



UNIVERZITA KARLOVA
Centrum pro otázky životního prostředí

Rozvoj obnovitelných zdrojů v ČR do roku 2030

studie pro Alianci pro energetickou soběstačnost

která financovala vznik studie také prostřednictvím podpory European Climate Initiative (EUKI)

Praha, duben 2021

Manažerské shrnutí

Cílem této studie je rozšířit veřejnou diskusi o budoucnosti české energetiky o environmentální rozměr. Studie pomocí energetického modelu TIMES-CZ vyhodnocuje pět scénářů rozvoje české energetiky do roku 2030, přitom se zaměřuje především na možný rozvoj obnovitelných zdrojů elektřiny a tepla. Předkládaná studie tak navazuje na sérii modelování vývoje energetiky modelem TIMES-CZ, kde byly analyzovány dopady zvažovaných variant prolomení územních ekologických limitů těžby hnědého uhlí v roce 2015 (Rečka a Ščasný 2017; 2018), snížení emisí skleníkových plynů o 80 % do roku 2050 (Rečka a Ščasný 2016), zavedení uhlíkové daně (Rečka 2017) nebo další rozvoj využití biopaliv v dopravě (Pospíšil a kol. 2019).

Studie analyzuje vývoj energetiky pro následující scénáře do roku 2030:

Konzervativní scénář představuje vývoj při dosavadním tempu růstu instalovaných kapacit fotovoltaických a větrných elektráren. Konkrétně předpokládá průměrný roční přírůstek 23 MWe u fotovoltaických elektráren (průměrný roční přírůstek 2017-2020 včetně fotovoltaických panelů na rodinných domech) a 11,8 MWe u větrných elektráren (průměrný přírůstek 2016-2020). Konzervativní nemá ambici plnit cíl podílu OZE ani snížení emisí skleníkových plynů.

Scénář NKEP vychází z Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu z roku 2019 (NKEP) – poptávka, instalované výkony fotovoltaických a větrných elektráren a vsázka hnědého a černého uhlí na výroby elektřiny a tepla pro rok 2030 jsou ve scénáři exogenními parametry. Se započtením dotačních programů v rámci NZÚ, NPO a OPŽP předpokládáme celkový objem investiční podpory pro energetické úspory a nové zdroje tepla a elektřiny v domácnostech a podnicích ve výši 20 mld. Kč, při maximální dotaci 50% z investičních nákladů a respektování maximální absolutní výše dotace pro daný typ technologie. Scénář NKEP má za cíl dosažení 22% podílu obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě a snížení skleníkových plynů o 44 Mt CO_{2ekv.} oproti roku 2005.

Modernizační scénář zavádí nad rámec scénáře NKEP investiční podporu obnovitelných zdrojů. Proto je nastavení investiční podpory obnovitelných zdrojů odvozeno od programu RES+ Modernizačního fondu. Celkově předpokládáme podporu až do výše 74,8 mld. Kč a podporu ve výši 64 % investičních nákladů.

Zelený scénář vychází z Modernizačního scénáře. Podpora z Modernizačního fondu je však bez omezení objemu celkové podpory. Předpoklad o vsázce hnědého a černého uhlí na výroby elektřiny a tepla je zde uvolněn. Zelený scénář tedy ukazuje možný vývoj energetiky, pokud bychom obnovitelným zdrojům elektřiny poskytli investiční podporu ve výši 64 % investičních nákladů až do roku 2030 a to bez omezení celkového objemu této podpory.

Scénář GHG55 jde nad rámec scénářů NKEP a Modernizační. Objem investiční podpory OZE je zastropován stejně jako v Modernizačním scénáři a za jinak stejných podmínek se Zeleným scénářem hledá optimální řešení pro snížení emisí GHG o 55 % oproti roku 1990, tj. na nejvýše emitovaných 73,8 Mt CO₂.

Scénáře jsou vyhodnoceny modelem TIMES-CZ, který je revidován a upravován v rámci projektu RegSim TK01010119 financovaného z programu THÉTA TA ČR. Pro každý scénář je provedena optimalizace na základě minimalizace celkových diskontovaných nákladů za celé modelovací období. Analýza dopadů na zabor plochy a zaměstnanost je odhadnuta na základě input-output modelu rozšířeného o environmentální modul z EXIOBASE 3.

Hlavním výsledkem modelování je predikce vývoje technologického a palivového mixu, investiční náklady na nové zdroje výroby elektřiny a tepla, včetně OZE, emisí CO₂, emisí znečišťujících látek a s nimi spojených externích nákladů. Studie dále predikuje dopady na zabor plochy a zaměstnanost vyvolanou jak instalací nových OZE, tak jejich údržbou a provozem.

Hlavní závěry studie

Emise CO₂ mohou být sníženy až na 45 % úrovně roku 1990

Všechny scénáře dosahují snížení emisí CO₂ v roce 2030 o více než 50 % oproti roku 1990. Emise CO₂ se v roce 2030 pohybují ve scénářích Konzervativní, NKEP a Modernizační kolem 81 Mt. K dalšímu poklesu emisí CO₂ dochází v Zeleném a GHG55 scénáři, a to na 76,3 Mt a 73,8 Mt. Pouze GHG55 scénář dosahuje v roce 2030 snížení emisí CO₂ o 55 % oproti roku 1990, zatímco **Zelený scénář v roce 2030 dosahuje 53,5% snížení emisí CO₂ oproti roku 1990.**

Emise CO₂ [Mt]

Mt CO ₂	2020	2025	2030
Konzervativní	99,1	89,5	81,7
NKEP	99,1	89,5	81,2
Modernizační	99,1	89,2	80,9
Zelený	99,1	89,2	76,3
GHG55	99,2	89,2	73,8

Externí náklady z energetiky se sníží v důsledku snížení emisí TZL, SO_x i NO_x

Externí náklady z výroby elektřiny a tepla v energetice (v důsledku emisí TZL, SO_x, NO_x) jsou kumulativně do roku 2030 v **Zeleném scénáři o 6,4 mld. Kč** (3,5 %) nižší oproti Konzervativnímu scénáři a **o 5,9 mld. Kč nižší** oproti scénáři NKEP. Dopady na lidské zdraví představují ve všech scénářích přes 80 % externích nákladů. Jedná se o **spodní odhad externalit ze sektoru Výroby elektřiny a tepla**. V modelu nepředpokládáme udělení výjimek z emisních limitů a BAT pro stávající zdroje. V případě jejich udělení by celková úspora externalit v důsledku většího rozvoje obnovitelných zdrojů byla vyšší. Uvedená kalkulace představuje dolní mez výši škod z důvodu použití nižších, konzervativních, hodnot externích nákladů.

Kumulativní externí náklady z energetiky (TZL+SO_x+NO_x), 2020-2030 [mld. Kč]

mld. Kč	NO _x	SO _x	TZL	Celkem	Celkem rozdíl oproti Konzervativnímu
Konzervativní	87,4	89,9	7,1	184,4	
NKEP	87,2	89,6	7,1	183,9	-0,5
Modernizační	87,1	89,5	7,1	183,6	-0,8
Zelený	85,0	86,1	6,9	178,0	-6,4
GHG55	86,0	87,2	6,9	180,1	-4,3

Společenské náklady uhlíku klesnou při splnění klimatického cíle 55% snížení emisí GHG do roku 2030 o 2,3 % oproti scénáři NKEP.

Společenské náklady uhlíku („*Social Cost of Carbon*“, SCC) činí kumulativně pro období 2020-2030 pro střední hodnotu SCC (40 EUR/t CO₂) mezi 965 mld. Kč (GHG55) a 990 mld. Kč (Konzervativní). Ve srovnání s Konzervativním scénářem, NKEP a Modernizační scénář vedou

k malému snížení společenských nákladů uhlíku pro dodatečné emise skleníkových plynů, a to o 1,8 mld. Kč (o 0,2 %) v NKEP a 3,7 mld. Kč (o 0,4 %) v Modernizačním pro celé období 2020-2030. Zelený scénář vede k úspoře SCC během 2020-2030 ve výši 18 mld. Kč (o 1,8 % méně než u Konzervativního). GHG55 scénář vede k největší úspoře SCC během daného období ve výši 25 mld. Kč (o 2,5 % méně než u Konzervativního).

Za předpokladu vyšší hodnoty SCC na tunu CO₂ jsou společenské náklady uhlíku během období 2020-2030 sníženy ve scénáři GHG55 o 41 mld. Kč (SCC=66 EUR) nebo 104 mld. Kč (SCC=166 EUR, dle Pindycka 2019), při SCC=20 EUR vede scénář GHG55 ke snížení celkových společenských nákladů uhlíku do roku 2030 o 12,5 mld. Kč.

Externí náklady způsobené emisemi skleníkových plynů; kumulativně během 2020-2030 [mld. Kč]

	EUR/t CO ₂	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
Celkem						
střední hodnota	40	990	988	986	972	965
dolní mez	20	495	494	493	486	482
horní mez (ekonomové)	66	1 633	1 630	1 627	1 603	1 592
horní mez (klim. vědci)	166	4 108	4 101	4 093	4 033	4 005
Rozdíl od Konzervativního						
střední hodnota	40		-1,8	-3,7	-18,2	-25,0
dolní mez	20		-0,9	-1,8	-9,1	-12,5
horní mez (ekonomové)	66		-3,0	-6,1	-30,1	-41,2
horní mez (klim. vědci)	166		-7,6	-15,3	-75,6	-103,7

Poznámka. Pro přepočítání EUR na Kč předpokládáme směnný kurz 25 Kč/EUR.

Celkové externality představují ekvivalent hodnoty 2% HDP České republiky a společenské náklady uhlíku se na celkové hodnotě externalit podílí 84 %

Celkové externality v důsledku emisí skleníkových plynů celé energetické bilance a znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší v energetice představují kumulativně přes 1 bilion Kč, v průměru ročně představují kolem 104–107 mld. Kč, což koresponduje s 1,8-1,9 % HDP roku 2020. Na této hodnotě se podílí společenské náklady uhlíku 84 %, u GHG55 je jejich podíl 82 %.

Oproti Konzervativnímu scénáři povede vývoj v energetice v období 2020-2030 k přínosům v odhadované výši 2,6 mld. Kč (NKEP), 4,2 mld. Kč (Modernizační), 24,6 mld. Kč (Zelený) či dokonce až 29,3 mld. Kč (GHG55).

Celkové zamezené environmentální externality (SCC+TZL+SO_x+NO_x), 2020-2030, mld. Kč

	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
Celkem (zamezené externality)					
Společenské náklady uhlíku*	990	988	986	972	965
Externality ze znečištění ovzduší	184	184	184	178	180
Celkem (SCC+NO_x+SO₂+PM)	1 174	1 172	1 170	1 150	1 145
Rozdíl oproti Konzervativnímu scénáři					
Společenské náklady uhlíku*		-1,8	-3,7	-18,2	-25,0
Externality ze znečištění ovzduší		-0,8	-0,5	-6,4	-4,3
Celkem (SCC+NO_x+SO₂+PM)		-2,6	-4,2	-24,6	-29,3

*Pozn. * SCC předpokládáme ve výši 40 EUR/t CO₂, pro přepočítání EUR na Kč užíváme směnný kurz 25 Kč/EUR.*

Nejvýraznější rozdíl v přírůstcích instalovaného výkonu je u fotovoltaických zdrojů a větrných elektráren

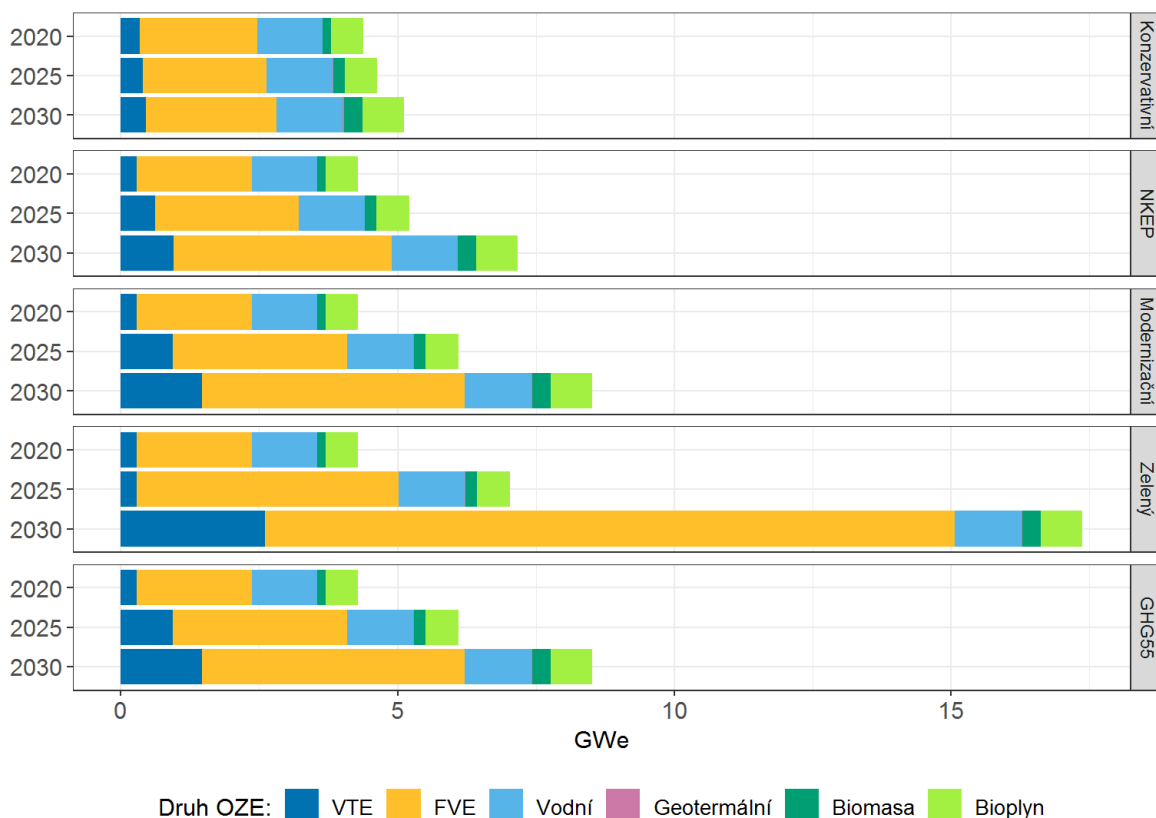
V **Konzervativním** scénáři přírůstky instalovaného výkonu fotovoltaických zdrojů (FVE) a větrných elektráren (VTE) do roku 2030 dosahují maximálně nízké stovky MW a u fotovoltaiky je největší rozvoj predikován u střešních systémů (cca 115 MW v roce 2030).

Ve **scénáři NKEP** stoupají instalované výkony fotovoltaických zdrojů a větrných elektráren, v souladu se vstupními předpoklady scénáře, až na celkových 3 935 MW (FVE) a 960 MW (VTE).

V **Modernizačním** scénáři dochází k rozvoji zejména velkých a průmyslových fotovoltaických elektráren až na celkových 4 751 MW v roce 2030 – tedy o 816 MW více než ve scénáři NKEP. Instalovaný výkon větrných elektráren stoupá v Modernizačním scénáři na celkových 1 466 MW, o 506 MW více než ve scénáři NKEP. Ve scénáři **GHG55** je vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů elektřiny stejný jako v Modernizačním scénáři.

Zelený scénář, s nezastropovaným objemem investiční podpory obnovitelných zdrojů, vede k masivnímu rozvoji fotovoltaiky i vyššímu rozvoji větrných elektráren. Do roku 2030 se zvýší instalovaný výkon o 9 617 MW velkých, 666 MW průmyslových a 84 MW střešních fotovoltaických systémů. Instalovaný výkon větrných elektráren se pak zvýší o 2 335 MW. Celkové instalované kapacity tedy v Zeleném scénáři v roce 2030 dosáhnou 12 454 MW fotovoltaických systémů a 2 610 větrných elektráren.

Celkový elektrický instalovaný výkon obnovitelných zdrojů elektřiny [GWe]



Investiční podpora z Modernizačního fondu ve výši 75 mld. Kč – za předpokladu vývoje ceny EUA dle MPO (2019) – nebude dostatečně stimulovat k dalšímu rozvoji OZE ani k plnění cíle EU pro snížení emisí GHG o 55 % do roku 2030

- Kumulativní **investiční náklady obnovitelných zdrojů energie** za období 2020-2030 se dle scénářů pohybují v rozmezí 45 mld. Kč (Konzervativní scénář) až 340 mld. Kč (Zelený scénář), v Modernizačním a GHG55 scénáři jsou odhadovány takřka shodně okolo 144 mld. Kč (nediskontované náklady).
- **Investiční podpora** je v kumulativním vyjádření odhadována v rozmezí 3,1 mld. Kč (Konzervativní scénář) až 205 mld. Kč (Zelený scénář), v Modernizačním a GHG55 scénáři dosahuje shodně 75 mld. Kč. Výše investiční podpory závisí od definice scénářů – s prostředky z programu RES+ Modernizačního fondu uvažují jenom scénáře Modernizační, Zelený a GHG55, přičemž v Modernizačním a GHG55 je objem disponibilních prostředků v programu RES+ zastropován na úrovni 75 mld. Kč a Zelený nepředpokládá žádné omezení objemu investiční podpory.

Investiční náklady a investiční podpora obnovitelných zdrojů elektřiny [mld. Kč]



- Modernizační scénář se výrazně neliší od scénáře NKEP a spíše než co jiného ukazuje, že disponibilní zdroje na veřejné podpory (nejen) z Modernizačního fondu povedou pouze k dosažení cílů Vnitrostátního plánu v oblasti energetiky a klimatu, nebudou však dostatečně stimulovat systém energetiky k dalšímu rozvoji OZE ani k plnění cíle EU snížení emisí GHG do roku 2030 o nejméně 55 % oproti roku 1990.
- Zelený scénář ukazuje, že rozvoj FVE a VTE může významně přispět ke snižování emisí skleníkových plynů, ale pro snížení emisí GHG do roku 2030 o 55 % oproti roku 1990 je nutné jej doplnit dalšími opatřeními, především zvyšováním energetické efektivity (úspor) a snížením spalování hnědého a černého uhlí.

- Pokud bude v Modernizačním fondu díky vyšší ceně emisní povolenek dostupný celkově vyšší objem financí na podporu OZE, nebo pokud vznikne další významný mechanismus podpory, mají FVE potenciál v roce 2030 vyrábět až 12 TWh a VTE necelých 5 TWh.

Podíl OZE na čisté výrobě elektřiny se z 10 % v roce 2020 zvýší do roku 2030 až na 15 % v GHG55 a 24 % v Zeleném scénáři

Dle modelových predikcí by v roce 2030 mohla výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů dosahovat mezi 10 TWh (Konzervativní) až 14 TWh (Modernizační, GHG55), v Zeleném by OZE přispívaly 23,5 TWh. Ve výrobě tepla (a chladu) z OZE se predikované scénáře mezi sebou liší méně než tomu je u výroby elektřiny; oproti výrobě z OZE ve výši 101 PJ v roce 2020 by OZE v roce 2030 přispívaly 171–181 PJ, přičemž objem výroby tepla (a chladu) z OZE by byl 179 PJ a 181 PJ v Zeleném a GHG55 scénáři.

Na čisté výrobě elektřiny by se v roce 2030 OZE podílely z 15 % v GHG55 a 24 % v Zeleném scénáři, oproti 10 % v roce 2020.

Snížení spotřeby uhlí je nejlevnější cestou snižování emisí GHG

Celkové anualizované náklady energetické bilance ČR dosahují v roce 2030 v Konzervativním scénáři 685 mld. Kč a jsou tak ze všech scénářů nejnižší. Ve scénářích NKEP, Modernizačním, Zeleném a GHG55 jsou celkové anualizované náklady v roce 2030 o 11, 12, 17 a 12 mld. Kč vyšší než v Konzervativním scénáři. V roce 2030 dosahují celkové anualizované investiční náklady od 163 mld. Kč v Konzervativním scénáři přes 172 mld. Kč (NKEP), 178 mld. Kč (Modernizační) až po 182 mld. Kč (GHG55) a 197 mld. Kč v Zeleném scénáři.

V Konzervativním, NKEP i Modernizačním scénáři je exogenně daná minimální vsázka hnědého a černého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla a průměrné investiční náklady na snížení jedné tuny CO₂ se pohybují kolem 7 tis. Kč; celkové náklady na snížení jedné tuny CO₂ činí v těchto scénářích průměrně necelých 13 tis. Kč. Ve scénářích Zelený a GHG55 jsou průměrné investiční náklady na snížení tuny CO₂ o 6 a 24 % nižší než ve scénáři NKEP, celkové náklady jsou pak o 22 a 30 % nižší než v NKEP.

Významným faktorem nižších nákladů na zamezení ve scénářích Zelený a GHG55 je právě rozvolnění předpokladu o minimální vsázce hnědého a černého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla v roce 2030 – v obou scénářích je vsázka černého uhlí nižší než v ostatních 3 scénářích.

Ve scénáři GHG55 dochází, za účelem splnění cíle snížení emisí GHG, ke snížení spotřeby černého uhlí a koku v průmyslu a částečně u výroby elektřiny a tepla, které je z velké části nahrazené zemním plynem, vyšším energetickým úsporám a k vyššímu využití tepelných čerpadel ve srovnání se Zeleným scénářem. Toto je důvodem nižších měrných (anualizovaných) nákladů snížení emisí CO₂ oproti Zelenému scénáři. Náhrada černého uhlí zemním plynem tak, aby byl splněn 55% emisní cíl, by buď musela být předmětem nové regulace, nebo by cena emisních povolenek musela být výrazně vyšší než námi předpokládaná. Předpokládaná cena emisních povolenek, ani investiční podpora OZE by k této náhradě nevedla.

Průměrné anualizované investiční a celkové náklady na snížení emisí CO₂ od 2020 do 2030 [tis. Kč/t CO₂]

	Snížení emisí CO ₂ v 2030 ve srovnání s úrovní emisí v 2020 [mil. tun]	Průměrné anualizované investiční náklady [tis. Kč/t CO ₂]	Průměrné anualizované celkové náklady [tis. Kč/t CO ₂]
Konzervativní	17,4	7,1	12,9
NKEP	17,9	7,1	12,6
Modernizační	18,2	7,3	12,5
Zelený	22,8	6,7	10,1
GHG55	25,4	5,4	8,9

Oproti Konzervativnímu scénáři představuje mezní (anualizované) náklady dodatečného snížení emisí skleníkových plynů pouze 3 100 Kč / t CO₂. Ve scénáři GHG55 představují mezní (anualizované) náklady dokonce jen 1 500 Kč / t CO₂, což se blíží střední hodnotě odhadu SCC.

Cena emisních povolenek EUA a veřejná podpora mají významný vliv na rozvoj OZE

- Při současných a předpokládaných budoucích cenách (vč. ceny emisní povolenky) je rozvoj FVE a VTE závislý na poskytování veřejné podpory.
- **Studie předpokládá ceny emisních povolenek EUA v souladu s Vnitrostátním plánem České republiky v oblasti energetiky a klimatu (MPO 2019) na úrovni 15 € v 2020 a 35 € v roce 2030. Ceny EUA se však na přelomu dubna a května 2021 blíží ceně 50 €. Při ceně 50 € za EUA (a vyšší) může být útlum uhlí mnohem rychlejší a podpora pro obnovitelné zdroje potřebná v podstatně nižší míře.**

Rozvoj obnovitelných zdrojů povede k mírnému navýšení záboru plochy, maximálně o 20 % více oproti Konzervativnímu scénáři

- Konzervativní scénář vede k záboru plochy kolem 235 000 ha v roce 2030. Další scénáře, kromě Zeleného, povedou k mírnému navýšení záboru plochy o cca 5 % na úroveň kolem 250 000 ha v roce 2030. Zelený bude požadovat největší zábor plochy, a to kolem 280 000 ha, což představuje nárůst kolem 20 %, na kterém se podílejí relativně stejným dílem FVE a VTE.

Rozvoj OZE může vytvořit až 108 tis. pracovních míst

- Rozvoj obnovitelných zdrojů energie může výrazně přispět k zaměstnanosti. Dopad Konzervativního scénáře na zaměstnanost v souvislosti s výstavbou, instalací, provozem a údržbou obnovitelných zdrojů je kolem 13 000 pracovních míst, přičemž 68 % míst se týká provozu a údržby. Modernizační a GHG55 vedou shodně k 36 500 pracovním místům.
- Zelený scénář může vést až k 107 700 novým pracovním místům, přičemž přes 90 % těchto pracovních míst vznikne v sektoru FVE a 37 % se bude týkat provozu a údržby zařízení obnovitelných zdrojů.
- Pro srovnání s celkovou zaměstnaností v ČR v roce 2015 se jedná o 0,26% podíl u Konzervativního scénáře a 2,14% podíl u Zeleného scénáře.

