

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

KATEDRA KRAJINNÉHO MANAGEMENTU

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů v povodí Jenínského toku

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.

Autor práce:

Robin Kropáček

V Českých Budějovicích, 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Robin KROPÁČEK**
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 dlouhodobého monitoringu jakosti vody a průtoků na subpovodích Jenínského toku, která jsou typickými představiteli extenzivně využívaných povodí v podhůří Šumavy.

1. Průzkum povodí a odběr vzorků vody pro rozbor jakosti.
2. Příprava a očištění datových řad průtoků.
3. Vyhodnocení stavu jakosti vody, odtokových poměrů a odnosů živin z povodí.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

50 stran

Forma zpracování diplomové práce:

tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

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

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

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

Časopis Journal of Hydrology a další.

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

ČSN 75 7220 Jakost vod-Kontrola jakosti povrchových vod.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek

Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce:

23. března 2009

Termín odevzdání diplomové práce:

30. dubna 2011

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



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

L.S.


doc. Ing. Tomáš Koutek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2009

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění, poskytnutých materiálů a s použitím uvedené literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 28.11.2012

.....

Robin Kropáček

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Žlábkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultace při tvorbě diplomové práce, za cenné rady a připomínky a za poskytnutí podkladů vedoucí k dokončení této práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů na povodí Jenínského toku. Za tímto účelem bylo provedeno zpracování a analýza dat. Na tomto povodí byly vyhodnocovány dvě subpovodí, označeny jako J1 a J2. Sledované období zahrnuje roky 2008-2012. Výsledky byly porovnávány s léty 1983-1985, kdy byla plocha zájmového území využívána jako orná půda. Vlivem zatravnění a snížení používání hnojiv došlo ke snížení koncentrací všech vyhodnocovaných ukazatelů. Také došlo k výraznému omezení extrémních výkyvů a ustálení koncentrací u vybraných ukazatelů jakosti vody. Nejvýrazněji se změna systému hospodaření projevila u amonných iontů, jejichž průměrná koncentrace se snížila o 79% (J1) a 87% (J2). Bylo tak potvrzeno, že přechod na extenzivní zemědělství má v podhorských oblastech příznivý vliv na jakost vody.

Klíčová slova: povodí, jakost vody, průtok, změna využití půdy, odtok, srážky.

Abstrakt

The aim of this thesis is to evaluate water quality and runoff characteristics in the Jenínský stream catchment. For this purpose analysis and data processing was performed. Two subcatchments, called J1 and J2, were monitored at this catchment area. Period of interest involves years 2008-2012. Results were compared with the period 1983-1985 when most of the land was used as arable land. The decrease in the concentrations of all evaluated indicators was caused by grassing and reduction in the use of fertilisers. Ranges of the values of selected indicators also decreased distinctly and their concentrations are stabilized. The greatest decrease of 79% (J1) and 87% (J2) was found in average ammonium concentrations. A beneficial effect of land use change to extensive agricultural management on water quality was proven.

Key words: catchment area; water quality; flow rate; land use change; runoff; precipitation.

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární přehled	11
2.1 Voda v krajině	11
2.1.1 Základní vlastnosti vody	11
2.1.2 Voda na našem území	11
2.2 Hydrologie	13
2.2.1 Koloběh vody na Zemi.....	13
2.2.2 Hydrologická bilance a bilanční prvky	16
2.2.3 Povodí	18
2.2.3.1 Druhy povodí	18
2.2.3.2 Rozvodnice.....	19
2.2.3.3 Vlastnosti povodí	19
2.3 Odtok.....	20
2.3.1 Činitelé odtoku	21
2.3.2 Odtokové charakteristiky	22
2.3.3 Druhy odtoku	23
2.3.4 Extrémní odtoky - povodně.....	24
2.3.5 Měření odtoku	25
2.3.5.1 Výpočet odtoku	26
2.3.5.2 Měřidla vodního stavu.....	26
2.3.5.3 Měřidla určení průtoků.....	27
2.4 Jakost vody.....	28
2.4.1 Znečištění vody	28
2.4.2 Faktory ovlivňující jakost povrchových vod	29
2.4.3 Procesy ovlivňující jakost povrchových vod	29
2.4.4 Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti vody	30
2.4.4.1 Hodnota pH	30
2.4.4.2 Sloučeniny dusíku	30
2.4.4.3 Fosfor a fosforečnany.....	31
2.4.4.4 Látky nerozpuštěné	32
2.4.4.5 Látky rozpuštěné	32
2.4.5 Organoleptické vlastnosti vody.....	32
2.4.6 Kontrola jakosti vody.....	33
2.4.7 Frekvence vzorkování	33
2.4.8 Hodnocení jakosti vody	35
3. Materiál	37
3.1 Charakteristika zájmového území Jenínského toku	37
3.1.1 Historie.....	37
3.1.2 Geografie.....	37
3.1.3 Geomorfologie	39
3.1.4 Geologie	40
3.1.5 Pedologie.....	41
3.1.6 Klimatické poměry.....	43
3.1.7 Hydrologie	44
3.1.8 Biogeografie.....	44
3.1.9 Využití plochy povodí.....	45
3.2 Charakteristika odběrných profilů	46
4. Metodika	47

4.1 Vstupní data pro odtok a jejich úprava	47
4.2 Hodnocené charakteristiky	47
4.3 Vstupní data pro vyhodnocení jakosti	49
4.4 Odebírání vzorků	49
4.5 Postup hodnocení jakosti vody	49
5. Výsledky	52
5.1 Průtok a odtokové charakteristiky	52
5.2 Vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody	53
5.2.1 Dusičnany	53
5.2.2 Amonné ionty	56
5.2.3 Fosfor celkový	59
5.2.4 Fosforečnany	62
5.2.5 Hodnota pH	65
5.2.6 Rozpuštěné látky	67
5.2.7 Nerozpuštěné látky	69
5.2.8 Srovnání ukazatelů jakosti vody pro obě období	71
6. Závěr	72
7. Seznam literatury a zdrojů	74
7.1 Literatura	74
7.2 Ostatní zdroje	77
8. Přílohy	

1. Úvod

Voda je základ života a je hlavním faktorem ovlivňujícím řadu přirozených i umělých pochodů anorganického i organického světa. Ovlivňuje primární produkci, hydrologické cykly, látkové výměny, krajnotvorné procesy a bilance. Její primární význam je tedy ekosystémový. Voda je látka nezbytná pro zajištění života na naší planetě a zároveň je důležitou hospodářskou surovinou. Proto je podstatné zabývat se její jakostí v tocích. Jakost odtékajících vod se částečně odvíjí od přírodních podmínek, ale především závisí na míře znečištění vyplývajícího z lidských činností. Nejdůležitější věcí pro zajištění ochrany a jakosti vody je tedy snižování až úplné omezení při vypouštění znečišťujících látek do vody člověkem. Snižování množství vypouštěných látek do vodních toků se projevuje postupným zlepšováním jakosti povrchových vod. Základním nástrojem pro hodnocení jakosti povrchových vod je klasifikace do 5 tříd jakosti podle normy ČSN 75 7221. Jakost vody se klasifikuje zvlášť pro každý jednotlivý ukazatel.

Cílem této diplomové práce je zjištění současného stavu jakosti vody a vyhodnocení odtokových charakteristik na zájmovém povodí. Sledované časové období zahrnuje roky 2008-2012. Vyhodnocení odtoku proběhne formou výpočtu vybraných statistických a odtokových charakteristik na základě zpracování datových řad srážek a průtoků, které jsou v zájmovém povodí měřeny ultrazvukovými snímači vodní hladiny napojených na datalogger. Data o úhrnu srážek budou získána ze srážkoměru, který je zde umístěn.

Data pro vyhodnocení jakosti vody budou získána z výsledků odběrů vzorků pro chemickou analýzu. Odběry jsou prováděny přibližně jedenkrát za měsíc. Současný stav bude navíc porovnáván s roky 1983-1985, kdy byl na povodí využíván rozdílný systém hospodaření. Budou porovnány koncentrace v těchto dvou obdobích a vyhodnocen vliv využívání území na jakost vody.

Veškeré výpočty a tvorba grafů použité při zpracování dat proběhnou v programu Microsoft Excel. Mapy sledovaného povodí vzniknou v programu arcGIS.

Jako zájmové území byly vybrány dvě subpovodí, označené J1 a J2, na ploše povodí Jenínského toku. Jedná se o experimentální povodí Jihočeské univerzity nacházející se v Jihočeském kraji v podhůří Šumavy měřené od roku 2004. V

osmdesátých letech minulého století bylo zájmové povodí pozorováno institucí VÚMOP, v.v.i.. V letech 1978-1979 zde bylo provedeno odvodnění.

2. Literární přehled

2.1 Voda v krajině

2.1.1 Základní vlastnosti vody

Voda (H_2O) je sloučenina dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, které jsou navzájem spojeny polární kovalentní vazbou. Vazby atomů H, O a H mezi sebou svírají úhel $104,5^\circ$. Nesymetrií vzniká velký dipólový moment, který určuje některé vlastnosti vody. Je čirá, bezbarvá, v silné vrstvě namodralá kapalina, bez chuti a zápachu, teplota tání $0^\circ C$, teplota varu $100^\circ C$, při $3,98^\circ C$ má největší hustotu ($1,000 \text{ g.cm}^{-1}$). Mrznutím se objem vody zvětšuje asi o 1/11 (Kravka, 2009).

Voda má mnoho důležitých vlastností. Ty nejvýznamnější popisuje Branžovský (1999):

- voda má jednoduchý chemický vzorec, a přesto je směsí až 42 druhů látek, vzniklých slučováním třech izotopů vodíku se třemi izotopy kyslíku;
- voda má mimořádnou tepelnou jímavost, tím zabraňuje podchlazení nebo přehřátí organismů;
- voda má ze všech minerálů nejvyšší výparnou teplotu a skupenské teplo, díky tomu se i za vysokých teplot vypařuje pozvolna;
- rozpínání vody, která se přeměňuje v led, má za následek vznik ochranné vrstvy na vodních plochách i v půdních horizontech;
- nejvyšší hustotu dosahuje voda při cca $+4^\circ C$, což je základem pro přežití sladkovodních organismů v nejhustší vodě u dna toků a nádrží;
- voda má jednu z největších rozpouštěcích schopností a zároveň si zachovává vlastní chemickou netečnost;
- ve vodě jsou rozpustné všechny kovy, které jsou jako stopové prvky či katalyzátory součástí procesů, o nichž se domníváme, že vedou ke vzniku života.

2.1.2 Voda na našem území

Voda je základní složkou přírodního a životního prostředí. Jak tvrdí Kemel (1996), stále zřetelněji se ukazuje, že vodu a její povrchové a podzemní zdroje lze chápat jako významnou součást přírodního bohatství státu. To dále rozvádí Nováková (1970) a doplňuje, že vodu je třeba na území státu co nejdéle zadržovat a rozvíjet přirozené retenční zdroje, jako jsou rašeliny, rašelinné louky, lesní mokřady. Především podporovat vznik a rozvoj lesů u pramenů řek.

Hospodaření s vodou se na území dnešní České republiky formuje už po celá staletí. Již při osídlování docházelo k regulaci vodního režimu území odvodňováním bažin a močálů a zřizováním rybníků. Ochrana území před povodněmi byla zabezpečována regulací vodních toků a výstavbou retenčních nádrží. Jak rostly nároky na zásoby vody, bylo nutné začít budovat akumulaciční nádrže díky stále intenzivnějšímu využívání přirozených zásob podzemní vody. S rozvojem zemědělství nastala potřeba závlah. Síla vody sloužila jako energetický zdroj k pohonu mlýnů a pil, technický pokrok později umožnil využití vodní síly k výrobě elektrické energie. Se zvyšující se hustotou osídlení rostly také požadavky na zásobování pitnou vodou, odvádění a na likvidaci odpadních vod.

Rozvoj hydrochemie a technologie vody byl koncem 18. a 19. století ovlivněn rozvojem průmyslu a také stoupajícími požadavky na jakost pitné vody. Zvětšovalo se znečištění povrchových a podzemních vod odpadními vodami. Využití vody a především nároky na její čistotu se staly velkým problémem. Proto státní i mezinárodní dokumenty stále častěji zmiňují důležitost ochrany vody (Hlavínek, 2004).

Česká republika, vymezující pomyslnou střechu Evropy, je územím pramenným a odtokovým. Je proto primárně závislá na atmosférických srážkách, které ovšem nejsou pravidelné jak časově, tak prostorově. Velmi proto záleží na způsobu jejich zadržení na území státu. Hlavním zdrojem je půda, sekundárními zdroji pak vodní toky a nádrže. Pro životní prostředí a vodu v krajině je důležité správné a optimalizované hospodaření s těmito zdroji.

Uvědomíme-li si, že 55% našeho území tvoří zemědělská (resp. tzv. volná) krajina a dalších téměř 34% lesy, je zřejmé, že hospodaření s vodou a vodními zdroji je pro území našeho státu klíčové (Kravka, 2009).

Voda je tedy nezbytnou podmínkou života a hospodářského a civilizačního vývoje. Přestože s úspěchem umíme nahradit řadu přírodních materiálů syntetickými, voda zůstává jednou z nenahraditelných surovin. Voda se v přírodě účastní všech podstatných biologických procesů, fyzikálních a chemických pochodů a tvorby klimatu. Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu (Hlavínek, 2004).

2.2 Hydrologie

Význam a úloha hydrologie plyne z nepostradatelnosti vody pro vše živé, pro život a činnost člověka. Získané znalosti o zdrojích vod, o vzniku a rozdělení odtoku vod na povrchu i pod povrchem zemským, mohou pak být využity pro zlepšení podmínek života na Zemi.

Hydrologie se dělí na několik oddílů. Ta část, zabývající se pozorováním, cílevědomým shromažďováním, klasifikací, tříděním a zpracováním získaného materiálu, se nazývá **hydrografie**. Základním předpokladem činnosti je měření hydrologických prvků. Proto se další oddíl, zvaný **hydrometrie**, věnuje návrhu vhodných přístrojů, metod měření a samotnému měření v terénu (Kemel, 1996).

Podobně jako jiné přírodní vědy, zahrnuje hydrologie pozorování přírodních jevů. Ty vlastními metodami zpracovává, zevšeobecňuje, a tak odhaluje zákonitosti jejich výskytu. Poznané zákonitosti pak využívá v mnoha oblastech lidské činnosti. Část hydrologie, která svými vlastními i převzatými postupy a metodami slouží potřebám projekce, provozu vodohospodářských děl a stavební činnosti, se nazývá **inženýrská hydrologie** (Nypl, 1986).

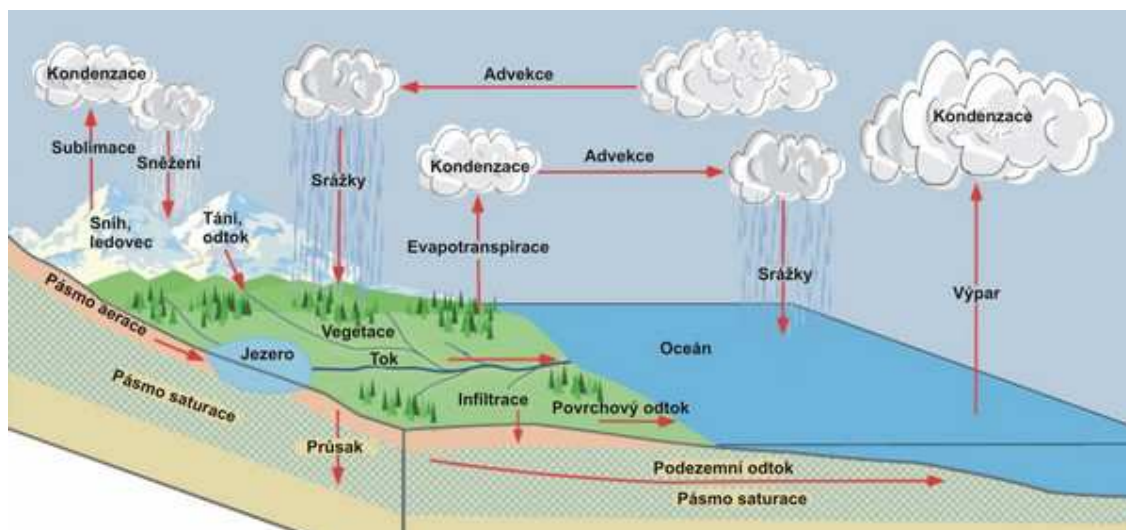
2.2.1 Koloběh vody na Zemi

Pro vodu na Zemi je charakteristický její neustálý oběh, spojený se změnou skupenství. Oběh vody je uzavřený a nazýváme jej **hydrologickým cyklem** nebo **koloběhem**. Zdrojem energie potřebné k oběhu vody v přírodě jsou Slunce a Země. Sluneční energie umožňuje výpar a pohyb vlhkosti v atmosféře. Gravitace je příčinou pohybu vody v kapalném a pevném skupenství (Šilar, 1996).

K tomu dodává Mezera (1979), že koloběh vody v krajině a její vlastnosti je nutné sledovat z celkového hydrologického hlediska, protože jevy posuzované podle dílčích hydrologických problematik se vzájemně velice ovlivňují a podmiňují.

Téměř 80% vody na Zemi je obsaženo v mořích a oceánech, 19% v zemské kůře pod povrchem země, 1% tvoří ledovce, 0,002% je obsaženo v tocích, jezerech a vodních nádržích a jen kolem 0,0008% v atmosféře (Hlavínek, 2004).

Působením sluneční energie se voda nepřetržitě vypařuje v množství, jež se odhaduje ročně na 519 000 km³. Hlavním zdrojem výparu jsou světová moře a oceány (Jandora, Stara, Starý, 2011).



Obrázek 2-1: Koloběh vody na Zemi

Zdroj: <http://sbg.blog.cz/0902/geo-hydrosfera-27-1-2009>

Proces začíná rozkmitáním molekul kapaliny, ty se pak neustále pohybují různými rychlostmi a směry. Některé molekuly, které mají velkou rychlost a jsou blízko hladiny, se vymršťují nad povrch kapaliny. Tak pronikají molekuly vody do okolní atmosféry. Molekuly, které se odpoutaly, snižují střední energii odpařující se vody, takže se vypařováním ochlazuje povrch. Šíření molekul vody různými směry ve vzduchu je způsobeno vlastním pohybem molekul – molekulární difúzí. V atmosféře dochází však ještě k přenosu molekul vody v horizontálním směru přenosem vzduchu (větrem) a ve vertikálním směru turbulentní difúzí. Současně se molekuly vody vracejí ze vzduchu do vody. Jestliže je dosaženo rovnosti mezi počtem vymršťovaných a vracejících se molekul, nastává rovnovážný stav, vypařování ustává, je dosažen **stav nasycení**. Jestliže se více molekul vody vrací ze vzduchu do vody než naopak, nastává opačný děj, **kondenzace** vodních par (Lischke, 1984).

I když většina páry se opět ihned sráží a vrací se do oceánu jako déšť, značnou část par odnese vítr nad pevninu, kde se páry srážejí a spadnou jako déšť, mlha, kroupy nebo sníh. Mimo to se vzdušná vlhkost sráží (kondenzuje) jako rosa nebo námraza na rostlinstvu nebo na jiných předmětech. Většina této vody se opět vypařuje nebo ji pohltí rostliny, které ji později vypaří (transpirují). Srážky (déšť, mlha, kroupy a sníh) se částečně vypařují ještě před dopadem na zem. Další část zachytí listy rostlinstva nebo jiné předměty, část stéká na zem a část se vypařuje

(Kravka, 2009). V případě deště s intenzitou převyšující intenzitu infiltrace voda odtéká povrchově po terénu a tak může zásobovat toky přímo (Kemel, 1996).

Intenzitu infiltrace ovlivňují různé faktory. Dle Vopravila (2011) jsou to vlhkost půdy, pokryv vegetace, intenzita a trvání srážek, zrnitost, struktura a hloubka půdy, obsah organické hmoty a stav půdy.

Klíčovým faktorem je množství dešťové vody, které rozhoduje o tom, zda srážková voda bude odtékat do vodní sítě půdou, či, při větší intenzitě deště než je intenzita vsaku, povrchově. Srážková voda se po nasycení půdy vodou začne hromadit na povrchu půdy a po naplnění povrchové akumulace H_{sp} začíná odtékat po povrchu v nepatrné, homogenní vrstvě – formou nesoustředěného svahového odtoku H_{OPn} . Když vrstva odtékající vody dosáhne větší výšky, stéká do terénních rýh, které nabývají v tomto okamžiku charakter dočasné vodní sítě. Rýhami pak ve zřetelných proudech formou soustředěného svahového odtoku H_{OPs} vtéká do trvalé vodní sítě. Tyto formy povrchového odtoku H_{OPn} a H_{OPs} nazýváme podle Linsleye svahovým odtokem (Krešl, 2001).

Z vody, která dopadla na půdní povrch, stéká část ve stružkách do potoků, řek a v nich odtéká do moří a oceánů. Druhá část se zasakuje do půdy póry a průlinkami a tvoří půdní vláhu, která se buď z půdy vypaří, nebo ji využije rostlinstvo a transpirací ji opět vypaří. Další část prosákne nebo proteče většími póry nebo puklinkami v půdě nebo horninách a stává se součástí podzemní vody.

Podzemní voda je vlastně soustava podzemních toků a jezer, tekoucích v průlinkách a pórech hornin. Má svůj spád a odtéká buď do řek, nebo přímo do oceánu, vyvěrá na zemský povrch jako prameny, nebo se dostává do větších hloubek a pro potřebu lidí se pak čerpá z obyčejných nebo artézských studní (Kravka, 2009).

Oběh vody v přírodě rozdělujeme na dva okruhy:

velký oběh - oběh vláhy mezi pevninou a mořem,

malý oběh - což je oběh vláhy jen v rámci pevniny (Hlavínek, 2004) nebo výměna vláhy jen nad plochami moří (Kemel, Kolář, 1985).

Na malé části Země existují také tzv. bezodtokové oblasti, ze kterých voda do světového oceánu neodtéká (Nypl, 1986).

Hydrologický cyklus je tedy soubor dějů tvořený výparem, transpirací, srážkami, povrchovým odtokem, vsakem pod povrch a vývěrem na zemský povrch. Mezi těmito ději vzniká dynamický rovnovážný vztah, který se označuje jako **hydrologická bilance** (Šilar, 1996).

2.2.2 Hydrologická bilance a bilanční prvky

Procesy uvedené v předchozích odstavcích (výpar, infiltrace, odtok a další) se kvantitativně vyjadřují jako tak zvané **bilanční prvky** v rámci hydrologické bilance (Kravka, 2009). Jednotlivé bilanční prvky se zpravidla vyjadřují ve formě výšky vrstvy, tedy jako srážková, odtoková výška, výška výparu atd. v mm (Nypl, 1986). Má to tu výhodu, že můžeme jednotlivé bilanční prvky na dvou různě velkých povodích porovnávat přímo, bez toho, že bychom tato množství museli přepočítávat (Kemel, 1996).

