

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Faktory ovlivňující druhovou bohatost pramenišť  
východní části Krkonoš**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Markéta Hronovská**

**Obor studia: Ochrana a využívání přírodních zdrojů**

**Vedoucí práce: RNDr. Milan Skalický, Ph.D.**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Faktory ovlivňující druhovou bohatost pramenišť východní části Krkonoš" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.4.2018

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu této práce RNDr. Milanu Skalickému, Ph.D. za veškeré cenné rady a pomoc, kterou mi byl ochoten při psaní této práce poskytnout. Dále bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Aleši Hančovi, Ph.D. za rozbor vody a paní Ing. Veronice Petrů za změření pH v laboratorním prostředí. V neposlední řadě patří můj dík i příteli, rodině a přátelům, kteří se mnou při psaní této práce museli mít trpělivost.

# Faktory ovlivňující druhovou bohatost pramenišť východní části Krkonoš

## Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá floristickou inventarizací cévnatých druhů rostlin a mechorostů vyskytujících se ve východní části Krkonoš a zároveň v Krkonošském národním parku. Dalším cílem této práce je vyhodnocení faktorů, které ovlivňují druhovou diverzitu pramenišť. Konkrétně se jedná o nadmořskou výšku, pH vody, teplotu vody a chemické složení vody.

Floristická inventarizace byla provedena v průběhu vegetačního období na jaře a v létě 2017. Byl zhotoven seznam cévnatých druhů i mechorostů včetně vhodně zvolené pokryvnosti pomocí Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance a celkové pokryvnosti patra E<sub>1</sub> a E<sub>0</sub>. Charakteristika zájmového území byla zpracována formou literární rešerše.

Na zájmových prameništích bylo nalezeno celkem 59 cévnatých druhů rostlin a 15 druhů mechorostů, z čehož se 11 druhů řadilo do Červeného seznamu cévnatých rostlin České republiky. Nejvyšší diverzitu podle Shannon – Wienerova indexu vykazovalo prameniště č. 8 (Malé Labe) a prameniště č. 1 (Mokvavá skála). Na obou prameništích dominovalo patro bylinné. Naopak nejnižší diverzitou oplývalo prameniště č. 2 (Malá Úpa a)), kde výrazně převládalo patro mechové.

K porovnání lokalit z hlediska jejich podobnosti bylo využito program PAST 3.11, ke zjištění korelace mezi jednotlivými druhy a faktory prostředí byla využita RDA analýza pomocí programu CANOCO 5 a ke zjištění závislostí mezi jednotlivými faktory a druhovou diverzitou programu STATISTICA 12 a Spearmanova korelačního koeficientu.

Díky statistickému programu byla hypotéza, která tvrdí, že se stoupající nadmořskou výškou klesá druhová bohatost pramenišť, vyvrácena. Statisticky lze potvrdit i hypotézu, že teplota vody nemá na druhovou bohatost pramenišť vliv. Po prostudování literatury, která se týká péče a ochrany nelesních biotopů v chráněných územích, byl popsán management pramenišť, který je dalším z faktorů ovlivňujících druhovou bohatost pramenišť. Dále bylo zjištěno, že hodnota pH dosáhla statistické průkaznosti a lze tvrdit, že se stoupající hodnotou pH, stoupá i druhová diverzita pramenišť.

**Klíčová slova:** Prameniště, druhová diverzita, fytocenologie, cévnaté rostliny, mechorosty

# **Factors controlling species richness of springs in the east part of Krkonoše mountains.**

## **Summary**

This diploma thesis deals with floristic inventory of vascular plant species and bryophytes occurring in the eastern part of the Krkonoše Mountains in the National Park of Krkonoše. Another aim of this work is to evaluate the factors that affect the species diversity of the forests. Specifically, it is altitude, water pH, water temperature and chemical composition of water.

The floral inventory was carried out during the spring and summer of 2017. A list of vascular species and bryophytes including a suitably selected cover was made using the Braun-Blanquet scale of abundance and dominance and the overall coverage of the E1 and E0 floors. The characteristics of the area of interest were processed in the form of literary research.

A total of 59 vascular plant species and 15 species of bryophytes were found in interest springs, of which 11 species were listed in the Red List of Vascular Plants of the Czech Republic. The highest diversity according to the Shannon-Wiener Index was reported by springs No. 8 (Malé Labe) and springs No. 1 (Mokvavá skála). Both floors were dominated by the herb layer. On the contrary, the lowest diversity was situated in spring spring No. 2 (Malá Úpa a), where the moss floor was predominant.

The PAST 3.11 program was used to compare the sites in terms of their similarity, RDA analysis using the CANOCO 5 program was used to determine the correlation between species and environmental factors and to determine the dependencies between individual factors and the species diversity of STATISTICA 12 and Spearman's correlation coefficient.

Thanks to the statistical program, the hypothesis, which claims that the rising altitude declines the species richness of the forests, has been reversed. Statistically, the hypothesis that water temperature has no influence on the species richness of the forests can be confirmed. After studying the literature on the care and protection of non-forest biotopes in protected areas, the management of the springfields, which is another factor influencing the species richness of the forests, has been described. Furthermore, it has been found that the pH has reached statistical significance, and it can be argued that increasing the pH value also increases the species diversity of the forests.

**Keywords:** Springs, Species diversity, Phytosociology, Vascular plants, Bryophytes

# Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíle práce a vědecké hypotézy .....	10
3 Literární rešerše .....	11
3.1 Podzemní voda a její vývěry.....	11
3.1.1 Prameniště .....	12
3.1.1.1 Společenstva pramenišť .....	14
3.1.1.2 Výzkum pramenišť.....	15
3.2 Fyzikální a chemické faktory.....	17
3.2.1 Nadmořská výška.....	18
3.2.2 pH.....	18
3.2.3 Teplota vody .....	18
3.2.4 Chemismus vody.....	19
3.3 Geografické vymezení Krkonoš .....	19
3.3.1 Zonace Krkonošského národního parku.....	21
3.4 Charakteristika přírodních poměrů zájmového území .....	22
3.4.1 Geologické poměry .....	22
3.4.2 Geomorfologické poměry.....	23
3.4.3 Pedologické poměry.....	23
3.4.4 Klimatické poměry.....	25
3.4.5 Hydrologické poměry.....	26
3.4.6 Výškové vegetační stupně .....	26
3.4.7 Fytogeografické oblasti .....	27
4 Metodika .....	29
4.1 Floristický průzkum .....	29

4.2	Odběr a rozbor vody.....	30
4.2.1	Stanovení obsahu prvků .....	31
4.2.2	Stanovení minerálních forem dusíku .....	31
4.3	Zpracování vegetačních dat .....	31
4.3.1	Proměnné .....	32
4.4	Popis studovaných lokalit .....	34
5	Výsledky .....	38
5.1	Fytcenologické snímky.....	38
5.2	Ohrožené druhy.....	38
5.3	Výsledky analýz fytcenologických dat.....	39
5.3.1	Hodnocení diverzity .....	39
5.3.2	Euklidovské vzdálenosti.....	40
5.3.3	Jaccardův index podobnosti.....	42
5.3.4	Závislost druhů na gradienty prostředí.....	44
5.4	Výsledky rozboru vody .....	46
5.4.1	Závislost druhů na koncentraci prvků .....	48
5.5	Vztahy mezi gradienty prostředí.....	50
5.5.1	Závislost druhové diverzity na gradientech prostředí .....	52
6	Diskuze.....	56
6.1	Nitrofilní druhy .....	58
6.2	Ohrožení a management .....	59
6.3	Možné nedostatky .....	60
7	Závěr .....	61
8	Seznam literatury .....	62
9	Přílohy.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

# 1 Úvod

Voda je předpokladem pro dynamický vývoj celé biosféry a plní přesně vymezenou krajinnou funkci (Slavík et Neruda, 2014). Podle Todda et Mayse (2005), je zcela nezbytnou složkou pro život na Zemi. Prameny byly využívány jako zdroj pitné vody již ve starověku. I v dnešním světě nalezneme oblasti, které zásobuje pitná voda pouze z pramenů. V posledních letech je jejich dlouhodobá udržitelnost kvůli rostoucí poptávce uživatelů podzemních vod pod tlakem. V aridních oblastech jsou to často jediná místa s trvalým vodním prostředím (Davis et al., 2017). Pramen je sice chápán jako trvalý jev v krajině, je však velice citlivý na všechny změny v okolí. Mohou snadno vzniknout nenapravitelné změny nebo škody. Příkladem může být meliorace či prohloubení koryta místní vodoteče, které způsobí pokles hladiny podzemní vody a pramen ve většině případech neobnovitelně zanikne (Kovařík, 1998).

