

**HODNOCENÍ EFEKTIVITY SNIŽOVÁNÍ  
EMISÍ AMONIAKU,  
PŘÍSTUPY A ZKUŠENOSTI  
U NÁS A V ZAHRANIČÍ**

**Miloš Zapletal, Petr Chroust**

*EKOTOXA s.r.o., Centrum pro životní prostředí a hodnocení krajiny*

**Emise amoniaku** jsou uváděny jako jeden z nejvýznamnějších problémů v ochraně ovzduší, např. v programu Čisté ovzduší pro Evropu (CAFE).

**Amoniak má zásadní vliv na acido-bazickou rovnováhu biosféry.**

**Amoniak se podílí na vzniku sekundárních suspendovaných částic, významně ovlivňujících zemské klima a okyselování a eutrofizaci ekosystémů.**

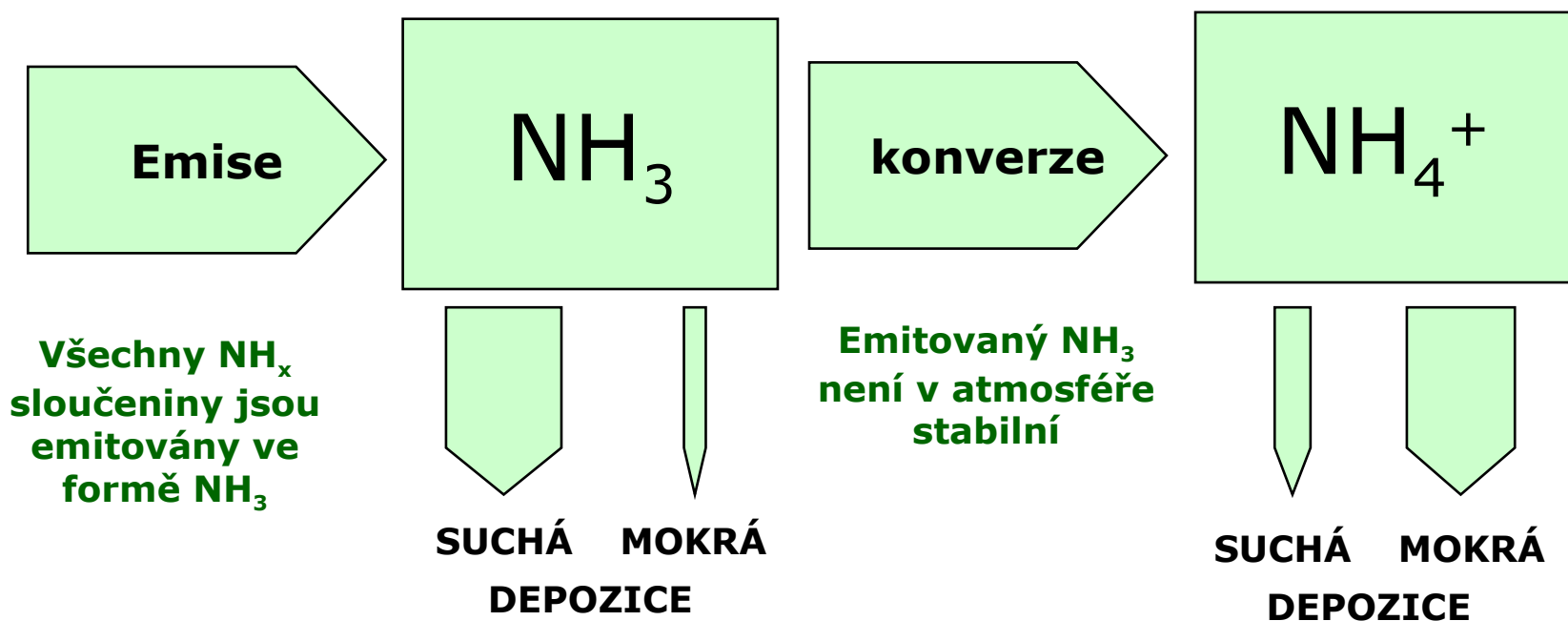
**Vyšší koncentrace amoniaku poškozují sliznici, dráždí horní cesty dýchací a plíce, ztěžují ventilaci plic a zhoršují choroby cest dýchacích.**

**Amoniak patří mezi polutanty vyskytující se současně**

**v plynné fázi ( $\text{NH}_3$ ),**

**i ve formě amonných iontů v atmosférických aerosolech (jako  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ).**

## Podíl emisí amoniaku na suché a mokré depozici $\text{NH}_3$ a $\text{NH}_4^+$ .



**Emise amoniaku jsou více deponovány v blízkosti svého vzniku ve formě  $\text{NH}_3$ . 10 – 30 % emitovaného amoniaku je deponováno do jedné hodiny.**

**Množství emisí amoniaku je transportováno na dlouhé vzdálenosti ve formě  $\text{NH}_4^+$  a deponováno prostřednictvím srážek.**

**Modelové odhady do roku 2020:**

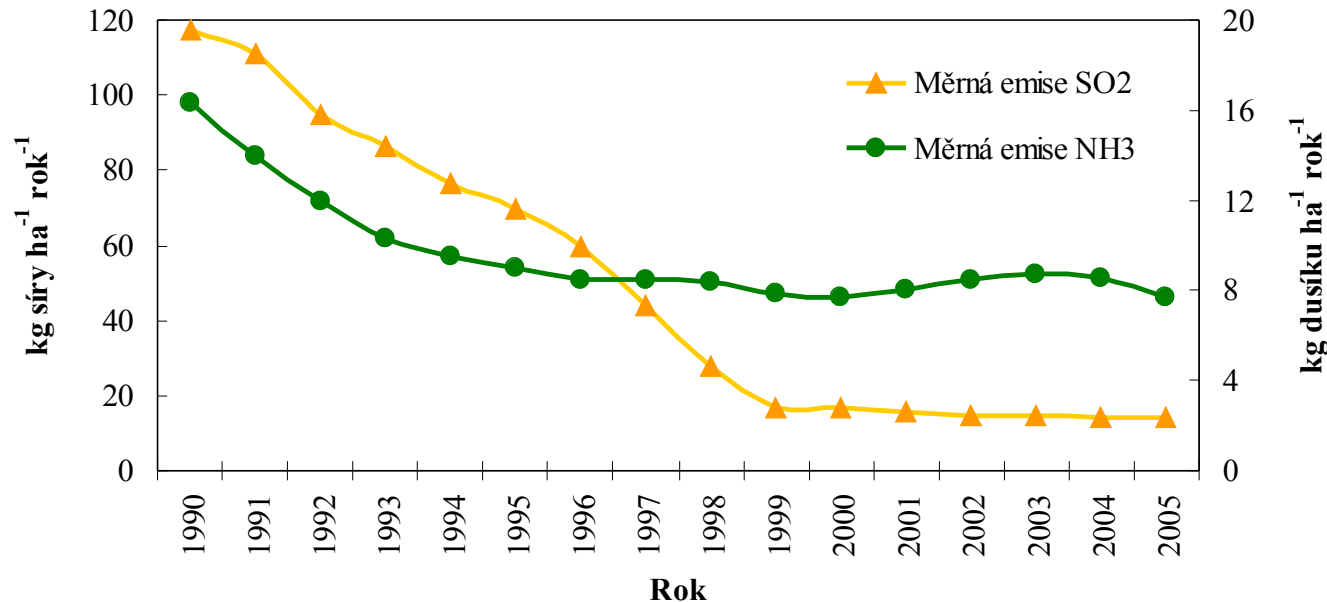
**Přibližně polovina poškození ekosystémů** bude v Evropě spojena s emisemi amoniaku (v důsledku působení acidifikace, eutrofizace a aerosolů).

