

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Diplomová práce

2008

Lucie Šulcová

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí



**Porovnání srážek a průtoků na lokalitě Jenín ve vztahu
ke koncentraci dusičnanů**

Vedoucí diplomové práce

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Autor

Lucie Šulcová

2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Porovnání srážek a průtoků na lokalitě Jenín ve vztahu ke koncentraci dusičnanů“ vypracovala samostatně s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Českých Budějovicích dne 4.dubna 2008

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. a celému kolektivu katedry pozemkových úprav za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

Anotace

Diplomová práce se zabývá vyhodnocením vlivu srážek na průtokové poměry drenážních systémů v povodí Jenín a vyhodnocením koncentrací dusičnanů v drenážních vodách při různých průtocích. Povodí Jenínského toku se nachází v podhůří Šumavy v blízkosti hraničního přechodu Dolní Dvořiště. Plochy povodí jsou podobně jako na většině okolních pozemků využívány extenzivně k pastvě. Uvedené ukazatele byly vyhodnoceny na dvou uzávěrových profilech odvodněných mikropovodí. Průtoky byly sledovány kontinuálně, jakost vody v přibližně čtrnáctidenním intervalu.

Vyhodnocovaný hydrologický rok 2007 byl srážkově bohatý – 892 mm srážek, což představuje vlhký rok, a to i přesto, že se na povodí vyskytlo 41 dní dlouhé bezsrážkové období. Jednotlivé průtokové charakteristiky se na obou mikropovodích výrazně neliší; je to způsobeno jak přibližně stejnou plochou, tak i shodným způsobem využívání obou povodí. I přes značně dlouhé bezsrážkové období nenastalo období s nulovým průtokem. Průběh koncentrací dusičnanů na mikropovodích se vyznačuje malými výkyvy s poměrně nízkými hodnotami (C90 koncentrací dusičnanů na jednotlivých profilech spadá do II. a III. třídy jakosti vod hodnocených dle ČSN 75 7221). Tyto hodnoty odpovídají nebo mírně překračují hodnoty sledované na ostatních podobně využívaných plochách v oblasti, ale jsou výrazně nižší než hodnoty monitorované v intenzivně zemědělsky využívaných povodích a dokládají pozitivní vliv zatravnění na znečištění drenážních a povrchových vod dusičnanovým iontem.

Annotation

The influence of precipitation on runoff characteristics of tile drainage systems and nitrate concentrations in drainage water were evaluated in this thesis. The Jeninsky stream catchment is located at the foothill of Sumava Mountains near the border checkpoint Dolni Dvoriste. Extensive agriculture (pasture) is practised in the catchment as well as in surrounding areas. Above mentioned evaluated characteristics were measured on two closure profiles of tile drained subcatchments. Discharges were measured continuously, water quality was sampled fortnightly.

Evaluated hydrologic year 2007 was rich in rainfall – the precipitation amounted to 892 mm, which is classified as a wet year, despite of 41 days long dry period. Runoff characteristics don't vary much in both subcatchments, due to similar area and land use on researched catchments. Long dry period did not cause zero discharges. The progress of nitrate concentrations in subcatchments is characterized by low variations in values. Relatively low values (90-percentil of nitrate concentrations in individual catchments belong to II. and III. class of water quality limits set by Czech legislative) occured in the catchment. These values correspond or slightly exceed values monitored on surrounding simirarly used areas, but are significantly lower than values monitored in areas, where intensive agriculture is practised. This confirms positive influence of grassing on nitrate pollution of drainage and surface water.

OBSAH PRÁCE:

1. ÚVOD	5
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	7
2.1 Koloběh vody	7
2.2 Hydrologická bilanční rovnice	8
2.3 Srážky	9
2.3.1 Srážkové charakteristiky	10
2.3.2 Měření srážek	11
2.3.3 Chemické složení srážek	12
2.4 Odtok	12
2.4.1 Odtok vody z povodí	12
2.4.2 Složky odtoku	14
2.4.2.1 Základní odtok	15
2.4.2.2 Přímý odtok	15
2.4.2.3 Drenážní odtok	16
2.4.3 Průtok	17
2.4.3.1 Měření průtoků pomocí přelivů	18
2.4.3.2 Průtok vody a odnos dusičnanů	18
2.5 Porovnání srážek a průtoků	19
2.6 Dusičnany	20
2.6.1 Geneze	21
2.6.2 Výskyt ve vodách	22
2.6.3 Vlastnosti a význam	23
2.6.4 Koncentrace dusičnanů a jejich změny	23
2.6.5 Vyplavování dusičnanů	24
2.6.6 Nitrátová směrnice	25
2.7 Odvodňování zemědělské půdy	27
2.7.1 Způsoby odvodnění	27
2.7.2 Odvodňování drenáží	28
2.7.3 Odvodnění zemědělské krajiny v ČR	29
2.7.4 Stav a funkce odvodňovacích systémů	30
2.7.5 Pozemkové úpravy na odvodněných pozemcích	30
2.7.6 Kvalita drenážních vod	31
2.8 Jakost povrchových vod	32
2.8.1 Odběr vzorků	32
2.8.2 Třídy jakosti vody	33
3. CHARAKTERISTIKA OBLASTI	35
3.1 Popis zájmové lokality	35
3.2 Geomorfologická a geologická charakteristika	36
3.3 Pedologická charakteristika	37
3.4 Hydrologické charakteristiky	37
3.5 Klimatické charakteristiky	38
3.6 Popis odběrných profilů	39
4. CÍL A METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE	40

5.	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1	Vyhodnocení srážek.....	42
5.2	Vyhodnocení srážkoodtokových poměrů	45
5.3	Vyhodnocení koncentrací dusičnanů	48
5.4	Funkčnost drenážních skupin	52
5.4.1	Mikropovodí Jenín 1	53
5.4.2	Mikropovodí Jenín 2.....	54
6.	ZÁVĚR	55
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
8.	PŘÍLOHY	61

1. ÚVOD

Voda je základním stavebním prvkem každého organismu. Bez vody není možná existence, je tedy pro život na Zemi nepostradatelná. V přírodě se vyskytuje v omezeném množství a je prostorově i časově nerovnoměrně rozložená. Význam vody nespočívá pouze v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu látek a energie v jejím oběhovém cyklu.

Hospodaření s vodou je na našem území spojeno s počátky osidlování, kdy docházelo k regulaci vodního režimu území odvodňováním bažin a močálů a zřizováním rybníků. Regulace vodních toků a výstavba retenčních nádrží měly zabezpečit ochranu území před povodněmi. Rostoucí nároky na užívání vody si vynutily výstavbu akumulacních nádrží a stále intenzivnější využívání přirozených zásob podzemní vody. Se zvyšující se hustotou osídlení rostly požadavky na zásobování pitnou vodou, odvádění a likvidaci odpadních vod. S rozvojem zemědělství souvisela potřeba závlah i odvodnění s cílem kompenzovat nerovnoměrné časové i prostorové rozložení srážek.

K největším znečištěním docházelo v zemědělství na konci 50. let a pokračovalo až do 80. let minulého století. Docházelo k rozsáhlému odvodňování zemědělské, ale i nezemědělské půdy, které mělo vést k zintenzivnění zemědělské výroby. Ze stejného důvodu docházelo k hnojení velkými dávkami hnojiv. Všechny tyto zásahy měly negativní dopad na jakost vod a došlo ke změnám vodního režimu povodí.

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

Zabezpečování vody v dostatečném množství a kvalitě je stále náročnější i u nás. V současnosti spotřeba vody domácnostmi klesá zejména z důvodu růstu cen vody a také díky úspornějším spotřebičům. Zatímco v roce 1965 byla spotřeba vody na našem území 300 litrů na osobu a den, v roce 1989 to bylo 171 l a v roce 2000 klesla spotřeba na hodnotu 110 l. Toto množství se blíží hygienickému minimu deklarovanému Světovou zdravotnickou organizací, které představuje 100 l na osobu a den. Pro srovnání se spotřeba vody na osobu a den v USA pohybuje okolo 300 l, ve vyspělých západoevropských zemích v rozmezí 150 až 200 l a v zemích třetího světa 10 l.

Stále více je kladen důraz na ochranu podzemních i povrchových zdrojů vody. Jsou prováděny výzkumy zahrnující pozorování změn v krajině vlivem činnosti člověka.

Výzkumná činnost poukazuje zejména na další vývoj a potenciální rizika a ohrožení vodního režimu krajiny. Zkoumá se například vliv lesního hospodářství nebo zemědělské činnosti v povodí. Komplexním vyhodnocením jsou definovány problémy a následně voleny metody řešení. Co se týče vodního režimu, vznikají experimentální povodí, kdy se v určitém časovém intervalu působící vlivy vyhodnotí a navrhnou se opatření.

Jedním z takovýchto experimentálních povodí je i povodí Jenínského toku. Probíhá zde výzkum zaměřený na zkoumání vlivu zemědělské činnosti na jakost vod po provedeném odvodnění. Je zkoumáno působení člověka na vodní režim, sledována velikost průtoků a koncentrací dusičnanů ve vodách. V této práci bych chtěla navázat na výzkumy probíhající v této lokalitě od 80. let minulého století a porovnat srážky a průtoky v dané lokalitě ve vztahu ke koncentraci dusičnanů v hydrologickém roce 2007.

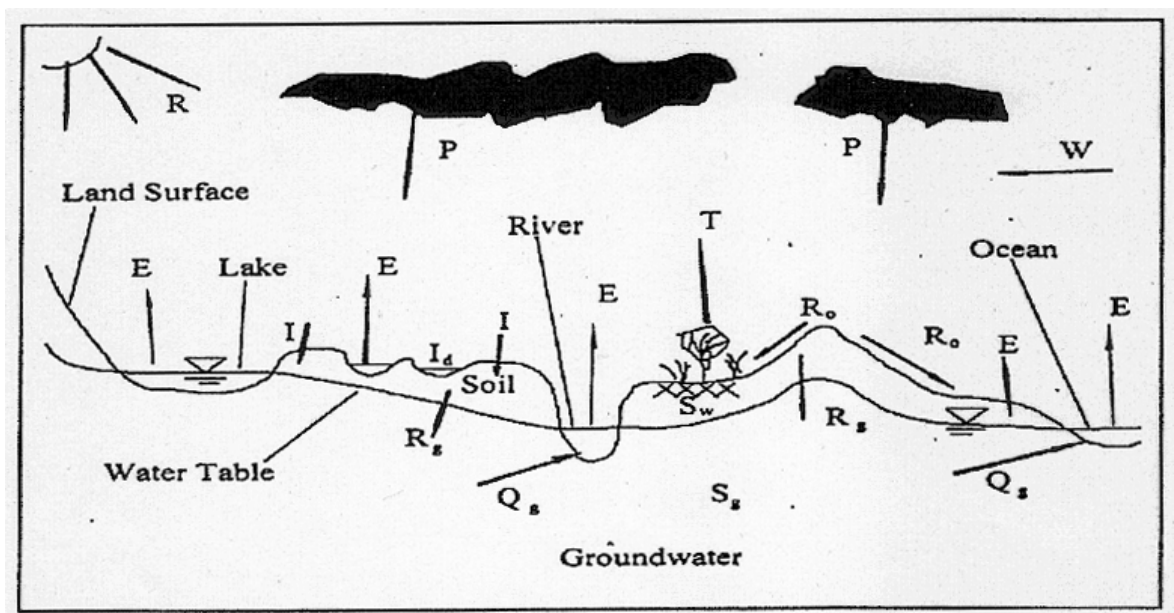
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Koloběh vody

Koloběh vody (hydrologický cyklus) je stálý oběh povrchové a podzemní vody na Zemi, při kterém dochází ke změnám skupenství. Rozhodujícím faktorem je sluneční záření. Voda se vypařuje z oceánů, vodních toků a nádrží, půdy (evaporace) a z vegetace (transpirace) a zvyšuje tak množství vodní páry ve vzduchu. Nerovnoměrné sluneční záření způsobuje rozdíly atmosférického tlaku, což má za následek různé rychlosti větru a je příčinou kondenzace páry, která dopadá vlivem gravitace na zemský povrch ve formě srážek. Část vody je zachyceno vegetací, část odtéká jako povrchová voda a část proniká do půdy a vytváří podzemní vodu (infiltrace). Podzemní voda po určité době znovu vystupuje na povrch ve formě pozvolného podzemního odtoku pramenů (drenáž podzemní vody) (SERRANO, 1997).

Rozlišujeme tzv. velký oběh, jenž je oběhem vody mezi pevninou a mořem a malý oběh, který je výměnou vláhy jen nad plochami moří, případně nad bezodtokovými oblastmi pevniny (KEMEL, 1996).

Obr. 1: Hydrologický cyklus



Zdroj.: (SERRANO, 1997).

Vysvětlivky k Obr. 1:

R – sluneční záření

E – evaporace
 T – transpirace
 W – rychlost větru
 P – srážky
 I_d – zásoby vody v terénních depresích
 I – infiltrace
 S_w – půdní vlhkost
 Q_s – podpovrchový odtok
 R_g – odtok do saturované zóny
 S_g – rezervoár podzemní vody
 Q_g – odtok podzemní vody do řek, jezer a oceánů

2.2 Hydrologická bilanční rovnice

Základními složkami oběhu vody v přírodě jsou srážky, výpar, odtok a voda akumulovaná v přirozených a umělých nádržích. Jelikož se objem vody v hydrosféře nemění, platí bilanční rovnice:

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

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

kde:

H_S atmosférické srážky
 O odtok vody
 O_V soustředěný povrchový odtok (ve vodních korytech)
 O_P nesoustředěný povrchový odtok (plošný)
 O_Z odtok podzemní vody
 O_S odtok vody do hlubších vrstev (nevyvěrá na povrch v uvažovaném území)
 H_E klimatický výpar
 H_{E(p)} výpar z půdy
 H_{E(r)} výpar z povrchu rostlin (intercepce), neproduktivní výpar části srážek zachycených nadzemními částmi porostů a předměty (10 až 50 % srážek)
 H_{E(t)} produktivní výpar z rostlin (transpirace) - dýchání rostlin, spotřeba vody rostlinami pro vlastní stavbu buněk (např. u lesních porostů 150 až 450 mm/rok)

- $H_{E(v)}$ výpar z vodní hladiny (popř. ze sněhu a ledu)
- Ω množství vody, které zvýšilo nebo snížilo zásoby povrchové a podzemní vody
- Ω_1 přírůstek nebo úbytek vody povrchové a podzemní
- Ω_2 přírůstek nebo úbytek vody v nádržích
- Ω_3 přírůstek nebo úbytek vody v ovzduší
- Ω_4 přírůstek nebo úbytek vody v biomase rostlinstva
- Ω_5 přírůstek nebo úbytek vody v biomase živočišstva
- Složky $\Omega_3, \Omega_4, \Omega_5$ jsou kvantitativně zanedbatelné a obvykle se s nimi neuvažuje (KURÍK, 2001).

Důležité je, aby se všechny prvky hydrologické bilanční rovnice vztahovaly ke stejnému období. Základním bilančním obdobím užívaným v hydrologii je hydrologický rok. Je to časově uzavřená jednotka o délce jednoho kalendářního roku volená tak, aby pevné srážky, spadlé v tomto období (např. v podobě sněhu), se mohly zúčastnit odtokového procesu ještě v rámci tohoto období. Počátek a tedy i jeho konec je obecně funkcí zeměpisné polohy (tedy i klimatu) daného místa. V České republice hydrologický rok začíná 1. listopadu a končí 31. října následujícího roku, jehož letopočtem se hydrologický rok označuje (KEMEL, 1996).

Pozn. V následujících dvou kapitolách se budu podrobně věnovat jen dvěma složkám hydrologické bilance: srážkám a odtoku, které jsou předmětem řešení této práce.

2.3 Srážky

Protože v podstatě je celý hydrologický cyklus poháněn srážkami, jsou považovány za jeho hlavní komponentu. Detailním studiem srážek a všech jejich aspektů se zabývá meteorologie. Hydrologie se srážkami zabývá zejména až po dopadu na zemský povrch (BRUTSAERT, 2005).

Základní hydrologickou úlohou jsou srážky. Naplňují řeky, jezera, vytvářejí půdní vlhkost a zvodně. Předmětem hydrologie je forma, prostorové rozložení a časová variabilita srážek v daném povodí nebo zeměpisném regionu. Základní porozumění jejich původu a vzniku pomáhá při výkladu a extrapolaci srážkových charakteristik.

