

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVÍCÍCH**

Zemědělská fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Petr Levinský

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVÍCÍCH

Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů na
povodí Jenínského toku**

*The evaluation of water quality and runoff conditions of
the Jeninsky stream catchment*

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek

Autor:

Petr Levinský

2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr LEVINSKÝ**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů na povodí Jenínského toku.**

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

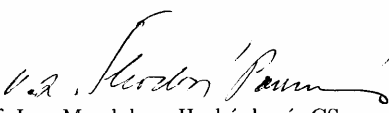
Cílem práce je vyhodnocení dlouhodobých dat průtoků a jakosti vody na povodí Jenínského toku.

1. Porovnání dat naměřených ultrazvukovým měřičem a přímým měřením.
2. Očištění a vyhodnocení dlouhodobých řad průtoků.
3. Provedení separace odtoku vody na datech z jednotlivých profilů.
4. Vyhodnocení jakosti vody v závislosti na průtocích (celkový, základní odtok a odnosy).
5. Posouzení vlivu různého druhu odvodnění na jakost vody ve sledovaných subpovodích.

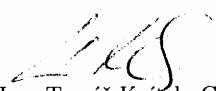
Rozsah práce: 50 stran
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Kemel, M.: Hydrologie. ČVÚT Praha, Praha, 1994
Jůva, K., a kol.: Odvodňování zemědělské půdy, SZN Praha, 1987
Gergel, J. a kol.: Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocení kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Metodika 12/1994
Časopis Soil and water a další
Manuál pro práci s OCM Pro

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek
Katedra pozemkových úprav
Datum zadání diplomové práce: 28. března 2006
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008


prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2006

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů na povodí Jenínského toku vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité 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, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Nymburce 25. 4. 2009

.....
podpis

Poděkování

Za vedení, připomínky, dodaná data a návrhy při zpracování práce děkuji Ing. Pavlu Žlábkovi.

ANOTACE

Diplomová práce Vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů na povodí Jenínského toku se zabývá klasifikací vybraných ukazatelů hydrochemických charakteristik v souvislosti měřených průtoků pro hydrologický rok 2007. Toto povodí, nacházející se v podhůří Šumavy v blízkosti rakouských hranic, se převážně využívá k extenzivní pastvě. Dělí se na dvě subpovodí označené jako J1 a J2 o rozloze 47 respektive 55 hektarů, které jsou odvodňovány drenáží. Na uzávěrových profilech těchto mikropovodí se vyhodnocují výše uvedené ukazatele a to základními statickými metody.

Průtoky se měřily pomocí ultrazvukového měřiče, který nám přinášel denní průměrné hodnoty. Ty vykazovaly celkem vyrovnaný průběh s občasnými výkyvy vlivem atmosférických depozic.

Vzorky vody pro analýzu jakostních ukazatelů byly odebírány v přibližném měsíčním intervalu a vyhodnocovány podle ČSN 757211. Jejich hodnoty spadaly většinou do I. a II. třídy jakosti, nejhůře do IV. třídy.

Klíčová slova: povodí, vyhodnocení hodnot, průtok, jakost vody, třída jakosti

ANOTATION

Diploma work The evaluation of water quality and runoff conditions of the Jeninsky stream catchment deals with the classification of chosen indicators of hydrochemical characteristics in the context of the measured discharges in hydrological year 2007. This catchment, located at foothill of Sumava Mountains near the Austrian border, is mainly used for extensive agriculture (pasture). This catchment is divided into two subcatchment J1 and J2, the area of 47 and 55 hectares, which are drained by tile drainage. The indicators were measured on two closure profiles and they were evaluated by basic statistic methods.

Discharges were countinously measured by ultrasound sensors. The values were balanced with occasional variations due to atmospheric depositions.

Water samples for analysis of chosen indicators have been taken in the approximate monthly and evaluated according to CSN 757211 (czech standard for water classification). The values belong mainly to I. and II. class, the worst in IV. class.

Key words: catchment, evaluation values, discharge, water duality, class

OBSAH:

1. ÚVOD.....	10
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	12
2.1 Koloběh vody.....	12
2.1.1 Hydrologická bilance.....	12
2.1.2 Hydrologický rok.....	14
2.2 Povodí.....	14
2.2.1 Geometrické vlastnosti povodí.....	15
2.2.2 Fyzicko-geologické vlastnosti povodí.....	16
2.2.3 Hustota říční sítě.....	17
2.3 Odtok vody z povodí.....	18
2.3.1 Povrchový odtok.....	18
2.3.2 Hypodermický odtok.....	19
2.3.3 Podzemní odtok.....	19
2.3.4 Přímý a základní odtok.....	19
2.3.5 Měření povrchového odtoku.....	20
2.3.5.1 Měření průtoku.....	20
2.4 Odvodňování.....	20
2.4.1 Účinky odvodňování.....	21
2.4.1.1 Fyzikální účinky odvodňování.....	21
2.4.1.2 Účinky biochemické a biologické.....	21
2.4.2 Způsoby odvodňování.....	22
2.4.3 Vliv na kvalitu vody.....	23
2.5 Jakost vody.....	24
2.5.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vody.....	24
2.5.1.1 Struktura vody.....	24
2.5.1.2 Rozpustnost kapalin, tuhých látek a plynů ve vodě...25	
2.5.1.3 Vodivost.....	26

2.5.1.4	pH.....	26
2.5.1.5	Organoleptické vlastnosti vody.....	27
2.5.2	Rozpuštěné a nerozpuštěné látky.....	30
2.5.3	Amoniak a amonné ionty.....	31
2.5.4	Dusičnany.....	32
2.5.5	Odběr vzorků.....	34
2.5.5.1	Četnost odběrů.....	36
3.	CÍL PRÁCE.....	37
4.	MATERIÁL.....	38
4.1	Popis zájmového území.....	38
4.2	Klimatické charakteristiky.....	38
4.3	Geomorfologické a geologické charakteristiky.....	40
4.4	Pedologické charakteristiky.....	41
4.5	Hydrologické charakteristiky.....	42
4.5.1	Odvodnění.....	43
5.	METODIKA PRÁCE.....	45
6.	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	49
6.1	Vyhodnocení průtoků.....	49
6.2	Separace odtoku vody.....	51
6.3	Vyhodnocení jakosti.....	52
6.3.1	Závislost na průtoku.....	52
6.3.2	Průběh jakosti během roku.....	58
6.3.3	Odnos látek.....	69
6.3.4	Vliv různého druhu odvodnění na jakost.....	71
7.	ZÁVĚR.....	72
8.	SEZNAM LITERATURY.....	74

1. ÚVOD

Voda je nejrozšířenější látkou na Zemi. Vyskytuje se v omezeném množství, které je prostorově i časově nerovnoměrně rozděleno. Nezbytným předpokladem pro zachování života na Zemi je její dostatečné množství a především jakost vody, tedy vody splňující podmínky pro její využití.

Problém vody, především její čistoty, se stal problémem globálním. Proto státní i mezinárodní dokumenty stále častěji zmiňují důležitost ochrany vody a jejích zdrojů. Typickým příkladem mezinárodní listiny je Evropská vodní charta, vyhlášená 6. května 1968 ve Strasbourgu. Její obsah lze shrnout do následujících bodů:

- I. Bez vody není života. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina.
- II. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto udržovat, chránit a podle možností rozhojňovat.
- III. Znečišťování vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům, závislým na vodě.
- IV. Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
- V. Pro vrácení použité vody do zdroje nesmí tato zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely.
- VI. Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
- VII. Vodní zdroje musí být zachovány.
- VIII. Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
- IX. Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
- X. Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinností každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
- XI. Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic.
- XII. Voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci.

Dodržením těchto zásad se dosáhne požadovaných cílů. Avšak v cestě nesmí stát překážky, jakými jsou především nešetrné zásahy v povodí, zapříčiňující negativní dopady, jeho znečištění. Jen dlouhodobějším sledováním a výzkumem se zjistí charakter působení člověka na krajinu. Vyhodnocením, návrhem a provedením nápravných opatření tento „projekt“ končí.

V tomto duchu vznikají na našem území experimentální povodí, jakým je i povodí Jenínského toku. Touto prací bych chtěl navázat na tento výzkum, zabývající se vlivem zemědělské činnosti na jakost vody před a po provedeném odvodnění, probíhající již od 80. let minulého století. Doufám, že výsledky této práce napomohou při zkoumání a vyhodnocování v dalších letech.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Koloběh vody

Pro vodu na Zemi je charakteristický její neustálý oběh, spojený se změnou skupenství (Šilar, 1996). Koloběh vody je podmínkou vyrovnaného stavu vody v přírodě. Jedná se o nepřetržitý uzavřený proces vodní cirkulace na zeměkouli, jehož hnací silou je sluneční záření a zemská gravitace (Hlavínek, Říha, 2004).

Působením tepla se voda vypařuje a přechází do ovzduší jako vodní pára. Kondenzací vodních par v ovzduší vznikají srážky různých skupenství (déšť, rosa, kroupy, sníh), které spadnou zpět do oceánů, moří a na pevninu. Část vody se vypaří, část se vsákne do půdy a část odteče po povrchu. Určitý podíl vody vsáklé do půdy využije rostlinstvo, část vytváří podpovrchové vody a zbytek odtéká formou povrchové vody soustředěné v bystřinách, potocích a řekách zpět do moří, tím se oběh uzavírá (Kvítek, 2006).

Rozeznáváme dva oběhy v přírodě, které jsou založeny na stejném, shora uvedeném principu. Při malém oběhu se uskutečňuje výměna vody pouze nad mořem a s ohledem na rozsáhlé vodní plochy, čistotu ovzduší a sluneční záření je tento oběh nejméně intenzivní. Při velkém oběhu dochází k výměně vody mezi mořem a pevninou v důsledku činnosti větru a oběh je už méně intenzivní (Sommer, 1973).

Na malé části Země existují také tzv. bezodtoké oblasti, ze kterých voda do světového oceánu neodtéká. Množství vody v hydrosféře zůstává prakticky konstantní. Znamená to, že celkový výpar na Zemi je roven objemu srážek, které na ni vypadly:

$$V_P + V_O = H_{SP} + H_{SO} \quad V_P + V_O = H_{SP} + H_{SO}$$

kde $V_P, /V_O/$ - výpar na pevnině, /oceánu/

$H_{SP}, /H_{SO}/$ - srážky vypadlé na pevnině, /na hladinu oceánu/ (Kemel, 1994)

2.1.1 Hydrologická bilance

Vztahy mezi jednotlivými složkami hydrologického cyklu lze vyjádřit kvantitativně tzv. hydrologickou bilancí jako množství vody, které těmito složkami prochází. Hydrologická bilance se stanoví pro určitý prostor a čas.

Prostorem, k němuž vztahujeme hydrologickou bilanci, může být jakékoliv území (např. území mapového listu, správní území (např. okres) nebo orografický celek (např. orografické povodí)). Nejčastěji se hydrologická bilance stanoví pro orografické povodí, což má výhodu, že území je hydrologicky uzavřeným celkem, v němž lze snadněji vyšetřit vztahy mezi srážkami a odtokem (Šilar, 1996).

Všechny členy rovnic musí být stanoveny vždy za stejné časové období. Čím kratší období pro stanovení bilanční rovnice, tím těžší je stanovit homogenitu jednotlivých členů rovnice ve větších povodích. Pro velmi malá povodí můžeme spolehlivě stanovit bilanční rovnici i za jeden den (Sommer, 1973).

Obsah vodní bilance a způsob jejího stanovení upravuje v souladu s vodním zákonem č. 254/2001 Sb. vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb. Hydrologickou bilanci sestavuje Český hydrometeorologický ústav. Regionální vodohospodářskou bilanci zabezpečují správci povodí, tzn. státní podniky Povodí (Blažek, 2006).

Základní tvar bilanční rovnice je:

$$S = O_v + O_p + O_z + O_s + V_p + V_r + V_t + V_v \pm \gamma \pm n \pm o \pm \alpha \pm \beta$$

kde:

S – atmosférické srážky,

O_v - soustředěný povrchový odtok ve vodních korytech,

O_p - povrchový odtok nesoustředěný,

O_z - odtok podzemní vody (půdou),

O_s - odtok do hlubších vrstev, nevyskytující se na povrchu v daném území,

V_p - výpar z půdy,

V_r - výpar z povrchu rostlin (intercepce),

V_t - produktivní výpar rostlin (transpirace),

V_v - výpar z vodní hladiny,

γ - přírůstek nebo úbytek podpovrchové a podzemní vody,

n - přírůstek nebo úbytek vody v nádržích,

o - přírůstek nebo úbytek vody v ovzduší,

α - přírůstek nebo úbytek vody v biomase rostlin,

β - přírůstek nebo úbytek vody v biomase živočichů.

Obvyklé vyjádření členů bilanční rovnice je v jednotkách výšky vodního sloupce. Složky o , α , β jsou kvantitativně zanedbatelné a obvykle je při bilancování neuvažujeme (Jonáš, 1990).

2.1.2 Hydrologický rok

Hydrologický rok je období 12 měsíců stanovené tak, aby sněhové srážky spadlé v tomto období v témže období otekly. V České republice a ostatních zemích střední Evropy začíná hydrologický rok 1. listopadu a končí 31. října následujícího kalendářního roku, jehož letopočtem se hydrologický rok označuje.

Zavedení hydrologického roku má výhody, že

1. srážky spadlé jako sníh začátkem zimy se dostanou s jarním odtokem do stejného bilančního období,
2. začátek i konec bilančního období spadá do ročního období obvykle s ustálenými srážkovými a odtokovými poměry, takže je pravděpodobné, že statistický objem vody v jednotlivých složkách hydrosféry zkoumaného území je na začátku hydrologického roku přibližně stejný jako na konci. To má význam pro sestavení bilanční rovnice (Šilar, 1996).

U vodohospodářů velmi často zjišťujeme chyby v tom, že při bilanci přebírají z publikací odtokové hodnoty vypočtené pro hydrologický rok (z hydrologických ročenek) a hodnoty srážek (ev. výparu) přebírají z klimatických publikací, kde jsou zásadně stanoveny pro občanský rok (Sommer, 1973).

2.2 Povodí

Hydrologické úlohy řešíme pro oblasti zemského povrchu, z nichž srážková voda stéká do určitého profilu na vodním toku a pro něž lze kvantitativně vyjádřit složky vodní bilance. Takové území nazýváme **povodím** a čáru, která je ohraničuje, **rozvodnicí**. Povodím tedy rozumíme vždy plochu území příslušející k určitému profilu vodního toku. Bez bližší specifikace profilu je povodím chápána celá plocha až po ústí daného toku do toku vyššího řádu (Krešl, 2001).

V územích s propustným povrchem zasahuje skutečné povodí toku za hranice orografického povodí, protože voda srážek se dostává do vodního toku i z území ležícího za rozvodnicí a to infiltrací a podzemními vodními cestami. Takové území nazýváme povodím podzemní vody (ČSN 73 6511) nebo povodím geologickým nebo hydrogeologickým. K jeho vymezení je zapotřebí znát geologickou stavbu území.

V hydrologických výpočtech se většinou vychází z povodí orografického. V územích s propustným povrchem, zejména v územích krasových, a v případech, kdy záleží na přesném zjištění podzemního odtoku, je však třeba uvážit i možnost podzemního přítoku a odtoku a je tedy třeba vycházet z geologického povodí (Šilar, 1996).

2.2.1 Geometrické vlastnosti povodí

Plocha povodí F je plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny. Udává se v [km^2]. Stanoví se planimetrováním z map v měřítku 1: 25 000, je-li zjištěna z jiných podkladů, musí být zvlášť uvedeno.

V odůvodněných případech se doporučuje, zejména u velmi malých povodí, ověření vykreslené rozvodnice pochůzkou v terénu, neboť často bývá průběh rozvodnice zjištěný z mapových podkladů odlišný od skutečnosti v důsledku umělých zásahů do povodí, např. rekonstrukce cestní sítě, odvodňovací soustavy, železniční tělesa aj. (Hrádek, Kuřík, 2008).

Tvar povodí patří mezi charakteristiky (spolu se sklonovými poměry povodí), které ovlivňují dobu, za kterou se soustředí voda z celé plochy povodí v uzavírajícím profilu povodí. Povodí bývá obvykle nejširší ve své střední části, směrem k prameništi se zužuje.

Tvar povodí lze vyjádřit součinitelem tvaru povodí α :

$$\alpha = \frac{B}{L_u} \quad B = \frac{F}{L_u}$$

α ... součinitel tvaru povodí

B ... střední šířka tvaru povodí

L_u ... délka údolnice

F ... plocha povodí

Podle hodnoty součinitele alfa se rozlišují povodí:

protáhlá	$\alpha < 0,24$
přechodného typu	$\alpha = 0,24 - 0,26$
vějířovitá	$\alpha > 0,26$

Z hlediska maximálních průtoků jsou nejméně příznivá povodí protáhlého tvaru (Kvítek, 2006).

2.2.2 Fyzicko-geografické vlastnosti povodí

Zeměpisná poloha povodí se uvádí zeměpisnými souřadnicemi (zeměpisná délka a šířka), mezi kterými se povodí rozkládá a zeměpisnými souřadnicemi uzavírajícího profilu povodí. Udává se rovněž poloha povodí vzhledem k význačným geomorfologickým útvarům (horským masivům). Podle zeměpisné polohy a geomorfologie povodí lze orientačně stanovit z příslušných podkladů základní klimatické charakteristiky povodí.

Orografické poměry povodí představují výškové a sklonové poměry povodí. Ovlivňují klimatické a meteorologické charakteristiky (teplotu vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu, výpar, sluneční záření, aj.). Sklonové poměry ovlivňují rovněž rychlost dobíhání vody do hlavního toku a uzavírajícího profilu povodí.

Z topografických (vrstevnicových) map se zjišťují následující charakteristiky:

- nadmořská výška uzavírajícího profilu povodí
- nejvyšší kóty v povodí (obvykle na rozvodnici) (Hrádek, Kuřík, 2008).

Geologické poměry se podílejí především mírou propustnosti hornin a jsou sekundárně určujícími pro charakteristiky půd.

Půdní poměry jsou rozhodující pro intenzitu a velikost infiltrace, pro akumulaci vody v půdním profilu, pro velikost podílu jednotlivých složek odtoku na odtoku celkovém a pro stabilitu půdního profilu z hlediska intenzity erozních procesů. Nejvýstižněji plošnou vypovídající schopnost mají mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek, které jsou zpracovány pro celou republiku pro zemědělské půdy a mapy lesních typů zpracované pro lesní půdy. (Soukup, Hrádek, 1999).

Vegetační poměry charakterizujeme nejčastěji plošným podílem zastoupení lesů – tzv. lesnatostí, již vypočteme z jednoduchého vztahu:

$$L = \frac{S_{pl}}{S_p} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: S_{pl} - plocha povodí pokrytá lesem [km^2]

S_p - plocha povodí [km^2]

Podrobnější údaje o zastoupení jednotlivých kultur (pole, sady, louky atd.) v povodí zjistíme na okresních zeměměřičských střediscích (Hrádek, Kuřík, 2008).

Akumulace vody v bažinách, povrchových depresích a průlezech

Tyto přírodní krajinné prvky umožňují zadržování vody v krajině s vlivem na hydrologickou bilanci povodí a příznivě ovlivňují regulaci odtoku z povodí (Soukup, Hrádek, 1999).

2.2.3 Hustota říční sítě

Voda ze srážek, která stéká po zemském povrchu vlivem gravitace, se soustřeďuje ve vodních tocích. Z počátku dochází k proudění vody po svahu v tenké vrstvě – roně, dále v drobných stružkách (erozních rýhách), které se postupně spojují ve vodní toky.

Vodní tok je přírodní (bystřina, potok, řeka) nebo umělý vodní útvar (kanál, náhon) ve kterém se soustřeďuje a odtéká voda buď trvale nebo po delší část roku (Kvítek, 2006).

Pro posouzení říční sítě stanovíme pro jednotlivá povodí tzv. hustotou říční sítě:

$$D_s = \frac{\Sigma L}{S_p} \quad [km.km^{-2}]$$

kde:

ΣL - celková délka všech vodních toků v povodí [km]

S_p - plocha povodí [km^2]

O dalších vlastnostech říční sítě nás informuje podélný profil sítě včetně sběrného toku, tzv. synoptický profil, tj. průmět říční sítě do vertikální roviny, proložené korytem hlavního toku (Hrádek, Kuřík, 2008).

2.3 Odtok vody z povodí

Odtok – O , se udává v m^3 . Jedná se o celkové množství vody, které proteklo uvažovaným profilem toku za určitý čas. Odtok lze vyjádřit odtokovou výškou - H_o (mm) – výška vrstvy vody, která se vytvořila při rovnoměrném rozprostření oteklého množství vody po ploše (Kvítek, 2006).

