

ECF 2023-2024/Report 1



Uhlíkovo neutrálné Slovensko do roku 2050

**Aktualizácia analýzy scenárov vývoja emisií skleníkových plynov
v Slovenskej republike**

Bratislava

Január 2024

Vychádza v rámci projektu podporeného Európskou klimatickou nadáciou (ECF). Názory vyjadrené v tejto správe a informácie sú výlučne názormi autorov a nemusia nevyhnutne predstavovať stanovisko ECF, nadácia nenesie zodpovednosť za použitie prezentovaných informácií.

Autorky správy:

RNDr. Dušana Dokupilová, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Ing. Martina Repíková (Prognostický ústav CSPV SAV)

© Bratislava, Prognostický ústav, Centrum spoločenských a psychologických vied, Slovenská akadémia vied, 2024



© Foto na obálke: Dušana Dokupilová

Ako citovať túto správu:

Dokupilová, D., Repíková, M. (2024). Uhlíkovo neutrálné Slovensko do roku 2050. Aktualizácia analýzy scenárov vývoja emisií skleníkových plynov v Slovenskej republike.

Kontakt:

dusana.dokupilova@savba.sk

Publikácia neprešla jazykovou úpravou.

Obsah

1. Úvod	4
Cieľ EÚ a SR – uhlíková neutralita do roku 2050	4
Cieľ správy	5
Použitý model	6
2. Scenárová analýza	7
Scenár Zero Emissions 2022	7
Upozornenie	9
3. Cesta k uhlíkovej neutralite	10
Celkové emisie slovenského hospodárstva (Scenár ZEM 2024)	10
Sektor Budovy	12
Sektor Doprava	15
Sektor Poľnohospodárstvo, lesného hospodárstvo a iné využitie pôdy	18
Sektor Priemysel	20
Sektor Energetika	24
4. Záver a odporúčania	28
Príloha 1: Metodológia	30
Benefity modelu „2050 Pathways Explorer“	31
Upozornenie	32
Príloha 2: Zoznam použitých skratiek	33
Príloha 3: Zoznam použitej literatúry	34

1. Úvod

Uhlíková neutralita sa javí ako základné a nevyhnutné smerovanie celej spoločnosti, bez ktorej je budúcnosť výrazne neistá. Dopady zmeny klímy už pociťujeme na celom svete s významnými dôsledkami pre prírodné systémy i ľudí. Správy Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC) čoraz viac zdôrazňujú popri mitigačných opatreniach i naliehavú potrebu adaptačných stratégií (IPCC, 2022). Globálne teploty naďalej rastú. Svet sa približuje k prekročeniu limitu zvýšenia teploty o 1,5°C stanoveného Parížskou dohodou, ku ktorému pravdepodobne dôjde v priebehu nasledujúcich dvoch desaťročí, ak sa okamžite nezavedie výrazné zníženie emisií (IPCC, 2021). Existujú presvedčivé dôkazy spájajúce nárast frekvencie a intenzity extrémnych poveternostných udalostí so zmenou klímy. Patria sem intenzívnejšie vlny horúčav, hurikány, záplavy a suchá (IPCC, 2023). Rýchlosť stúpania hladiny mora sa zrýchľuje v dôsledku topenia polárnych ľadovcov a ľadovcov, čo predstavuje značné riziko pre pobrežné komunity (IPCC AR6).

Cieľ EÚ a SR – uhlíková neutralita do roku 2050

Aktivity pre zamedzenie oteplenia o viac ako 1,5°C vyvíjajú i krajiny Európska únie, vrátane Slovenskej republiky. V roku 2019 si EÚ stanovila cieľ dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2050 (ER, 2019) ako súčasť Európskej zelenej dohody (EK, 2019). Tento cieľ je záväzným zákonom v rámci Európskeho klimatického zákona z roku 2021. Dosiahnutie uhlíkovej neutrality znamená, že do roku 2050 bude musieť byť výrazne znížená produkcia skleníkových plynov a zvyšné emisie budú musieť byť vykompenzované prostriedkami zachytu uhlíka, či už prirodzenými alebo technologickými. Európska zelená dohoda a Európsky klimatický zákon sú doplnené balíkom opatrení „Fit for 55“. Ten sa zameriava na to, aby politiky EÚ v oblasti klímy, energetiky, dopravy a zdaňovania viedli do roku 2030 k zníženiu čistých emisií skleníkových plynov o najmenej 55 % v porovnaní s úrovňami z roku 1990.

V kontexte Európskej zelenej dohody boli prijaté aj dôležité legislatívne úpravy pre kľúčové sektory:

- Sektor Budov: Revízia smernice o energetickej hospodárnosti budov (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD) a Stratégia pre renovácie budov (Renovation Wave Strategy) sa zameriavajú na dekarbonizáciu budov v EÚ do roku 2050.
- Sektor Doprava: Stratégia pre udržateľnú a inteligentnú mobilitu (Sustainable and Smart Mobility Strategy) a iniciatívy ako ReFuelEU Aviation a FuelEU Maritime sa zameriavajú na zvýšenie využívania udržateľných palív v letectve a námornej doprave.
- Sektor Priemyslu: Reformy systému EÚ pre obchodovanie s emisiami (EU Emissions Trading System - ETS) sa zameriavajú na znižovanie limitov na povolenky na emisie a pokrývajú nové sektory. Akčný plán pre cirkulárnu ekonomiku (Circular Economy Action Plan) sa zameriava na udržateľné využívanie zdrojov.
- Sektor AFOLU (poľnohospodárstvo, lesníctvo a iné využitie pôdy): Spoločná poľnohospodárska politika (Common Agricultural Policy (CAP) 2021-2027) a Stratégia EÚ pre biodiverzitu 2030 (EU Biodiversity Strategy for 2030) sa zameriavajú na podporu udržateľných praktík a ochranu prírody.

- Energetický Sektor: Balík „Čistá energia pre všetkých Európanov“ (Clean Energy for All Europeans), Stratégia EÚ pre vodík (EU Hydrogen Strategy) a Stratégia pre integráciu energetických systémov (EU Strategy for Energy System Integration) sa snažia podporiť prechod od fosílnych palív k čistejším zdrojom energie.

Aby EÚ a jej členské krajiny dosiahli svoje ciele v oblasti klímy a udržateľnosti, je zásadné, aby všetky členské štáty prispôbili svoje národné politiky v súlade s týmito ambicióznymi cieľmi, zohľadňujúc pri tom svoju lokálnu situáciu a možnosti. Je potrebné v členských krajinách nastoliť účinné opatrenia a politiky tak, aby ich v danom časovom horizonte bolo možné dosiahnuť.

V roku 2019 bol v SR schválený Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 – 2030 (NECP), (MH SR, 2019). Tento predstavuje plán na dosiahnutie dovtedy platných cieľov v oblasti energetickej efektívnosti, obnoviteľných zdrojov energie (OZE) a zmeny klímy do roku 2030. NECP vychádzal pri plánovaní z Nízkouhlíkovej stratégie rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NÚS SR), (MŽP SR, 2020). V priebehu roku 2023 bola zverejnená aktualizácia NECP, ktorá reflektovala na najnovšie legislatívne zmeny v rámci EÚ a obsahuje aktualizované ciele pre dekarbonizáciu a emisie skleníkových plynov. V aktualizovanej verzii bol kladený zvýšený dôraz na energetickú efektívnosť, na energetickú bezpečnosť, integráciu energetických trhov a na technologickú inováciu a konkurencieschopnosť. V aktualizovanom dokumente je uvedený i ambicióznejší cieľ zníženia emisií skleníkových plynov pre sektory mimo systému ETS na Slovensku (zvýšený na 22,7 %) a reflektuje príspevok členských štátov v nariadení o spoločnom úsilí (EST, 2023) a cieľ podielu OZE v konečnej spotrebe energie sa v aktualizácii zvýšil z 19,2 % na 23 %.

Európska komisia (EK) vyhodnotila pozitívne predbežný pokrok v oblasti vnútorného energetického trhu, prístup v inováciách a energetickej bezpečnosti. EK zároveň vyjadrila potrebu podrobnejších opatrení a ambicióznejších aktivít v oblasti zvyšovania energetickej efektívnosti verejných budov, energetickej chudoby, zachytávania uhlíka, obnoviteľnej energie a adaptácie na zmenu klímy. Rovnako zdôraznila dôležitosť robustnejších stratégií, jasných časových rámcov a podrobných opatrení pre dosiahnutie cieľov v oblasti klímy a energie do roku 2030.

Cieľ správy

Táto správa nadväzuje na správu s rovnakou témou, publikovanú v júni 2022 pod názvom „Uhlíkovo neutrálne Slovensko do roku 2050, Analýza scenárov vývoja emisií skleníkových plynov v Slovenskej republike“. Vzhľadom na časový odstup boli aktualizované historické dáta i projekcie v súlade s novými legislatívnymi požiadavkami a vývojom v mnohých oblastiach. Aktualizáciou modelu a dát, prezentáciou iných scenárov a návrhov opatrení chceme prispieť k širšiemu poznaniu a pochopeniu previazanosti jednotlivých častí ekonomiky a aj aktivít jednotlivcov a ich vplyv na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.

Cieľom tejto správy je preto znovu poskytnúť odbornej a laickej verejnosti informácie o možnostiach vývoja slovenskej ekonomiky a jej jednotlivých sektorov za predpokladu, že emisie skleníkových plynov v SR budú v roku 2050 vyrovnané. Tým môže správa a (voľne dostupný) model, na základe ktorého bola vytvorená, prispieť k informovanému formovaniu opatrení a politik v oblasti energetickej efektívnosti, obnoviteľných zdrojov energie a zmeny klímy.

Rovnako ako prvá verzia správy z júna 2022, aj táto správa bola financovaná zo zdrojov Európskej klimateckej nadácie (European Climate Foundation - ECF). Správa sumarizuje výsledky modelovania možnosti dosiahnutia uhlíkovej neutrality pre SR z modelu „2050 Pathways Explorer“, na ktorom spolupracovala Slovenská akadémia vied (SAV) spolu s organizáciou Climact.

Správa ani model nemajú za cieľ nahrádzať a ani iným spôsobom konkurovať príprave scenárov a stratégií na národnej úrovni. Naopak, môže byť komplementárnym nástrojom na zlepšovanie existujúceho poznania. Najmä tým, že je model voľne dostupný, bude mať odborná aj laická verejnosť prístup k online nástroju, pomocou ktorého je možné pripraviť nové scenáre energeticko-emisného vývoja slovenskej ekonomiky.

Použitý model

„2050 Pathways Explorer“ je komplexným modelom systému energetických tokov v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva (budovy, priemysel, doprava, energetický sektor, poľnohospodárstvo a lesníctvo). Pokrýva nielen premenu a spotrebu energie a s nimi súvisiace emisie skleníkových plynov, ale aj záchyty skleníkových plynov. Model pripravila organizácia Climact, pričom jeho príprava bola inšpirovaná na základe modelu EUCalc, GlobalCalc a iných výpočtových modelov (LIFE Plan Up, 2021). Model zahŕňa deväť krajín EÚ (stav v januári 2024) a neustále sa rozširuje. Nástroje, ako je tento model, dávajú možnosť preskúmať veľké rozmedzie možnosti pre mitigáciu, a pritom testovať širokú škálu potenciálnych opatrení, a to tak technologických, ako aj behaviorálnych (LIFE Plan Up, 2021).

2. Scenárová analýza

V správe publikovanej v júni 2022 pod názvom „Uhlíkovo neutrálne Slovensko do roku 2050, Analýza scenárov vývoja emisií skleníkových plynov v Slovenskej republike“ boli komparatívnou metódou analyzované tri scenáre možného vývoja do roku 2050. Tie boli modelované v „2050 Pathways Explorer“, ktorý je naďalej voľne dostupný na online platforme.¹

- **WEM approx** – scenár zrkadliaci model WEM (With Existing Measures – referenčný scenár), t.j. scenár s existujúcimi opatreniami, ktorý bol použitý v Integrovanom národnom klimatickom a energetickom pláne SR na roky 2021-2030 (INKEP, MH SR 2019) a v Nízkouhlíkovej stratégii rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NUS SR, MŽP SR 2020).
- **WAM approx** - scenár zrkadliaci model WAM (With Additional Measures), t.j. scenár s ďalšími opatreniami použitý v NECP (MH SR 2023).
- **Zero Emission scenario (ZEM)** – bezuhlíkový scenár Slovenska vytvorený v rámci tohto projektu, ktorý zahŕňa opatrenia pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.

Scenár Zero Emissions 2022

Scenárová analýza v roku 2022 poukázala na to, že dovtedy existujúce a plánované opatrenia v rámci strategických dokumentov SR v oblasti zmeny klímy a energetiky (NUS SR, NECP) nie sú dostatočné pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality v SR do roku 2050. Z výsledkov porovnania vyplynula potreba doplniť dodatočné opatrenia, resp. obmeniť existujúcich opatrení tak, aby bolo cieľ uhlíkovej neutrality do roku 2050 možné dosiahnuť.

Scenár ZEM vytvorený v modeli „2050 Pathways Explorer“ bol nastavený tak, aby sa v SR do roku 2050 dosiahla uhlíková neutralita. Model zviditeľnil potrebné úsilie vo všetkých sektoroch národného hospodárstva. Najdôležitejšie opatrenia zahrnuté v scenári ZEM boli:

- V sektore budov – zabezpečiť vysokú mieru novej výstavby a obnovy budov na úroveň NZEB, ZEB, resp. na úroveň štandardu pasívneho domu; zvýšiť tempo obnovy na udržateľnú úroveň pri zabezpečení kvality obnovy; zabezpečiť posun od fosílnych palív k OZE a elektrifikácii vykurovania a udržať dodávky tepla z CZT tam, kde je to efektívne.
- V sektore dopravy zvýšiť podiel bezemisných vozidiel s vysokou energetickou efektívnosťou, v osobnej doprave zvýšiť využívanie hromadnej dopravy a v mestskom prostredí výrazne podporiť pešiu alebo cyklistickú dopravu.
- V sektore energetiky zvýšiť kapacitu výroby elektrickej energie z OZE a zachytávanie uhlíka vzniknutého spaľovaním plynu.