Utváření srážek vyžaduje akumulaci vodní páry v atmosféře. Vodní pára je výsledkem procesu vypařování a její transport je způsoben větrem. Zlomek vodní páry

v atmosféře je velmi malý ve srovnání s množstvím jiných přítomných plynů. Vzduchová hmota může zadržet jen určité množství páry. Maximální množství vodní páry zadržené ve vzduchu je nazýváno nasycení vodní parou. Nastane-li přesáhnutí tohoto maxima, dojde ke kondenzaci a srážkový proces je zahájen. Nasycení vodní parou je funkcí teploty vzduchu. S rostoucí teplotou roste nasycení. Stejně tak nasycení s klesající teplotou klesá. Jestliže se vzduch ochladí, přebytek vodní páry začne během klesajícího nasycení kondenzovat (SERRANO, 1997).

Rozhodujícím zdrojem vody v přírodě jsou tedy atmosférické srážky – déšť a sníh. Jsou výsledkem kondenzace nebo desublimace vodní páry v ovzduší, na povrchu půdy, předmětů a rostlin. Kondenzace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného na kapalné. Desublimace je změna skupenství vody v ovzduší z plynného přímo na pevné (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002).

Podle skupenství rozlišujeme srážky kapalné např. déšť a pevné např. kroupy. Při teplotách kolem 0°C se mohou vyskytovat srážky smíšené. Podle způsobu a místa vzniku lze srážky rozdělit na:

- a) horizontální, jež se tvoří kondenzací par bezprostředně na povrchu země či předmětech, rostlinách – rosa, jinovatka, ledovka atd.,
- b) vertikální, vznikající ve volné atmosféře a podle právě existujících meteorologických podmínek z ní vypadávají vlivem gravitace jako déšť, sníh, kroupy apod. (KEMEL, 1996).

Srážky jsou jednou z hlavních částí koloběhu vody v přírodě. Průměrné množství a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou zeměpisných oblastí a rozhodujícím faktorem pro úspěšné zemědělství. Na malých povodích vznikají mimořádné povodně převážně z krátkodobých dešťů (konvenčního typu), na středních povodích z delších srážek vyvolaných frontálními systémy (zejména studené fronty) a plošně nejrozsáhlejší povodně jsou způsobeny až pětidenními srážkami vyvolanými působením tlakové níže za poměrně zřídka se vyskytujících meteorologických podmínek (KAŠPÁREK, 1997).

2.3.1 Srážkové charakteristiky

Srážky charakterizujeme jejich množstvím, trváním v čase a intenzitou, popř. specifickou vydatností. Množství spadlých srážek se udává výškou vrstvy srážkové vody

(pevné srážky rozpouštíme) na vodorovné ploše za předpokladu, že by se nevypařily, neodtékaly ani nevsákly. Výška srážek se vyjadřuje v mm, jejich trvání určujeme v minutách, hodinách, popř. dnech. Intenzitou srážek rozumíme množství srážek spadlých za minutu; specifická vydatnost je množství srážek v litrech za vteřinu spadlých na 1 ha (KREŠL, 2001).

Srážkový normál je mnoholetý průměr srážek v určitém místě za období roku, sezóny, měsíce apod. Srážky za určité období se pak hodnotí ve vztahu k srážkově normálnímu období. Srážkový den je takový den, kdy během 24 hodin spadne více než 0,1 mm srážek (KEMEL, 1996).

2.3.2 Měření srážek

Srážky měříme v síti srážkoměrných stanic. Každá stanice je vybavena srážkoměrem (ombrometrem), vybrané stanice popř. ombrografem, což je samopisný přístroj. Na těžko dostupných místech se používají totalizátory. Podle mezinárodní dohody se srážky měří v 7,00 hodin ráno a záznam o srážkách se запиše k datu předcházejícího dne (KREŠL, 2001).

Srážkoměr se skládá z válcovité srážkoměrné nádoby, nálevky a konvice. Srážkoměrná nádoba je vysoká 50 cm se zachytnou plochou 500 cm². Nálevka se stejnou zachytnou plochou jako srážkoměrná nádoba se na ni nasazuje profilovým spojovacím prstencem připojeným k plášti nálevky. Plechová konvice se volně umísťuje na dno srážkoměrné nádoby pod ústí nálevky, kterou do konvice stékají zachycené vodní srážky. Odměrka se používá k měření srážek nahromaděných v konvici. Na hladině je tenká vrstvička oleje, která chrání nashromážděnou vodu před vypařováním (KŘÍŽ, 1988).

Nejvšeobecnější obraz o srážkových poměrech daného místa podává dlouhodobý roční úhrn srážek. V České republice se pohybuje v rozpětí od 410 do 1700 mm. Pro naše území platí v zásadě rozdělení s převahou srážek v letním pololetí – od dubna do září spadne přibližně 2/3 celoročního úhrnu. Od ledna do května pozorujeme vzrůst srážkové činnosti, po srpen se udržuje na vysoké úrovni, v následujících měsících pak opět nastává pokles.

Nejnižší srážkové úhrny v Čechách pozorujeme v oblasti kolem Slaného a Žatce (povodí Ohře), na Moravě při soutoku Dyje a Svratky, 460 – 480 mm za rok. K oblastem nejbohatším na srážky patří u nás Krkonoše, Jeseníky a Beskydy s úhrny kolem 1500 mm

ročně (KEMEL, 1996). Průměrné roční srážky se pro celou Českou republiku uvádí 693 mm.

2.3.3 Chemické složení srážek

Chemické složení srážek závisí na složení a znečištění ovzduší ve střední a spodní vrstvě atmosféry. Chemické složení srážek ovlivňuje hlavně fyzikální a chemická povaha kondenzačních jader. Srážky vlastně „čistí“ atmosféru a odstraňují různými druhy srážek chemické látky v kapalném, plynném i tuhém stavu (DIVIŠ, 2005).

HLAVÍNEK, ŘÍHA (2004) uvádějí, že složení atmosférických vod ovlivňuje složení atmosféry a stupeň znečištění emisemi přírodního i antropogenního původu. Zdrojem emisí přírodního původu je například vulkanická činnost, velké lesní a stepní požáry, mikrobiální procesy atd. Z antropogenních zdrojů převládá průmyslová činnost a doprava.

2.4 Odtok

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

2.4.1 Odtok vody z povodí

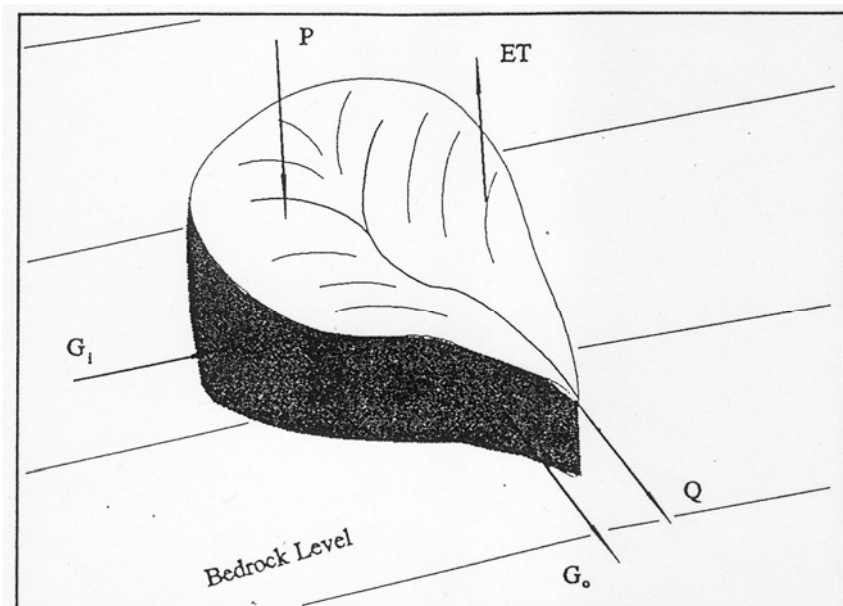
Povodí je základní hydrologickou oblastí, ve které se zkoumá odtokový proces a zjišťuje se vzájemný vztah bilančních prvků. Je to území po hydrologické stránce uzavřené, nepřitéká do něj žádná voda po povrchu ani pod povrchem a je ohraničeno rozvodnicí.

Srážky, které na povodí spadnou, vyvolávají odtok zjišťovaný v uzavíracím profilu povodí. Do uzavíracího profilu povodí se voda dostává povrchovým i podpovrchovým odtokem. Rozlišuje se povodí povrchových vod, které je ohraničeno orografickou rozvodnicí a povodí podpovrchových vod ohraničené rozvodnicí hydrogeologickou (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002).

Z veličin, které charakterizují povodí, je významná zejména jeho plocha F , kterou uvádíme v km^2 . Z dalších veličin povodí a vodních toků jsou důležité:

- délka toku L ,
- střední šířka povodí b ,
- sklon vodního toku, tj. poměr výškového rozdílu h mezi dvěma průtočnými profily (absolutního spádu) a jejich vzdálenosti l ; v promilích,
- absolutní spád povodí, tj. rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu v povodí v procentech,
- průměrný sklon povodí, tj. sklon plochy povodí v procentech,
- hustota říční sítě, tj. poměr mezi celkovou délkou všech toků v uvažovaném území a plochou povodí,
- sklon údolnice,
- absolutní spád toku, tj. rozdíl mezi nadmořskou výškou pramene a uzávěru,
- geologické poměry,
- vegetační pokryv (ŠILARŤ, 1983).

Obr. 2: Hydrologická bilance povodí



Zdroj: (SERRANO, 1997).

Vysvětlivky k Obr. 2:

P - srážky

Q - celkový odtok

G_i - přítok podzemní vody

G_0 - odtok podzemní vody

ET - evapotranspirace

ΔS - množství vody, které zvýšilo nebo snížilo zásoby povrchové a podzemní vody

Odtok vody z povodí se vyjadřuje jednoduchou bilanční rovnicí:

$$O = S - E$$

kde:

O odtoková výška

S srážky

E evapotranspirace.

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

Režim odtoku je analyzován z hledisek svých složek – přímého a základního odtoku, které se liší svou genezí. Přímá složka drenážního odtoku je odezvou na srážku nebo tání, zatímco základní složka je výslednicí dlouhodobé redistribuce podzemních vod (KULHAVÝ ET AL., 2001).

2.4.2 Složky odtoku

Odtok vody je tvořen kombinací:

- a) základního odtoku (angl. baseflow) - který je dotovaný podzemní vodou,
- b) hypodermického odtoku (angl. interflow) - rychlý podpovrchový odtok makropóry a preferenčními cestami,
- c) nasyceného povrchového odtoku (angl. saturated overland flow) - po povrchu málo propustných nebo dočasně nasycených půd, nebo z trvale nasycených zón v blízkosti vodních toků.

Hypodermický a nasycený povrchový odtok dohromady tvoří přímý odtok (angl. quick flow) - rychlý odtok v průběhu a krátce po skončení srážky. Do kategorie přímého odtoku patří rovněž hortonovský povrchový odtok, vznikající po překročení infiltračních schopností půdy a povrchové retence (NAEF ET AL., 2002).

2.4.2.1 Základní odtok

Mezi jednotlivými srážkovými obdobími je průtok v řekách zajištěn z různých zásobáren vody v povodí. V polárních a vysokohorských oblastech je hlavní zásobárnou tavná voda ze sněhu a ledovců. Právě občasné toky najdeme pouze v semiaridních oblastech. V mírném humidním pásmu je zajištěn v řekách trvalý, víceméně vyrovnaný průtok ze zásob podzemní vody – tento odtok se označuje jako základní odtok. Nicméně i v mírném pásmu se může stát, že zásoby podzemní vody se vyčerpají a řečiště s výjimkou těch největších řek úplně vyschnou.

Základní odtok je zajištěn soustředěnými vývěry vody z pramenů nebo rozptýleným průsakem – voda vyvěrá na povrch tam, kde se hladina podzemní vody protíná s povrchem terénu; množství vody, která vyvěrá na povrch je určováno sklonem hladiny podzemní vody a hydrogeologickými vlastnostmi hornin.

Dešťová nebo tavná voda prosakuje půdou k hladině podzemní vody, to vede k jejímu zvýšení a zvětšení jejího sklonu, takže voda rychleji vytéká na povrch. Toto zrychlené vyprazdňování zásob podzemní vody vede ke snížení její hladiny a zmenšení jejího sklonu a k opětovnému zmenšení přítoku do vodních toků. Z tohoto důvodu se velikost základního odtoku mění jak krátkodobě, tak sezónně.

2.4.2.2 Příímý odtok

Povrchový odtok

Srážková voda nebo voda z tajícího sněhu se ze svahů dostává do koryta vodního toku různými cestami. Jaká je cesta vody do řeky závisí nejdříve na tom, v jakém stavu je povrch půdy a následně na vlastnostech povrchových a podzemních vodních zásob. Zvláště důležité jsou pro vznik povrchového odtoku konkávní části svahů, protože koncentrují vodu, zůstávají provlhčené ještě dlouho po dešti a ve chvíli, kdy začne znovu pršet, půda je stále ještě částečně nasycená vodou.

Povrchový odtok může vznikat dvěma základními způsoby:

- a) hortonovský povrchový odtok,
- b) povrchový odtok z nasycení půdy.

Hortonovský povrchový odtok

Vzniká v případě, že intenzita srážky přesahuje infiltrační kapacitu půdy. Množství odtékající vody a hloubka vodního sloupce vzrůstají lineárně po svahu dolů (prší na celý svah + do spodní části svahu přitéká voda shora). Tato teorie předpokládá, že povrchový odtok nastane brzy po začátku přívalové srážky současně v celém povodí – to ovšem předpokládá, že prší všude stejně a všude jsou stejné infiltrační podmínky. Tento předpoklad může být splněn pouze v malých povodích, protože obzvláště infiltrační kapacita je velmi proměnlivá a to jak v prostoru, tak v čase.

Povrchový odtok ze saturace

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

Podpovrchový odtok

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

Voda se v půdě pohybuje buď rozptýleně v půdních pórech, a nebo se podzemní odtok může koncentrovat do linií – průsakové linie, tunely.

2.4.2.3 Drenážní odtok

- zvyšuje a urychluje odtok podpovrchový z odvodněné plochy oproti ploše neodvodněné,
- zvyšuje infiltraci vody do půdy a snižuje tím odtok povrchový, který transformuje na odtok podpovrchový,

- vytváří nad drény větší retenční prostor v odvodněné půdě, než může vytvořit půda neodvodněná,
- při velkých povodňových průtocích v recipientech odvodnění bývá ve výústní trati částečně zahlcen, čímž dochází ke snížení gradientu hydraulických potenciálů na odvodněné ploše a tím i ke snížení maximálních drenážních odtoků,
- má kulminaci zpravidla opožděnou za kulminací maximálních průtoků v recipientu odvodnění, kulminace drenážních vod je však dřívější, než kulminace podpovrchového odtoku z ploch neodvodněných. Při denním výpočtovém kroku se opoždění drenážního odtoku zpravidla neprojeví (ČHMÚ).

2.4.3 Průtok

Trvalou vodní sítí, tj. bystřinami, potoky, řekami, které jsou napájeny výronem podzemní vody a v období přívalových srážek i povrchově odtékající vodou, odtéká neustále určité množství vody. Základní jednotkou pro odtok vody v korytě vodního toku je průtok (KREŠL, 2001).

Pod pojmem průtok v hydrologii rozumíme objem vody, který proteče daným průřezem za jednotku doby, tj. za sekundu. Značíme ho Q a vyjadřujeme obvykle v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nebo $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$. Objem vody, který proteče průtočným průřezem za dobu delší (jeden měsíc, rok) zveme proteklým množstvím a vyjadřujeme v m^3 (KEMEL, 1996).

Měření průtoků je spolu s měřením vodních stavů velmi důležitým základem dalších hydrologických výpočtů. Průtok lze měřit:

- a) přímo, a to zjišťováním množství vody vtékající za časovou jednotku do nádoby nebo nádrže známého objemu,
- b) nepřímo, zjišťováním rychlosti proudění plovákem nebo vodoměrnou vrtulí v korytě daných rozměrů, velikosti zředění silně koncentrovaného roztoku snadno zjistitelné látky, který přivádíme do vodního toku, rozměrů vodního paprsku na přepadu známého tvaru, venturimetrem a konečně odvozením vodního stavu v průtočném profilu, je-li v něm znám vztah mezi vodním stavem a velikostí průtoků (ŠILAR, 1996).

2.4.3.1 Měření průtoků pomocí přelivů

Přelivy jsou zařízení, která umožňují měřit průtok přímo do nádoby, popřípadě pomocí výšky přepadajícího paprsku vypočítat průtok. V podstatě jde o přepážku nebo jiné zařízení zabudované kolmo na směr toku do dna. Menší přepážky se zhotovují ze dřeva, s výřezem různého tvaru, oplechovaným tak, aby se voda odváděla od konstrukce přelivu. Větší přelivy se zhotovují z ocele nebo z betonu s ostrohranným břitem na hraně přelivu.

