



Centrum socio-ekonomického výzkumu  
dopadů environmentálních politik



UNIVERZITA KARLOVA  
Centrum pro otázky životního prostředí

# Modelování energetiky a průmyslu (TIMES-CZ)

Milan Ščasný, Lukáš Rečka, Vojtěch Máca, Matěj Opatrný,  
Dali Laxton, Patrik Lenz, Lukáš Novák

*Modelování dekarbonizace, 8. ledna 2024*

T A  
Č R

Tento projekt SS04030013 Centrum socio-ekonomického výzkumu dopadů environmentálních politik je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život..

[www.tacr.cz](http://www.tacr.cz)

[www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)



# Scénáře: rekapitulace

## WEM (BAU)

- ETS1 EC HCT 2023 - WEM
- ETS2 není
- Konec uhlí NEVYNUCEN
- Zákaz spalovacích motorů u nových aut: NE
- Úspory dle základního scénáře strategie Renovace budov (MPO)

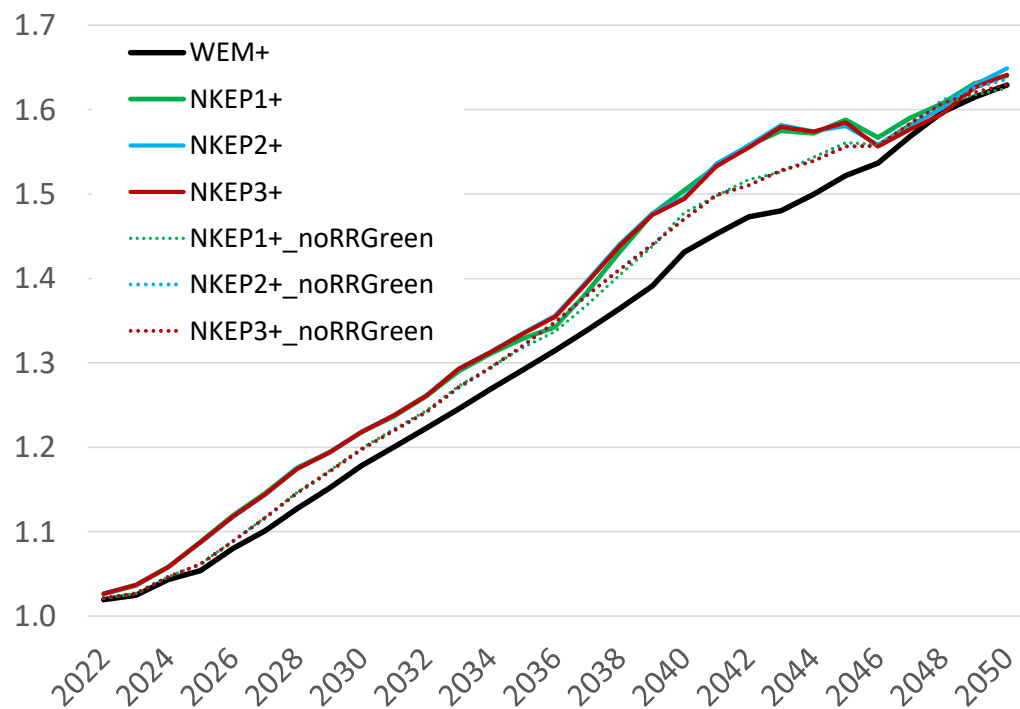
## WAM

- ETS1 EC HCT 2023 - WAM
- ETS2 EC HCT 2023 - WAM
- Konec uhlí nejpozději 2033
- Zákaz spalovacích motorů u nových aut 2035
- Úspory do úrovně *progresivního* scénáře dle strategie Renovace budov
- **Nemodelované sektory:** zemědělství (snížení z cca 8 Mt → 6.3 Mt), odpady vč. F-plyny (10 Mt → 2 Mt), tj. pokles na 8.3 Mt v 2050
- **Propady v LULUCF:** Červený scénář IFER: +2,2 Mt v 2030, -3 Mt v 2050)
- GHG cíl 2050 ≈ 6,5 Mt CO<sub>2e</sub>

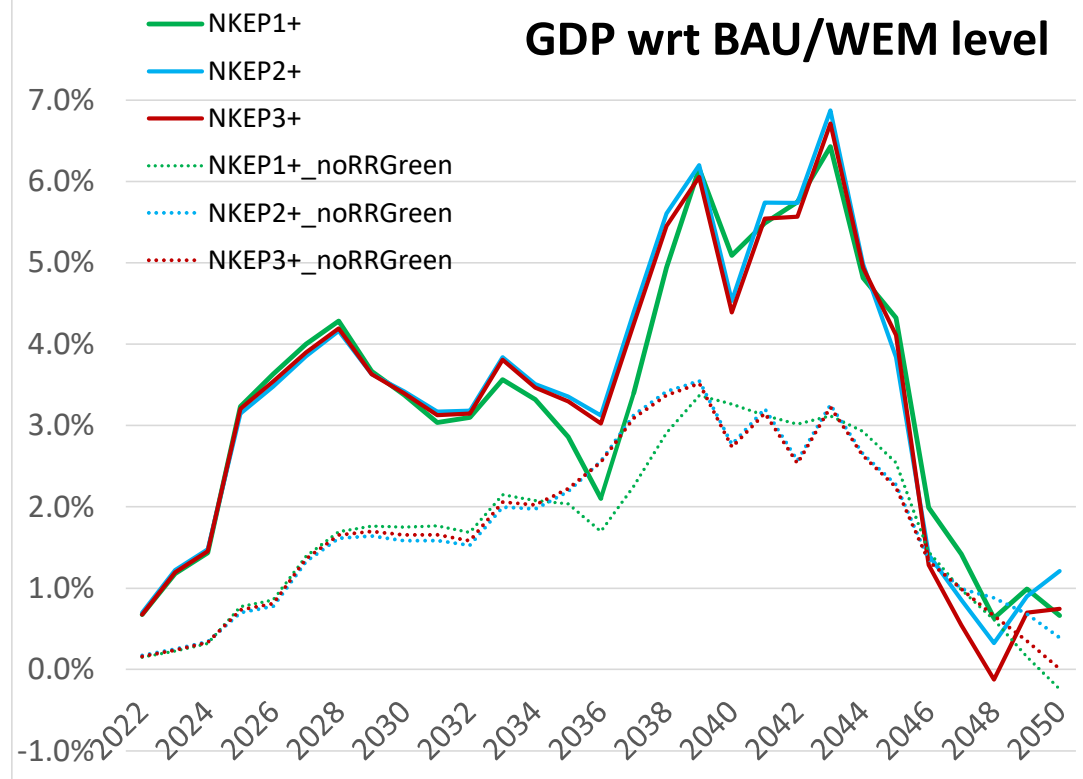


# E3ME: GDP, Czech Republic 2020-2050

## GDP growth, 2019=1.0

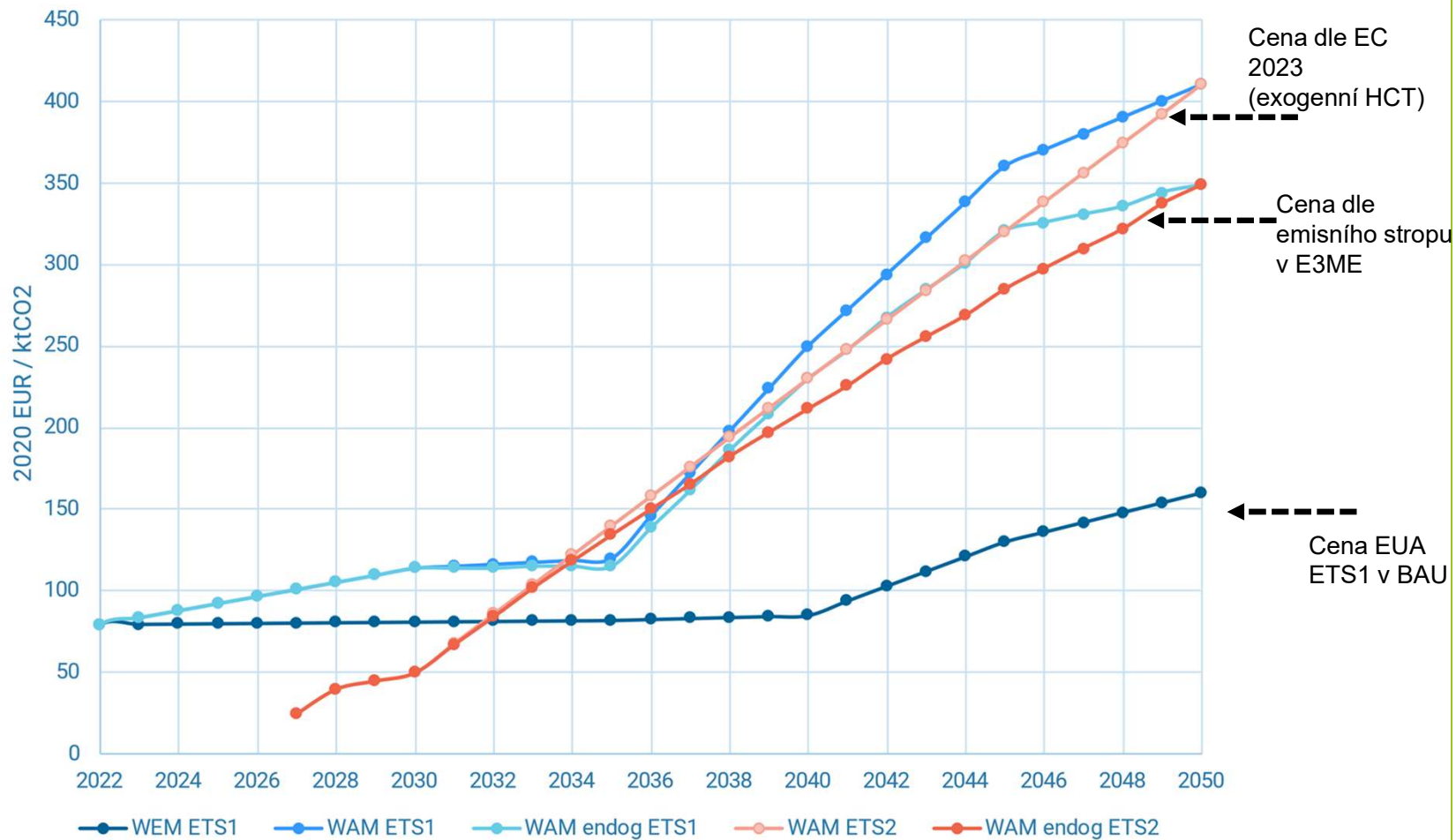


## GDP wrt BAU/WEM level



Note: Scenario with “*\_noRRGreen*” describes the option with recycling a part of the EUA revenues to State Budget (e.g. covering the public debt)

