

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra Vodního hospodářství a enviromentálního modelování



Fakulta životního
prostředí

**Vypracování měrné křivky a hydrologických charakteristik
pro povodí Kaplického potoka na území NPR Boubín**

Rating curve calculation and hydrologic characteristic description for Kaplický potok
basin at NPR Boubín

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Martin Vokoun, Ph.D.

Bakalant: Jan Vacek

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Vacek

Vodní hospodářství

Název práce

Vypracování měrné křivky a hydrologických charakteristik pro povodí Kaplického potoka na území NPR Boubín

Název anglicky

Rating curve calculation and hydrologic characteristic description for Kaplický potok basin at NPR Boubín

Cíle práce

Cílem práce je podrobný popis hydrologických charakteristik povodí Kaplického potoka na území NPR Boubín. Vytvoření mapových podkladů pomocí aplikace ArcMap a zpracování měřených hydrometeorologických dat v programu R. Součástí práce je odvození měrné křivky na základě měřených dat.

Metodika

1. Stanovení rozvodnice povodí.
2. Zpracování digitálního modelu terénu povodí.
3. Vytvoření popisných mapových podkladů.
4. Sestavení měrné křivky úzavěrového profilu na základě měřených průtoků.
5. Screening měřených dat.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

povodí, hydrologie, charakteristika, NPR Boubín

Doporučené zdroje informací

A. Musy, C. Picouet, B. Hingray (2014): Hydrology: A science for Engineers, CRC Press, 572 s.

F. Hrádek, P. Kuřík (2002) Hydrologie, Skriptum ČZU, Praha, 138 s.

M. Starý (2005): Hydrologie, Skriptum ČVUT, Praha, 156 s.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Martin Vokoun, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: Vypracování měrné křivky a hydrologických charakteristik pro povodí Kaplického potoka na území NPR Boubín vypracoval/a samostatně a citoval/a jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil/a a které jsem rovněž uvedl/a na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom/a, že na moji bakalářskou/závěrečnou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním bakalářské/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne

.....

Jan Vacek

Poděkování

Na prvním místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Martinu Vokounovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné vedení. Dále bych rád poděkoval Výzkumnému ústavu vodohospodářskému T. G. Masaryka (dále jen VÚV T. G. M.) za zapůjčení přístroje FlowTracker 2 pro měření průtoků a poskytnutí dat. Rád bych také poděkoval Českému úřadu zeměměřičskému a katastrálnímu (dále jen ČZÚK) a dalším institucím za zapůjčení dat. V neposlední řadě bych také rád poděkoval rodině a přátelům za velkou podporu.

Abstrakt

Tato práce se zabývá hydrologickou studií v horní části toku Kaplického potoka. Zájmové území je část povodí od pramene až po místo kde potok opouští národní přírodní rezervaci Boubínský prales.

Na začátku práce je nejdříve představeno zájmové území a Boubínský prales. Následně se práce věnuje stanovení hydrografii. Konkrétně stanovení Fyzikálně-geografických a fyzikálně-geometrických charakteristik povodí.

Druhá část práce se věnuje hydrometrii. Přesněji měření průtoků a vypracování měrné křivky a hydrogramu.

Klíčová slova: povodí, hydrologie, charakteristika, NPR Boubín.

Abstract

This thesis deals with a hydrological study in the upper part of the Kaplice stream. The area of interest is the part of the catchment from the source to the point where the stream leaves the Boubínský prales National Nature Reserve.

At the beginning of the thesis, the area of interest and the Boubín Forest are first introduced. Then the thesis focuses on the hydrography. Specifically, the determination of the physical-geographical and physical-geometric characteristics of the catchment area

The second part of the thesis is devoted to hydrometry. More precisely, the measurement of flows and the elaboration of a measurement curve and a hydrograph.

Keywords: basin, hydrology, characteristics, NPR Boubín.

Obsah bakalářské práce

1. Úvod.....	5
2. Cíle práce	6
3. Rešerše	7
3.1 Boubínský prales	7
3.1.1 Definice pralesu	7
3.1.2 Základní informace	7
3.1.3 Flora	8
3.1.4 Fauna	9
3.1.5 Vodní plochy	9
3.1.6 Ohrožení	9
3.1.7 Historie	10
4. Základní charakteristika povodí Kaplického Potoka	12
5. Hydrografie	13
5.1 Základní pojmy	13
5.2 Fyzikální vlastnosti povodí	15
5.2.1 Fyzikálně-geografické	15
5.2.1.1 Orografické	15
5.2.1.2 Klimatické poměry	16
5.2.1.3 Půdní	18
5.2.1.4 Geologické	19
5.2.1.5 Vegetační kryt	20
5.2.1.6 Antropogenní činnost	22
5.2.2 Fyzikálně-geometrické	24
5.2.2.1 Plocha povodí	24
5.2.2.2 Délka hlavního toku	25
5.2.2.3 Stupeň vývoje vodního toku	25
5.2.2.4 Sklon hlavního toku	26
5.2.2.5 Sklon povodí	27
5.2.2.6 Hustota říční sítě	27
5.2.2.7 Uspořádání říční sítě	28
5.2.2.8 Tvar povodí	28
5.2.2.9 Součinitel asymetrie povodí	31
5.2.2.10 Lesnatost povodí	31

6.	Metodika	32
6.1	Metody měření průtoku	32
6.1.1	Manuální	32
6.1.1.1	Hydrometrování za pomoci přístroje FlowTracker 2	32
6.1.2	Senzorické	34
6.1.2.1	Měření za pomoci hladinoměru ALA typ 4020	34
6.2	Vypracování měrné křivky	35
6.3	Odtokový součinitel	36
6.3.1	Výška odtoku	37
6.3.2	Výška srážek	37
7.	Výsledky	39
7.1	Hydrografie	39
7.2	Souhrnná tabulka hydrografických charakteristik	39
7.2.1	Digitální model terénu	40
7.2.2	Orientace svahů	41
7.2.3	Mapa půd	42
7.2.4	Geologická mapa	43
7.2.5	Podélný profil Kaplického potoka	44
7.2.6	Uspořádání říční sítě	45
7.2.7	Soustředění povrchového odtoku	46
7.2.8	Sklonitost terénu	47
7.3	Hydrometrie	48
7.4	Konzumpční křivka	48
7.4.1	Hydrogram odtoku	49
7.4.2	Odtokový součinitel	49
8.	Diskuse	50
9.	Závěr a přínos práce	51
10.	Přehled literatury a použitých zdrojů	52
10.1	Použitá data	54
10.2	Programové vybavení	55
11.	Přílohy	56
	Příloha č. 1 – seznam obrázků	56
	Příloha č. 2 – seznam použitých rovnic	56
	Příloha č. 3 – seznam použitých tabulek	57

1. Úvod

V posledních desetiletí až staletích začala mít lidská činnost velice negativní vliv na přírodu. Na celém světě se nyní nenachází žádné místo, které by člověk, byť jen drobně, neovlivnil. A to z důvodu, že lidská činnost ovlivňuje klima na celé planetě.

Neexistuje tedy žádné místo, které je absolutně bez zásahu člověka. Nejbliže přirozené přírodě jsou pralesy, kde člověk fyzicky nezasahuje. Na celém světě se jich nachází velice málo a v České republice je výskyt pralesů ještě vzácnější.

Asi nejznámějším pralesem na území České republiky je Boubínský prales. Právě jeho území jsem se rozhodl prozkoumat z hydrologického hlediska. Jeho územím protéká Kaplický potok. Horní část toku bude mým zájmovým územím. Jako uzávěrový profil povodí jsem si zvolil místo, kde Kaplický potok vytéká z národní přírodní rezervace Boubínský prales. Hydrologický cyklus v povodí by měl být tedy co nejvíce přirozený a minimálně ovlivněný lidskou činností.

V této práci jsem se pokusil vypracovat základní hydrologické charakteristiky pro toto povodí a také zhotovit konzumpční křivku pro uzávěrový profil.

2. Cíle práce

Cílem této práce je za pomoci programu ArcMap vypracovat geografické a geometrické charakteristiky horní části povodí Kaplického potoka. Dalším cílem je vykreslení měrné (konsumpční) křivky v uzávěrovém profilu. Pro tuto část práce využiji program Microsoft Excel.

3. Rešerše

V rešerši bych chtěl prezentovat základní informace o Boubínském pralesu, stručně shrnout jeho historii a možná ohrožení.

3.1. Boubínský prales

Boubínský prales je jedna z nejvýznamnějších přírodních/lesnických lokalit, která se v Evropě vyskytuje. Naměřené hodnoty by tedy měly být minimálně ovlivněny lidskou činností. (Řezník a Hubený, 2008)

3.1.1. Definice pralesu

Prales neboli les původní se dnes používá jako označení pro les člověkem více méně neovlivněný. V takovémto lese dřevinná skladba a porostová kultura odpovídají potenciální přirozené vegetaci. Za původní les můžeme označit i porosty, které byly člověkem v minulosti ovlivněny, ale nemělo to vliv na přirozené vývojové trajektorie, a stopy zásahu už dávno nejsou patrné. Příkladem je třeba toulavá těžba před více než 100 lety, odvoz odumřelých stromů z okraje lesa před více jak 50 lety a tak dále. Je dobré podotknout, že v dnešní době se často označuje za prales les, který s pralesem nemá vůbec nic společného, například prales Mionší v Beskydech. (Hort a Vrška, 2015)

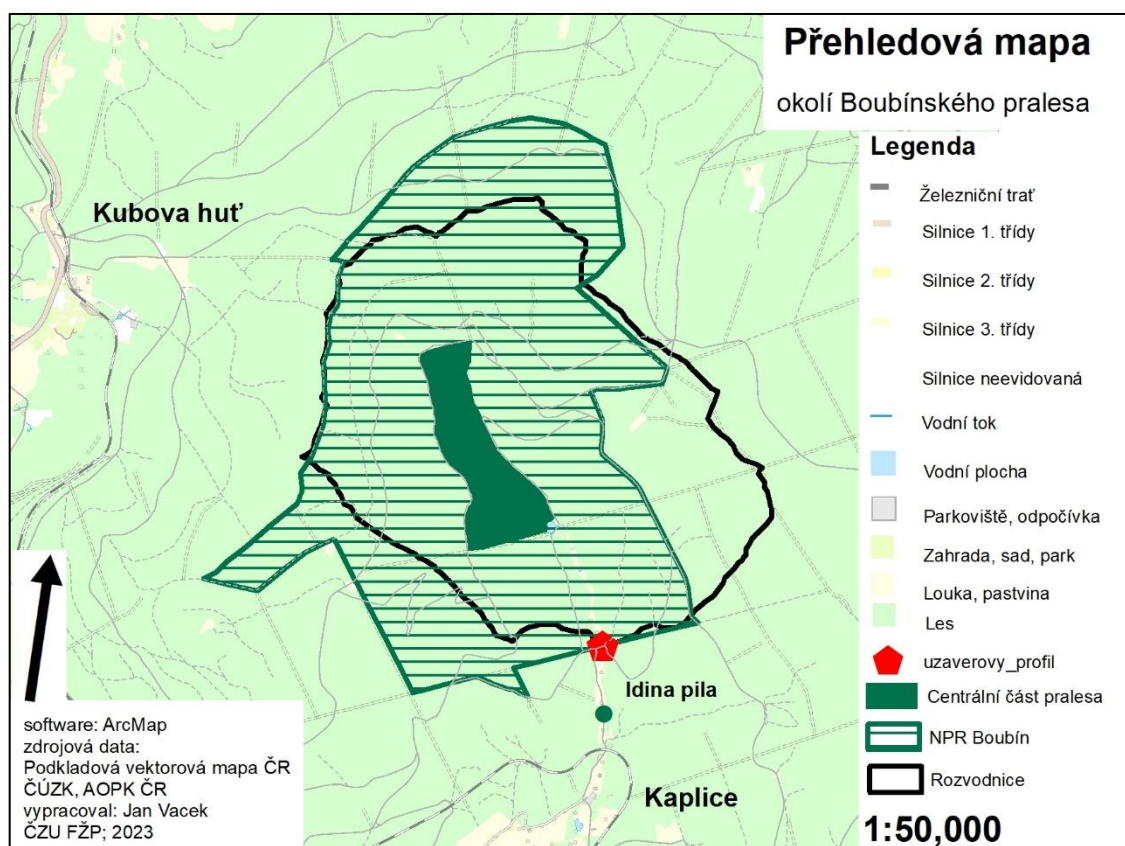
Prales jako takový již vlastně neexistuje. Definice pravého pralesa totiž je, „les neovlivněný člověkem“.

Na první pohled se může zdát, že například hluboké pralesy v Amazonii jsou člověkem absolutně nedotčené, ovšem i takové lesy obsahují rostliny domestikované člověkem, například pozůstatek po původních obyvatelích. V dnešní době člověk ovlivňuje svým chováním celou planetu, takže ani hluboký Amazonský prales nezůstane nedotčený. (Hort a Vrška, 2015)

3.1.2. Základní informace

Boubínský prales se rozprostírá na jižních svazích hory Boubín, která se nachází nedaleko města Vimperk, tedy trochu stranou od národního parku Šumava. Boubínský

prales spadá pod Chráněnou krajinnou oblast Šumava, kterou spravuje Správa NP a CHKO Šumava. Jedná se o jednu z nejvýznamnějších lesnických lokalit v Evropě. Jeho rozloha je necelých 700 hektarů. Ovšem jádro, které slouží pouze pro výzkumné účely a je do něj veřejnosti vstup zakázán, má 47 hektarů. V roce 2015 byla tato oblast rozšířena o zbytky pralesových porostů a její rozloha je nyní 84 hektarů. Rezervace se nachází v nadmořské výšce od 650 do 1250 metrů. (Řezník a Hubený, 2008)



obr. 1: přehledová mapa okolí Boubínského pralesa (ArcMap)

3.1.3. Flora

Co se týče dřevin, nejvíce jsou zde zastoupeny následující druhy: smrk ztepilý, buk lesní, jedle bělokorá, javor horský – klen. Vzhledem k tomu, že se mrtvé stromy neodklízí, roste zde mnoho dřevokazných hub, které se významným způsobem podílejí na chodu pralesa. Například urychlují rozpad mrtvých i živých stromů. Převládá zde dřevní

druh hub. Nejhojněji zastoupený je asi troudnatec kopytovitý. Díky rozkládajícím se stromům, které fungují jako podloží, se zde také vyskytuje velký počet rostlin. Například řasy, lišejníky, kaprad'orosty, plavuně. (Huber a Almer, 1992)

3.1.4. Fauna

Přirozený vývoj lesa má velmi pozitivní vliv na hmyzí populaci, jak na počet druhů, tak i co se velikosti populací týče. Je zde například velký výskyt mravence lesního. Co se týče teplokrevných živočichů, tak asi nejnápadnější jsou ptáci. Vyskytuje se zde například sýc rousný, výr velký, různé druhy sýkor, datel černý, datlík tříprstý, lejsek malý, puštík obecný. (Huber a Almer, 1992) V poslední době se na Šumavu vrací vlk, v okolí Boubínské pralesy je možné vidět jeho stopy.

