

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA  
Katedra krajinného inžinierstva

**PÔSOBENIE IMISIÍ NA POĽNOHOSPODÁRSKE PLODINY  
V AKTUÁLNYCH IMISNÝCH PODMIENKACH**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie vedecko-akademickej hodnosti *philosophiae doctor*  
vo vednom odbore: 6.1.11 KRAJINÁRSTVO

Ing. Peter Kalúz

Nitra, 2009

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre krajinného inžinierstva Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Peter Kalúz  
Katedra krajinného inžinierstva  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: doc. Ing. Karol Kalúz, CSc.  
Katedra krajinného inžinierstva  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: prof. h.c. prof. Ing. Ondrej Hronec, DrSc.  
Katedra ekonómie a ekonomiky  
Fakulta manažmentu  
Prešovská univerzita Prešov

prof. Ing. Jozef Stred'anský, DrSc.  
Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

doc. Ing. Štefan Buday, PhD.  
Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva  
Bratislava

Autoreferát bol odoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa 12.3.2009 o 11.00 h pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce vedného odboru 6.1.11 Krajinárstvo na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra krajinného inžinierstva  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
Hospodárska ul. č. 7, 949 76 Nitra

Miestnosť: ZM-02

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva.

Predseda komisie pre obhajobu vo vednom odbore 6.1.11 Krajinárstvo

prof. Ing. Jozef Stred'anský, DrSc.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

## ABSTRAKT

Poškodzovanie poľnohospodárskych plodín imisiami, bez markantných príznakov, pokračujúce aj v súčasných – aktuálnych podmienkach výrazne zlepšenej kvality ovzdušia v porovnaní s maximálnymi koncentraciami znečistenín v ovzduší v 80-tych rokoch minulého storočia, vyžaduje stálu pozornosť. Rozvinuté systémy hodnotenia účinku imisií, až po taxatívne stanovenie poškodenia, však nezodpovedajú úrovni ich obsahu v atmosfére. Ťažisko sa presúva na poškodenie, resp. zmenu podmienok stanovišťa kultúrnych plodín a sprostredkovaný vplyv na kvalitu a kvantitu úrod.

Meradlom zmeny stanovištných podmienok je, v prípade účinku imisií všeobecného typu –  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$ , vyjadrené v S a N ako aktuálna záťaž, porovnateľná s kritickou záťažou stanovišťa.

Na modelovom prípade okolia najväčšieho zdroja znečistenia oxidom siričitým na Slovensku – SE, a.s. – z. ENO Zemianske Kostolany bol vykonaný výpočet zaťaženia sírou transformáciou na prvkovú formu pričom bolo zistené, že uzančná hodnota  $30 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  (t.j. cca. 2 kekv  $\text{S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) je v okolí zdroja výrazne prekračovaná a pri zohľadnení rezistencie pôd voči acidifikácii môže viesť k poškodzovaniu úrod poľnohospodárskych plodín.

***Kľúčové slová:** imisie, poškodzovanie plodín, aktuálne koncentrácie, kritické záťaž*

## ABSTRACT

Abusing of agricultural plants by immisions without notable symptoms continues in today's – actual conditions in markedly better air quality compared with maximal concentrations of air pollution in the 80-ties of last century. Developed systems of assessment of immisions impact to the damages evaluation do not response their amount in atmosphere. The main centre changed to damages or change area conditions of cultural plants and mediate influence on quality and quantity of crop.

The scale of area changing conditions in the case of immision impact of common type is –  $\text{SO}_2$  and  $\text{NO}_x$  given in S and N like the actual burden, compared with the critical stand burden.

On the model case around the biggest source of pollution of sulfur dioxide in Slovakia – SE, a.s. – z. ENO Zemianske Kostolany was calculated the impact of sulfur

by transformation to elementary form while was found out, that the custom value of 30 kg S.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup> (aprox. ca. 2 kekv S.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>) is around the source markedly exceed and respecting the soil resistance against acidification can result to damaging the agricultural plants crop.

*Key words: immisions, abusing of agricultural plants, actual concentrations, critical burdens*

## **O B S A H**

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2 PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>6</b>
<b>3 CIEĽ PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
<b>4 MATERIÁL A METÓDY</b> .....	<b>12</b>
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>15</b>
<b>6 ZÁVER</b> .....	<b>20</b>
<b>7 VÝBER POUŽITEJ LITERATÚRY</b> .....	<b>20</b>
<b>8 VÝBER PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA SÚVISIACICH S RIEŠENOU PROBLEMATIKOU</b> .....	<b>21</b>

### **1. ÚVOD**

Škodlivé pôsobenie imisií na živé i neživé receptory v mieste pôsobenia je realitou od ich vzniku a poznania ich účinku. Prvé nepriaznivé vplyvy postupne gradovali a markantne sa prejavili už v 19. storočí popísané ako londýnsky priemyselný smog prejavujúci sa na zdraví obyvateľstva až úmrtnosťou citlivých skupín. Poškodzovanie živých organizmov a materiálov však spôsobujú aj rádovo nižšie koncentrácie produkovaných škodlivín z radu „klasických“ - oxidy síry, dusíka, tuhé znečisťujúce látky; „novoobjavených“ - polychlórované bifenyly (PCB), polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU), ozón (O<sub>3</sub>) a iné.

Pôsobenie imisií sa neobmedzuje len na priame pôsobenie. Významné škody vznikajú ovplyvnením globálnych energetických pochodov, ktorých najznámejším príkladom je skleníkový efekt pôsobením vody (vodných pár), oxidu uhličitého,

metánu, oxidu dusného a i. Tieto noxy majú nízku degradabilitu a vysokú schopnosť zotrvať v horných vrstvách atmosféry. Ich pôsobením sa energeticky bohaté krátkovlnné žiarenie zo Slnka, po odraze ako dlhovlnné nedostáva do mimozemského priestoru a zvyšuje priemerné teploty v troposfére. To vedie ku klimatickej zmene so zvyšujúcim sa výparom a kruh sa uzatvára.

Negatívny účinok skleníkových plynov nie je izolovaný. Situáciu zhoršuje narušenie ozónovej vrstvy ako dôsledku jej rozpadu pôsobením chlórovaných uhlíkov (freón 11, 12) za vzniku molekulárneho kyslíka a voľného reaktívneho chlóru ďalej rozrušujúceho ozón. Tieto ťažko regulovateľné procesy prebiehajú za stále sa zlepšujúcej situácie v produkcii a šírení imisií všeobecného typu (signifikantov znečistenia ovzdušia), čo je spôsobované regionálnym znižovaním imisného zaťaženia obmedzovaním vysokoemisných výrobní (ich recesia), alebo zavádzaním nových nízkoodpadových až bezodpadových technológií.

Vítané znižovanie imisných koncentrácií najrôznejších škodlivín vedie k domnienke, že za súčasnej situácie už škody pôsobením imisií na najrôznejšie receptory nevznikajú a problém imisií je vyriešený. Sporným zostáva, podľa tohto názoru, už len dobeh maximálneho imisného tlaku na dlhovekých kultúrach z polovice osemdesiatych rokov minulého storočia. Typický reprezentant s oneskorením poškodzovaného ekosystému je teda les. Indikácia stále vznikajúcich škôd, aj keď lesy ožívajú, defoliácia je dôsledkom ich zlého zdravotného stavu a globálne technicky nevratných zmien ich materského substrátu. Prítomnosť latentného poškodzovania, resp. podielu markantných škôd spôsobených imisiami je otáznym.

