



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

**Vliv lesní těžby a globální klimatické změny
na odtokový proces v podmínkách malého
povodí Brdské vrchoviny**

**Impacts of forest harvest and global climate
change on runoff genesis in a small
catchment of the Brdy Highlands**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Marie JÍCHOVÁ

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: Jichová Jméno: Marie Osobní číslo: 458748

Zadávající 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: Vliv lesní těžby a globální klimatické změny na odtokový proces v podmínkách malého povodí Brdské vrchoviny

Název diplomové práce anglicky: Impacts of forest harvest and global climate change on runoff genesis in a small catchment of the Brdy Highlands

Pokyny pro vypracování:

Tato studie by měla zahrnovat:

- Rozbor problematiky vlivu lesa na odtokový proces pramenných oblastí v ČR.
- Analýzu pozorovaných dat v experimentálním povodí Litavky.
- Diskuzi získaných výsledků.
- Závěr a doporučení pro hospodaření v povodích Brdské vrchoviny.

Seznam doporučené literatury:

FAO. 2006. The new generation of watershed management programmes and projects. FAO Forestry Paper 150, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 128 pp.

IPCC (2013). Climate change 2013: The physical science basis. The fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO, Geneva.

Messerli, B., Viviroli, D., and R. Weingartner. 2004. Mountains of the world: Vulnerable water towers for the 21st century. AMBIO Special Report 13, 29-34.

Shaw, E.M. (2011): Hydrology in practice. 4th edition, Span Press, London, 560 pp.

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

Datum zadání diplomové práce: 26.9.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2021

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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Vliv lesní těžby a globální klimatické změny na odtokový proces v podmínkách malého povodí Brdské vrchoviny“ vypracovala samostatně a veškeré použité informační zdroje jsem uvedla v seznamu použité literatury podle zásad metodického pokynu č. 1/2009 ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze 30. 12. 2021

Marie Jíchová



PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří doc. Ing. Josefu Křečkovi, CSc. za vedení práce a rady při jejím zpracování a prof. RNDr. Evženu Stuchlíkovi, CSc. (Hydrobiologický ústav, Biologické centrum AV ČR) za poskytnutí datových souborů pozorovaného průtoku a teploty vody v uzávěrových profilech zájmových povodí.



ANOTACE

Cílem této práce je analýza vlivu lesní těžby a globální změny klimatu na genezi odtoku v pramenné části Brdské vrchoviny. Srážko-odtokový proces byl sledován v letech 2006-2017, na experimentálním povodí Litavka-Krmelec (plocha 1,85 km², plné zalesnění smrkovým porostem), kde došlo v roce 2010 ke smýcení cca 20 % plochy povodí. Jako kontrolní povodí bylo použito sousední malé povodí toku Litavka-Hlavní (plocha necelý 1 km², plné zalesnění smrkovým porostem, bez těžebních zásahů). Trend časových řad srážkových úhrnů a teplot vzduchu blízké klimatologické stanice Rožmitál pod Třemšínem 1970-2021 byl analyzován pro detekci vlivu klimatické změny. Na rozdíl od ročních srážkových úhrnů byl v časové řadě průměrných ročních teplot vzduchu 1970-2020 potvrzen statisticky významný rostoucí trend. Vliv lesní těžby se projevil ve zvýšení teploty vody a kulminačních povodňových průtoků v uzávěrovém profilu povodí Litavka-Krmelec.

KLÍČOVÁ SLOVA

Brdská vrchovina, povodí Litavky, srážko-odtokový proces, globální klimatická změna, lesní těžba.



ANNOTATION

The aim of this thesis is to analyse impacts of forest harvest and global climate change on runoff genesis in headwaters of the Brdy Highlands. The precipitation-runoff relationship was investigated 2006-2017, in the experimental catchment Litavka-Krmelec (area of 1,85 km², forested by spruce plantations), where ca 20 % of the area was harvested in 2010. The neighbouring small catchment of the main stream of Litavka served as the control basin (area of 1 km², also forested by spruce plantations not affected by any forest treatment). Trends in time-series of precipitation sums and air temperatures of the nearby climate station Rožmitál pod Třemšínem in 1970-2021 were analysed to detect effects of the global climate change. Contrary to precipitation, a statistically significant trend was detected in the data of mean annual air temperatures. Effects of the forest harvest was confirmed on increasing peak-flows and water temperature in the outlet of Litavka-Krmelec.

KEYWORDS

The Brdy Highlands, watershed of Litavka, runoff genesis, global climate change, forest harvest.



OBSAH

1. Úvod do problematiky.....	1
1.1. Problematika vlivu lesa na odtokový proces.....	1
1.2. Povodí Litavky.....	2
1.3. Experiment v pramenné oblasti Litavky.....	2
1.3.1. Experimentální povodí Litavka-Krmelec.....	4
1.3.1. Kontrolní povodí Litavka-Hlavní.....	6
2. Meteorologická a hydrologická data	6
2.1. Srážkoměrná stanice ČHMÚ Rožmitál pod Třemšínem	9
3. Stanovení průtoku.....	11
3.1. Experimentální povodí Litavka-Krmelec	11
3.2. Kontrolní povodí Litavka-Hlavní	15
4. Stanovení N-letých průtoků.....	18
4.1. Předpovědní profil ČHMÚ Litavka-Čeňkov.....	18
4.2. Hlásný profil Povodí Vltavy s.p. Litavka-Příbram.....	19
4.3. Odhad N-letých průtoků na experimentálním povodí Litavka-Krmelec.....	20
5. Hodnocení vlivu lesní těžby	22
6. Hodnocení možných vlivů globální klimatické změny	26
7. Závěr.....	30
Seznam použité literatury.....	31
Zdroje obrázků	32
Seznam obrázků	33



1. Úvod do problematiky

V současné době představuje oteplování klimatu jeden ze zásadních environmentálních problémů, ohrožujících další vývoj lidské populace. Pozorované teploty v přízemní vrstvě atmosféry v období 2001-2020 byly v průměru o 0,99 °C vyšší než v období 1850-1900. Povrchová teplota roste od roku 1970 rychleji než v kterémkoli jiném 50letém období. Stále častější jsou také extrémní hodnoty maximálních teplot, podle *The Intergovernmental Panel on Climate Change*, dochází k růstu intenzity a výše maximálních teplot, zejména z důvodu klimatické změny způsobené člověkem (IPCC, 2021).

Cílem této práce je analýza dopadů klimatické změny a vlivu kácení zalesněných ploch na přírodní ekosystém malého povodí Brdské vrchoviny s využitím meteorologických a hydrologických pozorování, dále diskuse této analýzy a možná doporučení pro hospodaření v daném povodí.

1.1. Problematika vlivu lesa na odtokový proces

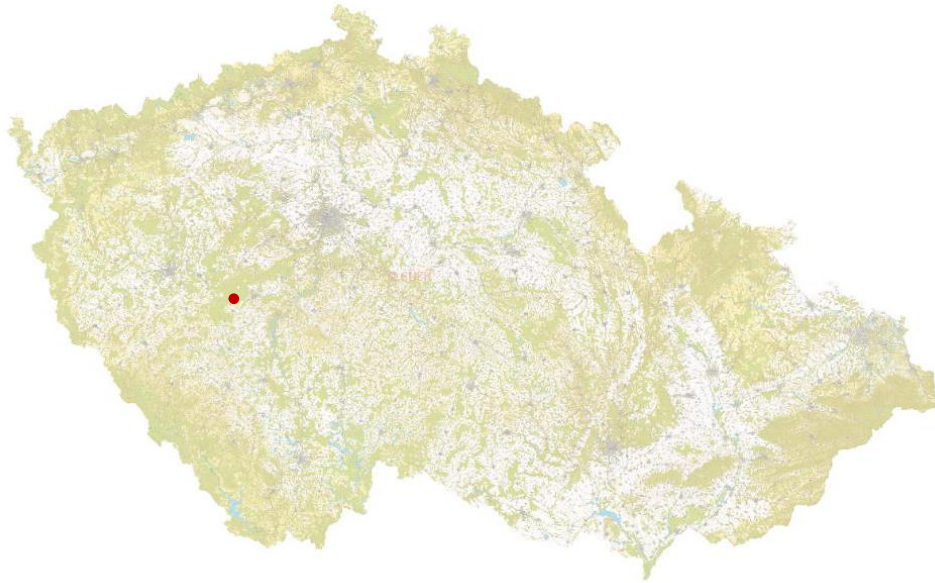
Vliv lesa na vodní režim krajiny je diskutován po staletí a dosažené výsledky často protichůdné (Lee, 2020). V posledních letech vzhledem k intenzifikaci lesního hospodářství je věnována zvýšená pozornost otázkám dopadů těžby lesních porostů na hydrologické charakteristiky povodí.

Dlouhodobé výsledky zkoumání vlivu lesa na odtokový proces sumarizuje Lee (2020), smýcení lesa se obecně projevuje na zvyšování vodnosti povodí (dlouhodobý roční průtok), zvyšování povodňových průtoků, zvyšování teploty vody a zhoršování kvality vody. Bosch a Hewlett (1981) poskytují grafické přílohy, popisující vliv procentického podílu smýcené plochy povodí na zvyšování vodnosti pro jehličnatý/listnatý porost a křovinnou vegetaci.

1.2. Povodí Litavky

Řeka Litavka pramení v Brdské vrchovině v části Střední Brdy, nedaleko měst Příbram a Rožmitál pod Třemšínem. Její tok je dále považována za geografické dělítko mezi Hřebeny a Středními Brdy. Spolu se svými přítoky odvodňuje jihovýchodní a východní část Středních Brd a je pravostranným přítokem řeky Berounky (Žák, 2008).

Jedná se o tok 4. řádu s délkou 54,6 km a plochou povodí 629 km².



Obrázek 1 - poloha experimentálního povodí Litavka-Krmelec

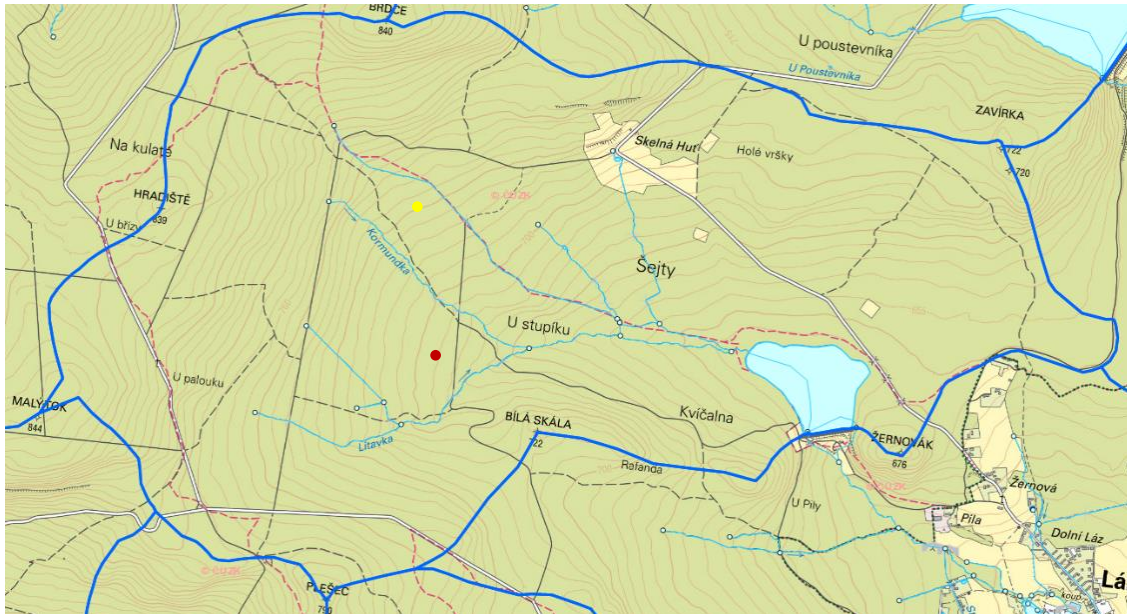
Pramennou část Litavky tvoří několik pramenů z nich dominantní jsou tři a na dvou probíhá pozorování. Jedná se o Litavku-Krmelec někdy také jmenovanou jako Litavka-pravostranný přítok a o Litavku-Hlavní.

Níže po toku ř. km 51,4 se nachází vodní dílo Láz, které bylo vybudováno na počátku 19 st. Původně sloužilo jako zásoba vody pro doly a hutě, nyní se využívá jako zdroj pitné vody pro příbramskou aglomeraci. Celkový objem nádrže činí 0,958 milionů m³ a je tvořen výhradně přítokem řeky Litavky (Povodí Vltavy, Vodní díla a nádrže).

1.3. Experiment v pramenné oblasti Litavky

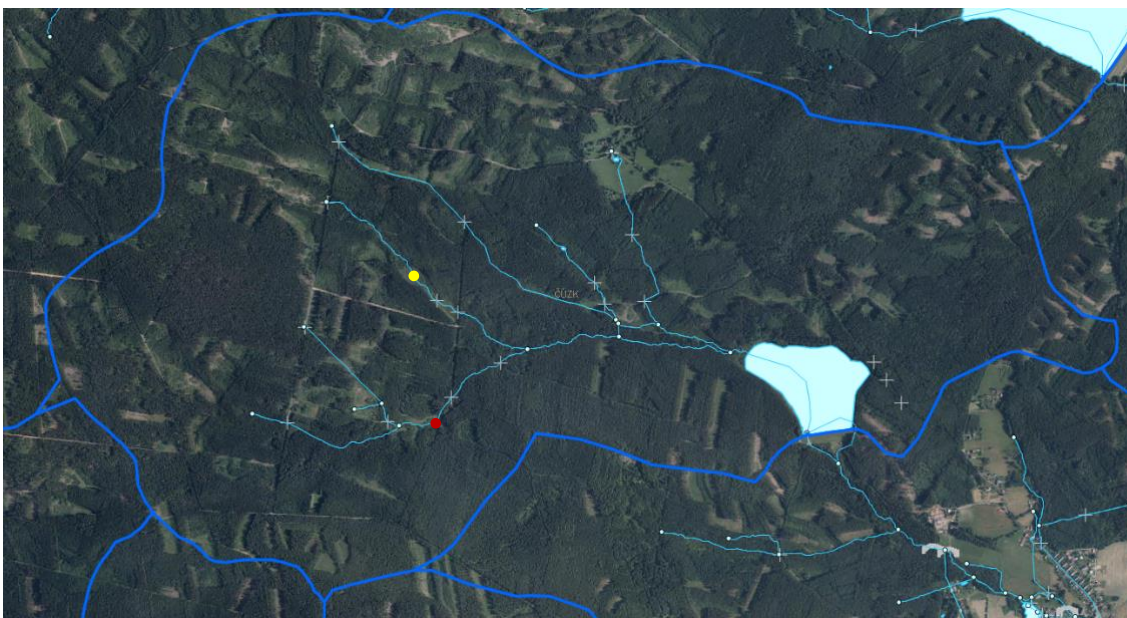
Pramenné povodí Litavky je ohraničeno vrcholy Bílá skála 786 m n.m., Plešec 786 m n.m., Malý Tok 844 m n.m. a Hradiště 840 m n.m.. Plocha povodí je 7,8 km², nadmořská výška se pohybuje v rozsahu 695-844 metrů.

Geologii povodí tvoří převážně kambrické pískovce, slepence a křemence (Žák, 2008).



Obrázek 2 - základní mapa ČR 1: 15 120

Většina svahů je orientována severovýchodně. Vegetační pokryv povodí zasahuje do jedlo-bukového vegetačního stupně přesto zde dominuje smrkový porost.



Obrázek 3 - ortofotosnímky ČR 1: 15 120

- pozice měrného profilu na experimentálním povodí Litavka-Krmelec
- pozice měrného profilu na kontrolním povodí Litavka-Hlavní

1.3.1. Experimentální povodí Litavka-Krmelec

Odběrové místo s měrným přelivem leží 1000 metrů od pramene toku Litavka-Krmelec, plocha dílčí části povodí činí 1,85 km² a sklon odpovídá 8,6 %.

Šíře toku se pohybuje v rozmezí 0,4-1,0 metr a hloubka od několika centimetrů do 0,6 metru (Horecký, 2003). Dno je kamenito-písčité, sezónně porostlé mechem a vláknitými řasami. Břehy jsou strmější a porostlé travou.

