

**VYMÝVANIE DUSÍKA Z POĽNOHOSPODÁRSKY VYUŽÍVANÝCH PÔD
A VÝPOČET EMISIÍ OXIDU DUSNÉHO**

**ESTIMATION OF N₂O EMISSIONS FROM THE AGRICULTURAL SOILS AND
DETERMINATION OF NITROGEN LEAKAGES**

Autor: Kristína Tonhauzer

Abstrakt

Vymývanie dusíka z pôdy je nežiaduci, ale prirodzený jav. Plodiny strácajú disponibilné živiny a tým môže byť spomalený ich rast. Presná kvantifikácia množstva vymytého dusíka je náročná. Dusík sa z poľnohospodárskej pôdy vyplavuje pri splnení definovaných klimatických podmienok aj v čase, keď je pôda bez vegetácie. Cieľom článku je odhadnúť množstvo vyplaveného dusíka z poľnohospodársky využívaných pôd a pasienkov a vypočítať emisie N_2O z poľnohospodárskej pôdy za rok 2017. Odhad podielu vymytého dusíka je dôležitý pre bilancovanie emisií na Slovensku. Ak je tento podiel nízky dochádza k podhodnoteniu emisného odhadu naopak, ak je vysoký dochádza k jeho nadhodnoteniu. Medzinárodne uznaná hodnota je 30 % vymytého dusíka z celkového dusíka obsiahnutého v pôde. Keďže podmienky Slovenska sú odlišné od štandardne udávaných podmienok, článok má ambíciu spresniť túto hodnotu a nahradiť ju hodnotou národne špecifickou. Analýza bola spracovaná v prostredí GIS a databázy krajiny CORINE Land Cover za pomoci meteorologických parametrov a to množstva zrážok a evapotranspirácie, ktoré boli získané z meteorologických staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu. Emisie boli bilancované metodikou IPCC 2006 (1).

Abstract

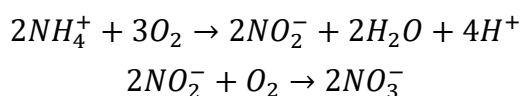
Leaching of nitrogen from soil is a very unfavourable but natural effect. The slowing growth is caused by loss of the disposable nutrients. Accurate quantification of nitrogen leakage is a challenging process. The intensive leakage occurs, when the soil is without vegetation and defined climatic conditions are met. This article aims is to quantify the amount of nitrogen leakage from the cropland and the grassland and estimated N_2O emissions from these activity in 2017. Estimation of a country-specific share of leaching nitrogen is important for emission balance from this source. The emissions are underestimated when the share is meagre, on the contrary, the high share causes the emissions overestimation. Internationally recognized share is 30%. Article would like to discover possibility for improving this share and replaced it with a country-specific share. Main analysis was processed in the Geographic Information System and CORINE Land cover database. Meteorological parameters such as precipitation and evapotranspiration were taken into consideration. The precipitation and evapotranspiration were measured at the meteorological station of Slovak Hydrometeorological Institute and emissions were estimated according to the 2006 IPCC methodology (1).

1. Úvod do problematiky

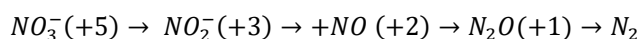
Environmentálne pôsobenie všetkých foriem dusíka emitovaných z pôdy je nesporné, pričom majú regionálny i globálny dopad. Sú predmetom nielen monitoringu a vedeckého-výskumnej činnosti, ale aj politických diskusií, z ktorých vyplývajú národné i medzinárodné politiky a opatrenia na znižovanie emisií. Emisie vznikajú najmä vtedy, keď sa naruší vytvorená a ustálená proporcionálnosť množstiev a štruktúr dusíkatých látok medzi hlavnými zložkami životného prostredia, inak povedané naruší sa prirodzený cyklus dusíka v pôde a ovzduší. Platí tu zásada, že neúmerne prehnojenie pôdy navyšuje možné straty dusíka do životného prostredia. Straty dusíka z pôdy ovplyvňujú najmä kvalitu vody a ovzdušia. Vo vzťahu k vodným zdrojom je dôležité hlavne znečistenie dusičnanmi, resp. dusitanmi. Zo znečistenia vôd dusičnanmi vyplývajú zdravotné riziká ako napríklad kontaminácia povrchových a podzemných zdrojov pitnej vody i obohacovanie vody dusíkovými zlúčeninami, tzv. eutrofizácia vôd, ktorá má za následok zvýšený rast siníc, rias a vyšších rastlinných foriem (1).

Dusík je najzastúpenejším prvkom v zemskej atmosfére, tvorí približne 78,1 %. Molekula N_2 je extrémne stabilná a nepodlieha chemickým procesom s výnimkou termosféry vo výške 90 km nad zemským povrchom, kde podlieha ionizačným chemickým procesom. Oxidy dusíka, ako napríklad oxid dusný (N_2O), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO_2), amoniak (NH_3) alebo kyselina dusičná (HNO_3), sú reaktívne a majú priamy dopad na životné prostredie ako je tvorba kyslých zrážok, vznik fotochemického smogu a oslabovanie stratosférickej ozónovej vrstvy. Oxidy dusíka NO a NO_2 existujú v dynamickej rovnováhe a ľahko sa na seba premieňajú, preto sa označujú sumárne ako NO_x ($NO_x = NO + NO_2$). Energetický priemysel a cestná doprava sú významnými zdrojmi emisií NO_x . Sektory emitujú približne 47 % emisií NO_x . Spaľovanie biomasy a mikrobiálna činnosť v pôde sú taktiež dôležitými zdrojmi emisií NO_x . V pôdnom prostredí sa na premenách dusíka podieľajú rôzne skupiny mikroorganizmov a podstatná časť dusíka /až 99%/je viazaná v organickej hmote, z ktorej sa postupne uvoľňujú rastlinám prijateľné formy $NH_4^{+}-N$ a $NO_3^{-}-N$. Amoniakálna forma sa pri nižších teplotách adsorbuje na pôdne koloidy a pri vyšších teplotách nad $10^{\circ}C$ sa nitrifikáciou postupne mení na dusičnany. Tieto sú pohyblivé s pôdnou vodou a pri ich nevyužití porastom sa ľahko vyplavujú do podzemných alebo povrchových vôd. V rámci možných premien tejto formy N sa uplatňujú aj denitrifikačné procesy, pri ktorých vznikajú plynné formy N_2 a N_2O , ktoré unikajú z pôdy, zvlášť pri nedostatku kyslíka.