Ešte zložitejšia situácia je v prípade krátkovekých rastlín - prevažne jednoročných poľnohospodárskych plodín. Zahraničným výskumom z konca 80-tych a začiatku 90-tych rokov 20-teho storočia stanovené limitné hodnoty (prevzaté do našej legislatívy) takúto možnosť vylučujú. Aktuálne imisné koncentrácie izolovaných škodlivín aj ich synergizmus pri známom a kvantifikovanom účinku nedosahujú stanovené prahové hodnoty (podľa legislatívy limitné hodnoty). Otázka kritických záťaží pre nelesnú vegetáciu ani samostatne, ani v súvislosti s limitnými hodnotami nie je riešená. Z týchto dôvodov bola riešená grantová úloha VEGA 1/1323/04 „Vplyv znečistenia ovzdušia na poľnohospodárske plodiny v aktuálnych imisných podmienkach“, kde kombináciou limitných hodnôt a kritických záťaží bol skúmaný vplyv aktuálnej záťaže na poľnohospodárske plodiny a na grantovú agentúru MŠ a SAV bol podaný nadväzujúci projekt: „Stanovenie prahových koncentrácií znečistenia

ovzdušia pri poškodzovaní poľnohospodárskych plodín“ (č. 1/4426/07). Týmto výskumom by mala byť hodnoverne zodpovedaná otázka či a do akej miery je preukazný vplyv imisií na poľnohospodárske plodiny v súčasných imisných podmienkach čo je cieľom mojej dizertačnej práce s názvom: „Pôsobenie imisií na poľnohospodárske plodiny v aktuálnych imisných podmienkach“.

Náplňou nie je ani tak stanovenie prahových hodnôt, t.j. záťaže, koncentrácie, hodnoty vplyvu spôsobujúceho rôznou intenzitou poškodenie ekosystému (konkrétneho druhu) s n – percentilovým negatívnym dopadom; skôr ide o kvantifikáciu účinku, ktorý je potom porovnávaný s pufrujúcou schopnosťou pôdy, resp. rezistenciou porastu voči negatívnym vplyvom. Exaktné stanovenie genetických znakov pôd charakterizujúcich odolnosť pôd je náročný analytický proces (naviac finančne nákladný) a v kombinácii s fyziologickými reakciami jednotlivých poľnohospodárskych plodín je toto skúmanie prakticky nezvládnuteľné. Východiskom je modelové riešenie problému transformáciou primárneho vplyvu na receptor komplexným účinkom na prostredie – stanovište, na ktorom sa sledovaný jedinec alebo spoločenstvo v dominantnej miere vyskytuje a to pri uvážení technológie jeho pestovania alebo využívania. Zámerom dizertačnej práce je teoretické odvodenie týchto vzťahov a návrh metodického postupu riešenia problému.

## **2. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY**

Kvalita ovzdušia je ovplyvňovaná znečisťujúcimi látkami, ktoré sú definované ako akékoľvek látky vnášané ľudskou činnosťou priamo alebo nepriamo do ovzdušia a ktoré majú alebo môžu mať škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie (zák. č. 478/2002 Z. z.). Z množstva znečisťujúcich látok je pre účely hodnotenia a riadenia kvality ovzdušia vypracovaný zoznam (príloha č. 1 cit. zákona), v ktorom sú uvedené: oxid siričitý (SO<sub>2</sub>), oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>) ako oxidy dusíka (NO<sub>x</sub>), tuhé častice PM 10 a PM 2,5 (Particulate Matter), olovo (Pb), benzén (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), polyaromatické uhl'ovodíky (PAU), kadmium (Cd), arzén (As), nikel (Ni) a ortuť (Hg). Pre vybrané znečisťujúce látky z toho aspektu sú určené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí, resp. ochranu ekosystémov a vegetácie (vyhl. č. 705/2002 Z.z., príloha 1). Zvláštne postavenie má v tomto smere ozón (O<sub>3</sub>) -znečisťujúca látka posledných rokov, pre ktorú sa určujú cieľové hodnoty a dlhodobé ciele pre efektívnu ochranu zdravia ľudí a životného prostredia.

Tento výber látok znečisťujúcich ovzdušie rešpektuje systematicky budovaný automatický monitorovací systém (AMS) prevádzkovaný SHMÚ Bratislava (Szabó, Babušik, 1997). Podľa čiastkového projektu monitorovania ovzdušia v SR (SHMÚ. 1992) malo byť vybudovaných 67 automatických staníc; v súčasnosti je však v prevádzke len 25 (Správa o kvalite ovzdušia, SHMÚ, MŽP, 2001); z toho 23 monitorovalo základné škodliviny ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ , CO a prach) a na ďalších dvoch: Bratislava - Koliba a Košice - Podhradová sa sledovala len úroveň znečistenia prízemným ozónom. Tieto stanice sú umiestnené väčšinou v zaťažovaných oblastiach (podľa zrušenej vyhl. MŽP SR č. 112/1993 Z. z. o oblastiach vyžadujúcich osobitnú ochranu ovzdušia, predtým podľa usmernenia vlády SR č. 150/1974 Zb. vládou sledované oblasti). S ohľadom na špecifiká týchto oblastí sú sledované doplnkové znečisťujúce látky ( $\text{C}_x\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  a i.).

Významným prvkom monitorizačnej sústavy sú stanice zaradené do siete EMEP (Environment Monitoring and Evaluation Programme) - Ženeva 1979, 1984 (1979 Dohovor Európskej hospodárskej komisie OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia, prechádzajúcim hranice štátov a Kooperatívny program pre monitorovanie a hodnotenie diaľkového prenosu znečisťovania v Európe). Po určitých zmenách zásad pre výber monitorovacích staníc sa ich výber ustálil na 5-tich staniciach: Chopok, Topoľníky, Liesek, Stará Lesná a Starina. Merací program obsahuje odbery a analýzy plyných komponentov, atmosférického aerosólu, denných a mesačných zrážok (Správa SHMÚ, 2002).

Definícia znečisťujúcich látok (zák. č. 478/2002 Z. z.) všeobecne hovorí o látkach, ktoré môžu mať (alebo majú) škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie. Staršie členenia (Kalúz, 1989) rozoznávali tzv. znečisťujúce látky všeobecného typu ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , prach - PM) a špecifické znečisťujúce látky (F- fluór - HF, Mg - magnezitové úlety, ŤK - ťažké kovy a i.), alebo podľa ich účinku v mieste pôsobenia na kyslé, zásadité a kontaminujúce (Jonáš, 1985; Maňkovská, 1988; Grék a kol. 1991 a i.).

Novšie prístupy už nerešpektujú takéto „genetické“ členenia podľa znakov a vlastností znečisťujúcich látok, ale používajú skôr metódy „morfologické“, t.j. podľa prejavov a účinkov týchto látok na ľudské zdravie, ekosystémy, materiály až po globálne terestrické účinky skleníkových plynov vrátane ich prekurzorov. Pritom spektrum rozhodujúcich znečisťujúcich látok je zachované. Podľa EPA (2004) Six Common Air Pollutants (Šesť bežných - všeobecných znečistenín ovzdušia) sú :  $\text{SO}_2$ ,

NO<sub>x</sub>, PM, CO, O<sub>3</sub> a Pb. U týchto látok sa sleduje účinok na ľudské zdravie (respiračné problémy, kardiovaskulárne efekty, vplyv na centrálny nervový systém, kožné alergie), účinky suchej a mokrej depozície na prírodné a umelé ekosystémy - škody na pôde, vode, rastlinstve, živočíchoch, vrátane vodných; dôsledky znižovania prehľadnosti atmosféry (prestupnosti žiarenia), škody na materiáloch, stavbách a kultúrnych pamiatkach.

