

**Modelování emisí živin pro mezinárodní oblast povodí Odry z bodových zdrojů  
a různých difúzních zdrojů pro historické, současné i budoucí velikosti emisí živin**

**Závěrečná zpráva**

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Model MONERIS a jeho metodické přístupy .....</b>	<b>5</b>
2.1	Struktura modelu .....	5
2.2	Přehled metodických přístupů .....	6
2.3	Modelování hydrologie .....	7
2.4	Vnosy živin prostřednictvím vymývání půdy .....	8
2.5	Vnosy živin prostřednictvím eroze .....	9
2.6	Vnosy živin prostřednictvím drenáží (meliorací) .....	10
2.7	Vnosy živin prostřednictvím podzemních vod a hypodermického odtoku (interflow) .....	12
2.8	Vnosy živin prostřednictvím městských systémů a bodových zdrojů .....	13
2.9	Výpočet koncentrací živin v povrchových vodách .....	14
<b>3</b>	<b>Základní data a jejich úprava pro model .....</b>	<b>14</b>
3.1	Rozdělení modelované oblasti na analytické jednotky .....	14
3.2	Plošná vstupní data .....	15
3.2.1	Využití území .....	15
3.2.2	Výšková data .....	16
3.2.3	Atmosférická depozice .....	17
3.2.4	Data o půdě .....	19
3.2.5	Data o drenážovaných (meliorovaných) plochách .....	20
3.2.6	Hydrogeologie .....	21
3.2.7	Srážky a evapotranspirace .....	22
3.3	Soupis čistíren odpadních vod (ČOV) a přímé průmyslové vypouštění .....	23
3.4	Data časových řad .....	24
3.4.1	Monitorovací data .....	24
3.4.2	Přebytek dusíku a akumulace P .....	25
<b>4</b>	<b>Kalibrace a kontrola modelu .....</b>	<b>28</b>
4.1	Kalibrace průtoků .....	28
4.2	Výpočet zátěží .....	29
<b>5</b>	<b>Modelování vnosů živin do povrchových vod v MOPO (Výsledky) .....</b>	<b>30</b>
5.1	Přehled analyzovaných období .....	30
5.2	Modelování historického období .....	30
5.2.1	Celková analýza historického období .....	30
5.2.2	Podíl cest vnosu a zdrojů živin .....	31
5.2.3	Prostorové rozdělení vnosů živin .....	35
5.3	Modelování současného období .....	36
5.3.1	Celková analýza současného období .....	36
5.3.2	Podíl cest vnosu a zdroje živin .....	37
5.3.3	Prostorové rozdělení vnosů živin .....	40
5.4	Modelování budoucího období (základní scénář) .....	42
5.4.1	Celková analýza budoucího období .....	42
5.4.2	Podíl cest vnosu a zdrojů živin .....	44
5.4.3	Plošné rozložení vnosů živin .....	46
5.5	Analýza a vyhodnocení tří modelovaných období .....	47
<b>6</b>	<b>Návrhy možností managementu ke snížení vnosu živin .....</b>	<b>48</b>
6.1	Přehled možností managementu integrovaných v modelu MONERIS .....	48
6.2	Možnosti managementu ke snížení vnosu živin prostřednictvím využívání území .....	49
6.3	Možnosti managementu ke snížení vnosu živin z ČOV .....	51
<b>7</b>	<b>Shrnutí .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Výhled .....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>54</b>
<b>10</b>	<b>Příloha .....</b>	<b>55</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Modelové schéma MONERIS (VENOHR ET AL. (2011))	6
Obrázek 2: Generování odtokového schématu (flow tree) na bázi GIS (Zdroj: IGB)	7
Obrázek 3: Vnosy živin prostřednictvím vymývání půdy (Zdroj: IGB)	8
Obrázek 4: Nový přístup k výpočtu vymývání půdy (Zdroj: IGB)	9
Obrázek 5: Výpočet vnosů živin prostřednictvím eroze (Zdroj: IGB)	10
Obrázek 6: Vnosy živin prostřednictvím drenáží (Zdroj: IGB)	11
Obrázek 7: Odbourávání N / fixace u drenážívaných luk a pastvin (Zdroj: IGB)	11
Obrázek 8: Vnosy dusíku z podzemních vod (Zdroj: IGB)	12
Obrázek 9: Vnosy živin prostřednictvím městských systémů (Zdroj: IGB)	13
Obrázek 10: Výpočet ploch vodních hladin (WSA) hlavních řek (MR) a přítoků (TRIB) (Venohr, 2006))	14
Obrázek 11: Povodí, analytické jednotky a říční síť	15
Obrázek 12: Klasifikace dat o využití území (CORINE)	16
Obrázek 13: Topografie v povodí Odry	17
Obrázek 14: Porovnání naměřených zátěží depozice NH <sub>3</sub> ze 14 monitorovacích stanic (vlevo) s hodnotami depozice EMEP za rok 2002 (vpravo)	18
Obrázek 15: Atmosférická depozice NO <sub>x</sub> na bázi dat EMEP za rok 2010	19
Obrázek 16: Druhy půd v povodí Odry	20
Obrázek 17: Podíl drenážívaných oblastí na zemědělsky využívaných plochách (v %)	21
Obrázek 18: Hydrogeologie v povodí Odry	22
Obrázek 19: Průměrné úhrny srážek za léta 2000-2010	23
Obrázek 20: Soupis ČOV	24
Obrázek 21: Rozmístění vodoměrných stanic s měřením průtoků, použitých pro kalibraci	25
Obrázek 22: Vývoj přebytku N, odvozený pomocí různých metod pro období 1960 -2010 v jednotlivých smluvních zemích MKOOpZ – Polsku, České republice a Německu	27
Obrázek 23: Porovnání předaných polských základních dat o přebytcích N s daty OECD/EUROSTATS	27
Obrázek 24: Porovnání předaných polských základních dat o přebytcích N s daty OECD/EUROSTATS	28
Obrázek 25: Porovnání zátěží TN (vlevo) a TP (vpravo)	30
Obrázek 26: Cesty vnosu dusíku v historickém období (2000-2007)	31
Obrázek 27: Podíly zdrojů celkového vnosu dusíku v historickém období (2000-2007)	31
Obrázek 28: Cesty vnosu fosforu v historickém období (2000-2007)	32
Obrázek 29: Rozložení zdrojů celkového vnosu fosforu v historickém období (2000-2007)	32
Obrázek 30: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)	33
Obrázek 31: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)	33
Obrázek 32: Podíl jednotlivých smluvních zemí MKOOpZ na celkových vnosech dusíku podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)	34
Obrázek 33: Podíl jednotlivých smluvních zemí MKOOpZ na celkových vnosech fosforu podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)	34
Obrázek 34: Specifické plošné vnosy dusíku v historickém období (2000-2007)	35
Obrázek 35 : Specifické plošné vnosy fosforu v historickém období (2000 -2007)	36
Obrázek 36: Cesty vnosu dusíku v současném období (2008-2010)	37
Obrázek 37: Podíl zdrojů na celkovém vnosu dusíku v současném období (2008-2010)	37
Obrázek 38: Cesty vnosu fosforu v současném období (2008-2010)	38
Obrázek 39: Podíl zdrojů na celkovém vnosu fosforu v současném období (2008-2010)	38
Obrázek 40: Změny celkových vnosů (dusík vlevo a fosfor vpravo) podle cest vnosu v porovnání historického období (2000 – 2007) se současným obdobím (2008 - 2010)	39
Obrázek 41: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v současném období (2008-2010)	39
Obrázek 42: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v současném období (2008-2010)	40
Obrázek 43: Specifické plošné vnosy dusíku (současné období 2008-2010)	41
Obrázek 44: Specifické plošné vnosy fosforu (současné období 2008-2010)	42
Obrázek 45: Změny vnosů dusíku v porovnání prognózovaného období (2011- 2021) se současným obdobím (2008 - 2010)	43
Obrázek 46: Změny vnosů fosforu v porovnání prognózovaného období (2011-2021) se současným obdobím (2008 - 2010)	43

Obrázek 47: Vnos dusíku podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021) .....	44
Obrázek 48: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021) .....	44
Obrázek 49: Vnos fosforu podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021) .....	45
Obrázek 50: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 - 2021) .....	45
Obrázek 51: Specifické plošné vnosity dusíku (2011-2021) .....	46
Obrázek 52: Specifické plošné vnosity fosforu (2011-2021) .....	47

## 1 Úvod

Povodí Odry se rozkládá na území tří států – Polska (87,6 %), České republiky (5,9 %) a Německa (6,5 %). Celková délka Odry činí 855 km a plocha jejího povodí zaujímá cca 122.512 km<sup>2</sup>.

V rámci zavádění Rámcové směrnice o vodní politice bylo povodí Odry rozděleno do šesti zpracovatelských oblastí – Horní Odra, Střední Odra, Warta, Lužická Nisa, Dolní Odra a Štětínská zátoka. Rámcová směrnice o vodní politice (2000/60/ES), schválená v roce 2000, stanovuje, že všechny evropské vody mají zásadně do roku 2015 dosáhnout dobrého stavu. V rámci analýzy charakteristik oblasti povodí podle čl. 5 odst. 1 Rámcové směrnice o vodní politice, provedené v roce 2004, a při zpracování Mezinárodního plánu povodí Odry začátkem roku 2010, mohly být pro Odru provedeny pouze přibližné odhady vnosů živin. Cílem projektu proto bylo provést pomocí modelu prostorově diferencované výpočty vnosů živin pro úroveň makroměřítko a středního regionálního měřítko, které se dostávají z různých zdrojů a různými cestami do povrchových vod v celé mezinárodní oblasti povodí Odry (MOPO).

Přitom byl proveden odhad změny vnosů živin od roku 2000 až do budoucnosti, do roku 2021. Za tím účelem bylo toto období rozděleno do tří časových úseků. Léta 2000-2007 znázorňují minulost, léta 2008-2010 současný stav a pro rok 2021 byl proveden předběžný propočet, který má ukázat, jak se změní stav vnosů, pokud všechny parametry zůstanou stejné a budou zohledněny pouze změny na základě doby zdržení podzemních vod. Na závěr je kvantifikován vliv redukce vnosů pro několik vybraných opatření.

Výpočty se prováděly pomocí modelového systému MONERIS (Modelling Nutrient Emissions into River Systems), který byl vyvinut BEHRENDT ET AL. (1999, 2002a) pro kvantifikaci emisí živin z bodových a difúzních zdrojů do povrchových vod na úrovni povodí. Model byl dále zdokonalen VENOHREM ET AL. (2011).

MONERIS byl použit pro početná evropská a německá povodí (mimo jiné pro Dunaj, Labe, Odru, Rýn a Pád). Přitom probíhala kooperace až s 18 zeměmi. Navíc byl resp. je model využíván v Brazílii, Číně, Kanadě a Mongolsku.

## 2 Model MONERIS a jeho metodické přístupy

### 2.1 Struktura modelu

Model MONERIS je semiempirický, koncepční model (BEHRENDT ET AL., 2000; 2002a; 2002b) pro odhad vnosů živin na úrovni makroměřítko a mezoměřítko. Pomocí manažeru scénářů, integrovaného do modelu, lze vypočítat dopady opatření na vnosy živin prostřednictvím různých cest vnosu a pro příslušné prostorové jednotky.

MONERIS 3.0 je programován s jazykem C# pro větší pohodlí uživatele. Výrazné zlepšení prostřednictvím programování C# představuje nová struktura kódů podle modulů. Modulární struktura umožňuje uživateli pohodlné použití nových řešení a doplnění dalších látek. Nově integrovaná pomoc on-line a typy ohledně nástroje na uživatelském rozhraní poskytují uživateli podporu při procesech modelování.

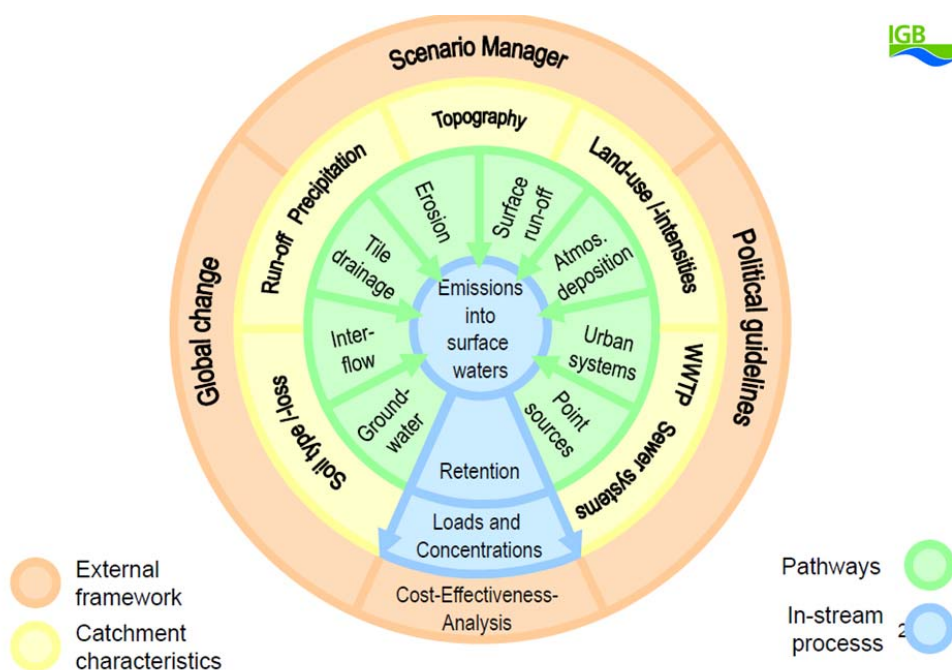
Všechna stálá a měnící se data týkající se analytických jednotek (Analytical Units / AU - jako nejmenších modelovaných jednotek) jsou předávána do databáze vstupních dat (MONERIS\_IN.mdb) a jsou tam Výchozí ukládána. V základní databázi (MONERIS\_OUT.mdb) jsou uloženy výsledky výpočtů. Tato databanka obsahuje také modelové konstanty.

Znázornění výsledků výpočtů na internetové stránce MKOOpZ IKSO probíhá prostřednictvím interaktivního nástroje StatPlanet Plus Viewer (<http://www.statsilk.com>). Pomocí tohoto nástroje mohou být výsledky modelování podle druhu znečišťující látky, období a cest vnosů znázorněny na uživatelském rozhraní graficky, v tabulkách a grafech pro každou analytickou jednotku.

## 2.2 Přehled metodických přístupů

Cesty a procesy vnosu směrodatné pro výpočty pomocí modelu MONERIS jsou přehledně znázorněny na obr. 1. MONERIS zohledňuje sedm cest vnosů živin do povrchových vod:

- Přímé vnosy prostřednictvím atmosférické depozice do povrchových vod
- Vnosy prostřednictvím vymývání půdy (rozpuštěné živiny)
- Vnosy živin prostřednictvím eroze (partikulární živiny)
- Vnosy živin prostřednictvím drenáží (meliorace)
- Vnosy živin prostřednictvím podzemních vod a hypodermického odtoku (interflow)
- Vnosy živin z nepropustných urbanizovaných ploch
- Bodové zdroje (vnosy živin z komunálních ČOV a přímého průmyslového vypouštění)



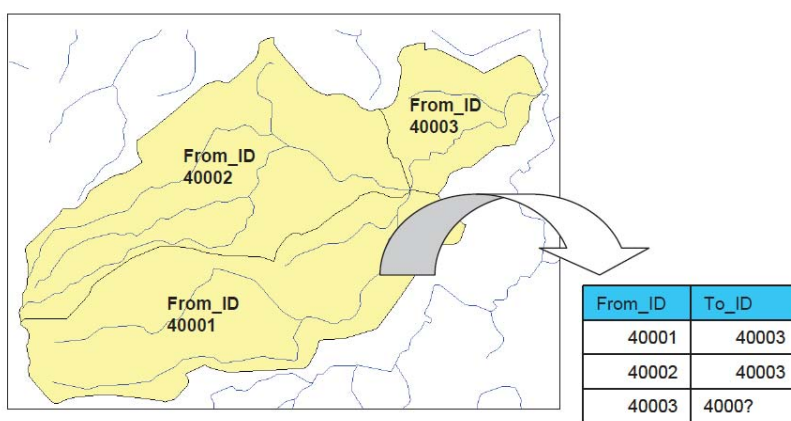
Obrázek 1: Modelové schéma MONERIS (VENOHR ET AL. (2011))

MONERIS vypočítává na úrovni hydrologicky odvozených analytických jednotek (Analytical Units - AU) koncentrace a množství vody zvláště pro jednotlivé cesty vnosu za účelem zjištění celkových vnosů. Prostřednictvím rozlišení cest vnosů koncentrací látek mohou být individuálně zohledněny významné procesy transformace a retence během pronikání do půdy a podzemních vod. Stejně jsou modelovány vnitřní retenční a ztrátové procesy v povrchových vodách. Prostřednictvím integrovaného manažera scénářů lze znázornit efekt různých opatření na vnosy živin, vnitřní retenci a výslednou zátěž.

Další část se bude zabývat převážně stěžejním vývojem modelu z verze 2.0 na verzi 3.0. Celkový popis metodiky a způsobu fungování modelu MONERIS se nachází v příslušné příručce ([http://www.moneris.igb-berlin.de/tl\\_files/data\\_moneris/data\\_publikationen/Moneris%20Handbuch/MONERIS\\_Handbuch.pdf](http://www.moneris.igb-berlin.de/tl_files/data_moneris/data_publikationen/Moneris%20Handbuch/MONERIS_Handbuch.pdf)).

## Odtokové schéma a průtoková rovnice

Analytické jednotky (Analytical Unit, AU) jsou hydrologická dílčí povodí a představují jako nejmenší modelovaná jednotka základ pro modelování v rámci MONERIS-u. Jak průtoky tak transport zátěží živin říčním systémem je definován pomocí topologie, tzn. pořadím, v jakém protékají analytickou jednotkou. Každé dílčí povodí je proto přiřazeno k níže položené oblasti (From\_ID → TO\_ID), a tím je generováno schéma odtoku (flow tree). Pokud z nějaké analytické jednotky odtéká voda do dvou různých analytických jednotek (např. prostřednictvím kanálu), je prostřednictvím zvláštního ID (Split\_ID) použito štěpení (Splitting). Toto odtokové schéma je v MONERIS-u použito také proto, aby bylo možno vypočítat celkové vnosy z hydrologicky provázaných povodí nebo určit vliv jednotlivých analytických jednotek na zátěže na závěrovém profilu říčního systému.



Obrázek 2: Generování odtokového schématu (flow tree) na bázi GIS (Zdroj IGB)

## 2.3 Modelování hydrologie

Pro výpočet vnosů živin je v MONERIS-u vypočítávána pro každou cestu vnosu komponenta průtoku, koncentrace živin, a významní procesy retence a zadržování vody, přičemž jsou zde pro dusík a fosfor na základě rozdílně probíhajících procesů, významu cest vnosu pro každou z těchto látek a dostupnosti dat použity různé metody. Vedle výpočtů komponent živin má proto modelování vodního režimu srovnatelný význam pro výsledky modelování.

### Kalibrace průtoku

Neupravený průtok v analytických jednotkách ( $Q_{AU}$ ) je vypočten z bilance srážek a odpařování následujícím způsobem:

$$Q_{AU} = \text{srážky} - \text{evapotranspirace} - \text{retence}$$

Faktor úpravy retence kompenzuje deficit vody nebo přebytky vody jako např. obnovování zásob podzemních vod a zásoby sněhu.

V suchých nebo malých analytických jednotkách může významný podíl průtoku pocházet z bodových zdrojů, což může vést k prostorovému (a časovému) přerozdělení vodních bilancí.

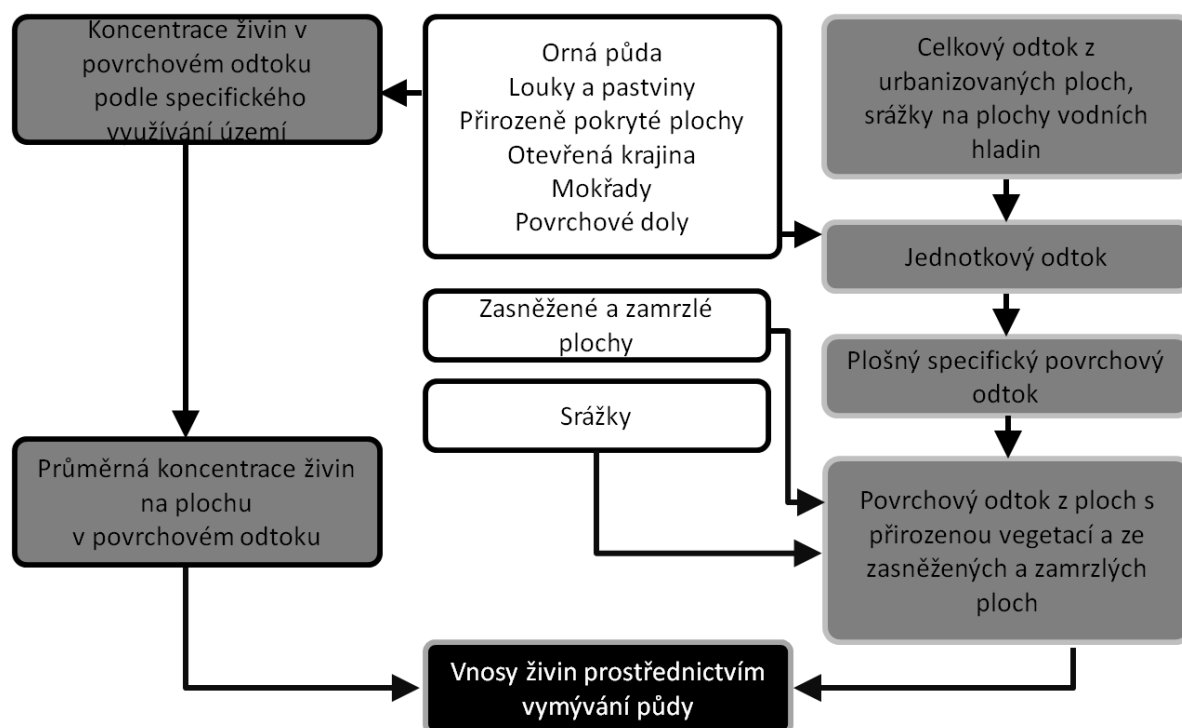
Proto je průtok v analytických jednotkách dále korigován o podíl relevantní pro vnosy.

$$Q_{AU} = \text{srážky} - \text{evapotranspirace} - \text{retence} - \text{podíl odtoku z bodových zdrojů, relevantní pro vnosy}$$



## 2.4 Vnosy živin prostřednictvím vymývání půdy

Vnosy rozpuštěných živin prostřednictvím vymývání půdy jsou určovány podle schématu na obrázku 3:

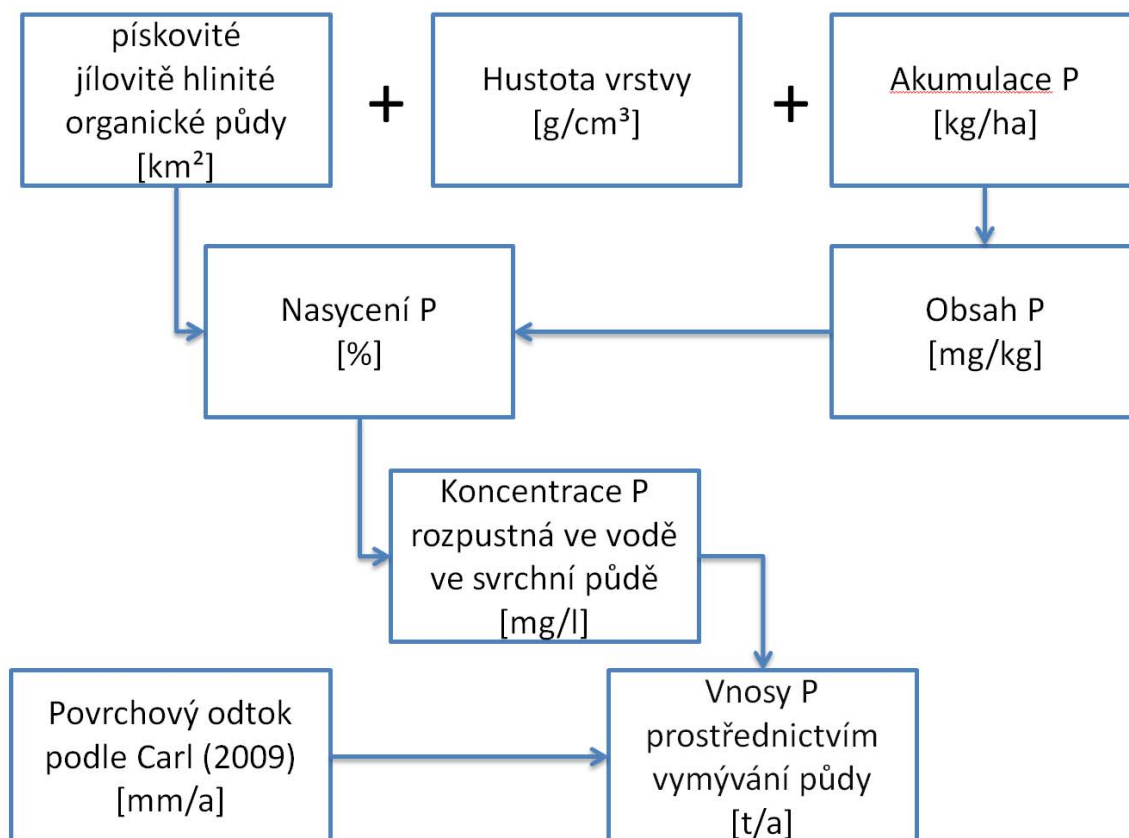


Obrázek 3: Vnosy živin prostřednictvím vymývání půdy (Zdroj: IGB)

Povrchový odtok, sloužící k výpočtu vnosů prostřednictvím vymývání půdy, byl stanoven podle přístupu vyvinutého CARL ET AL. (2008) a CARL & BEHRENDT (2008) jako funkce celkového odtoku (viz Kap. 2.3). Pro odtok ze sněhu a ledovců je určen exponent, který byl odvozen z alpských oblastí podle M. Zessnera (2011). Zatímco je vymývání půdy v případě dusíku spíše zanedbatelného významu, může mít v případě fosforu v některých regionech velký význam, proto byl pro zlepšení modelových výsledků v nedávné době v IGB dále vyvinut návod pro popis koncentrací fosforu.

Pro zjištění koncentrace fosforu v povrchovém odtoku se vychází z odvození nasycení fosforem podle PÖTHINGA ET AL. (2010). Jelikož není nasycení k dispozici přímo jako vstupní veličina, je odvozováno prostřednictvím specifických vlastností druhů půdy a akumulace fosforu v půdě (obrázek 4).



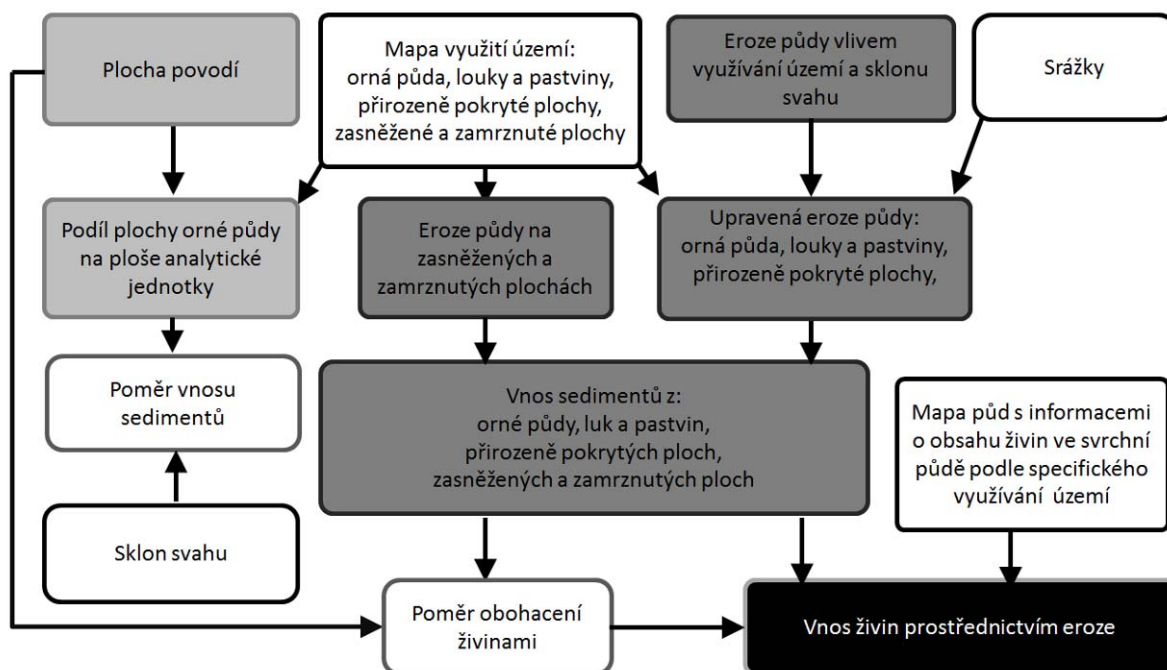


Obrázek 4: Nový přístup k výpočtu vymývání půdy (Zdroj: IGB)

## 2.5 Vnosy živin prostřednictvím eroze

Emise látek prostřednictvím eroze orné půdy (viz obrázek 5) vyplývá z vnosu sedimentů, obsahu živin ve svrchní půdě a faktoru obohacování půdy transportovanými látkami (Enrichment Ratio, ER). Pro kvantifikaci vnosu sedimentů je použita mapa eroze půdy vyvinutá v IGB na základě digitálního modelu terénu (DMT), dat o využívání území podle CORINE a evropské mapy půd (FAO). Velikost eroze byla vypočítána pomocí všeobecné rovnice pro erozi půdy (ABAG), která zohledňuje následující faktory: faktor sklonu svahu, faktor délky svahu, srážkový a povrchový faktor, faktor erodování půdy, faktor vegetačního krytu půdy a faktor ochrany před erozí.

