

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2007

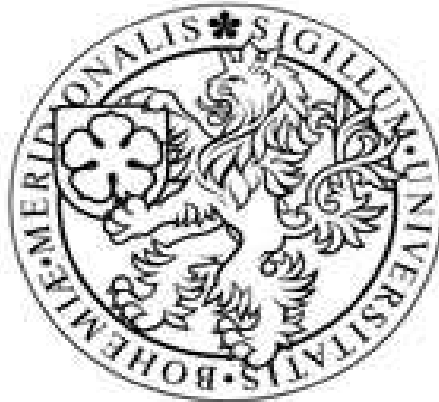
Ivana Hudcová

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**KATEDRA POZEMKOVÝCH ÚPRAV**

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí



## **VYHODNOCENÍ KONCENTRACÍ DUSIČNANŮ VE VAZBĚ NA SRÁŽKY A ODTOK VODY NA DÍLČÍCH PROFILECH KOPANINSKÉHO TOKU**

Vedoucí diplomové práce  
Ing. Pavel Žlábek

Autor  
Ivana Hudcová

2007

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vyhodnocení koncentrací dusičnanů ve vazbě na srážky a odtok vody na dílčích profilech Kopaninského toku“ vypracovala samostatně, s použitím literatury uvedené v seznamu.

.....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing.Pavlu Žlábkovi za cenné rady a připomínky. Dále děkuji týmu vedeném Doc. Ing. Tomášem Kvítkem, CSc. (Ing. Petru Fučíkovi, Ing. Pavlu Novákovi za mapové podklady, Ing. Janě Peterkové, Ing. Markétě Kaplické a Davidu Šádkovi za poskytnutí dat).

## Anotace

Diplomová práce se zabývá vyhodnocením koncentrací dusičnanů ve vazbě na srážky a odtokem vody na dílčích profilech Kopaniského toku. Dusičnany jsou chemicky soli kyseliny dusičné (např. draselné nebo sodné soli) a tvoří přirozenou součást rostlinné i živočišné hmoty (produkty metabolismu). Při běžných koncentracích nepůsobí škodlivě. Dusičnany se v těle mohou chemicky přeměnit na dusitany a ty pak dále na nitrosaminy (organické látky obsahující ve své molekule dusík) s karcinogenními účinky.

Měření na jednotlivých stanovištích probíhalo ve čtrnáctidenním intervalu. Na kolísání koncentrací dusičnanů v povrchových a drenážních vodách je dobře patrný sezónní vliv. Nejvyšší hodnoty koncentrací dusičnanů byly naměřeny ve většině případů na jaře a nejnižší hodnoty koncentrací na podzim. Maximální koncentrace dusičnanů na celém povodí dosáhla hodnoty  $181 \text{ mg.l}^{-1}$  a minimální koncentrace dusičnanů dosáhla hodnoty  $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ . Srážky koncentrace dusičnanů příliš neovlivňují. Ve většině případů se koncentrace dusičnanů po srážkách na povodích mírně zvýšily nebo zůstaly stejné, což svědčí o tom, že jde znečištění plošného charakteru. Ačkoliv je v literatuře popsán vliv využití krajiny na množství odékačící vody z povodí, nebyl tento vliv na sledovaných mikropovodích za určené období prokázán.

Diploma work deals with evaluation of nitrate concentration on trial on rainfall and runoff on partial profiles of Kopaninsky stream. From chemical point of view nitrates are nitric acid salts (e.g. potassium or soda salts) and forms natural part of vegetable and animal masses (metabolism product). At common concentration is not harmful. Nitrates in bodies they can chemical change on nitrite and then further on nitrosamines (organic matters containing nitrogen in its molecule) with carcinogenic effects.

Measuring on monitoring profiles past over fortnightly. Strong seasonal progress of nitrate concentrations is perceptible. Highest nitrate concentrations were measured mostly in spring and lowest concentrations in autumn. Maximum nitrate concentration on whole catchment achieves the value  $181 \text{ mg.l}^{-1}$  and minimum nitrate concentration achieves the

value  $0.5\text{mg.l}^{-1}$ . There is nearly no influence on nitrate concentrations by a rainfall. Mostly nitrate concentrations in this catchment gently heighten or stay the same after rainfall, which witness about the fact, that pollution has areal character. As is the influence of land use on runoff in literature described, wasn't this influence in observed micro catchments proved.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....</b>	<b>9</b>
2.1.KOLOBĚH VODY.....	9
2.2. HYDROLOGICKÁ BILANČNÍ ROVNICE.....	10
2.2.1 Srážky.....	11
2.2.2. Odtok.....	13
2.2.2.1. Odtok vody z povodí.....	13
2.2.2.2. Složky odtoku vody.....	14
2.2.2.3. Povrchový odtok.....	15
2.2.2.4. Podpovrchový odtok.....	16
2.2.2.5. Drenážní odtok.....	16
2.3. . DUSIČNANY.....	17
2.3.1. Výskyt ve vodách.....	18
2.3.2. Vlastnosti a význam.....	18
2.3.3 Hodnocení jakosti pitné vody.....	20
2.3.4. Reakce $\text{NO}_3^-$ .....	20
2.3.5. Biochemické a chemické přeměny.....	21
2.3.6. Různé příčiny zvýšeného vyplavování dusičnanů z půd.....	25
<b>3. MATERIÁL.....</b>	<b>25</b>
3.1. CHARAKTERISTIKA OBLASTI.....	25
3.1.1. Meteorologické a klimatické poměry.....	26
3.1.2. Základní charakteristiky povodí Kopaninského toku.....	28
3.1.3. Geologie.....	28
3.1.4. Využití pozemků jednotlivých povodí.....	30
<b>4. METODY.....</b>	<b>31</b>
4.1. KONTROLA JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD.....	31
4.1.1. Termíny a definice.....	31

4.1.2. Profily pro kontrolu jakosti povrchových vod.....	32
4.2. ODBĚR VZORKŮ.....	32
4.2.1. Odběr vzorků k fyzikálně chemickému rozboru.....	32
4.2.2. Obecně vhodné způsoby konzervace vzorků.....	33
4.3. KLASIFIKACE JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD.....	34
4.3.1. Termíny a definice.....	34
4.3.2. Klasifikace tekoucích vod podle čistoty.....	34
4.3.3. Třídy jakosti vod .....	35
4.4. PRŮTOK VODY A ODNOS NO <sub>3</sub> .....	37
<b>5. VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>38</b>
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>68</b>
<b>7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>70</b>

# 1. ÚVOD

## Voda

Voda je stejně jako vzduch pro život nepostradatelná. Bez jídla lze žít poměrně dlouhou dobu, ale bez vody nikdo nevydrží déle než 48 hodin. Lidé se vždy žízně a sucha obávali, vždyť právě proto jsou studně s vodou v pouštích označeny s takovou přesností. V příliš velkém množství je však voda nebezpečná. Každoročně způsobují záplavy po celém světě značné škody a stojí i mnoho lidských životů.

## Voda v ČR

Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu. Voda se v přírodě účastní všech podstatných biologických procesů, fyzikálních a chemických pochodů a tvorby klimatu.

Hospodaření s vodou se na území dnešní České republiky formuje již po celá staletí. Již v počátcích osídlování docházelo k regulaci vodního režimu území odvodňováním bažin a močálů a zřizováním rybníků. Ochrana území před povodněmi byla zabezpečována regulací vodních toků a výstavbou retenčních nádrží. Rostoucí nároky na užívání vody si vynutily výstavbu akumulčních nádrží a stále intenzivnější využívání přirozených zásob podzemní vody. Se zvyšující se hustotou osídlení rostly také požadavky na zásobování pitnou vodou, odvádění a likvidaci odpadních vod. S rozvojem zemědělství nastala potřeba závlah s cílem kompenzovat nerovnoměrné územní i časové rozložení dešťových srážek. Síla vody sloužila jako energetický zdroj k pohonu mlýnů a pil, technický pokrok později umožnil využití vodní síly k výrobě elektrické energie. Dopravní síť byla rozšiřována splavňováním toků a výstavbou vodních cest.

Transformace ekonomiky po roce 1989 ovlivnila i vodní hospodářství. Postupné obnovení hodnotových vztahů vedlo k poklesu potřeby vody pro obyvatelstvo, průmysl i zemědělství. Voda již zdaleka není považována jen za surovinu, ale je chápána jako základní součást životního prostředí, na kterou je nutno pohlížet pouze v souvislosti s jeho ostatními složkami a kterou je nutno zachovat pro příští generace v co největším množství a nejlepší kvalitě.

Mimořádný význam pro odtokové poměry a tím i tvorbu zdrojů povrchové vody mají lesy, které pokrývají třetinu území. Podnebí v České republice je dáno polohou v mírném klimatickém pásmu severní polokoule. Průměrná roční teplota vzduchu v ČR je 8°C. Spolu s teplotou vzduchu, která ovlivňuje výpar i vlhkost vzduchu jsou pro



vodohospodářské poměry důležité atmosférické srážky. Ty se vyznačují velkou časovou i místní proměnlivostí, jsou ovlivňovány nadmořskou výškou a orientací místa ke směrům převládajících větrů. Průměrná výše ročních srážek je v ČR 693 mm. Sněhové srážky se vyskytují v závislosti na nadmořské výšce mezi 40 až 120 dny. Hlavní složky hydrologické bilance ve vztahu k objemu spadlých srážek jsou následující: výpar, půdní vláha a dotace podzemních zdrojů (71,2%), povrchový odtok (28,8%). Česká republika leží na rozvodnici tří moří - Severního, Baltského a Černého. Prakticky všechny její významnější toky odvádějí vodu na území sousedních států. Důsledkem této skutečnosti je naprostá závislost našich vodních zdrojů na atmosférických srážkách. Rozvodí Severního, Baltského a Černého moře dělí území České republiky na tři hlavní povodí: Labe, Odry a Moravy.

### **Dusičnany**

Dusičnany jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Jejich dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obhospodařované půdy dusíkatými hnojivy a atmosférická depozice. Koncentrace dusičnanů v přírodních vodách za posledních sto let neustále stoupají. Např. v Labi vzrostla průměrná koncentrace z 0,5 mg.l<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v roce 1892 na 3,6 mg.l<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, v roce 1976 a v roce 1994 až na 5 mg.l<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, což znamená až desetinásobný vzrůst koncentrací proti konci 19. století. To se týká i stojatých vod. Např. V Černém jezeře na Šumavě vzrostla v období let 1936 až 1986 koncentrace dusičnanů více než 5x (PITTER,1999). Příčinou rostoucích koncentrací nitrátů v šumavských jezerech jsou dusičnany anorganického původu, vzniklé vymýváním oxidů dusíku srážkami z atmosféry (atmosférická depozice). Oxidy dusíku se do ovzduší dostávají při každém spalovacím procesu oxidací vzdušného dusíku. Dusičnany jsou tedy za oxických podmínek stabilní. Za anoxických podmínek však podléhají denitrifikaci, při níž jako mezoprodukt vznikají nejprve dusičnany, které jsou dále redukovány až na elementární dusík, resp. oxid dusný.

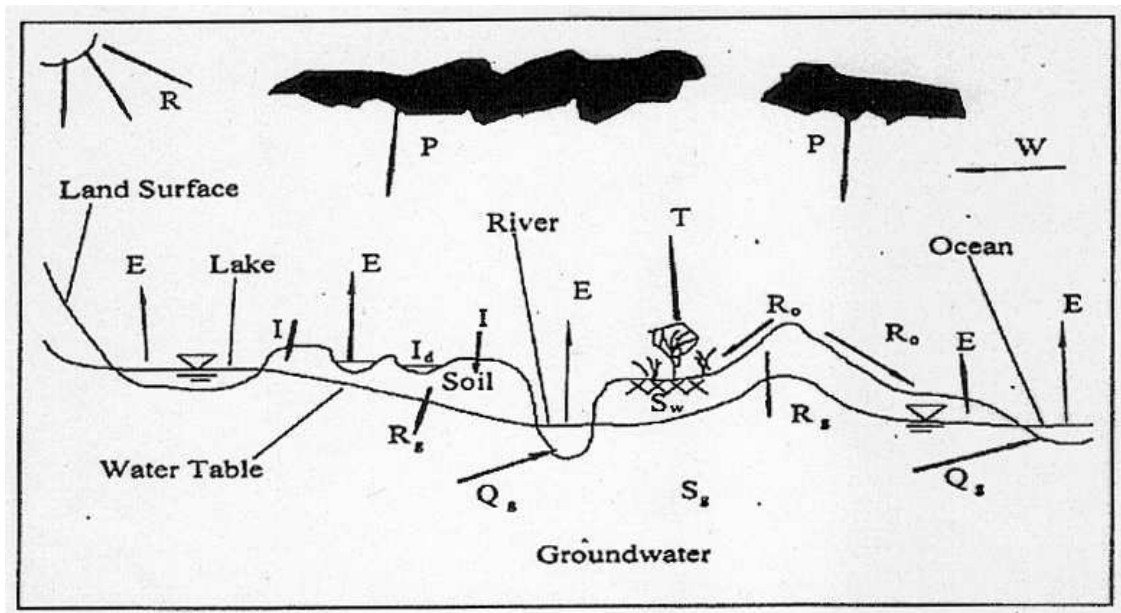
## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1. KOLOBĚH VODY**

Koloběh vody (hydrologický cyklus) je stálý oběh povrchové a podzemní vody na Zemi, doprovázený změnami skupenství. K oběhu dochází účinkem sluneční energie a zemské gravitace. Voda se vypařuje z oceánů, vodních toků a nádrží, ze zemského povrchu (výpar, evaporace) a z rostlin (transpirace). Po kondenzaci páry dopadá jako

srážky na zemský povrch zejména ve formě deště a sněhu. Zde se část vody hromadí a odtéká jako povrchová voda či se vypařuje nebo vsakuje pod zemský povrch a vytváří podzemní vodu (infiltrace). Podzemní voda po určité době znovu vystupuje na povrch ve formě pozvolného podzemního odtoku pramenů (drenáž podzemní vody).

Obr1: Hydrologický cyklus



Zdroj.: (SERRANO, 1997).

Vysvětlivky k obr. 1:

R – sluneční záření

E – evaporace

T – transpirace

W – rychlost větru

P – srážky

I<sub>n</sub> – intercepce

I – infiltrace

S<sub>w</sub> – půdní vlhkost

Q<sub>s</sub> – podpovrchový odtok

R<sub>g</sub> – odtok do saturované zóny

S<sub>g</sub> – rezervoár podzemní vody

Q<sub>g</sub> – odtok podzemní vody do řek, jezer a oceánů

## 2.2. HYDROLOGICKÁ BILANČNÍ ROVNICE

Jelikož se objem vody v hydrosféře nemění, platí následující bilanční rovnice:

$$H_S = O_V + O_P + O_Z + O_S + H_{E(p)} + H_{E(f)} + H_{E(t)} + H_{E(v)} \pm \Omega_1 \pm \Omega_2 \pm \Omega_3 \pm \Omega_4 \pm \Omega_5$$

zjednodušeně 
$$H_S = O + H_E \pm \Omega$$

H<sub>S</sub> atmosférické srážky

O odtok vody

O<sub>V</sub> soustředěný povrchový odtok ( ve vodních korytech)

- $O_P$  nesoustředěný povrchový odtok (plošný)
- $O_Z$  odtok podzemní vody
- $O_S$  odtok vody do hlubších vrstev (nevyvěrá na povrch v uvažovaném území)
- $H_E$  klimatický výpar
- $H_{E(p)}$  výpar z půdy
- $H_{E(r)}$  výpar z povrchu rostlin (intercepce), neproduktivní výpar části srážek zachycených nadzemními částmi porostů a předměty ( 10 až 50 % srážek)
- $H_{E(t)}$  produktivní výpar z rostlin (transpirace) - dýchání rostlin, spotřeba vody rostlinami pro vlastní stavbu buněk (např. u lesních porostů 150 až 450 mm/rok)
- $H_{E(v)}$  výpar z vodní hladiny (popř. ze sněhu a ledu)
- $\Omega$  množství vody, které zvýšilo nebo snížilo zásoby povrchové a podzemní vody
- $\Omega_1$  přírůstek nebo úbytek vody povrchové a podzemní
- $\Omega_2$  přírůstek nebo úbytek vody v nádržích
- $\Omega_3$  přírůstek nebo úbytek vody v ovzduší
- $\Omega_4$  přírůstek nebo úbytek vody v biomase rostlinstva
- $\Omega_5$  přírůstek nebo úbytek vody v biomase živočišstva

Složky  $\Omega_3$ ,  $\Omega_4$ ,  $\Omega_5$  jsou kvantitativně zanedbatelné a obvykle se s nimi neuvažuje.

V následující části budou stručně popsány 2 složky bilanční rovnice (atmosférické srážky a odtok vody).

### 2.2.1. Srážky

Srážky jsou výsledkem kondenzace nebo desublimace vodní páry v ovzduší, na povrchu půdy, předmětů a rostlin. Kondenzace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného na kapalné. Desublimace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného přímo na pevné (HRÁDEK A KUŘÍK, 2002).

Srážky jsou jednou z hlavních částí koloběhu vody v přírodě. Průměrné množství a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou zeměpisných oblastí a rozhodujícím faktorem pro úspěšné provozování zemědělství. Na malých povodích vznikají mimořádné povodně převážně z krátkodobých dešťů (konvenčního typu), na středních povodích z delších srážek vyvolaných frontálními systémy (zejména studené fronty) a plošně nejrozsáhlejší povodně jsou způsobeny až pětidenními srážkami

vyvolanými působením tlakové níže za poměrně zřídka se vyskytujících meteorologických podmínek (KAŠPÁREK, 1997).

Podle místa vzniku dělíme srážky na:

- a) atmosférické (vertikální)- dešť, zmrzlý dešť, kroupy, krupky, sníh, mrholení, mlha
- b) horizontální – rosa, jinovatka, námraza. (KURÍK, 2001)

Z hlediska skupenství rozeznáváme srážky kapalné (dešť, mrholení, rosa), srážky tuhé (mrznoucí dešť, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, zmrzlý dešť/krupky, kroupy, ledové jehličky, zmrzlá rosa, jíní, námraza, ledovka) a při teplotách kolem 0°C se vyskytují srážky smíšené.

