

**Univerzita Karlova**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



**Adam Hudlička**

**Změny teploty povrchové vody v kontextu změny klimatu**

Changes of temperature of surface water in context of climate change

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Praha, 2023

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne .....

Adam Hudlička

podpis studenta

### **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval především RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné rady a připomínky. Také děkuji doc. RNDr. Danielu Hlubinkovi, Ph.D. a RNDr. Veronice Sacherové, Ph.D. za neocenitelné rady a pomoc při zpracování dat statistickými funkcemi a jejich následné analýzy. V neposlední řadě děkuji svým blízkým a přátelům za morální podporu a pomoc při tvorbě mé bakalářské práce.

# Zadání bakalářské práce

## Název práce

Změny teploty povrchové vody v kontextu změny klimatu.

## Cíle práce

Práce se zabývá vývojovými trendy teplot povrchové vody na vybraných tocích. Hlavním cílem je zhodnotit časové řady teplot vody z dostupných hlásných profilů a prozkoumat jejich závislost na adekvátních časových řadách teplot vzduchu. Součástí práce je rešerše odborné literatury se zaměřením na faktory ovlivňující změnu teploty ve vodních tocích.

## Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

- rešerše zahraniční i české odborné literatury a poznatků k danému tématu
- stručná charakteristika přírodních poměrů vybraných zájmových povodí
- příprava vstupních datových podkladů
- aplikace statistických testů pro detekci trendů (např. Mann-Kendallův test)
- analýza vztahu teplot vody a vzduchu
- diskuse a závěr

**Datové zdroje:** odborná literatura, mapové a datové podklady, data Povodí Vltavy a ČHMÚ

Datum zadání: 14. 11. 2021

Jméno studenta: Adam Hudlička

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:



## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá identifikací trendů v časových řadách teplot vody ve vybraných vodních tocích České republiky v souvislosti se změnami klimatu. Mezi hlavní cíle této práce patří rešerše domácí i zahraniční odborné literatury se zaměřením na sledování trendů teploty povrchové vody v kontextu změn klimatu. Dále byla provedena analýza časových řad teplot vody ve vodních tocích a za pomoci statistických výpočtů (Spearmanův korelační koeficient) byla prozkoumána jejich závislost na teplotě vzduchu. V práci byla použita data z profilů jakosti povrchové vody na vodních tocích od Povodí Vltavy, s. p. a data z klimatických i hydrologických stanic ČHMÚ a DWD. Výsledky ukázaly, že byl na všech sledovaných profilech zaznamenán nárůst jak teploty vody, tak teploty vzduchu. Míra závislosti teplot vody ve vodních tocích na teplotách vzduchu pak byla prokázána jako vysoká. Změny teploty vzduchu tak byly určeny jako zásadní vysvětlující faktor pro změny v teplotách vodních toků.

Klíčová slova: teplota vody, teplota vzduchu, hydroklimatické proměnné, trend, časové řady, Mann-Kendallův test

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with the identification of trends in time series of water temperatures in selected streams of the Czech Republic in connection with climate changes. Among the main goals of this thesis is a search of domestic and foreign scientific literature with a focus on monitoring surface water temperature trends in the context of climate change. Furthermore, the analysis of time series of water temperatures in streams was carried out and their dependence on air temperature was investigated with the help of statistical calculations (Spearman's correlation coefficient). The thesis used data from surface water quality profiles on streams from Povodí Vltavy, s.p. and data from weather and hydrological stations of ČHMÚ and DWD. The results showed that an increase in both water temperature and air temperature was recorded on all monitored profiles. The degree of dependence of water temperatures in streams on air temperatures was then proven to be high. Changes in air temperature were thus determined to be the major explanatory factor for changes in stream temperatures.

Key words: water temperature, air temperature, hydroclimatic variables, trend, time series, Mann-Kendall test

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Faktory ovlivňující teplotu vody</b> .....	<b>10</b>
2.1 Teplota vzduchu .....	11
2.2 Průtok vodních toků .....	13
2.3 Rychlost proudění vodních toků.....	13
2.4 Antropogenní ovlivnění.....	14
<b>3 Zdroje dat a aplikované metody</b> .....	<b>14</b>
3.1 Zdroje dat .....	14
3.2 Použitý software a aplikované metody .....	18
3.2.1 Použitý software.....	18
3.2.2 Aritmetický průměr a lineární regrese .....	18
3.2.3 Spearmanův korelační koeficient.....	18
3.2.4 Mann-Kendallův neparametrický test.....	19
<b>4 Přírodní poměry vybraných povodí</b> .....	<b>20</b>
4.1 Blanice .....	21
4.2 Rakovnický potok .....	22
4.3 Sázavka .....	23
4.4 Jankovský potok .....	24
4.5 Křemelná .....	25
4.6 Rolava .....	26
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>27</b>
5.1 Profily jakosti povrchové vody od státního podniku Povodí Vltavy .....	27
5.1.1 Profil jakosti povrchové vody v Radonicích.....	27
5.1.2 Profil jakosti povrchové vody v Mladé Vožici.....	30
5.1.3 Profil jakosti povrchové vody v Křivoklátu .....	33
5.1.4 Profil jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu .....	36
5.1.5 Profil jakosti povrchové vody v Josefodole .....	38
5.1.6 Profil jakosti povrchové vody v Miloticích .....	40
5.2 Hlásné profily ČHMÚ .....	44
5.2.1 Hlásný profil ve Stodůlkách .....	44
5.2.2 Hlásný profil v Chaloupkách .....	46
<b>6 Diskuze</b> .....	<b>47</b>
6.1 Profily jakosti povrchové vody od státního podniku Povodí Vltavy .....	47

6.2 Hlásné profily ČHMÚ .....	49
<b>7 Závěr.....</b>	<b>49</b>
<b>Seznam literatury .....</b>	<b>51</b>
<b>Internetové zdroje.....</b>	<b>54</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>57</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa pozorovaných toků.

Obrázek 2: Vývoj teploty vody a vzduchu v červenci na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Obrázek 3: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Obrázek 4: Vývoj teploty vody a vzduchu v lednu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Obrázek 5: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Obrázek 6: Vývoj teploty vody a vzduchu v únoru na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Obrázek 7: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Obrázek 8: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Obrázek 9: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Obrázek 10: Vývoj teploty vody a vzduchu v listopadu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Obrázek 11: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Obrázek 12: Vývoj teploty vody a vzduchu v lednu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Obrázek 13: Vývoj teploty vody a vzduchu v únoru na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Obrázek 14: Vývoj teploty vody a vzduchu v září na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Obrázek 15: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Obrázek 16: Vývoj teploty vody a vzduchu na jaře na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

Obrázek 17: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

Obrázek 18: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní charakteristika hlásných profilů/profilů jakosti povrchové vody.

Tabulka 2: Základní fyzicko-geografická charakteristika hlásných profilů/profilů jakosti povrchové vody.

Tabulka 3: Základní charakteristika meteorologických stanic.

Tabulka 4: Základní fyzicko-geografická charakteristika povodí.

Tabulka 5: Základní fyzicko-geografická charakteristika Blanice.

Tabulka 6: Základní fyzicko-geografická charakteristika Rakovnického potoka.

Tabulka 7: Základní fyzicko-geografická charakteristika Sázavky.

Tabulka 8: Základní fyzicko-geografická charakteristika Jankovského potoka.

Tabulka 9: Základní fyzicko-geografická charakteristika Křemelné.

Tabulka 10: Základní fyzicko-geografická charakteristika Rolavy.

Tabulka 11: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Tabulka 12: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Tabulka 13: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Tabulka 14: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Tabulka 15: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Tabulka 16: Dlouhodobý trend pro v rámci ročních období průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Tabulka 17: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Tabulka 18: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Tabulka 19: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Tabulka 20: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Tabulka 21: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Tabulka 22: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Tabulka 23: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na hlásném profilu ve Stodůlkách prosinec 2011 – listopad 2023.

Tabulka 24: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na hlásném profilu v Chaloupkách prosinec 2011 – listopad 2023.

## 1 Úvod

Změny teploty povrchové vody ve vodních tocích představují klíčový ukazatel, který reflektuje dopady a proměny vodních ekosystémů v reakci na globální klimatické změny. Tyto změny jsou důležité nejen pro ekologickou rovnováhu vodních ekosystémů, ale také pro mnohé aspekty lidského života spojené s využitím řek a potoků.

V kontextu rostoucích obav ohledně klimatických změn se teplota povrchové vody stává klíčovým prvkem pro monitorování a pochopení dopadů změn klimatu na vodní toky. Změny teploty vodních toků mají zásadní vliv na životní prostředí v řekách a potocích. Tyto proměny mohou ovlivnit migraci ryb, rozmnožování vodních organismů, strukturu vodních společenstev a mnoho dalších aspektů vodních ekosystémů. Studium změn teploty povrchové vody ve vodních tocích nabízí důležité poznatky, které jsou klíčové pro přizpůsobení se a ochranu před důsledky změny klimatu a pro udržitelné využívání vodních zdrojů v budoucnosti.

Tato práce bude zkoumat vývoj teploty vody v čase na vybraných vodních tocích v závislosti na klimatických změnách, a to s důrazem na oteplování vzduchu. Základní výzkumnou hypotézou této práce je, že má oteplování vzduchu vysoký vliv na teplotu vody ve vodních tocích. Tento vliv bude zkoumán na úrovni jednotlivých měsíců a ročních období. Jak měsíce, tak roční období pak budou navzájem porovnávány a bude se zjišťovat, zda v některých nedocházelo k prudším změnám teploty. V rámci této práce bude představena a shrnuta domácí i zahraniční odborná literatura, zabývající se danou problematikou a v krátkosti zde budou i popsány další faktory, které by nějakým způsobem mohly ovlivňovat teplotu vody v tocích. Následně budou na zpracované databáze teploty povrchových vod a databáze teploty vzduchu aplikovány statistické analýzy, které budou zjišťovat míru vzájemné závislosti obou jevů a které budou také hledat vývojové trendy v časových řadách jak teplot vody, tak teplot vzduchu. Na závěr budou výsledky okomentovány, prodiskutovány a shrnuty.

## 2 Faktory ovlivňující teplotu vody

V posledních letech mnoho studií přichází s výsledky, které ukazují, že se sledované toky v různých částech světa v průběhu posledních dekad roste teplota povrchové vody ve vodních tocích, což bývá nejčastěji dáváno do souvislosti s klimatickou změnou (Webb, Nobilis 2007; van Vliet a kol. 2011; Dokulil 2014). Dá se také očekávat, že tento jev bude pokračovat i do budoucna, což by mělo za následek změny nejen v termálním, ale i v odtokovém režimu vodních toků (Kaushal a kol. 2010; Luo a kol. 2013; Caldwell a kol. 2015). Je však nutné blíže prozkoumat, jaké všechny faktory se

skrývají pod obecným termínem „klimatická změna“ a jakou měrou se jednotliví činitelé podílejí na ohřevu vody v tocích.

Změny teploty vody se odehrávají v širším kontextu. Kromě přímé souvislosti se změnami teploty vzduchu vstupují do hry i změny v průtoku a rychlosti proudění vody. Další nezanedbatelný vliv mají i antropogenní změny jako je úprava koryt a jejich břehů, stavba přehrad apod.

## **2.1 Teplota vzduchu**

Teplota vody nejvíce závisí na teplotě vzduchu (Arora a kol. 2016). Podle Mezinárodního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) byla průměrná teplota vzduchu ve světě mezi lety 2011 a 2020 o 1,1 °C vyšší než mezi lety 1850 a 1900 s tím, že se tento rozdíl výrazněji projevil na souši (1,59 °C) než nad oceány (0,88 °C; IPCC 2023). O něco dříve již Evropská agentura pro životní prostředí (EEA) vydala zprávu, ve které uvádí, že se teplota významných evropských řek (Rýn, Máza, Dunaj) zvýšila od roku 1900 o 1–3 °C (EEA 2016). Podle některých prací stál za zvýšením teplot vodních toků ve Švýcarsku (a potažmo i v dalších částech Evropy) posun indexů Severoatlantické oscilace a Atlantické vícedekádní oscilace (Hari a kol. 2006; Figura a kol. 2011; Lepori a kol. 2015). Indexy obou oscilací se v posledních několika desítkách let zvýšily (zvláště index Atlantické vícedekádní oscilace zaznamenal výrazný nárůst), díky čemuž se klima v Evropě oteplilo.

Jak již bylo zmíněno, z obecného hlediska lze změny teploty vzduchu považovat za hlavního ukazatele změn teploty povrchové vody ve vodních tocích. Tento vztah vykazuje jasnou nelineární závislost v rámci dílčího ročního měřítka (kde se projevují typické sezónní hystereze; Morrill a kol. 2005; Letcher a kol. 2016), avšak lineární závislost se objevuje v delších časových škálách (Lepori a kol. 2015). Tok tepla, dopadající na hladinu vodních toků, se skládá ze slunečního záření, čistého dlouhovělného záření a latentních a turbulentních toků tepla. Studie ukázaly, že hlavní složkou celkového energetického objemu je sluneční a čisté dlouhovělné záření (Caissie 2006; Webb a kol. 2008). Taktéž bylo potvrzeno, že tření ve dně koryta toku a výměna tepla mezi korytem a vodou jsou v některých případech (např. ve strmých svazích) nezanedbatelnými faktory (Webb, Zhang 1997; Moore a kol. 2005; Küry a kol. 2017). Tyto tepelné výměny se stávají důležitějšími na podzim, kdy je zbytkové teplo z léta ještě uloženo v zemi a na březích je stále přítomna vegetace.

Korelaci mezi těmito dvěma fenomény (teplota vzduchu a teplota povrchové vody) se snažili najít také Graf a Wrzesiński (2020) ve svém článku, zaměřujícím se na teplotní trendy polských řek a jejich časové i prostorové vzorce. Ve studii, jež se zabývala obdobím mezi lety 1971 a 2015 byl při výzkumu použit Mann-Kendallův test pro určení změn v čase a následné určení prostorových vzorců bylo stanoveno na základě Wardova hierarchického shlukování.

Z výsledků studie vyplynulo, že jak teploty vzduchu, tak teploty povrchové vody v 53 sledovaných vodních tocích v Polsku se v průběhu sledovaného období postupně zvyšovaly, přičemž tyto změny byly markantní především v jarních, letních a podzimních měsících, zatímco v zimních byly natolik malé, že se daly označit za statisticky nevýznamné. Dále byl také potvrzen vliv teploty vzduchu na teplotu povrchové vody, jelikož byl určen jako hlavní faktor změn teplot vody u více než 80 % sledovaných toků (Graf, Wrzesiński 2020).

K podobným závěrům došli také Arora a kol. (2016). Ti se ve své práci zabývali změnami teplotních trendů v německých řekách, přičemž vycházeli z dat z více než 400 pozorovaných míst. Kromě výše zmíněného též zjistili, že vliv teploty vzduchu na teplotu vody ještě více stoupá s rostoucí plochou povodí a klesající nadmořskou výškou. V opačných případech, tedy v malých horských říčkách a potocích, popř. též v sušších oblastech s menším zastoupením vláh v okolí, nabývá na významu samotný průtok řeky (Arora a kol. 2016).

Trochu rozdílné výsledky pak ukazují studie (Mayer 2012; Arismendi a kol. 2014), podle kterých má teplota vzduchu jen minimální nebo dokonce téměř žádný vliv na teplotu vodních toků, větší korelaci hledají a lépe vysvětlující faktory nacházejí spíše ve změnách průtokových režimů, podmínkách bazálního průtoku, vodním sloupci, délce vodního toku či vegetačním pokryvu břehů. Z dalších studií pak vyplývá, že více než teplota vzduchu ovlivňují teplotu vodních toků urbanizace a lidmi způsobené změny průtoku (Webb, Nobilis 1994; Kaushal a kol. 2010; Huang a kol. 2021). A tak, i když ve většině případů teploty vzduchu vysoce korelují s teplotami vodních toků, ve chvíli, kdy je sledované místo ovlivněno specifickými regionálními podmínkami jako jsou přítomnost přehrad, způsob využití půdy v povodí i na březích toku, geometrie koryta či vliv podzemních vod (Mayer 2012; Rice, Jastram 2015), vycházejí ve výsledku rozdílné hodnoty teplot vzduchu a vodních toků (Garner a kol. 2014). Navíc poměrně značné rozdíly v trendech teplot vodních toků naznačují, že se jednotlivé toky odlišují v citlivosti na změny klimatu (Hill a kol. 2014), což značně ztěžuje jakoukoliv generalizaci, ať už jde o samotné trendy či faktory, které je ovlivňují (Hannah, Garner 2015; Zhang a kol. 2016).

Při hodnocení vlivu teploty vzduchu na teplotu vody je také zajímavé pozorovat případné působení tzv. teplotních singularit. Během ročního chodu teploty vzduchu se totiž čas od času projevují neperiodické změny, které se odchylojí od celoročního průběhu teploty. Pokud se pak teplota vzduchu zprůměruje za velmi dlouhé, například stoleté období, v některých případech se anomálie navzájem nekompensují a křivka teploty vzduchu nadále vykazuje odchylky. V takovém případě se pak dané anomálie dají označovat jako teplotní singularity (Kopáček, Bednář 2005). V zeměpisných šířkách České republiky patří mezi nejvýraznější teplotní singularity ledoví muži – ochlazení v první



polovině května, babí léto – teplé, slunné, suché a málo větrné počasí ke konci září a vánoční obleva – oteplení na konci prosince.

## **2.2 Průtok vodních toků**

Průtok vodních toků bývá označován jako druhý nejdůležitější faktor změn teplot vodních toků (Arora a kol. 2016). Je však důležité si zde uvědomit, že spíše, než aby onen průtok ukazoval na nějaký dlouhodobější trend, ovlivňuje variabilitu teplot vodních toků (Mayer 2012; Arora a kol. 2016). Jinými slovy, průtok se většinou mění v závislosti na sezónních obdobích, ať už jde o jarní či letní tání sněhu a ledu nebo o navýšení srážkových úhrnů typické pro danou oblast v dané části roku. Tyto jevy se však cyklicky opakují každý rok, kdy se odlišují pouze mírou odklonu, ať už směrem nahoru či dolů, od dlouhodobého průměru. Nelze z nich však většinou příliš vyčíst nějaké změny v delších pozorováních. V případě, že ale k takovým změnám dojde, např. k vysoušení daného regionu, a tedy i trvalému snížení průtoku, ovlivňuje teplotu vodních toků i v dlouhodobém hledisku. V takových případech pak snížení průtoku vede ke zvýšení teploty vod.

V tomto ohledu je podstatným činitelem i odtok, jelikož v různých částech proudu se na celkovém odtoku podílejí různé zdroje vody (půdní voda, podzemní voda, samotný proud vodního toku). Objem proudění pak přímo ovlivňuje tepelnou bilanci, protože omočený obvod koryta toku (neboli hydraulický radius) modifikuje tepelné výměny jak s atmosférou, tak se zemí (Caissie 2006; Webb, Nobilis 2007; Toffolon, Piccolroaz 2015) a objem ovlivňuje změnu teploty pro dané množství vyměněného tepla. V souvislosti s tím ovlivňuje odtok teplotu vody potenciálně vysoce nelineárním způsobem. To také částečně vysvětluje, proč mnoho statistických modelů teploty vody vyžaduje odtok jako vysvětlující proměnnou (Toffolon, Piccolroaz 2015; Gallice a kol. 2016).

## **2.3 Rychlost proudění vodních toků**

Dalším faktorem ovlivňujícím teplotu vodních toků je jejich proud, především pak rychlost proudění (Sinokrot, Gulliver 2000). Teplota vody ve vodním toku je zprvu silně ovlivněna teplotou podzemních vod (Caissie 2006). V některých oblastech na severozápadě USA mají podstatný vliv na teplotu celého toku (Tague, Grant 2004; Jefferson a kol. 2008; Mayer, Naman 2011). Podobně důležité jsou pak také pro vysokohorské alpské toky ve Švýcarsku, které jsou napájeny především z ledovce či tání sněhu a jsou tak citlivější ke změnám jak v množství sněhu a ledu, co odtaje, tak ke změnám v sezónnosti (Harrington a kol. 2017; Küry a kol. 2017).

Obecně vzato však tento faktor s přibývajícím vzdáleností od pramene postupně slábne až v podstatě zmizí. Je třeba si však také uvědomit, že důležitou roli zde hraje i topografie, která má vliv jak na atmosférické podmínky (tedy i teplotu vzduchu), tak na svahovou orientaci (expozici) či jeho sklon.

V případě rychlosti proudění platí jednoduchá nepřímá úměra – tedy, že se zvyšující se rychlostí vodního toku klesá teplota vody, a naopak s nízkou rychlostí proudění stoupá teplota. Obecně tedy platí, že malé, rychle tekoucí potůčky jsou nejchladnější, s postupným zvětšováním a zpomalováním proudu pak teplota začíná stoupat (Sinokrot, Gulliver 2000). Nárůst teploty je nejvýraznější především zkraje, když se potoky zvětšují do menších říček, poté se postupně zpomaluje (Sinokrot, Gulliver 2000). Největší rozdíly lze potom najít především v oblastech s vyšší intenzitou slunečního svitu, který je zde hlavním faktorem ohřívání toků.

## **2.4 Antropogenní ovlivnění**

Důležitým činitelem, který má vliv na teplotu vodních toků, je též antropogenní činnost. Ta se může projevat v důsledku urbanizace a vypouštění odpadních vod (Webb 1996; Lepori a kol. 2015), kdy například urbanizace přispívá podstatnou částí k oteplování vodních toků, jelikož zastavěné části půdy absorbují více energie ze záření než přírodní povrch, tuto energii pak přeměňují na teplo, které vyzařují do okolí, čímž ohřívají i povrchový odtok (Lepori a kol. 2015). Dalšími projevy antropogenní činnosti může být také odstraňování vegetace (Johnson, Jones 2000; Moore a kol. 2005), použití vody pro průmyslové chlazení (Webb 1996; Råman Vinnå a kol. 2018) nebo odběr vody pro zemědělské zavlažování (Caissie 2006). Lidské zásahy do říčních systémů v podobě stavby přehrad a k nim příslušejících vodních elektráren taktéž výrazně ovlivňuje teplotu vodních toků. Nejen tím, že nad sebou vytvářejí veliké, ale především hluboké vodní nádrže, ve kterých voda plyne jen velmi pomalu, ale hlavně tím, že mohou ovlivňovat samotné množství vody, které vypustí dále po proudu toku. Velkou roli zde hraje i časový rámeček vypouštění. „Hydropeaking“, neboli náhlé vypuštění vody z vodních elektráren v dílčím denním časovém období, a s tím související „thermopeaking“ snižují dopad letních vln teplého vzduchu na teplotu vody (Feng a kol. 2018), avšak o účincích těchto procesů se ví zatím poměrně málo (Zolezzi a kol. 2011). Obecně bylo prokázáno, že většina lidských vlivů mění vztah mezi teplotou vody a vzduchu, což vede ke slabší korelaci mezi těmito jevy (Webb a kol. 2008). Některými studiemi tak antropogenní tepelné znečištění bývá označováno jako hlavní stresor, který může zároveň zhoršovat problémy způsobené stoupající teplotou vzduchu (Caissie 2006; Raptis a kol. 2016; Simpson, Winston 2022).

## **3 Zdroje dat a aplikované metody**

### **3.1 Zdroje dat**

Data k potřebným analýzám byla získána od Státního podniku Povodí Vltavy a od Českého hydrometeorologického úřadu (ČHMÚ). Z dostupných dat Státního podniku Povodí Vltavy se jako nejvhodnější ke zpracování jevila data z profilů jakosti povrchové vody v Radonicích na říčce Blanici

a v Křivoklátě na Rakovnickém potoku, protože zdejší historické záznamy sahaly nejdále do minulosti (až do poloviny 60. let minulého století). Mezi vybrané pak byly zařazeny ještě čtyři další profily jakosti povrchové vody, na kterých začalo probíhat měření v průběhu 90. let (a to konkrétně v Dolním Chlumu na Rakovnickém potoce, v Mladé Vožici na Blanici, v Josefodolu na Sázavce a v Miloticích na Jankovském potoce). Z databáze ČHMÚ pak byly vybrány hlásné profily Stodůlky na Křemelné a Chaloupky na Rolavě jako zástupci horských povodí. Zde záznamy sledují období od prosince roku 2011 do listopadu roku 2023. Datové řady jsou relativně krátké, ale obsahují data v denním kroku, tj. průměrné denní teploty. Z nich pak byly spočítány průměrné měsíční hodnoty, s nimiž se v této práci dále pracovalo. Z dostupné databáze jsou z pohledu této studie nejzajímavější hlásné profily právě na Křemelné a na Rolavě, jelikož se nad nimi proti proudu nenachází žádná významnější sídla s čistírnami odpadních vod (ČOV), průmyslové komplexy nebo vodní nádrže, které by mohly mít výraznější vliv na teplotu vody. Teplota vody by zde tak měla být čistě závislá pouze na přírodních podmínkách v jejich pramenné oblasti. Základní charakteristika všech hlásných profilů a profilů jakosti povrchové vody je k vidění v tab. 1 a 2.

U databáze Povodí Vltavy je potřeba zmínit, že tato data byla získána okamžitým měřením v daný den a daný čas, kdy byly odebírány vzorky povrchové vody pro chemickou analýzu. Tato měření probíhala v intervalu přibližně jednoho měsíce. Nejedná se tedy o data, která by vznikla dlouhodobým průměrováním častých měření v krátkých pravidelných intervalech, ale o data, která byla zaznamenána v daném okamžiku a mohla tak být (a pravděpodobně i v některých případech byla) ovlivňována hydrologickými, hydrogeologickými nebo antropogenními faktory, které panovaly v okamžiku měření či krátce před ním. Tato data jsou tak zatížena větší náhodnou chybou. V delších časových řadách ale můžeme očekávat, že se tyto chyby vyrovnávají. Aby bylo možné data navzájem porovnávat, bylo za sledovaný úsek vybráno období od roku 1996 do roku 2023, které se nacházelo v databázích všech profilů jakosti povrchové vody. Data byla následně rozdělena a počítána v rámci jednotlivých měsíců v roce i v rámci jednotlivých ročních období. V obou dvou typech časových úseků roku pak byly pozorovány i případné trendy.

V případě Křemelné a Rolavy již byla data získána v podobě průměrných měsíčních hodnot, která byla spočítána z průměrných denních hodnot, takže daleko přesněji popisují vývoj teplot na daných profilech. Nevýhodou těchto dat je, že zahrnují příliš krátké období (od prosince 2011 do listopadu 2023), takže byly jednotlivé měsíční hodnoty sloučeny podle příslušných ročních období – jaro (březen, duben, květen), léto (červen, červenec, srpen), podzim (září, říjen, listopad) a zima (prosinec, leden, únor). Pouze v těchto ročních obdobích pak byly pozorovány i případné trendy. Je také potřeba zmínit, že v případě Křemelné chybí záznamy od února do května v roce 2012.

Záznamy s daty pro teplotu vzduchu byly získány ze stanic ČHMÚ, v případě německé stanice Carlsfeld ze stránek DWD (Deutscher Wetterdienst; tab. 3). Stanice byly vybírány tak, aby se nacházely co nejlíže k danému hlásnému profilu či profilu jakosti povrchové vody, případně k povodí vodního toku nacházejícího se nad odběrným či hlásným profilem. Při výběru stanice byla brána v potaz i nadmořská výška (zejména u Křemelné a Rolavy). K profilům jakosti povrchové vody na Blanici tak byla vybrána stanice v Hulicích, k profilům jakosti povrchové vody na Rakovnickém potoce byla vybrána stanice Kněževy (na níž po jejím skončení v roce 2010 navázala nedaleká stanice v Heřmanově). Pro Sázavku byla zvolena stanice v Havlíčkově Brodě, pro profil jakosti povrchové vody na Jankovském potoce pak stanice v Černovicích. Pro hlásný profil na Křemelné stanice v Hojsově Stráži a pro profil na Rolavě stanice v německém Carlsfeldu. S daty z jednotlivých meteorologických stanic bylo následně nakládáno stejně jako s příslušnými hydrologickými daty, k nimž byly přiřazeny. Data ze stanic přiřazených k profilům na Blanici, Rakovnickém potoce, Sázavce a Jankovském potoce byla rozdělena podle jednotlivých měsíců v roce, data ze stanic přiřazených k profilům na Křemelné a Rolavě pak podle ročních období.

Tabulka 1: Základní charakteristika hlásných profilů/profilů jakosti povrchové vody.

Zdroje: ČHMÚ 2024g, Povodí Vltavy 2024.

hlásný profil	vodní tok	identifikační číslo	sledované období	výpadky měření	zdroj datových řad
Radonice I	Blanice	166200	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Mladá Vožice	Blanice	-	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Křivoklát	Rakovnický potok	-	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Dolní Chlum	Rakovnický potok	-	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Josefodol	Sázavka	158500	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Milotice	Jankovský potok	161900	1996–2023	-	Povodí Vltavy
Stodůlky	Křemelná	136500	2011–2023	únor 2012– květen 2012	ČHMÚ
Chaloupky	Rolava	209100	2011–2023	-	ČHMÚ

Tabulka 2: Základní fyzicko-geografická charakteristika hlásných profilů/profilů jakosti povrchové vody.

Zdroje: ČHMÚ 2024a, ČHMÚ 2024b, ČHMÚ 2024c, ČHMÚ 2024d, ČHMÚ 2024e, ČHMÚ 2024f.

hlásný profil	vodní tok	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	specifický odtok [l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> ]	průměrný sklon toku [‰]	nadmořská výška profilu [m n. m.]
Radonice I	Blanice	65	542	2,19	4,04	0,06	307
Mladá Vožice	Blanice	16	42	0,22	5,24	0,16	428
Křivoklát	Rakovnický potok	47	366	0,86	2,35	0,07	244
Dolní Chlum	Rakovnický potok	35	318	0,70	2,29	0,08	296
Josefodol	Sázavka	30	124,5	0,75	6,02	0,05	399
Milotice	Jankovský potok	20,8	128,5	0,79	6,15	0,09	448
Stodůlky	Křemelná	20	134,5	3,27	24,31	0,19	765
Chaloupky	Rolava	10	20,1	0,52	25,87	0,12	805

Tabulka 3: Základní charakteristika meteorologických stanic.

Zdroje: ČHMÚ 2024, DWD 2024.

meteorologická stanice	hlásný profil	nadmořská výška stanice [m n. m.]	vzdálenost od hlásného profilu [km]	sledované období	výpadky	zdroje datových řad
Hulice	Radonice I	375	13,4	1996–2023	-	ČHMÚ
Hulice	Mladá Vožice	375	28,4	1996–2023	-	ČHMÚ
Kněževy	Křivoklát	358	20,5	1996–2010	-	ČHMÚ
Kněževy	Dolní Chlum	358	12,9	1996–2010	-	ČHMÚ
Heřmanov	Křivoklát	407	24,7	2011–2023	-	ČHMÚ
Heřmanov	Dolní Chlum	407	16,9	2011–2023	-	ČHMÚ
Havlíčkův Brod	Josefodol	452	14,3	1996–2023	-	ČHMÚ
Černovice	Milotice	580	27,9	1996–2023	-	ČHMÚ
Hojsova Stráž	Stodůlky	866	19,8	2011–2023	-	ČHMÚ
Carlsfeld	Chaloupky	899	7	2011–2023	-	DWD

## 3.2 Použitý software a aplikované metody

### 3.2.1 Použitý software

Pro zjišťování trendů vývoje teplot vody a vzduchu a jejich případné vzájemné souvislosti byly k výpočtům použity softwary MS – Excel a RStudio.

### 3.2.2 Aritmetický průměr a lineární regrese

Jednotlivá měření byla nejprve v rámci každého měsíce zprůměrována pomocí prostého aritmetického průměru. Následně byla za účelem zjištění trendu vývoje z každé časové řady vypočtena lineární regrese ve tvaru:

$$f(x) = ax + b. \quad (3.1)$$

Parametr  $a$  určuje sklon přímky neboli časový trend vývoje teplot, parametr  $b$  pak posun přímky po ose  $y$ .

Lineární regrese vypočítá statistické hodnoty pro přímku, která nejlépe odpovídá uvedeným datům, pomocí metody nejmenších čtverců, jejíž vzorec vypadá takto:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n [f(x_i) - y_i]^2 = \sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)^2, \quad (3.2)$$

kde  $x_i$  a  $y_i$  jsou souřadnice aproximovaných bodů. Výstup funkce lineární regrese jsou parametry přímky. Tato funkce je běžně využívána mnohými výzkumníky a vědci k základní analýze dat, a proto se tak hojně vyskytuje i v jejich pracích jako např. Kliment a Matoušková (2007) nebo Královec (2009).

### 3.2.3 Spearmanův korelační koeficient

Jelikož se tato práce zabývá primárně závislostí teploty vody na teplotě vzduchu, jejichž vztah je nelineární, byl pro kvantifikaci jejich souvislosti zvolen Spearmanův korelační koeficient. Jedná se o neparametrický korelační koeficient, který je robustní vůči odlehlým hodnotám a obecně odchylkám od normality, jelikož podobně jako mnoho jiných neparametrických metod pracuje pouze s pořadími pozorovaných hodnot. Na rozdíl od Pearsonova korelačního koeficientu, jenž popisuje pouze lineární vztah veličin  $X$  a  $Y$ , Spearmanův koeficient korelace popisuje, jak dobře vztah veličin  $X$  a  $Y$  odpovídá monotónní funkci, která může být samozřejmě nelineární. Základem jeho výpočtu je realizace dvourozměrného náhodného vektoru o rozsahu  $n$ . Dále je definováno číslo  $x_{ri}$  jako pořadí hodnoty  $x_i$  v rámci vzestupně uspořádaných hodnot  $x_1, \dots, x_n$ , číslo  $y_{ri}$  jako pořadí hodnoty  $y_i$  v rámci vzestupně uspořádaných hodnot  $y_1, \dots, y_n$ , čísla  $\bar{x}_r$  a  $\bar{y}_r$  jako průměry hodnot

$x_{ri}$ , respektive  $y_{ri}$  (tedy jako průměrná pořadí), a čísla  $s_{xr}$  a  $s_{yr}$  jako odpovídající směrodatné odchylky (Holčík a kol. 2015). Spearmanův korelační koeficient je standardně značen písmenem  $r_s$ . Samotný výpočet Spearmanova korelačního koeficientu následně vypadá takto:

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ri} y_{ri} - n\bar{x}_r \bar{y}_r}{(n-1)s_{xr} s_{yr}}, \quad (3.3)$$

což není nic jiného než Pearsonův korelační koeficient počítaný na pořadí pozorovaných hodnot. Spearmanův korelační koeficient nabývá hodnot v intervalu  $(-1; 1)$ . Při nezávislosti sledovaných veličin, tedy v případě, že pořadí hodnot  $x_i$  a  $y_i$  jsou náhodně zpřeházená, je korelační koeficient roven 0. Naopak hodnot  $-1$  a  $1$  nabývá Spearmanův korelační koeficient v případě, že jedna z veličin je monotónní funkcí druhé veličiny (Holčík a kol. 2015). Je však nutné neustále si uvědomovat, že korelace nutně nemusí znamenat kauzalitu, takže i když se výsledná hodnota koeficientu velmi blíží  $1$  nebo  $-1$ , nemusí to v praxi nutně znamenat vzájemnou závislost obou jevů.

### 3.2.4 Mann-Kendallův neparametrický test

Pro analýzu trendů časových řad, obsažených v datech, byla použita metoda Mann-Kendalova neparametrického testu (Mann 1945, Kendall 1975), která slouží k určení dlouhodobého ročního trendu. Výpočet probíhal pomocí vzorce:  $S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$ , kdy  $n$  je délka časové řady,  $x_i$  a  $x_j$  jsou hodnoty dat  $i$  a  $j$  v řadě ( $j > i$ ) a  $\text{sgn}(x_j - x_i)$  je funkce dána vztahem:

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1, & \text{jestliže } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{jestliže } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{jestliže } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (\text{Libiseller, Grimvall 2002}). \quad (3.4)$$

K výpočtu bylo použito prostředí statistického programu RStudio.

Pro zjištění míry signifikance testu se používá p-hodnota, pro níž hodnoty blízké nule mají větší významnost. V této práci byl test aplikován na průměrné měsíční teploty vodních toků a průměrné měsíční teploty vzduchu pro 5% hladinu významnosti ( $p < 0,05$ ). Vychází-li výsledné číslo menší než zvolená hladina významnosti, zamítáme nulovou hypotézu (Gocic, Trajkovic 2013). Za nulovou hypotézu pak pro tuto práci bylo stanoveno, že se žádný trend v daném pozorovaném období nevyskytuje.

Parametr MK-S pak určuje směr trendu v časové řadě. Jestliže jsou jeho hodnoty záporné, značí to klesající směr trendu, pokud jsou hodnoty kladné, směr trendu stoupá. Tento test se vyskytuje v řadě výzkumných pracích, kde se používá k analýze hydrologických a klimatických dat po celém světě. Pro potřeby svého výzkumu ho tak využili např. Kliment a Matoušková (2008, 2009), Kliment

a kol. (2011), Gocic a Trajkovic (2013), Blahušiaková a Matoušková (2015), Ptak a kol. (2017), Do a kol. (2017).

## 4 Přírodní poměry vybraných povodí

Jelikož tento svět není dokonale jednoduchý, kde by se každý děj či proces odvíjel pouze na základě jednoho fenoménu, vstupuje i do procesu změny teploty vody řada faktorů. Na následujících řádcích je tak blíže představeno okolí hlásných profilů, především pak objekty, podílející se na změně teploty vody, které se nacházejí výše proti proudu.

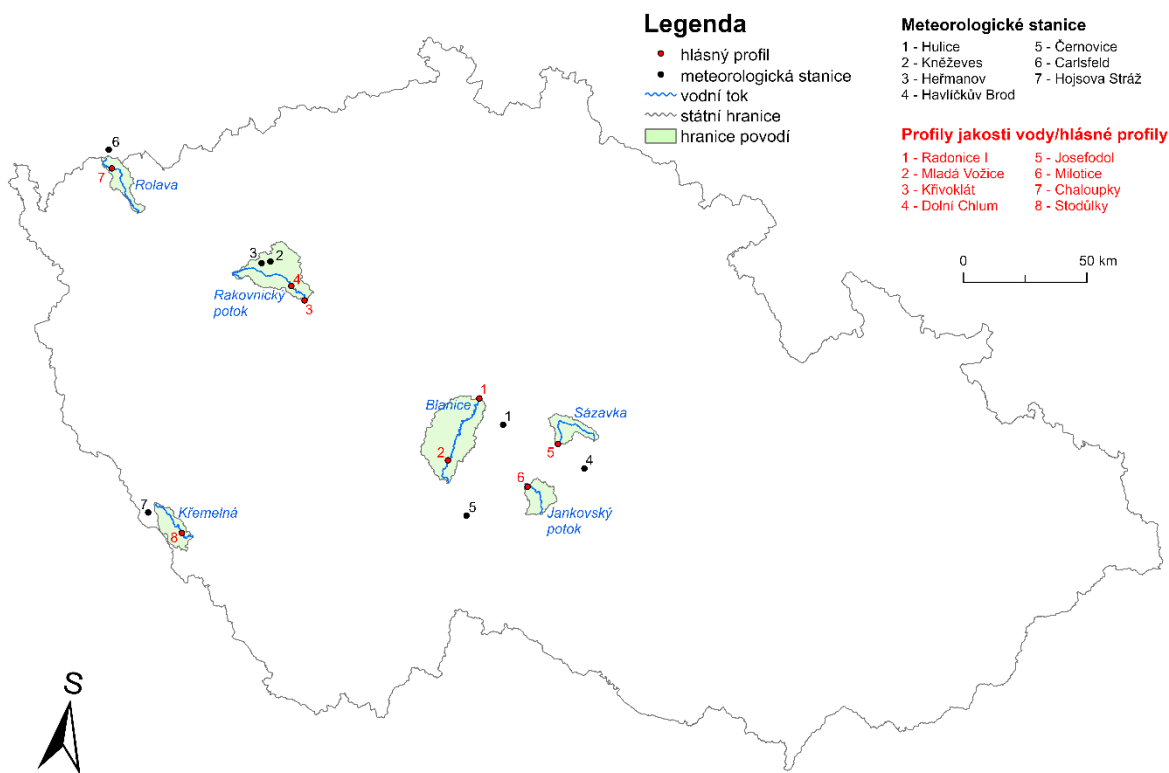
Tyto hlásné profily a vodní toky, na nichž leží, byly vybrány především z důvodu dostupnosti dat. V mnohých případech jsou totiž časové řady se záznamy teploty vody ve vodních tocích příliš krátké (méně než 25 let) či chybí (i opakovaně) několik let po sobě. Výjimku tvoří Křemelná a Rolava, které byly do výběru zařazeny i přes kratší časovou řadu jako zástupci vodních toků z oblastí jen málo ovlivněné člověkem. Základní charakteristika povodí je k vidění v tab. 4.

Tabulka 4: Základní fyzicko-geografická charakteristika povodí.

