

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**SRÁŽKO-ODTOKOVÉ VZTAHY POVODÍ
HORNÍ LUŽNICE**

(bakalářská práce)

Zuzana Rettichová

• Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr

PRAHA 2007

Abstract

The main aim of this work is an assessment of the relation between rainfall and a mechanism of runoff in upper Lužnice river basin.

This work is included in the research project VaV-SM/2/57/05 “Long-term changes of river ecosystems in floodplains affected by extreme floods“.

The work consists of several parts. First section of the work deals with methodological research of influence of rainfall and runoff and their changes.

Second part describes physical geography characteristics of the upper Lužnice river basin. Part of the river basin is situated in Austria. Most of the work in this chapter is focused on description of physical geography characteristics of the Czech part of the upper Lužnice river basin.

Following chapter represents rainfall and runoff. It describes runoff in general and characteristics of its individual parts. Main factors affecting the runoff are mentioned in this chapter. These factors are very important for further analysis.

The final practical part is an analysis of the relationship between rainfall and runoff using the method of single and double mass curve. The main aim is to find out if trends in development of runoff in the upper Lužnice basin have changed in recent twenty years.

OBSAH

Abstract	3
Obsah	4
1. Úvod	6
2. Metody	7
2. 1. Metody pro zjišťování změn v odtokovém režimu.....	7
2. 2. Metody odhalování antropogenního ovlivňování průtoků.....	8
2. 2. 1. Metoda porovnávání tendencí vývoje srážek a odtoku.....	8
2. 3. Metoda polygonů (metoda Hortonova, Thiessenova).....	9
2. 4. Použitá data.....	10
3. Fyzickogeografické poměry povodí horní Lužnice	12
3. 1. Poloha území.....	12
3. 2. Geologie.....	15
3. 3. Geomorfologie.....	18
3. 4. Klima.....	21
3. 4. 1. Klimatické oblasti.....	21
3. 4. 2. Srážky.....	21
3. 4. 3. Teploty.....	23
3. 4. 4. Povětrnostní podmínky.....	25
3. 5. Pedologie.....	25
3. 6. Biogeografie.....	26
3. 6. 1. Fytogeografie.....	26
3. 6. 2. Zoogeografie.....	28
3. 7. Ochrana přírody.....	29
4. Srážky	30
5. Odtok	32
5. 1. Geneze odtoku.....	32
5. 2. 1. Povrchový odtok.....	34
5. 2. 1. 1. Hortonovský povrchový odtok.....	35
5. 2. 1. 2. Nasycený povrchový odtok.....	35
5. 2. 2. Hypodermický odtok.....	37
5. 2. 3. Podzemní odtok (základní).....	37

6. Faktory ovlivňující odtok.....	39
6. 1. Klimatické faktory.....	40
6. 2. Fyzickogeografické faktory.....	41
6. 2. 1. Geografická poloha.....	41
6. 2. 2. Vlastnosti reliéfu	41
6. 2. 3. Geologické a půdní poměry.....	42
6. 2. 4. Vegetace.....	42
6. 3. Antropogenní faktory.....	44
6. 3. 1. Malé vodní nádrže.....	44
6. 4 Využití půdy v srážko-odtokovém procesu.....	45
6. 4. 1. Lesní porosty.....	46
6. 4. 2. Travní porosty.....	46
6. 4. 3. Orná půda	46
6. 4. 4. Urbanizované plochy.....	46
7. Výsledky.....	47
7. 1. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar ročních průtoků a ročních srážkových úhrnů.....	47
7. 2. Analýza změn odtoku pomocí podvojných součtových čar ročních průtoků a ročních srážkových úhrnů.....	54
8. Diskuse.....	56
9. Závěr.....	57
10. Seznam použitých zdrojů a literatury.....	58
10. 1. Literatura.....	58
10. 2. Datové, mapové a internetové zdroje.....	61
11. Seznam obrázků, grafů a tabulek.....	62

1. Úvod

Povodí horní Lužnice bylo vybráno a zařazeno do projektu VaV-SM/2/57/05, který se zabývá dlouhodobými změnami poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami. Hlavním cílem práce je zhodnocení vztahu mezi srážkami spadlými na povodí a mechanismem jejich odtoku ve vybraném povodí. Je nutné sledovat trendy ve vývoji odtoku a srážko-odtokových vztahů, převážně s ohledem na možné změny způsobené antropogenními zásahy do říčního systému a celkové struktury povodí. Bylo zapotřebí vybrat metodu, která bude použita v bakalářské práci. Podrobnější popis metod zjišťujících změny v odtokovém režimu nalezneme ve 2. kapitole.

Důležitou součástí práce je podrobná charakteristika přírodních poměrů. Dané povodí spadá i na území Rakouska a vzhledem ke špatné dostupnosti potřebné literatury jsem se při fyzickogeografické charakteristice zaměřila hlavně na českou část povodí, která zasahuje do Novohradských hor, Třeboňské pánve a Novobystřické vrchoviny. Díky rozmanitosti povodí se na utváření charakteristického odtoku podílí mnoho činitelů. Jednotlivé části fyzickogeografické charakteristiky popisují strukturu a ráz krajiny, které velmi ovlivňují odtok. Geologie, geomorfologie, vegetace či klima jsou pro odtok zásadním ovlivňujícím faktorem.

V kapitole 4 a 5 byly rešeršní formou obecně popsány srážky a odtok a jejich jednotlivé složky. Hlavním cílem této části byl popis jednotlivých složek odtoku a podmínek, za jakých k nim dochází. Existuje řada teorií, které se zaměřují na povrchový odtok. Některé z těchto studií jsem zařadila do 5. kapitoly.

Další z kapitol pojednává o faktorech ovlivňujících odtok. Všechny tyto činitele mají vliv na jeho velikost a působí ve vzájemné závislosti. Přesto je důležité tyto faktory podrobně popsat. Do této části práce jsem zahrнула i popis hlavních účelů malých vodních nádrží, neboť se v povodí hojně vyskytují.

Závěrečná praktická část prezentuje výsledky analýzy vztahu mezi srážkami a odtokem s použitím jednoduché a podvojně součtové čáry. Metodou podvojně součtové čáry lze zjistit, zda se vyskytují v povodí nějaké změny, které by mohly naznačit převrat ve vývoji odtoku. Nakonec je nezbytná diskuse výsledků a patřičná formulace závěru.

2. Metody

2. 1. Metody pro zjišťování změn v odtokovém režimu

Zjišťováním změn režimu a změn odtoku vlivem antropogenních faktorů se zabývá mnoho autorů. Řada z nich zohledňuje komplexní vliv hospodářské činnosti člověka na odtok a jeho režim. Autoři třídí metody, metodické postupy podle kritérií a do různých skupin. Změnami režimu a odtoku se zabývá řada zahraničních autorů např. Šiklomanov, Dobroumov, ale i několik českých odborníků jako např. Kříž, Kaňok, Bakytová, Balek (KAŇOK, 1997).

Kaňok (1997) se domnívá: „Zjišťování antropogenního působení na změny průtoku a průtokového režimu v povodí musí být zahájeno metodami, které odhalí skutečnost, zda vůbec k antropogennímu ovlivnění na dané úrovni přesnosti dochází“ (KAŇOK, 1997, str. 9). Až poté můžeme zjišťovat změny průběhu vodního režimu v určitém časovém období nebo se zaměřit na absolutní či relativní velikosti změn v odtoku.

Kaňok ve své práci (1997) proto dělí metody pro zjišťování antropogenních změn v průtoku režimu takto:

1. Metody odhalování antropogenního ovlivňování průtoku

- metody porovnání dvou a více období
- metody porovnání tendencí vývoje srážek a odtoku
- metody založené na korelačním počtu
- metody určení počátku antropogenního ovlivňování velikosti průtoku

2. Metody zjišťování velikosti změn v odtoku vlivem antropogenních faktorů

- metody absolutní
- metody relativní

3. Metody zabývající se změnami průběhu vodního režimu v určitém časovém období

- metody statistické
- metody analogické
- metody kombinované

V této práci se budu zabývat metodou odhalující antropogenní ovlivňování průtoku, konkrétně metodou porovnávání tendencí vývoje srážek a odtoku.

2. 2. Metody odhalování antropogenního ovlivňování průtoků

Tyto metody jsou založeny pouze na existenci hydrologických dat, nebo hydrologických i meteorologických dat. Nejčastěji se využívají průměrné měsíční průtoky, průměrné roční průtoky a odpovídající měsíční a roční úhrny srážek (KAŇOK, 1997).

2. 2. 1. Metoda porovnávání tendencí vývoje srážek a odtoku

Za základní metodiku byly vzaty analýzy jednoduchých a podvojných součtových čar. Metoda podvojně součtové čáry se často v hydrologii využívá ke zjišťování homogenity časové řady pomocí jiné časové řady (KAŇOK, 1997). Máme řadu A naměřených hodnot (průtoky), porovnáváme její homogenitu pomocí jiné řady B, jež není ovlivněna činností člověka. Tato řada B je tedy homogenní. Křížek, Schneider (1980) navrhuji pro řadu B:

- řada stejných hodnot,
- řada průtokových charakteristik jiné stanice v povodí,
- řada průtokových charakteristik jiné stanice na téže toku,
- řada jiných průtokových hodnot nebo charakteristik u téže stanice,
- řada srážkových úhrnů nebo jiných prvků ovlivňujících odtok - příčinná závislost

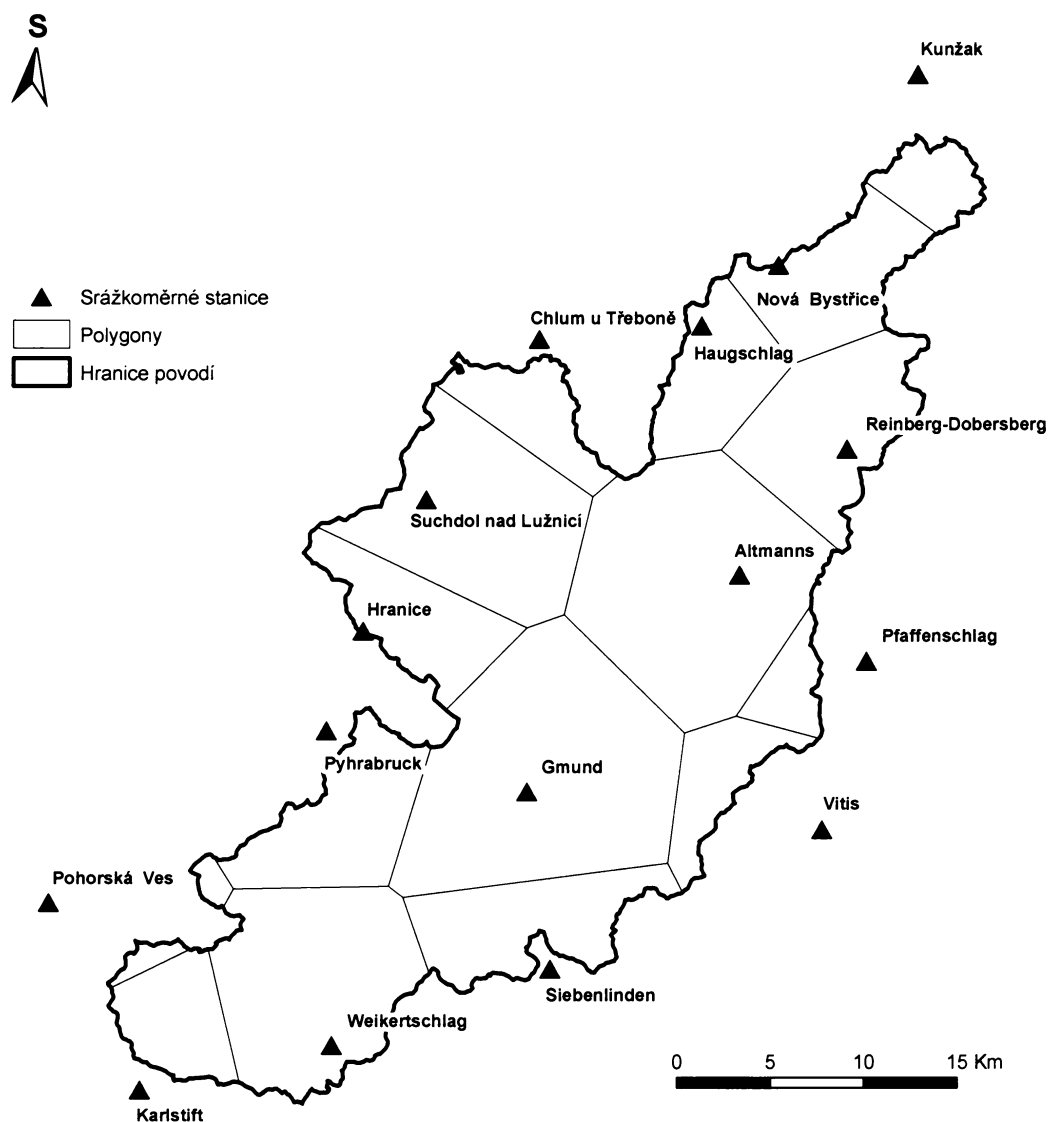
Jako řada B byly zvoleny srážkové úhrny. Vytvoříme postupné součty řady A a řady B. Tyto řady pak tvoří souřadnice bodů v pravouhlé souřadné soustavě. Body proložená přímka nebo křivka určuje vztah dvou řad. Pokud dojde k nějakému zlomu, lze konstatovat, že řada A je nehomogenní, narušená. Toto narušení může být zapříčiněno např. zvětšením množství srážek nebo zásahem člověka do celkového režimu odtoku (KAŇOK, 1997).

Jednoduché součtové čáry získáme postupným načítáním hodnot průtoků v chronologickém pořadí. Tím je zaznamenán vývojový trend odtoku. Pokud dochází k postupnému rovnoměrnému (lineárnímu) nárůstu křivky, můžeme vyloučit antropogenní ovlivnění. Pokud se na křivce nacházejí významné odchylky od lineárního průběhu a zároveň výrazné zlomy, je možno uvažovat o změnách v odtokovém režimu, jejichž příčinou mohou být antropogenní úpravy hydrografické sítě, strukturní a kvalitativní změny v povodí (např. změna využití krajiny, změna zdravotního stavu vegetačního pokryvu). Další příčinou změn v průběhu jednoduché součtové čáry mohou také být změny srážkových úhrnů. Proto je zapotřebí také zkonstruovat jednoduché součtové čáry srážkových úhrnů (KLIMENT, MATOUŠKOVÁ, 2004).

2. 3. Metoda polygonů (metoda Hortonova, Thiessenova)

Pro samotné zpracování bylo zapotřebí vytvořit jednotnou databázi odtokových a srážkových údajů pro povodí. Odvození srážkových úhrnů pro jednotlivá dílčí povodí bylo provedeno polygonovou metodou (KLIMENT, MATOUŠKOVÁ, 2004). Tato metoda říká, že v jakémkoliv místě dané oblasti jsou srážky stejné jako v místě nejbližší srážkoměrné stanice. Zaznamenané úhrny srážek daných stanic se vztahují na plochy, které rozdělují území na polygony (KRÁLOVEC, 2006).

Obr. 1. Mapa srážkoměrných stanic



Zdroj: mapový podklad ZVM, VÚV; MŽP; vlastní zpracování

Srážkoměrné stanice se spojí tak, aby vznikla trojúhelníková síť, ve které se strany trojúhelníku neprotínají. Středem stran je vedena kolmice, jež vytvoří síť dílčích nebo úplných mnohoúhelníků. V místě, kde se kolmice protnou, se nachází bod, ke kterému je ze všech vrcholů trojúhelníka stejně daleko. Plocha uzavřená jednotlivými kolmicemi a rozvodnicí je plochou, na které jsou reprezentativní srážky z dané stanice (Obr. 2.).

Není třeba určovat skutečnou plochu, stačí relativní nebo procentuální vyjádření. Výška srážek na povodí je dána výrazem:

$$H_s = \frac{\sum h_i p_i}{\sum p_i} = \frac{\sum h_i p_i}{F}$$

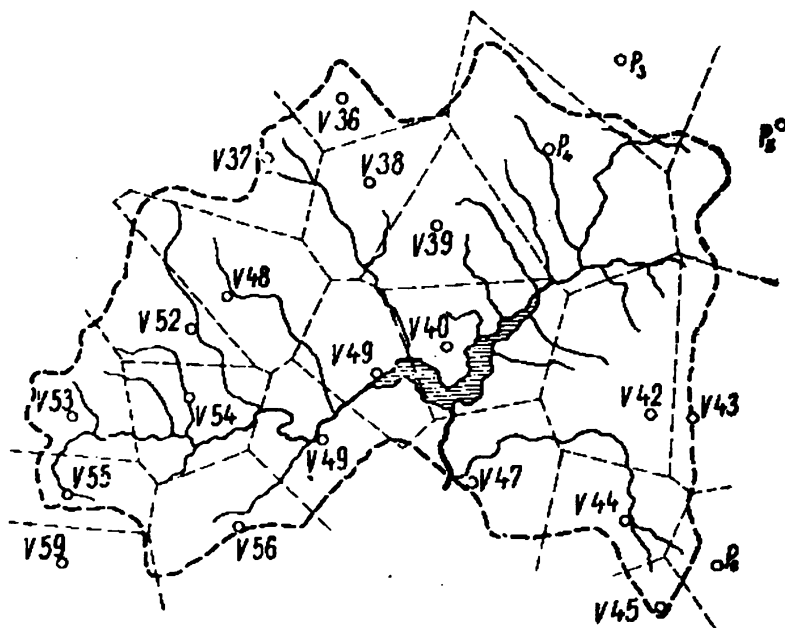
kde h_i - srážkový úhrn v i -té stanici

p_i - velikost plochy i -tého mnohoúhelníku (skutečná nebo vyjádřená relativně)

F - celková plocha povodí (skutečná nebo vyjádřená relativně)

(KEMEL, 1994)

Obr. 2. Metoda polygonů



Zdroj: KEMEL, 1994

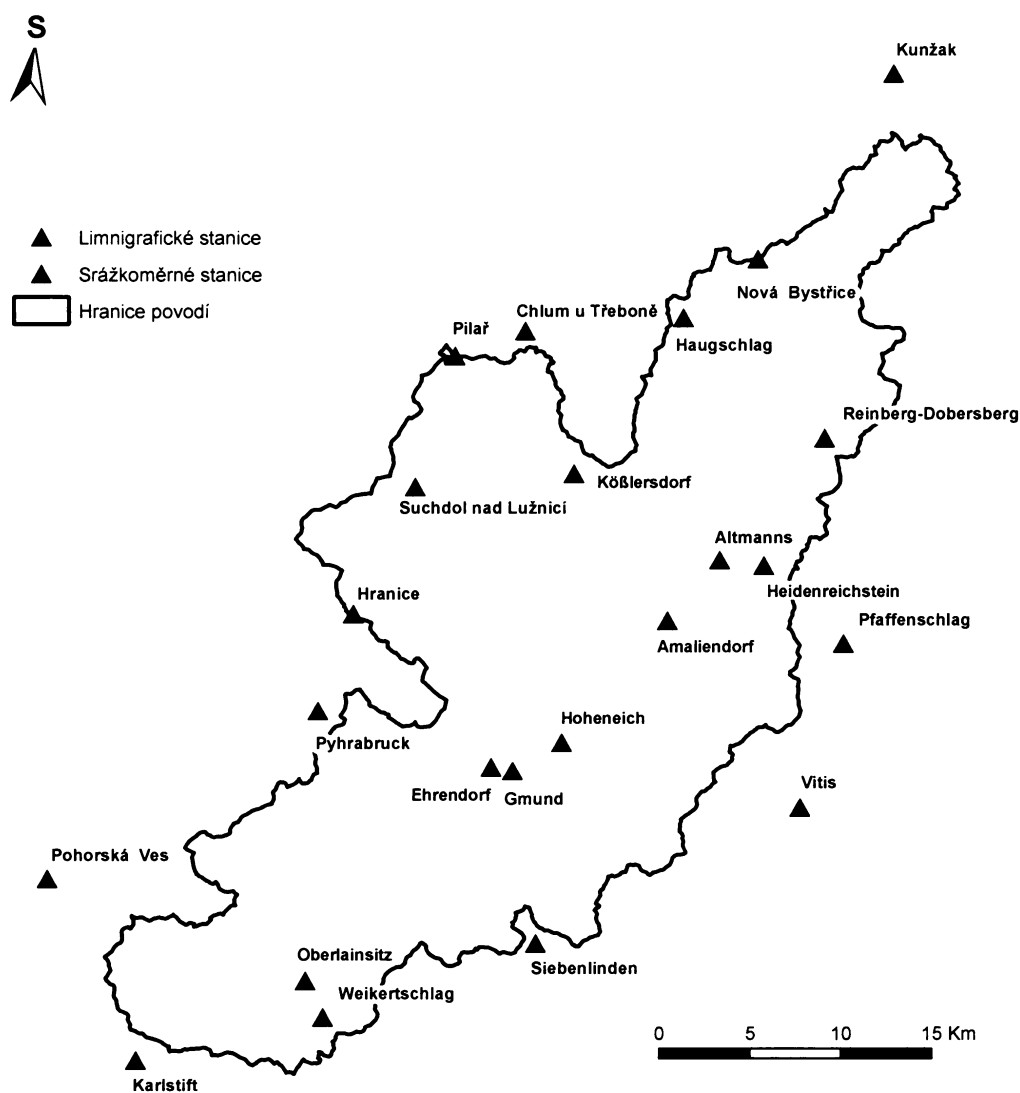
2. 4. Použitá data

Jako zdrojová data pro tuto bakalářskou práci byly použity průměrné denní hodnoty průtoku vody pro dané limnigrafické stanice a průměrné denní hodnoty srážek ze srážkoměrných a klimatologických stanic za posledních 18 let, tedy od hydrologického roku 1987 do roku 2004. Analýza jednoduchých a podvojných součtových čar byla vypracována pro 7 limnigrafických stanic a pro 16 srážkoměrných a klimatologických stanic nacházejících

se na české i rakouské části povodí a jeho blízkého okolí. Data pro českou stranu povodí poskytl Český hydrometeorologický ústav v Praze. Pro rakouskou stranu data srážkových úhrnů poskytl portál www.noel.gv.at a Ministerstvo životního prostředí. Data průtoků poskytlo Ministerstvo životního prostředí.