3.1.5. Vodní plochy

Významnou částí pralesa jsou i všechny vodoteče, ať už potůčky, potoky nebo podmáčené plochy. Voda hraje v životě pralesa neodmyslitelnou roli. Dobrá kvalita povrchové vody je v současné době jednou z nejchoulostivějších záležitostí. Hodnota vody je závislá na takzvaných civilizačních faktorech (imisích, kyselých deštích a dalších škodlivinách). Největším vodním tokem v rezervaci je Kaplický potok. Na něm se nachází také umělé jezírko, které dříve sloužilo k udržování stavu vody při plavení dřeva. V jezírku žijí i uměle vysazení pstruzi, kteří mohou fungovat také jako indikátor kvality vody. (Huber a Almer, 1992)

3.1.6. Ohrožení

Jedním z dřívějších problémů bylo například nekvalitní topivo, které se v některých domácnostech či menších podnicích spalovalo. Nekvalitní topivo totiž produkuje hutný dým a ten ve spojení s vlhkostí vytváří hustou mlhu, kterou šlo spíše považovat za smog. Dalším historickým rizikem, bylo také kácení bukového dřeva. To se využívalo jako topivo ve sklárnách. (Huber a Almer, 1992)

V současnosti se to naštěstí již zlepšilo, tyto mlhy totiž obsahovaly velké množství škodlivin. Jedním ze současných problémů jsou například velká stáda krav, které na

pastvinách přispívají k velké erozi půdy, která může mít až katastrofální následky. Oba tyto problémy mohly nebo mohou ohrozit život v pralesu. (Huber a Almer, 1992)

V posledních letech je ovšem největším ohrožením kůrovec. Celorepubliková kůrovcová kalamita způsobila masivní kácení. (Hofmeister a kol., 2021) K řešení této situace jsou na Boubíně dva postoje. Postoj lesníků, kteří chtějí nechat bez zásahu pouze samotné jádro pralesa. Proti jsou však ochránáři přírody, kteří se snaží prosadit bezzásahovost ve velké části národní přírodní rezervace. Lesníci si stojí za tím, že stromy napadené kůrovcem se musejí pokácet a zpracovat. Ochranáři naopak chtějí, ať si příroda s kalamitou poradí sama. (Bezouška a kol., 2020)

3.1.7. Historie

Národní přírodní rezervace Boubínský prales byla založena 1.ledna 1858. Po Žofinském pralesu a Adršpašsko-teplických skalách se tedy jedná o třetí nejstarší národní přírodní rezervaci v Česku. (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2022)

Rezervaci vyhlásil kníže Karel II. Schwarzenberg. Dále se o vznik speciálního lesního režimu na tomto území zasloužil také lesník Josef John, který zde v první polovině 18. století založil výzkumné plochy a vyjmul tak tuto část lesa z plánované těžby. Byly to první výzkumné plochy tohoto typu na světě. Právě díky Josefu Johnovi vedly první exkurze České jednoty lesnické do jihozápadních Čech. V jedné Johnově zprávě o průběhu exkurze je také psáno: *„V tomto prostoru leží takřka otevřená kniha přírody, z jejíchž řádků lze vyčíst zákony, jimž matka příroda, je-li v lesích volná a nerušená, jako právě zde po staletí, vegetaci zachová, v různé formě dovršuje, ničí a znovu obnovuje a jak zde taková a onde jiná dřevina vykazuje zvláštní nebo výlučné stanoviště, jinde opět četné druhy harmonicky rozděluje a sestavuje, jak současně uvnitř lesa a může být udržen řád plný života a smrti s hmotovým bohatstvím a individuální nejvyšší silou a plným nápadných dokladů proti násilnému pustošení...“* a takto se Josefu Johnovi poprvé podařilo zachránit prales. Pro zajímavost touto dobou bylo na Schwarzenberském panství ještě 18 tisíc hektarů člověkem nekácených ani nesázených lesů. (NP Šumava, 2018)

Za zmínku stojí také Jan Evangelista Chadta-Švetínský, který od roku 1881 pracoval jako lesní adjunkt v polesí Zátoň. Po svém přijetí na tuto pozici našel revírní pamětní knihu, v níž byla zmínka o ústní dohodě o ochraně pralesa. Na základě toho pak do svého průvodce z roku 1883 napsal: „*Roku 1858 byly od Jeho Jasnosti knížete ze Scharzenbergu pro věčné časy lesní oddíly 31 b, 35a 34b co zbytkové někdejších pralesů za prales ustanoveny. Zde se nesmí žádné dříví porážet, vůbec žádná práce vykonávat a jest nyní úplně sám sobě ponechán*“ tato věta se objevila v lesním elaborátu pro roky 1883 až 1892 pouze s minimální úpravou. Tímto se tedy povedlo Janu Chadovi podruhé zachránit Boubínský prales. (NP Šumava, 2018)

4. Základní charakteristika povodí Kaplického Potoka

Povodí Kaplického potoka se nachází v Jihočeském kraji nedaleko města Prachatic. Celé se nachází v chráněné krajinné oblasti Šumava. Pro lepší představu o přesném umístění povodí je možno využít schématickou mapku. (obr. 2)

Jedná se o povodí IV. Řádu. Kaplický potok teče směrem na jih, kde se nedaleko obce Lenora vlévá do Teplé Vltavy. Kaplický potok tedy spadá do úmoří Severního moře.

Na celém povodí se nachází malá vesnička Kaplice, ta je ovšem mimo zkoumanou část povodí. Mé zájmové území není celé povodí, ale pouze jeho horní část. Dále se tedy budu zabývat pouze touto částí povodí, která tvoří 32 % (ArcMap) z celkové plochy povodí.

Povodí je ze západu je ohraničeno kopcem Pažení (1281 m n. m.), ze severu kopcem Boubín (1362 m n. m.), z východu kopcem Větrín (1178 m n. m.). Plocha povodí je 5,9 km² (ArcMap). 81% povodí, které zkoumám, se nachází v národní přírodní rezervaci Boubínský prales. (ArcMap) Rozkládá se na katastru třech obcí: Horní Vltavice, Včelná pod Boubínem a Milešice (ČÚZK).

Pramen toku se nachází v nadmořské výšce 1178 m n. m. Délka toku od pramene k uzávěrovému profilu je 2,8 km. Na potoce se nachází jedno umělé jezírko a nemá žádný významnější přítok. Průměrný průtok za hydrologický rok 2021, tedy období od 1.11.2020 do 31.10.2021, byl v uzávěrovém profilu 0.0684 m³/s (VÚV T. G. M.).



obr. 2: mapa umístění povodí Kaplického potoka v rámci ČR (ČÚZK)

5. Hydrografie

Hydrografie je věda, která se zabývá fyzikálně geografickými a fyzikálně geometrickými daty o vodním útvaru.

5.1. Základní pojmy

Zde bych rád představil pár základních pojmů, které jsou nutné k popisu jakéhokoli povodí.

Zájmové území

Zájmové území je oblast, pro kterou jsou veškeré charakteristiky vytvořeny. Většinou se za zájmové území volí povodí vodního toku.

Mnou zvolené zájmové území, je povodí Kaplického potoka, ovšem pouze jeho horní část. Ta se z 81 % (ArcMap) nachází v národní přírodní rezervaci Boubínský prales. Uzávěrový profil se nachází přímo na hranici národní přírodní rezervace Boubínský prales. Rozloha mého zájmového území je 5,9 km² (ArcMap) a je o 12,45 km² (ArcMap) menší, než celé povodí Kaplického potoka, které má rozlohu 18.35 km² (VÚV T. M. G.). Dále tedy pod výrazem „povodí Kaplického potoka“ nebo „zájmové území“ budu myslet pouze tuto oblast.

Povodí

Hydrologicky uzavřená oblast, ze které všechna voda odtéká jedním uzávěrovým profilem. Hydrologicky uzavřená znamená, že do oblasti nepřitéká žádná jiná voda povrchoým (přímým) či podpovrchovým (hypodermickým) přítokem. Uzávěrový profil je nejnižší bod v celé oblasti povodí. Povodí ohraničuje rozvodnice. (Digman, 1994)

Rozvodnice

Rozvodnice nebo také rozvodní čára, je pomyslná čára, která nám vymezuje jednotlivá povodí. Máme dva typy rozvodnic, tedy i dva typy povodí, orografická a hydrogeologická. (Ruda, 2014)

Orografická rozvodnice označuje povodí na základě povrchového odtoku. Jedná se o pomyslnou čáru, která vede od nejnižšího bodu povodí, uzávěrového profilu, kolmo

na vrstevnice. Při vytváření rozvodnice vycházíme z topografických dat. (Hrádek a Kuřík, 2008)

V této práci budu pracovat s orografickým povodím a orografickou rozvodnicí. Její délka je 9,95 km.

Hydrogeologická rozvodnice se určuje dle nepropustných vrstev a geologickém složení pod povrchem. Hydrogeologická rozvodnice se nemusí shodovat s orografickou rozvodnicí. Mapuje tedy hypodermický odtok. U větších povodí je rozdíl mezi orografickým povodím a hydrogeologickým povodím většinou zanedbatelný. U malých povodí bývají rozdíly větší. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Uzávěrový profil

Uzávěrový profil je zpravidla nejnižší bod celého povodí. Je zde soustředěný veškerý povrchový odtok z celého povodí.

Náš uzávěrový profil se nachází u mostu nedaleko vesničky Kaplice na souřadnicích 48°58'2.025"SŠ, 13°49'31.158"VD. Jedná se o profil, který se nachází nedaleko mostu, přes který vede malá lesní cesta, která slouží primárně ke svozu dřeva při jeho těžbě.

Údolnice a hřbetnice

Hřbetnice vede kolmo na vrstevnice po hřebeni. Údolnice vede kolmo na vrstevnice v údolí. Za hlavní údolnici považujeme údolnici, která vede od uzávěrového profilu k prameni hlavního toku a dále až k rozvodnici.

Řád vodního toku

Je hierarchické vyjádření vodního toku v rámci říční sítě. V současné době existuje velké množství, přibližně 11 způsobů vyjádření říční sítě. Dělíme je na dvě hlavní kategorie. Absolutní řádovost a relativní řádovost. Vzhledem k velkému množství způsobů dalšího dělení, zde dopodrobna popíšu pouze absolutní řádovost. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

Nejpoužívanější klasifikace je absolutní řádovost dle Graveliova. Dle tohoto způsobu klasifikace povodí je tok, který ústí do moře, tokem 1. řádu. U nás například

Labe. Dále se v klasifikaci postupuje po přítocích. Tedy tokem 2. řádu by byla například Vltava, tokem 3. řádu Lužnice atd. Gaveliův systém je používán od roku 1914. Výhodou tohoto systému je jeho přehlednost. Ovšem jeho velkou nevýhodou je že toky stejného řádu si vůbec nemusí odpovídat svojí velikostí. Například Vltava, která se vlévá do Labe stejně jako mnohonásobně menší řeka Bílina. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

Dle absolutní kvalifikace je povodí Kaplického potoka povodím IV. Řádu. A spadá do úmoří severního moře. Kaplický potok => Teplá Vltava => Vltava => Labe => Severní moře.

5.2. Fyzikální vlastnosti povodí

5.2.1. Fyzikálně-geografické

5.2.1.1. Orografické

Průměrná nadmořská výška povodí je průměr maximální a minimální nadmořské výšky v povodí. Tato hodnota nám pomáhá získat přibližnou představu o výškopisném umístění povodí. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

rovnice 1: výpočet průměrné nadmořské výšky povodí H_p

$$H_p = \frac{H_{min} + H_{max}}{2}$$

H_{min} = minimální nadmořská výška v povodí [m n. m.]

H_{max} = maximální nadmořská výška v povodí [m n. m.]

Další možnost stanovení průměrné nadmořské výšky je její vypočítání za pomoci počítačového softwaru (např. ArcMap či ArcGIS PRO) a digitálního terénu. Jelikož máme mnohem větší množství vstupních dat, a ne jenom dvě nadmořské výšky jako v předešlé metodě, dá se očekávat, že tato metoda bude mnohem přesnější.

Nejvyšší kótou v povodí Kaplického potoka je vrchol hory Boubín s nadmořskou výškou 1361.5 m n. m. a nejnižším bodem je uzávěrový profil s nadmořskou výškou 872.6 m n.m.. Průměrná nadmořská výška povodí pomocí *rovnice 1* je 1117,05 m n. m.. Pokud

využiji přesnější metodu a vypočítám průměrnou nadmořskou výšku za pomoci digitálního modelu terénu a programu ArcMap, vyjde průměrná nadmořská výška v povodí 1108,2 m n. m. Jelikož tato metoda je přesnější, pro další výpočty budu používat tuto hodnotu. Již na první pohled (*obr. 11*) je vidět, jak je povodí Kaplického potoka uzavřeno okolními svahy do tvaru podkovy. Je tedy krásně odizolované a ideální pro podrobnější zkoumání.

Orientace svahů je další důležitou orografickou charakteristikou. Určuje například v jaké míře na povodí bude svítit slunce, a tedy i jak bujná bude v povodí vegetace nebo jak dlouho vydrží v povodí sněhová pokrývka atd. Tyto parametry pak ovlivňují další aspekty jako je například dobu přirozené retence. Na severní polokouli jsou jižní svahy ty nejteplejší.