Tvar průřezu má obvykle přesný tvar obdélníku (přeliv Ponceletův), trojúhelníku s různým vrcholovým úhlem (při úhlu 90° přeliv Thomsonův) nebo je kombinovaný. V ojedinělých případech se též využívá jiných typů přelivů, např. lichoběžníkového tvaru (Cipollettiho) apod.

Přepadová výška se měří na vodočtu nebo jiném zařízení umístěném ve vzdálenosti $2/3 h_{\max}$ (h_{\max} – největší přepadová výška) od přelivu, tj. mimo dosah snížení hladiny. Přitom přítoková rychlost nad přelivem má být prakticky nulová a přeliv nesmí být obtékán ani podtékán.

Přelivů se nejčastěji využívá při měření vydatnosti pramenů a na malých tocích, kde se měrný profil stavebně upravuje (KŘÍŽ, KUPCO, SOCHOREC, 1979).

2.4.3.2 Průtok vody a odnos dusičnanů

Při odběru vody na chemické analýzy stanovujeme také velikost průtoku. Množství odtransportovaných živin v kg za rok vychází z dílčích hodnot velikosti průtoku a kvality vody (obsah sledovaných látek) a zjistí se podle vztahu:

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

kde:

- L_{t1} látkový odnos ($\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}$)
- t_i doba trvání i -tého sledování (den)
- i i -tý interval sledování
- n počet intervalů sledování za rok
- p_i koncentrace přínosu sledované látky i -tého sledování ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
- Q_i objem průtoku vody i -tého sledování ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$)

Poněvadž v takto náhodně zvolených uzávěrových profilech zpravidla není k dispozici měrný přepad, používá se měřících metod odvozených z rychlosti průtoku vody v upraveném profilu.

Z hlediska bilančního se však musíme při tomto systému odběru a hodnocení smířit s tím, že získaný výsledek nepředstavuje průměrnou hodnotu, ale hodnotu nejčastěji se vyskytující, a že nejsou započítány odnosy při velkých průtocích, které představují na malých povodích často 30 – 50% celkového úhrnu ročních odnosů (GERGEL, 1994).

Dusík ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$)	
0 – 10	ztráty zanedbatelné
10 – 20	ztráty přiměřené
20 – 30	ztráty zvýšené, vyžadující zpřesnění kontroly systému hospodaření
nad 40	ztráty nepřiměřené, vyžadující bezodkladný zásah

2.5 Porovnání srážek a průtoků

KREŠL (2001) uvádí, že v hydrotechnické praxi mají největší význam krátkodobé deště s vysokou intenzitou zasahující území malé plošné výměry, které mají rozhodující vliv na vznik extrémních přívalových průtoků na bystřinách a povodích malé plošné výměry vůbec. Podle Hellmana jsou to deště s dobou koncentrace do 180 minut a s výškou srážek 10 až 80 mm.

Za silných dešťů nemůže vodou nasycená půda zadržet všechny srážky. Podstatná část tedy odtéká přímo do řek a jejich hladina se zvyšuje. Přívaly, často velice prudké, jsou časté a působí velké škody zejména v oblastech s proměnlivým klimatem a řídkým vegetačním krytem. Vodní režim řek je pak úplně rozvrácen, protože neexistují přírodní regulátory ve sběrné oblasti povodí a ovlivňují i režim podzemních vod (DORST, 1985).

Sledujeme-li průběh okamžitého množství od počátku deště v určitém profilu povodí, zjistíme, že průtok bude vzrůstat úměrně se zvětšující se plochou, z níž bude srážková voda do uvažovaného profilu dotékat v jednotlivých časových intervalech (minutových, desetiminutových, hodinových apod.). Průtok dosáhne maxima v okamžiku, kdy do profilu doteče srážková voda z relativně nejvzdálenějšího místa. Pojem nejvzdálenější nemůžeme chápat pouze místně (jako největší vzdálenost), ale jako dráhu, kterou dešťová voda urazí za nejdelší dobu. Dobu, za níž doteče srážková voda z relativně nejvzdálenějšího místa v povodí do zájmového průřezu, nazýváme kritickou dobou dobehu. Průtok po dosažení maxima při době trvání deště zůstává na stejné výši až do konce deště. Pak opět postupně klesá (KREŠL, 2001).

ROŽNOVSKÝ, LITSCHMANN (2002) uvádějí, že nejvyšších hodnot dosahuje poměr srážkových úhrnů a průměrných průtoků v zimě. Tehdy jsou srážky nízké, avšak průtok vody neklesá, protože jen malé procento spadlých srážek se odpaří nebo vsákne do země. V zimním období, pokud je teplota nad nulou, země nevysychá, bývá většinou bahnitá. V ostatních obdobích jsou hodnoty poměru nižší, nejmenší v létě, kdy se nejvíce spadlé vody odpaří a velkou část spotřebuje vegetace.

Nejmenší průtoky vznikají v období, kdy na delší dobu přestává povrchový odtok, takže zásoby podzemní vody jsou značně vyčerpány. Na horských tocích je to u nás na konci zimního období, kdy srážky zůstávají ležet v povodí ve formě sněhu, nejčastěji v únoru. Na nížinných tocích se projevují koncem suchého léta nebo na podzim, kdy bývají delší období bez srážek a kdy se menší srážka za poměrně vysokých teplot zcela vypaří (JANDORA, STARA, STARÝ, 2002).

V období krutých mrazů pozorujeme na tocích velmi nízké průtoky, protože nezanedbatelná část vody je vázána i tvorbou ledu v korytech toků. Zvýšená vodnost v období tání, její časový průběh, je hlavní měrou závislý na chodu teplot vzduchu, může být ještě zvýrazněna vypadáváním teplého deště do sněhové pokrývky ležící na povodí. Teplotní zvrstvení vzduchu pozorované v tomto období dané různou nadmořskou výškou, způsobuje dřívější tání sněhu v níže položených částech povodí a tak vzrůst specifických odtoků s růstem plochy povodí. Pozorujeme tedy opačnou zákonitost, než je tomu u dlouhodobých specifických průtoků (KEMEL, 1996).

Množství vody odtékající z povodí určitým profilem toku je výslednicí řady činitelů, z nichž rozhodující vliv mají v našich podmínkách atmosférické srážky, které svým množstvím a časovým rozdělením předurčují časový průběh odtoku a průtok.

2.6 Dusičnany

Dusík je důležitým prvkem buněčné stavby bakterií a dalších vodních organismů. Amoniak a dusičnany jsou důležitými živinami pro růst řas a jiných rostlin. Nitrifikace, při které dochází k oxidaci amoniaku a dusitanů na dusičnany, probíhá za spotřeby rozpuštěného kyslíku ve vodním sloupci (McCUTCHEON, MARTIN, BARNWELL, 1992).

Koloběh dusíku je pro kvalitu vody důležitý z několika důvodů. Dusičnany samy o sobě jsou málo škodlivé. Mohou však škodit nepřímo tím, že se v gastrointestinálním

traktu mohou redukovat bakteriální činností na toxičtější dusitany. Dusitany reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík. Problém vzniká především u kojenců asi do 3 měsíců. Krev kojenců obsahuje tzv. fetální hemoglobin (hemoglobin F), který je přeměňován na methemoglobin snáze než hemoglobin A obsažený v krvi starších dětí a dospělých. Popsané onemocnění se nazývá dusičnanová alimentární methemoglobinaemie. Vzniku onemocnění je nutno přecházet důsledným používáním nezávadné pitné vody k přípravě umělé výživy kojenců v uvedeném věkovém období.

Směrnicová hodnota Světové zdravotnické organizace pro dusičnanový dusík N-NO₃ v pitné vodě je 10 mg.l⁻¹, což odpovídá přibližně 50 mg.l⁻¹ jako NO₃⁻. V požadavcích na jakost pitné vody v ČR se uvádí mezní hodnota NO₃⁻ 50 mg.l⁻¹, pro kojeneckou a stolní vodu platí nejvyšší přípustná hodnota 15 mg.l⁻¹. Pro vodárenské toky platí hodnota NO₃⁻ 15 mg.l⁻¹ a pro ostatní povrchové vody 50 mg.l⁻¹.

Pro ryby jsou dusičnany velmi slabě jedovaté. Jako nejvyšší přípustná koncentrace NO₃⁻ pro kapra se udává hodnota 80 mg.l⁻¹ a pro pstruha duhového 20 mg.l⁻¹.

Více než stoletým pozorováním je prokázáno, že jejich koncentrace neustále vzrůstají. Například v Labi vzrostla průměrná koncentrace N-NO₃ asi z 0,5 mg.l⁻¹ v roce 1892 na 3,6 mg.l⁻¹ v roce 1976 a v roce 1994 až na 5 mg.l⁻¹, což znamená desetinásobný vzrůst oproti konci 19. století. To se týká i stojatých vod. Například v Černém jezeře na Šumavě vzrostla v období let 1936 až 1986 koncentrace dusičnanů více než pětikrát (PITTER, 1999).

Dusičnany vykazují významnou sezónní variabilitu a obecně jsou vyšší v předjaří a na jaře, poněvadž nemají přes zimu jako produkty probíhající nitrifikace odpovídající možnost odběru biomasou rostlin. Jejich náhlé zvýšení ve vodě v období vegetace je většinou zaviněno nešetrnou (jednorázovou) aplikací ledkových hnojiv nebo mimořádně významným zásahem na půdě v povodí např. hloubkovým melioračním kypřením (GERGEL, 1994).

2.6.1 Geneze

Dusičnany jako sloučeniny dusíku jsou výsledkem mineralizace organicky vázaného dusíku, která probíhá dle schématu:



Mezi amoniakem a dusičnany se ustavuje v závislosti na řadě podmínek určitý vztah, který si je možno představit jako spojené nádoby. Mezi dvěma velkými objemy s NH_4^+ a NO_3^- je úzká mezera, kterou neustále rychle proudí NO_2^- . Za aerobních podmínek jsou dusičnany konečným produktem, jsou stabilní, a proto je jich nejvíce (GERGEL, 1994). Za anaerobních podmínek však podléhají denitrifikaci za vzniku elementárního dusíku.

2.6.2 Výskyt ve vodách

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

Velká koncentrace dusičnanů, event. i dusitanů, bývá charakteristická pro podzemní vody v oblastech s borovými lesy, kde písčité, dobře provzdušněná půda obsahuje ve svrchních vrstvách jednak kmeny bakterií schopných fixovat elementární dusík, jednak kmeny nitrifikačních bakterií.

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

Minerální vody jsou na dusičnany chudé a vzhledem k velmi nízkým koncentracím se často ani nestanovují. V minerálech jsou dusičnany obsaženy jen velmi zřídka (PITTER, 1999).

Dusičnany ve vodách v důsledku vyplavování půdním profilem nebo erozí a povrchovým odtokem způsobují kontaminaci hydrosféry a spolu s fosforem zapříčiňují vznik eutrofizace.

Eutrofizace vod je proces obohacování stojatých a tekoucích vod živinami, zejména dusíkem a fosforem. Přírozená eutrofizace je způsobena zejména přísunem sloučenin dusíku a fosforu vyluhovaných z půdy a z rozkladu odumřelých vodních organismů. Antropogenní eutrofizace vod vzniká především smýváním dusíkatých látek a fosforečných hnojiv z polí, splaškovými vodami a fekáliemi. V eutrofizované vodě dochází k masovému rozvoji řas a sinic, jejichž hromaděním při hladině se označuje jako vodní květ (KVÍTEK, TIPPL, 2003).

2.6.3 Vlastnosti a význam

Dusičnany, soli kyseliny dusičné M_1NO_3 , jsou vesměs ve vodě dobře rozpustné, zahřátím se rozkládají. Některé dusičnany tzv. ledky jsou důležitá průmyslová hnojiva, např. $NaNO_3$ (chilský ledek), KNO_3 (draselný ledek), NH_4NO_3 (amonný ledek), $Ca(NO_3)_2$ (vápenatý ledek) (VACÍK, 1995). Kyselina dusičná je silnou jednosytnou kyselinou. Kromě toho mají dusičnany zanedbatelné komplexační vlastnosti, takže ve vodách přichází v úvahu pouze jednoduchý anion NO_3^- .

Za oxických podmínek jsou dusičnany stabilní, za anoxických podmínek však podléhají denitrifikaci za vzniku elementárního dusíku respektive oxidu dusného. Kromě biochemické redukce je za určitých podmínek možná i chemická redukce, která může probíhat ve vodě působením Fe^{II} ve formě oxidu nebo hydroxidu, zpravidla v alkalickém prostředí.

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

Sorpční schopnost dusičnanů je v porovnání s kationtem NH_4^+ malá. Proto snadno pronikají půdním sorpčním komplexem, ve kterém jsou jen málo zadržovány, mohou pronikat půdou i do vzdálených míst a kontaminovat podzemní vody (PITTER, 1999).

2.6.4 Koncentrace dusičnanů a jejich změny

Koncentrace dusičnanů ve vodách během roku významně kolísají, mají sinusoidní průběh. Odnos dusičnanů i jejich koncentrace ve vodách jsou nejvýraznější po ukončení vegetační sezóny, po zorání polí. Typické jsou extrémní hodnoty koncentrací dusičnanů v lednu až dubnu, lze je přisoudit vyplavování půdním profilem. Extrémní koncentrace dusičnanů v letním období (červenec, září) mohou být výsledkem i povrchového odtoku a eroze.

Na mnoha profilech povodí nedošlo ke snížení koncentrací dusičnanů ve vodách, přestože je v obecné rovině konstatováno snížení dávek dusíku. Prokázána byla vazba mezi srážkami a koncentracemi dusíku ve vodách, resp. jejich odnosem z povodí. Při zhruba stejné úrovni hnojení v povodí rozhoduje o výši koncentrací dusičnanů v povodích IV. řádu zastoupení trvalých kultur, resp. výměra zornění.

Polní kultury na plochých temenech vrchovin (parovinného terénu) kontaminují v infiltračních oblastech povodí povrchové i mělké podzemní vody, a to především v zimním období, kdy zde chybí vegetační kryt. Voda z drenážních systémů odvodňujících převážně ornou půdu v níže ležících transportních oblastech dosahuje maximálních hodnot koncentrace dusičnanů na počátku jara, minimální hodnoty byly naměřeny začátkem podzimu.

Významným faktorem ovlivňujícím koncentrace dusičnanů ve vodách je množství odtékající vody. Při nízkých a středních průtocích se výrazně projevila kladná korelace mezi průtokem a koncentracemi dusičnanů. To je při středně velkých průtocích (při převažujícím hypodermickém odtoku) pravděpodobně způsobeno výraznějším vyplavováním dusičnanů z mělkých partií půdního profilu.

Změny koncentrací dusičnanů v odtoku vody můžeme rozdělit na změny periodické, náhlé a dlouhodobé. Periodické změny souvisejí s meteorologickým a astronomickým cyklem a jsou krátkodobé (denní a sezónní roční) a střednědobé (kvazistacionární - sedmiroční). Náhlé změny jsou způsobovány zásadními antropogenními zásahy do krajiny (odlesnění, rušení trvalých travních porostů) a nevhodnými agrotechnickými operacemi (aplikace nadměrných dávek kejdy).

Dlouhodobé změny indikují trendy ve vývoji hydrosféry, a to jak ve vazbě na geologický vývoj země, tak na rozvoj lidské společnosti. U dusičnanů nelze jednoznačně (statisticky průkazně) stanovit závislost koncentrací na průtoku, zpravidla však se vzrůstajícím průtokem koncentrace klesají (KVÍTEK, TIPPL, 2003).

2.6.5 Vyplavování dusičnanů

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

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

EVANS (1990) uvádí, že nitrátové vyplavování vzrůstá s větší drenážní účinností a drenážní intenzitou. Rozdíly jsou však vždy v relaci k místním podmínkám, pěstovaným plodinám, drenážním systémům a hydrologii regionu.

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

2.6.6 Nitrátová směrnice

Přístupový proces České republiky k Evropské unii předpokládá, kromě jiných, také implementaci právních předpisů Evropského společenství zaměřených na důslednou ochranu vod a hospodárné nakládání s vodními zdroji. Do této skupiny předpisů patří také směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečišťováním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů (nitrátová směrnice) zveřejněna 19. prosince 1991 v Bruselu a přijata členskými státy Evropské Unie.

