

Inventarizácia skleníkových plynov na Slovensku

Jozef Mačala¹

A survey of greenhouse gasses in Slovakia

This article presents the results of greenhouse gas emission inventory in the Slovak Republic within the period 1990-1994. CO₂ emission from combustion is presented from 1988 as the starting point for the Toronto target commitment. The inventory was developed in compliance with the IPCC Guidelines. Aggregated emissions of all greenhouse gas emissions are converted into the CO₂ equivalent with the help of global warming potential (GWP).

Key words: greenhouse, gas inventory.

Úvod

Medzi skleníkové plyny patria oxid uhličitý (CO₂), metán (CH₄), oxid dusný (N₂O) a ozón (O₃). CO₂, CH₄ a N₂O patria medzi prirodzené zložky atmosféry, napriek tomu ich súčasnú koncentráciu v ovzduší významne ovplyvňuje ľudská činnosť. Skleníkovými plynmi sú tiež halogénované uhľovodíky (CFC, PFC, HFC, HCFC,). Existujú ďalšie fotochemicky aktívne plyny ako oxid uhoľnatý (CO), oxidy dusíka (NO_x) a nemetánové prchavé organické uhľovodíky (NMVOC), ktoré nie sú skleníkovými plynmi ale prispievajú nepriamo k skleníkovému efektu atmosféry. Spoločne sa evidujú ako prekurzory ozónu, pretože ovplyvňujú vznik a rozpad ozónu v troposfére. Prekurzor síranov oxid siričitý (SO₂) a aerosóly zoslabujú skleníkový efekt.

Inventarizácia emisií skleníkových plynov

Emisie najdôležitejších skleníkových plynov (tab. 1) boli stanovené v súlade s odporúčenou medzinárodnou metodikou IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) [2]. V niektorých prípadoch sa použil odlišný národný postup [1]. V článku sú uvedené emisie CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC, SO₂, CF₄, C₂F₆. Emisie halogénovaných uhľovodíkov nie sú známe. V súlade s požiadavkami Montrealského protokolu a jeho dodatkov je sledovaná a regulovaná spotreba týchto látok porušujúcich ozónovú vrstvu.

Tab.1. Celkové antropogénne emisie skleníkových plynov na Slovensku (zaokrúhlené) (Druhá národná správa, 1997).

	1990	1991	1992	1993	1994
CO ₂ [Tg]	60	53	49	46	43
CH ₄ [Gg]	410	380	360	330	310
N ₂ O [Gg]	12	11	9	7	7

Emisie za rok 1990 sú modifikované oproti Prvej národnej správe (Druhá národná správa, 1997).

Emisie CO₂

Najdôležitejším zdrojom rastu koncentrácie CO₂ v atmosfére je spaľovanie fosílnych palív. Zmeny vo využívaní pôdneho fodnu majú tiež vplyv na bilanciú CO₂ v ovzduší (napr. zalesňovanie - záchyt, resp. odlesňovanie - zdroj CO₂). CO₂ vzniká počas niektorých technologických procesov (výroba cementu, vápna, magnezitu, hliníka, kvasné procesy v potravinárstve). V tabuľke 2 sú uvedené celkové emisie a záchyty CO₂ na Slovensku v rokoch 1988 a 1990 - 1994 (Druhá národná správa, 1997). Z týchto údajov je zrejmé, že spaľovanie fosílnych palív sa podieľa vyše 90 % na celkovej emisii CO₂ na Slovensku.

¹ Doc. Ing. Jozef Mačala, CSc., Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií, Fakulta BERG Technickej univerzity, Park Komenského 19, 042 00 Košice
(Recenzovaná a revidovaná verzia doručená 30.10.1998)

Emisie CO₂ z výroby energie

Približne 83 % energie v Slovenskej republike v roku 1990 (80 % v roku 1994) bolo vyrobených spaľovaním fosílnych palív. Zvyšných 17 percent (20 % v roku 1994) dodávajú iné zdroje (jadrové elektrárne, vodné elektrárne, obnoviteľné zdroje energie).

Tab.2. Celkové emisie a záchyty CO₂ (Druhá národná správa, 1997).

