



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

### **Aplikace modelu GAINS v České republice**

CENIA, česká informační agentura životního prostředí  
2011

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-361849>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 28.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

# Aplikace modelu GAINS v České republice

Projekt VaV: SP/4h1/147/08

# Aplikace modelu GAINS v České republice

**Autoři:** Mgr. Leona Matoušková (CENIA),  
RNDr. Alžbeta Kodetová (CENIA),  
Ing. Vladislav Bízek (Technologické centrum AV ČR)

**Spolupracovníci:** Ing. Jan Pokorný (CENIA)

**Oponent, recenzent:** Dr. Rostislav Nevečeřal, MES (ČHMÚ)

**Grafický design, sazba a tisk:** Vysoká škola ekonomická v Praze,  
Nakladatelství Oeconomica

**Vydala:** © 2011, CENIA, česká informační agentura  
životního prostředí

**ISBN 978-80-85087-87-1**

Tato publikace vznikla v rámci projektu VaV (Výzkum a vývoj): SP/4h1/147/08 „Návrh systému hodnocení politik mezi jednotlivými systémy uživatelských informací ve vazbě na efektivní využití výsledků na rozhodovací a informační chování podle modelů a principů udržitelného rozvoje včetně testování a prezentace nástrojů znalostní báze životního prostředí (2008-2010)“ za podpory Ministerstva životního prostředí.

## Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Model RAINS / GAINS a modelový systém EC4MACS</b>	<b>7</b>
2.1.	Model RAINS	7
2.2.	Model GAINS	8
2.3.	Modelový systém EC4MACS	14
<b>3.</b>	<b>Matematické základy modelu GAINS</b>	<b>17</b>
3.1.	Proměnné modelu a značení	17
3.2.	Emisní projekce	18
3.3.	Jednotkové náklady	19
3.4.	Jednotkové náklady substituce a růst efektivity	22
3.5.	Účelová funkce	24
3.6.	Omezení modelu	26
3.7.	Dopady na životní prostředí	28
<b>4.</b>	<b>Metodika práce s modelem GAINS</b>	<b>29</b>
4.1.	Úvod	29
4.2.	Jednotlivé kroky pro vytvoření kopie scénáře	30
4.2.1.	Tvorba kopie regulační strategie	30
4.2.2.	Tvorba kopie souboru aktivitních dat	31
4.2.3.	Sestavení vlastního scénáře	31
4.3.	Provádění změn ve vstupních datech	32
4.3.1.	Pravidla v sešitě aktivitních dat energetiky a dopravy	32
4.3.2.	Příklad změny v regulačních strategiích	33
4.4.	Nahrání souboru	33
<b>5.</b>	<b>Příklady analýz a výpočtů</b>	<b>35</b>
5.1.	Analýza scénářů a citlivostní analýzy	35
5.1.1.	Analýza scénářů s důrazem na scénáře „C&E; current legislation“ a „C&E;current policy“ a srovnání úrovně emisí podle scénářů modelu GAINS (2000–2030) s emisní bilancí České republiky dle ČHMÚ	35
5.1.2.	Citlivostní analýza aktivitních dat v sektoru energetika modelu GAINS – vliv snížení a navýšení spotřeby v energetickém sektoru o 10% na emise vybraných látek (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>2,5</sub> a skleníkových plynů) v roce 2020	42

5.1.3.	Citlivostní analýza aktivitních dat v sektoru doprava modelu GAINS – důsledky změny spotřeby energie v dopravě v letech 2010–2030 . . . . .	54
5.2.	Vlastní experimentální úlohy . . . . .	76
5.2.1.	Změna emisí (PM <sub>2,5</sub> , SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ) v důsledku snížení spotřeby hnědého uhlí (za současného dvojnásobného navýšení spotřeby jaderného paliva v JE Temelín v roce 2020 oproti roku 2010) . . . . .	76
5.2.2.	Reakce modelu GAINS na výraznější změny struktury pohonných hmot spotřebované silniční dopravou . . . . .	78
5.3.	Spolupráce s IIASA a resortními organizacemi na vytvoření národního scénáře pro revizi Göteborgského protokolu . . . . .	83
5.3.2.	Změna emisí SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VOC, NH <sub>3</sub> , PM <sub>2,5</sub> a CO <sub>2</sub> v důsledku změny energetické projekce do roku 2020 . . . . .	83
5.3.3.	Dodatečné změny emisí SO <sub>2</sub> a NO <sub>x</sub> . . . . .	88
6.	<b>Závěry</b> . . . . .	<b>93</b>
7.	<b>Summary</b> . . . . .	<b>95</b>
	<b>Seznam zkratk</b> . . . . .	<b>96</b>
	<b>Přehled pramenů</b> . . . . .	<b>99</b>

# 1 Úvod

Model **GAINS** (the **Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies**) byl vyvinut na bázi předchozího modelu **RAINS** (**Regional Air Pollution Information and Simulation**) Mezinárodním institutem pro aplikovanou systémovou analýzu (IIASA). Jedná se o pokročilý komplexní model, popisující celý cyklus DPSIR (hnací síla–tlak–stav–dopad–odezva) a integrující zlepšování kvality ovzduší s omezováním emisí skleníkových plynů. V současné době není k dispozici žádný obdobně komplexní model.

Model GAINS požívá díky své jedinečnosti vysoké vážnosti u mezinárodních institucí, zejména Evropské komise a Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (v rámci aktivit Úmluvy EHK OSN o dálkovém znečištění ovzduší překračujícím hranice států a jejich protokolů, zejména „Göteborgského protokolu k omezení acidifikace, eutrofizace a přízemního ozonu“).

Vybudování stabilního pracoviště modelu GAINS v rámci CENIA, české informační agentury životního prostředí bylo jedním z prioritních cílů projektu VaV „Návrh systému hodnocení politik mezi jednotlivými systémy uživatelských informací ve vazbě na efektivní využití výsledků na rozhodovací a informační chování podle modelů a principů udržitelného rozvoje včetně testování a prezentace nástrojů znalostní báze životního prostředí“ řešeného v letech 2008–2010. Důvodem pro uplatnění modelu GAINS byla skutečnost, že v České republice nebyl dosud tento ani žádný obdobně pokročilý model k dispozici a rovněž fakt, že na základě výsledků modelu GAINS jsou navrhovány hodnoty národních emisních stropů pro revizi Göteborgského protokolu a následnou revizi směrnice 2001/81/EC o národních emisních stropech pro některé látky znečišťující ovzduší.

K dosažení tohoto cíle bylo zapotřebí následujících aktivit:

- získat rozšířená (aktivní) uživatelská práva k modelu GAINS,
- zajistit základní proškolení alespoň jednoho pracovníka CENIA v užívání modelu,
- ovládnout proces formulace scénářů a jejich vkládání do modelu,
- získat schopnost provádět pomocí modelu GAINS rutinní výpočty ve prospěch Ministerstva životního prostředí, Českého hydrometeorologického ústavu a dalších případných zájemců.

V následujícím textu jsou, vedle základního popisu modelů RAINS/GAINS a vyvíjeného nadřazeného modelového systému **EC4MACS** (**European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies**), prezentovány výsledky výpočtů, provedených na pracovišti GAINS v CENIA.

## 2 Model RAINS / GAINS a modelový systém EC4MACS

### 2.1 Model RAINS

Model RAINS (Regional Air Pollution Information and Simulation), vyvinutý Mezinárodním institutem pro aplikovanou systémovou analýzu (IIASA) je „předchůdcem“ a „podmnožinou“ modelu GAINS. V současnosti je důraz přenesen na výpočty pomocí modelu GAINS a jeho vývoj. Hlavním cílem modelu RAINS bylo vytvoření konsistentního rámce pro management kvality ovzduší v souladu s konceptem „multi pollutant – multi effect“ a na tomto základě posuzování strategií ke snížení emisí látek znečišťujících ovzduší.

Model RAINS zahrnuje oxid siřičitý, oxidy dusíku, těžké organické látky (VOC), amoniak a tuhé znečišťující látky (PM) a skládá se ze čtyř modulů:

- ekonomické aktivity způsobující znečištění ovzduší (výroba a spotřeba energie, osobní a nákladní doprava, průmyslové a zemědělské aktivity, používání rozpouštědel),
- varianty omezování emisí znečišťujících látek do ovzduší a k nim příslušející náklady na substituce paliv v energetických zařízeních nebo na „end-of-pipe“ opatření,
- disperze primárně emitovaných znečišťujících látek v atmosféře a tvorba troposférického ozonu a sekundárních anorganických aerosolů,
- citlivost lidské populace a ekosystémů na znečištění ovzduší.

Model RAINS simultánně zohledňuje dopady znečištění ovzduší suspendovanými částicemi a troposférickým ozonem na lidské zdraví a dopady troposférického ozonu, acidifikace a eutrofizace na terestriální a akvatické ekosystémy.

Vstupem do modelu jsou údaje o dosavadních emisích znečišťujících látek, převzaté z národních i mezinárodních emisních inventur, a dále emisní projekce v horizontu roku 2030, odvozené na základě projekcí vývoje jednotlivých emisně relevantních aktivit (pomocí energetického modelu PRIMES, dopravního modelu REMOVE a zemědělského modelu CAPRI).

Varianty omezování emisí znečišťujících látek a k nim příslušné náklady jsou reprezentovány jednotlivými technologiemi. Atmosférická disperze primárně emitovaných znečišťujících látek, tvorba přízemního ozonu a tvorba sekundárních anorganických aerosolů jsou počítány pomocí modelu EMEP, dopady znečištění na ekosystémy pak pomocí modelu CCE-CL.

Model RAINS může být provozován buď v modu „analýza scénářů“, kdy je výstupem odhad nákladů a přínosů jednotlivých strategií, nebo v modu „optimalizace“, kdy je výstupem identifikace nákladově optimálních alokací snižování emisí při současném dodržení definovaných kvantifikovaných cílů (koncentrační cíle, depoziční cíle).

Model RAINS pokrývá všechny evropské státy včetně evropské části Ruské federace a zahrnuje data o spotřebě energie ve 42 evropských regionech při rozlišení více než dvaceti kategorií využití paliv v šesti hlavních ekonomických sektorech. Dále jsou pochopitelně zahrnuty i emisně relevantní neenergetické ekonomické aktivity (zemědělství, průmysl, užívání rozpouštědel). Scénáře vývoje aktivit jsou exogenními vstupy.

Model RAINS počítá scénáře omezování emisí při zohlednění současné evropské legislativy s tím, že snížení emisí je dosahováno výhradně technickými opatřeními a není zahrnuta zpětná vazba omezování emisí na ekonomické a energetické systémy.

Model RAINS se ve struktuře dále popsaného modelového systému EC4MACS nevyskytuje explicitně – je implicitně zahrnut ve své rozšířené verzi – modelu GAINS (viz dále). Model GAINS přitom může pracovat v „RAINS modu“.

Model RAINS byl využit při přípravě směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/81/ES o národních emisních stropích pro některé látky znečišťující ovzduší a dále při přípravě Tématické strategie k ochraně ovzduší, která se později promítla do nové „rámcové“ směrnice o ovzduší (Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu).

Detailní popis modelu RAINS lze nalézt v pramenech (1) a (2) a na stránce Mezinárodního institutu pro aplikovanou systémovou analýzu (<http://www.iiasa.ac.at>).

## 2.2 Model GAINS

Model **GAINS** (the **G**reenhouse Gas and **A**ir Pollution **I**nteractions and **S**ynergies) byl vyvinut Mezinárodním institutem pro aplikovanou systémovou analýzu (IIASA) jako rozšíření, upřesnění a tedy náhrada modelu RAINS, zaměřeného pouze na analýzy v oblasti managementu kvality ovzduší (viz výše).

Hlavní rozdíly mezi modely GAINS (poslední dostupná verze – viz pramen 21) a RAINS jsou následující:

- model GAINS byl oproti modelu RAINS rozšířen o ekonomické interakce mezi látkami znečišťujícími ovzduší a skleníkovými plyny (oxid uhličitý, metan, oxid dusný a „F-plyny“),
- zatímco model RAINS pracuje s konvenčními nákladovými křivkami vztahenými k jednotlivým znečišťujícím látkám, model GAINS zavádí nákladové křivky

vztahené k jednotlivým technologiím omezování emisí (které velmi často snižují emise více než jedné znečišťující látky).

Model GAINS poskytuje konzistentní rámec pro analýzu přínosů společných strategií pro omezování emisí znečišťujících látek a emisí skleníkových plynů. Zahrnuje emise oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, F-plynů, tuhých znečišťujících látek (TSP a frakce  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$ ), oxidu siřičitého, oxidů dusíku, těkavých organických látek (VOC) a amoniaku a nabízí několik výpočetních možností:

- vývoj ekonomických aktivit (výroba a spotřeba energie, osobní a nákladní doprava, průmyslové a zemědělské aktivity, užívání rozpouštědel, aj.),
- strategie omezování emisí (vývoj emisí sledovaných znečišťujících látek a skleníkových plynů a jejich omezování v daném časovém horizontu),
- emisní scénáře pro sledované znečišťující látky a skleníkové plyny,
- náklady na omezování emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (pro zvolený scénář),
- dopady znečištění ovzduší (na lidské zdraví i na ekosystémy),
- správa dat.

Model GAINS v zásadě popisuje celou sekvenci DPSIR (hnací síla–tlak–stav–dopad–odezva). Sleduje znečišťující látky od jejich hnacích sil (emisně relevantních ekonomických aktivit – energetiky, dopravy, zemědělství a průmyslu), bere v potaz specifické emisní charakteristiky (jak z hlediska místa, tak z hlediska zdroje), analyzuje potenciál snižování emisí prostřednictvím různých technických i netechnických opatření a odhaduje náklady na jejich realizaci, simuluje „osud“ a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře a počítá indikátory dopadu na lidské zdraví a ekosystémy. Emise skleníkových plynů jsou počítány jak pro jednotlivé látky, tak i v agregované podobě.

Model GAINS simultánně popisuje dopady na zdraví a ekosystémy způsobené emisemi tuhých znečišťujících látek velikostní frakce  $PM_{2.5}$  (primárními a částečně sekundárními), acidifikací, eutrofizací a troposférickým ozonem a simultánně bere v potaz emise skleníkových plynů a k nim příslušnou cenu tuny ekvivalentu oxidu uhličitého. Dosavadní emise jsou převzaty z emisních inventur jednotlivých států. Jako indikátor zdravotních dopadů znečištění ovzduší je užít odhad snížení očekávané doby dožití (loss in statistical life expectancy), způsobený expozicí suspendovaným částicím frakce  $PM_{2.5}$  a počet předčasných úmrtí, připisatelných troposférickému ozonu.



Model GAINS na druhé straně nesimuluje vliv emisí a potažmo koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na parametry charakterizující stav klimatického systému.

Model GAINS počítá emise znečišťujících látek a skleníkových plynů ve střednědobém horizontu (2030) v pětiletých intervalech. Varianty snižování emisí a s nimi spojené náklady jsou prezentovány několika různými technologiemi. Model zahrnuje 160 variant omezování emisí oxidu uhličitého, 28 variant omezování emisí metanu, 18 variant pro omezování emisí oxidu dusného a 22 variant omezování emisí „F-plynů“. Pro omezování emisí „klasických“ znečišťujících látek (tuhé znečišťující látky, oxid siřičitý, oxidy dusíku, těkavé organické látky a amoniak) je do modelu zahrnuto celkem více než 1500 variant. Model kvantifikuje pro každý region a pro každou variantu potenciál snížení emisí a související náklady.

Atmosférické disperzní a chemické procesy (tvorba ozonu a sekundárních anorganických aerosolů) jsou často počítány exogenně (pomocí modelů TM5 a EMEP) a do modelu GAINS následně začleněny. Stejně tak jsou často externě připravována data o kritické zátěži a kritických úrovních znečištění.

Model GAINS ve své verzi EUROPE poskytuje výsledky pro všechny státy EU27, Norsko a Švýcarsko, bere však v potaz také emise produkované evropskými státy mimo EU (Albánie, Bělorusko, Bosna a Hercegovina, Srbsko a Černá Hora, Chorvatsko, Makedonie, Moldavsko, Ruská federace (evropská část rozdělená na 4 regiony), Turecko a Ukrajina) a konečně emise z mezinárodní námořní dopravy. Verze ASIA pokrývá 32 čínských provincií a 23 indických států – rozvoji modelu právě pro asijský region se v poslední době IIASA významně věnoval. V současné době je před dokončením verze pro severní Ameriku.

V rámci projektu EC4MACS (viz dále) jsou vstupem do ústředního modelu GAINS, vedle dat dodaných jednotlivými státy, výstupy dalších matematických modelů. Jedná se o model PRIMES (projekce spotřeby energie), CAPRI (projekce zemědělských aktivit), TREMOVE (strukturální změny v sektoru dopravy), EMEP (disperze znečišťujících látek v atmosféře) a CCE-CL (reakce ekosystémů na depozici acidifikujících a dusíkatých látek). Výstupy ústředního modelu GAINS pak vstupují do modelů GEM-E3 (náklady na opatření k omezování emisí) a BENEFIT (fyzické dopady znečištění ovzduší na lidské zdraví a ekosystémy).

Model GAINS může být provozován ve dvou modech:

- modus „Analýza scénářů“ sleduje emise od zdrojů k jejich dopadům a poskytuje odhady nákladů a environmentálních přínosů pro alternativní strategie,
- modus „Optimalizace“ umožňuje vyhledat nákladově optimální alokaci snižování emisí znečišťujících látek tak, aby bylo dosaženo stanovených depozičních úrovní, koncentračních limitů či emisních stropů.

Model GAINS je v modu „Optimalizace“ lineárním optimalizačním modelem, jehož objektivní funkce je definována jako součet nákladů na koncová (end-of-pipe) řešení omezování emisí, nákladů spojených se záměnou paliv a nákladů spojených s omezováním emisí skleníkových plynů. Podrobný popis modelu GAINS, jeho postupný vývoj a výsledky získané jeho prostřednictvím jsou uvedeny v pramenech (3) až (10).

Informace o modelu GAINS lze získat na stránce <http://www.iiasa.ac.at>, ze které je navíc možný pasivní přístup na on-line verzi modelu. Tento přístup umožňuje sledovat vstupní data, parametry i výsledky výpočtů pro jednotlivé státy, jednotlivé předdefinované scénáře a jednotlivé znečišťující látky a skleníkové plyny, neumožňuje však vkládání vlastních dat či formulaci vlastních scénářů.

Výsledky modelu GAINS jsou v současné době využívány Evropskou komisí jak při přípravě návrhu revize směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/81/ES o národních emisních stropcích pro některé látky znečišťující ovzduší, tak i při posuzování dopadů návrhu „energeticko-klimatického balíčku“ (viz prameny 4 až 10).

Na konci roku 2008 představila IIASA nový produkt – GAINS Mitigation Efforts Calculator. Předmětem Kalkulátoru je aplikace modelu GAINS za účelem srovnání mitigačního potenciálu (potenciálu snížení emisí skleníkových plynů) a souvisejících nákladů pro státy Anexu I Rámcové směrnice OSN ke změnám klimatu (Austrálie, Kanada, EU27, Japonsko, Norsko, Nový Zéland, Ruská federace, Švýcarsko, Ukrajina a USA). Kalkulátor se vztahuje na emise oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného a „F-plynů“ a použitá metodika zahrnuje následující kroky:

- inkorporace exogenních projekcí očekávaného vývoje relevantních ekonomických aktivit v zájmových oblastech,
- formulace odpovídajících „baseline“ emisních projekcí pro sledované skleníkové plyny a zájmové oblasti (na základě emisních inventur za rok 2005),
- odhad potenciálu snížení emisí sledovaných skleníkových plynů v každé zemi pro každou ekonomickou aktivitu (na bázi „bottom-up“) dosažitelného pomocí dostupných mitigačních opatření,
- kvantifikace nákladů spojených s aplikací mitigačních opatření.

Časový horizont kalkulací je rok 2020. Podrobné informace o Kalkulátoru včetně možnosti bezplatné registrace k jeho užívání lze nalézt na webové stránce <http://gains.iiasa.ac.at/MEC>.

V roce 2009 se autorské pracoviště modelu GAINS, International Institute for Applied System Analysis (IIASA) zabývalo téměř výhradně aplikacemi modelu v oblasti ochrany klimatu. V této souvislosti byly publikovány čtyři studie:



- Analysis of the proposals for GHG reductions in 2020 made by UNFCCC Annex I countries by mid-August 2009,
- Analysis of the proposals for GHG reductions in 2020 made by UNFCCC Annex I parties: Implications of the economic crisis,
- GHG mitigation potentials in Annex I countries: Comparison of model estimates for 2020 (IIASA Interim Report IR-09-034),
- The impact of the economic crisis on GHG mitigation potentials and costs in Annex I Countries.

Výše uvedené studie jsou dostupné na webové stránce IIASA <http://gains.iiasa.ac.at/gains/reports>.

Studie „GHG mitigation potentials in Annex I countries: Comparison of model estimates for 2020 (IIASA Interim Report IR-09-034)“ porovnává výsledky výpočtu mitigačního potenciálu skleníkových plynů a souvisejících nákladů pomocí modelu GAINS s výsledky získanými pomocí sedmi dalších modelů a diskutuje vzájemné odlišnosti. Sledovanými modely jsou:

- AIM (bottom-up model vyvinutý National Institute for Environmental Studies, Japonsko),
- DNE21+ (bottom-up model vyvinutý Research Institute of Innovative Technology for the Earth, Japonsko),
- GTEM/MMFR (obecný rovnovážný model: kombinace modelu GTEM, vyvinutého Australian Bureau for Agricultural and Resource Economics a modelu MMRF, vyvinutého Centre of Policy Studies at Monash University),
- IMAGE (model je popsán v samostatném dokumentu Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší<sup>1</sup>),
- McKinsey (bottom-up nákladové křivky),
- OECD ENV-Linkages (model je popsán v samostatném dokumentu Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší<sup>1</sup>),
- POLES (model je popsán v samostatném dokumentu Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší<sup>1</sup>).

Ze studie vyplývají následující závěry:

- pro získání solidních (robustních) informací o mitigačních potenciálech a souvisejících nákladech v absolutních hodnotách je nutno používat více než jednoho modelu, protože tak je získán rozsah výsledků, který odráží nejistoty způsobené různými vloženými předpoklady a různými metodami výpočtu,

- informace o mitigačních potenciálech a souvisejících nákladech v relativních hodnotách lze považovat za více solidní (robustní), než je tomu u hodnot absolutních; ale i zde je vhodné používat více modelů,
- v případě identifikace nákladově efektivních opatření v každém státě nebo v jednotlivých sektorech lze výsledky považovat za poměrně robustní a míra konzistence mezi jednotlivými modely je vysoká.

Uvedené závěry lze zobecnit na aplikaci modelů i v jiných oblastech.

V roce 2010 IIASA publikoval novou zprávu „Scope for further environmental improvements in 2020 beyond the baseline projections (Background paper for the 47th Session of the Working Group on Strategies and Review of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution Geneva, August 30–September 3 2010; Markus Amann, Imrich Bertok, Janusz Cofala, Chris Heyes, Zbigniew Klimont, Peter Rafaj, Wolfgang Schöpp, Fabian Wagner; Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM) and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA); CIAM Report 1/2010)“. Ze zprávy vyplývá, že podle základního scénáře zůstane k roku 2020, i přes indikované zlepšení hodnot indikátorů dopadu všech sledovaných veličin, dopad znečištění ovzduší na zdraví a ekosystémy vážný. Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi povede v roce 2020 ke zkrácení očekávané doby dožití o 4,5 až 5 měsíců, téměř 25 tis. případů předčasného úmrtí bude připisatelných expozici přízemním ozonem, biologická rozmanitost 1,4 mil. km<sup>2</sup> evropských ekosystémů bude ohrožena vysokou depozicí dusíku a 110 až 120 tis. km<sup>2</sup> lesů bude vystaveno neudržitelným úrovním kyselé depozice. Na druhé straně je však k dispozici řada konkrétních opatření, která by mohla situaci k roku 2020 zlepšit. Tato opatření by například, oproti základnímu scénáři, redukovala ztráty v očekávané době dožití o 50 %, snížila počet předčasných úmrtí o 20 % a měla také výrazný efekt na snížení výměry ohrožených ekosystémů.

Tato dodatečná opatření by však znamenala zvýšení nákladů na omezování znečištění ovzduší na evropské úrovni o 70 %, tedy cca o 80 mld. Eur ročně. Analýza efektivnosti nákladů, provedená pomocí modelu GAINS, umožňuje vybrat taková portfolia opatření, která povedou k nákladově efektivnímu zlepšení a identifikovat opatření, jejichž pomocí bude dosaženo výrazného zlepšení při vynaložení pouze části celkových nákladů. Na příkladu možností revize Göteborgského protokolu jsou analyzovány čtyři různé varianty přístupu k omezování znečištění ovzduší. Zprávu lze nalézt na stránce <http://gains.iiasa.ac.at/index.php>.

<sup>1</sup> Příloha 3 Souhrnné závěrečné zprávy projektu VaV SP/4h1/147.

## 2.3 Modelový systém EC4MACS

Cílem projektu EC4MACS (European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies), který byl zahájen v roce 2007 (s termínem dokončení 2011) je vybudovat a provozovat síť pokročilých modelových nástrojů pro komplexní integrované posuzování účinnosti strategií omezování emisí skleníkových plynů a látek znečišťujících ovzduší. Projekt je realizován v rámci podpůrného programu Evropské unie LIFEIII mezinárodním konsorciem evropských institucí a firem pod vedením Mezinárodního institutu pro aplikovanou systémovou analýzu (IIASA). Podrobné informace o projektu lze nalézt na projektové stránce <http://www.ec4macs.eu>.

Hlavním cílem projektu EC4MACS je:

- poskytnout potřebné vědecké a ekonomické analýzy pro revizi Tématické strategie k znečištění ovzduší a Evropského klimatického programu,
- vybudovat a udržovat analytické kapacity pro posuzování efektivnosti politik v oblasti omezování znečištění ovzduší a omezování emisí skleníkových plynů založené na spojení relevantních modelových nástrojů,
- zvýšit analytickou kapacitu užívaných modelů prostřednictvím inkorporace nejnovějších vědeckých poznatků,
- aktualizovat příslušné databáze tak, aby obsahovaly co nejnovější statistická data a projekce v relevantních sektorech.

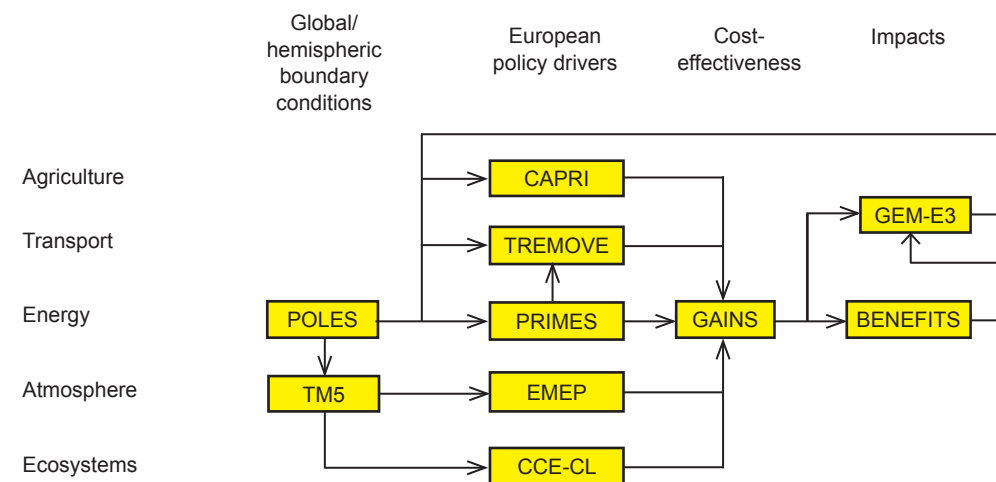
Základní rámec modelového systému je tvořen komplexním modelem GAINS a zahrnuje následující dílčí modely:

- globální energetický model POLES,
- energetický model PRIMES (pro Evropu),
- dopravní model TREMOVE,
- zemědělský model CAPRI,
- hemisférický model chemického transportu TM5,
- atmosférický rozptylový model EMEP,
- model GAINS-Europe (model pro posuzování opatření a scénářů k omezení emisí),
- modely pro odhad dopadů znečištění na lidské zdraví a ekosystémy (CCE-CL),
- makroekonomický rovnovážný model GEM-E3,
- model využití území EUFASOM,
- metodika pro posuzování přínosů (BENEFITS).

Všechny výše uvedené modely jsou popsány v samostatném dokumentu Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší (Příloha 3 Souhrnné závěrečné zprávy projektu VaV SP/4h1/147).

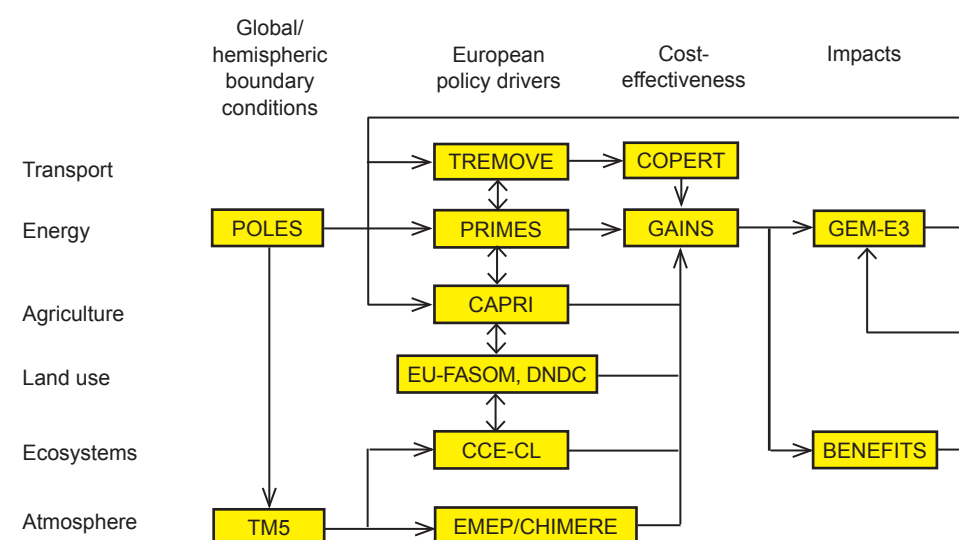
Původní základní schéma integrovaného komplexního modelu EC4MACS s vyznačenými informačními toky je uvedeno v následujícím obrázku:

Obr. 1 Původní schéma modelového systému EC4MACS



Do modelového systému EC4MACS byly nově zahrnuty další modely (CHIMERE a COPERT, jejichž popis je uveden v samostatném dokumentu Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší (Příloha 3 Souhrnné závěrečné zprávy projektu VaV SP/4h1/147)) – aktuální schéma modelového systému EC4MACS je uvedeno v následujícím obrázku. Aktuální stav projektu EC4MACS je uveden v pramenech (11) až (16), dostupných na projektové stránce <http://www.ec4macs.eu>.

Obr. 2 Aktuální schéma modelového systému EC4MACS



V letech 2009 a 2010 byly v rámci modelového systému EC4MACS zveřejněny následující dokumenty:

- Progress Report No 4 (Activities from 1 July to 31 December 2008),
- Progress Report No 5 (Activities from January 1 to 30 June 2009),
- MNPS Status Report 2008: Critical load, dynamic modelling and impact assessment in Europe 2008,
- Agricultural projection for the interim assessment deliveries to GAINS,
- CAPRI/GAINS: Live-stock data January 2009,
- EC4MACS Interim Assessment: GHGs and Air Pollutants in the EU: Baseline Projections up to 2030; 2010.

Veškeré reporty a další informace vygenerované v rámci modelového systému EC4MACS lze nalézt na stránce <http://www.ec4macs.eu>.

### 3 Matematické základy modelu GAINS

Model GAINS je spíše než otevřeným modelem „černou skříňkou“ – uživatel nemá možnost měnit samotné součásti modelu, namísto toho definuje parametry svého vlastního scénáře.