¹ Model „2050 Pathways Explorer“ je voľne dostupný na stránke: <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

- V sektore priemyslu zlepšiť materiálovú a energetickú efektívnosť, najmä v energeticky náročných odvetviach priemyslu, implementovať princípy obehového hospodárstva a výrazne zvýšiť zachytávanie a ukladanie uhlíka.
- V sektore poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a iného využitia pôdy (AFOLU) znížiť plytvanie potravinami, najmä mäsom, znížiť degradáciu lesov a znížiť využívanie umelých hnojív.

Slovensko by mohlo, podľa scenára ZEM, do roku 2050 znížiť emisie skleníkových plynov na úroveň -0,58 Mt CO₂e. Dosiahnutie zápornej bilancie by sa podarilo vďaka vysokým záchytom uhlíka prostredníctvom prirodzených záchyto v lesníctve a pri využití pôdy, ale aj vďaka zachytávaniu, sekvestracii a skladovaniu uhlíka (CCUS).

Rovnako ako v predchádzajúcej správe, i podkladom tejto správy sú výstupy z aktualizovaného modelu „2050 Pathways Explorer“. Možno ho pokladať za komplementárny k modelu Compact Primes Model (CPM), ktorý bol základom pre prípravu scenárov v NUS SR (MŽP SR, 2020) a NECP (MH SR, 2019).

Model „2050 Pathways Explorer“ umožňuje vytvoriť vízie nízkouhlíkovej budúcnosti krajiny (scenáre) a prostredníctvom „pák“ otestovať plánované strategické opatrenia, a tak modelovať trajektórie vývoja skleníkových plynov v SR do roku 2050 v sektoroch: budovy, doprava, priemysel, energetický sektor, poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy.

Okrem aktualizácie historických dát a projekcií vplyvom legislatívnych, technologických zmien a inovácií, bol inovovaný i model „2050 Pathways Explorer“. Najvýraznejšie zmeny sa týkajú:

- Sektor budov – aktualizácia fondu budov, spresnenie členenia podľa energetických tried budov, zohľadnenie demolácií budov,
- Sektor dopravy – zistenia zo štúdie SEVA, (SEVA, 2023)
- Sektor energetiky – zistenia zo štúdie SAPI (SAPI, 2022)
- Sektor poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a iného využitia pôdy (AFOLU) – zohľadnenie reálneho stavu lesov v súčasnosti a budúcnosti.

Počas roka 2023 boli aktualizované historické dáta i projekcie v súlade s novými legislatívnymi požiadavkami a vývojom v mnohých oblastiach. Od januára 2024 je v online nástroji „2050 Pathways Explorer“ pripravených niekoľko nových scenárov:

- **ZEM 2024** - scenár, ktorý kombinuje environmentálne uvedomelé správanie sa obyvateľstva a vládou stanovené opatrenia a politiky, ktoré majú za cieľ minimalizovať emisie skleníkových plynov. Aplikáciou navrhovaných opatrení sa do roku 2050 môže v slovenskej ekonomike dosiahnuť uhlíková neutralita.
- **EST Behaviour** – Scenár tzv. Behaviour-driven scenár, zobrazujúci trajektóriu k uhlíkovej neutralite iba následkom uvedomelých aktivít občanov na základe potenciálneho budúceho klimaticky zodpovedného správania sa.

- **EST Policy** – Scenár tzv. Policy-driven scenár, ilustrujúci možný potenciálny vývoj emisií uhlíka a ich pokles k uhlíkovej neutralite následkom dodržiavania vládou stanovených opatrení a politík.
- **Ambitious Scenario (AS)** – scenár nastavený na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2040.

Upozornenie

Model „2050 Pathways Explorer“ je živým modelom, ktorý sa ďalej vyvíja. Výsledky a grafy uvádzané v tejto štúdii zodpovedajú stavu modelu k 22. januáru 2024. Z tohto dôvodu nemusia dokonale zodpovedať výsledkom analýz prostredníctvom online nástroja dostupného na webovej stránke <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

Všetky inak neoznačené grafy v tomto dokumente pochádzajú z online nástroja „2050 Pathways Explorer“.

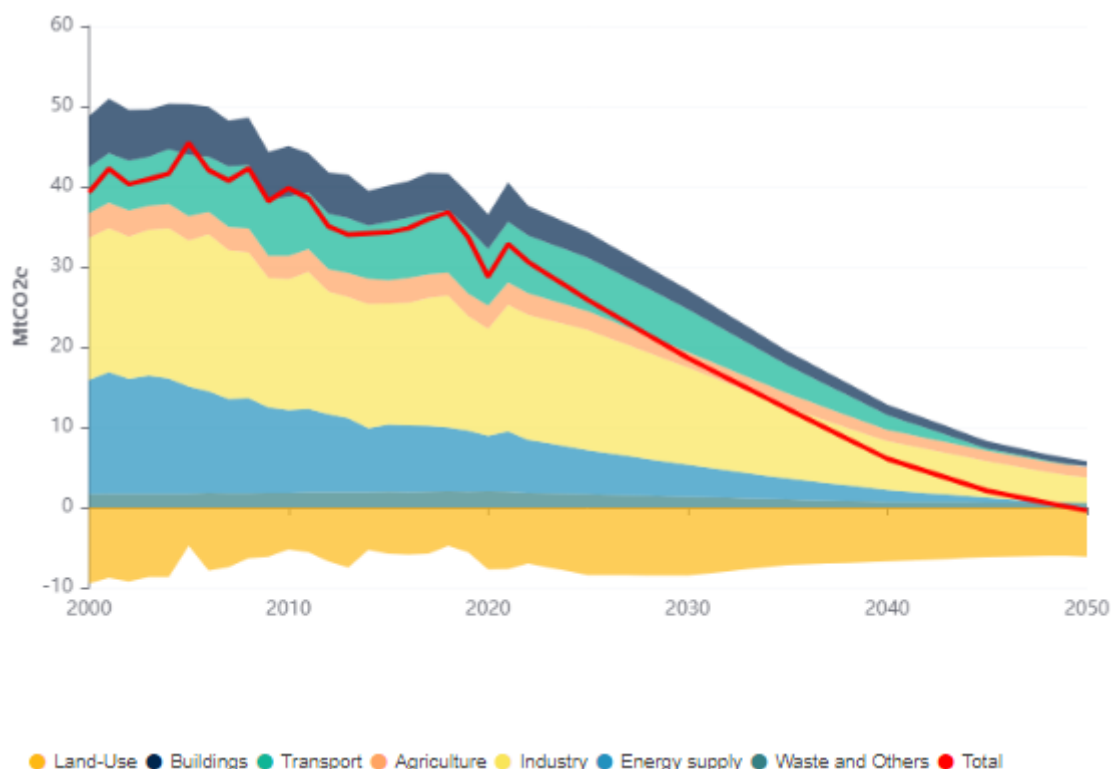
3. Cesta k uhlíkovej neutralite

Je niekoľko spôsobov, ako je možné do roku 2050 dosiahnuť uhlíkovú neutralitu a zároveň naplniť aj naše iné záväzky. V nasledujúcom texte predkladáme jedno z možných nastavení smerovania slovenskej ekonomiky k uhlíkovej neutralite, ktoré však musí byť podporené účinnými politikami, zmenou správania a prístupu všetkých zainteresovaných strán: vlády, obyvateľov i podnikov.

Celkové emisie slovenského hospodárstva (Scenár ZEM 2024)

Vďaka vhodnej a ambicióznjej kombinácii politík, opatrení, ale i správania spotrebiteľov, môže slovenské hospodárstvo dosiahnuť nízko-uhlíkovú transformáciu do roku 2050. Pri podstatnej zmene správania sa obyvateľstva a splnení podmienok zvyšovania podielu obnoviteľných zdrojov energie (OZE), energetickej efektívnosti, transformácie priemyslu a poľnohospodárstva a prechodu na udržateľnú dopravu by mohli emisie skleníkových plynov poklesnúť do roku 2050 na úroveň -0,42 MtCO₂e.

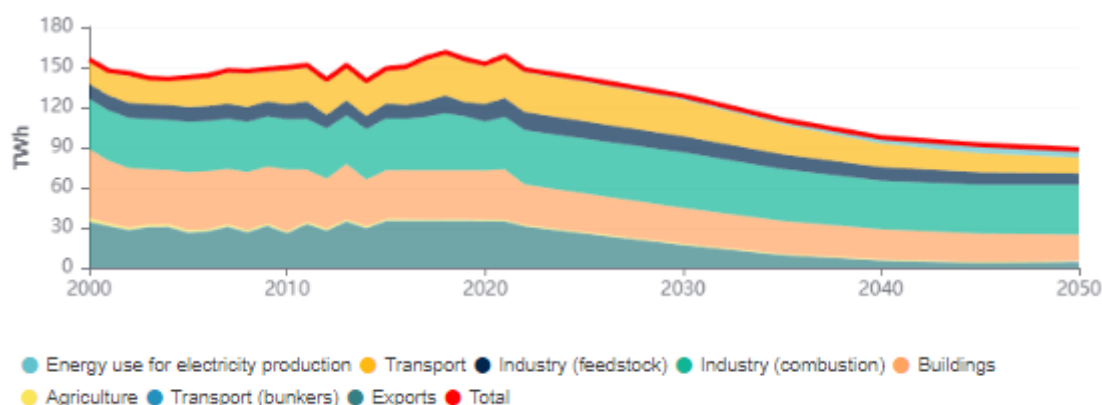
Obrázok 1: Vývoj celkových emisií skleníkových plynov a záchytov uhlíka (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Land-Use – Pôdohospodárstvo, Buildings – Budovy, Transport – Doprava, Agriculture – Poľnohospodárstvo, Industry – Priemysel, Energy supply – Dodávka energie, Waste and Others – Odpad a iné, Total – Spolu

V tomto scenári by konečná energetická spotreba poklesla do roku 2050 na 88,44 TWh, čo predstavuje 38 % zníženie oproti roku 2005 a 44 % zníženie oproti roku 2021. Najväčším podielom k nárastu konečnej spotreby energie môže prispieť kategória potreby primárnej energie pre výrobu elektrickej energie – nárast o 220 % oproti roku 2005. Výrazný nárast energetickej spotreby nebude sprevádzaný nárastom emisií skleníkových plynov. Dôvodom je efektívnejší a nízko uhlíkový mix energetických zdrojov vďaka vyššiemu podielu OZE, investíciám do flexibility siete, prechodu na jadrové palivo a uskladňovania energie. Ostatné sektory, vrátane priemyslu, poľnohospodárstva a sektoru budov budú vykazovať pokles spotrebovanej energie. Aj v sektore dopravy dôjde k zníženiu spotreby energie, najmä tej, ktorá pochádza z fosílnych palív.

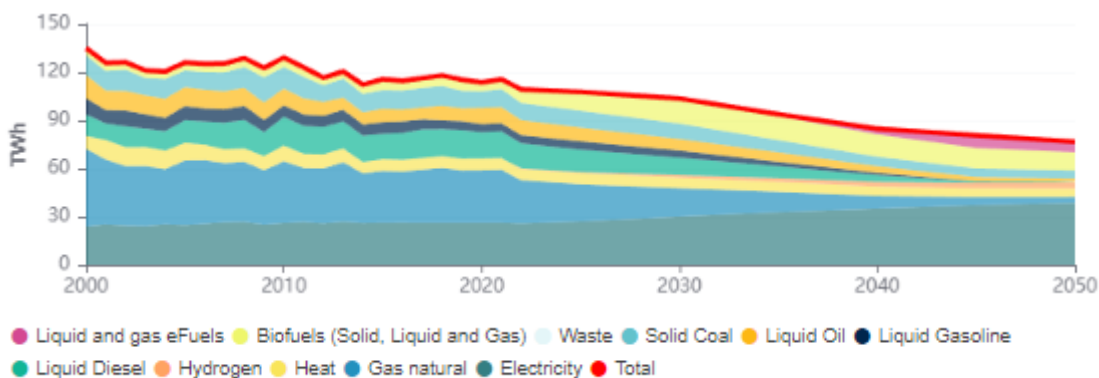
Obrázok 2: Vývoj konečnej spotreby energie v jednotlivých sektoroch (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Energy use for electricity production - Primárna energia pre výrobu elektrickej energie, Transport – Doprava, Industry (feedstock) - Priemysel (medziprodukt), Industry (combustion) – Priemysel (spaľovanie), Buildings – Budovy, Agriculture - Poľnohospodárstvo, Transport (bunkers) – Doprava (Tankery), Exports – Vývoz, Total – Spolu

Najvýznamnejším energetickým nosičom v roku 2050 bude elektrická energia s 50 % podielom v zdrojov mixe SR. Rastúci, i keď stále slabý podiel budú mať vodík, biopalivá a syntetické palivá. Naopak, zníži sa podiel fosílnych palív ako napr. zemného plynu, pohonných hmôt i uhlia.

