

EMISIE N₂O Z POĽNOHOSPODÁRSKÝCH ZDROJOV NA PIESOČNATO-HLINITÝCH PÔDACH PODUNAJSKEJ PAHORKATINY HODNOTENÉ MODELOM DNDC V PODMIENKACH MENIACEJ SA KLÍMY

EVALUATION OF N₂O EMISSIONS FROM AGRICULTURAL SOURCES ON SANDY LOAM SOILS OF DANUBIAN LOWLAND BY DNDC MODEL IN CONDITION OF CHANGING CLIMATE

J. Horák¹, B. Šiška¹

Katedra biometeorológie a hydrológie, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Hospodárska 7, 949 01 Nitra

jan.horak@uniag.sk, bernard.siska@uniag.sk

ABSTRACT

In this study the DNDC (DeNitrification and DeComposition) model was used for evaluation of the role of climate change, soil properties, and farming practices on emission of nitrous oxide (N₂O) from sandy loam soils of Danubian upland. Modeled regional results were compared with the estimated from the IPCC approach. N₂O emissions estimated according to IPCC methodology during years 2000-2004 ranged from 1,47 – 3,88 kg N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹ with the average value of 2,43 kg N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹. N₂O emissions estimated by DNDC model during years 2000-2004 ranged from 0,9 – 2,58 N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹ with the average value of 1,7 kg N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹. N₂O emissions estimated according to IPCC methodology were higher at the average by 25 % then the simulated N₂O emissions using DNDC model. Spatial and temporal changes of N₂O emissions influenced by temperature and precipitations were observed by using alternative scenarios generated according general circulation model CCCM on the same agricultural area using the same agricultural management during years 2020-2039. N₂O emissions estimated by DNDC model had decreasing tendency during the alternative time period of years 2020-2039. It can be concluded, that supposed temperature and precipitation changes in conditions of Danubian upland will not be the most important factor of N₂O emissions. Amount of N-fertilizers application will still remain the most important factor of agricultural management which influences N₂O emissions.

Key words: N₂O emissions, DNDC model, IPCC methodology, Climate change,

ÚVOD

Zmena globálnej klímy, spôsobená antropogénnou emisiou skleníkových plynov, je jedným z najvýznamnejších environmentálnych problémov v doterajšej histórii ľudstva. Skleníkový efekt atmosféry je spôsobený tým, že tzv. skleníkové plyny v atmosfére (vodná para, oxid uhličitý, metán, oxid dusný a ďalšie) voľne prepúšťajú krátkovlnné slnečné žiarenie, to dopadá na zemský povrch a zohrieva ho.

Vzhľadom k zmene globálnej klímy majú pôdy veľký význam ako zdroj uniku plynu N₂O. Najmä z ekologického hľadiska sa v súčasnom období venuje značná pozornosť samostatnému hodnoteniu úniku N₂O z pôdy do atmosféry (Bielek, 1998).

N₂O emisie v sektore poľnohospodárstva reprezentujú asi 75% celkových N₂O emisií SR. Z tohto dôvodu je preto dôležité rozvíjať stratégie, ktoré efektívne znižujú emisie N₂O z poľnohospodárstva, aj napriek tomu, že v prvej polovici 90-tych rokov došlo v SR k zníženiu emisii N₂O (z 17000 t v roku 1990 na 10000 t v roku 1995) (Šiška, Igaz, 2003).

Celkové emisie N₂O sa rozdeľujú na priame a nepriame emisie. Priame emisie N₂O z obrábania pôd sú prirodzeného pôvodu a vznikajú v dôsledku mikrobiálnych procesov – nitrifikácie a denitrifikácie. Závisia od vstupov dusíka z: priemyselných hnojív, organických hnojív zo živočíšnej výroby,

rastlinných zvyškov a symbiotickej fixácie leguminóz. Nepriame emisie N_2O sú výsledkom procesov atmosférickej depozície amoniaku a NO_x , a transformácie N strácajúceho sa vyplavovaním a odtokom (zmyvom) (Bouwman, 1990, cit. in IPCC 1996).

