Analýza distribuce cenového signálu skleníkových plynů

Metodický průvodce modelováním energetických scénářů a ekonomiky 2022–2024

Ministerstvo životního prostředí

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

www.tacr.cz www.mzp.cz

Projekt: SS04030013 Centrum socio-ekonomického výzkumu dopadů environmentálních politik

Manažerské shrnutí

Účel a metodika studie

Studie představuje proces a hlavní výsledky **modelování energetických scénářů**, které probíhalo v rámci projektu SEEPIA v letech 2022 až 2024. Analytické podklady postavené na tomto modelování byly průběžně předávány státní správě, která je dále diskutovala se stakeholdery.

Modelování **porovnává referenční scénář s ambicióznějšími scénáři, které definovala státní správa**. Referenční scénář představuje hypotetický vývoj bez přijetí opatření obsažených v balíčku Fit for 55 a bez ambice dosažení klimatické neutrality do 2050. Alternativní scénáře směřují k naplnění klimatických cílů EU a ČR, zejména skrze předpokládanou implementaci opatření balíčku Fit for 55. Modelování proběhlo v souladu s metodikou a pokyny Evropské komise pro aktualizaci národních plánů v oblasti energetiky a klimatu (NKEP) a s Východisky aktualizace Státní energetické koncepce ČR a souvisejících strategických dokumentů schválenými vládou v dubnu 2023.

Klíčové předpoklady všech scénářů definovalo MPO a MŽP na základě rozsáhlé diskuse mezi resorty, se zahrnutím dalších stakeholderů (včetně asociací a svazů) skrze Platformu pro strategie v oblasti energetiky a klimatu.

Hlavním cílem modelování bylo vyhodnotit dopady politik na vývoj českého energetického systému a české ekonomiky do roku 2050, a s tím související vývoj emisí skleníkových plynů, spotřeby energie a dopadů na domácnosti. Použité metody poskytují **robustní základ pro hodnocení dopadů klimatických politik** v souladu s pokyny Evropské komise a cíli vytyčenými v rámci unijních balíčcích Fit for 55 a REPowerEU.

Analýza využívá **propojený systém čtyř pokročilých modelů**: energetického modelu TIMES-CZ, makroekonometrického modelu E3ME, modelu zdrojové přiměřenosti PLEXOS (ve spolupráci s ČEPS) a mikrosimulačního modelu DASMOD pro hodnocení sociálních dopadů.

Modelování TIMES-CZ zahrnuje celý energetický systém České republiky od těžby a dovozu paliv až po jejich konečnou spotřebu ve všech sektorech ekonomiky, tak aby byla naplněná agregátní poptávka po všech energetických službách.

Zdrojová přiměřenost elektrizační soustavy, možnosti dovozu elektřiny i výkonová rezerva byly validovány modelem PLEXOS na základě nejaktuálnějších dostupných dat z European Resource Adequacy Assessment (ERAA 2023 Edition, publikováno na jaře 2024).

Predikce vývoje ekonomiky provedené modelem E3ME byly využity při simulaci distribučních dopadů na domácnosti ČR. Analýzy dopadů zahrnovaly také citlivostní analýzu pro vývoj klíčových parametrů (výroba energeticky náročných produktů, vývoj disponibilního příjmu domácností, možnosti recyklace výnosů z prodeje emisních povolenek).

Analyzované scénáře

Studie porovnává tři hlavní scénáře modelované v roce 2024:

Referenční (With Existing Measures)

- Referenční scénář bez politik Fit for 55,
- Bez dosažení klimatické neutrality do roku 2050
- Jeden nový velký jaderný blok (EDU5) s COD 2040
- Pomalý rozvoj OZE: max 6 GWe FVE, 0,7 GWe VTE do 2030
- Potenciál energetických úspor v budovách dle *Optimálního scénáře* Dlouhodobé strategie renovace budov (MPO, 2020)
- Bez dovozů vodíku

Dekarbonizační (With Additional Measures)