Obrázok 3: Vývoj konečnej spotreby energie podľa energetického nosiča

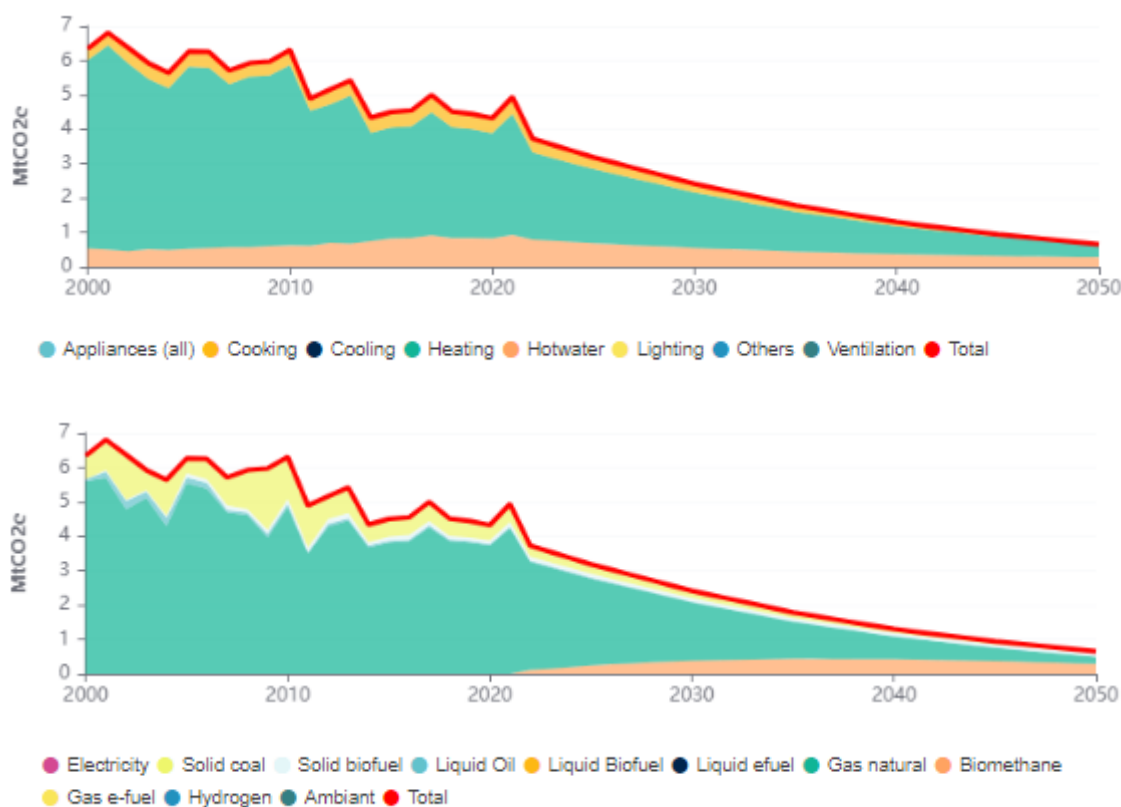


Pozn.: Liquid and gas eFuels – Tekuté a plyné syntetické palivá, Biofuels (Solid, Liquid and Gas) – Biopalivá (tuhé, tekuté i plyné), Waste - Odpad, Solid Coal (Uhlie), Liquid Oil – ropa, Liquid Gasoline – Benzín, Liquid Diesel – Diesel, Hydrogen – Vodík, Heat – Teplo, Gas natural – Zemný plyn, Electricity – Elektrická energia, Total - Spolu

Sektor Budovy

Emisie v sektore budov by mali do roku 2050 klesnúť na 0,65 MtCO₂e. Najväčší podiel emisií v sektore budov pochádza z vykurovania a výroby teplej úžitkovej vody. Zateplením a rekonštrukciou budov, ako obytných, tak administratívnych, sa znížia nároky na vykurovanie o inú potrebu energie. Vykurovanie prostredníctvom CZT sa môže stať efektívnejším vďaka prechodu na účinné systémy centrálného zásobovania teplom s vysokým podielom výroby tepla z OZE v súlade s legislatívou EU, najmä smernicou o využívaní OZE (tzv. RED II). Odklonom od využívania zemného plynu a pevných fosílnych palív ako vykurovacích médií v individuálnych zdrojoch tepla, menších kotolniciach a v rodinných domoch, môžu emisie v sektore budov klesnúť takmer k nule.

Obrázok 4: Emisie skleníkových plynov podľa konečnej spotreby a podľa energetického nosiča v sektore budov (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Podľa miesta spotreby: Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – individuálne vykurovanie a teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Others – ostatné, Ventilation – vetranie, Total – spolu

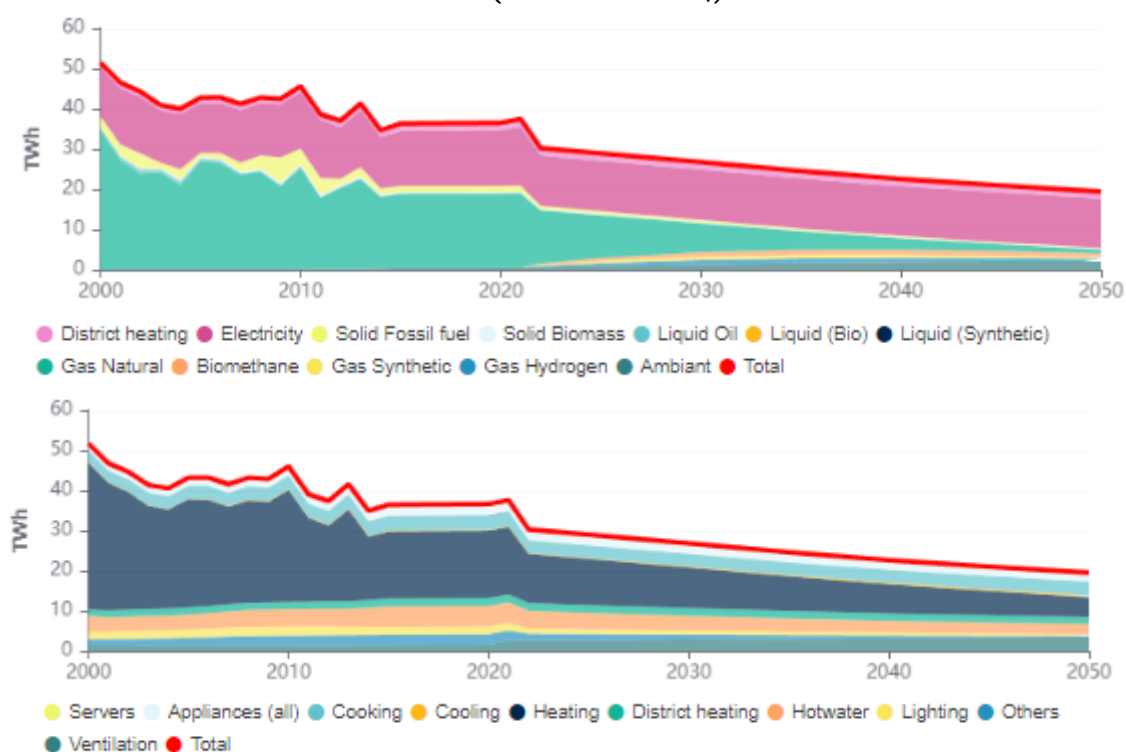
Podľa energonosiča: Electricity – elektrina, Solid coal – uhlie, Solid biofuel – tuhé biopalivá, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid Biofuel – kvapalné biopalivá, Liquid efuel – syntetické kvapalné palivá, Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas e-fuel – syntetický plyn, Hydrogen – vodík, Ambient – teplo dodané z prostredia, District heating – CZT, Total – spolu

Energetická potreba do roku 2050 klesne na úroveň 19,5 TWh, čo predstavuje pokles o 55 % oproti roku 2005 a pokles o 48 % oproti roku 2021. Výrazný pokles v dopyte po energii bude pri vykurovaní – o 82 % a príprave horúcej vody - pokles o 30 % v porovnaní s rokom 2005.

Medzi najvýznamnejšie zmeny do roku 2050 (oproti situácii v roku 2021) zaraďujeme:

- 95 % pokles využívania zemného plynu mimo CZT v porovnaní s rokom 2021, ktorý možno pripísať zvýšenému využívaniu obnoviteľných zdrojov energie a zlepšeniu energetickej účinnosti. Očakávame, že v súlade s globálnymi snahami o zníženie emisií skleníkových plynov a dosiahnutie cieľov Parížskej dohody dopyt po zemnom plyne ako menej emisnom, ale stále fosílnom zdroji energie, poklesne. Tento trend podporí aj technologický pokrok v oblasti obnoviteľných zdrojov a zvýšený dopyt po zelených technológiách.
- 70 % pokles energie potrebnej na vykurovanie oproti roku 2021, ktorý možno pripísať rekonštrukciám, zatepleniu a zlepšeniu izolácie budov, a rovnako aj dobudovaniu efektívnejších vykurovacích systémov. K zvýšenej energetickej účinnosti vykurovacích zariadení prispeje i vývoj nových materiálov a technológií, ako sú inteligentné termostaty a tepelné čerpadlá. Okrem toho sa zvýši podiel obnoviteľných zdrojov energie na vykurovaní.
- 50 % pokles energie potrebnej na prípravu teplej vody, čo súvisí s technológiou prípravy teplej vody a rozšíreným využitím zariadení ako sú energeticky účinné ohrievače vody a solárne ohrievače vody. Lepšie izolované potrubné systémy a zvýšené povedomie o možnostiach energetických úspor môžu prispieť k zníženiu spotreby energie na prípravu teplej vody.

Obrázok 5: Vývoj spotreby energie podľa energetického nosiča a miesta spotreby v sektore budov (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Podľa energonosiča: District heating - teplo dodané zo systému CZT, Electricity – elektrina, Solid Fossil Fuels – Pevné fosílné palivá, Solid Biomass – Pevná biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné biopalivá, Liquid (Synthetic) – syntetické kvapalné palivá, Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – Plyný vodík, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Pozn.: Podľa miesta spotreby: Servers – servery, Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – individuálne vykurovanie, District heating - teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Others – ostatné, Ventilation – vetranie, Total – spolu

- 80 % zníženie využívania pevných fosílnych palív, následkom kombinácie faktorov, vrátane zvýšeného využívania obnoviteľných zdrojov energie, masovejšieho rozšírenia technológií na ukladanie energie, pokroku v oblasti elektromobility a investíciami do zelenej infraštruktúry a inovácií.

V našom scenári modelujeme implementáciu nasledovných opatrení v sektore budov, o ktorých predpokladáme, že prispejú k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality v roku 2050:

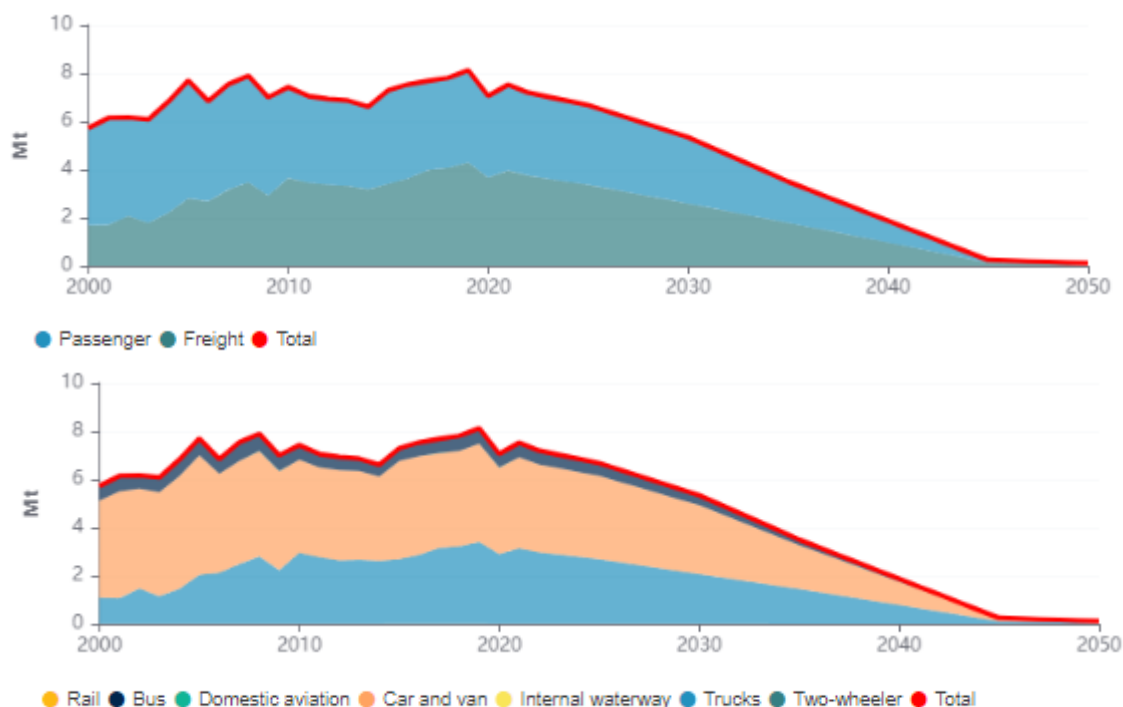
- domácnosti (obyvatelia) budú uprednostňovať kúpu spotrebičov, ktoré sú vysoko energeticky efektívne a zároveň budú nakupovať iba spotrebiče, ktoré potrebujú. Tento krok pomôže udržať množstvo elektrospotrebičov v domácnostiach na stabilnej úrovni napriek očakávanému nárastu nákup niektorých iných elektrospotrebičov – napr. nárast pri počítačoch o 22 % medzi rokmi 2021 a 2050),
- postupné nahradenie plynových sporákov na varenie elektrickými, pričom v roku 2050 nebudú už vplyvom elektrifikácie varenia domácnosti využívať žiadne plynové spotrebiče,
- udržiavanie súčasnej úrovne denného využívania elektrospotrebičov, ako sú televízory, práčky, sušičky a umývačky riadu, napomôže kontrole celkovej spotreby energie v domácnostiach – denné využívanie do roku 2050 sa nezvýši oproti porovnávajúcemu roku (rok 2021),
- predpokladáme rozhodnutie ľudí hospodárne sa správať pri výbere obydlí a nezväčšovať výmeru svojich príbytkov (pri zmene bývania), ak to nie je potrebné kvôli zvýšenému počtu členov domácnosti,
- udržiavanie stabilnej teploty vo vykurovaných alebo chladených priestoroch pomáha zabrániť zbytočnému energetickému plytvaniu. Teplota vykurovania/chladenia v bytových priestoroch sa nezmení,
- zníženie energetickej potreby pre prípravu teplej úžitkovej vody v obytných priestoroch o 12 % do roku 2050 v porovnaní s rokom 2021 v domácnostiach vďaka využívaniu obnoviteľných zdrojov energie, efektívnejšiemu využívaniu TUV a používaniu energetickejšieho zariadení na jej prípravu,
- zníženie energetickej potreby pre prípravu teplej úžitkovej vody v nebytových priestoroch o 60 - 90 % do roku 2050 v porovnaní s rokom 2021 (pokles spotreby TUV v školách o 65 %, a o 91 % v súkromných kancelárskych priestoroch),
- iba 30 % domácností a najviac 60 % nebytových priestorov bude v roku 2050 využívať klimatizáciu. Ostatné priestory pre zabezpečenie optimálnej vnútornej teploty využijú alternatívne metódy chladenia, napr. vonkajšiu tieniacu techniku,
- energeticky a environmentálne zodpovedné správanie obyvateľov budov v letnom aj zimnom období – rozumné vetranie, vykurovanie a využívanie prirodzeného chladenia znižuje potrebu klimatizácie a energetickú záťaž,
- elektrifikácia vykurovania domácností aj firiem – do roku 2050 bude 40 % bytových a nebytových priestorov využívať tepelné čerpadlá na vykurovanie priestorov ,
- zvyšovanie energetickej efektívnosti budov – povinná renovácia budov s nízkou energetickou triedou (normy pre energetickú efektívnosť a podpora pre chudobné domácnosti a pre verejné budovy),
- zvyšovanie energetickej efektívnosti zariadení (normy o energetickej efektívnosti a podpora pre chudobné domácnosti),
- eliminácia budov s najnižšou energetickou efektívnosťou renováciou alebo demoláciou ,

- podpora centralizovaného zásobovania teplom (CZT) – zvýšenie podielu domácností aj nerezidentských priestorov pripojených na CZT o 7 % (bytové priestory), 3 % (nebytové priestory) pre efektívnejšie využívanie systémov výroby tepla²,
- dotačná a informačná podpora elektrifikácie vykurovania a ohrevu teplej vody,
- dotačná podpora solárnych panelov, najmä pre chudobnejšie domácnosti, alebo daňové úľavy na inštaláciu solárnych panelov pre podniky.