Přeliv je vyroben z korozivzdorného ocelového plechu o tloušťce 8 mm zakotveného do betonové spodní stavby. Dno s přilehlými břehy je opevněno lomovým kamenem do vzdálenosti 10 m proti proudu stejně tak po proudu. Z důvodu snížené rychlosti, dochází ke zvýšené sedimentaci splavenin, proto je prostor před přelivem pravidelně čištěn. Během zvýšených průtoků je také pravidelně monitorován, zda nedochází k ucpání či ovlivnění přelivu vzdutím dolní vody (VUT, 2005).



Obrázek 4 a 5 - tok a měrný přeliv v uzávěrovém profilu Litavka-Krmelec před těžbou

V letech 2009 a 2010 byla realizována těžba dřeva na cca 20 % plochy povodí Litavka-Krmelec (Stuchlík, ústní sdělení). Vykreslení dat a jejich trendů bude pro následující porovnání rozděleno na období před těžbou a po těžbě.



Obrázek 6 a 7 - měrný přeliv a pohled na smýcenou plochu v uzávěrovém profilu Litavka-Krmelec současnost

Na experimentálním povodí Litavka-Krmelec probíhá pozorování od roku 2006. Meteorologická data se měří pomocí automatické meteo-stanice ALA (firma Aleš Sekanina, Bučovice) a vodní stavy pomocí tlakového čidla.

1.3.1. Kontrolní povodí Litavka-Hlavní

Za kontrolní povodí k povodí Litavka-Krmelec bylo zvoleno povodí Litavka-Hlavní, uzávěrové profily jsou ve vzdálenosti necelý jeden kilometr, proto je možné porovnávat měřené srážkové úhrny, teploty vody a vzduchu.

Litavka-Hlavní je jeden ze tří pramenů řeky Litavky. Jedná se o pramen z těchto tří nejvýše položený a někdy chybně označovaný jako Kormundka. Oproti toku Litavka-Krmelec je tok Litavka-Hlavní zásoben především podzemní vodou a srážkové úhrny neovlivňují natolik odtok. Okolí je podmáčené, nachází se zde druhy rašeliníku a sítiny.

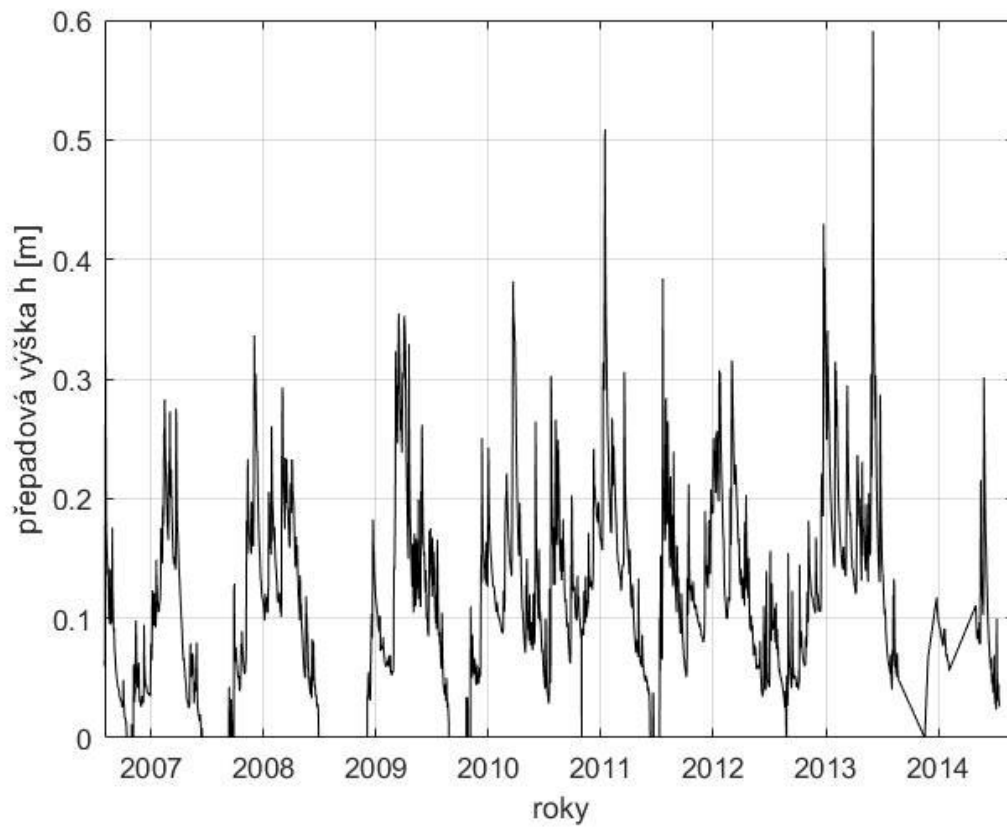
Kontrolní povodí má plochu 0,9 km², průměrný sklon 8 % a nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 700-840 m n.m. (Horecký, 2003). Měření zde probíhá od roku 2006 kdy byl uzávěrový profil osazen trojúhelníkovým hydraulickým přeliv s ostrou hranou, vodočetnou latí a limnigrafickou registrací.



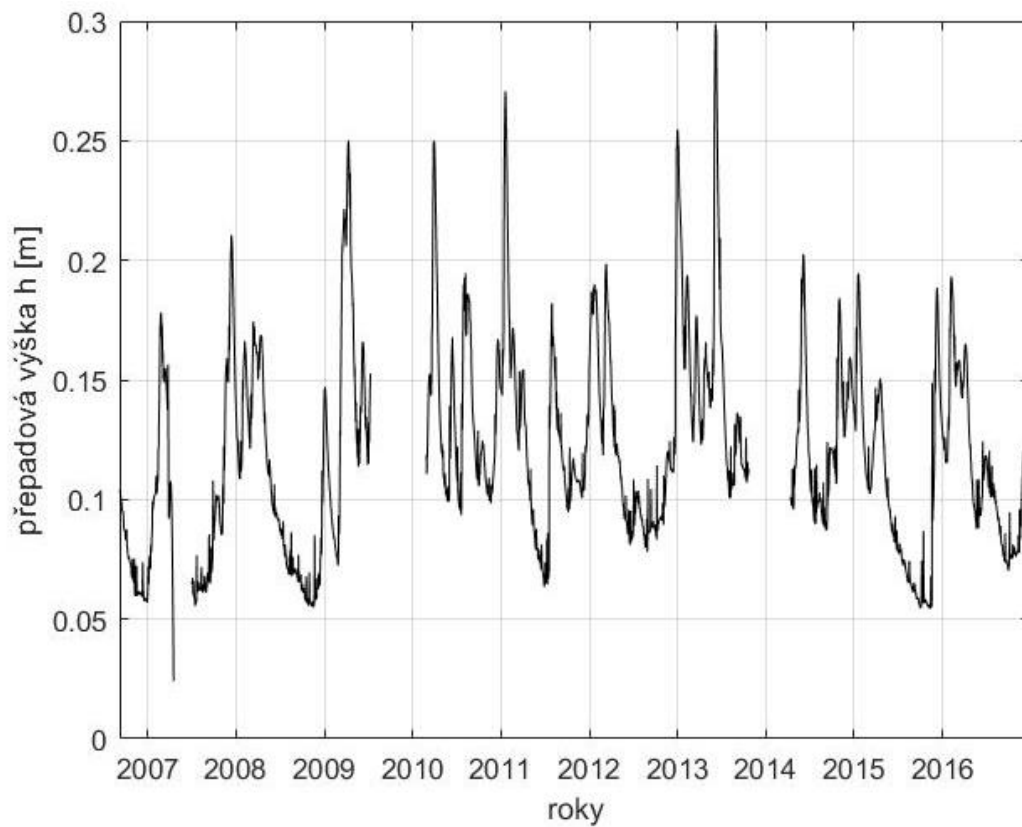
Obrázek 8 a 9 - pramen a měrný přeliv v uzávěrovém profilu Litavka-Hlavní

2. Meteorologická a hydrologická data

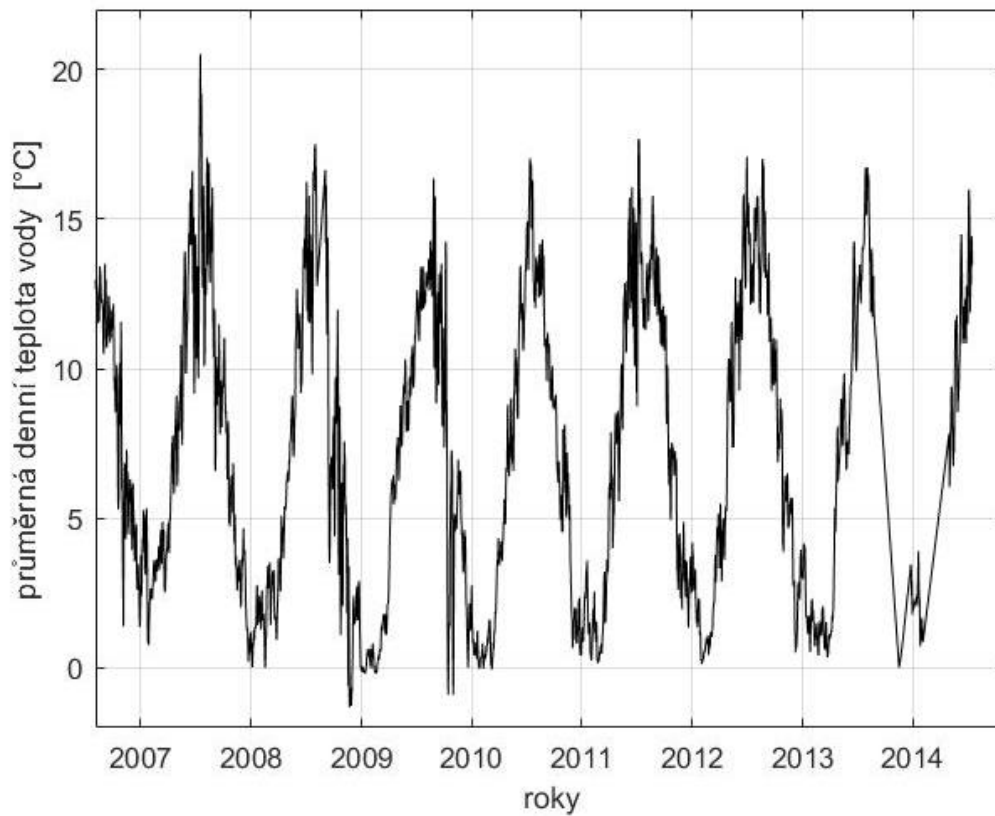
Ke zpracování meteorologických a hydrologických byl použit program MATLAB (© 1994-2021 The MathWorks, Inc.). V tomto programu byl vytvořen vlastní skript vypočítávající denní, měsíční a roční průměry měřených hodnot. Dále skript zjišťující minima a maxima měřených hodnot, trendy a závislosti. Programové prostředí bylo následně využito také při vykreslování grafů.



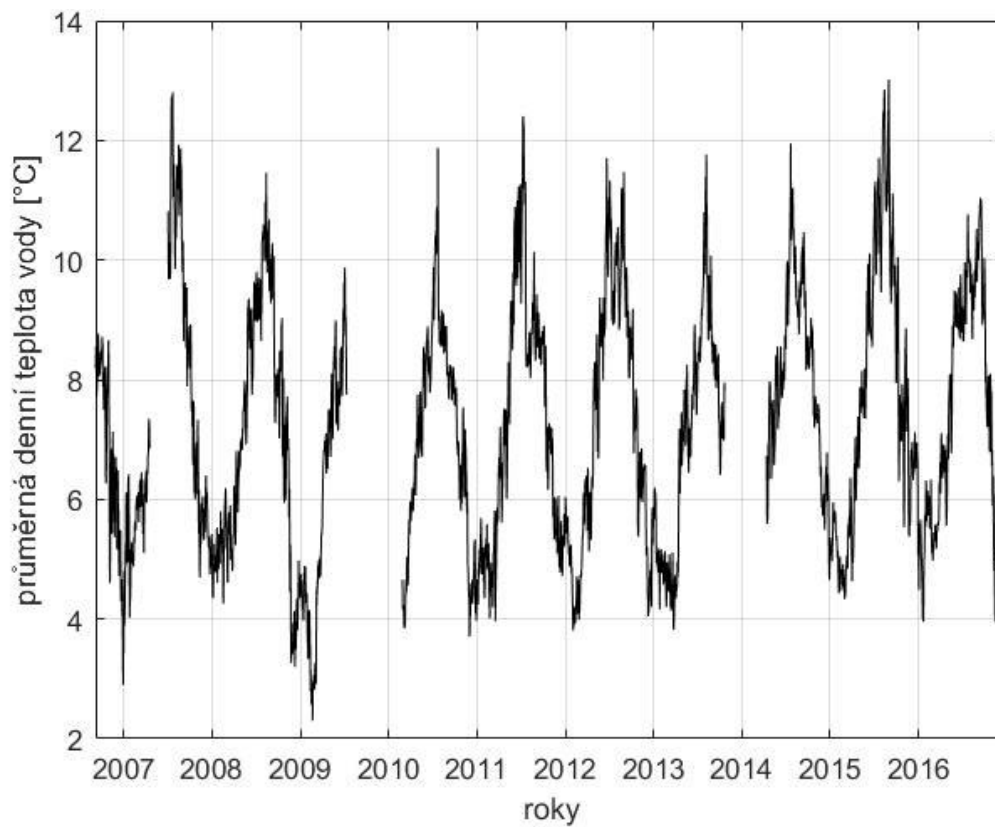
Obrázek 10 - přepadová výška profilu Litavka-Krmelec



Obrázek 11 - přepadová výška profilu Litavka-Hlavní



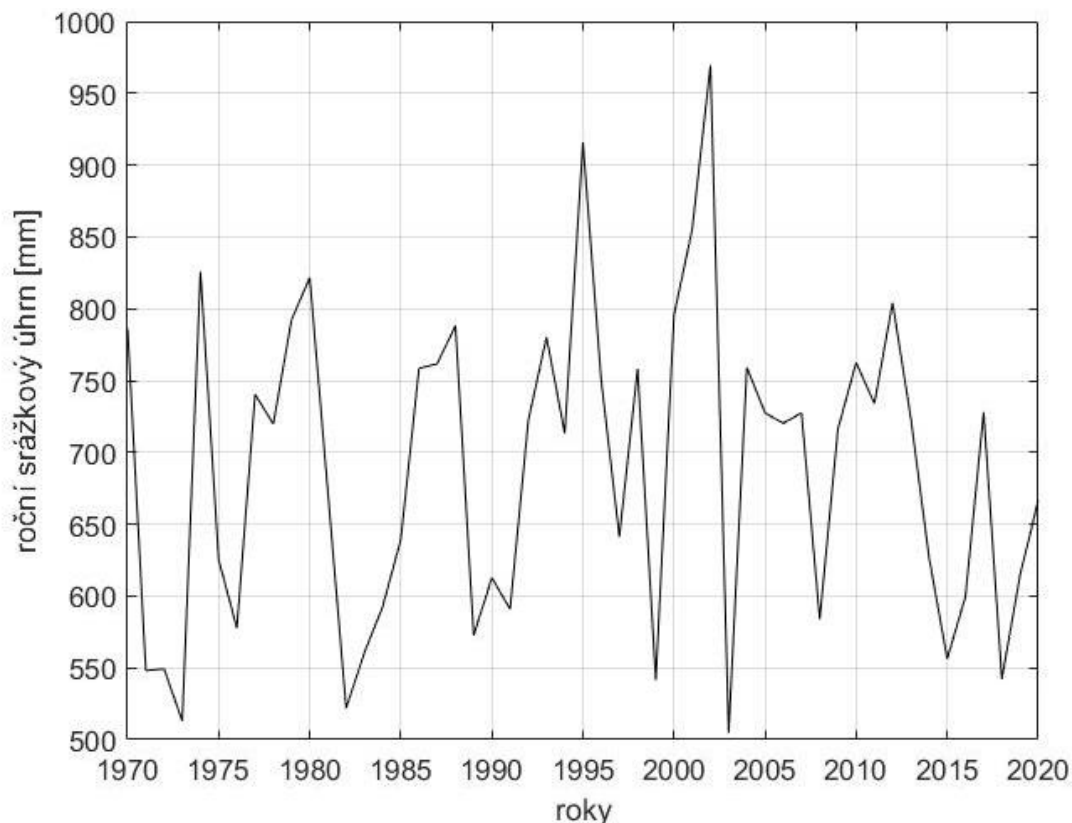
Obrázek 12 - průměrná denní teplota vody profilu Litavka-Krmelec