# Ceny EUA



# Výsledky

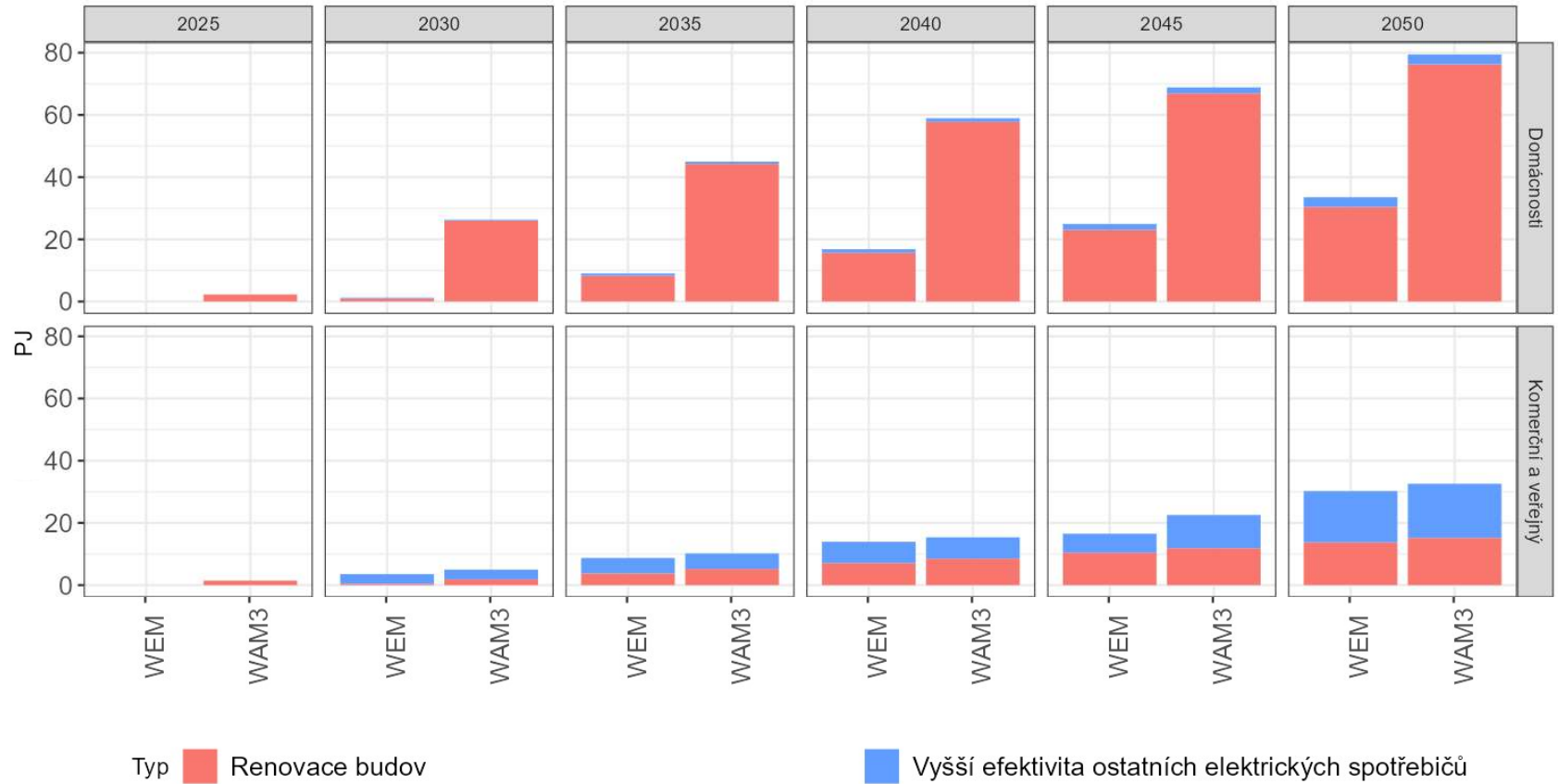


Renovace budov dosahuje vždy předpokládaného maxima

- Předpokladem scénáře WAM je zrychlení renovací budov

## ENERGETICKÉ ÚSPORY

Nad rámec zvyšování energetické účinnosti obnovou technologií v modelu TIMES-CZ



# Energie



## Primární energetické zdroje a finální spotřeba

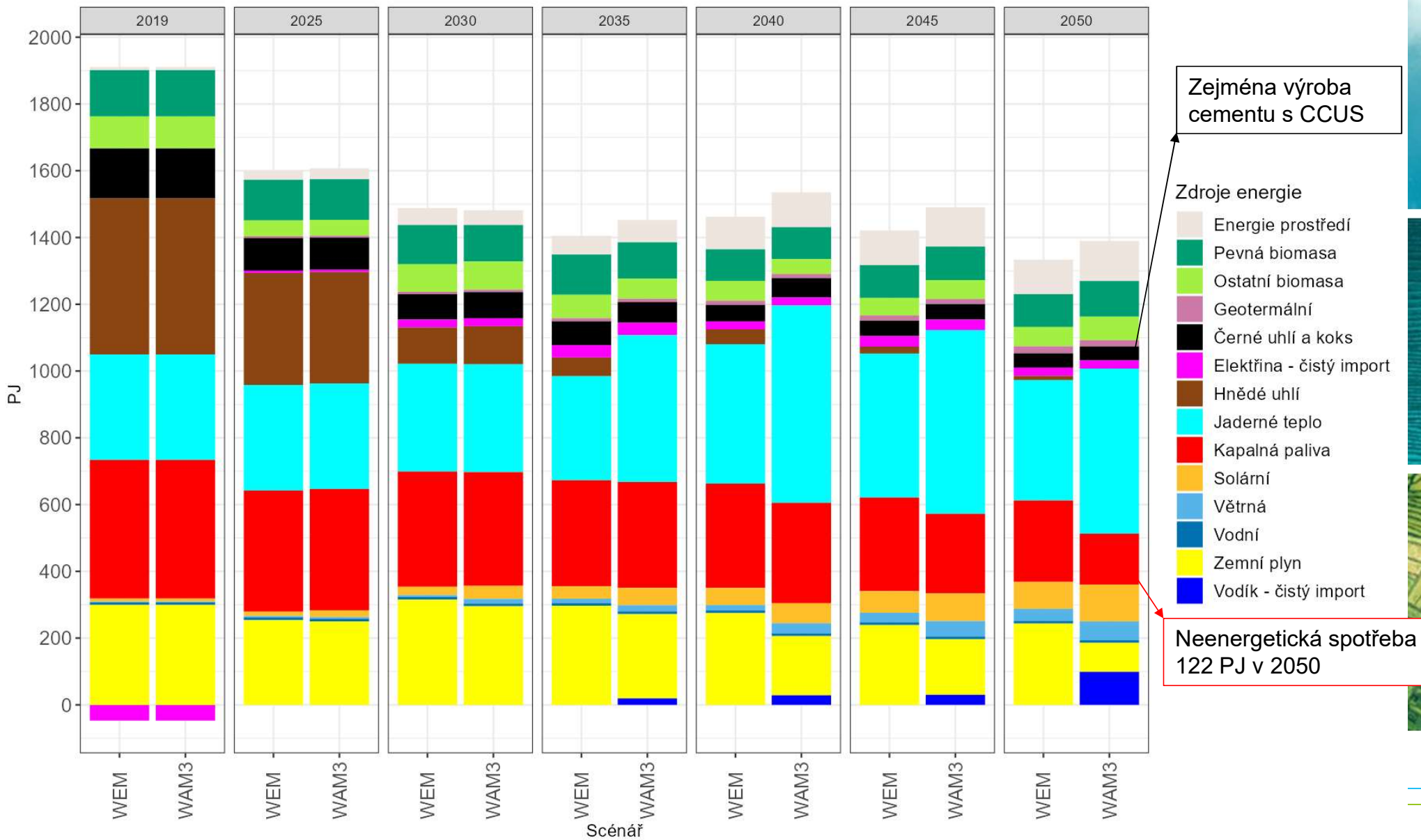
### Primární energetické zdroje (Total Energy Supply)

- Změna pozice ČR od čistého vývozce ELE na **čistého dovozce ELE** zejm. 2028-2037
- Výrazný **pokles HU** (EUA, cena IM/EX ELE, snížený vývoz ELE, účinnější tech's)
- **ČU** jen pro průmysl
- Nárůst **RES** a **energie prostředí**
- **Spotřeba/Dovozy vodíku do 2035** vynucené cíli