Prameniště se vyskytují na rozhraní mezi podzemními, povrchovými a suchozemskými ekosystémy (Barquin et Scarsbrook, 2007). Jsou to extrémně ohrožená přírodní stanoviště, zejména v oblastech zemědělství. V krajině hrají zcela nezastupitelnou roli. Slouží nám jako zásobárna pitné vody a potravy, podílejí se na tvorbě půdy, regulaci podnebí, hromadění uhlíku, zadržování živin a vody (Pelc et al., 2010). V posledních letech jsou tyto ekosystémy stále více ohrožovány zejména přímým dopadem člověka (odvodnění, meliorační úpravy, splachy nadměrného množství živin z okolních zemědělských pozemků, budování, zalesňování), změnou managementu (odcházení od tradičního kosení a sušení na seno) (Bufková, 2004). To vše má za následek vymizení typických prameništtních druhů a zvýšení druhů typických pro luční porosty nebo rozvoj monodominantních porostů *Molinia arundinacea* nebo *Eriophorum angustifolium* (Hájek et al., 2002). Většina pramenišť je drenážována, používána jako studna nebo silně postižena hnojením ze sousedních polí. Tyto dopady způsobují rychlý pokles vzácných a ekologicky vysoce specializovaných druhů (Zechmeister et Mucina, 1994).

Prameniště a pramenné stružky jsou užitečné systémy vhodné ke studiu široké škály vědeckých problémů. Prameniště jsou místa, kde dochází k interakcím mezi půdou, vodou, vzduchem a životem (podzemní voda interaguje se vzduchem a různými organismy, když se objeví nad zemí). V důsledku toho, lze v pramenných systémech zkoumat několik významných geologických jevů, včetně podpovrchové hydrogeologie, depozice minerálů, geomikrobiologie a geotermálních procesů. I takřka konstantní teplota vody, průtok a chemie mnoha pramenů umožňují studovat mnoho biologických procesů za přirozeně řízených podmínek (Glazier, 2014).



Podle Kovaříka (1998) je prameniště nesoustředěný, plošně rozptýlený přírodní pramen. Tvoří stanoviště pro organismy, které jsou přizpůsobeny relativně konstantnímu prostředí. Druhové složení pramenišť se proto výrazně liší od sousedních ekosystémů, ke kterých je variabilita prostředí výraznější. Většina pramenišť připomíná jakési ostrůvky se specifickými vlastnostmi prostředí, která s jejich okolím vůbec nesouvisí (Audorf et al., 2011). Výskyt velmi cenných rostlinných společenstev, který je ovlivněn převážně přirozenými procesy, je tudíž podmíněn mimo jiné jejich charakterem, již zmíněnou ostrůvkovitostí a nízkou využitelností pro člověka (Strohbach et al., 2009).

Ochrana pramenišť i rašelinišť je významná zejména kvůli zachování druhové i stanovištní pestrosti a vodního režimu krajiny (Bufková, 2004). Česká republika je významnou pramennou oblastí evropského kontinentu a můžeme ji z hydrologického hlediska právem označit za „střechu“ Evropy. Díky jejich významnosti byly Krkonoše vyhlášeny v roce 1978 vládou ČR za chráněnou oblast přirozené akumulace vod (Němec et Hladný, 2006). Péče o vodní a mokřadní ekosystémy je zakotvena i ve Státní politice životního prostředí kvůli jejich unikátnosti, vysoké biodiverzitě a propojenosti s vodním režimem krajiny.

## 2 Cíle práce a vědecké hypotézy

Hlavním cílem této práce je fytoecologický průzkum vybraných pramenišť, které se vyskytují ve východní části Krkonoš a zároveň i v Krkonošském národním parku. Práce si dále klade za cíl zjistit, jaký vliv mají vybrané fyzikální a chemické faktory na druhovou diverzitu pramenišť. Zkoumanými faktory jsou: pH vody, teplota vody, chemické složení vody a nadmořská výška prameniště. V neposlední řadě je součástí práce i navržení vhodného managementu.

Hypotézy:

1. Se stoupající nadmořskou výškou klesá druhová diverzita pramenišť.
2. Extrémní pH (nízké či vysoké) přináší monodominantní porosty pramenišť.
3. Teplota vody nemá na druhovou diverzitu vliv.
4. Management na prameništích zvyšuje jejich druhovou rozmanitost.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Podzemní voda a její vývěry

Podzemní voda tvoří součást celkového oběhu vody na Zemi, která je skryta pod zemským povrchem (Krásný et al., 2012) a která je důležitým zdrojem dodávek vody po celém světě. Její využití v zavlažování, průmyslových odvětví, obcích a venkovských domech se stále zvyšuje (Todd et Mays, 2005). Při průchodu horninovým prostředím voda získává mnoho rozpuštěných látek, které jsou pro organismus příznivé a potřebné. Při časově dostatečně dlouhém průchodu horninou je voda zbavena bakterií a většiny virů. Proto byla vždy upřednostňována jako voda pitná (Kovařík, 1998). Definice podzemní vody se od jednotlivých autorů liší. Šilar (1996) definuje podzemní vodu jako veškerou vodu v kapalném skupenství pod zemským povrchem, a to bez ohledu na to, zda vytváří souvislou hladinu, či nikoliv. Hynie (1961) ji definuje jako veškerou vodu pod zemským povrchem, která má dvě pohybové formy, kapalnou vodu a vodní páru, která tvoří spolu s ledem tzv. podzemní hydrosféru. Todd et Mays (2005) ji obecně chápou jako vodu, která vyplňuje všechny dutiny uvnitř geologické vrstvy. Nejčastěji však bývá definována jako voda pod zemským povrchem, která se přirozeně vyskytuje v horninovém prostředí a není vázána kapilárními silami (Pitter, 1999), a která se nachází v nasycené (saturované) zóně a vytváří souvislá tělesa, tzv. zvodně. (Sorooshian et al., 2002; Todd et Mays, 2005; Krásný et al., 2012).

Podzemní voda vzniká převážně infiltrací neboli vsakem srážkových vod v infiltrační oblasti do horninového prostředí. Velikost infiltrace je závislá na morfologii terénu, klimatických podmínkách, charakteru srážek, charakteru vegetace, geologickém prostředí vstupující na zemský povrch, nasycení horninového prostředí podzemní vodou a antropogenním zásahu do krajiny (Tourková, 2004). Podle Glaziera (2014) tedy i pramenná voda nakonec pochází ze srážek (deště a roztátého sněhu), které se vsakují do země a shromažďují se jako podzemní voda v porézním horninovém materiálu, který leží nad relativně nepropustnou vrstvou horniny.