NO_x , N_2O a NH_3 . Fixácia dusíka je zdrojom dusíka pre živé organizmy a je vykonávaná výlučne za pomoci baktérií. Po fixácii sa dusík asimiluje na rastlinnú i mikrobiálnu biomasu. Môže dôjsť aj k oxidácií na dusitany (NO_2^{-}) alebo dusičnany (NO_3^{-}) procesom, ktorý sumarizujú chemické reakcie (2):



NO_2^{-} a NO_3^{-} sú vedľajšími produktmi reakcií, takže významné množstvá N_2O a NO sa môžu uvoľniť do atmosféry v dôsledku nitrifikácie. Redukcia NO_3^{-} na akékoľvek iné druhy plyných oxidov (väčšinou N_2 , N_2O , NO) sa nazýva denitrifikácia (3). Denitrifikácia je anaeróbny proces, prebiehajúci najmä v pôdach, v sedimentoch a anoxických zónach, ako sú jazerá či oceány, ktorý premieňa nitráty na plynný dusík, čím sa odoberá biologicky dostupný dusík z pôdy a vracia ho späť do atmosféry (3).



Proces prebieha za prítomnosti vhodného redukčného činidla, zvyčajne organického uhlíka. Pri väčšine podmienok, keď je oxidant obmedzený, dusík sa redukuje až na úroveň molekulárneho N_2 . Ak však dostupnosť oxidačného činidla prevažuje nad dodávkou redukčného činidla, redukcia dusíka je neúplná a pomer N_2O/N_2 sa zvyšuje. To znamená, že používanie dusíkatých hnojív, ktoré sú potrebné pre intenzívne poľnohospodárstvo, zvyšuje emisie N_2O do ovzdušia (3).

Denitrifikácia v pôde nie je jediný zdroj emisií. Ďalším zdrojom emisií je vyplavovanie a odtok dusíka z pôd. Dochádza k nemu, ak je v pôde nadbytok NO_3^{-} a nedôjde k jeho fixácii vo vegetačnom systéme.

NO_3^- je teda vyplavený zrážkami do povrchových tokov. Denitrifikačnými procesmi popísanými vyššie sa NO_3^- transformuje na emisie N_2O najmä v podzemných zdrojoch, ktoré sú kontaminované oxidmi dusíka (2). K vyplaveniu dusíka nedochádza kontinuálne a plošne na celom území. Zrážky musia byť vyššie ako výpar a retenčná schopnosť pôdy udržať vodu v krajine sa rovná nule. Retenčná schopnosť pôdy udržať vodu v krajine je jednou z najdôležitejších schopností pôdy, ktorá rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje kolobeh vody v prírode a produkčnú schopnosť pôdy, je to schopnosť pôdy akumulovať vodu v pôde. Táto schopnosť závisí od parametrov pôdy, vlastností prostredia a hĺbky pôdy. Pôdnymi charakteristikami sú najmä zrnitosť, mineralogické zloženie, kvalita a usporiadanie pôdných horizontov, kvalita organickej hmoty, pôdna štruktúra a obsah. K vlastnostiam prostredia patria reliéf, svahovitosť, počasie, zrážky a výška hladiny podzemnej vody (4).

2. Materiál a metódy

Základ metodiky bol prebratý z aktuálne využívanej metodickéj príručky IPCC (Medzivládneho panelu pre zmenu klímy) z roku 2006. Tento základ bol rozšírený o klimatické údaje, ktoré sú zbierané mesačne. Výsledkom včlenenia národných údajov a špecifik do využívanej metodickéj príručky IPCC 2006 je získanie metodiky, ktorá je špecifická pre Slovenskú republiku. Za týmto cieľom bolo nutné sformulovať hlavný predpoklad, kedy dochádza k vyplaveniu dusíka vo forme dusičnanov z pôdy. Metodická príručka IPCC 2006 definuje okamih vyplavovania so stanovenými podmienkami. Prvá podmienkou je aktívne využívanie závlahových systémov, druhá podmienka je stav kedy na poľnohospodárskej pôde dochádza krátkodobo k vyšším úhrnom zrážok ako je výpar. Ak je splnený tento predpoklad tak podľa metodickéj príručky IPCC 2006 by sa mala použiť hodnota podielu dusíka vyplaveného z poľnohospodársky využívanej pôdy ($\text{Frac}_{\text{leach}}$) rovná 30 %. Pre suché územia, kde sú zrážky nižšie ako výpar (potenciálna evaporácia) je podiel $\text{Frac}_{\text{leach}}$ rovný 0, to znamená, že na tomto území nedochádza k vyplavovaniu dusíka. Výsledkom rešerše dostupných zdrojov bolo zistené, že existuje iba málo informácií, ktoré by obsahovali kvantifikáciu podielu vyplaveného dusíka z poľnohospodárskych pôd na Slovenku. V národnej bilancii emisií N_2O z vyplavovania dusíka je použitá hodnota 30%, táto hodnota je všeobecná a nezohľadňuje regionálne rozdiely a klimatické podmienky. (5)

Metodická príručka IPCC z roku 1996 nezohľadňovala suché obdobia a obdobia z vyšším úhrnom zrážok, $\text{Frac}_{\text{leach}}$ rovný 30 % bol použitý na celú plochu poľnohospodársky využívanej pôdy, z čoho vyplývala predpokladaná veľká miera nadhodnotenia emisií N_2O z tejto činnosti (2).