Ne všechny plochy, na kterých dochází k erozi, jsou hydrologicky vázány na tok a nezpůsobují bezpodmínečně erozní vnos do povrchových vod. Podíl ploch, který může zapříčinit efektivní vnos živin prostřednictvím eroze do povrchových vod (poměr vnosu sedimentů), byl analyzován BEHRENDTEM ET AL. (1999) a převeden do empirické rovnice. Doposud byly všechny zalesněné plochy posuzovány jako navazující na říční síť, v aktuální verzi MONERIS-u byla pro výpočty rovněž převzata koncepce poměru vnosu sedimentů.



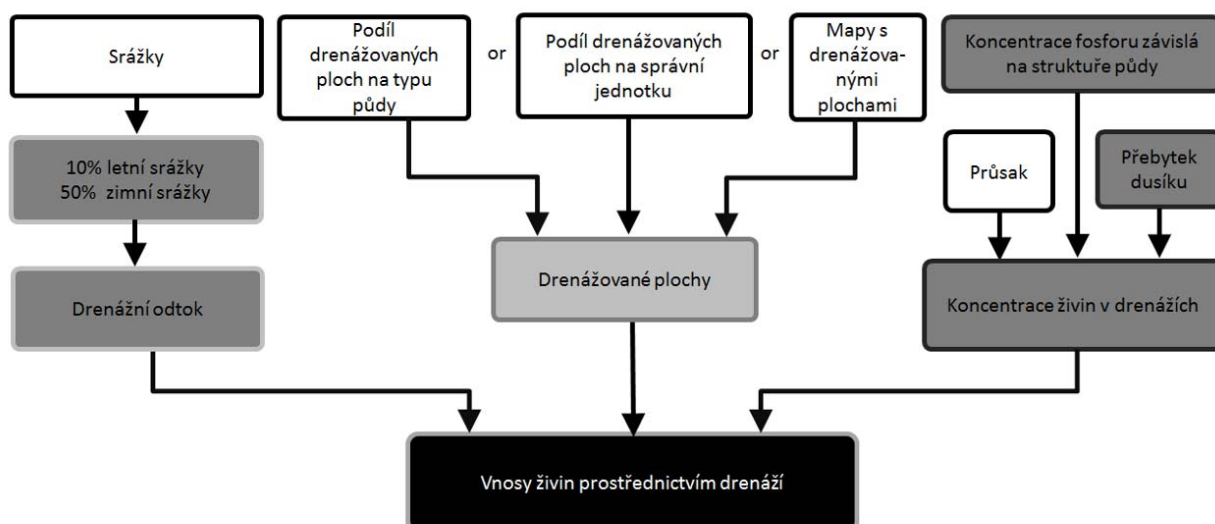
Obrázek 5: Výpočet vnosů živin prostřednictvím eroze (Zdroj: IGB)

## 2.6 Vnosy živin prostřednictvím drenáží (meliorací)

Kvantifikace emisí látek prostřednictvím drenáží (meliorací) se vypočítá prostřednictvím velikosti drenážovaných ploch, drenážního odtoku, a koncentrace látek v drenážované vodě. Drenážní odtok se vypočítá podle KRETSCHMARA (1977) na základě předpokladu, že 50 % zimních a 10 % letních srážek odtéká drenážemi. Při tomto přístupu jsou zohledňovány regionální rozdíly v rozložení srážek (obrázek 6).

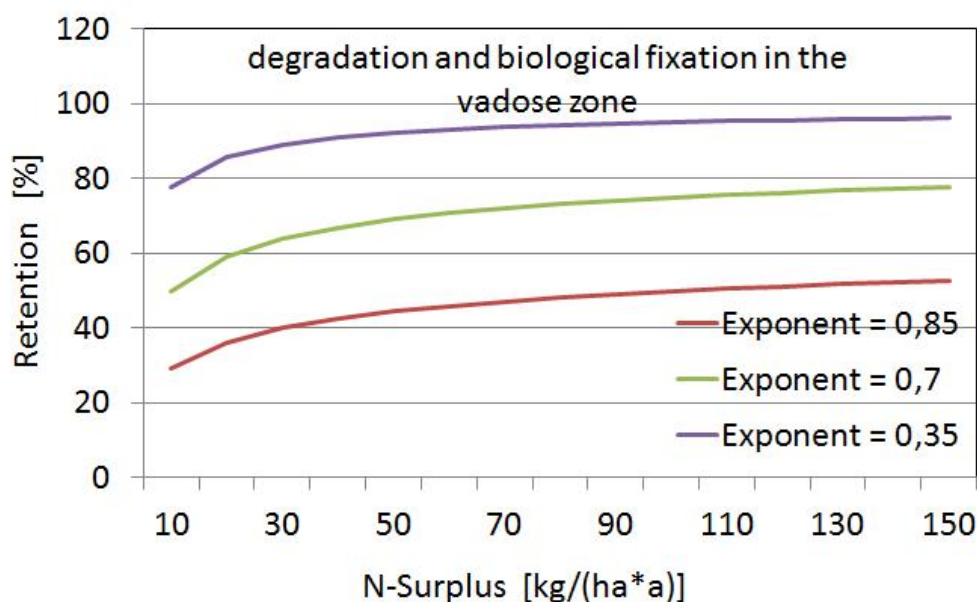
Průměrná koncentrace fosforu v analytických jednotkách je příslušně přepočtena na plochu s písčitými a jílovitými půdami, slatinná rašeliniště a vrchovištní rašeliniště (BEHRENDT ET AL., 2000).

V případě dusíku je zohledněno odbourávání (denitrifikace) v kořenové zóně a fixace a převádění na biomasu pod loukami a pastvinami.



Obrázek 6: Vnosy živin prostřednictvím drenáží (Zdroj: IGB)

Potenciální koncentrace dusičnanů v prosakující vodě, vypočítaná podle FREDE UND DABBERT (1998), je redukována prostřednictvím denitrifikačního faktoru  $C_{TN}$ , který je uváděn BEHRENDTEM ET AL. (2000) jako 0,85. V novém přístupu jsou podíly drenážovaných ploch rozlišeny podle orné půdy a luk a pastvin. Mnoho luk a pastvin je často také drenážováno, ale jelikož na základě zvýšené denitrifikační kapacity dochází k nižšímu vnosu do vod (vyšší retence), byl pro louky a pastviny stanoven faktor 0,35 (obrázek 7). Koncentrace fosforu v drenážích jsou znázorněny jako specifické pro určitý druh půdy a v případě degradovaných rašelinišť jako konstanty. Především degradovaná slatinná rašeliniště mohou vést k velmi vysokým koncentracím P a ozřejmují význam revitalizace rašelinišť.

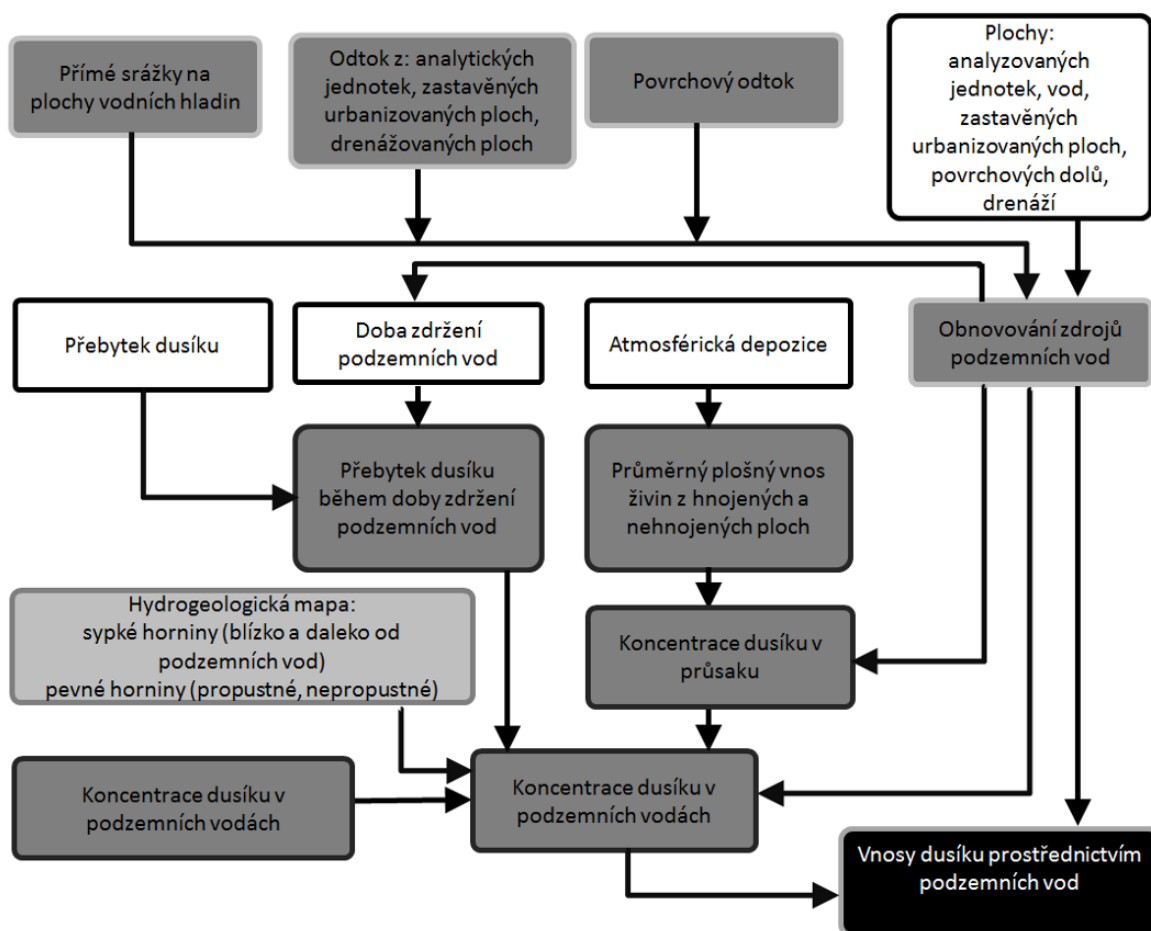


Obrázek 7: Odbourávání N / fixace u drenážovaných luk a pastvin (Zdroj: IGB)

## 2.7 Vnosy živin prostřednictvím podzemních vod a hypodermického odtoku (interflow)

Vnosy živin cestou podzemních vod se zjišťují z produktu odtoku podzemních vod a koncentrace látek v podzemních vodách. Přitom se zohledňuje přirozený hypodermický odtok a základní odtok. Odtok podzemních vod se vypočítává pro každou modelovanou jednotku z rozdílu mezi celkovým odtokem a součtem jiných odtokových složek (drenážní odtok, povrchový odtok, odtok ze zastavěných ploch, odtok z bodových zdrojů a srážek na povrch vodní hladiny). Koncentrace dusíku v podzemních vodách je odvozena od potenciálních koncentrací dusíku ve svrchní půdě (ornici). Jelikož doba zdržení vody a látek může na cestě z kořenové zóny a v podzemních vodách trvat několik let, musí být aktuální koncentrace dusíku ve svrchní půdě nahrazena průměrnou hodnotou, která odráží celkovou dobu zdržení v podzemních vodách. Slouží to především zohlednění měnícího se přebytku dusíku na zemědělských plochách během doby zdržení v podzemních vodách. Nejsou-li doby zdržení podzemních vod k dispozici, jsou vypočítány interně modelem. Retence dusíku v půdě, v nenasycené zóně a v podzemních vodách, závislá na hydrogeologických podmínkách, se vypočítá ze srovnání mezi regionálními koncentracemi dusičnanů v podzemních vodách a potenciálními koncentracemi dusičnanů v prosakující vodě (obrázek 8).

Záporná hodnota obnovování podzemních vod byla doposud znázorňována hodnotou 25 mm/rok, v nové verzi modelu je hodnota stanovena na 0 mm/rok. Tato infiltrace je nyní zohledněna při výpočtu vnosů jako vsakování z povrchových vod.



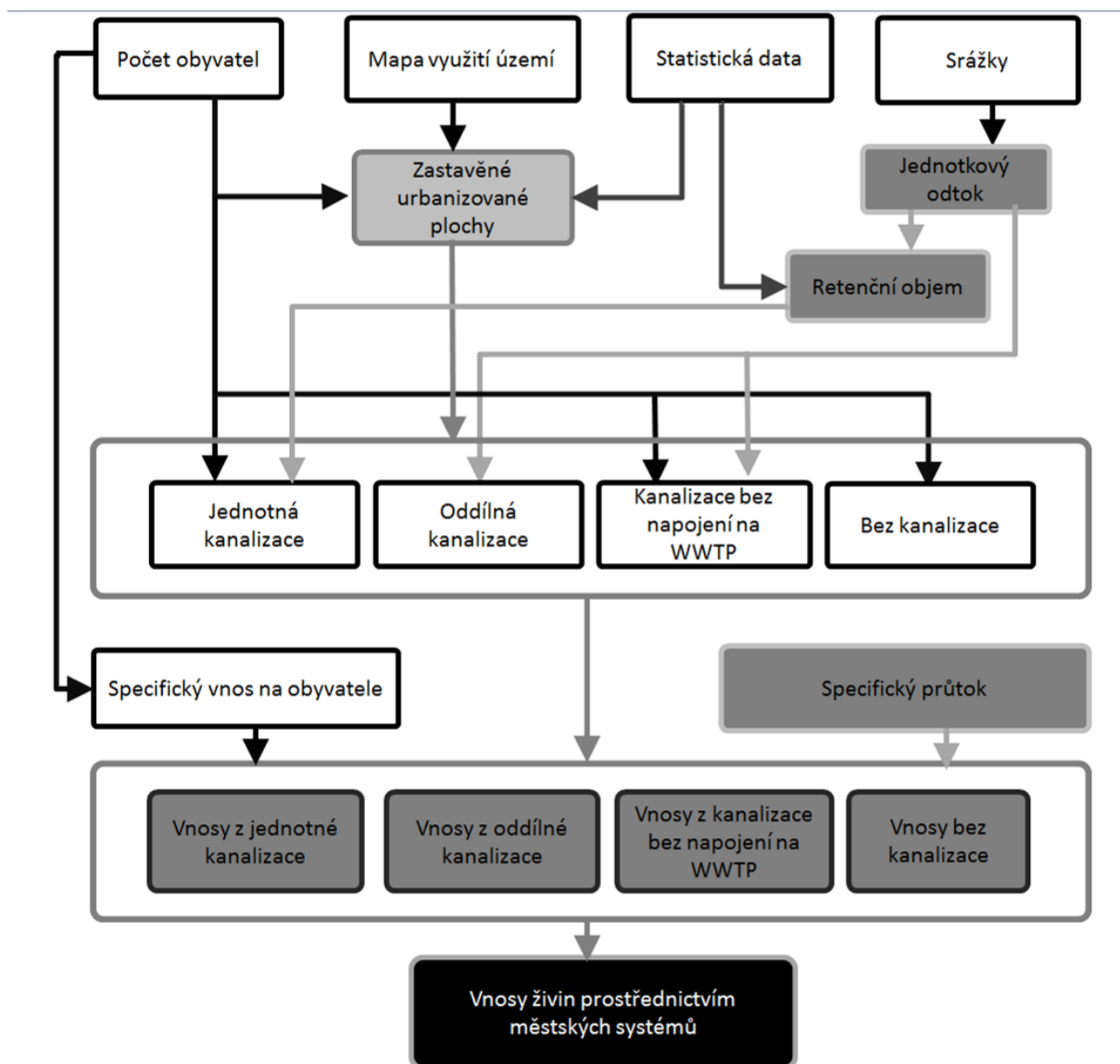
Obrázek 8: Vnosy dusíku z podzemních vod / **interflow** (Zdroj: IGB)

Výpočet koncentrací P v analytických jednotkách probíhá na základě koncentrací rozpuštěného, reaktivního fosforu v podzemních vodách, které jsou rozlišeny podle typů půdy.

## 2.8 Vnosy živin prostřednictvím městských systémů a bodových zdrojů

Emise z **městských systémů** se skládají ze čtyř různých cest vnosu (obrázek 9):

- vnosy ze zastavěných městských ploch prostřednictvím kanálů na srážkovou vodu.
- vnosy z domácností a zastavěných městských ploch prostřednictvím přepadů jednotné kanalizace.
- vnosy z domácností a zastavěných městských ploch, které jsou napojeny na kanalizaci ale ne na ČOV a
- vnosy z domácností a zastavěných městských ploch, které nejsou napojeny na kanalizaci.

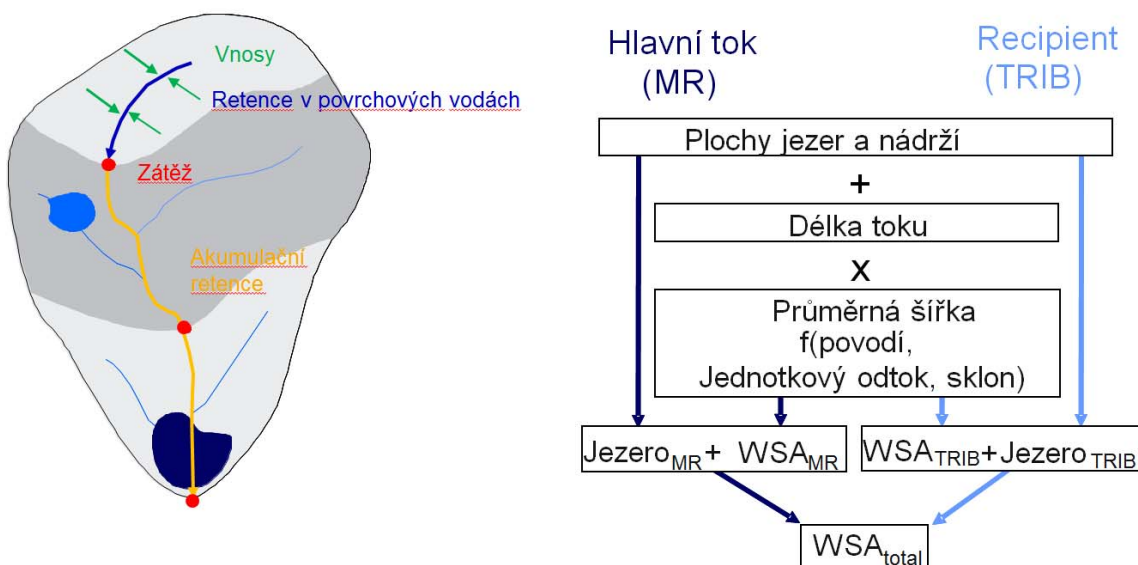


Obrázek 9: Vnosy živin prostřednictvím městských systémů (Zdroj: IGB)

Při výpočtu vnosů živin z **bodových zdrojů** jsou zohledňována data o komunálních ČOV a přímém vypouštění odpadních vod.

## 2.9 Výpočet koncentrací živin v povrchových vodách

Pro výpočet koncentrací živin v řekách a jezerech a vnosy prostřednictvím přímé atmosférické depozice je potřebný výpočet povrchu vodních ploch v analytických jednotkách. Pro odhad povrchu vodních ploch se používá přístup VENOHR ET AL. (2005, 2012) pro odhad šířky toku hlavních řek a přítoků (obrázek 10). Délka toků je přitom převzata z topografických map, přičemž je podle zdroje dat a měřítka dat korigován stupeň generalizace pomocí kalibračních faktorů pro hlavní řeky a přítoky, vyvinutých VENOHREM (2006).



Obrázek 10: Výpočet ploch vodních hladin (WSA) hlavních řek (MR) a přítoků (TRIB) (Venohr, 2006))

Zásadní retenční procesy jsou mikrobiálním odbouráváním (denitrifikací) dusíku a sedimentace fosforu. Pro vnitřní retenci dusíku a fosforu je jako zásadní řídicí veličina použita hydraulická zátěž. Ta vyplývá z poměru odtoku k ploše vodní hladiny a implikuje nepřímou dobu zdržení resp. poměr objemu vody k povrchu sedimentů, a tím se hodí jako řídicí veličina pro oba druhy živin. V případě dusíku se dodatečně používá pro výpočet denitrifikace teplota vody jako dominující řídicí veličina pro biologickou aktivitu.

## 3 Základní data a jejich úprava pro model

Následující kapitola podává přehled o relevantních použitých základních datech.

Pokud chyběla pro analyzovanou jednotku významná vstupní data, nebo pokud měla tato data větší mezery, byla pro doplnění použita disponibilní evropská data.

### 3.1 Rozdělení modelované oblasti na analytické jednotky

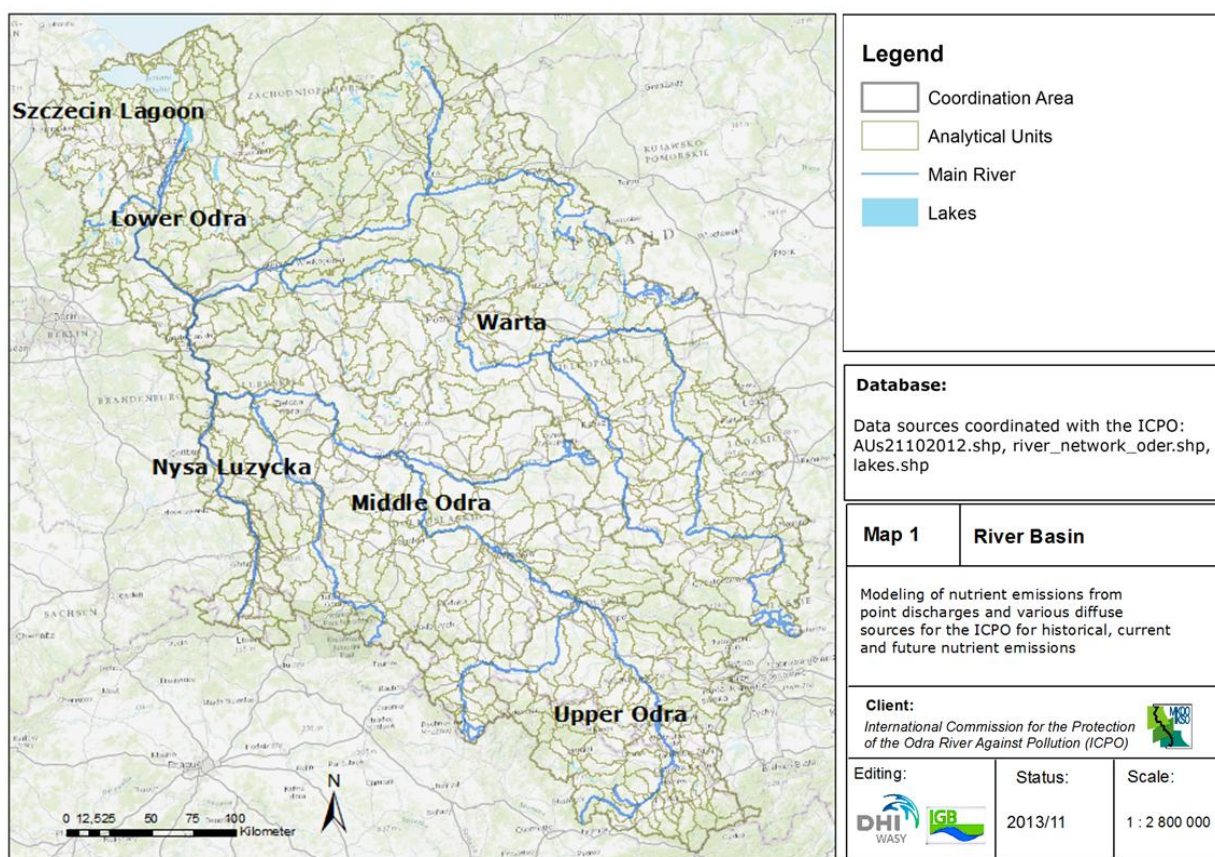
Základem pro modelové výpočty je rozdělení oblasti říčního systému Odry do 484 analytických jednotek, které byly odsouhlaseny s MKOOpZ a koordinační skupinou (64 jednotky s cca 9000 km<sup>2</sup> v Německu; 377 jednotky s cca 108 000 km<sup>2</sup> v Polsku; 43 jednotky s cca 7300 km<sup>2</sup> v České republice),



kteřé mohou být agregovány do zpracovatelských oblastí a správních jednotek. Analytické jednotky zohledňují hydrografické jednotky (vodní útvary), vymezené v procesu zavádění Rámcové směrnice o vodní politice.

Pro polské a české území byly analytické jednotky kompletně nově vymezeny. Existující analytické jednotky pro Německo (FUCHS ET AL., 2010) byly pouze v hraniční oblasti s Polskem a Českou republikou přizpůsobeny nově vymezeným hranicím vodních útvarů. Analytické jednotky byly ve spolupráci s MKOOpZ a koordinačními partnery odsouhlaseny a poté zpracovatelem geometricky upraveny. Štětínská zátoka je rovněž v modelování zohledněna.

Tři říční sítě smluvních států MKOOpZ byly harmonizovány do jednotného datového souboru a použity jako datový základ pro odtokové schéma (flow tree) a výpočet plochy vodních hladin. Na následujícím obrázku 11 je znázorněna přehledná mapa s použitými analytickými jednotkami a říční sítí.



Obrázek 11: Povodí, analytické jednotky a říční síť

## 3.2 Plošná vstupní data

### 3.2.1 Využití území

Povodí Odry je z větší části využíváno pro zemědělské účely. V oblasti Horní Odry a Warty činí podíl zemědělsky využívaných ploch asi 70 %.

V oblasti Horní Odry se nacházejí také některá velká (průmyslová) města, jako např. Opole, jak rovněž Ostrava v České republice.