Způsob, jímž model volí kombinaci technologických opatření snižování emisí (control measures), která minimalizují náklady na dosažení zvolených cílů, je definován objektivní funkcí. Účelová funkce je popsána v kap. 3.5, předcházející kapitoly jsou zaměřeny na dílčí rovnice, které do objektivní funkce vstupují.

#### 3.1 Proměnné modelu a značení

- Model rozlišuje mezi emitujícími zeměmi,  $i \in I$ , a zeměmi, které emise přijímají,  $k \in K$ . Tímto je umožněno zhodnotit situace, kdy emise „cestují“ mezi státy.
- Množina kontrolovaných plynů  $p \in P$  obsahuje veškeré relevantní lokální polutanty a skleníkové plyny.
- Data v modelu jsou strukturována jako kombinace sektorů a aktivit, pro každý sektor  $s \in S$  existuje několik rozdílných aktivit  $f \in F$ , například užití různých druhů paliva (aktivita) v energetickém sektoru. Ne každá aktivita existuje v každém sektoru, kombinace sektor–aktivita se také liší mezi jednotlivými zeměmi.
- Veškerá technologická opatření snižování emisí jsou agregována do množiny opatření,  $t \in T$ , opatření specifická pro daný polutant jsou potom její podmnožinou,  $T_p \subset T$ , stejně jako opatření specifická pro danou kombinaci sektoru a aktivity  $T_{s,f}$ . Průnikem obou podmnožin je podmnožina technologických opatření pro daný polutant v sektoru a aktivitě,  $T_{s,f,p}$ .
- Situaci lze zachytit také z druhé strany podmnožinou polutantů regulovaných některým z opatření,  $P_t \subset P$ , případně podmnožinou polutantů generovaných danou kombinací sektoru a aktivity,  $P_{s,f}$ .
- Za účelem zjednodušení modelu je mezi opatřeními zařazena „no-control“ technologie  $NOC_p$ , tedy nulové opatření, které žádným způsobem nemění původní emise kontrolovaných polutantů.
- Jedním z technologických opatření modelu je nahrazení stávající kombinace sektoru a aktivity novou kombinací,  $(s, f) \rightarrow (s', f')$ . Množina všech nových kombinací  $A_{i,s,f}$  je specifická pro každou zemi.

- První nezávislou proměnnou modelu je *aktivita specifická pro opatření* (technology-specific activity variable), která popisuje úroveň aktivity  $f$  v sektoru  $s$  a zemi  $i$ , která je regulována opatřením  $t$ .

$$0 \leq x_{i,s,f,t}, \quad i \in I, s \in S, f \in F_{i,s}, t \in T_{i,s,f}$$

- Druhou nezávislou proměnnou modelu je *substituce aktivity* (activity substitution variable), která popisuje substituci dané aktivity (tedy např. paliva).

$$0 \leq y_{i,s,f,s',f'}, \quad i \in I, s \in S, f \in F_{i,s}, (s,f) \in A_{i,s,f}$$

- Sumací veškerých *aktivit specifických pro opatření* v daném sektoru včetně „no-control“ opatření je získána *celková úroveň aktivit* (total level of activity) v tomto sektoru.

$$xp_{i,s,f} = \sum_{t \in T_{s,f,p}} x_{i,s,f,t}$$

Vzhledem k zařazení „no-control“ opatření je výsledek sumace přes jednotlivé *aktivity specifické pro opatření* konzistentní se sumací přes jednotlivá technologická opatření.

$$xa_{i,s,f} = xp_{i,s,f} \quad p \in P_{s,f}, \quad i \in I, s \in S, f \in F_{i,s}$$

- Míra aplikace daného technologického opatření je vypočtena jako poměr *aktivity specifické pro opatření* a *celkové úrovně aktivit*, tato hodnota je menší nebo rovna jedné a vyšší nebo rovna nule.

$$q_{i,s,f,t} = \frac{x_{i,s,f,t}}{xa_{i,s,f}} \quad i \in I, s \in S, f \in F_{i,s}, t \in T_{s,f}$$

### 3.2 Emisní projekce

Model GAINS obsahuje projekce emisí jednotlivých polutantů a skleníkových plynů za absence jakýchkoliv změn v relevantní legislativě (business-as-usual). Pokud jsou zavedena nová technologická opatření, projekce emisí se odpovídajícím způsobem změní. Toto je zachyceno v následujícím vzorci.

$$E_{i,p} = \sum_{s,f,t} Ef_{i,s,f,p} (1 - Eff_{i,s,f,t,p}) X_{i,s,f,t} + const_{i,p}$$

kde

- $E_{i,p}$  jsou celkové emise polutantu  $p$  v zemi  $i$ ;
- $Ef_{i,s,f,p}$  jsou původní (business-as-usual) emise tohoto polutantu v kombinaci sektor–aktivita  $(s,f)$  v zemi  $i$ ;

- $Eff_{i,s,f,t,p}$  je efektivita technologického opatření (včetně “no-control”);
- $X_{i,s,f,t}$  je úroveň implementace tohoto opatření;
- $const_{i,p}$  jsou emise ze sektoru, kde není aplikováno žádné technologické opatření, a jsou proto do modelu zařazeny jako konstantní.

### 3.3 Jednotkové náklady

Jednotkové náklady (náklady na jednotku polutantu nevypuštěnou v důsledku zavedení technologického opatření) jsou základním stavebním prvkem účelové funkce modelu. Jsou složeny ze tří komponent – nákladů na investici do technologického opatření, fixních nákladů a variabilních nákladů. Metodika výpočtu se kvůli odlišné skladbě nákladů liší mezi jednotlivými kategoriemi (stacionární zdroje, průmyslové procesy a mobilní zdroje – viz dále). Platí následující předpoklady:

- jednotkové náklady jsou vyjádřeny v eurech a v cenové hladině roku 2000;
- je předpokládán volný trh bez transferů, daní nebo subvencí, investice do technologických opatření jsou proto nezávislé na místě použití;
- specifické parametry jednotlivých zemí jsou brány v potaz; za takové parametry je považována průměrná velikost elektrárenských kotlů, spotřeba paliva, stáří vozového parku, cena práce a paliva nebo náklady nakládání s odpady;
- za parametry společné pro všechny země jsou považovány parametry specifické pro jednotlivé technologie, jednotkové náklady investice, fixní náklady a některé z parametrů variabilních nákladů, například poptávka po práci, energii a materiálech vyvolaná novou poptávkou po technologických opatřeních.

#### Jednotkové náklady stacionárních zdrojů

Jednotkové náklady stacionárních zdrojů se skládají z nákladů na transport instalace, inženýrské služby nebo akvizici kapitálu.

$$I = (ci^f + \frac{ci^v}{bs})v(1+r)$$

kde

- $ci$  je nákladem investice do instalace a kde koeficient  $f$  platí pro uhlí a koeficient  $v$  platí pro ostatní paliva (aktivity), která generují odlišný objem spalin;
- $bs$  je koeficient velikosti kotle;
- $r$  je koeficient odlišný od nuly při rekonstrukci existujícího kotle.

Investice do technologického opatření je diskontována během celé doby používání.

$$I^{an} = I \frac{(1+q)^{lt} q}{(1+q)^{lt} - 1},$$

kde  $lt$  je doba používání a  $q$  je reálná úroková míra.

Fixní náklady se skládají z nákladů na údržbu, opravy a administrativu spojených s během technologického opatření

$$OM^{fix} = fl,$$

kde  $f$  je předem stanovené procento jednotkových nákladů  $l$ .

Variabilní náklady jsou spojeny s bezprostředním během daného technologického opatření.

$$OM^{var} = \lambda^l c^l + \lambda^e c^e + ef\eta\lambda^d c^d,$$

kde

- $\lambda$  označuje změny v poptávce po práci ( $l$ ) a energii ( $e$ ) a dodatečně vytvořené odpady ( $d$ );
- $c$  jsou jejich odpovídající náklady;
- $ef = E_{i,s,f,p}$  jsou emise, které nebyly odstraněny užitím daného technologického opatření;
- $\eta = Eff_{i,s,f,t,p}$  je efektivita odstraňování emisí.

Jednotkové náklady jsou nakonec vyjádřeny ve vztahu k jednotce vstupu (paliva, v PJ), kde  $pf$  je počet hodin operace zařízení (první rovnice), nebo ve vztahu k jednotce výstupu (odstraněné emise v tunách, druhá rovnice). V modelu je užito jednotkových nákladů odstranění jednotky emisí.

$$c_{PJ} = \frac{I^{an} + OM^{fix}}{pf} + OM^{var}$$

$$c_p = \frac{c_{PJ}}{ef\eta}$$

### Jednotkové náklady průmyslových procesů

Jednotkové náklady průmyslových procesů jsou vypočteny podobným způsobem jako v případě stacionárních zdrojů. Náklady investice jsou vyjádřeny ve vztahu k jednotce výstupu (emise v tunách) nebo vstupu (tuna surové ropy, v případě

rafinerií) a diskontovány. Odpovídající rovnice jsou uvedeny bez komentáře, pro vysvětlení viz kapitola o stacionárních zdrojích.

$$I = c^{i,f} (1+r)$$

$$I^{an} = I \frac{(1+q)^{lt} q}{(1+q)^{lt} - 1}$$

$$OM^{fix} = fl$$

$$OM^{var} = \lambda^l c^l + \lambda^e c^e + ef\eta\lambda^d c^d$$

Výsledné jednotkové náklady jsou vyjádřeny ve vztahu k jednotce výstupu nebo vstupu, v modelu je užita první varianta.

$$c_{ton} = I^{an} + OM^{fix} + OM^{var}$$

$$c_p = \frac{c_{ton}}{ef\eta}$$

### Jednotkové náklady mobilních zdrojů

Náklady investice pro mobilní zdroje  $I_{f,t}$  (euro/vozidlo) se liší pro každou kategorii vozidel a pro každé technologické opatření. Zahrnují dodatečné náklady investice, nárůst nákladů na údržbu vozidla nebo nárůst nákladů na palivo způsobený zavedením technologického opatření. Náklady investice jsou podobně jako v předchozích případech diskontovány.

$$I_{i,f}^{an} = I_{i,f} \frac{(1+q)^{lt_{i,f,t}} q}{(1+q)^{lt_{i,f,t}} - 1},$$

kde  $lt_{i,f,t}$  je životnost daného technologického opatření.

Zatímco fixní náklady jsou vypočteny podobně jako v předchozích případech, variabilní náklady jsou specifické pro každou kategorii vozidel a zahrnují změnu poptávky po palivu způsobenou zavedením technologických opatření nebo změnou kvality paliv. Jsou také závislé na čase.

$$OM_{i,f,t}^{fix} = I_{i,f,t} f$$

$$OM_{i,f,t}^e(t) = \Delta c_f^e + \lambda_{f,t}^e (c_{i,f}^e + \Delta c_f^e),$$

kde

- $\lambda_{f,t}^e$  zachycuje změnu ve spotřebě paliva vozidel kategorie  $f$  v důsledku implementace technologického opatření  $t$ ;



- $c_{i,f}^e$  je palivová spotřební daň;
- $\Delta c_f^e$  je změna ceny paliva v důsledku zlepšení jeho kvality.

Jednotkové náklady mobilních zdrojů jsou vyjádřeny ve vztahu k jednotce vstupu (paliva) nebo výstupu (odstraněné emise).

$$ce_{i,f} = \frac{I_{i,f}^{an} + OM_{i,f}^{fix}}{fuel_{i,f}(t)} + OM_{i,f}^e(t)$$

$$cn_{i,f} = \frac{ce_{i,f}(t)}{ef_{i,f}\eta}$$

### 3.4 Jednotkové náklady substituce a růst efektivity

Kromě koncových zařízení (End-of-Pipe, EoP) lze emise snižovat ještě jinými způsoby, zejména zlepšováním palivové efektivity a substitucí k méně znečišťujícím palivům. Zatímco parametry zlepšení palivové efektivity jsou v modelu obsaženy jako konstanty a nejsou součástí optimalizace, substituce paliva je v modelu pojata podobným způsobem jako EoP.

Optimalizační problém substituce paliva je založen na národních emisních modelech, které obsahují substituční potenciály národních energetických systémů. Konkrétní postup se liší pro každý polutant a skleníkový plyn, v následující podkapitole je rozebrán pro oxid uhličitý.

#### Palivová efektivity a jednotkové náklady substituce v energetickém sektoru

Model umožňuje nahradit výrobu elektrické energie z uhlí, ropy a plynu plynem, nukleární energií a dalšími „čistými“ zdroji energie. Tyto změny jsou modelovány jako specifické pro jednotlivé země. Mimo nákladů je modelována i změna efektivity v důsledku těchto změn: proces, který spotřebovává dané palivo v některém ze sektorů a který generuje jeden PJ energie, je porovnán s jinou kombinací paliva a sektoru, která generuje stejný objem energie, oba procesy jsou pak porovnány z hlediska efektivity, aby bylo možno nalézt optimální způsob snížení emisí.

Substituce paliva je pojata podobným způsobem jako v případě EoP opatření, opět se změnou v případě variabilních nákladů.

$$I_{i,j,t}^{an} = I_{j,t} \frac{(1+q)^{t_i} q}{(1+q)^{t_i} - 1}$$

$$OM^{fix} = I_f,$$

$$OM^{var} = c^f (3.6 / 1000) \frac{100}{\eta^e} pf,$$

kde

- $c^f$  je jednotková cena gigajoulu energie z daného paliva;
- $pf$  označuje celkový čas provozu zařízení po dobu jednoho roku;
- $\eta^e$  je efektivita generování elektrické energie.

Celkové jednotkové náklady na tunu odstraněných emisí jsou vyjádřeny následující rovnicí.

$$\Delta E = \frac{\eta_r^e \left( \frac{I_a^{an} + OM_a^{fix} + OM_a^{var}}{pf} - \frac{I_r^{an} + OM_r^{fix} + OM_r^{var}}{pf} \right)}{(e_{ffr} - e_{ffa}) \frac{\eta_r}{\eta_a}},$$

kde  $r$  označuje nahrazovanou elektrárnu a  $a$  označuje elektrárnu, kterou je nahrazováno.

Celkové jednotkové náklady lze také vyjádřit v nákladech na kWh vyrobené energie.

$$Ce = \frac{I_a^{an} + OM_a^{fix} + OM_a^{var}}{pf}$$

Hodnoty jednotkových nákladů růstu palivové efektivity jsou na rozdíl od substituce v modelu obsaženy coby konstanty dosazené z literatury. Kromě průběžného zlepšování palivové efektivity (kogenerace tepla a elektřiny) je pamatováno i na nové technologie (CCS).

#### Palivová efektivity a jednotkové náklady substituce v transportním sektoru

Jako v předchozím případě jsou technologie generující vyšší emise (benzin, diesel) nahrazovány technologiemi s nižšími emisemi (bio-diesel, etanol, stlačený plyn, vodík), přičemž toto nahrazení lze provést pouze do jisté míry v závislosti na substitučním potenciálu jednotlivých technologií. Kombinace fixních, variabilních a investičních nákladů je v tomto případě vyjádřena pro jedno vozidlo.

$$I_{i,j,t}^{an} = I_{j,t} \frac{(1+q)^{t_{i,j,t}} q}{(1+q)^{t_{i,j,t}} - 1}$$



$$OM_{i,j,t}^{fix} = l_{i,j,t} f_t$$

$$OM_{i,j,t}^{var_e}(t) = fuel_{i,j,a} c_{i,j,a}^f - fuel_{i,j,r} c_{i,j,r}^f,$$

kde

- $a$  označuje alternativní (nahrazující) vozidlo;
- $r$  označuje referenční (původní) vozidlo;
- $fuel$  označuje spotřebu paliva;
- $c$  označuje cenu paliva.

Celkové jednotkové náklady jsou získány z následující rovnice, ve které se jmenovatel rovná celkovým nákladům snížení emisí u jednoho vozidla.

$$cn_{i,j,t}(t) = \frac{l_{i,j,a}^{an} + OM_{i,j,t}^{fix} + OM_{i,j,t}^e(t)}{ef_{i,j,r} fuel_{i,j,r} - ef_{i,j,a} fuel_{i,j,a}}$$

Jednotkové náklady růstu palivové efektivity jsou v tomto případě vypočítány modelem pro jednotlivé transportní kategorie (osobní vozidla, lehká užitková a těžká užitková vozidla). Rozličné technologie snižování spotřeby jsou agregovány do technologických balíčků a užity při optimalizaci.

### 3.5 Účelová funkce

Účelová funkce je jádrem modelu. Její minimalizací je nalezena nejlevnější kontrolní strategie, kterou je možno dosáhnout zadaných cílů. Každá z jejích komponent je v podstatě agregací dat kombinací sektorů a aktivit.

$$OF = EoP\_cost + FSW\_cost + Ceq\_revenues$$

Objektivní funkce je obvykle uváděna v relativní výši, tedy jako rozdíl mezi baseline (no-change) stavem a situací po aplikaci kontrolní strategie,  $\Delta_{OF} = OF - OF^{BL}$ .

$EoP\_cost$  jsou náklady na koncová opatření, která redukuje emise a nemění aktivitu (ačkoliv může dojít k posunu úrovně aktivity v důsledku zavedení koncového opatření, viz variabilní náklady mobilních zdrojů).

$$EoP\_cost = \sum_{i,s,f,t} uc_{i,s,f,t} x_{i,s,f,t}$$

kde

- $uc_{i,s,f,t}$  je jednotková cena technologického opatření v kombinaci sektor-aktivita a zemí;

- $x_{i,s,f,t}$  je míra, do které je toto opatření aplikováno;
- náklady nejsou agregovány přes polutanty ( $p$ ), je tak předejito duplicitnímu započítání nákladů.

$FSW\_cost$  jsou náklady substituce paliva (aktivity).

$$FSW\_cost = \sum_{i,s,f(s',f')} uc_{i,s,f,s',f'} y_{i,s,f,s',f'}$$

kde

- $(s', f')$  je kombinace sektor-aktivita, kterou je substituováno;
- $uc_{i,s,f,s',f'}$  je jednotkový náklad substituce;
- $y_{i,s,f,s',f'}$  je proměnná substituce aktivity.

$Ceq\_revenues$  je „klimatická proměnná“, která popisuje náklady EU ETS nebo jakéhokoliv jiného systému obchodovatelných emisních povolenek.

$$Ceq\_revenues = CO2eq\_price \cdot GHG\_emissions,$$

kde

- $CO2eq\_price$  je exogenně nastavená cena ekvivalentu tuny oxidu uhličitého (z jiného modelu nebo z oficiálních předpovědí, v tomto případě předpovědí Evropské komise);
- $GHG\_emissions$  je proměnná zachycující emise skleníkových plynů, která může být omezena shora,  $GHG\_emissions_i \leq GHG\_emissions\_cap_i$ , a která může zahrnovat i dodatečná opatření typu joint implementation;
- proměnná  $GHG\_emissions_i$  může být dále rozepsána jako

$$GHG\_emissions = \sum_{i,p} GWP(p) \cdot emissions_{i,p}$$

kde první člen na levé straně označuje potenciál globálního oteplování (global warming potential) daného polutantu a kde druhý člen označuje emise tohoto polutantu v zemi  $i$ .

### 3.6 Omezení modelu

Některé z rovnic modelu podléhají omezením, a to z důvodu zachování konzistence modelu, kvantifikace technologických omezení nebo implementace legislativou stanovených stropů.

#### Rovnovážné rovnice

Rovnovážné rovnice zajišťují konzistenci mezi *aktivitami specifickými pro opatření*  $xa_{i,s,f}$  a *proměnnou substituce aktivity*  $y_{i,s,f,s',f'}$  jinými slovy fakt, že jak nahrazují, tak nahrazované aktivity jsou brány v potaz. Model obsahuje dvě rovnovážné rovnice kvůli kogeneraci elektřiny a tepla.

$$xa_{i,s,f} - \sum_{(s',f') \in A_{i,s,f}} y_{i,s',f',s,f} \chi_{i,s',f',s,f}^{ELECTRICITY} + \sum_{(s',f') \in A_{i,s,f}} y_{i,s',f',s,f} xa_{i,s,f}^0 \text{ resp.}$$

$$xa_{i,s,f} - \sum_{(s',f') \in A_{i,s,f}} y_{i,s',f',s,f} \chi_{i,s',f',s,f}^{HEAT} + \sum_{(s',f') \in A_{i,s,f}} y_{i,s',f',s,f} xa_{i,s,f}^0$$

kde

- $xa_{i,s,f}^0$  je původní úroveň aktivity;
- $\chi_{i,s',f',s,f}^{ELECTRICITY}$  je substituční faktor pro elektřinu, který určuje změnu efektivity po zavedení nových aktivit;
- $\chi_{i,s',f',s,f}^{HEAT}$  je substituční faktor pro teplo, který určuje změnu efektivity po zavedení nových aktivit.

#### Technologická omezení – limity aplikace technologických opatření

Některá technologická opatření jsou aplikovatelná pouze do jisté míry,  $q_{i,s,f,t} \leq q_{i,s,f,t}^{MAX}$ .

#### Technologická omezení – emisní standardy

Emise v každé kombinaci sektoru a aktivity jsou nerostoucí. Toto platí s výjimkou aplikace technologických opatření, která při snížení emisí daného polutantu zvýší emise jiného polutantu.

$$\sum_{t \in T_{s,f,p}} Ef_{i,s,f,t,p}^{abated} x_{i,s,f,t} \leq \sum_{t \in T_{s,f,p}} Ef_{i,s,f,t,p}^{abated} x_{i,s,f,t}^o \frac{xa_{i,s,f}}{x_{i,s,f}^o}$$

#### Technologická omezení – technologické standardy

Starší technologická opatření nesmí růst na úkor novějších technologických opatření. Toto platí například pro starší EURO normy nebo pro některé no-control opatření (NOC<sub>p</sub>).

$$x_{i,s,f,t}^{old-t} \leq q_{i,s,f,t}^0 xa_{i,s,f}$$

kde  $x_{i,s,f,t}^{old-t}$  je úroveň aktivity kontrovaná starším technologickým opatřením a  $q_{i,s,f,t}^0$  je před-optimalizační zastoupení tohoto technologického opatření.

#### Technologická omezení – technologické potenciály

V některých případech je nutno omezit úroveň kontrovaných aktivit z důvodu vyloučení ekonomicky iracionálního chování, např. předčasné odstávky instalovaného technologického opatření.

$$x_{i,s,f,t}^{\min} \leq x_{i,s,f,t} \leq x_{i,s,f,t}^{\max}$$

#### Omezení aktivit

Stejně jako v předchozím případě jsou omezeny i veškeré aktivity v některých sektorech, aby bylo zajištěno, že nebudou zcela ukončeny (spodní hranice), případně že neporostou nepřirozeným tempem (horní hranice).

$$xa_{i,s,f}^{\min} \leq xa_{i,s,f} \leq xa_{i,s,f}^{\max}$$

Úrovně substituce aktivit jsou limitovány mimo jiné z důvodu omezených zásob dostupných technologických opatření, kterými by bylo možno substituovat.

$$y_{i,s,f,s',f'} \leq y_{i,s,f,s',f'}^{\max}$$

#### Agregace

Některá z technologických opatření a aktivit nejsou v modelu agregována za účelem zachycení rozdílů mezi jednotlivými třídami těchto opatření a aktivit. Toto platí například pro elektrárny, které jsou děleny na třídy dle produkce (teplo/elektřina), zacházení s reziduálním teplem (IGCC/non-IGCC), typu kotle nebo druhu paliva.

#### Environmentální cíle

Stropy na dopady znečištění ovzduší dle legislativy EU (acidifikace, eutrofizace, ozon, roky života ztracené kvůli vysoké koncentraci prachových částic) jsou do modelu implementovány pomocí emisních stropů.

$$YOLL_K \leq YOLL\_ceiling_K$$

### 3.7 Dopady na životní prostředí

Model v závislosti na projekci vývoje emisí za různých situací předpovídá i dopad těchto emisí na sledované dopady znečištění ovzduší.

Roky života ztracené kvůli vysoké koncentraci prachových částic (years of life lost due to high particulate matter concentration, YOLL) kvantifikují zkrácení předpokládané délky života z důvodu nadprůměrné koncentrace PM. V modelu je tento ukazatel reprezentován součtem dvou sum pro populaci starší třiceti let.

$$YOLL^{tot}(K) = \sum_k YOLL_k + \sum_k YOLL_k^{CD}$$

První suma na pravé straně rovnice je sumací obecných hodnot pro jednotlivé země, druhá suma je modifikována a odpovídá nadprůměrným koncentracím prachových částic. Obě sumy mohou být dále rozloženy.

$$YOLL_k = C_k POP30_k PM2.5_{k,pop-w} ,$$

$$YOLL_k^{CD} = C_k POP30_k^u PM2.5_k^{CD} ,$$

kde

- $C_k$  je parametr specifický pro každou zemi, který popisuje změny v předpokládané délce života každé ze zasažených kohort (skupin lidí zasažených znečištěním);
- $POP30$  je parametr popisující populaci v dané zemi (bez indexu) nebo pouze ve městech (index  $u$ );
- $PM2.5$  jsou koncentrace primárních či sekundárních prachových částic, opět v celé zemi nebo jen ve městech.

Acidifikace, eutrofizace a ozon jsou zpracovány stejným způsobem jako YOLL, tedy jako lineární funkce s odpovídajícími proměnnými – emisemi  $NO_x$ ,  $NH_3$  a  $SO_2$  pro acidifikaci, emisemi  $NO_x$  a  $NH_3$  pro eutrofizaci a emisemi  $NO_x$  a VOC pro ozon.

## 4 Metodika práce s modelem GAINS

### 4.1 Úvod

Model GAINS umožňuje uživatelům přístup do:

- emisních inventur, projekcí a nákladů na jejich snížení pro látky znečišťující ovzduší ( $SO_2$ ,  $NO_x$ , VOC, PM,  $NH_3$ , CO),
- emisních inventářů a projekcí látek způsobujících skleníkový efekt ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  a F-plyny),
- projekcí na základě výchozích příp. upravovaných aktivitních dat,
- seznamu regulačních opatření s jejich náklady, které je potřeba implementovat v rámci různých politických scénářů včetně nákladově efektivních řešení,
- zobrazení indikátorů kvality ovzduší (koncentrační pole a depozice znečišťujících látek),
- výpočtů a zobrazení indikátorů, které vyhodnocují dopad znečištění ovzduší na lidské zdraví a přírodní prostředí,
- interaktivní správy dat uživatelů s vyššími právy (nejenom stažení přednastavených scénářů, ale také tvorba vlastních včetně jejich úprav, aktualizací a exportu).

V rámci projektu byla pozornost věnována zejména otázkám změn v množství hlavních polutantů a skleníkových plynů a jejich dopadu na lidské zdraví a ekosystémy v důsledku úprav ve scénářích aktivitních dat a regulačních strategií.

Přes odkaz <http://gains.iiasa.ac.at/index.php/home-page/241-on-line-access-to-gains> uživatel vstupuje do jedné z několika implementací modelu podle skupin zemí, které ve výpočtech zahrnuje. V úlohách pro oblast České republiky, které mají historickou návaznost, byla použita verze GAINS-Europe, posléze, po jeho implementaci, také nový GAINS-Annex I, který byl používán zejména v úloze pro stanovení emisních stropů k roku 2020.

Jednotlivé implementace se od sebe mohou lišit nejen skupinou zemí, ale také některými scénáři a aplikacemi, které jsou v dané verzi k dispozici.<sup>2</sup> Právě jejich dostupnost

<sup>2</sup> Seznam scénářů a také jejich obsah podléhá občasným aktualizacím, které většinou nejsou předem hlášeny, přičemž původní verze pak zpravidla už nebývá k dispozici. Doporučujeme proto ukládat si také neupravené kopie pracovních listů s daty. Významnější proběhlé změny ve struktuře, datech a funkcionalitách lze nalézt v záložce on-line prostředí modelu: *Help & Documentation* výběrem volby *Most recent changes* v levém horním menu.

je při výběru rozhodující. Princip práce v prostředí jednotlivých implementací on-line modelu ale zůstává stejný.

Při práci s modelem, kdy je součástí řešení úlohy vytvoření nového, resp. úprava stávajícího oficiálního scénáře IIASA, je potřeba provést několik kroků. Jednou z možností je vytvořit úplně nový scénář se všemi potřebnými daty, což ale bývá většinou výsledkem dlouhodobé práce širokého týmu odborníků. Proto se ze strany uživatelů mimo IIASA většinou vychází z již existujícího scénáře, nejvíc vyhovujícího stanovené úloze. Vytvoří se kopie části nebo všech sešitů dat, z kterých scénář sestává, a ta je uložena pod uživatelské konto. Přístup k takto vzniklým scénářům má pouze uživatel a administrátoři v IIASA. Tento teď už vlastní scénář je možné za dodržení určitých pravidel a vazeb editovat a posléze prostřednictvím různých agregací a náhledů podle jednotlivých záložek on-line prostředí modelu prohlížet vstupy a výstupy (analytický mód), případně provádět ekonomické optimalizace (optimalizační mód).

## 4.2 Jednotlivé kroky pro vytvoření kopie scénáře

Scénář je tvořen:

- sadou aktivitních dat (activity pathway),
- regulačními strategiemi (control strategy),
- regionálními parametry (regional parameters).

Samostatnou částí, specifickou pro každý scénář, je také emisní vektor (emission vector). Z něj však nelze vytvořit kopii a editovat jej, pouze jej lze převzít.

Doporučuje se hned na začátku zjistit specifikaci původního scénáře: přes záložku *Control* a položku *View Structure of Emission Scenarios* z levého menu po výběru daného scénáře zjistíme, které sady aktivitních dat byly použity pro které z typů aktivit (AGR – zemědělství, ENE – energetika, MOB – doprava, ...) a také název použité regulační strategie. Vytvoření kopie scénáře vyžaduje nejprve vytvoření kopie alespoň těch složek (souborů aktivitních dat, regulačních strategií), pro které potřebujeme právo zápisu. Regionální parametry jsou vázány na vybraný region/stát se kterým se pracuje.

### 4.2.1 Tvorba kopie regulační strategie

Přes záložku *Control* a položku *Manage Control Strategies* z levého menu se objeví seznam regulačních strategií, které může uživatel editovat, tedy zpravidla kopie, které doposud vytvořil.

1. Nový soubor strategií lze vytvořit příkazem *Create New Control Strategy* v horní části tabulky seznamu.
2. Ve formuláři, který je v tomto kroku potřeba vyplnit, jsou povinná všechna pole i výběr zájmové země (Česká republika). Doporučujeme vyplnit co nejpřehledněji a obsažně. Tím vytvoříme prázdný soubor – šablonu bez dat.
3. Pro import dat z již existující regulační strategie nás následující stránka navede na jejich seznam, ze kterého vybereme ten, který byl uveden v definici scénáře.

Tím je tvorba kopie hotova a nově vytvořený soubor strategií by měl být uveden v seznamu uživatelských regulačních strategií.

### 4.2.2 Tvorba kopie souboru aktivitních dat

Podobně jako u regulačních strategií je možné vytvořit kopii aktivitních dat – *Activity pathway*. Každá oblast aktivit (zemědělství, energetika, doprava, ...) má svoji specifickou sadu aktivitních dat.

Přes záložku *Control* a položku *Manage Pathways* z levého menu se objeví seznam souborů s aktivitními daty, které může uživatel editovat, resp. které doposud vytvořil.

1. Nový soubor aktivitních dat lze vytvořit příkazem *Create New Activity Pathway* v horní části tabulky seznamu.
2. Následuje formulář pro zadání názvu, popisu a přiřazení státu.
3. V dalším kroku podle specifikace scénáře vybereme příslušný soubor aktivitních dat.

Tím je tvorba kopie hotova a nově vytvořený soubor aktivitních dat dané oblasti aktivit by měl být uveden v tabulce seznamu *Activity pathways*.

### 4.2.3 Sestavení vlastního scénáře

Na propojení jednotlivých částí scénáře slouží položka *Manager Emission Scenarios*.