Nitrifikácia je aeróbna mikrobiálna oxidácia iónov amoniaku na dusitany cez NH_2OH a potom na dusičnany.



N_2O je formovaný v priebehu procesu denitrifikácie, anaeróbnej mikrobiálnej (hlavne bakteriálnej) redukcie dusičnanu na dusitany a potom na plyny NO , N_2O and N_2 :



Oba procesy sa môžu v pôdach vyskytnúť simultánne, hoci ich intenzita závisí na pôdnej aerácii a dostupnosti mikróbov (Van Cleemput, Baert, 2001).

Hodnotenie emisií N_2O je možné viacerými postupmi. K najrozšírenejším patrí metodika podľa IPCC (1996). IPCC metodika však nezohľadňuje regionálne rozdiely agro-ekosystémových charakteristík. Na členitom území SR sa okrem výrazných klimatických rozdielov nachádzajú pôdy rozdielnych vlastností, čo ovplyvňuje oševné postupy poľných plodín, možnosti aplikácie hnojív a poľnohospodárskeho manažmentu. Tieto rozdiely hodnotené štandardným postupom podľa IPCC metodiky veľmi pravdepodobne vedú k nepresným stanoveniam emisií N_2O .

Nedávny rozvoj počítačových modelov, ktoré simulujú emisie skleníkových plynov z poľnohospodárstva môže byť jedna z odpovedí na nepresnosti pri určovaní emisií pomocou IPCC metodiky. DNDC (DeNitrification and DeComposition) model, ktorý bol použitý pri určovaní emisií N_2O z poľnohospodársky využívaného územia je jedným z nich.

MATERIÁL A METÓDY

Experimentálna plocha pre túto štúdiu sa nachádza v Podunajskej pahorkatine severovýchodne od mesta Nitry v nadmorskej výške 160-180 m.n.m. Z hľadiska regionálno-geologického sa výskumná báza nachádza v oblasti geologického rozhrania kryštálicko-druhohorného masívu Tribeča a Žitavskej pahorkatiny (Chlpík, Pospíšil, 2004).

Prevládajúcim pôdnym druhom je piesočnato-hlinitá pôda. Na danom poľnohospodársky využívanom území bola aplikovaná v rokoch 2000-2004 rotácia plodín. Dátum sejby, zberu a aplikácie dusíkatých priemyselných hnojív popisuje (Obr. 1).

- 2000 - cukrová repa
- 2001 - jačmeň
- 2002 - silážna kukurica
- 2003 - pšenica ozimná
- 2004 - slnečnica

V tejto štúdií sa následne porovnávali a dávali do kontrastu dve metódy určovania emisií N_2O z poľnohospodársky využívaného územia:

1. IPCC metodika pre stanovenie emisií N_2O z poľnohospodárstva
2. Simulácia emisií N_2O modelom DNDC

Nakoniec sa modelované výsledky pomocou modelu DNDC porovnali s výsledkami stanovenými podľa IPCC metodiky v časovom rade rokov 2000-2004 na experimentálnej ploche.

IPCC metodika pre stanovenie emisií N_2O z poľnohospodárstva

V tejto štúdií bola využitá IPCC metodika, ako jedna z možností stanovenia emisií N_2O z poľnohospodársky využívaného územia. V IPCC metodológii sú stanovené emisné faktory, ktoré špecifikujú podiel emitovaného N_2O do atmosféry z celkového množstva aplikovaných priemyselných

hnojív, organických hnojív a rastlinných zvyškov, ktoré boli aplikované do pôdy. Emisný faktor pre anorganické N-hnojivá aplikované do pôdy je 0.0125 a z toho vyplýva, že 1.25% ±1% z celkového N aplikovaného do pôdy ako minerálne N-hnojivo sa stráca vo forme N₂O v atmosfére (IPCC, 1997).

Emisie N₂O z pôdy sa vypočítajú pomocou nasledovného vzťahu:

$$E (\text{kg N}_2\text{O} - \text{N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}) = 1 + 0,0125 \cdot N_f \quad (1)$$

Kde:

E = ročné emisie N₂O z pôdy,

N_f = dávka dusíka v hnojivách (kg N₂O – N.ha⁻¹.rok⁻¹).