Chybějící srážková data byla doplněna na základě výpočtu průměrných denních hodnot v příslušném měsíci v ostatních letech. Proto lze předpokládat, že výsledky jsou zatíženy určitou chybou.

Obr. 3. Limnigrafické a srážkoměrné stanice



Zdroj: mapový podklad ZVM, VÚV; MŽP; vlastní zpracování

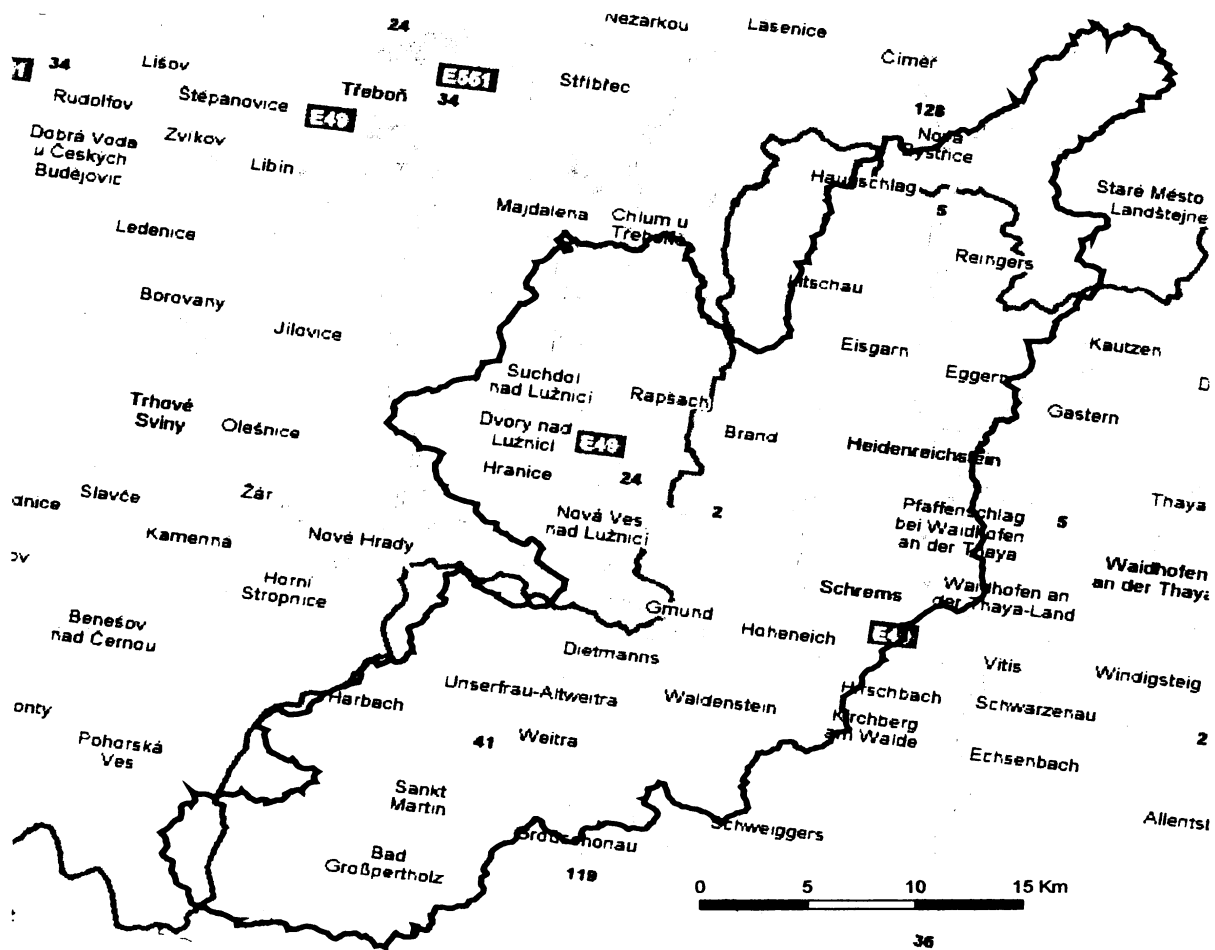
3. Fyzickogeografické poměry povodí Horní Lužnice

Tato kapitola je věnována celkové charakteristice povodí. Vymezená oblast zasahuje do Rakouska. Zvláštní důraz je kladen na popis české části povodí. Je to dáno především špatnou dostupností potřebné literatury a dat pro Rakousko.

3. 1. Poloha území

Povodí horní Lužnice je situováno v jižních Čechách. Nachází se převážně v oblasti Třeboňska, v Novobystřické vrchovině. Řeka pramení v Novohradských horách. Velká část povodí zasahuje do Rakouska. Řeka Lužnice je pravostranným přítokem Vltavy. Patří do úmoří Severního moře. Rozvodnice na jihu povodí v Rakousku vymezuje rozvodnici dvou úmoří, a to úmoří Severního a Černého moře. Povodí zaujímá plochu 942,5 km² a délka toku je 73,1 km. Hydrografické pořadí řeky Lužnice je 1-07-01-001 (HYDROLOGICKÉ POMĚRY ČSSR, 1965-1970).

Obr. 4. Vymezení horní Lužnice



Zdroj: www.maps.google.com (5. 8. 2007); vlastní zpracování (ArcMap)

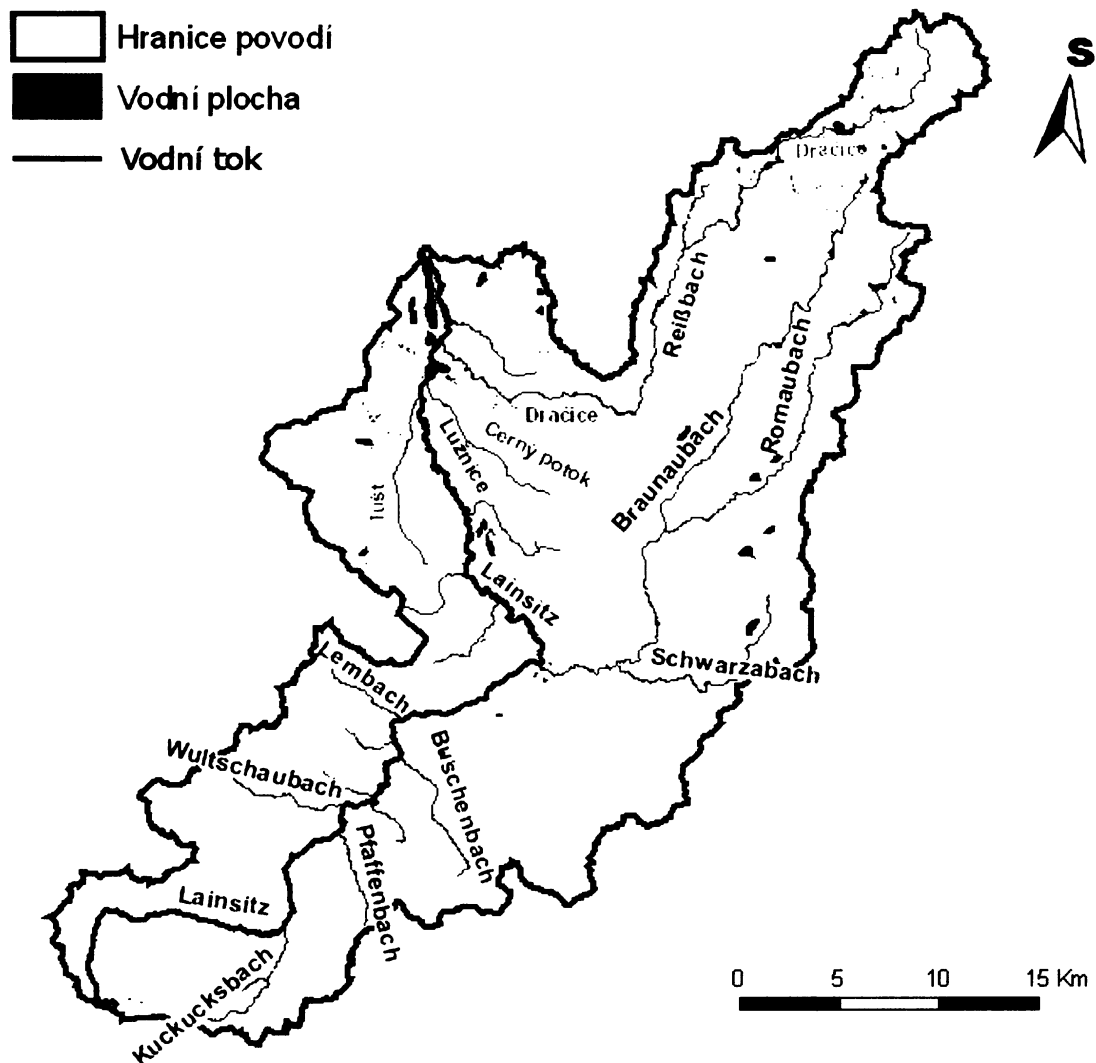
Řeka Lužnice pramení v rakouské části Novohradských hor na západním svahu Aichelbergu, ve výšce okolo 990 m n. m. a teče nejprve severním směrem podél hranic do České republiky, ale po několika kilometrech se opět vrací do Rakouska, kde protéká Vitorazskem v délce asi 33,5 km. U Českých Velenic tvoří 2,5 km dlouhý úsek státní hranice, pak vstupuje znovu na rakouskou půdu a po 7,5 km toku se opět vrací na české území u obce Krabonoš (CHÁBERA, 1998). Dále již Lužnice protéká od jihu směrem k severu Třeboňskou pánví. Na území Rakouska se Lužnice nazývá Lainsitz. Jméno řeky se vyvinulo ze staročeského označení Ložnice „lužní řeka, voda protékající luhy“ (ŠVORC, 2006). Lužnice pramení v přírodním parku Novohradské hory a protéká biosférickou rezervací UNESCO Třeboňsko.

K hlavním přítokům Lužnice patří: pravostranné přítoky - Kuckucksbach, Pfaffenbach, Grünbach, Busschenbach, Braunaubach, Halámecký potok, Gamza, Černý potok, Dračice, Žabinec. Levostrannými přítoky jsou: Wultschaubach, Tiefenbach, Lembach, Rybná, Jelenní potok a Tušť. Několik desítek metrů před jezem Pilař odbočuje z řečiště umělý tok Zlatá stoka. Většina přítoků se vlévá do Lužnice z pravé strany. Proto je tvar povodí značně asymetrický (obr. 5.).

Vymezení pro povodí horní Lužnice je uzavřeno u jezu Pilař. Rozvodnice je vymezena pomocí kót, ty jsou řazeny ve směru hodinových ručiček, výšky jsou udány v m n. m. Od jezu Pilař (447,5) pokračujeme přes Rakousko, poté přes vrcholy Skalka (715), Vysoký kámen (738), Kamenný vrch (689), Jelení vrch (709), Stínadla (676), Křížový vrch (667), opět rakouským územím, Lovčí hřbet (980), Myslivna (1040), Stříbrný (936), Skalka (811), Jezevčí kopec (508), Smolek (497). Nejvyšším bodem povodí na české straně je vrchol Myslivny (1040 m n. m.). Ze správního hlediska patří toto území do správního obvodu k obci s rozšířenou působností Trhové Sviny, Třeboň, Jindřichův Hradec, Kaplice, Dačice v okresech Jindřichův Hradec, České Budějovice a Český Krumlov, v kraji Jihočeském.

Povodí na rakouské straně spadá do spolkové země Dolní Rakousko (Niederösterreich). To se dělí na čtyři čtvrtě. Povodí spadá do čvrti Waldviertel a okresu Gmünd.

Obr. 5. Hydrografie povodí horní Lužnice



Zdroj: mapový podklad ZVM, VÚV; MŽP; vlastní zpracování (arcMap)

3. 2. Geologie

Jižní Čechy leží v centru moldanubické oblasti Českého masivu. Moldanubikum je budováno silně regionálně přeměněnými horninami a hojnými granitoidními vyvřelými horninami. Na jihočeské území zasahují dva plutony: středočeský a moldanubický. V důsledku rozsáhlých tektonických pohybů koncem druhohor vznikly dvě velké sníženiny. V nich se uložily slabě zpevněné a nezpevněné křídové a tercierní sedimenty. Do našeho povodí zasahuje Třeboňská pánev. Přeměněné horniny moldanubika jsou zastoupeny různými typy pararul a migmatitů, světlými ortorulami a granulity. Pravděpodobně vznikly ve středním proterozoiku. Moldanubické horniny byly několikrát zvrásněny a metamorfovány. Naposledy tomu bylo v prvohorách, kdy byly proniknuty tělesy žilných a hlubinných vyvřelin (ALBRECHT A KOL., 2003).

V oblasti moldanubika je možno vymezit dvě jednotky sedimentárního původu. Rozlišujeme starší jednotvárnou sérii a mladší pestrou. Obě tyto série hlubokomořského původu jsou rozšířeny po celém moldanubiku (CHÁBERA, 1982). Do našeho povodí zasahuje jednotvárná série tvořena monotónním souborem svorových rul a pararul bez výraznějších složek odchýlených hornin (ALBRECHT A KOL., 2003).

Pánev vyplňují sedimenty svrchní křídly a terciéru. K sladkovodní sedimentaci došlo vlivem saxonských tektonických pohybů jako odezva alpínsko-karpatské orogeneze (CHÁBERA, 1982).

Křídové a tercierní sedimenty Třeboňské pánve dosahují mocnosti v tektonicky založených příkopech v nejhlubších částech až 400 m. Svrchnokřídové (senonské) klikovské souvrství je nestarším členem pánevní výplně, dosahuje největších mocností a pokrývá velkou část území. Vyplňuje část pánve a okolí Gmündu. Sedimenty tvoří různě barevné pískovce, slepence, jílovce, prachovce, jíly a písky různé zrnitosti a různého stupně zpevnění.

Kvartérní fluvialní sedimenty zahrnují jednak holocenní povodňové hlíny, které jsou rozšířeny v říčních údolích ve formě jílovo-hlinitých písků, nejmladší vrstvy fluvialních štěrků a písků. Dále pak pleistocenní štěrkopísčité uloženiny terasových stupňů v říčních nivách Lužnice o mocnosti až 30 metrů. Štěrky a písky jsou zde ve velké míře těženy. V Třeboňské pánvi jsou také vyvinutá rozsáhlá ložiska humolitů slatinného a vrchovištního typu. Tvoří nesouvislý pruh táhnoucí se středem pánve (ALBRECHT A KOL., 2003).

Třeboňská rašeliniště se vyvíjela od konce posledního glaciálu na místech s příhodnou konfigurací terénu a málo propustným podložím. Bývají definovány jako rašeliniště přechodového typu (ALBRECHT A KOL., 2003).

Novohradské hory a Novobystřickou vrchovinu tvoří rozsáhlé těleso centrálního moldanubického plutonu. Centrální masív podkovitého tvaru zasahuje na naše území z rakouského Waldviertelu. Z největší části jej tvoří horniny kyselejší, jako jsou muskoviticko-biotitické žuly, adamellity¹ až biotické granodiority. (CHÁBERA, 1982).

Největší zásoby podzemních vod jsou soustředěny v hydrogeologickém rajónu “Třeboňská pánev - jižní část“. Ta je budována křídovými a terciárními uloženinami s puklinovou a průlinovou propustností. Oblast je velmi důležitým zdrojem kvalitní pitné vody. Další významnou oblastí akumulace podzemní vody jsou hluboké písčité a štěrkopísčité uloženiny s průlinovou propustností. Mezi rožmberským rybníkem a Českými Velenicemi jsou typická rašelinná a slatinná ložiska. Největší odběry pitné vody se uskutečňují v oblasti Hamru a Halámek (ALBRECHT A KOL., 2003).

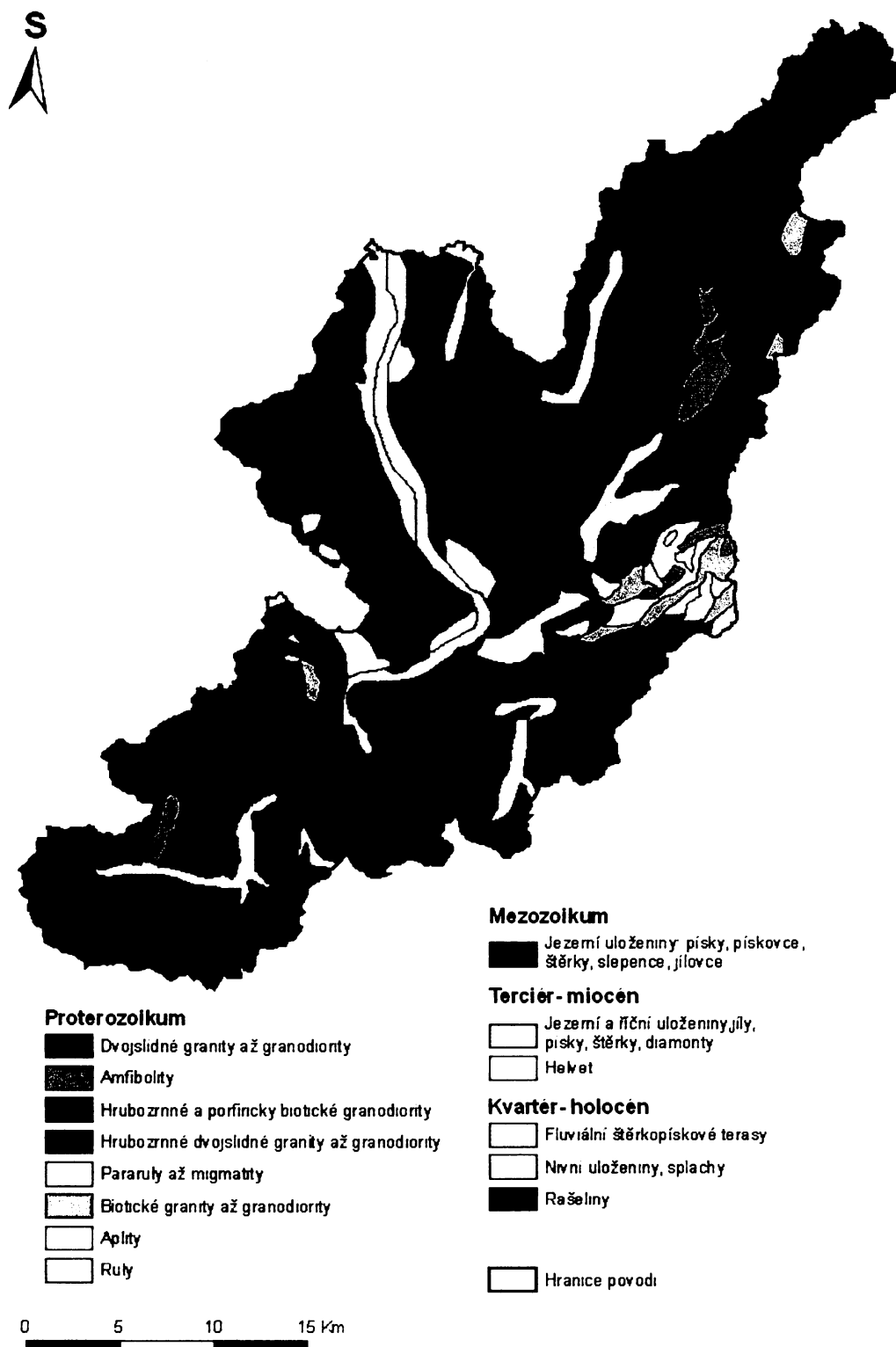
Obr. 6. Fluviální sedimenty v okolí toku Lužnice



Zdroj: vlastní foto

¹ Přechnoní hornina mezi ťulou a grandioritem se stejným množstvím draselného ťivce jako plagioklasu (CHÁBERA, 1982)

Obr. 7. Geologické poměry v povodí horní Lužnice



Zdroj: Geologická mapa 1:500 000 (FUSÁN, KODYM, MATĚJKA, URBÁNEK, 1960); vlastní zpracování vektorizací (ArcMap)

3. 3. Geomorfologie

Horninovým podkladem jsou opakovaně metamorfované předprvohorní mořské sedimenty, které jsou silně zvrásněné. Byly vyzdviženy při variské orogenezi a zároveň byly prostoupeny rozsáhlými hlubinnými granitoidními tělesy moldanubického a středočeského plutonu. Vyzdvižená morfostruktura byla tvarována intenzivním zvětráváním a denudací v tropickém klimatu (ALBRECHT A KOL., 2003).

