



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

Detekce povodňových jevů v oblasti
Jizerských hor pomocí historické hydrologie

Detection of flood events in the Jizera
Mountains by historical hydrology

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Bc. Karolína Kohoutová

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Křeček, CSc.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kohoutová Jméno: Karolína Osobní číslo: 477443
Zadávací katedra: Katedra hydrauliky a hydrologie
Studijní program: (N3607) Stavební inženýrství
Studijní obor: (3607T027) Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Detekce povodňových jevů v oblasti Jizerských hor pomocí historické hydrologie
Název diplomové práce anglicky: Detection of flood events in the Jizera Mountains by historical hydrology

Pokyny pro vypracování:

Tato diplomová práce na úrovni studie by měla obsahovat:

- Stručnou rešerši využití metod historické hydrologie k detekci povodňových jevů,
- Analýzu příčin a typologii povodní v oblasti Jizerských hor,
- Aplikaci dostupných historických dat pro upřesnění povodní na zájmových povodích oblasti,
- Zhodnocení přínosu historické hydrologie pro protipovodňovou ochranu.

Seznam doporučené literatury:

Acot, P. (2005): Historie a změny klimatu. Nakladatelství Karolinum, 237 s.
Brázdil, R., Dobrovolný, P., Elleder, L., Kakos, V., Kotyza, O., Macková, J. & H. Valášek (2005): Studium historických povodní v České republice jako příspěvek k historické hydrologii. Hydrologické dny 2005, 311-329.
Jarrett, R.D. (1991): Paleohydrology and its value in analyzing floods and droughts. U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper, 2375: 105-116
Kemel, M. (2000). Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skripta ČVUT, 289 s.
Shaw, E.M. (2011): Hydrology in practice. 4th edition, Span Press, London, 560 p.

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Josef Křeček, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 21.9.2022 Termín odevzdání diplomové práce: 9.1.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

21.9.2022
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Detekce povodňových jevů v oblasti Jizerských hor pomocí historické hydrologie“, vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Dobříši dne: 7. 12. 2022

Bc. Karolína Kohoutová

Poděkování

Mé poděkování patří doc. Ing. Josefu Křečkovi CSc. za poskytnutá data ze zájmové oblasti a též za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi během zpracování diplomové práce věnoval.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je studie využití metod historické hydrologie k rozšíření časové řady pozorovaných průtoků, analýze povodňových jevů (geneze a typologie) a možností protipovodňové ochrany v oblasti Jizerských hor. Srážko – odtokový vztah byl zkoumán na třech zájmových povodích: relativně malých (Sklářský potok a Holubí potok, 1,0 a 0,24 km²) a velkém (Jizera v profilu Železný Brod, 791 km²). Analýza zahrnuje interpretaci historických povodní na Jizeře od počátku 19. století včetně porovnání s povodněmi pozorovanými na Labi. Součástí studie je posouzení vlivu globální klimatické změny na kulminační průtoky. Vyšší N-leté průtoky v období 1801 – 1860 jsou spojovány s dozníváním Malá doby ledové v Evropě (1600 – 1850), nižší maxima průtoky v letech 1912 – 1960 oproti 1961 – 2021 koresponduje s možným vlivem intenzifikace využívání krajiny ve druhé polovině 20. století. Použité metody historického výzkumu výrazně rozšiřují existující hydrometrická pozorování a umožňují upřesnění vlivu velikosti povodí na typologii povodňových jevů.

Klíčová slova

Jizerské hory; povodňové jevy; velikost povodí; archivní záznamy; dendrochronologie; globální klimatická změna.

Abstract

The aim of this master thesis is the study of historical floods to extend the hydrometric observation and analyse flood genesis and typology related to the regional flood control in the Jizera Mountains (Czech Republic). Precipitation - runoff genesis was investigated in three catchments: small (Sklářský Potok, Holubí Potok, 1,0 and 0,24 km²) and large scale (the Jizera River at Železný Brod, area of 791 km²). Historical records include floods at the Jizera River since the beginning of the 19th century. Higher peak flows observed in the period 1801 – 1850 are evidently associated with the Little Ice Period in Europe (1600 – 1850), and higher annual runoff maxima in 1961 – 2021 (against the period of 1912 – 1960) correspond with the more intensive landscape exploitation. The methods of historical hydrology can significantly extend the hydrometric data and improve the information on the effects of the catchment area on flood typology in the investigated region.

Keywords

The Jizera Mountains; flood phenomena; catchment are; archive data; dendrochronology; global climate change.

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Povodňové jevy a protipovodňová opatření.....	7
2.1. Definice povodňových jevů.....	7
2.2. Příčiny a následky povodní.....	8
2.3. Typologie povodňových jevů.....	9
2.3.1. Povodně z přívalových dešťů.....	9
2.3.2. Povodňové jevy způsobené táním sněhové pokrývky a povodně smíšené ...	10
2.4. Protipovodňová ochrana.....	11
2.4.1. Technická a netechnická řešení protipovodňové ochrany.....	11
2.4.2. Přírodě blízká protipovodňová opatření.....	11
3. Historická hydrologie.....	12
3.1. Definice proxy – dat.....	12
3.2. Metodika.....	13
3.3. Aplikace.....	13
4. Možnosti rozšíření historické informace pomocí paleo – hydrologických dat.....	14
4.1. Metodika.....	15
4.2. Aplikace.....	16
5. Dendrochronologie.....	17
5.1. Historie dendrochronologie v ČR.....	17
5.2. Odběr, příprava a vyhodnocení vzorku.....	18
5.3. Aplikace dendrochronologie.....	19
6. Příkladová studie – oblast Jizerských hor.....	20
6.1. Popis oblasti Jizerských hor.....	20
6.1.1. Chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV).....	22
6.2. Historické povodně.....	25
6.3. Retenční přehrady a problematika vodárenských nádrží.....	26
6.3.1. Vodní nádrž Souš.....	27

6.3.2.	Vodní nádrž Josefův důl	28
6.3.3.	Problematika vodárenských nádrží v Jizerských horách	28
7.	Povodňové jevy v povodích Jizerských hor	29
7.1.	Povodňové situace na experimentálním povodí Sklářského potoka	29
7.1.1.	Popis povodí	29
7.1.2.	Typologie povodní v období 2002-2021	30
7.1.3.	Analýza průměrných ročních teplot	31
7.1.4.	Diskuze	33
7.2.	Povodňové situace v povodí Jizery (Železný Brod)	33
7.2.1.	Popis povodí	34
7.2.2.	Typologie povodní v období 1941-2021	34
7.2.3.	Analýza maximálních ročních průtoků	35
7.2.4.	Diskuze	37
7.3.	Povodňové situace v povodí Holubího potoka	38
7.3.1.	Popis povodí	38
7.3.2.	Detekce povodňového průtoku v horském povodí pomocí dendrochronologie	39
8.	Vliv klimatické změny	39
8.1.	Analýza ročních srážkových úhrnů	40
8.2.	Analýza srážkových úhrnů ve vegetačním a zimním období	42
8.3.	Analýza denních srážkových úhrnů	44
8.4.	Analýza ročních teplot v Klementinu	45
8.5.	Langův dešťový faktor	46
9.	Změna N – letých průtoků	47
12.	Závěr	50
13.	Seznam použité literatury	51
	Odborná literatura	51
	Internetové zdroje	55
	Seznam obrázků	58
	Seznam tabulek	59

1. Úvod

V zájmových povodích ČR často dochází ke stanovení návrhových N-letých průtoků se značnou nejistotou vlivem relativně krátkých řad pozorování na vodoměrných stanicích. Tyto nejistoty potom mohou vést k podcenění nebo naopak nadhodnocování povodňového rizika. Dostupná historická data jsou proto cennými informacemi při identifikaci extrémních hydrologických situací, rozšiřování časových řad průtoku a posuzování povodňového rizika. Vzhledem k extrémním změnám klimatu v rámci globální klimatické změny se bude lidstvo častěji setkávat s událostmi, které si generace nebudou pamatovat, ovšem na Zemi se již pravděpodobně v historii staly. Tudíž znalost historických, či až prehistorických událostí může být přínosem při předpovědích událostí současných, popřípadě budoucích.

Cílem této diplomové práce je rešerše využití metod historické hydrologie k detekci povodňových jevů, analýza příčin a typologie povodňových jevů v oblasti Jizerských hor, aplikace dostupných historických dat pro upřesnění povodní na zájmových povodích a zhodnocení přínosu historické hydrologie pro protipovodňovou ochranu.

2. Povodňové jevy a protipovodňová opatření

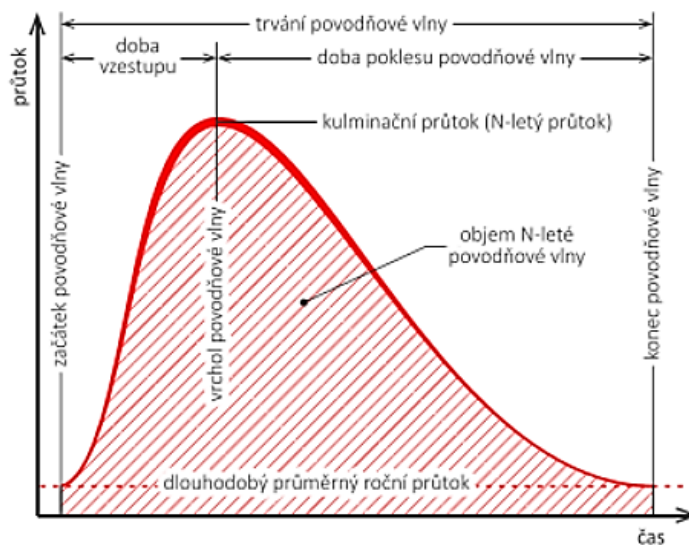
Povodně jsou přírodní fenomén s nepravidelným výskytem a variabilním rozsahem, kterému nelze zabránit. Pro střední Evropu jsou povodně největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof, které přinášejí závažné krizové situace. Při těchto dochází nejen k významným materiálním škodám, ale rovněž ke ztrátám na životech obyvatel postižené oblasti a k devastaci kulturní krajiny včetně ekologických škod (Reidinger, 2000). Voda vystupovala z říčních břehů vždy a člověk to považoval za normální a v některých případech i za žádoucí (Státníková, 2012). Z historických záznamů je známo, že existují klidová období a období povodní, která se střídají. Vlhké období (povodňové období) je často ovlivněno celkovým klimatickým chodem za několik desetiletí. V klidovém období, které netrvá často déle než 40 - 50 let, lidé zapomínají na ničivé následky povodní a staví svá obydlí v říčních nivách. Naopak o povodních se již ví, že častěji než jako samostatné události přicházejí ve shlucích, z čehož následně vznikají katastrofické následky, neboť dojde k nasycení půdy a následnému povrchovému odtoku (Svoboda et. al, 2003).

Například na délku klidového období na konci 20. století, které bylo příliš dlouhé, upozorňovali odborníci v čele s J. Svobodou a J. Kotyzou již před velkými povodněmi v roce 1997 (Svoboda et. al, 2003).

2.1. Definice povodňových jevů

Dle zákona 254/2001 Sb. o vodách (Tureček 2003), povodně představují přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Je možné se setkat i s mírně odlišnými definicemi povodně, například ve smlouvě s pojišťovnami. Za povodeň je považován i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod.

Ve chvíli, kdy dojde ke značnému zvýšení kulminačního průtoku, se vytváří povodňová vlna, tj. průtok říčním korytem při neustáleném pohybu. Hydrogram povodňové vlny je charakterizován tvarem, objemem a vrcholem (kulminačním průtokem během povodně), Kemel (1996). Pro návrh retenčního prostoru nádrží je nejdůležitější charakteristikou objem povodňové vlny, naopak při návrhu mostních profilů, propustků či přelivů hrází má rozhodující roli kulminační průtok (Kohoutová, 2021).



Obr. 1 – Charakteristika povodňové vlny (Kemel, 1996)

2.2. Příčiny a následky povodní

Příčin vzniku povodní je mnoho. Mezi nejčastější se řadí zvýšený odtok z povodí způsobený přivalovými, nebo dlouhotrvajícími dešti, případně táním sněhu. K povodňovým jevům může docházet také zmenšením průtočnosti koryta (vlivem splavenin, ledových ker, sesuvem půdy), Pender a Faulkner (2011).

Dle Němce a Hladného (2006) jsou povodně zapříčiněné několika meteorologickými a hydrologickými faktory, kdy oba faktory dělí na předběžné a příčinné. Mezi předběžné meteorologické faktory působící několik dnů až měsíců před vznikem povodně patří nasycenost povodí, promrznutí půdy a výška sněhové pokrývky společně s její vodní hodnotou. K příčinným meteorologickým faktorům, které nastávají několik hodin až dnů před vznikem povodně, pak řadí dešťové srážky, kladné teploty vzduchu při oblevách při existenci sněhové pokrývky, rychlost větru ovlivňující průběh tání sněhu aj. Z předběžných hydrologických faktorů je důležitý objem koryt vodních toků před povodní a mezi příčinné hydrologické povodně se řadí celkový stav ledových jevů na tocích.

Ke škodám způsobeným v důsledku „velké vody“ zpravidla dochází v přirozených záplavových oblastech, které jsou v posledních letech nevhodně osídlovány vlivem rostoucího civilizačního tlaku a nedostatku nezastavěných ploch (Němec a Hladný, 2006).

2.3. Typologie povodňových jevů

Nejčastěji se rozlišují dva základní typy povodní: mořské a říční. Podrobněji se pak dělí na povodňové jevy:

- přívalové, které jsou typické pro pouštní a polopouštní oblasti
- jednoduché, které jsou typické jedním maximem a jsou způsobené vydatnými dešti
- složité, které mají i několik maxim a trvají až několik dní
- sezónní, které se vyznačují pravidelnými změnami meteorologických podmínek
- zvláštní, které jsou zapříčiněné z pravidla havárií vodohospodářských děl

Pro zájmové území této studie, horská povodí, je rozdělení povodňových jevů na povodně: z přívalových dešťů, dlouhotrvajících dešťů, z tání sněhové pokrývky, ledové a kombinované, zcela dostačující.

Povodně způsobené dlouhodobými regionálními dešti trvají často několik dnů, zasahují velkou část povodí a jejich důsledky se projevují na středních až velkých tocích. (Němec a Hladný, 2006)

2.3.1. Povodně z přívalových dešťů

Povodně tohoto typu vznikají vlivem přívalových dešťů vysoké intenzity a krátké doby trvání (několik hodin), jsou známy jako „bleskové povodně“ a nejčastěji zasahují malé vodní toky a nejničivější dopady mají na sklonité vějířovité povodí. Ve většině případů se jedná o podhorské potoky (např. Bělá, Stěňava, Jizerka aj.), není to ovšem pravidlo, například v červnu roku 2006 zasáhla přívalová povodeň horní Dyji (Kohoutová, 2021).

V těchto případech dochází k přechodnému, výraznému zvýšení hladiny vodního toku, kdy hladina velmi rychle vystoupá a následně velmi rychle klesne (Ministerstvo životního prostředí).

Rizikové faktory pro vznik přívalové povodně jsou (Pender a Faulkner, 2011):

- Konfigurace terénu s velkou svažitostí a úzkými říčními údolími
- Vysoká intenzita deště v bouřkovém oblaku (cumulonimbus)
- Případně kumulace bouřkových oblaků nad určitým povodím (řetězový efekt přechodu relativně méně intenzivních bouřkových oblaků)
- Rychlost pohybu bouřkového oblaku
- Předchozí nasycení povodí vodou

2.3.2. Povodňové jevy způsobené táním sněhové pokrývky a povodně smíšené

Povodně způsobené pouze táním sněhové pokrývky záleží na výšce sněhové pokrývky a podmínkách, které vedou k tání. Často se chybně udává, že povodně z tání sněhu nemohou konkurovat povodním z dešťových srážek, ovšem pokud se k vysoké intenzitě tání přidají faktory, které zvyšují dopady tání sněhové pokrývky na odtok z povodí a průtok v řekách, mohou být dopady těchto povodní stejně ničivé, jako ty z dešťů (ČHMÚ).

Faktory zvyšující dopady tání sněhu:

- Snížená infiltrace – ta je v zimních a jarních měsících způsobená často zmrzlou půdou, nebo vyšší nasyceností (v zimě neprobíhá evapotranspirace)
- Délka trvání tání sněhu – tento proces může, na rozdíl od dešťových srážek, trvat až několik dní
- Rozsah území – sněhová pokrývka ubývá z většího území, intenzivní srážky většinou nezasáhnou takto velká území

Dalším důležitým indikátor pro průběh tání sněhu a jeho následky je výškový profil povodí. Pokud bude rozdíl mezi maximální a minimální nadmořskou výškou malý, pravděpodobněji bude docházet k tání sněhu na celé ploše povodí, neboť bude všude teplota nad nulou a sníh bude na celé ploše stejně náchylný k tání (výška sněhu bude homogenní). Z tohoto vyplývá, že nejnáchylnější povodí na povodně z tání sněhu jsou povodí v nížinách, tam jsou ovšem zimy zpravidla slabé a výška sněhové pokrývky tak není vysoká.

Horské oblasti mají zpravidla mnohem vyšší zásobu sněhové pokrývky, ale vzhledem k výškovým rozdílům v povodí nejsou na povodně z tání sněhu tolik citlivé. Sníh v těchto oblastech odtává postupně podle výškových zón (ČHMÚ).

Zrychlené tání sněhu vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost, tudíž je tání sněhu velmi často doprovázeno dešťovými srážkami, tudíž se jedná spíše o povodně smíšeného charakteru. Tyto povodně bývají nejčastější příčinou větších povodní, v zimních a jarních měsících, u nás (Němec a Hladný, 2006).

Smíšené povodňové jevy jsou způsobené oblevou, při které jsou až tři dny po sobě jdoucí kladné teploty, a táním sněhové pokrývky o vysoké vodní hodnotě. Urychlení tohoto jevu může způsobit proudění čerstvého teplého vzduchu a dešťové přeháňky. V ČR dochází ke smíšeným povodním v období prosinec až první polovina dubna (pro některé toky ve vyšších nadmořských výškách do konce dubna), Kohoutová, 2021.

2.4. Protipovodňová ochrana

Protipovodňová ochrana slouží především k předcházení a redukci škod na životech, majetku a životním prostředí. Řízení této činnosti je prováděno podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), povodňových plánů a při vyhlášení krizové situace podle krizového plánu (Martinek *et al.*, 2003).

Součástí protipovodňové strategie člověka zůstávají činnosti působící na snižování povodňových rizik formou jednak technických opatření na tocích, jednak environmentálních v rámci snižování objemu povrchového odtoku a eroze půdy v povodí (Pender a Faulkner, 2011). Obecně o všech typech protipovodňových aktivit platí, že musí být navrženy tak, aby nezapříčinily zvýšení povodňových rizik a škod.