Dopad na zaměstnanost v souvislosti s výstavbou, instalací, provozem a údržbou OZE kapacit dle scénářů, 2020-2030

	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
FVE	8 747	22 940	30 267	99 478	30 267
Vodní elektrárny	2 088	2 088	2 088	2 103	2 088
VTE	382	1258	2 138	4 138	2 138
Biomasa a bioplyn	1951	1951	1951	1955	1951
GEO	37	37	37	37	37
Celkem	13 205	28 274	36 481	107 711	36 481
<i>Rozdíl oproti Konzervativnímu</i>		<i>15 069</i>	<i>23 276</i>	<i>94 506</i>	<i>23 276</i>
<i>Podíl zaměstnanosti pro provoz a údržbu obnovitel. zdrojů</i>	<i>68%</i>	<i>49%</i>	<i>45%</i>	<i>37%</i>	<i>45%</i>
<i>Podíl na celkové zaměstnanosti ČR (2015)</i>	<i>0,26%</i>	<i>0,56%</i>	<i>0,72%</i>	<i>2,14%</i>	<i>0,72%</i>

Obsah

Manažerské shrnutí.....	I
Hlavní závěry studie.....	II
1. Úvod.....	3
Klimatické cíle EU pro rok 2030 a následující období	3
Klimaticko-energetický plán ČR.....	4
Reforma podpory obnovitelných zdrojů energie.....	5
Financování transformace energetiky.....	6
2. Metodické přístupy.....	10
3. Scénáře studie.....	16
4. Vyhodnocení scénářů	18
Hrubá domácí spotřeba energií.....	18
Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů	19
Výroba elektřiny.....	21
Výroba tepla a chladu.....	22
Náklady	23
Emise CO ₂	27
Náklady na zamezení CO ₂	27
Emise NO _x , SO _x a tuhých částic	29
Externality klasických polutantů z energetiky	31
Společenské náklady uhlíku	32
Hektarová spotřeba plochy.....	32
Pracovní místa v oblasti obnovitelných zdrojů	34
5. Porovnání s výsledky předchozích studií	38
6. Závěry.....	44
7. Prameny.....	45
8. Přílohy	48
Vstupní předpoklady scénářů	48
Popis modelu TIMES-CZ.....	49

Seznam zkratk

BAT – Best Available Technology	NKEP – Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu
BEV – baterie electric vehicle (bateriový elektromobil)	NOx – oxidy dusíku
CNG – stlačený zemní plyn	NPO – Národní plán obnovy
CO ₂ – oxid uhličitý	NZÚ – Nová zelená úsporám
ČR – Česká republika	OP TAK – Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost
EE MRIO – environmentálně rozšířených multi-regionálních input-output	OPŽP – Operační program životní prostředí
EFRR – Evropský fond pro regionální rozvoj	OPŽP – Operační program Životní prostředí
EIB - Evropská investiční banka	Zelený – scénář, který vychází z Modernizačního scénáře, bez omezení objemu celkové podpory
EU – Evropská unie	OZE – obnovitelné zdroje energie
EU ETS – systém emisního obchodování EU	OZE-e – obnovitelné zdroje elektřiny
EUA – emisní povolenka systému EU ETS	PJ – petajoule
FVE – fotovoltaická elektrárna	RES+ - program č. 2 RES+ Modernizačního fondu
GEO – Geotermální elektrárna	REZZO – Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
GHG – skleníkové plyny	REZZO 3 – malé stacionární zdroje znečišťování
GHG55 – scénář, který hledá optimální řešení pro snížení emisí GHG o 55 % oproti roku 1990	RFF – Recovery and resilience facility fond
GWh, TWh – gigawatthodina, terawatthodina	SCC – společenské náklady uhlíku („ <i>Social Cost of Carbon</i> “)
HDP – hrubý domácí produkt	SFŽP - Státní fond životního prostředí
KVET – kombinovaná výroba elektřiny a tepla	SOx – oxidy síry
kWp, MWp – kilowatt-peak, megawatt-peak	SZT – soustava zásobování teplem
LNG – zkapalněný zemní plyn	TKO – tuhý komunální odpad
LULUCF – využívání území, změny ve využívání území a lesnictví	TWh – terawatthodina
MPO – ministerstvo průmyslu a obchodu	TZL – tuhé znečišťující látky
MW, GW – megawatt, gigawatt	VTE – větrná elektrárna
MWe, GWe - megawatt elektrického výkonu, gigawatt elektrického výkonu,	

1. Úvod

Cílem této studie je rozšířit veřejnou diskusi o budoucnosti české energetiky o environmentální rozměr rychlé náhrady uhlí mixem OZE v kontextu naplnění unijních cílů dle Zelené dohody pro Evropu, zejména zvýšení cílů v oblasti klimatu do roku 2030, specificky pak redukce emisí o 55 % dle návrhu Evropské komise (COM/2020/562 final).

Nedávné studie zkoumající potenciál snížení emisí GHG a/nebo rozvoje OZE v ČR (Deloitte 2019, 2020, McKinsey 2020, EMBER 2020, Bloomberg NEF 2020), ukazují na nízké využití potenciálu OZE ve Vnitrostátním plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu (MPO, 2019; dále též NKEP), který předpokládá primárně zvyšování podílu OZE v teplárenství a dopravě, ale jen omezeně využívá značný potenciál fotovoltaických a větrných elektráren. Masivnější podpora rozvoje (především) solární energetiky naráží jednak na přetrvávající stigma solárního boomu z let 2009-2010, i na přetrvávající potřebu přímých podpor rozvoje těchto zdrojů. Výrazným impulsem pro překonání těchto obav by se měl stát Modernizační fond, z něhož by mělo na podporu nových OZE v letech 2021-2030 směřovat okolo 70 mld. Kč.

Tato studie si klade za cíl porovnat scénáře rozvoje české energetiky, vyhodnotit technologický a palivový mix, investiční a celkové náklady jednotlivých scénářů a současně pro tyto scénáře odvodit změnu v emisích tuhých znečišťujících látek (TZL), oxidů dusíku (NO_x), oxidů síry (SO_x) a oxidu uhličitého (CO₂) a s nimi spojených externích nákladech. Za tímto účelem studie pomocí energetického modelu TIMES-CZ vyhodnocuje pět scénářů rozvoje české energetiky do roku 2030, přitom se zaměřuje především na možný rozvoj obnovitelných zdrojů elektřiny a tepla. Předkládaná studie tak navazuje na sérii modelování vývoje energetiky modelem TIMES-CZ, kterým byly analyzovány dopady zvažovaných variant prolomení územních ekologických limitů těžby hnědého uhlí v roce 2015 (Rečka a Ščasný 2017; 2018), snížení emisí skleníkových plynů o 80 % do roku 2050 (Rečka a Ščasný 2016), zavedení uhlíkové daně (2017) nebo další rozvoj využití biopaliv v dopravě (Pospíšil a kol. 2019).

Klimatické cíle EU pro rok 2030 a následující období

Evropská rada v roce 2009 přijala dlouhodobý závazek snížení emisí GHG o 80-95 % do roku 2050 (oproti roku 1990). Cílem nové zastřešující evropské politiky - Zelené dohody pro Evropu (COM/2019/640 final) - je dosažení klimatické neutrality do roku 2050 a k jejímu závaznému ukotvení byl navržen Evropský právní rámec pro klima (COM/2020/80 final; doplněný návrh COM/2020/563 final).

V současnosti platný unijní rámec pro energetiku a klima do 2030 je založený na dosažení cílů 40% snížení emisí GHG, 32% podílu OZE na konečné spotřebě energie a 32,5% zlepšení energetické efektivity. Součástí energeticko-klimatického rámce je také nařízení rady a parlamentu 2018/1999 o správě energetické unie a opatření v oblasti klimatu, které pro zajištění efektivity a koherence národních klimatických aktivit požaduje, aby členské státy zpracovávaly národní energeticko-klimatické plány a dlouhodobé strategie.

V září 2020 představila Komise společně s vyhodnocením dopadů návrh Zvýšení cílů Evropy v oblasti klimatu do roku 2030 (COM/2020/562 final), který cílí na 55% snížení emisí GHG do roku 2030. Evropská rada 55% redukční cíl v prosinci 2020 přijala, zatímco Evropský parlament se ve svém postoji k návrhu právního rámce pro klima přiklonil k 60% snížení emisí GHG do 2030, Rada EU nicméně v dubnu 2021 schválila variantu s 55% snížením emisí. Do poloviny letošního roku by měla Komise představit legislativní návrhy k provedení tohoto ambicióznějšího cíle i dalších cílů na něj navázaných

(mj. podíly OZE a energetická efektivita). Začátkem května 2021 unikl dokument Evropské komise k aktualizaci cíle v oblasti obnovitelných zdrojů energie, který pracuje s cílem 38-40% podílu OZE do roku 2030. To opět potvrzuje očekávané trendy rychlejší dekarbonizace prostřednictvím růstu obnovitelných zdrojů energie.

Klimaticko-energetický plán ČR

Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (NKEP; MPO 2019) stanovuje příspěvek a určuje následný postup ČR směřující k naplnění společných cílů EU v oblasti snižování emisí, zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie a zvyšování energetické účinnosti.

ČR si stanovila cíl snížení emisí skleníkových plynů o 30 %, resp. 44 mil. t CO_{2eq}, vůči úrovni z roku 2005. Celkový cíl EU je snížení emisí o 43 % v rámci sektorů zahrnutých do systému EU ETS a o 30 % v rámci sektorů mimo EU ETS (v porovnání s rokem 2005). Příspěvek k redukci emisí skleníkových plynů je plánován napříč ekonomikou. Sektor teplárenství přiřazuje prioritu výraznému omezení využití uhlí pro lokální vytápění domácností, rovněž tak omezení spalování vlhkého dřeva v rámci snižování emisí zdravotně rizikových látek. Sektor dopravy očekává odklon od méně efektivních konvenčních diesellových a benzínových motorů směrem k alternativním pohonům v rámci osobní i nákladní dopravy. Dopravní politika počítá rovněž s útlumem nákladní silniční dopravy ve prospěch železniční a vodní dopravy a elektrifikací železnic a městské hromadné dopravy. Další plánovaná podpora alternativních pohonů v nákladní dopravě (elektromotory, hybridní pohony, CNG/bioCNG) zahrnuje zejména osvobození od silniční daně či zvýhodnění sazby spotřební daně. Největší potenciál rozvoje se očekává od využívání LNG v krátkodobém a vodíku a elektřiny v dlouhodobém horizontu pro pohon menších nákladních vozidel. Do roku 2030 by 50 % vozového parku veřejné správy pak mělo fungovat na alternativní pohon.

V důsledku kůrovcové kalamity a navazující těžby kalamitního dřeva se předpokládá, že se sektor lesnictví stane dočasně čistým emitentem skleníkových plynů. Nicméně strategie Ministerstva zemědělství cílí na snížení exportu dřeva a vyšší podporu domácího využívání dřevní hmoty a investic do sektoru lesního hospodářství. Ambicí této politiky je další snížení emisní bilance ČR v důsledku očekávané substituce emisně náročnějších materiálů dřevní hmotou. Sektor energetiky počítá se zvýšením podílu jaderné energie, jakožto bezemisního zdroje energie, na primárních energetických zdrojích na 25-33 % a zvýšení podílu na hrubé výrobě elektřiny na 46-58 %.

Cíl ČR pro rok 2030 v oblasti energie z obnovitelných zdrojů je stanoven na úrovni podílu 22% na hrubé konečné spotřebě, jako příspěvek k celoevropskému cíli ve výši 32 %. Cíl 13% podílu určen pro rok 2020 byl v ČR dosažen již v roce 2013. Dílčí cíle směřující k 22% podílu OZE v roce 2030 odpovídají podílu 14,65 % v roce 2022, 16,87 % v roce 2025 a 18,85 % v roce 2027 dle nařízení 2018/1999 o správě energetické unie a opatření v oblasti klimatu. Podíl OZE v sektoru vytápění a chlazení je již nyní ve výši 20%, proto je dílčí cíl stanoven na úrovni 1% meziročního růstu spíše ambiciózní. Dle odhadované trajektorie vývoje podílu OZE v sektoru výroby elektřiny se očekává v roce 2030 podíl fotovoltaiky 57 %, vodních elektráren 16,2 %, větrných elektráren 13,9 %, biomasy 6,5 %, bioplynových stanic 4,1 %, spalování odpadů 2,2 % a geotermální energie 0.1 % na celkovém instalovaném výkonu. Zároveň se i v rámci konečné spotřeby elektřiny v roce 2030 předpokládá největší, až třetinový, podíl náležející fotovoltaice. Následuje biomasa s 19.7 % a vodní a větrná energie s 15,6 % a 14.1 %. Bioplyn je zastoupen 13,2 % a energie ze spalování odpadů 3,5 %. Technologický mix doplňuje geotermální energie s podílem 0,9 %.

Dosažení cíle pro rok 2030 může být nicméně ohroženo ukončením provozní podpory pro stávající elektrárny produkující elektřinu z OZE po roce 2028. Vysoké riziko postupného ukončení provozu se týká zejména elektráren využívajících biomasu a bioplyn. Z tohoto důvodu je koncipován nový systém

nastavení podpor pro OZE v období 2021 až 2030: malé zdroje do 1 MW podpořené formou hodinového zeleného bonusu, zdroje nad 1 MW podpořené formou aukcí. Podporovaná bude jak elektřina a teplo z OZE, tak elektřina z druhotných zdrojů energie (důlní plyny) a z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla.

Nový druh podpory je projednáván pro biometan v rámci zajišťování dosažení sektorového síle OZE v oblasti dopravy. Všechny členské státy EU jsou zavázány k splnění cíle 14% podílu OZE v sektoru dopravy, přičemž ČR dosáhla v roce 2020 podílu necelých 9 %. Rozvoj nízkoemisní mobility do roku 2030 je ošetřen v strategickém dokumentu Národní akční plán čisté mobility (NAP CM). Čistá mobilita zastřešuje bateriové a hybridní vozidla, CNG, LNG a palivové články. NAP CM predikuje pro rok 2030 podíl 3 % čistých elektromobilů (BEV) na celkovém vozovém parku ČR, což v absolutní výši představuje 217 200 vozidel v středním scénáři. Počet elektrických autobusů v roce 2030 je odhadován v rozmezí 800 až 1 200 kusů. V souvislosti se zvýšenou poptávkou po dobíjení elektromobilů lze očekávat potřebu dodávky v rozmezí 1 000 – 3 000 GWh elektřiny/rok a 19 000 dobíjecích stanic. Pro dosažení cíle 14% podílu OZE v dopravě by muselo dojít také k rozvoji alternativních paliv v segmentu autobusové dopravy a užitkových vozů. Počet CNG vozidel průměrně meziročně roste o 32 %. CNG se daří prosazovat zejména v segmentu hromadné dopravy s aktuálně více než 6% podílem na vozovém parku autobusů. LNG je dosud jen okrajovým palivem, které využívají některé nákladní vozy. Z hlediska snižování emisí skleníkových plynů a plnění cíle OZE je patrná potřeba postupné náhrady CNG/LNG biometanem. NAP CM predikuje v roce 2030 35 000 CNG a 5 000 LNG vozidel.

Reforma podpory obnovitelných zdrojů energie

Pro období 2021-2030 je zásadní nastavení parametrů veřejné podpory. V oblasti provozních podpor se jedná o navrženou revizi stávajícího systému novelizací zákona 185/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie (PSP tisk č. 870). Návrh předpokládá revizi podpor jak pro výrobní energie, které budou nově uváděny do provozu, tak pro výrobní energie, které jsou již v současné době v provozu. Dle návrhu má být pro nové zdroje provozní podpora určena pouze pro nepalivové zdroje (navíc s vyloučením velkých FVE) a skládkový nebo kalový plyn. Palivové zdroje z důvodu zajišťování cíle OZE v sektoru vytápění a chlazení mají být přesměrovány do podpory tepla. Provozní podpora pro nové výrobní elektřiny má být uplatňována pouze hodinovým zeleným (aukčním) bonusem s rozdělením na výrobní elektřiny, které budou výši podpory soutěžit v rámci aukce (resp. zdroje do 1 MW budou mít bonus stanovený v cenovém rozhodnutí ERÚ v zásadě obdobně jako dnes). Podpora pro zařízení na spalování komunálního odpadu pak má být plně přesměrována do podpory tepla. Podpora tepla z OZE bude určena k výstavbě nových výroben bioplynu, biomasy a geotermální energie a ke kompenzaci palivových nákladů na OZE oproti palivovým nákladům na neOZE v případě biomasy a geotermální energie formou ročního zeleného bonusu. Podpora na elektřinu z KVET by neměla být vypisována v případě, že pro daný druh podporovaných zdrojů bude vypsána jiná provozní podpora (OZE, DEZ). Podpora bude pro nové výrobní elektřiny uplatňována pouze ročním zeleným bonusem s rozdělením na výrobní elektřiny, které budou výši podpory soutěžit v rámci aukce.

V novém systému provozních podpor by měl být umožněn souběh investiční dotace a provozní podpory, mělo by vést ke snižování finančních nároků na provozní podporu. Souběh provozní podpory a investiční dotace by měl být umožněn jak pro výrobní energie s výkonem do 1 MW (výše podpory stanovena ERÚ), tak pro výrobní energie s výkonem nad 1 MW (výše podpory vysoutěžena v nabídkovém řízení v aukcích).

Dále se předpokládá zavedení podpor pro udržení energeticky efektivních výroben elektřiny a výroben tepla v provozu, aby nedošlo k razantnímu poklesu výroby energie z OZE po roce 2020, resp. po skončení nároku na současně čerpanou provozní podporu elektřiny z OZE. O konkrétní podpoře rozhodne vláda ve svém nařízení, kterým stanoví druhy podporovaných zdrojů a formy podpory na 3

roky dopředu. Konkrétně může jít o podporu elektřiny pro zachování výroby elektřiny v provozu (zelený bonus), podporu tepla pro zachování výroby tepla v provozu (zelený bonus) či podporu určenou pro modernizaci výroby elektřiny (zelený nebo aukční bonus - jako pro upravené provozní podpory pro nové výroby elektřiny).

K zajištění přechodu současných výroben tepla využívajících uhlí na jiný méně emisně intenzivní druh paliva MPO (v návrhu Národního plánu obnovy¹) předpokládá, že bude v omezeném časovém období (pro zajištění kontinuity v dodávce tepelné energie v souvislosti s nezbytnou přípravou a realizací dekarbonizovaného zdroje) možné čerpat podporu pro zachování výroben elektřiny v provozu, tzv. udržovací podporu elektřiny. V případě fosilního neobnovitelného paliva (uhlí) bude udržovací podpora poskytována pouze na omezenou dobu (na 3 roky, ale s možností podporu vypisovat opakovaně), za účelem zajištění přechodu těchto tepláren na nízkoemisní zdroje a dosažení dekarbonizace.

Financování transformace energetiky

Modernizační fond

Modernizační fond byl zřízen v rámci novelizace směrnice 2003/87/ES směrnici č. 2018/410 (nový čl. 10d) na podporu investic navržených členskými státy, jejichž HDP na obyvatele v roce 2013 bylo nižší než 60 % průměru EU (tzv. přijímající členské státy), a je financován z dražeb povolenek v rozsahu 2% celkového množství povolenek mezi lety 2021 a 2030 (čl. 10 odst. 1). Navržené investice musí být v souladu s cíli unijních klimatických politik a Pařížskou dohodou a měly by zahrnovat malé investiční projekty, modernizace energetických soustav a zlepšení energetické účinnosti. V ČR se v Modernizačním fondu využijí rovněž veškeré povolenky podle čl. 10c odst. 4 směrnice a 50 % povolenek podle čl. 10 odst. 2 písm. b) směrnice (tzv. solidární povolenky). Celkově (v závislosti na vývoji ceny povolenky) je odhadováno, že bude mezi lety 2021-2030 v ČR rozděleno 120-150 mld. Kč, ovšem při nynější ceně povolenky blížíce se 50 eur by fond měl k dispozici cca 250 mld. Kč.

Dle čl. 10d odst. 2 směrnice má být alespoň 70 % finančních prostředků z modernizačního fondu použito na podporu investic do výroby a využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů, zlepšení energetické účinnosti (s výjimkou energetické účinnosti související s výrobou energie využívající tuhá fosilní paliva), do skladování energie a modernizace energetických soustav (vč. sítí dálkového vytápění, sítí pro distribuci elektřiny a rozšíření propojení mezi členskými státy), i na podporu spravedlivé transformace v uhelných regionech. Způsobilé jsou i investice do energetické účinnosti v oblasti dopravy, budov, zemědělství a nakládání s odpady.

Modernizační fond funguje v rámci odpovědnosti přijímajících členských států, o financování určité investice ze svého podílu v Modernizačním fondu může rozhodnout až poté, co daný investiční projekt předloží investičnímu výboru a EIB. U investic do oblastí mimo čl. 10d odst. 2 musí investiční výbor nejdříve posoudit technickou a finanční proveditelnost dané investice, včetně snížení emisí, kterého dosáhne, a vydat doporučení. Prováděcím předpisem ke směrnici o Modernizačním fondu je nařízení Komise (EU) 2020/1001.

V ČR byla správa prostředků z Modernizačního fondu novelou zákona o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů svěřena SFŽP, přičemž o poskytnutí prostředků rozhoduje ministr životního prostředí (§12 zákona č. 383/2012 Sb.). Programový dokument Modernizačního fondu schválila vláda ČR v lednu 2021 a postupné zveřejňování výzev v 9 programech začalo na konci dubna 2021. Jednotlivými programy jsou:

¹ dle verze z 9.4.2021, dostupné z <https://www.planobnovy.cz/files/narodni-plan-obnovy-2021-04-09.pdf>

- 1) Modernizace soustav zásobování tepelnou energií,
- 2) Nové obnovitelné zdroje v energetice,
- 3) Zlepšení energetické účinnosti a snižování emisí skleníkových plynů v průmyslu v EU ETS,
- 4) Zlepšení energetické účinnosti v podnikání,
- 5) Modernizace dopravy v podnikatelském sektoru,
- 6) Modernizace veřejné dopravy,
- 7) Energetická účinnost ve veřejných budovách a infrastruktuře,
- 8) Komunitní energetika,
- 9) Modernizace soustav veřejného osvětlení.

Ex-ante vyhodnocení přínosů předpokládá, že příspěvek Modernizačního fondu k plnění cílů NKEP do roku 2030 by měl naplnit 40 % z cíle pro snižování emisí skleníkových plynů, 30 % z cíle pro úspory energie, a překročit cíl pro podíl OZE na konečné spotřebě energie o 39 %.

Největší alokaci má mít program na podporu nových obnovitelných zdrojů energie (RES+) ve výši 38,7 % celkové alokace Modernizačního fondu (~50 mld. Kč). Oproti původnímu návrhu, který předpokládal rovné rozdělení alokovaných prostředků v programu RES+ mezi subjekty dle čl. 10c směrnice (v zásadě velcí výrobci) a všechny uchazeče o podporu (tj. vč. subjektů dle čl. 10c), došlo k navýšení podílu alokace pro subjekty dle čl. 10c na 60 %, přičemž po vyčerpání této vyhrazené části se tyto subjekty mohou ucházet i o podporu ze zbývajících 40 % alokace.

Podpora z RES+ cílí na příjemce podpory, kterými jsou vlastníci elektráren, stávající nebo budoucí držitelé licence pro podnikání v energetických odvětvích (výrobu elektřiny) a společenství pro obnovitelné zdroje. Základní podmínky pro poskytování podpor uvádí jako podporovaná opatření podporu nových OZE a prvků aktivního energetického hospodářství (mimo opatření současně podporovatelných ze strukturálních fondů) - jako je výstavba fotovoltaických elektráren (FVE) a výstavba a modernizace větrných a malých vodních elektráren s instalovaným výkonem maximálně do 10 MW včetně - a podporu systémů akumulace elektrické energie (avšak jen jako součást projektu nového zdroje).

SFŽP vyhodnotil předběžný zájem o podporu z fondu v rámci tzv. předregistračních výzev, které se týkaly prvních tří programů Modernizačního fondu - teplárenství, obnovitelných zdrojů a průmyslu.² Zájem vyjádřilo přes 3000 uchazečů, kteří přihlásili přes 9 000 projektů (s celkovou hodnotou >1 bilion Kč). Předregistrační výzvy pro RES+ se zúčastnilo 153 subjektů 10c, zbývajících subjektů se přihlásilo 2739. Subjekty 10c zároveň přihlásily 688 projektů s celkovými náklady 120 mld. Kč. Nejvíce projektů RES+ bylo přihlášeno v kategorii do 1 MW instalovaného výkonu (5 391 projektů). V 3 833 projektech byly přihlášeny elektrárny nad 1 MW. Co do typu výrobní technologie dominovaly fotovoltaické elektrárny - nejvíce projektů s využitím střešních ploch a fasád (5 935), pozemní fotovoltaika (3 015) a agrivoltaika (818). S bateriovým úložištěm počítá cca 43 % projektů. Ve výrazné menšině byly projekty zaměřené na větrné (256), malé vodní (177) a geotermální (38) elektrárny.

Národní plán obnovy

Národní plán obnovy (NPO) je národním nástrojem (politikou) ČR pro zmírnění dopadů a podporu obnovy ekonomiky z pandemie COVID-19 financovaným z unijního fondu Recovery and resilience facility (RFF), zřízeného nařízením 2021/241. Aktuální návrh NPO³ obsahuje 6 pilířů, přičemž s nejvyšší alokací se počítá pro druhý pilíř - Fyzická infrastruktura a zelená tranzice.

² zdroj: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/modernizacni-fond-projektech-za-bilion-nejvetsi-poptavka-podpore-malych-obnovitelnych-zdroju>

³ verze z 9.4.2021, dostupná z <https://www.planobnovy.cz/files/narodni-plan-obnovy-2021-04-09.pdf>

V komponentě 2.3 Přejchod na čistší zdroje energie (MPO) tohoto pilíře jsou zařazeny 2 skupiny investic: výstavba nových fotovoltaických zdrojů energie a modernizace distribuce tepla v rámci soustav zásobování teplem. Předpokládané souhrnné náklady financované z RFF za období 2021-2026 by měly dosáhnout 6,66 mld. Kč. Z toho 5 mld. Kč je alokováno na FVE a mělo by vést k výstavbě 270 MWp nových elektráren zejména pro účely lokální spotřeby. Zbývajících 1,66 mld. Kč by mělo být alokováno na investice spojené s modernizací SZT s cílem přeměnit (nahradit) 115 km parních rozvodů tepla na horko/teplododní.

Konečnou verzi národní plánů obnovy mají členské státy předložit do konce dubna (společně s národními programy reforem), Komise by měla návrhy posoudit během 2 měsíců a (nebude-li požadovat doplnění či přepracování) postoupit Radě EU k finálnímu schválení.