S uvedeným súvisí stanovovanie limitných koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší pre sledované skupiny v porovnaní s ich prirodzenými obsahmi (prírodnými), resp. požadovými koncentraciami. Zároveň je to otázka kvantifikácie vplyvu podľa empiricky zvolených hraníc znečistenia.

Oxid siričitý v minulosti najzávažnejší polutant ovzdušia a signifikant znečistenia, vzhľadom na vývoj v ostatnom desaťročí stráca túto pozíciu. Je to dôsledok opatrení prijatých v rámci medzinárodných dohôd (Dohovor EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcou hranicami štátov - Ženeva 1979, Protokol k Dohovoru o znížení emisií síry najmenej o 30 % - Helsinky 1985, Protokol o ďalšom znížení emisií síry - Oslo 1994 - redukcia o 60 % do roku 2000, o 65 % do roku 2005 a o 72 % do roku 2010 v porovnaní s rokom 1980, Protokol o znížení acidifikácie, eutrofizácie a prízemného ozónu - Göteborg 1999 - redukcia emisií SO<sub>2</sub> do r. 2010 o 80 % v porovnaní s rokom 1990).

Imisné limity, v zmysle nariadenia vlády SR č. 92/1996 Z. z., ktorým sa vykonával zákon č. 309/1992 Zb. o ochrane ovzdušia pred znečisťujúcimi látkami (zákon o ovzduší) pre humánnu sféru, IH<sub>r</sub> 60, IH<sub>d</sub> 150 a IH<sub>k</sub> 500 μg.m<sup>-3</sup> - ročná, denná a 8-hod. koncentrácia SO<sub>2</sub> sa podstatne nemenia a rešpektuje ich aj vyhláška č. 705/2002 Z.z. MŽP SR o kvalite ovzdušia s úpravou 1-hodinovej koncentrácie na 350 a 24-hod. koncentrácie na 125 μg. m<sup>-3</sup> SO<sub>2</sub> pri štandardných podmienkach (k 1.1.2005). Pritom prirodzené základné zaťaženie ovzdušia SO<sub>2</sub> je 0,5 μg.m<sup>-3</sup> (Georgi, 1978) a Tölgyessi a kol. (1977) uvádzajú v priemernom zložení suchého vzduchu obsah SO<sub>2</sub> (v % obj.) 2,0 . 10<sup>-8</sup> až 1,0 . 10<sup>-4</sup>.

Zložitejšia situácia je v prípade limitov pre ochranu ekosystémov. Extrémne koncentrácie SO<sub>2</sub> v dôsledku vrcholu emisií síry do ovzdušia na prelome 80-tych a 90-tych rokov minulého storočia boli dôvodom na taxáciu škôd spôsobenú vplyvom SO<sub>2</sub> vo vyšších zónach znečistenia (nad 40 μg.m<sup>-3</sup>), pričom sa prahové koncentrácie neurčovali (Kalúz, 2003). Takto vznikli na základe podkladov metodiky hospodárenia v imisných oblastiach (Ráček - Preiningerová, 1988) metodické pokyny



MŽVŽ ČSR z 30.6.1982 (č.j. 40-682/82 - 415) a MPVŽ č. 5518/84-PF (z 13.6.1984) s doplnením sortimentu plodín uvedenom v liste MZVŽ ČSR č.j. 781/1988-412 z 29.1.1988. Problematiku rozšírenú o taxáciu škôd na úžitkovosti zvierat, zavŕšila metodika ÚVTIZ Praha 12/92 (Němec a kol., 1992).

Kvalitatívnym zlomom, reagujúcim na zlepšujúcu sa imisnú situáciu v škodlivom SO<sub>2</sub>, bol návrh kritickej úrovne SO<sub>2</sub> - S ako ročného priemeru (Draft Manual for Mapping Critical Levels/Loads, UN ECE, 1990) s hodnotením pre ekosystémy - les 10,0, prirodzená vegetácia 10,0 a poľnohospodárske plodiny 15,0 µg.m<sup>-3</sup>, keď: kritická úroveň je najvyššie tolerovateľná koncentrácia škodliviny, ktorá ešte (spravidla) nespôsobuje poškodzovanie ekosystému. S uvedeným sa číselne stotožňuje aj vyhláška MŽP SR z 29.11.2002 o kvalite ovzdušia č. 705/2002 Z.z., keď pre ochranu ekosystémov za kalendárny rok a zimné obdobie (1.10.-31.3.) udáva ako limitnú hodnotu priemernú koncentráciu SO<sub>2</sub> 20,0 µg.m<sup>-3</sup>.

S takýmito hodnotami, aj keď v principiálnej zhode limitných koncentrácií (20,0 µg.m<sup>-3</sup>), nesúhlasia Buday, Kalúz (2003) a zavádzajú prahovú hodnotu izolovaného pôsobenia SO<sub>2</sub> (nie synergického s ďalšími znečisťujúcimi látkami) 8,0 µg. SO<sub>2</sub> . m<sup>-3</sup> v súlade s dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia podľa prílohy 2 k vyhl. č. 705/2002 Z.z. Podporným argumentom, podľa autorov je nedodržanie priemeru koncentrácií za kalendárny rok a zimné obdobie (zimné obdobie niekedy až viac násobne prevyšuje ročný priemer) a fakt, že kritické záťaže sírou, pri uvážení suchej, mokrej a skrytej depozície, prevyšujú doporučované úrovne (UN ECE, 1990). Naviac podrobné ohodnotenie kritických záťaží (ekologickej citlivosti územia) a stanovenie cieľových záťaží Slovenska pre síru (ale aj dusík, aktuálne aciditu, ťažké kovy a i.) nie je zatiaľ ukončené.

Uvedené pomery našli odraz aj v koncentráciách sledovaných parametrov na požadovaných staniciach SHMÚ uvedených v tabuľke 2.1.

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok na staniciach SHMÚ (1985-1987)

tabuľka 2.1

Stanica	SO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> -NO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Ø Prach (µg.m <sup>-3</sup> )
Chopok	3-5	3-4	17,8
Mochovce	12-16	-	49,5
Topoľníky	10-20	20-22	52,2
Milhostov	12-24	8-16	75,3
Priemyselné oblasti a mestá SR	>30	>15	-

Zdroj: Závodský, 1988

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok na pozad'ových stanicich SHMÚ v roku 2006 sú v tab. 2.2. (porovnateľné sú Chopok a Topoľníky - u ostatných došlo k zmene zaradenia do EMEP).

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok na stanicich SHMÚ (2006) tabuľka 2.2

Stanica	SO <sub>2</sub> (S) (µg.m <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (N) (µg.m <sup>-3</sup> )	Ø Prach (µg.m <sup>-3</sup> )
Chopok	0,27	0,59	7,0
Topoľníky	1,34	2,80	24,5
Starina	1,36	1,24	19,2
Stará Lesná	0,77	1,52	14,9
Liesek	2,00	1,94	23,4

Zdroj: SHMÚ Bratislava, 2007

Úroveň regionálneho znečistenia ovzdušia sa nehodnotí podľa primárnych imisných limitov, teda podľa vplyvu na ľudské zdravie, ale podľa sekundárnych imisných a depozičných limitov, čiže dlhodobého vplyvu na prírodné prostredie. Už zákon č. 309/91 Zb. o ovzduší v znení neskorších predpisov (zák. č. 478/2002 Z.z.) obsahuje kategóriu sekundárnych a depozičných limitov. V Slovenskej republike však zatiaľ neboli prijaté žiadne sekundárne ani depozičné limity.

Stanovenie sekundárnych alebo ekologických limitov vychádza z koncepcie kritických úrovní a kritických záťaží.

