

Bakalářská práce

Hodnocení hydrologického sucha ve vybraných povodích Libereckého kraje

Studijní program:

B0114A300070 Zeměpis se zaměřením na vzdělávání

Studijní obory:

Zeměpis se zaměřením na vzdělávání
Přírodopis se zaměřením na vzdělávání

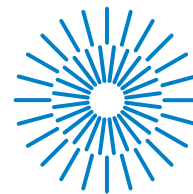
Autor práce:

Narine Avetisjan

Vedoucí práce:

RNDr. Tomáš Vitvar, Ph.D.
Katedra geografie

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Hodnocení hydrologického sucha ve vybraných povodích Libereckého kraje

<i>Jméno a příjmení:</i>	Narine Avetisjan
<i>Osobní číslo:</i>	P20000683
<i>Studijní program:</i>	B0114A300070 Zeměpis se zaměřením na vzdělávání
<i>Specializace:</i>	Zeměpis se zaměřením na vzdělávání Přírodopis se zaměřením na vzdělávání
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra geografie
<i>Akademický rok:</i>	2021/2022

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení hydrologického sucha ve třech vybraných povodích v Libereckém kraji – Nisa, Kamenice, Ploučnice.

Dílní kroky jsou:

- Provést analýzu hydrologického sucha v Libereckém kraji za posledních 10 let.
- Na základě analýzy dat a geografických poměrů vybraných povodí identifikovat příčiny hydrologického sucha.
- Navrhnout výukové metody na téma zmírnění následků sucha včetně terénní výuky.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická

Jazyk práce:

čeština

Seznam odborné literatury:

PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a Jindřich FRAJER. Základy fyzické geografie 1: Hydrologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3843-6.

RUDA, Aleš. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2014. Elportál. ISSN 1802-128X.

Denní data dle zákona 123/1998 Sb. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. Česká republika [cit. 2022-06-28]. Dostupné z:

https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb

ROBINSON, Mark a Roy WARD. Hydrology: Principles and processes. London: IWA Publishing, 2017. ISBN 9781780407296.

Vedoucí práce:

RNDr. Tomáš Vitvar, Ph.D.

Katedra geografie

Datum zadání práce:

9. června 2022

Předpokládaný termín odevzdání: 28. dubna 2023

L.S.

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.
děkan

doc. RNDr. Kamil Zágorský, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. června 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Hodnocení hydrologického sucha ve vybraných povodích Libereckého kraje

Abstrakt

V poslední dekádě, zejména od roku 2015, bývá území České republiky postihováno obdobími sucha. Vyprahlá krajina je náchylná k rychlému šíření lesních požárů, rostlinné i živočišné druhy trpí. Klimatická změna totiž neoddiskutovatelně postupuje kupředu a postupně přetváří nejen naši krajinu ale i způsob jakým žijeme. Tato bakalářská práce má za cíl objektivními způsoby prezentovat stav významných povodí libereckého kraje a to řek Ploučnice, Kamenice a Lužická Nisa. Z analyzovaných hydrologických dat jsou pak odvozeny základní příčinné faktory. Závěr práce se na základě získaných poznatků věnuje návrhu opatření pro prevenci a zmírnění následků suchých period spolu s návrhem výukového rámce pro žáky základních škol.

Klíčová slova: hydrologie, povodí, průtok, sucho, retence

Abstract

Since the last decade, particularly since 2015, the territory of the Czech Republic has been affected by periods of drought. The arid landscape is prone to the rapid spread of forest fires, the plant and animal species suffer. Climate change is undeniably advancing and gradually transforming not only our landscape but also the way we live. This bachelor's thesis aims to present the state of significant river basins of the Liberec region, namely the Ploučnice, Kamenice and Lužická Nisa rivers. The basic causal factors are then derived from the analysed hydrological data. Based on the obtained findings, the thesis concludes with a proposal of measures for prevention and mitigation of the consequences of dry periods along with a proposal for an educational framework for teaching elementary school students.

Keywords: hydrology, river basin, river flow, drought, retention

Poděkování

Ráda bych vyjádřila svou vděčnost RNDr. Tomáši Vitvarovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, podporu a cenné rady během tvorby této práce. Děkuji také své rodině za podporu a trpělivost během mého studia. Bez jejich povzbuzení a pochopení bych tuto práci i studium tak snadno nezvládla.

Obsah

Seznam zkratek	8
1 Teoretický základ	9
1.1 Druhy sucha	9
1.1.1 Meteorologické sucho	9
1.1.2 Hydrologické sucho	11
1.1.3 Zemědělské sucho	12
1.1.4 Socioekonomické sucho	14
1.2 Hydrologické poměry Libereckého kraje	14
1.2.1 Vodoměrné stanice	15
2 Analýza hydrologického sucha ve vybraných povodích Libereckého kraje	16
2.1 Metodika	16
2.2 Výsledky	17
2.2.1 Ploučnice	17
2.2.2 Kamenice	23
2.2.3 Lužická Nisa	29
3 Diskuze výsledků	34
4 Metody a plány při boji se suchem	37
4.1 Plán pro zvládnání sucha	37
4.2 Prevence sucha	38
4.2.1 Opatření v krajině	39
4.2.2 Opatření ve městech a obcích	40
5 Výukové metody na zmírnění následků sucha včetně terénní výuky	41
5.1 Teoretická výuka	41
5.2 Praktická terénní výuka	41
5.3 Projekty a semináře	42
6 Závěr	46
Použitá literatura	48

Seznam symbolů a zkratek

%	Procento
°C	Stupeň Celsia
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
FP	Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická Technické univerzity v Liberci
ISVS	Informační systém veřejné správy
km²	Kilometr čtvereční
m³/s	Metr krychlový za sekundu
m n.m.	Metrů nad mořem
SPEI	Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
Q	Průtok (vodního toku)

1 Teoretický základ

Sucho je považováno za drsný přírodní fenomén, který představuje hrozbu nejen pro přirozené prostředí, ale i různé ekosystémy či ekonomické a sociální sektory. V literatuře je možné najít nespočet definic sucha, žádná jedna konkrétní však ve světě není obecně používaná. Jedním ze způsobů, jak sucho definovat, je jako zápornou odchylku vodní bilance od klimatického normálu v určité oblasti za daný časový interval (Brázdil a Trnka 2015). Z této definice je zřejmé, že sucho je zapříčiněno nedostatkem srážek během určité doby, zatímco vyšší teplota vzduchu, nízká relativní vlhkost vzduchu nebo intenzivnější proudění či sluneční záření zvyšují ztráty vody evapotranspirací (He et al. 2022). Tyto jevy mohou značným způsobem přispět k prohlubování důsledků sucha. Zmíněná definice však nebere v úvahu zásobu vody v půdě, její aktuální potřebu a její správu. Právě toto různorodé geografické a časové rozložení a poptávka po zásobování vodou ze strany lidských systémů ztěžují vytvoření obecné definice sucha (Heim 2002).

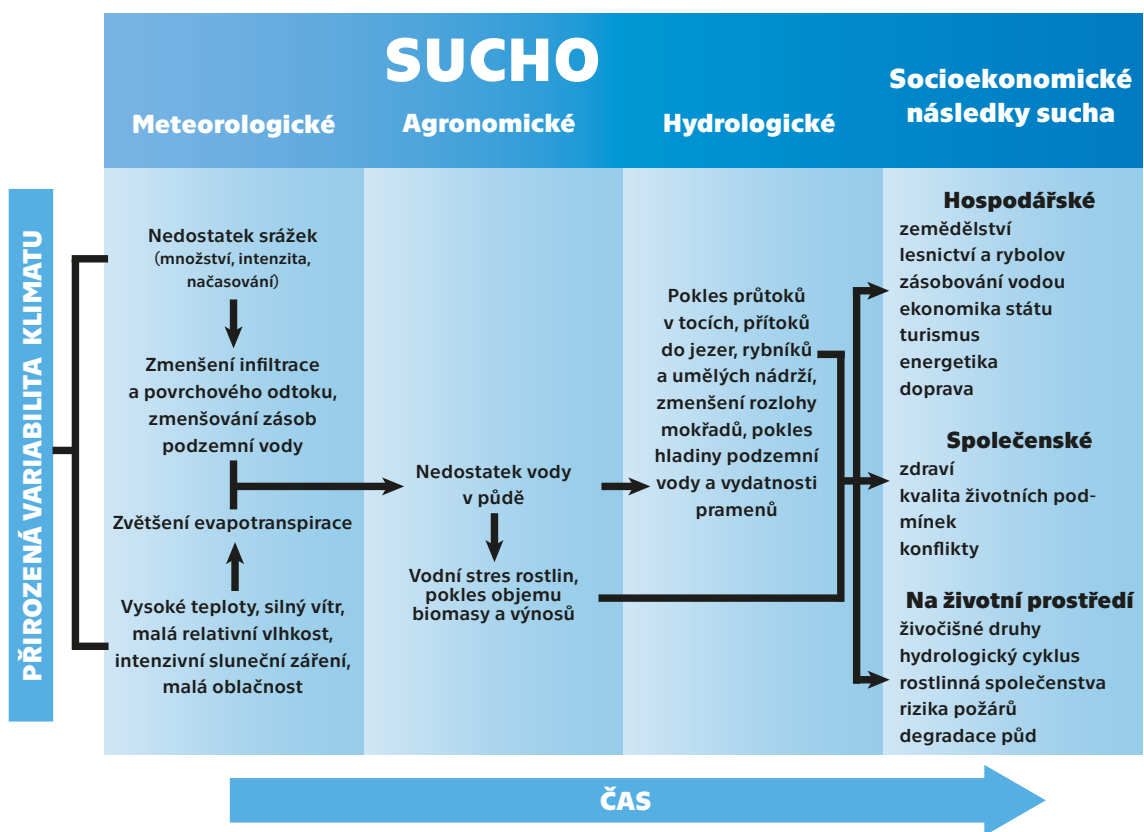
1.1 Druhy sucha

Sucho je možné dělit do čtyř kategorií, a to meteorologické, zemědělské, hydrologické a socioekonomické sucho (Wilhite a Glantz 2009). Následující podkapitoly se zabývají definováním jednotlivých druhů such. Obrázek 1.1 shrnuje jednotlivé kategorie.

1.1.1 Meteorologické sucho

Meteorologické definice sucha patří mezi nejrozšířenější. Je dáno indikátory založenými na meteorologických veličinách, nejčastěji časovými a prostorovými srážkovými poměry (Brázdil a Trnka 2015). Jedná se tedy zejména o množství a intenzitu spadlých srážek, které jsou vztažené k dlouhodobým srážkovým normálům pro určité místo a roční dobu. Meteorologické sucho však může být ovlivněno či zapříčiněno i mnoha jinými faktory, například sluneční záření, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru či výpar (Rožnovský 2014).

Meteorologické sucho bývá hodnoceno na základě indexu SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index). Ten zohledňuje bilanci mezi srážkovým úhrnem a evapotranspirací. Při výpočtu indexu se vychází z hodnot srážkových úhrnů a potenciální evapotranspirace za posledních 6 týdnů (Vizina et al. 2019). Identifikace meteorologického sucha na základě daných indikátorů pak napomáhá předcházet nástupu dalších druhů sucha (Brázdil a Trnka 2015).

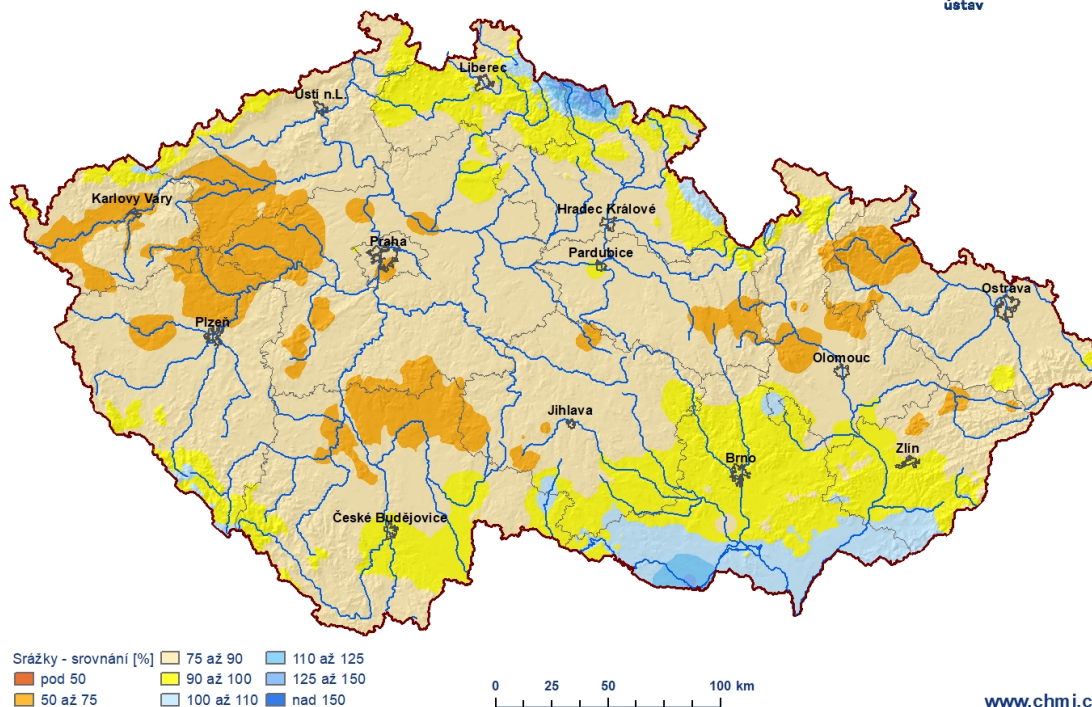


Obrázek 1.1: Shrnutí druhů sucha (Němec et al. 2006).

Na obrázku 1.2 je jako příklad uvedeno srovnání úhrnu srážek v porovnání s dlouhodobým průměrem na území České republiky. V období od začátku ledna 2023 do první třetiny července je možné sledovat výskyt podprůměrných srážek. Značný nedostatek srážek (50–75 % normálu) je indikován například i v místech srážkového stínu na Žatecku a Lounsku, kde jsou průměrné srážky už tak samy o sobě typicky nízké.

Srovnání úhrnu srážek za období od 1. 1. do 9. 7. 2023 s dlouhodobým průměrem 1991-2020

Český
hydrometeorologický
ústav



Obrázek 1.2: Srovnání úhrnu srážek za období od 1.1. do 9.7. 2023 s dlouhodobým průměrem 1991 až 2020 (Český hydrometeorologický ústav 2023c).

1.1.2 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek vody ve vodních tocích, nádržích či zvodněných vrstvách. Vznik hydrologického sucha je dále podmíněn i způsobem lidského užívání vody. (Brázdil a Trnka 2015; Soukalová a Muzikář 2015). Je tedy nutné na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením.