Základná rovnica pre výpočet emisií N_2O podľa metodiky IPCC 2006:

$$\text{N}_2\text{O}_{(L)} = \frac{(\text{F}_{\text{SN}} + \text{F}_{\text{ON}} + \text{F}_{\text{PRP}} + \text{F}_{\text{CR}}) * \text{Frac}_{\text{LEACH-H}} * \text{EF}_5}{\frac{44}{28}} \quad (1.1)$$

kde $\text{N}_2\text{O}_{(L)}$: množstvo plyných emisií N_2O v Gg za rok vznikajúcich počas vymývania v regiónoch, v ktorých dochádza k vymývaniu a erózii, F_{SN} : množstvo anorganického hnojiva aplikovaného na poľnohospodársku pôdu v kg N za rok, F_{ON} : množstvo hnoja a hnojovice vyprodukovaného počas chovu zvierat vrátane kompostu a aplikovaných kalov z čistiarní odpadových vôd do pôdy v kg N za rok, F_{PRP} : množstvo hnoja a hnojovice vyprodukovaných počas pastvy zvierat v kg N za rok, F_{CR} : množstvo dusíka z pozberových zvyškov (pod aj nad pôdou) vrátane dusíka z fixujúcich plodín v kg N za rok, $\text{Frac}_{\text{LEACH-H}}$: podiel dusíka vyplaveného z poľnohospodársky využívanej pôdy v %, EF_5 : emisný faktor pre výpočet emisií N_2O z vyplavovania, $44/28$: stechiometrický koeficient prevodu z N na N_2O .

Implementáciou podielu umelo zavlažovanej pôdy a podielu zamokrenej poľnohospodárskej pôdy bol pre potreby štúdie upravený podiel dusíka vyplaveného z poľnohospodársky využívanej pôdy $\text{Frac}_{\text{LEACH-H}}$ na národnú hodnotu:

$$\text{Frac}_{\text{LEACH-Národný}} = (\text{Frac}_{\text{irr}} + \text{Frac}_{\text{wet}}) * \text{Frac}_{\text{LEACH-H}} \quad (1.2)$$

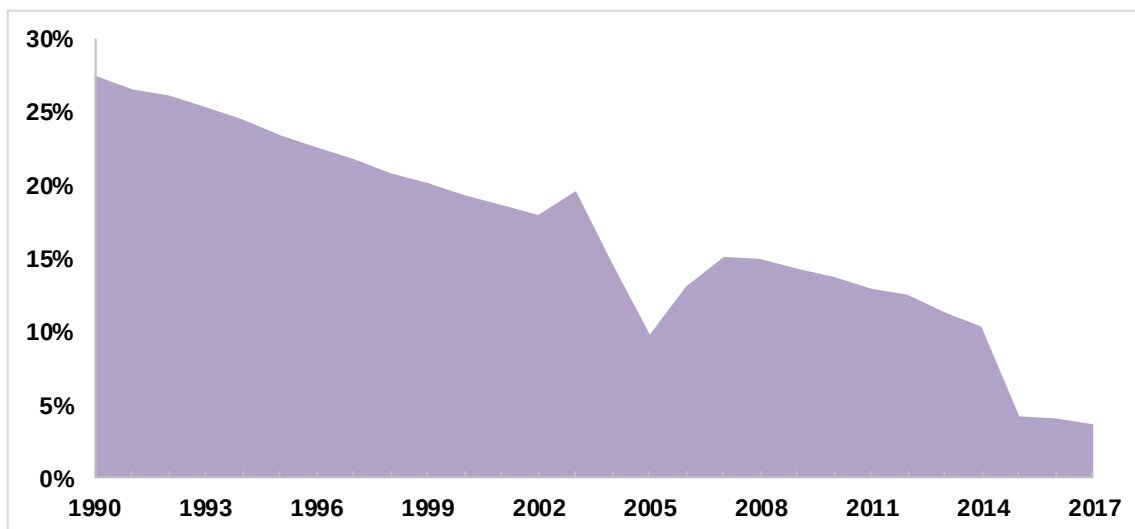
kde **Frac_{irr}**: podiel umelo zavlažovaných území k celkovej ploche poľnohospodársky využívanej pôde
Frac_{wet}: podiel vlhkých oblastí k celkovej ploche poľnohospodársky využívanej pôde v %, **Frac_{LEACH-Národný}**: národná hodnota podielu vyplaveného dusíka z poľnohospodársky využívanej pôdy v %.

2.1 Stanovenie podielu umelo zavlažovanej pôdy **Frac_{irr}**

Pre odvodnenie podielu zavlažovanej pôdy je potrebné poznať plochu zavlažovaných a území, ktoré sú využívané na pestovanie poľnohospodárskych plodín. Jediná inštitúcia, ktorá disponuje štatistikou zavlažovanej pôdy je organizácia Hydromeliorácie Slovenskej republiky š. p.. Ďalšou premenou pre získanie podielu je celková plocha využívanej poľnohospodárskej pôdy. Štatistický úrad Slovenskej republiky každoročne informuje o ploche využívanej pôdy podľa druhov pestovaných plodín. Pre správne určenie podielu zavlažovanej pôdy je dôležité odlíšiť druh zavlažovania, pri kvapôčkovej závlahy dochádza k postupnému vsiakaniu vody do pôdy a vyplavovanie dusíku sa nepredpokladá. Z tohto hľadiska by mali byť plochy zavlažované kvapôčkovou závlahou vyňaté z analýzy (2). Hydromeliorácie SR, š. p. nedisponuje informáciami o využívaní kvapôčkových závlah na území Slovenskej republiky a preto sa vo výpočte nezohľadňovali.

Pre roky 1990-2002 neboli informácie o zavlažovaní k dispozícii, preto boli dopočítané pomocou lineárnej extrapolácie. Od roku 2002 boli hodnoty prevzaté z oficiálnych štatistík. Z dôvodu zastaranosti zavlažovacej siete v Slovenskej republike sa v porovnaní s rokom 1990 znížil podiel zavlažovanej plochy o 87 %. Trend poklesu zavlažovaného územia zobrazuje **Obrázok 1**.

Obrázok 1: Podiel zavlažovaných plôch na Slovensku v rokoch 1990-2017



Pre rok 2017 predstavovala celková zavlažovaná plocha 54 421 ha, čo predstavuje iba 4 % z poľnohospodársky využívaných pôd. Podľa Eurostatu je priemer 28 krajín Európskej únie 11,3 %. V porovnaní s ostatnými členskými štátmi ide na Slovensku o podpriemernú hodnotu. Zlepšenie efektívnosti hospodárenia s vodou a rozvoj zavlažovacích systémov patrí medzi priority programu Rozvoja vidieka pre roky 2014-2020. V roku 2017 mali poľnohospodári možnosť požiadať o nenávratný finančný príspevok na obnovu zavlažovacích systémov. Do budúcnosti je možné predpokladať nárast podielu zavlažovaných plôch a zníženie veľkých medziročných výkyvov produkcie zberových plodín, ktoré sú závislé od klimatických podmienok a teda aj od nedostatku

zrážok. Podiel zavlažovaných plôch k celkovej využívanej poľnohospodárskej ploche je uvedený v **Tabuľke č. 1**.

