

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Vliv land use na odnos fosforu ve vybrané lokalitě

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Moravcová, Ph.D.

Autor: Bc. Jiří Ciml

České Budějovice, duben 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Lišově 2013

.....

Poděkování

V první řadě chci poděkovat Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za to, že mě odborně vedla v průběhu celého roku a pomáhala mi při sestavování mé diplomové práce. Také jí chci poděkovat za poskytnutí potřebných dat, odborných informací a za pomoc při vyhodnocení výsledků. Díky všem těmto aspektům a úkonům mi pomohla zkvalitnit a zdokonalit moji diplomovou práci.

Dále chci poděkovat své rodině a blízkým za to, že mi připravili takové podmínky, za kterých jsem mohl nerušeně pracovat, a za to, že mě v mé práci vždy podporovali.

Abstrakt

Práce se zaměřuje na to, jak land use na vybrané lokalitě ovlivňuje množství odplaveného fosforu do povodí Jenínského potoka. Seznamuje čtenáře ze základními a souvisejícími pojmy této problematiky. Sledovanými hodnotami jsou celkový fosfor a fosfor obsažený ve fosforečnanových iontech včetně popisu měřicí aparatury. Výsledná data jsou zpřehledněna v grafech a tabulkách a porovnána s normami ČSN a jinými obdobnými studii.

Klíčová slova

Fosfor, trofie, odtok, land use.

Abstract

The work focuses how land use on the selected location affects the amount of phosphorus in the watershed Jenínský potok. Defines the basic concepts of this and related issues. The monitored values are total phosphorus and phosphorus contained in phosphate ions and description of the measuring apparatus. The resulting data are arranged in tables and graphs and results are compare with standards CSN and other similar studies.

Key words

Phosphorus, trophy, runoff, land use.

Obsah

1 Úvod.....	- 7 -
2 Cíl práce	- 8 -
3 Literární rešerše.....	- 8 -
3.1 Látkový koloběh.....	- 8 -
3.2 Voda	- 9 -
3.3 Koloběh vody	- 10 -
3.4 Hlavní koloběhy (cykly) látek ve vodě – N,P.....	- 11 -
3.4.1 Koloběh (cyklus) dusíku	- 11 -
3.4.2 Koloběh (cyklus) fosforu	- 13 -
3.4.3 Malý cyklus	- 15 -
3.4.4 Globální cyklus	- 15 -
3.5 Sedimentace fosforu.....	- 18 -
3.6 Stratifikace fosforu.....	- 19 -
3.7 Lidské zdraví a fosfor.....	- 20 -
3.8 Trofie.....	- 20 -
3.8.1 Základní trofické řady	- 21 -
3.8.2 Trofické meziřady	- 21 -
3.8.3 Oligotrofní vody.....	- 22 -
3.8.4 Eutrofní vody	- 22 -
3.9 Eutrofizace.....	- 22 -
3.9.1 Následky eutrofizace.....	- 24 -
3.10 Vodní květ.....	- 25 -
3.11 Zdroje znečištění vod	- 26 -
3.12 Fosfor v normách	- 28 -
3.13 Odtok.....	- 28 -
3.13.1 Složky odtoku	- 29 -
3.13.2 Geneze odtoku.....	- 30 -
4 Metodika	- 31 -
4.1 Materiál	- 31 -
4.2 Metody	- 39 -
4.2.1 Mapové podklady GIS užití v diplomové práci	- 39 -
4.2.2 Měřicí aparatury	- 40 -
4.2.3 Monitoring	- 43 -
5 Výsledky a diskuse.....	- 45 -
6 Závěr	- 54 -
7 Souhrny	- 56 -
7.1 Seznam tabulek	- 63 -
7.2 Seznam grafů.....	- 64 -
7.3 Seznam obrázků	- 65 -
7.4 Seznam použité literatury.....	- 56 -
7.5 Seznam norem.....	- 66 -

1 Úvod

Voda je jedním ze základních elementů naší krajiny. Tato diplomová práce se zaměřuje na sledování množství fosforu ve vodě. Měření probíhá na dvou vybraných subpovodích na Jenínském povodí, kde jsou umístěny měřicí aparatury Jihočeské univerzity. V rešeršní části jsou definovány a charakterizovány základní pojmy a jevy, které jsou nutné k pochopení problematiky této práce. Zároveň zde bude poukázáno na to, jak člověk svým chováním ovlivňuje množství a koncentraci sledovaného prvku (fosforu a jeho iontu PO_4) v odtoku vody. Práce chce také zhodnotit, jakou roli zde hraje využívání půdy člověkem, tj. hospodaření s ní, její zástavba a případná výsadba a pěstování určitých druhů kultur. Fosfor a jeho iont je sledován ze zdravotních důvodů a z důvodu možné eutrofizace vody.

2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce bylo vyhodnotit, jaký je odnos fosforu ve vybrané lokalitě, pokud známe její využívání a krajinný ráz.

Diplomová práce obsahuje vyhodnocení dat týkající se sledovaného prvku – fosforu a fosforečnanového iontu v delším časovém horizontu.

Diplomová práce dále obsahuje stanovení základních veličin a hodnot na vybraných subpovodích a současně s tím zjištění, jak land use na konkrétních subpovodích J1 a J2 na Jenínském potoce (Jižní čechy) ovlivňuje množství odneseného fosforu a zda tyto hodnoty nepřekračují povolené limity.

3 Literární rešerše

3.1 Látkový koloběh

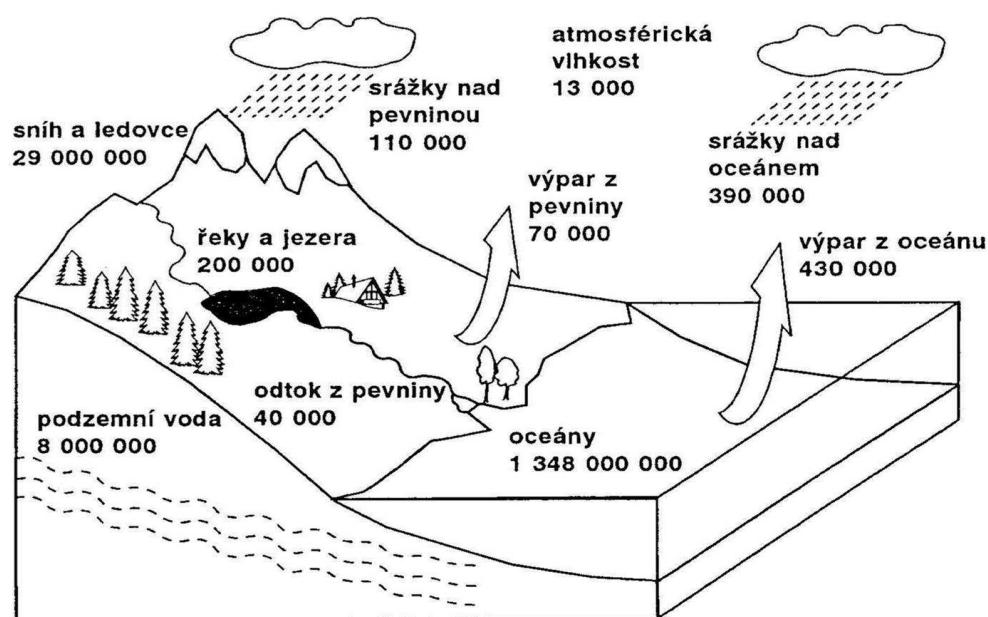
V krajině dochází k neustálému koloběhu látek. Na rozdíl od energetických toků, jež nevytvářejí cykly, ale jedna forma energie se mění v jinou, jsou toky látek cyklické. A to buď uzavřené v rámci jednoho ekosystému, nebo otevřené s přechodem do okolních ekosystémů. Z celkového počtu 90 prvků, které se na Zemi vyskytují, pouze 30 – 40 z nich tvoří živé organismy (Hesslerová, 2006). Mezi primární prvky, které kolují v přírodě patří uhlík, dusík, síra, fosfor, draslík, vodík, kyslík, síra, hořčík a vápník (Marendiak, Kopřivová, Leitgeb, 1987). Ty se nacházejí ve všech organismech. Ostatní tvoří již téměř stopová množství. Tyto biogenní prvky vstupují do živé složky ekosystémů z abiotického prostředí, a poté se do něj opět vrací. Vytvářejí tak biochemické cykly (Hesslerová, 2006).

Musíme si uvědomit, že člověk svou činností do tohoto koloběhu vypouští chemické a jiné cizorodé látky, které se v koloběhu usadí a kolují s látkami přírodními. ČR v roce 2006 dosáhlo výtečného 4 místa v indexu environmentální zátěže (hodnota 86,0). Před naší vlastní bylo jen Finsko (87,0), Švédsko (87,8) a Nový Zéland (88,0) (Glenday, 2007).

3.2 Voda

Souhrn všech forem vody na Zemi se označuje termínem **hydrosféra**. Voda vyskytující se ve vzduchu, na zemi i pod povrchem země je základním předpokladem života. Na celkovém povrchu Země $509,95 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ se oceány a moře uplatňují plochou cca 70,8%, zatímco pevnina 29,2%. Voda je v permanentním pohybu. Příčinou koloběhu vody na Zemi je sluneční záření, zemská gravitace, zemská tepelná energie a geochemická energie (Sklenička, 2003).

Českou republiku tvoří tři rozvodí - Labe, Odry a Moravy (Dunaje). Tyto řeky se vlévají do Severního, Baltského a Černého moře. Za rok našimi řekami proteče cca 15 mld. m^3 vody. Globální hodnoty jsou uvedeny na obrázku níže. Stabilní roční odtok je množství, které je možno opakovaně použít, představuje jen tu část, která se každoročně vrací z pevniny do oceánů – tedy jen asi 40 tis. km^3 vody ročně. Všechnu tuto vodu nemohou rostliny, živočichové a člověk využít, protože největší podíl odteče po prudkých deštích v podobě přívalových vod, další část odteče řekami a potoky z neobydlených oblastí. To tedy znamená, že člověk může využít jen zlomek této vody (cca. 9 tis. km^3) (Braniš, 1997).



Obr.1.: Množství vody v globálním koloběhu v km^3

(Braniš, 1997)

Molekula vody je velmi specifická. Jednou z nejdůležitějších chemických vlastností molekuly vody je její dipólový charakter. Příčinou tohoto polárního

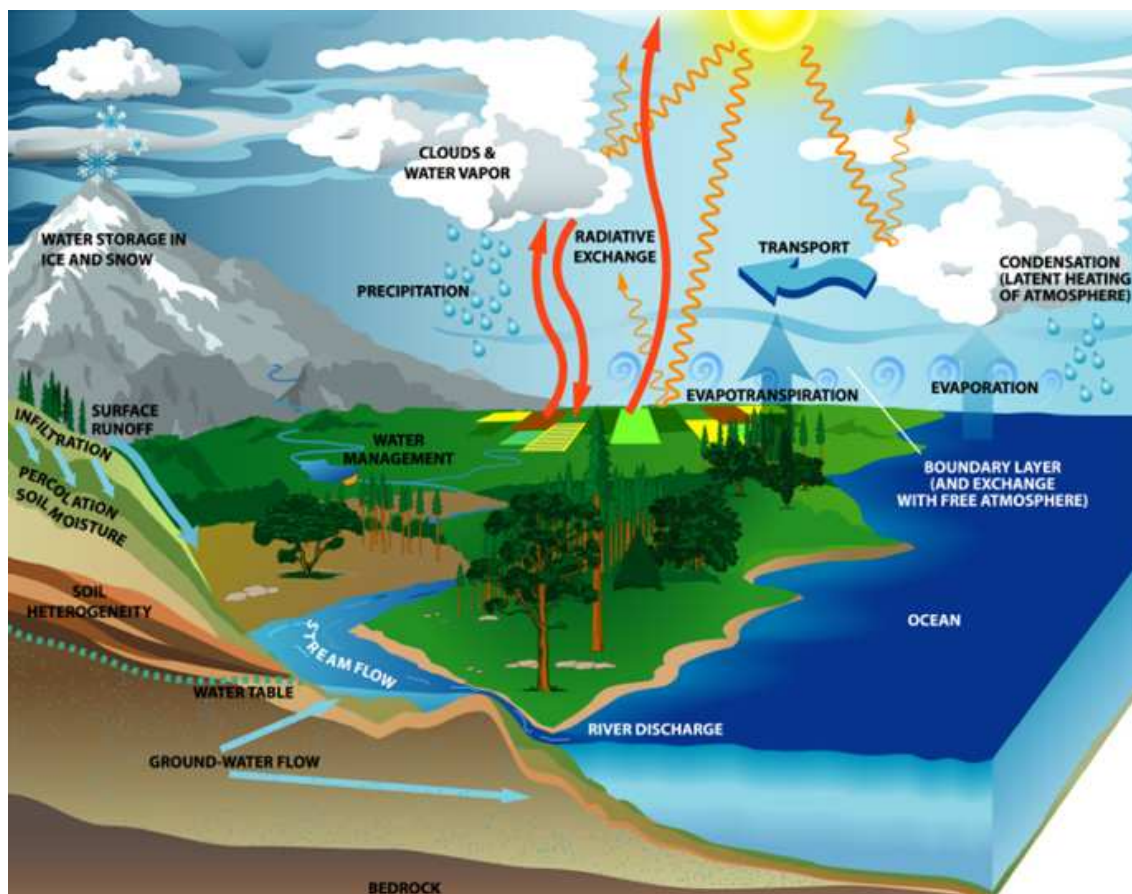
charakteru je rozdíl elektronegativ atomů H a O. Další důležitou vlastností je schopnost tvořit vodíkové vazby (můstky), a z toho vyplývající sklon molekul vody sdružovat se ve větší celky prostřednictvím těchto vazeb – to umožňuje vodě, aby se tepelně stratifikovala ve vodních nádržích. Měrná tepelná kapacita má vysokou hodnotu a to napomáhá naší planetě k regulaci své teploty (Pitter, 2009).

Další vlastností, jak ji popisuje Lichner (2003), je vodoodpudivost. I když je to relativní (a trochu zavádějící) pojem, protože žádný povrch tuhé látky nepůsobí na kapalinu odpudivou, ale vždy přitažlivou silou. Afinita (hydrofilnost) nebo odpudivost (hydrofobnost) mezi vodou a povrchem tuhé látky vzniká ze vzájemných přitažlivých sil (adheze) a přitažlivých sil mezi molekulami vody (soudržnost). Vodoodpudivost půdy se obecně připisuje hydrofobní organické hmotě, která buď pokrývá půdní částice nebo je akumulována v půdním prostředí.

3.3 Koloběh vody

Moře a vnitrozemské vody spolu komunikují prostřednictvím koloběhu vody. Voda je hlavním nosičem látek a znečištění na naší planetě. Váže na sebe velkou škálu prvků a usazuje je následně v sedimentech (Hartman, Příkryl, Štědranský, 1998).

Tento neustálý pohyb označujeme jako **hydrologický cyklus**. Hlavní silou tohoto gigantického, fenomenálního a nepřetržitého koloběhu je sluneční energie. Jejím účinkem dochází k vypařování vody ze zemského povrchu. Dominantní roli zde opět hrají oceány, neboť z jejich povrchu se vypaří přibližně 5x více vody než z povrchu pevnin. Převážná část vypařené vody se po kratším zdržení v atmosféře vrací zpět do oceánu ve formě srážek. Tomuto koloběhu se říká **malý hydrologický cyklus**. Podílí se na něm rovněž voda vypařená z povrchu pevnin, která kondenzuje a padá zpět na pevninu ve formě srážek. Pouze část vody vypařené z povrchu oceánů je díky vzdušným proudům přesunuta nad pevninu, kde po kondenzaci vypadává při srážkách na zemský povrch. Zde se přibližně z jedné třetiny stává přímo součástí povrchových vod, další část se vsákne (infiltruje), a obohatí tak zásoby podzemní vody. Určitá část se odtud opět vrací do vodních toků, nádrží a světového oceánu. Zbývající třetina spadlých srážek se vypaří. A tomuto celkovému oběhu se říká **velký hydrologický cyklus** (Bratrych, 2005).



Obr.2.: Koloběh vody

(<http://www.tutorvista.com>)

3.4 Hlavní koloběhy (cykly) látek ve vodě – N,P

3.4.1 Koloběh (cyklus) dusíku

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

Plynný dusík N_2 v koloběhu N je procesem fixace redukován na amoniak (NH_3 resp. NH_4^+). K tomu v přírodě dochází pomocí základních mikrobiálních pochodů, které napomáhají dusík fixovat (Šimek, Cooper, 2003).

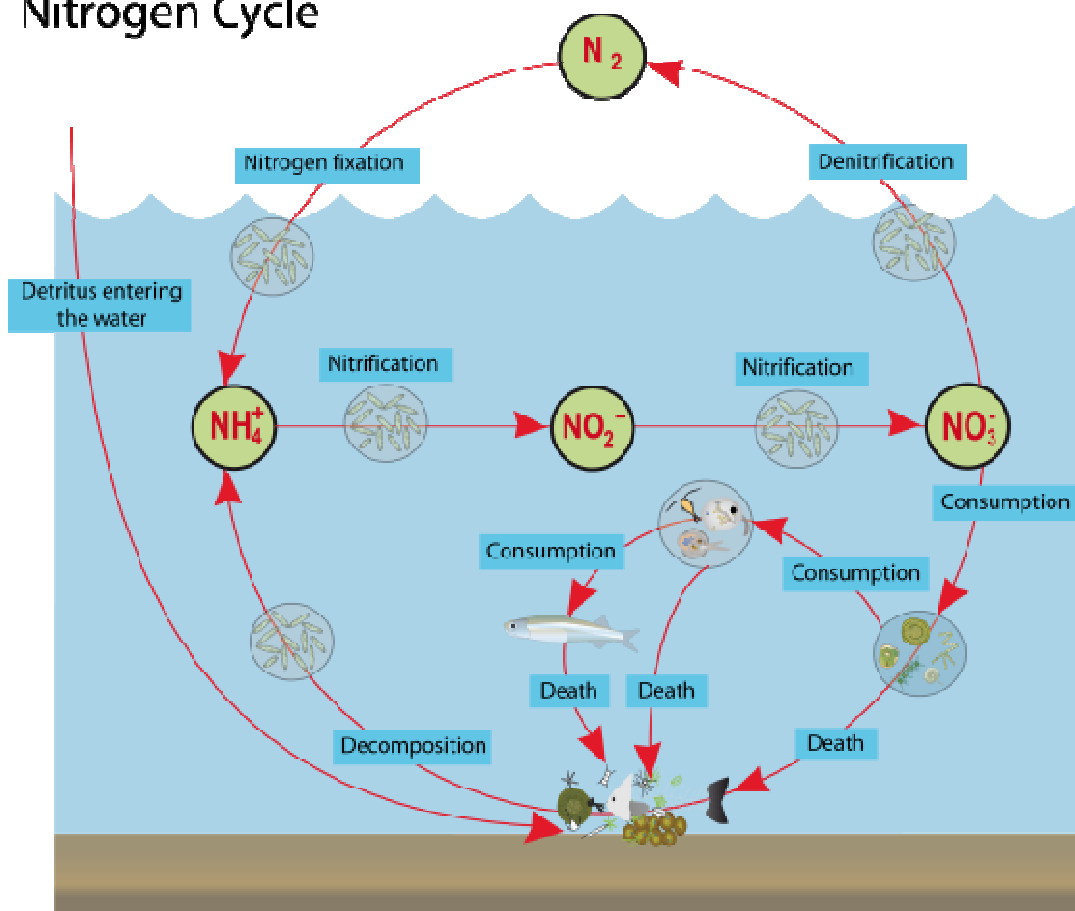
Spolu s uhlíkem, vodíkem a kyslíkem je dusík hlavní součástí živé hmoty – tvoří stavební složku mnoha důležitých makromolekul, jako například bílkovin a nukleových kyselin, a je tak nepostradatelný pro život na Zemi. V přírodě se dusík vyskytuje v několika různých stavech,

charakterizovaných různými oxidačními čísly. Ve formě dvouatomové molekuly tvoří dusík většinu atmosféry. V této podobě jej však většina organismů není schopna využívat, a je tak odkázána na činnost specializovaných mikroorganismů, které ho zpřístupňují přeměnou na amoniak v procesu zvaný fixace dusíku. Amoniak již může být využit a zabudován do organické hmoty těl organismů. Tento proces je nazýván asimilace dusíku (Pitter, 2009).