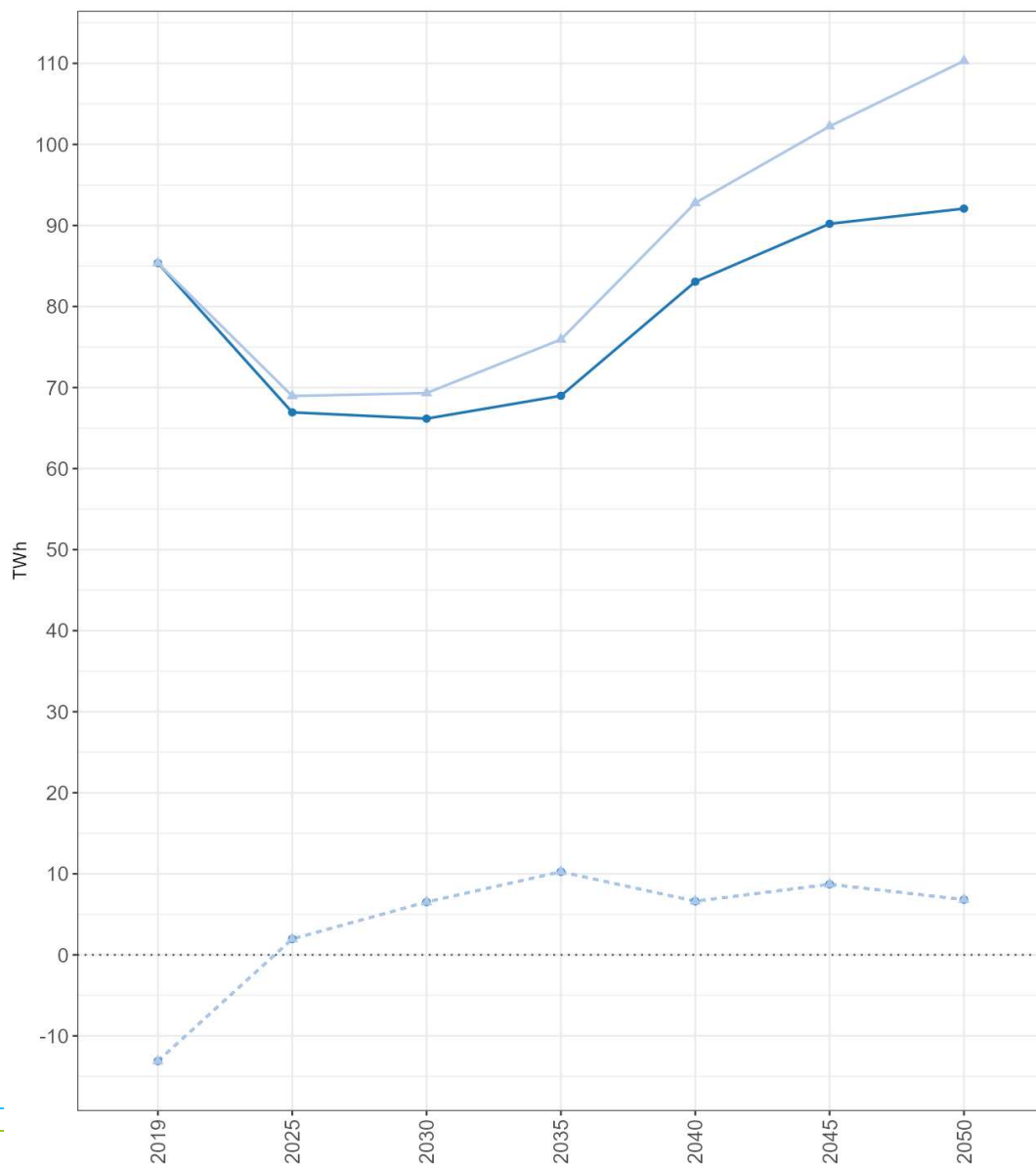




# PRIMÁRNÍ ENERGETICKÉ ZDROJE



BRUTTO VÝROBA A ČISTÝ IMPORT ELEKTRINY



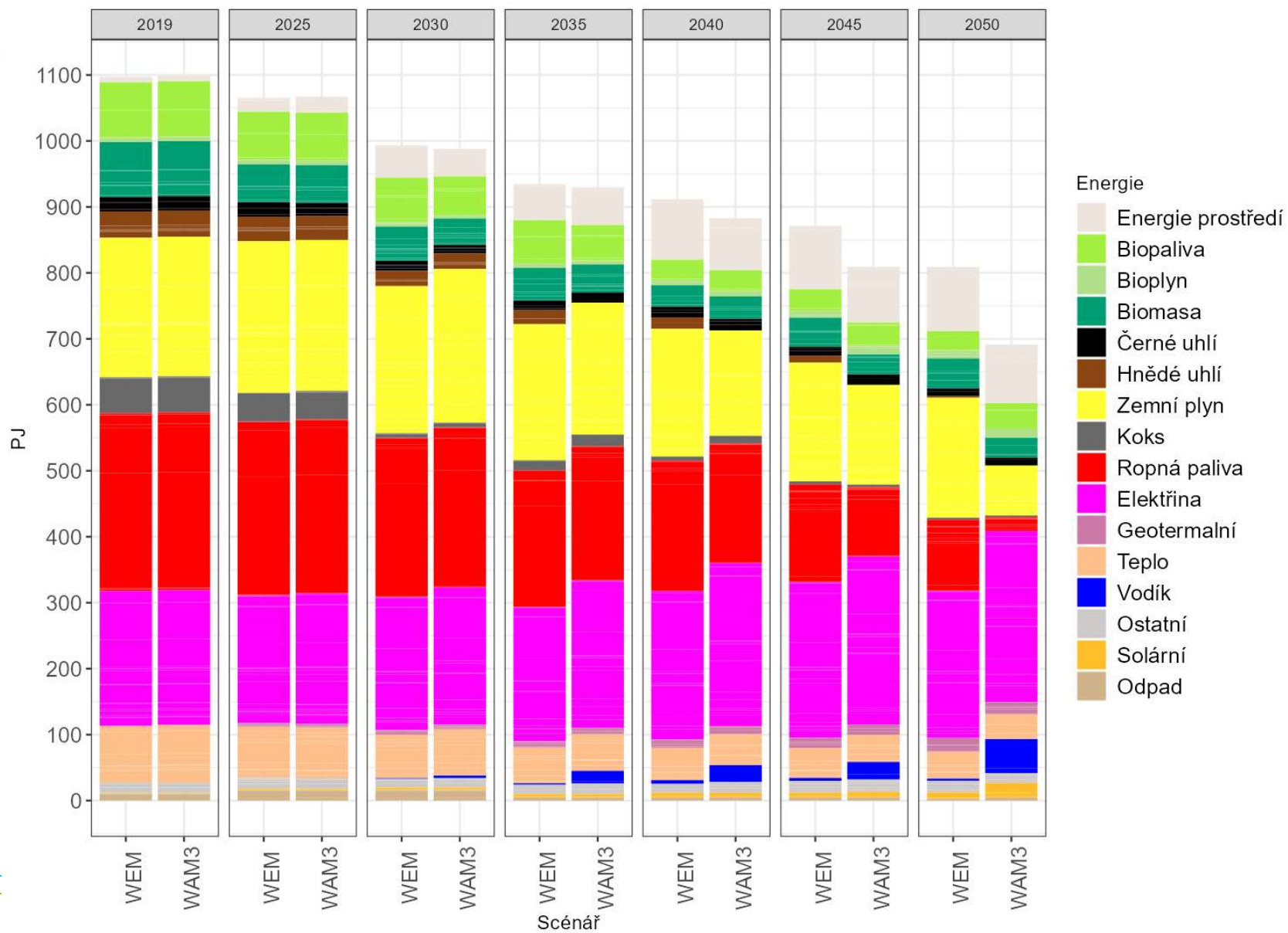
NKEP1+: --- 110 TWh

NKEP2+: ↑ 115 TWh

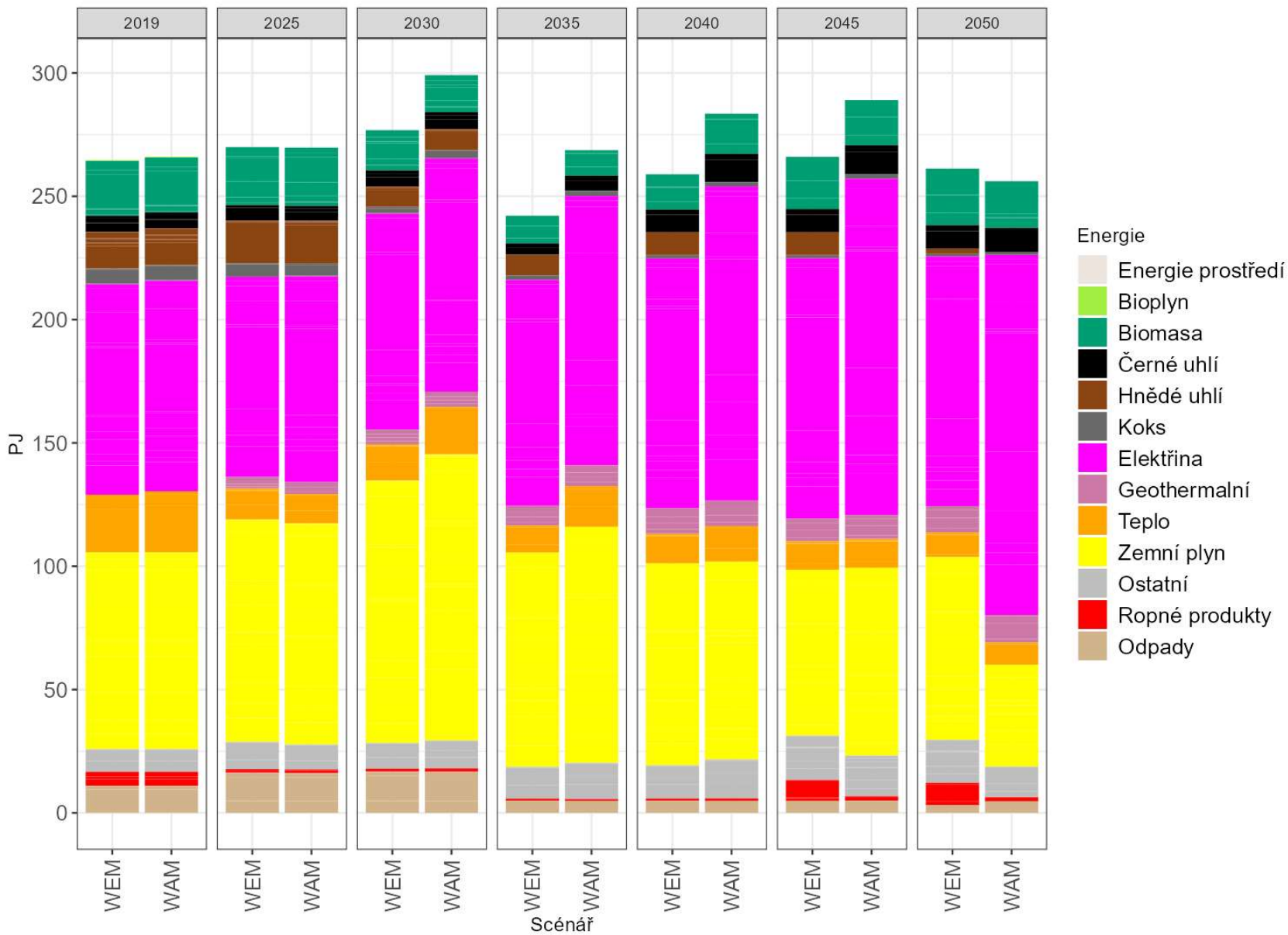
— Výroba  
 - - - Čistý import  
 Scénář  
 ● WEM  
 ▲ WAM3



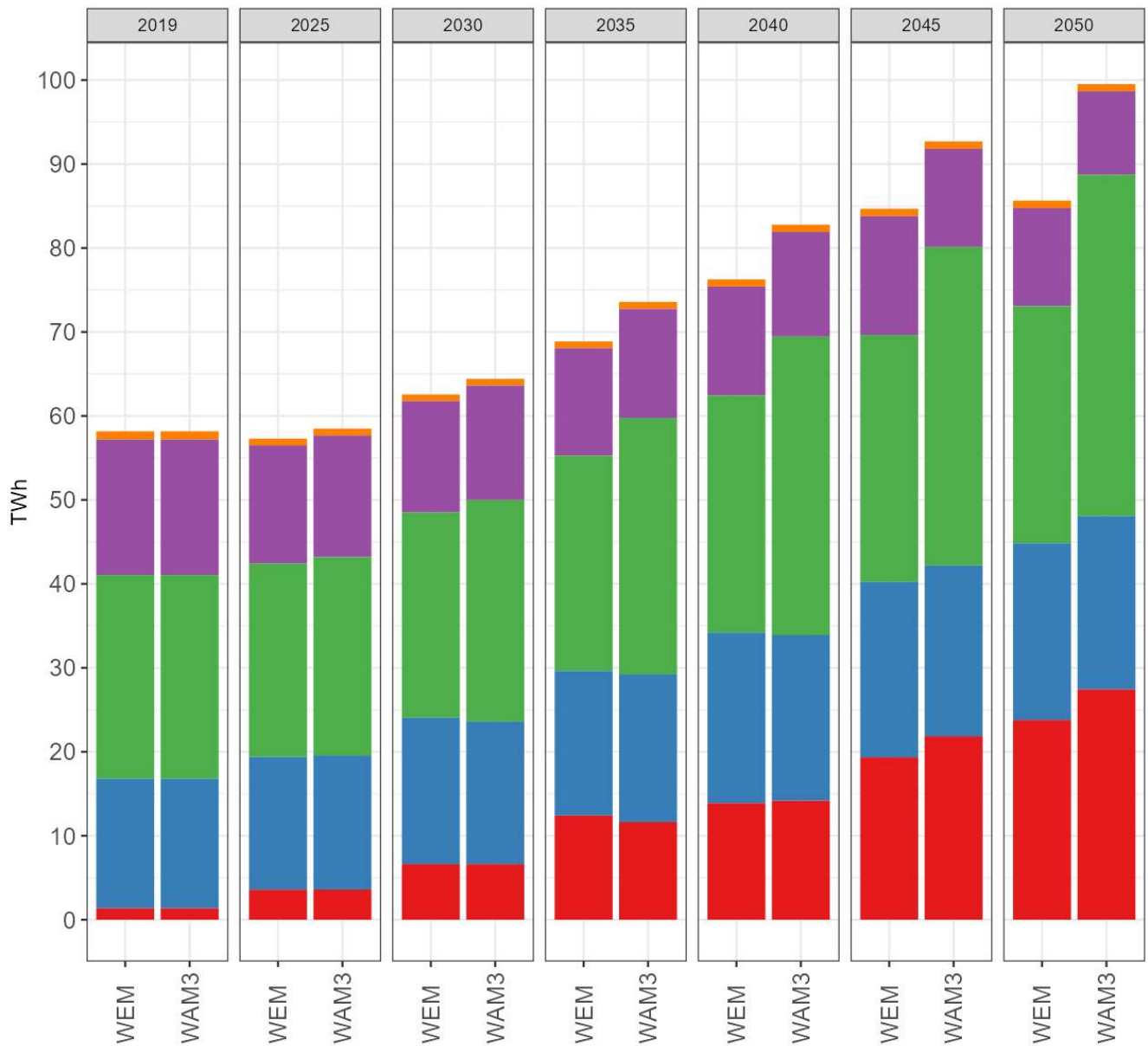
## CELKOVÁ KONEČNÁ SPOTŘEBA ENERGIE



### SPOTŘEBA ENERGIE V PRŮMYSLU



### KONEČNÁ SPOTŘEBA ELEKTŘINY DLE SEKTORU



WAM1+: ↑ 101 TWh  
 WAM2+: ↑ 104 TWh

- Sektor
- Zemědělství
  - Komerční a Veřejný
  - Průmysl
  - Domácnosti
  - Doprava