- Cíle a opatření Fit for 55, REPowerEU
- Vynucený emisní cíl: max 8 Mt CO_2ek v ČR ve 2050
- Tři nové velké jaderné bloky + SMR (COD 2036–2041)
- Středně rychlý rozvoj OZE: 10,1 GWe FVE, 1,5 GWe VTE do 2030
- Vyšší potenciál energetických úspor v budovách dle *Hypotetického scénáře* Dlouhodobé strategie renovace budov (MPO, 2020)

Ambiciózní (With Additional Measures)

- Cíle a opatření Fit for 55, REPowerEU
- Vynucený emisní cíl: max 8 Mt CO_2ek v ČR ve 2050
- Tři nové velké jaderné bloky + SMR (COD 2036–2041)
- Vyšší potenciál energetických úspor v budovách dle *Hypotetického scénáře* Dlouhodobé strategie renovace budov (MPO, 2020)
- Nejrychlejší rozvoj OZE: 12,6 GWe FVE, 1,7 GWe VTE do 2030
- Vyšší potenciál OZE ve 2050
- Behaviorální změny: 10% pokles poptávky po vytápění a individuální dopravě od 2030

Klíčové výsledky

Plnění klimatických a energetických cílů

Emise skleníkových plynů

Emisní cíle 2030: Všechny modelované scénáře dosahují více než 55% snížení emisí skleníkových plynů oproti roku 1990, čímž překračují unijní cíl. Konkrétně dosahují snížení 65 % (Referenční), 68 % (Dekarbonizační) a 71 % (Ambiciózní). Dekarbonizační a Ambiciózní scénář současně splňují dílčí emisní cíle pro sektory zahrnuté do ETS1 (72–75% snížení oproti 2005) a významně přispívají k cílům pro ESR sektory (33–36% snížení).

Emisní cíl 2050: Klimatická neutralita není v modelovaných scénářích dosažena na úrovni ČR ani EU. Systém emisního obchodování EU ETS sám o sobě nepostačuje k dosažení cíle snížení emisí o více než 90–91 % oproti roku 1990, aniž by došlo k extrémně vysokým cenám emisních povolenek. Zejména v těžko dekarbonizovatelných sektorech je nutné jeho doplnění dalšími politikami.

V Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři klesnou emise v roce 2050 na vynucených 8 Mt CO_2ek., přičemž významnou roli hrají negativní emise ze zachytávání emisí při spalování biomasy (BECCS) ve výši 3,4–3,7 Mt CO_2ek.

Další možnosti snižování emisí nabízí vyšší využití biomasy ze zemědělské půdy či změny spotřebního chování, které nebyly do modelování zahrnuty v plném rozsahu.

Obnovitelné zdroje energie

Celkový podíl OZE: Podíl obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2030 roste z referenčních 24 % (Referenční scénář) na 30 % (Dekarbonizační) a 32 % (Ambiciózní). Do roku 2050 se tento podíl zvyšuje na 40 % v Referenčním scénáři a až na 65 % v Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři.

Instalované kapacity: Ve všech scénářích jsou předpokládané maximální potenciály OZE plně využity. Fotovoltaické elektrárny dosahují instalovaných kapacit 10,1 GW (Dekarbonizační) až 12,6 GW (Ambiciózní) do roku 2030 a 26,1 GW do roku 2050 v obou dekarbonizačních scénářích. Větrné elektrárny dosahují 1,5–1,7 GW do roku 2030 a 5,5 GW do roku 2050.

Vodík a pokročilá biopaliva: V Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři je splněn mandatorní cíl 42% podílu obnovitelných paliv nebiologického původu (RFNBO) na spotřebě vodíku v průmyslu do roku 2030. V dopravě je v roce 2030 dosaženo 1% podílu RFNBO a 5% podílu pokročilých biopaliv (včetně multiplikátorů).

Energetické úspory

Primární energie: Oproti roku 2005 dochází do roku 2030 k poklesu spotřeby primárních energetických zdrojů o 21 %, 26 % a 29 % ve scénářích Referenčním, Dekarbonizačním a Ambiciózním.