Sektor Doprava

Emisie v sektore dopravy by mali do roku 2050 klesnúť na 0,11 MtCO₂e. Hlavným dôvodom je väčšie využívanie aktívnej dopravy, hromadnej prepravy a prechod na bezemisnú dopravu s alternatívnym pohonom (elektrická, biopalivá a syntetické palivá).

Obrázok 6: Vývoj emisií skleníkových plynov v sektore dopravy podľa druhu a módu dopravy (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Passenger – osobná doprava, Freight – nákladná doprava, Total – Spolu, Internal waterway – domáca lodná doprava, Trucks – nákladné automobily a kamióny, Rail – železničná doprava, Bus – autobus, Car and van – automobil a ľahké úžitkové vozidlo

BOX: Dekarbonizácia v cestnej doprave naberá rýchlosť

Prechod od fosílnych palív k alternatívnym nízko alebo bez-uhlíkovým palivám, ako je elektrická energia alebo vodík, je kľúčovou časťou európskej stratégie pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality v doprave do roku 2050. EÚ prijala viaceré legislatívne opatrenia a iniciatívy na podporu tohto

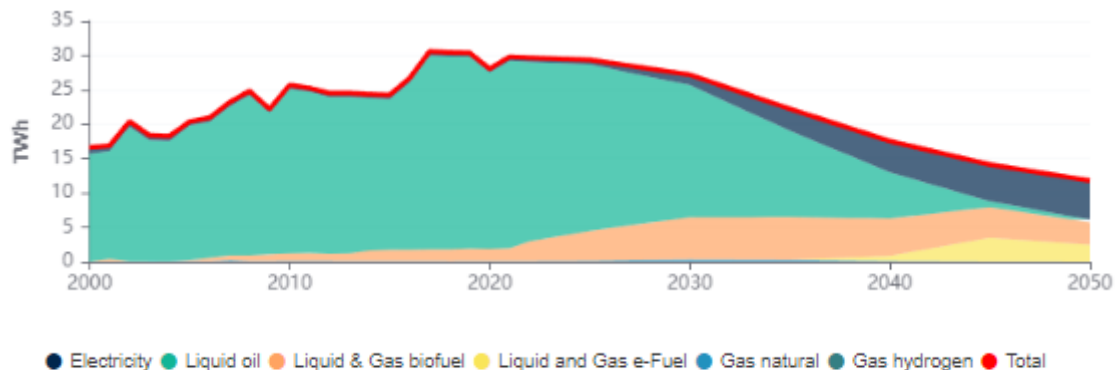
² Napr. Zákomom o podiele OZE v energetickom mixe CZT

prechodu. Balík Fit for 55 je súčasťou Európskej zelenej dohody a jeho cieľom je znížiť emisie skleníkových plynov o 55 % do roku 2030 v porovnaní s úrovňami z roku 1990. Jednou z rozhodujúcich iniciatív v rámci tohto balíka je návrh na ukončenie predaja nových osobných a ľahkých úžitkových vozidiel so spaľovacími motormi v EÚ do roku 2035 (s výnimkou pre syntetické palivá). Nariadenie o infraštruktúre alternatívnych palív (AFIR) podporuje budovanie infraštruktúry pre alternatívne palivá po celej Európe (vrátane elektrických nabíjačiek a vodíkových tankovacích staníc).

Z technologického hľadiska inovácie v oblasti motorov, batérií a palivových článkov sľubujú výrazné zlepšenie energetickej účinnosti a zníženie nákladov. Rovnako je dôležitá dostupnosť infraštruktúry pre nabíjanie a tankovanie, ako aj cenová dostupnosť samotných ekologických vozidiel. Zmena životného štýlu, vrátane zvýšeného využívania verejnej dopravy, zdieľanej mobility a cyklistiky, je tiež nevyhnutná pre dosiahnutie nulových emisií v sektore dopravy do roku 2050. Dôsledné vykonávanie opatrení na podporu týchto zmien môže viesť k výraznému zníženiu emisií skleníkových plynov v doprave.

Energetická potreba klesne v tomto sektore na 11,8 TWh. Pričom 48 % energetickej potreby bude zabezpečovať elektrina, 28 % biopalivá.

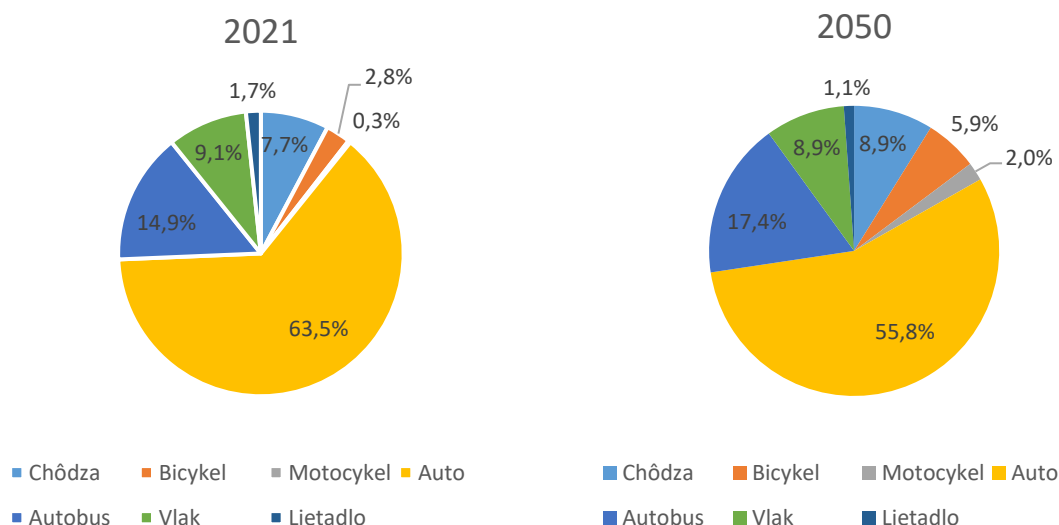
Obrázok 7: Posun spotreby energie v doprave k ekologickým palivám (Scenár ZEM 2024)



Pozn: Electricity – elektrická energia, Liquid oil – pohonné hmoty na báze fosílnych palív (benzín a nafta), Liquid & Gas Biofuel – tekuté a plynné biopalivá, Liquid and Gas e-Fuel – tekuté a plynné alternatívne palivo, Gas natural – zemný plyn, Gas hydrogen – plynný vodík, Total – Spolu

Tento scenár predpokladá, že ľudia budú z dostupných dopravných prostriedkov naďalej najviac využívať auto (56 %) aj v roku 2050. Významný podiel bude zastávať v roku 2050 i autobusová doprava (17 %), pričom preprava autobusmi v prepočte na osobokilometre výrazne narastie, o 32 % v porovnaní s rokom 2021.

Obrázok 8: Pokles podielu individuálnej automobilovej dopravy (Scenár ZEM 2024)



Politiky, ktoré podporujú prechod k bezemisnej preprave, zahŕňajú elektrifikáciu dopravného sektora, stimulovanú politikami na úrovni EÚ. Ďalšie opatrenia sa zameriavajú na zlepšenie energetickej účinnosti, implementáciu noriem CO₂ pre osobné a ľahké úžitkové vozidlá, normy účinnosti pre nákladné vozidlá a zvýšené používanie biopalív.

Modelované opatrenia v sektore dopravy, ktoré predpokladáme, že prispesú k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality v roku 2050:

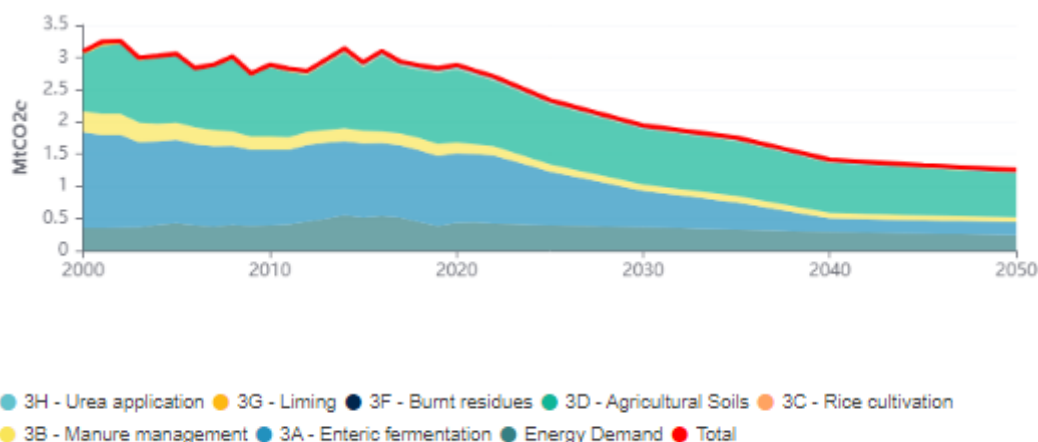
- ľudia zvýšia svoju aktívnu prepravu – bicyklom, pešo, kolobežkou o 5 percentuálnych bodov do roku 2050 (v porovnaní s rokom 2021),
- v mimomestskej doprave sa zníži využívanie osobných automobilov o 6 percentuálnych bodov, čím sa znížia aj emisie prachových častíc a množstvo áut na cestách,
- v mimomestskej doprave predpokladáme zvýšenie využívania hromadnej dopravy – autobusov o 3 percentuálne body
- v mestskej doprave predpokladáme pokles využívania osobnej automobilovej prepravy o 9 percentuálnych bodov, čo prispeje k zlepšeniu kvality ovzdušia v urbanizovaných zónach a prispeje k zníženiu počtu úmrtí následkom emisií,
- v rámci mesta predpokladáme nárast využívania bicyklovej dopravy o 5 %,
- v mestskej doprave nárast využívania hromadnej dopravy o 5 percentuálnych bodov,
- zvýšenie obsadenosti vozidiel minimálne dvomi osobami a efektívnejšie využívanie osobnej automobilovej prepravy ,
- podpora zdieľania osobných automobilov zníži potrebu vlastníctva automobilu a poklesne dopyt po parkovaní najmä v mestských, hustejšie zaľudnených oblastiach,
- predpokladáme v roku 2030 nákup minimálne 25 % bezemisných (ZEV) vozidiel a 25 % nízkoemisných (LEV), s cieľom dosiahnuť od roku 2040 100 % bezemisných vozidiel,
- zvýšenie poplatkov za parkovanie v mestách, obmedzenia pre vjazd do miest (napr. pre vysokoemisné autá),
- podpora hromadnej dopravy – rozšírenie autobusovej a vlakovej dopravy,
- budovanie cyklociest a chodníkov pre peších určených pre mestskú a prímestskú prepravu,

- sprísňovanie emisných limitov pre nové automobily – v súlade s postupným ukončením predaja nových áut a dodávok so spaľovacím motorom do roku 2035 v rámci balíka EÚ „Fit for 55“. Cieľom legislatívy je 55 % zníženie emisií CO₂ pre nové autá a 50 % pre nové dodávky do roku 2030 v porovnaní s úrovňami v roku 2021 a 100 % zníženie emisií CO₂ do roku 2035, avšak výnimku získali syntetické palivá pre vozidlá so spaľovacím motorom,
- zvýšenie predaja nových nákladných vozidiel (finančná podpora alebo úľava na dani, poplatkoch zo strany štátu). V roku 2030 budú ZEV(HDV) tvoriť 17 % nových predaných nákladných vozidiel, 10 % budú tvoriť ZEV (LDV), pri LEV nárast na 15 % (HDV aj LDV),
- využívanie biopalív a syntetických palív: 50 % podiel v roku 2050.

Sektor Poľnohospodárstvo, lesného hospodárstvo a iné využitie pôdy

Pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality je potrebné pristúpiť k zmenám správania obyvateľstva ale aj poľnohospodárov a lesníkov v mnohých oblastiach. Medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC) zdôraznil význam sektora AFOLU vo svojej Osobitnej správe o zmene klímy a pôde. Podľa IPCC predstavuje využívanie pôdy vrátane lesníctva a poľnohospodárstva približne 23 % celkových čistých antropogénnych emisií skleníkových plynov. Navrhovanými opatreniami by na Slovensku emisie zo sektora poľnohospodárstva mohli klesnúť na úroveň 1,25 MtCO₂e.