Přestože je používání hnojiv obsahujících dusík a hnojiv statkových pro zemědělství společenství nezbytné, představuje nadměrné hnojení nebezpečí pro životní prostředí. Komise vypracovala směrnici na základě potřeby přijmout společná opatření k řešení problémů vyplývajících z intenzivní živočišné výroby a v zemědělské politice věnovat větší pozornost politice životního prostředí. Cílem směrnice je tedy:

- a) snižovat znečišťování vod, které je způsobované nebo jehož příčinou jsou dusičnany ze zemědělských zdrojů,
 - b) předcházet dalšímu takovému znečišťování,
- a to zejména pro zajištění dostatku kvalitní pitné vody.

Pro dosažení těchto cílů, se členské státy zavázaly:

- a) určit znečištěné vody a vody ohrožené znečišťováním,
- b) vymezit zranitelné oblasti jako plochy, které jsou odvodňovány do vod, a které přispívají ke znečišťování a připravit pro ně akční programy,
- c) přijmout zásady správné zemědělské praxe, které budou zemědělci dobrovolně zavádět,
- d) připravit v případě potřeby programy, školení a poskytovat informace s cílem podporovat uplatňování zásad správné zemědělské praxe.

Zásady správné zemědělské praxe (dále jen Zásady) jako jeden z nástrojů směřujících ke snížení znečišťování vody dusičnany s přihlédnutím k podmínkám v různých oblastech Společenství by měly obsahovat určitá pravidla s následujícími ustanoveními uplatňovanými podle jejich reálné použitelnosti:

1. období nevhodné pro půdní aplikaci hnojiv,
2. aplikace hnojiv na půdu na velmi strmých pozemcích,
3. aplikace hnojiv na půdu na podmáčených, zaplavených, zmrzlých nebo sněhem pokrytých pozemcích,
4. podmínky pro aplikaci hnojiv na půdu v blízkosti vodních toků,
5. kapacita a konstrukce zásobníků pro skladování statkových hnojiv včetně opatření k zamezení znečišťování podzemních a povrchových vod odtoky a průsaky tekutin s obsahem statkových hnojiv a odtoky ze skladovaného rostlinného materiálu jako je siláž,
6. postupy pro aplikace umělých a statkových hnojiv na půdu, včetně dávky hnojiv a rovnoměrnosti jejich aplikace, které zajistí, že úniky živin do vod zůstanou na přijatelné úrovni,
7. postupy při obhospodařování půdy, včetně střídání plodin a zajištění poměru mezi pozemky určenými pro trvalé porosty a pro jednoleté plodiny na orné půdě,
8. udržování minimálního rostlinného pokryvu schopného v určitých (srážkových) obdobích odebírat z půdy dusík, který by jinak mohl způsobovat znečištění vod dusičnany,
9. vypracování plánů hnojení pro jednotlivé zemědělské provozy a vedení záznamů o používání hnojiv,
10. předcházení znečišťování vod odtoky nebo vsakováním vod mimo dosah kořenů rostlin v zavlažovacích systémech (91/676/EHS).

Plnění uvedených zásad je v souladu s požadavky nitrátové směrnice založeno na principu dobrovolnosti. Ve zranitelných oblastech jsou však příslušná opatření stanovená v Zásadách součástí Akčního programu, jehož plnění je pro podnikatele hospodařící v zemědělství povinné. První Akční program byl vyhlášen nařízením vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, s účinností od 1. ledna 2004, na základě zmocnění § 33 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (DOSTÁL ET AL., 2003).

2.7 Odvodňování zemědělské půdy

Vláhové poměry půdy zásadním způsobem ovlivňují úrodnost půdy a výnosy všech pěstovaných plodin. Významným regulačním, stabilizačním a intenzifikačním prvkem zemědělské soustavy jsou meliorační zásahy. V podmínkách nadměrného zásobení půdy vodou hovoříme o odvodnění půdy. Jedná se o soubor opatření ke sbírání a odvádění vody ze zamokřeného půdního profilu a z povrchu zaplavovaných půd.

Odvodňování prováděné v rozumné míře zlepšuje provzdušenost půd a kladně působí na jejich fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Návrh úpravy vodního režimu půd odvodněním vychází z průzkumu, který rozhoduje o potřebě, rozsahu, způsobu a technickém řešení odvodnění a zabezpečuje soulad s ostatními melioračními opatřeními, dotčenými zájmy a potřebami.

Zamokření půdy je definováno jako déle trvající převlhčení půdy, jehož důsledkem je kvantitativní nebo kvalitativní poškození pěstovaných rostlin. Obecně řečeno, jedná se o nadbytek vody v půdě případně i na jejím povrchu.

Příčiny zamokření jsou definovány jako činitele způsobující zamokření půdy; mohou mít charakter místní, oblastní i kombinovaný (poměry hydrologické, orografické, geologické, morfologické, hydrologické, hydrogeologické, agrobiologické, technické, klimatické apod.)

Správné určení příčin zamokření je rozhodující pro návrh nejvhodnějšího odvodňovacího zásahu včetně jeho technických parametrů (způsob a druh odvodnění, rozchod, hloubka odvodňovacích kanálů či uložení drénů apod.) (KVÍTEK ET AL., 2004).

2.7.1 Způsoby odvodnění

Odvodňování zamokřených ploch je zásadním zásahem do vlhkostního režimu půd a měla by proto intenzita odvodňovacích zásahů odpovídat potřebě plynoucí z nutnosti odvedení přebytků vody. Provedením odvodňovacího zásahu měníme v hydrologické bilanci dvě veličiny: odtok a výpar. V hlavním členění rozlišujeme dvě skupiny odvodňovacích způsobů:

- a) biologické (zemědělsko - lesnické) způsoby odvodnění, které odvodňují méně zamokřené nebo k zamokření jen náchylné půdy úpravou půdní struktury nebo výsadbou porostů s větší transpirací
- b) technické způsoby odvodnění, které odvodňují výrazněji zamokřené půdy pomocí

různých technických úprav a staveb, jako jsou úpravy vodních toků, odvodňovací kanály, příkopy, drenáže a různé objekty.

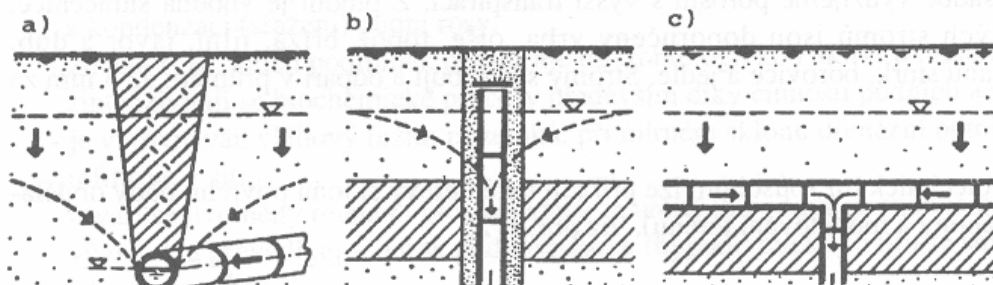
Při volbě těchto způsobů je nutné přihlížet ke druhu a stupni půdního zamokření a k využívání odvodněné půdy. V zásadě platí, že obě skupiny odvodňovacích zásahů se mají používat ve vzájemné kombinaci (JÚVA, DVOŘÁK, TLAPÁK, 1987).

Souhrn všech zařízení určených ke sbírání vody ze zamokřeného nebo zaplavovaného území a k jejímu odvádění do recipientu se nazývá odvodňovací zařízení. Člení se na zařízení odvodňovací hlavní (= odvodňovací kostra) a zařízení odvodňovací podrobná (= odvodňovací detail). Hlavní a podrobná odvodňovací zařízení k odvodnění území tvoří odvodňovací soustavu. Odvodnění souvisle zamokřené plochy je systematické neboli plošné odvodnění. Naopak místní odvodnění je odvodnění místně zamokřené části zájmového území (tzv. sporadické odvodnění).

Odvodnění zamokřeného nebo zaplaveného území soustavou otevřených odvodňovacích příkopů nebo kanálů je povrchové odvodnění. Podzemní odvodnění (drenáž) je odvodnění soustavou krytých drénů včetně drenážních objektů (KVÍTEK ET AL., 2004).

2.7.2 Odvodňování drenáží

K odvodňování polí, luk a pastvin na těžších půdách a dále k odvodňování jiných užitkových ploch jako sídlišť, průmyslových ploch, letišť, hřišť apod. je zpravidla využíváno podzemního odvodnění neboli drenáže. Nejčastěji se používá vodorovná drenáž (horizontální), která se označuje zkráceně jen názvem drenáž. Svislá (vertikální) nebo kombinovaná drenáž je méně častá a zařazuje se proto mezi zvláštní způsoby drenáže.



Obr. 3: Způsoby založení drénů: a) drenáž vodorovná, b) drenáž svislá, c) drenáž kombinovaná

Zdroj: (KVÍTEK, 2004).

Ojedinelá (sporadická) drenáž

Ojedinelá drenáž se navrhuje k odvedení nadbytečné vody z místních zamokření v zájmovém území. Používá se zejména k podchycení a odvedení vody z lokálních mokřin a pramenišť (v kombinaci se záchytnými drény případně pramennými jímkami), k odvodnění místních depresí, průlehů a dalších, plošně omezených zamokřených míst v kombinaci se zasakovacími drény případně zasakovacími jímkami.

Ojedinelá drenáž se skládá z jednotlivého, případně jednotlivých drénů, které mohou vytvářet i nepravidelné menší systémy v zájmovém území.

Plošná (systematická) drenáž trubková

Plošná drenáž je tvořena sběrnými a svodnými drény s drenážními objekty (šachticemi, výustěmi), které vytváří pravidelné i nepravidelné drenážní souřady a skupiny.

Plošnou drenáž trubkovou je možno kombinovat s dalšími odvodňovacími prvky – záchytnými drény, záchytnými příkopy, pramennými jímkami a v případě potřeby s fyzikální, chemickou a biologickou meliorací půd.

Plošná drenáž trubková se navrhuje z trubek a tvarovek z plastů, pálené hlíny případně dalších materiálů, vyhovujících půdním podmínkám a hygienickým požadavkům technického řešení (KVÍTEK, 2004).

2.7.3 Odvodnění zemědělské krajiny v ČR

V České republice je drenáží odvodněna zhruba čtvrtina výměry zemědělských půd. K 1.1.1995 měly zemědělské půdy ČR plochu 4 280 954 ha, z toho orná půda činila 3 158 165 ha. Plochy odvodněné drenáží, uváděné Zemědělskou vodohospodářskou správou k témuž termínu, jsou 1 064 999 ha.

Přítomnost drenážních systémů v krajině a jejich účinky jsou však většinou skryty oku běžného pozorovatele. Ten vnímá jen otevřené odvodňovací kanály a upravené (obvykle napřímené a opevněné) drobné vodní toky, nanejvýš ještě občasně nadzemní kontrolní šachtice na svodných drénech a zatrubněných kanálech. Příkopové odvodnění zemědělských půd se v Česku vyskytuje zřídka. Výusti drenáží do otevřených odvodňovacích kanálů, vodních toků, rybníků, strží a jiných typů recipientů jsou většinou skryty v husté vegetaci a někdy bývají i zaneseny, zatopeny nebo zničeny břehovou erozí. Vlastní drenážní potrubí a objekty uložené pod zemí nejsou vidět vůbec. Místně se

projevují jejich závady jako zamokřená místa a vývěry na povrchu půdy, někdy i na netypických a nečekaných místech.

Většina těchto podzemních odvodňovacích systémů má už svého konkrétního soukromého vlastníka. Je jím vlastník pozemku, na kterém se nacházejí. Tuto zásadu stanovil zákon č. 92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby (KULHAVÝ ET AL., 2005).

2.7.4 Stav a funkce odvodňovacích systémů

Skutečný stav a funkci odvodňovacích systémů je možno odborně odhadnout podle stavu a funkce objektů viditelných na povrchu, tj. drenážních výustí, nadzemních drenážních šachtic a případně výtokových objektů, dále odkrytím podzemních drenážních šachtic nebo sondáží svodných drénů na vytipovaných místech.

Skutečný stav drenážního systému je též možno vyhodnotit nepřímými metodami – vyhodnocením stavu vodního režimu na pozemku a stupněm poškození pěstovaných plodin dle směrnice č. 7/1991 Rekonstrukce drenážních systémů. Lze použít následující klasifikace podle DUMBROVSKÉHO a MEZERY (2000):

- dosavadní funkce drenáže byla a je bezproblémová,
- projevy zhoršené funkce drenáže v některých místech odvodněné plochy, zejména v případech extrémní zátěže (nerovnoměrné vysychání po jarním tání či po silných dešťových srážkách),
- evidentní časté či méně časté poruchy snadno i méně snadno odstranitelné či vůbec neodstranitelné,
- návrh ploch s nefunkčním odvodňovacím systémem k jinému využití (mokřad, nádrž aj.),
- návrh k přebudování na víceúčelový meliorační systém (regulační drenáž, retardační drenáž aj.).

2.7.5 Pozemkové úpravy na odvodněných pozemcích

V rámci řešení pozemkových úprav patří odvodňovací systém do společných zařízení. Při navrhování KPÚ na odvodněném území musí projektant existenci odvodnění brát jako jedno z kritérií pro návrh nového uspořádání pozemků především v případech,

kdy je dopředu avizována neochota některých zemědělských subjektů umožnit a podílet se na údržbě objektů odvodnění tj. kontrolních šachtic výustí apod.

Dalším požadavkem je zachování funkce drenáží a tedy jejich nepoškození, event. jejich rekonstrukce v důsledku zemních prací spojených s realizací návrhu cest a některých protierozních opatření a konečně též nutnost vyvarovat se situování výsadby zeleně do míst, kde by mohlo dojít k zarůstání drenáže kořeny. Rekonstrukce drenáže musí zabezpečit křížení nové cestní sítě pouze svodnými drény (DUMBROVSKÝ, MEZERA, 2000).

Při projektování KPÚ je přehled o existenci a stavu všech vodohospodářských zařízení v katastrálním území nezbytnou součástí podkladů spolu s územním plánem, projektem ÚSES, projektem protierozní ochrany a dalšími. Umístění drenáží v terénu je možno zjistit z projektové dokumentace skutečného provedení, přehledné zákresy jednotlivých staveb nebo samostatných objektů existují ve vodohospodářských mapách na všech pracovištích SMS Praha (PRUDKÝ, 1996).

2.7.6 Kvalita drenážních vod

V současné době je již známo, že vzhledem ke kvantitativnímu poměru vody drenážní a povrchové, nemůže být drenážní voda i při velkém obsahu NO_3^- hlavním původcem vysoké koncentrace dusíkatých látek v povrchových vodních zdrojích. Hlavním transportním činitelem jsou povrchové splachy vznikající při přívalových srážkách (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

HLAVÍNEK, ŘÍHA (2004) uvádějí, že kvalita drenážních vod závisí na složení podzemních vod, na pěstované a použité agrotechnice, na složení půdy a podloží, na množství a složení srážkových a závlahových vod. Se změnou jednotlivých faktorů v průběhu roku kolísá i kvalita drenážních vod. Při aplikaci hnojiva pesticidů se dostávají tyto látky do drenážních vod, které jsou v tomto období nejvíce znečištěny. Některé složky hnojiv nejsou zachyceny v půdě, jsou z ní vyplavovány a tvoří hlavní anorganické znečištění např. K^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} .

Podle KVÍTKA (2005) z výsledků výzkumů vyplývá, že drenážní vody obsahují v průměru výrazně více dusičnanů než vody v povrchových vodotečích. Dále uvádí, že jakost drenážních vod nebývá uspokojivá a je nutno ji zlepšit zvláštními opatřeními buď na pozemku samotném nebo mimo pozemek.

2.8 Jakost povrchových vod

Pro posuzování kvality povrchových vod platí ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod.

Oddělení jakosti vod Českého hydrometeorologického ústavu monitoruje v rámci státní sítě sledování jakosti vod jakost povrchových vod od roku 1963 a podzemních vod od roku 1984. ČHMÚ je podle své zakládací listiny zodpovědný za provoz státních sítí sledování jakosti vody. V současné době zabezpečuje provoz státní sítě sledování jakosti vody v tocích, jakosti vody podzemních vod a řady mezinárodních monitorovacích aktivit a projektů. Monitorování jakosti povrchových a podzemních vod je nejdůležitějším nástrojem k získání informací potřebných k hodnocení stavu a vývoje hydrosféry a ochrany zdrojů pitné vody. ČHMÚ provádí odběry, sběr dat, jejich kontrolu a uložení v národní databázi, prezentaci a základní vyhodnocení zjištěných dat (ČHMÚ, 2006).