**Kritická úroveň (KÚ)** je najvyššie tolerovateľná koncentrácia škodliviny, ktorá ešte nespôsobuje poškodzovanie ekosystému. Kritické úrovne sa líšia pre rôzne škodliviny a rôzne ekosystémy. Draft Manual for Mapping Critical Levels/Loads, UN ECE, 1990 navrhuje tieto kritické úrovne (tabuľka 2.3)

Kritická úroveň škodlivín

tabuľka 2.3

Škodlivina	Ekosystém	KÚ [µg.m <sup>-3</sup> ]	Obdobie
SO <sub>2</sub> - S	Les	10	ročný priemer
	Prirodzená vegetácia	10	
	Poľnohospodárske plodiny	15	
NO <sub>x</sub> - N	Všetky kategórie	9	ročný priemer
O <sub>3</sub>	Všetky kategórie	50	9 až 16-h priemer (1.4.-30.9.)
		60	8-h priemer
		150	1-h priemer

Podľa Smernice Európskeho spoločenstva z roku 1992 bola kritická úroveň ozónu pre ochranu vegetácie stanovená na  $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ako 1-hodinový priemer a na  $65 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ako 24-hodinový priemer.

Kritická záťaž je depozičný ekologický limit. Predstavuje maximálne prípustnú depozičiu škodliviny v ekosystéme. Vyjadruje sa v hmotnosti deponovanej škodliviny alebo v jej ekvivalente, na jednotku plochy za jednotku času (napr.  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$ ,  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$  alebo  $\text{ekvivalent}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$ ). Je funkciou citlivosti ekosystému. Celková depozičia sa skladá zo suchej, mokrej a skrytej depozičie. Pod pojmom suchá depozičia sa rozumie záchyt plynov a častíc na povrchu, hlavne vegetáciou, mokrá depozičia reprezentuje látky, nachádzajúce sa v zrážkovej vode a skrytá depozičia je záchyt kvapiek oblakov a hmiel na povrchu, hlavne vegetácie, čo sa významne uplatňuje najmä v horách. Suchá depozičia sa počíta na základe regionálnych koncentrácií príslušnej látky a vlastností povrchu, mokrá na základe ročných koncentrácií príslušnej látky v zrážkovej vode a ročných úhrnov zrážok, skrytá z rozdielu hodnôt zo zrážkomerov umiestnených pod korunami stromov a zrážkomerov z voľného priestranstva.

Územie Slovenskej republiky je stredne ekologicky citlivé na depoziciu síry. Hodnota kritickej depozičie síry (kritická záťaž síry, korigovaná na neutralizačný vplyv bázičných kationov) na území SR predstavuje  $1-3 \text{ g S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{r}^{-1}$  alebo  $10-30 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$ . Skutočná depozičia síry však predstavuje v ostatnom desaťročí prekračovanie týchto hodnôt asi na 25 % lesných plôch. Aj napriek poklesu európskych emisií  $\text{SO}_2$  hodnoty celkovej depozičie síry sú vyššie ako kritická záťaž.

Podrobné zhodnotenie kritických záťaží (ekologickej citlivosti územia) a stanovenie cieľových záťaží Slovenska pre síru, dusík, aktuálnu aciditu, ťažké kovy atď., nie je zatiaľ ukončené. Tieto údaje sú nevyhnutné pre EIA - Environment Impact Assessment (Zhodnotenie vplyvu na životné prostredie) diaľkového prenosu znečistenia ovzdušia aj EIA štúdie veľkých nových zdrojov znečistenia ovzdušia.

### **3. CIEĽ PRÁCE**

Cieľom práce je v súlade s témou doktorandskej dizertačnej práce určiť mieru pôsobenia hlavných znečisťujúcich látok na poľnohospodárske plodiny záťažou stanovišťa v aktuálnych imisných podmienkach na príklade najpreskúmanejšej škodliviny – oxidu siričitého ( $\text{SO}_2$ ).

## 4. MATERIÁL A METODIKA

Materiál práce tvorí imisná oblasť SE, a.s. ENO, o.z. Zemianske Kostolany so svojimi charakteristikami súvisiacimi s modelovým zaťažením územia imisiami (SO<sub>2</sub>), výsledky je však možné aplikovať na celé územie SR. Metodika vychádza z transformácie sorpčnokumulatívnej metódy, ktorou sa stanovuje depozičná rýchlosť prepočtom na objemovú koncentráciu opačným postupom – matematickým modelovaním určená objemová koncentrácia sa regresnými rovnicami, resp. graficky prevedie na depozičnú rýchlosť (plošný spad) sledovanej škodliviny. Tým sa určí imisný tlak, resp. záťaž územia pre pestované plodiny v aktuálne hodnotenom období.

### Materiál

Imisnú oblasť Elektrárne Nováky reprezentuje okres Prievidza a severná časť okresu Topoľčany (Partizánske).

#### Charakteristika záujmového územia

Prevažná časť Hornonitrianskej kotliny patrí klimaticky do oblasti teplej až miernej kotlinovej klímy, charakterizovanej veľkými inverziami teplôt s mierne suchým až vlhkým charakterom. Rozpätie priemerných teplôt: január – 5°C, júl 18,5°C, priemerné ročné zrážky 600 – 800mm.

Masív Vtáčnika, Magury a Rokoša patrí klimaticky do oblasti horskej klímy mierne chladnej až chladnej, s malými inverziami teplôt a vlhkým až veľmi vlhkým charakterom počasia. Rozpätie priemerných teplôt: január – 6,5°C, júl 16°C, priemerné ročné zrážky 800 – 1100mm. Malá oblasť vrcholu Vtáčnika (1348 m.n.m.) patrí do oblasti studenej klímy, s priemernou teplotou januára -7°C a júla 13,5°C.

Oblasť Hornej Nitry sa nachádza v otvorenej kotlinovej polohe, ohraničenej z juhu a juhovýchodu pohoriami Tríbeč a Vtáčnik, zo západu Strážovskými vrchmi, z východu pohorím Žiar, ktoré na severe prechádza do Malej Fatry. Okolitá orografia zoslabuje všeobecné prúdenie vzduchu.

Priemerná rýchlosť vetra na letisku v Prievidzi je 2,4 m/s (so započítaním bezvetria), čo je na kotlinovú polohu hodnota relatívne vysoká. Rovnako výskyt bezvetria je pomerne nízky (14,8 %). Veterné pomery ovplyvňuje v prvom rade pohorie Vtáčnik (hrebeň prevyšuje údolie rieky Nitry o takmer 1000 m), čo dokumentuje

veterná ružica zo stanice Prievidza – letisko za rok 1998. Prúdenie vzduchu (smer a rýchlosť) sú podstatne ovplyvňované orografickými pomermi.

Sledovaná oblasť je veľmi členitá, nachádzajú sa v nej horské hrebene, doliny a kotliny.

Celkové prúdenie vo voľnej atmosfére, podmienené rozdelením tlaku vzduchu nad európskym kontinentom sa vplyvom orografických pomerov deformuje. Prúdenie v prízemnej vrstve kopíruje smer doliny, rýchlosť prúdenia na zúžených miestach sa stupňuje dýzovým efektom. V kotlinách sa naproti tomu prúdenie zoslabí a častejšie sa vyskytujú prípady s bezvetrím.

Emisná situácia je dokumentovaná v tabuľke 4.1.

Emisie SO<sub>2</sub> z ENO, o.z. Zemianske Kostolany za roky 1990 až 2007 tabuľka 4.1.