Hydrologická bilance je porovnání příjmových a ztrátových složek (bilančních prvků) hydrologického cyklu. Umožňuje nám určit velikost přírodních zdrojů vody a tím možnosti jejich využití v určitém území, jak uvádí Kravka (2009). Vztahy mezi jednotlivými složkami hydrologického cyklu lze vyjádřit hydrologickou bilancí jako množství vody, které těmito složkami prochází. Hydrologická bilance se stanoví pro určitý prostor a čas.

Hydrologické časové období

Časem, k němuž hydrologickou bilanci vztahujeme, tj. pro který ji vypočítáváme, může být jakákoliv doba, a to jakýkoliv časový okamžik nebo delší období (např. vegetační období, rok apod.). Často se hydrologická bilance stanoví pro tzv. hydrologický rok (Šilar, 1996).

Hydrologický rok je základní bilanční hydrologické období, tento rok začíná 1. listopadu předešlého roku a končí 31. října běžného kalendářního roku. Je stanoven tak, aby všechny srážky v něm spadlé (tedy i sníh a led) v něm také odtekly (Němec, 1964). Počátek a tedy i konec hydrologického roku je obecně funkcí zeměpisné polohy (a tedy klimatu) daného místa: např. na povodích rovníkové Afriky se používá hydrologický rok se začátkem 1. dubna. Pokud je nějaký údaj vztážen (počítán) k normálnímu roku kalendářnímu (od 1. ledna do 31. prosince), musí to být vždy v dokumentaci výslovně uvedeno (Kemel, 1996).

Pokud se bilance provádí za dlouhou řadu let, mluvíme o dlouhodobé bilanci. Čím je období bilance kratší (konkrétní půlrok nebo období ještě kratší), tím je obtížnější, dokonce nemožné, stanovit (separovat) některé bilanční prvky, odpovídající jenom tomuto zkoumanému krátkému období. Zkracováním období

přesnost bilance tedy klesá a vztah bilančních prvků je volnější (Kemel, Kolář, 1985).

Bilanční rovnice

Vodní bilance v krajině se dá vyjádřit rovnicí pro koloběh vody v určitém povodí:

Úhrn srážek = intercepce + výpar z půdy + transpirace + povrchový a půdní odtok (Mezera, 1979).

Vzájemný vztah bilančních prvků je pro povodí dán bilanční rovnicí:

$$\mathbf{H_S = H_O + H_V \pm R}$$

kde:

H_S množství srážek spadlých na povodí,

H_O množství vody odtoklé uzavíracím profilem povodí,

H_V množství vody, které se vypařilo,

R představuje změnu v zásobách vody na povodí (jezera, rybníky, sněhovou pokrývku, vodu v půdě, podzemní vodu) (Nypl, 1986).

Volíme-li při bilancování roční období, pak za n let spadne nH_S srážek, odeče nH_O vody a vypaří se nH_E vody a počáteční zásoba vody Z_P se přiblíží k hodnotě Z_K (zásoba vody v dané oblasti na konci uvažovaného období). V tomto případě lze bilanční rovnici psát:

$$\mathbf{nH_S = nH_O + nH_E + (Z_K - Z_P)}$$

(Krešl, 2001).

Stanovení jednotlivých členů rovnice hydrologickými metodami popisuje Šilar (1996):

- srážky se zjistí ze záznamů meteorologické služby nebo se zvlášť změří;
- povrchový přítok a odtok a množství přiváděné a odváděné vody lze změřit běžnými metodami měření průtoků;
- podzemní přítok a odtok lze někdy vyloučit vhodnou volbou povodí. V hydrologické praxi je obvykle jeden z těchto členů neznámou veličinou, kterou z rovnice vypočítáváme;
- evapotranspirace je často neznámým členem rovnice, který vypočítáváme. Chceme-li stanovit některý z dalších členů, musíme za evapotranspiraci dosadit hodnotu, kterou obvykle najdeme v tabulkách pro analogické přírodní poměry, nebo ji vypočteme z empirických vzorců;

- změny objemu povrchové vody lze vypočítat ze změny hladiny vody v povrchových nádržích;
- změny objemů podzemní vody lze přibližně vypočítat ze změn hladiny podzemní vody a poměrného objemu gravitační vody v hornině. Při vhodné volbě období bilance (např. 1 hydrologického roku) lze změnu objemu během roku vyloučit, pokud lze na začátku období předpokládat stejný stav jako na konci.

2.2.3 Povodí

ČSN 73 6530 (1998) definuje povodí jako část zemské kůry, odkud voda odtéká do uvažovaného profilu vodního útvaru.

Dle vodního zákona č.254 (2001) je povodí území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku. Dílčí povodí je pak území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do určitého místa vodního toku (obvykle jezero nebo soutok řek).

Obsáhleji definuje povodí např. Kravka (2009), který uvádí, že povodí je základní hydrologickou oblastí, ve které zkoumáme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků. Po hydrologické stránce jde o území uzavřené, nepřitéká do něj žádná voda po povrchu ani pod povrchem a srážky z něho odtékají pouze jedním závěrovým profilem. Všechna povodí konkrétního moře či oceánu pak nazýváme úmořím.

2.2.3.1 Druhy povodí

V území, tvořeném nepropustnými horninami, je povodí omezeno rozvodnicí, která probíhá po hřbetech a vyvýšeninách, jež oddělují povodí od povodí sousedního. Takové povodí nazýváme povodím **orografickým** nebo též **geografickým**. 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** nebo povodím **geologickým** nebo **hydrogeologickým** (Šilar, 1996).

2.2.3.2 Rozvodnice

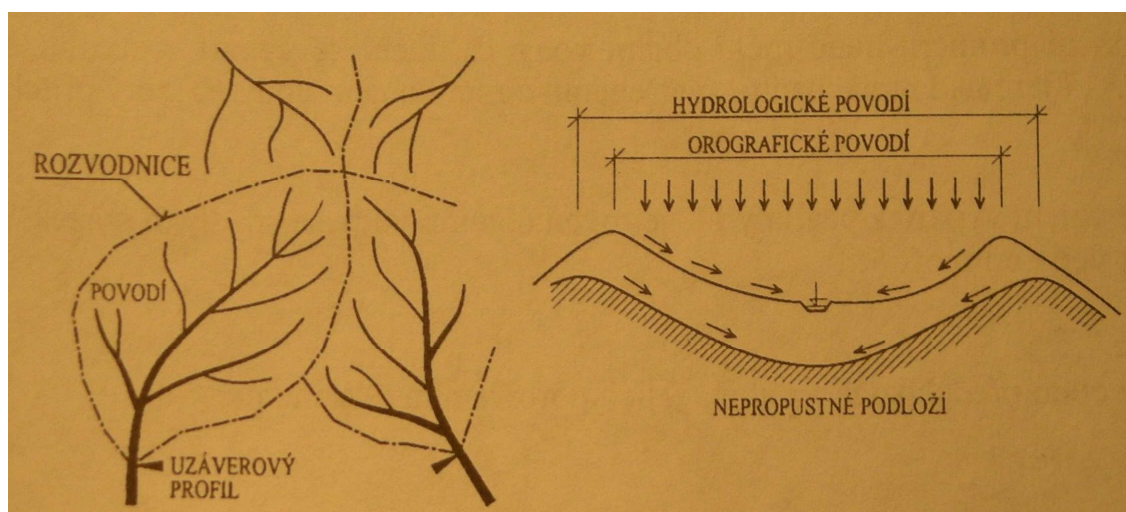
Je hranice oblasti, která se určuje z topografických map 1:25 000 až 1:100 000 a tvoří uzavřenou čáru. Probíhá po obvodových nejvyšších místech a odděluje území, z něhož voda odtéká k sousedním tokům (Jandora, Stara, Starý, 2011).

Rozlišuje se:

Orografická rozvodnice – ohraničuje povodí povrchových vod (většinou pracujeme s touto rozvodnicí), určuje se z mapy terénu (probíhá po hřebenech, sedlech, vrcholech a úbočích hor)

Hydrogeologická rozvodnice – ohraničuje povodí podpovrchových vod, určuje se podle geologického složení a průběhu nepropustných vrstev pod povrchem (Kravka, 2009).

Rozvodnice orografická, určená z vrstevnicových map na základě konfigurace terénu, se nemusí krýt s rozvodnicí hydrogeologickou (Kemel, Kolář, 1985).



Obrázek 2-2: Orografické a hydrologické povodí

Zdroj: (Jandora, Stara, Starý, 2011)

2.2.3.3 Vlastnosti povodí

Plocha povodí: Měříme ji planimetrem (např. polárním nebo nitkovým) a uvádíme v km². Velikost povodí potřebujeme znát při výpočtu objemu vody spadlých srážek, povrchového a podzemního odtoku a vzájemných vztahů mezi nimi.

Vypočítává se ze vztahu:
$$b = \frac{F}{L}$$

kde: b.....střední šířka povodí

F.....plocha povodí

L.....délka toku, kterou měříme v mapě odpichovátkem

Tvar povodí: Poměr plochy povodí ke čtverci délky toku $\alpha = F / l^2$
(Šilar, 1996).

Podle charakteristiky tvaru povodí rozlišujeme různé typy povodí (viz tab. 2-1):

Typ povodí	F ≤ 50 km ²	F > 50 km ²
Protáhlé (stromkovité)	$\alpha \leq 0,24$	$\alpha \leq 0,18$
Přechodné (listovité)	$0,24 < \alpha > 0,26$	$0,18 < \alpha > 0,20$
vějířovité	$\alpha > 0,26$	$\alpha > 0,20$

Tabulka 2-1: Typy povodí
(Řehánek, Kříž, 2002).

Symetrie povodí: Údolnice rozděluje povodí na pravou S_{pP} (F_P) a levou S_{pL} (F_L) (ve směru toku). Pak symetrii povodí a směr udává vzorec:

$$\alpha = \frac{S_{pL} - S_{pP}}{S_{pL} + S_{pP}}$$

(Krešl, 2001).

2.3 Odtok

Srážky dopadající na povrch země jsou jednak zadržovány na povrchu vegetace a půdy, jednak se infiltrují či vsakují do půdy a pohybují se puklinovým a průlomovým prostředím geologických vrstev až k hladině podpovrchové vody (Kravka,2009). Část se vypařují zpět do ovzduší. Po nasycení půdy deštěm a při intenzitě deště vyšší, než je intenzita vsaku, popřípadě při tání sněhu, stéká srážková voda nejprve v souvislé vrstvě, až posléze se rozčleňuje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do bystřin, potoků, řek, které vytvářejí říční hydrografickou síť (Matoušek, 2010).

Další způsob vzniku odtoku popisuje Vopravil (2011) jako exfiltraci vody z půdního profilu. K tomuto jevu jsou náchylné půdy s propustným A horizontem (nejsvrchnější půdní vrstva), který překrývá spodní, hůře propustné horizonty většinou obsahující jílovou složku. Takové horizonty mají nízkou hydraulickou

vodivost. Tento typ odtoku se vyskytuje v místech, kde podzemní voda dosahuje k povrchu půdy např. výtokové oblasti na úpatích svahů.

Odtékající voda působí na průtočný profil kolmý ke střednici čili směru proudění (tj. příčný řez korytem vodního toku). Bystřiny s velkým podélným sklonem mají zpravidla průtočný profil hluboce zaříznutý, s nejasnou břehovou čarou. Jejich tok se jen ojediněle odkloňuje vlivem různých překážek od směru spádnice. Naproti tomu potoky a řeky s malým podélným sklonem vytvářejí pravidelnější koryto, většinou parabolického tvaru, velmi se blížíci lichoběžníku. Přitom průtočný profil je složený – skládá se z vlastního řečiště a přilehlé inundace, do níž se tok vylévá při velkých vodách. Jejich půdorys (trasa) je vlnkovitý, přecházející v pravidelné smyčky – meandry. Na každém toku můžeme rozlišit horní úsek toku s pramennou oblastí, střední úsek, který přechází v dolní úsek s malým podélným sklonem při ústí toku (Krešl, 2001).

O formě odtoku rozhoduje intenzita deště a jeho doba trvání. Dlouhá doba trvání (> 70 min) a malá intenzita způsobuje regionální odtok, což znamená zvýšení průtokové vlny v závěrovém profilu. Vysoká intenzita deště a krátká doba trvání způsobuje povodňovou vlnu v malých povodích (Kravka, 2009).

2.3.1 Činitelé odtoku

Režim vodního toku je výsledkem procesu odtoku z jeho povodí. Činiteli odtoku tedy jsou převážně vlastnosti povodí. Němec (1964) je rozděluje do dvou hlavních skupin:

Klimatičtí činitelé – Tato skupina tvoří zejména meteorologické veličiny ovlivňující především celkový výpar vody z povodí. Patří sem vlastní časový a prostorový průběh spadlé příčinné srážky, vlhkost ovzduší, výpar, teplota ovzduší, rychlost a směr větru, atmosférický tlak apod.

Geografičtí činitelé – Druhá skupina popisuje prostředí, ve kterém se vlastní proces odehrává. Určuje dynamické (přenosové) vlastnosti povodí, které ovlivňují průběh odtoku vody uzávěrovým profilem po srážkové aktivitě na daném území. K těmto činitelům patří plocha, velikost, střední nadmořská výška, tvar, reliéf, uspořádání a hustota říční sítě, hydrogeologické poměry, vegetační pokryv apod. (Jandora, Stara, Starý, 2011).

Všechny tyto faktory působí současně, komplexně, v různých kombinacích, takže souvislosti mezi atmosférickými srážkami a odtokem jsou mnohdy úplně

zastřeny. Podstatně zasahuje i působení člověka, zvláště výstavba vodních nádrží, agrotechnika, uspořádání cestní sítě, výstavba měst a sídlišť, rozsáhlé odvodňování apod. (Krešl, 2001).

Dalším antropogením vlivem působícím na povrchový odtok je způsob zemědělského obdělávání, který může podstatně ovlivnit zadržování vody na povrchu půdy. Orba po svahu plošný povrchový odtok zrychluje, kdežto orba po vrstevnicích zadržuje spadlou vodu, dochází k postupnému vsakování a povrchový odtok je zpomalován. Zároveň je potlačována eroze půdy a splavování půdních částic (Jandora, Stara, Starý, 2011).

Jako neméně závažné ovlivnění odtokových procesů člověkem sledává Buzek, Havrlant, Matoušek (1975) vykácení lesů. Za posledních 10 tisíc let zničili lidé 2/3 přírodních lesních porostů. Konkrétně na našem území byly lesy zredukovány o 60% plochy.

2.3.2 Odtokové charakteristiky

Je pochopitelné, že až na experimentální výjimky odtok z povodí, tj. z plochy, není přímo měřitelný. Poznáváme jej z měřitelných hodnot, tj. z průtoku soustředěného v korytě toku v profilu uzavírajícím povodí. **Průtok Q** a **odtok O** jsou základní odtokové charakteristiky. Ty se dále dělí např. Němec (1964):

- **Střední denní průtok = Q_d ($m^3 \cdot s^{-1}$), ($l \cdot s^{-1}$)** – základním pozorováním průtoku je denní měření. Je-li tzv. setrvalý stav, tj. stav, při němž se ani vodní stav, tedy ani průtok příliš nemění, měří se jednou za den. Je-li během dne zřejmá změna průtoku, měří se třikrát i vícekrát denně a aritmetický průměr všech denních měření je středním denním průtokem.

- **Střední měsíční průtok = Q_m ($m^3 \cdot s^{-1}$), ($l \cdot s^{-1}$)** – je aritmetický průměr se všech středních denních průtoků Q_d v daném měsíci.

- **Střední roční průtok = Q_r ($m^3 \cdot s^{-1}$), ($l \cdot s^{-1}$)** – je aritmetický průměr se všech středních měsíčních průtoků Q_m v daném roce.

- **Dlouhodobý roční průměrný průtok = Q_a ($m^3 \cdot s^{-1}$), ($l \cdot s^{-1}$)** – charakterizuje vlastnosti toku. Stanoví se z ročních průměrných průtoků za více let. Při nedostatku pozorování můžeme Q_a určit

a) z bilanční rovnice:

$$Q_a = (H_s - E) \cdot 103 \cdot \frac{S_p}{T}$$

b) dle průměrného specifického odtoku:

$$q_a : Q_a = q_a \cdot S_p$$

c) analogií:

$$Q_a = Q_a A \cdot \frac{S_p}{S_p A} = q_a A \cdot S_p,$$

Kdy hodnoty A náležejí analogonu (povodí s obdobnými vlastnostmi jako povodí, pro které hledáme Q_a) (Kravka, 2009).

Ze všech těchto charakteristik průtoků Q lze stanovit množství vody O , odteklé za dané období (celkový odtok), tak, že průtok násobíme počtem sekund v období. Tak např. denní odteklé množství O_d dostaneme, násobíme-li $Q_d \cdot 86\,400$, což je počet sekund za den (Němec, 1964).

2.3.3 Druhy odtoku

Odtok vody představuje tu část srážek, která se dostává do povrchových vod. Podle způsobu, jakým se srážková voda do povrchových toků dostává, rozděluje se celkový odtok na:

a) **povrchový odtok** – je to část vody, která odtéká po povrchu terénu.

a1) **soustředěný** – fáze odtoku vodní sítí, kdy srážková voda stéká erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do bystřin, potoků, řek, které vytvářejí říční hydrografickou síť (Kravka, 2009).

a2) **nesoustředěný (svahový)** – svahový odtok je nejvýznamnějším procesem, ovlivňujícím odtok v údolnici na povodích drobných vodních toků s málo rozvinutou hydrografickou sítí. Pro řešení svahového odtoku se využívají hydrologicko-hydraulické závislosti, které lze nejjednodušeji odvodit pro idealizovanou elementární odtokovou plochu (Hrádek, Kuřík, 2001).

b) **podpovrchový odtok**

b1) **hypodermický** – voda z celkového odtoku, která odtéká pod povrchem terénu, ale není v kontaktu s hladinou podzemní vody. Část hypodermického odtoku se dostane do povrchového toku bezprostředně po skončení deště, zbylá část až po určitém čase.

b2) **podzemní odtok** – část celkového odtoku, která odtéká jako součást podzemní vody.

Podle času, za který se srážková voda dostane do povrchových toků, rozděluje se odtok vody na přímý odtok a na základní odtok:

Přímý odtok je ta část celkového odtoku vody, která se do povrchových toků dostává už v průběhu trvání deště a bezprostředně po jeho skončení. Přímý odtok je způsoben pouze nadbytkem vody v důsledku deště a je hlavní příčinou zvýšených průtoků, povodní a vodní eroze. Z praktických důvodů se za přímý odtok obvykle považuje jen povrchový odtok.

Základní odtok je ta část celkového odtoku vody, která se po skončení deště dostává do povrchových toků až po určité době a celkový odtok zásobuje i v období, kdy se v povodí srážky nevyskytují (Kravka, 2009).

2.3.4 Extrémní odtoky - povodně

Povodní rozumíme výrazné zvýšení hladiny toku, způsobené náhlým zvětšením průtoku anebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta (např. ledovou zácpou), zpravidla působí na některých úsecích toku hospodářské škody. Může být podle příčiny vzniku dešťová, sněhová a smíšená (Nypl, 1986). Při těchto extrémních vodních stavech dochází k narušování břehových pásem a dna, mění se průběh koryta a dochází k silnému odnosu rozpuštěných i nerozpuštěných látek z povodí (Havrlant, Buzek, 1985).

Povodňová vlna je výsledkem složitého srážkoodtokového procesu v povodí. Počátek vzestupné větve hydrografu odtoku je přitom oproti srážce vždy časově opožděn. Do uzávěrového profilu se dostane voda nejprve z nejbližšího okolí, postupně tam však dospívá i voda vzdálenější, takže průtok stoupá tak dlouho, až k průřezu dospěje voda z hydraulicky nejvzdálenějšího místa povodí. Tuto dobu, jež vyplývá z rychlosti toku na povrchu povodí a v říční síti, nazýváme kritickou dobou, nebo-li dobou koncentrace. Tato doba závisí na geografických činitelích povodí (Jandora, Stara, Starý, 2011).

Další pojmy, se kterými se setkáváme u extrémních odtoků definuje Kravka (2009) a jsou to:

Inundace je zaplavování území přilehajícího k toku. Zaplavené území se nazývá inundačním územím.

N-letý průtok je průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně jedenkrát za N let a to v dlouhé řadě pozorování.

Čára pozorování velkých vod znázorňuje vztah mezi hodnotami průtoku v daném profilu a průměrnou dobou jejich trvání.

2.3.5 Měření odtoku

Množství povrchově odtékající vody měříme přímo jen z malých plošek při studiu odtoku ve vztahu k jednotlivým činitelům. V běžných podmínkách praxe se odtok z povodí stanoví podle měření průtoků v určitých – vodoměrných profilech toků. Při sledování časového průběhu průtoků, z něhož se pak jeho integrací vypočte odtok za časový úsek, se vychází ze vzájemného vztahu mezi výškou vodní hladiny v korytě a průtokem. Tato závislost se vyjadřuje nejčastěji graficky tzv. měrnou nebo konzumní křivkou. Pro stanovení průtoku pak stačí měřit poměrně jednoduše výšky vodních hladin a průtoků při různých výškách, aby mohla být odvozena měrná křivka daného profilu (Krešl, 2001).

Přímé měření průtoků – používá se při určování vydatnosti pramenů nebo malých průtoků. K tomu používáme buď měrných nádob, nebo pro nepřetržitě měření průtoků nádob automaticky sklopných. Měrné nádoby jsou zpravidla nízké nádoby tvaru kvádrů. Průtok měříme tak, že s maximálně možnou přesností určíme čas potřebný k naplnění nádoby známého objemu V . Čas t se měří stopkami alespoň třikrát, ze získaných dob se určí průměrná hodnota:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{l/s}) \quad (\text{Kemel, 1996}).$$

Nepřímé měření průtoků – Nejčastěji se zjišťuje průtočné množství stanovením plochy průtočného průřezu S a střední průřezové rychlosti v a výpočtem rovnicí:

$$Q = S \cdot v \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

kde: Qprůtok

Sprůtočná plocha (m^2)

vrychlost vody ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Plochu průtočného průřezu měříme běžnými geodetickými způsoby. Střední průřezovou rychlost stanovíme:

- 1) zjišťováním rychlostí a jejich rozložení v příčném řezu
- 2) zjišťováním povrchových rychlostí
- 3) výpočty podle empirických vzorců (Kravka, 2009).

2.3.5.1 Výpočet odtoku

Odtokem pak rozumíme celkové množství vody, které proteklo uvažovaným profilem toku za určitý časový úsek. Odtok vyjadřujeme v m^3 , popř. jej přepočítáváme na celou plochu povodí, tj. vyjadřujeme jej výškou vrstvy vody, která by se vytvořila při rovnoměrném rozprostření odtokového množství po ploše povodí. Tuto hodnotu nazýváme odtokovou výškou (Krešl, 2001).