Hydrologické sucho je možné definovat pro povrchové toky daným počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců nebo roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým normálům (Rožnovský 2014). Aktuální hodnoty jsou zjišťovány na vodoměrných stanicích terénním měřením v potocích a odečtem ve vrtech a poté porovnány s dlouhodobým průměrem (Žalud et al. 2019).

Důležitou informací o možném vzniku nebo vývoji sucha je předpokládaný vývoj srážek, teplot a také informace o aktuálním množství vody v povodí (Vlnas et al. 2014).

Hydrologické sucho je možné monitorovat několika parametry. Jedním z nich je aktuální stav průtoků. U vodních toků je právě za sucho považována situace, kdy průtok klesne pod kritickou mez, kterou je hodnota 355 denního průtoků Q_{355} , to znamená průtok, který je na daném toku v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen po 355 dní v roce. Za stav sucha jsou tedy na konkrétních tocích označena přibližně 3 % nejméně vodných dní (Ruda 2014).

Mezi další parametry patří vyhodnocování vodnosti průtoků, úrovně hladiny mělkých a hlubokých vrtů či jejich stavů. Dále je možné využít informací o nasycení půdy z hlediska rizika vzniku potenciální rychlého odtoku z krajiny. Při výskytu sněhu je dále využíváno sledování množství vody ve sněhové pokrývce, protože na území ČR je tání sněhu zdrojem doplňování zásob vody v půdě a zásob podzemních vod (Český hydrometeorologický ústav 2023c; Netopil et al. 1984).

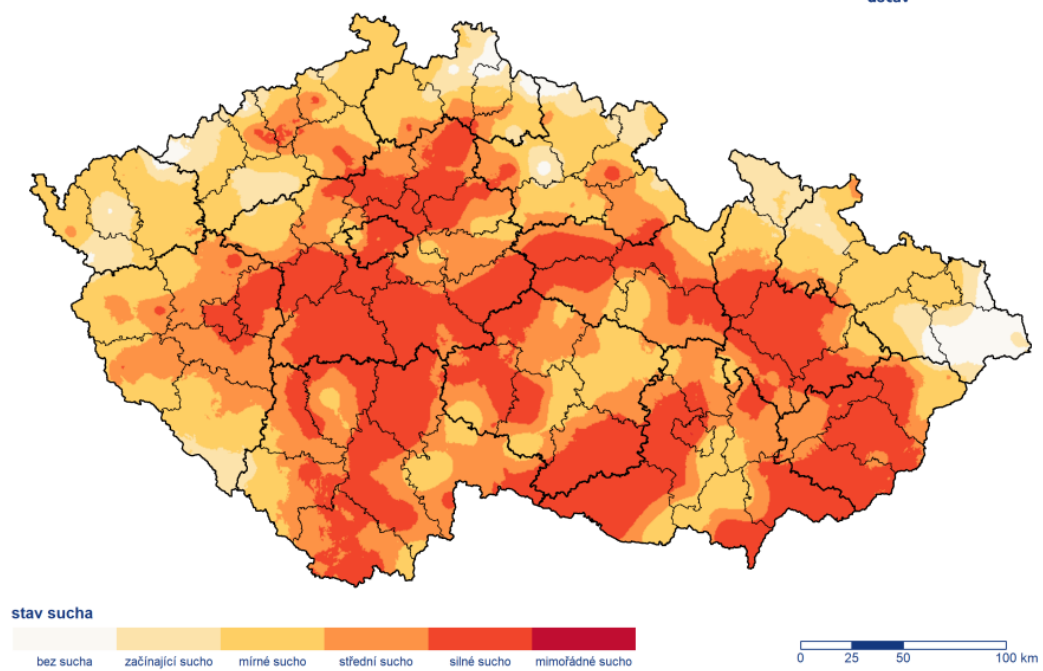
1.1.3 Zemědělské sucho

Zemědělské je vyjádřeno nedostatkem vody v půdě zejména pro růst rostlin a většinou trvá v rozsahu 6 až 9 měsíců (Brázdil a Trnka 2015). Účinky půdního sucha se mohou u jednotlivých druhů rostlin lišit. Mimoto záleží na vývojové fázi rostliny, nárocích na vodu během vývoje či na stáří rostliny. Důležitým faktorem pro vývoj rostlin je i vlhkost půdy. Ta závisí na množství, intenzitě a časovém rozložení srážek, na výparu a navíc ještě na vlastnostech půdy. Mezi další faktory patří i teplota půdy a teplota vzduchu (Český hydrometeorologický ústav 2023c).

Ukázka stavu půdního sucha na území České republiky na základě vláhové bilance půdy je zobrazena na obrázku 1.3. Výskyt oblastí se stavem silného sucha odpovídá dataci snímku, který je v době zpracovávání této práce aktuální. Na většině území ČR je na snímku indikován výskyt jisté míry sucha, což je zapříčiněno především podprůměrnými srážkami (v červencovém týdnu od 3.7. do 9.7. spadlo 20 % normálu srážek) a slunnými, teplými dny s vysokým výparem. Stavem silného sucha jsou již postiženy jak nížiny, tak horské oblasti.

Stav půdního sucha ke dni 09. 07. 2023

Český
hydrometeorologický
ústav



Obrázek 1.3: Stav půdního sucha ke dni 9.7. 2023 (Český hydrometeorologický ústav 2023c).

1.1.4 Socioekonomické sucho

Definice popisující socioekonomické sucho mohou také obsahovat vlastnosti meteorologického, zemědělského nebo hydrologického sucha (Wilhite a Glantz 2009). Většinou je socioekonomické sucho spojeno s dodávkou a poptávkou ekonomického zboží. Socioekonomické sucho tedy zahrnuje případy, kdy sucho začíná negativně ovlivňovat společnost, ekonomiku a jejich fungování. Identifikace socioekonomického sucha je založena na výskytu sucha, která jsou identifikovatelná v dokumentárních pramenech (příkladem mohou být nízké výnosy plodin, nízké průtoky na řekách nebo vysychající vodní toky, socioekonomické problémy) nebo v proxy datech, konkrétně jako úzké šířky letokruhů stromů vyznačující suchá období (Brázdil a Trnka 2015).

1.2 Hydrologické poměry Libereckého kraje

Liberecký kraj se rozkládá na severu České republiky s celkovou rozlohou 3163 km a zahrnuje okresy Česká Lípa, Jablonec nad Nisou, Liberec a Semily.

Liberecký kraj je možné zařadit do několika oblastí s typickými klimatickými charakteristikami. Důvodem je proměnlivá nadmořská výška, srážkový stín hraničních hor atd. Co se týče průměrné roční teploty pohybuje se okolo 6 °C a 8 °C. Nejnižší teploty je pak možné pozorovat na vrcholu Jizerských hor a Krkonoš, kde průměrné teploty klesají i pod 4 °C (Krajský úřad Libereckého kraje 2023b).

Srážky a charakter rozložení srážek se na území Libereckého kraje mění výrazněji ve směru sever-jih. Obecně lze říct, že severní část kraje je vlhčí než oblast Českolipska nebo Semilská. Suma srážek v Jizerských horách překračuje 1000 mm, přičemž v centrální části hor i 1400 mm. V jižní části kraje dosahují srážky průměrných hodnot České republiky (Krajský úřad Libereckého kraje 2023c).

Z hlediska zásob podzemní vody patří Liberecký kraj k nejbohatším v České republice. Na daném území jsou určeny tři chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV). Jedná se konkrétně o Severočeská křída, Jizerské hory a Krkonoše (Řeháková 2022). CHOPAV Jizerské hory a Krkonoše na sebe navazují a jsou podle území stejné jako chráněné krajinné oblasti. CHOPAV Jizerské hory obsahuje vodárenské nádrže Souš a Josefův důl. Ty zásobují pitnou vodou oblastní vodovod Liberec – Jablonec nad Nisou a pramení zde Jizera a Lužická Nisa (Krajský úřad Libereckého kraje 2023a). CHOPAV Severočeská křída zasahuje Českou Lípu části Liberce, Semil a okrajově i Jablonec nad Nisou (Řeháková 2022).

Územím Libereckého kraje prochází hlavní evropské rozvodí, které odděluje úmoří Severního moře (povodí Labe) a Baltu (povodí Odry). Rozvodí prochází hřebeny Lužických hor (Hvozdký hřbet), Ještědským hřbetem a Jizerskými horami (*Přehled významných vodotečí a vodních ploch 2023*; Řeháková 2022).

Nejvodnatější řekou na území je Jizera. Mezi přítoky patří Mohelka, Kamenice, Zizerka a Oleška. Mezi další významnou řeku patří Ploučnice s jejími přítoky Ještědským, Panenským potokem, Svitávkou a Robečským potokem. Důležitým tokem je i Lužická Nisa pramenící v jabloneckém okrese. Mezi její přítoky se řadí Černá Nisa a Jeřice. Frýdlantský výběžek je odvodňován říčkou Smědá, která pramení

v okolí Smědavy ve východní části Jizerských hor. Největší vodní toky na území Libereckého kraje jsou vyznačeny na obrázku 2.1.

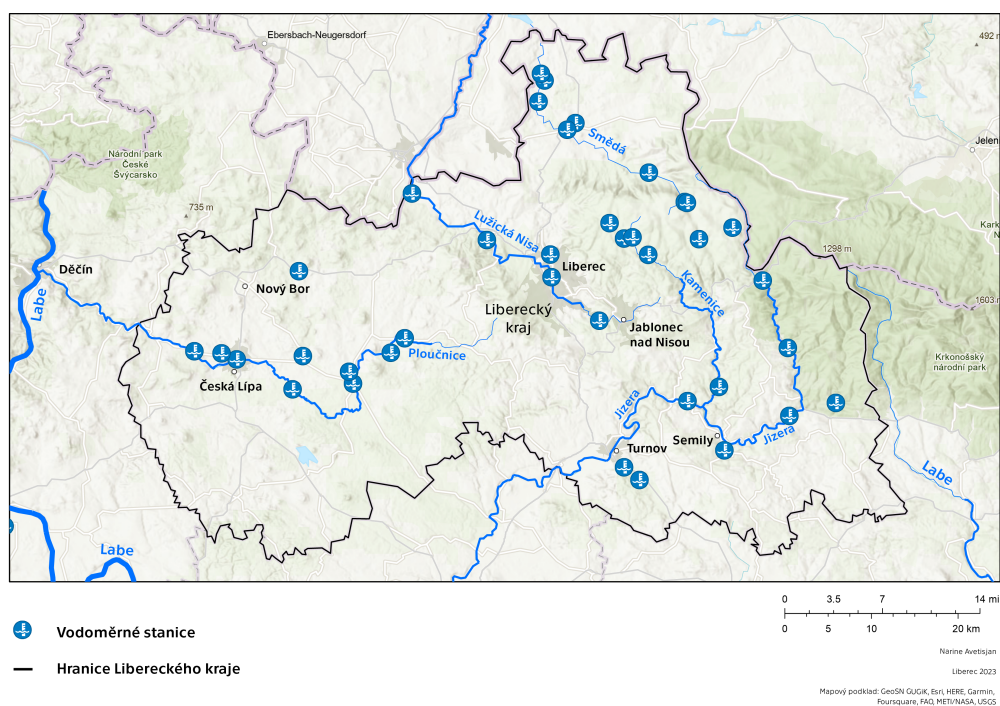
Na území Libereckého kraje se nachází několik údolních nádrží se zejména ochranným a vodárenským účelem. Jedná se o nádrže Bedřichov, Mšeno, Harcov, Mlýnice, Fotjka či již zmíněné Souš a Josefův Důl.

1.2.1 Vodoměrné stanice

Pro měření výšky vodní hladiny a jejímu přepočtu na průtok se využívají vodoměrné stanice. ČHMÚ ke dnešnímu dni na území ČR provozuje několik set takových stanic. Od roku 2004 se využívají telemetrické stanice typu M4016-G3. Využívá se na měření okamžitého a kumulovaného průtoku pro měření a sběr dat ve vodárenství, plynárenství či energetice (Fiedler 2017).

Monitorovací síť se každým rokem zhušťuje o zcela nově vybudované nebo o telemetrií nově vybavené stávající stanice. Kromě vodoměrných stanic byly dále instalovány limnigrafické stanice pro jednotlivé obce a města či výzkumné ústavy. Tyto stanice kromě měření a zaznamenávání výšky hladiny slouží také jako součást varovného protipovodňového systému (Fiedler 2023).

Mapa vodoměrných stanic v Libereckém kraji dle databáze vrstev Mapového portálu ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav 2023b) z webu ArcGIS je uvedena na obrázku 1.4.



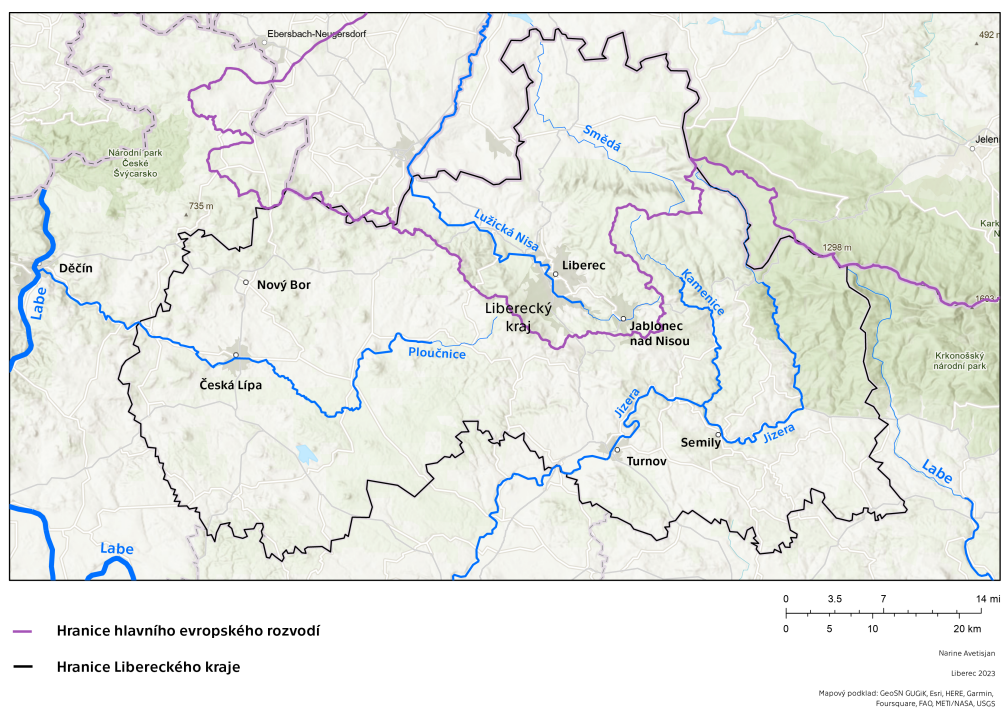
Obrázek 1.4: Vodoměrné stanice na území Libereckého kraje. Zdroj: vlastní, dle dat ČHMÚ

2 Analýza hydrologického sucha ve vybraných povodích Libereckého kraje

2.1 Metodika

V rámci této bakalářské práce jsou analyzována povodí tří řek, z nichž dvě, Ploučnice a Kamenice, náleží úmoří Severního moře a Nisa do rozvodí Baltského moře. Rozdělení na hranice evropských rozvodí jsou znázorněna na obrázku 2.1. V rámci těchto tří řek jsou v následujících sekcích zkoumány hydrologické údaje za posledních 10 let, tedy od roku 2012 do roku 2022.