Celkový odtok z povodí O_c se většinou rozděluje na složku přímého odtoku $O_{p,h}$ a podzemního odtoku O_z , neboť samotné určení složky povrchového odtoku O_p a hypodermického odtoku O_h je bez náročných měření nemožné (H Hrádek). Vzhledem k obtížné separaci hypodermického odtoku O_h se často uvažuje tato složka společně se složkou povrchového odtoku O_p , jejich součet označujeme jako „odtok přímý O_{ph} “ (Soukup, Hrádek, 1999).

2.3.1 Povrchový odtok

Povrchový odtok je gravitační pohyb vody po svahu (hydrografickou mikrosítí) nebo soustředěný odtok říční sítí k uzavírajícímu profilu povodí (H Hrádek). V procesu povrchového odtoku se rozlišují 3 fáze:

- fáze bezodtoková

Intenzita deště je menší než intenzita infiltrace, průměrná výška deště na povodí je menší než retenční schopnost povodí. Pod pojmem retenční schopnost povodí rozumíme dočasné zadržení vody na vegetaci a objektech (předmětech) v povodí, zadržení vody v povrchové vrstvě půdy (posklizňové zbytky, lesní hrabanka apod.), v půdě, v mikrodepresích, poldrech a nádržích.

- fáze plošného (svahového) odtoku

Svahový odtok je nejvýznamnějším procesem ovlivňujícím odtok v údolnici na povodích drobných toků s málo rozvinutou hydrografickou sítí. Maximální odtok z povodí nastává po fázi bezodtokové. Intenzita deště je větší než intenzita infiltrace, průměrná výška deště v povodí je větší než retenční schopnost povodí nebo je retenční kapacita již naplněna. V procesu odtoku se uplatňuje především povrchový a hypodermický odtok.

- fáze soustředěného odtoku

Nastává při postupném soustředování odtoku do hydrografické sítě v povodí, v recipientu (v údolnici) se uplatňují všechny složky celkového odtoku (Soukup, Hrádek, 1999).

Povrchový odtok je ovlivňován velkým počtem činitelů, kteří jsou úzce spjati s povodím toku (Hrádek, Kuřík, 2008).

2.3.2 Hypodermický odtok

Odtok prosakující gravitační vody (hypodermický odtok) představuje část infiltrovaných srážek, které se nepodílí na zvýšení půdní vlhkosti, v půdním profilu proudí nekapilárními póry k uzavíracímu profilu povodí (toku). Prosakující gravitační voda nedosahuje hladiny podzemní vody. Velikost a význam tohoto odtoku v celkové vodní bilanci závisí na charakteru deště, půdy a uložení vodonosných horizontů.

2.3.3 Podzemní odtok

Odtok podzemní vody je proud podzemní vody, který se pohybuje ve směru sklonu nepropustného podloží, rychlost proudění je závislá na charakteru půdního a horninového prostředí a na zdroji podzemní vody. Srážky, které se infiltrují k hladině podzemní vody se dostávají podzemním přítokem do hlavního toku opožděně za odtokem povrchovým (Hrádek, Kuřík, 2008).

2.3.4 Přímý a základní odtok

Podle času, který uplyne než se srážková voda dostane do povrchových toků se rozděluje odtok na přímý a základní.

Přímý odtok je ta část celkového odtoku vody, která se do povrchových toků dostává už během trvání deště, nebo bezprostředně po něm. Pro řešení praktických úloh má základní význam (příčina povodní, eroze aj.)

Základní odtok je část z celkového odtoku, která se po skončení deště dostává do toků až po uplynutí určitého času a trvá i v období, kdy se v povodí nevyskytují srážky (Kvítek, 2006).

2.3.5 Měření povrchového odtoku

Při zkoumání povrchového odtoku vycházíme především z hydrologických měření, která provádíme na vodních tocích, a která jsou podkladem pro statistické zpracování (Šilar, 1996). Nejčastěji se odtok z povodí stanoví podle měření průtoků v průtočném profilu toku (Kvítek, 2006).

2.3.5.1 Měření průtoků

Pod průtokem v hydrologii rozumíme objem vody, který proteče daným průtočným průřezem za jednotku doby, tj. za sekundu. Značíme ho Q a vyjadřujeme obvykle v $m^3 \cdot s^{-1}$ nebo v $l \cdot s^{-1}$ (Kemel, 1994).

Průtok lze měřit

1/ přímo, a to zjišťováním množství vody vtékající za časovou jednotku do nádoby nebo nádrže známého objemu nebo

2/ nepřímo zjišťováním rychlosti proudění plovákem nebo vodoměrnou vrtulí v korytě daných rozměrů, velikosti zředění silně koncentrovaného roztoku snadno zjistitelné látky, který přivádíme do vodního toku, rozměrů vodního paprsku na přepadu známého tvaru, venturimetrem a konečně odvozením z vodního stavu v průtočném profilu, je-li v něm znám vztah mezi vodním stavem a velikostí průtoků (Šilar, 1996).

2.4 Odvodňování

Odvodňování zamokřené půdy je důležité a nezbytně nutné především v zemědělství, neboť chrání půdu před dalším znehodnocováním nadbytkem vody, zabezpečuje jarní, sklizňové a podzimní práce, umožňuje plné využití mechanizačních prostředků a hlavně zajišťuje a zvyšuje úrodnost půdy, a tím i výnosy pěstovaných plodin (Jůva, Dvořák, Tlapák, 1987).

Při odvodňování jde buď o odvádění povrchového odtoku (při povrchovém zamokření způsobeném hromaděním srážkové vody, říčními záplavami nebo přítokem povrchových vod z vyšších poloh) nebo o odvádění a snížení podzemní vody. V obou případech je třeba, aby odvodňovací soustava byla vhodně založena ve vhodném způsobu odvodnění, ve správné hloubce, s vhodně navrženými průtokovými poměry,

ve vhodné vzájemné vzdálenosti neboli rozchodu odvodňovacích zařízení (kanálů, příkopů, drénů, studní) apod.

Způsob odvodnění se navrhne dle charakteristik zamokření (Kvítek, 2006). Důkladný rozbor příčin, časového průběhu a stupně zamokření musí nutně předcházet každému návrhu odvodnění. Základem pro tuto analýzu je posouzení všech vzájemně působících faktorů a činitelů – klimatických, geomorfologických, pedologických, hydrogeologických a hydropedologických, jež na území nebo lokalitě spolupůsobí při utváření konkrétního vodního režimu (Tlapák, Šálek, Legát, 1992).

2.4.1 Účinky odvodňování

Odvodňování vyvolává v zamokřené půdě různé jevy a účinky. Podle povahy těchto účinků je dělíme na fyzikální, biochemické a biologické.

2.4.1.1 Fyzikální účinky odvodňování

- Odstranění přebytku vody z půdy:

Základním účinkem odvodňování je odstranění přebytku vody z půdy tím, že se povrchová voda i volná půdní voda (gravitační) odvede z povrchu půdy a jejího profilu a hladina podzemní vody se ustálí v požadované hloubce.

- Zlepšení vlastností a vývoje půdy:

Odstraněním přebytku vody z půdy vyvolává další významné fyzikální účinky, které souhrnně zlepšují vlastnosti a vývoj půdy. V odvodněné půdě se především zintenzivňuje provzdušňování (aerace), neboť voda prosakující k odvodňovacímu zařízení uvolňuje nekapilární póry pro přístup vzduchu. Dojde též ke zlepšení teplotního stavu půdy, kdy se projeví oteplovací účinek způsobený menším obsahem vody v odvodněné půdě.

2.4.1.2 Účinky biochemické a biologické

Odvodnění působí příznivě na biochemickou činnost půdy, neboť zvýšením provzdušnění, prokysličení a proteplení půdy způsobuje převahu oxidačních rozkladných pochodů a zintenzivňuje činnost aerobních půdních bakterií. V odvodněné půdě se díky tomu lépe uvolňují půdní živiny, které by v zamokřené půdě zůstaly v nevyužitelném stavu pro rostliny. Zlepšují se podmínky pro rozklad organických látek, humifikaci a nitrifikaci (Kvítek, 2006).

Odvodnění má řadu účinků nejen pozitivních ale i **negativních**:

- u neregulovatelných systémů odvádí v období sucha povrchová síť příkopů povrchovou vodu dříve, než dojde k její infiltraci a vsaku,
- v propustných půdách může odvodnění zintenzívnit proces vymývání živin,
- celkově se odvodněním sníží v krajině tzv. neproduktivní výpar,
- v některých případech v závislosti na propustnosti jednotlivých vrstev se snižuje infiltrace vody do nižších zvodní (Tlapák, Šálek, Legát, 1992).

2.4.2 Způsoby odvodnění

O způsobu odvodnění rozhodují příčiny, způsob a stupeň neboli intenzita zamokření, reliéf území, povaha půdy a její využití po odvodňovacím zásahu. V hlavním členění se rozlišují dvě skupiny odvodňovacích způsobů, a to:

- způsoby *biologické* (agrotechnické, těž zemědělskolesnické), které odvodňují méně zamokřené nebo k zamokření jen náchylné půdy úpravou půdní struktury nebo výsadbou porostů s velkou transpirací;

- způsoby *technické* (vodohospodářské, hydromeliorační), které odvodňují výrazněji zamokřené půdy až i močály a rašeliniště pomocí různých technických úprav a staveb, jako jsou úpravy vodních toků, odvodňovací kanály, příkopy, drenáže a různé objekty (Jůva, Dvořák, Tlapák, 1987).

Podle rozsahu a stupně zamokření navrhujeme odvodnění sporadické nebo systematické (ojedinělé nebo plošné). Mnohdy je vhodné volit etapový postup výstavby, jímž se odvodňovací zařízení dělí na:

- hlavní (odvodňovací kostra)
- podrobná (odvodňovací detail) (Kolektiv, 1995).

Hlavní a podrobná odvodňovací zařízení k odvodnění území tvoří *odvodňovací soustavu*. Odvodnění souvisle zamokřené plochy je *systematické* neboli *plošné odvodnění*. Naopak *místní odvodnění* je odvodnění místně zamokřené části zájmového území. (tzv. *sporadické odvodnění*). Odvodnění zamokřeného nebo zaplaveného území soustavou otevřených odvodňovacích příkopů nebo kanálů je *povrchové odvodnění*. *Podzemní odvodnění* (drenáž) je odvodnění soustavou krytých drénů včetně drenážních

objektů. Technické způsoby odvodnění tedy můžeme rozdělit podle způsobu odvodu nadbytečné vody z půdního profilu na:

- a) odvodnění otevřenými příkopy
- b) odvodnění podzemní odvodňovací trubicí sítí (drenáží)
- c) kombinované odvodnění (např. odvodňovací kostra tvořená otevřenými příkopy, odvodňovací detail tvořený drenáží) (Kvítek, 2006).

2.4.3 Vliv na kvalitu vody

Rychle se zhoršující kvalita vody jak podzemní, tak povrchové byla důvodem hledání příčin tohoto stavu. Odběry a rozbory z drenážních vyústí ukazovaly poměrně značné koncentrace NO_3^- . Tato zjištění vedla velice rychle k odsouzení drenáží jako původce zhoršování kvality povrchových vodních zdrojů. V současné době je již známo, že vzhledem ke kvantitativnímu poměru vody drenážní a povrchové nemůže být drenážní voda i při velkém obsahu NO_3^- hlavním průvodcem vysoké koncentrace dusíkatých látek v povrchových vodních zdrojích. Hlavním transportním činitelem jsou povrchové splachy vznikající při přívalových deštích (Tlapák, Šálek, Legát, 1992).

Zlepšení kvality drenážní vody lze docílit zřizováním nádrží či kořenových čistíren (Kolektiv, 1995).

Odtok z drenáže je specifická, přímo měřitelná složka celkového odtoku ze zemědělského povodí. Není hydrologicky homogenní, ale skládá se z více složek, které se od sebe liší rychlostí reakce na déšť nebo tání sněhu, dráhou odtoku (před tím, než dotečou do drenáže) a chemickým složením. Množství a jakost drenážních vod jsou předmětem přímých měření na vybraných profilech a v pokusných povodích, a to nejen u nás, ale i v jiných evropských zemích, včetně našich sousedů Německa, Rakouska a Polska. Odtok vody z drenáží a její jakost reagují za různých okolností různě až protikladně na počasí, přírodní podmínky a využití půdy. Proto nestačí spoléhat na názor, byť podložený zkušeností. Za účelem předpovídání chování drenážních systémů v konkrétních podmínkách se vytvářejí matematické modely (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

2.5 Jakost vody

Voda v krajině představuje základní informační systém o všech dějích, které probíhají v území. Proniká půdním a horninovým prostředím, doslova obmývá každou půdní částici, ve formě dešťových kapky promývá vzdušný sloupec, v každém okamžiku je ovlivňována okolním prostředím a sama je ovlivňuje. Proto informace o její kvalitě představuje základní informace o dějích, které probíhají v území (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

Kvalita povrchových vod se zjednodušeně vyjadřuje ve třídách jakosti vody, vyplývajících z normy ČSN 757221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“.

- I. třída: velmi čistá voda
- II. třída: čistá voda
- III. třída: znečištěná voda
- IV. třída: silně znečištěná voda
- V. třída: velmi silně znečištěná voda

Uvedená ČSN 757221 a související ČSN 757220 „Kontrola jakosti povrchových vod“ byly v r. 1998 revidovány, přibližují se klasifikaci a kontrole jakosti povrchových vod používaných v členských státech EU.

Byla vypracována optimalizace státní sítě sledování jakosti vody v tocích ve vybraných 44 pilotních projektech. Pozorování provozuje celorepublikově Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), výsledky jsou publikovány v Hydrologických ročenkách ČR, informace jsou také na internetu na webových stránkách ČHMÚ (www.chmi.cz) (Hrádek, Kuřík, 2008).

2.5.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vody

2.5.1.1 Struktura vody

Molekula vody se skládá ze dvou atomů vodíku a atomu kyslíku, přičemž polární vazby vodík - kyslík tvoří úhel 106° (Žáček 1998). Molekula vody tedy nabývá povahy dipólu, je silně polární. Dipólový charakter vody vysvětluje schopnost vody disociovat iontové a polární sloučeniny a uvolnit ionty solí z krystalových mřížek při rozpouštění (Král, 1977).

2.5.1.2 Rozpustnost kapalin, tuhých látek a plynů ve vodě

Z vodohospodářského a hygienického hlediska neexistují látky tzv. nerozpustné ve vodě. Proto se údaje v chemických tabulkách označující danou látkou za nerozpustnou ve vodě musí považovat za relativní.

Je-li tuhá látka nebo kapalina ve styku s vodou, rozpouští se až do rovnovážného stavu. Vzniká *nasyčený roztok* (Pitter, 1990).

Vzájemná rozpustnost (mísitelnost) kapalin je rozdílná a záleží především na velikosti a charakteru soudrzných mezimolekulových sil. Je-li jejich charakter v různých kapalinách podobný, je větší pravděpodobnost, že molekuly jednotlivých složek poruší soudružnost s ostatními molekulami a navzájem se promísí. V opačném případě, je-li soudružnost mezi molekulami jedné složky větší než u druhé, nedojde k jejich vzájemnému promísení a mezi kapalinami se vytvoří fázové rozhraní s určitým povrchovým napětím, ovšem menší než na rozhraní kapalina – plyn. Obecně jsou vzájemně lépe rozpustné dvě kapaliny polární, resp. nepolární než kapalina polární a nepolární. Ve vodě se budou proto dobře rozpouštět (místit se) kapaliny polární, jako jsou kyseliny anorganické i některé organické, některé alkoholy atd. Rozpustnost kapalin závisí i na teplotě. Rozpouštění je provázáno uvolněním nebo spotřebou tepla (rozpouštěcí teplo). Uvolňuje-li soustava teplo bude rozpouštění rychlejší při nízké teplotě a naopak.

Rozpustnost tuhé látky v kapalinách je omezena a závisí na druhu mřížky tuhé látky (charakter soudrzných sil částic), na charakteru kapaliny (polární nebo nepolární) a na teplotě.

Ve vodě se rozpouštějí především sloučeniny iontové. Polární molekuly vody působí elektrostatickými silami svých dipólů na ionty v povrchu mřížky, postupně je vytrhují a okamžitě obalují určitým počtem molekul vody. Tento jev nazýváme obecně solvatací iontů, nebo konkrétně u vody hydratací. Rozpouštění tuhé látky bude probíhat tak dlouho až se již nebude dostávat dalších molekul vody k hydrataci (Král, 1977).

Rozpustnost plynů v kapalinách se řídí Henryovým zákonem. Podle tohoto zákona je rozpustnost přímo úměrná parciálnímu tlaku daného plynu nad roztokem a je dána vztahem:

$$p_A = K_H \cdot k_A,$$

kde p_A je parciální tlak složky A v plynné fázi, k_A je molární zlomek uvedené složky v kapalně fázi a K_H je Henryho konstanta (Žáček, 1998). Rozměr konstant závisí

na způsobu vyjádření koncentrace plynu v kapalině. Místo molárního zlomku lze udat látkovou nebo hmotnostní koncentraci (Pitter, 1990).

Henryho zákon platí pouze pro menší tlaky, méně rozpustné plyny pro případy, kdy molekuly plynu netvoří s vodou sloučeninu. V roztocích elektrolytů je rozpustnost plynů menší než v čisté vodě, podstatnější rozdíly se však projevují teprve při vyšší koncentraci rozpuštěných látek (Žáček, 1998).

2.5.1.3 Vodivost

V hydrochemii je vodivost kritériem pro posuzování koncentrace elektrolytů obsažených ve vodě a slouží ke kontrole výsledků chemického rozboru.

Vodivost roztoků elektrolytů závisí na koncentraci iontů, na jejich pohyblivosti a na teplotě (Pitter, 1990). Celková vodivost roztoku je dána součtem na sobě nezávislých dílčích vodivostí kationtů a aniontů (Král, 1977).

Jednotkou vodivosti je siemens (S). Charakteristickou veličinou je konduktivita (měrná vodivost), která je ve zředěných roztocích lineární funkcí koncentrace složek. Konduktivita se používá jako přibližná míra koncentrace elektrolytů ve vodě. Disociované organické látky obsažené v přírodních vodách ovlivňují jejich vodivost jen málo. Oxid uhličitý ve vyšších koncentracích zvyšuje vodivost, avšak jeho vliv se většinou zanedbává (Žáček, 1998).

2.5.1.4 pH

Pod pojmem pH rozumíme zápornou hodnotu dekadického logaritmu aktivity vodíkových iontů, vyjádřené v molech na litr. V důsledku interakcí iontů je aktivita vodíkových iontů poněkud menší, než jejich koncentrace. Aktivita se blíží hodnotě koncentrace pouze u velmi zředěných roztoků (Horáková a kol., 2003).

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách i toxický vliv látek na vodní organismy. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, je jedním z hledisek pro posuzování agresivity vody a ovlivňuje účinnost chemických, fyzikálně chemických a biologických procesů používaných při úpravě a čištění vod (Pitter, 1990).

Měření hodnoty pH se provádí prakticky u všech druhů vod a má často klíčový význam pro další posuzování vlastností analyzované vody. Hodnota pH se stanovuje různými metodami, počínaje jednoduchými způsoby při užití indikátorových papírků, barevných indikátorů, a konče složitějšími elektrometrickými metodami.

Kolorimetrické metody, využívající barevnou změnu použitých indikátorů, mají pouze omezenou přesnost, a proto vyhovují pouze pro orientační stanovení hodnoty pH vody nebo pro terénní měření. Kromě univerzálního indikátoru, který pokrývá významnou část rozsahu pH stupnice, se v literatuře uvádí celá řada acidobazických indikátorů, pracujících pouze v úzkém rozsahu hodnot pH. Zabarvení vzorku po přidání těchto indikátorů se pak srovnává se zabarvením standardních tlumivých roztoků a na základě tohoto srovnání se určuje hodnota pH vzorku. Nejčastěji se dnes hodnota pH stanovuje potenciometricky (Horáková a kol., 2003).

Roztoky s pH 7 jsou neutrální, pod 7 jsou kyselé a nad 7 jsou alkalické. V čistých přírodních vodách se pH většinou pohybuje v rozmezí 4,5 – 8,3. Pokles pH pod 4,5 bývá způsoben např. přítomností anorganických i organických volných kyselin. Vyšší hodnotu pH než 8,3 způsobují ionty CO_3^{2-} nebo OH^- (Grünwald, 1997).

2.5.1.5 Organoleptické vlastnosti vody

Vlastnosti vody, které ovlivňují smyslový vjem nazýváme organoleptické vlastnosti vody (Horáková a kol., 2003). Mezi organoleptické vlastnosti patří teplota, barva, zákal, pach a chuť (Žáček, 1998).

Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody (Žáček, 1998). Podle druhu vody může její teplota kolísat ve velmi širokém rozmezí. Poměrně konstantní teplotu vykazují v průběhu roku podzemní vody (Grünwald, 1999).

Velký význam má teplota povrchových vod, protože ovlivňuje koncentraci rozpuštěného kyslíku, rychlost biochemických pochodů, a tím i celý proces samočištění (Pitter, 1990). U povrchových vod dochází ke značnému kolísání teploty nejen vlivem střídání ročních období v průběhu roku, ale i během dne (Grünwald, 1999). Teplota vypouštěných odpadních vod je závažná z hlediska posouzení tepelného znečištění recipientu (Horáková a kol., 2003).

Barva vody se hodnotí podle dominující vlnové délky neabsorbovaného světla v oblasti viditelného spektra (Pitter, 1972). Podle rozboru vlnových délek lze barvu označit viz *tab. 1*.

Tab. 1: Vliv vlnové délky na barvě vody

Vlnová délka	Barva	Vlnová délka	Barva
[nm]		[nm]	
400 až 465	fialová	575 až 580	žlutá
465 až 482	modrá	580 až 587	žlutooranžová
482 až 497	modrozelená	587 až 598	oranžová
497 až 530	zelená	598 až 620	oranžovočervená
530 až 575	zelenožlutá	620 až 700	červená

(Žáček, 1998).

Barva vody bývá závislá na jejím pH, proto se má k této hodnotě vztahovat. Někdy se zjišťuje pouze vizuálně a výsledek se vyjadřuje popisem odstínu a intenzity. U pitných a povrchových vod se ke stanovení barvy používá porovnání se standardními barevnými roztoky /dichroman draselný a síran kobaltnatý/ nebo různé komparátory, umožňující porovnat barvu vody s různě zbarvenými sklíčky (Grünwald, 1999).

Zbarvení vody může být buď přirozeného nebo antropogenního původu. Huminové látky zbarvují přírodní vody žlutě nebo žlutohnědě. Kromě rozpuštěných látek mohou zbarvovat vodu i látky nerozpuštěné (jíl, fytoplankton). Proto se rozlišuje tzv. "pravá" barva od barvy zdánlivé, způsobené barevností nerozpuštěných (zpravidla koloidních) látek. Dalším zdrojem barevnosti povrchových vod mohou být některé průmyslové odpadní vody, zejména odpady z výroby barviv, barvíren a textilního průmyslu. Žlutohnědé zbarvení povrchových vod mohou mimo huminových látek působit odpadní vody z výroby celulózy (Žáček, 1998).

Zákal povrchových vod je způsoben suspendovanými nerozpuštěnými částicemi nebo koloidními nerozpuštěnými anorganickými i organickými látkami. Jedná se především o jílové částice, hydratované oxidy železa a hliníku, organické koloidní látky, řasy, plankton a bakterie. Zákal podzemních vod bývá způsoben nerozpuštěnými anorganickými látkami (Horáková a kol., 2003).

Zákal se měří u vod pitných, povrchových i odpadních. Často se kombinuje s hodnocením průhlednosti vody zkušební deskou přímo v provozu čistíren odpadních vod.

Zákal se stanovuje turbidimetricky nefelometricky (Grünwald, 1999). Vyjadřuje se ve formazinových jednotkách zákalu (Žáček, 1998).

Průhlednost. Tento ukazatel slouží jako doplňující kritérium při hodnocení barvy a zákalu. Používá se zejména při posuzování jakosti vody v nádrži a jezerech.

Průhlednost vody závisí na její barvě i jejím zákalu. Mírou průhlednosti je výška sloupce vody, při které přestává být viditelnou bílá deska definované plochy (Grünwald, 1999). Výsledky se uvádějí v *m event. cm* (Žáček, 1998).

Pach je organoleptická vlastnost vody, zpravidla nepříjemného charakteru. Páchnoucí voda působí odpudivě, i když je jinak zdravotně nezávadná. Pach znehodnocuje vodu určenou pro pitné účely, a proto nesmí být patrný ani při zahřátí vody (Pitter, 1990).

Pachem vody označujeme její vlastnost, vyvolanou přítomností těkavých látek různého původu (Grünwald, 1999).

Pach vody může být způsoben látkami, které jsou přirozenou součástí vody (sulfan v minerálních vodách, látky typické pro rašeliništní vody), dále látkami biologického původu nebo látkami obsaženými ve splaškových a průmyslových vodách. Stopové znečištění vody organickými látkami, které je někdy jen obtížně analyticky zjištělné se často projevuje pachem.

Ve směsích se pachotvorné látky mohou projevit účinky vzájemně nezávislými, nebo mohou působit aditivně, mohou se vzájemně potlačovat nebo naopak svůj vliv zesilovat. Prahové koncentrace pachu různých organických látek se běžně v literatuře publikují (Žáček, 1998).

Druh pachu se zjišťuje smyslově při teplotách vody 20 a 60 °C. Označuje se slovně jako např. pach zemitý, hnilobný, plísňový, fenolový atd (Grünwald, 1999). Síla pachu se stanovuje odhadem a hodnotí pomocí šestimístné stupnice jako - žádný, velmi slabý, znatelný, zřetelný, silný a velmi silný.

Míra pachu udává ředění vody potřebné k tomu, aby její pach byl právě jen ještě postižitelný. Vzorek vody se ředí bezpachovou vodou (Žáček, 1998).

Chuť vody ovlivňuje přítomnost látek, které se do ní dostávají přirozenou cestou anebo jsou důsledkem jejího znečištění. Základní čtyři chutě jsou: slaná, sladká, hořká, kyselá. Dále se k charakteristice používají i další vyjádření např. chuť svíravá, kovová, zemitá, trpká, železitá, louhovitá, mdlá atd. Kyselou chuť způsobují všechny kyseliny. Slanou chuť vyvolává jen chlorid sodný. Hořkou chuť propůjčují vodě pryskyřice, glykosidy, alkaloidy, trísloviny. Sladkou chuť vyvolávají látky sacharidického charakteru.

Podzemní vody mají chuť, která závisí na obsahu železa, manganu, hořčíku, sodíku a draslíku, chloridů, síranů, hydrogenuhličitanů, oxidu uhličitého atd. (Grünwald, 1999).

Chuťový vjem ovlivňuje koncentrace vodíkových iontů (Pitter, 1990). Nejvhodnější hodnota pH je 6,7 - 7,5 (Žáček, 1998). Na obě strany od této oblasti intenzity vjemů rostou (Pitter, 1990). Při hodnotách pH nad 8 získá již voda louhovitě mýdlovou příchut' (Žáček, 1998).

2.5.2 Rozpuštěné a nerozpuštěné látky

Složky vody, přítomné ve vzorku, můžeme z fyzikálního hlediska rozdělit na látky rozpuštěné a nerozpuštěné. Součtem těchto základních dvou skupin jsou látky veškeré. Jejich stanovení patří mezi základní ukazatele chemických vlastností vody ve všech druzích vod (Horáková a kol., 2003).

Veškeré látky se stanovují odpařením vzorku vody na vodní lázni a sušením odparku při 105 °C (Pitter, 1990). Při odpařování vzorku vody a sušení odparku se některé anorganické látky hydrolyzují, dehydratují nebo i rozkládají. Proto experimentálně zjištěná hodnota koncentrace rozpuštěných látek neodpovídá jejich skutečné koncentraci. Při odpařování a sušení přecházejí hydrogenuhličitanů na jednoduché uhličitany a ztrácejí přibližně 50 % své hmotnosti. Během odpařování se však vylučují také různé hydráty solí, k jejichž úplné dehydrataci nestačí teplota 105 °C (Grünwald, 1999).

Při tomto stanovení nejsou ve výsledku zahrnuty plyny a další těkavé látky, které při odpařování uniknou (Malý, Malá, 1996).

Rozlišování mezi rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami závisí na způsobu filtrace, na zvolené střední velikosti pórů filtru. Velikost pórů se obvykle volí tak, aby byl splněn jak požadavek dostatečně velké filtrační rychlosti, tak požadavek

co nejhustšího filtru, aby do filtrátu přešly pokud možno jen látky molekulárně dispergované. V hydrochemii a analytice vody se obvykle za „rozpuštěné“ považují látky, které prošly při filtraci vody membránovými filtry o velikosti pórů 0,1 až 1,0 μm , nejčastěji 0,45 μm (Pitter, 1990).

Mezi nerozpuštěné látky patří různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy železa a manganu, organický detrit, polární a nepolární látky atd. (Grünwald, 1999).

V určitém množství se pohybují v toku neustále, a to i ve zdánlivě čisté vodě. Přesvědčíme se o tom laboratorní zkouškou nebo přímo v přírodě např. pod průhledným ledem, který ve vodoteči sevře průtočný profil a částečně jej svou rozpínavostí zúží. To je doprovázeno zvýšením rychlosti proudění a zvýšeným transportem částic, který je viditelný pouhým okem. Na jaře pak býváme překvapeni, že se na odběrovém místě usadí nová sedimentační lavice vytvořená nejjemnějšími půdními částicemi (Gergel a kol., 1994).

2.5.3 Amoniak a amonné ionty

Jako minerály se jednoduché amonné soli nevyskytují. Amoniakový dusík je primárním produktem rozkladu živočišných a rostlinných organických dusíkatých látek. Organického původu je také amoniakový dusík ve splaškových vodách a v odpadech ze zemědělských výroby. Amonné soli jsou součástí některých dusíkatých hnojiv a splachem ze zemědělsky obdělávaných ploch se dostávají do podzemních a povrchových vod (Pitter, 1990). V přírodních, neznečištěných vodách se amoniak vyskytuje ve velmi nízkých koncentracích, přibližně do 0,2 mg.l^{-1} (Grünwald, 1999). Atmosférické vody obsahují amoniakový dusík obvykle v množství mg.l^{-1} , avšak v průmyslových oblastech může jeho koncentrace dosáhnout řádově až jednotek mg.l^{-1} (Pitter, 1990).

Amoniak se ve vodě rozpouští za vzniku hydrátu $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, který disociuje na ionty NH_4^+ a OH^- . Distribuce forem NH_3 a NH_4^+ je závislá na pH vody a její teplotě.

Amoniak je v přírodních vodách za oxických podmínek značně nestálý, jeho chemická oxidace rozpuštěným kyslíkem je sice pomalá, oxiduje se však biochemicky přítomnými nitrifikačními bakteriemi na dusitany až dusičnany (Grünwald, 1999).

Stanovení amoniakálního dusíku patří mezi nejběžněji prováděná stanovení vody a to ve všech druzích vod. U pitné vody je obsah amoniakálního dusíku (vyjádřeného jako NH_4^+) limitován meznou hodnotou $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ (patří zde mezi ukazatele, jejichž zvýšené hodnoty mohou negativně ovlivnit jakost pitné vody). Při rozboru povrchových vod patří amoniakální dusík mezi základní chemické ukazatele, a to jak při kontrole jakosti, tak i při klasifikaci jakosti těchto vod. Při vypouštění odpadních vod do vod povrchových patří obsah amoniakálního dusíku k závazným stanoveným ukazatelům, a to k těm ukazatelům, které jsou zpoplatňovány (Horáková a kol., 2003).

2.5.4 Dusičnany

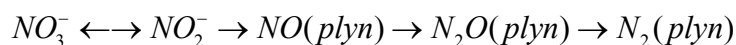
V minerálech bývají obsaženy velmi zřídka např. ve formě dusičnanu sodného. Jejich převážná část v přírodních vodách je antropogenního původu. Vznikají např. při nitrifikaci amoniaku nebo se do vod dostávají plachy ze zemědělské půdy a s různými odpadními vodami (Grünwald, 1999).

Dusičnany mají jen velmi slabé komplexační vlastnosti, a vyskytují se proto ve vodách převážně v jednoduché iontové formě, tj. jako NO_3^- .

Dusičnany jsou v malých koncentracích obsaženy téměř ve všech vodách. Vzhledem k dusíkovým bilancím v přírodních a odpadních vodách je výhodné vyjadřovat koncentrace dusičnanů jako $N(NO_3^-)$. Pro přepočítání platí, že $1 \text{ mg } NO_3^- = 0,226 \text{ mg N}$, resp. $1 \text{ mg N} = 4,4268 \text{ mg } NO_3^- = 71,43 \text{ } \mu\text{mol}$ (Pitter, 1990).

Pro posouzení možnosti snižování jeho obsahu ve vodách je nutno především znát biochemické a chemické přeměny dusíku. Sloučeniny dusíku jsou ve vodách málo stabilní a podléhají v závislosti na oxidačně-redukčním potenciálu a hodnotě pH zejména biochemickým proměnám (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

Denitrifikace je biologický proces, jímž se dusík dostává z půdy do atmosféry a snižuje tak koncentraci dusičnanů (Bouwman, 1990). Chemická reakce probíhá následovně:



Denitrifikace může mít pozitivní vliv na snížení hydrologického odplavování reaktivního dusíku do vodních toků, zvláště pak v zemědělských povodích, kde je zvýšený přísun dusíku hnojivy (Nommik, 1956). Biochemická redukce dusičnanů a dusitanů na elementární dusík nebo oxidy dusíku je způsobena různými organotrofními (heterotrofními resp. litorofními) striktně i fakultativně anaerobními mikroby (např. rody *Pseudomonas*, *Micrococcus*). Na rozdíl od nitrifikace je pro denitrifikaci jako donor nutný organický substrát jako zdroj energie (při biologickém čištění odpadních vod a deficitu interních zdrojů organického uhlíku se někdy do vody přidávají externí zdroje (methanol, glukosa, kyselina octová aj.). Denitrifikace probíhá v dostatečně širokém rozsahu hodnot pH asi od 6,0-9,0, v anoxickém prostředí nebo jen při malých koncentracích rozpuštěného kyslíku, menších jak 0,5 mg/l ((Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

Dusičnany jsou samy o sobě pro člověka málo škodlivé. Jejich škodlivost lze srovnat s vlivem chloridů. Mohou však škodit nepřímo tím, že v gastrointestinálním traktu mohou redukovat bakteriální činnost na toxičtější dusitany. Pokud nejsou dusičnany redukovány na dusitany, jsou poměrně rychle vylučovány močí.

Dusitany reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík (Pitter, 1990) Takovéto onemocnění se nazývá **dusičnanová alimentární methemoglobinaemie** (Rosival et Ághová, 1996). Nebezpečnou dávkou dusitanů pro dospělého člověka je asi 500 mg, u kojenců už 1 až 10 mg NO_2^- (Pitter, 1990).

Větší důraz na sledování dusičnanů ve vodách souvisí s implementací směrnice Rady Evropského společenství č. 91/676/EEC z roku 1991, mající za cíl zmírnit znečištění způsobené dusičnany ze zemědělských zdrojů a zabránit dalšímu znečištění vod tohoto druhu („**nitrátová směrnice**“). Transpozice této nitrátové směrnice je zajištěna prostřednictvím § 33 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách. Uvedený paragraf vymezuje pojem zranitelné oblasti a ukládá nařízením vlády stanovit zranitelné oblasti a v nich upravit používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin

a provádění protierozních opatření. Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. (akční program podle nitrátové směrnice), o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření, je v účinnosti od 11.4.2003 (s odloženou účinností hlavy III od 1.1.2004). V roce 2003 Ministerstvo zemědělství ČR vydalo Ústavu zemědělských a potravinářských informací také Zásady správné zemědělské praxe, které jsou zaměřeny na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Zatímco dodržování zásad je doporučeno všem zemědělcům, ale je nepovinné, plnění opatření akčního programu je povinné pro zemědělce hospodařící v katastrálních územích zranitelných oblastí, které tvoří přibližně 36 % rozlohy ČR a 42,5 % výměry zemědělské půdy ČR (Kozlovská, 2003; Klír, 2003).

Pro stanovení dusičnanů ve vodách existují desítky metod. Největší skupinu v praxi používaných metod na stanovení dusičnanů ve vodách tvoří absorpční spektrometrické metody (Horáková a kol., 2003)

2.5.5 Odběr vzorků

Sama norma *ČSN EN 25667-2 Jakost vod. Odběr vzorků. Část 2: Pokyny pro způsoby odběru vzorků* definuje odběr vzorků, resp. vzorkování jako: „Odebírání údajně reprezentativního podílu z vodního útvaru ke stanovení různých přesně určených ukazatelů jakosti vody“.

Vzorkování nelze oddělit od zkoušek – vzorky jsou odebírány proto, aby byly analyzovány – má však jeden jediný rys: zkoušku můžeme ve většině případů na témže vzorku opakovat, odebrat „týž“ vzorek podruhé je však v naprosté většině případů nemožné. Uvažujeme-li v delším časovém horizontu, můžeme použít historická data o stavu životního prostředí a odvodit vztahy naměřených hodnot pro současné a historické analytické metody. Platí to ovšem jen v případě, že vzorky, které byly analyzovány dnes nebo v historii, jsou řádně dokumentovány a můžeme je považovat za reprezentativní.

Vzorkování jako proces sestává ze dvou celků:

- vlastního provedení vzorkovacích prací, zahrnující konkrétní odběry vzorků, úpravy vzorků v terénu, transport a další činnosti až po dodání vzorků k analýzám;
- strategie vzorkování, zahrnující práce mimo terén: plánování, volbu postupů, přípravu vzorkovacích programů, kontrolu a řízení jakosti prací apod., orientované na splnění účelu projektu a odpovídající technickým možnostem projektu. (Fuksa, 2003)

Hlavní cíle tohoto procesu uvádí norma *ČSN EN 25667-1 Jakost vod. Odběr vzorků. Část 1: Pokyny pro návrh programu odběru vzorků* ve třech alternativách odpovídajícím typům monitoringu:

- a) měření k **řízení jakosti** požadována místními orgány k rozhodnutí o opatřeních k nápravě závadného stavu,
- b) měření k **charakteristice jakosti** ke zjištění jakosti, výzkumu, dlouhodobé kontrole, zjištění dlouhodobých trendů apod.,
- c) **identifikace** zdrojů znečištění.

Základní informací jsou kvantitativní fyzikální a chemické ukazatele, které slouží pro porovnání s různými ustanoveními a normami (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005). Množství vzorku musí být dostatečné pro příslušnou zkoušku a během transportu a v období mezi odběrem a zkouškou se nesmějí změnit vlastnosti vzorku, tj. koncentrace příslušných (zkoušených) látek, jejich vzájemné poměry apod. (Fuksa, 2003).

U povrchové vody tekoucí charakterizují okamžitý stav protékající vody, změny na toku, které zpravidla nejsou starší 1 den a změny v povodí ne starší několika dnů. Lze propočítávat podíl vodou transportovaných látek z jednotky plochy povodí za rok. Mají proto význam i pro stanovení ztrát živin odtokem. Kvalitativní změny za delší časový úsek vyjadřují ukazatelé hydrobiologické. Jejich číselným vyjádřením je bezrozměrné číslo (index saprobity).

U mělkých podzemních vod charakterizují změny delší časový úsek, zpravidla týdny až měsíce.

U hlubokých podzemních vod (základní odtok) dlouhodobé změny jakosti vody (měsíce až roky) (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

2.5.5.1 Četnost odběrů

Je nejdiskutovanější a nejméně jasnou metodickou částí monitorování. 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 a kol., 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 pětítýdenní, poněvadž se vždy přesně začne, ale pokud není stanoven pevný termín, např. počátek měsíce, poruší se časem stanovená četnost, a tomu odpovídají i získané výsledky. Pro velmi přesné a matematicky podložené stanovení četnosti odběrů lze doporučit přesnější statistické postupy, např. vzájemné porovnání počtu sledování a střední chyby průměru. Střední chyba průměru je vymezena určitým rozpětím hodnot kolem průměru. U malých souborů je toto rozpětí větší, u velkých menší (stanovený průměr se více přibližuje tzv. základnímu souboru platnému pro velký počet případů).

Vypočtenou střední chybu S_x použijeme pro tzv. grafickou metodu, kdy porovnáváme soubory např. u 5, 10, 15 atd. sledování. Pro každý soubor se vždy zjistí průměr \bar{x} a příslušná střední chyba S_x . Jednotlivé hodnoty znázorníme graficky, přičemž na osu y se nanáší hodnoty S_x a na osu x počet případů n . Spojením těchto bodů dostáváme křivku, která zpočátku (při malém počtu případů) ostře klesá, postupně je však téměř rovnoběžná s osou x . Postačující počet případů je dán bodem, kde přechází křivka od svislého směru k vodorovnému.