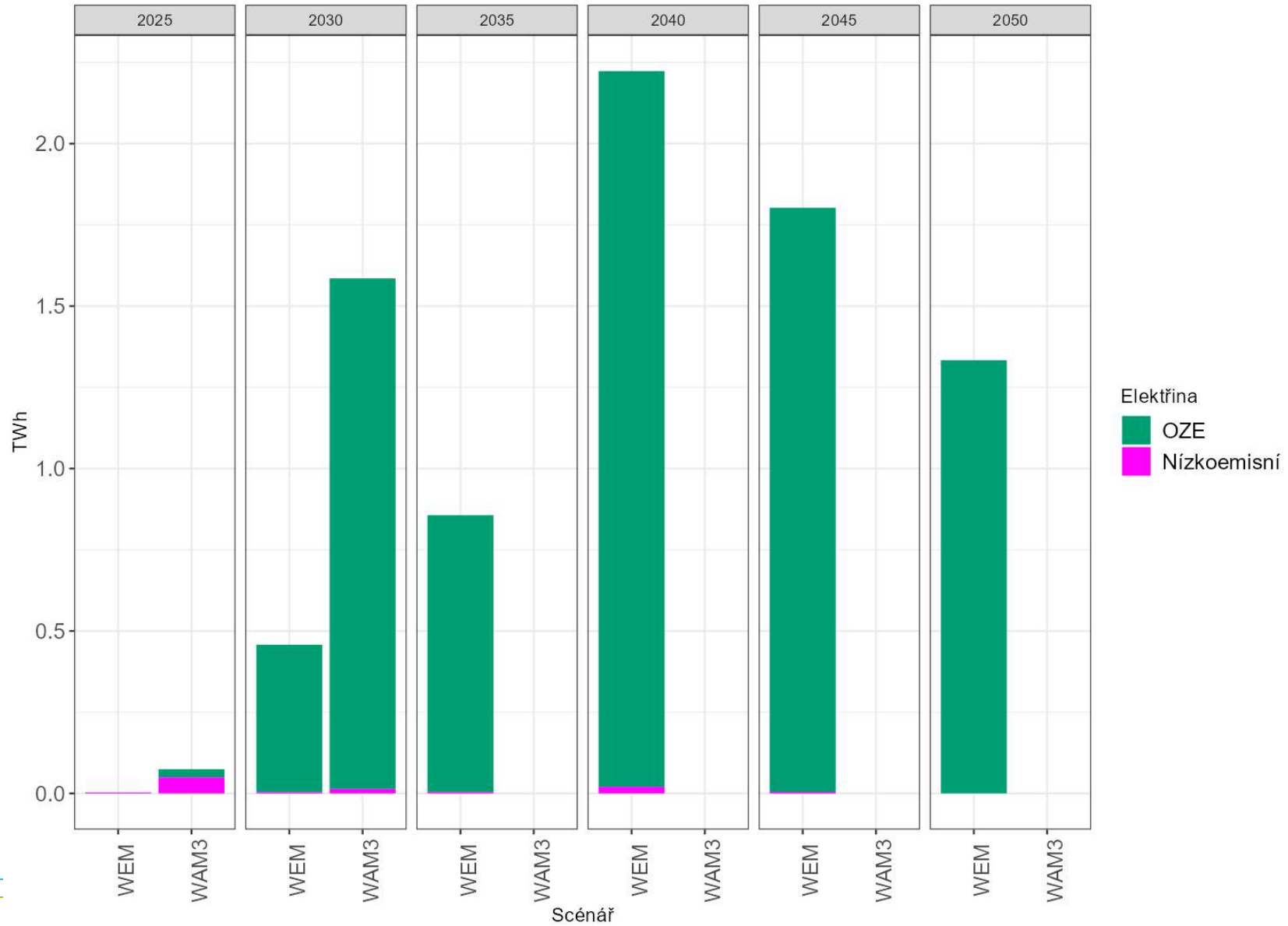


WEM: předpoklad nulového dovozu H2

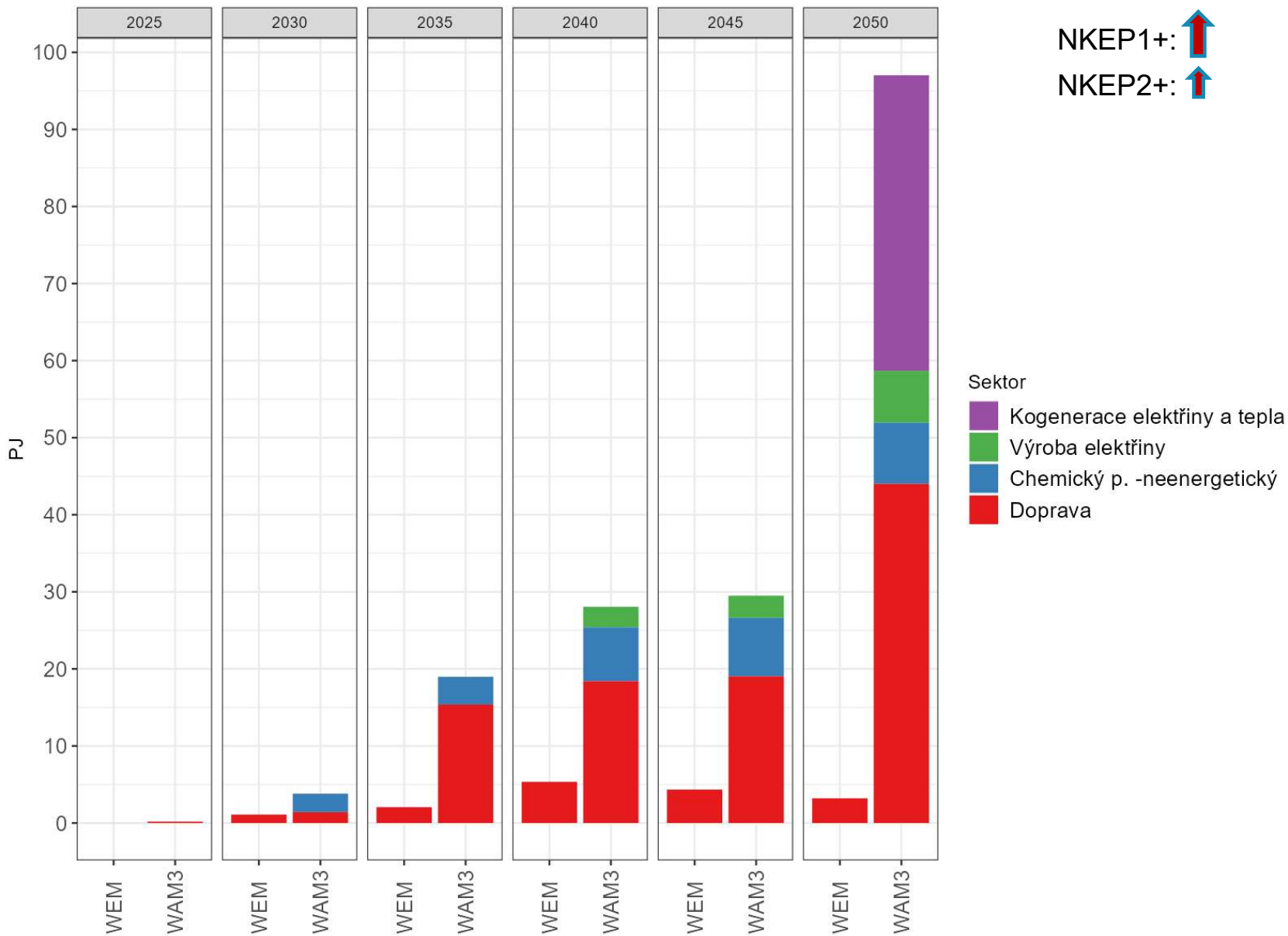
Při předpokládaných cenách H2 není provoz elektrolyzérů konkurence schopný

→ pravděpodobně nutná provozní podpora

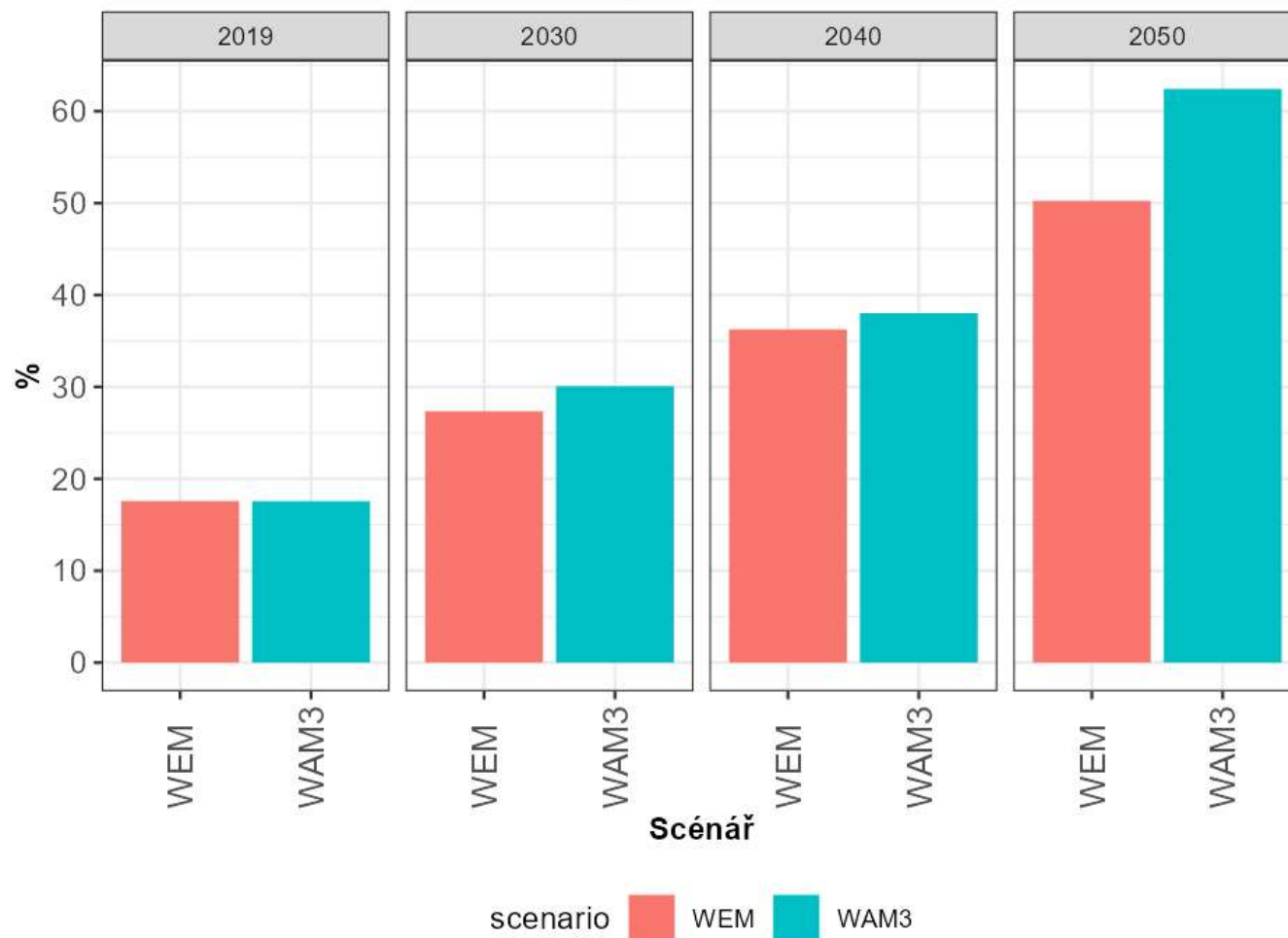
SPOTŘEBA ELEKTŘINY NA VÝROBU VODÍKU



### SPOTŘEBA OZE / NÍZKOEMISNÍHO VODÍKU DLE SEKTORU



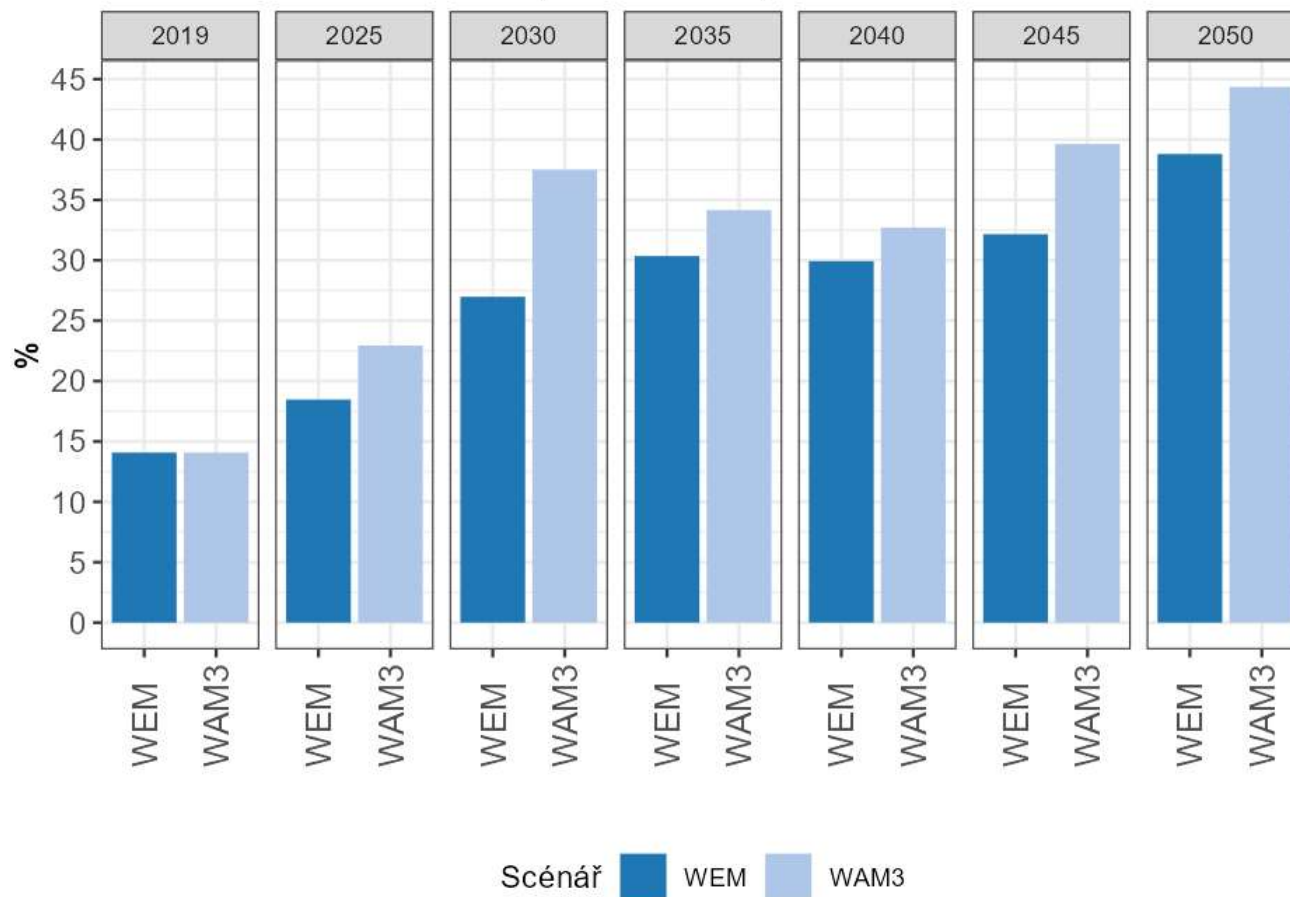
Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě





## RES-E

Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě elektřiny



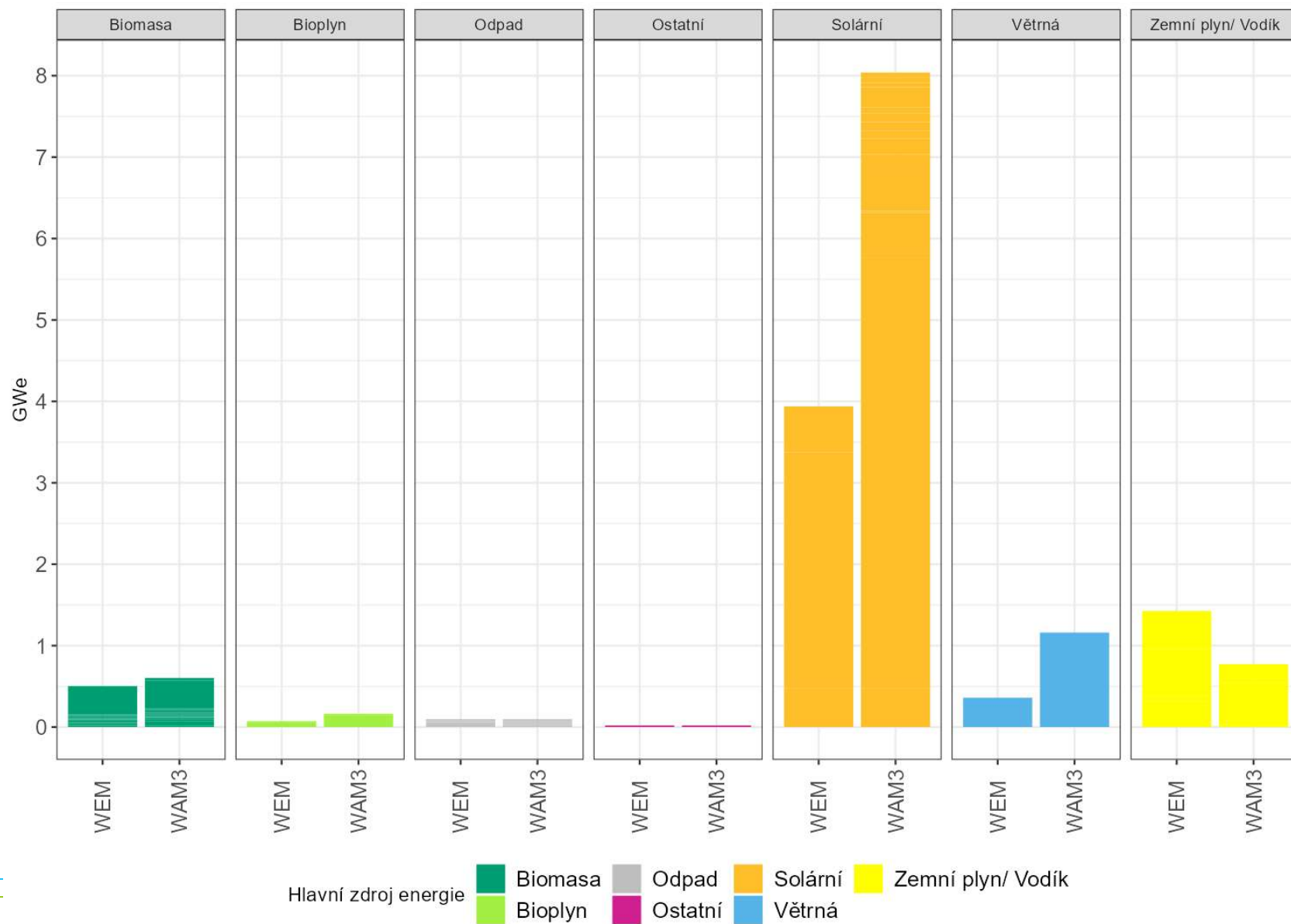
# Instalované kapacity



V grafu jen nové kapacity

Současné FVE i VtE i plynové zdroje v provozu

INSTALOVANÉ KAPACITY VÝROBY ELEKTŘINY NOVÝCH ZDROJŮ v 2030



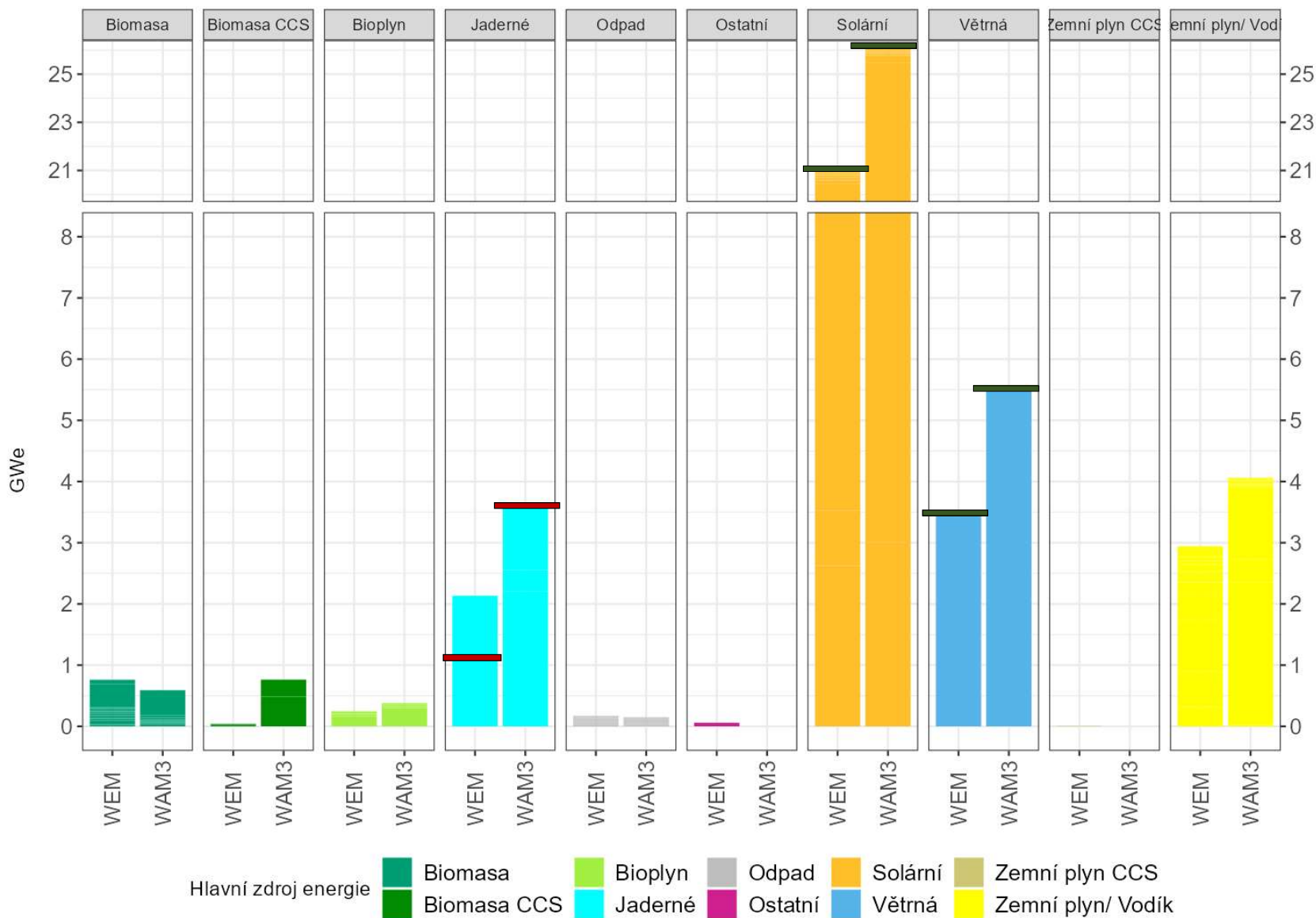
## INSTALOVANÉ KAPACITY VÝROBY ELEKTŘINY NOVÝCH ZDROJŮ v 2050

Na grafu jen nové  
(reinstalované) kapacity

Současné FVE i VtE již  
reinstalovány

Minimum

Maximum



Hlavní zdroj energie

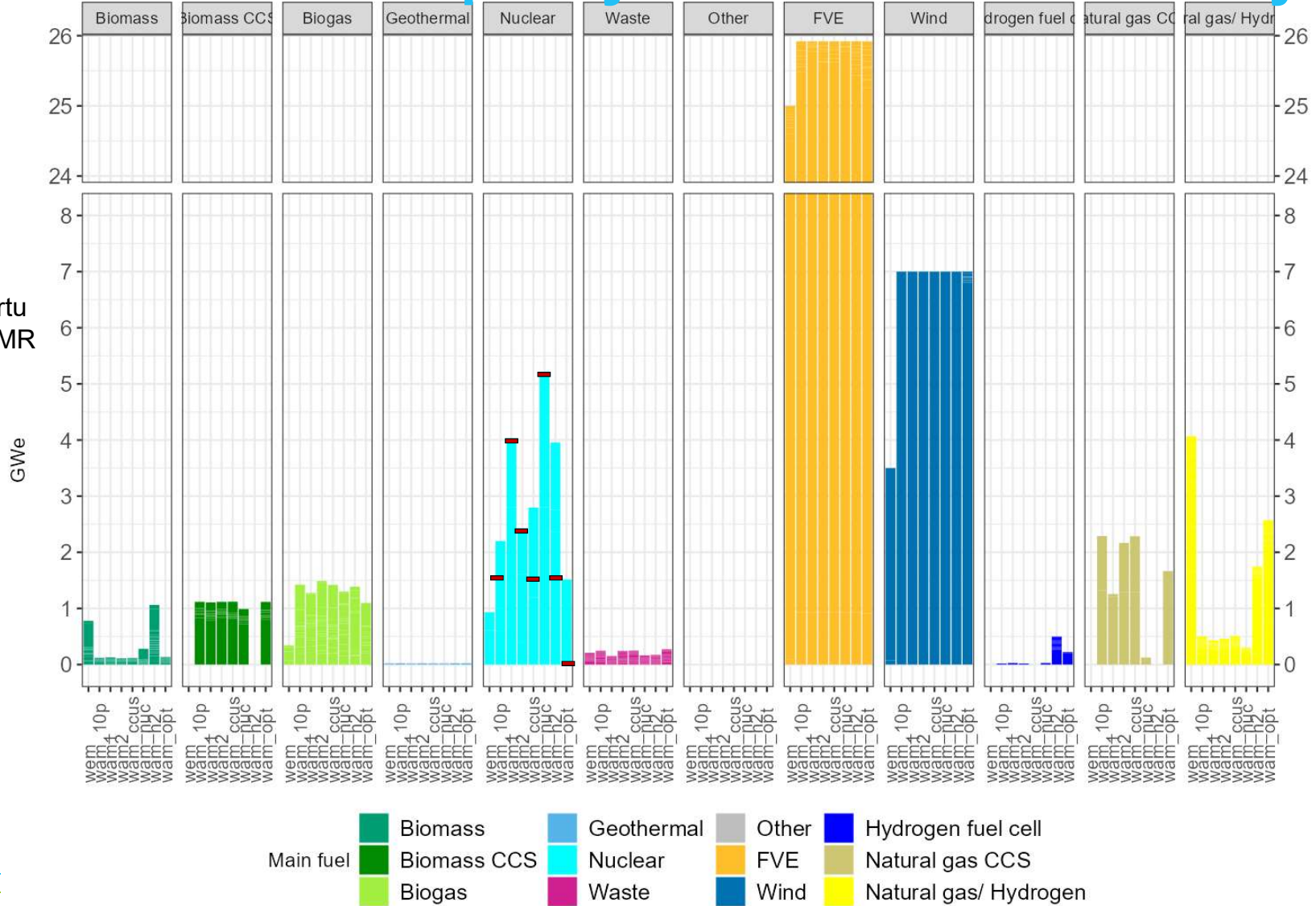
- Biomasa
- Bioplyn
- Odpad
- Solární
- Zemní plyn CCS
- Biomasa CCS
- Jaderné
- Ostatní
- Větrná
- Zemní plyn/ Vodík

# Instalované kapacity 2050 – citlivostní analýza

## Substituce mezi

- NJZ
- CCUS
- Vodíkem

wam\_nuc:  
při omezeném exportu  
elektriny má nový SMR  
nízké využití



## Emisní cíle 2030

- ❑ dosaženy ve všech scénářích (> -55%)
- ❑ -62% v ETS1 a -26% v ESR dosaženo

## Emisní cíle 2050

- ❑ **ETS a ETS2 nestačí**, aby byly dosažen cíl dekarbonizace
- ❑ **~6 mil. tCO<sub>2</sub>ek v 2050**; dosaženo jen za přispění **BECCS**



## Sektory s GHG emisemi, které nemodelujeme (exogenní)

### ZEMĚDĚLSTVÍ

- 8 Mt 2020 → **6.3 Mt** 2050 (*UZEI 2023; SEEPIA/ARAMIS 2023 přehled*)
- Omezené opatření, e.g. precizní zemědělství
- Bez výrazných změn v dietách!