	1988	1990	1991	1992	1993	1994
Antropogénne emisie CO₂ [Gg]						
Spaľovanie fosílnych palív**	58 484	56 585	50 035	45 616	43 584	40 389
Stacionárne zdroje	53 735	51 417	45 609	41 500	39 555	36 200
Doprava***	*4 506	5 168	4 426	4 116	4 029	4 189
Priemyselné technológie	(3000)	3 447	2 717	2 869	2 831	3 065
Spolu	61 484	60 032	52 752	48 725	46 415	43 454
Záchyty CO₂ [Gg]						
Lesné ekosystémy, konverzia lúk	-3 938	-4 258	-4 258	-4 258	-4 258	-5 117
Lesné ekosystémy****		-4 720	-4 720	-4 720	-4 720	-5 579
Konverzia lúk	462	462	462	462	462	462
Čisté emisie CO₂ [Gg]						
	57 546	55 744	48 495	44 468	42 158	38 300

* 1987

** celkové emisie CO₂ vznikajúce pri spaľovaní fosílnych palív boli stanovené referenčnou metódou IPCC

*** emisie z dopravy uvedené v tejto tabuľke boli stanovené metódou COPERT

**** záchyty v lesných ekosystémoch boli stanovené pre roky 1990 a 1994

Spaľovanie fosílnych palív je najväčším zdrojom oxidu uhličitého na Slovensku. Emisia CO₂ závisí len od druhu paliva, v podstate nie je ovplyvnená typom kotla. Pri stanovení emisií sa vychádzalo zo spotreby palív evidovaných v REZZO (Register zdrojov a emisií škodlivín na území Slovenska) a z údajov publikovaných v „Energetickej koncepcii Slovenskej Republiky do roku 2005“ (Ministerstvo hospodárstva, 1993). Inventarizácia obsahuje všetko spaľovanie fosílnych palív vrátane dopravy plus produkciu a skladovanie ropy a zemného plynu. V tejto bilancii sú zahrnuté aj emisie CO₂ vznikajúce pri výrobe koksu a pri produkcii hliníka. Použité boli agregované priemerné emisné faktory, stanovené na základe obsahu uhlíka v palivách používaných na Slovensku. Emisie CO₂ pre roky 1988-1994 boli stanovené referenčnou metódou IPCC. Pre rok 1990 boli stanovené emisie aj na základe bilancie palív podľa zdrojov.

Emisie z mobilných zdrojov (cestná, železničná, letecká a vodná doprava) boli vypočítané z bilancie palív (referenčná metóda) a aj metodikou COPERT. Tá vychádza z bilancie palív podľa druhu vozidiel, rýchlosti a režimu jazdy (mesto, vidiek, diaľnica). Pri celkovej bilancii CO₂ sa vychádzalo z referenčnej metódy IPCC.

Metodikou IPCC bolo stanovené množstvo nespáleného uhlíka, ktorý zostal uložený v produktoch:

- uhlík viazaný v dechte a dechtových olejoch, vznikajúcich pri koksovaní uhlia,
- uhlík viazaný v petrochemických produktoch ropy (polyetylén, polypropylén, asfalty, mazadlá a pod.),
- uhlík viazaný v priemyselných hnojivách.

Celkové množstvo uhlíka viazaného v produktoch v roku 1990 bolo stanovené na 1 349 Gg C podľa metodiky IPCC (na základe bilancie palív) a 1440 Gg C na základe bilancie produktov.

Emisie CO₂ z priemyselných technológií

Najvýznamnejšie priemyselné zdroje oxidu uhličitého na Slovensku sú produkcia cementu, vápna a žiaruvzdorných výrobkov z magnezitu. Menej významným zdrojom je potravinársky priemysel. Údaje o produkcii boli prevzaté zo Štatistických ročeniek (1990, 1995 a 1996). CO₂ vznikajúci pri výrobe koksu, hliníka, spracovaní ropy a v metalurgii je započítaný medzi emisiami CO₂ zo spaľovania v priemysle.

Záchyty CO₂

Lesné pôdy na Slovensku pokrývajú 41 % územia. Od začiatku storočia sa postupne transformuje časť poľnohospodárskej pôdy na lesnú. V období rokov 1950 - 1991 sa množstvo viazaného uhlíka v lesoch Slovenska zvýšilo zhruba o 48,8 Tg (20 %). Je to dôsledok rozširovania zalesnenej plochy a zvýšenia hektárových zásob drevnej hmoty.