Uvedený vzťah je založený na priamoúmernej akcelerácii emisií N₂O z pôdy v závislosti od dávky dusíkatých hnojív. Súčasne uznáva, že priemerne sa z 1 ha nehnosených poľnohospodárskych pôd uvoľňuje asi 1 kg N- N₂O ročne (Bouwman, cit in Bielek, 1998).

IPCC metodika vyžaduje národné štatistiky využívania hnojív, populáciu dobytku a manažment rastlinných zvyškov. Nevyžaduje dáta, ako plocha poľnohospodársky využívaného územia, pôd, metedata, typ hnojív, alebo iné detaily poľnohospodárskeho manažmentu (Li et al. 2001).

Simulácia emisií N₂O modelom DNDC

DNDC (DeNitrification and DeComposition) model pre určovanie N₂O emisií je orientovaný na počítačovú simuláciu pôdneho uhlíka a dusíka. Model pozostáva z dvoch zložiek. Prvá zložka pozostáva z pôdnej klímy, rastu plodiny a dekompozičných sub-modelov. Simuluje teplotu pôdy, vlhkosť, pH, redox-potenciál (Eh) a substrátovú koncentráciu profilov ovplyvňovaných ekologickými zložkami (klíma, pôda, vegetácia a antropogénna činnosť). Submodel pôdnej klímy počíta vertikálne profily pôdnej teploty, vlhkosti a pôdneho redox-potenciálu, ktorý je poháňaný meteorologickými dátami a pôdnymi vlastnosťami. Submodel rastu plodiny počíta rast plodiny a jej vplyv na pôdne environmentálne faktory ako pôdna vlhkosť, rozpustený organický uhlík (DOC) a dostupné koncentrácie dusíka. Dekompozičný submodel potom generuje profily vertikálnej koncentrácie substrátov (napr. DOC, NH₄⁺, NO₃⁻). Druhá zložka pozostáva zo submodelov nitrifikácie, denitrifikácie a fermentácie a predpovedá NO, N₂O, N₂, CH₄ a NH₃ toky založené na modelovaných pôdnych environmentálnych faktoroch

Vstupy do DNDC modelu

DNDC model požaduje vstupné parametre ako meteo dáta, pôdne vlastnosti (napr. textúru, pH, objemovú hmotnosť), typ porastu a agrotechniku (napr. sejba, obrábanie, hnojenie, zber atď).

Pôda

Databáza obsahuje podrobné informácie o type pôdy, textúre, pH, pôdnom organickom uhlíku, objemovej hmotnosti atď. Skúmané územie je poľnohospodársky využívané územie s piesočnatohlinitou pôdou s dole uvedenými vlastnosťami:

▪ Objemová hmotnosť (g.cm ³)	1.4000
▪ pH pôdy	4.9900
▪ Počiatočný obsah organického C na povrchu pôdy (kg C/kg)	0.0135
▪ Ílová frakcia	0.0900
▪ Počiatočná NO ₃ ⁻ koncentrácia na povrchu pôdy (mg N/kg)	4.0500
▪ Počiatočná NH ₄ ⁺ koncentrácia na povrchu pôdy (mg N/kg)	0.4050

Agrotechnika

Načasovanie obrábania, sejby, zberu a aplikácie dusíkatých hnojív bolo stanovené podľa individuálnych potrieb rozdielnych plodín a aktuálnych podmienok počasia v rokoch 2000-2004. Rotácia plodín v jednotlivých rokoch, dátum sejby, zberu, a aplikácia priemyselných hnojív pre každú plodinu je na obrázku obr. 1.