Podzemní voda je ve svém přirozeném stavu neustále v pohybu (Todd et Mays, 2005). Vyplňuje v horninách prostory (dutiny), které jsou různého tvaru a velikosti a které vznikly z různých geologických příčin a liší se v různých typech hornin. Nejvýznamnějšími dutinami pro výskyt a pohyb podzemní vody jsou průliny, pukliny a krasové dutiny. Průliny jsou mezery mezi zrny klastických zpevněných i nezpevněných sedimentů, nebo dutiny mezi zrny pyroklastických či jiných klastických hornin. Pukliny jsou plochy diskontinuity, které vznikají

ve zpevněných horninách působením napětí vyvolaných tektonickými silami, smršťováním v důsledku chladnutí nebo vysychání, větrání a gravitací. Krasové dutiny vznikají v rozpustných horninách jejich fyzikálním i chemickým rozpouštěním proudící vody. Podle typu těchto dutin, lze rozlišit tři hlavní typy podzemní vody-průlinová, puklinová a krasová (Šilar, 1996).

Podle Šilara (1996) vyvěrá podzemní voda z hydrogeologické struktury na zemský povrch buď přirozeně, nebo vlivem umělého zásahu. Z podzemní vody se stává povrchová voda výstupem z horninového prostředí na zemský povrch ve formě skrytých vývěřů nebo jako prameny. Malé prameny, které vznikají při průniku podzemní vody z půdy, jsou někdy nazývány průsaky nebo průsakové prameny (Glazier, 2014). Podle Hacketta (1966) se podzemní voda neobjevuje na povrchu jenom v pramenech, ale prosakuje i do povrchových toků, jezer, moří nebo je zachycena studnami či jinými umělými objekty.

Prameny jsou místní terénní jízvy, kterými vyvěrá podzemní voda na povrch. Výron, který je zcela soustředěný, nazýváme pramen a výrony, které jsou roztráštěné na určité ploše, tvoří prameniště. Vydátnost pramenů je závislá na rozlehlosti a hloubce režimu podzemní vody a na přírodním soustředění jejího proudění. Podle polohy v terénu rozeznáváme prameny údolní, svahové, vrcholové, roklinové apod. (Hynie, 1961). Podle Šilara (1996) se dají prameny roztrádit i podle vydátnosti, setrvalosti vývěru či směru pohybu podzemní vody. Podle Kubíčka (2014) je základní dělení podle geologického podloží na sestupné a výstupné. Sestupné prameny vznikají tak, že podzemní voda stéká spádem po nepropustné vrstvě horniny až na povrch, kde opustí podzemí výronem. Ve výstupných pramenech vyvěrá voda přetlakem proti gravitaci na rozhraní dvou různých horninových vrstev nebo zlomů.

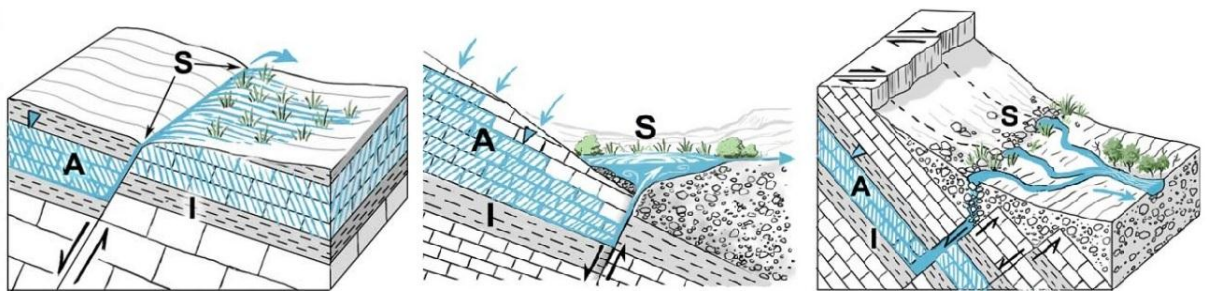
### **3.1.1 Prameniště**

Prameniště jsou maloplošné biotopy, které se nejčastěji vyskytují od pahorkatin do subalpínského stupně. Vznikají na vývěrech podzemní vody, v okolí pramenných stružek uprostřed luk, lesů a subalpínského bezlesí (Hájek, 2010). Prameniště mají mozaikovitou strukturu, vysoký stupeň individuality a azonální charakter (Cantonati et al., 2006). Dalo by se říci, že jsou prameniště díky specifickým fyzikálním, chemickým i biotickým vlastnostem, jistou formou ekotonu. (Barquin et Scarsbrook, 2007). Vzhledem k tomu, že je pramenitá voda průběžně doplňována z tepelně pufrovaných podzemních zdrojů, často vykazuje malou změnu teploty na denních, sezónních a ročních základech. Výsledkem je, že živé organismy jsou aktivní celoročně i v těch pramenech, které se vyskytují v mírných oblastech, kde jsou ledové

studené zimy (Glazier, 2014). Podle Štursy (2009) má pramenící voda po celý rok kolem 4-6 °C, tudíž prameniště většinou nezamrzají. Prameniště zahrnují díky různým geologickým a ekologickým podmínkám širokou škálu stanovišť (Danks et Williams, 1991).

Prameniště jsou velice různorodé a byly klasifikovány četnými způsoby založenými na jejich geologii, hydrologii, chemismu vody, teplotě vody, ekologii či lidském využití (Glazier 2014). Například z ekologického hlediska je lze tradičně rozdělit na reokrén (voda vytéká přímo ze skály a za vývěrem vytváří pramennou stružku), limnokrén (kolem pramene se vytvoří malá tůňka, vzhledem podobná studánce, ze které vytéká voda pramennou stružkou) a helokrén (mají vzhled prameništěního mokřadu, voda prosakuje půdou k povrchu na velké ploše) (Procházka et Štursa, 1999; Spitale et al., 2012; Springer et Stevens, 2009).

**Obrázek č. 1:** Typy pramenišť z ekologického hlediska (Převzato od Springera et Stevense, 2009)



**Vysvětlivky:** A= zvodeň; S= prameniště; I= nepropustné geologické podloží

Podle hydrologie a výskytu ekosystémů, které prameniště podporují, popisují Springer et Stevens (2009) 12 typů vyústění pramenů. Jejich klasifikace poskytuje poznatky o typech pramenišť, které slouží jako vodítko pro zachování, správu a restaurování prameništěních ekosystémů. Z floristického hlediska je důležité členění pramenišť podle katalogu biotopů ČR, který byl zpracován v rámci soustavy Natura 2000 (viz tabulka č. 1). Mnou vybraná prameniště byla výhradně bez tvorby pěnovkových inkrustací (Hájek, 2010).

**Tabulka č. 1:** Rozdělení pramenišť podle Katalogu biotopů České republiky (Hájek, 2010; Hájková et Hájek, 2011)

Biotop	Typ přírodního stanoviště
R1.1	Luční pěnovcová prameniště
R1.2	Luční prameniště bez tvorby pěnovců

<b>Biotop</b>	Typ přírodního stanoviště
<b>R1-3</b>	Lesní pěnovcová prameniště
<b>R1.4</b>	Lesná prameniště bez tvorby pěnovců
<b>R1.5</b>	Subalpínská prameniště

### 3.1.1.1 Společenstva pramenišť

Z hlediska vertikální stavby jsou rostlinná společenstva definována vytvářením vegetačních pater, která jsou tvořena rostlinami téže vzrůstové formy. V této práci se setkáváme pouze s bylinným patrem (E1), které je tvořeno semennými vyššími výtrusnými bylinami a mechovým patrem (E0), které tvoří mechorosty, jakožto nižší výtrusné rostliny (Moravec, 1994).