Fixácia uhlíka v lesných ekosystémoch Slovenska v roku 1990 a 1994 bola stanovená na základe bilancie uhlíka v nadzemnej (stromy, bylinný kryt, nadložný humus) a podzemnej (korene, humus v pôde) časti lesa, včítane zhodnotenia ťažby dreva a lesných požiarov. Ročný záchyt (sink) CO₂ bol stanovený v roku 1990 na 5766 Gg a v roku 1994 na 6234 Gg.

V tom istom období dochádzalo k rozorávaniu lúk a pasienkov. V rokoch 1965 - 1990 to bolo 90 000 ha. Metodikou IPCC bola stanovená priemerná emisia CO₂ z konverzie trávnatých plôch rovná 462 Gg za rok.

Emisie CH₄

Tabuľka 3 udáva emisie CH₄ podľa jednotlivých technologických procesov (Druhá národná správa, 1997). Hlavnými zdrojmi metánu na území Slovenska je poľnohospodárstvo, ťažba - transport palív a manipulácia s odpadmi. Spôsob stanovenia emisií CH₄ je založený na metodike IPCC. CH₄ vzniká ako priamy produkt látkovej výmeny u bylinožravcov a ako produkt organického odbúravania živočíšnych exkrementov. Výpočty emisií pre SR vychádzajú z údajov „Konceptie a zásad pôdohospodárskej politiky z roku 1993“, emisné faktory boli modifikované podľa špecifických národných podmienok.

Pri bilancii emisií vznikajúcich v dôsledku skládkovania komunálneho odpadu sa vychádzalo zo špecifickej produkcie komunálneho odpadu na obyvateľa a odhadu množstva degradovateľného organického uhlíka v odpade. Bola použitá metodika IPCC pre riadené skládky. Nakoľko značná časť odpadu nie je ukladaná v riadených skládkach, vypočítané emisie boli redukované faktorom 0,5. Emisie z manipulácie s odpadovými vodami a kalmi boli stanovené na základe údajov z obdobia 1990 - 1993 v rozsahu 10,4 - 13,5 Gg CH₄/rok (IPCC, 1994).

Významným zdrojom metánu na našom na našom území je ťažba a transport fosílnych palív. Množstvo metánu uvoľňujúceho sa pri ťažbe hnedého uhlia a lignitu (hlbinné bane) bolo vypočítané na základe množstva vyťaženého uhlia (Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996) a emisných faktorov (IPCC). Emisie sú pravdepodobne nadhodnotené. Druhým najvýznamnejším zdrojom CH₄ sú rozvodné siete zemného plynu. Vzhľadom na nejednotnosť údajov o únikoch CH₄ pri distribúcii zemného plynu, boli fugitívne emisie metánu odhadnuté pomocou metodiky IPCC na základe údajov o ťažbe, transporte, tranzite a spotrebe zemného plynu na území Slovenska (Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996).

Emisie metánu vznikajúce pri spaľovaní fosílnych palív sú vypočítané na základe evidencie spotrebovaného paliva (Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996) bilančnou metódou. Emisné faktory sú podľa IPCC (1995). Jedná sa o málo významný zdroj metánu.

Metán vznikajúci pri priemyselných technológiách tvorí len 2-3 % celkovej emisie. Pravdepodobne nie sú pokryté všetky zdroje. Emisia metánu v tabuľke 3 bola odhadnutá na základe celkovej výroby železa (Druhá národná správa, 1997; Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996). Emisné faktory sú podľa IPCC 1995.

Tab.3. Emisie CH₄ [Gg] v rokoch 1990 až 1994 (Druhá národná správa, 1997).

	1990	1991	1992	1993	1994
Spaľovanie fosílnych palív	25	17	18	16	15
Fugitívne emisie	122	114	102	106	105
Priemyselné procesy	7	6	7	6	6
Poľnohospodárstvo	187	172	151	130	121
Lesné ekosystémy	3	3	3	3	3
Odpady	65	69	77	70	65
Spolu	409	381	359	331	315

Emisie N₂O

V porovnaní s inými skleníkovými plynmi mechanizmus emisií a záchytov oxidu dusného nie je celkom preskúmaný. Niektoré zdroje sú ťažko kvantifikovateľné, iné zostávajú skryté. Vypočítané emisie vykazujú vysoký stupeň neurčitosti. Pri niektorých emisných faktoroch to môže byť až 100 %.

Emisie v energetike a v doprave boli stanovené na základe celkovej spotreby fosílnych palív (Druhá národná správa, 1997; Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996), aplikovaním emisných faktorov podľa IPCC.