Tabuľka č. 1: Podiel zavlažovaných plôch k celkovej využívanej poľnohospodárskej ploche

ROKY	CELKOVÁ ZAVLAŽOVANÁ PLOCHA V ha	VYUŽÍVANÁ POĽNOHOSPODÁRSKA PÔDA V ha	PODIEL UMELO ZAVLAŽOVANÝCH ÚZEMÍ K CELKOVEJ PLOCHE POĽNOHOSPODÁRSKY VYUŽÍVANEJ PÔDE FRAC _{IRR} V %	PODIEL ZAVLAŽOVANÝCH PLÔCH PODĽA EUROSTATU
1990	406 138	1473453	27,6 %	
1991	394 688	1483473	26,6 %	
1992	383 238	1465662	26,1 %	
1993	371 788	1465315	25,4 %	
1994	360 338	1471824	24,5 %	
1995	348 888	1487714	23,5 %	
1996	337 438	1492839	22,6 %	
1997	325 988	1500214	21,7 %	
1998	314 538	1506461	20,9 %	
1999	303 088	1501242	20,2 %	
2000	291 638	1507178	19,3 %	
2001	280 188	1 502 051	18,7 %	
2002	268 738	1 497 354	17,9 %	
2003	294 202	1 499 323	19,6 %	
2004	220 861	1 501 425	14,7 %	
2005	147 519	1 504 147	9,8 %	
2006	196 749	1 507 400	13,1 %	2,4 %
2007	226 548	1 507 698	15,0 %	
2008	225 436	1 507 278	15,0 %	2,0 %
2009	214 326	1 503 561	14,3 %	
2010	206 523	1 501 997	13,7 %	
2011	194 215	1 500 905	12,9 %	0,8 %
2012	187 574	1 499 568	12,5 %	
2013	168 277	1 498 986	11,2 %	
2014	154698	1 498 119	10,3 %	1,3 %
2015	62 239	1 495 789	4,2 %	
2016	60 818	1 494 900	4,1 %	
2017	54 421	1 494 566	3,6 %	
ROZDIEL OPROTÍ ROKU 1990	-87 %	1 %	-87 %	

2.2 Stanovenie podielu zamokrenej poľnohospodárskej plochy $Frac_{wet}$

Podiel zamokreného územia bol odhadnutý pomocou dostupných klimatických parametrov (evapotranspirácia, úhrn zrážok) získaných zo 42 profesionálnych meteorologických a klimatických staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu pre rok 1990-2017 (**Obrázok č. 1**). Pre potreby štúdie boli tieto údaje agregované na mesačné priemery a následne agregované na ročné priemery

Pre odhad zamokrenia územia je potrebné odhadnúť tzv. „daždivé obdobie“. Daždivé obdobie môžeme zadefinovať ako obdobie, kedy sú zrážky väčšie ako evaporácia. Základná rovnica podľa metodologickej príručky IPCC 2006:

$$\sum (P) + \sum (PE) > K \quad (1.4)$$

Ak je počas daždivého obdobia väčší úhrn zrážok (P) ako evaporácia (PE), dochádza k naplneniu kapacity zadržiavania vody v pôde K, rovnica sa upraví na:

$$\sum (P) + \sum (PE) > 0 \quad (1.5)$$

$$\frac{\sum (P)}{\sum (PE)} \quad (1.6)$$

Evaporácia (PE), je definovaná ako výpar vody z povrchu pôdy alebo vodnej hladiny, čo znamená premenu kvapalného skupenstva (voda) na plynné (vodná para) vplyvom slnečnej energie. Ďalší druh vyparovania cez rastliny, spravidla cez listy, sa nazýva evapotranspirácia (ET_0). Odparovanie na poľnohospodárskych plochách prebieha predovšetkým prostredníctvom evapotranspirácie a závisí od meteorologických podmienok, vlastností pôdy, postupov hospodárenia a typu plodín. Z toho vyplýva, že evapotranspirácia môže byť v rámci krajiny veľmi odlišná a nemôže byť vyjadrená reprezentatívnou hodnotou. Evaporácia bola pre potreby našej štúdie zamenená za ET_0 , nakoľko na analyzovaných územiach sa nachádza väčšinu roka porast.

Nahradenie PE za ET_0 :

$$\frac{\sum (P)}{\sum (PE)} > 50 \% \quad (1.6)$$

$$\frac{\sum (P)}{\sum (ET_0)} > 100 \% \quad (1.7)$$

Pre výpočet ET_0 bola použitá kombinovaná metóda Penman-Monteith. Metóda kombinuje rovnice transportu vodnej pary a tepla s rovnicou zachovania energie v systéme pôda - rastlina – atmosféra. Klasickú kombinovanú metódu navrhol Penman (1948) a neskôr modifikoval Monteith (1956). Počíta sa v nej tzv. miera potenciálnej evapotranspirácie z referenčného povrchu (ET_0). Referenčný povrch je plocha, na ktorej rastie referenčná plodina, t.j. tráva so špecifickými vlastnosťami (výška 0,12 metra, s odporom povrchu voči prenosu vodných pár $r_s = 70 \text{ s.m}^{-1}$, s albedom $a = 0,23$). Koncept referenčnej ET_0 bol zavedený na štúdium dopytu po odparení vody nezávisle od typu plodiny, vývoja plodín a postupov riadenia. Hodnoty ET_0 namerané alebo vypočítané na rôznych miestach alebo v rôznych ročných obdobiach sú porovnateľné, pretože sa vzťahujú na ET_0 z rovnakého referenčného povrchu. Jedinými faktormi ovplyvňujúcimi ET_0 sú klimatické

parametre. ET_0 vyjadruje odparovaciu silu atmosféry na konkrétnom mieste a čase, pričom sa neberú do úvahy charakteristiky plodín a pôdne faktory (5).