Data pro analýzu pochází z databáze ČHMÚ ISVS – Evidence množství povrchových vod (Český hydrometeorologický ústav 2023a). Konkrétní hydrologické údaje, které jsou zjišťovány, jsou průměrné měsíční průtoky, průměrné denní průtoky a pro identifikaci suchých období pak určující hodnota Q_{355} .



Obrázek 2.1: Analyzované řeky. Zdroj: vlastní

2.2 Výsledky

2.2.1 Ploučnice

Ploučnice pramení a protéká severem České republiky a její povodí spadá z vodohospodářského hlediska pod státní podnik Povodí Ohře. Hlavní pramen Ploučnice se nachází u Osečné na jižním okraji obce Janův Důl. Na tomto místě vyvěrá několik dalších pramenů stékajících do Jenišovského rybníka. Někdy je jako pramen uváděn i pramen Horní Ploučnice. Ten se nachází na jihozápadním svahu Ještědu. Současná podoba obou míst je zobrazena na obrázku 2.2 a 2.3.



Obrázek 2.2: Hlavní pramen Ploučnice (Google Streetview 2023).



Obrázek 2.3: Horní pramen Ploučnice (Google Streetview 2023).

Mezi přítoky Ploučnice patří Ploužnický potok, Hradčanský potok, Merboltický potok, Valkeřický potok, Fojtovický potok, Robečský potok, Hamerská strouha, Dubnický potok, Ještědský potok, Svitávka, Panenský potok, Dobranovský potok, Šporka, Žizníkovský potok, Radečský potok, Valteřický potok, Bystrá a Vrbový potok.

Ploučnice nabývá významu jako význačný tok ústící do Labe jehož je pravým přítokem. Podílí se na splavnosti Labe a tudíž využití pro lodní nákladní dopravu. Řeka je též ceněna z hlediska ochrany životního prostředí. Jelikož její řečiště v horním toku vede bývalým vojenským prostorem, zůstala Ploučnice v tomto úseku téměř nedotčená bez jakýchkoli rušivých zásahů civilizace. Přírozeně meandrující řeka je tak místem života rozmanitých živočišných i rostlinných druhů a v poslední době i oblíbeným cílem vodáků (Krejbič 2014).

Na řece se nachází sedm vodoměrných stanic, a to Stráž pod Ralskem, Mimoň a Brenná, Česká Lípa, Stružnice, Benešov nad Ploučnicí a Děčín-Březiny. Výčet těchto stanic a informace o nich se nachází v tabulce 2.1.

Stanice	Identifikátor	Nadmořská výška	Plocha povodí	Obec
Stráž pod Ralskem	231000	292,61 m n.m.	120,00 km ²	Stráž pod Ralskem
Mimoň	232200	274,31 m n.m.	269,76 km ²	Mimoň
Brenná	233500	253,81 m n.m.	396,71 km ²	Zákupy
Česká Lípa	235000	244,31 m n.m.	623,94 km ²	Česká Lípa
Stružnice	238000	236,98 m n.m.	995,05 km ²	Stružnice
Benešov nad Ploučnicí	239000	189,01 m n.m.	1156,73 km ²	Benešov nad Ploučnicí
Děčín-Březiny	239500	145,98 m n.m.	1183,28 km ²	Děčín

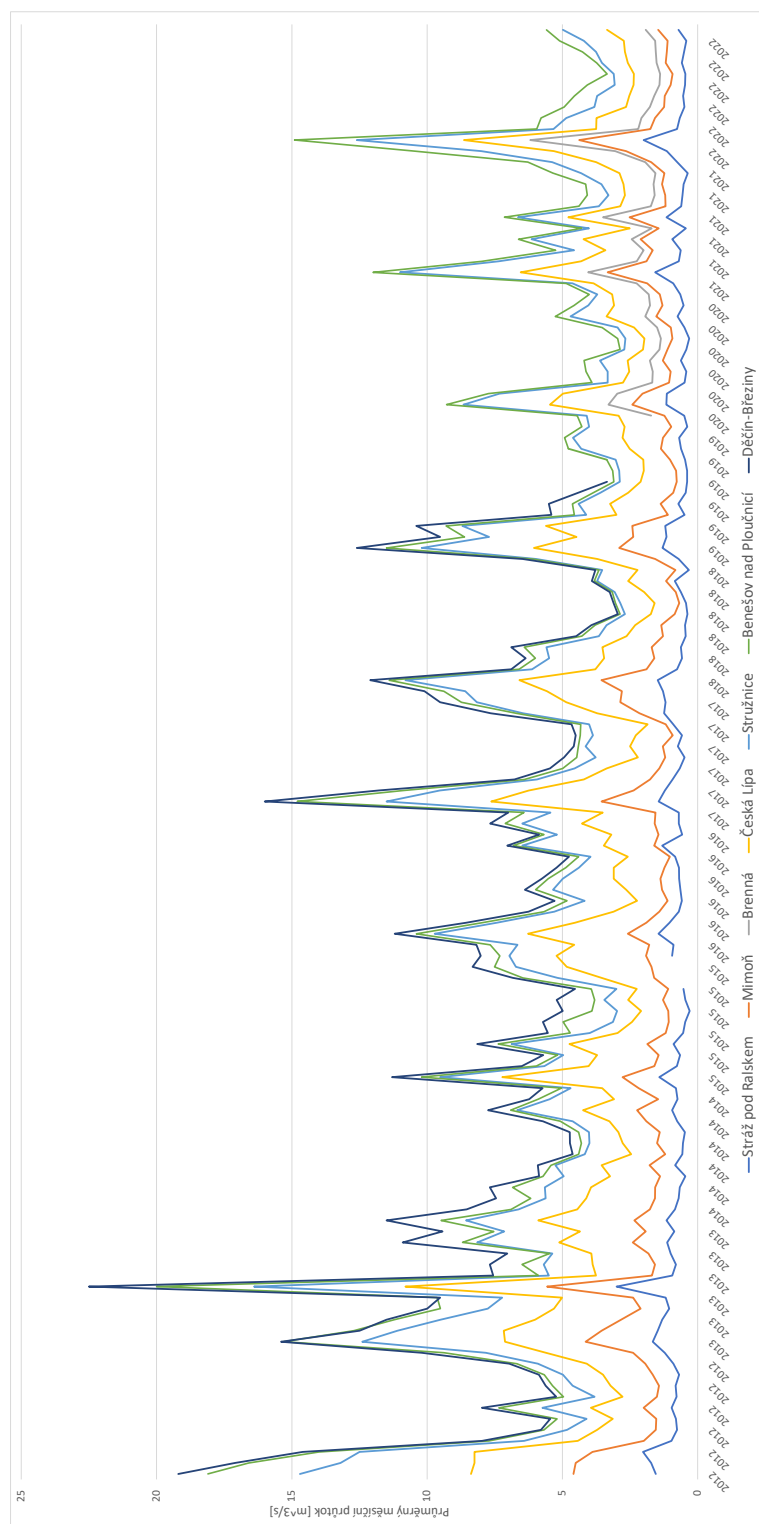
Tabulka 2.1: Vodoměrné stanice na řece Ploučnice (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

Na obrázku 2.4 jsou zobrazeny průměrné měsíční průtoky na jednotlivých stanicích za posledních deset let. Na stanici Děčín-Březiny byla data k dispozici pouze do roku 2019. Stanice Brenná zaznamenávala data až od roku 2020. Chybějící údaje na grafu jsou právě nezaznamenaná data ze zmíněných stanic. V grafu můžeme i bez analýzy číselných dat identifikovat suché epochy v období teplých měsíců léta. Na svém středním a dolním toku Ploučnice protéká nížinným krajem a je tak předpoklad i zvýšeného výparu přímo z vodního toku oproti horským tokům, které jsou méně exponované přímému slunečnímu záření a je tak udržována i nižší teplota v jejích okolí způsobená odstíněním lesním porostem.

Kromě průměrného měsíčního průtoky byly dále hodnoceny počty dnů s výskytem Q_{355} na daném profilu dle vodoměrných stanic. Hodnoty Q_{355} jsou zobrazeny v tabulce 2.2 a jsou určeny z hydrologických dat pro referenční období od roku 1991 do 2020. Hydrologické údaje pro vodoměrné stanice Brenná a Děčín-Březiny nejsou k dispozici v databázi ISVS, a proto v tabulce chybí.

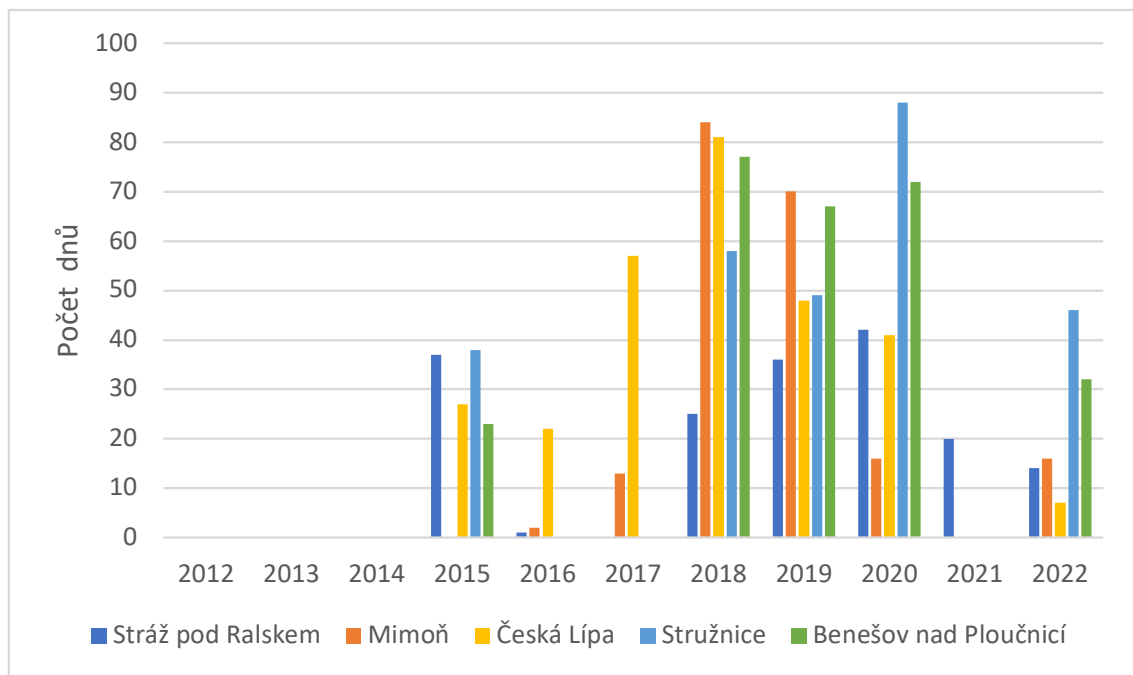
Stanice	Q_{355} (m ³ /s)
Stráž pod Ralskem	0,325
Mimoň	0,822
Česká Lípa	1,97
Stružnice	2,92
Benešov nad Ploučnicí	3,21

Tabulka 2.2: Hydrologické údaje řeky Ploučnice – Q_{355} . (Český hydrometeorologický ústav 2023a).



Obrázek 2.4: Průměrné měsíční průtoky na řece Ploučnice mezi lety 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Obrázek 2.5 zobrazuje právě počet dnů v určitém roce, kdy byl měřený průtok nižší, než hodnota Q_{355} pro danou vodoměrnou stanici. Jako hydrologická data byly na tento graf využity průměrné denní průtoky, které pak pro celé období musely být časově seřazeny pro každou stanici. V případě, že v nějakých časových úsecích chyběla data (v rámci jednotek dní), byla odhadnuta proložením. Poté byl zjištěn počet dnů v daném roce, kdy byl průtok nižší než daná hodnota Q_{355} . Do analýzy nebyly započítány vodoměrné stanice Brenná a Děčín-Březiny, jelikož referenční hydrologická data nebyla k dispozici.

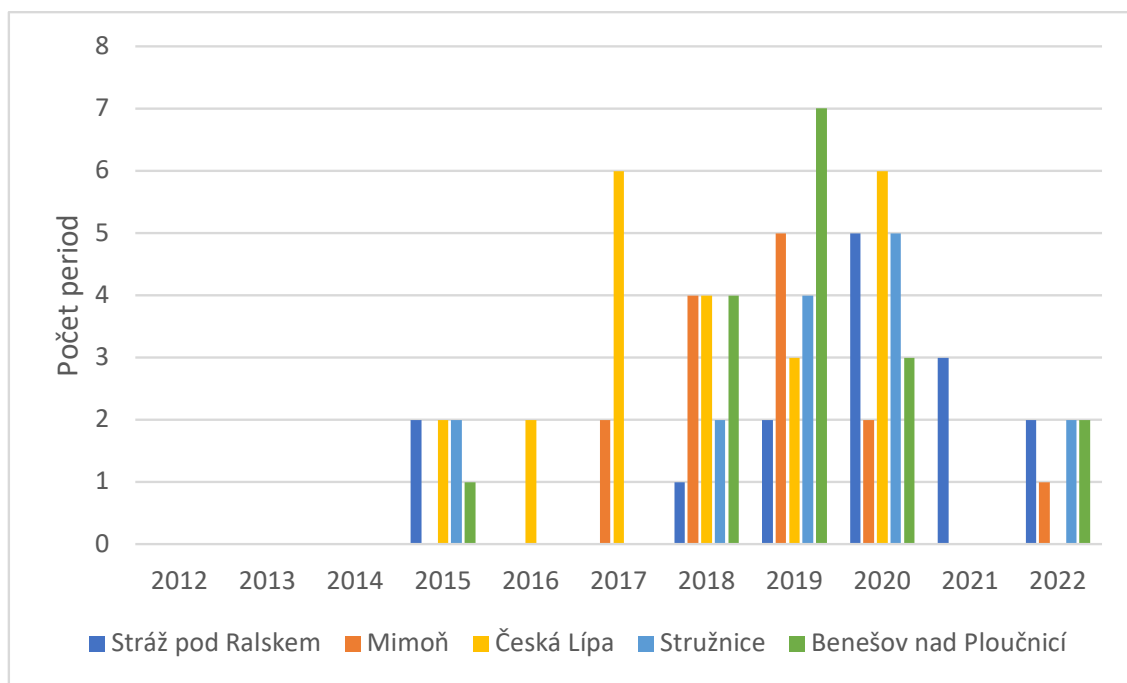


Obrázek 2.5: Počet dnů s výskytem průtoku nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Ploučnice. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Z grafu je patrné, že v prvních třech letech sledovaného období průtok na řece nedosahoval nízkých hodnot. Zlomový byl rok 2015, kdy se počet dnů s průměrným průtokem nižším než Q_{355} na jednotlivých stanicích pohyboval mezi 20–40 dny. Nejkritičtější se pak ukázaly roky 2018, 2019 a 2020. Tyto roky dosahovaly oproti roku 2015 dvojnásobných hodnot počtu suchých dní. Rok 2021 byl naopak s velmi nízkým výskytem dnů o průtoku menším než Q_{355} , přičemž nízké průtoky byly naměřeny pouze na jedné vodoměrné stanici, a to na Stráži pod Ralskem. Rok 2022 pak dosahuje obdobných hodnot jako rok 2015 s opětovným nástupem suchých period.

