

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geografie**



**Hana BARTOŠOVÁ**

**Problematika zasněžování a její vliv na složky  
životního prostředí ve vybraném území jižních Čech**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Renata Pavelková, Ph.D.**

**Olomouc 2019**

## Bibliografický záznam

**Autor (osobní číslo):** Hana Bartošová (R150674)

**Studijní obor:** Učitelství geografie pro SŠ (kombinace Z-BEV)

**Název práce:** Problematika zasněžování a její vliv na složky životního prostředí ve vybraném území jižních Čech

**Title of thesis:** The issue of artificial snowing and its impact on environmental components in the selected area of South Bohemia

**Vedoucí práce:** RNDr. Renata Pavelková, Ph.D.

**Rozsah práce:** 61 stran, 7 příloh

**Klíčová slova:** odběry vody, technické zasněžování, normál průtoku

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá vlivem zasněžování na složky životního prostředí ve vybraném území jižních Čech, konkrétně se zaměřuje na lyžařské areály Kvilda a Zadov v regionu Šumavy. V obecné části se autorka věnuje rozdílům přírodního a technického sněhu a odběrům vod v ČR dle současné vodoprávní praxe. V praktické části autorka uvádí charakteristiku zájmové oblasti a dále se věnuje vlivu odběrů vod pro zasněžování ski Kvilda na průtok Teplé Vltavy ve stanici ČHMÚ Lenora, také diskutuje otázku udržitelnosti technického zasněžování v budoucnosti.

**Keywords:** water subscription, artificial snowing, flow normal

**Abstract:** This Bachelor thesis deals with the impact of snowing on environmental components in the area of South Bohemia, specifically focuses on Kvilda ski resort and Zadov ski resort in Šumava region. In general, it assesses the impact of water subscription for technical snow making. In the practical part, author analyzed monthly flows of Teplá Vltava river in Lenora hydrometrical station and processed data about water subscription. Author discusses sustainability of artificial snow making in future.

**Jazyk:** český

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Renaty Pavelkové, Ph.D. a za použití uvedené literatury.

V Olomouci dne

Podpis:

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní RNDr. Renatě Pavelkové Ph.D. za cenné rady a pomoc, které mi poskytla během vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Petru Vondroušovi a Richardu Jiroušovi za poskytnutí dat o odběrech vody pro účely zasnežování ve ski areálech Zadov a Kvilda. Poděkování také patří mé rodině za velkou podporu.

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2016/2017

Studijní program: Geografie  
Forma: Prezenční  
Obor/komb: Geografie - Biologie a environmentální výchova (Z-  
BI V)

Obor v rámci kterého má být VŠKP vypracována: Geografie

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
BARTOŠOVÁ Hana	Lomená 372, Křemže	R150674

#### TÉMA ČESKY:

Problematika zasněžování a její vliv na složky životního prostředí ve vybraném území jižních Čech

#### TÉMA ANGLICKY:

The issue of snowing and its impact on environmental components in the selected area of South Bohemia

#### VEDOUcí PRÁCE:

RNDr. Renata Pavelková, Ph.D. - KGG

#### ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem bakalářské práce je v obecné části zhodnotit problematiku čerpání vod dle současné vodoprávní praxe a dle pravidel nakládání s vodami v ČR. Práce bude v druhé části zaměřena na vybraný region v jižních Čechách, kde se zaměří na problematiku umělého zasněžování technickým sněhem, která významně zasahuje do vodního režimu krajiny, toku a nepřímo může ovlivňovat i další složky životního prostředí. Pokusí se také vyhodnotit změny čerpání vod v zrajmoven území v čase. Práce bude odevzdána v tištěné i elektronické podobě dle požadavků studijního řádu.

#### SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

- ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus: Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Zurich, Switzerland: vdf Hochschulverlag.
- BADRÉ, M., PRIME, J. L., RIBIERE, G. (2009): Neige de culture: Etat des lieux et impacts environnementaux. Note socioéconomique.
- ČIHAR, M. (2002): Naše hory. Praha: Ottovo nakladatelství.
- DEMEK, J. et al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Ilory a nížiny. Brno: Academia
- DUŠÍK, J., KŘESINA J., SUVOROV P. & MEJŠNAR J. (2015) Nakládání s vodami v evropsky významné lokalitě Křkonoše a jeho potencionální vliv na populace vranky obecné. Opera Corcontica 52: 11-38
- FIALA, T., Ouarda TAHA, B.M.J., HLADNY, J. (2010): Evolution of low flows in the Czech Republic. Journal of Hydrology.
- FLOUSEK, J., HARČARIK, J. (2009): Sjezdové lyžování a ochrana přírody. Ochrana přírody, č. 6
- CHLAPEK J., et al. (2009): Lyžování ve světle ochrany přírody. Ochrana přírody, č. 1.
- JONES, H. G., DEVARENNE, G. (1995): The chemistry of artificial snow and its influence on the germination of mountain flora. IAHS Publication.
- KUBEČKA J., MATĚNA, J. & HARTVICH, P. 1997: Adverse ecological effects of small hydropower stations in the Czech Republic: 1. Bypass plants. Regulated Rivers: Research & Management 13.
- VLACHOPOULOU, M., COUGHLIN, D., FORROW, D., KIRK S., LOGAN P. & VOULVOULIS N. 2014. The potential of using the ecosystem approach in the implementation of the EU Water Framework Directive. Science of the Total Environment
- WIPE S., RIXEN CH., FISCHER M., SCHMID B. & STOECKLI V. 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. Journal of Applied Ecology 42.

Podpis vedoucího práce: RNDr. Renata Pavelková, Ph.D.

Datum: 3 února 2017

Podpis vedoucího pracoviště: Doc. RNDr. Marián Halás, Ph.D.

Datum: 3 února 2017

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE.....	10
3	METODIKA.....	11
4	REŠERŠE LITERATURY.....	12
5	TECHNICKÉ ZASNĚŽOVÁNÍ A ODBĚRY VOD .....	14
5.1	Základní charakteristika sněhu.....	14
5.1.1	Vznik přírodního sněhu .....	14
5.1.2	Výroba technického sněhu.....	15
5.1.3	Srovnání vlastností technického a přírodního sněhu.....	17
5.4	Odběry vod pro zasněžování dle současné vodoprávní praxe .....	18
5.4.1	Odběry vod dle zákona o vodách .....	18
5.5	Environmentální aspekty technického zasněžování .....	19
6	PROBLEMATIKA ZASNĚŽOVÁNÍ VE VYBRANÉM ÚZEMÍ.....	21
6.1	Přírodní poměry zájmové oblasti.....	21
6.2.1	Geomorfologie a geologie.....	21
6.2.2	Hydrologie a klima .....	22
6.2.3	Flora a fauna .....	23
6.2	Obecná charakteristika zájmových ski areálů.....	23
6.2.1	Charakteristika ski areálu Kvilda.....	25
6.2.2	Charakteristika ski areálu Zadov .....	27
6.3	Odběry vod pro zasněžování vybraných lyžařských areálů.....	28
6.3.1	Odběry vod pro zasněžování ski areálu Kvilda .....	28
6.3.2	Odběry vod pro zasněžování ski areálu Zadov.....	29
7	ZHODNOCENÍ PRŮTOKU TEPLÉ VLTAVY .....	30
7.1	Klimaticko-hydrologické poměry na území ČR .....	31
7.2	Průměrný měsíční průtok Teplé Vltavy.....	33
7.3	Normál průtoku vodoteče Teplá Vltava.....	40
8	DISKUZE.....	41
9	ZÁVĚR.....	45
10	SUMMARY .....	47
11	ZDROJE .....	49
11.1	Knižní zdroje .....	49
11.2	Články.....	50
11.3	Internetové zdroje .....	51
11.4	Data.....	52

11.5	Mapové a obrazové zdroje.....	52
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	54



# 1 ÚVOD

Zasněžovací technikou disponuje v dnešní době většina lyžařských areálů v České republice. Technický sníh je vnímán jako samozřejmost, přitom jeho vliv na životní prostředí je převážně negativní. Jeho fyzikální vlastnosti jsou odlišné, než je tomu u přírodního sněhu, prodlužování zimní sezóny má dopad na biodiverzitu a může docházet k výraznější erozi půdy. Technické zasněžování je energeticky náročné a dochází při něm k plýtvání vodou. Největším problémem je čerpání vody pro technické zasněžování v období jejího nedostatku.

Klíčové je nastavení limitů čerpání vod pro účely zasněžování, které určuje Ministerstvo životního prostředí. Stanovené podmínky udávají minimální zůstatkový průtok povrchových vod v odběrových vodotečích a tak slouží k ochraně ekologických funkcí vodních ekosystémů. V budoucnu lze očekávat zvyšující se nároky na odběry vod pro zasněžování, neboť období přirozené sněhové pokrývky se z důvodu klimatické změny postupně zkracuje.

Problematikou zasněžování na území České republiky se zabývají odborníci především v regionu Krkonoš a Hrubého Jeseníku, pro oblast Šumavy zatím NP Šumava nezadal výzkumnou studii. Praktická část této práce je věnována posouzení vlivu odběrů vod z Teplé Vltavy pro technické zasněžování vybraných lyžařských areálů na Šumavě (ski Kvilda a ski Zadov). Autorka v této práci charakterizuje přírodní poměry zájmové oblasti a sleduje množství odebrané vody danými ski areály.

Vliv odběrů vod pro zasněžování na hydrologii zájmové oblasti Kvilda autorka posuzuje dle údajů měsíčních průtoků odběrové vodoteče Teplá Vltava ve stanici ČHMÚ Lenora a normálů vodoteče před zahájením odběrů vody pro zasněžování (1998-2011) s průměrnými měsíčními průtoky Teplé Vltavy za období, kdy ski Kvilda vodu odebíral (hydrologické roky 2012-2017). Pro posouzení hodnoty průměrných měsíčních průtoků  $Q_M$  za hydrologické roky 1998 až 2017 slouží srovnání s klimatologicko-hydrologickými charakteristikami na území České republiky za období 2004-2017 dle hydrologických ročenek ČHMÚ. Otázkou k diskuzi je udržitelnost technického zasněžování do budoucna.

## 2 CÍLE

Tato bakalářská práce má tři hlavní cíle. Prvním z nich je obecné zhodnocení problematiky technického zasněžování. Cílem praktické části je charakteristika zájmového území na Šumavě (lyžařské areály Kvilda a Zadov), porovnání odebraného množství vody pro účely zasněžování v jednotlivých letech s povoleným množstvím odběru a otázka vlivu odběrů vody na průtok odběrové vodoteče. Pozornost má být věnována zejména ski areálu Kvilda. Podstatná je charakteristika klimaticko-hydrologických poměrů na území České republiky během sledovaných let. Pro určení vlivu odběrů vody slouží porovnání průtoků vodoteče za měsíce zimní sezony v průběhu hydrologických let 1998-2017 a srovnání normálu průtoku za roky před zahájením odběrů (1998-2011) s průměrnými měsíčními průtoky za období, kdy ski Kvilda vodu odebíral (20012-2017). Cílem práce je také zhodnotit potencionální vliv odběrů vody pro zasněžování na průtok odběrové vodoteče v měsících následujících po ukončení odběrů (březen a duben).

### 3 METODIKA

V přípravné fázi autorka prostudovala doporučenou literaturu. Ze zahraniční literatury byly přínosné zejména práce autorky Carmen de Jong a švýcarského autora jménem Christian Rixen. Z tuzemských zdrojů byla podstatná studie vlivu odběrů vod pro technické zasněžování na chráněný druh *Cottus gobio* v Krkonošském národním parku. Autorka kontaktovala NP Šumava v souvislosti s problematikou zasněžování v této oblasti. Dle ústního sdělení zatím NP Šumava na tomto území nezadal výzkumnou studii na téma vlivu technického zasněžování na složky životního prostředí.

Autorka rovněž komunikovala s lyžařskými areály na Šumavě, ve výsledku poskytly data o odběrech vod pro zasněžování dva ski areály (ski Kvilda a ski Zadov). Tyto údaje za ski Kvilda poskytl správce areálu Richard Jirouš, data o zasněžování na Zadově poskytl správce Petr Vondraš. Data o průtocích odběrové vodoteče Teplá Vltava, ze které čerpá vodu ski Kvilda poskytl ČHMÚ České Budějovice.

V teoretické části se autorka zaměřila na obecnou charakteristiku sněhu a jeho vlastností, rozdíly mezi přirozeným a technickým sněhem. Zmínila také problematiku zasněžování v České republice podle současné vodoprávní praxe. V praktické části autorka analyzovala data průtoků Teplé Vltavy ze stanice ČHMÚ v Lenoře za hydrologické roky 1998 až 2017. Porovnávala vliv odběrů vody pro zasněžování ski areálu Kvilda a průměrné měsíční průtoky odběrové vodoteče, resp. normály průtoků před zahájením odběrů a dále průměrné měsíční průtoky za období, kdy ski Kvilda odebíral z Teplé Vltavy vodu pro zasněžování. Klimaticko-hydrologickou charakteristiku na území České republiky autorka vypracovala podle hydrologických ročenek ČHMÚ za roky 2004-2017.

## 4 REŠERŠE LITERATURY

Vlastnosti a strukturu přírodního sněhu v úvodní části kapitoly 5 Technické zasněžování a odběry vod autorka stručně popsala podle anglického originálu *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*, kapitola *Snow Crystal Structure* (Libbrecht, 2005). Informace o vzniku přírodního sněhu poskytla kniha *Fyzika oblaků a srážek* (Řezáčová, 2007). Charakteristiku technického a jeho výroby autor vypracoval dle zpravodaje *Geografické rozhledy*, článek *Technické zasněžování – spása, nebo zkáza?* (Fialová, 2014). Žádoucí parametry pro výrobu technického sněhu autorka popsala podle odborné studie *Artificial snow making* (Hodges, 1982). Informace o jednotlivých fázích nukleace ledových krystalů během výroby technického sněhu čerpal autor opět z knihy *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*, kapitola *Artificial Production of Snow* (De Jong, 2014).

Pro komparaci vlastností přírodního a technického sněhu autorka čerpala z odborné studie *Ground Temperatures under Ski Pistes with Artificial and Natural Snow* (Rixen et al., 2004) a (Keller, 2004). Odběry vody dle vodoprávní praxe autorka charakterizovala podle informací na oficiálních stránkách vodního hospodářství *Umělý sníh a vodní režim: v horách dnes a zítra* (Fuksa, 2017). V kapitole 5.4 Odběry vod pro zasněžování dle současné vodoprávní praxe autorka čerpala z publikace *Zákon o vodách* č. 254/2001 Sb. (Punčochář, 2004) a údajů ČIŽP (Jandová, 2017). Pro vypracování environmentálních aspektů technického zasněžování posloužil odborný článek ze zpravodaje Krkonošského národního parku *Opera Corcontica: Vliv lyžování na horskou přírodu* (Flousek, 2016) a (Flousek, Harčarik, 2009). Autorka pokračoval riziky odběrů vod podle *Neige de culture: Etat des lieux et impacts environnementaux* (Badré, 2009).

V úvodu praktické části práce autorka čerpala z publikace *Šumava* (Anděra, Zavřel, 2003) a publikace *Z nížin do hor: Geomorfologické jednotky České republiky* (Bína, Demek, 2012), které posloužily jako zdroj informací o přírodních poměrech zájmové oblasti. Vodní tok Spůlka autorka popsala podle *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska* (Štefáček, 2008). Dále autorka použila k charakteristice šumavských ski areálů internetové stránky České sjezdovky, poté oficiální internetové stránky ski Kvilda a ski Zadov. Užívání povrchových a podzemních vod v hydrologickém povodí Vltavy autorka popsala podle internetových stránek Povodí Vltavy (Povodí Vltavy, 2018).