Z vymenovaných vzťahov bolo vytvorená priestorová analýza v geografickom informačnom systéme. Výsledná mapa je zobrazená na **Obrázku č. 2**. Červené časti mapy označujú miesta, kde nedochádzalo v roku 2017 k vymývaniu dusíka. Najsuchšie územia sú práve na nížinách. Naopak modrá, žltá a zelená časť mapy zobrazuje miesta, kde dochádzalo k vymývaniu dusíka z poľnohospodársky využívannej pôdy.

Následne boli z gridovaných údajov stanovené oblasti, v ktorých bola naplnená podmienka $\sum P / \sum ET_0 > 1$. Výsledné plochy boli prekryté vrstvou z databázy krajiny CLC 2012 Corine land cover (**Obrázok č. 3**).

Z Corine land cover 2012 databázy boli zohľadnené iba vrstvy pasienky a orná pôda. Výsledky analýzy demonštruje **Tabuľka č. 2**

Tabuľka č. 2: Výsledné plochy z analýzy GIS, ktoré boli prekryté vrstvou CLC 2012 a vrstvou klimatických údajov pre rok 2017

PLOCHA			
	ha	PODIEL K CELKOVEJ POĽNOHOSPODÁRSKEJ PLOCHE	PODIEL K CELKOVEJ PLOCHE SLOVENSKA
POĽNOHOSPODÁRSKA PLOCHA Z CORINE LAND COVER 2012	2 326 310	100 %	47,4 %
CELKOVÉ ZAMOKRENÉ ÚZEMIE POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY NA SLOVENSKU PRE ROK 2017	843 158	36,3 %	17,2 %

Analýzou zamokreného územia v CORINE databáze pre rok 2017 sme získali výslednú plochu, ktorá predstavuje 843 158 hektárov čo je 36,3 % z celkovej poľnohospodárskej plochy a 17,2 % k celkovej ploche Slovenskej republiky 4 903 760 ha. Do rovnice za hodnotu $Frac_{irr}$ bola dosadená hodnota 3,6 %, ktorá vychádza z **Tabuľky č. 1**. Celkové straty dusíka z poľnohospodárskej pôdy v dôsledku vymývania a odtoku predstavovali v roku 2017 11,95 % čo je špecifická národná hodnota pre Slovenskú republiku.

$$Frac_{LEACH-Národný} = (Frac_{irr} + Frac_{wet}) * Frac_{LEACH-H} \quad (1.7)$$

$$Frac_{LEACH-Národný} = (3,6 \% + 36,3 \%) * 30 \% \quad (1.8)$$

$$Frac_{LEACH-Národný} = 11,95 \% \quad (1.9)$$

2.4 Odhad emisií N_2O

2.4.1 Vstupné údaje

Vstupy dusíka do poľnohospodárskej pôdy podľa jednotlivých činností pre rok 2017 zobrazuje **Tabuľka č. 3**. Množstvo dusíka zo syntetických hnojív je prevzaté zo Štatistického úradu Slovenskej republiky. Množstvo dusíka z kompostu bolo odhadnuté z celkovej spotreby kompostu aplikovaného do poľnohospodárskej pôdy, údaj nám bol poskytnutý zo štatistiky Ústredného kontrolného a skúšobného ústavu poľnohospodárskeho. Dusík zanechaný na poľnohospodárskej pôde vo forme pozberových zvyškov bol odhadnutý za pomoci metodické príručky IPCC 2006. Tak isto bol odhadnutý aj dusík z pastvy zvierat (**2**).

Tabuľka č. 3: Vstupy dusíka do poľnohospodárskej pôdy v roku 2017 v tonách

DUSÍK Z MINERÁLNYCH HNOJÍV F_{SN}	122 541
DUSÍK Z ORGANICKÝCH HNOJÍV F_{ON}	23 548

MNOŽSTVO DUSÍKA Z POZBEROVÝCH ZVÝŠKOV F_{CR}	40 037
DUSÍK VYPRODUKOVANÝ POČAS PASTVY HOSP. ZVIERAT F_{PRP}	8 448
CELKOVÝ DUSÍK APLIKOVANÝ NA POĽNO. PÔDU	194 574

2.4.2 Metodika výpočtu emisií

Pre výpočet emisií N_2O bol použitý referenčný emisný faktor 0,0075 kg N_2O -N/kg N (2). Predpokladalo sa, že 12 % dusíka sa z pôdy vyplaví tak, ako bolo odhadnuté v predchádzajúcej kapitole. Emisie boli vypočítané za pomoci rovnice č. 2 (2).

$$N_2O: N_2O_{(L)} = \frac{(F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR}) * \frac{44}{28} * \text{Frac}_{LEACH-H} * \text{Frac}_{wet} * EF_5}{44} \quad (2)$$

Kde: $N_2O_{(L)}$: množstvo emisií N_2O vznikajúce počas erózie a vymývania v regiónoch, v ktorých k vymývaniu a erózii dochádza v Gg ročne, F_{SN} : množstvo dusíka aplikovaného na poľnohospodársku pôdu v kg N za rok, F_{ON} : množstvo dusíka vyprodukovaného počas chovu zvierat vrátane kompostu a aplikovaných kalov z čistiarní odpadových vôd do pôdy v kg N za rok, F_{PRP} : množstvo dusíku vyprodukovaného počas pastvy zvierat v kg N za rok, F_{CR} : množstvo dusíka z pozberových zvyškov (pod aj nad pôdou) vrátane N fixujúcich plodín v kg N za rok, Frac_{irr} : podiel umelo zavlažovaných území k celkovej ploche poľnohospodársky využívannej pôdy, Frac_{wet} : podiel vlhkých oblastí k celkovej ploche poľnohospodársky využívannej pôdy v %, $\text{Frac}_{LEACH-H}$: podiel dusíka vyplaveného z poľnohospodársky využívannej pôdy v %, EF_5 : emisný faktor pre výpočet emisií N_2O z vyplavovania, 44/28: stechiometrický koeficient prevodu z N na N_2O .