### ODPADY & F-plyny

- 10 Mt 2020 → **2 Mt** 2050
- *trend dle "Reference scenario EC 2020" for CZ (EC, 2021)*

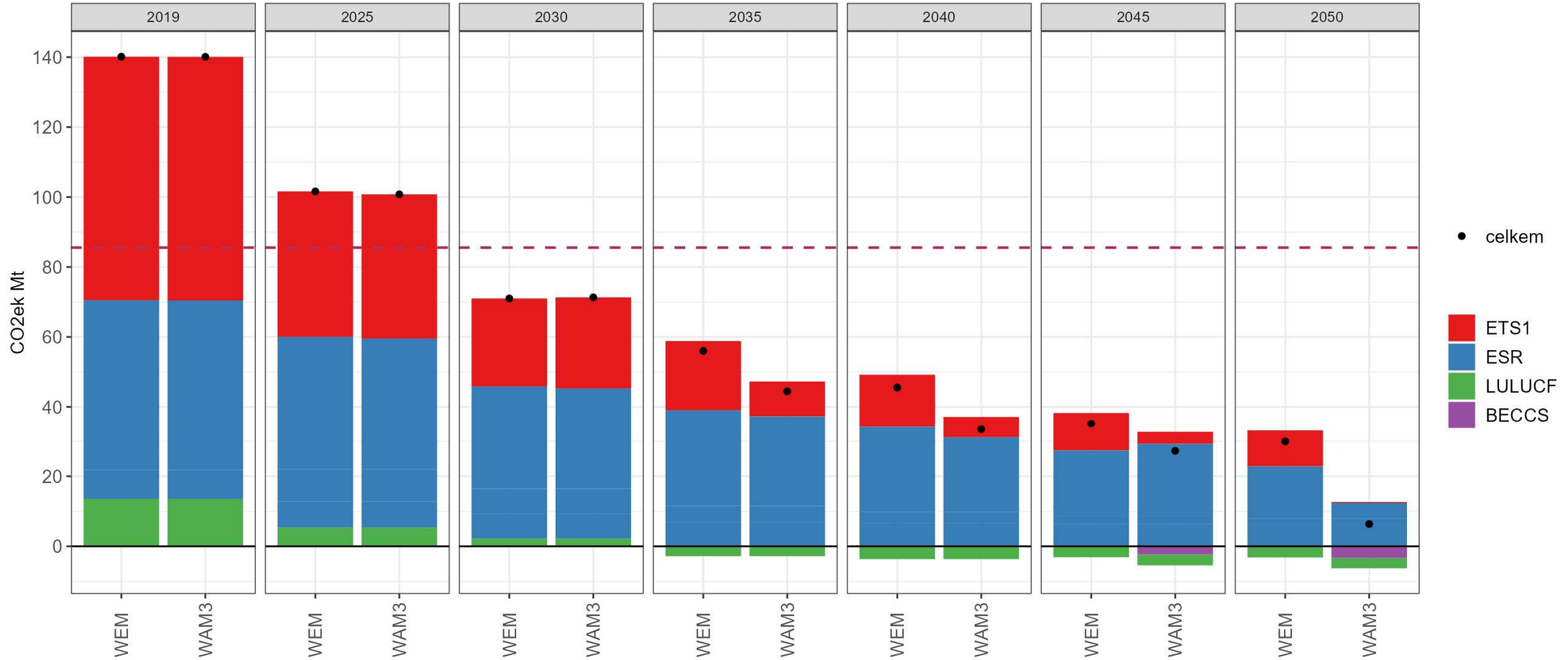
### LULUCF-FORESTRY

- Scénáře se zahrnutím efektu kůrovcové kalamity (*IFER: Cienciala a Melichar 2023*)
- "ČERVENÝ": **+2,2 Mt** v 2030, **-3 Mt** v 2050
- "ZELENÝ": vyšší těžba → nižší sequestrace! → **vyšší emise**



## CELKOVÉ EMISE GHG

(s vyznačeným cílem 55% snížení emisí do 2030)





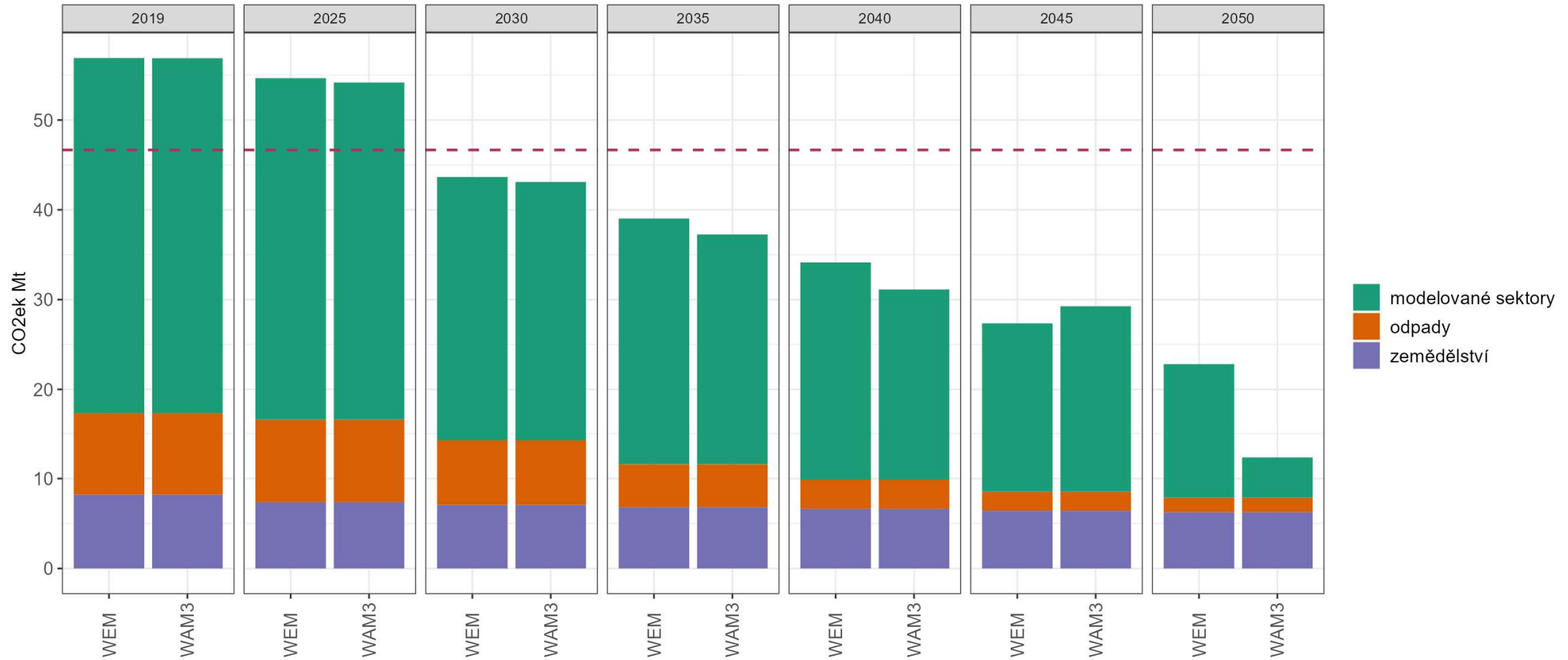
## EMISE GHG Z ETS1

(s vyznačeným cílem 62% snížení emisí do 2030)

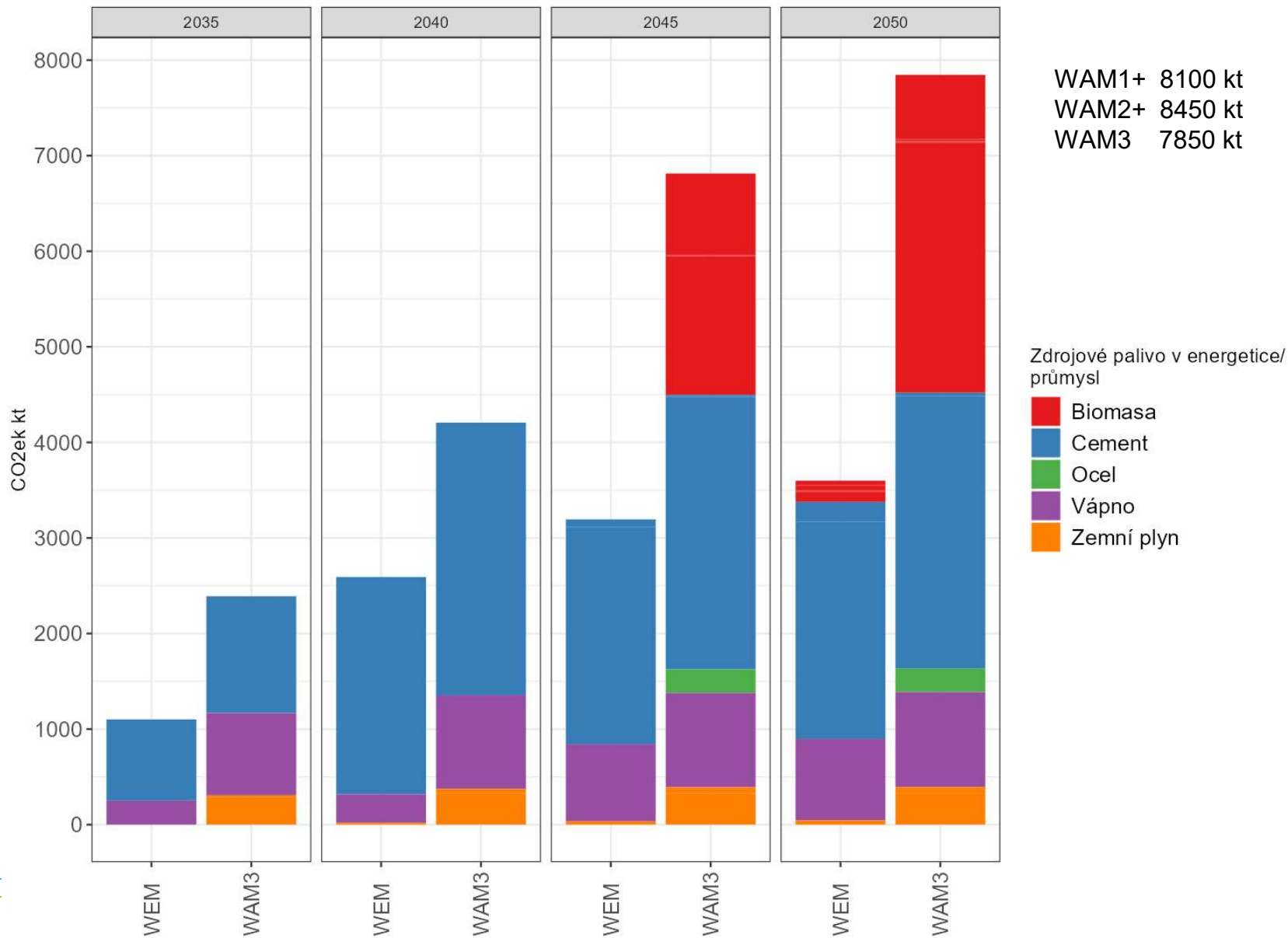


## EMISE GHG z ESR sektorů

(s vyznačeným cílem 26% snížení emisí do 2030)