Data o odběrech vod pro zasněžování ski areálu Kvilda v kalendářních letech 2011-2017 a kopii povolení ministerstva ŽP pro odběry vod poskytl správce ski areálu Richard Jirouš, data odběrů v letech 2007-2016 za areál Zadov a kopii povolení odběrů poskytl správce Petr Vondrouš. Data o průměrném denním průtoku  $Q_D$  vodoteče Teplá Vltava

v hydrologické stanici ČHMÚ Lenora za hydrologické roky 1998-2017 autorka získala od ČHMÚ v Českých Budějovicích (ČHMÚ, 2018). Klimaticko-hydrologické charakteristiky (úhrn srážek, průtok, sněhové zásoby) na území ČR v letech 2004-2017 autorka čerpala z hydrologických ročenek vydaných českým hydro-meteorologickým ústavem (ČHMÚ, 2004-2017).

V kapitole 8 Diskuze se autorka inspirovala argumenty z odborného článku *Understanding mountain soils: Winter sports, the influence of ski piste construction and management on soil and plant characteristics* vydaného FAO (Rixen, Freppaz, 2015). Dále čerpala ze studie vegetačního složení v závislosti na technickém sněhu *Forest bird diversity and ski-runs: a case of negative edge effect* (Laiolo, Rolando, 2005) a studie z národního parku Krkonoše *Nakládání s vodami v evropsky významné lokalitě Krkonoše a jeho potencionální vliv na populace vranky obecné* (Dušek et al., 2005). Výměnu plynů mezi půdou a sněhovou pokrývkou autorka diskutovala ve spojitosti s výsledky studie *Sustainable Soil Management in Ski Areas: Threats and Challenges. Pathways to Sustainability in Livestock Farming and Landscape Conservation*. Sustainability (Pintaldi et al., 2017) a riziko eroze dle *Impact of snowmaking on alpine water resources management under present and climate change conditions*. (Wanham et al., 2009). Klimatickou změnu a téma technického zasněžování v budoucnosti autorka zmínila v souvislosti se švýcarskou publikací *Mountains and Climate Change – From Understanding to Action* (Kohler, Maselli, 2012).

Pro mapové výstupy autorka použila podklady z geoportálu ČÚZK a dále je zpracovala v programu Zoner Calisto. Obrázky a fotografie ski areálu Kvilda a Zadov pocházejí s oficiálních internetových stránek těchto lyžařských areálů.

## 5 TECHNICKÉ ZASNĚŽOVÁNÍ A ODBĚRY VOD

### 5.1 Základní charakteristika sněhu

Krystaly přírodního sněhu představují komplikované symetrické struktury dendritického charakteru vznikající několikasupňovým procesem. Jako první zřejmě popsal strukturu přírodního sněhu Johannes Kepler roku 1611, širší pozornosti se pozorování sněhových krystalů dostalo až koncem 19. století s rozvojem fotografie (Libbrecht, 2005). Proces vzniku přírodního sněhu lze v dnešní době napodobit pomocí odpovídajících zařízení, která krystalizací drobných kapek vody produkují sníh technický. Zvláštním typem sněhu je pak „umělý sníh“, vyráběný z plastu nebo polystyrenu, nejedná se tedy o analogický pojem k technickému sněhu (Fialová, 2014).

#### 5.1.1 Vznik přírodního sněhu

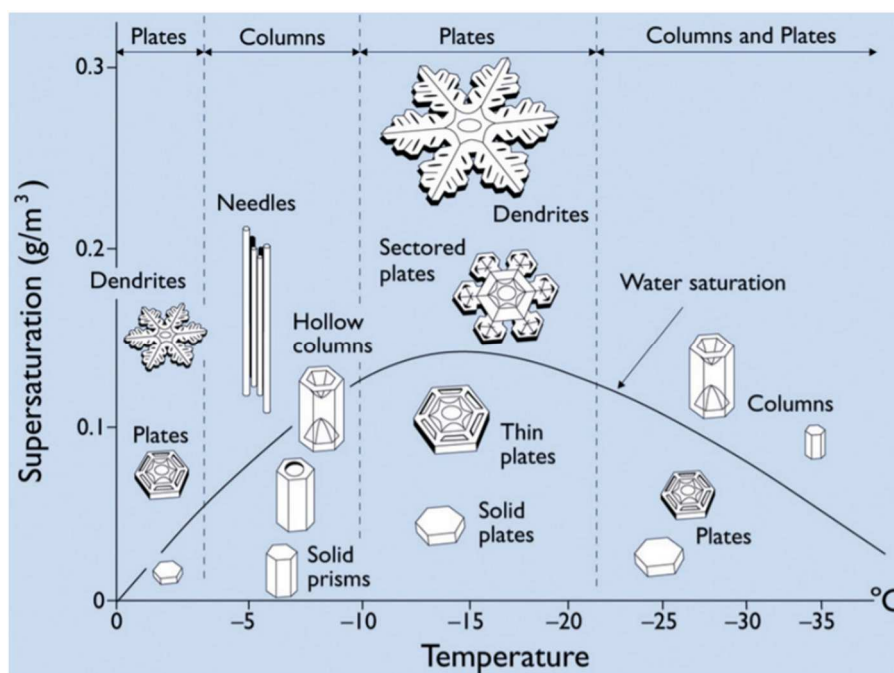
Ledové krystaly mohou vznikat formou homogenní nebo heterogenní nukleace. V prvním případě vzniká struktura ledu ve vodním prostředí nebo v páře, přičemž určující je velikost kritického zárodku, která je dle Kelvinovy formule rovnovážné hodnoty poloměru  $r_{crit}$  funkcí teploty. Vztah určuje rovnovážný poloměr kapky vzhledem k okolním podmínkám za nasycení  $S$ , v úvahu je nutno brát také povrchové napětí na rozhraní vody a ledu (Řezáčová, 2007).

$$r_{crit} = \frac{2\sigma_{vw}}{R_v \rho_w T \ln S}$$

V oblacích sestávajících z kapek vody musí nukleační jádro vzniknout v každé jednotlivé kapce. Často můžeme pozorovat přechlazené kapky při teplotách kolem  $-20$  °C. Ke vzniku ledových jader v oblacích obecně dochází při teplotách  $-35$  až  $-40$  °C a při nižších teplotách již oblaka obsahují výhradně ledové krystaly. V přirozených oblacích nenastává homogenní nukleace přímo z vodní páry, neboť stupeň přesycení k tomuto typu nukleace nutný (až několik set %) se v atmosféře nevyskytuje. Ke zvýšení koncentrace ledových částic může dojít několika procesy sekundární (heterogenní) nukleace, v tomto případě musí povrch ledových jader podporovat uspořádání vodních molekul do krystalové mříže (Řezáčová, 2007).

Diverzitu růstu ledových krystalů závisící na teplotě okolního prostředí a nasycení vodní páry pozoroval Nakaya, který sestavil morfologický diagram sněhových krystalů (obr. 7) pro hodnoty tlaku přibližně 1 bar. Citlivost morfologie krystalů k teplotním změnám a

koncentraci vodní páry vysvětluje rozmanitost sněhových krystalových struktur. Těsně pod bodem mrazu a nízkého nasycení vodní páry tedy vznikají krystaly talířovitého tvaru, zatímco při stejných teplotách za zvýšené nasycenosti je pravděpodobnější vznik dendritických krystalů. Jak ilustruje obr. 1, dutá sloupcová zrna vznikají okolo  $T = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$  za nižšího nasycení vodní páry, při vyšším nasycení můžeme pozorovat růst jehlicovitých krystalů. Při teplotách blízko  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  opět vznikají spíše deskovité až dendritické krystaly (Libbrecht, 2005).



*Obr. 1* Struktura přírodních sněhových krystalů, zdroj: Libbrecht (2005)

### 5.1.2 Výroba technického sněhu

Technický sníh byl poprvé vyroben v Kanadě ve 40. letech minulého století a následně využit ve větší míře při příležitosti zimních olympijských her v Kalifornii roku 1960. Na našem území se první sněžné dělo objevilo roku 1965 ve ski areálu Telenice poblíž Ústí nad Labem. Počátky masivní výroby technického sněhu v Evropě sahají do 70. let minulého století, která se z rakouských Alp postupně rozšířila do Německa a Švýcarska (Fialová, 2014). Nejdynamičtější nárůst infrastruktury technického zasněžování se projevoval od 80. let paralelně se změnou klimatu. V dnešní době technický sníh zajišťuje homogenní povrch sjezdových ploch ve většině horských středisek, zejména v Alpách, Pyrenejích, Skalistých horách, Andách a Karpatech, přičemž v italských Alpách pokrývá až

70 % sjezdovek. Lyžařské tratě v USA jsou pokryty technickým sněhem až ze 100 % (de Jong, 2011).

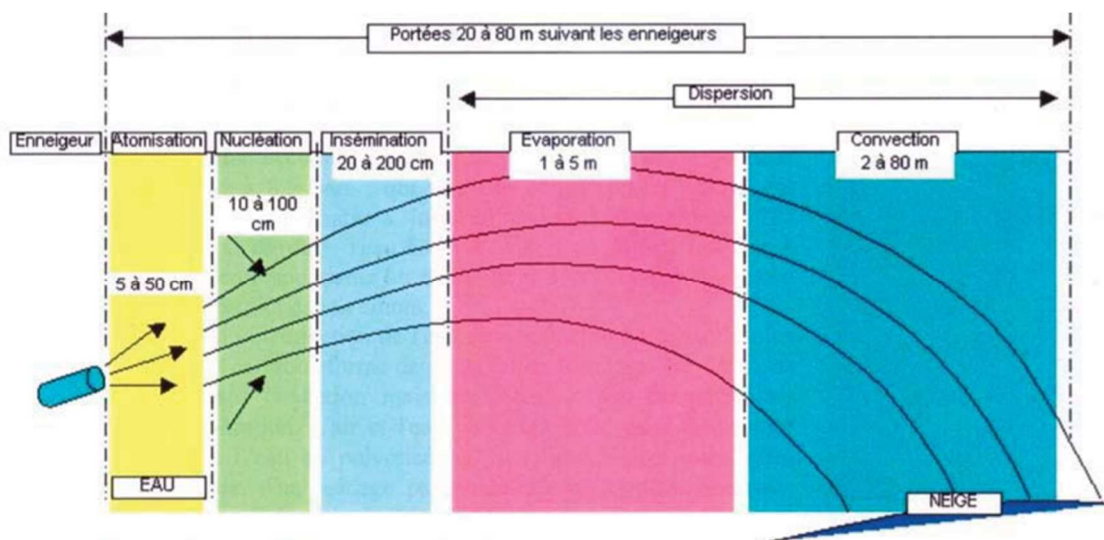
Na jedné straně je technický sníh vyráběn komerčně jako náhrada přírodního sněhu v lyžařských areálech, na druhou stranu je nezbytný i pro laboratorní experimenty, které simulují sněhové procesy. Výroba technického sněhu je v současnosti možná prakticky ve všech klimatických zónách, a to i v horkých a suchých zemích jako Izrael nebo Spojené arabské emiráty. Známa je Dubaj svým největším krytým lyžařským střediskem na světě (de Jong, 2011).

Většina zasněžovací techniky je založena na nukleaci jádra a následném vytvoření ledových krystalků. Jak uvádí Hodges (1982), teplota okolního vzduchu by neměla přesahovat 0 °C, pro výrobu technického sněhu jsou výhodou nižší teploty. Vhodnost podmínek pro výrobu technického sněhu zároveň závisí na vlhkosti ovzduší a platí, že čím nižší vlhkost, tím lépe. Za nižší vlhkosti vzduchu ztrácejí kapky vody rychleji svou vlhkost a snáze tak dochází k vytvoření ledové krystalky. Ve výhodě jsou tedy oproti České republice, kde je často zataženo a mlha, ski areály v centrální části Alp, neboť vlhkost vzduchu je zde poměrně nízká (Holub, 2009).

Zasněžovací techniku lze rozdělit do kategorie jednosměrného proudění vzduchu a na systémy s dvojitým prouděním vzduchu. V případě jednosměrného systému je směs stlačeného vzduchu a kapalné vody rozprašována jednou nebo více tryskami a dále rozprašována přímo do okolní atmosféry. Systém dvojitého proudění vzduchu tvoří stlačený vzduch a kapalná voda primárního proudu. Ty se poté dostávají do proudu sekundárního vzduchu (Hodges, 1982). Třetí metodou, používanou hlavně v krytých lyžařských areálech, je zmrazení ledových krystalů stlačením směsi vody a vzduchu spolu s tekutým dusíkem (de Jong, 2011).

Klíčové jsou procesy probíhající do vzdálenosti 50 cm od trysek zasněžovací techniky. V této zóně se směs vody a vzduchu rozprašuje na jemné kapičky v průměru o velikosti 200 až 300  $\mu\text{m}$ , které se rychle rozpínají a tuhnou. Následuje fáze nukleace a růst ledových krystalů usazováním. Nukleace je proces, kdy kapky vody zamrzají na ledové částice o průměru 50 nm. Následně kolem vzniklých jader kondenzuje vodní pára a krystaly ledu se zvětšují až na 100  $\mu\text{m}$ . Ve vzdálenosti 200 až 500 cm od trysek převažuje proces evaporace vody usazené na ledových jádrech, krystaly se tedy dále ochlazují a zvětšuje se jejich velikost. Jak znázorňuje obr. X, k disperzi vzniklých částic dochází v rozmezí 1 až 80 m od sněžných tyčí/děů (de Jong, 2011).



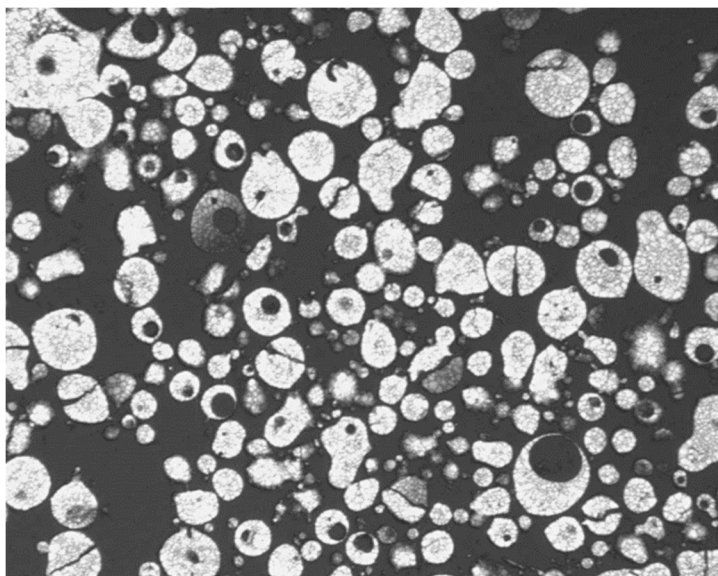


**Obr. 2** Ilustrace etap vzniku technického sněhu, zdroj: *Neige de culture (2009)*

Výroba technického sněhu je řízena počítačově, voda a stlačený vzduch jsou rozváděny přes síť podzemních trubek do zasněžovacích tyčí nebo děl, které automaticky přepínají výrobní programy dle aktuálních meteorologických podmínek. Pokud přesahují teploty vzduchu  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vodní kapky nemrzou dostatečně rychle a padají na zem jako chladný déšť, jak lze vidět na obr. 2. K produkci sněhu pak mohou sloužit tzv. aditiva (popel, jodid stříbrný, kaolin, mýdla a detergenty, houby nebo lišejníky), která spočívají v inicializaci krystalizace ledu přidáním kondenzačních jader do výrobní směsi. Nejvíce používanou přísadou je proteinová směs Snomax na bázi bakterie *Pseudomonas syringae* (de Jong, 2011).