Zdroje: Hydrosoft Veleslavín 2020, ČHMÚ 2021, ČGS 2024a, ČGS 2024b.

vodní tok	převládající hornina	převládající typ půdy	převládající klima	průměrné roční srážky (1991–2020) [mm]
Blanice	pararula	kambizem	mírně teplá oblast (MT10)	600–700
Rakovnický potok	pískovce, jílovce, prachovce	kambizem, hnědozem	mírně teplá oblast (MT11)	500–550
Sázavka	pararula	kambizem, pseudoglej	mírně teplá oblast (MT3)	600–700
Jankovský potok	migmatit	kambizem, pseudoglej	mírně teplá oblast (MT3)	700–800
Křemelná	pararula	kambizem, kryptopodzol	chladná oblast (CH7)	1200–1400
Rolava	granit	podzol	chladná oblast (CH6)	1000–1200





Obr. 1: Mapa pozorovaných toků.

Zdroje: ARCDATA PRAHA 2016, VÚV T. G. M. 2020b, ARCDATA PRAHA 2021.

## 4.1 Blanice

Řeka Blanice, někdy také označovaná jako Vlašimská Blanice, pramení v oblasti Mladovožické pahorkatiny. Mladovožická pahorkatina je geomorfologický podcelek, která je součástí geomorfologického celku Vlašimská pahorkatina a která se nachází ve střední části České republiky (Demek a kol. 2006). Tato pahorkatina se rozkládá převážně na území Středočeského kraje a částečně zasahuje i do Jihočeského kraje. Mladovožická pahorkatina je charakterizována svým pahorkatým reliéfem s mírnými výškovými rozdíly. Průměrná nadmořská výška se pohybuje okolo 400 až 500 metrů. Geologicky je Mladovožická pahorkatina tvořena horninami Moldanubika, jako jsou pararuly, ortoruly nebo migmatity (Petránek 1993). Tato geologická stavba ovlivňuje charakter krajiny a vytváří různorodost reliéfu. Lesní porosty se vyskytují zejména ve vyšších polohách a jsou tvořeny smíšenými lesy, které zahrnují buky, dubohabřiny, borovice a další dřeviny.

Řeka Blanice pramení v nadmořské výšce 673 m (tab. 5) na severním svahu vrchu Batkovy (součást Mladovožické pahorkatiny) přibližně 10 km severovýchodně od Tábora (obr. 1). Směr jejího toku je po celé její délce severní. Protéká Mladou Vožicí, Louňovicemi pod Blaníkem, Vlašimí a Libzí. U Soběšína se pak vlévá do Sázavy na jejím říčním kilometru 78,6 v nadmořské výšce 303 m (VÚV T.

G. M. 2020a). Jejími nejdůležitějšími levostrannými přítoky jsou Slupský potok (přibližně na 45. ř. km) a Chotýšanka (asi na 10. ř. km). Nejdůležitějšími pravostrannými přítoky jsou Bělečský potok (asi na 47. ř. km) a Brodec (přibližně na 25. ř. km). Délka toku Blanice činí 66 km a plocha povodí je 543 km<sup>2</sup> (VÚV T. G. M. 2020a). Průměrný roční průtok pak bývá 2,19 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2024a).

Hlásný profil na Blanici v Radonicích se nachází na druhém říčním kilometru, nedaleko 44. kilometru dálnice D1. Přibližně 15 km proti proudu se nachází čistička odpadních vod ve Vlašimi. Asi o dalších 15 km dále se nalézá další čistička v Louňovicích pod Bláníkem a zhruba 50 km od hlásného profilu je pak poslední čistička v Mladé Vožici. Zde se také nachází druhý hlásný profil na Blanici. Zhruba 15 km od hlásného profilu v Radonicích proti proudu na přítoku Chotýšanka se nachází největší vodní nádrž v povodí rybník Smikov. Zbylé vodní nádrže už nejsou tak velké, a navíc se nacházejí dále od hlásného profilu.

Tabulka 5: Základní fyzicko-geografická charakteristika Blanice.

Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, ČHMÚ 2024a.

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Blanice	673	66	543	2,19

## 4.2 Rakovnický potok

Pramen Rakovnického potoka se nachází v oblasti Rakovnické pahorkatiny. Rakovnická pahorkatina je geomorfologický celek nacházející se v západní části České republiky. Tato pahorkatina se rozkládá v okresech Rakovník, Plzeň-sever a částečně zasahuje i do okresů Karlovy Vary a Louny. Rakovnická pahorkatina je charakterizována svým pahorkatým až hornatinovým reliéfem s výraznými výškovými rozdíly. Nejvyšším vrcholem v povodí Rakovnického potoka je Plavečský vrch s výškou 603 m. n. m., pod kterým Rakovnický potok i pramení. Celková délka Rakovnické pahorkatiny je přibližně 50 kilometrů. Geologicky je Rakovnická pahorkatina tvořena různými typy převážně paleozoických hornin, včetně břidlic, jílovců, pískovců a prachovců (Demek a kol. 1987). Tato geologická struktura ovlivňuje charakter krajiny a vytváří zajímavé geologické útvary. Lesní porosty se vyskytují zejména ve vyšších polohách a jsou tvořeny většinou smíšenými lesy s výskytem dubů, buků, borovic a dalších stromů.

Rakovnický potok pramení v nadmořské výšce 577,7 m (tab. 6), necelé 2 km jihovýchodně od obce Drahouš, která se nachází na jih od města Jesenice (obr. 1). Potok nejprve směřuje na západ,

postupně se ale stáčí severním směrem až na jihovýchod. V průběhu cesty protéká Jesenicí a Rakovníkem. V Roztokách u Křivoklátu se vlévá do Berounky na jejím říčním kilometru 62 v nadmořské výšce 240 m (VÚV T. G. M. 2020a). Významnější levostranné přítoky jsou Kolečovický a Lišanský potok, významnějšími pravostrannými přítoky jsou Řeřišský, Petrovický, Černý a Jalový potok. Délka toku činí 48,5 km a plocha povodí je 367,9 km<sup>2</sup> (VÚV T. G. M. 2020a). Průměrný roční průtok potom bývá 0,5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> v Dolním Chlumu (ČHMÚ 2024b) a 0,86 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> v Křivoklátu (Vlček a kol. 1984).

Tabulka 6: Základní fyzicko-geografická charakteristika Rakovnického potoka.

Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, Vlček a kol. 1984.

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Rakovnický potok	577,7	48,5	367,9	0,86

Odběrný profil na Rakovnickém potoce v Křivoklátě se nachází na druhém říčním kilometru. Asi 20 kilometrů proti proudu se nalézá ČOV v Rakovníku. Dále po proudu však Rakovnický potok protéká CHKO Křivoklátsko bez výraznějších antropogenních vlivů. Stejně údaje platí i pro hlásný profil v Dolním Chlumu, který se nalézá na 14. říčním kilometru a ke zmíněným objektům je tak o 12 kilometrů blíže.

### 4.3 Sázavka

Pramen Sázavky se nachází v oblasti Havlíčkobrodské pahorkatiny. Havlíčkobrodská pahorkatina je geomorfologický podcelek, který se nachází v centrální části České republiky a který je součástí geomorfologického celku Hornosázavská pahorkatina (Demek a kol. 1987). Havlíčkobrodská pahorkatina se rozkládá převážně na území Vysočiny a částečně zasahuje i do Středočeského kraje. Havlíčkobrodská pahorkatina je charakterizována svým pahorkatým reliéfem s mírně zvlněným povrchem. Průměrná nadmořská výška se běžně pohybuje mezi 400 a 650 metry nad mořem (s nejvyšším vrcholem Roudnice s 661 metry nad mořem; Demek a kol. 2006). Oblast je členěna údolními potoky, sníženinami a četnými kopci a hřbety. Geologicky je Havlíčkobrodská pahorkatina tvořena převážně rulami nebo amfibolity (Demek a kol. 2006). Našly by se však zde i prvohorní a druhohorní sedimenty, jako jsou pískovce, jíly a vápence. Výskyt těchto hornin ovlivňuje charakter krajiny, včetně skalních útvarů a útesů. Vegetace v Havlíčkobrodské pahorkatině je různorodá. Nachází se zde smíšené lesy, převážně buky, dubohabřiny, borovice a smrky.

Sázavka pramení jihozápadně od obce Rankov v nadmořské výšce 560 m (tab. 7). Její tok zprvu míří na sever, postupně se však stáčí na západ až se otočí úplně směruje na jih (obr. 1). Protéká Habry a Světlou nad Sázavou. Zde se i vlévá do Sázavy na jejím ř. km 145 v nadmořské výšce 390 m. Nejvýznamnějšími pravostrannými přítoky jsou Vepříkovský potok (asi na 30. ř. km), Radinovka (přibližně 19. ř. km), Leština (asi na 15. ř. km) a Bohušický potok (na 1. ř. km). Nejdůležitějším přítokem zleva je pak Zbožský potok (asi na 4. ř. km). Délka toku činí 32,2 km a plocha povodí je 132,7 km<sup>2</sup> (ČHMÚ 2024c). Průměrný roční průtok potom bývá 0,75 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2024c).

Hlásný profil na Sázavce v Josefodole se nachází na 3. říčním kilometru. Přibližně 20 km proti proudu se nachází Haberský rybník. Asi o dalších 5 km dále se pak nalézá největší vodní nádrž v povodí – Jiříkovský rybník.

Tabulka 7: Základní fyzicko-geografická charakteristika Sázavky.

Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, ČHMÚ 2024c.

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Sázavka	560	32,2	132,7	0,75

#### 4.4 Jankovský potok

Jankovský potok pramení v oblasti Humpolecké vrchoviny. Humpolecká vrchovina je geomorfologický podcelek nacházející se převážně v jihozápadní části Vysočiny, který je součástí geomorfologického celku Křemešnická vrchovina (Demek a kol. 1987). Humpolecká vrchovina leží mezi městy Havlíčkův Brod, Pelhřimov a Jihlava. Tato vrchovina je charakterizována jako vrchovina s členitým reliéfem. Nachází se zde pohoří a kopce s nadmořskou výškou mezi 600 a 800 metry, přičemž nejvyšším vrcholem je Křemešník s výškou 765 metrů (Demek a kol. 1987). Geologicky je Humpolecká vrchovina tvořena migmatity, rulami z období paleozoika a prvohorními granity (Demek a kol. 1987). Vegetace v Humpolecké vrchovině je rozmanitá. V nižších polohách se nacházejí zemědělské plochy, pole a louky, zatímco na svazích a vrcholech kopců dominují lesy. Lesní porosty zahrnují smíšené lesy s buky, duby, borovicemi a smrkem.

Jankovský potok pramení v nadmořské výšce 640 m jihozápadně od Jankova (tab. 8). Jeho tok směruje převážně severním až severozápadním směrem (obr. 1). Na celém horním toku až po soutok s Hejnickým potokem protéká stejnojmennou národní přírodní památkou. Nejdůležitějšími levostrannými přítoky jsou Kladinský (asi na 10. ř. km) a Kopaninský potok (přibližně na 5. ř. km),

nejdůležitějším pravostranným přítokem je pak Hejnický potok (asi na 12. ř km). Jankovský potok se vlévá do Želivky (konkrétně do Sedlecké nádrže) na jejím říčním kilometru 65 v nadmořské výšce 450 m. Délka toku činí 22,8 km a plocha povodí je 129,5 km<sup>2</sup> (ČHMÚ 2024d). Průměrný roční průtok pak dosahuje hodnoty 0,79 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2024d).

Tabulka 8: Základní fyzicko-geografická charakteristika Jankovského potoka.

Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, ČHMÚ 2024d.

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Jankovský potok	640	22,8	129,5	0,79

Hlásný profil na Jankovském potoku v Miloticích se nachází na 2. říčním kilometru. Jankovský potok protéká krajinou, která není příliš obydlená, avšak dolní polovina toku odvodňuje zemědělsky intenzivně využívané oblasti.

#### 4.5 Křemelná

Říčka Křemelná pramení na Šumavě, konkrétně v oblasti Železnorudské hornatiny. Železnorudská hornatina je geomorfologickým podcelkem Šumavy, nacházející se v její severozápadní části (Demek a kol. 2006). Rozprostírá se na ploše téměř 200 km<sup>2</sup> a má průměrnou nadmořskou výšku 893 m (Demek a kol. 1987). Jejím nejvyšším vrcholem je Jezerní hora (1344 m. n. m.), avšak nejvyšším vrcholem v povodí Křemelné je Plesná (1338 m. n. m.). Železnorudská hornatina je charakterizována svým hornatým a kopcovitým reliéfem, který je tvořen hlavně, pararulami, biotickými a svorovými rulami, jež obsahují železnou rudu, a svory moldanubika. V jihozápadní části pak moldanubikum prostupují menší útržky granodioritového masívu moldanubického plutonu (Demek a kol. 1987). Hornatina je na šumavské poměry značně členitá, rozdělená širokým podélným údolím Úhlavy na dva zhruba rovnoběžné hřbety, které se na jihovýchodě spojují. Je vrásno-zlomového původu, ve vrcholových partiích jsou menší zbytky zarovnaného povrchu a četné skalní útvary glaciální a periglaciální modelace. Do části Železnorudské hornatiny zasahuje Národní park Šumava, zbytek se pak nachází v CHKO Šumava.

Křemelná pramení na jihozápadním svahu hory Jedlová v nadmořské výšce okolo 1140 m (tab. 9). Zdrojová oblast a část horního toku je chráněna coby část Přírodní rezervace Prameniště. V ochráněných oblastech se nachází i nadále, když v oblasti U Cettlovy hůrky protéká I. Zónou NP Šumava, kde vytváří otevřené údolí s četnými slatěmi a meandry. Celou dobu sleduje jihovýchodní

směr, což i v její závěrečné, převážně peřejovité, části, kde se stéká s další říčkou – Vydrou, čímž vzniká řeka Otava (obr. 1). Délka toku činí 30,3 km s plochou povodí 171,6 km<sup>2</sup>, nad hlásným profilem je pak 134,5 km<sup>2</sup> (ČHMÚ 2024e). Průměrný roční průtok pak ve Stodůlkách dosahuje hodnoty 3,27 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2024e).

Hlásný profil ve Stodůlkách s nachází na 10. říčním kilometru v nadmořské výšce 765 m. n. m. Křemelná protéká oblastí s jen minimálním antropogenním ovlivněním, takže se proti proudu nenachází nic antropogenního původu, co by mělo nějaký významný vliv na teplotu vody ve vodním toku.

Tabulka 9: Základní fyzicko-geografická charakteristika Křemelné.

Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, ČHMÚ 2024e.

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Křemelná	1140	30,3	171,6	3,27

#### 4.6 Rolava

Říčka Rolava pramení v Krušných horách, konkrétně v geomorfologickém podcelku Klínovecká hornatina. Klínovecká hornatina je částí Krušných hor a nachází se v západní části pohoří, při hranicích s Německem. Klínovecká hornatina má hornatý charakter s výraznými horskými hřbety a vrcholky, jejímž nejvyšším vrcholem je Klínovec (1 244 m. n. m.), jenž je také nejvyšším vrcholem Krušných hor i celého regionu. Nejvyšší bod v tomto dílčím povodí Rolavy (nad hlásným profilem v Chaloupkách) se však nachází na Jeřábím vrchu (965 m. n. m.). Z geologického hlediska je oblast tvořena především horninami Krušnohorského krystalinika (ortorula, pararula, svor, fylit) a variskými granity a granodiority, které místy překrývají třetihorní lávové příkrovy (např. Božídarský Špičák; Demek a kol. 2006). Klínovecká hornatina má převážně plochý povrch, který se sklání k severozápadu. Směrem na jihovýchod klesá strmými svahy do Sokolovské pánve. Reliéf je narušován četnými údolími vodních toků, která jsou v pramenných oblastech mělká, ale postupně se prohlubují (Bína, Demek 2012). V krajině Klínovecké hornatiny převládají lesy, a to především smrkové porosty, které jsou typické pro celé Krušné hory. Okolí je bohaté na rašeliniště, louky a horské potoky.

Rolava pramení v Národní přírodní rezervaci Rolavská vrchoviště, a to přibližně 1 km na východ od Jeřábího vrchu v nadmořské výšce zhruba 920 m. n. m (tab. 10). Směr jejího toku míří převážně na

jihovýchod (obr. 1), protéká městy Nejdek a Nová Role. Mezi jejím 25. a 8. říčním kilometrem se nachází extrémní klesání, v důsledku čehož zde má řeka značný spád a v průměru klesá o přibližně 2 % (tedy každý kilometr o cca 20 m). Rolava nakonec ústí v Karlových Varech do Ohře na jejím 172. říčním kilometru. Celková délka toku činí 36,7 km s plochou povodí 137,3 km<sup>2</sup>, nad hlásným profilem je pak 20,1 km<sup>2</sup> (ČHMÚ 2024f). Průměrný roční průtok v Chaloupkách pak bývá 0,52 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ČHMÚ 2024f).

Hlásný profil v Chaloupkách se nachází na 27. říčním kilometru v nadmořské výšce 805 m. n. m. Podobně jako u Křemelné se ani nad tímto hlásným profilem nenachází nic antropogenního původu, co by mělo nějaký významnější vliv na teplotu vody ve vodním toku.

*Tabulka 10: Základní fyzicko-geografická charakteristika Rolavy.*

*Zdroje: VÚV T. G. M. 2020a, ČHMÚ 2024f.*

vodní tok	nadmořská výška pramene [m. n. m.]	délka toku [km]	plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	průměrný roční průtok [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Rolava	920	36,7	137,3	0,52

## 5 Výsledky

V následujících kapitolách jsou shrnuty výsledky jednotlivých statistických výpočtů pro všechny zkoumané vodní toky. Výsledky jsou rozdělené na profily Povodí Vltavy, která vycházejí z dat z měření v intervalu přibližně jednoho měsíce, a na profily ČHMÚ, která vycházejí z dat průměrných denních teplot. Výsledné hodnoty jsou přehledně zobrazeny v příslušných tabulkách, náležejících k jednotlivým profilům. Ve všech případech se pracovalo na úrovni měsíčních hodnot. Při výpočtu Mann-Kendallovu testu pak byla určena 5% hladina významnosti ( $p < 0,05$ ). Grafy vývoju teploty vody a vzduchu ve všech měsících i ročních obdobích je možné najít v přílohách, v této kapitole jsou zobrazeny pouze grafy těch měsíců a ročních období, ve kterých byl pomocí Mann-Kendallovu testu prokázán rostoucí trend teploty vody či teploty vzduchu.

### 5.1 Profily jakosti povrchové vody od Státního podniku Povodí Vltavy

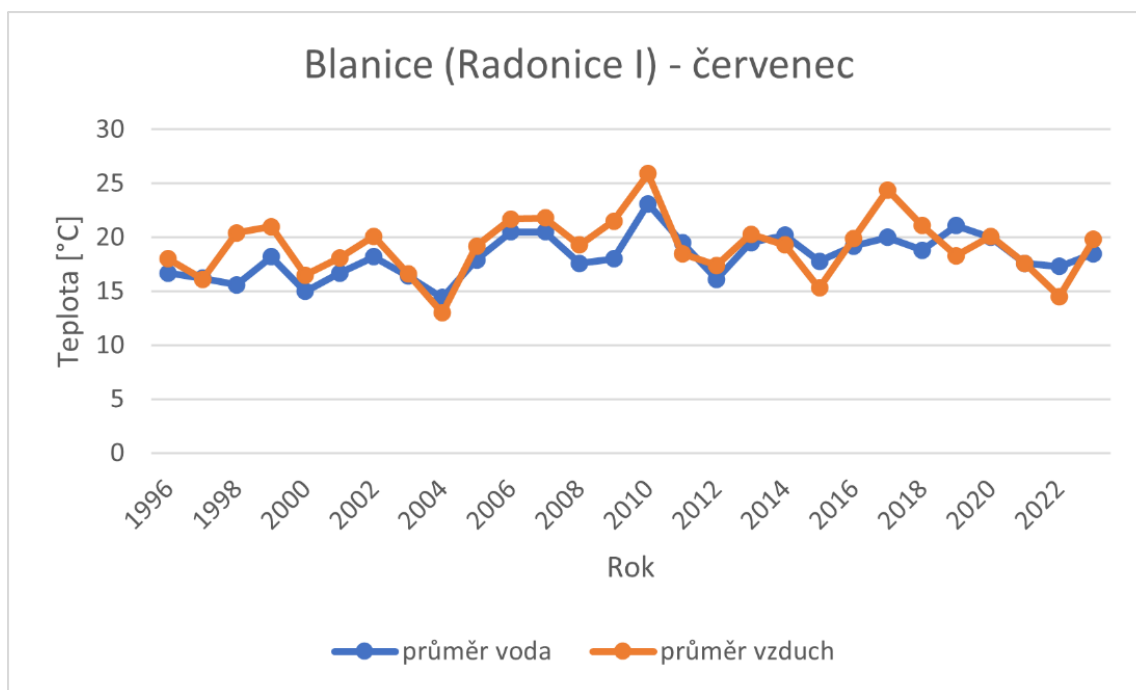
#### 5.1.1 Profil jakosti povrchové vody v Radonicích

Z tab. 11 je patrné, že průměrná teplota vzduchu byla vyšší než průměrná teplota vody pouze v letních měsících (červen, červenec, srpen). To ostatně potvrzují i údaje u ročních období v tab. 12. Je možné vidět, že na jaře se vzduch otepluje rychleji než voda, ale vyšších hodnot

dosahuje až v červnu. Na podzim se pak vzduch zase mnohem rychleji ochlazuje, přičemž v zimních měsících dosahuje rozdíl mezi průměrnými teplotami vody a vzduchu až cca 1,5 °C. To se následně projevuje i při porovnání teploty vody a teploty vzduchu za celé období, kde průměrná teplota vody vychází o 0,8 °C vyšší než průměrná teplota vzduchu. Korelační koeficient průměrné teploty vody a průměrné teploty vzduchu u jednotlivých měsíců nejčastěji vycházel mezi 0,6 a 0,7, což značí poměrně vysokou závislost. Ta se ještě výrazněji ukáže při porovnání obou teplot za celé období, kde korelační koeficient vychází 0,935. U roční období je patrná vyšší korelace teploty vody a vzduchu na jaře a na podzim než v zimě a v létě. Ačkoli parametry  $a$  lineární regrese naznačily povětšinou vzrůstající hodnoty v jednotlivých měsících v průběhu let, pomocí Mann-Kendalova testu se rostoucí trend podařilo prokázat pouze u teploty vody v červenci (obr. 2). Žádný trend se pak nepodařilo prokázat ani v rámci celého období. V rámci ročních období se pak vzrůstající trend prokázal pouze u teploty vody v létě (obr. 3)

Obr. 2: Vývoj teploty vody a vzduchu v červenci na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

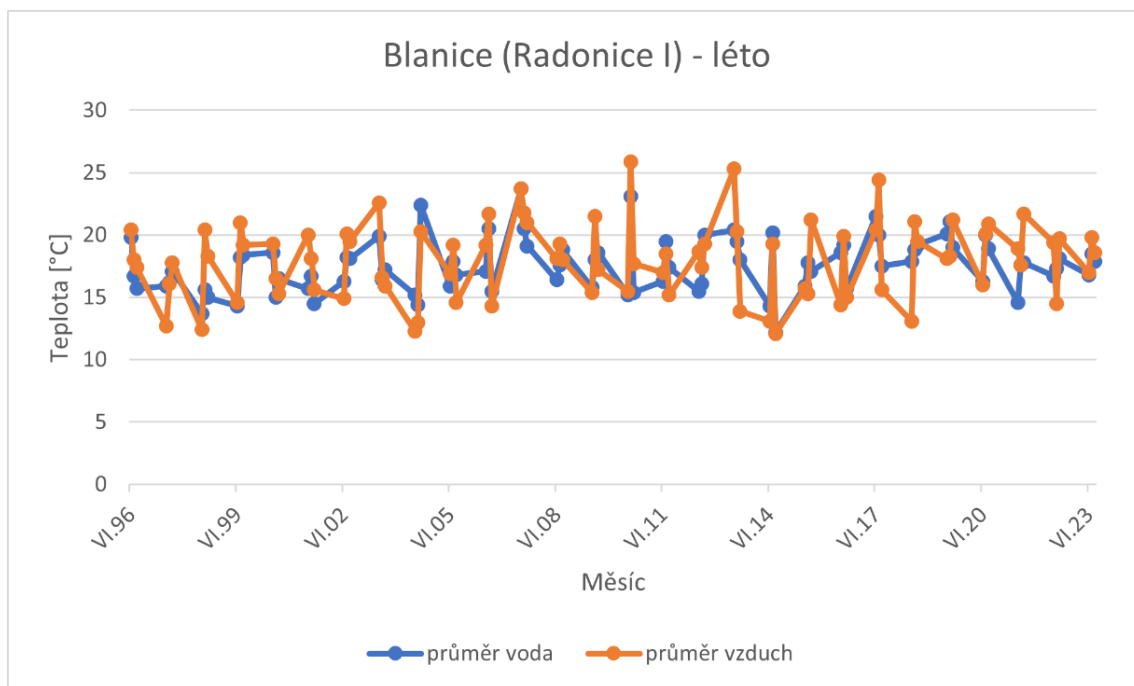
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.





Obr. 3: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 11: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	1,49	0	0,562	0,058	0,022	0,215	0,117	-0,037	0,797
únor	1,90	0,63	0,522	0,033	0,061	0,163	0,235	0,079	0,567
březen	4,57	3,53	0,617	0,008	$-1,56 \cdot 10^{-17}$	-0,005	0,984	-0,037	0,797
duben	9,18	8,42	0,672	0,006	0,044	0,029	0,843	0,104	0,453
květen	14,60	13,84	0,635	0,056	-0,069	0,085	0,540	-0,111	0,418
červen	17,09	17,33	0,623	0,028	0,030	0,126	0,362	0,080	0,566
červenec	18,24	19,13	0,688	0,114	0,031	0,288	0,034	0,053	0,707
srpen	17,43	17,71	0,617	0,047	0,074	0,199	0,144	0,173	0,206
září	13,77	12,66	0,461	0,056	0,071	0,141	0,304	0,133	0,333
říjen	9,79	9,01	0,552	0,027	0,076	0,053	0,707	0,096	0,489
listopad	5,47	3,17	0,720	0,024	-0,027	0,032	0,828	0,003	1
prosinec	3	1,54	0,667	0,006	0,059	0	1	0,096	0,489
celé období	9,71	8,91	0,935	$1,22 \cdot 10^{-4}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	0,041	0,259	0,022	0,545

Tabulka 12: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

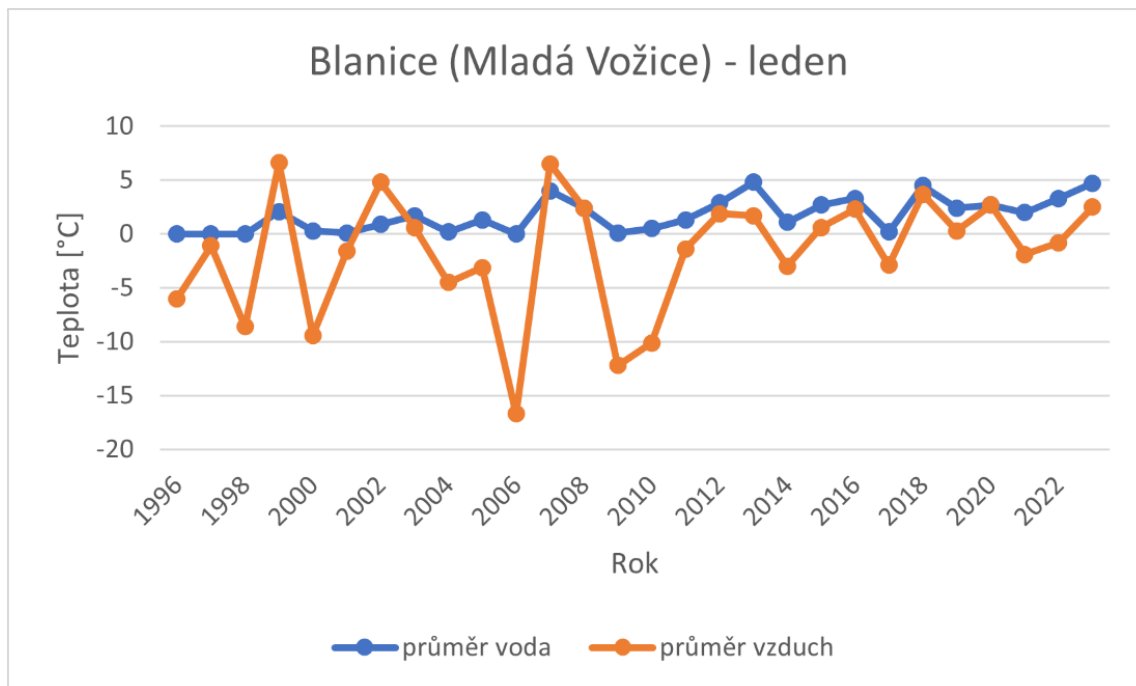
roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	9,45	8,60	0,888	$7,49 * 10^{-5}$	$-1,07 * 10^{-5}$	0,047	0,529	0,010	0,895
léto	17,58	18,06	0,677	$1,73 * 10^{-4}$	$1,23 * 10^{-4}$	0,184	0,014	0,080	0,283
podzim	9,68	8,28	0,824	$8,78 * 10^{-5}$	$9,83 * 10^{-5}$	0,021	0,778	0,033	0,665
zima	2,13	0,72	0,633	$9,89 * 10^{-5}$	$1,39 * 10^{-4}$	0,118	0,117	0,062	0,404
celé období	9,71	8,91	0,935	$1,22 * 10^{-4}$	$1,01 * 10^{-4}$	0,041	0,259	0,022	0,545

### 5.1.2 Profil jakosti povrchové vody v Mladé Vožici

Podobně jako u profilu v Radonicích i zde dosahuje voda vyšších průměrných teplot než vzduch po většinu roku, a to jak v jednotlivých měsících (s výjimkou července), tak v rámci ročních období (tab. 13, tab. 14). Tento rozdíl je zde navíc ještě výraznější, když se lednové teploty liší o více než 3 °C. Vyšší teplotu, než voda měl vzduch navíc pouze v červenci. Zároveň zde však korelační koeficient dosahoval o něco vyšších hodnot než v Radonicích, když zde nejčastěji vycházel okolo 0,7. Vyšší shoda se pak projevila i při porovnání obou teplot za celé období (0,943). U ročních období opět vyšla vyšší korelace teploty vody a vzduchu na jaře a na podzim. Parametry  $a$  lineární regrese opět naznačovaly převážně rostoucí hodnoty, s pomocí Mann-Kendalova testu se však znovu podařilo prokázat vzrůstající pouze u jednoho období, tentokrát teplota vody v lednu (obr. 4). Podobné výsledky se ukázaly i v rámci ročních období, pomocí Mann-Kendalova testu se zde podařilo prokázat vzrůstající trend teploty vody v zimě (obr.5).

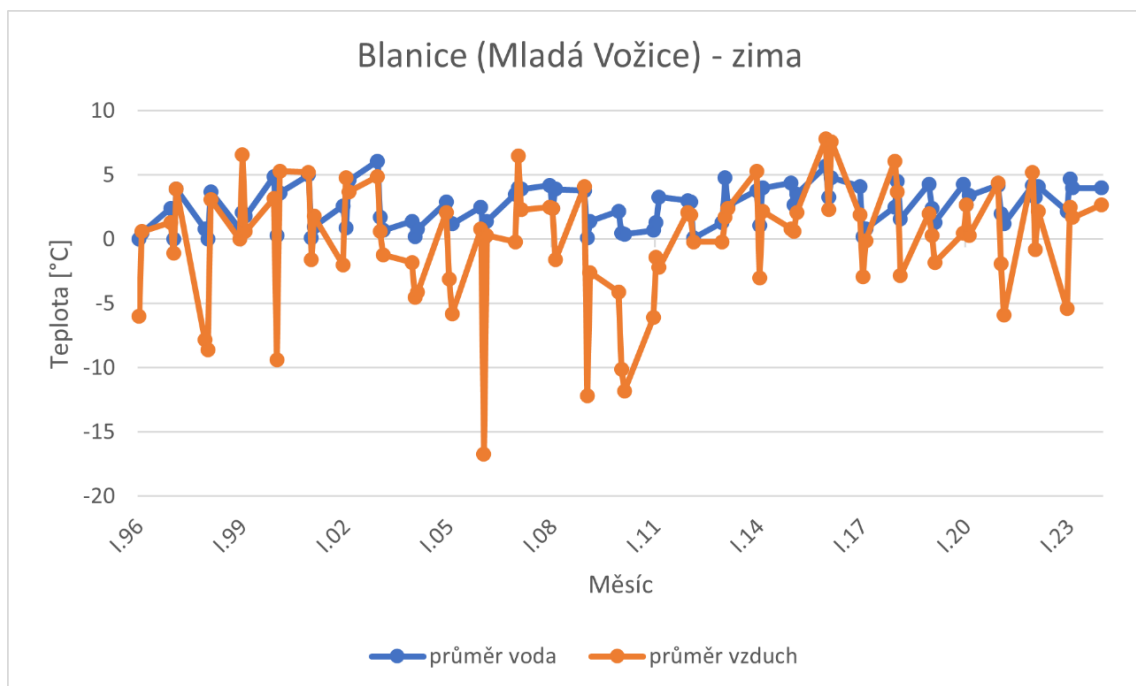
Obr. 4: Vývoj teploty vody a vzduchu v lednu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Obr. 5: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 13: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	1,77	-1,67	0,745	0,121	0,176	0,495	0	0,177	0,192
únor	2,41	0	0,681	0,022	-0,069	0,109	0,429	-0,162	0,236
březen	4,88	2,19	0,706	0,015	-0,011	0,064	0,649	-0,003	1
duben	9,41	7,45	0,810	0,067	0,105	0,189	0,166	0,175	0,199
květen	14,95	13	0,624	0,008	$1,92 \cdot 10^{-4}$	-0,040	0,782	-0,008	0,968
červen	17,66	16,25	0,718	0,034	0,119	0,040	0,782	0,149	0,277
červenec	18,31	18,45	0,427	0,058	0,027	0,184	0,178	-0,005	0,984
srpen	18,33	17,78	0,527	0,061	0,098	0,149	0,277	0,115	0,406
září	14,70	13,87	0,715	0,058	0,043	0,176	0,199	0,080	0,567
říjen	9,52	9,19	0,699	0,115	0,125	0,215	0,114	0,122	0,374
listopad	5,99	3,74	0,705	0,087	0,118	0,157	0,251	0,146	0,286
prosinec	3,28	1,26	0,689	0,047	0,100	0,176	0,198	0,160	0,243
celé období	10,11	8,47	0,943	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,16 \cdot 10^{-4}$	0,062	0,091	0,049	0,181

Tabulka 14: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

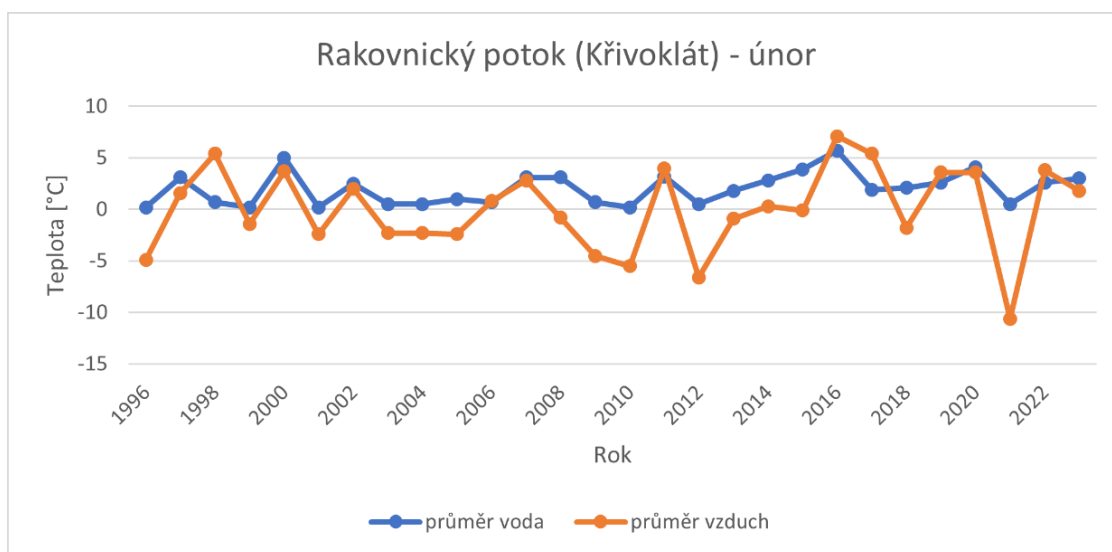
roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	9,81	7,58	0,903	$9,91 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	0,058	0,435	0,058	0,437
léto	18,10	17,49	0,582	$1,40 \cdot 10^{-4}$	$2,25 \cdot 10^{-4}$	0,142	0,059	0,110	0,140
podzim	10,22	9,09	0,890	$1,46 \cdot 10^{-4}$	$1,62 \cdot 10^{-4}$	0,040	0,594	0,022	0,766
zima	2,49	-0,14	0,744	$1,83 \cdot 10^{-4}$	$2,07 \cdot 10^{-4}$	0,241	0,001	0,067	0,370
celé období	10,11	8,47	0,943	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,16 \cdot 10^{-4}$	0,062	0,091	0,049	0,181

### 5.1.3 Profil jakosti povrchové vody v Křivoklátu

Oproti předchozím profilům zde byla zaznamenána průměrná teplota vzduchu nižší než 0 °C hned ve dvou měsících (leden, únor; tab. 15). Na druhou stranu se zde však teplota vzduchu zvyšovala daleko rychleji než teplota vody, a tak vzduch dosáhl vyšších hodnot už v květnu. Ty si pak navíc udržely až do září. Výsledky korelačních koeficientů za jednotlivé měsíce jsou o něco více rozkolísanější než u předchozích profilů, za celé období však i přes to dosáhl korelační koeficient dosud nejvyšší hodnoty, a to 0,957. V rámci ročních období vyšla znovu vyšší korelace teploty vody a vzduchu na jaře a na podzim (tab. 16). V jednotlivých měsících pak byl nejvyšší v prosinci (0,909) a v lednu (0,862). I zde naznačovaly parametry  $a$  lineární regrese vzestupný vývoj, Mann-Kendallův test však rostoucí trend prokázal pouze u teploty vody v únoru (obr. 6). V rámci ročních období pak byl vzrůstající trend prokázán jak u teploty vzduchu v létě (obr. 7), tak u teploty vody v zimě (obr. 8).