Obrázok 9: Vývoj emisií v sektore poľnohospodárstvo (Scenár ZEM 2024)



Pozn: Urea application – Hnojenie močovinou, Liming – vápnenie, Burnt residues – Popolčky, Agriculture Soils – poľnohospodárske pôdy, Rice cultivation – pestovanie ryže, Manure management- Využívanie hnoja, Enteric fermentation – enterická fermentácia, Energy Demand – potreba energie, Total - spolu

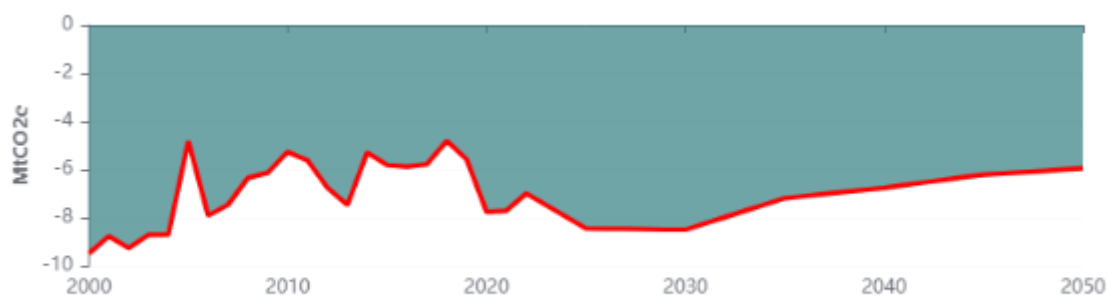
Zachytávanie uhlíka v sektore poľnohospodárstva, lesníctva a iného využívania pôdy (AFOLU) je kritickým prvkom v boji proti zmene klímy. Tento sektor má jedinečný potenciál pre sekvestráciu uhlíka, čo je proces zachytávania a skladovania atmosférického oxidu uhličitého. Medzi aktivity, ktoré sekvestráciu uhlíka v AFOLU podporujú, patria napríklad zalesňovanie a obnova lesov, agrolesníctvo, sekvestrácia pôdneho uhlíka, obnova mokradí a rašelinísk, manažment trávnych porastov, biouhlie a energia z biomasy so zachytávaním a skladovaním uhlíka (tzv. Biomass Energy with Carbon Capture and Storage, BECCS). Dôležité je implementovať tieto stratégie spôsobom,

ktorý je environmentálne udržateľný a sociálne spravodlivý. Záchyt emisií z tohto sektora by mohol v roku 2050 dosiahnuť až 5,9 MtCO₂e.

BOX: Energia z biomasy so zachytávaním a skladovaním uhlíka (BECCS)

Poľnohospodársky odpad, ako sú zvyšky plodín, tak môže byť efektívne využitý na výrobu biomasy pre energetické účely. Využitie biomasy ako zdroja paliva s technológiou BECCS je proces, pri ktorom sa využíva biomasa na výrobu energie – buď elektriny, tepla alebo oboch – a pri tom sa zachytáva uhlík uvoľnený pri spaľovaní biomasy. Uhlík je následne transportovaný a uložený pod zemou v geologických formáciách, čím sa znižuje množstvo CO₂ v atmosfére. BECCS je považovaný za technológiu negatívnych emisií, pretože odstraňuje viac CO₂ z atmosféry, než sa uvoľní pri výrobe a používaní biomasy. Implementácia BECCS na Slovensku má však aj výzvy a to v podobe technologického rozvoja, regulačných a politických opatrení, a udržateľnosti. Technológie BECCS ešte nie sú v komerčnej prevádzke, a investície budú potrebné i do infraštruktúry potrebnej pre zachytávanie, transport a ukladanie CO₂. Je tiež potrebné vytvoriť priaznivé regulačné a politické prostredie, vrátane stimulov a dotácií pre poľnohospodárov a energetické spoločnosti, ktoré sa rozhodnú investovať do tejto technológie. A v konečnom dôsledku je potrebné zabezpečiť, aby využívanie biomasy nekonkurovalo potravinovej výrobe a bolo udržateľné z hľadiska biodiverzity a ochrany pôdy.

Obrázok 10: Vývoj emisií v sektore lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy (Scenár ZEM 2024)



Modelované opatrenia v sektore poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a iného využitia pôdy, ktoré podľa nášho scenára prispievajú k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality v roku 2050:

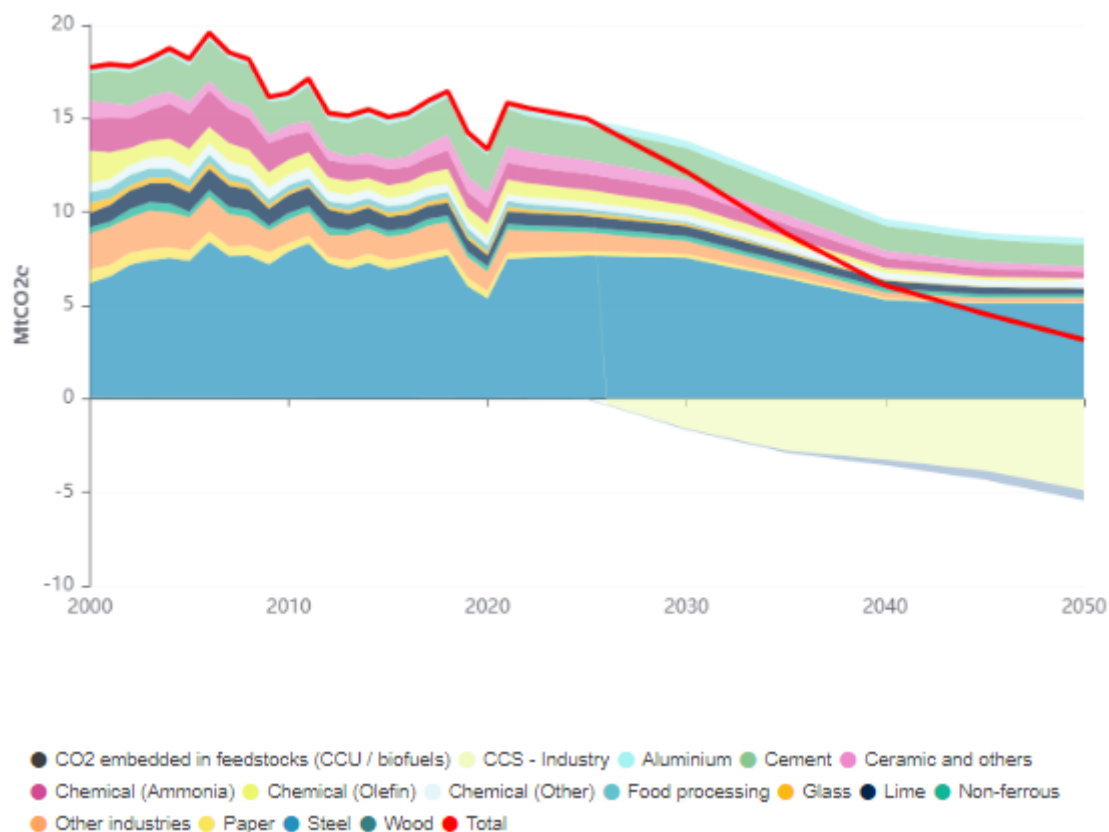
- cieľom je znížiť spotrebu mäsa na 75 % súčasnej kalorickej hodnoty, čo môže znížiť emisie spojené s chovom dobytky a výrobou mäsa,
- 30 % červeného mäsa, ktoré ľudia skonzumujú nahradiť bielym mäsom čím sa znížia emisie metánu a iných skleníkových plynov, keďže chov hydiny je menej emisne náročný než chov hovädzieho dobytky,

- 30 % mäsového proteínu nahradiť bielkovinami zo strukovín, ktoré majú nižšiu uhlíkovú stopu a sú udržateľnejšou alternatívou k mäsoým bielkovinám,
- znížiť potravinový odpad na 50 % súčasného odpadu, čo prispeje aj k výraznému zníženiu emisií spojených s výrobou, distribúciou a skladovaním potravín,
- zmeny v stravovaní – o 26 % znížiť spotrebu vajec, o 21 % škrobových potravín, čím sa zníži dopyt po intenzívnych poľnohospodárskych výrobkoch,
- chýbajúcu kalorickú hodnotu nahradiť zvýšenou spotrebou ovocia – nárast spotreby ovocia o 18 %,
- nerozširovať zastavanú plochu pevnými stavbami, pomáha chrániť poľnohospodársku pôdu a prírodné ekosystémy.
- menej intenzívne poľnohospodárstvo – 20 % pokles použitia pesticídov a hnojív v porovnaní s rokom 2021 do roku 2050,
- náhrada časti potravy pre zvieratá (3 %) alternatívnymi zdrojmi proteínov, ktoré nepochádzajú z úrody tradičných poľnohospodárskych produktov, ako riasy a hmyz,
- zvyšovaním energetickej účinnosti v poľnohospodárstve a prechod k biopalivám – zabezpečiť zvýšenie využívania biopalív v poľnohospodárstve na 25 %,
- využívanie bioenergie z úrody tradičných poľnohospodárskych produktov,
- zníženie subvencií a dotácií na produkciu červeného mäsa a obmedzenie jeho importu,
- podpora udržateľného managementu krajiny: striedanie plodín a organické farmárenie – zvýšenie využívania pastvín v chove dobytky,
- optimalizácia skladovania maštalného hnoja s dôrazom na elimináciu emisií metánu,
- zalesňovanie a vysádzanie stromov na minimálne 33 % uvoľnenej pôdy, udržanie vitálnych lesov obmedzením negatívnych dopadov zmeny klímy na lesy,
- v rámci udržateľného hospodárenia v lese podporovať opatrenia zamerané na zvyšovanie zachytov uhlíka,
- od tretieho stupňa ochrany prírody a vyššie uplatňovať prírode blízke hospodárenie, ktoré najmä v lesoch podporuje biodiverzitu a zachovávanie prirodzených ekosystémov,
- implementácia opatrení na výrazné zníženie podielu náhodných ťažieb v lesoch SR,
- zachovanie a zabezpečenie ochrany pralesov a prírodných lesov,
- zvyšovanie podielu výrobkov z dreva s dlhou dobou životnosti vrátane tých na stavebné účely,
- údržba a obnova trávnych porastov,
- ochrana a obnova rašelinísk a mokradí v povodiach. Tieto ekosystémy sú dôležité pre zachytávanie uhlíka a majú význam aj pre biodiverzitu a reguláciu vodného režimu.

Sektor Priemysel

Zavedením navrhovaných opatrení je možné znížiť emisie skleníkových plynov z priemyslu na 3,16 MtCO_{2e}, čo predstavuje 80 % pokles oproti roku 2021. Najväčší percentuálny pokles je možné dosiahnuť v potravinárstve, sklárskom, drevospracujúcom a papierenskom priemysle.

Obrázok 11: Vývoj emisií skleníkových plynov v priemysle (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: CO2 embeded in feedstocks (CCU / biofuels) – CO2 zachytené v medziproduktoch (CCU / biopalivá), CCS – Industry – Priemysel (zachytávanie a uskladnenie uhlíka), Aluminium – Výroba hliníka, Cement – Výroba cementu, Ceramic and others – Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Chemical (Ammonia) – Chemický priemysel (amoniak), Chemical (Olefin) – Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Other) – Chemický priemysel (iný), Food processing – Výroba a spracovanie potravín, Glass – Výroba skla, Lime – Výroba vápna a sadry, Non-ferrous – Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Other industries – Iné odvetvia priemyslu, Paper – Výroba papiera a papierových výrobkov, Steel – Výroba a spracovanie kovov, Wood – Spracovanie dreva, Total – Priemysel spolu

Dopyt po energii v priemysle sa však v porovnaní s rokom 2021 zníži len o 6 % - na úroveň 45TWh, pričom 27 % energie bude použitej v oceliarnstve.

BOX: Inovatívne technológie pre dekarbonizáciu priemyslu

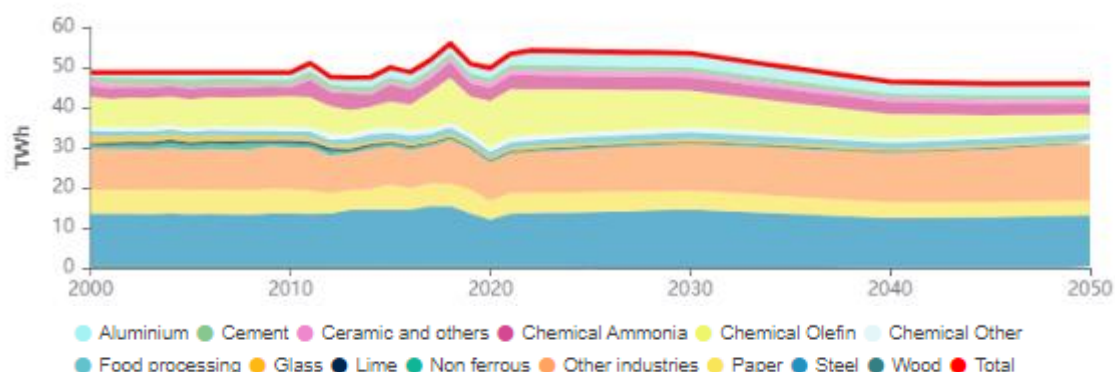
Za dôležité považujeme i zavedenie pokročilých technológií v priemyselných procesoch, ako je zelený vodík v oceliarskom priemysle a geopolyméry v cementárskom priemysle. Zelený vodík je produkovaný elektrolýzou vody s použitím obnoviteľnej energie. Môže nahradiť fosílna palivá pri výrobe ocele, čím výrazne napomôže zníženiu emisií CO₂, keďže oceliarsky priemysel je tradične jedným z najväčších producentov skleníkových plynov. V cementárskom priemysle je možné nahradiť tradičný cement geopolymérmi, ktoré produkujú menej CO₂. Môžu tak slúžiť ako udržateľnejšia alternatíva a použitie geopolymérov vyrobených z priemyselných odpadových materiálov môže znížiť uhlíkovú stopu v stavebníctve.