3. Výsledky a diskusia

Medzinárodne uznaná hodnota ročnej miery vymývania dusíka z poľnohospodárskej pôdy predstavuje 30 %. Analýza uvedená v tomto článku spresnila túto hodnotu pre podmienky Slovenskej republiky na úroveň 12 %. To má za následok, že množstvo vyplaveného dusíka z poľnohospodárskej pôdy za rok 2017 sa zníži z 58 Gg na 23 Gg čo predstavuje rozdiel takmer 60 % v porovnaní z konvenčnou metódou (Tabuľka č. 4).

Tabuľka č. 4: Celkový vyplavený dusík, emisný faktor a výsledné emisie N_2O z odtoku a vyplavenia

ROK 2017	VYPLAVENÝ DUSÍK (kg)	EMISNÝ FAKTOR (kg N_2O -N/kg N)	EMISIE N_2O (Gg)
EMISIE S POUŽITÍM REFERENČNÉHO Frac_{LEACH}	58 372 923	0,0075	0,688
EMISIE S POUŽITÍM NÁRODNÉHO Frac_{LEACH}	23 349 169	0,0075	0,275
ÚSPORA EMISIÍ V POROVNANÍ S REFERENČNOU HODNOTOU Frac_{LEACH}	-60 %		

4. Verifikácia údajov

Zavlažované oblasti boli rozdelené podľa definícií IPCC a na základe informácií z organizácie Hydromelióracie SR, š. p. Údaje o klíme boli prevzaté z databázy o klimatických zmenách Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ). SHMÚ spĺňa medzinárodné a národné normy kvality týkajúce sa zhromažďovania a spracovania údajov je členom Svetovej meteorologickej organizácie (WMO).

Štatistiku o zavlažovaných plochách nebolo možné overiť a porovnať, pretože iba Hydromelióracie SR, š. p. vo svojich výročných správach zverejňuje údaje o zavlažovanej ploche. Slovenský štatistický úrad takýto typ údajov nezverejňuje. Eurostat publikuje na svojich stránkach iba samotný podiel zavlažovanej plochy. Rozdiel môžeme vidieť v Tabuľke č. 1. Eurostat uvádza vo svojej databáze nižšiu hodnotu. Pre

rok 2017 údaj chýba, k dispozícii sú podiely pre roky 2006, 2008, 2001 a 2014. Ak by sme použili vo výpočte hodnotu Eurostat, výsledný $Frac_{leach}$ by bol ešte nižší.

Ak porovnáme vypočítanú hodnotu $Frac_{leach}$ s hodnotami ostatných európskych krajín zistíme, že hodnota je podobná hodnote Rakúska alebo Írska (vyznačené v **Tabuľke č. 5**) (6). Čo dokazuje, že hodnota nie je podhodnotená.

Tabuľka č. 5: Porovnanie parametra $Frac_{leach}$ s vybranými EÚ krajinami

Krajina EÚ	Rakúsko	Dánsko	Španielsko	Veľká Británia	Taliansko	Írsko	Litva
$Frac_{leach}$ v %	15,2	27,8	8,3	20,4	20,7	10,0	23,0

Zdroj: (6)

5. Záver

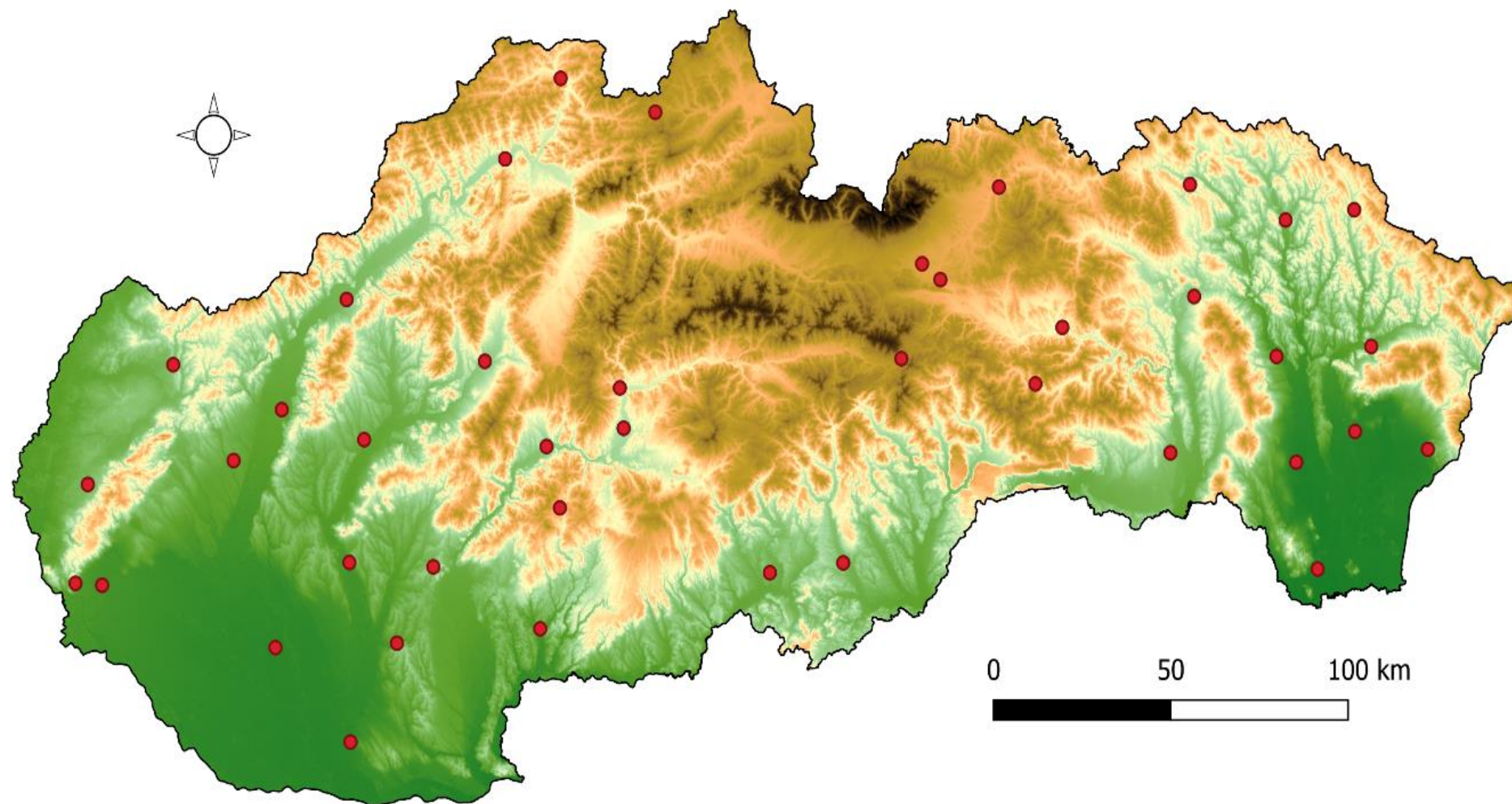
Cieľom článku bola kvantifikácia množstva vymytého dusíka a následný výpočet emisií N_2O z poľnohospodársky využívaných pôd a pasienkov za rok 2017. Množstvo vymytého dusíka v roku 2017 predstavovalo 23 Gg z plochy 843 158 ha, čo predstavuje 12 % podiel straty dusíka z pôd, v porovnaní s medzinárodne používanou hodnotou 30 %. Hodnota kvantifikovaná v tomto článku bude použitá ako národne špecifická hodnota pre rok 2017. Analýza bola spracovaná v prostredí GIS a databázy krajiny CORINE Land Cover s použitými meteorologických údajov - zrážok a evapotranspirácie na úrovni regiónov, údaje boli poskytnuté z databázy Slovenského hydrometeorologického ústavu. Emisie N_2O boli odhadnuté pomocou metodiky IPCC z roku 2006. Implementáciou národného podielu strát dusíka z poľnohospodárskych pôd sme získali úsporu emisií až 60 % v porovnaní s referenčným podielom.