2.4.1. Technická a netechnická řešení protipovodňové ochrany

Netechnické povahy jsou zejména opatření přípravná a činnosti při nebezpečí povodně: stanovení záplavových území a jejich právního zajištění, předpovědní a hlásné systémy, povodňové plány, ale i osvěta a výchova veřejnosti.

K čistě technickým (stavebním) opatřením proti povodním patří opatření přímo na vodních tocích: realizace retenčního prostoru v údolních nádržích či poldrech, zkapacitnění koryta toku, ochranné hráze a mobilní protipovodňová opatření.

2.4.2. Přírodě blízká protipovodňová opatření

Třetím typem protipovodňové ochrany, na který je v poslední době kladen důraz, jsou opatření přírodě blízká, která jsou stále častěji využívána (Pender a Faulkner, 2011). Myšlenka, kterou tato opatření zastupují, je nejen ochrana obyvatelstva a majetku před přírodní katastrofou, ale i možnost zlepšit ekologický stav krajiny. Toto opatření se netýká jen vodního toku, ale i celé plochy povodí včetně okolní nivy. V celé ploše povodí a v okolních nivách je největší snaha o snížení možnosti eroze a snížení rychlosti odtoku. V přímé blízkosti vodního toku pak stejně jako u stavebně-technických opatření se naskytuje možnost zkapacitnění koryta, budování poldrů a využívání nezastavěných území, jako území pro možné zaplavení.

Ke zmírnění rizika záplav, pomocí přírodě blízkých opatření, byl například v roce 2019 ve Velké Británii založen projekt „Farm the flow“, který má za cíl zapojení místních obyvatel (Fullen, 2021). Jedním z aspektů je snaha o využití pozemků místních obyvatel k vytvoření řízeného inundačního území a snížení povodňových škod.



Obr. 2 – Přírodě blízké protipovodňové opatření (ochranná hráz posunuta od toku a území zanecháno jako přírodní poldr), (Střední Čechy – ochrana přírody)

3. Historická hydrologie

Cílem historické hydrologie je extrapolace časových řad pozorování klimatických a hydrologických veličin. Tyto řady se hojně využívají k detekci vlivu klimatických změn na genezi hydrologických procesů, zda intenzita klimatických změn z minulosti může mít vliv na budoucí klimatické procesy (Solomon *et al.*, 2007).

Historická hydrologie využívá psaných archivních záznamů (kronik, dobových tisků aj.). Vzhledem k často ne zcela přesným hodnotám, které jsou interpretovány v dokumentárních zdrojích, nemůže historická hydrologie konkurovat v přesnosti s naměřenými daty. Může však doplňovat, potvrzovat, případně vyvracet hypotézy o hydrologickém režimu (Elleder, 2010).

Ukázka z dokumentárního zdroje – Paměti sedláka Josefa Dlaska, zaznamenání povodně v roce 1834. 25. ledna roku 1834 po několikadenním silném dešti společně s táním sněhu voda v řece Jizeře v Dolánkách u Turnova dosahovala výšky cca 5 loktů. „50 let taková povodeň vidět nebyla“ (Kutnar, 1941).

3.1. Definice proxy – dat

Význam termínu proxy – data se nejčastěji popisuje jako souhrnný název pro nepřímá data, která se využívají k extrapolaci časových řad měřených veličin meteorologických a klimatologických (teploty vzduchu, atmosférických srážek, průtoku ve vodních tocích apod.)

Z angličtiny má slovo „proxy“ mnoho překladů a významů, pro tuto studii je ovšem důležitější hledat původ slova z latiny, kde „proximita“ znamená blízkost a „aproximi-

ta“ přibližnost. Z tohoto je možné mluvit o proxy – datech, jako o datech, která zastupují a rozšiřují data naměřená.

Dle Gornitze (2009) jsou proxy – data definována jako nepřímé údaje poskytující informace o klimatických a přírodních podmínkách z dob minulých. Instrumentální období zahrnuje zhruba poslední dvě století. Tato doba ovšem není dostatečně dlouhá na to, aby bylo možné moderní klima zasadit do dlouhodobějšího časového kontextu, tudíž je v posledních letech snaha o datování nepřímých údajů a tím i rozšíření představy o klimatu v holocénu.

3.2. Metodika

V historické klimatologii se často uvádějí proxy – data jako nepřímé údaje, ovšem historická hydrologie čerpá převážně z dokumentárních zdrojů (např.: povodňové značky, záznamy vodních stavů v čase, nebo v prostoru apod.), v tomto smyslu je vhodnější hovořit spíše o přímých odkazech (Elleder, 2010).

Podle Brázdila *et al.* (2005) dokumentárními zdroji mohou být:

- Noviny – již od 16. století existovaly noviny vydávané týdně
- Obrazové dokumentace – různé techniky vyobrazení povodně, často citově zabarvené
- Prameny narativní povahy – tradiční vyprávěcí písemné prameny – kroniky, paměti apod.
- Denní záznamy počasí – informace o průběhu počasí a o výskytu extrémů
- Osobní korespondence – povodeň se dotýkala pisatele
- Speciální tisky – vycházely často u příležitosti katastrofických událostí
- Kramářské a trhové písně
- Epigrafické prameny
- Vědecké práce a sdělení

3.3. Aplikace

Použití neúplných záznamů o historických povodních se diskutovalo již v sedmdesátých letech minulého století (Shaw, 2010), ovšem zatím se běžně nezačleňovaly do postupů statistické analýzy a odhadu kulminačních průtoků. Například ve Velké Británii podnítily začlenění historických dat do hodnocení povodňového rizika povodně v 90. letech 20. století. Při zkoumání účinků změny klimatu a využívání půdy se stále častěji diskutovalo o skutečnosti, že druhá polovina 20. století byla neobvykle suchá, což by znamenalo, že pouze statistické údaje by mohly povodňové riziko pod-

ceňovat. Naopak pokud by byly zahrnuty povodně z 90. let 20. století a řada by nebyla dostatečně dlouhá, mohlo by docházet k přeceňování povodňového rizika. Z těchto důvodu byla roku 1998 zprovozněna chronologie britských hydrologických událostí, která poskytuje dostupnou databázi, ve které se snadno dohledají hydrologické události a zprávy, včetně povodní a sucha (Shaw, 2010).



Starý pivovar v Měcholupce (Dle skutečnosti kreslil F. Chalupa)

Obr. 3 – Škody na starém pivovaru v Měcholupce – povodeň na Blšance v roce 1872, archiv Regionálního muzea K. A. Polánka

4. Možnosti rozšíření historické informace pomocí paleo – hydrologických dat

Stejně jako historická hydrologie i paleo – hydrologie má za cíl extrapolaci časových řad pozorování klimatických a hydrologických veličin. Ovšem mezi těmito dvěma metodami je zjevný rozdíl. Historická hydrologie vychází z psaných archivních záznamů, zatímco paleo – hydrologie se zabývá „přírodními archívy“ prehistorického období Země, pro které nejsou dostupné žádné relevantní archivní záznamy (Britannica online encyclopedia, 2012).

Dreyfus (1994) zdůrazňuje rostoucí význam paleohydrologie a historické hydrologie ve smyslu korekce počítačových simulací. Dosud se ale tyto metody využívají pře-

devším k doplňování trendů řad pozorovaných povodňových průtoků a určení vlivu dlouhodobých změn klimatu (Jarret, 1991; Fenske, 2003). Tyto historické poznatky často napomáhají k doplňování průtokových řad pro období posledních deseti tisíc let (holocénu), Knox (2003).

4.1. Metodika

Hydrologické a klimatické změny se v paleohydrologii indentifikují pomocí zkoumání nepřímých indicií (proxy-data, kapitola 3.1) přírodního původu a datování těchto údajů. Mezi identifikátory hydrologických změn se řadí např.: změny depozice a eroze geologických vrstev, glaciálních útvarů, biologických charakteristik – letokruhů dřevin, pylového složení v sedimentech (Lane *et al.*, 2011). Pro evidenci klimatických změn se využívá analýza pylového složení, vrstev sedimentů, vrstev ledovců, eventuálně dendrochronologie dřevin (Solomon *et al.*, 2011). Po důkladném průzkumu záplavového území je možné odvodit extrémní průtoky (geomorfologie koryta), nebo období sucha (botanické průzkumy, dendrochronologie stromů), England *et al.*, (2010).

K datování analyzovaných proxy-dat je možné využít mnoho metod, např. metoda dendrochronologie letokruhů stromů, případně metoda relativního datování pomocí srovnávání geologických horizontů. Od roku 1940 se nejčastěji využívá radiouhlíková metoda, tato metoda pracuje s poznatkem, že přírodní radioaktivní izotop uhlíku ^{14}C je nepřetržitě dodáván do živých organismů až do jejich smrti. Díky tomuto je možné zjišťovat stáří biologického materiálu v záplavovém území a pro poločas rozpadu ^{14}C (5730 let) je určeno datum úmrtí (Thordycraft *et al.*, 2003).

Kombinací analýzy obsahu izotopu ^{18}O v celulóze jezerních fosilií a výhodami radiouhlíkové metody je možná rekonstrukce teplotního a vlhkostního režimu v období holocénu (Edwards and McAndrews, 1989).

Nejen izotopy uhlíku a kyslíku, ale i další nuklidy mohou být využívány k datování analyzovaných nepřímých indicií. Radioizotopy olova, křemíku a argonu napomáhají k datování vrstev ledovců. Pro období holocénu jsou tyto metody relativně přesné, pro starší období, kdy narůstá vliv komprese, deformace, eventuálně odtok vody z ledovce, dochází k nárůstu nejistot exponenciálně se stářím ledu (Solomon *et al.*, 2007).

Interakce mezi vstupy z povodí, vegetace, ovzduší a interními procesy ve vodním prostředí charakterizují geochemická data sedimentů. Stehlík a Kadlec (2012) uvádí např. výskyt křemíku a hliníku v sedimentech značí relativně teplejší a vlhčí klima. Odhad historického vývoje pH vody umožňuje poznatek, že hliník má vyšší rozpustnost v kyselém prostředí. Dále mimo jiné uvádí, že intenzivní erozní procesy se indikují obsahem sodíku a draslíku v sedimentech.

Velikosti a vlastnosti sledovaných vodních toků mají významný vliv na výpovědní hodnotu paleo – hydrologické informace (Knox, 2003; Rambeau, 2010). Malá povodí archivují převážně lokální události, které se mohou významně lišit od regionálního schématu změn prostředí. Naopak sedimenty větších povodí mapují události širšího území, ovšem některé lokální události mohou být zakryty.

4.2. Aplikace

Historická a paleo – hydrologická data vedou obecně ke snižování nejistot při stanovení čáry opakování N-letých průtoků. Často se tyto data využívají k extrapolaci pravděpodobnosti překročení extrémních průtoků.

Předpoklad nejnepříznivější kombinace meteorologických a hydrologických podmínek vede ke stanovení hodnoty pravděpodobného maxima průtoku (PMF). Přičemž PMF musí převyšovat maximální průtoky odvozené z paleo-hydrologického průzkumu (Jarret, 1991).

Jak uvádí Rambeau (2010), paleo – hydrologické studie sice poskytují informace o kulminačních průtocích, ale již postrádají informace o objemu povodňové vlny. Dalším omezením použití paleo hydrologické analýzy může být četnost těchto informací, která se mění s regionálním klimatem. V oblastech, kde existují kaňony s výraznými indikátory extrémních průtoků, roste i význam paleo – hydrologických studií (Reed, 2002).

V Coloradu (USA) těchto informací nejdříve využil Jarret (2003), který provedl pomocí prehistorické studie korekci návrhového povodňového průtoku přehrady Olympus Dam, čímž celému projektu ušetřil 184 milionů USD. Podobně byl odvozen deseti tisíci lety návrhový průtok pro stavbu přehrady Pueblo Dam (England *et al.*, 2010).



Obr. 4 – Vrstvy hornin v Grand Canyonu (USA – Arizona), archiv Martina Haince

5. Dendrochronologie

Dendrochronologie neboli také datování letokruhů dřeva se často využívá nejen k datování podle letokruhů, ale také ke zjištění mnoha událostí z minulosti, které jsou zapsané v letokruzích stromů (Kyncl, 2003). Letokruhy neboli vrstvy, které je možné sledovat na příčném řezu kmenu stromu, vznikají v důsledku pravidelného dorůstání kambia (buněčné vrstvy). Dorůstání kambia probíhá pouze ve vegetačním období, které ve střední Evropě probíhá od dubna do listopadu. Z letokruhů stromů můžeme vyčíst údaje o prostředí, které strom za jeho život obklopovalo, jako například údaje o klimatu a jiné složky životního prostředí. Dále může analýza letokruhů sloužit k datování archeologických nálezů dřevěných předmětů či dřevěné části staveb, např.: krovky na starých budovách a hradech, dřevěný nábytek či umělecká díla. Je-li znám podkorní letokruh (poslední letokruh), je znám i rok, kdy byl strom pokácen. K tomuto roku se často přičítá čas potřebný na zpracování dřeva, neboť rok, ve kterém byl strom pokácen, často není shodný s rokem zpracování dřeva (Křeček, 2022)

Dendrochronologie je založena na dvou poznatcích, jedním je, že stromy stejného druhu v širší oblasti reagují stejně na klimatické podmínky. Druhý princip říká, že vzorky dřeva s rozdílným stářím mohou být navzájem překrývány v sektorech, ve kterých vykazují stejné znaky v šířkách vrstev. Vzhledem k tomuto je možné nejen rekonstruovat klima minulosti, ale také sestavovat tzv. standardní chronologie, ty se sestavují nejen ze živých stromů, ale právě i z historických staveb (Křeček, 2022).

5.1. Historie dendrochronologie v ČR

Největší vývoj v dendrochronologie v ČR proběhl od druhé poloviny 20. století a nejčastěji se člení do tří časových úseků. První časový úsek neboli období počátku se rozpíná od 30. do 50. let 20. století. Po druhé světové válce astronom A. Bečvář a klimatolog S. Hanzlík navrhuje využití dendrochronologie při studiu klimatických změn, dále na skutečnost využívání dendrochronologie při studiu kolísání podnebí upozorňuje L. Křivský. Všechny tyto iniciativy ovšem končí na chybějících kapacitách specializovaných pracovišť (Hanzlík a Bečvář, 1948).

Dalším významným časovým úsekem je rozmezí mezi 60. a 70. lety. Roku 1955 zakládá dendrochronologickou laboratoř ve Zbraslavi Bohuslav Vinš a začíná využívat letokruhovou analýzu k popisu vývoje lesních porostů, například přírůstové poměry vlivem průmyslových imisí SO₂, emisí z továren na draselná hnojiva, nebo růstové změny jako odpověď na změnu vodního režimu. Dále se v laboratoři pracovníci hojně zabývali sestavováním chronologií zejména dubu a jedle pro velké územní jednotky (Vinš, 1960).

Třetím časovým úsekem byla doba po 80. letech, kdy díky výpočetní technice bylo umožněno sestavovat jemnější standardní chronologie, a to i pro borovici a smrk (Dendrochronologie, 2022).

Standardní chronologie je souvislá letokruhová řada určité dřeviny v určitém regionu. Chronologie vznikaly odebráním vzorku z větší skupiny stromů v jedné oblasti. Po analýze letokruhových řad jednotlivých stromů byla tato data porovnávána a zprůměrována. Zprůměrováním dat se odstranily individuální odchylky, které každý strom vykazoval (Křeček, 2022).

5.2. Odběr, příprava a vyhodnocení vzorku

Vhodný objekt, který je možný bezpečně zařadit do standardní chronologické řady, musí mít minimálně 40 po sobě jdoucích letokruhů. Pokud není možné tuto podmínku splnit, je nutné mít k dispozici další objekt z téže doby, který pomůže doplnit údaje. Další podmínku, kterou musí vhodný objekt splnit, je existence posledního, podkorního, letokruhu. Bez této části není možné určit kompletní stáří stromu, ale pouze nejstarší rok, po který byl strom pokácen. Výjimku z těchto podmínek má pouze vzorek pocházející z buku. Buk svým specifickým rozdělením letokruhů na vnitřní jádrovou část a vnější část umožňuje chybějící část odhadnout a určit přibližný rok pokácení stromu (Rybníček, 2003).

Pro odběr vzorků se využívá více metod. Tou nejčastější je odebrání vzorku vrtem, který je proveden speciálním dutým nebozezem (tzv. Presslerův vrták), tento vrták umožňuje pořídit vývrt, na kterém jsou vidět jednotlivé letokruhy. Vrt je veden kolmo na podélnou osu stromu nebo jiného prvku. Vrt musí být veden tak, aby obsáhl co největší množství letokruhů a tím zajistil důvěryhodnost vzorku. V další fázi je vzorek řádně označen a poslán k dalšímu rozboru.

Druhou, méně často využívanou metodou je příčný řez zkoumaným prvkem. Tato metoda se využívá u vzorků odebíraných z dřevěných trámů. Jedná-li se o umělecké předměty, upřednostňuje se měření letokruhů přímo na objektech, tak aby nedošlo k poškození a znehodnocení předmětu (Puhačová *et al.*, 2020)

Před samotným vyhodnocením vzorku musí dojít k přípravě vzorku. Ta spočívá v obroušení a vyhlazení, aby bylo možné jednotlivá rozhraní mezi letokruhy s jistotou rozpoznat. Vyhodnocování vzorku se provádí na speciálním měřicím stole. Na pohyblivou část stolu se připevní vzorek a pomalu se posunuje, posun zaznamenává pracovník, který sleduje vzorek přes mikroskop a v momentě, kdy zaznamená pod mikroskopem hranici letokruhu, stiskne tlačítko, čímž dá signál do počítače. Počítač celý tento proces zaznamenává a šířku měřeného letokruhu ukládá. Výsledkem je soubor čísel,

kteřá představují šířku letokruhů a křivku. Vzhledem k již existujícím standardním chronologickým řadám je možné vzorek zařadit a datovat, a to pomocí speciálního programu, který porovnává naměřená data s těmi již existujícími. Rozhodující je hodnota korelačního koeficientu, neboli míra podobnosti obou křivek (Kyncl, 2003).



Obr. 5 – Vzorek z Presslerova vrtáku, archiv doc. J. Křečka

5.3. Aplikace dendrochronologie

V roce 2005 popsal Campbell ve své práci využití dendrochronologie k popisu pravidelné defoliace lesů douglasky (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* Mirb. Franco) v oblasti Britské Kolumbie (Kanada). Bylo vybráno 19 lokalit douglasky s průměrem kmene nad 42 cm. Aby nedošlo k chybné identifikaci poklesu šířky letokruhů vlivem klimatických podmínek, byla provedena letokruhová analýza u borovice těžké (*Pinus ponderosa* Dougl., ex P. & C. Laws.), která nebyla napadena obalovačem (*Choristoneura occidentalis* Freeman) a rostla ve stejné oblasti. Vzhledem k výrazné korelaci ($p < 0,05$) křivek všech 19 lokalit douglasky bylo možné identifikovat období napadení lesa obalovačem.