Stanovením minimálního počtu sledování se vyhneme mnoha nepřesnostem i zbytečnému zatěžování kapacity laboratoře. Hodnota minimálního počtu případů se stanovuje pro každý hlavní ukazatel (např. dusičnany, oxidovatelnost). Vzorek vody se pak odebírá podle hodnot toho ukazatele, k jehož určení je nejvíce sledování (Kvítek, Gergel, Kvítková, 2005).

3. CÍL PRÁCE

Cílem práce je vyhodnocení dlouhodobých dat průtoků a jakosti vody na povodí Jenínského toku. Toto se provede na základě dílčích úkolů, jimiž jsou:

Porovnání dat naměřených ultrazvukovým měřičem a přímým měřením.

Očištění a vyhodnocení dlouhodobých řad průtoků.

Provedení separace odtoku vody na datech z jednotlivých profilů.

Vyhodnocení jakosti v závislosti na průtocích (celkový, základní odtok a odnosy).

Posouzení vlivu různého druhu odvodnění na jakost vody ve sledovaných subpovodích.

4. MATERIÁL

4.1 Popis zájmové lokality

Povodí Jenínského toku se nachází v Šumavském podhůří jihočeského kraje v jihovýchodní části bývalého okresu Český Krumlov. Rozprostírá se na území katastru obce Jenín a Horní Kaliště, ve správním území obce Dolní Dvořiště. Rozloha tohoto povodí činí $4,65 \text{ km}^3$, z toho 80 % představuje zemědělský půdní fond a zbylých 20 % lesy.

Tato lokalita byla na začátku 80. let vybrána k pozorování Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd v Praze. Původní dvě zemědělsky využívané plochy povodí byly zatravněné a v delším časovém odstupu byla sledována jakost vody. Sledovaly se průtoky a jakost vody na dvou měrných přepadech Jenín 1 a Jenín 2, které uzavíraly zemědělsky využívaná mikropovodí. Sledování bylo po roce 1990 ukončeno a v roce 2004 bylo obnoveno a garantem výzkumného programu se stala Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity.

4.2 Klimatické charakteristiky

Podle Atlasu podnebí Československé republiky se území nachází v klimatické oblasti **B₁₀** (Vesecký a kol., 1958) definované jako mírně teplá, velmi vlhká oblast, okrsek mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinový, s průměrnou nadmořskou výškou 650 m.n.m. , s průměrným ročním úhrnem srážek 715 mm a s průměrnou roční teplotou $6,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Na množství srážek má vliv převažující směr proudění a tvar reliéfu. Podle klimatologické rajonizace spadá povodí Jenín do klimatické oblasti **MT3**, níže v *tab. 2-4* popsané.

Tab. 2: Teplotní charakteristiky

Průměrná roční teplota	6 - 7 °C
Průměrná teplota ve vegetačním období (IV. – IX.)	12 – 13 °C
Začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší	1.3. – 11.3.
Konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší	21.11. – 1.12.
Délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší	260 – 280 dní
Začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší	1.4. – 11.4.
Konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší	21. – 26.10.
Délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší	200 – 210 dní
Počet letních dnů v roce (max. teplota vzduchu 25 °C a vyšší)	20 – 30 dní
Počet ledových dnů v roce (max. teplota vzduchu -0,1 °C a nižší)	40 – 50 dní
Počet ledových dnů v roce (min. teplota vzduchu -0,1 °C a nižší)	130 – 140 dní
První mráz	1.10. – 11.10.
Poslední mráz	1.5. – 11.5.

Tab. 3: Srážkové charakteristiky

Roční úhrn srážek	650 – 800 mm
Srážky ve vegetačním období (IV. – IX.)	400 – 600 mm
Počet dnů s průměrnými srážkami 1,0 mm a více	100 – 110 dní
Počet dnů s průměrnými srážkami 10,0 mm a více	17,5 – 25 dní
Počet dnů se sněžením	40 – 50 dní
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 80 dní
Maximální sněhová pokrývka	30 – 40 cm

Tab. 4: Oblačnost a sluneční charakteristiky

Roční oblačnost	65 – 70 %
Počet jasných dnů	40 – 50 dní
Počet zamračených dnů	140 – 150 dní
Počet dnů s mlhou	0 -100 dní
Roční trvání slunečního svitu	1400 – 1800 hodin
Sluneční svit ve vegetačním období (IV. – IX.)	1100 – 1300 hodin
Počet dnů s bouřkou	20 – 25 dní

4.3 Geomorfologická a geologická charakteristika

Podle regionálního geomorfologického členění České republiky (Demek, 1987) se řešené území nachází v:

Tab. 5: Regionální geomorfologické členění

Systém	Hercynský systém
Subsystem	Hercynská pohoří
Provincie	Česka vysočina
Soustava	Šumavská soustava
Podsoustava	Šumavská hornatina
Celek	Novohradské podhůří 1B - 4
Podcelek	Kaplická brázda 1B – 4 A
Okrsek	Dolnodvořištská sníženina 1B – 4 A - E

Geomorfologický vývoj této oblasti je možno sledovat od mladšího paleozoika. Po hlavních fázích variského vrásnění došlo k mohutné denudaci. Denudace pokračovala v mezozoiku, kdy vznikla parovína, čas od času omlazená vertikálními pohyby saxonského stáří (Svoboda, 1964).

Jižní Čechy s celou Šumavou leží v centru moldanubické oblasti Českého masivu. Téměř celé jejich území patří k tzv. moldanubiku Šumavy a kraje Jihočeského.

Moldanubikum je budováno silně regionálně přeměněnými horninami a hojnými granitoidními vyvřelými horninami. Na jihočeském území zasahují dva rozsáhlé plutony, středočeský a moldanubický.

Přeměněné horniny moldanubika jsou převážně prezentovány různými typy pararul a migmatitů, světlými ortorulami granulity. Pravděpodobně vznikly ve středním proterozoiku, ale nevylučuje se ani jejich raně paleozoické stáří. Moldanubické horniny byly několikrát zvrásněny a metamorfovány, naposledy v prvohorách při variském horotvorném procesu, kdy byly proniknuty tělesy hlubinných a žilných vyvřelin. Horninotvorný podklad je tvořen svory a svorovými rulami (Albrecht, 2003).

4.4 Pedologická charakteristika

Z pedologického hlediska se území Českokrumlovského okresu řadí do regionu kambizemí silně kyselých a do regionů horských podzolů a podzolů kambizemních. Silně kyselá kambizem bystrická leží na svahovinách rul, granulitů, svorů, fylitů, místy i kyselých intruzív. Tvoří dominantní složku v celcích s pseudogleji prakticky na celém území okresu. Poměrně velké oblasti zaujímají také kambizem typická nasycená na svahovinách rul a granulitů v severní části Českokrumlovské vrchoviny a Kaplické brázdy (Albrecht a kol., 2003).

Mateční horninou jsou svory až svorové ruly, z nichž zvětráváním vznikly půdní druhy s vysokým obsahem slídy. Takto vzniklé půdy vykazují v podsvahových partiích a depresích velmi nízkou propustnost náchylnost k degradaci propustnosti vlivem vyšší filtrační zátěže.

Nejzastoupenějšími hlavními půdními jednotkami (**HPJ**), charakterizované podle vyhlášky č. 546/2002 Sb., jsou:

HPJ 34 - Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu.

HPJ 37 - Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorníci od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách.

HPJ 40 - Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici.

HPJ 50 - Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

HPJ 73 - Kambizemě oglejené, pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje hydroeluviální i povrchové, nacházející se ve svahových polohách, zpravidla zamokřené s výskytem svahových pramenišť, středně těžké až velmi těžké, až středně skeletovité.

HPJ 75 - Kambizemě oglejené, kambizemě glejové, pseudogleje i gleje, půdy dolních částí svahů, zamokření výraznější než u HPJ 74, obtížně vymežitelné přechody, na deluviích hornin a svahovinách, až středně skeletovité.

4.5 Hydrologické charakteristiky

Zájmové povodí s číslem dílčího povodí **1-06-01-138** hydrologicky náleží do:

Tab.6: Hydrologické zařazení toku

I. řádu	Labe
II. řádu	Vltava
III. řádu	Vltava po Malši
IV. řádu	Rybnický potok

Podle fyzickogeografické regionalizace ČR je předmětné území charakterizováno kódem **IV-B-3-d**, což značí, že se jedná o oblast dosti vodnou, v kategorii $6 - 10 \text{ l/s/km}^2$ specifického odtoku, s nejvodnějším měsícem březnem,

s retenční schopností dobrou, se stupněm rozkolísanosti odtoku středním a s koeficientem odtoku dosti vysokým (Ehrlich a kol., 1994).

Převážná část vodoteče je neupravená, vede údolím, které je většinou doprovázeno stromovou a keřovou zelení. Tato niva se většinou nesklízí, vzhledem k zamořenosti půdy. Travní porost tvoří většinou mokřadní byliny a dřeviny.

Tab. 7: Číselné fyzicko-geografické charakteristiky

Název toku	Jenínský potok
Délka toku	2,25 km
Plocha povodí	4,64 km ²
Výšková poloha prameniště	691,00 m.n.m.
Výšková poloha ústí	637,00 m.n.m.
Spád	23,80 ‰
Délka údolí	4,10 km
Zalesněnost	10,00 ‰
Absolutní spád povodí	232,00 m
Absolutní spád toku	54,00 m
Sklon údolnice	4,17 ‰
Průměrný sklon povodí	10,80 ‰
Střední šířka povodí	1,13 km
Sklon toku	2,40 ‰
Typ povodí	vějířovité
Odvodnění	0,75 km ²

4.5.1 Odvodnění

V letech 1978-79 zde bylo provedeno odvodnění pozemků pro eliminování nevyváženého vodního režimu. Ten byl zapříčiněn vysokými srážkami a pramennými vývěry ve středních částech svahů a dále pak vysokou hladinou podzemní vody. Tyto vlivy způsobovaly tvorbu svahové vody s napjatou i volnou hladinou. Další faktorem podílejícím se na nevyrovnaném vodním režimu byla stagnace povrchové vody v depresních polohách.

Při odvodnění byl volen diferencovaný přístup, když v povodí **Jeník I** (území o rozloze 47,0 *ha*, se zalesněností 13,2 %) byla provedena sporadická drenáž v rozsahu 39,6 *ha* a v povodí **Jeník II** (území o rozloze 55,0 *ha*, se zalesněností 12,1 %) drenáž systematická. Oba drenážní zásahy byly doplněny podle potřeby záchytnými drény za účelem odvedení cizích podzemních svahových vod. Bodové prameny byly asanovány hlubokými pramennými jímkami.

5. METODIKA PRÁCE

Měření průtoků

Měření odtoků v závěrových profilech pokusných povodí je řešeno v závislosti na velikosti sběrné plochy, a tedy na velikosti vodního toku. U malých povodí je nejčastěji instalován ostrohranný měrný přeliv, zpravidla Thomsnův přeliv ($\alpha = 90^\circ$), přičemž měřena a registrována je úroveň hladiny nad objektem. Pro stanovení průtoku jsou využívány jednoduché mocninové výrazy, obvykle původní Thomsnův vzorec:

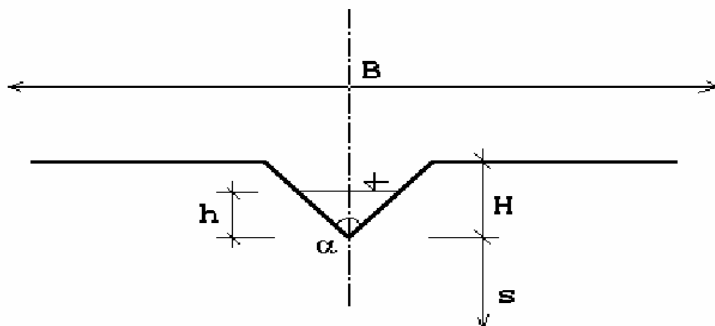
$$Q = 1,4h^{5/2}.$$

Podmínkou platnosti vzorců je průtok dokonalým přepadem přes ostrou hranu a platnost geometrických podmínek:

$$B \geq 8h; S > 3h; h_d < S_d,$$

kde Q ($m^3 \cdot s^{-1}$) je průtok, h (m) je přepadová výška, B (m) je šířka koryta nad přelivem, h_d je hloubka vody pod přelivem, S (m) je výška přelivné hrany nade dnem toku nad přelivem a S_d je výška předivné hrany nad dnem toku pod přelivem (viz **obr. 1**) (Kulhavý a kol., 2002).

U tohoto experimentálního povodí jsou k těmto přepadům instalovány ultrazvukové měřiče snímající hladiny vody se záznamem do dataloggerů. Naměřené hodnoty se dále zpracovávají softwarovým programem MOST. Výstupem jsou průměrné denní průtoky, které jsem přejal pro jejich vyhodnocení. Dříve se k této metodě připojovala i metoda přímého měření. Jednalo se o tzv. objemovou metodu, kdy se měřil čas naplnění nádoby o známém objemu. Prováděla se pro **porovnání dat**, avšak v roce 2006 od ní bylo upuštěno z důvodu uspokojivých výsledků ultrazvukovými měřiči.



Obr.1: Základní parametry měrného Thomsonova přelivu (pohled)

Očištění a vyhodnocení dlouhodobých řad

Očištění se provádí za účelem odstranění chybně načtených hodnot ultrazvukovým měřičem. Nejčastěji se tomu tak děje z důvodu zachycení nánosů do pletiva, výskytu ledu, nebo výpadkem měřicího přístroje. Samotné očištění se pak uskutečňuje interpolací či dosazením průměrných hodnot z delšího období a s ohledem na průběh datové řady z druhého profilu. Mnou obdržená data byla těchto nedostatků odstraněna.

Data dlouhodobých řad průtoků se vyhodnocují základními statickými metodami jako je například průměrná hodnota, minimální hodnota, maximální hodnota, medián a další.

Separace odtoku

Režim odtoku je analyzován z hlediska svých složek – přímého a základního odtoku, které se liší svou genezí. Přímá složka odtoku je odezvou na srážku nebo tání, zatímco základní složka je výslednicí dlouhodobé redistribuce podzemních vod. Pro separaci hlavních složek hydrografu odtoku se využilo metody GROUND. Tato metoda je použitelná i tehdy, nenachází-li se v datové řadě dobře vyvinutá a izolovaná odtoková vlna, datová řada je relativně krátká a vedle odtoku samotného nejsou k dispozici žádné jiné měřené veličiny.

Popis separace odtoku metodou GROUND:

Metoda GROUND („separation of GROUNDwater runoff“) byla vypracována Doležalem a Jainem (Jain, 1997). Vznikla z potřeby urychleně a přibližně separovat přímý a základní odtok z malého povodí z datové řady středních denních průtoků v závěrovém profilu. Začátek vyhodnocovaného období by měl připadnout do málo vodného období, kdy průtok nekolísá. Metoda obsahuje jediný proměnlivý vstupní parametr, koeficient přírůstku základního odtoku *COEF*. Empiricky odladěná hodnota *COEF* pro povodí řádu 1 km² je 0.075. Vnitřními parametry, nepočítáme-li pomocné proměnné, jsou přírůstek základního odtoku *DIFF* a logická proměnná *FLOOD*. Vstupem je řada středních denních nebo v jiném konstantním časovém kroku průměrkovaných průtoků nebo odtoků. Výstupem jsou dvě řady středních denních nebo obdobných průtoků představujících, v pořadí, přímý a základní odtok z povodí (Kulhavý a kol., 2001).

Vyhodnocení jakosti v závislosti na průtocích (celkový, základní odtok a odnosy)

Samotnému vyhodnocení předchází odběr vzorků a jejich analýza v akreditované laboratoři. Vzorky vody pro rozbor byly odebírány z profilu Jenín 1 a Jenín 2 do plastových lahví o objemu 2 litry naplněné až k hrdlu, aby nedocházelo k jeho oxidaci a tedy případným změnám v chemickém složení. K tomuto docházelo přibližně v měsíčním intervalu, vše s ohledem na ČSN ISO 5667-6 (75 7051) „Jakost vody – Odběr vzorků, Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků.“

Norma ČSN 75 7211 definuje **hodnocení jakosti vod** jako vyhodnocení výsledků kontroly jakosti vod, převádějící získané údaje o jakosti vody na číselné charakteristické hodnoty a ty pak na slovní vyjádření stavu jakosti vod. Řazení vod do tříd podle jejich jakosti s použitím soustavy mezních hodnot, tedy nejvyšší (u rozpuštěného kyslíku nejnižší) hodnota ukazatele jakosti vody v dané třídě jakosti vody. Tekoucí povrchové vody se podle jakosti 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, nevyváženého a udržitelného ekosystému.

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

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

Jelikož se v tabulce mezních hodnot tříd jakosti uvádí na místo dusičnanů a amoniaku nitratový dusík a amonný dusík, byly zanalyzované koncentrace převedeny pronásobením hodnotou 0,78 pro dusík amonný a hodnotou 0,23 pro dusík nitratový a dále se pracovalo s nimi.

Pro výpočet **odnosu** živin se využívá metodiky VÚMOP (Gergel a kol., 1994), kde se pro odhad množství odtransportovaných živin v kg za rok vychází z dílčích hodnot velikostí průtoků a kvality vody (obsah sledovaných látek) a zjistí se podle vztahu:

$$L_{t1} = 0,0864 \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot p_i \cdot Q_i$$

kde:

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

t_i = doba trvání i – tého sledování (d)

i = i – tý interval sledování

n = počet intervalů sledování za rok

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

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

Vyjádření odnosu na 1 ha plochy povodí se provede podle vztahu:

$$L_{t2} = \frac{L_{t1}}{P}$$

kde P je plocha povodí (ha).

6. VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Vyhodnocení průtoků

Přehled statistických charakteristik datových řad středních denních průtoků, resp. specifických odtoků uvádí *tab. 8*, a to pro hydrologický rok 2007. Pro výpočet součinitele odtoku, udávajícího poměr mezi objemem odtoku a úhrnem srážek spadlých na povodí, jsem použil hodnot ze srážkoměru umístěného u uzávěrového profilu J1.