Konečná spotřeba: Konečná spotřeba energie klesá mezi lety 2005 a 2030 o 1,5 % v Referenčním scénáři a o 4–7 % v Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři. Současně výrazně roste podíl elektřiny na konečné spotřebě z 23–24 % v roce 2030 na 35–45 % v roce 2050.

Transformace energetického systému

Elektroenergetika

Výroba elektřiny: Netto spotřeba elektřiny dle metodiky ENTSO-E roste ze současné úrovně okolo 63 TWh ve všech scénářích o více než 50 % do roku 2050, především kvůli elektrifikaci dopravy, vytápění a průmyslu. Nejvyšší růst je v Referenčním scénáři (99 TWh v roce 2050), zatímco Dekarbonizační a Ambiciózní scénář dosahují 95–98 TWh díky vyšší energetické efektivitě.

Nové jaderné zdroje: Dekarbonizační i Ambiciózní scénář počítají s minimálně třemi novými jadernými bloky o výkonu 1100 MW (první v Dukovanech v roce 2036, další v Temelíně v letech 2039 a 2041) a jedním malým modulárním reaktorem (SMR) o výkonu 350 MW od roku 2035. Při nákladové optimalizaci nebyly instalovány dodatečné jaderné zdroje nad minimální zadání.

Uhelné zdroje: V Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři spolu s předpokládaným ukončením těžby uhlí končí spalování uhlí pro energetické účely do roku 2033. V Referenčním scénáři zůstávají některé uhelné elektrárny v provozu až do roku 2040, poté slouží již s minimálním využitím jako rezervní zdroje. Při předpokládaných cenách emisních povolenek nejsou uhelné zdroje konkurenceschopné ani v Referenčním scénáři.

Vytápění a teplárenství

Ve výrobě tepla dochází k zásadní transformaci směrem k obnovitelným zdrojům a tepelným čerpadlům. Výroba tepla z uhelných zdrojů je v Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři ukončena do roku 2033. Tepelná čerpadla se stávají dominantním zdrojem vyrobeného tepla, zejména v Dekarbonizačním a Ambiciózním scénáři, kde dodávky z nich rostou až na 54–60 PJ v roce 2050.

Významně se také rozvíjí využití jaderného tepla prostřednictvím horkovodu JEDU-Brno v dekarbonizačních scénářích. Zemní plyn zůstává důležitým palivem pro špičkové zdroje a vysokopotenciální teplo v průmyslu, ale jeho celková spotřeba výrazně klesá a je postupně zčásti nahrazován vodíkem.

Ekonomické dopady a investiční požadavky

Celkové náklady a investice

Investiční náklady: Dekarbonizační scénář vyžaduje do roku 2030 celkové kapitálové výdaje (vč. obměny vozového parku) ve výši 4 065 mld. Kč, což je o 1 141 mld. Kč více než v Referenčním scénáři. Největší rozdíl představují renovace budov (693 mld. Kč) a investice do výroby elektřiny a dodaného tepla (341 mld. Kč). Za celé modelovací období do roku 2050 jsou kapitálové výdaje v Dekarbonizačním scénáři o 2 836 mld. Kč vyšší než v Referenčním.

Struktura investic: Nejvýznamnější investiční položky zahrnují obnovu vozového parku, renovace budov, výrobu elektřiny a tepla a rozvoj přenosových sítí, viz Tabulka 1. Investice do nových jaderných zdrojů činí 614,5 mld. Kč v Dekarbonizačním scénáři a 185,2 mld. Kč v Referenčním scénáři.