Na konci 19. století, po období relativní prosperity, došlo v oblasti Puna Jujuy k výraznému poklesu populace. Jedná se o hornatou oblast (3500-5000 m n. m.) Argentiny, kde se 75 – 90 % obyvatelstva v tehdejší době živilo ovce a lamami, tudíž byli závislí na vhodných pastvinách. Vzhledem k chybějícím socioekonomickým záznamům byla použita dendrochronologie, která měla identifikovat období sucha. Pro oblast So-

niquera-Granadas (4650-4700m) byl vybrán *Polylepis tarapacana* Phil., který je náchylný na změnu klimatických podmínek. Ze sedmi farností v dané oblasti byla získána data zaznamenávající úmrtnost a byla statisticky zpracována. Po porovnání dat z letokruhové analýzy výzkum ukázal, že období s vyšší mírou úmrtnosti se shoduje s obdobím sucha, které bylo zaznamenáno na letokruzích stromů (Montero, R. G. *et al.*, 2005).

6. Příkladová studie – oblast Jizerských hor

V příkladové studii jsem se zabývala nejen analýzou příčin a typologie povodní na relativně malém povodí Sklářského potoka a na relativně velkém povodí Jizery, nýbrž i aplikací dostupných historických dat v zájmové oblasti.

6.1. Popis oblasti Jizerských hor

Jizerské hory jsou nejsevernějším pohořím v České republice, západní část navazuje na Lužické hory, východní část zasahuje na polské území, a dále se napojuje na Krkonošské hory (Balatka a Kalvoda, 2006). Rozléhají se na ploše 417 km², z čehož 368 km² bylo v roce 1968 vyhlášeno chráněnou krajinnou oblastí, nejstarší CHKO u nás. CHKO Jizerské hory se na východě přímo napojuje na Krkonošský národní park. Nejvyšší hora se nachází na polské straně, Wysoka Kopa (1127 m. n. m.), na české straně je nejvyšší bod Jizerských hor Smrk (1124 m. n. m.), Demek a Mackovčín (2006).

Jizerské hory se řadí svým vznikem do dob prvohor a jsou charakterizované plochými kupy, plošinami, zaoblenými hřbety a širokými údolími. Složení půdy, charakter vegetace a geomorfologii z velké části ovlivňuje krkonošsko-jizerský žulový pluton (Resort životního prostředí).

Flóra Jizerských hor je oproti Krkonoším dosti chudá, důvodem je značně převažující žulové podloží, vysoké množství srážek a chladné podnebí. Převažujícím vegetačním typem je les, přirozená bezlesí se nacházejí pouze na extrémních místech (např. na nejvyšších vrcholech, na živých rašeliništích atd.), Resort životního prostředí.

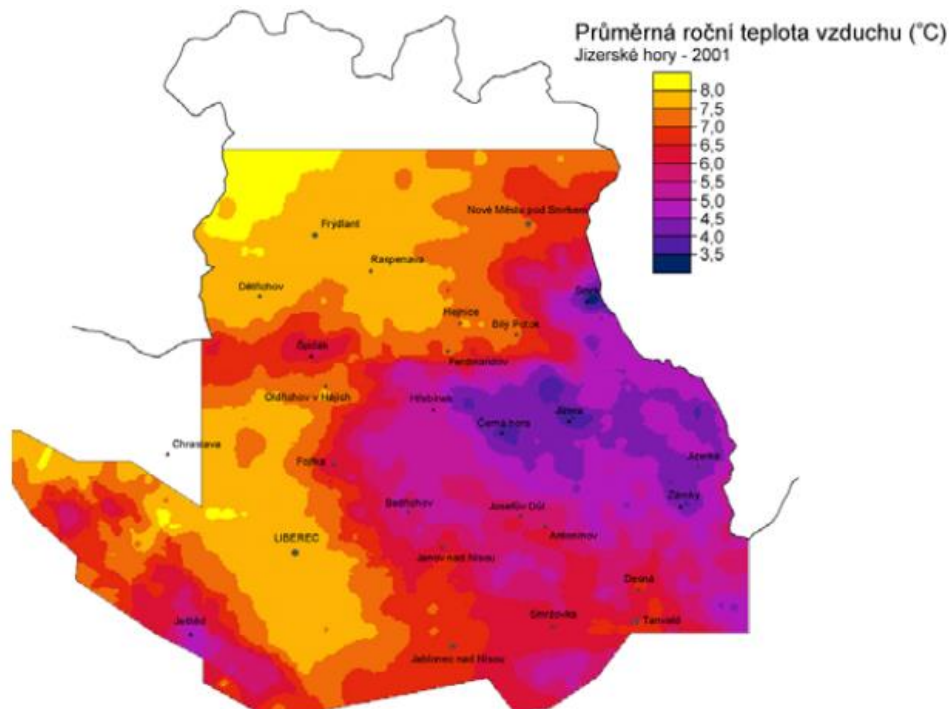
Fauna je oproti chudé flóře relativně bohatá na živočišné druhy vyskytující se v lesním a horském prostředí. Vysokým výskytem zvěře často dochází k narušování lesního ekosystému. Za zmínku stojí i výskyt dvanácti druhů netopýrů, či vzácné druhy ptáků, pro které byla v Jizerských horách vyhlášena ptačí oblast v rámci Natura 2000. Kvůli přirozené kyselosti vody v jizerských potocích je život v nich značně chudý (CHKO Jizerské hory).

Jizerské hory se řadí do chladné klimatické oblasti. Proměnlivost klimatu v zájmovém území způsobuje velká členitost reliéfu, sklony svahů, skalní útvary atd. Průměrná roční teplota se pohybuje od 4 do 7 °C, průměrné zimní teploty (v lednu) se pohybují okolo -5 °C a v létě okolo 16 °C. Nejnižší extrémní teplota -42 °C, byla naměřena v roce 1940. V mělkých údolích Jizery a Jizerky dochází často k inverzím, v těchto nížinách (cca 850 m. n. m.) je zpravidla naměřena teplota nižší než na vrcholech přilehlých hor a po celý rok se zde vyskytují přízemní mrazy (citace Klim, atlas).

Roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 800-1700 mm, čímž jsou Jizerské hory jednou z nejdeštivějších oblastí v ČR. Jizerské hory jsou obecně postihovány vysokými srážkovými úhrny, někdy až výjimečnými, důvodem je, že jako první pohoří čelí vlhkému severozápadnímu větrnému proudění. Úhrn srážek sněhových se také řadí k rekordním. Za zimní období je průměr sněhových srážek okolo 800 mm, sněhová pokrývka zůstává až 160 dní, přičemž její mocnost na konci zimy je až 150 cm, ve vyšších nadmořských výškách až 300 cm (Resort životního prostředí).

Z hlediska vodních poměrů jsou Jizerské hory významnou pramennou oblastí. Zájmovým územím prochází evropské rozvodí Severního a Baltského moře. Severní a západní část pohoří spadá do povodí Odry a je odvodňována do Baltského moře, jižní a východní část náleží povodí Labe a je odvodňována do Severního moře.

Do povodí Labe spadá nejvýznamnější řeka, podle které se Jizerské hory jmenují, Jizera. Jizera tvoří v dlouhém úseku státní hranici mezi ČR a Polskem a odvodňuje většinu východní části pohoří. Vzniká spojením menších potoků v rašelinné oblasti těsně pod Smrkem.



Obr. 6 – Průměrná roční teplota vzduchu v JH v r. 2001 (Slodičák et al., 2005)

6.1.1. Chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV)

Chráněné oblasti přirozené akumulace vod jsou definovány ve vodním zákoně č. 254/2001 Sb., Hlava V. Ochrana vodních poměrů a vodních zdrojů, díl 1 Ochrana vodních poměrů, § 28: Chráněné oblasti přirozené akumulace vod. Oblasti, které pro své přírodní podmínky tvoří významnou přirozenou akumulaci vod, vyhláší vláda nařízením za chráněné oblasti přirozené akumulace vod. V chráněných oblastech přirozené akumulace vod se v rozsahu stanoveném nařízením vlády zakazuje:

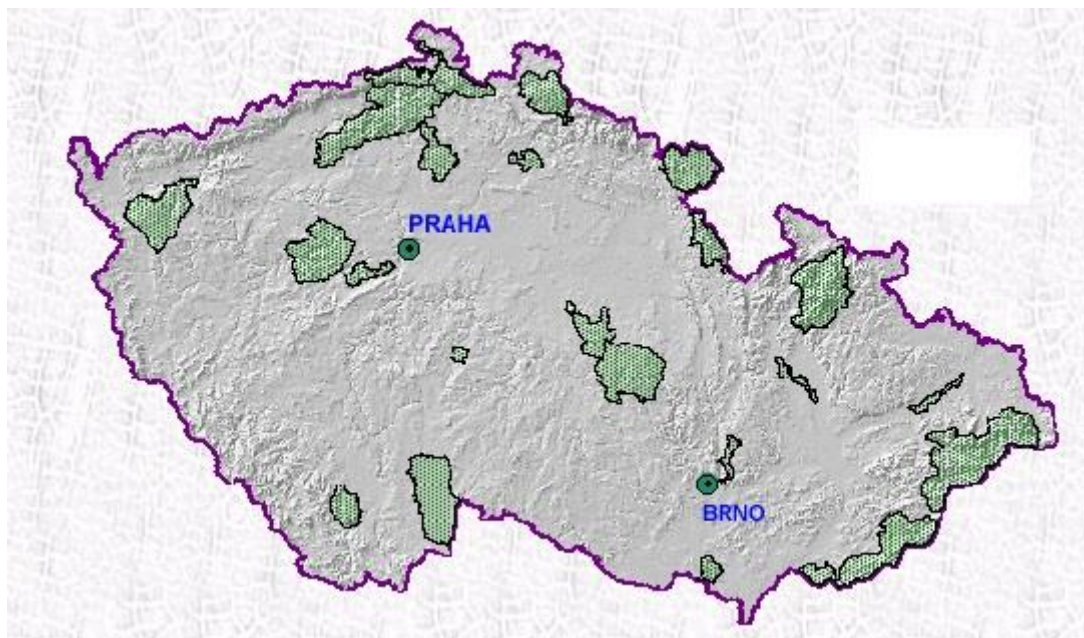
- a) zmenšovat rozsah lesních pozemků,
- b) odvodňovat lesní pozemky,
- c) odvodňovat zemědělské pozemky,
- d) těžit rašelinu,
- e) těžit nerosty povrchovým způsobem nebo provádět jiné zemní práce, které by vedly k odkrytí souvislé hladiny podzemních vod,
- f) těžit a zpracovávat radioaktivní suroviny,
- g) ukládat radioaktivní odpady,
- h) ukládat oxid uhličitý do hydrogeologických struktur s využitelnými nebo využívanými zásobami podzemních vod.

Dále tento zákon hovoří o oblastech jako o plochách, které jsou morfologicky, geologicky a hydrologicky vhodné pro akumulaci povrchových vod pro snížení nepřízni-

vých účinků povodní a sucha. K jejich územní ochraně, před jinými aktivitami, je lze vymezit v Politice územního rozvoje a v územně plánovací dokumentaci jako území chráněná pro akumulaci povrchových vod. Změna dosavadního využití (např. výstavba) je možná pouze v případě, že nedojde ke značnému ztížení budoucího využití pro akumulaci povrchových vod (Tureček a kol., 2002).

V letech 1979 – 1989 byly vyhlášeny oblasti CHOPAV, vyznačené na obr. 7.

- Beskydy, Jeseníky, **Jizerské hory**, Krkonoše, Orlické hory, Šumava, Žďárské vrchy, Brdy, Jablunkovsko, Krušné hory, Novohradské hory, Vsetínské vrchy, Žamberk-Králíky, Chebská pánev a Slavkovský les, Severočeská křída, Východočeská křída, Polická pánev, Třeboňská pánev, Kvartér řeky Moravy

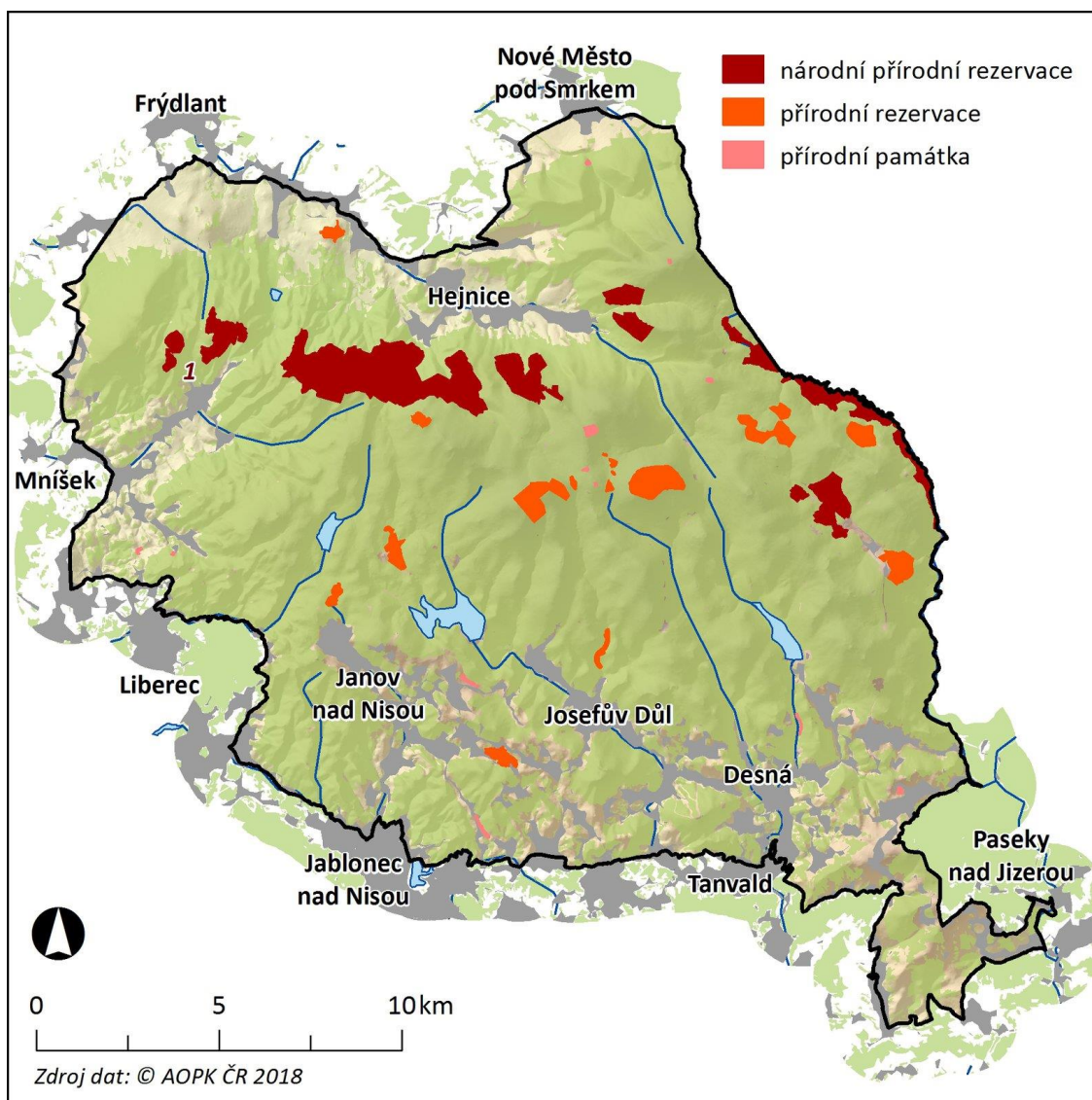


Obr. 7 – Vyznačené oblasti CHOPAV (Geoportál).

Jednotlivé oblasti jsou uvedeny v Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod (tzv. Generel LAPV). Generel připravuje ministerstvo zemědělství ve spolupráci s ministerstvem životního prostředí a účelem je, aby tyto lokality bylo možné využít v případě potřeby výstavby nové vodní nádrže. K tomuto řešení by se přistoupilo pouze po vyčerpání jiných možností adaptačních opatření v souvislosti se změnou klimatu (Ministerstvo zemědělství, 2022).

CHOPAV Jizerské hory je oblast o rozloze 370,67 m² a je územně shodná s chráněnou krajinnou oblastí CHKO Jizerské hory z roku 1967. V této oblasti leží dvě vodárenské nádrže – Souš a Josefův důl a pramení zde Jizera a Lužická Nisa. V CHKO Jizerské hory se nachází přes 20 chráněných území – přírodních rezervací, nalezišť a studijních ploch. Chráněny jsou především horské květnaté louky, území s výskytem

vzácných rostlin, rozsáhlá rašeliniště a původní bukové porosty. K přírodně nejcenějším oblastem v Jizerských horách patří rašeliniště Jizery a Jizerky, Čihadla a prales Jizera (Geoportál Libereckého kraje, 2004).



Obr. 8 – Vyznačené chráněné území v CHKO Jizerské hory

6.2. Historické povodně

Zájem o informovanost ohledně historických povodní vzrostla na konci 20. století, kdy po období sucha přišly povodně s katastrofálními dopady téměř na celém území České republiky. V průběhu 20. století společnost ztratila tzv. „povodňovou paměť“, což vedlo k rozsáhlé výstavbě obydlí v povodňových zónách. Vzhledem k této skutečnosti bylo žádoucí, v zájmu oživení historické paměti, získat ucelený přehled o historických povodňových jevech u nás (Munzar et al., 2015).

Historické povodně vznikající odtokovými poměry Jizerských hor jsou součástí povodní popsanych pro povodí Labe (Kynčil, 1982). Významné povodňové jevy na řece Jizeře během 19. století jsou zaznamenány v pamětech Josefa Dlaska (Kutnar, 1941) společně s popisem meteorologických situací.

Povodňové průtoky byly na řece Jizeře zaznamenávány již od roku 1800. Většina těchto povodní byla způsobena kombinací tání sněhu a dešťových srážek. Například rok 1827 byl velmi mrazivý s velkým množstvím sněhových srážek, na vrcholech Jizerských hor sahala sněhová pokrývka až ke 4 metrům, sníh začal tát až na přelomu května a června, kdy došlo k několikanásobnému vybřežení řeky Jizery z koryta s kulminací průtoku 22. června a výška hladiny dosáhla 238 cm. Rok 1834 začal velmi intenzivními dešťovými přeháňkami, které v kombinaci s táním sněhu způsobily dne 25. ledna padesátiletou vodu na řece Jizeře i Kamenici. V roce 1836 byla opět nadprůměrná sněhová pokrývka na vrcholech Jizerských hor, na začátku března ovšem přišlo velmi silné oteplení, které způsobilo rychlé tání sněhu a hladina v řece Jizeře opět stoupla (výška hladiny cca 208 cm), Kohoutová (2021).