### 5.1.3 Srovnání vlastností technického a přírodního sněhu

Na rozdíl od přírodních dendritických vloček velikosti 0,2 mm až několik mm tvoří technický sníh drobná kulatá zrna o průměru 0,03-2 mm, tím pádem má až čtyřikrát vyšší hustotu ( $300\text{-}500\text{ kg/m}^3$ ) než nekompaktní přírodní sníh a přibližně desetkrát větší vodivost. Ledové krystaly technického sněhu znázorňuje obr. 3, na kterém můžeme vidět i porušená zrna vlivem procesu zasněžování. Významná je koncentrace minerálů a iontů způsobená užíváním vod nižších nadmořských výšek pro výrobu technického sněhu (Rixen et al., 2004). V závislosti na geologii oblasti zdroje vody může být minerální koncentrace v produkovaných ledových krystalech v porovnání s přírodní sněhovou pokrývkou mnohem vyšší, například množství hořčíku může být až 40krát vyšší a koncentrace vápníku až 10krát vyšší. Technický sníh zároveň vykazuje vyšší tvrdost, dle měření až 36 N na rozdíl od průměrné tvrdosti 0,6 N u přirozeného sněhu (Keller et al., 2004).



*Obr. 3 Ledové krystaly technického sněhu, zdroj: Rixen et al. (2004)*

## **5.4 Odběry vod pro zasněžování dle současné vodoprávní praxe**

Výroba technického sněhu vyžaduje odebrání množství vody z dostupných zdrojů, která je čerpána do hlavní stanice a poté příslušnými zařízeními rozváděna přímo k zasněžovacím strojům. Odběry vod pro zasněžování jsou možné na základě povolení příslušného orgánu životního prostředí a platí pro ně obecně stanovené limity. Nezřídka se ovšem stává, že ski areály tyto limity porušují. Jak udává zákon o vodách č. 254/2001 Sb., odběry vod pro zasněžování nejsou zpoplatněny (Fuksa, 2017).

### **5.4.1 Odběry vod dle zákona o vodách**

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. udává limity čerpání vod pro účely zasněžování. Stanovené podmínky chrání povrchové vody, zajišťují hospodárné využívání vodních zdrojů a minimalizují nepříznivé dopady čerpání vod pro zasněžování. Účelem je také ochrana vodních ekosystémů a suchozemských ekosystémů, které na nich přímo závisí, v zájmu trvale udržitelného užívání těchto vod. Odběratelé povrchových vod jsou povinni dbát o jejich ochranu a zabezpečit, aby nedocházelo k jejich znehodnocování (Punčochář, 2004).

Při obecném nakládání s povrchovými vodami není třeba povolení nebo souhlas vodoprávního úřadu pro odběr povrchových vod pro vlastní potřebu. Přitom se nesmí

ohrožovat jakost a zdravotní nezávadnost vod, narušovat přírodní prostředí a zhoršovat odtokové poměry. V kompetenci vodoprávního úřadu je úprava nakládání s vodami, pokud to vyžaduje veřejný zájem (Punčochář, 2004).

Pro odběry povrchových vod pro účely zasněžování je potřeba povolení vodoprávního úřadu, vydávané na časově omezenou dobu. V tomto povolení je stanoven účel odběru, rozsah a podmínky. Pokud jsou odběry prováděny užíváním vodního díla, je nutné obstarat navíc stavební povolení k tomuto vodnímu dílu (Punčochář, 2004). Příkladem ski areálu odebírajícího vodu pro zasněžování z vodní přehrady je Kramolín čerpající z Lipna.

Plánování v oblasti vod je zajišťováno státem z důvodu vymezení veřejných zájmů ochrany vod jako složky životního prostředí. Zákon stanoví minimální zůstatkový průtok povrchových vod ve vodotečích tak, aby byly zachovány ekologické funkce toku (Punčochář, 2004). Dodržování stanovených limitů odběrů se systematicky věnuje ČIŽP. V sezóně 2016/2017 probíhalo prověřování odběrů vod pro zasněžování ve 49 ski areálech, přitom danou hranici překročilo 33 % lyžařských středisek (Jandová, 2017).

V současné době česká veřejnost diskutuje návrh ministerstva zemědělství na zpoplatnění odběrů vod pro zasněžování. V první řadě je nezbytné zjistit, jaké množství vody ubude z vodních zdrojů za jednu sezonu. Prozatím jsou k dispozici pouze odhady přírodovědců a Asociace horských středisek, ty se však značně liší (Hrdinová, Zahradnická, 2018).

## **5.5 Environmentální aspekty technického zasněžování**

Zdrojem vody pro zasněžování je buďto přírodní tok nebo uměle vytvořená nádrž – v tomto případě dochází k záboru půdy, změnám reliéfu, čerpání vody z nižších poloh s vyšším obsahem živin a tím pádem také k eutrofizaci sjezdových ploch. Pro zasněžování 1 hektaru sjezdovky vrstvou 20-35 cm je potřeba 700 000 – 1 200 000 litrů vody, na 1 m<sup>2</sup> tedy musí být odebráno přibližně 70-120 litrů (Flousek, Harčarik, 2009). Odběry vod pro zasněžování v období omezeného množství vody ve vodních zdrojích může způsobovat vysušení horských potoků. Následně se do krajiny vrací pouze 70 % odebrané vody, zbytek se ztrácí v důsledku odpařování. Ke ztrátám dochází především skladováním vody v nádržích, tvorbou ledových krystalek během výroby technického sněhu nebo přímou sublimací sněhové pokrývky do atmosféry (de Jong, 2007).

Problematickým aspektem technického zasněžování jsou odběry vody pro jeho výrobu v zimním období, kdy jsou ve vodotečích obecně menší průtoky. Vodní toky tak ztrácí podstatné množství vody a přezimující organismy mohou uhynout následkem promrznutí. Pro ochranu vodních ekosystémů a jejich udržitelnost je zásadní stanovení vhodných limitů odběrů vod, příkladem z krkonošského národního parku je ochrana vzácného druhu *Cottus gobio* (Dušek et al., 2015).

Ztráta vody spojená s výrobou umělého sněhu v celých Alpách odpovídá dle Carmen de Jong (2007) roční spotřebě města o 500 000 obyvatelích. Zásoby podzemních vod v horských oblastech jsou omezené, podzemní vrstvy jsou rozptýleny a jsou schopné zadržovat jen malé množství vody. Vzhledem k rostoucí poptávce po vodě pro zasněžování a přetěžování vodních toků musí být voda transportována na delší vzdálenosti. Provoz ski areálů bude vyžadovat stále vyšší produkci technického sněhu, v důsledku toho značně poroste spotřeba vody a energie, stejně jako výrobní náklady. Instalace zasněžovací infrastruktury vyžaduje mimo jiné budování rozvodů vody a kompresorových stanic, čímž dochází k záboru půdy. Rozvody se obvykle ukládají ve směru po spádnicí, dochází tak k rychlému odvodu vody z dané oblasti (Flousek, 2016).

S rozvojem lyžařského průmyslu narůstá i výstavba zasněžovací infrastruktury, která zahrnuje zemní práce a ovlivňuje biologickou rozmanitost rostlin a živočichů, vlastnosti půdního pokryvu a výrazně zasahuje do hydrologického režimu oblasti sjezdových tratí a jejich okolí. Jak uvádí Badré (2009), tyto dopady jsou do jisté míry kontrolovatelné, např. vhodnou implementací staveb pro odběry vod pro potřeby zasněžování s ohledem na hydrologická a geologická omezení. Nicméně negativní vlivy technického zasněžování na složky životního prostředí převažují, v posledních letech se také diskutuje otázka jeho budoucího vývoje vzhledem k vysoké náročnosti výroby sněhu na odběry vody a klimatickým změnám (Fuksa, 2017).

## 6 PROBLEMATIKA ZASNĚŽOVÁNÍ VE VYBRANÉM ÚZEMÍ

V praktické části této práce se autorka zaměřuje na otázku odběrů vod a technického zasněžování ve vybraných lyžařských areálech na Šumavě, tedy ski Kvilda (nachází se na území NP) a ski Zadov (na území CHKO). Autorka dále charakterizuje přírodní poměry zájmové oblasti, uvádí obecné informace o sledovaných ski areálech a porovnává klimatické charakteristiky, průměrné průtoky odběrových vodotečí, množství odebrané vody pro potřeby zasněžování a dané limity odběrů vod.

### 6.1 Přírodní poměry zájmové oblasti

Šumava je součástí Hercynského masivu a podélná osa této přírodní oblasti dosahuje 125 km. Celková rozloha národního parku společně s chráněnou krajinnou oblastí na české straně Šumavy je cca 167 000 ha s lesním porostem 83 % plochy CHKO a 80 % plochy NP. Chráněná krajinná oblast Šumava byla vyhlášena v roce 1963 a současná rozloha je 99 624 ha. Národní park Šumava vznikl roku 1991 a rozloha čítá 68 342 ha (Valenta, 2003).

#### 6.2.1 Geomorfologie a geologie

Sledovaná území leží v oblasti Šumavské hornatiny, která se dále rozděluje na geomorfologické celky Šumava a Šumavské podhůří. Pod celek Šumava spadají Šumavské pláně, Železnorudská hornatina, Trojmezenská hornatina, Boubínská hornatina, Želnavská hornatina a Vltavická brázda. K Šumavskému podhůří řadíme Strážovskou vrchovinu, Svatoborskou vrchovinu, Vimperskou vrchovinu, Prachatickou vrchovinu, Českokrumlovskou a Bavorskou vrchovinu (Kočárek, 2003).

Ski areál Kvilda leží v oblasti Šumavských plání, jejichž rozloha představuje 661 km<sup>2</sup> a nejvyšším vrcholem je Velká Mokrůvka (1370 m n. m.). Přibližně 450 km<sup>2</sup> zaujímá zarovnaný povrch o nadmořské výšce více než 1000 m. Střední sklon svahu je 7 ° 45 ´ a podloží tvoří moldanubikum (pararuly, svory a migmatity), také zde najdeme moldanubický pluton (žuly, granodiority). V této oblasti Šumavy jsou častá rozlehlá vrchovištní rašeliniště a velká část Šumavských plání leží na území NP. V centrální oblasti území leží Kvildské pláně, kde najdeme mělké a široké údolí Teplé Vltavy. Charakteristické

pro tuto oblast jsou Modravské slatě, Novohuťské močály, Tetřevská a Jezerní slat' (Bína, 2012).

### 6.2.2 Hydrologie a klima

Šumavou prochází hlavní evropské rozvodí mezi Severním a Černým mořem, nejvýznamnější šumavskou řeku představuje Vltava. Ta spolu s toky Úhlava, Otava, Volyňka a Blanice patří do povodí Severního moře, zatímco Regen, Ilz a Grosse Mühl spadají do povodí Černého moře (Tesař, 2003).

Ski areál Kvilda odebírá vodu z Teplé Vltavy, která nese tento název až po soutok se Studenou Vltavou a tvoří hlavní pramennou větev Vltavy. Pramení na Šumavě u Černé hory v nadmořské výšce 1173,54 m. Spadá mezi povodí III. řádu, délka toku je 54,30 km. Celková plocha povodí představuje 321,24 km<sup>2</sup> a průměrný roční průtok ve stanici Lenora představuje 3,11 m<sup>3</sup>/s (VUV, 2018). Průměrný sklon dna v pramenné oblasti až po Kvildu je 2,62 %, mezi Kvildou a Borovými Lady klesá na 1,72 %. V tomto úseku Teplá Vltava přijímá několik malých bystřin, odvodňujících přilehlé vrchovištní slatě. Rozsáhlá rašeliniště najdeme na horním toku Vltavy až po obec Frymburk (Tesař, 2003).

Lyžařský areál Zadov realizuje odběry vod pro zasněžování z vodoteče Spůlka (též nazývána jako Spůtka), která pramení necelé 3 km od Přílby (1 219 m) v nadmořské výšce 1 099 m. U Bohumilic dále ústí zleva do Volyňky v nadmořské výšce 548 m. Plocha povodí představuje 104,2 km<sup>2</sup>, délka toku je 19,2 km a průměrný průtok u ústí je 1,0 m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup>. Jedná se o významný vodohospodářský tok, jehož pramenná část se nachází na území CHKO Šumava (Štefáček, 2008).

Dle klimatického členění patří většina Šumavy do chladné oblasti střeoevropského středohorského typu podnebí. Některé části řadíme k mírně teplým oblastem (údolí Vltavy od Lenory, část Šumavského podhůří). Celkově má klima Šumavy přechodný charakter mezi oceánským a kontinentálním podnebím s malými ročními výkyvy teplot a vysokými srážkami, které jsou v průběhu roku stejnoměrně rozloženy. Ve značné míře se zde uplatňuje fénový vliv Alp, snižující vydatnost srážek především v teplé polovině roku. Na každých 100 m roste s nadmořskou výškou množství srážek o 100-150 mm. Na stanici Churáňov nedaleko ski areálu Zadov činí roční průměr srážek 1066 mm V centrální části Šumavy činí zimní srážky 40 % celkových ročních srážek. Na stanici Churáňov sněží během zimních měsíců průměrně 106 dnů. Sněhová pokrývka dosahuje nejvyšších hodnot v lednu

– březnu, na stanici Churáňov byla naměřena 17. března 1988 výška sněhové pokrývky 200 cm (Strnad, 2003).

### 6.2.3 Flora a fauna

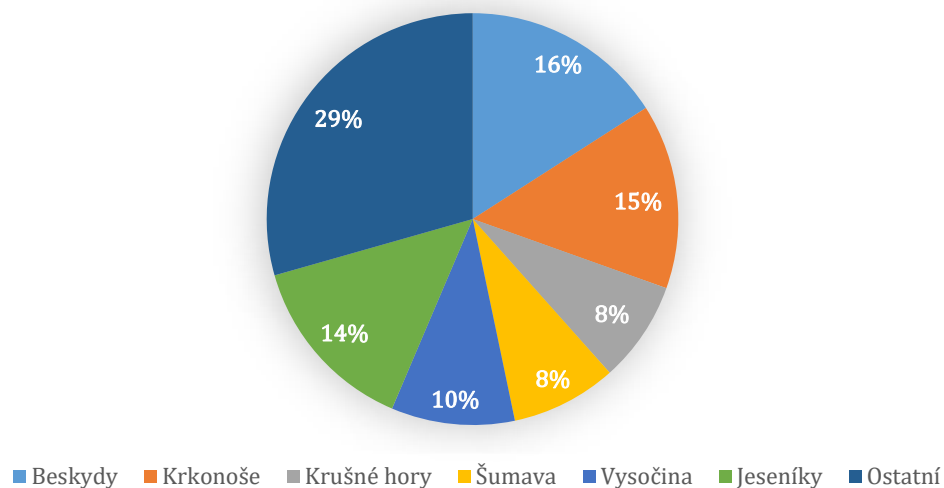
Dle Chocholouškové a Gutzerové (2003) vlastní Šumavu pokrývají především smíšené horské lesy, zastoupeny jsou především květnaté bučiny. Stromové patro vedle buku (*Fagus*) tvoří jedle (*Abies*) a smrk (*Picea*), v menší míře je zastoupen javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a také jilm drsný (*Ulmus glabra*). Pro bylinné patro je typická kyčelnice cibulkonosná (*Dentaria bulbifera*), žindava evropská (*Sanicula europaea*) a svízel vonný (*Galium odoratum*). V keřovém patře se často vyskytuje zimolez černý (*Lonicera nigra*) a lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*). Smrčiny jsou původní pouze v nejvyšší oblasti centrální Šumavy. Pro rašeliniště je typická borovice blatka (*Pinus rotundata*) a borovice kleč (*Pinus mungo*). Jak zmiňuje Blažková (2003), ve vyšších polohách setrvávají smilkové louky, dále se uplatňuje metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*). Podél toků Křemelné a Vltavy se nacházejí údolní vrchoviště, pro něž je typická klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*) nebo kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*).