Ale pozor, pro vznik amoniaku NH_3 je potřeba poměrně velké množství energie. Atomy jsou totiž tvořeny tzv. trojnými vazbami, které se jen velmi obtížně štěpí. Vznikají nám posléze vzdušné molekuly dusíku N_2 , které již mohou snadno reagovat s vodou (molekulou vody H_2O) (Odum, 1993).

Opačný proces, tedy rozklad organické hmoty a opětovné uvolnění dusíku ve formě anorganického amoniaku, se nazývá mineralizace. K uzavření koloběhu dusíku pak přispívají následné procesy nitrifikace a denitrifikace, kterými se amoniak přetvoří na dusitan, dusičnan a nakonec opět na molekuly plynného dusíku, které spolu s oxidy dusíku unikají zpět do atmosféry (Pitter, 2009).

Nitrogen Cycle



Obr.3.: Koloběh dusíku

(<http://wetlandinfo.derm.qld.gov.au>)

3.4.2 Koloběh (cyklus) fosforu

Přeměny fosforu jsou mnohem náročnější a vyžadují delší časový úsek, než tomu je u dusíku. Zároveň však probíhají v méně krocích (Paul, Clark, 1996).

Lellák, Kubíček (1991) upozorňují na to, že v koloběhu fosforu ve vodních nádržích a tocích je třeba konstatovat, že značná část celkového fosforu ve vodním ekosystému se nalézá ve formě organického fosforu. Jde o fosfor vázaný v protoplazmě všech organismů a jejich zbytků ve volné vodě i v sedimentech.

Fosfor je biogenním prvkem, který limituje produkční procesy, zároveň je součástí protoplazmy a nukleových kyselin. Je stavebním prvkem kostí, zubů a chrupavek živočichů. Zásobníkem fosforu je litosféra (vyvělé a sedimentární horniny), i když obsah fosforu v horninách je velmi nízký a tvoří jen 0,93% (Hudec, Stanko, 2001).

Fosfor existuje v různých alotropických modifikacích, jež se liší chemickou reaktivitou. Nejběžnější jsou bílý fosfor (složený z molekul P_4), je nejreaktivnější, na vzduchu nestálý, samozápalný, prudce jedovatý; červený fosfor (amorfní s polymerní strukturou), je poměrně stálý, nejedovatý, používá se k výrobě zápalek; černý fosfor je kovový s vrstevnicovou strukturou, je nejstálejší (Vacík, 1999).

Celkový fosfor ve vodách dělíme na rozpuštěný a nerozpuštěný. Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor dále dělíme na anorganicky a organicky vázaný. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se dále dělí na orthofosforečnany a polyfosforečnany. Hmotnostní koncentrace sloučenin fosforu ve vodách se obvykle udávají ve formě prvku, nikoli v iontové formě (Pitter, 2009).

Anorganické formy fosforu jsou fosfáty železité (Fe) a hliníkové (Al) v kyselých půdách a fosfáty vápenaté (Ca) v alkalických půdách. Každý fosfor, který je přidán jako hnojivo nebo se uvolní v rozkladu organických látek, se rychle převede na jednu z těchto sloučenin. Všechny anorganické formy fosfátů v půdě jsou extrémně nerozpustné koncentrace fosforu, ale jejich obsah v půdní vodě je nízký, obvykle méně než 0,2 mg/litr (Loehr, 1987).

Sloučeniny fosforu mají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek. Jsou nezbytné pro nižší a vyšší organismy, které je přeměňují na organicky vázaný fosfor. Po uhynutí a rozkladu organismů se fosforečnany opět uvolňují do prostředí. Zvláště významně se fosforečnany uplatňují při růstu zelených organismů ve vodě (řas a sinic). Proto bývá jejich koncentrace ve vodních nádržích a jezerech nejnížší v letním období, kdy probíhá intenzivní fotosyntetická asimilace. Fosfor má klíčový význam pro eutrofizaci povrchových vod (Pitter, 2009).

Fosfor má ve vodě velmi složitý koloběh. Rozpustnost fosforečnanů je značně rozdílná v závislosti na formě iontů PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, druhu kationtu a pH vody. Do vody se fosfor dostává převážně výluhem z půdy a jiných znečištěním přítokové vody. Jeho obsah v rybnících s chovem ryb je kontrolován a optimalizován do výše 0,3 mg.l⁻¹. Některé rybníky a rybníční soustavy včetně vodotečí jsou v důsledku odpadních vod a výluhů ze zemědělské půdy dusíkem a fosforem dostatečně zásobovány. Účelem je

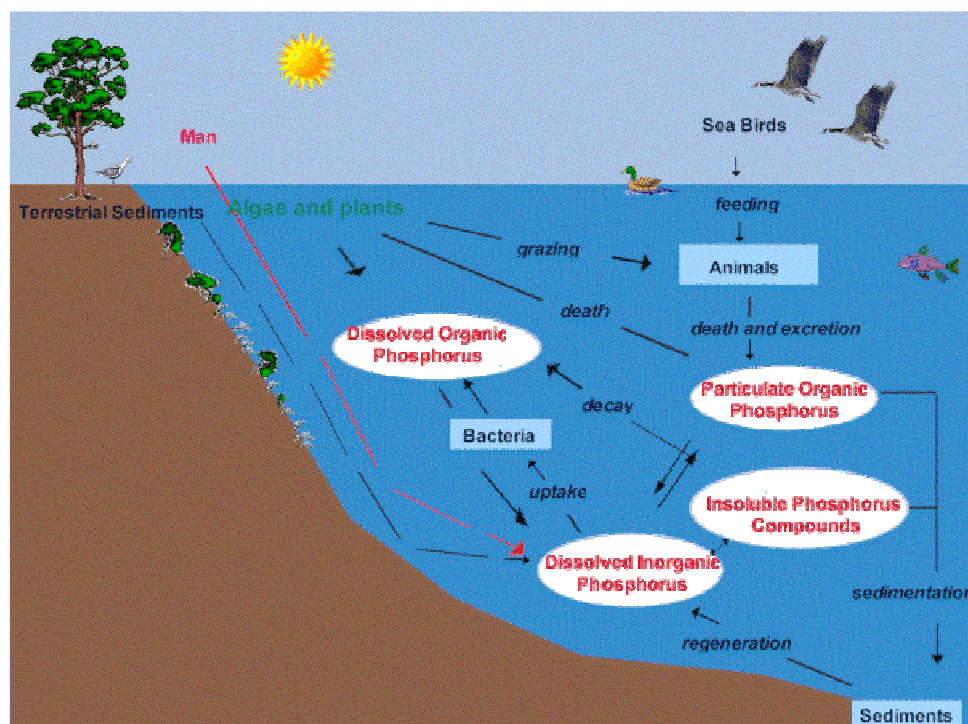
využití těchto živin v potravní pyramidě pro produkci ryb (Hartman, Přikryl, Štědranský, 1998).

Existují dva cykly oběhu fosforu v přírodě – malý a globální.

3.4.3 Malý cyklus

Malý cyklus zahrnuje pouze pohyb fosforu ve vodní mase.

Vodní mikroorganismy a rostliny přijímají fosfor v rozpuštěné orthofosforečnanové formě a zabudovávají ho do své biomasy. Sloučeniny fosforu v biomase se stávají součástí koloběhu ve vodních ekosystémech, postupují v potravních řetězcích až po odumření organismu nebo exkreci. Biochemicky jsou hydrolyzovány zpátky na orthofosforečnany, které mohou být opět využity pro růst dalších organismů. Určitá část fosforu tvoří nerozpustné sloučeniny s kovy (Ca, Fe, Al, Mg), které se stávají součástí sedimentu na dně nádrží (Novotná, 2010).



Obr.4.: Malý koloběh fosforu

(<http://www2.lwr.kth.se>)

3.4.4 Globální cyklus

Globální cyklus zahrnuje kompletní pohyb fosforu v přírodě.

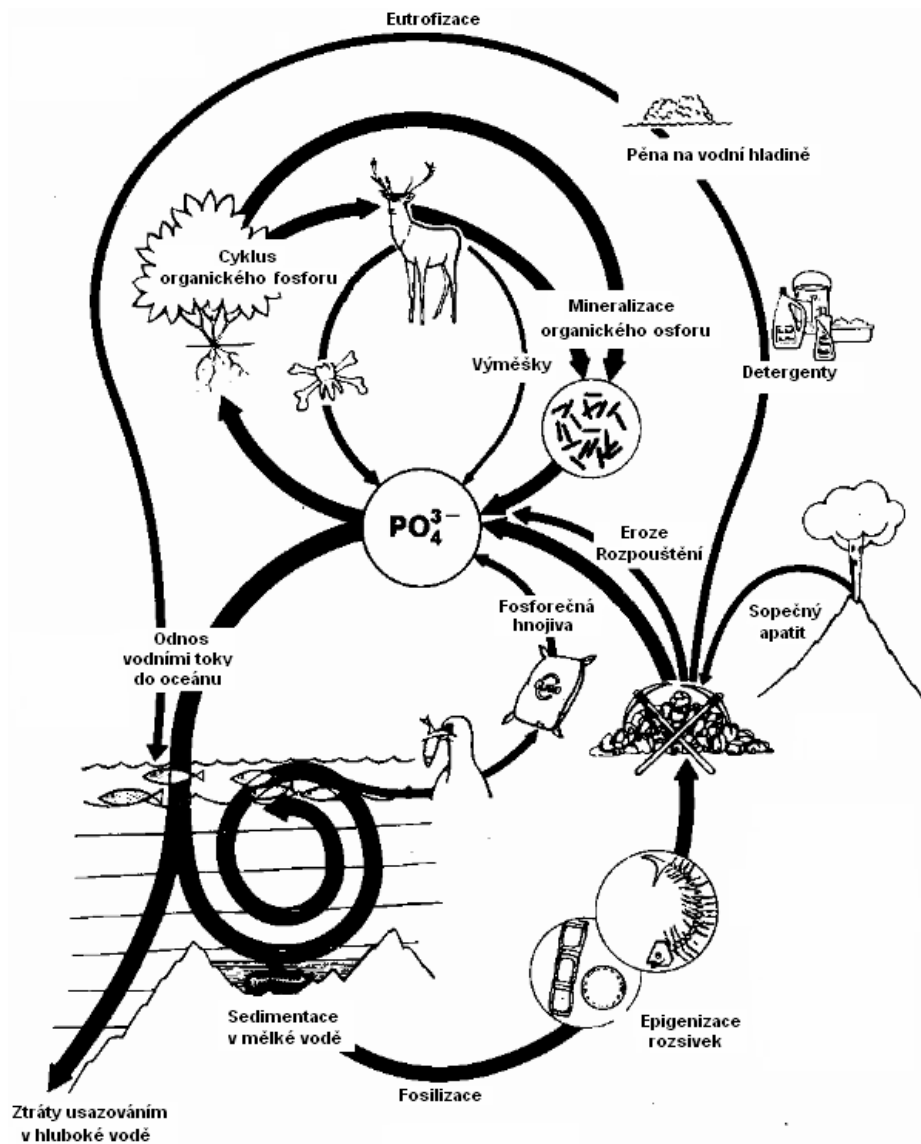
1. Rostliny přijmou rozpuštěné fosforečnanové ionty a zabudují je ve svém těle do organických sloučenin.
2. Organicky vázaný fosfor putuje tradiční cestou potravního řetězce, který lze definovat, že se jedná o zjednodušené vyjádření potravních vztahů seřazením jednotlivých organismů tak, že předcházející druh je zdrojem potravy pro druh následující, až po vrcholového predátora, který nakonec uhynie.
3. O rozklad jeho těla se postarají bakterie a další půdní organismy, které tak zpřístupní anorganický fosfor pro rostliny. Část fosforu zůstane vázána v nerozpustných sedimentech. Hlavní měrou se však na koloběhu fosforu v ekosystému podílí látkový metabolismus organismů. Což je látková přeměna v živých tkáních. Zahrnující mj. příjem, zpracování, zabudování a vylučování látek. Z výkalů se fosfor vrací do prostředí v rozpuštěné formě, kterou jsou rostliny schopny čerpat.
4. Prvek dále koluje v suchozemských ekosystémech, dokud jej podzemní voda nebo povrchové splachy neodplaví do vodního prostředí.
5. Po vstupu do vodního toku je odnášen o oceánu, kde se usazuje do sedimentů a oceánském dně.
6. Fosfor zabudovaný v oceánských sedimentech se může za sto milionů let vrátit do koloběhu při nadzdvížení dna moří a následujícím zvětráváním hornin (Šafarčíková, 2006).

Nutno poznamenat, že do koloběhu fosforu rušivě zasahuje člověk svou činností. Dvě třetiny množství fosforu, které řeky každoročně odnesou do moří a nádrží, pocházejí z lidských aktivit.

V Orolinová (2009) je tento cyklus popsán následovně. Do ekosystému se fosfor dostává v podobě rozpuštěných orthofosforečnanů nebo jejich přeměnou na fosforečnan železitý. V podobě rozpustných fosforečnanů vstupují do dalších článků potravního řetězce. Po uhynutí organismů se fosfor částečně vrací do koloběhu a část je vázána ve formě nerozpustných sedimentů. Hlavní podíl na koloběhu fosforu má látkový metabolismus

živých organismů. Jejich exkrementy se dostávají do prostředí v rozpuštěné či koloidně rozptýlené formě, která je přijatelná pro rostliny. Zvětráváním hornin se značná část fosforečnanů dostává do vody a končí na dně vodních nádrží, řek a oceánů. Usazováním fosforečnanů dochází ke ztrátám fosforu v biosféře. Díky rybolovu, činnosti ptáků a činnosti člověka se fosfor částečně „recykluje“ a navrací zpět.

Samotná sedimentace a případná přeměna fosforu do horninové podoby je proces velice náročný a zdlouhavý, jak ve své práci uvádí Paul, Clark (1996). Člověk zasahuje do koloběhu fosforu používáním fosforu v různých sloučeninách jako hnojiva nebo jako součást jiných chemikálií či odpadů (nebezpečných odpadů) při průmyslové výrobě (Orolinová, 2009).



Obr.5.: Globální cyklus fosforu

(<http://sobestacnost.cz>)

3.5 Sedimentace fosforu

Fosfor sedimentuje v tzv. globálním koloběhu fosforu viz výše. Anorganický fosfor nakonec vždy opouští pevninu a odchází do oceánů, kde se včleňuje do sedimentů. Prvek přichází do ekosystémů v podobě rozpuštěných fosforečnanů, které se uvolňují z hornin (Šafaříková, 2006).

Vyluhováním se velké množství fosforu dostává do vodního prostředí, kde je vázáno v sedimentech. Využívání fosforu v hnojivech a saponátech zvyšuje množství odnášené do vodního prostředí. Zároveň snižuje jeho disponibilní zásoby, které mohou být využívány. V průběhu 70-100 let hrozí nenávratné vyčerpání zásob fosfátů na Zemi (Hudec, Stanko, 2001).

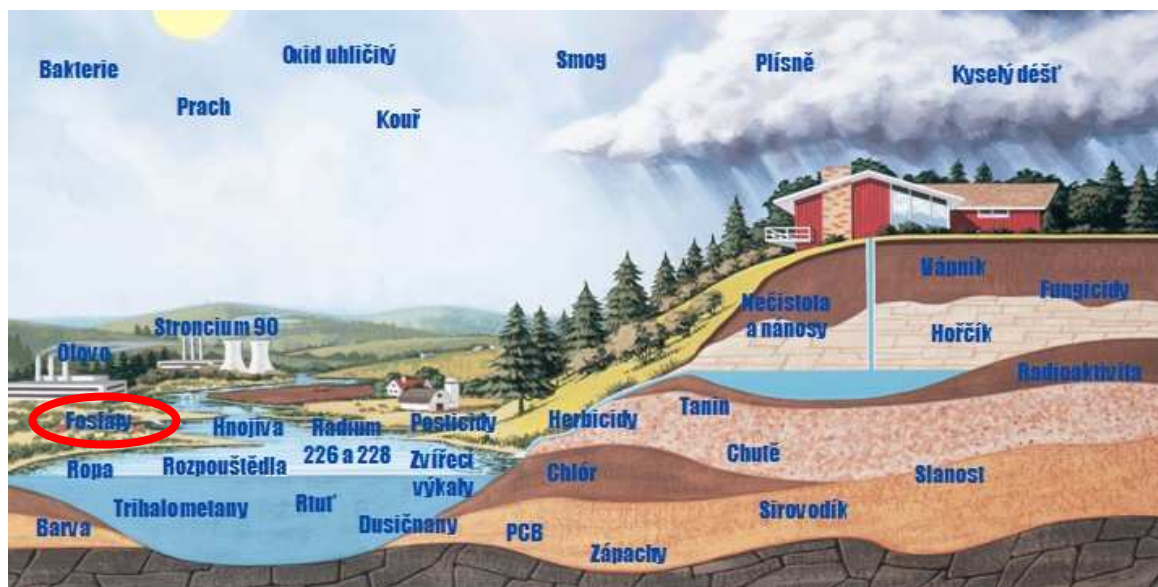
Látky, které se usazují v sedimentech na dně, lze vybagrovat a využít jako hnojivo. Tím se prvky nahromaděné v sedimentech mohou dostat zpět do půdního koloběhu a jsou využity pěstovanými rostlinami.