Rok	Plodina	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2000	cukrová repa			37,5 ▼ 19/3	6/4							5/11	
2001	jačmeň jarný			37,5 ▼ 19/3	20/3				6/8				
2002	kukurica, pšenica ozimná			200 ▼ 13/3		30/4					30,0 ▼ 2/10	7/10	10/10
2003	pšenica ozimná			230 ▼ 20/2					25/7				
2004	slnečnica			37,5 ▼ 10/3	25/3				10/8				

plodina ← deň sejby → deň zberu

aplikácia N-hnojiva 37,5
dátum, množstvo [kg .N.ha⁻¹] 19/3

Obrázok 1: Schéma agrotechniky

Meteo dáta

Vstupné data ako denné maximálne a minimálne teploty vzduchu v °C ako aj zrážky v mm za roky 2000-2004 boli získané z agrometeorologickej stanice Katedry biometeorológie a hydrológie, Slovenskej poľnohospodárskej Univerzity v Nitre, ktorá sa nachádza v blízkosti experimentálnej plochy.

Tabuľka 1: Priemerné ročné teploty vzduchu v [°C], priemerné ročné úhrny zrážok v [mm] za roky 200-2004 a klimatický normál 1951-80 v Nitre.

Roky	Ročný úhrn zrážok [mm]	Priemerná ročná teplota vzduchu [°C]
2000	469	11,2
2001	435	10,8
2002	613	10,9
2003	318	10,9
2004	515	10,1
1951-1980	561	9,7

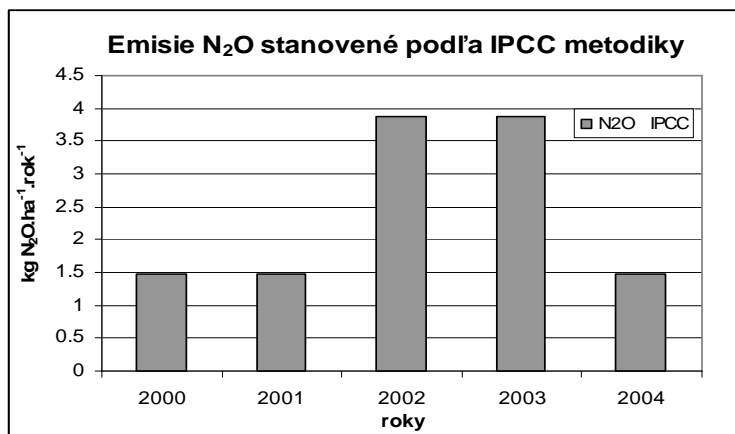
Vývoj emisií N₂O v podmienkach meniacej sa klímy

Po stanovení emisií N₂O podľa IPCC metodiky a stanovení N₂O emisií pomocou modelu DNDC za časový rad rokov 2000 – 2004 boli následne použité alternatívne scenáre teplôt a zrážok generované podľa modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM (Lapin, 2000) za časový rad rokov 2020-2039 na tom istom poľnohospodársky využívanom území pri tej istej poľnohospodárskej praxi. Tieto alternatívne scenáre nám umožnili sledovať priestorové a časové zmeny emisií N₂O vplyvom zmien teploty a zrážok a teda vplyvom zmeny budúcej klímy daného územia.

VÝSLEDKY

IPCC metodika pre stanovenie emisií N₂O z poľnohospodárstva

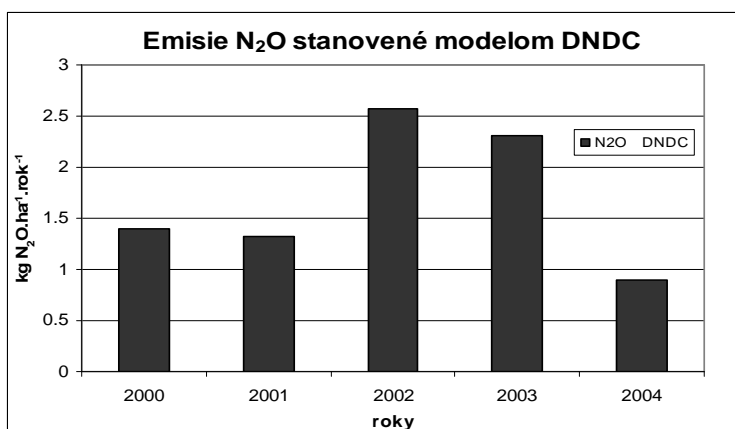
Emisie N₂O z poľnohospodársky využívaného územia nachádzajúceho sa severovýchodne od mesta Nitry (VPP-Kolíňany) stanovené podľa IPCC metodiky za časový rad rokov 2000-2004 pri danom množstve aplikovaného priemyselného N-hnojiva boli v rozsahu od 1,47 – 3,88 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹ s priemernou hodnotou 2,43 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹ (obr. 2). Medzi hodnotenými plodinami (cukrová repa, jačmeň jarný, silážna kukurica, pšenica ozimná, slnečnica) sa najväčšie emisie N₂O zistili v rokoch 2002 a 2003 pri pestovaní silážnej kukurice a pšenice ozimnej 3,88 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹.