Rok	Emisia (t.rok <sup>-1</sup> )	Rok	Emisia (t.rok <sup>-1</sup> )
1990	104696	1999	44885
1991	85246	2000	24857
1992	76216	2001	41580 *
1993	70532	2002	35245
1994	54448	2003	42747
1995	45987	2004	30940
1996	45879	2005	39010
1997	44425	2006	37865
1998	41494	2007	32121

\* V danom polroku sa odčlenila THA – Tepláreň Handlová od ENO, o.z.

Zdroj: ENO, o.z.

#### Imisná situácia

Imisný monitoring pre oblasť ENO, o.z. je vybudovaný od roku 1988. ENO má zriadenú meraciu sieť na meranie SO<sub>2</sub> vo voľnom ovzduší pomocou sorpčnej kumulatívnej metódy (STN 038211 a STN 038204) na 15 meracích stanovištiach (Handlová, Horná Ves, Podhradie, Oslany, Skačany, Nitrica, Nováky, Vrbany, Nitrianske Rudno, Lelovce, Prievidza, Ukrinská, Lazany, Malinová, Krštenany a Bystričany). Sieť pokrýva región okresu Prievidza a siaha až po severný okraj okresu Topoľčany. Účelom merania je zistiť zaťaženie jednotlivých miest oxidom siričitým. Nevýhodou meracej siete je, že je založená na zastaranej sorpčno-kumulatívnej metóde, ktorej dolná medza detekcie je v mnohých prípadoch vyššia ako súčasne vyskytujúce sa koncentrácie SO<sub>2</sub> v ovzduší okolia ENO. Ostatné parametre – prašný spad, CO, NO/NO<sub>2</sub> a O<sub>3</sub> nie sú merané.

Okrem tejto siete, SHMÚ Banská Bystrica vybuďoval v okolí ENO automatický imisný monitoring tvorený 3 automatickými stanicami (Prievidza, Handlová a Bystričany) na kontinuálne monitorovanie imisií TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO a ďalších meteorologických veličín. Zber údajov (polhodinové, hodinové, denné, týždenné a mesačné priemery) riadi počítač a okamžité imisné hodnoty sú prístupné širokej verejnosti. Z vyššie uvedených troch meracích stanovišť dve – v Prievidzi a Handlovej sú silne ovplyvnené dopravou v samotnom meste a nedokážu monitorovať vplyv ENO, o.z. (tabuľka 4.2.).

Koncentrácie imisií všeobecného typu (v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) za roky 1994-2007 tabuľka 4.2.

Stanica	Prievidza			Bystričany			Handlová		
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Prach	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Prach	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Prach
1994	39,2	36,5	68,6	35,7	37,5	54,5	30,4	26,1	38,7
1995	36,8	46,9	76,2	28,6	28,3	41,3	32,2	27,4	40,4
1996	49,4	46,6	72,7	40,6	25,6	40,6	37,7	30,4	38,6
1997	43,8	48,4	62,1	41,6	27,3	31,2	58,8	21,4	35,7
1998	31,4	47,5	54,2	29,9	28,6	49,7	34,5	33,9	33,9
1999	24,3	32,3	58,6	22,7	40,7	56,8	28,5	27,5	36,2
2000	19,2	34,2	73,4	13,6	26,5	90,4	21,9	24,0	40,7
2001	13,9	36,9	40,5	13,0	23,2	38,1	24,0	23,6	24,4
2002	16,7	40,8	51,9	15,0	36,2	48,2	19,0	23,5	43,2
2003	17,1	38,2	55,0	12,6	29,3	50,2	15,1	28,1	32,3
2004	19,1	28,3	47,4	20,3	19,4	45,0	17,0	33,4	30,4
2005	17,5	24,0	49,2	16,7	8,7	51,2	16,7	15,1	30,3
2006	17,6	31,0	51,8	18,6	7,7	49,6	17,1	13,0	33,8
2007	11,6	-	40,1	16,3	-	33,0	11,5	-	29,4

poznámka: v roku 2007 oxidy dusíka neboli merané

Zdroj: SHMÚ Bratislava

## Metodika

Metodika vychádza z princípu nahradenia aktuálnych koncentrácií SO<sub>2</sub> (perspektívne NO<sub>x</sub>) s účinkom poškodzujúcim poľnohospodárske plodiny na konkrétnom stanovišti kritickou záťažou, resp. aktuálnou záťažou porovnanou so záťažou kritickou. Nóvum spočíva v spôsobe stanovenia tejto reálnej záťaže. A síce určením reálnych koncentrácií SO<sub>2</sub> modelovým spôsobom na základe modelu rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší a následne z koncentrácie stanovením depozičnej rýchlosti (prevod z  $\mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$  na jednotku  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Tento stav sa porovná s pufrovacou schopnosťou pôdy (produkciou bázických kationov) a určia sa hranice prekračovania kritickej záťaže v modelovom území.

Vzhľadom na rozsah záujmového územia (imisná oblasť SE, a.s. z. ENO) a počet meracích staníc ASM (Prievidza, Handlová, Bystričany), pre určenie imisnej situácie prevládajúcej škodliviny – SO<sub>2</sub>, je potrebné použiť rozptylový model (ISC 2) pre dominantný zdroj s kalibráciou pozadia na stanicu Bystričany (ďalšie dve stanice, Prievidza a Handlová, sú umiestnené v intraviláne a ovplyvnené miestnymi zdrojmi). Modelový rok pre výpočet je rok 2007.

Prevod (prepočet) objemovej koncentrácie SO<sub>2</sub> v µg.m<sup>-3</sup> na depozičnú rýchlosť (plošný spad) v mg.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (v miligramoch na meter štvorcový za deň) možno vykonať pomocou regresných rovníc alebo grafov uvedených v ČSN 028204, 038211 a ST SEV 5292-85 (resp. ČSN 038203 a ST SEV 991-78).

Prevodné rovnice sú nasledovné:

$$Y = 0,8 : C \quad (\text{podľa ISO/DIS 9223}) \quad (1)$$

$$Y = (C+10)/1,674 \quad (\text{ČSN 838211}) \quad (2)$$

kde: Y – depozičná rýchlosť (mg.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>)

C – objemová koncentrácia SO<sub>2</sub> (mg.m<sup>-3</sup>).

Depozičná rýchlosť sa potom porovná s kritickou záťažou, resp. s rezistenciou pôd (málo-, stredne rezistentné a rezistentné) podľa Něměček, Hraško (1981), Tomášek (1985) alebo Bedrna (1994).

Záverom, k tejto časti metodiky, je potrebné povedať, že určenie konkrétnej kritickej záťaže pre jednotlivé pôdne typy je nad rámec dosiahnuteľných cieľov práce a výsledkom riešenia bude určenie aktuálnej záťaže stanovišťa – pôd s kritériom skutočnej acidity 4 kekv.ha<sup>-1</sup>.r<sup>-1</sup> (Kanianská, 2000), pričom 1000 ekv S.ha<sup>-1</sup> = 16 kg.S.ha<sup>-1</sup> (1000 ekv N.ha<sup>-1</sup> = 14 kg N.ha<sup>-1</sup>) – Kunca (2008).