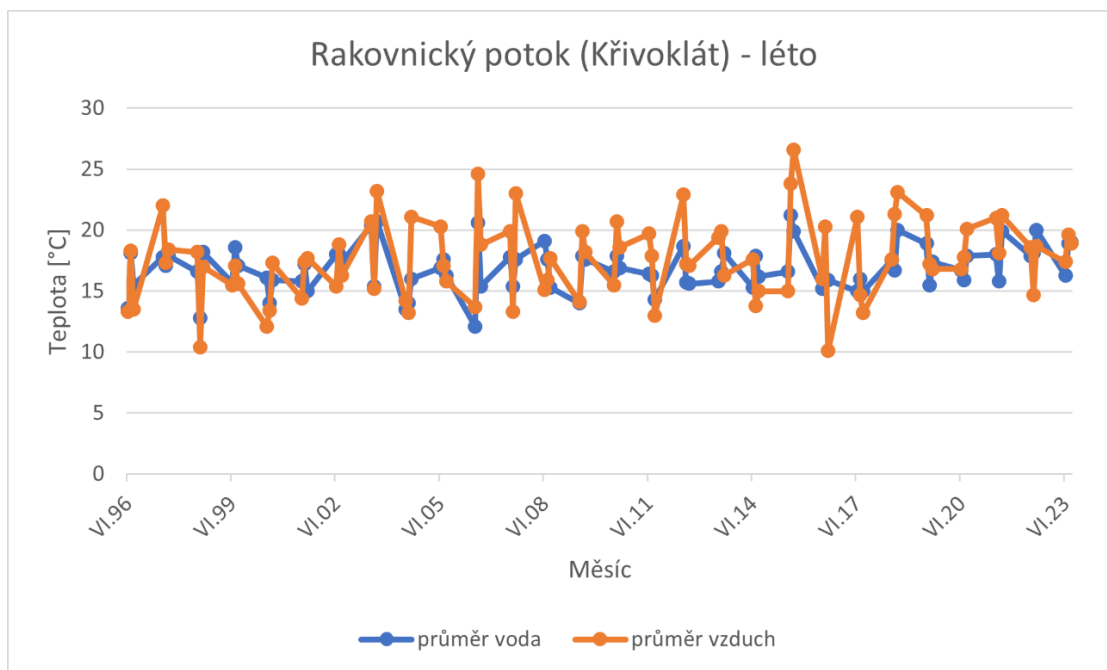
Obr. 6: Vývoj teploty vody a vzduchu v únoru na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



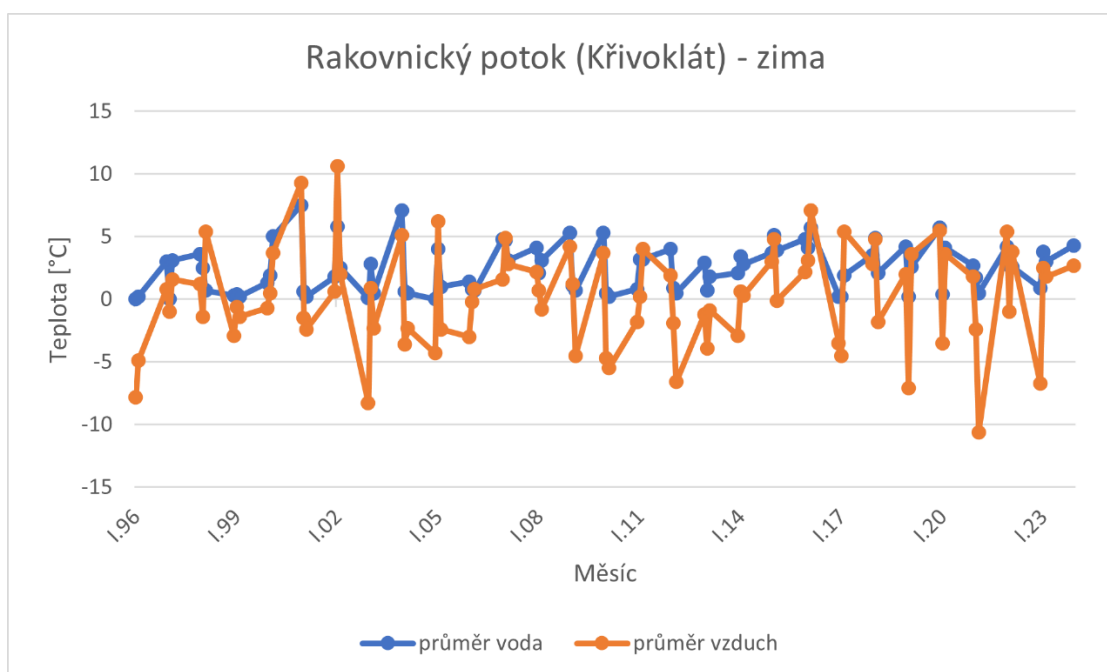
Obr. 7: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Obr. 8: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 15: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	2,11	-0,15	0,862	0,042	-0,018	0,165	0,228	0	1
únor	2,01	-0,02	0,711	0,064	0,043	0,280	0,043	0,101	0,464
březen	4,16	2,20	0,735	0,037	0,108	0,109	0,429	0,146	0,286
duben	8,71	7,71	0,738	0,087	0,031	0,191	0,160	0,080	0,566
květen	13,81	13,90	0,810	-0,007	-0,022	-0,011	0,953	-0,096	0,489
červen	16,51	17,45	0,567	0,039	0,116	0,107	0,440	0,212	0,118
červenec	16,89	17,46	0,554	0,030	0,106	0,048	0,737	0,186	0,172
srpen	17,21	17,94	0,615	0,073	0,055	0,200	0,143	0,117	0,395
září	14,32	14,36	0,781	0,099	0,011	0,256	0,060	-0,035	0,812
říjen	10,07	9,57	0,719	0,051	0,009	0,143	0,295	0,021	0,890
listopad	5,16	3,55	0,835	0,082	-0,007	0,165	0,228	-0,037	0,797
prosinec	3,20	0,74	0,909	0,026	0,046	0,098	0,477	0,133	0,333
celé období	9,54	8,73	0,957	$1,49 * 10^{-4}$	$1,23 * 10^{-4}$	0,052	0,156	0,031	0,405

Tabulka 16: Dlouhodobý trend pro v rámci ročních období průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

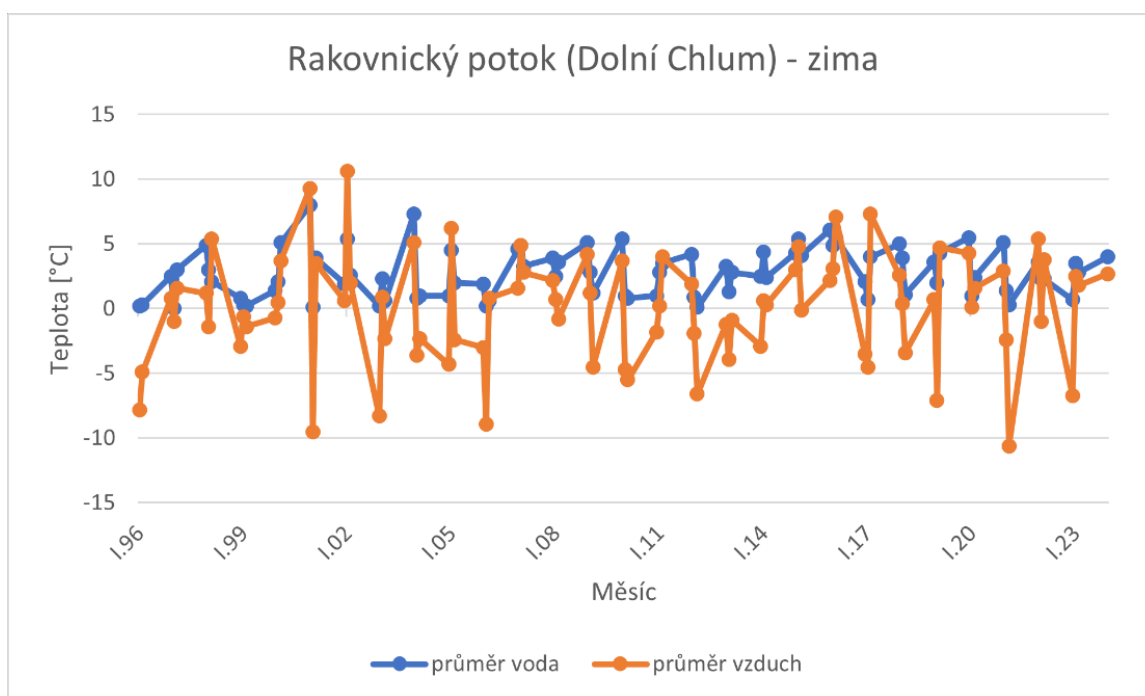
roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	8,89	7,94	0,940	$1,17 * 10^{-4}$	$1,19 * 10^{-4}$	0,072	0,338	0,051	0,492
léto	16,87	17,62	0,577	$1,30 * 10^{-4}$	$2,53 * 10^{-4}$	0,124	0,100	0,160	0,032
podzim	9,94	9,16	0,929	$1,62 * 10^{-4}$	$-2,14 * 10^{-5}$	0,059	0,428	-0,012	0,874
zima	2,44	0,19	0,833	$1,29 * 10^{-4}$	$7,13 * 10^{-5}$	0,180	0,017	0,074	0,325
celé období	9,54	8,73	0,957	$1,49 * 10^{-4}$	$1,23 * 10^{-4}$	0,052	0,156	0,031	0,405

#### 5.1.4 Profil jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu

Podobně jako na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu i zde, v Dolním Chlumu, dosáhla průměrná teplota vzduchu vyšších hodnot než průměrná teplota vody již v květnu (tab. 17). V tomto případě však vyšší hodnoty vzduchu vydržely pouze do srpna. Korelační koeficient za jednotlivé měsíce je opět poměrně rozkolísaný (nejčastěji mezi 0,6 a 0,9). Za celé sledované období pak ovšem znovu dosahuje velmi vysoké hodnoty (vyšší než 0,95). Mezi ročními obdobími vyšla opět korelace teploty vody a vzduchu nejvyšší na jaře a na podzim (tab. 18). Pomocí Mann-Kendallova testu se zde tentokrát nepodařilo prokázat trend v žádném z měsíců. V rámci ročních období se ovšem podařilo prokázat rostoucí trend teploty vody v zimě (obr. 9).

Obr. 9: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.





Tabulka 17: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	2,31	-0,77	0,834	0,051	0,036	0,203	0,138	0,034	0,813
únor	2,35	0,17	0,755	0,031	0,010	0,122	0,374	0,032	0,828
březen	4,37	2,64	0,713	0,090	0,146	0,207	0,128	0,202	0,138
duben	8,22	8	0,610	0,038	0,073	0,082	0,553	0,151	0,268
květen	13,48	13,96	0,711	-0,027	-0,022	-0,098	0,477	-0,061	0,664
červen	16,38	17,45	0,590	0,031	0,111	0,056	0,692	0,170	0,213
červenec	17	17,71	0,675	0,061	0,134	0,160	0,243	0,218	0,109
srpen	17,01	17,62	0,564	0,038	0,009	0,121	0,383	0,027	0,859
září	14,48	14,28	0,764	0,084	-0,027	0,254	0,063	-0,069	0,621
říjen	10,25	9,62	0,703	0,034	0,020	0,112	0,418	0,056	0,693
listopad	5,80	3,65	0,903	0,034	0,002	0,069	0,621	-0,016	0,921
prosinec	3,57	0,68	0,870	0,032	0,039	0,120	0,384	0,138	0,313
celé období	9,60	8,75	0,954	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$1,41 \cdot 10^{-4}$	0,046	0,213	0,033	0,370

Tabulka 18: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

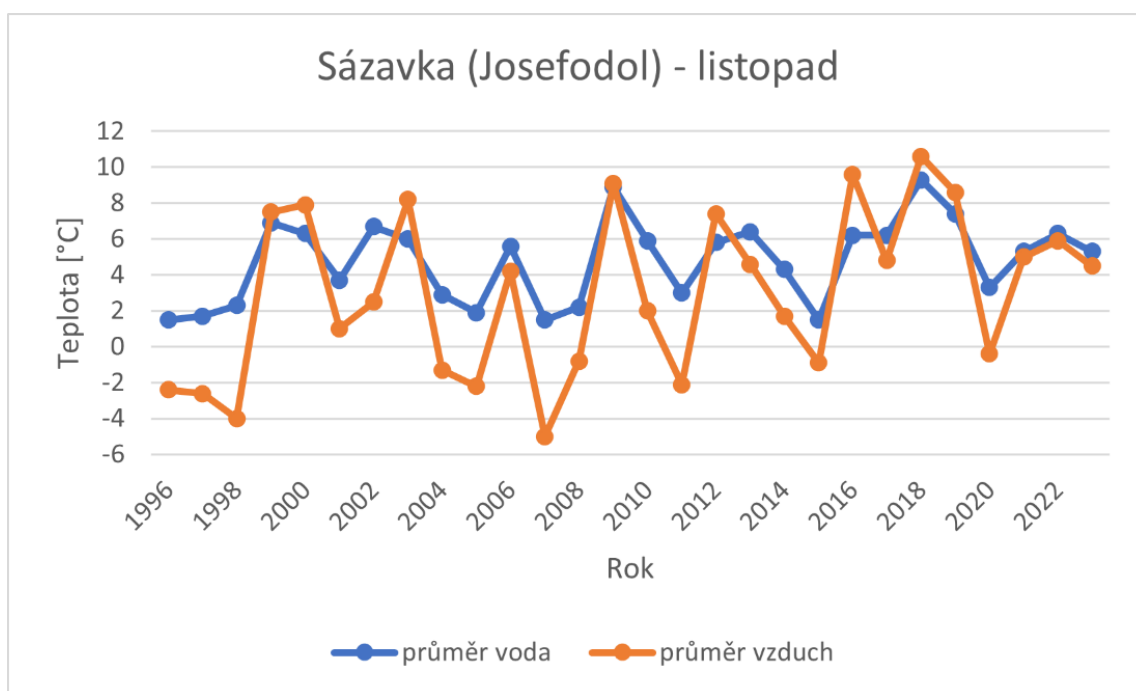
roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	8,69	8,20	0,917	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$1,93 \cdot 10^{-4}$	0,063	0,400	0,078	0,295
léto	16,80	17,59	0,601	$1,19 \cdot 10^{-4}$	$2,31 \cdot 10^{-4}$	0,111	0,140	0,143	0,055
podzim	10,18	9,18	0,924	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$-1,71 \cdot 10^{-5}$	0,046	0,544	-0,007	0,929
zima	2,74	0,03	0,825	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$8,63 \cdot 10^{-5}$	0,150	0,046	0,064	0,393
celé období	9,60	8,75	0,954	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$1,41 \cdot 10^{-4}$	0,046	0,213	0,033	0,370

### 5.1.5 Profil jakosti povrchové vody v Josefodole

Na profilu v Josefodole (jako jediném z profilů jakosti povrchové vody) dosáhla průměrná teplota vzduchu za celé sledované období vyšší hodnoty než průměrná teplota vody (tab. 19). V rámci jednotlivých měsíců pak teplota vzduchu zaznamenávala vyšší hodnoty už od března, přičemž největší rozdíly nastaly v červnu a v červenci (necelé 3 °C), a teprve až v říjnu klesla níže než teplota vody. Obdobně byla v rámci ročních období teplota vzduchu vyšší než teplota vody na jaře a v létě (tab. 20). V lednu však naopak byla teplota vody vyšší o téměř 3 °C než teplota vzduchu. Korelační koeficienty se v jednotlivých měsících opět pohybovaly nejčastěji mezi 0,6 a 0,9, za celé období pak dosáhl hodnoty 0,951. Nejvyšší hodnoty v jednotlivých měsících pak dosáhl v listopadu (0,888) a v prosinci (0,815). U ročních období pak byla korelace teploty vody a vzduchu opět vyšší na jaře a na podzim. Parametry  $a$  lineární regrese sice opět naznačovaly mírně rostoucí vývoj, jediný vzrůstající trend se za pomoci Mann-Kendalova testu prokázal pouze u teploty vzduchu v listopadu (obr. 10). V rámci ročních období se pak rostoucí trend podařilo prokázat u teploty vzduchu v létě (obr. 11).

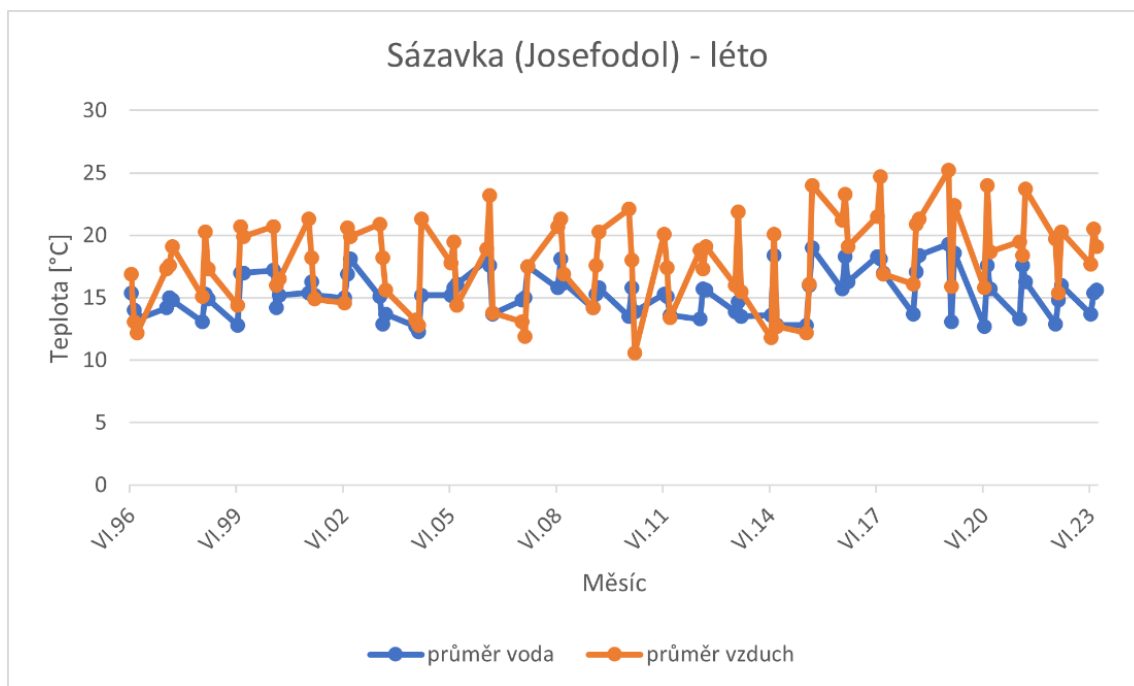
Obr. 10: Vývoj teploty vody a vzduchu v listopadu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Obr. 11: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 19: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	1,33	-1,52	0,664	0,019	0,056	0,093	0,511	0,064	0,649
únor	2,27	0,57	0,661	0,014	0,020	0,040	0,782	0,050	0,722
březen	4,26	4,39	0,682	0,026	0,110	0,035	0,812	0,181	0,185
duben	8,30	8,31	0,769	0,057	0,038	0,117	0,395	0,077	0,580
květen	12,46	13,88	0,592	-0,055	-0,124	-0,117	0,395	-0,252	0,063
červen	14,63	17,61	0,577	-0,006	0,101	-0,093	0,501	0,133	0,333
červenec	15,81	18,71	0,723	0,065	0,114	0,206	0,133	0,138	0,313
srpen	15,65	17,73	0,729	0,068	0,157	0,216	0,113	0,231	0,092
září	12,14	13,41	0,696	-0,015	0,015	-0,038	0,797	-0,008	0,968
říjen	8,40	7,65	0,785	0,023	0,164	0,027	0,859	0,215	0,114
listopad	4,80	2,98	0,888	0,097	0,209	0,197	0,149	0,280	0,038
prosinec	2,29	-0,54	0,815	0,006	0,102	0,013	0,937	0,109	0,429
celé období	8,53	8,60	0,951	$8,19 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	0,029	0,423	0,050	0,172

Tabulka 20: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

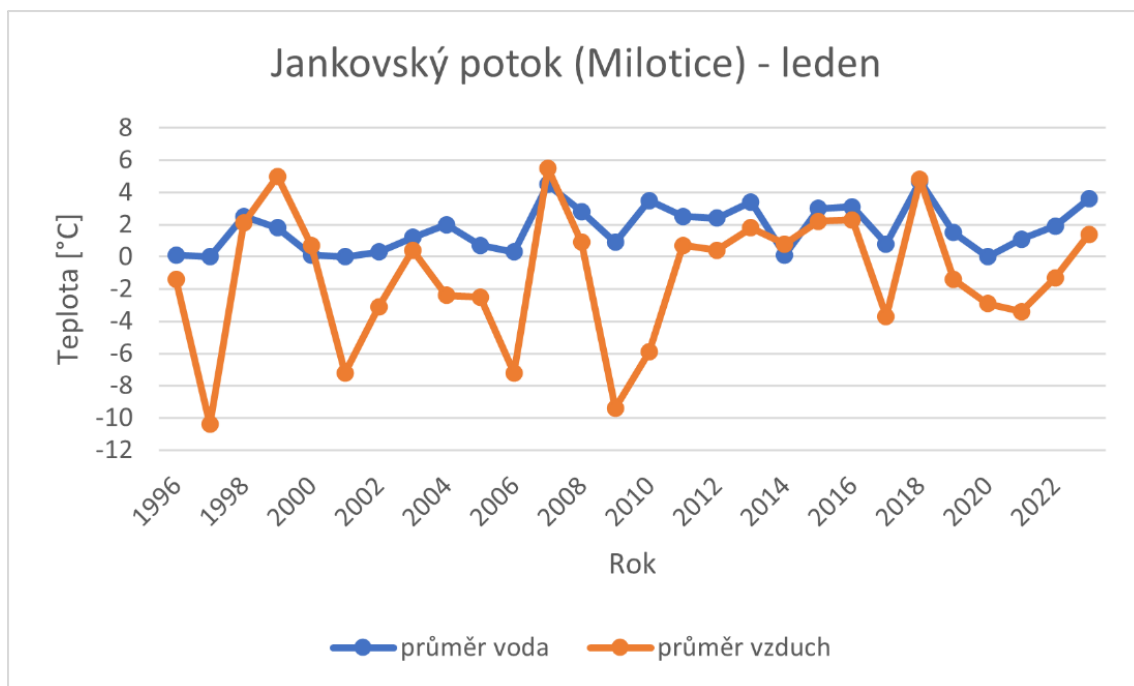
roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	8,34	8,86	0,882	$3,51 \cdot 10^{-5}$	$3,34 \cdot 10^{-5}$	0,037	0,621	0,039	0,599
léto	15,40	18,07	0,672	$9,69 \cdot 10^{-5}$	$3,07 \cdot 10^{-4}$	0,107	0,155	0,166	0,027
podzim	8,45	8,01	0,923	$8,72 \cdot 10^{-5}$	$3,41 \cdot 10^{-4}$	0,012	0,871	0,085	0,256
zima	1,96	-0,50	0,715	$4,01 \cdot 10^{-5}$	$1,62 \cdot 10^{-4}$	0,052	0,489	0,072	0,334
celé období	8,53	8,60	0,951	$8,19 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	0,029	0,423	0,050	0,172

### 5.1.6 Profil jakosti povrchové vody v Miloticích

Podobně jako na profilech jakosti povrchové vody v Křivoklátu nebo v Josefodole byla i zde ve dvou měsících zaznamenána průměrná teplota vzduchu nižší než 0 °C (konkrétně v lednu a v únoru). V únoru byl dokonce rozdíl mezi teplotou vody a teplotou vzduchu vyšší než 3,5 °C (tab. 21). Již v květnu však vyšších hodnot dosahovala teplota vzduchu, která se pak rychleji než teplota vody opět ochladila až v září. Korelační koeficient v jednotlivých měsících vycházel o něco nižší než na předchozích profilech, nejčastěji mezi 0,7 a 0,8. Za celé období pak dosáhl hodnoty 0,945. Také v tomto případě vyšla korelace teploty vody a vzduchu vyšší na jaře a na podzim. I zde parametry  $a$  lineární regrese naznačovaly převážně rostoucí vývoj, oproti předchozím profilům se zde však pomocí Mann-Kendallova testu podařilo prokázat vzrůstající trend hned ve třech měsících. V tomto případě šlo konkrétně o teplotu vody v lednu (obr. 12), v únoru (obr. 13) a v září (obr. 14). V rámci ročních období (tab. 22) pak byl rostoucí trend prokázán v zimě jak u teploty vody, tak u teploty vzduchu (obr. 15).

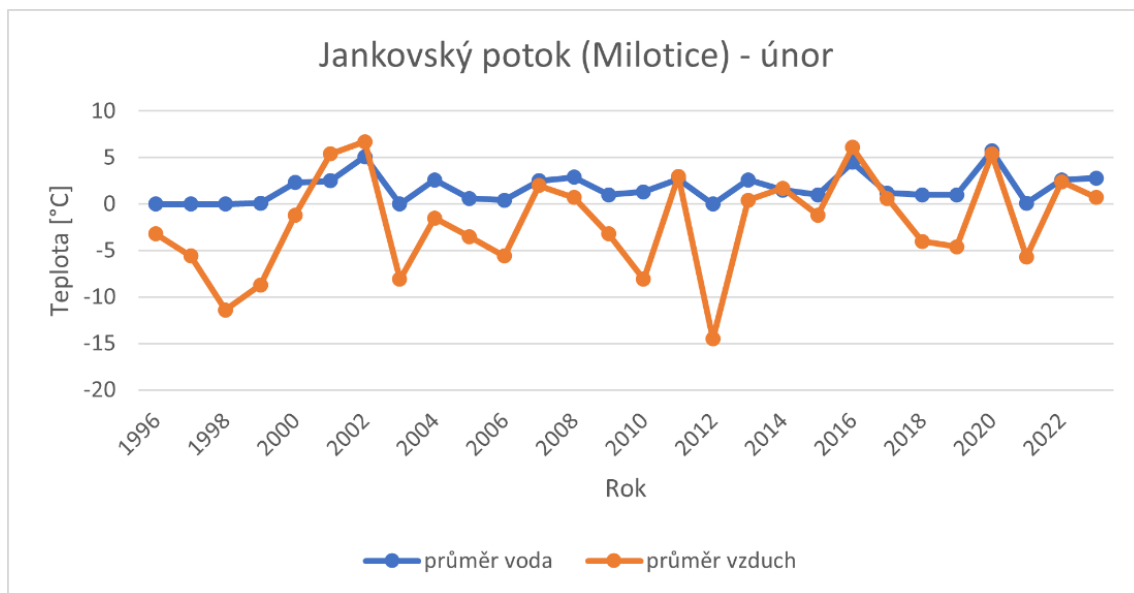
Obr. 12: Vývoj teploty vody a vzduchu v lednu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



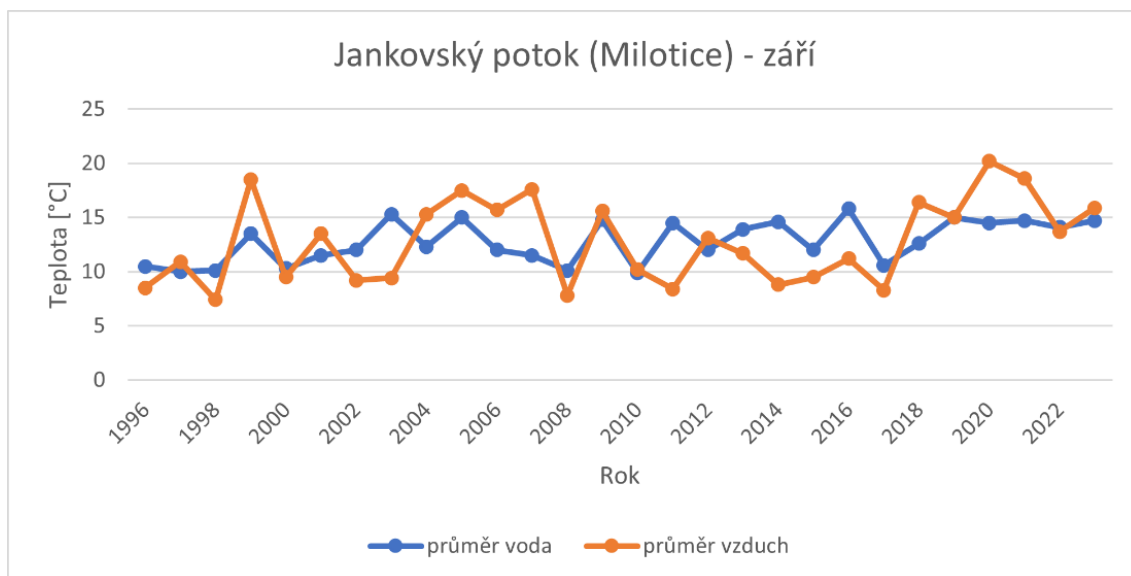
Obr. 13: Vývoj teploty vody a vzduchu v únoru na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



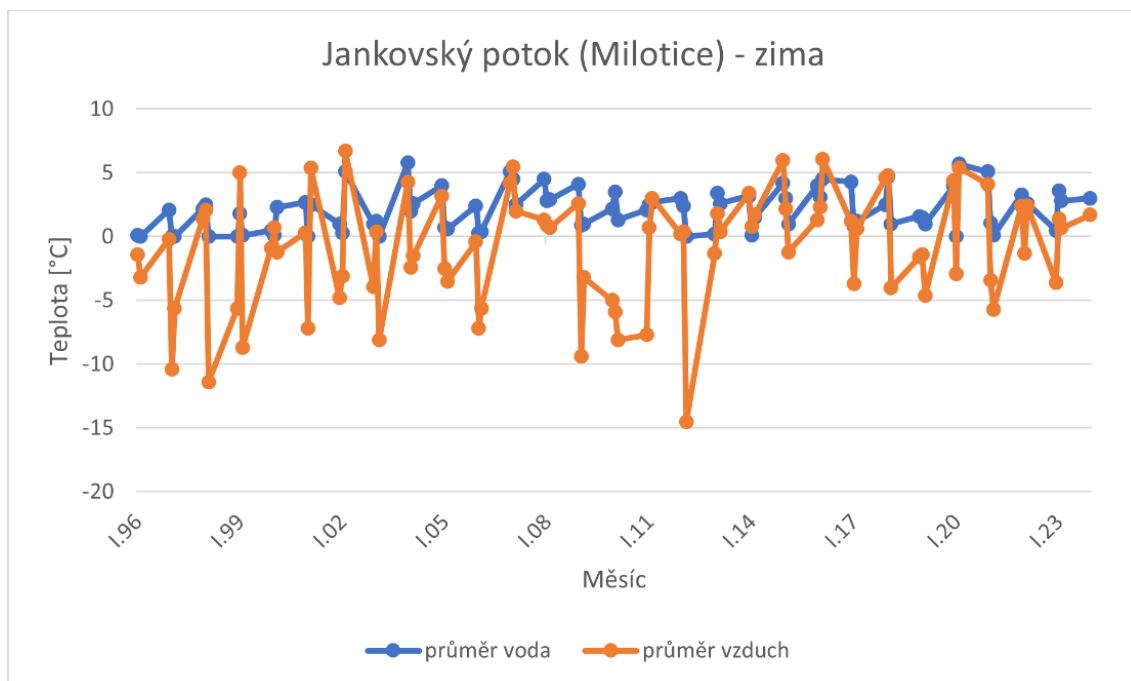
Obr. 14: Vývoj teploty vody a vzduchu v září na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Obr. 15: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 21: Dlouhodobý měsíční trend pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

měsíc	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
leden	1,74	-1,19	0,655	0,063	0,085	0,273	0,046	0,106	0,441
únor	1,71	-1,96	0,861	0,056	0,168	0,275	0,047	0,171	0,213
březen	3,29	2,46	0,759	-0,007	-0,034	-0,027	0,859	-0,051	0,722
duben	7,71	7,29	0,717	-0,009	-0,053	0,082	0,553	-0,011	0,953
květen	12,54	12,73	0,755	-0,053	-0,033	-0,064	0,649	-0,040	0,782
červen	15,26	16,18	0,574	-0,015	0,055	-0,040	0,782	0,082	0,553
červenec	16,20	18,09	0,571	0,036	-0,073	0,099	0,476	-0,191	0,161
srpen	15,96	17,98	0,771	0,074	0,048	0,173	0,206	0,024	0,874
září	12,78	12,76	0,419	0,124	0,145	0,346	0,011	0,209	0,123
říjen	9,18	8,78	0,706	0,057	0,082	0,199	0,144	0,140	0,304
listopad	5,74	4,06	0,777	0,045	-0,087	0,106	0,441	-0,135	0,323
prosinec	2,81	0,41	0,784	0,047	0,121	0,174	0,205	0,183	0,179
celé období	8,74	8,14	0,945	$1,16 \cdot 10^{-4}$	$1,20 \cdot 10^{-4}$	0,046	0,215	0,022	0,541

Tabulka 22: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.

Zdroj: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	7,85	7,49	0,871	$-5,22 \cdot 10^{-5}$	$-9,77 \cdot 10^{-5}$	0,007	0,923	-0,024	0,746
léto	15,80	17,45	0,695	$9,02 \cdot 10^{-5}$	$1,73 \cdot 10^{-5}$	0,074	0,322	-0,001	0,991
podzim	9,23	8,53	0,856	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	0,090	0,228	0,033	0,660
zima	2,09	-0,91	0,789	$1,59 \cdot 10^{-4}$	$3,56 \cdot 10^{-4}$	0,235	0,002	0,151	0,044
celé období	8,74	8,14	0,945	$1,16 \cdot 10^{-4}$	$1,20 \cdot 10^{-4}$	0,046	0,215	0,022	0,541

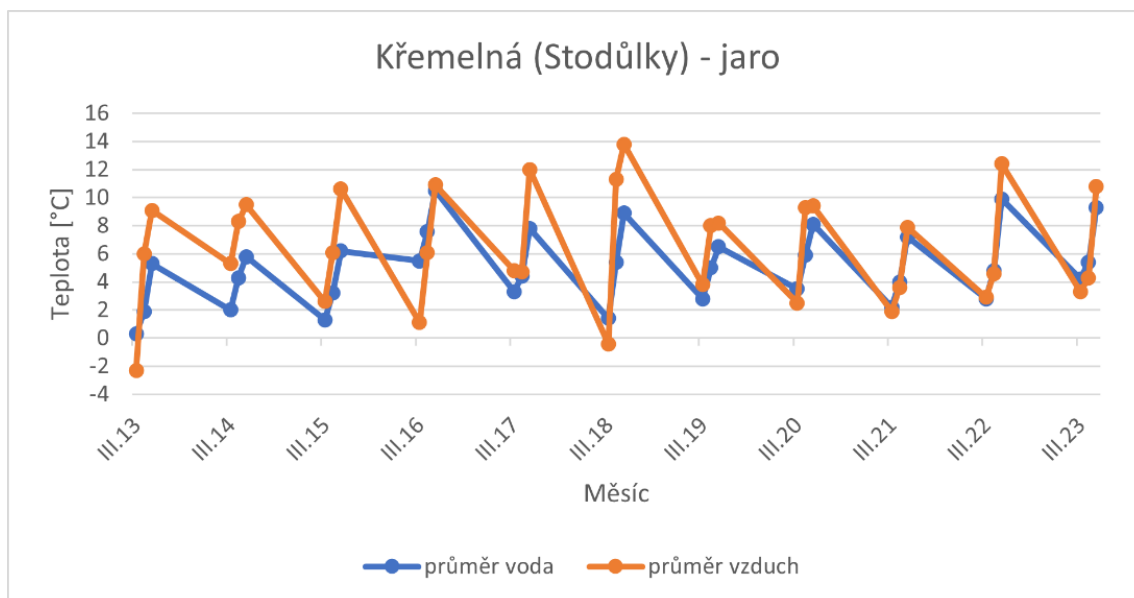
## 5.2 Hlásné profily ČHMÚ

### 5.2.1 Hlásný profil ve Stodůlkách

Na hlásném profilu ve Stodůlkách byla porovnávána roční období, nikoliv jednotlivé měsíce. S výjimkou zimy (prosinec, leden, únor) zde byla průměrná teplota vzduchu vždy vyšší než průměrná teplota vody (tab. 23). V letních měsících (červen, červenec, srpen) tento rozdíl činil i více než 4,5 °C. To se následně projevilo i při porovnání teploty vody a teploty vzduchu za celé hodnocené období, kde vyšla teplota vzduchu o více než 1 °C vyšší. Korelační koeficient se ukázal vyšší pro jarní a podzimní měsíce (okolo 0,8), oproti tomu v letních a zimních měsících nebyla korelace mezi teplotou vody a teplotou vzduchu zaznamenána tak vysoká, pouze mezi 0,40 a 0,45. Za celé sledované období však i přes to ukázal korelační koeficient velmi vysokou korelaci mezi teplotou vzduchu a vody (0,922). Pomocí Mann-Kendallova testu se pak podařilo prokázat vzrůstající trend teploty vody v jarních (obr. 16), letních (obr. 17) i zimních měsících (obr. 18). Vzestupný trend teploty vody se zde podařilo prokázat i v rámci celého sledovaného období.

Obr. 16: Vývoj teploty vody a vzduchu na jaře na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

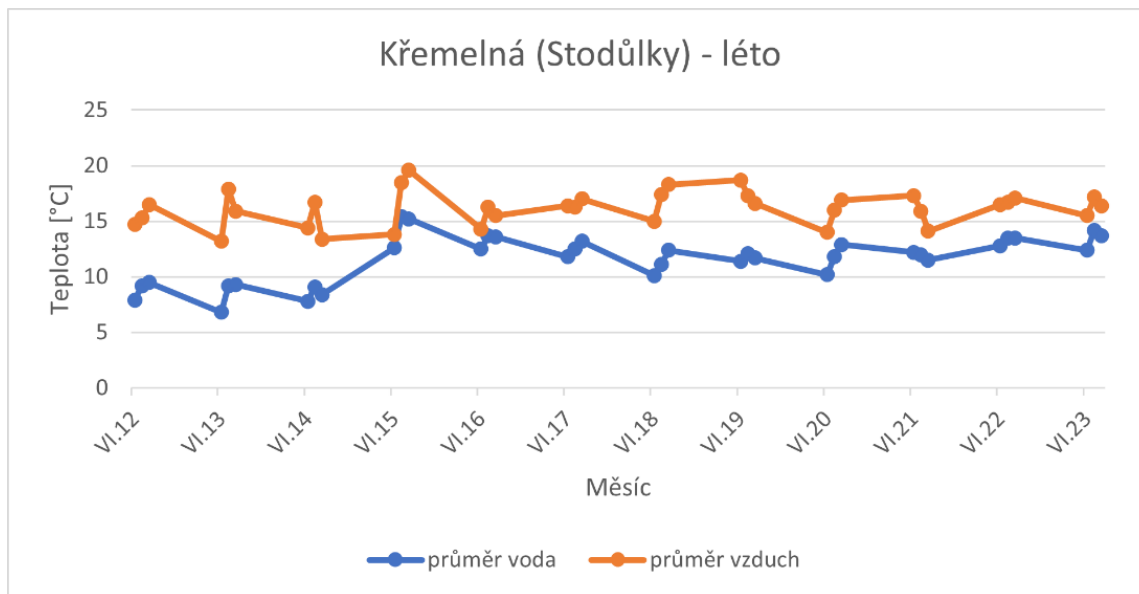
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.





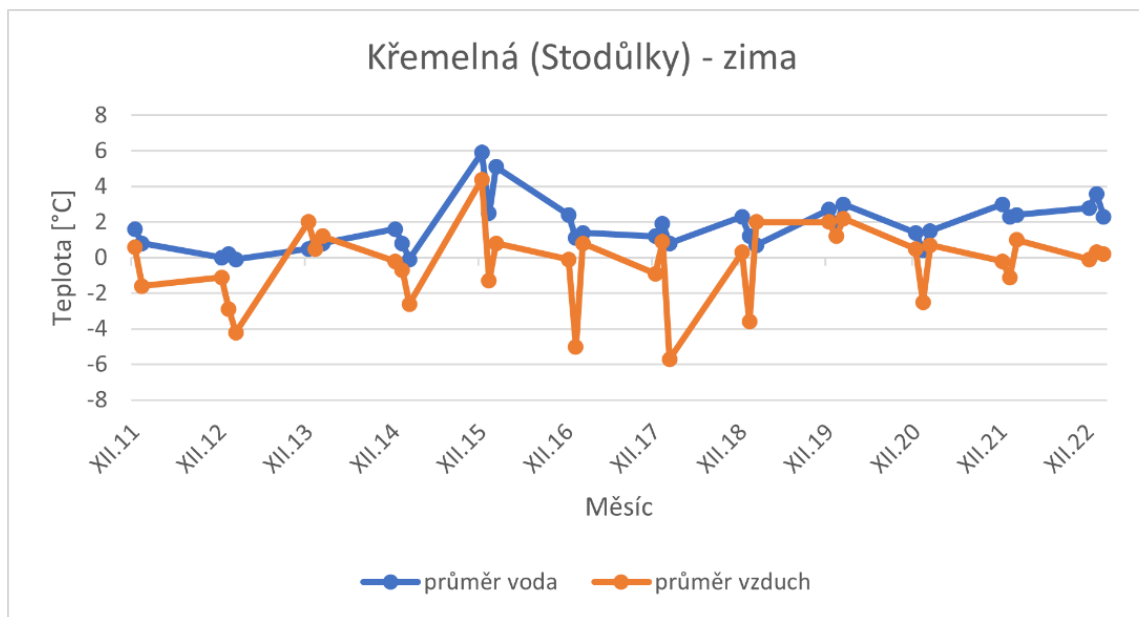
Obr. 17: Vývoj teploty vody a vzduchu v létě na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Obr. 18: Vývoj teploty vody a vzduchu v zimě na profilu jakosti povrchové vody ve Stodůlkách 1996–2023.

Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



Tabulka 23: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na hlásném profilu ve Stodůlkách prosinec 2011 – listopad 2023.

Zdroj: ČHMÚ 2024g, ČHMÚ 2024.

roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	5,05	6,44	0,784	0,001	$7,99 * 10^{-5}$	0,243	0,049	0,017	0,901
léto	11,59	16,18	0,421	0,001	$2,41 * 10^{-4}$	0,367	0,002	0,161	0,173
podzim	7,13	7,72	0,811	0,001	$3,38 * 10^{-4}$	0,142	0,230	0,024	0,849
zima	1,73	-0,35	0,442	$4,27 * 10^{-4}$	$2,78 * 10^{-4}$	0,379	0,002	0,103	0,394
celé období	6,44	7,58	0,922	0,001	$3,91 * 10^{-4}$	0,151	0,008	0,049	0,388

### 5.2.2 Hlásný profil v Chaloupkách

Tabulka 24: Dlouhodobý trend v rámci ročních období pro průměrné teploty vody a vzduchu na hlásném profilu v Chaloupkách prosinec 2011 – listopad 2023.