Společenstva pramenišť se vyskytují na silikátovém i na vápencovém substrátu, který určuje chemické složení a zejména pH vody (Valachovič, 2011). Strohbach et al. (2009) předpokládají, že druhové složení pramenišť odráží především hydrochemické podmínky. Některé druhy rostlin (nebo živočichů) jsou na podmínky v prameništích adaptovány a mohou se v nich vyskytovat buď výlučně (krenobionti-druhy, které se vyskytují pouze na prameništích) nebo často (krenofilové). Velkou část druhů, které rostou na prameništích, lze označit za mokřadní specialisty. Velmi často se zde vyskytují i druhy sousedních nepodmáčených biotopů (Cantonati et al., 2006). Na územích trvale dosycovaných podzemní vodou povrchového nebo hlubinného původu, se vytvářejí společenstva velmi různorodé struktury a floristické skladby, většinou bohaté na mechorosty. Diferenciace společenstev je podmíněna především režimem půdní vody (Neuhäusl, 1997). Mezi cévnaté rostliny, které se na prameništích většinou vyskytují, patří hlavně helofyty (bahenní rostliny) a hygropyty (rostliny zamokřených půd). Prameništní rostliny lze díky stále nízké teplotě charakterizovat jako stenotermní. Velmi často se vyskytují druhy rodu *Cardamine*, *Carex*, *Chrysosplenium*, *Epilobium*, *Glyceria*, *Montia*, *Petasites*, *Stellaria* a *Viola* (Hájková et Hájek, 2011). Velice často se na prameništích nacházejí i některé stres-tolerantní druhy, jako například *Petasites albus*, které jsou odolné vůči sezónní fluktuaci vody či extrémní svažitosti (Fajmonová, 1990).

Vegetaci pramenišť, vodních toků a močálů, zahrnuje především třída *Montio-Cardaminetea*, jejíž vegetace je limitovaná prostorem a zahrnuje spoustu různých společenstev (Zechmeister et Mucina, 1994). V České republice se podle Chytrého et Tichého (2003) vyskytují pod třídou *Montio-Cardaminetea* následující asociace: *Cardamino-Montion*

(vegetace lučních pramenišť), *Cardaminion amarae* (vegetace lesních pramenišť), *Swertio-Anisothecion squarrosi* (vegetace subalpínských pramenišť) a *Lycopodo-Cratoneurion commutati* (vegetace lesních pramenišť s tvorbou pěnovců). Vznik těchto společenstev podmiňuje prosakující, až rychle proudící voda s celoročně vyrovnanou teplotou. Tato společenstva jsou nejlépe zachována a prostudována v horských oblastech severní a střední Evropy. Bylinné patro je tvořeno rheofilními a světlomilnými druhy, a je závislé na patře mechovém. Stabilita společenstev je závislá na činnosti pramenů. Při ustáleném režimu průtoku jsou společenstva třídy trvalá a schopná regenerace i po mechanickém narušení (Zechmeister et Mucina, 1994; Neuhäusl, 1997). Variabilita této třídy je poměrně veliká, tudíž se může vyskytovat na prameništích v ekologicky rozdílných podmínkách od podhůří až do alpínského stupně, v listnatých a jehličnatých lesích i na otevřených stanovištích (Hájková et Hájek, 2011).

### 3.1.1.2 Výzkum pramenišť

V České republice je velice málo studií, které by se věnovaly celkovému vegetačnímu složení pramenišť. Většinou se jedná pouze o okrajovou záležitost (Skalický et al., 2017). Pravděpodobně první botanik, který studoval společenstva pramenišť na území Československa, byla Alois Zlatník (Zlatník, 1925), který popsal 2 typické prameništní druhy: *Epilobium alsinifolium* (E<sub>1</sub>) a *Philonotis Montana* (E<sub>0</sub>). Později popsal i asociaci *Swertia perennis* (viz příloha 8).

Z důvodu velmi malých znalostí o rostlinných společenstvech pramenišť na území Krkonoš, se rozhodli Hadač et Váňa (1971), vytvořit podrobný soupis heliofilních druhů pramenišť nacházejících se v alpínském a subalpínském stupni. Byli jimi popsány 4 asociace, řadící se do svazu *Montion*. Floristicko-fytocenologickým průzkumem pramenišť Krkonošských lesů se zabýval ve své diplomové práci Mgr. Josef Harčarik (1991). Popsal svazy *Cardaminion amarae* (kterou rozlišil na 2 asociace: *Chrysosplenietum alternifolii* a *Chrysosplenietum oppositifolii*) a *Cardamino-montion*.

Asociace *Chrysosplenietum oppositifolii* byla poprvé popsána při studiu společenstev pramenišť Českého lesa (Sofron, 1990), který byl botanicky dlouho opomíjeným územím. Do tohoto syntaxonu jsou zařazena společenstva převážně zastíněných pramenišť s dominancí *Cardamine amara* nebo *Chrysosplenium oppositifolium*.

Prameniště jsou i významným nalezištěm bryologických nálezů. První údaje o mechorostech lučních enkláv Krkonoš, které byly doplněny i konkrétní lokalitou, podal T. Haenke (Pilous, 1968). Přehled badatelů krkonošské bryoflóry podává podrobně i Pilous

(1968). Některá svahová prameniště lučních enkláv Krkonoš, ve kterých dominovalo mechové patro, byla v poslední době studována například Mikuláškovou et al. (2013). Prameniště jsou významná i pro systematické pozorování, která se skládají z krátkodobých měření jejich výtoků, což přispívá k lepší znalosti režimu podzemních vod v dané oblasti. Často jsou poskytovány základní údaje o povaze prameniště (průměrný či extrémní výtok). Zjištěné závislosti a vztahy spolu s dalšími postupy prognózování mohou být aplikované na trvalé využívání pramenišť pro zásobování vodou obyvatelstva, průmyslu a zemědělství (Kříž, 1996). Soudobý hydrologický výzkum se snaží o komplexní poznání role rostlin a půdy v hydrologickém cyklu pevnin. V Krkonoších probíhají různé práce zahrnující monitoring všech složek hydrologického cyklu (Tesař et al., 2000). Vliv různého vegetačního krytu na vodní režim půdy a retenci vody v povodí popisuje Tesař et al. (2004). Chmelová et Ševcová (2014) monitorovaly v období 2002-2003 prameniště Modrého potoka, které bylo charakteristické velmi rozdílnými klimatickými podmínkami.

Mnohem častěji jsou zkoumány prameniště a mokřady Západních Karpat než Krkonoš. Například Hájek et Hekera (2004) se zaměřili na kvantifikaci relativní časové stability či nestability chemie vody na prameništích v Západní části Karpat, srovnání sezónních vzorků v chemismu vody mezi mokřady distribuovanými pod gradientem acidity a alkality a testování rozdílů v sezónnosti chemie vody mezi hlavními mokřadními druhy. Sekulová et al. (2011) si kladli za cíl rozlišit hlavní typy subalpínských a alpínských mokřadů a najít hlavní faktory prostředí, které jsou zodpovědné za variabilitu druhového složení a druhové bohatosti mechorostů i cévnatých rostlin. Vegetaci pramenišť na území Slovenska shrnul ve své práci Valachovič (2001). Vegetaci rozdělil do 14 asociací v rámci 6 svazů.

Souhrnný přehled o vegetaci Evropských pramenišť třídy *Montio-Cardaminetea* podali Zechmeister et Mucina (1994), kteří poukazují na složitost této třídy a na vzájemné vztahy mezi jednotkami. Vegetaci evropských pramenišť rozdělili do šesti aliancí: 1) *Adination*, 2) *Cratoneurion commutati*, 3) *Cardamino-Montion*, zahrnující subaliance *Miniobryo-Epilobienion hornemannii*, *Swertio-Anisothecienion communati* a *Cardamino-Montenion*, 4) *Dermatocarpion*, 5) *Epilobio nutantis-Montion* a 6) *Caricion remotace*. Třidu *Montio-Cardaminetea* podél horských toků v Makedonii studovali Čarni et Matevski (2010). Prezentovali a analyzovali floristické složení podél gradientu nadmořské výšky.