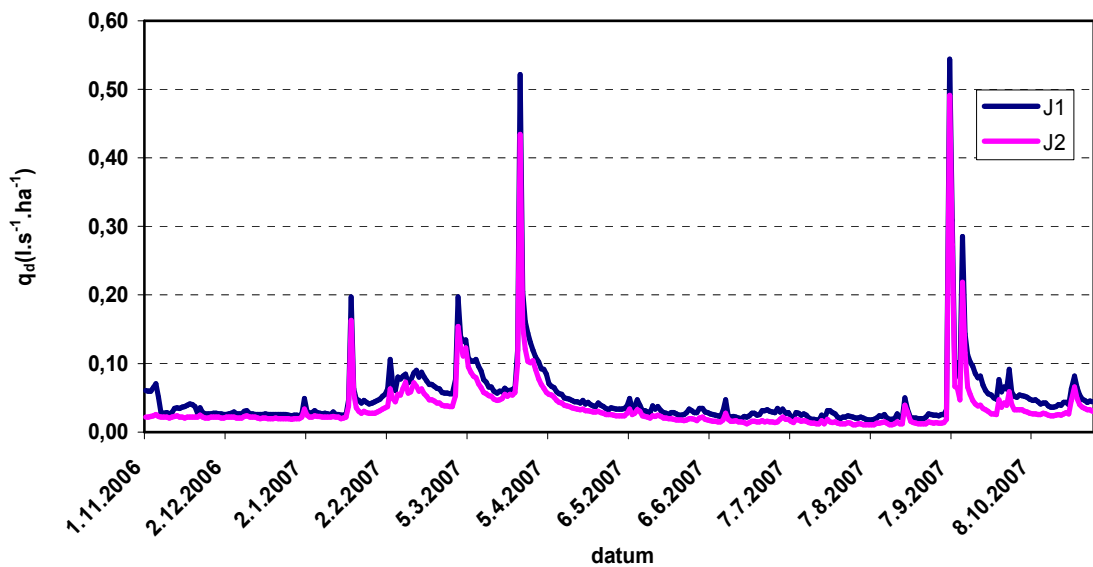
Tab. 8: Základní statistické charakteristiky datových řad pro J1 a J2

Název povodí	Jednotky	Jenínský potok J1	Jenínský potok J2
Plocha povodí	ha	47	55
Datová řada	-	1.11.06 - 31.10.07	1.11.06 - 31.10.07
Počet prvků řady	-	365	365
Maximum Q_d	$l.s^{-1}$	25,56	27,01
Minimum Q_d	$l.s^{-1}$	0,84	0,58
Průměrné Q_d	$l.s^{-1}$	2,33	1,94
Medián Q_d	$l.s^{-1}$	1,62	1,27
Směrodatná odchylka Q_d	$l.s^{-1}$	2,3470	2,3409
Maximum q_d	$l.s^{-1}.ha^{-1}$	0,5438	0,4910
Minimum q_d	$l.s^{-1}.ha^{-1}$	0,0178	0,0105
Průměrné q_d	$l.s^{-1}.ha^{-1}$	0,0495	0,0352
Medián q_d	$l.s^{-1}.ha^{-1}$	0,0344	0,0231
Směrodatná odchylka q_d	$l.s^{-1}.ha^{-1}$	0,0499	0,0426
Součinitel odtoku	-	0,1748	0,0105

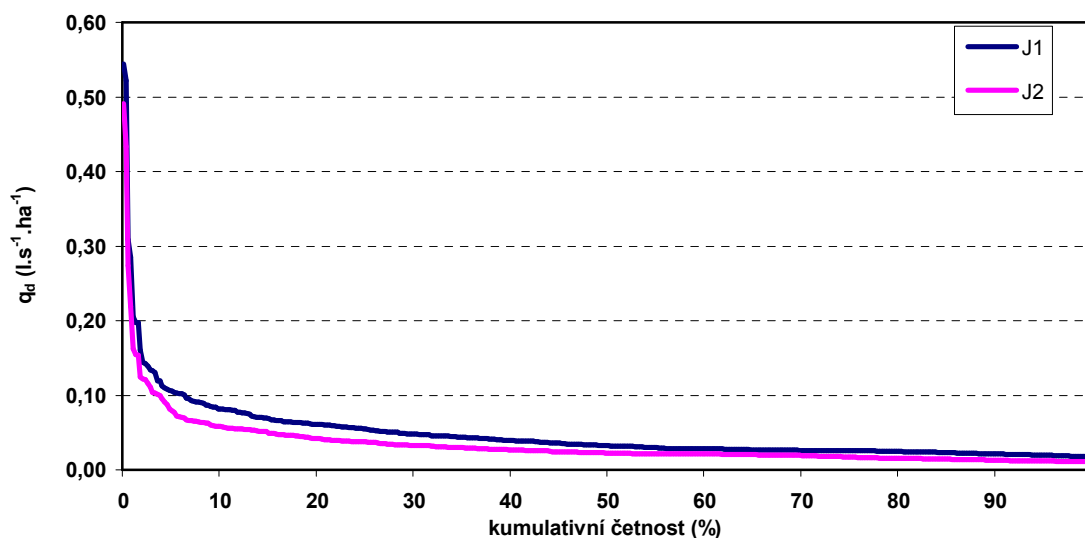
Jednotlivé charakteristiky se na obou subpovodích příliš neliší. Maximální průtoky, uvedené v *tab. 8*, byly naměřeny shodně 6.9.2007 pro obě subpovodí. O nemálo menší, a to $24,53 l.s^{-1}$, resp. $23,86 l.s^{-1}$, se zaznamenaly 23.3.2007. Průtoky vykazují celkem vyrovnaný průběh, i když se vyskytují i občasné výkyvy ve zvýšených průtocích vyvolané jarním táním, resp. zvýšenými srážkami. Toto nám i dokládá směrodatná odchylka signalizující větší vzájemné odlišnosti od měřených dat.

Průtoky nikdy za sledované období nedosáhly nulových hodnot. Minima byla naměřena 17.7.2007.

Odtokové poměry na povodí lépe vystihují průměrné specifické odtoky, které se vztahují na jednotku plochy. Jejich průběh můžete názorně vyčíst níže z *grafu 1*. Z tohoto grafu je patrná přibližná vyrovnanost vodnatosti obou subpovodí. V *grafu 2* si lze povšimnout větší vodnatosti v subpovodí Jenín 1 v oblasti nižších specifických průtoků (do $0,20 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$), za to v oblasti vyšších specifických průtoků s malou pravděpodobností výskytu se téměř obě čáry kryjí.



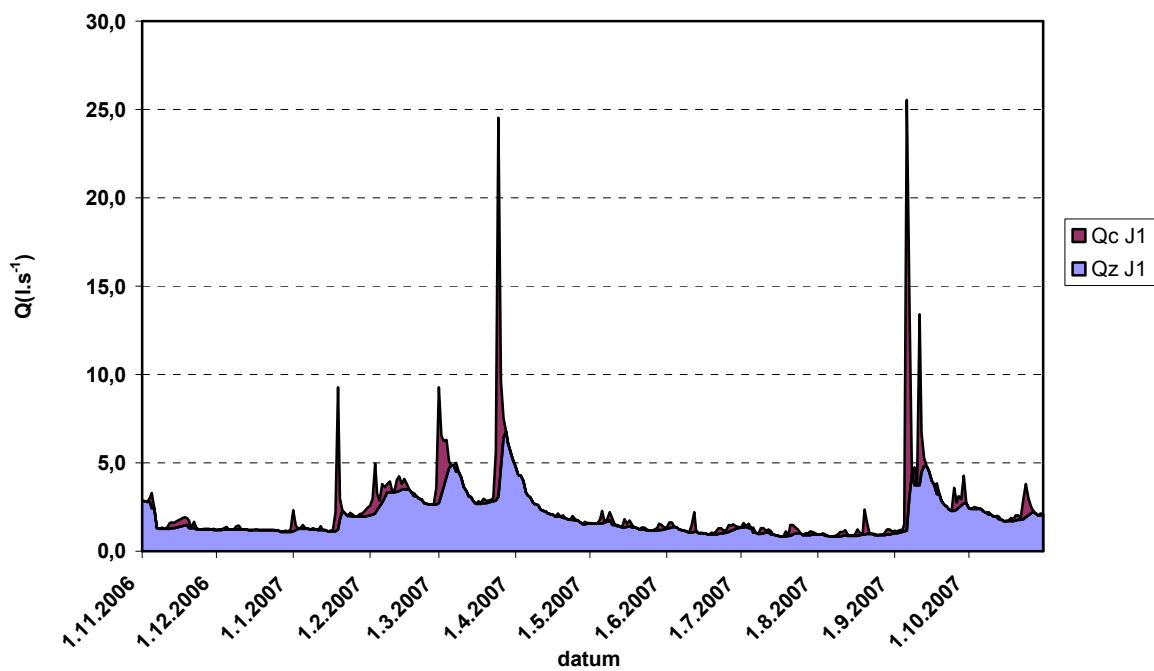
Graf 1: Průběh specifických odtoků



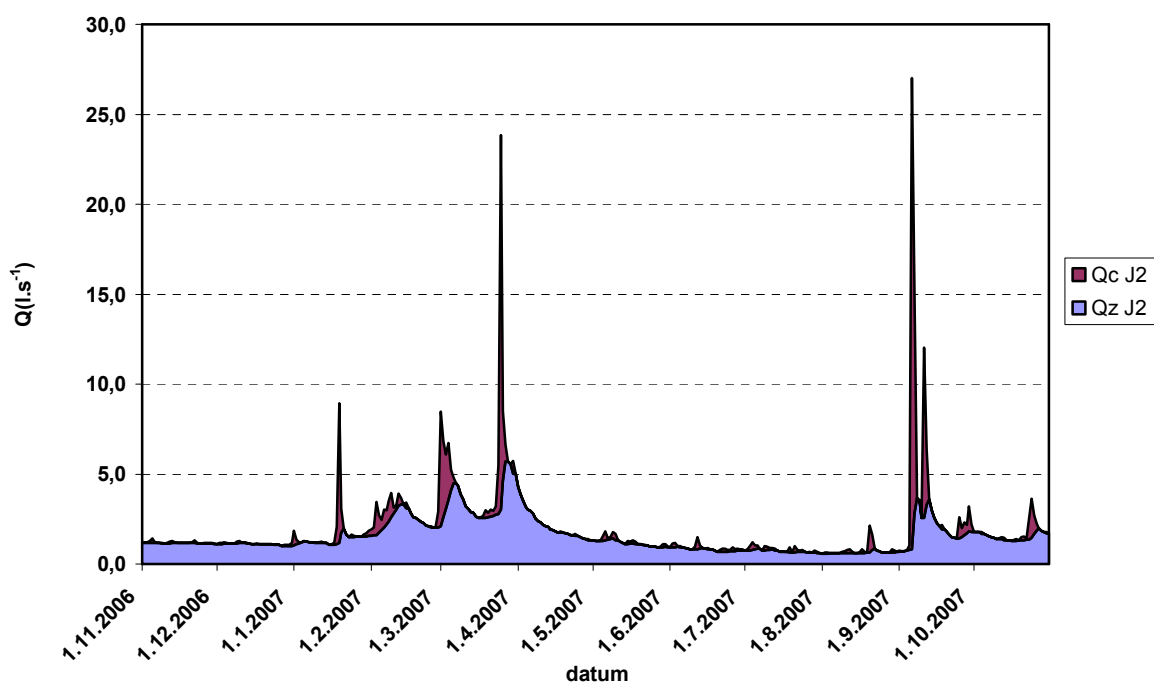
Graf 2: Empirické čáry překročení průměrných denních specifických odtoků

6.2 Separace odtoku vody

Průběh separovaného odtoku vody na jednotlivých subpovodích vyjadřují grafy 1 a 2, kde Q_c značí celkový průtok a Q_z průtok základní.



Graf 3: Separace odtoku vody na subpovodí J1



Graf 4: Separace odtoku vody na subpovodí J2

Tab. 9: Statistické charakteristiky separovaného odtoku na subpovodích J1 a J2

Název povodí	Jenínské subpovodí J1		Jenínské subpovodí J2	
	Qz	Qp	Qz	Qp
Maximální hodnota	6,78	24,39	5,69	26,20
Minimální hodnota	0,84	0,00	0,58	0,00
Průměrná hodnota	1,89	0,44	1,53	0,41
Směrodatná odchylka	1,08	1,97	0,95	2,03
Procentuální zastoupení	81,19	18,81	78,77	21,23

(kde Qz – základní odtok a Qp – přímý odtok jsou vyjádřeny v $l.s^{-1}$)

Minimální hodnoty přímého odtoku spadají do nulových hodnot u obou subpovodí. Během roku se vyskytly tyto hodnoty na subpovodí J1 144 krát, respektive 155 krát na subpovodí J2. Podíly toho druhu odtoku na odtoku celkovém činí necelých 19 % u subpovodí J1 a mírně překračují 21 % u subpovodí J2.

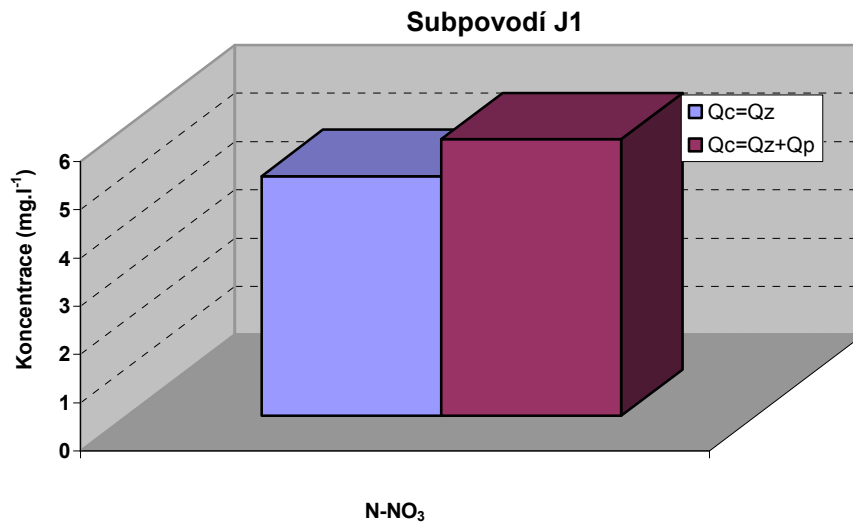
6.3 Vyhodnocení jakosti

Vyhodnocení jakosti proběhlo na základě závislostí jednotlivých koncentrací a hodnot na druzích průtoků a na jejich průběhu během roku. Dále se zjišťovalo hmotnostní množství odnesených látek.

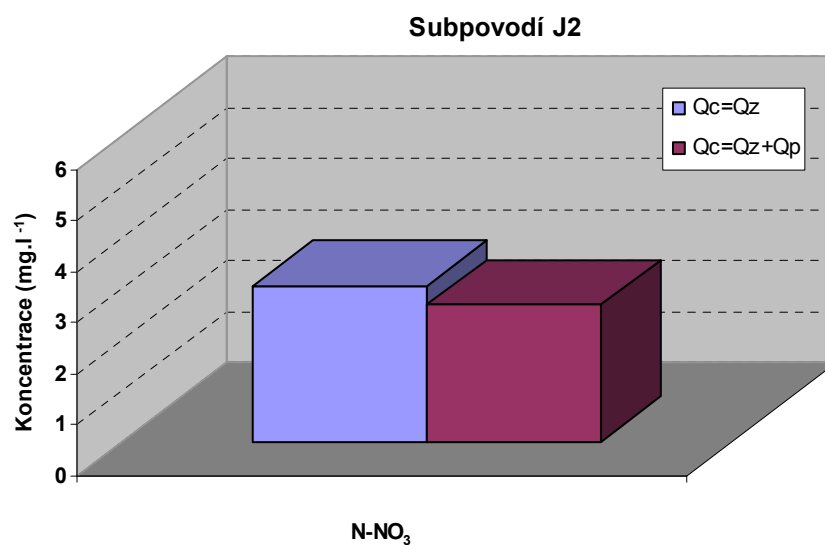
6.3.1 Závislost na průtoku

Ta se provedla přiřazením analyzovaných zprůměrovaných hodnot hydrochemických ukazatelů ke složkám celkového odtoku (Q_c), kdy se tento odtok skládá jen ze základního odtoku ($Q_c = Q_z$) a kdy se na něm podílí i odtok přímý (tedy $Q_c = Q_z + Q_p$). Z 12 odebraných vzorků se odtok skládá i z odtoku přímého v 7 případech u subpovodí J1 a v 5 případech u subpovodí J2.

Nitrátový dusík



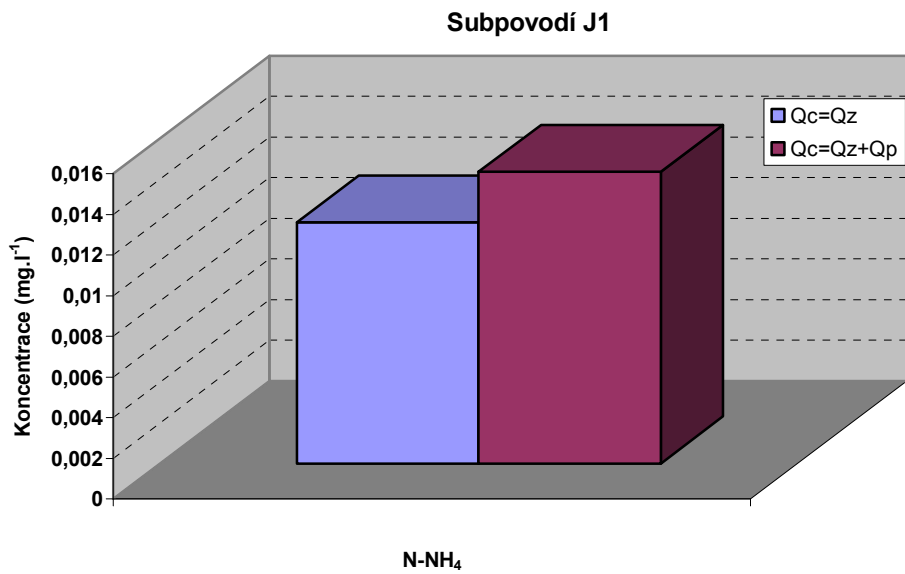
Graf 5: Závislost koncentrace nitrátového dusíku na druhu odtoku u subpovodí J1



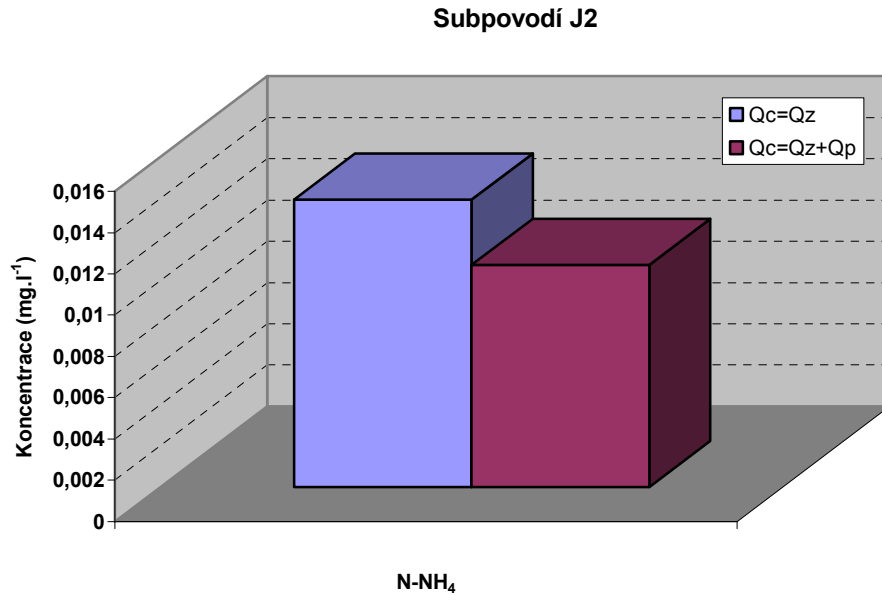
Graf 6: Závislost koncentrace nitrátového dusíku na druhu odtoku u subpovodí J2

U obou těchto subpovodí není rozdíl mezi koncentracemi značný. Představuje něco málo přes 1 mg.l^{-1} u subpovodí J1 a necelý 1 mg.l^{-1} u subpovodí J2. Avšak odlišují se v tom, že u subpovodí J1 je koncentrace při výskytu přímého odtoku vyšší. U druhého subpovodí je tomu naopak. Zapříčiňují to nefunkční drenážní šachtice v subpovodí J1, kde dochází k lokálním zamokřením. V těchto místech a jejich blízkém okolí se napájí dobytek a dochází tak k bodovému zdroji znečištění.

Amonný dusík



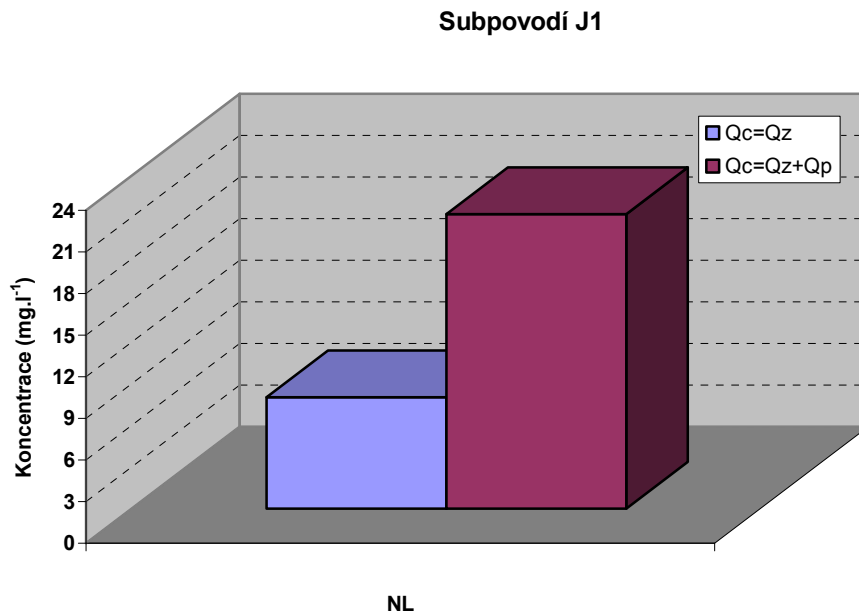
Graf 7: Závislost koncentrace amonného dusíku na druhu odtoku u subpovodí J1



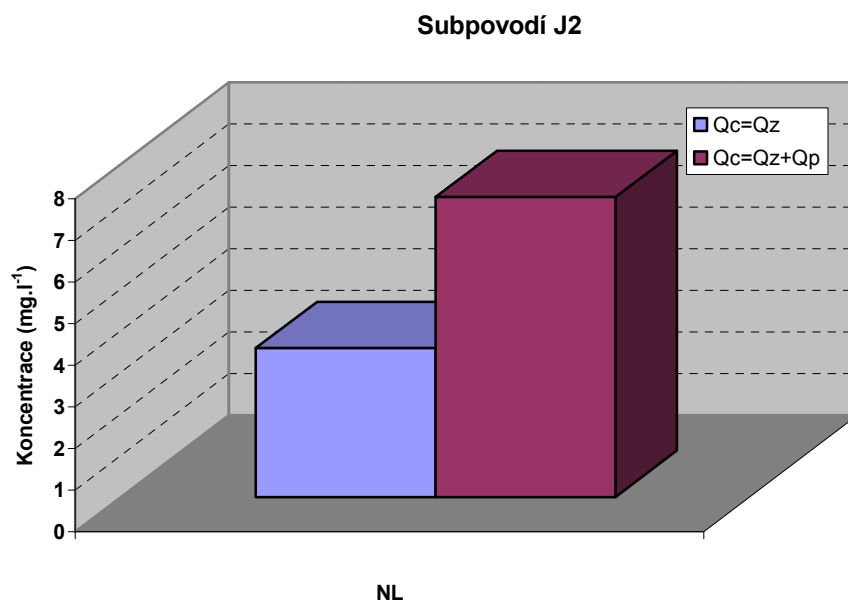
Graf 8: Závislost koncentrace amonného dusíku na druhu odtoku u subpovodí J2

Podobné závislosti vykazuje i amonný dusík a i zde se rozdíly v koncentracích tolik neliší, řádově v tisícinách $mg.l^{-1}$.