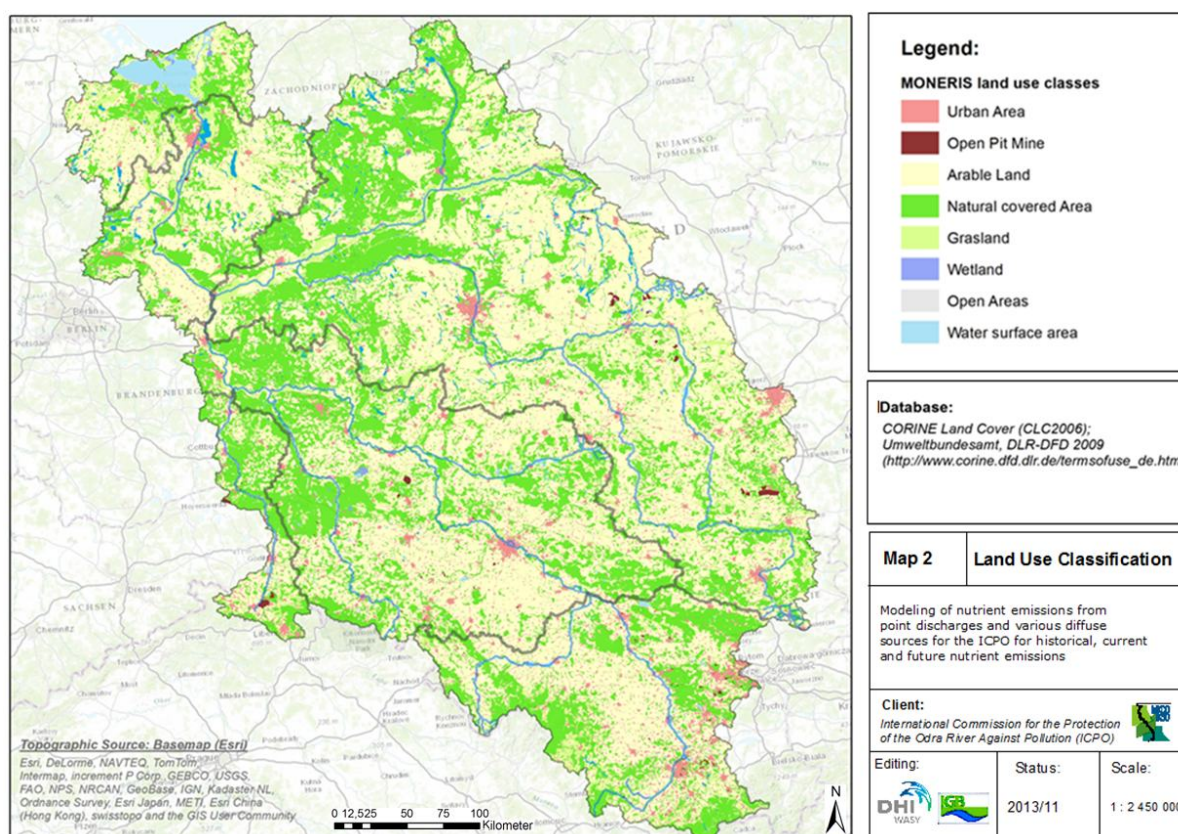


Pro klasifikaci využití území byla k dispozici data z CORINE Land Cover ((CLC2006; DLR-DFD 2009). Třídy z CORINE Land Cover byly pro modelování sloučeny následujícím způsobem (tabulka 1):

Tabulka 1: Třídy využití území podle MONERIS-u

Třída	Vysvětlivky/jednotka
Urban area	[km <sup>2</sup> ]
ArableLandSlopeLess1	Arable land with slope less 1%, [km <sup>2</sup> ]
ArableLandSlope1To2	Arable land with slope between 1 and 2%, [km <sup>2</sup> ]
ArableLandSlope2To4	Arable land with slope between 2 and 4%, [km <sup>2</sup> ]
ArableLandSlope4To8	Arable land with slope between 4 and 8%, [km <sup>2</sup> ]
ArableLandSlopeGreater8	Arable land with slope greater 8%, [km <sup>2</sup> ]
Grassland	[km <sup>2</sup> ]
NaturalCoveredArea	[km <sup>2</sup> ]
WaterSurfaceArea	[km <sup>2</sup> ]
OpenPitMine	[km <sup>2</sup> ]
OpenArea	[km <sup>2</sup> ]
Wetland	[km <sup>2</sup> ]
Other	Remaining area, [km <sup>2</sup> ]

Obrázek 12 znázorňuje klasifikaci podle dat o využití území v povodí Odry.



Obrázek 12: Klasifikace dat o využití území (CORINE)

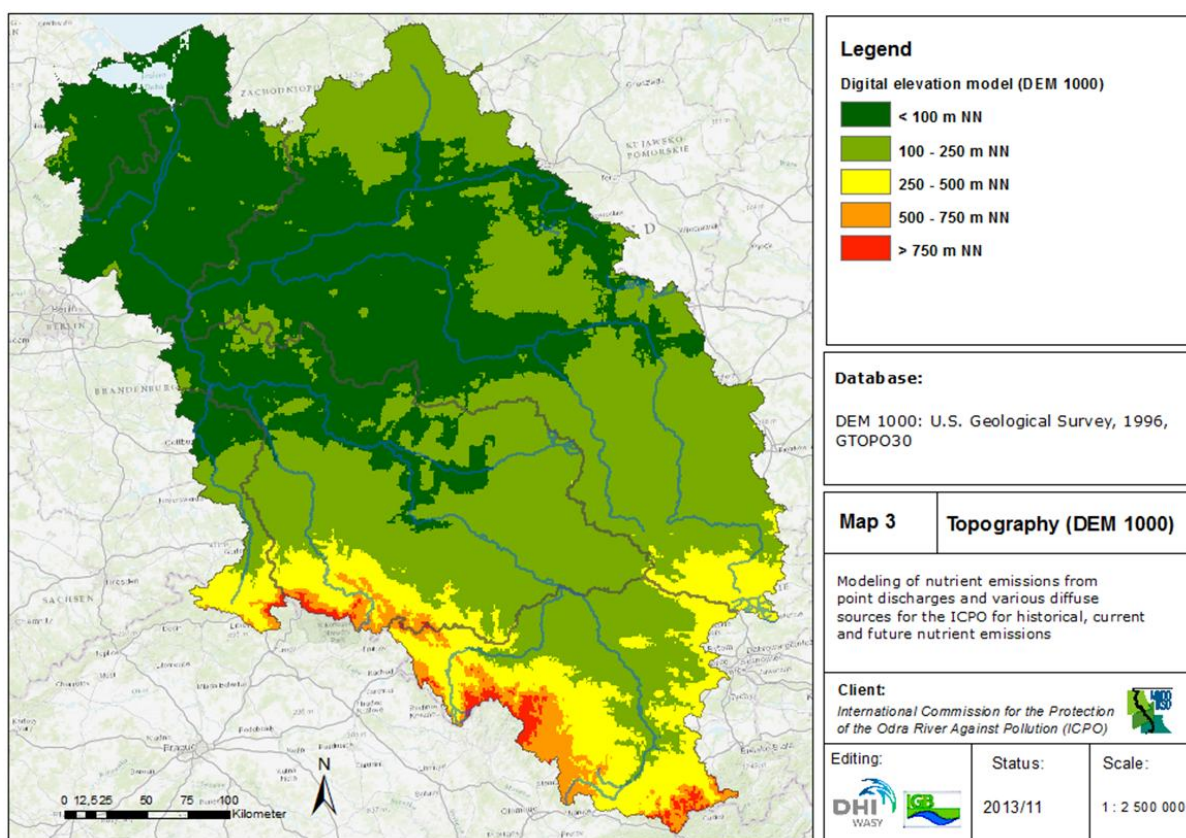
### 3.2.2 Výšková data

Průměrný sklon se používá při odvození eroze půdy, výpočtu ploch vodních hladin a pro vymezení ploch, na kterých může dojít k erozi. Pro odvození průměrného sklonu (slope) a průměrné výšky

dílčích povodí byl použit výškový model DEM100 (DEM100, digital elevation model, NASA SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, 2005); rozlišení 90x90 m upraven na rozlišení 100x100 m) a DEM1000 (U.S. Geological Survey, 1996, GTOPO30; 1000x1000 m). Sklon svahu je použit jako základ pro výpočet eroze. MONERIS rozlišuje pět tříd sklonu svahu (tabulka 2):

Tabulka 2: Třídy sklonu svahu podle MONERIS-u

Třída	Sklon svahu v %
1	<1
2	1-2
3	2-4
4	4-8
5	>8



Obrázek 13: Topografie v povodí Odry

### 3.2.3 Atmosférická depozice

Data týkající celkové atmosférické depozice dusíku za léta 2000-2010 byla přejata z výsledků programu Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP) z institutu Det Norske Meteorologiske Institut (DNMI, Norsko). Data EMEP jsou k dispozici pro celé povodí v podobě rastrových map s rozlišením 50 x 50 km jako depozice NO<sub>x</sub>-N a NH<sub>4</sub> v kg/m<sup>2</sup> (obrázek 15).

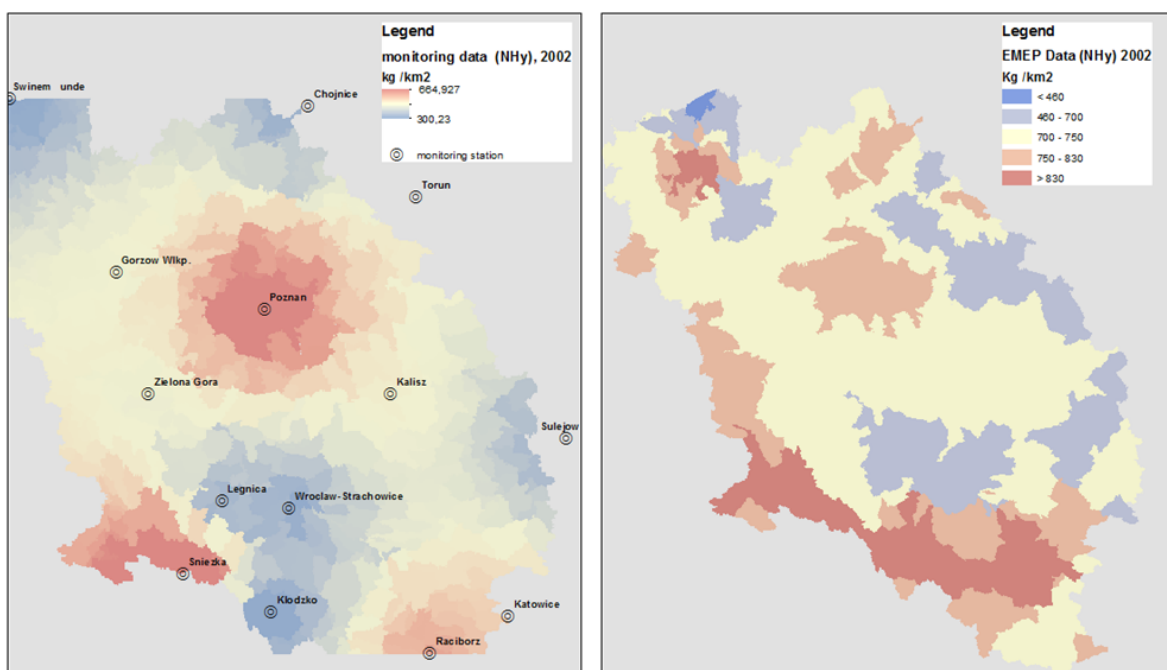
Oříznutím dat o depozici na hranice povodí byla odvozena průměrná depozice NO<sub>x</sub>-N a NH<sub>4</sub>-N v rámci každé analytické jednotky.

Za Polsko byly navíc k dispozici údaje o měsíčních zátěžích ze srážek pro dusitany/dusičnany, amoniakální dusík a fosfor z 14 monitorovacích stanic za léta 2000-2010. Na základě sečtených měsíčních hodnot byly pomocí interpolačního postupu Inverse Distance Weighted (IDW) tyto

hodnoty regionalizovány. Postup IDW zohledňuje horizontální variabilitu dat z měřicích stanic v prostoru, přičemž se předpokládá, že se významnost s přibývajícím vzdáleností snižuje. Takto získané výsledky z mokré depozice ve srážkách byly porovnány s výsledky EMEP v aspektu jejich prostorového rozložení.

Kvůli nepostačující hustotě měřicí sítě bylo možno Dolní Odru, Horní Odru a Štětínskou zátoku znázornit pouze v nedostatečné míře.

Obrázek 14 představuje porovnání regionalizovaných dat EMEP s interpolovanými naměřenými daty pro NHy za rok 2002. Maximální hodnoty se objevují ve významných průmyslových oblastech (Poznaň, Katowice) a horských regionech (Sněžka/Śnieżka).

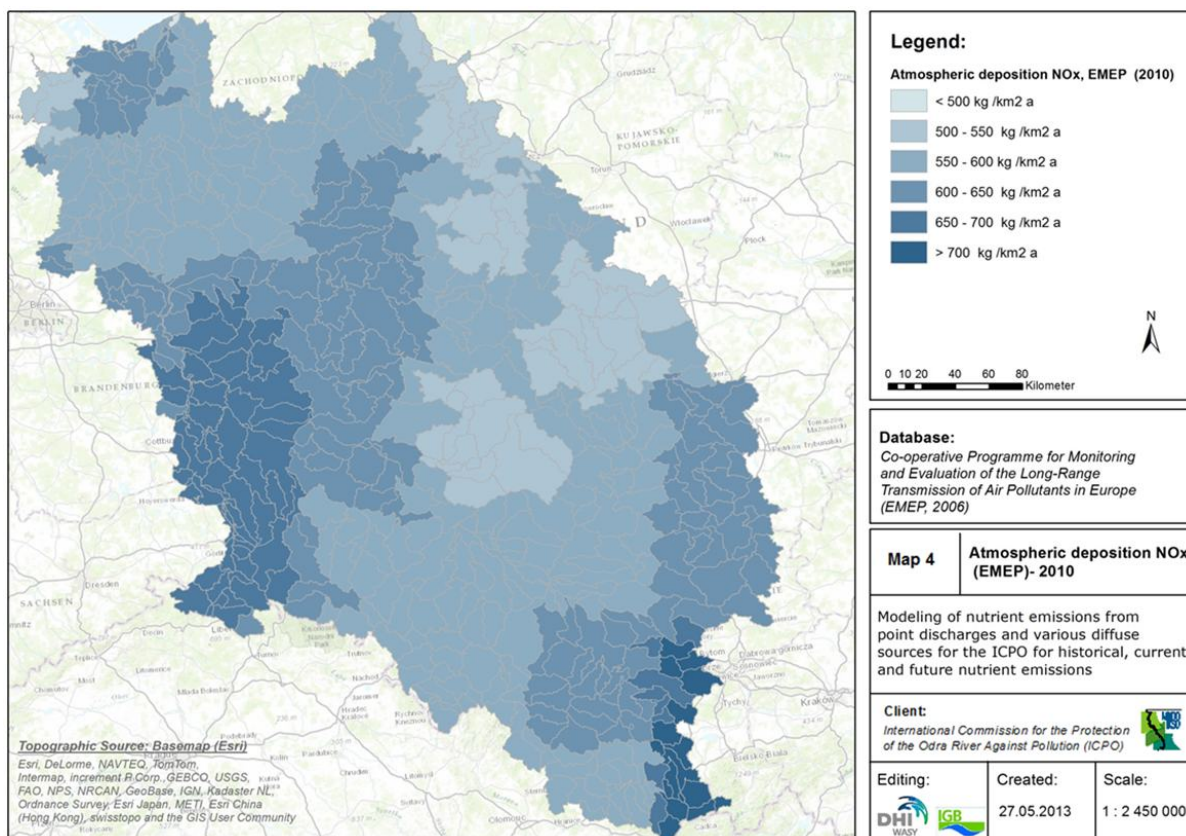


**Obrázek 14: Porovnání naměřených zátěží depozice NHy ze 14 monitorovacích stanic (vlevo) s hodnotami depozice EMEP za rok 2002 (vpravo)**

Pro celkovou depozici P, která závisí na využití území v analyzované ploše, lze odvodit pro evropská povodí průměrnou hodnotu 0,37 kg P/(ha/rok) (BEHRENDT ET AL., 2002b).

Sečtené měsíční zátěže fosforu z polských monitorovacích stanic byly také regionalizovány. Výsledky interpolace míry depozice P kolísaly mezi 0,15- 0,37 kg P/(ha/rok).



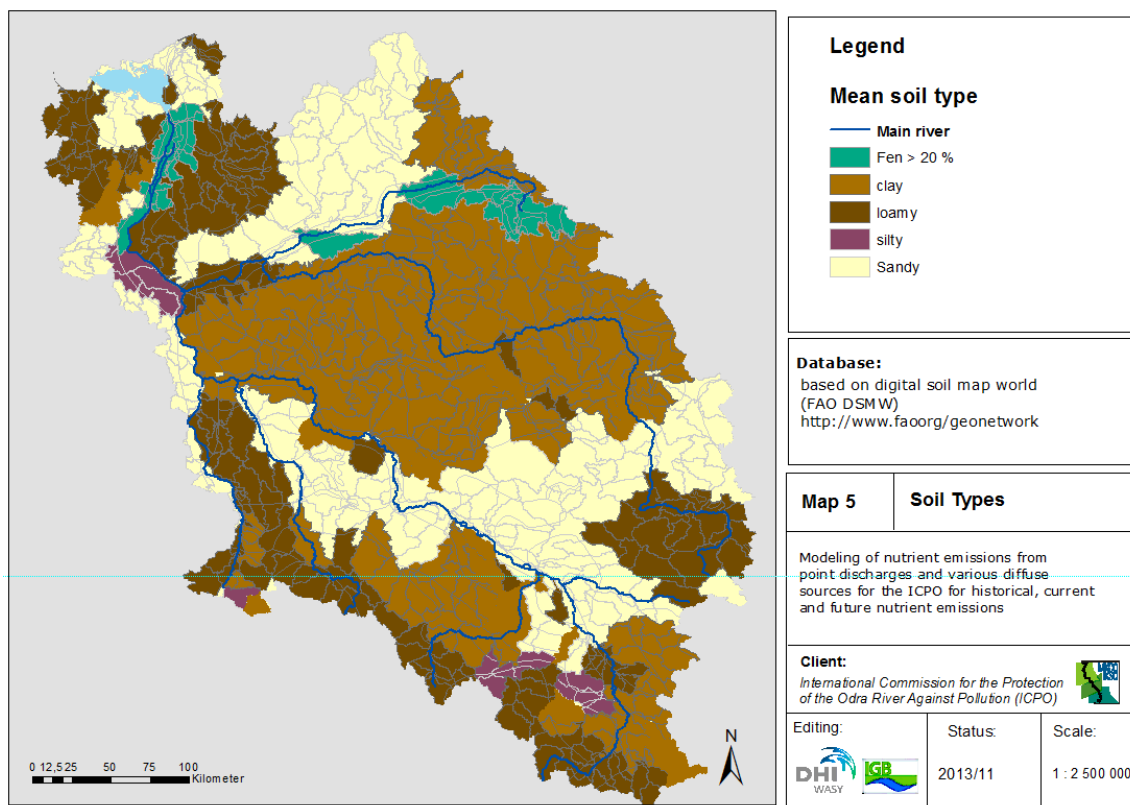


Obrázek 15: Atmosférická depozice NO<sub>x</sub> na bázi dat EMEP za rok 2010

### 3.2.4 Data o půdě

Pro modelování pomocí MONERIS-u se rozlišují hlavní druhy půdy (písky, jíly, nánosy, hlíny) a plochy slatinných a vrchovištních rašelinišť. Pro celé povodí byla použita Evropská mapa půd z European Soil Bureau (1:1000000). Na základě údajů v mapě půd FAO o obsahu hlíny a nánosů ve svrchní půdě byly pomocí Manuálu pro mapování půd (Bodenkundliche Kartieranleitung) (Ad-hoc-AG Boden, Bodenkundlichen Kartieranleitung, 5. Aufl., 438 S., 2005, viz obrázek 17, S. 142) vymezeny hlavní skupiny druhů půdy. Pro každou hlavní skupinu druhů půdy byly vypočteny plošné podíly na každé analytické jednotce v km<sup>2</sup>. Na obrázku 16 je znázorněn pro každou analytickou jednotku druh půdy, který má největší podíl na ploše v dané oblasti (mean soil type). Slatinná rašeliniště jsou v analyzované oblasti zastoupena jen zřídka, na obrázku jsou zvlášť znázorněny analytické jednotky, ve kterých podíl plochy rašelinišť na celkové ploše překračuje 20 procent.

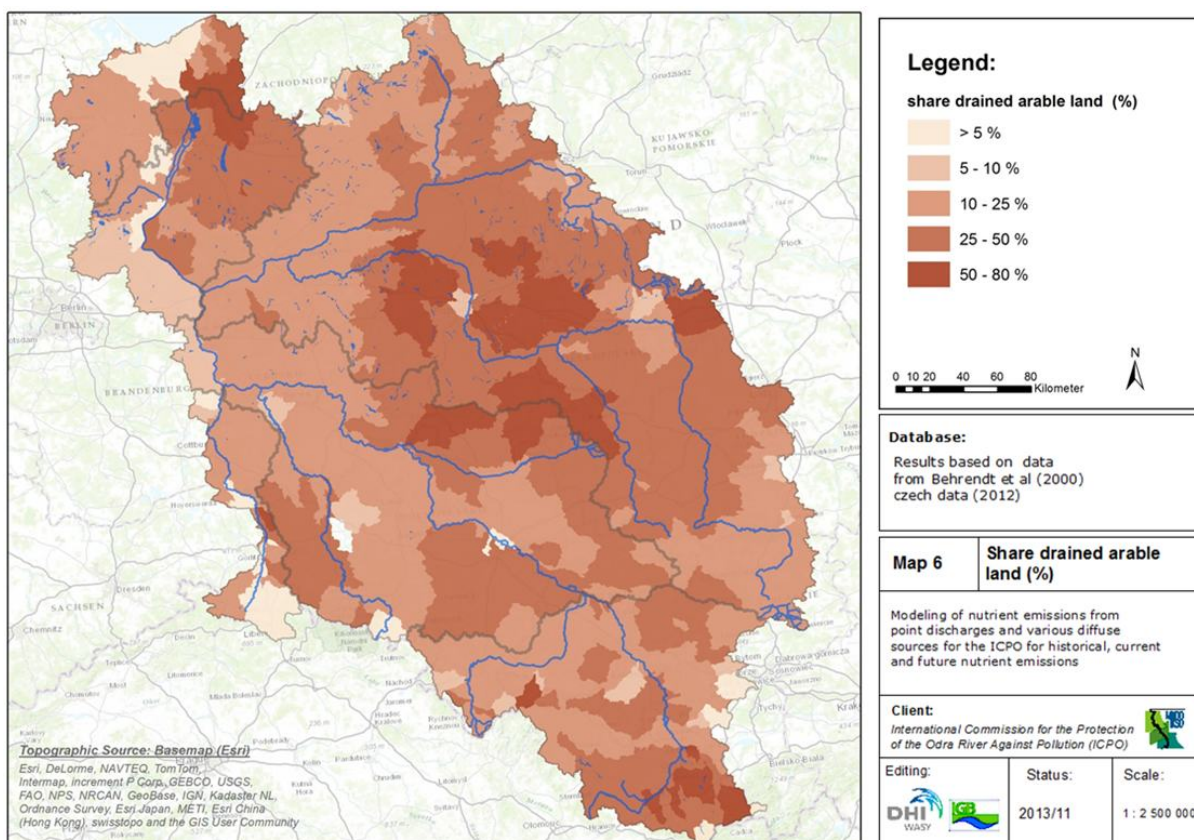
Navíc byly použity nezbytné regionalizované procentuální informace o obsahu dusíku a hlíny ve svrchní vrstvě půdy z mapy půd FAO (*DSMW = digital soil map world, 2007*).



Obrázek 16: Druhy půd v povodí Odry

### 3.2.5 Data o drenážovaných (meliorovaných) plochách

Odvození podílu drenážovaných ploch na celkové ploše orné půdy vychází z prací BEHRENDT ET AL. (1999), přičemž byly drenážované plochy v oblastech německých spolkových zemí odhadnuty pomocí hodnocení typů půdy podle lokalit (obrázek 17). Tato data byla použita pro polské a německé analytické jednotky. Za české území byly údaje o drenážovaných plochách a údaje o plochách orné půdy a luk a pastvin a také ovocných sadů k dispozici. Tato data byla regionalizována a pro tato území zpracována.

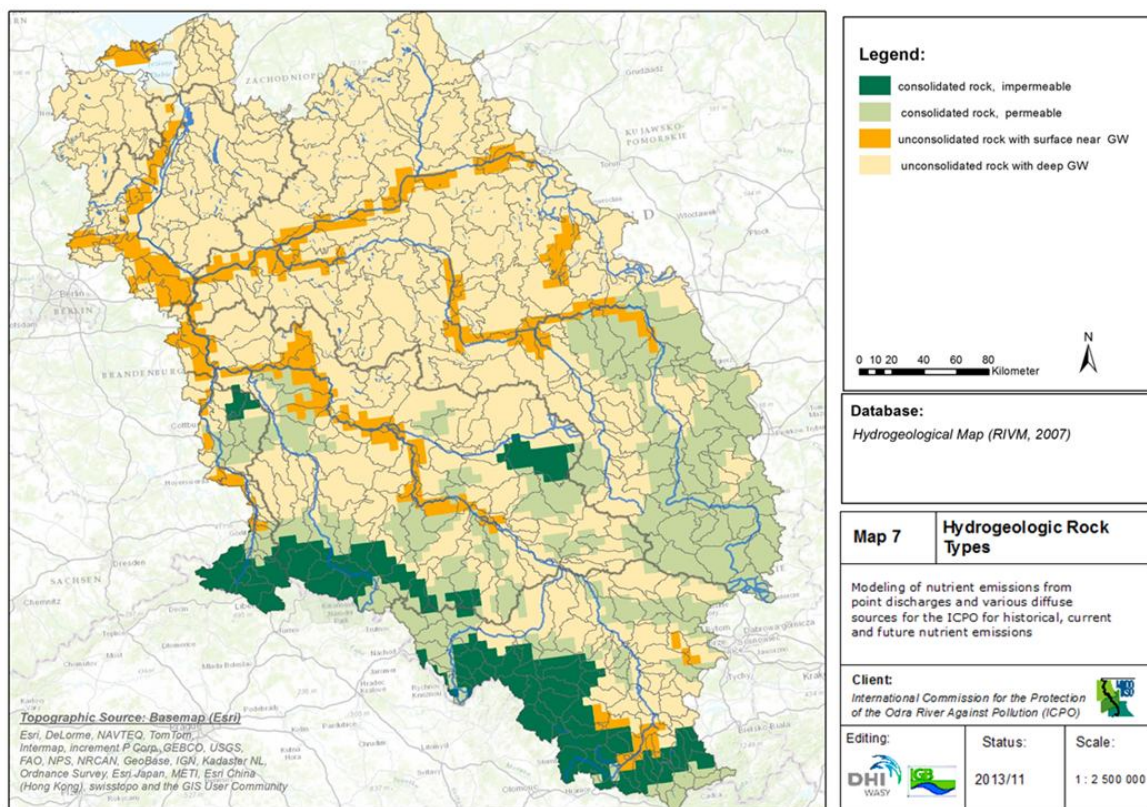


Obrázek 17: Podíl drenážovaných oblastí na zemědělsky využívaných plochách (v %)

### 3.2.6 Hydrogeologie

Rozlišení oblastí se syrkými horninami v blízkosti podzemních vod resp. daleko od podzemních vod, podobně jako rozlišení propustných resp. nepropustných pevných hornin je nezbytné pro odhad retence dusíku v nenasycené zóně. Rozlišení hydrogeologických poměrů pro všechny analytické jednotky bylo převzato z hydrogeologické mapy Evropy z institutu National Institute for Public Health and Environment (RIVM, 2007) (obrázek 18).



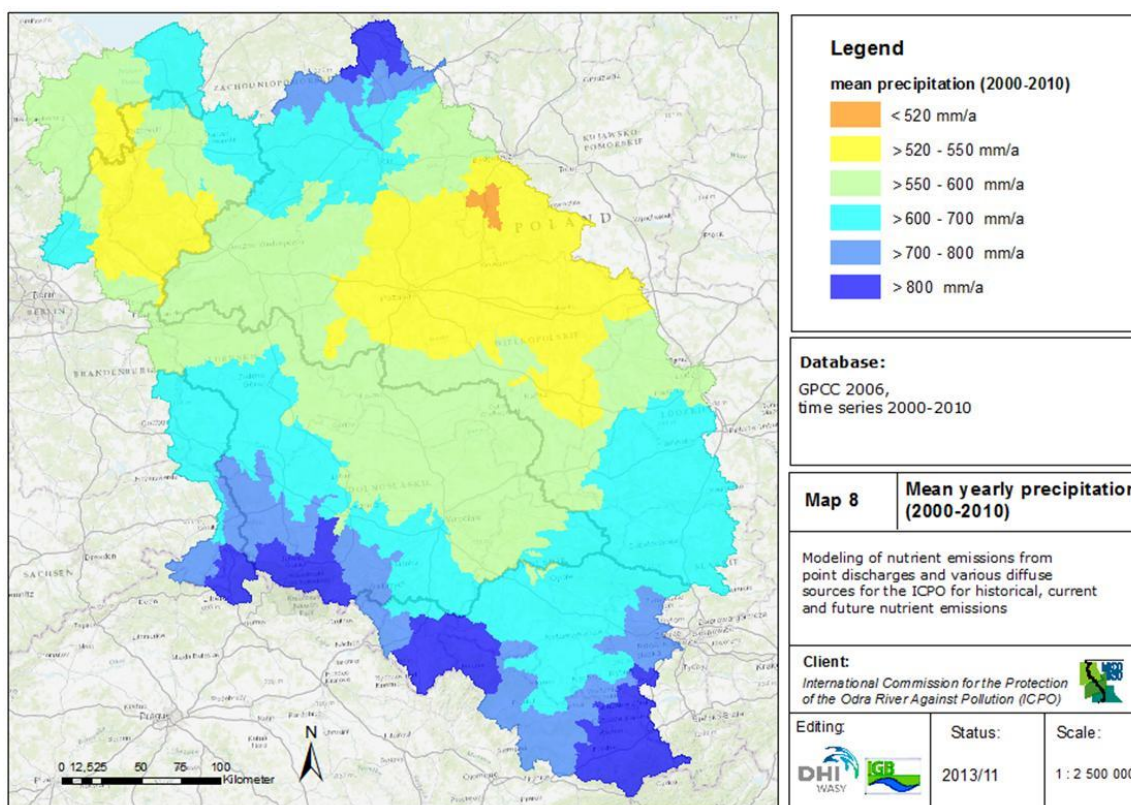


Obrázek 18: Hydrogeologie v povodí Odry

### 3.2.7 Srážky a evapotranspirace

Dlouholeté srážkové průměry a hodnoty úhrnů ročních a letních srážek, které jsou potřebné k výpočtu odtoku z drenáží, byly odvozeny z interpolovaných dat o srážkách (měsíční hodnoty, za období 2000-2010) z Global Precipitation Climatology Centre (GPCC, 2006) a byly seříznuty na hranice povodí (obrázek 19).