Při odstraňování sedimentů (odbahňování) rybníků a vodních toků mohou vzniknout problémy s jejich uplatněním. Často je možno je použít přímo na zemědělskou půdu nebo jako surovinu pro výrobu kompostu. V případě silně kontaminovaných lokalit je třeba sedimenty deponovat na skládky. Ve všech případech je třeba postupovat v souladu s příslušnou platnou legislativou, zajistit odběry vzorků a jejich analýzu (<http://www.zuhk.cz>).

V Británii se rozhodli zrekonstruovat průběh usazování fosforu na základě znalosti dat o množství živin ve sladkovodních systémech přímou a nepřímou metodou.

Přímá metoda využila geochemickou analýzu fosforu v sedimentech nebo sedimentačních pórech na dně. Takto získaná data byla porovnáována s historickými záznamy o zatížení sladkovodních lokalit fosforem. Jednotlivé frakce, které byly odebrány, pak podstoupily podrobný chemický a biologický rozbor.

Nepřímá metoda využila měnící se složení microfossilů (diatomů) a jejich vázání se v sedimentech – jako indikátor změn fosforu. Hodnoty fosforu jsou odvozeny na základě váženého průměru optimálního fosforu (P) při změně taxonů. Taxon neboli systematická jednotka - taxonomická jednotka je skupina konkrétních (žijících nebo vymřelých) organismů, které mají společné určité znaky (nejčastěji jsou příbuzné) a tím se odlišují od ostatních taxonů např. čeleď trav lipnicovité (Giller, Hildrew, Raffaelli, 1992).



Obr.6.: Kontaminace vody v přírodě

(<http://www.aquaclear.cz>)

3.6 Stratifikace fosforu

Jedná se o periodické změny v průběhu roku. Moldán, Zíka, Jeník (1979) uvádí, že blokované fosforečnany se zčásti uvolňují do roztoku kontaktních vrstev vody. Sedimenty v následující jarní, případně podzimní cirkulaci se pak dostanou do celého vodního sloupce. V celkové bilanci koloběhu fosforu v ekosystémech vodních nádrží však obvykle převažuje posun fosforu z vody do sedimentů nad zpětným uvolňováním. Během jarního maxima rozvoje fytoplanktonu v našich mezotrofních rybnících může klesnout obsah asimilovatelného fosfátu téměř k nule (cca $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ $\text{PO}_4\text{-P}$), zatímco v období deprese fytoplanktonu (fáze „clear water“) a při počátku rozvoje bentické vegetace může dosahovat vysokých koncentrací (okolo $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$ $\text{PO}_4\text{-P}$). Sezónní cyklus obsahu partikulárního fosforu ve vodních nádržích (tj. fosforu vázaného v biomase fytoplanktonu a bakterií a v neživých částech organismů) je vůči cyklu reaktivního fosforu v zrcadlovém poměru. Od téměř nulových hodnot v období „clear water“ může dosáhnout sta mikrogramů na jeden litr vody v období maxima fytoplanktonu (Kořínek a kol., 1987).

3.7 Lidské zdraví a fosfor

Fosfor je hned po vápníku druhým nejčastěji zastoupeným minerálem v těle. U průměrně velkého člověka je ho v těle cca 650g. Celkem 85% fosforu je koncentrováno v kostech a zubech, zbytek je rozdělen v krvi a dalších tkáních, především v srdci, ledvinách, mozku a ve svalech. Fosfor reaguje s mnoha dalšími látkami, ale jeho nejstálějším průvodcem je vápník (Ca). V kostech je poměr vápníku a fosforu 2 : 1. V ostatních tkáních je však poměr fosforu k vápníku mnohem větší (Heald, 2000).

Test na fosfor je často vyžadován, je-li potřeba diagnostikovat choroby a onemocnění způsobující problémy s využitím vápníku v těle. Test může pomoci při diagnóze problémů s hormony, kupříkladu s parathormonem (PTH) a vitamínem D, který funguje jako hormon regulující hladinu vápníku a, i když méně, fosforu v těle. Test na fosfor může být vyžádán, pokud symptomy naznačují poruchu ledvin či zažívacího traktu (www.labtestsonline.cz).

Nastane-li vzácně nedostatek fosforu, může vést k lomivosti kostí a zubů, únavě, tělesné slabosti, atd. Nadbytek fosforu nezpůsobuje bezprostřední ohrožení lidského organismu. Pakliže ale nadbytek fosforu v těle trvá delší dobu, může potlačit vstřebávání vápníku, a tím ohrozit stav kostí (Headl, 2000).

3.8 Trofie

Ke znečištění přírody může docházet i pomocí látek, které jsou v přirozeném množství prospěšné. Při nadbytku se ale projeví jako velmi nebezpečné látky (Novotná, 2010).

Adámek a kol. (2010) popisuje, jak bohatá koncentrace látek ovlivňuje vývoj ve vodě. Nejprve se objevují drobné planktonní řasy a vytvářejí opticky homogenní suspenzi tzv. vegetační zbarvení. V druhém stadiu se vyvíjejí větší koloniální či vláknité sinice a vznikne tzv. vodní květ. V třetím stádiu bentické sinice a rosivky vytvářejí tlustý koberec na vodní hladině. Ve čtvrtém stádiu se již vytváří zelené vláknité řasy a stávají se dominantním druhem v ekosystému a v závěrečném pátém stádiu se již objevuje vyšší vodní vegetace.

Trofie neboli úživnost charakterizuje určitý hydrochemický režim a s ním související biologii vodních ekosystémů. Jsou určena množstvím základních živin, které jsou udržovány v koloběhu. Hledisko úživnosti bylo v hydrobiologii nejprve použito při klasifikaci jezer, kde se její krajní přirozené stupně projevují výrazně

odlišným průběhem křivky rozpuštěného kyslíku v době letní stagnace. To má vliv i na složení jejich biocenózy. Oligotrofie a eutrofie se po určitém období může dokonce i střídát (Hartman, Přikryl, Štědranský, 1998).

3.8.1 Základní trofické řady

- A - oligotrofní (kyselá, chudá)
- B - mezotrofní (středně bohatá)
- C - nitrofilní (obohacená dusíkem)
- D - bazická (živin. bohatá na baz. horninách, vápenec)

3.8.2 Trofické meziřady

- AB - oligo-mezotrofní (polochudá živinami)
- BC - mezotrofně-nitrofilní (polobohatá dusíkem)
- BD - mezotrofně-bazická (polobohatá vápníkem)
- CD - nitrofilně-bazická (bohatá dusíkem a vápníkem)

(Sklenička, 2003)

Tab.1.: Přehled celk. P, chlorofylu-a a průhlednosti v závislosti na úživnosti vod

úživnost	celkový P	chlorofyl a	průhlednost
	µg/l	µg/l	m
<i>oligotrofie</i>	< 10	< 2,5	> 6
<i>mezotrofie</i>	10 - 35	2,5 - 8	3 - 6
<i>eutrofie</i>	35 - 100	8 - 25	1,5 - 3
<i>hypertrofie</i>	> 100	> 25	< 1,5

(Novotná, 2010)

Tabulka nám ukazuje, že pokud vzrůstají živiny ve vodě, zvedá se i obsah P ve vodě. To způsobí nátlak na organismy, které začnou tyto živiny zpracovávat a dojde k masivnímu nárůstu populace (v lepším případě řas, v horším případě sinic) s tím souvisí průhlednost, která s množstvím organismů klesá.

Existují čtyři způsoby, jak zhodnotit míru trofie, zároveň je třeba dodat, že spolu souvisejí a jejich užití závisí především na vybrané lokalitě:

1. zvýšená nabídka živin
2. růstová odezva *in vitro*
3. koncentrace biomasy *in situ*
4. změna v druhovém složení

(Maršálek, Müller, 2009)

V praxi se také provádí výpočet *trofického potenciálu* (M_p). Je vyjádřen v mg.l^{-1} sušiny řas, kterou je možno za standardních laboratorních podmínek vypěstovat ve vzorku testované vody. Trofický potenciál vod oligotrofních nepřesahuje hodnotu 50 až 100 mg.l^{-1} , v eutrofních dosahuje až 500 mg.l^{-1} . Ještě vyšší je ve vodách hypertrofních (až tisíce mg.l^{-1}) (Hartman, Příklad, Štědranský, 1998).

3.8.3 Oligotrofní vody

Tyto vody obsahují malé množství rozpuštěných živin a minerálních látek. Je v nich málo zelených rostlin, s čímž souvisí i malé zastoupení živočichů (Kaufnerová, 2007).

3.8.4 Eutrofní vody

Jsou vody s vysokým obsahem živin. Pecharová, Svoboda, Vrbová (2011), kteří se podíleli na studii krušnohorských jezer, uvádí, že eutrofní jezera mají v hlubších vrstvách téměř vyčerpaný kyslík. Jejich přítok a povodí je zpravidla eutrofní a tvoří je na živiny bohaté lesy a zemědělská krajina.

Tyto vody obsahují velkou biomasu rostlin i živočichů. V letním období se zde velmi často vyskytuje vodní květ. Živiny se do vod dostávají splachem z půdy a z ovzduší, poslední desetiletí však způsobuje zvyšování eutrofizace vod člověk. A to odpadní vodou ze sídlišť, průmyslem a zemědělstvím (Kaufnerová, 2007).

3.9 Eutrofizace

Zvýšená hladina živin velice úzce souvisí se všudypřítomným pojmem eutrofizace. Co to eutrofizace vlastně je?

Petráčková (2001) má ve svém akademickém slovníku jednoduchou, zato přesnou definici. Eutrofizace je zvyšování produkce řas v rybnících a vodních nádržích přísunem živin, zejména dusíku a fosforu.

Obecnější definice nám říká, že slovo eutrofizace pochází z řečtiny, vzniklo složením slova „eu“ hojný a slova „trophí“ potrava, též živná látka. Eutrofizaci tedy lze chápat jako proces, při němž dochází k přesycování prostředí minerálními živinami, především dusíkem a fosforem (Šafarčíková, 2006).

Jedná se tedy o růst minerálních živin (nutrientů), především sloučenin fosforu a dusíku. Ve vodách pak následně dochází ke zvýšenému rozvoji fotosyntetizujících organismů, především řas a sinic, a tím dochází ke zhoršení jakosti vody (Pitter, 2009).

Na vznik vodního květu má vliv několik faktorů. Delší dobu trvající teplé a slunečné počasí. Zvýšený obsah živin ve vodě, především fosforu a dusíku (eutrofizace). Nízký počet dravých ryb či přítomnost nevhodných ryb (Kaufnerová, 2007). Více o vodním květu níže v textu.

Platí také, že v terestrických vodách jsou limitujícím faktorem rozvoje fytoplanktonu sloučeniny fosforu, na rozdíl od moří, kde limitujícím faktorem jsou sloučeniny dusíku. Eutrofizace se projevuje především ve stojatých vodách, avšak i v tekoucích má svůj význam. Zhodnocení je zde však obtížnější. Nejčastěji užívanými kritérii pro určení stupně eutrofizace nádrží a jezer včetně jejich projevů je koncentrace celkového fosforu nebo lépe rozpuštěného fosforu a koncentrace chlorofylu-a, jako míra (množství) fytoplanktonu v epilimniu. Mezi další ukazatele lze zařadit průhlednost vody a koncentraci kyslíku.

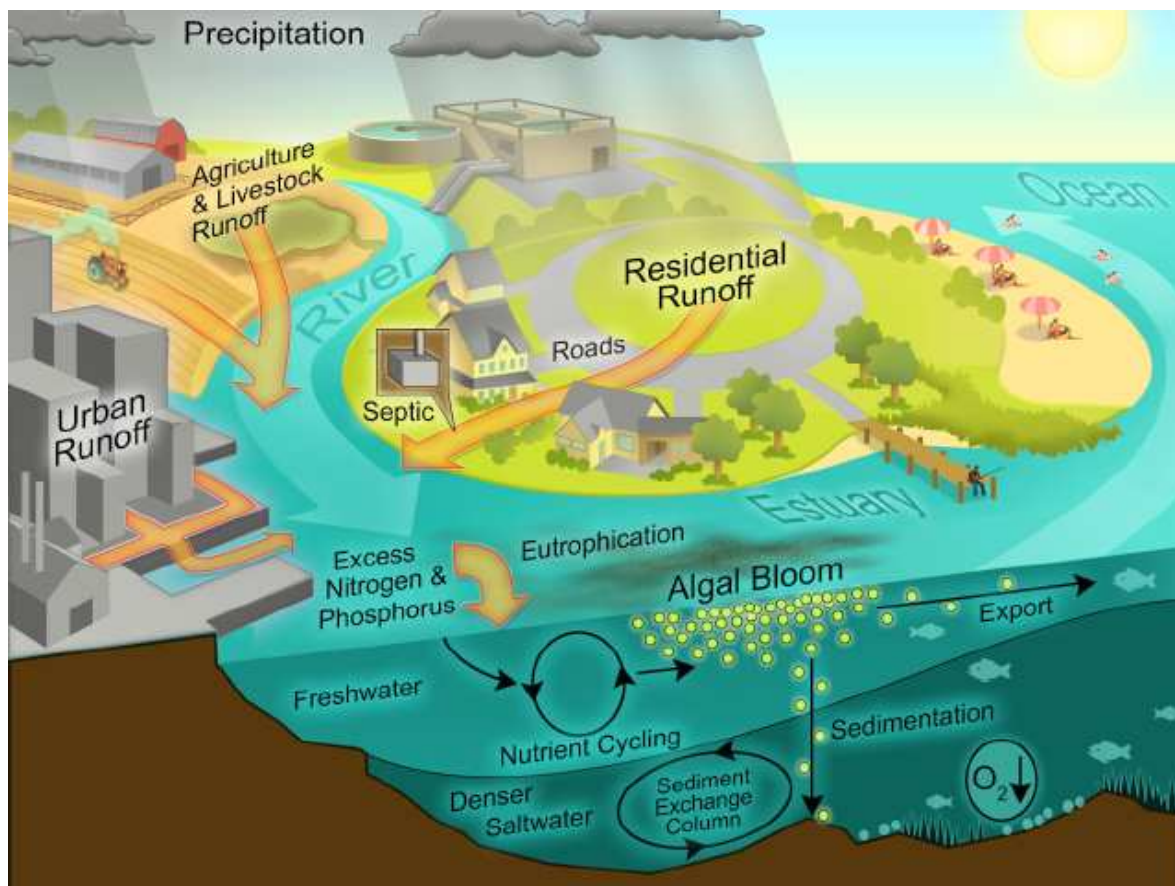
Ukazatelem obsahu biologicky využitelných živin ve vodě je trofický potenciál, který pak slouží k rozdělení vod na oligotrofní, eutrofní, ...

Pokud jde o samotnou eutrofizaci, tak zde rozlišujeme přirozenou eutrofizaci, kterou lze ovlivnit a která je způsobena přítomností sloučenin P a N pocházejících z půdy a dnových sedimentů a z rozkladu odumřelých vodních organismů, a antropogenní (indukovanou) eutrofizaci, která je výsledkem civilizačního procesu (Pitter, 2009).

Smith, Tilman, Nekola (1999) rovněž rozdělují eutrofizaci na přirozenou a umělou. Eutrofizace je podle nich přírodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti však přesáhl přirozené meze. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku a fosforu z půdy, sedimentů a odumřelých organismů. Je tedy přirozeným dějem v přírodě a není nebezpečná. Naproti tomu umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, průmyslovými vodami, používáním pracích a čistících prostředků, zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a fekálního odpadu.

Dalším zdrojem umělé eutrofizace jsou atmosférické depozice s rostoucím antropogenním podílem N a P (Pitter, 2009).

Tyto látky jsou produktem lidské činnosti a do přírody, potažmo vodních zdrojů, se intenzivně dostávají ve větším měřítku až v posledních desetiletích. Tyto intenzivně splavované látky rozvracejí přírodní koloběhy a eutrofizace (umělá), která na jejich základě vzniká je nebezpečná a může být na některých místech i nevratná (Smith, Tilman, Nekola, 1999).



Obr.7.: Vznik a důsledky eutrofizace

(<http://www.tokresource.org>)

3.9.1 Následky eutrofizace

- Nadměrný rozvoj sinic, řas a rostlin
- Druhově chudá biocenóza fytoplanktonu
- Výskyt typických organismů v planktonu i litorálu
- Snížení průhlednosti a změny barvy vody
- V létě rozkolísaný plynný režim (kyslík aj.)
- Kvalitativní a kvantitativní změny fauny dna
- Zvýšení průměrné hladiny živin

Eutrofizace se však netýká jen vody, ale i půdy v zemědělství. Pokud dojde k nárůstu dusíku a fosforu v půdním prostředí, dojde následně k ovlivnění téměř všech rostlin v dané lokalitě. Zvýšená koncentrace těchto látek v prostředí vede obecně ke zvětšování rostlinné biomasy. V případě vyšší koncentrace či přesycení prostředí dusíkem a fosforem hovoříme o eutrofizaci půdy. Je velmi ovlivněna činností člověka a zpravidla vede k degradaci půdy a převaze rumištních druhů jako jsou kopřivy, pelyňky, merlíky a další. Druhová bohatost daného místa se výrazně sníží na úkor těchto druhů a jsou zpřetrhány vazby a koloběhy v tomto eutrofním prostředí (Šarapatka a kol., 2010).

3.10 Vodní květ

Velkou roli hraje pH spolu s dalším faktorem a sice s poměrem dusíku a fosforu ve vodním prostředí. Se vzrůstajícím množstvím těchto látek dochází k nadměrnému přemnožení organismů (zejména sinic) a vzniku vegetačních zákalů, někdy i vodních květů. S tvorbou vodních květů se mnohem častěji setkáváme v nádržích typu přehrad a rybníků (Kaufnerová, 2007).