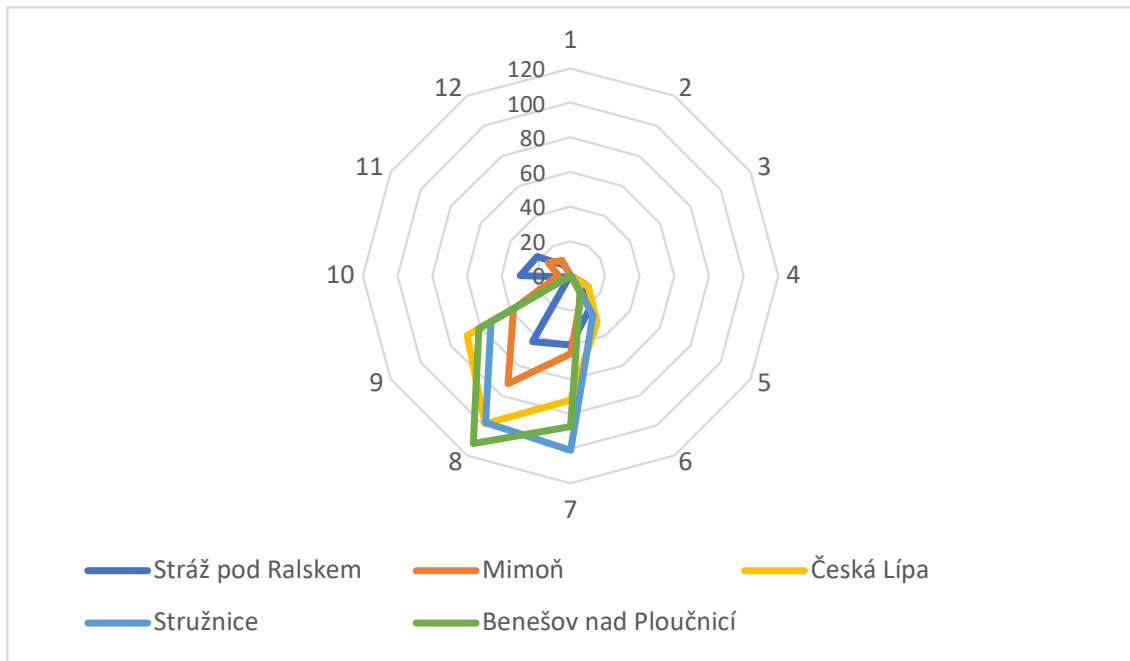
Pokud se na zdrojová data zjištěných podlimitních denních průměrných průtoků zaměříme z hlediska průběhu v čase, můžeme je seskupit do období (period), ve kterých byl průměrný denní průtok soustavně nižší než daná hodnota Q_{355} . Použitá prahová hodnota počtu za sebou následujících suchých dní pro stanovení suché periody bude pro účely této práce 3 dny, které jsou také nejčastěji uváděné v literatuře týkající se hydrologie území České republiky (Netopil et al. 1984; Ruda 2014). Na obrázku 2.6 je zřetelný počátek výskytu suchých period, tedy opět rok 2015 s násled-

ným rozvojem období výskytu takových period až do roku 2020 a poté opět výskyt v roce 2022. Mezi lety 2018 až 2020 je také možné sledovat vysokou četnost suchých period, a to na všech zahrnutých stanicích Ploučnice.



Obrázek 2.6: Počet suchých period na vodoměrných stanicích řeky Ploučnice. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Při sledování výskytu hydrologicky suchých dní v rámci roku je důležité upřít pozornost také na sezónní či meziměsíční změny. Proto je dalším předmětem této práce analýza počtu hydrologicky suchých dní dle jednotlivých měsíců. Tato analýza je ilustrována na obrázku 2.7. Pro profil Ploučnice je dle počtu dní nejsušším měsícem srpen, dále pak následuje červenec a září.



Obrázek 2.7: Měsíční výskyty dnů s průtokem nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Ploučnice v období 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Další užitou metodou analýzy pak je výpočet, o kolik procent je v povodí Q_{355} nižší než průměrný průtok a rozsah průtoků na jednotlivých vodoměrných stanicích. Tato data jsou obsažena v tabulce 2.3. Můžeme vyčíst, že průměrný průtok se zvětšuje podél toku řeky, tedy z těchto dat usuzujeme, že na toku v žádném místě nedochází k tak velkému odběru vody, který by i v dlouhodobém horizontu omezil průměrný průtok. Jakožto převážně nížinný tok je pak Ploučnice charakterizována nižším procentuálním rozdílem Q_{355} od průměrného průtoků, tedy není zde takový vliv vysokých srážkových úhrnů typických pro horské oblasti Libereckého kraje.

Stanice	Stráž pod Ralskem	Mimoň	Česká Lípa	Stružnice	Benešov nad Ploučnicí
Průměrný denní Q m^3/s	0,822	1,763	3,819	5,723	6,486
Rozdíl Q_{355} od průměrného Q	60,4 %	53,3%	48,4%	48,9%	50,5%
Nejvyšší denní Q m^3/s	17,0	31,0	39,9	53,8	63,9
Nejnižší denní Q m^3/s	0,157	0,54	1,27	2,34	2,49

Tabulka 2.3: Hydrologické údaje na vodoměrných stanicích řeky Ploučnice za období 2012–2022: Průměrný průtok, procentuální rozdíl mezi Q_{355} a průměrným průtokem, nejvyšší průtok a nejnižší průtok (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

2.2.2 Kamenice

Kamenice je řeka v okresech Děčín a Česká Lípa. Pramen řeky se nachází v Lužických horách nedaleko železniční stanice Jedlová. Současná podoba místa je zobrazena na obrázku 2.8. Celým svým tokem Kamenice protéká chráněnými územími, a to CHKO Lužické hory, CHKO České Středohoří, CHKO Labské pískovce a NP České Švýcarsko.

Mezi přítoky Kamenice patří Pyský potok, Olešnička, Bynovecký potok, Lísecký potok, Bílý potok, Chřbská Kamenice, Velká Bělá, Jetřichovická Bělá a Suchá Bělá. Na Kamenici se nacházejí i dvě vodní elektrárny.



Obrázek 2.8: Pramen Kamenice (Google Streetview 2023).

Na řece se nachází tři vodoměrné stanice, a to Kristiánov, Josefův Důl a Bohuňkovsko-Jesenný. Výčet těchto stanic a informace o nich se nachází v tabulce 2.4.

Stanice	Identifikátor	Nadmořská výška	Plocha povodí	Obec
Kristiánov	0879301	750,31 m n.m.	6,41 km ²	Bedřichov
Josefův Důl	088000	597,03 m n.m.	25,72 km ²	Josefův Důl
Bohuňkovsko-Jesenný	090000	305,81 m n.m.	179,1 km ²	Jesenný

Tabulka 2.4: Vodoměrné stanice na řece Kamenice (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

Obrázek 2.9 v grafu zobrazuje průměrné měsíční průtoky na jednotlivých stanicích za posledních deset let. Na základě poskytnutých měsíčních hodnot průtoky byl nejvyšší průtok naměřen na stanici Bohuňkovsko–Jesenný, a to 15,8 m³/s v březnu roku 2012. Jasně patrné jsou též období zvýšených průtoků při jarním tání a naopak malé říční průtoky v období letních such, pro horská povodí především z důvodu nízkých srážek.

Dále jsou hodnoceny počty dnů s průtokem nižším než Q_{355} na daném profilu dle vodoměrných stanic. Hodnoty Q_{355} jsou zobrazeny v tabulce 2.5 a jsou určeny z hydrologických dat pro referenční období od roku 1991 do 2020.

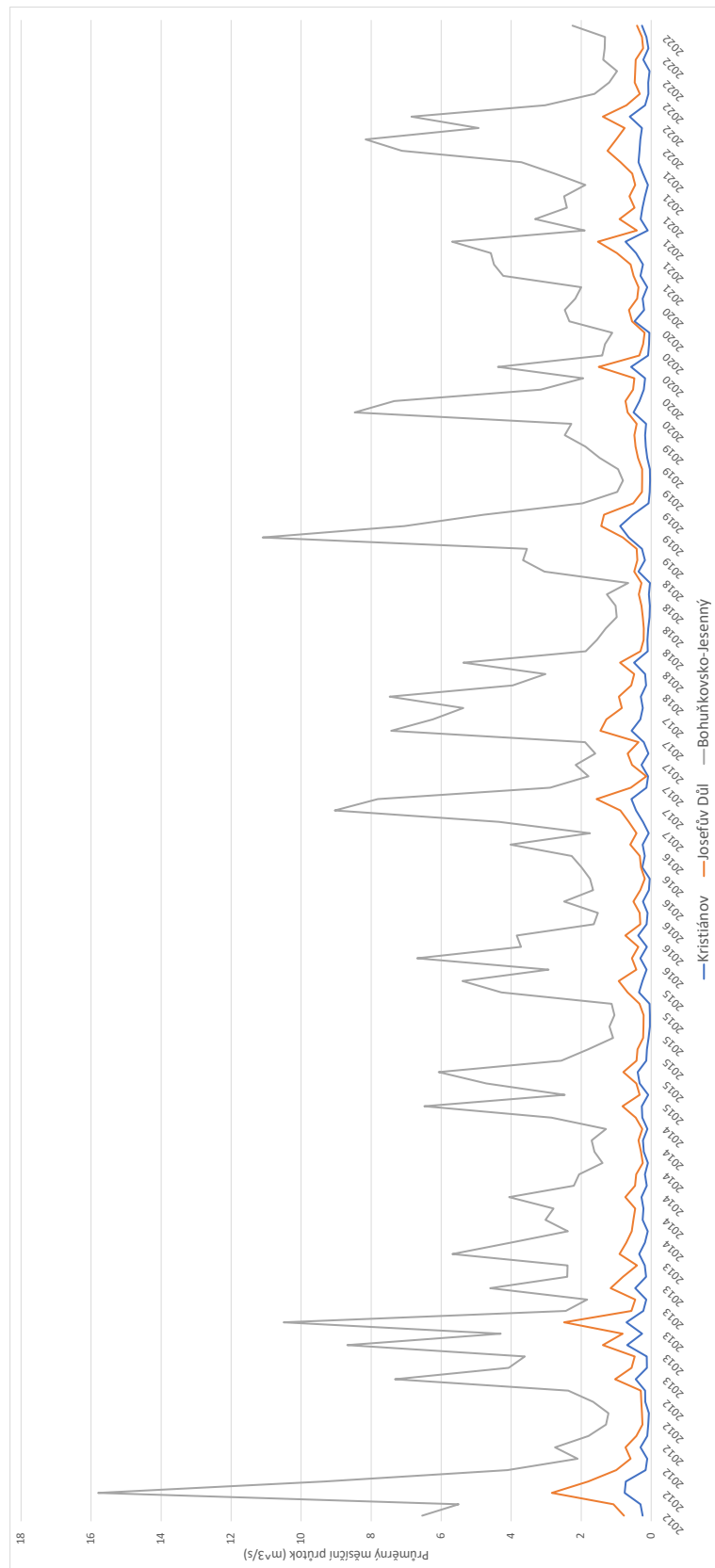
Stanice	Q_{355} (m ³ /s)
Kristiánov	0,0407
Josefův Důl	0,181
Bohuňkovsko-Jesenný	0,883

Tabulka 2.5: Hydrologické údaje pro řeku Kamenici – Q_{355} . (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

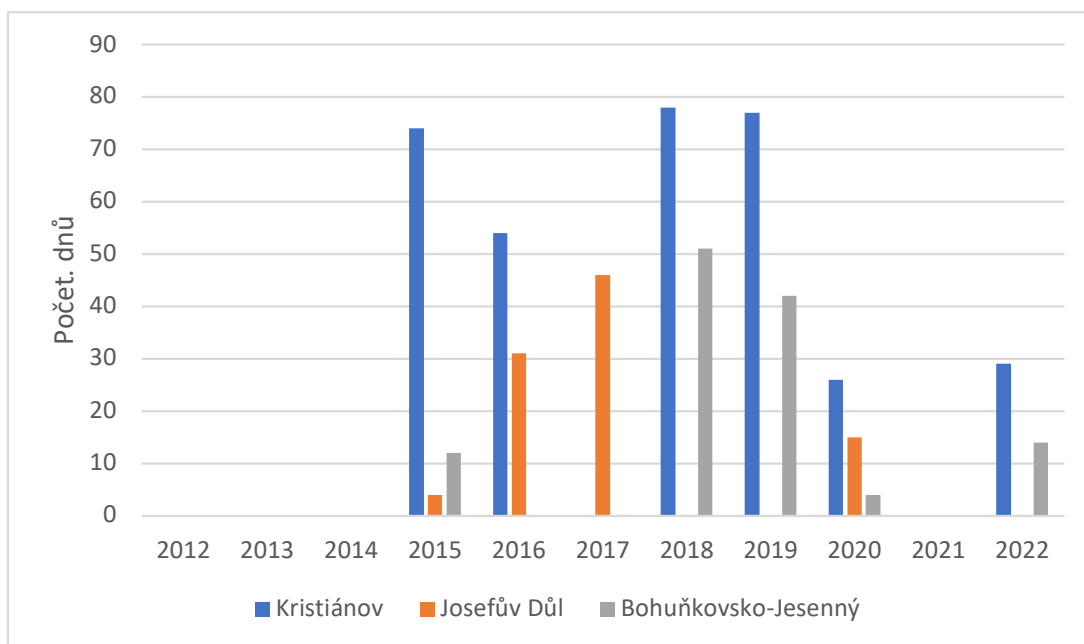
Na obrázku 2.10 je pak vidět počet dnů v určitém roce, kdy byl měřený průtok nižší, než hodnota Q_{355} pro danou vodoměrnou stanici. Na tento graf byla využita opět hydrologická data a data z průměrných denních průtoků. Poté byla data časově seřazena a v případě chybějících dat v řádu jednotek dnů byla odhadnuta proložením.

