínkami jsou odstup od využívání uhlí v roce 2038, od roku 2020 odstavení 400 MWe z instalovaného výkonu parních elektráren, aplikování stanovených trendů spotřeby elektrické energie a zachování současné výroby elektrické energie z biomasy.

V práci je stanoveno pět různých scénářů možné náhrady energie z uhlí. Stručný popis, čím je v jednotlivých scénářích nahrazena elektrická energie z uhlí, je následující.

V prvním scénáři je pro náhradu energie z uhlí zvolena dvojice jaderných zdrojů každý o výkonu 1 000 MWe, ve druhém scénáři je náhrada provedena obnovitelnými zdroji energie. Třetí scénář uvažuje náhradu elektřiny z uhlí čtyřmi paroplynovými elektrárnami, každá o instalovaném výkonu 880 MWe, kdy tento scénář má dvě varianty, a to provoz paroplynových elektráren v pološpičkovém režimu a v režimu základního zatížení. Čtvrtý scénář uvažuje, že potřebná elektřina bude importována a dochází jen ke konzervativnímu rozšiřování větrných a fotovoltaických elektráren. Pátý scénář předpokládá, že elektřina z uhlí je nahrazena jedním jaderným blokem o výkonu 1 000 MWe, dvěma paroplynovými elektrárnami každá o výkonu 880 MWe a obnovitelnými zdroji.

Požadavky dané scénáři možnými trendy spotřeby elektrické energie splňuje pouze pátý scénář. Třetí scénář splňuje podmínky spotřeby elektrické energie pouze, při provozu paroplynových elektráren v režimu základního zatížení a zachování provozu jaderné elektrárny Dukovany i po roce 2037.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] EUROPEAN COMMISSION. *2030 climate & energy framework* [online]. [vid. 2022-05-25]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en
- [2] EUROPEAN COMMISSION. *2050 long-term strategy* [online]. [vid. 2022-05-25]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en
- [3] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Souhrnná energetická bilance České republiky za roky 2010–2020* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/energeticke-bilance/2021/12/SEB_2010-2020_web.xlsx
- [4] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Průběžné výstupy a doporučení Uhelné komise* [online]. [vid. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/uhelna-komise/2021/12/Prubezne-vystupy-a-doporuceni-Uhelne-komise.pdf>
- [5] MATĚJŮ, Dalibor. Energetika - vybrané pojmy (I). *TZB-info* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/9668-energetika-vybrane-pojmy-i>
- [6] DRÁBOVÁ, Dana a Václav PAČES. *Perspektivy české energetiky: současnost a budoucnost*. Praha: Novela bohemica, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.
- [7] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2020* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/6616306/Rocni_zprava_provoz_ES_2020.pdf/edc0cb03-700a-43a7-8c08-a1ccb3f2d173
- [8] SIEMENS VISIONS. Bateriová úložiště: klíčové technologie dneška [online]. nedatováno [vid. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/bateriova-uloziste-klicove-technologie-dneska>
- [9] SKUPINA ČEZ. *Jaderná elektrárna Dukovany* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/edu>
- [10] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu bioplynu ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/bp2112.pdf>
- [11] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu důlní plyn ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/dp2112.pdf>
- [12] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu kalový plyn ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/kp2112.pdf>
- [13] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu skládkový plyn ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/sp2112.pdf>
- [14] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Průmysl a energetika. *Energetika - metodika B* [online]. [vid. 2022-04-19]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/10n1-05-_2005-energetika___metodika_b
- [15] WEGER, Jan. Biomasa jako zdroj energie. *Biom.cz* [online]. 2009, **11**(2). ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>