Koncem pliocénu a v pleistocénu došlo k největším změnám vyvolaným deformacemi zemské kůry a opakovaným střídáním podnebí (CHÁBERA 1998). Neotektonika vedla k vývoji vlnovitých prohýbů zemského povrchu o velké amplitudě. Vznikla megasynklinála jihočeských sníženin a šumavská megaantiklinála. Spolu s nimi vznikaly podélné a příčné kerné struktury (ALBRECHT A KOL., 2003).

Typické pasivní morfostruktury v jižních Čechách vznikají především v granitoidech moldanubického a středočeského plutonu. Na Novobystřické vrchovině a v Novohradských horách se nacházejí nízké exfoliační klenby (ruwari) oválného půdorysu a relativních výšek 5- 10 metrů (CHÁBERA, 1998).

Ve čtvrtohorách se stále více v modelaci reliéfu podílí lidská společnost. Chábera (1998) tvrdí, že současný reliéf jižních Čech je polygenetický, tj. je složitým souborem tvarů různých rozměrů a různého původu. Zachovaly se tvary fosilní a tvary vzniklé v současném klimatu.

Mezi hlavní antropogenní pochody patří budování vodohospodářských staveb, především rybníků a umělých vodních kanálů (Zlatá stoka). Patří sem i horninové tvary jako jsou různé haldy hlušiny, ústí štol a šachet, lomy, pískovny. Ty se nacházejí v oblastech bývalé těžby nerostných surovin.

Jihočeské pánve se vytvořily díky pohybům alpínsko-karpatského původu. Říční toky směřovaly do pánví ze všech stran. Pánve zasahovaly na jihovýchodě až do Rakouska a pravděpodobně měly styk i s Vídeňskou pánví, takže za silnějších poklesových pohybů v jihočeských pánvích přetékala mořská voda do pánví (ŠVEC, 1967). Pliocenním výzdvihem jižních Čech byl odtok jezera k jihu přerušen a jejich vody počaly odtékat k severu (LÁZNIČKA in DEMEK, 1965). Lužnice tekla do Třeboňské pánve již od jejího vzniku. Jak jezero ustupovalo na sever, prodlužovala řeka svůj tok za ním (ŠVEC, 1967).

Třeboňská pánev je plochou sníženinou, při okrajích pánve a na rozvodích má mírně zvlněný reliéf. Do Rakouska pokračuje nápadnou depresí, nazývanou jako Velenická nebo Vitorazská.

Vlivem malého spádu, nedostatečného odvodnění a díky nepropustnému podloží v jižní části pánve vznikla rozsáhlá rašeliniště tzv. “blata“ a rybníkářská oblast (ŠVEC, 1967). Tato třeboňská blata vznikla zarůstáním mokřých proláklín v bývalé nivě Lužnice, která dříve tekla jiným korytem, a po jeho přehrazení nějakou tektonickou poruchou se voda rozlila do mrtvých ramen a tůní. Tak vznikly např. Žofinka, Červené blato (DYKYJOVÁ, 2000).

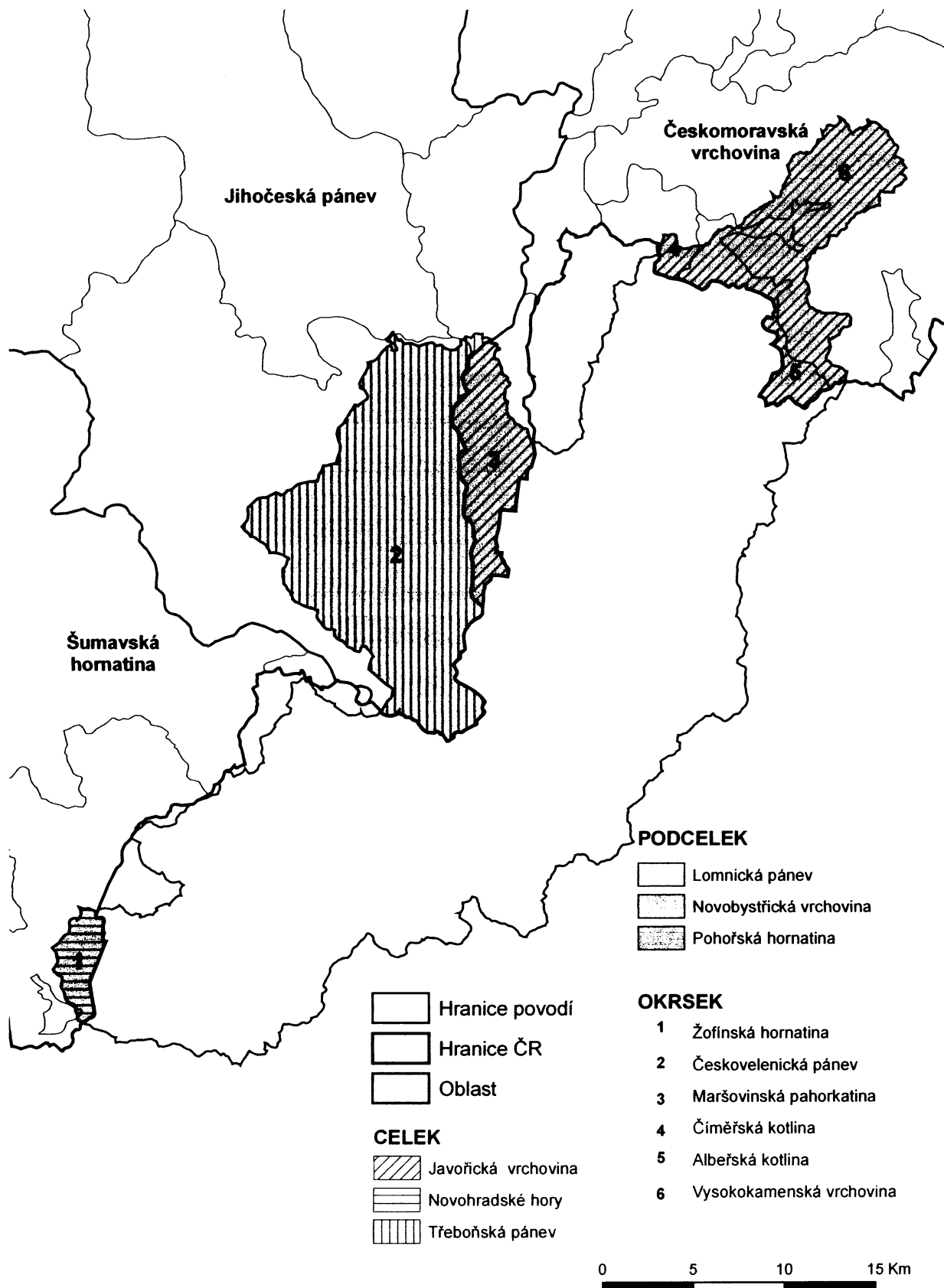
Pro reliéf Novobystřické vrchoviny jsou příznačné četné žulové elevace s balvany a kamennými stády na vrcholech. Některé z nich mají tvar hříbu nebo viklanu. Na balvanech jsou vyvinuty mikrotvary (skalní mísy, žlabové škrapy, výklenky), jež vznikly spolupůsobením mechanického a chemického zvětrávání v současném mírném klimatu (CHÁBERA, 1986). Dále zde nalezneme křemenné valy, často s balvanovými moři při úpatí. U Nové Bystřice se nachází výrazná deprese. Vliv podnebí ovlivnil tvary balvanů, kdy na jednom nalezneme zaoblené tvary terciérního stáří a na jiném ostrohranné tvary pleistocénního stáří a prohlubně, které vznikly v průběhu holocénu (DEMEK, 1965).

Novohradské hory mají charakteristické znaky erozí silně rozčleněného kerného pohoří, které je rozčleněno v řadu horských hřbetů. Na novohradských žulách vznikly periglaciální zvětráním četné skalní skupiny a kamenná moře (ŠVEC, 1967).

Rakouská část povodí je tvořena vrchovinami nad 500 m n. m., jen nejbližší okolí města Gmünd (v údolí Lužnice) má nižší nadmořskou výšku. Směrem k Novohradským horám se terén zvedá k výškám okolo 1000 m n. m.

Z hlediska regionálního geomorfologického členění reliéfu podle Balatky (2006) zasahují do povodí Horní Lužnice dvě subprovincie, a to Šumavská, která tvoří jen okrajovou jihozápadní část, a především subprovincie Česko-moravská, jež zahrnuje její převážnou část na české straně povodí. Ze Šumavy sem spadá oblast Šumavská hornatina. Z Česko-moravské subprovincie sem patří Jihočeská pánev a Českomoravská vrchovina.

Obr. 8. Geomorfologické členění podle Balatky (2006)



Zdroj: <http://geoportal.cenia.cz> (11. 5. 2007); vlastní zpracování (ArcMap)

3. 4. Klima

3. 4. 1. Klimatické oblasti

Pro podnebí povodí je určující poloha v mírném klimatickém pásmu střední Evropy, geomorfologická členitost terénu či expozice terénu vůči převládajícímu západnímu proudění vzduchu (ALBRECHT A KOL., 2003). Dále je rozhodující i nadmořská výška. Oceánský charakter podnebí našeho povodí se projevuje především svými poměry teplotními, srážkovými, větrnými a hlavně typickým výskytem tzv. „letního monzunu“. V prostoru Blatná, Vodňany a České Velenice se vytváří konvergenční linie, která odděluje oceánské vzdušné proudy na západě od východních kontinentálních a vytváří hlavní osu nejvydatnějších přívalových dešťů. Významným znakem podnebí v povodí, stejně jako na ostatním území ČR, je velká proměnlivost a nestálost počasí. Nejdůležitější roli zde hrají stále tlakové útvary, nejdůležitější je azorské maximum (NEKOVÁŘ, 1967).

3. 4. 2. Srážky

Nejsušší oblastí v povodí je Třeboňská pánev. V oblasti kolem Suchdola nad Lužnicí spadne v průměru 650 mm atmosférických srážek. Směrem k východu, k Novobystřické vysočině množství narůstá až na 700 mm v okolí Horní Radouň. Hodnoty kolem 750 mm jsou zaznamenány v oblasti mezi Kunžakem a Novou Bystřicí. Naopak nejdeštivější oblastí jsou Novohradské hory. Zde je množství srážek okolo 800 mm za rok.

Charakteristickým rysem srážek je jejich značná proměnlivost. Stává se, že i v těch nejvlhčích oblastech je v některých měsících aktuální srážkový úhrn menší než 10 mm a naopak v nejsušších oblastech přesáhne 200 mm za měsíc (ALBRECHT A KOL., 2003).

Podle Atlasu podnebí ČR (2007) je průměrný roční úhrn srážek na Třeboňsku 700 mm a směrem ke Třeboni množství srážek klesá na 650 mm, na Novobystřicku spadne

700 – 800 mm, v Novohradských horách 800 – 1000 mm srážek.

Na rakouské části povodí srážky nepřesahují 1000 mm za rok. Hodnoty jsou okolo 500 – 800 mm a směrem na východ ubývá srážek díky vlivu kontinentálního klimatu (Obr. 9).

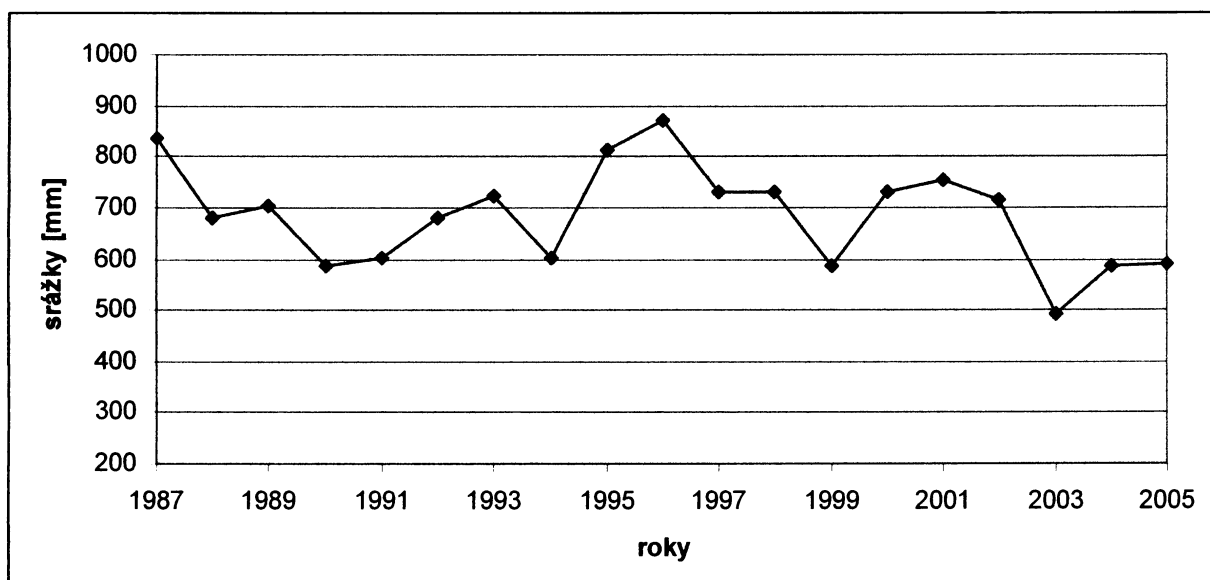
Během roku spadne v povodí průměrně na jaře 24 %, v létě 39 %, na podzim 21 % a v zimě 16 % celoročních srážek. Nejdeštivějším obdobím v celém povodí je léto (NEKOVÁŘ, 1967).

Na sledovaném povodí se nachází 8 srážkoměrných stanic. Na české části povodí to jsou stanice Nová Bystřice, Suchdol nad Lužnicí a Hranice. Na rakouské části jsou to stanice

Gmünd, Altmanns, Weikertschlag, Haugschlag a Reinberg-Dobersberg. V blízkosti povodí se navíc nachází dalších 7 významných srážkoměrných stanic.

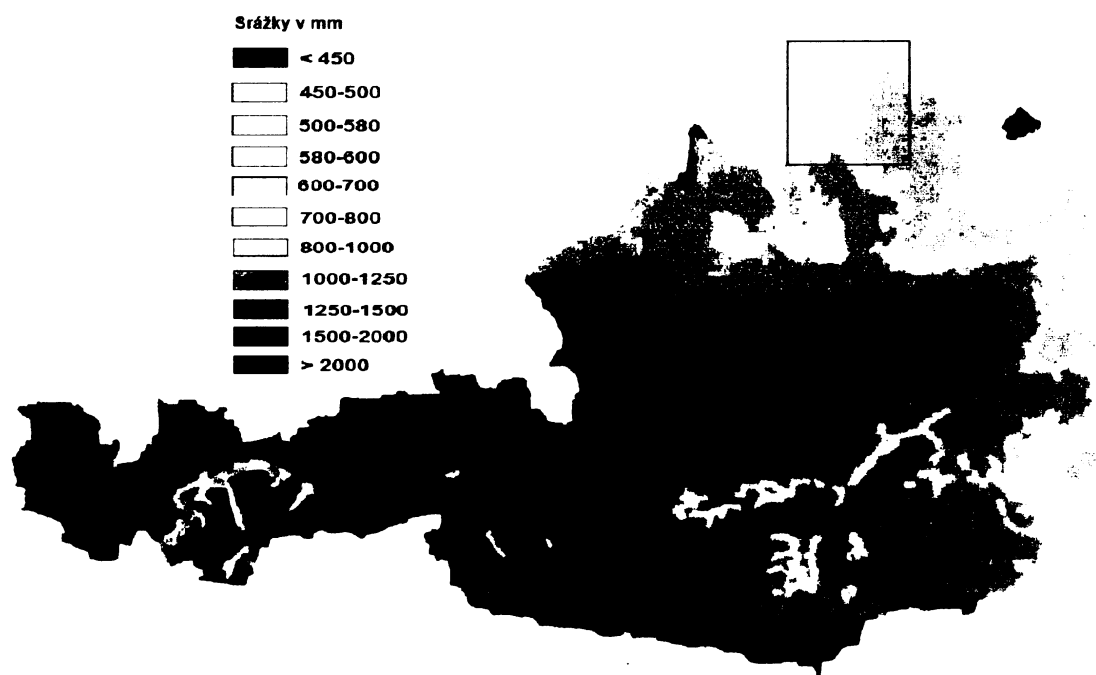
Sněhové srážky tvoří 13 – 28 % všech srážek během roku. Největší podíl mají Novohradské hory. Naopak nejméně sněhových srážek spadne v Třeboňské pánvi.

Graf. 1. Průměrný roční úhrn srážek z 16 stanic v období (1987-2005)



Zdroj: data ČHMÚ

Obr. 9. Průměrný roční úhrn srážek pro Rakousko v období 1961-1990



Zdroj: <http://www.boku.ac.at> (11. 8. 2007)

3. 4. 3. Teploty

Podle klimatologické rajonizace (QUITT, 1971) patří povodí do mírně teplé klimatické oblasti. Území s nadmořskou výškou nad 700 m jsou začleněna do chladné klimatické oblasti. Patří sem například Novohradské hory. Nejteplejší jsou níže položené oblasti, např. Třeboňská pánev. Průměrná roční teplota vzduchu zde dosahuje 7,5°C a s rostoucí nadmořskou výškou průměrná roční teplota vzduchu klesá přibližně na 6,5°C v 600 m a na 4,5 °C v 1000 m. Díky geografické poloze jsou však některá místa teplejší nebo chladnější, než by odpovídalo jejich nadmořské výšce. Povodí lze rozdělit do klimatických oblastí MT3, MT4, MT7, MT11 a CH7. Novohradské hory a pramenná část Dračice na Novobystřicku patří do oblasti CH7. Třeboňská pánev spadá do oblasti MT4 a část povodí severně od Suchdolu nad Lužnicí patří do oblasti MT11. Novobystřická vrchovina leží v oblasti MT3 a oblast v okolí Nové Bystrice do MT7.

Tab. 1. Klimatické charakteristiky

	CH7	MT3	MT4	MT7	MT11
Počet letních dnů	10 - 30	20 - 30	20 - 30	30 - 40	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	120 - 140	120 - 140	140 - 160	140 - 160	140 - 160
Průměrná teplota v lednu	-3 - -4	-3 - -4	-2 - -3	-2 - -3	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	15 - 16	16 - 17	16 - 17	16 - 17	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu	4 - 6	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	120 - 130	110 - 120	110 - 120	100 - 120	90 - 100
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	100 - 120	60 - 100	60 - 80	60 - 80	50 - 60
Počet dnů zamračených	150 - 160	120 - 150	150 - 160	120 - 150	120 - 150
Počet dnů jasných	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Zdroj: QUITT, 1971

CH7 - velmi krátké až krátké léto, mírně chladné a vlhké, přechodné období je dlouhé, mírně chladné jaro a mírný podzim. Zima je dlouhá, mírná, mírně vlhká s dlouhou sněhovou pokrývkou

MT3 - krátké léto, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché, přechodné období normální až dlouhé, s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním až krátkým trváním sněhové přikrývky

MT4 - krátké léto, mírné, suché až mírně suché, přechodné období krátké a s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky

MT7 - normálně dlouhé, mírné, mírně suché léto, přechodné období je krátké, s mírným jarem a mírně teplým podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky

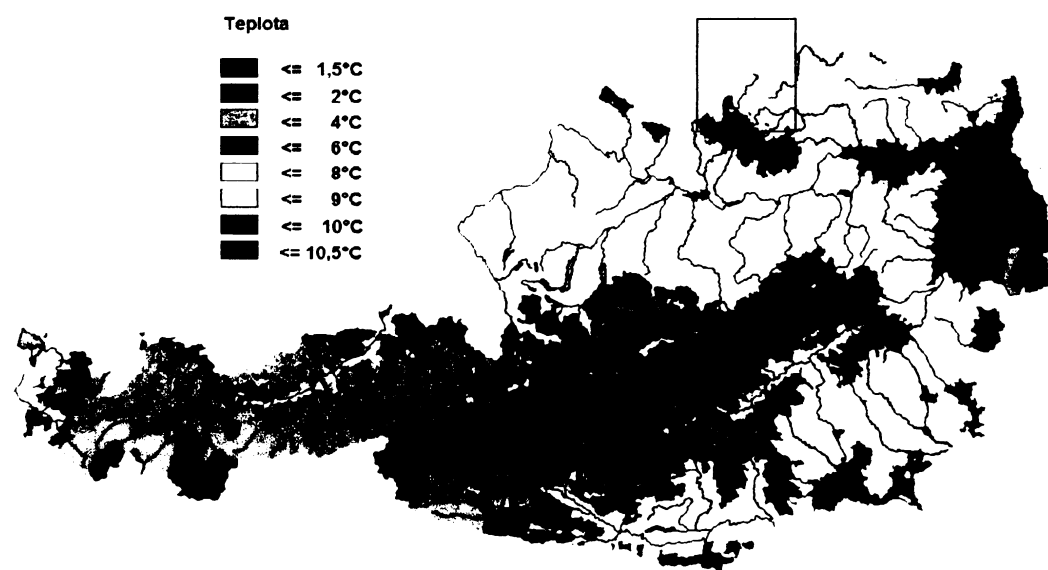
MT11 - dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky

Pro Třeboňskou pánev jsou charakteristické četné inverze s bezvětřím a mlhami. V přízemní vrstvě v zimě klesají teploty vzduchu často extrémně nízko.