Návrh NPO rovněž nastínil komplementaritu jednotlivých finančních nástrojů pro podporu fotovoltaických elektráren po roce 2021 (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Předpokládaná komplementarita podpor fotovoltaiky v jednotlivých programech

	Modernizační fond					OP TAK	NPO	OP ŽP	NZÚ
	HEAT	RES	ENERG EU ETS	ENERG	ENERGov				
oprávnění žadatelé	licencování výrobcí/distributoři tepla/ elektřiny, vlastníci infrastruktury	licencování výrobcí elektřiny	provozovatelé zařízení v EU ETS	podnikatelské subjekty (ne veřejně 100% vlastněné obchodní společnosti)	stát, veřejný a neziskový sektor, veřejně 100% vlastněné obchodní společnosti	podnikatelské subjekty (ne veřejně 100% vlastněné obchodní společnosti)	podnikatelské subjekty (ne veřejně 100% vlastněné obchodní společnosti)	veřejný a neziskový sektor, veřejně 100% vlastněné obchodní společnosti	vlastníci bytových a rodinných domů
umístění	budovy, tech. infrastruktura, pozemky v areálech	budovy, tech. infrastruktura, pozemky (agrivoltaika, vodní plochy)	budovy, tech. infrastruktura, pozemky v areálech	podnikatelské budovy a související stavby	budovy, veřejná infrastruktura a blízké pozemky	podnikatelské budovy a související stavby	podnikatelské budovy a související stavby	budovy, veřejná infrastruktura a blízké pozemky	bytové a rodinné domy
výkon	≥100 kWp	≥100 kWp	~spotřebě v rámci podniku	≤10 MWp	~spotřebě v rámci budovy / infrastruktury	≤10 MWp	≤10 MWp	~spotřebě v rámci budovy / infrastruktury	≤30 kWp (BD), ≤10 kWp (RD)
využití	lokální (vlastní) spotřeba + vstup do SZTE	do distribuční sítě, lokální spotřeba, komunitní	lokální (vlastní) spotřeba	≥70% lokální (vlastní) spotřeba	≥70% lokální (vlastní) spotřeba	≥70% lokální (vlastní) spotřeba	≥70% lokální (vlastní) spotřeba	≥70% lokální (vlastní) spotřeba	≥xx% lokální (vlastní) spotřeba
období realizace	2021+	2021+	2021+	2026+	2022+	2026+	2021+	2021+	2021+
zdroje	50+ mld. Kč (OZE celkem a z toho subjekty dle čl. 10c min. 60 %)					6,6 mld. Kč (OZE celk.)	5 mld. Kč (FVE)	7 mld. Kč (OZE celk. + kotlíky)	(n.a.)

Zdroj: Národní plán obnovy. Verze z 9. 4. 2021, upraveno.

Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK 2021-2027)

Nový operační program je v současnosti teprve ve fázi dokončování pre-finální verze. Obecnou podmínkou programu je povinnost dodržet podíl příspěvku ke klimatickým cílům (EFRR 30 %, FS 37

%). Podle dostupných podkladů⁴ by z celkové celková alokace schválené vládou (79,3 mld. Kč) mělo do Priority 4 – Posun k nízkouhlíkovému hospodářství mělo být alokováno 35,8 % (~29 mld. Kč). Tato priorita by měla obsahovat 4 specifické cíle:

- 1) úspory energie – podpora opatření v oblasti energetické účinnosti a snižování emisí GHG (13 mld. Kč),
- 2) OZE – podpora energie z obnovitelných zdrojů (6,6 mld. Kč)⁵,
- 3) smart grids – rozvoj inteligentních energetických systémů, sítí a skladování mimo TEN-E (7,6 mld. Kč),
- 4) čistá mobilita – posílení ochrany přírody, biologické rozmanitosti a zelené infrastruktury v městském prostředí a snížení všech forem znečištění (1,86 mld. Kč).

Míra spolufinancování z OP se může v závislosti na typu podniku a regionu pohybovat v rozpětí 40-85%. V oblasti energetických úspor a OZE má být rozšířena možnost podpory velkých podniků, navíc má ČR výjimku z rozsahu podpory EFRR pro dříve zcela vyloučené oblasti, mj. využití fosilních paliv (předpokládá se využití pro plynofikaci).

Současný harmonogram dokončení OP TAK předpokládá zpracování SEA (červen 2021), schválení vládou (září 2021) a schválení EK (únor 2022).

Operační program Životní prostředí (OPŽP 2021-2027)

Navržený programový dokument OPŽP 2021-2027⁶ zahrnuje mimo jiné Specifický cíl 1.2 Podpora energie z obnovitelných zdrojů. Tento je zacílen na řešení dvou problémů: na omezenou tržní motivaci k budování OZE a na vytápění domácností fosilními palivy. V rámci zvyšování využití OZE má jít především o (1) výstavbu a rekonstrukci OZE pro veřejné budovy a (2) pro zajištění dodávek systémové energie ve veřejném sektoru a o (3) výměnu nevyhovujících spalovacích zdrojů na tuhá paliva a pořízování domovních předávacích stanic. Hlavními cílovými skupinami jsou tedy veřejné subjekty ve všech regionech ČR kromě Prahy (1 a 2) a domácnosti ve všech regionech NUTS 2 (3). Návrh počítá s alokací na tento specifický cíl ve výši 268 mil. eur (tj. cca 7 mld. Kč).

Program Nová zelená úsporám

U stávajícího dotačního programu MŽP (spravovaného SFŽP) zaměřeného na snížení energetické náročnosti budov, využívání OZE a adaptační opatření v budovách se předpokládá ukončení příjmu žádostí o podporu v letošním roce. Pro navazující období do roku 2030 by měl být nahrazen obdobným programem, zaměřeným výhradně na rezidenční sektor (v současnosti je zaměření širší - na sektor bydlení - rodinné a bytové domy - a budovy ve vlastnictví státu). Stávající program i jeho nástupce jsou financovány z příjmů z prodeje emisních povolenek podle zákona č. 383/2012 Sb. Bližší parametry nového programu nejsou v současnosti veřejně dostupné.

⁴ prezentace MPO na 4. jednání Platformy pro přípravu Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost 2021 - 2027, dostupné z <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/optak-2021-2027/mpo-usporadalo-4--jednani-platformy-pro-pripravu-op-tak--260490/>

⁵ Dle návrhu NPO se zdá, že toto financování bude k dispozici až po vyčerpání NPO, tj. od roku 2026.

⁶ Programový dokument OPŽP 2021-2027 – návrh, verze z 23. 3. 2021, dostupné z <https://www.opzp.cz/opzp-2021-2027/>

2. Metodické přístupy

Model TIMES-CZ

TIMES-CZ (verze v02+) je energetický, technologicky orientovaný, dynamický model hledající optimální řešení celkového energetického a technologického mixu, které uspokojí danou (exogenní) poptávku po energiích a energetických službách při dosažení nejnižších možných celkových diskontovaných nákladů za celé analyzované období.

Model zahrnuje celou energetickou bilanci ČR od primárních zdrojů až po konečnou spotřebu energetických služeb. Výchozím rokem modelu je rok 2015 a modelovacím horizontem v této studii je rok 2030. Model TIMES-CZ je koncipován po 5letých obdobích, kdy se předpokládá, že spotřeba i výroba jsou v rámci tohoto období konstantní. Všechny cenové vstupy v modelu TIMES-CZ jsou v € roku 2015 (€₂₀₁₅) a v této studii jsou všechny uvedené údaje převedeny do Kč v cenách roku 2020 (pokud není uvedeno jinak). Model, který byl použitý pro účely kvantifikací a predikcí v rámci této studie je rozšiřován a upravován zejména v rámci projektu TK01010119 *RegSim „Integrované modely pro analýzu dopadů regulací a simulace dlouhodobých scénářů vývoje energetiky“* financovaný z programu THETA TA ČR. Podrobnější popis modelu, včetně struktury, vstupních dat a výstupů je uveden v příloze.

Vyčíslení externalit

Externí efekty a jejich optimalizace

Ekonomické aktivity jako je těžba uhlí a výroba elektřiny a tepla slouží (především) k uspokojování lidských potřeb. Vedle řady přímých a nepřímých přínosů s sebou však nesou také různé druhy problémů, mimo jiné i negativní vlivy na životní prostředí a lidské zdraví. Z ekonomického pohledu představují tyto dopady dodatečné náklady, které určitým způsobem dopadají na společnost a většinou nejsou zprostředkovány (a tedy ani kompenzovány) trhem. Rozdíl mezi společenskými a soukromými náklady (přínosy) představuje tzv. externí efekty neboli externality. Jedná se o náklady, které daný subjekt přenáší na jiné subjekty, aniž by je kompenzoval, nebo přínosy, které daný subjekt přináší jiným, aniž by za tyto přínosy získával kompenzaci.

Ne každý dopad je ale možné klasifikovat jako (environmentální) externí efekt. Externalita (skutečné, technologické externí efekty) existuje tehdy, když jsou splněny čtyři podmínky (viz např. Verhoef 1994; 2002): daný efekt musí ovlivnit subjekt, na který efekt dopadá, tedy ovlivňovat užitek spotřebitele nebo zisk firmy; tento efekt by měl být zprostředkovaný přes reálnou proměnnou (např. znečištění), ne být efektem, který je výsledkem běžných tržních transakcí zprostředkovaných tržními cenami (tzv. pekuniární efekt); efekt by neměl být brán v úvahu, když je vytvářen při jiné zamýšlené ekonomické aktivitě (jako externí efekt nemůžeme klasifikovat např. charitu ani kriminální jednání); a konečně externalita by neměla být kompenzována. Jestliže existuje negativní (pozitivní) externí efekt, měla by být aktivita, která tento efekt působí snížena (zvýšena), čímž bude také snížen (zvýšen) externí efekt. V případě, že je dosažena optimální úroveň externalit, ať už vyjednáváním nebo regulací, je také maximalizován společenský blahobyt a žádná další regulace spotřeby nebo výroby není z ekonomického hlediska společensky žádoucí.

Jedním ze způsobu, jak dosáhnout optima v produkci externality, je zavést ekonomický nástroj, jako je např. emisní či uhlíková daň nebo obchodovatelné emisní povolenky, sazba takové daně nebo tržní cena povolenky by přitom měla být rovna Pigouviánské daní (Pigou 1920). Zavedení ekonomického nástroje, kterým koresponduje Pigouviánské dani, maximalizuje společenský blahobyt.

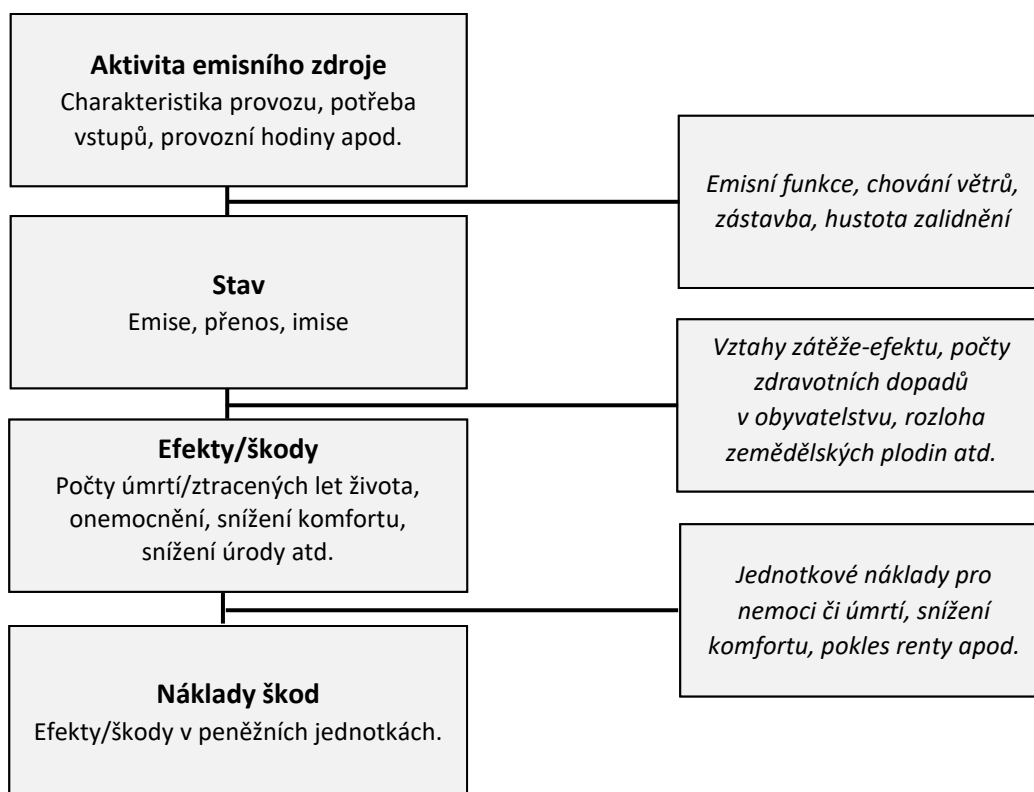
Má smysl oceňovat externí efekty, které jsou internalizovány regulací?

Zavedení ekonomického nástroje (daně, obchodovatelných emisních povolenek) negativní externality internalizuje, část emisí je zamezeno a zbývající část je obvykle zpoplatněna (daní nebo cenou povolenek). To však neznamená, že takto zpoplatněné emise nevedou ke škodám a externalitám (škodám na lidském zdraví, ekosystémech, materiálech nebo ke změnám spotřeby). V případě optimální regulace (s optimální úrovní externality) může nadále docházet k externím efektům, avšak tyto efekty už z hlediska ekonomického optima není společensky žádoucí omezovat přísnější regulací. Proto i v případě regulovaných emisí, které působí negativní externality, může být opodstatněné tyto negativní efekty kvantifikovat a vzít je v úvahu v politickém rozhodování.

Přístup funkce škody

Přístup funkce škody pro oceňování dopadů na životní prostředí, lidské zdraví a statky je obecně uznávaným analytickým přístupem k oceňování environmentálních externalit, pro některé typy environmentálních externalit – typicky u emisí škodlivin – bývá přístup funkce škody nazýván jako přístup dráhy působení (Impact Pathway Analysis – IPA), který se postupně rozvíjel v řadě projektů podporovaných Evropskou komisí, souhrnně nazývaných ExternE (Externalities of Energy) (Bickel & Friedrich, 2004). IPA sleduje jednotlivé dráhy dopadu a to od zátěže (emisí) ke stavu (koncentrace a depozice/expozice). Následuje kvantifikace příslušných fyzických dopadů na lidské zdraví (úmrtnost a nemocnost), na úrodu, stavební materiály a ekosystémy. Fyzický dopad je oceněn v peněžních jednotkách. Přístup dráhy působení sleduje cesty znečišťující látky (resp. hluku) od zdroje, který danou emisi vypouští, až po receptor (obyvatelstvo, úroda, lesy, budovy atd.), na které působí škodlivý dopad.

Obrázek 1 - Přístup dráhy působení (Impact Pathway approach)



Postup kvantifikace ekonomických dopadů environmentální zátěže, vycházející z přístupu dráhy působení, lze popsat jako sled kroků:

- 1) inventarizace zdrojů a charakteristik emisí zátěže ve stávajícím stavu a variantním stavu (uvažovaném jako mezní změna), vyjádřené v čase, místě a charakteristikách emisní zátěže,
- 2) modelování (a/nebo měření) disperze emitované zátěže v prostředí, vč. atmosférické transformace,
- 3) odhad změny expozice receptorů (obyvatel, materiálů, zemědělských plodin atd.) příslušnému indikátoru stavu (tj. koncentraci znečišťující látky),
- 4) odhad velikosti účinku (odezvy) vyvolaného změnou expozice pomocí funkcí expozice-odezva, vyjadřujících příčinný vztah (příp. vztah asociace) mezi hodnotou indikátoru stavu a specifickým účinkem (počty dodatečných případů zhoršení zdraví či ztracených let života),
- 5) stanovení ekonomických hodnot pro jednotlivé dopady (ocenění za případ, časové období či jinou měřitelnou jednotku) s využitím oceňovacích metod, výpočet ekonomických přínosů provedených opatření,
- 6) vyjádření celkové změny externích nákladů jako rozdílu mezi externími náklady ve stávajícím a variantním stavu.

Přístup funkce škody je konzistentní s přístupy k hodnocení rizik i s neoklasickou ekonomii teorií, jednalo se o hodnocení mezní změny nebo mezní analýzu. Jedná se o pragmatické zjednodušení v podobě ocenění předpokládaného vztahu mezi dávkou a výsledným dopadem bez zohlednění změny poptávky či nabídky v důsledku hodnocené změny environmentální kvality. Tento přístup umožňuje vyjádřit, jak se změna environmentálních efektů (např. emisí) v důsledku realizace varianty projektu projeví na blahobytu společnosti, resp. jaký dopad bude mít dodatečná jednotka environmentálního efektu (např. emise), je tedy příhodný pro vzájemné porovnání různých scénářů. V této studii jsou vyčísleny externality z hlavních atmosférických znečišťujících látek (NO_x, SO_x a TZL), které zahrnují efekty snížení věku dožití (předčasná úmrtí) a zhoršení zdraví vyvolané expozicí obyvatelstva znečištěnému ovzduší, na němž se podílejí mimo jiné hodnocené výroby elektřiny a tepla.

Pro ocenění těchto efektů jsou využity jednotkové hodnoty externích nákladů na tunu polutantu odvozené v integrovaném projektu NEEDS (Preiss a kol., 2008). Použité ocenění jednotkových externích nákladů je založeno na konzervativnějších odhadech vztahů mezi expozicí a odezvou a ocenění ztraceného roku statistického života. Při použití podrobnějšího postupu kvantifikace, jaký byl použit např. ve studii environmentálních dopadů prolomení územně ekologických limitů těžby (CO₂ UK, 2015), případně zcela nové parametrizace vztahu expozice-odezva např. z modelu globální expozice a mortality (*global exposure mortality model*, GEMM, srov. Burnett a kol., 2018) bychom s velkou pravděpodobností dostali vyšší odhady předčasné úmrtnosti. Podobně při použití ocenění předčasných úmrtí hodnotou statistického života (VSL) namísto ocenění roku ztraceného života (VOLY) by došlo k podstatnému navýšení ocenění dopadů v podobě úmrtnosti, které se již nyní podílí největší měrou na celkových externalitách. Volba oceňovací metriky je přitom do značné míry normativním rozhodnutím, v praxi hodnocení dopadů se přístup postavený na VSL používá hlavně v USA, zatímco v EU se používal více přístup VOLY, nicméně v nedávné době byly pro některá hodnocení použity oba přístupy a výsledné přínosy byly reportovány jako (značně široký) interval.

Společenské náklady uhlíku

Je možné ocenit dopady ze změny klimatu tržní cenou EUA?

Emise skleníkových plynů (a potažmo tedy externality spojené se změnou klimatu) jsou u části producentů regulovány od roku 2005 evropským systémem obchodování s emisemi (EU ETS). Od roku

2021 je tento systém v jeho 4. fázi. Současná tržní cena emisních povolenek EUA (přelom dubna/května) se blíží 50 EUR. Tržní cena povolenky je determinována nastavením systému (výše emisního stropu, způsob alokace, podmínky obchodování) nebo (očekávaného) ekonomického výkonu a proto se může od hodnoty externích nákladů způsobených emisemi skleníkových plynů (škod) výrazně lišit. Tržní cena EUA je užitečnou informací v řadě případů (např. pro investiční rozhodování producentů emisí), avšak není přesnou a správnou veličinou pro hodnocení výše externalit způsobených změnou klimatu.

Vhodným přístupem pro peněžní ocenění negativních externích efektů způsobených emisemi skleníkových plynů je koncept společenských nákladů uhlíku („*Social Cost of Carbon*“, SCC, viz Dasgupta 2021; Tol 2019; Pindyck 2019; Nordhaus 2017). Společenské náklady uhlíku představují mezní dopad dodatečné emise tuny CO₂, nebo přínos z malého snížení těchto emisí (Tol 2018). V případě hodnocení pro optimální trajektorii emisí, je SCC rovna Pigouviánské dani. Jinými slovy v přítomnosti jakékoli regulace, které neodpovídá Pigouviánské dani, se výše SCC a tržní cena EUA budou lišit.

Jaká hodnota SCC je správná?

Odhady hodnoty SCC závisí na řadě faktorů, včetně volby diskontování, parametru averze k riziku, vážení dopadů v čase a prostoru nebo způsobu kvantifikace škod (Tol 2019). Hodnota SCC výrazně závisí na (normativních) volbách řady parametrů, které jsou vtěleny do integrovaných modelů („*Integrated Assessment Models*“, IAM). Odhady SCC se obvykle pohybují mezi 15–100 \$ na t CO₂ (Dasgupta 2021).

EU v rámci metodiky ExternE vycházela při hodnocení dopadů ze změny klimatu z nákladů na zamezení, které by byly nutné vynaložit na dosažení určitého redukčního cíle. Dle studie Fahl et al. (1999) byla tato hodnota zvolena na úrovni 19 € na t CO₂. K hodnotě dopadů ve výši 20 € na t CO₂ dospěl také projekt NEEDS (Anthoff 2007), který však již pro odhad SCC využil IAM FUND (Tol 2005), a tedy měřil škodu, nikoli náklady. Hodnota 20 € na t CO₂ byla používána také v hodnoceních postavených na metodě ExternE od roku 2008 (Preiss et al., 2008). Evropská komise vycházela obdobně z těchto studií a při posuzování dopadů sektorových cílů a programů klimatické změny užívala hodnotu SSC mezi 19€ a 46€ na t CO₂ (OECD 2008).

Zahrnování ekonomických přínosů ze snížení uhlíku v RIA se stalo ve Spojených Státech precedentem až od roku 2008, kdy federální soud přiznal snížení emisí uhlíku nenulovou hodnotu (Pizer et al., 2014). V USA je hodnota uhlíku stanovena meziresortní skupinou (*US Government Interagency Working Group on Social Cost of Carbon*), která byla zřízená v roce 2010 (IWGSCC 2013). Na základě shrnutí odhadů ze tří IAM modelů (DICE, PAGE a FUND), byla hodnota ekonomických přínosů ze snížení emisí uhlíku stanovena US EPA (2014) pro emise vypouštěné v roce 2010 ve výši 21\$ (18.1€) na tunu CO₂, s hodnotami 5\$, 35\$ a 65\$ (4.3€, 30.1€, 55.9€) pro citlivostní analýzu (vše v USD2007; přepočten na Euro2014). Hodnoty SSC rostou v čase a pro emise vypouštěné v roce 2020 činí hodnota ekonomických přínosů 26\$ (22.4€) na tunu CO₂ (Greenstone et al., 2014). Mediánová hodnota SCC používaná vládními institucemi v USA činí 40 \$ na tunu (Dasgupta 2021).

Tol (2013) odhaduje distribuci SCC 588 z celkem 75 publikovaných studií, které odhadují SCC pomocí integrovaných modelů posouzení; průměrná hodnota SSC činí 44€ na tunu CO₂, medián je 30€, při PRTP=1% jsou tyto hodnoty 23€ a 18.5€ (ceny roku 2014).

Pindyck (2019) oproti tomu odvodil hodnotu SCC na základě názorů expertů na pravděpodobnost ekonomického výkonu při změně klimatu a snížení emisí, které by tyto extrémní dopady zamezily. Expertní názor získal prostřednictvím šetření od 600 expertů z oblasti ekonomie a klimatických věd. Tato expertně získaná hodnota SCC výrazně převyšuje hodnoty odhadu SCC z integrovaných modelů – průměr činí 200 \$ na t CO₂. Ekonomové předpovídali nižší dopady (a tedy nižší hodnotu SCC, mezi 153 \$ a 203 \$, v závislosti na zvolené distribuci), klimatičtí vědci jsou naopak přesvědčeni o vyšší hodnotě

SCC (291 \$ až 326). Odhad SCC ve výši 67–86 \$ na t CO₂ vzal úvahu pouze odpovědi expertů, kteří svým názorů silně důvěřovali („*high confidence*“ *group*) a vyloučil 10 % krajních hodnot (při vyloučení 5 % pozorování na obou koncích distribuce je výsledný interval 108–138 \$ na t CO₂). Dle Pindycka pak odpověď na otázku, jestli je hodnota SCC, která by měla být použita pro veřejné politiky, blíže 200 \$ nebo spíš 80 \$, závisí zčásti na tom, jak hodnotíme „expertízu“ a schopnost expertů posoudit pravděpodobnosti klimatických dopadů. Dáme-li větší váhu ekonomům (kteří možná lépe rozumí dopadům na HDP), tak odpovídající číslo bude kolem 80 \$. Jestliže ale přikládáme větší váhu expertíze klimatických vědců, odpovídající číslo bude kolem 200 \$ (v obou případech pro „*high confidence*“ a 10% oříznutí distribuce).