Tabulka 1: Nejvýznamnější investiční položky – Dekarbonizační scénář, mld. Kč

Položka	Součet do 2030	Součet do 2050
Silniční vozidla	1 774	6 655
Renovace budov	941	1 961
Výroba elektřiny a dodaného tepla	628	2 014
Rozvoj sítí a nabíjecí infrastruktury	46	319

Celkové systémové náklady: Posuzovat dopady dekarbonizace pouze vyvolanými investičními náklady poskytuje zkreslující a nesprávné informace pro politiku. Kromě investičních nákladů by kvantifikace nákladů scénářů měla zahrnovat také náklady financování kapitálu, investiční podpory

financované z výnosů z prodeje emisních povolenek, změnu výdajů za energie a paliva (včetně efektu úspor), platby za emisní povolenky (včetně efektu investic do dekarbonizace na tyto výdaje v důsledku snížení emisí skleníkových plynů), výdaje na poplatky za další emise a na spotřební daně (včetně efektu investic do dekarbonizace na spotřebu zpoplatněných paliv) a další makroekonomické dopady. Po započtení investičních podpor jsou celkové náklady Dekarbonizačního scénáře o 11 % vyšší, absolutně o přibližně 3 600 mld. Kč než v Referenčním scénáři za období 2023–2050, což představuje v průměru 130 mld. Kč ročně. Investiční podpory snižují rozdíl mezi scénáři a v Dekarbonizačním scénáři činí 1 329 mld. Kč do roku 2050.

Makroekonomické dopady

Model E3ME indikuje pozitivní vliv klimatických politik na českou ekonomiku. **HDP je v jednotlivých letech** o 1,5–3,5 % vyšší v Dekarbonizačním scénáři než v Referenčním, s vrcholem kolem roku 2039. Zvýšené **investice** jsou hlavním faktorem přispívajícím k vyššímu HDP v Dekarbonizačním scénáři – především vlivem klimatických politik (vč. dotací) se zvyšují o 9,5–12 % oproti Referenčnímu scénáři. Od roku 2040 se rozdíl v investicích mezi scénáři snižuje a po roce 2045 se pohybuje okolo 2 % a rozdíl absolutní výše HDP se po roce 2045 pohybuje okolo 1,7 %.

Produkce roste o 2–4 % s maximem před rokem 2040, zatímco **spotřeba domácností** vykazuje smíšené výsledky – počáteční relativní růst vůči Referenčnímu scénáři do roku 2026 následovaný relativním poklesem ve 30. letech kvůli vyšším nákladům na energie a dopravu v důsledku zavedení ETS2.

Zaměstnanost zůstává v obou scénářích obdobná, což naznačuje transformaci bez velkých ztrát pracovních míst. Největší nárůst potřeby pracovní síly nastává v letech 2038–2039, a to o 2 %, což je absolutně zhruba 102 tis. osob. Strukturálně dochází k nejvýraznějšímu nárůstu zaměstnanosti oproti Referenčnímu scénáři ve stavebnictví a odvětvích spojených se stavebními a přípravnými pracemi (zejm. architektonické a inženýrské služby), zejména z důvodu potřebnosti realizace energeticky účinných renovací nemovitostí.

Dovoz mírně roste kvůli poptávce po technologiích a materiálech pro zelené investice, zatímco **vývoz** zůstává na úrovni Referenčního scénáře.

Sociální dopady a energetická chudoba

Dopady systému ETS2

Zavedení systému emisního obchodování pro budovy a dopravu (ETS2) od roku 2027 bude mít různé dopady v závislosti na schopnosti domácností přizpůsobit se cenovým změnám.

Pokud aktivní politiky podpoří schopnosti domácností reagovat na změny cen, energetická chudoba se do roku 2032 v důsledku zavedení EU ETS2 nemění (měřená indikátorem 20 % LIHC). Průměrné navýšení celkových ročních výdajů oproti Referenčnímu scénáři činí přibližně **4,3 tis. Kč** (360 Kč měsíčně), což odpovídá méně než 1 % z průměrných ročních výdajů domácnosti v Referenčním scénáři (450 tis. Kč). U **výdajů na energie** je průměrný rozdíl okolo **1 tis. Kč** (méně než 100 Kč měsíčně), tedy zhruba **2 %** z průměrných výdajů na energie (52 tis. Kč).