Směr proudění hlavního toku určuje, jakým směrem bude orientována většina svahů v daném povodí. (Black, 1996) Vezmeme-li si Kaplický potok, který teče od severozápadu na jihovýchod dá se očekávat, že budou převažovat svahy s orientací na severovýchod a jihozápad. Poté co se podíváme do přiložené tabulky (*tab. 1*) vidíme, že tomu tak úplně není. Jihozápadní svahy sice převládají ale severovýchodní ne. Je tomu tak kvůli tomu, že tok neteče čistě ze severozápadu na jihovýchod. Nepřesnost tedy vznikla kvůli zjednodušení vstupních hodnot.

orientace svahu	[%]
východ	20.5
jihovýchod	12.1
jih	20.5
jihozápad	25.7
západ	11
severozápad	1.3
sever	0.9
severovýchod	8

tab. 1: procentuální zastoupení orientace svahů (ArcMap)

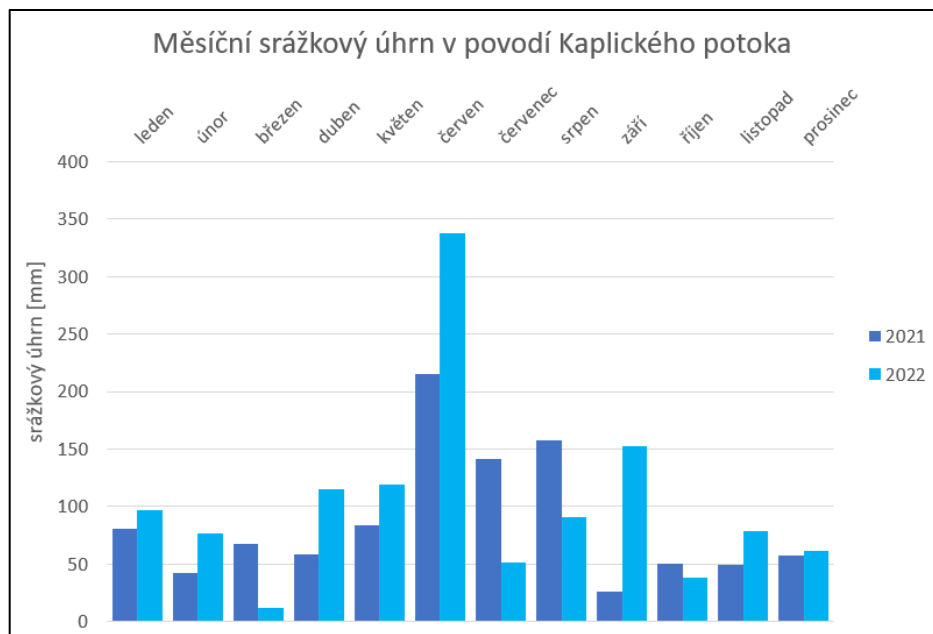
5.2.1.2. Klimatické poměry

Klimatické poměry velmi výrazně ovlivňují chod celého povodí. Chod povodí nejvíce ovlivňuje teplota a srážky. Celá Česká republika se nachází v mírném podnebném

pásu, stejně jako zbytek střední Evropy. Klima mírného pásu se vyznačuje střídáním čtyř ročních období, kde léto ani zima nejsou nějak extrémní. Přechodná doba jaro a podzim bývá dlouhá. Další základní charakteristikou tohoto klimatu je střídání vlivu oceánských a kontinentálních vzduchových hmot. Převažuje-li vliv oceánu léta mívají větší oblačnost a zimy bývají mírné. Naopak, když převažuje kontinentální klima, je jasné a horké léto a mrazivé zimy. Větší vliv na rozložení teplot vzduchu a srážek v čase, má nadmořská výška. (Trusina, 2006)

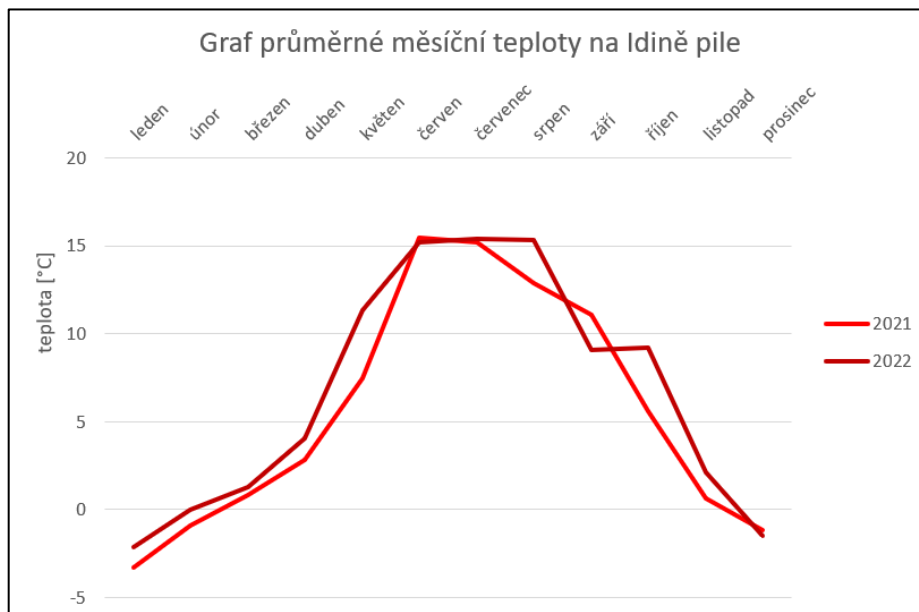
Povodí Kaplického potoka se nachází v průměrné nadmořské výšce 1108 m n. m., dají se tedy očekávat nižší teploty a vyšší srážky. Kaplický potok se nachází v chladném klimatickém regionu (Quitt, 1971).

Ze srážkového hlediska je oblast Boubína v rámci České republiky nadprůměrná. V rámci celé republiky se dlouhodobý průměr ročního úhrnu srážek pohybuje mezi 600–800 mm. Srážkový úhrn v povodí Kaplického potoka byl v roce 2021 1032 mm, v roce 2022 dokonce 1230 mm. Úhrn jsem vypočítal za pomoci dat ze srážkoměru, který se nachází na Idině pile a korekčního koeficientu nadmořské výšky.



obr. 3: graf měsíčního srážkového úhrnu v povodí Kaplického potoka (VÚV T. G. M.)

Teplotu lze díky nadmořské výšce očekávat nižší než ve zbytku republiky. Na měrné stanici byla v roce 2021 průměrná roční teplota 5,5 °C v roce 2022 6,6°C. Průměr na území celé republiky byl v roce 2021 8,0 °C (ČHMÚ) a v roce 2022 9,2 °C (ČHMÚ). Lze tedy pozorovat že teplota je zde průměrně o cca 3 °C nižší než ve zbytku republiky.



obr. 4: graf průměrných měsíčních teplot na Idině pile (VÚV T. G. M.)

5.2.1.3. Půdní

Půdní poměry značně ovlivňují proces odtoku vody z daného povodí. Určují kolik vody se infiltruje ze spodních horizontů a kolik vody odeče přímým odtokem. Půdy s drobtovitou strukturou umožňují rychlejší vsakování srážek než půdy bez struktury. U půd bez struktury se vytváří nepropustný škraloup, který zabraňuje infiltraci a voda tak zůstává na povrchu. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Například v povodí, kde se nacházejí dobře propustné půdy jsou za stejných srážek nižší kulminační průtoky než v povodí, kde se nachází spíše nepropustná či méně propustná půda. Naopak v období sucha jsou v povodí s propustnou půdou vyšší minimální průtoky. V povodí s propustnější půdou je také větší výpar. (Pokorná a Záborská, 2008)

Z hydrologického hlediska můžeme půdy, které se vyskytují na Šumavě a ve většině českých hor, dělit na dvě skupiny. Organominerální půdy (např. podzol, kryptopodzol, kambizem). U těchto typů půd převažuje infiltrace vody do půdy nad povrchovým odtokem. Druhým typem jsou půdy, které vznikají zvýšenou půdní vlhkostí, například organozemě. Skládají se převážně z odumřelé organické hmoty. Tyto půdy tvoří známá šumavská rašeliniště. Z hydrologického hlediska mají lepší vlastnosti organominerální půdy než organozem. Organozem není schopná při velkých srážkách pohltit tolik vody a povrchový odtok je tedy větší. Naopak v období sucha nevypouští tolik vody a může zapříčinit například vysychání pramenů. Přes všechny tyto hydrologické nedostatky je organozem, a z ní tvořená vrchoviště, velmi důležitá pro přírodu. (Vlček a kol., 2020)

V povodí Kaplického potoka převažuje kryptopodzol a podzol. Z pedologického hlediska má povodí předpoklady pro dobrou infiltraci.

5.2.1.4. Geologické

Geologické poměry v povodí ovlivňují především dlouhodobou zásobu a výšku hladiny podzemní vody. Geologické poměry se řeší zejména ve velkých povodích, kde odtok podzemní vody má velký vliv na hydrologickou bilanci. (Hrádek a Kuřík, 2008) Obor zabývající se podzemní vodou se nazývá hydrogeologie. (Kemel, 1996)

Geologické poměry mají také vliv na vlastnosti půd, které se v dané oblasti vytvářejí. Horniny dělíme dle stupně propustnosti do následujících tří kategorií:

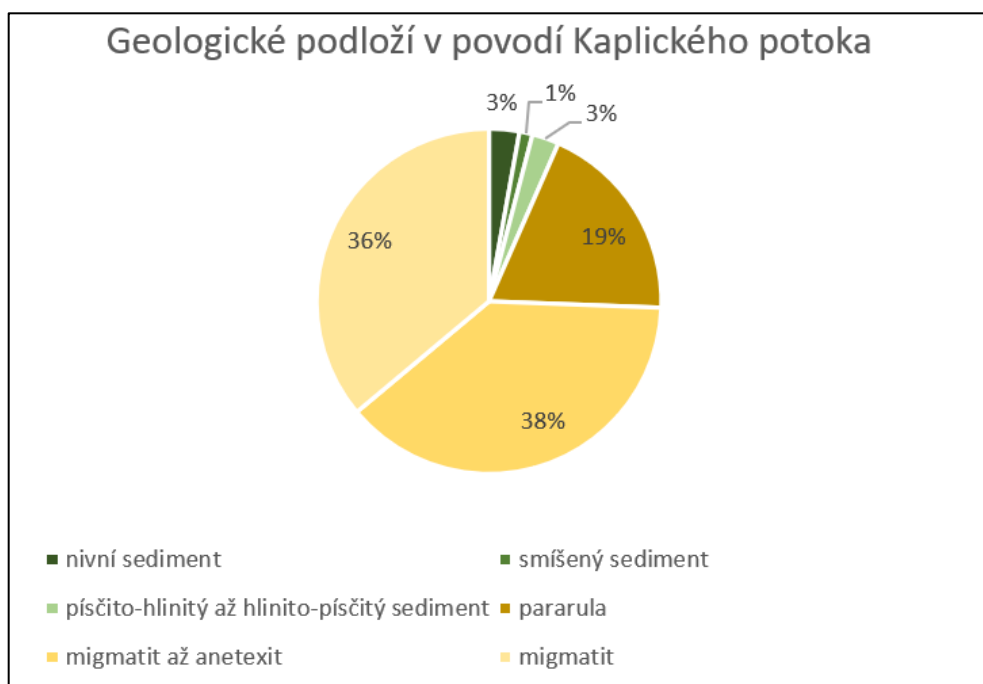
Propustné horniny – rozrušené horniny, úlomkovití sedimenty, celistvé i pórovité vyvřeliny, zkrasovatělé horniny, kvartérní fluviální sedimenty (aluviální, diluviální a preluviální náplavy), eolitické sedimenty (vločky písku a šterku v nepropustných sedimentech) rozrušené vápence a dolomity

Polopropustné – slepence a jemně rozrušené vápence, pískovce, rašeliny, spraše, hlinité písky

Nepropustné – celistvé nerozrušené horniny (žuly, porfyry, syenity, ruly, migmatity, znělice, čediče, břidlice, nerozrušené vápence, jíly, slíny a jílovité břidlice)

(Hrádek a Kuřík, 2008)

V povodí Kaplického potoka převažují nepropustné horniny. Konkrétně Migmatit a pararula. Ty jsou v zastoupení 93 %. Dále se v zastoupení 3 % vyskytují sedimenty. Zastoupení jednotlivých hornin je znázorněno v následujícím grafu (obr.5). Povodí má tedy dobré geologické předpoklady udržet si vysokou hladinu podzemní vody.



obr. 5: graf zastoupení jednotlivých hornin v povodí Kaplického potoka (GEOČR50)

5.2.1.5. Vegetační kryt

Vegetační kryt značně ovlivňuje hydrologický režim povodí. Zejména množství zachycených srážek – intercepce, výpar z půdy a rostlin – evapotranspiraci a rychlost stékání vody po svahu – plošný odtok.

Intercepce se vyjadřuje v milimetrech a jedná se o objem zadržené a vypařené vody v průběhu srážky, vztahený na plochu povodí. Potenciální intercepce (I_p) je maximální množství vody, které je kryt schopen zadržet a bývá dosažena krátce po

počátku deště. Na základě provedených měření je listnatý les schopen zadržet až 20% deště a jehličnatý les, kvůli větší listové ploše jehličí, až 60% srážky. Hodnoty potenciální intercepce pro danou oblast vyjadřujeme v závislosti na velikosti poměrné listové plochy. Ta je podílem celkové listové plochy povodí a celkové plochy povodí P . (Hrádek a Kuřík, 2008)

Evapotranspirace je výpar z půdy a rostlin. Více jak půlka vody, která vstupuje do půdy, se vrací do atmosféry za pomoci evapotranspirace. (Trimble a Ward, 2004). Velikost výparu na daném místě neovlivňuje pouze pokryv, dalšími faktory jsou například expozice svahu, vlastnosti a struktura půdy, její nasycení apod. (Pokorná a Zábranská, 2013)

Plošný odtok ovlivňuje typ vegetačního krytu i jeho rozmístění. Můžeme ho zpomalit například orbou po vrstevnici. Při výpočtu rychlosti plošného odtoku je typ krajinného pokryvu zohledněn ztrátovým rychlostním součinitelem. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Všechny tyto parametry závisí na typu daného vegetačního krytu. Zastoupení jedlových typů krajinného pokryvu určujeme z topografických a lesnických map. Jednotlivé zastoupení se vyjadřuje v procentech. Pro příklad bych uvedl lesnatost, která vyjadřuje, jaká část povodí je pokryta lesy. Výpočet je ukázán v rovnici 9. Právě les má velký vliv na vsak vody do půdy. Les s velkou vrstvou hrabanky a humusu je schopný zadržet markantní část srážek. Voda se tak infiltruje do krajiny a sníží se kulminační průtoky. Z hlediska umístění lesa ve velkých povodích, je les nejvíce přínosný v horní části toku. V období jara by se totiž mohla setkat doba tání sněhu v bezlesných oblastech které jsou položeny výše a v zalesněných oblastech, které jsou položeny níže. V takovém to případě by se mohly setkat kulminační průtoky v jeden čas a vytvořit povodeň. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Povodí Kaplického potoka je z velké části pokryto lesem, lesnatost 94 %. Převážně se jedná o smíšený les ve vyšších polohách povodí převládá čistě smrkový les. Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje zdejší krajinný pokryv je ten, že se jedná o prales. Les je tedy schopen při srážce zadržet velké množství vody. Již na první pohled je zřejmý rozdíl mezi centrální částí pralesa, kde se přísně dodržuje bezzásahovost a okolním lesem

kde se o bezzásahovosti teprve jedná. V centrální části se vyskytuje porost ve všech výškových patrech zatím co v okolním lese převládá víceméně čistý smrkový les. Ve smrkovém lese se nevyskytují střední patra, protože smrk propouští velmi málo slunečního záření, vegetace středního patra tedy nemá dostatek sluneční energie pro její růst. Dále se také ve smrkovém lese vyskytuje kyselá hrabanka, která také není ideální pro růst jiných rostlin. Kyselá je kvůli smrkovému jehličí.