Graf ukazuje, že v průběhu prvních tří let sledovaného období průtok na řece nedosahoval podlimitně nízkých hodnot. Je tomu stejně jako u řeky Ploučnice. Zlomový pak byl opět rok 2015, kdy průměrný průtok skokově poklesl, a počet dnů s průtokem nižším než Q_{355} nabyl značných čísel. Nejvíce byl tento pokles pozorován na vodoměrné stanici Kristiánov, výskyt podlimitního průměrného denního průtoky (pod Q_{355}) dosahoval až přes 70 dnů. Na stanicích Josefův Důl a Bohuňkovsko-Jesenný takové hodnoty nebyly naměřeny.

V roce 2017 byly denní průměrné průtoky nižší než Q_{355} naměřeny pouze na stanici Josefův Důl s tím, že se na zbylých dvou stanicích nevyskytl ani na jediný den průtok nižší než Q_{355} . Opačně tomu bylo v dalších dvou letech, tedy v roce 2018 a v roce 2019, kdy se na stanicích Kristiánov a Bohuňkovsko-Jesenný vyskytl podobný počet dnů s kritickým průtokem, avšak na stanici Josefův Důl žádný. Rok 2021 byl z hlediska hydrologického sucha s nulovým počtem suchých dní.



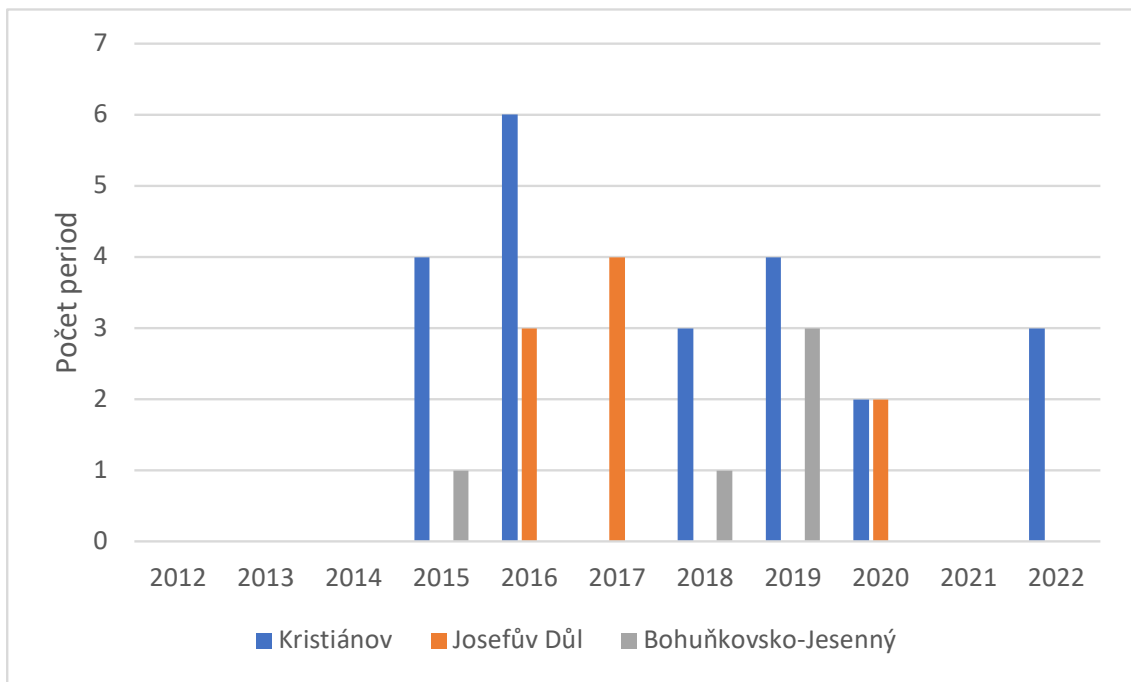
Obrázek 2.9: Průměrné měsíční průtoky na řece Kamenice mezi lety 2012-2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.



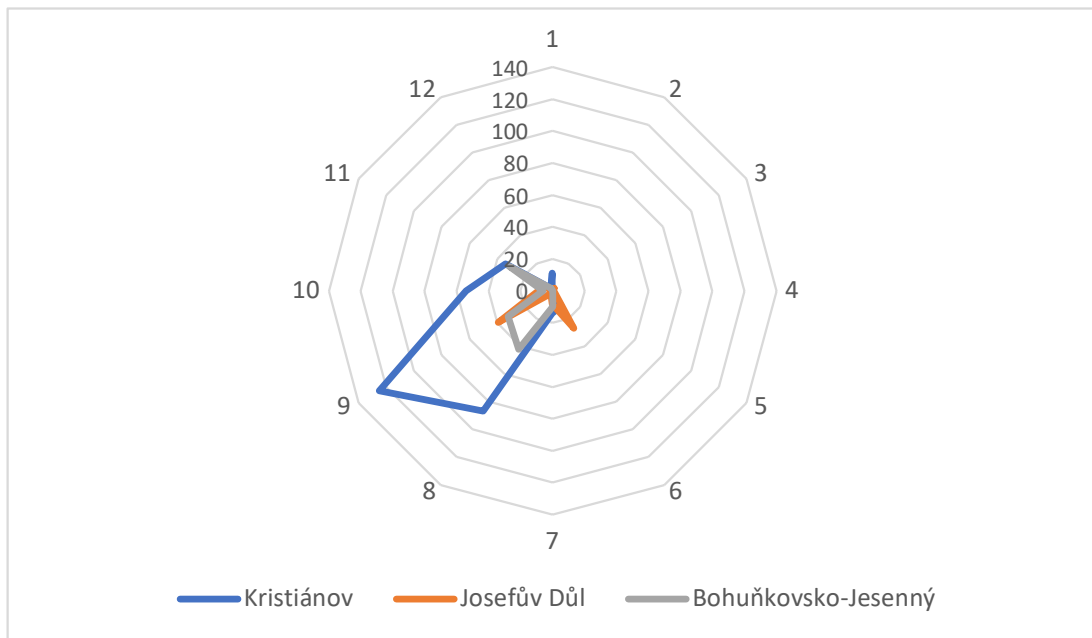
Obrázek 2.10: Počet dnů s výskytem průtoku nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Kamenice za období 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Další grafické zpracování podlimitních denních průtoků je uvedeno na obrázku 2.11, kde graf koresponduje s jednotlivými počty suchých dní jak byly uvedeny na obrázku 2.10. Pro roky 2018 a 2019 však lze sledovat, že i přes vysoké hodnoty v předešlém grafu, kdy bylo na stanici Kristiánov dosaženo až přes 70 suchých dní, se tyto silně nereflektují v počtu suchých period, tedy byl sice častý výskyt suchých dní, ale přerušovaných periodami nadlimitního stavu s průměrným denním průtokem nad Q_{355} .

Dále byly na řece Kamenici analyzovány měsíční změny z hlediska počtu suchých dnů za posledních 10 let. Toto hodnocení je zobrazeno na obrázku 2.12. Pro profily na řece Kamenici je dle počtu dní nejsušším měsícem srpen a září, přičemž suché dny byly nejvíce pozorovány na stanici Kristiánov.



Obrázek 2.11: Počet suchých period na vodoměrných stanicích řeky Kamenice. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.



Obrázek 2.12: Měsíční výskyty dnů s průtokem nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Kamenice za období 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Další metodou analýzy je pak ukazatel, o kolik procent je v povodí Kamenice hodnota Q_{355} nižší než průměrný průtok, a také rozsah průtoku na jednotlivých vodoměrných stanicích. Tato data jsou obsažena v tabulce 2.6. Můžeme vyčíslit, že průměrný průtok opět stoupá podle toku řeky, tedy že na toku v žádném místě nedochází k podstatným ztrátám vody odběrem nebo výparem. Kamenice je svou charakteristikou horským povodím a tudíž je z procentuálního rozdílu Q_{355} od průměrného průtoku možné identifikovat vliv srážek svedených v horských oblastech do Kamenice, a které tak navyšují průměrný průtok.

Stanice	Kristiánov	Josefův Důl	Bohuňkovsko-Jesenný
Průměrný denní Q m ³ /s	0,234	0,619	3,454
Rozdíl Q_{355} od průměrného Q	82,6%	70,7%	74,4%
Nejvyšší denní Q m ³ /s	7,45	11,6	46,4
Nejnižší denní Q m ³ /s	0,022	0,109	0,478

Tabulka 2.6: Hydrologické údaje na vodoměrných stanicích řeky Kamenice v období 2012-2022: Průměrný průtok, procentuální rozdíl mezi Q_{355} a průměrným průtokem, nejvyšší průtok, nejnižší průtok (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

2.2.3 Lužická Nisa

Lužická Nisa pramení a protéká na severu České republiky v Libereckém kraji a spadá do povodí Odry. Pramen Lužické Nisy se nachází na hranici obcí Nová Ves nad Nisou a Smržovka na jihu Jizerských hor. Na obrázku 2.13 je vidět současná podoba místa pramene. Řeka protéká po východním okraji Lužických hor a poté, po opuštění území ČR, tvoří přirozenou hranici mezi Polskem a Německem. Blízko hraničního polsko-německého města Gubin–Guben se pak vlévá do Odry.



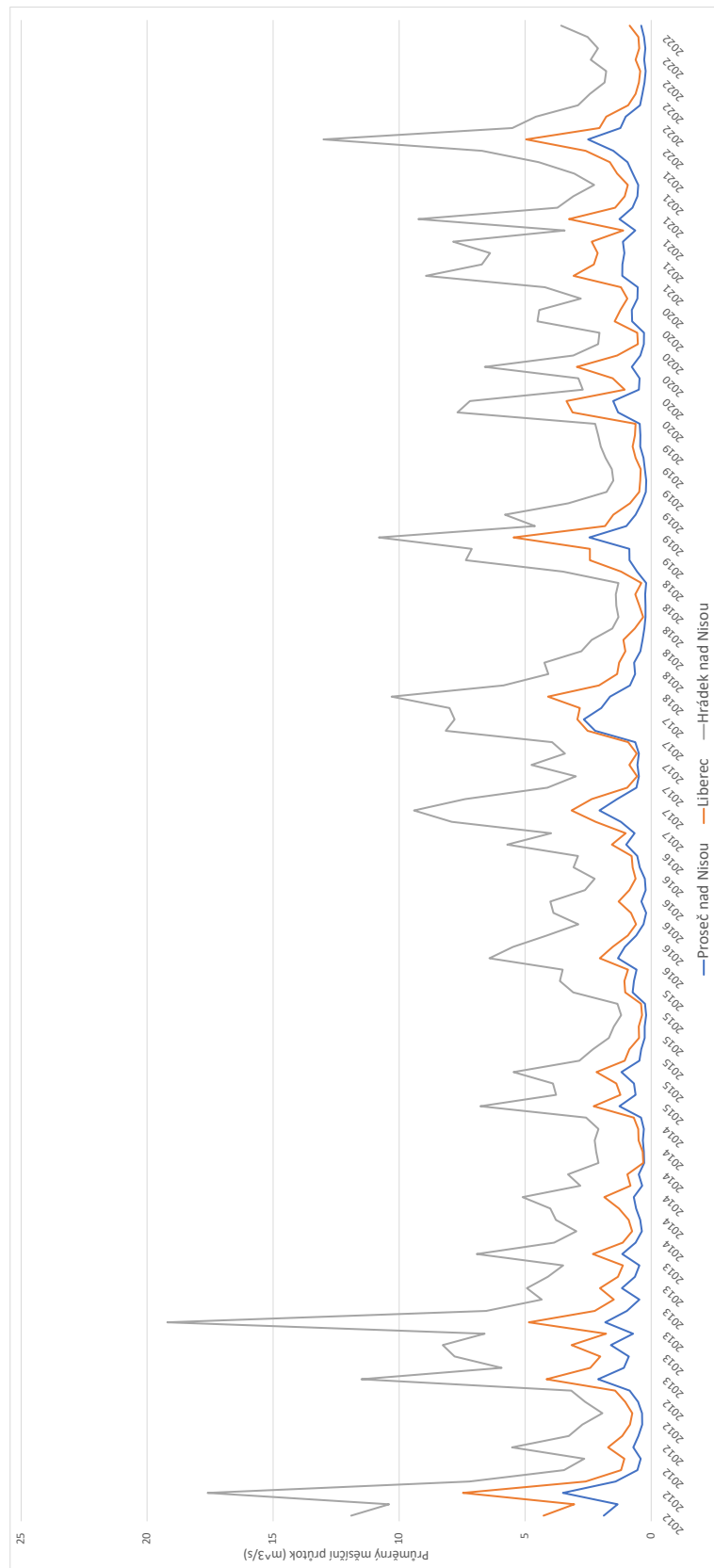
Obrázek 2.13: Pramen Lužické Nisy (Google Streetview 2023).

V České republice protéká městy Lučany nad Nisou, Jablonec nad Nisou, Liberec, Chrastava a Hrádek nad Nisou. Na polsko-německé hranici protéká Lužická Nisa městy Žitava, Bohatynia, Zhořelec, Pieńsk, Łęknica, Forst a Gubin.

Mezi významné přítoky patří Novoveský potok, Mšenský potok, Bílá Nisa (nazývaná též Rýnovická), Doubský potok, Slunný potok, Harcovský potok, Janovodolský potok, Černá Nisa, Ostašovský potok, Jeřice, Václavický potok, Bílý potok, Mandava, Oleška a Smědá. Na řece se nachází i velké množství vodních elektráren.

Na Lužické Nise se nachází tři vodoměrné stanice, a to Proseč nad Nisou, Liberec a Hrádek nad Nisou. Výčet těchto stanic a informace o nich se nachází v tabulce 2.7.

V grafu na obrázku 2.14 jsou zobrazeny průměrné měsíční průtoky na jednotlivých stanicích za posledních deset let. V grafu je viditelný pokles průtoků v létě 2015 a 2018, naproti tomu nejvyšší průtoky na jaře, tedy v období tání sněhu. Pro horské povodí je tak tento graf typický. Podle předpokladu došlo k nejznamenatelnějším poklesům průtoků v období let 2015 a 2018, která jsou přítomností silného sucha známá (Český hydrometeorologický ústav 2020), což bylo dáno především silně podprůměrnými srážkami.