Obrázek 13 - průměrná denní teplota vody profilu Litavka-Hlavní

2.1. Srážkoměrná stanice ČHMÚ Rožmitál pod Třemšínem

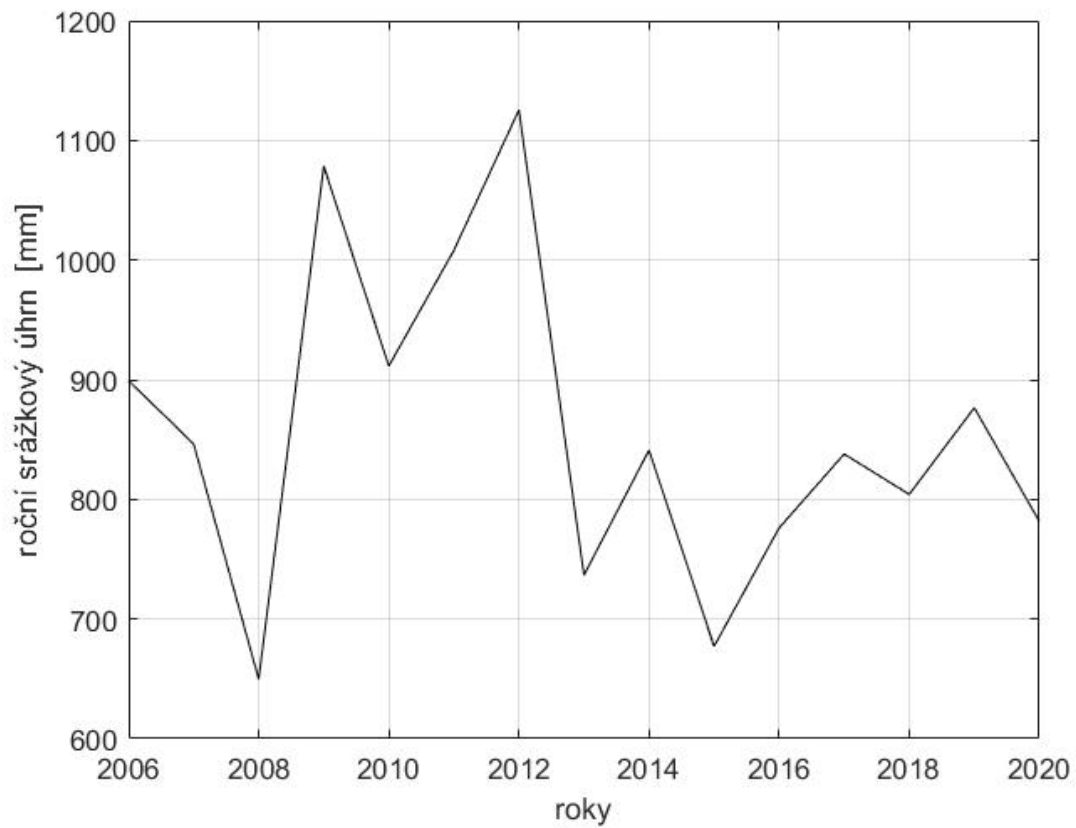
Pro analýzu vlivu globální změny klimatu na režim atmosférických srážek byla použita data z blízké klimatologické stanice ČHMÚ „Rožmitál pod Třemšínem“, kde pozorování denních srážkových úhrnů probíhá od roku 1970 (nejprve pomocí srážkoměrů klopných a od roku 2011 srážkoměrů váhových); a časových řad průměrných, maximálních a minimálních denních teplot vzduchu (nejprve za pomoci teploměrů a od roku 2011 odporovým teplotním čidlem (ČHMÚ: Historická data - meteorologie a klimatologie).



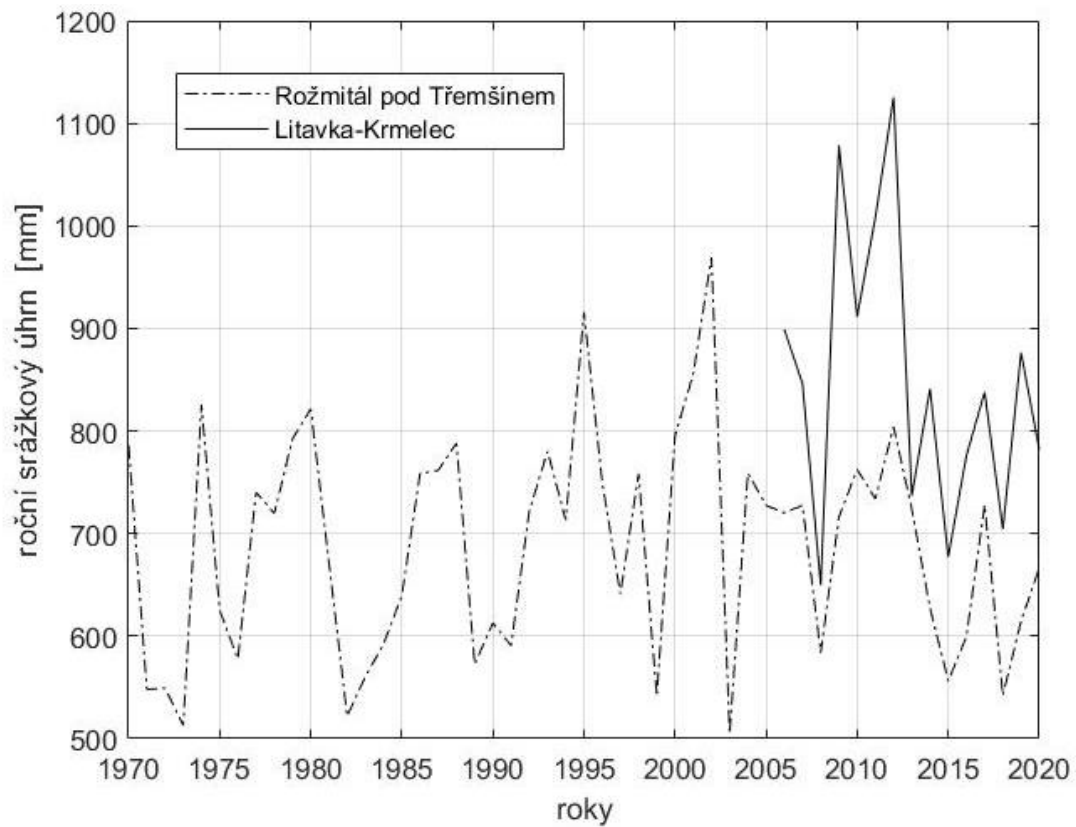
Obrázek 14 - roční srážkový úhrn stanice Rožmitál pod Třemšínem

Roční srážkové úhrny srážkoměrné stanice Rožmitál pod třemšínem byly porovnány s měřeným ročním srážkovým úhrnem v profilu Litavka-Krmelec.

Koeficient korelace je roven 0,78. Suma srážkového úhrnu pro jednotlivé roky je v profilu Litavka-Krmelec průměrně o 182 mm vyšší. Roční srážkový průměr pro profil Litavka-Krmelec je 857 mm.



Obrázek 15 - roční srážkový úhrn profilu Litavka-Krmelec

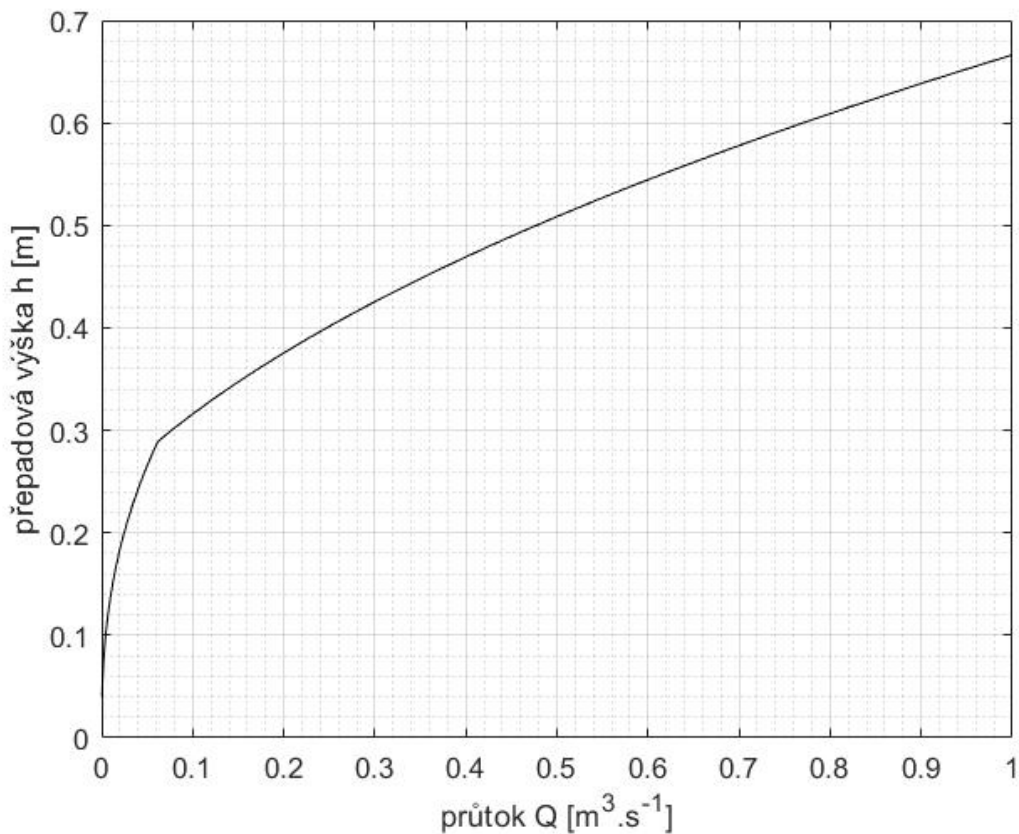


Obrázek 16 - porovnání ročních srážkových úhrnů

3. Stanovení průtoku

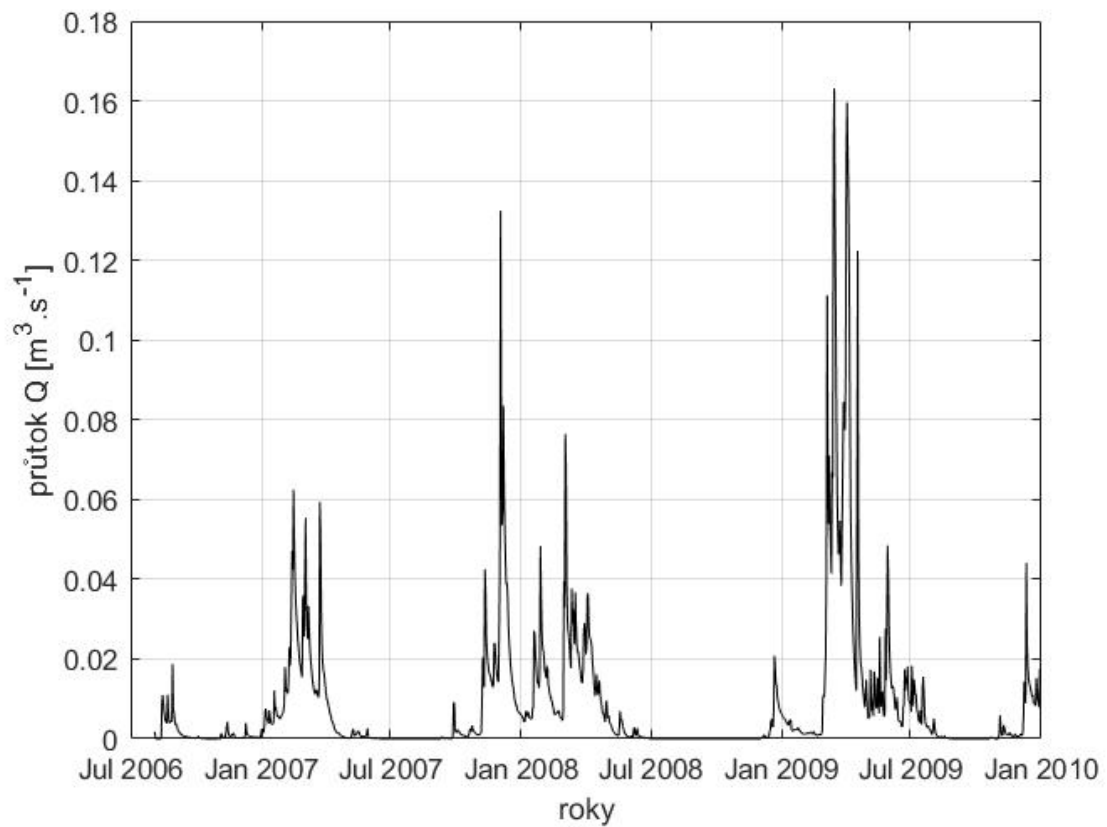
3.1. Experimentální povodí Litavka-Krmelec

Rozsah průtoků se pohybuje v rozmezí $0,0005 - 1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pomocí hydraulické zkoušky na zmenšeném modelu byla pro tyto hodnoty, Vysokým učení technickým v Brně, Fakultou stavební, Laboratoří vodohospodářského výzkumu, stanovena konsumpční křivka.