**Evropská komise, cíl do roku 2020:**

**Snížit ztráty očekávané délky života v důsledku působení suspendovaných částic ... a snížení plochy, kde atmosférická depozice překračuje kritické zátěže pro acidifikaci a eutrofizaci.**

**Pro splnění těchto cílů je třeba v Evropě snížit emise amoniaku o 27 %.**

# Vývoj emisí amoniaku a oxidu siřičitého v ČR v letech 1990 - 2005



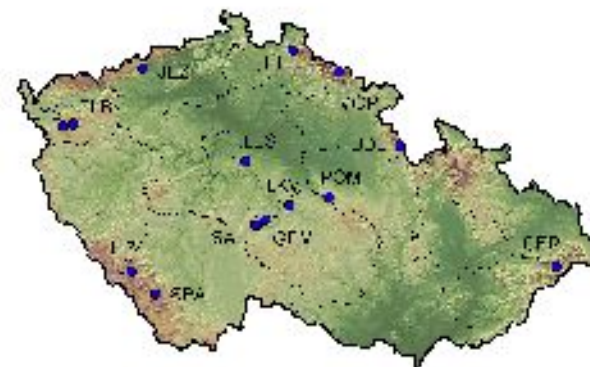
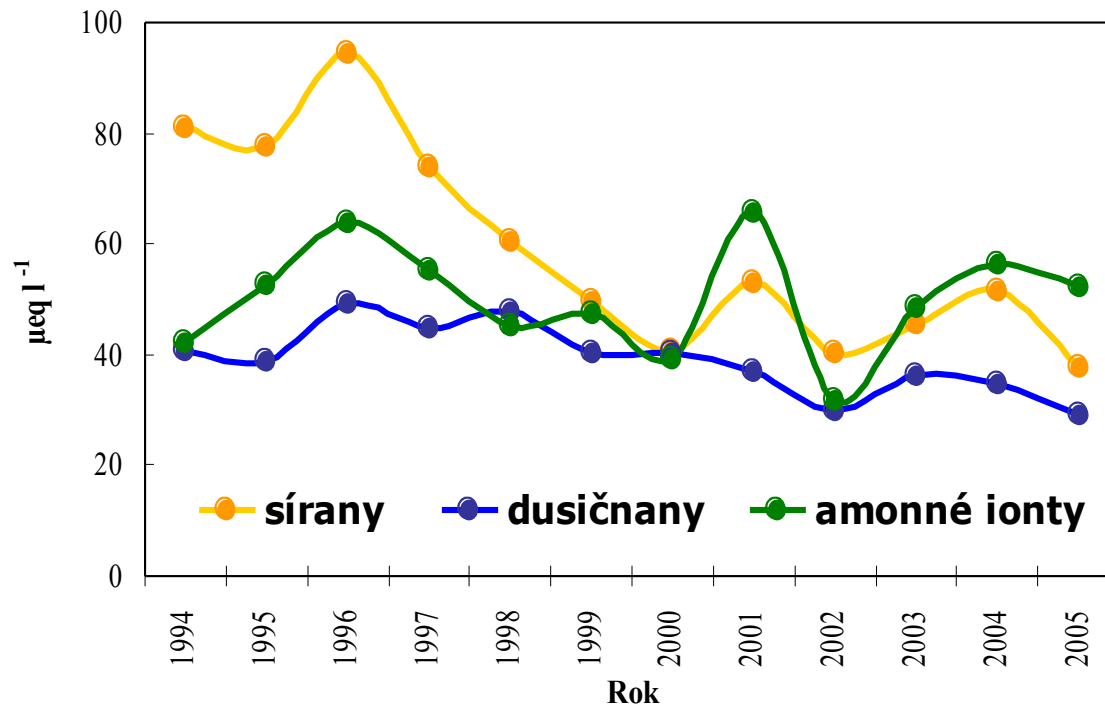
**Pokles emisí oxidu siřičitého a emisí amoniaku nebyl rovnoměrný.**

**Emisní strop pro amoniak k roku 2010 (80 kt NH<sub>3</sub>) je plněn.**

**Jak se snižování emisí amoniaku projevuje? Je snižování emisí amoniaku tak efektivní, jak je očekáváno?**

# Vývoj koncentrací síranů, dusičnanů a amonných iontů ve srážkách

(stanice GEOMON  
Česká geologická služba)

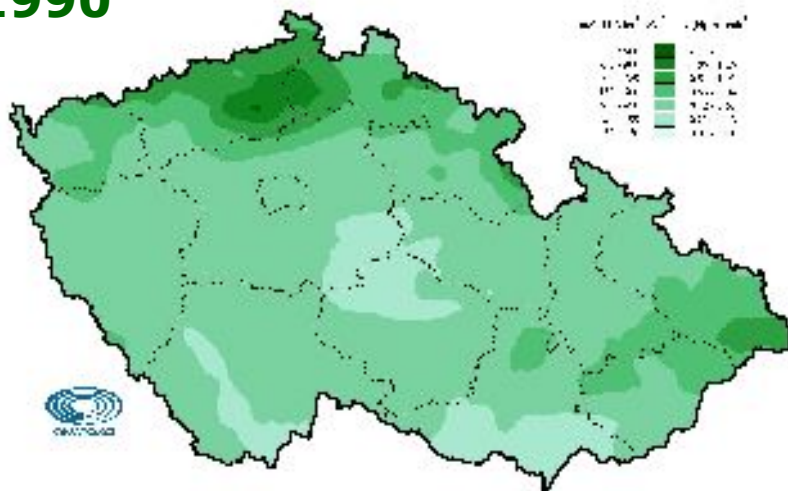


Na lizu LIZ, Spálenec SPA,  
Lysina LYS a Pluhův bor PLB,  
Jezeří JEZ, Uhlířská UHL,  
Modrý potok MOP, U dvou  
louček UDL, Červík CER,  
Anenský potok GEM, Salačova  
Lhota SAL, Loukov LKV,  
Polomka POM, Lesní potok LES

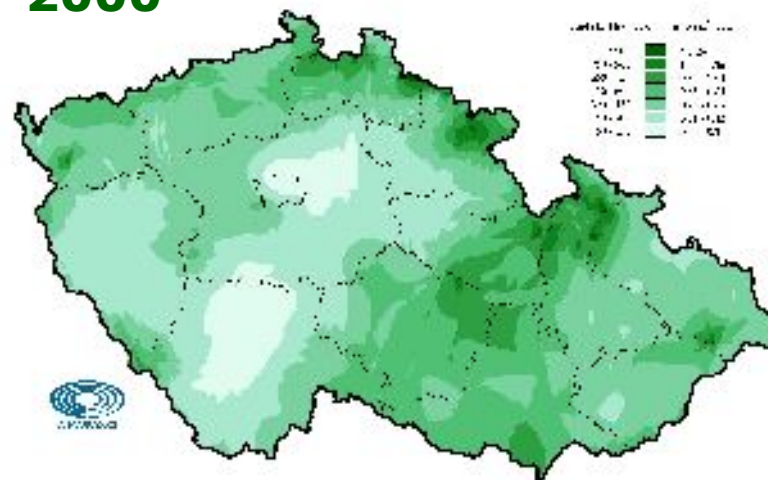
**Nebyl zaznamenán výrazný pokles měřených koncentrací amonných iontů ve srážkách.**

# Mokr depozice amonných iontů (1x1 km)

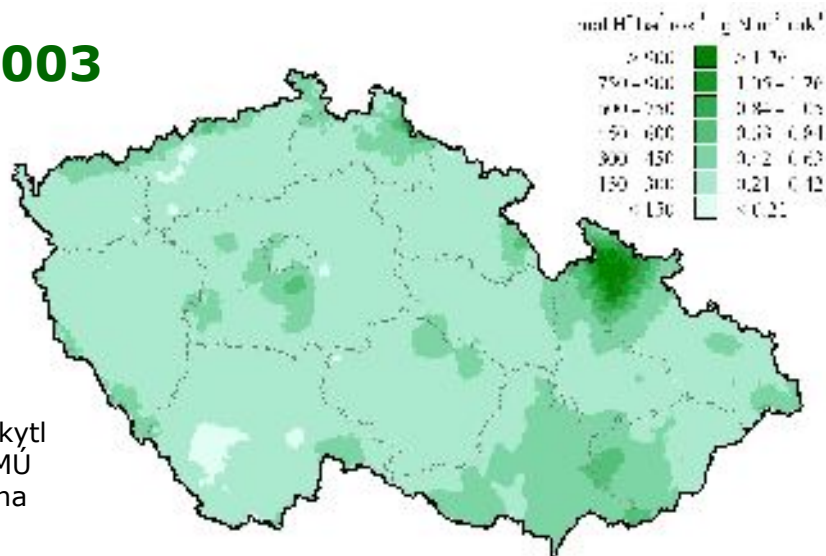
1990



2000



2003



Rok	Prmrn ron mokr depozice (kg N ha <sup>-1</sup> rok <sup>-1</sup> )
1990	5.7
1994	5.7
1998	5.1
2000	5.4
2003	3.8

poskytl  
ČHMÚ  
Praha

1000 mol H<sup>+</sup>/ ha ~ 14 kg N/ ha = 1,4 g N/m<sup>2</sup>

# Přístupy pro ověřování účinnosti opatření na snižování emisí amoniaku

Co/kdo ovlivňuje (reguluje) zemědělskou praxi z hlediska ochrany ovzduší?