## 5. VÝSLEDKY

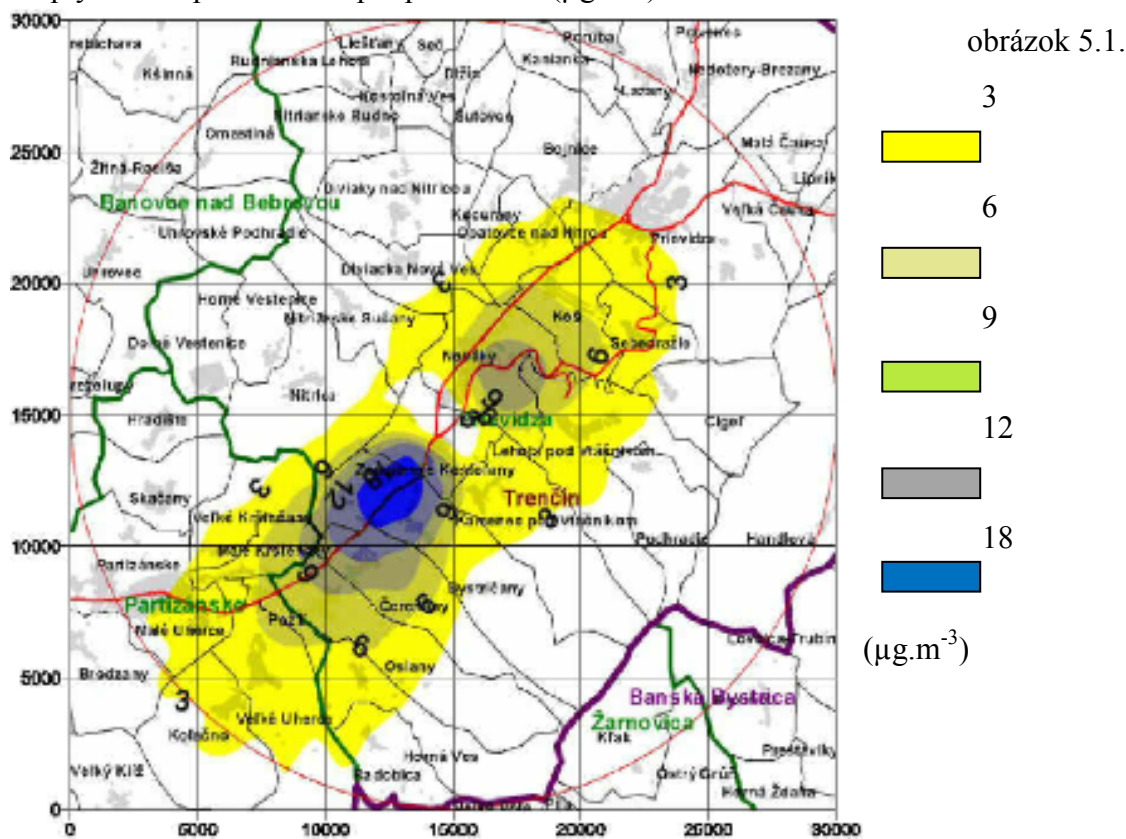
Aktuálna imisná situácia SO<sub>2</sub> na záujmovom území

Táto bola pre SO<sub>2</sub> stanovená rozptylovým modelom ISC2 (WinMODIM v. 4.1.) podľa parametrov zdroja, konkrétnych podmienok a charakteristiky územia (obrázok 5.1.).

## Určenie celkovej koncentrácie SO<sub>2</sub>

Z rozptylovej štúdie sú zrejmé podielové koncentrácie zdroja ENO. Z nich pre lokalizáciu stanice Bystričany vyplýva koncentrácia SO<sub>2</sub> 23,7 µg.m<sup>-3</sup>, pritom nameraná koncentrácia na stanici AMS je 16,2 µg.m<sup>-3</sup>, t.j. 68,4%. Pre stanicu Oslany je vypočítaná koncentrácia 7,23 µg.m<sup>-3</sup> a nameraná 8,7 µg.m<sup>-3</sup>, t.j. 83,1%. Bez ďalšieho rozboru priemerná vypočítaná koncentrácia SO<sub>2</sub> je 75,75% nameranej koncentrácie SO<sub>2</sub>.

## Rozptylová mapa imisného príspevku SO<sub>2</sub> (µg.m<sup>-3</sup>). Okolie ENO – rok 2007



Zdroj: SE, a.s., 2008

## Prepočet koncentrácie SO<sub>2</sub> na depozit síry

Prepočet koncentrácie SO<sub>2</sub> (µg.m<sup>-3</sup>) je riešený rovnicou 1 na depozit SO<sub>2</sub> (µg.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) a číselným vyrovnaním na uzančnú hodnotu depozície síry (kg.ha<sup>-1</sup>.r<sup>-1</sup>) s ekvivalentom 16 kg.S.ha<sup>-1</sup> = 1 kekv S.ha<sup>-1</sup>. Výpočet je v tabuľke 5.1. Grafické znázornenie je na obrázku 5.2.



## Aktuálna záťaž sýrou v záujmovej oblasti

tabuľka 5.1.

Súradnice		Podielová konc. SO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Celková konc. SO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Depozit SO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	Depozit S (kg.ha <sup>-1</sup> .r <sup>-1</sup> )	Záťaž S (kekv.ha <sup>-1</sup> .r <sup>-1</sup> )
X (m)	Y (m)					
0	0	1,11	1,46	1,17	10,68	0,7
0	5000	3,31	4,37	3,50	31,94	2,0
0	10000	0,58	0,77	0,62	5,66	0,4
0	15000	0,42	0,55	0,44	4,02	0,3
0	20000	0,30	0,40	0,32	2,92	0,2
0	25000	0,22	0,29	0,23	2,10	0,1
0	30000	0,14	0,18	0,14	1,28	0,1
5000	0	1,51	1,99	1,59	14,51	0,9
5000	5000	4,01	5,29	4,23	38,60	2,4
5000	10000	2,75	3,63	2,90	26,46	1,7
5000	15000	0,96	1,27	1,02	9,31	0,6
5000	20000	0,78	1,03	0,82	7,48	0,5
5000	25000	0,72	0,95	0,76	6,94	0,4
5000	30000	0,55	0,73	0,58	5,30	0,3
10000	0	2,42	3,19	2,55	23,27	1,5
10000	5000	6,16	8,26	6,61	60,32	3,8
10000	10000	13,00	17,16	13,73	125,29	7,8
10000	15000	2,68	3,54	2,83	25,82	1,6
10000	20000	1,74	2,30	1,84	16,79	1,0
10000	25000	0,90	1,19	0,95	8,67	0,5
10000	30000	0,27	0,36	0,29	2,65	0,2
15000	0	0,86	1,14	0,91	8,30	0,5
15000	5000	1,85	2,44	1,95	17,79	1,1
15000	10000	5,20	6,86	5,49	50,10	3,1
15000	15000	0	0	0	0	0
15000	20000	3,35	4,42	3,54	32,30	2,0
15000	25000	1,28	1,70	1,36	12,41	0,8
15000	30000	0,62	0,82	0,66	6,02	0,4
20000	0	0,42	0,55	0,44	4,20	0,3
20000	5000	0,94	1,24	0,99	9,03	0,6
20000	10000	1,86	2,46	1,97	17,98	1,1
20000	15000	5,17	6,83	5,46	49,82	3,1
20000	20000	4,60	6,07	4,86	44,35	2,8
20000	25000	2,74	3,62	2,90	26,46	1,7
20000	30000	0,66	0,87	0,70	6,39	0,4
25000	0	0,23	0,30	0,24	2,19	0,1
25000	5000	0,56	0,74	0,59	5,38	0,3
25000	10000	1,24	1,64	1,31	11,95	0,7
25000	15000	2,19	2,89	2,31	21,08	1,3
25000	20000	2,01	2,65	2,12	19,35	1,2
25000	25000	1,53	2,02	1,62	14,78	0,9
25000	30000	0,67	0,88	0,70	6,39	0,4
30000	0	0,21	0,28	0,22	2,01	0,1
30000	5000	0,30	0,40	0,32	2,92	0,2
30000	10000	1,11	1,47	1,18	10,77	0,7
30000	15000	0,95	1,25	1,00	9,13	0,6
30000	20000	0,99	1,31	1,05	9,58	0,6
30000	25000	0,74	0,98	0,78	7,12	0,4
30000	30000	0,51	0,67	0,54	4,93	0,3