Zdroj: ČHMÚ 2024g, DWD 2024.

roční období	průměrná teplota vody [°C]	průměrná teplota vzduchu [°C]	korelační koeficient	parametr $a$ lineární regrese teploty vody	parametr $a$ lineární regrese teploty vzduchu	MK - Stat voda	p-hodnota teploty vody	MK - Stat vzduch	p-hodnota teploty vzduchu
jaro	5,71	4,92	0,966	$8,40 * 10^{-6}$	$-1,92 * 10^{-4}$	0,049	0,683	-0,045	0,713
léto	12,85	14,80	0,834	$1,39 * 10^{-4}$	$3,04 * 10^{-4}$	0,096	0,421	0,186	0,117
podzim	7,84	6,58	0,965	$9,21 * 10^{-5}$	$1,58 * 10^{-4}$	0,005	0,978	-0,008	0,957
zima	1,98	-1,69	0,630	$1,98 * 10^{-4}$	$2,98 * 10^{-4}$	0,203	0,088	0,080	0,504
celé období	7,10	6,15	0,974	$2,84 * 10^{-4}$	$3,87 * 10^{-4}$	0,063	0,263	0,046	0,420

Na rozdíl od profilu ve Stodůlkách byla zde, na hlásném profilu v Chaloupkách, průměrná teplota vzduchu vyšší než průměrná teplota vody pouze v letních měsících (tab. 24). V zimě zde navíc byla teplota vzduchu nižší v porovnání s teplotou vody o více než 3,5 °C. V rámci celého období pak byla průměrná teplota vody vyšší o necelý 1 °C. V porovnání se Stodůlkami zde pro jednotlivá roční období vycházel korelační koeficient ztelně vyšší, s výjimkou zimy by se pak dalo hovořit i o velmi vysoké korelaci mezi teplotou vody a vzduchu. Ta se pak zvláště projevuje při pozorování celého

období, kde dosahuje hodnoty 0,974. Naproti tomu se však nepodařilo pomocí Mann-Kendallova testu prokázat trend u žádného z pozorovaných období.

## 6 Diskuze

Také diskuze byla rozdělena na dvě části. V první byly srovnávány výsledky z profilů jakosti povrchové vody od Státního podniku Povodí Vltavy, druhá část se pak zaměřila na výsledky z hlásných profilů ČHMÚ.

### **6.1 Profily jakosti povrchové vody od Státního podniku Povodí Vltavy**

Z výsledků této práce je možné vyvozovat hned několik podstatných věcí. Tou první je, že korelační koeficient vyšel ve všech případech poměrně vysoký – na všech místech pozorování se pohyboval od 0,4 až po téměř 1, přičemž většina výsledků se nacházela mezi 0,6 a 0,8. Z toho lze usuzovat, že teplota vody a teplota vzduchu spolu z velké části souvisí, a je tak odůvodnitelné určit teplotu vzduchu jako do poměrně vysoké míry vysvětlující faktor k teplotě vody. Jinými slovy, teplota vody je do značné míry závislá na teplotě vzduchu.

Další zajímavou skutečností, kterou lze odvodit z výsledků profilů jakosti povrchové vody od Povodí Vltavy, je rostoucí vývoje jak teploty vody, tak teploty vzduchu na všech profilech v rámci celého období. Tento růst byl sice příliš malý, a tak se nepodařilo pomocí Mann-Kendallova testu s jistotou prokázat trend (bylo by zapotřebí hodnotit delší časové období), nesporným faktem však zůstává, že parametr  $a$  lineární regrese teploty vody i teploty vzduchu vyšel na všech profilech v kontextu celého období kladný. Toto zjištění by odpovídalo závěrům z několika dalších studií (Webb, Nobilis 2007; Kaushal a kol. 2010; Graf, Wrzesiński 2020). V rámci jednotlivých měsíců vyšel parametr  $a$  ve většině případů rovněž kladný, ačkoliv několikrát se vyskytly záporné hodnoty. Z tohoto pohledu je nejzajímavější květen, u kterého vyšly záporné hodnoty v devíti z dvanácti případů a v dalších dvou jen velmi nízké kladné. Nepochybně by stálo za zvážení v případném dalším výzkumu zjistit, zda šlo v tomto případě pouze o náhodnou chybu, vyplývající z charakteru databáze, či zda se během tohoto sledovaného období květen na vybraných stanicích/profilech skutečně ochladil, např. zda nedošlo k zesílení jevu tzv. „ledových mužů“, kteří přinášejí chladnější počasí právě v první polovině května (Kopáček, Bednář 2005). Pomocí funkce lineární regrese tak bylo zjištěno, že jak teplota vody, tak teplota vzduchu na většině sledovaných míst stoupá v jednotlivých měsících v průměru v řádu setin stupně Celsia za rok. Dále je možné z tabulek vyčíst, že se v rámci celého období na čtyřech z šesti profilů otepleval vzduch více než voda. To lze ostatně pozorovat i na jednotlivých měsících, kdy teplota vzduchu většinou stoupá více než teplota vody. Z toho vyplývá, že teplota vzduchu roste rychleji a teplota vody ji pouze následuje, což by měl být další z důkazů vlivu teploty vzduchu na teplotu vody.

Pomocí Mann-Kendalova testu se na profilech jakosti povrchové vody podařilo prokázat vzrůstající trend teploty vody pouze v červenci v Radonicích, v lednu v Mladé Vožici, v únoru v Křivoklátu a v lednu, únoru a září v Miloticích. Pouze v listopadu v Josefodole se pak podařilo potvrdit vzrůstající teplotu vzduchu. To je pravděpodobně způsobeno příliš krátkým obdobím, po které byla data pro obě proměnné dostupná. Z analýzy pomocí lineární regrese lze sice odvodit, že teploty na většině stanic a profilů v daném období stoupaly, avšak tento nárůst byl příliš malý a během příliš krátkého časového úseku, takže se vzrůstající trend nepodařilo s jistotou prokázat. Ten se tak potvrdil pouze na těch stanicích a profilech, kde mezi lety 1996 a 2023 došlo k výraznému nárůstu teplot. V případě dlouhodobějšího pozorování, při kterých by se podařilo prokázat vzrůstající trend na všech profilech a stanicích, by se tak výsledky s jistotou potvrdily se závěry dalších studií (Michel a kol. 2020; Liu a kol. 2020).

Nejistota v trendu však může mít i jinou příčinu než pouze příliš krátké pozorované období. V průběhu sledovaného období docházelo k poměrně častému střídání teplejších a chladnějších let, během kterých se průměrné měsíční teploty měnily jen minimálně. Jak již bylo zmíněno výše, tento problém může souviset i s nepravidelností v intervalu sběru záznamů o teplotě vody. V některých letech tak mohlo být v daném měsíci náhodně zaznamenáno více měření s nižší teplotou, zatímco v jiných naopak více těch s vyšší, které nemusely zcela vypovídat o reálné situaci v dané době. Tento nedostatek ve způsobu sběru dat pak mohl způsobit, že případný trend vývoje teploty zanikl v náhodném sběru dat.

Důležité je zde také zmínit možné antropogenní ovlivnění. Oba profily na Rakovnickém potoce se nacházejí po proudu za Rakovníkem (zvláště profil v Dolním Chlumu pouhých pár kilometrů), ve kterém se nalézá ČOV. Podobně se i profil v Radonicích nachází jen pár kilometrů za vlašimskou ČOV. V podstatě do všech profilů pak přitéká voda z oblastí, které jsou zemědělsky využívané. Tato práce se sice nezabývala mírou vlivu antropogenního ovlivnění na teplotu vody ve vodních tocích jako např. Lepori a kol. (2015), je však nutné ho i tak i při vyhodnocování dat brát v úvahu.

Podobně jako ve studii Łukaszewicze a Graf (2020) se i zde podařilo dokázat, že teplota vzduchu je minimálně významným faktorem, který ovlivňuje teplotu vody v povrchových tocích. Oproti studii Arory a kol. (2016) se však zcela nepodařilo potvrdit hypotézu, že vliv teploty vzduchu stoupá s rostoucí velikostí povodí a klesající nadmořskou výškou. Sice to zčásti potvrzují výsledky z profilů na Rakovnickém potoce, kde korelační koeficient dosáhl v rámci celého období nejvyšších hodnot (0,957 a 0,954), na druhou stranu to nepotvrzuje profil v Radonicích, který se sice nachází o něco výše, než zmíněné profily na Rakovnickém potoce (cca o 20 m oproti Dolnímu Chlumu a o 70 m oproti Křivoklátu), avšak má daleko větší plochu povodí. I přesto zde vychází korelační koeficient

nižší než na profilech, které se nacházejí výše a mají daleko menší plochu povodí (Mladá Vožice, Josefodol, Milotice).

## **6.2 Hlásné profily ČHMÚ**

V horských oblastech byly pozorovány dva profily a výsledky vyšly do jisté míry odlišné. Zatímco na Rolavě byla zaznamenána vysoká korelace mezi teplotou vody a teplotou vzduchu ve všech ročních obdobích (pouze v zimě byla o něco nižší), na Křemelné nebyly pozorovány tak jednoznačné hodnoty. V létě a v zimě zde korelace mezi teplotou vody a teplotou vzduchu vyšla pouze mezi 0,4 a 0,45, což je v porovnání se zbylými ročními obdobími na obou tocích výrazně nižší číslo. Pravděpodobným vysvětlením patrně bude, že teplota vzduchu v obou obdobích dosahuje výsledků na daleko širší škále, a to i díky různým extrémním hodnotám. Teplota vody si mezitím udržuje víceméně stejné hodnoty, nehledě na to, zda teplota vzduchu dosáhla extrému či nikoliv. To lze ostatně také pozorovat na Rolavě, kde korelace teploty vody a vzduchu vyšla rovněž nižší v zimě a v létě než na jaře a na podzim. I přes to však korelace za celé období vyšla na obou tocích velmi vysoká (vyšší než 0,9), na Rolavě se dokonce blížila 1.

Pomocí Mann-Kendallova testu se podařilo prokázat vzestupný trend teploty vody na Křemelné na jaře, v létě, v zimě a následně i za celé období. Oproti tomu na Rolavě se nepodařilo potvrdit trend v žádném z ročních období. To samé platí o teplotě vzduchu na obou tocích. Ačkoli tedy hodnoty parametru  $a$  lineární regrese naznačovaly rostoucí vývoj teploty vody i teploty vzduchu na obou tocích (s výjimkou teploty vzduchu na jaře na Rolavě), trend se u zbylých ročních období nepodařilo prokázat pravděpodobně z důvodu příliš krátkého sledovaného období.

Na Rolavě a Křemelné se tedy rovněž ukázal poměrně vysoký vliv teploty vzduchu na teplotu vody, byť bývá především v letních a v zimních měsících do určité míry snížen. Bylo by však bezpochyby přínosné se v případné další studii podívat, zda by se prokázala hypotéza, že v horských oblastech průtok daleko více snižuje vliv teploty vzduchu (Arora a kol. 2016). K tomu by bylo možné využít srovnání právě na těchto dvou tocích, jelikož zatímco v Chaloupkách na Rolavě bývá průměrný roční průtok pouze  $0,52 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , ve Stodůlkách na Křemelné bývá průměrný roční průtok  $3,27 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Pro jistější potvrzení této teorie by však rovněž bylo potřeba více pozorování na delším časovém úseku.

## **7 Závěr**

Pro tuto práci byla zpracována zvláště data z měření, která probíhala přibližně v intervalu jednoho měsíce, a zvláště data, která byla počítána z průměrných denních teplot. I přesto, že je potřeba brát

data teplot z první skupiny s určitou rezervou, lze se z nich dozvědět mnoho důležitých informací. Předně je podstatné, že na většině sledovaných toků v daných časových úsecích teplota v průběhu let stoupala, což potvrdilo výsledky dalších studií (Webb, Nobilis 2007; Graf, Wrzesiński 2020). Vzestupný trend teplot se netýkal jenom vodních toků, ale rovněž i vzduchu, jehož teploty většinou stoupaly rychleji než teploty ve vodních tocích. Pomocí korelačního koeficientu a lineární regrese bylo prokázáno, že hodnota teploty vzduchu má zásadní vliv na hodnotu teploty vody ve vodních tocích.

Pomocí Mann-Kendalova testu se podařilo prokázat vzrůstající trend teploty vody v 6 různých měsících (převážně v zimě) na 4 profilech jakosti povrchové vody. Výsledky z většiny zbylých měsíců však naznačují, že by se v nich při časově dlouhodobějším pozorování měl vzrůstající trend také prokázat. Potvrdily by se tak závěry dalších studií (Michel a kol. 2020, Liu a kol. 2020), které ukázaly, že se teplota vody ve vodních tocích v posledních desetiletích postupně zvyšuje.

V horských oblastech bylo možné pozorovat poměrně silný vliv teploty vzduchu na teplotu vody, který však bývá snížen v letních a v zimních měsících. Pomocí Mann-Kendalova testu se pak na Křemelné podařilo prokázat rostoucí trend teploty vody. Ohledně případného potvrzení vyššího vlivu průtoku na teplotu vody v horských oblastech by pak bylo potřeba dalšího výzkumu.

Otázkou tak zůstává, do jaké míry a jakým způsobem se na teplotě vody podílejí další faktory jako jsou rychlost proudu, průtok či antropogenní činnosti. Tyto jevy mají také dozajista svůj vliv na teplotu vody ve vodních tocích. Zanalyzování jejich vlivu však nebylo cílem této práce a tato otázka by mohla posloužit jako základ dalšího navazujícího výzkumu.

## Seznam literatury

- ARISMENDI, I., SAFEEQ, M., DUNHAM, J. B., JOHNSON, S. L. (2014): Can air temperature be used to project influences of climate change on stream temperature? *Environmental Research Letters*, 9, 8, 1–12.
- ARORA, R., TOCKNER, K., VENOHR, M. (2016): Changing river temperatures in northern Germany: trends and drivers of change. *Hydrological Processes*, 30, 17, 3084–3096.
- BÍŇA, J., DEMEK, J. (2012): Z nížin do hor: Geomorfologické jednotky České republiky. Academia, Praha, 344 s.
- BLAHUŠIAKOVÁ, A., MATOUŠKOVÁ, M. (2015): Rainfall and runoff regime trends in mountain catchments (Case study area: the upper Hron River basin, Slovakia). *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 63, 3, 183–192.
- CAISSIE, D. (2006): The thermal regimes of rivers: a review. *Freshwater Biology*, 51, 8, 1389–1406.
- CALDWELL, P., SEGURA, C., GULL LAIRD, S., SUN, G., MCNULTY, S. G., SANDERCOCK, M., BOGGS, J., VOSE, J. M. (2015): Short-term stream water temperature observations permit rapid assessment of potential climate change impacts. *Hydrological Processes*, 29, 9, 2196–2211.
- DAN MOORE, R., SPITTLEHOUSE, D. L., STORY, A. (2005): Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: a review. *Journal of the American Water Resources Association*, 41, 4, 813–834.
- DEMEK, J. (ed.) a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR: Hory a nížiny. Academia, Brno, 584 s.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P. (eds.) a kol. (2006): Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 582 s.
- DO, H. X., WESTRA, S., LEONARD, M. (2017): A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. *Journal of Hydrology*, 552, 28–43.
- DOKULIL, M. T. (2014): Impact of climate warming on European inland waters. *Inland Waters*, 4, 1, 27–40.
- FENG, M., ZOLEZZI, G., PUSCH, M. (2018): Effects of thermopeaking on the thermal response of alpine river systems to heatwaves. *Science of the Total Environment*, 612, 1266–1275.
- FIGURA, S., LIVINGSTONE, D. M., HOEHN, E., KIPFER, R. (2011): Regime shift in groundwater temperature triggered by the Arctic Oscillation. *Geophysical Research Letters*, 38, 23, 1–5.
- GALLICE, A., BAVAY, M., BRAUCHLI, T., COMOLA, F., LEHNING, M., HUWALD, H. (2016): StreamFlow 1.0: an extension to the spatially distributed snow model Alpine3D for hydrological modelling deterministic stream temperature prediction. *Geoscientific Model Development*, 9, 12, 4491–4519.
- GARNER, G., HANNAH, D. M., SADLER, J. P., ORR, H. G. (2014): River temperature regimes of England and Wales: Spatial patterns, inter-annual variability and climatic sensitivity. *Hydrological Processes*, 28, 22, 5583–5598.
- GOCIC, M., TRAJKOVIC, S. (2013): Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172–182.

- GRAF, R., WRZESIŃSKI, D. (2020): Detecting Patterns of Changes in River Water Temperature in Poland. *Water*, 12, 5, 1–20.
- GROSS, M. H., DONAT, M. G., ALEXANDER, L. V., SHERWOOD, S. C. (2020): Amplified warming of seasonal cold extremes relative to the mean in the Northern Hemisphere extratropics. *Earth System Dynamics*, 11, 1, 97–111.
- HANNAH, D. M., GARNER, G. (2015): River water temperature in the United Kingdom: Changes over the 20th century and possible changes over the 21st century. *Progress in Physical Geography*, 39, 1, 68–92.
- HARI, R. E., LIVINGSTONE, D. M., SIBER, R., BURKHARDT-HOLM, P., GÜTTINGER, H. (2006): Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, 12, 1, 10–26.
- HARRINGTON, J. S., HAYASHI, M., KURYLYK, B. L. (2017): Influence of a rock glacier spring on the stream energy budget and cold-water refuge in an alpine stream. *Hydrological Processes*, 31, 26, 4719–4733.
- HILL, R. A., HAWKINS, C. P., JIN, J. (2014): Predicting thermal vulnerability of stream and river ecosystems to climate change. *Climatic Change*, 125, 3-4, 399–412.
- HUANG, Y., HUANG J., ERVINIA, A., DUAN, S., KAUSHAL, S. S. (2021): Land use and climate variability amplifies watershed nitrogen exports in coastal China. *Ocean and Coastal Management*, 207, 1–11.
- JEFFERSON, A., NOLIN, A., LEWIS, S., TAGUE, C. (2008): Hydrogeologic controls on streamflow sensitivity to climate variation. *Hydrological Processes*, 22, 22, 4371–4385.
- JOHNSON, S. L., JONES, J. A. (2000): Stream temperature responses to forest harvest and debris flows in western Cascades, Oregon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, 2, 30–39.
- KAUSHAL, S. S., LIKENS, G. E., JAWORSKI, N. A., PACE, M. L., SIDES, A. M., SEEKELL, D., BELT, K. T., SECOR, D. H., WINGATE, R. L. (2010): Rising stream and river temperatures in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, 9, 461–466.
- KENDALL, M. G. (1975): *Rank Correlation Methods*. Griffin, London, 272 s.
- KHARIN, V. V., ZWIERS, F. W., ZHANG, X., WEHNER, M. (2013): Changes in temperature and precipitation extremes in the CMIP5 ensemble. *Climatic Change*, 119, 2, 345–357.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007). Změny srážko-odtokových poměrů v pramenných oblastech povodí Otavy. In: Langhammer, J.(ed.): *Povodně a změny v krajině*. UK Praha, 317–332.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Long-term trends of rainfall and runoff regime in upper Otava River basin. *Soil and Water Research*. 3, 3, 155–167.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2009): Runoff changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the foothill regions: Extent of influence by human impact and climate change. *Water Resources Management*. 23, 1813–1834.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., LEDVINKA, O., KRÁLOVEC, V. (2011): Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech Republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 59, 1, 36–50.



- KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J. (2005): Jak vzniká počasí. Univerzita Karlova, Praha, 226 s.
- KRÁLOVEC, V. (2009): Změny srážkoodtokových poměrů v povodí horní Opavy. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF UK, Praha, 148 s.
- KÜRY, D., LUBINI, V., STUCKI, P. (2017): Temperature patterns and factors governing thermal response in high elevation springs of the Swiss Central Alps. *Hydrobiologia*, 793, 1, 185–197.
- LEPORI, F., POZZONI, M., PERA, S. (2015): What Drives Warming Trends in Streams? A Case Study from the Alpine Foothills. *River Research and Application*, 31, 6, 663–675.
- LETCHER, B. H., HOCKING, D. J., O'NEIL, K., WHITELEY, A. R., NISLOW, K. H., O'DONNELL, M. J. (2016): A hierarchical model of daily stream temperature using air-water temperature synchronization, autocorrelation, and time lags. *PeerJ*, 2, 1–26.
- LIBISELLER, C., GRIMVALL, A. (2002): Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*, 13, 71–84.
- LIU, S., XIE, Z., LIU, B., WANG, Y., GAO, J., ZENG, Y., XIE, J., XIE, Z., JIA, B., QIN, P., LI, R., WANG, L., CHEN, S. (2020): Global river water warming due to climate change and anthropogenic heat emission. *Global and Planetary Change*, 193, 1–12.
- ŁUKASZEWICZ, J. T., GRAF, R. (2020): The variability of ice phenomena on the rivers of the Baltic coastal zone in the Northern Poland. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 68, 1, 38–50.
- LUO, Y., FICKLIN, D. L., LIU, X., ZHANG, M. (2013): Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality with a watershed modeling approach. *Science of the Total Environment*, 450, 72–82.
- MANN, H. B. (1945): Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 3, 245–259.
- MAYER, T. D. (2012): Controls of summer stream temperature in the Pacific Northwest. *Journal of Hydrology*, 475, 323–335.
- MAYER, T. D., NAMAN, S. W. (2011): Streamflow Response to Climate as Influenced by Geology and Elevation. *Journal of the American Water Resources Association*, 47, 4, 724–738.
- MICHEL, A., BRAAUCHLI, T., LEHNING, M., SCHAEFFLI, B., HUWALD, H. (2020): Stream temperature and discharge evolution in Switzerland over the last 50 years: annual and seasonal behaviour. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24, 1, 115–142.
- MORRILL, J. C., BALES, R. C., CONKLIN, M. H. (2005): Estimating Stream Temperature from Air Temperature: Implications for Future Water Quality. *Journal of Environmental Engineering*, 131, 1, 139–146.
- O'CONNOR, R. S., LE POGAM, A., YOUNG, K. G., ROBITAILLE, F., CHOY, E. S., LOVE, O. P., ELLIOT, K. H., HARGREAVES, A. L., BERTEAUX, D., TAM, A., VÉZINA, F. (2021): Limited heat tolerance in Arctic passerine: Thermoregulatory implications for cold-specialized birds in a rapidly warming world. *Ecology and Evolution*, 11, 4, 1609–1619.
- PETRÁNEK, J. (1993): Malá encyklopedie geologie. Jih, České Budějovice, 248 s.
- PTAK, M., WRZESIŃSKI, D., CHOIŃSKI, A. (2017): Long-term changes in the hydrological regime of high mountain Lake Morskie Oko (Tatra Mountains, Central Europe). *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 65, 2, 146–153.

- RÅMAN VINNÅ, L., WÜEST, A., ZAPPA, M., FINK, G., BOUFFARD, D. (2018): Tributaries affect the thermal response of lake to climate change. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 1, 31–51.
- RAPTIS, C. E., VAN VLIET, M. T. H., PFISTER, S. (2016): Global thermal pollution of rivers from thermoelectric power plants. *Environmental Research Letters*, 11, 10, 1–9.
- RICE, K. C., JASTRAM, J. D. (2015): Rising air and stream-water temperatures in Chesapeake Bay region, USA. *Climatic Change*, 128, 1-2, 127–138.
- SIMPSON, I. M., WINSTON, R. J. (2022): Effects of land use on thermal enrichment of urban stormwater and potential mitigation of runoff temperature by watershed-scale stormwater control measures. *Ecological Engineering*, 184, 1–15.
- SINOKROT, B. A., GULLIVER, J. S. (2000): In-stream flow impact on river water temperatures. *Journal of Hydraulic Research*, 38, 5, 339–349.
- TAGUE, C., GRANT, G. E. (2004): A geological framework for interpreting the low-flow regimes of Cascade streams, Willamette River Basin, Oregon. *Water Resources Research*, 40, 4, 1–9.
- TOFFOLON, M., PICCOLROAZ, S. (2015): A hybrid model for river water temperature as a function of air temperature and discharge. *Environmental Research Letters*, 10, 11, 1–10.
- VAN VLIET, M. T. H., LUDWIG, F., ZWOLSMAN, J. J. G., WEEDON, G. P., KABAT, P. (2011): Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow. *Water Resources Research*, 47, 2, 1–19.
- VLČEK, V. (ed.) a kol. (1984): *Zeměpisný lexikon ČSR: Vodní toky a nádrže*. Academia, Praha, 316 s.
- WEBB, B. W., HANNAH, D. M., DAN MOORE, R., BROWN, L. E., NOBILLIS, F. (2008): Recent advances in stream and river temperature research. *Hydrological Processes*, 22, 7, 902–918.
- WEBB, B. W., NOBILLIS, F. (1994): Water temperature behaviour in the River Danube during the twentieth century. *Hydrobiologia*, 291, 105–113.
- WEBB, B. W., NOBILLIS, F. (2007): Long-term changes in river temperature and the influence of climatic and hydrological factors. *Hydrological Sciences Journal*, 52, 1, 74–85.
- WEBB, B. W., ZHANG, Y. (1997): Spatial and seasonal variability in the components of the river heat budget. *Hydrological Processes*, 11, 1, 79–101.
- ZHANG, Y., CABILIO, P., NADEEM, K. (2016): Improved Seasonal Mann-Kendall Tests for Trend Analysis in Water Resources Time Series. In: Li, W., Standford, D., Yu, H. (ed.): *Advances in Time Series Methods and Applications*. Fields Institute Communications, New York, NY, 215–229.
- ZOLEZZI, G., SIVIGLIA, A., TOFFOLON, M., MAIOLINI, B. (2011): Thermopeaking in Alpine streams: event characterization and time scales. *Ecohydrology*, 4, 4, 564–576.

## Internetové zdroje

ARCDATA PRAHA (2016): ArcČR 500 – digitální geografická databáze, verze 3.3. Dostupné z: [www.arcdata.cz](http://www.arcdata.cz) (cit. 12. 10. 2024).

ARCDATA PRAHA (2021): ArcGIS, verze 10.4.1. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis> (cit. 12. 10. 2024).

- ČGS (2024a): Geovědní mapy. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geo/> (cit. 5. 11. 2024).
- ČGS (2024b): Půdní mapa 1 : 50 000. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/> (cit. 5. 11. 2024).
- ČHMÚ (2021): Průměrný roční úhrn srážek za období 1991–2020. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/SRA\\_normal9120.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA_normal9120.gif) (cit. 4. 11. 2024)
- ČHMÚ (2024): Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb#> (cit. 17. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024a): Evidenční list operativního profilu stanice Radonice I. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=10044851> (cit. 20. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024b): Evidenční list operativního profilu stanice Rakovník. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=20042094> (cit. 20. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024c): Evidenční list operativního profilu stanice v Josefodole. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307226> (cit. 22. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024d): Evidenční list operativního profilu stanice v Miloticích. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307256> (cit. 22. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024e): Evidenční list operativního profilu stanice ve Stodůlkách. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=307057> (cit. 22. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024f): Evidenční list operativního profilu stanice v Chaloupkách. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hppsevlist/download?seq=20745439> (cit. 22. 9. 2024).
- ČHMÚ (2024g): Denní data dle zákona 123/1998 Sb. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni\\_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb](https://www.chmi.cz/historicka-data/hydrologie/denni_data/denni-data-dle-z.-123-1998-Sb) (cit. 22. 9. 2024)
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2024): Climate Data Center. Dostupné z: [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html) (cit. 25.9. 2024).
- EEA (2016): Climate change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016. Europe Environment Agency. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016> (cit. 4. 9. 2024).
- HOLČÍK, J., KOMENDA, M. (eds.) a kol. (2015): Matematická biologie: e-laerningová učebnice [online] – Spearmanův korelační koeficient. Masarykova univerzita, Brno. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinicky-a-biologicky-dat--analyza-a-management-dat-pro-zdravotnicke-obory--zaklady-korelacni-analyzy--spearmanuv-korelacni-koeficient> (cit. 10. 10. 2023).
- Hydrosoft Velešlavín (2020): Klimatické oblasti. Dostupné z: <https://dpp.hydrosoft.cz/hvmap.dll?MU=001&MAP=7623&lon=15.4589425&lat=49.7953893&sca le=1500000> (cit. 5. 11. 2024).

IPCC (2023): Climate Change and Land. Intergovernmental Panel on Climate Change. Dostupné z: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf) (cit. 4. 9. 2024).

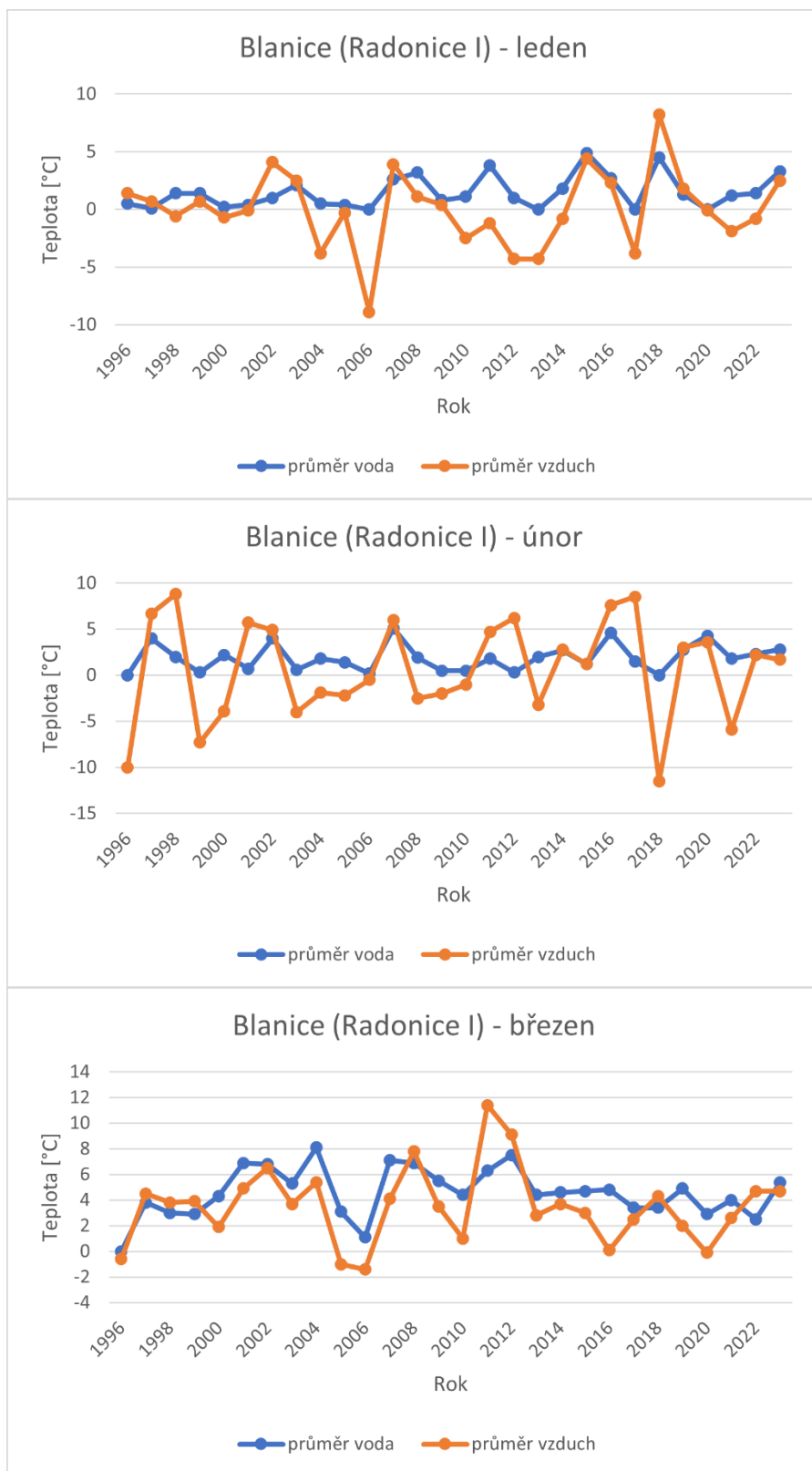
POVODÍ VLTAVY (2024): Data – teploty. Povodí Vltavy. Dostupné z: <https://www.pvl.cz/> (cit. 23. 3. 2024).

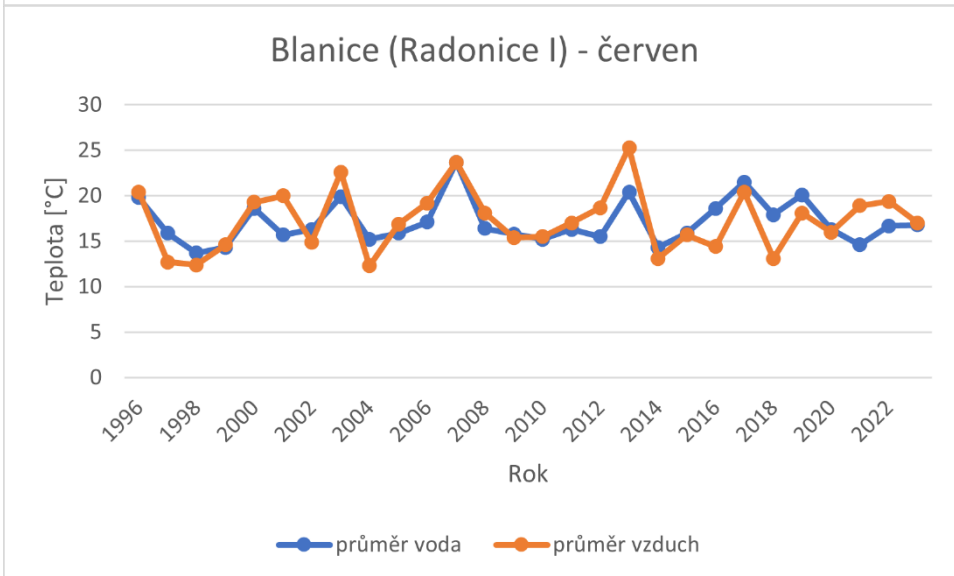
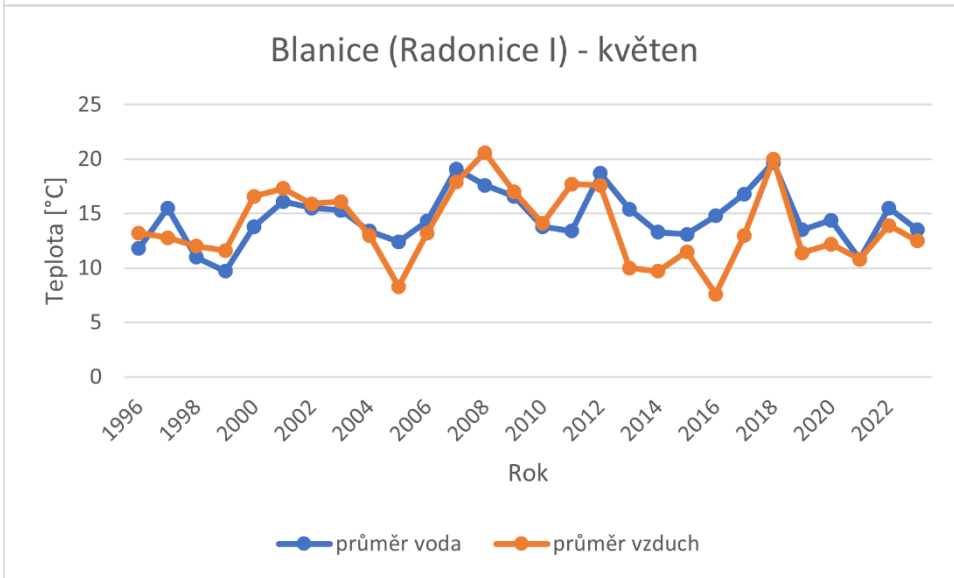
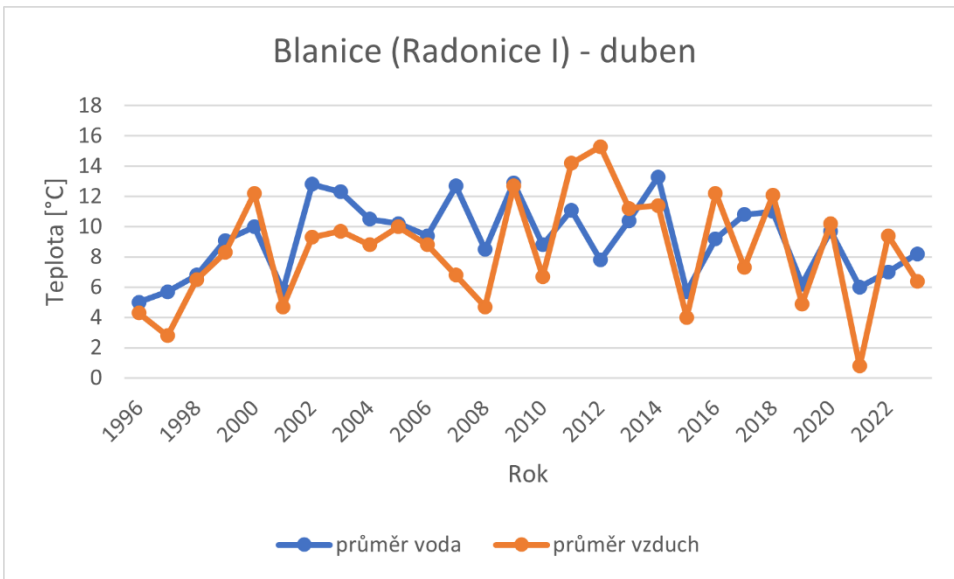
VÚV T. G. M. (2020a): Charakteristiky toků a povodí ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský. Dostupné z: <https://www.dibavod.cz/index.php?id=24> (cit. 17. 9. 2024).

VÚV. T. G. M. (2020b): DIBAVOD. Dostupné z: <https://www.dibavod.cz/index.php?id=27> (cit. 12. 11. 2024).