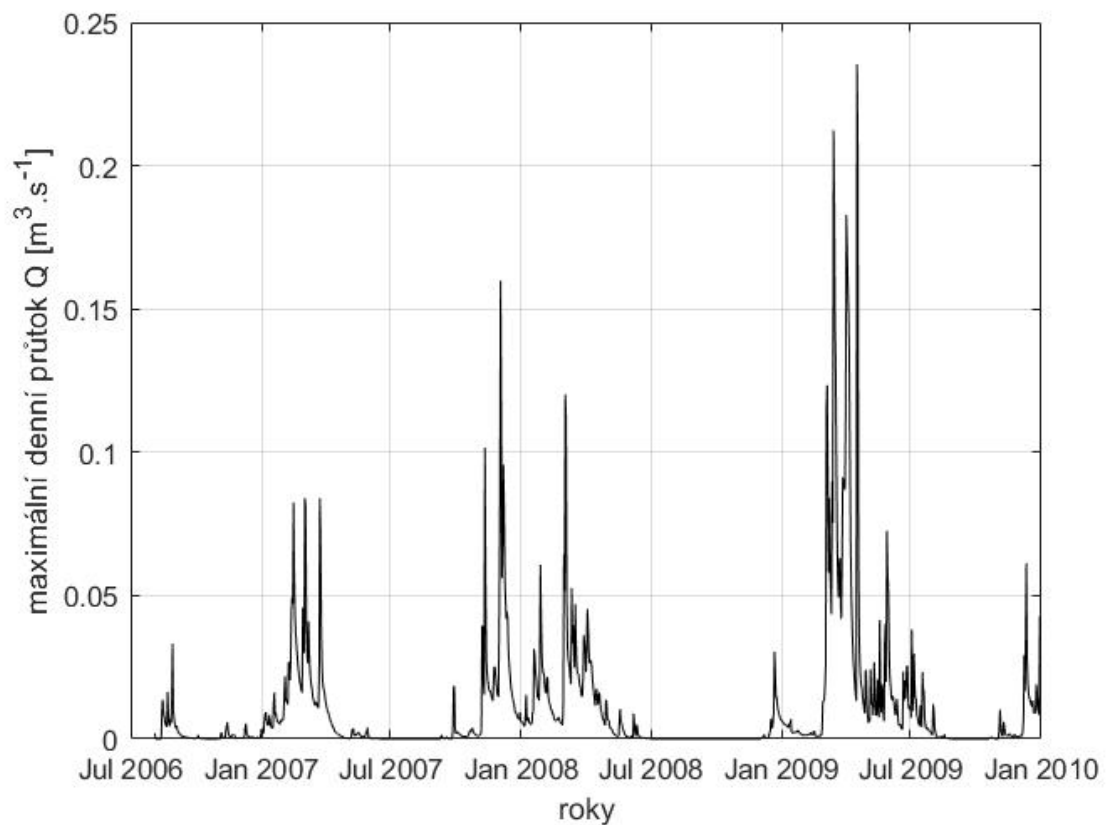


Obrázek 17 - konsumpční křivka profilu Litavka-Krmelec

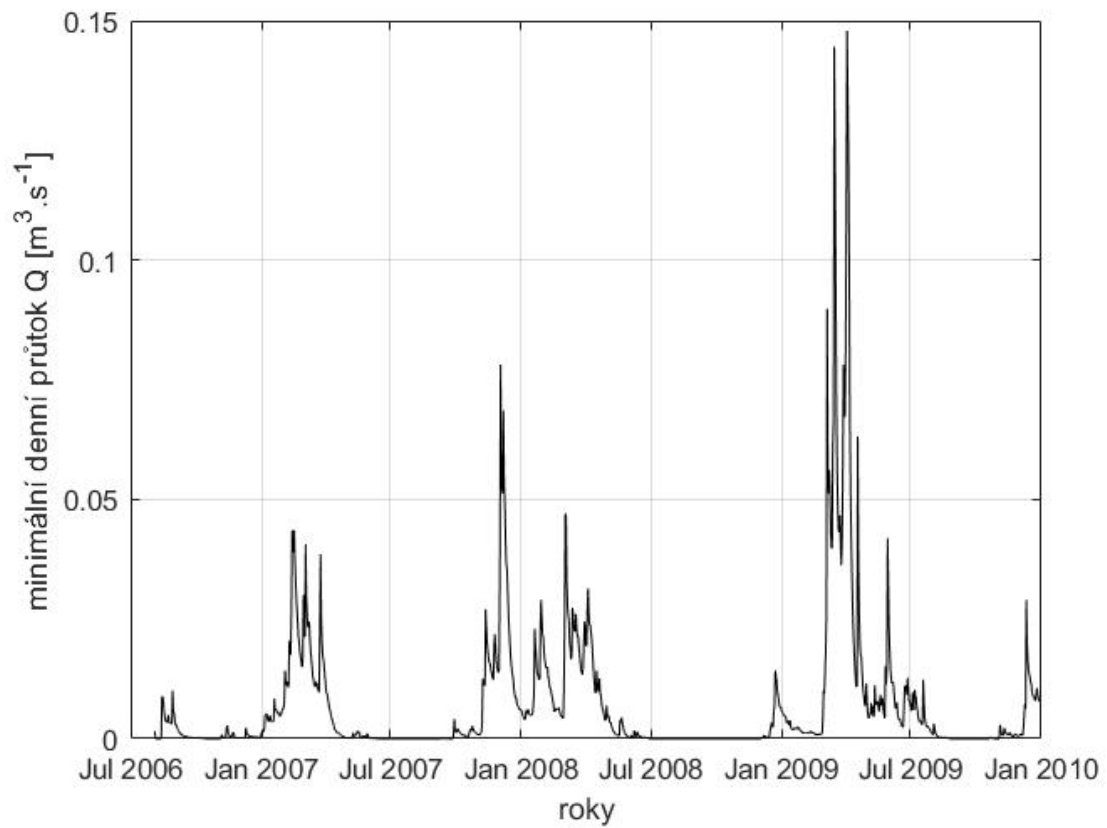
Na základě tohoto měření byl profil osazen složeným měrným přelivem. Pro nízké hodnoty průtoků byl z důvodu přesnějšího určení přepadové výšky zvolen trojúhelníkový průřez, konkrétně Thomsonův měrný přeliv s vrcholovým úhlem 90° a délkou základny 520 mm.



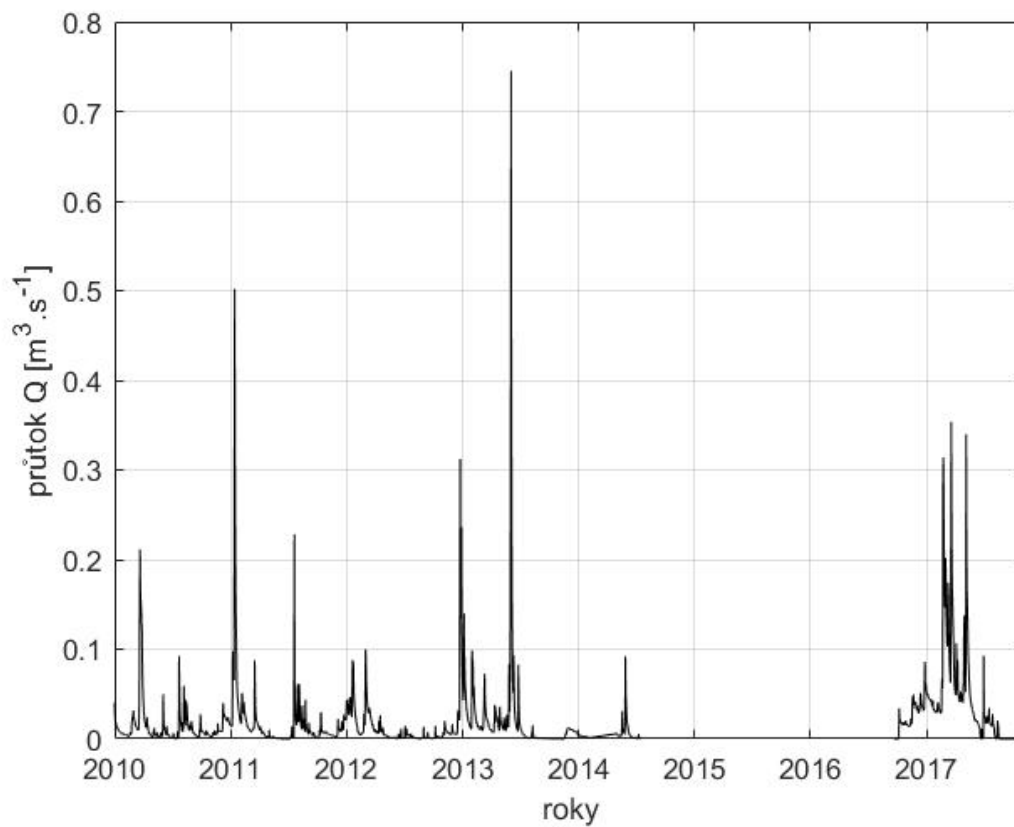
Obrázek 18 - denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou



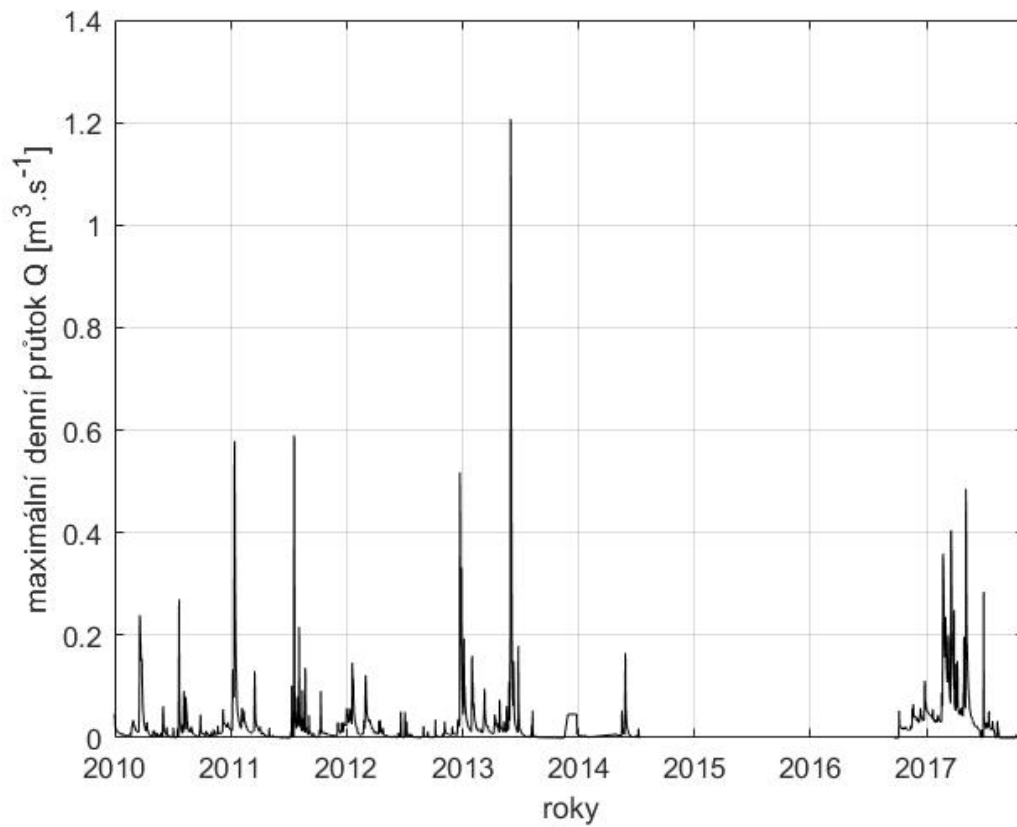
Obrázek 19 - maximální denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou



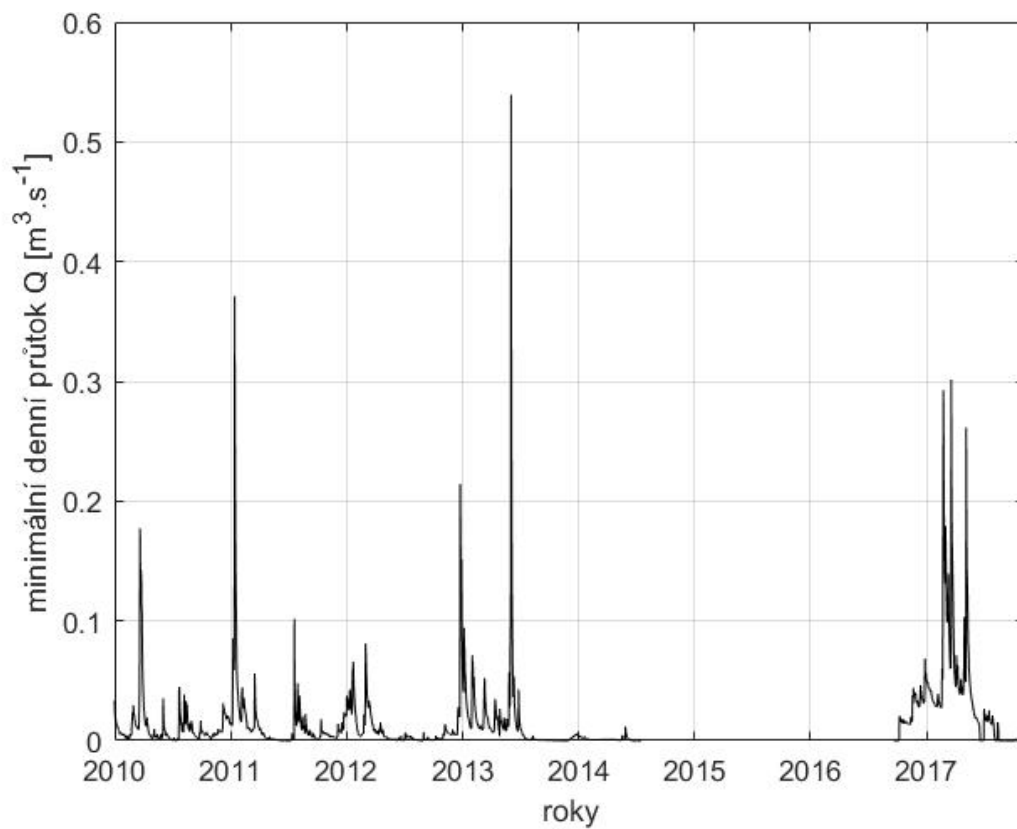
Obrázek 20 - minimální denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou



Obrázek 21 - denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě



Obrázek 22 - maximální denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě



Obrázek 23 - minimální denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě

3.2. Kontrolní povodí Litavka-Hlavní

Kindsvater-Shenův vzorec (1) pro přeliv s trojúhelníkovým výřezem (ČSN ISO 1438).

$$Q = c_d \frac{8}{15} \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} h_e^{5/2} \quad (1)$$

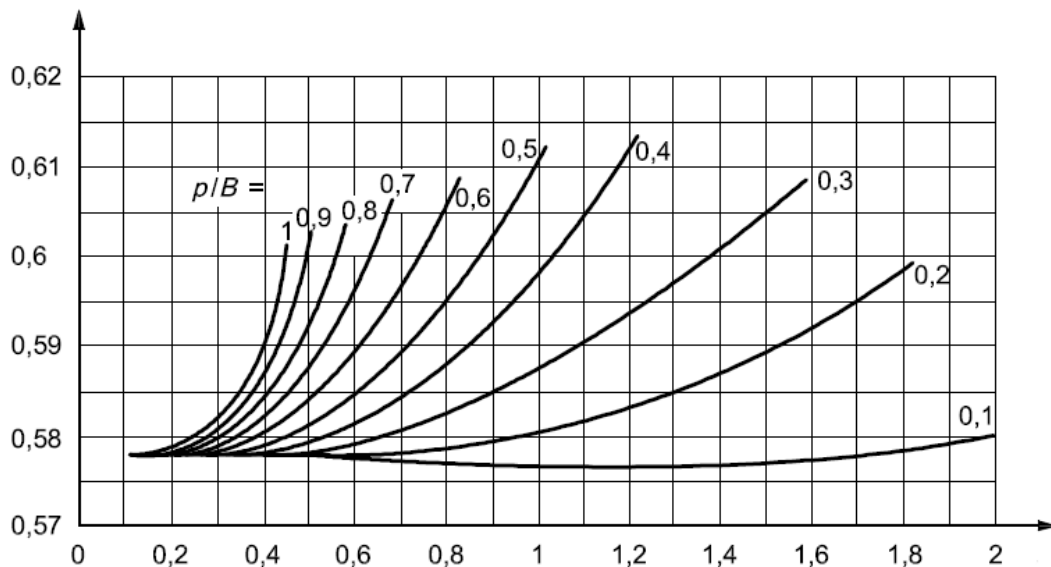
$$c_d = f \left(\frac{h}{p}, \frac{p}{B}, \alpha \right) \quad (2)$$

$$h_e = h + \kappa_h \quad (3)$$

$$Q = 1,4h^{2,5} \quad (4)$$

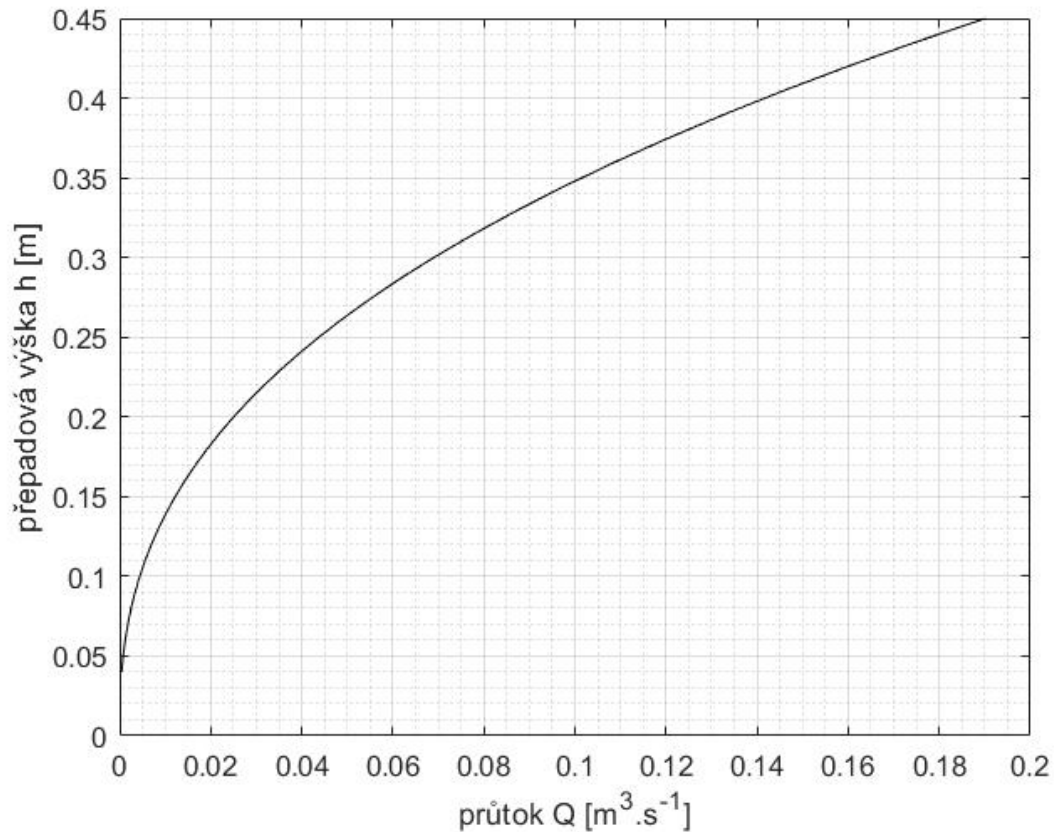
Q	průtok	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
c_d	součinitel průtoku	[-]
α	vrcholový úhel výřezu	$[\circ]$
h_e	účinná přepadová výška	[m]
p	výška vrcholu výřezu nade dnem přítokového koryta	[m]
B	šířka přítokového koryta	[m]
κ_h	experimentálně určená hodnota	[m]
h_p	přepadová výška	[m]

Vyhodnocení součinitelů c_d a κ_h pro trojúhelníkové přelivy s vrcholovým úhlem výřezu $\alpha = 90^\circ$. Na Obrázku 24 jsou na ose y znázorněny hodnoty $\frac{h}{p}$ a na ose x experimentálně určené hodnoty c_d . Pro odpovídající rozsah hodnot $\frac{h}{p}$ a $\frac{p}{B}$ má κ_h konstantní hodnotu 0,000 85 m (ČSN ISO 1438).