**Obrázek 19: Průměrné úhrny srážek za léta 2000-2010**

Časové řady srážek za české oblasti, které byly k dispozici za léta 2000-2010, byly rovněž zpracovány a porovnány s daty GPCC. I když tato data mají přesnější rozlišení, byla v rámci tohoto projektu použita data GPCC z důvodu lepší porovnatelnosti komponent vodní bilance: srážky a evapotranspirace.

Pro průměrné a roční skutečné odpařování (2000-2010) byla zpracována data MODIS (Mode rate Resolution Imaging Spectroradiometer, Forschungsprogramm z NASA, [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD\\_NUMBER=16](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD_NUMBER=16) ) a vztažena na analytické jednotky. Pro evapotranspiraci jako komponentu vodní bilance nebyla za jednotlivé země k dispozici žádná specifická data.

### 3.3 Soupis čistíren odpadních vod (ČOV) a přímé průmyslové vypouštění

Pro soupis ČOV byly zohledněny všechny ČOV všech tří států s velikostí třídy > 2000 EO (obrázek 20). Velikost ekvivalentu obyvatel (EO) byla uvedena pro ČOV všech tří států. Částečně byly údaje o množství odpadních vod a koncentracích jednotlivých ČOV relativně vysoké, zde mohla proběhnout v rámci projektu pouze podmíněně validace ohledně věrohodnosti vstupních dat.

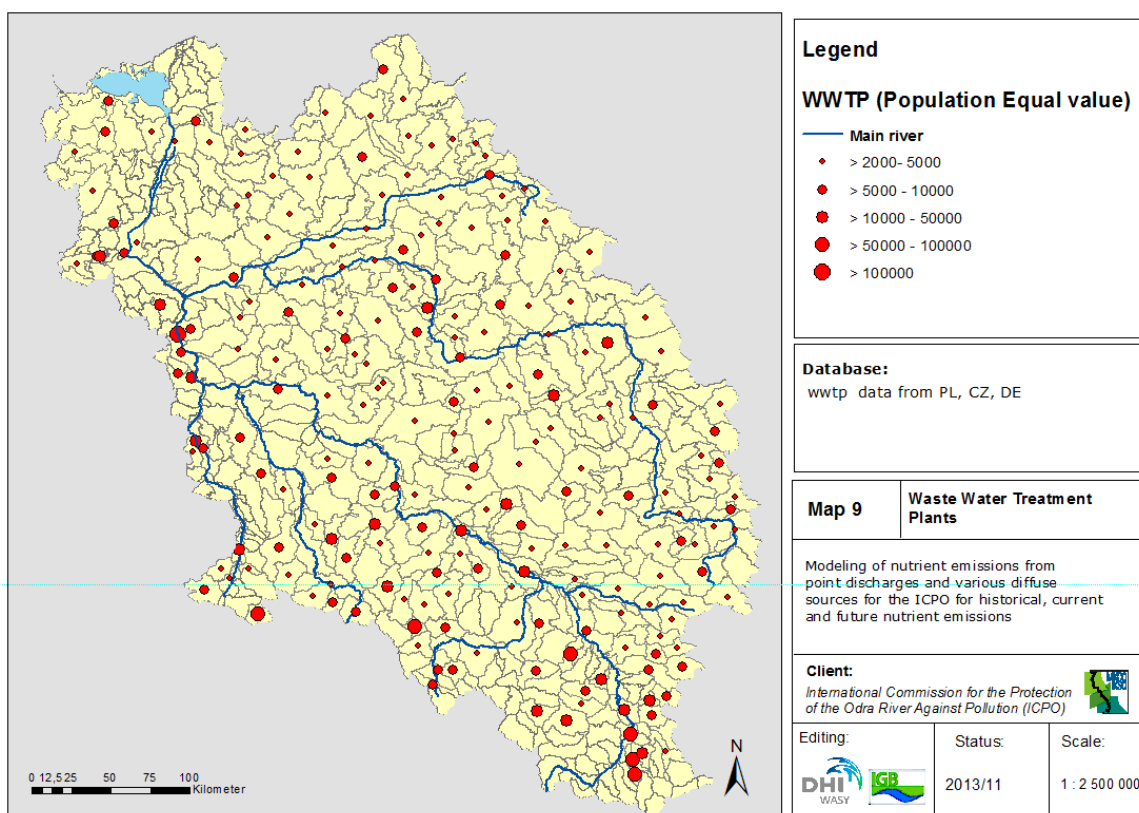
Pokud byly k dispozici pouze údaje o zátěžích živin, byly pomocí množství odpadních vod přepočteny na celkovou koncentraci N a P.

V případě vnosů fosforu z ČOV lze při dlouhodobém vývoji zejména v německé části povodí Odry pozorovat od roku 1986 jejich pokles díky eliminaci pracích prášků obsahujících fosfor. Pro vylepšení základních dat a poznatků a vyhodnocení účinnosti opatření v urbanizovaných oblastech vypracovalo IGB seznam údajů o fosforu, vztažených na osobu (vnos P na obyvatele a den; vnos fosfátů v pracích prostředcích na obyvatele a den a vnos fosfátů v tabletkách do myček nádobí na obyvatele a den), které byly použity jako základní data.

Zdroje dat k zátěžím TP a TN z přímého průmyslového vypouštění byly v jednotlivých zemích velmi rozdílné. Polská data byla k dispozici pouze na úrovni obcí od 2005 – 2010, proto mohlo být přiřazení

k jednotlivým analytickým jednotkám zobrazeno pouze přibližně. Česká a německá data byla poskytnuta s uvedením souřadnic. Základem německých dat jsou data, která byla zaslána EU v rámci předání zprávy o zavádění Směrnice o čištění městských odpadních vod (UWWTD database).

V rámci tohoto projektu mohla být odpovídající validace polských dat (s největším podílem na povodí Odry), jako např. interpolace a doplnění chybějících a neplauzibilních dat, provedena pouze v nedostatečné míře. Při eventuálním pokračování prací by mělo být upřesnění a zajištění hodnověrnosti informací o bodových zdrojích stěžejním aspektem zpracování dat. Pro porovnání by přitom mělo být přihlédnuto také k datům, která byla zaslána EU v rámci předání zprávy o zavádění Směrnice o čištění městských odpadních vod za Polsko.

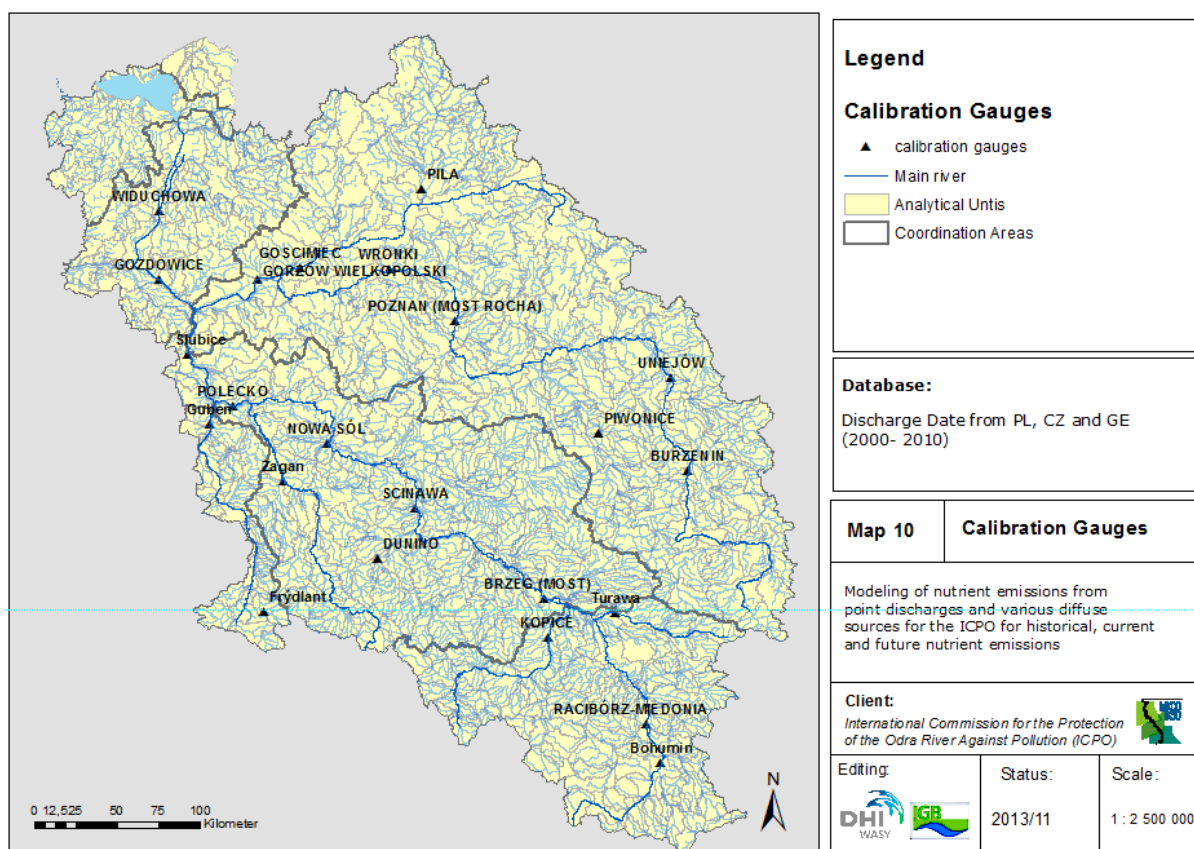


Obrázek 20: Soupis ČOV

### 3.4 Data časových řad

#### 3.4.1 Monitorovací data

Jednotlivé smluvní strany MKOOpZ předaly údaje o průměrných průtocích z cca 250 měřicích stanic. Nejprve byla naměřená data prověřena z hlediska kontinuity jejich měření, jelikož část vodoměrných stanic udávala pouze některé roční řady. Protože analyzované průtoky malých toků vykazují v důsledku vyšší průtokové dynamiky větší nejistotu, bylo pro kalibraci vybráno 17 relevantních vodoměrných stanic z hlediska vhodných monitorovacích stanic pro výpočet všech zátěží na hlavních řekách Odře, Wartě, Lužické Nise, Bobru a Noteči. Jako hraniční měřicí místo na Odře byl použit vodočet RACIBÓRZ-MIEDONIA s příslušnou monitorovací stanicí Krzyżanowice (viz obrázek 21).



Obrázek 21: Rozmístění vodoměrných stanic s měřením průtoků a kvality vody, použitých pro kalibraci

### 3.4.2 Přebytek dusíku a akumulace P

Pro ukazatele přebytek N a akumulace P byla v IGB na základě upravených dat podle BEHRENDT ET AL. (2003) provedena aktualizace dat jak v německé části, tak také v polské a české části povodí. Odhad citlivosti těchto souborů vstupních dat pro bilancování na úrovni analytických jednotek slouží ke zlepšení databáze a základních znalostí a návazně vyhodnocení účinnosti vybraných opatření.

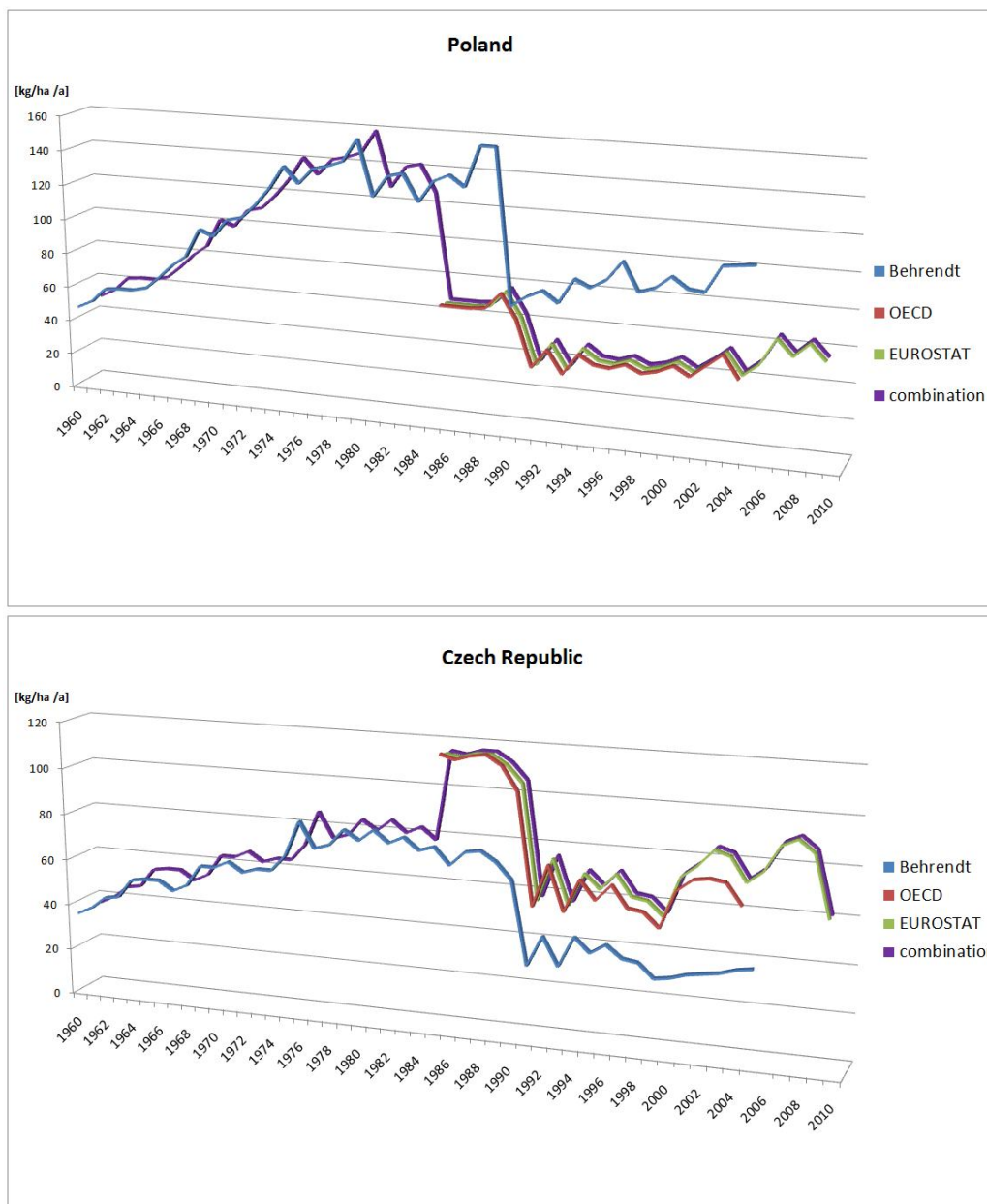
Aktualizace pro vnosy P a N proběhla na základě následujících dostupných dat :

- Bach: N und P-Überschüsse in den deutschen Bundesländern, v: BEHRENDT ET AL. (1999)
- data OECD:  
<http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?QueryName=516&QueryType=View>)
- data EUROSTAT:  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/images/b/b3/Nitrogen\\_surplus\\_%28kg\\_N\\_per\\_ha%29%2C\\_1990-2008%2C\\_EU-27%2C\\_CH\\_and\\_NO.png](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/images/b/b3/Nitrogen_surplus_%28kg_N_per_ha%29%2C_1990-2008%2C_EU-27%2C_CH_and_NO.png)
- kombinace shora uvedených metod

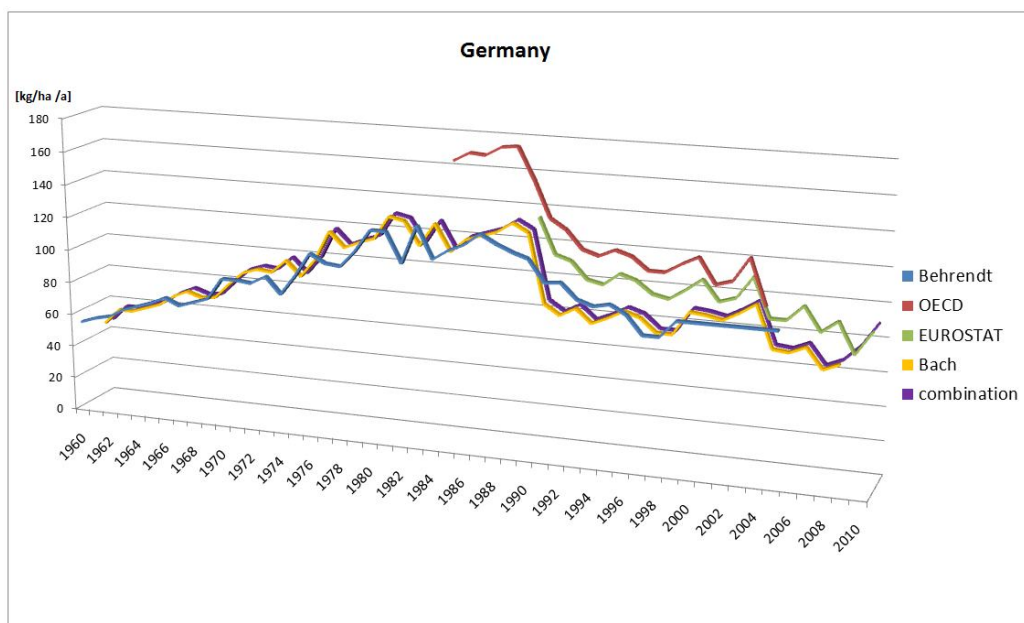
Při kombinaci metod byla pro léta 1985 - 2010 použita data EUROSTAT, popř. OECD. Pro Německo byly použity průměrné plošné přebytky podle Bacha. Data za období 1961 až 1984 byla doplněna na základě výsledků BEHRENDT ET AL. (2003). MONERIS zohledňuje pro modelování vnosů prostřednictvím podzemních vod a interflow vývoj přebytků N za max. předcházejících 50 let. Pro pokračování časových řad od roku 1950 do 1961 byly zpravidla k dispozici pouze ojedinělé odhady. Byly použity, aby bylo možno rekonstruovat obecný vývoj v těch letech. Pro předmětné modelované období však hrají pouze podřadnou roli.

Na následujícím obrázku 22 je pro ukazatel přebytek N znázorněno porovnání hodnot použitých ve zmíněných metodách v jednotlivých zemích. Částečně se vyskytují značné rozdíly mezi hodnotami přebytku N, zjištěnými na základě různých metod/zdrojů. Ty však nejsou zpravidla systematické,

nýbrž náhodné, takže při pozdějším použití dat (zprůměrněných a klasifikovaných do 5-letých období) je dosahováno pouze nepatrných efektů. Jelikož zdroj dat a základy pro výpočty podle BEHRENDTA jsou k dispozici pouze v částečně dokumentované podobě, byly využity disponibilní údaje z EUROSTAT, jako nejaktuálnějšího a oficiálního zdroje.



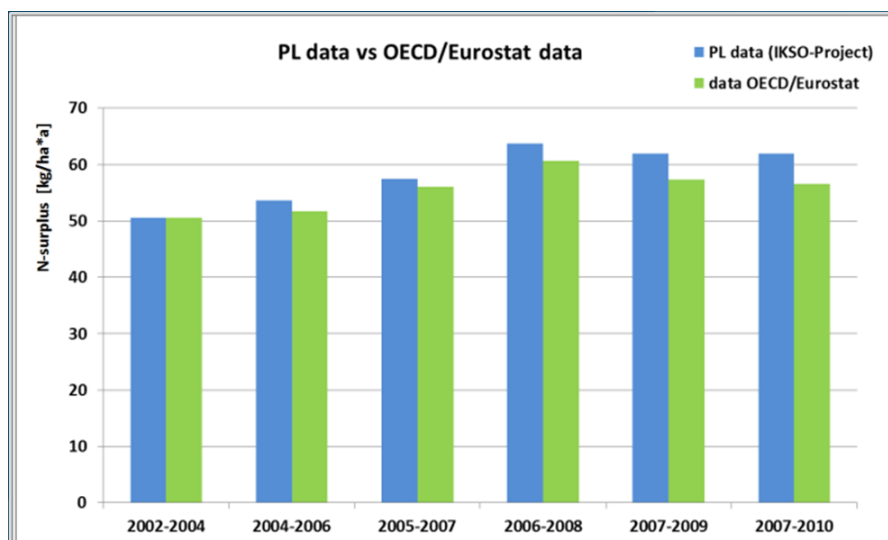




**Obrázek 22: Vývoj přebytku N, odvozený pomocí různých metod pro období 1960 -2010 v jednotlivých smluvních zemích MKOOpZ – Polsku, České republice a Německu**

Polská data o přebytku dusíku jsou k dispozici na úrovni vojvodství a jsou vždy shrnuta za tříleté období.

Na obrázku 23 byly porovnány vypočtené roční celkové průměrné hodnoty za Polsko s daty OECD a EUROSTAT z probíhajícího projektu UBA zaměřeného na výpočet vnosů v Německu, které byly rovněž shrnuty za tříleté období.

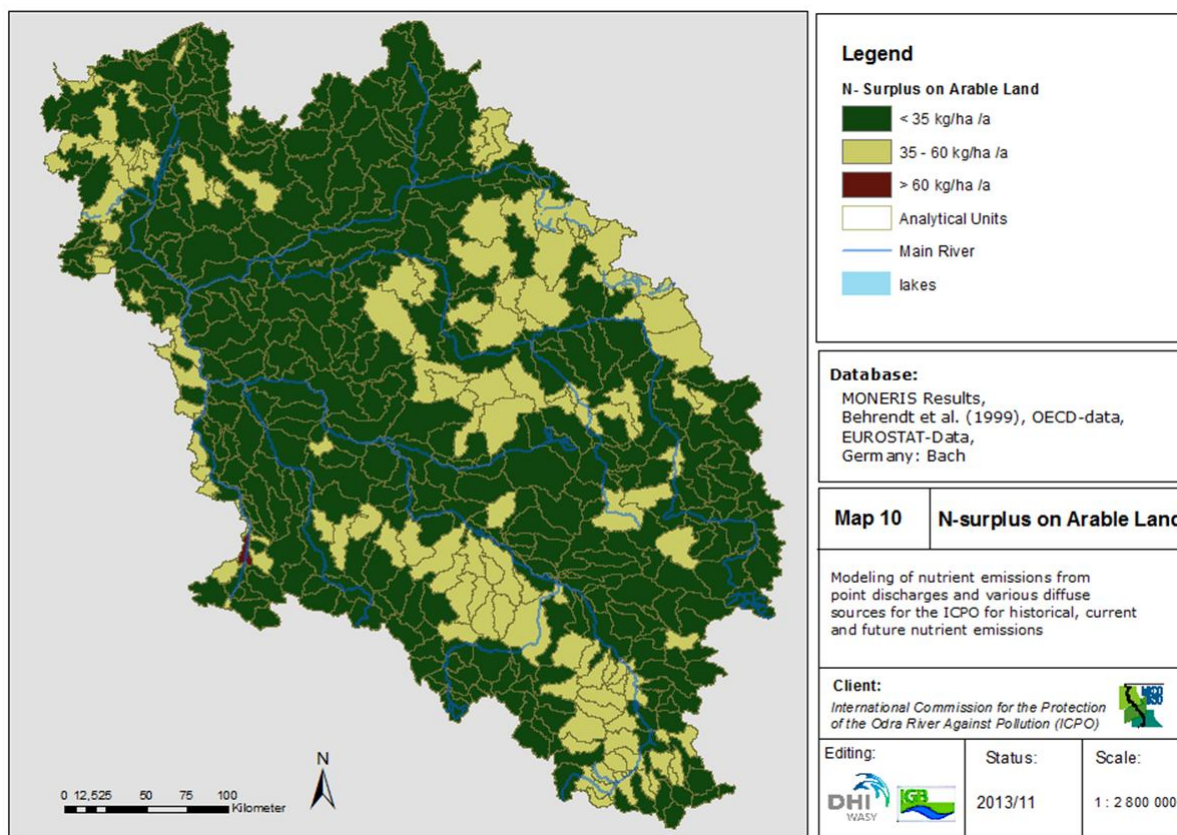


**Obrázek 23: Porovnání předaných polských základních dat o přebytcích N s daty OECD/EUROSTAT**

Obecně je možno konstatovat dobrou shodu hodnot (viz obrázek 23). Mezi vojvodstvími jsou ale hodnoty částečně velmi rozdílné. Tak např. kolísají maximální hodnoty mezi 50 kg/ha/rok a 90 kg/ha/rok. Tříletá průměrná hodnota pro celé polské území překračuje jen nepatrně hodnotu stanovenou Nařízením o hnojení (které je implementací Nitrátové směrnice EU v Německu), tj. 60 kg přebytku dusíku na ha a rok.

Předaná česká data prezentují, až na léta 2007-2010, hodnoty výrazně (částečně až 40%) nižší než data zveřejněná OECD/EUROSTAT. To platí také pro německá data (podle Bacha) (viz obrázek 22).

Výsledky kombinace metod při použití dat OECD/EUROSTAT byly použity jako základní data pro české a německé analytické jednotky. Pro polské oblasti byla jako vstupní data použita data předaná v upravené podobě na úrovni vojvodství (obrázek 24).



Obrázek 24: Porovnání předaných polských základních dat o přebytcích N s daty OECD/EUROSTAT

## 4 Kalibrace a kontrola modelu

### 4.1 Kalibrace průtoků

Jako základ pro výpočet emisí pomocí MONERIS-u jsou potřebné údaje o průměrných ročních průtocích ve všech modelovaných analytických jednotkách. Pro jednotlivá léta v období 2000-2010 byla provedena kalibrace průtoků.

Použitá metodika zohledňuje úhrn ročních srážek a průměrné skutečné odpařování podle MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, výzkumný program NASA). Navíc jsou do kalibrace zahrnuta množství vody vypouštěná z ČOV, jelikož mohou mít v suchých regionech značný podíl na odtoku v jednotlivých analytických jednotkách, nejsou ale významná pro difúzní vnosy. Proto je v kalibraci a pozdějších výpočtech pomocí MONERIS-u rozlišováno mezi množstvím vody, relevantním pro vnosy, a celkovým odtokem. S použitím těchto dat je vypočtena průměrná vodní bilance pro analytické jednotky. V následném kroku je výsledný celkový odtok porovnán s naměřenými průtoky a pomocí kalibrace jsou modelované průtoky upraveny tak, aby bylo dosaženo minimální odchylky od naměřených průtoků. Pro MONERIS přitom platí okrajová podmínka, že nevznikají záporné průtoky v analytických jednotkách. Pokud na základě srážkových poměrů a jiných průtokových složek vzniknou záporné průtoky, pak jsou výpočetně zohledněny jako vsakování do podzemních vod, a to jak v případě množství vody, tak v případě transportovaných živin. Vzhledem k těmto okrajovým podmínkám může dojít k nepatrným odchylkám

mezi naměřenými a vypočtenými průtoky, které však v případě zvolených let a vodoměrných stanic na Odře činily pouze v jednom případě 10 % (GORZÓW WIELKOPOLSKI, rok 2006) a jinak ojediněle 1-3 % (v průměru 0,5 %).