V poľnohospodárskom sektore bola spracovaná bilancia dusíka v poľnohospodárskych pôdach a biomase, berúc do úvahy rozdielne typy pôd, vegetácie a aplikáciu minerálnych aj organických hnojív. Príčinou emisií N₂O sú prebytky minerálneho dusíka v pôde (dôsledok

intenzívneho hnojenia) a nepriaznivý vzdušný režim pôd (používanie ťažkých mechanizmov pri obrábaní). Použitá bola metodika nepriameho hodnotenia intenzít týchto procesov (IPCC 1995). Priemerná spotreba hnojív (dusíkatých) od začiatku 90-tych rokov klesá (138 kg NO₂/ha v roku 1990, 60 kg NO₂ .ha⁻¹ v roku 1993), ako dôsledok hospodárskej recesie. Aplikácia dusíkatých hnojív je najvýznamnejším zdrojom N₂O na Slovensku.

Tab.4. Emisie N₂O [Gg] v rokoch 1990 až 1994 (Druhá národná správa, 1997).

	1990	1991	1992	1993	1994
Spaľovanie fosílnych palív	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7
Priemysel	2,1	1,5	1,4	1,1	0,8
Poľnohospodárstvo	9,5	8,5	6,5	5,0	5,4
Lesné ekosystémy	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Odpadové hospodárstvo	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Spolu	12,5	10,9	9,0	7,1	7,3

Priemysel je druhým najvýznamnejším zdrojom N₂O. Bola vypočítaná emisia vznikajúca pri produkcii kyseliny dusičnej. Kyselina adipová sa na území SR nevyrába. Emisie oxidu dusného vznikajúce v odpadovom hospodárstve boli odhadnuté rámcovo z manipulácie s odpadovými vodami a zo spaľovania komunálneho odpadu.

Iné plyny

V tabuľke 5 sú uvedené emisie NO_x, CO, NMVOC a SO₂ (Druhá národná správa, 1997). Emisie halogénovaných uhľovodíkov nie sú známe. Boli stanovené emisie C₂F₆ a CF₄ vznikajúce pri výrobe hliníka. CFC a C_xF_y sa na Slovensku nevyrábajú, k dispozícii sú len údaje o spotrebe týchto látok. Ich používanie je regulované v zmysle Montrealského protokolu a jeho dodatkov. Od roku 1986 celková spotreba kontrolovaných látok klesá. Freóny v chladiacich zariadeniach sa postupne nahrádzajú neplnohalogénovanými uhľovodíkmi a je predpoklad, že ich spotreba sa po roku 1996 niekoľkonásobne zvýši (Kodanský dodatok umožňuje ich používanie do roku 2030).

Tab.5. Antropogénne emisie NO_x, CO, CFC, C_xF_y, NMVOC a SO₂ [Gg] v rokoch 1988, 1990 až 1994 (Druhá národná správa, 1997).

	1988	1990	1991	1992	1993	1994
NO_x *	197	227	212	192	184	171
Energetika/Priemysel	*126	146	135	127	122	112
Stredné zdroje	5	5	5	5	5	5
Malé zdroje	6	7	5	5	4	4
Dopravné	*60	69	(66)	55	52	53
CO	457	489	439	382	408	411
Energetika/Priemysel	(330)	162	160	132	160	168
Stredné zdroje		27	27	27	23	11
Malé zdroje		144	103	79	70	47
Dopravné	*127	156	(148)	143	151	185
NMVOC	(156)	147			116	
Energetika/Priemysel		11			11	
Doprava	*36	42	?	38	42	41
Používanie rozpúšťadiel		49			33	
Ropa, ropné produkty		26			21	
Iné		19			9	
CFCs**	1,71			0,61	0,99	0,38
CF₄	0,074	0,074	0,099	0,099	0,084	0,048
C₂F₆	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001
SO₂	585	543	445	354	326	239
Energetika/Priemysel	461	422	347	269	246	183
Stredné zdroje	38	38	38	38	38	27
Malé zdroje	87	79	57	44	39	26
Dopravné		4	3	3	3	3

* údaje z roku 1987

** spotreba - potenciálna emisia

Emisie NO_x, CO a SO₂ boli prevzaté z národnej inventarizácie emisií REZZO (Register emisií a zdrojov znečistenia ovzdušia) (Druhá národná správa, 1997; Štatistické ročenky, 1990, 1995, 1996). Kategórie zdrojov emisií v REZZO podľa zákona o ovzduší nezodpovedajú štruktúre zdrojov podľa požiadaviek IPCC. Nie je preto vždy možné poskytnúť informácie o emisiách a emisných faktoroch

podľa členenia vyžadovaného v štandardných tabuľkách. Hlavným zdrojom SO₂, NO_x a CO je výroba elektriny a tepla, k emisii NO_x a CO stále väčšou mierou prispieva doprava. Metalurgický priemysel je významným zdrojom CO (s pomerne značným stupňom neistoty stanovenia).