Z dosavadních záznamů je patrné, že v druhé polovině 19. století dochází k četnějším případům ničivých povodní, konkrétně v letech 1846, 1850, 1858, 1860, 1875, 1888, 1890, 1897 a 1899. Povodeň v roce 1897 se zapisuje do historie jako nejničivější. V půlce července (17. 7. 1897) začalo ve vyšších polohách Jizerských hor vydatně pršet a dešťové přeháňky neustály po dalších 12 dní. Dne 29. července byl naměřen na stanici Jizerka denní srážkový úhrn 300 mm a na stanici Nová Louka rekordních 345 mm srážek za 24 hodin (dodnes nejvíce v Evropě). Vlivem zmíněných dešťových srážek došlo na řece Kamenici k průtoku stoleté vody a na řece Jizeře k padesátileté vodě. V povodí Jizery a Nisy došlo ke ztrátám na lidských životech (udává se až 120 osob) a velkým škodám na majetku, část Liberce byla zcela zaplavena. Právě tato povodeň roku 1897 byla impulsem pro vybudování soustavy přehrad, za účelem retence vody a ochrany přilehlých měst a osad před povodněmi (Resort životního prostředí). Historické povodně na řece Jizeře jsou chronologicky seřazeny a vypsány v tab. 1

Tab. 1 – Historické povodně na řece Jizeře, Paměti sedláka Josefa Dlaska (Kohoutová, 2021)

Typ povodně	Datum	Odhad kulminace Q_{\max} [m ³ /s]	Odhad doby opakování N
Dlouhodobý déšť	8.9.1801	590	50
Blesková povodeň	10.8.1819	520	35
Tání sněhu	prosinec 1821	500	30
Dlouhodobý déšť	17.7.1824	520	35
Tání sněhu + přivalový déšť	jaro 1826	520	35
Tání sněhu	22.6.1827	590	50
Tání sněhu + déšť	prosinec 1829	500	30
Ledová povodeň	19.3.1830	600	53
Tání sněhu + déšť	25.1.1834	670	93
Tání sněhu	8.3.1836	550	40
Tání sněhu	27.-29.3.1845	520	35
Blesková povodeň	8.7.1850	550	40
Dlouhodobý déšť	2.8.1858	670	93

Po analýze historických povodní v Jizerských horách jsem porovnála tyto události s událostmi popsány na řece Labi a řece Vltavě (Svoboda et al., 2003). Z porovnání vychází, že povodně do odhadované doby opakování 35 let, se na řece Labi významně neprojeví. Ovšem povodně, které na řece Jizeře dosahovaly odhadované kulminace průtoku 590 m³/s a více byly znatelné i na řece Labi, přesněji v měrném profilu Drážďany.

6.3. Retenční přehrad a problematika vodárenských nádrží

V roce 1899 bylo v Liberci založeno Vodní družstvo pro regulaci toků a výstavbu údolních nádrží a na začátku roku 1901 profesor University v Cáchách Otto Intze předložil projekt na výstavbu 6 přehrad, z čehož pět bylo později dokončeno. Jednalo se o přehrad:

- Harcov – postavená v letech 1902-1904, byla první údolní nádrž na území tehdejšího Československa a objem je 651 tis. m³
- Bedřichov – postavená v letech 1902-1906, objem 2,131 mil. m³
- Fojtka – postavená v letech 1904-1906, objem 323 tis. m³
- Mlýnice – postavená v letech 1904-1906, objem 271 tis. m³

- Mšeno – postavená v letech 1906-1910, objem 2,786 mil. m³

Koncem září roku 1904 rozšířil Otto Intze projekt o další dvě přehrady v povodí Kamenice na tocích Bílá a Černá Desná, obě vodní díla byla zkolaudována 18. listopadu 1915. Součástí Intzova projektu byla součinnost podpory retence v povodí (revitalizace po intenzivní těžbě dřeva) a retenčního prostoru přehradních nádrží (Tržický, 2007).

Vzhledem k rostoucí aglomeraci Liberce a Jablonce nad Nisou došlo v druhé polovině 20. století k přebudování vodní nádrže Souš na vodárenskou nádrž a dále k vybudování další vodárenské nádrže Josefův důl.

6.3.1. Vodní nádrž Souš

Přehrada na Černé Desné v povodí Kamenice byla vystavena paralelně s přehradou na Bílé Desné, obě byly dokončeny v roce 1915 a obě byly postaveny jako sypané zemní hráze. Po protržení přehrady na Bílé Desné došlo na přehradě Souš v letech 1924-1927 k rozsáhlé rekonstrukci, vzhledem k obdobné konstrukci hrozila stejná katastrofa. Rekonstrukcí bylo zesíleno těleso hráze, které umožnilo zvýšit hráz o 1 metr a tím zvětšit retenční objem, který umožňuje zachytit celou stoletou vodu o objemu 2,5 mil. m³ vody. Dále se zlepšilo utěsnění návodního líce a paty. Dnešní podoba vodního díla Souš je právě z této doby.

Původní účel přehrady bylo zachycení povodňové vlny a nadlepšování průtoků v suchých obdobích. V současnosti je hlavním účelem zdroj pitné vody pro značnou část Jablonecka. V roce 1969-1974 byla provedena úprava pro odběr pitné vody a pod přehradou byla vybudována úpravna vody (Horský, 2000).



Obr. 9 – Vodní nádrž Souš (Nebeské – Jirka Jiroušek)

6.3.2. Vodní nádrž Josefův důl

Dosud největší přehrada Jizerských hor byla postavena v letech 1977-1982 s cílem zajistit zásobování rostoucí aglomerace Liberce pitnou vodou. Přehrada, o zásobním objemu 23 mil. m³, má za úkol chránit před povodněmi, je zdrojem pitné vody pro Liberecko a část Jablonecka a vyrábí elektrickou energii v malé vodní elektrárně. Jedná se o přehradu s dvěma hrázi – hlavní a vedlejší, obě tyto hráze jsou zemní s asfaltobetonovým těsněním. Vodní dílo bylo vystaveno, v rámci projektu, společně s úpravou pitné vody v Bedřichově a přívodem do Liberce. Voda se z nádrže odvádí štolou (délka štoly 2,5 km) do úpravně pitné vody v Bedřichově (Horský, 2000).

6.3.3. Problematika vodárenských nádrží v Jizerských horách

Jizerské hory leží v oblasti nechvalně známé jako černý trojúhelník, jedná se o oblast s vysoce kyselými atmosférickými depozicemi. Ke vzniku tzv. kyselého deště (sloučeniny dusíku a síry) přispívají tepelné elektrárny, doprava a zemědělství. Vzhledem ke geologickému podloží Jizerských hor, kde převažuje žula a ke stejnověkému jehličnatému porostu, jsou kyselé depozice pro zájmové území velice nebezpečné.

Kyselé depozice mají velmi negativní vliv na vodní nádrže a celé povodí. Zvýšená koncentrace hliníku ve vodě způsobuje acidifikaci vody a dochází k úhynu ryb a snížení rozmanitosti a početnosti zooplanktonu (Stuchlík a kol., 1997).

Náročnost na úpravu surové vody na vodu pitnou z vodárenských nádrží Souš a Josefův důl je ovlivněna několika faktory. Jedním z faktorů je přirozená kyselost půd a vod. Nádrže leží v oblasti rašeliníšť, ty poměrně značně ovlivňují chemismus surové vody. Z porostu rašeliníku (*Sphagnum*) jsou uvolňovány huminové kyseliny, které se následně dostávají do vody a značně ovlivňují pH vody. Dalším faktorem jsou výše zmíněné kyselé depozice a acidifikace nádrží. Při nízkém pH se ve vodě objevuje nadlimitní množství hliníku, železa, manganu, kadmia, olova a jiných kovů, kterých se na úpravě vody těžko zbavuje. Z tohoto důvodu je vodárenská nádrž Souš od konce 20. století pravidelně v jarních měsících vápněna (Čermáková, 2013).

7. Povodňové jevy v povodích Jizerských hor

7.1. Povodňové situace na experimentálním povodí Sklářského potoka

Analyzovala jsem povodňové jevy pozorované na experimentálním povodí Sklářského potoka (profil Jizerka) v Jizerských horách. Použila jsem časovou řadu průtoku z období 1. 1. 2002 – 31. 12. 2021, pro které lze uvažovat relativně homogenní stav půdně-vegetačního pokryvu povodí. Pro určení typologie povodní bylo použito meteorologických dat (srážkové úhrny a výška sněhové pokrývky), pozorovaných v rámci doplňkové meteorologické stanice v tomto povodí.

7.1.1. Popis povodí

Experimentální povodí Sklářského potoka (hydrologické pořadí: 1-10-78-000, povodí Labe a úmoří Severního moře) s uzavěrovým profilem Jizerka se nachází na východní části Jizerských hor (50°49' N, 15°20' E) v nadmořské výšce 862–994 m, morfologické charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 2. (Křeček et al., 2019).

Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 4 °C a dlouhodobý průměrný roční srážkový úhrn 1400 mm. Pozorování meteorologických a hydrologických prvků na tomto povodí probíhá od roku 1981 (Křeček et al., 2019) s cílem sledování vlivu kyselé atmosférické deponice a lesnických zásahů na srážko-odtokové procesy v horském povodí.

Průtok v uzavěrovém profilu je vyhodnocován nepřímo pomocí hydraulicky dokonalého měrného přelivu trojúhelníkového tvaru (120°) s ostrou hranou. Výška hladiny je registrována po 10 minutách tlakovým čidlem ALA 4020 (systém ALA, Bučovice). Meteorologické prvky jsou registrovány automatickým sběrem dat s dálkovým přenosem do databáze ALA (systém ALA, Bučovice).

Povodí je plně zalesněné, v osmdesátých letech minulého století došlo vlivem „kyselého deště“ k poškození a následnému smýcení stávajících smrkových porostů (1984 – 1990). V devadesátých letech pak byl les obnoven s použitím smíšeného porostu smrku (*Picea abies*) a exotických jehličnanů (*P. pungens*, *P. mariana* atd.), považovaných za odolnější vůči imisní zátěži. Pro analyzované období 2002 – 2018 je možné považovat půdně-vegetační pokryv povodí za stabilizovaný bez výraznějších změn.

Tab. 2 – Geomorfologické charakteristiky povodí Sklářského potoka (Jizerka)

Plocha	(km ²)	1.03
Nadmořská výška	(m)	927 (862-994)
Sklon	(%)	7.52 (0.02-24.33)
Index tvaru	(-)	0.69
Délka toku	(m)	1,49
Intenzita odtokové sítě	(km/km ²)	1.45
Délka hlavního toku	(m)	657
Sklon hlavního toku	(%)	5.98
Strahlerovo pořadí	(-)	2
Lesnatost	(%)	100

7.1.2. Typologie povodní v období 2002-2021

Uvažovala jsem tři základní typy povodní: letní z přívalových dešťů, zimní a jarní z tání sněhu, a podzimní z období dlouhotrvajících dešťů.

- Období výskytu intenzivních přívalových dešťů relativně krátkého trvání jsem identifikovala s počátkem května a koncem srpna.
- Období možného výskytu povodní z tání sněhu pro toto povodí vyplývá: od konce listopadu do konce dubna.
- Pro období výskytu dlouhotrvajících dešťů je charakteristické období od počátku září do konce listopadu.

Zjišťovala jsem kulminační průtoky a objemy přímého odtoku pro detekované povodňové jevy v každém z uvedených období a následně hodnotila dominující typ povodně v rámci ročních intervalů. Současně jsem určovala stupeň předcházejícího nasycení povodí pomocí indexu předchozích srážek API₃₀ (Kemel, 1996). Riziko analyzovaných kulminačních průtoků bylo posuzováno ve vztahu k N-letým průtokům, odvozeným regionální metodou (Kemel, 1996). Výsledky jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 – Typologie povodňových jevů, pozorovaných na povodí Sklářského potoka (Jizerka) v letech 2002-2021, (Index nasycení $API_{30} = \sum_{n=30} C_i \times P_i$ (mm); C -evapotranspirační konstanta, pro tuto oblast cca 0,93, P_i -denní úhrny srážek (mm) v i -tém dni po 30 dnů

Typ povodně	Datum	Kulminace Q_{max} [m ³ /s]	Objem povodňové vlny V [10 ⁶ m ³]	Index nasycení API_{30}	Poměr API_{30} k normálu	Doba opakování N
Blesková povodeň	13.08.2002	1,14	0,0988	61,11	1,013	7,5
Tání sněhu	21.03.2004	0,50	0,0429	-	-	<1
Tání sněhu	19.03.2005	0,58	0,0499	-	-	<1
Tání sněhu	17.04.2006	0,44	0,0380	-	-	<1
Tání sněhu	07.12.2007	0,39	0,0337	-	-	<1
Tání sněhu	01.03.2008	0,48	0,0415	-	-	<1
Blesková povodeň	13.08.2009	0,31	0,0268	60,30	1,000	<1
Blesková povodeň	07.08.2010	1,74	0,1503	75,60	1,254	5
Blesková povodeň	21.07.2011	1,52	0,1313	101,01	1,675	4
Tání sněhu	25.02.2012	0,46	0,0401	-	-	<1
Tání sněhu	05.01.2013	0,68	0,0586	-	-	<1
Tání sněhu	16.03.2014	0,34	0,0293	-	-	<1
Tání sněhu	16.11.2015	0,62	0,0538	-	-	<1
Blesková povodeň	14.07.2016	0,81	0,0700	61,33	1,017	1
Dlouhodobý déšť	29.10.2017	0,57	0,0496	74,26	1,232	<1
Tání sněhu	23.12.2018	0,26	0,0228	-	-	<1
Blesková povodeň	22.05.2019	0,54	0,0463	49,36	0,819	<1
Blesková povodeň	20.06.2020	0,60	0,0517	57,77	0,958	<1
Tání sněhu	31.12.2021	0,50	0,0432	-	-	<1

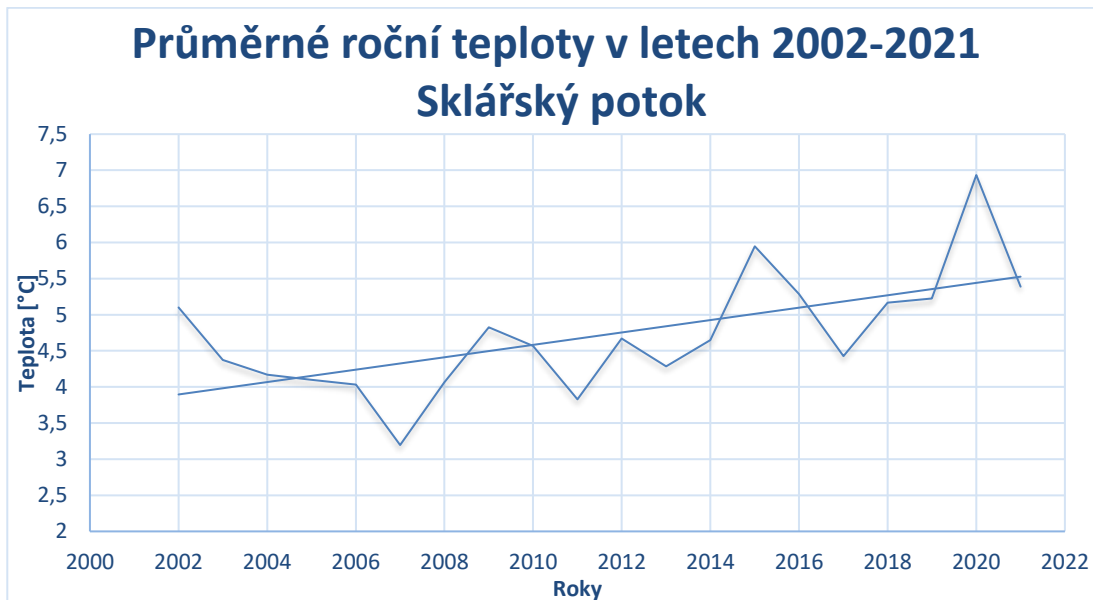
Tab. 4 – N -leté průtoky QN [m³/s] pro povodí Sklářského potoka (Jizerka)

Q_1	Q_5	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
0,782	1,819	2,382	3,695	4,768

7.1.3. Analýza průměrných ročních teplot

Z analýzy časových řad průměrných ročních teplot pozorovaných na klimatické stanici na Sklářském potoce (Jizerka), vyplývá pro období 2002-2021 statisticky významný rostoucí trend teploty vzduchu. Statistická hodnota testu 3,361 převyšuje kritickou hodnotu 2,101 na hladině významnosti $p=0,05$. Z analýzy vyplývá, že řada kolísá podél trendové čáry s gradientem 0,086, tato analýza byla provedena v programu

CTPA (WMO, 2021). Průměrná roční teplota vzduchu v období posledních 20 - ti let tudíž vzrostla o cca 1,6 °C.



Obr. 10 – Rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních teplot vzduchu, Sklářský potok (Jizerka), 2002-2021.

Test of trend existence

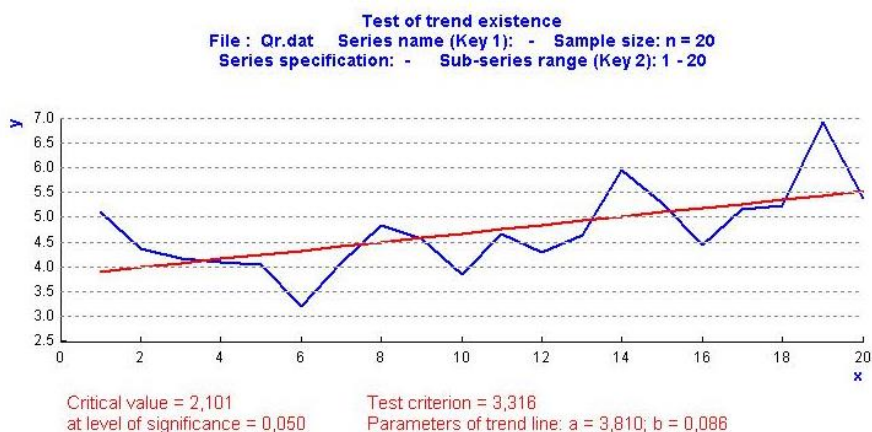
File : **Qr.dat** Series name (Key 1): - Sample size: **n = 20**
 Series specification: - Sub-series range (Key 2): **1 - 20**

Assumptions: Residuals are independent and identically distributed random variables with $N(0, s^2)$ distribution.