### ZACHYCOVÁNÍ EMISÍ CO2 (CCUS)

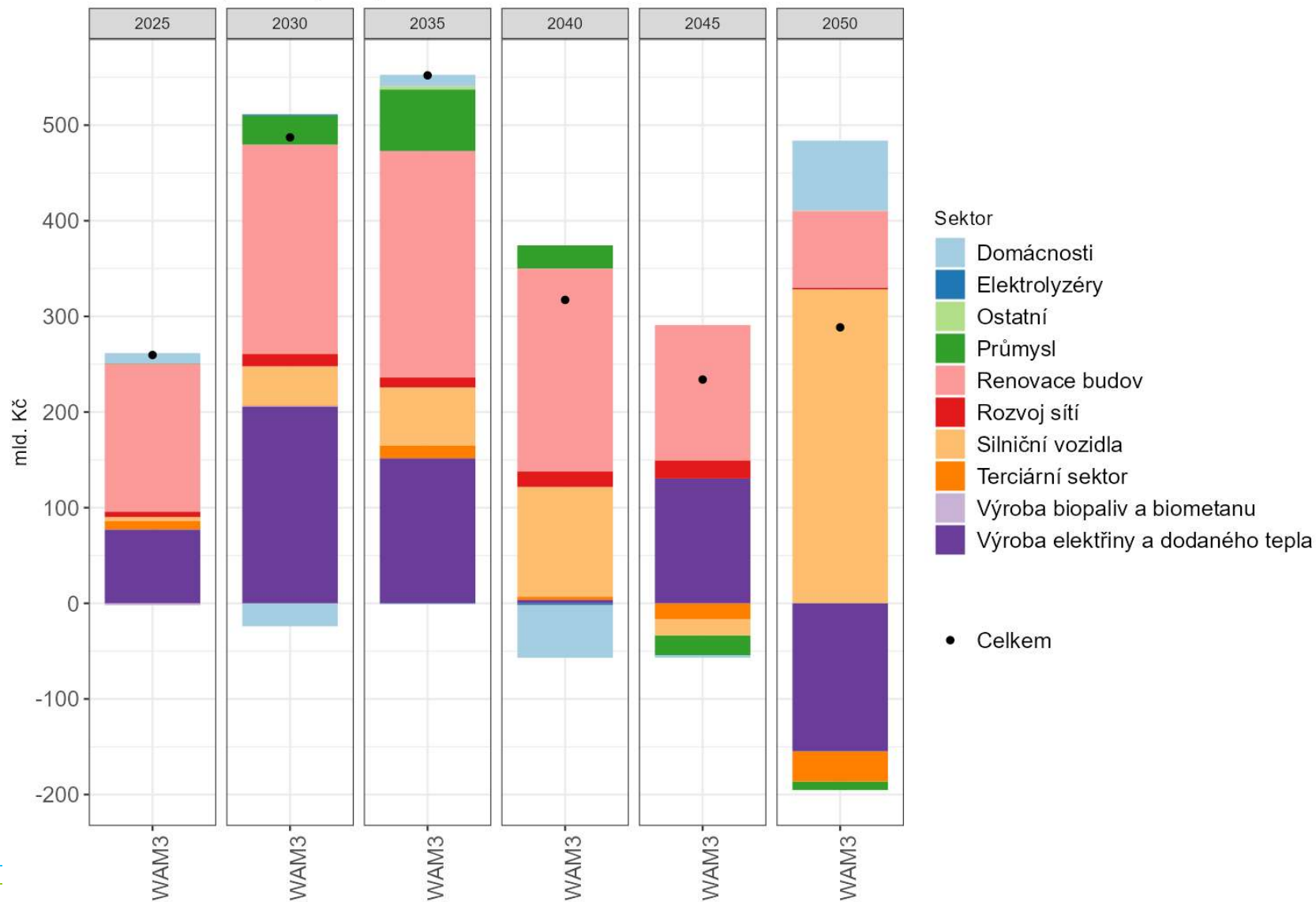


# Dodatečné investiční náklady



## IVESTIČNÍ NÁKLADY DLE SEKTORU - ROZDÍL OPROTI WEM

souhrn za 5 let, stálé ceny 2020, bez DPH

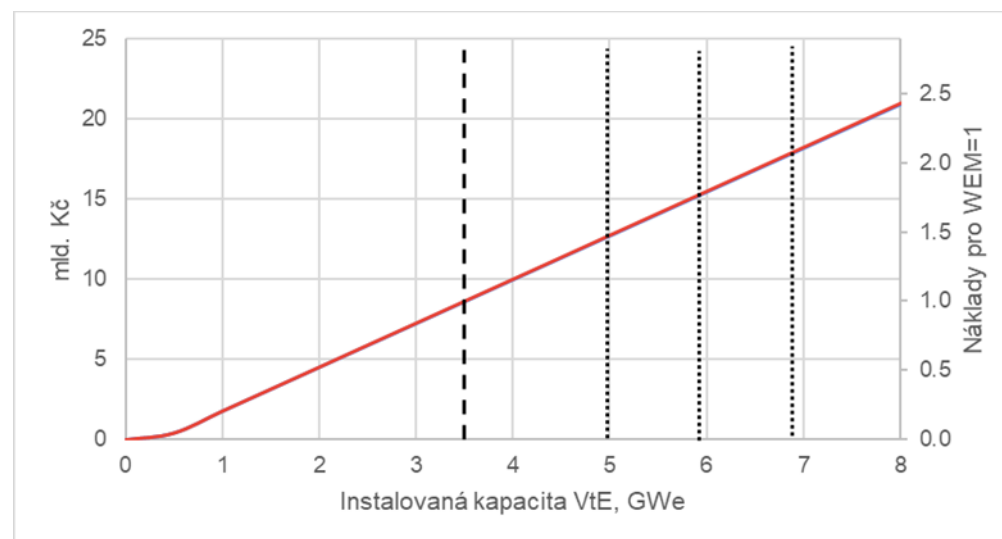
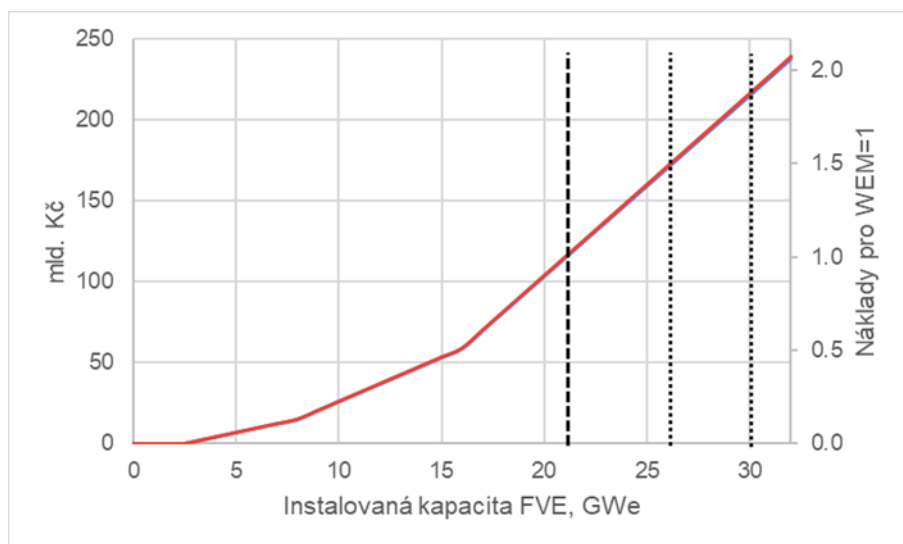


Investiční náklady nezahrnují:

- Rozvoj sítí zjednodušeně
- Náklady *další infrastruktury* (vodík, dobíjecí stanice vozidel, atp.)

# Systemové náklady OZE, mld. Kč(2020)

+15% kapacity baterií, bez efektu BEV a změn na straně spotřeby



Pozn.: kapacita FVE a VTE ve WEM je značena čárkovanou čarou, kapacita ve scénářích WAM a v citlivostní analýze je značena tečkovanými čarami.

- Nejde o **předpověď**, modely předpokládají implementaci evropských politik a odstranění finančních i nefinančních bariér.
- Modelování nezaručuje, že se **nákladově-optimální technologie samy zainvestují**
  - Pro řadu technologií není kompletní právní rámec (CCUS)
  - **Řízení na straně poptávky** může výrazně snížit náklady tranzice (snížení nutnosti akumulace, energy-efficiency paradox)
  - Optimalizace předpokládá racionální **reakci průmyslu a domácností** (odstraňování bariér, finanční/energetická gramotnost)
  - Implikace na **přenosovou a distribuční síť** tranzice
- **Cena povolenky není dostatečná** k dosažení klimatické neutrality na úrovni ČR.
- Snížení posledních tun GHG je nejtěžší a nejdražší
  - Možností je úprava životního stylu – např. méně masa v jídelníčku



## Závěry – 3 směry

- FVE a VtE jsou ve všech scénářích na maximech
- Po roce 2040 si konkurují zejména:
  - Nové jaderné zdroje
  - Zelený vodík (z dovozu)
    - Cena a možnost dovozu vodíku je klíčová
  - Zachytávání CO<sub>2</sub> – CCUS
    - Chybí legislativní rámec
    - Nejisté náklady
    - Nepotvrzený potenciál uložení v ČR
      - možné společné úložiště EU?
    - Nezbytné pro zachycení procesních emisí (vápno, cement)
    - Záporná bilance GHG při spalování biomasy - BECSS





# S&PIA Závěry – potřeba nových zdrojů

- OZE a NJZ si velmi dlouho **nekonkurují** (až nad 5 GW VtE a 1,5 GW NZJ při nízké spotřebě elektřiny)
  - VtE je potřeba v poměru k FVE – vzájemně se doplňují
- Po ověření z ČEPS není třeba snižovat **potenciál OZE**.
  - Při dnešním profilu poptávky po elektřině (bez dynamických cen, agregace flexibility apod.) **dozdrojováno 0.7-2 GW špičkovými zdroji**.
  - Ve scénáři WAM3 se po roce 2045 vyskytuje LOLE v desítkách hodin ale s **nízkou hodnotou nedodávek** (celkem <140 GWh). Lze řešit efektivněji na straně poptávky než dozdrojováním špičkovými zdroji