Podle Atlasu podnebí ČR (2007) má Třeboňsko průměrné roční teploty vzduchu kolem 8°C, Novobystřická vrchovina kolem 7°C a západním směrem teplota vzrůstá na 8°C. Novohradské hory mají 5 - 6°C. Pokud porovnáme roční období v létě, jsou průměrné teploty na Třeboňsku 15°C, na Novobystřicku 14°C a Novohradské hory mají pouze 12°C. V zimě má Třeboňsko průměrnou teplotu vzduchu -1°C, Novobystřicko -2°C a Novohradské hory až -3°C.

Část povodí v Rakousku je znázorněno na schematickém obrázku, z kterého je patrné, že průměrná roční teplota vzduchu nepřesahuje 8°C a směrem k Novohradským horám průměrná roční teplota vzduchu klesá na 6°C.

Obr. 10. Průměrné roční teploty pro Rakousko v období 1960-1990



Zdroj: <http://www.boku.ac.at> (11. 8. 2007)

3. 4. 4. Povětrnostní podmínky

V povodí ve volné atmosféře převládá západní proudění, v přízemní vrstvě jsou směry i rychlost větru ovlivněny orografií (ALBRECHT A KOL., 2003). Průměrná roční rychlost větru v Třeboňské pánvi se pohybuje okolo 2 m.s^{-1} , v Novohradských horách dosahuje rychlosti kolem 3 až 4 m.s^{-1} . Na Novobystřicku je zvýšená četnost východního a jihovýchodního proudění.

3. 5. Pedologie

Při vývoji půdního pokryvu hrají největší roli celková výšková členitost, klimatické poměry a horninové podloží v jednotlivých částech povodí (ALBRECHT A KOL., 2003). Podle Netopila (1984) půdy hrají velmi důležitou roli u srážko-odtokových charakteristik povodí.

Údaje pro rozšíření jednotlivých typů půd pro povodí horní Lužnice jsou převzaty z půdní mapy ČR (1:1 000 000). V území jsou zastoupeny převážně půdní typy pseudogleje s hnědými půdami oglejenými, podzoly vyskytující se v Třeboňské pánvi.

Rezivé půdy s podzoly najdeme v Novohradských horách a Novobystřické vrchovině. Hnědé půdy silně kyselé se také vyskytují v okolí Nové Bystřice. V Třeboňské pánvi se nacházejí i rašeliništní půdy. Hnědé půdy kyselé můžeme nalézt při hranici s Rakouskem poblíž obce Halámky.

Podle Tomáška (2003) jsou pseudogleje nejrozšířenějším půdním typem pánví. Uplatňují se v jílovitopísčítých a písčitojílovitých křídových a terciérních sedimentech.

Podzoly nacházející se podél toku Lužnice jsou podzoly nížinné a jsou charakteristické výskytem na extrémně chudých písčítých substrátech (pískovcích, terasových šterkopiscích) pod borovými doubravami (TOMÁŠEK, 2003). Hlubokokořenicí dřeviny, které se na této půdě nacházejí, zajišťují správný koloběh živin (PELÍŠEK, 1961).

Rezivé půdy neboli kryptopodzoly se vyskytují ve vyšších polohách okolo 800 m n. m., ale mohou zasahovat i níže. Tyto půdy vznikaly převážně pod kyselými horskými bučinami nebo smrčínami, v chladném a vlhkém podnebí. Jako půdotvorný substrát se uplatňují hlavně zvětraliny kyselých hornin, převážně vyvřelin a metamorfik. Reliéf je spíše svažité, horský (TOMÁŠEK, 2003). V našem povodí se rezivé půdy vyskytují v okolí vodního toku Dračice na Novobystřicku a v Novohradských horách.

Hnědé půdy silně kyselé obklopují půdy rezivé na Novobystřicku. Vyskytují se v nadmořské výšce nad 600 m. S hnědými půdami kyselými se nejčastěji setkáváme mezi 400

až 600 m n. m. Hnědé půdy jsou střední až nižší kvality. Jejich hlavní nevýhodou je jejich malá mocnost půdního profilu. Bývají ale velmi dobrými lesními stanovišti (TOMÁŠEK, 2003).

Rašelinné půdy jsou typickými organogenními půdami, vznikly postupnou biologickou akumulací rostlinného materiálu v silně zvodněných bezodtokých depresích. Podle typu dělíme půdy rašelinné v našem povodí na půdy přechodných rašelinišť a půdy slatinné.

Půdy přechodných rašelinišť, jsou vytvořené pod rašelinnými loukami. Zde se projevuje vliv povrchové nebo podzemní vody. Půdy slatinné vznikají ve sníženinách s vysokým stavem spodní vody. Vyskytují se v pruhu západně od Lužnice. Terén je plochý, je to bývalé dno jezera, protkáno přirozenými toky a svodnými stokami (ŠVEC, 1969). Jako zemědělská půda se přímo nevyužívá.

3. 6. Biogeografie

3. 6. 1. Fytogeografie

Vegetace jihočeských pánví je dána zvláštními hydrologickými a geologickými poměry, a to hlavně zamokřením svrchních půdních vrstev a několik set metrů mocnými třetihorními sedimenty v podloží. Nejrozšířenější původní vegetací byly porosty jedlových nebo kyselých doubrav, dále to byly i podmačené olšiny a porosty luhů podél větších vodních toků (ALBRECHT in CHÁBERA, 1986). Koncem 15. a v 16. století zde byly vybudovány rozsáhlé vodohospodářské soustavy, a tak zde zbyly kromě rašelinišť jen nepatrné zbytky původní vegetace. Vznikla zde vyvážená krajina s ideálním poměrem rybníků, lesů, polí a luk. Díky tomu bylo Třeboňsko vyhlášeno CHKO a také zařazeno do světového fondu biosférických rezervací UNESCO (ALBRECHT in CHÁBERA, 1986).

Převážná část dnešních lesů jsou borové a někde i smrkové monokultury. Nejcennější a hospodářsky významná je borovice lesní, nazývána „třeboňská borovice“. Borovice blatka a borovice lesní vytvářejí unikátní rašelinné lesy nacházející se např. v PR Červené blato. V rašelinných lesích lze nalézt porost chráněného stálezeleného rojovníku bahenního. Geneticky čisté porosty borovice blatky patří k největším přírodním hodnotám Třeboňska. Jsou zachovány v rezervacích Červené blato, Žofinka. (ALBRECHT in CHÁBERA, 1986).

Na suchých písčitéch půdách, říčních terasách Lužnice, se vyskytují písčité bory. V nich se zachoval endemický černýš český, koniklec jarní (chráněný druh), lýkovec vonný (chráněný druh). V jehličnatých lesích na jílovitých půdách rostou porosty třtiny chloupkaté a

játrovky. Bohaté na vegetaci jsou rovněž lužní lesy a olšiny podél řek a potoků a na okrajích starších rybníků (FRIEDL A KOL., 1991).

Na rašeliništích je významná také květena. Nalezneme zde velké množství rašeliničku, vzácných suchopýrů a bohatý pokryv keříčků z čeledi vřesovcovitých jako jsou vřes obecný či porosty borůvek nebo brusinek. Velmi pozoruhodná je i květena bezlesých přechodných rašelinišť a kyselých slatinišť. Rostou zde velmi ohrožené rostliny ostřice šlahounovitá a dvoudomá, ostřice dvoumužná, plstnatolistnatka menší. (ALBRECHT in CHÁBERA, 1986).

Další velmi proslulou vegetací jsou některé druhy květeny stojatých a tekoucích vod. K jejím nejvzácnějším druhům patří stulík malý, leknín bílý (oba jsou chráněnými druhy), stulík žlutý, hmyzožravé bublinatky. Při břehu je častý rákos, orobice a řada šáchorovitých (FRIEDL A KOL., 1991).

Oblast Novobystřické vrchoviny byla původně zcela zalesněná a v jejím vegetačním krytu převládaly bikové bučiny a řídčeji byly vyvinuty květnaté bučiny, v nižších okrajových polohách acidofilní doubravy. Původní lesní porosty byly přeměněny na jehličnaté kultury, kde převažují smrky. Část plochy byla odlesněna a přeměněna na zemědělskou půdu. Velkou část pokrývají trvalé travní porosty. Typickým rysem jsou kamenité a balvanité pastviny s keříčkovými porosty jalovce obecného. Velmi charakteristické jsou i luční rašeliniště, rašelinné a vlhké louky. Z rašeliništních druhů zde roste např. vachta trojlistá, záběhlík bahenní, suchopýr úzkolistý, vzácně i ostřice dvoumužná. V okolí rybníků nalezneme společenstva vysokých ostřic. V přírodní památce Hadí vrch jsou chráněné porosty jalovce obecného (ALBRECHT A KOL., 2003).

Lze předpokládat, že původně byly Novohradské hory pokryty lesní vegetací. Naše oblast je pokryta převážně společenstvem podmáčených smrčín. Ty se nejvíce vyskytují na zamokřených náhorních plošinách. Vyskytuje se zde řada významných horských druhů např. kýchavice bílá pravá. (ALBRECHT in CHÁBERA A KOL., 1972).

3. 6. 2. Zoogeografie

Za několik posledních století prodělala krajina výrazné změny, které se odrazily nejen ve změně rostlinných formací, ale také ve změně složení zvířeny. Ta je úzce vázána na změnu vegetace. Některé druhy zanikly, protože nebyly schopny se novým podmínkám přizpůsobit. Naopak nové druhy se v tomto prostředí šířily lépe. Některé druhy takto druhotně rozšířené již považujeme za typickou součást krajiny. To jsou například skřivan polní, chocholouš, koroptev polní. Jiné druhy byly vyhubeny (velké šelmy, dravci), další druhy byly zavlečeny a zdomácněly (bažant, králík divoký, muflon, daněk). Mnoho druhů úzce souvisí s terénními podmínkami, nadmořskou výškou, rozložením lesů, polí, vodních ploch apod. (ALBRECHT in CHÁBERA, 1986). Je to dáno tím, že Třeboňsko leží na významné evropské křižovatce tahu ptactva. Vyskytuje zde velký počet ptáků vodních i mokřadních. Hnízdí zde řada druhů kachen a potápek, chráněný druh bukač velký a bukáček malý, ale jen ojediněle. Dále to je kvakoš noční, volavka popelavá. Ze savců jsou zastoupeny obvyklé druhy hlodavců, hmyzožravců, netopýrů, šelem a kopytníků (FRIEDL A KOL., 1991).

V lesích hnízdí ojediněle i čáp černý, hojněji sýc rousný a kulíšek nejmenší. V třeboňských lesích se vyskytuje jelení zvěř. Kolem rybníků a při řece Lužnici žije vzácně vydra říční (chráněný druh), rosnička zelená (chráněný druh) a skokan zelený.

Na Novobystřické vysočině se vyskytují losi. Z ptáků se vyskytují pouze běžné druhy (URBAN in CHÁBERA, 1986). Dále zde žije řada ohrožených a chráněných druhů např. plž vlásenka pomezní, tesařík, skokan krátkonohý, ostronosý, zmije obecná, vydra říční.

V Novohradských horách je rozšířen datlík tříprstý, sýc rousný, kulíšek nejmenší, kvíčala. Hnízdí zde i čáp černý. Velmi rozšířen zde byl i tetřev hlušec. Nyní patří mezi chráněné druhy. Z dravců se tu vyskytuje káň lesní, poštolka obecná. Ze savců to je kuna (skalní i lesní), tchoř tmavý, hranostaj, liška, jelen lesní a opět rys (chráněný živočich).

3. 7. Ochrana přírody

Povodí horní Lužnice spadá do několika zón chráněných území. Plošně největším územím je CHKO Třeboňsko.

Třeboňsko bylo 15. listopadu 1979 prohlášeno chráněnou krajinnou oblastí a zároveň od roku 1977 v rámci mezinárodního programu UNESCO „člověk a biosféra“ zařazeno do systému biosférických rezervací (CHÁBERA, 1986). Toto území se liší oproti jiným hlavně tím, že krajina je rovinatá a navíc je přetvořena činností člověka již od počátku kolonizace ve 12. století. Charakteristickým prvkem, který udává ráz této krajiny, je voda v různých podobách. Třeboňsko je charakteristické nejen svou unikátní rybniční soustavou, ale také řadou mokřadů, mokřadních luk, písčinych přesypů, zemědělských ploch a typického osídlení, rašelinišť, řadou meandrů a slepých ramen, lužního lesa. CHKO Třeboňsko zaujímá 700 km².

Význam území zdůrazňují i četná maloplošná chráněná území. Území vyskytující se v povodí horní Lužnice v CHKO Třeboňsko jsou NPR Červené blato, PR Dračice, PR Horní Lužnice, PR Krabonošská niva, PR Na Ivance, PR Široké blato, NPR Žofinka. Na Jindřichohradecku to jsou PR Blanko, PR Hadí vrch a přírodní park Česká Kanada, který jím byl prohlášen dne 1. července 1994.

Obr. 11. CHKO Třeboňsko



Zdroj: vlastní foto

4. Srážky

Atmosférické srážky dělíme na vertikální a horizontální. Vertikální srážky vypadávají pouze z určitých druhů oblaků a vznikají tak, že při růstu rozměru a hmotnosti ledových krystalů nebo vodních kapek dochází ke stavu, kdy se již výstupné proudy v atmosféře nemohou udržet a dochází k jejich vypadávání. Rozlišují se podle skupenství, tvaru a velikosti na několik tvarů vertikálních srážek:

- déšť - je tvořen vodními kapkami o průměru nejméně 0,5 mm. Největší průměr nepřesahuje zpravidla 2 mm. Je to dáno tím, že větší kapky se při pádu odporem vzduchu tříští
- mrholení - tvořené malými kapkami vody o průměru menším než 0,5 mm
- sníh - je tvořen ledovými krystaly většinou hvězdicového tvaru. Při teplotách nad -5°C jsou krystaly větší a shlukují se do vloček, při nižších teplotách mají menší rozměry
- sněhové krupky, sněhová zrna, zmrzlý déšť, námrazové krupky, kroupy, sněhové jehličky

Navíc se vedle těchto druhů srážek mohou vyskytovat např. smíšené tvary, jako je déšť se sněhem, s krupkami atd.

Díky kondenzaci vodní páry na relativně studeném zemském povrchu, na vegetaci, na předmětech vznikají horizontální srážky. Ty opět dělíme na:

- rosa - je tvořena vodními kapkami různé velikosti, často splývajícími
- zmrzlá rosa - zmrzlé kapky rosy bělavé barvy
- jíní - ledové krystalky tvaru jehlic, šupin nebo vějířků bílé barvy, tvořících se za podmínek stejných jako při tvorbě rosy při teplotách pod 0°C desublimací vodní páry, převážně na horizontálních plochách
- jinovatka - kypré ledové krystaly jehlicovitého nebo vláknitého tvaru usazujících se převážně na stromech, elektrických vedeních a návětrné straně předmětů při silném mrazu a většinou při mlze
- ovlhnutí - povlak vodních kapek vznikající na svislých plochách, na návětrné straně předmětů při proudění teplého a vlhkého vzduchu, který se od předmětů ochlazuje
- námraza - vznik za podobných podmínek jako ovlhnutí, avšak při teplotě pod 0°C
- ledovka - sklovitá, ledová vrstva vznikající zamrznutím přechlazených vodních kapek na předmětech, jejichž teplota je nižší než 0°C

- náledí, zmrazky - ledová vrstva pokrývající zemský povrch, zmrznutím nepřechlazených kapek deště na povrchu, jehož teplota je nižší než 0°C

Hlavním z faktorů ovlivňujících rozložení srážek na Zemi je rozložení oblačnosti. To úzce souvisí se všeobecnou cirkulací atmosféry. Oblačnost ale nemusí být rozhodujícím faktorem. To, jestli dojde k vypadávání srážek, závisí především na vodním obsahu oblaků a přítomnosti vody v pevném skupenství. Dalším z podstatných faktorů je rozložení oceánů, tvar a rozložení pevnin a reliéf.

Vyvýšený reliéf vytváří překážky pro proudění vzduchu, čímž dochází na návětrných stranách ke zvětšenému množství vypadávání srážek. Na závětrné straně se vyskytuje tzv. srážkový stín. Na horských svazích, které jsou orientovány k jihu, dochází také ke zvýšené intenzitě srážek. Je to zapříčiněno tím, že svah je ozářen, dochází zde k výrazným výstupným konvekčním proudům a k tvorbě kupovité oblačnosti.

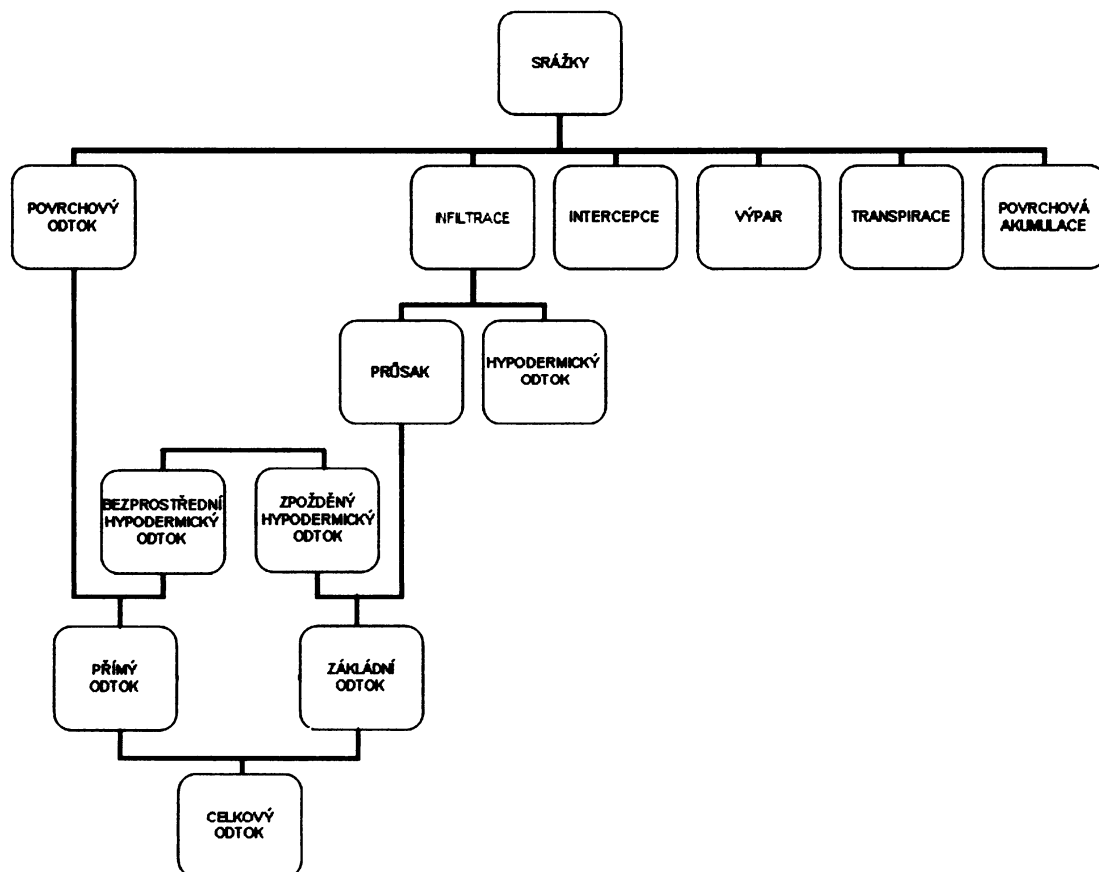
Pro mírné šířky jsou typické vyšší srážkové úhrny vázané na oblačné systémy cyklonálních sérií. Srážkové úhrny klesají v důsledku převládajícího západního proudění od západních okrajů pevnin (500 až 1000 mm) do jejich středů a k východním částem (300 až 500 mm) (NETOPIL, 1984).

5. Odtok

5. 1. Geneze odtoku

Rozdělení atmosférických srážek, které spadnou na plochu určitého území, je znázorněno schematicky na obr. 12. Z obrázku je patrné, že voda spadlá ze srážek v oblasti s humidním podnebím, se rozděluje na část, která odeče jako povrchový odtok nebo se projeví zvětšením zásob povrchových vod v tocích, jezerech a umělých nádržích (povrchová akumulace). Další část spadlé srážky se vsákne do půdy a hornin a odeče buď jako hypodermický odtok nebo způsobuje zvýšení zásob podpovrchových vod. Část vody ze srážek se částečně vypaří do atmosféry (přímý výpar), část se vydá na transpiraci vegetace, další část je zachycena na povrchu vegetace (intercepce).

Obr. 12. Srážková bilance



Zdroj: KRÍŽ, 1983

Jak již bylo výše zmíněno, základem odtoku z povodí v našich poměrech jsou srážky. Ty jsou nerovnoměrně rozloženy po celém povodí. Platí, že čím je povodí větší, tím větší mohou být i rozdíly. Také intenzita srážek není stejná. Záleží na skutečnosti, zda se jedná o

regionální deště, trvající 6 hodin až 6 dní nebo o přívalové deště, trvající 5 minut až 6 hodin. Spadlé srážky se hromadí na zemi, vyplňují různé prohlubně v terénu a vsakují se. Pokud má terén určitý sklon, dochází k povrchovému odtoku po celé ploše povrchu daného terénu. Odtok bývá rovnoměrnější a teprve při větším množství srážek dochází k nerovnoměrnému odtoku. Povrchový odtok z celé plochy území je prvopočátkem veškerých odtoků z říční sítě (ČERMÁK, 1966).