**Plány zavedení zásad správné zemědělské praxe**

(podle § 5 odst. 8 zákona č. 86/2002 Sb. a nařízení vlády č. 615/2006 Sb. )

↓  
předkládá provozovatel stacionárního zdroje krajskému úřadu

Plnění tohoto plánu se považuje za splnění povinnosti dodržovat emisní limity

**Snižování emisí a zavádění zásad správné zemědělské praxe by mělo být pravidelně kontrolováno a vyhodnocováno.**

**Povinnost předkládat plán mají provozovatelé středních nebo velkých zemědělských zdrojů.**

**X**

**Největší podíl na emisích amoniaku z chovu hospodářských zvířat mají malé a střední zdroje znečišťování.**



## Přístupy pro ověřování účinnosti opatření na snižování emisí amoniaku

V praxi existuje několik možností jak plnění plánů zásad správné zemědělské praxe hodnotit, kontrolovat a regulovat úroveň emisí amoniaku:

a) Provádět **kontrolní měření emisí amoniaku** u vybraných zdrojů (intenzivní chovy hospodářských zvířat) a nezávislé hodnocení schválených plánů zavedení zásad správné zemědělské praxe.

b) **Imisní přístup**: Sledování imisních koncentrací amoniaku a amonných iontů v aerosolu a ve srážkách (plošně i v blízkosti významných zemědělských zdrojů)

c) Použití emisních inventur a **emisně-depozičních modelů** pro vytvoření predikcí očekávaných změn koncentrací amoniaku v ovzduší a amonných iontů ve srážkách v důsledků aplikace zásad správné zemědělské praxe.

## **Přístupy uplatňované v zahraničí**

**Efektivita snižování emisí amoniaku a jejich účinků je v zahraničí (Rakousku, Velké Británii, Německu, Dánsku a Holandsku atd.) hodnocena pomocí sledování**

- imisních koncentrací amoniaku a amonných iontů v aerosolu**
- mokré depozice amonných iontů**
- suché depozice amoniaku a amonných iontů v aerosolu.**

**Trend snižování emisí amoniaku je porovnáván s trendem snižování imisních koncentrací amoniaku a mokré depozice amonných iontů.**

**Pomocí modelů emisí, přenosu a atmosférické depozice amoniaku, resp. amonných iontů je vyhodnocena účinnost opatření na snižování emisí amoniaku – tedy i zavádění zásad správné zemědělské praxe.**

**Středem zájmu je sledování emisí amoniaku a imisních a depozičních procesů a jejich účinků, respektive jejich změn v průběhu procesu snižování emisí.**

**Pro plošné sledování imisních koncentrací jsou často využívány nízkonákladové metody měření.**



**Je možno využít např.:**

**Pasivní vzorkovače založené na principu pasivní difúze plynu, kdy koncentrace sledované látky je určena po analýze produktů reakce sorbentu.**

**Denudery založené např. na záchytu amoniaku v difúzním denuderu se stékajícím filmem absorpční kapaliny s on-line stanovením kontinuální fluorimetrickou metodou.**

**Samplery využívající principu optické absorpce.  
Různé typy filtrů a snímačů.**

Podle závěrů **Working Group 2** (Energy research Centre of the Netherlands) je nutno založit hodnocení snižování emisí amoniaku na:

- modelování prostorové distribuce emisí amoniaku
- monitoringu imisních koncentrací pomocí dostupných (pasivních) metod
- modelování rozptylu, transportu, suché a mokré depozice
- hodnocení vztahu mezi emisemi a depozicemi v lokálním i regionálním měřítku
- hodnocení působení emisí amoniaku na ekosystémy a lidské zdraví

Strategie **Göteborgského protokolu** ve vztahu k emisím amoniaku:

- Atmosférické depozice nebo koncentrace nepřesáhnou kritické zátěže nutričního dusíku (čl. 2).
- Zavedení emisních limitů (článek 3).
- Výměna informací a technologií s cílem snížit emise (článek 4) a poskytování informací veřejnosti (článek 5).
- Vypracování politiky, strategií a programů k omezování a snižování emisí (článek 6), včetně uplatňování nejlepších dostupných technologií (BAT).
- Podpora, spolupráce a podávání informací v oblasti výzkumu a vývoje (článek 7 a 8), v odstavci (i) je uvedeno sledování účinností postupů omezování emisí amoniaku pro zemědělské farmy a jejich dopadů na místní a regionální depozici (článek 8, odst. i).
- Nutnost přezkoumávání opatření (článek 10)
- Implementace kodexu správné zemědělské praxe (příloha IX)

Ustájení – 20%



Skladování – 30%



Více než 90% emisí amoniaku pochází ze zemědělských zdrojů

**Zvířaty produkovaný hnůj a kejda se stává intenzivním zdrojem emisí amoniaku především v okamžiku, kdy je s těmito zdroji nechráněným způsobem nakládáno.**

Aplikace – 50%

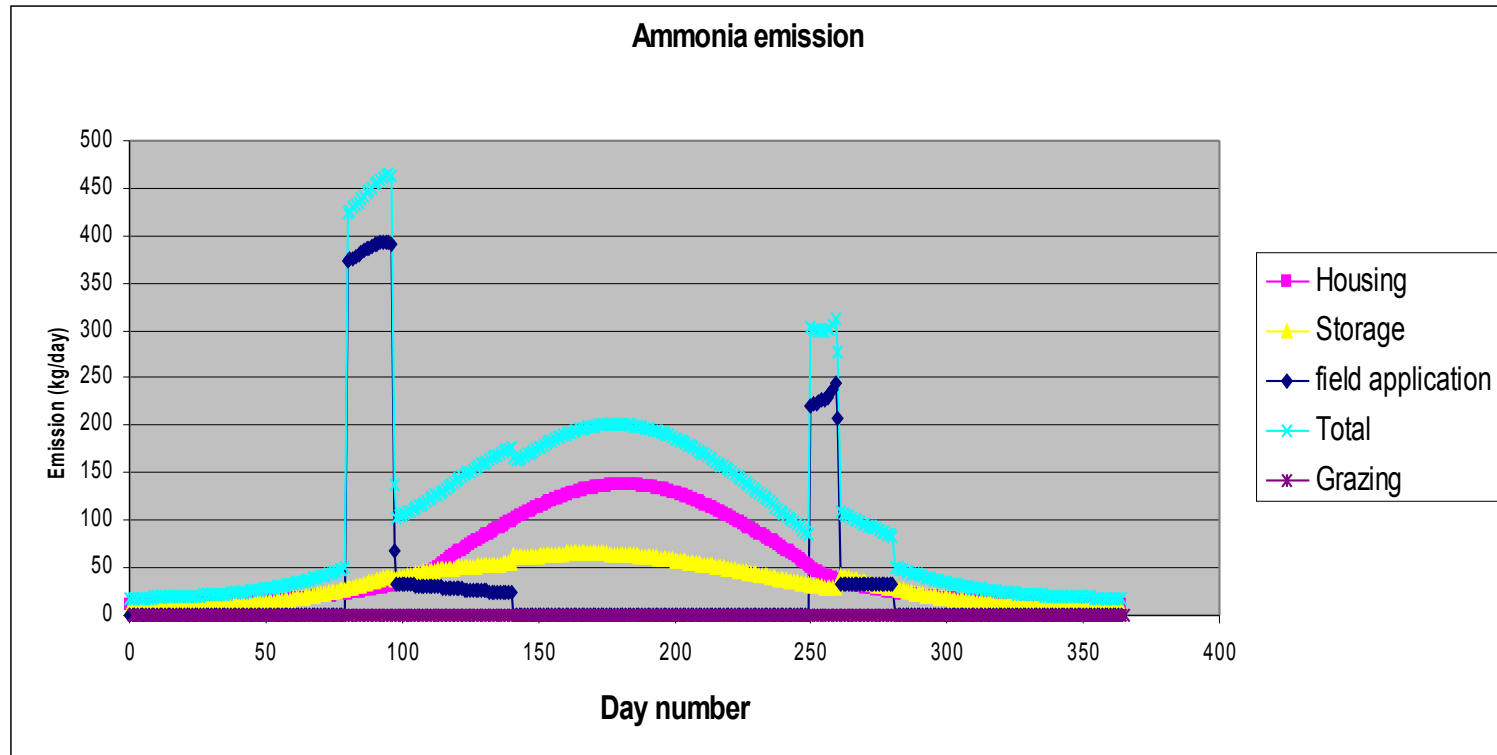


Pastva



**Okamžitá emise je závislá na charakteru hnoje nebo kejdy (zejména koncentraci amonných iontů a pH) a účinnosti mechanismu přenosu amoniaku v ovzduší. Procesy řídící emisi amoniaku se mění v čase (hodiny, dny) s ohledem na zemědělskou praxi a měnící se atmosférické podmínky.**