Obrázek 2.14: Průměrné měsíční průtoky na řece Lužická Nisa mezi lety 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Stanice	Identifikátor	Nadmořská výška	Plocha povodí	Obec
Proseč nad Nisou	314000	395,12 m n.m.	53,73 km ²	Jablonec nad Nisou
Liberec	316000	346,18 m n.m.	121,07 km ²	Liberec
Hrádek nad Nisou	320000	239,57 m n.m.	355,29 km ²	Benešov nad Ploučnicí

Tabulka 2.7: Vodoměrné stanice na řece Lužická Nisa (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

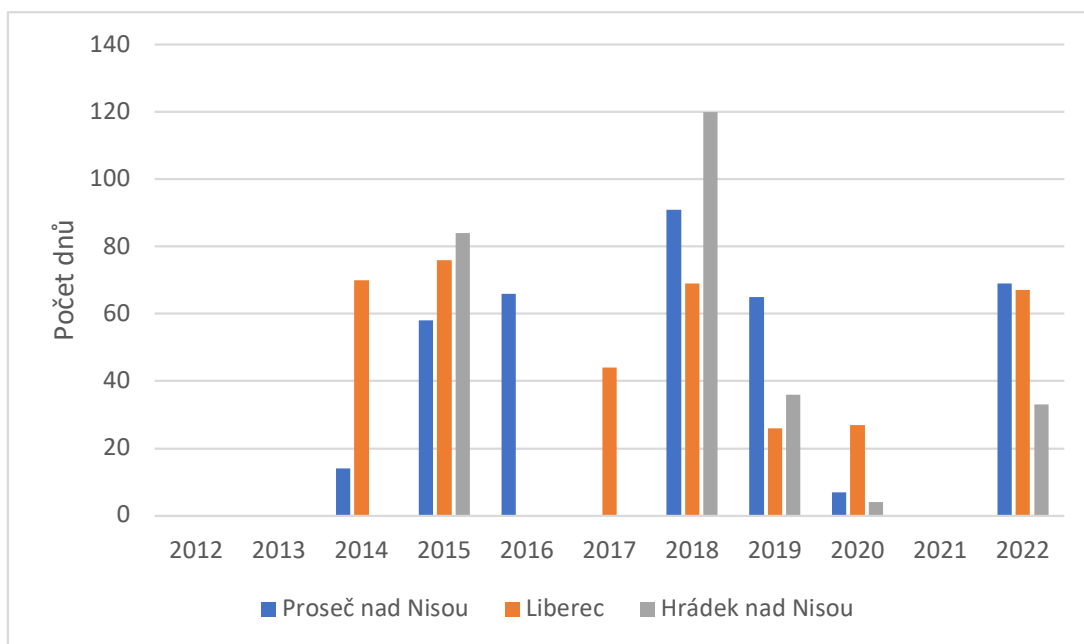
Dále byly hodnoceny počty dnů s výskytem Q_{355} na daném profilu dle vodoměrných stanic. Hodnoty Q_{355} jsou zobrazeny v tabulce 2.8 a jsou určeny opět z balíčku hydrologických dat pro referenční období od roku 1991 do 2020.

Stanice	Q_{355} (m ³ /s)
Proseč nad Nisou	0,209
Liberec	0,381
Hrádek nad Nisou	1,40

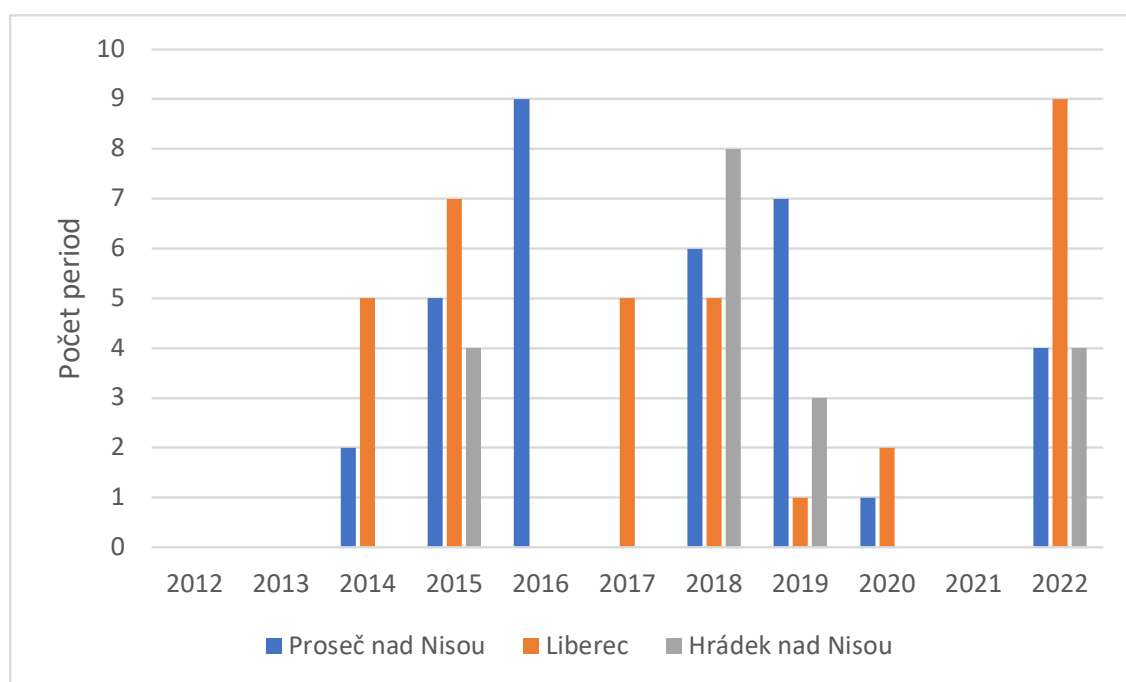
Tabulka 2.8: Hydrologické údaje řeky Lužická Nisa – Q_{355} . (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

Počet dnů s výskytem průtoku nižším než Q_{355} je pak graficky zobrazen na obrázku 2.15. Oproti případu řek Kamenice a Ploučnice se zde mezi suchá léta řadí i rok 2014. V tomto roce dosahoval počet suchých dnů na stanici Liberec zhruba 70 a na stanici Proseč nad Nisou 17, přičemž Hrádek nad Nisou neměl ani jeden den s průtokem nižším než Q_{355} . Rok 2015 byl na všech třech stanicích srovnatelný a počet suchých dní se pohyboval kolem 60 až 80 dní. Zajímavostí je, že vodoměrná stanice Hrádek nad Nisou naměřila v roce 2015 přes 82 suchých dní a v roce 2018 celkem 120 suchých dní. Mezi těmito roky však nebyl naměřen ani jeden suchý den na této stanici, kdežto na stanici Proseč nad Nisou a Liberec ano. Nejvíce suchých dnů se objevilo v roce 2018. V roce 2021 nedošlo k poklesu denního průtoku pod hranici průtoku Q_{355} ani na jedné ze zkoumaných stanic. Rok 2022 se však již opět dá považovat za suchý, počty suchých dnů se na stanici Liberec a Proseč nad Nisou pohybovaly okolo 60 a na Hrádku nad Nisou okolo 30.

Navazující graf podlimitních denních průtoků je uveden na obrázku 2.16, kde graf koresponduje s jednotlivými počty suchých dní pro daný rok více než u ostatních dvou řek. Je též vidět, že pro roky 2015 a 2018, které jsou z období od roku 2015 považované za suchem nejvíce postižené (Český hydrometeorologický ústav 2020) je značný výskyt suchých period přítomen na všech hydrologických stanicích.



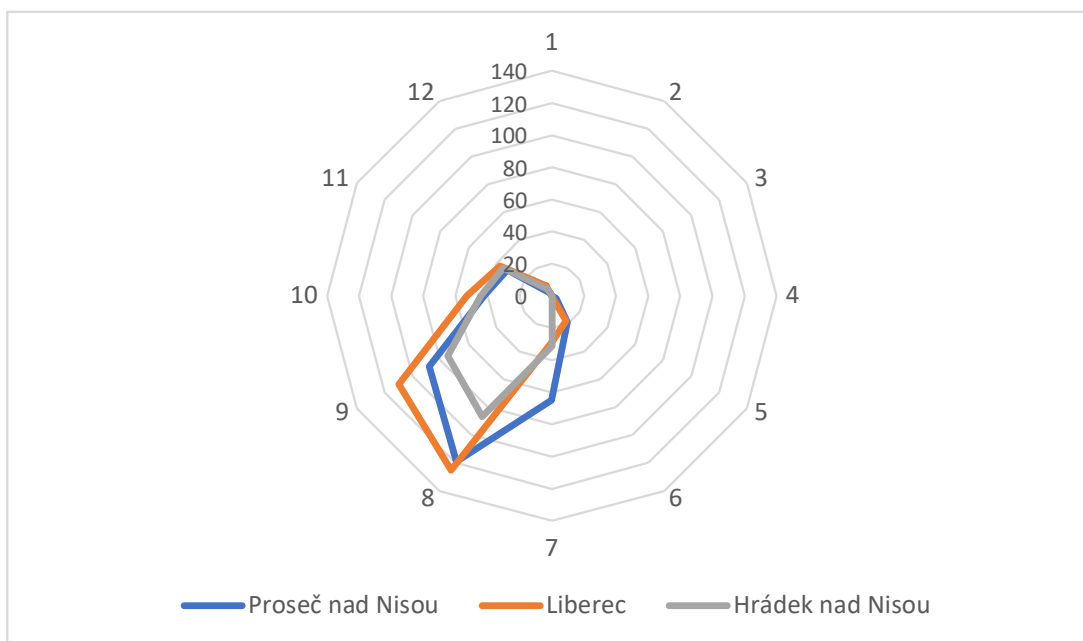
Obrázek 2.15: Počet dnů s výskytem průtoku nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Lužická Nisa v období 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.



Obrázek 2.16: Počet suchých period na vodoměrných stanicích řeky Nisa. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Z analýzy počtu hydrologicky suchých dní dle jednotlivých měsíců jak jsou prezentovány na v grafu na obrázku 2.17 vyšlo, že mezi suché měsíce se dá zařadit jednoznačně srpen a září. Tento trend je totiž shodný pro všechny 3 vodoměrné

stanice na délce vodního toku.



Obrázek 2.17: Měsíční výskyty dnů s průtokem nižším než Q_{355} na vodoměrných stanicích řeky Lužická Nisa za období 2012–2022. Zdroj: vlastní z dat ČHMÚ.

Další metodou analýzy je rozdíl Q_{355} od průměrného průtoku, tedy o kolik procent je průtok Q_{355} nižší než průtok průměrný. Další ukazatel je rozsah průtoku (minimální a maximální průtok) na jednotlivých vodoměrných stanicích. Tato data jsou obsažena v tabulce 2.9. Lužická Nisa je považována za horské povodí a tudíž je zde opět možné pozorovat vyšší rozdíl Q_{355} od průměrného průtoku, který ze spadených srážek navyšují jak přítoky od Ještědského hřebenu tak z Jizerských hor.

Stanice	Proseč nad Nisou	Liberec	Hrádek nad Nisou
Průměrný průtok m^3/s	0,760	1,517	4,579
Rozdíl Q_{355} od průměrného Q	72,5%	74,8%	69,4%
Nejvyšší denní Q m^3/s	7,56	19,8	69,6
Nejnižší denní Q m^3/s	0,07	0,16	0,93

Tabulka 2.9: Hydrologické údaje na vodoměrných stanicích řeky Lužická Nisa v období 2012-2022: Průměrný průtok, nejvyšší průtok, nejnižší průtok a procentuální rozdíl mezi Q_{355} a průměrným průtokem, (Český hydrometeorologický ústav 2023a).

3 Diskuze výsledků

Z prezentovaných dat analýzy v předchozí kapitole je už zběžným pohledem možné sledovat roční periodu výskytu suchých období během léta a brzkého podzimu. Jasně zřetelný je též počátek období výskytu silného sucha od roku 2015. Možné je také diskutovat o rozdílech v jednotlivých povodích, která se liší především krajinou a též výskytem vodních nádrží, či jejich absencí. Sledovat také můžeme antropogenní vliv, případně jeho absenci.

Ploučnice je řekou, která nemá příliš široké využití výrobním nebo zpracovatelským průmyslem. Její úlohou je tak především zajišťovat vláhu, což je možné i díky minimu umělých zásahů. Řeka si tak zachovává retenční schopnosti ať už značnou vegetací, kterou především na horním a středním toku prostupuje, tak četnými meandry a tůňemi, které napájí. Z dat je také zřejmé, že řeka je více náchylná na výpar během období silného slunečního svitu a velkých teplot. Není totiž ve velkém měřítku stíněna porostem, jako například řeka Kamenice.

V případě Ploučnice je dle dat jak je možno sledovat na obrázku 2.5 sucho koncentrováno kromě suchem silně postižených let 2015 a 2018 i do roku 2019 a 2020, a to zejména v nížinných profilech středního a dolního toku, jak je možné zjistit na obrázku 2.7. V těchto místech dochází k většímu odparu než na horním toku, který je více stíněn vegetací. Vliv bude mít i větší infiltrace v pískovcích. Odběr vody je tak směřován do drobnějších odběrů pro zemědělství a případně odběr pro úpravny vody.

V případě Ploučnice je zajímavostí nesoulad v růstu či poklesu počtu suchých dnů v čase. V nejkritičtějších obdobích, tedy mezi roky 2018 až 2020, můžeme pozorovat v počtu na vodoměrné stanici Mimoň a Česká Lípa klesající počet dnů s průtokem menším než Q_{355} . V případě vodoměrné stanice Stráž pod Ralskem je tomu však opačně. Tam docházelo k tomu, že každým rokem se počet dnů s průtokem menším než Q_{355} naopak zvyšoval. Vzhledem k tomu jaké je umístění vodoměrné stanice Stráž pod Ralskem, tedy až pod nádrží Stráž pod Ralskem (též Horecký rybník), nelze odvozovat, že jde o vliv retenčních aktivit. Z dat uvedených v Plánu sucha (Řeháková 2022) také nejsou pro řeku Ploučnici uvedeni žádní významní průmysloví odběratelé, kteří by mohli způsobit takové kolísání odběru a byli by vysvětlením této situace. Přítomnost a vliv vodní nádrže Stráž pod Ralskem tak i přes její primární využití jako regulační stupeň Ploučnice není v datech jasně identifikovatelná. Je však zřejmé, že v případě povodňového stavu je její funkce velmi ceněna.

Česká republika se řadí mezi země s vyspělým vodním hospodářstvím (Netopil et al. 1984). Jak již bylo zmíněno v teoretické části této práce, oblast Libereckého kraje k tomu přispívá hned několika horskými i městskými (Mšeno, Harcov) přehrad-

ními nádržemi. Řeky Kamenice i Lužická Nisa jsou těmito hydrologickými stavbami značně ovlivněny, což je možné sledovat i na datech prezentovaných v kapitole 2.2.

Jak na řece Kamenice, tak Lužická Nisa je zřetelný efekt a retenční zásahy přehrad, který je možné určit pokud známe lokaci jednotlivých vodoměrných stanic. Na obrázku 2.12 je možné odečíst velký rozdíl ve výskytu suchých dní na horním toku (Kristiánov) a pod přehradou Josefův Důl, tedy ihned pod hrází na vodoměrné stanici Josefův Důl a poté na dolním toku v místě stanice Bohuňkovsko-Jesenný, která se nachází blízko Železného Brodu a tedy těsně před soutokem s Jizerou. V případě tohoto jevu jde jasně o vliv retence a vyrovnávání průtoků působením Josefodolské přehrady, největší a zároveň nejmladší přehrady v Jizerských horách.