Velikost odtoku je charakterizována **průtokem** – **Q**. Průtok je množství vody, které protéká za jednotku času příčným profilem toku, měříme jej obvykle v m^3/s . Odtok z povodí je celkové množství vody proteklé závěrovým profilem. **Měrný (specifický) odtok q** je průtok vztažený na jednotku plochy S_p k zájmovému profilu (Kravka, 2009).

2.3.5.2 Měřidla vodního stavu

Vodočet

Je to měřidlo, obvykle dřevěné, plechové nebo litinové, se stupnicí dělenou po 2 cm, upevněné svisle na nábrežní zdi, mostním pilíři atd. Na stupnici jsou desítky centimetrů označeny černými arabskými číslicemi, celé metry červenými arabskými číslicemi. Nulový bod musí být umístěn pod nejnižší hladinou toku, aby všechna měření byla kladná. Vodočet musí být chráněn před poškozením plovoucími předměty a ledem a jeho přesná výšková poloha musí být zachycena nivelací na pevný bod na břehu řeky. Měření na vodočtu se provádí v určitou hodinu, alespoň jednou denně, v důležitějších stanicích alespoň třikrát denně. V dobu povodní se koná častěji, aby se zachytil nejvyšší vodní stav (Šilar, 1996).

Limnigraf

Je samočinně zapisující přístroj, který nám dává záznam o změně vodního stavu v každém okamžiku. Je založen na principu pohybu plováků spočívajícího na hladině. Plovák sleduje pohyby hladiny a jeho pohyb je přenášen napjatým lankem na převody, kterými se pohyb redukuje – rozkyv vodní hladiny bývá totiž značně větší než výška registračního papíru – a na pisátko, které pořizuje záznam na registrační papír napjatý na svislém bubnu, jímž otáčí hodinový stroj jednou dokola za týden (nebo za 24 hodin). Takto pořízený zápis se nazývá **limnigram** (Němec, 1964).

2.3.5.3 Měřidla určení průtoků

Pitotova trubice:

Patří k nejstarším a nejjednodušším rychlostním sondám pro měření průtoků. Přesnost měření závisí na rychlostním profilu proudění. Pitotova trubice je na obou koncích otevřená skleněná trubice ohnutá do pravého úhlu. Vloží-li se otvorem proti proudu, vystoupí hladina na svislém rameni o výšku H nad okolní hladinu. Toto převýšení je rovno rychlostní výšce bodové rychlosti v úrovni vtoku do trubice (Nypl, 1986).

Hydrometrická vrtule:

Pro měření místních rychlostí se dnes v hydrologii nejčastěji používá hydrometrická (vodoměrná) vrtule. Funkce je založena na principu, že tekoucí voda otáčí vrtulí rychlostí úměrnou rychlosti vodního proudu. Závislost je určována tárováním, ověřováním vrtule. Vrtule můžeme dělit podle různých hledisek. Podle typu rozeznáváme vrtule s vodorovnou osou a svislou osou. Podle způsobu upevnění přístroje rozlišujeme vrtule na tyči, na laně a vrtule univerzální. Pro měření na menších tocích s nepřilíš velkými hloubkami se nejčastěji užívá vrtule na tyči (Kemel, 1985).

Měření ultrazvukem:

Ultrazvukové průtokoměry měří rychlost proudění tekutiny pomocí ultrazvukového vlnění. Jsou bezkontaktní, a tak nezpůsobují tlakovou ztrátu. Navíc neobsahují pohyblivé části, které by se opotřebovávaly. Dělí se na několik typů.

První typ přístrojů využívá Dopplerův princip. Fungují tak, že vysílají do tekutiny ultrazvukové vlny o konstantní frekvenci a zpět přijímají vlnění odražené od pevných částic případně od bublin rozptýlených v tekutině. Kvůli pohybu částic nebo bublin s tekutinou je frekvence přijatého ultrazvukového vlnění odlišná od frekvence vyslané vlny. Rychlost proudění tekutiny je pak úměrná rozdílu frekvencí.

Druhý typ ultrazvukových průtokoměrů jsou přístroje, které jsou založené na principu měření doby průchodu signálu tekutinou. Tyto průtokoměry se skládají ze dvou jednotek, které mají vysílač a přijímač. Ty jsou umístěné za sebou ve směru proudění. Jeden z vysílačů vysílá ultrazvukový signál po směru proudění a druhý proti směru proudění. Rozdíl mezi dobou průchodu obou signálů k druhé jednotce je úměrný rychlosti proudění tekutiny. Na rozdíl od průtokoměrů fungujících na

Dopplerově principu, tyto ultrazvukové průtokoměry měří pouze rychlost proudění čistých tekutin (Jenčík, 1998).

2.4 Jakost vody

Na rozdíl od vody chemicky čisté, voda v přírodě je roztokem plynů, organických a neorganických látek a obsahuje živé organizmy. Tím mají jednotlivé druhy vod z různých zdrojů odlišné fyzikální vlastnosti. Při vodohospodářském využití vody nás v současné době zajímá nejen otázka dostatečného množství, ale v rozhodující míře její i **kvalitativní vlastnosti** (Kemel, 1996).

2.4.1 Znečištění vody

Podzemní vody – Znečištěním podzemních vod se rozumí každá změna fyzikálních, chemických, popř. biologických vlastností při porovnání s jejich přírodním stavem. Znečištění podzemních vod omezuje nebo zcela znemožňuje jejich využití, resp. zvyšuje nároky na jejich úpravu. Obecně dělíme znečištění na:

- znečištění nedosahující mezních přípustných hodnot jednotlivých ukazatelů. Koncentrace vybraných látek jsou vyšší než běžné (přírodní) hodnoty.
- znečištění přesahující maximální přípustné hodnoty koncentrací ve vybraných ukazatelích.

Povrchové vody - Zhoršování jakosti povrchových vod je způsobeno především postupnou koncentrací obyvatelstva v urbanistických strukturách a zvyšujícím se procentem obyvatel bydlících v domech, napojených na veřejnou kanalizaci. Industrializace, růst průmyslové výroby a v poslední době intenzivní zemědělská výroba znamenají další zatížení toků (Hlavínek, Říha, 2004). Moderní zemědělství používá ve velkém měřítku syntetických hnojiv, a to často v nadměrných množstvích, která plodinami nemohou být využita, takže jejich přebytek je odplavován do toků a přispívá k jejich znečištění (Šilar, 1996).

Jednou z příčin zhoršování jakosti povrchových vod je také **eutrofizace**. Jedná se o soubor přírodních a uměle vyvolaných pochodů, kterými se v tekoucí nebo stojaté vodě zvyšuje obsah biogenních prvků (N, P, K atd.), což má za následek zvýšenou produkci biomasy. Důsledkem těchto pochodů je zhoršení jakosti vody.

Stoupá zákal, vzniká zbarvení, pach a v krajních případech může být voda toxická pro vyšší organizmy.

Na některých vodních tocích představuje plošné znečištění vážné ohrožení jakosti vody. Kromě splachů hnojiv, pesticidů a produktů erozní činnosti sem patří odtoky ze zemědělské, lesní, zastavěné a ostatní půdy a také odtoky z rybníků (Hlavínek, Říha, 2004).

2.4.2 Faktory ovlivňující jakost povrchových vod

Jakost vody v tocích je určena celou řadou **faktorů**, kupříkladu Nesměrák a Straškraba (1972) je rozděluje do čtyřech hlavních skupin na faktory **antropogenní**, do kterých zahrnuje znečištění z měst, průmyslu a zemědělství. Dále faktory **hydrometeorologické**, kam patří především průtok vody a teplota vody. Antropogenní a hydrometeorologické faktory podléhají pravidelným cyklickým změnám v průběhu dne, týdne, roku a víceletého období a s nimi i jakost vody v tocích. Toto kolísání ale můžeme vyloučit, pokud budeme pracovat s průměry za období rovné k-násobku periody cyklické změny. Zbývajícími dvěma faktory jsou faktory **morfologické a hydrogeologické** (intenzita přirozených procesů, zejména samočištění v tocích) a faktory **náhodné** (manipulace na vodních dílech).

K tomu dodává Hlavínek a Říha (2004), že při hodnocení využitelnosti povrchových vod jako zdrojů pro různé účely, např. úpravu pitné vody, zavlažování zemědělských pozemků, pro průmysl a pro rekreaci je rozhodující právě jakost povrchových vod, která v průběhu roku silně kolísá a liší se v jednotlivých vrstvách vody zejména v hlubších nádržích.

Jakost povrchové vody jako ekologického činitele popisuje Nováková (1970). Jakost vody silně ovlivňuje formování vegetace, živočišstva a mikroklimatu a vytváří tak speciální ekologické podmínky pro život.

2.4.3 Procesy ovlivňující jakost povrchových vod

Fyzikální procesy:

- Transport látek (advekce) – popisuje pohyb látek daný rychlostí proudu. V případě vodních toků se za charakteristickou považuje průměrná profilová rychlost.

- Disperze – zahrnuje molekulární difuzi látek, vliv turbulence a zejména vliv nerovnoměrného rozdělení rychlostí v průtočném profilu koryta toku (hydrodynamická disperze).
- Přísun znečištění bočními přítoky - ty mohou jednak přinášet určité množství sledované látky, jednak obvykle znamenají zvýšení průtočného množství v toku.
- Sedimentace a vyplavování látek – při vyšších průtocích doprovázených změnou režimu proudění mohou být usazené látky vyplavovány zpět do proudu.

Chemické reakce a biologické procesy:

Mezi ně patří sorpce, desorpce, oxidace, redukce, volatilizace, hydrolýza, biodegradace a další procesy. Lze je rozdělit na procesy homogenní a heterogenní (Říha, Ošlejšková, 2001).

2.4.4 Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti vody

2.4.4.1 Hodnota pH

Je definována jako záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Ve vodách i v půdách má mimořádné postavení. Např. v přírodních vodách Šumavy se pH pohybuje v současné době v hodnotách 5-7. pH srážkových vod se podle jejich povahy (dlouhodobé, přívalové) pohybuje v kyselé oblasti asi od 4 – 5,5. Náhlé zvýšení kyselosti může být vyvoláno významným únikem silážních šťáv (Gergel, 1994). Voda při $\text{pH} = 7$ a 25°C je neutrální, protože se v ní aH^+ (aktivita vodíkových iontů) rovná aOH^- (aktivita hydroxidových iontů). Roztoky s $\text{pH} < 7$ označujeme jako kyselé (nadbytek H^+), roztoky s $\text{pH} > 7$ jako zásadité. Nulová hodnota pH odpovídá kyselému roztoku s jednotkovou aktivitou H^+ (Hlavínek, Říha, 2004).

2.4.4.2 Sloučeniny dusíku

Mineralizace organicky vázaného dusíku probíhá podle schématu:

Organická hmota \Rightarrow amoniak (NH_4^+) \Leftrightarrow dusitany (NO_2^-) \Leftrightarrow dusičnany (NO_3^-)

Mezi amoniakem, dusitany a dusičnany se ustavuje určitý vztah, který je možno si představit jako spojené nádoby. Mezi dvěma velkými objemy s NH_4^+ a NO_3^- je úzká mezera, kterou neustále rychle proudí NO_2^- . Za aerobních podmínek jsou dusičnany konečným produktem a proto je jich nejvíce (Gergel, 1994).

- Dusičnany:

Nejvýznamněji ovlivňuje koncentraci dusičnanů způsob využití půdy a to především v infiltračně nejzranitelnějších lokalitách povodí. Tyto lokality popisuje Fučík (2010) jako náhorní roviny a temena vrchovin, jejichž půdy jsou typicky mělké a ploché a tedy náchylné ke zrychlené infiltraci. Při zornění těchto lokalit dochází ke zvyšování koncentrací dusičnanů v půdě a vodě díky procesům zvýšené mineralizace organické hmoty a následnému vyplavování dusíkatých látek do vod. Časově koncentraci dusičnanů ve vodě upřesňuje Gergel(1994), který uvádí, že obecně je vyšší koncentrace v předjaří a na jaře, protože dusičnany vznikající přes zimu nitrifikací nemají možnost odběru biomasou rostlin. Dusičnany zastupují 95% celkového anorganického dusíku.

- Dusitany:

Vzhledem ke své chemické a biochemické labilitě se vyskytují obvykle ve velmi malých a často jen stopových koncentracích. Dusitany jsou ve vodách velmi nestálé. Náhlý vzrůst dusitanů v podzemních vodách může indikovat fekální znečištění. Taktéž působí toxicky na ryby (Pitter, 2009). Dusitany mají význam pouze při posuzování pitné vody. Pro posuzování povrchových vod jsou nevýznamné (Gergel, 1994).

- Amoniakální dusík:

Vyskytuje se buď ve formě amoniaku NH_3 anebo kationtu NH_4^+ . Je důležitý především pro tvorbu nové biomasy organismů. Atmosférické, podzemní a čisté povrchové vody obsahují desítky mg.l^{-1} amoniakálního dusíku. Ten je v přírodních vodách za přítomnosti kyslíku velmi nestálý. Ionty NH_4^+ v pitných vodách jsou důležitým indikátorem čerstvého znečištění a hnilobných procesů (Hlavínek, Říha, 2004).

2.4.4.3 Fosfor a fosforečnany

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpuštění a vylouhování některých minerálů a zvětralých hornin. Do oběhu se dostává zvětráváním vyvěřelých a metamorfovaných hornin. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu jsou především odpadní vody a aplikace fosforečných hnojiv (Pitter, 2009). Analýza vzorku vody se běžně provádí pro určení množství fosforečnanů. Stanovení pouze samotných fosforečnanů neposkytuje v některých případech ani základní informaci o pohybu fosforu v povodí. Proto je účelné použít stanovení tzv. veškerého fosforu

podle normy k analýzám odpadních vod, které je mnohem objektivnější (Gergel, 1994).

2.4.4.4 Látky nerozpuštěné

Vyjadřují podíl všech látek jejichž částice se zachytí filtrem o střední velikosti póru 0,45 μm . Stanoví se vážením po vysušení při 105°C. V určitém množství se pohybují v toku neustále, a to i ve zdánlivě čisté vodě. Přesvědčit se o tom lze 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 se pak na odběrném místě usadí nová sedimentační lavice vytvořená nejjemnějšími půdními částicemi (Gergel, 1994).

2.4.4.5 Látky rozpuštěné

Stanovují se po vysušení roztoku při 105°C. Následně dochází k odstranění nerozpuštěných látek filtrací a vážení. Rozpuštěné látky (RL) zvyšují solnost vody, její korozivní účinky na kovové i betonové konstrukce se také zvyšují. Často způsobují potíže při úpravě vody, někdy omezují až vylučují její použitelnost, neboť prodraží úpravné procesy. Nejzávažnější potíže způsobují ionty amonné, dusičnanové a fosforečnanové. Tyto základní živiny mohou za příznivých světelných a tepelných podmínek vyvolat enormní růst biomasy až eutrofizaci vod (Richter, 2002).

2.4.5 Organoleptické vlastnosti vody

Podrobně je popisuje ve své publikaci např. Pitter (2009). Jsou takové vlastnosti vody, které můžeme hned při odběru zjistit našimi smyslovými orgány. Tomuto procesu se říká senzorická analýza. Organoleptické vlastnosti vody jsou zákal, chuť, barva, pach a teplota. Problematikou závislosti jakosti vody na teplotě vody se zabývá Nesměrák (1978), který vidí problém v nedostatečném stanovení referenční teploty právními předpisy, pro kterou by měla být jakost vody posuzována. Řešení uvádí rozdělení souboru hodnot na podsoubory podle teplot vody. V každém podsouboru je pak odděleně vypočtena závislost ukazatele jakosti vody na teplotě vody.

Nejdůležitější organoleptické vlastnosti pro vyhodnocení jakosti vody jsou dle Pittera (2009) nebo Gergela (1994) barva, zákal a pach, kteří jejich stanovení podrobněji popisují. Pokud nemáme spektrofotometr, můžeme **barvu** vody v jednoduchých případech stanovit pouze vizuálně. Barvu vzorku vody slovně popíšeme spolu s jejím odstínem a intenzitou. Přírodní a užitkové vody jsou nejčastěji zbarvené žlutohnědě, kvůli vysokému obsahu huminových látek. Dále může být voda zbarvena zelenomodře (sinice a řasy) nebo hnědě (fenolové odpadní vody).

Zákal je definován jako snížení průhlednosti vody a je způsoben organickými nebo anorganickými látkami např. jílovými minerály, oxidy kovů, bakteriemi, planktonem atd. Zákal dává vodě nežádoucí vzhled, i když je způsoben zdravotně nezávadnými látkami. Např. bílý zákal vzniká díky bublinkám vzduchu unikajícího z vody díky snížení tlaku a změně teploty vody v potrubí.

Pach znehodnocuje především vodu určenou pro pitné účely, proto nesmí být patrný při zahřátí vody. Primární pach voda získává při formování svého složení a při znečišťování různými odpady. Pach biologického původu vzniká životní činností a odumíráním rostlin, řas, bakterií, plísní a hub. Rozeznáváme druhy pachu: zemitý, fekální, hnilobný, plíšňový, rašelinový a po jednotlivých chemikáliích (Pitter, 2009).

2.4.6 Kontrola jakosti vody

Kontrolu jakosti povrchových vod definuje ČSN 75 7220 (1998) jako soubor činností, vedoucích k získávání podkladů k hodnocení a řízení jakosti povrchových vod. Provádí se především kvůli klasifikaci jakosti vody, dále pro posouzení vhodnosti povrchové vody pro konkrétní využití a v neposlední řadě pro zjištění bilance znečištění. Zahrnuje vypracování programu kontroly jakosti, při kterém se vychází z ČSN. V tomto programu se určují místa a body odběru, časové období, četnost odběrů, způsob odběru a úpravy vzorků, dále se stanovují ukazatele jakosti a určují mezní požadavky a požadavky na přesnost.

2.4.7 Frekvence vzorkování

Frekvencí vzorkování se zabývá Hlavínek, Říha (2004), kteří nejprve upozorňují na finanční stránku při určování četnosti odběrů. Vzorkování v profilech státní sítě se provádí většinou jednou měsíčně, účelové sledování vychází z cílů monitoringu. Pokud jde o sledování nestacionárních dějů ve vodních tocích, mohou

být vzorky odebírány, resp. analyzovány téměř „spojitě“ se záznamem, např. po 30 sekundách. V případě snahy o zachycení jakosti vody v tocích v průběhu dne nebo týdne může jít o hodinové odběry nebo odběry prováděné dvakrát až čtyřikrát denně. Někteří autoři doporučují frekvenci vzorkování odvozovat z průtokových poměrů ve sledovaných tocích a z charakteristik (zejména plochy) jejich povodí. Na tocích s velkým povodím s plochou nad 1000 km² a malým kolísáním průtoků by mělo být vzorkování prováděno alespoň 12x ročně. Malé toky s velkým kolísáním průtoků a malým povodím (do 10km²) by měly být sledovány až 2x týdně.

Každý soubor získaných hodnot má své základní charakteristiky. Mezi ně patří : aritmetický průměr \bar{x} , střední chyba průměru S_x , směrodatná odchylka S , modus a medián.

Střední chyba S_x se vypočítá podle vzorce:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

kde: S je směrodatná odchylka odečítaná přímo z kalkulátoru

n je počet případů odběrů vody

Vypočítané S_x se dále používá pro tzv. grafickou metodu, kde se do grafu na osu x nanáší počet případů n a na osu y hodnoty S_x . Pro každý soubor tak získáme bod odpovídající počtu případů a střední chybě průměru. Spojením těchto bodů dostáváme křivku. Postačující počet případů je dán bodem, kde křivka přechází od svislého směru k vodorovnému (Gergel, 1994).

Místo odběru vzorků pro určení jakosti vody (kontrolní profil) se určuje názvem, kilometrází a hydrologickým pořadím. Doporučuje se také uvést, zda je profil situován nad nebo pod lokalitou. Musí být také uveden odběrný bod v příčném profilu (pravý či levý břeh, nebo střed toku) (Hlavínek, Říha, 2004).

Základní informací z analýzy vzorků vody jsou kvalitativní fyzikální a chemické ukazatele, které slouží pro porovnání zjištěného stavu s jednotlivými zákonnými ustanoveními a normami. Ukazatele charakterizují okamžitý stav protékající vody, změny na vodoteči, které zpravidla nejsou starší 1 den a změny v povodí ne starší několik dnů.

Kvantitativní hodnocení představují vyjádření podílu vodou transportovaných látek z jednotky plochy za rok. Mají význam pro stanovení ztrát živin odtokem.

Kvalitativní změny za delší časový úsek vyjadřují hydrobiologické ukazatele. Jejich číselným vyjádřením je bezrozměrové číslo (index saprobity) (Gergel, 1994).

2.4.8 Hodnocení jakosti vody

Informace, které jsou získávány měřením, nemůžeme využívat přímo. Je tedy třeba je vyhodnotit. Vyhodnocovací aparát představují matematické metody, matematické a fyzikální modely, výpočetní techniky atd. Cílem hodnocení jakosti vody je prosté zhuštění informací, které získáváme z měřicího zařízení. Toho se docílí výpočtem charakteristických (referenčních) hodnot ukazatelů jakosti vody a jejich posouzením případně klasifikací podle předem zvolených kritérií (Nesměrák, 1978).

Při hodnocení jakosti vody se posuzují nejnepriznivější hodnoty ze vzorků odebraných rovnoměrně v průběhu roku. Výběr nejnepriznivějších hodnot ukazatelů se určuje ze všech vykonaných rozborů. Počet nejnepriznivějších hodnot, které budou použity ke klasifikaci, se určuje podle množství měření za rok. Z nich se dále vypočítává aritmetický průměr a porovnává se s mezními přípustnými hodnotami, z čehož vyplyne třída čistoty vody. Pro každou skupinu se určí třída vody podle nejnepriznivějšího ukazatele (Hlavínek, Říha, 2004).

Charakteristikou nejnepriznivějších hodnot může být buď hodnota vypočtená podle ČSN 83 0602 *Posuzování a klasifikace jakosti povrchové vody* nebo hodnota s předem zvolenou pravděpodobností nepřekročení (Nesměrák, 1978).

-Hodnota s předem zvolenou pravděpodobností nepřekročení:

Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody se vypočítává ze všech získaných výsledků kontroly kromě případů havárií. Pokud dojde k havárii, hodnocení jakosti vody se provádí mimo program kontroly. Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody je dle Hlavínka, Říhy (2004) hodnota s 90% nepřekročením. Tuto hodnotu doporučuje ve svých publikacích i Nesměrák (1978). Pro výpočet je třeba soubor s rozsahem alespoň 24 hodnot. Při četnosti kontroly 12krát za rok je nutné spojit pozorování do dvou let.