Některé druhy sinic a řas jsou lehčí než voda, a proto se vznášejí u hladiny a shromažďují se v nápadných povlacích na jejím povrchu, jde o tzv. vodní květ. Větrm se snadno rozptýlí. Bývá tvořen nejčastěji sinicemi rodu *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Anabaena*, které jsou nadlehčovány plynnými vakuolami, obsahující zejména dusík. Tyto druhy sinic jsou přehledně popsány v Hudec a kol. (2007). Je známo, že intenzita a rychlost množení jednotlivých druhů sinic a řas je značně rozdílná. Hlavní vliv na vznik vodního květu ve vodě má příznivý obsah živin. Kromě tohoto však jeho vznik ovlivňuje ještě celá řada dalších významných činitelů, jako jsou fyzikální a chemické vlastnosti vody, poměr kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě, vlastnosti dna, hloubka vodního sloupce, rozsah výskytu ponořených vodních rostlin a klimatické vlivy. Vodní květ a fytoplankton způsobující vegetační zbarvení vody (Hartman, Příkryl, Štědranský, 1998).

Tyto vody mívají intenzivní vegetační zákal, zpravidla nemají vytvořen pás litorálních porostů (strmé říční břehy, absence mělčin). Obvykle mají jen málo kolísající vodní hladinu (Heteša a kol., 2012).

Nelze však opomenout, že biomasa vodního květu někdy nepříznivě narušuje biologické podmínky v rybochovných vodách i vodárenských nádržích přesycením

vody kyslíkem nebo jeho nočním nedostatkem při disimilaci a vysokých hodnotách pH. Náhlý rozklad většího množství odumřelého rostlinného planktonu (zvláště sinic) způsobuje značný úbytek kyslíku a hromadění zplodin rozkladu (sulfan, čpavek i specifické toxiny) jedovatých pro ryby a vytváří podmínky pro vznik botulismu, vyvolávajícího úhyn vodního ptactva (Hartman, Příkryl, Štědranský, 1998).

3.11 Zdroje znečištění vod

Novotny (2003) považuje smyvy z polí (hnojiva) a nárůst splašků a odpadních vod za největší zdroje nárůstu fosforu a fosforečnanů v povrchových vodách a vodních zdrojích.

V našich podmínkách rozeznáváme tři základní zdroje znečištění fosforu: difúzní, bodové a vnitřní (Maršálek, Müller, 2009).

Adámek a kol. (2008) dělí znečištění na plošné (liniové, globální) a místní (bodové). Do první kategorie patří takové typy znečištění, které zasahují velké plochy – celá povodí, případně i celé velké krajinné celky s několika povodími. Patří sem i typy zasahující celý bióm Země. Jedním z nejdéle studovaných znečištění plošného až globálního charakteru je acidifikace kontinentálních vodních ekosystémů. Dále sem patří trofizace, globální změny klimatu včetně oteplování a vyšších dávek UV záření a globální znečištění perzistentními organickými polutanty a radionuklidy.

Difúzní zdroje rozptýlené v povodí nad nádrží jsou tvořeny atmosférickým spadem, geologickým podložím, sídly, zemědělstvím a intenzivně udržovanými travními porosty. Důležitými aspekty, které ovlivňují znečištění vody, jsou způsob využívání krajiny a schopnost krajiny zadržovat vodu.

Bodové zdroje fosforu tvoří komunální odpadní vody z ČOV (čistíren odpadních vod) nebo průmyslových objektů (Maršálek, Müller, 2009).

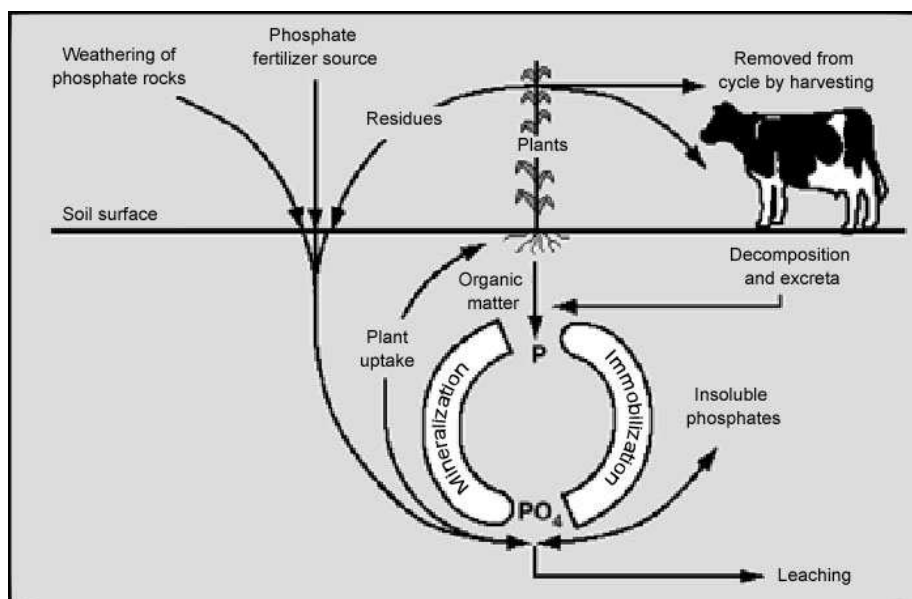
Hlavním zdrojem fosforu, který přichází do filtračních polí vegetačních kořenových čistíren, jsou smyvy intenzivně zemědělsky obhospodařovaných pozemků a odpadní vody převážně ze zemědělské zástavby. Výskyt fosforu v odpadních vodách je značně proměnlivý, závisí na produkci jednoho obyvatele za den (běžně se uvádí 2 – 3 kg/obyvatel/den). Také závisí na zdrojích odpadních vod, množství cizích (balastních) vod, místních poměrech apod. Nejčastější mokřadní rostlinou pěstovanou na kořenových čistírnách je v České republice rákos obecný

(*Phragmites Australis*), na kterém probíhá výzkum zpětného uvolňování fosforu do čištěné odpadní vody (Dunajský, 2008).

Vnitřní zdroje fosforu v nádržích jsou uloženy v sedimentech na dně a kolují v biomase vodního ekosystému. V některých nádržích může koncentrace fosforu ovlivňovat rekreaci nebo sportovní rybolov.

Podle vzniku mohou být zdroje znečištění povrchové vody rozděleny na:

- zdroje přirozeného původu – dané vlastnostmi horninového prostředí a činností organismů,
- komunální zdroje – odpadní vody z kanalizací, odpadu ČOV a septiku,
- průmyslové zdroje – odpady a úniky z továren a provozu,
- zemědělské zdroje – znečištění závlahami, hnojením, rostlinnou a živočišnou výrobou, vymývání ze zemědělsky obdělávaných pozemků do toku



Obr.8.: Fosfor v zemědělství

(<http://bhavanajagat.com>)

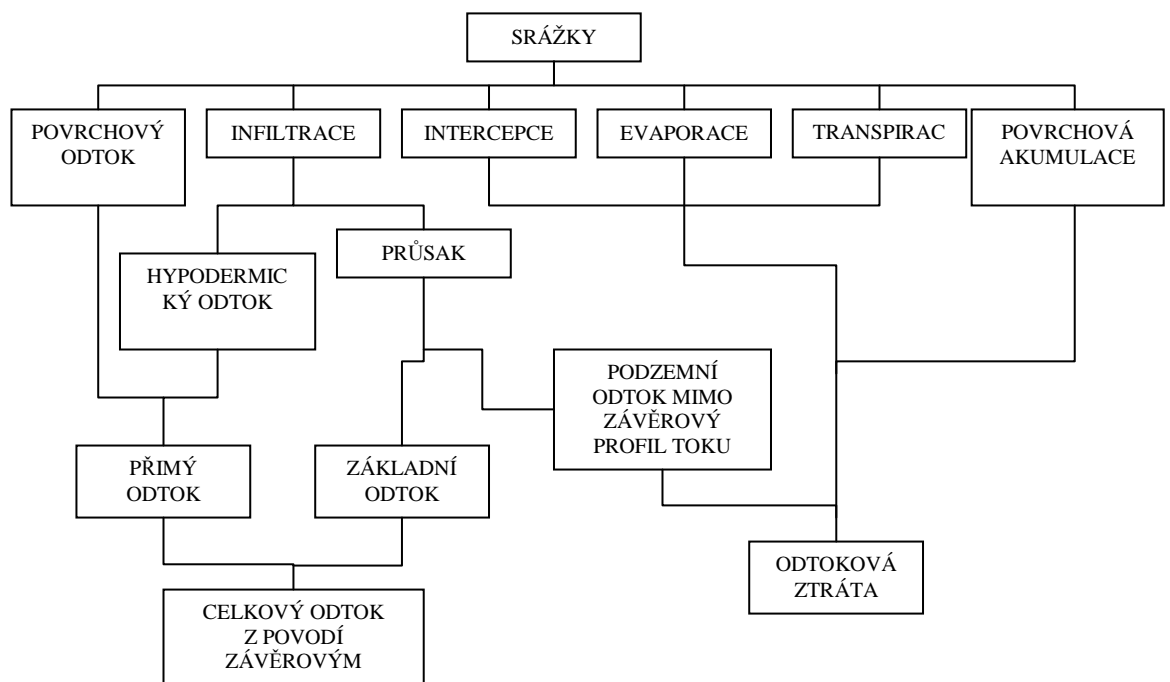
Koncentrace dusíku a fosforu ve vodách pozitivně souvisí se zemědělským, komerčním a urbánním krajinným pokryvem v povodí a negativně souvisí se zastoupením přirozených lesů a luk (Kvítek a kol., 2009).

3.12 Fosfor v normách

- ČSN EN ISO 6878 (75 7465) Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. (ČSN EN ISO 6878).
- ČSN EN ISO 15681 Jakost vod – Stanovení orthofosforečnanu a celkového fosforu průtokovou analýzou (FIA) a CFA) (ČSN EN ISO 15681-1)
- TNV 75 7466 Jakost vod – Stanovení fosforu po rozkladu kyselinou dusičnou a chloristou (pro stanovení ve znečištěných vodách) (TNV 75 7466).

3.13 Odtok

Tento hydrologický pojem udává, jaké množství vody odeče za určité období z námi stanoveného povodí. Faktor, který indikuje vznik odtoku, je nasycenost půdy v důsledku větší srážky. Mezi další faktory ovlivňující odtok patří – land use, půdní vlastnosti, lokalita, reliéf půdy a antropogenní vlivy. Na obyvatele ČR připadá kolem 1450 m³ ročního odtoku (Kvítek, 2005).



Obr.9.: Schéma odtokového procesu

(ČSN 736530, 1985)

3.13.1 Složky odtoku

Odtok je důležitou součástí hydrologické bilance. Rozděluje se do tří základních složek – povrchový odtok, podpovrchový odtok a podzemní odtok (Sklenička, 2003).

Tyto složky lze od sebe separovat pomocí několika metod. Nejčastěji se u nás používá metoda Kliner – Kněžek, která je dobře vysvětlena v Kliner, Kněžek (1974). Další možností je analýza poklesových větví, jak ji popisuje McCuen (1998) a konečně třetí velmi známou metodou separace odtoku je metoda digitálních filtrů, kterou lze nalézt například v práci Grayson a kol. (1996) nebo Chapman, Maxwell (1996)

Povrchový odtok, též někdy definován jako odtok srážkové vody, však neprobíhá ve formě rovnoměrného plošného ronů, ale soustřeďuje se vlivem vyčlenění a sklonu zemského reliéfu v místní rýhy, brázdy, stružky, které se postupně propojují do vyšší soustavy potoků, řek, atd. Povrchový odtok je tedy jedním z podpůrných činitelů, který vytváří vodní toky a říční síť (Jůva, Hrabal, Tlapák, 1984). Kulhavý, Kolář (2000) hovoří o geologické diverzitě, která ze zdrojových ploch soustřeďuje povrchový odtok do hydrografické sítě. Tento jejich výzkum byl prováděn na malých povodích.

Možností vzniku povrchového odtoku je několik - Hortonský odtok (překročení infiltrační kapacity), Dunneho odtok (překročení retenční kapacity) a opětovná exfiltrace vody v nižších částech svahu.

Povrchový odtok má cekem čtyři fáze – vzestupnou větev, sestupnou větev, dobu koncentrace a dobu prodlení (Serrano, 1997).

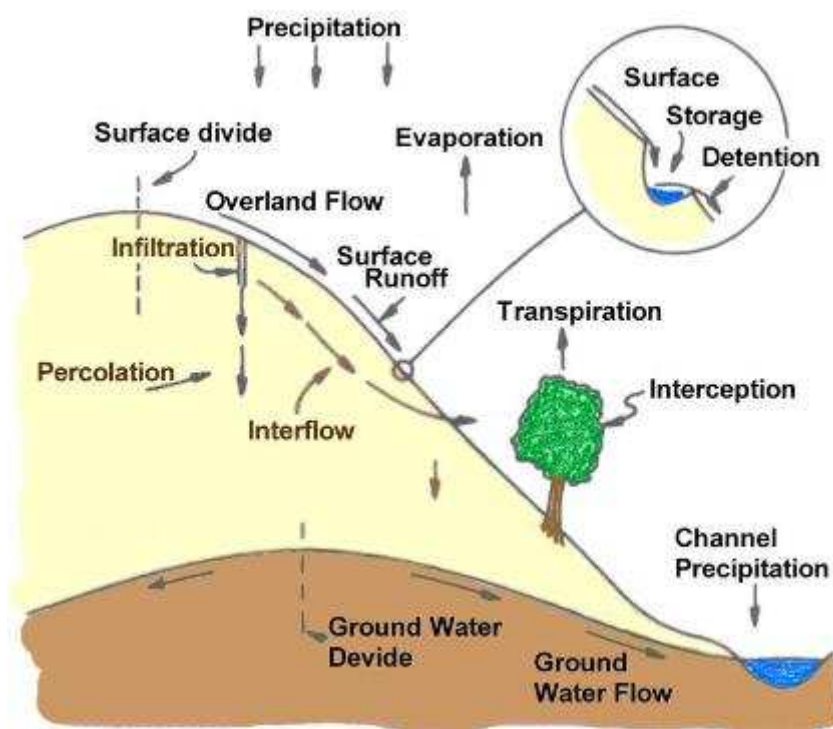
Podpovrchový odtok, někdy též nazývaný hypodermický, je část infiltrovaných srážek, která je v půdě vázána kapilárními silami, část je spotřebována kořenovým systémem rostlinstvem a vrací se transpirací (Šilar, 1996).

V půdě dochází k vytváření hypodermického odtoku. Ten představuje největší složku odtoku během intenzivních srážkových událostí (Daňhelka, 2007).

Primárním vstupem podpovrchového odtoku je infiltrace. Redistribuce vody v nenasycené zóně je řízena zákonem průtoku vody skrze nenasycené pórovité prostředí (Serrano, 1997).

Podzemní odtok je voda, která prosakuje do půdního profilu. Tato voda je buď uložena ve zdrojích podzemní vody, či je zpomalena a po uplynutí nějaké doby se dostává do potoků, řek, atd. Je tu však důležité zdůraznit, že dojde k jejímu

zpomalení a dočasnému zadržení, takže neodtéká ve stejnou dobu jako povrchový odtok (Brutsaert, 2005).



Obr.10.: Schéma srážko-odtokového procesu

(<http://hydro.natur.cuni.cz>)

3.13.2 Geneze odtoku

Odtok dělíme na krátkodobý a dlouhodobý, případně na povrchový, podpovrchový a podzemní. V praxi, pak dělíme odtok na přímý odtok Direct runoff – DRO a na základní odtok Base flow – BF (Bedient, Huber, 2002).

Daňhelka (2007) definuje přímý odtok jako součet povrchového a podpovrchového odtoku v daném povodí. Podmínkou tohoto odtoku je, že musí přímo reagovat na srážkovou událost. Infiltrace tohoto odtoku je dána terénem a land use, které ovlivní rychlé složky odtoku (přímého odtoku).

Základní odtok je zásobován vodou z mělkých podzemních vod, jejichž hladina je navyšována srážkou, která prosakuje skrze půdní profil. Základní odtok může být oddělený od celkového odtoku řadou metod, což posléze vede ke stanovení BF, DRO a celkového hydrografu (Bedient, Huber, 2002).

4 Metodika

4.1 Materiál

Práce byly prováděny na povodích Jenínského potoka

Číslo hydrologického pořadí Jenínského potoka je 1-06-01-138.



Obr.11.: Lokalizace Jenínského potoka v rámci ČR

Jedná se o lokalitu, kde JČU od roku 2005 znovu obnovila monitoring hydrometeorologických charakteristik. Jedná se o experimentální lokalitu. Povodí Jenínského potoka nalezneme v Jihočeském kraji u obce Jenín poblíž Horního Kaliště. Správní jednotkou dané oblasti je město Dolní Dvořiště. Sledované území je rozděleno na dvě subpovodí (mikropovodí) J1 a J2 o rozloze 46,81 ha a 55,21 ha. Většinu těchto území zabírají pastviny a louky. Jenínský potok je pravostranný přítok Rybnického potoka. Tyto oblasti byly původně zemědělskou ornou půdou.

Tab.2.: Obvod a plocha Jenínského potoka - subpovodí J1 a J2

<i>Subpovodí na Jenínském potoce</i>		
	J1 (Jižní)	J2 (Severní)
<i>Obvod (km)</i>	3,47	3,06
<i>Rozloha (ha)</i>	46,81	55,21

Povodí je monitorováno od 80.let 20.století pracovníky Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Tab.3.: Max. a min. výšky v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

<i>Nadmořská výška</i>		
<i>Nejvyšší bod celého povodí</i>	Žibřidovský vrch	870 m.n.m.
<i>Nejvyšší bod J1 a J2</i>	Babín	868 m.n.m.
<i>Nejnižší bod</i>	Závěrový profil	638 m.n.m.
Pozn. Všechny výšky jsou - Balt po vyrovnání (Bpv)		

Nejvyšším bodem pro obě povodí je Žibřidovský vrch o nadmořské výšce 870 m.n.m. (viz tab.3.), který leží mimo (severně) od vyznačených subpovodí. Nejvyšší bod, který se nachází v subpovodích, je vrch Babín 868 m.n.m.



Obr.12.: Vrstevnicový model subpovodí Jenínského potoka J1 (dole) a J2 (nahore)

Na obr.12. si lze díky vrstevnicím představit, kudy povedou spádnice od nejvyššího bodu Babín (západ) k uzávěrovým profilům (východ). Zároveň z nich lze odvodit pravděpodobné dráhy soustředěného otoky v případě srážky.