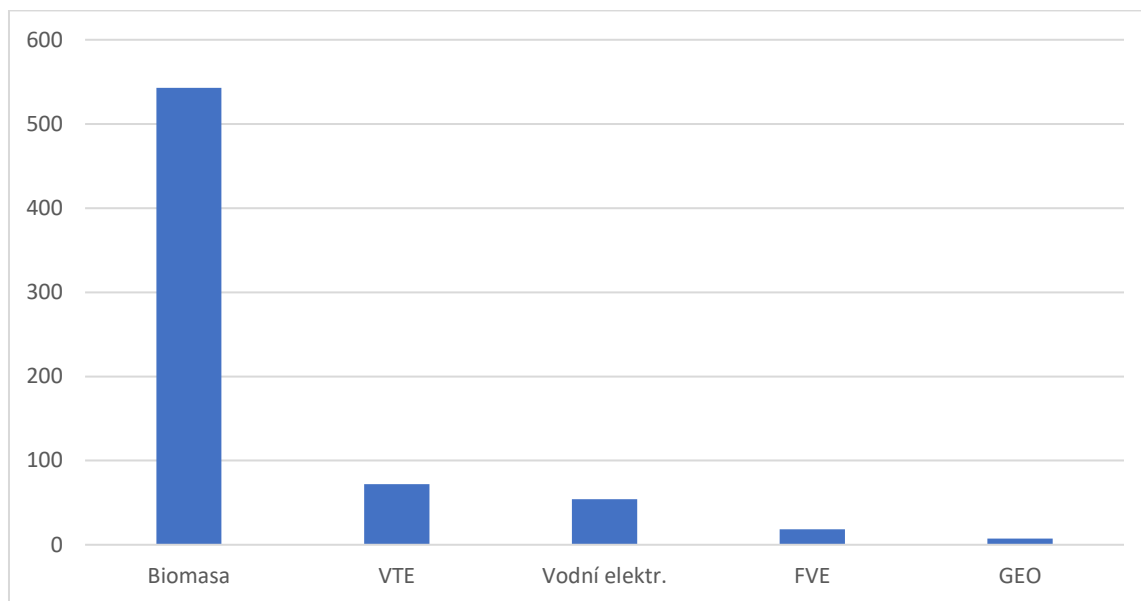
Metodika UK COŽP pro *Hodnocení externích nákladů energetiky analýzou drah dopadu* (Melichar et al., 2011) vychází z odhadů ze studie Anthoffa (2008) a doporučuje konzervativní odhad SCC postavený na předpokladu PRTP ve výši 1%, bez vážení dopadů na užitek v regionech, a použití 1% trimovaného průměru. Doporučená (nižší konzervativní) hodnota SCC činí 14.4€ pro období 2010–2019 nebo 18.7€, 20.8€ a 23.8€ pro další následující 3 desetiletí (v cenách roku 2014). Rostoucí hodnotu SCC v čase také předpokládají studie, které hodnotily externalitu prolomení ekologických limitů těžby uhlí v ČR (Máca et al., 2015; Rečka a Ščasný 2016), a to 2.5% ročním tempem. Tyto studie předpokládali výchozí hodnotu externalit ve výši 21€ nebo 576 Kč pro emise vypouštěné v roce 2015 (Máca et al., 2005) nebo 18€ pro emise v roce 2010 (Rečka a Ščasný 2016). Další české studie předpokládaly hodnotu SCC ve výši 700 Kč (ceny 2005, 23.5 EUR2000, v Kiulia et al. 2019) nebo 19€ (Rečka a Ščasný 2017; 2018).

Pro účely této studie volíme střední hodnotu SCC ve výši 40 EUR na t CO₂. Pro citlivostní analýzu volíme SCC 66 EUR (≈80 \$ dle Pindycka), 166 EUR (≈200 \$ dle Pindycka) a 20 EUR jako dolní mez dopadů klimatické změny v souladu s předešlými českými studiemi a s CBA/RIA prováděnými na úrovni EU nebo v USA.

Hektarová spotřeba zemědělské půdy a Pracovní místa v oblasti obnovitelných zdrojů

K vyčíslení dopadů na hektarovou spotřebu zemědělské půdy a zaměstnanost OZE je využita input-output analýza založená na datové základně EXIOBASE 3 ve své aktuální verzi v3.8.1. Jedná se o monetární časové řady environmentálně rozšířených multi-regionálních input-output (EE MRIO) tabulek, které jsou k dispozici od roku 1995 až dosud pro 44 zemí včetně 28 členských zemí EU a dalších 16 velkých světových ekonomik. EXIOBASE 3 vychází z obdélníkových tabulek dodávek a užití (SUT) publikovaných v klasifikaci na 163 sektorů a 200 produktů. Transformace na symetrické input-output tabulky a zahrnutí socioekonomických a environmentálních účtů, ale i daní, importu a hrubé přidané hodnoty pak tvoří samotné EE MRIO tabulky. Tato databáze je výstupem projektu FP7 DESIRE financovaného Evropskou komisí. EE MRIO tabulky v klasifikacích produkt X produkt a odvětví X odvětví (Stadler et al., 2018) jsou klíčovým rámcem pro popis globální ekonomiky a analýzu vlivů lidských aktivit na životní prostředí. V rámci environmentálních účtů jsou k dispozici data o emisích, využití krajiny, spotřebě vody, a další v monetárních a fyzických jednotkách. Socioekonomické účty obsahují finanční odměny zahrnující mzdy a pojistné, odpracované hodiny, fyzické počty zaměstnaných osob v členění dle tří úrovní kvalifikace pracovních sil – nízko, středně a vysoce kvalifikovaní pracovníci. Na základě Input-output analýzy je odvozena hektarová spotřeba jednotlivých energetických zdrojů připadající na výrobu 1 MWh elektřiny, která je dále využita pro odhad vývoje záboru půdy do roku 2030.

Graf 1 – Záběr půdy dle jednotlivých OZE technologií (km^2/TWh)



Spotřebu zemědělské půdy v km^2 na 1 TWh vyrobené elektrické energie ukazuje Graf 1. Zdaleka nejvyšší nároky na půdu má kultivace biomasy, téměř 15 násobně více než FVE. Větrné elektrárny mají pak zhruba dvojnásobně vyšší půdní nároky než fotovoltaika a vodní elektrárny leží svými nároky zhruba uprostřed. Nejmenší záběr zemědělské půdy má geotermální energie, avšak v prostředí ČR se jedná o minoritní zdroj pro výrobu elektřiny i výhledově do budoucna dle jednotlivých scénářů.

Analogicky je vyčíslen počet pracovních míst v provozní oblasti připadající na 1 MW instalovaného výkonu jednotlivých OZE výroben a vypočten odhadovaný počet pracovních míst připadajících na provoz a údržbu OZE kapacit napříč pěti scénáři rozpracovanými v této studii (viz následující kapitola).

3. Scénáře studie

Scénáře studie vycházejí z Politiky ochrany klimatu v ČR (MŽP 2017), jejíž cíl pro rok 2030 předpokládá snížit emise skleníkových plynů v absolutním vyjádření o přibližně 44 Mt CO_{2ekv.} v porovnání se 146 Mt CO_{2ekv.} v roce 2005 bez započítání sektoru využívání území, změny ve využívání území a lesnictví (tzv. LULUCF). Vývoj v sektoru LULUCF není do modelování zohledněn, a to s ohledem na stávající vývoj, kdy se v důsledku kůrovcové kalamity a vyvolané zvýšené kalamitní těžby stal z čistého emisního propadu čistým přispěvatelem a jeho potenciální redukční příspěvek k cíli snížení emisí v roce 2030 je v současnosti obtížné predikovat. Proto vycházíme ze zjednodušujícího předpokladu, že bilance LULUCF bude do roku 2030 přibližně nulová. V realizovaném modelování dále není počítáno se snižováním emisí jiných skleníkových plynů než CO₂ (metan, oxid dusný, F-plyny, SF₆, atd.), když vycházíme ze zjednodušujícího předpokladu, že snížení se bude týkat technologií a procesů emitujících CO₂.

Všechny scénáře zohledňují provozní podporu pro obnovitelné zdroje a kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KVET) ve formě bonusů dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 7/2020. Provozní podpora je tedy předpokládána u stávajících zdrojů OZE a KVET, nových zdrojů KVET a u tepla z bioplynových stanic.

Výchozím rokem modelování je rok 2015. Instalované kapacity fotovoltaických a větrných elektráren jsou aktualizovány na stav z konce roku 2020.

Konzervativní

Konzervativní scénář představuje vývoj při dosavadním tempu růstu instalovaných kapacit fotovoltaických a větrných elektráren. Konkrétně předpokládá průměrný roční přírůstek 23 MWe u fotovoltaických elektráren - odpovídá průměrnému ročnímu přírůstku v letech 2017-2020 (Krčmář, 2021), tj. včetně fotovoltaických panelů na rodinných domech - a 11,8 MWe u větrných elektráren (průměrný přírůstek 2016-2020) (OTE, 2021). Konzervativní scénář plní minimální 14% podíl OZE v dopravě, ale nemá ambici plnit celkový cíl podílu OZE, ani snížení emisí skleníkových plynů.

NKEP

Scénář NKEP vychází z Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu z roku 2019 (MPO, 2019) – poptávka, instalované výkony fotovoltaických a větrných elektráren a vsázka hnědého uhlí a černého uhlí na výroby elektřiny a tepla pro rok 2030 jsou ve scénáři exogenními parametry. Scénář zohledňuje politiky platné v roce 2020. Dotační schémata z programů Nová zelená úsporám a kotlíkových dotací z OPŽP jsou v modelu zjednodušené. V programu Nová zelená úsporám na maximální dotaci 50 % z investičních nákladů při respektování maximální absolutní výše dotace pro daný typ technologie. I se započtením dotačních programů v rámci NPO a OPŽP předpokládáme celkový objem investiční podpory pro energetické úspory a nové zdroje tepla a elektřiny v domácnostech a podnicích ve výši 20 mld. Kč.

Scénář NKEP má za cíl dosažení 22% podílu obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě a snížení skleníkových plynů o 44 Mt CO_{2ekv.} oproti roku 2005. Jak již bylo zmíněno výše, snížení skleníkových plynů o 44 Mt CO_{2ekv.} modelujeme jako snížení emisí CO₂, tj. na nejvýše 81,7 Mt CO₂ v roce 2030, což odpovídá 50% snížení oproti roku 1990.

Modernizační

Modernizační scénář zavádí nad rámec scénáře NKEP investiční podporu obnovitelných zdrojů. Modernizační fond je jediným dotačním nástrojem, který má v první polovině dubna 2021 již zafixované parametry podpory. Proto je nastavení investiční podpory obnovitelných zdrojů odvozeno od programu RES+ Modernizačního fondu. Celkově předpokládáme podporu až do výše 74,8 mld. Kč. Při určení míry podpory vycházíme z předpokladu, že 60 % objemu podpory je určeno pro subjekty dle čl. 10c - tedy pravděpodobně velké podniky, a dále předpokládáme, že zbývajících 40 % bude realizováno středními podniky. Uvažujeme pouze projekty mimo Prahu. Tím dostaneme průměrnou podporu ve výši 64 % investičních nákladů. Instalované kapacity obnovitelných zdrojů ani fosilních paliv jsou tedy již výsledkem optimalizace a nikoli exogenním parametrem jako v případě scénáře NKEP.

Zelený

Zelený scénář vychází z Modernizačního scénáře. Podpora z Modernizačního fondu je však bez omezení objemu celkové podpory. Rovněž je uvolněn předpoklad o vsázce hnědého a černého uhlí na výroby elektřiny a tepla. Zelený scénář tedy ukazuje možný vývoj energetiky, pokud bychom obnovitelným zdrojům elektřiny poskytli investiční podporu ve výši 64 % investičních nákladů až do roku 2030 a to bez omezení celkového objemu této podpory.

GHG55

Scénář GHG55 jde nad rámec scénářů NKEP a Modernizační. Objem investiční podpory OZE je zastropován stejně jako v Modernizačním scénáři a za jinak stejných podmínek se Zeleným scénářem, hledá optimální řešení pro snížení emisí GHG o 55 % oproti roku 1990, tj. na nejvýše emitovaných 73,8 Mt CO₂.

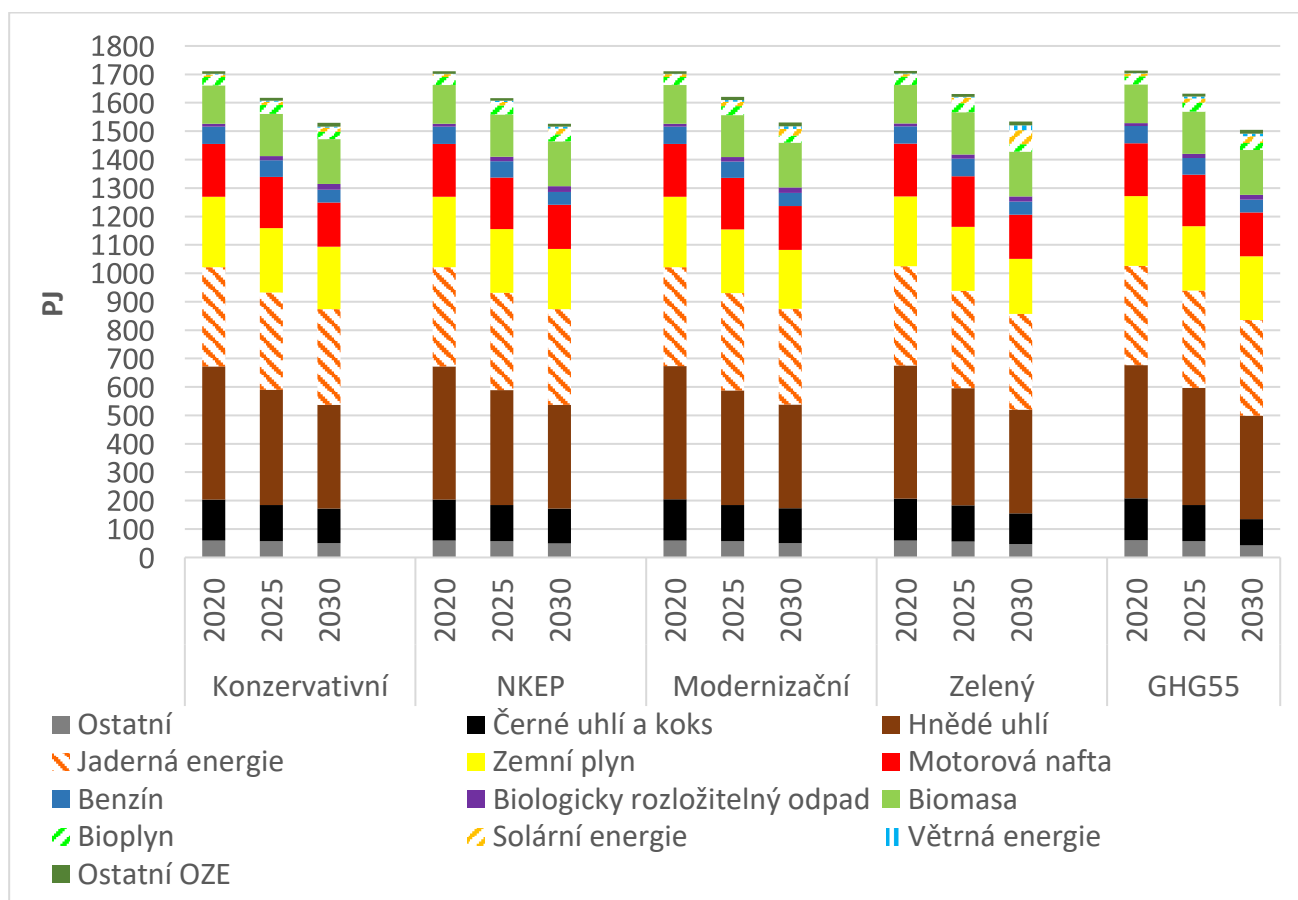
4. Vyhodnocení scénářů

Hrubá domácí spotřeba energií

Porovnání všech modelovaných scénářů ukazuje velmi podobný klesající trend vývoje hrubé domácí spotřeby energií mezi lety 2020 a 2030 pohybující se mezi 10 % (v Zeleném scénáři) až 12 % (v GHG55 scénáři). Markantní je takřka čtvrtinový pokles spotřeby hnědého uhlí do roku 2030, který se mezi scénáři liší jen nepatrně. To již neplatí o spotřebě černého uhlí, která do r. 2030 klesá o 15 % v Konzervativním, NKEP a Modernizačním scénáři, ve scénáři GHG55 o 38 %. Ve všech scénářích do roku 2030 dochází i k poklesu spotřeby zemního plynu, a to v rozmezí od 9 % v GHG55 scénáři (kde významně nahrazuje černé uhlí) až po 21 % v Zeleném scénáři.

Spotřeba obnovitelných zdrojů naopak ve všech scénářích stoupá. Největší podíl na domácí hrubé spotřebě má biomasa, jejíž spotřeba roste ve všech scénářích o cca 17 % na 158 PJ v roce 2030. Výrazně roste využití větrné energetiky a solární energie. V Konzervativním scénáři stoupá do roku 2030 využití větrné energie na 3,1 PJ (o 50 %) a solární energie na 15,2 PJ (o 70 %). Ve scénáři NKEP stoupá do roku 2030 využití větrné energie na 6,8 PJ (o 280 %) a solární energie na 20,2 PJ (o 120 %). Ve scénářích Modernizačním a GHG55 stoupá do roku 2030 využití větrné energie na 9,3 PJ (o 420 %) a solární energie na 23 PJ (o 150 %). V Zeleném scénáři stoupá do roku 2030 využití větrné energie na 17,2 PJ (o 860 %) a solární energie na 49,6 PJ (o 430 %).

Graf 2 - Hrubá domácí spotřeba energií [PJ]



Poznámka: Elektřina a ropa nejsou na grafu zobrazeny. Spotřeba ropných produktů je znázorněna již po zpracování ropy. Benzín a motorová nafta jsou uvedeny včetně biosložek. Elektřina je vyráběna transformací zobrazených primárních zdrojů.

Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů

Nejvýraznější rozdíl v přírůstcích instalovaného výkonu mezi jednotlivými scénáři je u fotovoltaických zdrojů (FVE) a větrných elektráren (VTE). Ostatní obnovitelné zdroje výroby elektřiny se mezi scénáři výrazněji neliší. V případě biomasy i bioplynových stanic dochází ve všech scénářích do roku 2030 k instalaci nových kapacit v kogeneraci s teplem v souhrnné výši okolo 300 MW. V případě bioplynových stanic se však nejedná o čisté přírůstky, jelikož část stávajících kapacit se přetransformuje na výrobu biometanu pro dopravu.

V Konzervativním scénáři přírůstky instalovaného výkonu fotovoltaických zdrojů a větrných elektráren do roku 2030 dosahují maximálně nízké stovky MW a u fotovoltaiky je největší rozvoj predikován u střešních systémů, cca 115 MW v roce 2030. Ve scénáři NKEP stoupají instalované výkony fotovoltaických zdrojů a větrných elektráren, v souladu se vstupními předpoklady scénáře, až na celkových 3935 MW a 960 MW (Tabulka 2).

Tabulka 2 - Přírůstky instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny [MW]

scénář	rok	Biomasa	Bioplynové stanice	Biologický roz. část TKO	GEO	FVE velké	FVE prům.	FVE střešní	Vodní elektr.	VTE
Konzervativní	2020	156	149	11		38		12	69	58
	2025	52	14		8	55		60	10	59
	2030	124	154		13			115	9	59
NKEP	2020	156	149	11				12	69	
	2025	52	14		8	507		8	10	338
	2030	124	154		13	1081		252	9	342
Modernizační	2020	156	149	11				12	69	
	2025	52	15		8	920	126	24	18	653
	2030	124	153		13	994	540	60		532
Zelený	2020	156	149	11				12	69	
	2025	52	19		8	2563	72	24	10	
	2030	124	152		13	7054	594	60	17	2335
GHG55	2020	156	149	11				12	69	
	2025	52	16		8	920	126	24	18	653
	2030	124	152		13	994	540	60		532

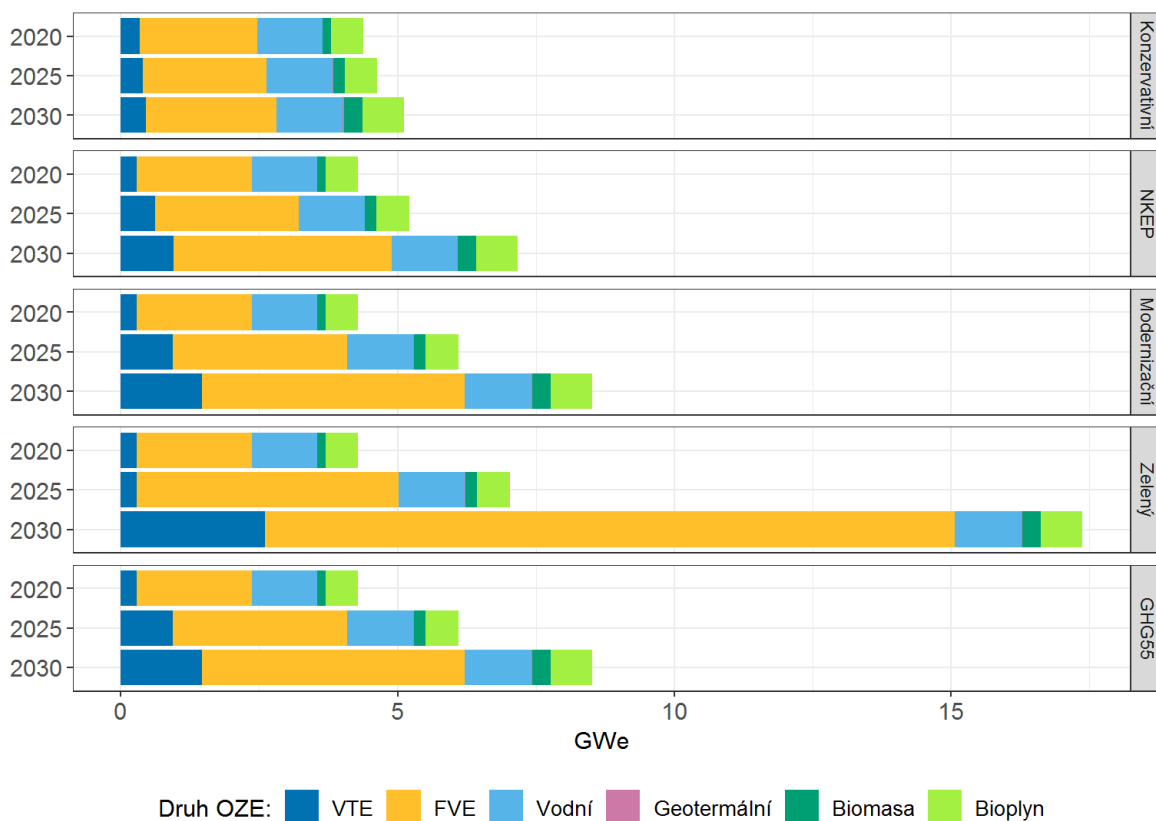
Poznámka: U bioplynových stanic se nejedná o čisté přírůstky, část stávajících kapacit se přetransformuje výroby biometanu pro dopravu.

Modernizační scénář s investiční podporou obnovitelných zdrojů z Modernizačního fondu vede k vyššímu nárůstu instalovaných kapacit FVE a VTE oproti scénáři NKEP. Dochází k rozvoji zejména velkých a průmyslových fotovoltaických elektráren až na celkových 4751 MW v roce 2030 - tedy o 816 MW více než ve scénáři NKEP. Instalovaný výkon větrných elektráren stoupá v Modernizačním scénáři na celkových 1466 MW, o 506 MW více než ve scénáři NKEP. Ve scénáři GHG55 je vývoj instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů elektřiny stejný jako v Modernizačním scénáři.

Zelený scénář, s nezastropovaným objemem investiční podpory obnovitelných zdrojů, vede k masivnímu rozvoji fotovoltaiky i vyššímu rozvoji větrných elektráren. Do roku 2030 se zvýší instalovaný výkon o 9617 MW velkých, 666 MW průmyslových a 84 MW střešních fotovoltaických systémů. Instalovaný výkon větrných elektráren se pak zvýší o 2335 MW. Celková instalované kapacity tedy v Zeleném scénáři v roce 2030 dosáhnou 12454 MW fotovoltaických systémů a 2610 MW větrných elektráren. Vzhledem k předpokládanému celkovému objemu podpory můžeme tyto instalované kapacity považovat za horní mez možného rozvoje FVE a VTE do roku 2030.

Graf 3 a Tabulka 3 přibližuje celkový elektrický instalovaný výkon OZE.

Graf 3 – Celkový elektrický instalovaný výkon obnovitelných zdrojů elektřiny [GWe]



Tabulka 3 - Celkový elektrický instalovaný výkon vodních, fotovoltaických, větrných a geotermálních zdrojů [MW]

		2020	2025	2030
Konzervativní	Vodní elektr.	1182	1191	1200
	FVE	2125	2240	2356
	VTE	339	398	457
	Geotermální zdroje		8	21
NKEP	Vodní elektr.	1182	1191	1200
	FVE	2087	2602	3935
	VTE	281	619	960
	Geotermální zdroje		8	21
Modernizační	Vodní elektr.	1182	1200	1200
	FVE	2087	3157	4751
	VTE	281	934	1466
	Geotermální zdroje		8	21
Zelený	Vodní elektr.	1182	1191	1209
	FVE	2087	4746	12454
	VTE	281	281	2610
	Geotermální zdroje		8	21
GHG55	Vodní elektr.	1182	1200	1200
	FVE	2087	3157	4751
	VTE	281	934	1466
	Geotermální zdroje		8	21

Poznámka: Biomasa a biologicky rozložitelné části TKO jsou v modelu TIMES-CZ v základním roce z významné části spalovány s jinými palivy, proto by bylo uvedení celkového instalovaného výkonu zdrojů čistě na biomasu či biologicky rozložitelné části TKO bylo zavádějící.

Výroba elektřiny

Dle modelových predikcí by v roce 2030 mohla výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů dosahovat mezi 10 TWh (Konzervativní) a 23,5 TWh (Zelený). V Konzervativním scénáři je nejvýznamnější výroba z biomasy a bioplynových stanic (cca 39% podíl na OZE), FVE se podílí pouze z 25 % a VTE z 9 %. Již ve scénáři NKEP připadá v roce 2030 nejvyšší podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na FVE (34 %). VTE zvýší svůj podíl na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů v NKEP scénáři v roce 2030 na 16 % (1,9 TWh). Podíl FVE a VTE na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů se dále zvyšuje v ostatních scénářích.

V Modernizačním scénáři FVE vyrobí 4,8 TWh elektřiny (o 0,8 TWh více než v NKEP scénáři) a VTE vyrobí 2,6 TWh (o 0,7 TWh více než v NKEP scénáři). V Zeleném scénáři dosáhne podíl FVE dokonce 52 % (12,2 TWh) a VTE 20 % (4,8 TWh).

Na čisté výrobě elektřiny by se v roce 2030 OZE podílely 15 % v GHG55 a 24 % v Zeleném scénáři oproti 10 % v roce 2020.