5.2.1.6. Antropogenní činnost

Za antropogenní činnost lze považovat všechny technické zásahy v povodí, které byly provedeny člověkem. Na základě těchto zásahů se mění chování přirozeného povodí. Veškeré technické zásahy by měly být prováděny s ohledem na celkové uspořádání povodí a měl by být analyzován a minimalizován jejich dopad na životní prostředí. Antropogenní činnost může ovlivnit veškeré charakteristiky povodí. (Musy a kol., 2014)
Zde jsou konkrétní příklady:

Plocha povodí lze změnit například vystavěním komunikací či jiných liniových stavem. Voda díky těmto stavbám může změnit směr odtoku či téct podél těchto útvarů... (Hrádek a Kuřík, 2008)

Tvar povodí zejména těch, které z větší části tvoří zemědělská půda, ovlivňuje například rozparcelování jednotlivých osevních postupů. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Orografické (sklonové) poměry se mohou změnit například povrchovou těžbou či hlubinou těžbou. Následná rekultivace po těžbě také může přispět ke změně sklonových poměrů. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Půdní poměry se mohou změnit díky agrotechnickým opatřením jako je například odvodňování či jiné zásahy ovlivňující vodní režim. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Vegetační kryt povodí může být lidskou činností masivně ovlivněn. Zde jsou příklady úkonů, které můžou změnit charakter vegetačního krytu: kácení a destrukce lesního porostu, devastace krytu například při těžbě dřeva, zabránění půdy pro výstavbu, výsadba jiných než původních rostlin a dřevin změna drnového fondu na ornou půdu. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Akumulace vody v povrchových nádržích a retence půdního profilu může být ovlivněna například výstavbou nových povrchových nádrží, revitalizací či zrušením stávajících nádrží, změnou vegetačního krytu či jinými agrotechnickými opatřeními. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Říční síť v povodí změněna například vybudováním umělých kanálů, vytvořením nové trasy vodního toku, výstavbou objektů na toku či změnou sklonových poměrů. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Klimatické poměry jsou bohužel antropogenní činnostmi ovlivňovány neustále. Tyto změny se projevují v regionálním i globálním měřítku. Nejvýraznější a největší změnou v atmosféře v důsledku lidské činnosti je nárůst koncentrace CO₂. Zvýšený obsah oxidu uhličitého v atmosféře způsobuje globální zvýšení teploty. A to díky skleníkovému efektu. To neznamená že skleníkový efekt by byl něco nežádaného, bez něj by naše planeta byla neobyvatelná kvůli nízké teplotě. Ovšem nadměrné množství CO₂ v atmosféře omezuje tepelné vyzařování země čím dál tím více, průměrná teplota na povrchu tedy postupně roste. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Od let 1850-1900 se planeta oteplila přibližně o 1.2 °C, v posledních 40 letech se otepluje tempem 0,2 °C za desetiletí. (Fakta o klimatu)

Některé scénáře předpokládají úplné roztátí sněhové pokrývky v Antarktidě, to by znamenalo markantní zvýšení hladiny světových oceánů a zatopení velké části pevniny. Dále bych také uvedl zaprášení atmosféry prашnými částicemi a chemickými látkami. Například z emisí, rozprašování průmyslových hnojiv. (Hrádek a Kuřík, 2008)

Vzhledem k tomu, že většina zájmového území se rozkládá v jádru Boubínského pralesa, kde se přísně dodržuje bezzásahovost, je zde antropogenní činnost velmi málo znatelná. Přece jenom zdejší podmínky ale člověk ovlivňuje. A to hlavně co se týče klimatické stránky, ta se nedá hranicemi pralesa zastavit. Dále za zásah člověkem v centrální části pralesa můžeme považovat plot který vede okolo hlavní části pralesa. Ten teoreticky může bránit přirozené migraci zvěře. Ovšem plot, není nepropustný a zvěř si v něm může najít díry. Přirozené to ale určitě není.

Ve vnější části přírodní rezervace se bezzásahovost zatím nedodržuje. O bezzásahovosti v této oblasti se teprve jedná. Správa lese se zde ovšem snaží být šetrnější

než v obyčejném lese. Důkazem toho může být například řešení kůrovcové kalamity. Místo toho, aby se napadené stromy pokácely a z lesa odvezly, se u napadených stromů ořežou větve a sloupe kůra. Tomuto procesu se říká odkornění. Takto holý strom se ponechá na místě svému osudu. Okolo holého stromu se usazují semena stromů, které zde vyrostou. Poté co holý strom spadne, plní stejnou funkci jako normální padlý strom. Hnije a je ideálním místem pro malé živočichy, rostliny a houby. Toto řešení je mnohem pracnější a nákladnější ale mělo by být šetrnější k přírodě. Nepraktikuje se příliš dlouho, nemůžeme tedy posoudit jeho reálný dopad na ekosystém. Dalším vlivem, který úzce souvisí s těžbou dřeva je změna vegetačního krytu a půdních poměrů. Na vegetační kryt má negativní vliv vysazování monokultur, konkrétně smrkových. Na první pohled je znatelný rozdíl mezi vegetačním krytem v centrální a vnější části. Centrální část obsahuje všechna rostlinná patra, zatím co část vnější obsahuje z velké části pouze patro nejvyšší, a to právě kvůli vysazování velkého množství smrků, jak jsem již dříve v práci zmiňoval. Na půdní poměry má negativní dopad pohyb těžařské techniky, která půdu značně zhutňuje a vytváří nové cesty pro povrchový odtok. Voda tak z povodí odtéká rychleji a nevsakuje se tolik jako v přirozeném lese.

5.2.2. Fyzikálně-geometrické

Fyzikálně geometrické charakteristiky povodí jsou ty, které nezávisí na přesném místě. Definují povodí nezávisle na jeho umístění v reálném světě.

5.2.2.1. Plocha povodí

Plocha povodí (S_p , P , A , F) se odvozuje za pomoci mapového podkladu a vhodných planimetrických podkladů. Hodnota plochy povodí se získá průmětem půdorysné plochy do vodorovné roviny. Nejčastěji se udává v jednotkách km^2 nebo ha. Plochu povodí dále dělíme na pravý a levý břeh. Hranici těchto dvou ploch nazýváme údolnice.

Reálná plocha povodí je vždy o něco větší než hodnota stanovená matematicky. Je tomu tak kvůli členitosti reálného terénu, kterou nejsme schopni dopodrobna přenést do mapového podkladu ze kterého plochu určujeme. Pro přesnější určení plochy povodí se

dnes používá digitální model terénu a rozhraní GIS. Touto metodou lze jednoduše a mnohem přesněji určit reálnou plochu povodí. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

Plocha celého povodí Kaplického potoka je 18,35km² (VÚV T. G. M.). Mé zájmové území se ovšem nachází pouze v horní části toku, jeho plocha je tedy menší. Plocha zájmového povodí je 5,9 km² (ArcMap).

Pozn. Dále v mé práci budu pro plochu povodí používat symbol *P*.

5.2.2.2. Délka hlavního toku

Délka hlavního vodního toku v povodí (*L*) se uvádí v kilometrech. Jedná se o osu půdorysného zobrazení koryta toku. K určování přesné pozice na tocích se používá takzvaná kilometráž. Jedná se vzdálenost daného místa od soutoku s jinou řekou nebo ústí do moře.

V mém případě však za 0 km budu brát uzávěrový profil zájmového území. Délka toku v mém zájmovém území je 2,78 km (ArcMap).

5.2.2.3. Stupeň vývoje vodního toku

Stupeň vývoje vodního toku (též míra křivolakosti) nám pomáhá hrubě odhadnout stáří toku a jak moc je tok meandrovitý či křivolaký. Značí se pomocí *K* a je bezrozměrný. Jde o poměr mezi skutečnou délkou vodního toku a nejkratší možnou vzdáleností mezi uzávěrovým profilem a začátečním profilem, nejčastěji pramenem. Vždy nabývá hodnot rovných nebo větších než 1. Čím menší stupeň křivolakosti je, tím je tok mladší a měl by obsahovat méně zákrut, meandrů atd. (Pokorná a Zábranská, 2008)

Je ovšem důležité si zjistit, zda na toku neprobíhala úprava koryta člověkem. Pokud ano, o stáří toku nám stupeň vývoje vodního toku nic neřekne.

rovnice 2: výpočet stupně vývoje vodního toku K

$$K = \frac{L}{Lx} [-]$$

L = skutečná délka vodního toku [km]

Lx = nejkratší vzdálenost pramene a uzávěrového profilu [km]

Skutečná délka Kaplického potoka mezi pramenem v Boubínském pralese a uzávěrovým profilem je 2,78 km (ArcMap). Nejkratší vzdálenost mezi pramenem a uzávěrovým profilem je 2,67 km (ArcMap). Z těchto dat vychází stupeň vývoje vodního toku 1,04 [-]. Mezi uzávěrovým profilem a pramenem je velké převýšení (průměrný sklon je vysoký 10.9 %), také to způsobuje, že je tok velmi napřímený a hodnota stupně vývoje vodního toku je takto nízká. Zároveň se také můžeme domnívat, že tok je na geografické poměry velmi mladý.

5.2.2.4. Sklon hlavního toku

Průměrný sklon vodního se využívá pro přibližné stanovení spádu po celé délce vodního toku. S rostoucí délkou vodního toku se hodnota sklonu, například kvůli meandrování, snižuje. Čím větší bude výškový rozdíl počátečního profilu (pramene) a uzávěrového profilu, tím větší hodnota sklonu bude. Jako jednotka sklonu můžeme použít procenta či promile. (Pavelková Chmelová a Frajer, 2013)

rovnice 3: výpočet průměrného sklonu toku I_t

$$I_t = \frac{(H_p - H_u)}{L} * 100 [\%]$$

H_p = nadmořská výška počátečního profilu [m n. m.]

H_u = nadmořská výška koncového profilu [m n. m.]

L = délka vodního toku [m]

Dle *rovnice 3* vychází průměrný sklon hlavního toku 10,9 %. Pokud bychom chtěli získat představu o sklonu v určité části toku, můžeme využít grafické znázornění sklonu, tedy podélný profil vodního toku. (*obr. 15*)

5.2.2.5. Sklon povodí

Průměrný sklon reliéfu povodí je další důležitou charakteristikou, na které závisí doba povrchového odtoku. Čím vyšší je sklon, tím je povrchový odtok rychlejší a unášecí a vymílací síla je větší. (Langbein, 1944)

V povodí Kaplického potoka je průměrný sklon terénu 13,2 %. Z této hodnoty lze poznat, že se jedná o povodí, které se nachází v horské oblasti.

5.2.2.6. Hustota říční sítě

Hustota říční sítě vychází z působení elementů, které ovlivňují přímý odtok. Těmito faktory jsou například: srážkové úhrny, intenzita dešťů, spádové poměry, propustnost půdy, zalesněnost, nasycenost půdy apod. Při stejných podmínkách, ale menší hustotě říční sítě, lze vyvodit větší propustnost půdního profilu. (Pokorná a Zábranská, 2008)

rovnice 4: výpočet hustoty říční sítě h_{rs}

$$h_{rs} = \frac{\sum l}{P} [-]$$

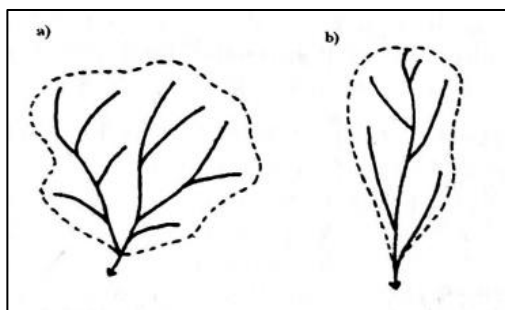
$\sum l$ = celková délka toků v zájmovém území [km]

P = plocha zájmového území [km²]

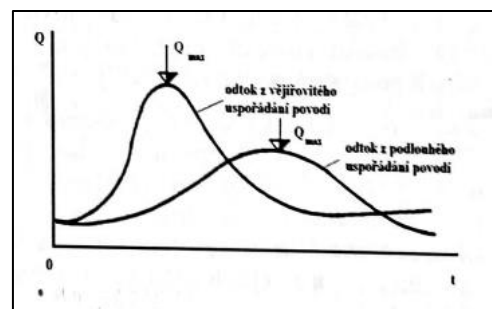
Hustota říční sítě v povodí Kaplického potoka je 1,5 [-] (ArcMap). Tato hodnota se pohybuje lehce nad průměrem všech povodí IV. Řádu v České republice. Průměrná hodnota všech povodí IV. Řádu je 1,3 [-] (ArcMap).

5.2.2.7. Uspořádání říční sítě

Uspořádání říční sítě má velký vliv na tvorbu povodňového hydrogramu a jeho kumulačních průtoků. Častým typem uspořádání říční sítě je stromkovitá soustava. Zde jednotlivé přítoky protékají svými vlastními údolními a pod ostrým úhlem se vlévají do hlavního toku. V případě že je vyrovnaný počet pravostranných a levostranných přítoků, jde o pravidelnou stromkovitou soustavu. Jestliže přítoky z jedné strany převažují, mluvíme o nesymetrickém uspořádání. Pokud se přítoky do hlavního toku vlévají pod pravým úhlem, jedná se o perovitou říční síť. Třetím typem uspořádání říční sítě je vějířovitě. Zde se stéká větší počet přibližně stejně velký toků. Tento typ uspořádání je velice nebezpečný z hlediska velkých, ničivých povodí. Je tomu tak kvůli přibližně stejné délce doběhových dob na jednotlivých tocích. Při zasažení celého povodí velkým deštěm se tedy setkají všechny kulminační průtoky v jeden čas a mohou vzniknout extrémní povodně. (Pokorná a Zábranská, 2008)



obr. 6: uspořádání ř. sítě; a – vějířovitě, b – stromkovitě (Pokorná a Zábranská, 2008)



obr. 7: odtoková vlna různých tvarů povodí (Pokorná a Zábranská, 2008)

Na základě uspořádání vodotečí v povodí Kaplického potoka (*obr. 16*) se dá říci, že se jedná o povodí stromkovitého či perovitěho typu. Počet a mocnost toků z obou stran je více méně vyvážený, můžeme tedy konstatovat, že se jedná o povodí s pravidelnou říční sítí.