Jenínský potok se řadí do klimatického regionu MT3:

- Jarní průměrná teplota 6 - 7 °C
- 20 – 30 letních dnů
- červencová průměrná teplota 16 – 17 °C
- Roční úhrn srážek ve vegetačním období 350 – 450 mm
- Podzimní průměrná teplota 6 - 7 °C
- Počet dní se srážkou 100 – 110 dní
- Srážky mimo vegetační období 250 – 300 mm
- Počet dní se sněžením 40 – 50 dní
- Trvání sněhové pokrývky 60 – 100 dní
- Počet jasných dní 40 – 50 dní
- Počet dní s bouřkou 20 – 25 dní

	TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ			
	T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá	
LetD	50-60	60-70	20-30		30-40			40-50		0-20		10-30		
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160								80-120	120-140
MD	100-110		110-130	130-160	110-130	130-140	110-130			160-180	140-160			
LD	30-40		40-50				30-40			60-70		50-60		
°C I	-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3	-4 - -5	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3		-6 - -7	-4 - -5	-3 - -4	
°C IV	8-9	9-10	6-7						7-8		2-4		4-6	
°C VII	18-19	19-20	16-17				17-18			12-14	14-15	15-16		
°C X	7-9	9-10	6-7				7-8			4-5	5-6	6-7		
s ¹ mm	90-100	80-90	120-130	110-120		100-120			90-100	120-140	140-160	120-130		
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450			400-450		350-400	600-700		500-600		
s VZ	200-300		250-300						200-250		400-500		350-400	
sp	40-50		80-100	60-100	60-80	60-100	60-80		50-60	140-160	120-140	100-120		
o>0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160	120-150						130-150	150-160	
o<0,2	40-50	50-60	40-50			50-60	40-50			30-40		40-50		

Obr.13.: Charakteristiky klimatických oblastí ČR dle Quitta

(<http://www.ovocnarska-unie.cz>)

Quittova klasifikace klimatu je efektivní klasifikaci podnebí. Existuje 14 klimatologických charakteristik, které pomáhají území zařadit do jednotlivých

klasifikací. Země se dělí na 23 jednotek, přičemž Česká republika spadá do tří částí a to do teplé, mírně teplé či chladné viz obr.13.

Zájmové území náleží podle geomorfologického členění Demek (1965) do provincie Česká vysočina, subprovincie Šumavská soustava, oblasti Šumavská hornatina, celku Šumavské podhůří, podcelku Českokrumlovská vrchovina, okrsku Rožmberská vrchovina.

Skalní podklad tvoří zhruba v hranicích Šumavského podhůří odděleného zlomovým pásmem od Kaplické brázdy biotiticko – muskovitické svorové ruly a svory moldanubika s vložkami kvarcitů a kvarcitických rul. Podklad zbylé části území je tvořen převážně vyvřelinami moldanubického plutonu, biotitickým granodioritem a křemenným dioritem. K nejrozšířenějším typům migmatitu náleží porfyrický granodiorit weinsberského typu a dále biotitický a křemenný diorit (zčásti porfyrický) freistadtského typu. Čtvrtohorní pokryv tvoří v bezprostředním okolí vodních toků delubiofluviální, převážně písčitohlinité až hlinitopísčité sedimenty, v jejich širším okolí pak nacházíme deluviální a soliflukční sedimenty (Svoboda, 1964).

Pokud bychom chtěli vyčlenit zastoupení HPJ (hlavních půdních jednotek), pak by převažovaly – HPJ 34, HPJ 37, HPJ 40, HPJ 50, HPJ 73 a HPJ 75. Jedná se převážně o kambizemě. Od HPJ 50 výše se jedná o oglejené kambizemě.

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

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

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

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

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

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

(<http://eagri.cz>)

ZEMAV Dolní Dvořiště s.r.o. je společnost, která v současné době hospodář s Jenínským potokem. Společnost sídlí nedaleko v Dolním Dvořišti (hraniční přechod).

Zemědělská činnost v zájmové oblasti je omezena na extenzivní chov dobytka BTPM (bez tržní produkce mléka). V celém povodí je na pastvinách o rozloze 249 ha chováno cca 380 krav a 200 telat masných plemen skotu. A to Aberdeen Angus, Simentál (masný typ) a Charolais. Stáda jsou přes zimu ustájena a na pastvě jsou od května do listopadu. Stádo je na jedné pastvině po celé období pastvy (maximálně dochází k příčnému přehrazení pastvy a tím k oddělení částí, které pást nechceme) (Moravcová, 2011).

Zatravnění nebylo provedeno VÚMOP, nýbrž samotnými zemědělci.

Z tab.4. je zřejmé, že převládajícím typem land use na obou subpovodích jsou pastviny. Tuto skutečnost vhodně dokresluje obr.14., kde jsou jednotlivé typy land use barevně rozlišeny.

Subpovodí J1 je tvořeno převážně pastvinami. Živočišná výroba na této ploše je omezena pouze na chov dobytka bez tržní produkce mléka (BTPM). Drenáž v lokalitě je sice již zastaralá, ale stále je z větší části schopna plnit svou funkci. Les, který pokrývá 10% plochy, je druhým největším typem land use v subpovodí. Tato plocha již nepatří do zemědělského půdního fondu a je tvořena především

jehličnatými lesy, někde dokonce smrkovou monokulturou. Tyto lesní komplexy slouží převážně k lesnímu hospodaření, a proto v nich jen ojediněle lze nalézt jinou dřevinu, jako např. borovici, dub, buk, modřín, topol, olši či jeřáb. Okraje lesních ploch mají velmi krátké keřové a bylinné okraje, takže nemohou působit jako celistvý či doprovodný prvek v krajině, narozdíl od drobných remízků, skupin dřevin (enkláv), které jsou přímo na pastvinách. Tyto celky jsou tvořeny rozmanitou skladbou dřevin, převážně listnatých, ve kterých jsou zastoupeny dokonce i ovocné stromy (jabloň, hrušeň, třešeň). Většina těchto enkláv má i vhodné keřové patro a poskytuje tak úkryt zvěři a chovanému skotu.

Zemědělské dvory zde zastupují pouze mizivé procento a jedná se převážně o okrajovou část subpovodí J1.

Subpovodí J2 je také převážně tvořeno pastvinami. Živočišná výroba je zde stejná jako v subpovodí J1. Navíc se však na těchto pastvinách nacházejí krmná a napájecí místa. Rovněž tak jsou zde místa, kde se dobytek koncentruje a často lehá, což dokazuje holá a udusaná část pastviny, která se v případě deště stává bahnitou a stojí zde voda. Tato místa, kde se dobytek sdružuje a lehá, jsou pochopitelně zdrojem vysoké koncentrace exkrementů. Při větší srážce zde může dojít k velkému smyvu, jak do povrchového, tak i do podpovrchového a podzemního odtoku, čímž dojde k navýšení některých sledovaných prvků ve vodoteči – zejména dusíku. Podobný problém nastává i se zastavěnou plochou v subpovodí J2. Objekt, který se v této oblasti nachází, nemá zjevně dobře vybudovanou kanalizaci. Ta prosakuje a splachy z ní mohou opět ovlivnit měření. Špatné těsnění septiku je indikováno vegetací, která je charakteristická pro lokalitu vysokou koncentrací N a P, především se jedná o kopřivu dvoudomou. Lesní plochy jsou zde o něco větší než v subpovodí J1. Zabírají 14,7% a spolu s křovinami 7% jsou důležitou složkou krajiny.

Pokud bychom chtěli stanovit strukturu krajiny celé lokality, tedy jak J1 tak i J2 dohromady, došli bychom k tomuto závěru: Krajinná matice (matrix) je zde plocha využitá jako pastvina, plošky jsou zde zastoupeny lesem a křovinami a konečně koridory jsou charakterizovány vodotečemi a cestami. O tomto rozdělení krajinného rázu píší například Demek (1999), Semorádová (1998) a Sklenička (2003).

Nutno dodat, že obecně je dnes velmi moderní zatravňovat plochy. V praxi se využívá řada druhů trav a jetelovin, které mají vysokou produkci a jsou vhodné k pastvě a zároveň jsou velmi odolné vůči sešlapávání dobytkem, jak o tom píší

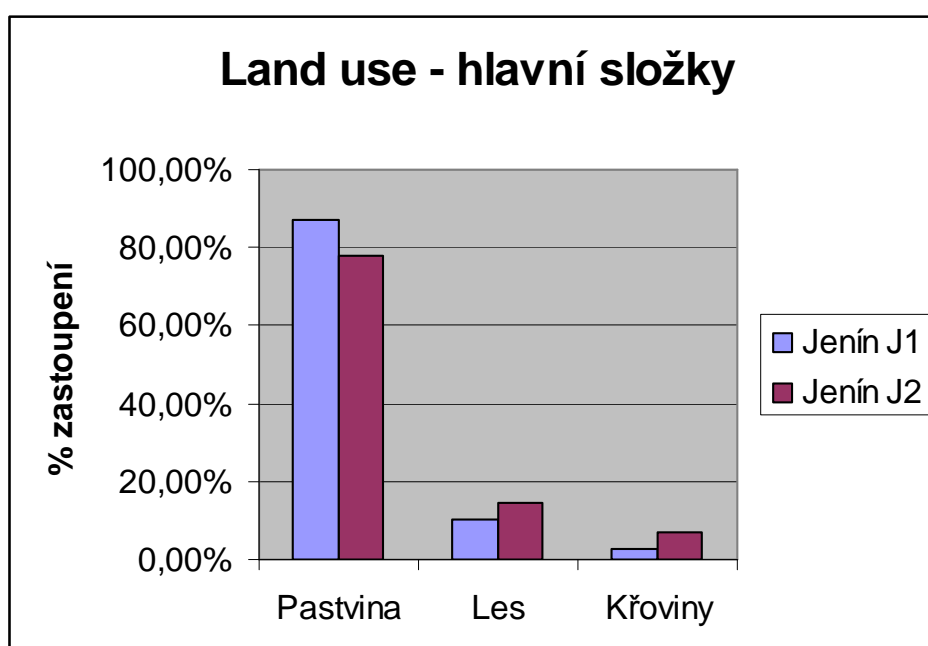
například Piro, Wolfová (2008). Bylino-travní směsi mají výhodu v druhové rozmanitosti – diverzitě, zachycují povrchovou vodu a ukládají ji do podpovrchové vody, někdy až do podzemní vody a navíc pokud je zatravnění provedeno na orné půdě, tak zabraňuje velkému vyplavování živin a napomáhá k fragmentaci krajinné mozaiky.

Tab.4.: Land use v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

Land use	Jeník J1	Jeník J2
<i>Pastvina</i>	87,2 %	78,2 %
<i>Les</i>	10,0 %	14,7 %
<i>Křoviny</i>	2,7 %	7,0 %
<i>Zemědělské dvory</i>	0,1 %	0,0 %
<i>Nepropustné úseky</i>	0,0 %	0,1 %

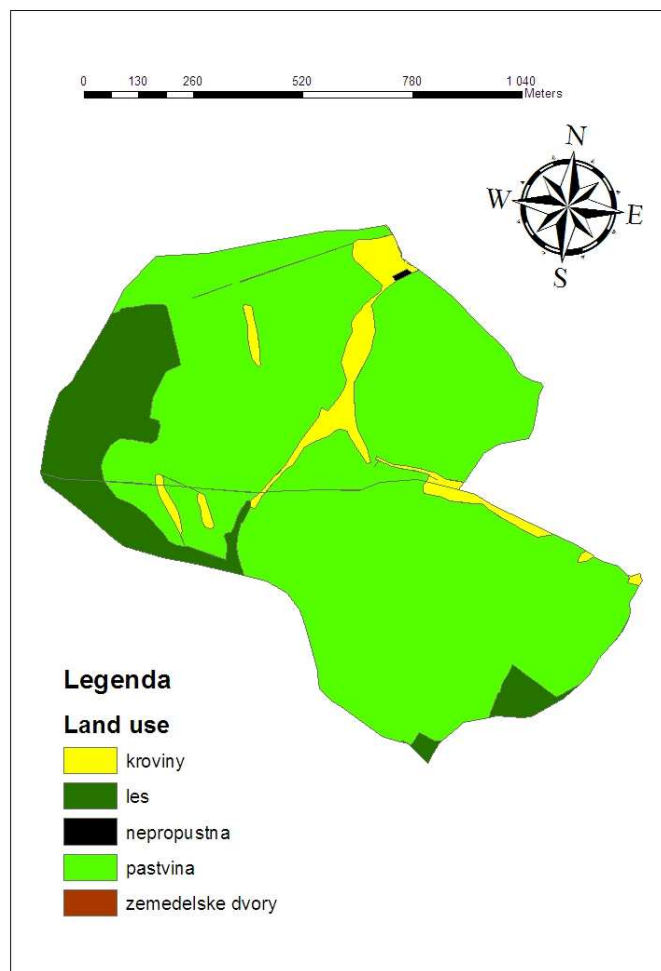
Tabulka ilustruje, jak jsou zastoupeny všechny prvky land use ve vybraných subpovodích. Včetně těch prvků, které mají mizivé zastoupení a tedy nulovou výpovědní hodnotu (nepropustné úseky a zemědělské dvory). Pokud bychom se vrátili v čase před zatravnění, pak by procentuální zastoupení orné půdy na subpovodích odpovídalo zastoupení pastvin v současném stavu.

Graf 1.: Zastoupení složek land use na subpovodí J1 a J2



Tento graf znázorňuje zastoupení tří hlavních složek land use na obou subpovodích. Pokud jde o pojem land use, tak Sklenička (2003) tento pojem definuje jako atributy krajiny v prostoru a čase. Každá z forem land use má specifické požadavky na danou lokalitu a díky nim lze specifikovat vhodou formu využití území.

Z grafu je jasné, že hlavním využitím krajiny jsou pastviny pro skot. Les a křoviny zde sice ohraničují a doplňují pastevní oblasti, jejich důležitost však není zanedbatelná, protože tvoří biocentra a biokoridory v dané lokalitě. Tento stav je pro lepší přehlednost zobrazen na obr. 14 níže.



Obr.14. Grafické rozdělení land use na subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

4.2 Metody

4.2.1 Mapové podklady GIS užití v diplomové práci

GIS je organizovaný soubor počítačového hardwaru, softwaru a geografických údajů (naplněné báze dat) navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací (<http://gis.izscr.cz>).

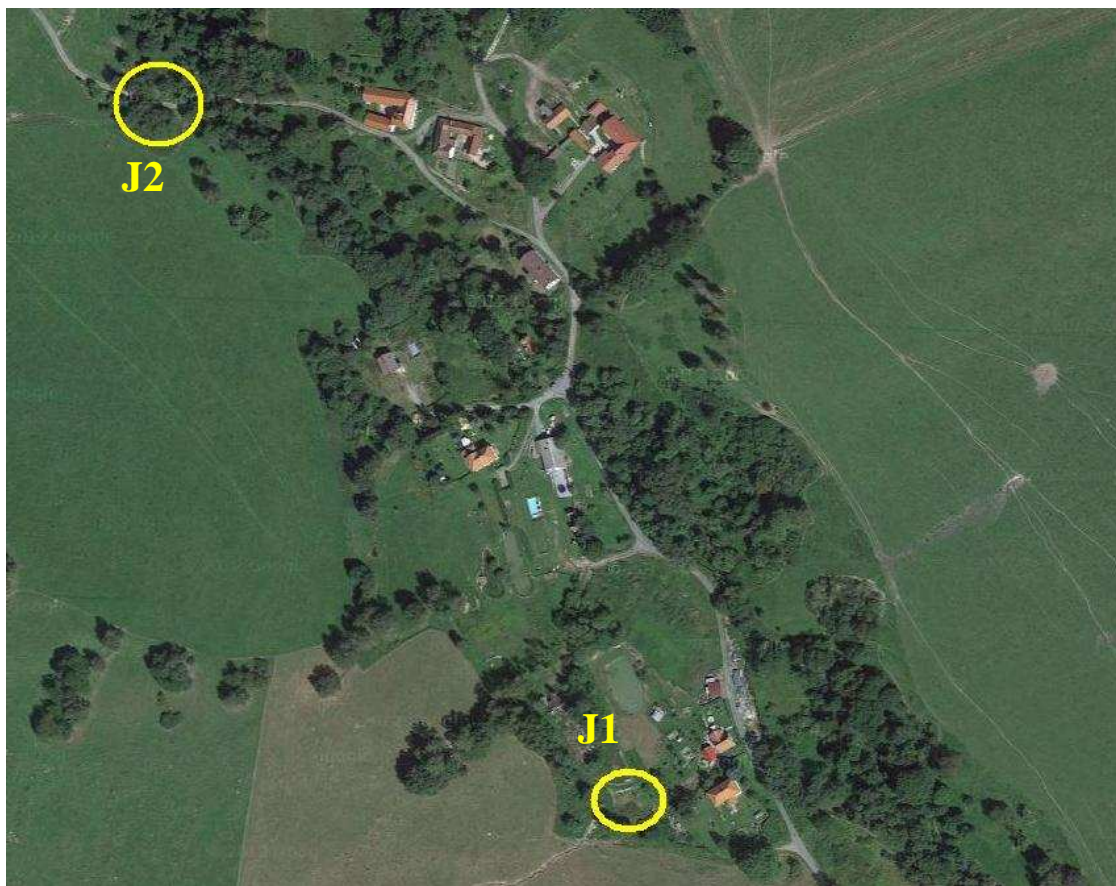
Vrstvy s příslušnými daty pro práci v GIS:

Názvy vrstev:

- Rozvodnice – vrstva polygonů (mnohoúhelníků), polygon definující povodí je zkonstruován tak, aby definovala plochu, ze které veškerá voda odtéká jedním uzávěrovým profilem
- Subpovodí - vrstva polygonů (mnohoúhelníků), polygony v této vrstvě dělí rozvodnici na dílčí subpovodí (pro naši diplomovou práci subpovodí J1 a J2)
- Land use – vrstva polygonů, která rozděluje subpovodí na polygony (mnohoúhelníky, celky) se stejným využitím (pole, pastviny a louky, lesy, vodní plochy, intravilán, ...), v datových tabulkách (properties) je textový popis polygonu
- BPEJ – vrstva polygonů, která rozděluje subpovodí na polygony (mnohoúhelníky, celky) podle jejich kódu BPEJ (z kterého lze odvodit i kód HPJ), datové tabulky obsahují číselné kódy polygonů
- Vrstevnice – vrstva linií (křivek, spojnic), obsahuje údaje o nadmořských výškách na jejichž základě jsou křivky symbolizující vrstevnice konstruovány

4.2.2 Měřicí aparatury

Každé subpovodí má svou vlastní měřicí aparaturu. Na každé lokalitě je normovaný V-přepad tzv. Thomsonův přepad.



Obr.15.: Umístění měřících aparatur

Na obr.15. jsou vyznačená místa, kde jsou umístěny měřicí aparatury. Obě místa jsou relativně dobře přístupná a chráněná. Okolí je dobře udržované a měřicí profily jsou udržovány v čistotě, aby nedošlo ke zkreslování měřených výsledků.