Nerozpuštěné látky



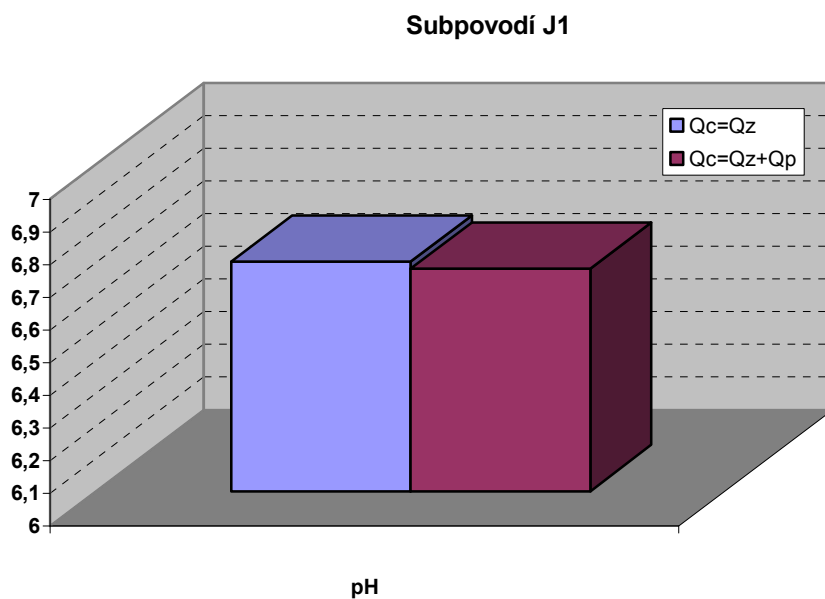
Graf 9: Závislost koncentrace nerozpustných látek na druhu odtoku u subpovodí J1



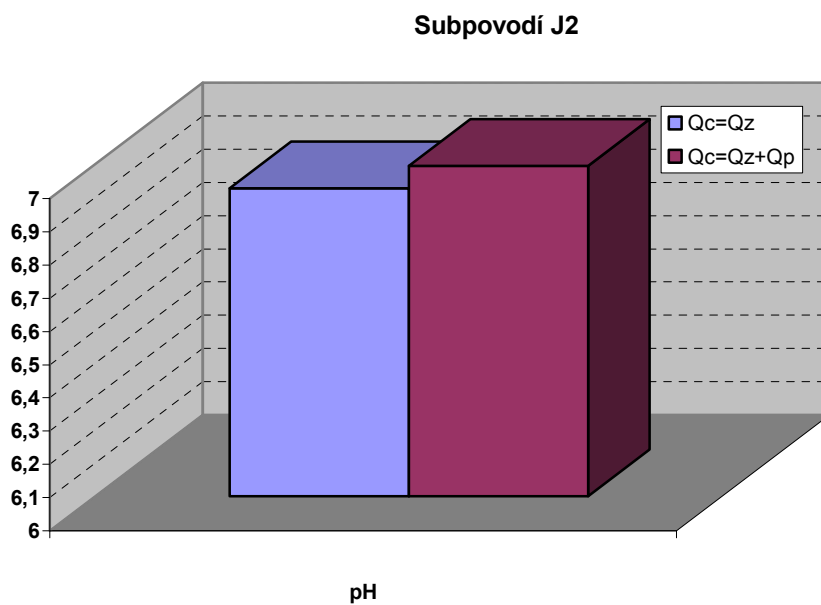
Graf 10: Závislost koncentrace nerozpustných látek na druhu odtoku u subpovodí J2

U nerozpuštěných látek se hodnoty pro jednotlivá složení celkového odtoku diferencují markantněji. Podepisuje se na tom zvýšený průtok, který zjevně podporuje nárůst koncentrace nerozpuštěných látek v toku.

pH



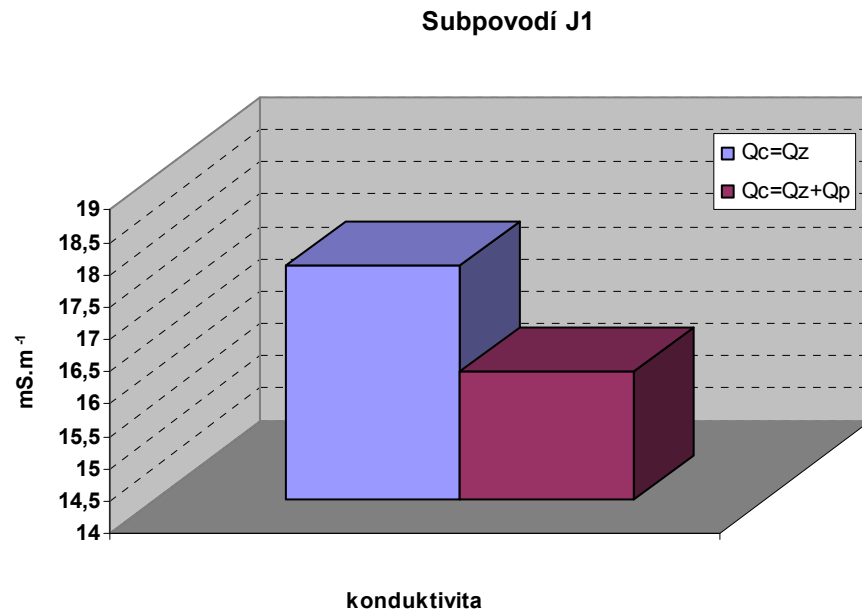
Graf 11: Závislost hodnoty pH na druhu odtoku u subpovodí J1



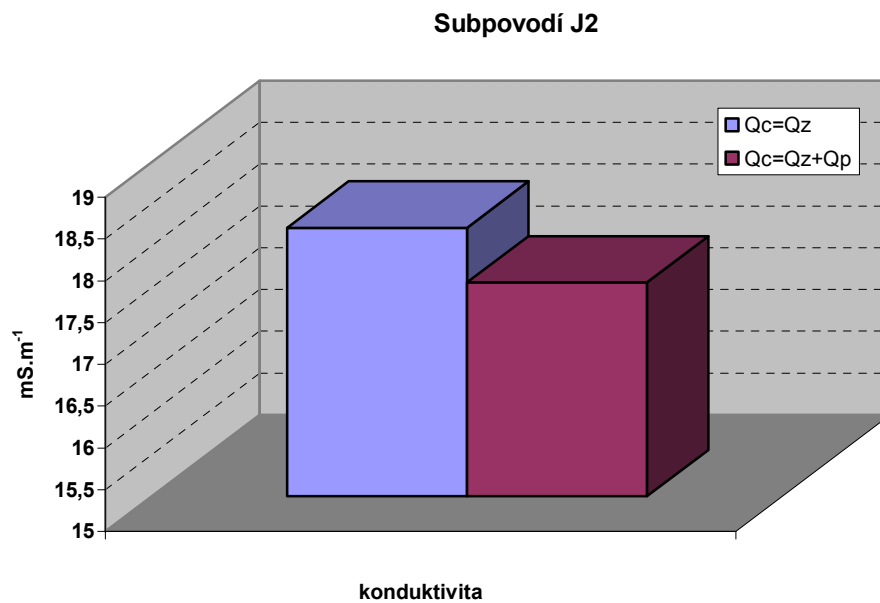
Graf 12: Závislost hodnoty pH na druhu odtoku u subpovodí J2

Rozdíly hodnot tohoto ukazatele jsou natolik malé, že by se dala závislost na druzích průtoků vyloučit. U obou subpovodí se pohybují v řádech setin.

Konduktivita



Graf 13: Závislost hodnoty konduktivity na druhu odtoku u subpovodí J1



Graf 14: Závislost hodnoty konduktivity na druhu odtoku u subpovodí J2

V obou případech těchto závislostí vykazují vyšší hodnoty konduktivity u odtoku, při kterém se nepodílí odtok přímý. Tato veličina je funkcí koncentrací složek ve vodě a je dána součtem na sobě nezávislých dílčích vodivostí kationů a aniontů.

6.3.2 Průběh jakosti během roku

Následující tabulky vyjadřují základní statistické charakteristiky vybraných ukazatelů. V ní se uvádí hodnota C_{90} , která podle ČSN 75 7221 charakterizuje a nahrazuje při hodnocení jakosti vody celý soubor naměřených hodnot ukazatele jakosti.

Grafy znázorňují průběh jejich koncentrací, respektive hodnot. Jejich barevné odlišení se řídí podle kategorizace příslušných tříd jakosti. Jejich rozdělení je popsáno v obr. 2.



Obr. 2: Legenda ke grafům 15-24, vyjma grafů 21 a 22 (jelikož hodnoty pH se neklasifikují)

Nitrátový dusík

Tab. 10: Základní statistické charakteristiky nitrátového dusíku v $mg.l^{-1}$

N-NO ₃	Subpovodí J1	Subpovodí J2
Maximální hodnota	7,61	3,73
Minimální hodnota	3,31	1,78
Průměrná hodnota	5,61	2,90
Medián	5,51	2,88
Hodnota C_{90}	7,17	3,60

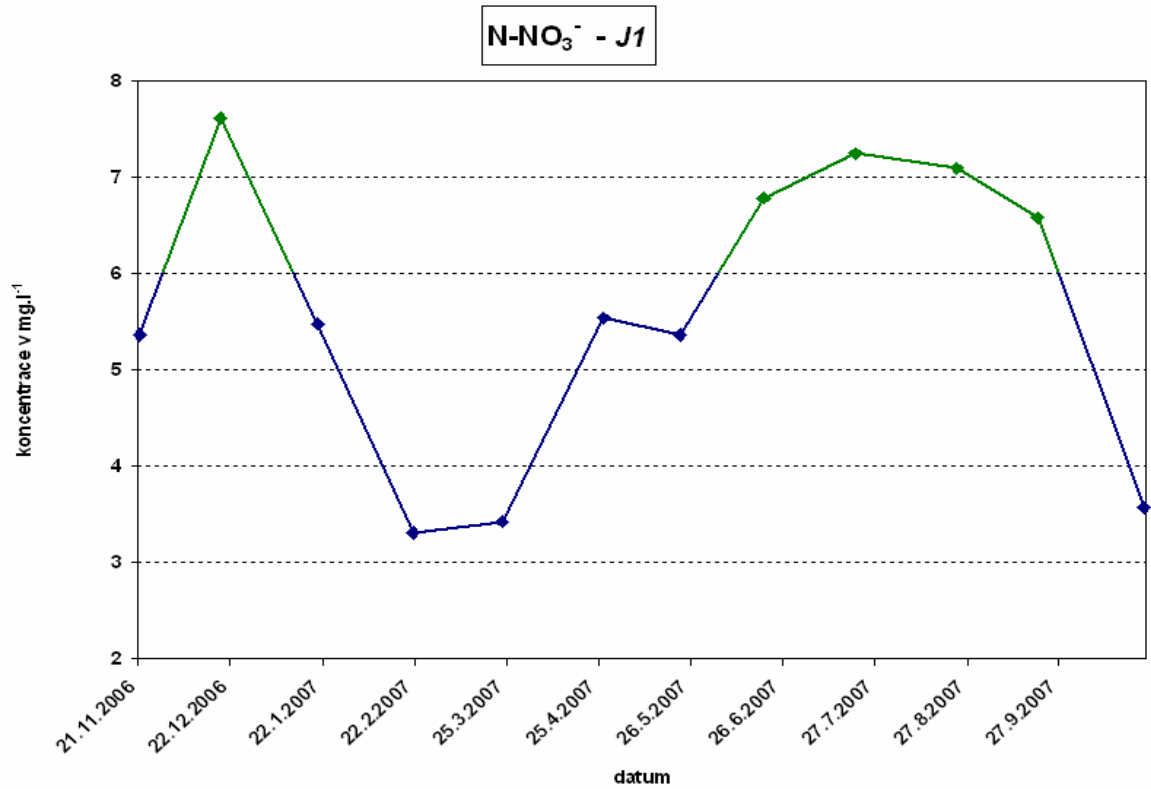
Minimální koncentrace dusičnanů na subpovodí J1 byla naměřena 21.2.2007, a to $14,4 mg.l^{-1}$, tj. $3,31 mg.l^{-1}$ nitrátového dusíku, při průměrném denním průtoku $3,0 l.s^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena 25.10.2007, a to $7,7 mg.l^{-1}$, tj. $1,78 mg.l^{-1}$ nitrátového dusíku, při průměrném denním průtoku $2,7 l.s^{-1}$.

Maximální hodnoty na subpovodí J1 byly naměřeny 18.12.2006, a to $33,1 mg.l^{-1}$, tj. $7,61 mg.l^{-1}$ nitrátového dusíku, při průměrném denním průtoku $1,2 l.s^{-1}$.

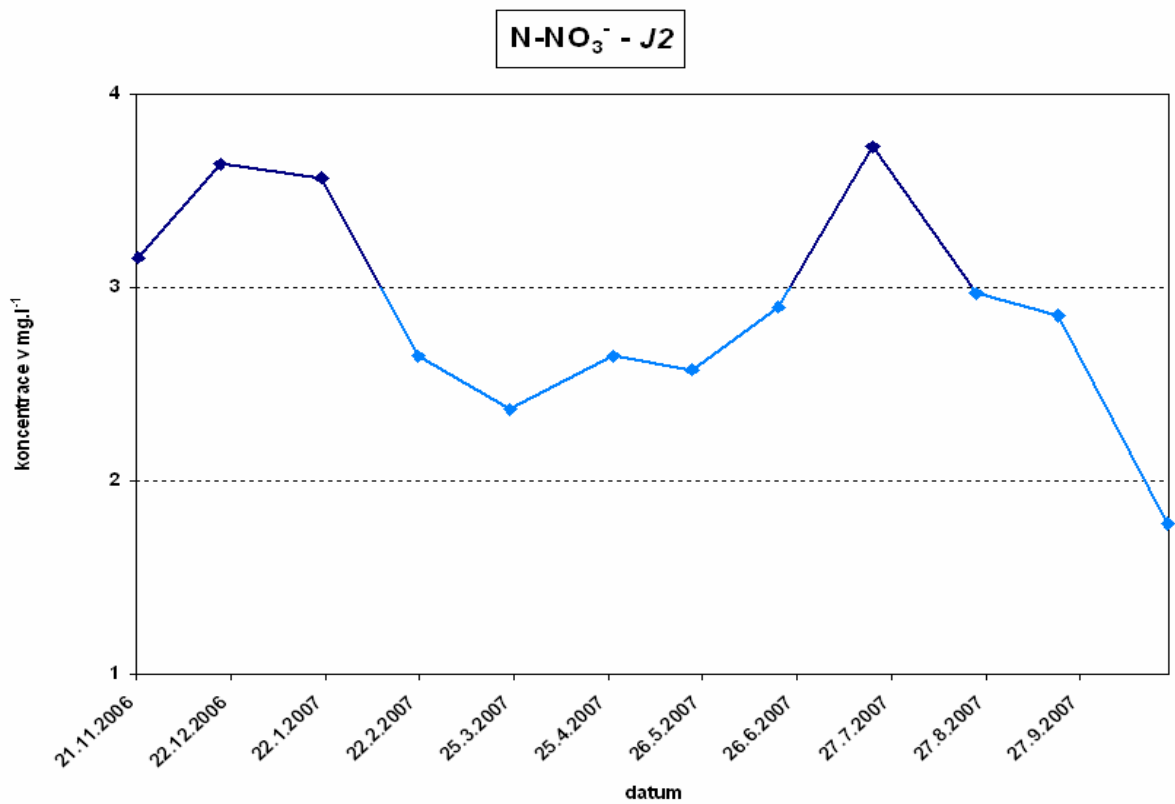
U subpovodí J2 byla naměřena 20.7.2007, a to $16,2 \text{ mg.l}^{-1}$, tj. $3,73 \text{ mg.l}^{-1}$ nitrátového dusíku, při průměrném denním průtoku $0,6 \text{ l.s}^{-1}$.

Při porovnání těchto průměrných denních průtoků s *tab. 8* vyplývá, že při zvýšených průtocích dochází ke zředění těchto koncentrací a při nižších průtocích je tomu naopak. Navíc zde hraje roli i období, doba a intenzita pastvy na těchto pozemcích. Právě i proto se hodnoty na J1 a J2 liší téměř až dvojnásobně.

Na *grafech 15 a 16* je patrný sinusoidní průběh, kdy se zvyšují koncentrace této látky po ukončení sezóny. Jedná se o tzv. sezónní vliv, kdy se koncentrace těchto látek zvyšují z důvodu sníženého odběru vegetací. Jinak co se jakosti týče vykazují hodnoty II. a III. třídy u profilu J1 a u profilu J2 I. a II. třídu.



Graf 15: Průběh koncentrace nitrátového dusíku na subpovodí J1



Graf 16: Průběh koncentrace nitrátového dusíku na subpovodí J2

Amonný dusík

Tab. 11: Základní statistické charakteristiky amonného dusíku v $mg.l^{-1}$

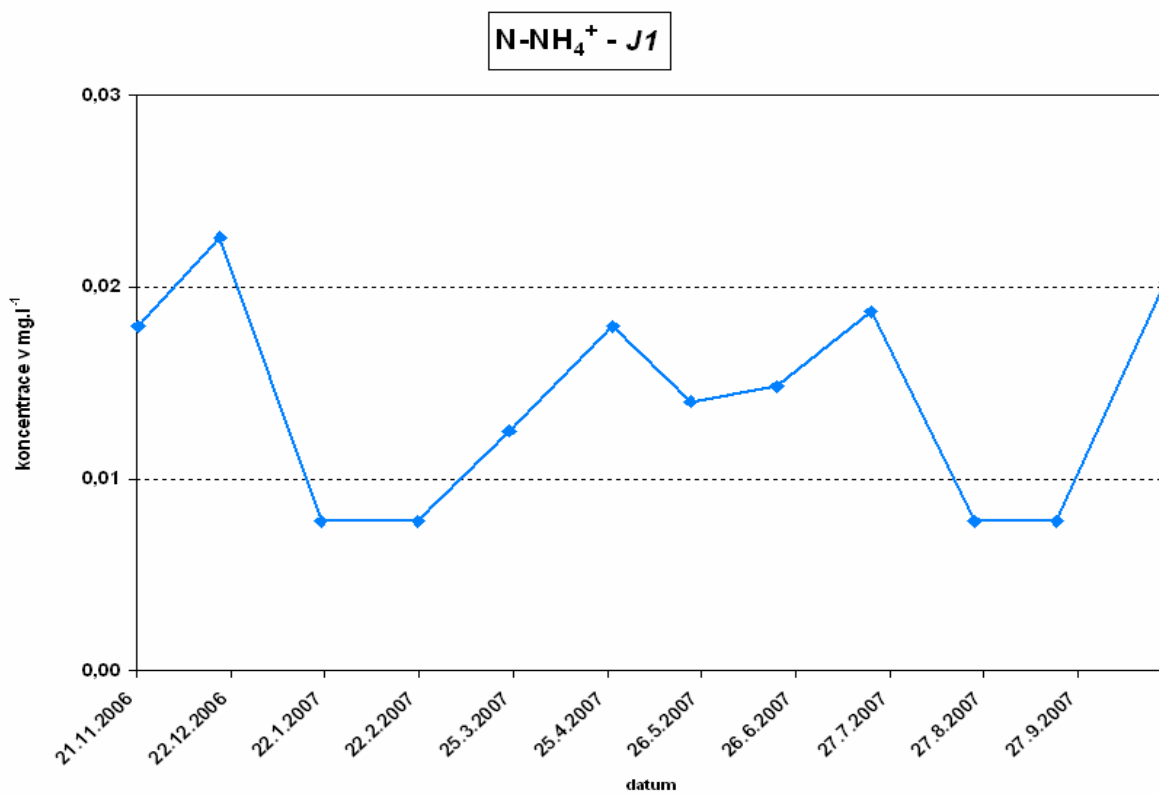
N-NH₄	Subpovodí J1	Subpovodí J2
Maximální hodnota	0,0226	0,0367
Minimální hodnota	0,0078	0,0078
Průměrná hodnota	0,0142	0,0126
Medián	0,0144	0,0082
Hodnota C₉₀	0,0196	0,0184

Minimální koncentrace amonného iontu na profilu J1 byla naměřena dokonce u čtyř odběrů a to 20.1., 21.2., 23.8. a 19.9. roku 2007 v koncentraci $0,01 mg.l^{-1}$, tj. $0,0078 mg.l^{-1}$ amonného dusíku, při průměrných denních průtocích $3,0 l.s^{-1}$ v prvních dvou případech, $1,0 l.s^{-1}$ v srpnu a $3,2 l.s^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena ve stejných datech odběru, a za shodné koncentrace $0,01 mg.l^{-1}$, tj. $0,0078 mg.l^{-1}$ amonného dusíku jako u profilu J1, při průměrných denních průtocích $3,1 l.s^{-1}$, $2,3 l.s^{-1}$, $0,7 l.s^{-1}$, respektive $1,9 l.s^{-1}$.