5.2.2.8. Tvar povodí

Přirozené povodí má nejčastěji tvar osově souměrného či nesouměrného listu. Může být více či méně protáhlý. Nejširší část povodí je většinou střední úsek. Směrem

k prameni a k uzávěrovému profilu dochází ke zužování. Na tvaru povodí částečně závisí například doba soustředění přímého odtoku (Procházková a Zábranská, 2008).

Nejjednodušší vyjádření tvaru povodí je pomocí součinitele tvaru povodí α . Ten se vypočítá pomocí průměrné šířky povodí B a délky údolnice L_U (Procházková a Zábranská, 2008).

rovnice 5: výpočet koeficientu tvaru povodí α

$$\alpha = \frac{B}{L_U} [-]$$

B = střední šířka povodí [km]

L_U = délka údolnice [km]

Střední šířku povodí vypočítáme poměrem plochy povodí a délky údolnice. (Hrádek a Kuřík, 2008)

rovnice 6: výpočet střední šířky povodí B

$$B = \frac{P}{L_U} [\text{km}]$$

P = plocha povodí [km²]

L_U = délka údolnice [km]

Obecně můžeme součinitel tvaru povodí vyjádřit pomocí následující rovnice

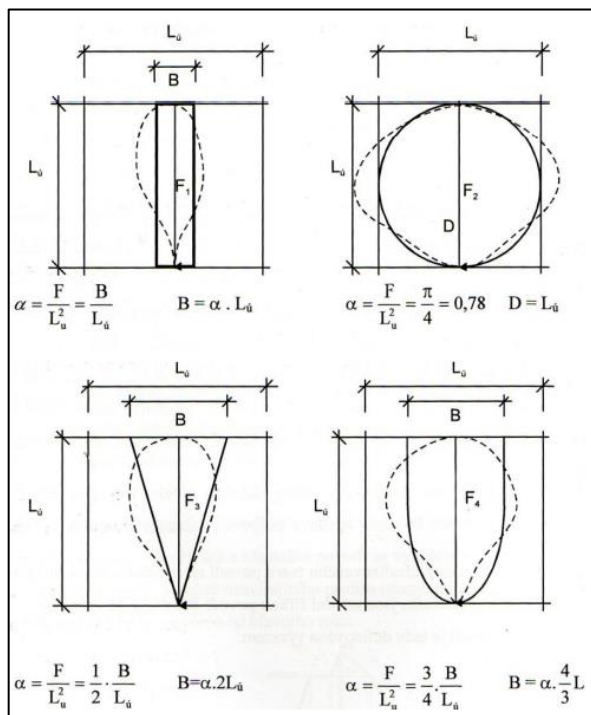
rovnice 7: obecný výpočet koeficientu tvaru povodí α

$$\alpha = \frac{P}{L_U^2} [-]$$

P = plocha povodí [km²]

L_U = délka údolnice [km]

Jelikož tvar povodí většinou neodpovídá obdélníku, doporučuje se základní tvar povodí nahradit například pomocí kruhu, trojúhelníku nebo obrazce omezeným parabolickou křivkou s vrcholem v uzavírajícím profilu. (Blažek, 2015) Názorná ukázka na následujícím schématu. (obr. 8)



obr. 8: schematizace tvaru povodí (Hádek a Kuřík, 2008)

Při velikosti povodí od 5 do 50 km² rozdělujeme povodí na základě součinitele tvaru povodí α viz následující tabulka (tab. 2):

Tvar povodí	Součinitel tvaru povodí α
protáhlá	<0,24
přechodného typu	0,24 - 0,26
vějířovitá	> 0,26

tab. 2: tvary povodí dle součinitele tvaru povodí α (Hádek a Kuřík, 2008)

Součinitel tvaru povodí je u Kaplického potoka 0.58, jedná se tedy jednoznačně o povodí vějířovitého tvaru.

5.2.2.9. Součinitel asymetrie povodí

Součinitel asymetrie povodí nám ukazuje, jestli větší plochu povodí zabírá pravá nebo levá strana toku. (Hrádek a Kuřík, 2008)

rovnice 8: výpočet součinitele asymetrie povodí a

$$a = \frac{P_L - P_P}{P} [-]$$

P = celková plocha povodí [km²]

P_L = plocha povodí na levé hlavního straně toku [km²]

P_P = plocha povodí na pravé straně hlavního toku [km²]

Součinitel tvaru povodí Kaplického potoka vyšel 0,28. Je větší než nula to znamená, že levá strana povodí je o něco málo větší.

5.2.2.10. Lesnatost povodí

Lesnatost povodí nám dává představu, jaká část povodí je pokryta vegetačním pokryvem, konkrétně les. ř se K_l a udává se v procentech. Znázorňuje procentuální zastoupení lesů na celé ploše povodí. Tato charakteristika má významný vliv na dobu retence vody v povodí a čas přímého odtoku.

rovnice 9: výpočet lesnatosti povodí K_l

$$K_l = \frac{\sum P_l}{P} * 100 [\%]$$

P_l = plocha lesů na celé ploše povodí [km²]

P = plocha povodí [km²]

Zejména kvůli kůrovcové kalamitě je plocha lesů v poslední době velmi proměnná. Celkovou plochu lesů jsem zjistil z ortofoto snímku (ČÚZK). Celková plocha lesů na povodí Kaplického potoka je 5,56 km² a lesnatost je tedy 94,26 %. Z této hodnoty je tedy zřejmé že téměř celé zájmové území je pokryté lesem.

6. Metodika

Do metodiky jsem zařadil mnou využitě metody měření průtoku, postup vypracování měrné křivky a výpočet o.

6.1. Metody měření průtoku

Máme dvě hlavní kategorie metod měření průtoků. Manuální a senzorické, každá má svá specifika a hodí se pro různé účely.

6.1.1. Manuální

Manuální měření průtoku je časově náročnější měření senzorické, a je k němu potřeba přítomnost lidské osoby. Používá se například pro stanovování konzumpčních křivek, jejich zpřesňování či pro kontrolní měření. Je více manuálních metod měření průtoku, například měření pomocí měrné nádoby, měření na přelivu či hydrometrování. Právě hydrometrování jsem použil při tvorbě této práce a chtěl bych tedy jeho postup rozebrat detailněji.

6.1.1.1. Hydrometrování za pomoci přístroje FlowTracker 2

Hydrometrování spočívá na tom, že stanovíme průměrnou rychlost proudění a změříme si průtočnou plochu profilu a poté dané veličiny dosadíme do *rovnice 10*. Při použití přístroje FlowTracker 2 nám stačí v jednotlivých bodech změřit výšku hladiny a rychlost proudění. Zbytek přístroj dopočítá automaticky.

rovnice 10: výpočet průtoku Q

$$Q = S * v$$

S = průtočná plocha

v = rychlost proudění

Prvním krokem, při jakémkoli způsobu hydrometrování je, si zvolit vhodný profil pro měření. Je nutné, aby zde nevznikali žádné vodní víry či protiproudy, to by mohlo

negativně ovlivnit měření. Dále je dobré, když má profil co nejpravidelnější dno, ideální je například přelivná hrana.

Poté co jsme vybrali místo vhodné pro měření, umístíme měřicí lať a rozhodneme jakou délku staničení zvolíme. Délka staničení je u každého profilu individuální. Záleží, jak moc se proud toku v daném profilu mění. V průběhu měření je možné délku staničení dle potřeby změnit, je ovšem nutné změnu zadat do přístroje.

Nyní již můžeme začít s vlastním měřením. Zapneme si přístroj FlowTracker 2 a zvolíme nové měření. Zadáme základní údaje jako je například jméno měřiče, název profilu, na kterém měříme atd. Poté přístroj dle instrukcí na displeji zkalibrujeme. Začneme od levého břehu, do přístroje zadáme, že se nacházíme na levém břehu a výšku hladiny. Postoupíme na druhé staničení, zadáme do přístroje jeho délku a že se jedná o měření uvnitř profilu. Změříme výšku hladiny na daném staničení a podle ní se rozhodneme, v jakých hloubkách budeme měřit rychlost proudění. Poté ponoříme senzory do vody kolmo na proud. Podle krabicové libely, která je umístěna na držáku či dle libely digitální, která se nachází na displeji přístroje, držíme přístroj vodorovně. Umístíme senzory do požadované výšky a spustíme samotné měření, které trvá 40 vteřin. Takto postupujeme u každého staničení. Pokud jsme se dostali až na pravý břeh, zvolíme, že jsme na pravém břehu, zadáme výšku hladiny a měření můžeme ukončit. Nyní nám přístroj automaticky dopočítá průtok.



obr. 9: ukázka probíhajícího měření (Martin Vokoun, 2023)

6.1.2. Senzorické

Senzorické měření hladiny se nejčastěji používá pro dlouhodobé sledování průtoku na jednom místě. Jeho výhodou je, že nepotřebuje přítomnost lidské osoby, měření probíhá automaticky.

Potřebujeme k tomu znát výšku hladiny a mít pro daný profil vypracovanou konzumpční křivku. Poté co změříme výšku hladiny, z konzumpční křivky odečteme, jaký je průtok. Pro vypracování konzumpční křivky je zapotřebí využít jiné metody měření průtoku. Například hydrometrování.

6.1.2.1. Měření za pomoci hladinoměru ALA typ 4020

Jedná se o manometrický hladinoměr. Přístroj a naměřená data vlastní Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. Hladinoměr obsahuje snímač teploty a tlaku, datalogger a baterii. Vše je umístěno v hermeticky uzavřeném nerezovém pouzdře. (ALA) Těleso se za věší za datový kabel a ponoří se pod hladinu. Na druhém konci datového kabelu se nachází konektor pro připojení k počítači. Pokud máme v přístroji nahranou tabulku, která nám udává, jaký je průtok za dané výšky hladiny. Program je schopný nám automaticky dopočítat průtok. (ALA) Pro vypočítání průtoku musíme mít ovšem vypracovanou měrnou křivku.



obr. 10: lať, přístroj FlowTracker 2 a hladinoměr ALA typ 4020 (Jan Vacek, 2023)

6.2. Vypracování měrné křivky

Vzhledem k malému počtu vstupních dat, pro vypracování měrné křivky použiji program Microsoft Excel. Pokud by bylo množství vstupních dat větší, použil bych programovací jazyk R a Rstudio.

Nejprve jsem si vyfiltroval vstupní data, která budu potřebovat, tedy datum (není nutné), průtok a výšku hladiny. Je nutné si zkontrolovat, jestli jsou data v požadovaných jednotkách, průtok Q v m^3/s a výška hladiny h v metrech. Pro výpočet použiji obecnou rovnici pro výpočet měrné křivky (*rovnice 11*). Rovnice obsahuje neznámé parametry a , c , které je potřeba vypočítat.

rovnice 11: rovnice měrné křivky

$$Q = c * h^a$$

Q = průtok

a = neznámý parametr

c = neznámý parametr

h = výška hladiny

Pro výpočet neznámých parametrů provedu linearizaci obecné rovnice pro výpočet měrné křivky a získám následující rovnici. A provedu substituci.

rovnice 12: zlogaritmovaná obecná rovnice měrné křivky

$$\log Q = a * \log h + \log c$$

$$\log Q = y$$

$$\log h = x$$

$$\log c = b$$

Zlogaritmováním a následnou substitucí jsem získal členy pro lineární rovnici přímky.

rovnice 13: rovnice lineární přímky

$$y = a * x + b$$

Nyní zlogaritmuji naměřené vodní stavy a průtoky a následně je vynesu do bodového grafu. Logaritmus výšky hladiny vynáším na osu x a logaritmus průtoků vynáším na osu y. Graf proložím lineární spojnicí trendu. Následně si zobrazím její rovnici. Parametr a mi stačí pouze opsat, pro získání parametru c, ten se v rovnici nenachází, potřebuji odlogaritmovat parametr b. Nyní mám všechny potřebné parametry pro výpočet měrné křivky průtoku.

Zvolím si maximální výšku hladiny, do které bude měrná křivka platit. Já zvolil 1 metr. Zaprvé nepředpokládám že by tu teklo více vody. Zadruhé se zde nachází most a kdyby voda tekla přes něj měrná křivka by neplatila, protože by se změnilo koryto a pro toto koryto nemám naměřené průtoky. Poté odstupňuji výšku hladiny, ideálně po 0,1 m až do 0. A za pomoci obecné rovnice měrné křivky a vypočtených parametrů, dopočítám pro jednotlivé výšky průtoky. Následně data vynesu do bodového grafu s rovnými spojnicemi. Na osu x průtoky Q a na osu y výšku hladiny h. Tímto mám měrnou křivku pro daný profil vypracovanou. (FŽP, 2020)

6.3. Odtokový součinitel

Odtokový součinitel nám dává představu, kolik vody z celkového množství spadlých srážek odeče z povodí povrchovým odtokem. Vliv geologického podloží se tedy neuvažuje. Součinitel se vypočítá poměrem výšky odtoku a srážkového úhrnu. (Starý, 2005)

rovnice 14: výpočet odtokového součinitele φ

$$\varphi = \frac{H_0}{P} [-]$$

H_0 = výška odtoku [mm]

P = srážkový úhrn [mm]

6.3.1. Výška odtoku

Pro výpočet výšky ročního odtoku jsem využil data z hladinoměru, který se nachází na uzávěrovém profilu, a již vypracovanou konzumpční křivku. Nejprve jsem si vyfiltroval data pouze pro hydrologický rok 2021 (1.11.2020 – 31.10.2021). Poté jsem si za pomoci konzumpční křivky dopočítal průtoky. Všechny tyto průtoky jsem pro celý rok zprůměroval a následně vynásobil počtem vteřin v roce. Vyšel mi celkový objem odtoku pro celý rok v m³. Abych dostal výšku odtoku v milimetrech musím vydělit celkový objem odtoku plochou povodí (*rovnice 15*). Nyní mám výšku odtoku H_0 v milimetrech, kterou můžu dosadit do rovnice pro výpočet odtokového součinitele (*rovnice 14*).

rovnice 15: výpočet výšky odtoku H_0

$$H_0 = \frac{\text{celkový objem odtoku}}{\text{plocha povodí}} \text{ [mm]}$$

6.3.2. Výška srážek

Pro výpočet výšky srážek jsem využil hodinová data ze srážkoměru, který se nachází na Idině pile, nedaleko uzávěrového profilu. Tato stanice patří VÚV T. G. M.. Aby data přesněji vystihovala srážky v celém povodí, naměřené hodnoty jsem vynásobil korekčním koeficientem.