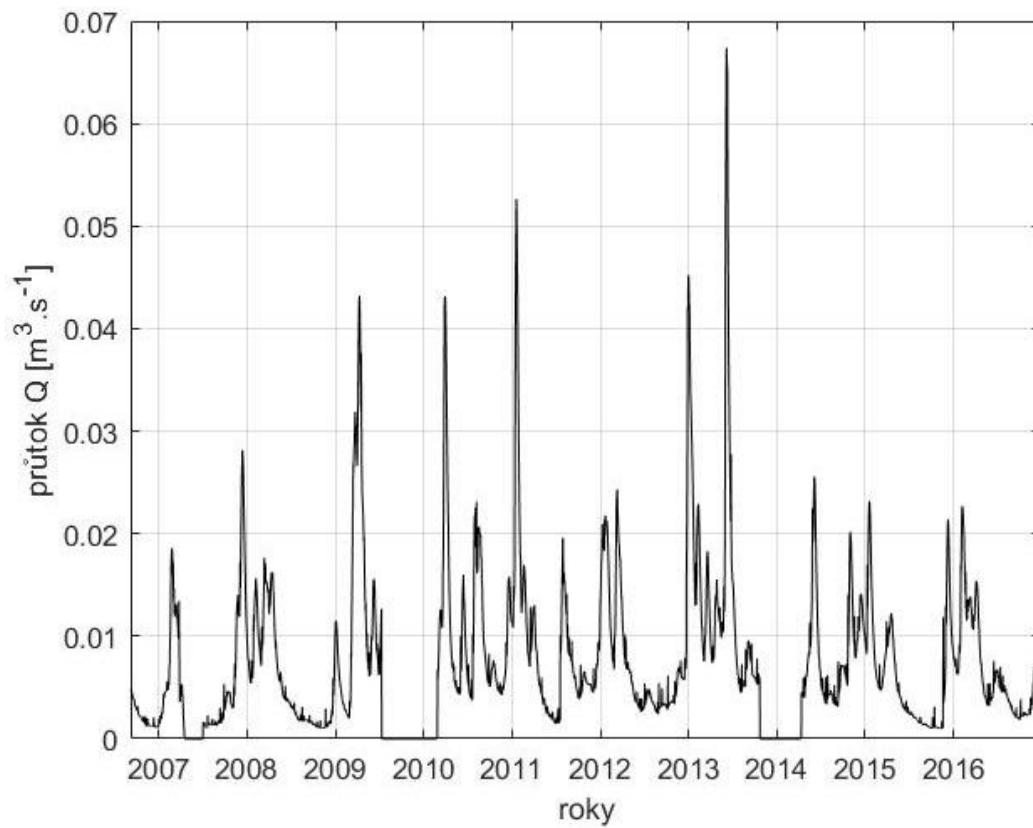
Obrázek 24 - součinitel průtoku c_d ($\alpha=90^\circ$)

Konsumpční křivka trojúhelníkového přelivu byla stanovena pro součinitel c_d roven 0,5. Výsledek výpočtu konsumpční křivky byl ověřen Thomsonovou rovnicí (4) (Havlík, 2001) pro přeliv s vrcholovým úhlem výřezu 90° .

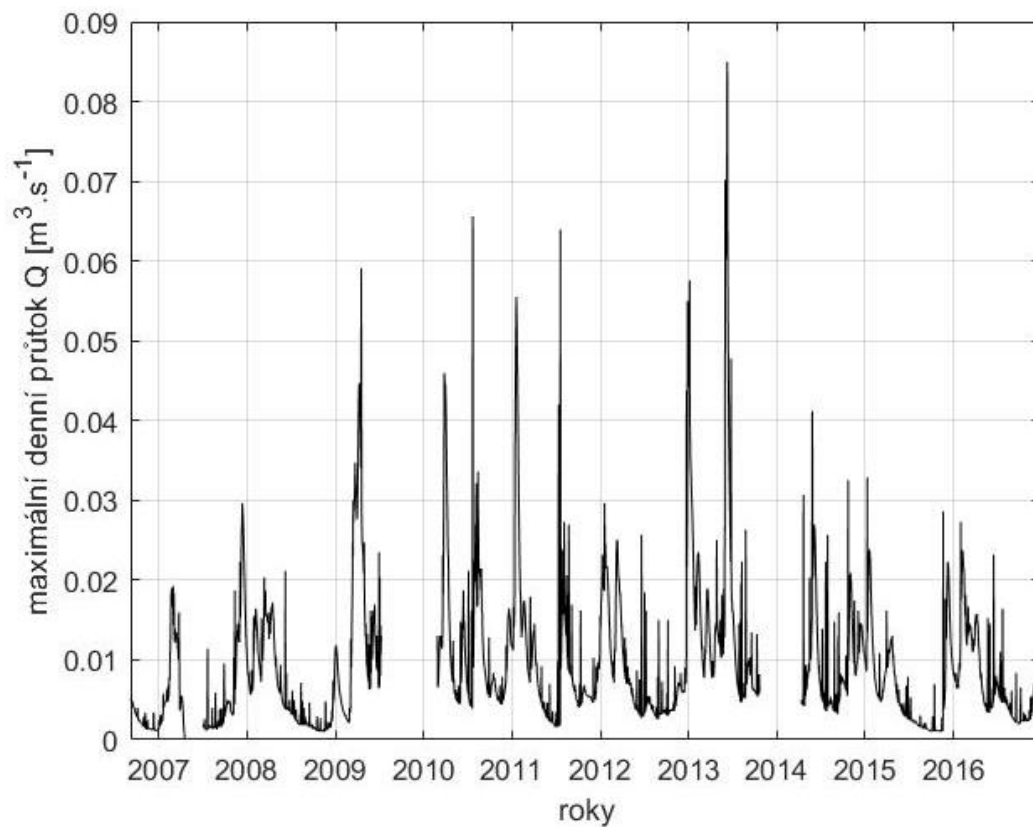


Obrázek 25 - konsumpční křivka profilu Litavka-Hlavní

Z měřených hodnot přepadové výšky byly pomocí konsumpční křivky profilu stanoveny denní hodnoty průtoku viz *Obrázek 26* a maximální denní hodnoty průtoku viz *Obrázek 27*.



Obrázek 26 - denní průtok profilu Litavka-Hlavní



Obrázek 27 - maximální denní průtok profilu Litavka-Hlavní

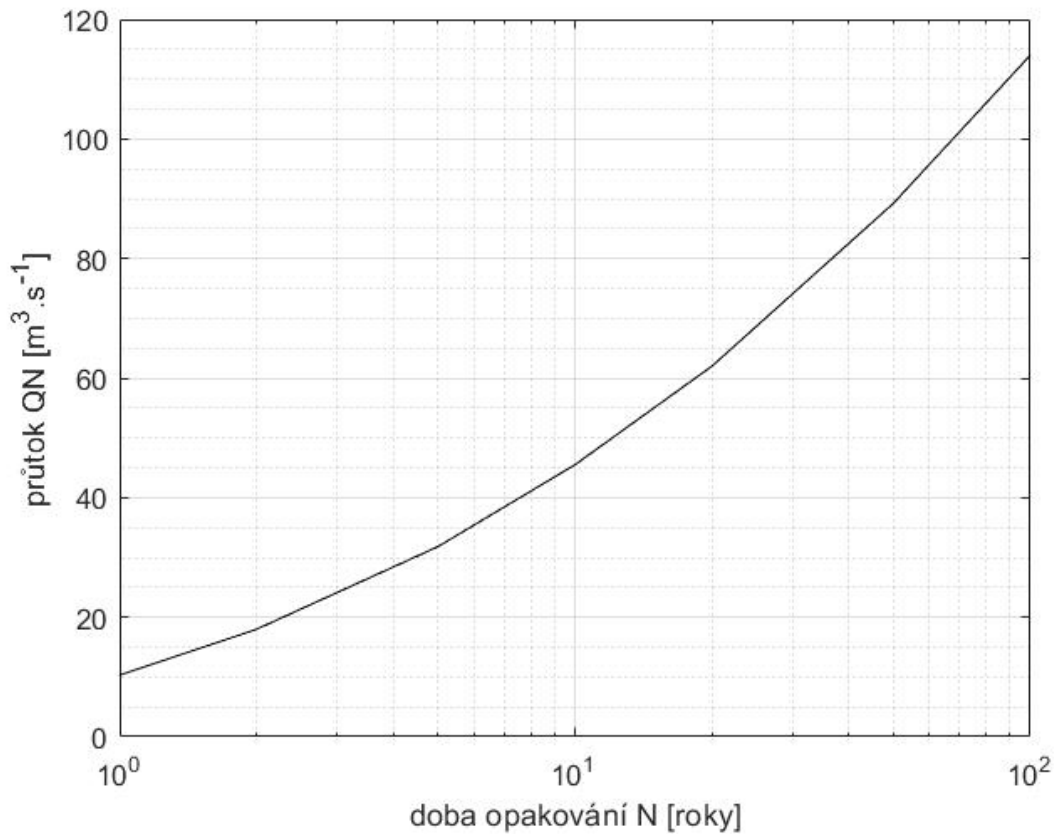
4. Stanovení N-letých průtoků

4.1. Předpovědní profil ČHMÚ Litavka-Čeňkov

Hlásný profil Čeňkov (Litavka), kategorie A spravuje ČHMÚ. Nachází se na levém břehu Litavky, u vjezdu do firmy Kostal Kontakt Systeme GmbH. 49.77546° N, 14.00648° E.

Plocha povodí pro hlásný profil je 158,2 km², průměrný roční průtok 0,911 m³.s⁻¹ (Povodí Vltavy, Stavy a průtoky na vodních tocích).

Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
10,3	18,0	31,8	45,5	62,0	89,2	114



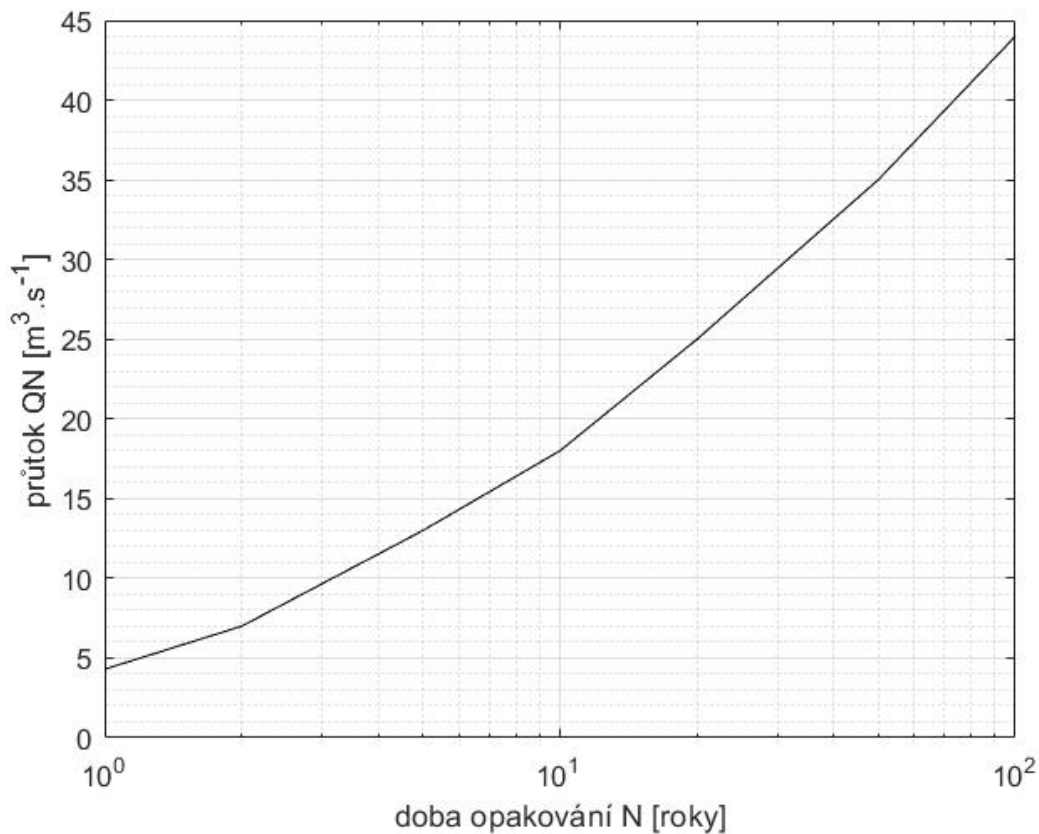
Obrázek 28 - N-leté průtoky hlásného profilu Čeňkov

4.2. Hlásný profil Povodí Vltavy s.p. Litavka-Příbram

Hlásný profil Příbram (Litavka), kategorie B spravuje státní podnik Povodí Vltavy. Nachází se nad mostem u hřiště Dukla Příbram na pravém břehu řeky, 49.67822°N, 13.97676°E.

Plocha povodí pro hlásný profil je 43,4 km², jedná se o nejmenší část povodí Litavky na kterém probíhá observace ČHMÚ. Průměrný roční průtok odpovídá 0,28 m³.s⁻¹ (Povodí Vltavy, Stavy a průtoky na vodních tocích).

Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
4,3	7,0	13,0	18,0	25,0	35,0	44,0



Obrázek 29 - N-leté průtoky hlásného profilu Příbram

4.3. Odhad N-letých průtoků na experimentálním povodí Litavka-Krmelec

Pro stanovení Q_{100} byl použit Oblastní vzorec (5). Oblastní koeficienty závisí na klimaticko-geografických poměrech. Odečten byl koeficient $n=0,494$ (Zlatuška, 2012). Zbývající koeficient B byl stanoven za pomoci oblastních koeficientů B pro profily Příbram a Čeňkov, kde jsou hodnoty Q_{100} známé. Oblastní koeficient byl specifikován $B=5,14$.