Critical value = **2,101** at level of significance = **0,050**
 Test statistic value = **3,316**

Hypothesis H0: **The series fluctuates along its constant mean.**
 Alternative H1: **The series fluctuates along a trend line with gradient 0,086**
 Interpretation of the results: **Hypothesis H0 is rejected.**

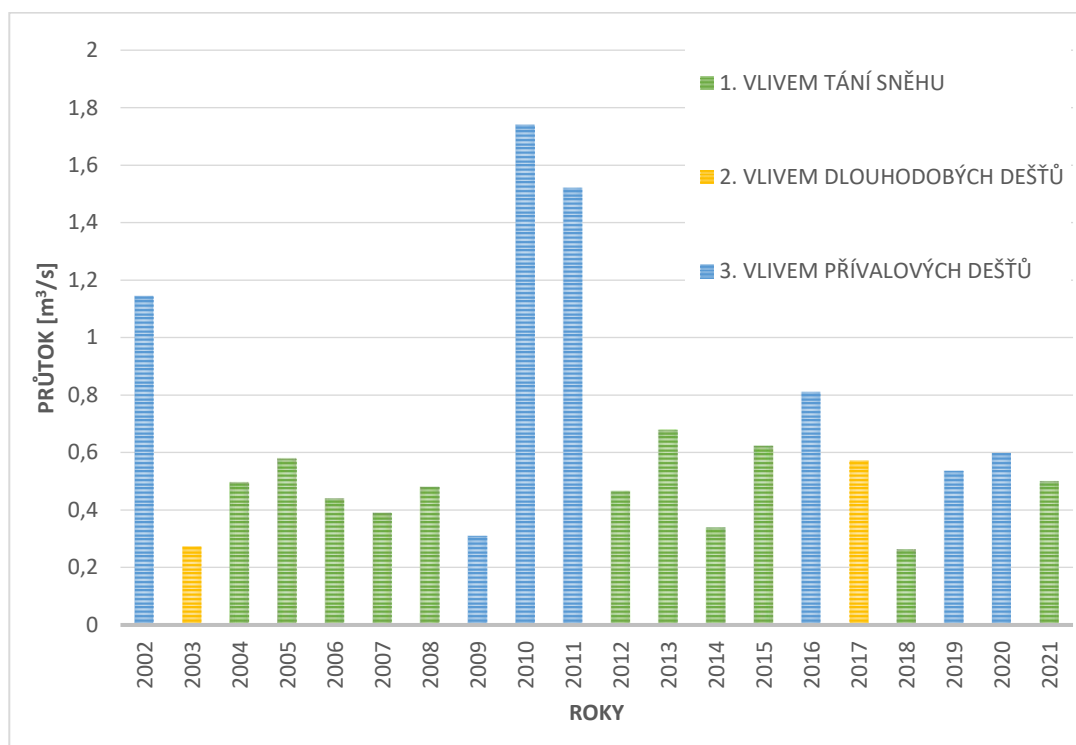
Obr. 11 – Test v programu CTPA WMO,2021: rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních teplot (Sklářský potok – Jizerka, 2002-2021) je statisticky významný na hladině $p = 0,05$



Obr. 12 – Rostoucí trend průměrných ročních teplot (Sklářský potok – Jizerka, 2002-2021) v programu CTPA (WMO,2021)

7.1.4. Diskuze

K vyhodnocení analýzy typologie povodňových jevů jsem sestavila graf vyobrazující roky s nejvyššími kulminačními průtoky a jejich příčinou.



Obr. 13 – Graf vyhodnocení analýzy na Sklářském potoce (Jizerka)

Vzhledem k charakteru povodí Sklářského potoka, který se nachází v horských oblastech, jsem předpokládala, že k častějším povodním bude docházet vlivem tání sněhu, tento předpoklad, jak je vidět na grafu výše, byl potvrzen. Z grafu je ovšem patrné, že vyšší kulminační průtoky byly spíše v období přívalových dešťů, které způsobují bleskové povodně. Na tento typ povodní je náchylnější menší povodí, což povodí Sklářského potoka je.

7.2. Povodňové situace v povodí Jizery (Železný Brod)

Analýzovala jsem povodňové jevy pozorované na povodí relativně velkém, Jizery (profil Železný Brod) v Jizerských horách. Použila jsem časovou řadu průtoku z období 1. 1. 1940 – 31. 12. 2021, pro které lze uvažovat relativně homogenní stav půdně-vegetačního pokryvu povodí. Pro určení typologie povodní bylo použito meteorologic-

kých dat (srážkové úhrny) pozorovaných v rámci doplňkové meteorologické stanice v tomto povodí.

7.2.1. Popis povodí

Povodí Jizery (hydrologické pořadí: 1-05-02-0010-0-00, povodí Labe a úmoří Severního moře) se nachází v severovýchodní části ČR, v nadmořské výšce 1421 – 169 m n. m. Řeka Jizera je pravostranným a zároveň nejdelším přítokem Labe. Na severovýchodě tvoří hranice mezi ČR a Polskem, od pramene po soutok s Labem měří 164,5 km a celková plocha povodí činí 2193,4 km², (Šulc, 1991). Pro tuto studii jsem zvolila část povodí po hydrometrický objekt Železný Brod (souřadnice: 50.639942 N, 15.2744079 E). Morfologické charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 – Geomorfologické charakteristiky povodí Jizery (Železný Brod)

Plocha	(km ²)	791,26
Nadmořská výška	(m)	305 (1421 – 169)
Sklon	(%)	5,05 (0,87 - 60)
Délka toku	(km)	164,5

7.2.2. Typologie povodní v období 1941-2021

Od roku 1940 do roku 2000 jsem z řady vybrala pouze maximální průtoky, v dalším období od roku 2001 – 2021 jsem zvolila již analýzu pro každý rok z důvodu prokazatelnějšího porovnání s experimentálním povodím Sklářského potoka. Po porovnání těchto dvou povodí vyjde shoda pouze v povodni v roce 2011. Tato povodeň byla v obou případech způsobena přívalovým deštěm.

Tab. 6 – Typologie povodní, pozorovaných na Jizeře (profil Železný Brod) z dat CHMÚ, 1941 - 2021

Typ povodně	Datum	Kulminace Q_{\max} [m ³ /s]	Objem povodňové vlny V [10 ⁶ m ³]	Doba opakování N
Tání sněhu	květen 1941	435	37,5840	17
Blesková povodeň	14.08.1948	504	43,5456	32
Blesková povodeň	09.08.1978	702	60,6528	112
Tání sněhu	12.03.1981	465	40,1760	24
Tání sněhu	březen 2000	551	47,6064	42
Blesková povodeň	14.08.2002	504	43,5456	32
Tání sněhu	03.01.2003	95,8	8,2771	<1
Tání sněhu	21.03.2004	147	12,7008	<1
Tání sněhu	19.03.2005	140	12,0960	<1
Tání sněhu	18.03.2006	261	22,5504	3
Tání sněhu	07.12.2007	136	11,7504	<1
Tání sněhu	21.01.2008	138	11,9232	<1
Tání sněhu	06.04.2009	73,9	6,3849	<1
Dlouhodobý déšť	28.09.2010	197	17,0208	2
Blesková povodeň	22.07.2011	176	15,2064	1
Tání sněhu	01.03.2012	111	9,5904	<1
Blesková povodeň	02.06.2013	154	13,3056	<1
Blesková povodeň	18.05.2014	60,8	5,2531	<1
Tání sněhu	10.01.2015	122	10,5408	<1
Tání sněhu	22.02.2016	86,8	7,4995	<1
Dlouhodobý déšť	29.10.2017	155	13,3920	<1
Tání sněhu	04.01.2018	56,6	4,8902	<1
Tání sněhu	12.03.2019	283	24,4512	4
Tání sněhu	11.01.2020	73,1	6,3158	<1
Dlouhodobý déšť	22.10.2021	43,8	3,7843	<1

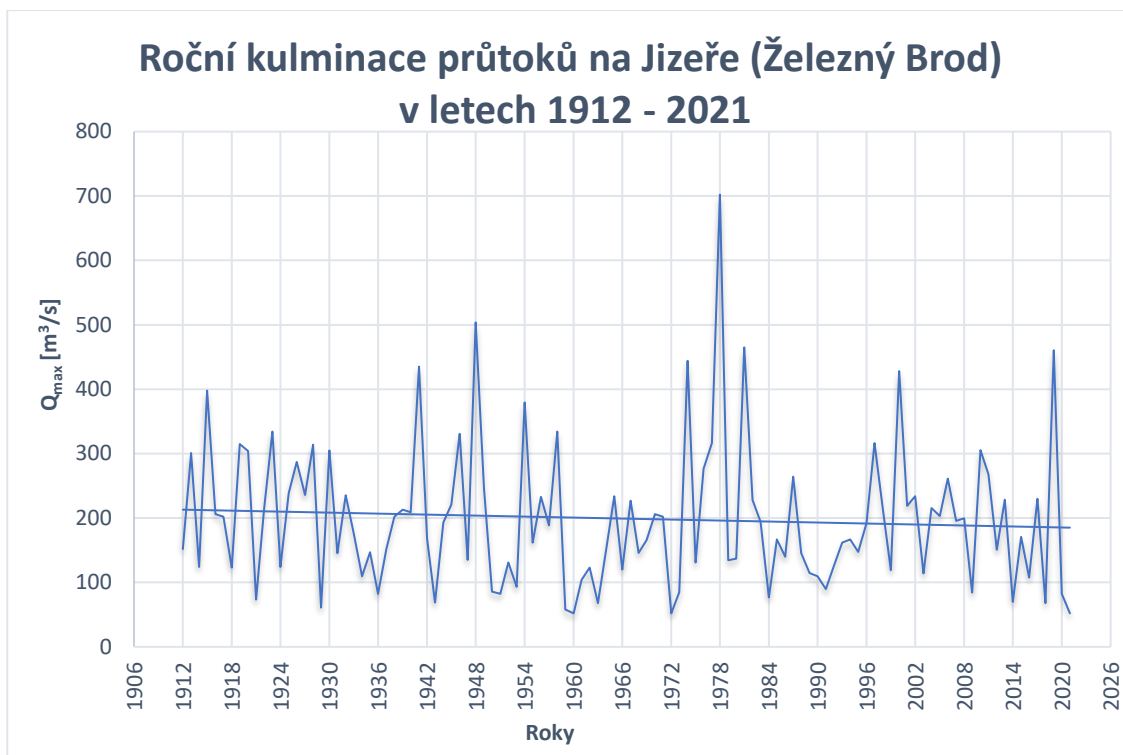
Tab. 7 – N-leté průtoky [m³/s] na Jizeře (Železný Brod), ČHMÚ (2021)

Q_1	Q_5	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
170	325	400	590	680

7.2.3. Analýza maximálních ročních průtoků

Z analýzy časových řad maximálních ročních průtoků, pozorovaných na hydrometrické stanici na řece Jizeře (Železný Brod), nevyplývá pro období 1912-2021 statisticky významný rostoucí trend průtoků. Statistická hodnota testu 1,395 nepřevyšuje kri-

tickou hodnotu 1,982 na hladině významnosti $p=0,05$. Z analýzy vyplývá, že řada kolísá podél své konstantní střední hodnoty, tato analýza byla provedena v programu CTPA (WMO, 2021).



Obr. 14 – Klesající trend v časové řadě maximálních ročních průtoků na Jizeře (Železný Brod) v letech 1912-2021 (data-ČHMÚ)

Test of trend existence

File : **Qr.dat** Series name (Key 1): - Sample size: **n = 110**
 Series specification: - Sub-series range (Key 2): **1 - 110**

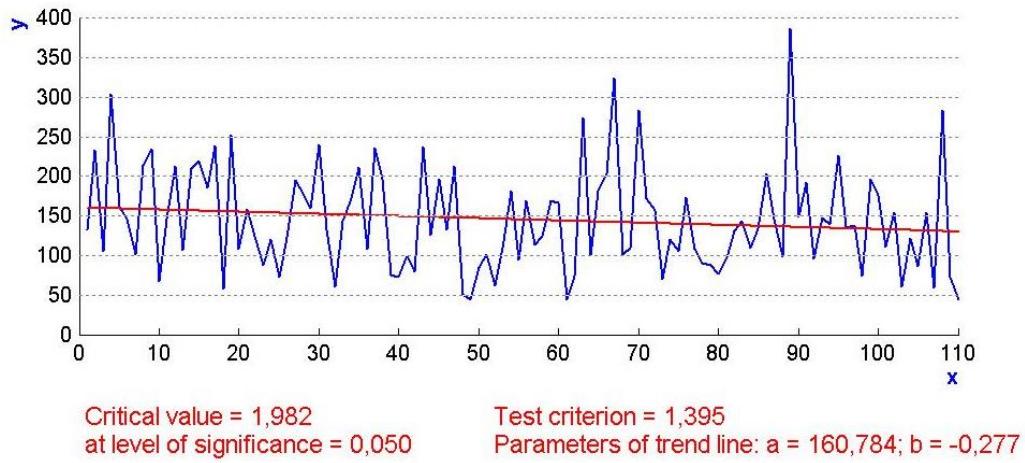
Assumptions: Residuals are independent and identically distributed random variables with $N(0,s^2)$ distribution.

Critical value = **1,982** at level of significance = **0,050**
 Test statistic value = **1,395**

Hypothesis H0: **The series fluctuates along its constant mean.**
 Alternative H1: **The series fluctuates along a trend line with gradient -0,277**
 Interpretation of the results: **Hypothesis H0 is not rejected.**

Obr. 15 – Test v programu CTPA WMO,2021: klesající trend v časové řadě ročních kulminací průtoků (Jizera - Železný Brod, 1942 - 2021) není statisticky významný na hladině $p = 0,05$

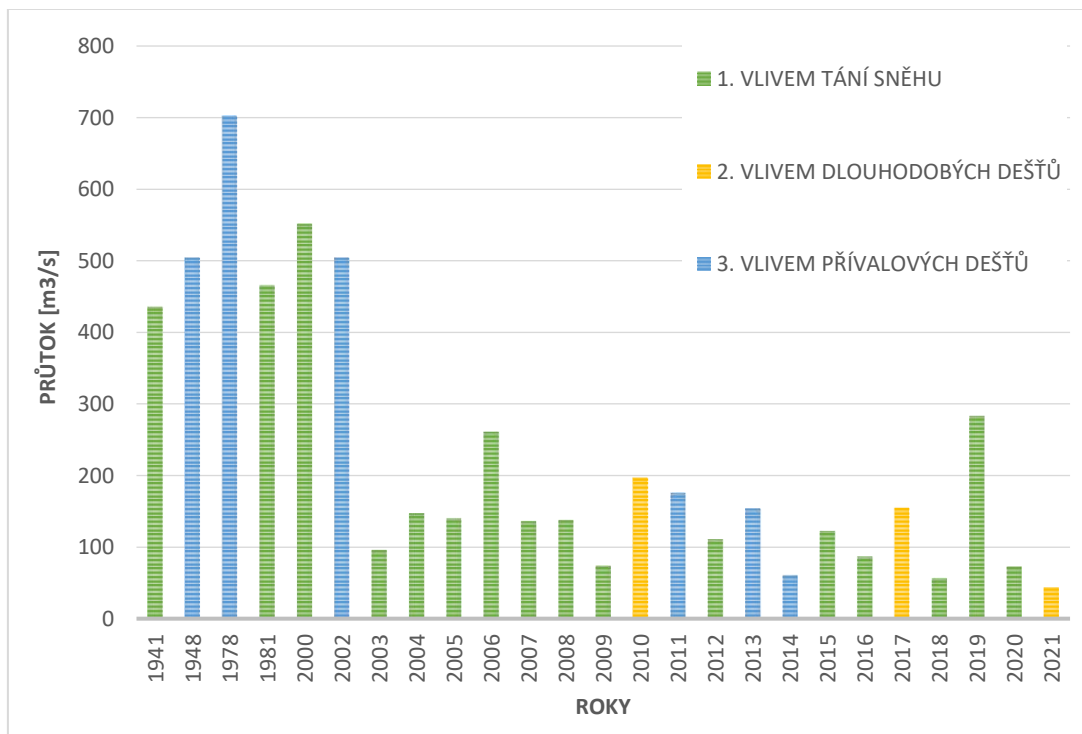
Test of trend existence
 File : Qr.dat Series name (Key 1): - Sample size: n = 110
 Series specification: - Sub-series range (Key 2): 1 - 110



Obr. 16 – Trend ročních kulminací průtoku na Jizeře (Železný Brod) 1912-2021 v programu CTPA (WMO,2021)

7.2.4. Diskuze

K vyhodnocení analýzy typologie povodňových jevů jsem sestavila graf vyobrazující roky s nejvyššími kulminačními průtoky a jejich příčinou.



Obr. 17 – Graf vyhodnocení analýzy na Jizeře profil Železný Brod (data ČHMÚ)

Oproti analýze relativně malého povodí Sklářského potoka se u povodí Jizery potvrdilo, že přívalové deště s vysokou intenzitou, ale krátkou dobou trvání, nejsou pro větší povodí tak nebezpečná, neboť mají mnohem větší plochu. Z analýzy povodní na Jizeře vyplývá, že více povodní s většími kulminačními průtoky jsou vlivem tání sněhu v kombinaci s dešťovými přeháňkami.

7.3. Povodňové situace v povodí Holubího potoka

7.3.1. Popis povodí

Povodí Holubího potoka (hydrologické pořadí: 2-04-10-014) se nachází v I. Zóně Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory v Národní přírodní rezervaci Jizerskohorské bučiny. Rozkládá se v nadmořské výšce mezi 312 až 712 m, plocha povodí je 2,58 km², průměrný sklon potoka je 28 % a koryto toku má kamenité až balvanité dno (Křeček a kol., 2016).



Obr. 18 – Zájmové povodí Holubího potoka v Jizerských horách

7.3.2. Detekce povodňového průtoku v horském povodí pomocí dendrochronologie

V roce 2016 byl proveden (Vrtiška et al. 2016) v Jizerských horách výzkum detekce povodňových jevů pomocí dendrochronologie buku v inundačním území; povodí Holubího potoka byly vybrány dospělé stromy s viditelnými známkami poškození (s jizvami orientovanými směrem k vodoteči), ze kterých byly odebrány a analyzovány vývrty letokruhů. Z každého z celkem 12 stromů s poškozením v dolní části kmene byly odebrány 2 vzorky, vždy jeden z poškozeného místa a jeden z neporušené části stromu. Pro datování letokruhů byla použita referenční chronologie buku lesního (pro danou oblast z roku 2014). Data z letokruhové analýzy byla posléze porovnána s údaji pozorování srážko-odtokových procesů a dostupnými hydrologickými a klimatickými záznamy. Výsledkem studie bylo, že poškození stromů bylo pravděpodobně způsobeno pohybem částí popadaných stromů během zvýšených průtoků. Z porovnání dat vyplývá vztah mezi extrémním zvýšením hladiny potoka a poškozením kmenů stromů. Vzhledem k dendrochronologické detekci jsou rozhodujícím typem geneze extrémních povodní bleskové letní povodně z přivalových dešťů.