## Emise amoniaku z chovu prasat v průběhu roku



**Na základě modelového vyhodnocení emisí amoniaku uvolňovaných při aplikaci hnoje/kejdy na ornou půdu je možno porovnávat různé scénáře snižování emisí amoniaku.**

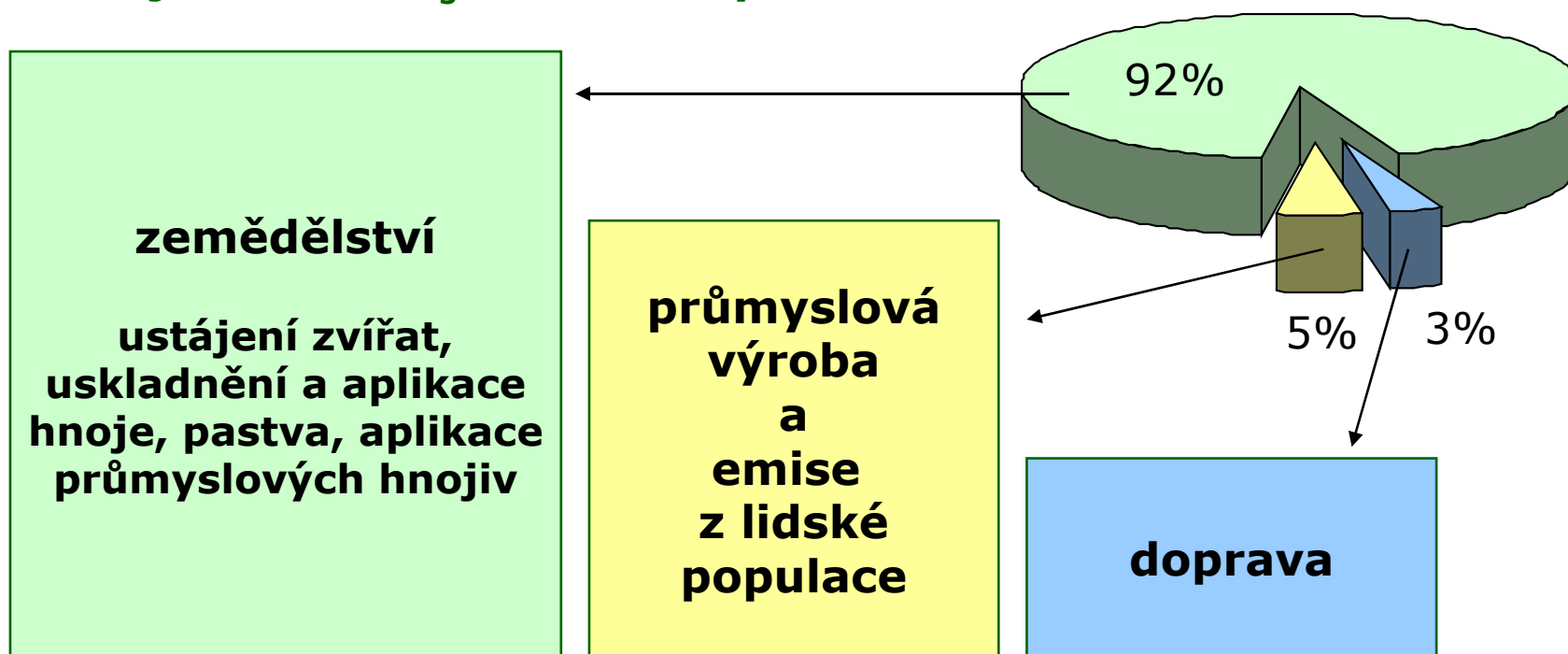
**Např.: Jak snížit emise v průběhu a po aplikaci hnoje/kejdy do půdy?**



## Prostorová distribuce emisí amoniaku

- je základním vstupem do přenosových a depozičních modelů
- umožní zpřesnit vyhodnocení překročení kritických zátěží dusíku a acidity
- je vhodným nástrojem pro určování strategií a nástrojů snižování emisí amoniaku