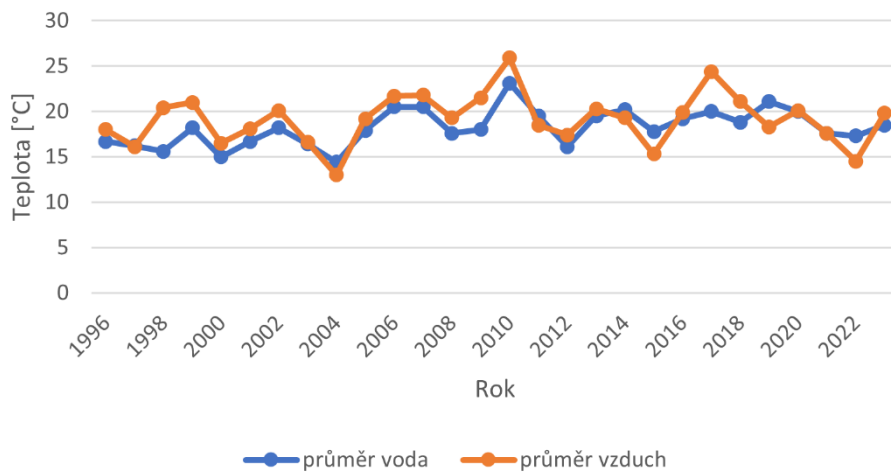
## Přílohy

Příloha 1: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Radonicích 1996–2023.  
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

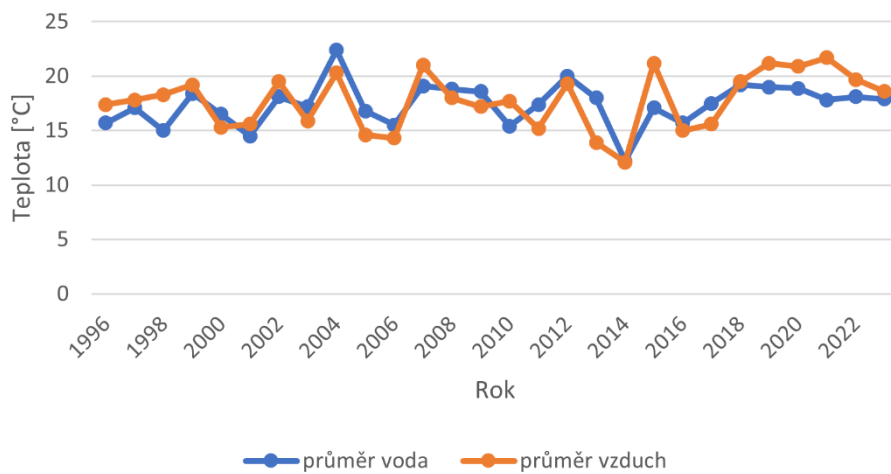




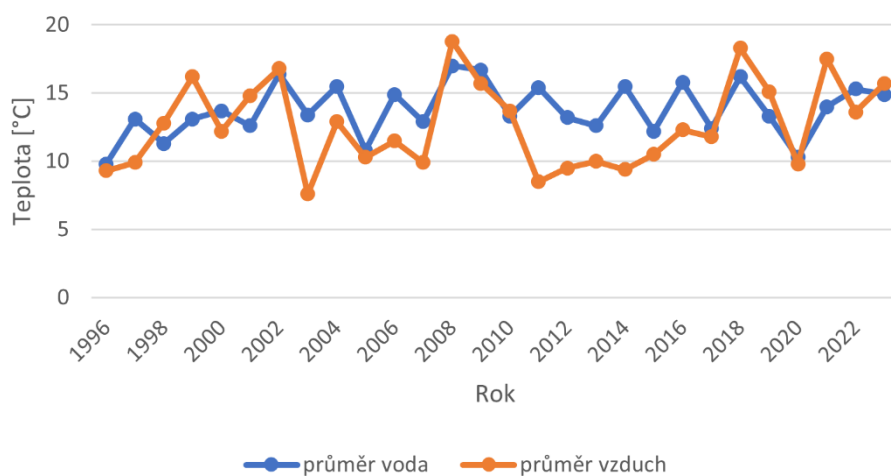
### Blanice (Radonice I) - červenec

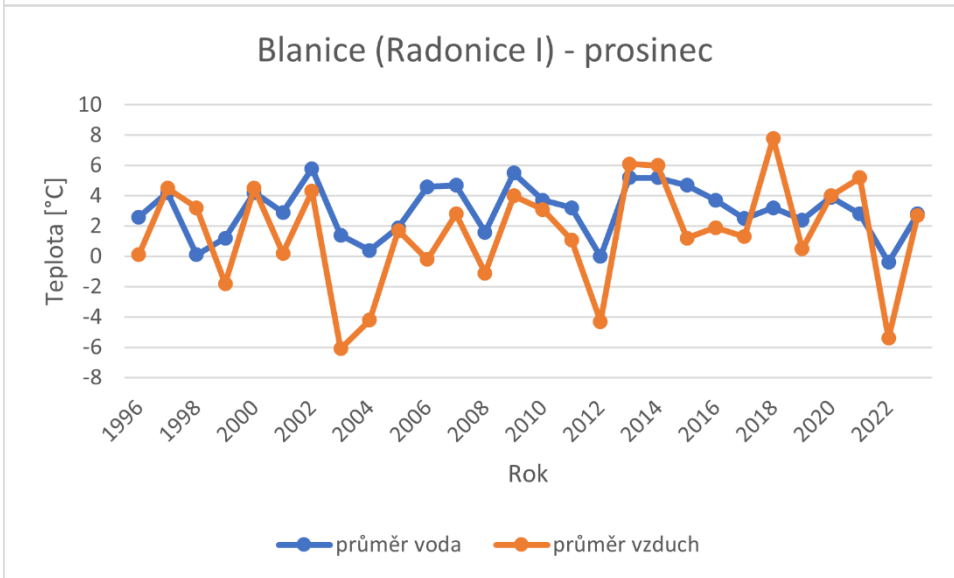
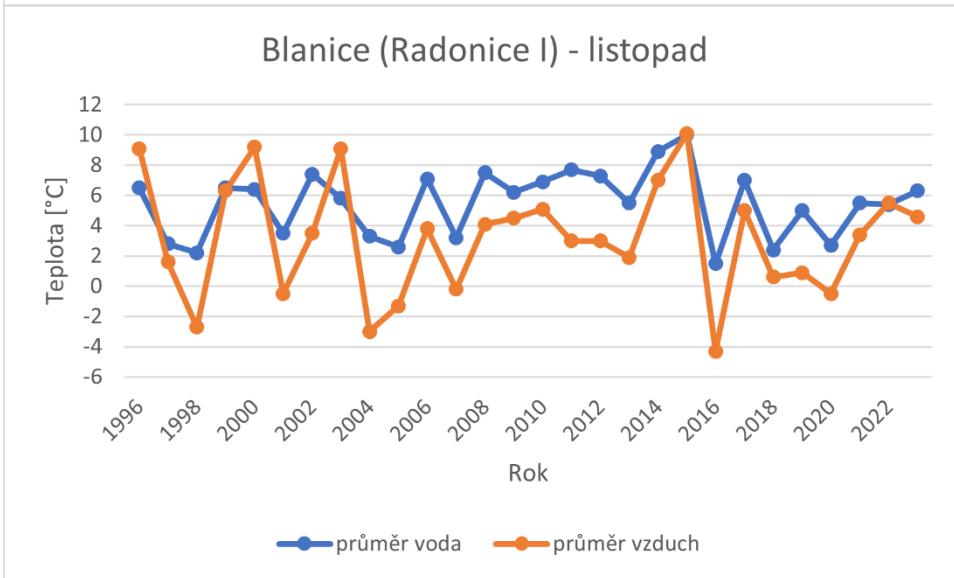
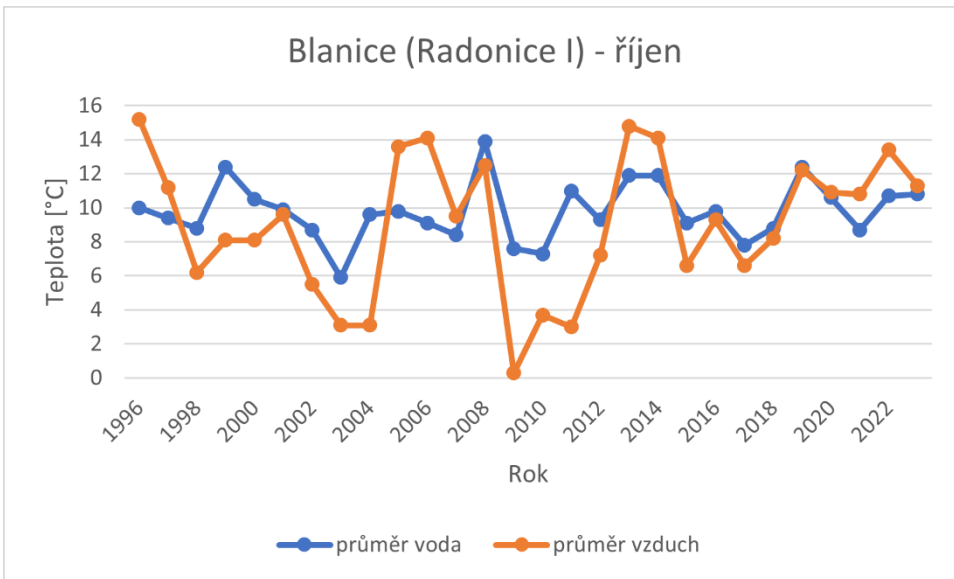


### Blanice (Radonice I) - srpen

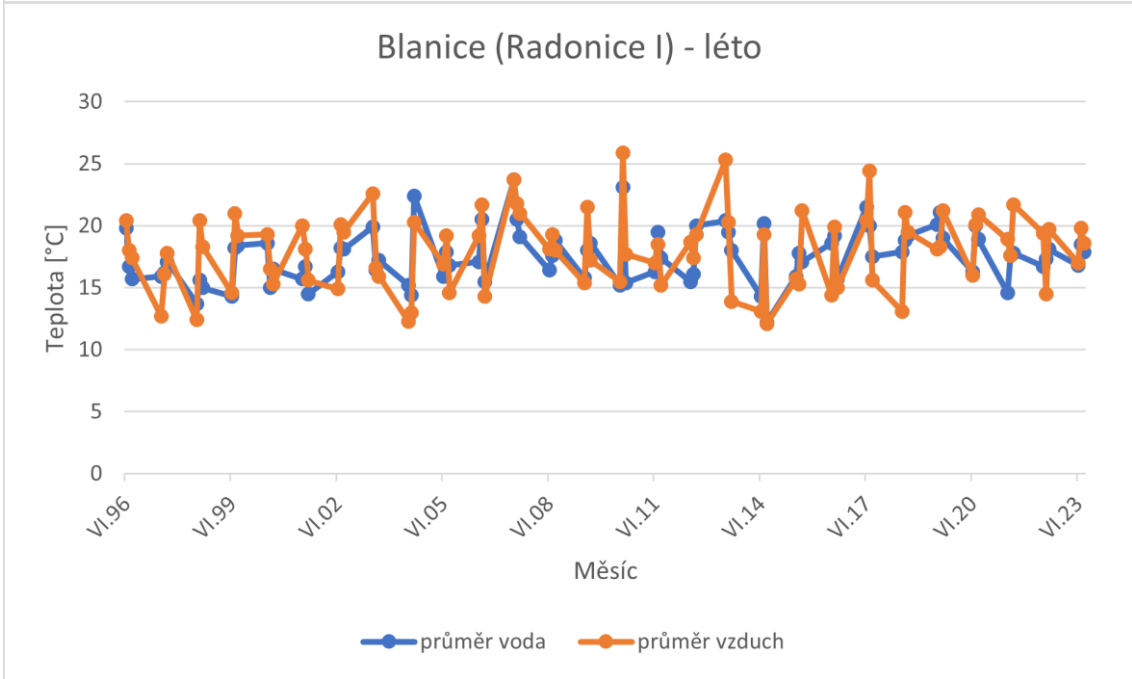
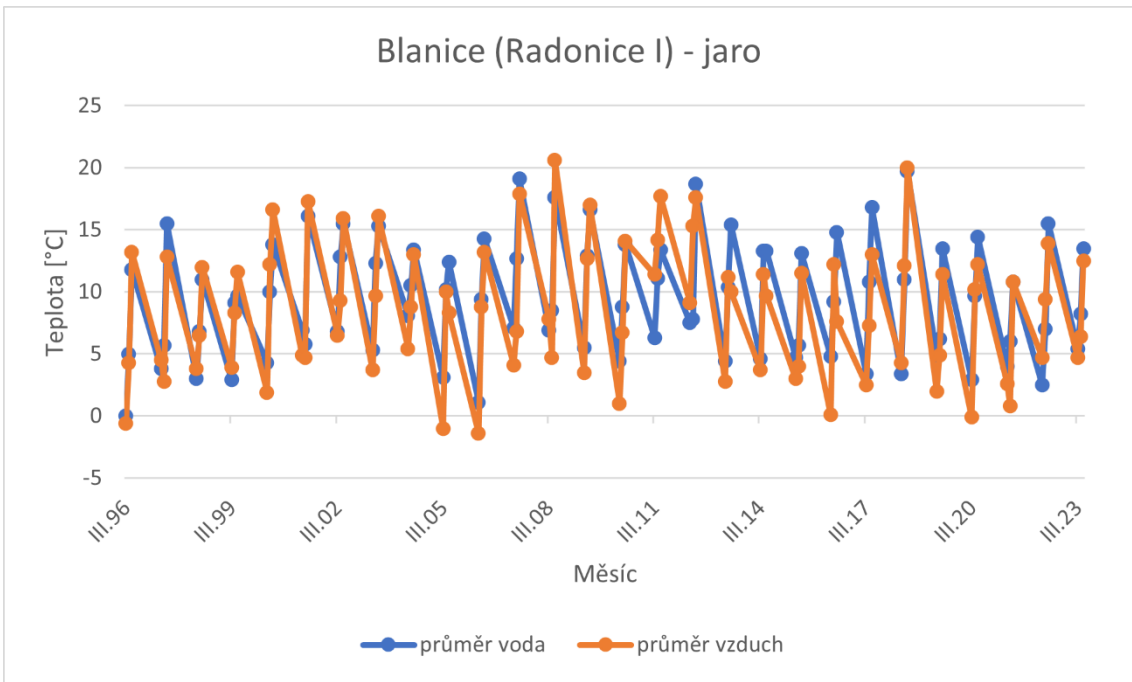


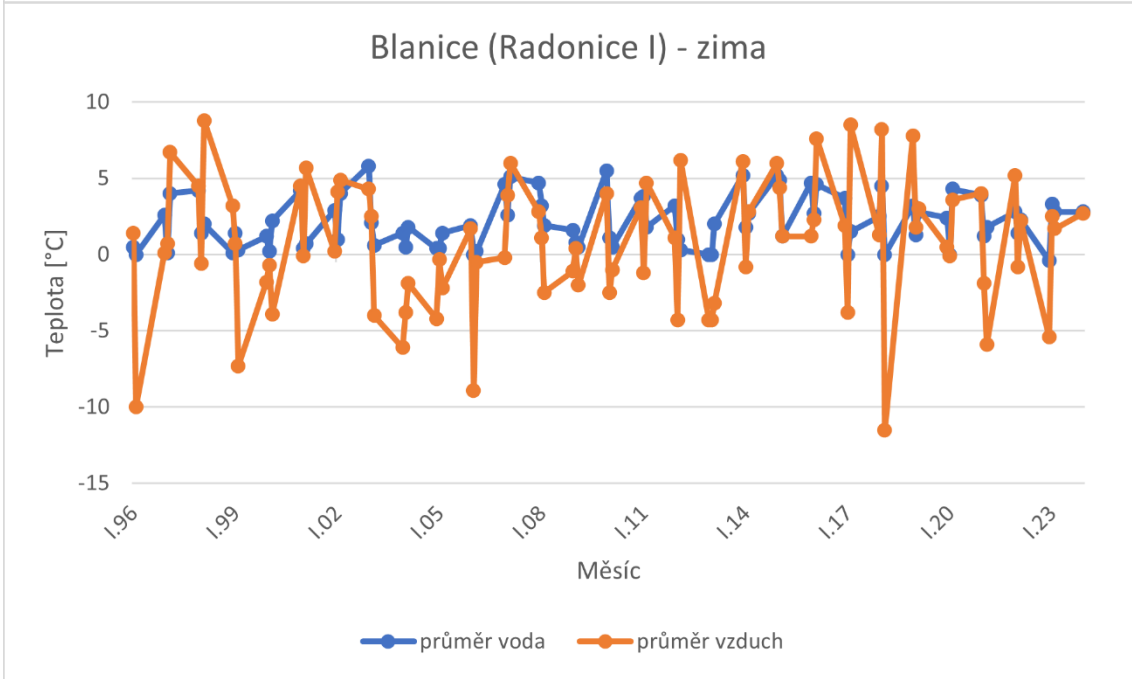
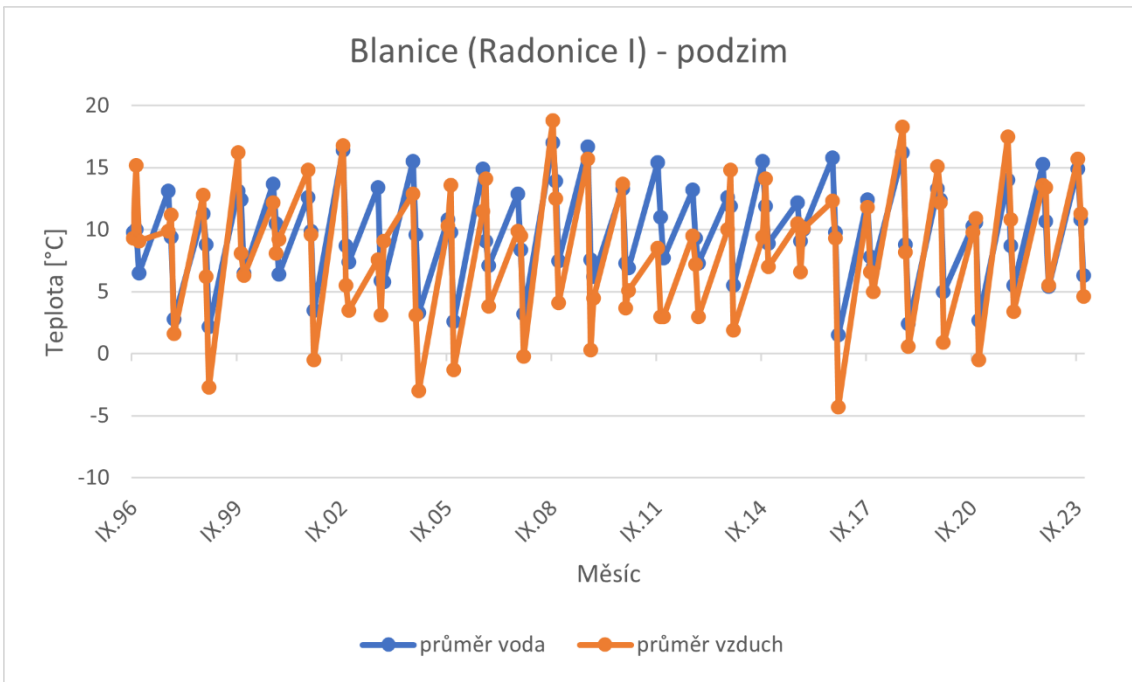
### Blanice (Radonice I) - září



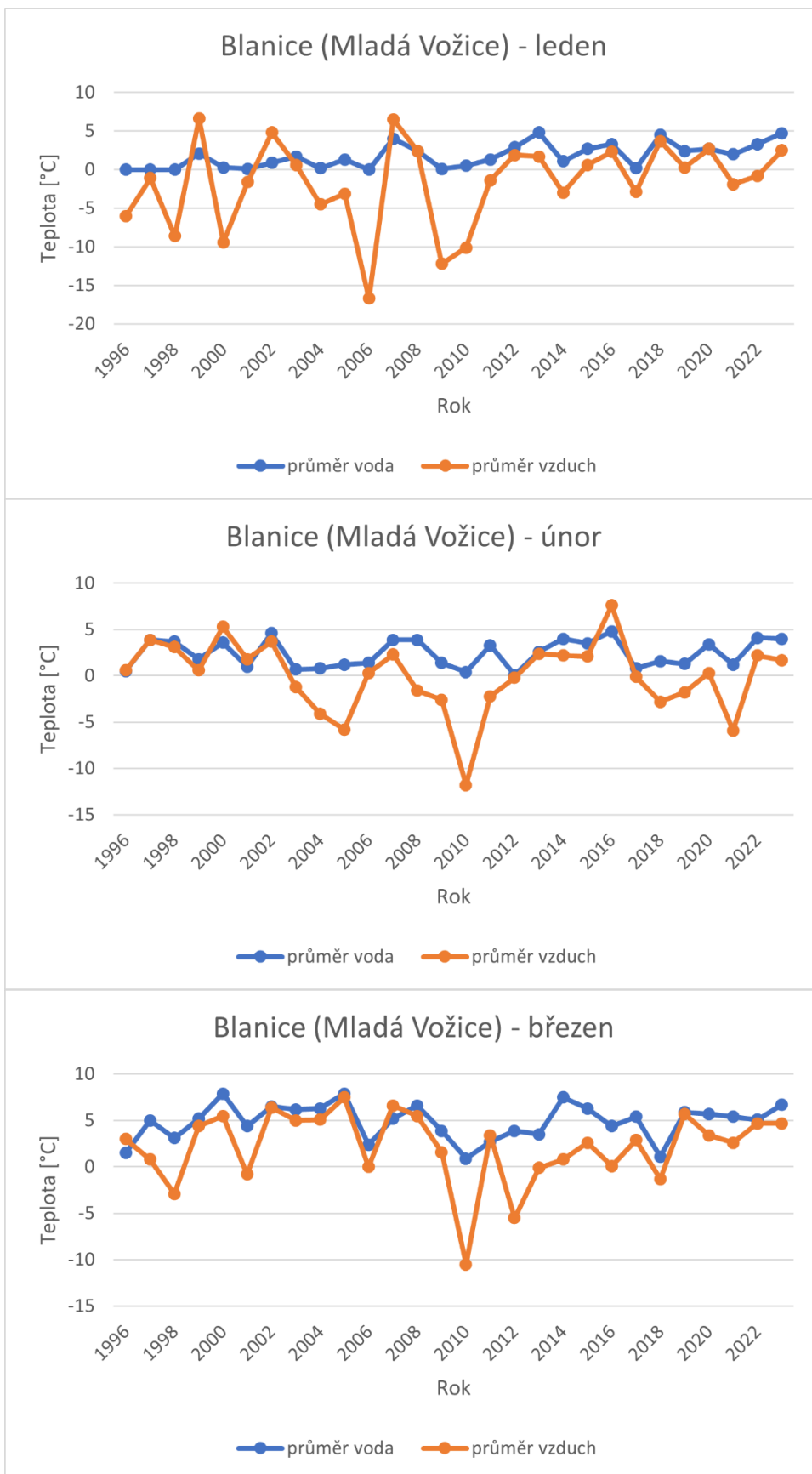




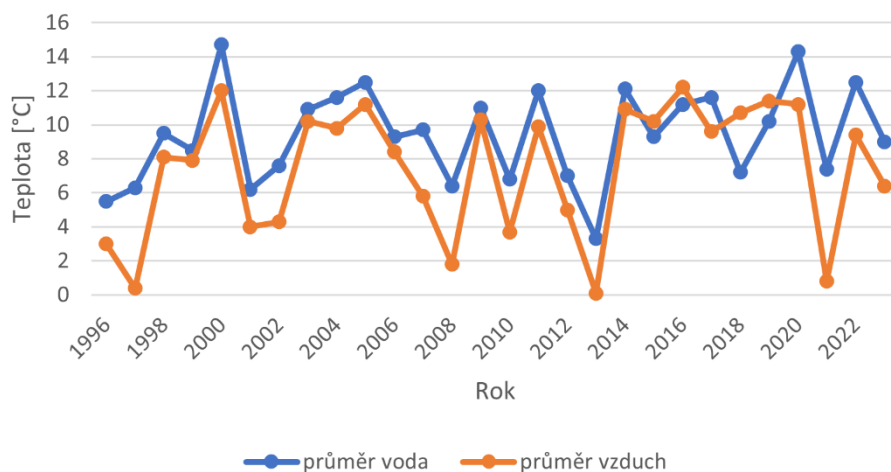




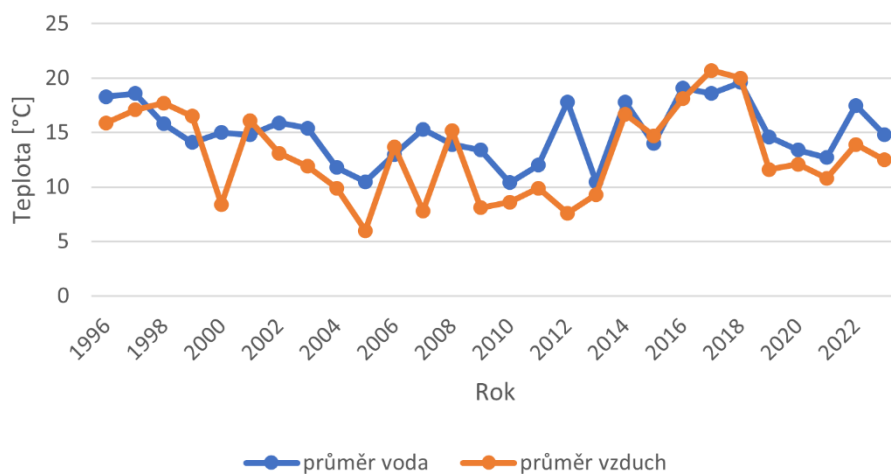
Příloha 2: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Mladé Vožici 1996–2023. Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



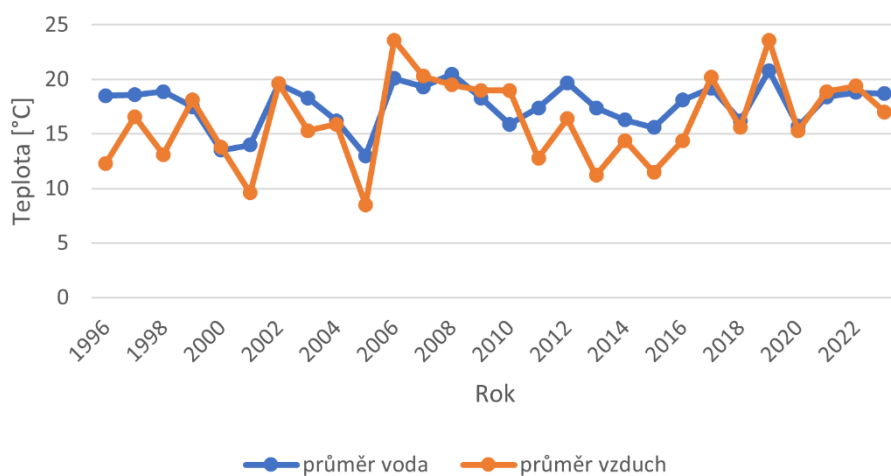
Blanice (Mladá Vožice) - duben

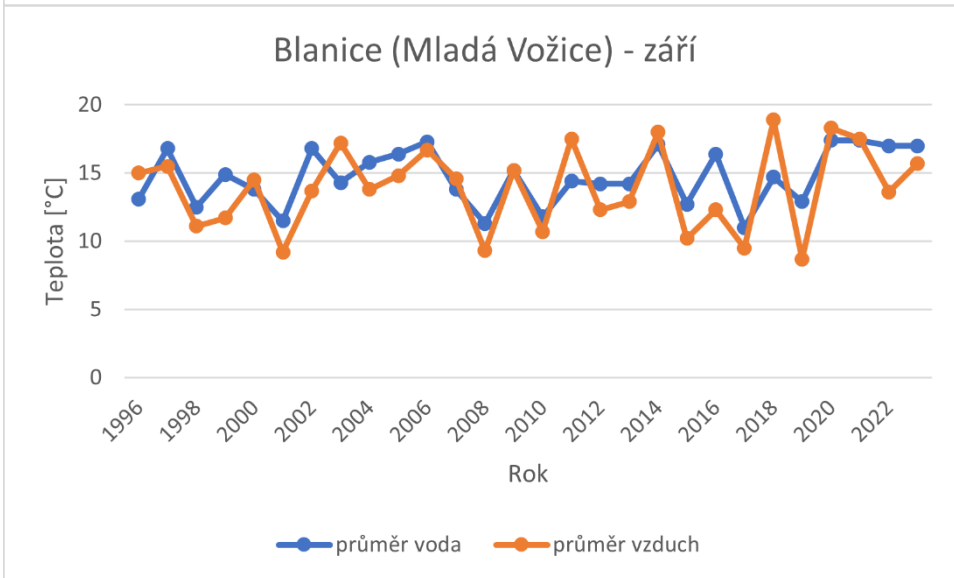
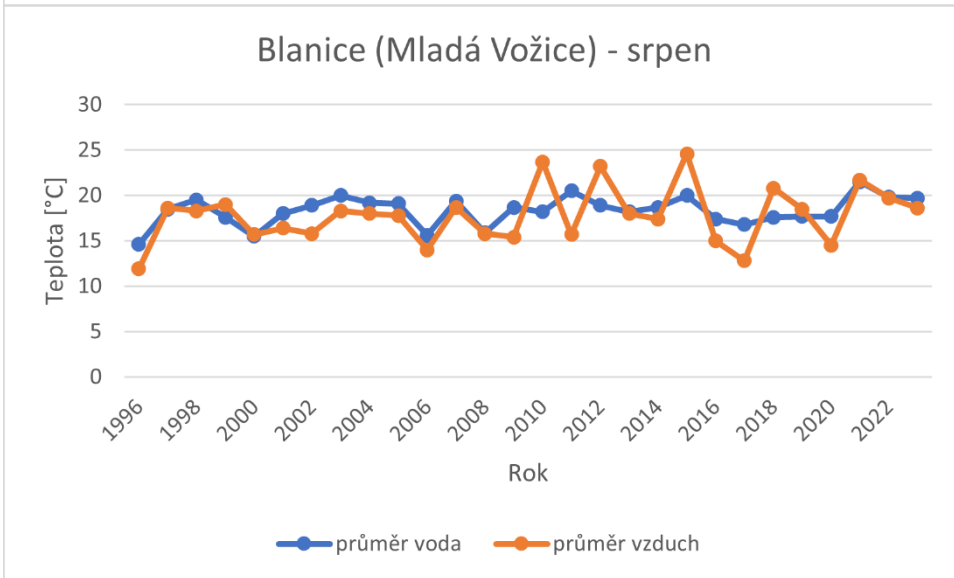
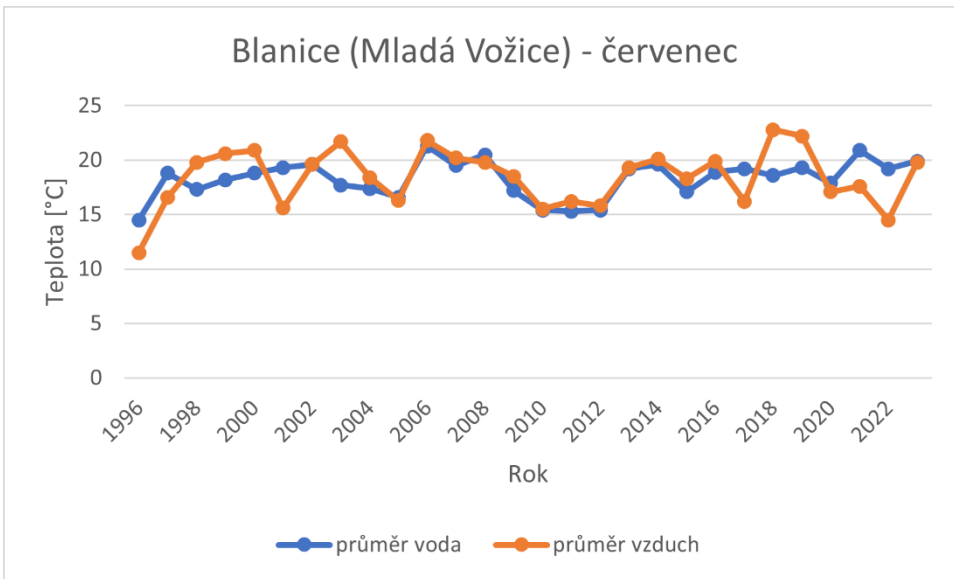


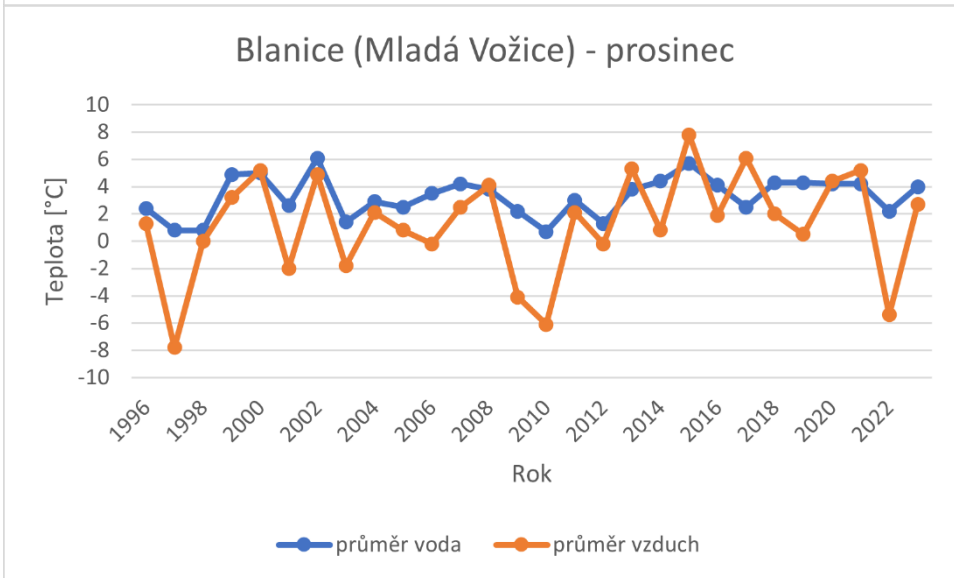
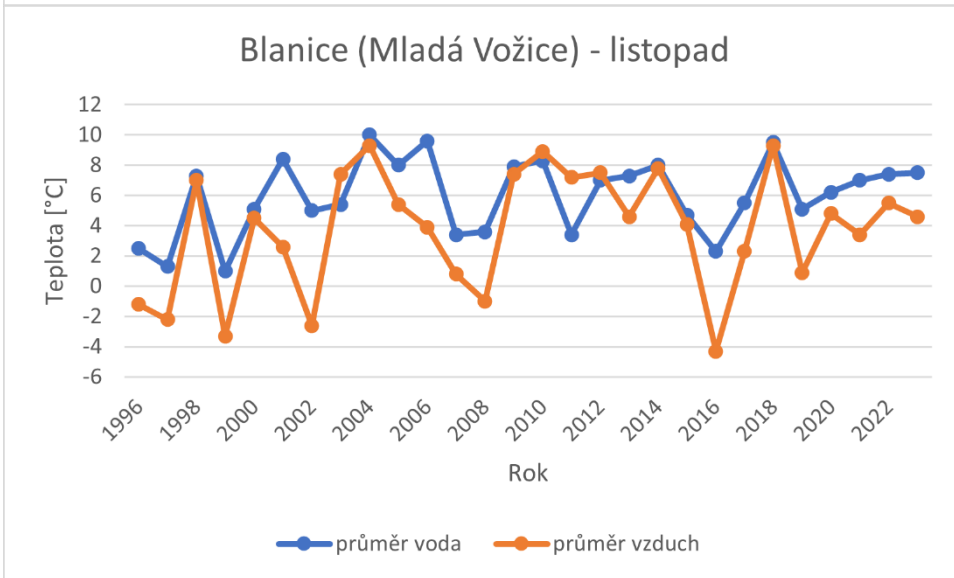
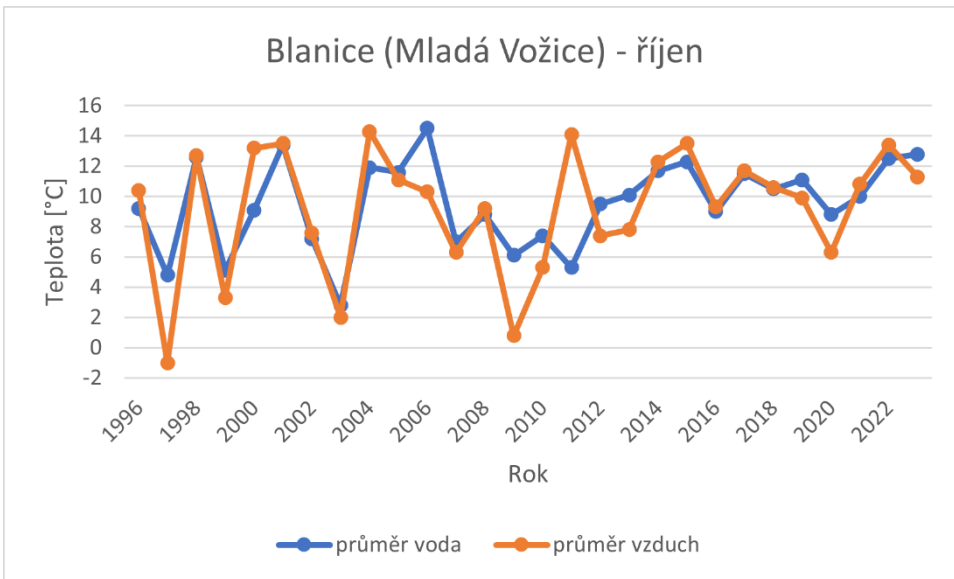
Blanice (Mladá Vožice) - květen

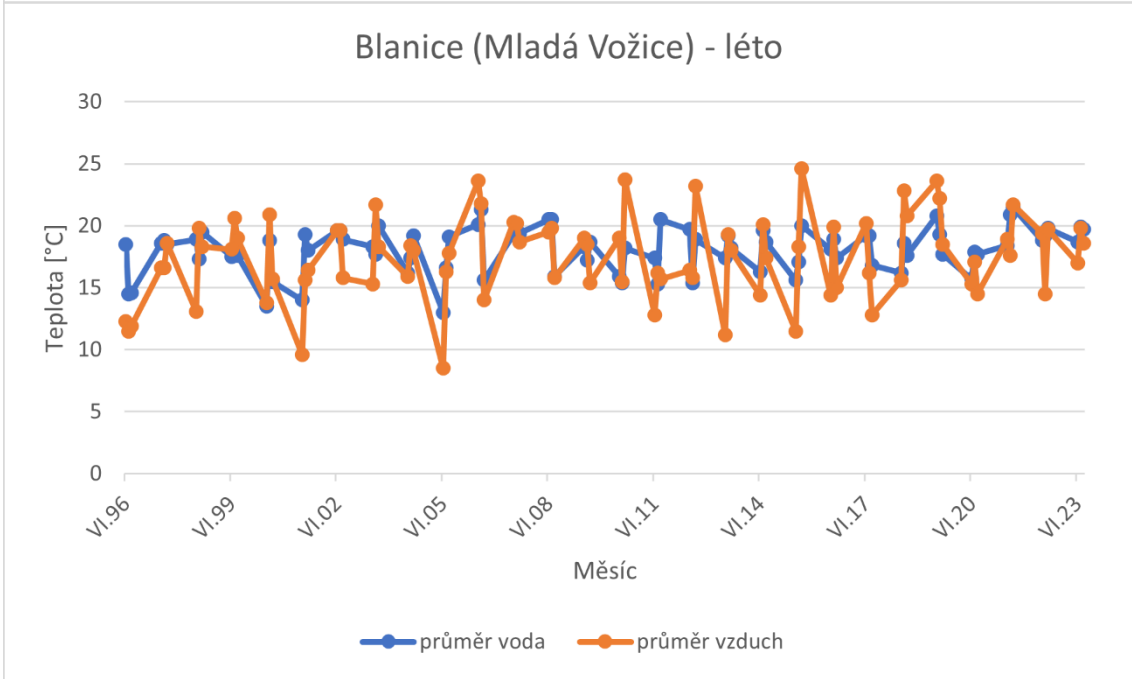
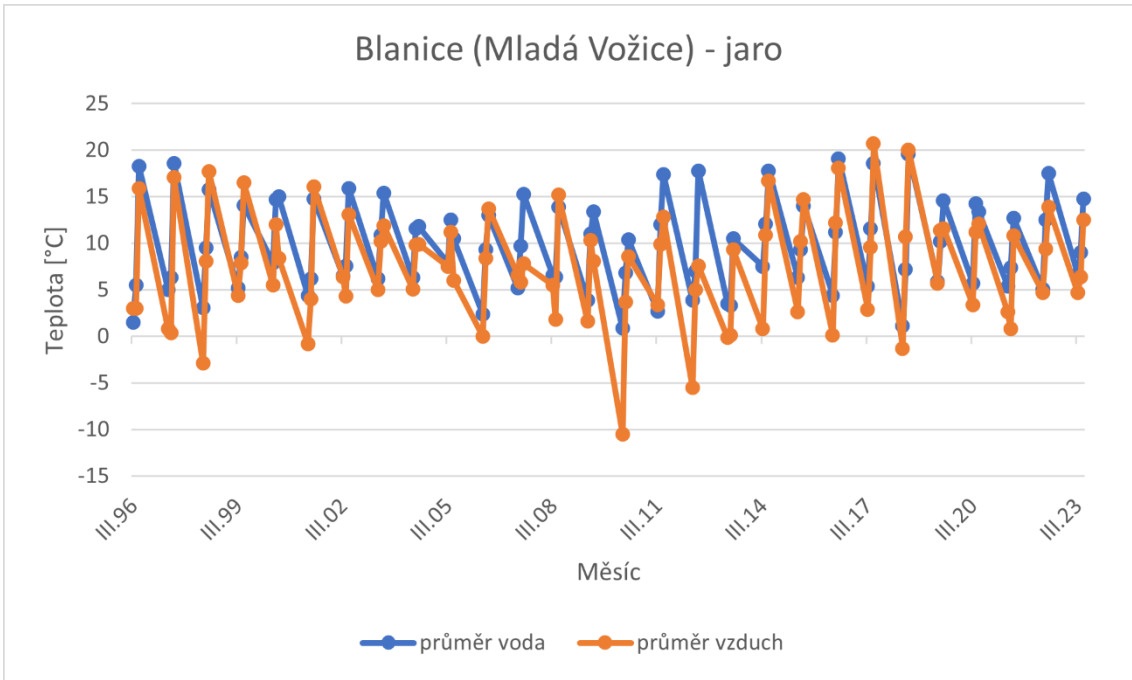