8. Vliv klimatické změny

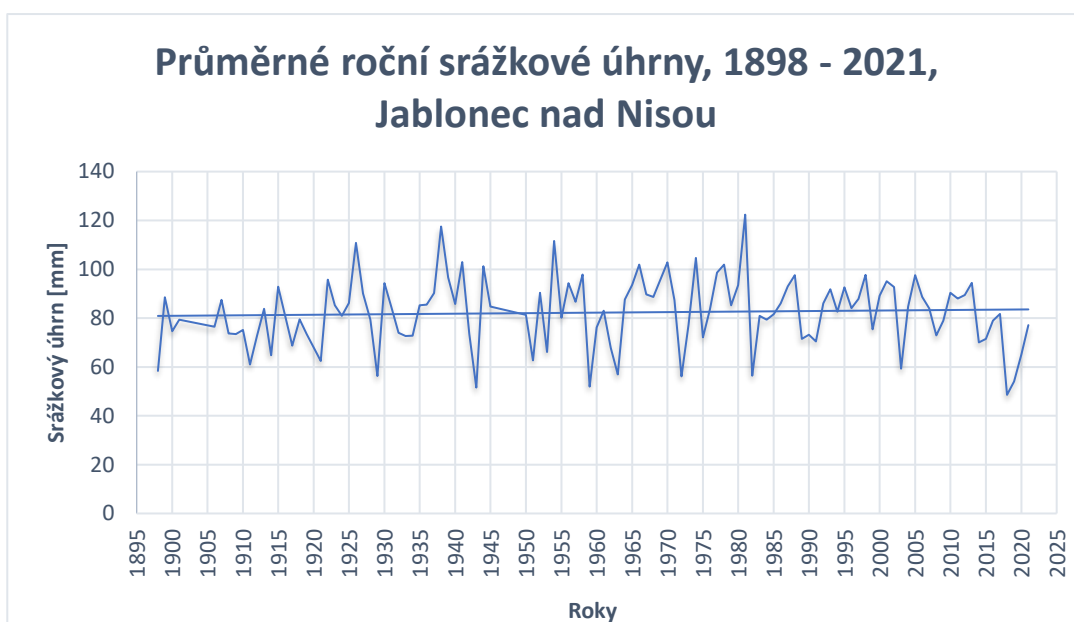
Ukazatelů globální klimatické změny je několik a úzce spolu souvisí. Například zvyšování skleníkových plynů v atmosféře způsobuje energetickou nerovnováhu, ta se odráží na oteplování atmosféry a oceánu. Oteplení oceánu a teploty v atmosféře dále vede k tání pevninského ledovce a zvyšování hladiny moří. Veškeré ukazatele umožňují široký pohled na oteplující se svět, jehož dopady pocítí lidstvo ve všech částech planety.

Globálním změnám klimatu se často nedává velká váha, ale dopady těchto změn počasí a podnebí pocítuje lidstvo čím dál častěji přes extrémní meteorologické jevy. Extrémními událostmi je např. silný déšť a sněžení, vlny sucha a veder, nebo tropické bouře. Tyto část vedou ke vzniku nebo zhoršení povodní, sesuvům půdy, či požárům a lavinám (ČHMÚ, 2021).

Zvyšovaný důraz na pozorování menších povodí v horských oblastech je, s ohledem na klimatické změny v dnešní době, velmi důležitý. S postupným globálním oteplováním, které již probíhá, bude docházet k extrémním hydrologickým jevům sucha a povodeň. Přičemž se bude prohlubovat období hydrologického sucha a bude docházet k nedostatku vody v horských povodích, které poskytují podstatnou část zásob vody pitné. Zvyšující se frekvence intenzivních přivalových dešťů bude naopak přinášet častější „bleskové povodně“ (Kohoutová, 2021).

8.1. Analýza ročních srážkových úhrnů

Z analýzy časových řad průměrných ročních srážkových úhrnů, pozorovaných na klimatických stanicích ČHMÚ Jablonec nad Nisou a Desná – Souš, nevyplývá pro období 1898-2021 a 1961-2021 statisticky významný rostoucí trend srážkových úhrnů. Statistická hodnota testu 0,684 a 0,069 nepřevyšuje kritickou hodnotu 1,982 a 2,001 na hladině významnosti $p=0,05$. Z analýzy vyplývá, že řada kolísá podél své konstantní střední hodnoty, tato analýza byla provedena v programu CTPA (WMO, 2021).



Obr. 19 – Rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních srážek na stanici Jablonec nad Nisou v letech 1898-2021 (data-ČHMÚ)

Test of trend existence

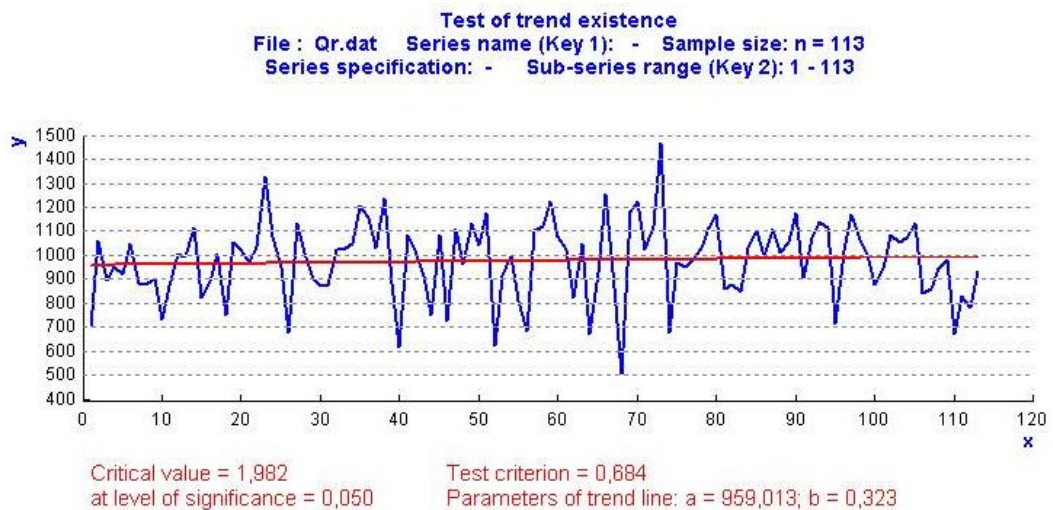
File : **Qr.dat** Series name (Key 1): - Sample size: **n = 113**
Series specification: - Sub-series range (Key 2): **1 - 113**

Assumptions: Residuals are independent and identically distributed random variables with $N(0,s^2)$ distribution.

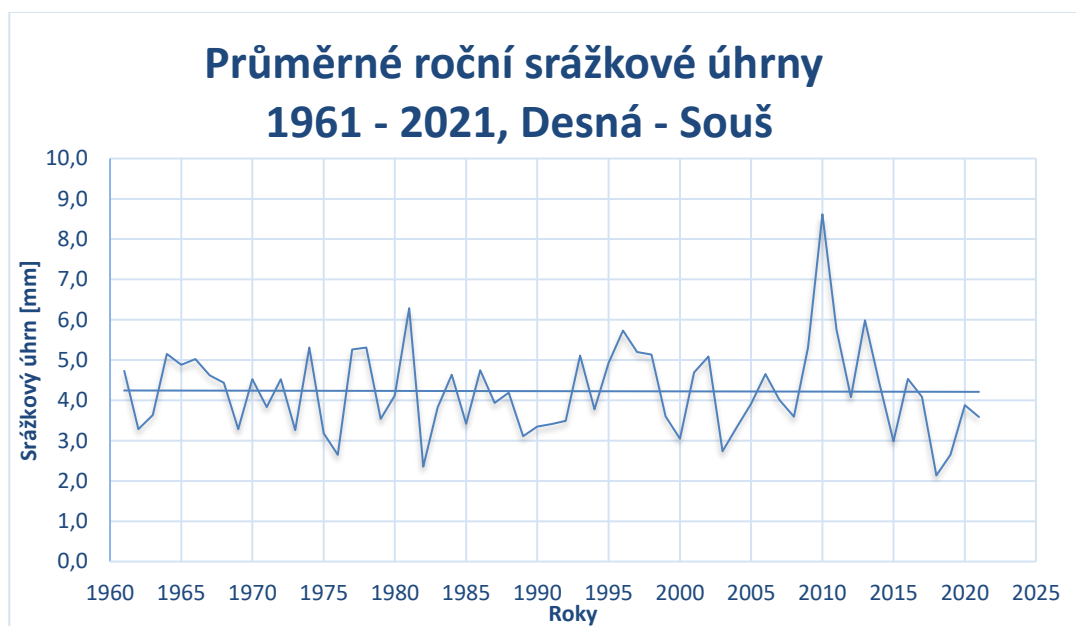
Critical value = **1,982** at level of significance = **0,050**
Test statistic value = **0,684**

Hypothesis H0: **The series fluctuates along its constant mean.**
Alternative H1: **The series fluctuates along a trend line with gradient 0,323**
Interpretation of the results: **Hypothesis H0 is not rejected.**

Obr. 20 – Test v programu CTPA WMO,2021 rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních srážkových úhrnů (Jablonec nad Nisou, 1898 - 2021) není statisticky významný na hladině $p = 0,05$



Obr. 21 – Trend průměrných ročních srážkových úhrnů (Jablonec nad Nisou, 1898 – 2021) v programu CTPA (WMO,2021)



Obr. 22 – Graf průměrných ročních srážek na stanici Desná - Souš v letech 1961-2021 (data-ČHMÚ)

Test of trend existence

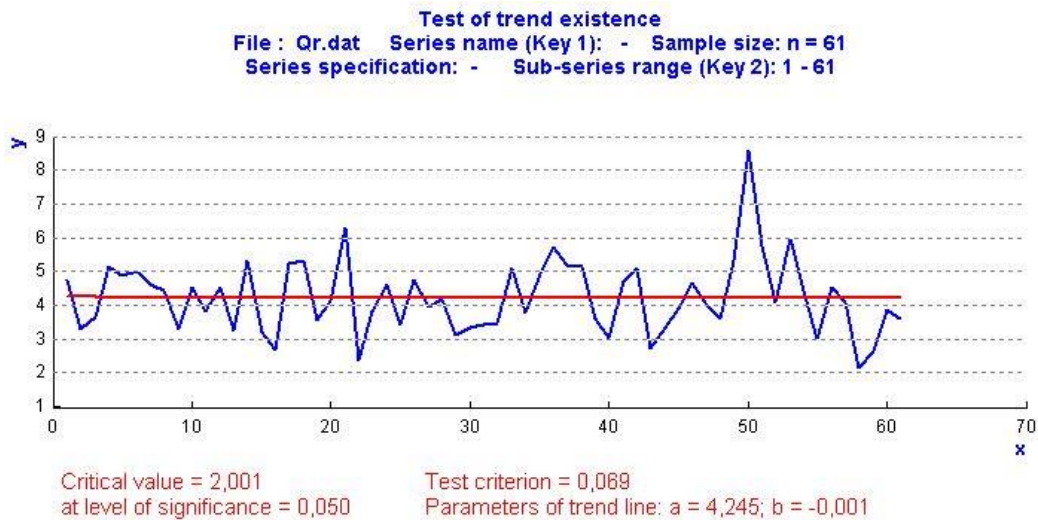
File : **Qr.dat** Series name (Key 1): - Sample size: **n = 61**
Series specification: - Sub-series range (Key 2): **1 - 61**

Assumptions: Residuals are independent and identically distributed random variables with $N(0,s^2)$ distribution.

Critical value = **2,001** at level of significance = **0,050**
Test statistic value = **0,069**

Hypothesis H0: **The series fluctuates along its constant mean.**
Alternative H1: **The series fluctuates along a trend line with gradient -0,001**
Interpretation of the results: **Hypothesis H0 is not rejected.**

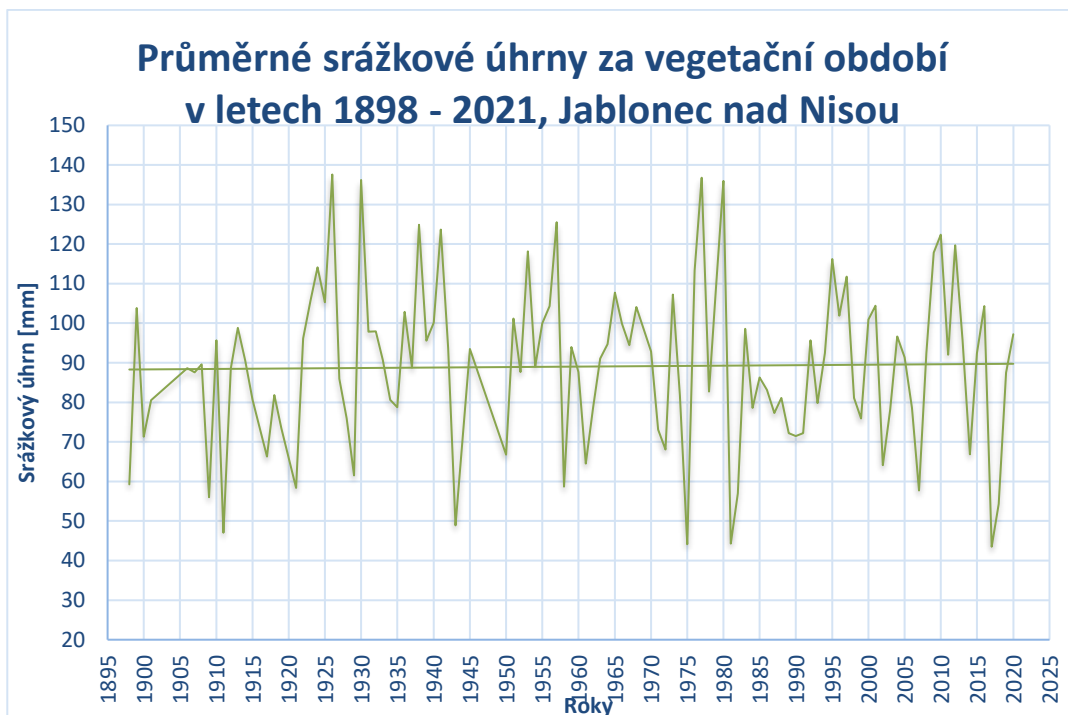
Obr. 23 – Test v programu CTPA WMO,2021 rostoucí ani klesající trend v časové řadě průměrných ročních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 - 2021) není statisticky významný na hladině $p = 0,05$



Obr. 24 – Trend průměrných ročních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 – 2021) v programu CTPA (WMO,2021)

8.2. Analýza srážkových úhrnů ve vegetačním a zimním období

Z analýzy průměrných ročních srážkových úhrnů, které jsem rozdělila na vegetační období (od května do října) a zimní období (od listopadu do dubna), je patrné, že srážkový úhrn během vegetačního období je až o 15 mm vyšší.



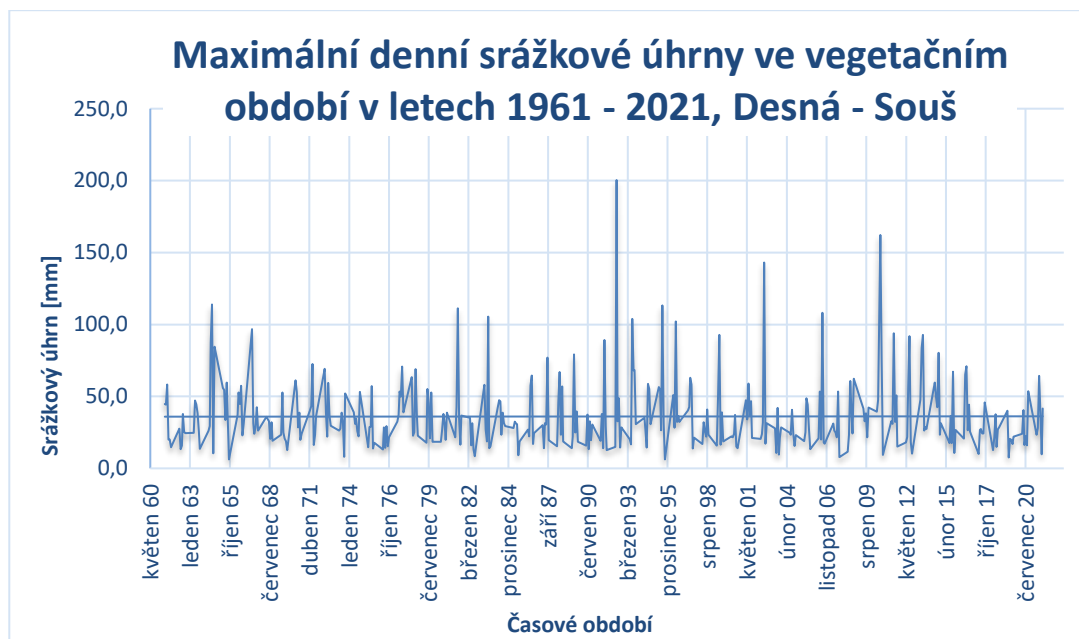
Obr. 25 – Graf průměrných ročních srážek ve vegetačním období na stanici Jablonec nad Nisou v letech 1898-2021 (data-ČHMÚ)



Obr. 26 – Graf průměrných ročních srážek v zimním období na stanici Jablonec nad Nisou v letech 1898-2021 (data-ČHMÚ)

8.3. Analýza denních srážkových úhrnů

V analýze ročních maxim denních srážkových úhrnů v letech 1961-2021 na stanici Desná, Souš nebyl pozorován statisticky významný nárůst. Statistická hodnota testu 0,041 nepřevyšuje kritickou hodnotu 1,967 na hladině významnosti $p=0,05$. Z analýzy vyplývá, že řada kolísá podél své konstantní střední hodnoty, tato analýza byla provedena v programu CTPA (WMO, 2021)



Obr. 27 – Graf maximálních denních úhrnů srážek na stanici Desná, Souš v letech 1961-2021 (data-ČHMÚ)

Test of trend existence

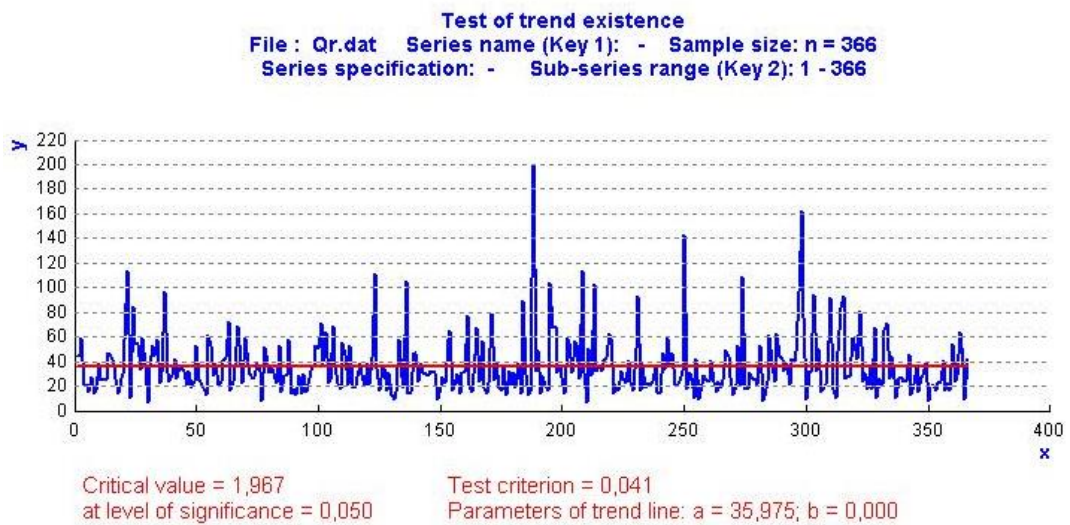
File : **Qr.dat** Series name (Key 1): - Sample size: **n = 366**
Series specification: - Sub-series range (Key 2): **1 - 366**

Assumptions: Residuals are independent and identically distributed random variables with $N(0,s^2)$ distribution.