Obrázok 2: Emisie N₂O stanovené podľa IPCC metodiky

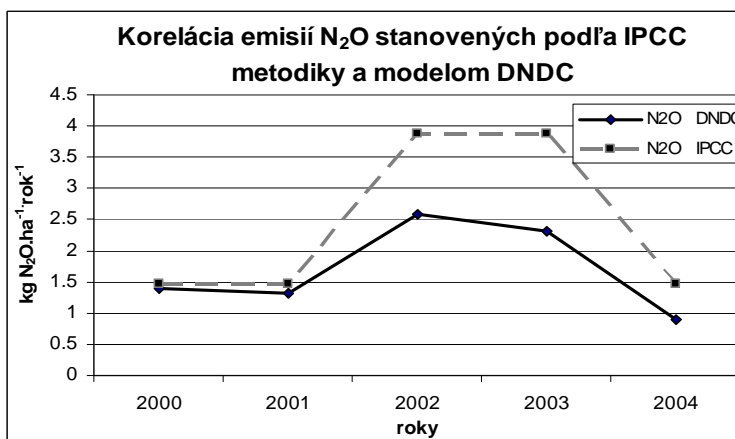
Simulácia emisii N₂O modelom DNDC

Emisie N₂O za časový rad rokov 2000-2004 stanovené modelom DNDC sa pohybovali v rozsahu od 0,9 – 2,58 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹ s priemernou hodnotou 1,7 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹ (obr. 3). Aj v tomto prípade sa najvyššie emisie N₂O zistili v roku 2002 - 2,58 kg N₂O ha⁻¹ rok⁻¹ z porastov silážnej kukurice a v roku 2003 - 2,31 kg N₂O.ha⁻¹.rok⁻¹ z porastov pšenice letnej formy ozimnej.



Obrázok 3: Emisie N₂O stanovené modelom DNDC

Následne sa podrobili obe metódy stanovenia emisii N₂O vzájomnej korelácií (obr.4).