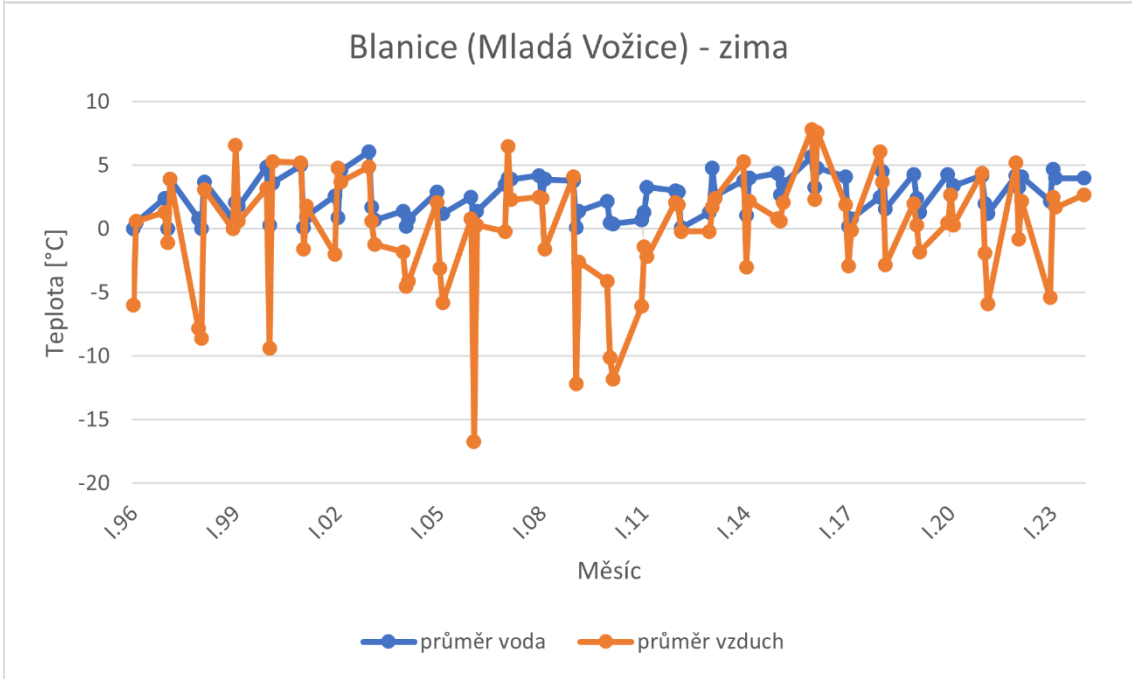
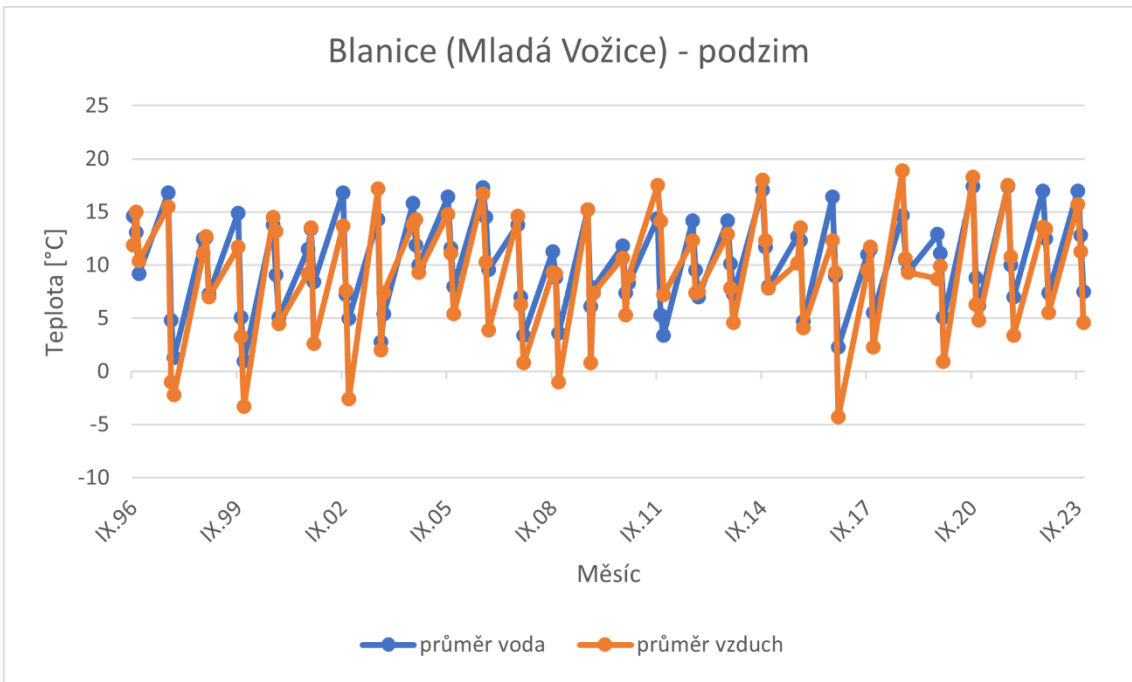
Blanice (Mladá Vožice) - červen





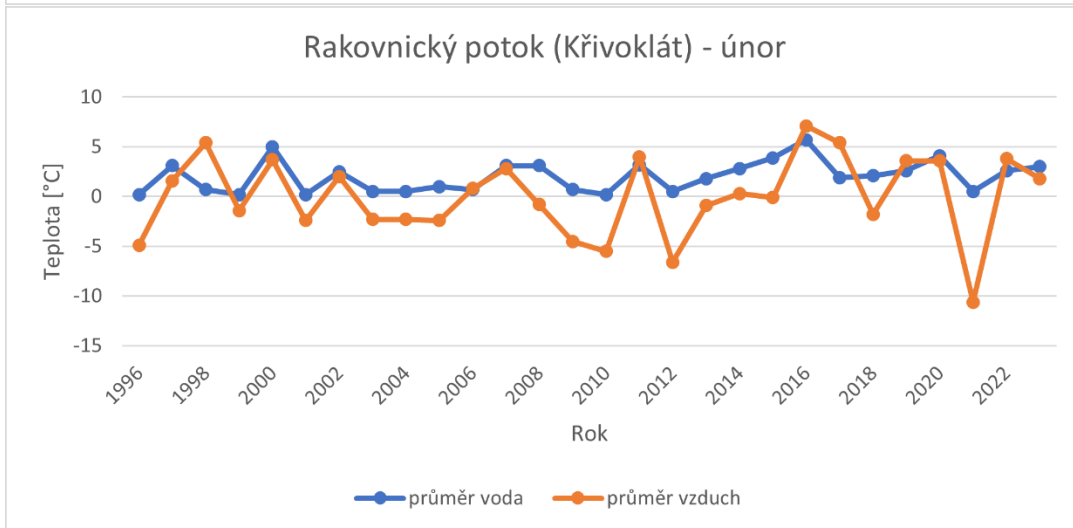
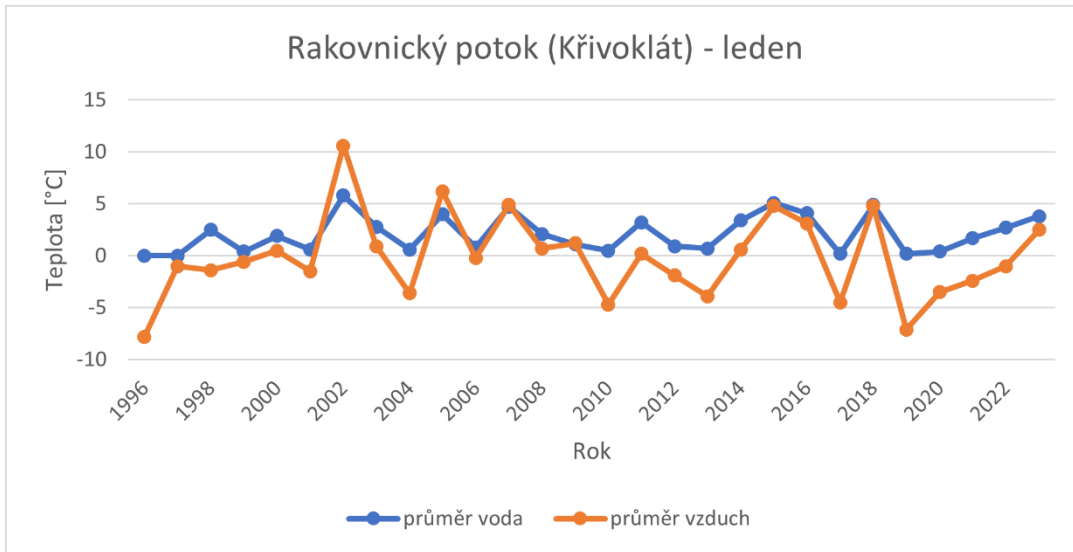




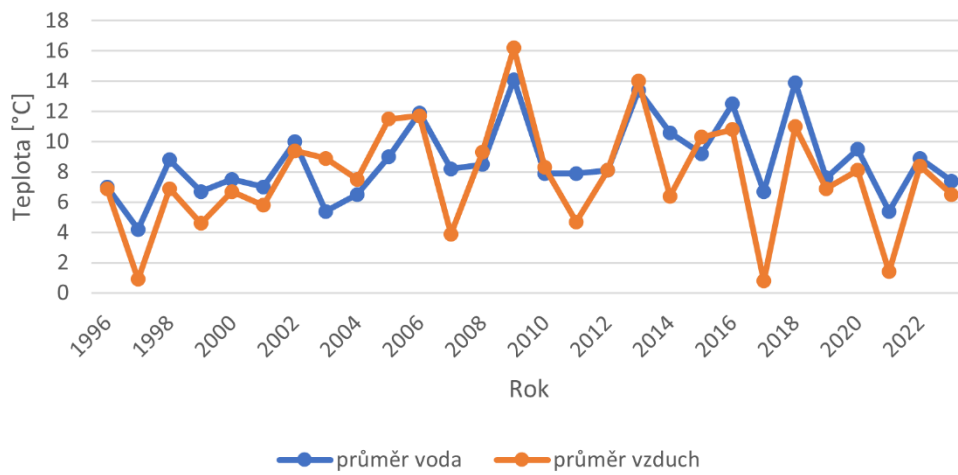




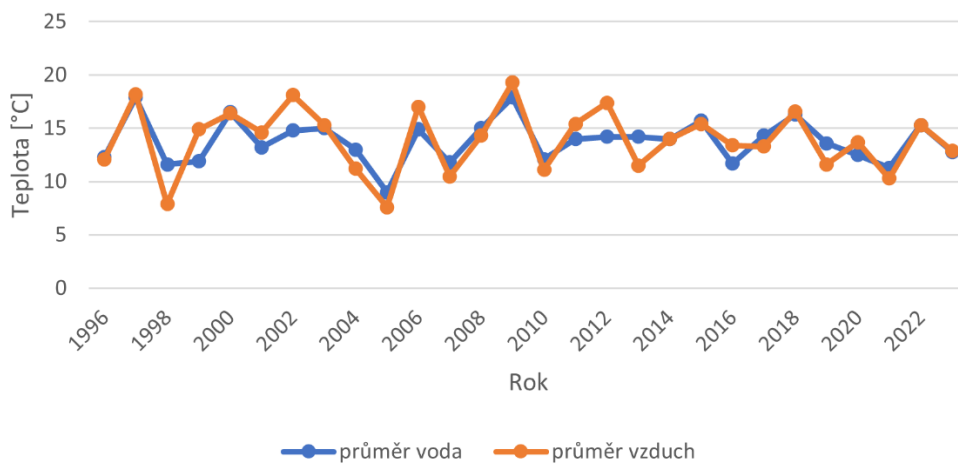
Příloha 3: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Křivoklátu 1996–2023.  
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



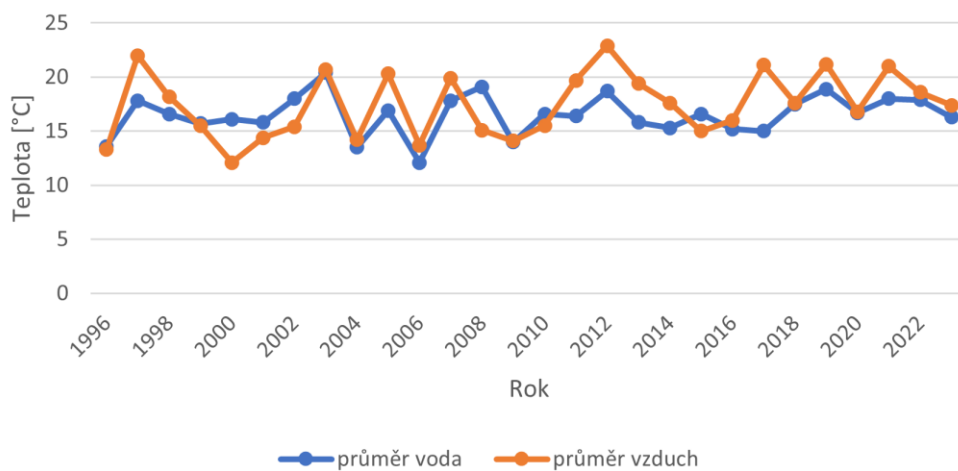
Rakovnický potok (Křivoklát) - duben

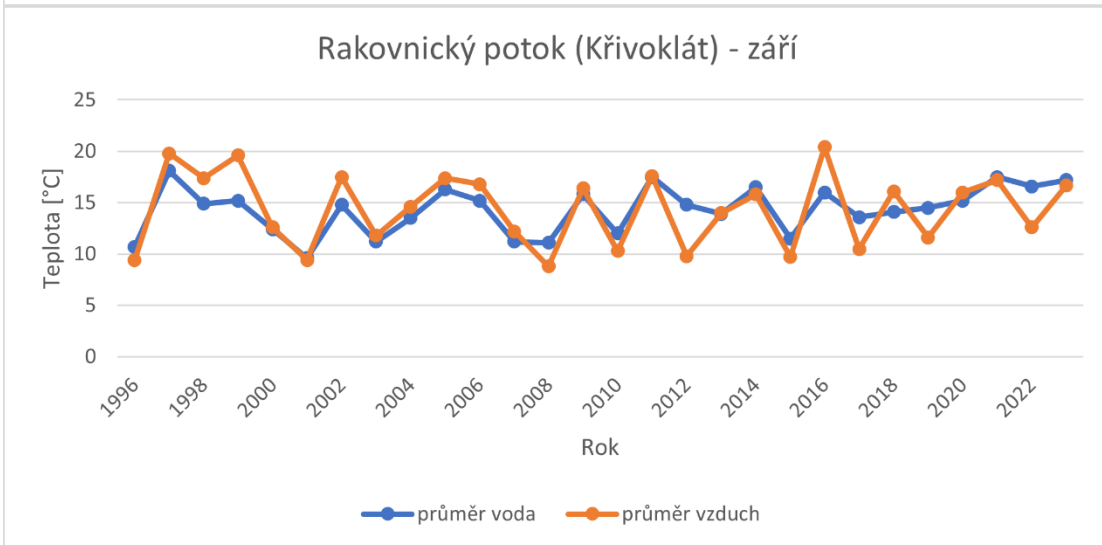
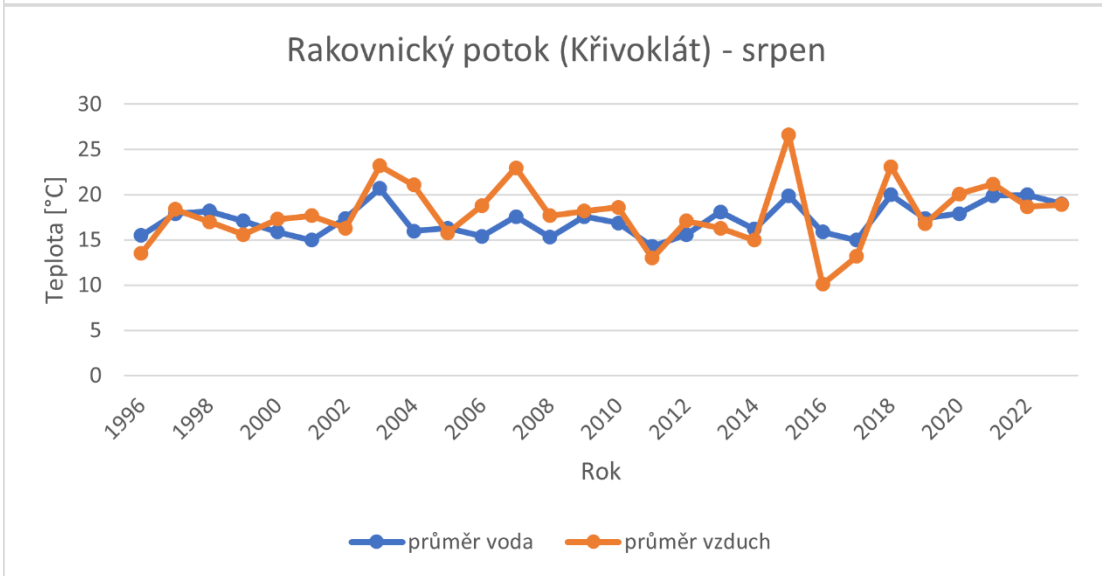
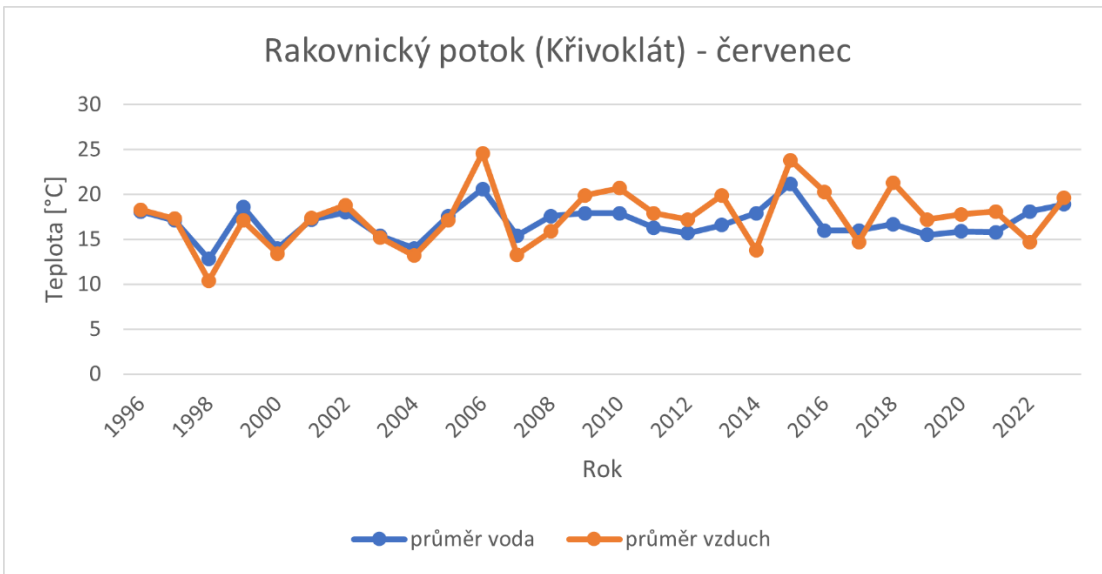


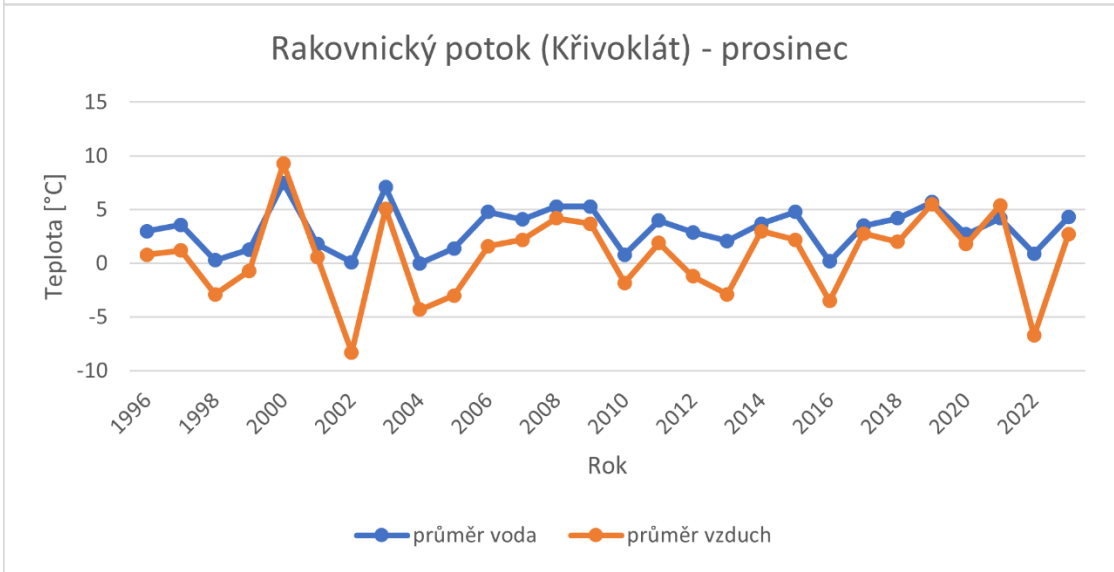
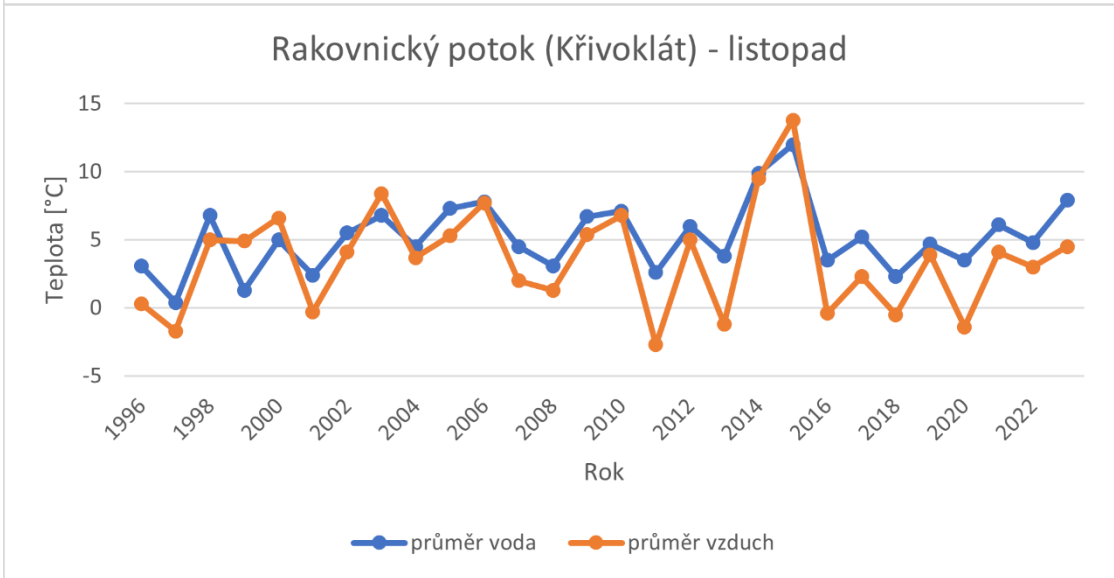
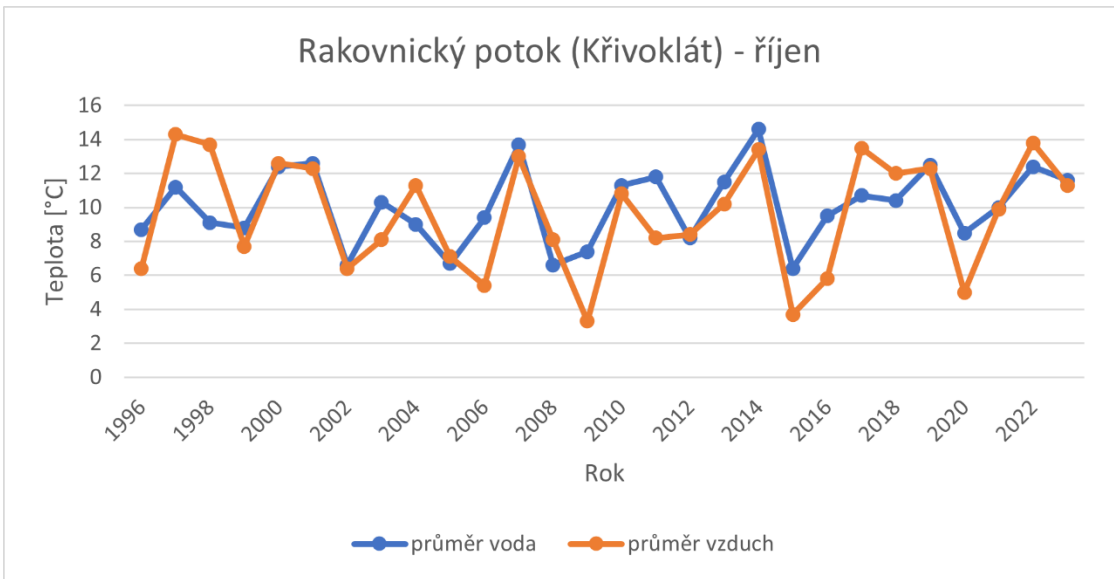
Rakovnický potok (Křivoklát) - květen

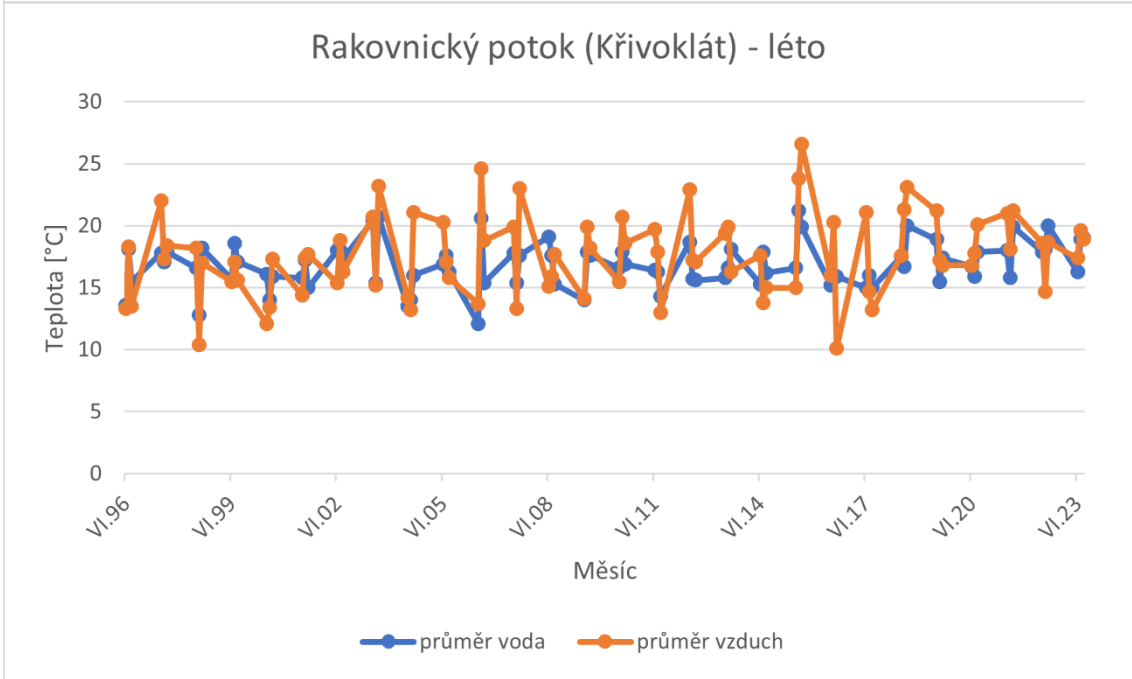
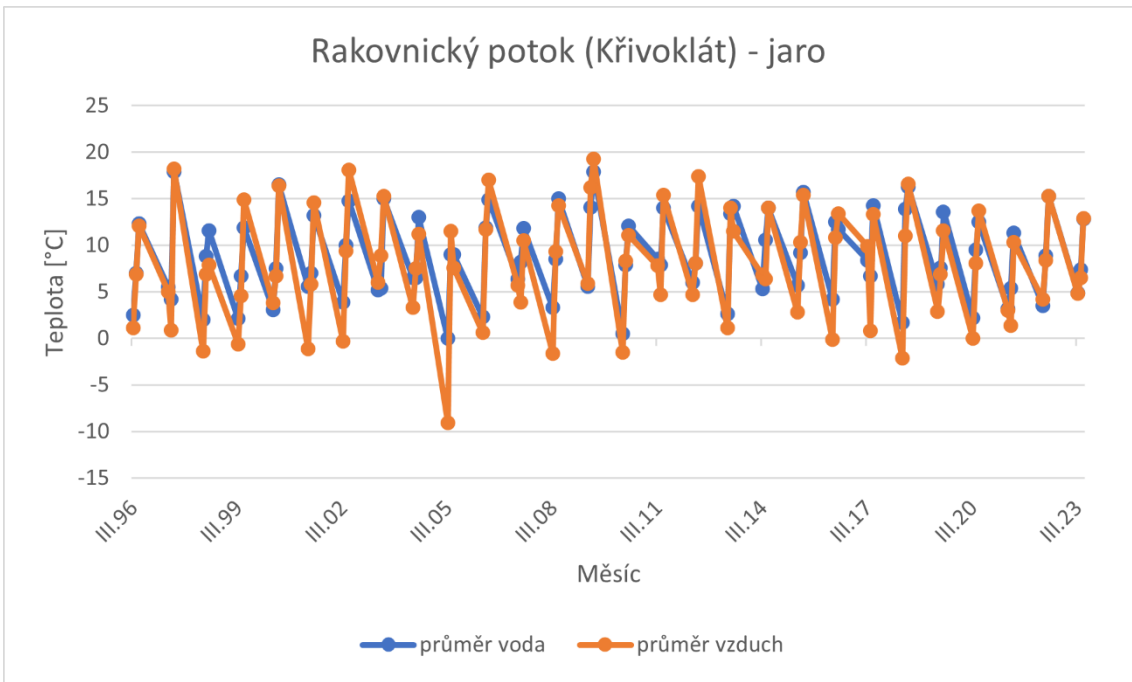


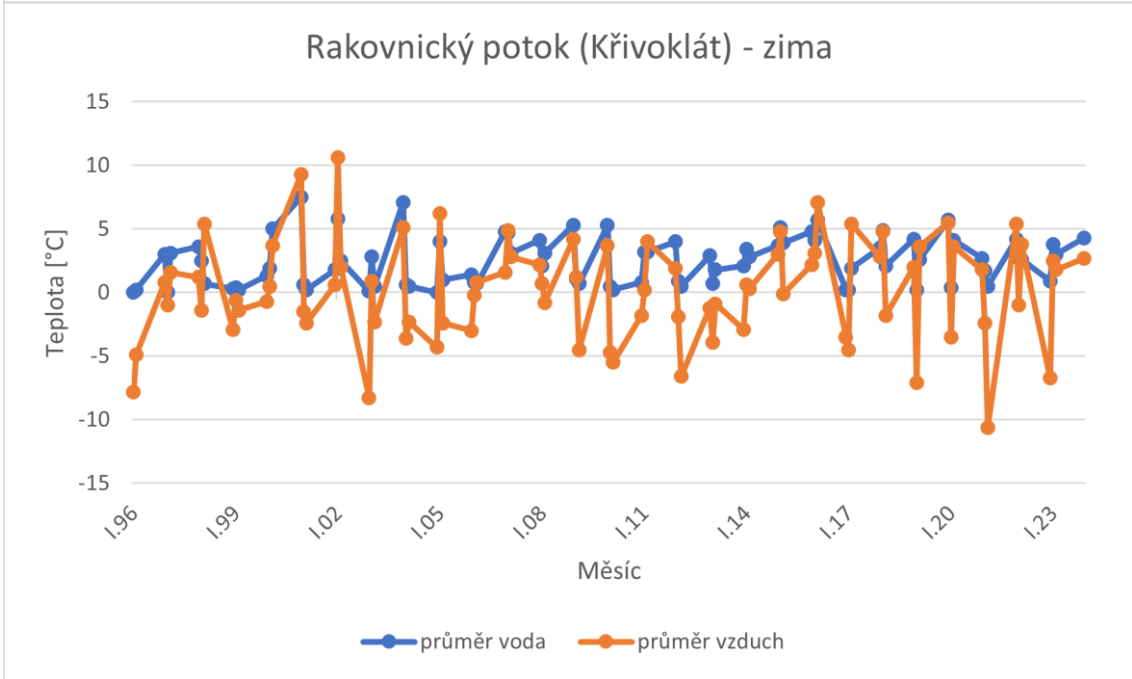
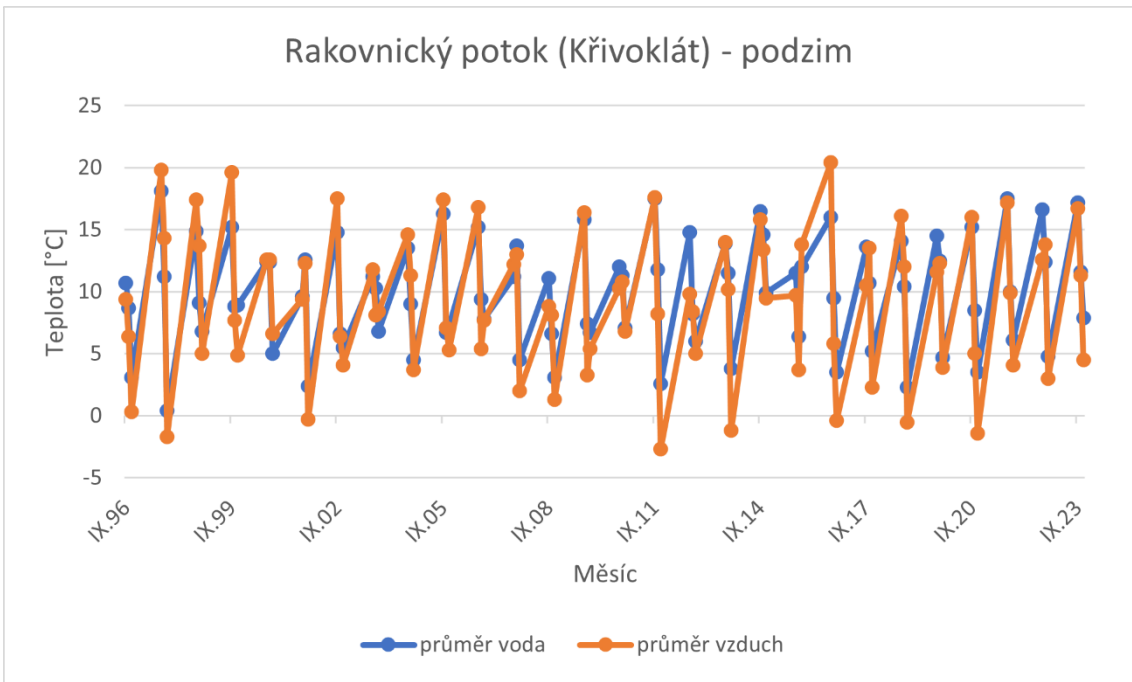
Rakovnický potok (Křivoklát) - červen



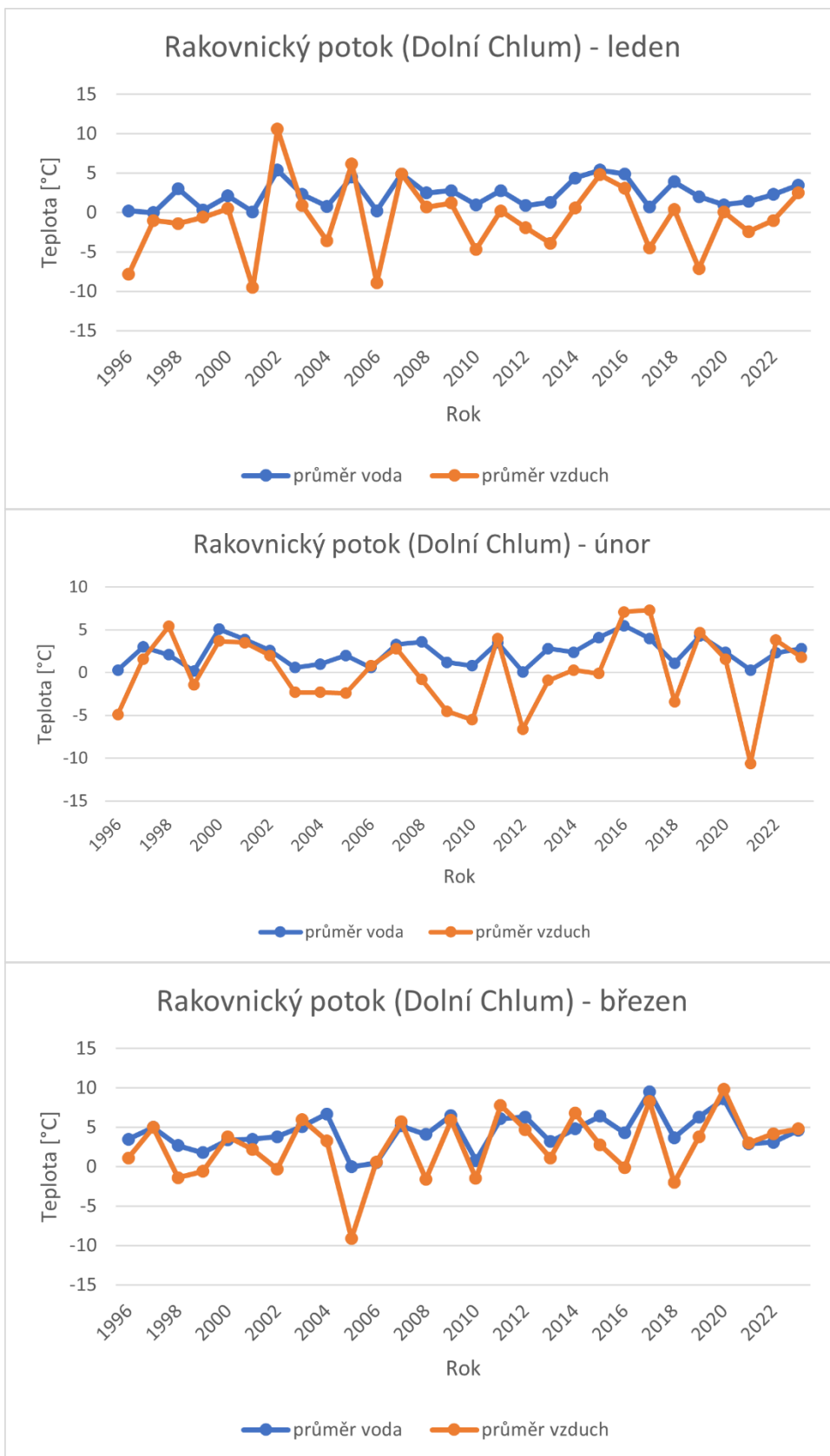




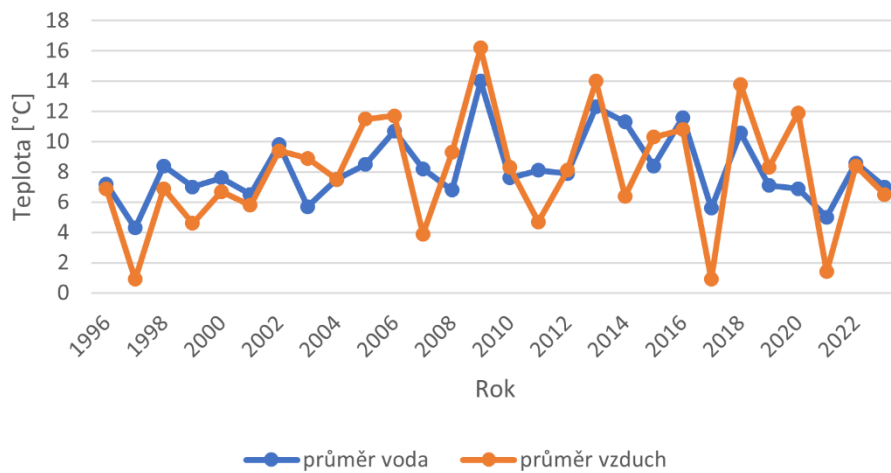




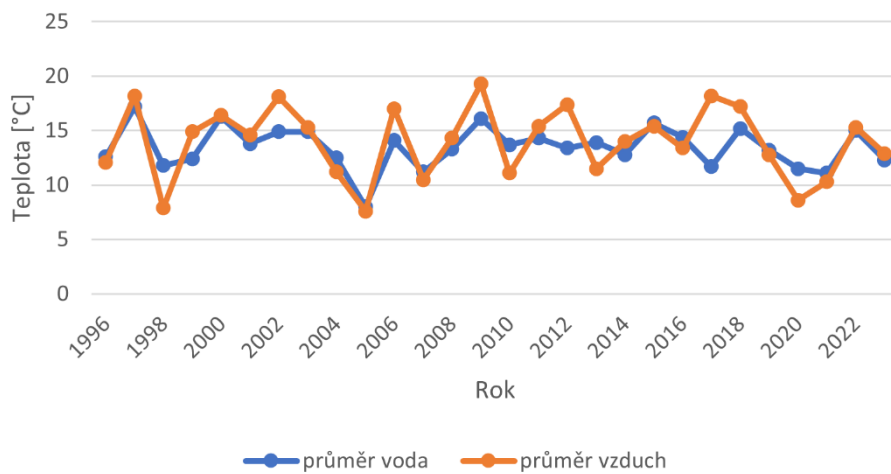
Příloha 4: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Dolním Chlumu 1996–2023. Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