Obr.16.: Thomsonův přepad na J1

Přelivy jsou zařízení, která umožňují měřit průtok přímo do nádoby, popřípadě pomocí výšky přepadajícího paprsku vypočítat průtok. Jsou zhotoveny z plechu s trojúhelníkovým výřezem a různým vrcholovým úhlem. U Thomsonova přelivu je geometrie výřezu v podobě rovnoramenného trojúhelníku a přepadová výška je měřena z vrcholu trojúhelníku kolmo k hladině toku. Přesnost záleží i na kvalitě provedení přelivné hrany. Návodní plocha přelivu musí být svislá a hladká.

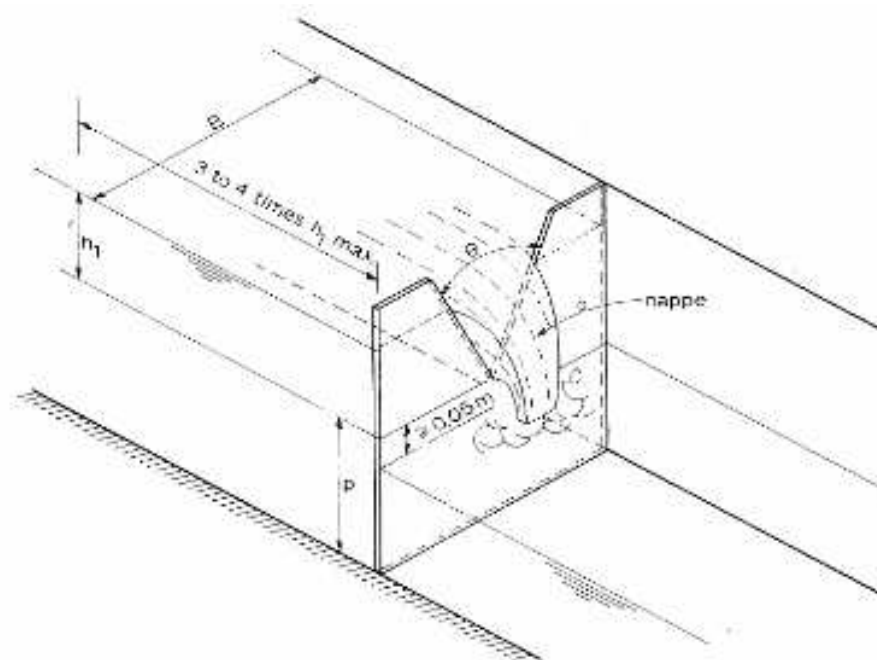
Měrný přeliv nesmí být obtékán ani podtékán. Nejčastěji se Thomsonův přeliv používá k měření vydatnosti pramenů a na malých tocích. Měrnými přelivy lze měřit průtoky jen při vhodných podmínkách, např. dostatečný sklon terénu potřebný pro jejich vybudování a poměrně malý průtok (Kříž, Kupčo, Sochorec, 1979).

Rovnice pro přepadový průtok má tvar :

$$Q = f(h)$$

$$Q = 1,4 h^{5/2} \quad (1)$$

Pro $0,05 \text{ m} < h < 0,18 \text{ m}$. Pro správnou funkci Thomsonova přelivu musí platit $B/h > 8$, respektive $s/h > 3$. kde s je výška přelivné hrany nade dnem (Roub, Pech, 2003).



Obr. 17.: Thomsonův přeliv – schéma

(Bos, 1976)

Pro zaznamenávání úhrnů srážek je v měřicích soustavách jednočlunkový srážkoměr, přičemž v aparatuře na J1 je vyhříváný, v aparatuře na J2 nikoliv. Vyhříváná verze zabraňuje zamrzání přístroje a umožňuje i měření pevných srážek (sníh, kroupy).

Funkce jednočlunkového srážkoměru - počet překlopení člunku je zaznamenáván na datalogger. Tento datalogger je propojen s mechanismem člunku srážkoměru a pomocí tohoto propojení zaznamená uzavření události, kterou je v tomto případě právě překlopení člunku. K překlopení je automaticky zaznamenán datum a čas překlopení. Čas je měřen v předem nastavených intervalech (většinou s přesností na půl desetiny sekundy) (Daňhelka, 2007).



Obr.18.: Člunkový srážkoměr a odběrná nádoba

4.2.3 Monitoring

Průtoky byly měřeny na všech zvolených profilech ultrazvukovými měřiči výšky vodní hladiny (US1200) doplněnými záznamovými jednotkami (M4016) od firmy Fiedler-Magr. Hodnoty průtoků a výšek hladin jsou zaznamenávány datalogery (zařízení pro sběr a ukládání analogových anebo binárních informací) za normálních odtokových podmínek v desetiminutovém intervalu a v průběhu extrémních srážko-odtokových událostí s minutovým časovým krokem. Hodnoty jsou softwarem ukládány do tabulek, které následně lze vyhodnotit.



Obr.19.: Měřicí aparatura nad přepadem na J1

K vyhodnocení naměřených dat byl využit software MOST, rovněž vyvinutý firmou Fiedler-Magr, který především sloužil k revizi dat od chyb způsobených zanesením odběrného profilu nečistotami, jako jsou větve, listy, vegetace či výpadky napájení čidel nebo záznamové jednotky nepříznivými klimatickými podmínkami atd.

Během roku je na jednotlivých profilech prováděn diskretní monitoring jakosti vody, a to v měsíčních intervalech. Odběry jsou doplněny kontinuálním monitoringem jakosti vody v průběhu extrémních srážko-odtokových událostí (např. bouřka), kdy se časový krok odběru pohybuje v závislosti na době trvání události v řádu hodin. Toto vzorkování je nyní na všech odběrných profilech zajištěno prostřednictvím kontinuálního automatického vzorkovače ISCO 6712 s možností odběru až 24 vzorků vody v jednom cyklu programu. Automatický vzorkovač díky proměnnému nastavení může flexibilně reagovat na začátek srážko-odtokové události. Díky tomu je zajištěno rovnoměrné rozložení jednotlivých vzorků, jak na vzestupné, tak na sestupné větvi hydrografu popisujícího srážko-odtokovou událost (Moravcová, 2011).

Odebrané vzorky jsou odesílány do akreditované laboratoře, kde dojde k jejich analýze. Jednotlivé analýzy jsou prováděny podle standardních analytických metod a hotové výsledky jsou zasílány zpět majiteli měřící aparatury v tištěné či digitální podobě.

5 Výsledky a diskuse

Stažený soubor z měřící aparatury obsahuje tabulky dat, které zahrnují základní charakteristiky odtoku, průtoky, srážky a jejich chemismus, hodnoty sledovaných prvků a sloučenin, separaci odtoku - jednotlivé složky odtoku v časových intervalech (dny, měsíce).

Z tabulek vyjmeme sloupce s celkovým fosforem a fosforečnanovým iontem. Z dat ve sloupcích vyhotovíme grafy koncentrace (jako zdrojová data nám budou sloužit časové řady a hodnoty celkového fosforu a jeho fosforečnanového iontu).

Dále ze získaných dat vyhodnotíme následující veličiny – minimum, maximum, medián, průměr, směrodatnou odchylku, variační koeficient a percentil C_{90} .

Minima a maxima nám ukazují krajní body intervalu, ve kterém jsou naměřené hodnoty námi vybraného prvku.

Průměr a medián jsou podobné hodnoty. Medián je definován jako prostřední hodnota uspořádané řady hodnot (Petráčková, 2001). Veličina je s alespoň 50% pravděpodobností menší nebo rovna mediánu a s alespoň 50% pravděpodobností větší nebo rovna mediánu (Abrhánová, 1997).

Percentil je zajímavá hodnota. Percentil dělí statistický soubor na setiny. Jako k-tý percentil označujeme $Q/100$. Percentil je jednaprocentní, dvouprocentní atd. až 99% kvantil. Nazývají se posléze první, druhý atd. až devadesátý devátý percentil (Abrhánová, 1997).

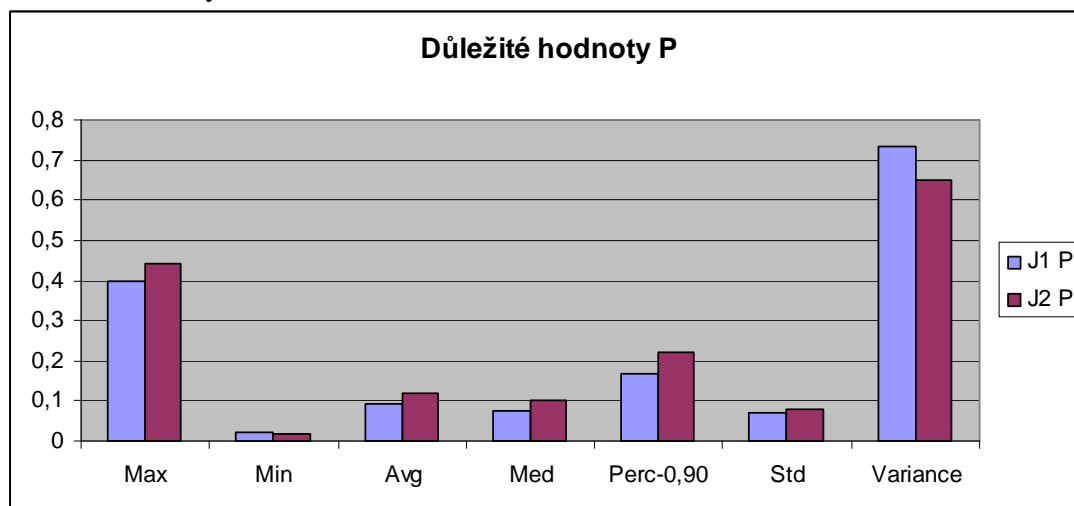
Směrodatná odchylka udává, jak se jednotlivé hodnoty liší od středové hodnoty. Variační koeficient poukazuje na rozkolísanost dat. Čím je rozkolísanost menší, tím o stabilnější data se jedná.

Tab.5.: Základní hodnoty a parametry celkového fosforu na J1 a J2

	J1	J2
	P	P
Max	0,4	0,44
Min	0,024	0,019
Avg	0,09482	0,11921
Med	0,0745	0,1
Perc-0,90	0,1667	0,2193
Std	0,069574	0,077508
Variance	0,733753	0,65018

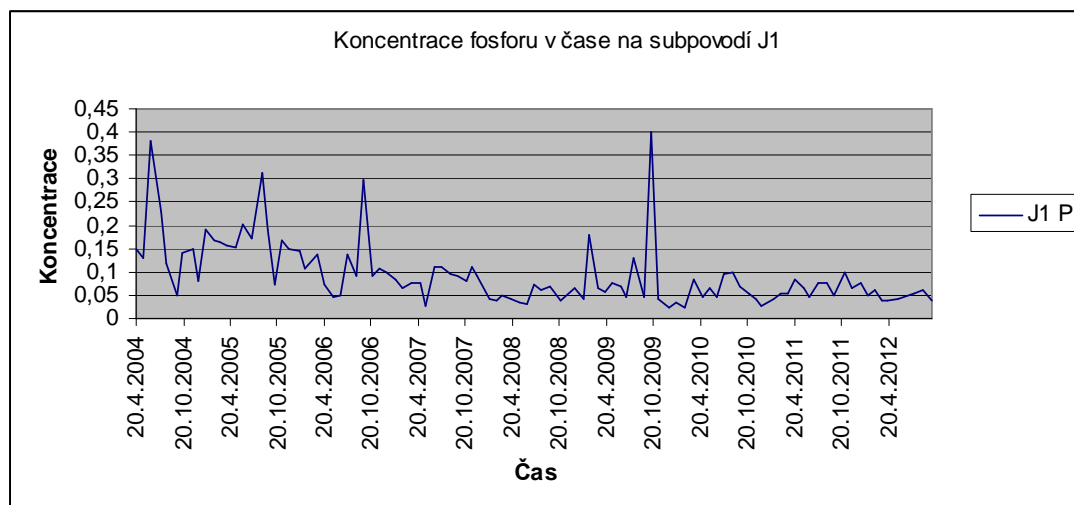
Tabulka obsahuje data, která jsme vyhodnotili v programu Excel (Microsoft office). Podkladem byla data získaná z měřících aparatur na subpovodích J1 a J2. Důležitý je také počet vstupních hodnot, které jsou v programu označeny jako n-měření. U celkového fosforu je to 79 měření. Počet měření je na J1 i J2 stejný.

Graf 2.: Hodnoty celkového fosforu na J1 a J2



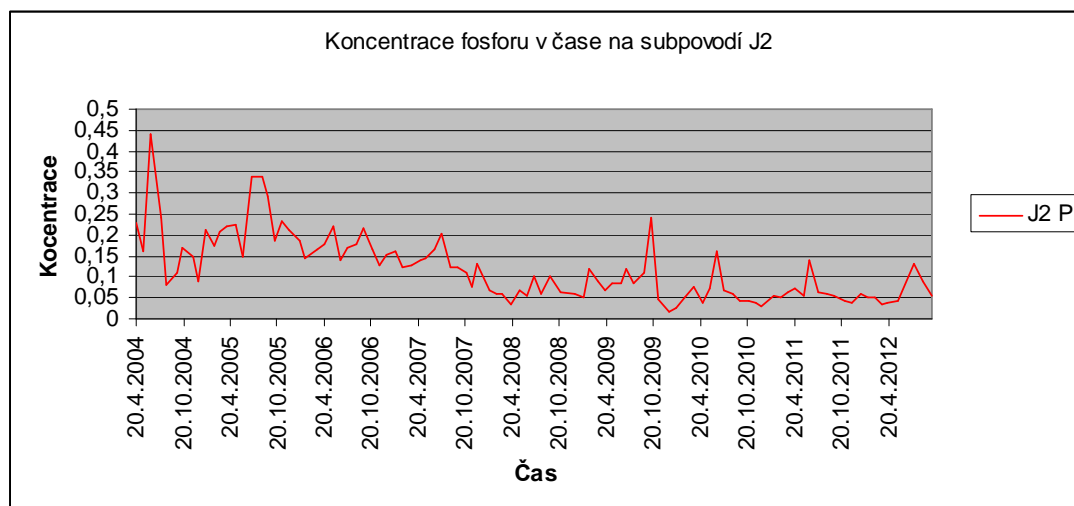
Z grafu 1. je patrné, že většina sledovaných hodnot nabývá větších hodnot na subpovodí J2. To znamená, že na subpovodí J2 je při srážce větší koncentrace celkového fosforu v odtékající vodě než na subpovodí J1. Konkrétní číselné hodnoty jednotlivých sledovaných parametrů jsou uvedeny v tab.5.

Graf 3.: Celková koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu od roku 2004 na subpovodí J1



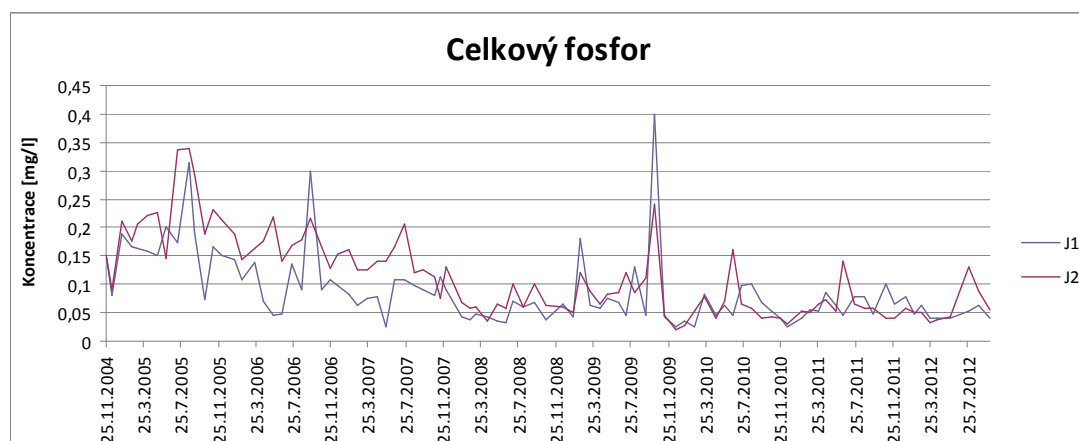
Průběh grafu zobrazuje hodnoty koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu mezi roky 2004 až 2012 na subpovodí Jenínský potok J1. Z grafu je patrné, že maximálních hodnot bylo dosaženo v roce 2004 (květen), kdy byla naměřená hodnota celkového fosforu 0,37 mg/l a 2009 (říjen), kdy byla naměřená hodnota celkového fosforu 0,4 mg/l. Pokud by byla průměrná hodnota takto vysoká 0,4 mg/l, pak už by jakost vody spadala do třetí nikoli druhé kategorie jakosti vody (viz norma ČSN 75 7221). Z grafu je však jasné, že průměrná hodnota i přes tyto vysoké výkyvy bude nižší.

Graf 4.: Celková koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu od roku 2004 na subpovodí J2



Průběh grafu zobrazuje hodnoty koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu mezi roky 2004 až 2012 na subpovodí Jenínský potok J2. Z grafu je patrné, že maximálních hodnot bylo dosaženo v roce 2004 (květen), kdy byla naměřená hodnota celkového fosforu 0,45 mg/l, 2005 (červen až srpen), kdy byla naměřená hodnota celkového fosforu 0,34 mg/l a 2009 (říjen), kdy byla naměřena hodnota celkového fosforu 0,25 mg/l. Opět platí, že pokud by byla průměrná hodnota vyšší než 0,4 mg/l, pak už by jakost vody spadala do třetí nikoli druhé kategorie jakosti vody (viz norma ČSN 75 7221). Z grafu je však jasné, že průměrná hodnota i přes tyto vysoké výkyvy bude nižší.

Graf 5.: Celkový fosfor obou subpovodí



Výše uvedené grafy 3, 4 a 5 poukazují na hodnoty celkového fosforu na obou subpovodích od roku 2004 do roku 2012. Svislá osa je koncentrace v mg/l. Abychom mohli data porovnat, potřebujeme vědět, jaké jsou povolené hodnoty. Norma ČSN 75 7221 *Jakost vod - Kvalifikace jakosti povrchových vod* udává povolené hodnoty prvků ve vodě. Přípustné hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže (viz tab.6.). Průměrné hodnoty celkového fosforu jsou 0,09482 na J1 a 0,11921 na J2. Obě subpovodí tedy spadají do II. třídy a to znamená, že voda je obvykle vhodná pro většinu užití, zejména pro vodárenské účely, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu vodou. Voda má krajínotvornou hodnotu.

Ostatní kategorie jsou kvůli porovnání rozepsány níže.