Ve vodních nádržích najdeme hrbatku jezerní (*Holopedium gibberum*) nebo velkoočku slatinnou (*Polyphemus pediculus*). Z kryosestonu zde v zimních měsících najdeme např. *Chloromonas brevispina* a *Cryodactylon glaciale* (Lederer, Lukavský, 2003). Z hlediska samočisticího procesu vod má velký význam přítomnost vodního hmyzu, např. jepice *Ecdyonorus austriacus* a pošvatka *Leuctra alpina*, které se kromě Šumavy vyskytují pouze v Alpách (Papáček, Soldán, 2003). Z vodních obratlovců se zde vyskytuje mihule potoční (*Lampetra planeri*), losos obecný (*Salmo salar*), pstruh obecný (*Salmo trutta*), vranka obecná (*Cottus gobio*), mřenka mramorovaná (*Barbatulus barbatulus*) a další (Hartvich, 2003).

## 6.2 Obecná charakteristika zájmových ski areálů

V České republice se dle údajů na internetových stránkách České sjezdovky nachází 289 lyžařských středisek, z toho 24 areálů najdeme na Šumavě. Podíl šumavských lyžařských středisek znázorňuje obr. 4. Na české straně Šumavy se nachází celkem 24 ski areálů: Alpalouka Hořec, České Žleby, Frymburk, Hartmanice, Hojsova Stráž – Vyhlídka,

Horní Vltavice, Javorník na Šumavě, Kašperské Hory, Kocourov, Kozí Pláň, Kubova Huť, Kvilda, Lipno – Kramolín, Nezdice, Nové Hutě, Pancíř, Sádek Capartice, SKI Libín – Libínské sedlo, Strážný, Zadov, Železná Ruda – Belveder, Železná Ruda – Nad nádražím, Železná Ruda – Samoty, Železná Ruda – Špičák (České sjezdovky, 2018).



**Obr. 4** Podíl lyžařských středisek v jednotlivých oblastech České republiky v roce 2018, zdroj: [www.ceske-sjezdovky.cz](http://www.ceske-sjezdovky.cz) (2018), vlastní zpracování

Sledované areály se nacházejí na území správního obvodu ORP Vimperk s působností odboru životního prostředí Městského úřadu Vimperk, přičemž lyžařský areál spadá pod katastrální území Kvilda, zatímco ski areál Zadov se nachází na katastrálním území Stachy. Mapu správního obvodu ORP Vimperk s vyznačenými ski areály Kvilda (červeně) a Zadov (modře) lze vidět na obr. 5.



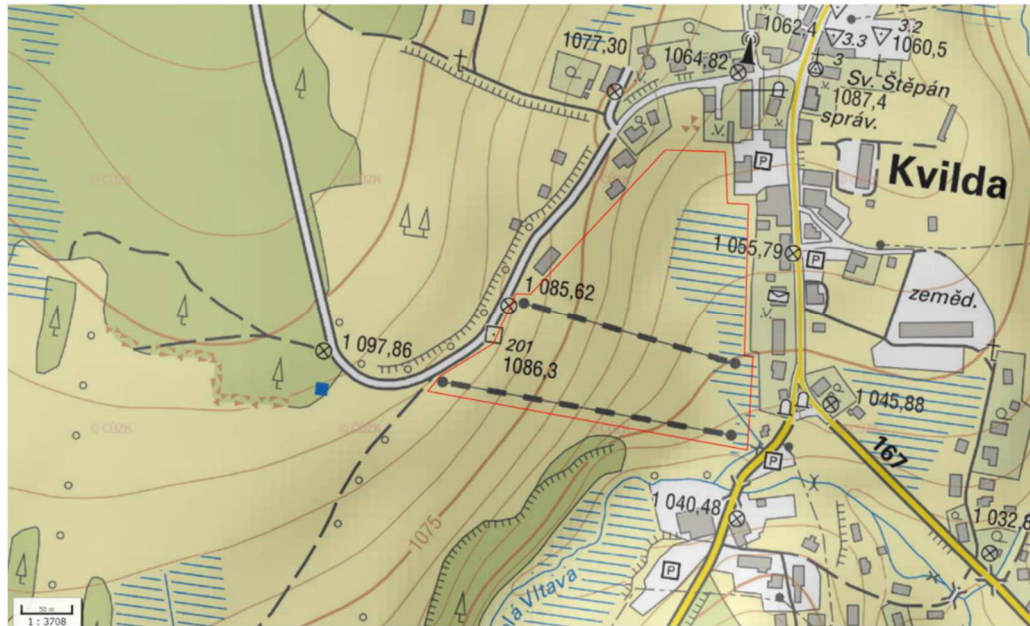
**SO ORP VIMPERK**  
k 1. 1. 2016



Obr. 5 SO ORP Vimperk, zdroj: ČSÚ, 2016

### 6.2.1 Charakteristika ski areálu Kvilda

Lyžařský areál Kvilda leží na území NP Šumava a SPA Šumava v katastrálním území obce Kvilda, jeho polohu na mapě ukazuje obr. 6. Jedná se o menší lyžařský areál o rozloze 5,28 ha. Svým převýšením je vhodný pro rodiny s dětmi, začátečníky a lyžařské kurzy. Sjezdovky jsou ze 100 % pokryty zasněžovacím systémem a je zde umístěno 6 vleků, z toho 2 s večerním lyžováním. V areálu je také dětský pojízdný koberec a volně přístupný sánkařský svah. Rolba ski areálu upravuje mimo sjezdovky také část běžeckých stop v okolí Kvildy, hlavní trasy vedou na Horskou Kvildu, Jezerní slat', k Pramenům Vltavy, na Bučinu a Filipovu Hut' (Ski Kvilda, 2018).



**Obr. 6** Poloha lyžařského areálu Ski Kvilda, zdroj: geoportál ČÚZK (2018), vlastní zpracování v programu Zoner Calisto

Povodí Teplé Vltavy patří do správy státního podniku Povodí Vltavy, které zajišťuje využívání povrchových a podzemních vod v celém hydrologickém povodí Vltavy s ohledem na zachování zdravého životního prostředí. V kompetenci tohoto podniku je výkon funkce správce povodí a provoz přidružených vodních děl, nakládání s vodami a zajištění vyjadřovací činnosti k záměrům staveb, zařízení nebo činností v povodí Vltavy, stejně jako evaluace stavu povrchových a podzemních vod včetně zajišťování monitoringu jakosti povrchových vod (Povodí Vltavy, 2018). Hlásná stanice nejbližší odběrového místa pro účely zasněžování ski areálu Kvilda je v Lenoře. Schéma ski areálu Kvilda můžeme vidět na obr. 7.



*Obr. 7 Schéma ski areálu Kvilda, zdroj: Ski Kvilda (2018)*

## 6.2.2 Charakteristika ski areálu Zadov

Ski areál Zadov spadá pod katastrální území Stachy, je součástí CHKO Šumava a EVL Šumava. V tomto areálu je celkem 7 sjezdovek, dohromady o délce 4,5 km. Celková rozloha lyžařského areálu Zadov činí přibližně 11,44 ha. Areál je vybaven 8 dopravními zařízeními, z toho 2 lanové dráhy, 5 lyžařských vleků a jeden dětský koberec. Většina sjezdovek je technicky zasněžována. Areál je v průběhu zimní sezóny otevřen denně od 8:30 do 16:00. Zajímavostí Zadova je rozhledna vybudovaná z bývalého skokanského můstku (Zadov, 2018). Schéma areálu můžeme vidět na obr. 8.



*Obr. 8 Schéma ski areálu Zadov, zdroj: Ski Zadov (2018)*

### 6.3 Odběry vod pro zasněžování vybraných lyžařských areálů

Údaje o odběrech vod poskytly přímo lyžařské areály ski Kvilda a ski Zadov, ski Kvilda konkrétně za hydrologické roky 2012-2017 od listopadu do února a Zadov za roky 2007-2016 (listopad-březen). Lyžařský areál Kvilda odebral za sledované období z Teplé Vltavy průměrně 11 152 m<sup>3</sup> vody za sezónu, Zadov v průměru za jednu zimní sezónu odebral 29 700 m<sup>3</sup>.

#### 6.3.1 Odběry vod pro zasněžování ski areálu Kvilda

Ski areál Kvilda odebírá vodu pro zasněžování na říčním kilometru 424,3. Rozhodnutí o povolení k odběru povrchové vody vydal Městský úřad Vimperk dne 2. ledna 2012 s platností do 31. prosince 2036 (dle rozhodnutí o povolení poskytnuté správcem ski Kvilda Richardem Jiroušem, 2018). Maximální povolené množství odběru činí 15,00 l/s a 20 000 m<sup>3</sup>/rok. Ski Kvilda odebírá vodu pro zasněžování přímo z vodoteče. Ski Kvilda začal odebírat vodu pro technické zasněžování v prosinci hydrologického roku 2012, v následujících letech probíhaly odběry od listopadu do února. V tab. 1 jsou uvedeny údaje

o množství odebrané vody pro zasněžování ski areálu Kvilda v hydrologických letech 2012-2017. Nejvíce vody odebíral ski areál Kvilda v prosinci a v lednu.

**Tab. 1** Odběry vod pro zasněžování Ski Kvilda v hydrologických letech 2012-2017, zdroj: Ski Kvilda (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	Množství odebrané vody [m <sup>3</sup> /měsíc]				Celkem
	XI	XII	I	II	
2012	0	2 967	4 974	2 968	10 908
2013	939	1 138	3 215	0	5 292
2014	964	4 821	4 951	0	10 736
2015	3 018	7 890	4 329	2 084	17 321
2016	1 884	1 321	4 112	3 192	10 509
2017	2 095	4 156	4 380	1 515	12 146

Největší odběr byl realizován roku 2015, kdy bylo odebráno celkem 17 321 m<sup>3</sup> vody. Nejméně bylo odebráno v roce 2013, kdy ski areál z Teplé Vltavy odebral 5 929 m<sup>3</sup> vody. V letech 2013 a 2014 ski Kvilda odebíral vodu pouze v měsících listopad-leden. Průměrně ski areál Kvilda odebírá 11 152 m<sup>3</sup> vody za sezónu. Ve všech sledovaných letech ski Kvilda dodržel limit stanovený Ministerstvem životního prostředí a průměrná hodnota odebrané vody za sezónu činí 56 % povoleného množství odběru.

### 6.3.2 Odběry vod pro zasněžování ski areálu Zadov

Lyžařský areál Zadov odebírá vodu pro zasněžování z vodoteče Spůlka na kilometru 18. Jako zdroj pro zasněžování užívá také umělou nádrž o objemu 1 600 m<sup>3</sup> vytvořenou na bezejmenném levostranném přítoku Spůlky. Vodu pro technické zasněžování začal Zadov odebírat v roce 2000. Ski areál odebírá vodu v měsících listopad-únor, v letech 2008, 2010 a 2016 odebíral dle poskytnutých údajů vodu pro zasněžování také v březnu a zasněžování dále probíhá do konce dubna (ústní sdělení, správce areálu Petr Vondraš, 2017). Povolení pro odběr vody, které areál poskytl pro účely této práce bylo s platností 2008-2018 a vydal ho Městský úřad Vimperk. Maximální množství povoleného odběru vody za měsíc činilo 35 000 m<sup>3</sup> a 192 500 m<sup>3</sup> za rok.

**Tab. 2** Odběry vod pro zasněžování Ski Zadov v hydrologických letech 2007-2017, zdroj: Ski Zadov (2017), vlastní zpracování

Hydrologický rok	Množství odebrané vody [m <sup>3</sup> /měsíc]					Celkem
	XI	XII	I	II	III	
2007	-	-	6 300	0	0	6 300
2008	1 800	6 000	2 900	6 900	3 800	21 400
2009	7 400	5 600	7 000	1 100	0	21 100
2010	0	13 400	16 400	600	600	31 000
2011	7 100	15 400	24 900	200	0	47 600
2012	0	5 500	8 900	5 100	0	19 500
2013	1 000	19 300	14 800	3 800	0	38 900
2014	5 100	2 000	7 600	2 900	0	17 600
2015	3 100	19 000	10 000	6 800	0	38 900
2016	5 500	3 700	10 975	8 572	2 555	31 300
2017	14 439	11 880	-	-	-	26 320

Jak můžeme vidět v tab. 2, nejvíce vody ski Zadov odebíral v prosinci a lednu. Nejvíce vody areál odebral v hydrologickém roce 2011 (47 600 m<sup>3</sup> za sezonu), dále pak nadprůměrné množství vody odebral v letech 2013 a 2015 (38 900 m<sup>3</sup> za sezonu). Pouze 17 600 m<sup>3</sup> ski Zadov odebral během zimní sezony hydrologického roku 2014. Roky 2007 a 2017 jsou uvedeny pouze pro ilustraci, neboť chybí údaje za počátek hydrologického roku 2007 a za leden-březen 2017. Z tohoto důvodu tyto roky autor nezapočítal do průměrného množství odebrané vody za sezonu, které za sledované období hydrologických let 2008-2016 činí 29 700 m<sup>3</sup>. Ski areál Zadov dodržel v průběhu sledovaného období limit odběru daný MŽP.

## 7 ZHODNOCENÍ PRŮTOKU TEPLÉ VLTAVY

Dlouhodobé pozorování průtoků ve vodočetných stanicích poskytuje informace o časovém rozdělení průtoků ve sledovaném profilu, umožňuje tak sestavení režimu vodního toku, založeného na typickém průběhu průtoků v čase, variačním rozpětí, rozložení suchých a vlhkých období a výskytu extrémních hodnot. Režim vodního toku je tak výsledkem působení klimatických a geografických činitelů v daném povodí. K charakteristice průtoků se používají veličiny průměrného denního, měsíčního, ročního nebo dlouhodobého průtoků (Starý, 2005). Pro sledování vlivu odběrů pro technické zasněžování je nutno vycházet

z údajů za měsíce, kdy zasněžování probíhá, neboť průměrné roční průtoky jsou v tomto kontextu zavádějící (Tremel et al. in Fuksa, 2017).

Autorka se v této práci zaměřila na porovnání dlouhodobých průtoků vodoteče, ze které odebírá vodu pro účely zasněžování lyžařský areál Kvilda. Údaje průměrného denního průtoku Teplé Vltavy poskytl ČHMÚ. Data byla naměřena ve stanici Lenora, která leží na říčním kilometru 396,20 Teplé Vltavy v ORP Prachatice, provozovatelem stanice je ČHMÚ České Budějovice. Plocha povodí Teplé Vltavy je 176,90 km<sup>2</sup> a nula vodočtu v Lenoře čítá 761,22 m n. m., přičemž průměrný roční stav této vodoteče je 61 cm a průměrný roční průtok 3,11 m<sup>3</sup>/s. Stanice Lenora je vzdálena od odběrového místa ski areálu Kvilda 28,1 km (Povodí Vltavy, 2018).

## 7.1 Klimaticko-hydrologické poměry na území ČR

Kalendářní rok 2004 byl v České republice ve srovnání s dlouhodobým průměrem normální. Průměrná výška srážek dosáhla 680 mm. Tento rok tedy po vlhkém roce 2002 (866 mm) a suchém roce 2003 (516 mm) návrat k normálním hodnotám. Odtokově byl tento rok spíše podprůměrný. Vydatnější srážky v prosinci 2003 a v lednu 2004 příznivě ovlivnily zásoby podzemních vod. Rok 2005 byl odtokově průměrný s hodnotami v rozmezí 80-130 % normálu. Celkový roční úhrn srážek v roce 2006 dosáhl 105 % dlouhodobého normálu pro území ČR. Průtokově byl tento rok na většině území mírně nadprůměrný v důsledku výskytu několika povodňových situací, nejvíce vodným obdobím byly v důsledku rozsáhlé povodně měsíce březen-květen (způsobeno srážkami na zvlněné studené frontě). Naopak relativně suché byly měsíce leden-únor. Průměrné průtoky v prvním čtvrtletí roku 2006 byly v rozmezí 45-80 % normálu, k povodňové události došlo koncem tohoto období a poslední čtvrtletí bylo relativně nejméně vodné (ČHMÚ, 2006).