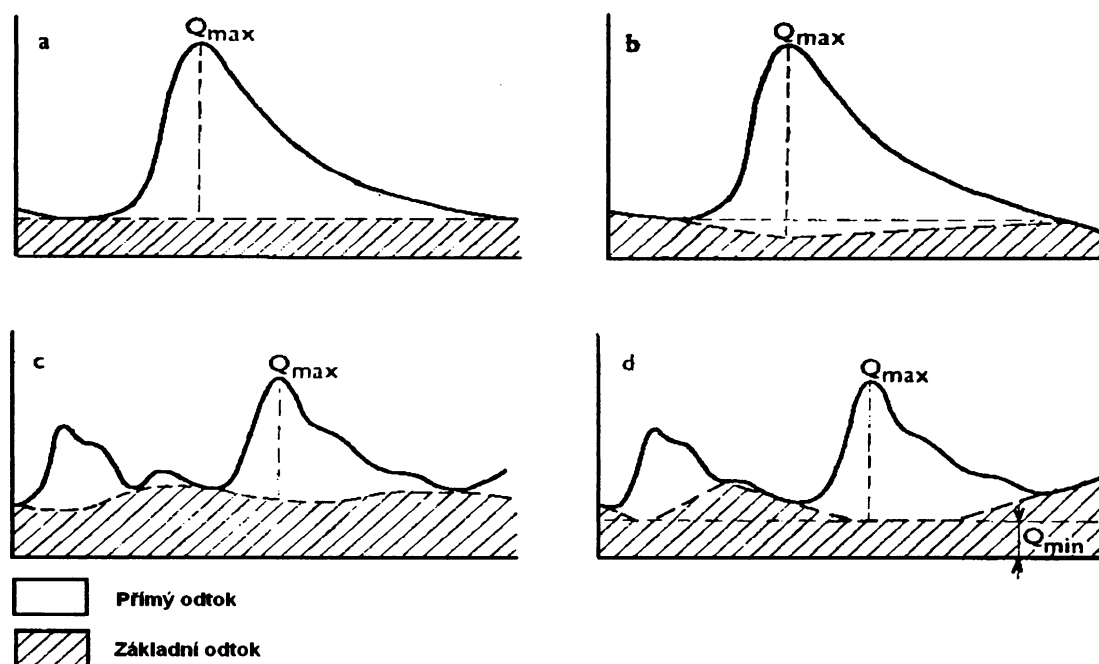
Celkový odtok vody v určitém profilu toku je zpravidla tvořen těmito složkami:

- povrchový odtok - je to část vody, která odtéká po zemském povrchu
- hypodermický odtok - což je podíl vody, která odeče v bezprostřední vrstvě pod povrchem do vodních toků, aniž dosáhne hladiny podzemní vody
- podzemní odtok (základní) – odtok vody z pásma nasycení

Obvykle se ale čára průtoku dělí pouze na dvě složky. První složkou je přímý odtok zahrnující jak povrchový, tak i hypodermický odtok. Druhou složkou je základní odtok. Je to dáno především tím, že vyčlenění samostatné složky povrchového odtoku a hypodermického odtoku je zpravidla dosti obtížné (KŘÍŽ, 1983). Přímý odtok je charakteristický svou bezprostřední reakcí na určitou srážku. Proto se také někdy nazývá rychlý odtok. Podílí se hlavní měrou na vytvoření odtokové vlny. Blažková (1993) tvrdí, že hypodermický odtok se zčásti podílí i na základním odtoku. Ten se vyznačuje poměrně stabilní celoroční vyrovnaností a probíhá hlavně v mimosrážkových obdobích.

Při rozčleňování hydrogramu na dvě hlavní složky se používá několik odlišných metod. Tyto metody můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří metody, které vycházejí výlučně z průtokových hodnot. Do druhé skupiny patří metody přihlížející kromě průtokových hodnot také i k některým charakteristikám režimu podzemních vod v příslušném území. Nejjednodušší způsob rozčlenění hydrogramu spočívá v jeho rozdělení vodorovnou čarou probíhající počátkem průtokové vlny. Základní odtok je tedy v celém průběhu průtokové vlny konstantní. Za počátek průtokové vlny lze považovat moment, kdy dochází k výraznému zvětšení průtoku. Tento model je ale velmi zjednodušený a nejméně vyhovuje z hlediska stanovení základní složky odtoku (Obr. 13a). Další z metod zobrazuje hranici mezi základním a přímým odtokem v podobě čáry spojující měsíční minimální průtoky, v podobě různě lomené přímky, která do jisté míry přihlíží ke tvaru průtokové vlny, tj. přechodného zvětšení a následného poklesu průtoků. Rozdíl ale spočívá v tom, že dělicí linie má zpravidla obrácený průběh než průtoková vlna. To znamená, že v době nejvyššího přímého odtoku je obvykle základní odtok relativně nejnižší (KŘÍŽ, 1983) (Obr. 13b, c, d).

Obr. 13. Způsoby rozčlenění hydrogramu na přímý a základní odtok



Zdroj: KRŽÍŽ, 1983

5. 2. 1. Povrchový odtok

Názory na to, co se děje v povodí po vydatnějších srážkách nebo po tání sněhu, se vyvíjela již od počátku minulého století. Proto vznikala řada teorií zabývajících se povrchovým odtokem. V minulosti se inženýři a vědci více soustředili na řešení úloh souvisejících s vodním hospodářstvím. Zabývali se např. odhadem předpovědi průtoků v řekách (kulminační průtok, objem povodňové vlny a její časový průběh) jako na detailní zkoumání procesů a cest, kterými se voda dostane do toku. Dále se řešily otázky týkající se vlivu lesa na odtok z hlediska ochrany před povodněmi, problematika eroze a odnosu látek z povodí z hlediska zanášení nádrží, určování vodních zásob ze sněhové pokrývky v souvislosti s rizikem vzniku jarních povodní a potřeby doplnění zásob vody v nádržích.

Díky změně pohledu člověka na životní prostředí se změnil i pohled na hospodaření s vodou a tím se zvýšil i zájem o cesty, kterými se voda ze srážek nebo z tání sněhu a látky, jež se jimi transportují, dostávají do toků. Tím se změnily i představy o tvorbě odtoku na svazích na malých povodích a výzkum se díky tomu značně prohloubil (HLAVČOVÁ, HOLKO, SZOLGAY, 2001). Hydrologie svažitých území rozlišuje složky povrchového odtoku na hortonovský povrchový odtok a nasycený povrchový odtok.

5. 2. 1. 1. Hortonovský povrchový odtok

Velmi uznávanou ucelenou teorií, jež se také označuje jako infiltrační teorie nebo také teorie povrchového odtoku, vypracoval v první polovině 20. století americký hydrolog Robert Elmer Horton. Pokoušel se analyzovat chování odtoku a jeho následné odezvy na příčinnou srážku. Hortonovský povrchový odtok nastává, když intenzita deště překročí intenzitu infiltrace. Podle této teorie je povodňová vlna tvořena vodou z příčinných srážek nebo tání sněhu, z nichž se část podílí na povrchovém odtoku. Horton také zavedl pojem infiltrační kapacita. Je to množství vody, které je půda schopna za daných podmínek přijmout. Půda působí jako separátor povrchového a podzemního odtoku, přičemž podzemní odtok se dominantně podílí na průtoku v řekách jen v suchých obdobích. Povrchový odtok z daného povodí vzniká v důsledku překročení infiltrační kapacity půdy, která ale není ve stavu nasycení, tzv. infiltration excess overland flow. Podle původní představy vznikal povrchový odtok na celé ploše povodí (HLAVČOVÁ, HOLKO, SZOLGAY, 2001).

Teorie předpokládá, že povrchový odtok nastane brzy na začátku přívalové srážky, současně v celém povodí. To však znamená, že by přšelo na celém povodí stejně a všude by byly stejné infiltrační podmínky. Tohoto předpokladu může být docíleno pouze v malých povodích, protože hlavně infiltrační kapacita je velmi proměnlivá, a to jak v prostoru, tak v čase (KRÁLOVEC, 2003).

Hortonova teorie byla všeobecně uznávaná několik desetiletí. V aridních a semiaridních oblastech za určitých podmínek skutečně dominuje v odtokovém procesu. Dále tento odtok převažuje i v oblastech, kde došlo k silnému narušení povrchu člověkem. Tyto oblasti jsou málo propustné, zpevněné nebo zhutněné. Dlouhou dobu se v lesních povodích uplatňoval pro stanovení povodňového odtoku Hortonův model (HLAVČOVÁ, HOLKO, SZOLGAY, 2001).

5. 2. 1. 2. Nasycený povrchový odtok

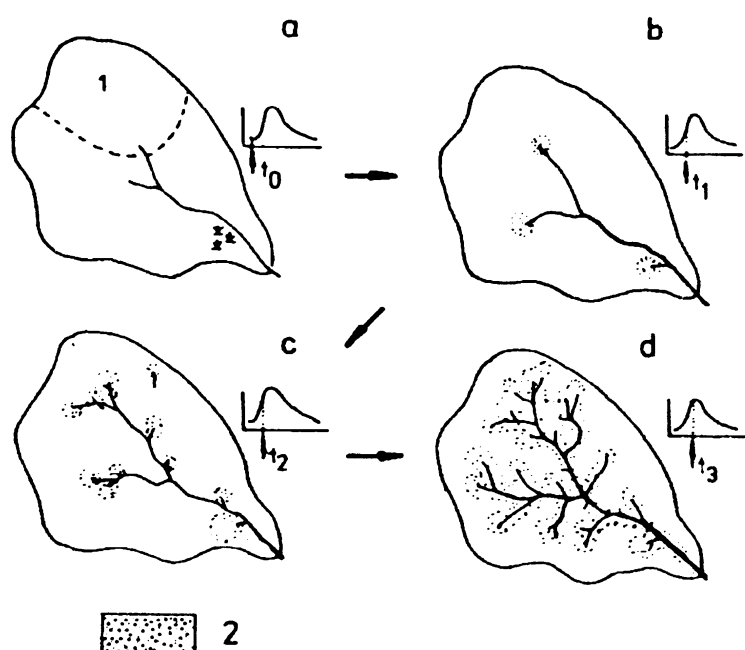
Pojem nasycený povrchový odtok byl zaveden v souvislosti se vznikem koncepce proměnných zdrojových oblastí (variable source area concept = partial contributing area concept). Jedním ze zakladatelů této koncepce byl Hewlett 1967, zabývající se hydrologií lesa. Pokoušel se zjistit, proč v lesích téměř nikdy nenastává povrchový odtok vzhledem k vysokým hodnotám infiltrace lesní půdy, a přesto většina lesních povodí reaguje na srážky odezvami, jejichž doba zpoždění je srovnatelná s dobou zpoždění povrchového odtoku (BLAŽKOVÁ, 1993).

Tento typ povrchového odtoku závisí na stavu provlhčení půdy před, během a po srážkách. Pokud se půda nasytí až k povrchu, začne probíhat tzv. nasycený povrchový odtok (saturation excess runoff). Podle koncepce proměnných zdrojových oblastí se tento rychlý odtok tvoří na nasycených dolních částech svahu a dalších plochách jako jsou např. mělké půdy. K tomuto odtoku proto zdaleka nepřispívá celá plocha povodí. Nasycená oblast se v průběhu srážek rozrůstá. Na obr. 13. je znázorněn vývoj povodí z hlediska tvorby přímého odtoku znázorňující rozšiřování zdrojových ploch přímého odtoku a prodlužování hydrografické sítě v průběhu srážkoodtokové situace.

Podle výzkumů, které Hewlett spolu s Hibbertem prováděli, zjistili, že horní partie svahu nebudou téměř nikdy nasyceny a nebude na nich docházet k povrchovému odtoku vlivem překročení infiltrace (BLAŽKOVÁ, 1993).

Základní rozdíl mezi Hortonovským a nasyceným povrchovým odtokem spočívá v tom, že při Hortonovském odtoku se půda nasycuje srážkami shora, zatímco při nasyceném povrchovém odtoku se půda nasycuje podpovrchovou vodou zdola. Dále nasycený odtok vyžaduje ke svému vzniku mnohem menší intenzitu srážek než Hortonovský odtok. Nasycený povrchový odtok je omezen na menší plochy v místech, kde dochází během srážek k rychlému nasycení půdy. Nastává v krajině hustě porostlé vegetací, s dobře vyvinutou vrstvou půd, v regionech s vysokou hladinou podzemní vody a na konkávních svazích.

Obr. 14. Vývoj povodí z hlediska tvorby přímého odtoku



Poznámky: 1 - mělké půdy, 2 - zdrojová plocha

Zdroj: HEWLETT, NUTTER, 1969 sec. BLAŽKOVÁ, 1993

5. 2. 2. Hypodermický odtok

Hypodermický odtok je odtok té části infiltrovaných dešťových vod, které nedosáhnou hladiny podzemních vod a které se nespotřebují na půdní výpar a zvýšení vlhkosti půdy. Tento odtok se uskutečňuje povrchovými vodonosnými vrstvami (DUB, NĚMEC, 1969). Nejčastější příčinou vzniku hypodermického odtoku jsou méně propustné nakloněné vrstvy nebo propojené podpovrchové systémy kořenů a chodbiček (tzv. privilegované cesty nebo přednostní dráhy cirkulace hypodermického odtoku). V porovnání s povrchovým odtokem bývá hypodermický odtok pomalejší (BŘEZOVÍČ, 2006). Velikost a úloha tohoto odtoku v bilanci celkového odtoku z povodí jsou značně nejasné. Dají se určit jen nepřímo a poměrně nepřesně. Proto se hypodermický odtok při praktických řešeních zvláště neuvažuje a bývá přičleňován k povrchovému odtoku (DUB, NĚMEC, 1969).

Blažková (1993) uvádí, že v některých případech na odtokových plochách nebo velmi malých povodích mohou vznikat zřetelně rozlišitelné samostatné vrcholy povrchového a hypodermického odtoku, pouze pokud déšť trvá krátkou dobu. Hypodermický odtok je charakteristický pro lesní půdu, kde také převažuje. Odvádí srážkovou vodu se zdržením (retardací) do toků a stále udržuje určitou infiltraci další srážkové vody do půdy (KREČMER, ŠVIHLA, ŠACH, 2003).

5. 2. 3. Podzemní odtok (základní)

U odtoku podzemní vody, bývá také označován jako základní odtok, jde o přítok podzemní vody ze zvodněných vrstev hornin, popřípadě i z půdy (z pásma nasycení) do vodního toku. Tohoto odtokového procesu se zúčastňuje určitá část podzemní vody. Tato část podzemní vody se podílí na napájení řek a tím i na celkovém oběhu vody v krajině (KŘÍŽ, 1983).

Podzemní odtok se uplatňuje zejména při nižších průtocích, kdy díky vlivu odlišného režimu zbývajících odtokových složek působí jako vyrovnávací faktor (KRÁSNÝ, 1982).

Lze ho dělit na:

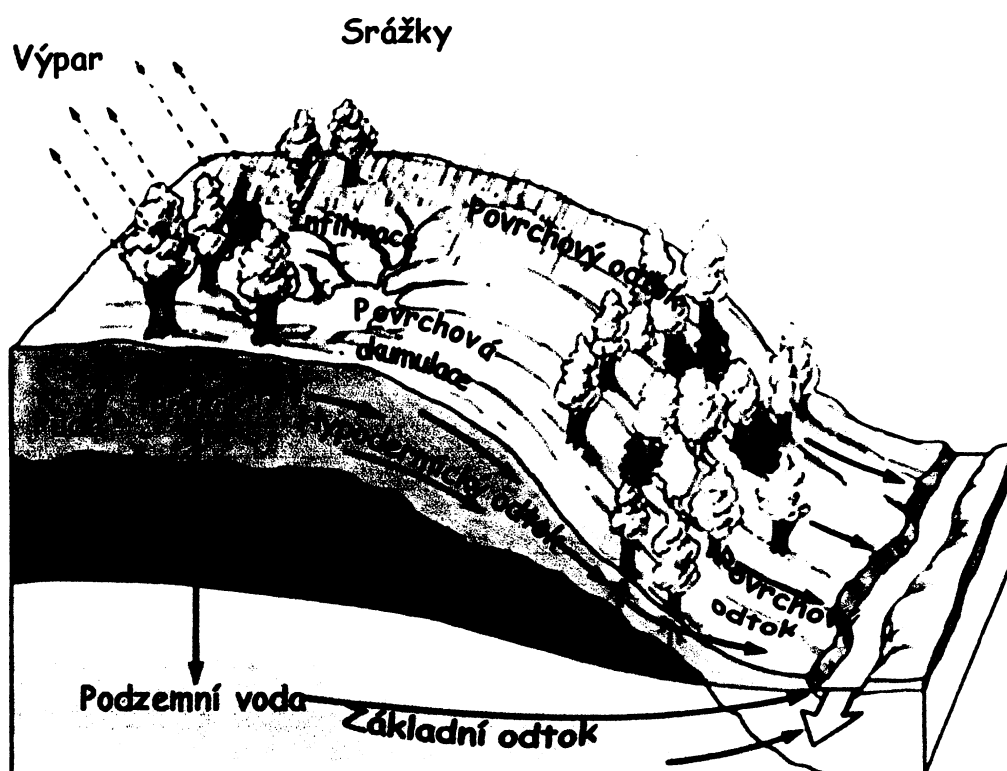
- podzemní odtok s krátkou dobou postupu do toku. Tento odtok probíhá poměrně rychle a je zásobovaný podzemními vodami aluviálních vrstev
- podzemní odtok s dlouhou dobou postupu, který je podmiňován zásobami vody z větších hloubek

Podzemní odtok je složitější než odtok povrchový a v důsledku jeho pomalejšího vytváření (retardační a vyrovnávací účinek půd a zvodněných horizontů) má menší variabilitu a větší stálost (DUB, NĚMEC, 1969). Odtok probíhá nesoustředně, plošně.

K odvodnění dochází často četnými prameny malých vydatností, nebo nesoustředěnými výrony na povrch či přímo do vodních toků (NĚMEC, HLADNÝ, 2006).

Podzemní odtok se pohybuje ve směru sklonu nepropustného podloží a rychlost jeho proudění je závislá na charakteru půdního a horninového prostředí a na zdroji podzemní vody. Srážky, které infiltrují k hladině podzemní vody, se dostávají do hlavního toku podzemním přítokem a jsou opožděné za odtokem povrchovým (HRÁDEK, KUŘÍK, 2002).

Obr. 15. Srážko-odtokový proces



Zdroj: ŽITNÍK, 2004

6. Faktory ovlivňující odtok

Povrchová voda odtékající z území říční sítě pochází z dešťů, ze sněhu, z výronu podzemní vody (popřípadě z ledovců). Vlastnosti prostředí, kde k odtoku dochází, společně s vlastnostmi zdroje zásobujícího tok, rozhodují o režimu toku. Na to, který zdroj určuje charakter toku, mají rozhodující vliv klimatické poměry. V našich podmínkách, to platí i pro naše povodí, jsou převládajícím zdrojem povrchového odtoku atmosférické srážky (déšť a sněh). Povrchový odtok vody vzniká v tom okamžiku, kdy srážková voda přesáhne svým objemem vsakovací schopnost půdy, výpar, intercepci a akumulaci půdního povrchu. Nejprve dochází k plošnému odtoku, poté přechází k odtoku soustředěnému, který nakonec vytváří hydrografickou síť. Podle uvedeného procesu se povrchové vody rozdělují na plošný srážkový odtok, vodní toky a vody stojaté (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT 1992).

Množství odtoku je především ovlivněno klimatickými, územními, půdními a biologickými poměry povodí. Za důležitý faktor lze také považovat hospodářské využívání povodí.

Čaboun (2005) uvádí podrobnější dělení. Jako určující faktory výsledného odtoku množství a jeho časového rozdělení uvádí:

- geomorfologická charakteristika reliéfu (sklon, členitost terénu apod.)
- hydrogeologická stavba povodí (charakter propustnosti, přítomnost zvodní apod.)
- meteorologické podmínky (délka trvání a intenzita srážek, spolupůsobení horizontálních srážek)
- celková lesnatost povodí a struktura nezalesněné krajiny povodí
- struktura lesních porostů a jejich zdravotní stav (druhová struktura, věková a přírůstková struktura)
- vodní bilance lesních porostů (intercepce, zásoby půdní vody, stav lesní sítě ve vztahu k povrchovému odtoku)

Tyto všechny faktory ovlivňují dobu trvání odtoku vody.

Pro naši práci můžeme rozdělit činitele, jež ovlivňují povrchový odtok takto:

- klimatické faktory
- fyzicko-geografické faktory
- antropogenní faktory

6. 1. Klimatické faktory

Klimatické faktory mají pro odtok rozhodující význam. Zcela ovlivňují vodnost toků a jejich režim. Tím, že dochází ke střídání teplých a suchých období se studenými a vlhkými obdobími během roku i delších časových úsecích, se projevuje na území proměnlivostí odtoků a zásoby vody v půdě (DUB, NĚMEC, 1969). Atmosférické procesy formulují vláhové energetickou bilanci každého území a mají největší vliv na vodní režim krajiny. Atmosférická cirkulace, sluneční záření a další vlivy mají za následek vznik určitých povětrnostních situací s příznačným souborem meteorologických procesů.

V přírodních podmínkách České republiky jsou hlavním činitelem, jenž rozhoduje o vodnosti toků, atmosférické srážky. Ty mají úzký vztah mezi dlouhodobým průměrným úhrnem ročních srážek v povodí a odpovídajícím odtokem. Dešťové srážky a voda z tající vysoké sněhové pokrývky jsou nejčastější příčinou povodní (KŘÍŽ, 2004).