Tabulka 4 – Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů [TWh]

	Konzervativní			NKEP			Modernizační			Zelený			GHG55		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Biomasa a bioplyn	4,4	4,3	3,9	4,4	4,3	3,9	4,4	4,3	3,9	4,4	4,3	3,8	4,4	4,3	3,8
Geotermální zdroje		0,3	0,7		0,3	0,7		0,3	0,7		0,3	0,7		0,3	0,7
Vodní elektrárny	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0
FVE	2,2	2,4	2,5	2,3	2,8	4,0	2,3	3,3	4,8	2,3	4,8	12,2	2,3	3,3	4,8
VTE	0,6	0,7	0,9	0,5	1,1	1,9	0,5	1,6	2,6	0,5	0,5	4,8	0,5	1,6	2,6
CELKEM	9.1	9.7	10	9.1	10.5	12.5	9.1	11.5	14	9.1	11.9	23.5	9.1	11.5	13.9

Výroba tepla a chladu

Ve výrobě tepla (a chladu) z obnovitelných zdrojů se predikované scénáře mezi sebou liší méně než tomu je u výroby elektřiny. V roce 2030 je v Modernizačním scénáři predikována o 9 %, v Zeleném scénáři o 33 % a v GHG55 o 40 % vyšší výroba tepla v tepelných čerpadlech oproti NKEP scénáři.

Využití biomasy a bioplynu ve velkých zdrojích je v Zeleném a GHG55 scénářích přibližně o 16 % vyšší oproti NKEP scénáři (od něhož se prakticky neliší Modernizační scénář); residenční využití biomasy je naopak v těchto dvou scénářích mírně nižší než v NKEP scénáři (-2,5 %). Tomu pak odpovídá nárůst výroby tepla z geotermálních zdrojů a solárně termálních kolektorů ve Zeleném a GHG55 scénářích, který je cca o 7 % vyšší než v NKEP scénáři (od něhož se Modernizační scénář takřka neliší).

Tabulka 5 – Výroba tepla a chladu z obnovitelných zdrojů [PJ]

	Konzervativní			NKEP			Modernizační			Zelený			GHG55		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
Tepelná čerpadla	2,6	6,9	15,6	3,2	7,0	15,0	3,0	4,4	16,4	2,6	6,4	20,0	2,4	4,7	21,1
Biomasa a bioplyn mimo domácnosti	15,5	20,5	34,6	15,2	18,9	35,8	14,9	19,2	36,1	14,8	19,9	41,4	15,3	19,5	41,6
Biomasa v domácnostech	81,4	95,9	114,6	80,8	98,2	113,4	81,0	97,0	113,6	81,4	96,1	110,9	81,4	96,7	110,7
Geotermální energie	0,5	0,9	1,5	0,5	0,9	1,4	0,5	0,9	1,4	0,5	0,9	1,4	0,5	0,9	1,5
Solární termální kolektory	1,1	3,5	6,1	1,1	3,5	5,7	1,1	3,5	5,7	1,1	3,5	5,6	1,1	3,5	6,1
Celkem	101,1	127,8	172,5	100,8	128,6	171,3	100,5	125,0	173,2	100,4	126,8	179,3	100,8	125,4	181,1

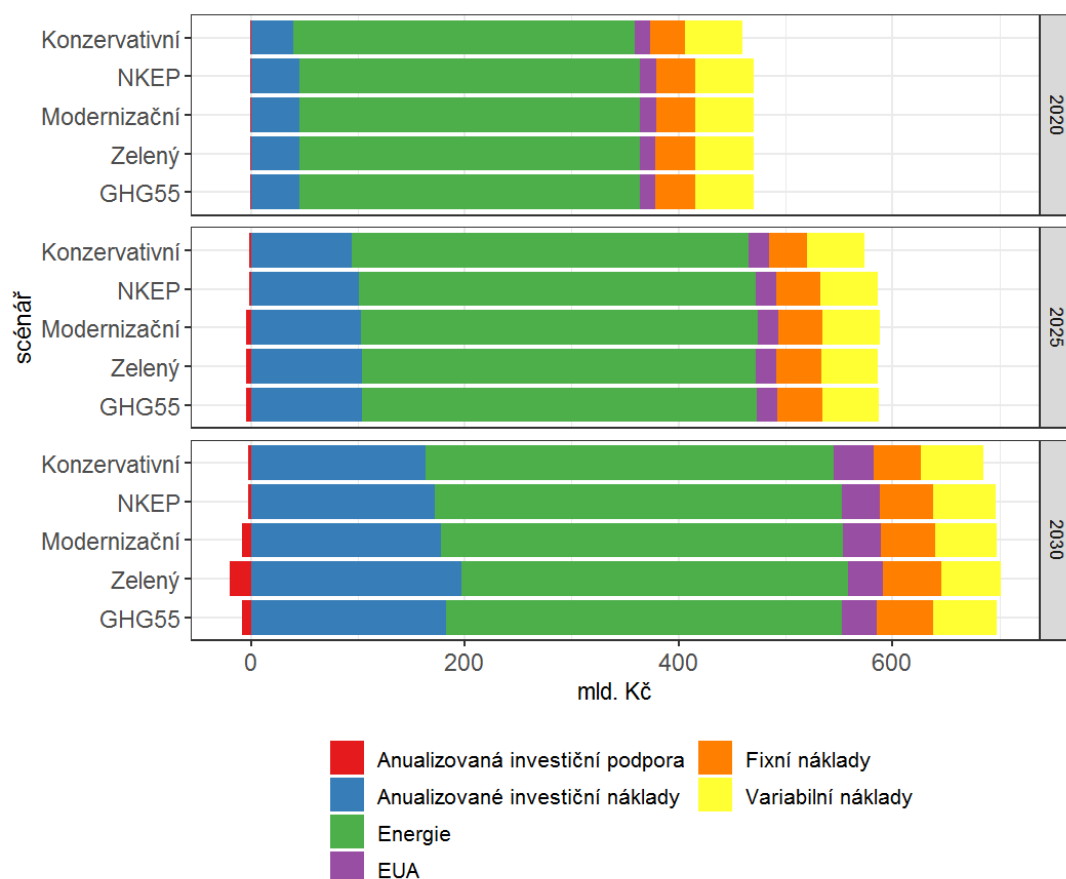
Náklady

Při posuzování nákladů jednotlivých scénářů je třeba brát v úvahu především tzv. anualizované náklady, kdy jsou investiční náklady (i investiční podpora) rovnoměrně rozloženy do celé doby předpokládané životnosti dané technologie. Tím nejsou znevýhodněny investice na konci sledovaného období, jelikož je započítána jen jejich poměrná část a nikoli celá investice, která má většinu své životnosti až za horizontem sledovaného období. Níže proto porovnáváme nediskontované celkové anualizované náklady jednotlivých scénářů a anualizované investiční náklady. Potřebu investičních prostředků pro obnovitelné zdroje elektřiny pak znázorňují jednorázové (neanualizované) náklady.

Anualizované náklady

Graf 4 znázorňuje predikované celkové anualizované náklady celé energetické bilance ČR od primárních zdrojů až po energetické služby⁷. Největší podíl anualizovaných nákladů (52 až 69 %) představují náklady za energie, tj. za všechna paliva energetické bilance včetně dovážené ropy a zemního plynu či elektřinu. Náklady za energie činí 318 mld. Kč v roce 2020 ve všech scénářích a kromě scénáře Zelený mají ve všech scénářích až do roku 2030 rostoucí trend. V roce 2030 dosahují náklady za energie 382 mld. Kč v Konzervativním, 380 mld. Kč v NKEP, 375 mld. Kč v Modernizačním, 361 mld. Kč v Zeleném a 370 mld. Kč v GHG55 scénáři.

Graf 4 - Celkové anualizované náklady [mld. Kč]



⁷ Pro větší přehlednost nejsou uvedeny náklady spojené s dopravním vozovým parkem, které jsou ve všech scénářích stejné.

Variabilní náklady všech scénářích, s výjimkou Zeleného, stoupají z 54 mld. Kč v roce 2020 na 58 mld. Kč. V Zeleném scénáři variabilní náklady v roce 2030 dosahují 56 mld. Kč. Fixní náklady se v roce 2030 pohybují od 44 mld. Kč v Konzervativním scénáři do 54 mld. Kč v Zeleném scénáři.

Vzhledem k rostoucím předpokládaným cenám emisních povolenek EUA stoupají náklady na jejich pořízení i přes klesající emise ze zdrojů spadajících pod EU ETS. Z 15 mld. Kč v roce 2020 stoupají na 32 mld. Kč v Zeleném a až na 37 mld. Kč v Konzervativním scénáři v roce 2030.

Celkové anualizované náklady dosahují v roce 2030 v Konzervativním scénáři 685 mld. Kč a jsou tak ze všech scénářů nejnižší. Ve scénářích NKEP, Modernizačním, Zeleném a GHG55 jsou celkové anualizované náklady v roce 2030 o 11, 12, 17 a 12 mld. Kč vyšší než v Konzervativním scénáři.

Anualizované investiční podpory OZE snižují náklady systému z pohledu objektivní funkce modelu. V Zeleném scénáři dosahují anualizované investiční podpory v roce 2030 20 mld. Kč oproti 8,5 mld. Kč v Modernizačním a GHG55 scénáři.

Anualizované investiční náklady a podpory

Anualizované investiční náklady a anualizované investiční podpory blíže znázorňuje Variabilní náklady všech scénářích, s výjimkou Zeleného, stoupají z 54 mld. Kč v roce 2020 na 58 mld. Kč. V Zeleném scénáři variabilní náklady v roce 2030 dosahují 56 mld. Kč. Fixní náklady se v roce 2030 pohybují od 44 mld. Kč v Konzervativním scénáři do 54 mld. Kč v Zeleném scénáři.

Vzhledem k rostoucím předpokládaným cenám emisních povolenek EUA stoupají náklady na jejich pořízení i přes klesající emise ze zdrojů spadajících pod EU ETS. Z 15 mld. Kč v roce 2020 stoupají na 32 mld. Kč v Zeleném a až na 37 mld. Kč v Konzervativním scénáři v roce 2030.

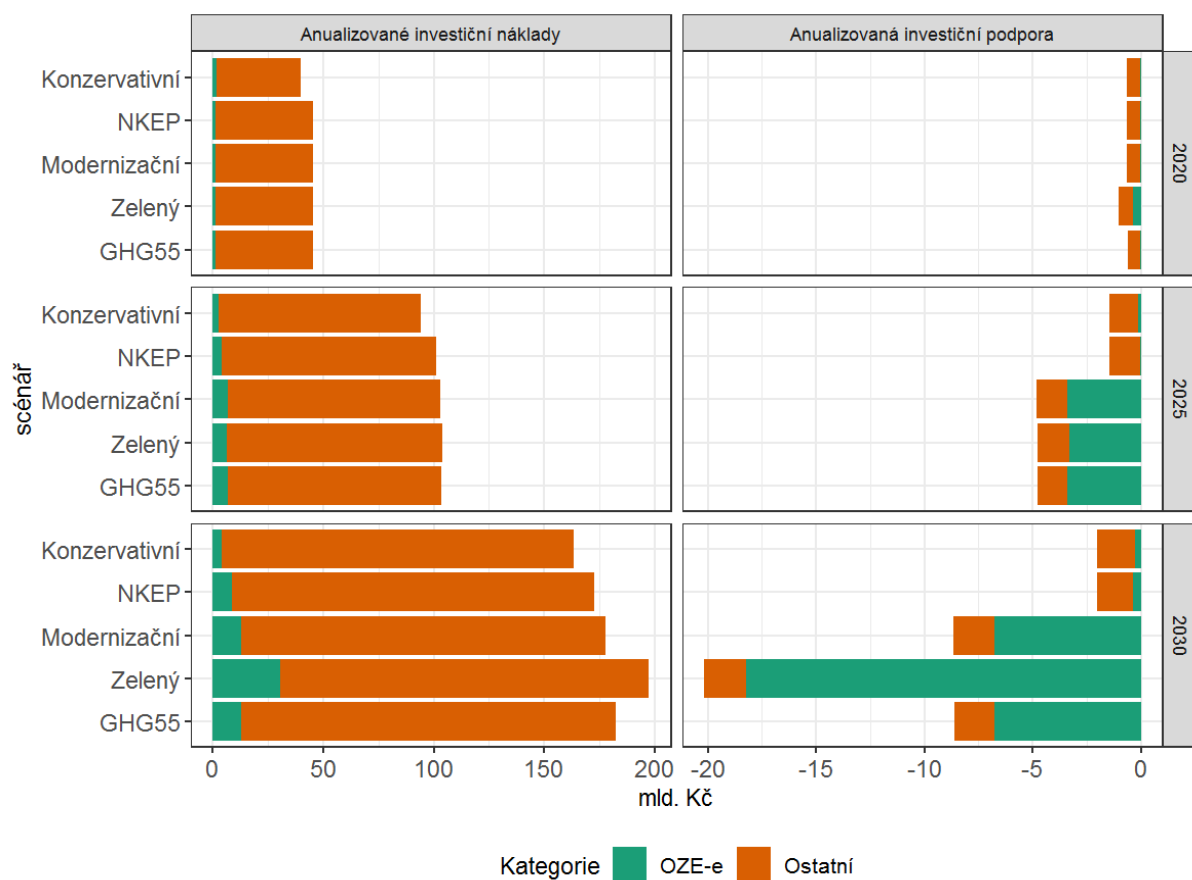
Celkové anualizované náklady dosahují v roce 2030 v Konzervativním scénáři 685 mld. Kč a jsou tak ze všech scénářů nejnižší. Ve scénářích NKEP, Modernizačním, Zeleném a GHG55 jsou celkové anualizované náklady v roce 2030 o 11, 12, 17 a 12 mld. Kč vyšší než v Konzervativním scénáři.

Anualizované investiční podpory OZE snižují náklady systému z pohledu objektivní funkce modelu. V Zeleném scénáři dosahují anualizované investiční podpory v roce 2030 20 mld. Kč oproti 8,5 mld. Kč v Modernizačním a GHG55 scénáři.

. Červeně jsou znázorněny investiční náklady a podpora obnovitelných zdrojů elektřiny. Modře jsou znázorněny ostatní anualizované investiční náklady a anualizované investiční podpora výroby tepla (např. tepelná čerpadla a kotle na biomasu) a zateplení budov. V roce 2030 dosahují celkové anualizované investiční náklady od 163 mld. Kč v Konzervativním scénáři přes 172 mld. Kč (NKEP), 178 mld. Kč (Modernizační) až po 182 mld. Kč (GHG55) a 197 mld. Kč v Zeleném scénáři.

Investiční podpora je znázorněna jako záporné náklady, jelikož vstupuje do modelu jako dodatečný finanční zdroj a snižuje náklady. Navíc se mezi scénáři liší anualizovaná investiční podpora v roce 2030, kdy v Zeleném scénáři dosahuje celkem 20 mld. Kč, zatímco ve scénářích Konzervativním a NKEP jen 2 mld. Kč. Ve scénářích Modernizačním, Zeleném a GHG55 tvoří od roku 2025 dominantní část anualizované investiční podpory podpora obnovitelných zdrojů elektřiny – předpokládaná podpora z Modernizačního fondu.

Graf 5 - Anualizované investiční náklady a podpora obnovitelných zdrojů



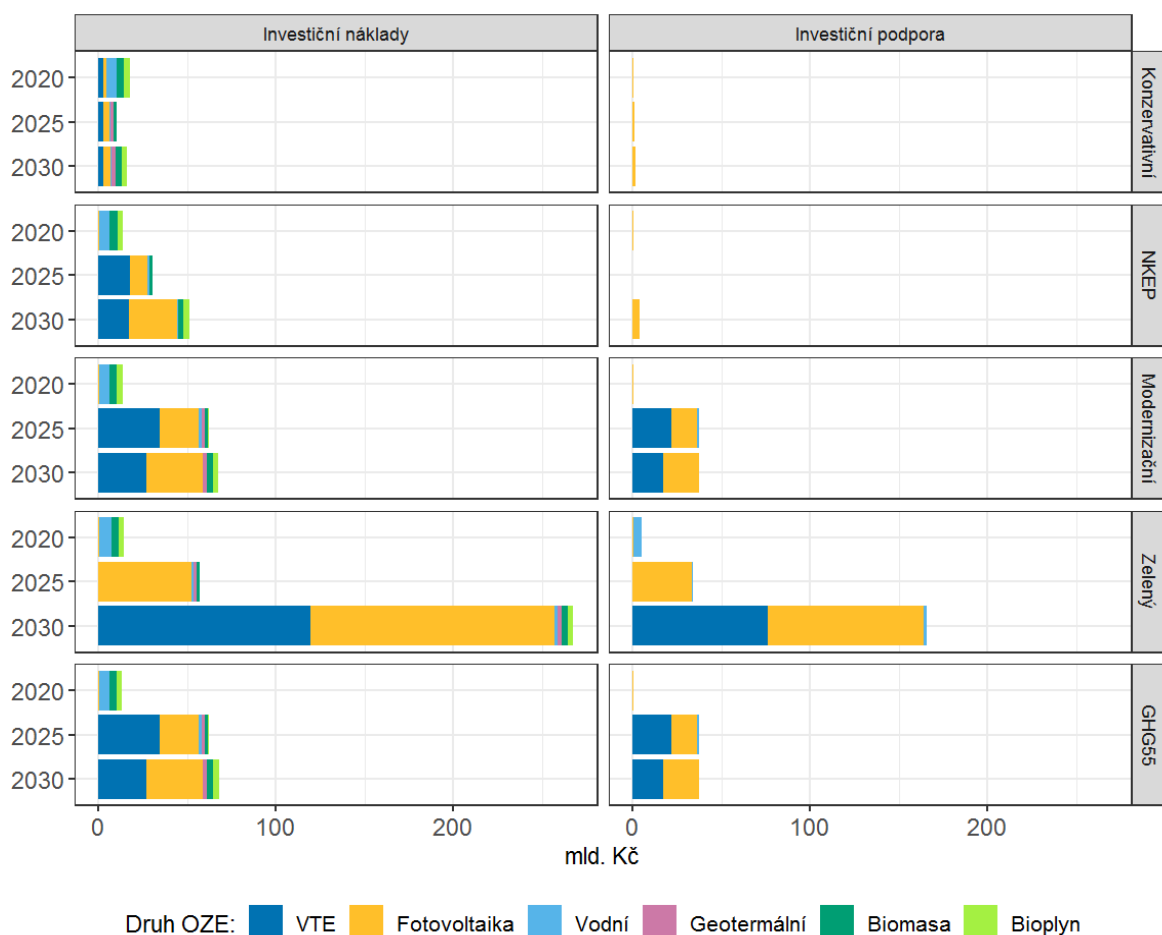
Poznámka: OZE-e – obnovitelné zdroje elektřiny, Ostatní – ostatní obnovitelné zdroje energie

Investiční náklady a podpora obnovitelných zdrojů

Odhad potřebných investičních nákladů a investiční podpory OZE v jednotlivých scénářích přibližuje Graf 6. Kumulativní investiční náklady za období 2020-2030 se dle scénářů pohybují v rozmezí 44,7 mld. Kč (Konzervativní scénář) až 340 mld. Kč (Zelený scénář), v Modernizačním a GHG55 scénáři jsou odhadovány takřka shodně okolo 143,5 mld. Kč.

Potřebná investiční podpora je v kumulativním vyjádření odhadována v rozmezí 3,1 mld. Kč (Konzervativní scénář) až 204,5 mld. Kč (Zelený scénář), v Modernizačním a GHG55 scénáři dosahuje shodně 74,8 mld. Kč.

Graf 6 - Investiční náklady a investiční podpora obnovitelných zdrojů elektřiny [mld. Kč]



Emise CO₂

Všechny modelované scénáře dosahují snížení emisí CO₂ o více než 50 % oproti roku 1990. Emise CO₂ se v roce 2030 pohybují ve scénářích Konzervativní, NKEP a Modernizační okolo 81 Mt. K výraznějšímu dodatečnému poklesu emisí CO₂ dochází ve scénářích Zelený (na 76,3 Mt) a GHG55 (na 73,8 Mt). Pouze GHG55 scénář dosahuje ovšem v roce 2030 snížení emisí CO₂ o 55 % oproti roku 1990, scénář Zelený v roce 2030 dosahuje 53,5% snížení emisí CO₂ oproti roku 1990.

Ve scénáři GHG55 je však snížení emisí CO₂ vstupní podmínkou scénáře, a tak je snížení emisí CO₂ dosaženo zejména snížením spotřeby černého uhlí v energetice (a jeho nahrazením především zemním plynem). Zelený scénář ukazuje, že rozvoj FVE a VTE může významně přispět ke snižování emisí skleníkových plynů, ale je nutné jej doplnit dalšími opatřeními.

Tabulka 6 – Emise CO₂ [Mt]

	2020	2025	2030
Konzervativní	99,1	89,54	81,7
NKEP	99,1	89,45	81,2
Modernizační	99,1	89,22	80,9
Zelený	99,1	89,15	76,3
GHG55	99,2	89,21	73,8

Náklady na zamezení CO₂

Na základě anualizovaných investičních a celkových nákladů (uvedených výše) a emisí CO₂ jsou odvozeny průměrné náklady na zamezení (snížení) emisí jedné tuny CO₂. Investiční ani provozní podpory tedy nejsou při výpočtu nákladů na zamezení brány v úvahu.

Tabulka 7 uvádí průměrné anualizované investiční a celkové náklady na snížení emisí CO₂ v jednotlivých scénářích a samotné snížení emisí CO₂ v období od 2020 do 2030. V Konzervativním, NKEP i Modernizačním scénáři se průměrné anualizované investiční náklady na snížení jedné tuny CO₂ pohybují kolem 7 tis. Kč a celkové anualizované náklady na snížení jedné tuny CO₂ činí v těchto scénářích průměrně necelých 13 tis. Kč. Ve scénářích Zelený a GHG55 jsou průměrné anualizované investiční náklady na snížení tuny CO₂ o 6 a 24 % nižší než ve scénáři NKEP, celkové náklady jsou pak o 22 a 30 % nižší než v NKEP. Významným faktorem nižších nákladů na zamezení ve scénářích Zelený a GHG55 je rozvolnění předpokladu o minimální vsázce hnědého a černého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla v roce 2030 – v obou scénářích je vsázka černého uhlí nižší než v ostatních 3 scénářích. Ve scénáři GHG55 dochází, za účelem splnění cíle snížení emisí GHG, i ke snížení spotřeby černého uhlí a koksu v průmyslu, které při předpokládaných cenách EUA v ostatních scénářích nedochází a investiční podpora OZE ji neovlivňuje.

Tabulka 7 - Průměrné anualizované investiční a celkové náklady na snížení emisí CO₂ od 2020 do 2030 [tis. Kč/t CO₂]

	Snížení emisí CO ₂ v 2030 oproti úrovni v 2020 [mil. tun]	Průměrné anualizované investiční náklady [tis. Kč/t CO ₂]	Průměrné anualizované celkové náklady [tis. Kč/t CO ₂]
Konzervativní	17,4	7,1	12,9
NKEP	17,9	7,1	12,6
Modernizační	18,2	7,3	12,5
Zelený	22,8	6,7	10,1
GHG55	25,4	5,4	8,9

Tabulka 8 znázorňuje průměrné mezní anualizované náklady dodatečného snížení emisí CO₂ oproti Konzervativnímu scénáři v roce 2030.

Tabulka 8 - Průměrné mezní anualizované náklady dodatečného snížení emisí CO₂ oproti Konzervativnímu scénáři v 2030

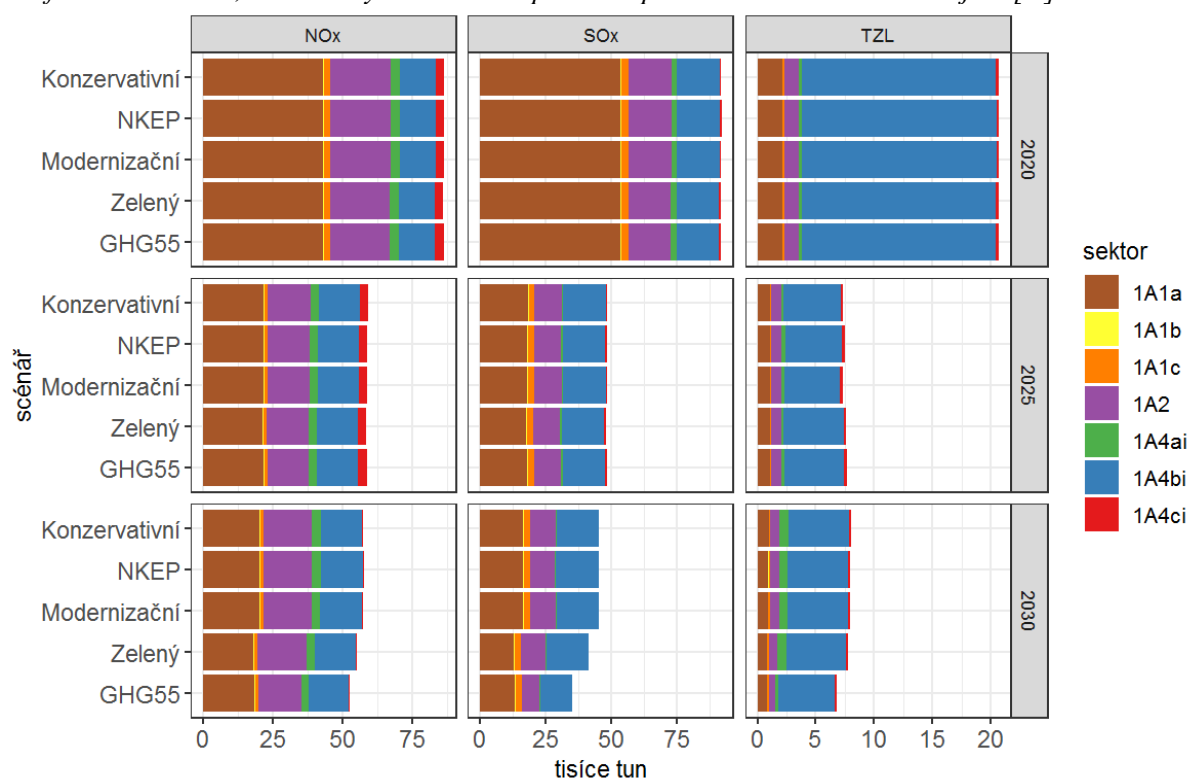
Scénář	Snížení emisí CO ₂ v 2030 oproti Konzervativnímu scénáři v 2030 [mil. tun]	Průměrné mezní anualizované náklady dodatečného snížení emisí CO ₂ v 2030 [tis. Kč/t CO ₂]
NKEP	0,5	22,6
Modernizační	0,8	16,0
Zelený	5,4	3,1
GHG55	7,9	1,5

Emise NOx, SOx a tuhých částic

V projekci emisí klasických polutantů, neuvažujeme s přidělením výjimek z emisních limitů a BAT pro žádné stávající zdroje a dále předpokládáme vyřazení všech kotlů třídy 1 a 2 nejpozději k 1. 9. 2022, jak vyžaduje zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší (§ 41 odst. 16). Proto je nutno chápat tuto projekci jako spodní mez emisí NOx, SOx a tuhých částic (TZL).