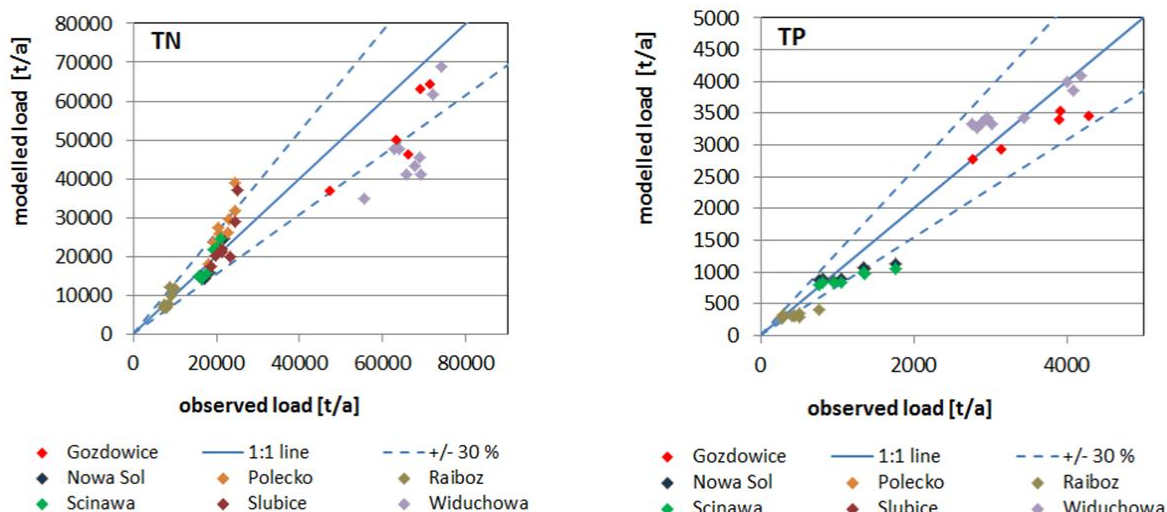
## 4.2 Výpočet zátěží

Ověření výsledků modelu probíhá ve většině případů prostřednictvím porovnání modelovaných a na základě naměřených koncentrací a průtoků zjištěných „pozorovaných“ zátěží. Modelované zátěže představují zůstatkový podíl z vnosů, které se dostávají do povrchových vod, a z vnitřních procesů transportu, transformace a odbourávání. Ty jsou dále jako součet netto všech zúčastněných procesů označovány jako „retence“. Jelikož jsou vnosy a retence prostorově a časově velmi variabilní, a protože pozorovaná zátěž představuje integrál všech procesů v celém výše položeném povodí, umožňuje porovnání modelovaných a pozorovaných zátěží ověření plauzibility a konzistence výsledků modelování. Představuje však zpravidla jedinou možnost ověření výsledků.

Pro výpočet zátěží byly Polskem a Českou republikou poskytnuty údaje o měsíčních průtocích a průměrných měsíčních koncentracích. Na základě této databáze není možný výpočet zátěže např. podle OSPAR (1996), takže zde byly vypočteny měsíční zátěže z příslušných údajů o průtoku a koncentraci a roční zátěž byla stanovena pomocí součtu. Dále jsou pro rozlišení zátěží označeny jako „pozorované“ zátěže ty, které byly stanoveny na základě naměřených koncentrací a průtoků, naproti tomu jsou výsledky z MONERIS-u označovány jako „vypočtené“ zátěže. Pro porovnání zátěží byly nejprve brány v úvahu měřicí stanice, které byly použity pro kalibraci průtoků a u nichž byly k dispozici průběžné měsíční hodnoty. Ačkoli to představuje pouze část měřicích stanic, ze kterých byly předány údaje, pokrývají přesto reprezentativně celou oblast Odry a její dílčí povodí.

Na obrázku 25 je znázorněno porovnání zátěží v měřicích místech v jednotlivých letech. Zátěže jsou zásadně rozptýleny kolem čáry 1:1 a neobjevují se žádné systematické odchylky mezi pozorovanými a naměřenými zátěžemi a v jednotlivých letech se také neobjevují téměř žádné odchylky větší než 30%, kromě měřicí stanice Widuchowa. Celkem činí průměrná odchylka mezi pozorovanými a naměřenými zátěžemi v případě celkového dusíku (TN) 17,5 % ( $r^2 = 0,86$ ) a v případě celkového fosforu (TP) 22,3 % ( $r^2 = 0,95$ ), to znamená pod očekávanou chybou pozorované zátěže, což je asi 25 % (Zweynert, 2008).





Obrázek 25: Porovnání zátěží TN (vlevo) a TP (vpravo)

## 5 Modelování vnosů živin do povrchových vod v MOPO (Výsledky)

### 5.1 Přehled analyzovaných období

Pro následující šetření změny emisí živin do povrchových vod v mezinárodní oblasti povodí Odry byla rozlišena tři období. Takřikajíc „historické“ období mělo být porovnáno se současným stavem. Dále mělo být zkoumáno, jaký stav se objeví v budoucnosti za předpokladu, že nedojde ke změnám vnějších faktorů (demografické změny, vývoj zemědělství, průmyslu a komunálních vnosů). Přitom hrála rozhodující roli jako limitující faktor základní data, dostupná ve všech členských zemích MKOOpZ. Proto nebylo možno pro historické období sáhnout dále do minulosti před rokem 2000. Tím muselo být definováno velmi krátké historické období (léta 2000 až 2007), které vzhledem k řešené problematice nedovoluje očekávat příliš velké změny. Přesto bylo možno pozorovat změny při porovnání tohoto (historického) období s obdobím, označovaným jako současné (léta 2008 až 2010). Pro prognózané období bylo promítnuto 10 budoucích let (léta 2011 až 2021).

- **historické** období: léta 2000 – 2007 a
- **současné** období: léta 2008 – 2010
- **prognóza** pro období od roku 2011 do roku 2021

### 5.2 Modelování historického období

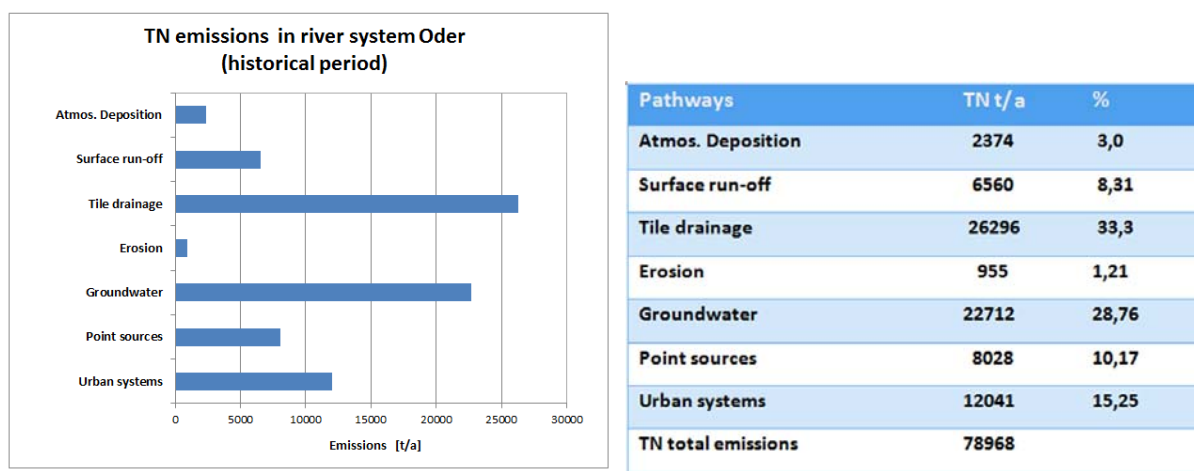
#### 5.2.1 Celková analýza historického období

„Historické“ období 2000-2007, řešené na základě dostupnosti dat, odstartovalo tento projekt. Nicméně lze považovat za všeobecně známou skutečnost, že vnosy živin v 80. letech minulého století byly v oblasti povodí Odry značně vyšší. V souvislosti s politickými a strukturálními změnami v zemědělství in po roce 1990 přebytky dusíku významně klesly. V případě dusíku lze od začátku století pozorovat v některých dílčích oblastech jeho nárůst v souvislosti s intenzifikací zemědělství.

U fosforu lze dlouhodobě pozorovat významný pokles vnosů z městských systémů a ČOV, což je zdůvodněno převážně zvýšením stupně napojení obyvatelstva na systémy odvádění odpadních vod a zlepšení technického stavu ČOV. Tento proces změn byl rovněž započat v 90. letech minulého století a zasahoval do období, označovaného zde jako „historické“. Proto může být toto „historické“ období považováno za jakýsi počátek (start), pro které byly pro Odru vypočteny celkové vnosy ve výši cca 80.000 t/rok (TN) a 5.000 t/rok (TP).

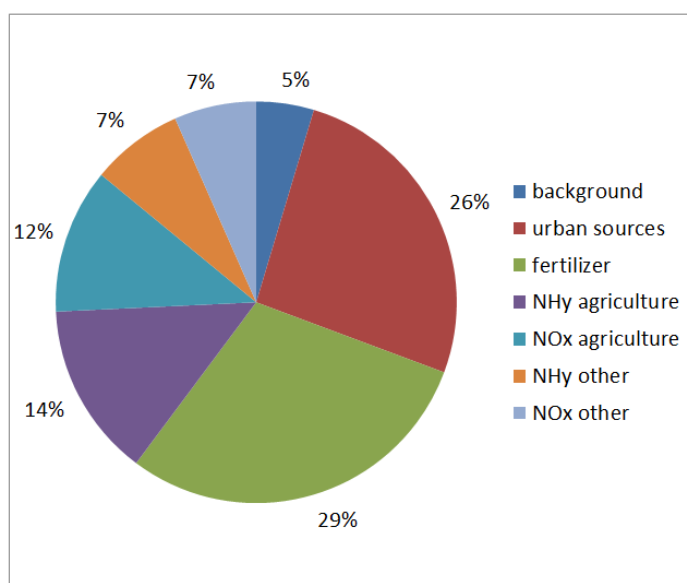
### 5.2.2 Podíl cest vnosu a zdrojů živin

Dominantními cestami vnosu dusíku jsou drenáže, podzemní vody a interflow a městské systémy/ČOV (obrázek 26).

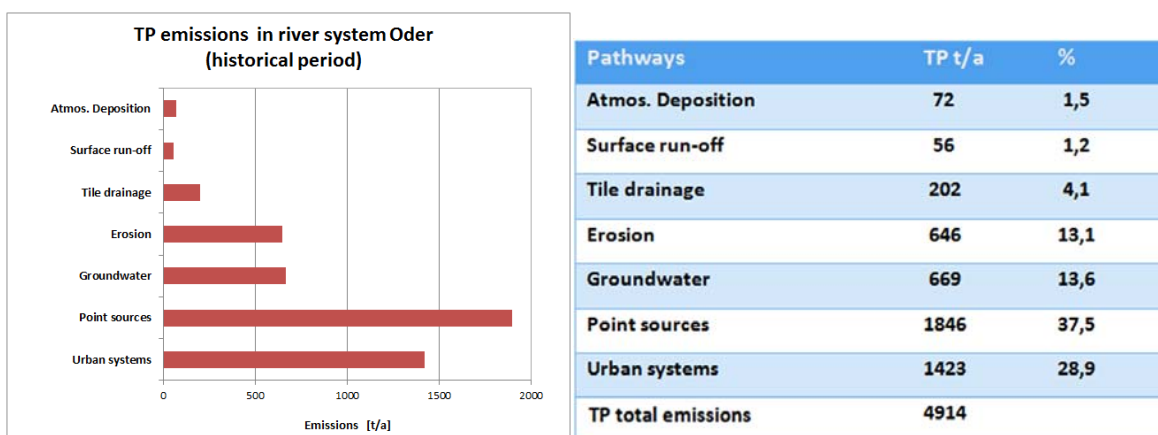


Obrázek 26: Cesty vnosu dusíku v historickém období (2000-2007)

V případě dusíku jsou jeho zdroje relativně stejnoměrně rozloženy. Zatížení pozadí přitom představuje ty vnosy, které by existovaly bez lidské činnosti.

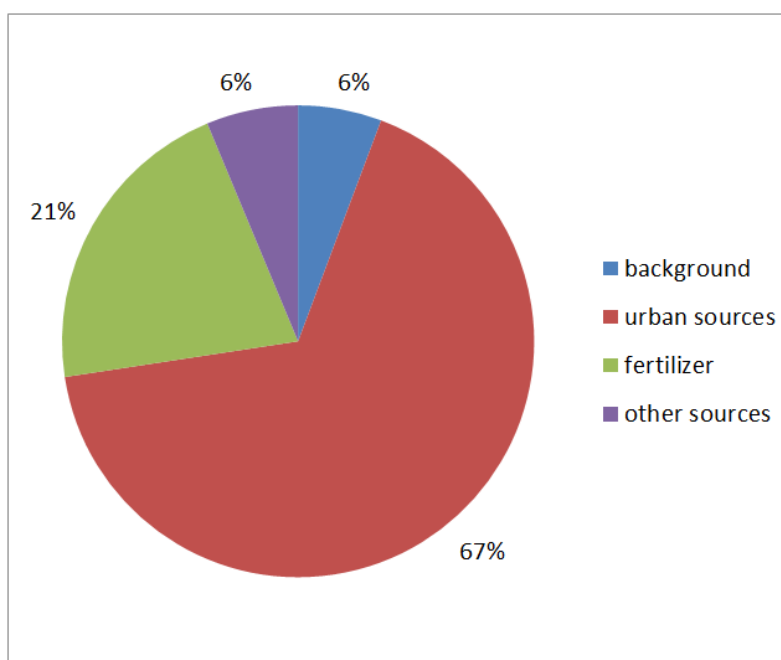


Obrázek 27: Podíly zdrojů celkového vnosu dusíku v historickém období (2000-2007)



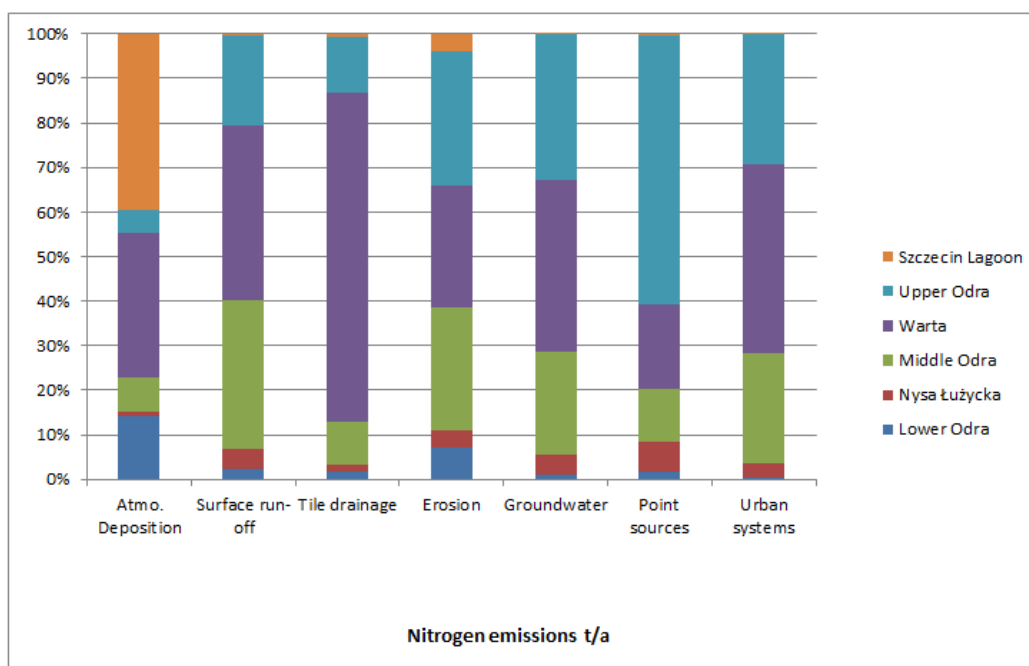
**Obrázek 28: Cesty vnosu fosforu v historickém období (2000-2007)**

V případě fosforu činí bodové zdroje a urbanizované oblasti více než 50% celkových vnosů. Zemědělství jako zdroj vnosů fosforu zde představuje podíl přibližně 20% (obrázek 29).

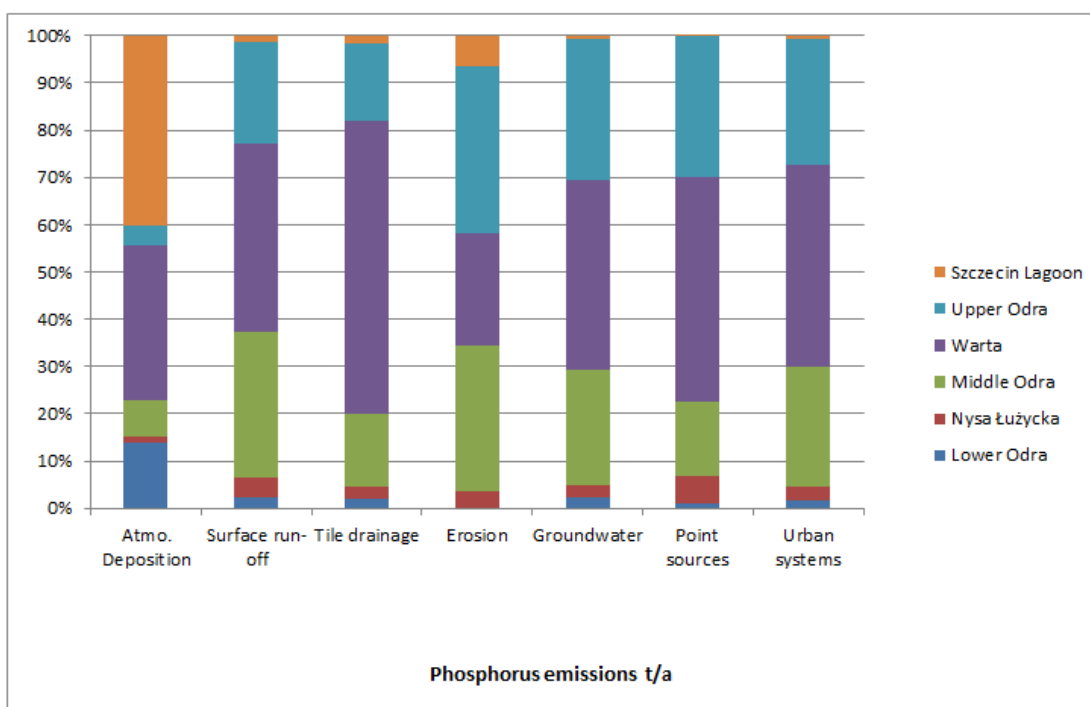


**Obrázek 29: Rozložení zdrojů celkového vnosu fosforu v historickém období (2000-2007)**

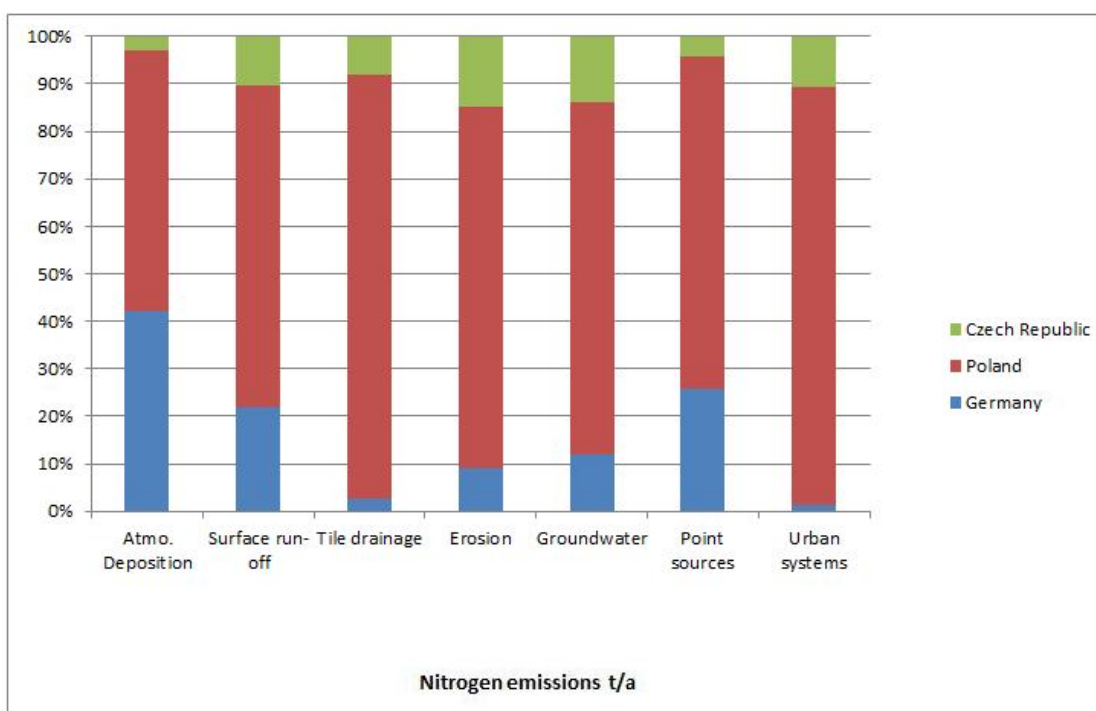
Cesty vnosů dusíku se liší v rámci šesti zpracovatelských oblastí v MOPO. Polská zpracovatelská oblast Warta má největší podíl na vnosech prostřednictvím drenáží (meliorací). Z jedné strany je plošný podíl této zpracovatelské oblasti na celém povodí Odry relativně velký, a z druhé strany jsou bilance N v Lodžském a Velkopolském vojvodství v povodí Warty poněkud vyšší než v ostatních vojvodstvích (viz také kapitola 3.5.2). Na vnosech dusíku prostřednictvím ČOV a průmyslového vypouštění mají hlavní podíl oblasti Horní Odry a Warty.



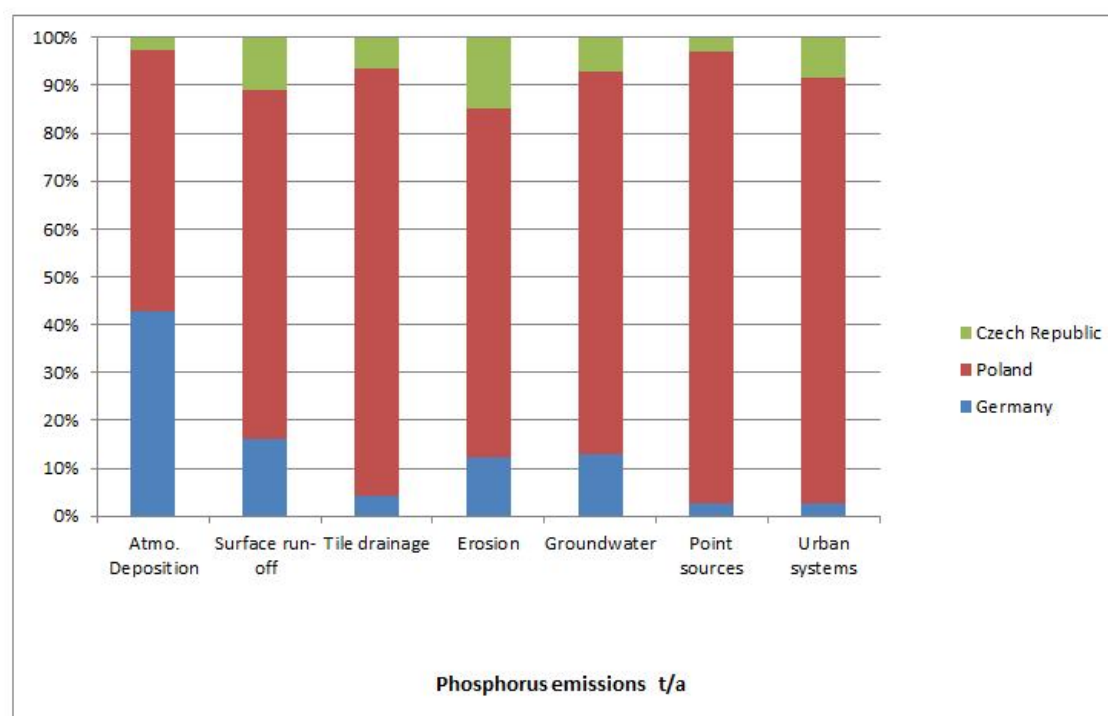
Obrázek 30: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)



Obrázek 31: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)



Obrázek 32: Podíl jednotlivých smluvních zemí MKOOpZ na celkových vnozech dusíku podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)

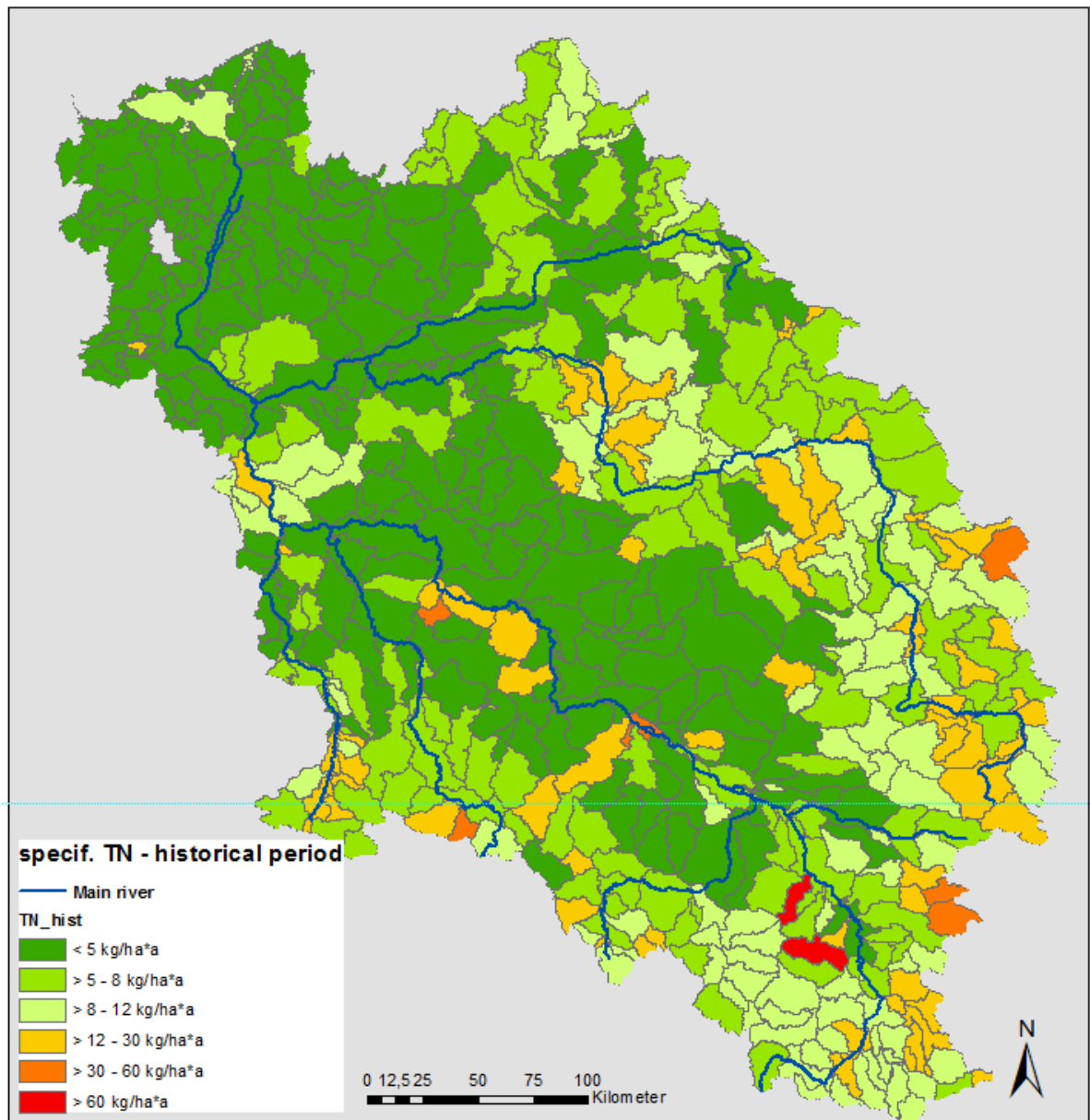


Obrázek 33: Podíl jednotlivých smluvních zemí MKOOpZ na celkových vnozech fosforu podle cest vnosu v historickém období (2000-2007)

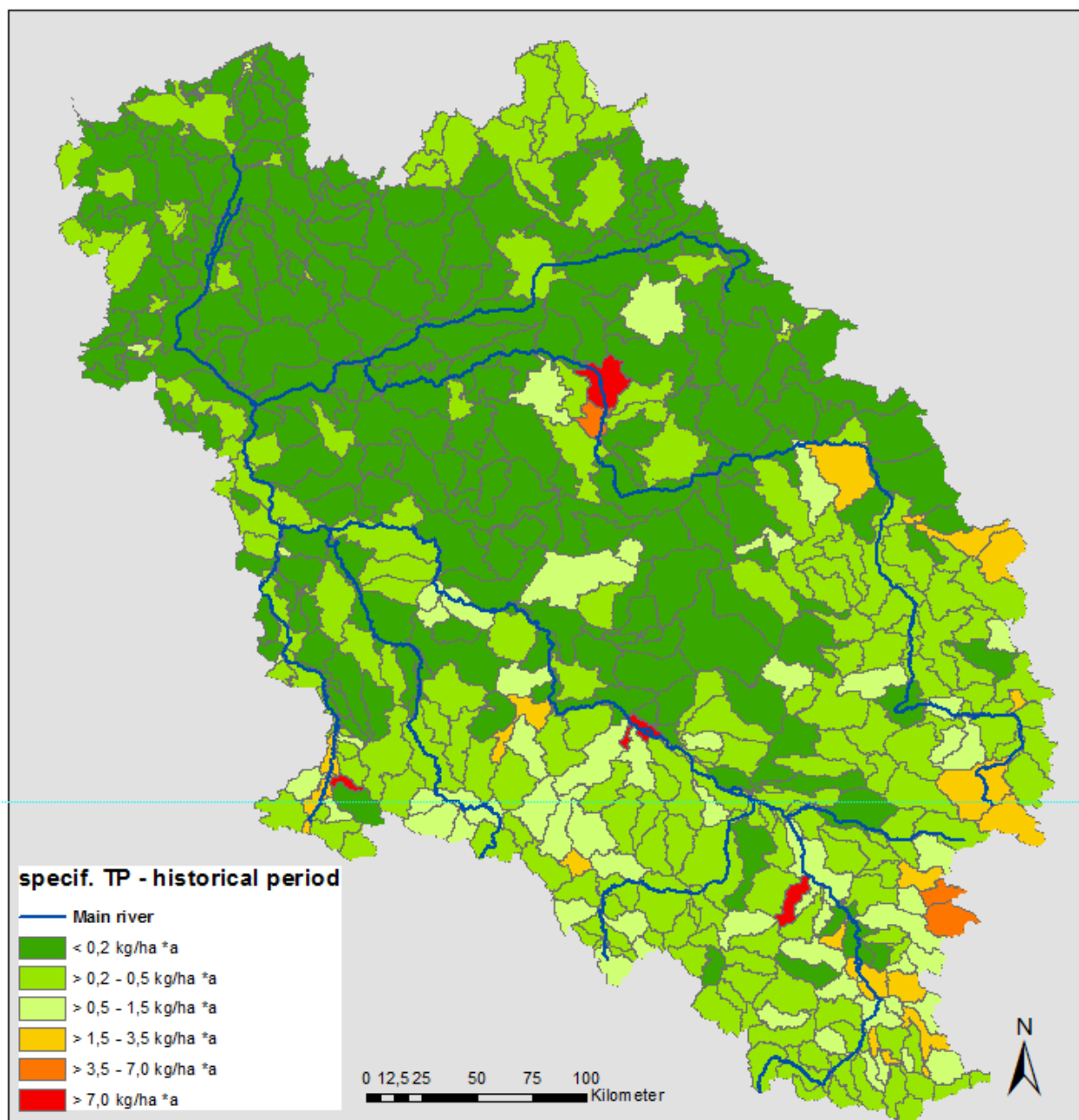
### 5.2.3 Prostorové rozdělení vnosů živin

U prostorového rozložení vnosů živin lze pozorovat vyšší vnosy v oblastech Warty a Horní Odry, z důvodu intenzivního zemědělského využití území, a částečně také v urbanizovaných oblastech (např. Poznaň). Některé analytické jednotky se vyznačují vyššími vnosy v jižní hornaté části Horní Odry.