Intenzita, druh srážek, množství, doba trvání, časové a prostorové rozložení atmosférických srážek jsou velmi podstatnými prvky ovlivňujícími odtok. V zimních a předjarních obdobích může povrchový odtok vyvolat déšť o slabé až mírné intenzitě, pokud déšť spadne na zledovatělou půdu s tající sněhovou pokrývkou. Na suchých půdách vyvolávají odtok deště o silné intenzitě, na půdách krytých vegetací dochází k odtoku při velmi silné intenzitě (KASPRZAK, 1989).

Další z důležitých klimatických faktorů je teplota vzduchu. Je to jeden z projevů slunečního záření a kromě přímého vlivu na atmosférické děje se také velmi výrazně projevuje v oběhu vody, při tání sněhu a tím i při rozdělení odtoku v roce ve velikosti a rozdělení výparu a průměrného ročního průtoku (DUB, NĚMEC, 1969).

Výpar patří také k zásadně ovlivňujícím faktorům odtoku. Může přispět ke zmírnění negativních účinků intenzivních letních dešťů. Projevuje se jako úbytek z množství vody spadlého ze srážek. Část srážkové vody, která se vypaří, se nepodílí na jejich povrchovém odtoku a infiltraci do půdy a hornin (KŘÍŽ, 2004). Výpar je přímým důsledkem rozdílů napětí vodních par na hladině vypařující se vody (sněhu či ledu) a přilehlého ovzduší. Výpar tedy bezprostředně závisí na vlhkosti vzduchu, na teplotě vzduchu a pohybu vzduchu (DUB, NĚMEC, 1969).

Odtok závisí i na ročním období. Mimořádně velké odtoky nastávají dvakrát ročně: v jarních obdobích, kdy dochází k náhlému oteplení a rychlému tání sněhu, kdy voda odtéká kryogenní vrstvou půdy. Často je tento odtok bez jakékoli možnosti vsaku. Další období, kdy dochází k nadměrnému odtoku, je léto, kdy nastávají přívalové deště, obzvláště spadnou-li na

ulehlou půdu s nízkou vsakovací schopností nebo na půdu, která je vodou již nasycená (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Údaje o klimatologických a meteorologických poměrech můžeme získat v publikaci Podnebí a vodní režim ČSSR nebo v novém Atlasu podnebí ČR vydaném v roce 2007.

6. 2. Fyzickogeografické faktory

Fyzickogeografické faktory mají také významný vliv na velikost odtoku v určitém povodí. Ovlivňují plošné a časové rozložení jeho odtoku a mají vliv na vývoj mnoha hydrologických jevů spojených s odtokem a doprovázejících ho. Mezi nejdůležitější činitele patří podle Kössla (1999) geografická poloha, vlastnosti reliéfu (orografie), geologické a půdní poměry a vegetace.

6. 2. 1. Geografická poloha

Poloha každého povodí, ale i postavení k sousedním povodím, v zásadě ovlivňuje účinky ostatních přírodních vlivů vzhledem k umístění povodí na zemském povrchu. Poloha je určena především zeměpisnou polohou. Tu udáváme nejen zeměpisnými souřadnicemi, ale i tím, že je zařadíme do určitého zeměpisného pásma a oblasti a určíme výškový stupeň. Zařazujeme je proto, že zeměpisné souřadnice nemusí odrážet vlastnosti zeměpisného prostředí, jež je důležité pro odtok. U malých povodí postačuje zařadit povodí do určité geografické nebo geomorfologické jednotky nebo její části (NETOPIL, 1970).

6. 2. 2. Vlastnosti reliéfu

Vlastnosti reliéfu vyjadřujeme mimo jiné pomocí výškových a sklonitostních poměrů. Ty mají vliv na klimatické a meteorologické charakteristiky - teplotu vzduchu, srážkové úhrny, vlhkost vzduchu, výpar, sluneční záření atd. Údaje o výškových a sklonitostních poměrech povodí lze zjistit z vrstevnicových map (KEMEL, 1994). Ovlivňují kromě klimatických činitelů i proces odtoku vody z povodí.

Sklonitostní poměry ovlivňují odtokové poměry svou schopností vodu v povodí zadržet nebo její odtok urychlit. Velikost průměrného sklonu povodí a průměrného sklonu toku má významný vliv na rychlost odtoku. Obecně platí, že čím je větší sklonitost, tím více stoupá rychlost odtoku a klesá možnost vsaku. S tím souvisí větší rozkolísanost hodnot průtoku během roku v důsledku malé výměny vody mezi tokem a jeho okolím. Toky s mírnějším sklonem toku i povodí mají vyrovnanější režim odtoku (JAHN, 1987). Odtok

z povodí nejvíce ovlivňují detailní vlastnosti reliéfu, jež jsou vyjádřené horizontální a vertikální členitostí. Mezi další vlastnosti reliéfu, jež ovlivňují odtok, patří délka, tvar svahu, mikroreliéf a drsnost svahu. Mimořádný zesilovací efekt na průběh srážek a následné hydrografické jevy může mít konfigurace reliéfu.

6. 2. 3. Geologické a půdní poměry

Tyto poměry mají vliv na vývoj konfigurace terénu, intenzitu zvětrávání, vznik více nebo méně propustných horních vrstev. Proto mají tyto poměry i nepřímý vliv na proces odtoku vody z povodí, na množství vody, která se vsákne do spodního horizontu a její další dotaci toku v povodí. Geologické poměry významně ovlivňují rozdělení vodnosti v tocích. Toky v oblastech dobře propustných půd se v obdobích, kdy je vydatný úhrn srážek, vyznačují nižšími kulminačními průtoky a v období dlouhého sucha naopak vyššími minimálními průtoky. Opačně je to s toky v oblastech s nepropustným nebo málo propustným podložím. Rychlejší proces vsaku také znamená, že se nemůže plnou měrou uplatnit výpar. Proto se toky s propustnějším podložím jeví v oblastech se stejným srážkovým úhrnem vodnější. Geologické podmínky určujeme z geologických map.

Také půdní poměry souvisí s velikostí a intenzitou vsaku vody a tím také rozhodují o velikosti a rozložení odtoku (KEMEL, 1994). Infiltrace vody spadlé na povrch výrazně ovlivňuje nejen stupeň propustnosti hornin, ale i vlastnosti zvětralin a zóny zvětrávání matečných hornin. Půda svými vlastnostmi (strukturností, zrnitostním složením, obsahem humusu a minerálních látek, stavem vlhkosti, nakypřením) určuje množství vody, které se dostane k podložním horninám (CHÁBERA, KÖSSEL, 1999). Půdní poměry získáváme z pedologických map.

6. 2. 4. Vegetace

Vegetace opět velmi ovlivňuje odtokový režim. Existuje mnoho studií zabývajících se vlivem změny přirozené vegetace na odtok v povodí. Vegetační kryt reguluje povrchový odtok srážkové vody, infiltraci i výpar z povrchu. Rostliny vodu zachycují na listech, větvích, kmenech (intercepce). Velká část se odpaří, část vody postupně odkapává a stéká pozvolna do půdy. Tím vegetace ovlivňuje množství vody a rychlost, jakou se dostává na povrch půdy. Kořeny stromů a spodní rostlinné patro zvyšují drsnost povrchu, čímž ovlivňují jeho retenční schopnost. Tvorba humusu z opadaného listí a jiných odumřelých rostlinných částí též ovlivňují akumulaci schopnost půdy. Naopak malou schopnost zadržení vody v území a infiltraci mají monokulturní zemědělské plodiny (CHÁBERA, KÖSSEL, 1999).

Všeobecně se velmi uznává regulující vliv lesa na odtok z povodí. Kulminační průtoky ze zalesněných povodí jsou za jinak stejných podmínek zpravidla nižší než v oblastech nezalesněných. Při částečném zalesnění povodí záleží na poloze lesů. Pokud je les situován do dolní části povodí, může být např. v období jarního tání sněhu režim kulminačních průtoků dokonce nepříznivější. Je to dáno tím, že vlivem zastínění sněhových zásob v lesních porostech před slunečním zářením dochází ke zpožděnému tání. Proto se mohou za některých okolností střetávat odtoky z horní nezalesněné a dolní zalesněné části povodí a tak vznikat vysoké kulminační průtoky (KEMEL, 1994).

Jak uvádí Hynie (1961), retenční funkcí lesa je snižován povrchový odtok zalesněného terénu o 20 až 900 % proti holému povodí. Les snižuje křivku velkých vod a zabraňuje povodním. V lesích dochází k výparu hlavně díky vodě zachycené na stromech (25 % všech vodních srážek). Les udržuje dlouho sníh při tání.

Avšak podle nových studií bylo jednoznačně zjištěno, že záměna smrkového a bukového porostu nemá podstatný vliv na transformaci srážky na odtoku. Tento závěr byl velmi překvapivý, protože smrk a buk jsou v lesnické hydrologii považovány za dva krajní póly, vymezující odlišnosti hydrologické funkce lesních porostů. Dalším překvapivým závěrem měření na Šumavě je skutečnost, že odtokové koeficienty jsou téměř shodné na povodích ve stejných přírodních podmínkách, lišících se právě jen vegetačním krytem: porostlých zdravým dospělým smrkovým porostem, pasekou s bylinným podrostem a mrtvým lesem s bylinným podrostem. Z toho vyplývá, že vliv druhového složení porostů na odtok vody z horských povodí ČR je nevýrazný. Je třeba brát v potaz, že odtoková maxima při přívalových deštích (zpravidla o úhrnu nad 60 mm) jsou ovlivněna druhovým složením vegetačního pokryvu. Je to dáno tím, že srážka takového úhrnu zpravidla nestačí infiltrovat do půdy. Poté se začne uplatňovat povrchová retence, která je vysoce závislá na druhu porostu a jeho vývojovém stádiu (ŠÍR, TESAŘ A KOL., 2004).

Významný vliv na odtok mají rašeliniště, která se v našem povodí vyskytují. Jejich hlavní funkcí je zadržování vody v krajině a zpomalení odtoku.

6. 3. Antropogenní faktory

Úpravou povrchu a struktury půdy agrotechnickými opatřeními, pěstováním kulturních plodin, pěstováním lesa (zalesňování, odlesňování, změna skladby dřevin), vedením silniční sítě, výstavbou měst a sídlišť, získáváním nerostných surovin na rozsáhlých plochách, budováním nádrží člověk značně mění povrchový odtok. Ten se projevuje odlišně za malých a velkých srážek. Mění velikost složek odtoku v celkové hydrologické bilanci. Člověk svými činy, ať záměrně či ne, velmi ovlivňuje odtok. Vylučuje a odvodňuje dosud zatápnuté plochy, upravuje směrové poměry toků, mění jejich podélné a příčné profily, buduje umělé odpady, což vede ke zrychlení infiltrace a tím i k rychlejšímu odvedení vody z povodí (DUB, NĚMEC, 1969).

Člověk je schopen měnit téměř všechny vlastnosti plochy povodí. Přímou i nepřímou mění přirozený vegetační kryt, odlesňuje rozsáhlé plochy, obdělává půdu. Tím velmi často dochází ke změnám půdních vlastností, dochází ke zvýšené erozi a odplavení svrchních vrstev, které jsou důležité pro infiltraci srážkové vody. Jak již bylo řečeno, odtokové poměry jsou také měněny regulací vodních toků, výstavbou nádrží atd. Díky těžbě nerostných surovin, stavební činností jsou odkrývány nebo odstraňovány rozsáhlé plochy přirozené vegetace, půdy, podložních hornin. Tyto činnosti stále častěji vedou ke zhoršení odtokových procesů v povodí, které se dnes projevují častým vznikem povodní na jedné straně a výskytem velmi malých průtoků v období déletrvajícího sucha na straně druhé. Člověk se snaží ovlivnit odtokové poměry kladným způsobem. Pomáhá např. výstavbou retenčních nádrží, protipovodňových hrází, vysazováním zasakovacích vegetačních pásů, dodržováním určitých agrotechnických opatření v zemědělské výrobě (CHÁBERA, KÖSSL, 1999).

6. 3. 1. Malé vodní nádrže

Dříve prakticky výhradně nazývané "rybníky" tvoří v krajině významný prvek ekologické stability. Hlavní účel pro výstavbu rybníků byl na začátku rybochovný. Pro nové rybníky bývaly využívány hlavně stávající močály a blata, přispívalo se tak k ozdravení krajiny a nové hráze se stávaly základem pro tvorbu nové cestní sítě. Třeboňsko je pro svou rybníční soustavu zařazeno do UNESCO jako biosférická rezervace. Existuje několik účelů pro výstavbu nových malých vodních nádrží. Hlavní účel je krajnotvorný, dále jde o zadržení vody v krajině, akumulaci vody pro vylepšování průtoků v době sucha, případně účel transformace povodňových průtoků.

Z hlediska zadržení vody v krajině je význam vodních nádrží zcela jednoznačně pozitivní, i když oponenti vodních nádrží preferují zadržení vody v půdním profilu. Toto

tvrzení je správné, protože dobře udržovaný půdní profil je schopen pojmout a zadržet v rámci celého povodí nesmírný objem srážkové vody.

Další z vlastností malých vodních nádrží je akumulární schopnost zásobního prostoru, kde vodu zadržanou v nádrži je možno využít na nalepšování průtoků v době minimálních průtoků v napájecím toku. Naopak někdy přeceňovanou vlastností malých vodních nádrží je schopnost transformovat povodňové průtoky v retenčním prostoru nádrže (VRÁNA, 2004).

Význam vodních nádrží je z hydrologického hlediska takový, že zachycují poměrně velkou část odtoku. Dochází k regulujícímu účinku nádrží na odtok. Toky, které vytékají nebo protékají nádržemi, se vyznačují zpravidla vyrovnanějším režimem odtoku. Vodní nádrže navíc vytvářejí typické mikroklima. Velikost regulujícího vlivu je dána velikostí nádrže, ale také umístěním a polohou v horní či dolní část povodí (KEMEL, 1994).

6. 4 Využití půdy v srážko-odtokovém procesu

Využití půdy (vegetační pokryv) ovlivňuje především retenci, akumulaci, infiltraci a změnu rychlosti odtoku vody z povodí. Konkrétně se zaměřím na využití půdy lesního porostu, travního porostu, orné půdy a urbanizované plochy.

6. 4. 1. Lesní porosty

Jak již bylo řečeno v 6. 2. 4., les má nesporně velmi podstatný vliv na odtok z povodí, o to víc, pokud dochází k vydatnějším srážkám. Tvrdí se, že lesy výrazně více tlumí srážky při jejich transformaci na odtok než travní porosty (ŠÍR, TESAŘ A KOL., 2004). Lesní půdy se vyznačují vysokou infiltrační schopností, která je způsobena dobrým provzdušněním. Vysoká vrstva humusového horizontu téměř vylučuje možnost povrchového odtoku. Pro les je velmi charakteristický hypodermický odtok. Lesní půda výrazně transformuje srážkoodtokový proces snížením odtoku povrchového přeměnou 10 – 40 % úhrnu srážkové vody v odtok podpovrchový. Ten kulminuje ve vodních tocích se zpožděním za kulminací odtoku povrchového (KANTOR, 2003). Pro les je charakteristická i vysoká transpirace. Ta je ovlivněna převážně druhem a věkem porostu, plochou listových orgánů (KANTOR, 1989).

Les má důležitou funkci při zabraňování rychlému tání sněhu. Ukázalo se, že druhová skladba a věk porostu jsou při vypadávání a tání sněhu velmi důležité. Lze tedy konstatovat, že v oblastech s velkým množstvím sněhových srážek, má les rozhodující vodohospodářský význam v tom, že snižuje maximální povodňový odtok na jaře a rozkládá odtok na delší období (ČABOUN, 2005).

6. 4. 2. Travní porosty

Drnový porost má průměrně o 10 % vyšší pórovitost než orná půda, což se projevuje lepší retencí a infiltrační schopností. Tyto schopnosti se liší podle jednotlivých druhů travních porostů a obsahu organické hmoty obsažené v půdě. Výhledově by bylo třeba rozšířit plochy luk zejména v oblastech ohrožených vodní a větrnou erozí, v oblastech při vodních zdrojích a tocích, kde louky fungovaly jako jakýsi biofiltr, v oblastech horního toku řek, kde je třeba zachovat čistotu vod (RYCHNOVSKÁ, 1985).

6. 4. 3. Orná půda

Orná půda se vyznačuje největší variabilitou změn hydrologických vlastností. Je ovlivněna převážně druhem pěstování plodin, strukturou mikroreliefu, agrotechnickým obhospodařováním (orba, střídání plodin, zhutňování půd špatnými agrotechnickými prostředky). Poměrně vysokou infiltrační schopnost mají plochy s obilovinami a ručně obhospodařovaná políčka. Nejmenší infiltrační schopnost vykazují mechanicky obhospodařované plochy kukuřice a vojtěšky, dále holé půdy s kůrou vzniklou po intenzivním dešti (KASPRZAK, 1998).

Převážná plocha zemědělsky využívané půdy je ve stavu, kdy půdní profil je zhutněn pojezdem zemědělských strojů na takovou míru, že půdní profil je schopen zadržet minimální objem srážkové vody, a to ještě u srážek s nízkou intenzitou, kde je půda schopna alespoň část povrchového odtoku infiltrovat (VRÁNA, 2004).

6. 4. 4. Urbanizované plochy

Přírodní krajina je nahrazována nepropustnými, odolnými povrchy. Území má minimální akumulaci, retenční a infiltrační schopnost. Tím, že dochází k odstranění vegetace a půdy, zarovnávaní povrchu a nepropustnosti terénu, vzrůstá objem odtoku a zkracuje se čas, který uplyne od dopadu srážek na povrch po dosažení vodního toku. Dochází k nárůstu kulminačního průtoku a zvětšení objemu na vodních tocích v daném místě (BŘEZOVIC, 2006).

7. Výsledky

7. 1. Analýza změn odtoku pomocí jednoduchých součtových čar ročních průtoků a ročních srážkových úhrnů

Pro zjištění významných změn v odtokovém režimu bylo zapotřebí nejprve sestavit jednoduché součtové čáry Hr a Qr. Tyto čáry byly konstruovány pro kumulované roční průtoky a roční srážkové úhrny. Aby bylo možno vzájemné srovnání, byly hodnoty Hr a Qr vynášeny v relativní podobě. Jednoduché součtové čáry průtoků byly sestrojeny pro všech sedm limnigrafických stanic. Jednoduché součtové čáry srážek byly vytvořeny pro identifikaci případných klimatických změn v povodí, jež mohou ovlivnit odtokové poměry.

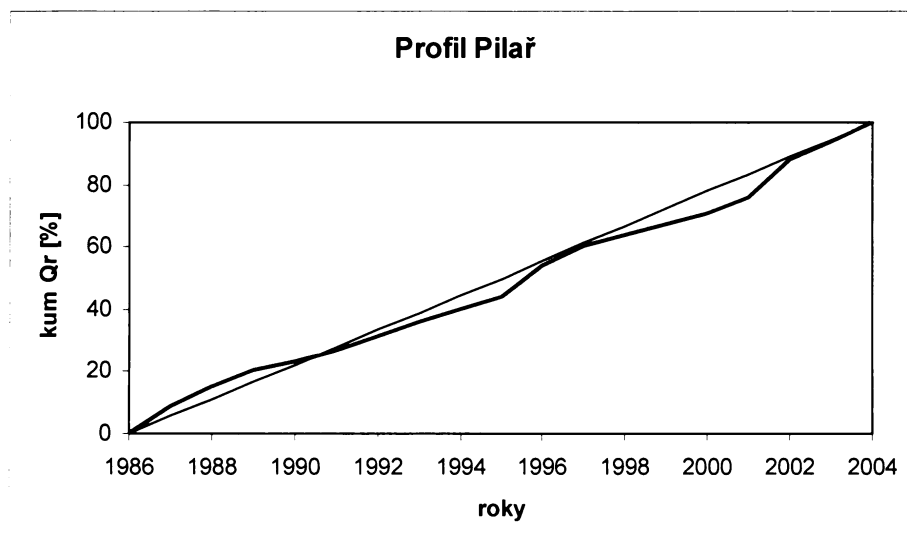
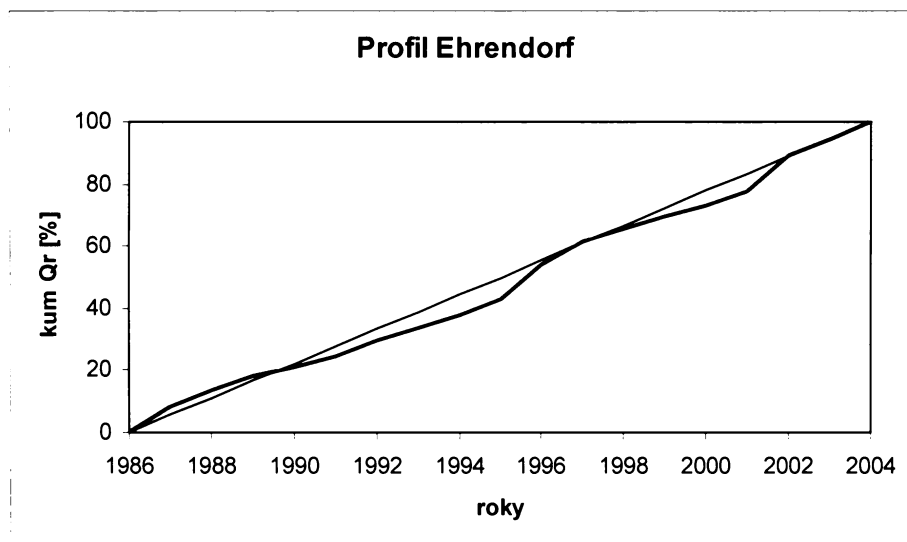
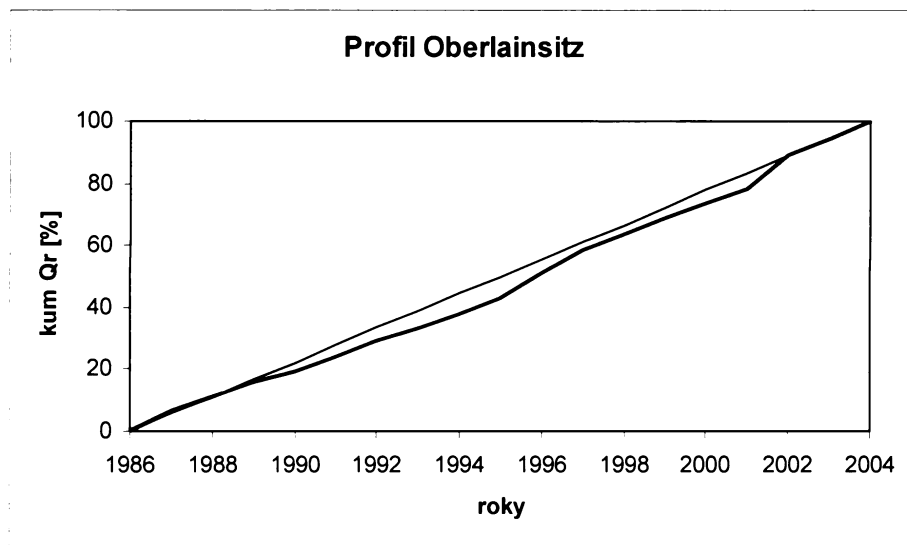
Časové rozpětí datových řad bylo sjednoceno z důvodů neúplných časových řad a rozdílných počátků monitoringu průtoků a srážek. Navíc je doba zkrácena kvůli poskytnutí srážkových úhrnů a průtoků z ČHMÚ pouze na posledních 20 let. Chybějící data byla doplněna průměrnými měsíčními hodnotami. Tyto hodnoty byly vypočteny z průměrných hodnot příslušných měsíců z jiných let. Srážková data pro dílčí povodí byla vypočtena polygonovou metodou Thiesen-Horton.