Davis et al. (2017) se zabývali významností pramenišť v aridních oblastech Austrálie. Snažili se poukázat na řadu problému včetně jejich řešení. Tvrdí, že je v těchto oblastech prameništní voda kulturně, ekonomicky i ekologicky důležitá. Podle nich mnoho pramenišť



hostí spoustu endemických, vzácných nebo dokonce reliktních druhů rostlin, ryb či bezobratlých. Navíc poukázali na riziko ohrožení pramenišť nadměrným čerpáním vodních zdrojů či invazivními druhy. Mimo jiné navrhli i různé příklady současných ochranných opatření zahrnující například oplocení s cílem vyloučit divoké býložravce.

Prameniště nejsou zkoumána pouze z hlediska floristického složení, ale i z hlediska výskytu různých bezobratlých. Barquin et Death (2011) se například zabývali vlivem zvýšeného teplotního rozsahu na bezobratlé živočichy v prameništích a zjistili, že je pro ně teplota vody limitující. Rozložením bezobratlých živočichů na severu Apeninského pohoří v prameništích rheoktrenního typu se zabívali Botazzi et al. (2014). Zkoumali například vliv fyzikálně chemických vlastností vody a prostorové vztahy ve společenstvech. V severozápadním Švýcarsku se von Fumetti et al (2007) zaměřili též na studium bezobratlých, a to ve třech různých vzdálenostech od zdroje vyústění vody. Teplotu považují též za extrémně důležitou.

### 3.2 Fyzikální a chemické faktory

Sekulová et al. (2011) zastávají názor, že základem pro ochranu a zachování mokřadních ekosystémů, je přesná znalost faktorů, které jsou důležité při vývoji jednotlivých rostlinných společenstvech. Mezi hlavní determinanty floristického složení mokřadní vegetace patří hodnota pH a množství minerálů ve vodě. Podle Hájka et Hájkové (2011) ovlivňuje floristické složení a variabilitu vegetace i teplota vody, vydatnost pramene, rychlost proudění vody, světlo, obsah živin, délka trvání sněhové pokrývky, nebo sklon svahu. Například světlo, které je jednou z nejdůležitějších environmentálních proměnných pro rostliny (Diekmann, 2002), ovlivňuje především vegetaci lesních pramenišť, kde se cévnaté druhy rostlin museli přizpůsobit jeho nedostatku. Fyzikální a chemické faktory ovlivňující prameniště jsou charakteristické minimálními sezónními výkyvy a určovány především charakteristikami zvodně (Cantonati et al., 2006; Strohbach et al., 2009). Mimo jiné mohou být prameniště ovlivněna i znečišťujícími látkami ze vzduchu. Mnozí autoři považují za hlavní faktory ovlivňující druhovou bohatost pramenišť gradient kyselosti a dostupnost živin rostlině (Audorf et al, 2011; Strohbach et al., 2009). Významným faktorem může být i zvýšené ukládání atmosférického dusíku z převážně intenzivního zemědělství (Pitcairn et al., 2003).

### 3.2.1 Nadmořská výška

Se stoupající nadmořskou výškou se snižuje teplota vzduchu při každých 100 m nárůstu výšky přibližně o 0,6°C. Spolu s ní klesá i tlak a zvyšuje se intenzita slunečního záření (Barry, 2008). Tvrzení, že se zvyšující se nadmořskou výškou, klesá druhová bohatost cévnatých druhů rostlin, zastává mnoho autorů. Potvrzují to i Bruun et al. (2006), kteří tvrdí, že mezi druhovou bohatostí cévnatých rostlin, mechorostů a lišejníků a nadmořskou výškou a topografií je velice blízký vztah. Takovýto pokles diverzity je jistě spojen i s teorií, že se druhová bohatost směrem od pólů zvyšuje (Whittaker et al., 2001). Některé studie však linearitu popírají a tvrdí, že je nejvyšší druhová diverzita ve středních nadmořských výškách (Rahbek 1995; Grytnes et Vetaas, 2002; Grytnes 2003). Grytnes et Vetaas (2002) studovali vegetaci v Himalájích a zjistili, že od 100 do 1500 m n. m. se druhová diverzita prudce zvyšuje, od 1500 do 2 500 m n. m. pozorují pouze nepatrné změny a od 2500 m n. m. je patrný pokles druhové bohatosti.

### 3.2.2 pH

Podle Strohbacha et al. (2009), kteří studovali lesní prameniště na silikátovém podloží, je druhové složení ovlivněno chemismem vody-přesněji gradientem kyselosti, který je odrazem hodnoty pH a koncentrací Al a Mg iontů. Gradient pH je často implicitně považován za související s dostupností živin (Hájek et Hekera, 2004). Cantonati et al. (2006) uvádí, že je pH dáno litologií, obsahem oxidu uhličitého, obsahem kyselinových kontaminantů vzdušného původu a v pomalu proudících pramenech fotosyntetickou aktivitou řas, mechorostů a cévnatých rostlin. Prameny na karbonátovém substrátu jsou dobře pufrované a mají poměrně stabilní pH. Sezónní změny mohou být výraznější na prameništích se slabě mineralizovanou vodou. Na slabě pufrovaných pramenech (obzvláště výše položených), se může hodnota pH snížit během deštivého období. Tento jev je výraznější v prostředí jehličnatých lesů. Stupeň kyselosti může určovat i výskyt huminových látek spolu s anorganickými kyselinami.

### 3.2.3 Teplota vody

Podle Hájkové et Hájka (2011) je teplota vody spojena s jejím chemismem-se stoupající teplotou se zvyšuje pH. Jelikož je na prameništích teplota vody většinou dosti nízká, snižuje produktivitu bylinného patra a dává větší prostor patru mechovému. Cantonati et al. (2006) uvádí, že teplota často koreluje i s nadmořskou výškou-čím je vyšší, tím je nižší teplota. Mimo jiné závisí i na hloubce a rychlosti toku podzemní vody. Podle Fischera (1996) ale teplota vody není nejdůležitějším aspektem, a že složení prameništích společenstev závisí

i na jiných faktorech zahrnující strukturu stanoviště, mikroklima, dostupnost živin a konkurenceschopnost.

#### **3.2.4 Chemismus vody**

Rostliny potřebují mnoho anorganických prvků, které pocházejí z minerálů anebo v minerální formě po rozkladu organické hmoty. Minerální prvky přijímají rostliny jako ionty, a buď je začleňují do své hmoty, anebo je ukládají v buněčné šťávě (Larcher, 1988).