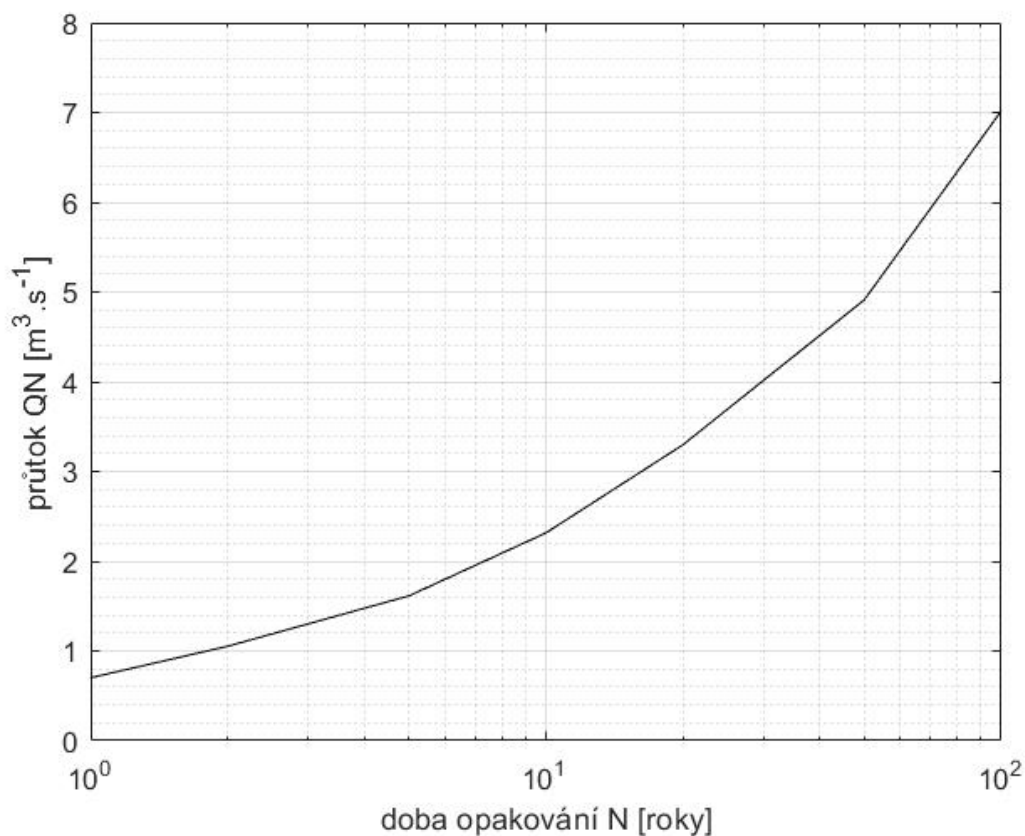
Zbývající N-leté průtoky byly dopočteny pomocí součinitele pro stanovení kulminačního průtoku a_N (Dub, 1969).

$$Q_{100} = BF^{1-n} \quad (5)$$

$$a_N = Q_N/Q_{100} \quad (6)$$

Q	průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
B	oblastní koeficient	[-]
n	oblastní koeficient	[-]
F	plocha povodí	$[km^2]$
a_N	součinitel pro stanovení kulminačního průtoku	[-]

Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
0,7	1,1	1,6	2,3	3,3	4,9	7,0



Obrázek 30 - N-leté průtoky profilu Litavka Krmelec

Metodou momentů byly určeny N-leté průtoky na experimentálním povodí Litavka-Krmelec před a po těžbě. Podle vztahu součinitele variace C_v a symetrie C_s bylo zvoleno teoretické rozdělení dat, odečten frekvenční koeficient K_p a pomocí vzorce (7) stanoveny Q_N .

$$Q_{(P)} = \bar{Q} + K_p \sigma \quad (7)$$

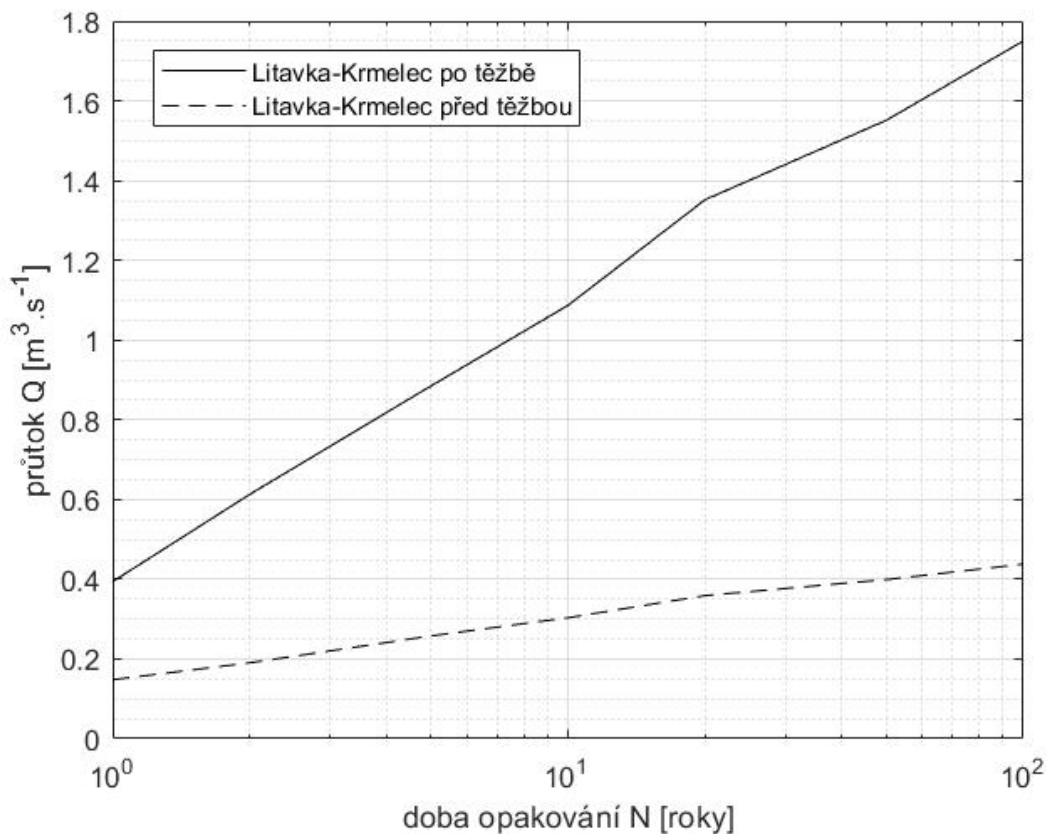
\bar{Q} aritmetický průměr kulminačních průtoků $[m^3 \cdot s^{-1}]$

K_p frekvenční faktor $[-]$

σ směrodatná odchylka kulminačních průtoků $[-]$

Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
0,15	0,19	0,26	0,30	0,36	0,40	0,44

Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
0,39	0,61	0,88	1,09	1,35	1,55	1,75



Obrázek 31 - N-leté průtoky profilu Litavka Krmelec před a po těžbě



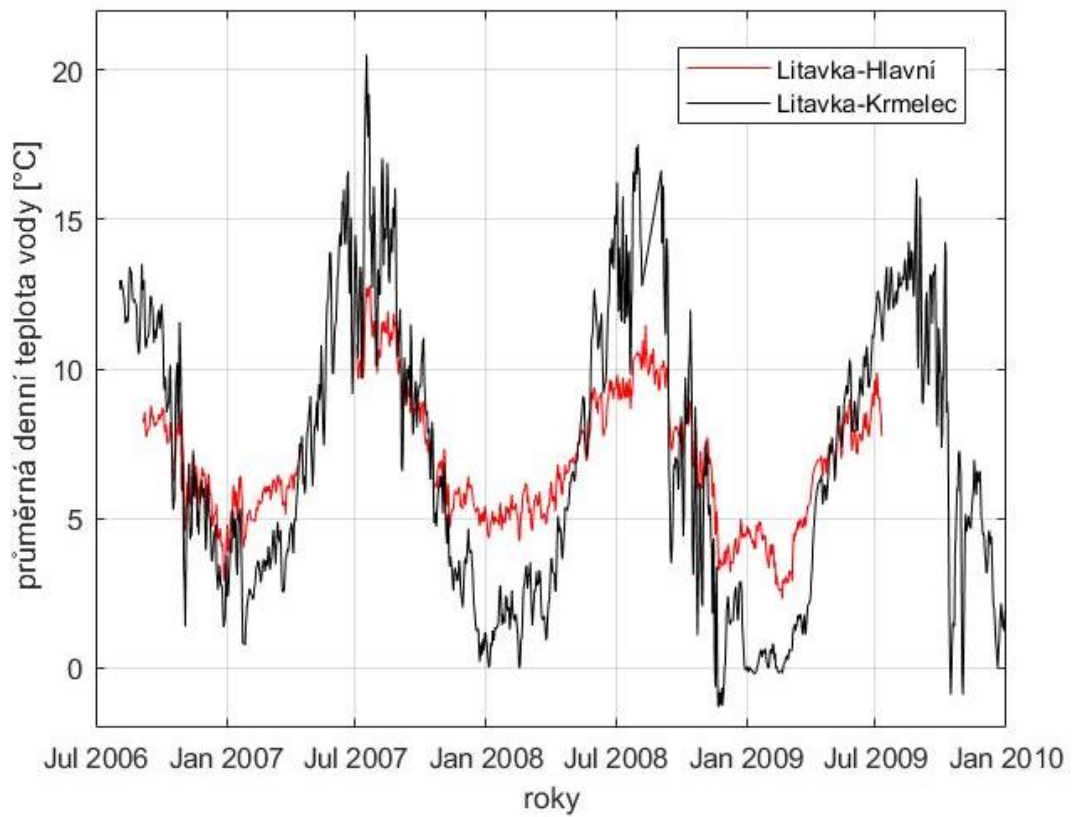
5. Hodnocení vlivu lesní těžby

Pro vyhodnocení dopadů lesní těžby v experimentálním povodí Litavka-Krmelec byly stanoveny poměry dat z experimentálního a kontrolního povodí a vyhodnoceny odděleně před těžbou a po těžbě.

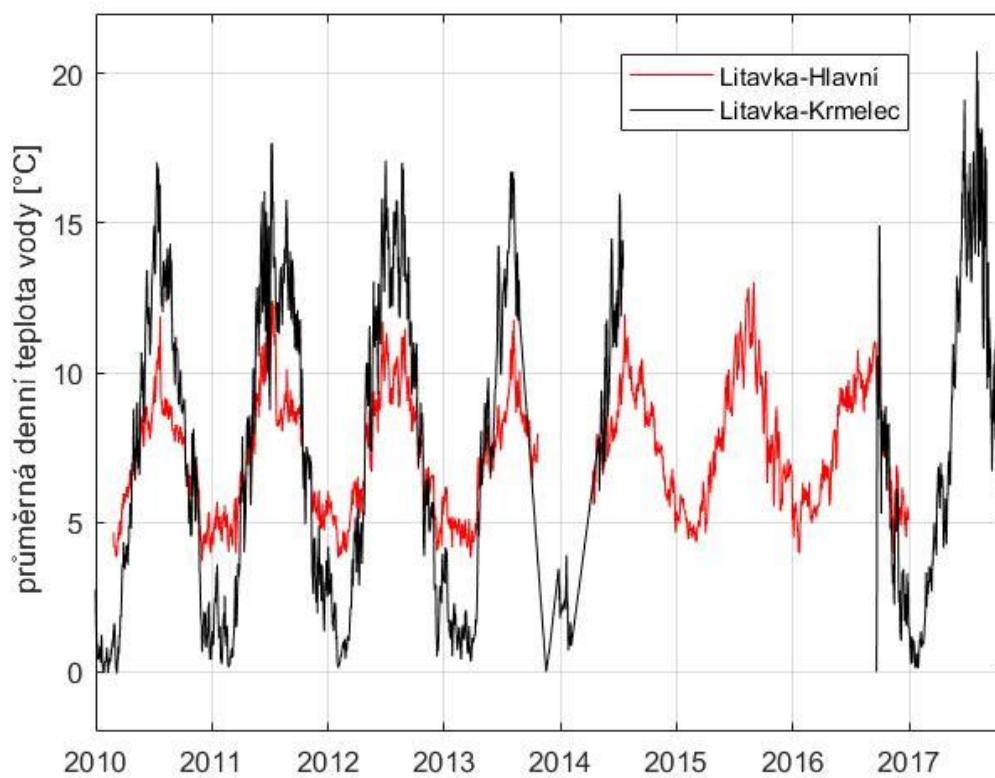
Průměrná denní teplota vody v uzavěrovém profilu Litavka-Krmelec byla před těžbou 6,77 °C a po těžbě 7,02 °C. Také poměr teplot vody měřených v profilech Litavka-Krmelec a Litavka-Hlavní se změnil z původních 0,81 na 0,91, vzrostl i součinitel korelace z 0,69 na 0,77. Došlo tedy vlivem vykácení k zvýšení teploty vody v profilu Litavka-Krmelec a měřené hodnoty se nyní více přibližují hodnotám z profilu Litavka-Hlavní viz *Obrázek 33*.

Průměrný denní průtok v profilu Litavka-Krmelec byl před těžbou 0,0089 m³.s⁻¹ a po těžbě 0,0183 m³.s⁻¹ v profilu Litavka-Hlavní se změnil průtok z 0,007 na 0,009 m³.s⁻¹. Protože došlo k růstu hodnot průtoku v kontrolním povodím, neovlivněném těžbou, není možné přičítat zvýšení průtoku v experimentálním povodí pouze těžbě. Došlo i k nárůstu maximálních denních průtoků v obou povodích, v kontrolním povodí Litavka-Hlavní o 30 %, v experimentálním povodí Litavka-Krmelec o 120 %.

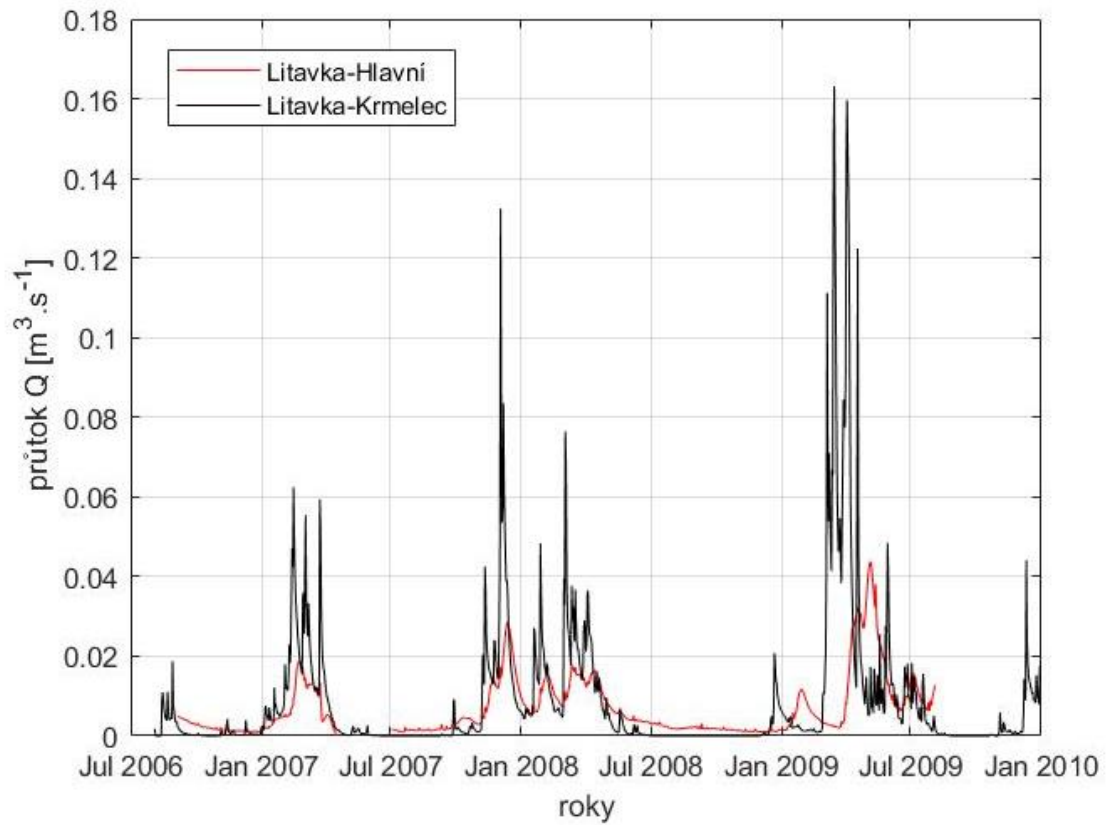
Odstraněním přirozených překážek, došlo k zrychlení povrchového odtoku, nárůstu kulminačních průtoků a také maximálních denních průtoků. Pro lesnické hospodaření v povodích Brdské vrchoviny je možno doporučit omezení rozsahu holých sečí a podporu clonné seče, případně výběrové těžby. Díky této změně by nemělo docházet k tak výraznému nárůstu hodnot maximálních denních průtoků (Devendra, 2006).