## Vymedzenie územia s prekročením kritickej záťaže sírou

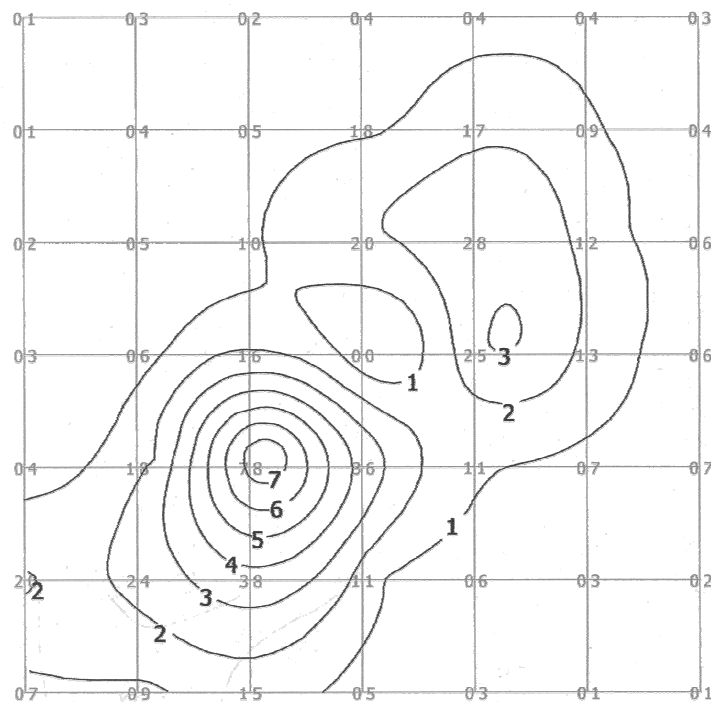
Východiskovým pracovným materiálom je pôdna mapa záujmovej oblasti. Identifikované pôdne typy boli podľa rezistencie voči acidifikácii rozdelené do troch skupín:

- rezistentné: čiernice, fluvizeme, rendziny
- stredne rezistentné: kambizeme, luvizeme, pseudogleje
- málo rezistentné: gleje, litozeme a rankere, regozeme.

Základom pre takéto delenie je pedologická charakteristika jednotlivých pôdných typov (Šustykevičová 1998, Kobza 1999).

Zaťaženie prostredia sírou ( $\text{kekv} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$ ) v roku 2007

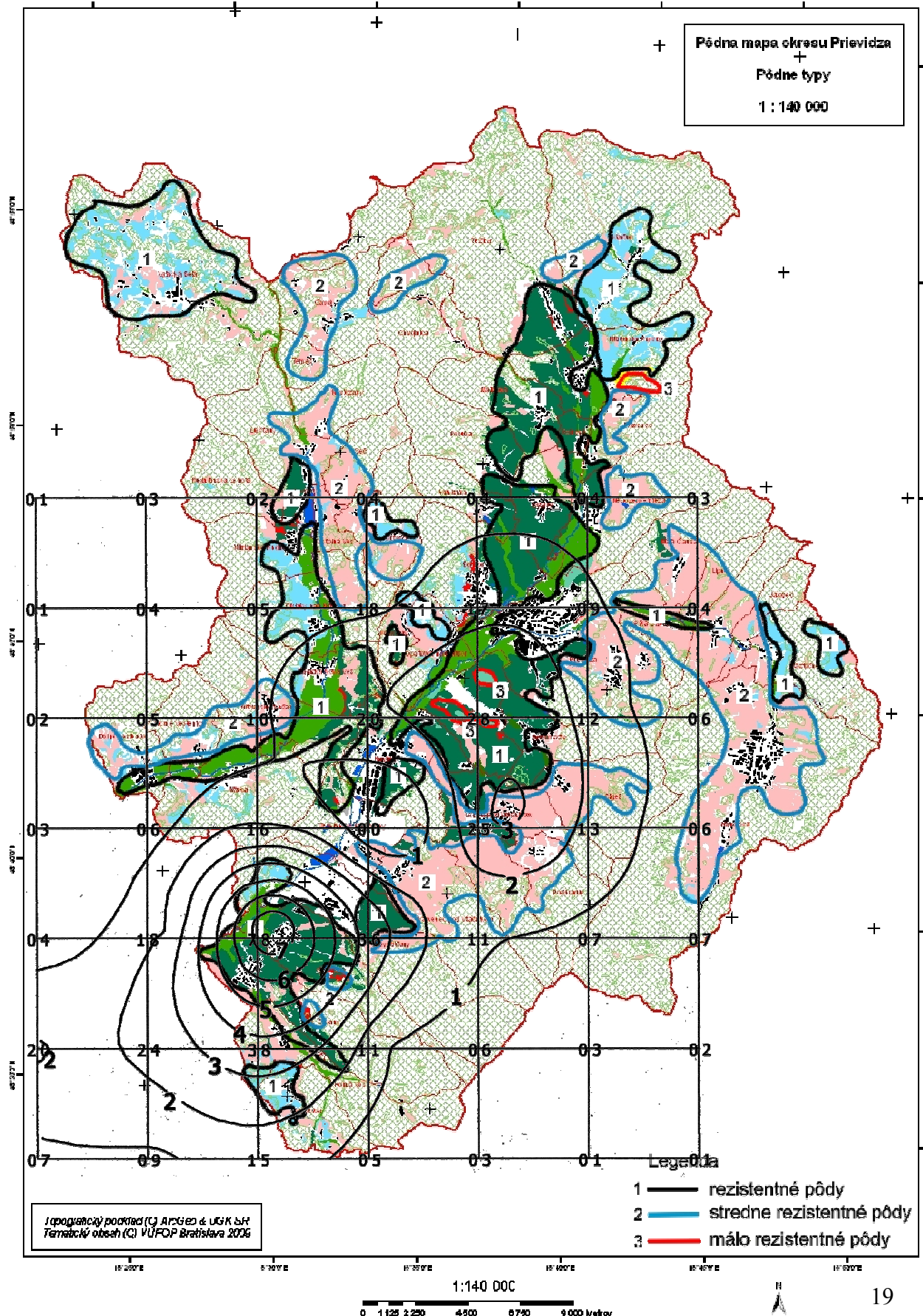
obrázok 5.2.



Výsledkom je aplikácia schémy z obrázku 5.2. na konkrétne pôdne podmienky zjednotenia rezistencie stanovišťa podľa Bedrnu (1994) a Něměčka – Hraška (1981). Táto klasifikácia zodpovedá Skoklosterskej klasifikácii uvoľnenia báz z materského pôdotvorného substrátu (Kunca, 2008). Výsledkom je určenie najzaťaženejších pôd s určením ich rezistencie (obrázok 5.3.). Námetom na diskusiu zostáva výška kritickej záťaže acidity – celkove  $4,0 \text{ kekv} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  (Kanianska, 2000), keď vplyv nitrózneho acidifikantu nie je kvantifikovaný. Na zváženie zostáva veľmi hmlistý odhad pomeru 3:1,  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  t.j. kritická záťaž síry  $3,0 \text{ kekv} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  zodpovedá kritickej záťaži síry

a dusíka sumárne. To znamená, že podľa obrázku 5.3., bez ohľadu na rezistenciu pôd, je územie ohraničené izolíniou 3,0  $\text{kekv S}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  považované za extrémne ohrozené.