- [16] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020* [online]. [vid. 2021-11-17]. Dostupné z: https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/apb_final_web.pdf
- [17] KNÁPEK, Jaroslav, Tomáš KRÁLÍK, Kamila VÁVROVÁ a Jan WEGER. Dynamic biomass potential from agricultural land. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2020, **134**, 110319. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2020.110319
- [18] HRDLIČKA, Jan a Erika SANTLEROVÁ. Šťovík - energetická rostlina jako alternativní biopalivo. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-02-06]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomas/6033-stovik-energeticka-rostlina-jako-alternativni-biopalivo>
- [19] LYČKA, Zdeněk. Statistika dokazuje, že zájem o vytápění domácností biomasou roste. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/21230-statistika-dokazuje-ze-zajem-o-vytapani-domacnosti-biomasou-roste>
- [20] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2020* [online]. 22. září 2021. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2020.pdf>
- [21] SKUPINA ČEZ. *OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. [vid. 2021-09-04]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyu_ziti_pro_cr.pdf
- [22] SVAZ PODNIKATELŮ PRO VYUŽITÍ ENERGETICKÝCH ZDROJŮ, Z.S. *Malé vodní elektrárny (MVE) v ČR Reálně využitelný potenciál rozvoje MVE pro období 2020 – 2030* [online]. [vid. 2021-11-07]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/odbornici/odb003.htm>
- [23] HANSLIAN DAVID. *Aktualizace potenciálu větrné energie v České republice z perspektivy roku 2020* [online]. [vid. 2021-10-18]. Dostupné z: <https://csve.cz/img/wysiwyg/file/Potencial-vetrne-energie-2020.pdf>
- [24] GLOBAL SOLAR ATLAS. *Global horizontal irradiation czech republic* [online]. [vid. 2022-03-16]. Dostupné z: https://api.globalsolaratlas.info/download/Czech%20Republic/Czech-Republic_GHI_mid-size-map_156x132mm-300dpi_v20191205.preview.jpg
- [25] JAKUBES JAROSLAV a JÁRKA VÁCLAV. *STUDIE „POTENCIÁL SOLÁRNÍ ENERGETIKY V ČESKÉ REPUBLICĚ“*. 2015
- [26] EGÚ BRNO, A. S. *Oponentní posudek k vybraným tématům z návrhu Národního Klimaticko-Energetického Plánu (NKEP) pro oblast FVE* [online]. Dostupné z: http://www.solarniasociace.cz/aktuality/20190107_oponentni-posudek-k-nkep-pro-fve.pdf
- [27] ŠAFANDA, J., K. VERNER, J. FRANĚK, V. PEŘESTÝ, J. HOLEČEK a T. FISCHER. Geology and geothermal potential in the eastern flank of Eger Rift (Litoměřice area, Czech Republic). *Geothermics* [online]. 2020, **86**, 101808. ISSN 03756505. Dostupné z: doi:10.1016/j.geothermics.2020.101808
- [28] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu slunečních elektráren ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/sle2112.pdf>
- [29] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu větrných elektráren ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/vte2112.pdf>
- [30] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu vodních elektráren ke dni 31. 12. 2021* [online]. [vid. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/ve2112.pdf>