Ve všech hodnocených scénářích dochází k výraznému poklesu emisí všech tří škodlivin již v období 2020-2025, u emisí NOx o cca 31 %, u emisí SOx o 47 % a u emisí TZL o cca 64 %. Celkově pak k největšímu poklesu do roku 2030 (oproti 2020) dochází v GHG55 scénáři – u emisí TZL o 66 %, u emisí SOx o 61 % a u emisí NOx o 39 %.

Graf 7 - Emise NOx, SOx a tuhých částic ze spalování paliv ve stacionárních zdrojích [kt]



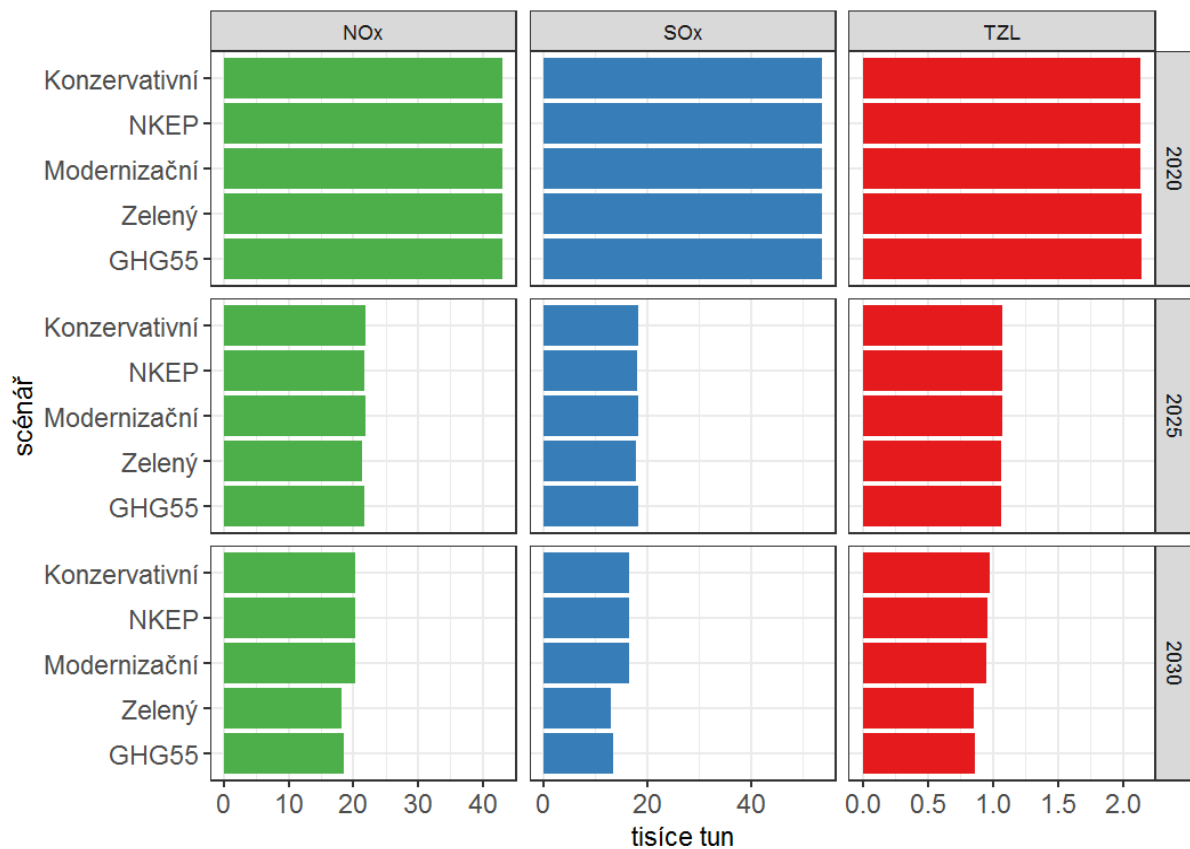
Poznámka: 1A1a – Výroba elektřiny a tepla, 1A1b – rafinace ropy, 1A1c – zpracování tuhých paliv, 1A2 – průmysl, 1A4ai – služby a veřejný sektor, 1A4bi – domácnosti, 1A4ci – zemědělství

K významnému poklesu emisí TZL na méně než 1/3 současné produkce těchto emisí dochází v sektoru domácností (1A4bi), které jsou dnes dominantním původcem těchto emisí (v rámci REZZO 3) - to způsobeno především vyřazením kotlů tříd 1 a 2 v roce 2022. V případě scénáře GHG55 je pokles jak emisí TZL tak i SOx ještě mírně vyšší, především díky většímu nasazení tepelných čerpadel.

Zásadní příspěvek ke snížení emisí v období do roku 2025 má sektor výroby elektřiny a tepla, jak ukazuje následující graf. Zejména vlivem ekologizace stávajících zdrojů klesají emise SOx z tohoto sektoru o cca 66 % do roku 2025 ve všech scénářích víceméně shodně, v následujícím období do roku 2030 ale ve scénářích Zelený a GHG55 klesnou ještě o dalších 8-9 p. b., zatímco v ostatních scénářích pouze o cca 3 p. b.

Obdobný trend je predikován i u emisí NOx a TZL, kde v období do roku 2025 je pokles víceméně shodný ve všech scénářích (o 50 % u NOx i u TZL), nicméně v období do 2030 je ve scénářích Zelený a GHG55 další mírný pokles vyšší oproti ostatním scénářům o 4-5 p. b.

Graf 8 - Emise NOx, SOx a tuhých částic ze sektoru energetiky (IA1a) [kt]



Externalita klasických polutantů z energetiky

Tabulka 9 přibližuje odhadnuté externí náklady vyvolané emisemi NO_x, SO_x a tuhých částic produkovanými sektorem 1A1a - Výroba elektřiny a tepla. Jedná se o spodní odhad externalit ze sektoru Výroby elektřiny a tepla. V modelu nepředpokládáme udělení výjimek z emisních limitů a BAT pro stávající zdroje. V případě jejich udělení by externality spojené s výrobou elektřiny a tepla z fosilních zdrojů byly znatelně vyšší. Úspora externalit v důsledku rozvoje obnovitelných zdrojů (a tedy náhrada vyšších externalit z fosilních zdrojů) by byla rovněž vyšší.

Tabulka 9 – Kumulativní externí náklady z energetiky 2020-2030 [mld. Kč]

Scénář	NO _x	SO _x	TZL	celkem
Konzervativní	87,4	89,9	7,1	184,4
NKEP	87,2	89,6	7,1	183,9
Modernizační	87,1	89,5	7,1	183,6
Zelený	85	86,1	6,9	178
GHG55	886	87,2	6,9	180,1

V kumulativním vyjádření za hodnocené období 2020-2030 dosahují externality ze sektoru výroby elektřiny a tepla výše v rozmezí od 178 mld. Kč v Zeleném scénáři až po 184,4 mld. Kč v Konzervativním scénáři. V porovnání s Konzervativním scénářem dochází ke snížení externalit v NKEP scénáři o 0,5 mld. Kč (0,3 %), v Modernizačním scénáři o 0,8 mld. Kč (0,4 %), v Zeleném scénáři o 6,4 mld. Kč (3,5 %) a v GHG55 scénáři o 4,3 mld. Kč (2,3 %).

Dopady na lidské zdraví představují ve všech scénářích 81 % odhadnutých externích nákladů.

Vyčíslené externality zahrnují pouze sektor výroby elektřiny a tepla, nikoli další sektory, v nichž - jak ukazuje Graf 3 výše - je predikován významný pokles emisí. To platí zejména pro emise TZL ze sektoru domácnosti (spadajících do REZZO 3, které dle emisní bilance ČHMÚ představovaly v roce 2018 cca ¼ celkových emisí TZL), nicméně přepočítání emisí na působené externí náklady by byl - s ohledem na lokální specifika rozptylu emisí z lokálních zdrojů - extrémně náročný na rozptylové modelování. Dále nejsou do výpočtu zahrnuty další znečišťující látky, ať už těkavé organické látky nebo oxid uhelnatý, či těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky, pravidelně vázané na TZL. V tomto případě lze konstatovat, že nahrazení spalovacích zdrojů novými nespalovacími zdroji povede jednoznačně ke snížení emisí z provozní fáze zdroje.

Společenské náklady uhlíku

Společenské náklady uhlíku pro období 2020-2030 činí pro střední hodnotu SSC mezi 965 mld. Kč (GHG55) a 990 mld. Kč (Konzervativní). Ve srovnání s Konzervativním scénářem, NKEP a Modernizační scénář vedou k malému snížení společenských nákladů uhlíku pro dodatečné emise skleníkových plynů, a to 1,8 mld. Kč v NKEP a 3,7 mld. Kč v Modernizačním pro celé období 2020-2030, relativně jsou celkové SCC sníženy o 0,2 a 0,4 %. Zelený scénář vede k úspoře SCC během 2020-2030 ve výši 18 mld. Kč (o 1,8 % méně než u Konzervativního). GHG55 scénář vede k největší úspoře SCC během daného období ve výši 25 mld. Kč (o 2,5 % méně než u Konzervativního).

Za předpokladu vyšší hodnoty SSC na tunu CO₂, jsou společenské náklady uhlíku během 2020-2030 sníženy ve scénáři GHG55 o 41 mld. Kč (SCC=66 EUR) nebo 104 mld. Kč (SCC=166 EUR), při SCC=20 EUR vede scénář GHG55 ke snížení celkových společenských nákladů uhlíku do roku 2030 o 12,5 mld. Kč.

Tabulka 10 – Externí náklady způsobené emisemi skleníkových plynů; kumulativně během 2020-2030 [mld. Kč]

	EUR/t CO ₂	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
Celkem						
střední hodnota	40	990	988	986	972	965
dolní mez	20	495	494	493	486	482
horní mez (ekonomové)	66	1 633	1 630	1 627	1 603	1 592
horní mez (klim. vědci)	166	4 108	4 101	4 093	4 033	4 005
Rozdíl od Konzervativního						
střední hodnota	40		-1,8	-3,7	-18,2	-25,0
dolní mez	20		-0,9	-1,8	-9,1	-12,5
horní mez (ekonomové)	66		-3,0	-6,1	-30,1	-41,2
horní mez (klim. vědci)	166		-7,6	-15,3	-75,6	-103,7

Poznámka. Pro přepočet EUR na Kč předpokládáme směnný kurz 25 Kč/EUR.

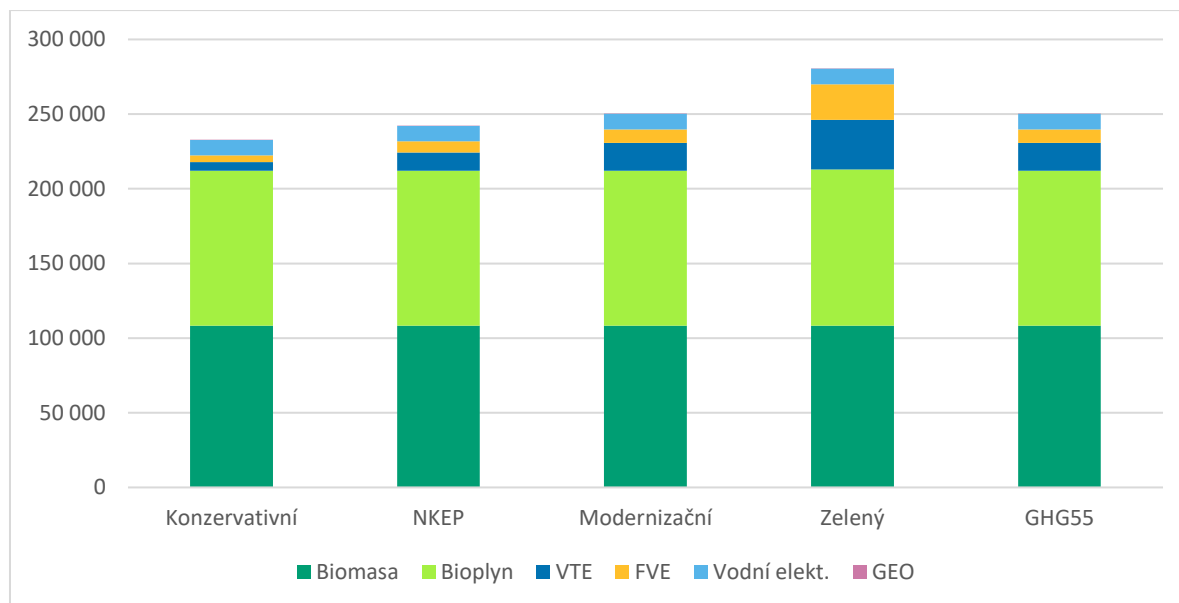
Hektarová spotřeba plochy

Jednotlivé typy OZE technologií dle Input-Output modelu mají rozdílné nároky na množství plochy a závisí také na mnoha faktorech. Geografická poloha, přírodní podmínky, použitá technologie a různé politiky mají významný vliv na potenciální nároky na záběr půdy. Fosilní paliva a výroba jaderné energie mají obecně mnohem vyšší měrný výkon než OZE; např. zemní plyn má 80 násobně vyšší měrný výkon než FVE a 200 násobně vyšší než VTE i po přihlédnutí k těžbě paliva a jeho životnímu cyklu.

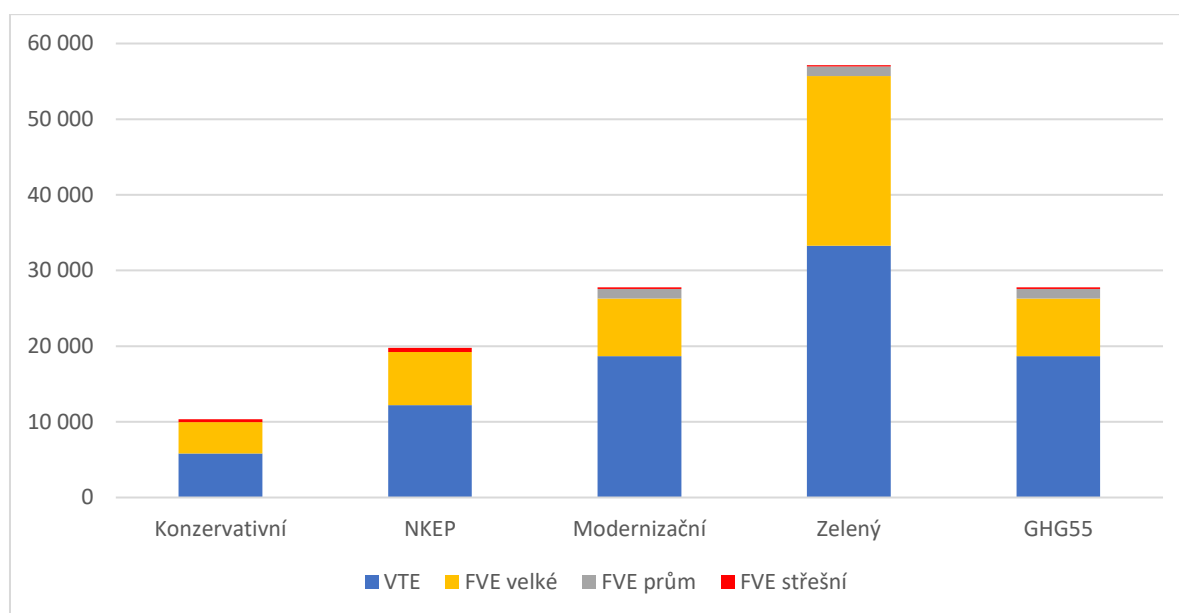
Graf 9 zobrazuje celkovou očekávanou spotřebu plochy napříč jednotlivými scénáři v roce 2030. Ve všech scénářích dominuje kultivace biomasy a výroby bioplynu, jež dohromady zabírají přes 200 tis. hektarů půdy, přičemž téměř polovina připadá na lesy. Vodní elektrárny ve všech scénářích zabírají plochu 10,5 tis. hektarů, z většiny opět jde o lesní oblasti. Fotovoltaika v Zeleném scénáři zabírá přes 23,8 tis. ha půdy, což je přes 5 krát více než v Konzervativním scénáři a 2,5 krát více než v Modernizačním a GHG55 scénáři. Graf 8 poté zobrazuje detailnější pohled na zábor plochy VTE a třemi typy FVE – střešní, průmyslové a velké elektrárny. VTE budované zejména na trvalých pastvinách zabírají zhruba 1,4 násobně větší plochu než FVE v Zeleném scénáři v důsledku vyšší jednotkové

náročnosti VTE na plochu při stejné instalované kapacitě. Modernizační a GHG55 scénáře přinášejí více než dvojnásobný rozdíl ve srovnání s plochou pro velké FVE systémy. NKEP scénář předpokládá v roce 2030 zábor půdy v rozsahu 12 tis. ha pro VTE a 7 tis. ha pro velké FVE. Nejmenší půdní nároky mají VTE a FVE v Konzervativním scénáři v souladu s jejich omezeným rozvojem.

Graf 9 – Celkový zábor plochy dle typů OZE a scénáře v roce 2030 (ha)



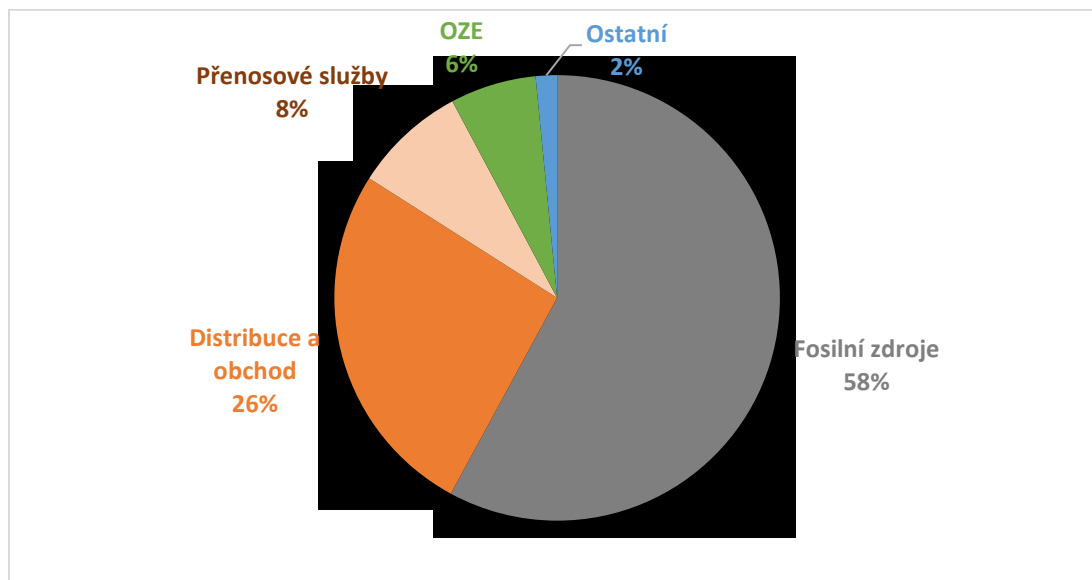
Graf 10 – Celkový zábor plochy dle typů FVE a VTE a scénáře v roce 2030 (ha)



Pracovní místa v oblasti obnovitelných zdrojů

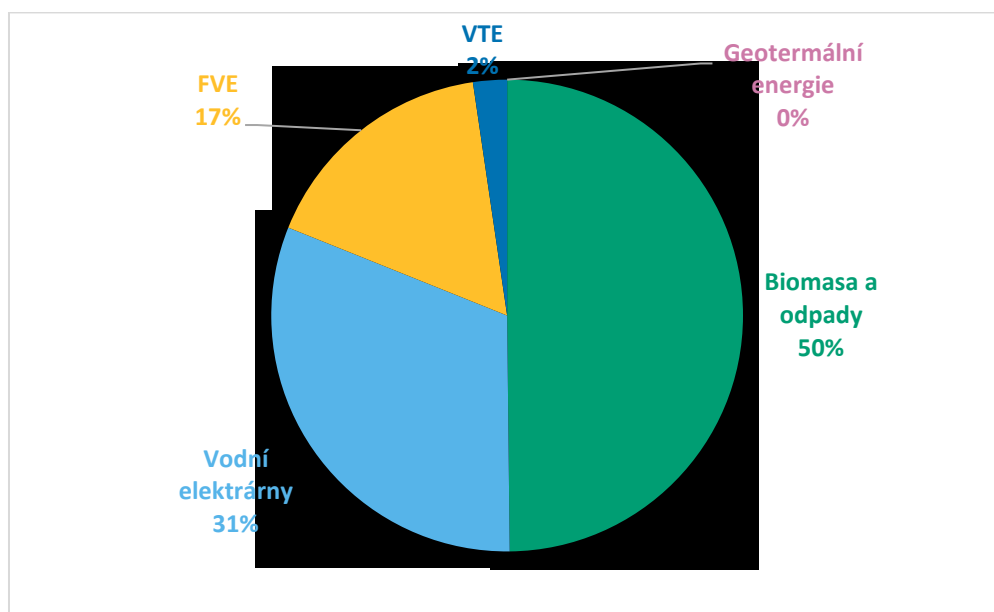
Celkově bylo v roce 2015 zaměstnáno v sektoru výroby, distribuce a přenosu elektrické energie 26 751 osob, z čehož 78 % tvořili muži a 22 % ženy. Většina zaměstnanců elektroenergetiky se podílela na výrobě elektřiny z fosilních paliv. Výroba elektřiny z OZE zaměstnávala 6 % osob, na ostatní zdroje připadalo 2 % zaměstnanců. Distribuční soustava a navazující obchodní služby zaměstnávaly přes čtvrtinu osob a přenosová soustava se podílela 8% podílem.

Graf 11 – Podíl osob zaměstnaných v odvětvích elektroenergetiky



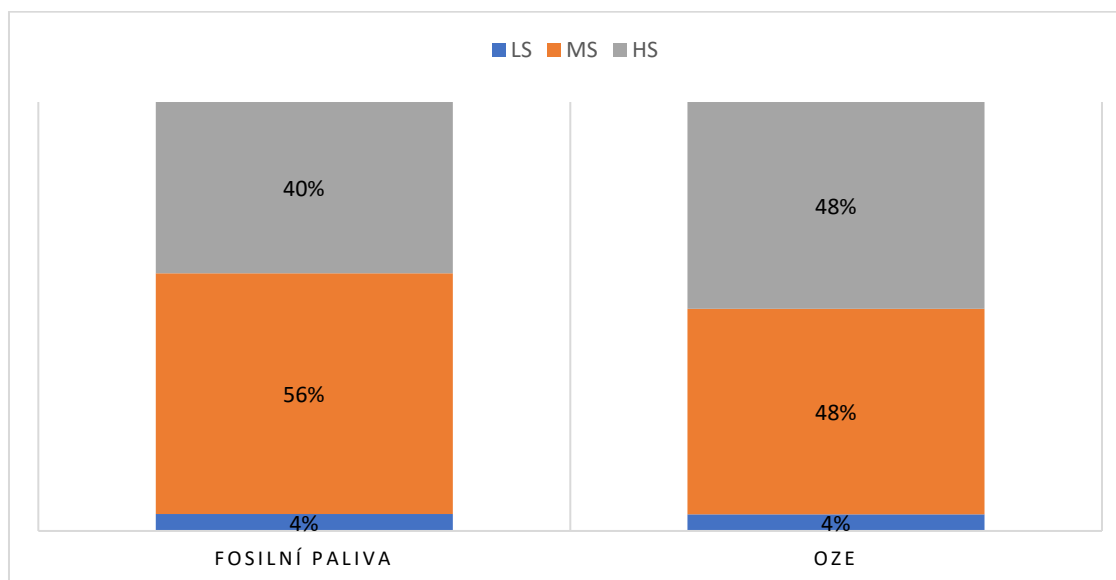
V rámci OZE pracuje polovina osob v sektoru zpracování biomasy a odpadů, následují vodní elektrárny, které zaměstnávají 31 % osob a fotovoltaické elektrárny s 17 %. Pouze velmi malá část osob je zaměstnaná v souvislosti s větrnými a geotermálními elektrárnami. Poměr zaměstnanců mužského a ženského pohlaví je zhruba 84:16 u biomasy, zatímco zastoupení žen je vyšší v rámci vodních, FVE a VTE elektráren – 18 %, 17 % a 16 %.

Graf 12 – Sektor OZE - zaměstnanost



Bližší pohled na kvalifikovanost pracovních sil ukáže, že zatímco v rámci sektoru OZE i fosilních paliv je podíl nízko-kvalifikované pracovní síly na stejné úrovni (4 %), vysoce kvalifikovaní pracovníci jsou více zastoupení v sektoru OZE s 48 %, což je o 8 procentních bodů vyšší podíl než v odvětví fosilních paliv.