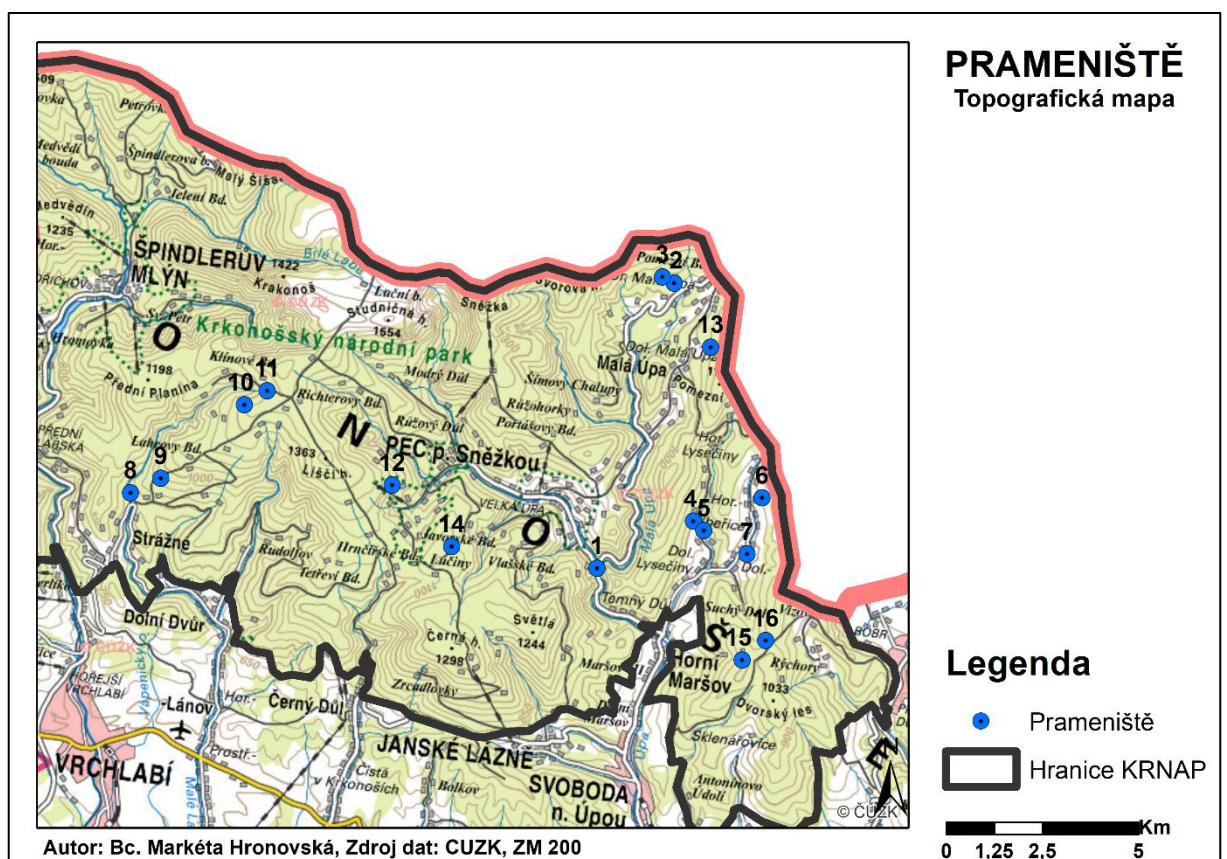
Rostliny mohou absorbovat vodu celým svým povrchem, ale největší díl jí získávají z půdy. Vyšší rostliny přijímají vodu z půdy pomocí kořenů a nižší rostliny, které jsou bez kořenů, přijímají vodu přímo nadzemními orgány (Larcher, 1988). Chemické složení vody, která vyvěrá na povrch, závisí především na typu podloží, jeho rozpustnosti a době zdržení v podzemí (Cantonati et al. 2006; Strohbach et al., 2009). Podle Strohbacha et al. (2009) je chemismus vody částečně ovlivněn i nadmořskou výškou. Chemismus vody má obecně zásadní vliv na složení vegetace pramenišť. Ve zkoumání vztahů mezi druhovým složením vegetace a chemismem vody v prameništích a bažinách na severní polokouli existuje dlouhá tradice. Metody používané pro stanovení koncentrace iontů ve vodě jsou různé. Stanovení může probíhat buď jednou na desítkách míst a s následnou korelací s vegetací nebo výskytem vybraných druhů rostlin na těchto místech, nebo opakovaným vzorkováním na malém počtu lokalit. Druhý způsob je méně častý (Hájek et Hekera, 2004).

### **3.3 Geografické vymezení Krkonoš**

Krkonoše jsou nejvyšším a nejvýznamnějším pohořím České republiky a zároveň i celého Českého masivu, který se rozkládá na ploše 639 km<sup>2</sup>, z čehož česká část zaujímá plochu 454 km<sup>2</sup>. Reliéf Krkonoš je výrazně polygenetický. Severní svah je výrazně zlomový, jižní je naopak silně rozčleněný hlubokými erozními údolími, které vymezují a vzájemně oddělují takzvané rozsochy. Nejvyšší horou Krkonoš je Sněžka (1 602,3 m), která je součástí Slezského hřbetu a leží na hranici s Polskem. V rámci Evropy jsou Krkonoše součástí Hercynského systému a v něm subsystému Hercynského pohoří. Nejvyšší částí pohoří jsou Krkonošské hřbety-Slezský (hlavní, vnější) a Český (vedlejší, vnitřní) (Pilous, 2007). Podle Štursy et Dvořáka (2009) tvoří Krkonoše přirozenou hranici mezi Českou republikou a Polskem. Společně s Hrubým Jeseníkem a Kralickým Sněžníkem jsou označovány jako Vysoké Sudety. Celé pohoří se rozprostírá v rozmezí nadmořských výšek od 400 m až 1602 m.

Celé území Krkonoš, včetně jeho ochranného pásma, tvoří Krkonošský národní park, který zaujímá rozlohu 550 km<sup>2</sup> (Správa KRNP, 2015). Park má zhruba tvar kosodélníku a leží na území okresů Trutnov, Semily a Jablonec nad Nisou, v Královehradeckém (východní část) a Libereckém (západní část) kraji. Krkonošský národní park je nejstarším národním parkem v České republice, který byl slavnostně vyhlášen roku 1963. Do sítě biosférických rezervací UNESCO byl spolu s Polským národním parkem zařazen roku 1992 (Kočí et Kočí, 2012). Podle Nařízení vlády č. 165/1991 Sb., ze dne 20.3.1991 je zřízen Krkonošský národní park k „zajištění ochrany přírody a krajiny v Krkonoších v souladu s moderními poznatky ekologických i společenských vědních oborů“. Podle zákona 114/1992 Sb. jsou předmětem ochrany národního parku „přírodní ekosystémy vázané na přírodovědecky nejhodnotnější část horského celku Krkonoš, evropsky významné druhy a typy evropských stanovišť, pro něž jsou na území národního parku vymezeny evropsky významné lokality“.

Na následující topografické mapě (obrázek č. 2) jsou zobrazeny konkrétní zájmové lokality.



**Obrázek č. 2:** Topografická mapa zájmového území východní části Krkonošského národního parku se zanesenými lokalitami

### 3.3.1 Zonace Krkonošského národního parku

Území Krkonošského národního parku je členěno do 4 zón územní ochrany, včetně jeho ochranného pásma. Vymezení jednotlivých zón ochrany přírody je stanoveno Ministrem životního prostředí vyhláškou (zákon 114/1992 Sb.).