Pre dekarbonizáciu ťažkého priemyslu však bude dôležité implementovať i technológie zachytávania, sekvestrácie a skladovania uhlíka (CCUS - Carbon Capture, Utilization, and Storage) a technológie priameho zachytávania uhlíka z ovzdušia (DAC - Direct Air Capture). Technológie CCUS umožňujú zachytiť emisie CO₂ priamo z priemyselných procesov a následne ich buď využiť na výrobu syntetických palív, chemikálií, alebo stavebných materiálov, alebo ich bezpečne skladovať pod zemou. Technológie DAC, ktoré extrahujú CO₂ priamo z atmosféry, sú stále vo vývoji a sú nákladné. No predstavujú súčasť riešení potrebných pre dekarbonizáciu ťažkého priemyslu. Ich integrácia do priemyselných procesov môže pomôcť znížiť koncentráciu skleníkových plynov v atmosfére. Pre uskladnenie uhlíka možno zvážiť aj geologické ukladanie zachyteného CO₂ v podzemných geologických formáciách na Slovensku.

Dekarbonizácia priemyslu však bude mať dopad na štruktúru ekonomiky, vplyvy na nákladovosť, a pracovnú silu. Prechod od fosílnych palív k udržateľnejším zdrojom energie a procesom môže podporiť rast nových odvetví, ako napríklad výroba a inštalácia obnoviteľných zdrojov energie, výroba elektrických vozidiel a vývoj technológií pre zachytávanie a skladovanie uhlíka (CCUS). Na druhej strane, tradičné odvetvia závislé od fosílnych palív môžu čeliť útlmu alebo potrebe transformácie. Napriek vysokým počiatočným investíciám do nových technológií a infraštruktúry pravdepodobne povedie dekarbonizácia v dlhodobom horizonte k nižším prevádzkovým nákladom (energie a materiálov). Dekarbonizácia bude mať tiež významný vplyv na pracovnú silu. Niektoré pracovné miesta môžu zaniknúť, no vzniknú nové príležitosti, napríklad v oblastiach zameraných na výskum a vývoj, obnoviteľnú energiu, energetickú efektívnosť a udržateľnosť.

Zlepšenie energetickej efektívnosti v ťažkom priemysle je kľúčové, ale predstavuje výzvu vzhľadom na energetickú náročnosť procesov. Inovácie v technológiách, využitie odpadového tepla a integrácia obnoviteľných zdrojov energie sú nevyhnutné pre znižovanie emisií v týchto odvetviach. Úroveň dekarbonizácie tiež ovplyvní možnosť kombinovať elektrifikáciu s inými energeticky náročnými palivami. Elektrifikácia totiž nemusí byť vhodná v niektorých priemyselných procesoch, v týchto prípadoch môže byť vodík (najmä zelený z OZE) alebo biomasa udržateľnou alternatívou.

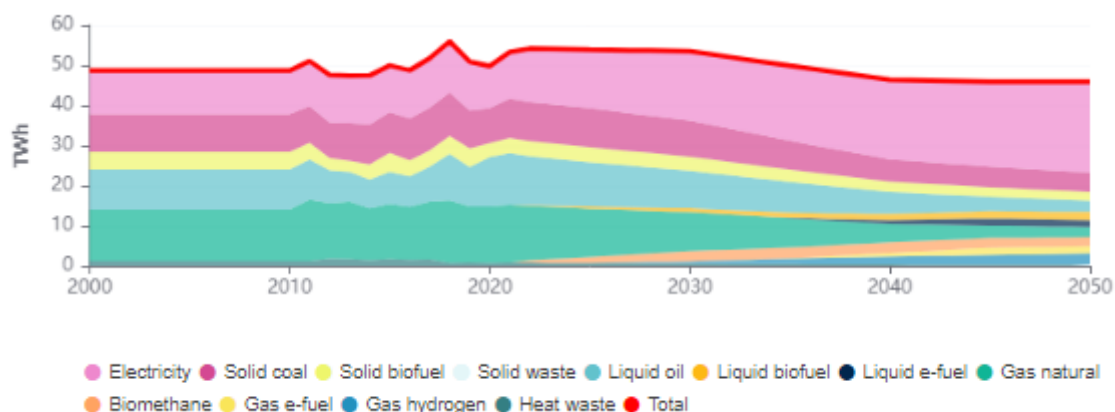
Obrázok 12: Vývoj spotreby energie v priemysle (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Aluminium – Výroba hliníka, Cement – Výroba cementu, Ceramic and others – Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Chemical (Ammonia) – Chemický priemysel (amoniak), Chemical (Olefin) – Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Other) – Chemický priemysel (iný), Food processing – Výroba a spracovanie potravín, Glass – Výroba skla, Lime – Výroba vápna a sadry, Non-ferrous – Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Other industries – Iné odvetvia priemyslu, Paper – Výroba papiera a papierových výrobkov, Steel – Výroba a spracovanie kovov, Wood – Spracovanie dreva, Total – Priemysel spolu

Najvýznamnejším energetickým nosičom v priemysle bude elektrická energia, ktorá pokryje v roku 2050 49 % dopytu. V tomto období vzrastie i podiel biopalív a biometánu, ako i syntetických palív. Naopak, klesne využitie fosílnych palív, ako sú zemný plyn, uhlie a iné palivá.

Obrázok 13: Vývoj spotreby energie v priemysle (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Electricity – elektrina, Solid Fossil Fuels – Pevné fosílné palivá, Solid Biomass – Pevná biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné biopalivá, Liquid (Synthetic) – syntetické kvapalné palivá, Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – Plyný vodík, Heat waste – odpadové teplo, Total – spolu

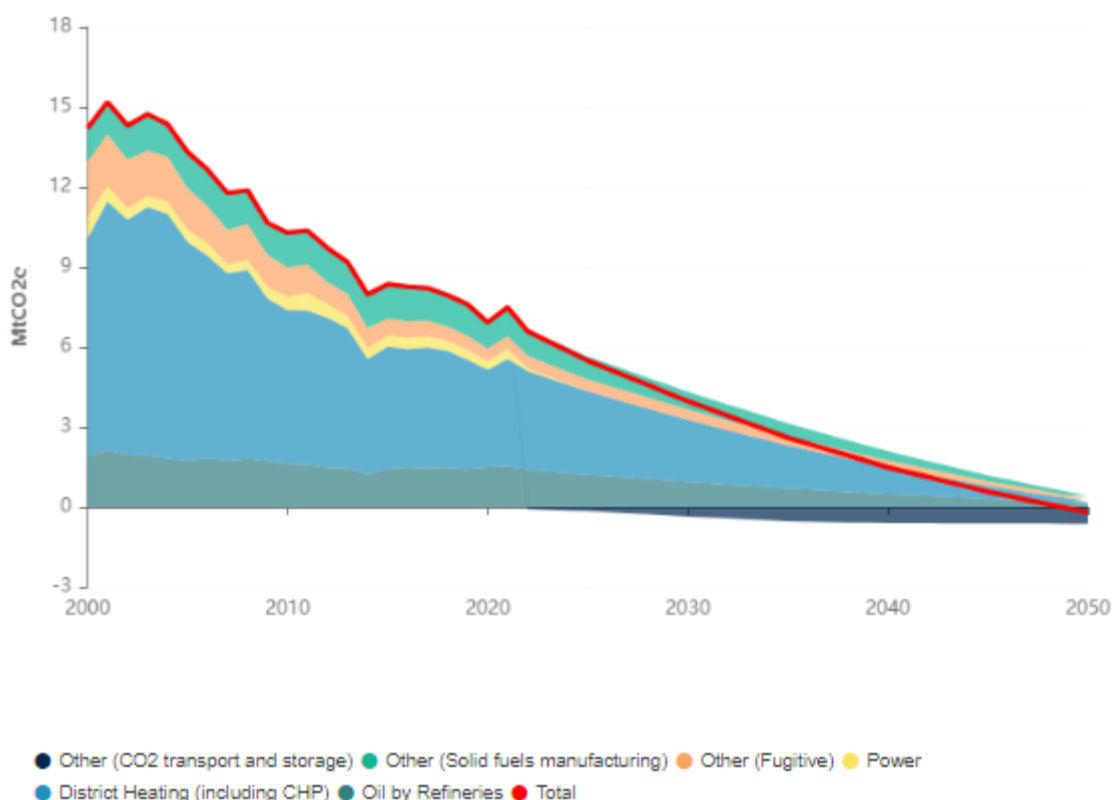
Opatrenia v priemysle, ktoré prispejú k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality v roku 2050:

- udržanie výroby ocele a hliníka na súčasných úrovniach,
- zníženie výroby neželezných kovov o 5 %,
- udržanie/mierne zníženie výroby cementu, skla, papiera,
- zníženie výroby vápna o 35 %,
- zníženie dopytu po výrobkoch textilného priemyslu o 34 %,
- zníženie dopytu po nábytkárskych výrobkoch o 44 %,
- predĺženie životnosti výrobkov – dlhodobejšie využívanie výrobkov, ktoré vlastníme, spojená s ich prípadnou opravou,
- znížiť balenie výrobkov a využívanie ekologických materiálov na balenie tovarov (zákonom/vyhláškou) – minimálne 39 % zníženie používania obalov,
- podpora energeticky efektívnych a emisne priateľských technológií (zníženie dane),
- podpora eko-priateľských technológií (financovanie ich vývoja a zavádzania do praxe),
- využívanie odpadového tepla z priemyselných procesov (zákon/nariadenie, finančná podpora),
- využívanie/znižovanie odpadov v potravinárskom priemysle,
- racionálne využívanie poľnohospodárskych produktov.

Sektor Energetika

Sektor energetiky môže do roku 2050 dosiahnuť uhlíkovú neutralitu. Vďaka záchytom a uskladneniu CO₂ môžu poklesnúť emisie skleníkových plynov na úroveň -0,211 MtCO₂e. Zachytený a uskladnený uhlík môže byť vďaka inovatívnym technológiám následne využitý v priemysle pri výrobe plastov, chemikálií a iných materiálov (Columbia.edu), pri výrobe syntetických palív, vrátane syntetického leteckého paliva, ktoré je v súčasnosti ťažké nahradiť nízko-uhlíkovou formou (StartUs Insights).

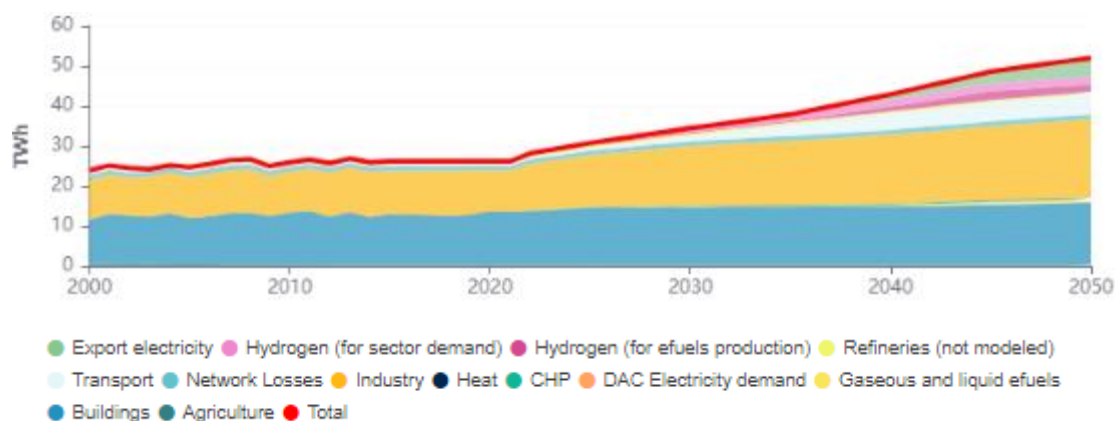
Obrázok 14: Emisie skleníkových plynov podľa technológie výroby energie (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Other (CO₂ transport and storage) – iné (preprava a skladovanie CO₂), Other (Solid fuels manufacturing) Iné (Pevné vyrobené palivá), Other (Fugitive) – Iné (uniknuté emisie), Power – Elektrická energia, District Heating (Including CHP) – Vykurovanie CZT (vrátanie kogenerácie), Total - spolu

V tomto scenári sa medzi rokmi 2021 a 2050 dopyt po elektrine zvýši o takmer 80 % oproti roku 2021, na úroveň 47TWh, a jej import sa zastaví pravdepodobne pred rokom 2040 po spustení štvrtého bloky JE Mochovce. Predpokladá sa, že jadrová energetika bude stabilným zdrojom energie a jej kapacita bude 3GW, v prípade potreby doplnená malými modulárnymi reaktormi. Elektrická energia vyrobená z nízkouhlíkových zdrojov (jadro a OZE) bude hlavným zdrojom energie na Slovensku. K najvýraznejšiemu nárastu dopytu po elektrickej energii by došlo v sektore dopravy. Najnáročnejší na dopyt predpokladáme sektor priemyslu, kam bude alokovaných 47 % elektrickej energie, nasledovaný budovami s 26 % podielom. Takmer 12 % elektrickej energie bude potrebných v doprave. Takýto mix bude musieť byť doplnený vysokou kapacitou úložisk energie a flexibilitou prenosovej a distribučnej sústavy.

Obrázok 15: Dopyt po elektrickej energii podľa sektorov (Scenár ZEM 2024)



Pozn: Export electricity – vývoz elektriny, Hydrogen (for sector demand) – vodík (pre potreby sektora), Hydrogen (for efuels production) – vodík (pre výroby syntetických palív), Refineries – rafinérie, Transport – doprava, Network Losses – straty z prepravy, Industry – Priemysel, Heat – Teplo, Gaseous and Liquid efuels – plynné a kvapalné syntetické palivá, Direct Air Capture – priame záchyty uhlíka, Buildings – budovy, Agriculture – poľnohospodárstvo, Total – spolu

V súvislosti s nárastom cien energií následkom geopolitických zmien, najmä vojenskej intervencie na Ukrajine a sankciám EÚ proti Ruskej Federácii na dovoz energetických surovín do členských krajín EÚ, je badať miernu zmenu slovenského zdrojového mixu i zmeny dodávateľov dôležitých energetických surovín.