Korekční koeficient jsem získal tím, že jsem porovnal letní data ze srážkoměru na Idině pile (855 m n. m.) a na stanici Basum (1270 m n. m.). Tato stanice také patří VÚV T. G. M.. Na základě rozdílu jsem stanovil o kolik procent rostou srážky s každým výškovým metrem (cca 0,156 %) Pak jsem spočítal výškový rozdíl mezi stanicí na Idině pile (855 m n. m.) a průměrnou výškou povodí (1108 m n. m.). A vyšlo mi, že srážky v průměrné výšce jsou o cca 39,5 % vyšší než na Idině pile. Takže jsem data z Idiny pily vynásobil korekčním koeficientem 1,395.

Nyní mi stačilo sečíst všechny srážky dohromady a vydělit je plochou povodí (*rovnice 16*). Vyšel mi srážkový úhrn v milimetrech, který můžu dosadit do rovnice pro výpočet odtokového součinitele (*rovnice 14*).

rovnice 16: výpočet srážkového úhrnu P

$$P = \frac{\text{celkový objem srážek}}{\text{plocha povodí}} \text{ [mm]}$$

7. Výsledky

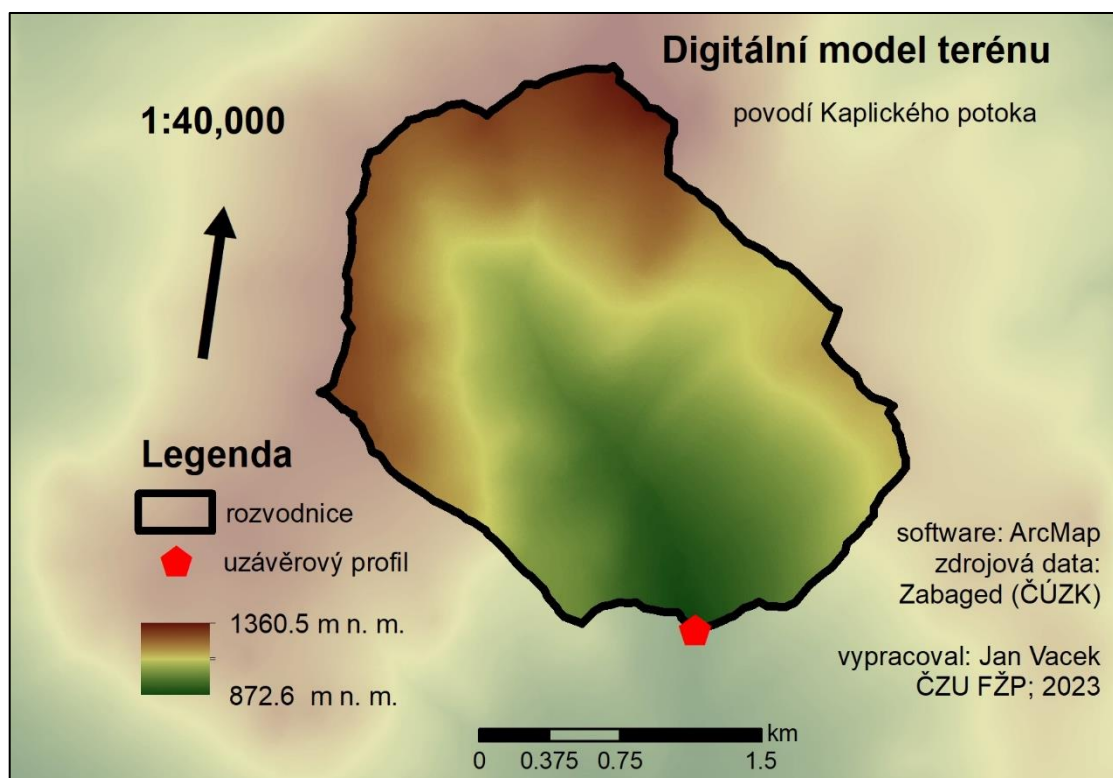
7.1. Hydrografie

7.2. Souhrnná tabulka hydrografických charakteristik

Souhrnná tabulka charakteristik		
Geografické charakteristiky		
Průměrná nadmořská výška	1108.2	m n. m.
Max. nadmořská výška	1361.5	m n. m.
Mín. nadmořská výška	872.6	m n. m.
Nadmořská výška pramene	1176.8	m n. m.
Průměrná roční teplota (2022)	5.6	°C
Průměrný průtok v roce 2021	0.0684	m ³ /s
Geometrické charakteristiky		
Plocha povodí P	5.90	km ²
Plocha levého břehu	3.77	km ²
Plocha pravého břehu	2.13	km ²
Délka hlavního toku	2.78	km
Délka údolnice	3.20	km
Délka ostatních toků	6.07	km
Stupeň vývoje toku	1.04	-
Průměrný sklon hlavního toku	10.9	%
Průměrný sklon povodí	13.2	%
Střední šířka povodí	1.84	-
Hustota říční sítě	1.5	-
Součinitel tvaru povodí	0.58	-
Součinitel asymetrie povodí	0.28	-
Lesnatost	94	%

tab. 3: souhrnná tabulka charakteristik (Excel a ArcMap)

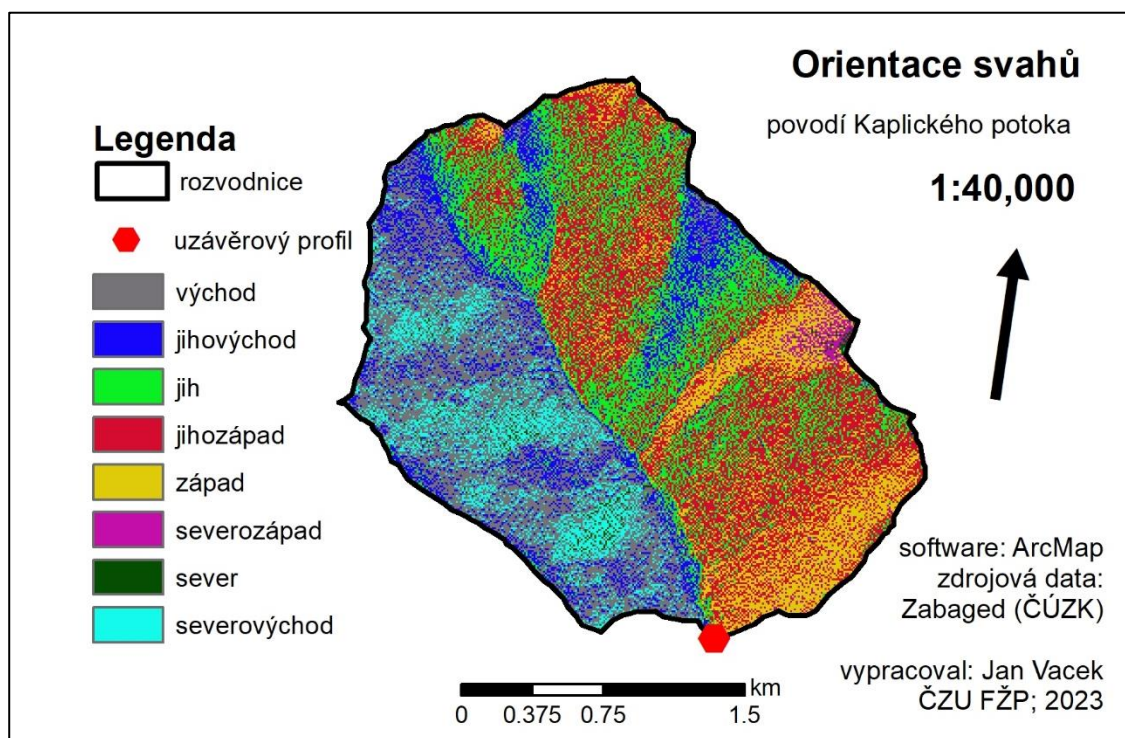
7.2.1. Digitální model terénu



obr. 11: digitální model terénu povodí Kaplického potoka (ArcMap)

Z digitálního modelu terénu je krásně vidět, jak je povodí uzavřené. Tvar povodí může připomínat podkovu. Díky tomuto tvaru je dobře izolované.

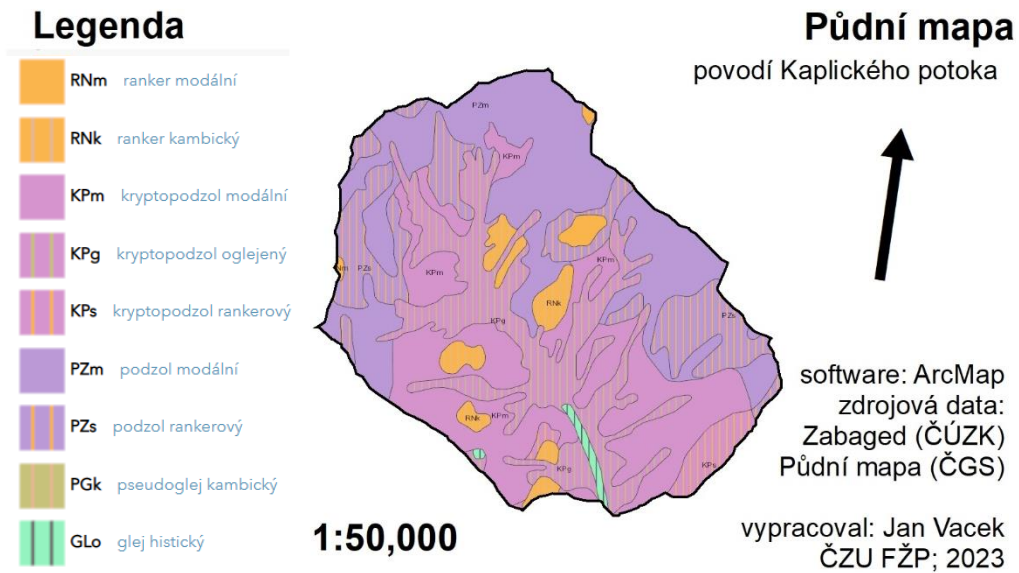
7.2.2. Orientace svahů



obr. 12: orientace svahů v povodí Kaplického potoka (ArcMap)

Zde je grafické znázornění orientace svahů v povodí Kaplického potoka. Přesné procentuální zastoupení jednotlivých orientací je znázorněno v *tabulce č. 1*.

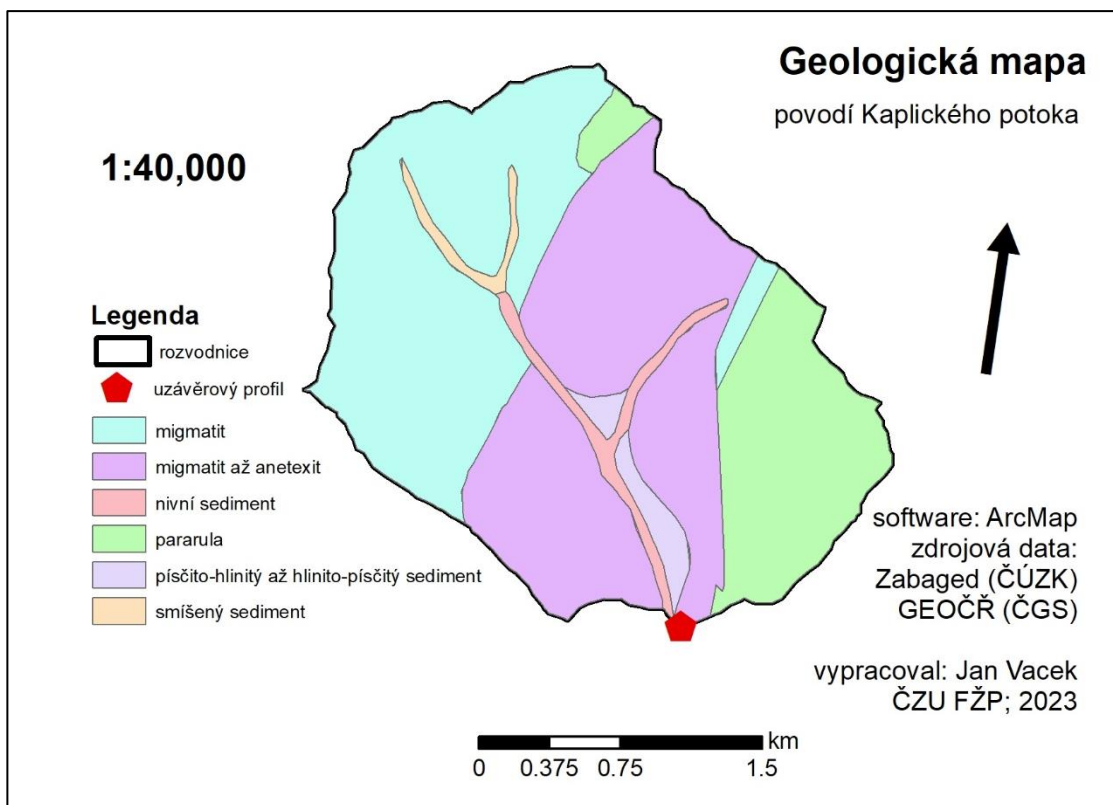
7.2.3. Mapa půd



obr. 13: půdní mapa Kaplického potoka (ArcMap)

Z pedologické mapy můžeme pozorovat, že v povodí převažují organominerální půdy. Konkrétně Podzol a kryptopodzol. Pouze v malých ložiscích by jsme našli ranket a ve spodní části toku Kaplického potoka glej.

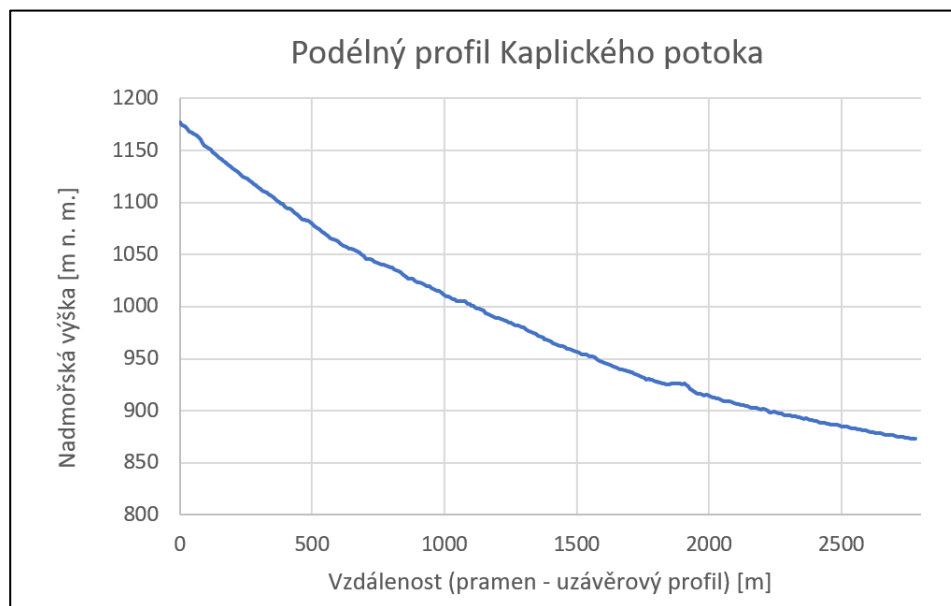
7.2.4. Geologická mapa



obr. 14: geologická mapa povodí Kaplického potoka

Z geologické mapy povodí Kaplického potoka je zřejmé, že zde převažují nepropustné horniny. Pouze v oblasti hlavního toku a dvou jeho přítoků se nacházejí propustné sedimenty.