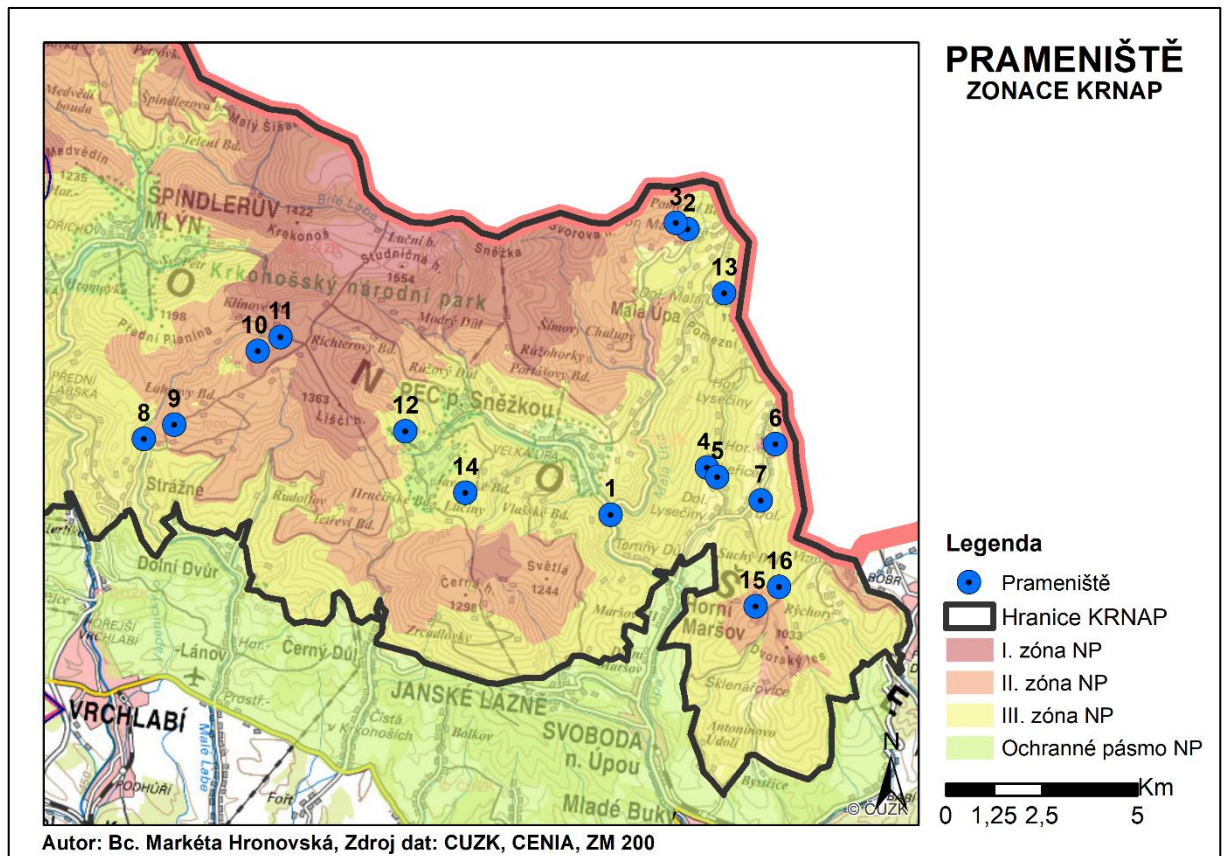
Do I. zóny se řadí území, která mají nejvyšší přírodovědnou hodnotu a kde se vyskytují unikátní ekosystémy krkonošské arкто-alpínské tundry, která se nachází nad horní hranicí lesa. Území s přítomností rostlin a živočichů s významným zastoupením endemických druhů a glaciálních reliktnů. Zahrnují se sem veškeré původní a přírodní lesy, přírodě blízké geneticky vhodné porosty lesa, azonální ekosystémy ledovcových karů a kulturní lesy s přírodě blízkou dřevinou, věkovou a prostorovou skladbou. Přírodní procesy v této zóně jsou lidskou činností pouze málo ovlivněny.

II. zóna lemuje převážnou většinu území I. zóny, která zahrnuje pozměněné lesní porosty, bezlesé enklávy s květnatými horskými loukami a svahová rašeliniště. Lesní i nelesní ekosystémy zde byly ovlivněny zejména lesním a zemědělským hospodařením. Tato území jsou také typická svou vysokou druhovou diverzitou.

III. zóna zahrnuje území s lesními i nelesními ekosystémy, které byly v minulosti silně pozměněny lesním i zemědělským hospodařením. Řadíme sem i některé nevelké sídelní útvary jako například malé obce, osady a samoty. Současně je toto území využíváno pro turistiku, rekreaci a ekologicky šetrné formy lesnického a zemědělského managementu.

Ochranné pásmo tvoří volný přechod mezi III. zónou a volnou, intenzivně využívanou krajinou Podkrkonoší. Jeho hlavním cílem je tlumit veškeré nežádoucí vlivy lidské činnosti, které by mohly narušit stabilitu národního parku a jeho ekosystémů (Správa KRNAP, 2010; 2015).

Zonaci zohledňuje i lesní hospodářský plán, kterým se řídí hospodaření parku. Území I. zóny je ponecháno přírodním procesům bez zásadního vlivu člověka. Ve II. zóně je situace obdobná, ale někdy jsou zde lidské zásahy nevyhnutelné a je potřeba je podřídit dlouhodobému hospodářství. Cílem hospodaření ve III zóně je držet se principů trvalé udržitelnosti lesních ekosystémů (Drahný, 2007).



**Obrázek č. 3:** Mapa zonace zájmového území východní části Krkonošského národního parku se zanesenými lokalitami

### 3.4 Charakteristika přírodních poměrů zájmového území

#### 3.4.1 Geologické poměry

Krkonoše jsou z geologického hlediska velmi starým pohořím (Pilous, 2007). Naprostá většina východní části území spadá pod geologickou jednotku, zvanou krkonošsko-jizerské krystalinikum, jež označuje komplexy metamorfovaných hornin lemující krkonošsko-jizerský pluton. Jde o nejstarší část hor tvořenou sedimenty a vyvělinami, které byly vlivem zvýšené teploty a působením napěťových polí v zemské kůře přeměněny. Krkonošsko-jizerský pluton je rozsáhlé těleso granitoidů, které pravděpodobně proniklo do hornin krkonošsko-jizerského krystalinika ve spodním karbonu (Plamínek, 2007).

Podle Chaloupského (1989) tvoří jádro krystalinika velkoupská skupina pocházející z dob středního protezoika, která je složena převážně z mocných souvrství svorů a fylitů, které jsou poměrně bohaté živcem. Východními Krkonošemi prostupují na povrch zejména amfibolity a kvarcity. Východní část Krkonoš spadá podle vnitřního členění krystalinika pod tzv.



Krkonošské krystalinikum, ve kterém jsou v podstatné míře zastoupeny křemen-albit-sericitické břidlice a zelené břidlice.

Napětíová pole orientovaná do určitých směrů způsobila provrásnění nebo jejich rozpraskání spojené i s pohyby různých částí horninových těles, které měly někdy charakter pomalého toku hmoty nebo vzájemného posouvání relativně pevných bloků. Vrásnění a metamorfóza vtiskly horám jejich současnou vnitřní stavbu nejviditelněji (Plamínek, 2007).

### **3.4.2 Geomorfologické poměry**

Štursa et Dvořák (2009) uvádí, že Krkonoše prošly několika horotvornými procesy za vzniku velmi složité geologické stavby. Z hlediska typu hornin nejsou Krkonoše příliš pestré. Východní Krkonoše tvoří převážně svory, fylity, žuly a ruly.

Pro tvářnost Krkonoš jsou charakteristické tzv. zarovnané povrchy. Ve východní části zaujímají prostor mezi pyramidovým karlingem Sněžky na východě, na severozápadě široce kopulovitou smogorní (Stříbrným hřbetem) a na jihu hřbetem Luční a Studniční hory. Směrem na východ od Sněžky jsou například Rýchory územím, které vytváří v půdorysu téměř obdélník o rozměrech 1,5 x 0,5 km. Na jih od hlavního hřbetu jsou hřebenové zarovnané povrchy o rozsahu 2,5 km<sup>2</sup> v masivu Černé hory. Mezi hlavní modelační činitele patří vodní eroze, která proběhla v neogénu a pleistocénu. Mezi nápadné mikroformy eroze, které jsou pro Krkonoše typické, patří evorzní tvary, obří hrnce a kotle. Vyskytují se zejména v tvrdých krystalických horninách v korytech velmi malých pramenných toků nebo svahových přítoků (Pilous, 2007).

### **3.4.3 Pedologické poměry**

Jelikož je převládajícím geologickým podložím Krkonoš krystalinikum, které je dosti kyselé, půdy jsou zde většinou minerálně dosti chudé (Podrázský et al., 2007). Dále je kvalita půdy ovlivněna i chladným, velmi vlhkým klimatem (Štursa, 2003; Podrázský et al., 2007). Podle Kozáka et al. (2009) v zájmovém území východních Krkonoš dominuje kryptopodzol a podzol modálního subtypu. Okrajově se zde vyskytuje i kambizem distrického subtypu.