Lze sledovat dobu trvání, intenzitu i prosté množství srážek. Množství srážek bývá udáváno v milimetrech kapalné vody spadlé na zemský povrch ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$ ). Sníh či kroupy zachycené srážkoměrem je proto třeba před měřením nechat roztát. Výraz srážkoměr může odkazovat na různá zařízení. Přístroj k měření úhrnu srážek se nazývá hyetometr. Velmi zjednodušeně jej lze popsat jako nádobu s nálevkou. Přístroj zaznamenávající časový průběh dešťových srážek (např. pomocí plováku) bývá označován termínem ombograf. Přístroj na zjišťování množství rosy má název drosometr (může mít podobu síťky spojené s vahami). V současnosti se ke sledování intenzity srážek široce využívá meteorologických radarů.

Stojí-li v cestě převládajícímu směru větrného proudění horské pásmo, vypadne převážná většina srážek (zejména dešťových) na návětrné straně a v závětrí hor tak vzniká srážkový stín. Typickým příkladem může být Žatecko a Roudnicko v závětrí Krušných hor a Českého středohoří, kde roční úhrn srážek dosahuje pouze kolem 450 mm.

Průměrný úhrn srážek se zvyšuje s nadmořskou výškou a maxima dosahuje (ve středoevropských podmínkách – například v Alpách či Tatrách) v nadmořské výšce kolem 2500m. Nad touto hranicí se projevuje takzvaná inverze srážek, tedy pokles srážkových úhrnů.

**Tab. 1.: Intenzita srážek**

ROZDĚLENÍ INTENZIT SRÁŽEK		
intenzita	děšť (mm/h resp. kg/m <sup>2</sup> /h)	sněžení (cm/h)
velmi slabá	neměřitelné množství	jedotlivé vločky, které nepokrývají celý exponovaný povrch bez ohledu na délku trvání jevu
slabá	0,1 - 2,5	<0,5 : neovlivňuje dohlednost
mírná	2,6 - 8	0,6 - 4 : dohlednost již mírně zhoršená
silná	8 -40	>4 : dohlednost zhoršená již na 500m
velmi silná	>40	krátkodobé intenzivní sněhové přeháňky - dohlednost pod 500m

URL:<<http://cs.wikipedia.cz>>

### 2.2.2. Odtok

Odtok vody během roku (sezónní odtokové poměry) je výsledkem interakce několika faktorů: geologie, morfometrie povodí, půd, vegetace a klimatu. Z těchto faktorů jsou zcela nezávislé na klimatu pouze geologie a velikost povodí, dalším nezávislým faktorem ovlivňujícím srážko-odtokové poměry, jehož význam v současnosti roste, je činnost člověka. Nejvýznamnějším faktorem je plocha povodí, protože ovlivňuje celkové množství srážek a tím velikost odtoku z povodí.

#### 2.2.2.1. Odtok vody z povodí

Povodí je výborným objektem pro hydrologické výzkumy, protože má pouze jeden vstup – srážky a pouze dva různé typy výstupů – výpar (evapotranspiraci) a říční odtok. Odtok vody z povodí se vyjadřuje jednoduchou bilanční rovnicí:

$$O = S - E$$

O ... odtoková výška,

S ... srážky,

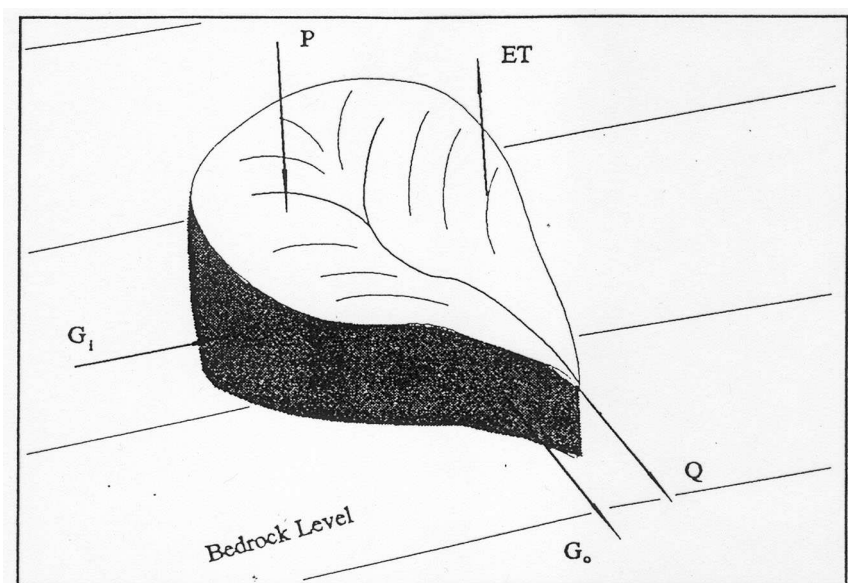
E ... evapotranspirace.

K výměně vody mezi povodími může sice docházet v důsledku prosakování podzemní vody přes rozvodnici (orografické a hydrogeologické rozvodí) a to zejména

ve vápencových oblastech s podzemními krasovými dutinami, nicméně tyto ztráty vody z povodí jsou malé a lze je proto zanedbat.

Rozložení odtoku je v globálním a kontinentálním měřítku určováno klimatickými podmínkami. Hodnoty odtokové výšky kolísají v rozpětí od  $> 1000$  mm v rovníkových oblastech a na západních návětrných stranách kontinentů až po  $< 20$  mm v suchých vnitrozemských oblastech a v polárních oblastech. Toto rozložení odtoku zhruba odpovídá globální cirkulaci atmosféry a rozložení srážek na Zemi.

Obr. 2: Hydrologická bilance povodí



Zdroj: (SERRANO, 1997).

Vysvětlivky k obr.2:

P - srážky

Q - celkový odtok

$G_i$  - Přítok podzemní vody

$G_o$  - odtok podzemní vody

ET - evapotranspirace

$\Delta S$  - množství vody, které zvýšilo nebo snížilo zásoby povrchové a podzemní vody

#### 2.2.2.2. Složky odtoku vody

Odtok vody je tvořen kombinací a) základního odtoku (angl. baseflow) - který je dotovaný podzemní vodou, b) hypodermickým odtokem (angl. interflow) - rychlý podpovrchový odtok makropóry a preferenčními cestami a c) nasyceného povrchového odtoku (angl. saturated overland flow) - po povrchu málo propustných nebo dočasně

nasyčených půd, nebo z trvale nasyčených zón v blízkosti vodních toků. Hypodermický a nasyčený povrchový odtok dohromady tvoří přímý odtok (angl. quick flow) - rychlý odtok v průběhu a krátce po skončení srážky. Do kategorie přímého odtoku patří rovněž hortonovský povrchový odtok, vznikající po překročení infiltračních schopností půdy a povrchové retence ( NAEF ET AL., 2002).

### **2.2.2.3. Povrchový odtok**

#### **Tvorba povrchového odtoku**

Srážková voda nebo voda z tajícího sněhu se ze svahů dostává do koryta vodního toku různými cestami. Jaká je cesta vody do řeky závisí nejdříve na tom v jakém stavu je povrch půdy a následně na vlastnostech povrchových a podzemních vodních zásob.

Povrchový odtok může vznikat dvěma základními způsoby:

hortonovský povrchový odtok,  
povrchový odtok z nasycení půdy.

#### **Hortonovský povrchový odtok**

Vzniká v případě, že intenzita srážky přesahuje infiltrační kapacitu půdy. Množství odtékající vody a hloubka vodního sloupce vzrůstají lineárně po svahu dolů (prší na celý svah + do spodní části svahu přitéká voda shora). Tato teorie předpokládá, že povrchový odtok nastane brzy po začátku přívalové srážky současně v celém povodí – to ovšem předpokládá, že prší všude stejně a všude jsou stejné infiltrační podmínky.

#### **Povrchový odtok ze saturace**

Tento typ povrchového odtoku závisí na stavu provlhčení půdy před, během a po dešti. Pokud dešť trvá delší dobu, dojde k nasycení hlubších vrstev půdy vodou, saturovaná zóna se začne stále více přibližovat k povrchu a boční průtok vody půdou bude probíhat stále blíž a blíž k povrchu půdy. Pokud se půda nasytí vodou až k povrchu, začne probíhat tzv. povrchový odtok ze saturace. Tento povrchový odtok má dvě složky: - půdní voda vytékající zpět na povrch tam, kde došlo k nasycení půdy až k povrchu; - povrchový odtok ze srážek, které spadly přímo na saturované oblasti.

#### 2.2.2.4. Podpovrchový odtok

Nastává, když maximální rychlost vsaku vody do půdy (infiltrační kapacita) převyšuje rychlost přísunu vody (zpravidla vyjadřovaný intenzitou srážky), voda se vsakuje a pohybuje se buď do spodiny, kde doplňuje podzemní vodu, nebo se pohybuje laterálně (boční pohyb vody v půdě); druhý případ obvykle nastává v půdách, které obsahují málo propustný, podpovrchový horizont.

Voda se v půdě pohybuje buď rozptýleně v půdních pórech a nebo se podzemní odtok může koncentrovat do linií – průsakové linie (percolines): pásy s větší mocností a vlhkostí půdy; – tunely (pipes): různá velikost a poloha.

#### 2.2.2.5. Drenážní odtok

Drenážní odtok se skládá ze tří složek, povrchové, hypodermické a základní, které odpovídají, v tomto pořadí, níže uvedeným mechanismům a,b a c. Ve skutečnosti však povrchová a hypodermická složka často splývají, neboť žádná povrchová voda nevtéká do drenáže přímo. Proto ve shodě s FÍDLEREM (1970), ŠVIHLOU AJ. (1992) budeme v drenážním odtoku rozlišovat jen dvě složky, které tito autoři označovali jako podpovrchový odtok a podzemní odtok, které však ve shodě s ČSN 726530 budeme označovat jako přímý odtok a základní odtok (KULHAVÝ ET AL., 2000).

Ve středoevropských podmínkách existují čtyři hlavní cesty, kterými se srážková voda dostává z atmosféry do drenáže, přičemž mezi jednotlivými mechanismy jsou pochopitelně plynulé přechody:

- a) Voda po dopadu na povrch půdy, obvykle málo propustné, odtéká po tomto povrchu, postupně se soustřeďuje v určitých odtokových dráhách a hromadí se v depresích, kde je v důsledku malého sklonu povrchu odtok zpomalen nebo zcela zastaven. Je-li v těchto polohách (dráhách soustředěného odtoku a depresích) vybudována drenáž, voda zde vsakuje do půdy a poměrně rychle (zejména prostřednictvím sítě makropórů a jiných preferenčních cest v humusové horizontu a v zásyvu drenážní rýhy) se dostává do drenáže. Přítok vody do drénu je převážně shora, resp. z horního poloprostoru obklopujícího drén.
- b) Podobný případ jako sub. a), ale odtok sám se odehrává pod povrchem, v dočasně nasycené zóně v humusovém horizontu nebo nehluboko pod ním. Tento mechanismus je poněkud pomalejší než předchozí.



- c) Voda vsakuje do půdy na místě, kde dopadla a její další pohyb v půdním profilu, obvykle dostatečně propustném a v oblasti českomoravského krystalinika také mělkém, je převážně svislý až do chvíle, kdy dosáhne nasycené zóny svrchní trvalé zvodně. Voda se pak pohybuje převážně vodorovně až do míst, kde je zvodně přirozeně nebo uměle odvodňována. Přítok této vody do drénu je radiálně souměrný a převažuje přítok ze spodního poloprostoru obklopujícího drén. Do této skupiny patří i případ, kdy voda z povrchové vodoteče nebo nádrže zpětně vsakuje do podzemního prostoru a takto dotovaná podzemní zvodně je na jiném místě odvodňována drenáží.
- d) Voda akumulovaná na povrchu půdy i v půdě v pevné fázi (jako sníh nebo led) postupně roztává a odtéká po povrchu nebo podpovrchově podobným způsobem jako sub. a) nebo b). Rozdíl oproti předchozím případům je především v tom, že jak přítok vody, tak propustnost půdy závisí na teplotě, a mají proto výraznou denní periodicitu. Akumulace v depresích může probíhat po dlouhou dobu, a může proto být daleko výraznější než v předchozích případech, a to i na propustných půdách. Příklad, kdy voda z roztáleného sněhu nebo ledu dotuje trvalou podzemní zvodně, sem nepatří, neboť se podstatně neliší od situace popsané sub. c).

### 2.3. DUSIČNANY

Dusičnany, soli kyseliny dusičné  $M_1 NO_3$ , jsou většinou dobře rozpustné ve vodě. Zahřátím se rozkládají. Dusičnany označované jako ledky jsou důležitá průmyslová hnojiva, např.  $NaNO_3$  (chilský ledek),  $KNO_3$  (draselný ledek),  $NH_4NO_3$  (amonný ledek) atd. Dusičnan draselný se používá jako silné oxidační činidlo (VACÍK, 1996).

V minerálech jsou dusičnany obsaženy jen velmi zřídka. Ve větším množství se v některých mimoevropských lokalitách vyskytuje dusičnan sodný (chilský ledek). Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku.

Kyselina dusičná je silnou jednosytnou kyselinou. Kromě toho mají dusičnany zanedbatelné komplexní vlastnosti, takže ve vodách přichází v úvahu pouze jednoduchý anion  $NO_3^-$  (PITTER, 1999).

### 2.3.1. Výskyt ve vodách

Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a patří mezi čtyři hlavní anionty. Jejich koncentrace v přírodních vodách neustále vzrůstají v důsledku vzrůstajícího počtu obyvatel a zemědělské činnosti.

Velká koncentrace dusičnanů, event. i dusitanů bývá charakteristická pro podzemní vody v oblastech s borovými lesy, kde písčité, dobře provzdušněná půda obsahuje ve svrchních vrstvách jednak kmeny bakterií schopných fixovat elementární dusík, jednak kmeny nitrifikačních bakterií. Také v okolí akátových porostů asimilují bakterie rodu *Rhizobium*, tvořící hlízy na kořenovém systému, elementární dusík, který je ukládán ve formě různých dusíkatých sloučenin ve všech orgánech akátu. Pod porosty akátu tak vzniká zvláštní druh humusu, který je bohatý na dusíkaté sloučeniny. Ty jsou pak vymývány do podzemních vod, ve kterých lze nalézt koncentraci  $\text{N-NO}_3$  až  $20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

V přírodních vodách se koncentrace dusičnanů mění také v závislosti na vegetačním období. V maximální koncentraci se dusičnany nacházejí v podzemních vodách v zimním, tj. mimovegetačním období, kdy se vyluhují z půdy, protože jsou jen velmi slabě zadržovány v půdním sorpčním komplexu. V letním, tj. vegetačním období jsou naopak z vody odčerpávány vegetací. Maxima a minima závisí také na způsobu obdělávání půdy (PITTER 1999).

### 2.3.2. Vlastnosti a význam

Dusičnany jsou konečným produktem mineralizace organicky vázaného dusíku a za oxických podmínek jsou stabilní. Za anoxických podmínek však podléhají denitrifikaci za vzniku elementárního dusíku resp. oxidu dusného.

Jednou z možností vzniku amoniakálního dusíku je i chemická redukce dusičnanů, která může probíhat již ve slabě alkalickém prostředí buď v sedimentech, nebo v půdě při styku podzemní vody s tuhými fázemi obsahujícími  $\text{Fe}^{\text{II}}$ .

Z chemického hlediska může mít v hydrochemii a technologii vody význam také redukce dusičnanů elementárním železem, která velmi značně závisí na hodnotě pH. Redukce však probíhá významnější rychlostí teprve při hodnotách pH pod 4. V závislosti na pH prostředí se může tvořit elementární dusík nebo až dusík amoniakální.

Sorpční schopnost dusičnanů je v porovnání s aktiontem  $\text{NH}_4^+$  malá. Proto snadno pronikají půdním sorpčním komplexem, ve kterém jsou jen málo zadržovány, mohou pronikat půdou i do vzdálených míst a kontaminovat podzemní vody.

Dusičnany samy o sobě jsou málo škodlivé. Mohou však škodit nepřímo tím, že se v gastrointestinálním traktu mohou redukovat bakteriální činností na toxičtější dusitany. Pokud nejsou dusičnany redukovány na dusitany, vylučují se poměrně rychle močí.

Dusitany reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík. Problém vzniká především u kojenců asi do 3 měsíců (ojedinělé případy se vyskytují i u dospělé populace). Krev kojenců obsahuje tzv. fetální hemoglobin, který je přeměňován na methemoglobin snáze než hemoglobin A, obsažený v krvi starších dětí a dospělých. Kromě toho enzymový oxidačně-redukční systém katalyzující zpětnou redukci methemoglobinu na hemoglobin má u kojenců menší aktivitu (PITTER, 1999). Takovéto onemocnění se nazývá dusičnanová alimentární methemoglobinaemie. Přirozená fyziologická hladina methemoglobinu v krvi nepřesahuje obvykle 1% z celkového množství krevního barviva. Při zvyšování obsahu methemoglobinu na 10 až 20% vzniká lehká klinická forma onemocnění, která se projevuje cyanózou (kůže kolem úst a na konečných člancích prstů se zbarvuje šedomodře) – tzv. „blue baby“ – a tachykardií (zrychlenou srdeční činností). Těžká klinická forma onemocnění (při zvýšení hladiny methemoglobinu nad 20%) se kromě cyanózy a tachykardie projevuje průjemem a křečemi. Může se připojit i poškození srdečního svalu. Obsah methemoglobinu nad 50% z celkového množství hemoglobinu je letální. U tohoto typu onemocnění kojenců však nerozhoduje jen koncentrace dusičnanů v pitné vodě, ale i celkový zdravotní stav dítěte. Významná je např. kyselost žaludečních šťáv. Děti s akutní gastroenteritidou vykazují obvykle vyšší hladiny methemoglobinu (ROSIVAL ET ÁGHOVÁ, 1996).

V kyselém prostředí (např. žaludku, ale i některých potravin) se z dusitanů uvolňuje kyselina dusitá, která reaguje se sekundárními aminy vznikajícími rozkladem bílkovin, přičemž se tvoří N-nitrosloucheniny, které jsou karcinogenní.

Téměř polovina světové populace využívá vodu z podzemních zdrojů (studní a pramenů), která může být do značné míry kontaminována dusičnany ze zemědělství (odpady z chovu dobytka, hnojení dusíkatými hnojivy, zavlažování). Obvykle

doporučená hladina pro dusičnany činí  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  (ČSN 75 711 udává mezní hodnotu  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ , pro kojence jen  $15 \text{ mg.l}^{-1}$ , obecně doporučovaná hodnota pod  $15 \text{ mg.l}^{-1}$ ), ale dusičnany byly detekovány i v mnohem vyšších koncentračních hladinách ( $150 \text{ mg.l}^{-1}$ ) (KALÁČ, 1998).

Při vodárenských úpravách takových vod je třeba odstranit dusičnany denitratací. To lze provést buď fyzikálně chemickými postupy, jako je iontová výměna, reverzní osmóza či elektrodialýza, nebo jejich biologickou redukcí. Nejširší uplatnění má iontová výměna, při níž se dusičnany zachycují na silně bazickém anexu spolu se sírany a chloridy, dále biologická denitrifikace a pro malé zdroje i reverzní osmóza.

### 2.3.3. Hodnocení jakosti pitné vody

Ukazatel	Rozměr	Pitné vody	Vodárenské toky	Povrchové vody
Dusičnany	$\text{mg.l}^{-1}$	50	15	50

Zemědělské plodiny rostoucí v půdě hnojené nadbytečným množstvím dusičnanových hnojiv mohou mít vysokou hladinu dusičnanů ve své hmotě. Například salát pěstovaný v půdě hnojené dusičnanovými hnojivy ve výši  $600 \text{ kg.ha}^{-1}$  obsahuje až  $6 \text{ kg.ha}^{-1}$  sušiny dusičnanů. WHO doporučuje pro potraviny  $75 \text{ mg.kg}^{-1}$  (KALÁČ, 1998).

### 2.3.4. Reakce $\text{NO}_3^-$

- Reakce proužková. Dusičnany reagují se síranem železnatým za vzniku hnědých adičních sloučenin stejně jako dusitany. Reakce na rozdíl od dusitanů, probíhá pouze za použití konc. kyseliny sírové.
- Difenylamin reaguje s dusičnany za vzniku intenzivně modrých roztoků.
- Koncentrovaná kyselina sírová uvolňuje z dusičnanů kyselinu dusičnou. Za tepla se uvolňují červenohnědé dýmy oxidu dusičitého.
- Redukcí dusičnanů zinkem, hliníkem nebo Edwardovou slitinou v alkalickém prostředí vzniká amoniak, který lze snadno identifikovat.

Provedení: Roztok ve zkumavce se zalkalizuje 3-4 ml 10%ního roztoku NaOH, přidá se malé množství práškovitého hliníku a směs se opatrně zahřívá. Unikající

amoniak se dokazuje čichem nebo lakmusovým papírem.

- e) Brucin (0,2%ní roztok v konc.  $H_2SO_4$ ) reaguje s dusičnany za vzniku červeného zbarvení. Zbarvení přechází postupně na oranžové až žluté.
- f) Kyselina fenolsulfonová poskytuje s dusičnany žluté zbarvení.

Provedení: Roztok vzorku se na porcelánové misce odpaří do sucha, k odparku se přidá několik kapek činidla (2-3 g fenolu se rozpustí ve 20-30 ml konc. kyseliny sírové) a po promíchání se nechá vychladnout. Pak se směs zředí vodou a zneutralizuje amoniakem do slabě alkalické reakce. Za přítomnosti dusičnanů vzniká intenzivně žluté zbarvení (DRBAL, 1993).

### 2.3.5. Biochemické a chemické přeměny

Sloučeniny dusíku jsou ve vodách málo stabilní a podléhají v závislosti na oxidačně-redukčním potenciálu a hodnotě pH zejména biochemickým přeměnám. Kromě toho mohou probíhat i přeměny chemické. Dusičnany jsou stabilní při relativně vysokých hodnotách oxidačně-redukčního potenciálu. Avšak již v anoxických podmínkách mohou podléhat redukci na elementární dusík. K redukci dusičnanů až na amoniakální dusík je zapotřebí značně záporných hodnot oxidačně-redukčního potenciálu, kdy již jsou i předpoklady pro redukci síranů na sulfidy. Ve směsi síranů a dusičnanů se přednostně redukují dusičnany. Dusitany vzhledem ke své chemické labilitě nemohou ve vodě nikdy mezi sloučeninami dusíku převažovat. Těmto termodynamickým předpokladům odpovídají i biochemické přeměny dusíku ve vodách.

Organické dusíkaté látky se rozkládají mikrobiální činností a dusík se obvykle uvolňuje deaminací jako dusík amoniakální. Naopak amoniakální dusík je pro organismy zdrojem pro syntézu nové biomasy. V anaerobních podmínkách se již amoniakální dusík dále nemění, avšak v aerobních podmínkách podléhá nitrifikaci až na dusičnany, které jsou konečným produktem oxidace organicky vázaného dusíku. V některých případech může být určitými bakteriemi a sinicemi přeměňován na organicky vázaný dusík i dusík molekulární. Hovoří se o tzv. fixaci dusíku. Ve vodách však probíhá jen v malé míře (PITTER, 1999). Tento proces zahrnuje přeměnu bimolekulárního dusíku na amonné ionty ( $NH_4^+$ ) a může probíhat buď přirozenou biologickou cestou za normálních teplot a tlaků, nebo chemicky za vysokých teplot a tlaků. Pouze malé množství bakterií je schopno biologické fixace a tyto bakterie lze rozdělit do dvou kategorií: jako volně žijící, tedy nesymbiotické; a symbioticky fixující bakterie rodu *Rhizobium*, které žijí na kořenech bobovitých (motýlokvětvých,

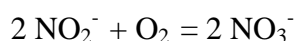
leguminózních) rostlin (čeleď Fabaceae). Symbiotickou fixací v podmínkách agroekosystémů vstupuje do půdy na území ČR přibližně 30 kg N.ha<sup>-1</sup> .rok<sup>-1</sup> (LEXA,2006).

Z biochemických přeměn anorganických forem dusíku je nejdůležitější oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany (nitrifikace) a redukce dusičnanů na elementární dusík (denitrifikace). Redukce dusičnanů až na amoniakální dusík, která je sice možná, avšak probíhá jen za specifických podmínek, se nepovažuje za denitrifikaci.

Nitrifikací se rozumí biochemická oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany. Je způsobena především litotrofními (autotrofními) a výjimečně i organotrofními organismy. Chemolitotrofní nitrifikační bakterie využívají CO<sub>2</sub> jako zdroj uhlíku pro tvorbu biomasy a zdrojem energie je oxidace amoniakálního dusíku. Množství získané energie je však malé a pro nitrifikační bakterie je proto charakteristická malá specifická tvorba nové biomasy. Z 1 g dusíku se vytvoří jen asi 0,16 g až 0,19 g biomasy. Dalším charakteristickým rysem je dlouhá generační doba, asi desetkrát delší než u organotrofních bakterií.

Rozlišují se dva hlavní rody nitrifikačních bakterií: Nitrosomonas a Nitrobacter. V přírodě jsou velmi rozšířeny, mají tendenci ulpívat na různých površích, a proto se hromadí ve dnových sedimentech, v půdě a v nerozpuštěných látkách ve vodě. Proto pokud jsou pro to předpoklady probíhá ve vodách v oxických podmínkách nitrifikace velmi snadno. Rod Nitrosomonas se podílí na prvním stupni oxidace, na dusitany, a má menší růstovou rychlost než rod Nitrobacter, který se podílí na oxidaci dusitanů na dusičnany. Proto se dusitany nemohou ve vodě hromadit a jejich koncentrace bývá velmi nízká. Růstová rychlost nitrifikačních bakterií je značně závislá na teplotě a při teplotách pod 5<sup>0</sup> C je již rychlost nitrifikace velmi malá. Při biologickém čištění odpadních vod dochází k inhibici nitrifikace obvykle již při teplotách nižších než 12<sup>0</sup>C. Nejrychleji probíhá nitrifikace při teplotách v rozmezí asi od 20<sup>0</sup>C do 30<sup>0</sup>C. Optimální hodnota pH je asi v oblasti 7 až 8,5.

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních, které lze znázornit následujícími rovnicemi:



Podle první rovnice se na oxidaci 1 g dusíku spotřebuje 3,43 g kyslíku a podle druhé

rovnice na oxidaci 1 g dusitanového dusíku spotřebuje 1,14 g kyslíku. Výslednou rovnici oxidace amoniakálního dusíku na dusičnanový dusík lze vyjádřit:



K úplné oxidaci 1 g amoniakálního dusíku se teoreticky spotřebuje celkem 4,57 g kyslíku. Avšak energie uvolněná při nitrifikaci je využita k syntéze nové biomasy nitrifikujících mikroorganismů, při čemž se část kyslíku spotřebuje. Proto je spotřeba kyslíku na nitrifikaci menší, než odpovídá rovnicím. Udává se, že k úplné nitrifikaci 1 g amoniakálního dusíku je skutečně třeba asi 4,33 g kyslíku (PITTER, 1999).

Proces nitrifikace je omezen teplotním rozmezí 5-30 °C. Rychlost produkce dusičnanů závisí na hloubce půdního profilu a nejvyšší je při povrchu půdy. Z dalších faktorů, které ovlivňují rychlost nitrifikace, je pH půdy a její provzdušnění. Během roku má vznik dusičnanů variabilní průběh a tato časová závislost má charakteristický vývoj.

V půdě byli izolováni nitrifikátoři, jejichž činnost závisí na pH půdy, ale rovněž takoví, jejichž činnost není ovlivňována pH půdy (DE BOER ET AL., 1990). Činnost autotrofních mikroorganismů, které oxidují  $\text{NH}_4^+$ , je velmi citlivá na pH půd. Proto se po mnoho let předpokládalo, že kyselost je hlavním faktorem limitujícím průběh nitrifikace. Avšak STAMS ET AL. (1991) použili pro identifikace procesu nitrifikace izotopických studií (se značeným  $^{15}\text{N}$ ) a zjistili, že nitrifikace probíhá i v okyselených lesích Holandska.

### **Denitrifikace**

V anoxických podmínkách může dojít k redukci dusičnanů a dusitanů na elementární dusík nebo oxidy dusíku. Tento proces se nazývá denitrifikace. Konečným akceptorem elektronů je dusík v oxidačním stupni III nebo V. Stejně jako nitrifikace probíhá i denitrifikace ve vodách poměrně snadno, pokud jsou dodrženy anoxické podmínky. Denitrifikace může být příčinou ztrát dusíku při dusíkových bilancích ve vodách a při biologickém čištění odpadních vod. Denitrifikace se v technologii vody cíleně používá pro odstraňování sloučenin dusíku při biologickém čištění odpadních vod.

Biochemická redukce dusičnanů a dusitanů na elementární dusík, resp. oxidy dusíku je způsobena různými organotrofními (heterotrofními) striktně i fakultativně anaerobními mikroby (např. *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*). Na rozdíl od

nitrifikace je pro denitrifikaci nutný organický substrát jako zdroj energie. Tyto organické látky jsou při denitrifikaci oxidovány. Dusičnanový nebo dusitanový dusík je konečným akceptorem elektronů. Denitrifikaci lze schematicky popsat těmito rovnicemi:



Kromě elementárního dusíku byl za určitých podmínek prokázán i vznik oxidů dusíku, především  $\text{N}_2\text{O}$  (a někdy také  $\text{NO}$ ). Poměr mezi vznikajícím dusíkem oxidy dusíku závisí zejména na hodnotě pH. Zcela převažuje produkce elementárního dusíku.

Na rozdíl od nitrifikace se při denitrifikaci uvolňují hydroxidové ionty. Z 1 g dusičnanového dusíku vznikne asi 70 mmol  $\text{OH}^-$ . Při denitrifikaci dochází k alkalizaci prostředí a při nízké tlumivé kapacitě vody může dojít k výraznému zvýšení její hodnoty pH. Denitrifikace probíhá v dostatečně širokém rozmezí hodnot pH, to asi od 6 do 9. Denitrifikace je méně citlivá na změny hodnot pH vody než nitrifikace. Denitrifikace může probíhat buď v anoxickém prostředí, nebo jen při velmi malých koncentracích rozpuštěného kyslíku, menším než  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$  (PITTER, 1999)

### **Amonifikace**

Rychlost amonifikace závisí na velikosti odpovídajícího mikrobiálního společenstva, mikrobiální aktivitě a půdních podmínkách, jako jsou vlhkost, teplota a kyselost. Obsah a chemická povaha organické hmoty, celkový obsah dusíku a dalších živin jsou dalšími významnými faktory, zvláště u půd chudých živinami, jako jsou rašeliny (WILLIAMS, 1984). Využívání půdy a systém osevních postupů mohou mít vliv na půdní podmínky a povahu organické hmoty, a tudíž druhotně ovlivňovat rychlost amonifikace tak jako půdní druh. Obecně mikrobiální aktivita a produkce amonných iontů klesá, stoupá-li kyselost půd a je potlačována při zamokření a v důsledku nízkého provzdušnění půd. Rychlost mineralizace se zvyšuje s teplotou. Nárůst teploty o  $10^0 \text{ C}$  přibližně zdvojnásobí rychlost produkce  $\text{NH}_4^+$  (ADDISCOTT, 1983).

### **Imobilizace**

Růst mikroorganismů vyžaduje dusík pro tvorbu proteinů, proto část amonifikovaného dusíku je asimilována a imobilizována do tkáňových struktur



mikroorganismů. Mikrobiální biomasa obsahuje zásoby živin několikanásobně vyšší, než je zásoba minerálního dusíku v půdě. Mikrobiální imobilizace dusičnanů je limitována obsahem uhlíku, přítomností amonných iontů a v menší míře také aminokyselinami (RICE, TIEDJE, 1989).

### **2.3.6 . Různé příčiny zvýšeného vyplavování dusičnanů z půd**

BAUDER ET AL. (1993) uvádějí pro vyplavování nitratového dusíku do podzemních vod v půdách Montany tu skutečnost, že tzv. letní úhor po sklizni plodin může významně ovlivňovat kontaminaci mělkých podzemních vod.

SLEPIČKA (1974) prokázal, že vyplavování dusičnanů z půdy bez vegetačního pokryvu je mnohem vyšší než pod porostem polních plodin a dočasné louky, a to jak na variantě intenzivně hnojené, tak i na variantě kontrolní bez hnojení.

KLADIVKO (1991) uvádí, že koncentrace N v drenážním odtoku je ovlivněna hnojením, půdním typem, pěstovanou plodinou, typem orby a jejím praktikováním a obsahem vody během vegetační sezóny.

KVÍTEK (1994 ) uvádí, že drenážní systémy mají v oblasti Českomoravské vrchoviny vyšší koncentraci nitrátů než povrchové vody a je zřejmý i určitý vliv kultur na koncentraci nitrátů ve vodě ve vztahu k rozmístění kultur v infiltračních a infiltračně-transportních zónách. Tuto skutečnost lze vysvětlit daleko vyšším provzdušením orné půdy drenážních systémů, resp. menší dobou možné denitrifikace dusíku v půdním profilu při odvodnění.

## **3. MATERIÁL**

### **3.1. CHARAKTERISTIKA OBLASTI**

Pokusné povodí Kopaninského toku je sledováno dnešním Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd od roku 1985. Základní charakteristiky povodí jsou uvedeny v tabulce. Z hlediska geomorfologického (DEMEK, 1987) patří povodí do oblasti Českomoravské vrchoviny, celku Křemešnické vrchoviny, podcelků Želivské pahorkatiny a Humpolecké vrchoviny, na rozhraní okrsků Košetické a Vyskytenské pahorkatiny.

Obr3: Kopaninský tok



### 3.1.1. Meteorologické a klimatické poměry

Povodí se nachází v klimatické oblasti vrchovinné, mírně teplé, mírně vlhké (B5) podle KONČEKA, resp. v klimatickém regionu 7 (MT4), mírně teplém a vlhkém podle klasifikačního systému BPEJ (MAŠÁT A KOL., 2002).

- a) Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 7<sup>0</sup>C
- b) Dlouhodobá průměrná teplota ze vegetační období je 13<sup>0</sup>C
- c) Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek je 665 mm
- d) Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek za vegetační období je 418 mm
- e) Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek v zimním období 247 mm
- f) Průměrná relativní vlhkost vzduchu je 77%
- g) Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více je 101,8 dnů
- h) Průměrný počet dnů se srážkami 10mm a více je 16,8 dnů
- i) Průměrný počet dnů se sněžením je 48,9 dnů

j) Průměrný počet letních dnů v roce  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  je 24,6 dnů

k) Průměrný počet mrazových dnů v roce  $\leq -0,1^{\circ}\text{C}$  je 117,4 dnů.

Tab. 3.: Průměrná teplota vzduchu ve  $^{\circ}\text{C}$

Leden	-2,6	Duben	6,6	Červenec	16,6	Říjen	7,3
Únor	-1,6	Květen	12,0	Srpen	15,8	Listopad	2,2
Březen	2,2	Červen	14,7	Září	12,3	Prosinec	-1,2

Tab. 4.: Průměrný úhrn srážek v mm

Leden	41	Duben	52	Červenec	87	Říjen	53
Únor	35	Květen	69	Srpen	77	Listopad	42
Březen	35	Červen	80	Září	53	Prosinec	41

Denní průměrné stavy hladin na hydrometrickém profilu byly vyčísleny digitalizací příslušných limnigramů s přihlédnutím k okamžitým úrovním hladin, které byly odečítány pracovníkem VÚMOP zpravidla periodicky 1 krát za 14 dnů.

Denní průměrné průtoky na hydrometrických profilech byly vypočteny pomocí teoretické formule :

$$Q(\text{l/s}) = 1,3546 \cdot h(\text{cm})^{2,4856}$$

Platné pro profily vybavené Thompsonovými přepady s pravoúhlým výřezem (stav  $h$  reprezentuje přepadovou výšku vodní hladiny). Měření průtoků na ostatních profilech bylo prováděno bodově objemovou metodou. Od roku 2002 byly profily postupně osazovány ultrazvukovými měřiči průtoků se záznamovou jednotkou.

### 3.1.2. Základní charakteristiky povodí Kopaninského toku

Název toku	Kopaninský tok
Průměrná zeměpisná šířka	49 <sup>0</sup> 28' S
Průměrná zeměpisná délka	15 <sup>0</sup> 17' V
Nadmořská výška (m)	467-578 (prům.523) m n.m.
Plocha (km <sup>2</sup> )	6,6891
Délka toku (km)	5,9
Hydrologické pořadí toku	1-09-02-031
Nadřazené vodní toky	Jankovský potok, Želivka,Sázava,Vltava,Labe
% orné půdy	52
% TTP	14
% lesů	30
% odvodněných ploch	10
Průměrné roční srážky (mm)	665 (Humpolec,1901-50)
Průměrná roční teplota (°C)	7,0 (Humpolec,1901-50)
Horninové podloží	pararula
Převládající půdní typ	kambizem

### 3.1.3. Geologie

Kopaninský tok patří v rámci geologické stavby do Moldanubické oblasti.

Moldanubická oblast je budována různými soubory převážně katazonálních metamorfitů. Pouze místy jsou v malém rozsahu zastoupeny komplexy poněkud slaběji metamorfované. Všechny metamorfity (s výjimkou prostorově málo významných výskytů eklogitů a pyroxenických granulitů) lze zařadit do amfibolitové facie. Součástí moldanubické oblasti jsou i rozsáhlé masívy granitoidních plutonických hornin, jejichž vznik je spjat převážně s hercynskou orogenezí. Právě vysoký stupeň metamorfózy, přítomnost některých specifických typů metamorfitů, intenzivní migmatitizace a proniknutí celého metamorfního komplexu četnými masívy granitoidů jsou charakteristické rysy moldanubické oblasti.

V metamorfitech moldanubické oblasti lze vyčlenit dvě série hornin nyní označované jako skupiny, které mají základní význam pro poznání stavby oblasti

a které se vzájemně liší svým horninovým obsahem. Je to tzv. jednotvárná skupina a pestrá skupina.

a) Jednotvárná skupina – buduje převážnou část moldanubika a je tvořena plagioklasovými pararulami. Jednotvárná skupina se skládá výhradně z metapelitických a metapsamitických hornin, jen ojediněle se v ní objevují čočkovité útvary vápenatosilikátových hornin.

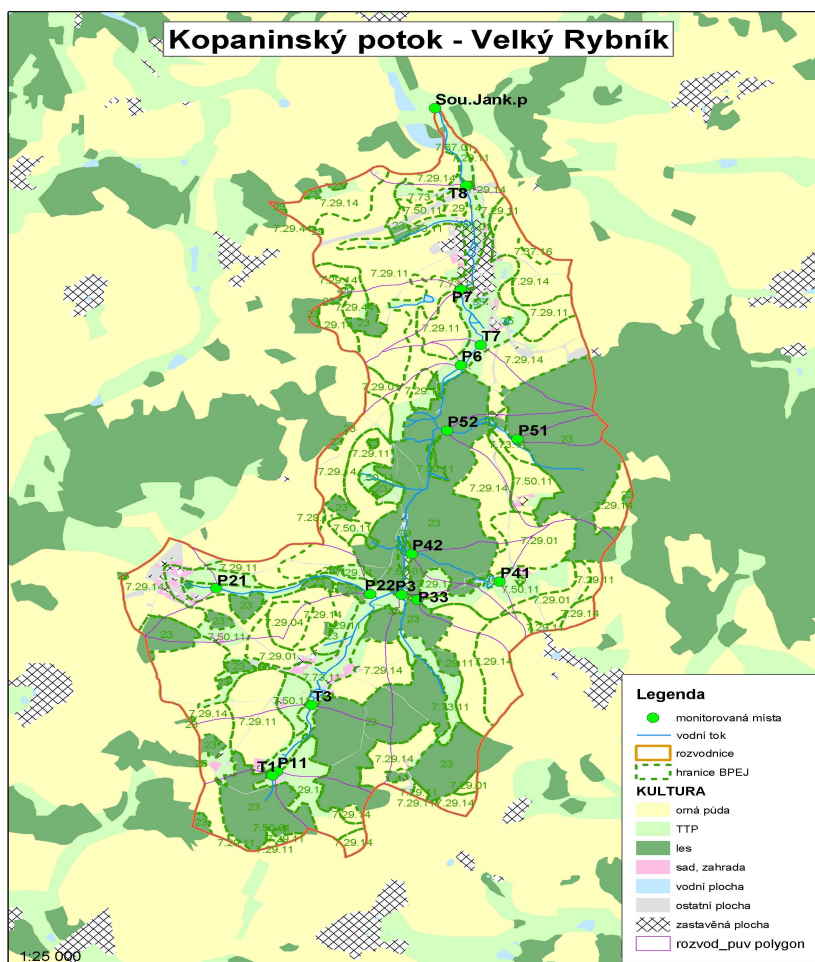
b) Pestrá skupina – hlavní masa je tvořena plagioklasovými pararulami. Pestrá skupina moldanubika vystupuje v několika víceméně souvislých pruzích, které se poněkud liší obsahem horninových složek:

1. západní pruh – vybíhá z Oberpfalzer Wald v Bavorsku a sleduje zhruba jv. okraj středočeského plutonu od Klatov přes Sušici, Strakonice, Tábor až do údolí Sázavy.

2. střední pruh – se táhne přes Český Krumlov, Lišov, Novou Včelnici až k Novému Rychnovu v. od Pelhřimova. Do tohoto středního pruhu patří Kopaninský tok.

c) Východní pruh – probíhá od Krems na Dunaji v Rakousku na Moravské Budějovice, Žďár a Havlíčkův Brod ( MÍSAŘ, 1983 ).

Obr. 4.: Jednotlivá mikropovodí na Kopaninském toku



### 3.1.4. Využití pozemků jednotlivých povodí

Povodí T1 je využíváno z 70% jako les, z 22% jako orná půda a z 5% jako louka.

Povodí T3 je využíváno z 37% jako les, z 34% jako orná půda a z 24% jako louka.

Povodí T7 je využíváno z 43% jako orná půda, z 37% jako les a z 13% jako louka.

Povodí P11 je využíváno z 41% jako les, z 34% jako orná půda a z 23% jako louka.

Povodí P21 je využíváno z 44% jako orná půda, z 19% jako ostatní plocha a z 13% jako louka.

Povodí 22 je využíváno z 53% jako orná půda, z 21% jako louka a z 20% jako les.

Povodí P3 je využíváno z 45% jako les, z 43% jako orná půda a z 10% jako louka.

Povodí P33 je využíváno z 72% jako orná půda, z 17% jako louka a z 11% jako les.

Povodí P41 je využíváno z 65% jako orná půda, z 10% jako les a z 13% jako louka.

Povodí P42 je využíváno z 55% jako les, z 24% jako orná půda a z 11% jako louka.

Povodí P51 je využíváno ze 100% jako les.

Povodí P52 je využíváno z 60% jako les, z 35% jako orná půda a z 2% jako ostatní plocha

Povodí P6 je využíváno z 96% jako orná půda, z 2% jako louka a z 1% jako ostatní plocha.

Povodí P7 je využíváno z 78% jako orná půda, z 13% jako les a z 5% jako louka.

## **4. METODY**

### **4.1. KONTROLA JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD**

#### **4.1.1. Termíny a definice**

Kontrola jakosti povrchových vod: soubor činností, vedoucích k získání podkladů k hodnocení a řízení jakosti povrchových vod

Metaindikátor: číselný kód ukazatele v Hydroekologickém informačním systému ČR

Kontrola jakosti povrchových vod slouží zpravidla k těmto účelům:

- a) klasifikaci jakosti povrchových vod,
- b) posouzení vhodnosti povrchové vody pro dané konkrétní užití,
- c) bilanci znečištění povrchových vod.

Kontrola jakosti povrchových vod zahrnuje:

- a) zpracování programu kontroly jakosti v souladu s jejím účelem,
- b) stanovení hodnot ukazatelů jakosti,
- c) vyjadřování výsledků

Při zpracování programu kontroly jakosti se vychází z ČSN EN 25667-1, ČSN EN 25666-1, ČSN EN ISO 5667-3, ČSN ISO 5667-4 a ČSN ISO 5667-6.

Programem kontroly jakosti vody se určí:

- a) místa a body odběrů,
- b) časové období (např. jeden rok),
- c) četnost odběrů,

- d) způsob odběru a úpravy vzorků včetně zjišťování údajů o průtoku,
- e) rozsah stanovení ukazatelů jakosti,
- f) požadavky na meze stanovitelnosti,
- g) požadavky na přesnost a správnost výsledků,
- h) případně konkrétní zkušební metody stanovení

#### **4.1.2. Profily pro kontrolu jakosti povrchových vod**

Profily se rozdělují na:

- a) základní,
- b) mezinárodní,
- c) hraniční,
- d) doplňkové

Základní profily jsou místa na vodohospodářsky významných vodních tocích. Minimální četnost kontroly jakosti povrchových vod v základních profilech je 12 odběrů vzorků, rovnoměrně rozdělených v průběhu roku, kromě odběru vzorku makrozoobentosu.

Mezinárodní profily a zahraniční profily jsou místa na vodních tocích, pro které platí mezinárodně dohodnutý program kontroly.

Doplňkové profily jsou místa na vodních tocích vybraná pro doplnění kontroly jakosti povrchové vody vyvolané určitou potřebou (ČSN, 1998).

### **4.2. ODBĚR VZORKŮ**

#### **4.2.1. Odběr vzorků k fyzikálně chemickému rozboru**

Je-li možné použít vzorkování z povrchu (např. do 50 cm od hladiny), často postačí ponořit nádobu (např. džber nebo konev) do vyšetřované partie řeky nebo potoka. Obsah nádoby se ihned přelije do připravených vzorkovnic. Je též možné nabrat vzorek přímo do vzorkovnice nebo láhve ponořením do řeky nebo potoka. Vstupní otvor se doporučuje chránit pokrytím hrubým jemným sítem. Vstupní otvor vzorkovače by též měl zaručovat co nejmenší odpor vodnímu proudu. Vzorkovací soustavy v exponovaných místech vyžadují ochranu před vandalismem a vlivy, jako je



nadměrná teplota. Pracuje-li se s čerpadly, je lépe používat čerpadla ponorná než sací tam, kde je třeba analyzovat rozpuštěné plyny. Rozpuštěné plyny mohou unikat a strhávat nerozpuštěné látky k povrchu při působení sníženého tlaku vyvolaného sáním čerpadla. Pracuje-li se tedy s takovými čerpacími systémy, měl by se první podíl vzorku vylít.

Jestliže čerpání běží velmi pomalu, snižuje se koncentrace nerozpuštěných látek ve vzorku působením gravitace. Odběr vzorků by měl probíhat za isokinetických podmínek. Rychlost ve vstupní trubici by neměla klesnout pod  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , ale ani být větší než  $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Koncentrace stanovených součástí ve vodě ve vzorkovacím systému by měla být vždy táž, jako je ve vzorované vodě. Při vzorkování nerozpuštěných látek se obvykle nastavuje vzorkovací rychlost tak, aby voda protékající vstupem do vzorkovacího systému proudila stejnou rychlostí jako voda vzorkovaná. To také vyžaduje, aby vstup do vzorkovacího systému byl nasměrován do říčního nebo potočního proudu (ČSN, 1994).

#### 4.2.2. Obecně vhodné způsoby konzervace vzorků

Tab. 6.: Způsoby konzervace vzorků

Stanov. ukazatel	Druh vzorkovnice	Způsob konzervace	Místo stanovení	Zpracovat do	Poznámky	ISO norma
dusičnany	P nebo G	Okyselení na $\text{pH} < 2$ a ochlazení na $2^{\circ}\text{C}$ až $5^{\circ}\text{C}$	Laboratoř	24 h		7890 <sup>36,37,38</sup>
		Na místě filtrace membránovým filtrem velikosti pórů $0,45 \mu\text{m}$ a ochlazení na $2^{\circ}\text{C}$ až $5^{\circ}\text{C}$	Laboratoř	48 h	podzemní a povrchové vody	

Vysvětlivky k tab. 6.: P-plasty

G-sklo

### **4.3. KLASIFIKACE JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD**

#### **4.3.1. Termíny a definice**

Hodnocení jakosti vod: vyhodnocování výsledků kontroly jakosti vod, převádějící získané údaje o jakosti vody na číselné charakteristické hodnoty a ty pak na slovní vyjádření stavu jakosti vod

Klasifikace jakosti vod: řazení vod do tříd podle jejich jakosti s použitím soustavy mezných hodnot tříd jakosti vod

Základní klasifikace jakosti vod: klasifikace k vyjádření souhrnné informace o jakosti vod

Tekoucí povrchové vody: vodní toky, ve kterých nedochází k teplotní stratifikaci a k jarní a podzimní cirkulaci vody

Charakteristická hodnota: hodnota ukazatele jakosti vody, která charakterizuje a nahrazuje při hodnocení jakosti vody celý soubor naměřených hodnot ukazatele jakosti vody

Mezná hodnota tříd jakosti vody: nejvyšší (u rozpuštěného kyslíku nejnižší) hodnota ukazatele jakosti vody v dané třídě jakosti vody (ČSN,1998).

#### **4.3.2. Klasifikace tekoucích vod podle čistoty**

Klasifikací toků se rozumí normované roztřídění toků podle jakosti vody. Ukazatele (indikátory) vyjadřují fyzikální stav, chemické složení a biologické osídlení vody. Dělí se na individuální (např. Fe, Mn, N, P aj.) a skupinové (BSK<sub>5</sub>, CHSK, rozpuštěné látky aj.). Pro praktickou potřebu se ukazatele sdružují do kritérií. Například kritériem kyslíkového režimu vody je soubor těchto ukazatelů: koncentrace rozpuštěného kyslíku, teplota, BSK<sub>5</sub>, CHSK a saprobity. Mezní hodnotou ukazatele je normativ. Soubor normativů je klasifikace.

Nařízení vlády č. 82/1999 Sb. Stanovuje ukazatele přípustného znečištění povrchových vod.

Počet ukazatelů je značný. Hodnocení jakosti vody se v praxi zakládá na stanovení reprezentativních ukazatelů, jejichž výběr závisí na způsobu využití sledovaných povrchových vod a na předpokládaném znečištění.

Značnou důležitost má prvních šest ukazatelů (rozpuštěný kyslík, BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Mn</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, TOC a sulfidy), které se obvykle zahrnují mezi tzv. ukazatele kyslíkového režimu, protože zajištění oxických podmínek v povrchových vodách je jedním z rozhodujících požadavků na jakost povrchových vod.

Kromě rozdělení a hodnot ukazatelů, na jejichž základě se ve vodohospodářské praxi rozhoduje o vypouštění odpadních vod do vod povrchových, se používá ještě další klasifikační systém, podle ČSN 75 7221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“, který slouží ke srovnání jakosti povrchových vod z různých míst v různém čase. Je základním způsobem hodnocení výsledků kontroly jakosti vody z obecného ekologického hlediska (PITTER, 1999).

#### **4.3.3. Třídy jakosti vody**

Tekoucí povrchové vody se podle jakosti vody zařazují do 5 tříd jakosti:

Třída I – neznečištěná voda: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích

Třída II – mírně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

Třída III - znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

Třída IV – silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému

Třída V – velmi silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

Klasifikace jakosti vody podle každého jednotlivého ukazatele do třídy jakosti vody se uskutečňuje srovnáním vypočtené charakteristické hodnoty tohoto ukazatele s jemu odpovídající soustavou mezních hodnot. Mezní hodnoty ukazatelů jakosti vody pro jednotlivé třídy jakosti vody jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 7.: Mezní hodnoty tříd jakosti vody

	Měrná jednotka	Třída I	Třída II	Třída III	Třída IV	Třída V
Dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13

Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody je hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90% .

Jakost vody se klasifikuje na základě výsledků kontroly z delšího uceleného období. Nejkratší hodnocené období je jeden rok. Nejdelší hodnocené období je dáno změnami v nakládání s vodami v povodí, zpravidla se nevolí delší období než 5 let. Při četnosti sledování 12 odběrů za rok se doporučuje výsledky kontroly jakosti vod klasifikovat pro dvouletí, aby pro výpočet charakteristické hodnoty bylo k dispozici alespoň 24 hodnot (ČSN, 1998).

Ukazatele jakosti vody se pro potřeby uvedené normy rozdělují na:

- a) biologické a mikrobiologické ukazatele – 4,
- b) obecné, fyzikální a chemické ukazatele – 16,
- c) specifické organické látky – 10,
- d) kovy a polokovy – 10 a
- e) radiologické ukazatele – 6.

Norma ČSN 75 7222 „Kontrola jakosti povrchových vod“ předepisuje následující minimální počet ukazatelů (20) pro kontrolu jakosti povrchových vod: teplotu, pH, konduktivitu, nerozpuštěné látky, rozpuštěný kyslík, BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Mn</sub> ,

CHSK<sub>Cr</sub>, TOC, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor, chloridy, sírany, mangan, železo, vápník, hořčík, termotolerantní koliformní bakterie a saprobní index makrozoobentosu.

Výsledky základní klasifikace lze vyjádřit i formou mapy jakosti vody. Pro jednotlivé třídy jakosti se volí tyto barvy:

- 1.třída – světle modrá
- 2.třída – tmavě modrá
- 3.třída – zelená
- 4.třída – žlutá
- 5.třída – červená

Dalším hlediskem při posuzování jakosti povrchových vod je jejich upravitelnost na vodu pitnou. Požadavky na jakost povrchových vod jsou z tohoto hlediska dány ČSN 75 7214 „Surová voda pro úpravu na vodu pitnou „. Vody jsou rozděleny podle upravitelnosti do 4 kategorií (A, B, C, D). Do kategorie A patří surové vody vyžadující pouze dezinfekci, popř. prostou pískovou filtraci a odkyselení. Do kategorie D patří surové vody nevhodné k úpravě na pitnou vodu, použitelné jen ve výjimečných případech (PITTER, 1999).

#### 4.4. PRŮTOK VODY A ODNOS NO<sub>3</sub>

Při odběru vody na chemické analýzy stanovujeme také velikost průtoku. Poněvadž v takto náhodně zvolených uzávěrových profilech zpravidla není k dispozici měrný přepad, používá se měřících metod odvozených z rychlosti průtoku vody v upraveném profilu.

Množství odtransportovaných živin v kg za rok vychází z dílčích hodnot velikosti průtoku a kvality vody (obsah sledovaných látek) a zjistí se podle vztahu:

$$L_{t1}=0,0864 \sum \Delta t_i \cdot p_i \cdot Q_i$$

kde:

$L_{t1}$  = látkový odnos ( $\text{kg} \cdot \text{r}^{-1}$ )

$t_i$  = doba trvání i- tého intervalu sledování

$p_i$  = koncentrace přínosu sledované látky i- tého intervalu sledování ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ )

$Q_i$  = objem průtoku vody i- tého intervalu sledování ( $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Ztráta čistých živin odtokem se vyjadřuje:

Obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> .0,23 = dusík nitrátový

Tab. 8.:Kritéria zhodnocení ztrát ze zemědělské činnosti:

Dusík ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ )

0-10	ztráty zanedbatelné
10-20	ztráty přiměřené
20-30	ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření
nad 40	ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah

(GERGEL, 1994)

## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

### *Jakost vody*

Na jednotlivých stanovištích probíhalo měření ve čtrnáctidenním intervalu, jehož výsledky se podle obsahu  $\text{N-NO}_3$  rozdělily do několika tříd - Třídy znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

I. třída - méně než  $3 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3$

II. třída -  $3 - 6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3$

III. třída -  $6 - 10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3$

IV. třída -  $10 - 13 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3$

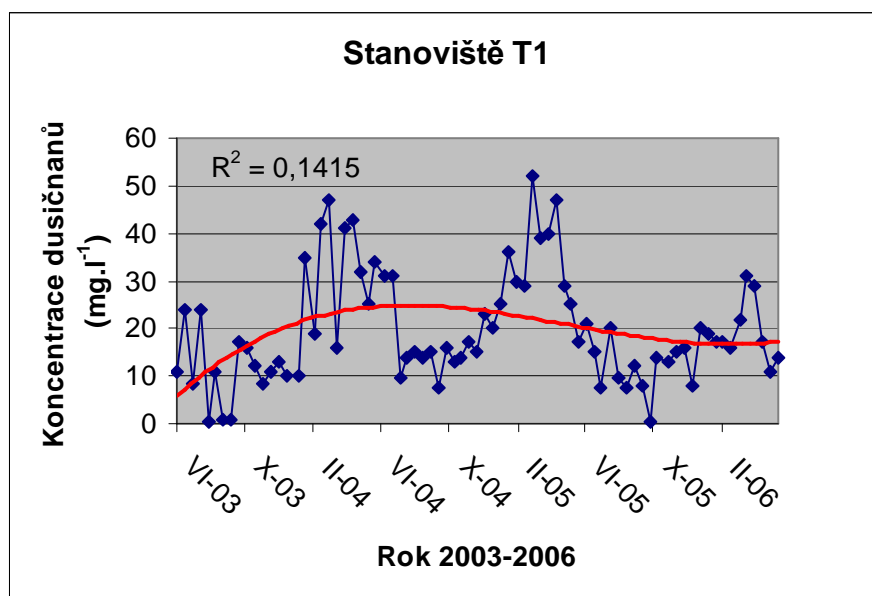
V. třída - rovno nebo více než  $13 \text{ mg.l}^{-1} \text{ N-NO}_3$

## Mikropovodí T1

Stanoviště T1 se nachází přímo na toku. Toto území má rozlohu 27 ha je využíváno z 70% jako les, z 22% jako orná půda a z 5% jako louka.

### Jakost vody

Graf 1: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 19,7 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 29.7.2003, je 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 1.3.2005, je 52,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí T1 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 9: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
T1	24	34	16	3	0

Celkový počet měření bylo 77

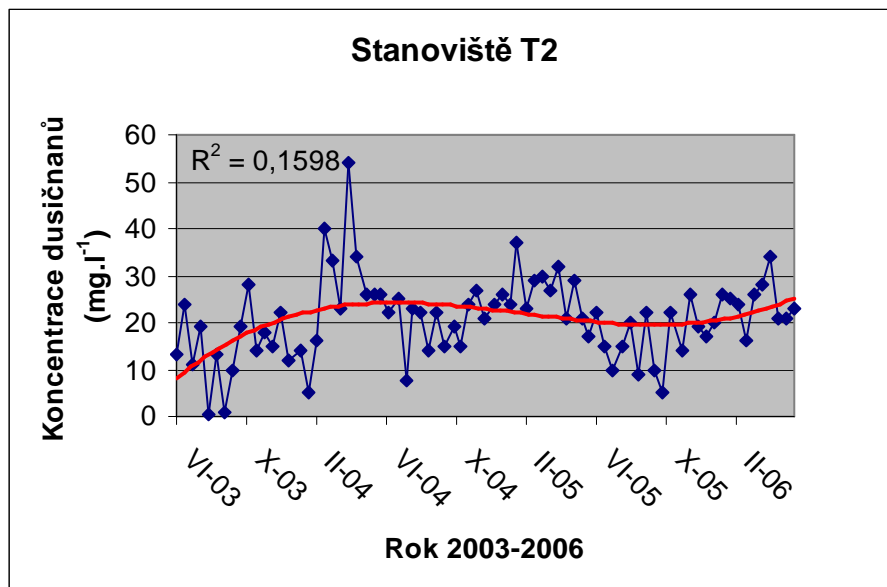
Na mikropovodí T1 nebyly stanoveny průtoky vody.

## Mikropovodí T2

Stanoviště T2 se nachází přímo na toku.

### Jakost vody

Graf 2: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 20,8 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 29.7.2003, je 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 30.3.2004, je 54,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí T2 nemají značný vliv jednotlivá roční období, avšak vyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny na jaře a nejnižší v létě.

Tab. 10: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

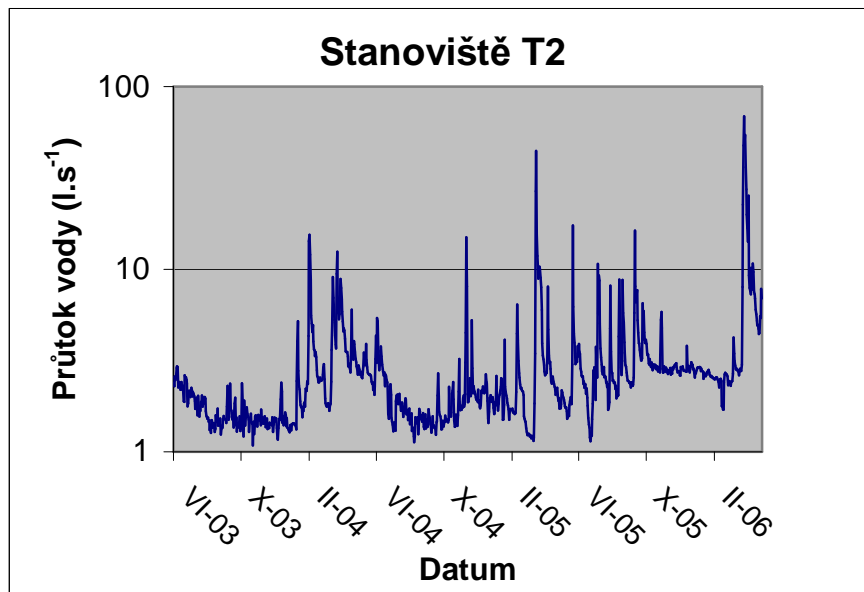
	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
T2	13	50	13	1	0

Celkový počet měření bylo 77



## Průtoky

Graf. 3: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab.11.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí T2

	Maximum (l.s <sup>-1</sup> )	Minimum (l.s <sup>-1</sup> )	Průměr (l.s <sup>-1</sup> )
T2	68,76	1,08	3,11

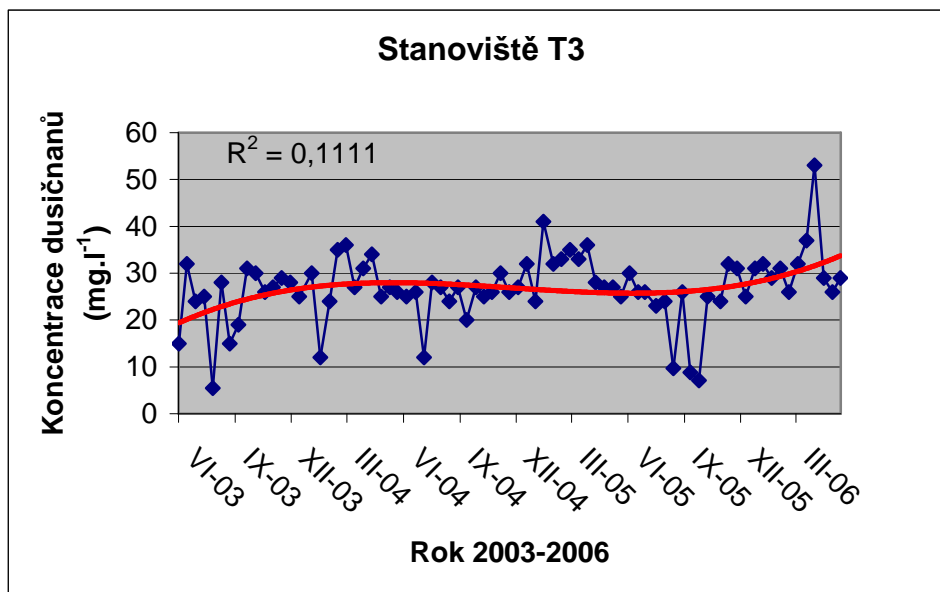
Na mikropovodí T2 nebyla změřena výměra, proto nelze stanovit odtok vody.

### Mikropovodí T3

Stanoviště T3 se nachází přímo na toku. Území zahrnuje plochu o velikosti 55 ha a je využíváno z 37% jako les, z 34% jako orná půda a z 24% jako louka.

#### Jakost vody

Graf 4.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 26,8 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 29.7. 2003, je 5,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 3.4.2006, je 53 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí T3 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 12.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
T3	6	29	41	1	0

Celkový počet měření bylo 77

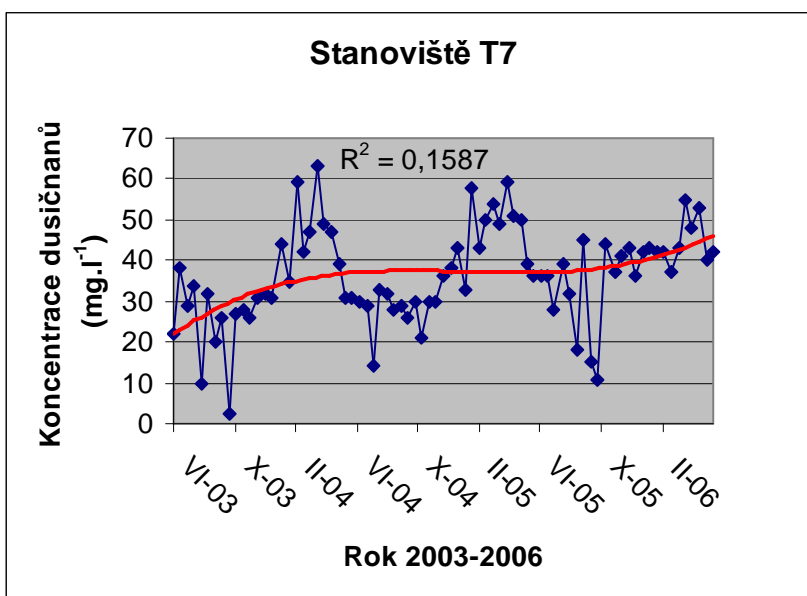
Na mikropovodí T3 nebyly stanoveny průtoky vody.

## Mikropovodí T7

Stanoviště T7 se nachází na toku. Území má rozlohu 248 ha a je využíváno z 43% jako orná půda, z 37% jako les a z 13% jako louka.

### Jakost vody

Graf 5.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 36,3 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 23.9.2003, je 2,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 16.3.2004, je 63 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí T7 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny vždy na jaře a nejnižší na podzim.

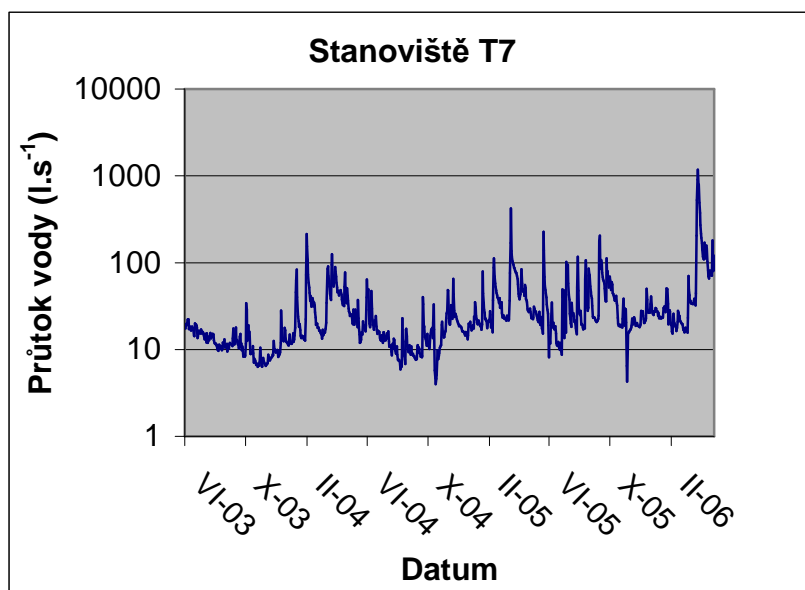
Tab. 13.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitratového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
T7	21	33	17	4	2

Celkový počet měření bylo 77

Průtoky

Graf 6.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 14.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí T7

	Maximum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Minimum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Průměr (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )
T7	473,15	1,61	1,61

Dne 29.3.2006 byl naměřen maximální průtok 1173,42 l.s<sup>-1</sup> a srážky o hodnotě 8,8 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 16,2 a 3,4mm a v následujících dnech 2,2 a 0,6mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3.2006 55 mg.l<sup>-1</sup> a dne 3.4.2006 48 mg.l<sup>-1</sup>.

Odnosy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Tab. 15. : Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí T7

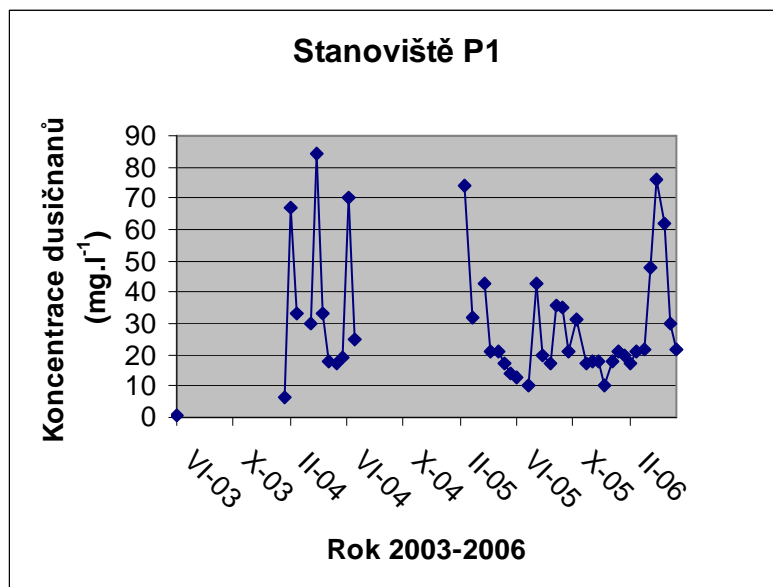
Odnos [kg NO <sub>3</sub> .rok <sup>-1</sup> ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [kg NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkový odnos [kg N-NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
32869,32	248	132,54	30,48

Celkový odnos N- NO<sub>3</sub> je 30,48 kg . ha<sup>-1</sup> . rok<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření.

## Mikropovodí P1

### Jakost vody

Graf 7.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Na povodí P1 nebyly koncentrace dusičnanů v obdobích 17.6.2003-6.1.2004 a 7.7.2004-2.2.2005 pozorovány. Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 29,6 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 4.6.2003, je 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 30.3.2004, je 84 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P1 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny vždy na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 16.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P1	5	21	10	1	0

Celkový počet měření bylo 37

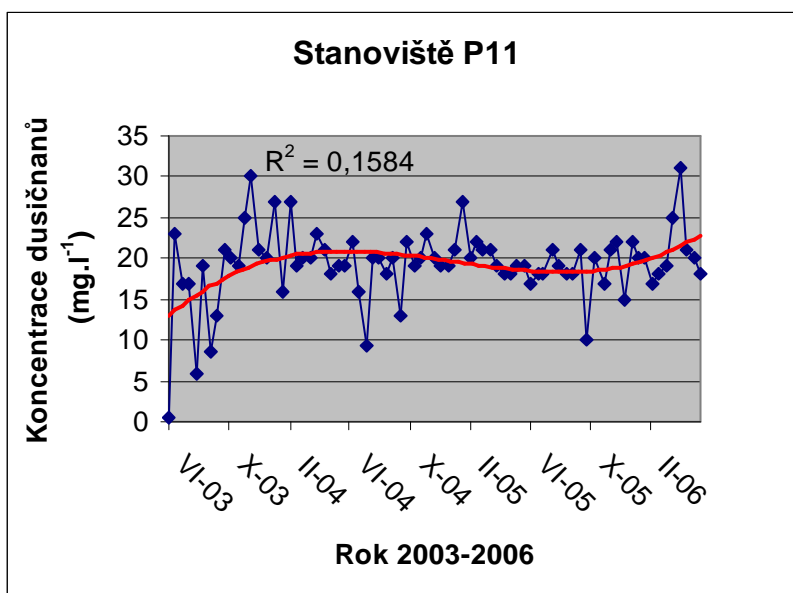
Na mikropovodí P1 nebyly stanoveny průtoky vody.

## Mikropovodí P11

Stanoviště P11 se nachází na pravém přítoku. Území je využíváno z 40% jako les, z 34% jako orná půda a z 2% jako louka.

### Jakost vody

Graf 8.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 19,2 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 4.6.2003, je 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 3.4.2003, je 31 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P11 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Vyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny na jaře a nižší v létě.

Tab. 17.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitratového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P11	7	65	5	0	0

Celkový počet měření bylo 77

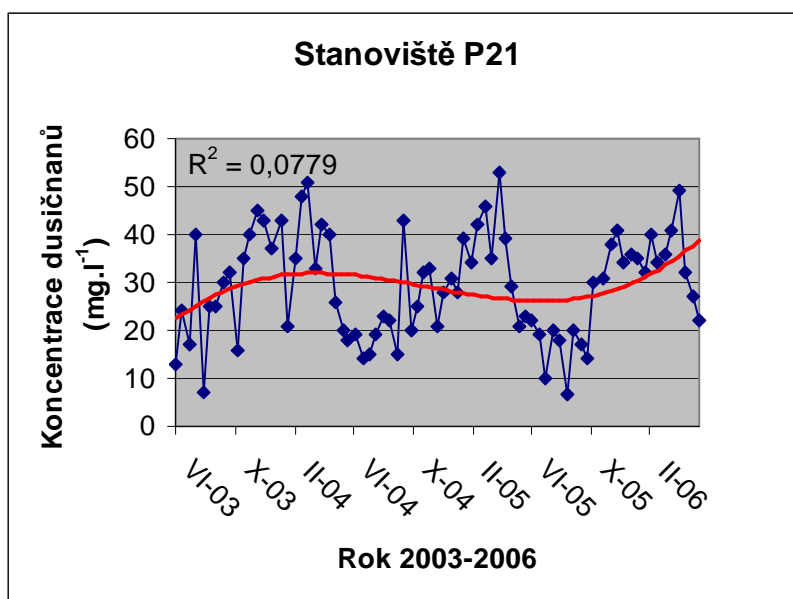
Na mikropovodí P11 nebyly stanoveny průtoky vody.