1. Oproti předešlým dvěma typům souborů je vyžadován i popis (Label) a ID. ID je „technický“ název scénáře, kdežto Label určuje název, pod kterým bude scénář prezentován v první úrovni podrobnosti. Další kolonkou, která přibyla, je výběr scénáře pro emise z lodní dopravy. Specifikace státu není potřeba.
2. Následující okno nabízí zkopírování kombinace regulační strategie a aktivitních dat z již existujícího scénáře. Ty je dále možné zaměnit za vytvořené kopie podle potřeby (viz krok 3).
3. Při výběru možnosti editovat scénář region po regionu se nám automaticky nabídne Česká republika, případně lze tuto volbu změnit (*Step 1: Select GAINS*

Region). V sekci *Step 2: Define the scenario for the selected GAINS region* je možné měnit kontrolní strategii, příp. aktivní data oblast po oblasti, a to nejprve přes výběr autora dat, kam dosadíme svoje přihlašovací jméno do on-line verze modelu GAINS, a poté přes výběr příslušného zkopírovaného souboru. Jestliže kopie nebyla vytvořena, data mohou zůstat předvolená, nebude však možné dané vstupní soubory dat měnit, resp. nahrát do modelu. Vlastníka emisního vektoru nelze měnit. V sekci *Step 3: Check and apply the change in the definition* potvrdíme vybrané změny oproti původnímu originálnímu scénáři.

### 4.3 Provádění změn ve vstupních datech

Přes záložku *Data Management* v on-line prostředí modelu GAINS v sekci *Download* lze nalézt všechny dostupné sešity ve formátu MS Excel tvořící jednotlivé scénáře. Provádět změny v datech je možné ve všech sešitech, ve kterých je v úvodním listu sešitu uživatel uveden jako vlastník. Existují jistá technická i obsahová omezení a pravidla, které je potřeba během editace dodržet. Základní principy ukážeme na dvou následujících úlohách.

#### 4.3.1 Pravidla v sešitě aktivních dat energetiky a dopravy

Model reaguje na barvu pozadí vstupních údajů. Barva písma pro model naopak neposkytuje žádnou dodatečnou informaci, může tedy podle volby uživatele posloužit jako zvýraznění změn apod. Uživatel je povoleno také vkládat text mimo oblast dat, např. různé poznámky, aniž by to jakkoliv ovlivnilo výpočty v modelu.

V sešitu „*Activity pathway for energy and mobile*“ jsou kromě políček bez výplně barvou použity tři barvy pozadí: šedá, žlutá a modrá. Šedá barva reprezentuje kombinace aktivita/сектор, které neexistují, toto políčko tedy není modelem bráno v potaz. Je-li použita barva žlutá, znamená to, že se v daném poli jedná o sumu polí. Je dobré tedy tyto nepřepisovat konstantami, ale ponechat je bez úpravy, tedy se vzorcem. Hodnoty polí s modrým pozadím jsou také výsledkem součtové operace. Rozdíl je v tom, že data použitá ve vzorci pochází z jiných listů toho samého sešitu. V daném sešitu jsou uvedeny podle všeho pro přehlednost, nebo také pro tvorbu agregovaných tabulek vstupů a výstupů, které jsou k dispozici v různých záložkách v on-line prostředí modelu GAINS.

Někdy se může stát, že pro danou skupinu aktivit (řádky), nebo komodit (sloupce) je v listu více kategorií, než pro kolik má uživatel k dispozici data. V tom případě je potřeba vybrat kategorii, která je nejbližší těmto dostupným datům, a dosadit do ní (17).

#### 4.3.2 Příklad změny v regulačních strategiích

„*Control strategies*“ na rozdíl od ostatních sešitů vstupních dat vychází z legislativy a jeho jednotkou jsou procenta. Data představují procentuální množství dané komodity, pro kterou platí daný legislativní nástroj. Pro tento druh vstupních dat je typické, že pro tu samou komoditu platí vícero vyhlášek, směrnic apod. podle určitého vnitřního kritéria komodity (např. věk osobních automobilů, ke kterému se pak váže příslušná Euronorma, viz Tab. 1) Procentuální zastoupení v daných kategoriích komodity, pro které platí uvedené legislativní nástroje, se pak v časových intervalech modelu mění, ale v rámci jednoho roku by měly dát v součtu 100%. Může se stát, že jistá část komodity je bez opatření a ne vždy je pro tuto kategorii ve vstupních datech samostatný záznam (řádek). V těchto případech je pak celkový součet za jeden rok menší než 100%.

Tab.1 Nákladní automobily na dieselový pohon. NSC\_TRA – komodita, pro kterou neplatí žádný z uvedených legislativních nástrojů, HDEUI-VI – norma EU pro nákladní automobily I až VI.

Activity	Sector	Technology	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
MD	TRA_RD_HDT	NSC_TRA	0	0	0	0	0	0	0	0
MD	TRA_RD_HDT	HDEUI	10	22	12	10	4	0	0	0
MD	TRA_RD_HDT	HDEUII	0	14	26	18	7	5	0	0
MD	TRA_RD_HDT	HDEUIII	0	0	34	30	20	15	10	0
MD	TRA_RD_HDT	HDEUIV	0	0	0	17	24	40	35	25
MD	TRA_RD_HDT	HDEUIV	0	0	0	5	30	40	55	75
MD	TRA_RD_HDT	HDEUVI	0	0	0	0	0	0	0	0

### 4.4 Nahrání souboru

Aby se provedené změny při uploadu nahrály, je potřeba u názvů upravovaných listů na úvodním listu sešitů změnit hodnotu buňky z „NO UPLOAD“ na „UPLOAD“.

Nahrání připraveného souboru v on-line prostředí modelu GAINS probíhá v prostředí listu *Data Management* a výběrem položky *Upload* v levém menu. Soubor musí být v momentě jeho výběru na upload zavřený. Po nahrání souboru do modelu se objeví zpráva o úspěšnosti. V případě neúspěchu bývá často příčina popsána. Někdy např. může v upraveném souboru oproti nejnovější šabloně scénáře (která byla IASA nasažena v průběhu výpočtů) chybět řádek, nebo vyplněné hodnoty nesplňují potřebná omezení – 100% v součtu apod.



Je velice důležité si pamatovat, který soubor byl do scénáře nahrán naposledy, jelikož se tento údaj už nikde ve výstupech neneviduje, jenom ID a nadpis scénáře. Po automatickém odhlášení se z modelu zůstávají všechny změny uloženy. Aby se změny uložily i v případě manuálního odhlášení, je potřeba mít při přihlašování zaškrtnuté políčko „*Restore last work session*“.

Více o metodice a vnitřních vazbách viz dokument „GAINS Online: Tutorial for advanced users“ (18).

## 5 Příklady analýz a výpočtů

### 5.1 Analýza scénářů a citlivostní analýzy

#### 5.1.1 Analýza scénářů s důrazem na scénáře „C&E; current legislation“ a „C&E; current policy“ a srovnání úrovně emisí podle scénářů modelu GAINS (2000–2030) s emisní bilancí České republiky dle ČHMÚ

##### 5.1.1.1 Postup a východiska

Při této analýze jsme vycházeli z jedné skupiny aktuálních scénářů modelu GAINS popsaných v NEC Scenario Analysis Report Nr.6 (pramen (9)), které lze považovat za výchozí scénáře modelu. V současnosti již existuje řada novějších scénářů, např. „National 2010 Baseline“ který byl vytvořen pro účel revize Göteborgského protokolu (viz kap. 5.3), nebo série scénářů PRIMES 2009 a 2010.

Všechny scénáře NEC Scenario Analysis Report Nr.6, kromě scénáře NEC Baseline, reflektují klimaticko-energetický balíček. Scénáře se shodují v následujících třech předpokladech:

- a) energetické projekce jsou konzistentní se 4. variantou Dopadové studie klimaticko-energetického balíčku,
- b) zemědělské koncepce zohledňují výhledy jednotlivých států,
- c) předpokládá se splnění cílů Tématické strategie o znečištění ovzduší.

Většina emisních projekcí IIASA pro evropské instituce vychází buď ze scénáře současné legislativy („C&E; current legislation“, popis dále v textu) nebo současné politiky („C&E; current policy“, popis dále v textu). Skupina aktuálních scénářů však obsahuje dalších 8 scénářů, které zohledňují specifická opatření a poskytují citlivostní analýzu a představu o tom, jak by konkrétní opatření samotné mělo vliv na produkci a změnu emisí základních látek znečišťujících ovzduší a na produkci a změnu emisí GHGs. Těmito opatřeními jsou např. plná implementace Nitrátové směrnice (91/676/EHS), splnění 20% podílu obnovitelných zdrojů energie jednotlivě (ne společný cíl) ve všech státech zahrnutých do modelu (EU27), dopad nastavení nových emisních limitů pro lodě podle IMO (International Marine Organisation), uvažování zdravotních rizik v důsledku PM<sub>2,5</sub> pouze z primárních zdrojů apod.



Ve scénáři „**C&E; current legislation**“ je zohledněna většina v současné době platné legislativy týkající se emisí, včetně transponované legislativy EU. Emisní projekce do roku 2020 vychází tedy z předpokládaného ekonomického vývoje, národních a pro sektor specifických emisních faktorů a implementace již vytvořených a do národní legislativy transponovaných emisních opatření. Tento scénář však neuvažuje další mezinárodní legislativu, která ještě nebyla transponována do národní legislativy, a také neuvažuje budoucí legislativní opatření. Budoucí legislativní opatření pro ochranu ovzduší, tj. norma EURO VI a revize směrnice IPPC, jsou zahrnuty do scénáře „C&E; current policy“.

Scénář „**C&E; current policy**“ kvantifikuje dopady navržené další legislativy týkající se emisní situace, která je v současné době v rozhodovací fázi evropských institucí. Za účelem získání reálného počátečního bodu pro optimalizaci navržených opatření uvažuje scénář „C&E; current policy“ v porovnání se scénářem „C&E; current legislation“ navíc i současný návrh normy EURO VI Evropské komise pro těžká vozidla a revizi směrnice IPPC pro velké stacionární zdroje. Analýzy modelu GAINS počítají s platností EURO VI od roku 2014. Model pro směrnici IPPC uvažuje hodnoty emisních limitů pro spalovací zdroje v průmyslu a pro elektrárny podle navržené „méně přísné“ verze IPPC (tzv. případ méně přísných BAT). Začlenění IPPC směrnice do modelu GAINS není pro všechny státy stejné, tuto informaci lze získat z online aplikace modelu GAINS (<http://GAINS.iiasa.ac.at>).

Nicméně, analýzy dle těchto scénářů nezahrnují dopad legislativních opatření, pro která nelze nyní kvantifikovat aktivní údaje. Toto je případ např. nové směrnice pro kvalitu ovzduší a následných emisních limitů pro PM, NO<sub>2</sub> a přízemní ozon. Tato směrnice může např. požadovat omezení dopravy v urbánním prostředí a následnou modifikaci dopravních objemů dle základní projekce. Podobné nejistoty plynou i z Nitrátové směrnice, která je sice součástí současné legislativy, ale existují určité nejistoty, jakým způsobem mohou být její opatření reprezentovány v rámci modelu. Pro tyto případy byly IIASA vyvinuty i další, již zmíněné, scénáře, které se soustředí vždy na výjimečné opatření, a poskytují citlivostní analýzu pro srovnání výstupu základních scénářů „C&E; current legislation“ a „C&E; current policy“. Podrobnější charakteristika scénářů pro citlivostní analýzu je uvedena v následující Tab. 2.

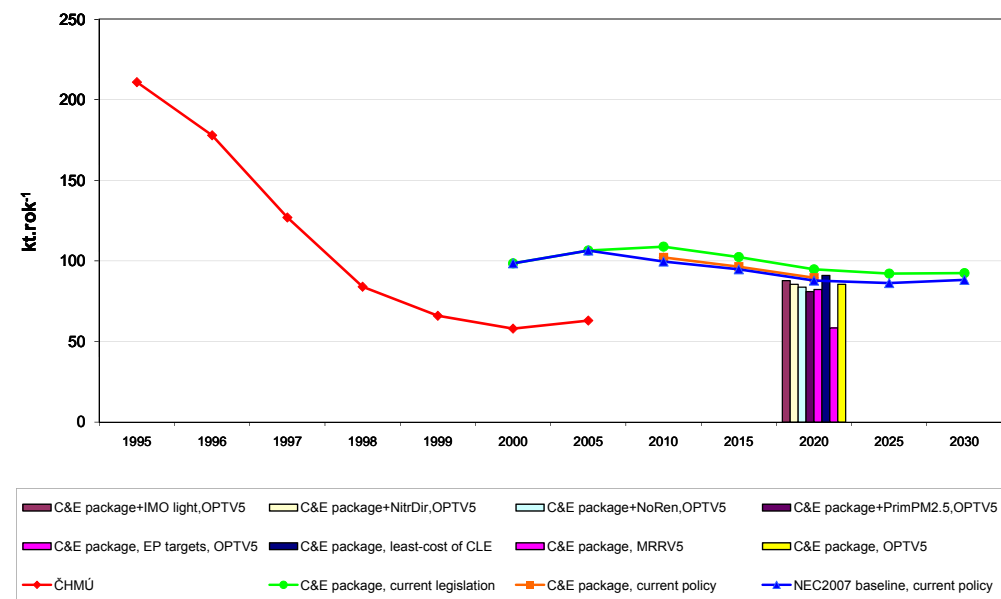
**Tab. 2** Charakteristika scénářů zohledňující vybraná opatření pro ochranu ovzduší a sloužící pro citlivostní analýzu vlivu těchto opatření na emisní úroveň jednotlivých znečišťujících látek ovzduší

C&E package, OPTV5 <sup>3</sup>		Období, na které jsou nastaveny výhledové výpočty
<b>C&amp;E package +IMO light, OPTV5</b>	Nové emisní limity pro vodní dopravu podle International Maritime Organization.	2020
<b>C&amp;E package +NitrDir, OPTV5</b>	Zemědělská koncepce uvažuje plnou implementaci Nitrátové směrnice za použití výstupů modelu MITERRA – modifikace projekce použití N-hnojiv (25 % redukce k roku 2020).	2020
<b>C&amp;E package +NoRen, OPTV5</b>	20 % podíl OZE je splněn v každém státě EU27, žádné mezinárodní obchodování s energií vyrobenou z OZE.	2020
<b>C&amp;E package +PrimPM2,5, OPTV5</b>	Zdravotní dopady vztahuje výhradně k suspendovaným částicím jemné frakce PM2,5 pocházejícím z primárních zdrojů.	2020
<b>C&amp;E package, EP targets, OPTV5</b>	Scénář uvažuje přísnější emisní cíle než jsou cíle současné Tématické strategie o znečištění ovzduší.	2020
<b>C&amp;E package, least-cost of CLE</b>	Scénář uvažuje nejlevnější implementace současné politiky C&E package.	2020
<b>C&amp;E package, MRRV5</b>	MRR – Maximum emissions Reduction in the RAINS model. Založen na projekcích C&E package. Odhad emisí v důsledku plné aplikace všech v současné době známých opatření.	2020

Na následujících grafech je znázorněn vývoj emisí v ČR podle emisní bilance ČHMÚ a podle všech výše uvedených scénářů modelu GAINS. Obecně lze říct, že veškeré emise dle modelu GAINS ve srovnání s emisní bilancí ČHMÚ jsou pro roky 2000 a 2005 mírně až více nadhodnoceny.

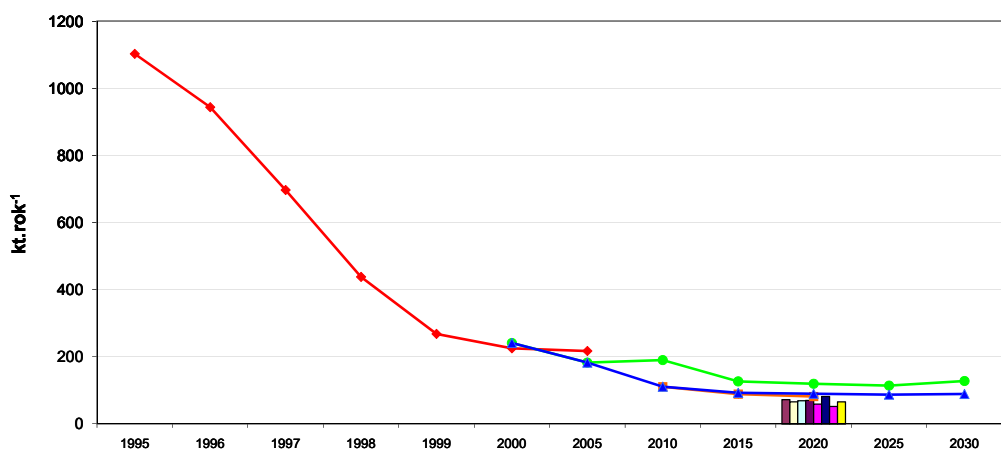
3 „OPTV5“ verze optimalizovaného scénáře

**Graf 1 Emise PM<sub>TSP</sub> podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]**



Z provedené analýzy emisí PM<sub>TSP</sub> (total suspended particles) vyplývá, že úroveň emisí PM<sub>TSP</sub> v České republice je hluboko pod odhady emisí podle všech scénářů modelu GAINS. Model GAINS nepředpokládá ani výraznější snížení emisí PM<sub>TSP</sub> v dalších letech, lze tedy předpokládat, že odchylka v odhadech bez dalších úprav aktivitních údajů bude zachována.

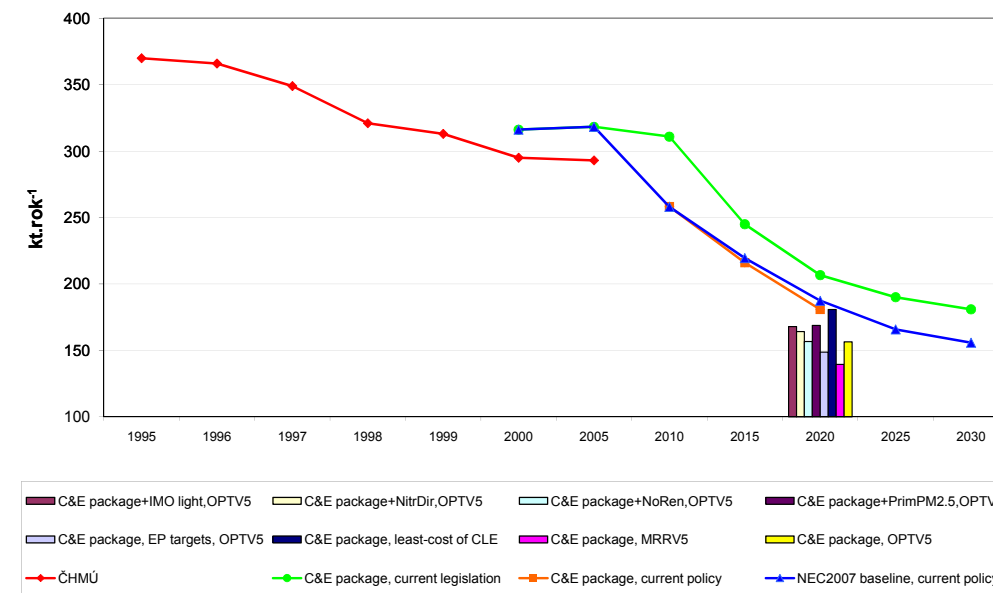
**Graf 2 Emise SO<sub>2</sub> podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]**



legenda viz graf 1

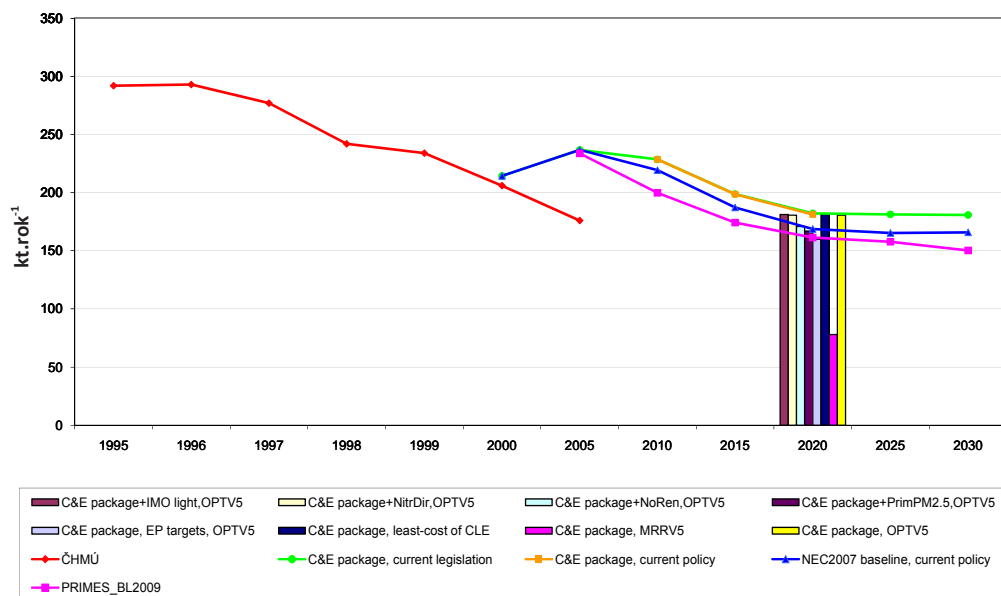
Emise SO<sub>2</sub> dle ČHMÚ pro rok 2000 a 2005 se víceméně shodují, vzhledem k rozsahu hodnot v rámci celé časové řady, s emisemi dle scénářů „NEC2007 baseline, current policy“ a „C&E; current legislation“. Další vývoj emisí SO<sub>2</sub> je klesající, pro rok 2020 se odhady pohybují mezi cca 50–120 kt.rok<sup>-1</sup> v závislosti na aplikaci opatření.

**Graf 3 Emise NO<sub>x</sub> podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]**



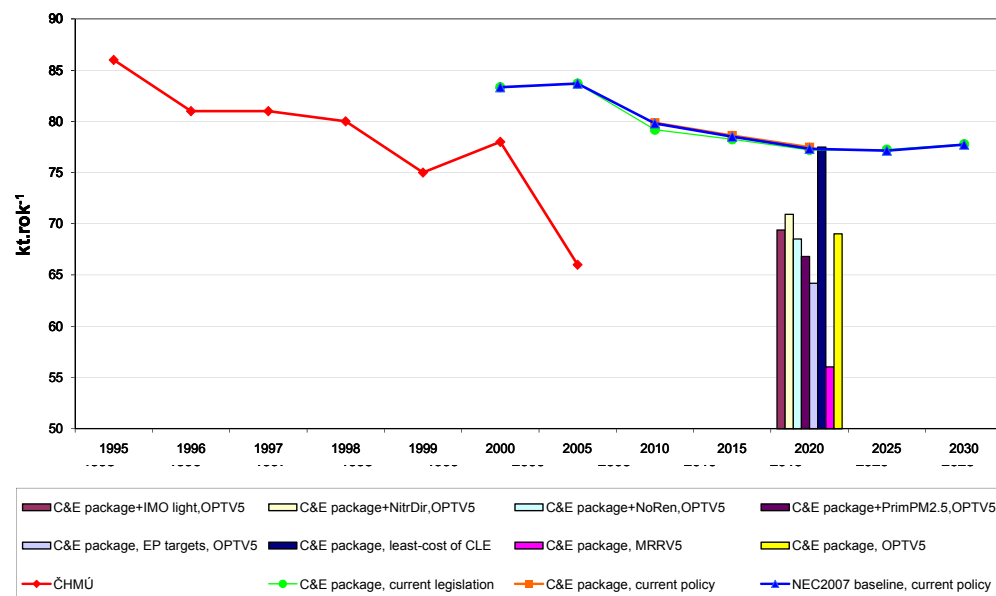
Emise NO<sub>x</sub> dle ČHMÚ pro rok 2000 a 2005 byly ve srovnání s odhady modelu GAINS na nižší úrovni (cca o 20 kt.rok<sup>-1</sup>), nicméně model GAINS předpokládá v dalších letech výrazné snížení emisí NO<sub>x</sub> tak, aby se v letech 2020 pohybovaly na úrovni cca 140–200 kt.rok<sup>-1</sup>.

Graf 4 Emise VOC podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



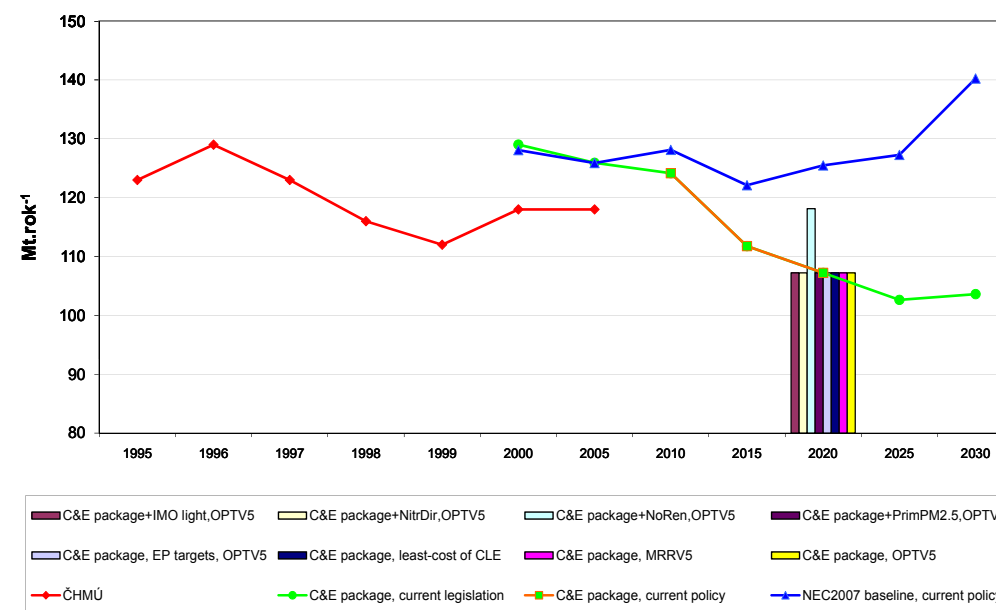
Emise VOC jsou dle modelu GAINS silně nadhodnoceny. Pro další roky je samozřejmě předpokládán jejich pokles, nicméně výstupy jednotlivých scénářů jsou dosti rozdílné.

Graf 5 Emise NH<sub>3</sub> podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



Emise NH<sub>3</sub> jsou dle modelu GAINS silně nadhodnoceny. Pro další roky je sice předpokládán jejich pokles, ale výstupy jednotlivých scénářů se v určení velikosti tohoto poklesu dosti liší. Většina scénářů pro rok 2020 předpokládá dokonce vyšší emise, než jsou současné emise NH<sub>3</sub>.

Graf 6 Emise CO<sub>2</sub> podle emisní bilance ČHMÚ, 1995–2005, a scénářů modelu GAINS, 1995–2030 [Mt.rok<sup>-1</sup>]



Emise CO<sub>2</sub> jsou dle modelu GAINS pro roky 2000 a 2008 mírně nadhodnoceny. Pro další roky je samozřejmě předpokládán jejich pokles, s logickou výjimkou scénáře „NEC2007 baseline, current policy“, který nezohledňuje opatření klimaticko-energetického balíčku<sup>4</sup>. Dle scénářů modelu GAINS by se měly emise v roce 2020 pohybovat na úrovni cca 107–118 Mt.rok<sup>-1</sup>.

### 5.1.1.2 Závěr

Z výše uvedeného vyplývá, že přes veškeré výhody spojené s modelováním emisí pomocí GAINS je třeba se více soustředit na rozdíly, které model GAINS vykazuje. Jedná se zejména o emise VOC, PM a NH<sub>3</sub>. Emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a CO<sub>2</sub> dle modelu GAINS vykazují mnohem menší odchylky, nicméně i zde by bylo užitečné projekce resp.

4 Energetická projekce scénáře „NEC2007 baseline, current policy“ je založena na výstupu modelu PRIMES z listopadu 2007 bez předpokladu implementace jakýchkoliv dalších klimatických opatření. Jeho zemědělská projekce je naopak národní a byla vytvořena IIASA.

aktivitní údaje zpřesnit. V rámci dalšího postupu je plánována podrobnější analýza, tzn. nalezení rozdílů v úrovni emisí dle ČHMÚ a dle GAINS v rámci jednotlivých sektorů. Tato analýza by měla vyústit v identifikaci největších rozdílů a nejproblématictějších sektorů, u kterých by se posléze měly změnit aktivitní údaje tak, aby lépe odpovídaly situaci v České republice.

### 5.1.2 Citlivostní analýza aktivitních dat v sektoru energetika modelu GAINS – vliv snížení a navýšení spotřeby v energetickém sektoru o 10 % na emise vybraných látek (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> a skleníkových plynů) v roce 2020

#### 5.1.2.1 Postup a východiska

Cílem tohoto bloku výpočtů bylo prošetřit reakci modelu GAINS na výraznější zvýšení resp. snížení celkové spotřeby energie. Úprava hodnot se týkala jednak celého souboru dat oblasti energetiky (jedná se o list *EneMob* z aktivitních údajů), jednak zvlášť jednotlivých komodit (řádky ve vstupním souboru) a také sektorů (sloupců souboru) energetiky.

Analýza spočívala v procentuálním navýšení, resp. snížení hodnot spotřeby o 10% počínaje rokem 2005 až do konce časové řady modelu, tj. do roku 2030 v pětiletém intervalu. Jako scénář pro analýzu byl vybrán z balíčku scénáře NEC Report No 6 (19) „NEC 2007 Baseline, current policy“. Seznam sektorů a komodit je vyjmenován v Tab. 3 a 4.

**Tab. 3 Jednotlivé komodity pro procentuální navýšení / snížení spotřeby energie**

<b>BC1</b>	Brown coal/lignite, grade 1
<b>DC</b>	Derived coal (coke, briquettes)
<b>Ele</b>	Electricity
<b>En_tot</b>	National energy use by fuel and sector
<b>GAS</b>	Natural gas (incl. CNG and derived gases)
<b>GSL</b>	Gasoline and other light fractions of oil; includes biofuels
<b>HC1</b>	Hard coal, grade 1
<b>HF</b>	Heavy fuel oil
<b>HT</b>	Heat (steam, hot water)
<b>HYD</b>	Hydro
<b>LPG</b>	Liquefied petroleum gas
<b>MD</b>	Medium distillates (diesel, light fuel oil; includes biofuels)
<b>NUC</b>	Nuclear
<b>OS1</b>	Biomass fuels
<b>REN</b>	Renewable energy other than biomass

**Tab. 4 Jednotlivé sektory pro procentuální navýšení / snížení spotřeby energie**

<b>CON_COMB</b>	Fuel production & conversion: combustion (other than in boilers)
<b>CON_LOSS</b>	Own use of energy sector and losses during production, transmission & distribution of final product
<b>DOM</b>	Residential, commercial, services, agriculture, etc.
<b>IN_BO</b>	Industry: combustion in boilers (heat only boilers)
<b>IN_OCTOT</b>	Industry: other combustion (all sectors)
<b>NONEN</b>	Nonenergy use of fuels
<b>PP_EX_OTH</b>	Power & district heat plants: existing, other boiler types
<b>PP_IGCC</b>	Power & district heat plants (new): Integrated Gasification Combined Cycle
<b>PP_NEW</b>	Power & district heat plants: new
<b>PP_TOTAL</b>	Power & district heat plants (total)
<b>TRA_OT</b>	Other transport, non-road
<b>TRA_RD</b>	Road vehicles

#### 5.1.2.2 Výsledky

##### Vliv snížení a navýšení spotřeby v energetickém sektoru o 10% na emise vybraných látek (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> a skleníkových plynů) v roce 2020

Této podrobnější analýze byly podrobeny následující znečišťující látky: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> a skleníkové plyny, tedy látky, jejichž jedním z hlavních zdrojů je veřejná energetika (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a GHGs) a které mají zásadní vliv na ekosystémy (SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> se podílí na eutrofizaci a acidifikaci), na lidské zdraví (suspendované částice PM<sub>2,5</sub> patří k nejrizikovějším činitelům ovzduší) a klimatický systém Země (GHGs).