Na obrázcích 34 a 34 jsou znázorněny specifické plošné vnosy dusíku a fosforu v historickém období v kg/ha/rok.



Obrázek 34: Specifické plošné vnosy dusíku v historickém období (2000-2007)



Obrázek 35 : Specifické plošné vnosy fosforu v historickém období (2000 -2007)

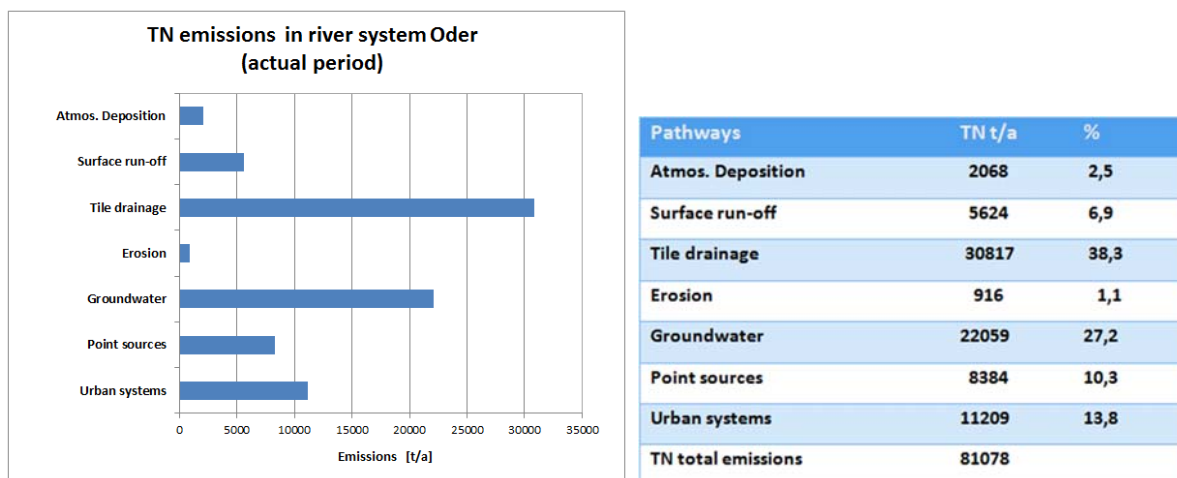
### 5.3 Modelování současného období

#### 5.3.1 Celková analýza současného období

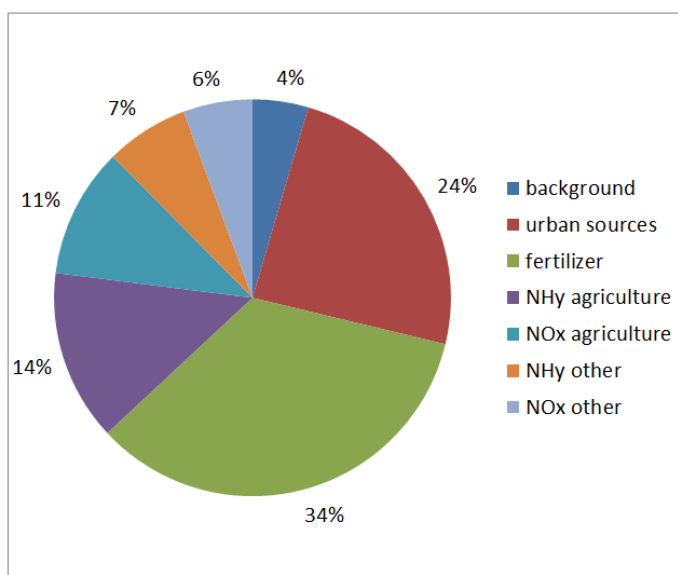
Pro současné období byla vzata v úvahu léta 2008-2010. Celkem byly vypočteny průměrné vnosy ve výši cca 81.000 t/rok (TN) a 4.750 t/rok (TP) (viz obrázky 36 a 38). V roce 2010 se zvýšily vnosy dusíku na úroveň téměř 91.000 t/rok (TN), což bylo převážně způsobeno extrémně vysokými průtoky v době povodňových událostí v květnu a červnu 2010, které vedly ke zvýšeným vnosům prostřednictvím podzemních vod (+20% vzhledem k průměru 2000-2010) a vymývání půdy. Jelikož v případě fosforu jsou hlavními cestami vnosu městské oblasti a ČOV, nebyl v povodňovém roce 2010 zaznamenán žádný významný nárůst těchto vnosů.



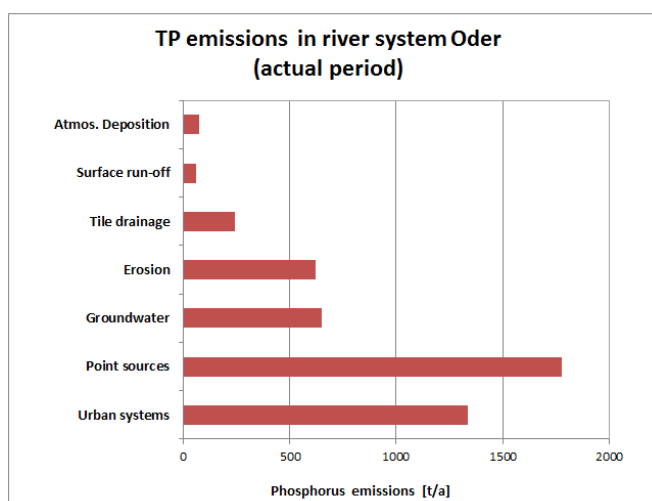
### 5.3.2 Podíl cest vnosu a zdroje živin



Obrázek 36: Cesty vnosu dusíku v současném období (2008-2010)

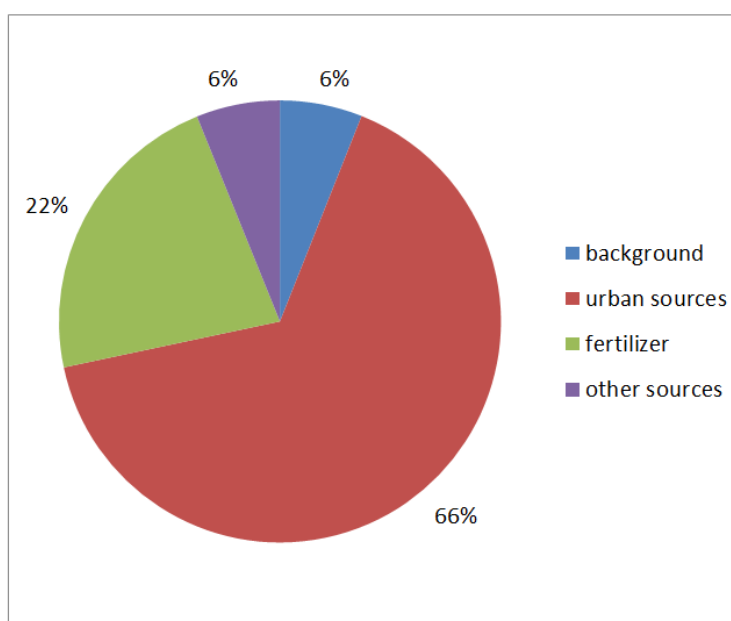


Obrázek 37: Podíl zdrojů na celkovém vnosu dusíku v současném období (2008-2010)

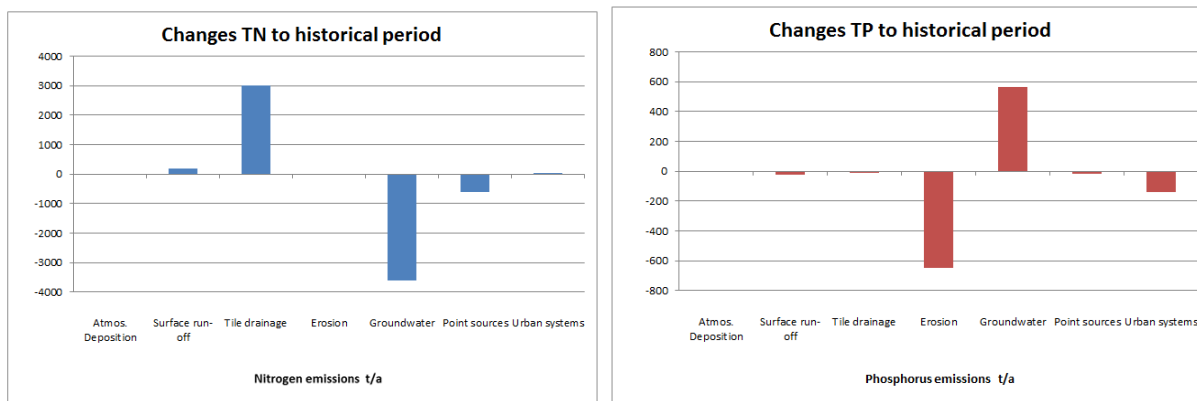


Pathways	TP t/a	%
Atmos. Deposition	72	1,5
Surface run-off	56	1,2
Tile drainage	241	5,1
Erosion	620	13,1
Groundwater	650	13,7
Point sources	1768	37,2
Urban systems	1338	28,2
<b>TP total emissions</b>	<b>4750</b>	

Obrázek 38: Cesty vnosu fosforu v současném období (2008-2010)



Obrázek 39: Podíl zdrojů na celkovém vnosu fosforu v současném období (2008-2010)

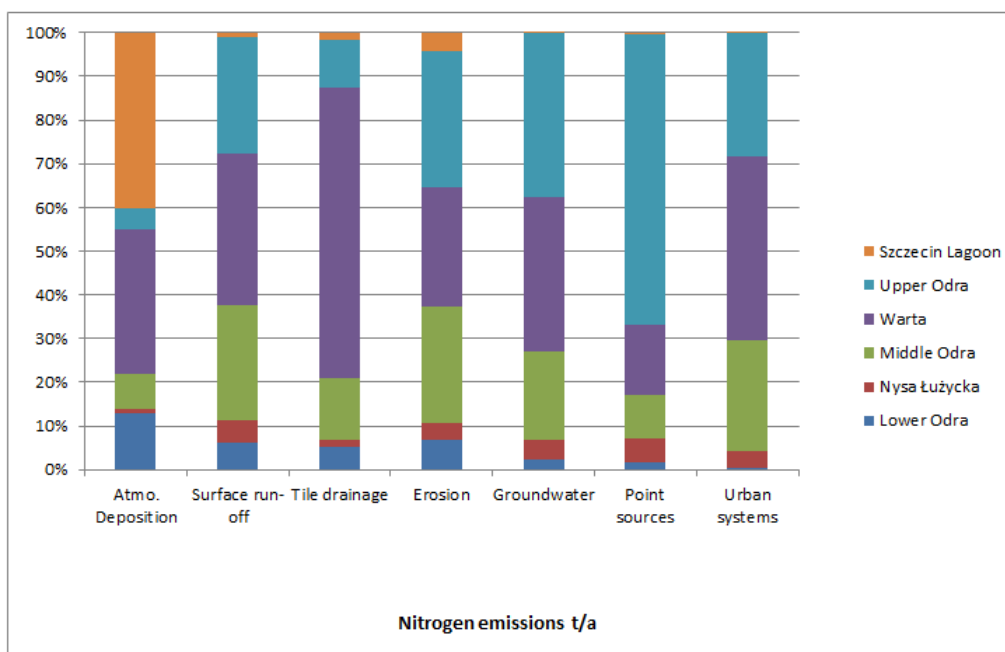


**Obrázek 40: Změny celkových vnosů (dusík vlevo a fosfor vpravo) podle cest vnosu v porovnání historického období (2000 – 2007) se současným obdobím (2008 - 2010)**

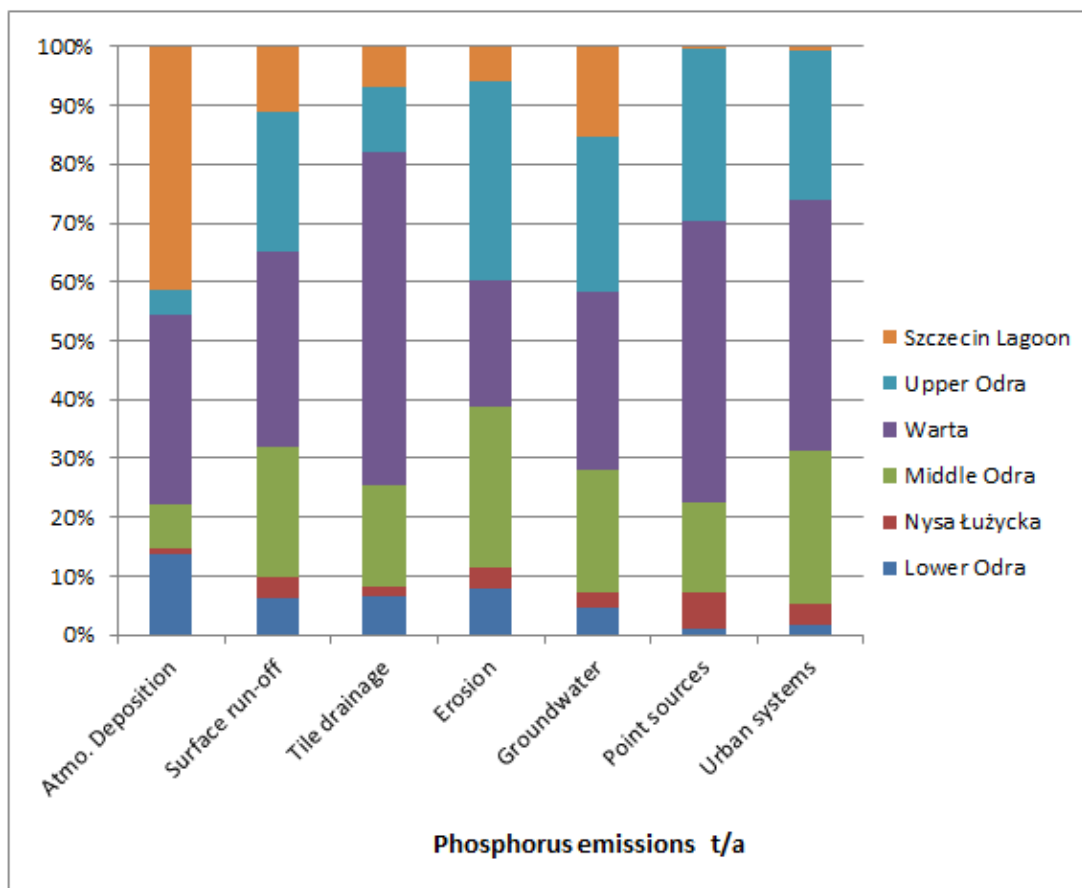
Zásadně došlo v případě cest vnosu dusíku v dílčích povodích jen k malým změnám. V porovnání současného období s historickým obdobím se zvyšují vnosy dusíku prostřednictvím drenáží (meliorace). Důvodem jsou vyšší přebytky dusíku v zemědělství.

To je výrazně patrné ve zpracovatelských oblastech Warta a Horní Odra, ve kterých převažuje ve více než 70% zemědělství. Průměrné vnosy dusíku v historickém období se v těchto zpracovatelských oblastech zvýšily o 10-15%.

Vzestup vnosu dusíku prostřednictvím podzemních vod a interflow vyplývá ve značné míře ze zvýšených hodnot v povodňovém roce 2010. Vnosy prostřednictvím podzemních vod jsou zde téměř o 25% vyšší než průměrné hodnoty z uplynulých let (obrázek 41).



**Obrázek 41: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v současném období (2008-2010)**

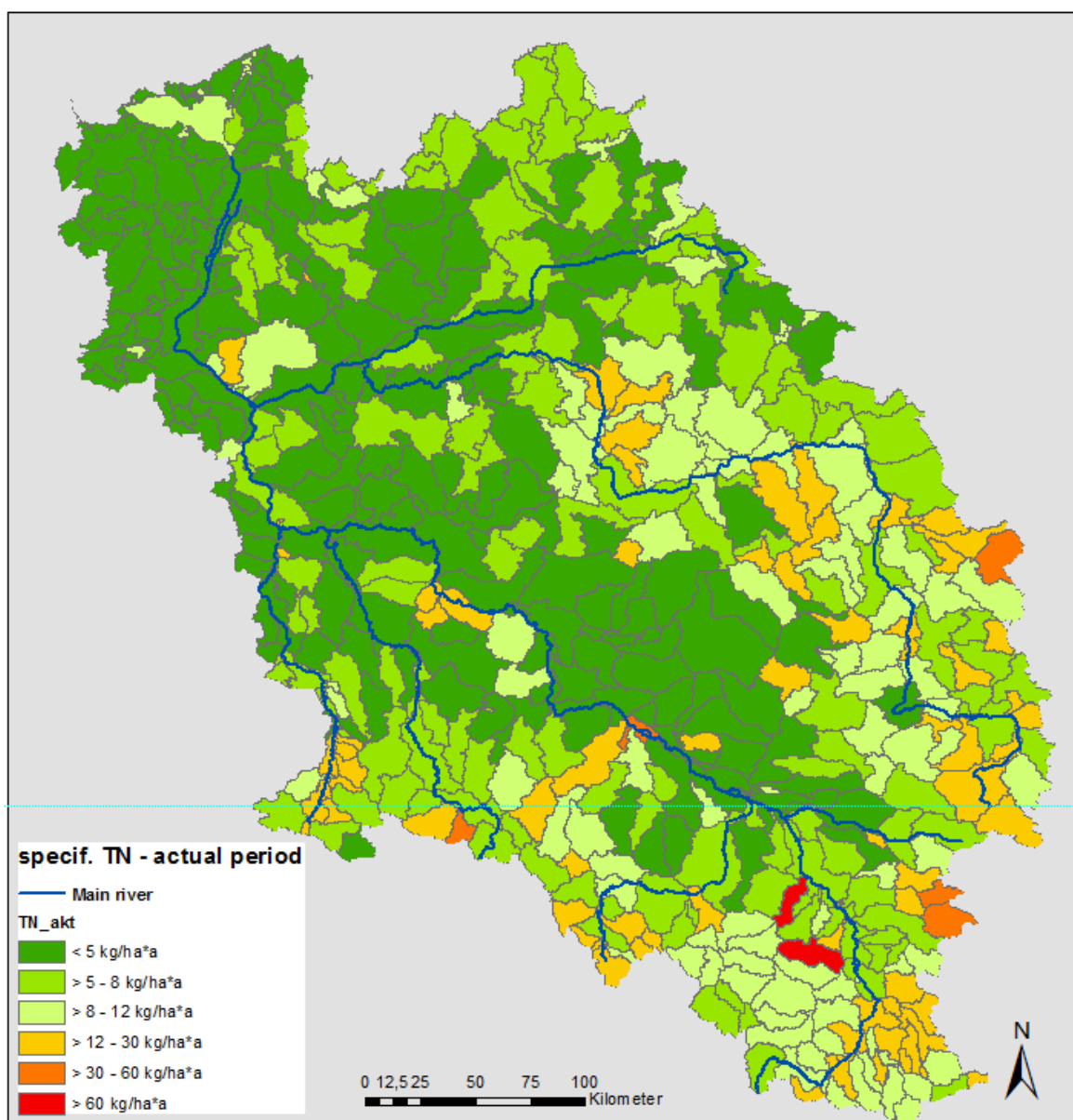


Obrázek 42: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v současném období (2008-2010)

### 5.3.3 Prostorové rozdělení vnosů živin

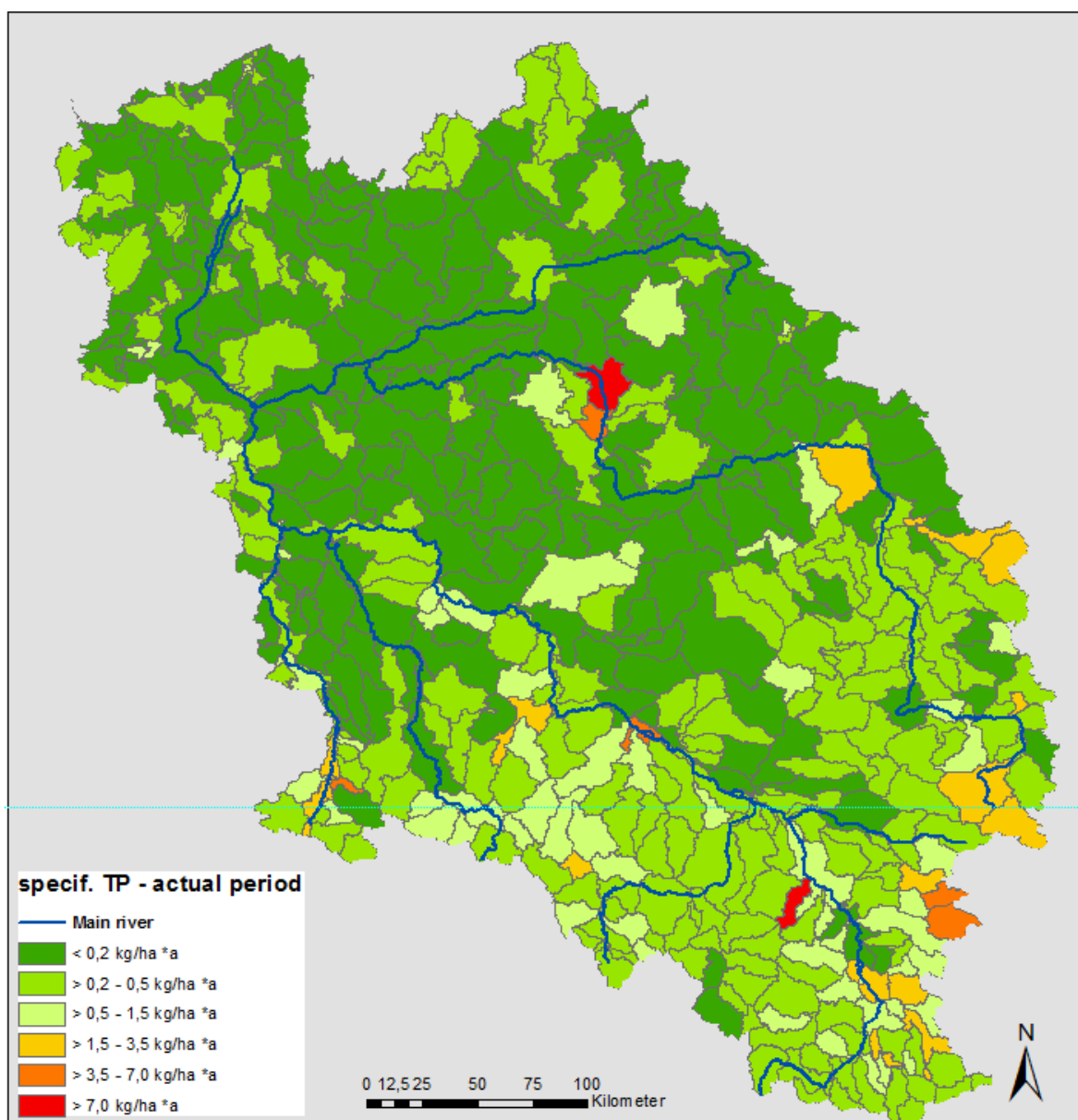
Lehce vyšší vnosy dusíku prostřednictvím drenáží v porovnání s historickým obdobím nelze identifikovat diferencovaně pro lokální problémová místa. To platí také pro vnosy fosforu, kde je jen v některých urbanizovaných oblastech plošně viditelné snížení vnosů.

Na obrázcích 43 a 44 jsou znázorněny specifické plošné vnosy dusíku a fosforu v současném období v kg/ha/rok.