BOX: Rozvoj obnoviteľných zdrojov energie

Predpokladáme, že sa v rokoch 2022 a 2023 výrazne zvýšila kapacita malých zdrojov, najmä fotovoltických solárnych panelov, ktorými si domácnosti i podniky znižovali náklady na elektrickú energiu a zabezpečovali energetickú sebestačnosť. Očakávame, že tento výrazný nárast výroby elektriny z fotovoltiky bude pokračovať i naďalej a rozšíri sa aj prostredníctvom energetických komunít. V roku 2050 predpokladáme nárast kapacity fotovoltiky na 14,7 GW.

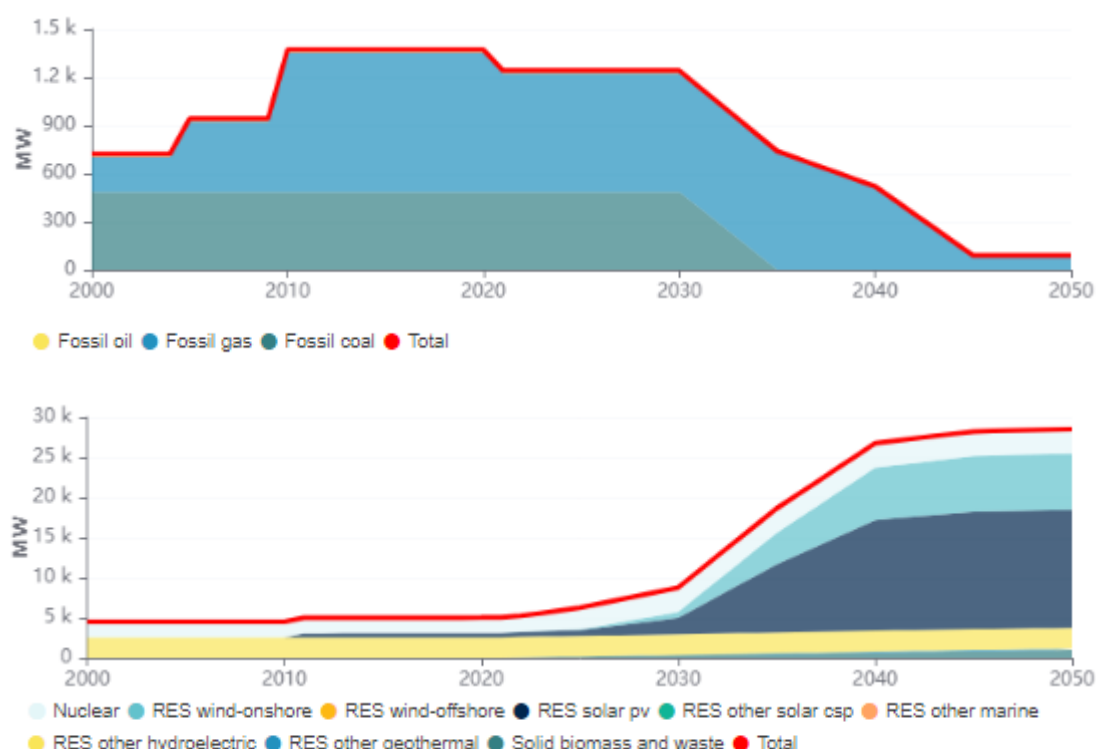
Veterná energia je tiež považovaná za kľúčový zdroj elektrickej energie s predpokladaným zvýšením kapacity na 7 GW v roku 2050 a v súlade s cieľom Slovenska zvýšiť kapacitu veternej energie na 500 MW do roku 2030. Súčasná inštalovaná kapacita veternej energie je relatívne nízka, 3 MW v roku 2023. Hlavnými výzvami, ktoré bránia rozvoju veternej energie, sú regulačné bariéry a zložitý povoľovací proces. Predpokladáme však uvoľnenie povoľovacích procesov, ktoré sú dlhodobou bariérou rozvoja veternej energie na Slovensku. Nové ambicióznejšie projektové zámery, ako napr. veterné parky Drahovce, Skalica Západ, Skalica Východ, Tvrdošín, Galanta 1 a 2, Sziget, Rúbaň, a iné, sú v súčasnosti v procese hodnotenia vplyvov na životné prostredie. Technológia veterných turbín je svedkom trendu smerom k väčším a efektívnejším dizajnom. Moderné turbíny sa stavajú vyššie, s dlhšími lopatkami, čo im umožňuje zachytiť viac veternej energie. Priaznivé podmienky môžu prispieť k zvýšeniu budúcej inštalovanej kapacity z 500 MW na 700 MW v roku 2030.

Geotermálna energia sa tiež dostáva viac do pozornosti, no stále sa využíva pre vykurovanie menších objektov tepelnými čerpadlami alebo na kúpaliskách. V súvislosti s rozmachom inštalácií solárnych panelov v domácnostiach a malých priemyselných podnikov sa zvýšil i dopyt po tepelných čerpadlách vďaka rastúcemu záujmu rezidenčného sektora o energeticky efektívne a udržateľné riešenia vykurovania a chladenia. Tepelné čerpadlá zohrávajú kľúčovú úlohu pri znižovaní závislosti od fosílnych palív a znižovaní emisií uhlíka. Keďže domácnosti čoraz viac akceptujú tieto systémy, očakávame, že trh s tepelnými čerpadlami, a to ako pre výrobcov, tak aj pre inštalčné služby, sa bude naďalej výrazne rozširovať. Prvé väčšie projekty vykurovania geotermálnou energiou v systémoch Centrálného zásobovania teplom je v pilotnej prevádzke v Galante a v oveľa väčšom rozsahu sa pripravuje v okolí Košíc (3,49 MW), Prešova a Žiaru nad Hronom (obe cca 6,3 – 6,5 MW).

Kapacita výroby elektriny z biomasy a bioodpadu sa do roku 2050 zvýši na 1 GW, najmä pre výrobu elektriny z odpadovej biomasy a energetické zhodnocovanie odpadov.

Porastie i dôležitosť menších lokálnych riešení, ako sú energetické komunity, a inštalácia malých zdrojov pre energetickú sebestačnosť, čo zahŕňa inštaláciu fotovoltických panelov na strechy a steny súkromných a verejných budov, ako aj na nevyužívané zastavané plochy (strechy priemyselných budov a parkoviská logistických hál a skladov).

Obrázok 16: Kapacity výroby elektrickej energie z fosílnych palív, z jadra a z OZE (Scenár ZEM 2024)



Pozn.: Fossil oil – ropné vykurovacie oleje, Fossil gas – zemný plyn, Fossil coal – uhlie, Total - Spolu

Pozn.: Nuclear – jadrová energia, RES wind – onshore – Veterná energia, RES wind – offshore – veterná energia na mori, RES other solar csp – iná concentrated solar power, RES other marine – iná morská energia, RES other hydroelectric – Iná vodná energia, RES other geothermal – iná geotermálna energia, Solid biomass and-waste – Biomasa a tuhý bioodpad, Total – Spolu

Modelované opatrenia v sektore energetiky, ktoré by mohli prispieť k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality v roku 2050:

- Zvýšiť využívanie geotermálnej energie – minimálne na úrovni 0,15GW,
- Zvýšiť kapacitu solárnych elektrární na 14,7GW,
- Zvýšiť kapacitu veterných elektrární na 7 GW,
- Zvýšiť kapacitu vodných elektrární na 2,6GW,
- Zvýšiť kapacitu elektrární na biomasu a odpad na 1 GW,
- Zvýšiť kapacitu jadrových elektrární na 3GW,
- Vyradiť uhoľné elektrárne podľa Akčného plánu transformácie regiónu horná Nitra (do roku 2023) (MIRRI, 2021),
- Zvýšiť zachytávanie uhlíka z výrobných procesov v rafinériách na 50 %,
- Zvýšiť zachytávanie uhlíka vzniknutého spaľovaním plynu na 33 %.

4. Záver a odporúčania

Najnovšie zistenia IPCC a pokroky v modelovaní klímy podčiarkujú naliehavú potrebu okamžitých a ambiciózných opatrení na zmiernenie zmeny klímy a prispôbenie sa jej vplyvom. Poskytujú vedecky spoľahlivý základ pre tvorcov politik, podniky a komunity, aby mohli prijímať informované rozhodnutia o opatreniach v oblasti klímy. V rámci klimatických aktivít EÚ i Slovenská republika postupujú vpred k uhlíkovej neutralite. Veríme, že závery z tejto správy a aktualizované výsledky scenárovej analýzy môžu prispieť k širšiemu poznaniu a kvalite diskusie o možných trajektoriách k uhlíkovej neutralite Slovenskej republiky do roku 2050.

V porovnaní s predchádzajúcou správou z júna 2022 prináša táto správa aktualizáciu historických dát, modelu, výpočtov a doplnenie nastavení. Celkové emisie skleníkových plynov môžu kombináciou vhodne zvolených opatrení klesnúť do roku 2050 na -0,42 MtCO_{2e}. Predpokladáme pokles konečnej spotreby energie o 38 % do roku 2050 (v porovnaní s rokom 2005) a o 44 % v porovnaní s rokom 2021. Toto v sebe zahŕňa i očakávaný rast spotreby elektrickej energie následkom intenzívnej elektrifikácie.

- Sektor Budovy: Predpokladáme pokles emisií na 0,65 Mt CO_{2e} do roku 2050, s výrazným znížením spotreby energie v budovách, najmä pri vykurovaní a príprave teplej vody.
- Sektor Doprava: Kombináciou prechodu na alternatívne palivá na báze elektrickej energie, biopalív a vodíka predpokladáme dosiahnutie nulových emisií z dopravy do roku 2050. Zdôrazňujeme však zmenu životného štýlu, zvýšenie podielu verejnej a aktívnej dopravy a nižšie používania osobných vozidiel.
- Sektor Poľnohospodárstva, lesníctva a využívania pôdy: Tu sa zameriavame na zmeny správania, zmeny v stravovaní a trvalo udržateľné obhospodarovanie pôdy s cieľom znížiť emisie v tomto sektore.
- Sektor Priemysel: Zníženie priemyselných emisií môže dosiahnuť až 80 % v porovnaní s úrovňou z roku 2021, pričom najväčším znížením počítame v potravinárskom, sklárskom, drevospracujúcom a papierenskom priemysle.
- Energetický sektor čelí následkom zmien v iných sektoroch podstatnému zvýšeniu dopytu po elektrickej energii, pričom očakávame veľký posun smerom k obnoviteľným zdrojom energie.

Pri tejto analýze sme nekládli vysoký dôraz na popis technologických inovácií ani adaptačných stratégií. Predpokladáme rozšírenie dostupných inovatívnych technológií a zároveň technologický pokrok v rôznych sektoroch, najmä v priemysle a energetike a implementáciu opatrení na prispôbenie sa zmene klímy spolu so zmierňovaním dôsledkov zmeny klímy.

Pre komplexné zhodnotenie tranzície na nízkouhlíkovú ekonomiku by bolo potrebné ešte vypracovať socio-ekonomickú analýzu dôsledkov prechodu na nízkouhlíkové hospodárstvo, vrátane analýzy faktorov ako sú zmeny na trhu práce a konkrétne vplyvy dekarbonizácie priemyslu na ekonomiku SR. Model 2050 Pathways Explorer má už vytvorenú i časť umožňujúcu analýzu ekonomického vplyvu jednotlivých opatrení. Tento modul však silne závisí od kvalitných a podrobných dát ohľadom nákladov jednotlivých technologických inovácií, kvalitné vyčíslenie spomenutých opatrení a preto sme doposiaľ neuskutočnili podrobnú analýzu ekonomických dopadov týchto ambiciózných cieľov vrátane vytvárania pracovných miest, transformácie priemyslu a sociálnych dôsledkov. V tejto správe preto predpokladáme, že náklady na prechod

na nízko uhlíkovú ekonomiku budú vysoké, no ako spoločnosť sa im nevyhneme. Na dosiahnutie ambiciózneho cieľa uhlíkovej neutrality naďalej platí, že je potrebné výrazne zvýšiť úsilie a zainteresovať všetky dotknuté strany – či už vládu ako tú, ktorá nastavuje politiky, normy a celkové smerovanie hospodárstva, ale aj podniky a domácnosti, ktoré majú možnosť výrazne ovplyvniť spotrebu energie a zdrojov.

Príloha 1: Metodológia³

Určenie objemu emisií skleníkových plynov vyprodukovaných v rámci krajiny ako následok hospodárskej činnosti ale aj prirodzených procesov vyžaduje komplexný prístup podporený robustným modelom.

Model „2050 Pathways Explorer“ je komplexným modelom systému energetických tokov v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva (budovy, priemysel, doprava, energetický sektor, AFOLU). Prepája dopyt po energii, materiáloch, produktoch, pôde a potravinách a s nimi súvisiace emisie skleníkových plynov, ale aj záchyty skleníkových plynov. Model pripravila organizácia Climact v rámci projektu Horizont 2020 „EUCalc“.⁴ Jeho príprava bola inšpirovaná modelom EUCalc, GlobalCalc a inými výpočtovými modelmi (LIFE Plan Up 2021). Nástroje, ako je tento model, umožňujú preskúmať veľké rozmedzie možností pre mitigáciu, a pritom testovať širokú škálu potenciálnych opatrení, a to tak technologických, ako aj behaviorálnych (LIFE Plan Up 2021). Model nezahŕňa ekonomickú analýzu.