Základní informací z analýzy vzorku vody jsou fyzikální a chemické ukazatele, které slouží pro porovnání zjištěného stavu s jednotlivými zákonnými ustanoveními a normami. Ukazatele charakterizují okamžitý stav protékající vody, změny na vodoteči, které zpravidla nejsou starší 1 den, a změny v povodí ne starší několika dnů. Kvantitativní hodnocení představují vyjádření podílu vodou transportovaných látek z jednotky plochy za rok. Mají význam pro stanovení ztrát živin odtokem. Kvalitativní změny za delší časový úsek vyjadřují hydrobiologické ukazatele (GERGEL, 1994).

2.8.1 Odběr vzorků

Při odběrech vody z toků je reprezentativní vzorek odebírán v proudnici řeky ve vhodném místě s ohledem na jeho homogenitu, zpravidla 50 cm pod hladinou a cca 20 cm ode dna, do odběrné nádoby. Vzorek vody se odebírá nelépe na přepadu. Pokud není vybudován, tak z proudnice v upraveném profilu vodoteče. Při odběru se nesmí zvířit usazeniny dna, neboť tím je zpravidla vzorek znehodnocen. Při malých průtocích, zejména v případě vzorkování drenážních vod v létě nebo na podzim, se proto doporučuje používat různých odběrových pomůcek.

Četnost odběru – je nejdiskutovanější a nejméně jasnou metodickou částí monitorování. Minimální četnost odběru (orientační) je 4–5x za rok s tím, že se zachytí tato základní období:

- jarní tání (březen),

- období intenzivního růstu a vývoje rostlin (květen),
- období nejvyšších letních teplot (začátek žní),
- období podmítek (srpen – září),
- období hydrologického minima (říjen – listopad)

(GERGEL, 1994).

2.8.2 Třídy jakosti vody

Nařízení vlády č. 82/1999 Sb. stanovuje ukazatele přípustného znečištění povrchových vod. Počet ukazatelů je značný. Hodnocení jakosti vody se v praxi zakládá na stanovení reprezentativních ukazatelů, jejichž výběr závisí na způsobu využití sledovaných povrchových vod a na předpokládaném znečištění. Ukazatele (indikátory) vyjadřují fyzikální stav, chemické složení a biologické osídlení vody. Dělí se na individuální (např. Fe, Mn, N, P aj.) a skupinové (BSK₅, CHSK, rozpuštěné látky aj.).

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

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

- I. neznečištěná voda: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích,
- II. mírně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,
- III. znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí tvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,

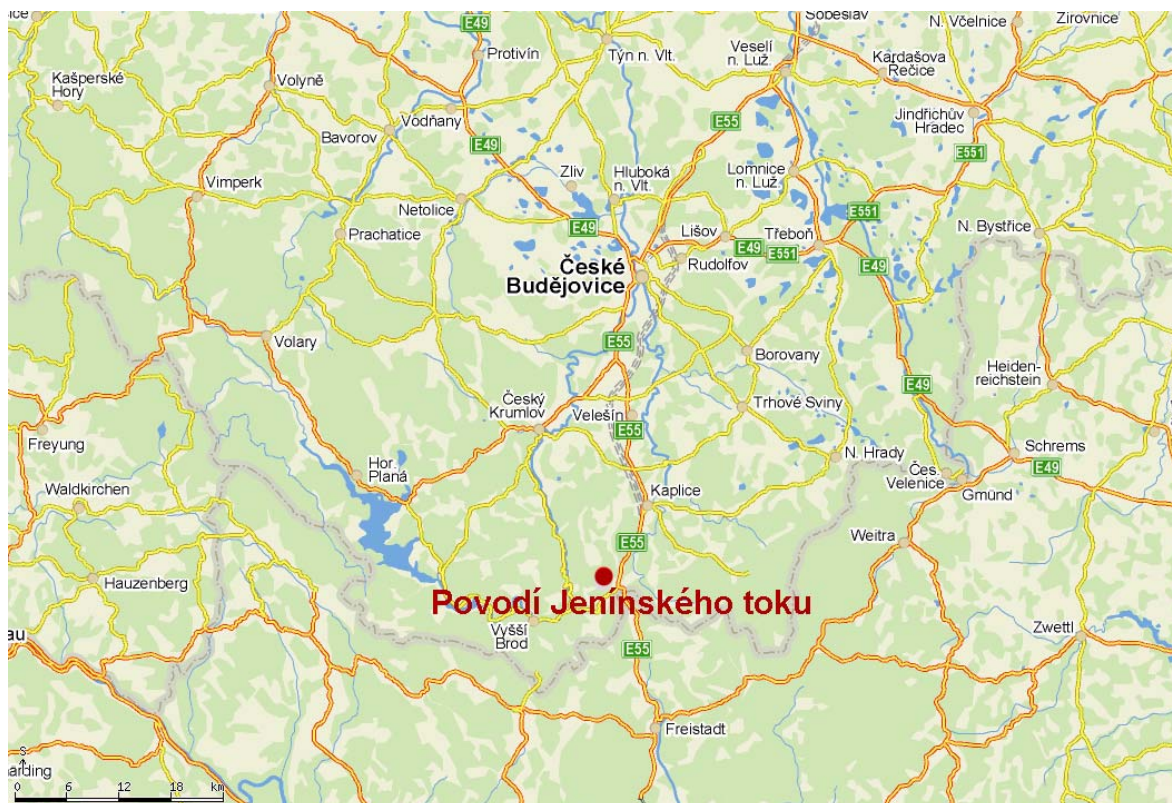
- IV. silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému,
- V. velmi silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností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

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

3. CHARAKTERISTIKA OBLASTI

3.1 Popis zájmové lokality

Povodí Jenínského toku se nachází v podhůří jihočeské části Šumavy, v jihovýchodní části bývalého okresu Český Krumlov při hranicích s Rakouskem. Sledovaná lokalita leží v katastrálním území obce Jenín a Dolní Kaliště. Náleží do správního území obce Horní Dvořiště.



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

V letech 1978-79 bylo provedeno odvodnění pozemků. Příčinou zamokření byly vysoké srážky a pramenné vývěry ve středních partiích svahů a vysoká hladina podzemní vody, které způsobovaly tvorbu svahové vody s napjatou i volnou hladinou v nižších

polohách. Další příčinou nevyrovnaného vodního režimu byla stagnace povrchové vody v depresních polohách.

Povodí bylo v 80. letech intenzivně využíváno. Po roce 1989 nastala změna v přístupu k využívání podhorských, méně úrodných, oblastí a v současné době je povodí extenzivně zemědělsky využíváno (90% pastvin) viz. Příloha 2.

3.2 Geomorfologická a geologická charakteristika

Podle regionálního geomorfologického členění České republiky (DEMEK, 1987) řadíme zájmovou lokalitu do systému:

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

Jižní Čechy s celou Šumavou leží v centru moldanubické oblasti Českého masivu. Téměř celé jejich území patří k tzv. moldanubiku Šumavy a kraje Jihočeského. Moldanubická oblast je budována různými soubory převážně katazonálních metamorfitů. Pouze místy jsou v malém rozsahu zastoupeny komplexy poněkud slaběji metamorfované. Všechny metamorfity (s výjimkou prostorově málo významných výskytů eklogitů a pyroxenických granulitů) lze zařadit do amfibolitové facie. Součástí moldanubické oblasti jsou i rozsáhlé masivy granitoidních plutonických hornin, jejichž vznik je spjat převážně s hercynskou orogenezí. Právě vysoký stupeň metamorfózy, přítomnost některých specifických typů metamorfitů, intenzivní migmatizace a proniknutí celého metamorfního komplexu četnými masivy granitoidů jsou charakteristické rysy moldanubické oblasti (MÍSAŘ, 1983).

Nejvyšším vrcholem povodí je Žibřidovský vrch 870,3 m n.m. nacházející se v nejsevernější části povodí.

3.3 Pedologická charakteristika

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

Z pedologického hlediska lze lokalitu charakterizovat půdami: hnědá půda kyselá (HPa), hnědá půda kyselá slabě oglejená (Hpag), hnědá půda glejová (HPG), oglejená půda (OG) a glejová půda (GL). Mateční horninou jsou svory až svorové ruly, z nichž zvětráním vznikly půdní druhy s vysokým obsahem slídy.

3.4 Hydrologické charakteristiky

Povodí Jenín hydrologicky náleží do povodí Vltavy, příslušnost k toku prvního řádu Labe. Zájmové území zahrnuje povodí Jenínského potoka č.h.p. 1-06-01-138. Převážná část vodoteče je neupravená, vede údolím, které je většinou doprovázeno stromovou a keřovou zelení. Travní porost tvoří většinou mokřadní byliny a dřeviny.

Tab. 1: Číselné fyzicko-geografické charakteristiky

Název toku	Jenínský tok
Délka toku	2,250 km
Výšková poloha prameniště	691,0 m n.m.
Výšková poloha ústí	637,0 m n.m.
Spád	23,8 ‰
Délka údolí	4,10 km
Plocha povodí	4,64 km ²
Zalesněnost	10 %
Absolutní spád povodí	232 m
Absolutní spád toku	54 m
Sklon toku	2,4 ‰
Typ povodí	vějřovitě

Podle fyzicko-geografické regionalizace ČSR je předmětné území charakterizováno kódem IV-B-3-d, což značí, že se jedná o oblast dosti vodnou, v kategorii 6 -10 l/s/km² specifického odtoku, s nejvodnějším měsícem březnem, s retenční schopností dobrou, se stupněm rozkolísanosti odtoku středním a s koeficientem odtoku dosti vysokým.

3.5 Klimatické charakteristiky

Povodí Jenínského toku se nachází v klimatické oblasti B₁₀ – oblast mírně teplá, velmi vlhká, okresek mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinový, s průměrnou nadmořskou výškou 650 m n. m., s průměrným ročním úhrnem srážek 715 mm, s průměrnou roční teplotou 6,7° C. Na množství srážek má vliv převažující směr proudění a tvar reliéfu. Podle klimatologické rajonizace patří povodí Jenín do klimatické oblasti MT3.

Charakteristika klimatické oblasti MT3

1. Teplotní charakteristiky

Průměrná roční teplota	6 – 7 °C
Průměrná teplota ve vegetačním období (IV. – IX.)	12 – 13 °C
Délka období s průměrnou denní teplotou vyšší než 5°C	200 – 210 dní
Počet letních dnů v roce (max. teplota vyšší než 25°C)	20 – 30
Počet ledových dnů v roce (max. teplota nižší než – 0,1°C)	40 – 50
Počet mrazových dnů v roce (min. teplota nižší než – 0,1°C)	130 – 140

2. Srážkové charakteristiky

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

3. Oblačnost a sluneční charakteristiky

Roční oblačnost	65 – 70 %
Počet jasných dnů	40 – 50 dní
Počet zamračených dnů	140 – 150 dní

Roční trvání slunečního svitu	1400 – 1800 hodin
Sluneční svit ve vegetačním období (IV. – IX.)	1100 – 1300 hodin
Počet dnů s bouřkou	20 – 25 dní

3.6 Popis odběrných profilů

Odběrný profil značený J1 je trubní výust' drenážní skupiny odvodňující pastviny do Jenínského toku. Subpovodí pro tento odběrný profil má rozlohu 47 ha.

Odběrný profil značený J2 je trubní výust' drenážní skupiny odvodňující pastviny do Jenínského toku. Subpovodí pro tento odběrný profil má rozlohu 55 ha.

Profily jsou vybaveny Thomsonovým přepadem a ultrazvukovým snímačem výšky vodní hladiny napojeným na datalogger pro výpočet průtoků. V období zvýšených průtoků přitéká do profilu kromě drenážní vody i velké množství vod povrchových. V blízkosti profilu J1 je umístěn srážkoměr.

4. CÍL A METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení vlivu srážek na průtokové poměry drenážních systémů v povodí Jenín a vyhodnocení koncentrací dusičnanů v drenážních vodách při různých průtocích.

V práci bude řešeno několik dílčích úkolů. Jedním z nich je vyhodnocení kvalitativních a kvantitativních ukazatelů srážkových úhrnů, tzn. vyhodnocení rozdělení srážkových úhrnů v průběhu hydrologického roku, výskytu maximálních srážkových úhrnů a jejich porovnání s maximálními 24hodinovými srážkovými úhrny dle ŠAMAJE, VALOVIČE, BRÁZDILA (1985) a vyhodnocení měsíčních srážkových úhrnů.

Dalším úkolem je vyhodnocení chodu srážek ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí, tzn. jakým způsobem a kdy srážky ovlivňují průtoky. Budou vypočteny statistické charakteristiky datových řad průtoků a vyhodnocen vliv bezsrážkových období na odtok vody z povodí.

V návaznosti bude vyhodnoceno sezónní kolísání koncentrací dusičnanů ve vztahu k průtokům na uzávěru povodí. Hodnoty C90 koncentrací dusičnanů budou porovnány s limity jednotlivých tříd znečištění povrchových vod dle ČSN 75 7221.

Posledním úkolem je posouzení funkčnosti jednotlivých drenážních skupin ve sledované lokalitě.

Lokalita povodí Jenínského toku se stala výzkumnou lokalitou Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v roce 2004.

Vzorky vody z profilu Jenín 1 a Jenín 2 pro rozbor jakosti vody byly odebírány přibližně ve čtrnáctidenním intervalu. Odběr byl prováděn dle ČSN ISO 5667-6 (75 7051) „Jakost vody – Odběr vzorků, Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků“. Vzorky byly rozborovány akreditovanou laboratoří ANECLAB v Českých Budějovicích a hrazeny z prostředků NAZV QF 4062 a projektu IG 10/07.

Informace o srážkách byly získány od ČHMÚ ve formě denních srážkových úhrnů ze stanice Vyšší Brod. Srážkové úhrny byly vyhodnoceny jako procenta dlouhodobých průměrů a porovnány s intervaly pro hodnocení normality srážek dle KOŽNAROVÉ, KLABZUBY (2002).

Průtoky jsou měřeny na měrných profilech osazených Thomsonovým přepadem. Tyto měrné profily jsou vybaveny sestavou pro kontinuální měření průtoků. Sestava se

skládá z ultrazvukového čidla měřícího výšku hladiny vody v toku, dataloggeru zaznamenávajícího naměřená data a GSM modulu pro dálkový přenos dat. Průtoky jsou měřeny v intervalu patnácti minut.

Při konstrukci empirických čar překročení středních denních průtoků byla v této práci použita elementární rovnice vynášecí polohy:

$$p = m / N$$

kde:

m je pořadí středního denního průtoku v řadě seřazené od největšího průtoku k nejmenšímu,

N je celkový počet členů řady a

p je odhad pravděpodobnosti překročení středního denního průtoku, který je m -tý v pořadí.

Kontrola drenážních šachtic byla provedena v letních měsících roku 2005 a byl zapsán jejich stav. Funkčnost drenážních systémů byla hodnocena vizuálně na jaře roku 2007.

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro hodnocení srážek, průtoků a koncentrací dusičnanů na lokalitě Jenín byla použita data hydrologického roku 2007.

5.1 Vyhodnocení srážek

Srážkové úhrny pro zájmovou lokalitu byly měřeny Českým hydrometeorologickým ústavem ve Vyšším Brodě. V hodnocení byla použita data hydrologického roku 2007, tzn. od 1.11. 2006 do 31. 10. 2007.