Tab.6.: Povolené hodnoty podle normy ČSN 75 7221 Jakost vod. Kvalifikace jakosti povrchových vod

Obecné, fyzikální a chemické ukazatele						
Ukazatel	Jednotka	Třída				
		I	II	III	IV	V
koduktivita	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	> 160
rozpuštěné látky	mg/l	< 300	< 500	< 800	< 1200	> 1200
nerozpuštěné látky	mg/l	< 20	< 40	< 60	< 100	> 100
rozpuštěný kyslík	mg/l	> 7.5	> 6.5	> 5	> 3	< 3
BSK ₅	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	> 15
CHSK _{Mn}	mg/l	< 6	< 9	< 14	< 20	> 20
dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	> 13
celkový fosfor	mg/l	< 0.05	< 0.15	< 0.4	< 1	> 1

Třídy jakosti povrchových vod: I. velmi čistá voda, II. čistá voda, III. znečištěná voda, IV. silně znečištěná voda, V. velmi silně znečištěná voda.

I. třída - Voda je obvykle vhodná pro všechna užití, zejména pro vodárenské účely, potravinářský a jiný průmysl, požadující jakost pitné vody, koupaliště, chov lososovitých ryb. Voda má velkou krajinnotvornou hodnotu

II. třída - Voda je obvykle vhodná pro většinu užití, zejména pro vodárenské účely, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu vodou. Voda má krajinnotvornou hodnotu

III. třída - Voda je obvykle vhodná jen pro zásobování průmyslu vodou. Pro vodárenské využití je podmíněčně použitelná jen v případě, že není k dispozici zdroj lepší jakosti, a to za předpokladu použití vícestupňové technologie úpravy. Voda má malou krajinnotvornou hodnotu.

IV. třída - Voda je obvykle vhodná jen pro omezené účely.

V. třída - Voda se obvykle nehodí pro žádný účel.

(Melčáková, Kupka, 2009)

Pokud je využití půdy jiné, mění se výrazně hodnota odneseného fosforu. Například Moravcová (2011), které prováděla měření celkového fosforu na Kopaninském potoce, kde převažuje orná půda, naměřila znatelně vyšší hodnoty

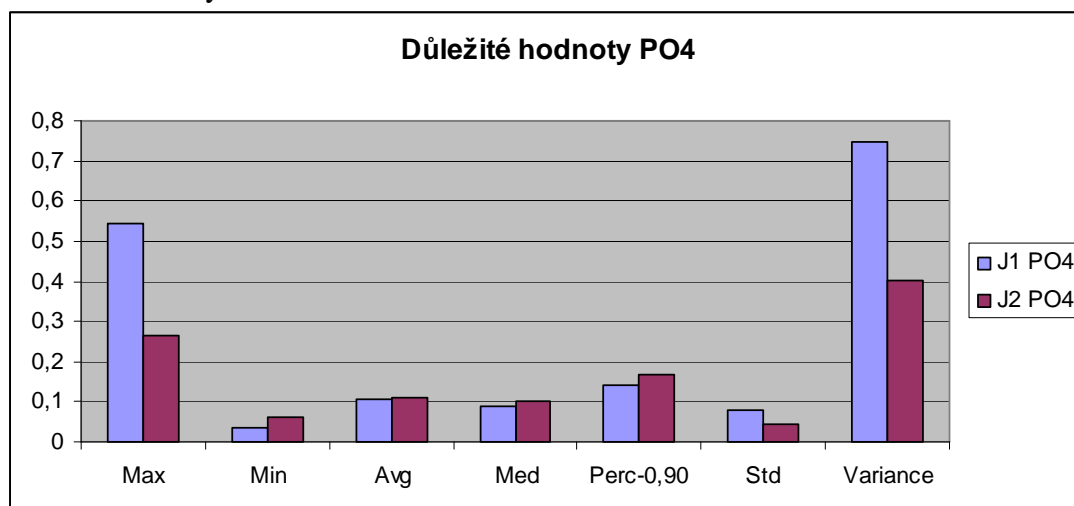
odneseného celkového fosforu, než je na sledovaných subpovodích uvedených v této diplomové práci.

Tab.7.: Základní hodnoty a parametry fosforečnanového iontu na J1 a J2

	J1	J2
	PO4	PO4
Max	0,543	0,267
Min	0,037	0,061
Avg	0,106945	0,112418
Med	0,088	0,101
Perc-0,90	0,1404	0,1688
Std	0,079821	0,045113
Variance	0,746374	0,401293

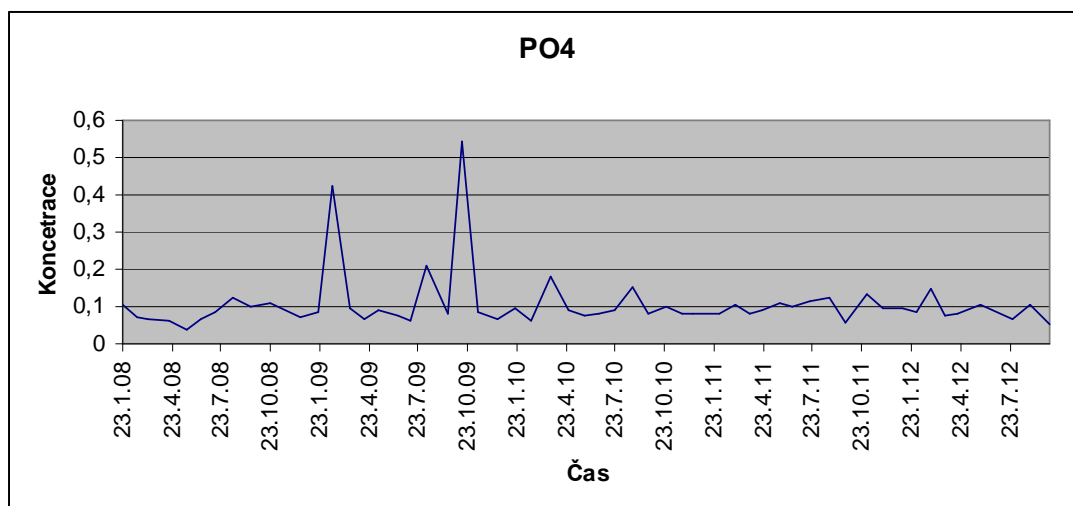
Tabulka obsahuje data, která jsme vyhodnotili v programu Excel (Microsoft office), podkladem byla data získaná z měřících aparatur na subpovodích J1 a J2. Důležitý je také počet vstupních hodnot, které jsou v programu označeny jako n-měření. U celkového fosforečnanového iontu to bylo 55 měření. Počet měření je na J1 i J2 stejný.

Graf 6.: Hodnoty fosforečnanového iontu na J1 a J2



Z grafu 6. je patrné, že většina sledovaných hodnot nabývá větších hodnot na subpovodí J1. To znamená, že na subpovodí J1 je při srážce větší koncentrace celkového fosforu obsaženého ve fosforečnanovém iontu PO₄ v odtékající vodě, než je na subpovodí J2. Konkrétní číselné hodnoty jednotlivých sledovaných parametrů jsou uvedeny v tabulce výše (viz tab.7.).

Graf 7.: Fosforečnanový iont v časovém horizontu od roku 2008 na subpovodí J1



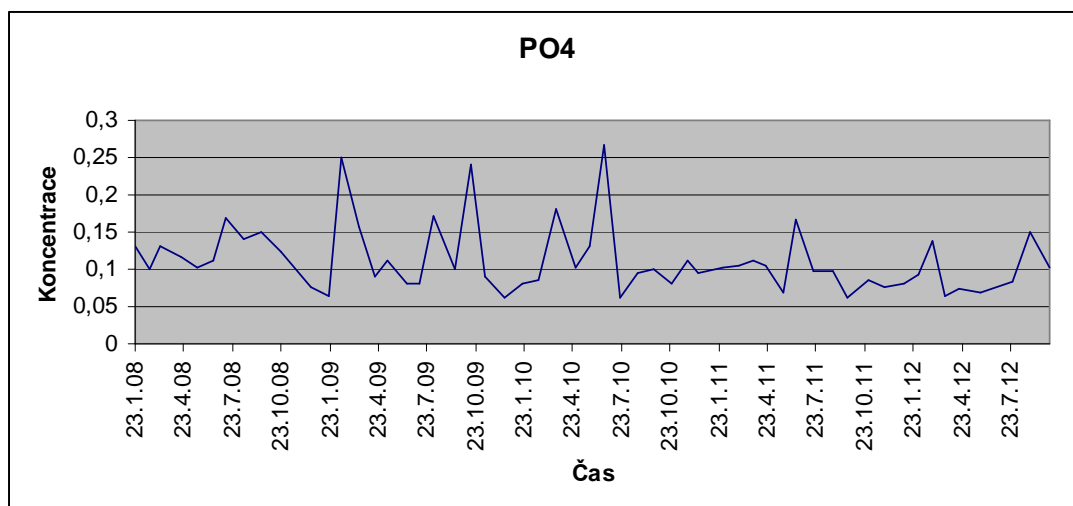
Průběh grafu zobrazuje hodnoty koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 v časovém horizontu mezi roky 2008 až 2012 na subpovodí Jenínský potok J1. Z grafu je patrné, že maximálních hodnot bylo dosaženo v roce 2009 (únor), kdy byla naměřená hodnota koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 0,42 mg/l a 2009 (říjen), kdy byla naměřená hodnota koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 0,55 mg/l.

Je třeba si ale uvědomit, že celkový fosfor, který je v těchto iontech obsažen, bude mnohem menší, protože iont PO_4 obsahuje 4 kyslíky na jeden fosfor. Norma však řeší i koncentrace této sloučeniny ve vodě. Přepočítání na celkový fosfor obsažený v iontu PO_4 provedeme pomocí trojčlenky. Pokud známe koncentraci PO_4 v mg/l a také molární hmotnost jednotlivých prvků v iontu, pak můžeme dopočítat i celou molární hmotnost iontu PO_4 .

mol. hmotnost PO_4 (známe)	koncentrace PO_4 (známe)
mol. hmotnost P (známe)	koncentrace P (neznámá)

Průměrná hodnota na J1 je 0,106945 mg/l a z toho je 0,034879 mg/l fosforu (je třeba dodat, že by do výpočtu fosforu patřil ještě fosfor organický, který bohužel v datech nemáme). To znamená, že kvalita vody z hlediska obsahu PO_4 je velmi dobrá a lze ji zařadit do první kategorie, ale nezapomínejme na to, že v hodnotě není organický fosfor, a proto je tato hodnota orientační a pouze potvrzuje kvalitu vody podle celkového fosforu viz výše.

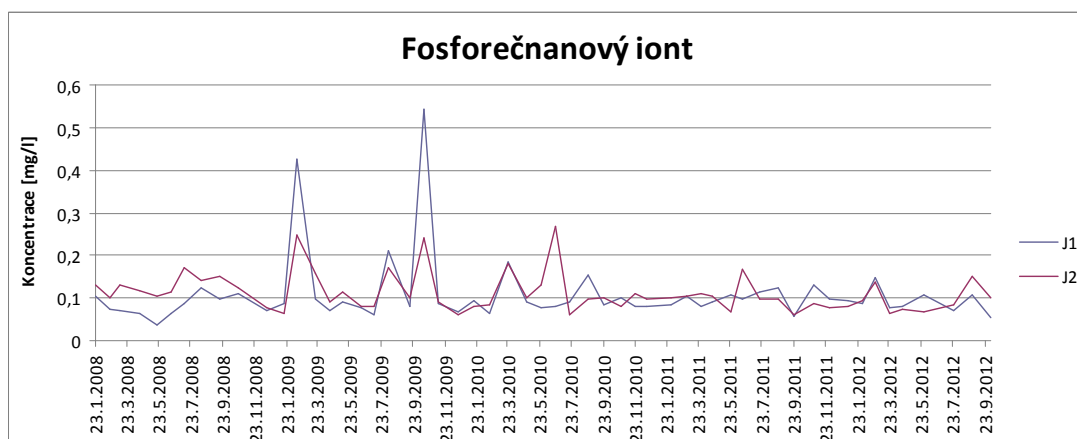
Graf 8.: Fosforečnanový iont v časovém horizontu od roku 2008 na subpovodí J2



Průběh grafu zobrazuje hodnoty koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 v časovém horizontu mezi roky 2008 až 2012 na subpovodí Jenínský potok J2. Z grafu je patrné, že maximálních hodnot bylo dosaženo v roce 2009 (únor), kdy byla naměřená hodnota koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 0,25 mg/l, 2009 (říjen), kdy byla naměřená hodnota koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 0,23 mg/l a 2010 (červen), kdy byla naměřená hodnota koncentrace fosforečnanového iontu PO_4 0,27 mg/l.

Průměrná hodnota na J2 je 0,106945 mg/l a z toho je 0,036664 mg/l fosforu (je třeba dodat, že by do výpočtu fosforu patřil ještě fosfor organický, který bohužel v datech nemáme). To znamená, že kvalita vody z hlediska obsahu PO_4 je velmi dobrá a lze ji zařadit do první kategorie, ale nezapomínejme na to, že v hodnotě není organický fosfor, a proto je tato hodnota orientační a pouze potvrzuje kvalitu vody podle celkového fosforu viz výše.

Graf 9.: Fosforečnanový iont obou subpovodí



Z grafu obou povodí je patrné, že zatímco na J1 došlo ke dvěma velkým výkyvům, které byly patrně způsobeny velkou srážkovou událostí, tak na J2 došlo sice ke třem událostem, ale koncentrace PO_4 v nich zdaleka nebyla tak vysoká, jako byla na J1. Nicméně ve výsledném zhodnocení jsme zjistili, že tato vychýlení nemají v celkových průměrech skoro žádnou váhu a že je mnohem důležitější dlouhodobý stav na subpovodích.

Například Salvia-Castellvi a kol. (2005) poukazuje na to, že to, jak jsou odnášeny látky za normálního vodního stavu, je dáno land use. Při extrémní srážce je klíčovou součástí povrchový odtok a ten se stává transportním médiem pro některé prvky jako je fosfor, dusík, pesticidy, ... Tento fakt je potvrzen i v grafech. Při extrémní srážce je koncentrace odplaveného fosforu mnohem vyšší.

6 Závěr

Na obou subpovodích převládají pastviny. Tato kultura má velmi dobrý potenciál k zachycení srážek a ke zbrzdění odtoku. Povrchový odtok a kinetická energie srážek vyplavuje půdu a vymílá z ní prvky a jejich sloučeniny. Tyto prvky jsou splavovány a jejich koncentrace je monitorována měřicími aparaturami na měřících profilech. Vzorky jsou odebrány a následně vyhodnoceny v akreditované laboratoři. Výsledná data jsou vyhodnocena v tabulkách a jejich hodnoty jsou porovnány s popisem daného území. Vzhledem k tomu, že na většině území převládá pastva dobytka bez tržní produkce mléka, lze předpokládat, že i tato činnost bude ovlivňovat látkové pochody ve vybraných subpovodích. Pokud je totiž některá část pastviny abnormálně vyhledávána dobytkem, například okolí krmiště, dochází zde k výraznému narušení povrchu a bude zde docházet k masivnějšímu vymílání látek z půdy. Při vyhodnocení dat bylo zjištěno, že hodnoty celkového fosforu jsou v rozmezí druhé kategorie jakosti vody, tedy že tato voda je obvykle vhodná pro většinu užití, zejména pro vodárenské účely, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu vodou a že tato voda má krajinnotvornou hodnotu. Během sledovaného období mezi roky 2004 až 2012 došlo jen k několika výchytkám, jak je dobře patrné z vyhodnocených dat v grafu. Tyto výchytky charakterizují extrémní události na povodí, mohou sem patřit například delší období dešťů, či tání sněhu. Při těchto událostech mohlo dojít k výrazně vyšším odtokům a je tedy logické, že i koncentrace odplaveného fosforu musela být větší. Nicméně tyto výchytky nemají příliš významnou hodnotu v celkové průměrné hodnotě fosforu v subpovodích. Záleží totiž především na rovnoměrnosti a vyrovnanosti ostatních údajů, tedy na, tom jaké jsou koncentrace vyplaveného fosforu mimo tyto výchytky v průběhu celého roku nebo v průběhu několika let.

Vyhodnocení bylo provedeno na základě normy ČSN a pro kontrolu byl kromě celkového fosforu sledován ještě fosforečnanový iont PO_4 , který je rovněž obsažen v normě a také na základě jeho koncentrace lze provést určení kategorie jakosti vody. Iont byl sledován v kratším časovém období a to sice od roku 2008 do roku 2012. Jeho hodnoty jsou rovněž vcelku vyrovnané až na několik odchylek, které byly opět způsobeny extrémními událostmi. Mezi tyto události může opět patřit delší období dešťů, či jarní tání. Pomocí molární hmotnosti jsme orientačně zjistily přibližnou hodnotu fosforu v iotech a potvrdili tak předchozí kategorii kvality vody.

Vzhledem k tomu, že vybrané lokality byly dříve využívány pro pěstování kulturních plodin v konvenčním zemědělství, byl zde velký předpoklad, že dusík, fosfor a draslík, které jsou obsaženy v průmyslových i organických hnojivech, mohou být v půdním fondu obsaženy ve vyšších koncentracích a může hrozit jejich vymývání do povrchových i podzemních vod. Je třeba si uvědomit, že u pitné vody musí být limity jednotlivých koncentrací prvků striktně dodržovány. Díky zatravnění na pastvinách však dochází k fixaci těchto látek a jejich koncentrace ve vodních tocích je v bezpečných a přijatelných hodnotách.

Práce tedy dokazuje, že současný trend zatravnění některých ploch, který má sloužit ke snížení eroze a zamezovat vyplavování některých látek a tím současně zabránit eutrofizaci toků, je krok správným směrem. Obdobné studie prováděné na subpovodích s ornou půdou, na které se intenzivně hospodaří, mají alarmující výsledky z hlediska vyplavených koncentrací jednotlivých látek. Zájmová lokalita, na které je výzkum v rámci diplomové práce prováděn, je navíc v oblasti LFA a je tedy ideální právě pro zatravnění či převod orné půdy na pastviny či louky.

Závěr je tedy takový, že koncentrace sledovaných látek v subpovodích nedosahuje vysokých či kritických koncentrací, a to díky způsobu využití území a jeho lokalitě. Práce dokazuje, že zatravnění má pozitivní dopad na koncentraci vyplavených látek v subpovodích Jenínského potoka J1 a J2 a tím pozitivně ovlivňuje kvalitu vody.

Pokud budeme nahlížet na jednotlivá subpovodí individuálně, pak subpovodí J1 má větší podíl pastvin než J2 a to může mít za následek dobré zasakování srážek, ale nebude mít dobu zdržení takovou jako les či křoviny.