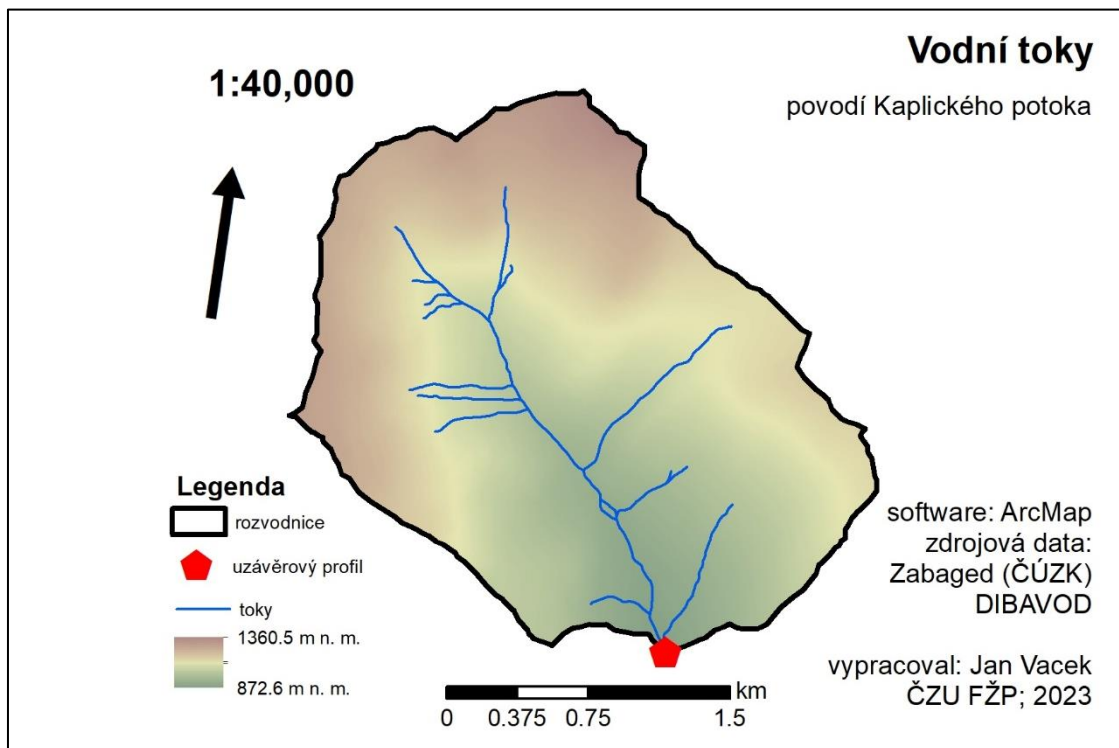
7.2.5. Podélný profil Kaplického potoka



obr. 15: podélný profil Kaplického potoka (ArcMap a Excel)

Z podélného profilu krásně vidíme, že sklon toku se směrem od pramene postupně snižuje. Na podélném profilu můžeme rozeznat i Boubínské jezírko (rovná plocha před staničením 2000 m).

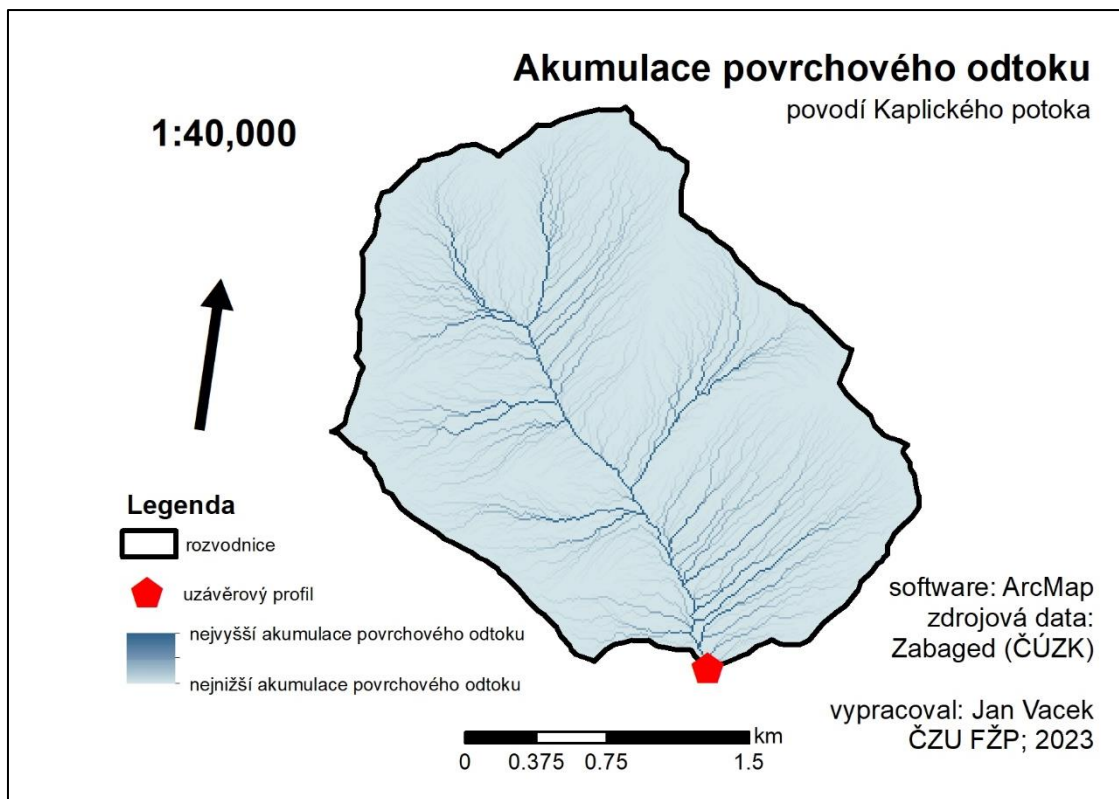
7.2.6. Uspořádání říční sítě



obr. 16: vodní toky v povodí Kaplického potoka (ArcMap)

V této vizualizaci je zobrazena říční síť v povodí Kaplického potoka, tak jak je zaznamenaná v databázi DIBAVOD. Je zde drobná nepřesnost. Oválná část, která se nachází ve spodní části toku, není rozdvojení toku ale Boubínské jezírko.

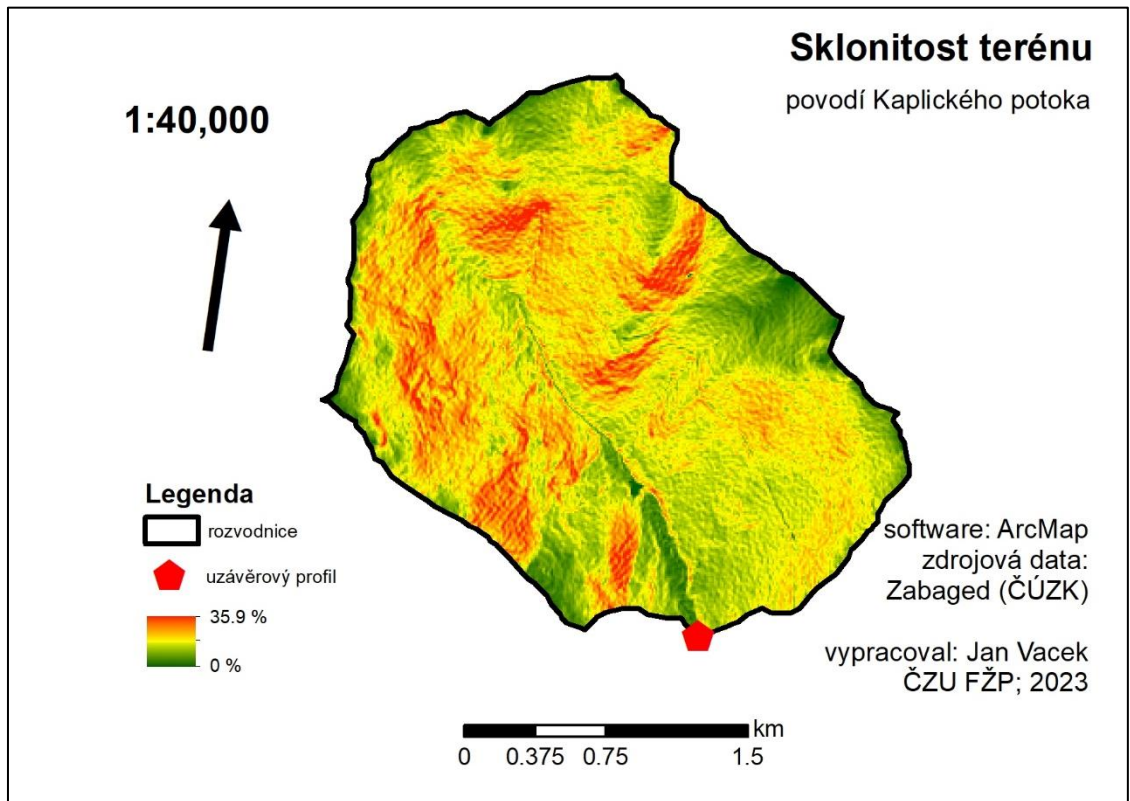
7.2.7. Soustředění povrchového odtoku



obr. 17: akumulace povrchového odtoku v povodí Kaplického potoka (ArcMap)

V této vizualizaci je zobrazena akumulace povrchového odtoku, kterou jsem vypracoval v programu ArcMap z digitálního modelu terénu. Nejedná se o vodní toky, ale místa, kde je například za větších srážek soustředěn povrchový odtok.

7.2.8. Sklonitost terénu

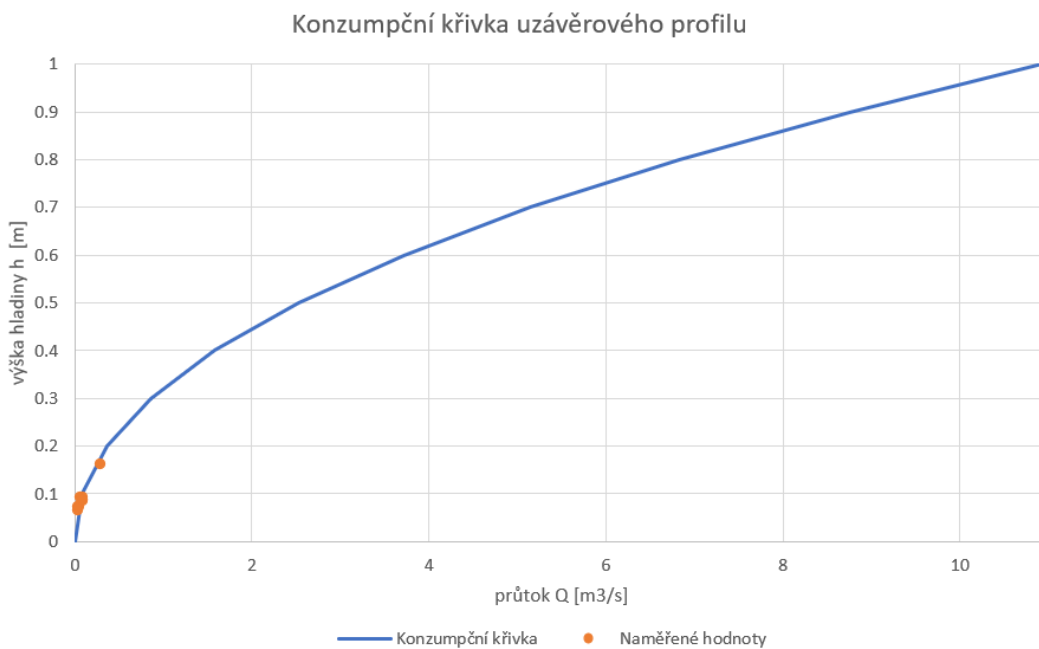


obr. 18: sklonitost terénu v povodí Kaplického potoka (ArcMap)

Zde je zobrazena sklonitost terénu v zájmovém území. Můžeme vidět, že se zde nachází jak prudké svahy (maximální sklon 35.9 %) tak méně strmé části.

7.3. Hydrometrie

7.4. Konzumpční křivka



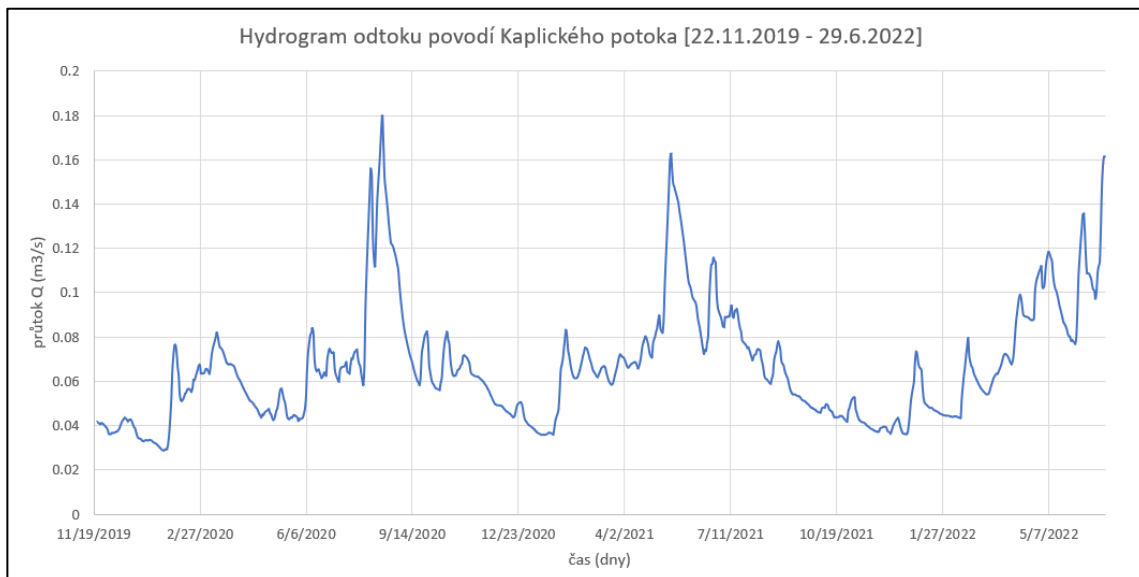
obr. 19: konzumpční křivka uzávěrového profilu (Excel a VÚV T. G. M.)