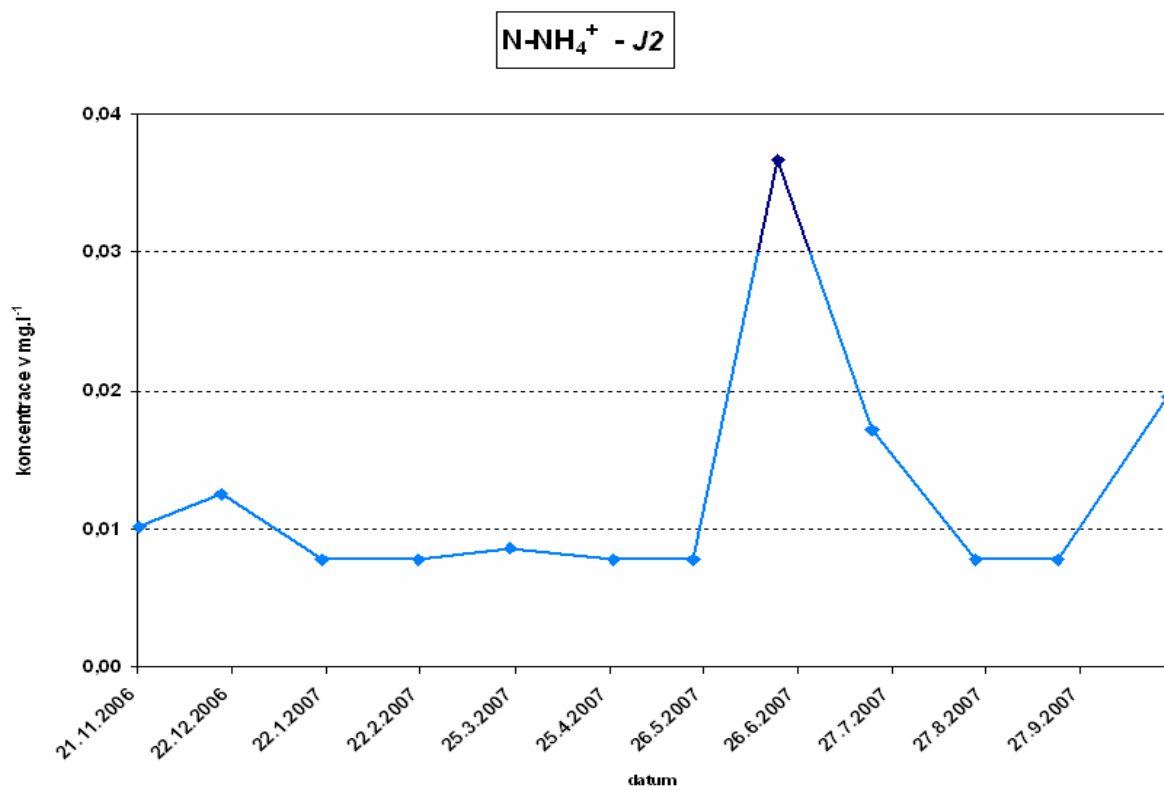
Maximální hodnoty na subpovodí J1 byla naměřena 18.12.2006, a to $0,03 mg.l^{-1}$, tj. $0,0226 mg.l^{-1}$ amonného dusíku, při průměrném denním průtoku $1,2 l.s^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena 19.6.2007, a to $0,05 mg.l^{-1}$, tj. $0,0367 mg.l^{-1}$ amonného dusíku, při průměrném denním průtoku $0,8 l.s^{-1}$.

Podle těchto zjištěných vazeb koncentrací s průtoky vyplývají podobné vztahy jako jsou u nitratového dusíku, tedy že s rostoucím průtokem snižují koncentrace amonného dusíku.

Na grafech 17 a 18 jsou patrný ještě lepší výsledky co se tříd jakosti týče, kdy se na profilu J1 hodnoty vyskytují v I. třídě a u profilu také až na jednu hodnotu, která spadá do II. třídy.



Graf 17: Průběh koncentrace amonného dusíku na subpovodí J1



Graf 18: Průběh koncentrace amonného dusíku na subpovodí J2

Nerozpuštěné látky

Tab. 12: Základní statistické charakteristiky nerozpuštěných látek v $mg.l^{-1}$

NL	Subpovodí J1	Subpovodí J2
Maximální hodnota	76	15
Minimální hodnota	2	2
Průměrná hodnota	13	5
Medián	7	7
Hodnota C_{90}	15	7

Minimální koncentrace nerozpuštěných látek na profilu J1 byla naměřena 19.6.2007

v koncentraci $2 mg.l^{-1}$, při průměrném denním průtoku $1,0 l.s^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena stejná minimální hodnota jako u prvního profilu a to u dvou odběrů, také 19.6.

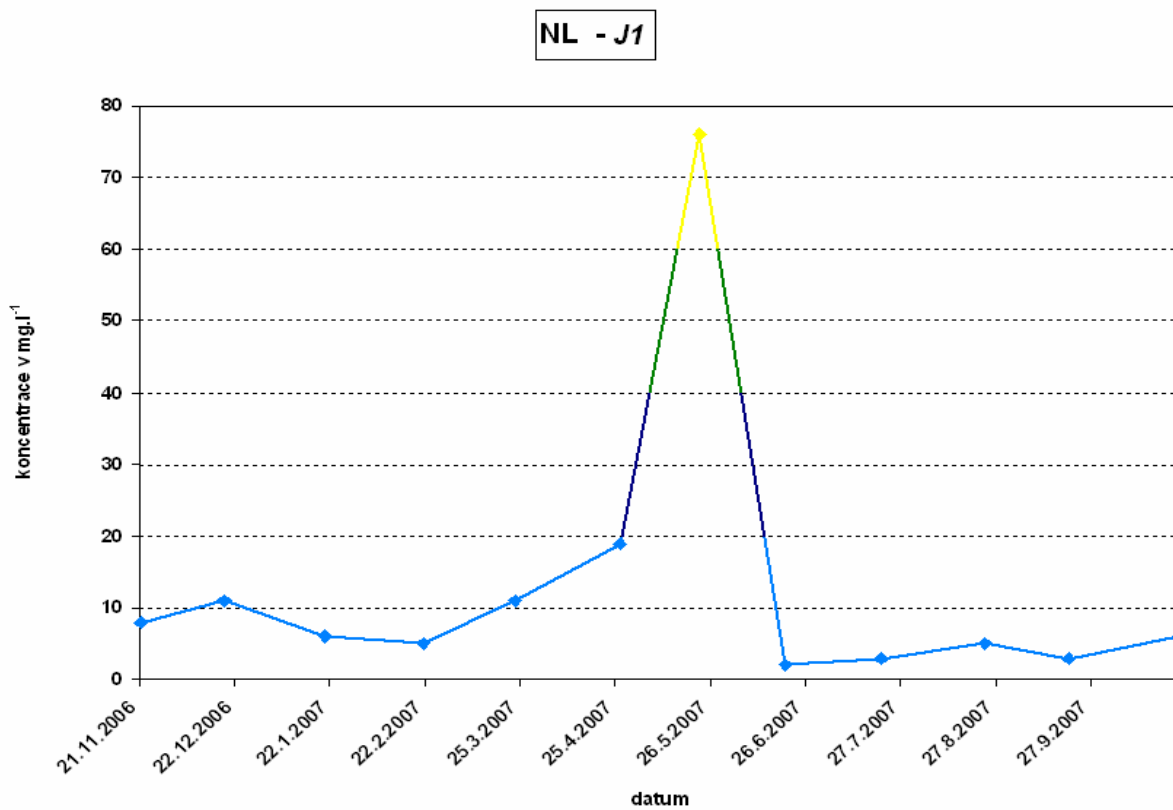
a dále 19.9.2007, při průměrných denních průtocích $0,8 l.s^{-1}$, respektive $1,9 l.s^{-1}$.

Maximální hodnota na subpovodí J1 byla naměřena 22.5.2007, a to $76 mg.l^{-1}$, při průměrném denním průtoku $1,3 l.s^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena také 22.5.2007,

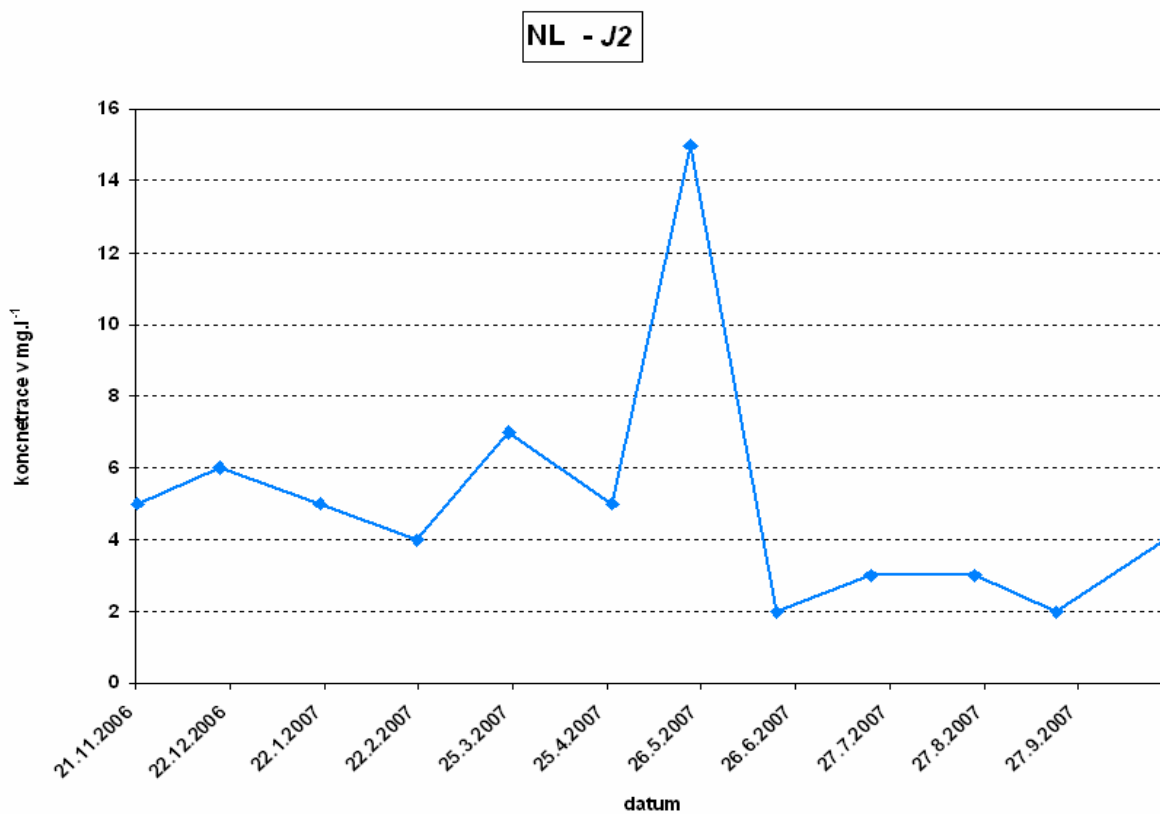
a to $15 mg.l^{-1}$, při průměrném denním průtoku $1,1 l.s^{-1}$.

S rostoucími se průtoky by se koncentrace nerozpuštěných látek měla zvyšovat, ačkoliv v tomto případě to tolik patrné není.

U grafu 19 se při jednom odběru naměřila koncentrace spadající až do IV. třídy jakosti. Naopak u druhého subpovodí se všechny hodnoty klasifikují do I. třídy.



Graf 19: Průběh koncentrace nerozpuštěných látek na subpovodí J1



Graf 20: Průběh koncentrace nerozpuštěných látek na subpovodí J2

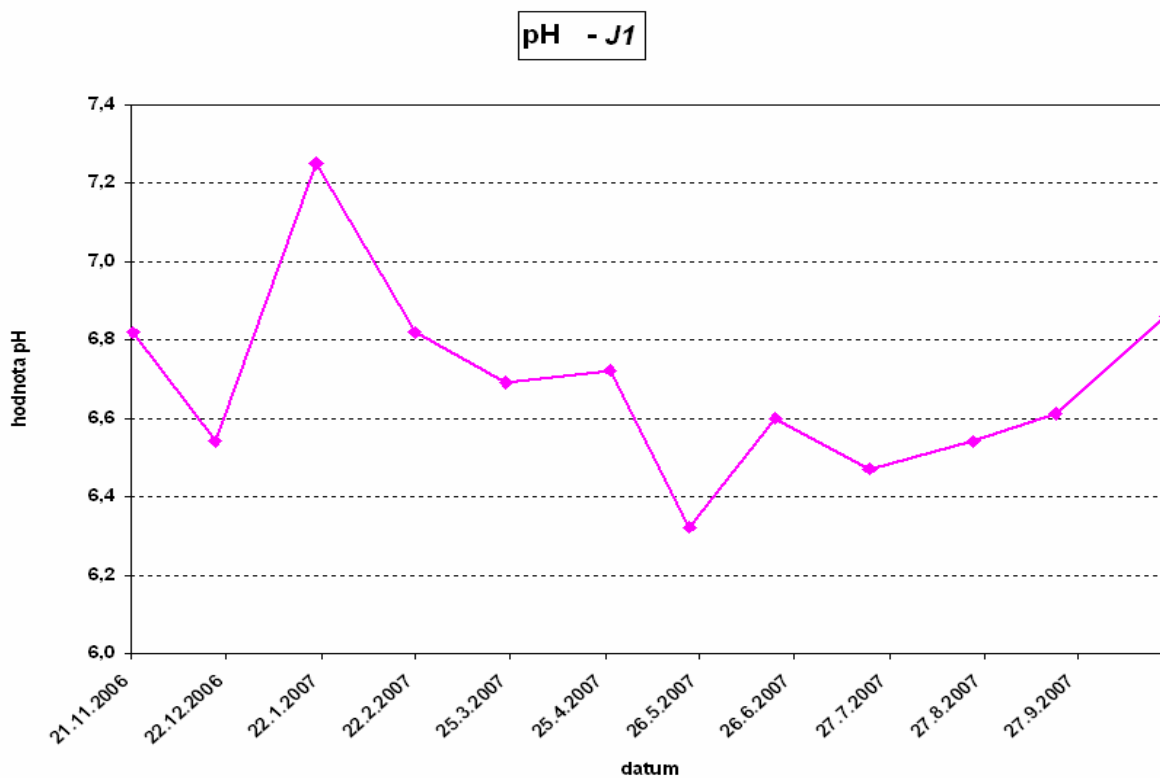
pH

Tab. 13: Základní statistické charakteristiky hodnot pH

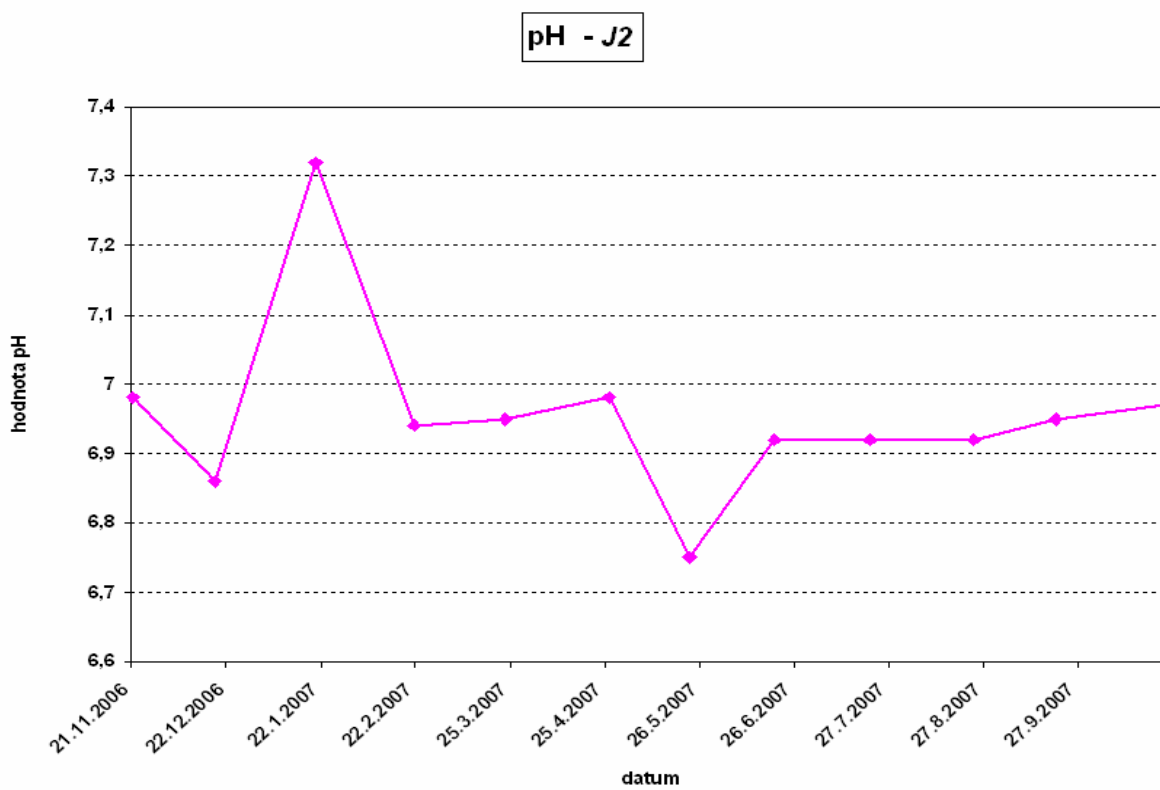
pH	Subpovodí J1	Subpovodí J2
Maximální hodnota	7,3	7,3
Minimální hodnota	6,3	6,8
Průměrná hodnota	6,7	7,0
Medián	6,7	7,0
Hodnota C₉₀	6,8	7,0

Minimální hodnota pH na profilu J1 byla naměřena 22.5.2007 a to 6,3, při průměrném denním průtoku $1,3 \text{ l.s}^{-1}$. U subpovodí J2 byla naměřena minimální hodnota ve stejném datu a to 6,8, při průměrném denním průtoku $1,1 \text{ l.s}^{-1}$.

Maximální hodnota na subpovodí J1 byla naměřena 20.1.2007, a to 7,3, při průměrném denním průtoku $3,0 \text{ l.s}^{-1}$. Stejná maximální hodnota byla naměřeny i u subpovodí J2, při průměrném denním průtoku $3,1 \text{ l.s}^{-1}$ také 20.1.2007.