**Kristína Tonhauzer, Ing., Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenský
hydrometeorologický ústav, kristina.tonhauzer@shmu.sk**

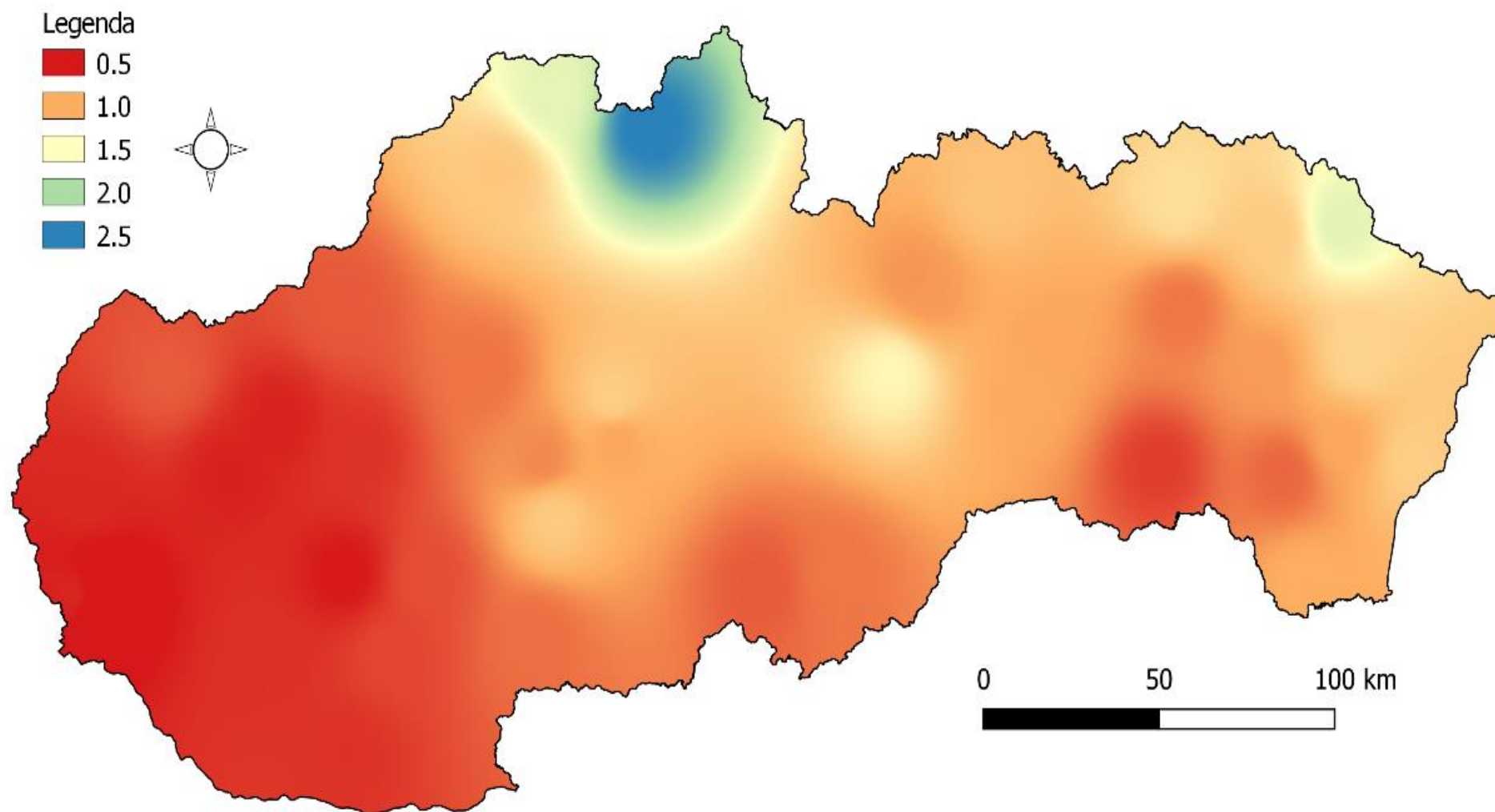
Zoznam použitej literatúry

- [1. **BIALEK, P.** *Dusík v poľnohospodárskych pôdach v Slovenskej Republike*. Bratislava : s.n., 1998.
2. **IPCC.** *Agriculture, Forestry and other Land Use Methodology Guideline*. s.l. : ISBN4-87888-032-4, 2006.
3. **Brasseur, G., P.,Orlando, J.,Tyndall, G.** *Atmospheric Chemistry and Global Change*. Oxford : Oxford University Press, 1999. 978-0195105216.
4. **MATI, R.,KOTOROVÁ, D.,NAŠČÁKOVÁ, J.** Evaluation and pricing of soil wather-retention capacities in the east slovak lowland. *Agriculture*. 55, 2009, Zv. 4, 189-196.
5. **Nations, Food and Agriculture Organization of the United.** The ETo Calculator, Evapotranspiration from a reference surface. *FAO*. [Online] [Dátum: 28. Marec 2019.] http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faowater/docs/ReferenceManualETo.pdf.
6. **Agency, European Environmental.** European Environmental Agency. *Annual European Union greenhouse gasinventory 1990–2016and inventory report 2018*. [Online] 27. Máj 2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2018>.