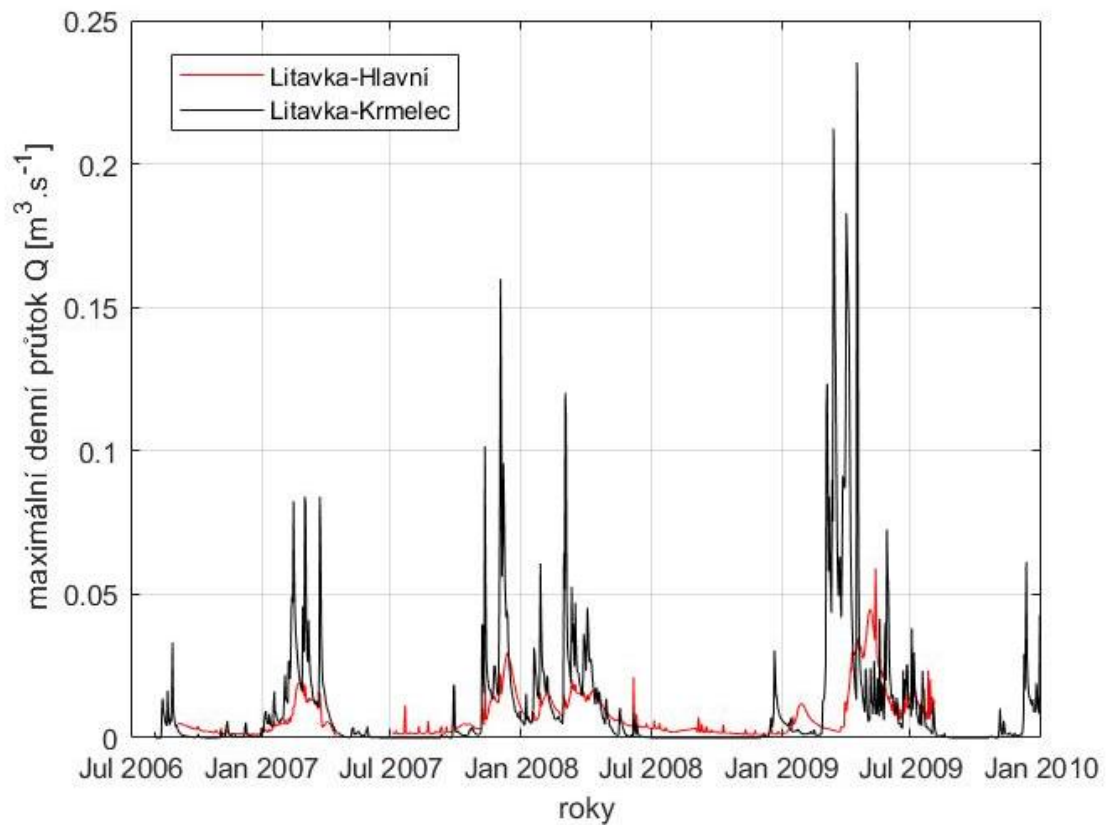
Obrázek 32 - porovnání průměrných denních teplot vody před těžbou



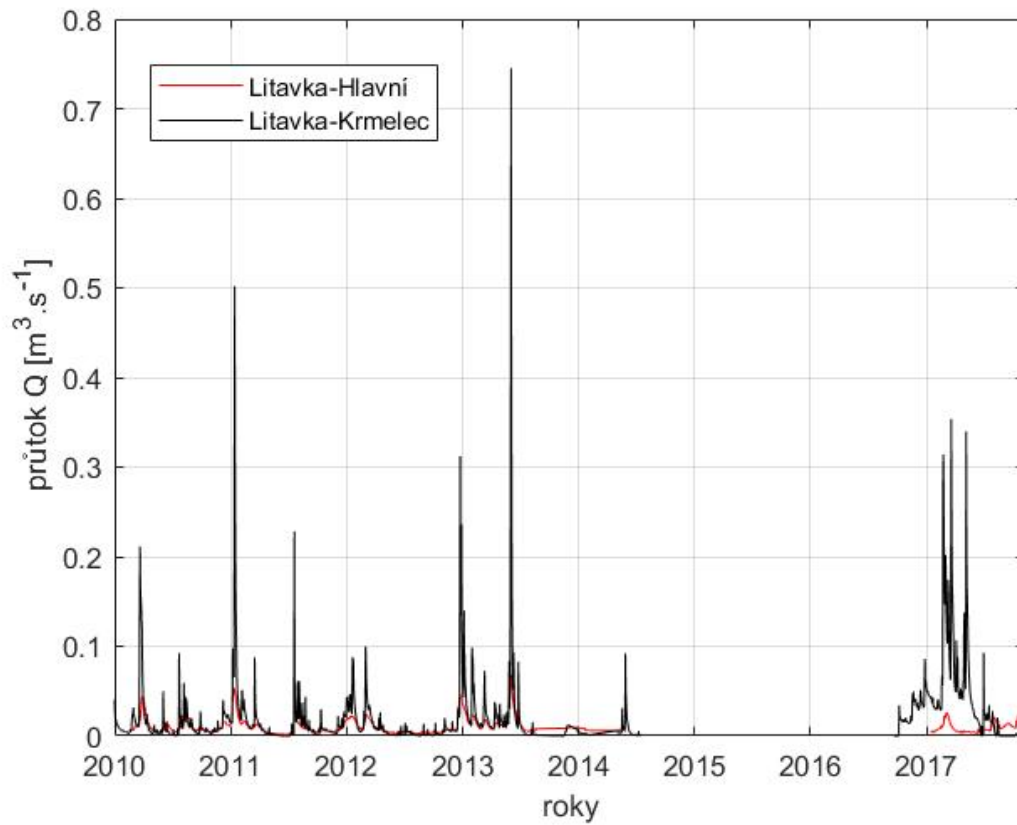
Obrázek 33 - porovnání průměrných denních teplot vody po těžbě



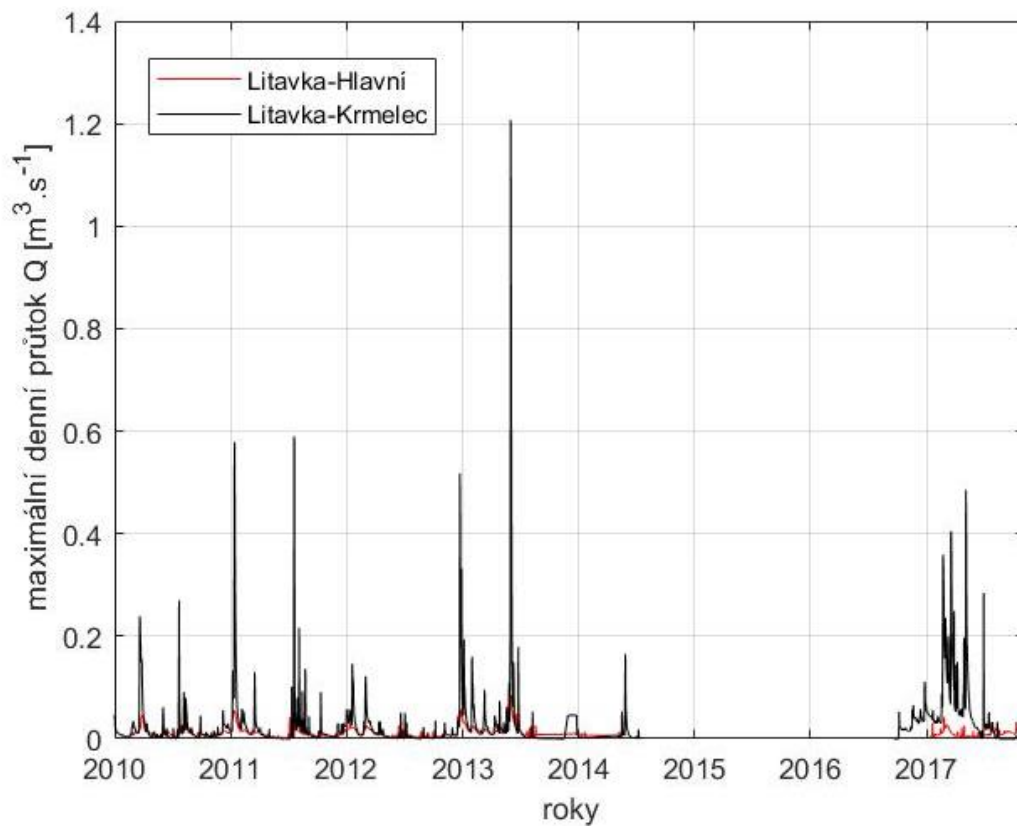
Obrázek 34 - porovnání denních průtoků před těžbou



Obrázek 35 - porovnání maximálních denních průtoků před těžbou



Obrázek 36 - porovnání denních průtoků po těžbě



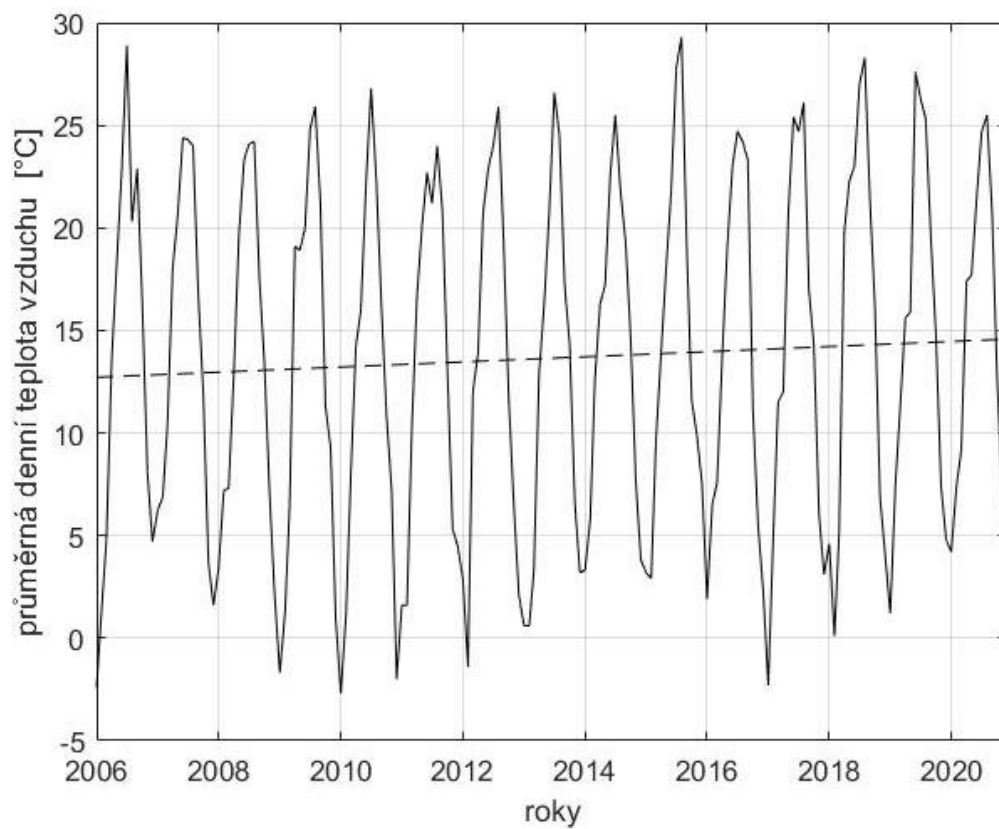
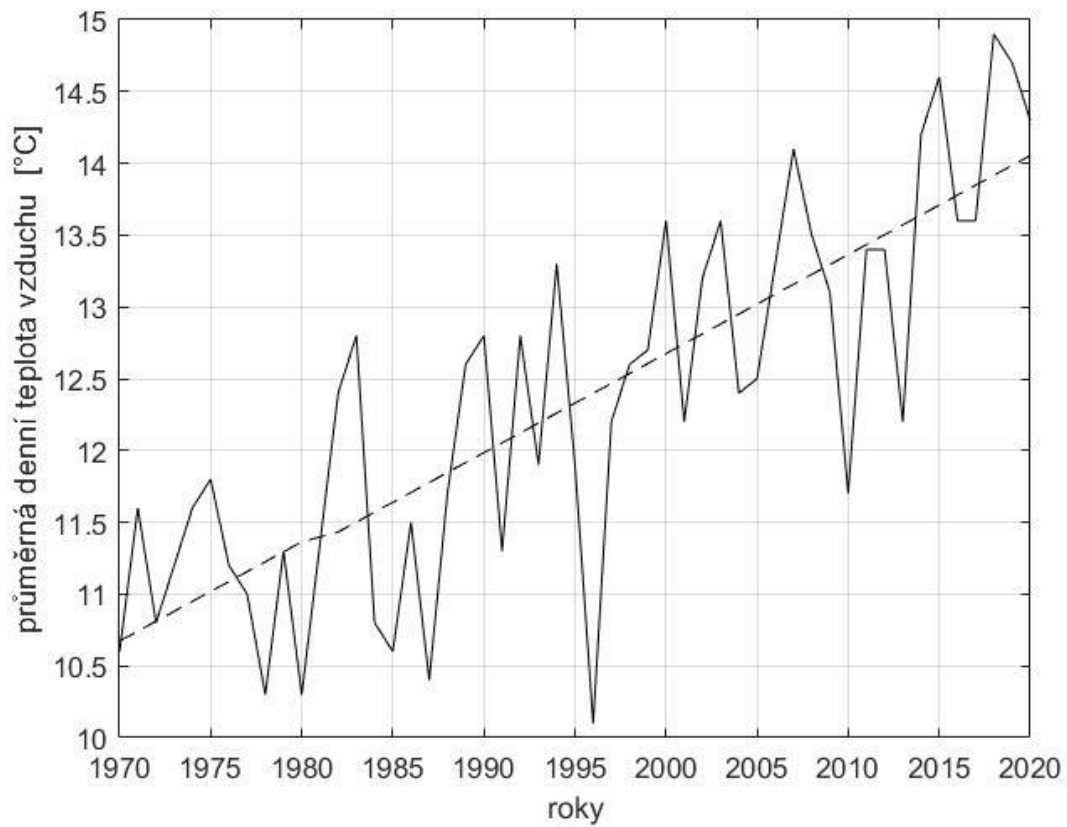
Obrázek 37 - porovnání maximálních denních průtoků po těžbě



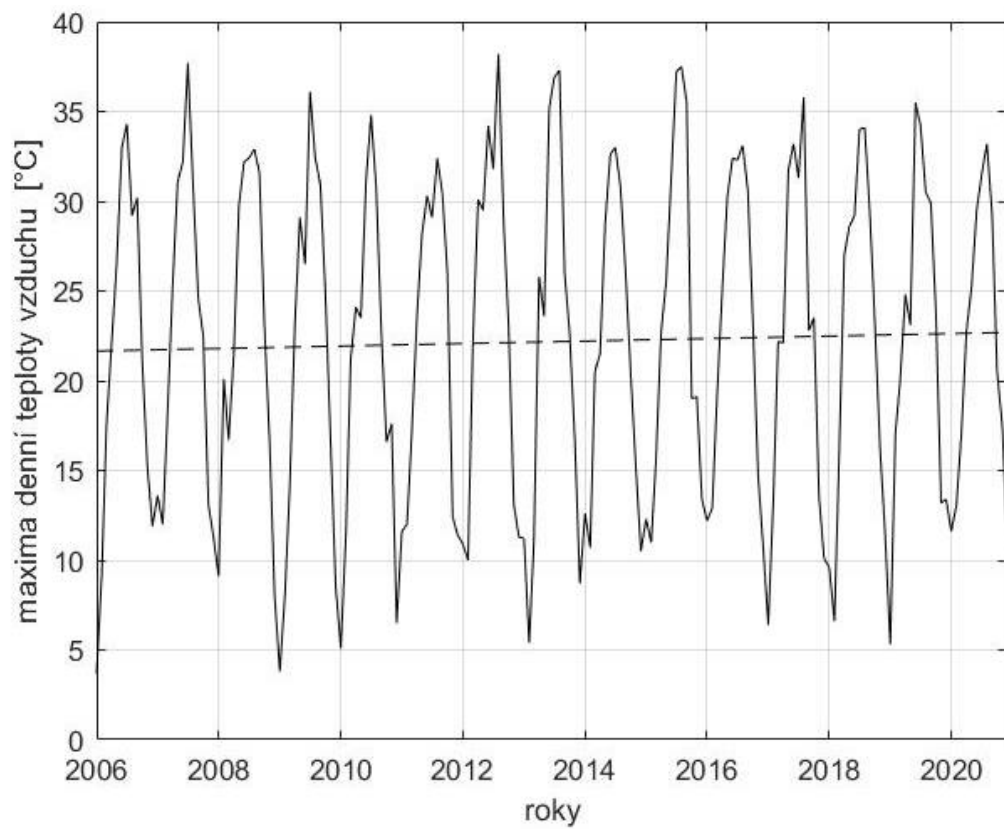
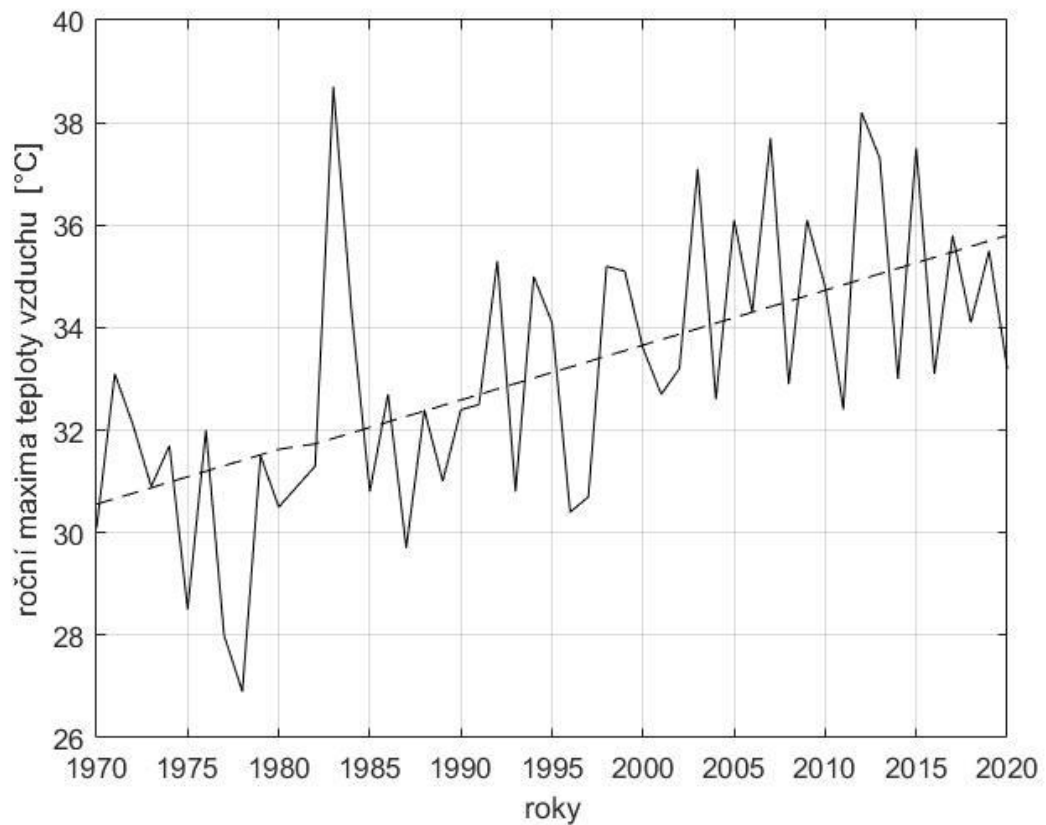
6. Hodnocení možných vlivů globální klimatické změny

Pro vyhodnocení možných vlivů globální klimatické změny bylo využito měření ve stanici Rožmitál pod Třemšínem, kde probíhá měření teplot souvisle 50 let.