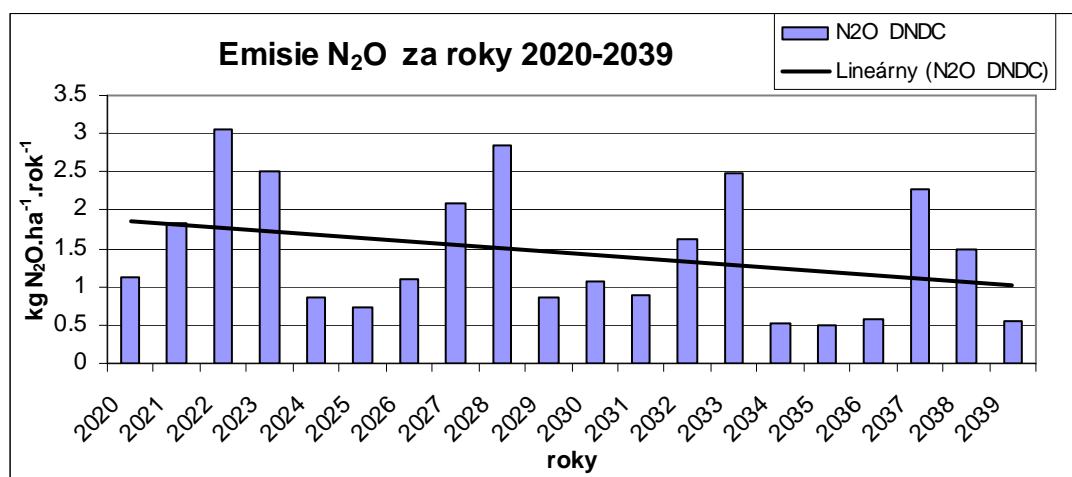


Obrázok 4: Korelácia emisii N₂O stanovených podľa IPCC metodiky a modelom DNDC

Z korelácie emisií N₂O stanovených podľa IPCC metodiky a pomocou simulácie modelom DNDC vyplýva, že emisie N₂O stanovené podľa IPCC metodiky sú v priemere vyššie o 25 % ako emisie N₂O stanovené modelom DNDC. Z obr. 4 vyplýva, že emisie N₂O úzko súvisia s množstvom aplikovaných priemyselných hnojív. V rokoch 2002 a 2003 bolo do pôdy aplikovaných až 230 kg dusíkatých priemyselných hnojív naproti rokom 2000, 2001 a 2004, kde bolo aplikovaných do pôdy len 37,5 kg dusíkatých priemyselných hnojív.

Vývoj zmien emisií N₂O v podmienkach meniacej sa klímy

Priestorové a časové zmeny emisií N₂O vplyvom zmien teploty a zrážok boli sledované použitím alternatívnych scenárov generovaných podľa general circulation model CCCM (Lapin, 2000) za časový rad rokov 2020-2039 na tom istom poľnohospodársky využívanom území pri tej istej agrotechnike. Emisie N₂O stanovené simuláciou pomocou modelu DNDC za tento časový rad majú klesajúcu tendenciu (obr.5).

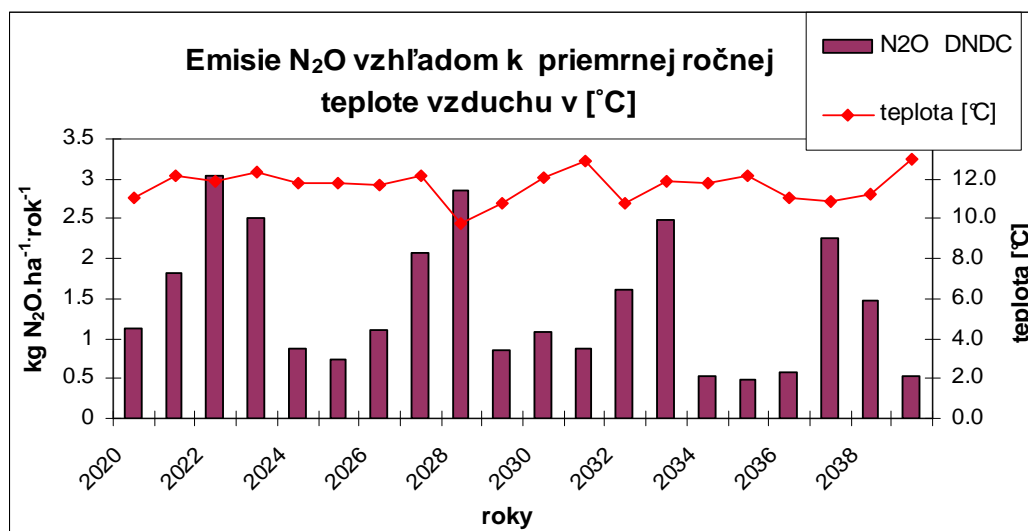


Obrázok 5: Emisie N₂O stanovené modelom DNDC za časový rad rokov 2020-2039

Tabuľka 2: Emisie N₂O stanovené modelom DNDC a ich medziročný pokles resp. nárast pre jednotlivé plodiny v rotácii