7. **HMI.** *National Inventory Report*. Budapešť : Hungaria Hydrometeorological institute, 2019.
8. **SHMÚ.** Slovenský hydrometeorologický ústav. *Zmena klímy*. [Online] SHMÚ. [Dátum: 21. MARCH 2019.] <http://www.shmu.sk/sk/?page=1071>.
9. **Szemesova J., a kol.** Slovak National Inventory Report. *UNFCCC*. [Online] 21. MARCH 2019. <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018>.
10. **INTERSUCHO.** Odchýlka pôdnej vlhkosti od zvyčajného stavu v období 1961 – 2010. s.l. : Ústav výzkumu globální změny AV ČR, 2019.
11. **Brutin, D.** *Droplet Wetting and Evaporation*. Marseille, France : Aix-Marseille University, 2015. 978-0-12-800722-8.

Obrázok č. 1: Sieť meteorologických staníc v Slovenskej republike



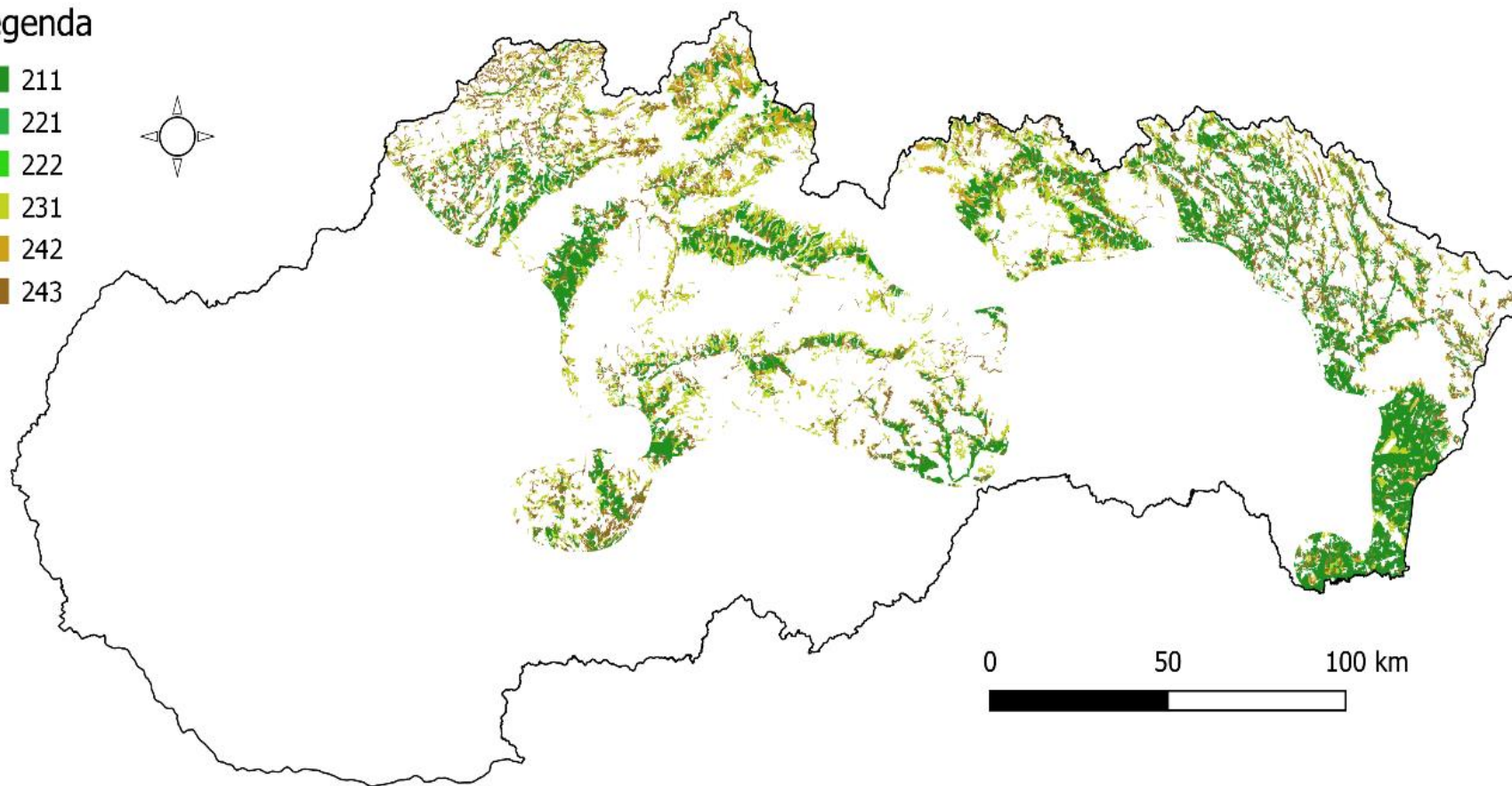
Obrázok č. 2: Podiel priemerných zrážok k priemernej referenčnej evapotranspirácii pre rok 2017 (P/ET_o)



Obrázok č. 3: Zamokrené poľnohospodárske oblasti pre podmienku $\Sigma P / \Sigma ET_0 > 1$ v Corine land cover za rok 2017

Legenda

- 211
- 221
- 222
- 231
- 242
- 243



211 – nezavlažovaná orná pôda, 221 - vinohrady, 222 - ovocné stromy a plantáže s ovocím, 231 - pastviny, 242 – komplexné vzorce pestovania, 243 - prevažne poľnohospodárske areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie