

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**POROVNÁNÍ JAKOSTI VODY NA ZEMĚDĚLSKY VYUŽÍVANÉM POVODÍ
V LETECH 1983 – 1985 A SOUČASNÝM STAVEM.**

Vedoucí diplomové práce:
Ing. Pavel Žlábek

Autor diplomové práce:
Zuzana Pokorná

2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zuzana POKORNÁ**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Porovnání jakosti vody na zemědělsky využívaném povodí v letech 1983 - 1985 a současným stavem.**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vyhodnocení současného sledování jakosti vody na povodí Jenínského toku a porovnání současného stavu se stavem, kdy bylo povodí v 80. letech 20. století zemědělsky intenzívně využíváno.

1. Průzkum povodí a odběr vzorků vody pro rozbor jakosti.
2. Příprava a očištění datových řad průtoků pro vyhodnocení odnosu živin.
3. Vyhodnocení současného a minulého stavu jakosti vody.
4. Porovnání současného a minulého stavu znečištění povrchových a drenážních vod.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Gergel, J. a kol.: Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocení kvality povrchových vod ze zemědělsky využívaných povodí. Metodika 12/1994.

Maidment, D. R.: Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill, 1993.

Serrano, E.S.: Hydrology for engineers, Geologists and Environmental Professionals, HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, 1997.

Časopis Journal of Hydrology a další.

ČSN 75 7221 - Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod.

ČSN 75 7220 - Jakost vod - Kontrola jakosti povrchových vod.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek

Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce:

28. března 2007

Termín odevzdání diplomové práce:

30. dubna 2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
/ ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení ④
Studentská 13
279 05 České Budějovice

prof. Ing. Martin Křížek, CSc.

děkan

L.S.

doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2007

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Pavlu Žlábkovi za odborné vedení a cenné metodické rady při zpracování této diplomové práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Porovnání jakosti vody na zemědělsky využívaném povodí v letech 1983 – 1985 a současným stavem“ vypracovala samostatně za přispění odborných konzultací s vedoucím práce a odborné literatury, kterou uvádím v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 27. dubna 2009

.....
Zuzana Pokorná

Abstrakt

Na povodí Jenínského potoku, ležícím v Šumavském podhůří, můžeme pozorovat znatelné změny v jakosti vody, které byly způsobeny změnou využití tohoto území. Byly sledovány dvě mikropovodí v tomto území, označována J1 a J2. První sledované období je v rozmezí let 1983-1985, kdy byly plochy obou povodí zemědělsky využívány, běžné bylo hnojení statkovými hnojivy, orba a pěstování zemědělských plodin, především obilnin a kukuřice. V druhém období v letech 2004-2008 bylo sledované území již zatravněno, extenzívně využíváno pouze k pastvě. S touto změnou využití půdy došlo k následným patrným změnám i v kvalitě vody na povodí Jenínského toku. Došlo k poklesům všech hodnocených ukazatelů, které se nejvíce projevily u koncentrací dusičnanů a amonných iontů. Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů v letech 1983-1985 činila $39,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a v období 2004-2008 poklesla o 43,3% na hodnotu $16,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Největší pokles byl zaznamenán u průměrné koncentrace amonného iontu a to o 85,9% (z $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Bylo tedy prokázáno pozitivní působení změny orné půdy na zatravněnou plochu vzhledem k obsahu sloučenin dusíku ve vodě a tím zlepšení jakosti vody.

Abstract

There are remarkable changes in water quality at the Jenínský stream catchment that lies in the Šumava foothills which were caused by change in land use. Two subcatchments, called J1 and J2, were monitored. In the first period 1983-1985, the two subcatchments were agriculturally used, the land was fertilized and ploughed and cereals and corn were grown. In the second period 2004-2008, there were grasslands and the land was extensively used as pasture. This change in land use caused evident changes in water quality at the Jenínský stream catchment. The decrease of all monitored indices was remarkably seen in the concentrations of nitrate and ammonium. The average nitrate concentration in 1983-1985 was $39,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, and decreased by 43,3% to the value of $16,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in 2004-2008. The greatest decrease of 85,9% was found in average ammonium concentration ($0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dropped to $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). The positive effect of the change from arable land to grassland was confirmed and we can see it in the amount of nitrogen compounds and resulting improvement of water quality.

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární rešerše	11
2.1. Odběr vzorků	11
2.1.1. Odběr vzorků povrchové vody	11
2.1.2. Četnost odběru	13
2.2. Jakost vody	13
2.2.1. Druhy vod	14
2.2.1.1. Přírodní vody	15
2.2.1.2. Pitná voda	18
2.2.1.3. Užitkové a provozní vody	18
2.2.1.4. Odpadní vody	19
2.2.2. Obecné složení vod	19
2.2.2.1. Chemické složení atmosférických vod	21
2.2.2.2. Chemické složení podzemních vod	21
2.2.2.3. Chemické složení povrchových vod	22
2.2.2.4. Anorganické látky ve vodách	23
2.2.2.5. Organické látky ve vodách	29
2.2.2.6. pH	30
2.2.3. Vliv hospodaření na kvalitu vod	31
3. Materiál a metody	34
3.1. Materiál	34
3.1.1. Charakteristika území	34
3.2. Metody	42
3.2.1. Odběr vzorků	42
3.2.2. Četnost odběru	43
3.2.3. Hodnocené ukazatele	43
3.2.4. Měření průtoků a odnosy živin	44
4. Výsledky a diskuse	45
5. Závěr	62
6. Použitá literatura	63

1. Úvod

Voda je v krajině všudypřítomná. Je to nenahraditelná složka přírody, která spolu s půdou tvoří životní prostředí pro organismy a rostliny. Hlavním zdrojem vody na území naší republiky jsou dešťové srážky. S vodou je propojena i veškerá činnost v zemědělství, kde je půda hlavním výrobním prostředkem. S dobou se mění i hospodářské aktivity na zemědělské půdě a došlo i k mnoha změnám ve využití krajiny a tak je v závislosti na těchto změnách ovlivňována i kvalita vody a odtokové poměry.

Koncentrace ukazatelů jakosti vody je dána lidskou činností, především tedy způsobem hospodaření. Velkou roli hraje také horninové podloží, záleží na probíhajících procesech v půdě a na jejích fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech. Rozmístění a výměra trvalých travních kultur, lesů a orné půdy v povodí významně ovlivňuje jakost vody. Z dosud zjištěných informací vyplývá, že na kvalitu vod má pozitivní vliv především lesní využití půdního fondu. Naopak negativně se na znečištění vody podílí především výskyt sídel a luk a pastvin. Sledování odtoků vody a vyhodnocování jejího chemického složení nám umožní zhruba zjistit odnos látek z povodí.

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení současného sledování jakosti vody na povodí Jenínského toku a porovnání současného stavu se stavem, kdy bylo povodí v 80. letech 20. století intenzivně zemědělsky využíváno.

Povodí Jenínského potoka se nachází v katastrálním území obce Jenín a Horní Kaliště a leží ve správním území obce Dolní Dvořiště, na jihovýchodě bývalého okresu Český Krumlov, při hranicích s Rakouskem. Sledované území náleží do povodí Horní Vltavy a Úhlavy. Povodí J1 má rozlohu 47 ha, povodí J2 55 ha. V letech 1978-79 bylo území odvodněno z důvodu nadměrného podmáčení, které bylo způsobeno vysokými srážkami.

V 80. letech bylo povodí intenzivně zemědělsky využíváno. Společnost se díky své pozici v bramborářské podhorské oblasti zaměřovala na produkci obilovin – zejména jarního ječmene, zelené píce a lnu. Živočišná výroba byla zaměřena na chov skotu

s produkcí mléka. Dnes jsou obě povodí využívána pro extenzivní zemědělství s 90% pastvin a s podílem zalesnění 10%.

2. Literární rešerše

2.1. Odběr vzorků

2.1.1. Odběr vzorků povrchové vody

Původně se mikrobiologické vyšetření povrchových vod omezovalo podobně jako u pitné vody pouze na posouzení hygienického stavu vody. Jeho účelem bylo především sledovat případné hygienické závady a výskyt patogenních organismů s ohledem na možnost šíření infekčních chorob člověka či hospodářských zvířat vodou. Přitom byl kladen hlavní důraz na stanovení indikátorů fekálního znečištění, jejichž přítomnost vždy značila potenciální nebezpečí současné přítomnosti původců střevních onemocnění (HÄUSLER, 1994).

Avšak ve vodním hospodářství není možno se při mikrobiologickém sledování kvality povrchových vod omezit pouze na hygienická hlediska. Stejně nezbytné a důležité je i sledování mikrobiálního osídlení, závislost jeho kvality a kvantity na celé řadě specifických faktorů, biochemické činnosti jednotlivých fyziologických stupňů koloběhu biogenních prvků ve vodě, sukcese jednotlivých mikrobiálních společenstev při samočisticích procesech, vzájemných symbiotických či antagonistických vztahů jednotlivých skupin organismů, produkce bakteriálního planktonu v rybochovných tocích či nádržích, jakož i řady dalších otázek (HÄUSLER, 1994).

FUKSA (2003) uvádí, že při odběru vzorků se ze zkušeností zdá největším problémem vliv břehů. Vzorky musí být odebrány ze středu toku nebo z oblasti proudnice, což může být problém už u toků širších 0,5 m. Z tohoto důvodu je nezbytné použít odběrového zařízení upevněného na tyči (délka aspoň 2 m), nebo vstoupit do toku, popřípadě vzorkovat z mostů, tj. pomocí vzorkovačů na laně. Poslední způsob je sice relativně komplikovaný, ale v zásadě nejrozumnější, protože zaručuje reprezentativní odběr vzorku jak za vysokých průtoků (vybřežení toku), tak za nízkých průtoků (okolí toku zarostlé vegetací, obtížný přístup apod.). Bezpečnostní rizika jsou přitom stálá a lze je standardně eliminovat (FUKSA, 2003).

Vzorek vody se odebírá nejlépe na přepadu. Pokud není vybudován, tak z proudnice v upraveném profilu vodoteče. Při odběru se nesmí zvířit usazeniny dna, neboť tím je zpravidla vzorek znehodnocen. V takovémto vzorku totiž narůstá značně oxidovatelnost a obsah fosforu, což vede k mylným závěrům (GERGEL, 1994).

Při odběru je třeba důsledně dbát na to, aby vzorek byl odebírán proti proudu; jenom tehdy proudící voda nesmývá eventuální znečištění z ruky, z odběrového zařízení nebo přímo z povrchu lahve. Proto se může tolerovat odběr pouhou rukou. V místech, kde je proud nedostatečný, se doporučuje odebírat vzorky buď rukou chráněnou sterilní rukavicí nebo pomocí opálených chemických kleští či odběrové tyče. Stejně tak se postupuje na lokalitách, kde lze předpokládat přítomnost patogenních mikroorganismů (HÄUSLER, 1994).

Vzorky odebíráme do polyetylenových nebo skleněných láhví o obsahu 1 l. Předpokládá se, že lahve obdržíme z laboratoře již čisté, vymyté kyselinou chlorovodíkovou zředěnou destilovanou vodou v poměru 1:1. Na místě odběru je třikrát propláchneme odebíranou vodou. Řádně naplněné a uzavřené se předávají laboratoři ještě téhož dne. V případě, že jsme nuceni ponechat vzorky až do druhého dne, měly by být ochlazeny na teplotu 3-4 °C. V letním období je vhodné ukládat lahve se vzorky přímo do speciálních brašen s chladicí vložkou (GERGEL, 1994).

Vzorkovač buď odebírá vzorek přímo do vzorkovnice, nebo je vzorek do vzorkovnice převeden po odběru. Plnění vzorkovnice je součástí odběru vzorku. Obecně platí, že vzorkovač musí svým materiálem, prostorovým a mechanickým uspořádáním apod., zaručovat maximální reprezentativnost vzorku z hlediska původního prostředí vzorku požadovaného typu stanovení (a reprodukovatelnost vzorku). Z praktického hlediska je, vedle vhodnosti pro daná stanovení, spolehlivosti a ceny, důležitá také maximální jednoduchost a minimální hmotnost vzorkovače (FUKSA, 1995).

Volba vzorkovnic (v zásadě to platí i pro odběrové zařízení) musí být předem konzultována s analytickou laboratoří. Jedině laboratoř může doporučit nebo schválit typ vzorkovnice pro určité stanovení (včetně způsobu mytí a popř. dalších úprav), který odpovídá jejím analytickým postupům, citlivosti metodik apod. Pokud do laboratoře

přicházejí vzorky v „cizích“ vzorkovnicích, nemusí laboratoř nést za výsledky plnou odpovědnost (FUKSA, 2003).

2.1.2. Četnost odběru

Minimální četnost odběru (orientační) je 4-5x za rok s tím, že se zachytí tato základní období:

- jarní tání (březen)
- období intenzivního růstu a vývoje rostlin (květen)
- období nejvyšších letních teplot (začátek žní)
- období podmítek (srpen-září)
- období hydrologického minima (říjen-listopad) (GERGEL, 1994).

Jako postačující lze doporučit měsíční četnost odběrů, velmi dobré výsledky se již získávají při 14ti denním odběrovém intervalu. Z praktického hlediska nelze doporučit intervaly s lichým počtem např. tří nebo pětidenní, poněvadž se sice vždy přesně začne, ale pokud není stanoven pevný termín, např. počátek měsíce, poruší se časem stanovená četnost, a tomu odpovídají i získané výsledky (GERGEL, 1994).

2.2. Jakost vody

Jakost vody v tocích historicky výrazně ovlivňuje ekonomický i kulturní rozvoj regionů využívajících vodní toky a současně má značný vliv na životní prostředí celé oblasti. Místní zhoršení jakosti vody v toku se propaguje směrem po toku a může způsobit nedozírné následky ve vodních útvarech níže po proudu. Z toho důvodu musí být péče o jakost vody státním zájmem, tj. v kompetenci příslušného rezortu vlády. Proto i monitoring vychází z velké části z požadavků legislativních, ze zákonů, vyhlášek a vládních nařízení (ŘÍHA, HLAVÍNEK, 2004).

Základní klasifikace jakosti vody musí být založena na klasifikaci všech vybraných ukazatelů jakosti vod. Vybranými ukazateli jakosti vod jsou: saprobní index makrozoobentosu, biochemická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku dichromanem,

dusičnanový dusík, amoniakální dusík a celkový fosfor. Výsledná třída se určí podle nejnepříznivějšího zatřídění zjištěného u jednotlivých vybraných ukazatelů.

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

- I neznečištěná voda
- II mírně znečištěná voda
- III znečištěná voda
- IV silně znečištěná voda
- V velmi silně znečištěná voda (ČSN 75 7221).

2.2.1. Druhy vod

Jedním významem vody je chemická složka, jejíž molekula se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Tato chemická složka může být ve skupenství plynném jako pára, kapalném jako voda a pevném jako led.

Za druhé má slovo voda význam přírodního roztoku, v němž je voda jako chemická složka rozpouštědlem a ostatní látky, například křemík, hliník, sodík, vápník, oxid uhličitý apod., jsou látky rozpouštěné. V této vodě jsou kromě rozpouštěných molekul a iontů ještě rozptýleny také větší částice, takže přírodní voda se skládá z pravého roztoku, který tvoří ionty a molekuly, a ze suspenze, tvořené malými částicemi hmoty, které jsou již sestaveny z mnoha molekul (PAČES, 1982).

Voda se v přírodě vyskytuje ve třech základních formách, a to jako voda ovzdušná, povrchová a podpovrchová. Z těchto forem je relativně nejčistší ovzdušná voda, neboť se může znečišťovat jenom při poměrně krátkém průchodu deště nebo sněhu ovzduším. Nepoměrně větším možností znečištění jsou však vystaveny povrchové a podpovrchové vody, které při průtoku po povrchu půdy nebo při průsaku půdou přijímají různé látky a tím svůj původní stav čistoty zhoršují a znehodnocují. Příčiny tohoto znečišťování jsou různé a různým způsobem poškozují čistotu vody v tocích, jakost pitné i užitkové vody, i jakost vody závlahové a provozní (TLAPÁK, KRATOCHVÍL, 1982).

Vody lze rozlišovat podle původu, výskytu a použití. Podle původu lze vody dělit na přírodní a odpadní. Odpadní vody se dělí na splaškové a průmyslové. Podle výskytu se

přírodní vody dělí na atmosférické, povrchové a podzemní. Podle použití se rozeznává voda pitná, užitková, provozní a odpadní (PITTER, 1999).

2.2.1.1. Přírodní vody

Atmosférické vody (ovzdušné)

Voda se do atmosféry dostává hlavně vypařováním a vydechováním čili transpirací rostlin a respirací živočichů. Malá část vody v atmosféře pochází z aktivních sopek, kde se odděluje z tuhnoucí lávy. Z atmosféry je voda odnímána hlavně ve formě deště a sněhu (PAČES, 1982).

Atmosférická voda je významnou dynamickou složkou zemského ovzduší, protože se její množství a skupenství mění s místem a časem. Tyto změny jsou podmíněny slunečním zářením, které určuje teplotu vzduchu. Vodní pára ve vzduchu je důležitým faktorem tvorby klimatu, protože vytváří spolu s oxidem uhličitým a ozónem tzv. skleníkový efekt atmosféry (PAČES, 1982).

Pod pojmem atmosférická voda se rozumí veškerá voda v ovzduší bez ohledu na skupenství. Srážky jsou výsledkem kondenzace vodních par v ovzduší nebo na různých površích. Rozeznávají se srážky kapalné (děšť, mrholení, mlha, rosa) a srážky tuhé (sníh, kroupy, námraza, jinovatka) (PITTER, 1999).

Kapalná voda v atmosféře není nikdy čistá. Je to způsobeno tím, že kondenzovaná voda rozpouští atmosférické plyny, zejména CO₂ a dnes hojně při spalování uvolňovaný SO₂, a stává se kyselou, takže její pH je mezi 3 a 6. Tento kyselý zředěný roztok hydrolyzuje malé částičky prachu, tak zvané aerosoly. Vzniklý roztok pak obsahuje malé koncentrace amoniaku, sodíku, chloridů, hořčíku, oxidu uhličitého, sulfátů, hliníku a dalších složek. Celková koncentrace rozpuštěných látek v dešťové vodě obvykle nepřesahuje 30 mg · l⁻¹. V oblastech znečištění atmosféry průmyslovou činností však koncentrace látek v dešťové vodě může přesahovat i 100 mg · l⁻¹ (PAČES, 1982).

Povrchové vody

Povrchové vody se vyskytují trvale nebo dočasně na zemském povrchu. Vznikají z atmosféry a z podzemní vody. Povrchové vody zásobované podzemními vodami jsou silněji mineralizované, při převaze atmosférických vod je mineralizace slabší. Zastoupení uvedených zdrojů v povrchových vodách, působení klimatických jevů (srážky, teplotní poměry), složení geologických vrstev, složení vodních přítoků určují charakter povrchových vod (ŘÍHA, HLAVÍNEK, 2004).

Voda na zemském povrchu je jednak kontinentální, jednak mořská. Kontinentální voda se nachází na pevninách a zahrnujeme do ní ležící sníh a led ve formě ledovců a sněhových polí, dále vodu tekoucí, která tvoří přirozené vodní toky, umělé kanály a konečně vodní nádrže. Ty mohou být přirozené, jako jsou jezera a močály, nebo umělé, jako jsou přehradní nádrže a rybníky. Mořská voda vyplňuje rozsáhlé prolákliny mezi pevninami a tvoří oceány (PAČES, 1982).

Povrchové vody se na zemském povrchu soustřeďují v řekách, jezerech, oceánech, mořích a zátokách. Chemické složení povrchových vod je velmi proměnlivé, od velmi zředěných vod horských bystřin přes brakické vody v zátokách a slanou vodu v oceánu až po velmi koncentrované solanky v bezodtokových jezerech. Velké množství povrchové vody je uchováno v kontinentálních a vysokohorských ledovcích (PITTER, 1987).

Podpovrchové a podzemní vody

Podpovrchová voda je část hydrosféry, která se nachází ve všech skupenstvích pod zemským povrchem, a to chemicky a fyzikálně vázaná. Chemicky vázaná voda je z hydrologického hlediska nevyužitelná. Mechanicky vázaná voda se vyskytuje jednak v pásmu provzdušnění jako půdní voda, jednak v pásmu nasycení jako podzemní voda (ŘÍHA, HLAVÍNEK, 2004).

Chemické složení podpovrchových vod je ještě pestřejší, než je tomu u vod povrchových. Podpovrchová voda při svém průsaku horninovým prostředím rozpouští

minerály a obohacuje se o minerální látky. Chemické složení tedy závisí jak na složení horninového prostředí, tak na délce a prosakování vody. Složení podzemních vod je rovněž ovlivňováno přírůnem vod a plynů z hlubokých částí zemské kůry, odkud jsou tyto složky vytěšňovány při stlačování a zahřívání hornin (PAČES, 1982).

Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásnu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních (zákon č. 254/2001 O VODÁCH A O ZMĚNĚ NĚKTERÝCH ZÁKONŮ).

Podzemní vodou se rozumí voda přirozeně se vyskytující v horninovém prostředí, pokud není vázána kapilárními silami. Jde o vodu v zemských dutinách a zvodnělých zemských vrstvách. Pod názvem podzemní voda se rozumí voda v zemské kůře ve všech skupenstvích. Podle celkového chemického složení se dělí podzemní vody na prosté vody a minerální vody. Prostá voda je voda s nízkým obsahem rozpuštěných látek, která nesplňuje žádné z kritérií pro minerální vodu. Za důlní vody se považují všechny vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami (PITTER, 1999).

Podzemní voda je významnou součástí hydrologického cyklu a představuje cenný vodní zdroj pro zásobování domácností, průmyslu a zemědělství, který je třeba racionálně využívat a chránit před negativními důsledky převážně antropogenní činnosti. Při studiu výskytu a pohybu podzemní vody v horninovém prostředí jsou hydraulické charakteristiky zvodnělého prostředí základními parametry ovlivňujícími pohyb a akumulaci vody. Kvantitativní informace o těchto vlastnostech jsou nezbytným podkladem pro řešení praktických problémů týkajících se podzemní vody a transportu kontaminantů, zejména při vyhledávání, průzkumu, ochraně zdrojů podzemní vody a v poslední době i šíření znečištění v podzemních vodách (PECH, 2004).

2.2.1.2. Pitná voda

Pitnou vodu lze definovat jako vodu zdravotně nezávadnou, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstvo a jejíž smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání (PITTER, 1999).

Pitná voda má být z fyzikálního hlediska čirá a průhledná, bez zákalu, čerstvé chuti bez rušivé příchuti a pachu, o teplotě v optimálním rozmezí 8 až 12°C. Voda o teplotě nad 14°C již nechutná a neosvěžuje, pod 5°C příliš ochlazuje zažívací ústrojí a je proto zdraví škodlivá. Zakalená, zbarvená nebo neobvykle chutnající voda vzbuzuje odpor a podezření ze zdravotní závadnosti (TLAPÁK, KRATOCHVÍL, 1982).

Zdroje pitné vody jsou buď podzemní, nebo povrchové. Nejkvalitnějším zdrojem pitné vody jsou vody podzemní. Avšak malé zásoby podzemní vody nás nutí používat jako zdroj pitné vody i povrchové vody. Potíže při zásobování obyvatelstva kvalitní pitnou vodou vedou ke snaze dodávat pitnou vodu k přímé potřebě v nevratných obalech (PITTER, 1999).

2.2.1.3. Užitkové a provozní vody

Užitková voda je hygienicky nezávadná voda, která není určena k pití a vaření. Z hygienického hlediska se na jakost užitkové vody kladou stejné požadavky jako na vodu pitnou, avšak některé požadavky na její chemické a fyzikální vlastnosti mohou být méně přísné (PITTER, 1999).

Užitková voda musí v jakosti vyhovovat účelům, kterým slouží v průmyslu, zemědělství, komunální sféře, rekreaci apod. Poměrně nejmenší nároky na jakost užitkové vody klade průmysl, pokud jde o vody prací, plavicí, chladicí aj. K plnění parních kotlů se však požaduje měkká voda, aby se zabránilo tvorbě kotelního kamene ze solí vápníku a hořčíku (TLAPÁK, KRATOCHVÍL, 1982).

Provozní voda je voda pro různé výrobní a nevýrobní účely (chlazení, mytí zařízení, hydraulickou dopravu, rozpouštění surovin aj.), jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití. Kromě obecných požadavků na jakost vody přicházejí v některých případech v úvahu i požadavky specifické. Provozní vody se dělí podle účelu na chladicí, plavící, napájecí (pro napájení parních kotlů), prací, oplachové, betonářské aj. V závodech musí být učiněna taková opatření, aby nemohlo dojít k jejich záměně s vodou pitnou a užitkovou (PITTER, 1999).

2.2.1.4. Odpadní vody

Odpadní vody jsou vody použité v sídlištích, obcích, domech, závodech, zdravotnických zařízeních a jiných objektech či zařízeních, pokud po použití mají změněnou jakost (teplotu, složení), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody se dělí na tři hlavní skupiny, odpadní vody splaškové, městské a průmyslové (PITTER, 1999).

2.2.2. Obecné složení vod

Vodní molekula vzniká tak, že dva atomy vodíku sdílejí s jedním atomem kyslíku dva záporně nabitě elektronové mraky, jež je poutají dohromady. Vodní molekuly mohou existovat nejen samostatně jako čistá voda, ale i ve spojení s jinými látkami ve formě roztoků, krystalických i amorfních pevných látek, tavenin a plynných směsí. V takových případech mluvíme o molekulách vody jako o chemické složce (PAČES, 1982).

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Vždy obsahuje rozpuštěné plyny a rozpuštěné a nerozpuštěné anorganické a organické látky. Některé látky přijímá již v atmosféře, ale k jejímu hlavnímu obohacování rozpuštěnými látkami dochází při infiltraci půdou a horninami. Antropogenním zdrojem anorganických a organických látek v přírodních vodách jsou průmyslové a splaškové odpadní vody a nečistoty ovzduší (PITTER, 1999).

Chemické složení přírodních vod je výsledkem geochemických procesů, biologického metabolismu, antropogenní činnosti a fyzikálních procesů. Podstatou geochemických procesů je fyzikálně chemická interakce mezi vodou a jejím okolím, tj. ovzduším, podpovrchovými plyny, půdou, sedimenty a horninami. Biologický metabolismus má biochemickou podstatu a je zprostředkováván zejména mikroorganismy v povrchových a mělkých podpovrchových vodách. Antropogenní činností je ovlivňováno složení vod jednak tím, že vody jsou znečišťovány odpady, jednak čištěny v úpravárnách vody. Rovněž se mění jejich přirozený oběh závlahami, drenážemi a vodními díly. Fyzikální procesy zahrnují mísení vod různého složení, vypařování a var přírodních vod, proudění vody v povrchových i podpovrchových nádržích a hydrodynamickou disperzi rozpuštěných látek. Jednotlivé typy procesů se projevují různou intenzitou v různých druzích vod. Zejména se liší jejich působení v říčních a jezerních vodách od jejich působení v mořských zátokách a mořích, v nádržích prostých podzemních vod, v minerálních vodách a termálních vodách (PAČES, 1982).

V přírodních vodách se jako kationy vyskytují vápník, hořčík, sodík, draslík, většina ostatních kovů kationt NH_4^+ . Jako aniony jsou přítomné hydrogenuhličitan, halogeny, sloučeniny síry, dusíku (dusitany, dusičnany), arsenu, selenu aj. Mezi neelektrolyty patří zejména sloučeniny křemíku, boru a titanu (ŽÁČEK, 1998).

Původ organických látek v přírodních vodách může být buď přirozený nebo antropogenní. Mezi přirozené znečištění lze zařadit výluhy z půdy a sedimentů (půdní a rašelinný humus, výluhy z listů a tlejícího dřeva) a produkty životní činnosti organismů žijících ve vodě. Organické látky antropogenního původu pocházejí ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství a mohou vzniknout i při úpravě vody (dezinfekci chlorací).

Organické látky značně ovlivňují chemické a biologické vlastnosti půd (ŽÁČEK, 1998).

2.2.2.1. Chemické složení atmosférických vod

Základní chemické složení srážkových vod odpovídá z kvalitativního hlediska základnímu složení podzemních a povrchových vod. Jsou zde však určité rozdíly kvantitativní. Hodnota celkové mineralizace je u srážek neznečištěných antropogenní činností obvykle pod $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a někdy i menší než $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. U srážek znečištěných antropogenní činností se může pohybovat v desítkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Z kationů obvykle dominuje kation amonný. Pořadí ostatních kationů závisí na znečištění a lokalitě. U kyselých srážek se na bilanci kationtů významně podílí H^+ . U srážek znečištěných antropogenní činností dominují z aniontů sírany a dusičnany (PITTER, 1999).

2.2.2.2. Chemické složení podzemních vod

Chemické složení podzemních vod je výsledkem vzájemného působení srážkových a povrchových vod, podzemní atmosféry a horninového prostředí. Závisí především na složení půd a hornin, kterými při svém podzemním oběhu vody protékají. Kromě toho závisí také na složení srážkových a povrchových vod v dané oblasti.

Složení podzemních vod se během cirkulace v horninovém prostředí vyvíjí s dobou cirkulace, rychlostí oběhu, parciálním tlakem CO_2 , parciálním tlakem kyslíku, teplotou aj. a postupně se ustaluje stacionární stav. Tyto změny se projeví ve změně hydrochemického typu vody. Chemické složení podzemních vod se mění v horizontálním i vertikálním směru. Změny ve složení mohou probíhat buď kontinuálně, nebo lze pozorovat i výraznější hydrochemická rozhraní (PITTER, 1999).

Podle PAČESE (1982) se chemické složení podpovrchových vod tvoří ve velmi různých podmínkách. V půdních vodách hrají významnou úlohu mikrobiologické procesy. V chladných podzemních vodách nehluboko pod povrchem je významné rozpouštění horninotvorných minerálů a srážení různých amorfních hydroxidů zejména železa a hliníku. V hluboko prosakujících vodách se zrychluje rozpouštění některých primárních minerálů, protože je v těchto hloubkách zvýšená teplota. Při ochlazení se z roztoku srážejí různé druhotné minerály, jako jsou chalcedon, křemen, jílové minerály a zeolity.

Chemické složení podzemních vod může být velmi rozmanité. Dominujícím kationem bývá především vápník, dále to může být sodík nebo i hořčík. Dominujícím anionem bývají především hydrogenuhličitan, dále to mohou být sírany nebo i chloridy. Draslík, dusičnany a amoniakální dusík nejsou převládající složkou. Celková mineralizace prostých podzemních vod se pohybuje obvykle ve stovkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a horní klasifikační hranicí je $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (PITTER, 1999).

2.2.2.3. Chemické složení povrchových vod

Chemické složení povrchových vod je velmi proměnlivé. Ve vysokohorských bystřinách se chemické složení vody jen nepatrně liší od vody srážkové. Složení řek již naznačuje, že povrchová voda tekoucí delší dobu korytem rozpouští větší množství látek. Voda, která tvoří bezodtoková jezera, obsahuje působením vypařování velké množství sodíku a hydrogenuhličitanů. Mořská voda obsahuje převážně rozpuštěný chlorid sodný a její složení v různých oceánech a mořích kolísá jen velmi málo ve srovnání s proměnlivostí kontinentálních povrchových vod. Povrchová voda také obsahuje rozpuštěné látky organické (PAČES, 1982).

Povrchové vody se obvykle ve srovnání s podzemními vodami vyznačují vyšší proměnlivou teplotou, nižší mineralizací, větším obsahem kyslíku (s výjimkou velmi znečištěných vod), malým obsahem oxidu uhličitého a větší koncentrací organických látek, jejichž charakter se různí podle původu vody. Také počet mikroorganismů v povrchové vodě bývá ve srovnání s podzemními vodami podstatně větší a biologické složení rozmanitější.

Chemické složky jsou většinou v oxidované formě, a proto bývá v povrchových vodách méně hydrolyzujících kovů, zejména železa a manganu (ŽÁČEK, 1998).

Základním kvalitativním složením se povrchové vody od podzemních vod příliš neliší. Rozdíly jsou v poměrném zastoupení jednotlivých složek. Chemická rozmanitost je u většiny povrchových vod menší než u podzemních vod (s výjimkou bezodtokových

jezer). Nejčastějším základním hydrochemickým typem je typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, popř. $\text{SO}_4\text{-Ca}$. V porovnání s podzemními vodami obsahují povrchové vody vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, nerozpuštěných látek, sloučenin dusíku a fosforu (povrchové vody nejsou chráněny proti antropogennímu znečištění) a organických látek (jak přírodního původu, tak původu antropogenního) a naopak menší koncentrace CO_2 , železa a manganu a mají menší celkovou mineralizaci. Hodnota pH se pohybuje většinou v neutrální nebo slabě alkalické oblasti (s výjimkou acidifikovaných stojatých vod). Zatímco u podzemních vod nemá hodnota BSK_5 velký význam, patří toto stanovení mezi významné ukazatele jakosti povrchových vod. Časové změny chemického složení povrchových vod v daném profilu jsou větší než u vod podzemních v dané lokalitě (hodnoty daných ukazatelů se mohou měnit i několikanásobně) (PITTER, 1999).

2.2.2.4. Anorganické látky ve vodách

Vápník a hořčík

V přírodních vodách se nejčastěji vyskytují jako jednoduché ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} . Kromě toho mohou tvořit různé iontové asociáty zejména s hydrogenuhlíčitany, uhličitany a sírany. V prostých podzemních vodách i vodách povrchových připadá na tyto asociáty obvykle méně než 5 % celkové koncentrace uvedených prvků. V mineralizovaných vodách může jejich zastoupení vzrůst na přibližně 40 % (GRÜNWALD, 1993).

Vápník a hořčík jsou v přírodě dosti rozšířeny (obsah 3,5 a 2,0 % v zemské kůře). Do vody se dostávají tyto prvky vyluhováním vápence, dolomitu, magnezitu, sádrovce, hlinitokřemičitanů vápenatých a hořečnatých (anortitu, chloritu) a jiných minerálů. Větší obohacení podzemních vod vápníkem a hořčíkem závisí na obsahu rozpuštěného CO_2 , který podstatně zvětšuje rozpustnost minerálů na bázi uhličitánů a podporuje zvětrávání hlinitokřemičitanů.

Antropogenním zdrojem vápníku a hořčíku mohou být některé průmyslové odpadní vody z provozů, ve kterých se odpadní kyseliny neutralizují vápnem, vápencem,

magnezitem nebo dolomitem. Vody se obohacují vápníkem a hořčíkem také při odkyselování hydroxidem vápenatým nebo filtrací přes odkyselovací hmoty.

Vápník bývá převládajícím kationem u málo mineralizovaných vod. Se zvětšující se celkovou mineralizací se poměrné zastoupení vápníku zmenšuje, protože sodné a hořečnaté sole jsou rozpustnější než vápenaté (s výjimkou $Mg(OH)_2$). Větší koncentrace Ca může být v roztoku udržena jen při dostatečné koncentraci rozpuštěného CO_2 .

Hořčík bývá ve vodách méně zastoupen než vápník. Je to způsobeno menším zastoupením Mg v zemské kůře a větší schopností sorpce Mg a výměny při styku s některými horninami (ŽÁČEK, 1998).

Kvantitativní zastoupení hořčíku v přírodních vodách bývá obvykle menší než vápníku. V hydrogenuhličitanových vodách o koncentraci rozpuštěných látek do cca $500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ se poměr Ca : Mg pohybuje od 4 : 1 do 2 : 1. Se vzrůstající mineralizací vody se poměr zmenšuje. U některých minerálních vod bývá obsah hořčíku vyšší než vápníku (GRÜNWALD, 1993).

Sodík a draslík

Ve vodách se sodík a draslík vyskytují převážně jako jednoduché kationy Na^+ a K^+ , protože jejich komplexační schopnost je malá.

Značné rozšíření alkalických hlinitokřemičitanů v zemské kůře vysvětluje přítomnost Na a K ve všech přírodních vodách. Patří mezi čtyři základní kationy přírodních a užitkových vod, ale z kvantitativního hlediska se obvykle řadí až za vápník a hořčík. Ačkoliv v litosféře je poměrné zastoupení Na a K přibližně stejné, v podzemních vodách je vždy více sodíku než draslíku. Menší obsah draslíku v přírodních vodách se vysvětluje tím, že ionty K^+ jsou půdními minerály více sorbovány než ionty Na^+ a že draslík je důležitou anorganickou živinou pro rostliny (v popelu rostlin bývá hmotnostní poměr K : Na = 100 : 1), a je tedy z podzemních vod přednostně vyčerpáván (PITTER, 1999).

Antropogenním zdrojem sodíku jsou některé průmyslové odpadní vody, které obsahují chlorid nebo síran sodný vznikající při neutralizacích nebo vysolování. Dalším zdrojem jsou odpady z výroby draselných a sodných anorganických solí, regenerační roztoky měničů iontů, z chemických posypů komunikací (ŽÁČEK, 1998).

Sodík a draslík mají významnou úlohu při klasifikaci chemického složení vod, při úvahách o genezi podzemních vod a při kontrole výsledků chemického rozboru vody. Proto by se mělo stát stanovení sodíku a draslíku běžnou součástí chemického rozboru vody (PITTER, 1999).

Sloučeniny dusíku

Dusík patří k důležitým makrobiogenním prvkům. K jeho hlavním formám, vyskytujícím se ve vodách patří elementární dusík, anorganicky vázaný dusík (amoniak, dusitany, dusičnany, kyanidy, kyanatany, thiokyanatany, hydroxylamin, oxid dusný) a organicky vázaný dusík. Tyto formy podléhají v přírodě různým změnám (GRÜNWALD, 1993).

- ***Amoniakální dusík***

V přírodních, neznečištěných vodách se amoniak vyskytuje obvykle ve velmi nízkých koncentracích, přibližně do $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Hlavními zdroji znečištění přírodních vod amoniakem jsou sociální a průmyslové odpadní vody (chemický, petrochemický a metalurgický průmysl, zpracování ropy, zemědělství atd.) (GRÜNWALD, 1993).

Amoniakální dusík se vykytuje ve vodách jako kation NH_4^+ (kation amonný, používá se také název amonium) a v neiontové formě jako NH_3 . Chemickými analytickými metodami se stanoví vždy obě formy současně, tj. celkový amoniakální dusík, který je dán součtem koncentrací N-NH_4^+ (dusíku amonného) a N-NH_3 (dusíku amoniakového). Výsledek lze vyjádřit jako $\text{N} (\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)$ (PITTER, 1999).

Zastoupení forem amoniaku ve vodě podle GRÜNWALDA :

pH	6	7	8	9	10	11
NH ₃ (%)	0	1	4	25	78	96
NH ₄ ⁺ (%)	100	99	96	75	22	4

(GRÜNWALD, 1993)

Amoniakální dusík působí velmi toxicky na ryby. Toxicita však závisí do značné míry na hodnotě pH vody, protože toxický účinek má nedisociovaná molekula NH₃, nikoli ion NH₄⁺, neboť ten snáze proniká buněčnými membránami. V průběhu intoxikace ryb amoniakem vystupují do popředí nervové příznaky. Udává se, že nejvyšší přípustná koncentrace nedisociovaného amoniaku pro kaprovité ryby je asi 0,05 mg · l⁻¹ a pro ryby lososovité 0,01 mg · l⁻¹. Hodnota LC₅₀, zjištěná v testu akutní toxicity, se u kaprovitých ryb pohybuje v rozmezí od 0,1 do 1,5 mg · l⁻¹. Akutní toxicita se snižuje u vod s vysokou koncentrací rozpuštěného kyslíku (PITTER, 1999).

Amoniakální dusík je z hygienického hlediska velmi významný, protože je jedním z primárních produktů rozkladu organických dusíkatých látek. Je proto důležitým chemickým indikátorem znečištění podzemních vod živočišnými odpady, zejména tehdy, pokud dojde k náhlému zvýšení jeho koncentrace. Je však nutno předem vyloučit anorganický původ (hnojiva) nebo jeho vznik rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného původu (vody z okolí rašelinišť) (PITTER, 1999).

- **Dusitany**

Dusitany jsou odvozeny od kyseliny dusité HNO₂, která patří mezi středně silné kyseliny a disociuje podle rovnice $\text{HNO}_2 = \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$. To znamená, že ve vodách s hodnotami pH nad 5 zcela převažují ionty NO₂⁻ nad nedisociovanou kyselinou. Při hodnotě pH 3,35 jsou obě formy existence zastoupeny v látkovém poměru 1 : 1. Komplexační schopnost dusitanů je malá. Většina dusitanů je ve vodě dobře rozpustná, s výjimkou AgNO₂ (PITTER, 1999).

Podle Grünwalda se ve vodách vyskytují převážně ve formě jednoduchého anionu NO₂⁻. Vzhledem k nestálosti bývá jejich koncentrace velmi nízká. Zpravidla se v čistých

podzemních a povrchových vodách nevyskytují vůbec, ve vodách znečištěných většinou doprovázejí amoniak a dusičnany. Zdrojem tohoto znečištění mohou být zejména splaškové vody, ale také některé průmyslové odpadní vody (GRÜNWARD, 1993).

Z hlediska možnosti provádění různých bilancí je výhodné vyjadřovat koncentraci dusitanů jako dusitanový dusík (N-NO₂), a nikoli jako koncentraci iontové formy NO₂⁻.

Průměrná koncentrace dusitanového dusíku v pitných vodách podzemního původu z 8 regionů ČR byla asi 0,004 mg · l⁻¹ (NO₂⁻ 0,013 mg · l⁻¹) a v pitných vodách povrchového původu asi 0,008 mg · l⁻¹ (NO₂⁻ 0,026 mg · l⁻¹) (PITTER, 1999).

V koncentracích vyskytujících se v podzemních a povrchových vodách jsou dusitany samy o sobě hygienicky nevýznamné. Ve větších koncentracích však způsobují methemoglobinaemii. Náhlý vzrůst dusitanů v podzemních vodách může však indikovat fekální znečištění (vznikají nitrifikací amoniakálního dusíku). Neočekávaně lze dusitany prokázat ve vodě z čerstvě vybetonovaných studní a v kyselejších vodách stagnujících v zinkových nádobách (PITTER, 1999).

Dusitany působí toxicky na ryby. Pronikají žaberním epitelem do krve a tvoří methemoglobin, který již nemá schopnost přenášet kyslík. Přípustná koncentrace dusitanového dusíku se pohybuje řádově v setinách mg · l⁻¹.

Pro vodárenské toky platí pro dusitanový dusík hodnota 0,02 mg · l⁻¹ a pro ostatní povrchové vody hodnota 0,05 mg · l⁻¹ (PITTER, 1999).

- ***Dusičnany***

Převážná část dusičnanů v přírodních vodách je antropogenního původu. Vznikají při nitrifikaci amoniakového dusíku, do vod se však dostávají také v důsledku používání dusíkatých hnojiv v zemědělství a s některými odpadními vodami (GRÜNWARD, 1993).

Dusičnany jsou v nízkých koncentracích obsaženy téměř ve všech vodách. Jsou však známy lokality s mimořádně vysokým obsahem dusičnanů. Jejich koncentrace může

přesáhnout i $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NO}_3^-$. Jednou z charakteristických oblastí je jižní a jihovýchodní část jihomoravského kraje. Charakteristický bývá vysoký obsah dusičnanů v podzemních vodách v oblastech s borovými lesy a v okolí akátových porostů (PITTER et al., 1977).

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 obdělávání půdy (PITTER, 1999).

Sloučeniny fosforu

Sloučeniny fosforu se dostávají do vod splachy ze zemědělsky obdělávané půdy hnojené fosforečnanovými hnojivy a ze splaškových odpadních vod, kde jsou jednak živočišného původu a jednak jsou obsazeny v syntetických detergentech. Dalším zdrojem sloučenin fosforu je rozkládající se odumřelá vodní flora a fauna (PITTER et al., 1977).

Celkový fosfor ve vodách se dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný. Poměrné zastoupení obou forem závisí na druhu použitého filtru (obvykle s velikostí pórů $0,45 \mu\text{m}$). Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky a organicky vázaný. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se dále dělí na orthofosforečnanový a polyfosforečnanový (PITTER, 1999).

Hygienický význam fosforečnanů ve vodách je malý. Jsou zdravotně nezávadné. V požadavcích na jakost pitné vody nejsou uvedeny. To se týká i požadavků na jakost užitkových vod. V podzemních vodách mají fosforečnany indikační význam. Pokud jejich koncentrace v těchto vodách náhle vzroste, svědčí to o možnosti fekálního znečištění (pokud lze vyloučit znečištění způsobené fosforečnanovými hnojivy). Protože se snadno zadržují v půdě chemickými procesy a adsorpcí, má vzrůst jejich koncentrace značnou indikační hodnotu (PITTER, 1999).

Vzhledem k eutrofizaci je celkový fosfor uveden jako ukazatel přípustného znečištění povrchových vod (hodnota pro vodárenské toky je $0,15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a pro ostatní povrchové vody $0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Povrchové vody nádrží a jezer s koncentrací rozpuštěného reaktivního fosforu pod $10 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ lze považovat za oligotrofní. Celkový fosfor patří mezi ukazatele přípustného znečištění městských odpadních vod vypouštěných do vod povrchových v závislosti na velikosti zdroje znečištění (PITTER, 1999).

2.2.2.5. Organické látky ve vodách

Původ organických látek v přírodních vodách může být buď přirozený nebo antropogenní. Mezi přirozené znečištění lze zařadit výluhy z půdy a sedimentů (půdní a rašelinný humus, výluhy z listů a tlejícího dřeva) a produkty životní činnosti organismů žijících ve vodě. Organické látky antropogenního původu pocházejí ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství a mohou vzniknout i při úpravě vody (dezinfekci chlorací) (ŽÁČEK, 1998).

S ohledem na široké spektrum těchto látek ve vodách, jejich obtížnou identifikaci a kvantitativní stanovení, zjišťuje se většinou jejich obsah souhrnně. Slouží k tomu nepřímé stanovení, založené na chemické nebo biochemické oxidaci těchto látek za definovaných podmínek. Výsledky se uvádějí v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{O}_2$ (GRÜNWALD, 1993).

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

CHSK je definována jako množství kyslíku, které se za ustanovených podmínek spotřebuje na oxidaci ve vodě přítomných organických látek. Oxidačním činidlem může být buď manganistan draselný nebo dichroman draselný. Výsledky se vyjadřují v mg kyslíku v 1 litru vody (GRÜNWALD, 1993).

Organické látky mohou být za daných podmínek oxidovány do různého stupně. Stupeň a rychlost oxidace závisí na struktuře organické látky a na použité metodě stanovení CHSK. Stupeň chemické oxidace se porovnává s teoretickou spotřebou kyslíku

(TSK), která se udává v gramech (molech) kyslíku potřebného pro úplnou oxidaci 1 g (molu) organické látky podle stechiometrie až na CO_2 a H_2O . Stupeň oxidace se vyjadřuje v % TSK (PITTER, 1999).

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

Tato hodnota je definována jako množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného aerobními mikroorganismy za určitých podmínek při biochemické oxidaci organických látek ve vodě. Stanovená hodnota je mírou znečištění vody organickými látkami biochemicky rozložitelnými ve srovnání s CHSK, která postihuje látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné (GRÜNWALD, 1993).

2.2.2.6. pH

pH vody není to samé jako její kyselost nebo zásaditost, ačkoliv se dá říci, že nižší hodnoty pH znamenají vodu kyselější a vyšší hodnoty pH značí zásaditost. Kyselost a zásaditost značí míru pufrční kapacity vody, to znamená jejich schopnost neutralizovat účinky přírůstku kyselin nebo bází a tudíž kolísání hodnot pH. Obvykle se pH vyjadřuje uhličitanovou rovnováhou, množstvím uhličitanu vápenatého, který by měl být uváděn, protože vyžaduje stejné množství příbytku kyseliny nebo zásady potřebné ke změně pH z 4,2 na 5,4 nebo 8,3 (HELLAWELL, 1986).

Hodnota pH je definována jako záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Ve vodách u v půdách má mimořádné postavení. Např. v přírodních vodách Šumavy se pohybuje v současné době v hodnotách 5-7, v některých povodích, které jsou na vápencových usazeninách i výše. pH srážkových vod se podle jejich povahy (dlouhodobé, přívalové) pohybuje v kyselé oblasti asi od 4 – 5,5. Náhlé zvýšení kyselosti (nižší pH) může být vyvoláno významným únikem silážních šťáv. Zpravidla se zvyšuje po průtoku vodní nádrží, což je však přirozený důsledek biologických funkcí v nádrži (GERGEL, 1994).

Povrchové vody, s výjimkou vod z rašelinišť a acidifikovaných vod nádrží a jezer, mívají hodnoty pH v rozmezí asi od 6 do 8,5. Posun do alkalické oblasti, nad 8, bývá způsoben intenzivní fotosyntetickou asimilací zelených organismů, kdy dochází k vyčerpání volného oxidu uhličitého. Relativně malé hodnoty pH vykazují vody z rašelinišť obsahující huminové látky. To se týká i málo mineralizovaných acidifikovaných vod některých nádrží a jezer (PITTER, 1999).

2.2.3. Vliv hospodaření na kvalitu vod

Na znečišťování vody, především povrchových toků, se významně podílí zemědělská výroba. V zemědělství jde o odpadní vody v pravém slova smyslu jen z menší části, z větší části jde o organické odpady dostávající se částečně samovolně jako splach nebo nekontrolovaně jako únik do veřejných toků (BULÍČEK et al., 1977).

Zemědělské zdroje znečištění byly v minulosti dost rozptýlené, takže charakter znečištění dovoval maximálně využít samočisticí schopnost toku. Intenzivní zemědělskou výrobou a zavedením velkovýroby, tj. používáním nových látek na chemickou ochranu rostlin, zvýšeným přísunem živin do půdy, změnou technologických postupů, koncentrací živočišné výroby a rychlým růstem mechanizace se podstatně zvyšuje zemědělské znečištění. Zemědělské znečištění je velmi různorodé a lze ho dělit podle původu: znečištění vod živočišnou výrobou, znečištění vod látkami ze siláže a senáže, znečištění chemickými prostředky na ochranu rostlin, znečištění vod průmyslovými hnojivy a znečištění vod ropnými látkami. Všechny druhy uvedeného znečištění působí toxicky na vodní organismy, mění vlastnosti povrchových vod, jako i množství a jakost organismů, žijících ve vodě, narušují biologickou rovnováhu, snižují účinek samočištění a omezují možnosti používání vody na rozličné cíle (ŘÍHA, HLAVÍNEK, 2004).

Celková produkce znečištění ze zemědělské velkovýroby převyšuje bilančně ostatní druhy znečištění. Většinu těchto odpadů lze dodatečnými procesy zpracovat a přímo nebo po úpravě znovu využít v zemědělství, čímž se tyto látky zapojují zpět do přírodního koloběhu. Tento cyklus je citlivý na toxické látky, které se mohou postupně zakonzervovat v prostředí a v potravním řetězci (ŘÍHA, HLAVÍNEK, 2004).

Intenzivní zemědělská výroba ovlivňuje výrazným způsobem kvalitu povrchových a podzemních vod. Současný rozvoj zemědělské výroby vychází z rozsáhlého nasazení mechanizace, z velkoplošného využívání chemických prostředků, zejména průmyslových hnojiv a pesticidů. Živočišná výroba je soustředěna do velkokapacitních stájí s obtížným řešením likvidace odpadních hmot. Tyto změny v zemědělské výrobě způsobují růst zemědělského znečištění zdrojů vody. Mezi zemědělskou výrobou a vodním hospodářstvím zemědělské krajiny je úzká souvislost a vzájemně se ovlivňují. Rovněž vodní eroze zejména na orné půdě, je příčinou značného zhoršení kvality povrchových vod (TLAPÁK et al., 1992).

K hnojení zemědělských půd se využívají především statková a průmyslová hnojiva. Z hlediska vodních zdrojů se projevují nejnepříznivěji průmyslová hnojiva, ve vodě dobře rozpustná. Snadno se vyplavují nebo splavují do povrchových vod nebo se srážkovou vodou infiltrují do podzemních vod. Zvláště nepříznivě se projevují dusíkatá hnojiva na bázi dusičnanů, která se neváží na sorpční komplex půdy a snadno infiltrují do podzemních vod. Rozhodujícím činitelem ovlivňujícím v zemědělské krajině kvalitu vodních zdrojů jsou dusičnany, jejichž převážné množství pochází z hnojení, méně pak z rozkladu zbytků rostlin a z atmosférických srážek (TLAPÁK et al., 1992).

Bilance a transformace živin v povodí je významně ovlivňována rozmístěním a plošnou strukturou charakteristických krajinných prvků (zemědělská půda, les, sídelní celky, zemědělské objekty, vodohospodářské stavby, atd.). Způsoby hospodaření a konkrétní technologie pěstování plodin a chovu hospodářských zvířat do značné míry ovlivňují průběh procesů přeměn a přenosy prvků v půdě a v prostředí, nemluvě o dalších lidských aktivitách, které přímo i nepřímo pozměňují biogeochemické cykly prvků (ŠIMEK, 2003).

Podle Kvítka (2005) nabízí alternativní management využití půdy možnost převést půdu nejrizikovějších ploch na les nebo trvalé travní porosty (KVÍTEK, 2005).

Trvalé travní porosty mají při ochraně vod několik nesporných výhod:

- jejich umístění, rozsah a využití v povodí lze velmi snadno kontrolovat

- mají vysokou retenční schopnost poutat dusík a vodu (vyšší obsah kořenové hmoty, vyšší pórovitost a maximální kapilární kapacita než polní plodiny)

Mají ale i své nevýhody:

- při rozorání se půdy trvalých travních porostů v podmínkách příznivých pro nitrifikaci mohou stát i pravým opakem své původní funkce v okolí vodních zdrojů, tedy z konzumenta dusičnanů se změní v producenta, a to nikoliv zanedbatelného (KVÍTEK, 2004).

Sledováním odtoků vody a jejího chemického složení lze zhruba odhadnout mechanismus ztrát látek z povodí, který je výrazným způsobem ovlivněn lidskou činností, tedy způsobem hospodaření na celém povodí. Vztahy mezi zemědělským hospodařením a základními charakteristikami povodí, včetně hydrologických procesů, určují celkové množství vyplavovaných dusičnanů do povrchových vod (VAGSTAD et al., 2004).

Příčiny zvýšeného vyplavování dusičnanů do povrchových a podzemních vod jsou velmi variabilní. Vyplavování dusičnanů je pod trvalými travními porosty průkazně nižší než u orných půd (NJOS, 1994).

Významným činitelem ovlivňující výskyt nitrátů v povrchových vodách je blokáce pozemků, monokulturní hospodaření a způsob odvodnění zemědělských pozemků (HARTOG, GRIFFIOEN, 2003).

3. Materiál a metody

3.1. Materiál

3. 1. 1. Charakteristika území

Vymezení území

Povodí Jenínského potoka se nachází v katastrálním území obce Jenín a Horní Kaliště a leží ve správním území obce Dolní Dvořiště, na jihovýchodě bývalého okresu Český Krumlov, při hranicích s Rakouskem.

Obr. č. 1: Umístění povodí Jenínského toku



Základní charakteristiky území

Tabulka č. 1: Základní parametry Jenínského toku

č. h. p.	1-06-01-138
Délka toku	3,127 km
Nadmořská výška území	637,0 - 870,3 m n. m.
Poloha ústí	637,0 m n. m.
Poloha prameniště	691,0 m n. m.
Spád	23,8 ‰
Délka údolí	4,1 km
Plocha povodí	4,65 km ²
Zalesněnost	10%
Odvodnění	0,755 km ²
Klimatická oblast	B10
Převládající směr větru	západní
Průměrná roční teplota	6 - 7 °C
Roční úhrn srážek	650 - 800 mm

Jenín byl poprvé zmíněn v roce 1379 v Rožmberském urbáři jako Chodenslag cel Jenyn ad castr Rosenberg. V češtině má jména dvě, a to z roku 1379 jako Jenyn a roku 1541 jako Dynín. Ve 14. století je zde obyvatelstvo národnostně smíšené, ale v 16. století obyvatelstvo pouze německé. Je proto pravděpodobné, že první české jméno bylo Jenín. Jenín spolu s osadami měl při sčítání domů, bytů a obyvatel v roce 1930 celkem 125 domů a 800 obyvatel, z toho 48 národnosti české, 732 německé a 20 cizozemců. V roce 1964 byl Jenín jako osada připojen k MNV v Dolním Dvořišti. V roce 1964 se stal Jenín rekreační oblastí. Z 11 obytných objektů jsou pouze tři určeny pro trvalé bydlení.

Dnes je v Jeníně 10 původních domů a usedlostí. Je zde trvale hlášeno 17 obyvatel. Ani v obci Jenín ani v rekreačních objektech v povodí není kanalizace, odpady jsou svedeny do septiků.

Klimatické poměry

Území leží v nadmořských výškách 637 – 870,3 m n.m. Nejvyšším vrcholem povodí v jeho nejsevernější části je Žibřidovský vrch s 870,3 m n.m.. Území spadá do klimatické oblasti B10, charakterizované jako mírně teplé, velmi vlhké, vrchovinové. Převládající směr větru západní, průměrná roční teplota 6 – 7 °C, roční úhrn srážek 650 – 800 mm.

Geologické poměry

Z geologického hlediska spadá oblast Jenína do oblasti moldanubika, které obsahuje nejstarší horniny Českého masívu, který je tvořen sériemi velkého stratigrafického rozsahu. Horniny jsou metamorfovány a prostoupeny masívy hlubinných vyvřelin (tzv. krystalinikum). K moldanubiku náleží zejména Českomoravská vrchovina a Šumava s podhůřími, dále část Středočeské pahorkatiny a Český les. Původními horninami byly mořské sedimenty, zvláště jílovité břidlice a droby, v nichž byly někde hojné, jinde vzácné vložky slepenců, pískovců, vápenců a uhelnatých hornin. Vlivem metamorfózy došlo k přeměně v různé druhy pararul, migmatitů, krystalických křemců, krystalických vápenců a grafitických hornin. Méně časté vyvřelé horniny se proměnily v ortoruly, granulity, amfibolity a hadce. Stratigrafie moldanubika není pro nedostatek zkamenělin zcela zřetelná. Rozlišují se série: jednotvárné - převládající pararuly a migmatity (převážná část moldanubika), pestré - mladší než jednotvárné, granulitové - převaha ortobřidlic, svorové - patří mezi nejmladší. Území Jenína spadá do série pestré a svorové. Moldanubikum je prostoupeno mohutnými hlubinnými vyvřelinami. Největší z nich je centrální pluton Českomoravské vrchoviny a Šumavy, složený převážně ze žul a příbuzných hornin, převážně biotitického granodioritu a křemenného dioritu.

Pedologické poměry

V povodí Jenínského potoka se vyskytují tyto půdní typy:

- **Skupina hydromorfních půd**

HPJ 67 – gleje modální (GLm) z různých substrátů, v rovinných podmínkách

HPJ 68 – gleje modální (GLm) včetně zrašeliněných (GLmo‘) až gleje histické (GLo) úzkých depresí a svahů

HPJ 71 – gleje fluvické (GLf) s fluvizeměmi glejovými (FLq) z nivních sedimentů v přiterasových částech úzkých niv

HPJ 72 – gleje fluvické (GLf) včetně zrašeliněných (GLfo‘) a gleje fluvické histické (GLfo) centrálních částí niv

HPJ 73 – katény kambizemí oglejených (KA_g), pseudoglejů (PG) až glejů (GL) – včetně hydroeluviovaných (PG_w, GL_w) pod svahovými prameništi s povrchovými vrstvami s dobrou hydraulickou vodivostí

HPJ 75 – katény dolních částí svahů s postupnými přechody od KA_g k PG až GL

- **Skupina mělkých půd**

HPJ 37 – rankery modální a kambické (RN_{m-k}) až kambizemě rankerové (KA_s) z bazálních a mělkých hlavních souvrství různých hornin poskytujících lehké zvětralinu

- **Půdy velmi sklonitých území**

HPJ 40 – kambizemě (KA), rendziny (RZ), pararendziny (PR) a rankery (RN), v některých případech i erozní regozemě (RG) z různých substrátů – lehčích a středně těžkých v silně svažitéch územích

- **Skupina oglejených půd**

HPJ 50 – kambizemě oglejené (KA_g) až pseudogleje modální (PG_m) z magmatických a metamorfovaných hornin, v různém stupni skeletovité

- **Skupina silně kyselých hnědých a rezivých půd chladných oblastí**

HPJ 34 – kambizemně dystrické (KA_d) z lehčích magmatických a metamorfovaných hornin

HPJ 36 – kryptopodzoly modální (KPm) a podzoly modální (PZm) z lehčích různých hornin

Mateční horninou jsou svory až svorové ruly, z nichž zvětráním vznikly půdní druhy s vysokým obsahem slídy.

Hydrologické poměry

Z hlediska hydrogeologického rajonování náleží sledované území do hydrogeologického rajónu 631 - Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy.

Povodí Jenínského potoka, č.h.p. 1 – 06 – 01 – 138, vede údolím s doprovodnou zelení. Převážná část vodoteče je neupravená. Porost tvoří většinou mokřadní byliny a dřeviny.

Charakteristika toku a jeho okolí - pro celý Jenínský potok:

Km 1,000 – 1,500: úzké koryto, hluboké zaříznuté v terénu s bohatou břehovou zelení, olše, bříza. Dno je kamenité s balvany.

Km 1,500 – 2,000: údolí v intravilánu bývalé obce Jenín.

Km 2,000 – 2,850: niva široká cca 100m, nesklížená s bohatou zelení se soustavou rybníků a význačným mokřadním porostem. V km 2,400 malý rybník má charakter mokřadu. Je zde zastoupena především skřípina a lesknice rákosovitá. V km 2,700 pravostranný přítok, zatrubená vodoteč je zakončena melioračním odpádkem končícím v rybníku. Bezpečnostní přeliv je bez brlení, jen korýtko 30 x 30 cm. V km 2,800 je též rybník.

Km 2,850 – 3,200: Je zde krytý kanál v rolích poničený pastvou skotu. Pozemek je erozně ohrožený, nacházejí se zde erozní rýhy (EHRLICH, P. et al., 1994).

Podle Fyzickogeografické regionalizace ČSR je toto území charakterizováno kódem IV-B-3-d. Jedná se tedy o oblast dosti vodnou, s nejvodnějším měsícem březnem, s retenční schopností dobrou, se stupněm rozkolísanosti odtoku středním a s koeficientem odtoku dosti vysokým.

Sledované území náleží značně rozlehlému regionu podzemních vod s indexovým označením II-G 6, což je území s nejvyšší vydatností podzemních vod v období květen – červen a s nejnižší vydatností v období prosinec – únor a s průměrným specifickým odtokem 2,01 – 5,00 l/s/km². Výskyt a oběh podzemních vod je podmíněn sítí puklin. Přes tyto poměrně příznivé podmínky se nevytvořily v území vydatnější zásoby podzemních vod a zvodnění v nich má pouze místní charakter (EHRlich, P. et al., 1994).

V letech 1978-79 bylo území odvodněno z důvodu nadměrného podmáčení, které bylo způsobeno vysokými srážkami, infiltrací ve vrcholových partiích a vysokou hladinou podzemní vody, která způsobovala tvorbu svahové vody s napjatou i volnou hladinou. Další příčinou nevyváženého vodního režimu je stagnující povrchová voda v depresních polohách.

V povodí J1 byla provedena sporadická drenáž a v povodí J2 klasická systematická drenáž. Oba drenážní zásahy byly doplněny podle potřeby záchytnými příkopy pro separaci cizích povrchových vod a hlubokými záchytnými drény za účelem odvedení cizích podzemních svahových vod. Bodové prameny byly asanovány hlubokými pramennými jímkami.



Obr. č. 2: Pohled na mikropovodí J2 (nahore) a J1 (dole)

Odběrný profil značený J1 je trubní výúst' sporadické drenážní skupiny (0,31 km²) odvodňující pastviny. Rozloha mikropovodí je 47 ha. Odvodnění bylo vybudováno v letech 1978 – 1979. Drenážní výúst' je svedena do umělého vodního kanálu, který zaúst'uje v km 1,500 z pravé strany do Jenínského potoka.

Mikropovodí J2 o rozloze 55 ha je odvodněno klasickou systematickou drenáží o rozloze 0,39 km². Odvodnění bylo vybudováno rovněž mezi lety 1978 – 1979. Drenážní výúst' je svedena do opevněného umělého vodního kanálu, který zaúst'uje v km 1,900 z pravé strany do Jenínského potoka. V uzávěrovém profilu této drenážní soustavy je umístěno odběrné místo J2.

Oba profily jsou vybaveny Thomsonovým přepadem a ultrazvukovým snímačem výšky vodní hladiny napojeným na datalogger, pro výpočet drenážních průtoků.



Obr. č. 3: Thomsonův přepad na profilu J2

V blízkosti profilu J1 je umístěn člunkový srážkoměr, rovněž napojený na datalogger. Srážkoměrná souprava se skládá z válcovité srážkoměrné nádoby, nálevky a konvice, vše z pozinkovaného plechu. Soupravu doplňuje skleněná odměrka kalibrovaná v desetinách milimetrů množství srážek. Záchytná plocha činí 500 cm². Nálevka se stejnou záchytnou plochou se na ni nasazuje profilovým spojovacím prstencem připojeným k plášti nálevky. Konvice se volně umísťuje na dno srážkoměrné nádoby pod ústí nálevky, kterou do konvice stékají zachycené vodní srážky.



Obr. č. 4: Srážkoměr umístěný v blízkosti profilu J1

Mikropovodí J2 je od roku 2007 vybaveno sondami na měření teploty a vlhkosti půdy. Tyto sondy byly osazeny do hloubky 30, 60, 90, 150 a 200 cm na vybraném místě profilu J2. V blízkosti byl dále umístěn vrt pro monitorování hladiny podzemní vody osazený ponornou tlakovou sondou. Do nejbližší drenážní šachtice k uzávěrovému profilu byla umístěno teplotní čidlo pro měření teploty drenážní vody. Všechny uvedené měřící přístroje jsou napojeny na stávající registrační jednotku a data jsou dostupná online na internetu.

Zemědělství

V 80. letech bylo povodí intenzivně zemědělsky využíváno, hospodařícím subjektem byl podnik Státní statky Šumava, odštěpný závod Dolní Dvořiště, který se řadil mezi největší součásti Státních statků Šumava. Společnost se díky své pozici v bramborářské podhorské oblasti zaměřovala na produkci obilovin – zejména jarního ječmene, zelené píce a lnu. Živočišná výroba byla zaměřena na chov skotu s produkcí mléka.

Po roce 1989 se využití půdy soustředilo do podhůří, méně úrodná území podstoupila velké změny a povodí je dnes využíváno pro extenzivní hospodaření (90% pastvin).

Dnes je v povodí jediným hospodařícím subjektem společnost ZEMAV Rybník s.r.o., se sídlem v Dolním Dvořišti.

V povodí se nachází ještě stádo několika kusů koní a krav, které jsou ve vlastnictví soukromé osoby.

Přibližná rozloha pastvy : 249 ha

Počet krav : 376 krav, 198 telat

Plemeno : masná plemena skotu (85 % Aberdeen Angus, 10 % Masný simentál, 5% Charolais).

Způsob pastvy : Stáda jsou na pastvinách přibližně od 1.5 do 1.11. , přes zimu ustájená. Prakticky celé období pastvy je stádo na jedné pastvině, maximálně se pastvina příčně přehradí a zamezí se tak vstup do jednotlivých částí, podle potřeby.

3.2. Metody

3.2.1. Odběr vzorků

Odběr vzorků probíhá v místech osazených Thomsonovým přepadem. Tam kde není vybudován, tak z proudnice v upraveném profilu vodoteče. Aby nebyl vzorek znehodnocen, musí se dát pozor, aby se při odběru nezvířily usazeniny dna. V takovém

špatně odebraném vzorku pak narůstá koncentrace fosforu a oxidovatelnost. Při malých průtocích, zejména v případě odběru drenážních vod v létě nebo na podzim, se používají různé odběrové pomůcky. Nejpraktičtější se zdá být půlkulatá lopatka. Vzorky odebíráme do polyetylenových nebo skleněných láhví o objemu 1,5 l. Předpokládá se, že láhve obdržíme z laboratoře již čisté, vymyté. Na místě odběru je ještě třikrát propláchneme odebíranou vodou. Řádně naplněné a uzavřené se předávají laboratoři ještě téhož dne. V teplejších dnech by měly být vzorky bezprostředně po odběru ukládány do chladících boxů, ideálně zchlazeny na 4°C.

3.2.2. Četnost odběru

Odběry vzorků se prováděly na dvou mikropovodích Jenínského toku J1 a J2 v období 16. 2. 1983 až 16. 12. 1985, kdy byly vzorky odebírány dvakrát za měsíc, a v období 20. 4. 2004 až 21. 10. 2008 docházelo k odběrům už jen v jednoměsíčních intervalech.

3.2.3. Hodnocené ukazatele

Byly hodnoceny koncentrace těch organických a anorganických látek ve vodě, které byly zpracovány v obou sledovaných obdobích na mikropovodí J1 i J2. (viz tabulky č. 6, 7, 8, 9)

Pro oba odběrné profily byly zpracovány základní statistické hodnoty v rozsahu:

- a. minimum (nejnižší hodnota množiny hodnot)
- b. maximum (nejvyšší hodnota množiny hodnot)
- c. průměr
- d. variační rozpětí (rozdíl maximální a minimální hodnoty v daném souboru naměřených hodnot)
- e. charakteristická hodnota (hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90%).

3.2.4. Měření průtoků a odnosy živin

Pro výpočet odnosu živin bylo použito vzorce (Gergel et al., 1994):

$$L_t = 0,0864 \cdot \sum \Delta t_i \cdot p_i \cdot Q_i$$

kde:

L_t - látkový odnos ($\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}$)

t_i - doba trvání i - tého intervalu (dny)

p_i - koncentrace přínosu sledované látky i - tého sledování

Q_i - průměrný průtok za dobu t_i ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$).

Pro jednotlivá subpovodí byly stanoveny specifické odnosy živin vztažené na plochu subpovodí v hektarech.

I když je hlavní pozornost zaměřena na hodnocení nitrátů, v bilančních propočtech je důležitá především ztráta čistých živin odtokem. Ta se u dusíku vyjadřuje jako součet dusíku amonného, nitrátového a nitritového, přičemž platí následující přepočítávací koeficienty:

- obsah NH_4^+ . 0,78 = dusík amonný
- obsah NO_2^- . 0,30 = dusík nitritový
- obsah NO_3^- . 0,23 = dusík nitrátový

Průtoky byly měřeny ultrazvukovým snímačem výšky vodní hladiny napojeným na datalogger.

4. Výsledky a diskuse

Pro zpracování výsledků byla použita data z výsledků rozborů jakosti vody a data o průtocích za období 1983-2008, zahrnující dvě období (1983-1985 a 2004-2008). Tato dvě období byla porovnána z hlediska jakosti vody, průtoků a odnosů živin.

Průtoky

Tab.č. 2: Základní statistické charakteristiky datových řad

Vyhodnocované charakteristiky	Jednotky	J1	J1	J2	J2
Plocha	(ha)	47	47	55	55
Doba sledování	-	I.83-XII.85	IV.04-X.08	I.83-XII.85	IV.04-X.08
Počet prvků řady	-	1096	1617	1096	1617
Maximum Qd	(l.s ⁻¹)	9,48	101,52	13,66	166,3
Maximum qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,2017	2,16	0,2484	3,0236
Minimum qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,0128	0,0043	0,0053	0,0036
Prům. odtok qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,0331	0,0696	0,0322	0,0633

Z tabulky vyplývá, že obě povodí jsou téměř stejně vodná. Průměrný maximální specifický odtok se v letech 1983-1985 pohyboval kolem 0,03-0,04 l.s⁻¹.ha⁻¹, v letech 2004-2008 se pohybuje na úrovni 0,06-0,07 l.s⁻¹.ha⁻¹. Průtokově vyrovnanější bylo období 1983-1985, z důvodu extrémního jarního tání v období 2004-2008 (v roce 2006). To dokazují i viditelně vyšší hodnoty maximálních dosažených průtoků. Ve sledovaném období se ani jednou nevyskytl průtok s nulovou hodnotou.

Odnosy

Při kontrole původních dat byla zjištěna chyba v procesu měření a vyhodnocení průtoků z důvodu nedostupných původních limnigrafickým pásek a nebylo tedy možné data opravit. Není tedy možné použít tyto datové řady k vyhodnocení odnosů a jejich porovnání.

Pro vyhodnocení roků 2004 a 2008 nebyly dostupné datové řady z celého roku, nebylo tedy možné hodnoty odnosů vypočítat a porovnávat.

V období 2004-2008 jsou hodnoty odnosu anorganického čistého dusíku nižší než 10 kg. ha⁻¹. rok⁻¹. Výjimku tvoří rok 2006 (10,35 kg.rok⁻¹.ha⁻¹), kdy na vyšší hodnotu odnosu dusíku měl jarní tání, kdy průtoky ovlivňovala i přitékající voda povrchová. Hodnota 10 kg.rok⁻¹.ha⁻¹ je hraniční hodnotou mezi ztrátami zanedbatelnými a přiměřenými (Gergel et al., 1994). Na odnosu celkového anorganického dusíku z obou subpovodí se podílí dusičnanový dusík v jednotlivých letech v rozmezí 94,2% až 99,8%

Tab. č. 3: Přehled charakteristik ovlivňujících odnos čistého anorganického dusíku a hodnot odnosu čistého anorganického dusíku na povodí J1 a J2 pro období 1983-1985.

Vyhodnocované charakteristiky	Jednotky	1983	1984	1985
Roční srážkový úhrn	mm	571	692	840
Prům. roční průtok J1	l. s ⁻¹	1,4	1,2	2
Prům. roční průtok J2	l. s ⁻¹	1,5	1,6	2,13
Prům.roční konc. NO₃⁻ J1	mg. l ⁻¹	26,2	41,8	43,9
Prům.roční konc. NO₃⁻ J2	mg. l ⁻¹	28,4	42,2	51
Prům.roční konc. NH₄⁺ J1	mg. l ⁻¹	0,2	0,1	0,4
Prům.roční konc. NH₄⁺ J2	mg. l ⁻¹	0,2	0,2	0,9
Roční odnos celk. N J1	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	x	x	x
Roční odnos celk. N J2	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	x	x	x

Tab. č. 4: Přehled charakteristik ovlivňujících odnos čistého anorganického dusíku a hodnot odnosu čistého anorganického dusíku na povodí J1 a J2 pro období 2004-2008.

Vyhodnocované charakteristiky	Jednotky	2004	2005	2006	2007	2008
Roční srážkový úhrn	mm	406	781	723	929	671
Prům. roční průtok J1	l. s ⁻¹	1,6	3,3	3,8	3,1	3,9
Prům. roční průtok J2	l. s ⁻¹	2,5	4,6	4,3	2,5	3
Prům.roč. konc. NO₃⁻ J1	mg. l ⁻¹	27,7	20,4	21,9	21,1	15,6
Prům.roč. konc. NO₃⁻ J2	mg. l ⁻¹	16,8	13,2	13,3	11,8	8,1
Prům.roč. konc. NH₄⁺ J1	mg. l ⁻¹	0,08	0,07	0,05	0,02	0,02
Prům.roč. konc. NH₄⁺ J2	mg. l ⁻¹	0,1	0,07	0,05	0,02	0,03
Roční odnos celk. N J1	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	x	9,98	10,35	7,97	x
Roční odnos celk. N J2	kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	x	8,26	7,45	3,06	x

Vyhodnocení a porovnání jakosti vody

Vlivem přechodu ze zemědělsky využívaného území na zatravněnou plochu došlo ke snížení koncentrací všech sledovaných ukazatelů. Největší změny jsou patrné u dusičnanů a amonného iontu. Vyšší hodnoty v období 1983-1985 byly zapříčiněny kejdivým hnojením na tehdejší orné půdě, zatímco v období 2004-2008 zde byla již zatravněná plocha pastvin.

Tabulka č.5 : Pokles či nárůst hodnot sledovaných ukazatelů jakosti vody v období 1983-1985 a 2004-2008 pro obě povodí J1 a J2 v procentech.

	průměr	min	max	var. rozpětí	C₉₀
NO₃⁻	-57,1%	-43,4%	-69,6%	-90,2%	-62,7%
NO₂⁻	-16,7%	+300%	-52,4%	-60,0%	-24,5%
NH₄⁺	-85,9%	-50,0%	-94,6%	-99,5%	-83,1%
PO₄³⁻	-17,1%	+400%	-81,4%	-96,3%	-15,1%
Ca²⁺	-17,9%	+64,8%	-54,9%	-95,3%	-41,3%
Mg²⁺	-35,4%	+108,7%	-70,8%	-90,0%	-43,8%
K⁺	-29,2%	+55,6%	-73,1%	-96,1%	-54,4%
pH	+1,95%	+6,7%	-1,7%	-54,2%	-88,2%
CHSK_{Mn}	-51,7%	-66,7%	-62,2%	-88,7%	-52,3%

Tabulka č. 6: Základní statistické údaje pro hodnocené ukazatele jakosti na povodí J1 pro období 1983 – 1985

J1 (83-85)	Q [l. s⁻¹]	pH	CHSKMn [mg. l⁻¹]	NH₄⁺ [mg. l⁻¹]	NO₂⁻ [mg. l⁻¹]	NO₃⁻ [mg. l⁻¹]	PO₄³⁻ [mg. l⁻¹]	Ca²⁺ [mg. l⁻¹]	Mg²⁺ [mg. l⁻¹]	K⁺ [mg. l⁻¹]
minimum	0,600	5,850	0,300	0,010	0,001	9,200	0,010	12,340	3,010	1,000
maximum	9,480	7,460	13,450	5,370	0,168	86,200	0,760	55,470	20,800	16,200
průměr	1,556	6,561	3,126	0,249	0,022	37,741	0,128	21,821	7,098	3,698
var. rozpětí	1,898	0,000	6,652	0,531	0,001	244,863	0,013	103,231	11,524	5,349
C₉₀	2,978	0,000	5,327	0,460	0,059	57,898	0,219	33,946	10,723	5,800

Tabulka č. 7: Základní statistické údaje pro hodnocené ukazatele jakosti na povodí J1 pro období 2004 – 2008

J1 (04-08)	Q [l.s⁻¹]	pH	CHSKMn [mg. l⁻¹]	NH₄⁺ [mg. l⁻¹]	NO₂⁻ [mg. l⁻¹]	NO₃⁻ [mg. l⁻¹]	PO₄³⁻ [mg. l⁻¹]	Ca²⁺ [mg. l⁻¹]	Mg²⁺ [mg. l⁻¹]	K⁺ [mg. l⁻¹]
minimum	0,200	6,320	0,050	0,005	0,002	6,360	0,025	14,500	3,000	1,600
maximum	101,521	7,300	12,800	0,316	0,152	35,000	0,380	28,000	7,700	6,800
průměr	3,270	6,706	1,900	0,047	0,023	21,227	0,123	18,195	4,512	2,670
var. rozpětí	33,286	0,039	3,758	0,004	0,001	53,949	0,005	6,825	1,123	0,631
C₉₀	5,286	6,884	3,314	0,095	0,053	30,000	0,191	22,000	6,100	3,100

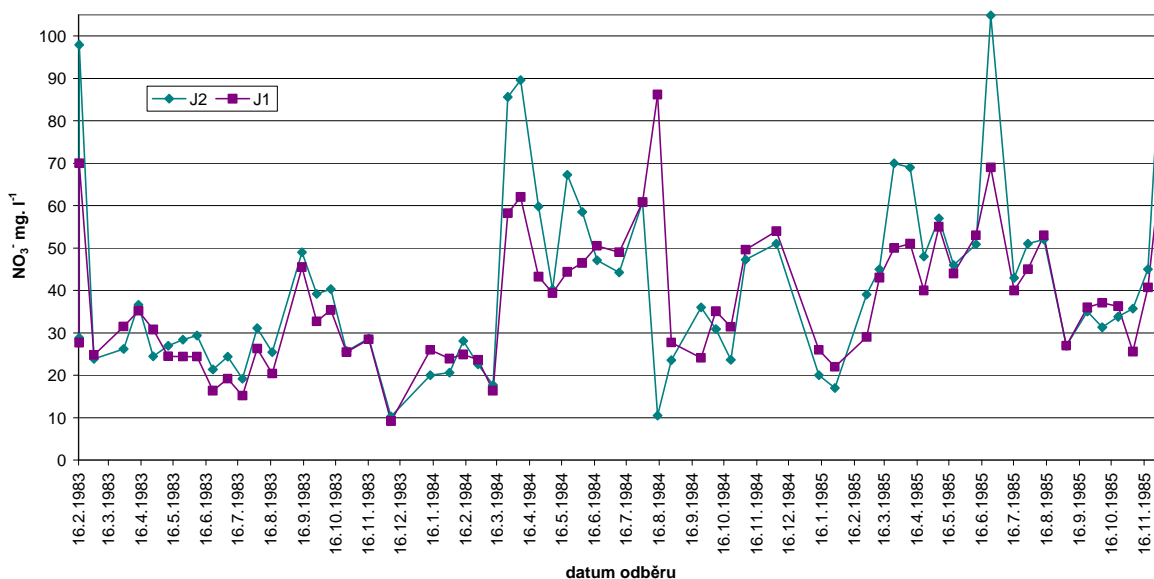
Tabulka č. 8: Základní statistické údaje pro hodnocené ukazatele jakosti na povodí J2 pro období 1983 – 1985

J2 (83-85)	Q [l. s⁻¹]	pH	CHSKMn [mg. l⁻¹]	NH₄⁺ [mg. l⁻¹]	NO₂⁻ [mg. l⁻¹]	NO₃⁻ [mg. l⁻¹]	PO₄³⁻ [mg. l⁻¹]	Ca²⁺ [mg. l⁻¹]	Mg²⁺ [mg. l⁻¹]	K⁺ [mg. l⁻¹]
minimum	0,290	6,120	0,500	0,010	0,001	10,300	0,010	5,800	0,200	1,700
maximum	13,660	7,500	54,290	5,840	0,429	104,800	3,640	59,770	20,920	41,900
průměr	1,770	6,751	5,760	0,457	0,044	41,095	0,216	23,134	7,310	7,045
var. rozpětí	4,251	0,155	79,830	1,063	0,004	471,765	0,230	136,065	14,260	50,662
C₉₀	3,298	7,402	9,845	0,717	0,100	68,827	0,278	41,697	11,110	14,980

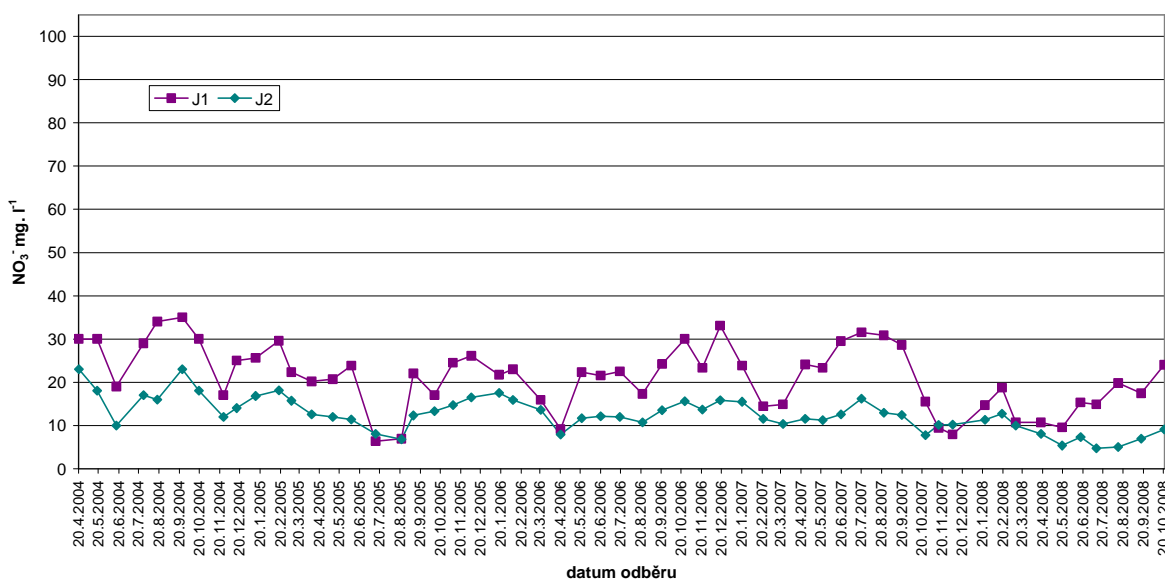
Tabulka č. 9: Základní statistické údaje pro hodnocené ukazatele jakosti na povodí J2 pro období 2004 – 2008

J2 (04-08)	Q [l. s⁻¹]	pH	CHSKMn [mg. l⁻¹]	NH₄⁺ [mg. l⁻¹]	NO₂⁻ [mg. l⁻¹]	NO₃⁻ [mg. l⁻¹]	PO₄³⁻ [mg. l⁻¹]	Ca²⁺ [mg. l⁻¹]	Mg²⁺ [mg. l⁻¹]	K⁺ [mg. l⁻¹]
minimum	0,200	6,450	0,050	0,005	0,006	4,680	0,075	15,400	3,700	2,600
maximum	166,300	7,400	12,800	0,290	0,132	23,000	0,440	24,000	4,500	8,800
průměr	3,481	6,875	2,404	0,052	0,030	12,578	0,172	18,709	4,791	4,928
var. rozpětí	73,776	0,032	5,988	0,004	0,001	15,896	0,004	4,352	1,461	1,538
C₉₀	5,381	7,050	3,916	0,104	0,067	17,300	0,231	22,400	6,180	6,380

Graf č. 1: Koncentrace dusičnanů pro období 1983 – 1985

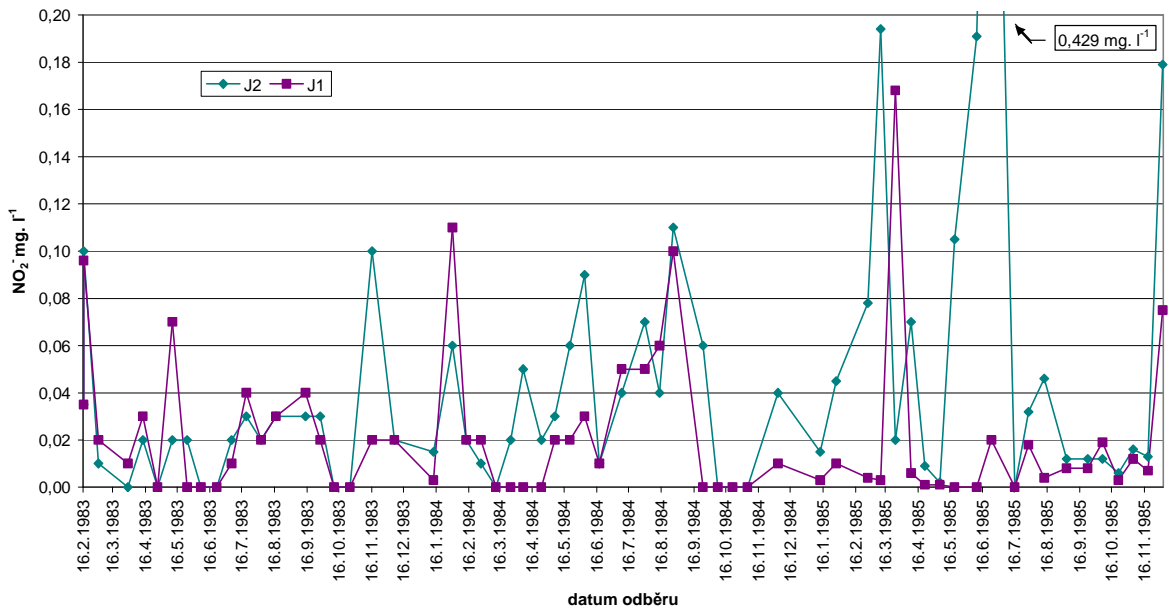


Graf č.2: Koncentrace dusičnanů pro období 2004-2008

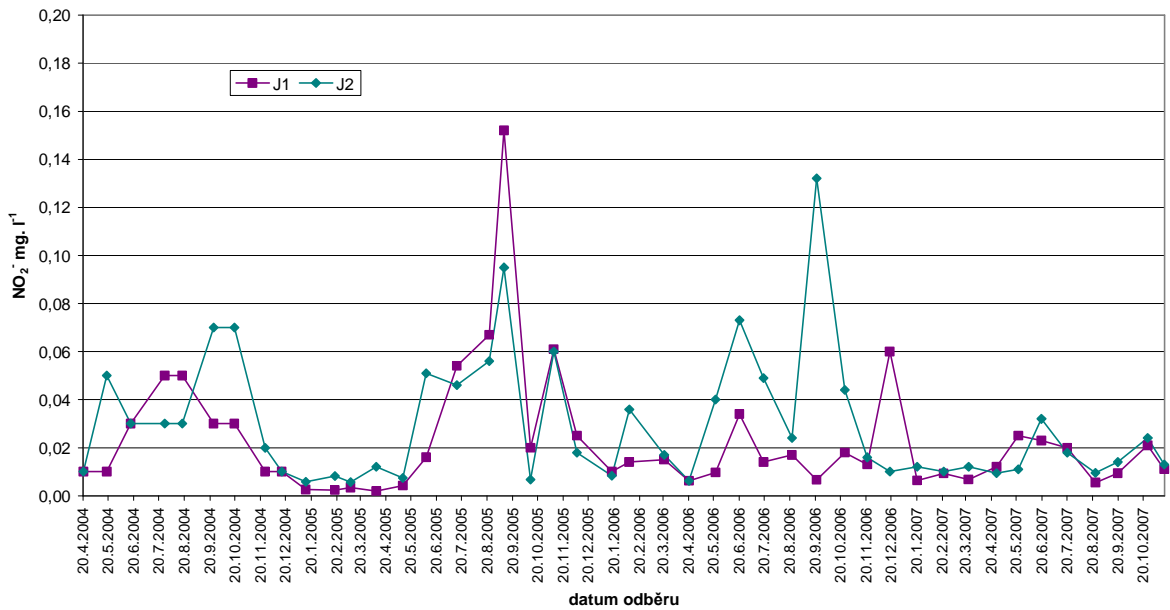


Z uvedených grafů je vidět, že koncentrace dusičnanů v posledních letech značně klesla. Zatímco v letech 1983-1985 byla nejvyšší zjištěná koncentrace $104,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NO}_3^-$, v období 2004-2008 už byl maximální obsah jen $35 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Průměrná hodnota obsahu dusičnanů v povodí klesla o 57,1%.

Graf č. 3: Koncentrace dusitanů pro období 1983 – 1985

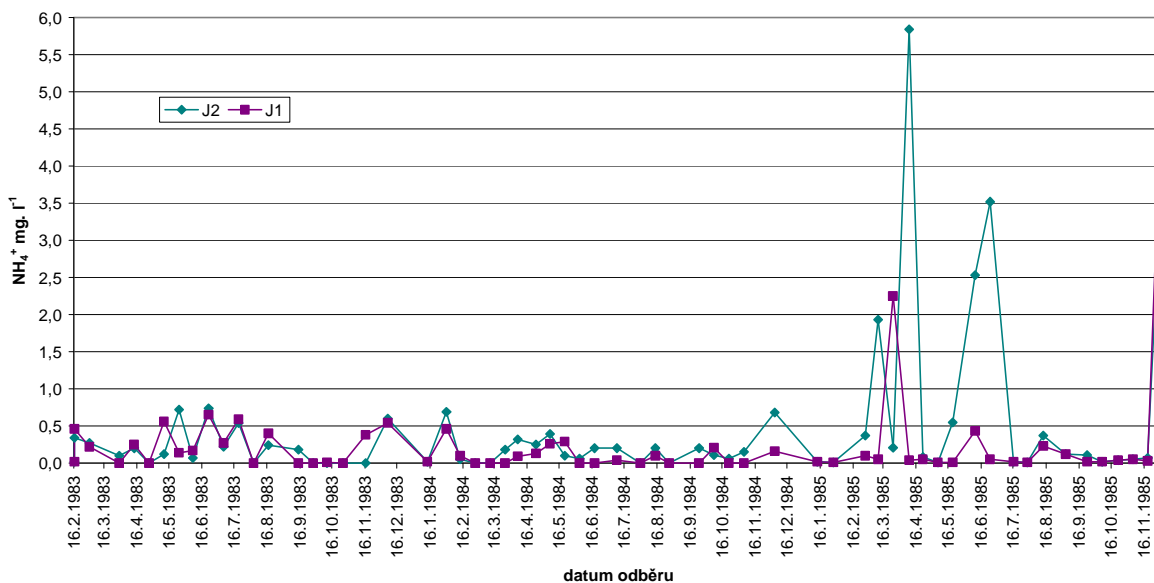


Graf č. 4: Koncentrace dusitanů pro období 2004 – 2008

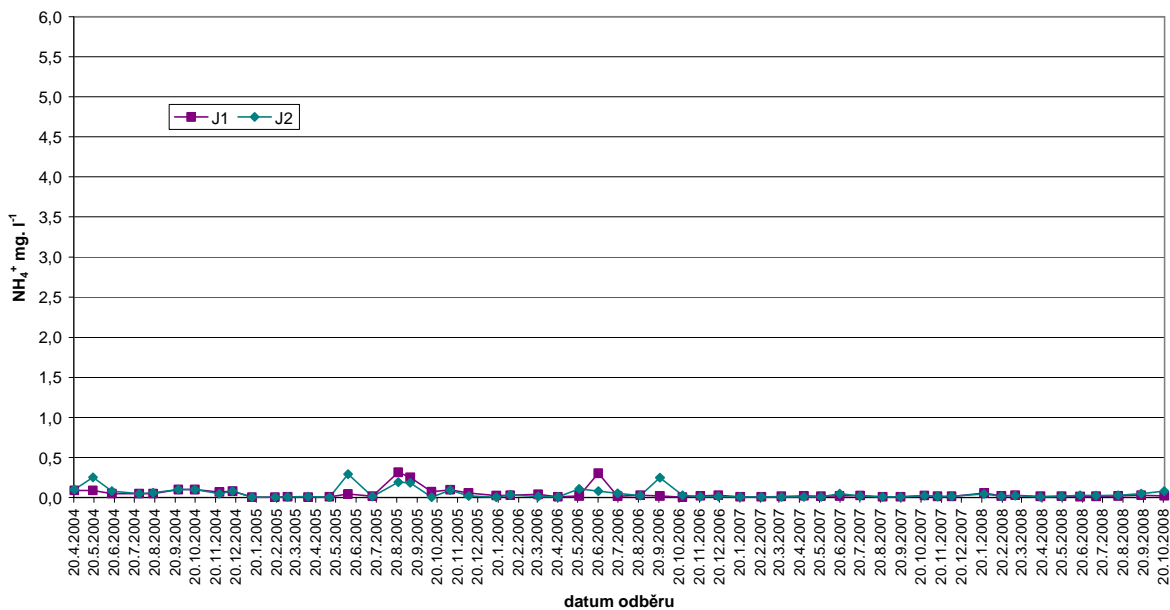


Hodnoty obsahu dusitanů jsou v obou obdobích rozkolísaná, avšak průměrná hodnota se pohybuje stále mezi 0,03 mg . l⁻¹ (období 1983 – 1985) a 0,025 mg . l⁻¹ (2004 – 2008). K žádné větší změně tedy nedošlo (pokles o 16,7 %).

Graf č. 5: Koncentrace amoniaku pro období 1983 – 1985

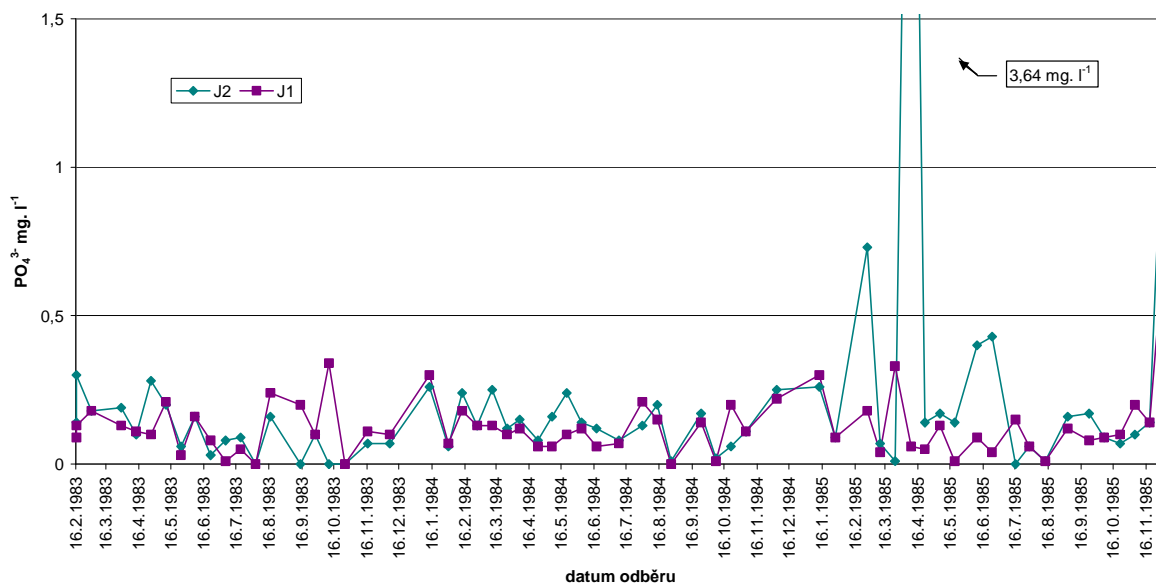


Graf č. 6: Koncentrace amoniaku pro období 2004 – 2008

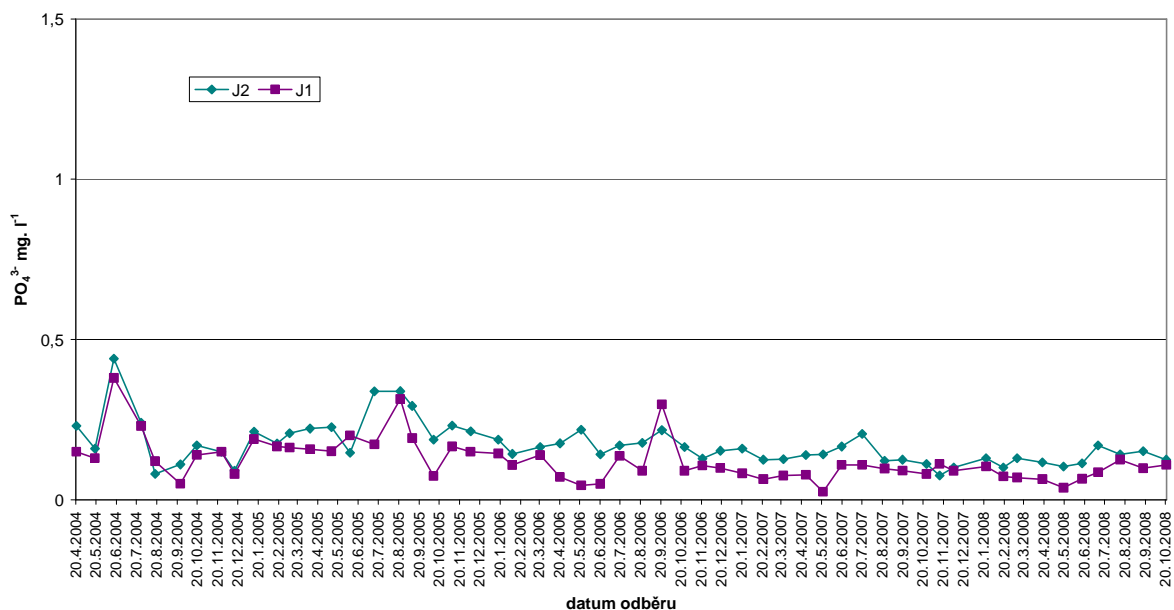


Průměrná hodnota koncentrace amoniaku klesla o 85,9 %, tedy nejvíce ze všech hodnocených ukazatelů. Nejvyšší dosažená hodnota je 5,84 mg . l⁻¹ v roce 1985, zatímco v období 2004 – 2008 byla maximální hodnota 0,316 mg . l⁻¹. Nyní se obsah amoniaku pohybuje kolem průměrné hodnoty 0,05 mg . l⁻¹.

Graf č. 7: Koncentrace fosforečnanů pro období 1983 – 1985

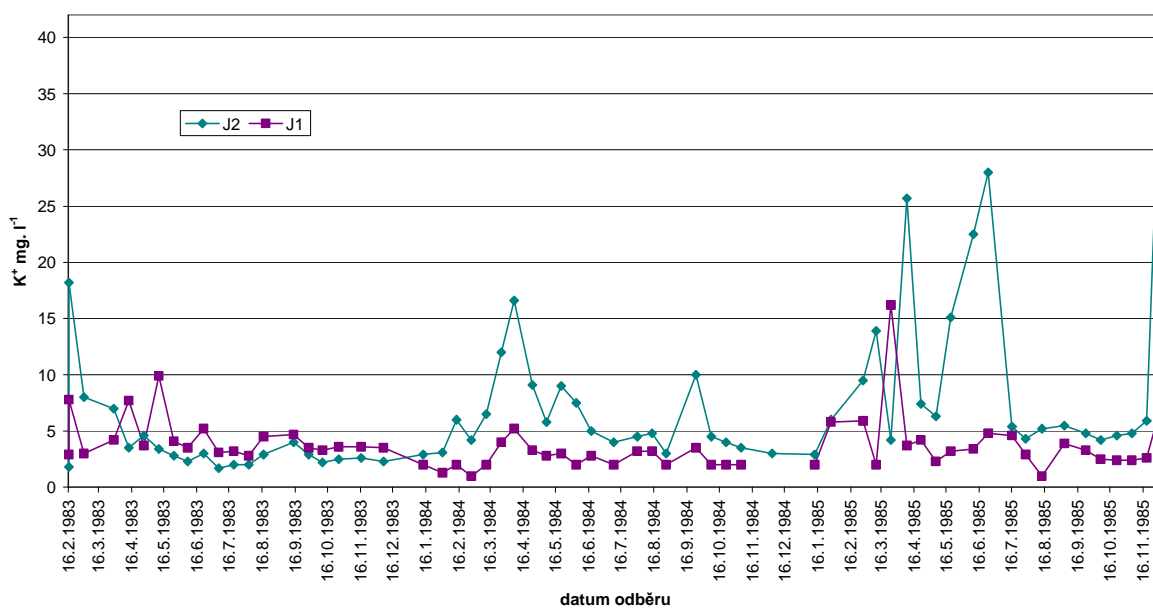


Graf č. 8: Koncentrace fosforečnanů pro období 2004 – 2008

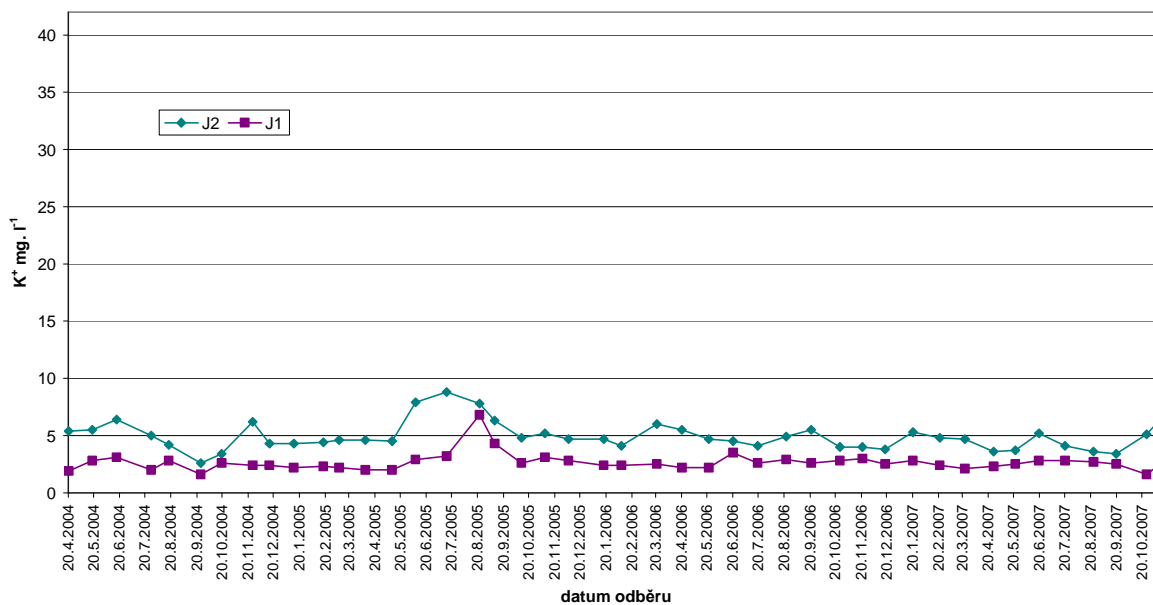


Z grafu je vidět, že průměrná hodnota koncentrace fosforečnanů mírně klesla (-17,1%) i když maximální hodnoty na obou povodích se snížily o 81,4 %, minimální naopak zvýšily o 400%. Došlo tak k ustálení koncentrace, maximum se pohybuje už jen kolem 0,4 $mg \cdot l^{-1}$.

Graf č. 9: Koncentrace draslíku pro období 1983 – 1985

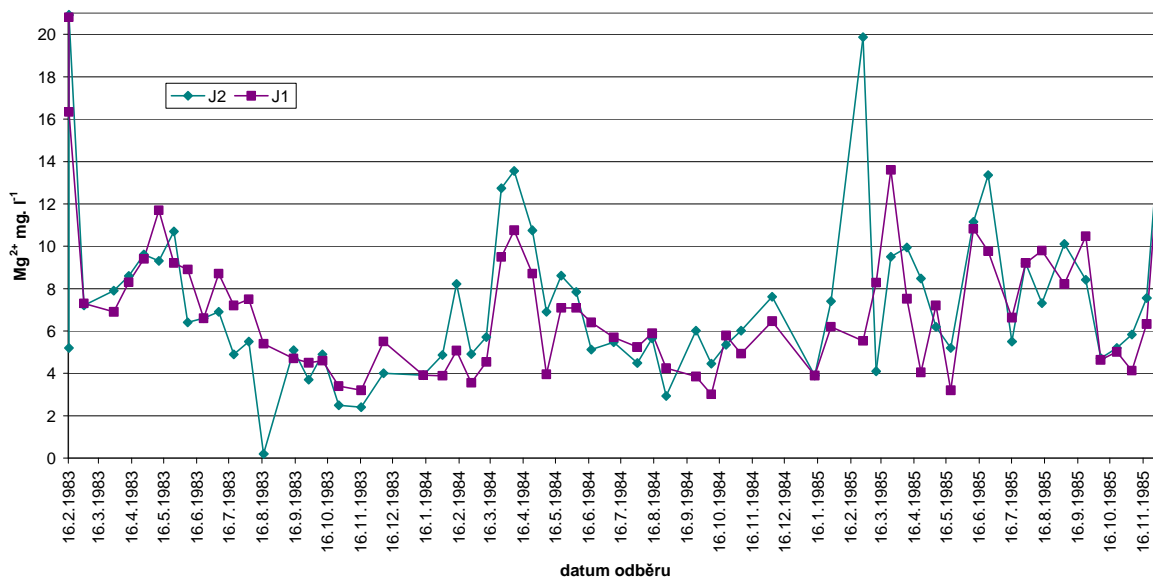


Graf č. 10: Koncentrace draslíku pro období 2004 – 2008

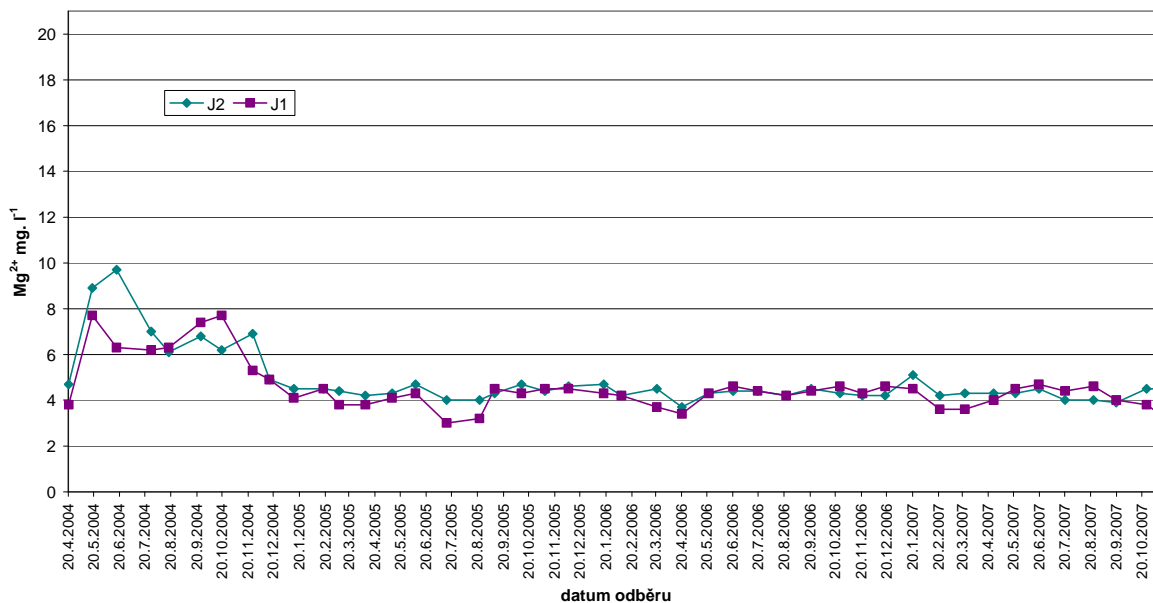


Průměrná hodnota draslíku klesla v druhém období o 29,2% na hodnotu 4,93 mg. l⁻¹. Na konci roku 1985 byla nejvyšší naměřená hodnota 41,9 mg. l⁻¹ na povodí J2 a 16,2 mg. l⁻¹ na povodí J1. Tyto maximální hodnoty klesly v letech 2004 – 2008 o 73,1 % (8,8 mg. l⁻¹ pro J2 a 6,8 mg. l⁻¹ pro J1).

Graf č. 11: Koncentrace hořčíku pro období 1983 – 1985

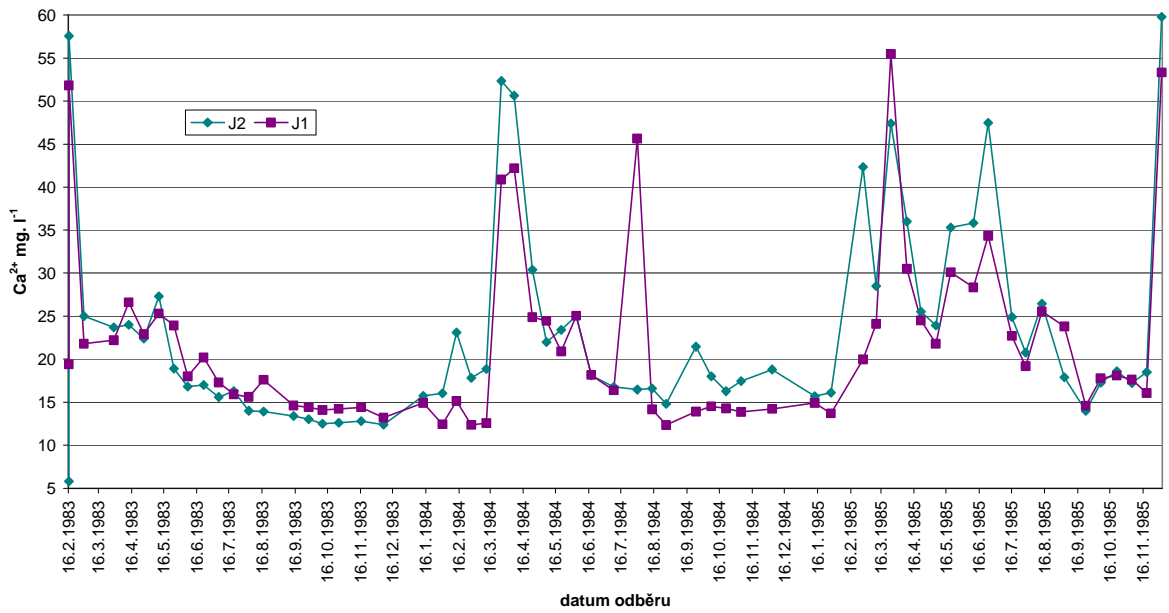


Graf č. 12: Koncentrace hořčíku pro období 2004 – 2008

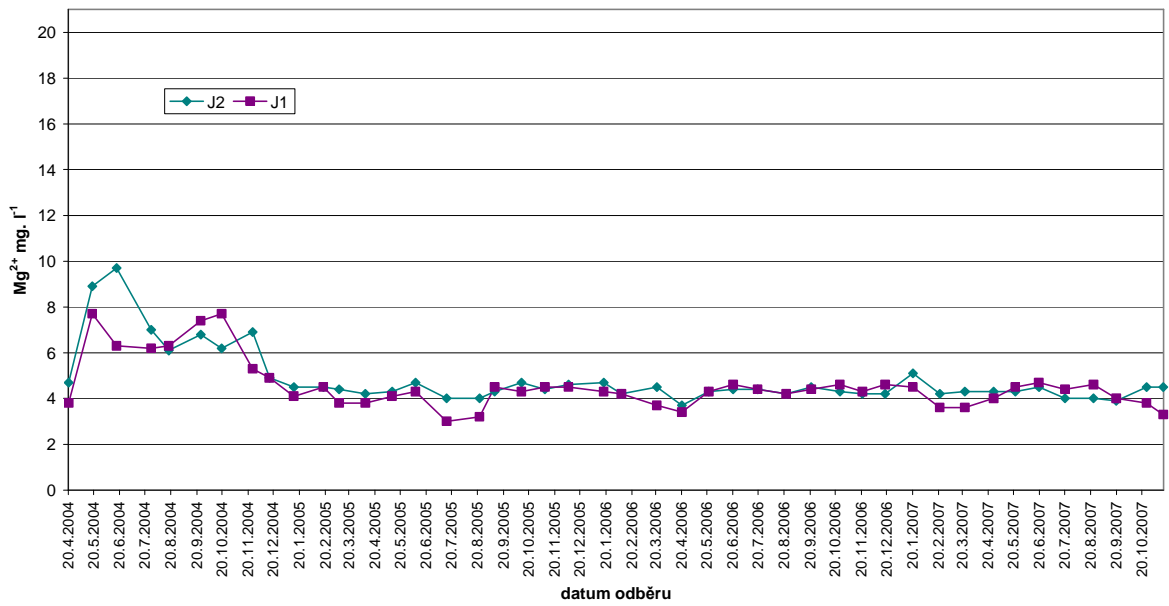


Značně rozkolísaná hladina obsahu hořčíku s nejvyšší zjištěnou hodnotou 20,92 mg · l⁻¹ významně poklesla na průměrnou hodnotu 4,65 mg · l⁻¹ (pokles o 35,4 %). Ke konci období 2004 – 2008 mají hodnoty klesavou tendenci a koncentrace se pohybují kolem 4 mg · l⁻¹.

Graf č. 13: Koncentrace vápníku pro období 1983 – 1985

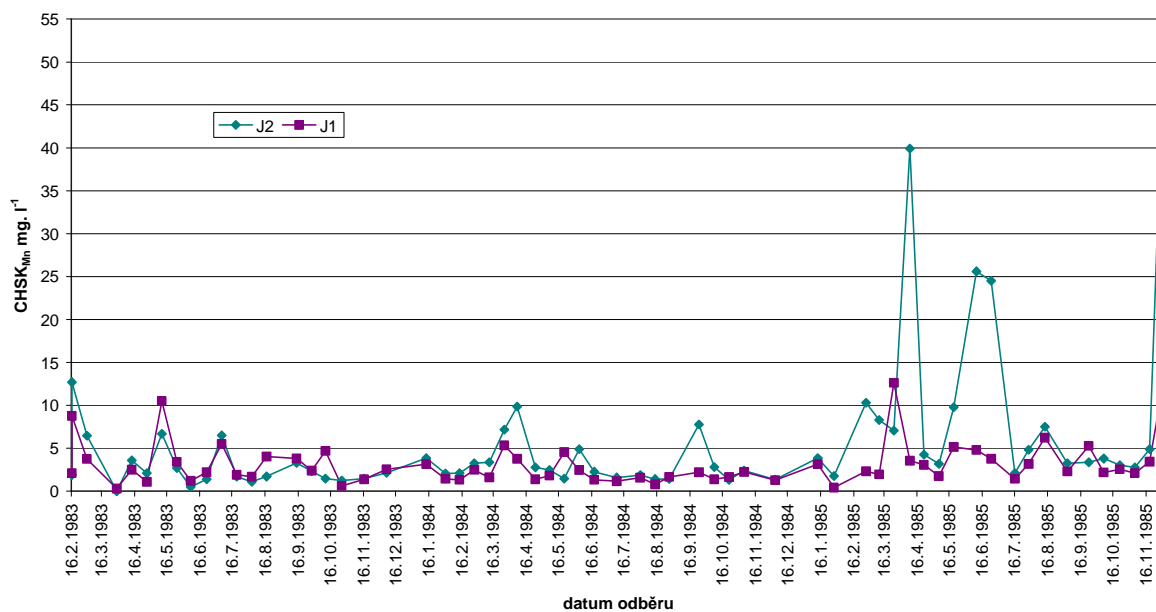


Graf č. 14: Koncentrace vápníku pro období 2004 – 2008

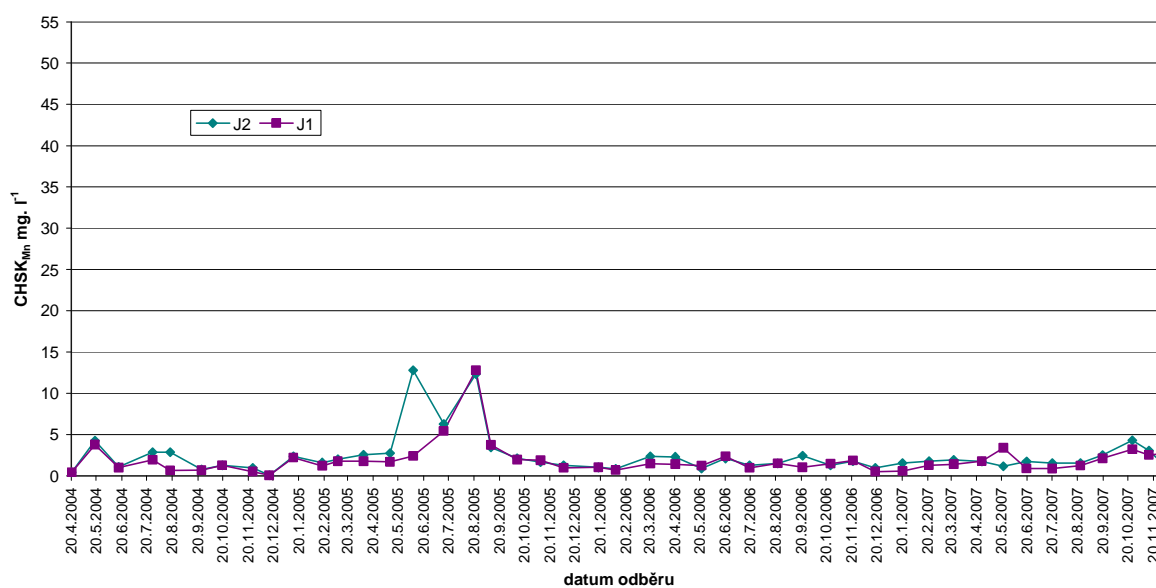


Z grafů je vidět, že obsah vápníku se v období 2004 – 2008 ustálil a pohybuje se kolem průměrné hodnoty 18,46 mg . l⁻¹, zatímco v letech 1983-1985 dosáhla koncentrace vápníku až 59,77 mg . l⁻¹, což je maximální dosažená hodnota pro povodí J2.

Graf č. 15: Chemická spotřeba kyslíku pro období 1983 - 1985

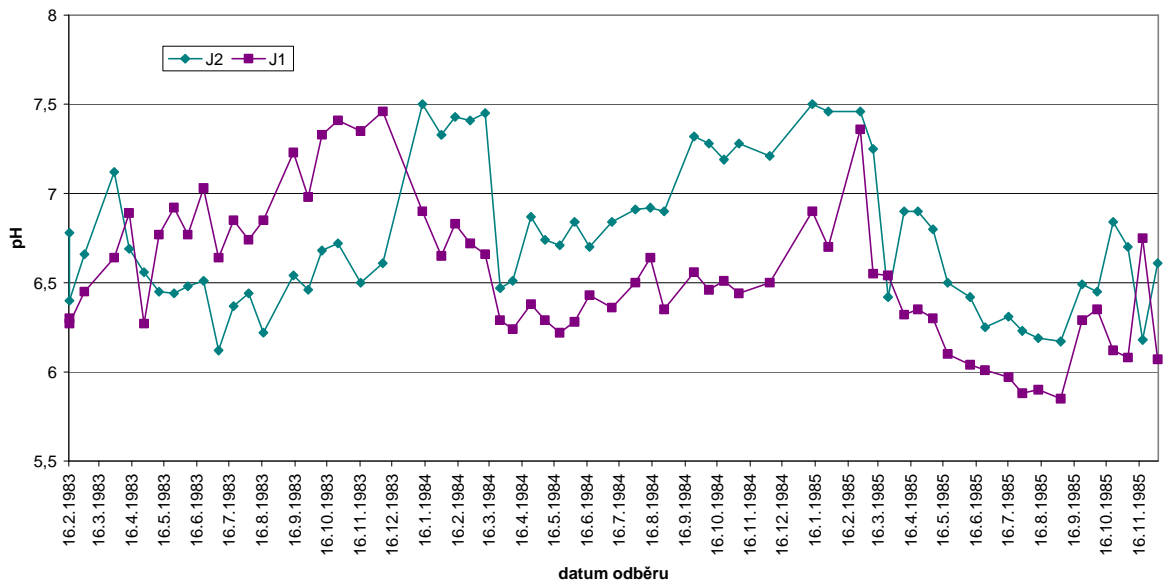


Graf č. 16: Chemická spotřeba kyslíku pro období 2004 – 2008

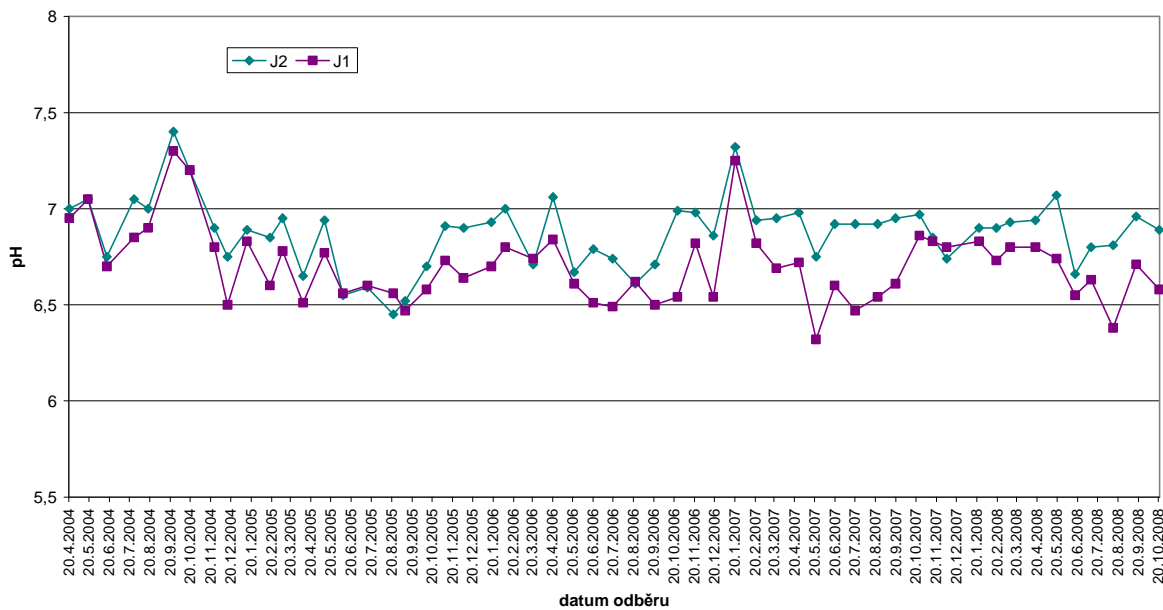


Průměrná chemická spotřeba kyslíku klesla o více jak polovinu (51,7%).

Graf č. 17: Hodnoty pH pro období 1983 – 1985



Graf č. 18: Hodnoty pH pro období 2004 – 2008



V hodnotách pH nedošlo mezi obdobími k žádným velkým změnám, hodnoty se pohybují stále kolem 6 – 7.

Dusičnany

Jakost vody v letech 2004-2008 na profilech náleží do III. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221. Koncentrace dusičnanů poklesla v průměru o 57,1% (Tab. č. 5). Maximální zjištěná hodnota koncentrace dusičnanů $104,8 \text{ mg.l}^{-1}$ se vyskytla v červnu roku 1985 na profilu J2, v letech 2004-2008 bylo zaznamenáno maximum 35 mg.l^{-1} (viz Tab. č 7 a 8). V maximální koncentraci se dusičnany vyskytují v zimním období, kdy se vyluhují z půdy. Ve vegetačním období jsou naopak z vody odčerpávány vegetací. Záleží také na způsobu obdělávání. Vliv zatrávnění a značný pokles je vidět na grafu z období let 2004-2008 (Graf. č. 1 a 2).

Dusitany

Nehodnotíme podle ČSN 75 7221. Průměrné hodnoty dusitanů jsou v obou sledovaných obdobích téměř neměnné, což je vidět i z grafů č. 3 a 4. Došlo k poklesu o pouhých 16,7%, to je nejméně ze všech hodnocených ukazatelů (viz Tab. č. 5). Extrémní hodnoty bylo dosaženo v červnu 1985, kdy dosáhla koncentrace hodnoty $0,429 \text{ mg.l}^{-1}$ (Graf. č. 3). Jinak se dusitany vyskytují v nízkých koncentracích díky jejich nestálosti. Celková téměř neznatelně vyšší koncentrace v prvním období 1983-1985 byla způsobena fekálním znečištěním používáním kejdrových hnojiv. Po přechodu na zatrávnění se koncentrace mírně snížily.

Amonné ionty

Jakost vody v letech 2004-2008 náleží do I. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221 (méně než $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$). Změna celkového systému hospodaření (hnojení, transformace orných půd na travní ekosystémy, pastvu) se nejvýrazněji projevilo právě u amoného iontu (průměrná hodnota poklesla o 85,9%, viz Tab.č. 5). Koncentrace amoného iontu významně ovlivnila v prvním období aplikace hnojiv, především kejdy. Po zatrávnění jsou hodnoty nízké bez výrazných výkyvů. Extrémní výkyv hodnot v dubnu 1985 (Graf č. 5) mohl být způsoben například rozkladem organické hmoty (např. uhynutí živočicha v drenážním systému).

Fosforečnany

Fosforečnany se neklasifikují dle ČSN 75 7221 (klasifikuje se pouze celkový fosfor). Průměrné hodnoty fosforečnanového iontu jsou po zatravnění téměř stejně vysoké na odběrném profilu (J1) a mírně nižší na odběrném profilu (J2) (Tab. č. 6, 7, 8, 9). Došlo k poklesu jen o 17,1%. Toto nastalo nejpravděpodobněji díky pevné vazbě fosforečnanového iontu na půdu a pasením dobytka na pastvinách a tím následným zatěžováním půdy přítomností krmiště a napaječek. Málo pohyblivé fosforečnany jsou ve vazbě s vápníkem, železem, hořčíkem. Fosfor se do vody dostává z kanalizace, hnojiště, promýváním půdy, odnosem půdních koloidů atd.

Vápník

Jakost vody v letech 2004-2008 v obou profilech náleží do I. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221. Hodnoty jsou na obou mikropovodích téměř shodné jak v období 1983-1985, tak i v letech 2004-2008, došlo k mírnému poklesu o 17,9% (Tab. č. 5). Provedené odvodnění a následné meliorační vápnění pravděpodobně ovlivnilo hodnoty vápníku v prvním sledovaném období. Rozdíly v jednotlivých letech byly dány vlivem pěstované plodiny: ozimé obiloviny, kukuřice a jarní obiloviny. Snížení koncentrací vápníku po zatravnění je méně výrazné, než například u dusičnanů a amonných iontů.

Draslík

Draslík nelze klasifikovat dle ČSN 75 7221. Průměrná hodnota poklesla o 29,2% s tím, že na povodí J2 byla koncentrace v obou obdobích téměř o polovinu vyšší. Hodnoty vyskytující se na odběrných profilech a jejich kolísání v prvním období nepředstavují významné zatížení povrchových vod a vliv na tyto koncentrace draslíku, kdy byla plocha využívána jako orná půda mělo hnojení hnojiv s obsahem draslík.

Hořčík

Jakost vody v letech 2004-08 v obou profilech náleží do I. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221. Současné průměrné hodnoty koncentrací hořčíku poklesly po zatravnění o 35,4% oproti hodnotám z let 1983-1985 na obou profilech. Rozkolísané hodnoty v prvním období odpovídají hospodaření na pozemku a to pěstováním kukuřice, hnojením a orbou. Po zatravnění jsou hodnoty značně nižší a viditelně ustálené (viz Graf č. 11 a 12).

CHSK_{Mn}

Jakost vody v letech 2004-2008 v obou profilech náleží do II. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221. Celková průměrná hodnota ukazatele CHSK_{Mn} výrazně poklesla vlivem dřívějšího systému hnojení kejdou, který byl dříve používán a následným přechodem na zatravněné pastviny. Extrémně vysoké hodnoty nastaly po aplikaci kejdy, kdy došlo k rychlému průsaku hnojiva do drenážního systému. Po zatravnění jsou hodnoty výrazně vyrovnanější, hnojení se již nepoužívá.

5. Závěr

Ze sledování prováděných na povodí Jenínského potoka vyplývá, že změna využití území jasně vedla ke zlepšení stavu jakosti vody. Omezením orby a hnojení a současným zatravněním došlo ke snížení koncentrací sledovaných ukazatelů, což se nejvíce projevilo u dusičnanů a amonných iontů poklesem průměrné koncentrace (o 57,1% dusičnany a 85,9% amonné ionty).

V posledních letech jsou hodnoty odnosu anorganického čistého dusíku nižší než 10 kg.rok⁻¹.ha⁻¹. Výjimku tvoří hydrologický rok 2006 (10,35 kg.rok⁻¹.ha⁻¹), kdy měly na vyšší hodnotu odnosu dusíku vliv extrémní průtoky během jarního tání. To potvrzuje pozitivní vliv zatravnění na snižování odnosu dusíku z povodí.

Minimální hodnoty koncentrací téměř všech ukazatelů se zvýšily, zatímco maximální hodnoty se snížily. Obě hodnoty se snížily pouze u dusičnanů, amonných iontů a chemické spotřeby kyslíku. Jediná hodnota pH se mírně zvýšila, ale stále zůstává v rozmezí 6 – 7.

Koncentrace dusičnanů se pohybují na nízkých hodnotách, u profilu J2 náleží do II. třídy jakosti vod a hodnota u profilu J1 se nachází v intervalu III. třídy jakosti vody. Koncentrace amonných iontů patří do I. třídy jakosti vody. Toto je způsobeno nízkou intenzitou zemědělské činnosti na povodích .

Jelikož se povodí Jenínský potoka nachází v Šumavském podhůří, lze výsledky této práce zobecnit na podobná v posledních dvou desetiletích zatravněná povodí v oblasti Šumavy.

6. Použitá literatura

1. BULÍČEK, J. et al. *Voda v zemědělství*. 1. vyd. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1977. 291 s.
2. ČSN 757221 : *Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod*. [s.l.] : [s.n.], 1998. 10 s.
3. EHRLICH, P., GERGEL, J., HUML, J., KAŠÁK, J., BROUČKOVÁ, M. *Studie o stavu hydrografické sítě v části povodí řeky Vltavy 1993 – 1994*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, České Budějovice, 1994.
4. FUKSA, J. K. *Doporučené techniky odběru vzorků a jejich transport do laboratoří*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1995. 56 s.
5. FUKSA, J. K. *Příručka pro vzorkování vody a vodního prostředí*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2003. 94 s.
6. GERGEL, J., JINDRA, J., SOUKUP, M., STARAJ, J. *Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí : Metodika 12/1994*. 2. dopl. vyd. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1994. 26 s.
7. GRÜNWALD, A. *Hydrochemie*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1993. 176 s.
8. HARTOG, N., GRIFFIOEN, J. *The response of aquifer sediments to nitrate exposure: Biochemical controls on denitrification potential*. France, Nice : European geophysical society, 2003.
9. HÄUSLER, J. *Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod : Díl II. Mikrobiologický rozbor vod*. Praha : Ministerstvo zemědělství České republiky, 1994. 164 s.

10. HELLAWELL, J.M. *Biological indicators of freshwater pollution and enviromental management*. 1. vyd. UK : Elsevier applied science publishers LTD, 1986. 5 s.
11. KVÍTEK, T. et al. *Uplatnění systému alternativního managementu ochrany půdy a vody v krajině*. 1. vyd. Praha : VÚMOP, 2005. 90 s.
12. KVÍTEK, T. et al. *Zásady managementu využívání zón diferencované ochrany trvalými travními porosty v povodí vodárenských nádrží*. 1. vyd. Praha : VÚMOP, 2004. 59 s.
13. NJOS, A. *Future land utilization land management for sustainable crop production*. Soil and Till, 1994. 357 s.
14. PAČES, T. *Voda a Země*. Miroslava Škvařilová. 1. vyd. Praha : Academia nakladatelství Československé akademie věd, 1982. 176 s.
15. PITTER, P., SLÁDEČEK , V., GRÜNWARD, A. *Hydrochemie, obecná technologie vody a hydrobiologie*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1977. 129 s.
16. PITTER, P. *Hydrochemické tabulky*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1987. 320 s.
17. PITTER, P. *Hydrochemie*. Eva Dubiszová. 3. přeprac. vyd. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 1999. 568 s.
18. ŘÍHA, J., LAVÍNEK, P. *Jakost vody v povodí*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2004. 209 s.
19. ŠIMEK, M.. *Základy nauky o půdě: 3. biologické procesy a cykly prvků*. 1. vyd. České Budějovice: Biologická fakulta JU, 2003. 151 s.
20. TLAPÁK, V., KRATOCHVÍL , S. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Brno : Vysoká škola zemědělská, 1982. 152 s.

21. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, V., LEGÁT, V. *Voda v zemědělské krajině*. Praha : Nakladatelství Brázda, 1992. 318 s.
22. VAGSTAD, N., STALNACKE, P., ANDERSEN, H., E., DEELSTRA, J., JANSON, V., KYLLMAR, K., LOIGU, E., REKOLAINEN, S., TUMAV, R. et al. *Regional variations in diffuse nitrogen losses from agriculture in the Nordic and Baltic regions*. Hydrology and Earth System Science, 2004. 662 s.
23. ZÁKON č. 254/2001 *O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*
24. ŽÁČEK, L. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno : VUT v Brně Nakladatelství VUTIUM, 1998. 80 s.