Oproti tomu subpovodí J2, které má větší podíl právě těchto prvků land use (les, křoviny), bude mít teoreticky větší schopnost zasakovat srážky, delší dobu zdržení srážek, větší podíl výparu v evapostranspiraci a i lepší schopnost zasakovat vodu do podzemních zdrojů. Je ale zajímavé, že výsledky průměrné koncentrace celkového fosforu říkají pravý opak, a sice že hodnoty vyplaveného celkového fosforu na J2 jsou vyšší. Je však důležité si uvědomit, že roli zde hraje i rozloha povodí, na kterém se prvky vyplavují. J2 je o necelých 9 ha větší a vzhledem k tomu má i větší plochu k akumulaci odnášeného fosforu.

7 Souhrny

7.1 Seznam použité literatury

1. Abrhánmová, J. Všeobecná encyklopedie ve čtyřech svazcích – 3.díl. Encyklopedie Diderot, Praha 1997, 740 s.
2. Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. Aplikovaná hydrologie. Vydal Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Vodňany 2008, 256 s.
3. Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. Aplikovaná hydrologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany 2010. 350 s.
4. Anorganické fosforečnany [online]. c2001, last revision 20th of September 2008 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.labtestsonline.cz/tests/Phosphorus.html?tab=3>>.
5. Bedient, P.C., Huber, W.C. Hydrology and floodplain analysis – Third Edition. Prentice Hall, London 2002, 763 s.
6. Bos, M.G. Discharge Measurement Structures. International Institute for Land Reclamation and Improvement / ILRI Wageningen, The Netherlands 1976, 401 s.
7. Braniš, M. Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Vydalo nakladatelství Informatorium, spol. s r.o., Praha 1997, 143 s.
8. Bratrych, V. Živel Voda. Vydala © Agentura Koniklec v Praze, Praha 2005, 295 s.
9. Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, Cambridge 2005, 605 s.
10. Cyklus fosforu a PeakFosfor [online]. c2013, last revision 12th of July 2010 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://sobestacnost.cz/PHPBB3/viewtopic.php?t=233>>
11. Daňhelka, J. Operativní hydrologie: Hydrologické modely a nejistota předpovědí. Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha 2007, 104 s.
12. Demek, J. Geomorfologie českých zemí. Nakladatelství Československé akademie, Praha 1965, 334 s. In: Moravcová, J. Vliv krajinných struktur na vybrané ukazatele jakosti vody při zvýšených průtocích jako podklad pro projekci KPÚ : disertační práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita,

- Fakulta zemědělská, 2011. 143 l., 8 l. příl. Školitel disertační práce prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
13. Demek, J. Úvod od krajinné ekologie. Univerzita Palackého, Olomouc 1999, 102 s.
 14. Dunajský, M.K. (2008) Odstraňování fosforu z odpadních vod pomocí přírodních způsobů čištění. Venkovská krajina 2008, Hoštětín 2008.
 15. Eutrophication [online]. c2013, last revision June 2010 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.tokresource.org/tok_classes/enviro/syllabus_content/5.4_eutrophication/index.htm>
 16. Giller, R.S., Hildrew, A.G., Raffaelli, D.G. Aquatic Ecology – scale, pattern and process. Published for the british ecological society by Blackwell science, Cork 1992, 650 s.
 17. GIS portál [online]. c2013, last revision 21st of February 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://gis.izscr.cz/wpgis/>>.
 18. Glenday, C. Guinness world records 2008. Vydalo Nakladatelství Slovart, s.r.o., Praha 2007, 286 s.
 19. Grayson, B.R., Argent, R.M., Nathan, J.R., McMahon, T.A., Mein, R. Hydrological recipes estimation techniques in Australian hydrology. Cooperative Research Center for Catchment Hydrology, Australia 1996, 125 s.
 20. Grünwald, A. Hydrochemie. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, Praha 1993, 176 s. In: Pokorná, Z. Porovnání jakosti vody na zemědělsky využívaném povodí v letech 1983 – 1985 a současným stavem : diplomová práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta zemědělská, 2009. 65 l., 0 l. příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Žlábek.
 21. Hartman, K., Příkryl, I., Štědranský, E. Hydrobiologie. Vydalo nakladatelství Informatorium, spol. s r. o., Praha 1998, 335 s.
 22. Heald, H. Guide to Vitamins, Minerals and Supplements. Reader's Digest Association Limited, London 2000, 416 s.
 23. Hesslerová, P. Funkce krajiny a prostorové metody. Ochrana přírody ročník 61[online]. 2006, č. 9. Dostupný na World Wide Web: < <http://www.is-pop.cz/ris/ekodisk-new.nsf> >, s. 259-261.

24. Heteša, J., Marvan, P., Skácelová, O., Kopp, R. Řasy a sinice mokřadů Dolního Podyjí (Algae and Cyanobacteria in Wetlands of the Lower Dyje River Basin). Folia Forestalia Bohemica, Kostelec nad Černými lesy 2012, 168 s.
25. Hlavní půdní jednotky [online]. c2013, last revision 18th September 2011 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eagri.cz/public/web/mze/>>
26. Hudec, I., Stanko M. Všeobecná ekológia. Univerzita P.J. Šafárika, Košice 2001. 116 s. In: Barabas, D. Labunová, A. Vybrané kapitoly z biogeografie pre geografov. Univerzita P. J. Šafárika, Košice 2009, 80 s.
27. Hudec, K., Kolibáč, J., Laštůvka, Z., Peňáz, M. Příroda české republiky průvodce faunou. Vydala Academia, Praha 2007. 439 s.
28. Chapman, T.G., Maxwell, A.I. Baseflow separation – comparison of numerical methods with tracer experiments. Institute Engineer Australia National Conference, Australia 1996, s. 539 - 545
29. Charakteristiky klimatických oblastí ČR dle Quitta [online]. c2013, last revision March 2006 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ovocnarska-unie.cz>>
30. Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. Malé vodní toky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1984, 256 s.
31. Kaufnerová, V. Sinice a řasy zatopených lomů - Sborník pracovního semináře. ZČU v Plzni, Srní 2007, 54 s.
32. Kliner, K., Kněžek, M. Metoda separace podzemního odtoku při využití pozorování hladiny podzemní vody. Vodohospodářský časopis SAV, č.5 sv. 22, Bratislava 1974.
33. Koloběh vody v přírodě [online]. c2013, last revision September 2009 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.aquaclear.cz/kolobeh-vody-v-prirode.html/>>.
34. Kořínek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., Pražáková, M. (1987) Carp ponds of Central Europe. In: Michael, R. G. Managed aquatic ecosystems, Chapter 3: pages 29-62. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ.
35. Kříž, V., Kupčo, M., Sochorec, R. Měření průtoků. Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1979. In: Juračková, P. Hydraulické parametry hornin v oblasti Dolní Rožínky: diplomová práce. Brno: Masarikova

- univerzita, Fakulta přírodovědecká, Brno 2009. 75 l., 0 l. příl. Vedoucí diplomové práce Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.
36. Kulhavý, Z., Kolář, P. Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 2000, 123 s.
37. Kvítek, T. Využití a ochrana vodních zdrojů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice 2005, 169 s.
38. Kvítek, T., Žlábek, P., Bystřický, V., Fučík, P., Lexa, M., Gergel, J., Novák, P., Ondr, P. Changes of nitrate concentrations in surface waters influenced by land use in the crystalline complex of the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth* 34, 2009, s. 541 – 551. In: Moravcová, J. Vliv krajinných struktur na vybrané ukazatele jakosti vody při zvýšených průtocích jako podklad pro projekci KPÚ: disertační práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta zemědělská, 2011. 143 l., 8 l. příl. Školitel disertační práce prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
39. Lellák, J., Kubíček, F. *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Praha 1991. 257 s.
40. Lichner, L'. *Vodoodpudivost' půdy*. Ústav hydrologie SAV, Bratislava 2003, s. 309 – 320.
41. Loehr, R.C. *Pollution Control for Agriculture*. Academic Press, INC, New York 1987, 383 s.
42. Marendiak, D., Kopčanová, L', Leitgeb, S. *Polnohospodárska mikrobiológia*. Vydala Priroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, n. p., Bratislava 1987, 433 s.
43. Maršálek B., Müller B. Znečištění povrchových vod živinami: Příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace. Sborník konference Praha, Praha 2009. In: Novotná, M. Počítačové modelování znečištění v přírodě s využitím Maple. *Universitas masarykiana brunensis*, Brno 2010, 72 s.
44. McCuen, R.H. *Hydrologic Analysis and Design*. Prentice Hall, New York 1998. In: Bedient, P.C., Huber, W.C. *Hydrology and floodplain analysis – Third edition*. Prentice Hall, London 2002, 763 s.
45. Melčáková, I., Kupka, J. *Metody studia ekosystémů – studium vodních ekosystémů*. Modelová studie tekoucích vod. Vydala Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2009, 27 s.
46. Modelování hydrologických procesů 1 [online]. c2013, last revision 22nd of January 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web:

- <<http://hydro.natur.cuni.cz/jenicek/download.php?akce=dokumenty&cislo=15>>
47. Moldán, B., Zýka, J., Jeník, J. Životní prostředí očima přírodovědce. Vydalo nakladatelství Academia, Praha 1979, 166 s.
 48. Moravcová, J. Vliv krajinných struktur na vybrané ukazatele jakosti vody při zvýšených průtocích jako podklad pro projekci KpÚ : disertační práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta zemědělská, 2011. 143 l., 8 l. příl. Školitel disertační práce prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
 49. Novotná, M. Počítačové modelování znečištění v přírodě s využitím Maple. Universitas masarykiana brunensis, Brno 2010, 72 s.
 50. Novotny, V. Water Quality. John Wiley & Sons. New Jersey 2003, 864 s.
 51. Nutrients [online]. c2013, last revision 21st February 2012 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://wetlandinfo.derm.qld.gov.au/wetlands/ScienceAndResearch/ConceptualModels/Palustrine/NonFloodplainTreeSwamp/NonFloodplainTreeSwampNutrients.html>>
 52. Odběry a rozborry rybníčních a říčních sedimentů [online]. c2013 [cit. 2013-03-02]., Dostupné na World Wide Web: <<http://www.zuhk.cz/rybnicni-a-ricni-sediment>>.
 53. Odum, E. P. Ecology and Our Endangered Life-Support Systems. Sinauer Associates, Sunderland 1993, 301 s.
 54. Orolinová, M. Chémia a životné prostredie. Vydala Trnavská univerzita v Trnave – pedagogická fakulta, Trnava 2009, 120 s.
 55. Paul, E.A., Clark, F.E. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, San Diego, 912 s.
 56. Pecharová, E., Svoboda, I., Vrbová, M. Obnova jezerní krajiny pod krušnohorskými horami. © Lesnická práce, s.r.o., 2011, 112 s.
 57. Petráčková, V. Akademický slovník cizích slov. Academia Praha, Praha 2001, 835 s.
 58. Phosphorus cycle [online]. c2013, last revision March 2010 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www2.lwr.kth.se>>
 59. Piro, Z., Wolfová, J. Conservation of the carpathian grassland diversity. Projekt UNDP-GEF 2255/1705, © FOA Nadační fond pro ekologické zemědělství, Praha 2008, 108 s.

60. Pitter, P. Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha 2009, 592 s.
61. Roub, R., Pech, P. Hydraulika příklady. Vydala Česká zemědělská univerzita v Praze – CREDIT, Praha 2003. In: Juračková, P. Hydraulické parametry hornin v oblasti Dolní Rožínky: diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta přírodovědecká, Brno 2009. 75 l., 0 l. příl. Vedoucí diplomové práce Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.
62. Salvia-Castellvi, M., Iffly, J.F., Borght, P.V., Hoffmann, L. Dissolved and particulate nutrient export from rural catchments a case study from Luxembourg, Science of Total Environment 344, Luxembourg 2005, s. 51-65
63. Semorádová, E. Ekologie krajiny. Univerzita J.E. Purkyně, Ústí nad Labem 1998, 116 s.
64. Serrano, S.E. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals – An Integrated Treatment of Surface, Subsurface, and Contaminant Hydrology, HydroScience Inc. 1021 Deer Crossing Way in Lexington, Kentucky 40509 U.S.A. 1997, 450 s.
65. Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděždy Skleničkové, Praha 2003, 321 s.
66. Smith, V.H., Tilman, G.D., Nekola, J.C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient input on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental pollution 100, 1999, s. 179-196
67. Svoboda, J. Regionální geologie ČSSR. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1964, 380 s. In: Moravcová, J. Vliv krajinných struktur na vybrané ukazatele jakosti vody při zvýšených průtocích jako podklad pro projekci KPÚ : disertační práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta zemědělská, České Budějovice 2011. 143 l., 8 l. příl. Školitel disertační práce prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
68. Šafarčíková, S. Živiny v krajině. Vydalo nakladatelství Daphne ČR institut aplikované ekologie, České Budějovice 2006, 16 s.
69. Šarapatka, B., Abrhamová, M., Čížková, S., Dotlačil, L., Hluchý, M., Křen, J., Kuras, T., Laštůvka, Z., Lososová, Z., Pokorný, E., Pokorný, J., Pokorný, R., Salašová, A., Tkadlec, E., Tuf, I., Vácha, M., Zámečník, V., Zeidler, M., Žalud, Z. Agroekologie východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Vydal Bioinstitut, o. p. s., Olomouc 2010, 440 s.

70. Šilar, J. Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola Báňská -Technická univerzita Ostrava, Ostrava 1996. 136 s. In: Pomije, T. Zhodnocení různých protipovodňových opatření v povodí při extrémních srážko-odtokových situacích: diplomová práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta zemědělská, České Budějovice 2011. 90 l., 12 l. příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.
71. Šimek, M., Cooper, J. E. Biogeochemical cycles of elements. Vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice 2003, 64 s.
72. The biosphere: On ecosystems, global cycles and eutrophication [online]. c2013, last revision 16th June 2011 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/ecosystem/water-cycle.php#>>
73. The phosphorus cycle [online]. c2013, last revision 23rd of June 2012 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://bhavanajagat.com/tag/phosphorus-cycle/>>.
74. Vacík, J. Přehled středoškolské chemie. SPN – pedagogické nakladatelství a.s., Praha 1999, 368 s.
75. Water cycle of hydrological cycle [online]. c2013, last revision August 2010 [cit. 2013-03-02]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/ecosystem/water-cycle.php#>>

7.2 Seznam tabulek

Tab. 1. Přehled celk. P, chlorofylu-a a průhlednosti v závislosti na úživnosti vod (Novotná, 2010)

Tab. 2. Obvod a plocha Jenínského potoka - subpovodí J1 a J2

Tab. 3. Max. a min. výšky v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

Tab. 4. Land use v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

Tab. 5. Základní hodnoty a parametry celkového fosforu na J1 a J2

Tab. 6. Povolené hodnoty podle normy ČSN 75 7221 Jakost vod. Kvalifikace jakosti povrchových vod

Tab. 7. Základní hodnoty a parametry fosforečnanového iontu na J1 a J2

7.3 Seznam grafů

Graf 1. Zastoupení složek land use na subpovodí J1 a J2

Graf 2. Hodnoty celkového fosforu na J1 a J2

Graf 3. Celková koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu od roku 2004 na subpovodí J1

Graf 4. Celková koncentrace celkového fosforu v časovém horizontu od roku 2004 na subpovodí J2

Graf 5. Celkový fosfor obou subpovodí

Graf 6. Hodnoty fosforečnanového iontu na J1 a J2

Graf 7. Fosforečnanový iont v časovém horizontu od roku 2008 na subpovodí J1

Graf 8. Fosforečnanový iont v časovém horizontu od roku 2008 na subpovodí J2

Graf 9. Fosforečnanový iont obou subpovodí

7.4 Seznam obrázků

- Obr. 1. Množství vody v globálním koloběhu v km³ (Braniš, 1997)
- Obr. 2. Koloběh vody (<http://www.tutorvista.com>)
- Obr. 3. Koloběh dusíku (<http://wetlandinfo.derm.qld.gov.au>)
- Obr. 4. Malý koloběh fosforu (<http://www2.lwr.kth.se>)
- Obr. 5. Globální cyklus fosforu (<http://sobestacnost.cz>)
- Obr. 6. Kontaminace vody v přírodě (<http://www.aquaclear.cz>)
- Obr. 7. Vznik a důsledky eutrofizace (<http://www.tokresource.org>)
- Obr. 8. Fosfor v zemědělství (<http://bhavanajagat.com>)
- Obr. 9. Schéma odtokového procesu (ČSN 736530, 1985)
- Obr. 10. Schéma srážko-odtokového procesu (<http://hydro.natur.cuni.cz>)
- Obr. 11. Lokalizace Jenínského potoka v rámci ČR
- Obr. 12. Vrstevnicový model subpovodí Jenínského potoka J1 (dole) a J2 (nahore)
- Obr. 13. Charakteristiky klimatických oblastí ČR dle Quitta (<http://ovocnarska-unie.cz>)
- Obr. 14. Grafické rozdělení land use na subpovodí Jenínského potoka J1 a J2
- Obr. 15. Umístění měřících aparatur
- Obr. 16. Thomsonův přepad na J1
- Obr. 17. Thomsonův přeliv – schéma (Bos, 1976)
- Obr. 18. Člunkový srážkoměr a odběrná nádoba
- Obr. 19. Měřicí aparatura nad přepadem na J1

7.5 Seznam norem

1. ČSN EN ISO 15681-1 (75 7464), Jakost vod – Stanovení orthofosforečnanu a celkového fosforu průtokovou analýzou (FIA) a CFA) – Část 1: Metoda průtokové injekční analýzy (FIA). CNI Praha 2005.
2. ČSN EN ISO 15681-2 (75 7464), Jakost vod – Stanovení orthofosforečnanu a celkového fosforu průtokovou analýzou (FIA a CFA) – Část 2: Metoda kontinuální průtokové analýzy (CFA). CNI Praha 2005.
3. ČSN EN ISO 6878 (75 7465), Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. CNI Praha 2004.
4. TNV 75 7466, Jakost vod – Stanovení fosforu po rozkladu kyselinou dusičnou a chloristou (pro stanovení ve znečištěných vodách), Praha 2000.
5. ČSN 73 6530, Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie, Praha 1985.
6. ČSN 75 7221, Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod, Praha 1990.
7. ČSN EN ISO 10304-1 (757391), Jakost vod. Stanovení rozpuštěných fluoridů, chloridů, dusitanů, fosforečnanů, bromidů, dusičnanů a síranů metodou kapalinové chromatografie iontů. Část 1: Metoda pro málo znečištěné vody, Praha 1997.