Pomocí uploadů změněných vstupních souborů aktivitních údajů byla zhotovena Tab. 5, ve které jsou na začátku vyneseny hodnoty emisí vybraných látek v původním scénáři a postupně hodnoty kladného a záporného desetiprocentního navýšení hodnot spotřeby komodit resp. sektorů. Šedě jsou označeny hodnoty, které se od originálu neliší. Ze zbylých dat byly sestaveny Grafy 7–21.

**Tab. 5 Emise vybraných látek v původním scénáři a po kladném a záporném 10ti procentním navýšení hodnot spotřeby komodit resp. sektorů, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“, rok 2020**

Změna komodity/ sektoru	SO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		PM <sub>2,5</sub>		GHGs	
	kt.rok <sup>-1</sup>		kt.rok <sup>-1</sup>		kt.rok <sup>-1</sup>		Mt.rok <sup>-1</sup>	
originál	89,66		187,37		37,88		143,79	
	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%
BC1	87,26	92,07	185,08	189,66	37,36	38,41	140,27	147,32
Dcy	89,56	89,77	187,26	187,48	37,88	37,89	143,43	144,15
Ele	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,79	143,79
En_tot	82,67	96,66	171,00	203,73	35,04	40,72	131,61	155,98
GAS	89,66	89,66	185,59	189,14	37,88	37,89	141,54	146,04
GSL	89,65	89,68	186,86	187,88	37,86	37,90	142,88	144,71
HC1	86,52	92,81	185,64	189,10	37,71	38,05	140,87	146,71
HF	88,76	90,57	187,02	187,71	37,86	37,90	143,40	144,18
HT	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,79	143,79
HYD	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,79	143,79
LPG	89,66	89,66	187,33	187,41	37,88	37,88	143,70	143,88
MD	89,65	89,68	178,93	195,80	37,62	38,14	142,09	145,49
NUC	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,79	143,79
OS1	89,25	90,08	186,24	188,50	36,05	39,72	143,76	143,83
REN	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,79	143,79
CON_COMB	89,04	90,29	187,12	187,62	37,87	37,89	143,58	144,00
CON_LOSS	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,68	143,68
DOM	88,13	92,06	185,48	190,09	36,04	39,78	142,61	145,68
IN_BO	88,80	90,52	186,53	188,21	37,83	37,94	143,09	144,49
IN_OCTOT	89,33	90,00	186,90	187,84	37,87	37,90	142,77	144,81
NONEN	89,66	89,66	187,37	187,37	37,88	37,88	143,50	144,08
PP_EX_OTH	87,96	91,37	185,82	188,91	37,65	38,12	141,57	146,01
PP_IGCC	89,66	89,67	187,36	187,38	37,88	37,89	143,79	143,79
PP_NEW	87,75	91,58	184,96	189,78	37,49	38,28	139,87	147,71
PP_TOTAL	86,04	93,29	183,40	191,33	37,25	38,52	137,65	149,93
TRA_OT	89,65	89,68	185,36	189,37	37,76	38,01	143,57	144,01
TRA_RD	89,65	89,68	180,41	194,32	37,73	38,04	141,48	146,10

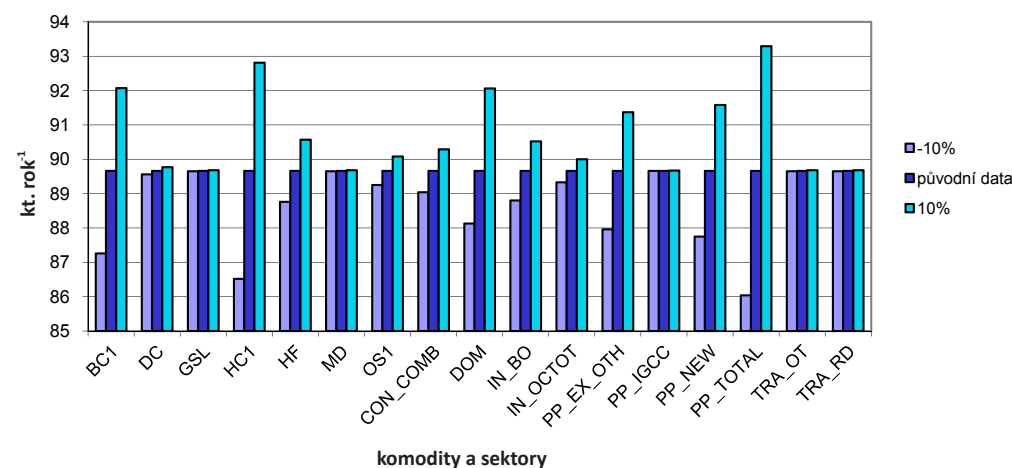
Z Tab. 5 vyplývá, že v roce 2020 rozpětí navýšení resp. snížení emisí zkoumaných látek v důsledku 10ti procentního navýšení resp. snížení celkové národní spotřeby energie podle všech sektorů a komodit (paliv) (En-tot) představuje přibližně 7,5 až 8,7% z původních hodnot emisí. Největších změn v emisích SO<sub>2</sub>, GHGs bylo přitom dosaženo změnou energetické spotřeby ve všech elektrárnách (PP\_TOTAL). Emise NO<sub>x</sub>

nejvíce ovlivnily změny v kategorii motorová nafta, lehký topný olej; včetně biopaliv (MD) a v silniční dopravě (TRA\_RD). Na objem PM<sub>2,5</sub> měly největší podíl domácnosti (DOM) spolu se spalováním biomasy (OS1).

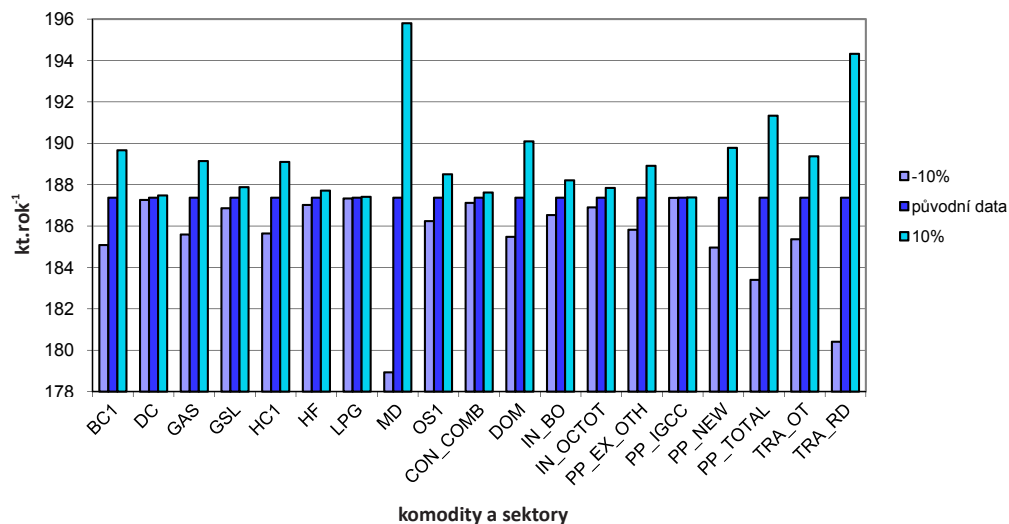
V následujících Grafech 7–21 nalezneme sektory a komodity, které navýšením resp. snížením spotřeby reagovaly na množství emisí zkoumaných látek:

- emise SO<sub>2</sub> byly nejcitlivější na změnu ve spalování černého a hnědého uhlí, na změnu výroby tepla a spotřebu energie v domácnostech,
- NO<sub>x</sub> reagovaly nejvíce na změny ve spalování motorové nafty a silniční dopravu,
- PM<sub>2,5</sub> se ukázaly být citlivými na změny ve spalování biopaliv a na energetickou spotřebu domácností,
- skleníkové plyny nejvíce reagovaly na změny v energetice elektráren a spalování hnědého a černého uhlí a také na domácnosti.

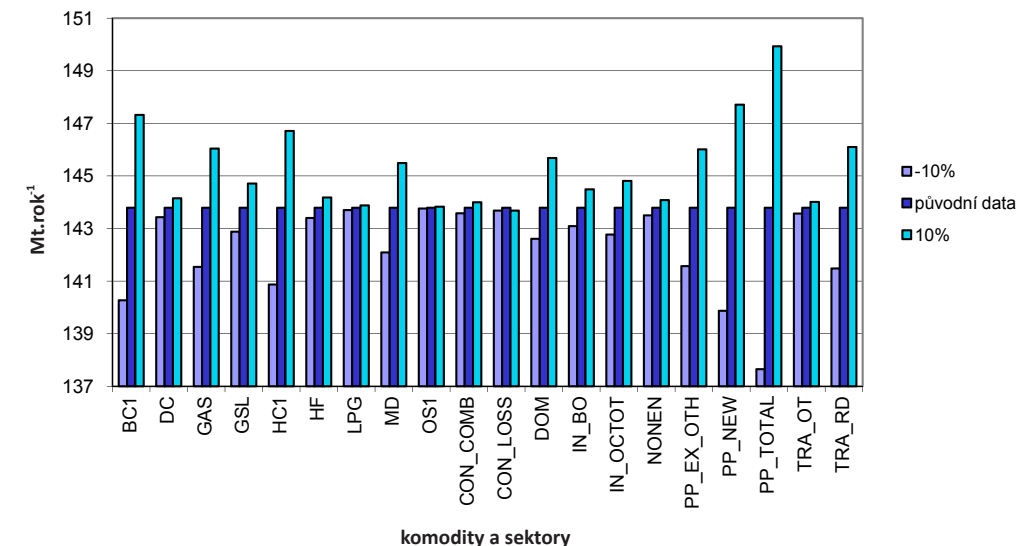
**Graf 7 Emise SO<sub>2</sub> z jednotlivých komodit a sektorů podle původního scénáře a změny spotřeby energie [kt.rok<sup>-1</sup>], scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“, rok 2020**



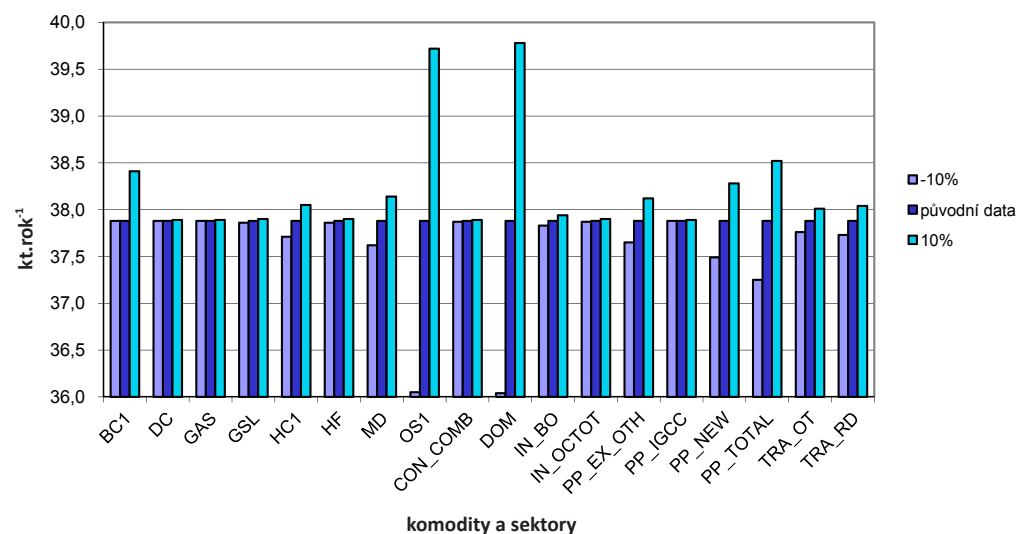
**Graf 8 Emise NO<sub>x</sub> z jednotlivých komodit a sektorů podle původního scénáře a změny spotřeby energie [kt.rok<sup>-1</sup>], scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“, rok 2020**



**Graf 10 Emise GHGs z jednotlivých komodit a sektorů podle původního scénáře a změny spotřeby energie [Mt.rok<sup>-1</sup>], scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“, rok 2020**



**Graf 9 Emise PM<sub>2,5</sub> z jednotlivých komodit a sektorů podle původního scénáře a změny spotřeby energie [kt.rok<sup>-1</sup>], scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“, rok 2020**



**Časový vývoj emisí látek sledovaných modelem GAINS při snížení spotřeby v energetickém sektoru o 10 %**

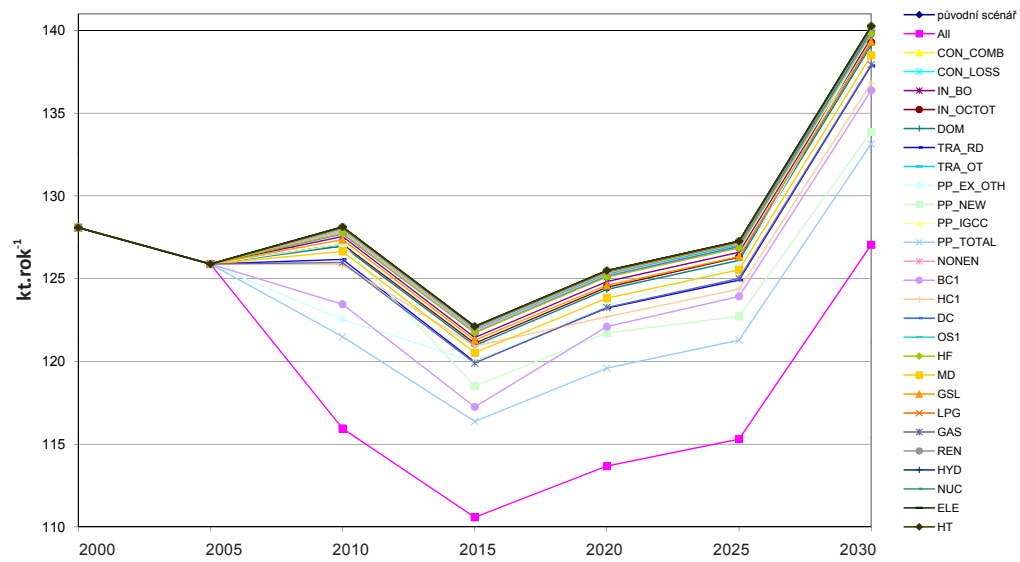
V následujících grafech je vyneseno časový vývoj emisí každé látky zvlášť. Každá řada v grafu ukazuje, jakým způsobem snížení spotřeby v daném podsektoru, resp. spotřeby dané komodity ovlivní hodnoty emise dané látky. Vývoj má nesterýdný průběh a vždy se pohybuje mezi dvěma extrémními hodnotami: emisemi na základě původního scénáře a hodnotami vypočítanými při odečtu 10% najednou z každého energetického údaje po roce 2005 včetně.

Z látek CO<sub>2</sub>, F plynů, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, PM, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC a všech skleníkových plynů (Agg) jediné u F-plynů nebyla v přesnosti na dvě desetinná místa zaznamenána žádná změna. Hodnoty emisí se uvádí v jednotkách kt.rok<sup>-1</sup> kromě všech skleníkových plynů, kde se emise udávají v jednotkách Mt.rok<sup>-1</sup>.

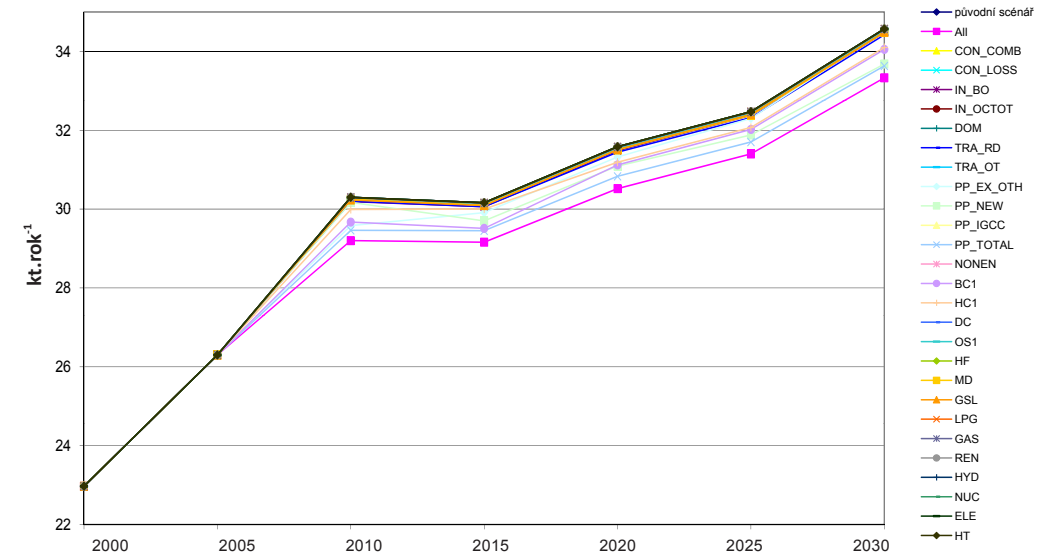
Největší vliv měly změny ve spotřebě energie na CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> a GHGs (8–9%), pak PM, PM<sub>10</sub>, N<sub>2</sub>O a VOC (4–7%), nejméně se snížení spotřeby projevilo na látkách CH<sub>4</sub> a NH<sub>3</sub> (do 1%).



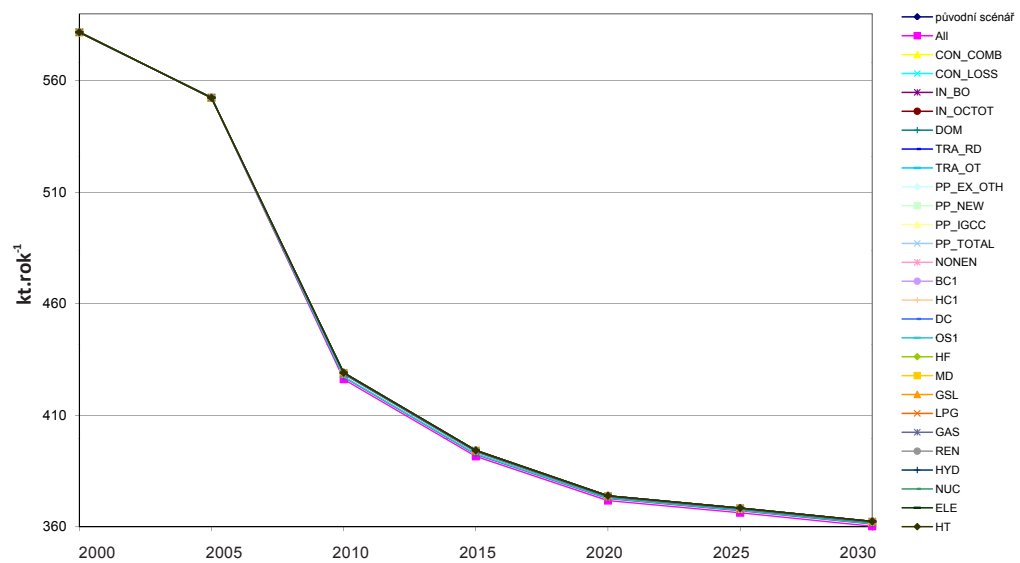
Graf 11 Vývoj emisí CO<sub>2</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



Graf 13 Vývoj emisí NO<sub>2</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



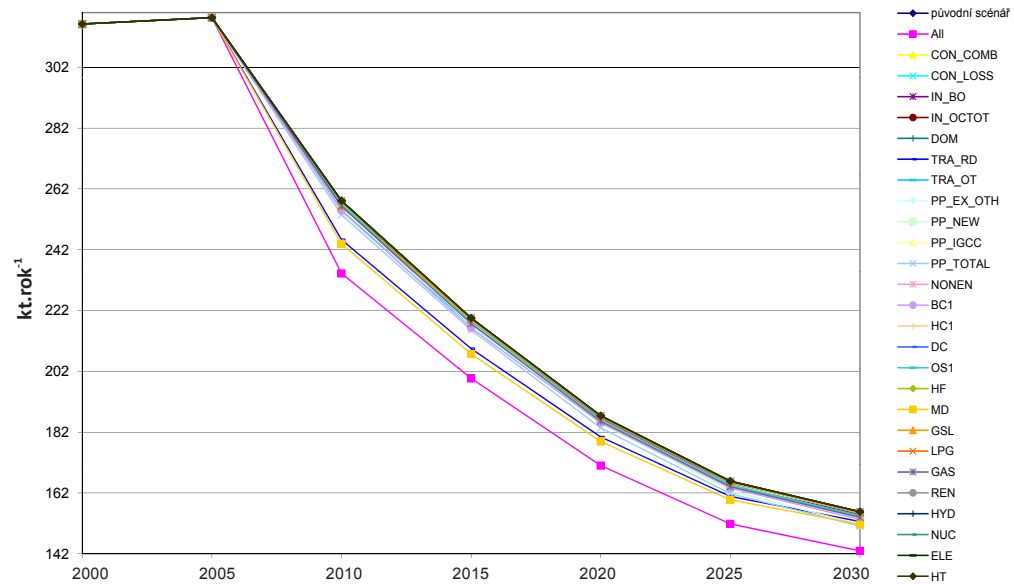
Graf 12 Vývoj emisí CH<sub>4</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



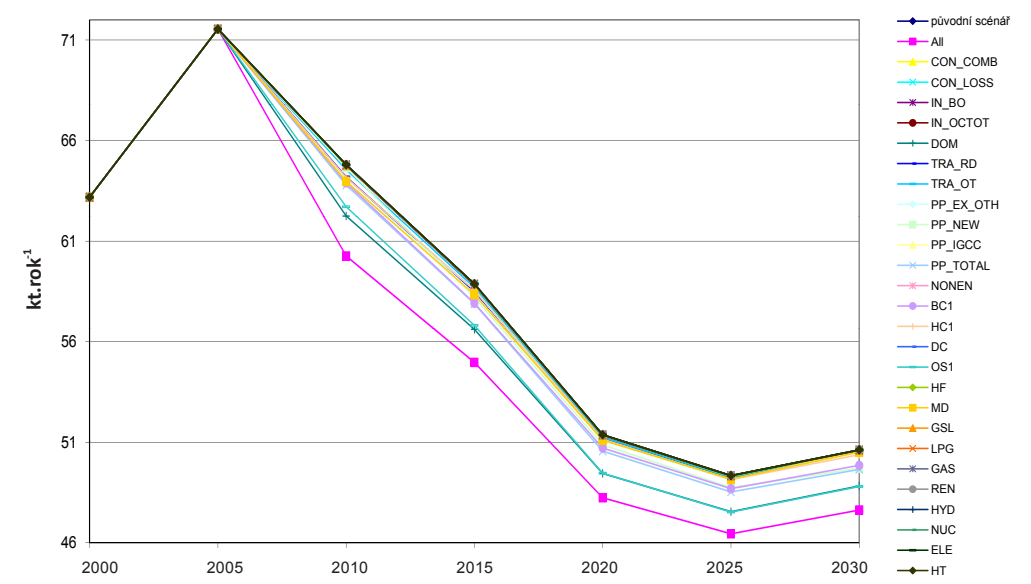
Graf 14 Vývoj emisí NH<sub>3</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



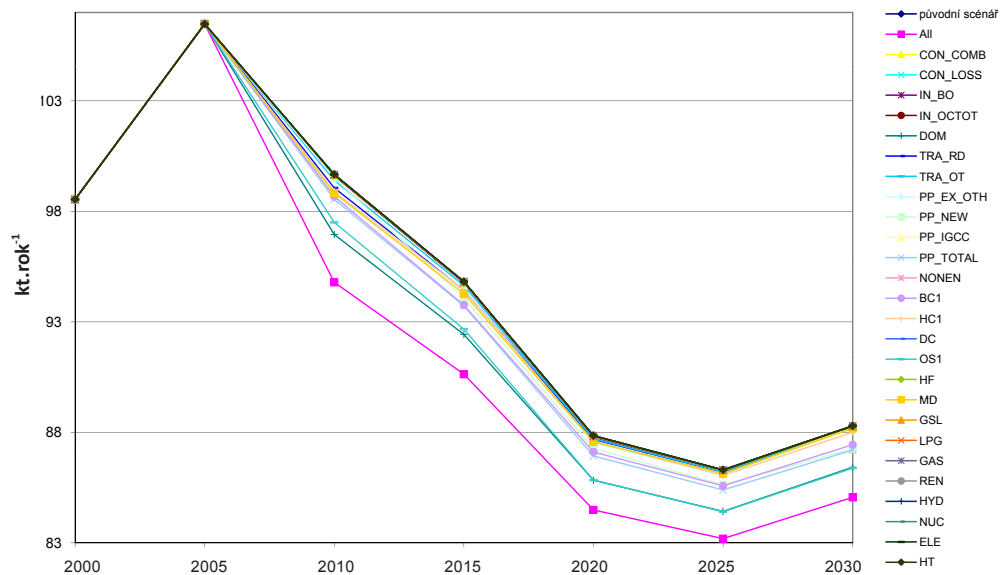
Graf 15 Vývoj emisí NO<sub>x</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



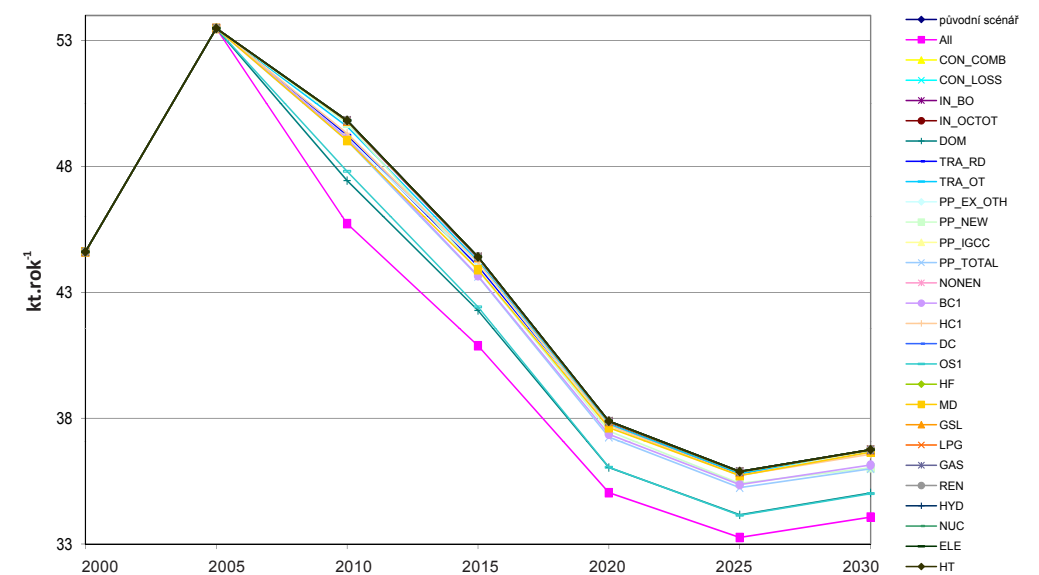
Graf 17 Vývoj emisí PM<sub>10</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



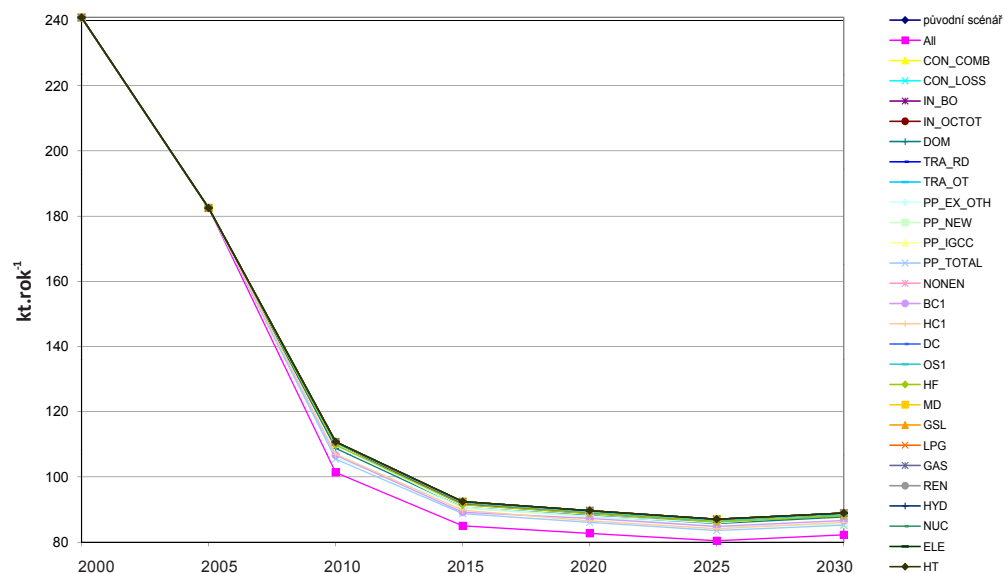
Graf 16 Vývoj emisí PM při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



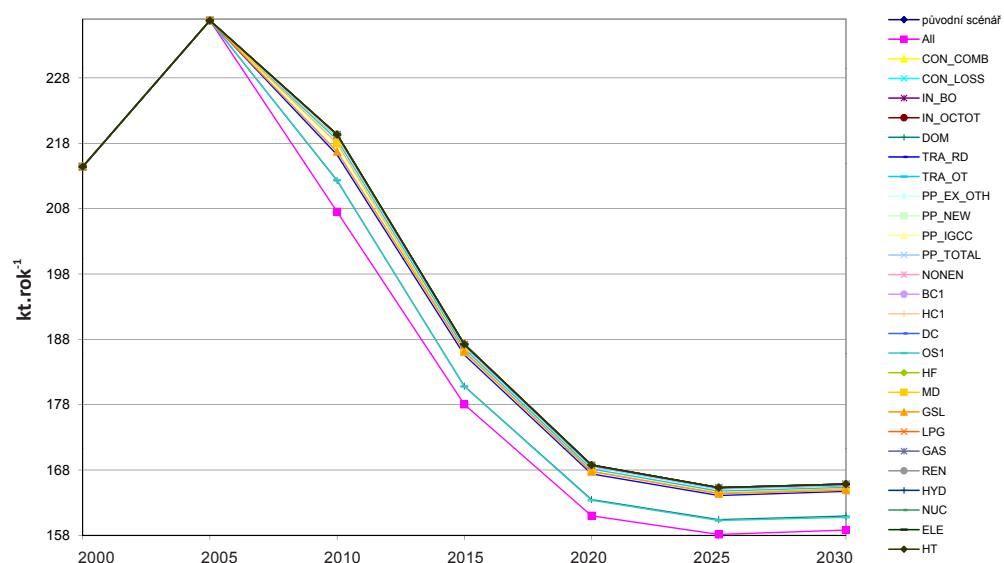
Graf 18 Vývoj emisí PM<sub>2,5</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“



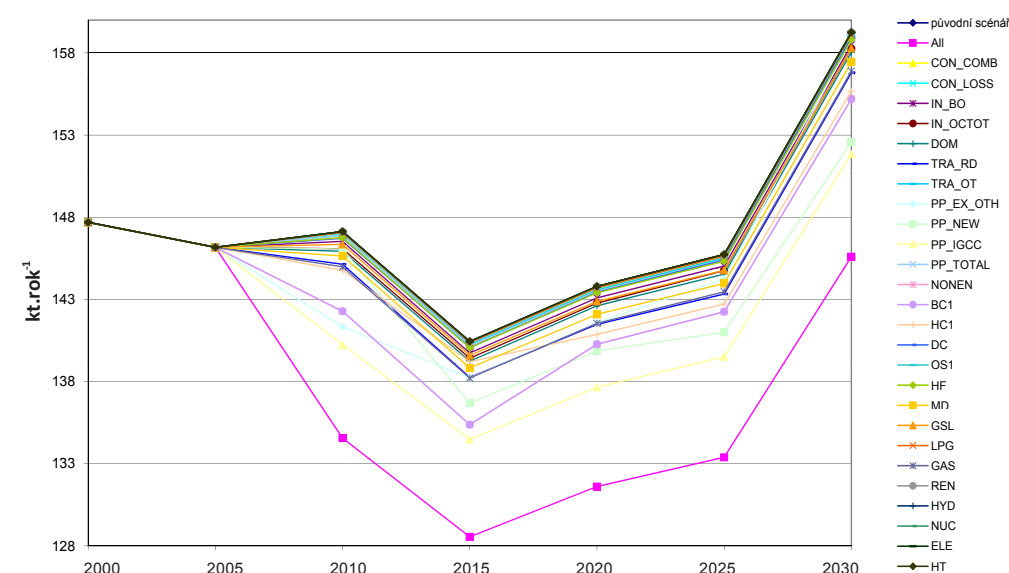
**Graf 19 Vývoj emisí SO<sub>2</sub> při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“**



**Graf 20 Vývoj emisí VOC při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“**



**Graf 21 Vývoj emisí GHGs při snížení spotřeby energie v jednotlivých energetických sektorech a komoditách o 10 %, scénář „NEC 2007 Baseline, current policy“**



### 5.1.2.3. Závěr

V této úloze byla prošetřována reakce modelu GAINS na výraznější zvýšení resp. snížení celkové spotřeby energie. Zkoumaly se emise polutantů SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> a skleníkových plynů GHGs desetiprocentním zvýšením a snížením spotřeby energie ve všech sektorech a komoditách dohromady (En<sub>tot</sub>) a zvlášť. Největšího posunu hodnot emisí SO<sub>2</sub>, GHGs bylo přitom dosaženo zejména změnou energetické spotřeby v elektrárnách, spalování černého a hnědého uhlí a spotřeby energie v domácnostech. Emise NO<sub>x</sub> nejvíc ovlivnily změny v kategorii motorová nafta, lehký topný olej včetně biopaliv a v silniční dopravě. Na objem PM<sub>2,5</sub> měly největší podíl domácnosti spolu se spalováním biopaliv.