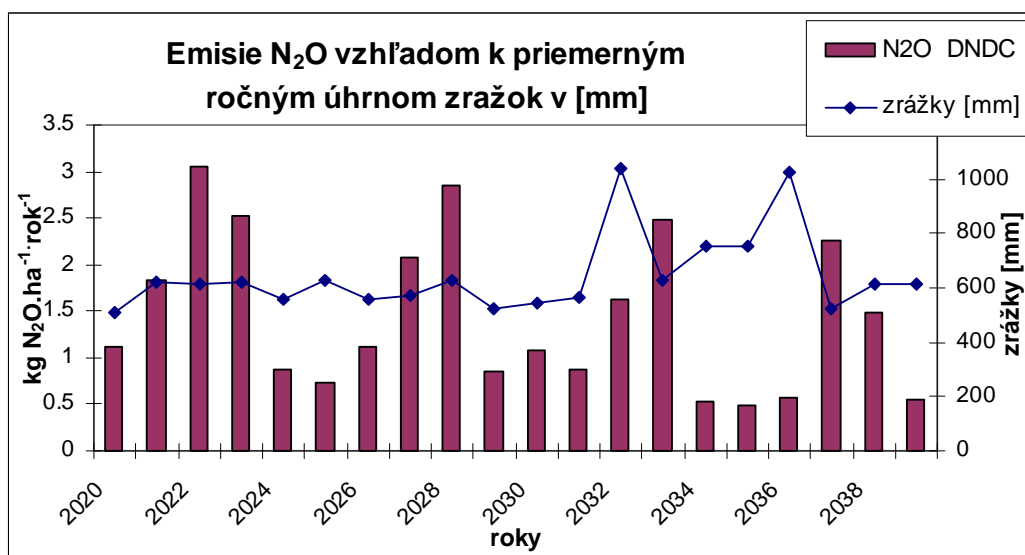
	Cukrová repa	jačmeň jarný	kukurica na siláž	pšenica ozimná	slnečnica
Rok	2020	2021	2022	2023	2024
Emisie kg N ₂ O.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	1,12	1,83	3,05	2,52	0,87
Rok	2025	2026	2027	2028	2029
Emisie kg N ₂ O.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	0,74	1,11	2,08	2,85	0,85
Medziročný pokles resp. nárast emisií N ₂ O v [%]	-34%	-79%	-32%	+12%	-2%
Rok	2030	2031	2032	2033	2034
Emisie kg N ₂ O.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	1,08	0,88	1,62	2,48	0,53
Medziročný pokles resp. nárast emisií N ₂ O v [%]	+32%	-21%	-22%	-13%	-38%
Rok	2035	2036	2037	2038	2039
Emisie kg N ₂ O.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	0,49	0,57	2,26	1,48	0,54
Medziročný pokles resp. nárast emisií N ₂ O v [%]	-55%	-35%	+28%	-40%	+2%

Podľa alternatívnych scenárov denných teplôt vzduchu za časový rad rokov 2020 – 2039 prakticky nedošlo k zmene priemernej ročnej teploty. Zmeny emisii N₂O vzhľadom k zmenám priemerných ročných teplôt sú dokumentované na obr. 6.



Obrázok 6: Emisie N₂O vzhľadom k priemernej ročnej teplote vzduchu v [°C]

Podľa alternatívnych scenárov denných úhrnov zrážok za časový rad rokov 2020 – 2039 došlo k lineárnemu nárastu priemerných ročných úhrnov zrážok z 590 mm na 700 mm. Zmeny emisii N₂O vzhľadom k zmenám priemerných ročných úhrnov zrážok sú dokumentované na (obr. 7).



Obrázok 7: Emisie N₂O vzhľadom k priemerným ročným úhrnom zrážok v [mm]

Z dokumentovaných výsledkov vyplýva, že predpokladané zmeny teploty a zrážok a teda klímy v našich podmienkach nebudú rozhodujúcim faktorom emisii N₂O do ovzdušia. Najrozhodujúcejším faktorom bude stále množstvo aplikovaných dusíkatých priemyselných hnojív.