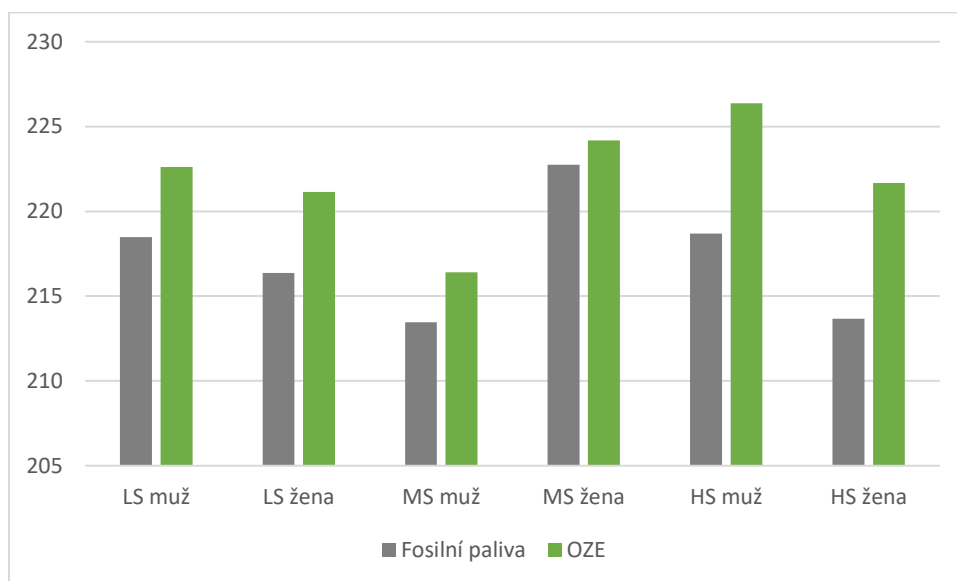
Graf 13 – Kvalifikovanost pracovních sil



Pozn.: LS = nízkoqualifikovaní, MS = střední kvalifikace, HS = vysoce kvalifikovaní pracovníci

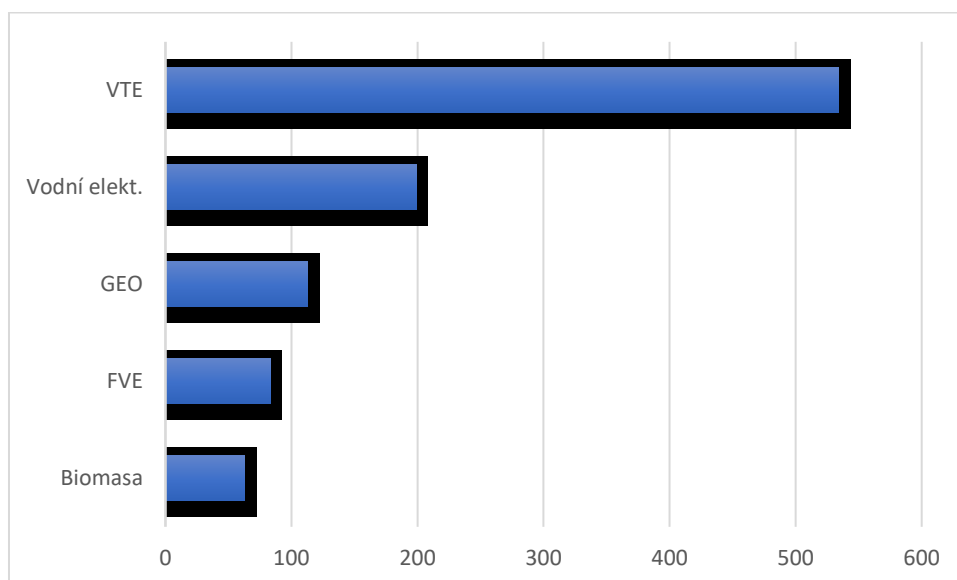
Průměrný roční počet odpracovaných dní na osobu ukazuje Graf 14. Předpokládáme zde osmihodinový pracovní den. Je patrné, že zaměstnanci v sektoru výroby elektřiny z OZE mají průměr odpracovaných dní na osobu a rok vyšší napříč oběma pohlavími a stupněm kvalifikace.

Graf 14 – Průměrný roční počet odpracovaných dní



Srovnání produktivity práce v EUR/hodinu napříč OZE ukazuje Graf 15. Produktivita práce je zde definovaná jako celkový hrubý produkt sektoru výroby elektřiny (vyjádřený monetárně) na jednotku práce (vyjádřenou v odpracovaných hodinách). Přes dva a půl násobně vyšší produktivita práce připadá na větrné elektrárny v porovnání s vodními. Nejnižší produktivita práce připadá na sektor energetického zpracování biomasy s 65 EUR/hod a fotovoltaiku s 83 EUR/hod.

Graf 15 – Produktivita práce (EUR/hodina)



Na základě počtu pracovních míst připadajících na 1 MW instalovaných kapacit OZE dle Input-output modelu uvádí Tabulka 11 odhadovaný počet pracovních míst v roce 2030 v souvislosti s provozem a údržbou kapacit OZE. Nejvýraznější nárůst se – v souladu s modelovaným rozvojem OZE – očekává v Zeleném scénáři a to na úrovni 40 tis. pracovních míst, kde hlavním přispěvatelem je dynamický rozvoj instalované kapacity fotovoltaiky vytvářející 94 % pracovních míst. Scénář GHG55 rovněž významně

přispívá ke zvýšení zaměstnanosti v oblasti provozu a údržby s 14 tis. pracovníky v sektoru OZE, ekvivalentně Modernizačnímu scénáři. Fotovoltaika je ze všech OZE nejvíce náročná na množství potřebných pracovních míst k jejímu provozu a údržbě. Provozní zaměstnanost ve vodních elektrárnách se rozvíjí zhruba stejným tempem napříč všemi scénáři, stejně tak v sektoru energetického zpracování biomasy a bioplynu. Geotermální elektrárny přispívají k nárůstu počtu pracovních míst pouze velice nepatrně.

Tabulka 12 pak uvádí počty pracovních míst napříč OZE a scénáři dopočteny na základě ILO (2011) v souvislosti s výstavbou a instalací nových OZE kapacit po odečtení stávajících kapacit, které jsou již v provozu. Celkový dopad výstavby nových OZE kapacit na zaměstnanost je až 68 tis. pracovních míst v scénáři Zelený a 20 tis. v Modernizačním a GHG55 scénáři. Dle NKEP je zaměstnanost spojena s výstavbou nových OZE na úrovni 14,3 tis. pracovních míst a spojena s provozem a údržbou ve výši 14 tis. pracovních míst.

Tabulka 11 – Dopad na zaměstnanost v souvislosti s provozem a údržbou OZE kapacit dle scénářů, 2020-2030

	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
FVE	7 067	11 806	14 252	37 361	14 252
Vodní elektrárny	324	324	324	326	324
VTE	123	259	396	706	396
Biomasa a bioplyn	1 520	1 520	1 520	1 523	1 520
GEO	6	6	6	6	6
Celkem	9 040	13 914	16 497	39 923	16 497

Tabulka 12 – Dopad na zaměstnanost v souvislosti s výstavbou a instalací OZE kapacit dle scénářů, 2020-2030

	Konzervativní	NKEP	Modernizační	Zelený	GHG55
FVE	1 680	11 134	16 015	62 117	16 015
Vodní elektrárny	1 764	1 764	1 764	1 777	1 764
VTE	259	999	1 742	3 432	1 742
Biomasa a bioplyn	431	431	431	432	431
GEO	31	31	31	31	31
Celkem	4 164	14 358	19 982	67 789	19 982

5. Porovnání s výsledky předchozích studií

McKinsey ve své studii (2020) modeluje dosažení snížení emisí GHG o 55 % a snížení na nulu (*net zero*) do roku 2050 v rámci celé ekonomiky (tj. nejen v energetice). Pro modelování využívá proprietární nákladově optimalizační model DPO, v němž jsou zahrnuty jak stávající technologie, tak i technologie, které se pravděpodobně v brzké době začnou používat. Model uvažuje s cenami komodit (např. u zemního plynu 22 €/MWh v roce 2030), cenami povolenek (27 €/t v r. 2030) a cenami technologií. Prezentovaný scénář předpokládá nasazení nového jaderného zdroje (1,2 GW) ve 30. letech. V sektoru LULUCF se předpokládají čisté emise 10 MT CO_{2eq}/rok do roku 2025, poté při rychlém průběhu zalesňování lze po roce 2025 předpokládat zachycování uhlíku na úrovni 9 Mt CO_{2eq}/rok.

Elektroenergetika: Studie odhaduje maximální kapacitu pro FVE okolo 26 GW a pro VTE 11 GW. Modelové predikce pro rok 2030 ukazují méně než 30% podíl OZE v energetickém mixu (4,6 GW FVE a 1 GW VTE), ve špičkovém odběru se předpokládá pokrytí 80 % zdroji základního výkonu (base load), 10 % intermitentními zdroji a zbytek řízením poptávky. Investiční náklady pro modelovaný energetický mix v roce 2030 se pohybují na úrovni 50-100 mld. Kč. Scénář optimálního mixu pro rok 2050 pak předpokládá využití 20,3 GW FVE a 7,9 GW VTE.

Výroba tepla: Podle studie by využití uhlí v rozsahu 1,2 GW instalovaného teplárenského výkonu mohlo být nahrazeno zemním plynem s CCS, biomasou, odpady nebo decentralizovanými systémy vytápění (tepelná čerpadla, solárně-termické, biomasa, atd.).

EMBER ve své studii (2020) modeluje 3 scénáře (referenční, phase-out a bateriový) vývoj sektoru energetiky s využitím hodinového dispatch modelu na platformě Crystal Super Grid v řezech let 2020, 2025 a 2030. Model pracuje s investičními náklady technologií, provozními náklady na palivo a povolenky, variabilními náklady na provoz a údržbu a s přírůžkami za nedodržení výkonu.

Ve scénáři phase-out je modelován 40% pokles uhelných zdrojů a jejich úplné odstavení do 2030, OZE a plynové zdroje jsou optimalizovány podle nejnižších celkových nákladů a ostatní technologie dle NKEP. V bateriovém scénáři je navíc 20 % FVE kapacity ve 2025 a 2030 doplněno bateriovými úložišti. Referenční scénář kopíruje trajektorii vytyčenou NKEP, odstavování uhelných zdrojů je tržně motivováno.

Elektroenergetika: Pro uplatnění OZE je stanoven strop vycházející z odhadů Komory OZE (7 GW FVE a 4 GW VTE do 2030), vč. uvažovaných maximálních meziročních přírůstků; u FVE je však strop navýšený pro rok 2030 na 10 GW. V phase-out scénáři vedeném nejnižšími celkovými náklady se využití OZE blíží maximální úrovni (10+4 GW), přičemž díky propojení se soustavami okolních zemí nedochází k omezování těchto zdrojů. Dále model nasazuje dodatečných 2,7 GW CCGT a 0,76 GW plynových KVET k zajištění stanoveného minimálního podílu spalovacích zdrojů pro výrobu tepla. Zapojení bateriových zdrojů (uvažována jediná technologie s 2 hodinovým cyklem) vede k úspoře potřeby 1 GW instalovaného výkonu CCGT v letech 2025-2030, neboť u vysoce propojeného systému (jaký ČR má) se snižuje výhodnost výroby ve flexibilních plynových zdrojích na úkor dovozu.

Výroba tepla: v provedené optimalizaci se pro nahrazení uhlí v teplárenství uplatňuje znovuzískávání odpadního tepla (WHR), velká tepelná čerpadla, KVET a menší množství vytopen. U WHR je uvažováno s využitím 11 PJ, u tepelných čerpadel s 15 PJ, a 15 PJ ze spalovacích zdrojů (avšak bez využití biomasy).

Investiční náklady jsou vyčísleny na 1,9 mld. € pro referenční scénář, 11 mld. Kč pro phase-out scénář (31% na VTE a 46% na FVE) a 11,1 mld. Kč pro bateriový scénář (dodatečných 0,83 mld. Kč na bateriové systémy, ale 0,73 mld. € zamezených investic do CCGT).

Bloomberg NEF ve své studii (BNEF 2020) modeluje rychlou dekarbonizaci sektoru výroby elektřiny v ČR, Polsku, Bulharsku a Rumunsku k dosažení ambicióznějších unijních cílů pro 2030 (50% a 55% snížení emisí GHG). Studie vychází z vlastních dat a databází BNEF a pro střído a dlouhodobé predikce používá nákladově optimalizační model sektoru elektřiny NEFM minimalizující systémové náklady k uspokojení špičkové poptávky. V obou modelovaných scénářích se ČR blíží takřka úplnému odstavení uhlí do r. 2030.

Elektroenergetika: v 50% scénáři do 2030 přibude 6,7 GW VTE, 6,3 GW FVE a 2,4 GW plynových zdrojů (CCGT), odstaveno bude 9,5 GW uhelných zdrojů. V 55% scénáři přibývá více OZE zdrojů, které by po roce 2026 měly být konkurenceschopnější i oproti plynovým zdrojům. Role CCGT zdrojů by se měla od počátečního velmi vysokého využití postupně přesunovat k zajišťování flexibilního výkonu doplňujícího vyšší využití OZE s faktorem využití pouze okolo 40 %.

Energynautics ve své studii (2018) zkoumala stabilitu české elektrizační soustavy při úplném vyřazení uhelných zdrojů z výroby elektřiny (nikoli ale KVET) do roku 2030. Studie využívá hodinový simulační model elektrizační soustavy, vč. napojení na soustavy sousedních zemí. Potenciál instalovaných kapacit OZE vychází z odhadů Komory OZE.

Elektroenergetika: Scénář s vysokým podílem variabilních zdrojů (zvl. FVE a VTE) ukazuje na potřebu řízení poptávky a ukládání energie, nicméně hlavním závěrem studie je to, že rozvoj OZE neohrozí ani stabilitu sítě ani tuzemskou soběstačnost - i při odstavení uhelných elektráren může ČR zůstat čistým exportérem. K zajištění stability soustavy se navýší kapacita plynových výroben (velkých CCGT a malých KVET). Studie nemodeluje investiční náklady na realizaci modelovaného scénáře.

Deloitte ve své studii (2019) hodnotí dopady trajektorie rozvoje OZE dle NKEP a rozvíjí alternativní scénáře ambicióznějšího rozvoje OZE – realistický a kogenerační. V realistickém scénáři je oproti NKEP navýšen podíl OZE v elektroenergetice k dosažení cílového stavu 23,8% podílu, díky navýšení na celkových 9 GW instalovaného výkonu v solárních a 1,4 GW ve větrných elektrárnách, naopak ve výrobě tepla a chladu se nepočítá s využitím bioplynu a biomasy v KVET. Naproti tomu kogenerační scénář (se shodným cílem 23,8% podílu OZE) využívá principy KVET (biomasa mimo domácnosti a BPS) a doplňuje elektroenergetický mix na 6,85 GW solárních a 1,4 GW větrných elektráren v r. 2030. Vlastní modelovací postup není ve studii uveden (nejedná se ale o modelování celého energetického systému, pouze o predikci využití OZE), až pro vyhodnocení ekonomických dopadů je deklarováno použita input-output analýzy.

Elektroenergetika: V realistickém scénáři je instalovaný výkon FVE dominantně směřován do fotovoltaických parků (6 GW), které v menší míře doplňují rezidenční (0,2 GW) a komerční FVE (0,62 GW). V kogeneračním scénáři se u FVE liší pouze instalovaný výkon fotovoltaických parků (3,9 GW).

Výroba tepla: Modelovaný přírůstek v sektoru odpovídá NKEP. Zvýšení spotřeby energie z OZE v sektoru dosáhne cca 47 PJ do r. 2030, což odpovídá nárůstu o cca 40 % a v absolutních číslech nejvyššímu v rámci využití biomasy v domácnostech). V realistickém scénáři je uplatněn separativní přístup – oddělení přírůstků OZE v rámci výroby elektřiny a výroby tepla, tj. dominantně bez KVET a v případě bioplynu (biometanu) jeho vtlačení do distribuční sítě a spoluspalování v kondenzačních kotlích. V kogeneračním scénáři je biomasa (mimo domácnosti) a bioplyn využíván pro KVET.

Objem investic pro dosažení cílů realistického scénáře (v energetice i v dopravě) je odhadován okolo 413 mld. Kč, u kogeneračního scénáře pak 375 mld. Kč (a u NKEP scénáře 275 mld. Kč). Vyhodnocení dopadů těchto investic předpokládá zvýšení tvorby hrubé přidané hodnoty o téměř 200 mld. Kč v realistickém (4,1 % HDP), 185 mld. Kč v kogeneračním (3,9 % HDP), resp. 148 mld. Kč v NKEP scénáři (3,1 % HDP). U zaměstnanosti je pak predikováno vytvoření 7 200 (NKEP), 8 413 (kogenerační) až 8 573 (realistický scénář) nových pracovních míst.

Aktualizace studie Deloitte v souvislosti s Modernizačním fondem (2020) dále prozkoumává potenciál pozemní a střešní FVE na základě predikovaných celkových nákladů na elektřinu (LCOE). Uvádí, že predikované plné náklady pozemních FVE jsou vždy nižší než střešních FVE (střešní rezidenční cca 1,8x vyšší, střešní komerční cca 1,2x vyšší oproti pozemním). Celkový potenciál střešní fotovoltaiky do r. 2030 odhaduje na 1,14 GW a potřebný počet nových instalací na 134 tis. Pro zajištění zbývajících příspěvků FVE k rozvoji OZE (9 GW instalovaného výkonu do r. 2030) je tak dle studie nezbytné ve větší míře využít velké fotovoltaické parky. Studie zároveň kritizuje nevhodnou alokaci prostředků v návrhu Modernizačního fondu, který dle autorů upřednostňuje malou komunitní energetiku před velkými instalacemi. Za příliš omezující jsou označeny i specifická kritéria programu RES+, která umožňují výstavbu FVE na plochách zemědělského půdního fondu (kromě projektů agrivoltaiky) či na pozemcích určených k plnění funkce lesa pouze pokud jim bude udělen souhlas s dočasným či trvalým odnětím ze zemědělského půdního fondu (resp. plnění funkce lesa) a v souladu s metodickým návodem MŽP k zohlednění ochrany přírody a krajiny. Dle studie by přitom výstavba FVE v nízkobonitních oblastech a průmyslově zatížených lokalitách (rekultivované pozemky atp.) mohla spíše přispět k zlepšení půdní kvality a zvýšení biodiverzity.

Porovnání predikcí pro elektroenergetiku

Následující tabulky porovnávají predikce pro sektor elektroenergetiky z dřívějších studií ohledně instalovaného výkonu a čisté výroby elektřiny v roce v roce 2030 s námi modelovanými scénáři. Toto srovnání ukazuje, že celkový instalovaný výkon FVE v OZE scénáři (12,45 GW) je vyšší i než k FVE nejvstřícnějších studiích EMBER (10 GW) či Deloitte (9 GW). Naproti tomu u Modernizačního scénáře je pouze přibližně na polovině těchto predikcí (4,75 GW) a zhruba o 0,8 GW výše (+21 %) než je predikováno v NKEP scénáři.

U větrných elektráren predikovaný instalovaný výkon i v nejprogressivnějším OZE scénáři (2,6 GW) významně zaostává za optimistickými projekcemi BloombergNEF (4,4 GW) či EMBER (4 GW). Modernizační a GHG55 scénáře shodně počítají s cca 1,5 GW instalovaného výkonu, zhruba o 0,5 GW (+53 %) více než u NKEP scénáře.

U vodních elektráren se predikovaný instalovaný výkon nijak zásadně neliší od ostatních studií, v kategorii ostatních OZE zdrojů pak všechny scénáře počítají s instalací geotermálních zdrojů (20 MW).

Tabulka 13 – Srovnání predikovaného instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů v roce 2030 [GWe]

	Vodní elektrárny	Fotovoltaika	Větrné elektrárny	Biomasa a bioplyn	Jiné
NKEP	1,13	3,98	0,97	0,90	0,01
McKinsey	2,30	4,60	1,00	0,60	
BNEF	1,25	3,85	4,42	0,44	0,15
EMBER	1,11	10,00	4,00	0,91	
Energynautics	1,14	5,50	2,05	1,39	
Deloitte	1,10	9,00	1,40	0,85	0,02
tato studie - scénář:					
<i>Konzervativní</i>	1,20	2,36	0,46	1,08	0,02
<i>NKEP</i>	1,20	3,94	0,96	1,08	0,02
<i>Modernizační</i>	1,20	4,75	1,47	1,08	0,02
<i>Zelený</i>	1,21	12,45	2,61	1,08	0,02
<i>GHG55</i>	1,20	4,75	1,47	1,08	0,02

Zdroj: faktaoklimatu.cz, upraveno a doplněno

Pozn.: Ve studii McKinsey je uveden instalovaný výkon vodních elektráren vč. přečerpávacích a jiné zdroje jsou zahrnuty do kategorie biomasa a bioplyn.

Jak napovídá již instalovaný výkon, dosáhne výroba z FVE nejvyšší úrovně v Zeleném scénáři, s 12,2 TWh překonává i predikci studie EMBER s 10,6 TWh. V Modernizačním i GHG55 scénáři je predikována výroba z FVE okolo 4,8 TWh, v podobné výši jako ve studii McKinsey (4,6 TWh), ale méně než ve studii Energynautics (5,5 TWh).

Naopak objem výroby elektřiny z VTE je i v Zeleném scénáři (4,8 TWh) pouze přibližně třetinový oproti ambiciózní predikci BloombergNEF se 14 TWh v roce 2030, sotva poloviční oproti predikci EMBER (9,9 TWh) a téměř shodná s Energynautics (4,7 TWh). Výroba elektřiny z VTE ve scénářích Modernizačním a GHG55 pak cca o 24 % převyšuje predikci studie McKinsey (2,1 TWh).

Využití biomasy a bioplynu ve všech scénářích vede k výrobě cca 3,8-3,9 TWh elektřiny, zhruba uprostřed mezi predikcemi ostatních studií. V geotermálních zdrojích je ve všech scénářích dosaženo výroby 0,7 TWh elektřiny, s čímž ostatní studie nepočítají.

Tabulka 14 – Srovnání výroby netto v roce 2030 [TWh]

	Vodní elektrárny	FVE	VTE	Biomasa a bioplyn	Jiné
NKEP	1,97	4,15	1,77	4,27	0,44
McKinsey	3,10	4,60	2,10	3,00	
BNEF	2,61	3,68	14,07	0,37	
EMBER	2,02	10,64	9,90	5,10	
Energynautics	2,91	5,53	4,71	7,28	
tato studie - scénář:					
<i>Konzervativní</i>	2,0	2,5	0,9	3,9	0,7
<i>NKEP</i>	2,0	4,0	1,9	3,9	0,7
<i>Modernizační</i>	2,0	4,8	2,6	3,9	0,7
<i>Zelený</i>	2,0	12,2	4,8	3,8	0,7
<i>GHG55</i>	2,0	4,8	2,6	3,8	0,7

Zdroj: faktaoklimatu.cz, upraveno a doplněno

Pozn.: Ve studii McKinsey je uveden instalovaný výkon vodních elektráren vč. přečerpávacích a jiné zdroje jsou zahrnuty do kategorie biomasa a bioplyn. Studie Deloitte není uvedena, neboť výrobu z OZE nepredikuje.

Porovnání predikcí pro výrobu tepla a chladu

Modelováním sektoru výroby tepla a chladu se - vedle NKEP - zabývá pouze část studií a jejich výsledky jsou nesourodé a příliš nedovolují vzájemné (kvantitativní) porovnání. Studie EMBER řeší pouze cca čtvrtinu předpokládané spotřeby v NKEP pro r. 2030, kterou by měly pokrýt velká tepelná čerpadla, znovuzískané odpadní teplo a plynové KVET a výtopny. Ve studii Deloitte je při předpokládané spotřebě dle původního návrhu NKEP uvažován 40% nárůst využití OZE do roku 2030 (oproti r. 2016) v sektoru teplárenství především spalováním biomasy a bioplynu, buď v KVET (kogenerační scénář) nebo dominantě mimo KVET (realistický scénář). Studie McKinsey nastiňuje možnosti nahrazení uhlí v kogeneračních elektrárnách za plyn, biomasu či odpad, či jejich nahrazení decentralizovaným vytápěním.

V porovnání s Vnitrostátním plánem je ve všech modelovaných scénářích predikováno o 20-30 % nižší využití biomasy a bioplynu ve velkých zdrojích a naopak o 20-23 % vyšší využití v domácnostech. Vyšší je i předpokládané využití tepelných čerpadel a geotermální energie (o 20-65 %) a násobně i solárně termických kolektorů (o 250-280 %).