Celkový roční úhrn v roce 2007 dosáhl 755 mm a odtokově byl mírně podprůměrný. Došlo k významnému doplnění podzemních vod, přesto se tento rok jeví v důsledku dlouhodobého letního sucha jako podnormální. Leden byl teplotně i srážkově nadnormální, odtokově byl leden pro povodí horní Vltavy průměrný až lehce nadprůměrný. Únor byl srážkově průměrný. Významné dešťové srážky postihly Šumavu mezi 13. až 16. únorem. Březen byl teplotně a srážkově nadnormální. Prosinec 2007 byl průtokově nadprůměrný (ČHMÚ, 2007). Srážky v roce 2008 dosáhly 92 % normálu, odtokově byl tento rok na většině území podprůměrný. Nejvodnější byl počátek roku, kdy docházelo k dílčím oblevám. Prosinec 2008 byl průtokově podprůměrný (ČHMÚ, 2008).

Srážkový úhrn byl v roce 2009 na území ČR 744 mm, tedy o 10 % vyšší, než je dlouhodobý normál. Srážkově bohaté bylo zejména období květen-červen a únor-březen. Měsíc leden byl srážkově podnormální s průměrným srážkovým úhrnem 25 mm (60 % normálu). Průměrné roční průtoky se pohybovaly v roce 2009 mezi 70-110 % dlouhodobých ročních průměrů, v červnu a červenci došlo na území ČR k významné povodňové události. V jižních Čechách povodeň nejvýrazněji postihla povodí Blanice a Volyňky (ČHMÚ, 2009). Rok 2010 byl silně nadnormální a také nejvlhčí za posledních 37 let s průměrným úhrnem srážek na celém území 871 mm (129 % srážkového normálu). Tento roční úhrn byl o 7 mm vyšší než v povodňovém roce 2002, kdy roční úhrn dosáhl 128 % normálu a o 19 mm vyšší než srážkový úhrn v povodňovém roce 1981. Z hlediska odtoku byl rok 2010 mírně nadprůměrný a nastaly čtyři významné povodňové situace v období květen-říjen. V průběhu ledna a února 2010 se akumulovaly značné sněhové zásoby, přesto nenastaly extrémní povodně z tání sněhu (příznivý byl průběh tání sněhu bez výskytu významnějších dešťových srážek). Intenzivní srážky postihly ČR až na přelomu května/června (ČHMÚ, 2010).

Průměrné množství srážek v roce 2011 na celém území dosáhlo 634 mm (93 % normálu 1981-2010), tedy téměř o 240 mm méně než v předchozím vlhkém roce. Zejména v povodí Vltavy a Labe došlo začátkem prvního čtvrtletí k rychlému tání sněhové pokrývky, a tedy vzestupy hladin toků v důsledku kombinace výrazného oteplení a dešťových srážek. Zimní období 2010/2011 bylo 1,5 °C pod normálem, leden 2011 byl naopak relativně teplejší s průměrem -1,2 °C (ČHMÚ, 2011). Z hlediska úhrnu srážek byl rok 2012 normální s výraznějšími odchylkami pouze v období leden-květen. Měsíc leden byl velmi vlhký (průměrné srážky 84 mm) a stal se tak relativně nejvlhčím měsícem roku (195 % normálu). Nejméně srážek napadlo v období od února do května. První jarní měsíc byl nejsušším březnem za posledních 50 let. Zásoby vody ve sněhové pokrývce v roce 2012 dosahovaly normálních hodnot, koncem února je však zredukovala výrazná obleva s dešťovými srážkami. Sněhové zásoby zimní sezony 2012/2013 se začaly tvořit začátkem prosince (ČHMÚ, 2012).

Zimní sezona 2012/2013 byla relativně srážkově bohatá (130 % dlouhodobého normálu). Srážkově poměrně chudší byl konec podzimu a začátek zimy, přičemž prosinec 2013 byl velmi suchý (38 % normálu). Zásoby vody akumulované ve sněhové pokrývce byly na většině území České republiky na začátku roku 2013 nadprůměrné, zatímco na konci roku klesly výrazně pod průměr. Maximální hodnoty sněhových zásob byly zaznamenány na konci února. V první březnové dekádě došlo k výraznému oteplení, a tedy k rychlému ubývání sněhu. Na konci března a během první dubnové dekády se opět zvýšily sněhové



zásoby (ČHMÚ, 2013). Měsíce leden-únor roku 2014 byly srážkově suché, spadlo pouze 42 % srážek normálních hodnot a průtoky se v porovnání s dlouhodobými průměry pohybovaly mezi 30 až 90 %  $Q_m$ . Tento deficit se redukoval až v průběhu srážkově vydatnějšího května. Největší sněhové zásoby byly v druhé polovině ledna v povodí Vltavy, v dalších povodích až začátkem února (ČHMÚ, 2014).

Sněhové zásoby za sezonu 2014/2015 se začaly tvořit na začátku prosince 2014, což bylo v polovině měsíce přerušeno mírnou oblevou. Nejvyšších hodnot dosáhly sněhové zásoby na začátku ledna 2015 a během druhé dekády února. Z hlediska zásob vody ve sněhové pokrývce byl rok 2015 podprůměrný s výskytem sněhových zásob pouze ve vyšších polohách (ČHMÚ, 2015). Srážkově byl rok 2016 hodnocen dle ČHMÚ (2016) jako normální a měsíce únor, červenec a říjen hodnoceny jako nadnormální. Zimní sezona 2015/2016 byla srážkově nerovnoměrná. Prosinec 2015 byl silně podnormální (20 % normálu), leden 2016 byl srážkově normální a únor nadnormální (163 % normálu). Srážkové hodnoty v měsících březen až květen se pohybovaly převážně pod hodnotami normálu za období 1981-2010. Největší sněhové zásoby byly dosaženy na konci ledna a celkově největší objem vody ve sněhu se vyskytoval v povodí Vltavy po Orlík (314 mil. m<sup>3</sup>).

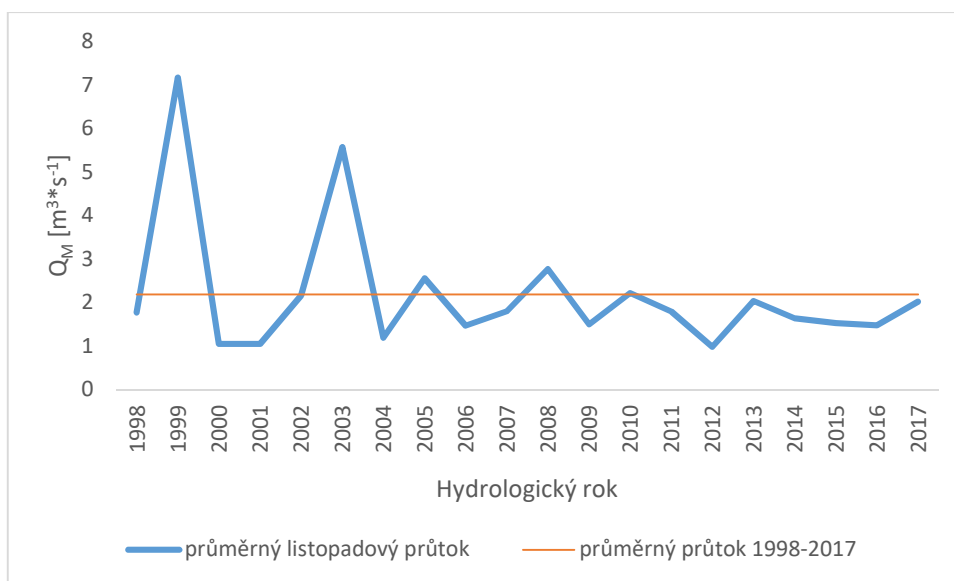
Podle údajů ČHMÚ (2017) byla zimní sezona 2016/2017 poměrně suchá a stala se 7. srážkově nejsušší od roku 1961. Průměrný úhrn srážek za tuto sezonu činil 85 mm (64 % normálu za roky 1981-2010). V prosinci 2016 spadlo pouze 56 % normálu srážek, v lednu 2017 75 % normálu a v únoru 63 %. Březen byl srážkově normální a duben nadnormální (183 % normálu). Z hlediska zásob vody ve sněhové pokrývce byl začátek zimního období 2016-2017 podprůměrný. Sněhové zásoby se začaly tvořit v druhé polovině listopadu, s oblevou však odtála veškerá sněhová pokrývka. V prosinci se zásoby sněhu postupně navýšily, koncem roku nastala mírná obleva. Maximálních hodnot dosáhly sněhové zásoby na začátku února 2017. Celkově největší objem vody ve sněhu byl za zimní sezonu 2016/2017 v povodí Vltavy po Orlík (462,5 mil. m<sup>3</sup>). Zásoby sněhu v sezoně 2017/2018 byly největší opět v povodí Vltavy po VD Orlík (230 mil. m<sup>3</sup>).

## **7.2 Průměrný měsíční průtok Teplé Vltavy**

Hodnoty průměrných měsíčních průtoků  $Q_M$  za hydrologické roky 1998 až 2017 autorka srovnala s klimatologicko-hydrologickými charakteristikami na území České republiky za období 2004-2017 dle hydrologických ročenek ČHMÚ, zaměřila se především na měsíce zimní sezóny. Pro srovnání slouží grafické znázornění průměrného průtoky Teplé Vltavy ve stanici Lenora v jednotlivých měsících zimní sezóny za hydrologické roky 1998-

2017 a průměrný průtok daného měsíce za sledované období. Ski Kvilda odebíral vodu pro technické zasněžování od listopadu do února, autorka průtoky v těchto měsících srovnala s hodnotami průtoků následujících dvou měsíců.

Výrazně nadnormální hodnoty průměrného listopadového průtoku Teplé Vltavy ve stanici Lenora byly naměřeny v letech 1999 a 2003 v důsledku vydatnějších srážek. Průtok v listopadu 2000 a 2001 byl vzhledem k průměru za sledované období více podprůměrný, grafické znázornění hodnot můžeme vidět na obr. 9. Rok 2004 v České republice byl dle ČHMÚ (2005) ve srovnání s dlouhodobým průměrem srážkově normální, zatímco listopad hydrologického roku 2005 byl nadnormální s průměrným srážkovým úhrnem 75 mm. Průtok Teplé Vltavy v hydrologických letech 2006 až 2011 byl ve stanici Lenora relativně normální, nedošlo k výraznějším odchylkám od průměru. Zato průtok v roce 2012 čítal pouhých 45 % dlouhodobého průměru, přesná hodnota průtoku je uvedena v příloze 2. Dle ČHMÚ (2012) byl podzim kalendářního roku 2011 poměrně sušší na celém území České republiky. Listopad v hydrologických letech 2013 a 2017 byl průtokově normální, listopad 2012-2016 byl ve stanici Lenora lehce průtokově podprůměrný. Průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora dosahoval v listopadu hydrologického roku 2017 dle dlouhodobého průměru normálních hodnot.

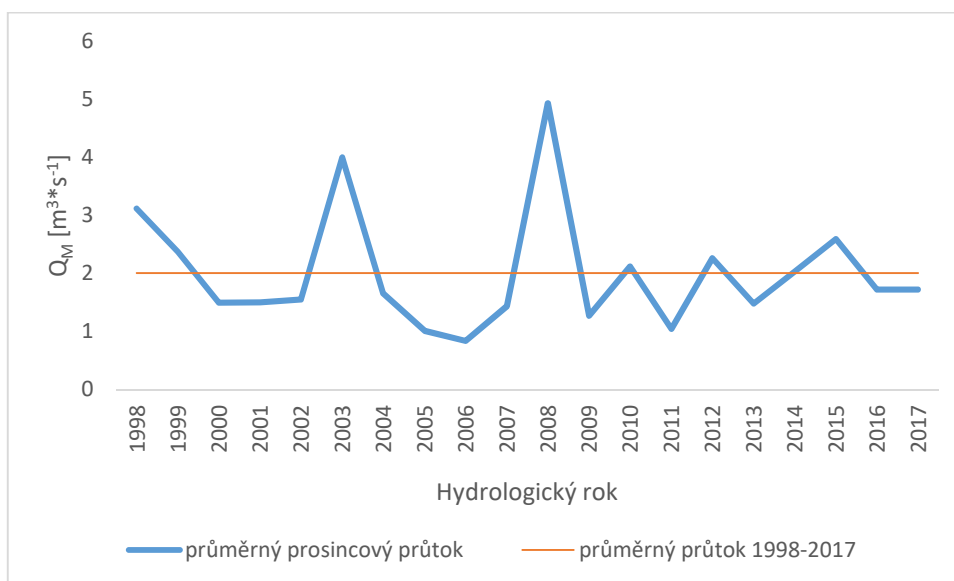


**Obr. 9** Průměrný listopadový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hodnoty průměrného prosincového průtoku v roce 1998 dosáhly 155 % průměru za sledované období. Průtok Teplé Vltavy v Lenoře byl v hydrologických letech 2000-2002 podprůměrný. V roce 2003 dosáhl prosincový průtok 199 % průměru, následovalo několikaleté období podprůměrných průtoků, nejnižší hodnoty ČHMÚ naměřil

v hydrologickém roce 2006 (42 % průměrné hodnoty za roky 1998-2017). Jak lze vidět na obr. 11, v roce 2007 se hodnoty opět zvýšily a roku 2008 dosáhla hodnota průměrného prosincového průtoku 246 % dlouhodobého průměru.

V následujících letech hodnoty průtoku fluktovaly, v roce 2011 činil průtok 52 % průměru. Prosincový průtok Teplé Vltavy byl v hydrologickém roce 2012 relativně průměrný, stejně tak roky 2013-2014. Lehce nadprůměrných hodnot dosáhl průtok v roce 2015 (129 % dlouhodobého průměru). Obr. 10 ukazuje, že hydrologické roky 2016-2017 byly relativně průtokově průměrné. Konkrétní údaje Prosincového průtoku lze dohledat v příloze 3.

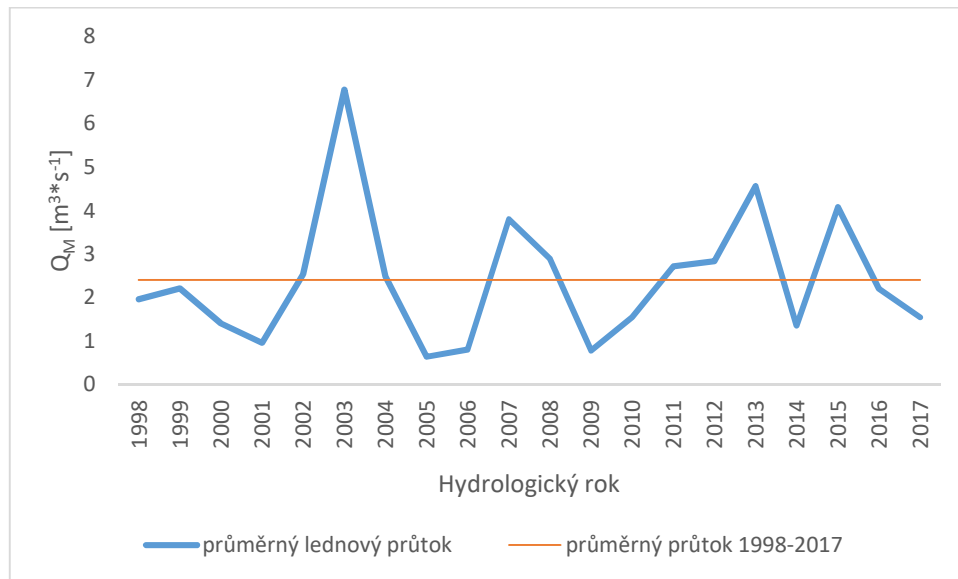


**Obr. 10** Průměrný prosincový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Na počátku sledovaného období byl lednový průtok dle hodnot ČHMÚ normální, výrazně nižších hodnot dosáhl v hydrologickém roce 2000 a zejména v roce 2001 (40 % dlouhodobého průměru). Naopak výrazně nadprůměrnou hodnotu čítal průměrný lednový průtok 2003, který dosáhl 283 % průměru za roky 1998-2017. V následujícím roce byl průtok silně podprůměrný (27 % dlouhodobého průměru) a v roce 2006 čítal lednový průtok 34 % průměru. Rok 2007 byl opět průtokově nadprůměrný (158 % průměru za roky 1998-2017), průtok v roce 2008 byl jen mírně nad dlouhodobým průměrem. Následně průtok opět poklesl (33 % průměru).