### Zdroje emisí $\text{NH}_3$ v České republice:



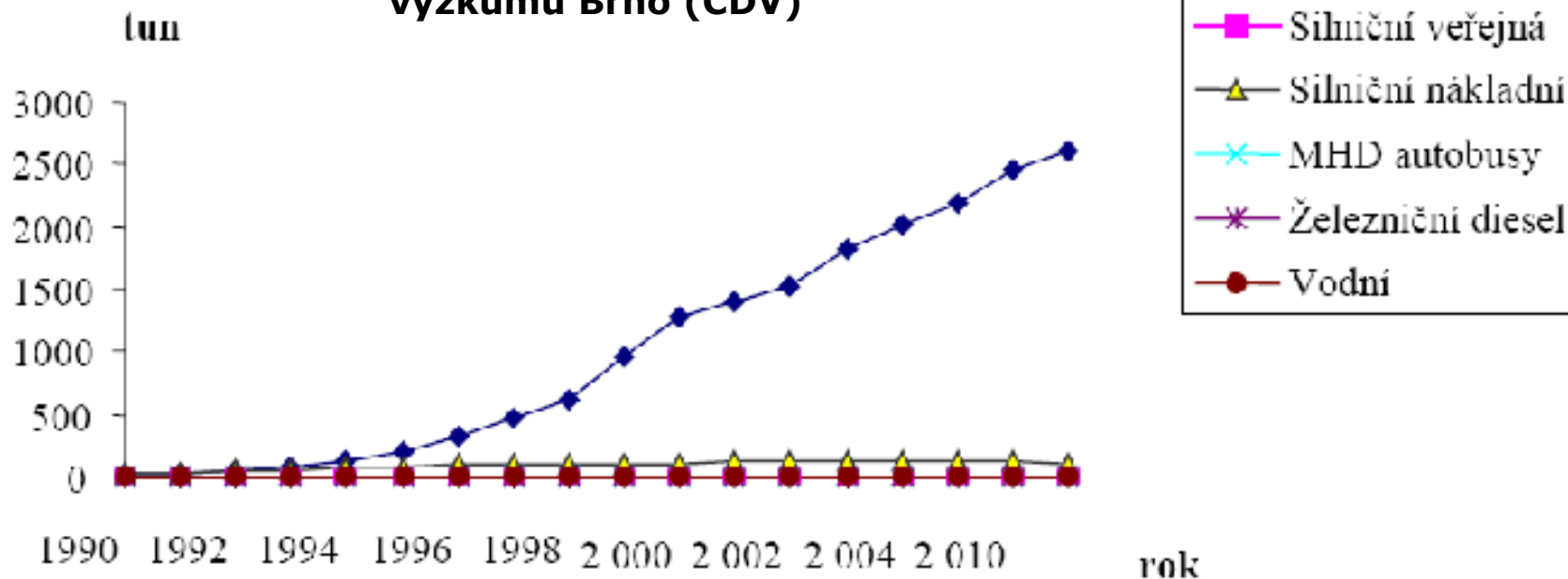


## Prostorová distribuce emisí amoniaku z dopravy

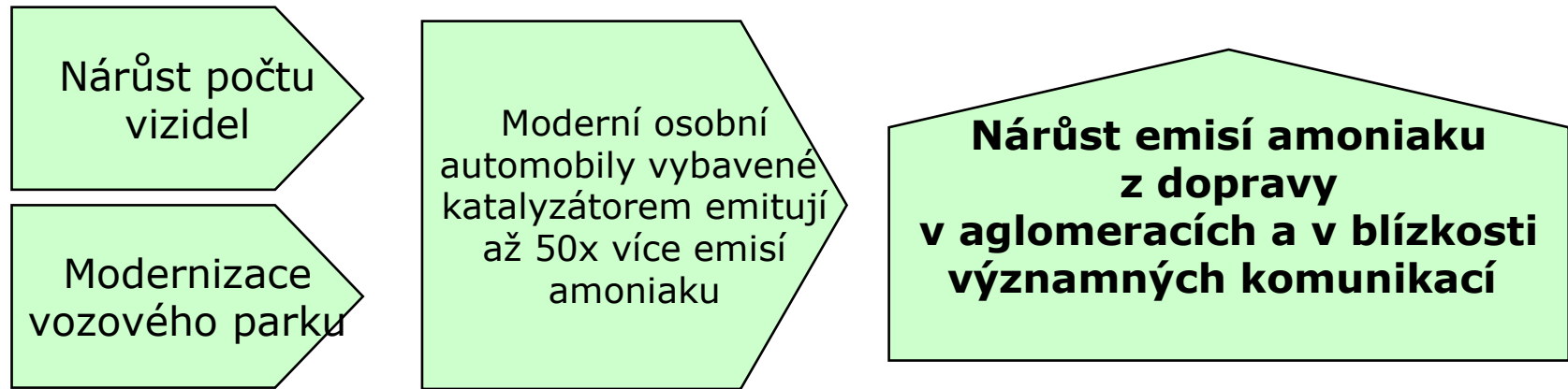
Emise amoniaku z dopravy vzrostly mezi roky 1990 a 2004 ze 77 t na 2 271 t, což činí téměř třicetinasobek.

### Vývoj a prognóza emisí amoniaku

Podle výpočtů Centra dopravního výzkumu Brno (CDV)



## Růst emisí amoniaku z dopravy



**Emise amoniaku z mobilních zdrojů byly dosud považovány za marginální, ale vzhledem k jejich výskytu v okolí dopravních komunikací a v aglomeracích je nutno věnovat pozornost vlivům na lidské zdraví (přímé působení zvýšených imisních koncentrací amoniaku a amonných iontů v aerosolu).**

## Pro výpočet prostorové distribuce emisí amoniaku z dopravy na území České republiky byla zvolena metoda „zdola nahoru“

### „Zdola nahoru“

**vychází ze sčítaného počtu vozidel na jednotlivých úsecích dálniční a silniční sítě.**

Umožňuje stanovení prostorové distribuce emisí amoniaku v detailnějším měřítku.

Celkově může podhodnocovat, především ve větších městech a aglomeracích, kde lze očekávat významnější vliv místních komunikací a nescítané dopravy (až 30%).

Problematické je zahrnutí sezónní variability a dynamiky složení dopravního proudu a omezené možnosti zahrnutí vlivu charakteru jízdy a jízdních podmínek na všech jednotlivých sčítacích úsecích.

### „Shora dolů“

**vychází ze spotřeby paliv.**

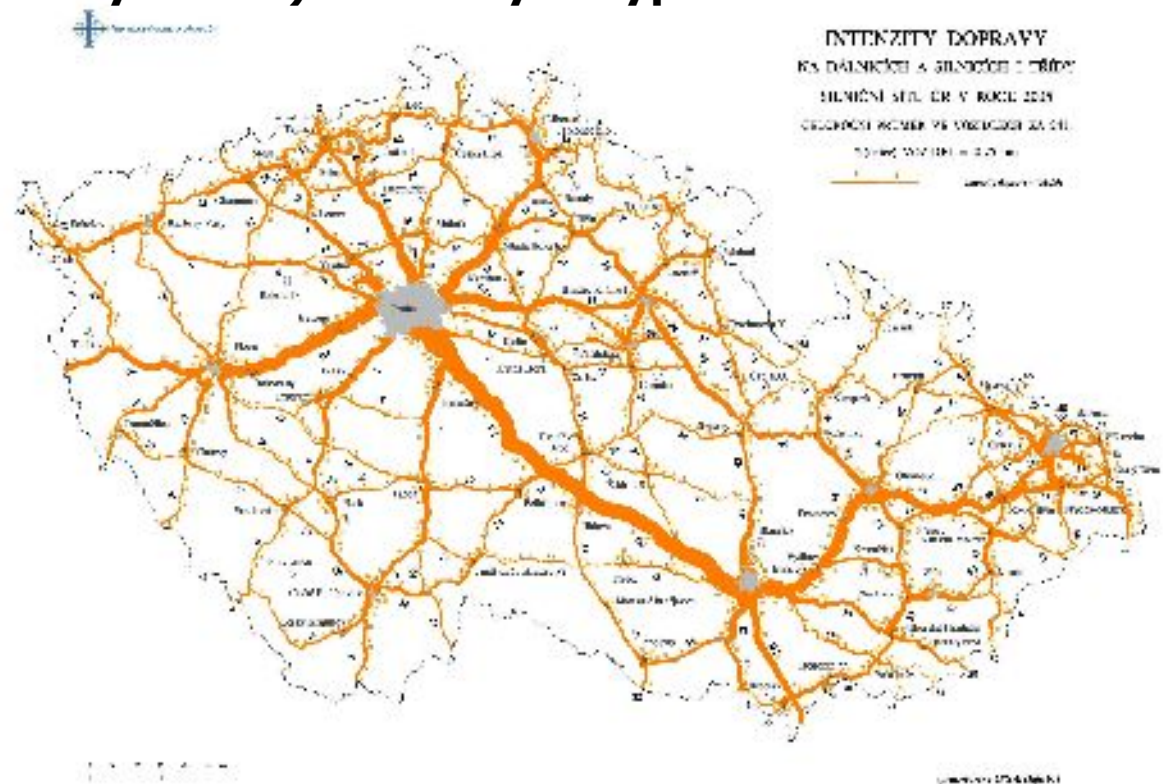
V celkových hodnotách může být přesnější,

má své limity přesnosti např. v oblastech s tranzitní dopravou.

Náročná na přesnost vstupních dat a méně využitelná pro modelování v prostorovém detailu.

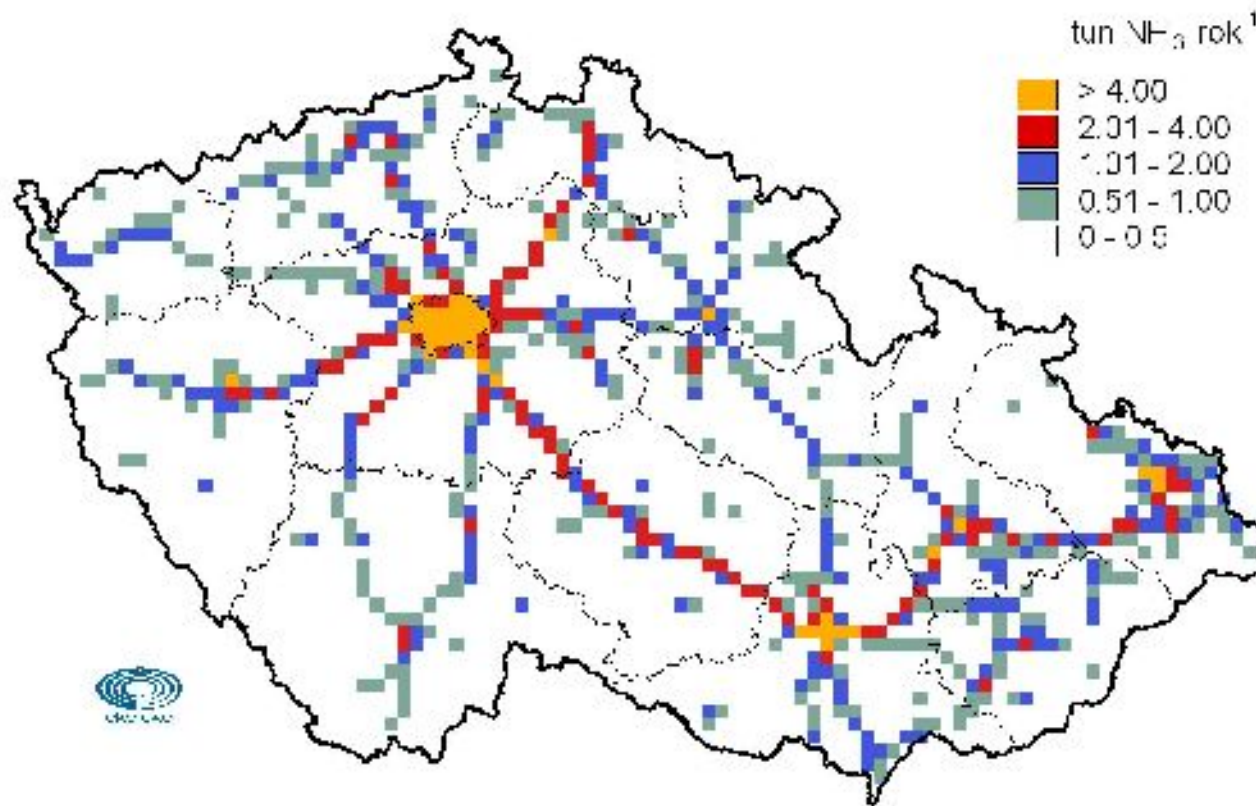
## Emise amoniaku z dopravy byly pro jednotlivé silniční sčítací úseky vypočteny z