Časový vývoj emisí v důsledku změny ve spotřebě energie sektorů a komodit byl zkoumán na základě snížení energetické spotřeby o 10%. Na vyhotovených grafech 11 až 21 se dá kromě jiného pozorovat, že hodnoty zkoumaných emisí nebyly v každém roce jednotlivými sektory a komoditami ovlivňovány poměrově stejným způsobem. Důvodem může být například politika zavádění regulačních opatření v čase, nebo samotné původní odhady spotřeby energie podle scénáře, z kterého se u této analýzy vycházelo („NEC 2007 Baseline, current policy“).

### 5.1.3 Citlivostní analýza aktivitních dat v sektoru doprava modelu GAINS – důsledky změny spotřeby energie v dopravě v letech 2010–2030

#### 5.1.3.1 Postupy a východiska

Cílem této úlohy bylo více se soustředit na problematiku mobilních zdrojů, resp. dopravy, která je v současné době považována za jeden z hlavních negativních tlaků na životní prostředí, a to nejen v souvislosti s ochranou ovzduší. Mobilní zdroje jsou významným zdrojem<sup>5</sup> suspendovaných částic, oxidů dusíku NO<sub>x</sub>, těžkých organických látek VOC a skleníkových plynů GHGs, jejichž produkce z dopravy stále stoupá.

Cílem analýzy bylo prošetřit reakci modelu GAINS (tj. produkce emisí PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC a GHGs) na výraznější zvýšení, resp. snížení spotřeby energie v dopravě. V případě suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> model GAINS umožňuje nejen vyhodnocení emisní situace, ale i situace týkající se kvality ovzduší a dopadů na lidské zdraví.

#### 5.1.3.2 Metodika

##### Úprava aktivitních údajů a generace emisí

Úprava aktivitních údajů vstupujících do modelu GAINS se týkala listu *En\_mob* v souboru *Activity\_Pathway*. Úpravou (navýšením či snížením hodnot) v *En\_mob* dojde logicky i ke změně celkové spotřeby energie, tj. hodnot v listu *En\_tot*. Citlivostní analýza spočívala v procentuálním navýšení resp. snížení hodnot spotřeby o 10–50% počínaje rokem 2010 až do konce časové řady modelu, tj. do roku 2030 v pětiletém intervalu.

Analýza byla realizována v prostředí dvou scénářů popsaných v materiálu IIASA NEC Report No 6<sup>6</sup>, a to ve scénáři „C&E package; current legislation“ a „C&E package; current policy“.

Ve scénáři „C&E; current legislation“ je zohledněna většina v současné době platné legislativy týkající se emisí, včetně transponované legislativy ES. Emisní projekce do roku 2020 vychází tedy z předpokládaného ekonomického vývoje, národních a pro sektor specifických emisních faktorů a implementace již vytvořených a do národní legislativy transponovaných emisních opatření. Budoucí legislativní opatření pro ochranu ovzduší, tj. norma EURO VI a revize Směrnice IPPC (směrnice 96/61/ES

k integrované prevenci a omezování znečištění), jsou zahrnuty do scénáře „C&E; current policy“. Podrobnější informaci k implementaci norem EURO pro osobní a nákladní vozidla a pro autobusy lze nalézt v kapitole Euronormy v modelu GAINS před závěrem tohoto dokumentu. Podrobnější popis scénářů lze nalézt jak na webu IIASA<sup>7</sup>, tak i v publikacích souvisejících s projektem VaV<sup>8</sup>.

##### Hodnocení výsledků citlivostní analýzy

Zpracování výsledků modelování, tedy úpravy vstupních údajů, bylo zaměřeno na nejvýznamnější polutanty pocházející z dopravy: skleníkové plyny GHGs, oxidy dusíku NO<sub>x</sub>, organické těkavé látky VOC a suspendované částice PM<sub>2,5</sub>. Výstupní data pro tyto čtyři polutanty byla stažena ve formě NFR klasifikace<sup>9</sup> pro každý z upravených vstupních souborů a oba dva scénáře, spolu s původním nastavením scénářů tedy 24 tabulek, ve kterých byla obsažena celá časová řada: od roku 2010 do roku 2030 po pěti letech.

Základem pro formulaci závěrů bylo srovnání časových řad **emisí z dopravy** pro každou kombinaci polutant–scénář (v jednom grafu namodelovaných 11 časových řad, sudé grafy 22 až 36) a pro tu samou kombinaci také analýza vývoje **podílu emisí z dopravy na celkových emisích** dané látky. Tento druhý typ analýzy byl zpracován jednak v podrobnější formě: po jednotlivých krocích desetiprocentního navýšení a snížení spotřeby energie v dopravě (liché grafy 23 až 37), jednak ve zjednodušené formě: v grafech rozpětí (grafy 38 až 39). V grafech rozpětí byly spolu s původním scénářem zachyceny jenom maximální (původní spotřeba energie +50%) a minimální (původní spotřeba energie -50%) hodnoty emisí. To umožnilo přehledné srovnání jak vývoje všech polutantů v rámci jednoho scénáře (grafy 39 a, b), tak srovnání obou scénářů „current policy“ a „current legislation“ pro každý polutant zvlášť (grafy 38 a až d).

7 <http://gains.iiasa.ac.at/index.php/gains-annex-1>

8 Bízec V., Demeterová A. a Matoušková L., 2010. Integrovaný přístup k ochraně ovzduší a k zmírňování dopadů změny klimatu. Ochrana ovzduší, 1: 13–16.

9 „Nomenclature For Reporting“, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009; <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>

5 <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1511> na základě dat ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav)

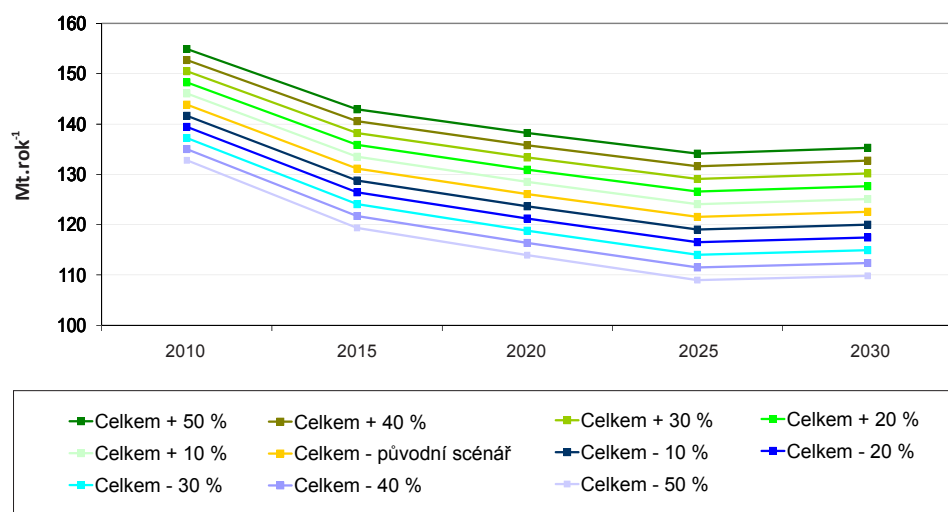
6 Amman M., et al: NEC Report No 6: National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate and Energy Package; Final Report, IIASA 2008 (<http://www.iiasa.ac.at>)

### 5.1.3.3 Výsledky a diskuse

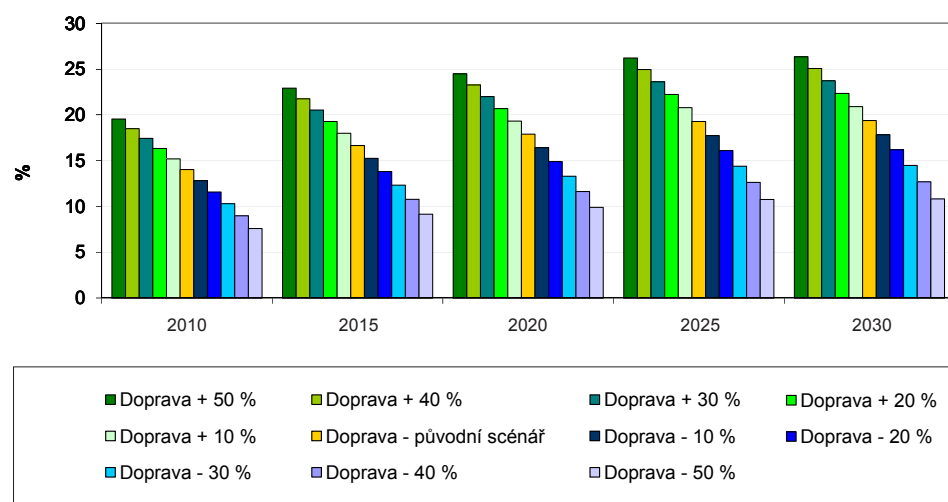
#### A) Vliv zvýšení a snížení spotřeby energie v dopravě v prostředí scénáře „C&E package; current legislation“ na emisní bilanci GHGs, NO<sub>x</sub>, VOC a PM<sub>2,5</sub>

##### Emise skleníkových plynů GHGs

Graf 22 Celkové emise GHGs podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



Graf 23 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích GHGs podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030

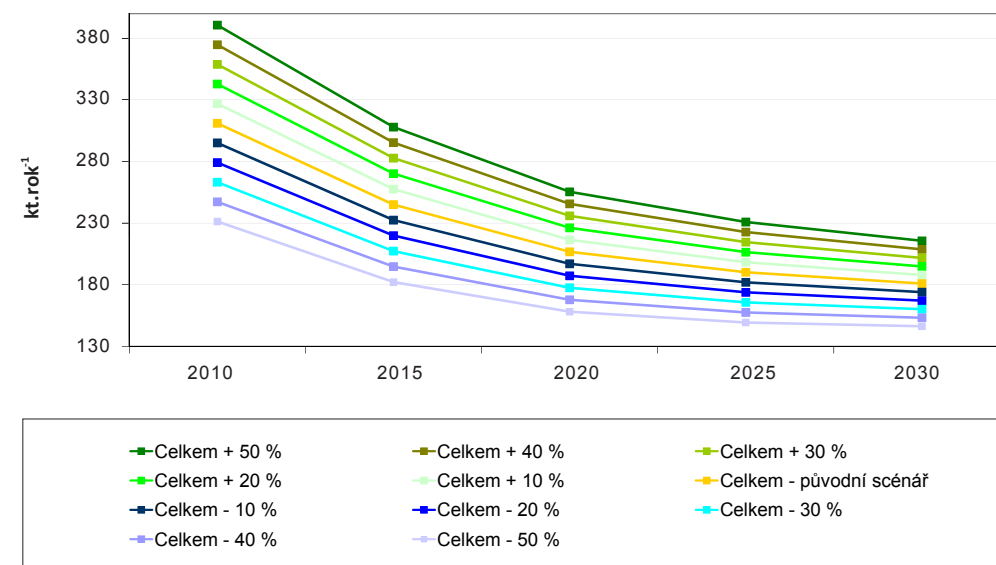


#### Komentář:

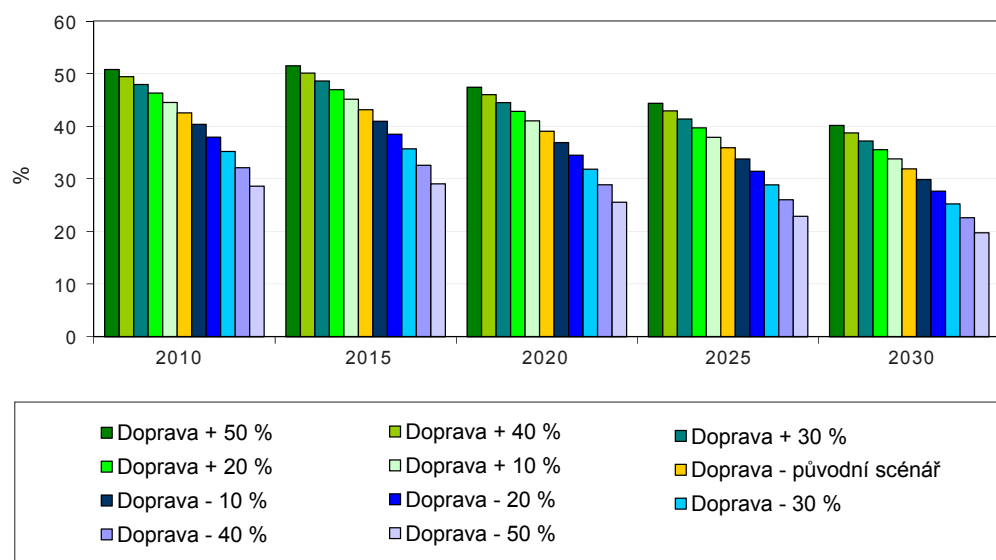
Podle původního scénáře „C&E package; current legislation“ emise GHGs v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 144 Mt/rok na 123 Mt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích GHGs naopak mírně stoupá, a to z 20% v roce 2010 na 24% v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí GHGs v roce 2030 na 135 Mt / 110 Mt (tj. o 10% / 11% oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil více než ¼ celkových emisí. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 10% v roce 2030, což je méně, než je současný podíl dopravy na celkových emisích GHGs. Z uvedeného vyplývá, že sektor dopravy zaujímá významné místo v problematice skleníkových plynů a představuje potenciálně stále významnější zdroj emisí GHGs, pokud do budoucna uvažujeme rostoucí intenzitu dopravy, resp. rostoucí spotřebu energie v tomto sektoru. Naopak snížením spotřeby energie v dopravě lze docílit toho, že podíl emisí GHGs z dopravy nepřekročí současnou úroveň (naopak je možné podkročení u scénářů „snížení spotřeby energie o 40–50 %“).

##### Emise oxidů dusíku NO<sub>x</sub>

Graf 24 Celkové emise NO<sub>x</sub> podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



**Graf 25 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích NO<sub>x</sub> podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50 % v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**

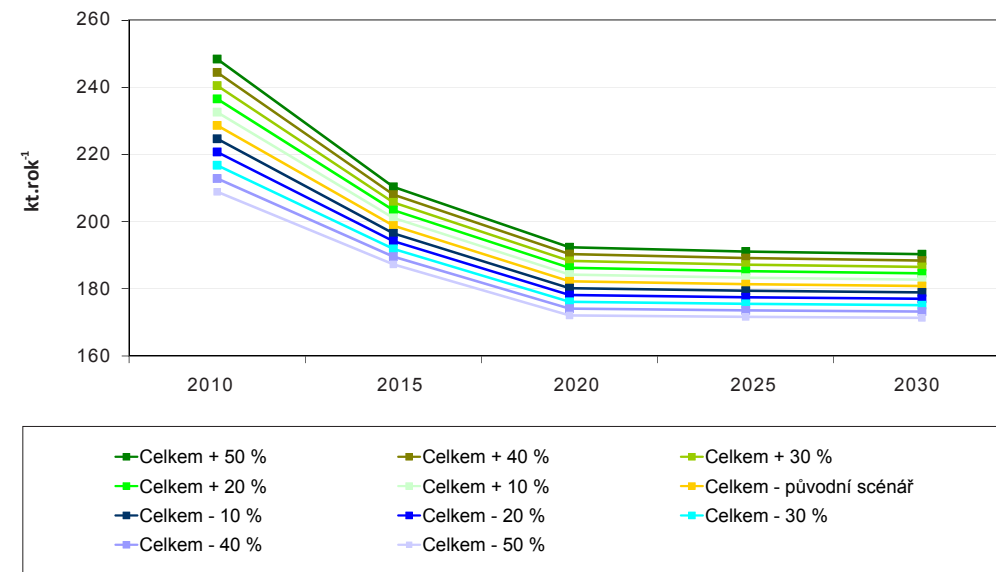


**Komentář:**

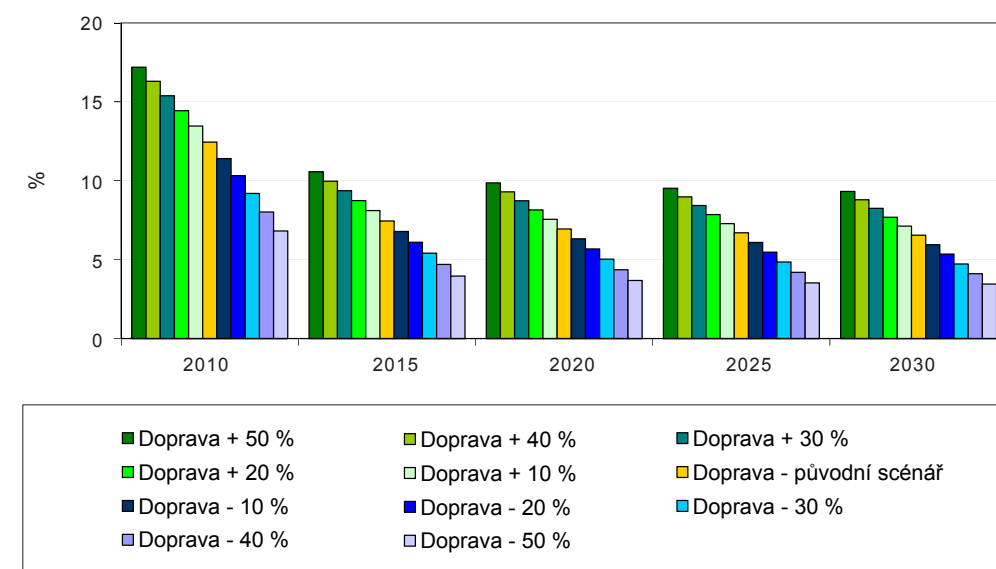
Podle původního scénáře „C&E package; current legislation“ emise NO<sub>x</sub> v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 310 kt/rok na 181 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích NO<sub>x</sub> také klesá, a to ze 43 % v roce 2010 na 32 % v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí NO<sub>x</sub> v roce 2030 na 216 kt / 146 kt (tj. navýšení / snížení o 19 % oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 40% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 20% v roce 2030. Ve všech scénářích je trend podílu emisí NO<sub>x</sub> ze sektoru dopravy klesající, a to přibližně o 10% v průběhu let 2010–2030. Přes klesající trend emisí NO<sub>x</sub> ze sektoru dopravy a pokles podílů emisí NO<sub>x</sub> z dopravy zůstane tento sektor významným zdrojem emisí NO<sub>x</sub>. I při nejvyšším uvažovaném snížení spotřeby energie (tj. o 50%) by doprava produkovala v roce 2030 téměř 20% emisí této znečišťující látky, která patří mezi látky způsobující acidifikaci, eutrofizaci, vznik přízemního ozonu atd.

**Emise těkavých organických látek VOC**

**Graf 26 Celkové emise VOC podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50 % v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**



**Graf 27 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích VOC podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50 % v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**



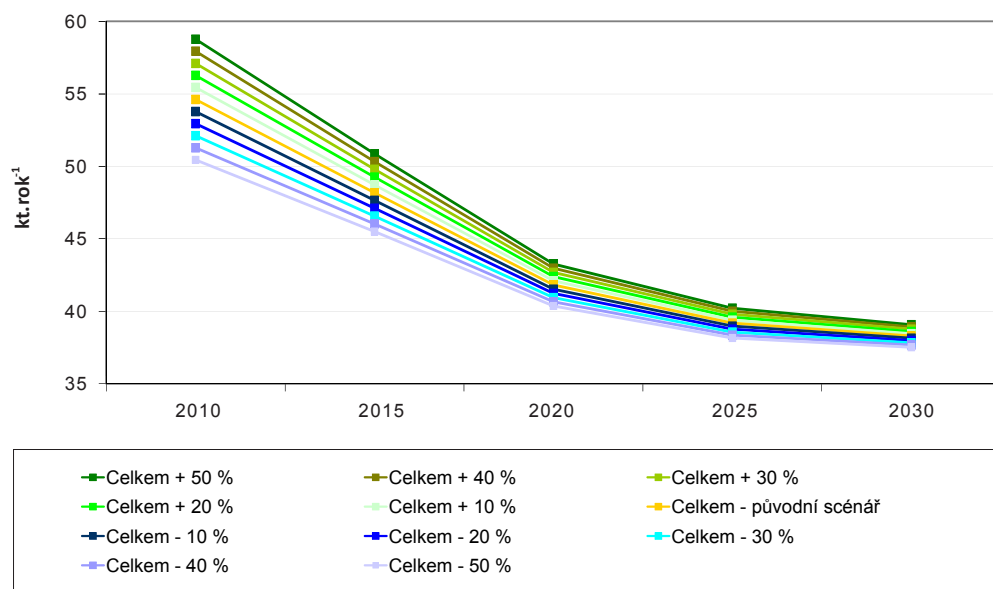


### Komentář:

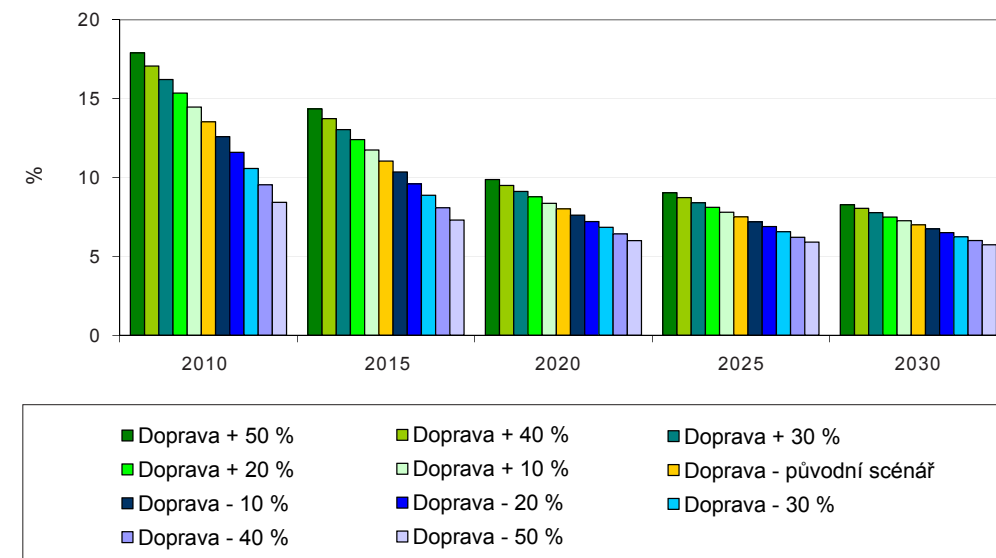
Podle původního scénáře „C&E package; current legislation“ emise VOC v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 229 kt/rok na 181 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích VOC také klesá, a to z 12 % v roce 2010 na 7 % v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50 %, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí VOC v roce 2030 na 190 kt / 171 kt (tj. navýšení / snížení o 5 % / 6 % oproti původnímu scénáři). Ve všech scénářích je trend emisí VOC z dopravy klesající. Změny ve spotřebě energie v dopravě nemají významný vliv na celkové emise VOC. Pokud uvažujeme výsledné emise podle okrajových scénářů (navýšení / snížení spotřeby energie o 50 %), rozdíl emisí VOC v roce 2030 je méně než 20 kt. V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 9% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 3% v roce 2030. Z uvedeného vyplývá, že význam dopravy jako zdroje emisí VOC (prekurzorů přízemního ozonu) by se měl v budoucích letech snižovat.

### Emise suspendovaných částic $PM_{2,5}$

Graf 28 Celkové emise  $PM_{2,5}$  podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



Graf 29 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích  $PM_{2,5}$  podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



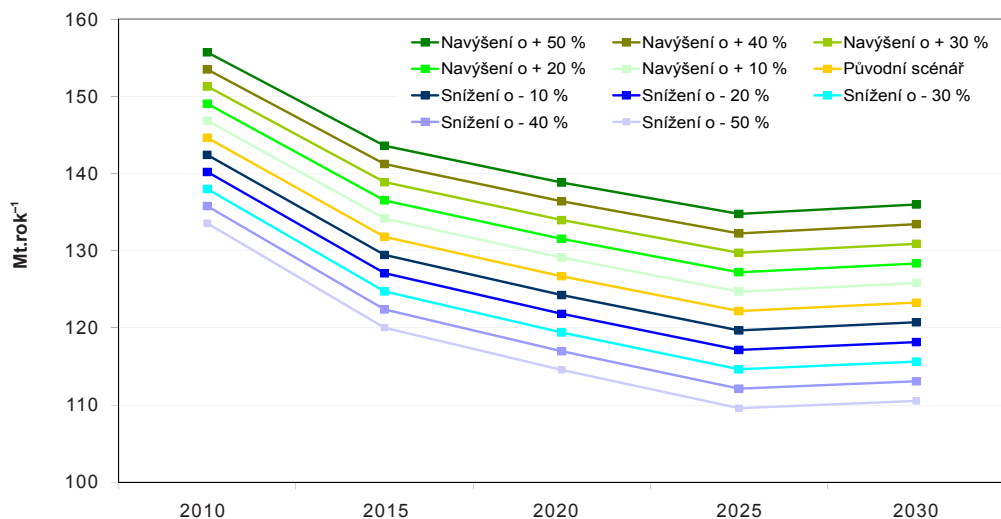
### Komentář:

Podle původního scénáře „C&E package; current legislation“ emise  $PM_{2,5}$  v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 55 kt/rok na 38 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích  $PM_{2,5}$  také klesá, a to ze 14 % v roce 2010 na 7 % v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50 %, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí  $PM_{2,5}$  v roce 2030 na 39 kt / 37 kt (tj. navýšení / snížení o 3 % oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 8% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 6% v roce 2030. Ve všech scénářích je trend emisí  $PM_{2,5}$  z dopravy klesající. Změny ve spotřebě energie v dopravě nemají významný vliv na celkové emise  $PM_{2,5}$ . Pokud uvažujeme výsledné emise podle okrajových scénářů (navýšení / snížení spotřeby energie o 50 %), rozdíl  $PM_{2,5}$  v roce 2030 je méně než 2 kt. Z uvedeného vyplývá, že význam dopravy jako zdroje emisí  $PM_{2,5}$  by se měl v budoucích letech snižovat. Malé rozdíly v emisích nebyly natolik významné, aby způsobily změny v rozložení pole koncentrací  $PM_{2,5}$  a aby došlo ke zhoršení / zmírnění zdravotních dopadů v důsledku expozice  $PM_{2,5}$  v porovnání s původním scénářem (viz obr. 3–14, který ilustruje roky 2015 a 2020).

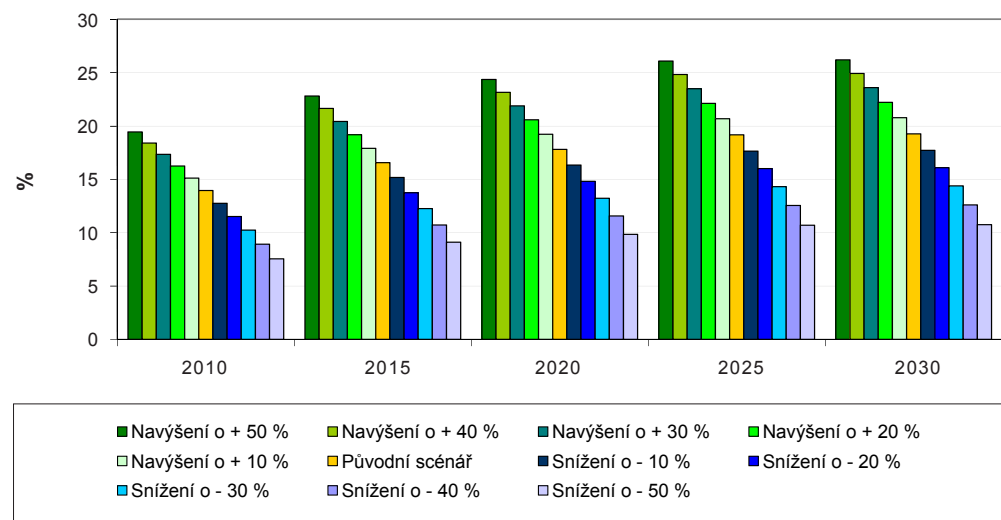
**B) Vliv zvýšení a snížení spotřeby energie v dopravě v prostředí scénáře „C&E package; current policy“ na emisní bilanci GHGs, NO<sub>x</sub>, VOC a PM<sub>2,5</sub>**

**Emise skleníkových plynů GHGs**

**Graf 30 Celkové emise GHGs podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**



**Graf 31 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích GHGs podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**

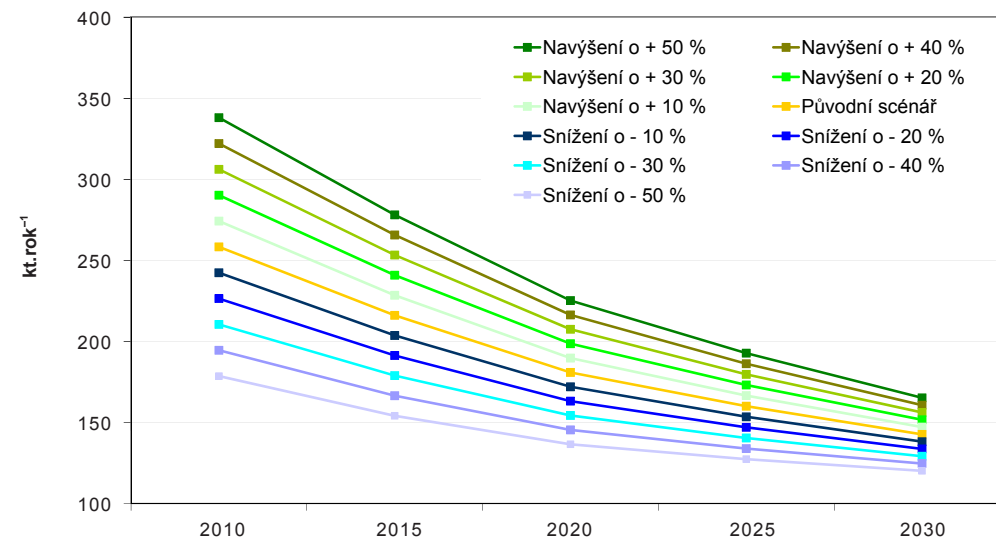


**Komentář:**

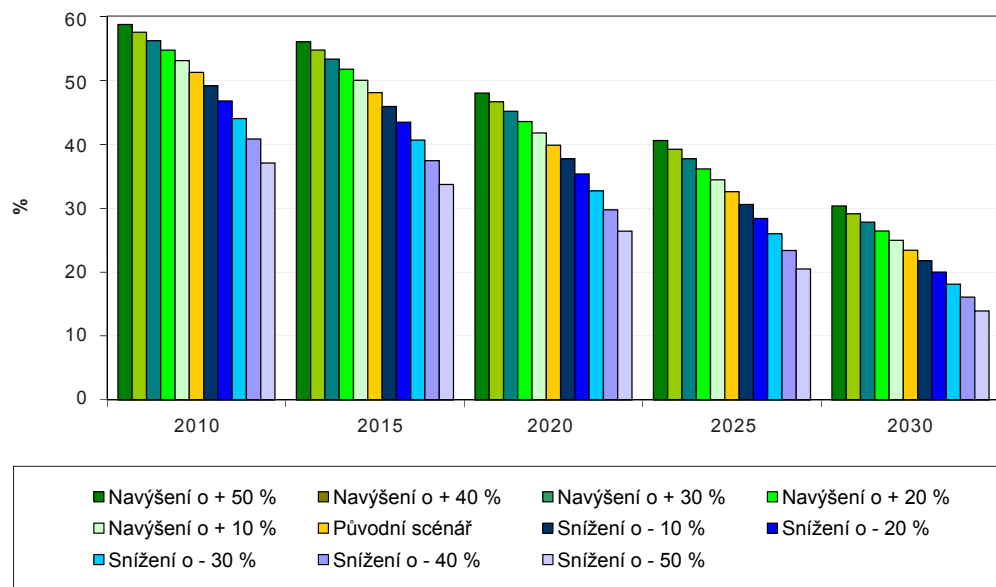
Podle původního scénáře „C&E package; current policy“ emise GHGs v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 145 Mt/rok na 123 Mt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích GHGs naopak mírně stoupá, a to z 20% v roce 2010 na 24% v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí GHGs v roce 2030 na 136 Mt / 111 Mt (navýšení / snížení o 11% / 10% oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil více než ¼ celkových emisí. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by v roce 2030 podíl emisí z dopravy tvořil 11%, což je méně, než je současný podíl dopravy na celkových emisích GHGs. Z uvedeného vyplývá, že sektor dopravy zaujímá významné místo v problematice skleníkových plynů a představuje potenciálně stále významnější zdroj emisí GHGs, pokud do budoucna uvažujeme rostoucí intenzitu dopravy, resp. rostoucí spotřebu energie v tomto sektoru. Naopak snížením spotřeby energie v dopravě lze docílit toho, že podíl emisí GHGs z dopravy nepřekročí současnou úroveň (je i možné podkročení u scénářů „snížení spotřeby energie o 40–50 %“).