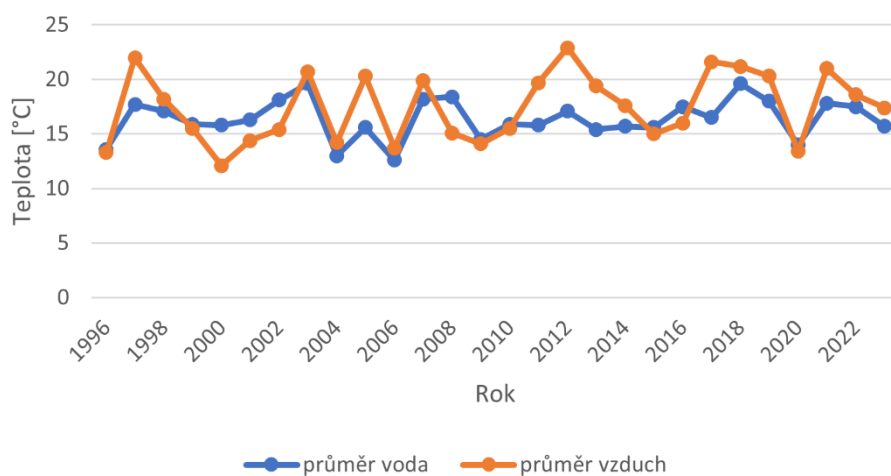
Rakovnický potok (Dolní Chlum) - duben



Rakovnický potok (Dolní Chlum) - květen

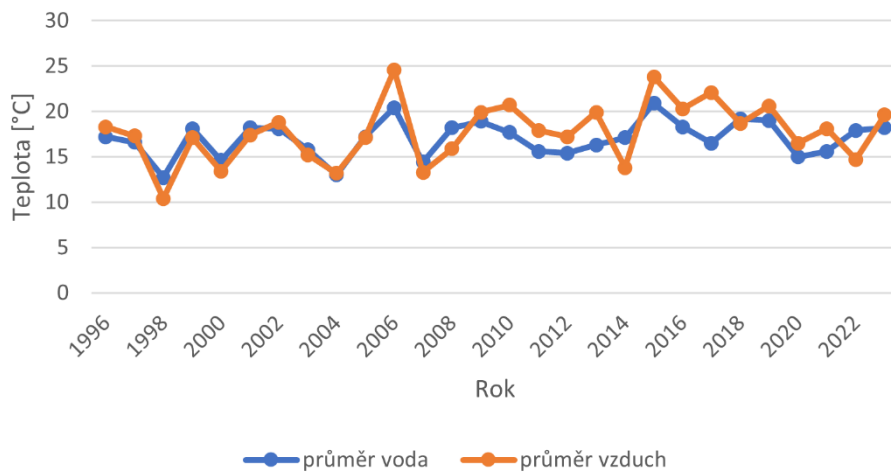


Rakovnický potok (Dolní Chlum) - červen

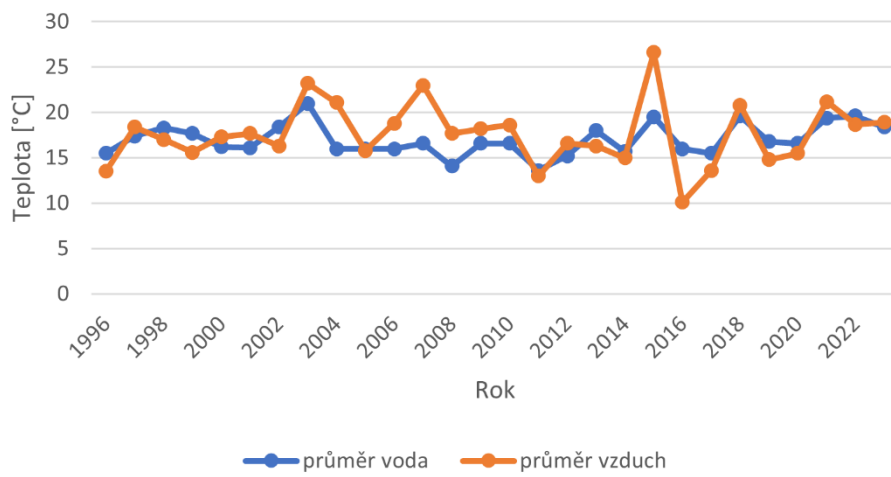




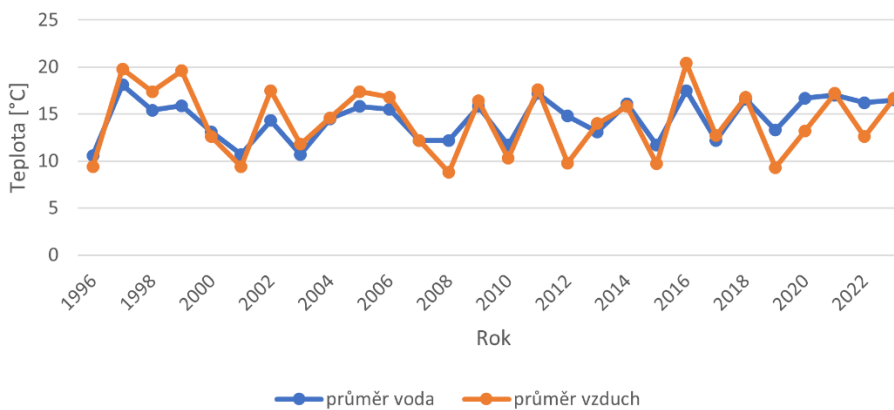
### Rakovnický potok (Dolní Chlum) - červenec

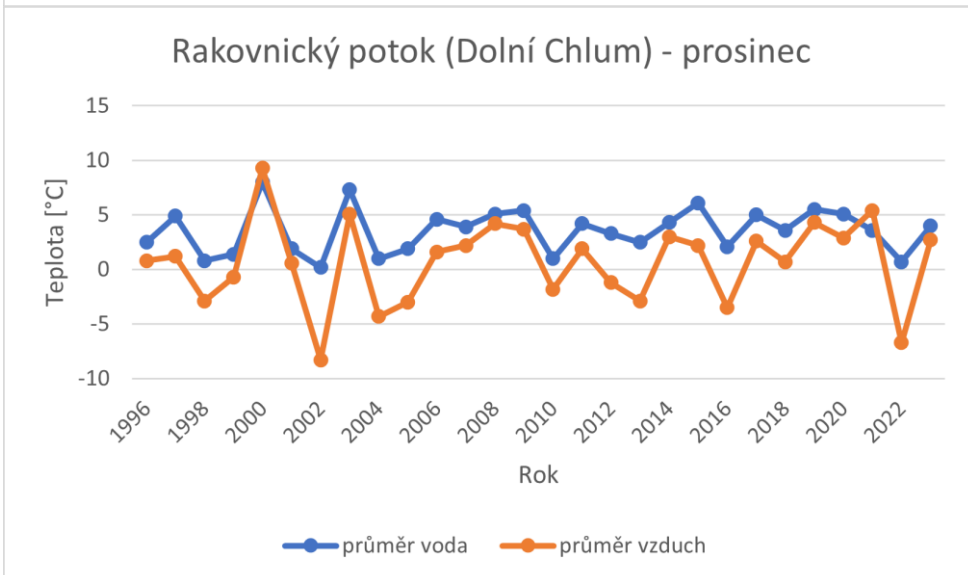
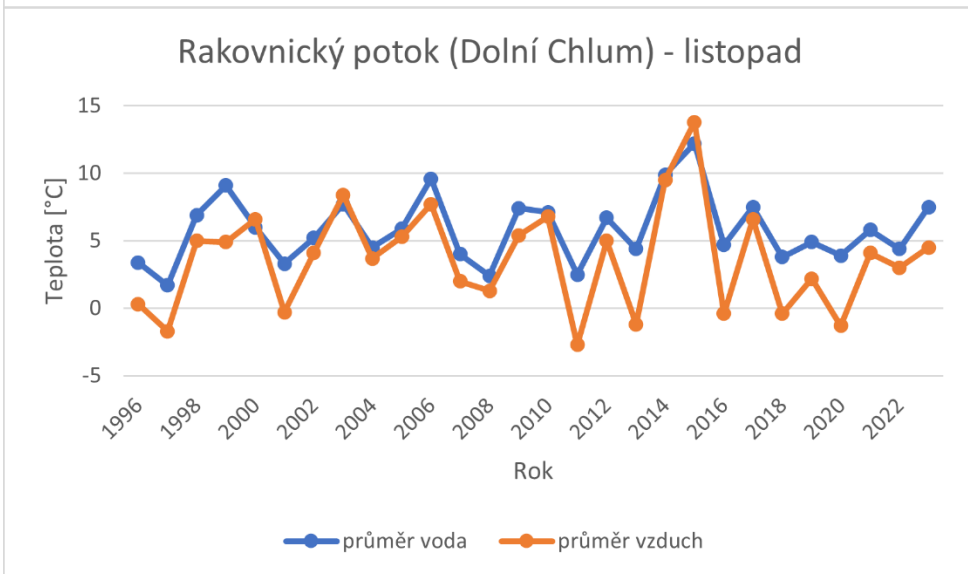
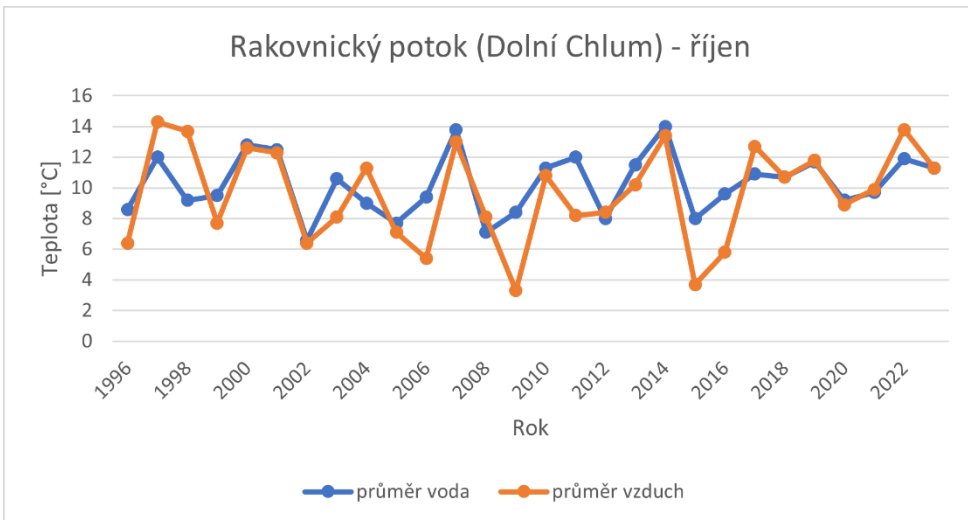


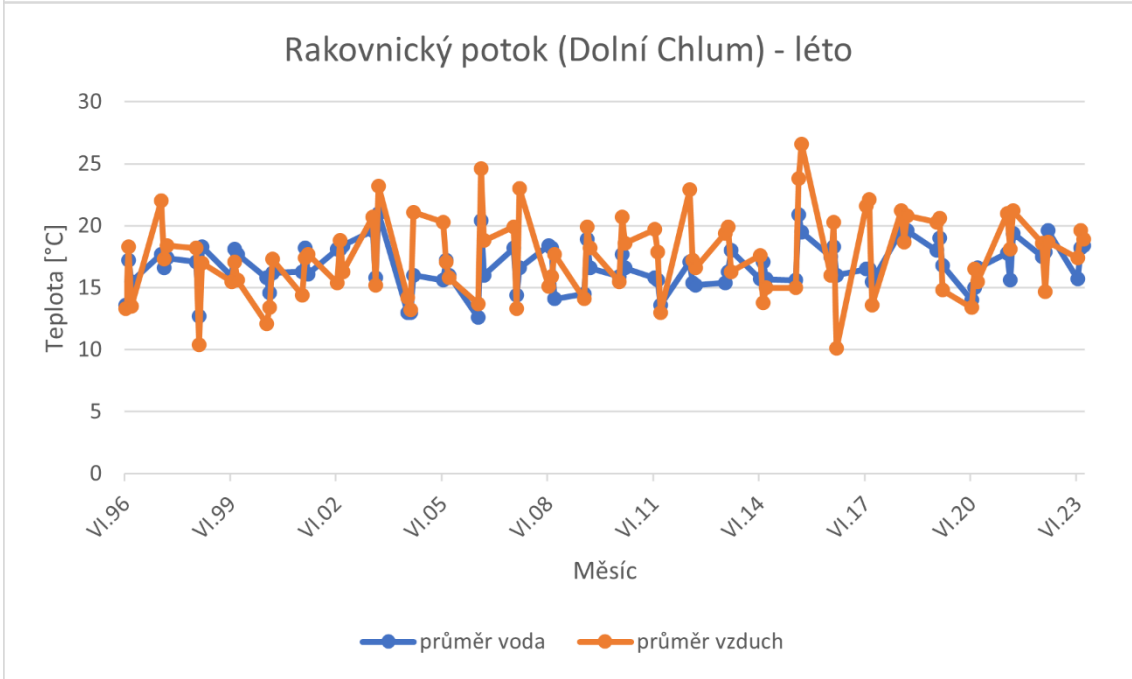
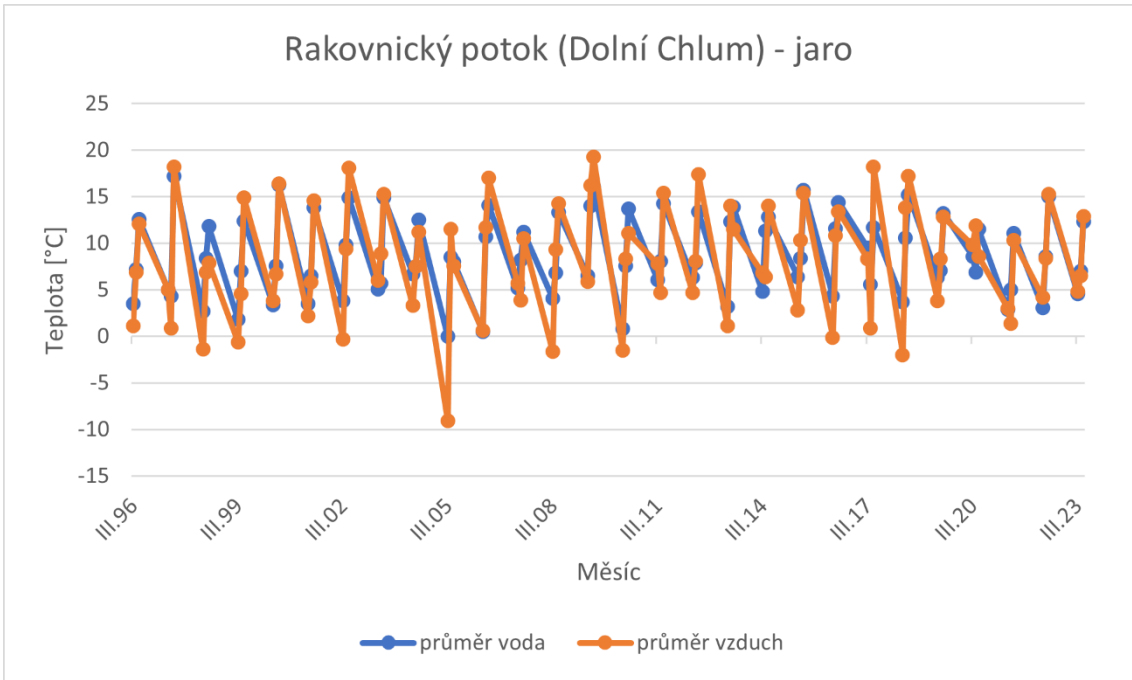
### Rakovnický potok (Dolní Chlum) - srpen

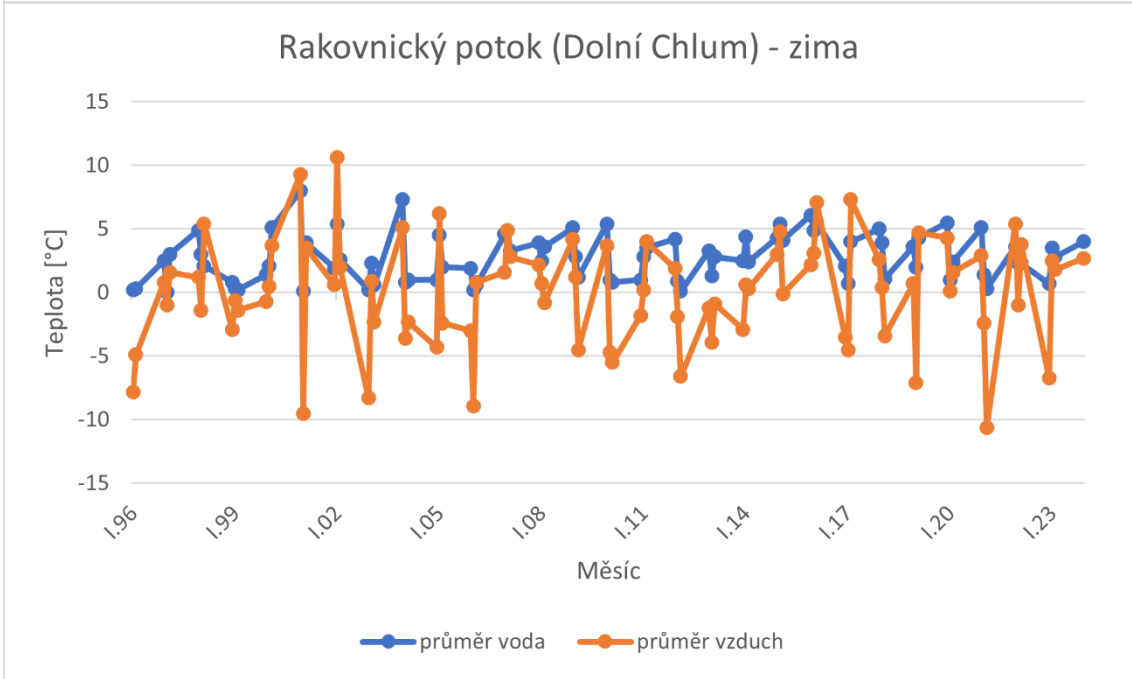
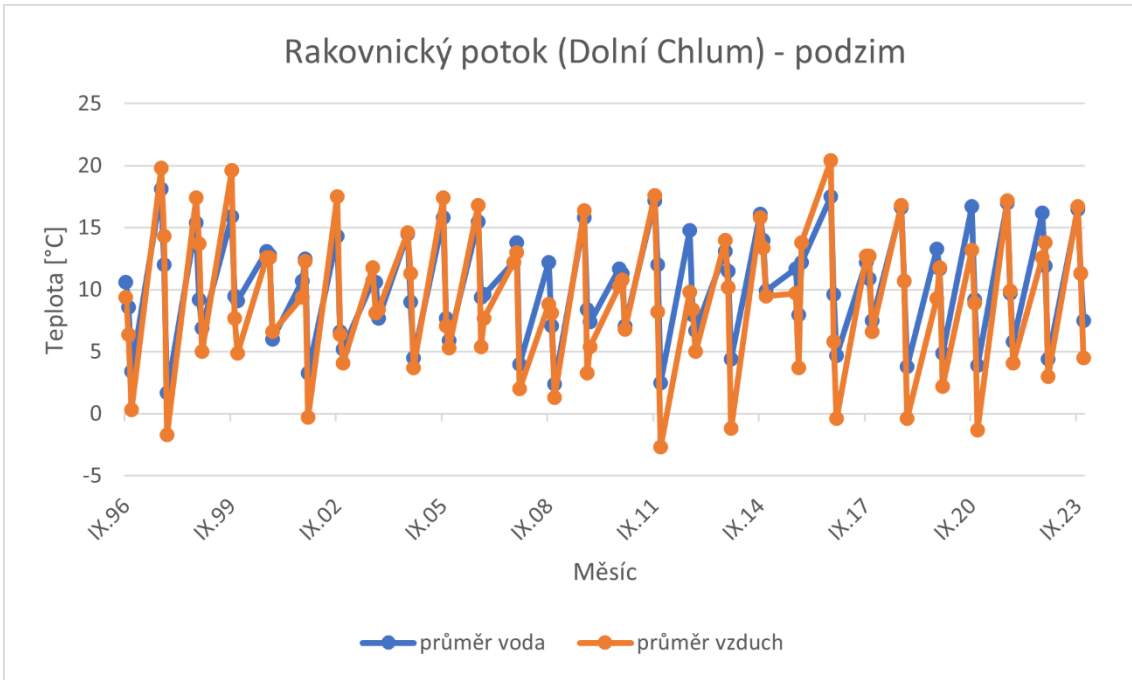


### Rakovnický potok (Dolní Chlum) - září

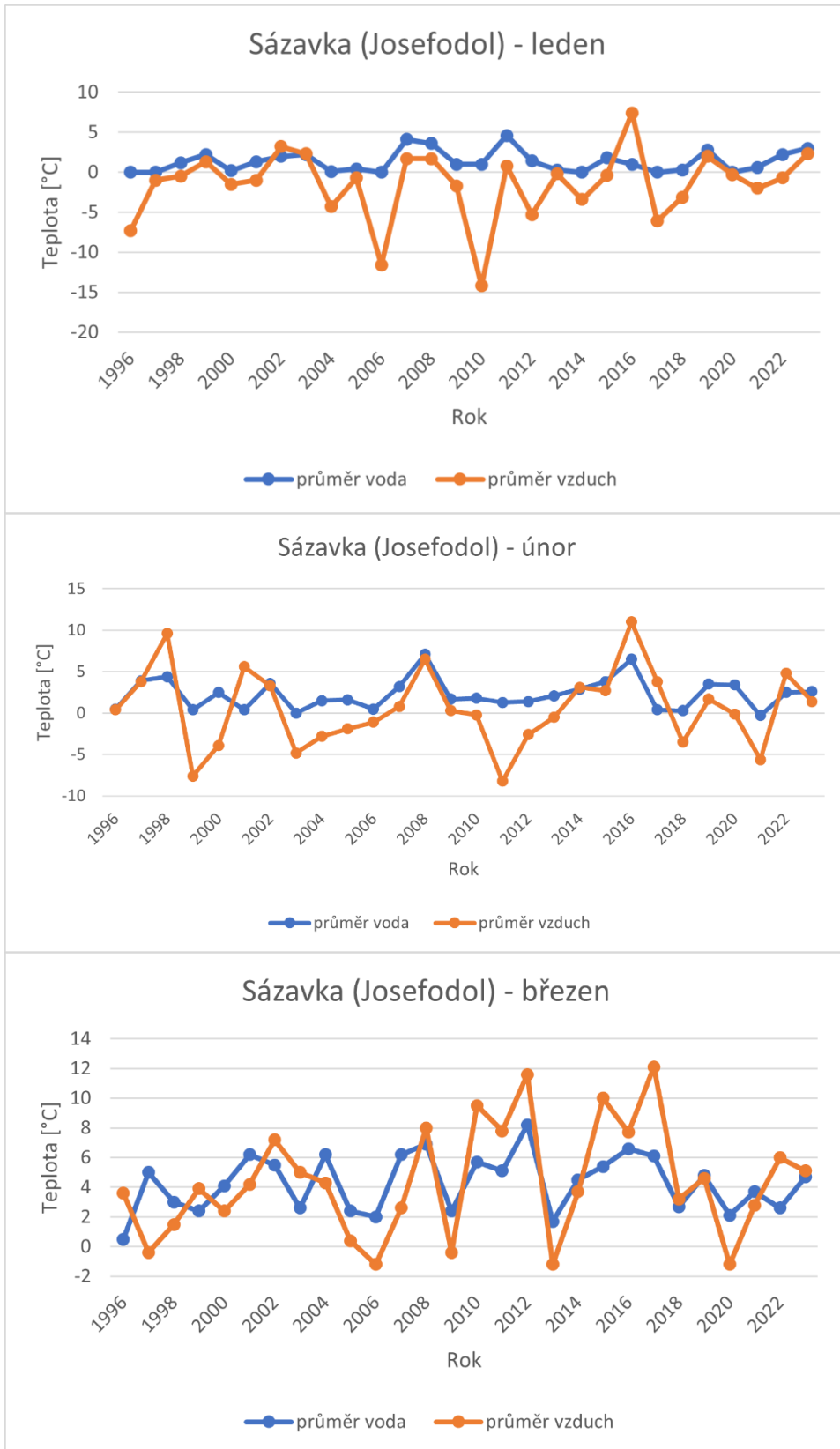


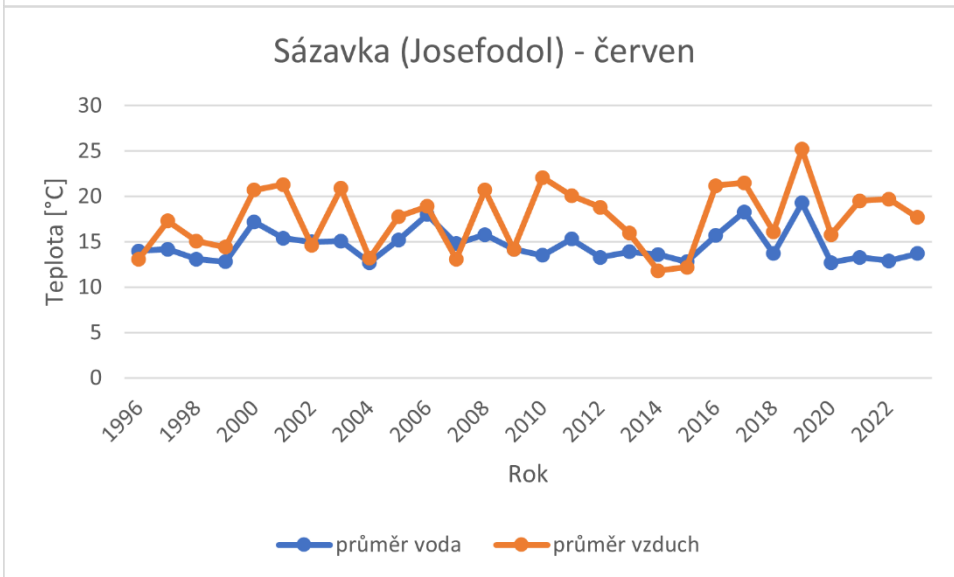
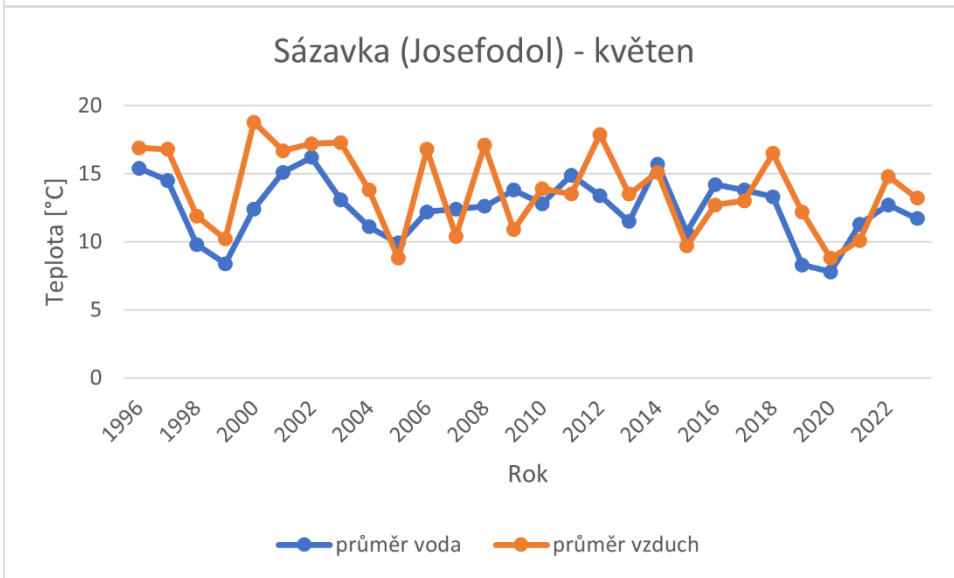
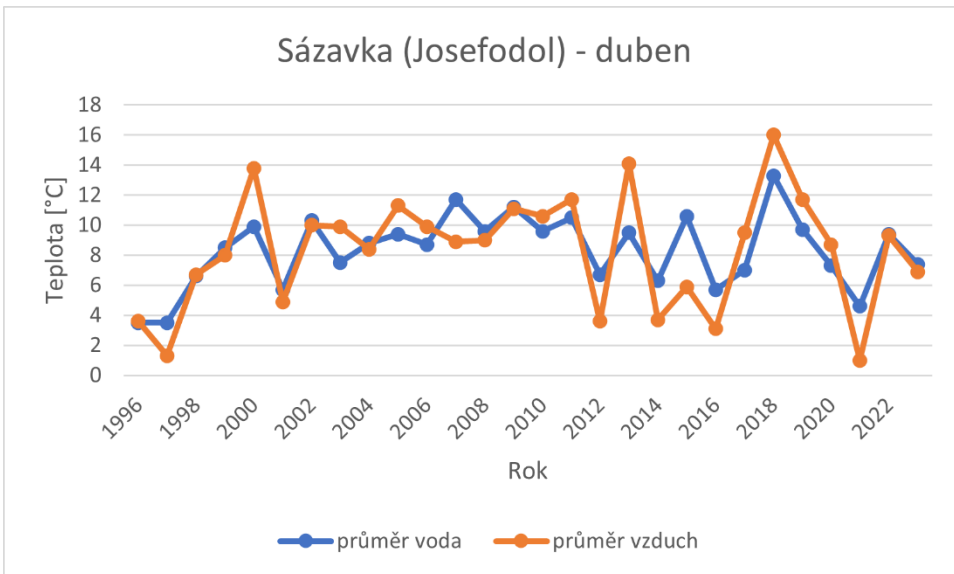


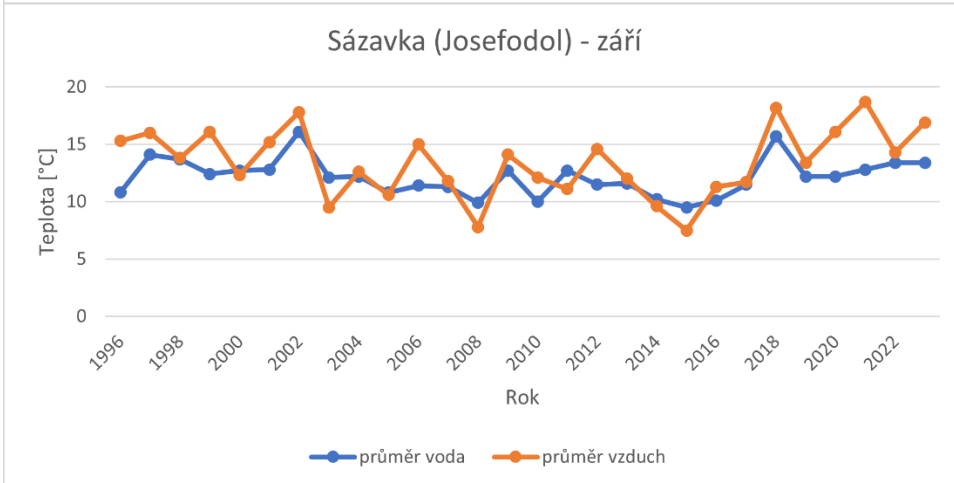
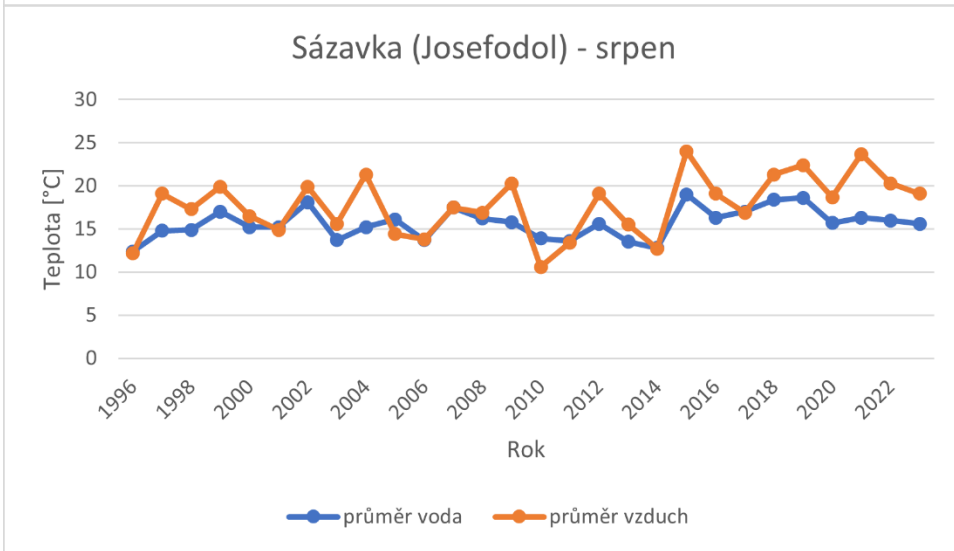
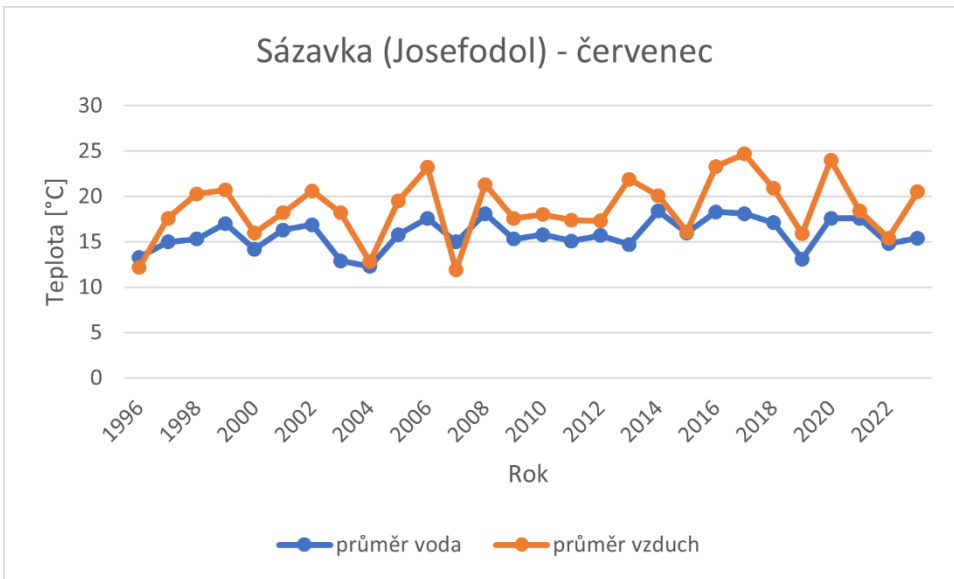


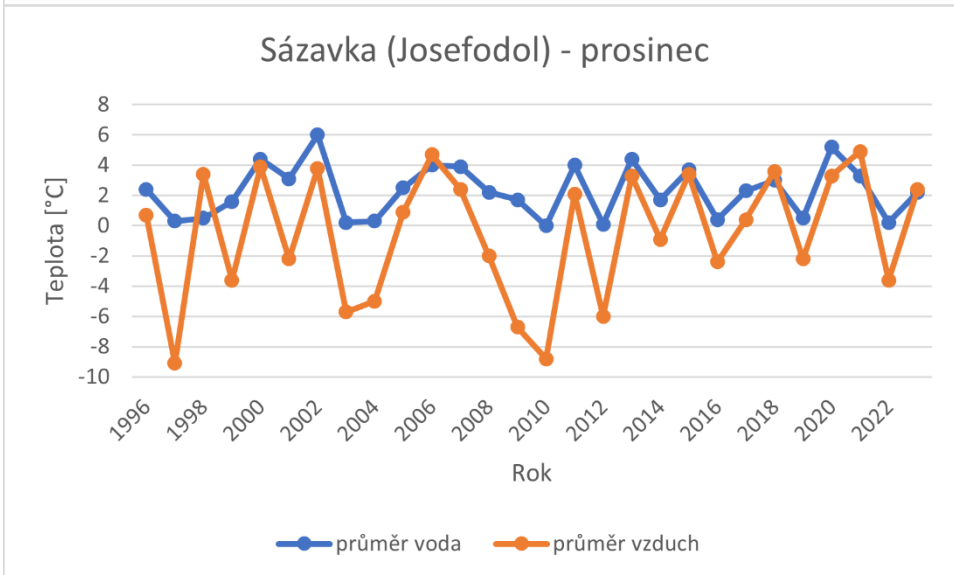
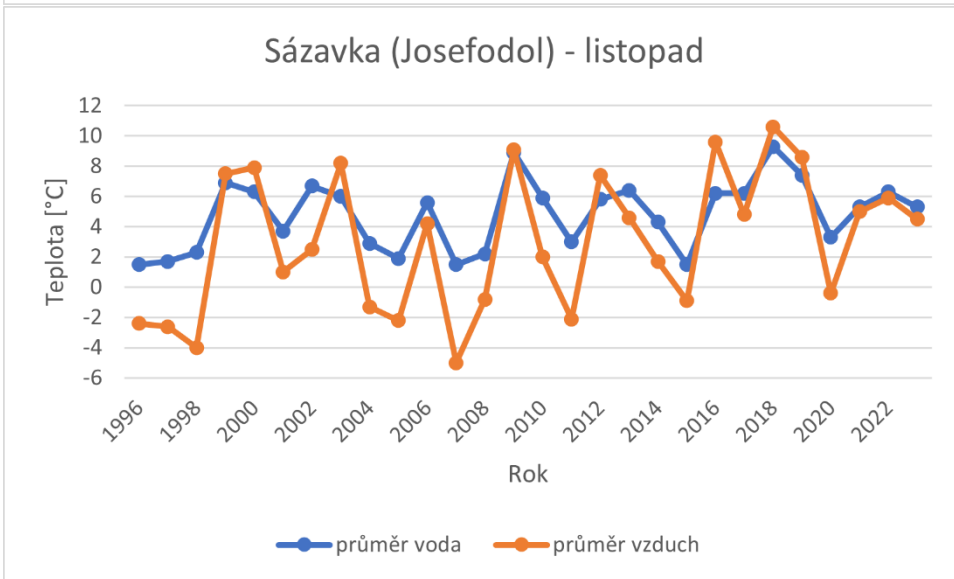
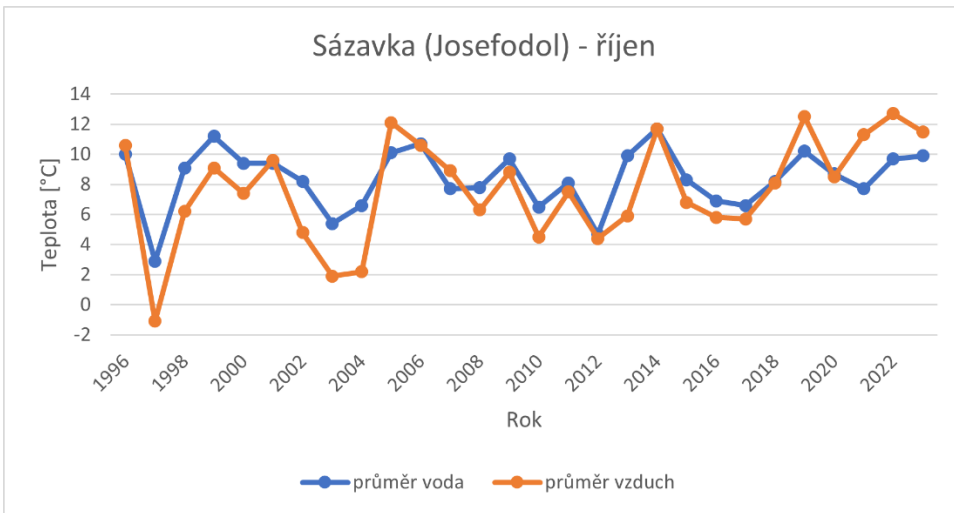


Příloha 5: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Josefodole 1996–2023.  
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.