Tab. 2: Srážkové úhrny, Vyšší Brod, hydrologický rok 2007

MĚSÍC	SRÁŽKY [mm]	% DLOUHODOBÉHO PRŮMĚRU	HODNOCENÍ
XI. 2006	38	89	normální
XII. 2006	20	39	silně suchý
I. 2007	108	235	mimořádně vlhký
II. 2007	44	104	normální
III. 2007	86	233	silně vlhký
IV. 2007	4	7	mimořádně suchý
V. 2007	83	111	normální
VI. 2007	81	94	normální
VII. 2007	92	84	normální
VIII. 2007	104	121	normální
IX. 2007	178	302	mimořádně vlhký
X. 2007	54	107	normální
XI.06 – X.07	892	120	vlhký

Celkový úhrn srážek pro hydrologický rok 2007 byl 892 mm. Pokud je roční srážkový úhrn vyjádřen jako procento dlouhodobého průměru, dosahuje hodnoty 120%, což dle KOŽNAROVÉ A KLABZUBY (2002) představuje vlhký rok. Nejvyšší měsíční srážkový úhrn byl zaznamenán v měsíci říjnu, a to 178 mm (302% dlouhodobého průměru

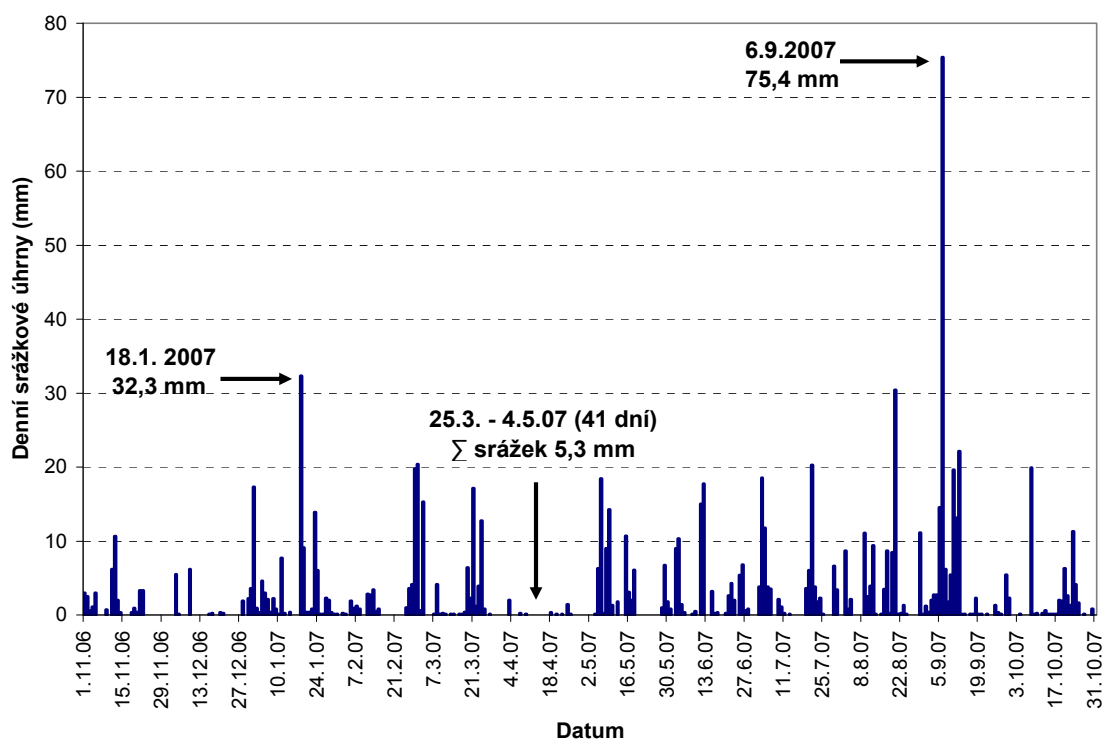
pro měsíc říjen). Nejnižší měsíční srážkový úhrn byl 4 mm v měsíci dubnu (7% dlouhodobého průměru pro měsíc duben).

Tab. 3: Maximální 24hodinové srážkové úhrny dle ŠAMAJE, VALOVIČE, BRÁZDILA (1985), Vyšší Brod

Pravděpodobnost výskytu (rok)	Max. 24hod. srážkový úhrn (mm)
N2	41,4
N10	68,6
N20	79,8
N50	93,4
N100	104,1

Hodnoty maximálních 24hodinových srážkových úhrnů pro zájmovou lokalitu jsou uvedeny v Tab. 3. Porovnáme-li tyto hodnoty s hodnotami naměřenými v hydrologickém roce 2007, zjistíme, že se jedenkrát vyskytla hodnota (75,4 mm), která se blíží k hodnotě N20 (pravděpodobnost výskytu jedenkrát za 20 let). Ostatní hodnoty naměřených srážkových úhrnů nedosahovaly ani hodnot N2. Druhou nejvyšší naměřenou hodnotou bylo 32,3 mm dne 18.1.2007.

Graf 1: Denní srážkové úhrny, Vyšší Brod



Během roku se vyskytlo několik bezsrážkových období. Nejdelší trvalo 41 dní, od 25.března do 4.května 2007, kdy bylo naměřeno pouze 5,3 mm srážek. Tento úhrn srážek tvoří pouze 0,6% z celkového ročního srážkového úhrnu (892 mm).

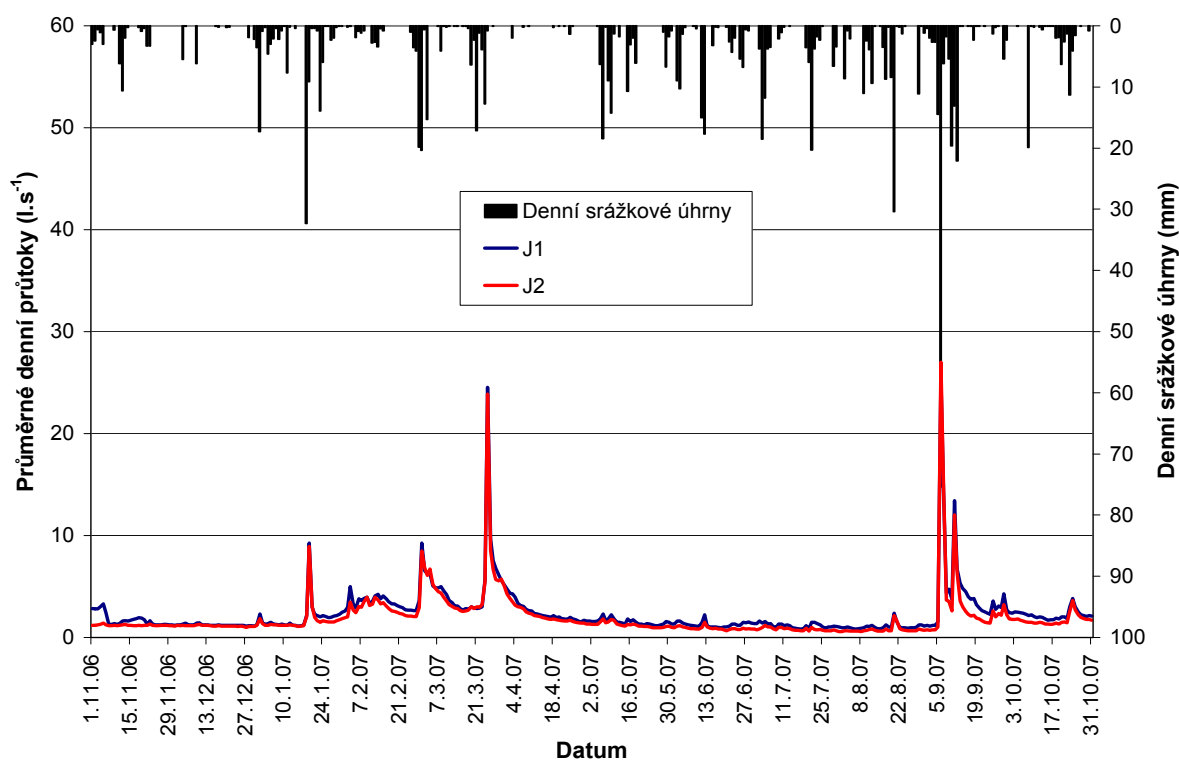
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více je 122 dní, což odpovídá klimatické charakteristice oblasti.

5.2 Vyhodnocení srážkoodtokových poměrů

Měření průtoků na zájmové lokalitě bylo prováděno na uzávěrech obou mikropovodí Jenín 1 a Jenín 2 pomocí ultrazvukových měřičů.

Maximální průměrný denní průtok na profilu J1 byl naměřen 6.9.2007, kdy dosáhl hodnoty $26,5 \text{ l.s}^{-1}$. Ve stejný den byl naměřen také na profilu J2, kdy průtok dosáhl hodnoty $27,0 \text{ l.s}^{-1}$. Tento den bylo dosaženo také maximum srážek hydrologického roku a to $75,4 \text{ mm}$.

Graf 2: Průběh průměrných denních průtoků a denních srážkových úhrnů na mikropovodí Jenín 1 a Jenín 2



Pro vyhodnocení odtokových poměrů jsou použity charakteristiky průtoku. V následující tabulce je vyhodnocena maximální a minimální hodnota denních průtoků (Q_d) na obou mikropovodí. Dále byly vyhodnoceny hodnoty specifického odtoku (q_d). Hodnoty průměrného specifického odtoku přibližně odpovídají průměrným specifickým odtokům ostatních malých a středních povodí (např. KULHAVÝ ET AL., 2002).

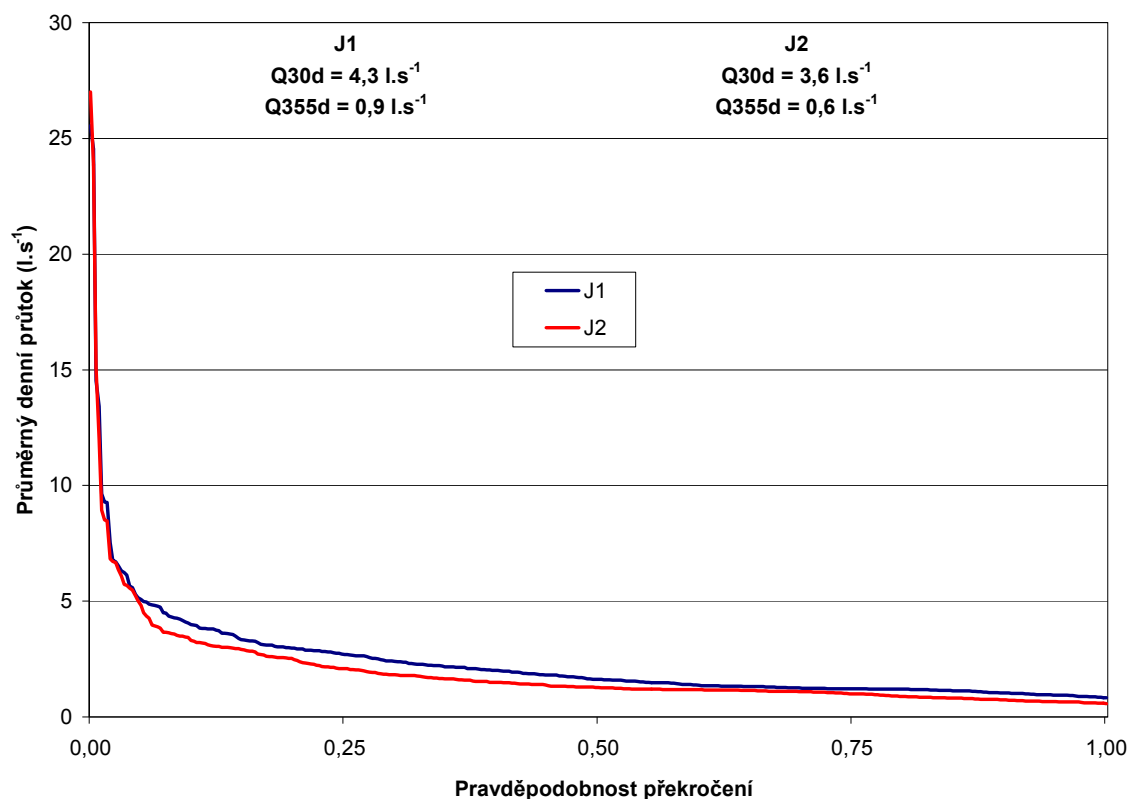
Tab. 4: Maximální a minimální průměrné denní a specifické průtoky na profilech J1 a J2

	Jednotky	J1	J2
Plocha povodí	(ha)	47	55
Maximum Qd	(l.s ⁻¹)	25,60	27,00
Minimum Qd	(l.s ⁻¹)	0,80	0,60
Maximum qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,54	0,49
Minimum qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,02	0,01
Průměrný odtok qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,05	0,04
Medián qd	(l.s ⁻¹ .ha ⁻¹)	0,03	0,02

Jednotlivé charakteristiky se na obou mikropovodích výrazně neliší. To je způsobeno jak přibližně stejnou plochou, tak i shodným způsobem využívání obou povodí. Dalším faktorem jsou téměř shodné srážkové úhrny a teploty, podobná morfologie povodí, stejné pedologické a geologické prostředí.

Z Tab. 4 a Grafu 3 je patrné, že i přes značně dlouhá bezsrážková období nenastalo během celého hydrologického roku 2007 období s nulovým průtokem.

Graf 3: Empirické čáry překročení průměrných denních průtoků pro profily J1 a J2



Z průběhu empirických čar v Grafu 3 lze vyčíst, že mikropovodí Jenín 1 je více vodné v oblasti malých průtoků (do 5 l.s^{-1}), v oblasti velkých průtoků s malou pravděpodobností výskytu se obě čáry prakticky kryjí. V Grafu 3 jsou rovněž uvedeny hodnoty vybraných M-denních průtoků. Hygienické minimum Q_{355d} , které má zaručovat správnou ekologickou funkci toku, dosahovalo pro profil J2 $0,6 \text{ l.s}^{-1}$ a $0,9 \text{ l.s}^{-1}$ pro profil J1.

5.3 Vyhodnocení koncentrací dusičnanů

Vyhodnocení koncentrací dusičnanů na mikropovodí Jenín 1 a Jenín 2 je provedeno na základě chemického rozboru vzorků vod. Vzorky byly odebírány v přibližně čtrnáctidenním intervalu a rozborovány akreditovanou laboratoří.

Koncentrace dusičnanů současně s hodnotami průtoků pro hydrologický rok 2007 na profilech J1 a J2 jsou uvedeny v následujících tabulkách 5 a 6.

Tab. 5: Průběh koncentrací dusičnanů a průměrných denních průtoků na profilu J1

Datum	Koncentrace NO_3^- (mg.l^{-1})	Průtok (l.s^{-1})
6.11.06	25,6	2,4
21.11.06	23,3	1,3
27.11.06	30,9	1,3
18.12.06	33,1	1,2
20.1.07	23,8	3,0
21.2.07	14,4	3,0
8.3.07	13,8	5,0
23.3.07	14,9	3,0
4.4.07	13,7	4,0
26.4.07	24,1	1,7
9.5.07	18,6	2,2
22.5.07	23,3	1,3
5.6.07	29,7	1,3
19.6.07	29,5	1,0
3.7.07	33,3	1,4
20.7.07	31,5	0,9
9.8.07	31,0	1,0
23.8.07	30,8	1,0
5.9.07	29,3	1,5
19.9.07	28,6	3,2
10.10.07	17,5	2,1
25.10.07	15,5	3,0

Minimální koncentrace dusičnanů na profilu J1 byla naměřena v dubnu 2007, a to $13,7 \text{ mg.l}^{-1}$, při průměrném denním průtoku $4,0 \text{ l.s}^{-1}$. Druhá nejnižší hodnota $13,8 \text{ mg.l}^{-1}$ byla zaznamenána v březnu 2007, při průtoku $5,0 \text{ l.s}^{-1}$. Z toho vyplývá, že vysoké průtokové stavy ovlivňují koncentrace dusičnanů ředěním. To může být následkem přítomnosti bodových zdrojů znečištění (při absenci sídel na mikropovodí se jedná především o funkční místa pastvin).

Maximální koncentrace dusičnanů na profilu J1 byla naměřena v červenci 2007, a to 33,3 mg.l⁻¹, při průměrném denním průtoku 1,4 l.s⁻¹. Tato vysoká hodnota nastala v delším období nízkých průtoků, v době pastvy na výzkumných lokalitách.

Tab. 6: Průběh koncentrací dusičnanů a průměrných denních průtoků na profilu J2

Datum	Koncentrace NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	Průtok (l.s ⁻¹)
6.11.06	14,6	1,3
21.11.06	13,7	1,2
27.11.06	15,0	1,2
18.12.06	15,8	1,1
20.1.07	15,5	3,1
21.2.07	11,5	2,3
8.3.07	11,7	4,4
23.3.07	10,3	3,2
4.4.07	10,7	3,2
26.4.07	11,5	1,5
9.5.07	9,3	1,8
22.5.07	11,2	1,1
5.6.07	12,0	1,0
19.6.07	12,6	0,8
3.7.07	11,4	1,0
20.7.07	16,2	0,6
9.8.07	13,4	0,7
23.8.07	12,9	0,7
5.9.07	12,6	1,0
19.9.07	12,4	1,9
10.10.07	5,9	1,4
25.10.07	7,7	2,7

Minimální koncentrace dusičnanů na profilu J2 byla naměřena v říjnu 2007, a to 5,9 mg.l⁻¹, při průměrném denním průtoku 1,4 l.s⁻¹. V této době již neprobíhá na lokalitě pastva a zároveň dochází ke zpomalování denitrifikačních procesů vlivem klesajících teplot.

Maximální koncentrace dusičnanů na profilu J2 byla naměřena v červenci 2007 a to 16,2 mg.l⁻¹, při průměrném denním průtoku 0,6 l.s⁻¹. Tato vysoká hodnota nastala podobně jako na mikropovodí Jenín 1 v delším období nízkých průtoků, v době pastvy na výzkumných lokalitách.