Obrázek 43: Specifické plošné vnosy dusíku (současné období 2008-2010)



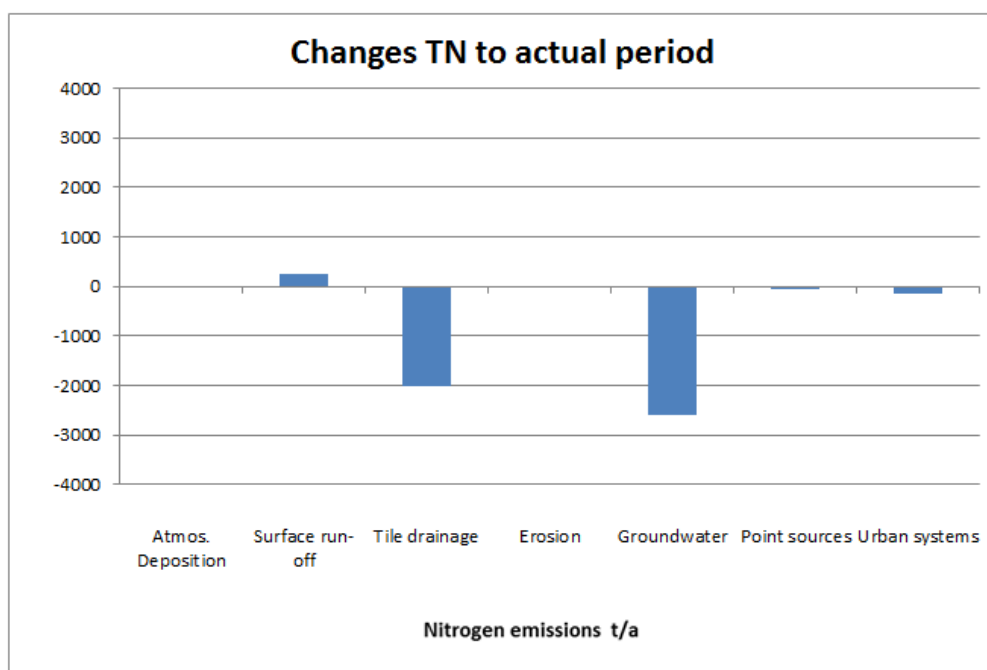


Obrázek 44: Specifické plošné vnosity fosforu (současné období 2008-2010)

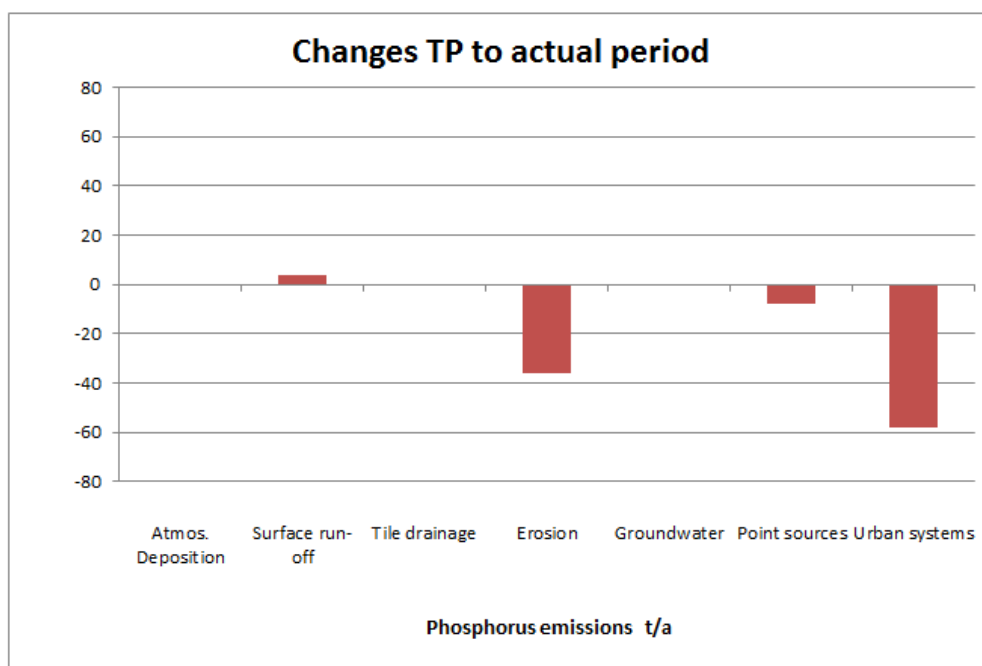
## 5.4 Modelování budoucího období (základní scénář)

### 5.4.1 Celková analýza budoucího období

Vypočtený standardní scénář (bez změny základních dat, avšak se zohledněním měnících se v čase poměrů v podzemních vodách) do roku 2021 neprokázal žádné významné změny vnosů dusíku a fosforu. Jelikož přebytky dusíku ze zemědělství jsou z důvodu dlouhé doby zdržení podzemních vod účinné ještě léta po provedeném hnojení, snižují se vnosity dusíku nevýznamnou měrou.



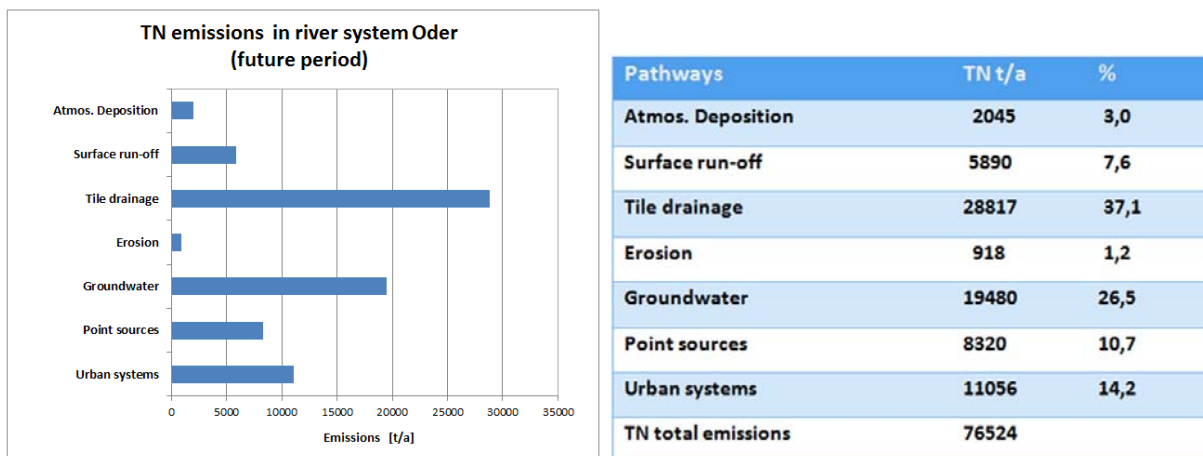
Obrázek 45: Změny vnosů dusíku v porovnání prognózovaného období (2011- 2021) se současným obdobím (2008 - 2010)



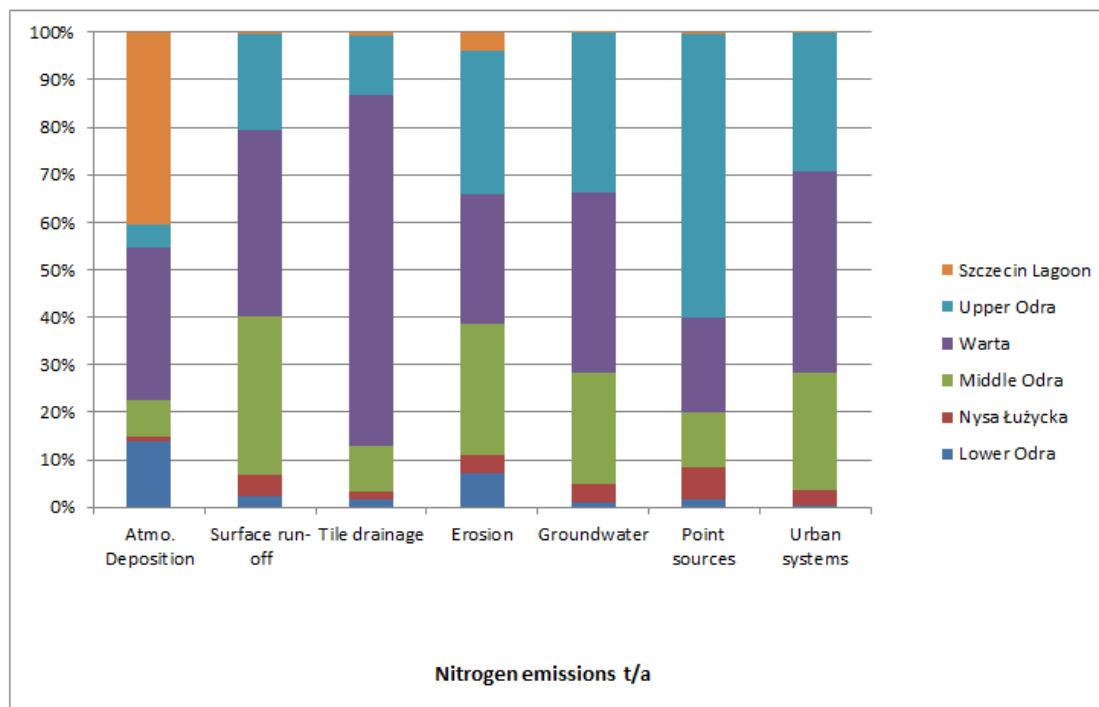
Obrázek 46: Změny vnosů fosforu v porovnání prognózovaného období (2011-2021) se současným obdobím (2008 -2010)

#### 5.4.2 Podíl cest vnosu a zdrojů živin

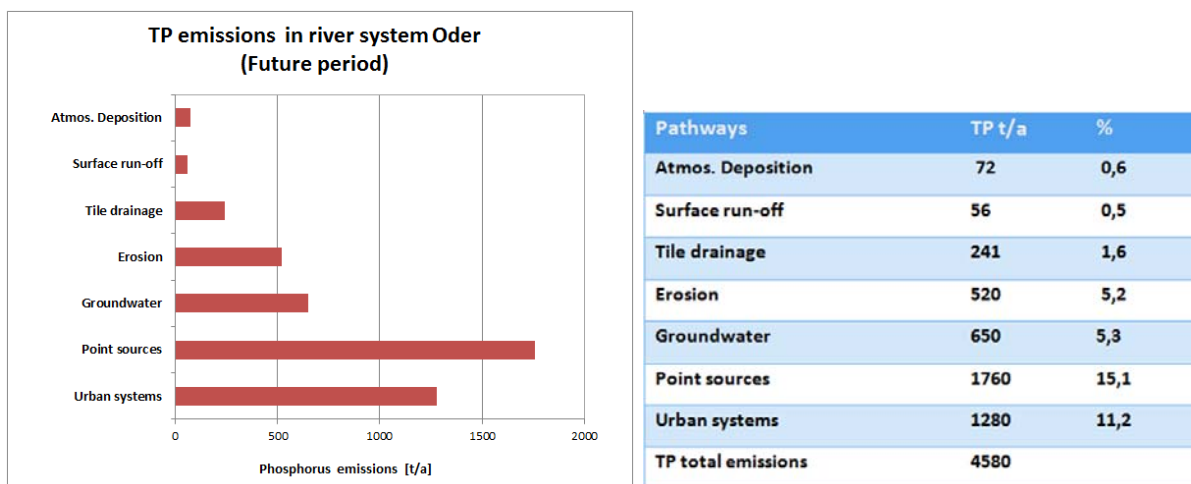
Pro cesty vnosu a zdroje živin se pro budoucí období předpokládalo, že se nezmění, jelikož zde chybí spolehlivá data o možných změnách v oblasti povodí Odry. Proto může být při analýze zohledněn pouze vliv cesty vnosu prostřednictvím podzemních vod a interflow. V případě dusíku lze tedy předpokládat vnos prostřednictvím této cesty v oblasti povodí Odry vyšší než 15%.



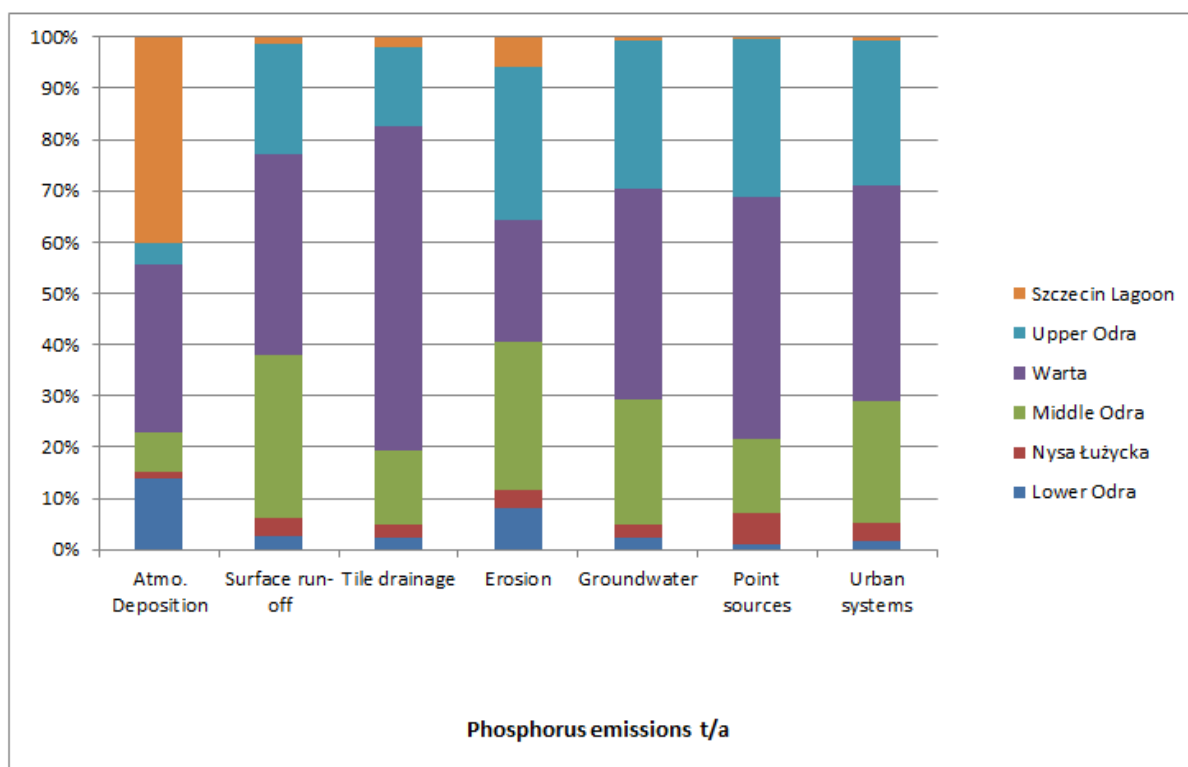
Obrázek 47: Vnos dusíku podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021)



Obrázek 48: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (dusík) podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021)



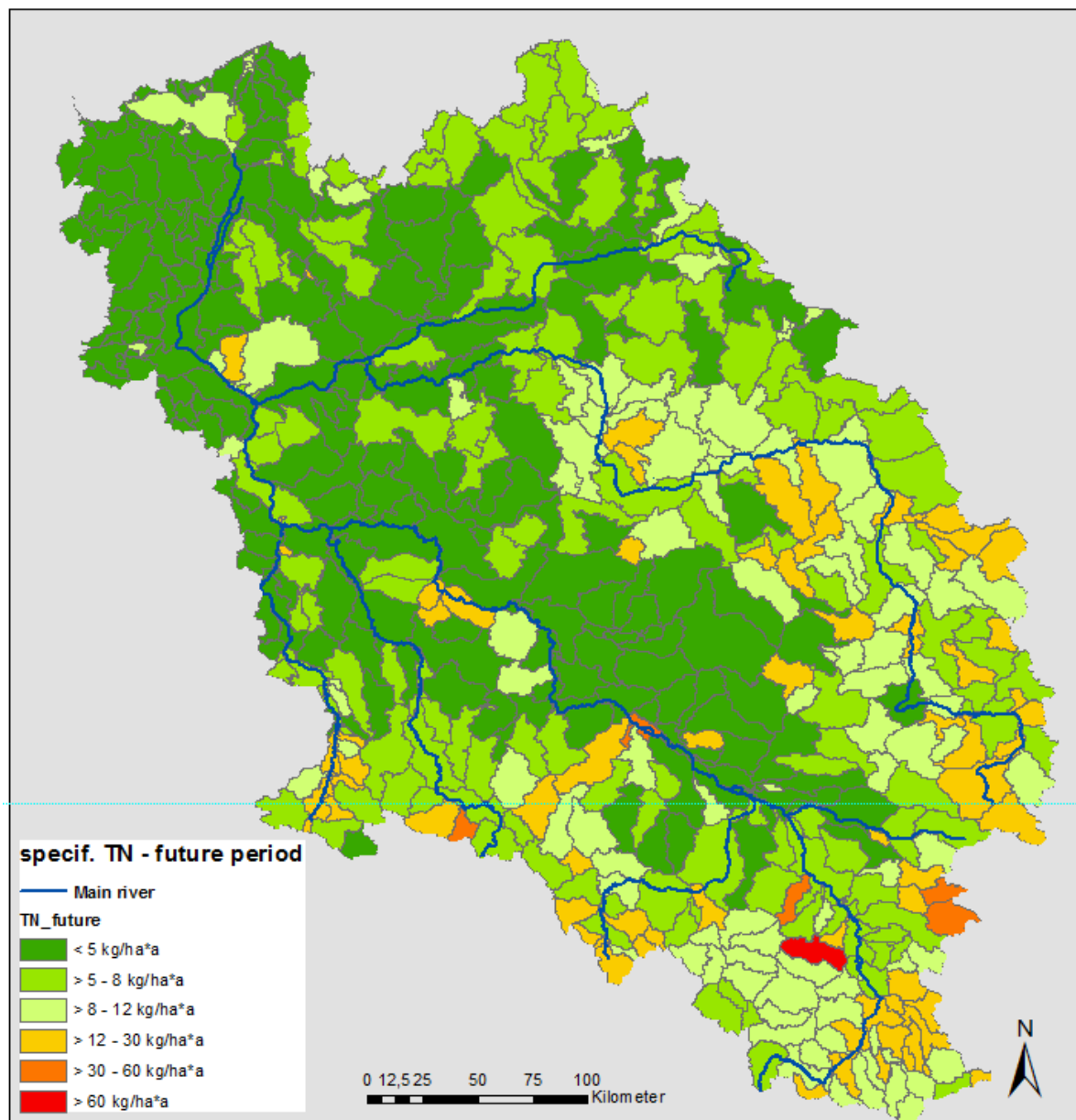
Obrázek 49: Vnos fosforu podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 – 2021)



Obrázek 50: Podíl zpracovatelských oblastí na celkových vnosech (fosfor) podle cest vnosu v prognózovaném období (2011 - 2021)

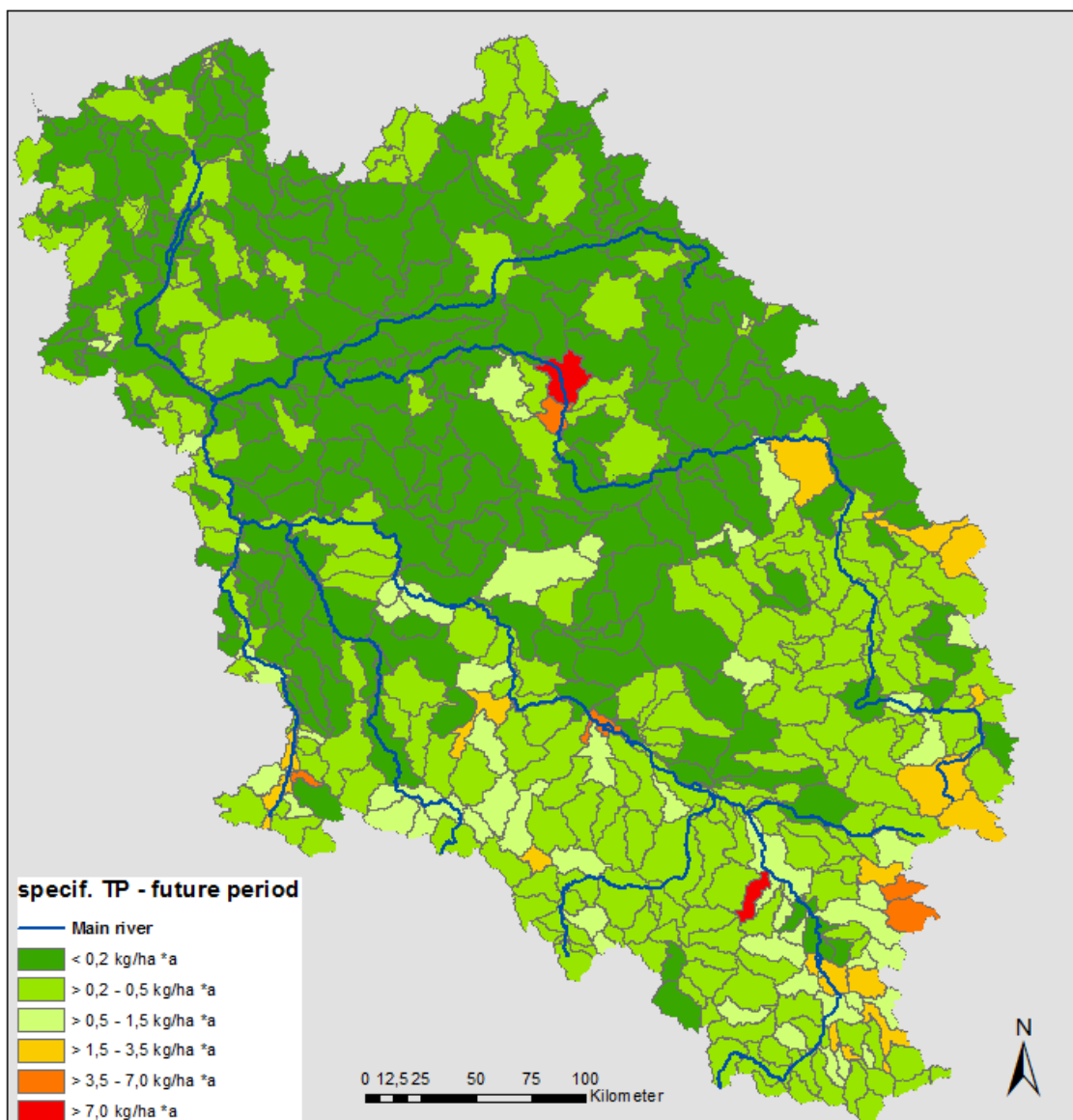
### 5.4.3 Plošné rozložení vnosů živin

Na obrázcích 51 a 52 jsou znázorněny specifické plošné vnosy dusíku a fosforu v budoucím období v kg/ha/rok.



Obrázek 51: Specifické plošné vnosy dusíku (2011-2021)





Obrázek 52: Specifické plošné vnosy fosforu (2011-2021)

### 5.5 Analýza a vyhodnocení tří modelovaných období

Porovnáme-li mezi sebou tři modelovaná období, lze zjistit, že celkové změny vyplývající z těchto tří analyzovaných období jsou celkem nepatrné. Částečně to vyplývá z toho, že se změny v důsledku zemědělského využívání projevují výrazně pomaleji než ty, ke kterým dochází v důsledku modernizace techniky odvádění a čištění odpadních vod.

Je také nutno přihlédnout k tomu, že v rámci projektu mohl být časový vývoj znázorněn pouze přibližně, a to z důvodu částečně neexistujících resp. nekompletních vstupních dat pro celé období. V případě některých ukazatelů byly při interpolaci a doplnění chybějících nebo nevěrohodných dat dosazeny pro jednotlivá období stejné hodnoty.

Přebytky dusíku jako časový ukazatel se u vstupních dat vyznačují největší variabilitou (viz také kapitola 3.4.2). Rozdíly ve vývoji obyvatelstva mezi historickým a současným obdobím jsou v celém povodí nepatrné (cca 1%). V Polsku je Opolské a Slezské vojvodství (Horní Odra) nejvíce zasaženo úbytkem obyvatel (téměř 6%), zatímco v oblastech kolem větších měst (mimo jiné Vratislav, Poznaň, Velkopolský Hořov/Gorzów Wielkopolski) lze pozorovat růst počtu obyvatel o 5-15%.

Při specifickém plošném znázornění se vyznačují urbanizované oblasti především zátěží fosforu. To naznačuje existující potenciál pro budoucí opatření. V případě dusíku hrají městské systémy včetně ČOV podřadnou roli. Jelikož se technický stav ČOV v Polsku a České republice od začátku 2000 (především markantně od 2004) v porovnání s předchozími lety zlepšil, lze v tomto relativně krátkém zkoumaném období také pozorovat pouze nepatrné změny.

Tabulka 4: Porovnání vnosů živin v historickém, současném a budoucím období

	Analyzovaná období		
	2000 - 2007	2008 - 2010	2011 - 2021
<b>Vnos TN (t/rok)</b>	80.010	81.900	76.332
<b>Vnos TP (t/rok)</b>	5.060	4.800	4.497
<b>Změna TN</b>		2,4%	-6,8%
<b>Změna TP</b>		-5,1%	-6,3 %

## 6 Návrhy možností managementu ke snížení vnosu živin

### 6.1 Přehled možností managementu integrovaných v modelu MONERIS

MONERIS nepředstavuje jednotlivá opatření, nýbrž pouze jejich čistý dopad (efekt) na vnosy živin, odpovídají tedy spíše nadřazeným možnostem managementu. V modelu jsou předběžně definovány různé možnosti managementu, které mohou být přijaty jednotlivě nebo kombinovaně, aplikovány na analytickou jednotku nebo také bez přihlédnutí k hranicím analytické jednotky. Alternativy managementu se vztahují na oblasti: zemědělství, revitalizace drobných toků a městské systémy a mohou být zařazeny do pěti skupin: využívání území (např. opatření ke konzervačnímu zpracování půdy), intenzita využívání území (např. změna přebytků dusíku), kanalizace, malé ČOV (DCTP) a komunální ČOV (WWTP).

Pro lepší transparentnost možností managementu implementovaných v modelu a jejich účinnosti zpracoval IGB přehled základních skutečností (fact sheets). Tabulka 5 ukazuje příklad struktury a obsahu tohoto přehledu základních skutečností. V příloze je uveden kompletní seznam datových listů pro možnosti managementu.

Tabulka 5: Datový list (fact sheet) pro možnosti managementu v oblasti redukce přebytku dusíku

Možnosti managementu	Popis
<b>Snížení přebytku dusíku o určitou hodnotu</b>	<p><b>Způsob implementace:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- snížení přebytku dusíku, po provedené úpravě pomocí dlouhodobých dat (Country-Data)</li> <li>- zohledňuje dodatečnou, scénářem indukovanou změnu depozice N</li> </ul> <p><b>Dotčené cesty vnosu:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- podzemní vody / interflow, drenáže</li> </ul> <p><b>Možnosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zvláštní údaje o změnách přebytku N v kg/ha/rok pro ornou půdu a louky a pastviny</li> <li>- hodnoty nesmí být po odnětí depozice N záporné</li> </ul> <p><b>Účinnost:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vyplývá z poměru aktuálního přebytku N a předpokladu</li> </ul>

redukce

**Omezení:**

- bez souvislosti se sklizňovými výnosy
- bez zohlednění potřeby hnojení
- bez zohlednění doby hnojení

## 6.2 Možnosti managementu ke snížení vnosu živin prostřednictvím využívání území

Pro oblast aktivit v zemědělství byly pro snížení přebytků dusíku přijaty dvě možnosti managementu a byl vypočten jejich vliv na vnosy dusíku:

- udržení přebytků na úrovni max. 60 kg/ha/rok (stanovená hodnota podle Vyhlášky o používání hnojiv) a
- snížení přebytků dusíku o 5 kg resp. 10 kg/ha/rok v zemědělských oblastech.

Jelikož je horní hranice pro přebytky dusíku 60 kg/ha/rok, stanovená ve Vyhlášce o používání hnojiv, v současné době ve značné míře na českém a polském území dosažena, je efekt tohoto opatření zanedbatelný.

Pro možnost managementu 1 z bodu b) (snížení přebytků dusíku) byla předpokládána paušální redukce o 5 kg/ha/rok pro všechny oblasti. To povede k celkové redukci vnosů dusíku cestou drenáží (meliorací) o 11%. Tento efekt se analogicky zesílí při redukci o 10 kg/ha/rok ve všech oblastech. Následující tabulka znázorňuje prognózy redukce vnosů prostřednictvím drenáží (meliorací) v porovnání se současným obdobím.

Tabulka 6: Vnosy dusíku prostřednictvím drenáží při porovnání redukce o 5 resp. 10 kg/ha/rok

Vnosy TN prostřednictvím drenáží [t/rok]	Současné období	Možnost managementu 1 N_Red_5	Možnost managementu 2 N_Red_10
<b>Celkem</b>	<b>26698</b>	<b>23536</b>	<b>20656</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-11,8</b>	<b>-21,8</b>
<b>Horní Odra</b>	<b>3899</b>	<b>3064</b>	<b>2734</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-21,4</b>	<b>-29,9</b>
<b>Střední Odra</b>	<b>6527</b>	<b>5841</b>	<b>5103</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-10,5</b>	<b>-21,8</b>
<b>Dolní Odra</b>	<b>1883</b>	<b>1824</b>	<b>1592</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-3,1</b>	<b>-15,5</b>
<b>Lužická Nisa</b>	<b>620</b>	<b>610</b>	<b>570</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-1,7</b>	<b>-8,1</b>
<b>Warta</b>	<b>12887</b>	<b>11486</b>	<b>10019</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-10,9</b>	<b>-22,3</b>
<b>Štětínská zátoka</b>	<b>700</b>	<b>708</b>	<b>636</b>
<b>Redukce [%]</b>		<b>-</b>	<b>-9,3</b>

Jako druhé pole působnosti v zemědělství byly pro ukazatel fosfor koncipovány možnosti managementu ke snížení eroze půdy na orných plochách. V MONERIS-u jsou implementovány následující možnosti managementu pro tyto aktivity:

- konzervační zpracování půdy (přímá setba, zpracování půdy bez pluhu, strip-till meziplodiny)
- konturová orba a
- mezivýsadba

Možnost managementu vychází z redukce eroze půdy (podle všeobecné rovnice pro erozi půdy nach) umožňuje simulace přijímání opatření pro oblasti s ornou půdou, rozlišené podle třídy sklonu. Opatření modifikuje zjištěnou erozi půdy a redukuje ji o dříve definovaný procentuální podíl.