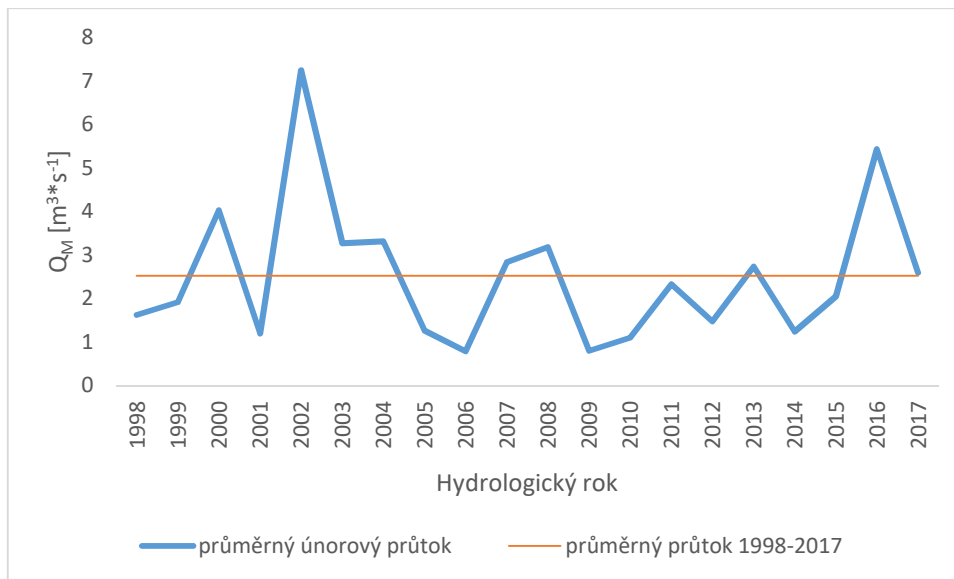
Hodnoty lednového průtoku Teplé Vltavy za hydrologické roky 1998-2017 najdeme v příloze 4. V letech 2011-2012 průtok dosahoval mírně nadprůměrných hodnot. Leden 2013 byl z hlediska průtoku Teplé Vltavy značně nad průměrem (190 % průměrné hodnoty). Rok 2014 byl opět průtokově podprůměrný, zatímco průtok v následujícím roce

přesáhl o  $1\,164\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  hodnotu dlouhodobého průměru (168 %). Lednový průtok v hydrologickém roce 2016 čílal normální hodnoty. Na obr. 11 můžeme vidět, že rok 2017 byl v Lenoře opět vzhledem k dlouhodobému průměru průtoku podprůměrný.



**Obr. 11** Průměrný lednový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

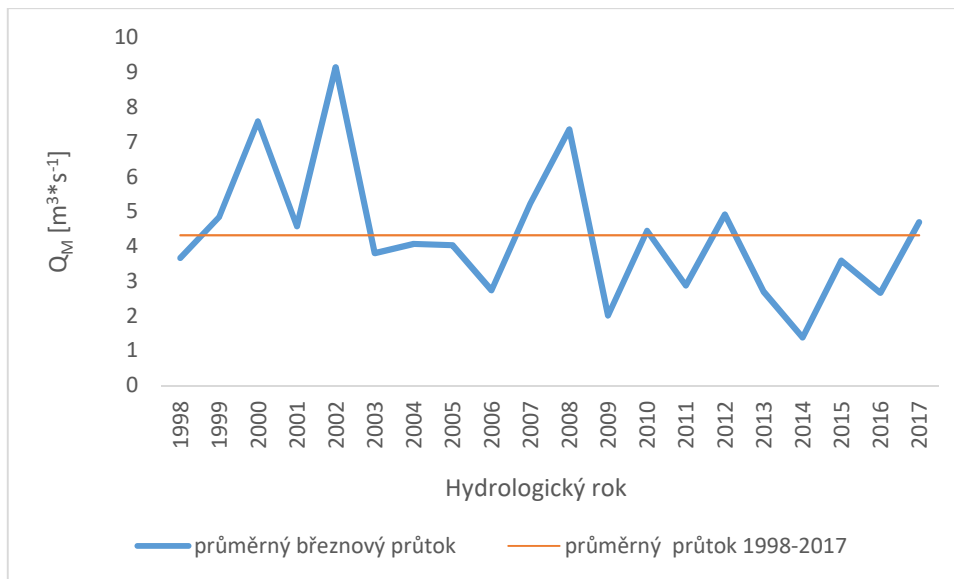
Na obr. 12 je znázorněn průměrný únorový průtok Teplé Vltavy. V hydrologických letech 1998 a 1999 byl průtok mírně pod hodnotou dlouhodobého průměru za období 1998-2017. Rok 2000 byl průtokově lehce nadprůměrný, v následujícím roce průtok klesl na 48 % dlouhodobého průměru. Extrémně nadprůměrný byl únorový průtok roku 2002, který čílal 287 % průměrné hodnoty. Roky 2003-2004 byly průtokově relativně normální. Pokles nastal v letech 2005 a zejména 2006 (31 % dlouhodobého průměrného průtoku). Průtok v roce 2007 a 2008 byl opět více méně v normálu.



**Obr. 12** Průměrný únorový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

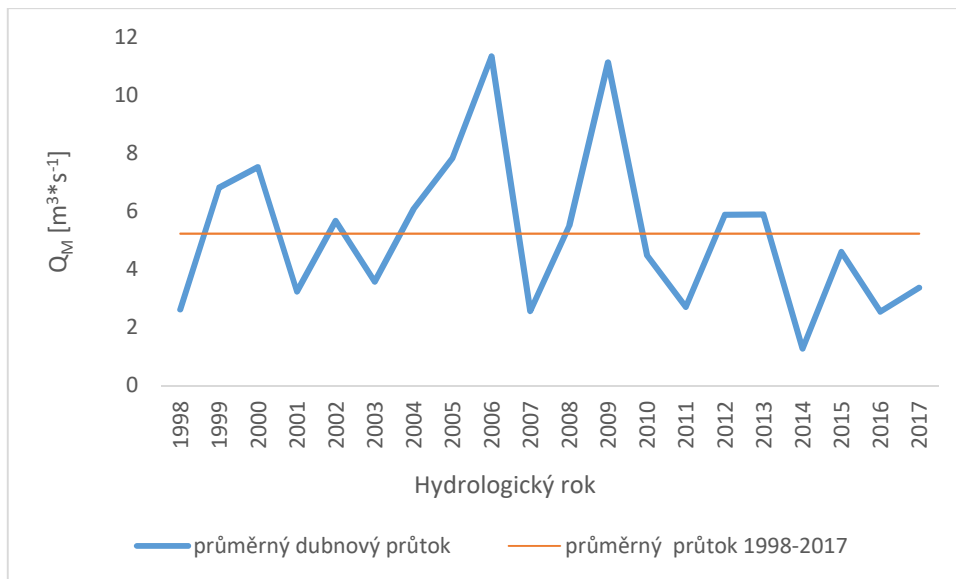
Poté následoval rok s výrazně podprůměrným únorovým průtokem (32 % průměru za roky 1998-2017), hodnota v roce 2010 byla o 1 423 m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup> vyšší než dlouhodobý průměrný průtok. V letech 2011-2013 hodnoty průtoku Teplé Vltavy v Lenoře fluktovaly, přičemž hodnoty byly relativně normální. Výraznější pokles byl zaznamenán v roce 2014 (49 % dlouhodobého průměru). Roky 2015 a 2017 byly průtokově v normálu, únor 2016 byl v Lenoře průtokově výrazně nadprůměrný a průtok Teplé Vltavy dosáhl 216 % dlouhodobého průměru za hydrologické období 1998-2017. Konkrétně jsou únorové průtoky a procentuální podíl dlouhodobého průměru uvedeny v příloze 5.

Březnový průtok Teplé Vltavy v Lenoře v roce 2000 čítal 176 % dlouhodobého průměru a roku 2002 dosáhl hodnoty 9 153 m<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup> (212 % průměrné hodnoty). Následující tři roky byly relativně průtokově normální. Jak vidíme na obr. 13, březen 2006 byl průtokově podprůměrný (63 % průměrného březnového průtoku za hydrologické roky 1998-2017). Rok 2008 byl opět průtokově nadprůměrný, v březnu tohoto roku čítal průtok v Lenoře 171 % dlouhodobé průměrné hodnoty, jak je uvedeno také v příloze 6. Výrazně podprůměrný byl březen 2009 (47 % průměru) a extrémně podprůměrný byl březnový průtok v roce 2014 (32 % průměrného březnového průtoku za roky 1998-2017).



**Obr. 13** Průměrný březnový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

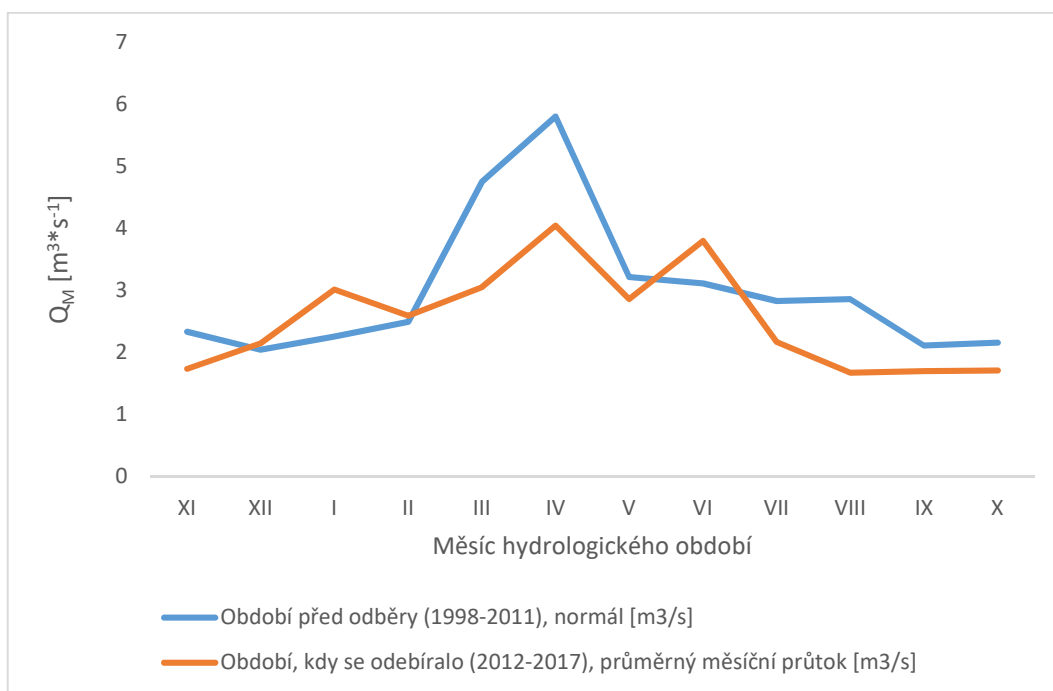
Pouze 50 % průměrného dubnového průtoku za roky 1998-2017 dosáhl průtok v roce 1998, grafické znázornění ukazuje obr. 14. Následující dva roky byly průtokově nadprůměrné. Březnový průtok v roce 2001 čítal 62 % dlouhodobého průměru, další rok byl průtokově v normálu. Nadprůměrný byl vzhledem k průměrné březnové hodnotě za hydrologické roky 1998-2017 duben 2005 (150 % průměru) a extrémně nadprůměrný byl dubnový průtok 2006 (217 % dlouhodobé průměrné hodnoty). V roce 2007 průtok klesl na 49 % průměru, následující rok byl v normálu a rok 2009 byl opět výrazně nadprůměrný. Relativně normální byly roky 2012-2013, dubnový průtok v roce 2014 byl extrémně podprůměrný a čítal pouhých 24 % dlouhodobého březnového průměru průtoku. Nízké hodnoty vzhledem k průměrnému průtoku za roky 2018-2017 dosáhl také březnový průtok roku 2016 (49 % průměru). Hodnoty průměrného dubnového průtoku za roky 1998-2017 najdeme v příloze 7.



**Obr. 14** Průměrný dubnový průtok Teplé Vltavy ve stanici Lenora v hydrologických letech 1998-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

### 7.3 Normál průtoku vodoteče Teplá Vltava

Autorka srovnala normály měsíčních průtoků Teplé Vltavy v hydrologických letech před odběry vod pro zasněžování (1998-2011) s normály za období, kdy ski areál Kvilda vodu odebíral (hydrologické roky 2012-2017). Srovnání průtoků za období před odběry s obdobím, kdy ski areál vodu odebíral můžeme vidět na obr. 15. Dle zpracovaných údajů se měsíční průtok oproti období před odběry zvýšil v měsících prosinec-únor a červen, zatímco v měsících únor-květen a červenec-říjen průtok poklesl.



**Obr. 15** Normál průtoku Teplé Vltavy v Lenoře za roky 1998-2011, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Průměrný listopadový průtok za sledované období 2012-2017 činil 74 % normálu za roky před zahájením odběrů vody z Teplé Vltavy. Průměr prosincového, lednového a únorového průtoku v letech 2012-2017 byl vzhledem k normálu za hydrologické roky 1998-2011 nadprůměrný (prosincový průtok dosáhl 134 % normálu). V březnu čítala hodnota průtoku 64 % normálu, což může být ovlivněno dle hydrologických ročenek ČHMÚ srážkově velmi suchým březnem na území České republiky v letech 2012 a 2015. Podnormální byl také duben (70 % normálu za roky 1998-2011). Téměř v normálu byl průměrný průtok v květnu (89 % normálu) a červnové hodnoty byly průtokově nadnormální (122 % normálu za období před odběry). Následující měsíce byly vzhledem k normálu za roky 1998-2011 podnormální. Konkrétní údaje o normálu najdeme v příloze 1.



## 8 DISKUZE

Potencionální vliv odběrů vody z Teplé Vltavy na měsíční průtoky vodoteče lze posoudit srovnáním průtoků v měsících zimní sezóny. Listopadový průtok v hydrologických letech 1999 a 2003 byl výrazně nadprůměrný díky nadnormálním srážkám (ČHMÚ, 2002), podprůměrných hodnot dosáhl listopadový průtok v letech 2000-2001 (48 % průměru za sledované období) a v roce 2012 (45 % průměru). Prosincový průtok v hydrologickém roce 2003 byl nadprůměrný díky vydatnějším srážkám (ČHMÚ, 2004), výrazně průtokově podprůměrný byl rok 2006 (42 % průměru). Tento rok byl z hlediska průtoku nadnormální na většině území ČR v důsledku výskytu několika povodňových situací (ČHMÚ, 2007). Extrémně nad průměrem byl prosincový průtok v roce 2008 (246 % průměru).