Porovnáme-li koncentrace dusičnanů na obou profilech, zjistíme, že na profilu J1 jsou hodnoty vyšší. Průměrná hodnota koncentrací dusičnanů na profilu J1 dosahuje dvojnásobku hodnoty z profilu J2 (24,4 mg.l⁻¹, resp. 12,2 mg.l⁻¹).

Z porovnání hodnot C90 koncentrací dusičnanů (hodnoty s pravděpodobností nepřekročení 90%) na jednotlivých profilech s třídami znečištění povrchových vod ČSN 75 7221 vyplývá, že jakost vody na profilu J1 z hlediska dusičnanů náleží do III. třídy znečištění vod, profil J2 potom do třídy II. Zařazení do uvedených tříd (viz. Tab. 7) bylo provedeno na základě vynásobení hodnot C90 převodním koeficientem 0,23.

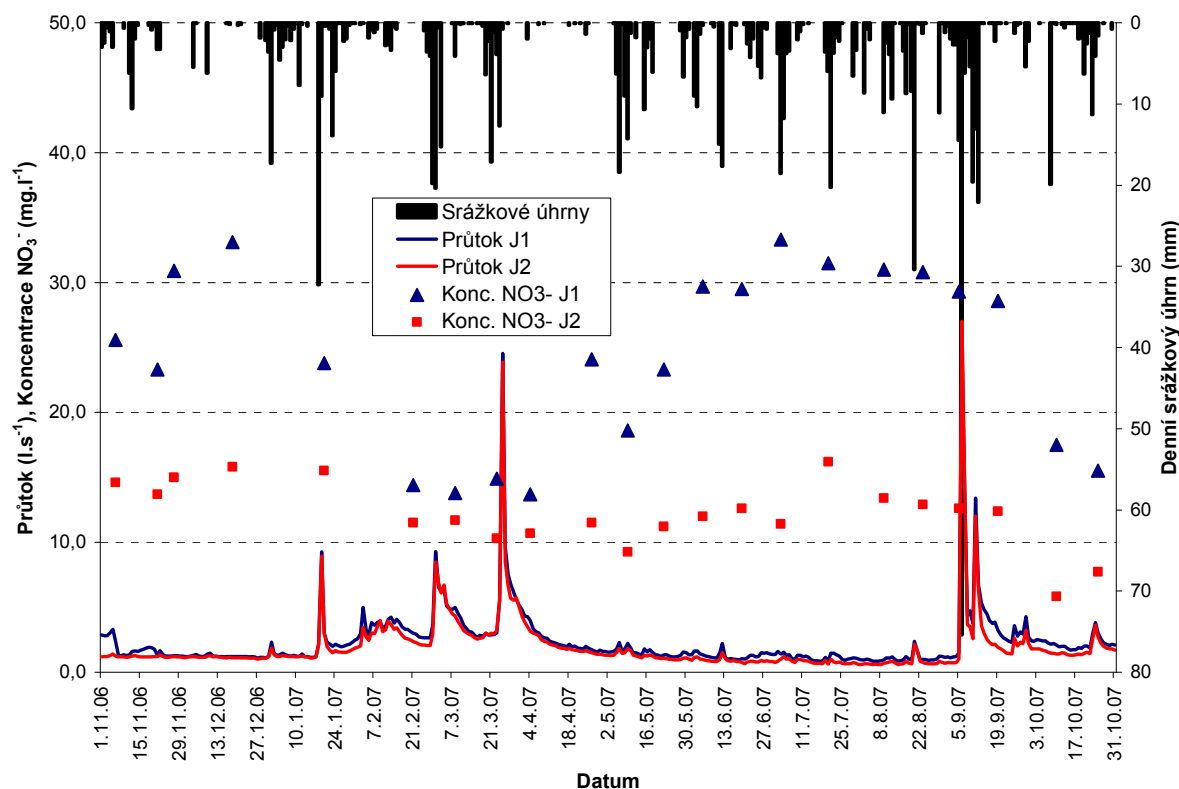
Tab. 7: Třídy znečištění povrchových vod dle ČSN 75 7221

Třída znečištění	Koncentrace N-NO₃⁻ (mg.l⁻¹)
I.	méně než 3
II.	3 - 6
III.	6 - 10
IV.	10 - 13
V.	rovno nebo více než 13

Ve zkoumaném roce nebyly odebrány žádné vzorky při extrémních průtokových situacích. Při jarním tání se vzhledem k velmi mírné zimě žádné nevyskytly. Letní přívalové deště rovněž žádné vysoké průtokové stavy nezpůsobily. Z Tab. 5 a 6 je zřejmé, že odběry vzorků probíhaly za normálních průtoků (do 5 l.s⁻¹). Z toho důvodu nebylo možné stanovit kritické srážkové úhrny z pohledu pro změny jakosti vody. Jak již bylo napsáno dříve, na zkoumaných mikropovodích s rostoucími průtoky koncentrace dusičnanů klesají. Toto ukazuje spíše na bodové zdroje znečištění, kdy při velkých průtocích dochází k rychlému naředění dusičnanů ve vodě. Proto by byly kritické srážkové úhrny (nebo kritické odtokové situace po jarním tání) problematické spíše z hlediska odnosů, jak dokládá ŽLÁBEK, MIKA (2007) na datech z předchozího období.

V hydrologickém roce 2007 dosáhl maximální průtok hodnoty necelých 28 l.s⁻¹ (pro srovnání hodnota maximálního průtoků v letech 2005 a 2006 činila 160 l.s⁻¹).

Graf 4: Průběh průměrných denních průtoků, denních srážkových úhrnů a koncentrací dusičnanů na profilech J1 a J2



Z Grafu 4 je patrné, že koncentrace dusičnanů na profilu J2 byly celoročně vyrovnané, bez významných výkyvů. Znatelné výkyvy koncentrací dusičnanů byly pozorovány na profilu J1. V průběhu roku sledované hodnoty kolísaly. Pokles je zřejmý v měsíci únoru, březnu a dubnu, kdy koncentrace dusičnanů nepřekročily hodnotu 15 mg.l^{-1} . Od měsíce května hodnoty opět rostly a v letních měsících dosahovaly maximálních hodnot. Toto je způsobeno využíváním ploch pro pastvu dobytka ve vegetačním období. Výrazný pokles byl opět zaznamenán v měsíci říjnu a listopadu. Příčinou uvedených poklesů jsou zejména zvýšené průtoky.

5.4 Funkčnost drenážních skupin

Vysoké srážky, pramenné vývěry, vysoká hladina podzemní vody s následkem tvorby svahové vody s napjatou hladinou byly příčinou nevyrovnaného vodního režimu zájmové lokality. Se snahou o maximální zornění došlo v lokalitě v letech 1978-79 k provedení hydromelioračního opatření. Bylo provedeno odvodnění pozemků s cílem využívat plochy jako ornou půdu. Podle původního plánu měl být volen různý způsob odvodnění v obou mikropovodích. V mikropovodí Jenín 1 měla být provedena drenáž sporadická, v mikropovodí Jenín 2 klasická systematická drenáž. Ve výsledku bylo provedeno odvodnění systematickou drenáží na obou mikropovodích. Tyto zásahy byly dle potřeby doplněny záchytnými příkopy a drény pro separaci a odvedení cizích povrchových a cizích svahových podzemních vod. Osazení uzávěru povodí Thomsonovým přepadem, měření průtoků limnigrafy, ale i odebrání vzorků pro určení jakosti vody (min. jedenkrát měsíčně), znamenaly začínající výzkumnou činnost v daných mikropovodích.

Kontrola polohového umístění a funkčnosti jednotlivých odvodňovacích šachtic byla provedena v červnu a září 2005. Došlo k porovnání jejich skutečné polohy v terénu s dostupnou projektovou dokumentací. Zároveň byla měřena hloubka uložení drenážních systémů. V obou lokalitách byla zjištěna značná hloubka uložení hlavního odvodňovacího zařízení a to v rozmezí 1,2 – 3,5 m. Hloubkou uložení drenážních systémů může být ovlivněna jakost vody, a to z důvodu delší doby doběhu vody do drenážních systémů.

Další kontrola funkčnosti drenážních systémů byla provedena na jaře roku 2007. Byla zaměřena na funkčnost odvodňovacích šachtic, byla provedena vizuální kontrola funkčnosti drenáží, změřena výška vtoku a výtoku ze šachtice a zaznamenán stav průtoků ve svodných drénech.

Plošné vyjádření provedených opatření

Jenín 1 – rozloha mikropovodí je 0,470 km². Odvodnění je provedeno systematickou drenáží v rozsahu 0,396 km² (84 %). Procento zalesnění je 13%.

Jenín 2 – rozloha mikropovodí je 0,550 km². Odvodnění je provedeno systematickou drenáží v rozsahu 0,354 km² (64 %). Procento zalesnění je 12%.

5.4.1 Mikropovodí Jenín 1

V mikropovodí Jenín 1 je provedeno odvodnění systematickou drenáží. Bylo zkontrolováno 15 šachtic, následně zapsán a zakreslen jejich stav. Postupovalo se od šachtic umístěných na sběrných drénech k šachticím umístěným u vyústění na uzávěrovém profilu.

Z celkového počtu 15 kontrolovaných šachtic byla zjištěna nefunkčnost u 4 z nich. Jednalo se o šachtice označené Š7, Š13, Š14 a Š15. Šachtice Š7 byla znehodnocená a zaslepená, šachtice Š14 zborcená a zasypaná. Z těchto příčin nebylo možné provést vizuální kontrolu funkčnosti drenáže. V šachticích Š13 a Š15 stála voda do výšky 50 cm (Š13) a 20 cm (Š15), je tedy pravděpodobné, že jsou tyto šachtice zcela ucpané.

U ostatních funkčních šachtic byla hodnocena funkčnost na základě kritéria: *teče, teče málo, neteče*. V horních částech povodí, kde jsou odvodňovány zejména bodové zdroje zamokření – prameny a mokřady, lze hodnotit funkčnost šachtic jako dobrou.

Šachticemi Š1 až Š5 voda odtékala a lze tedy říci, že je drenáž v tomto úseku funkční. Problémem je však průsak vody do šachtice stěnami v případě velkého bodového zamokření, jako je u Š2. Nad znehodnocenou šachticí Š7 vzniká v místech údolnice povrchový tok vody. Směrem k Š8 se zvětšuje, dochází k vymílání půdy a dosahuje tak hloubky až půl metru. Působení této vodní eroze je dobře patrné v okolí Š8, o které má vypovídací schopnost také betonová skruž vedle šachtice, která dříve tvořila její horní část. Mezi šachticemi Š8 a Š9 dochází k tomu, že erozní rýha zasahuje do hloubky uložení drenáže a jak je patrné z Přílohy 9., část drenáže odkrývá. V těchto dvou šachticích je umístěno „Kašákovo zařízení“, které se využívalo k výzkumu v 80. letech. Směrem k uzávěru povodí tok vody po povrchu pokračuje, postupně se zařezává do půdy a v okolí šachtice Š10 vytváří malou vodoteč (Příloha 11.). Již zmiňované Kašákovo zařízení se objevuje v Š11. Jedná se zřejmě o průtokoměr používaný v 80. letech.

V souhrnu lze konstatovat, že systematická drenáž v dolní části povodí není funkční. Drenáže jsou ucpané, drží se v nich voda. Vlivem této nefunkčnosti jsou okolní půdy neustále zamokřené a způsobují vytváření povrchového toku vody.

5.4.2 Mikropovodí Jenín 2

V mikropovodí Jenín 2 je provedeno odvodnění též systematickou drenáží. Při hodnocení se postupovalo stejným způsobem jako u mikropovodí Jenín 1. Byla provedena kontrola stavu vtoku a výtoku u drenážních šachtic a byla též provedena vizuální kontrola funkčnosti drenážních systémů.

Kontrola byla prováděna opět od horních částí drenážní skupiny. Celkem bylo kontrolováno 16 šachtic. Tři šachtice byly nefunkční, další tři byly zaplněné vodou. První kontrolované šachtice jsou umístěné v horní části pastviny pod lesem. Šachtice Š1 až Š5 byly funkční, ze všech drenážních výustí vtékala do šachtice voda a všemi výtoky vytékala. Na dně šachtice Š6 se držela voda. Příčinou zde může být vyšší hladina spodní vody způsobující její částečné zaplnění. Šachtice Š7 byla suchá, nefunkční, stejně tak i Š16. Š8 byla plně funkční, Š10 naopak zaházená. Š13 navazující na Š10 byla zaplněna vodou. V šachticích Š9 a Š11 také stála voda, výška hladiny byla 50 cm (Š9) a 100 cm (Š11), přičemž okolí Š11 bylo zamokřené. Toto zamokření způsobuje postupem do nižších partií povrchový tok vody, který při větších srážkových úhrnech způsobuje vodní erozi. Navazující šachtice Š12 je plně funkční. Stejně tak i šachtice Š14 a Š15, vtoky a výtoky byly hodnoceny jako tekoucí.

V souhrnu lze říci, že drenážní skupina nacházející se na pastvině, v horní části pod lesem, je plně funkční. Z pohledu od uzávěru mikropovodí je pravá skupina nefunkční, šachtice jsou zničené a zaházené. Levá skupina je charakterizována šachticemi suchými nebo naopak zaplněnými vodou. Povrchová voda způsobující vodní erozi je zejména ve střední části drenážní skupiny.

6. ZÁVĚR

V diplomové práci jsem vyhodnotila srážkové úhrny a jejich vliv na průtokové poměry, koncentrace dusičnanů a funkčnost drenážních skupin na mikropovodí Jenínského toku. Hodnocení jsem prováděla na základě získaných dat pro hydrologický rok 2007.

Celkový úhrn srážek pro hydrologický rok 2007 na lokalitě Jenín byl 892 mm. Takové množství srážek představuje vlhký rok. Porovnáním maximálních 24hodinových srážkových úhrnů jsem zjistila, že se jedenkrát za sledované období vyskytla hodnota blízká se N20 (pravděpodobnost výskytu jedenkrát za 20 let), ostatní hodnoty nedosahovaly ani hodnoty N2. Maximum srážek bylo dosaženo 6.9.2007.

Ve stejný den byly také naměřeny maximální průměrné denní průtoky na obou profilech, které však zdaleka nedosahovaly hodnot zaznamenaných v předchozích letech. I přes 41 dní trvající bezsrážkové období nenastalo období s nulovým průtokem. Minimální průměrný denní průtok naměřený na profilu J1 byl $0,8 \text{ l.s}^{-1}$, na profilu J2 $0,6 \text{ l.s}^{-1}$. Přibližně stejná plocha, ale i shodný způsob využívání způsobují, že se jednotlivé charakteristiky průměrných denních průtoků na obou mikropovodích výrazně neliší. Vyhodnocením průtoků a koncentrací dusičnanů jsem zjistila, že minimální koncentrace byly naměřeny během vyšších průtokových stavů na obou mikropovodích. Koncentrace dusičnanů byly ovlivněny ředěním bodových zdrojů znečištění (funkční místa pastvy). Dalšími faktory ovlivňujícími hodnoty koncentrací dusičnanů jsou extenzivní způsob využívání ploch obou mikropovodí a absence organického a minerálního hnojení.

Stanovit kritické srážkové úhrny z pohledu změny jakosti vody nebylo možné z důvodu absence monitoringu jakosti vody při vysokých průtokových stavech způsobených přívalovými či dlouhodobými vydatnými dešti.

Z provedeného průzkumu zaměřeného na funkčnost drenážních systémů na sledovaných lokalitách Jenín 1 a Jenín 2 je zřejmé, že celková průchodnost drenážemi je velmi malá. Funkčnost těchto systémů klesá směrem k uzavěru mikropovodí. Problémem je především zanášení a snižující se životnost těchto systémů. Nefunkčnost je patrná zejména na mikropovodí Jenín 1. Řada kontrolovaných šachtic je zcela zanesena a ucpána. Bezprostřední okolí některých ucpaných šachet je dlouhodobě lokálně zamokřené a jako takové často vyhledávané pasoucí se dobyt看. Tyto plochy společně s funkčními místy pastvy jsou velmi důležité z hlediska tvorby znečištění povrchových vod. Naopak v období, kdy není dobytek na pastvě, fungují tyto zamokřené plochy jako mokřady a mají významnou denitrifikační schopnost. V místech průběhu hlavního svodného drénu je

patrný povrchový odtok, který je příčinou vodní eroze a následného odnosu půdy. Povrchový odtok se téměř celoročně vyskytuje v dolní třetině povodí, v období zvýšených průtoků i v horních částech mikropovodí a způsobuje jasně patrné erozní rýhy. Negativní vliv na odtokové poměry sledované lokality má velký sklon povodí způsobující rychlý povrchový odtok vody. Rychlému odtoku napomáhají oglejené půdy, které mají sníženou drenážní schopnost. Nepříznivě působí také neustálý pohyb zvířat po pastvinách, kdy dochází k utužování půdy a tím snížení již tak malé retenční schopnosti půdy.