- [31] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Stát dal souhlas se zahájením výběrového řízení na dodavatele nového jaderného zdroje v Dukovanech | MPO* [online]. [vid. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/stat-dal-souhlas-se-zahajenim-vyberoveho-rizeni-na-dodavatele-noveho-jaderneho-zdroje-v-dukovanech--266463/>
- [32] SVAZ DOVOZCŮ AUTOMOBILŮ. *Přehled stavu vozového parku* [online]. [vid. 2021-11-07]. Dostupné z: <http://portal.sdac.cz/stat.php?p#rok=2021&mesic=10&kat=vpp&vyb=&upr=&obd=m&jine=false&lang=CZ&str=vp>
- [33] HODBOŤ, Josef. Bude dost elektřiny a mají elektromobily stejnou energetickou náročnost jako budovy? *TZB-info* [online]. [vid. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/21232-bude-dost-elektriny-a-maji-elektromobily-stejnou-energetickou-narocnost-jako-budovy>
- [34] MORALES PEDRAZA, Jorge. Current Status and Perspective in the Use of Coal for Electricity Generation in the North America Region. In: *Conventional Energy in North America* [online]. B.m.: Elsevier, 2019 [vid. 2022-04-01], s. 211–257. ISBN 978-0-12-814889-1. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-814889-1.00004-8
- [35] *Opportunities for installed combined heat and power (CHP) to increase grid flexibility in the U.S. | Elsevier Enhanced Reader* [online]. [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:10.1016/j.enpol.2021.112485
- [36] BAJER, Tomáš. *P O S U D E K na dokumentaci o hodnocení vlivů na životní prostředí podle zákona č. 100/2001 Sb. v platném znění Paroplynový zdroj 880 MWe v Elektrárně Počerady* [online]. 2009. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDI0N19wb3N1ZGVrRE9DXzEucGRm/MZP247_posudek.pdf
- [37] ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE. *Mapa bioplynových stanic. Česká bioplynová asociace* [online]. [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic.html>
- [38] *TEDOM Přehled kogeneračních jednotek TEDOM* [online]. [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/wp-content/uploads/2021/04/Prehled-kogeneracnich-jednotek-TEDOM-04-2021.pdf>
- [39] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Podkladový materiál k Vyhodnocení Státní energetické koncepce ČR* [online]. 1. duben 2021. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategie-a-koncepcni-dokumenty/vyhodnoceni-naplnovani-statni-energeticke-koncepcie-cr--260428/>
- [40] PALACKÝ, Aleš. *Územní plán sídelního útvaru Suchdol nad Odrou změna II. Odůvodnění I.A textová část* [online]. prosinec 2021. Dostupné z: <https://suchdol-nad-odrou.cz/mestys/dokumenty-suchdol/file/2239-up-suchdol-nad-odrou-sea>
- [41] PHONO SOLAR. *Case Study 2010 World's 9th largest PV power plant Vepřek 35 MW* [online]. Dostupné z: <https://solarity.cz/cs/products/photovoltaic-modules/phono-solar/>
- [42] Phono Solar PS 24/F 185 Watt Solar Panel Module (Discontinued). *Renugen* [online]. [vid. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.renugen.co.uk/phono-solar-ps-24-f-185-watt-solar-panel-module-discontinued/>
- [43] DECCI. *Realizace FVE* [online]. [vid. 2022-05-17]. Dostupné z: <http://www.decci.cz/obnovitelna-energie/nase-fotovoltaicke-elektrarny/>
- [44] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu plynárenské soustavy ČR za rok 2020* [online]. [vid. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/6657134/Rocni_zprava_provoz_PS_2020.pdf/27ad93d5-d4d1-4843-a0b5-c3ba542186b8
- [45] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2019* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/6657134/Rocni_zprava_provoz_PS_2020.pdf/27ad93d5-d4d1-4843-a0b5-c3ba542186b8

z: https://www.eru.cz/documents/10540/5381883/Rocni_zprava_provoz_ES_2019.pdf/debe8a88-e780-4c44-8336-a0b7bbd189bc

- [46] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2018* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni_zprava_provoz_ES_2018.pdf/1420388b-8eb6-4424-9ad9-c06a57b5326c
- [47] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2017* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2017.pdf/521bff99-fdcf-4c86-8922-3a346af0bb88
- [48] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2016* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2016.pdf/800e5a09-a58a-4a73-913f-abc30cda42a5
- [49] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2015* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03
- [50] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2014* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2014.pdf/933fc41a-ad79-4282-8d0f-01eb25a63812
- [51] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2013* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2013.pdf/20c3f587-a658-49f7-ace9-56be8a66b7b9
- [52] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2012* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2012.pdf/4fdde065-9e59-442f-ba17-74651ff68625
- [53] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2011* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2011.pdf/0a6d2cad-019e-49df-8fa4-8b11767c9ace
- [54] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2010* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2010.pdf/e33fe1d5-b15c-4a0e-bcc8-08cfaf3252ae
- [55] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2009* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/3214688/Rocni_zprava_provoz_ES_2009.pdf/fd703b1a-ec91-4649-9d31-7c70f82dd088
- [56] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2008* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/3214685/Rocni_zprava_provoz_ES_2008.pdf/d5a0b933-5e6f-496e-921a-eabd6a7b1995
- [57] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2007* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/3214685/Rocni_zprava_provoz_ES_2007.pdf/d5a0b933-5e6f-496e-921a-eabd6a7b1995

z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2007.pdf/bcb42fad-f3a3-41aa-a45e-2bbe06300dbb

- [58] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2006* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2006.pdf/22b86f21-badc-4f99-9e34-c4a200f3b6e7
- [59] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2005* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2005.pdf/83a1be0a-5753-4173-b714-bdaa2d65f2c7
- [60] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy České republiky za rok 2004* [online]. [vid. 2021-10-10]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2004.pdf/b272faf3-da16-40f6-93b4-c33ee7bef039