Lednový průtok byl výrazně podprůměrný v letech 2001 (40 % dlouhodobé průměrné průtokové hodnoty), 2005 (pouhých 27 % průměru) a 2009 (33 %), což vysvětluje dle ČHMÚ (2009) srážkově podnormální leden v tomto roce. Významně průtokově nadprůměrný byl leden 2003 (283 % průměru). Průtok Teplé Vltavy v lednu 2013 dosáhl 190 % dlouhodobé průměrné hodnoty. Leden 2014 byl průtokově podprůměrný a dle ČHMÚ (2014) byl na území ČR začátek tohoto roku celkově srážkově podnormální. V únoru 2001 čítal průtok pouhých 48 % průměru. Extrémně nadprůměrný byl únorový průtok roku 2002, který čítal 287 % průměrné hodnoty. Dle ČHMÚ (2002) se jednalo o vlhký rok. Průtokově výrazně podprůměrný byl rok 2006 (31 % dlouhodobého průměrného průtoku) a rok 2009 (32 %). Pod průměrem byl i únorový průtok roku 2014 (49 % průměrné hodnoty) v důsledku podnormálních srážek (ČHMÚ, 2014). Únorový průtok Teplé Vltavy v roce 2016 dosáhl 216 % dlouhodobého průměru a ČHMÚ (2016) hodnotil tento rok na území České republiky jako srážkově nadnormální.

Dle srovnání hodnot měsíčních průtoků Teplé Vltavy v Lenoře v letech před zahájením odběrů vod pro technické zasněžování ski Kvilda (1998-2011) s roky, kdy lyžařský areál vodu odebíral byl průměr prosincového, lednového a únorového průtoku v letech 2012-2017 vyšší než normál, naopak podnormální byly měsíce březen a duben. Potencionálně mohly odběry vod pro zasněžování ski Kvilda ovlivnit průtok odběrové vodoteče v březnu a dubnu. Z toho důvodu autorka dále zhodnotila výrazné hodnoty průměrných březnových a dubnových průtoků za roky 1998-2017 a srovnal tyto hodnoty s údaji klimaticko-hydrologických charakteristik na území ČR.

Výrazně průtokově nadprůměrných hodnot dosáhl březnový průtok vzhledem k dlouhodobému průměru březnového průtoku v letech 2000 (176 % průměru) a v roce 2002 (212 % průměrné hodnoty za roky 1998-2017), dle ČHMÚ (2002) se jednalo o vlhký rok. V roce 2008 průměrný březnový průtok Teplé Vltavy v Lenoře čítal 171 % dlouhodobého průměru, ČHMÚ (2008) hodnotí tento rok na území ČR jako srážkově nadnormální. Extrémně průtokově podprůměrné byly roky 2009 (47 % průměru), přestože podle ČHMÚ (2009) byl březen tohoto roku jako celek na území ČR nadnormální. Odtokově byl březen 2009 taktéž na většině území nadprůměrný, Vltava pod Lipnem ale patřila k nejméně vodným tokům (58 až 88 %  $Q_{III}$ ). Zejména rok 2014 byl průtokově podprůměrný (32 % dlouhodobé průměrné hodnoty březnového průtoku) a dle ČHMÚ (2014) byla první polovina roku 2014 celkově sušší. V březnu 2014 spadlo 67 % srážek normálu. Odtokově byl rok 2014 na území ČR podprůměrný (ČHMÚ, 2014).

Nadprůměrný dubnový průtok Teplé Vltavy v Lenoře naměřil ČHMÚ v roce 2005 (150 % průměrné hodnoty za roky 1998-2017), přestože dle ČHMÚ (2005) byl měsíc duben v tomto roce na většině území ČR odtokově průměrný až mírně podprůměrný. Extrémně přesáhl hodnotu dlouhodobého průměru průtok vodoteče v dubnu 2006 (217 % dlouhodobé průměrné hodnoty), ČHMÚ hodnotí duben tohoto roku v České republice jako srážkově nadnormální (ČHMÚ, 2006). Průtokově nadprůměrný byl také rok 2009. Srážkově byl tento měsíc roku 2009 byl celkově v ČR podnormální s průměrným srážkovým úhrnem 49 % normálu, po výrazných srážkách v oblasti Šumavy v druhé dekádě ale došlo k intenzivním vzestupům hladin na Teplé Vltavě (ČHMÚ, 2009). V roce 2014 čítal průměrný dubnový průtok pouhých 24 % dlouhodobého průměru, v prvních měsících tohoto roku obecně na území České republiky převažovala klesající tendence hladin toků a v březnu a dubnu byly hodnoty průtoků relativně nejmenší (ČHMÚ, 2014).

Většinu odchylek průtoku od dlouhodobého průměru lze vysvětlit srážkově a průtokově analogickou situací na území ČR dle hydrologických ročenek ČHMÚ za roky 2004-2017, práce tedy neprokázala jednoznačný vliv odběrů vod pro zasněžování ski areálem Kvilda na průtok odběrové vodoteče. Přesto je nutné brát v úvahu rizika, která jsou s technickým zasněžováním spojená.

Produkce technického sněhu umožňuje prodloužení období zimní sezóny, způsobuje tak posun vegetační sezóny o dva týdny i více, což může ohrožovat určité druhy rostlin a vést až ke změně složení vegetace zasněžovaných ploch. Typicky dochází k nárůstu výskytu rostlinných druhů, které jsou schopné vyrůst a vykvést během několika týdnů, např. *Soldanella sp.* V důsledku technického zasněžování taje na sjezdových plochách v jarním období nepřírozeně větší množství sněhu, což zvyšuje riziko půdní eroze. Rozdíl je

i v kvalitě vody užívané pro výrobu sněhu, která vykazuje koncentraci živných solí a iontů až 8krát vyšší než voda z tajícího přírodního sněhu. Vyšší koncentrace živin ve vodě na horských svazích podporuje druhy vyžadující vlhké, mírně kyselé podmínky, a to na úkor původních rostlinných druhů (Rixen, Freppaz, 2015).

Studie vegetačního složení v závislosti na technickém sněhu ve Švýcarsku ukázala, že běžnější druhy odolné vůči suchým podmínkám s nízkým obsahem živin, jako jsou *Koeleria pyramidata*, *Silene nutans*, *Thymus pulegioides*, jsou zde nahrazovány běžnějšími druhy, např. *Chaerophyllum hirsutum*, *Myosotis silvatica*, *Pimpinella major*. Změny druhového složení horských společenstev mohou vést ke snižování místní biodiverzity (Rixen, 2003). Vysoký podíl holé půdy v důsledku zvýšené eroze a užívání aditiv pro krystalizaci sněhových jader může dle výzkumu prováděného v italských Alpách omezovat dostupnost potravních zdrojů pro lesní ptáky žijící na přilehlých otevřených stanovištích. Podél lyžařských tratí tak může postupně klesat rozmanitost druhů ptáků (Laiolo, Rolando, 2005). Významným faktorem ovlivňujícím výskyt živočichů v okolí zasněžovaných ploch je rovněž hluk zasněžovací techniky, jejíž intenzita může dosahovat 60-115 Db. Tato zátěž se ovšem s postupným vývojem nových zařízení snižuje (Flousek, Harčarik, 2009).

Zvýšená hloubka a hustota sněhové pokrývky na sjezdových plochách způsobená technickým zasněžováním jsou rozhodující faktory určující tepelnou vodivost sněhu. Kombinace zvyšující se sněhové hloubky a klesající hustoty sněhu vede k přirozeným ztrátám tepla a zamrznání půdy. Přestože technický sníh má vyšší hustotu než přírodní sníh, díky značné mocnosti sněhového povrchu má rovněž vyšší tepelnou izolaci. Zároveň technický sníh zůstává na sjezdovkách přibližně o dva týdny déle než sníh přírodní, průměrné teploty půdy zasněžovaných ploch jsou tedy v porovnání s povrchy s přirozenou sněhovou pokrývkou nižší (Rixen et al., 2004). Propustnost sněhu na sjezdovkách je značně snížena tvorbou ledu, který brání výměně plynů mezi půdou a sněhovou pokrývkou, snížená koncentrace kyslíku v půdě tak může omezovat životaschopnost půdních mikroorganismů (Pintaldi et al., 2017). Zhutnění sněhu způsobuje jeho nepropustnost a zabraňuje infiltraci vody do půdy, což zvyšuje povrchový odtok a erozi (Wanham et al., 2009).

Globální uvolňování emisí skleníkových plynů povede v období 1990-2100 ke zvyšování teplot v rozmezí 1,1 až 6,4 °C, v různých regionech se toto oteplování bude lišit. Obecně bude dále docházet k úbytku sněhové pokrývky a ústupu ledovců, obzvláště silně budou zasaženy oblasti na sněžné čáře. Nárůst průměrné teploty o 1 °C způsobí posun sněžné čáry přibližně o 150 m výše, přičemž u nižších nadmořských výšek bude dle odhadů tento posun ještě výraznější. Dle Oerlamanse (2012) se v Alpách sněžná čára posune přibližně o 60 až 140 m, celková doba sněhové pokrývky za sezonu se sníží až o několik

týdnů. Zasněžené povrchy absorbují méně tepelného záření než povrchy bez sněhové pokrývky, jejich úbytek tedy povede k dalšímu oteplování horských oblastí (Kohler, Maselli, 2012).

Vzhledem k nárůstu teplot v horách a zkracování období přirozeného výskytu sněhu lyžařská střediska stále více spoléhají na umělé zasněžování. To může ohrozit zásoby vody a ekosystémy v oblastech se zvýšeným turistickým tlakem (De Jong, 2007). Výroba technického sněhu je navíc velmi energeticky náročná, její spotřebu v alpských střediscích za jednu sezónu lze dle Fialové (2014) přirovnat k roční spotřebě 130 tisíc čtyřčlenných domácností (přibližně 600 GWh).

## 9 ZÁVĚR

Technické zasněžování a odběry vod pro jeho účely mají vliv na složky životního prostředí. Zasněžování umožňuje prodloužení zimní sezóny, což může mít negativní vliv na původní rostlinné a živočišné druhy, s větším množstvím sněhu se v průběhu jarního tání také zvyšuje riziko půdní eroze. Problematickým aspektem je rovněž užívání aditiv, produkce technického sněhu je navíc energeticky náročná. Z hlediska hydrologie ovlivňuje realizace odběrů měsíční průtoky odběrových vodotečí. Autorka se v této bakalářské práci zaměřila na zhodnocení odběrů vod pro zasněžování realizovaných vybranými lyžařskými areály na území Šumavy, tedy Kvilda (na území NP) a Zadov, který se nachází na území CHKO.

Ski areál Kvilda odebírá vodu pro zasněžování z Teplé Vltavy na říčním kilometru 424,3. V průměru tento lyžařský areál odebírá z dané vodoteče 11 152 m<sup>3</sup> za sezónu, maximální povolené množství odběru vody stanovené MŽP a MÚ Vimperk je 20 000 m<sup>3</sup> za rok. Ski Kvilda odebírá vodu pro zasněžování sezónně od listopadu do února od roku 2011 a ve všech sledovaných letech dodržel stanovený limit odběru. Lyžařský areál Zadov odebírá vodu pro zasněžování z vodoteče Spůlka na kilometru 18 a jejího levostranného přítoku, na kterém zhotovil nádrž pro akumulaci vody pro zasněžování. Autorka zhodnotila množství odebrané vody ski areálem Zadov za kalendářní roky 2007-2016 dle dat odběrů, které lyžařský areál poskytl. Ski Zadov v průměru odebírá 29 700 m<sup>3</sup> za jednu zimní sezonu, přičemž maximální množství povoleného odběru je stanoveno na 192 500 m<sup>3</sup> na rok.

Dlouhodobé pozorování průtoků ve vodočetných stanicích umožňuje sestavení režimu vodního toku, založeného na typickém průběhu průtoků v čase, variačním rozpětí, rozložení suchých a vlhkých období a výskytu extrémních hodnot. Režim vodního toku je výsledkem působení klimatických a geografických činitelů v daném povodí. Pro sledování vlivu odběrů pro technické zasněžování je nutno vycházet z údajů za měsíce, kdy zasněžování probíhá. Autorka se zaměřila na porovnání dlouhodobých průtoků vodoteče, ze které odebírá vodu pro účely zasněžování lyžařský areál Kvilda. Údaje průměrného denního průtoků Teplé Vltavy naměřené ve stanici Lenora poskytl ČHMÚ.

Dle srovnání hodnot měsíčních průtoků Teplé Vltavy v Lenoře v letech před zahájením odběrů vod pro technické zasněžování ski Kvilda (1998-2011) s roky, kdy lyžařský areál vodu odebíral byl průměr prosincového, lednového a únorového průtoků v letech 2012-2017 vyšší než normál, naopak podnormální byly měsíce březen a duben. Většinu odchylek průtoků od dlouhodobého průměru lze vysvětlit srážkově a průtokově analogickou situací na území ČR dle hydrologických ročenek ČHMÚ za roky 2004-2017.

Tato práce neprokázala signifikantní vliv odběrů vody ski areálu Kvilda z Teplé Vltavy na průtokový režim vodoteče ve stanici Lenora. Otázkou zůstává vývoj technického zasněžování do budoucna. Do roku 2100 bude globálně docházet ke zvyšování průměrných teplot v rozmezí 1,1 až 6,4 °C. Obecně bude dále ubývat množství sněhové pokrývky a bude pokračovat ústup ledovců, přičemž celková doba sněhové pokrývky za sezonu se sníží až o několik týdnů. Tím pádem se budou lyžařská střediska stále více spoléhat na technické zasněžování. To může ohrozit ekosystémy v oblastech se zvýšeným turistickým tlakem. Klíčové je nastavení odpovídajících limitů odběrů vody v konkrétních oblastech.

## 10 SUMMARY

Technical snowmaking and water abstraction for its purposes influences the environment. Snowmaking prolongs the winter season, which can have a negative impact on native plant and animal species, and with greater amounts of snow, the risk of soil erosion also increases during spring thaw. The use of additives is also a problem, while the production of technical snow is also energy intensive. In terms of hydrology, the take-off rate is influenced by the monthly flow rates of the sampling streams. In this bachelor thesis the author focused on the evaluation of water abstraction for snowmaking realized by selected ski resorts in the Šumava, ie Kvilda (in the National Park) and Zadov, which is located in the PLA.

The Kvilda Ski Resort takes water for snow from Teplá Vltava at 424.3. On average, this ski area draws 11,152 m<sup>3</sup> per season from the watercourse, the maximum allowable water consumption set by the Ministry of the Environment and the Vimperk Municipal Authority is 20,000 m<sup>3</sup> per year. Ski Kvilda takes water for snowing seasonally from November to February from 2011 and in all monitored years it kept the set collection limit. The Zadov ski resort takes water for snow from the Spůlka watercourse at kilometer 18 and its left-hand tributary, where it created a reservoir for storing water for snowmaking. The author evaluated the amount of water taken from the ski resort Zadov for the calendar years 2007-2016 according to the data taken by the ski resort. Ski Zadov averages 29,700 m<sup>3</sup> per winter season, with a maximum allowable quantity of 192,500 m<sup>3</sup> per year.

Long-term observation of flow rates in water gauge stations allows for the formation of a watercourse mode based on a typical flow pattern over time, variation range, distribution of dry and humid periods, and occurrence of extreme values. The watercourse regime is the result of the action of climatic and geographical factors in the river basin. In order to monitor the effect of offtake for technical snowing, it is necessary to use data for the months in which the snowmaking takes place. The author focused on the comparison of long-term flow rates of the watercourse, from which the Kvilda ski area draws water for snow-making purposes. The average daily flow rate of the Teplá Vltava measured at the Lenora station was provided by CHMI.

According to the comparison of the values of the monthly flow of Teplá Vltava in Lenora in the years before the start of water abstraction for technical snowing of the Kvilda ski resort (1998-2011) with the years when the ski area was taking water, the average of December, January and February flow in 2012-2017 was higher than normal on the

contrary, March and April were below-normal. Most of the flow deviations from the long-term average can be explained by the precipitation and flow-analogous situation in the Czech Republic according to the CHMI hydrological yearbooks for 2004-2017.