- údajů o počtu osobních, nákladních vozidel a motocyklů
- a průměrných emisních faktorů (kg  $\text{HN}_3$ /km).
- ve výpočtech byl aplikován zjednodušený odhad dynamického složení vozového parku zohledňující pravděpodobné proběhy jednotlivých druhů vozidel (benzínové, dieselové, s katalyzátorem, bez katalyzátoru) na různých typech komunikací.



Základním datovým podkladem byla vrstva „Intenzity dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2005“, kterou pro potřeby projektu poskytlo Ředitelství silnic a dálnic (Silniční databanka Ostrava) (ŘSD, 2006).

**Vypočtené emise amoniaku na dálnicích, rychlostních komunikacích a silnicích I. a II. třídy v roce 2005 byly sumarizovány do pravidelné čtvercové sítě 5x5 km.**



**1.5 kt**

**Celková suma emisí amoniaku z dopravy na sčítaných dálničních a silničních úsecích na území ČR v roce 2005:**

**2.3 kt**

Výpočet Centra dopravního výzkumu metodou „shora dolů“, tj. ze spotřeby paliv (Adamec a kol., 2006).

## Naměřené imisní koncentrace amoniaku na dopravou zatížených lokalitách

Pomocí pasivních vzorkovačů bylo provedeno orientační třítydenní měření imisních koncentrací amoniaku na čtyřech dopravou různě zatížených lokalitách v Opavě a Uničově.

Místo (intenzita dopravy)	Datum / časový úsek	Koncentrace NH <sub>3</sub> [µg.m <sup>-3</sup> ]
<b>Opava (21 tis.)</b>	květen 2007 / týdny	5,2
<b>Uničov (7 tis.)</b>	květen 2007 / týdny	4,9
<b>Mnichov (desítky tisíc)</b>	2000 / týdny	2,4 – 11 (průměr 6,3)
<b>Salzburg</b>	2000 / týdny	2,7 – 28 (průměr 5.7)
<b>Vídeň (100 tis.) *</b>	květen 1989	2.8*
<b>UK městské lokality *</b>	80. léta	2,3*
<b>Německá města</b>	konec 80. let	3,1 – 6,1
<b>Alpy – Tauerntunnel</b>	2000	průměr 45
<b>Kalifornie – tunel (stovky tisíc)</b>	1999	268 - 324

\* před plošným rozšířením 3-cestných katalyzátorů

# Modelování prostorové distribuce depozice dusíku a vyhodnocení překročení kritických zátěží dusíku na území lesních ekosystémů České republiky

**Celková depozice oxidovaných sloučenin dusíku**



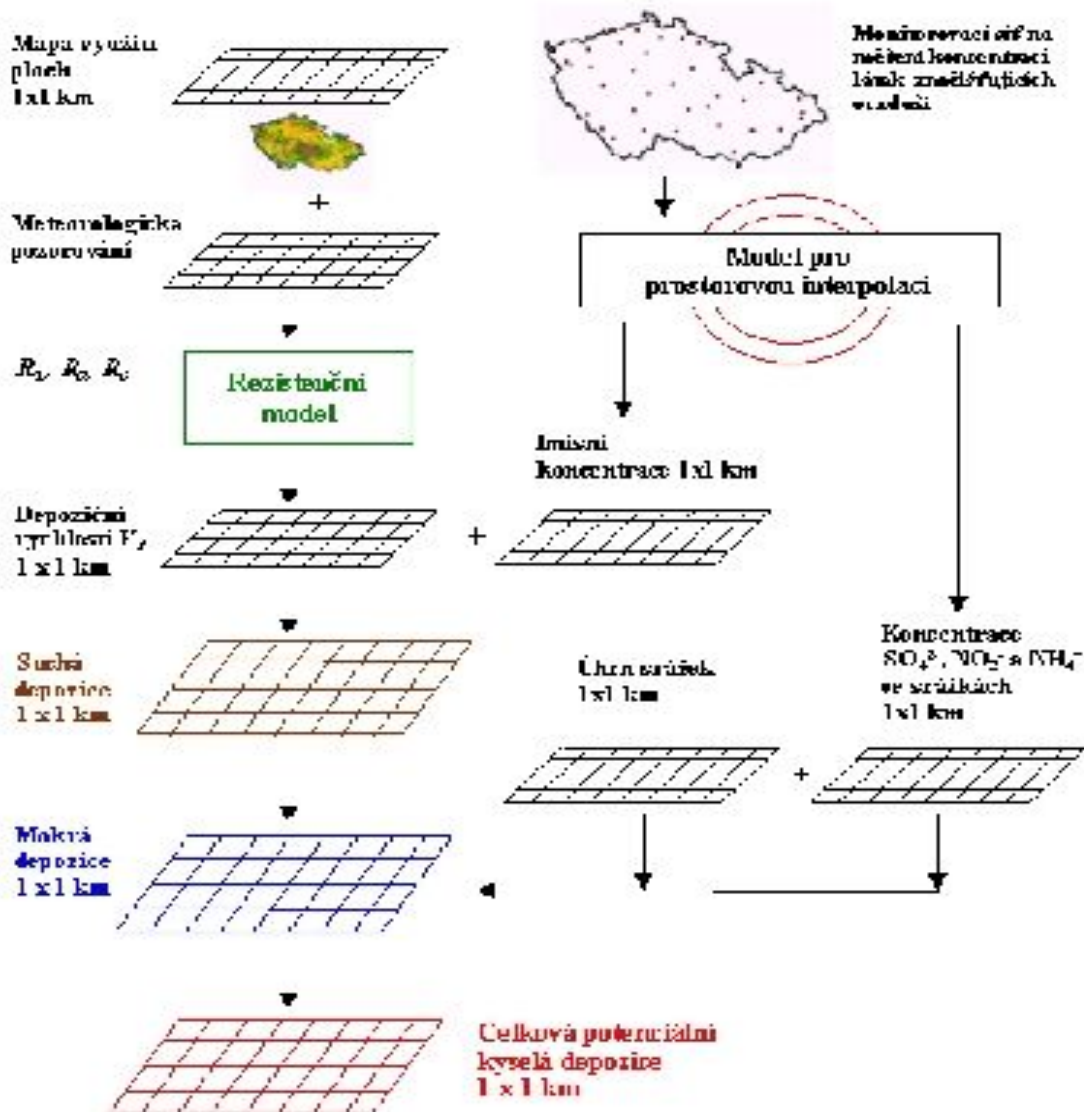
- suchá depozice oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ )**
- + suchá depozice kyseliny dusičné ( $\text{HNO}_3$ )**
- + suchá depozice dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ )**
- + mokrá depozice dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ )**

**Celková depozice redukovaných sloučenin dusíku**



- suchá depozice amoniaku ( $\text{NH}_3$ )**
- + suchá depozice amonných iontů ( $\text{NH}_4^+$ )**
- + mokrá depozice amonných iontů ( $\text{NH}_4^+$ )**





Mokrú depozice dusičnanů a amoničných iontů v síti 1x1 km byla vypočtena ČHMÚ Praha

Průměrné roční imisní koncentrace  $NO_x$  poskytl ČHMÚ Praha.