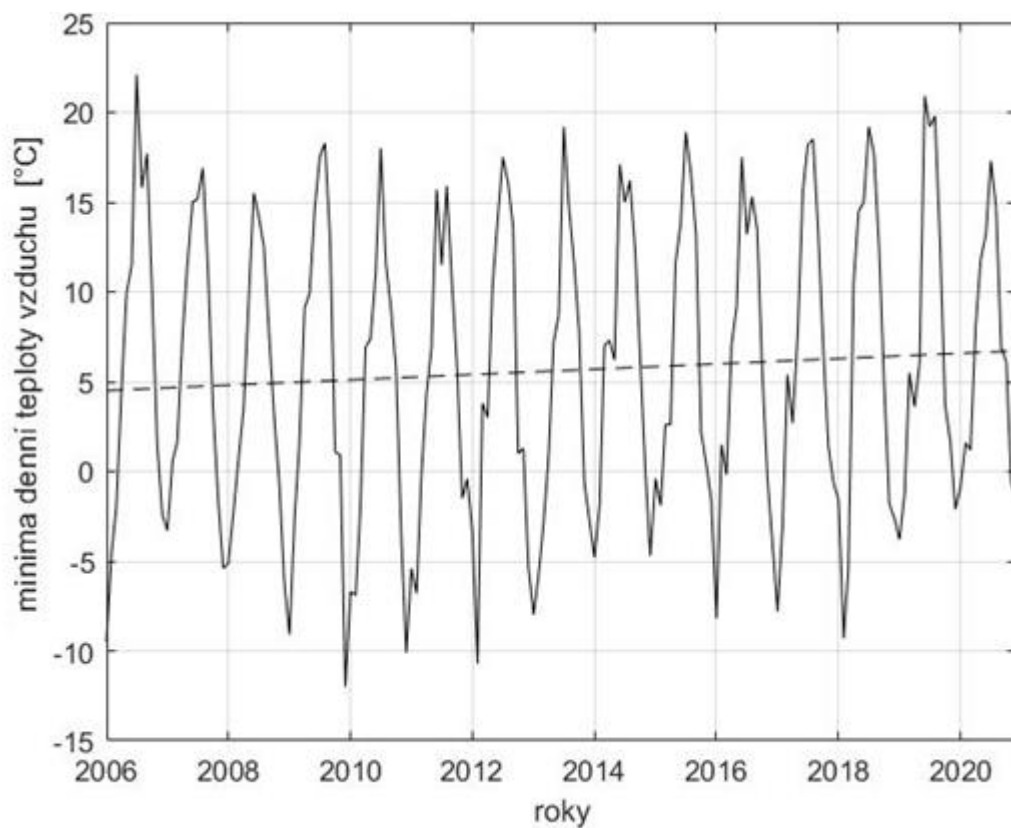
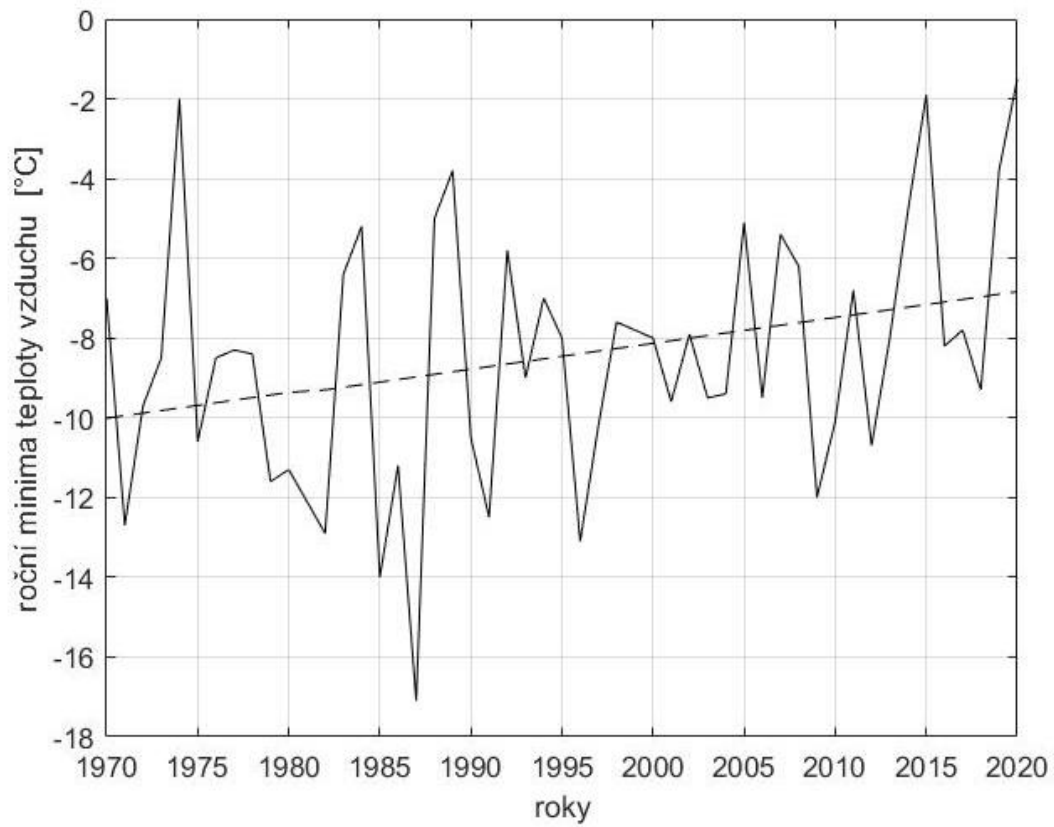
V časové řadě průměrných ročních teplot vzduchu 1970-2020 ve stanici Rožmitál pod Třemšínem je významný rostoucí trend (koeficient determinace $R^2= 0,62$) pro období pozorování na experimentálním povodí 2006-2017 růst hodnot teploty vzduchu není tak strmý. Trend ročních maxim a minim v letech 1970-2020 rovněž detekuje statisticky významný růst. V období 2006-2017 nebyl prokázán statisticky významný trend změny extrémů teplot.



Obrázek 38 - trendy průměrných denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem



Obrázek 39 - trendy maxim denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem



Obrázek 40 - trendy minim denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem



7. Závěr

Cílem této práce bylo vypracovat rozbor problematiky vlivu lesa na odtokový proces pramenné oblasti, analýzu dat v experimentálním povodí, diskuzi výsledků a doporučení pro hospodaření v povodí. Všechny cíle byly splněny.

V experimentální povodí Litavka-Krmelec v Brdské vrchovině došlo v roce 2010 k smýcení 20 % plochy smrkového porostu. Pro stanovení vlivu smýcení na experimentální povodí, byla provedena analýza měřených meteorologických a hydrologických hodnot. V období před těžbou 2006-2009 a po těžbě 2010-2017. Vyhodnocení měřených dat proběhlo pomocí programu MATLAB. Pro kontrolu měřených hodnot a pro porovnání změn trendu bylo zvoleno blízké povodí Litavka-Hlavní. Pro vyhodnocení vlivu globální klimatické změny, práce využívá dat ze srážkoměrné stanice ČHMÚ Rožmitál pod Třemšínem. Monitoring teplot vzduchu zde probíhá souvisle přes padesát let.

V zájmové pramenné oblasti Brdské vrchoviny byl prokázán dlouhodobý trend růstu teplot vzduchu v období 1970-2021 v důsledku globální klimatické změny. Zatímco pro vyhodnocované období 2006-2017 tento trend nebyl statisticky významný. Také trend v časové řadě srážkových úhrnů nebyl statisticky významný.

Vlivem zvoleného typu lesní těžby došlo k zvýšení kulminačních povodňových průtoků a teploty vody v uzávěrovém profilu experimentálního povodí Litavka-Krmelec v období 2010-2017. Hodnoty maximálních denních průtoků po těžbě vzrostli o více než 100 %. Pro zmírnění těchto dopadů by bylo příště vhodnější zvolit clonné seče nebo podpořit výběrovou těžbu lesního porostu.



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bosch J.M. a Hewlett J.D.. review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration [online]. Jonkershoek Forestry Research Station, Stellenbosch (South Africa) School of Forest Resources, University of Georgia, Athens, GA 30602 (U.S.A.), Received December 29, 1980; accepted for publication January 14, 1981
- [2] ČSN ISO 1438: *Hydrometrie – Měření průtoku vody v otevřených korytech pomocí tenkostěnných přelivů*. Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, Rok vydání 2012, 60 stran.
- [3] ČSN 75 1400: *Hydrologické údaje povrchových vod*. Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, Rok vydání 2014, 16 stran.
- [4] Český hydrometeorologický ústav: *Historická data - meteorologie a klimatologie* [online]. [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>
- [5] D. W. Hardekopf, J. Horecký, J. Kopáček, E. Stuchlík. *Predicting long-term recovery of a strongly acidified stream using MAGIC and climate models (Litavka, Czech Republic)*. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union, 2008, 12 (2), pp.479-490. fahal-00305150f
- [6] Devendra M Amatya, Thomas M Williams, Leon Bren, and Carmen de Jong. *Forest Hydrology: Processes, Management and Assessment*. CABI, 2016. ISBN 9781780646602
- [7] Dub, Oto, Jaromír NĚMEC a a kol. *Hydrologie – technický průvodce 34 SNTL*. Nakladatelství technické literatury Praha, 1969. ISBN 04-711-69.
- [8] Havlík Vladimír a Marešová Ivana. *Hydraulika 20: příklady*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02355-9.
- [9] Horecký, J., Stuchlík, E., Chvojka, P., Bitušík, P., Liška, M., Pšenáková, P., Špaček, J. (2002): *Effects of acid atmospheric deposition on chemistry and benthic macroinvertebrates of forest streams in the Brdy Mts (Czech Republic)*. Acta Soc. Zool. Bohem. 66
- [10] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- [11] Lee, Richard B. *Forest Hydrology*. Columbia University Press, 2020. ISBN 023191170X.
- [12] Povodí Vltavy, státní podnik: *Stavy a průtoky na vodních tocích* [online]. [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: <https://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=LICE&oid=3>
- [13] Povodí Vltavy, státní podnik: *Vodní díla a nádrže* [online]. In: . [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/laz.pdf>



- [14] Stanovení Q/h charakteristiky ostrohranného přelivu na potoku v lokalitě Rožmitál pod Třemšínem. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ, ÚSTAV VODNÍCH STAVEB, LABORATOŘ VODOHOSPODÁŘSKÉHO VÝZKUMU, 5.12. 2005
- [15] Zlatuška Karel a Drápela Karel. Příspěvek k určení návrhového průtoku při hrazení bystřin a úpravách toků. Zprávy lesnického výzkumu ZLV, 57, 2012 (4): 314-326, 2012.
- [16] Žák Karel. *Geomorfologie Středních Brd Geomorphology of the Central Brdy Mountains*. Bohemia centralis, Praha, 34: 7–29, 2018.

ZDROJE OBRÁZKŮ

Obrázek 1, 2 a 3 - [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné

z: https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?id=3858481509854787bdf2c0c1d1b5f457_1w

Obrázek 4 a 9 - *Jakub Horecký*. Zhodnocení vlivu kyselé atmosférické depozice na chemizmus a oživení horských potoků v ČR Doktorandská dizertační práce: Doktorandská dizertační práce, Praha, září 2003

Obrázek 5 - *Filip Beneš*. Sezónní vývoj makrozoobentosu, jeho dlouhodobé změny a vliv mimořádných událostí na acidifikovaných tocích pramenné části povodí Litavky v Brdech: Diplomová práce, Praha, srpen 2013

Obrázek 6 a 7 - zdroj autor

Obrázek 8 - Geocaching: Prameny Litavky - Kormundka [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: https://www.geocaching.com/geocache/GC68F4B_prameny-litavky-kormundka?guid=f273baf1-13fe-4866-a63e-33b729d70ea



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - poloha experimentálního povodí Litavka-Krmelec.....	2
Obrázek 2 - základní mapa ČR 1: 15 120	3
Obrázek 3 - ortofotosnímky ČR 1: 15 120.....	3
Obrázek 4 a 5 - tok a měrný přeliv v uzávěrovém profilu Litavka-Krmelec před těžbou	4
Obrázek 6 a 7 - měrný přeliv a pohled na smýcenou plochu v uzávěrovém profilu Litavka-Krmelec současnost	5
Obrázek 8 a 9 - pramen a měrný přeliv v uzávěrovém profilu Litavka-Hlavní	6
Obrázek 10 - přepadová výška profilu Litavka-Krmelec	7
Obrázek 11 - přepadová výška profilu Litavka-Hlavní	7
Obrázek 12 - průměrná denní teplota vody profilu Litavka-Krmelec	8
Obrázek 13 - průměrná denní teplota vody profilu Litavka-Hlavní.....	8
Obrázek 14 - roční srážkový úhrn stanice Rožmitál pod Třemšínem	9
Obrázek 15 - roční srážkový úhrn profilu Litavka-Krmelec	10
Obrázek 16 - porovnání ročních srážkových úhrnů.....	10
Obrázek 17 - konsumpční křivka profilu Litavka-Krmelec	11
Obrázek 18 - denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou.....	12
Obrázek 19 - maximální denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou	12
Obrázek 20 - minimální denní průtok profilu Litavka-Krmelec před těžbou.....	13
Obrázek 21 - denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě.....	13
Obrázek 22 - maximální denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě	14
Obrázek 23 - minimální denní průtok profilu Litavka-Krmelec po těžbě	14
Obrázek 24 - součinitel průtoku c_d ($\alpha=90^\circ$)	15
Obrázek 25 - konsumpční křivka profilu Litavka-Hlavní	16
Obrázek 26 - denní průtok profilu Litavka-Hlavní	17
Obrázek 27 - maximální denní průtok profilu Litavka-Hlavní	17
Obrázek 28 - N-leté průtoky hlásného profilu Čeňkov	18
Obrázek 29 - N-leté průtoky hlásného profilu Příbram	19
Obrázek 30 - N-leté průtoky profilu Litavka Krmelec	20
Obrázek 31 - N-leté průtoky profilu Litavka Krmelec před a po těžbě	21
Obrázek 32 - porovnání průměrných denních teplot vody před těžbou	23
Obrázek 33 - porovnání průměrných denních teplot vody po těžbě	23
Obrázek 34 - porovnání denních průtoků před těžbou	24
Obrázek 35 - porovnání maximálních denních průtoků před těžbou.....	24
Obrázek 36 - porovnání denních průtoků po těžbě	25
Obrázek 37 - porovnání maximálních denních průtoků po těžbě	25
Obrázek 38 - trendy průměrných denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem	27
Obrázek 39 - trendy maxim denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem.....	28
Obrázek 40 - trendy minim denních teplot stanice Rožmitál pod Třemšínem	29