-Hodnota podle ČSN 83 0602 Posuzování a klasifikace jakosti povrchové vody:

Tato norma slouží ke klasifikaci jakosti povrchových vod na základě výsledků fyzikálních, biologických a chemických rozborů odebraných vzorků vody. Pro jednotlivé ukazatele jakosti vody se vypočítá charakteristická hodnota (nazývána také kritická hodnota) jako průměr z h nejnepriznivějších hodnot, srovnává se s normativy a pak se zařazuje do jedné z pěti tříd jakosti vody. Hodnocení podle ČSN 83 0602 je blízké hodnotě se zvolenou pravděpodobností nepřekročení, protože charakteristické hodnotě dle ČSN také přidělujeme určitou pravděpodobnost

překročení. Zde však tato hodnota není stálá, ale pohybuje se mezi 85% a 98% podle počtu pozorování, druhu ukazatele jakosti vody a tvaru distribuce hodnot. Tato metoda je doporučena pro klasifikaci jakosti vody v jednom roce (Nesměrák, 1978).

-Empirická pravděpodobnost překročení limitní hodnoty:

Protože samotné vyjádření aritmetického průměru nevyjadřuje skutečnost objektivně, musíme stanovit v kolika procentech je mezní hodnota překročena a v kolika je nedosažena (zabezpečena). K vypočítání se používá Čedogajevův vzorec:

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}$$

kde: p pravděpodobnost případů

m počet případů k určité hodnotě (limitu)

n celkový počet případů

Z tohoto se výpočtem získá pravděpodobnosti v kolika % případů byla hraniční hodnota zabezpečena. Po vynásobení 365ti získáme počet dní v roce, kdy byla norma teoreticky dodržena (Gergel, 1994).

Klasifikace jakosti vody vychází z hodnocení údajů o vybraných ukazatelích jakosti vody a jejich odstupňovaných mezních hodnot. Mezní přípustná hodnota je hodnota ukazatelů složení a vlastností vody, která vyjadřuje požadavky na její jakost a podle ní se charakterizuje třída čistoty v povodí. Souhrn ukazatelů jakosti pro klasifikaci povrchových vod představuje kritérium čistoty povrchové vody (Hlavínek, Říha, 2004).

3. Materiál

3.1 Charakteristika zájmového území Jenínského toku

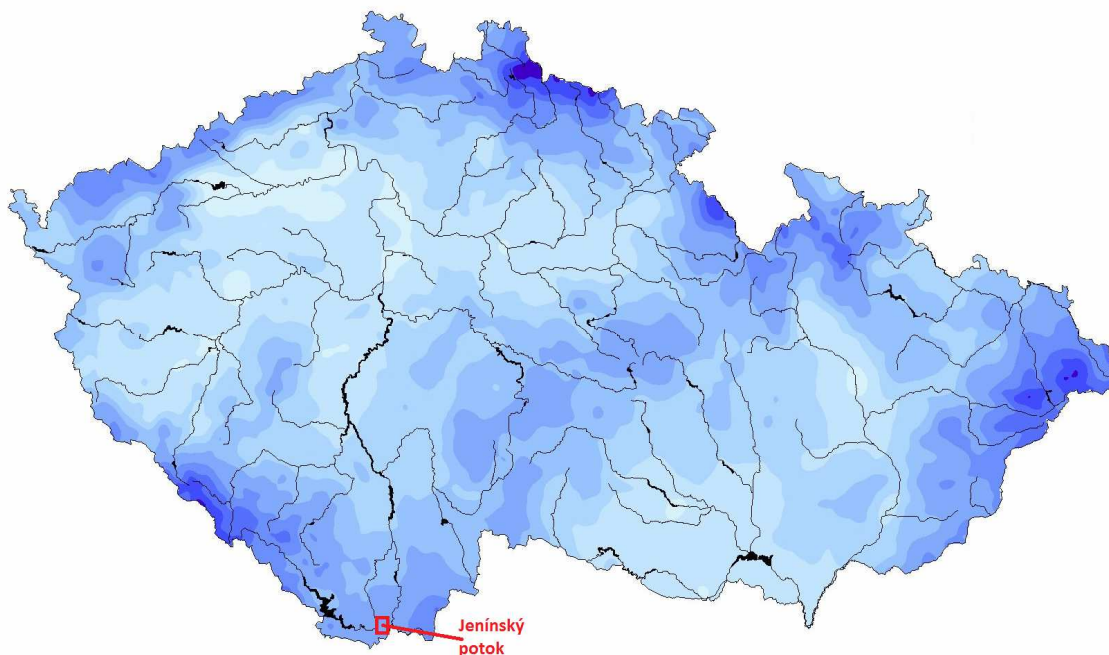
3.1.1 Historie

Jenínský potok získal svůj název podle vesnice Jenín, kterou protéká. První písemné záznamy o Jenínu pochází z roku 1379 z rožmberského urbáře, ve kterém je uváděn název Jenyn. V této době do správního území Jenína patřily nedaleké osady, ze kterých jsou dnes již pouze pomístní názvy. V tomto století zde sídlilo národnostně smíšené obyvatelstvo a název obce zněl Dynín, konkrétně z roku 1541. O dvě století později se zde nacházelo jen obyvatelstvo německé. Ještě v první polovině 20. století patřilo do správního působení obce Jenín mnoho okolních osad např. Lipotov, Bludov, Klopanov, Zbraslav a Babí. Při sčítání domů, bytů a obyvatel v roce 1930 měla obec Jenín spolu s těmito osadami celkem 800 obyvatel, z toho 48 české národnosti, 732 německé národnosti a 20 cizinců, kteří obývali 125 domů. Samotná obec Jenín měla 26 domů a 155 obyvatel, z toho 10 české národnosti, 144 německé národnosti a 1 cizince. V obci Jenín byla i škola, která fungovala od roku 1877 a byla zrušena roku 1964. V 50. letech se ale obec se všemi přidruženými osadami ocitla za ženijskými zátarasy a po odsunu obyvatel nebyla osidlována, ale pobořena. V 70. a 80. letech 20. století byly zlikvidovány ruiny usedlostí po levé straně potoka protékajícího osadou.

Dnes je v Jeníně 10 původních domů a usedlostí, včetně hasičské zbrojnice a původní školy, jeden nový dům na starých základech a pozůstatky živočišné farmy bývalého státního statku, zbytek zástavby tvoří novostavby. Údaje z roku 2009 hovoří o 23 domech a 18 trvale hlášených obyvatelích. Mnohé budovy jsou určeny k pronájmu, z čehož vyplývá, že Jenín je dnes spíše rekreační oblastí.

3.1.2 Geografie

Povodí Jenínského toku se nalézá v Jihočeském kraji, konkrétně pak na jihovýchodě okresu Český krumlov. Je jen necelé 3 km vzdálené od hranic s Rakouskem. Většími sídly v okolí je obec Dolní Dvořiště, vzdálená necelé 4 km severovýchodně, a město Rožmberk nad Vltavou cca 3 km severozápadně. Poloha na mapě v rámci České republiky je zakreslena v obrázku 3-1.



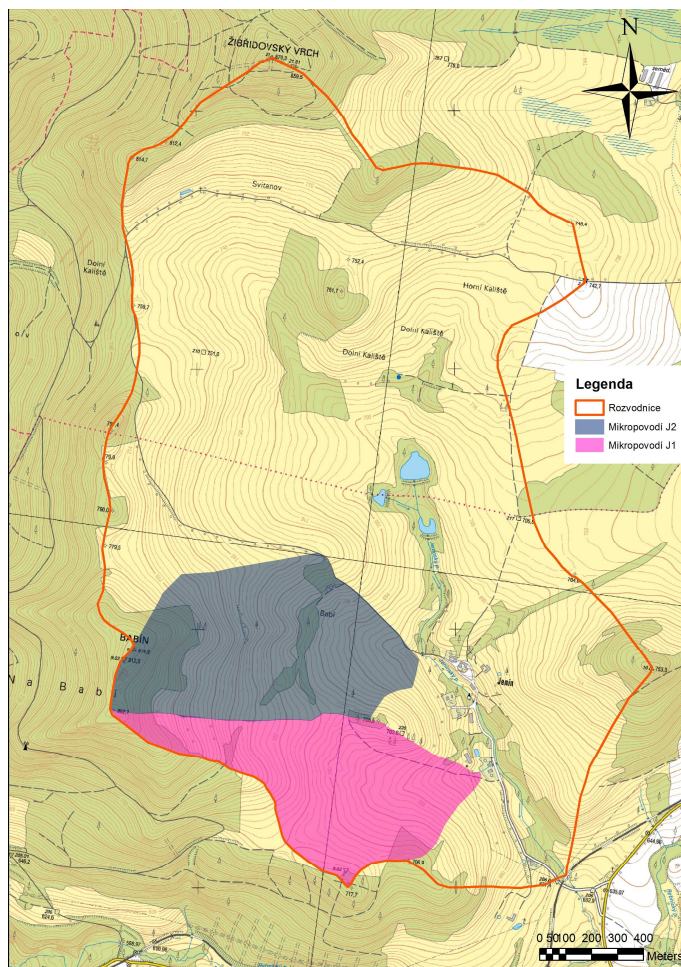
Obrázek 3-1: Lokalizace zájmového území na mapě ČR

Zdroj: <http://voda.chmi.cz> (upraveno pro potřeby práce)

Sledované povodí je nachází v nadmořské výšce 637 – 870 m.n.m. Nejvyšším bodem v povodí je Žibřidovský vrch s 870 m.n.m., jež se nachází na severním okraji povodí. Povodí Jenínského toku se rozprostírá na ploše 4,65 km², z čehož pokrýv největší části zájmového území tvoří pastviny.

Jenínský tok se nachází na ploše dvou katastrálních území, a to katastrální území Jenín (628981) a katastrální území Horní Kaliště (629006), jak můžeme vidět na příloze 1. Tato katastrální území patří do správního území obce Dolní Dvořiště. Obcí s rozšířenou působností pro danou oblast je obec Kaplice.

Vyznačení povodí Jenínského toku v mapě, společně se zájmovým subpovodím J1 a J2, je zakresleno na obrázku 3-2.



Obrázek 3-2: Zakreslení zájmového povodí Jenínského toku v mapě

3.1.3 Geomorfologie

Zařazení zpracovávaného území podle geomorfologického členění ČR je dle Demka (1965) popsáno v následující tabulce:

Geomorfologické umístění zájmového území	
system	Hercynský
subsystem	Hercynská pohoří
provincie	Česká vysočina
subprovincie	Šumavská soustava
oblast	Šumavská hornatina
celek	Šumavské podhůří
podcelek	Českokrumlovská vrchovina
okrsek	Rožmberská vrchovina

Tabulka 3-1: Geomorfologické umístění zájmového území

Šumavská hornatina je geomorfologická oblast nacházející se na jihu Šumavské subprovincie. Rozkládá se v jihozápadních Čechách, severovýchodním Bavorsku a v severním Rakousku. Kromě nejvyšších partií Šumavy zahrnuje rovněž Novohradské hory a rozsáhlé vrchoviny a pahorkatiny v podhůří. Nejvyšším bodem je Großer Arber (Velký Javor) v bavorské části Šumavy. Na českém území je to Plechý s 1378 m.

Šumavské podhůří je geomorfologický celek na severovýchodním okraji Šumavské hornatiny. Rozprostírá se na ploše 2407 km². S touto rozlohou je tak rozsáhlejší než česká část vlastní Šumavy. Má průměrnou nadmořskou výšku 634 m. Na západě a na jihu sousedí s Šumavou, na severu se Švihovskou vrchovinou a Blatenskou pahorkatinou, na východě s Českobudějovickou pánví a Novohradským podhůřím. Má charakter členité vrchoviny vrásno-zlomového původu s výraznou modelací selektivní eroze a denudace. Na jihovýchodě je tvořena širokými a oblými strukturními hřbety směru severozápad - jihovýchod. Kolmo na ně protékají hlavní toky podhůří Otava, Volyňka, Blanice a Vltava.

Z hlediska členitosti a eroze zkoumá Šumavské podhůří Demek (1965). Tento celek je silně členitý. Na některých místech vodní toky ostře vymílají skalní podklad a vytvářejí hluboká údolí. Při vytváření reliéfu je zde velmi intenzivní selektivní eroze. Uplatňuje se při ní především rozdílná odolnost žul a rul a výskyt tvrdších žilnatých hornin. Nejpokročilejší selektivní eroze je v okrajovém pásmu Šumavského podhůří, kde jednotlivé vrchy vyčnívají nad terasové plošiny.

Šumavské podhůří se rozděluje na celkem šest vrchovinných a pahorkatinných celků. A jsou to vrchoviny Krumlovská, Prachatická, Prácheňská a Svatoborská, které jsou lemovány nižším pásmem pahorkatin Bavorskou, Prácheňskou a Strážcovskou.

3.1.4 Geologie

Geologické poměry do značné míry ovlivňují tvar říční sítě, dále mají vliv na intenzitu zvětrávání, a také na materiál dna nebo chemické složení vody. Z geologického hlediska náleží zájmové území do oblasti moldanubika, do které patří Šumavské podhůří, jehož skalní podklad je složen z krystalických hornin moldanubika, především rulami a svory. V modelaci reliéfu převládá vliv selektivní eroze a denudace a vlivy tektonických pohybů. Široké a oblé strukturní hřbety mají převážně směr severozápad-jihovýchod.

Jako moldanubikum je označován rozsáhlý komplex většinou silně přeměněných a hlubinných hornin budující převážně jižní a jihozápadní část Českého masivu. Moldanubikum je omezeno tektonicky. Hranice moldanubické oblasti vůči oblasti středočeské je vedena podél středočeského hlubinného zlomu zhruba od Klatov na jihozápad a k Říčanům na severovýchod. Nachází se zde řada metamorfovaných, sedimentárních, vulkanických a starších hlubinných hornin, ovlivněných ve většině případů různou intenzitou metamorfních přeměn. V metamorfitech moldanubické oblasti lze rozlišit dvě skupiny hornin, které se vzájemně liší svým horninovým obsahem. Běžně bývají označovány jako jednotvárná skupina a pestrá skupina. Jednotvárná skupina je tvořena plagioklasovými pararulami a skládá se výhradně z metapelitických a metapsamitických hornin. Pestrou skupinu charakterizují četné polohy vložkových hornin. Jsou zde zastoupeny metamorfní ekvivalenty sedimentů vulkanitů a hornin plutonických.

Povodí Jenínského toku náleží do pestré skupiny hornin, konkrétně je jeho podklad tvořen masivy plutonitů a moldanubickým plutonem. Nejrozšířenější žilné horniny jsou zde granitoidní plutony moldanubika. Předpokládaný výskyt granitoidních plutonů v oblasti je do 2000 m (Mísař, 1983).

3.1.5 Pedologie

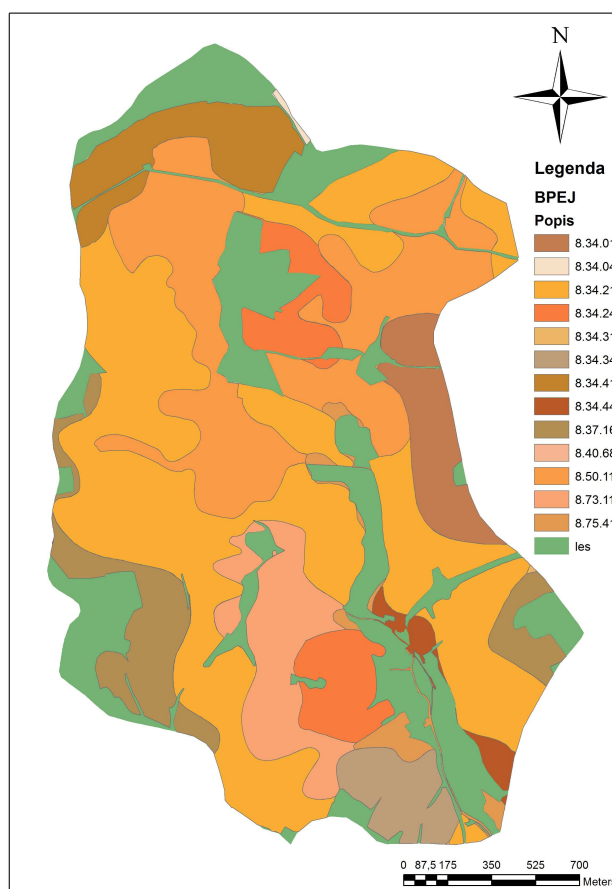
Nejvíce zastoupený půdní typ na zájmovém území jsou dystrické kambizemě, další významnou část tvoří kambizemě oglejené až pseudogleje modální, následované rankery modálními a kambickými. Plošně nevýrazné jsou zde rendziny, pararendziny, regozemě, hnědozemě aj.

Hlavní půdní jednotky nacházející se na vyhodnocovaném území jsou vypsány v tabulce 3-2:

Číslo HPJ	Charakteristika
HPJ 34	Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláňově 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 podornici 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 68	Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymežitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim
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

Tabulka 3-2: Popis HPJ v zájmovém území



Obrázek 3-3: Mapa BPEJ

3.1.6 Klimatické poměry

Dle Quitta leží zájmové území Jenínského toku v mírně teplé klimatické oblasti MT 3. Klimatická oblast MT 3 se vyznačuje krátkým létem, které je mírné a zároveň suché. Přechodné období je normální až dlouhé, s mírným jarem a mírným podzimem. Počasí má vrchovinový charakter, je mírně teplé a mírně vlhké. Zima je normálně dlouhá, mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá. Srážkové úhrny jsou výrazně nižší než na Šumavě. Sněhová pokrývka má normální až krátkou dobu trvání.

Vybrané charakteristiky	MT 3
Průměrná roční teplota vzduchu	6-7 °C
Počet letních dní	20-30
Počet dní bez mrazu	200-220
Počet mrazových dní	140-160
Průměrný roční úhrn srážek	700-800 mm
Počet dní se sněžením	70-80
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60-80
Průměrná výška sněhové pokrývky	30-50 mm
Roční relativní vlhkost vzduchu	80-85%
Roční úhrn výparu z vodní hladiny	550-600 mm
Roční úhrn evapotranspirace	550-600 mm
Počet dní s úhrnem srážek $\geq 0,1$ mm	170-190
Počet dní s úhrnem srážek $\geq 1,0$ mm	110-120
Počet dní s úhrnem srážek $\geq 5,0$ mm	45-50
Počet dní s úhrnem srážek $\geq 10,0$ mm	16-20

Tabulka 3-3: Klimatické charakteristiky

Zdroj: Atlas podnebí česka (Radim Tolasz, 2007)

Podle Köppenovy klasifikace podnebí spadá charakterizované území do oblasti Cfb, což odpovídá klimatickým znakům mírného pásu s teplým klimatem (označeno písmenem „C“). Malé "f" symbolizuje vlhké klima s dostatkem srážek v průběhu celého roku. Malé "b" pak charakterizuje teplé léto. Srážky jsou rozloženy rovnoměrně během celého roku. Zimy jsou mírné, léta jsou suchá.

Bergova klasifikace podnebí zařazuje zájmové území podnebí listnatých lesů mírného pásma.

Alisovova klasifikace podnebí jej řadí do mírného pásu.

3.1.7 Hydrologie

Povodí Jenínského toku je určeno číslem hydrologického pořadí 1–06–01–138. Jedná se o tok IV. řádu a náleží do povodí řeky Vltava, která přísluší k toku prvního řádu Labe. Majitelem toku je Česká republika a správcem toku se po zrušení Zemědělské vodohospodářské správy stal Pozemkový fond České republiky konkrétně Sekce správy vodohospodářských děl. Recipientem Jenínského potoka je Rybnický potok, který dále vtéká do řeky Vltavy.

Název toku	Jenínský potok
Plocha povodí	4,6 km ²
Délka toku	3,2 km
Nadmořská výška u pramene	691 m.n.m.
Nadmořská výška ústí	618 m.n.m.
Spád	23,8‰
Délka údolí	4,1 km
Charakter povodí	vějířovitý

Tabulka 3-4: Vybrané parametry povodí

3.1.8 Biogeografie

Povodí Jenínského toku náleží dle Culka (1996) do biogeografické provincie středoevropských listnatých lesů. Konkrétněji do hercynské podprovincie.

Biogeografická provincie	středoevropských listnatých lesů
Biogeografická podprovincie	hercynská
Biogeografický region (bioregion)	1.43 českokrumlovský

Tabulka 3-5: Biogeografické zařazení

Hercynská podprovincie je ovlivněna především geologicky starým podložím Českého masivu, který byl tvořen hlavně kyselými krystalickými břidlicemi a

hlubinnými vulkanity. Vyvinuly se zde zpravidla kyselé a živinami chudé půdy. Charakteristika této podprovincie jsou hadcové ostrůvky. Dalším specifikem jsou vrchoviny a zdvižené pahorkatiny. Pro nižší polohy jsou typické dubohabrové háje, které mohou údolními řek postupovat až do vyšších území. Největší zastoupení vegetace ve vyšších polohách mají bučiny.

Českokrumlovský bioregion se rozkládá na jihu jižních Čech a částečně zasahuje i do Rakouska. Celková plocha tohoto bioregionu na území ČR je 1595 km². Charakteristické je smíšení biot 3. dubovo-bukového až 5. jedlovo-bukového stupně. Je zde rovnoměrné zastoupení lesa (kulturních smrčín a rozsáhlých bučin) stejně jako mezofilních i vlhkých luk a polí. Na jihovýchodě regionu se nachází široké pásmo svorových rul až svorů. Zcela na jihu pak vystupují žuly až granitožuly. Charakteristikou jsou rašeliniště o menších rozlohách.

Tento bioregion leží v mezofytiku a rozkládá se v jižní části fyto geografického okresu 37. Šumavsko-novohradské podhůří. Převažují zde druhy středoevropských podhorských květin např. svízel vonný a kopytník evropský. Ve vyšších polohách můžeme najít mlčivce alpského a biku lesní. Fauna je zde odpovídající lesní fauně vyšších poloh hercynské podprovincie (ježek západní, tetřev hlušec). Tekoucí vody patří do pásma pstruhového.