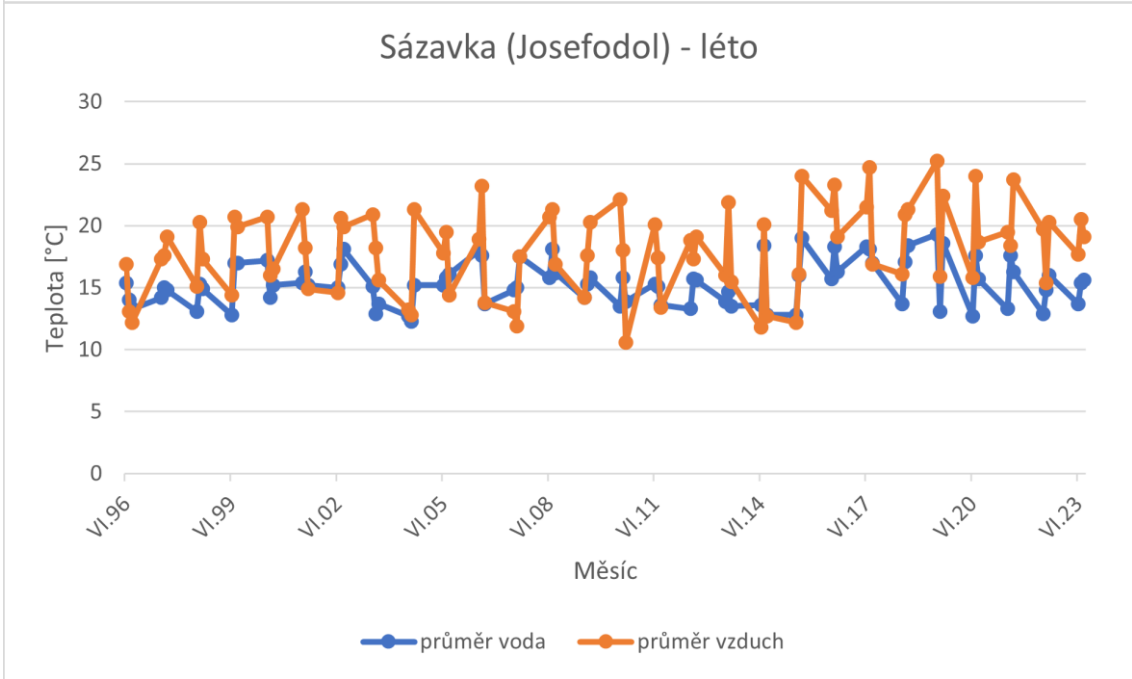
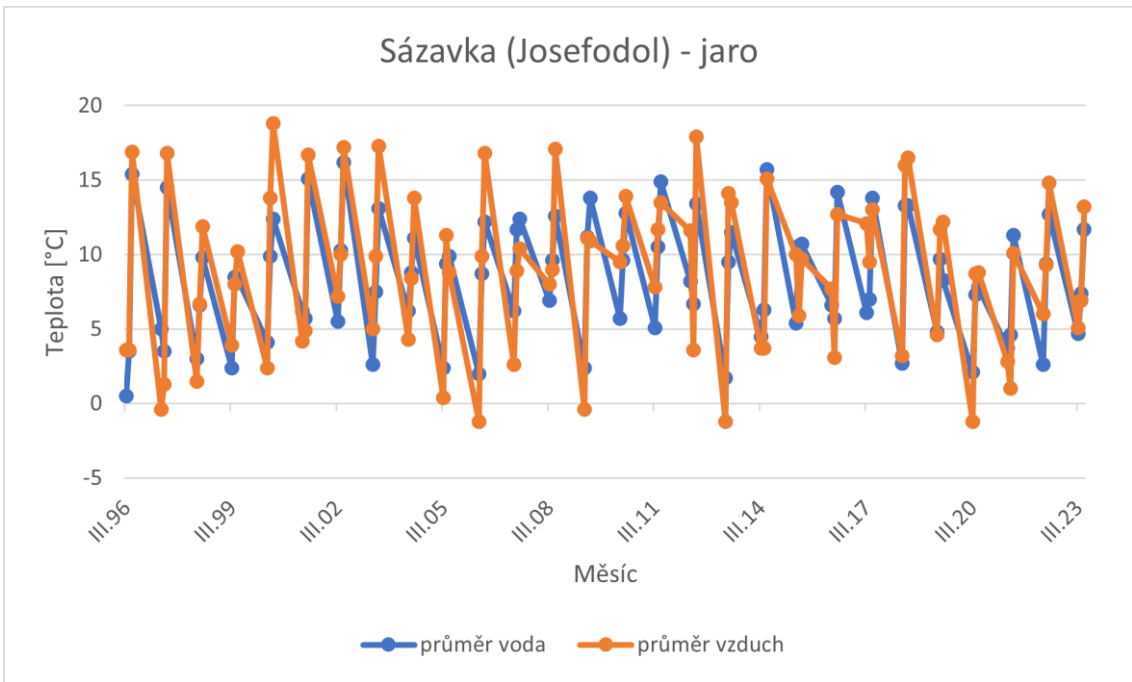


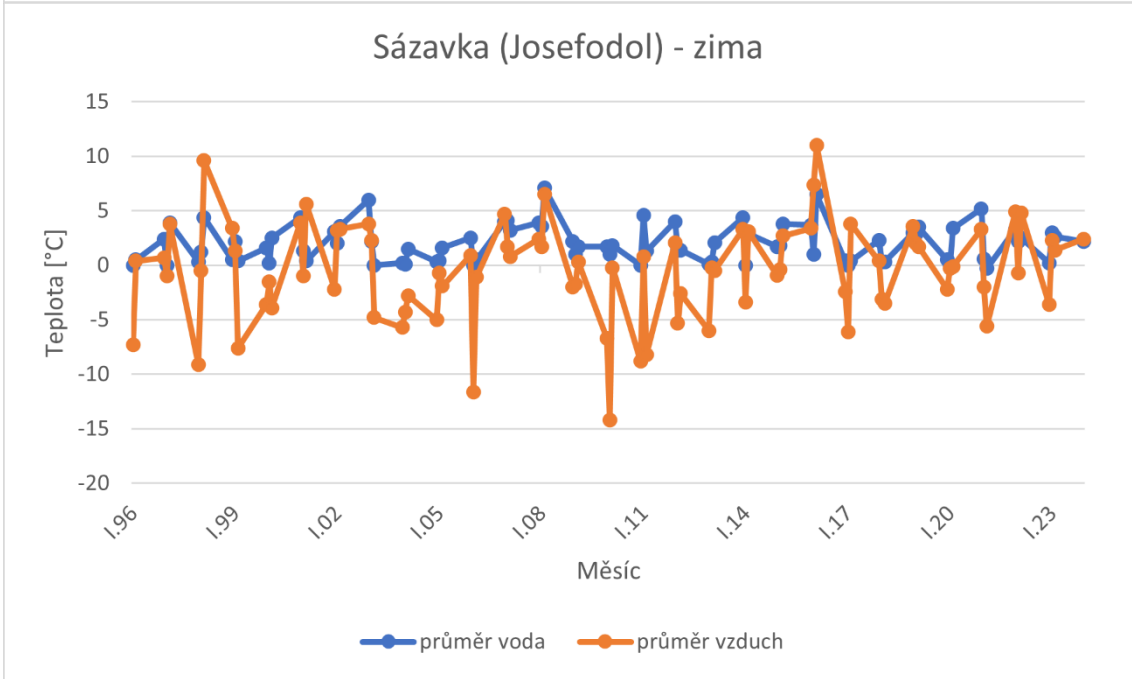
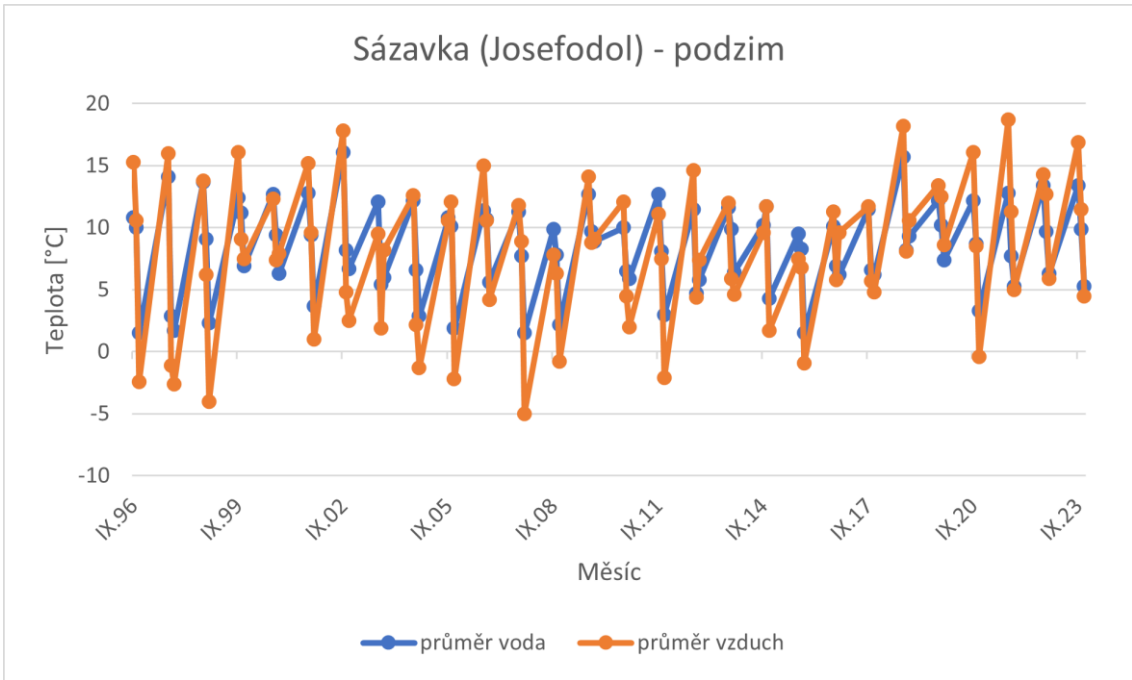




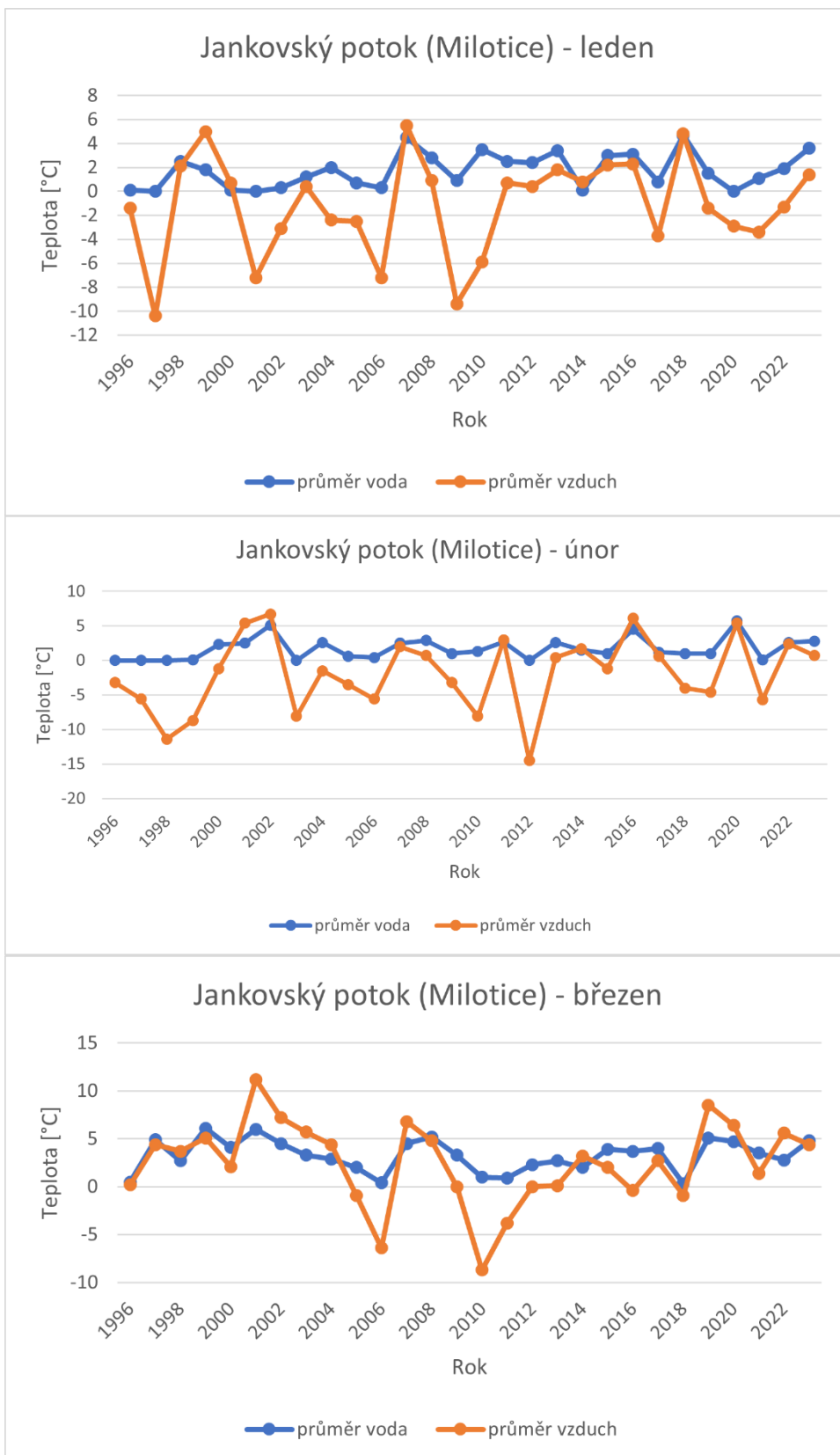




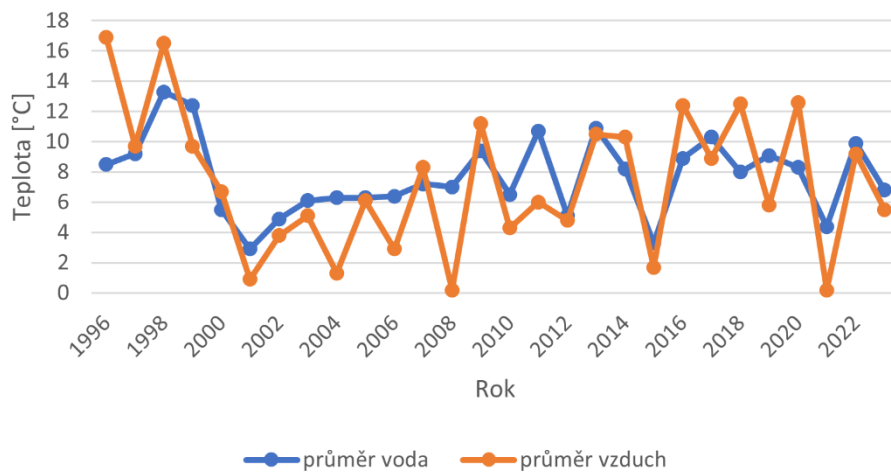




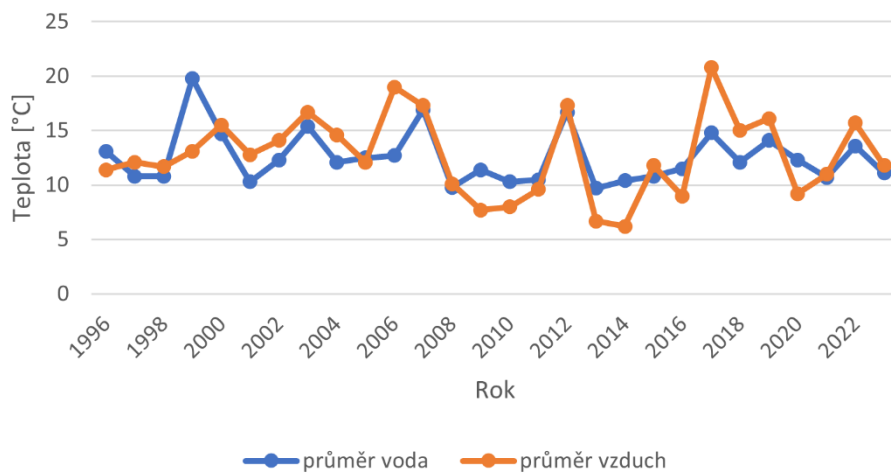
Příloha 6: Vývoj teploty vody a vzduchu na profilu jakosti povrchové vody v Miloticích 1996–2023.  
Zdroje: Povodí Vltavy 2024, ČHMÚ 2024.



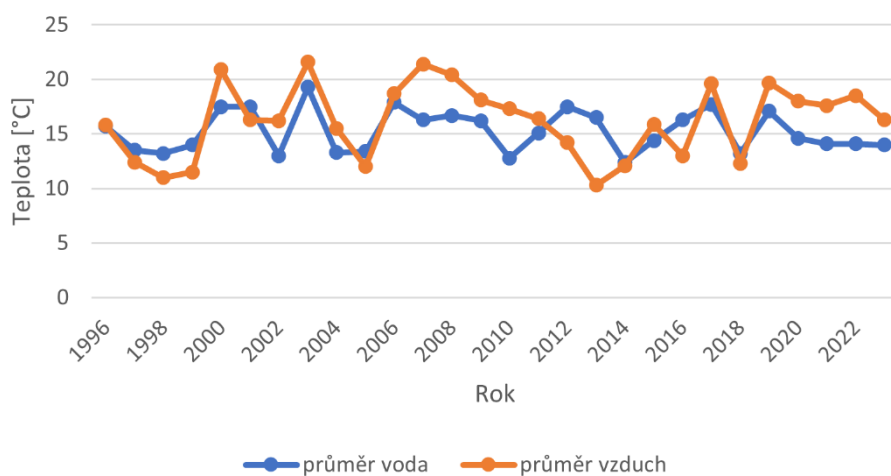
Jankovský potok (Milotice) - duben

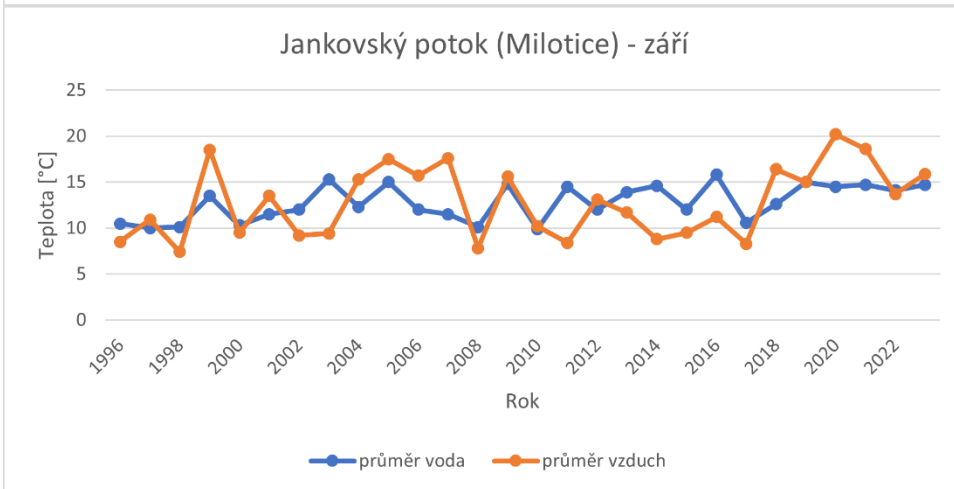
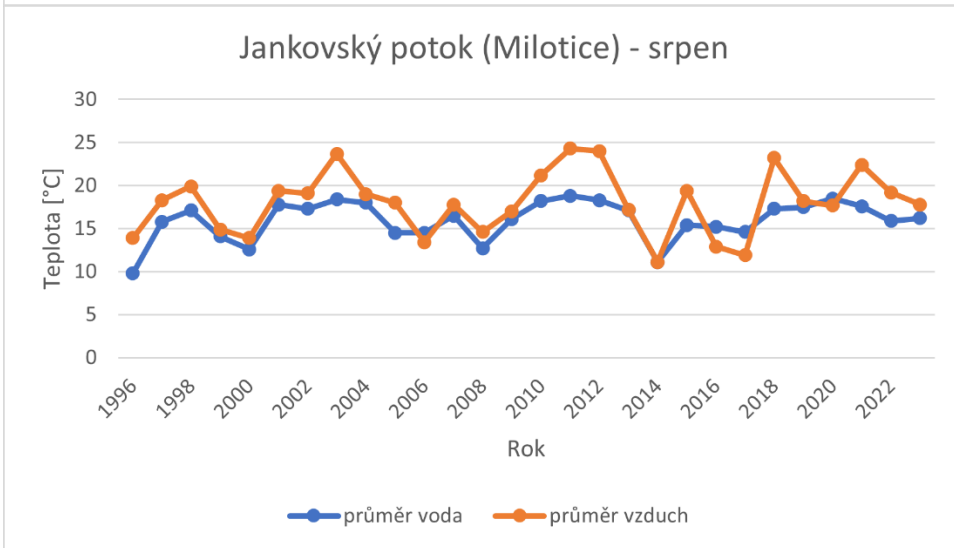
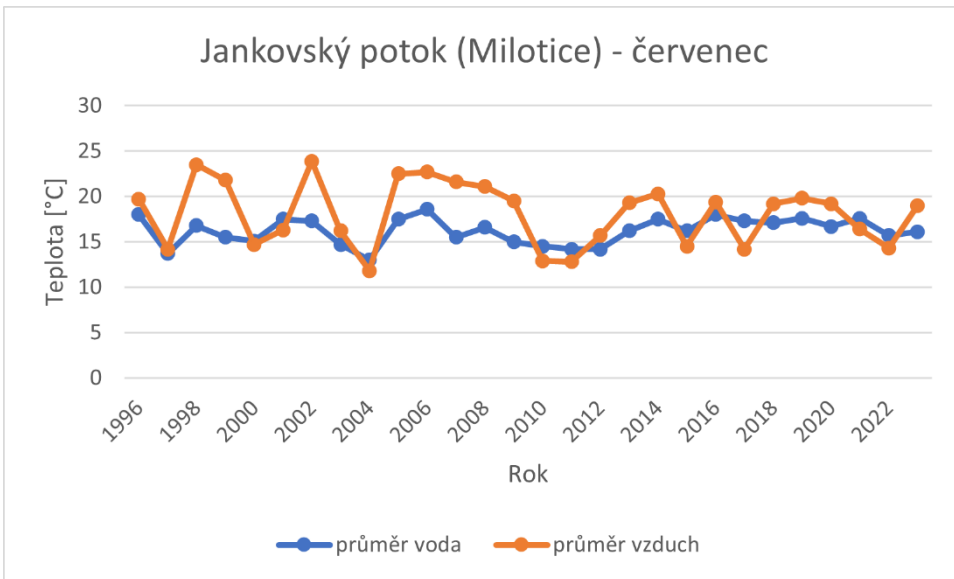


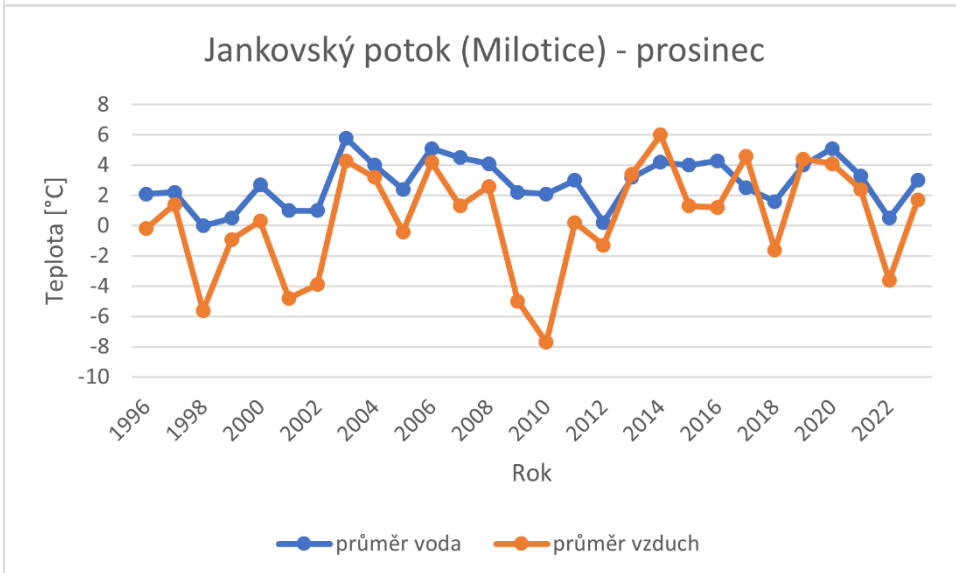
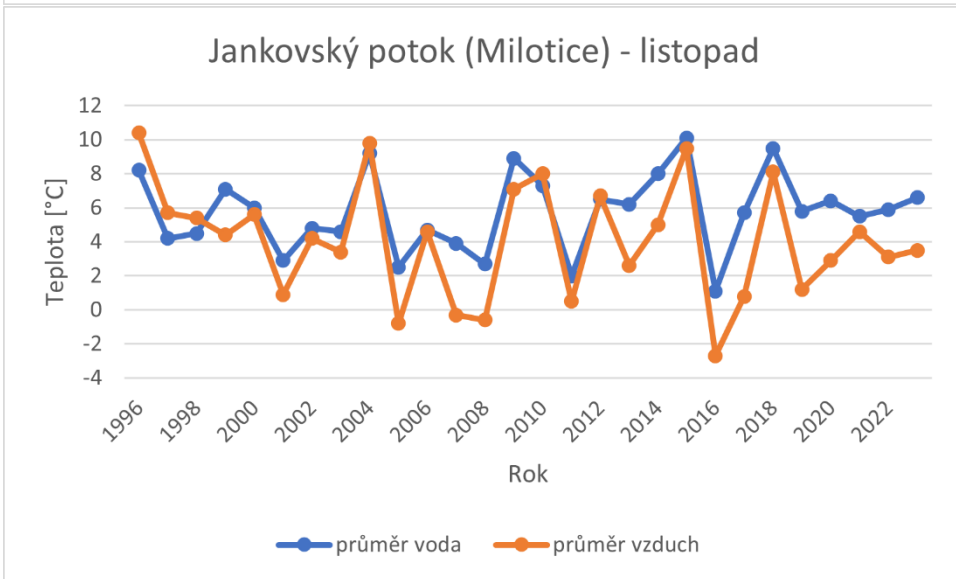
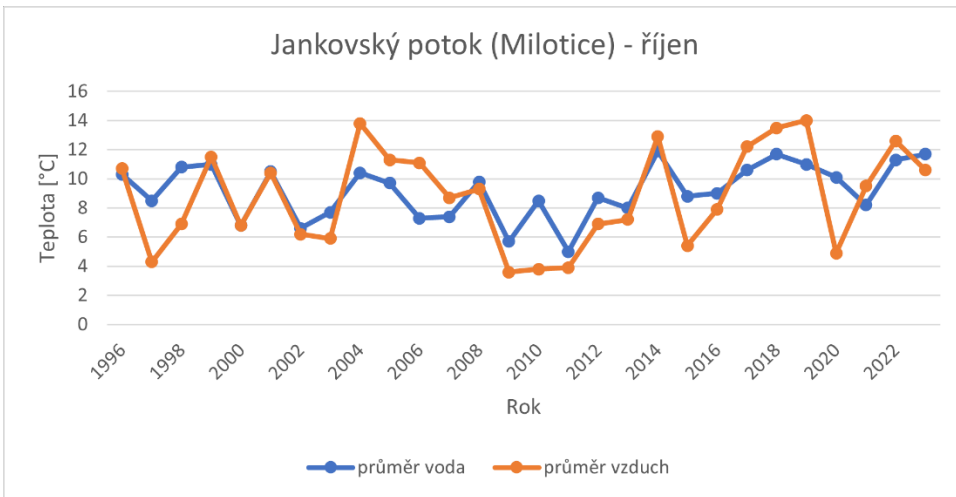
Jankovský potok (Milotice) - květen

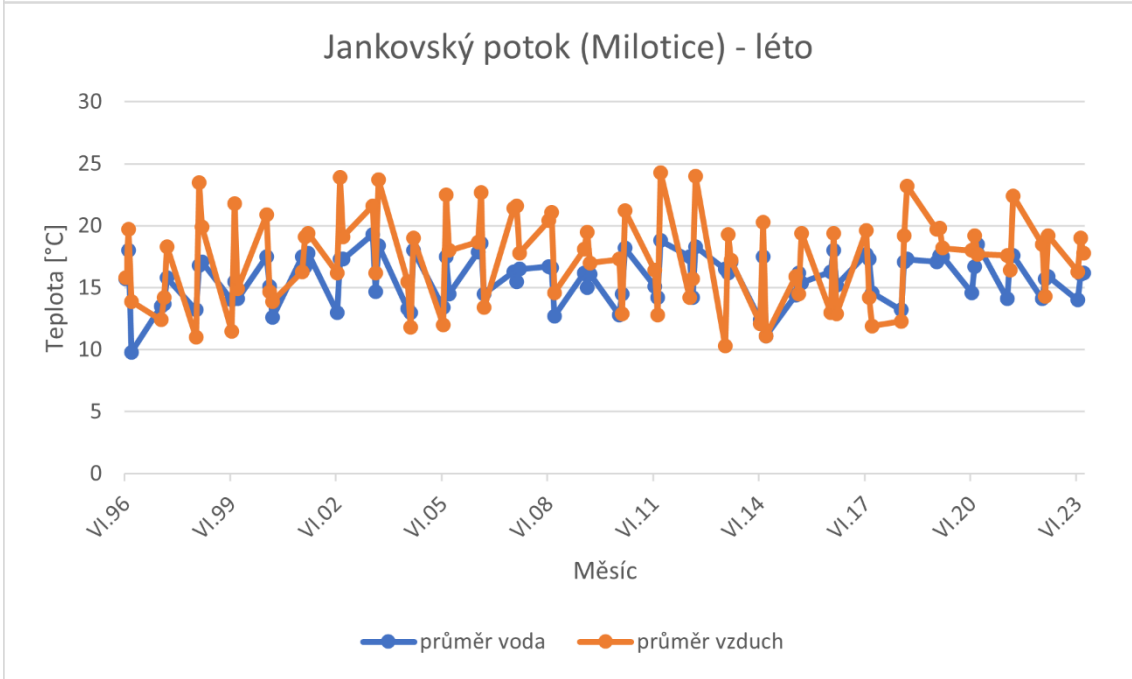
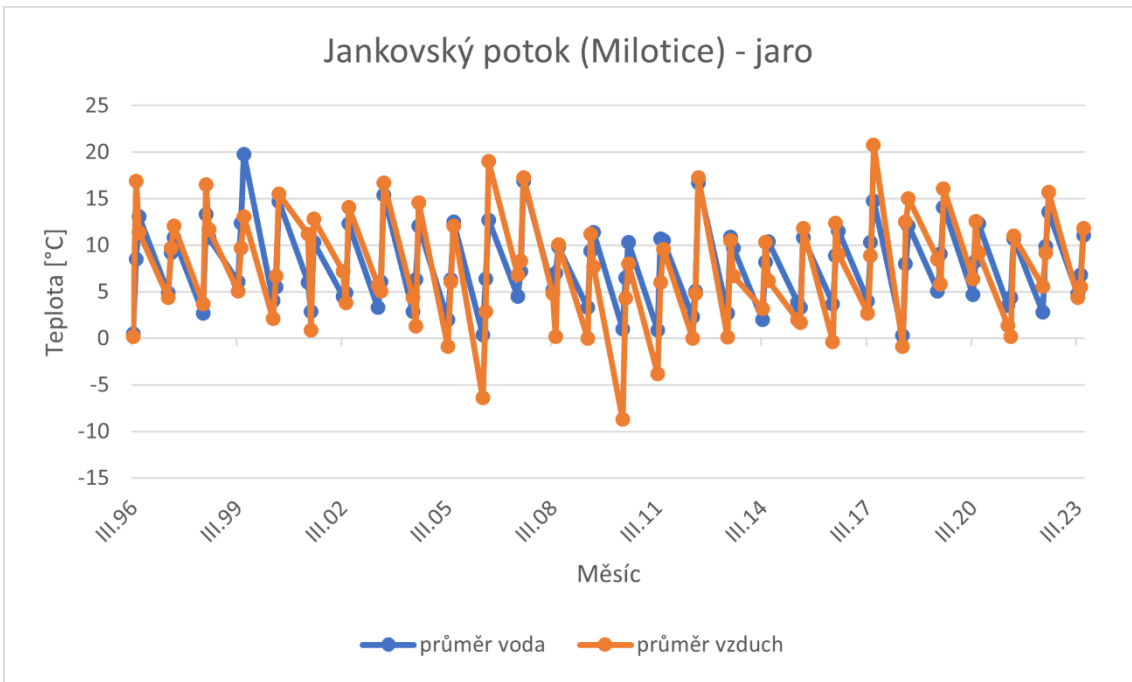


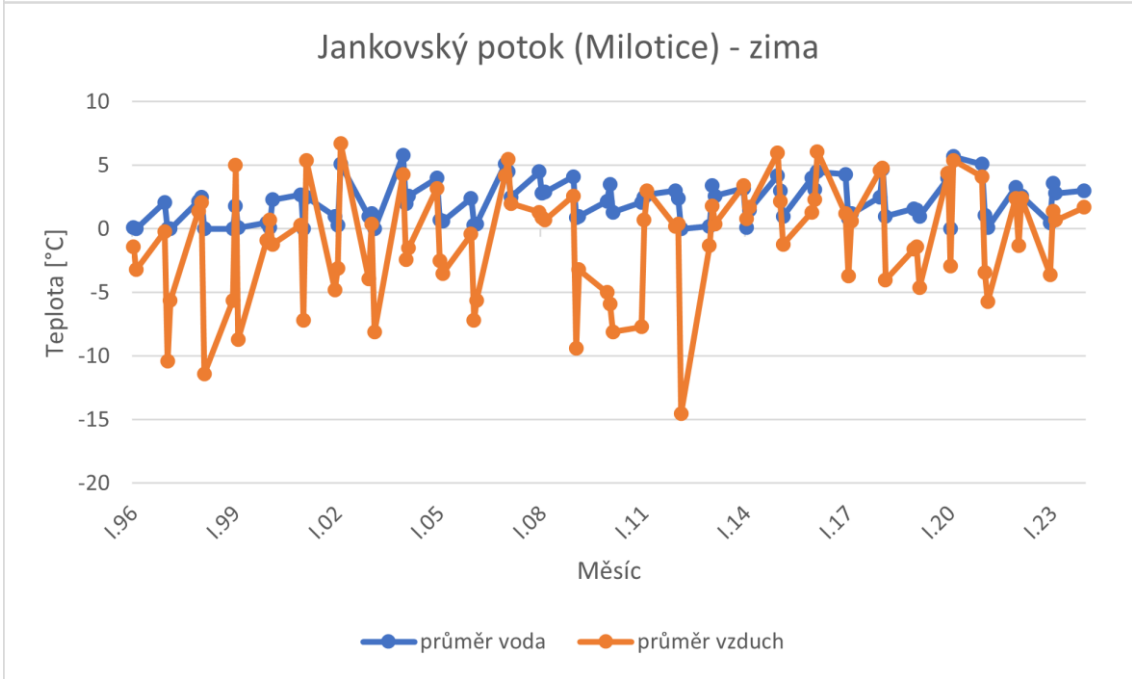
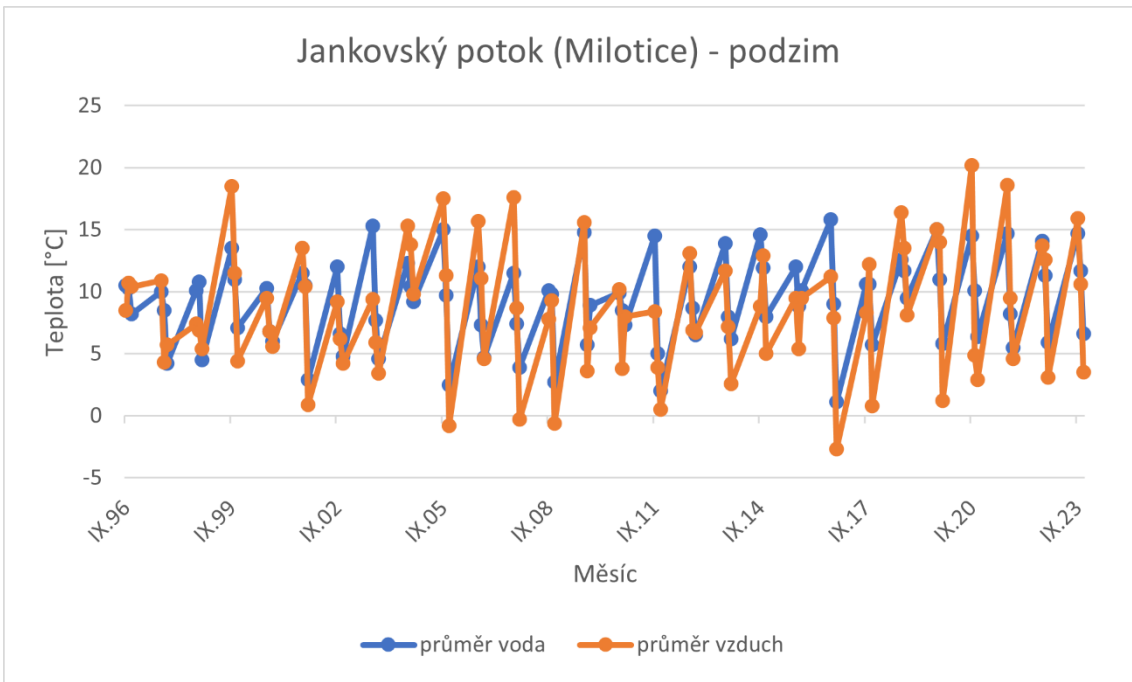
Jankovský potok (Milotice) - červen





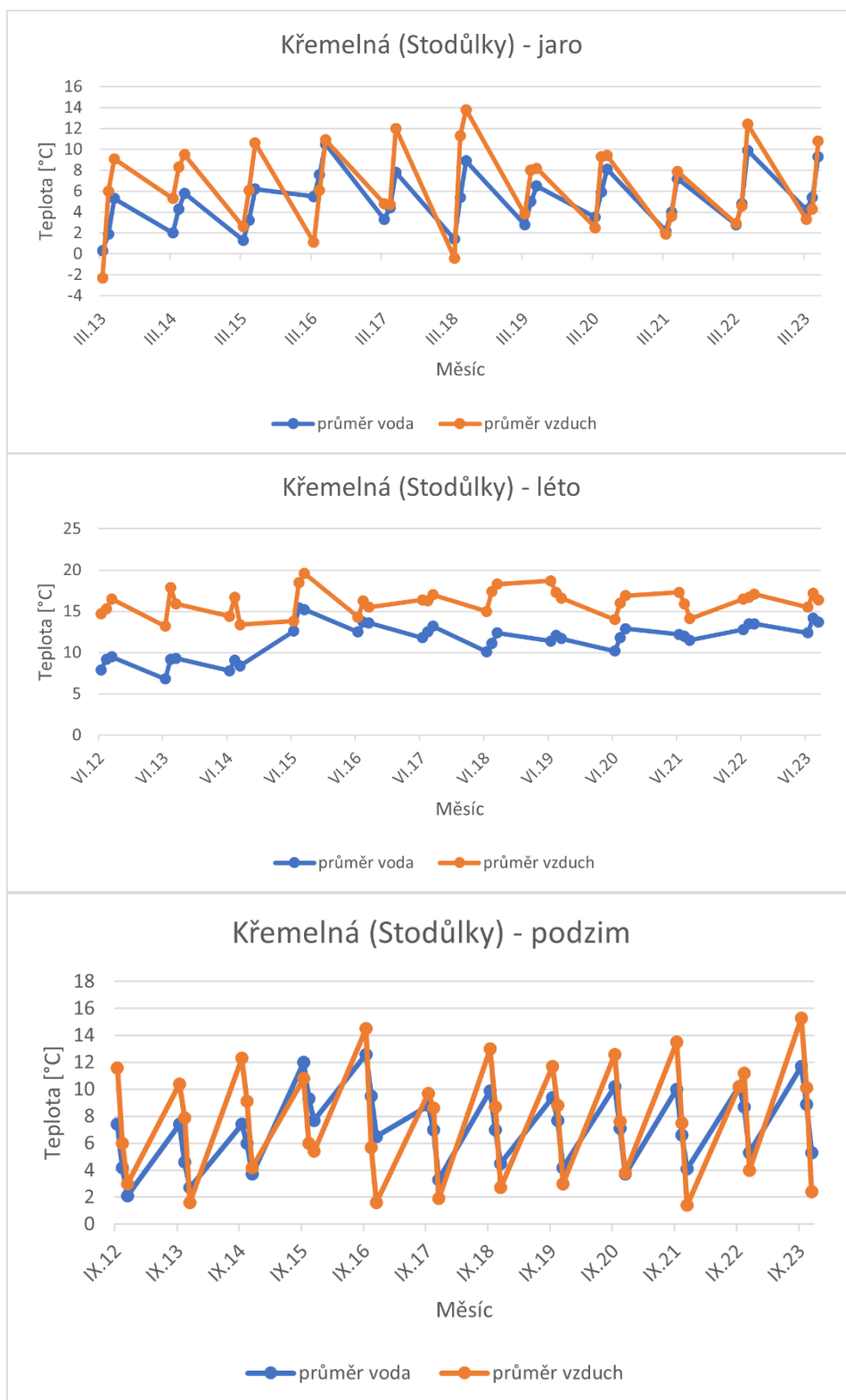


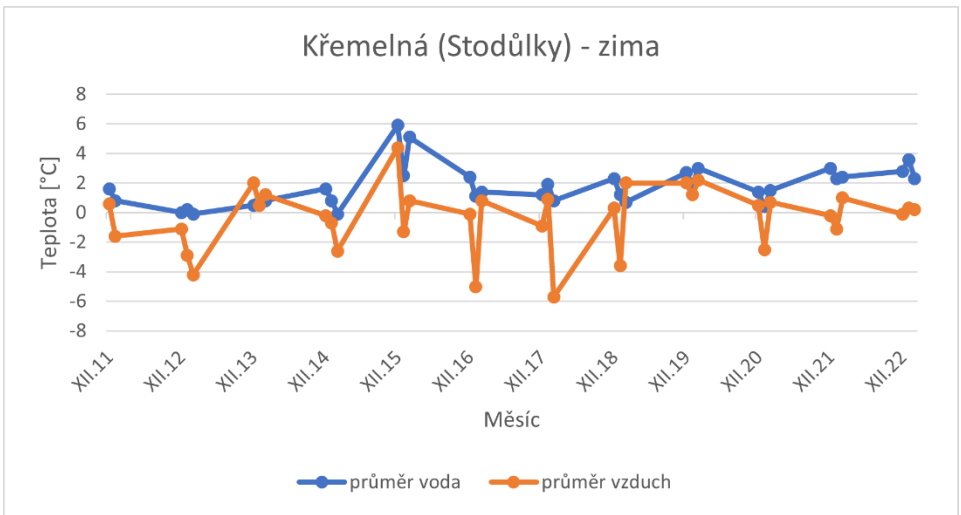






Příloha 7: Vývoj teploty vody a vzduchu v ročních obdobích na hlásném profilu ve Stodůlkách 2011–2023. Zdroje: ČHMÚ 2024g, ČHMÚ 2024.





Příloha 8: Vývoj teploty vody a vzduchu v ročních obdobích na hlásném profilu v Chaloupkách 2011–2023. Zdroje: ČHMÚ 2024g, ČHMÚ 2024.