Critical value = **1,967** at level of significance = **0,050**
Test statistic value = **0,041**

Hypothesis H0: **The series fluctuates along its constant mean.**
Alternative H1: **The series fluctuates along a trend line with gradient 0,000**
Interpretation of the results: **Hypothesis H0 is not rejected.**

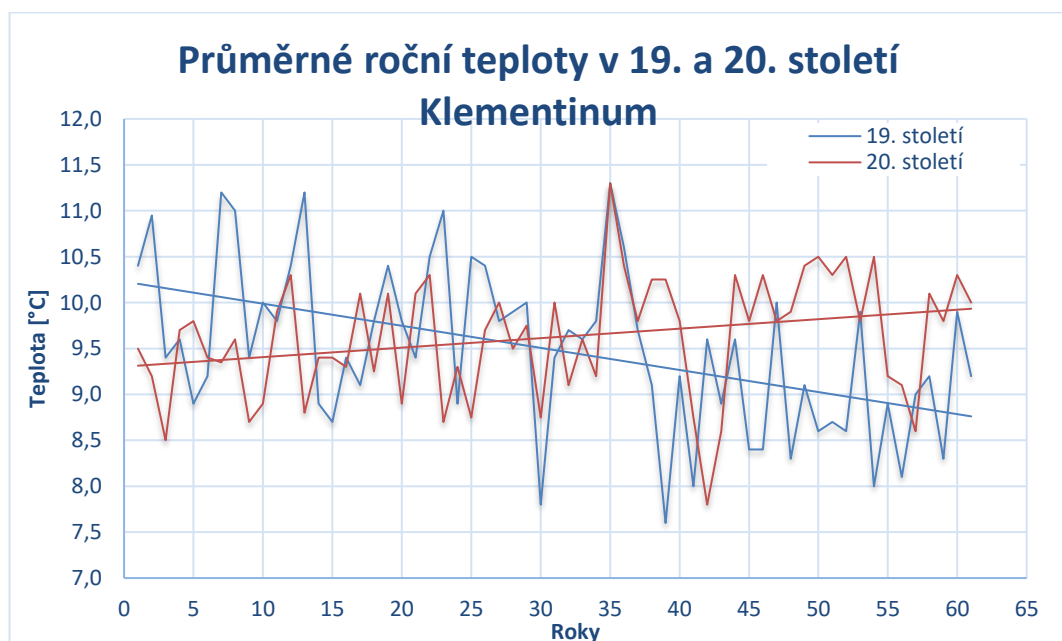
Obr. 28 – Test v programu CTPA WMO,2021 rostoucí ani klesající trend v časové řadě maximálních denních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 - 2021) není statisticky významný na hladině $p = 0,05$



Obr. 29 – Trend maximálních denních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 – 2021) v programu CTPA (WMO,2021)

8.4. Analýza ročních teplot v Klementinu

Časovou řadu průměrných ročních teplot v Klementinu jsem rozdělila na dvě období 19. a 20. století. Pro obě řady jsem zvolila časovou řadu 60 let (1800 – 1860 a 1900 – 1960). Tato analýza potvrdila tvrzení, že v 19. století doznívala Malá doba ledová (1600 – 1850), tudíž trend této řady je spíše klesajícího charakteru. Naopak ve 20. století je trend časové řady již mírně vzestupný. Tuto skutečnost potvrdila i odchylka mezi celkovou průměrnou teplotou v 19. století $T=9,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ve 20. století $T=9,85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

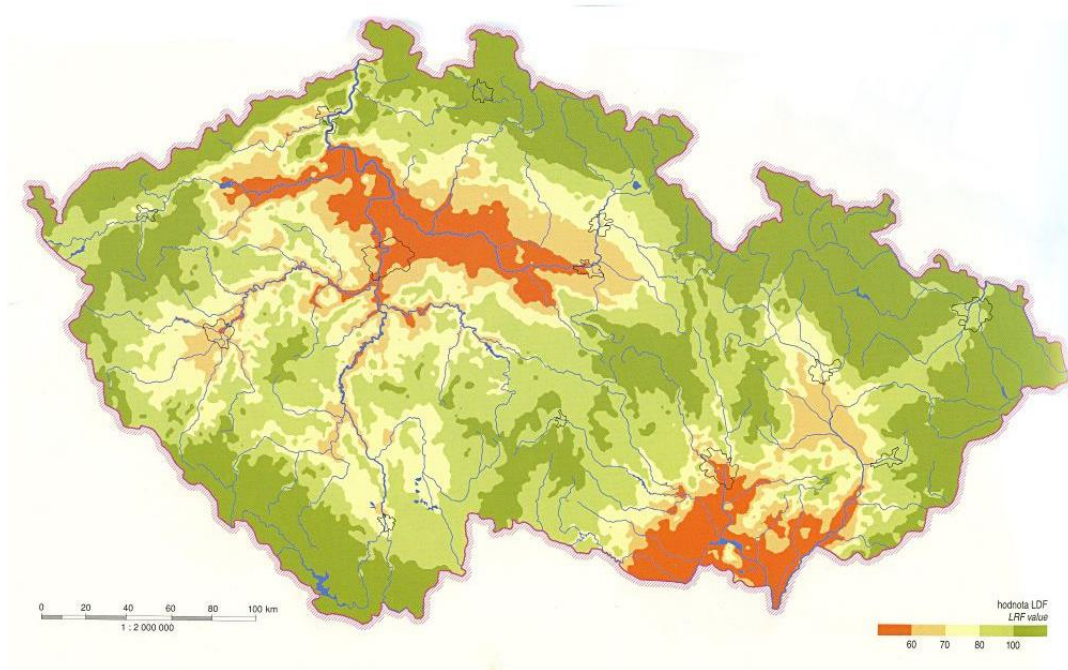


Obr. 30 – Klesající a rostoucí trend průměrných ročních teplot v 19. a 20. století na stanici Klementinum (data ČHMÚ).

8.5. Langův dešťový faktor

Vyjadřuje se jako podíl dlouhodobého průměrného ročního úhrnu srážek a dlouhodobé průměrné teploty vzduchu v dané oblasti. Tento faktor pomáhá ke klasifikaci a hodnocení oblasti vzhledem k dostupnosti vláh v půdě. Limitní hodnotou Langova dešťového faktoru pro sucho je $LDF = 70$. Dle hodnoty Langova dešťového faktoru dělíme klima na šest skupin (výstředně aridní, aridní, semiaridní, semihumidní, humidní a perhumidní). Obecně je možné říci, že s rostoucí nadmořskou výškou zpravidla klesá teplota vzduchu a stoupají průměrné roční úhrny srážek.

Pro Prahu – Klementinum je $LDF = 43,9$. Pro porovnání jsem spočítala Langův dešťový faktor pro stanici Desná – Souš a pro oblast Sklářského potoka (Jizerka). V obou případech mi vyšel LDF nad 230 (přesněji Desná – Souš – $LDF=259,4$ a Jizerka – $LDF=235,2$). Rozdíl těchto dvou hodnot je poměrně malý a to z důvodu, že se obě stanice pohybují v podobné nadmořské výšce.



Obr. 31 – Vymezení oblastí ČR dle Langova dešťového faktoru (Příroda.cz)

9. Změna N – letých průtoků

Mnoho studií již potvrdilo důležitost zařazování historických povodní pro předvídání povodňových rizik, např. studie popsána v knize *Hydrology in practice* (Shaw, 2010). Z tohoto důvodu jsem v této studii provedla analýzu naměřených dat a nepřímých historických dat a sestavila jednotlivé čáry N – letých opakování pro zvolená období. Délku zvolených období jsem zvolila dle analýzy 128 vodoměrných stanic, která byla provedena na východě USA (Ahearn, 2003) a vyplývá z ní požadavek na délku pozorování minimálně 48 let pro stanovení hodnoty Q100 s přesností do 25 % po 95 % analyzovaného časového intervalu.

Z tohoto důvodu jsem naměřená data od roku 1912 do roku 2021 rozdělila na dvě období 1912 – 1960 a 1961 – 2021. Vzhledem k nekompletním historickým datům, kde jsem měla k dispozici pouze extrémní historické průtoky, bylo zapotřebí sestavit syntetickou řadu o stejné délce, jako pro data měřená. Syntetická řada byla sestavena dle Světové meteorologické organizace (WMO, 1994) a byla sestavena pro období 1801 – 1860.

- Výpočet členů řady pomocí Markovova řetězce 1. řádu:

$$Q_i = \bar{Q} + \rho(Q_{i-1} - \bar{Q}) + \varepsilon_i \sigma \sqrt{1 - \rho^2}$$

Tab. 8 – Veličiny v Markovově řetězci 1. řádu

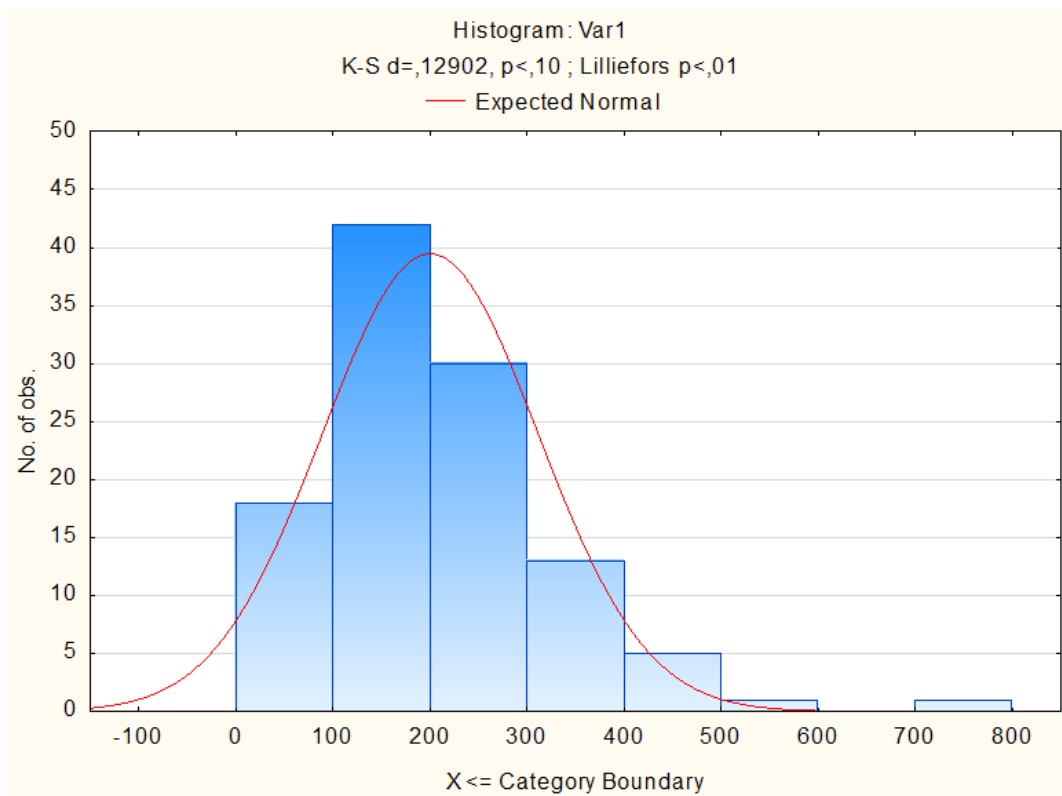
Q_i	průtok v i-tém roce
Q_{i-1}	průtok v předchozím roce
Q	aritmetický průměr
ρ	součinitel autokorelace 1. řádu
ξ	náhodné číslo (od -1 do 1)
σ	směrodatná odchylka

Do takto vytvořené řady jsou pak vloženy historické průtoky, vzhledem k využití náhodného čísla může docházet k nejistotě, která může průtoky nadhodnocovat.

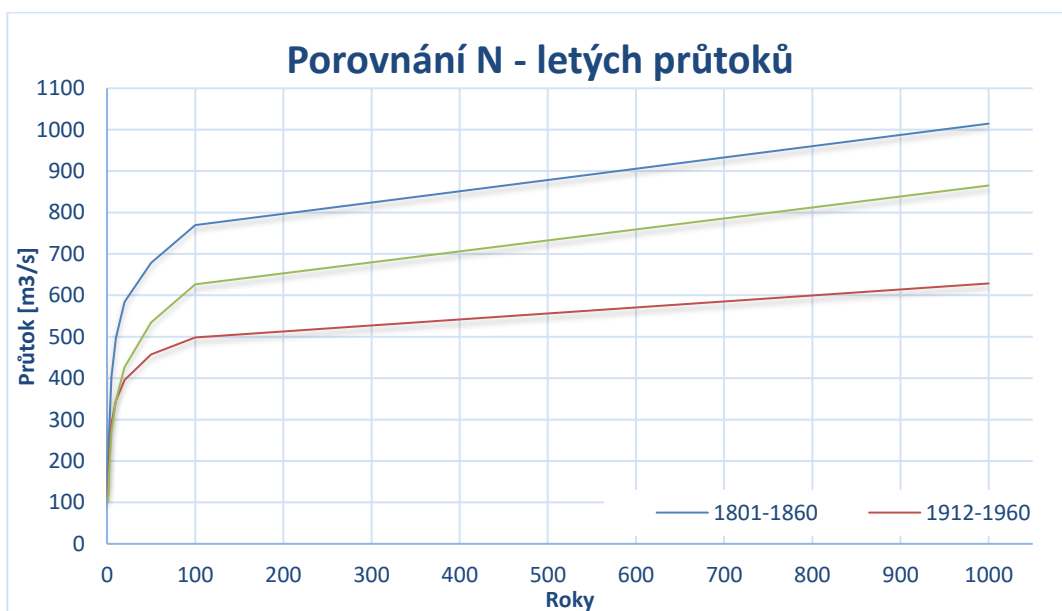
Pro sestavení čáry opakování jsem zvolila teoretické rozdělení Person III, neb poměr mezi C_s a C_v vyšel menší než limitní hodnota 3.

Postup výpočtu poměru C_s/C_v :

- Průměr $Q_{\max} = 200,4$
- St. odchylka $S_d = 111,2$
- Součinitel variace $C_v = 0,56$
- Součinitel asymetrie $C_s = 1,45$
- Poměr $C_s/C_v = 2,6 < 3$



Obr. 32 – Rozdělení ročních maximálních průtoků (Jizera – profil Železný Brod)



Obr. 33 – Čáry opakování pro srovnávaná období 1801-1860 (data analyzovaná z historických údajů), 1912 – 1960 a 1961 - 2021 (data ČHMÚ)

Z grafů výše uvedeného Obr. 33 jsou zřejmé odlišné N-leté návrhové průtoky pro charakteristická období 1801 – 1860, 1912 – 1960 a 1961 – 2021. V období 1801 – 1860 doznívala v Evropě ještě Malá doba ledová (1600 – 1850), která je spojovaná s nižšími teplotami vzduchu, častějšími povodněmi a vyššími kulminacemi průtoku (Sheffer, N.A. *et al.* 2003), s touto skutečností koresponduje čára opakování sestavená pomocí v této práci analyzovaných historických povodní. Vyšší N-leté průtoky v období 1912 – 1960 oproti období 1961 – 2021 je možné zdůvodnit vlivem intenzivnější činnosti člověka v povodí ve druhé polovině 20. století (Munzar a Ondráček, 2002).

12. Závěr

Povodně jsou přírodním fenoménem, který nelze eliminovat, pouze je možné tyto jevy redukovat kombinací účelového hospodaření v povodí a realizací technických opatření. Informace historické hydrologie jsou důležitým rozšířením měřených průtokových dat a přispívají tudíž i k zpřesnění návrhových N-letých průtoků, objemů povodňových vln a posuzování povodňového rizika.

Analýza typologie povodňových jevů na relativně malém povodí Sklářského potoka (profil Jizerka) a relativně velkém povodí Jizery (profil Železný Brod) potvrdila hypotézu, že pro malá povodí jsou kritické letní povodňové situace vznikající z přívalových dešťů (bleskové povodně), zatímco na velkém povodí je důležité tání sněhu, případně kombinace tání sněhu v součinnosti s deštěm, v jarním období.

Na povodí Jizery korespondují vyšší N-leté průtoky, detekované v období 1801 – 1860 pomocí metod historické hydrologie, s dozníváním Malé doby ledové v Evropě (1600 – 1850). Pro pozorovanou řadu průtoků (1912 – 2021) byla detekována dvě statisticky významně odlišná období: vyšší maxima průtoků v letech 1961 – 2021 oproti období 1912 – 1960 je možné vysvětlit vlivem intenzifikace využívání krajiny ve druhé polovině 20. století.

Vlivem globální klimatické změny dochází v zájmové oblasti ke statisticky významnému nárůstu teploty vzduchu: za posledních dvacet let zde vzrostla průměrná roční teplota o 1,6 °C (intenzivnější růst ve srovnání s trendem, pozorovaným na klimatologické stanici Klementinum). Naopak v časových řadách ročních srážkových úhrnů a denních maxim srážkového úhrnu v ročním kroku nebyl potvrzen statisticky významný rostoucí trend.