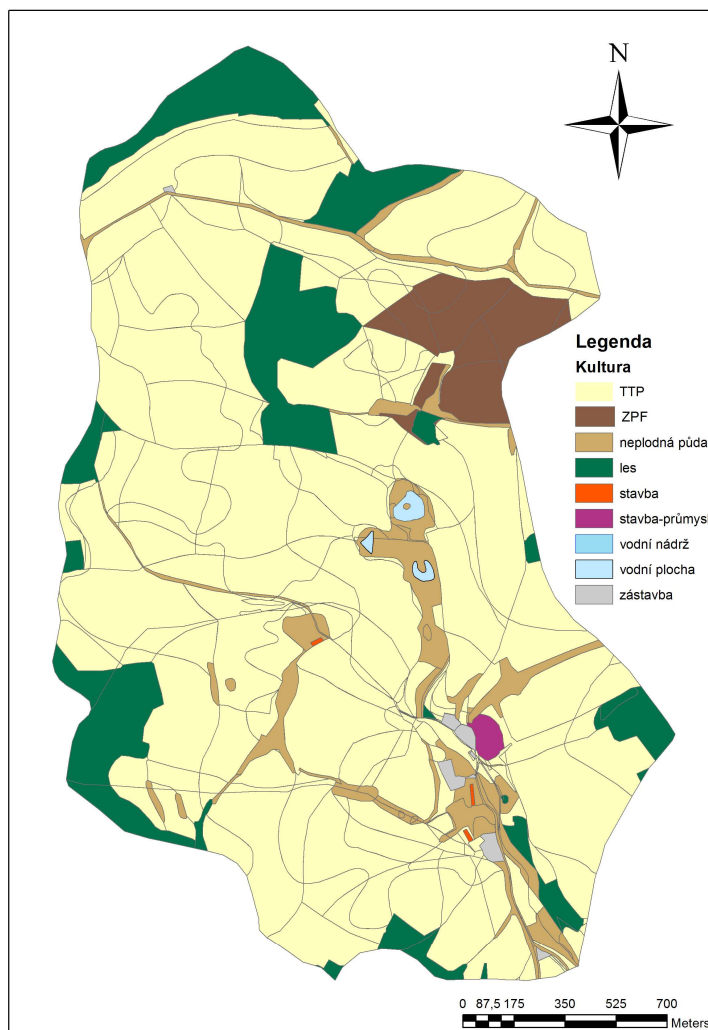
Podle biogeografické mapy členění České republiky Culek (2003) spadá povodí Jenínského toku do biochory 4. vegetačního stupně a to konkrétně **4Do Podmáčené sníženiny na kyselých horninách**. Reliéf této biochory má ráz velmi ploché deprese, většinou se svažuje ke středu nebo k jednomu místu odtoku vod ze sníženiny. Substrát tvoří zpravidla skalní podloží, jeho vliv však není významný díky mocnějším zvětralinám, které ho překrývají.

Vegetace se vyznačuje absencí jasanu a velkým zastoupením ostřice třeslicovité. Lesy tvoří malé a středně velké segmenty smrkových monokultur. Podél potoků a na okraji rybníků se vyskytují olšiny.

3.1.9 Využití plochy povodí

Podle poskytnutých podkladů na ploše povodí Jenínského toku převládá trvale travní porost o celkové výměře 353 ha. Z toho 300 ha jsou využívány jako pastviny a 53 ha jako louky. Orná půda se rozkládá na ploše 19 ha a neplodná půda 31 ha. Lesy mají výměru 58 ha a vodní nádrže a plochy 14 ha (grafické znázornění

na obrázku 3-3). Zemědělskou činnost v zájmové oblasti zastupuje společnost ZEMAV Rybník s.r.o., která je zde zaměřena na chov skotu.



Obrázek 3-3: Využití zájmového území

3.2 Charakteristika odběrných profilů

Odběrný profil označený jako J1 je trubní výúst' drenážní skupiny sporadické, která odvodňuje okolní pastviny do Jenínského potoka. Velikost subpovodí tohoto odběrného profilu je 47 ha.

Odběrný profil označený jako J2 je trubní výúst' drenážní skupiny systematické, která odvodňuje okolní pastviny do Jenínského potoka. Velikost subpovodí tohoto odběrného profilu je 55 ha.

Na odběrných místech obou subpovodí je vystavěn Thomsonův přepad. Pro měření průtoků je zde umístěn ultrazvukový snímač výšky vodní hladiny s dataloggerem. Pro měření srážek je na subpovodí J1 umístěn srážkoměr.

4. Metodika

4.1 Vstupní data pro odtok a jejich úprava

Data průtoků a srážek pro sledované období od 1.11.2007 do 31.10.2012 byly poskytnuty katedrou krajinného managementu Jihočeské univerzity, která na tomto experimentálním povodí působí. Datové řady z ultrazvukových snímačů umístěných na odběrných místech bylo nutné před jejich statistickým zpracováním a vyhodnocením upravit. Okamžitý průtok je v profilu J1 a J2 měřen každých 15 minut. Tato vstupní data byla upravena na průměrné průtoky jednotlivých dní pro další statistické vyhodnocování. Stejná úprava proběhla u srážkových úhrnů, které měří srážkoměr umístěný na subpovodí J1. Data pro rok 2012 byla dostupná až do listopadu, proto bylo možné postupovat po hydrologických rocích.

Data pro období 1983-1985, se kterým bylo současné období porovnáváno, byla poskytnuta vedoucím diplomové práce. V těchto letech bylo postupováno po kalendářních rocích z důvodu dostupnosti nepoškozených a ucelených dat, která byla k dispozici od 1.1.1983 do 31.12.1985. Průtoky zde byly měřeny plovákovým limnigrafem.

4.2 Hodnocené charakteristiky

Pro vyhodnocení a porovnání odtoku byly použity následující statistické charakteristiky:

-**Maximum** - představuje nejvyšší hodnotu ze všech vstupních parametrů.

-**Minimum** - představuje nejnižší hodnotu ze všech vstupních parametrů.

-**Variační rozpětí** – je rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou kvantitativního znaku.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

-**Aritmetický průměr** - je součet hodnot znaku zjištěných u všech jednotek souboru, dělený počtem všech jednotek souboru.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

-**Medián** - je prostřední hodnota znaku, jsou-li hodnoty x_1, x_2, \dots, x_n uspořádány podle velikosti.

$$Med(x) = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \text{ pro } n \text{ liché}$$

$$Med(x) = \frac{1}{2} \left(x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right) \text{ pro } n \text{ sudé}$$

-Rozptyl - se definuje jako průměr druhých mocnin odchylek od aritmetického průměru.

$$s_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

-Směrodatná odchylka - je druhá odmocnina z rozptylu.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{s_x^2}$$

-Variační koeficient (=součinitel variace) - se definuje jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru.

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}}$$

Dále byly při hodnocení použity tyto odtokové charakteristiky a vzorce:

-Specifický odtok - je průtok vztažený na jednotku plochy k zájmovému profilu

$$q = \frac{Q}{S_p}$$

kde:

q specifický odtok ($l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$)

Q průtok ($l \cdot s^{-1}$)

S_p plocha povodí (ha)

-Součinitel odtoku (=odtokový koeficient) – je číselná hodnota udávající poměr mezi výškou odtoku a srážek nebo objemem odtoku a srážek spadlých na plochu povodí.

$$\varphi = \frac{H_o}{H_s}$$

kde:

φ odtokový koeficient

H_o celkové množství vody odtoklé uzávěrovým profilem (litry)

H_s celkové množství vody ze spadlých srážek (litry)

4.3 Vstupní data pro vyhodnocení jakosti

Data pro vyhodnocení jakosti vody byla použita z výsledků rozborů vybraných ukazatelů jakosti vody. Bylo vyhodnocováno období současné, zahrnující roky 2008-2012, a období z osmdesátých let minulého století, konkrétně pak roky 1983-1985. Tato dvě období byla mezi sebou porovnávána v rámci změn jakosti vody a koncentrací vybraných ukazatelů jakosti vody. Data z období z osmdesátých let jsou od 1.1.1983 do 31.12.1985, protože pouze z tohoto období jsou dostupná nepoškozená data. Také v době zpracování práce nebyly dostupné výsledky odběrů pro vyhodnocení koncentrací ukazatelů jakosti vody pro říjen 2012. Z tohoto důvodu nebylo možné vyhodnocovat data po hydrologických rocích.

4.4 Odebírání vzorků

Jak popisuje Gergel (1994), vzorek vody se odebírá nejlépe na přepadu. Pokud není vybudován, tak z proudnice v upraveném profilu vodoteče. Při odběru musíme dbát na to, abychom nezčeřili vodu usazeninami na dně. To vede ke zvýšenému obsahu oxidovatelnosti a obsahu fosforu, a to k nepřesným výsledkům. Při zmenšených průtocích, zejména při vzorkování drenážních vod v létě nebo na podzim, je proto vhodné používat různých odběrových pomůcek. Gergel doporučuje půlkulatou lopatku na mouku, především kvůli jejímu objemu (přes 500 ml) a daří se s ní bezpečně odebrat i průtoky o velikosti $0,1 \text{ l.s}^{-1}$. Vzorky se dříve odebíraly do polyetylenových nebo skleněných lahví o obsahu 1 l. Dnes se používají PVC lahve o objemu 1,5 litru. Lahve musí být čisté, vymyté kyselinou chlorovodíkovou zředěnou destilovanou vodou v poměru 1:1. Na místě odběru je několikrát propláchneme odebíranou vodou. Po naplnění a řádném uzavření se téhož dne předávají laboratoři. V ostatních případech musíme vzorky uskladnit při teplotě 3-4 °C. V letním období je vhodné ukládat lahve se vzorky přímo do speciálních brašen s chladicí vložkou.

Odběr vzorků se v současnosti provádí jedenkrát za měsíc, oproti porovnávanému období 1983-1985, kdy k odběru docházelo téměř každých 14 dní.

4.5 Postup hodnocení jakosti vody

Pro vyhodnocení jakosti vody byly vybrány následující ukazatele: dusičnany NO_3^- , amonné ionty NH_4^+ , celkový fosfor P, fosforečnany PO_4^{3-} , hodnotu pH, nerozpuštěné látky NL a rozpuštěné látky RL. Porovnáváno v rámci obou období

1983-1985 a 2008-2012 bylo prvních 5 jmenovaných ukazatelů z důvodu absence měření rozpuštěných a nerozpuštěných látek v osmdesátých letech minulého století.

Pro hodnocení a porovnávání koncentrací vybraných ukazatelů byly vypočítány tyto statistické charakteristiky (detailně popsané v kapitole 4.2): maximum, minimum, aritmetický průměr, medián, variační rozpětí a charakteristická hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90%, pro jejíž výpočet byla použita rovnice dle ČSN 75 7221 (1998):

$$C_p = (d_p \cdot C_{k-1}) + (1 - d_p) \cdot C_k$$

kde:

C_k k-tá hodnota v sestupné řadě

C_{k-1} (k-1)-tá hodnota v sestupné řadě k hodnot

d_p pomocná proměnná hodnota

d_p se vypočte z rovnice:

$$d_p = k - \frac{100 - P}{100} \cdot (n + 0,4) - 0,3$$

kde :

P předem zvolená pravděpodobnost v % (v našem případě 90)

n počet prvků řady

k pomocná proměnná hodnota (zaokrouhlená na celé číslo nahoru)

k se vypočte z rovnice:

$$k = \frac{100 - P}{100} \cdot (n + 0,4) + 0,3$$

Dle vypočtené hodnoty C_{90} vybraných ukazatelů jakosti vody dochází k zařazení do jakostních tříd dle jejich mezních hodnot. Podle ČSN 75 7221 rozeznáváme 5 tříd jakosti vody:

- **Třída I** – neznečištěná voda: není významně ovlivněna lidskou činností. Ukazatele jakosti vody nepřesahují limity pro běžné přirozené pozadí v tocích.

- **Třída II** – mírně znečištěná voda: byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

- **Třída III** – znečištěná voda: není zajištěné vytvoření podmínek pro vznik bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
- **Třída IV** – silně znečištěná voda: ovlivněna lidskou činností tak, že umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému.
- **Třída V** – velmi silně znečištěná voda: umožňuje vznik a fungování pouze silně nevyváženého ekosystému.

5. Výsledky

5.1 Průtok a odtokové charakteristiky

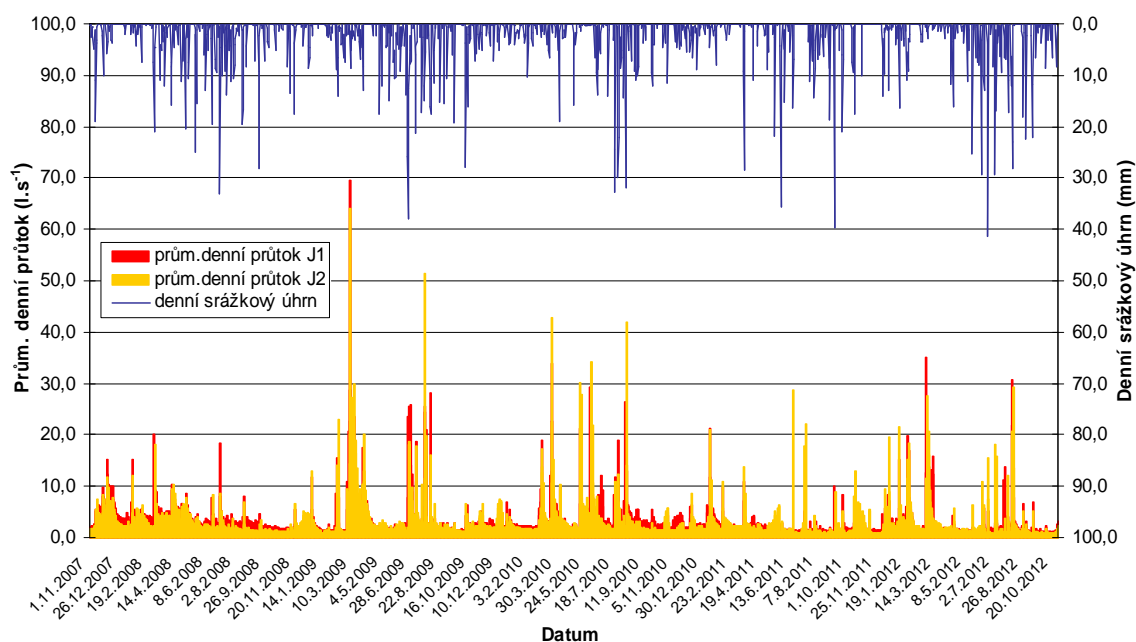
Z hodnot průměrného specifického denního odtoku vypočteného v tabulce 5-1 plyne, že v prvním vyhodnocovaném období 1983-1985 byla subpovodí J1 a J2 s hodnotami 0,035 a 0,031 l.s⁻¹ téměř stejně vodná. V druhém vyhodnocovaném období 2008-2012 je více vodné subpovodí J1, ze kterého je průměrný specifický denní odtok 0,074 l.s⁻¹.ha⁻¹. Na profilu J2 se hodnoty průměrného denního odtoku pohybují na úrovni 0,06 l.s⁻¹.ha⁻¹. Převaha vodnosti subpovodí J1 je znatelná z grafu 5-1.

Vybrané stat. charakteristiky	J1		J2	
	1983-1985	2008-2012	1983-1985	2008-2012
Počet prvků	1096	1827	1096	1827
Maximum Qd (l.s ⁻¹)	42,02	69,60	38,69	64,20
Maximum qd (l.s ⁻¹ .ha)	0,894	1,481	0,704	1,167
Minimum qd (l.s ⁻¹ .ha)	0,013	0,020	0,011	0,002
Průměrný qd (l.s ⁻¹ .ha)	0,035	0,074	0,031	0,059
Medián qd (l.s ⁻¹ .ha)	0,022	0,053	0,018	0,038
Směrodatná odchylka qd (l.s ⁻¹ .ha)	0,052	0,079	0,046	0,075
Součinitel variace	1,472	1,066	1,513	1,268
Koeficient odtoku	0,159	0,331	0,137	0,308

Tabulka 5-1: Vybrané statistické charakteristiky datových řad zájmových subpovodí během porovnávaných období.

Hodnoty součinitele variace udávají, že obě subpovodí jsou v současnosti poměrně průtokově vyrovnaná. V porovnání s obdobím 1983-85 se hodnoty průtoků více ustálily. Součinitel variace je nejvíce ovlivněn enormními výkyvy v průtoku. Ty nejvýraznější se vyskytly na jaře 2009, 2010 a 2012 z důvodu tání sněhu, což lze vidět na grafu 5-1. Maximální průtoky ve sledovaném období 2008-2012 měly hodnotu 69,6 l.s⁻¹ v profilu J1 a 64,2 l.s⁻¹ v profilu J2 a byly zaznamenány shodně v březnu roku 2009, příčinou bylo již zmiňované jarní tání sněhu. Těmito extrémními výkyvy není ovlivněna hodnota mediánu, která udává střední denní průměrný odtok na subpovodí J1 0,05 l.s⁻¹.ha⁻¹ a 0,04 l.s⁻¹.ha⁻¹ na subpovodí J2. Tyto hodnoty se nejvíce blíží běžným odtokům z povodí, protože nejsou zkresleny maximálními

průtoky jako aritmetický průměr. Velikost střední hodnoty specifického odtoku se oproti osmdesátým letům zvýšila na dvojnásobek. Z celkového množství vody ze spadlých srážek odtéká uzávěrovým profilem J1 přibližně jedna třetina. Na profilu J2 je to potom o 2% méně, jak vyplývá z vypočtených koeficientů odtoku. Období s nulovým průtokem nebylo zaznamenáno na žádném vyhodnocovaném subpovodí.

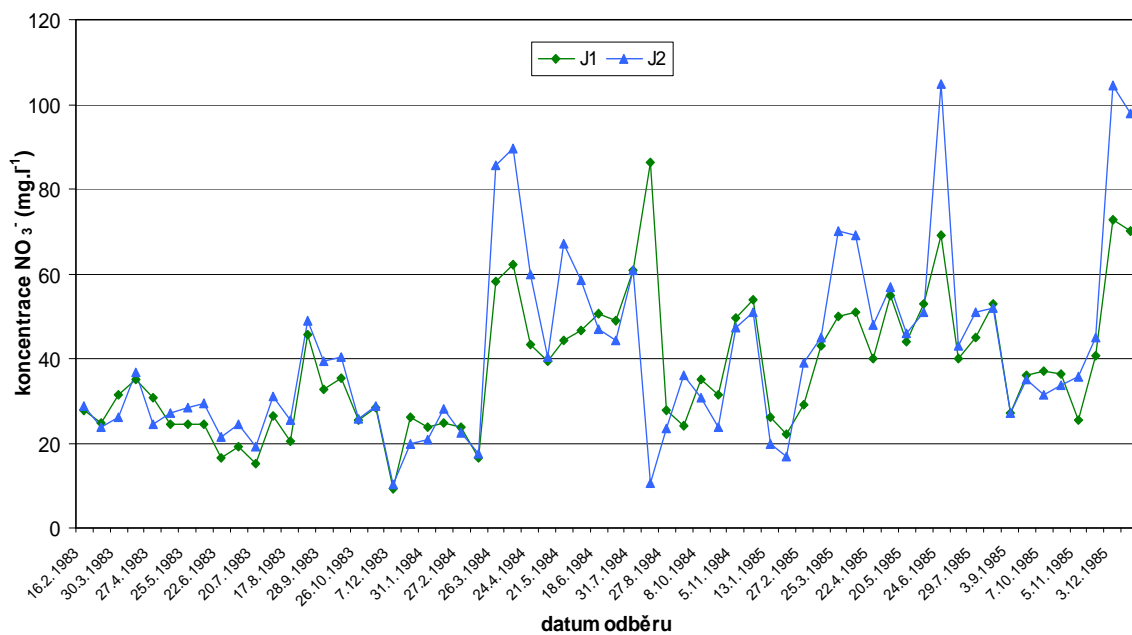


Graf 5-1: Průběh průměrných denních průtoků a denních srážkových úhrnů v období 2008-2012 na subpovodí J1 a J2.

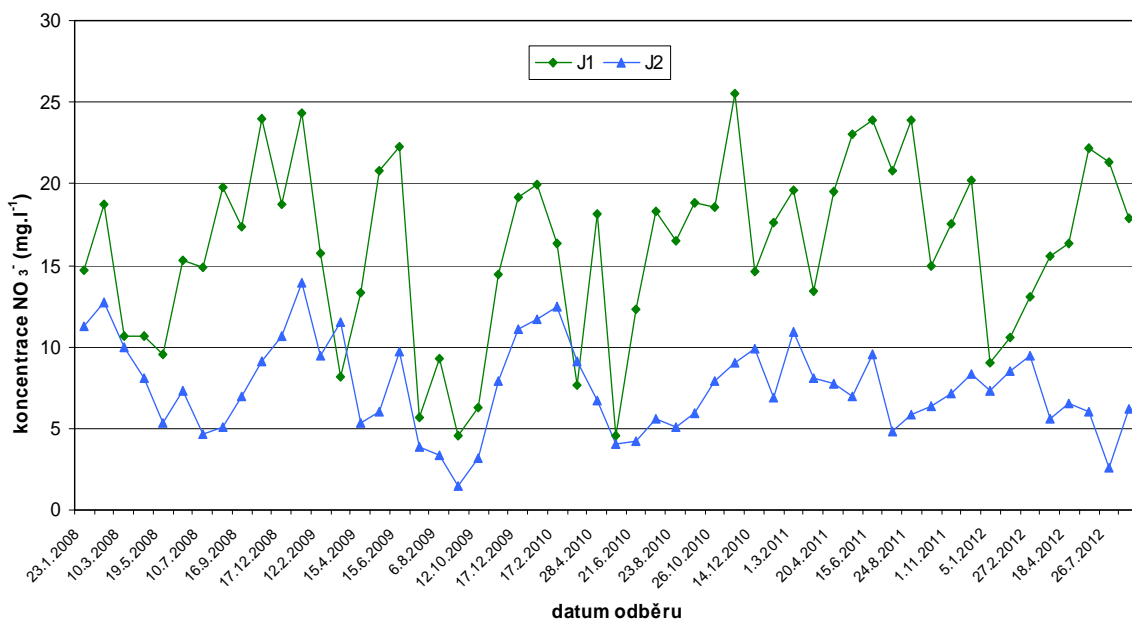
5.2 Vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody

5.2.1 Dusičnany

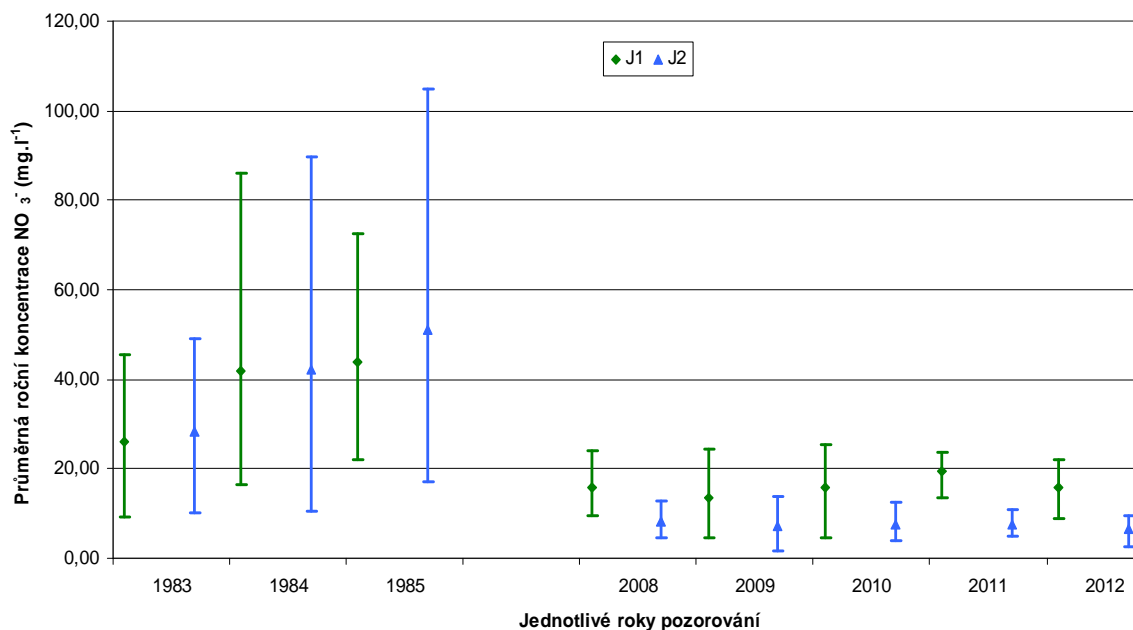
Z tabulek (5-2; 5-3) a grafů (5-2; 5-3; 5-4) vyplývá, že koncentrace dusičnanů NO_3^- se v minulých letech výrazně snížila oproti letům osmdesátým. Na subpovodí J1 je to pokles z $37,74 \text{ mg.l}^{-1}$ na $16,11 \text{ mg.l}^{-1}$, na subpovodí J2 se průměrná koncentrace změnila z $41,1 \text{ mg.l}^{-1}$ na $7,49 \text{ mg.l}^{-1}$. Nejvyšší naměřená koncentrace v období 1983-1985 byla zaznamenána 24.6.1985 na profilu J2 s hodnotou $104,8 \text{ mg.l}^{-1}$. Maximum v letech 2008-2012 dosahovalo $25,5 \text{ mg.l}^{-1}$ v listopadu 2010 na profilu J1. Průměrná koncentrace se na subpovodí J1 snížila o 57% a její lineární trend je v současnosti setrvalý, na J2 se snížila o 82% se setrvalým lineárním trendem.