## Mikropovodí P21

Stanoviště P21 se nachází na levém přítoku. Území se rozkládá na ploše o velikosti 24 ha a je využíváno z 44% jako orná půda, z 19% jako ostatní plocha a z 13% jako louka.

### Jakost vody

Graf 9.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 29,3 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 16.8.2005, je 6,8 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 29.3.2005, je 53 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P21 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny vždy v zimě a na jaře a nejnižší v létě.

Tab. 18.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

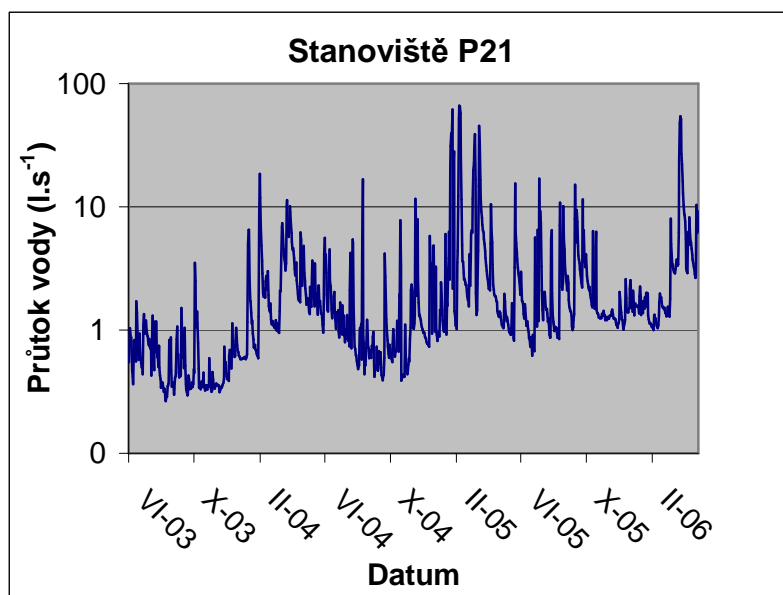
Třídy znečištění povrchové vody

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P21	4	29	38	6	0

Celkový počet měření bylo 77

## Průtoky

Graf 10.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 19.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P21

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P21	275,83	1,08	12,17

Dne 9.2.2006 byl naměřen maximální průtok  $66,20 l.s^{-1}$ , jde o 5.den bez srážek. Následující dny dosáhly srážky hodnot 0,8, 13,8 a 10,2 mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 2.2. 2006  $34 mg.l^{-1}$  a dne 15.2.2006  $42 mg.l^{-1}$ .

## Odnosy $N-NO_3^-$

Tab. 20.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P21

Odnos [ $kg NO_3 .rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kg NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	Celkový odnos [ $kg N-NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
4442,41	24	185,10	42,57

Celkový odnos  $N- NO_3$  je  $42,57 kg . ha^{-1} . rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah.

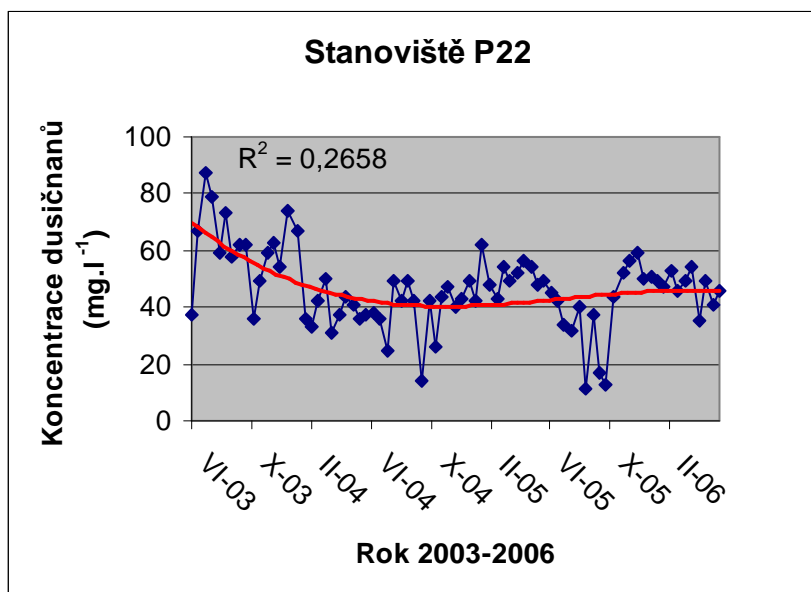


## Mikropovodí P22

Stanoviště P22 se nachází na levém přítoku. Území zaujímá plochu o velikosti 55 ha a je využíváno z 53% jako orná půda, z 22% jako louka a z 20% jako les.

### Jakost vody

Graf 11.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 46,3 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 16.8.2005, je 11,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 1.7.2003, je 87,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P22 nemají značný vliv jednotlivá roční období, avšak vyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny v zimě a nižší na podzim.

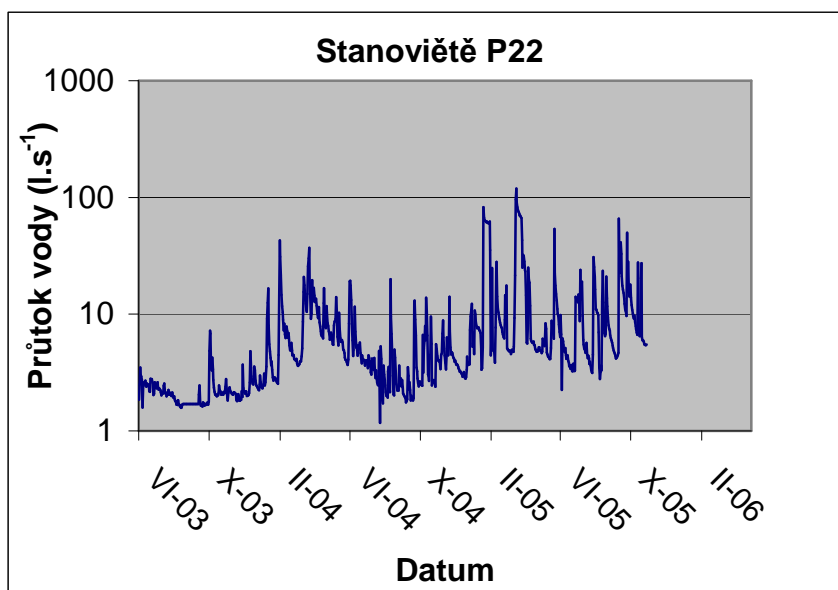
Tab. 21.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P22	2	4	26	31	14

Celkový počet měření bylo 77

## Průtoky

Graf 12.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 22.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P22

	Maximum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Minimum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Průměr (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )
P22	216,11	2,13	14,71

Dne 19.3.2006 byl naměřen maximální průtok 118,86 l.s<sup>-1</sup> a srážky o hodnotě 5 mm. Předěšlé i následující dny byly bez srážek. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 15.3. 2006 49 mg.l<sup>-1</sup> a dne 29.3.2006 52 mg.l<sup>-1</sup>.

## Odnosy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Tab. 23.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P22

Odnos [kg NO <sub>3</sub> .rok <sup>-1</sup> ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [kg NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkový odnos [kg N-NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
17225,30	55	313,19	72,03

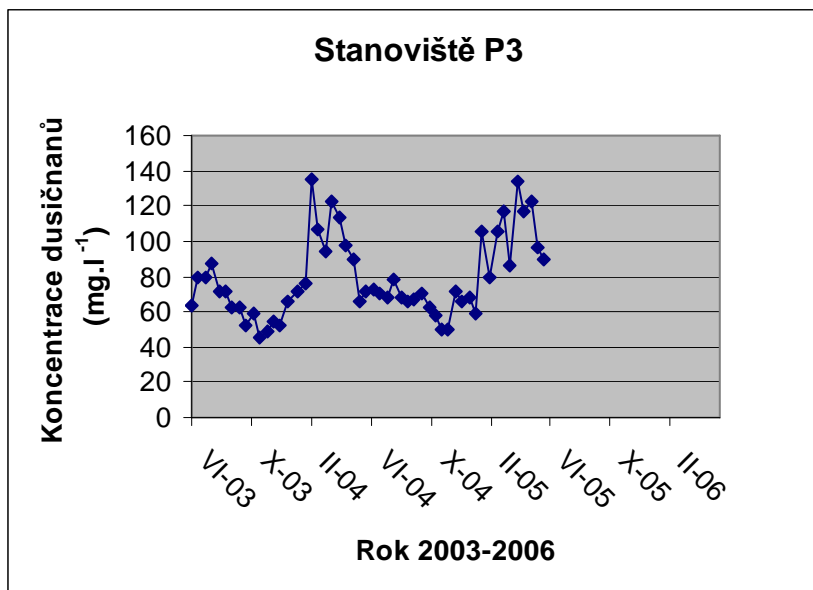
Celkový odnos N- NO<sub>3</sub> je 72,03 kg . ha<sup>-1</sup> . rok<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah.

### Mikropovodí P3

Povodí P3 má rozlohu 87 ha a je využíváno z 45% jako les, z 43% jako orná půda a z 10% jako louka.

#### Jakost vody

Graf 13.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Na povodí P3 bylo pozorování ukončeno 6.6.2005.

Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 78,8 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 22.10.2003, je 45 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 4.2.2004, je 135 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P3 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny vždy na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 24.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P3	0	0	0	7	45

Celkový počet měření bylo 52

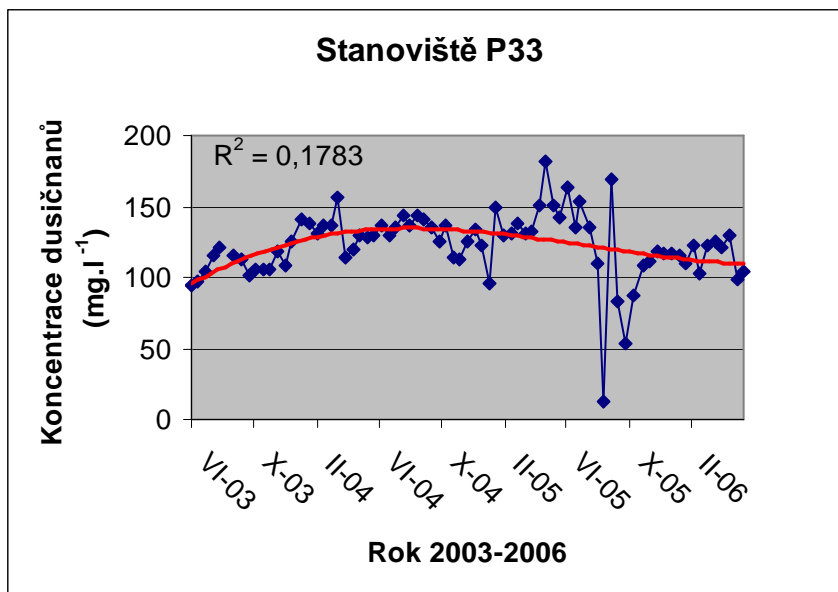
Na mikropovodí P3 nebyly stanoveny průtoky vody.

### Mikropovodí P33

Stanoviště P33 se nachází na pravém přítoku. Území je velké 16 ha a je využíváno z 72% jako orná půda, z 17% jako louka a z 11% jako les.

#### *Jakost vody*

Graf 14. : Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 122,7 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 16.8.2005, je 12,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 26.4.2005, je 181,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P33 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na jaře a nejmenší na podzim.

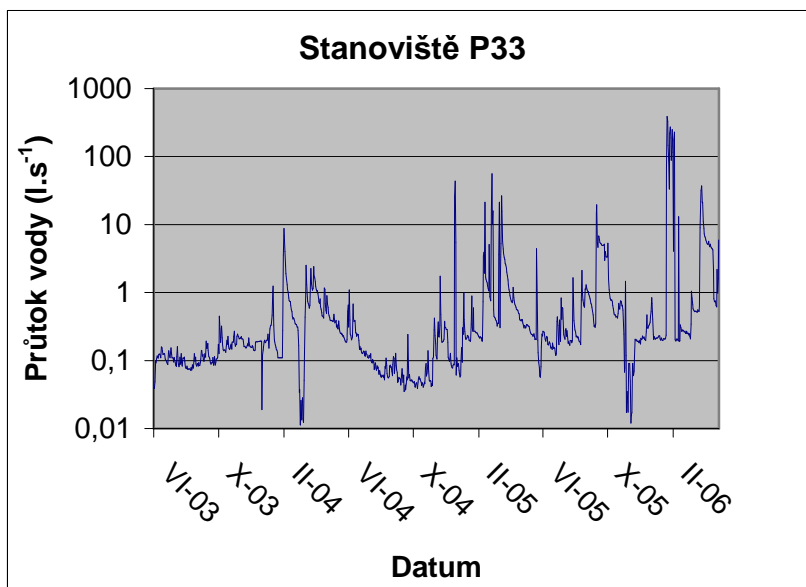
Tab. 25.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitratového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P33	1	0	0	1	74

Celkový počet měření bylo 76

Průtoky

Graf 15.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 26.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P33

	Maximum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Minimum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Průměr (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )
P33	2421,75	0,063	22,31

Dne 23.1.2006 byl naměřen maximální průtok 387,48 l.s<sup>-1</sup>, tento den byl bez srážek. V předešlý den byly naměřeny srážky o hodnotě 5,4 a následujících dny byly bez srážek. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 9.1. 2006 115 mg.l<sup>-1</sup> a dne 23.1.2006 110 mg.l<sup>-1</sup>.

Odnosy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Tab. 27.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P33

Odnos [kg NO <sub>3</sub> .rok <sup>-1</sup> ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [kg NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkový odnos [kg N-NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
5701,53	16	356,35	81,96

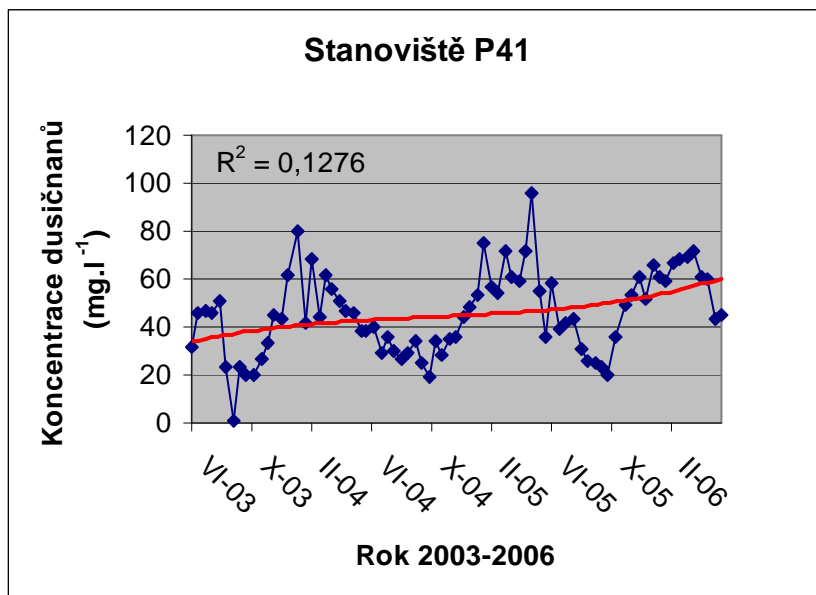
Celkový odnos N- NO<sub>3</sub> je 81,96 kg . ha<sup>-1</sup> . rok<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah.

## Mikropovodí P41

Stanoviště P41 se nachází na pravém přítoku. Území obsahuje 39 ha a je využíváno z 65% jako orná půda, z 10% jako les a z 13% jako louka.

### Jakost vody

Graf 16.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 45,5 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 26.8.2003, je 1,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 26.4.2005, je 96,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P41 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny v zimě a na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 28.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

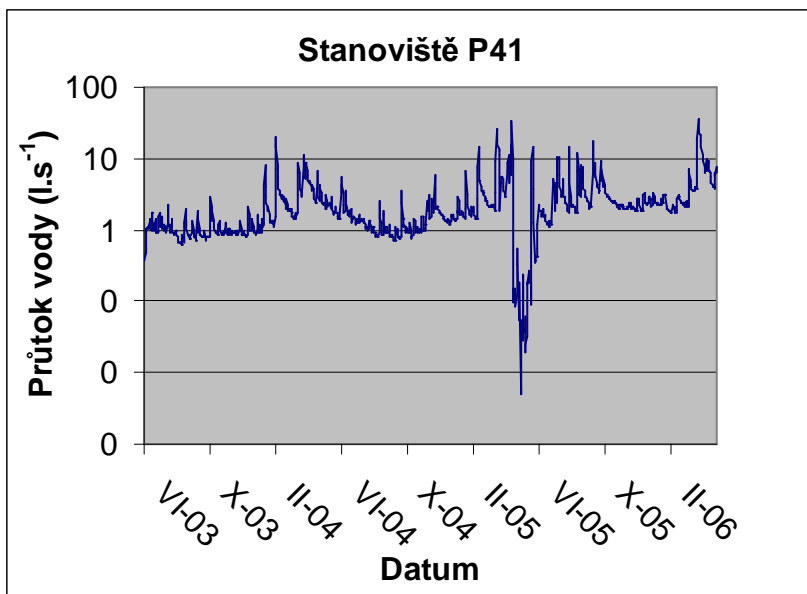
Třídy znečištění povrchové vody

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P41	1	10	25	19	22

Celkový počet měření bylo 77

## Průtoky

Graf 17.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 29.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P41

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P41	93,13	0,97	6,74

Dne 27.3.2006 byl naměřen maximální průtok  $36,32 l.s^{-1}$  a srážky o hodnotě 3,4 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 5,2 a 1mm a v následujících dnech 16,2 a 8,8mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3. 2006  $72 mg.l^{-1}$  a dne 3.4.2006  $61 mg.l^{-1}$ .