Emisie NMVOC boli stanovené v rámci Národného programu znižovania emisií prchavých nemetánových organických látok. Východiskom bol rok 1990 a aktualizácia sa uskutočnila pre rok 1993 (Druhá národná správa, 1997). Medzi najväčšie zdroje emisií patrí používanie rozpúšťadiel, doprava, rafinácia a skladovanie ropy ako aj transport benzínu a nafty.

Záver

Podiel Slovenskej republiky na celosvetových antropogénnych emisiách skleníkových plynov je približne 0,2 %. Ročná emisia hlavného skleníkového plynu CO₂ na obyvateľa sa pohybuje okolo 10 ton.rok⁻¹, čo zaraďuje Slovensko medzi 20 krajín s najvyššími emisiami CO₂ na obyvateľa na svete.

Neurčitost' stanovenia emisií CO₂ zo spaľovania fosílnych palív sa predpokladá menšia ako 10 %. Presnosť bilancie CO₂ (kolobeh uhlíka) v lesných ekosystémoch bola stanovená na 35 %. Neurčitost' stanovenia sa u emisií metánu vo všeobecnosti pohybuje okolo 30-35 %. Vypočítané emisie oxidu dusného (hlavne z poľnohospodárskych pôd) vykazujú najvyšší stupeň nepresnosti, avšak ťažko kvantifikovateľný. Pri niektorých emisných faktoroch to môže byť až 100 % (Druhá národná správa, 1997).

Hodnotiť trendy v emisiách je problematické, nakoľko nie sú k dispozícii všetky potrebné údaje o aktivitách a zdrojoch. Maximálnu úroveň dosahovali emisie koncom 80-tych rokov. Po roku 1990 sa prejavila znížená výkonnosť ekonomiky a emisie v roku 1994 poklesli o vyše 30 %.

V porovnaní s Prvou Národnou správou (Druhá národná správa, 1997) sa informácie o zdrojoch a emisiách GHG na Slovensku podarilo významne rozšíriť. Napriek tomu údaje o emisiách skleníkových plynov prezentované v tomto príspevku stále nie sú úplné. V súčasnosti je rozpracovaných niekoľko projektov, financovaných z Fondu životného prostredia SR, z rozpočtu MŽP SR a z pomoci USA v rámci projektu Country Studies Program, ktoré priebežne prispievajú k doplneniu a spresneniu informácií o zdrojoch, emisiách a záchytoch skleníkových plynov na území Slovenska.

Literatúra

- Druhá národná správa o zmene klímy. SHMÚ Bratislava, 1997, 74 s.
- IPCC Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume I., II., III., 1994.
- Lapin, M. a kol.: Priebežné správy z riešenia Projektu Národný klimatický program SR. Slovenský hydrometeorologický ústav, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava 1993, (13 správ).
- Lapin, M., Faško, P., Zeman, V.: Príspevok k analýze možných dôsledkov globálneho oteplenia atmosféry o 1-2°C na zmeny klimatických pomerov na Slovensku. In: Národný klimatický program Slovenskej republiky. Bratislava, MŽP. SHMÚ 1994, s. 39-77.
- Marečková, K.: Inventarizácia emisií skleníkových plynov na Slovensku. In: Národný klimatický program Slovenskej republiky. Bratislava, MŽP, SHMÚ, 1994.
- Marečková, K.: CORINAR 90 Emissions Inventory for Slovakia. Final Report. SHMÚ, Bratislava, 1994.
- Marečková, K.: Inventarizácia emisií skleníkových plynov na Slovensku. In: Národný klimatický program 2/94. Bratislava, MŽP, SHMÚ 1994, s. 81 – 105.
- Národný program redukcie emisií VOC v Slovenskej republike. Správa SHMÚ Bratislava, 1994, 1995, 1996.
- Štatistické ročenky. SR 1990, 1995, 1996,
- Register emisií a zdrojov znečistenia ovzdušia. SHMÚ Bratislava.