Graf 5-2: Koncentrace dusičnanů NO_3^- na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 1983 – 1985.



Graf 5-3: Koncentrace dusičnanů NO_3^- na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 - 2012.



Graf 5-4: Průměrné roční koncentrace dusičnanů NO_3^- na zájmových subpovodích J1 a J2 pro obě období (chybové úsečky zobrazují maximum a minimum).

J1 - NO_3^- (mg.l^{-1})	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983- 85	2008- 12	změna (%)
Minimum	9,20	16,39	22,00	9,54	4,52	4,56	13,40	9,00	9,20	4,52	-51
Maximum	45,50	86,20	72,60	24,00	24,30	25,50	23,90	22,20	86,20	25,50	-70
Průměr	26,19	41,77	43,88	15,86	13,66	15,93	19,49	15,75	37,74	16,11	-57
Medián	25,50	43,21	41,85	15,30	13,85	17,30	19,60	15,95	35,30	16,95	-52
Variační rozpětí	36,30	69,81	50,60	14,46	19,78	20,94	10,50	13,20	77,00	20,98	-73

Tabulka 5-2: Vybrané statistické údaje pro koncentrace dusičnanů NO_3^- na subpovodí J1 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

J2 - NO_3^- (mg.l^{-1})	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983- 85	2008- 12	změna (%)
Minimum	10,30	10,53	17,00	4,68	1,49	4,06	4,84	2,55	10,30	1,49	-86
Maximum	49,00	89,62	104,80	12,70	13,90	12,50	10,90	9,49	104,80	4,84	-95
Průměr	28,40	42,16	51,05	8,28	7,24	7,63	7,51	6,53	41,10	7,49	-82
Medián	27,00	40,29	45,50	8,07	7,00	7,32	7,15	6,37	35,86	7,22	-80
Variační rozpětí	38,70	79,09	87,80	8,02	12,41	8,44	6,06	6,94	94,50	3,35	-96

Tabulka 5-3: Vybrané statistické údaje pro koncentrace dusičnanů NO_3^- na subpovodí J2 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

Jak uvádí Pitter (2009), průměrná naměřená koncentrace dusičnanového dusíku v pitných vodách je 3,26 mg.l⁻¹. Ve sledovaném období 2008-2012 byla koncentrace NO₃⁻ na subpovodí J2 více jak dvojnásobná s hodnotou 7,49 mg.l⁻¹. Na subpovodí J1 potom téměř pětinásobná s hodnotou koncentrace 16,11 mg.l⁻¹. Koncentrace dusičnanů ve vodě se pro člověka stává závadnou při hodnotě NO₃⁻ přesahující 50 mg.l⁻¹. Striktně z hlediska koncentrace dusičnanů lze vodu z obou subpovodí v letech 2008-2012 považovat za zdravotně nezávadnou.

Koncentrace dusičnanů je ovlivněna jednak ročním obdobím, kdy v zimě nastává zvýšení koncentrace z důvodu vyluhování z půdy. A naopak se koncentrace snižuje ve vegetačním období z důvodu odebírání dusičnanů vegetací. Nejvýraznější vliv na snížení hodnot koncentrací dusičnanů v zájmovém území mělo zatravnění bývalé orné půdy a přechod na pastviny.

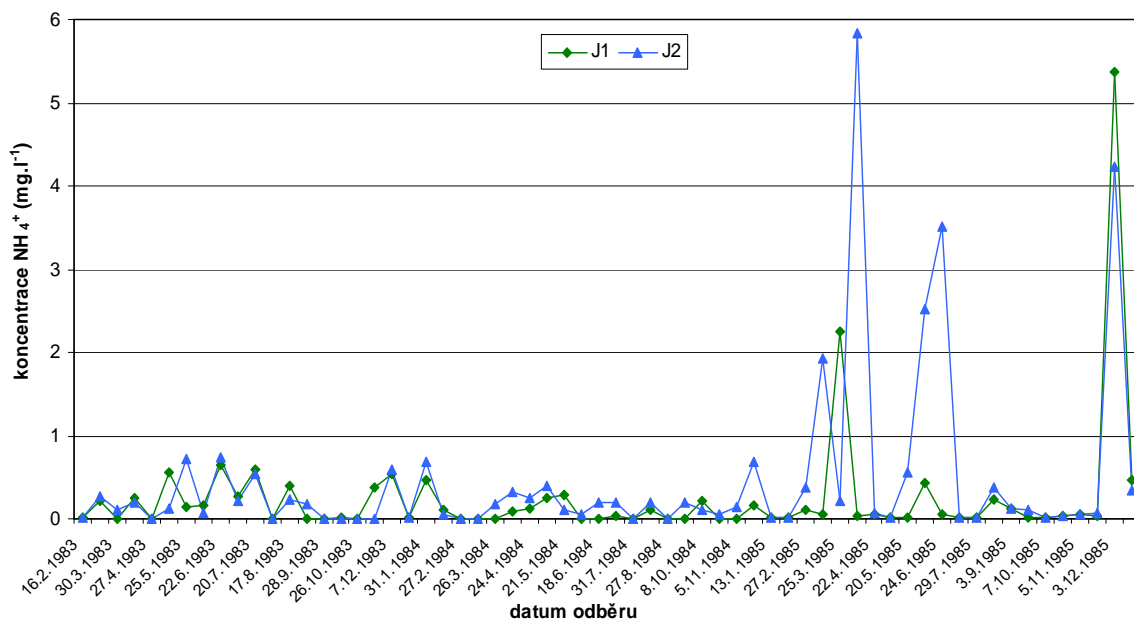
J1		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NO ₃ ⁻	8,042	III.

J2		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NO ₃ ⁻	4,018	II.

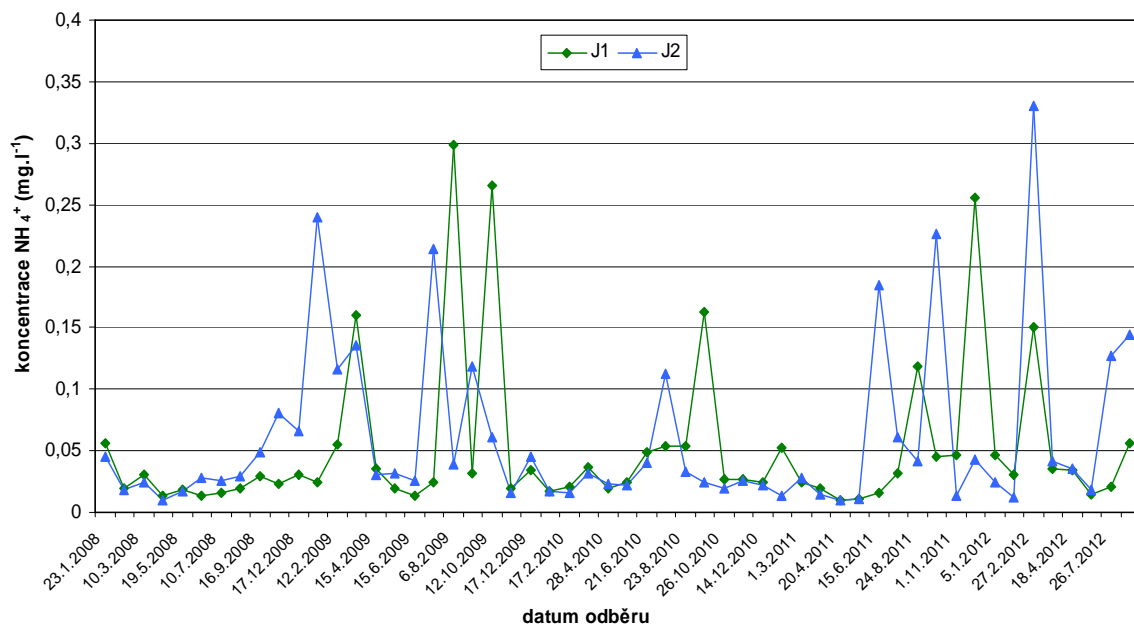
Ve sledovaném období 2008-2012 se jakost vody dle mezních hodnot ČSN 75 7221 v místě odběrného stanoviště subpovodí J1 řadí do III. třídy jakosti vody a II. třídy na subpovodí J2.

5.2.2 Amonné ionty

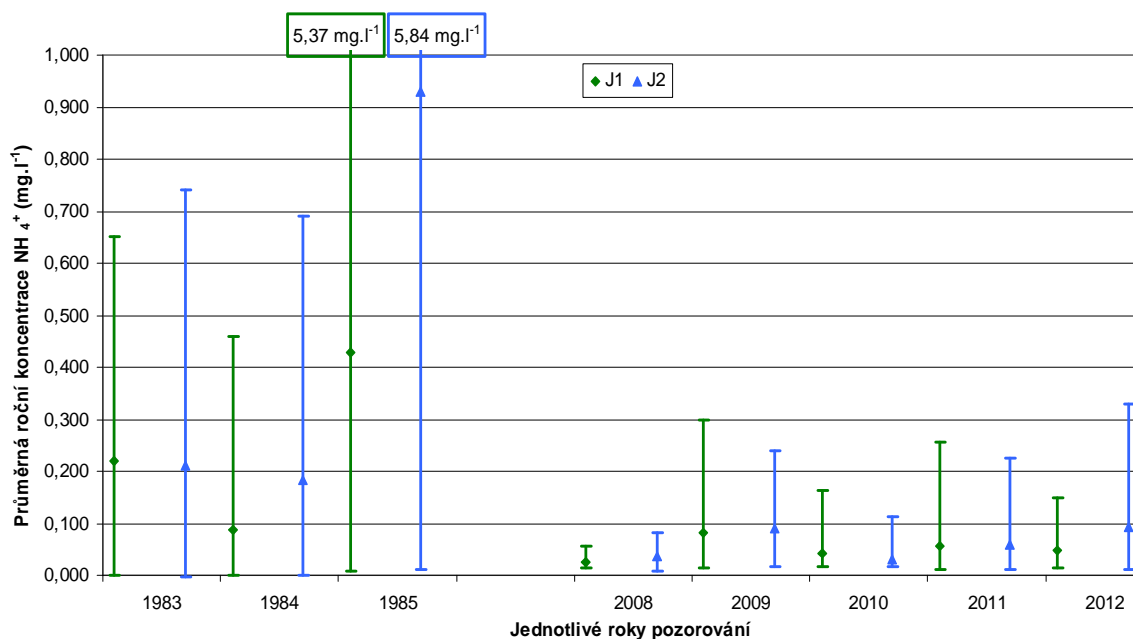
U amonného iontu NH₄⁺ došlo mezi sledovanými obdobími k velmi výraznému poklesu průměrné koncentrace. Zatímco v osmdesátých letech byla průměrná koncentrace NH₄⁺ na subpovodí J1 0,46 mg.l⁻¹ a 0,25 mg.l⁻¹ na subpovodí J2, v současné době obsah NH₄⁺ dosahuje průměrných hodnot pouze 0,05-0,06 mg.l⁻¹. Jedná se o snížení koncentrace o 79% (J1), v profilu J2 dokonce o 87%. Maximální koncentrace amonných iontů má hodnotu 5,84 mg.l⁻¹ a vyskytla se v dubnu 1985 v profilu J2. V období 2008-20012 byla nejvyšší zjištěná hodnota jen 0,33 mg.l⁻¹, jak vyplývá z následujících grafů a tabulek.



Graf 5-5: Koncentrace amonných iontů NH_4^+ na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 1983 – 1985.



Graf 5-6: Koncentrace amonných iontů NH_4^+ na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.



Graf 5-7: Průměrné roční koncentrace amonných iontů NH_4^+ na zájmových subpovodích J1 a J2 pro obě období (chybové úsečky zobrazují maximum a minimum).

J1 - NH_4^+ (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,000	0,000	0,010	0,013	0,013	0,017	0,010	0,015	0,000	0,010	+100
Maximum	0,650	0,460	5,370	0,056	0,298	0,163	0,256	0,150	5,370	0,298	-94
Průměr	0,221	0,089	0,427	0,024	0,082	0,043	0,057	0,049	0,249	0,052	-79
Medián	0,170	0,020	0,045	0,020	0,033	0,027	0,032	0,035	0,045	0,030	-34
Variační rozpětí	0,650	0,460	5,360	0,043	0,285	0,146	0,246	0,135	5,370	0,288	-95

Tabulka 5-4: Vybrané statistické údaje pro koncentrace amonných iontů NH_4^+ na subpovodí J1 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

J2 - NH_4^+ (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,000	0,000	0,010	0,010	0,016	0,016	0,010	0,012	0,000	0,010	+100
Maximum	0,740	0,690	5,840	0,081	0,240	0,112	0,226	0,330	5,840	0,330	-94
Průměr	0,212	0,184	0,930	0,036	0,090	0,032	0,059	0,092	0,457	0,060	-87
Medián	0,120	0,150	0,115	0,028	0,053	0,024	0,028	0,039	0,120	0,031	-74
Variační rozpětí	0,740	0,690	5,830	0,071	0,224	0,096	0,216	0,318	5,840	0,320	-95

Tabulka 5-5: Vybrané statistické údaje pro koncentrace amonných iontů NH_4^+ na subpovodí J2 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

Antropogenním zdrojem NH_4^+ jsou převážně odpady ze zemědělské výroby a dusíkatá hnojiva, která se splachem a infiltrací ze zemědělsky obdělávaných ploch dostávají do vody. Zde to v osmdesátých letech bylo hnojení převážně kejdou. To lze pozorovat na hodnotách z let 1983-85. Protože amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného původu, mohly být extrémní hodnoty naměřené v roce 1985 způsobeny uhynutím malého zvířete v drenážním systému a jeho následným rozkladem. Obsah amonného iontu je ovlivněn také aktuálním odběrem rostlinami, proto jsou po zatravnění území, změně orné půdy na pastviny a absenci kejdivých hnojiv hodnoty trvale nízké s minimálními výkyvy.

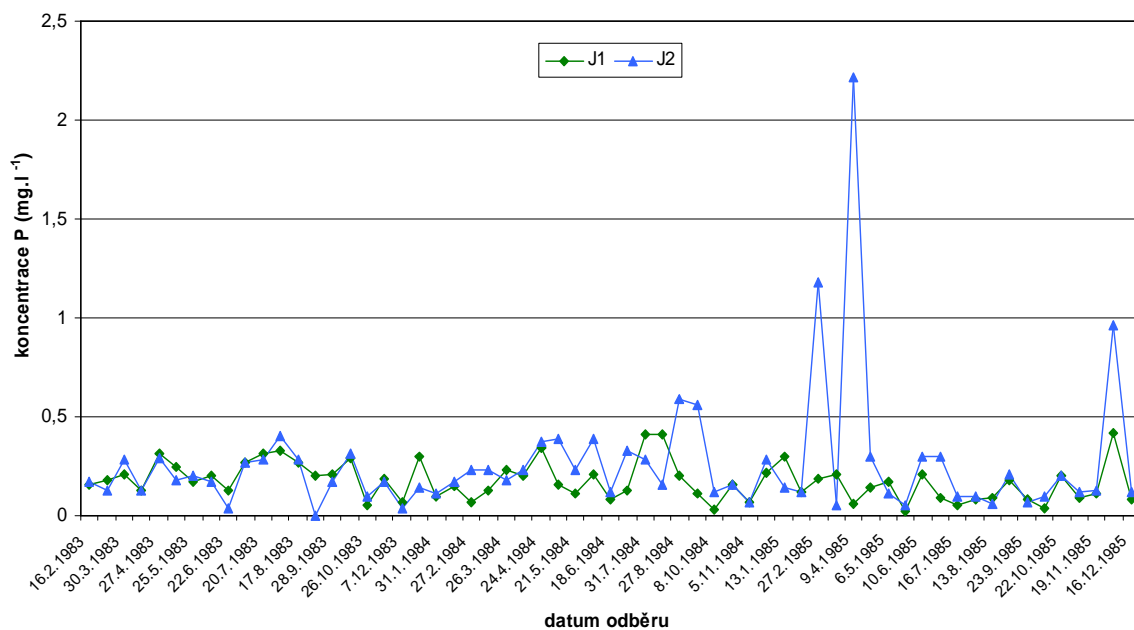
J1		
Ukazatel jakosti vody	C_{90} (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NH_4^+	0,153	I.

J2		
Ukazatel jakosti vody	C_{90} (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NH_4^+	0,155	I.

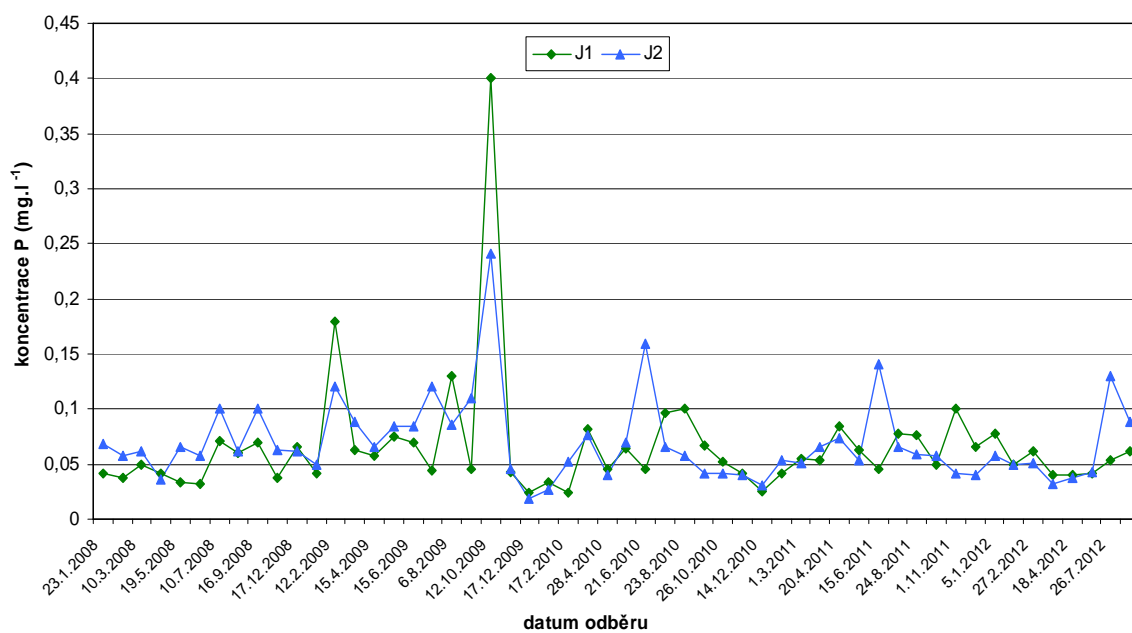
Jakost vody ve sledovaném období 2008-2012 náleží v profilech J1 a J2 do I. třídy jakosti vody dle mezních hodnot ČSN 75 7221.

5.2.3 Fosfor celkový

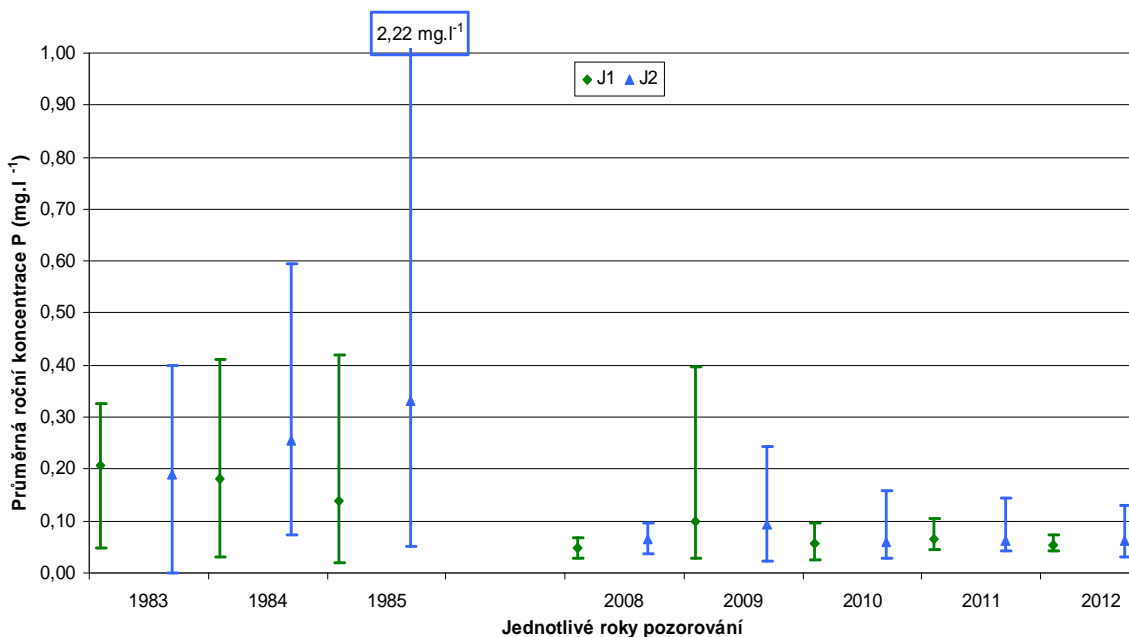
V případě celkového fosforu P došlo k výraznému snížení průměrné koncentrace v období 2008-2012. Na subpovodí J1 se hodnota koncentrace zmenšila o 63% oproti srovnávaným létům 1983-1985 z 0,18 mg.l⁻¹ na 0,07 mg.l⁻¹. Na subpovodí J2 se jedná o snížení 73% z hodnot 0,26 mg.l⁻¹ na 0,07 mg.l⁻¹. Nejvyšší naměřená koncentrace během let 1983-85 byla v dubnu 1985 o hodnotě 2,22 mg.l⁻¹ v profilu J2. V letech 2008-2012 nejvýraznější výkyv nastal v říjnu 2009, kdy se koncentrace fosforu dostala až k hodnotě 0,4 mg.l⁻¹. Další výrazné nárůsty koncentrace jsou zaznamenány vždy v červnových měsících s každoroční pravidelností více na profilu J2, jak vyplývá z grafů níže v této kapitole. Pitter (2009) uvádí průměrnou naměřenou koncentraci fosforu v pitných vodách asi 0,1 mg.l⁻¹. V obou sledovaných subpovodích byla v letech 2008-2012 průměrná koncentrace 0,07 mg.l⁻¹.