Dopady ETS2 se nezvyšují lineárně s příjmem, ale závisí na strukturálních faktorech domácností. Domácnosti v **7.–9. příjmovém decilu** mají paradoxně nižší absolutní nárůst výdajů na energie než skupiny ve **3.–6. decilu.** Příčinou jsou pravděpodobně vyšší energetické úspory nebo jiné spotřební návyky domácností v 7.–9. příjmovém decilu.

Nejvíce ohrožené skupiny

Senioři (jednotlivci nad 65 let) čelí nejvyššímu riziku energetické chudoby, s podílem 30,4 % (aktivní přizpůsobení) až 41,1 % (pasivní reakce) v roce 2032. **Samoživitelé** (jeden dospělý s alespoň jedním dítětem) jsou druhou nejohroženější skupinou s podílem 16,8 % až 25,1 % podle reakce na cenové změny.

Regionální rozdíly: Praha konzistentně vykazuje nejmenší negativní dopady, zatímco kraj Vysočina čelí nejvyšším nárůstům výdajů. Rozdíly mezi kraji se v průběhu času prohlubují, což souvisí se strukturou regionální ekonomiky a spotřebními vzorci.

Celkový dopad ETS2 na výdaje a energetickou chudobu tak bude záviset na politice, zejména zda bude vhodnými nástroji motivovat nejvíce ohrožené skupiny domácností snižovat výdaje prostřednictvím provádění opatření úspor energií, nikoliv je kompenzovat dalšími sociálními transfery.

Finanční dostupnost dopravy

Dopady na finanční dostupnost dopravy jsou relativně mírnější než u energetické chudoby. Při aktivním přizpůsobení zůstává podíl ohrožených domácností stabilní na úrovni 8,0 % v roce 2032 pro oba scénáře (měřeno indikátorem LIHC). Při pasivní reakci je rozdíl 0,5 p. b. (9,2 % vs. 8,7 %).

Hlavní závěry

Transformace ČR na nízkouhlíkovou ekonomiku může být realizována s pozitivními makroekonomickými dopady ve srovnání se scénářem pomalejší tranzice (Referenčním). Oba analyzované scénáře s dodatečnými opatřeními (Dekarbonizační a Ambiciózní) vykazují vyšší růst HDP a investic. Pomalejší tempo transformace se tedy ukazuje jako ekonomicky nevýhodné. Klíčem k úspěchu je však promyšlený návrh politik a opatření, které ji umožní a zároveň ochrání nejvíce zranitelné skupiny obyvatelstva.

Výsledky všech scénářů ukazují potřebu výrazného **zrychlení energetických úspor** a rozvoje **obnovitelných zdrojů energie**, zejména v příštích 10 letech. Dosažení klimatických cílů vyžaduje masivní investice a efektivní implementaci politik.

Emisní obchodování není samo o sobě dostatečné pro dosažení klimatické neutrality. **Kombinace regulačních opatření, investičních podpor a sociálních kompenzací** je nezbytná. Úspěch transformace závisí na schopnosti mobilizovat rozsáhlé investice, implementovat efektivní politiky a zajistit širokou společenskou podporu prostřednictvím spravedlivého rozdělení nákladů a přínosů.

Klíčovým faktorem pro úspěšnou implementaci klimatických politik s minimálními sociálními dopady je podpora schopnosti domácností přizpůsobit se cenovým změnám. Při aktivní politice, která podpoří přijetí opatření domácnostmi ve vazbě na cenové změny, zůstává energetická chudoba téměř nezměněna, zatímco při pasivní politice může vzrůst o 3,5 p. b. Podpora a kompenzace by měly být cíleny zejména na nejvíce ohrožené skupiny obyvatelstva, tj. samostatně žijící seniory nad 65 let a samoživitele(ky). V případě vlastníků nemovitostí by opatření měla preferovat podporu zavádění energetických úspor před kompenzacemi formou zvyšování disponibilního příjmu.