Hodnoty ročních průměrných imisních koncentrací  $HNO_3$ , dusičnanů v aerosolu ( $NO_3^-$ ), a amoničných iontů v aerosolu ( $NH_4^+$ ) byly extrapolovány z EMEP-LRTAP modelu.

Průměrná roční imisní koncentrace amoniaku byla z důvodu absence plošného monitoringu odvozena z prostorové distribuce ročních měrných emisí  $NH_3$  modelovaných v síti 5x5 km.



Pro odhad průměrných depozičních rychlostí z meteorologických dat, charakteristik povrchů a vegetačních pokryvů byl použit několikanásobný rezistenční model

Schéma rezistenční analogie:

Koncentrace plynné složky

Aerodynamická  
rezistence  $R_a$

Laminární  
rezistence  $R_b$

Rezistence  
povrchu  $R_c$

Rezistence  
stomat  $R_{sto}$

Rezistence  
kutikul  $R_{ext}$

Aerodynamická  
rezistence  
v rostlinném  
zápoji  $R_{inc}$

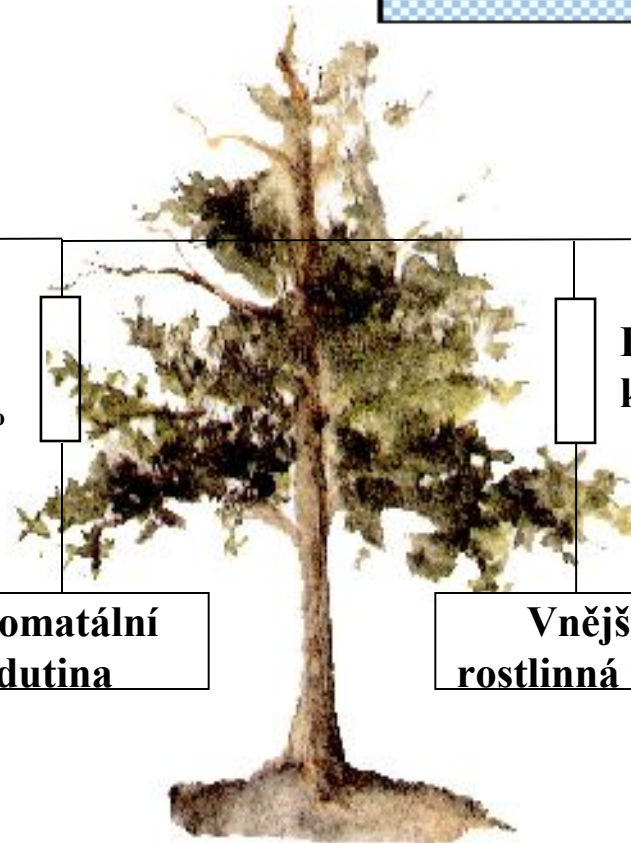
Rezistence  
půdy  $R_{soil}$

Stomatální  
dutina

Vnější  
rostlinná tkáň

půda

$$V_d(z) = \frac{I}{R_a(z) + R_b + R_c}$$



**Kritická zátěž** je nejvyšší dávka znečišťující látky, která ještě nezpůsobí chemické změny, které by měly dlouhodobé škodlivé účinky na nejcitlivější ekosystémy (*Nilsson, Grennfelt, 1988*).

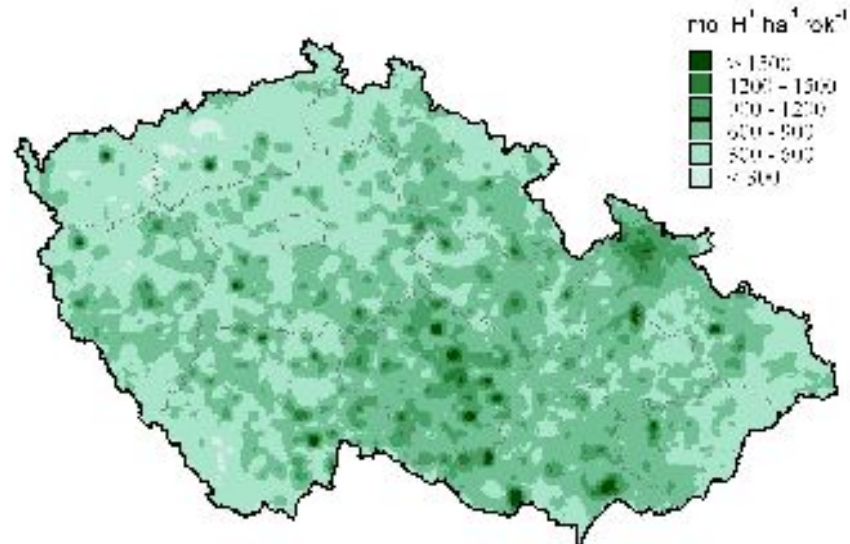
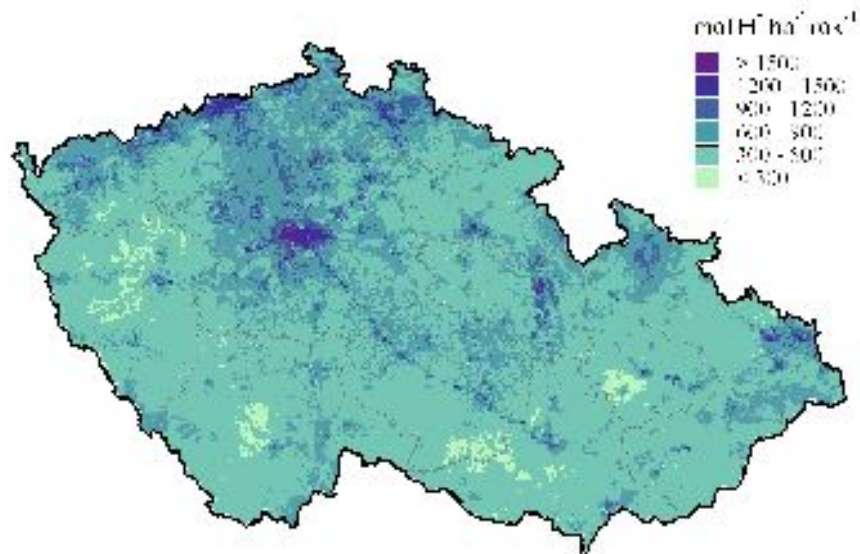
**Princip výpočtu** kritických zátěží je založen na hmotové bilanci vodíkových iontů v lesních půdách za předpokladu ustáleného stavu chemických prvků (steady-state mass balance), které způsobují okyselování, a které vzniklé okyselení neutralizují (*Posch, Smet, Hettelingh, Downing, 1995*).

Vypočtené hodnoty kritických zátěží nutričního dusíku na území lesních ekosystémů České republiky poskytlo pracoviště České geologické služby (RNDr. Skořepová).

Hodnoty celkové atmosférické depozice dusíku ( $\text{NO}_y$  a  $\text{NH}_x$ ) v roce 2003 byly porovnány s hodnotami kritických zátěží nutričního dusíku a bylo vyhodnoceno jejich překročení na území lesních ekosystémů České republiky.