Seznam příloh

Příloha 1 – Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů v České republice v období 2020-2000

9 Přílohy

Příloha 1 – Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů v České republice v období 2020-2000

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	30 043	28 372	1 671
Parní elektrárny	10 058	35 198	31 920	3 278
Paroplynové elektrárny	1 364	6 041	5 961	80
Plynové a spalovací elektrárny	962	3 790	3 564	226
Vodní elektrárny	1 094	2 143	2 127	16
Větrné elektrárny	339	699	691	8
Fotovoltaické elektrárny	2 071	2 235	2 215	20
Celkem	20 178	80 149	74 850	5 300

Tab. 24 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2020 [7]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	30 246	28 582	1 664
Parní elektrárny	10 730	41 387	37 554	3 832
Paroplynové elektrárny	1 364	5 519	5 454	65
Plynové a spalovací elektrárny	938	3 677	3 454	223
Vodní elektrárny	1 094	2 008	1 992	16
Větrné elektrárny	339	700	691	9
Fotovoltaické elektrárny	2 068	2 286	2 265	20
Celkem	20 822	85 822	79 993	5 829

Tab. 25 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2019 [45]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	29 921	28 255	1 666
Parní elektrárny	11 075	45 071	40 958	4 113
Paroplynové elektrárny	1 364	3 691	3 648	43
Plynové a spalovací elektrárny	911	3 690	3 469	222
Vodní elektrárny	1 094	1 629	1 615	14
Větrné elektrárny	317	609	601	9
Fotovoltaické elektrárny	2 061	2 340	2 319	21
Celkem	21 111	86 951	81 044	5 908

Tab. 26 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2018 [46]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	28 340	26 786	1 554
Parní elektrárny	11 076	45 432	41 283	4 149
Paroplynové elektrárny	1 364	3 722	3 683	39
Plynové a spalovací elektrárny	896	3 720	3 495	225
Vodní elektrárny	1 093	1 869	1 852	18
Větrné elektrárny	308	591	582	9
Fotovoltaické elektrárny	2 076	2 193	2 169	25
Celkem	21 103	85 867	79 849	6 018

Tab. 27 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2017[47]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	24 104	22 730	1 374
Parní elektrárny	10 850	45 704	41 519	4 185
Paroplynové elektrárny	1 364	4 049	4 007	43
Plynové a spalovací elektrárny	874	3 614	3 392	222
Vodní elektrárny	1 091	2 000	1 983	18
Větrné elektrárny	282	497	488	9
Fotovoltaické elektrárny	2 075	2 131	2 110	22
Celkem	20 826	82 100	76 229	5 872

Tab. 28 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2016 [48]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	26 841	25 338	1 503
Parní elektrárny	10 742	44 817	40 614	4 202
Paroplynové elektrárny	1 363	2 749	2 727	23
Plynové a spalovací elektrárny	856	3 575	3 357	218
Vodní elektrárny	1 086	1 795	1 779	16
Větrné elektrárny	282	573	563	9
Fotovoltaické elektrárny	2 078	2 264	2 244	20
Celkem	20 697	82 612	76 622	5 990

Tab. 29 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2015[49]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	30 325	28 636	1 689
Parní elektrárny	10 837	44 419	40 296	4 123
Paroplynové elektrárny	1 363	2 205	2 190	15
Plynové a spalovací elektrárny	834	3 494	3 264	230
Vodní elektrárny	1 082	1 909	1 892	17
Větrné elektrárny	278	477	469	8
Fotovoltaické elektrárny	2 077	2 123	2 104	19
Celkem	20 760	84 952	78 851	6 101

Tab. 30 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2014 [50]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 290	30 745	29 004	1 741
Parní elektrárny	10 820	44 737	40 577	4 160
Paroplynové elektrárny	518	2 093	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	820	3 180	-	-
Vodní elektrárny	1 083	2 735	2 704	31
Větrné elektrárny	270	478	474	4
Fotovoltaické elektrárny	2 132	2 070	2 051	19
Celkem	19 933	86 038	74 811	5 955

Tab. 31 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2013 [51]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	4 040	30 324	28 603	1 722
Parní elektrárny	10 644	47 261	42 723	4 538
Paroplynové elektrárny	521	2 200	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	750	2 235	-	-
Vodní elektrárny	1 069	2 129	2 107	22
Větrné elektrárny	263	416	414	2
Fotovoltaické elektrárny	2 086	2 149	2 129	20
Celkem	19 373	86 714	75 976	6 303