Z křivky lze poznat, že se jedná o obdélkový profil. Poté co se hladina zvedne nad drobné kameny a nerovnosti, které se nacházejí ve dně (cca 0,2 m), roste křivka téměř lineárně, protože se koryto nerozšiřuje. Důvodem, proč křivka není úplně lineární, je zvyšování rychlosti při větších průtocích a tím pádem dojde i k nárůstu průtoku.

Datum měření	Q [m3/s]	h [m]
11/19/2019	0.0285	0.073
12/5/2019	0.0258	0.066
2/18/2020	0.059	0.093
3/20/2020	0.0825	0.095
5/25/2020	0.0475	0.073
9/18/2020	0.0819	0.086
6/21/2021	0.0805	0.09
8/23/2021	0.085	0.089
6/29/2022	0.2853	0.162

tab. 4: tabulka měřených průtoků (VÚV T. G. M.)

7.4.1. Hydrogram odtoku



obr. 20: hydrogram odtoku povodí Kaplického potoka (Excel a VÚV T. G. M.)

Z hydrogramu lze pozorovat zvýšený vodní stav v srpnu 2020, v květnu 2021 a v červnu roku 2022. Jelikož se ve všech těchto případech pohyboval teplota již delší dobu nad bodem mrazu, jednalo se o deštivější období, nikoli o tání sněhu. Tání sněhu můžeme vidět v březnu či dubnu, kdy se průtok prudce zvedá.

7.4.2. Odtokový součinitel

Odtokový součinitel jsem se rozhodl počítat pro hydrologický rok 2021 (1.11.2020 – 31.10.2021). Nejdříve jsem si vypočetl výšku odtoku a výšku srážkového úhrnu pro povodí. K tomu jsem využil rovnice 15. a 16. Výška ročního odtoku mi vyšla 218,4 mm a výška ročního úhrnu srážek 990,2 mm. Následně jsem tyto hodnoty dosadil do rovnice pro výpočet odtokového součinitele (rovnice 14). Odtokový součinitel mi vyšel 0.22.

8. Diskuse

Co se týče hydrologických charakteristik povodí Kaplického potoka, odpovídají charakteru horského toku v přirozeném prostředí. Povodí má dobré předpoklady pro zmírňování dopadů nárazových dešťů. Tyto schopnosti má také díky bezzásahovosti, která v části povodí platí. Díky ní je zde velmi dobře vyvinutá biodiverzita, která má také velký vliv na povrchový odtok.

Konzumpční křivka dosahuje ověřené přesnosti za nižších vodních stavů, které byly hydrometrováním změřeny. I při vyšších vodních stavech lze předpokládat nízkou chybovost vzhledem k pravidelnému obdélníkovému profilu toku v pozorovaném úseku. Pro zpřesnění této měrné křivky by bylo ideální doměřit pár větších průtoků. Ovšem jelikož se jedná o malé povodí, je zde těžké vyšší průtoky zachytit. Protože doba povrchového odtoku je krátká.

Vzhledem k tomu že se jedná o velmi malé povodí, nejsou zde zatím vypracovány žádné hydrologické charakteristiky. Konzumpční křivka na daném profilu také ještě nebyla zpracována, nemohu ji tedy porovnat.

Výsledný odtokový součinitel má hodnotu 0.22. (Excel) Ten je například v porovnání s odtokovým součinitelem povodí Teplé Vltavy velmi malý. Pro povodí Teplé Vltavy má hodnotu 0.52. (Excel a ČHMÚ, 2023)

Právě na odtokovém součiniteli je možné vidět dopady pralesního charakteru povodí. Ukazuje, že povodí i přes vyšší sklonitost, má větší schopnost absorbovat vodu a snížit tak povrchový odtok.

9. Závěr a přínos práce

Pro vytvoření hydrologických charakteristik jsem využil již existující data. Za pomoci programu ArcMap jsem je následně zpracoval a upravil, abych zjistil charakteristiky pouze pro mé zájmové území. Začal jsem vytvořením digitálního modelu terénu z dat ZABAGED 5G, které jsem dostal propůjčené od ČÚZK. Z digitálního modelu terénu jsem získal rozvodnici, kterou jsem použil pro úpravu všech vstupních dat. Z nich jsem mohl vyhotovit souhrnnou tabulku hydrologických charakteristik.

V druhé části práce jsem se zabýval hydrometrií. Konkrétně měřením průtoků a vypracováním měrné křivky. Na základě dat získaných při hydrometrování jsem mohl vypracovat konzumpční křivku pro uzávěrový profil. Následně jsem díky měrné křivce mohl data z hladinoměru, který se nachází v uzávěrovém profilu, převést na průtoky. Z těch jsem poté sestavil hydrogram odtoku.

Hlavním přínosem této práce je zpracování již existujících dat. Jedná se především o přenesení dat do kartogramů a grafů. Díky takto zpracovaným datům můžeme získat lepší představu o hydrologickém chodu povodí. Případně lépe analyzovat možné problémy.

Informace zjištěné při tvorbě této práce budou užitečné, jelikož pro oblast NPR Boubínský prales nebyly tyto charakteristiky doposud stanoveny. Díky stanovení měrné křivky lze nyní na základě měření výšky hladiny odvozovat objemový odtok vody z povodí a tyto informace využívat k dalšímu posuzování hydrologických charakteristik tohoto, v rámci ČR, jedinečného, území. Potenciál dat, zpracovaných při tvorbě této práce, zvyšuje fakt, že jsou vedeny debaty o zavedení bezzásahovosti v téměř celém zájmovém území, s cílem dosažení pralesního charakteru lesa na celém území NPR Boubínský prales. V poslední době je oblast také předmětem debat z hlediska probíhající kůrovcové kalamity a možnostmi těžby na území NPR.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, ©2022: Souhrnný přehled (online) [cit.2022.12.20], dostupné z <<https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/sumarizace/index.php?frame>>
- ALA, Manometrický hladinoměr ALA typ 4020. ALA, Bučovice, 3s
- Bezouška, P., Soukup, P., Hofman, J., Škorňa, J., Smrčka, Z., Rebcová, M., Hurt, M., Novák, V., Morávek, P., Šofr, R., Marek, M., ©2020: Boubínský prales na odstřel [reportáž] (online) [cit.2023.01.19], dostupné z <<https://www.ceskatelevize.cz/porady/1095913550-nedej-se/220562248410023/>>.
- Black P. E., 1996: Watershed hydrology second edition. CRC Press LLC, New York, 449 s. ISBN 1-57504-027-1.
- Blažek, J., 2015: Hydrologická studie povodí vodního toku Borovský potok. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 55 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.
- Český hydrometeorologický ústav, ©2021: Územní teploty v roce 2021 (online) [cit. 2023.02.20], dostupné z <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>>.
- Český hydrometeorologický ústav, ©2023: HPPS EVListy (online) [cit. 2023.02.20], dostupné z <<https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/>>.
- Dignan S. L., 2008: Physical Hydrology second edition. Waveland Press, Inc, Long Grove, 660 s. ISBN 978-1-57766-561-8.
- Fakta o klimatu, ©2021: Vývoj světové teplotní anomálie (online) [cit.2023.03.20], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplotni-anomalie>>.
- FŽP, 2020: Způsoby měření a vyhodnocování průtoků. FŽP ČZU, Praha, 39 s.
- Hofmeister, J., kolektiv autorů, ©2021: Ochrana biodiverzity horských smrčín za kůrovcové kalamity – lišejníky v NPR Boubínský prales Šumava (online)

- [cit.2023.02.22], dostupné z <<https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/ochrana-biodiverzity-horskych-smrcin-za-kurovcove.pdf>>.
- Hort, L., Vrška, T., ©2015: Návrh na ustálení terminologie (online) [cit. 2022.12.20], dostupné z <<https://pralesy.cz/databanka-terminologie-navrh>>.
 - Hrádek F., Kuřík P., 2008: Hydrologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 230 s., ISBN 978-80-213-1744-4.
 - Hubený, P., Řezník, L., ©2008: Národní přírodní rezervace Boubínský prales (online) [cit.2023.02.22], dostupné z <<http://prosilvabohemica.cz/wp-content/uploads/2017/12/2008-LP-7-Boubin-Reznik-Hubeny.pdf>>.
 - Huber, R., Almer, P., ©1992: Ostrovy zapomenutého klidu [dokument] (online) [cit.2022.12.20], dostupné z <<https://www.ceskatelevize.cz/porady/888008ostrovy-zapomenuteho-klidu/49121410759/>>.
 - Kemel M., 1996: Klimatologie, meteorologie, hydrologie, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 292 s..
 - Langbein W. B., 1944: Topographic characteristics of drainage basins. United States government printing office, Washington.
 - Musy A., Picouet C., Hingray B., 2014: Hydrology: A science for Engineers. CRC Press, Boca Raton 572 s.
 - NP Šumava, ©2018: 55 let CHKO Šumava (online) [cit.2023.02.22], dostupné z <<https://www.npsumava.cz/wp-content/uploads/2019/08/sumava-zvl-pril-2018.pdf>>.
 - Pavelková R., Frajer J., 2013: Základy fyzické geografie 1 – hydrologie, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. 141 s., ISBN 9788024438436.
 - Pokorná D., Zábranská J., 2008: Hydrologie a hydropedologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha, 218 s., ISBN 978-80-7080-707-1.
 - Quit, E., 1971: Klimatické oblasti Československa, Studia Geographica, Brno.

- Ruda A., 2014: Klimatologie a hydrologie pro učitele, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Brno, 257 s..
- Starý M., 2005: Hydrologie modul 02, Vysoké učení technické v Brně fakulta Stavební, Brno, 156 s..
- Trimble W. S., Ward A. D., 2004: Enviromental Hydrlogy second edition. Lewis Publishers, United States of America, ISBN 1-556670-616-5.
- Trusina, J., 2006: Potenciální hydrologická rizika v povodí Olšavy. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno. 88 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. IS MUNI v Brně.
- Vlček, L., Šípek, V., Kofroňová, J., Kocum, J., Doležal, T., Janský, B., 2021: Runoff Formation in a Catchment with Peat Bog and Podzol Hillslopes (online) [cit. 2023.02.20], dostupné z <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125633>>.

10.1. Použitá data

Česká geologická služba

- Geologická mapa České republiky 1: 50 000 (GEOČR50)
- Půdní mapa 1: 50 000

Český úřad zeměměřičský a katastrální

- ZABAGED® - Výškopis – DMR 5G. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
- Prohlížečící služba WMS – Podkladová vektorová mapa ČR
- Prohlížečící služba WMS – Ortofoto

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

- Data z hladinoměru ALA na uzávěrovém profilu
- Manuálně naměřené průtoky na uzávěrovém profilu
- Data ze stanice na Idině Pile

- Data ze stanice Basum
- A07 – hydrologické členění – povodí IV. Řádu
- A02 – vodní tok (jemné úseky)

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

- Maloplošná zvláště chráněná území

10.2. Programové vybavení

ArcMap

Microsoft Excel

Microsoft Word

11. Přílohy

Příloha č. 1 – seznam obrázků

obr. 1: přehledová mapa okolí Boubínského pralesa (ArcMap)	8
obr. 2: mapa umístění povodí Kaplického potoka v rámci ČR (ČZÚK)	12
obr. 3: graf měsíčního srážkového úhrnu v povodí Kaplického potoka (VÚV T. G. M.)	17
obr. 4: graf průměrných měsíčních teplot na Idině pile (VÚV T. G. M.)	18
obr. 5: graf zastoupení jednotlivých hornin v povodí Kaplického potoka (GEOČR50)..	20
obr. 6: uspořádání ř. sítě; a – vějířovité, b – stromkovité (Pokorná a Zábranská, 2008) .	28
obr. 7: odtoková vlna různých tvarů povodí (Pokorná a Zábranská, 2008)	28
obr. 8: schematizace tvaru povodí (Hádek a Kuřík, 2008)	30
obr. 9: ukázka probíhajícího měření (Martin Vokoun, 2023)	33
obr. 10: lať, přístroj FlowTracker 2 a hladinoměr ALA typ 4020 (Jan Vacek, 2023)	34
obr. 11: digitální model terénu povodí Kaplického potoka (ArcMap)	40
obr. 12: orientace svahů v povodí Kaplického potoka (ArcMap)	41
obr. 13: půdní mapa Kaplického potoka (ArcMap)	42
obr. 14: geologická mapa povodí Kaplického potoka	43
obr. 15: podélný profil Kaplického potoka (ArcMap a Excel)	44
obr. 16: vodní toky v povodí Kaplického potoka (ArcMap)	45
obr. 17: akumulace povrchového odtoku v povodí Kaplického potoka (ArcMap)	46
obr. 18: sklonitost terénu v povodí Kaplického potoka (ArcMap)	47
obr. 19: konzumpční křivka uzávěrového profilu (Excel a VÚV T. G. M.)	48
obr. 20: hydrogram odtoku povodí Kaplického potoka (Excel a VÚV T. G. M.)	49

Příloha č. 2 – seznam použitých rovnic

rovnice 1: výpočet průměrné nadmořské výšky povodí H_p	15
rovnice 2: výpočet stupně vývoje vodního toku K	26
rovnice 3: výpočet průměrného sklonu toku I_t	26
rovnice 4: výpočet hustoty říční sítě h_{rs}	27
rovnice 5: výpočet koeficientu tvaru povodí α	29
rovnice 6: výpočet střední šířky povodí B	29
rovnice 7: obecný výpočet koeficientu tvaru povodí α	29
rovnice 8: výpočet součinitele asymetrie povodí a	31
rovnice 9: výpočet lesnatosti povodí K_1	31
rovnice 10: výpočet průtoku Q	32
rovnice 11: rovnice měrné křivky	35
rovnice 12: zlogaritmovaná obecná rovnice měrné křivky	35
rovnice 13: rovnice lineární přímkou	36
rovnice 14: výpočet odtokového součinitele φ	36
rovnice 15: výpočet výšky odtoku H_0	37
rovnice 16: výpočet srážkového úhrnu P	38

Příloha č. 3 – seznam použitých tabulek

tab. 1: procentuální zastoupení orientace svahů (ArcMap).....	16
tab. 2: tvary povodí dle součinitele tvaru povodí α (Hádek a Kuřík, 2008).....	30
tab. 3: souhrnná tabulka charakteristik (Excel a ArcMap).....	39
tab. 4: tabulka měřených průtoků (VÚV T. G. M.)	48