This work did not show significant influence of water abstraction of the Kvilda ski area from Teplá Vltava to the flow regime of the watercourse in the Lenora station. The question remains the development of future snowmaking. By 2100, average temperatures in the range of 1.1 to 6.4 ° C will increase globally. In general, the amount of snow cover will continue to diminish, and glacier retreats will continue, with the total snowfall over the season decreasing by several weeks. As a result, ski resorts will increasingly rely on technical snowmaking. This can endanger ecosystems in areas with increased tourist pressure. The key is to set appropriate water abstraction limits in specific areas.



## 11 ZDROJE

### 11.1 Knižní zdroje

BÍNA, Jan a Jaromír DEMEK (2012). *Z nížin do hor: Geomorfologické jednotky České republiky*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2026-0.

BLAŽKOVÁ, Denisa (2003). *Šumava: Šumavské louky a jejich historie*. Praha: Baset. Str. 171-174. ISBN: 80-7340-021-9.

BUFKOVÁ, Ivana a Vojtěch ŽÍLA (2003). *Šumava: Cévnaté rostliny*. Praha: Baset. Str. 213-233. ISBN: 80-7340-021-9.

DE JONG, Carmen (2011). *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers: Artificial Production of Snow*. Dordrecht: Springer. Str. 61-66. ISBN: 978-90-481-2641-5.

HARTVICH, Petr (2003). *Šumava: Ryby*. Praha: Baset. Str. 281-298. ISBN: 80-7340-021-9.

CHOCHOLOUŠKOVÁ, Zdeňka a Naděžda GUTZEROVÁ (2003). *Šumava: Lesy na Šumavě*. Praha: Baset. Str. 167-170. ISBN: 80-7340-021-9.

KOČÁREK, Eduard (2003). *Šumava: Geomorfologie Šumavy*. Praha: Baset. Str. 117-122. ISBN: 80-7340-021-9.

KOHLER Thomas a Daniel MASELLI (2012). *Mountains and Climate Change – From Understanding to Action*. 3. vydání. Bern: Geographica Bernensia. ISBN: 978-3-905835-16-8.

LEDERER, Filip a Jaromír LUKAVSKÝ (2003). *Šumava: Řasy Šumavy*. Praha: Baset. Str. 185-190. ISBN: 80-7340-021-9.

LIBBRECHT, Kenneth G. (2011). *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers: Snow Crystal Structure*. Dordrecht: Springer. Str. 1038-1040. ISBN: 978-90-481-2641-5.

PAPÁČEK, Miroslav a Tomáš SOLDÁN (2003). *Šumava: Vodní hmyz*. Praha: Baset. Str. 271-280. ISBN: 80-7340-021-9.

PUNČOCHÁŘ, Pavel (2004). *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. v úplném znění k 23. lednu 2004 s rozšířeným komentářem*. 3. vyd. se změnami. Praha: Sondy. ISBN 80-86846-00-8.

ŘEZÁČOVÁ, Daniela (2007). *Fyzika oblaků a srážek*. Praha: Academia. Gerstner, sv. 2. ISBN 978-80-200-1505-1.

SPITZER, Karel (2003). *Šumava: Rašeliniště Šumavy*. Praha: Baset. Str. 175-180. ISBN: 80-7340-021-9.

STRNAD, Emanuel (2003). *Šumava: Podnebí Šumavy*. Praha: Baset. Str. 35-44. ISBN: 80-7340-021-9.

ŠTEFÁČEK, Stanislav (2008). *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska*. Praha: Baset. ISBN: 80-7340-021-9.

TESAŘ, Miroslav (2003). *Šumava: Hydrologie Šumavy*. Praha: Baset. Str. 145-157. ISBN: 80-7340-021-9.

VALENTA, Michal (2003). *Šumava: Šumava a ochrana přírody*. Praha: Baset. Str. 341-351. ISBN: 80-7340-021-9.

## 11.2 Články

BADRÉ, Michel, PRIME, Jean-Louis a Georges RIBIERE (2009). Neige de culture: Etat des lieux et impacts environnementaux. Generální rada životního prostředí udržitelného rozvoje.

DUŠEK, J., KŘESINA, J., SUVOROV, P. a J. MEJSNAR (2015). *Nakládání s vodami v evropsky významné lokalitě Krkonoše a jeho potencionální vliv na populace vranky obecné*. Opera Corcontica 52: 11-38.

FIALOVÁ, Dana. *Technické zasněžování – spása, nebo zkáza?* Geografické rozhledy. 23(3), 24–25. 2014.

FLOUSEK, Jiří (2016). *Vliv lyžování na horskou přírodu: shrnutí současných poznatků a stav v Krkonoších*. Opera Corcontica 53: 15-60. 2016.

LAIOLO, Paola a Antonio ROLANDO (2005). *Forest bird diversity and ski-runs: a case of negative edge effect*. London: Animal Conservation 7,9-16. DOI: 10.1017/S1367943004001611.

PINTALDI, Emanuele, HUDEK, Csilla, STANCHI, Silvia, SPIEGELBERGER, Thomas, RIVELLA, Enrico a Michele FREPPAZ. *Sustainable Soil Management in Ski Areas: Threats and Challenges. Pathways to Sustainability in Livestock Farming and Landscape Conservation*. Sustainability, MDPI. 2017. 9(11). DOI: 10.3390/su9112150.

RIXEN, Christian a Michele FREPPAZ (2015). *Understanding mountain soils: Winter sports, the influence of ski piste construction and management on soil and plant characteristics*. FAO.

RIXEN, Christian, STOECKLI, Veronica a Ammann WALTER (2003). *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2003. 5/4, strany 219-230.

RIXEN, Christian, STOECKLI, Veronica a Ammann WALTER (2004). *Ground Temperatures under Ski Pistes with Artificial and Natural Snow*. University of Zurich, 2004.

VACEK, Stanislav a Vilém PODRÁZKÝ (2003). *Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management*. Journal of Forest Science, 49, 2003 (7): 291–301.

VANHAM, D., FLEISCHHACKER, E. a W. RAUCH (2009). *Impact of snowmaking on alpine water resources management under present and climate change conditions*. Water Sci Technol 59 (9): 1793-1801.

### 11.3 Internetové zdroje

ČHMÚ (2018). *Evidenční list hlásného profilu č. 119*. Hlásná a předpovědní povodňová služba ČHMÚ. [Online], cit. [20. dubna 2018]. Dostupné z: <[http://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=307127](http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307127)>.

ČHMÚ (2004-2017). *Hydrologická ročenka České republiky 2004-2017*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.

DE JONG, Carmen (2007). *Artificial snow drains mountain resources*. Environmental research, [online], 8. srpna 2007, [cit. 2. března 2018]. Dostupné z: <<http://environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/30703>>.

FUKSA, Josef K. (2017). *Umělý sníh a vodní režim: v horách dnes a zítra*. Vodní hospodářství. 2017. [Online], cit. [17. března 2018]. Dostupné z: <http://vodnihospodarstvi.cz/umely-snih-a-vodni-rezim/>>.

HODGES, James L. (1982). *Artificial snow making*. 27. září 1982 [cit. 3. března 2018]. Dostupné z: <<https://patentimages.storage.googleapis.com/df/a7/2b/52712809190735/US4475688.pdf>>.

HOLUB, Radek (2009). *Zasněžování – zkrocení bílého zlata*. Snow, portál pro sjezdové lyžování. 12. listopadu 2009, [cit. 3. března 2018]. Dostupné z: <<https://snow.cz/clanek/1471-zasnezovani-zkroceni-bileho-zlata>>.

HRDINOVÁ, Radka a Eva ZAHRADNICKÁ (2018). *Stát chce zdanit vodu pro sněžná děla. Zvedneme ceny, varují vlekari*. IDNES, [online], 10. ledna 2018, [cit. 2. března 2018]. Dostupné z: <[https://zpravy.idnes.cz/lyzarska-sezona-umele-zasnezovani-vlekari-poplatky-za-vodu-snezna-dela-1a9-/domaci.aspx?c=A180109\\_200926\\_domaci\\_dtt](https://zpravy.idnes.cz/lyzarska-sezona-umele-zasnezovani-vlekari-poplatky-za-vodu-snezna-dela-1a9-/domaci.aspx?c=A180109_200926_domaci_dtt)>.

JANDOVÁ, Jana (2017). *Třetina provozovatelů ski areálů porušila vodní zákon. Padly pokuty za 325 tisíc korun*. Česká inspekce životního prostředí, [online], 1. listopadu 2017 [cit. 2.

března 2018]. Dostupné z: <<http://www.cizp.cz/Tretina-provozovatele-ski-arealu-porusila-vodni-zakon-Padly-pokuty-za-325-tisic-korun.html>>.

KVILDA (2018). Ski areál Kvilda. [Online], cit. [18. dubna 2018]. Dostupné z: <<http://www.skikvilda.cz/areal/o-arealu>>.

POVODÍ VLTAVY (2018). *Teplá Vltava*. [cit. 17.1.2018]. Dostupné z: <<http://pvl.cz>>.

STARÝ, Miloš (2005). *Hydrologie*. Brno, VUT. [Online], cit. [18. března 2018]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS02-Hydrologie/M01-Hydrologie.pdf>>.

VUV (2018). *Základní charakteristiky toku Teplá Vltava a jeho povodí*. Praha, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. [Online], cit. [20. dubna 2018]. Dostupné z: <<http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>>.

ZADOV (2018). Ski areál Zadov. [Online], cit. [20. Dubna 2018]. Dostupné z: <<http://www.lazadov.cz/la/ceniky-lanovadraha.asp>>.

## 11.4 Data

ČHMÚ (2018). *Průměrný denní průtok  $Q_D$  Teplé Vltavy ve stanici ČHMÚ Lenora za hydrologické roky 1998-2017*. ČHMÚ České Budějovice.

SKI KVILDA (2018). *Odběry vod pro zasněžování ski areálu Kvilda*. Ski Kvilda.

SKI ZADOV (2017). *Odběry vod pro zasněžování ski areálu Zadov*. Ski Zadov.

## 11.5 Mapové a obrazové zdroje

ČÚZK (2019). *Geoportál ČÚZK*. [Online], cit. [18. ledna 2019]. Dostupné z: <<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>>.

KVILDA (2018). *Ski areál Kvilda*. [Online], cit. [18. dubna 2018]. Dostupné z: <<http://skikvilda.cz/areal/o-arealu>>.

ZADOV (2018). *Ski areál Zadov*. [Online], cit. [20. Dubna 2018]. Dostupné z: <<http://lazadov.cz/la/ceniky-lanovadraha.asp>>.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>ČIŽP</b>	Česká inspekce životního prostředí
<b>ČHMÚ</b>	Český hydrometeorologický ústav
<b>CHKO</b>	Chráněná krajinná oblast
<b>CHMI</b>	Czech Hydrometeorological Institute
<b>EVL</b>	Evropsky významná lokalita
<b>MŽP</b>	Ministerstvo životního prostředí
<b>MÚ Vimperk</b>	Městský úřad Vimperk
<b>NP</b>	Národní park
<b>PLA</b>	Protected Landscape Area

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

[Příloha 1] Normál průtoku Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017,

[Příloha 2] Listopadový průtok  $Q_{XI}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

[Příloha 3] Prosincový průtok  $Q_{XII}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

[Příloha 4] Lednový průtok  $Q_I$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

[Příloha 5] Únorový průtok  $Q_{II}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

[Příloha 6] Březnový průtok  $Q_{III}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

[Příloha 7] Dubnový průtok  $Q_{IV}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1998-2017

<b>Měsíc</b>	<b>Období před odběry (1998-2011), normál [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Období, kdy se odebíralo (2012-2017), průtok [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Srovnání období, kdy se odebíralo a období před odběry [%]</b>
<b>XI</b>	2 335	1 737	74
<b>XII</b>	2 045	2 148	105
<b>I</b>	2 256	3 013	134
<b>II</b>	2 497	2 594	104
<b>III</b>	4 745	3 052	64
<b>IV</b>	5 801	4 044	70
<b>V</b>	3 216	2 861	89
<b>VI</b>	3 111	3 797	122
<b>VII</b>	2 832	2 171	77
<b>VIII</b>	2 860	1 676	59
<b>IX</b>	2 112	1 699	80
<b>X</b>	2 160	1 711	79

Příloha č. 1: Normál průtoku Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	$Q_{XI}$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$Q_{XI} / Q_{XI\ 1998-2017}$ [%]
1998	1 771	81
1999	7 174	328
2000	1 045	48
2001	1 047	48
2002	2 158	99
2003	5 575	255
2004	1 185	54
2005	2 556	117
2006	1 465	67
2007	1 801	82
2008	2 772	127
2009	1 494	68
2010	2 215	101
2011	1 792	82
2012	0 978	45
2013	2 035	93
2014	1 634	75
2015	1 523	70
2016	1 474	67
2017	2 020	92

Příloha č. 2: Listopadový průtok  $Q_{XI}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování



Hydrologický rok	$Q_{XII}$ [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ]	$Q_{XII} / Q_{XII\ 1998-2017}$ [%]
1998	3 124	155
1999	2 379	118
2000	1 501	75
2001	1 505	75
2002	1 554	77
2003	4 008	199
2004	1 655	82
2005	1 013	50
2006	840	42
2007	1 438	71
2008	4 940	246
2009	1 275	63
2010	2 123	106
2011	1 050	52
2012	2 267	113
2013	1 483	74
2014	2 033	101
2015	2 599	129
2016	1 728	86
2017	1 728	86

Příloha č. 3: Prosincový průtok  $Q_{XII}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	$Q_I$ [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ]	$Q_I / Q_{I 1998-2017}$ [%]
1998	1 965	82
1999	2 215	92
2000	1 413	59
2001	961	40
2002	2 535	105
2003	6 786	282
2004	2 495	104
2005	644	27
2006	808	34
2007	3 807	158
2008	2 899	120
2009	790	33
2010	1 549	64
2011	2 722	113
2012	2 840	118
2013	4 569	190
2014	1 362	57
2015	4 084	169
2016	2 210	92
2017	1 554	64

Příloha č. 4: Lednový průtok  $Q_I$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	$Q_{II}$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$Q_{II} / Q_{II\ 1998-2017}$ [%]
1998	1 623	64
1999	1 918	76
2000	4 027	160
2001	1 200	48
2002	7 250	287
2003	3 273	130
2004	3 318	132
2005	1 263	50
2006	789	31
2007	2 837	112
2008	3 185	126
2009	798	32
2010	1 100	44
2011	2 333	92
2012	1 480	59
2013	2 733	108
2014	1 241	49
2015	2 054	81
2016	5 439	216
2017	2 594	103

Příloha č. 5: Únorový průtok  $Q_{II}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	$Q_{III}$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$Q_{III} / Q_{III\ 1998-2017}$ [%]
1998	3 666	85
1999	4 846	112
2000	7 598	176
2001	4 578	106
2002	9 153	212
2003	3 807	88
2004	4 076	94
2005	4 036	93
2006	2 741	63
2007	5 230	121
2008	7 367	171
2009	2 010	47
2010	4 453	103
2011	2 875	67
2012	4 922	114
2013	2 703	63
2014	1 380	32
2015	3 595	83
2016	2 663	62
2017	4 699	109

Příloha č. 6: Březnový průtok  $Q_{III}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování

Hydrologický rok	$Q_{IV}$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$Q_{IV} / Q_{IV\ 1998-2017}$ [%]
1998	2 625	50
1999	6 832	130
2000	7 531	144
2001	3 246	62
2002	5 682	108
2003	3 583	68
2004	6 099	116
2005	7 845	150
2006	11 351	217
2007	2 564	49
2008	5 511	105
2009	11 141	213
2010	4 487	86
2011	2 716	52
2012	5 889	112
2013	5 899	113
2014	1 278	24
2015	4 613	88
2016	2 542	49
2017	3 376	64

Příloha č. 7: Dubnový průtok  $Q_{IV}$  Teplé Vltavy v Lenoře za hydrologické roky 1997-2017, zdroj: ČHMÚ (2018), vlastní zpracování