ZÁVER

Teplota vzduchu ovplyvňuje mineralizáciu dusíka a tým aj emisie N_2O do atmosféry. Zo štúdie publikovanej v USA (Li et al, 1996) sa zistilo, že mineralizácia dusíka sa rýchlo zvyšuje so zvyšujúcou sa teplotou. Zistilo sa, že 20 % zvýšenie teploty vzduchu spôsobilo 33 % nárast emisii N_2O a 20 % zvýšenie úhrnov zrážok spôsobilo 4 % nárast emisii N_2O na poľnohospodársky využívanom území USA. Keďže za časový rad rokov 2020 – 2039 v našich podmienkach by podľa alternatívnych scenárov prakticky nemalo dôjsť k zmene priemernej ročnej teploty vzduchu a len k miernemu zvýšeniu úhrnov zrážok môžeme vysloviť úvahu, že emisie N_2O by podľa už spomenutej štúdie mali zostať na tej istej úrovni pri tej istej poľnohospodárskej praxi. Z výsledkov však vyplýva (Obr. 5), že emisie N_2O pri rotácii tých istých plodín za časový rad rokov 20020 – 2039 majú klesajúci trend. Ako už bolo uvedené pravdepodobným najrozhodujúcejším faktorom emisii N_2O do ovzdušia bude stále množstvo aplikovaných priemyselných hnojív.

Časový vývoj emitovania N_2O z našich poľnohospodárskych pôd preukazuje koreluje s časovým vývojom spotreby dusíkatých hnojív v SR. Najbližší vývoj poľnohospodárskej výroby na Slovensku predpokladá zastavenie ekonomickej recesie a začiatok preukazných temp rastu vo výrobe a následnej aj v ekonomike poľnohospodárskych subjektov. Ekonomický rast v poľnohospodárskej výrobe prinesie v najbližších rokoch postupné nárasty spotreby hnojív a z toho vyplývajúce zvýšenie intenzity emitovania N_2O z pôdy do ovzdušia (Bielek, 1998).

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol za podpory grantového projektu VEGA 1/1313/04.

LITERATÚRA:

- BIELEK, P.**, 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, Bratislava, 1998. 256 s. ISBN: 80-85361-44-2
- BOUWMAN, A.F., TAYLAR, J.A., KROEZE, C.**, 2000. Testing hypotheses on global emissions of nitrous oxide using atmospheric models. 2000. Chemosphere-Global Change Science 2, 475-492.
- CHLPÍK, J.; POSPÍŠIL, R.**, 2004. Spatial characteristic of mechanical and chemical soil properties on experimental base of Slovak agricultural University in Nitra, Kolinany. (in slovak) In: Acta fytotechnica at zootechnica, 7, 1, 2004. ISSN 1335-258-X.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1996** Climate change 1995. The science of climate change.
- LI, C., et al.**: 2001. Comparing a process-based agro-ecosystem model to the IPCC methodology for developing a national inventory of N_2O emissions from arable lands in China. In: Nutrient Cycling in Agroecosystem. 2001.60: 159-175.
- LI, CH., NARAYANA, V., HARRISS, R.**, 1996. Model estimates of nitrous oxide emissions from agricultural lands in the United States. In: Global Biogeochemical cycles. 1996. p. 297-306.
- MOSIER, A., KROEZE, C., NEVISON, C., OENEME, O., SEITZINGER S & VAN CLEEMPUT, O.**, 1998. Closing the global N_2O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle: OECD/IPCC/IEA phase II development of IPCC guidelines for nation greenhouse gas inventory methodology. Nutr Cycl Agroecosys 52: 225-248.
- ŠIŠKA, B. - IGAZ, D.**, 2005. Emissions of N_2O from agricultural sector during years 1990 –2003 in Slovakia. In: Jubilee Scientific Conference – State-of-the-art and problems of Agricultural Science and Education. Agricultural University- Plovdiv, Scientific Works, vol. L, book 6, pp. 359-364.
- LAPIN, M., DAMBORSKÁ, I., MELO, M.** (2000): Modifikované GCMs scenáre časových radov teploty vzduchu a zrážok pre Slovensko. In: Atmosféra 21.storočia, organizmy a ekosystémy, BPD 2000, Zvolen, 207-214