Dle počtu dnů s podlimitním průtokem je Kamenice ze všech tří řek co do počtu suchých dní nejméně zasažena suchými epizodami, nicméně dlouhodobě stále kopíruje kriticky suché období let 2015 a 2018 s přesahem do roku 2019. O něco větší vodnost tohoto toku můžeme připsat jeho horským charakterem, kdy zachytává a odvádí srážky široké plochy Jizerských hor a také samozřejmě regulačním a retenčním schopnostem přehrady Josefův důl. I díky tomu je řeka oblíbená vodáky a v okolí toku tak svou atraktivitou zajišťuje turistický ruch.

Řeka Lužická Nisa je pak důležitá již pouhým pohledem do mapy a jejího toku. Odvádí vodu stejně jako Kamenice z Jizerských hor a hned několika nádrží a zároveň slouží jako zdroj vody jak pro vodárenský, tak pro výrobní průmysl a okrajově též i pro zemědělství.

Liberecký kraj má stále převážně průmyslový charakter. V průběhu dvaceti let ale tradiční textilní průmysl ztratil své postavení a hospodářská krize odstartovaná na přelomu let 2008/2009 oslabilo dále i průmysl skla a bižuterie. Převažuje zpracovatelský průmysl, který je zaměřen na výrobu automobilových komponentů a výrobu pryžových a plastových výrobků. Průmysl automotive však pro své výrobní technologie potřebuje zdroje, tedy i vodu (Český statistický úřad 2023; Řeháková 2022).

Vodu průmyslové podniky v místě a blízkém okolí Jablonce nad Nisou a Liberce odebírají z povodí Lužické Nisy a je tak velmi důležité sledovat stav této řeky a jejích přítoků a to nejen pro zajištění funkce těchto podniků, ale i pro zamezení přílišného čerpání či znečištění toku. V Jablonci nad Nisou jsou hned dva podniky automotive – ZF Automotive Czech a ACL Anodizing, které jsou považovány za významné odběratele povrchové vody. V případě první jmenované jde o Bílou Nisu a pro druhou o Mšenský potok hned pod tělesem přehrady Mšeno. Další znační odběratelé z povodí jsou pak dále na v okolí Liberce a to například liberecká teplárna přímo na toku Lužické Nisy nebo textilka Licolor, která vodu odebírá z Janovodolského potoku. Tyto podniky tak zatěžují povodí a odvádí z něj vodu (Řeháková 2022).

Již zmíněné vodní nádrže v povodí Lužické Nisy mají obdobný efekt jako v případě řeky Kamenice, kdy se vliv přehrad působících na povodí řeky příznivě podepsal na úbytku suchých dní v místě vodoměrné stanice Hrádek nad Nisou, kde spolupůsobí hned několik přítoků od přehrad, či významnějších přítoků jako je Františkovský a Ostašovský potok odvádějící vodu z části Ještědské pahorkatiny a pak především pravé přítoky jako je Černá Nisa, která přivádí vodu z Jizerských hor skrze retenční nádrž Bedřichov a nebo Harcovský potok skrze nádrž Harcov.

Při analýze a hodnocení je nutné pamatovat na to, že samotný počet dní pod hraničním průtokem Q_{355} (doba trvání) může přinést zkreslenou informaci o závažnosti sucha v daném povodí, jelikož nezohledňuje, jak moc skutečný průtok poklesl pod danou hranici. Z charakteristiky limitní hodnoty pro určení hydrologického sucha na daném toku je pak také pro budoucí hodnocení stavu hydrologického sucha třeba brát v úvahu i to, že indikátor Q_{355} je určeny z balíčku hydrologických dat pro referenční období od roku 1991 do 2020. To znamená, že suchá perioda počínající rokem 2015 již tento ukazatel, použitý jako směrodatný i v této práci, z části ovlivnila a v případě užití limitní hodnoty z předešlé periody (od 1981 do 2010) bychom pravděpodobně zjistili ještě jasnější indikace silného sucha s viditelně dřívějším nástupem suchých period v průběhu léta a brzkého podzimu.

4 Metody a plány při boji se suchem

Vzhledem k hydrologickým trendům, které viditelně prokazují změnu klimatu, je zřejmé, že se musíme zamyslet nad preventivními opatřeními pro zmírnění následků suchých period a ještě lépe i samotnému suchu předcházet. Jak už mimo jiné ukazují i data prezentovaná v této práci, s realizací není možno dále otálet a to bez ohledu na neustále opakované spory a často kontroverzní argumentace o příčině klimatických změn, především globálního oteplování.

4.1 Plán pro zvládání sucha

Pro území Libereckého kraje byl zpracován „Plán pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody pro území Libereckého kraje“ na základě znění novely č. 544/2020 zákona č. 254/2001 Sb. Tento dokument slouží jako podklad pro rozhodnutí nebo opatření obecné povahy, která vydává vodoprávní úřad při zvládání sucha, dále vyhodnocování nutnosti svolat komisi pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody, a poté rozhodování komise pro sucho o opatřeních při stavu nedostatku vody (*Sucho a retence vody v Libereckém kraji 2022*).

Nejdůležitějším cílem plánu sucha je tedy návrh opatření k zajištění dostatku vody k pokrytí základních společenských potřeb a minimalizaci dopadů sucha a nedostatku vody na životní prostředí. Dále popisuje území Libereckého kraje, identifikuje rizikové faktory spojené se suchem, jeho dopady a zároveň opatření pro jejich snížení na určité území (*Sucho a retence vody v Libereckém kraji 2022*).

Pro plnění těchto úkolů je hejtmanem kraje zřízena Krajská komise pro sucho Libereckého kraje, jejímž předsedou je samotný hejtman. Mezi další členy patří zaměstnanci kraje z krajského úřadu, Českého hydrometeorologického ústavu, Policie ČR, hasičského záchranného sboru a krajské hygienické stanice. Tato komise má právo vyhlášovat nebo naopak odvolávat „stav nedostatku vody“. Následně se řídí předem vypracovaného Plánu pro sucho a ojedinělých případech mohou přijmout i opatření nad rámec tohoto plánu. O pomoc lze v případě potřeby požádat správní orgány, právnické subjekty i fyzické osoby (*Sucho a retence vody v Libereckém kraji 2022*; Řeháková 2022).

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) úzce spolupracuje se správci povodí a mají za úkol předpovědět období sucha a informovat včas ostatní orgány (např. hejtmana kvůli svolání krajské komise pro sucho). Krajský plán sucha uvádí místní směrodatné limity (MSL), podle kterých se řídí předpověď sucha. MSL se uvádí pro vodní nádrže, podzemní zdroje a pro vodní toky. Pro vodní toky se uvažují průměrné

údaje za 7 dnů (Řeháková 2022).

Pokud je vyhlášen stav nedostatku vody, každý účastník musí splnit své kompetence pro zvládnutí tohoto období. Celého procesu se účastní Ministerstvo životního prostředí ČR, Ministerstvo zemědělství ČR, komise pro sucho, krajský úřad a obecní úřad, Český hydrometeorologický ústav, správci povodí a vodních doků, vlastníci vodních děl, vlastníci a provozovatelé vodovodů pro veřejnou potřebu a krajská hygienická stanice.

Mezi činnosti krajské komise pro sucho patří obecné nakládání s povrchovými vodami, omezení užívání pitné vody z vodovodu, úprava minimálního zůstatkového průtoku nebo minimální hladiny podzemních vod, nařízení mimořádného sledování množství a jakosti vody a další dozorové činnosti. Krajský úřad stanovuje Plán pro sucho a po určitém čase ho aktualizuje. Mezi kompetence krajského úřadu se řadí vyhledávání a příprava využití záložních zdrojů vody, úprava vody nebo kontrola dodržování rozhodnutí vydaných krajskou komisí pro sucho (Řeháková 2022).

Obecní úřad dozoruje nad nakládáním s povrchovými vodami, rozhodují o jejich úpravě nebo omezení, vyhledávají a upravují záložní zdroje vody, dohlíží na kvalitu vody a její znečištění, atd. Mezi úkoly ČHMÚ patří vyhodnocování stavu sucha, sledování aktuálního stavu a předpověď dalšího vývoje situace. Pro stavy sucha jsou pak zajištěna náhradní zásobování vodou a v kritických případech nouzové zásobování vodou, kterou je nutné zajistit mimo jiné i pro účely hasičského sboru, tak aby bylo možné zvládat požáry a navíc i zvýšená rizika lesních požárů v období sucha (Řeháková 2022).

4.2 Prevence sucha

Hlavní příčiny rozvoje suchých period, tedy podprůměrné srážky a vysoké teploty, které způsobují vypařování jsou faktem, se kterým je možné bojovat jen ve širokém měřítku a dlouhodobém horizontu. Jak již bylo zmíněno, klimatické změny jsou totiž globálním problémem a proto i boj s oteplováním a dalšími změnami musí probíhat současně a s velkou intenzitou. Lokálně však můžeme přijmout opatření, která nám pomohou snížit dopady suchých období, nebo rozvoji sucha přímo zabránit či jej oddálit.

Základním předpokladem je vodu v co největším měřítku zadržovat v krajině. Jediná voda, kterou v této republice totiž máme, je ta, kterou získáváme ze srážek. Musíme se snažit ji tu tedy zadržet co nejdéle a to jak přirozeně v krajině, tak pomocí technických prostředků. Vodní nádrže s významným zásobním prostorem totiž obecně přispívají ke zmírnění hydrologického sucha udržováním alespoň minimálních průtoků. Možnosti, jak zvýšit zadržení vody v krajině, jsou poměrně široké. Pro účely této kapitoly je můžeme rozdělit do krajinných a těch, které se týkají zástavby a tedy měst a obcí.

4.2.1 Opatření v krajině

Zalesněné oblasti a louky s poli jsou rozlohou jasně na prvním místě a tak je zásadní srážky dopadající na tuto rozlehlou plochu lesní a zemědělské půdy zachytávat a v krajině ji udržet. Oproti dřívějšímu přístupu k zemědělství, kdy bylo dbáno na důkladné odvodnění zemědělských ploch je tento přístup nutné zvrátit. V dřívějších dobách socialistického hospodaření se snaha získat co nejvíce úrodné půdy řešila množstvím melioračního potrubí pod poli pro snadné odvodnění vlhkých částí polí. Tyto úpravy měly za cíl odvést vodu co nejrychleji z polí, tak aby potoky odtékající srážek neukrajovaly půdu z polí. Zemědělské plochy se tak zvětšily a sjednotily. Často je tento přístup a snaha o navyšování produkce v dobách kolektivizace označován jako nástup průmyslového zemědělství (Spolek Živá voda 2018).

V době dostatku srážek a zdravé, vlhké půdy takový přístup v minulosti nepředstavoval velká rizika, ale v dnešní době s každoročním výskytem epizod silného sucha je přílišné odvodnění problémem. Meliorační potrubí má totiž za úkol co nejrychleji a v co možná nejpřímějším směru odvést srážky do odvodňovacích kanálů a dále do vodních toků. Působí tak sice jako prevence před zavodněním zemědělské plochy, ale zároveň brání průběžnému vsakování srážek do půdy a snižují tak saturaci půdy přispívající v období sucha k erozi a poškození orné půdy. V okamžiku, kdy pak přichází vydatné srážky, tato půda nemá schopnost absorbovat a zadržet dešťovou vodu a voda je odvedena potrubím do vodních toků. Místo zadržení v krajině, je tak soustředěna do řek, kde může dojít k povodňovým situacím. Navrhovaným řešením je celková rekultivace průmyslovým zemědělstvím poznamenaných krajin (Robinson a Ward 2017).

Retenční přehradý jsou dlouhodobou snahou lidské činnosti. Slouží víceúčelové nejen pro záchyt srážek a retenci vody v přírodě, ale také jako opatření proti povodním, kdy regulují průtok na řekách pod přehradou, chrání tak nejen před přílišným rozlitím vody do krajiny a poškození hospodářských ploch ale také jako protipovodňový prvek pro ochranu měst ve směru toku. V období sucha pak naopak regulují průtok a ze své kapacity v rámci možností dorovnávají průtok řek, tak aby byl zajištěn alespoň minimální průtok nutný pro zajištění dodávek vody pro zemědělství, výrobní průmysl a případně i lodní dopravu. (Robinson a Ward 2017).

Z hlediska hydrologických ukazatelů a opatření je pak již o něco méně důležitý význam, kdy přehradní vodní díla slouží pro výrobu elektrické energie a rekreaci. V zemích, kde je však energetický průmysl orientovaný na obnovitelné zdroje, jako je například Rakousko či Švýcarsko, je jejich význam pro energetické hospodářství zásadní (Robinson a Ward 2017).

Tam, kde nebyla krajina zásadně přetvářena člověkem, je často vhodné zachovat uspořádání krajiny. V případě povodí analyzovaných řek za takovou můžeme označit Ploučnici na horním a středním toku, tedy v místech bývalého vojenského prostoru Ralsko, kde jsou přítomny četné tůně a koryto je členité s přirozenými meandry podporující retenci vody. Takové prostředí je zároveň příznivé pro rozmanité živočišné druhy a pomáhá tak zachovat přítomnost přirozené se vyskytujících druhů jako je například bobr evropský. Zajímavostí tohoto původního druhu je příspěvek k zadržování vody. Bobři své nory staví v březích vodních toků. Aby však

zamezili přístupu suchozemských predátorů, kteří by mohli ohrožovat jejich obydlí, staví vstup do těchto nor pod úroveň vodní hladiny. Aby tohoto docílili, zvyšují hladiny toku výstavbou hrází a přehrazením toku tak zadržují vodu v daném místě, kdy přispívají ke vzniku četných tůní a mokřadů. Vzhledem k možným rizikům je však nutný dohled nad činností těchto přirozených stavitelů, kromě úspory nákladů na jinak nákladné umělé zásahy pro zvýšení retence bobří dokáží svými hrázemi zavodnit i pozemní komunikace a ohrozit tak infrastrukturu (Vorel et al. 2016).

4.2.2 Opatření ve městech a obcích

Sucho se samozřejmě dotýká nejen krajiny, ale i zástavby, kde je koncentrována lidská činnost, a tak je jasné, že následky suchých období zde pocítujeme ve velkém měřítku. Od spálených, suchých trávníků, po omezení vydávaná v období nedostačujících průtoků a nízkých stavů podzemních vod.

Pro zvýšení retence v zástavbě, tedy přímo v místě lidských obydlí můžeme využít již existující snahy a dokonce i dotační projekty jako je například dotace Dešťovka, která je součástí programu „Nová zelená úsporám“. Tato dotační pobídka má za cíl zpřístupnit velkoobjemové zadržování dešťové vody v místě obytných budov. Tato voda je pak používána jak pro zavlažování, tak po nenáročné úpravě jako voda pro potřeby domácností, jako je splachování WC a nebo zdroj vody pro pračky. Z dalších dotačních programů zvyšující závlahu je pak možno využít dotaci na zelenou střechu jak pro rodinný, tak i pro bytový dům a to ve výši 700–1000 Kč/m² (*Nová zelená úsporám 2023*).