Model je komplementárny k iným makroekonomickým modelom typu General equilibrium models (ako sú PRIMES, TIMES/MARKAL) alebo sektorovo špecifickým modelom. Nakoľko strategické dokumenty ako Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030 (MH SR 2019) a Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (MŽP SR 2020) sú vytvorené na základe výhľadového modelu Compact Primes Model (CPM) pre Slovensko, možno trajektórie vývoja emisií v jednotlivých oblastiach získané z výhľadového modelu „2050 Pathways Explorer“ považovať za komplementárne k poznatkom v týchto strategických dokumentoch.

Ako zdrojovú základňu model „2050 Pathways Explorer“ využíva údaje z databáz Eurostat a IDEES (JRC 2018) upravenú na základe národných štatistík. Dôležitou súčasťou modelu sú tzv. „levers“, resp. „páky“, ktorými sa nastavujú hlavné faktory, ktoré majú významný vplyv na spotrebu energie a produkciu emisií skleníkových plynov. Práve tieto páky slúžia pre prípravu scenárov.

Model je voľne dostupný na online platforme.⁵ To umožňuje prístup širokej odbornej ako aj laickej verejnosti k modelu, jeho predpokladom a pákam. Zároveň tento online nástroj umožňuje pripraviť nové (napr. bezemisné) scenáre na základe vlastných predpokladov o budúcom vývoji v oblasti technológií, zdrojov ale aj správania sa spotrebiteľov. Ako výsledok online nástroj v reálnom čase poskytuje informáciu o vývoji spotreby energie a emisií skleníkových plynov, ktoré vznikajú v ekonomike pri zvolených hodnotách parametrov.

Pri dlhodobých výhľadových analýzach sa mnoho štandardných ekonomických modelov založených na optimalizácii (napr. nákladov) dostáva pod tlak a vzniká veľká neistota pri presnosti ich prognóz. Model „2050 Pathways Explorer“ sa snaží minimalizovať takéto neistoty. Jednak

³ Prevzaté z Dokupilová, D., Repíková, M., & Korytárová, K. (2022). Uhlíkovo neutrálne Slovensko do roku 2050. Finálna správa z projektu podporeného Európskou klimatickou nadáciou (ECF). Jún 2022.

⁴ <https://www.european-calculator.eu/>

⁵ Model „2050 Pathways Explorer“ je voľne dostupný na stránke: <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

definuje postupnosť výpočtov na základe prirodzených hospodárskych vzťahov medzi materiálmi, energiou, pôdou a emisiami. Pri tom využíva najnovšie vedecké poznatky a znalosti odborníkov v jednotlivých odvetviach pri špecifikácii národných pomerov. A zároveň tým, že je to otvorený online nástroj, dáva možnosť aj iným užívateľom vytvárať vlastné scenáre.

Model pre Slovenskú republiku vznikol na základe spolupráce s organizáciou Climact a bol podporený Európskou klimatickou nadáciou (ECF).

V online nástroji „2050 Pathway Explorer“ je v januári 2024 pripravených niekoľko scenárov:

- **WEM approx** – scenár zrkadliaci model WEM (With Existing Measures – referenčný scenár), t.j. scenár s existujúcimi opatreniami, ktorý bol použitý v Integrovanom národnom klimatickom a energetickom pláne SR na roky 2021-2030 (INKEP, MH SR 2019) a v Nízkouhlíkovej stratégii rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NUS SR, MŽP SR 2020).
- **WAM approx** – scenár zrkadliaci model WAM (With Additional Measures), t.j. scenár s ďalšími opatreniami použitý v NECP (MH SR 2023).
- **EST Behaviour** – Scenár tzv. Behaviour-driven scenár, zobrazujúci trajektóriu k uhlíkovej neutralite iba následkom uvedomelých aktivít občanov na základe potenciálneho budúceho klimaticky zodpovedného správania sa.
- **EST Policy** – Scenár tzv. Policy-driven scenár, ilustrujúci možný potenciálny vývoj emisií uhlíka a ich pokles k uhlíkovej neutralite následkom dodržiavania vládou stanovených opatrení a politík.
- **Zero Emission scenario (ZEM)** – bezuhlíkový scenár Slovenska vytvorený v rámci tohto projektu, ktorý zahŕňa opatrenia pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.
- **Ambitious Scenario (AS)** – scenár nastavený na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2040.
- **ZEM 2024** - scenár, ktorý kombinuje environmentálne uvedomelé správanie sa obyvateľstva a vládou stanovené opatrenia a politiky, ktoré majú za cieľ minimalizovať emisie skleníkových plynov. Aplikáciou navrhovaných opatrení sa do roku 2050 môže v slovenskej ekonomike dosiahnuť uhlíková neutralita.

Benefity modelu „2050 Pathways Explorer“

Prínosom modelu je možnosť zvoliť si víziu rozvoja SR do roku 2050 a pomocou pák vytvoriť vlastný scenár, ktorý umožní otestovať dopady nových opatrení, či zmenu existujúcich, a ich prepojenosť v celom systéme. Takéto testovanie možností v rámci celého systému môže urýchliť prijímanie ťažších rozhodnutí, ako je napríklad rýchlejší odklon od využívania fosílnych palív a možnosť implementovať ich alternatívnu náhradu, ako sú napríklad tepelné čerpadlá, solárna, či fotovoltická energia a iné. Jednotlivé scenáre nie sú nákladovo optimalizované, čo prináša výhody posúdenia všetkých možností – aj tých, u ktorých nie je ešte jasné nákladové smerovanie.

Bližšie informácie k modelu sú na stránke: <https://pathwaysexplorer.climact.com/faq>.

Upozornenie

Tento model je živým modelom, ktorý sa ďalej vyvíja. Výsledky a grafy uvádzané v tejto štúdii zodpovedajú stavu modelu k 22. januáru 2024. Z tohto dôvodu nemusia dokonale zodpovedať výsledkom analýz prostredníctvom online nástroja dostupného na webovej stránke <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

Model nezahŕňa štrukturálne zmeny, ku ktorým dochádza, resp. môže dôjsť, a to tak ekonomického, sociálneho alebo geopolitického charakteru. Medzi ne patria aj vojenské konflikty, ako napr. konflikt na Ukrajine, a s ním spojené sankcie EÚ na energetické suroviny dovážané z Ruskej federácie. Sankcie ovplyvnia obchodné dohody a prepravné trasy, a taktiež môžu urýchliť technologické zmeny a transformáciu sektora energetiky. Vplyv na celý systém ekonomiky má aj obmedzenie obchodných stykov a výrazný nárast inflácie, ktoré menia štandardné správanie sa väčšiny subjektov v hospodárstve. Tieto zmeny v správaní spotrebiteľov sú však modelovateľné prostredníctvom nastavení jednotlivých premenných – tzv. “pák” a ich smerovania, vďaka ktorým môžeme uvažovať o rôznych možných scenároch budúceho vývoja.

Príloha 2: Zoznam použitých skratiek

AFOLU	Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy
BAT	Najlepšie dostupné technológie (best available technologies)
BEV	Batériové elektrické vozidlo
CO₂	Oxid uhličitý
CZT	Centrálné zásobovanie teplom
ECF	European Climate Foundation (Európska klimatická nadácia)
EU ETS	Európsky systém obchodovania s emisnými kvótami
FCEV	Vozidlo s pohonom z palivových článkov (vodík)
HDP	Hrubý domáci produkt
ICE	Vozidlo so spaľovacím motorom
KES	Konečná energetická spotreba
KVET	Kombinovanou výrobou elektriny a tepla
LULUCF	Využívanie pôdy, zmeny vo využívaní pôdy a lesníctvo
MDV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
MH SR	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
MtCO_{2e}	milión ton CO ₂ ekvivalentu
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NECP / INKEP SR	Integrovaný národný energetický a klimatický plán SR na roky 2021-2030
NUS SR	Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050
NZEB	Budovy s takmer nulovou potrebou energie (Nearly zero energy buildings)
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PHEV	Nabíjateľné hybridné vozidlo
PPC	Paroplynový cyklus
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SR	Slovenská republika
TÚV	Teplá úžitková voda
WAM	Scenár s dodatočnými opatreniami (with additional measures)
WEM	Scenár s existujúcimi opatreniami (with existing measures)
ZEB	Budovy s nulovou potrebou energie (Zero emission buildings)
ZEM	Bezuhlíkový scenár (zero emission measures)

Príloha 3: Zoznam použitej literatúry

- Briefing Európskeho parlamentu (European Parliament Briefing – EU Legislation in Progress) (2022). CO₂ Emission Standards for New Cars and Vans – ‘Fit for 55’ Package. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS_BRI\(2022\)698920_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS_BRI(2022)698920_EN.pdf).
- European Green Deal (2019): European Commission. (2019). The European Green Deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- European Climate Law (2021): European Parliament, Council of the European Union. (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>
- Európsky parlament: Nariadenie o spoločnom úsilí - EST(2023), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0857>
- Fit for 55 Package (2021): European Commission. (2021). Delivering the European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541
- Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), European Commission (). https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- Sustainable and Smart Mobility Strategy, European Commission (). https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Strategia-pre-udrzatelnu-a-inteligentnu-mobilitu_sk
- EU Emissions Trading System (EU ETS), European Commission (). https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- EU Emissions Trading System (EU ETS), European Commission (). https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/ets-2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en
- The Common Agricultural Policy at a glance, European Commission (). https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-glance_en
- Clean energy for all Europeans, European Commission (). https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
- Fit for 55: EU reaches new milestone to make all new cars and vans zero-emission from 2035, cit 22. január 2024, https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/fit-55-eu-reaches-new-milestone-make-all-new-cars-and-vans-zero-emission-2035-2023-03-28_en
- European Commission, EU Renewable Energy Directive (RED II) (Smernica o využívaní OZE), European Commission (2018, 2023). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02018L2001-20231120>

Columbia.edu: Capturing Carbon's Potential: These Companies Are Turning CO₂ into Profits, Renee Cho, 29 máj 2019, cit 22.januára 2024, <https://news.climate.columbia.edu/2019/05/29/co2-utilization-profits/>

Discover 5 Top Energy Startups Converting CO₂ to Fuel, StartUs Insights, cit 22.januára 2024, <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/discover-5-top-energy-startups-converting-co2-to-fuel/>

AFIR, Nové nariadenie zavádza dostatočnú infraštruktúru pre alternatívne palivá, cit 22. január 2024, https://slovakia.representation.ec.europa.eu/news/nove-nariadenie-zavadza-dostatocnu-infrastrukturu-pre-alternativne-paliva-2023-03-29_sk

IPCC Special Report on Climate and Land, , cit 22. január 2024, <https://www.ipcc.ch/srccl/>

Šiesta hodnotiaca správa IPCC (AR6), Správa pracovnej skupiny II, „Zmena klímy 2022: Vplyvy, adaptácia a zraniteľnosť“, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

IPCC AR6, Správa pracovnej skupiny I, „Climate Change 2021: The Physical Science Basis“, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

IPCC Osobitná správa IPCC o „globálnom otepľovaní o 1,5 °C“, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

IPCC AR6, Syntetická správa, Klimatická zmena (AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023), Marec 2023, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

Rámcový dohovor OSN o zmene klímy (UNFCCC) (2015), The Paris Agreement, cit. 26. mája 2022, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 – 2030. Ministerstvo hospodárstva SR, Schválené Uznesením Vlády SR č. 606/2019 zo dňa 11.12.2019. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/24390/1>

Aktualizácia Integrovaného národného energetického a klimatického plánu na roky 2021 – 2030. Ministerstvo hospodárstva SR, 2023, <https://www.mhsr.sk/energetika/integrovaný-narodný-energetický-a-klimatický-plan-na-roky-2021-2030>

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) (2020). Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050. Schválené Uznesením Vlády SR č. 104/2020 zo dňa 05.03.2020. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/24531/2>

Slovenská asociácia fotovoltického priemyslu a OZE: Štúdia rozvoja veternej energetiky na Slovensku bariéry a odporúčania (SAPI, 2022), dostupná: <https://www.sapi.sk/files/studia-rozvoja-veternej-energetiky-na-slovensku.pdf>

Slovak Electric Vehicle Association: Slovensko a elektromobilita 2023 (SEVA, 2023), dostupné: https://www.seva.sk/wp-content/uploads/2023/06/SEVS_VS_23.pdf

IEA, Bioenergy with Carbon Capture and Storage tracking overview (IEA, 2024), dostupné: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage>

IEA, Unlocking the potential of bioenergy with carbon capture and utilisation or storage (BECCUS) (IEA, 2021), dostupné: <https://www.iea.org/articles/unlocking-the-potential-of-bioenergy-with-carbon-capture-and-utilisation-or-storage-beccus>

IEA, Industry tracking overview (IEA, 2024), dostupné: <https://www.iea.org/energy-system/industry>

IEA, Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members (IEA, 2022), dostupné: <https://www.iea.org/reports/achieving-net-zero-heavy-industry-sectors-in-g7-members>

IEA, CCUS - Net Zero Emissions Guide (IEA, 2023), dostupné: <https://www.iea.org/reports/ccus>

IEA, Direct Air Capture 2022 (IEA, 2022), dostupné: <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

IEA, World Energy Employment (IEA, 2022), dostupné: <https://www.iea.org/reports/world-energy-employment>

World Economic Forum, The Future of Jobs Report 2023 (WEF, 2023), dostupné: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>

After a decade of stagnation, we sense a wind of change in Central Europe, Joint press release by the Czech Renewable Energy Chamber, E3G, Energiaklub Hungary, The Slovak Association of the Photovoltaic Industry and RES (SAPI), Windex Energy and WindEurope, published 6th June 2023, <https://windeurope.org/newsroom/news/after-a-decade-of-stagnation-we-sense-a-wind-of-change-in-central-europe/>

IEA, Renewables 2023, Analysis and forecasts to 2028 (IEA, 2023), dostupné: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>

Enviroportál, Projektové zámery veterných parkov v procese EIA: <https://www.enviroportal.sk/eia-sea/informacny-system?name=Vetern%C3%BD%20park>

Enviroportál, Projektové zámery geotermálnych vrtov v procese EIA: <https://www.enviroportal.sk/eia-sea/informacny-system?name=geoterm>