Vážným problémem sledované lokality je dosluhující drenážní systém především z hlediska jakosti povrchových vod. Naopak z hlediska vodního režimu krajiny je vhodnější přirozený stav bez drenážních systémů, které nežádoucím způsobem odvádějí podpovrchovou a podzemní vodu. Hospodařící subjekt na povodí má v letošním roce v úmyslu zahájit opravu a údržbu drenážních šachtic a vedení, proto bude v budoucnosti zajímavé monitorovat vliv těchto opatření na sledované ukazatele.

Zkoumaná mikropovodí jsou svými geologickými, pedologickými a klimatickými podmínkami, hospodářským využitím, přítomností drenážních systémů a nízkou hustotou osídlení typická pro podhůří Šumavy, a proto lze prováděný výzkum zobecnit pro danou oblast.

Z mého pohledu je důležitější řešit ochranu jakosti vod a tvorbu povrchového (povodňového) odtoku na úrovni těchto malých zdrojových povodí než nákladnými opatřeními v blízkosti aglomerací, kterými se řeší spíše následky než příčiny výše uvedených problematik.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ALBRECHT, J. A KOL. Českobudějovicko, Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Brno, Praha, 2003, 808 s.
2. BRUTSAERT, W. Hydrology: An Introduction. Cambridge U. Press, New York, 2005, 557 s.
3. Česká státní norma ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut, Praha, 1998.
4. Česká státní norma ČSN ISO 5667-6 Jakost vod – Odběr vzorků. Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků. Český normalizační institut, Praha, 1993.
5. DEMEK, J. Zeměpisný lexikon ČSR, hory a nížiny. Academia, Praha, 1987, 584 s.
6. DIVIŠ, M. Monitorování vod. SPŠ Karviná, Karviná, 2005, 78 s.
7. DORST, J. Ohrožená příroda. Panorama, Praha, 1985, 413 s.
8. DOSTÁL, J., HABERLE, J., KLÍR, J., KOZLOVSKÁ, L., KVÍTEK, T., RŮŽEK, P., KOUŘA, J. Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. MZE ČR Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, 44 s.
9. DUMBROVSKÝ, M., MEZERA, J. Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2000, 189 s.
10. EVANS, R. O et GILLIAN, J. W. Controlled drainage and subirrigation effects on drainage water duality. ICID, New Delphi, 1990.

11. GERGEL, J. A KOL. Metodika 12/1994: Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1994, 26 s.
12. HLAVÍNEK, P., ŘÍHA, J. Jakost vody v povodí. Nakladatelství Cerm, Brno, 2004, 210 s.
13. HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. Hydrologie, Skriptum FLE ČZU Praha, 2002, 280 s.
14. JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M. Hydraulika a hydrologie. VUT Brno, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2002, 186 s.
15. JŮVA, K., DVOŘÁK, J., TLAPÁK, V. Odvodňování zemědělské půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1987, 320 s.
16. KAŠPÁREK, L. Příčiny mimořádných povodní v Čechách a na Moravě. Sborník přednášek Povodně a krajina '97, Kongresové centrum Brno, 1997, s. 2/33 – 2/37.
17. KEMEL, M. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skriptum FS ČVUT Praha, 1996, 289 s.
18. KLADIVKO, E. J. Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drain on a silt loam soil in Indiana. J. Environ, Quasi, 1991, s. 264 – 270.
19. KOŽNAROVÁ, V., KLABZUBA, J. Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. Rostlinná výroba, roč. 48, č.4, 2002, s. 190 – 192.
20. KREŠL, J. Hydrologie. Skriptum MZLU Brno, 2001, 128 s.
21. KRÍŽ, V. Hydrometrie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1988, 175 s.
22. KRÍŽ, V., KUPČO, M., SOCHOREC, R. Měření průtoků, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha, 1979, 148 s.

23. KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., KVÍTEK, T., SOUKUP, M., TIPPL, M. Extrémní průtoky v pokusných povodích a pravděpodobnosti jejich výskytu. Sborník workshopu: Pokusná zemědělsko-lesní povodí VÚMOP ve středočeském krystaliniku, Nové Hrady, 2002, 96 s.
24. KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F., SOUKUP, M. Separace složek drenážního odtoku a její využití při klasifikaci existujících drenážních systémů. Vědecké práce VÚMOP, Praha, 2001, č.12, s. 29-52.
25. KULHAVÝ, Z., SOUKUP, M., ČMELÍK, M., DOLEŽAL F. Zemědělské odvodnění v kulturní krajině – sborník z panelové diskuze a workshopu, VÚMOP, Praha, 2005, 102 s.
26. KUŘÍK, P., Hydrologie. Rozšířené sylaby vybraných kapitol pro kombinované (dálkové studium), ČZU Praha, 2001. Zdroj: www.sweb.cz/kurik.petr/hydrologie.html (in electronic).
27. KVÍTEK, T. Metodika: Uplatnění systému alternativního managementu ochrany půdy a vod v krajině, VÚMOP, Praha, 2005, 90 s.
28. KVÍTEK, T. Možnosti snížení zatížení povrchových vod nitráty. Rostlinná výroba, 1994, č.12, roč. 40, s. 1129 – 1138.
29. KVÍTEK, T., TIPPL, M. Zemědělské informace : Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha, ÚZPI, 2003, 46 s.
30. McCUTCHEOUN, S. C., MARTIN, J. L., BARNWELL, T.O. Water quality, Chapter 11 in: Maidment, D.R. (ed.): Handbook of hydrology. New York : McGraw-Hill, 1993.
31. MÍSAŘ, Z. A KOL. Geologie ČSSR I, Český masív. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1983, 336 s.

32. NAEF, F., SCHERRER, S., WEILER, M. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. *Journal of Hydrology*, Volume 267, Issues 1-2, 1 October 2002, s. 74-79.
33. PITTER, P. *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 1999, 568 s.
34. PRUDKÝ, J. Komplexní pozemkové úpravy na pozemcích s odvodněním, in: *Voda v krajině*. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Brno, 1996, 416 s.
35. ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. Srážková bilance a průtoky vody ve Vltavě za dvě století. XIV. Česko – slovenská bioklimatická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, s. 412 – 419.
36. SLEPIČKA, J. Vysoké dávky živin a jejich vyplavování v různých ekologických podmínkách. *Rostlinná výroba*, č. 10, roč. 20, 1994, s. 1015 – 1023.
37. SERRANO, E.S., *Hydrology for engineers, Geologists and Environmental Professionals*, HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, 1997, 480 s.
38. ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R. Denné úhrny srážok s mimoriadnou vydatnosťou v období 1901 – 1980. *Zborník prác SHMÚ*, Bratislava, sv. 24, 1985, s. 9-12.
39. ŠILARĚ, J. *Hydrologie v životním prostředí*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 1996, 137 s.
40. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. *Voda v zemědělské krajině*. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 1992, 320 s.
41. VACÍK, J. *Přehled středoškolské chemie*. SPN pedagogické nakladatelství, a.s., Praha, 1995, 368 s.
42. ŽLÁBEK, P., MIKA, K. *Závěrečná zpráva IG 10/07*. České Budějovice, 2007, 22 s.

8. PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha 1. Využití půdy

Příloha 2. Výskyt bonitovaných půdně-ekologických jednotek

Příloha 3. Pohled na povodí

Příloha 4. Thomsonův přepad na profilu J1

Příloha 5. Thomsonův přepad na profilu J2

Příloha 6. Trasa svodného drénu s revizními šachticemi, Jenín 2

Příloha 7. Funkční drenážní šachtice Š3, Jenín 2

Příloha 8. Nefunkční drenážní šachtice Š13, Jenín 1

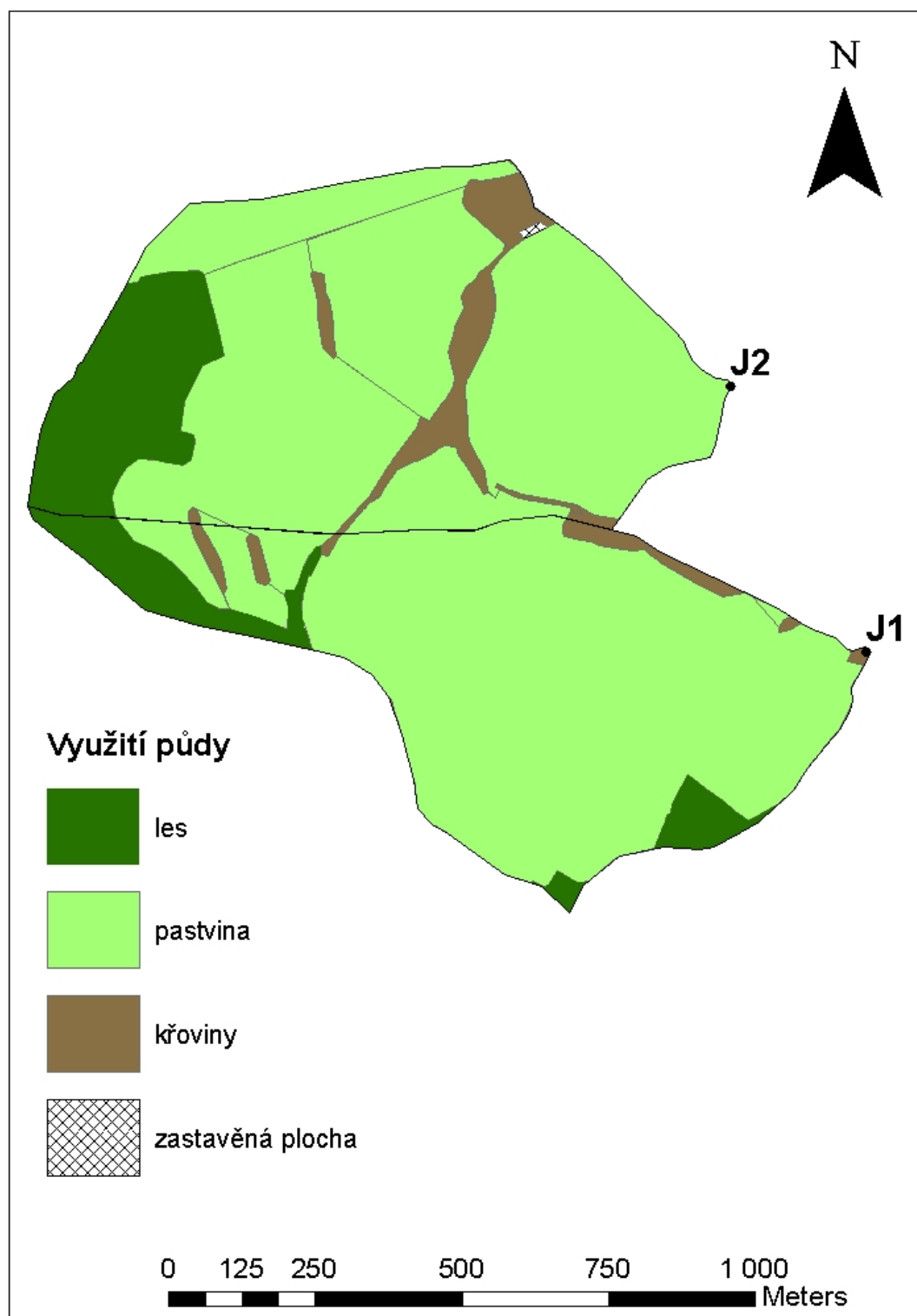
Příloha 9. Odnos půdy v okolí šachtice Š8, Jenín 1

Příloha 10. Nefunkční drenážní vedení odkryté vodní erozí, Jenín 1

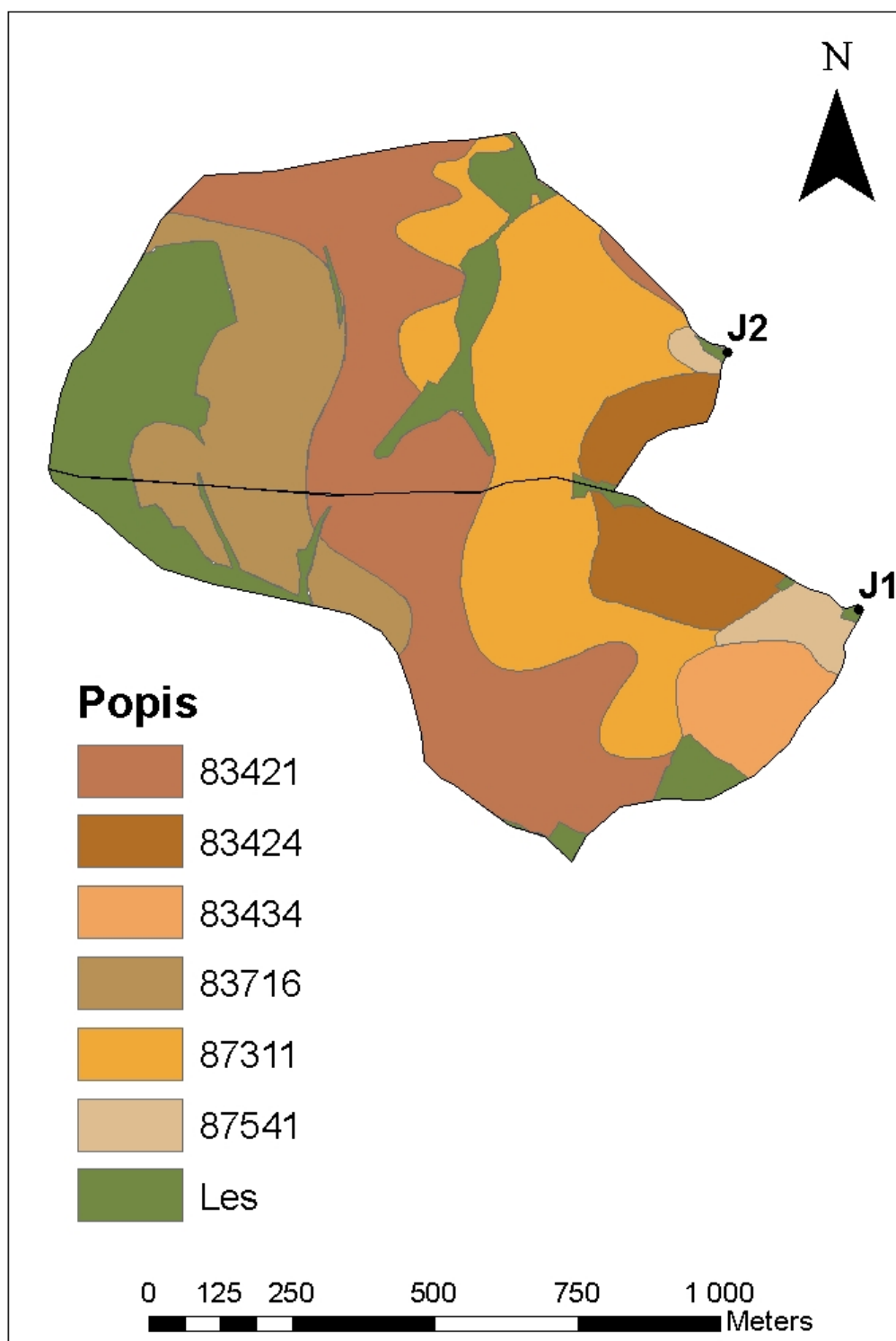
Příloha 11. Erozní rýha v okolí Š10, Jenín 1

Příloha 12. Drenážní šachtice bez poklopu – past pro zvířata

Mikropovodí Jenín I. a Jenín II. - Využití půdy



Mikropovodí Jenín I. a Jenín II. - BPEJ



Příloha 3. Pohled na povodí



Příloha 4. Thomsonův přepad na profilu J1



Příloha 5. Thomsonův přepad na profilu J2



Příloha 6. Trasa svodného drénu s revizními šachticemi, Jenín 2



Příloha 7. Funkční drenážní šachtice Š3, Jenín 2



Příloha 8. Nefunkční drenážní šachtice Š13, Jenín 1



Příloha 9. Odnos půdy v okolí šachtice Š8, Jenín 1



Příloha 10. Nefunkční drenážní vedení odkryté vodní erozí, Jenín 1



Příloha 11. Erozní rýha v okolí Š10, Jenín 1



Příloha 12. Drenážní šachtice bez poklopu – past pro zvířata