Graf 21: Průběh hodnot pH na subpovodí J1



Graf 22: Průběh hodnot pH na subpovodí J2

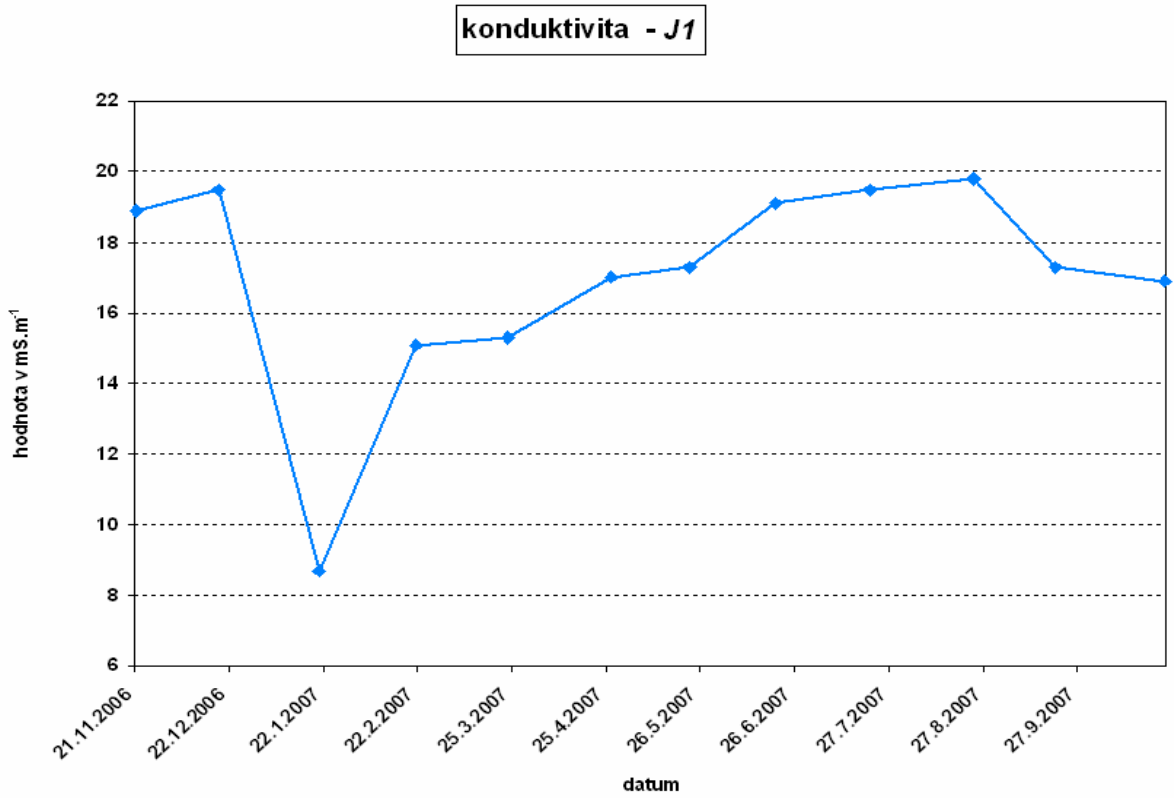
Konduktivita

Tab. 14: Základní statistické charakteristiky hodnot konduktivity v $mS.m^{-1}$

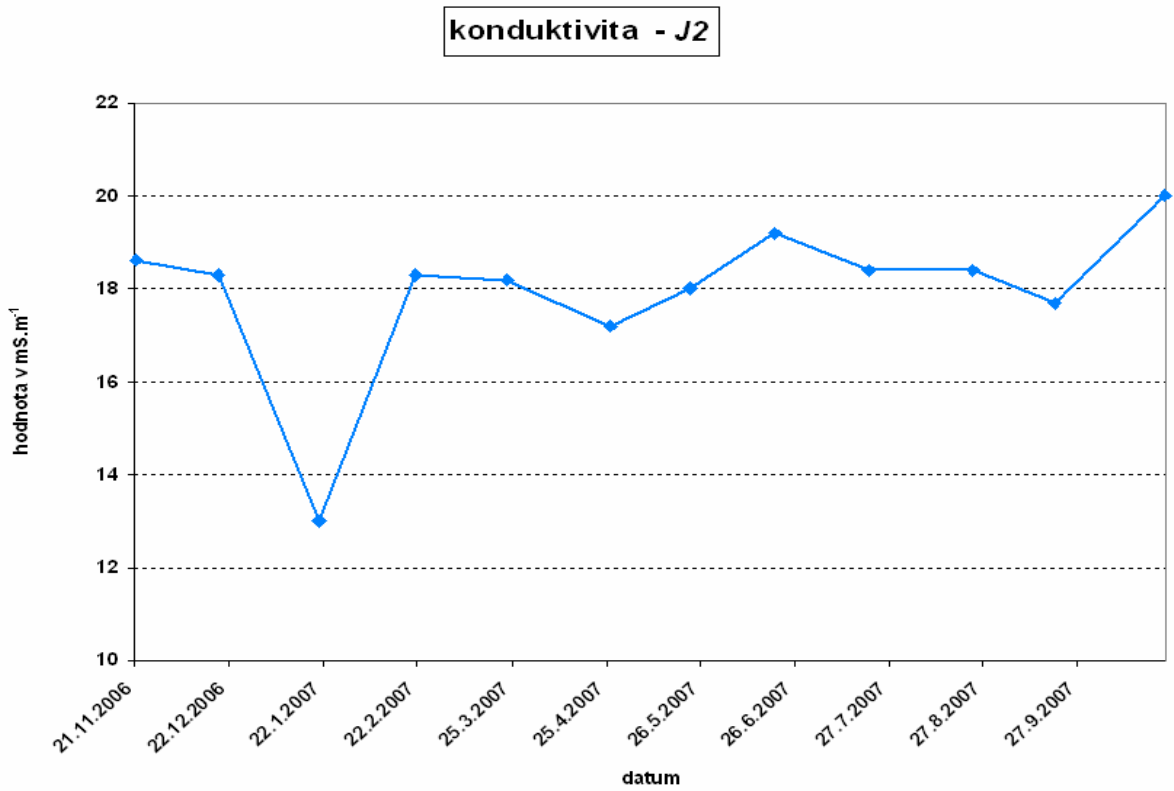
Konduktivita	Subpovodí J1	Subpovodí J2
Maximální hodnota	19,8	20,0
Minimální hodnota	8,7	13,0
Průměrná hodnota	17,0	17,9
Medián	17,3	18,3
Hodnota C_{90}	19,5	18,9

Hodnoty konduktivity se projevují vyrovnaným průběhem s výjimkou lednového odběru, kdy se dosáhlo minimálních hodnot na obou subpovodích a to $8,7 mS.m^{-1}$, respektive $13,0 mS.m^{-1}$. v tento den průměrný denní průtok dosahoval $3,0 l.s^{-1}$ u profilu J1 a $3,1 l.s^{-1}$ u profilu J2.

Na následujících dvou grafech je průběh hodnot konduktivity vyjádřen světle modrou křivkou, která značí I. třídu jakosti, a to jako jediný z vybraných ukazatelů. Tyto hodnoty nepřekračují $20,0 mS.m^{-1}$, když mezní hodnotou této třídy představuje dokonce dvojnásobek, tedy $40,0 mS.m^{-1}$.



Graf 22: Průběh hodnot konduktivity na subpovodí J2



Graf 23: Průběh hodnot konduktivity na subpovodí J2

6.3.3 Odnos látek

Pro výpočet odnosu látek se aplikuje vzorec popsany v metodice této práce. Ty se zanesly do *tab. 15*. K vyhodnocení se použije *tabulek 16a a 16b*, převzaté z metodiky VÚMOP (Gergel a kol., 1994). Ty slouží ke kvantitativnímu výpočtu ztrát dusíku, vyjádřený jako součet dusíku amonného a nitrátového v tomto případě, a nerozpuštěných látek.

Tab. 15: Kvantitativní zhodnocení ztrát látek ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$)

Název povodí	J1	J2	J1	J2	J1	J2
Hodnocená látka	N-NO ₃		N-NH ₄		NL	
Hodnota ztráty	8,25	3,18	0,03	0,02	16,50	5,59

Tab. 16a: 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

Tab. 16b: Kritéria zhodnocení ztrát ze zemědělské činnosti – látky nerozpuštěné ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$)

0 – 50	ztráty zanedbatelné
50 – 80	ztráty přiměřené
nad 80	ztráty zvýšené, vyžadující zpřísnění kontroly funkce protierozních opatření hospodaření

Po součtu nitrátového dusíku a amonného dusíku pro jednotlivá subpovodí jsme se dostali na hodnotu $8,28 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro profil J1 a pro J2 $3,20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Obě tyto hodnoty spadají do ztrát zanedbatelných.

U nerozpuštěných látek pro profil J1 tato hodnota činí $16,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a pro profil J2 $5,59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Řadí se tedy také do skupiny zanedbatelných ztrát.

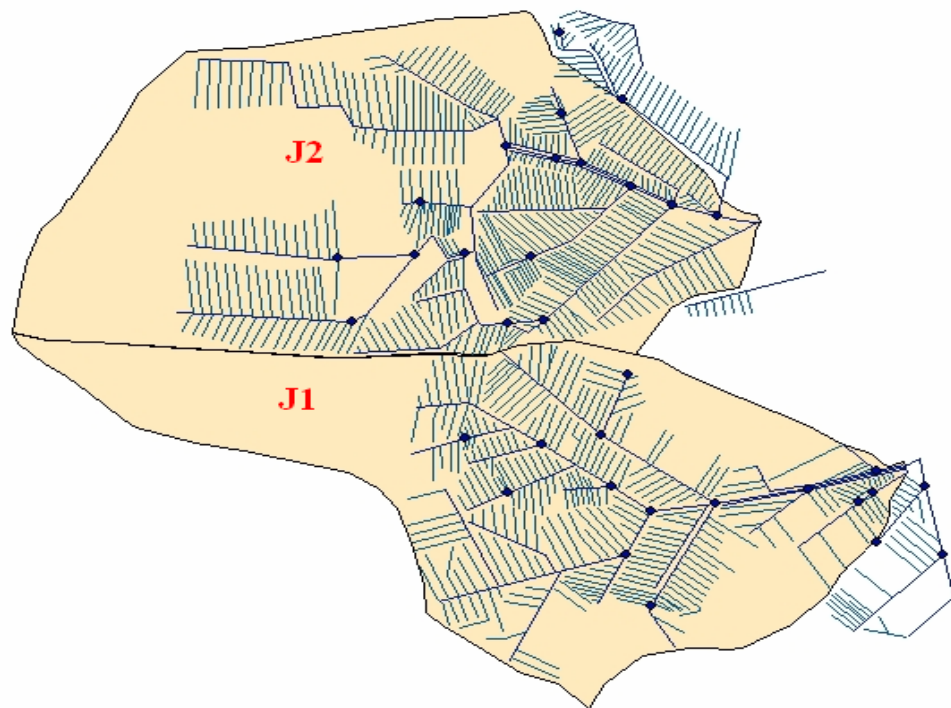
I po převedení odnosů na celé povodí zůstávají hodnoty ztrát dusíku i nerozpuštěných látek v 1. skupině.

Nižší hodnoty odnosů u profilu J2 jsou nejspíš zapříčiněné nejen menšími průtoky, ale také menším zatížením pastvou.

6.3.4 Vliv různého druhu odvodnění na jakost

Obr. 3 vystihuje systémy odvádějící vodu z jednotlivých subpovodí. Obě drenážní soustavy vykazují plošné odvodnění, tedy systematickou drenáž, a proto určení vlivu různého druhu odvodnění na jakost vody v těchto sledovaných subpovodích pozbývá významu.

Drenážní soustavy na povodí Jenínského toku



Obr. 3: Drenážní soustavy na subpovodí J1 a J2

7. ZÁVĚR

V diplomové práci byla zkoumána jakost vody a odtokové poměry na lokalitě povodí Jenínského toku a to na základě odběrů vzorků vody analyzovaných v akreditované laboratoři a měření průtoků ultrazvukovými senzory instalovanými na Thomsonových přepadech na profilu J1 a J2. Tyto data jsem přijal a vyhodnotil pro hydrologický rok 2007 a pokusil jsem se s těmito výsledky navázat na výzkum, probíhající téměř tři desetiletí, který zkoumá vliv zemědělské činnosti na jakost vody.

Odtokové poměry na povodí dobře vystihují průměrné specifické odtoky, které se vztahují na jednotku plochy. V průběhu roku se vyskytly víceméně dvě maxima dosahující hodnot okolo $0,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ v jarní a podzimní části roku vlivem zvýšených atmosférických srážek. Dalšími faktory promlouvajícími do odtoku jsou velikost a tvar povodí, reliéf, fyzikální vlastnosti půdy, vegetační pokryv a výpar. Vzhledem k podobnosti těchto faktorů se odtokové charakteristiky na obou subpovodích příliš neliší.

Režim odtoku je dále analyzován z hlediska svých složek – přímého a základního odtoku. Přímý odtok je odezvou právě na srážky nebo tání a podílí se především na smyvu a erozi půdních částí a projevil se při hodnocení nerozpuštěných látek. Za to u dalších vybraných ukazatelů (nitratového dusíku, amonného dusíku, hodnota pH a konduktivita) se tento druh odtok ukázal jako méně výrazný. Velikost odtoku se zejména projevuje u koncentrace nitratového dusíku, když dosahuje při zvýšených hodnotách průtoků nižších koncentrací a to z důvodu jeho naředění. U této látky byl dále znatelný sezónní vliv, snižováním odběru dusíku vegetací.

Všechny ukazatele jakosti dosahují slušných výsledků, co se klasifikace jakosti týče. Na tomto se především podílí zatravnění těchto ploch, které slouží jako jedno z opatření pro zlepšení jakosti a dále jako pastvina pro místní dobytek. Ten však představuje zdroj bodového znečištění, když se shromažďuje v místech lokálních zamokření. Ty jsou způsobené sníženou až nulovou funkcí drenážních šachtic zanášením a ucpáním. Zejména tomu je na subpovodí J1. V době, kdy se dobytek nepase, fungují tyto zamokřené plochy jako mokřady a mají významnou denitrifikační schopnost.

Odnosy látek, v tomto případě dusíku a nerozpuštěných látek, slouží ke kvantitativnímu výpočtu ztrát. U obou těchto látek hodnoty dosahují zanedbatelných ztrát.

Z pohledu chemického složení Jenínský tok obstál, a proto je nasnadě se při dalších průzkumech zaměřit na vyhodnocení mikrobiologického a biologického složení. Mezi tyto ukazatele se řadí termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky a chlorofyl. Hodnocení se provádí na základě indexu saprobity. Klasifikace je založena na vztahu různých organismů k organickému znečištění toku.

Dosažené výsledky této práce nelze zcela zobecnit. Lze je však vztáhnout na oblast podhůří Šumavy díky obdobným podmínkám, jako jsou geologické, pedologické a klimatické charakteristiky, hospodářské využití krajiny, výskyt drenážních systémů a nízká hustota osídlení.

8. SEZNAM LITERATURY

ALBRECHT, J. Českobudějovicko, Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany půdy a krajiny ČR Brno, 2003, 808 stran, ISBN 80-86064-65-4.

BLAŽEK, V., CÍLEK, V., EHRLICH, P., FRANK, D., GERGEL, J., HLADKÝ, J., HOFMEISTER, T., JANSKÝ, B., KAKOS, V., KENDER, J., KOPP, J., KRÁL, M., KRÁTKÁ, M., KRÁTKÝ, M., KVÍTEK, T., LÍDLOVÁ, D., LANGHAMMER, J., MANÍČEK, J., MATOUŠEK, V., MATOUŠKOVÁ, M., NESMĚRÁK, I., NĚMEC, J., NIETSCHEOVÁ, J., PLESNÍK, J., POKORNÝ, D., PUNČOCHÁŘ, P., ŘÁDEK, T., SATRAPA, L., ŠÁMALOVÁ, Z., ŠTASTNÝ, B., VRABEC, M., VYLITA, T., ZEMAN, O. Voda v České republice. Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006, 258 stran, ISBN 80-903482-1-1.

BOUWMAN, A. F. Soils and the greenhouse effect, Springer, New York, 1990, USA. p. 103-148.

Česká státní norma ČSN 75 7221 Jakost vody – Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut, Praha, 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 1993.

DEMEK, J. Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia ČSAV, Praha, 1987, 584 stran.

EHRLICH, P., GERGEL, J., HUML, J. KAŠÁK, J., BOUČKOVÁ, M. Studie o stavu hydrografické sítě v části povodí řeky Vltavy 1993-1994. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, České Budějovice, 1994.

FUKSA, J. Příručka pro vzorkování vody a vodního prostředí. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha, 2003, 94 stran, ISBN 80-85900-53-X.

GERGEL, J., JINDRA, J., SOUKUP, M., STARA, J. Metodika - Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Praha, 1994, 26 stran.

GRÜNWARD, A. Hydrochemie. Vydavatelství ČVUT, 1997, 176 stran, ISBN 80-01-00952-1.

GRÜNWARD, A. Voda a ovzduší 20. Vydavatelství ČVUT, 1999, 206 stran, ISBN 80-01-01241-7.

HLAVÍNEK, P., ŘÍHA, J. Jakost vody v povodí. CERM, 2004, 2009 stran, ISBN 80-214 2815-5.

HORÁKOVÁ, M., JANDA, V., KOLLER, J., KOLLEROVÁ, L., KOUBÍKOVÁ, J., POKORNÁ, D., PTÁKOVÁ H., SCHEJBAL, P., SMRČKOVÁ, Š., STRNADOVÁ, N., SÝKORA, V. Analytika vody. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 335 stran, ISBN 80-7080-520-X.

HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. Hydrologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 280 stran, ISBN 978-80-213-1744-4.

HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. Maximální odtok z povodí: Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAXQ. Česká zemědělská univerzita v Praze ve vydavatelství CREDIT Praha, 2001, 44 stran. ISBN 80-213-0782-X.

JONÁŠ, F. Pozemkové úpravy. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1990, 512 stran, ISBN 80-209-0106-X.

JŮVA, K., DVOŘÁK, J., TLAPÁK, V. Odvodňování zemědělské půdy. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1987. 320 stran.

KEMEL, M. Hydrologie. Praha : České vysoké učení technické, 1994, 222 stran, ISBN 80-01-00509-7.

KLÍR, J. Zásady správné zemědělské praxe. Úroda, 2003, č. 10, s. 12-13.

KOLEKTIV. Voda v krajině – odvodnění. Ministerstvo zemědělství ČR, 1995. 61 stran

KOS, Z., ŘÍHA, J. Vodní hospodářství. ČVUT, Praha, 1996, 147 stran, ISBN 80-01-01417-7.

KOS, Z., ŘÍHA, J. Vodní hospodářství 10. ČVUT, Praha 2000, 142 stran, ISBN 80-01-02261-7.

KOZLOVSKÁ, L. Uplatnění nitrátové směrnice v ČR. *Úroda*, 2003, č. 10, s. 10.

KRÁL, J. Chemie vody. Nakladatelství technické literatury. 1977. 181 stran

KREŠL, J. Hydrologie. V Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 125 stran, ISBN 80-7157-513-5.

KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., KVÍTEK, T., SOUKUP, M., TIPPL, M. Extrémní průtoky v pokusných povodích a pravděpodobnost jejich výskytu. Sborník workshopu "Pokusná zemědělsko-lesní povodí VÚMOP ve středočeském krystaliniku", editor Doležal F., Nové Hrady 2001, 2002, 96 stran.

KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F., SOUKUP, M. Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů. Vědecké práce VÚMOP, č.12, 2001, 2001, s. 29-52. ISSN 1210-1672

KVÍTEK, T. Zemědělská meliorace. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2006, 165 stran, ISBN 80-7040-858-8.

KVÍTEK, T., GERGEL, J., KVÍTKOVÁ, G. Využití a ochrana vodních zdrojů. České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2005, 169 stran, ISBN 80-7040-773-5.

MALÝ, J., MALÁ, J. Chemie a technologie vody. Vydavatelství NOEL 2000 s.r.o., 1996, 200 stran, ISBN 80-86020-13-4.

NOMMIK, H. Investigations on denitrification in soil. *Acta Agr. Scand.*, 1956, i. 6, p. 195-228.

PITTER, P. Hydrochemie. Nakladatelství technické literatury, 1990, 568 stran, ISBN 04-622-90.

PITTER, P. Chemie vody 1. Nakladatelství technické literatury, 1972, 245 stran.

ROSIVAL, L., ÁGHOVÁ, L. Hygiena, 1996, ročník 41, s. 54.

SOMMER, M. Aplikovaná hydrologie. Brno : Rektorát Vysokého učení technického, 1973, 247 stran.

SOUKUP, M., HRÁDEK, F. Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Praha, 1999, 98 stran, ISSN 1211–3972.

SVOBODA, J. Regionální geologie ČSSR. Díl I, Český masív, sv. 1, Krystalinikum. Nakladatelství Československé akademie věd, 1964, 377 stran.

ŠILAR, J. Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1996, 136 stran, ISBN 80–7078–361–3.

TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992, 318 stran, ISBN 80–209–0232–5.

VESECKÝ, A., PETROVIČ, S., BRIEDOŇ, V., KARSKÝ, V. Atlas podnebí Československé republiky. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha, 1958

Vyhláška č. 546/2002 Sb.

Zákon č. 254/2001 Sb. „O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)“

ŽÁČEK, L. Hydrochemie. Nakladatelství VUTIUM, 1998, 80 stran, ISBN 80–214–1167–8.

9. PŘÍLOHY

Příloha 1: Thomsonův přepad na profilu J1



Příloha 2: Thomsonův přepad na profilu J2



Příloha 3: Pohled na povodí