5 Výukové metody na zmírnění následků sucha včetně terénní výuky

Témata týkající se zmírnění následků sucha jsou velmi aktuální a důležitá, a proto by měla být zahrnuta i do výuky žáků. Aby bylo téma zajímavé, je možné i propojení s terénní výukou.

5.1 Teoretická výuka

Jednou z metod využitých v úvodu, je prezentace a diskuze ve třídě. Výuka by byla zahájena prezentací, která představuje problémy spojené se suchem, včetně jeho následků pro životní prostředí, zemědělství a lidské zdraví. V rámci tohoto teoretického základu by se žáci seznámili se základními pojmy, jako je sucho a odvodňování a jejich dopad na ekosystémy. Součástí by byla i diskuze o možných opatřeních pro předcházení a zmírnění následků sucha, jako je úspora vody, recyklace, zalesňování a efektivnější zemědělské metody.

5.2 Praktická terénní výuka

Jako další metoda může být již zmíněná terénní výuka v rámci které by se studenti seznámili s reálnými dopady sucha. Taková terénní výuka by mohla zahrnovat návštěvy sušších oblastí, studium hydrologických systémů a zemědělských technik přizpůsobených suchu. Studenti by se tak mohli naučit identifikovat příznaky sucha a pochopit, jaké strategie je možné použít k jeho zmírnění. Takové pojetí terénní výuky by bylo vhodné použít pro studenty vyšších ročníků, ideálně na střední škole. Pro studenty základních škol by bylo přijatelné jednodušší pojetí terénní výuky. Mohlo by se jednat o zorganizování terénní výuky v přírodě, ideálně nad vodním zdrojem postiženým suchem. Úkolem by bylo sledovat změny v krajině a diskutovat o jejich příčinách a důsledcích. Součástí by mohlo být i praktické měření průtoku vodního toku, kde by žáci zapojili základní znalosti z matematiky a fyziky. Celá terénní výuka by byla doplněna o pracovní list, který by žáci průběžně vyplňovali. Návrh takového pracovního listu je zobrazen na obrázcích 5.1 až 5.3.

5.3 Projekty a semináře

Další metodou může být projekt či výzkum. Žáci by byli rozděleni do skupin a do jednotlivých skupiny by byla přiřazena jednotlivá témata spojená se zmírněním následků sucha, například úspora vody ve škole, zlepšování zemědělských metod a technologií výrobního průmyslu, zadržování vody v krajině nebo osvěta veřejnosti. Úkolem by bylo provést výzkum, vypracovat prezentaci a představit své nápady na řešení problémů. Součástí by byla diskuze o různých nápadech a jejich proveditelnosti. Takový projekt nebo výzkum by mohl být sloučen s interaktivními workshopy nebo semináři organizovanými s odborníky na sucho, zemědělci, vědci a dalšími zainteresovanými stranami. Během takových setkání mohou být prezentovány příklady osvědčených postupů, nové technologie a inovativní způsoby řešení problémů souvisejících se suchem.

Je velmi důležité, aby vzdělávací programy nejen na zmírnění následků sucha kombinovaly různé výukové metody a přístupy. Tímto způsobem lze efektivně předávat informace, povzbudit diskusi a podporovat kreativní myšlení při hledání inovativních řešení.



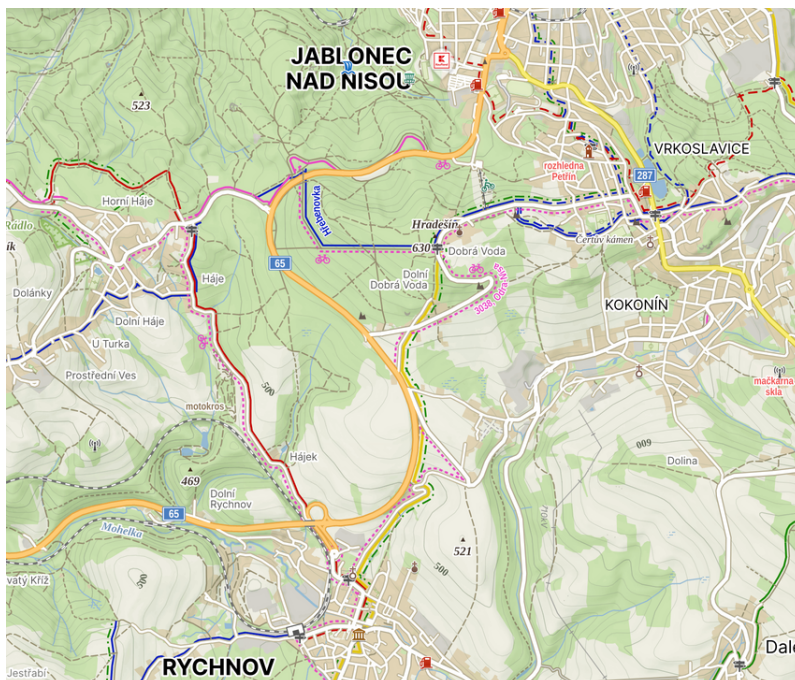
Pracovní list

Jméno:

Datum:

Třída:

VYZNAČTE NA MAPĚ TRASU, KTEROU JSTE URAZILI.



VYPIŠTE, NA JAKÁ ZAJÍMAVÁ FYZICKO-GEOGRAFICKÁ MÍSTA NA TRASE JSTE NARAZILI:

Obrázek 5.1: Pracovní list. Zdroj: vlastní

PROVEĎTE NA ŘECE MOHELCE MĚŘENÍ PRŮTOKU PLOVÁKOVOU METODOU:

1. Zvolte vhodný úsek na řece Mohelce tak, aby byl co nejvíce přímý a měl přibližně stálý profil na celém měřeném úseku. Délka úseku by měla dosahovat 15-25 metrů, čím více, tím přesnější měření.
2. V polovině měřeného úseku proveďte měření rozměrů toku. Změřte šíři toku a na několika místech změřte hloubku, jejíž hodnoty zprůměrujte. Čím více měření hloubky, tím přesnější bude výpočet průtočného průřezu toku.
3. Typ plováku volte dle místa měření. Pokud je místo exponované, kde by mohlo dojít k ovlivnění větrem, volte těžší plovák, například poloplnou PET-lahev. Pokud je místo v zákrytu, vhodným je i lehčí plovák, třeba míček na ping-pong.
4. Opakovaně vkládejte plovák do koryta přibližně 3-5 m od počátku měřeného úseku pro 3 různé dráhy vypouštění plováku na šíři toku.
5. Pro každou dráhu proveďte 5 měření. Do tabulky zapisujte doby průchodu plováku měřeným úsekem.
6. Plovák po průchodu úsekem nenechte unést proudem. Pro dobrou viditelnost volte pestrý plovák a určete bezpečné a dobře dostupné místo vložení i vylovení plováku.
7. Proveďte výpočet fyzikálních veličin dle naměřených časů z tabulky.

Délka měřeného úseku [m]

Rozměry toku uprostřed úseku:

Hloubka [m]

Šíře [m]

Průtočný průřez [m²]

Obrázek 5.2: Pracovní list - pokračování. Zdroj: vlastní

Pořadí měření ----- Číslo dráhy	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota [s]
1						
2						
3						

Průměrná doba průchodu [s]

Rychlost toku = délka úseku / průměrná doba průchodu

Rychlost toku [m/s]

Průtok = rychlost toku × průřez toku

Průtok [m³/s]

Porovnejte naměřený průtok s průměrným průtokem naměřeným v Hodkovicích nad Mohelkou (0,52 m³/s).

Obrázek 5.3: Pracovní list - pokračování. Zdroj: vlastní

6 Závěr

Suché epizody v průběhu posledních let pravidelně ovlivňují zemědělskou produkci a často i omezují lidskou činnost. Vysušená krajina je náchylná k rychlému šíření lesních požárů, rostlinné i živočišné druhy trpí. Klimatická změna totiž neoddiskutovatelně postupuje kupředu a postupně přetváří nejen naši krajinu ale i způsob jakým žijeme.

V této práci byla prezentována a analyzována hydrologická data povodí tří řek. Ze závěrů diskuze je možno usuzovat o základních hydrologických poměrech daných toků. Provedena zároveň byla identifikace souvisejících jevů, které se podílejí na průtocích v povodí a jsou tak spolupůsobícími příčinami suchých období. Jsou jimi především odběry povrchové vody pro potřeby úpravy vody a průmysl. Bylo též možno sledovat práci a účinky přehradních nádrží v kraji.

Z navržených opatření pro boj se suchem a jeho prevenci pak byla zdůrazněna zejména nápravná opatření pro lidskou činností poznamenané oblasti. Týká se to především zemědělských ploch, nicméně dle zhodnocení pokroku a ochoty taková opatření a nápravné zásahy provádět lze usuzovat, že přednost má hospodářství a výkonnost zemědělské produkce před ochranou životního prostředí a investicí do budoucnosti, která hrozí ještě většími riziky změn klimatu a souvisejících fenoménů jako jsou silná sucha. Toto v dnešní době poznamenané ekonomickou krizí můžeme přičítat též nedostatkem finančních prostředků, které bychom byli ochotni alokovat do nyní zdánlivě ekonomicky neefektivních projektů. Je však snad jen otázkou času, kdy zjistíme, že problém již není možno dále odsouvat a spoléhat na to, že opět nastoupí roky plné vláhy a dostatku vody.

Použitá literatura

- Brázdil, Rudolf a Miroslav Trnka (2015). *Historie počasí a podnebí v Českých zemích. Minulost, současnost, budoucnost*. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, s. 13. ISBN: 978-80-87902-11-0.
- Český hydrometeorologický ústav (květen 2020). „Stav a vývoj sucha v Česku. Hodnotící zpráva k jednání Národní koalice pro boj se suchem“.
- (2023a). *Informační systém veřejné správy – VODA*. Česká republika. URL: [https://isvs.chmi.cz/ords/f?p=11002:1:8066146574426:::~](https://isvs.chmi.cz/ords/f?p=11002:1:8066146574426:::)
- (2023b). *Mapový portál ČHMÚ*. URL: <https://chmi.maps.arcgis.com/home/index.html> (cit. 10. 07. 2023).
- (2023c). *Monitoring sucha*. URL: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#> (cit. 14. 03. 2023).
- Český statistický úřad (2023). URL: <https://www.czso.cz/csu/xl> (cit. 10. 07. 2023).
- Fiedler (2017). *M4016-G(-CS, -KDO) uživatelská příručka verze 1.19. Registrační a řídicí jednotka, telemetrická stanice, průtokoměr, ...*
- (2023). *Vodoměrné stanice dodávané pro ČHMÚ a podniky Povodí s.p.* URL: <https://www.fiedler.company/cs/aplikace/sledovani-povrchovych-vod/vodomerne-stanice> (cit. 19. 03. 2023).
- Google Streetview (2023). URL: <https://www.google.cz/maps> (cit. 10. 07. 2023).
- He, Qiu-Lan, Jun-Lan Xiao a Wei-Yu Shi (2022). „Responses of Terrestrial Evapotranspiration to Extreme Drought. A Review“. In: *Water* 14.23. ISSN: 2073-4441. DOI: 10.3390/w14233847. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/23/3847>.
- Heim, Richard R. (2002). „A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States“. In: *Bulletin of the American Meteorological Society* 83.8, s. 1149–1166. ISSN: 0003-0007. DOI: 10.1175/1520-0477-83.8.1149. URL: <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0477-83.8.1149>.
- Krajský úřad Libereckého kraje (2023a). *Ekologicky významná území, chráněná krajinná území. Přehledová situace CHOPAV Jizerské hory na území Libereckého kraje*. URL: <https://prvk.kraj-lbc.cz/ekologie> (cit. 19. 03. 2023).
- (2023b). *Klimatické podmínky. Teplota*. Česká republika. URL: <https://prvk.kraj-lbc.cz/klimaticke-podminky> (cit. 19. 03. 2023).
- (2023c). *Klimatické podmínky. Srážky*. Česká republika. URL: <https://prvk.kraj-lbc.cz/klimaticke-podminky> (cit. 19. 03. 2023).
- Krejčich, Petr (2014). *Vodácký průvodce po řece Ploučnici*. Česká republika. URL: https://www.zkx.cz/foto/ploucnice/ploucnice_pruvodce.pdf.
- Němec, Jan, Josef Hladný a Vladimír Blažek (2006). *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult. ISBN: 80-903482-1-1.

- Netopil, Rostislav, Rudolf Brázdil, Jaromír Demek a Pavel Prošek (1984). *Fyzická geografie 1. Učebnice pro vysoké školy*. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p. ISBN: 14-383-84.
- Nová zelená úsporám (2023). URL: <https://novazelenausporam.cz> (cit. 13.07.2023).
- Přehled významných vodotečí a vodních ploch (2023). *Vodní toky*. URL: <https://prvk.kraj-lbc.cz/hydrologie> (cit. 19.03.2023).
- Robinson, Mark a Roy Ward (2017). „Hydrology: Principles and Processes“. In: *Water Intelligence Online* 16, s. 9781780407296. DOI: 10.2166/9781780407296. URL: <https://doi.org/10.2166/9781780407296>.
- Rožnovský, Jaroslav (2014). „Sucho na území České republiky“. In: *Živa* 2014.1. ISSN: 0044-4812.
- Ruda, Aleš (2014). *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. 1. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: ISSN 1802-128X.
- Řeháková, Jana (2022). *Plán pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody Libereckého kraje*. Česká republika: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- Soukalová, Eva a Radomír Muzikář (2015). „Hydrologické sucho v podzemních vodách“. In: *VTEI: Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 4-5. ISSN: 1805-6555.
- Spolek Živá voda (2018). *Zádrž vody v celé ploše povodí Zdoňovsko. Etapa: Studie proveditelnosti*. Česká republika.
- Sucho a retence vody v Libereckém kraji* (2022). *Plán pro sucho*. URL: <https://sucho.kraj-lbc.cz/suchoplan> (cit. 01.07.2023).
- Vizina, Adam, Martin Hanel, Miroslav Trnka a Jan Daňhelka (2019). *Sucho 2014-2018. HAMR: on-line systém pro zvládání sucha*. Česká republika.
- Vlnas, Radek, Martin Hanel a Adam Vizina (2014). *Možnosti predikce sucha. Projekt Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
- Vorel, Aleš et al. (září 2016). *Průvodce v soužití s bobrem*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN: 978-80-213-2667-5. URL: <https://www.zachranneprogramy.cz/bobr-evropsky/pruvodce-v-souziti-s-bobrem/?action=download&aId=3417>.
- Wilhite, Donald A. a Michael H. Glantz (2009). „Understanding the Drought Phenomenon“. In: *Water International* 10.3, s. 111–120. ISSN: 0250-8060. DOI: 10.1080/02508068508686328. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02508068508686328>.
- Žalud, Zdeněk, Miroslav Trnka a Petr Hlavinka (2019). *Zemědělské sucho v České republice - vývoj, dopady a adaptace*. Praha: Agrární komora České republiky. ISBN: 978-80-88351-02-3.