Situovanie pôd podľa rezistencie v jednotlivých zónach zaťaženia obrázok 5.3.



## 6. ZÁVER

Problematika imisného pôsobenia na poľnohospodárske plodiny (lesné porasty a všeobecne na ekosystémy) znižovaním koncentrácií znečistenín v ovzduší stráca na dôležitosť. Trendy ovplyvnenia recesiou výroby v minulosti, zavádzaním bezodpadových technológií, rekonštrukciou filtračných systémov a technologickými zmenami výrobných procesov sú významným argumentom v tomto priaznivom hodnotení. Svetová globalizácia výroby a spotreby v procese prerozdelenia zdrojov, výrob i odpadov zhmotnená v trhu so všetkým a pre každého určuje aj trendy v obchodovaní s emisiami. Paradoxy najvyspelejších ekonomík nerešpektovaním svetových výziev a dohôd s právom rozvojových krajín na emisiu škodlivín (alebo ich predaj) vedú k zhoršovaniu nádejí na prežitie nasledujúcich generácií. Dôvodom zhoršovania síce nie markantných, ale pôsobiacich vplyvov nie je samotný účinok, ale zhoršenie prostredia prežívajúceho druhu, vrátane človeka. Podľa tézy všetko so všetkým súvisí, sa nepochybne budeme stretávať s dôsledkami, niekedy neuvážených, aktivít častejšie v záujme extenzívneho vývoja nedocenených dôsledkov zhoršovania životného prostredia.

Príkladom týchto tendencií je prebiehajúca klimatická zmena. Ona je dôsledkom, ale aj faktorom ďalšieho vývoja. Stojí teda za uváženie trend jej vývoja. Nepochybne klimatická zmena objektívne zvyšuje citlivosť ekosystémov na ďalšie nepriaznivé vplyvy; v prípade imisií výrazne zvyšuje hranice kritických záťaží, t.j. posúva ich na nižšie hodnoty, ktoré boli za priaznivého kondičného stavu akceptovateľné. Očakáva sa aj fakt, že samotná klimatická zmena, ako dôsledok nevládnutej imisnej situácie a tým aj záťaže, bude mať výrazne väčší vplyv na naše prežívanie ako aktuálne emisie škodlivín. V každom prípade stávajúca situácia si vyžaduje ďalšie systematické štúdium a každý, čo i len najmenší poznatok vedúci k zlepšeniu stávajúcej situácie je nadmieru cenný.

## 7. VÝBER Z POUŽITEJ LITERATÚRY

1. Air pollution in the Slovak Republic 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, SHMÚ - MŽP SR Bratislava 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007
2. BEDRNA, Z., 1994: Resistibility of Landscape to acidification, *Ekológia*, 13, s. 77-86.

3. BUDAY, Š., KALÚZ, K., 2003: Oceňovanie náhrad škôd spôsobených imisiami na poľnohospodárskej pôde a v poľnohospodárskej výrobe, metodika VÚEPP Bratislava, SPU Nitra, rkp. 2003, 12 s.
4. ČSN 038203 (eqv ST SEV 991-78) Klasifikace korozní agresivity atmosféry
5. ČSN 038211 (Ev ST SEV 5292-85 Korozní agresivita atmosféry. Metody měření znečištění oxidem siřičitým. 1984, 1988
6. GALBA, J., 1987: Prízemné koncentrácie SO<sub>2</sub> na Ponitří a ich vzťah k rastlinnej výrobe, Poľnohospodárstvo 6/33, s. 517- 528.
7. GALBA, J., 1989: Meranie znečistenia atmosféry oxidom siričitým metódou sorpčnokumulatívneho stanovenia (ČSN 03 8211) rkp. KCH VŠP Nitra, 1989, 4 s.
8. KALÚZ, K., 2003 : Hodnotenie koeficientov obmedzení na imisne ohrozenom pôdnom fonde, Bioklimatologické pracovné dni 2003, Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatologických systémoch, SPU v Nitre, CD, ISBN 80-8069-244-0
9. KALÚZ, K., 2003: Poškodzovanie poľnohospodárskych plodín v aktuálnych imisných podmienkach, Zb. Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka, SPU Nitra, 2003, s. 367 - 368, ISBN 80-8069-246-7
10. KANIANSKA, R., 200: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov. Ed. PEDODISERTATIONES, VÚPOP Bratislava, 95 s.
11. KUNCA, V., 2008: Imisné ekologické limity z pohľadu hodnotenia stability vybraných ekosystémov na Slovensku, hab. práca, SPU v Nitre, 85 s.
12. NĚMEČEK, J., HRAŠKO, J., 1981: Pôdny fond ČSSR a jeho acidita, ZB. ref. z II. celoštátnej konferencie „Optimalizácia pôdnej reakcie“, Štrbské Pleso, s. 3-21.
13. SZABÓ, G., 1997: Metodika výpočtu znečistenia ovzdušia zo stacionárnych zdrojov, Zb. prác SHMU Bratislava, zv. 40, 1997, 155 s.
14. TOMÁŠEK, M., 1985: Odolnosť pôd proti účinku kyslých zrážok, Úroda 3/11. s. 1179-1186.
15. ZÁVODSKÝ, D., PUKANČÍKOVÁ, K., 1995: Mapovanie kritických úrovní a kritických záťažů Slovenska, Bull. SMS pri SAV, VI/3, s. 18-22.

## **8. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA**

Kalúz, P.: Náhrady škôd spôsobených imisiami na ohrozenom pôdnom fonde, DS, SPU v Nitre, 2005, 54 s.

Kalúz, P.: Kvantifikácia škôd spôsobených imisiami, ŠVK 2005, SPU v Nitre, 12 s.

Kalúz, K., Kalúz, P., 2005: Majetková ujma a ekonomická škoda v imisných oblastiach, Ab. konf Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Ed.: Jaroslav Rožnovský, Tomáš Litschman, ČBS – ČHMÚ, Křtiny, s. 41, ISBN 80-86690-31-08

Kalúz, K., Kalúz, P.: Aktívna eliminácia pachov z ustajnenia hospodárskych zvierat, 1. medzinárodné vedecké hydinárske dni, SPU v Nitre, 2005, s. 67, ISBN 80-8069-575-x

Kalúz, K., Kalúz, P.: Vplyv ovzdušia na kvalitu a kvantitu poľnohospodárskej produkcie, Ab. konf. Realizáciou poznatkov vedy a výskumu k trvalo udržateľnému poľnohospodárstvu, Michalovce, 2005, s. 324-329, ISBN 80-88790-40-9

Kalúz, K., Kalúz, P.: Stanovenie výšky náhrad škôd spôsobených imisiami, Zb. VII. Aj. SSPLPV SAV, Bratislava, 2005, s. 63-64, ISBN 80-227-2308-8

Miškolciová, I., Kalúz, P., 2005: Kvantifikácia imisných záťaží matematickým modelovaním, Zb. konf. Realizácia poznatkov vedy a výskumu k trvalo udržateľnému poľnohospodárstvu, Michalovce, 2005, s. 333-335, ISBN 80-88790-40-9

Kalúz, K., Kalúz, P., 2006: Obmedzenia v hospodárení na poľnohospodárskej pôde, Zb. konf. K otázkam poľnohospodárskej politiky EÚ, Račková dolina, s. 6770, ISBN 80-8069-688-8

Kalúz, P., 2007: Obmedzenie platnosti limitných hodnôt pri hodnotení znečistenia ovzdušia, ŠVK 2007, SPU v Nitre, 12 s.