Graf 5-8: Koncentrace fosforu P na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 1983 – 1985.



Graf 5-9: Koncentrace fosforu P na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.



Graf 5-10: Průměrné roční koncentrace fosforu P na zájmových subpovodích J1 a J2 pro obě období (chybové úsečky zobrazují maximum a minimum).

J1 - P (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,050	0,030	0,020	0,032	0,024	0,024	0,041	0,040	0,020	0,024	+20
Maximum	0,330	0,410	0,420	0,071	0,400	0,100	0,100	0,078	0,420	0,400	-5
Průměr	0,207	0,182	0,139	0,049	0,098	0,056	0,065	0,053	0,175	0,065	-63
Medián	0,200	0,160	0,110	0,042	0,060	0,049	0,063	0,052	0,170	0,054	-69
Variační rozpětí	0,280	0,380	0,400	0,039	0,376	0,076	0,059	0,038	0,400	0,376	-6

Tabulka 5-6: Vybrané statistické údaje pro koncentrace fosforu P na subpovodí J1 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

J2 - P (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,000	0,070	0,050	0,036	0,019	0,027	0,040	0,032	0,000	0,019	+100
Maximum	0,400	0,590	2,220	0,100	0,241	0,160	0,140	0,130	2,220	0,241	-89
Průměr	0,190	0,254	0,330	0,066	0,093	0,059	0,063	0,061	0,260	0,069	-73
Medián	0,170	0,230	0,120	0,061	0,086	0,047	0,057	0,051	0,170	0,060	-65
Variační rozpětí	0,400	0,520	2,170	0,064	0,222	0,133	0,100	0,098	2,220	0,222	-90

Tabulka 5-7: Vybrané statistické údaje pro koncentrace fosforu P na subpovodí J2 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

Největší vliv na snížení koncentrace fosforu měla přeměna orné půdy na pastviny. Díky zatrávnění zájmového území došlo k redukci využívání fosforečných hnojiv, která byla v období 1983-85 největším zdrojem fosforu, zejména se jednalo o tekuté hnojení kejdou, která velmi rychle prosákla do drenážního systému. V letech 2008-2012 se zdrojem stal organický fosfor obsažený v živočišných odpadech, konkrétně v exkrementech pasoucího se dobytka. Jak je vidět z grafu, nejvýznamnější nárůsty a výkyvy jsou právě v letních měsících, kdy je pastva nejintenzivnější.

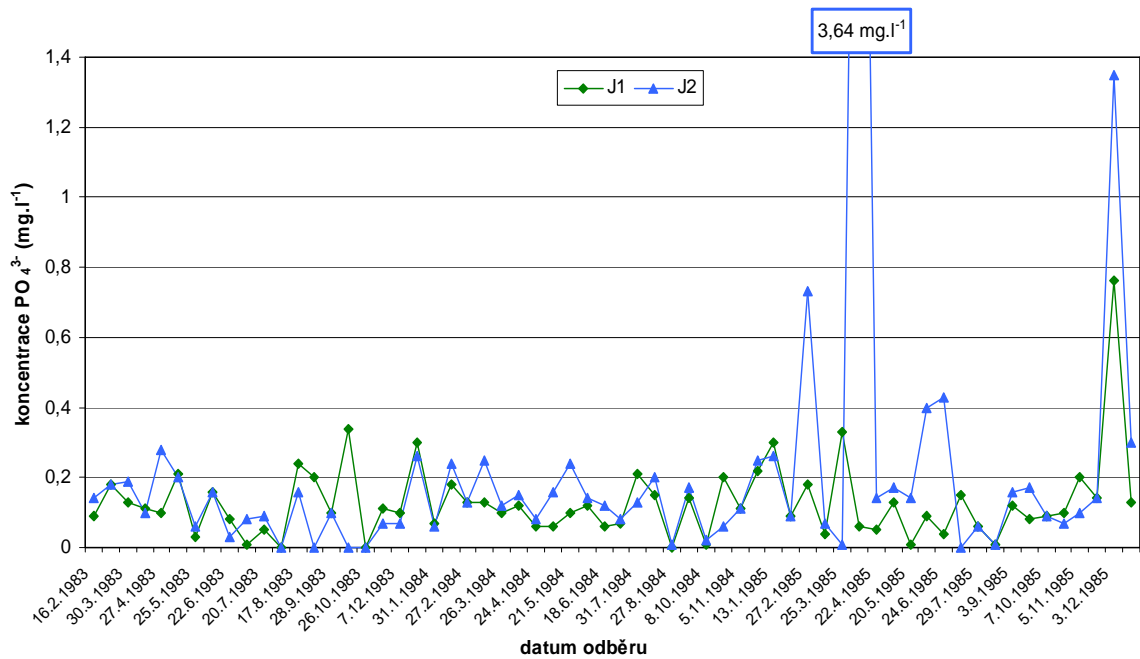
J1		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
P	0,098	II.

J2		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
P	0,120	II.

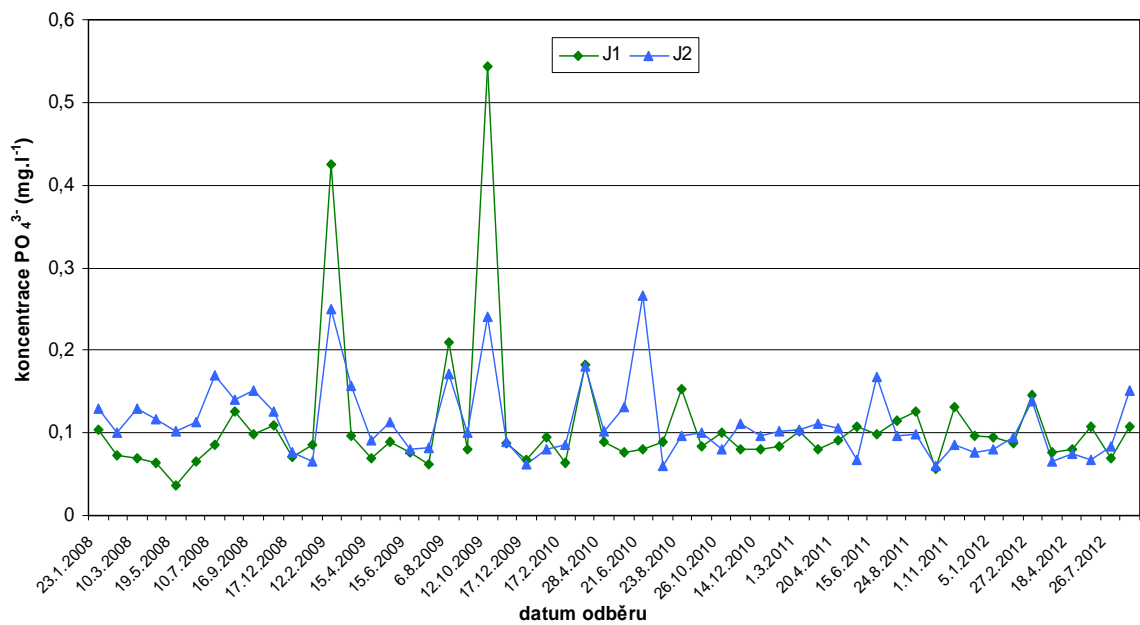
Jakost vody ve sledovaném období 2008-2012 náleží v profilech J1 a J2 do II. třídy jakosti vody dle mezních hodnot ČSN 75 7221.

5.2.4 Fosforečnany

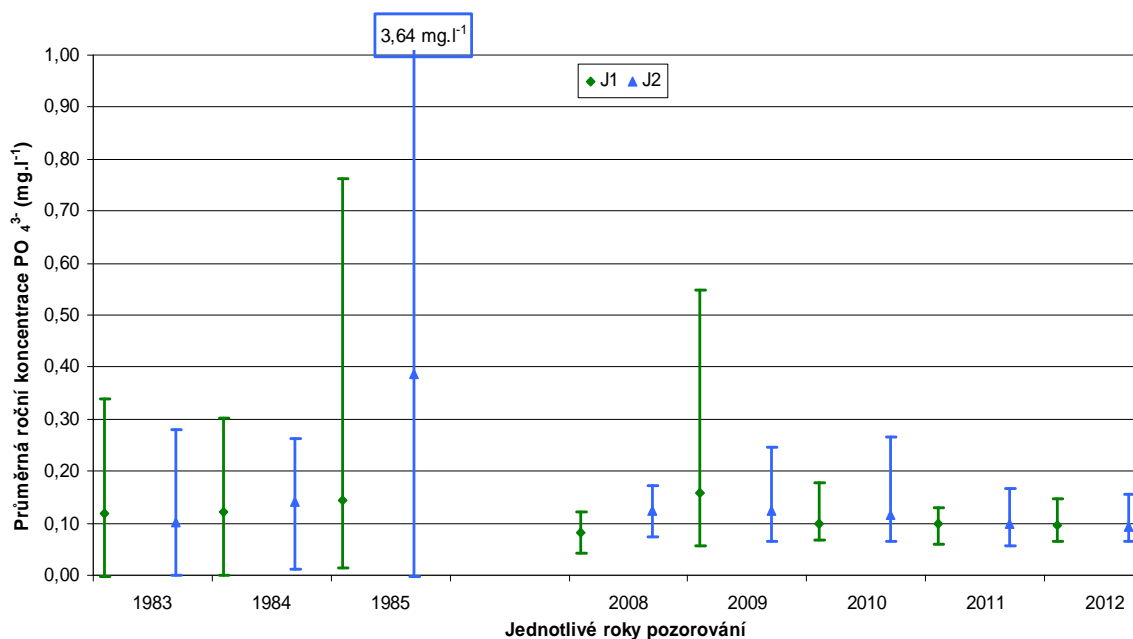
Koncentrace fosforečnanů se jako u jediného vyhodnocovaného ukazatele mezi sledovanými obdobími téměř nezměnila. Na subpovodí J1 je to pokles pouze o 16% z průměrné hodnoty 0,128 mg.l⁻¹ na 0,108 mg.l⁻¹. Na subpovodí J2 se sice jedná o pokles o 48%, to je ale způsobeno zvýšenou hodnotou z osmdesátých let sérií díky extrémním nárůstům koncentrace fosforečnanů konkrétně v roce 1985. V období 2008-2012 jsou průměrné koncentrace PO₄³⁻ na obou subpovodí téměř vyrovnané a to 0,11 mg.l⁻¹. Maximální koncentrace PO₄³⁻ v letech 1983-85 je objevila v dubnu roku 1985 na povodí J2 a měla hodnotu 3,64 mg.l⁻¹. V období 2008-2012 se nevyšší obsah fosforečnanů vyskytl v říjnu 2009 v profilu J1.



Graf 5-11: Koncentrace fosforečnanů PO_4^{3-} na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 1983 – 1985.



Graf 5-12: Koncentrace fosforečnanů PO_4^{3-} na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.



Graf 5-13: Průměrné roční koncentrace fosforečnanů PO_4^{3-} na zájmových subpovodích J1 a J2 pro obě období (chybové úsečky zobrazují maximum a minimum).

J1 - PO_4^{3-} (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,000	0,000	0,010	0,037	0,062	0,064	0,056	0,069	0,000	0,037	+100
Maximum	0,340	0,300	0,760	0,125	0,543	0,183	0,132	0,146	0,760	0,543	-29
Průměr	0,118	0,121	0,144	0,082	0,158	0,098	0,099	0,096	0,128	0,108	-16
Medián	0,100	0,120	0,095	0,073	0,087	0,086	0,098	0,091	0,105	0,089	-16
Variační rozpětí	0,340	0,300	0,750	0,088	0,481	0,119	0,076	0,077	0,760	0,506	-33

Tabulka 5-8: Vybrané statistické údaje pro koncentrace fosforečnanů PO_4^{3-} na subpovodí J1 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

J2 - PO_4^{3-} (mg.l ⁻¹)	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	0,000	0,010	0,000	0,077	0,062	0,061	0,061	0,065	0,000	0,061	+100
Maximum	0,280	0,260	3,640	0,170	0,249	0,267	0,167	0,151	3,640	0,267	-93
Průměr	0,101	0,142	0,388	0,123	0,125	0,116	0,098	0,095	0,216	0,113	-48
Medián	0,090	0,130	0,140	0,125	0,096	0,098	0,098	0,083	0,130	0,101	-23
Variační rozpětí	0,280	0,250	3,640	0,093	0,187	0,206	0,106	0,086	3,640	0,206	-94

Tabulka 5-9: Vybrané statistické údaje pro koncentrace fosforečnanů PO_4^{3-} na subpovodí J2 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

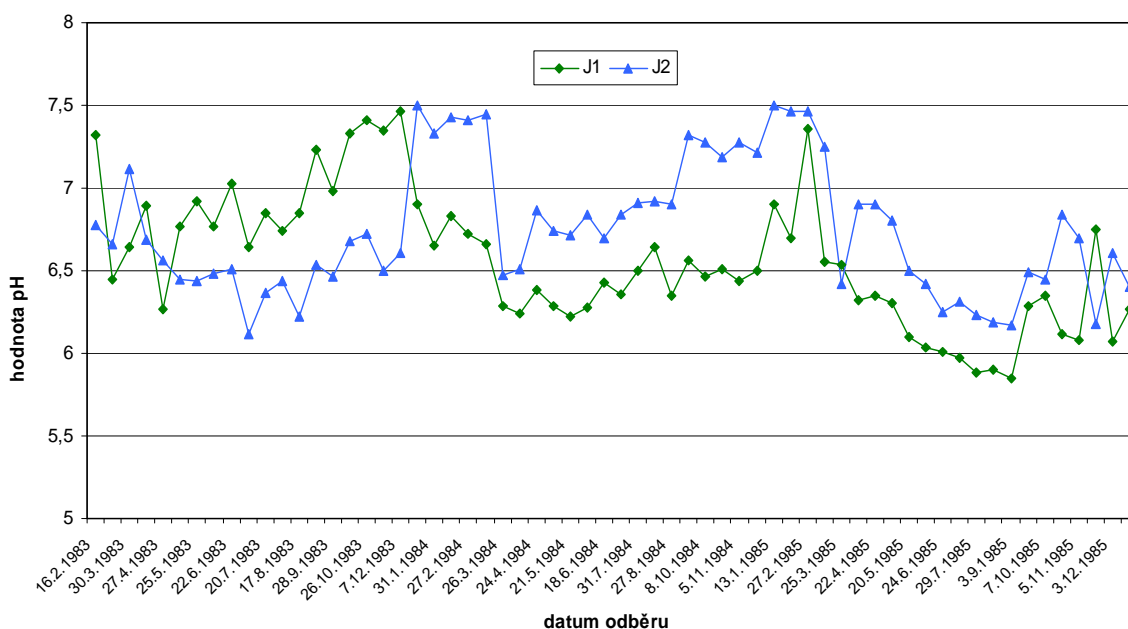
Po zatravnění a změně využití území se koncentrace fosforečnanových iontů snížila jen nepatrně. To může být způsobeno jednak velmi pevnou vazbou PO_4^{3-} na půdní prostředí, ale také pasoucím se dobytkem.

Vzhledem k tvorbě málo rozpustných fosforečnanů s Ca, Mg, Fe a Al se fosforečnany vyskytují ve vodách jen ve velmi malých koncentracích. Pitter (2009) uvádí průměrnou koncentraci fosforečnanů v pitných vodách $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, tedy téměř totožnou s obsahem fosforečnanových iontů na J1 i J2 v období 2008-20012.

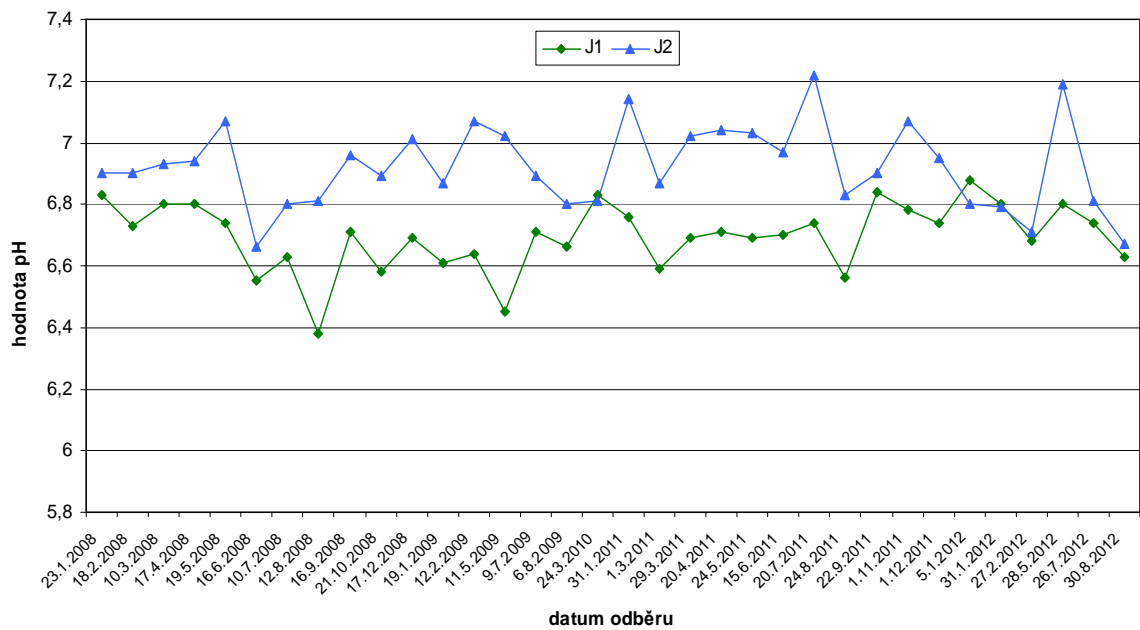
Fosforečnany PO_4^{3-} nelze podle ČSN 75 7221 klasifikovat.

5.2.5 Hodnota pH

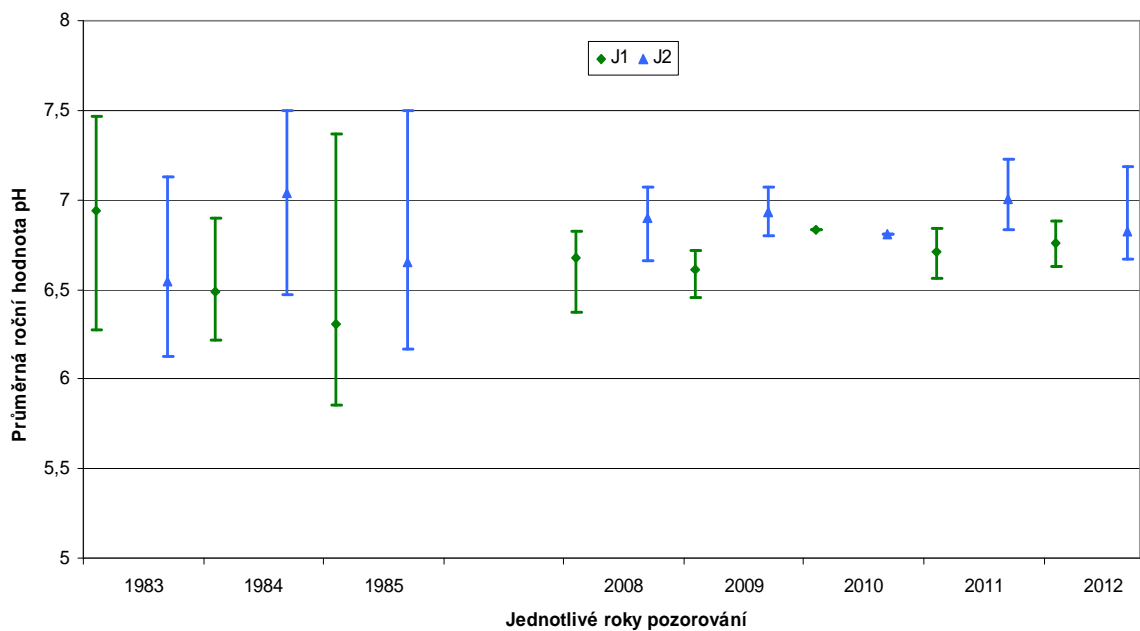
pH je jediný ukazatel jakosti vody, u kterého došlo ke zvýšení hodnoty v porovnání mezi sledovanými obdobími. Jedná se o zvýšení nepatrné tj. 2-3% na obou subpovodích. Subpovodí J1 i J2 měla v období 1983-85 téměř stejnou průměrnou hodnotu pH a to 6,56 a 6,75. V letech 2008-2012 došlo k mírnému nárůstu průměrné hodnoty pH o zhruba 0,2 na obou subpovodích. Maximální hodnota pH 7,50 byla naměřena v lednu 1984 na subpovodí J2 a minimální hodnota 5,85 v září 1985 na subpovodí J1.



Graf 5-14: Hodnota pH na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 1983 – 1985.



Graf 5-15: Hodnota pH na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.



Graf 5-16: Průměrné roční hodnota pH na zájmových subpovodích J1 a J2 pro obě období (chybové úsečky zobrazují maximum a minimum).

J1 - pH	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	6,27	6,22	5,85	6,38	6,45	6,83	6,56	6,63	5,85	6,38	+9
Maximum	7,46	6,90	7,36	6,83	6,71	6,83	6,84	6,88	7,46	6,88	-8
Průměr	6,94	6,49	6,30	6,68	6,61	6,83	6,71	6,76	6,56	6,70	+2
Medián	6,89	6,46	6,28	6,71	6,64	6,83	6,71	6,77	6,51	6,71	+3
Variační rozpětí	1,19	0,68	1,51	0,45	0,26	0,00	0,28	0,25	1,61	0,50	-69

Tabulka 5-10: Vybrané statistické údaje pro hodnoty pH na subpovodí J1 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

J2 - pH	1983	1984	1985	2008	2009	2010	2011	2012	1983-85	2008-12	změna (%)
Minimum	6,12	6,47	6,17	6,66	6,80	6,81	6,83	6,67	6,12	6,66	+9
Maximum	7,12	7,50	7,50	7,07	7,07	6,81	7,22	7,19	7,50	7,22	-4
Průměr	6,54	7,04	6,66	6,90	6,93	6,81	7,00	6,83	6,75	6,92	+3
Medián	6,51	6,92	6,50	6,90	6,89	6,81	7,02	6,80	6,70	6,90	+3
Variační rozpětí	1,00	1,03	1,33	0,41	0,27	0,00	0,39	0,52	1,38	0,56	-59

Tabulka 5-11: Vybrané statistické údaje pro hodnoty pH na subpovodí J2 ve sledovaných letech 1983-85 a 2008-12 a procentuální pokles či nárůst hodnot mezi těmito obdobími.