Tabulka 15 – Spotřeba OZE v sektoru vytápění a chlazení v roce 2030 (v TJ)

	Biomasa a bioplyn - velké zdroje	Biomasa - residenční a komerční	Geotermální + tepelná čerpadla	Solárně termické kolektory
NKEP	56,9	92,4	13,68	1,61
tato studie – scénář:				
Konzervativní	34,6	114,6	17,1	6,1
NKEP	35,8	113,4	16,4	5,7
Modernizační	36,1	113,6	17,8	5,7
Zelený	41,4	110,9	21,4	5,6
GHG55	41,6	110,7	22,6	6,1

6. Závěry

Výsledky modelovaných scénářů lze interpretovat následovně:

- Modernizační scénář se výrazně neliší od scénáře NKEP a spíše než co jiného ukazuje, že disponibilní podpory (nejen) z Modernizačního fondu nepovedou významně dále než k dosažení cílů Vnitrostátního plánu v oblasti energetiky a klimatu;
- Zelený scénář ukazuje, že rozvoj FVE a VTE může významně přispět ke snižování emisí skleníkových plynů, ale pro snížení emisí GHG do roku 2030 o 55 % oproti roku 1990 je nutné jej doplnit dalšími opatřeními, především zvyšováním energetické efektivity (úspor) a snížením spalování hnědého a černého uhlí.
- Externí náklady z výroby elektřiny a tepla v energetice jsou kumulativně do roku 2030 v Zeleném scénáři o 6,4 mld. Kč (3,5 %) nižší oproti Konzervativnímu scénáři a 5,9 mld. Kč nižší oproti scénáři NKEP. Dopady na lidské zdraví představují ve všech scénářích přes 80 % externích nákladů.
- Společenské náklady uhlíku klesnou při splnění klimatického cíle 55% snížení emisí GHG do roku 2030 o 2,3 % oproti scénáři NKEP.
- Rozvoj OZE může vytvořit až 107 tis. pracovních míst.
- V současné době jsou investiční náklady na instalaci FVE a VTE v ČR vyšší než je evropský průměr. Jedním z důvodů je malý objem výstavby. V současné době jsou v ČR prakticky zastaveny provozní podpory pro nové výroby FVE a VTE, a to i formou aukčních bonusů, které významně přispěly ke snížení cen v zahraničí. Dalším faktorem zvyšující náklady na instalaci zejména malých FVE jsou náročnější regulační nároky a normy a složitější legislativní rámec v ČR než například v Německu (například měření spotřeby energie po fázích, srov. Šuvarský, 2018). Jednou z cest usnadnění rozvoje malých FVE může být zjednodušení její technické regulace a regulace pro uskladňování elektřiny.
- Při současných a předpokládaných budoucích cenách (a předpokládaných cenách emisní povolenky) je – a v hodnoceném časovém horizontu bude – rozvoj FVE a VTE závislý na nějaké formě veřejné podpory.
- Pokud bude v Modernizačním fondu díky vyšší ceně emisní povolenek dostupný celkově vyšší objem financí na podporu OZE, nebo pokud vznikne nějaký další významný mechanismus podpory, mají FVE potenciál v roce 2030 vyrábět až 12 TWh a VTE necelých 5 TWh.
- Scénář GHG55 ukazuje, že snížení emisí GHG do roku 2030 o 55 % oproti roku 1990 je možné i bez masivního rozvoje FVE a VTE – tedy řádově jen dle Vnitrostátního plánu v oblasti energetiky a klimatu. Nutnou podmínkou je však rychlejší odklon od spalování uhlí a zároveň zvyšování energetické efektivity i na straně konečné spotřeby. V ČR však postupuje zvyšování energetické efektivity pomaleji než dle platných cílů čl. 7 směrnice 2012/27/EU a ČR již v současnosti zaostává i za plněním vlastního závazku kumulovaných úspor energie do roku 2020 (MPO 2020).
- Tato studie předpokládá ceny emisních povolenek EUA v souladu s Vnitrostátním plánem České republiky v oblasti energetiky a klimatu (MPO 2019), tj. na úrovni 15 € v 2020 a 35 € v roce 2030. Ceny EUA se však na přelomu dubna a května pohybují již v rozmezí 45 až 50 €. Při 50 € za EUA může být útlum uhlí mnohem rychlejší a podpora pro obnovitelné zdroje potřebná v mnohem nižší míře.

7. Prameny

- Anthoff, D. (2007). Report on marginal external damage costs inventory of greenhouse gas emissions. Delivery 5.4 - RS 1b. IP NEEDS Report.
- Bickel, P., Friedrich, R. *ExternE: Externalities of Energy. Methodology 2005 Update*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005.
- BloombergNEF. Decarbonization of Eastern Europe's Energy Mix Key to Higher EU Climate Goals. London. November 2020. Dostupné z <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BloombergNEF-Decarbonization-of-Eastern-Europe%E2%80%99s-Energy-Mix-Key-to-Higher-EU-Climate-Goals-Nov-2020.pdf>
- Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Hubbell, B., Pope, C. A., ... Spadaro, J. V. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(38), 9592–9597. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>
- COŽP UK. Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR. Studie pro Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha, 2015.
- Dasgupta, P. (2021). The economics of biodiversity: The Dasgupta Review. London: HM Treasury.
- Deloitte Advisory. Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030. Aktualizace studie v souvislosti s Modernizačním fondem. Praha. Prosinec 2020. Dostupné z https://www.modernienergetika.cz/wp-content/uploads/2020/12/201208_Rozvoje_OZE_2030_Aktualizace_final-1.pdf
- Deloitte Advisory. Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030. Analýza zpracována pro Svaz moderní energetiky, Praha. Zář 2019. Dostupné z <https://www2.deloitte.com/cz/cs/pages/energy-and-resources/articles/rozvoj-obnovitelnych-zdroju-do-roku-2030.html>
- EMBER. Coal-free Czechia 2030. London. November 2020. Dostupné z <https://ember-climate.org/project/coal-free-czechia-2030/>
- Energynautics. Czech power grid without electricity from coal by 2030: Possibilities for integration of renewable resources and transition into a system based on decentralized sources. Darmstadt. Květen 2018. Dostupné z https://en.frankbold.org/sites/default/files/publikace/czech_grid_without_coal_by_2030_fin_0.pdf
- Fakta o klimatu. Rešerše: Studie transformace energetiky. Praha, 2020. Dostupné z <https://faktaoklimatu.cz/studie/2020-reserse-transformace-energetiky>
- Greenstone, M., Kopits, E., Wolverton, A. (2013). Developing a social cost of carbon for us regulatory analysis: A methodology and interpretation. *Review of Environmental Economics and Policy*, 7 (1), pp. 23-46. DOI: 10.1093/reep/res015
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, Technical support document: Social cost of carbon for regulatory impact analysis under Executive Order 12866 (White House, Washington, DC, 2013); <http://1.usa.gov/18ftAsH>.
- International Labour Office (ILO). 2011. Skills and occupational needs in renewable energy (Geneva, ILO). Dostupné z https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_166823.pdf
- Kiula, O., Markandya, A., Ščasny, M. (2019), Taxing Air Pollutants and Carbon Individually or Jointly: Results from a CGE Model Enriched by an Emission Abatement Sector. *Economic System Research*, 31:1, 21-43, <https://doi.org/10.1080/09535314.2018.1508000>

- Krčmář J. Solární rok 2020: česká fotovoltaika roste i během pandemie, stále ale nevyužíváme její plný potenciál. TZB-Info 2021. Dostupné z <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/21709-solarni-rok-2020-ceska-fotovoltaika-roste-i-behem-pandemie-stale-ale-nevyuzivame-jeji-plny-potencial>
- Máca, V., Melichar, J., Rečka, L., Ščasný, M. (2015), Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR. Studie Centra pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy pro Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.
- Melichar, J., Ščasný, M., Máca, V., Havránek, M. (2011). Hodnocení externích nákladů energetiky analýzou drah dopadů. Certifikovaná metodika č. 11697/ENV/11. Ministerstvo životního prostředí, Odbor ekonomických nástrojů, 25. 2. 2011.
- McKinsey & Company. Klimaticky neutrální Česko. Cesty k dekarbonizaci ekonomiky. Praha. Listopad 2020. Dostupné z https://www.mckinsey.com/cz/~/_media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/czech%20republic/our%20work/decarbonization_report_cz_vf.pdf
- MPO. Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu, Praha, 2019.
- MPO. 8. zpráva o pokroku v oblasti plnění vnitrostátních cílů energetické účinnosti v ČR, Praha, 2020
- MŽP. Politika ochrany klimatu. Praha. 2017
- Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(7), 1518–1523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>
- OECD (2008). *Costs of Inaction on Key Environmental Challenges*. OECD, Paris.
- OTE. Instalovaný výkon zdrojů registrovaných v systému OTE, a.s. podle druhu zdroje, včetně nepodporovaných zdrojů 2021. Dostupné z <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/statistika-poze/registrace>
- Pigou A. C. (1920) *The Economics of Welfare*. London: MacMillan
- Pindyck, R. S. (2019). The social cost of carbon revisited. *Journal of Environmental Economics and Management*, 94, 140–160. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.02.003>
- Pospíšil a kol. Návrh strategie optimálního využití obnovitelných zdrojů energie v dopravě do roku 2030. Praha. 2019.
- Pizer, W., Adler, M., Aldy, J., Anthoff, D., Cropper, M., Gillingham, K., Greenstone, M., Murray, B., Newell, R., Richels, R., Rowell, A., Waldhoff, S., Wiener, J. (2014). Using and improving the social cost of carbon. *Science*, 346 (6214), pp. 1189-1190. DOI: 10.1126/science
- Preiss, P., Friedrich, R., Klotz, V. Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data, Deliverable no. 1.1 - RS 3a, IP NEEDS, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 2008.
- Preiss, P., Klotz, V. (2008). EcoSenseWeb V1.3, User's Manual & „Description of Updated and Extended Draft Tools for the Detailed Site-dependent Assessment of External Costs“, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
- Rečka, L. Analýza zavedení uhlíkové daně v České republice. Praha 2017
- Rečka, L., Ščasný, M. (2018), Brown coal and nuclear energy deployment: Effects on fuel-mix, carbon targets, and external costs in the Czech Republic up to 2050. *Fuel*, 216: 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.034>.
- Rečka, L., Ščasný, M. (2017), Impacts of Reclassified Brown Coal Reserves on the Energy System and Deep Decarbonisation Target in the Czech Republic. *Energies*, 10(12), 1947 (Special Issue Energy Market Transitions); doi:10.3390/en10121947
- Rečka, L., Ščasný, M. (2016), 80% snížení emisí skleníkových plynů: analýza vývoje energetiky ČR do roku 2050. Studie 21/2016, IDEA & CERGE-EI, Národohospodářský ústav AV ČR, Prague. ISBN 978-80-7344-405-1

- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., ... Tukker, A. (2018). EXIOBASE 3: Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 502–515. <https://doi.org/10.1111/jiec.12715>
- Šuvarský, J. Měření po fázích je pro vlastníky malých fotovoltaik problém. Jak mu předejít?. TZB-Info. Leden 2018. Dostupné z <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/16878-mereni-po-fazich-je-pro-vlastniky-malych-fotovoltaiik-problem-jak-mu-predejiti>
- Tol, R. S. J. (2013). Targets for global climate policy: An overview. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 37 (2013) 911–928. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jedc.2013.01.001>
- Tol, R. S. J. (2019). A social cost of carbon for (almost) every country. *Energy Economics*, 83, 555–566. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.07.006>
- US Environmental Protection Agency (2014). Fed. Regist. 79(117), 34830.
- Verhoef, E. (1994). External effects and social costs of road transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 28(4), 273–287.
- Verhoef, E. T. (2002). Externalities. In J. C. J. M. Van Den Bergh (Ed.), *Handbook Of Environmental And Resource Economics* (pp. 197–214). Cheltenham: Edward Elgar.

8. Přílohy

Vstupní předpoklady scénářů

Všechny cenové vstupy v modelu TIMES-CZ jsou v EUR roku 2015 (€₂₀₁₅) a v této studii jsou všechny uváděné údaje převedeny do Kč v cenách roku 2020. Předpokládaná diskontní míra je 7,5 %.

Cena povolenky EUA je uvažována shodně s NKEP ve výši 34,7 €₂₀₁₆/tCO₂ v roce 2030, 43,5 €₂₀₁₆/tCO₂ v roce 2035 a 51,7 €₂₀₁₆/tCO₂ v roce 2040. Tabulka níže uvádí ceny EUA převedené na (€₂₀₁₅). Předpoklady o cenách paliv jsou rovněž v souladu s NKEP.

Předpokládaná cena emisní povoleny [€₂₀₁₅/EUA]

	2020	2025	2030	2035	2040
€ ₂₀₁₅ /EUA	15,1	22,6	33,7	42,3	50,3

Zdroj: NKEP – MPO (2019), vlastní přepočítání na [€₂₀₁₅/EUA]

Předpokládané investiční náklady FVE a VTE [€₂₀₁₅/kWp]

	2020	2025	2030
FVE residenční	1398	1176	1103
FVE velké	770	649	601
FVE průmyslové	1015	852	793
VTE	1917	1864	1812

Zdroj: Alianci pro energetickou soběstačnost, vlastní úpravy na základě <https://www.pv-magazine.com/module-price-index/> a IEA World Energy Outlook - World Energy Model, October 2020

U nových instalací FVE předpokládáme - s ohledem na nastavení specifických podmínek Modernizačního fondu a zacílení ostatních zdrojů podpory - že budou ve velkém množství realizovány FVE pro lokální (vlastní) spotřebu, zejména v podobě střešních komerčních a střešních residenčních FVE. S ohledem na požadavek odnímání půdy pro výstavbu FVE ze zemědělského půdního fondu předpokládáme výstavbu velkých pozemních fotovoltaických parků spíše na ostatních pozemcích (zastavěné/brownfields, vodní a ostatní plochy) či v podobě agrivoltaiky a pouze polovinu těchto výroben s připojením do distribuční sítě.

...

Popis modelu TIMES-CZ

TIMES-CZ (verze v02+) je energetický, technologicky orientovaný, dynamický model využívající modelový generátor TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) vyvinutý v rámci Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP) v Mezinárodní energetické agentury (IEA).

Model TIMES-CZ hledá **optimální řešení celkového energetického a technologického mixu**, které uspokojí danou (exogenní) poptávku po energiích a energetických službách při dosažení **nejnižších možných celkových diskontovaných nákladů** za celé analyzované období.

TIMES-CZ zahrnuje celou energetickou bilanci ČR od primárních zdrojů až po konečnou spotřebu energetických služeb. Výchozím rokem modelu je rok 2015 a modelovacím horizontem je rok 2050.

Vstupy do modelu

Exogenní vstupy modelu můžeme rozdělit do 4 kategorií:

- Parametry stávajících a nových technologií (např. účinnost, životnost, emisní faktory, provozní a investiční náklady, instalovaná kapacita);
- Ceny paliv, emisních povolenek a výše daňových sazeb včetně předpokladů o jejich budoucím vývoji;
- Poptávky po energetických službách (osobokilometry, tepelný komfort aj.) a průmyslových produktech (tuny železa, cementu aj.) a jejich vývoj
- Dostupnost tuzemských fosilních a obnovitelných primárních energetických zdrojů.

Základním datovým vstupem modelu pro výchozí rok 2015 je energetická bilance Eurostatu. Další významné datové zdroje tvoří Emisních hlášení systému EU ETS, databáze REZZO (Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší) a data z Energetického regulačního úřadu.

Předpoklady o cenách paliv a emisních povolenek tvoří společně s předpokládanými poptávkami a daněmi jednotlivé scénáře modelu.

Výstupy modelu

Typickými výstupy modelu TIMES-CZ jsou:

- Instalované kapacity technologií
- Spotřeba primárních a sekundárních paliv
- Vyrobená elektřina a teplo
- Emise skleníkových plynů a vzdušných polutantů
- Náklady (investiční, palivové, provozní apod.)

Struktura modelu

Model TIMES-CZ je rozdělen na sedm energetických sektorů, dle převažující povahy zahrnutých technologií a procesů. Každý energetický sektor zahrnující zdroje zařazené do systému EU ETS je členěn na část *ETS* a *non-ETS*, kdy část *ETS* je modelována na úrovni jednotlivých zdrojů.

- *Primární* sektor zahrnuje energetický řetězec primárních zdrojů energie včetně případného dovozu a vývozu. Každý primární energetický zdroj (Ropa, Zemní plyn, Hnědé a Černé uhlí aj.) je modelován nabídkovou křivkou s několika nákladovými stupni. Biopaliva a odpady jsou rozlišeny na 5 typů: dřevo, bioplyn, komunální odpad, průmyslový odpad, a kapalná biopaliva.

- Sektor *Výroby elektřiny a tepla* zahrnuje veřejné elektrárny, teplárny, obnovitelné zdroje elektřina a tepla. Je z velké většiny tvořen jednotlivými zdroji zařazenými do systému EU ETS. Kromě biomasy a bioplynových stanic, jsou obnovitelné zdroje na výrobu elektřiny v modelu agregovány dle technologií (MVE, větrná energie, FVE).
 - Vyrobena elektřina je rozlišena dle napětí na Vysoké, Střední a Nízké napětí a jsou zohledněny ztráty v sítích.
 - Vysokoteplotní soustavy pro zásobování teplem jsou rozlišeny dle regionů a napojeny na příslušné zdroje v daném regionu.
- *Průmysl* je rozdělen na dvou úrovních. Průmyslové zdroje jsou členěny na jednotlivé oblasti výroby s důrazem na identifikování energeticky náročných odvětví. V každém odvětví tvoří poptávku konkrétní fyzické komodity (železo, amoniak, vápno aj.).

„Technologický celek“ je definován rozdílně pro zdroje zařazené do systému EU ETS a zdroje mimo tohoto systému.

- U EU ETS zdrojů je „technologický celek“ definován celým zařízením, jak je definuje EU ETS. Například Železářny Vítkovice jsou v modelu jako celek, aniž by byly rozlišovány jeho jednotlivé technologické procesy (zpracování rudy, vysoká pec, válcovna).
- U zdrojů mimo EU ETS (zbývající část jednotlivých průmyslových odvětví dle energetické bilance) je „technologický celek“ naopak definován jeho jednotlivými procesy například u železářny je rozlišena vysoká pec, zpracování rudy a válcovna. Zdroje mimo EU ETS jsou proto modelovány agregovaně dle druhu výroby (např. výroba cementu, skla, železa či amoniaku). Každá výroba je však vnitřně členěna na jednotlivé procesy, které vychází z TIMES-PanEU modelu. **Energeticky náročné odvětví** mají definovanou konkrétní strukturu „technologického celku“ – například u výroby papíru jsou rozlišeny *technologie výroby buničiny, procesní pece pro výrobu páry a finální výroba papíru*. Zbývající energeticky nenáročná odvětví mají standardní strukturu složenou z 5 hlavních užití energie *pára, technologické teplo, pohon strojů, elektrochemické, a ostatní procesy*), která rovněž vychází z TIMES-PanEU modelu.
- V sektoru *Domácnosti* je na straně poptávky 11 konečných energetických služeb (Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody, Vaření, Osvětlení, Chlazení a mražení potravin, Praní, Sušení prádla, Mytí nádobí, Ostatní elektřina, Ostatní energie), přičemž Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody jsou dále rozlišeny dle kategorie budovy (Rodinný dům – venkov, Rodinný dům – město, Bytový dům).
Pro každou konečnou energetickou službu je v modelu několik dostupných technologií (stávajících i nových), prostřednictvím kterých je daná služba zajišťována (ve spojení s energetickým nosičem - elektřinou, teplem apod.). Například technologie pro vytápění rozlišují emisní třídy kotlů na tuhá paliva a model zohledňuje legislativu regulující prodej a použití kotlů jednotlivých emisních tříd.
- *Komerční* sektor poptává 9 konečných energetických služeb (Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody, Vaření, Chlazení a mražení potravin, Osvětlení, Veřejné osvětlení, Ostatní elektřina, Ostatní energie), přičemž Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody jsou rozlišeny dle velikosti budovy (Malá, Velká).
Podobně jako u sektoru Domácností, je v modelu pro každou konečnou energetickou službu několik dostupných technologií (stávajících i nových), které danou službu umožňují naplnit. Vytápění, Klimatizace a Ohřev vody jsou rozlišeny dle velikosti budovy (Malá, Velká).
- *Doprava* je rozčleněna na osobní a nákladní silniční, osobní a nákladní železniční, vodní a leteckou dopravu.
 - Silniční doprava osobní je dále rozdělena na 5 kategorií (auta – krátká vzdálenost, auta – dlouhá vzdálenost, městské a mezi městské autobusy, ostatní).
 - Silniční doprava nákladní

- Železniční doprava je rozdělena na osobní – lehkou (metro a tramvaje), osobní – těžkou a nákladní.
- Letecká a vodní dopravy jsou modelovány jako generická technologie s poptávkou odpovídající spotřebě paliva.

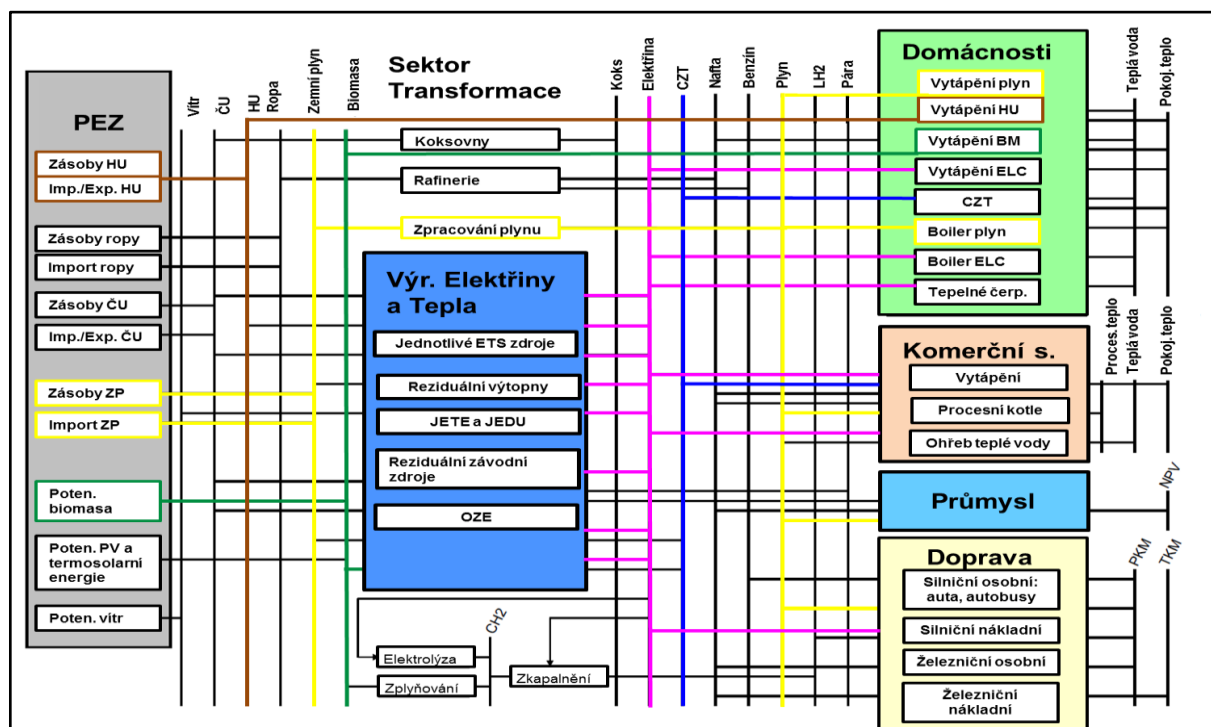
Poptávku tvoří dopravní výkony v jednotlivých kategoriích (vozokilometry, tunokilometry). Do modelu TIMES-CZ je začleněn podrobný dopravní modul TRAN. Modul obsahuje v základním roce 135 technologií pro silniční vozidla dle věku a kategorie COPERT⁸. Technologie pro budoucí roky zahrnují nová i ojetá vozidla. Modul TRAN zahrnuje i výrobu biopaliv.

- *Zemědělství* je modelováno zjednodušeně jen z pohledu spotřeby energie jako generická technologie s agregovaným mixem paliv na vstupu a agregovanou spotřebou energie na výstupu.

Model TIMES-CZ zahrnuje emise skleníkových plynů, oxidů dusíku, oxidu siřičitého a emise tuhých látek spojené se spotřebou fosilních paliv a průmyslových procesů. Kvantifikace environmentálních externalit z emitovaných emisí je založeno na propojení s analýzou drah dopadu dle metodiky ExterneE [1].

Na obrázku níže je znázorněna zjednodušená struktura referenčního energetického systému (RES) modelu TIMES-CZ od primárních zdrojů až po konečnou spotřebu energetických služeb jako teplá voda či ujeté osobo-kilometry. Úplný popis generátoru modelů TIMES a jeho objektivní funkce je uveden v dokumentaci pro model TIMES [2–4].

Obrázek 1 Zjednodušená struktura modelu TIMES-CZ



Zdroj: vlastní ilustrace

⁸ Kalkulátor emisí z dopravy <https://www.emisia.com/utilities/copert/>

Reference k příloze:

- [1] ŠČASNÝ, M., MASSETTI, E., MELICHAR, J., & CARRARA, S. (2015). Quantifying the Ancillary Benefits of the Representative Concentration Pathways on Air Quality in Europe. *Environmental and Resource Economics*, 62(2), 383–415. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9969-y>
- [2] LOULOU, Richard, Uwe REMNE, Amit KANUDIA, Antti LEHTILÄ a Gary GOLDSTEIN. *Documentation for the TIMES Model PART II* [online]. 2005. Dostupné z: <http://iea-etsap.org/index.php/documentation>
- [3] LOULOU, Richard, Uwe REMNE, Amit KANUDIA, Antti LEHTILÄ a Gary GOLDSTEIN. *Documentation for the TIMES Model PART III* [online]. 2005. Dostupné z: <http://iea-etsap.org/index.php/documentation>
- [4] LOULOU, Richard, Uwe REMNE, Amit KANUDIA, Antti LEHTILÄ a Gary GOLDSTEIN. *Documentation for the TIMES Model PART I* [online]. 2005. Dostupné z: <http://iea-etsap.org/index.php/documentation>

Kolofon

Název studie: Rozvoj obnovitelných zdrojů v ČR do roku 2030

Objednatel: Aliance pro energetickou soběstačnost, z.s.

Zhotovitel: Univerzita Karlova, Centrum pro otázky životního prostředí
www.czp.cuni.cz

Řešitelský tým: Mgr. Lukáš Rečka, Ph.D.
Mgr. Milan Ščasný, Ph.D.
JUDr. et Mgr. Vojtěch Máca Ph.D.
Mgr. Vědunka Kopečná

Kontaktní informace: Lukáš Rečka, Milan Ščasný
Centrum pro otázky životního prostředí
Univerzita Karlova
José Martího 2/407
162 00 Praha 6
Česká republika

Tel: +420-220199477

E-mail: lukas.recka@czp.cuni.cz

milan.scasny@czp.cuni.cz

Doba řešení: leden – duben 2021

Počet stran: 62