Změna velikosti odtoku se zřetelně projevuje na profilech Hoheneich, Ehrendorf, Oberlainsitz, Amaliendorf a Pilař. Za povšimnutí stojí, že na většině profilů se vyskytuje zvýšený průtok od počátků měření do roku 1989 až 1991. Poté opět dochází ke snižování průtoků. Nejvýrazněji se pokles projevuje na profilu Amaliendorf, Ehrendorf a Oberlainsitz. Průtok na profilu Kößlersdorf můžeme považovat za nejvyrovnanější. Abychom mohli posoudit, zda došlo ke změně průtoků bez ovlivnění srážkového úhrnu, je zapotřebí porovnat jednoduché součtové čáry srážkových úhrnů.

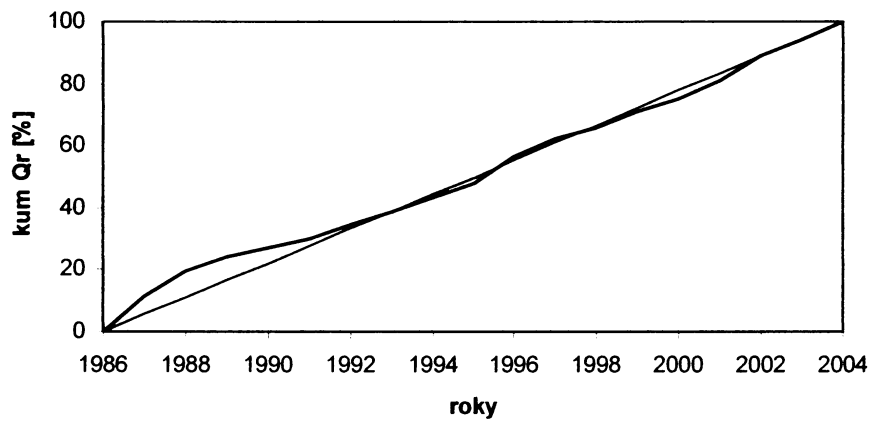
Průběhy jednoduchých součtových čar srážkových úhrnů ukazují, že v daném časovém období nedošlo k výraznějším změnám. Pozvolný nárůst úhrnu srážek a dlouhodobý nadprůměrný stav je patrný na profilech Ehrendorf, Hoheneich, Heidenreichstein, Oberlainsitz od roku 1995. Pouze na profilu Pilař je patrný mírně podprůměrný stav úhrnu srážek v letech 1990-1996.

Srovnáme-li součtové čáry průtoků a srážkových úhrnů, zjistíme, že období poklesů nebo nárůstů průtoků se neshoduje s poklesem nebo nárůstem úhrnů srážek. Jedině pro profil Pilař můžeme konstatovat, že v letech 1990-1996 se shoduje pokles úhrnů srážek s poklesem průtoků.

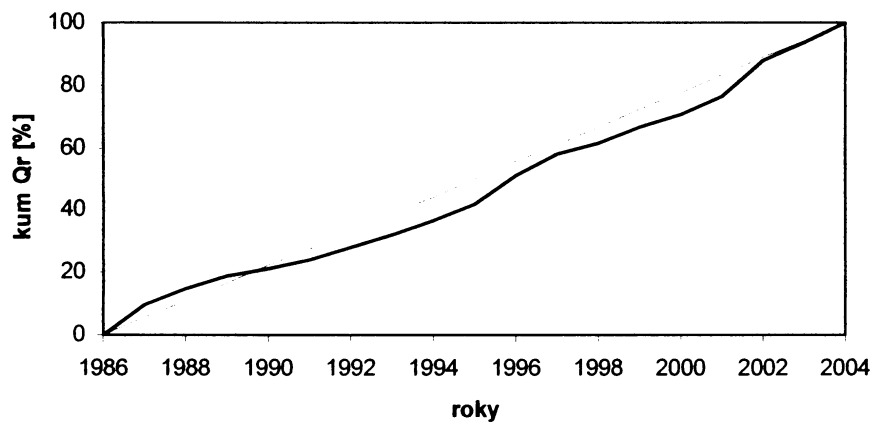
Graf. 2-8. Jednoduché součtové čáry Q_r pro vybrané profily



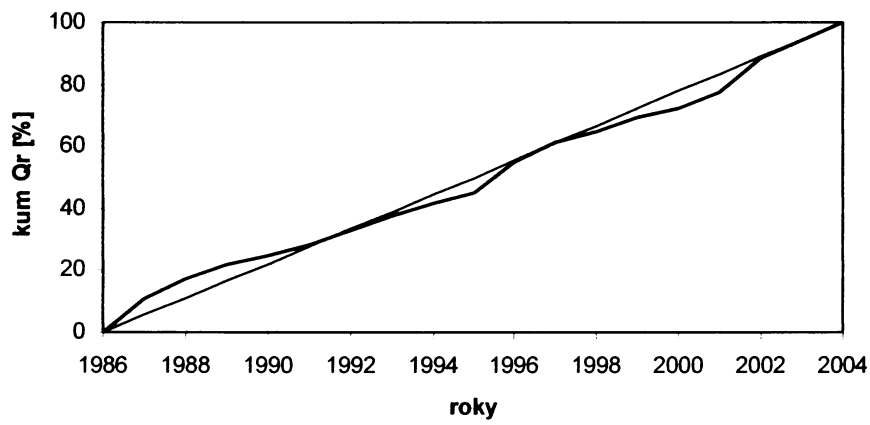
Profil Heidenreichstein

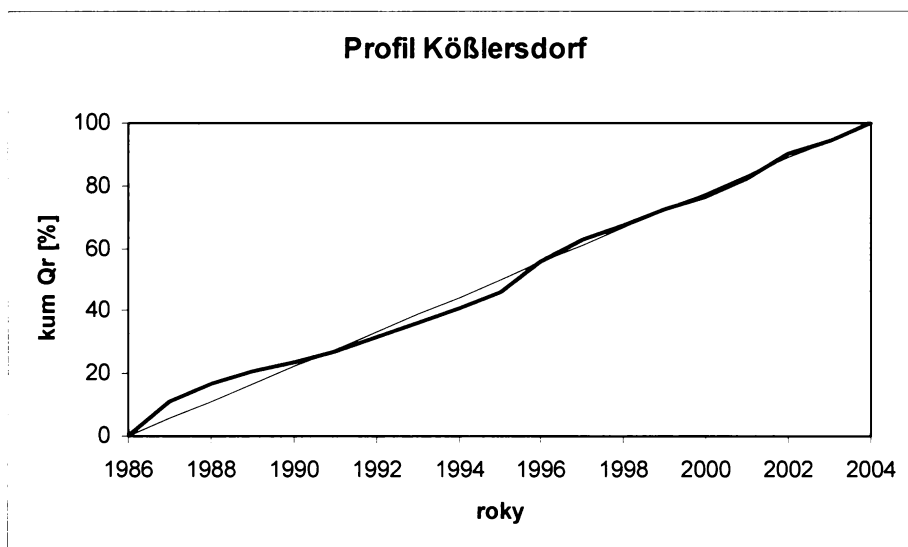


Profil Amaliendorf



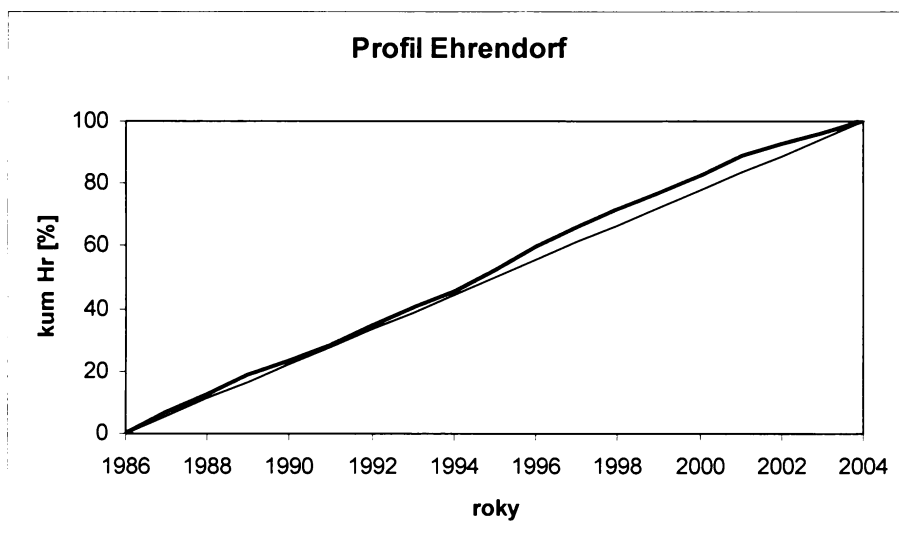
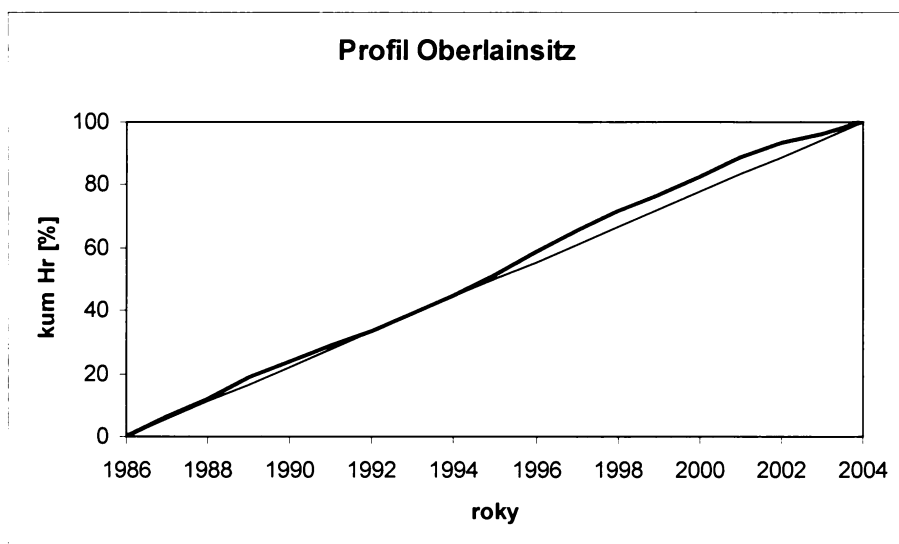
Profil Hoheneich



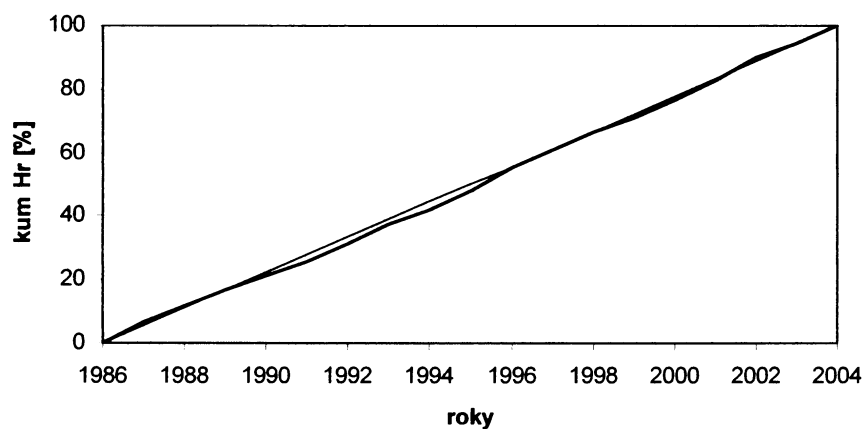


Zdoj: ČHMÚ, MŽP

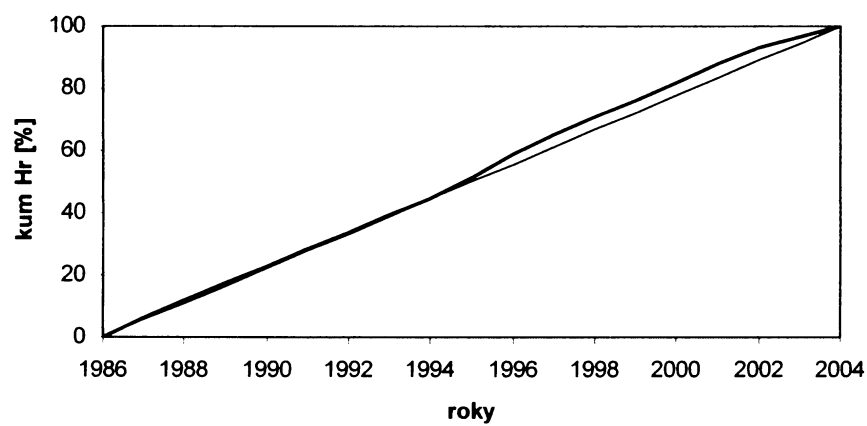
Graf 9-15. Jednoduché součtové čáry Hr pro vybrané profily



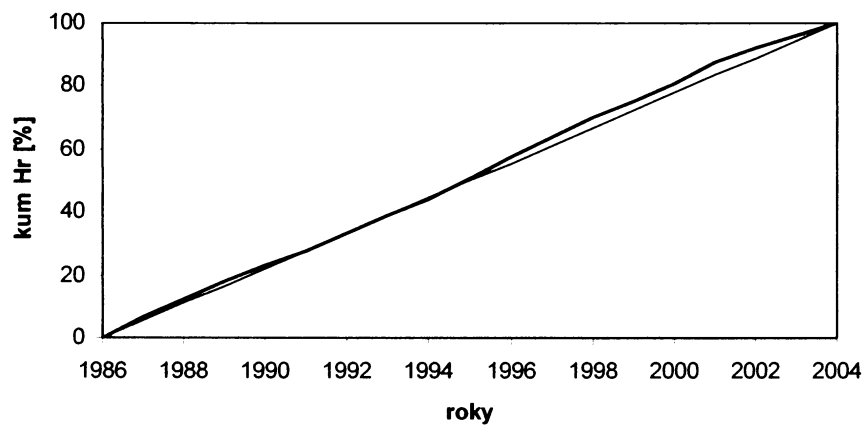
Profil Pilař



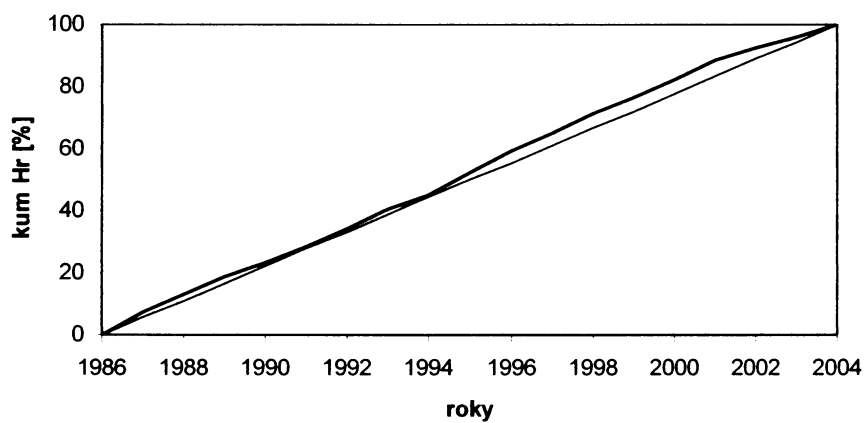
Profil Heidenreichstein



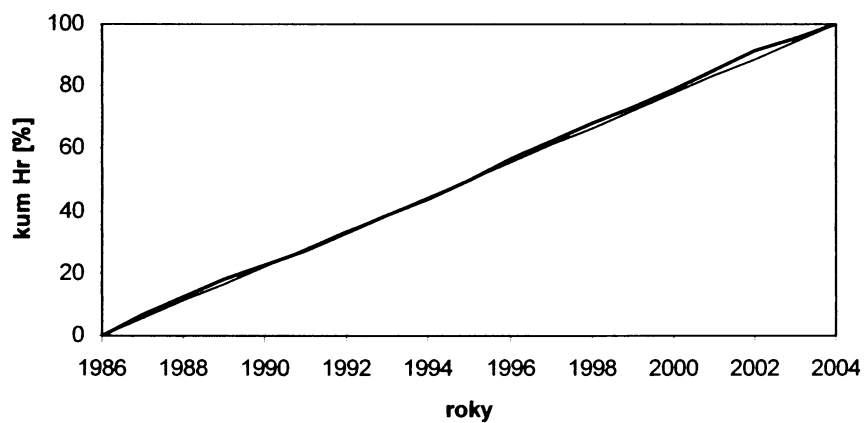
Profil Amaliendorf



Profil Hoheneich



Profil Kößlersdorf

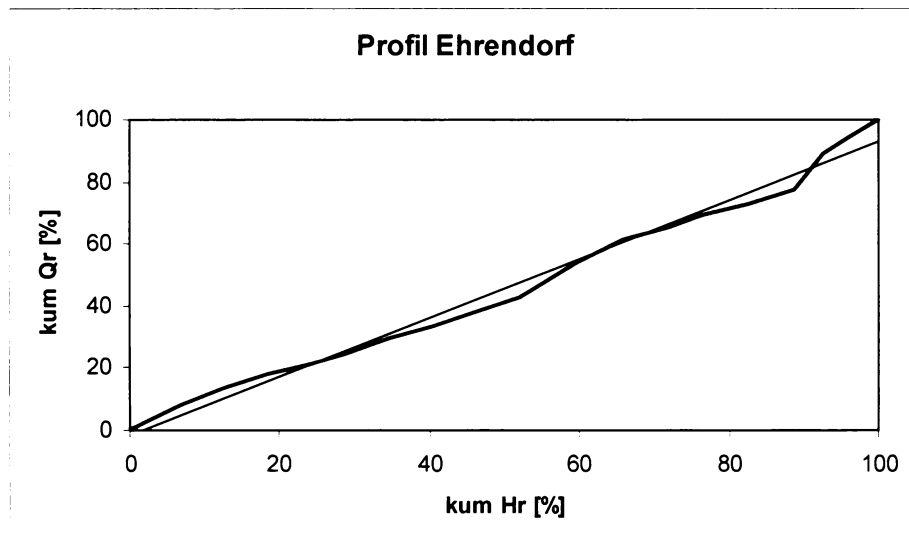
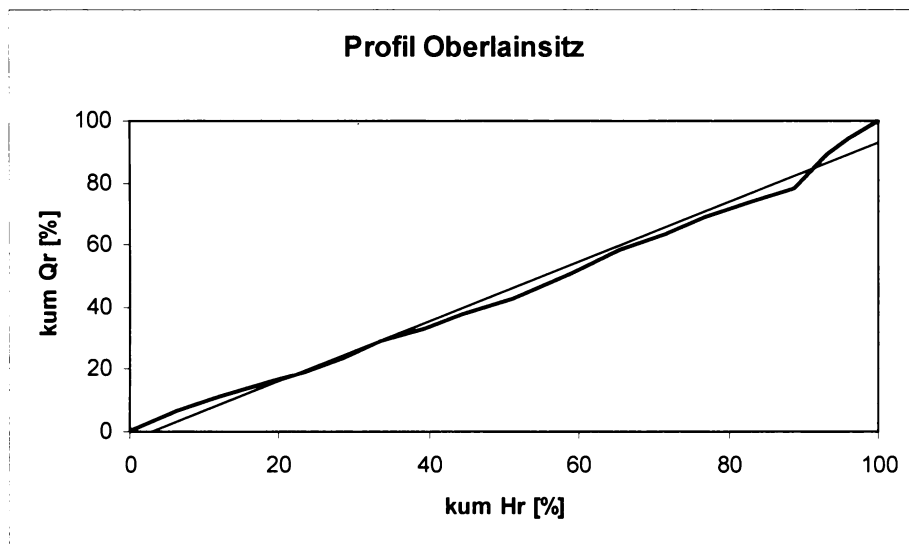


Zdroj: ČHMÚ, MŽP

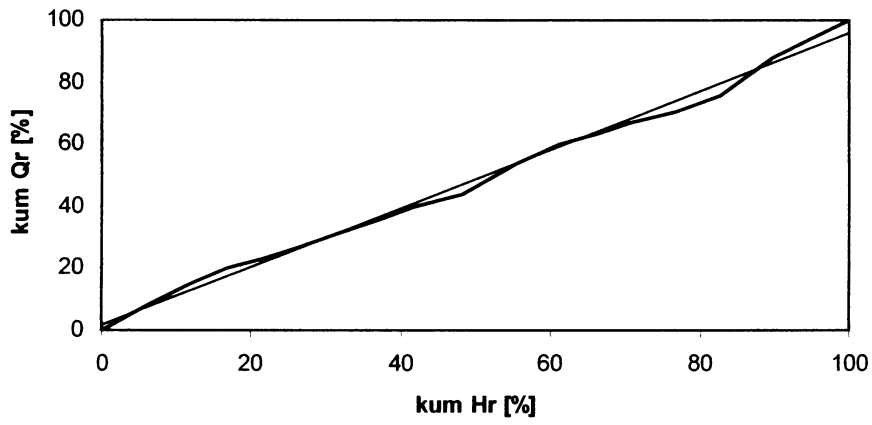
7. 2. Analýza změn odtoku pomocí podvojných součtových čar ročních průtoků a ročních srážkových úhrnů

Pro zpřesnění situace byly pro všechny profily sestrojeny podvojně součtové čáry ročních průtoků vody a ročních úhrnů srážek, které nejlépe vystihují změny ve vývoji odtoku. Analýza podvojných součtových čar nám potvrdila výsledky předchozích zjištění. Z jednotlivých grafů nelze pozorovat výrazné změny v odtokových poměrech. Pouze v profilech Ehrendorf na řece Lužnici, Hoheneich na řece Braunbach jsou patrné určité odchylky. V těchto profilech došlo prokazatelně ke změnám odtoku v první polovině 90. let. Na ostatních profilech nedošlo k výraznějším změnám..