**Emise oxidů dusíku NO<sub>x</sub>**

**Graf 32 Celkové emise NO<sub>x</sub> podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**



**Graf 33 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích NO<sub>x</sub> podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**

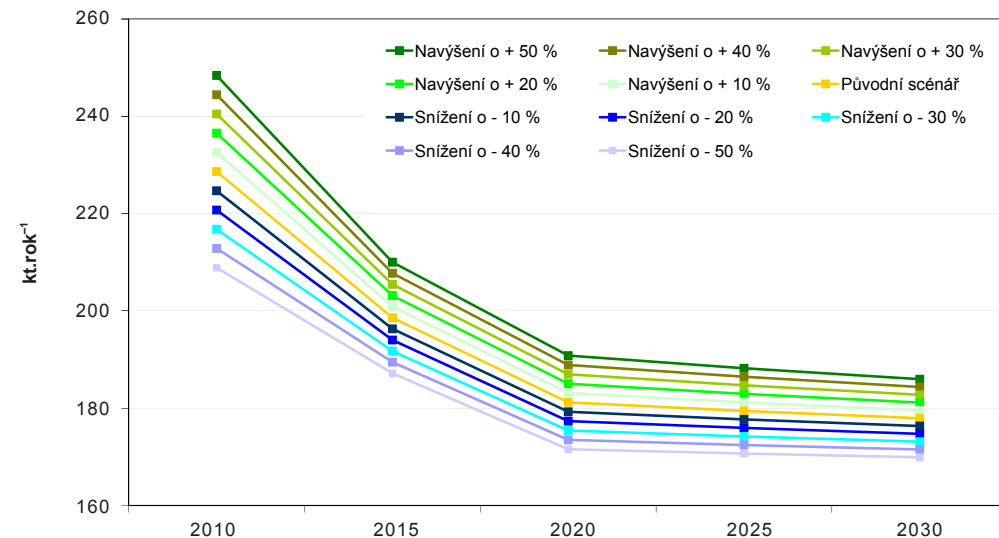


**Komentář:**

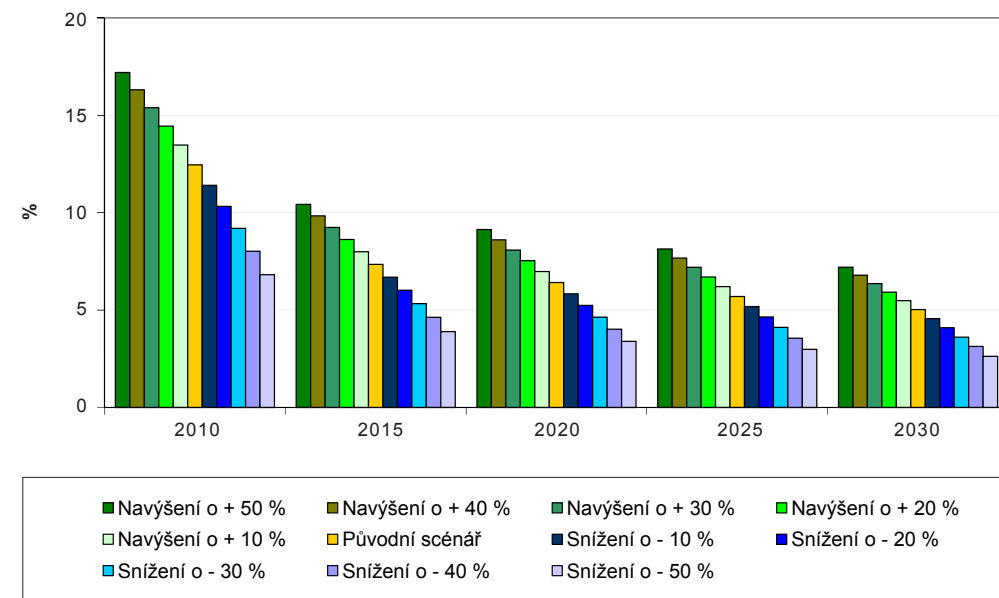
Podle původního scénáře „C&E package; current policy“ emise NO<sub>x</sub> v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 260 kt/rok na 143 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích NO<sub>x</sub> také klesá, a to z 51% v roce 2010 na 23% v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí NO<sub>x</sub> v roce 2030 na 165 kt / 120 kt (navýšení / snížení o 15% / 16% oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 30% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 14% v roce 2030. Ve všech scénářích je trend podílu emisí NO<sub>x</sub> ze sektoru dopravy klesající, a to přibližně o 23–28% v průběhu let 2010–2030. S klesající spotřebou energie v sektoru dopravy klesá v rámci tohoto scénáře i význam sektoru dopravy jako zdroje emisí NO<sub>x</sub>.

**Emise těkavých organických látek VOC**

**Graf 34 Celkové emise VOC podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**



**Graf 35 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích VOC podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030**

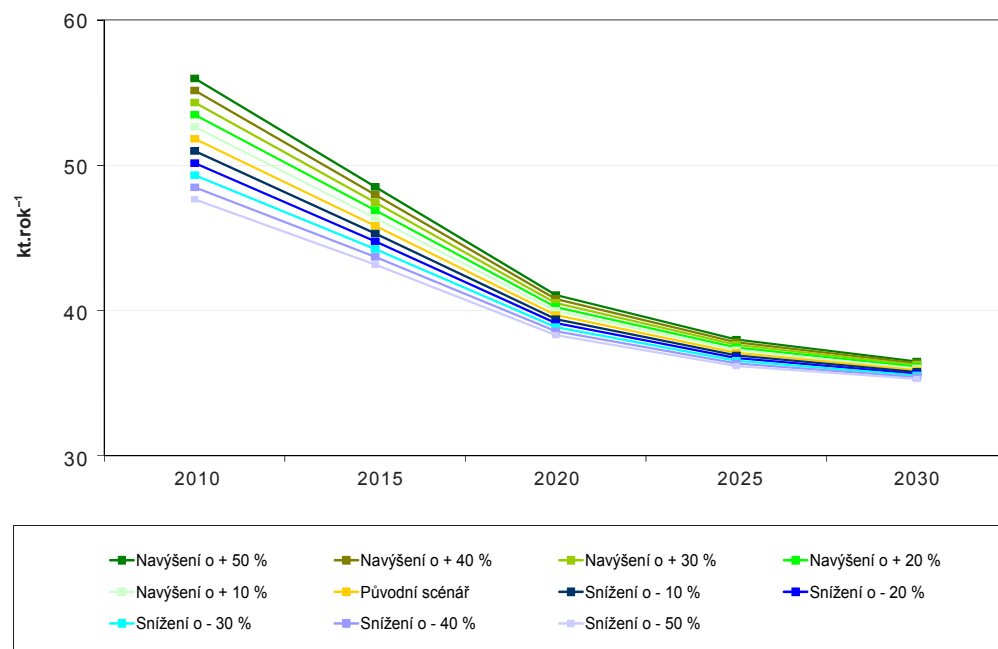


### Komentář:

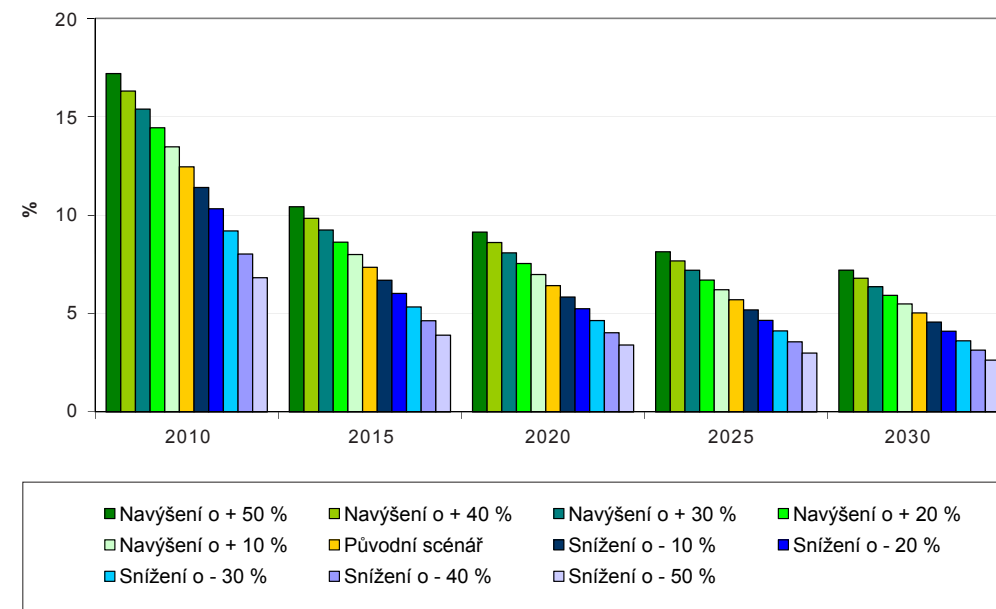
Podle původního scénáře „C&E package; current policy“ emise VOC v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 229 kt/rok na 178 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích VOC také klesá, a to z 12 % v roce 2010 na 5 % v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí VOC v roce 2030 na 187 kt / 170 kt (navýšení / snížení o 15 % / 16 % oproti původnímu scénáři). Ve všech scénářích je trend emisí VOC z dopravy klesající. Změny ve spotřebě energie v dopravě nemají významný vliv na celkové emise VOC. Pokud uvažujeme výsledné emise podle okrajových scénářů (navýšení / snížení spotřeby energie o 50 %), rozdíl emisí VOC v roce 2030 je méně než 17 kt. V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 7% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil necelá 3% v roce 2030. Z uvedeného vyplývá, že význam dopravy jako zdroje emisí VOC (prekursorů přízemního ozonu) by se měl v budoucích letech snižovat.

### Emise suspendovaných částic $PM_{2,5}$

Graf 36 Celkové emise  $PM_{2,5}$  podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



Graf 37 Podíl emisí z dopravy na celkových emisích  $PM_{2,5}$  podle původního scénáře i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% v 10% rozlišení, ČR, 2010–2030



### Komentář:

Podle původního scénáře „C&E package; current legislation“ emise  $PM_{2,5}$  v letech 2010–2030 klesnou z hodnoty cca 52 kt/rok na 36 kt/rok. Podíl emisí z dopravy na celkových emisích  $PM_{2,5}$  také klesá, a to z 14% v roce 2010 na 7% v roce 2030. Pokud uvažujeme navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě o 50%, dojde následně k navýšení / snížení celkových emisí  $PM_{2,5}$  v roce 2030 na 36 kt / 35 kt (navýšení / snížení o 0% / 3% oproti původnímu scénáři). V případě scénáře „navýšení spotřeby energie o 50%“ by podíl emisí z dopravy tvořil 7% celkových emisí v roce 2030. V opačném případě (snížení spotřeby energie v dopravě o 50%) by podíl emisí z dopravy tvořil 6% v roce 2030. Ve všech scénářích je trend emisí  $PM_{2,5}$  z dopravy klesající. Změny ve spotřebě energie v dopravě nemají významný vliv na celkové emise  $PM_{2,5}$ . Pokud uvažujeme výsledné emise podle okrajových scénářů (navýšení / snížení spotřeby energie o 50 %), rozdíl  $PM_{2,5}$  v roce 2030 je méně než 2 kt. Z uvedeného vyplývá, že význam dopravy jako zdroje emisí  $PM_{2,5}$  by se měl v budoucích letech snižovat.

**C) Srovnání vlivu zvýšení a snížení spotřeby energie v dopravě v prostředí scénáře „C&E package; current legislation“ a „C&E package; current policy“ na emisní bilanci GHGs, NO<sub>x</sub>, VOC a PM<sub>2,5</sub>**

S výjimkou GHGs lze obecně říci, že zkoumané emise z dopravy mají na celkových emisích postupem času stále menší podíl. To je způsobeno tím, že sice celkový objem těchto emisí klesá, ale pokles emisí, které pochází pouze z dopravy, je vyšší (Tab. 6). Celkové emise GHGs mají také klesající tendenci, i když z daných čtyř polutantů nejmenší (o 14,8% pro rok 2030 oproti roku 2010). Očekává se však, že frakce GHGs emitovaná dopravou se bude zvyšovat.

Ze srovnání scénářů vyplývá, že oproti „C&E package; current legislation“ je podle scénáře „current policy“ podíl emisí z dopravy nižší (grafy 38 a–d), což znamená, že plánovaná opatření by měla mít na dopravu o něco větší efekt, než na zbytek zdrojů emisí.

**Tab. 6 Změna v emisích mezi rokem 2010 a 2030 podle původního scénáře [%] (kladné znaménko znamená pokles, záporné nárůst)**

**„C&E package; current legislation“**

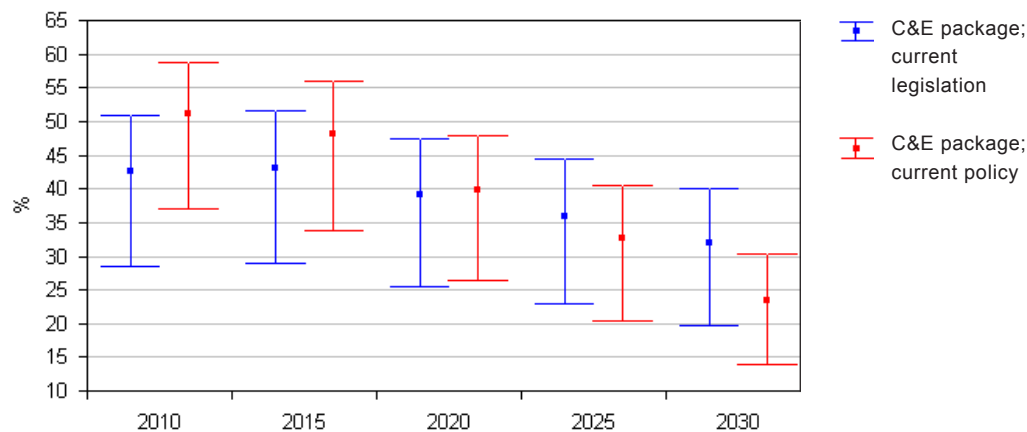
polutanty	celkové emise	emise z dopravy
GHGs	14,8	-17,7
NO <sub>x</sub>	41,8	56,4
VOC	20,9	58,4
PM <sub>2,5</sub>	29,9	63,7

**„C&E package; current policy“**

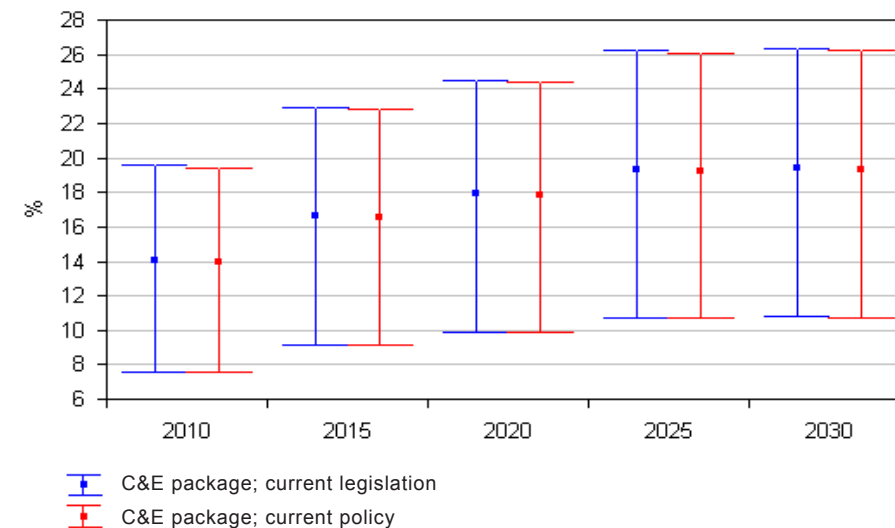
polutanty	celkové emise	emise z dopravy
GHGs	14,8	-17,7
NO <sub>x</sub>	44,8	74,8
VOC	30,8	68,5
PM <sub>2,5</sub>	22,2	68,6

**Graf 38 Srovnání scénářů „C&E package; current legislation“ a „C&E package; current policy“ pro podíl emisí z dopravy na celkových emisích polutantů NO<sub>x</sub>, GHGs, VOC a PM<sub>2,5</sub>, ČR 2010–2030. Středový bod – původní scénář; svorky – navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě +/- 50%.**

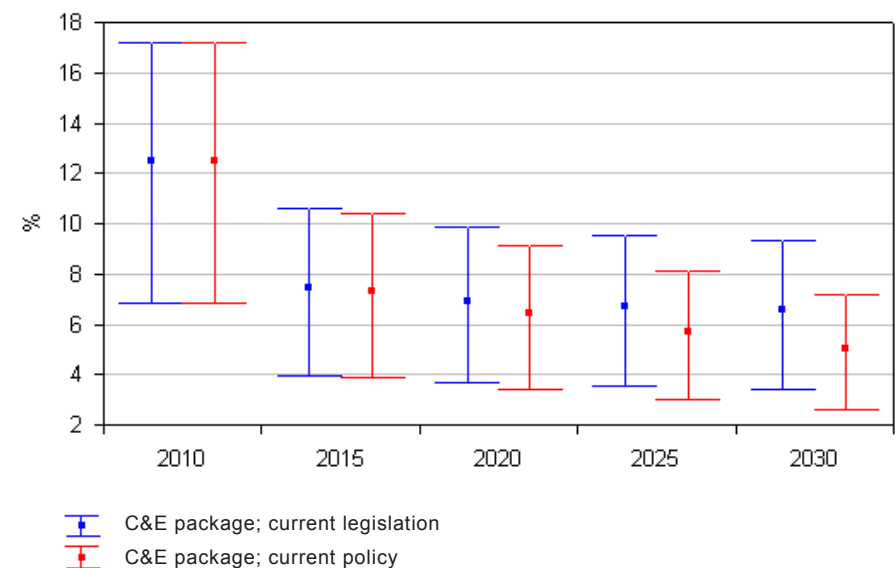
**Graf 38a Oxidy dusíku NO<sub>x</sub>**



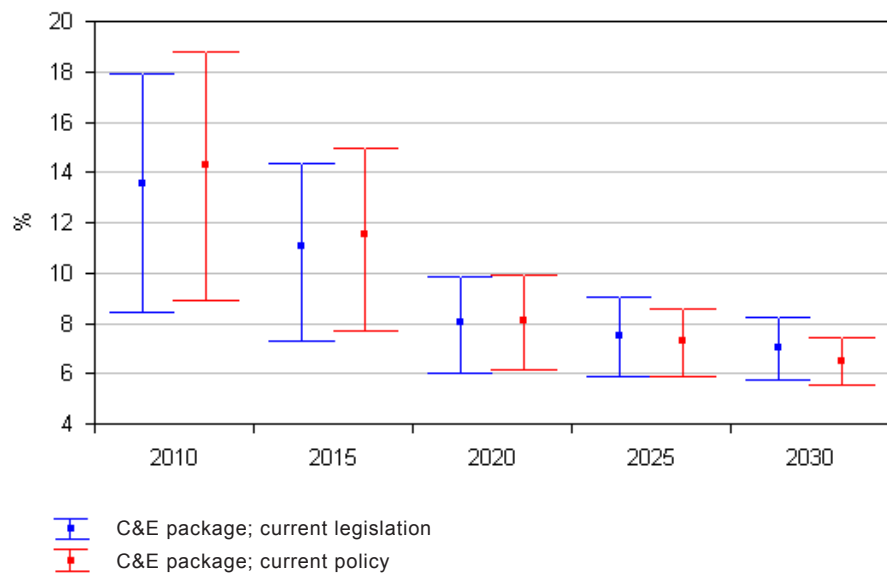
**Graf 38b Skleníkové plyny GHGs**



**Graf 38c Těkavé organické látky VOC**



Graf 38d Suspendované částice PM<sub>2,5</sub>

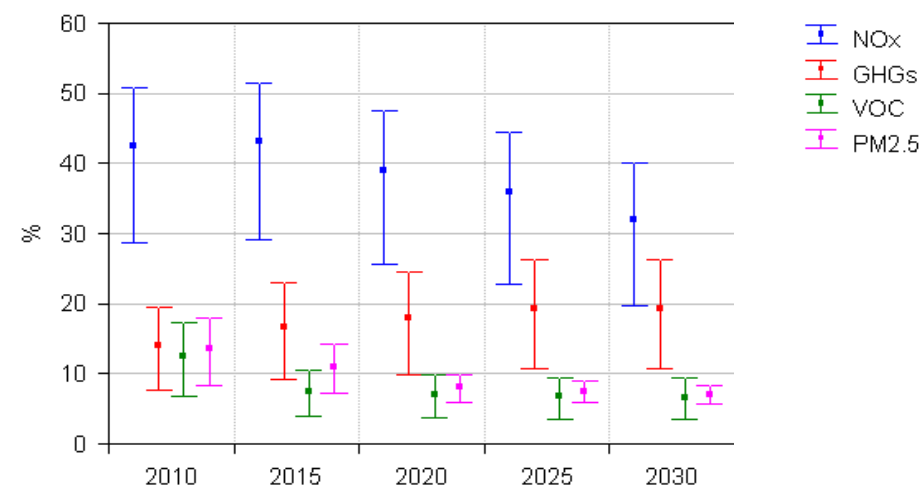


**Komentář:**

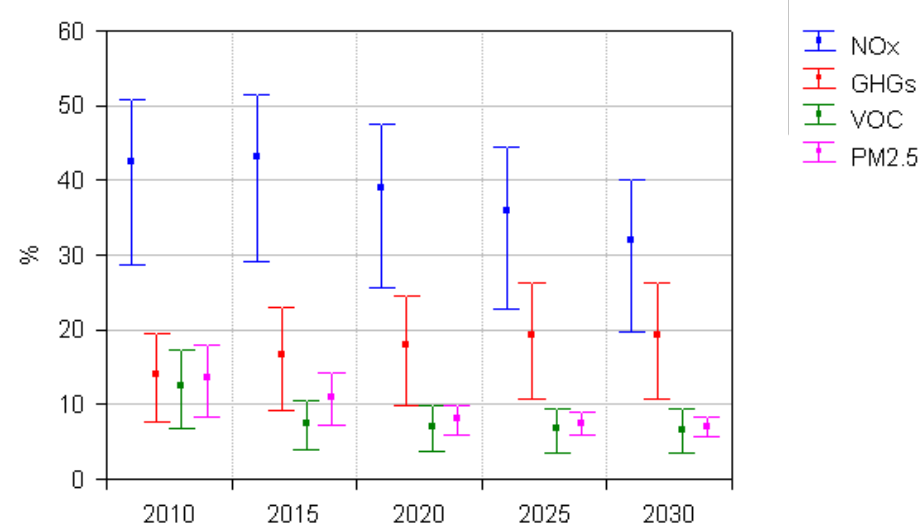
Změna množství emisí v důsledku 10% navýšení, či snížení spotřeby energie v dopravě není v celém rozsahu +50 až -50% stejná. Směrem k nižším hodnotám spotřeby je tato změna větší, nejmarkantněji u NO<sub>x</sub>. Pro časovou osu, výhledově, s přibývajícím časem nalezneme rostoucí trend pouze u emisí GHGs. Rozdíl ve velikosti rozpětí podílu emisí z dopravy na celkových emisích (graf 38 b) je mezi rokem 2010 a 2030 3,6%. U ostatních polutantů je tento trend naopak klesající: mezi rokem 2030 a 2010 to je u NO<sub>x</sub> 1,8%, VOC 4,5% a PM<sub>2,5</sub> 6,9%. Z toho vyplývá, že trend emisí z dopravy ve všech scénářích je v průběhu let 2010–2030 klesající, a to i v případě, že se spotřeba energie v dopravě navýší. U GHGs budou emise naopak růst, a to i v případě, že se spotřeba energie v dopravě sníží.

Graf 39 Meziroční srovnání podílu emisí z dopravy na celkových emisích NO<sub>x</sub>, GHGs, VOC a PM<sub>2,5</sub> podle původního scénáře (středový bod) i v důsledku navýšení/snížení spotřeby energie v dopravě o +/- 50% (svorky), ČR 2010–2030

Graf 39a „C&E package; current legislation“



Graf 39b „C&E package; current policy“

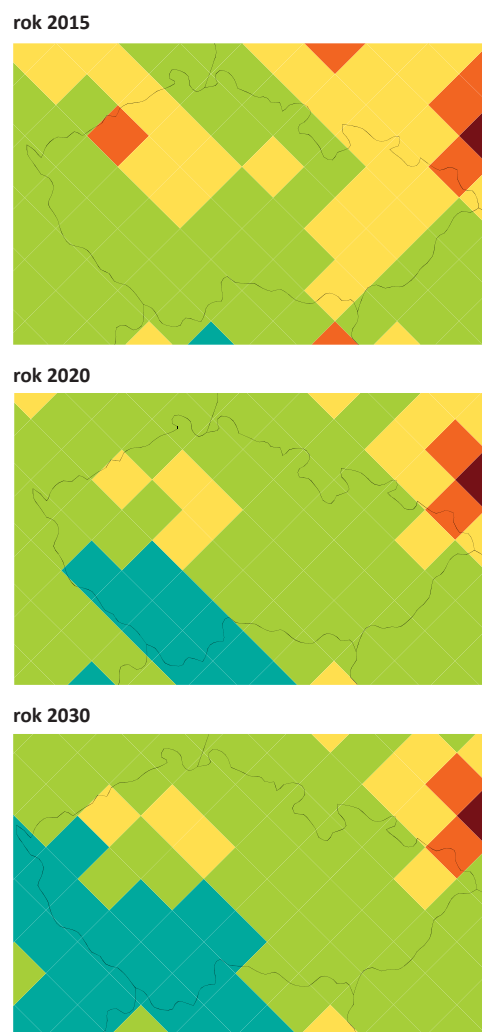




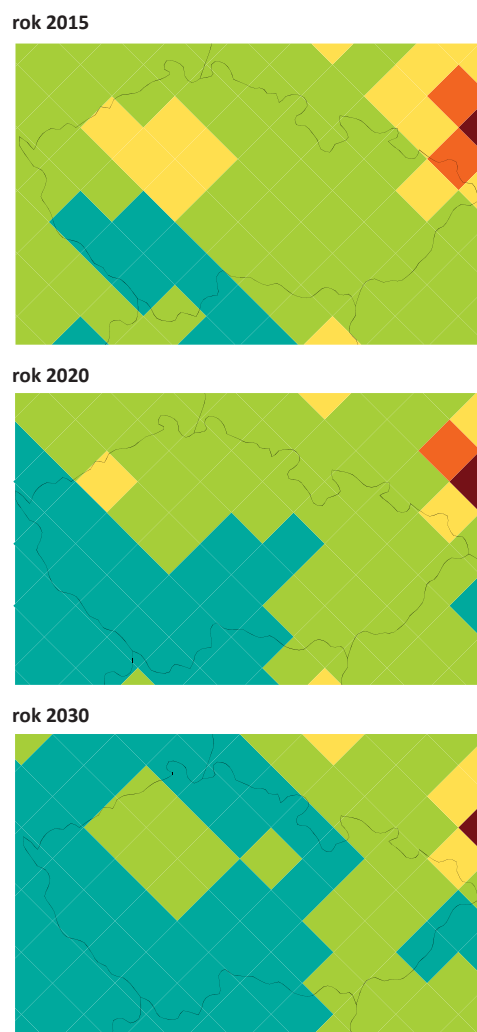
**D) Vliv změny spotřeby energie v dopravě na pole koncentrací suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> a zdravotní rizika v důsledku expozice PM<sub>2,5</sub>**

V důsledku navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě nedošlo k žádné změně v rozložení koncentrací PM<sub>2,5</sub> a následně ani k navýšení / snížení zdravotních dopadů v důsledku působení tohoto polutantu. Změna celkových emisí PM<sub>2,5</sub> i jejich prekurzorů v důsledku změny spotřeby energie v dopravě nebyla tedy dostatečně významná na to, aby došlo ke zhoršení / zlepšení kvality ovzduší a zhoršení / zlepšení zdravotních dopadů v důsledku expozice PM<sub>2,5</sub> v porovnání s původními scénáři (obr. 3–8 pro kvalitu ovzduší, obr. 9–14 pro zdravotní dopady).