## Odnosy $N-NO_3^-$

Tab. 30.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P41

Odnos [ $kg NO_3 .rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kg NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	Celkový odnos [ $kg N-NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
4551,03	39	116,69	26,84

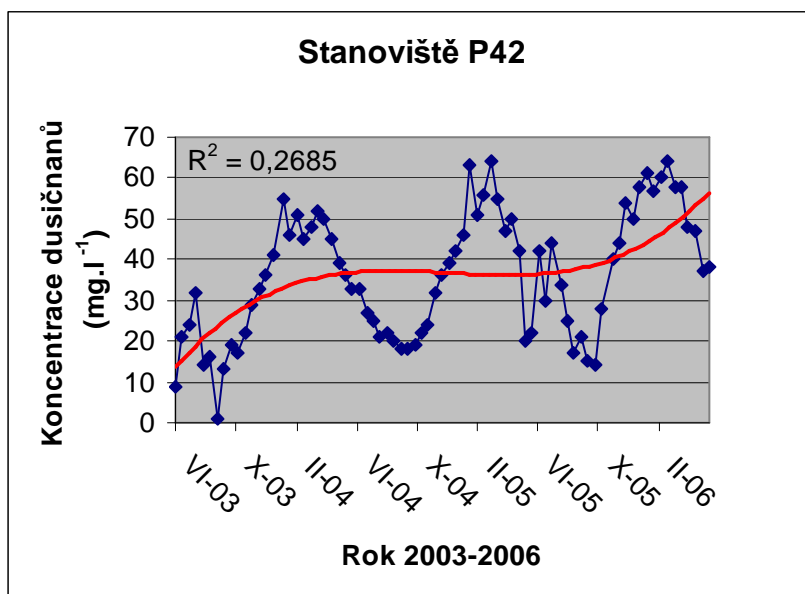
Celkový odnos  $N- NO_3$  je  $26,84 kg . ha^{-1} . rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření

## Mikropovodí P42

Stanoviště P42 se nachází na levém přítoku. Území pokrývá plochu o velikosti 18 ha a je využíváno z 55% jako les, z 24% jako orná půda a z 11% jako louka.

### Jakost vody

Graf 18. : Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 36,2 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 26.8.2003, je 1,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 1.3.2005 i 20.2.2006, je 64,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P42 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v zimě a na jaře a nejnižší hodnoty v létě.

Tab. 31.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

Třídy znečištění povrchové vody

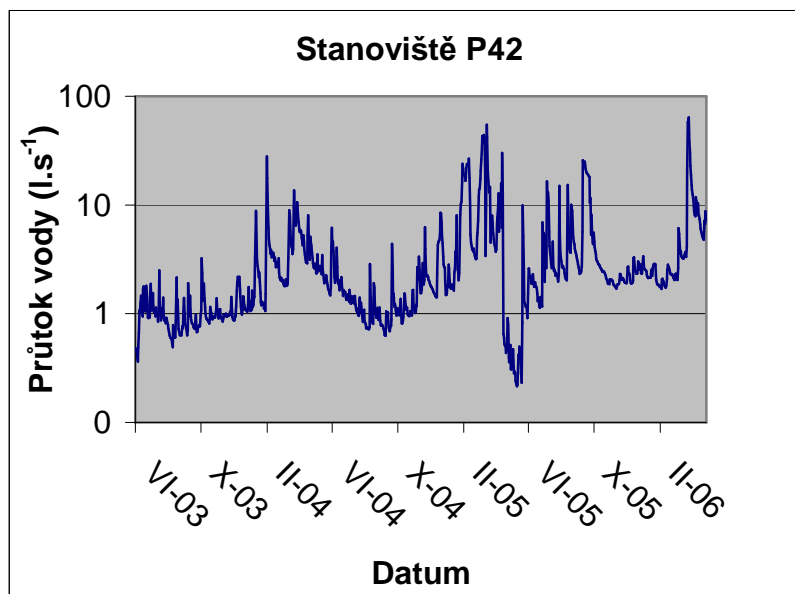
	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P42	3	23	22	20	9

Celkový počet měření bylo 77



## Průtoky

Graf 19.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 32.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P42

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P42	355,17	1,17	21,5

Dne 29.3.2006 byl naměřen maximální průtok  $63,93 l.s^{-1}$  a srážky o hodnotě 8,8 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 16,2 a 3,4 mm a v následujících dnech 2,2 a 0,6 mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3.2006  $58 mg.l^{-1}$  a dne 3.4.2006  $48 mg.l^{-1}$ .

## Odnosy $N-NO_3^-$

Tab. 33.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P42

Odnos [ $kg NO_3 .rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kg NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	Celkový odnos [ $kg N-NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
7843,44	18	435,75	100,22

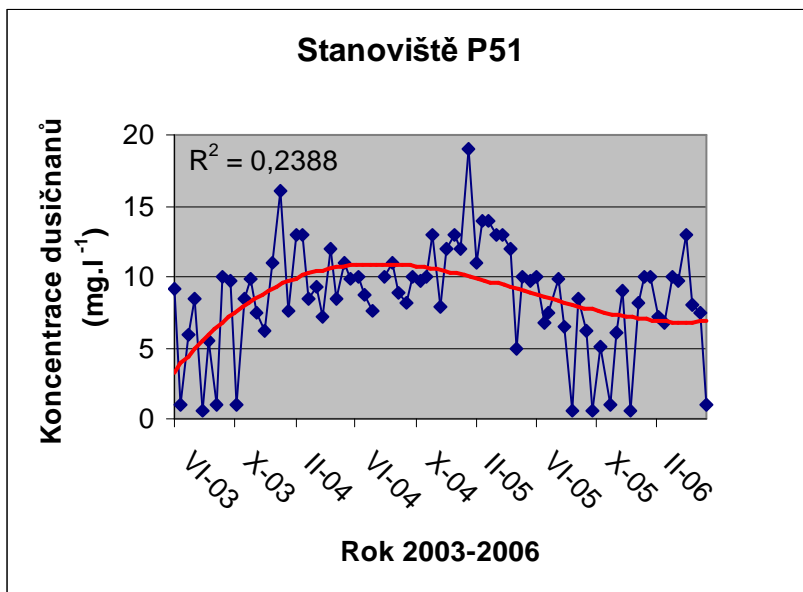
Celkový odnos  $N- NO_3$  je  $100,22 kg . ha^{-1} . rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah.

## Mikropovodí P51

Stanoviště P51 se nachází na pravém přítoku. Území zahrnuje plochu o velikosti 7 ha a je využíváno ze 100% jako les.

### Jakost vody

Graf 20. : Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 8,6 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 29.7.2003 i 16.8.2005, je 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 17.1.2005, je 19,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P51 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Nejnižší hodnoty byly naměřeny v létě a nejvyšší v zimě.

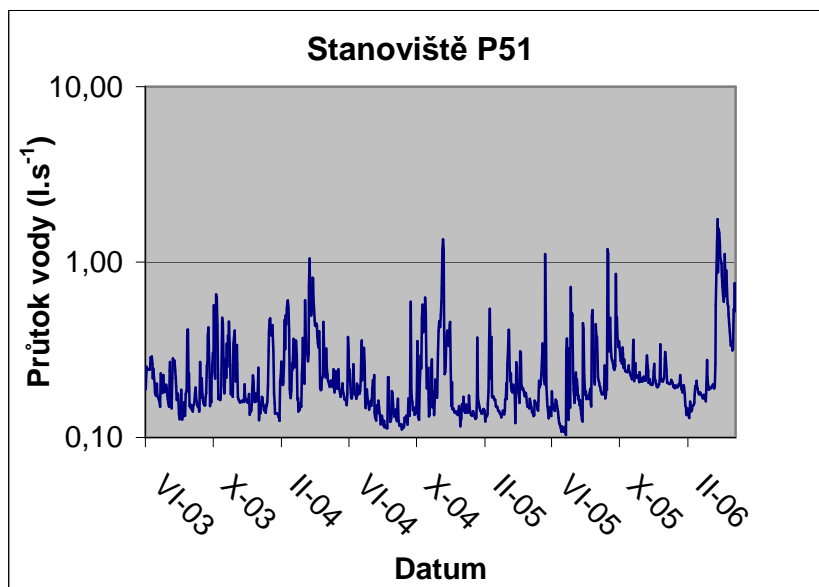
Tab. 34.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P51	72	4	0	0	0

Celkový počet měření bylo 76

Průtoky

Graf 21.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 35.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P51

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P51	25	1,43	3,43

Dne 29.3.2006 byl naměřen maximální průtok  $1,75 l.s^{-1}$  a srážky o hodnotě 8,8 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 16,2 a 3,4mm a v následujících dnech 2,2 a 0,6mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3.2006  $10 mg.l^{-1}$  a dne 3.4.2006  $13 mg.l^{-1}$ .

Odnosy  $N-NO_3^-$

Tab.36.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P51

Odnos [ $kg NO_3 .rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kg NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	Celkový odnos [ $kgN-NO_3.ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
60,24	7	8,61	1,98

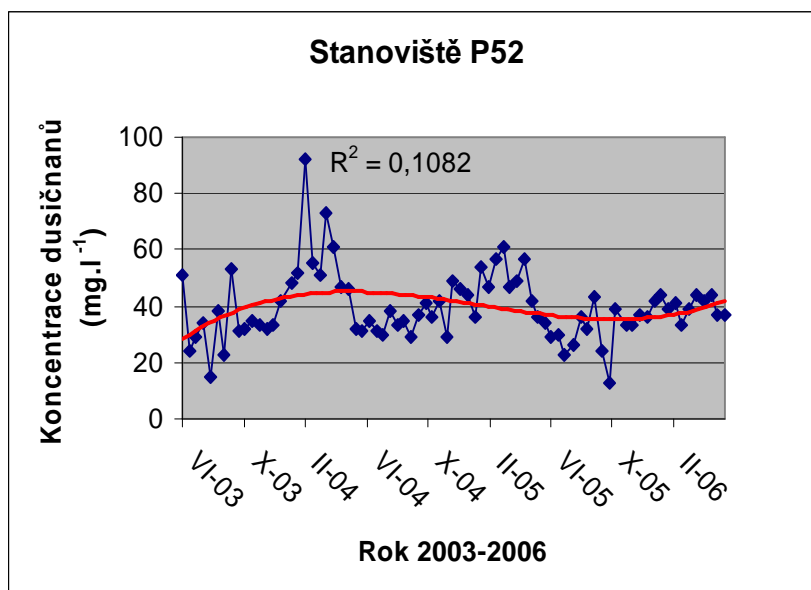
Celkový odnos  $N- NO_3$  je  $1,98 kg . ha^{-1} . rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty zanedbatelné.

## Mikropovodí P52

Stanoviště P52 se nachází na pravém přítoku. Území zaujímá plochu o velikosti 58 ha a je využíváno z 60% jako les, z 35% jako orná půda a z 2% jako ostatní plocha.

### Jakost vody

Graf 22.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 39,5 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 27.9.2005, je 13,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 4.2.2004, je 92,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P52 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Nejnižší hodnoty byly naměřeny v létě a nejvyšší v zimě.

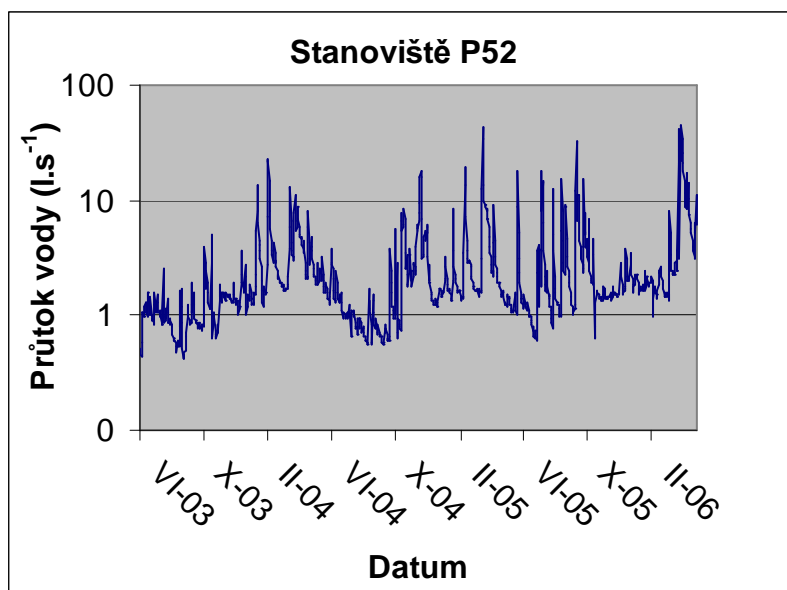
Tab. 37.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitratového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P52	1	6	46	18	6

Celkový počet měření bylo 77

Průtoky

Graf 23.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 38.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P52

	Maximum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Minimum (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Průměr (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )
P52	79,05	0,72	4,93

Dne 1.4.2006 byl naměřen maximální průtok 45,85 l.s<sup>-1</sup> a srážky o hodnotě 0,6 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 2 a 8,8mm a v následujících dnech 0,8 a 2,2mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3.2006 44 mg.l<sup>-1</sup> a dne 3.4.2006 42 mg.l<sup>-1</sup>.

Odnosy N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Tab. 39.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P52

Odnos [kg NO <sub>3</sub> .rok <sup>-1</sup> ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [kg NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Celkový odnos [kgN-NO <sub>3</sub> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
4119,55	58	71,03	16,34

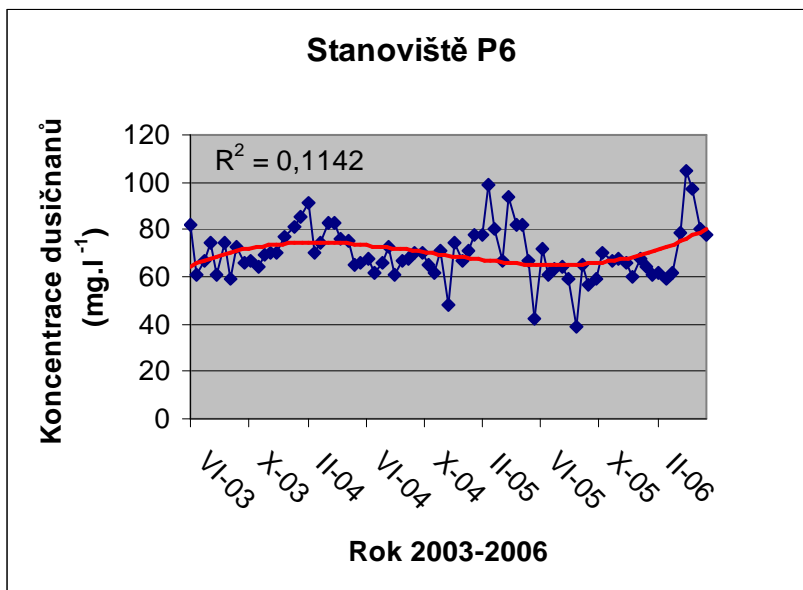
Celkový odnos N- NO<sub>3</sub> je 16,34 kg . ha<sup>-1</sup> . rok<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty přiměřené.

## Mikropovodí P6

Stanoviště P6 se nachází na levém přítoku. Území pokrývá 13 ha a je využíváno z 96% jako orná půda, z 2% jako louka a z 1% jako ostatní plocha.

### Jakost vody

Graf 24 .: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 70,1 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 16.8.2005, je 39,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 3.4.2006, je 105,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P6 nemají značný vliv jednotlivá roční období. Nejnižší hodnoty byly naměřeny v létě a nejvyšší na jaře.

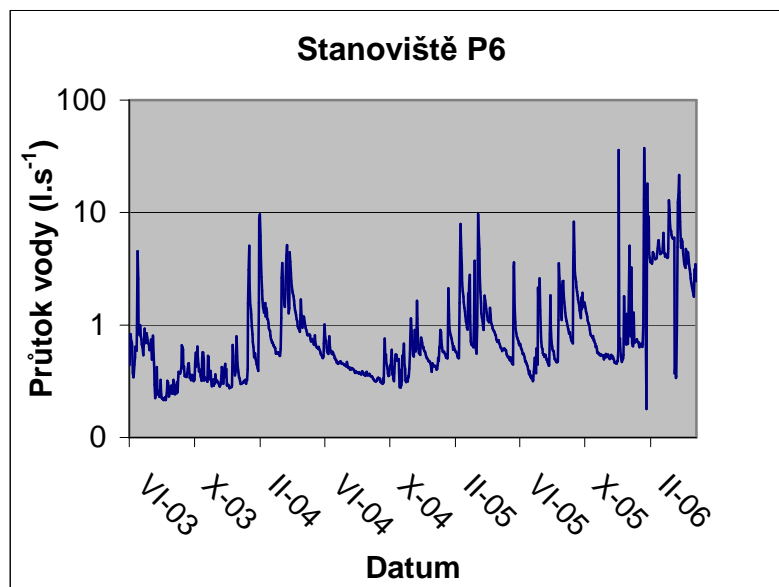
Tab. 40.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P6	0	0	2	1	74

Celkový počet měření bylo 77

## Průtoky

Graf 25.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab. 41.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P6

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P6	288,62	1,39	10

Dne 23.1.2006 byl naměřen maximální průtok  $37,52 l.s^{-1}$ , tento den byl bez srážek. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 5,4, 0,2 a 6,4mm a následující dny byly bez srážek. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 9.1. 2006  $64 mg.l^{-1}$  a dne 23.1.2006  $61 mg.l^{-1}$ .

## Odnosy $N-NO_3^-$

Tab. 42.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P6

Odnos [ $kgNO_3.rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kgNO_3.ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	celkový odnos [ $kgN-NO_3.ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
2175,08	13	167,31	38,48

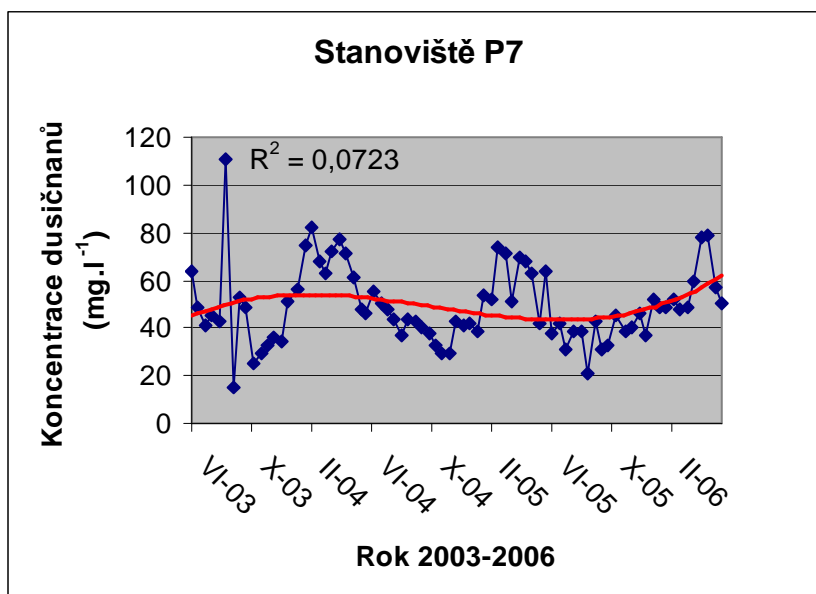
Celkový odnos  $N-NO_3$  je  $38,48 kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah.