➡ **Zavést mechanismy pro výstavbu a provoz špičkových zdrojů**

➡ **Zrychlit rozvoj OZE a energetických úspor**

- **Usnadnění výstavby OZE**
- **Rekvalifikace a inovace ve stavebnictví**

➡ **Transformovat teplárenství na nízkoteplotní systémy**





Centrum socio-ekonomického výzkumu  
dopadů environmentálních politik

# Děkujeme

**Lukáš Rečka**

*Centrum pro otázky životního prostředí UK*

*lukas.recka@czp.cuni.cz*

**Milan Ščasný, Vojtěch Máca, Dali Laxton, Patrik  
Lenz, Lukáš Novák, Matěj Opatrný**

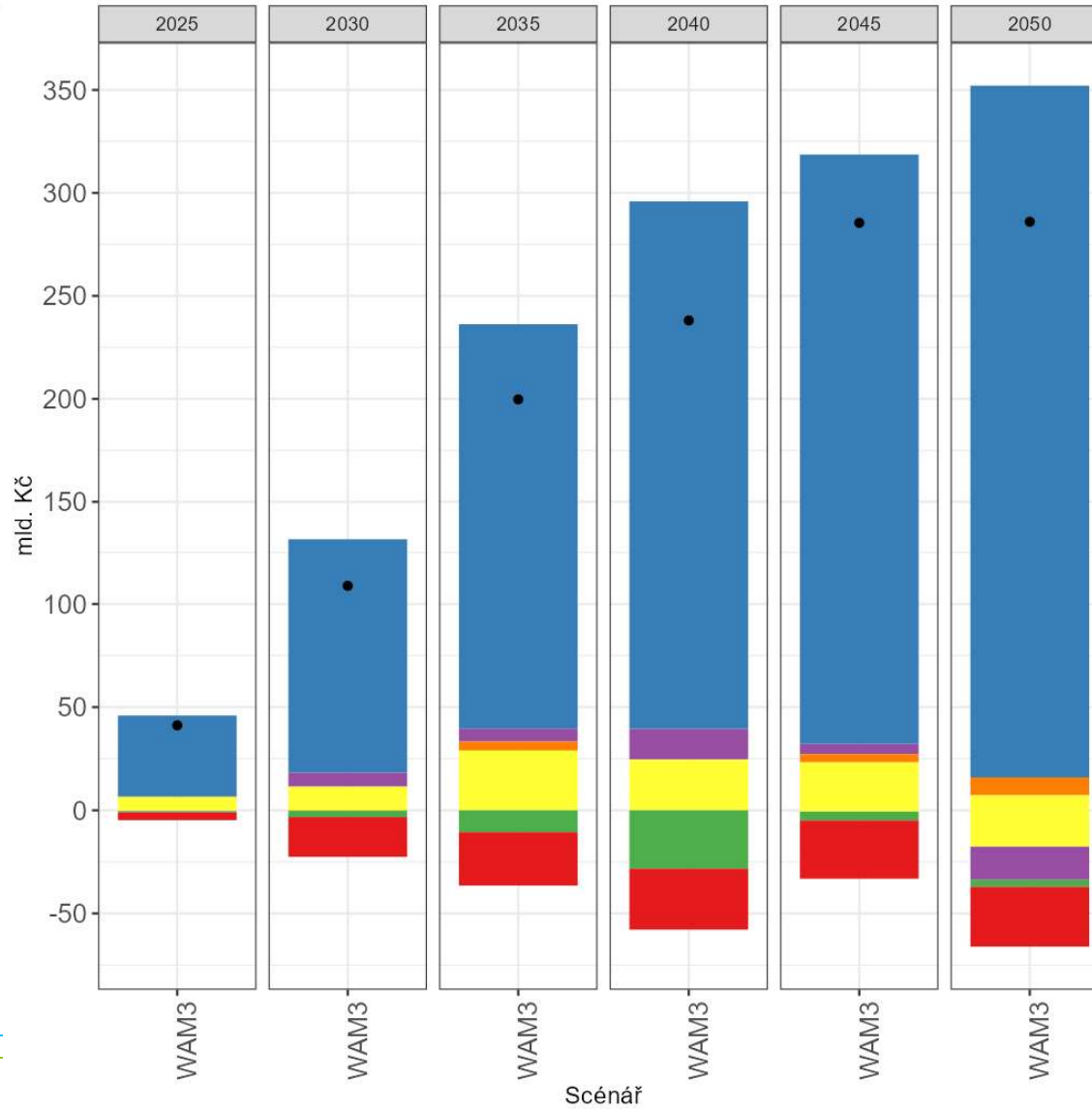


Vytvořeno se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život, projektu SS04030013  
Centrum socio-ekonomického výzkumu dopadů environmentálních politik.



## ANUALIZOVANÉ NÁKLADY - ROZDÍL oproti WEM

Stále ceny roku 2020, bez DPH



Anualizované náklady nezahrnují:

- Náklady *další infrastruktury* (vodík, dobíjecí stanice vozidel, atp.)

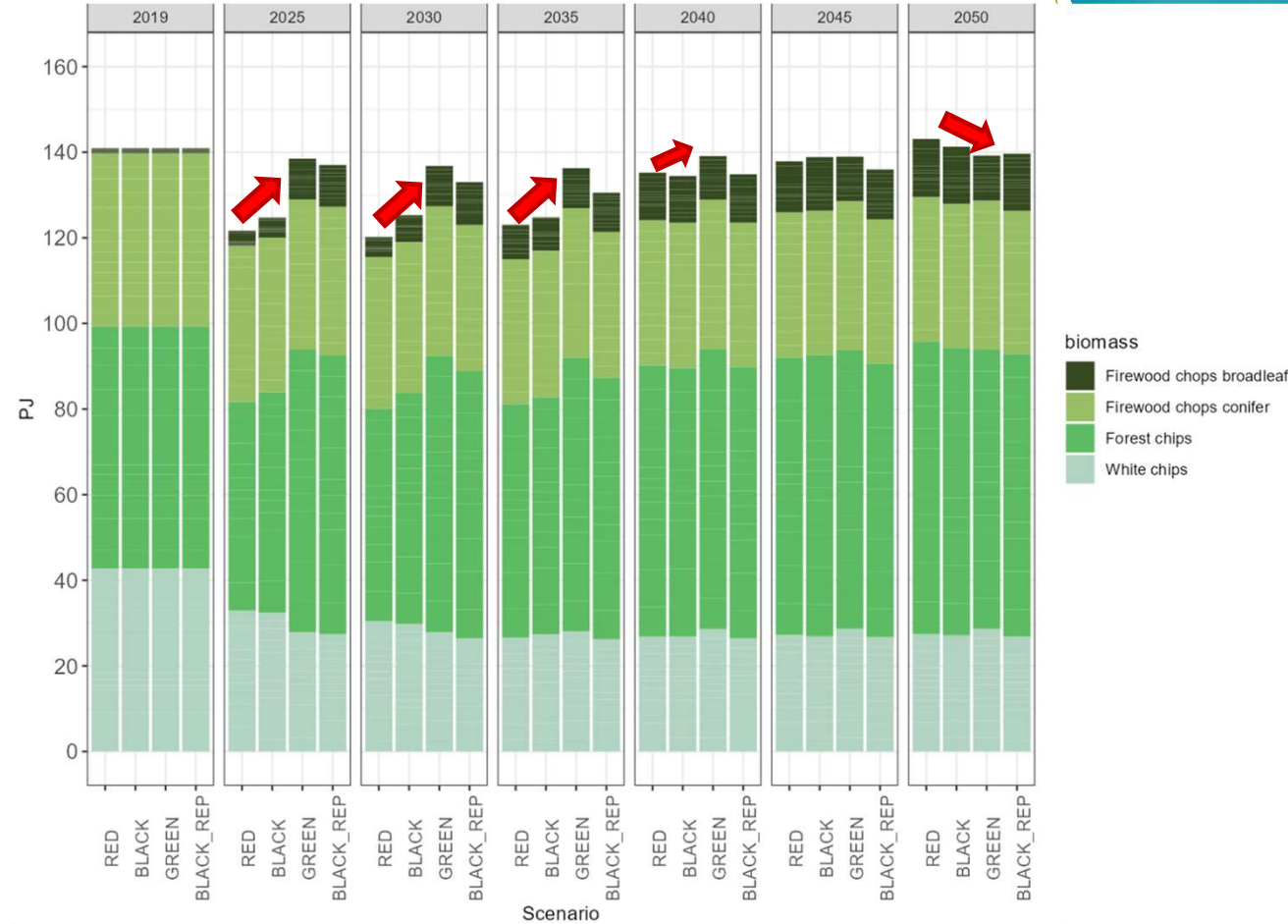
• Celkem

Náklady

- Anualizovaná investiční podpora
- Anualizované investiční náklady
- Energie
- EUA (vč. ETS2)
- Fixní náklady
- Variabilní náklady

TIMES-CZ is a spatially-enriched energy system model, following EUROSTAT's NUTS3 level (14 regions)

- Regionalised **biomass availability** (IFER: Cienciala & Melichar 2023)
- Regionalised **heat production and heat use**
- Regionalised demand on (some) **energy services**
- More realistic costs by including **Transportation costs** (14 x 14 cost matrix)

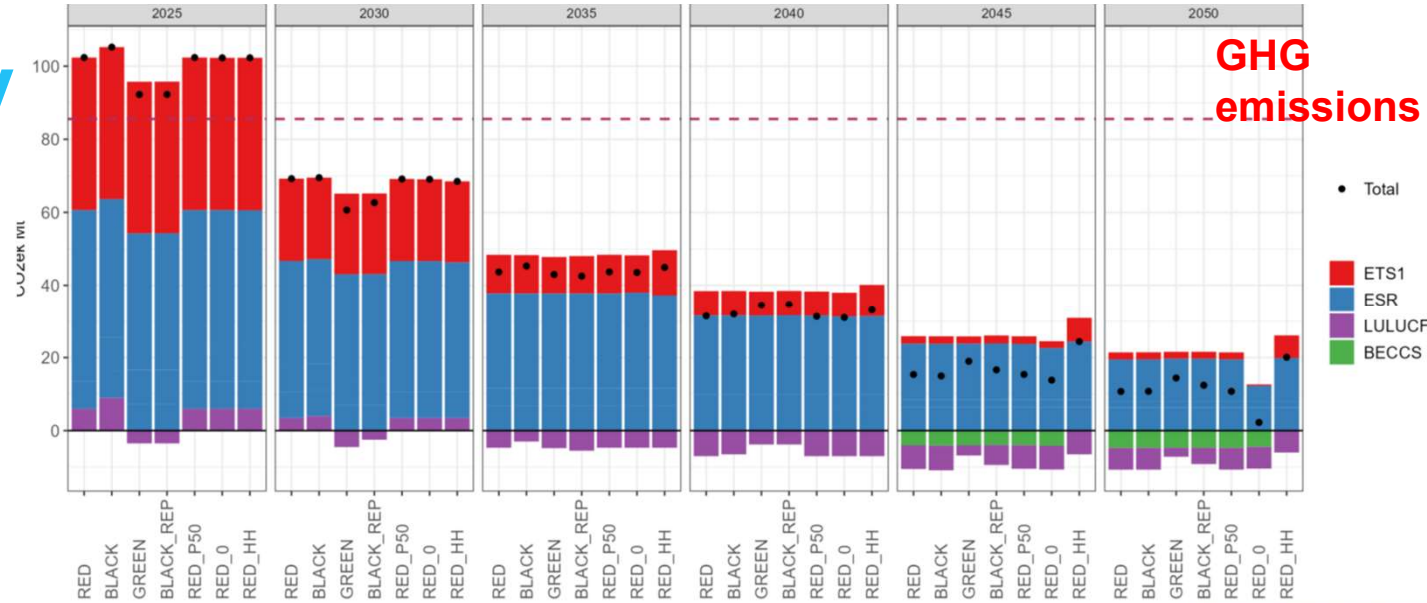


IFER Forest biomass availability affected by spruce bark beetle infestation

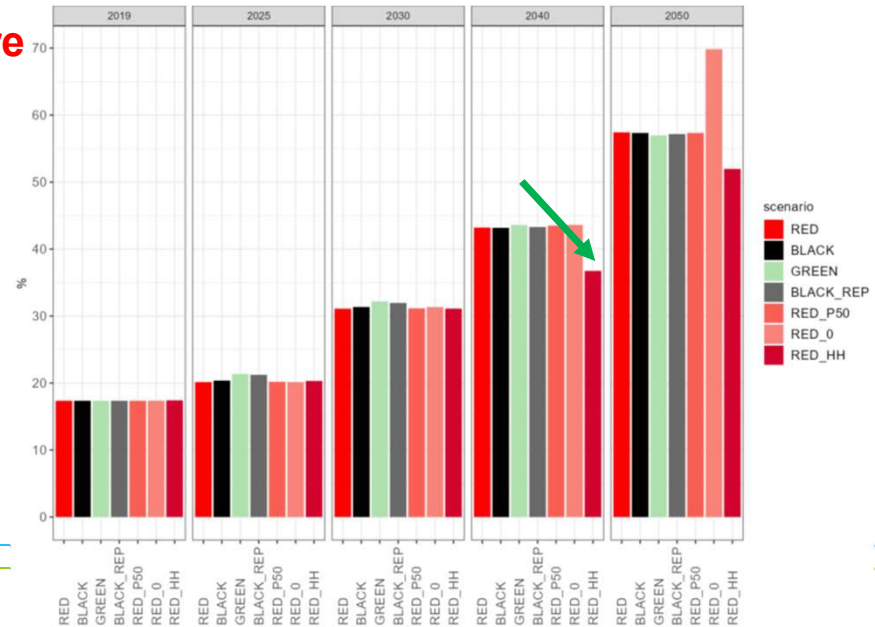
- RED
- GREEN
- BLACK
- BLACK-REP

plus three policy measures

- RED\_0 carbon-neutrality
- RED\_P50 50% subsidy to pellets production
- RED\_HH ecological limits, biomass available only for households



RES share



# Konečná spotřeba energie v domácnostech dle účelu