Tab. 32 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2012 [52]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 970	28 283	26 708	1 575
Parní elektrárny	10 788	49 973	45 184	4 789
Paroplynové elektrárny	591	2 344	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	511	1 611	-	-
Vodní elektrárny	1 055	1 963	1 950	13
Větrné elektrárny	219	397	395	2
Fotovoltaické elektrárny	1 971	2 182	2 169	13
Celkem	19 104	86 753	76 406	6 392

Tab. 33 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2011 [53]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 900	27 988	-	-
Parní elektrárny	10 769	49 980	-	-
Paroplynové elektrárny	591	2 350	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	434	1 251	-	-
Vodní elektrárny	1 056	2 789	-	-
Větrné elektrárny	218	336	-	-
Fotovoltaické elektrárny	1 959	616	-	-
Celkem	18 926	85 309	0	0

Tab. 34 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2010 [54]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 830	27 208	-	-
Parní elektrárny	10 720	48 457	-	-
Paroplynové elektrárny	561	2 251	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	374	974	-	-
Vodní elektrárny	1 037	2 430	-	-
Větrné elektrárny	193	288	-	-
Fotovoltaické elektrárny	465	89	-	-
Celkem	17 179	81 697	0	0

Tab. 35 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2009 [55]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	26 551	-	-
Parní elektrárny	10 685	51 219	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 432	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	328	681	-	-
Vodní elektrárny	1 045	2 024	-	-
Větrné elektrárny	150	245	-	-
Fotovoltaické elektrárny	40	13	-	-
Celkem	16 578	83 165	0	0

Tab. 36 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2008 [56]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	26 172	-	-
Parní elektrárny	10 648	56 728	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 098	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	291	375	-	-
Vodní elektrárny	1 029	2 079	-	-
Větrné elektrárny	113	125	-	-
Fotovoltaické elektrárny	3	2	-	-
Celkem	16 415	87 580	0	0

Tab. 37 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2007 [57]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	26 047	-	-
Parní elektrárny	10 691	52 395	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 612	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	268	-	-	-
Vodní elektrárny	1 029	2 551	-	-
Větrné elektrárny	44	49	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	16 361	83 654	0	0

Tab. 38 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2006 [58]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	24 728	-	-
Parní elektrárny	10 664	52 137	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 623	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	1 029	2 380	-	-
Větrné elektrárny	22	21	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	15 016	81 888	0	0

Tab. 39 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2005 [59]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	26 325	-	-
Parní elektrárny	10 705	52 811	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 615	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	1 029	2 019	-	-
Větrné elektrárny	20	10	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	15 055	83 780	0	0

Tab. 40 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2004 [60]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	3 760	25 872	-	-
Parní elektrárny	10 650	53 046	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 511	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	-	-	-	-
Větrné elektrárny	11	4	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	14 990	81 432	0	0

Tab. 41 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2003 [60]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	2 760	18 738	-	-
Parní elektrárny	10 640	52 410	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 353	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	-	-	-	-
Větrné elektrárny	6	2	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	13 977	73 503	0	0

Tab. 42 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2002[60]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	1 760	14 749	-	-
Parní elektrárny	10 842	55 114	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 316	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	-	-	-	-
Větrné elektrárny	1	0	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	13 172	72 180	0	0

Tab. 43 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2001 [60]

Typ zdroje	Instalovaný výkon [MWe]	Výroba elektřiny Brutto [GWh]	Výroba elektřiny Netto [GWh]	Technologická vlastní spotřeba [GWh]
Jaderné elektrárny	1 760	13 590	-	-
Parní elektrárny	10 808	54 986	-	-
Paroplynové elektrárny	570	2 576	-	-
Plynové a spalovací elektrárny	-	-	-	-
Vodní elektrárny	-	-	-	-
Větrné elektrárny	1	0	-	-
Fotovoltaické elektrárny	-	-	-	-
Celkem	13 139	71 153	0	0

Tab. 44 Instalovaný výkon, výroba a vlastní spotřeba zdrojů elektrické energie v ČR 2000 [60]