## Mikropovodí P7

Stanoviště P7 se nachází na levém přítoku. Území zahrnuje 30 ha a je využíváno z 78% jako orná půda, z 13% jako les a z 5% jako louka.

### *Jakost vody*

Graf 26.: Průběh koncentrací dusičnanů za vybrané období (2003-2006)



Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů je 49,5 mg.l<sup>-1</sup>. Minimální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 26.8.2003, je 15,0 mg.l<sup>-1</sup>. Maximální hodnota koncentrace dusičnanů, která byla naměřena 12.8.2003, je 111,0 mg.l<sup>-1</sup>. Na koncentraci dusičnanů v povodí P7 mají značný vliv jednotlivá roční období. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na jaře a nejnižší na podzim.

Tab. 43.: Zařazení jednotlivých výsledků rozborů odebíraných vzorků (koncentrací nitrátového iontu) do tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 757221:

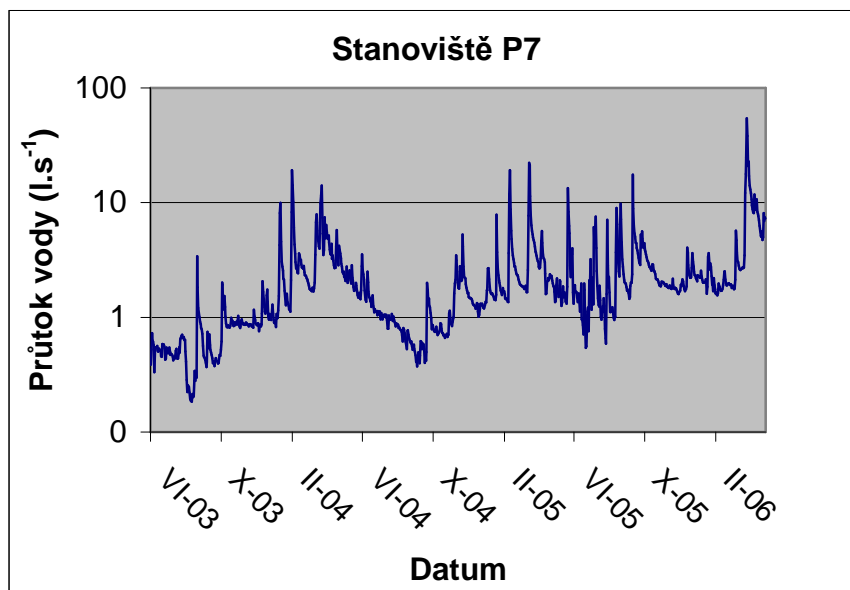
	I. třída	II. třída	III. třída	IV. třída	V. třída
P7	0	3	29	25	20

Celkový počet měření bylo 77



## Průtoky

Graf 27.: Průměrné denní průtoky za vybrané období (2003-2006)



Tab.44.: Základní statistické charakteristiky průměrných denních průtoků na povodí P7

	Maximum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Minimum ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Průměr ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
P7	180,8	0,6	8,03

Dne 29.3.2006 byl naměřen maximální průtok  $54,24 l.s^{-1}$  a srážky o hodnotě 8,8 mm. V předešlých dnech byly naměřeny srážky o hodnotách 16,2 a 3,4 mm a v následujících dnech 2,2 a 0,6 mm. Koncentrace dusičnanů byla naměřena dne 21.3.2006  $60 mg.l^{-1}$  a dne 3.4.2006  $78 mg.l^{-1}$ .

## Odnosy $N-NO_3^-$

Tab. 45.: Odnos dusičnanů a nitrátového dusíku z povodí P7

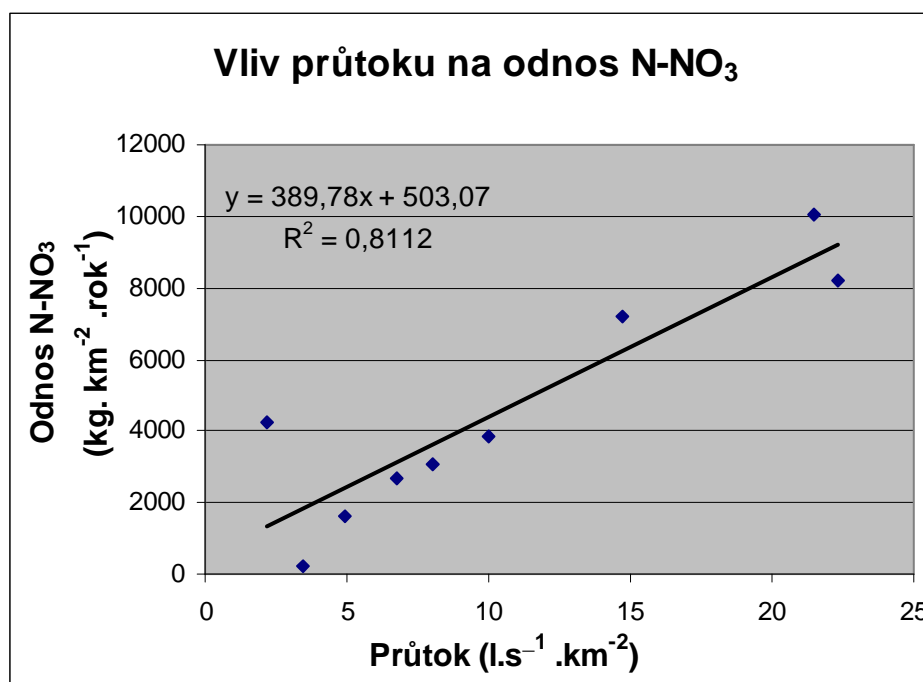
Odnos [ $kgNO_3 .rok^{-1}$ ]	Mikropovodí [ha]	Celkový odnos [ $kgNO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]	Celkový odnos [ $kgN-NO_3 .ha^{-1}.rok^{-1}$ ]
3973,96	30	132,47	30,47

Celkový odnos  $N-NO_3$  je  $30,47 kg . ha^{-1} . rok^{-1}$ , jde tedy o ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření.

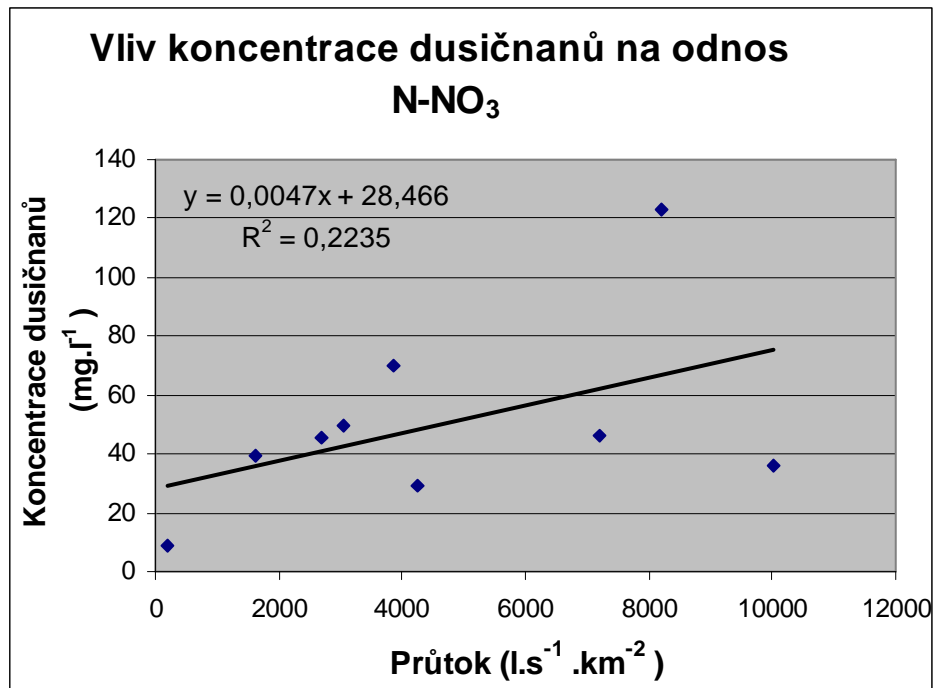
Tab. 46.: Přehled zjištěných hodnot na mikropovodích (barevně označeny mikropovodí s převládajícím lesním a TTP využitím)

Mikro-povodí	Podíl orné půdy (%)	Odnos N-NO <sub>3</sub> (kg . ha <sup>-1</sup> . rok <sup>-1</sup> )	Průměrný průtok (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	Průměrná koncentrace dusičnanů (mg.l <sup>-1</sup> )	Počet případů znečištění povrchové vody V. skupiny
P21	45	4257	2,17	29,3	0
P22	53	7203	14,7	46,3	14
P33	72	8196	22,3	122,7	74
P41	65	2684	6,74	45,5	22
P42	24	10022	21,5	36,2	9
P51	0	198	3,43	8,6	0
P52	35	1634	4,93	39,5	6
P6	96	3848	10	70,1	74
P7	78	3047	8,03	49,5	20

Graf 28.: Vliv průtoku na odnos N-NO<sub>3</sub>



Graf 29.: Vliv koncentrace dusičnanů na odnos N-NO<sub>3</sub>



## 6. ZÁVĚR

### *Koncentrace dusičnanů*

Na většině povodí je dobře patrný sezónní vliv na kolísání koncentrací dusičnanů v povrchových a drenážních vodách. Nejvyšší hodnoty koncentrací dusičnanů byly naměřeny ve většině případů na jaře a nejnižší hodnoty koncentrací na podzim. Maximální koncentrace dusičnanů na celém povodí dosáhla hodnoty 181 mg.l<sup>-1</sup>, (byla naměřena na mikropovodí P33, které je ze 72 % využíváno jako orná půda). Minimální koncentrace dusičnanů na celém povodí dosáhly hodnoty 0,5 mg.l<sup>-1</sup>, (byly naměřeny na mikropovodích T1 (22% orné půdy), P11 (34% orné půdy) a P51 (0 % orné půdy). Po dobu pozorování (rok 2003-2006) se hodnoty koncentrací dusičnanů zvyšovaly, což je způsobeno aplikací hnojiv hospodařícími subjekty na povodí.

Ve většině případů se koncentrace dusičnanů po srážkách na povodích mírně zvýšily nebo zůstaly stejné, což svědčí o tom, že jde o znečištění plošného charakteru.

### *Srážky.*

Průměrný roční úhrn srážek na Kopaninském toku je 665 mm. V hydrologickém roce 2003-2004 byl naměřen úhrn srážek 681 mm, jde tedy o normální úhrn srážek. V hydrologickém roce 2004-2005 byl naměřen úhrn srážek 886 mm, jde o úhrn silně nadnormální.

Srážky koncentrace dusičnanů na tomto povodí příliš neovlivňují.

### *Průtoky*

Výsledky naznačují, že využití půdy v povodí jako celku nemusí vždy být nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím množství odtoku. Tento poměr může být více ovlivněn např. geologickými, pedologickými podmínkami nebo topografickými podmínkami. Ačkoliv je v literatuře popsán vliv využití krajiny na množství odtékající vody z povodí, nebyl tento vliv na sledovaných mikropovodích za určené období prokázán.

### *Odnos N-NO<sub>3</sub>*

Na mikropovodích, jako je P21, P22, P33, byl odnos N-NO<sub>3</sub> vyšší než 40 kg. ha<sup>-1</sup> .rok<sup>-1</sup>, což znamená, že jde o ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah. Tato povodí jsou využívány převážně jako orná půda. Naopak u mikropovodí P51 (které je využíváno ze 100% jako les) je odnos do 10 kg. ha<sup>-1</sup> .rok<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty zanedbatelné. Podobně nízké ztráty na extenzivně využívaných pozemcích dokumentoval i Žlábek, Bystřický (2006).

U mikropovodí P52 (60% les) byl stanoven odnos mezi 20 a 30 kg. ha<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření. U mikropovodích T7 (43% orná půda) a P7 (78% orná půda) byl stanoven odnos mírně nad 30 kg. ha<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření. A u mikropovodí P6 (98% orná půda) byl stanoven odnos 38,48 kg. ha<sup>-1</sup>, jde tedy o ztráty na hranici ztrát zvýšených, vyžadujících zpřesnění kontroly systému hospodaření a ztrát nepřiměřených, vyžadujících bezodkladný zásah.

Velmi důležitým faktorem ovlivňujícím odnos nitrátového dusíku je velikost průtoku, to potvrzuje použití lineárního regresního modelu (výsledný koeficient determinace R<sup>2</sup>= 0,82).

## 7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- ADDISCOTT, T. Kinetics and temperature relationship of mineralisation and nitrification in Rothamsted soils with differing histories. *Soil Sci. J.*, 1983, 34, p. 343-353.
- BAUDER, J. W., SINCLAIR, K. N., LUND, R. E. Physiographic and land use characteristic associated with nitrate-nitrogen in Montana groundwater. *J. Environ. Qualit.*, 1993, 22, p.255-262.
- Česká státní norma ČSN 75 7221 Jakost vod-Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut. Praha,říjen 1998.
- Česká státní norma ČSN 75 7220 Jakost vod-Kontrola jakosti povrchových vod. Český normalizační institut. Praha,říjen 1998.
- Česká státní norma ČSN ISO 5667-6 Jakost vod-Odběr vzorků-Část 6:Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků. Český normalizační institut. Praha,únor 1994.
- Česká státní norma ČSN ISO 5667-3 Jakost vod-Odběr vzorků-Část 3:Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi. Český normalizační institut. Praha,září 1996.
- Česká státní norma ČSN ISO 6107-1 Jakost vod-Slovník-Část 1. Český normalizační institut. Praha,březen 1996.
- DE BOER, W., KLIEN GUNNEWEIK, P. J. A., TROELSTRA, S. R. Nitrification in Dutch heathland soils. II. Characteristics of nitrate production. *Pl. Soil*, 1990, 127, p.193-200.
- DEMEK, J., ET AL. Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. – Academia, Praha, 1987, 584 s
- DRBAL, K., KRÍŽEK, M. Anorganická a analytická chemie.Vydavatelství Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, České Budějovice, 1993, 178 s.
- DRURY, C. F. Influence of controlled drainage-subirrigation on surface and tile drainage nitrate loss. *J. Environ. Qual.*, 1996, Vol. 25,p.317-324.
- DUCKWORTH, C. M. S., CRESSER, M. S. Factors influencing nitrogen retention in forest soils. *Environ Pollut.*, 1991, 72, p.1-21.
- GERGEL, J., A KOL., Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí.Metodika VÚMOP 12/1994 Praha, 1997, s. 26

- HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. Hydrologie. Skriptum FLE ČZU Praha, 2002, 280 s., .
- KALACĚ, P., TRÍSKA, J. Chemie životního prostředí. Vydavatelství Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, České Budějovice, 1998, 147 s.
- KAŠPÁREK, L. Příčiny mimořádných povodní v Čechách a na Moravě. Sborník přednášek Povodně a krajina '97, Kongresové centrum Brno, 1997, s. 2/33 – 2/37.
- KLADIVKO, E. J. Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drain on a silt loam soil in Indiana. J. Environ. Quali., 1991, 20, p.264-270.
- KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F., SOUKUP, M. Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů. Vědecké práce VÚMOP Praha, 2000.
- KUŘÍK, P. Hydrologie - rozšířené sylaby vybraných kapitol pro kombinované studium. ČZU Praha, 2001.
- KVÍTEK, T. Možnosti snížení zatížení povrchových vod nitráty. Rostlinná výroba, 1994, č.12, roč.40, p.1129-1138.
- LEXA, M. Vyhodnocení koncentrací dusičnanů v drobných tocích povodí Želivky a analýza povodí těchto toků.Praha, 2006,175 s.Disertační práce na Přírodovědecké fakultě University Karlovy v Praze na katedře fyzické geografie e geoekologie.
- MAŠÁT, K. A KOL. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. VÚMOP Praha, 2002, s. 113
- MÍSAŘ, Z. a kol. Geologie ČSSR I,Český masív, Vydalo Státní pedagogické nakladatelství,Praha, 1983, 336 s.
- NAEF, F., SCHERRER, S., WEILER, M. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. Journal of Hydrology, Volume 267, Issues 1-2, 1 October 2002, s. 74-79.
- PITTER, P. Hydrochemie . Vydavatelství VŠCHT, Praha, 1999, 568 s.
- RICE, C. W., TIEDJE, J. M. Regulation of nitrate assimilation by ammonium in soil and in isolated soil micro-organisms. Soil Boil. Biochem.,1989, 21, p. 597-602.
- ROSIVAL, L., ÁGHOVÁ, L. : Hygiena 41, 1996, p.54
- SERRANO, E.S., Hydrology for engineers, Geologists and Environmental Professionals, HydroScience Inc., Lexington, Kentucky., 1997.
- SHUTTLEWORTH, W. Evaporation, Chapter 4 in: Maidment, D.R. (ed.): Handbook of hydrology. New York : McGraw-Hill, 1993.
- SLEPIČKA, J. Vysoké dávky živin a jejich vyplavování v různých ekologických podmínkách. Rostlinná výroba, 20, 1974, č.10, p.1015-1023.

- STAMS, A. J. M., BOOTLINK, H. W. G., LUTKE-SCHIPHOLT, I. J.,  
BEEMSTERBOER, B., WOITTIEZ, J. R. W., VAN BREEMEN, N. A field study of  
the fate of <sup>15</sup>N ammonium to demonstrate nitrification of atmospheric ammonium  
in an acid forest soil. *Biogeochemistry*, 1991, 13, p.241-255.
- VACÍK, J. Přehled středoškolské chemie. Vydalo SPN-pedagogické nakladatelství,  
a.s., Praha, 1996, 368 s.
- WILLIAMS, B. L. The influence of peatland type and the chemical characteristics of  
peat on the concent of readily mineralised nitrogen. *Proc. Int. Peat Congr.*, Dublin,  
1984, p. 410-418
- ŽLÁBEK, P., BYSTRICKÝ, V. Vliv změny hospodaření v malém povodí v podhůří  
Šumavy na odtokové charakteristiky a koncentrace dusičnanů. *Science of the youth*  
2006. 30.-31.08-2006. Brno. Slovenská polnohospodářská unoverzita v Nitre, 2006.

URL:<<http://cs.wikipedia.cz>>

URL:<<http://www.hydromeliorace.cz>>