Jelikož lze u analyzovaných ploch předpokládat smíšené složení polních plodin, není efekt tohoto opatření odvozen prostřednictvím C-Faktoru, nýbrž je stanoven jako souhrnná velikost prostřednictvím redukčního faktoru. Pro tento scénář se předpokládala pro všechny třídy sklonu efektivní redukce eroze půdy o 30 %.

I když je podíl vnosu fosforu prostřednictvím eroze v celém povodí Odry ve výši cca 5 % relativně nízký, může být zejména v oblastech s vysokým zemědělským využitím a strmými oblastmi (Warta a Horní Odra) využit značný redukční potenciál.

Na základě studie Varšavské univerzity přírodních věd (LÜTZ ET AL., 2010) se odhaduje, že konzervační zpracování půdy se průměrně v Polsku v příštích pěti letech zvýší na 35 % orných ploch. V horských a podhorských oblastech se již častěji používá zpracování půdy bez použití pluhu. Tato možnost managementu byla na základě předložených informací použita pouze pro polské plochy orné půdy.

Na základě těchto předpokladů byly koncipovány a zkoumány dva balíčky možností managementu:

- konzervační zpracování půdy na 35% polských orných ploch  
**Možnost managementu 1:** pro všechny oblasti nezávisle na sklonu svahu  
**Možnost managementu 2:** pro všechny oblasti s třídou sklonu svahu 4-8% a > 8%
- konzervační zpracování půdy na 50% polských orných ploch  
**Možnost managementu 3:** pro všechny oblasti nezávisle na sklonu svahu  
**Možnost managementu 4:** pro všechny oblasti s třídou sklonu svahu 4-8% a > 8%

Níže jsou znázorněny výsledky pro polské oblasti a zpracovatelské oblasti.

Tabulka 7: Redukce fosforu prostřednictvím možnosti managementu 1 a 2 v jednotlivých zpracovatelských oblastech

Zpracovatelská oblast	Současný stav		Možnost managementu		Opatření 2	
	Eroze	TP [t/rok]	Eroze	TP [t/rok]	Eroze	TP [t/rok]
<b>Všechny oblasti</b>		626		554		388
<b>Warta</b>		144		125		82
<b>Dolní Odra</b>		45		42		38
<b>Lužická Nisa</b>		21		20		17
<b>Střeni Odra</b>		163		141		55
<b>Štětínská zátoka</b>		39		39		39
<b>Horní Odra</b>		214		187		156

Tabulka 8: Redukce fosforu prostřednictvím možnosti managementu 3 a 4 v jednotlivých zpracovatelských oblastech

Zpracovatelská oblast	Současný stav		Možnost managementu		Opatření 4	
	Eroze	TP [t/rok]	3 Eroze	TP [t/rok]	Eroze	TP [t/rok]
<b>Všechny oblasti (PL)</b>		626		407		229
<b>Warta</b>		144		131		54
<b>Dolní Odra</b>		45		42		42
<b>Lužická Nisa</b>		21		21		19
<b>Stření Odra</b>		163		158		114
<b>Štětínská zátoka</b>		39		39		39
<b>Horní Odra</b>		214		199		179

### 6.3 Možnosti managementu ke snížení vnosu živin z ČOV

Toto možnost managementu simuluje zvýšení efektivity čištění v komunálních ČOV a řídí se předpisy Nařízení o odpadních vodách (resp. Směrnice 91/271/EHS o čištění a vypouštění městských odpadních vod). To znamená, že pro koncentrace na odtoku z ČOV byly stanoveny maximální specifické hodnoty podle velikostní třídy ČOV. MONERIS pak kontroluje koncentrace na odtoku z ČOV, uvedené v databance, a nahrazuje překročené hodnoty maximálními koncentracemi, uvedenými v následující tabulce.

Tabulka 9: Dosazené hodnoty na odtoku z ČOV podle velikostní třídy ČOV

Velikostní třída	EO	TN v mg/l (odtok)	TP v mg/l (odtok)
1	< 1000	60	6
2	1000- 5000	60	6
3	5000- 10000	15	2
4	10000-10000	15	2
5	>100000	10	1

## 7 Shrnutí

Tento výzkum ukazuje vývoj vnosů živin zvláště pro dusík a fosfor podle cest vnosu za poslední léta od roku 2000.

Znázornění jednotlivých cest vnosu v dílčích povodích ukazuje různá těžiště vnosů a umožňuje formulovat závěry ohledně možného výběru resp. stanovení priorit při přijímání opatření. Celkově lze konstatovat, že se vnosy dusíku v povodí Odry od začátku tohoto tisíciletí zvýšily pouze nepodstatně (asi 2%). Tato pouze nepatrná změna podléhá složité struktuře vydatnosti průtoků, změny přebytků N a doby zdržení v podzemních vodách. U většiny zkoumaných vodoměrných stanic bylo možno pozorovat mírný (ale ne u všech vodoměrných stanic stanovitelný) nárůst průtoků v období 2000-2010. Navíc dochází z důvodu doby zdržení podzemních k postupně ustávajícímu vlivu vysokých přebytků N v 90. letech minulého století. Tento vývoj je naproti tomu poznamenám vzrůstem



přebytků N v Polsku (+17 %) a poklesem přebytků N v sousedících zemích (České republice: -17% a Německu: -14%) v období let 2000 - 2010. Přesné podíly na tomto vývoji nemohly být v rámci této studie analyzovány.

U fosforu lze ve stejném období pozorovat snížení o 5%. Lze to zdůvodnit v případě dusíku především mírným nárůstem přebytků dusíku a v případě fosforu zvýšeným stupněm napojení domácností na kanalizaci a ČOV (se zvýšenou schopností retence). Navíc byla v Polsku a České republice od roku 2000 značně snížena spotřeba fosfátů, což mělo vliv na pokles vnosů P.

Jako základ pro další scénáře ukazuje tato studie také vývoj vnosů v budoucnosti, až do roku 2021, a to za předpokladu nezměněných hydro-klimatických poměrů. Pro dusík tento scénář znázorňuje, jak se vnosy, zejména prostřednictvím podzemních vod, mění, když částečně značně vyšší přebytky dusíku z let 1980-1990 budou postupně vymývány z podzemních vod a nebudou již z pohledu vnosů významné. V případě fosforu se naproti tomu předpokládalo, že ve všech smluvních státech MKOOpZ bude důsledně prosazeno upuštění od používání fosfátů v pracích prostředcích. Pro obě látky lze tedy podle toho předpokládat pokles vnosů o cca 6 %.

Jaké dopady mohou mít různé možnosti managementu? Tato otázka byla zkoumána u dusíku s navrženou paušální redukcí přebytků dusíku na zemědělských plochách (o 5 resp. 10 kg/ha/rok) a u fosforu s navrženou redukcí vnosů prostřednictvím eroze a vypouštění z ČOV. Prostřednictvím zkoumaných opatření lze dosáhnout dalších redukcí, které mohou vést k významným efektům v jednotlivých analytických jednotkách, pokud jsou zaměřeny na příslušné cesty vnosu. Ve vztahu k celému povodí a celkovým vnosům prostřednictvím všech cest vnosů se však pohybují jak v případě dusíku, tak v případě fosforu v průměru v rozmezí jednomístných čísel.

Celkově se ukázalo, že výběr oblastí, ve kterých by měla být přijímána opatření, v kombinaci s vhodným rozsahem opatření má větší význam pro celkovou účinnost opatření. Z výpočtu efektu redukce přebytků dusíku o 10 kg/ha/rok vyplývá nutnost snížení vnosu N v průměru o 0,5 kg/ha/rok. Přitom činily nejvyšší specifické redukce 0,7 kg/ha/rok na Horní Odře, a naproti tomu činí redukce na Lužické Nise a v oblastech kolem Štětínské zátoky pouze 0,1 kg/ha/rok. Vyplývá to z rozdělení přebytků N, srážek a podílu drenážované orné půdy resp. luk a pastvin. Při redukcí vnosů fosforu pomocí opatření k ochraně před erozí se ukázalo, že jejich použitím na orných plochách s průměrným sklonem >4 % (13 % orné půdy v Polsku) je možno dosáhnout redukce erozivních vnosů o 35 %, naproti tomu dodatečné použití těchto opatření na zbývajících 87 % orných ploch vede pouze ke zdvojení tohoto efektu. Pro fosfor jsou bodové zdroje a městské systémy stále ještě dominantními cestami vnosu. Redukce koncentrací na odtoku z ČOV do úrovně hodnot popsaných v kapitole 6.3 by na základě dosavadních disponibilních dat vedla k redukcí vnosů o 6 % (TN) a 15 % (TP), a tím by představovala především pro fosfor významné redukční opatření.

Celkově vzato dosavadní výsledky naznačují, že snížení vnosů o více než 20 % by vyžadovalo značného úsilí, a proto by byla velmi důležitá prohloubená diferencovaná analýza problémových oblastí z hlediska vnosů živin, znečištěných oblastí a přijímání nákladově efektivních opatření. Analýza na měsíční úrovni by také mohla být nápomocná při podpoře optimalizovaného řízení (managementu), přičemž by byla opatření, vedoucí ke snížení letních vnosů, cíleně testována a realizována, a tím by přispěla k vysoké efektivitě při zlepšování kvality vody.

## 8 Výhled

Předkládaná studie o rozložení vnosů zátěže dusíku v MOPO představuje do jisté míry aktualizaci a pokračování modelování a výpočtů UBA, provedených v rámci projektů AMBER, RADOST, IKZM-Oder.

Poskytnutá data obsahují i nadále mezery a měla by být dále doplňována. Proto může tato studie poskytnout pouze orientační výpovědi. Považuje se za účelné dále doplňovat základní data a využít je v dalších studiích.

Zásadní redukce přebytků dusíku prostřednictvím zavádění právních předpisů, jako je např. německé Nařízení o hnojení, nevedou k žádnému významnému snížení vnosů, jelikož přebytky dusíku překračují pouze v některých oblastech ustanovení Nařízení o hnojení. Jak ukazují vybraná opatření, zaváděním těchto předpisů v problémových oblastech se vcelku dosahuje většího snížení vnosů prostřednictvím drenáží. Platí to také pro opatření v urbanizovaných oblastech.

Výpočty na měsíčním základě a vylepšená základní data o přebytcích N mohou přispět ke značnému zlepšení výsledků modelování a jejich věrohodnosti.

## 9 Literatura

- BEHRENDT, H., P.-H. HUBER, D. OPITZ, O. SCHMOLL, G. SCHOLZ & R. UEBE (1999): „Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands“, *UBA Texte 75/99*, Umweltbundesamt: Berlin, 288 S.
- BEHRENDT, H., HUBER P., KORNMILCH, M., OPITZ D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. & UEBE, R. (2000): Nutrient Emissions into river basins of Germany. *UBA-Texte 23/00*, 266pp.
- BEHRENDT, H., R. DANNOWSKI, D. DEUMLICH, F. DOLEZAL, I. KAJEWSKI, M. KORNMILCH, R. KOROL, W. MIODUSZEWSKI, D. OPITZ, J. STEIDL & M. STRONSKA (2002): „Investigation on the quantity of diffuse entries in the rivers of the catchment area of the Odra and the Pomeranian Bay to develop decision facilities for an integrated approach on waters protection (Phase III)“, *Final Report*, Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries: Berlin, 271 p.
- BEHRENDT, H., M. BACH, R. KUNKEL, D. OPITZ, W.-G., PAGENKOPF, G. SCHOLZ, F. WENDLAND (2003): “Nutrient Emissions into River Basins of Germany on the Basis of a Harmonized Procedure”, *UBA-Texte 82/03*, 191 p.
- CARL, P. & BEHRENDT, H. (2008): Regularity-based functional streamflow disaggregation: I. Comprehensive foundation. in: *Water Resources Research* 44, WO2420, DOI: 10.1029/2004WR003724
- CARL, P., GERLINGER, K., HATTERMANN, K.K., KRYSANOVA, V., SCHILLING, C. & BEHRENDT, H. (2008): Regularity-based functional streamflow disaggregation: II. Extended demonstration. In: *Water Resources Research* 44, W03426, DOI: 10.1029/2006WR005056
- Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert
- FAO (2007): Soil map of the World (DSMW, FAO 1997 based on the FAO/UNESCO Soil Map of the World). <http://apps.fao.org/>.
- FINNERN, H., (HERAUSGEBER) (2005) : Bodenkundliche Kartieranleitung. Ad-hoc-ARBEITSGRUPPE BODEN der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland, 438 S.
- FREDE, H.G. & DABBERT, S. (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg, 451 S.
- FUCHS, S., U. SCHERER, R. WANDER, H. BEHRENDT, M. VENOHR, D. OPITZ, T. HILLENBRAND, F. MARSCHIEDER-WEIDEMANN & T. GÖTZ (2010): „Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS - Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe“, *Texte 45/2010*, Hrsg.: Umweltbundesamt: Dessau; 207 S.
- KRETSCHMAR, R. (1977): Stofftransport in ländlichen Entwässerungsgräben und Vorflutern. In: Landwirtschaftliche Forschung 30.
- LÜTZ, M., KLOTSCHKE, S. UND MÄDLER, R. (2010): Erosion kennt keine Grenzen. In: Neue Landwirtschaft 4/2010
- PÖTHIG, R., BEHRENDT, H., D. OPITZ & G. FURRER (2010): "A universal method to assess the potential of phosphorus loss from soil to aquatic ecosystems", *Environmental Science and Pollution Research* 17 (2): 497-504
- VENOHR, M., DONOHUE, I., FOGELBERG, S., ARHEIMER, B. & BEHRENDT, H. (2005): Modelling nitrogen transfer in river systems: The importance river morphology and the occurrence of lakes. *Water Science and Technology* 54 (3-4), pp.19-29.
- VENOHR, M. (2006): Modellierung der Einflüsse von Temperatur, Abfluss und Hydromorphologie auf die Stickstoffretention in Flusssystemen. *Berliner Beiträge zur Ökologie* 14, Weißensee Verlag, Berlin, 193 S.
- VENOHR, M., U. HIRT, J. HOFMANN, D. OPITZ, A. GERICKE, A. WETZIG, S. NATHO, F. NEUMANN, J. HÜRDLER, M. MATRANGA, J. MAHNKOPF, M. GADEGAST, H. BEHRENDT (2011): “Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background”, *Int. Rev. Hydrobiol.* 96 (5) : 435–483
- ZESSNER, M., KOVACS A., SCHILINNG C., HOCHEDLINGER G., GABRIEL O., NATHO S., THALER S. & WINDHOFER G. (2011): Enhancement of the MONERIS Model for Application in Alpine Catchments in Austria, *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 96, p 541-60
- ZWEYNERT, U. (2008): Möglichkeiten und Grenzen bei der Modellierung von Nährstoffeinträgen auf Flussgebietsebene -Untersuchungen am Beispiel des Modells MONERIS, *Dissertation, TU-Dresden*, 191 Seite

## 10 Příloha

Možnosti managementu	Popis
Změna orné půdy na louky a pastviny	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> <li>- Pro „nové“ plochy luk a pastvin se použijí stejné podmínky (podíl drenážovaných ploch, odbourávání v nenasycené zóně) jako pro „staré“ plochy.</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eroze, povrchová odtok, drenáže</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuálních plošných podílů zvláště pro třídy sklonu svahu</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Není třeba stanovit účinnost</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez převodu luk a pastvin na ornou půdu (záporné plošné podíly)</li> <li>- Přebytky N se nemění</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Redukce eroze půdy na orné půdě	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> <li>- Zahrnuje tři opatření: konzervační zpracování půdy (přímá setba, zpracování půdy bez pluhu, strip-till, meziplodiny), konturová orba a mezivýsadba</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eroze</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuálních plošných podílů orných ploch (redukce eroze půdy v %) zvláště pro jednotlivé třídy sklonu svahu</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Určena jako ukazatel pro každou třídu sklonu a balíček opatření</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez rozlišení typů půdy</li> <li>- Bez rozlišení ploch podle vzdálenosti od toku</li> <li>- Bez souvislosti s povrchovým odtokem</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Redukce vnosů z drenážovaných ploch	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenáže, podzemní vody</li> </ul>

	<p><b>Možnosti:</b></p> <p>Stanovení redukce drenážovaných ploch (redukce procentuálních plošných podílů ) společně pro orné půdy a louky a pastviny</p> <p><b>Účinnost:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Není třeba stanovit účinnost</li> </ul> <p><b>Omezení:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Doposud) bez rozlišení orné půdy a luk a pastvin</li> <li>- Bez souvislosti s povrchovým odtokem (především pokud se týká vodního režimu), v MONERIS-u není zásadně detailně zohledňován (pouze prostřednictvím vstupních dat)</li> </ul>
--	--

Možnosti managementu	Popis
Napojení zemědělských ploch na povrchové vody	<p><b>Způsob implementace:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- redukce modelované eroze půdy (po zohlednění opatření k redukcí eroze půdy) před výpočtem vnosů</li> </ul> <p><b>Cesty vnosu:</b></p> <p>Eroze</p> <p><b>Možnosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuálního plošného podílu orných ploch, u nichž je zamezeno přímým difúzním vnosům prostřednictvím ochranného pásma podél toku.</li> <li>- Oddělený výběr podle třídy sklonu</li> </ul> <p><b>Účinnost:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zvláštní údaj o šířce pásma s individuální účinností podle tříd šířky pásma pro každý balíček opatření</li> </ul> <p><b>Omezení:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez souvislosti s denitrifikací při pronikání do půdy pod ochranným pásmem</li> <li>- Bez změny poměrů obohacení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Retenční nádrže pro drenážní odtok	<p><b>Způsob implementace:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vypočtených vnosů prostřednictvím drenáží</li> <li>- Platí také při možném převedení orné půdy na louky a pastviny</li> </ul> <p><b>Cesty vnosu:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenáže</li> </ul> <p><b>Možnosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuálních plošných podílů drenážovaných ploch, které mají být odvodňovány prostřednictvím drenážní nádrže</li> <li>- Velikost drenážních nádrží je určována globální konstantou (např.: 20 m<sup>2</sup>/ ha; plocha drenážní nádrže/ ha drenážované plochy)</li> </ul> <p><b>Účinnost:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Účinnost je určována velikostí drenážní nádrže, retence v drenážní nádrži je zjišťována zvlášť podle předpokladů</li> </ul>



	<p>použitých v MONERIS-u</p> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Není možné rozlišení mezi ornou půdou a loukami a pastvinami</li> </ul>
--	---

Možnosti managementu	Popis
Změna nepropustných městských ploch na propustné	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vypočtených nepropustných ploch v oblastech</li> <li>- Propustná plocha je zohledňována jako plocha pro obnovování zdrojů podzemních vod, zde je zohledněna pouze atmosférická depozice</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy, podzemní vody</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuálních plošných podílů nepropustných ploch, z nichž se mají stát propustné plochy</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- U vybraných ploch se předpokládá, že se z nich stanou kompletně propustné plochy</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Není možné rozlišení mezi různými způsoby užívání pro propustné plochy (např. vsakování ze střešních ploch, systémy drenážních příkopů, parky atd.)</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Redukce přebytku dusíku o určitou hodnotu	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redukce přebytku dusíku, po provedené úpravě pomocí dlouhodobých dat (Country-Data)</li> <li>- zohledňuje dodatečnou, scénářem indukovanou změnu depozice N</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- podzemní vody, drenáže</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zvláštní údaje o změnách přebytku N v kg/ha/rok pro ornou půdu a louky a pastviny</li> <li>- Hodnoty nesmí být po odnětí depozice N záporné</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplyvá z poměru aktuálního přebytku N a předpokladu redukce</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez souvislosti se sklizňovými výnosy</li> <li>- Bez zohlednění potřeby hnojení</li> <li>- Bez zohlednění doby hnojení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Redukce přebytku dusíku prostřednictvím environmentálních opatření v zemědělství	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redukce přebytku dusíku, pro provedené úpravě pomocí dlouhodobých dat (Country-Data)</li> <li>- zohledňuje dodatečnou, scénářem indukovanou změnu depozice N</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zahrnuje tři popatření: konzervační zpracování půdy, konturová orba a mezivýsadba, 3 možná environmentální opatření v zemědělství</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- podzemní vody, drenáže</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení plošných podílů a změny přebytku N v kg/ha/rok pro ornou půdu a louky a pastviny</li> <li>- Hodnoty nemohou být po odečtení depozice záporné</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplývá z poměru aktuálního přebytku N a předpokladu redukce</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez souvislosti se sklizňovými výnosy</li> <li>- Bez zohlednění doby hnojení</li> </ul>
--	---

Možnosti managementu	Popis
Redukce atmosférické depozice $NH_3$ a $NO_x$	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> <li>- Výpočet probíhá před všemi ostatními opatřeními a početními kroky, a proto je může ovlivňovat</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- podzemní vody, drenáže, povrchový odtok, městské systémy, atmosférická depozice na vodních plochách</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení procentuální změny depozice N</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro depozici na vodních plochách přímo proporcionální účinnost</li> <li>- V případě přebytku N vyplývá účinnost z poměru aktuálního přebytku N a změny depozice N</li> </ul> <p>Omezení:</p> <p>Změna závisí na využívání území</p>

Možnosti managementu	Popis
Prací prostředky bez fosfátů	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> <li>- Redukce koncentrací z malých ČOV a ČOV do 10000 EO příslušně podle podílu pracích prostředků obsahujících fosfáty</li> <li>- V případě velkých ČOV se nepředpokládá změna koncentrací na odtoku z ČOV</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bodové zdroje, městské systémy, podzemní vody (v případě obyvatel, kteří vypouštějí odpadní vody ze septiku nebo malé ČOV prostřednictvím prosakování do půdy)</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Odděleně předpoklad celkového upuštění od využívání fosfátů zvláště pro prací prostředky a prostředky na mytí nádobí</li> </ul>

	<p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplývá s podílu použitých fosfátů</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>
--	--

Možnosti managementu	Popis
Zvětšení retenčního objemu jednotné kanalizace	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> <li>- Snižování objemů přepadů z oddělovačů jednotné kanalizace a zároveň snižování koncentrace v odpadních vodách z přepadů</li> <li>- Ovlivněno opatřeními k obnovení propustnosti</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení minimálního předpokládaného stupně zástavby v procentech (100% odpovídá retenčnímu objemu 23,3 m<sup>3</sup>/ ha napojené nepropustné plochy)</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplývá ze srážkového úhrnu, hustoty obyvatel (obojí: čím vyšší, tím účinnější) a původního stupně zástavby</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Retenční nádrže pro srážkovou vodu z oddílné kanalizace	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redukce vypočtených vnosů prostřednictvím oddílné kanalizace pomocí sedimentační nádrže</li> <li>- Ovlivněno opatřeními k obnovení propustnosti</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procentuální uvedení, jaké množství odpadních vod z oddílné kanalizace má být čištěno pomocí sedimentačních nádrží</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Určena prostřednictvím globální konstanty. Momentálně: vždy 35 % pro dusík i fosfor</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nemůže být zohledněna rozlišná účinnost v závislosti na srážkových úhrnech</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Retenční zařízení s půdním filtrem pro srážkovou vodu z oddílné kanalizace	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redukce vypočtených vnosů prostřednictvím oddílné kanalizace pomocí retenčního půdního filtru</li> <li>- Ovlivněno opatřeními k obnovení propustnosti</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Může být použito také jako možnost ke znázornění efektů systémů příkopového odvodnění</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procentuální uvedení, jaké množství odpadních vod z oddílné kanalizace má být čištěno pomocí retenčního půdního filtru</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Určena prostřednictvím globální konstanty. Momentálně: 80 % pro dusík a 45 % pro fosfor</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nemůže být zohledněna rozlišná účinnost v závislosti na srážkových úhrnech</li> </ul>
--	---

Možnosti managementu	Popis
Obyvatelé napojení na kanalizace jsou také napojeni na ČOV	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy, bodové zdroje</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení, zda všichni obyvatelé, napojení pouze na kanalizaci, mají být napojeni také na (novou, dodatečnou) ČOV</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Určena prostřednictvím globální konstanty. Momentálně: 45 % pro dusík a 35 % resp. 80 % (s eliminací P) pro fosfor</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouze předpoklad, že všechny příslušné domácnosti budou napojeny</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Technický stav malých ČOV bez resp. s napojením na veřejnou kanalizaci	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace výpočtových parametrů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zvláštní údaje o malých ČOV, které vypouštějí odpadní vody prostřednictvím kanalizace (ale bez komunálních ČOV) resp. prostřednictvím příkopů nebo prostřednictvím pronikání podzemních vod do povrchových vod a disponují nejnovějším stavem techniky (norma DIN 4261_02)</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro starší ČOV se předpokládá účinnost čištění 10 % pro dusík a 7 % pro fosfor. Ta se při dodržování normy DIN 4261_02 zvyšuje na 15 % pro dusík a 13 % pro fosfor</li> <li>- Stanovení prostřednictvím konstant</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Norma DIN2 a dodatečná eliminace fosforu v malých ČOV	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace výpočetních parametrů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Předpoklad, že všechny malé ČOV – které již splňují normu DIN 4261_02 a ty, u kterých se předpokládá splnění normy prostřednictvím opatření – disponují dodatečnou eliminací P</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prostřednictvím zohlednění eliminace P se zvyšuje účinnost čištění pro fosfor na 80 %</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Napojení malých ČOV s kanalizací na virtuální ČOV	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy, bodové zdroje</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení, zda mají být všichni obyvatelé, napojení na malou ČOV prostřednictvím kanalizace, napojeni na virtuální (novou, dodatečnou) ČOV</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro starší malé ČOV se předpokládá účinnost čištění 10 % pro dusík a 7 % pro fosfor. Prostřednictvím napojení na virtuální ČOV se účinnost zvýšila na 45 % pro dusík a 35 % pro fosfor</li> <li>- Stanovení prostřednictvím globálních konstant</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouze předpoklad, že budou napojeny všechny příslušné domácnosti</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Napojení malých ČOV bez kanalizace na virtuální ČOV	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat před výpočtem vnosů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Městské systémy, bodové zdroje</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení, jaký procentuální podíl obyvatel, napojených na malou ČOV prostřednictvím příkopu resp. prosakování půdou, má být napojen na virtuální (novou, dodatečnou) ČOV</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro starší malé ČOV se předpokládá účinnost čištění 10 % pro dusík a 7 % pro fosfor. Prostřednictvím napojení na virtuální ČOV se účinnost zvýšila na 45 % pro dusík a 35 % pro fosfor.</li> <li>- Stanovení prostřednictvím globálních</li> </ul>

	<p>konstant</p> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>
--	--

Možnosti managementu	Popis
Eliminace fosforu ve virtuální ČOV	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace způsobu výpočtu</li> <li>- Funguje pouze v kombinaci s opatřeními zaměřenými na malé ČOV</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bodové zdroje</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uvedení, zda virtuální ČOV disponují dodatečnou eliminací P</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Při předpokladu eliminace P se zvyšuje účinnost čištění pro P na 80%</li> <li>- Stanovení prostřednictvím globálních konstant</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez patrných omezení</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Sanace přítoků	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modifikace vstupních dat (délka toku) před výpočtem vnosů</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atmosférická depozice na vodních plochách, vnitřní retence</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanace přítoků</li> <li>- Změna délky toku nastavitelná prostřednictvím globální konstanty. Momentálně: 10 %</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplývá z výchozí retence, průtokových podmínek a teploty vody</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez souvislosti s teplotou</li> <li>- Bez souvislosti s potenciálními limitujícími faktory</li> </ul>

Možnosti managementu	Popis
Sanace mokřadů na hlavních tocích	<p>Způsob implementace:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potenciálně zaplavené mokřady, a tím generované vodní plochy jsou uloženy v databance a mohou být využity</li> <li>- Předpokládá se, že mokřady byly předtím využívány jako louky a pastviny</li> </ul> <p>Cesty vnosu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atmosférická depozice na vodních plochách, vnitřní retence</li> </ul> <p>Možnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zohlednění ploch z databanky</li> </ul> <p>Účinnost:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retence v hlavních tocích se zvyšuje</li> <li>- Vnosy z luk a pastvin se snižují</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vyplyvá z výchozí retence, průtokových podmínek a teploty vody</li> </ul> <p>Omezení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Četnost záplav není zohledněna</li> </ul>
--	---