**Obr. 3–5 Pole koncentrací PM<sub>2,5</sub> podle scénáře „C&E; current legislation“ [μg/m<sup>3</sup>], ČR**

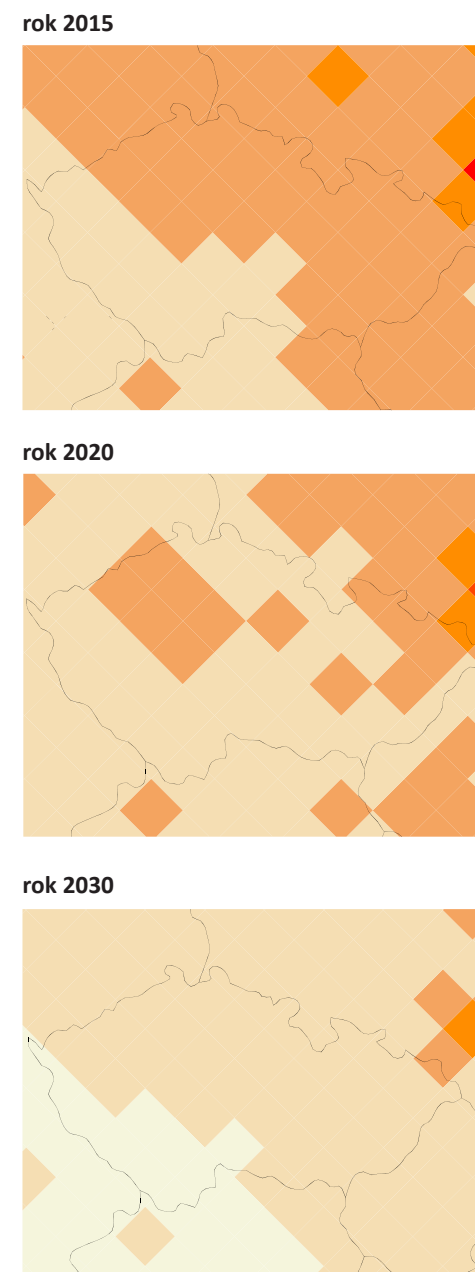


**Obr. 6–8 Pole koncentrací PM<sub>2,5</sub> podle scénáře „C&E; current policy“ [μg/m<sup>3</sup>], ČR**

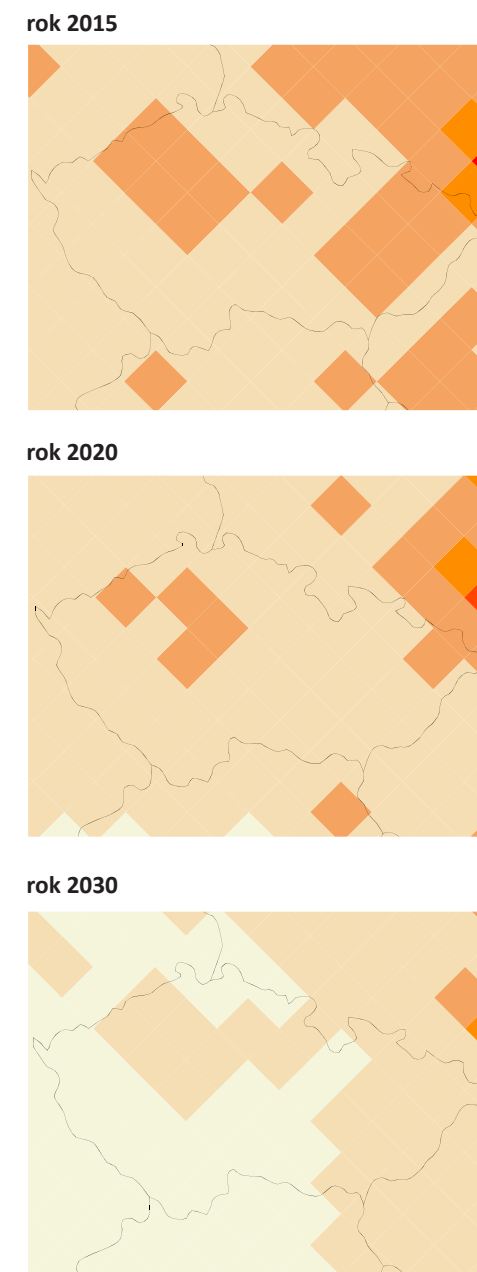


0 ... 5    5 ... 8    8 ... 10    10 ... 12    12 ... 15    15 ... 20    20 ... ug/m<sup>3</sup>

**Obr. 9–11 Zkrácení délky života v důsledku působení PM<sub>2,5</sub> podle scénáře „C&E; current legislation“ [měsíce], ČR**



**Obr. 12–14 Zkrácení délky života v důsledku působení PM<sub>2,5</sub> podle scénáře „C&E; current policy“ [měsíce], ČR**



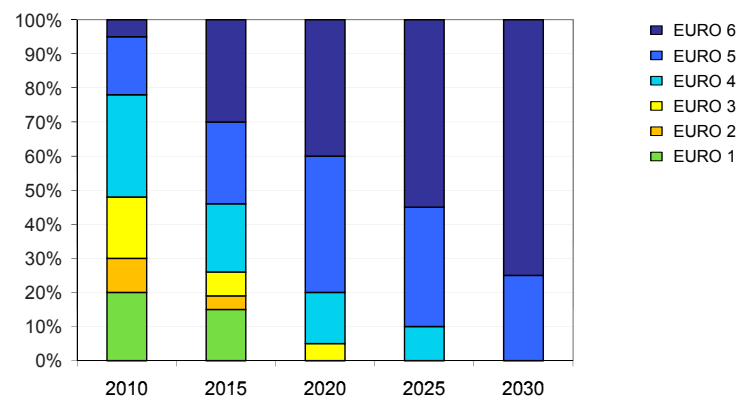
0,0    2,0    4,0    6,0    8,0    10,0    12,0    14,0    16,0    18,0 month

## E) EURO normy v modelu GAINS

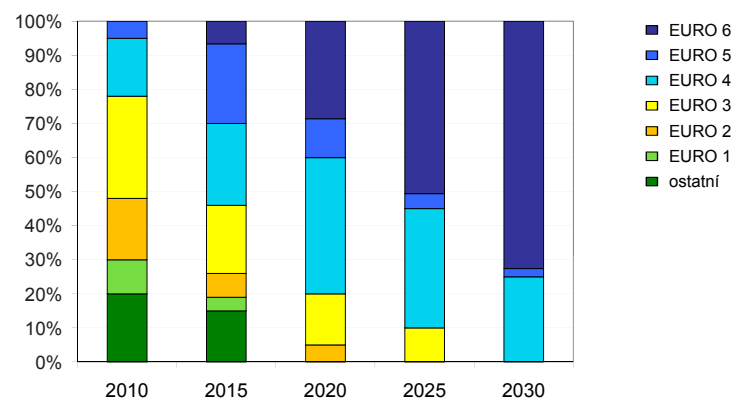
Emisní normy EURO jsou ve scénářích zachyceny ve formě podílu aut v dané kategorii, který je musí splňovat. Scénáře „C&E; current legislation“ a „C&E; current policy“ se liší v kategoriích **nákladních aut a autobusů** (grafy 40 a 41). Hlavní rozdíl je v tom, že scénář „C&E; current legislation“ se zavedením normy EURO VI nepočítá. Scénář „C&E; current policy“ uvažuje zavedení normy EURO VI od roku 2015.

V grafu č. 42 pro srovnání uvádíme skladbu vozového parku **osobních automobilů**, která je v obou scénářích stejná. Oba scénáře v případě této kategorie počítají se zavedením normy EURO VI od roku 2015.

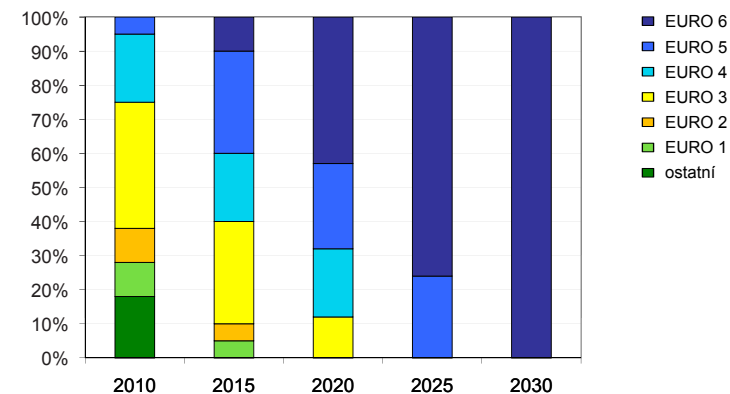
**Graf 40** Skladba vozového parku dle zavedení norem EURO I–VI pro nákladní vozidla a pro autobusy, scénář „C&E; current legislation“, 2010–2030, ČR [% vozidel]



**Graf 41** Skladba vozového parku dle zavedení norem EURO I–VI pro nákladní vozidla a pro autobusy, scénář „C&E; current policy“, 2010–2030, ČR [% vozidel]



**Graf 42** Skladba vozového parku dle zavedení norem EURO I–VI pro osobní automobily, scénář „C&E; current legislation“, 2010–2030, ČR [% vozidel]



### 5.1.3.4 Závěr

Na základě výsledků citlivostní analýzy pro dva scénáře lze konstatovat následující obecný trend:

Sektor dopravy zůstane významným zdrojem emisí **skleníkových plynů GHGs**. Podíl emisí GHGs z dopravy v letech 2010–2030 poroste. K udržení alespoň stávající úrovně, tj. podílu dopravy na emisích GHGs na úrovni 14 % by bylo potřeba v roce 2030 docílit snížení spotřeby energie v dopravě o cca 30–50 %, a to i za předpokladu, že budou uplatněna nová opatření zohledněná pro scénář „C&E; current policy“.

Emise **oxidů dusíku NO<sub>x</sub>** ze sektoru dopravy budou v letech 2010–2030 klesat. Nicméně, přes tento trend zůstane sektor dopravy významným zdrojem této znečišťující látky. I při nejvyšším uvažovaném snížení spotřeby energie bude sektor dopravy v roce 2030 produkovat 14–20 % z celkových emisí NO<sub>x</sub>. Naopak pokud spotřeba energie poroste, sektor dopravy bude produkovat (při 50 % navýšení spotřeby energie v dopravě) 30–40 % z celkových emisí NO<sub>x</sub>, což je podíl srovnatelný se současným.

Význam dopravy jako zdroje emisí **těkavých organických látek VOC** by se měl v budoucích letech snižovat. Emise VOC z dopravy budou klesat, navýšení / snížení spotřeby energie v dopravě významně neovlivní sumu celkových emisí. I při nejvyšším uvažovaném navýšení spotřeby energie v dopravě bude – dle modelu GAINS – podíl dopravy na emisích VOC nižší než je podíl současný (12 %).

I přestože výsledky emisí jemných **suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub>** dle modelu GAINS jsou vyšší než emise vykazované v rámci národní emisní bilance, lze pomocí výsledků citlivostní analýzy usuzovat následující: maximální navýšení / snížení spotřeby

energie nemá na celkovou sumu emisí významný vliv. Rozdíl emisí PM<sub>2,5</sub> podle okrajových scénářů se v letech 2015–2030 pohybuje od méně než 5 kt do méně než 2 kt. Význam dopravy jako zdroje emisí PM<sub>2,5</sub> by se měl v budoucích letech snižovat. Podle optimistického scénáře (snížení spotřeby energie o 50% v prostředí „C&E; current policy“) bude doprava produkovat méně než 6% celkových emisí PM<sub>2,5</sub>, podle pesimistického scénáře (navýšení spotřeby energie o 50% v prostředí „C&E; current legislation“) se bude jednat o méně než 9%.

Imise a zdravotní dopady v důsledku působení PM<sub>2,5</sub> se budou snižovat. Změny spotřeby energie v sektoru dopravy však neovlivní pole koncentrací PM<sub>2,5</sub>, následně nedojde ani k navýšení nebo redukcii zdravotních následků (podle modelu GAINS zkrácení délky života v měsících) plynoucích z expozice PM<sub>2,5</sub>.

## 5.2 Vlastní experimentální úlohy

### 5.2.1 Změna emisí (PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) v důsledku snížení spotřeby hnědého uhlí (za současného dvojnásobného navýšení spotřeby jaderného paliva v JE Temelín v roce 2020 oproti roku 2010)

#### 5.2.1.1 Postup a východiska

K roku 2020 uvažujeme dvojnásobnou spotřebu jaderného paliva v JE Temelín. Navýšení spotřeby jaderného paliva poskytuje možnost snížit výrobu elektrické energie v hnědouhelných elektrárnách s výsledkem snížení emisí PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. Hodnota navýšení energetického potenciálu jaderného paliva vyjádřena v PJ byla odečtena od energetického potenciálu hnědého uhlí k roku 2020.

K roku 2020 model GAINS uvažuje navýšení spotřeby hnědého uhlí v nových zařízeních (elektrárny a teplárny, dále pouze zařízení); naše úvaha o navýšení spotřeby jaderného paliva však vede k závěru, že výstavba nových zařízení (*PP\_NEW\_PP*, tj. *Power & district heat plants: new*) nebude nutná. Jedná se však o jeden z několika možných scénářů. Naším rozhodnutím bylo provést výpočet pro několik verzí, které se od sebe liší rozdělením spotřeby hnědého uhlí mezi stávající (*PP\_EX\_OTH*, tj. *Power & district heat plants: existing, wet bottom boilers*) a nové zařízení.

Celkovou spotřebu jaderného paliva a hnědého uhlí uvažujeme dle modelu GAINS, scénáře skupiny NEC Report 6, „C&E package; current legislation“ a jeho výstupů k roku 2020; na základě naší úvahy o dvojnásobné spotřebě jaderného paliva v JE Temelín uvažujeme jiné rozdělení spotřeby hnědého uhlí než udává model GAINS k roku 2020.

1. verze: spotřebu hnědého uhlí přiřadíme pouze k současným zařízením.
2. verze: spotřebu hnědého uhlí přiřadíme pouze k novým zařízením.
3. verze: spotřebu hnědého uhlí v roce 2020 přerozdělíme podle procentuálního rozdělení v roce 2010 (tj. převaha existujících zařízení, minimální podíl nových zařízení).
4. verze: spotřebu hnědého uhlí v roce 2020 přerozdělíme podle procentuálního rozdělení v roce 2020, jak původně uvažoval GAINS.

#### 5.2.1.2 Výsledky

Tab. 7 Emise SO<sub>2</sub> a PM<sub>2,5</sub> v důsledku různého přerozdělení spalování hnědého uhlí, 2010 a 2020 [kt.rok<sup>-1</sup>, Mt.rok<sup>-1</sup>]

kt.rok <sup>-1</sup>	2010 (GAINS)	2020 (GAINS)	rok 2020 (výpočty CENIA)					
			1. verze	2. verze	3. verze	4. verze	Průměr	S.D.
<b>SO<sub>2</sub> suma</b>	<b>189,93</b>	119,31	110,28	105,77	110,23	107,75	108,51	1,88
SO <sub>2</sub> bc	<b>56,17</b>	18,08	9,04	4,53	9,00	6,52	7,27	1,88
<b>PM suma</b>	<b>108,57</b>	94,50	74,64	74,72	74,64	74,68	74,67	0,03
PM bc	<b>13,58</b>	7,06	2,49	2,57	2,49	2,54	2,52	0,03
<b>PM<sub>2,5</sub> suma</b>	<b>54,62</b>	41,81	37,20	37,19	37,20	37,20	37,20	0,00
PM <sub>2,5</sub> bc	<b>8,48</b>	4,32	1,56	1,55	1,56	1,55	1,56	0,01
<b>Mt.rok<sup>-1</sup></b>								
<b>CO<sub>2</sub> suma</b>	<b>124,16</b>	107,22	93,14	93,14	93,14	93,14	93,14	0
CO <sub>2</sub> bc	<b>42,94</b>	21,97	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89	0

Poznámka k tab.:

suma: udává celkové emise příslušné znečišťující látky v roce 2010 a 2020; bc: udává emise příslušné znečišťující látky v roce 2010 a 2020 pocházející ze spalování hnědého uhlí (bc z angl. brown coal);

S.D. = směrodatná odchylka.

V důsledku navýšení výroby energie v JE za současného ekvivalentního snížení výroby energie v hnědouhelných elektrárnách došlo k významnému snížení emisí hodnocených znečišťujících látek. V případě emisí SO<sub>2</sub> se jednalo o 9% snížení, v případě emisí PM o 21% snížení (v případě PM<sub>2,5</sub> o 11% snížení). Emise CO<sub>2</sub> by se za daných okolností snížily o 15%. Výroba elektrické energie v JE je integrovaným opatřením, které vede k zásadnímu omezení emisí skleníkových plynů, tak i látek znečišťujících ovzduší.

Na základě výsledků uvedených v Tabulce 7 lze také konstatovat, že rozdílná distribuce hnědého uhlí (1.–4. verze) ovlivňuje pouze emise SO<sub>2</sub>. U ostatních znečišťujících látek není pozorován žádný vliv (PM<sub>2,5</sub> a CO<sub>2</sub>) nebo minimální vliv (PM). U SO<sub>2</sub>

jsou nejnižší emise produkovány v rámci verze 2, tzn. za předpokladu, že zbývající energie, která má být vyráběna spalováním hnědého uhlí, je vyráběna pouze v nových zařízeních. Nejvyšší emise SO<sub>2</sub> jsou naopak logicky produkovány v rámci verze 1, tzn. za situace, kdy zbývající energie vyráběná spalováním hnědého uhlí, je vyráběna pouze v zařízeních sloužících v současné době k výrobě energie.

### 5.2.1.3 Závěr

Daná zjištění vedou k závěru, že v případě emisí SO<sub>2</sub> – na rozdíl od dalších hodnocených znečišťujících látek – stále existuje potenciál pro snížení emisí pomocí modernizace technologií spalování (definovaných modelem GAINS jako Power & district heat plants). Nicméně i tento potenciál pro SO<sub>2</sub> je zanedbatelný – rozdíl emisí produkovaných stoprocentně současným zařízením od emisí produkovaných novým zařízením je necelých 5 kt SO<sub>2</sub>, což představuje necelá 3 % celkové emise SO<sub>2</sub> v ČR v roce 2009 (na základě dat ČHMÚ).

## 5.2.2 Reakce modelu GAINS na výraznější změny struktury pohonných hmot spotřebovaných silniční dopravou

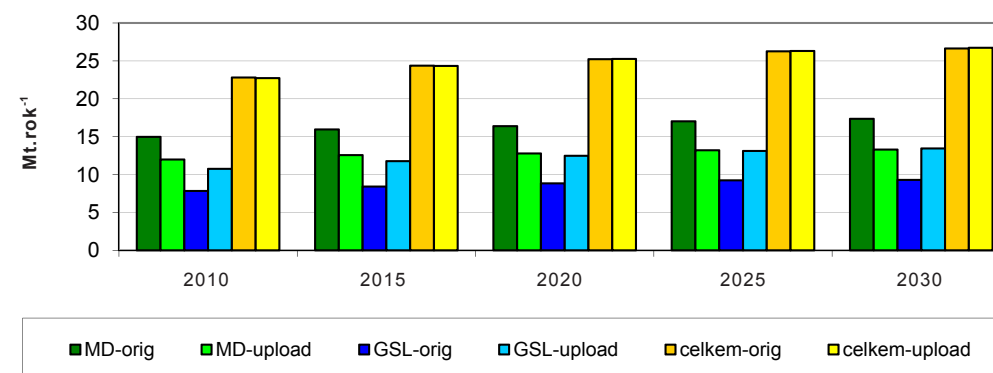
### 5.2.2.1 Postup a východiska

Původní poměr mezi dieselovým palivem (MD) a benzinem (GSL) na celkové spotřebě paliv byl v roce 2010 64:34 (zbytek 2 % tvoří LPG). Výrazná změna v rámci modelu GAINS, scénáře „C&E package; current legislation“ (NEC Nr. 6) není předpokládána ani v dalších letech (2015, 2020, 2025, 2030). V roce 2030 model GAINS předpokládá poměr 66:32.

V rámci naší teoretické úlohy jsme poměr nastavili tak, aby GSL a MD měly stejné podíly na celkové spotřebě, bez změny zastoupení paliv LPG, kterým jsme ponechali cca 2% podíl. Celková spotřeba paliv se nezměnila. Uvažovaná struktura v našem uploadu je tedy následující: GSL:MD:LPG = 48:48:2 pro roky 2010, 2015, 2020, 2025 a 2030. Poměrová distribuce paliv v jednotlivých podrobnějších skupinách (lehká vozidla, těžká vozidla, autobusy apod.) zůstala zachována. Rovněž byl upraven počet najetých kilometrů přímo úměrou.

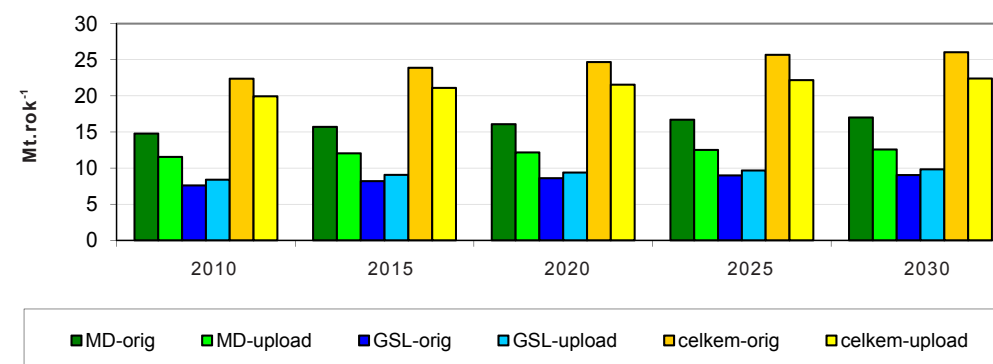
Změna emisí v důsledku změny struktury paliv byla prozkoumána pro následující znečišťující látky: GHGs, CO<sub>2</sub>, PM (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), NO<sub>x</sub>, VOC a SO<sub>2</sub>. Uvedené grafy pro jednotlivé látky znázorňují úroveň emisí v jednotlivých letech z paliv MD a GSL v původní struktuře modelu GAINS (orig.) a emise z jednotlivých paliv po změně jejich struktury (upload).

Graf 43 Změna emisí GHGs v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [Mt.rok<sup>-1</sup>]



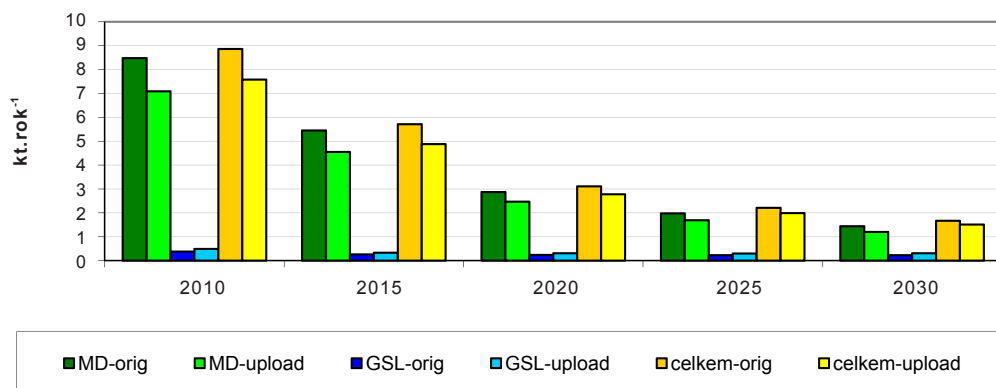
Změna struktury paliv nemá na celkové emise GHGs produkované spalováním MD a GSL vliv. Výsledná emise je v letech 2010–2030 stejná. Toto znamená, že snížení emisí v důsledku snížení spotřeby MD je vyrovnáváno navýšením emisí v důsledku navýšeného spalování GSL. Nicméně podíl GSL na celkové spotřebě byl navýšen o 14 procentních bodů, zatímco podíl MD byl snížen o 16 procentních bodů. Tzn., že nižší absolutní změna spotřeby GSL vedla k relativně vyšší změně emisí GHGs. Lze tedy předpokládat, že vyšší podíl GSL na celkové spotřebě paliva by vedl k nepatrnému snížení emisí GHGs.

Graf 44 Změna emisí CO<sub>2</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [Mt.rok<sup>-1</sup>]

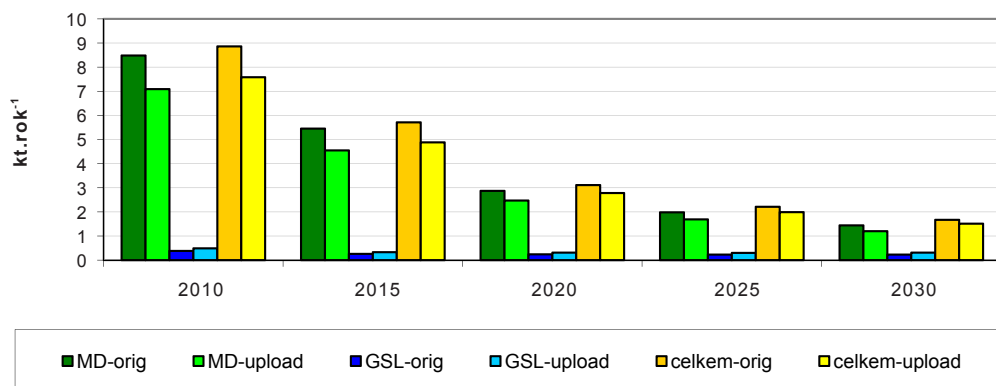


Změna struktury paliv vede ke snížení celkových emisí CO<sub>2</sub> produkovaných spalováním MD a GSL. Toto snížení je způsobeno poklesem emisí ze spalování MD. Navýšení emisí v důsledku navýšení spotřeby GSL není významné. Redukce používání MD je tedy vhodným opatřením pro další snižování emisí CO<sub>2</sub>.

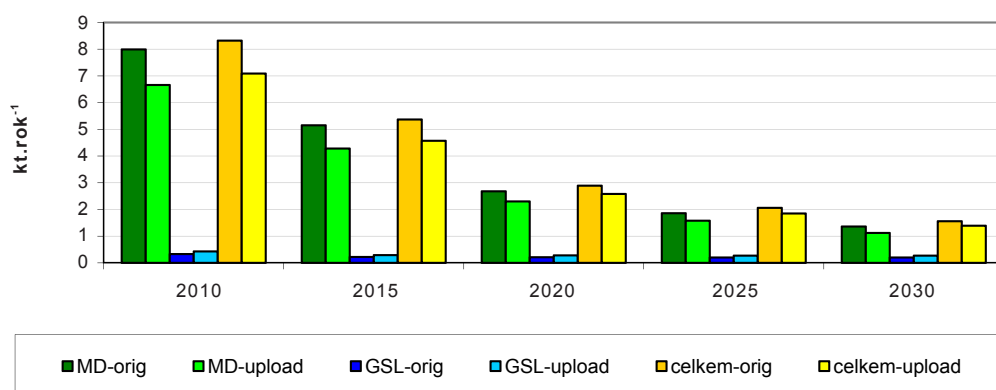
Graf 45 Změna emisí PM<sub>TSP</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



Graf 46 Změna emisí PM<sub>10</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]

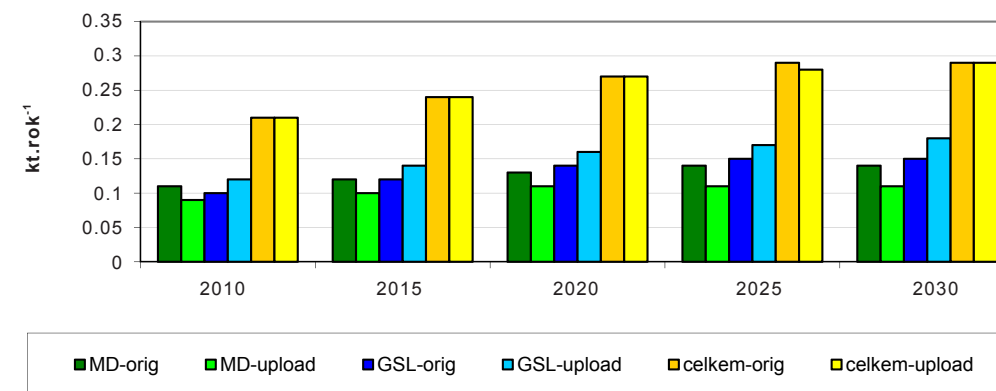


Graf 47 Změna emisí PM<sub>2,5</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



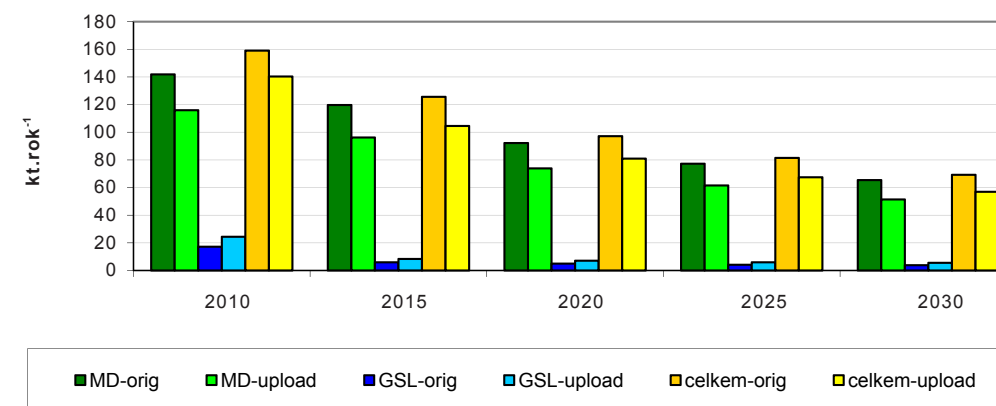
Změna poměru mezi dieslovým palivem (MD) a benzinem (GSL) na celkové spotřebě paliv nevede k významné změně v produkci emisí celkových tuhých znečišťujících látek, ani v rámci jejich velikostních frakcí (PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>). Rozdíl v produkci emisí podle původního nastavení modelu a našeho uploadu se navíc během let 2010–2030 zmenšuje; lze tedy předpokládat, že opatření pro redukcí emisí v důsledku spalování paliva v motorech se budou stávat efektivnějšími.

Graf 48 Změna emisí SO<sub>2</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



Emise SO<sub>2</sub> nejsou spalováním MD a GSL významně produkovány. Změna ve struktuře paliv na celkové spotřebě paliv nevede k žádným významným změnám. Nárůst/pokles emisí v důsledku nárůstu spotřeby GSL/poklesu spotřeby MD se vyrovnává.

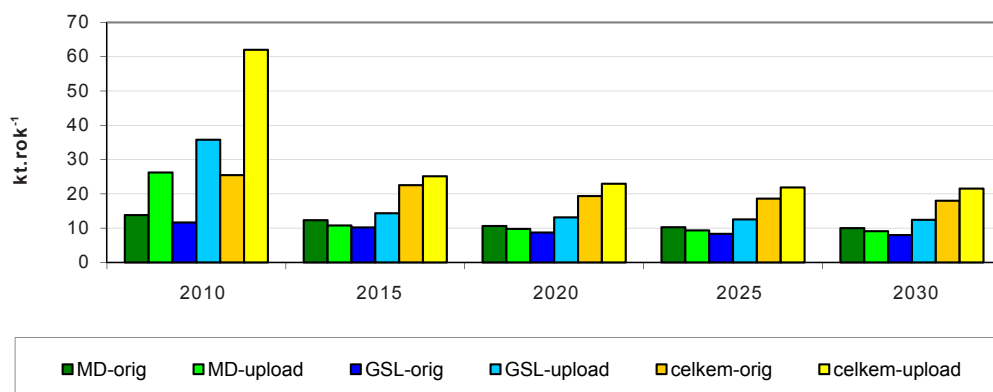
Graf 49 Změna emisí NO<sub>x</sub> v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]





Změna struktury paliv vede ke snížení celkových emisí  $\text{NO}_x$  produkovaných spalováním MD a GSL. Toto snížení je způsobeno poklesem emisí ze spalování MD. Navýšení emisí v důsledku navýšení spotřeby GSL není významné. Redukce používání MD je tedy vhodným opatřením pro další snižování emisí  $\text{NO}_x$ .

Graf 50 Změna emisí VOC v důsledku změny struktury paliv MD a GSL, 2010–2030 [kt.rok<sup>-1</sup>]



Emise VOC, jako jediné z hodnocených látek, reagují na změnu skladby paliv svým navýšením. Toto navýšení je způsobené navýšením emisí pocházejících ze spalování GSL. Celkově však emise VOC klesají, lze tedy předpokládat, že opatření na jejich redukcii budou efektivnější.

### 5.2.2.2 Závěr

Změna poměru mezi dieslovým palivem a benzinem na celkové spotřebě paliv by vedla k redukcii jak skleníkových plynů, tak i látek znečišťujících ovzduší. U emisí GHGs by pro výraznou redukcii emisí byla zapotřebí výraznější změna poměru, než jaký jsme uvažovali (tj. vyrovnaný podíl spotřeby dieslového paliva a benzínu). Naopak už uvažovaná změna by vedla k nezanedbatelné redukcii emisí  $\text{NO}_x$ , tj. jednoho z nejvýznamnějších polutantů z dopravy. Ostatní hodnocené látky –  $\text{SO}_2$ , VOC a PM nebudou v budoucnu dopravou významně produkovány; opatření ve smyslu změny poměry paliv zde tedy není významné, důležitější jsou v tomto případě technologie.