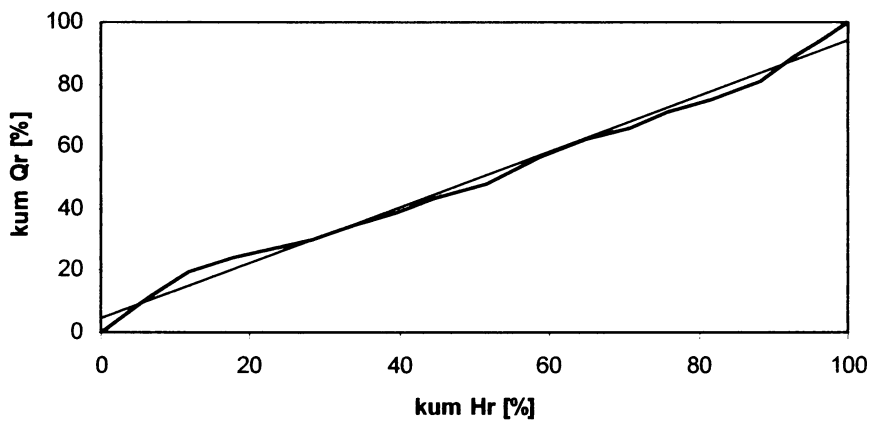
Graf. 16-22. Podvojně součtové čáry pro vybrané profily



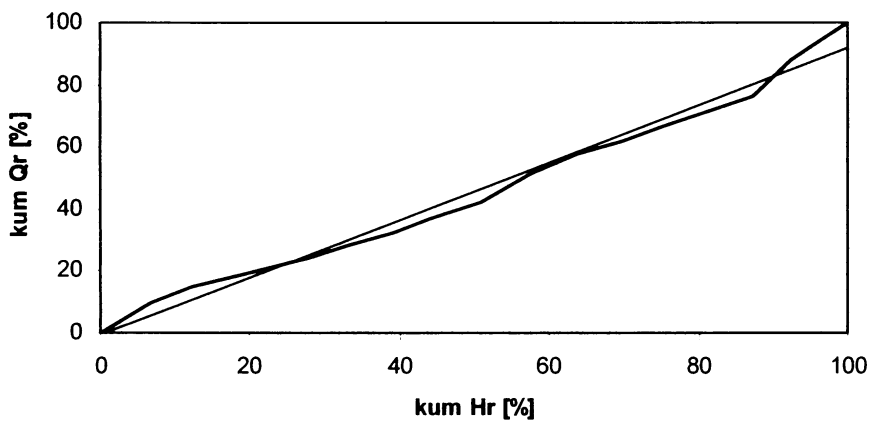
Profil Pilar



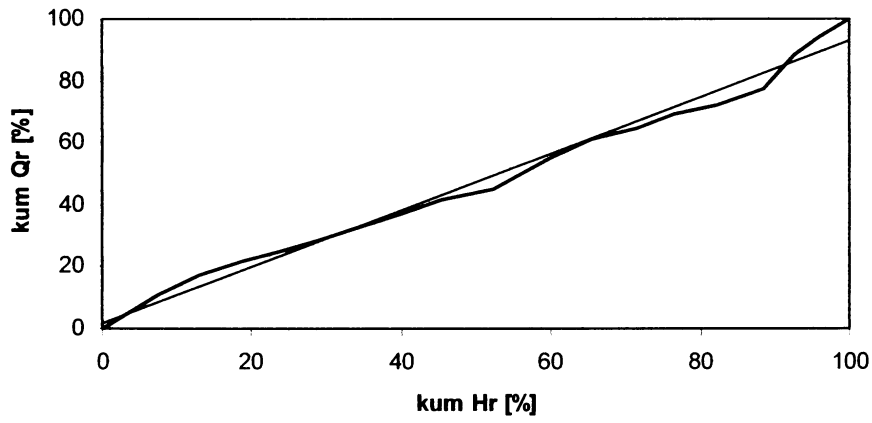
Profil Heidenreichstein



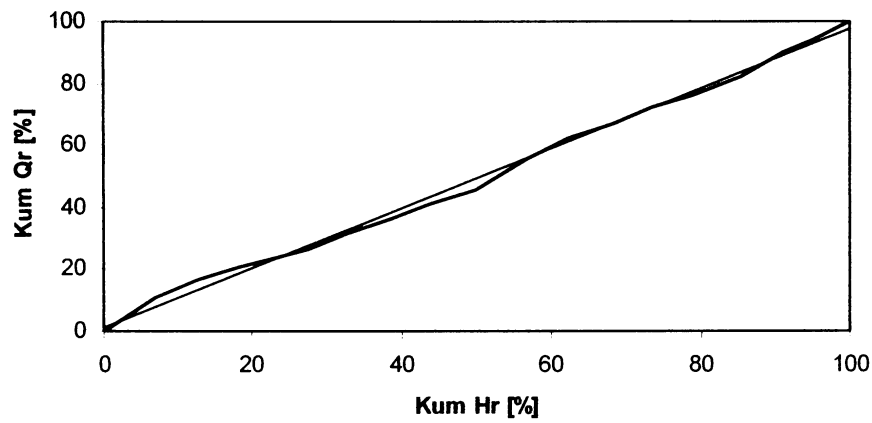
Profil Amaliendorf



Hoheneich



Profil Kößlersdorf



Zdroj: ČHMÚ, MŽP

8. Diskuse

Metody jednoduchých a podvojných součtových čar pro roční úhrny srážek a průtoků potvrdily určité trendy ve vývoji odtoku. Časové rozpětí řady bylo omezeno na 18 let. Je tedy zřejmé, že tato řada je příliš krátká na to, aby bylo možné získat reprezentativní výsledky. Toto období není pro přesnou identifikaci změn odtoku dostačující. Na druhou stranu je nutné konstatovat, že nebylo jednoduché získat data z rakouské části povodí.

Je patrné, že výsledky hodnocení jsou zatíženy určitou chybou, která byla způsobena během výpočtu plošných srážek pro jednotlivá dílčí povodí. U některých srážkoměrných stanic chyběla data pro jednotlivé měsíce. Bylo zapotřebí řady doplnit průměrnými měsíčními hodnotami. Tyto hodnoty byly vypočteny z průměrných hodnot příslušných měsíců z jiných let. Pro dosažení kvalitnějších výsledků existují metody, jak doplnit chybějící řady. Jednu z nich uvádějí ve své práci Kliment, Matoušková (2004). Chybějící data lze doplnit na základě výsledku regresní analýzy časových řad měsíčních srážkových úhrnů sousedních stanic. Tato metoda však nebyla v bakalářské práci použita.

Ke stanovení průměrné výšky srážky na povodí se jako vhodné zdálo použít polygonovou metodu. Kliment, Matoušková (2004) ve své práci však uvádějí, že pro horské oblasti v místech s malou hustotou srážkoměrných stanic se tato metoda jevila jako nedostatečná.

Metoda podvojných součtových čar říká, že nedošlo k výrazným odchylkám v odtoku. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že povodí se nachází v oblasti nepříliš antropogenně ovlivněné. Přesto se v daných profilech určité odchylky vyskytují. Není však jasné, co tyto zjištěné odchylky vyjadřují. Na základě této metody nelze říci, zda se jedná o přirozený jev nebo jev ovlivněný lidskou činností. Otázkou zůstává, zda změny ve vývoji odtoku ovlivnil dlouhodobý přirozený vývoj celého přírodního systému nebo jej ovlivnily klimatické výkyvy v povodí, ale jako nejpravděpodobnější se jeví zasahování člověka do krajiny.

Neopomenutelná je možnost chybného měření veličin, zejména průtoků vody. Tato chyba zřejmě vznikla ve všech profilech, kde se výrazně změnila odchylka v letech 2001-2003. Mohu se domnívat, že k této chybě došlo kvůli zpracování časových řad získaných ze dvou různých zdrojů.

9. Závěr

Hlavním cílem práce bylo analyzovat vztah mezi srážkami a odtokem v povodí horní Lužnice. Pomocí metody jednoduché a podvojně součtové čáry průměrných ročních průtoků a srážkových úhrnů bylo možno sledovat určité odchylky ve vývoji odtoku. Aplikace metody jednoduché a podvojně součtové čáry pro zjišťování změn ve srážko-odtokovém režimu se ukázala jako vhodná.

Při společné analýze srážek a odtoku bylo zjištěno, že od sledovaného období do roku 1990 se ve všech daných profilech projevoval nadprůměrný stav průtoku vody, což se shoduje i se zvýšeným množstvím úhrnu srážek v tomto období. Lze se domnívat, že zvýšený úhrn srážek byl dominantním faktorem zvýšení odtoku.

V ostatních obdobích se již neshoduje pokles průtoku s poklesem úhrnu srážek. Proto nesmíme opomenout další z faktorů, jež se podílejí na změně odtoku. Můžeme se domnívat, že i antropogenní zásahy do krajiny mohou být důležitým činitelem ovlivňujícím změnu odtoku.

Na základě výsledků podvojně součtové čáry nebyly rozpoznány výrazné změny v odtokovém režimu za posledních 20 let.

Zpracováním této bakalářské práce jsem získala poznatky, které bych v budoucnu ráda podrobněji objasnila. Proto je zapotřebí dále hledat příčiny změn v odtokovém režimu.

10. Seznam použitých zdrojů a literatury

10. 1. Literatura

ALBRECHT, J. (2003): Chráněná území ČR: Českobudějovicko. Sv.VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, 807 s.

ATLAS PODNEBÍ ČESKA. ČHMÚ. 2007, Praha 255 s.

BALATKA,B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.

BLAŽKOVÁ, Š. (1993): Srážkoodtokové modelování založené na principu jednotkového hydrogramu. Práce a studie, sešit 183. VÚV TGM, Praha, 114 s.

BLAŽKOVÁ, Š., KULASOVÁ, B. (2003): Metod zpracování návrhových hydrologických dat v podmínkách antropogenního ovlivnění. Závěrečná zpráva z dílčí části resortního výzkumného úkolu Vliv antropogenní činnosti na změny odtokového režimu a vydatnost zdrojů vody. ČHMÚ/VÚV TGM. Praha, 106 s.

BŘEZOVÍČ, P. (2006): Vliv změn využití půdy na srážko-odtokové poměry vybraného povodí. Diplomová práce, PřF UP, Olomouc, 66 s.

ČABOUN, V. (2005): Možnosti využitia lesa pri protipovodňovej ochrane. In: Hydrologické dni 2005. 2. díl. ČHMÚ, Bratislava, 628- 642 s.

ČERMÁK, M. (1966): Hydrologické prognózy. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 104 s.

DEMEK, J. a kol. (1965): Geomorfologie českých zemí. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 335 s.

DUB, O., NĚMEC, J. a kol. (1969): Hydrologie. Nakladatelství technické literatury, Praha, 378 s.

DYKYJOVÁ, D. (2000): Třeboňsko: příroda a člověk v krajině pětileté růže. Carpio, Praha, 111 s.

FRIEDL, K. a kol. (1991): Chráněná území v České republice. Informatorium, Praha, 274 s.

HÄUFLER, V., KORČÁK, J., KRÁL, V. (1960): Zeměpis Československa. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 667 s.

HLADNÝ, J., NĚMEC, J. (2006): Voda v České republice. Consult, Praha, 253 s.

HLAVČOVÁ, K., HOLKO, L., SZOLGAY, J. (2001): Tvorba a modelovanie odtoku na svahoch a z malých povodí. Životne prostredie 35, č.3, str. 126-132.

HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. (2002): Hydrologie. ČZU, Praha, 271 s.

HYDROLOGICKÉ POMĚRY ČSSR 1965-1970. Sv. I. ČHMÚ, Praha.

HYNIE, O. (1961): Hydrogeologie ČSSR I. Prosté vody. ČSAV, Praha, 562 s.

CHÁBERA, S. (1982): Geologické zajímavosti Jižních Čech. Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, 157 s.

CHÁBERA, S. (1986): Jižní Čechy. Turistický průvodce ČSSR. Olympia, Praha, 383 s.

CHÁBERA, S. (1998): Fyzický zeměpis jižních Čech. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 139 s.

CHÁBERA, S., KÖSSL (1999): Základy fyzické geografie. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 159 s.

CHÁBERA, S., NEKOVÁŘ, F., KUČERA, S., OŠMERA, S. (1972): Přírodní poměry Novohradských hor a jejího podhůří. Pedagogická fakulta, České Budějovice, 108 s.

JOHN, V. (1987): Příspěvek ke studiu odtokových poměrů v povodí Lužické Nisy v Ještědském hřbetě. Sborník Československé geografické společnosti, č. 3. sv. 92. s. 181-190.

KAŇOK, J. (1997): Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kózle. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity. č. 103, Ostrava, 185 s.

KANTOR, P. (1989): Transpirace smrkových a bukových porostů. Vodohospodářský časopis 37, č. 2, s. 222-233.

KANTOR, P. a kol.(2003): Lesy a povodně. Souhrnná studie. MŽP, Praha, 48 s.

KASPRZAK, K. (1989): Vliv intenzity deště na infiltraci a povrchový odtok. In: Sborník příspěvků I.díl, Přírodní prostředí a vodní toky 89. ČSVTS, Chomutov, 168 s.

KEMEL, M. (1994): Hydrologie. ČVUT, Fakulta stavební. Praha, 222 s.

KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2004): Analýza změn srážko-odtokových poměrů v povodí Otavy. In: Langhammer, J., a kol.: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní.CD-ROM, PřF UK, Praha.

KRÁLOVEC, V. (2006): Hodnocení srážko-odtokových poměrů v povodí Opavy. Bakalářská práce, PřF UK, Praha, 80 s.

KRÁSNÝ, J. (1982): Odtok podzemní vody na území Československa. ČHMÚ, Praha, 52 s.

KREČMER, V., ŠVIHLA, V., ŠACH, F. (2003) Lesy a povodně-souhrnná zpráva. Lesnická práce 82, č. 8.

- KNĚŽEK, M., KESSL, J. (2000): Metody výpočtu základního odtoku. In: Hydrologické dny 2000. 2. Díl. ČHMÚ. Praha. s. 337-346.
- KŘÍŽ, H. (1983): Hydrologie podzemních vod. Academia, Praha, 289 s.
- KŘÍŽ, H. (2004): Geografické podmínky vzniku povodní. Vodní hospodářství, č. 8. s. 253-255.
- KUNSKÝ, J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 536 s.
- NEKOVÁŘ, F. (1967): Některé zvláštnosti jihočeského klimatu I.část. Pedagogická fakulta, České Budějovice, 55 s.
- NETOPIIL, R. (1970): Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 223 s.
- NETOPIIL, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.
- PELÍŠEK, J. (1961): Atlas hlavních půdních typů ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 441 s.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Brno, 82 s.
- RYCHNOVSKÁ, M. a kol. (1985): Ekologie lučních porostů. Academia, Praha, 291 s.
- ŠÍR, M., TESAŘ, M., LICHNER, L., SYROVÁTKA, O. (2004): Vegetační porost krajiny a vodní hospodářství. Vodní hospodářství č. 8, s. 234-237.
- ŠVEC, R., NEKOVÁŘ, F., VOJTĚCH, S. (1967): Zeměpisný obraz Jihočeského kraje-přírodní poměry I. Pedagogická fakulta, České Budějovice, 67 s.
- ŠVEC, R., NEKOVÁŘ, F., VOJTĚCH, S. (1967): Zeměpisný obraz Jihočeského kraje-přírodní poměry II. Pedagogická fakulta, České Budějovice, 123 s.
- ŠVEC, R., NEKOVÁŘ, F., VOJTĚCH, S. (1969): Zeměpisný obraz Jihočeského kraje-přírodní poměry I. Pedagogická fakulta, České Budějovice, 63 s.
- ŠVORC, L., ŠVORCOVÁ, V. (2006): České řeky a říčky. Knihoavna Jana Drdy v Příbrami, Příbram, 265 s.
- TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. (1992): Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 318 s.
- TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha, 67 s.
- VRÁNA, K. (2004): Malé vodní nádrže-významný krajinný prvek. Vodní hospodářství č. 8, s. 243-245.

10. 2. Datové, mapové a internetové zdroje

ArcČR., ArcData. Praha

ČHMÚ <http://www.chmi.cz>

Databáze průtoků a srážkových úhrnů za jednotlivé měřicí stanice v Česku. ČHMÚ

Databáze srážkových úhrnů za jednotlivé měřicí stanice v Rakousku od roku 1987 do roku 2001. <http://www.noel.gv.at>

Databáze průtoků a srážkových úhrnů za jednotlivé měřicí stanice v Rakousku od roku 2002 do roku 2005. MŽP

Geologická mapa 1: 500 000 (FUSÁK, KODYM, MATĚJKA, 1960)

Portál veřejné správy ČR. Mapové služby [http:// geoportal.cenia.cz](http://geoportal.cenia.cz)

Topografická mapa [http:// www.maps.google.com](http://www.maps.google.com) (30. 7. 2007)

Universität für Bodenkultur Wien <http://www.boku.ac.at> (11. 8. 2007)

ZVM. Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v Praze [http:// www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)

ŽITOVNÍK, S. (2004): Modelování toku přívalových srážek v povodí. http://gis.vsb.cz/gisacek/GISacek_2004/sbornik/zitnik

11. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obr. 1. Mapa srážkoměrných stanic.....	9
Obr. 2. Metoda polygonů.....	10
Obr. 3. Limnigrafické a srážkoměrné stanice.....	11
Obr. 4. Vymezení horní Lužnice.....	12
Obr. 5. Hydrografie povodí horní Lužnice.....	14
Obr. 6. Fluviální sedimenty v okolí toku Lužnice.....	16
Obr. 7. Geologické poměry v povodí horní Lužnice.....	17
Obr. 8. Geomorfologické členění podle Balatky (2006).....	20
Obr. 9. Průměrný roční úhrn srážek pro Rakousko v období 1961-1990.....	22
Obr. 10. Průměrné roční teploty pro Rakousko v období 1960-1990.....	24
Obr. 11. CHKO Třeboňsko.....	29
Obr. 12. Srážková bilance.....	32
Obr. 13. Způsoby rozčlenění hydrogramu na přímý a základní odtok.....	34
Obr. 14. Vývoj povodí z hlediska tvorby přímého odtoku.....	36
Obr. 15. Srážko-odtokový proces.....	38
Graf. 1. Průměrný roční úhrn srážek z 16 stanic v období (1987-2005).....	22
Graf. 2-8. Jednoduché součtové čáry Q_r pro vybrané profily	48
Graf 9-15. Jednoduché součtové čáry H_r pro vybrané profily	50
Graf 16-22. Podvojně součtové čáry pro vybrané profily.....	53
Tab. 1. Klimatické charakteristiky.....	23