13. Seznam použité literatury

Odborná literatura

- [1] Ahearn, E.A. (2003), *Peak-Flow Frequency Estimates for U.S. Geological Survey Streamflow-Gaging Stations in Connecticut*. Water-Resources Investigations Report 03-4196, US Geological Survey, East Hartford, 36 s
- [2] Balatka, B. a Kalvoda J. (2006), *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie, Praha, 79 s.
- [3] Baker, V. R. (2003), *A bright future for old flows: origins, status and future of paleoflood hydrology*. In: Thorndycraft, V. R., Benito, G., Barriendos, M., Llasat, M. C. (Eds.): *Palaeofloods, Historical Floods and Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment*. CSIC, Madrid, 13–18.
- [4] Bečvář, A., (1948), *Metodika měření stromových let*. Meteorologické zprávy 78-79
- [5] Brázdil, R., Dobrovolný P., Elleder L., Kakos V., Kotyza O., Macková J. a Valášek H., (2005), *Studium historických povodní v České republice jako příspěvek k historické hydrologii*. In *Hydrologické dni 2005*. 1. vyd. Bratislava: Slovenský výbor pro hydrológiu a Český výbor pro hydrologii, s. 311-329
- [6] Campbell, R et al., (2005), *Dendroentomological and forest management implications in the Interior Douglas-fir zone of British Columbia*, *Dendrochronologia*, s. 131-240
- [7] Čermáková, A., (2013), *Fytoplankton vodárenských nádrží Jizerských hor ve vztahu k upravitelnosti vody*. Bakalářská práce, Praha
- [8] Davis DW. (2007), *Is the current approach to managing flood threats in the United States sustainable?* In: *Water Resources Engineering (EWRI Conference Proceedings)*, American Society of Civil Engineers, Tampa (FL): 638 pp.
- [9] Demek, J. a Mackovčín. (2006), *Hory a nížiny-zeměpisný lexikon ČR*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 582 s.
- [10] Dvořák, J., Novák L. (1994), *Soil conservation and silviculture*. Elsevier, Amsterdam, 399 s.
- [11] Ducháček L., Jiráček J. (2010), *Hydrologické dny 2010: voda v měnícím se prostředí: hydrologie v České republice a ve Slovenské republice na počátku 21. století: sborník příspěvků a posterových abstraktů: 7. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů: 25.-27. října 2010, Hradec Králové. Český hydrometeorologický ústav. s. 228-229*

- [12] Elleder, L., (2010), *Využitelnost proxydat v hydrologii: rekonstrukce řady kulmi-
načních průtoků Vltavy v Praze pro období 1118–2002*. Disertační práce, Praha
- [13] Ewing, S.A., Grayson, R.B. and Argent, R.M. (2000), *Science, citizens, and cat-
chments: decision support for catchment planning in Australia*. Society and Natural
Resources, 13(5): 443-459.
- [14] Hanzlík, S., (1948), *Význam měření letokruhů při studiu podnebních změn. Meteo-
rologické zprávy*. s. 77-78
- [15] Hanzlík, S., (1952), *Dendrochronologie a její vztah ke klimatickým změnám. Sbor-
ník I. meteorologické konference v Bratislavě*, NČSAV Praha, s.84-86
- [16] Hickey JT, Salas JD. (1995), *Environmental effects of extreme floods. Hydrometeo-
rology, Impacts, and Management of Extreme Floods, Proceedings of U.S. - Italy
Research Workshop*, p. 1-22, WARREDOC, Perugia (Italy).
- [17] Chang, M. (2012), *Forest hydrology: an introduction to water and forests*. 3rd
edition, CRC Press, Boca Raton, 598 s.
- [18] Karpaš, R. (2009), *Jizerské hory, 1: O mapách, kamení a vodě*. Liberec: RK, s. 378-
379.
- [19] Kemel, M. (1996), *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha: ČVUT
- [20] Křeček, J., Hořická, Z. (2006), *Forests, air pollution and water quality: influencing
health in the headwaters of Central Europe's „Black Triangle”*. Unasylnva 57, 46-
49.
- [21] Křeček, J., Palán, L., Pažourková, E., Stuchlík, E. (2019), *Water-quality genesis in
a mountain catchment affected by acidification and forestry practices*. Freshwater
Science, 38(2): 257-269.
- [22] Křeček, J., Punčochář, P. (2012), *Design of climate station network in mountain
catchments*. Hungarian Geographical Bulletin 61, 19-29.
- [23] Křeček, J., (2012), *Paleohydrologie a historická hydrologie: Paleohydrology and
historical hydrology*. V Praze: České vysoké učení technické
- [24] Kutnar, F. (1941), *Paměti sedláka Josefa Dlaska*. Melantrich, Praha, 131s.
- [25] Kynčil, J. (1982), *Excerpta z díla Christiana Gottliba Pötzsche: Chronologické
dějiny velkých povodní labského proudu za tisíc a více let. Dodatek a pokračování
jeho Chronologických dějin velkých povodní labského proudu za tisíc a více let*.
Povodí Ohře, Chomutov

- [27] Lesy a povodně (2003), Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství a Česká lesnická společnost. *Lesy a povodně: celostátní seminář: 25. června 2003* Dům ČSVTS, Novotného lávka 5, Praha 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2003. s. 48-49.
- [28] Martínek, B., Linhart, P. et al. (2003), *Ochrana člověka za mimořádných situací*. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.
- [29] Míchal, I. (1994), *Ekologická stabilita*. Veronica
- [30] Montero, R. G. et al., (2005), *Tree rings as a surrogate for economic stress – an example from the Puna of Jujuy, Argentina in the 19th century*. *Dendrochronologia*, s. 131-240
- [31] Munzar, J., Ondráček, S., Kysučan, L., (2015), *Povodně v českých zemích v 16.–18. století ve světle starých tisků*. Příspěvek vznikl v rámci podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje Ústavu geoniky AV ČR
- [32] Munzar, J. a Ondráček, S. (2002), *Paradoxy přírodních katastrof – Pět let po katastrofálních povodních v České republice*. Vesmír
- [33] Němec, J., Hladný, J., Blažek, V. a Ministerstvo zemědělství. (2006), *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, s. 82-87.
- [34] Pender, G., Faulkner, H. (2011), *Flood risk science and management*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 544 s.
- [35] Rabštejnek, O. (1969), *Lesy Jizerských hor*. *Ochrana Přírody*, 24: 40-42.
- [36] Rybníček, M., (2003), *Sestavení dendrochronologických standardů pro město Brno*. Diplomová práce. MZLU v Brně, 89 s
- [37] Shaw, E. M., Shaw, R., (2010), *Hydrology in Practice*. Taylor & Francis Books
- [38] Sheffer, N.A. et al., (2003), *Paleofloods and historical floods of the Arche River*. France. Water Resources Research
- [39] Slodičák, M. (2005), *Lesnické hospodaření v Jizerských horách: Forestry management in the Jizerské hory Mts*. Hradec Králové: Lesy České republiky, Edice Grantové, služby LČR.
- [40] Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L., (2007), *Climate change 2007: The physical science basis*. IPCC Fourth Assessment Report (AR4), Cambridge University Press, Cambridge, 996 s.
- [41] Státníková, P. (2017), *Povodně v Praze a historická paměť*. *Vesmír*, 96: 278-280

- [42] Stuchlík E., Hořícká, Z., Prchalová, M., Křeček, J., Barica, J., (1997), *Hydrobiological investigation of three acidified reservoirs in the Jizera Mountains, the Czech Republic, during the summer stratification*. In: Smith, D., Davies, I. (eds), International co-operative programme on assessment and monitoring of acidification of rivers and lakes: 8th task force meeting, 1992, s. 56-64
- [43] Svoboda, J., Vašků, Z., Cílek, V., (2003), *Velká kniha o klimatu země Koruny české*. Praha, Regia
- [44] Toman, S., Zusková I., (2021), *Zpráva SMO o stavu klimatu ve světě v roce 2021*. Praha: Český hydrometeorologický ústav
- [45] Tureček, K. (2003), *Zákon o vodách*. Sondy, Praha, 611 s.
- [46] Tureček, K. a kolektiv (2002), *Zákon o vodách č. 254/1981 Sb. s komentářem*. Sondy, Praha, 349 s.
- [47] Vinš, B., (1960), *Proměnlivost šířky letokruhů vzhledem k ekologickým podmínkám*. Zprávy
- [48] Vinš, B., (1961), *Struktura a vývoj přirozených porostů s jedlí*. Práce výzkumných ústavů lesnických
- [49] Vrtiška, J., Křeček, J., Pažourková E., (2016), *Možnosti detekce povodňového průtoku v horském povodí pomocí dendrochronologie, Flood discharge detection in a mountain catchment by dendrochronology*. Seminář Adolfa Patery Extrémní hydrologické jevy v povodích
- [50] WMO, (1994), *Guide to hydrological practices: Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications*. WMO-No. 168, Fifth edition, World Meteorological Organization, Genéva, 733 s.
- [51] WMO, (2001), *Technology for detecting trends and changes in time series of hydrological and meteorological variables*. World Meteorological Organization, Hydrological Operational Multipurpose System, Genéva, 28 s.

Internetové zdroje

- [1] *Bílá Desná*, Dostupné z WWW: http://www.jizerky.eu/bila_techn.php
- [2] *Council for Watershed Health* (2011). Announcing the council for watershed health. Dostupné z WWW: <http://watershedhealth.org/>
- [3] *Cesty archeologie: Pod pokličkou archeologie (7): Dendrochronologie*, Ústav archeologické památkové péče středních Čech, Praha (2020) Dostupné z WWW: <https://www.cestyarcheologie.cz/single-post/pod-poklickou-dendrochronologie>
- [4] *Experimentální povodí CHMÚ v Jizerských horách*, Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/ohv/zakladni_informace/Experimentalni_povodi_CHMU_v_Jizerskych_horach.pdf
- [5] *Farm the flow*, Fullen, M. (2021), University of Wolverhampton, UK, Dostupné z WWW: <http://www.severngorge.org.uk/farm-the-flow/>
- [6] *Flóra*, Resort životního prostředí, Dostupné z WWW: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/flora/>
- [7] *Flóra a fauna*, CHKO Jizerské hory, Dostupné z WWW: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=Flora_fauna&site=CHKO_jizerske_hory_cz
- [8] *Geologie*, Resort životního prostředí, Dostupné z WWW: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/geologie/>
- [9] *Historie povodní na JM a povodňové škody*, Jelínková I. (2012), Dostupné z WWW: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2014/Z0059/um/protipovodnova_opatreni-1__1_.pdf?lang=en
- [10] *Hydrologie*, CHKO Jizerské hory, Dostupné z WWW: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=Hydrologie&site=CHKO_jizerske_hory_cz
- [11] *Hydrologie sněhu*, ČHMÚ (2011), Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/snowmelt/navmenu.php_tab_1_page_6.0.0.htm
- [12] *Chráněné oblasti přirozené akumulace vod*, Dostupné z WWW: <https://prvk.kraj-lbc.cz/ekologie>
- [13] *Chráněné oblasti přirozené akumulace vod*, Ministerstvo Zemědělství (2009–2021), Dostupné z WWW: <https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100053084.html>
- [14] *Jizerské hory*, Dostupné z WWW: http://www.jizerky.eu/bila_chron.php

- [15] *Klimatické poměry*, Resort životního prostředí, Dostupné z WWW: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/klimaticke-pomery/>
- [16] *Langův dešťový faktor*, Honsová, D., (2007), Dostupné z WWW: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=910>
- [17] *Povodně v Praze*, Portál životního prostředí, Dostupné z WWW: http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/voda/povodne_v_praze.html
- [18] *Povodeň na Blšance v roce 1872*, archiv Regionálního muzea K. A. Polánka, (2022), Dostupné z WWW: https://www.idnes.cz/usti/zpravy/podboransko-lounsko-reka-blsanka-povoden-vystava-srej-ber.A220513_110500_ustizpravy_grr/foto/GRR935b3b_347archivRegionlnmuzeaK.A.Polnka21.jpg
- [19] *Program spoločného vedeckého podujatia s medzinárodnou účasťou, pod záštitou Ministerstva životného prostredia SR, za podpory medzinárodného Vyšehradského fondu*, Jiráček, J. (2015), Dostupné z WWW: <http://www.vuvh.sk/zbornik2015/docs/z37.pdf>
- [20] *Přehrada Josefův důl*, Horský, M. (2000), Dostupné z WWW: <http://bimbo.fjfi.cvut.cz/~horsky/prehrady/josefd/uv.html>
- [21] *Přehrada Souš*, Horský, M. (2000), Dostupné z WWW: <http://bimbo.fjfi.cvut.cz/~horsky/prehrady/sous/uv.html>
- [22] *Přírodě blízká protipovodňová ochrana*, Resort životního prostředí, Dostupné z WWW: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/priode-blizka-protipovodnova-ochrana-pbppo/>
- [23] *Rozhovor – Kyncl*, Scienceworld (2003), Dostupné z WWW: <https://www.scienceworld.cz/biologie/dendrochronologie-co-skryvaji-letokruhy-3149/>
- [24] *Stupně povodňové aktivity*, Povodňový portál, Dostupné z WWW: <https://www.povodnovyportal.cz/povodnovy-plan/dobra-134/stupne-povodnove-aktivity>
- [25] *Suchým poldrem proti vodě*, Státní pozemkový úřad, Dostupné z WWW: <http://zitkrajinou.cz/voda-a-sucho/suchym-poldrem-vode/>
- [26] *Údolní přehrada Souš na Černé Desné*, Dostupné z WWW: <http://www.jizerky.eu/sous.php>

- [27] *Víceúčelové vodní nádrže*, Ministerstvo zemědělství (2005), Dostupné z WWW: http://eagri.cz/public/web/file/37059/_34_viceucelove_madrze.pdf
- [28] *Vodní nádrž Souš*, Jiroušek J., Dostupné z WWW: <https://www.nebeske.cz/tag/vodni-nadrz-sous/>
- [29] *Vodopády Jizerských hor*, Vodopády ČR, Dostupné z WWW: <http://www.vodopady.info/cz/jizerky/Jizerky.php?page=cerny>
- [30] *Vodopád Velký Štolpich*, Jizerské hory, Dostupné z WWW: http://www.jizerskehory.cz/cs/poznej-jizerky_letov-jizerkach_prirodni_krasy/vodopad-velky-stolpich
- [31] *Vodopády Velký Štolpich*, 360travel, <http://www.360travel.cz/jizerske-hory-vodopad-velky-stolpich>
- [32] *Vývoj lesů v Jizerských horách*, Lesy ČR (2013), Dostupné z WWW: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/res/archive/407/067184.pdf?seek=15415974>

Seznam obrázků

Obr. 1 – Charakteristika povodňové vlny	8
Obr. 2 – Přírodě blízké protipovodňové opatření	12
Obr. 3 – Škody na starém pivovaru v Měcholupech – povodeň na Blšance v roce 1872	14
Obr. 4 – Vrstvy hornin v Grand Canyonu (USA – Arizona)	16
Obr. 5 – Vzorek z Presslerova vrtáku	19
Obr. 6 – Průměrná roční teplota vzduchu v JH v r. 2001	22
Obr. 7 – Vyznačené oblasti CHOPAV	23
Obr. 8 – Vyznačené chráněné území v CHKO Jizerské hory	24
Obr. 9 – Vodní nádrž Souš	27
Obr. 10 – Rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních teplot vzduchu, Sklářský potok (Jizerka).	32
Obr. 11 – Test v programu CTPA (Sklářský potok – Jizerka, 2002-2021)	32
Obr. 12 – Rostoucí trend průměrných ročních teplot (Sklářský potok – Jizerka, 2002- 2021) v programu CTPA	33
Obr. 13 – Graf vyhodnocení analýzy na Sklářském potoce (Jizerka)	33
Obr. 14 – Klesající trend v časové řadě maximálních ročních průtoku na Jizeře (Železný Brod)	36
Obr. 15 – Test v programu CTPA (Jizera - Železný Brod, 1942 - 2021)	36
Obr. 16 – Trend ročních kulminací průtoku na Jizeře (Železný Brod) 1912-2021 v programu CTPA	37
Obr. 17 – Graf vyhodnocení analýzy na Jizeře profil Železný Brod	37
Obr. 18 – Zájmové povodí Holubího potoka v Jizerských horách	38
Obr. 19 – Rostoucí trend v časové řadě průměrných ročních srážek na stanici Jablonec nad Nisou	40
Obr. 20 – Test v programu CTPA (Jablonec nad Nisou, 1898 - 2021)	40
Obr. 21 – Trend průměrných ročních srážkových úhrnů (Jablonec nad Nisou, 1898 – 2021) v programu CTPA	41
Obr. 22 – Graf průměrných ročních srážek na stanici Desná - Souš	41
Obr. 23 – Test v programu CTPA (Desná - Souš, 1961 - 2021)	42
Obr. 24 – Trend průměrných ročních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 – 2021) v programu CTPA	42

Obr. 25 – Graf průměrných ročních srážek ve vegetačním období na stanici Jablonec nad Nisou	43
Obr. 26 – Graf průměrných ročních srážek v zimním období na stanici Jablonec nad Nisou	43
Obr. 27 – Graf maximálních denních úhrnů srážek na stanici Desná, Souš	44
Obr. 28 – Test v programu CTPA (Desná - Souš, 1961 - 2021)	44
Obr. 29 – Trend maximálních denních srážkových úhrnů (Desná - Souš, 1961 – 2021) v programu CTPA	45
Obr. 30 – Klesající a rostoucí trend průměrných ročních teplot v 19. a 20. století na stanici Klementinum	45
Obr. 31 – Vymezení oblastí ČR dle Langova dešťového faktoru	46
Obr. 32 – Rozdělení ročních maximálních průtoků (Jizera – profil Železný Brod)	48
Obr. 33 – Čáry opakování pro srovnávaná období	48

Seznam tabulek

Tab. 1 – Historické povodně na řece Jizeře, Paměti sedláka Josefa Dlaska	26
Tab. 2 – Geomorfologické charakteristiky povodí Sklářského potoka (Jizerka)	30
Tab. 3 – Typologie povodňových jevů, pozorovaných na povodí Sklářského potoka (Jizerka)	31
Tab. 4 – N-leté průtoky Q_N [m^3/s] pro povodí Sklářského potoka (Jizerka)	31
Tab. 5 – Geomorfologické charakteristiky povodí Jizery (Železný Brod)	34
Tab. 6 – Typologie povodní, pozorovaných na Jizeře (profil Železný Brod)	35
Tab. 7 – N-leté průtoky [m^3/s] na Jizeře (Železný Brod)	35
Tab. 8 – Veličiny v Markovově řetězci 1. řádu	47