## 5.3 Spolupráce s IIASA a resortními organizacemi na vytvoření národního scénáře pro revizi Göteborgského protokolu

### 5.3.2 Změna emisí $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_x$ , VOC, $\text{NH}_3$ , $\text{PM}_{2,5}$ a $\text{CO}_2$ v důsledku změny energetické projekce do roku 2020

#### 5.3.2.1 Postup a východiska

Podkladová data týkající se energetické projekce v České republice do roku 2020 vycházela z výpočtů modelu EFOM poradenské firmy Enviro, s.r.o. (<http://www.enviros.cz/>). Výpočet změny emisí byl proveden ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí, Oddělením spalovacích zdrojů a paliv a Českým hydrometeorologickým ústavem, Oddělením emisí a zdrojů. Účelem výpočtu byly hodnoty emise výše uvedených znečišťujících látek v roce 2020, ke kterým budou revidovány národní emisní stropy pro stávající látky a ustanoven nový emisní limit pro jemné suspendované částice  $\text{PM}_{2,5}$ .

Výpočet byl proveden v rámci scénáře skupiny NEC Report Nr 6., „C&E package; current policy“. Národní energetický scénář měl vycházet z inventarizace znečišťujících látek v základním roce 2000. Energetický scénář (spotřeba energie) byl proto následně změněn tak, aby národní emisní inventura za rok 2000 a 2005<sup>10</sup> byla porovnatelná s výsledky modelu pro tyto roky. Emisní projekce pro roky 2010, 2015 a 2020 byly porovnány s výstupem projektu Ministerstva životního prostředí „Studie environmentálních přínosů opatření navržených v rámci podpory 2.2 Omezení emisí OPŽP“.

Souladu hodnot emisí pro základní roky 2000 a 2005 a následně pak pro roky 2010, 2015 a 2020 nebylo dosaženo úpravami v energetickém scénáři, ale úpravou tzv. aplikovatelnosti opatření ke snížení emisí (= vyjádřené jako procento využití daného opatření na zdroji). Následně proto byly uploadovány i změněné hodnoty „control strategies“.

#### Přehled uploadovaných změn

- změna dat týkajících se spotřeby energie ve stacionárních zdrojích dle dat firmy Enviro a dat týkajících se spotřeby energie (paliv) v dopravě (data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“): upload souboru typu Activity data, konkrétně Activity pathways for energy and mobile;
- změna *control strategies* k  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  dle MŽP, Oddělení spalovacích zdrojů a paliv: upload souboru Control strategies;
- změna dat týkajících se ekonomické situace, dle MŽP, Oddělení spalovacích zdrojů a paliv: upload souboru Macroeconomic drivers.

<sup>10</sup> <http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/emise.html>



### Další oblasti vyžadující úpravy

V oblasti dopravy jsou v porovnání s výstupy studie CDV (Centra pro dopravní výzkum) emise NO<sub>x</sub> z autobusové dopravy v modelu GAINS výrazně podhodnocené.

Celkové emise VOC jsou srovnatelné s národní emisní inventurou, nicméně na úrovni jednotlivých ekonomických sektorů jsou významné rozdíly – rozdílný vývoj emisí v letech 2010–2020 je především v sektoru dopravy a vytápění domácností.

Celkové emise PM<sub>2,5</sub> jsou výrazně nadhodnocené v porovnání s národní emisní inventurou. Nejvýznamnější rozdíl je patrný v sektoru vytápění domácností a veřejné energetiky.

Emise NH<sub>3</sub> jsou v modelu GAINS vyšší, což je způsobeno především tím, že model počítá emise z aplikace minerálních hnojiv, které v národní emisní inventuře nejsou zahrnuty. Identifikované rozdíly by měly být komunikovány s IIASA a upraveny dle potřeb ČR.

#### 5.3.2.2 Výstupy

V tab. 8 až 12 jsou uvedeny emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, VOC a CO<sub>2</sub> pro různé scénáře a jejich změny, ke kterým docházelo v průběhu řešení výpočtů. Výsledné emise výše uvedených látek vycházející ze skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“, lze porovnávat pouze v roce 2020 (tento scénář slouží pro hodnocení úrovně emisí v roce 2020 vzhledem k národním emisním stropům).

Tab. 8 Emise SO<sub>2</sub> pro různé scénáře a se změnou aktivitních údajů, 2005–2025 [kt.rok<sup>-1</sup>]

Scénář	SO <sub>2</sub> [kt.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2010	2015	2020	2025
Emisní inventura ČHMÚ	216,97*				
NEC Report Nr. 6, C&E package; current policy	182,51	110,44	88,48	81,38	78,24
NEC Report Nr. 5, NEC_NAT_CLE_OPTV4				178,34	
Upload dat ENVIROS, v prostředí scénáře C&E package; current policy	199,33	110,61	90,08	79,99	66,14
+ data týkající se spotřeby energie (paliv) v dopravě*** + změna control strategies	219,01	196,32	152,57	120,44	99,35
+ upload dat týkajících se změn makroekonomických ukazatelů	219,01	196,32	152,57	120,44	99,35

Poznámka k tab.:

\* zdroj: ČHMÚ, CEIP (data pro rok 2007);

\*\*\* data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“

Z uvedených výsledků je patrné, že úroveň emisí SO<sub>2</sub> v roce 2020 (rok, ke kterému budou stanoveny nové národní emisní stropy) může být nejvíce ovlivněna změnou „control strategies“. Oproti původnímu výsledku, kdy byla uploadována „pouze“ data týkající se energetické projekce, se emise navýšily více než o 40 kt. Naproti tomu vliv makroekonomických ukazatelů na produkci emisí SO<sub>2</sub> není žádný.

Tab. 9 Emise NO<sub>x</sub> pro různé scénáře a se změnou aktivitních údajů, 2005–2025 [kt.rok<sup>-1</sup>]

Scénář	NO <sub>x</sub> [kt.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2010	2015	2020	2025
Emisní inventura ČHMÚ	284,27*				
NEC Report Nr. 6, C&E package; current policy	318,34	258,25	216,04	180,83	160,01
NEC Report Nr. 5, NEC_NAT_CLE_OPTV4				183,07	
Upload dat ENVIROS, v prostředí scénáře C&E package; current policy	323,06	251,16	211,20	175,27	147,43
+ data týkající se spotřeby energie (paliv) v dopravě*** + změna control strategies	292,59	270,39	221,21	176,48	137,24
+ upload dat týkajících se změn makroekonomických ukazatelů	292,59	270,39	221,21	176,48	137,24

Poznámka k tab.:

\* zdroj: ČHMÚ, CEIP (data pro rok 2007);

\*\*\* data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“

Emise NO<sub>x</sub> byly vypočítány v rámci modelu GAINS pěti způsoby (dvěma původními scénáři GAINS – NEC Report Nr. 6, „C&E package; current policy“, NEC Report Nr. 5, „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“ a třemi modifikovanými způsoby). Výsledky po pěti různých analýzách nejsou příliš odlišné, maximální rozdíl činí 7,8 kt. Model na naše uploady energetických projekcí zareagoval, nicméně změny v rámci dalších modifikací (spotřeba paliv v dopravě, control strategies a makroekonomické údaje) nebyly výrazné.

**Tab. 10 Emise PM<sub>2,5</sub> pro různé scénáře a se změnou aktivitních údajů, 2005–2025 [kt.rok<sup>-1</sup>]**

Scénář	PM <sub>2,5</sub> [kt.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2010	2015	2020	2025
Emisní inventura ČHMÚ	21,185*				
NEC Report Nr. 6, C&E package; current policy	53,49	51,92	45,99	39,88	37,33
NEC Report Nr. 5, NEC_NAT_CLE_OPTV4				32,34	
Upload dat ENVIROS, v prostředí scénáře C&E package; current policy	52,61	42,60	33,86	29,41	27,36
+ data týkající se spotřeby energie (paliv) v dopravě*** + změna control strategies	50,36	41,15	32,61	29,02	26,61
+ upload dat týkajících se změn makroekonomických ukazatelů	50,36	41,15	32,61	29,02	26,61

Poznámka k tab.:

\* zdroj: ČHMÚ, CEIP (data pro rok 2007);

\*\*\* data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“

Emise PM<sub>2,5</sub> byly vypočítány v rámci modelu GAINS pěti způsoby (dvěma původními scénáři GAINS – NEC Report Nr. 6, „C&E package; current policy“, NEC Report Nr. 5, „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“ a třemi modifikovanými způsoby). Výsledky po pěti různých analýzách nejsou příliš odlišné, maximální rozdíl činí 10,86 kt. Model na naše uploady energetických projekcí zareagoval, nicméně změny v rámci dalších modifikací (spotřeba paliv v dopravě, control strategies a makroekonomické údaje) nebyly výrazné.

**Tab. 11 Emise VOC pro různé scénáře a se změnou aktivitních údajů, 2005–2025 [kt.rok<sup>-1</sup>]**

Scénář	VOC [kt.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2010	2015	2020	2025
Emisní inventura ČHMÚ	175,99*				
NEC Report Nr. 6, C&E package; current policy	236,78	228,64	198,58	181,18	179,43
NEC Report Nr. 5, NEC_NAT_CLE_OPTV4				147,45	
Upload dat ENVIROS, v prostředí scénáře C&E package; current policy	216,48	185,31	159,46	145,30	145,47
+ data týkající se spotřeby energie (paliv) v dopravě*** + změna control strategies	208,54	183,95	163,31	147,64	142,71
+ upload dat týkajících se změn makroekonomických ukazatelů	208,54	183,95	163,31	147,64	142,71

Poznámka k tab.:

\* zdroj: ČHMÚ, CEIP (data pro rok 2007);

\*\*\* data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“

Emise VOC byly vypočítány v rámci modelu GAINS pěti způsoby (dvěma původními scénáři GAINS – NEC Report Nr. 6, „C&E package; current policy“, NEC Report Nr. 5, „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“ a třemi modifikovanými způsoby). Rozdíl v emisích lze nalézt mezi výsledky ze dvou původních scénářů GAINS. Výsledky po našich uploadech a modifikacích nejsou příliš odlišné od výsledných emisí v rámci původního scénáře NEC Report Nr. 5, „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“.

**Tab. 12 Emise CO<sub>2</sub> pro různé scénáře a se změnou aktivitních údajů, 2005–2025 [kt.rok<sup>-1</sup>]**

Scénář	CO <sub>2</sub> [Mt.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2010	2015	2020	2025
Emisní inventura ČHMÚ	118,54*				
NEC Report Nr. 6, C&E package, current policy	125,93	124,16	111,77	107,22	102,63
NEC Report Nr. 5, NEC_NAT_CLE_OPTV4				124,51	
Upload dat ENVIROS, v prostředí scénáře C&E package; current policy	128,55	122,93	113,77	110,20	101,36
+ data týkající se spotřeby energie (paliv) v dopravě*** + změna control strategies	126,75	120,27	108,85	105,01	95,39
+ upload dat týkajících se změn makroekonomických ukazatelů	126,75	120,27	108,85	105,01	95,39

Poznámka k tab.:

\* zdroj: ČHMÚ, data 2005;

\*\*\* data týkající se dopravy převzatá ze scénáře skupiny Nec Report Nr. 5, scénář „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“

Emise CO<sub>2</sub> byly vypočítány v rámci modelu GAINS pěti způsoby (dvěma původními scénáři GAINS – NEC Report Nr. 6, „C&E package; current policy“, NEC Report Nr. 5, „NEC\_NAT\_CLE\_OPTV4“ a třemi modifikovanými způsoby). Rozdíl v emisích lze nalézt mezi výsledky ze dvou původních scénářů GAINS. Výsledky po našem uploadu změněné energetické projekce nejsou příliš odlišné od výsledných emisí v rámci původního scénáře NEC Report Nr. 6, „C&E package; current policy“. Další úpravy týkající se opatření (control strategies), spotřeby energie v dopravě a makroekonomických ukazatelů neměly na vývoj emisí významný vliv.

### 5.3.2.3 Závěr

Podkladová data týkající se energetické projekce v České republice do roku 2020 vycházela z výpočtů modelu EFOM poradenské firmy Enviro. Výpočet byl proveden v rámci scénáře skupiny NEC Report Nr 6., „C&E package; current policy“. Souladu hodnot emisí pro základní roky 2000 a 2005 a následně pak pro roky 2010, 2015 a 2020 nebylo dosaženo úpravami v energetickém scénáři, ale úpravou tzv. aplikovatelnosti opatření ke snížení emisí. Dále byly uploadovány změny *control*

strategies a změna dat týkajících se ekonomické situace. Pro další úpravy byla doporučena podrobnější analýza týkající se aktivních údajů pro spalování v mobilních zdrojích, přepočítání emisí NH<sub>3</sub> a podrobnější zaměření se na modelování emisí PM<sub>2,5</sub>.

### 5.3.3 Dodatečné změny emisí SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

#### 5.3.3.1 Východiska

Koncem roku 2009 Centrum modelování integrovaného hodnocení (CIAM – Centre for Integrated Assessment Modelling) Mezinárodního institutu pro aplikovanou systémovou analýzu (IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis) vyvinulo návrh nového scénáře<sup>11</sup> pro revizi Göteborgského protokolu (Úmluvy o dálkovém přenosu znečišťujících látek – CLRTAP) a revize směrnice NECD<sup>12</sup>, stanovení nových emisních projekcí s důrazem na časový horizont do roku 2020 a celkového zpřesnění vstupních dat. Tento návrh pro oblast České republiky vycházel z výsledků projektu z první poloviny roku 2009 (pracovní dokument CENIA/01/2009). Do konce ledna 2010 měl každý stát reportující své povinnosti vyplývající z Protokolu prostor pro upřesnění vstupních (aktivních) dat pro nový scénář.

Ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem, Oddělením emisí a zdrojů a firmou ENVIROS, s.r.o. pod záštitou Ministerstva životního prostředí, Odboru ochrany ovzduší bylo provedeno srovnání výsledných emisí z nového scénáře pro rok 2005 s národní inventarizací a následně úprava opatření pro omezení emisí („control strategies“) oxidu siřičitého SO<sub>2</sub> a oxidů dusíku NO<sub>x</sub> v roce 2005 a následně v roce 2020.

#### 5.3.3.2 Postup

Zvýšení předpokládaných emisí 76,1 kt SO<sub>2</sub> v roce 2020 a 137,37 emisí NO<sub>x</sub> bylo dosaženo v třech výpočetních fázích.

**I. fáze:** Byl změněn poměr paliva procházejícího přes odsíření s 90% účinností a část hnědého uhlí přesunuta na odsíření s 60% účinností. ČHMÚ ve vstupních datech IIASA u černého uhlí identifikovalo přehnaně vysokou hodnotu sírnatosti. Řešením by bylo snížení emisního faktoru SO<sub>2</sub>. V modelu GAINS je ale možné změnit pouze velikost frakce daného paliva, na které je aplikována daná technologie (capacities controlled v % v listu „control strategies“), proto vůbec všechny změny musely být provedeny prostřednictvím těchto hodnot.

**II. fáze:** Zvýšení hodnot emisí SO<sub>2</sub> pro rok 2020. Tohoto zvýšení bylo dosaženo změnami limitů u hnědého uhlí, jak to povoluje čl. 35 nové směrnice IPPC<sup>13</sup> (teplárny vyjmuty z přísných limitů).

**III. fáze:** Dodatečné zpřesňující úpravy „control strategies“ pro rok 2020 vedoucí k navýšení emisí SO<sub>2</sub> vzhledem k nové IPPC směrnici a navýšení emisí NO<sub>x</sub> pro roky 2005 i 2020 obdobným způsobem jako u SO<sub>2</sub> (I. fáze).

#### Oxid siřičitý SO<sub>2</sub>

Podle výpočtů IIASA byly pro SO<sub>2</sub> v sektoru elektřina a teplo pro maloobchodní (domácnosti a menší podnikatelé) (1.A.1.a: Public electricity and heat production) stanoveny hodnoty 135,32 kt za rok 2005 a pak 42,77 kt pro rok 2020. Příčinou nižších úrovní emisí, než které odpovídají skutečnosti, byla hodnota emisních faktorů pro SO<sub>2</sub> v tomto sektoru: při spalování hnědého uhlí byl emisní faktor v roce 2020 uvažován jako 56% jeho hodnoty v roce 2005; u černého uhlí se jednalo dokonce o 18% část.

K tomu, aby emise SO<sub>2</sub> odpovídaly hodnotám akceptovatelným Českou republikou, ČHMÚ provedlo srovnání hodnot generovaných modelem GAINS pro rok 2005 s registrem emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO) pro stejný rok.

Na rok 2020 byl pak uplatněn zejména čl. 35 nové IPPC směrnice týkající se úlev ve splňování přísných emisních limitů pro zařízení dálkového vytápění, které splňují jisté podmínky a které platí pro období do roku 2023. Pro odhad stanovení hodnot v roce 2020 se vycházelo ze vztahu:

$$Emise(2020) = emisní\ limit / koncentrace(2005) * emise(2005) * 0,8$$

Koeficient 0,8 představuje snížení spotřeby paliv v roce 2020 oproti roku 2005. Emisní limit vychází z nové IPPC směrnice s ohledem na energetický vstup. Koncentrace (2005) se vztahuje na koncentraci českých tepláren v roce 2005.

11 Technický název nového scénáře v modelu GAINS: „Nat. Proj. 2009, curr. policy. v2“.

12 Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants

13 Directive of the European Parliament and of the Council of on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) 11962/09

V Tab. 13 a 14 jsou uvedeny hodnoty emisí SO<sub>2</sub> v průběhu výpočtů.

**Tab. 13 Celkové emise SO<sub>2</sub> v ČR, 2000–2020 [kt]**

fáze úprav	2000	2005	2020
původní data*	281,73	218,08	76,10
I.	281,73	218,26	94,76
II.	281,73	218,26	106,15
III.	281,73	218,26	100,45
IIASA březen**	293,84	218,28	100,50

**Tab. 14 Emise SO<sub>2</sub> ze sektoru 1.A.1.a: Veřejná energetika v ČR, 2000–2020 [kt]**

fáze úprav	2000	2005	2020
původní data*	157,64	135,32	42,77
I.	157,64	144	61,43
II.	157,64	144	72,81
III.	157,64	144	67,12
IIASA březen**	169,92	144	67,12

Poznámka k tab.:

\* výsledné emise dle scénáře IIASA, Nat. Proj. 2009, curr. policy. v2

\*\* výsledné emise dle scénáře IIASA, Nat. Proj. Feb. 2010\_CP

### Oxidy dusíku NO<sub>x</sub>

Ve srovnání s REZZO byly hodnoty NO<sub>x</sub> v roce 2005 oproti emisím navrhovaným IIASA u tepelných elektráren spalujících hnědé uhlí vyšší, naopak u mobilních zdrojů nižší. K nastavení hodnot odpovídajících realitě byla provedena opět korekce control strategies.

Pro rok 2020 byly kapacity tepláren, které podléhají dané regulaci, korigovány podobně, jako u SO<sub>2</sub> podle uvedeného vzorce a byl započítán také dosah nové směrnice IPPC, čl. 35.

V souvislosti s emisemi NO<sub>x</sub> v roce 2020 byly provedeny korekce také u mobilních zdrojů. Na základě šetření CDV (Centra dopravního výzkumu), který uvádí pomalejší výměnu vozového parku na auta s přísnějšími EU normami, byla změněná velikost frakce komodity pod emisním opatřením (control strategies jednotlivých EURO norem) u nákladních vozidel (HDT) a lehkých vozidel se čtyřtakovým motorem (LD4C). Pomalejší obměna vozového parku je důsledkem několika skutečností. Přibližně 160 tisíc nových osobních aut a 20 tisíc nákladních automobilů, které jsou v České republice nově registrovány každý rok, představuje pouze 3–4% z celého vozového parku a nejedná se vždy o nejstarší auta, která bývají vyměňována. Průměrný věk automobilů je 14 let.

V Tab. 15 až 17 jsou uvedeny hodnoty emisí NO<sub>x</sub> v průběhu výpočtů.

**Tab. 15 Celkové emise NO<sub>x</sub> v ČR, 2000–2020 [kt]**

fáze úprav	2000	2005	2020
původní data*	297,35	276,95	137,37
III.	297,35	282,28	151,08
IIASA březen**	307,82	290,93	139,92

**Tab. 16 Emise NO<sub>x</sub> ze sektoru 1.A.1. Veřejná energetika v ČR, 2000–2020 [kt]**

fáze úprav	2000	2005	2020
původní data*	104,76	100,29	37,23
III.	104,76	110,85	45,95
IIASA březen**	114,77	110,85	45,95

**Tab. 17 Emise NO<sub>x</sub> ze sektoru 1.A.3. Doprava v ČR, 2000–2020 [kt]**

fáze úprav	2000	2005	2020
původní data*	104,14	96,4	36,94
III.	104,14	96,4	41,92
IIASA březen**	104,98	101,4	37,63

Poznámka k tab.:

\* výsledné emise dle scénáře IIASA, Nat. Proj. 2009, curr. policy. v2

\*\* výsledné emise dle scénáře IIASA, Nat. Proj. Feb. 2010\_CP

### 5.3.3.3 Závěr

V konečné fázi IIASA přijala všechny změny týkající se emisí SO<sub>2</sub>. V současné době lze podle nejnovějšího scénáře IIASA (Nat. Proj. Feb. 2010\_CP) předpokládat, že emise SO<sub>2</sub> v roce 2020 dosáhnou úrovně 100,5 kt.

V případě NO<sub>x</sub> byly navrhované změny dle ČHMÚ přijaty pouze částečně. V důsledku neúplného přijetí změn lze podle nejnovějšího scénáře IIASA (Nat. Proj. Feb. 2010\_CP) předpokládat, že emise NO<sub>x</sub> v roce 2020 dosáhnou úrovně 139,92 kt oproti 151,08 kt generovaných scénářem se všemi úpravami dle ČHMÚ.

## 6 Závěry

Model GAINS představuje v oblasti ochrany ovzduší v současné době nejpokročilejší komplexní modelový nástroj, schopný modelovat celý cyklus DPSIR (hnací síla – tlak – stav – dopady – reakce). Navíc zohledňuje aktuální trend integrovaného přístupu k ochraně ovzduší a zmírňování dopadů změny klimatu.

Na základě výpočtů pomocí modelu GAINS jsou na evropské i globální úrovni přijímána rozhodnutí (národní emisní stropy), která mohou mít značné ekonomické dopady na Českou republiku.

Jedním z prioritních cílů projektu „Návrh systému hodnocení politik mezi jednotlivými systémy uživatelských informací ve vazbě na efektivní využití výsledků na rozhodovací a informační chování podle modelů a principů udržitelného rozvoje včetně testování a prezentace nástrojů znalostní báze životního prostředí“, podporovaného Ministerstvem životního prostředí České republiky, bylo proto vybudovat v rámci CENIA stabilní pracoviště modelu GAINS. Důvodem k tomu byla jak skutečnost, že v České republice nebyl dosud tento, ani žádný obdobně pokročilý model k dispozici, tak i to, že na základě výsledků modelu GAINS jsou navrhovány hodnoty národních emisních stropů pro revizi Göteborgského protokolu a následnou revizi směrnice 2001/81/EC o národních emisních stropích pro některé látky znečišťující ovzduší. Tento cíl byl splněn následujícími konkrétními kroky:

- v rámci CENIA bylo ustaveno stabilní pracoviště GAINS,
- byla získána rozšířená (aktivní) uživatelská práva k modelu GAINS,
- bylo zajištěno základní proškolení jednoho pracovníka CENIA v užívání modelu,
- byl ovládnut proces formulace scénářů a jejich vkládání do modelu,
- jsou prováděny rutinní výpočty ve prospěch Ministerstva životního prostředí a Českého hydrometeorologického ústavu.

Česká republika se stala aktivním partnerem IIASA a má oproti minulosti možnost více ovlivňovat proces navrhování národních emisních stropů tak, aby bylo dosaženo maximálního snížení emisí při vynaložení přijatelných prostředků.



## 7 Summary

The GAINS model (the Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies) was developed on the basis of the preceding RAINS model (the Regional Air Pollution Information and Simulation) by the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). The GAINS model is a complex model describing the whole DPSIR (Driving Force – Pressure – State – Impact – Response) cycle and integrating an air quality improvement with greenhouse gas emission reduction. Using the GAINS model, it is also possible to acquire projections of the impact of air pollution on human health and eco-systems. In the mean time, there is no available analogous complex model.

Consequently, one of the main aims of the RaD SP/4h1/147/08 project supported by the Ministry of the Environment of the Czech Republic was to establish a permanent GAINS working compartment. The reason for the establishing of the compartment is that no such model has been available in the Czech Republic before. Furthermore, the fact is that the emission ceilings within the frame of the Gothenburgh Protocol revision and subsequent revision of the Directive 2001/81/EC of the European Parliament and the Council on National Emission Ceilings for certain pollutants (NEC Directive) are provided using the GAINS model.

The presentation of the prior RAINS model and then the GAINS model itself and finally the EC4MACS system can be found in the first chapter after the introduction of this document. The third chapter explains the mathematical background of the model. The applied experiences with the model are described consequently in the fourth chapter: The methodology of the GAINS model use. The subsequent section (fifth chapter) contains reports of the seven tasks, which were both partly (Collaboration with the IIASA and resort organizations on creation of the national scenario for the Gothenburgh Protocol revision) and fully elaborated at the CENIA in order to analyze the different scenarios, sensitive analyses and consequently experimental tasks.

Due to the IIASA trend to collaborate more with the national experts but also thanks to the project activities resulted in this publication, the Czech Republic has become an active partner of the IIASA and compared to the past, the Czech Republic has higher opportunities to affect the process of the National Emission Ceiling Proposal in ways to reach a maximum reduction of emissions together with the spending of affordable resources.



## Seznam zkratk

### ZKRATKA VYSVĚTLENÍ

BAT	nejlepší dostupné techniky (Best Available Techniques)
C&E	klimaticko-energetický balíček (Climate and Energy package)
CDV	Centrum dopravního výzkumu
CEIP	Centrum pro emisní inventury a projekce (Centre on Emission Inventories and Projections), Rakousko
CENIA	česká informační agentura životního prostředí
CIAM	Středisko modelování integrovaných hodnocení (Centre for Integrated Assessment Modelling)
CLRTAP	Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DPSIR	hnací síla–tlak–stav–dopad–odezva (Driving Force–Pressure–State–Impact–Response)
EC4MACS	Evropské konsorcium pro modelování znečištění ovzduší a klimatické strategie (European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies)
EHK OSN	Evropská hospodářská komise OSN (United Nations Economic Commission for Europe)
F-plyny	fluorované skleníkové plyny
GHGs	skleníkové plyny (Greenhouse gases)
IIASA	Mezinárodní institut pro aplikovanou systémovou analýzu (International Institute for Applied Systems Analysis)
IMO	Mezinárodní námořní organizace (International Marine Organisation)
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění (Integrated Pollution Prevention and Control)
JE	jaderná elektrárna
NEC	národní emisní strop (national emission ceiling)

NECD	Směrnice 2001/81/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. října 2001 o národních emisních stropech pro některé látky znečišťující ovzduší (Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants)
OPŽP	Operační program Životní prostředí
PM	suspendované částice
PM_TSP	celkové suspendovaná částice (total suspended particles)
VOC	těkavé organické látky (volatile organic compounds)

### MODELÝ

CAPRI	Common Agricultural Policy Regionalised Impact Modelling
CCE-CL	Coordination Centre for Effects – Critical Loads
EFOM	The Energy Flow Optimization Model
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EUFASOM	European Forest and Agricultural Optimisation Model
GAINS	Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies
GEM-E3	General Equilibrium Model for Europe and the World
MITERRA	Model for integrated assessment of effects of measures to mitigate emissions of nitrogen, phosphorus, and greenhouse gases from agriculture to the environment (model pro hodnocení dopadu balíčků opatření pro emise dusíku, fosforu a skleníkových plynů ze zemědělství na životní prostředí)
POLES	Prospective Outlook on Long-term Energy Systems
PRIMES	Primary Energy System Model
RAINS	Regional Air Pollution Information and Simulation
TM5	Tracer Model

## KOMODITY A SEKTORY

BC1	hnědé uhlí a lignit (Brown coal/lignite, grade 1)
DC	hnědouhelné brikety, černouhelný koks (Derived coal (coke, briquettes))
Ele	elektrická energie (Electricity)
En_tot	celostátní spotřeba energie podle paliva a sektoru (national energy use by fuel and sector)
GAS	zemní plyn naftový, karbonský, koksárenský plyn, svítiplyn - energoplyn (Vřesová), generátorový plyn, vysokopecní plyn, ostatní plynná paliva (Natural gas (incl. CNG and derived gases))
GSL	motorový benzín, petroleje, etanol (Gasoline and other light fractions of oil; includes biofuels)
HC1	černé uhlí koksovateľné, energetické (Hard coal, grade 1)
HF	topný olej nízkosirný, vysokosirný, dehty nízkoteplné, ostatní kapalná paliva (Heavy fuel oil)
HT	teplo (Heat (steam, hot water))
HYD	vodní energie (Hydro)
LPG	LPG (Liquefied petroleum gas)
MD	motorová nafta, topný a ostatní plynový olej, metylester řepkového oleje (Medium distillates (diesel, light fuel oil; includes biofuels))
NUC	jaderná energie (Nuclear)
OS1	biopaliva (Biomass fuels)
REN	ostatní obnovitelné zdroje mimo biopaliv (Renewable energy other than biomass)

## Přehled pramenů

- (1) Schopp W., et al: Integrated Assessment of European Air Pollution Control Strategies, Environmental Modelling and Software 14(1), 1 – 9 (1999)
- (2) Amann M., et al: RAINS Review 2004: The RAINS Model – Documentation of the Model Approach Prepared for the RAINS Peer Review 2004 2004, IIASA February 2004 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (3) Klaasen G., et al: The GAINS Model for Greenhouse Gases – Version 1.0: Carbon Dioxide, IIASA, October 2005 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (4) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.1: Baseline Scenarios for the Revision of the NEC Emission Ceilings Directive, IIASA, September 2006 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (5) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.2: Emission Control Scenarios that Meet the Environmental Objectives of the Thematic Strategy on Air Pollution, IIASA, 2006 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (6) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.3: Cost-optimized Reduction of Air Pollutant Emissions in the EU Member States to Address the Environmental Objectives of the Thematic Strategy on Air Pollution, IIASA, April 2007 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (7) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.4: Updated Baseline Projections for the Revision of the National Emissions Ceilings Directive, IIASA, June 2007 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (8) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.5: Cost-effective Emission Reductions to Address the Objectives of the Thematic Strategy on Air Pollution under Different Greenhouse Gas Constraints, IIASA, June 2007 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (9) Amann M., et al: NEC Scenario Analysis Report Nr.6: National Emission Ceilings for 2020 Based on the Climate and Energy Package, IIASA, July 2008 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (10) Wagner F., et al: The GAINS Optimization Module as of 1 February 2007, Interim Report IR-07-004, IIASA 2007 (<http://www.iiasa.ac.at>)
- (11) E4MACS Progress Report No.1 (<http://www.ec4macs.eu>)
- (12) E4MACS Progress Report No.2 (<http://www.ec4macs.eu>)
- (13) E4MACS Progress Report No.3 (<http://www.ec4macs.eu>)
- (14) E4MACS Progress Report No.4 (<http://www.ec4macs.eu>)
- (15) E4MACS Progress Report No.5 (<http://www.ec4macs.eu>)
- (16) E4MACS Interim Assessment: GHGs and Air Pollutants in the EU: Baseline Projections up to 2030; 2010 (<http://www.ec4macs.eu>)

- (17) IIASA. Aggregation of energy data in GAINS. IIASA 2008. ([http://gains.iiasa.ac.at/gains/download/Aggregation\\_of\\_energy\\_data\\_in\\_GAINS.pdf](http://gains.iiasa.ac.at/gains/download/Aggregation_of_energy_data_in_GAINS.pdf) )
- (18) IIASA.GAINS Online: Tutorial for advanced users. (<http://www.iiasa.ac.at/rains/reports/GAINS-tutorial.pdf>)
- (19) Amman M., et al: NEC Report No 6: National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate and Energy Package; Final Report, IIASA 2008 (<http://www.iiasa.ac.at>)