**Celková depozice oxidovaných forem dusíku  $\text{NO}_y$  v síti 1x1 km v roce 2003.**

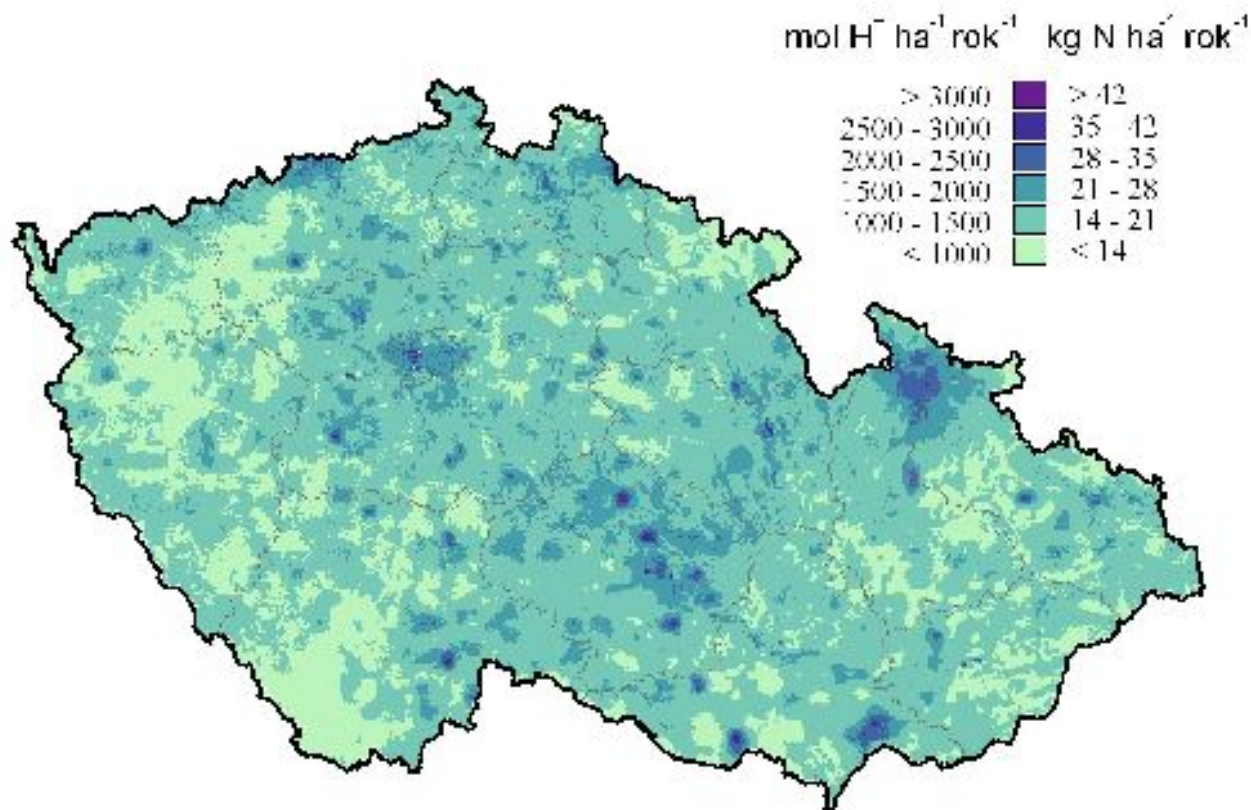
**Celková depozice redukovaných forem dusíku  $\text{NH}_x$  v síti 1x1 km v roce 2003.**



**Průměrná roční depozice dusíku  $\text{NO}_y$  a  $\text{NH}_x$  v síti 1x1 km v  $\text{kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$**

Rok	$\text{NO}_y$			$\text{NH}_x$			Celková depozice dusíku
	Suchá	Mokrá	Celk.	Suchá	Mokrá	Celk.	
<b>2003</b>	<b>4.7</b>	<b>3.0</b>	<b>7.7</b>	<b>5.4</b>	<b>3.8</b>	<b>9.2</b>	<b>16.9</b>

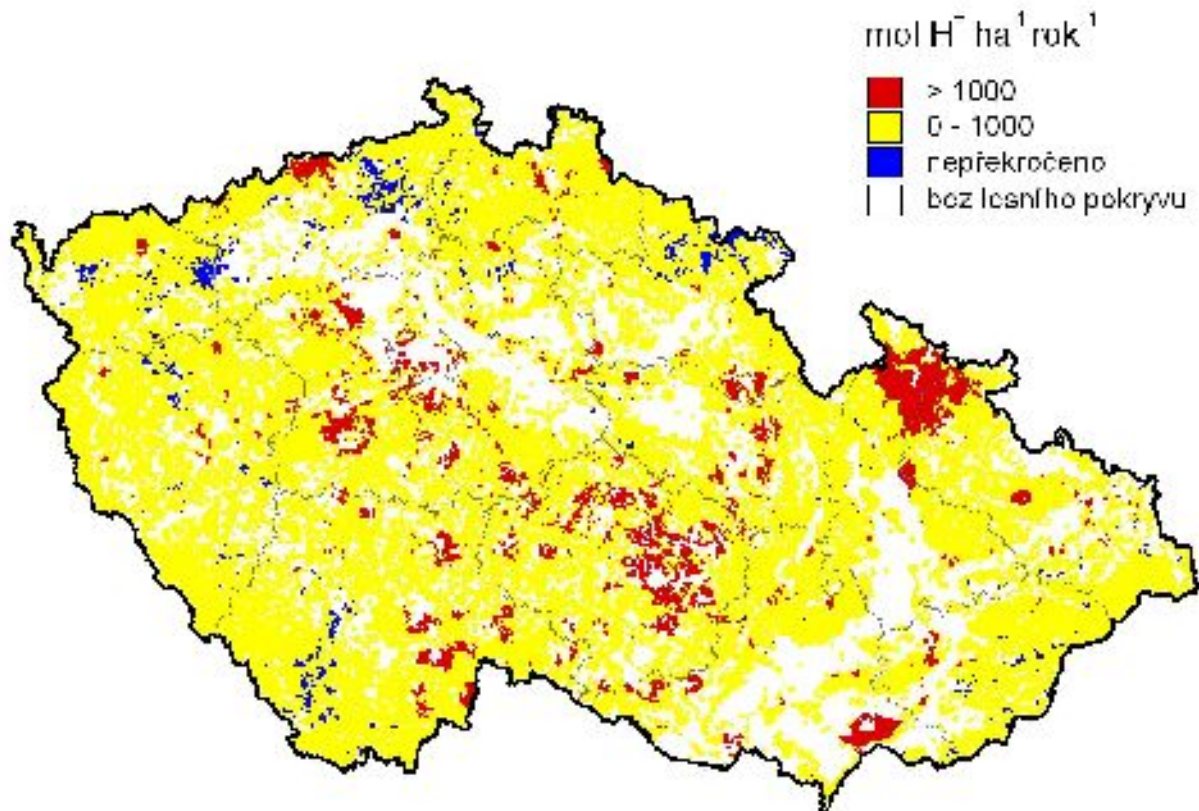
## Celková depozice dusíku N ( $\text{NO}_y + \text{NH}_x$ ) na území České republiky v síti 1x1 km v roce 2003.



**Průměrná hodnota celkové depozice dusíku N ( $\text{NO}_y + \text{NH}_x$ )  
v síti 1x1 km v roce 2003 je  $16.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$**



## Překročení kritických zátěží nutričního dusíku (Skořepová et al., 2001) celkovou depozicí dusíku ( $\text{NO}_y$ a $\text{NH}_x$ ) na území lesních ekosystémů České republiky v síti 1x1 km v roce 2003.



I přes snížení emisí oxidů dusíku a amoniaku byly kritické zátěže nutričního dusíku atmosférickou depozicí dusíku překročeny. Postupně však klesá velikost překročení.

**Celková depozice dusíku ( $\text{NO}_y + \text{NH}_x$ ) překračovala kritické zátěže nutričního dusíku v roce 2003 na **98.7%** plochy lesních ekosystémů.**

# Závěry

Trend snižování emisí amoniaku by měl být porovnáván s trendem snižování imisních koncentrací amoniaku a mokré depozice amonných iontů.

**Co je potřebné pro ověřování účinnosti opatření na snižování emisí amoniaku?**

## **Monitoring imisních koncentrací a atmosférické depozice**

- **Standardizace metod pro měření mokré depozice**
- **Použití gradientové metody pro měření suché depozice**
- **Vylepšení dosahovaných parametrů a spolehlivosti nízkonákladových metod monitoringu**
- **Monitorovací síť: Kombinace superstanic a nízkonákladových měření**

**Variace emisí, imisních koncentrací a atmosférické depozice amoniaku v prostoru a čase jsou značné.**

**Mapování depozičních toků vyžaduje kombinaci monitorovacích aktivit a modelových přístupů.**

*Poděkování*

*Tato studie vznikla za finanční podpory MŽP ČR  
(MŽP: 820/08/07)*

***„Aktualizace a vyhodnocení prostorové distribuce  
emisí a depozice amoniaku na území ČR  
jako podklad pro hodnocení dosažitelnosti a plnění mezinárodních závazků ČR  
vyplývajících z Protokolu o snížení acidifikace, eutrofizace  
a přízemního ozonu v podmínkách ČR“***