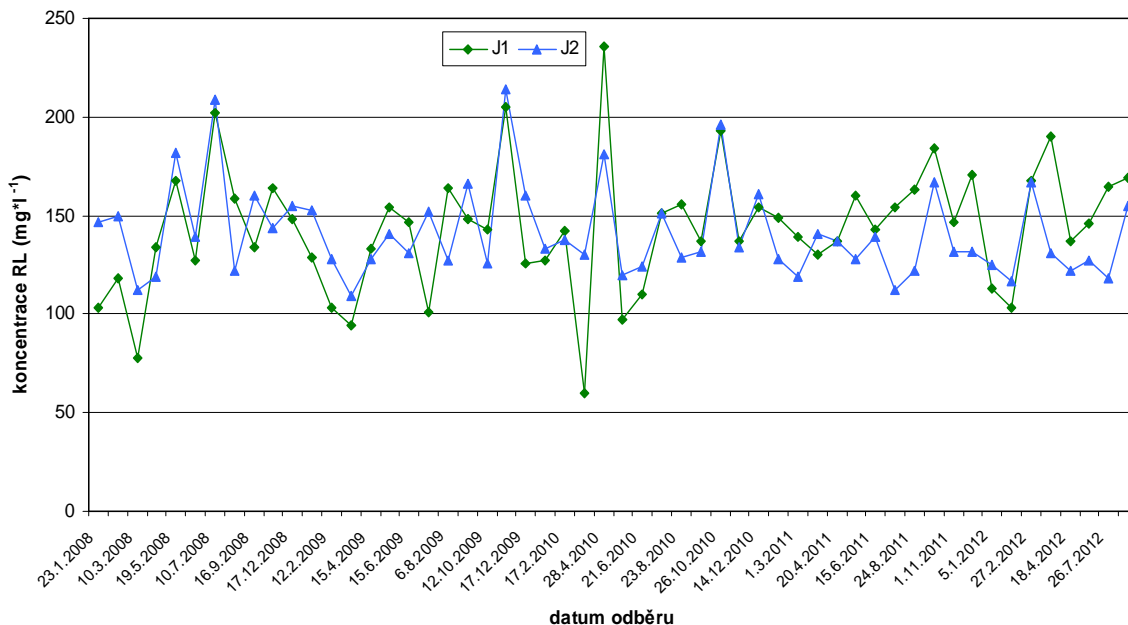
Hodnota pH je nejvíce ovlivněna srážkami, proto jsou vyšší hodnoty pH naměřeny v zimních měsících. Velká rozkolísanost hodnot pH v období 1983-1985 byla způsobena převážně kyselými dešti. Zásadní změnou v porovnávaných obdobích je snížení extrémního kolísání hodnot v letech 2008-2012, což dokazuje variační rozpětí při změně -59% a -69%. V současném sledovaném období je hodnota pH ustálila a nezaznamenává výrazné výkyvy. Obzvláště vyrovnané a stále je v hodnotě pH je subpovodí J1.

Hodnoty pH pro subpovodí J1 jsou v rozsahu od 6,38 po 6,88, proto jsou všechny odebrané vzorky považovány za slabě kyselé. V subpovodí J2 se hodnoty pH pohybují od 6,7 do 7,2 a tak jsou řazeny do skupiny neutrálních roztoků.

5.2.6 Rozpuštěné látky

Průměrná koncentrace rozpuštěných látek RL je v zájmovém subpovodí J1 i J2 téměř stejná a to s hodnotami 143,5 mg.l⁻¹ (J1) a 141,1 mg.l⁻¹ (J2). Maximální

obsah rozpuštěných látek RL 236 mg.l^{-1} byl naměřen v dubnu 2010 v profilu J1. Minimum s hodnotou 60 mg.l^{-1} bylo naměřeno pouze o měsíc dříve téhož roku na stejném subpovodí. Z toho vyplývá značná rozkolísanost hodnot RL na tomto subpovodí, což dokazuje i hodnota variačního rozpětí.



Graf 5-17: Koncentrace RL na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.

J1 - RL (mg.l^{-1})	2008	2009	2010	2011	2012	2008-12
Minimum	78	94	60	130	103	60
Maximum	202	205	236	184	190	236
Průměr	140	137	142	152	149	143,5
Medián	134	138	140	149	156	144,5
Variační rozpětí	124	111	176	54	87	176

Tabulka 5-12: Vybrané statistické údaje pro koncentrace RL na subpovodí J1 ve sledovaných letech 2008-2012.

J2 - RL (mg.l^{-1})	2008	2009	2010	2011	2012	2008-12
Minimum	112	109	120	112	117	109
Maximum	209	214	196	167	167	214
Průměr	149	145	144	132	133	141,1
Medián	147	136	134	132	126	132,5
Variační rozpětí	97	105	76	55	50	105

Tabulka 5-13: Vybrané statistické údaje pro koncentrace RL na subpovodí J2 ve sledovaných letech 2008-2012.

Koncentrace rozpuštěných látek RL nebyly v letech 1983-1985 vyhodnocovány jako vybrané ukazatele jakosti, z toho důvodu je nebylo možné porovnat s výsledky z druhým sledovaným obdobím.

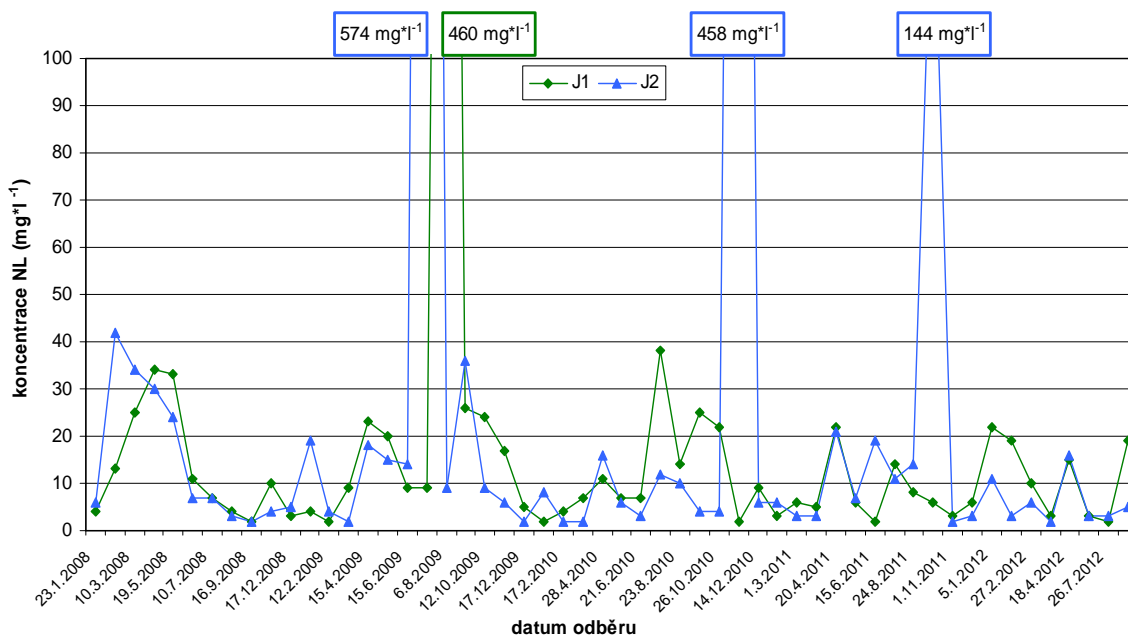
J1		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
RL	185,560	I.

J2		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
RL	170,640	I.

Jakost vody spadá do I. třídy jakosti vod dle mezních hodnot ČSN 75 7221 v obou vyhodnocovaných profilech.

5.2.7 Nerozpuštěné látky

Obsah nerozpuštěných látek NL na subpovodí J1 a J2 je charakterizován nízkou průměrnou hodnotou 19,9 mg.l⁻¹ (J1) a 31,2 mg.l⁻¹ (J2) a zároveň vysokou rozkolísaností. Extrémní výkyvy v obsahu nerozpuštěných látek byly zjištěny v červnu 2009 v profilu J2 a o měsíc později také na profilu J1. Další významný výkyv se odehrál v listopadu 2010 na profilu J2, který měl hodnotu koncentrace RL 458 mg.l⁻¹. Poslední extrémní událost je ze září 2011, kdy koncentrace nerozpuštěných látek dosáhla hodnoty 144 mg.l⁻¹ v profilu J2. Tyto nadměrné koncentrace vznikly z důvodu vysokých srážkových úhrnů a následných plošných splachů.



Graf 5-18: Koncentrace NL na zájmových subpovodích J1 a J2 pro období 2008 – 2012.

J1 - NL (mg.l ⁻¹)	2008	2009	2010	2011	2012	2008-12
Minimum	2	2	2	2	2	2
Maximum	34	460	38	22	22	460
Průměr	13	51	12	7	12	19,9
Medián	10	13	8	6	13	9
Variační rozpětí	32	458	36	20	20	458

Tabulka 5-14: Vybrané statistické údaje pro koncentrace RL na subpovodí J1 ve sledovaných letech 2008-2012.

J2 - NL (mg.l ⁻¹)	2008	2009	2010	2011	2012	2008-12
Minimum	2	2	2	2	2	2
Maximum	42	574	458	144	16	574
Průměr	15	59	44	21	6	31,2
Medián	7	12	6	7	4	6,5
Variační rozpětí	40	572	456	142	14	572

Tabulka 5-15: Vybrané statistické údaje pro koncentrace RL na subpovodí J2 ve sledovaných letech 2008-2012.

Koncentrace nerozpuštěných látek NL nebyly v letech 1983-1985 vyhodnocovány jako vybrané ukazatele jakosti, z toho důvodu je nebylo možné porovnat s výsledky z druhého sledovaného období.

J1		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NL	25,260	II.

J2		
Ukazatel jakosti vody	C ₉₀ (mg.l ⁻¹)	Tř. jakosti vody
NL	34,520	II.

Jakost vody spadá do II. třídy jakosti vod dle mezních hodnot ČSN 75 7221 v obou vyhodnocovaných profilech.

5.2.8 Srovnání ukazatelů jakosti vody pro obě období

Porovnání obou období z hlediska koncentrace a procentuální změny vybraných ukazatelů jakosti vody je přehledně vypsáno v následující tabulce:

Ukazatele jakosti vody	Průměrná koncentrace (mg.l ⁻¹)		Změna (%)	Rozpětí (mg.l ⁻¹)		Změna (%)
	1983-1985	2008-2012		1983-1985	2004-2012	
J1						
NO ₃ ⁻	37,74	16,11	-57	77,00	20,98	-73
NH ₄ ⁺	0,25	0,05	-79	5,37	0,29	-95
P	0,18	0,07	-63	0,40	0,38	-6
PO ₄ ³⁻	0,13	0,11	-16	0,76	0,51	-33
pH (bezrozměrné č.)	6,56	6,70	+2	1,61	0,50	-69
J2						
NO ₃ ⁻	41,10	7,49	-82	94,50	3,35	-96
NH ₄ ⁺	0,46	0,06	-87	5,84	0,32	-95
P	0,26	0,07	-73	2,22	0,22	-90
PO ₄ ³⁻	0,22	0,11	-48	3,64	0,21	-94
pH (bezrozměrné č.)	6,75	6,92	+3	1,38	0,56	-59

Tabulka 5-16: Průměrné koncentrace a rozpětí vybraných ukazatelů jakosti vody na povodí J1 a J2 pro obě sledovaná období.

6. Závěr

Cílem této práce bylo vyhodnocení jakosti vody a odtokových poměrů v povodí Jenínského toku. Jedná se o experimentální povodí Jihočeské univerzity nacházející se v Jihočeském kraji v podhůří Šumavy měřené od roku 2004. Tato práce se zabývá vyhodnocením období od roku 2008 do roku 2012. Největší část výzkumu byla věnována vyhodnocení jakosti vody a porovnání současného stavu jakosti vody se stavem v osmdesátých letech minulého století, kdy bylo zájmové povodí pozorováno institucí VÚMOP, v.v.i.. Téma práce bylo vybráno především pro důležitost a nezbytnost kontroly jakosti vody, která se provádí pro posouzení vhodnosti vody pro konkrétní využití, zjišťování bilance znečištění a v neposlední řadě pro stanovení klasifikace jakosti vody.

Vyhodnocení odtokových poměrů proběhlo formou zpracování datových řad srážek a průtoků z ultrazvukových průtokoměrů, umístěných v profilech obou sledovaných subpovodí. Z grafů a výpočtů vybraných statistických a odtokových charakteristik vyplynulo, že obě subpovodí jsou v současnosti průtokově poměrně vyrovnaná, v porovnání s osmdesátými léty minulého století se hodnoty průtoků více ustálily, což bylo způsobeno zatravněním plochy území. Extrémní průtoky se objevily na jaře v letech 2009, 2010 a 2012 a byly zapříčiněny táním sněhové pokrývky. Nejvýraznější výkyv v průtoku byl zaznamenán v březnu 2009 a dosahoval k hranici $70 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Běžným odtokům z povodí nejbližší odpovídá střední hodnota průměrného denního specifického odtoku, která je $0,05 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ na subpovodí J1 a $0,04 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ na J2. Z celkového množství vody ze spadlých srážek odtéká uzávěrovými profily přibližně jedna třetina.

Změna využití území a celkového systému hospodaření měla největší vliv na jakost vody. Díky transformaci orných půd na travní ekosystémy a pastvu a přerušení organického hnojení se jakost vody zásadně zlepšila. Došlo k významnému snížení koncentrací u všech vybraných ukazatelů jakosti vody. Nejvýraznější pokles zaznamenal obsah amonných iontů, který se snížil o 79% (J1) a 87% (J2) a je nyní řazen do I. třídy jakosti vody. To je způsobeno absencí kejdivých hnojiv, používaných zde v osmdesátých letech. U dusičnanů a celkového fosforu došlo k poklesu koncentrací průměrně o necelých 70%. Téměř beze změny zůstala koncentrace fosforečnanových iontů na subpovodí J1. Nepatrné zvýšení zaznamenala hodnota pH, která se pohybuje v rozmezí 6,4 až 7,3.

Dalším významným jevem při porovnávání koncentrací vybraných ukazatelů mezi těmito dvěma obdobími je snížení rozpětí maximálních a minimálních hodnot. Koncentrace se ustálily a již nedochází k takovým extrémním výkyvům jako v letech 1983-85. Zkoumané plochy dříve využívané jako orná půda byly zatravněny, což spolu se změnou systému hnojení přispělo k dlouhodobé vyrovnanosti hodnot měřených ukazatelů.

Všechny koncentrace vyhodnocovaných ukazatelů jakosti vody spadají dle mezních hodnot do I. a II. třídy jakosti vody. Jedinou výjimkou jsou dusičnany, jejichž průměrný obsah na subpovodí J1 patří do třídy III. Tyto výsledky jsou způsobeny nízkou intenzitou zemědělské činnosti v zájmové oblasti.

Obdobné výsledky v porovnávání a vyhodnocení jakosti vody lze předpokládat v podhorských oblastech Šumavy, kde extenzivní zemědělství nahradilo intenzivní využívání ploch jako orné půdy. To se jeví jako jeden z klíčových bodů při ochraně jakosti vody.

7. Seznam literatury a zdrojů

7.1 Literatura

1. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 255 s.
2. BRANŽOVSKÝ, Antonín. *Kvantifikace škod na kvalitě vod, zejména podzemních: včetně přílohy Stručné charakteristiky hydroekologických regionů*. 1. vyd. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, 1999, 88, 70 s.
3. BUZEK, Ladislav, Miroslav HAVRLANT a Alois MATOUŠEK. *Geografie a životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1975, 150, [2] s.
4. CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky II. díl*. 1.vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005, 589 s.
5. CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996, 347 s.
6. ČSN 73 6530. *Vodní hospodářství: Názvosloví hydrologie*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ÚNM, 1984. 96 s.
7. ČSN 75 7220. *Jakost vod - Kontrola jakosti povrchových vod*. Český normalizační institut, 1998. 11 s.
8. ČSN 75 7221. *Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod*. Český normalizační institut, 1998. 10 s.
9. FUČÍK, Petr. *Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků: metodika*. 1. vyd. Praha: VÚMOP, 2010, 90 s.

10. GERGEL, Jiří, JINDRA, Jan, SOUKUP, Mojmír, STARA, Jiří. *Metodika - Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí*. 2. doplněné vyd., VÚMOP Praha, 1994, 26 s.
11. HAVRLANT, Miroslav, BUZEK, Ladislav. *Nauka o krajině a péče o životní prostředí*. 1. vyd. Praha: Stát. pedagog. nakl., 1985, 126 s.
12. HLAVÍNEK, Petr, ŘÍHA, Jaromír. *Jakost vody v povodí*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 209 s.
13. HRÁDEK, František, KUŘÍK, Karel. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve vydavatelství Credit, 2001, 37 s.
14. JANDORA, Jan, STARA, Vlastimil, STARÝ, Miloš. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2011, 186 s.
15. JENČÍK, Josef. *Ultrazvukové průtokoměry. Automatizace*. Ročník 41, číslo 5, Praha, 1998, 300 – 303 s.
16. KEMEL, Miroslav. *Hydrologie*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1985, 292 s.
17. KEMEL, Miroslav. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 289 s.
18. KRAVKA, Miroslav. *Základy lesnické a krajinářské hydrologie a hydrauliky*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 113 s.
19. KREŠL, Jiří. *Hydrologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 125 s.

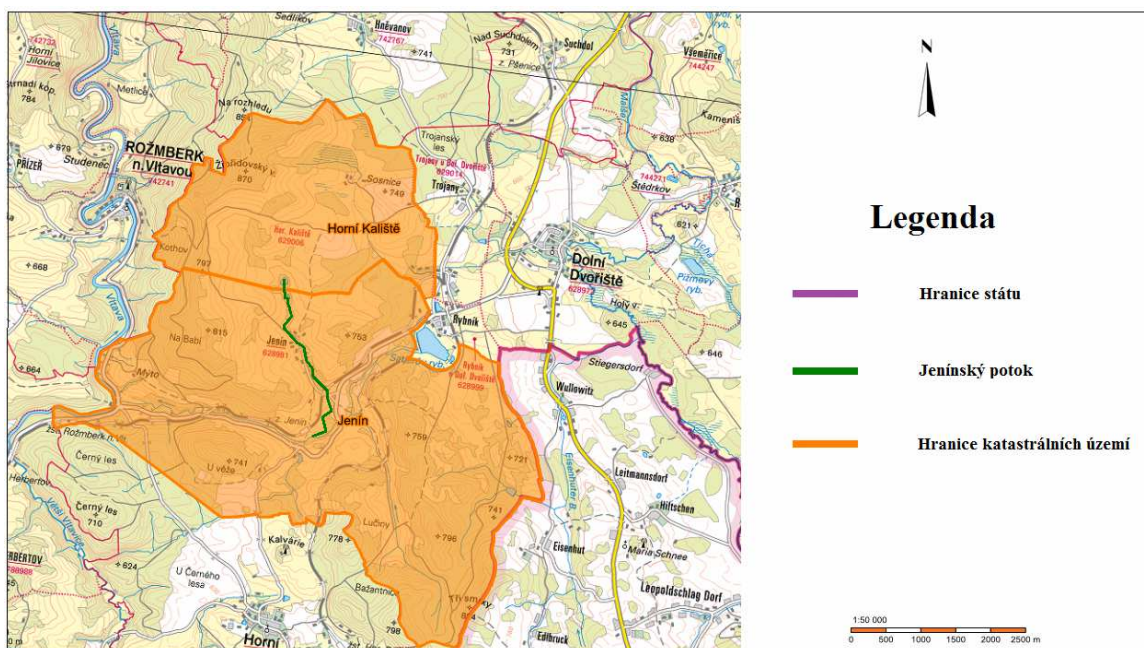
20. LISCHKE, Peter. *Hydrologie, meteorologie, pedologie. I.* 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984, 134 s.
21. MATOUŠEK, Václav. *Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů.* Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010, Výzkum pro praxi, seš. 60. 103 s.
22. MEZERA, Alois. *Tvorba a ochrana krajiny.* Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1979, 467 s.
23. MÍSAŘ, Zdeněk, DUDEK, Arnošt, HAVLENA, Václav, WEISS, Jaroslav. *Geologie ČSSR I. Český masív.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 336 s.
24. NĚMEC, Jaromír. *Inženýrská hydrologie.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1964, 235 s.
25. NESMĚRÁK, Ivan, STRAŠKRABA, Milan. *Zjišťování periodických změn jakosti vody v tocích; Vodohospodářský časopis 20, 4, 1972, 473-492 s.*
26. NESMĚRÁK, Ivan. *Hodnocení a modelování jakosti vody v tocích v pevném kontrolním profilu.* 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1978, 364 s.
27. NOVÁKOVÁ, Eva. *Tvorba a ochrana krajiny.* Praha: Hydrometeorologický ústav, 1970, 44 s.
28. NYPL, Vladimír. *Hydrologie, meteorologie, pedologie II.* 1. vyd. Praha : SNTL: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1986, 96 s.
29. PITTER, Pavel. *Hydrochemie.* 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 2009, viii, 579 s.
30. RICHTER, Miroslav. *Technologie ochrany životního prostředí: Technologie čištění odpadních vod.* Ústí n.L., 2002, 45 s.

31. ŘEHÁNEK, Tomáš, KRÍŽ, Vladislav. *Cvičení z hydrologie*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2002, 54 s.
32. ŘÍHA, Jaromír, OŠLEJŠKOVÁ, Jana. *Modelové řešení úloh jakosti vody v síti vodních toků*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., 2001, 99 s.
33. ŠILAR, Jan. *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1996, 136 s.
34. VOPRAVIL, Jan. *Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině: (metodický postup)*. 1. vyd. Praha: VÚMOP, 2011, 77 s.

7.2 Ostatní zdroje

1. Ssg.blog.cz [online]. 2012 [cit. 2012-10-13]. Dostupné z WWW:
<http://ssg.blog.cz/0902/geo-hydrosfera-27-1-2009> .
2. Voda.chmi.cz [online]. 2012 [cit. 2012-10-25]. Dostupné z WWW:
<http://voda.chmi.cz> .
3. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů („vodní zákon“).

8. Přílohy



Příloha 1: Vyznačení Jenínského toku v katastrálních územích



Příloha 2: Uzávěrový profil J1 (Thomsonův přepad)



Příloha 3: Srážkoměr umístěný u uzávěrového profilu subpovodí J1



Příloha 4: Pohled na odvodněnou plochu subpovodí J1



Příloha 5: Uzávěrový profil J2 (Thomsonův přepad)



Příloha 6: Ultrazvukový snímač výšky vodní hladiny v uzávěrovém profilu J2



Příloha 7: Pohled na odvodněnou plochu subpovodí J2