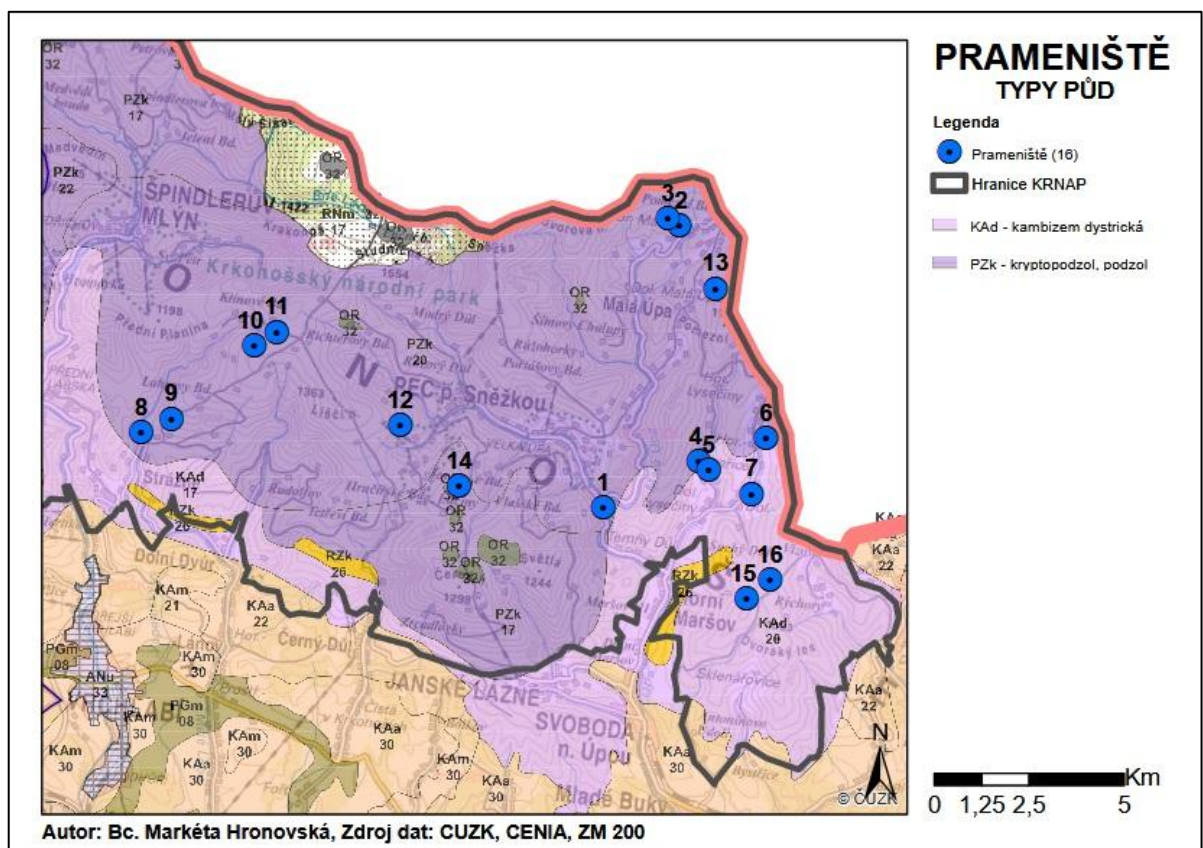
Kryptopodzoly se vtváří v horských podmínkách v krycím a v hlavním souvrství přemístěných zvětralin lehčího zrnitostního složení (žul, pískovců apod.) (Kozák, et al., 2009). Jsou charakterizovány perudickým vodním a frigidním teplotním režimem. Vznikly pod smíšenými porosty s převahou buku, smrku a jedle. Mají rezivou až žlutorezivou barvu a

vyznačují se nízkou objemovou hmotností a vysokou kyprostí v důsledku tvorby zaoblených mikroagregátů (Němeček, 2001).

Podzoly modálního podtypu jsou takzvané humusoželezité podzoly a jsou typické pro horské polohy. Horské podzoly nikdy neprosychají. V přirozených lesích zde převládá smrk a borovice a borovice kleč. Podzoly jsou půdy s výrazně nenasyceným sorpčním komplexem, s vysokou nasyceností. Obsah humusu je vysoký nejen v humusovém horizontu (Němeček, 2001).

Kambizemě se vytváří převážně ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin. Původní vegetací těchto půd jsou listnaté lesy, konkrétně dubohabrové až horské bučiny (Němeček, 2001). Směrem k chladnějším a humidnějším oblastem narůstá obsah humusu v ornících (Kozák et al., 2009).

Půdní poměry jsou vyobrazeny na následujícím obrázku (č. 4).



Obrázek č. 4: Mapa půdních poměrů východní části Krkonošského národního parku



### 3.4.4 Klimatické poměry

Z velkého výškového rozpětí vyplývá i nápadná klimatická různorodost území. Klimatická charakteristika je dána teplotou, srážkami, slunečním svitem a větrem. Klimatickou rozdílnost nejlépe vyjadřuje teplota (Šourek, 1969). S přibývajícím nadmořskou výškou přibývají i srážky, jejichž nejvyšší úhrny jsou v srpnu a nejnižší v březnu. Ve vyšších nadmořských výškách převažují srážky pevné (Štursa, 2003).

Klima východní části Krkonoš je značně ovlivněno anemo-orografickými systémy Bílého Labe a Úpy, které působí jako sběrná koryta větrů západního kvadrantu ve svých horních tocích (Jeník, 1961). Na jižním svahu studniční hory tyto proudy ukládají obrovská množství sněhu a vytváří tzv. Mapu republiky, což je označení pro nejdéle ležící sněhové pole na české straně Krkonoš. Sníh se zde podle Štursy (2003, 2009) hromadí až do výšky přes 15 metrů.

Podle Quittovy klasifikace klimatu (Květoň et Vozenílek, 2011), která rozlišuje teplou (W), mírně teplou (MW) a chladnou (C) oblast s 23 klimatickými regiony spadá zájmové území východních Krkonoš do chladné oblasti s klimatickými jednotkami C4, C5, C6 a C7 (viz tabulka č. 2). Tyto jednotky se vyznačují převážně krátkými až velmi krátkými, chladnými až velmi chladnými a vlhkými až velmi vlhkými léty a dlouhou až velmi dlouhou, mírnou až velmi chladnou, mírně až vlhkou zimou.

**Tabulka č. 2:** Klimatické charakteristiky oblastí ve studovaném území dle Quittovy klasifikace klimatu (Tolasz et al., 2007; upraveno)

	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>
<b>Počet dní se sněhovou pokrývkou</b>	140–160	120–140	120–140	100–120
<b>Průměrná lednová teplota</b>	-7 až -6	-5 až -6	-4 až -5	-3 až -4
<b>Průměrná červencová teploty</b>	12–14	14–15	14–15	15–16
<b>Suma srážek v zimním období</b>	400–700	500–600	400–700	500–600
<b>Suma srážek v letním období</b>	400–500	350–400	400–500	350–400

Podle klasifikace z atlasu podnebí ČSR, se zájmové území nachází v chladné klimatické oblasti s označením okrsku C1, C2 a C3. C1 je mírně chladný okrsek, C2 je chladný, horský okrsek a C3 studený, horský okrsek (Tolasz et al., 2007).

### 3.4.5 Hydrologické poměry

Krkonoše jsou významnou pramennou oblastí České republiky. Dešťové a sněhové srážky, jejichž povrchový a podpovrchový odtok je významně regulován vegetací a retenční schopností půd, jsou hlavním zdrojem vody v tocích. Říční síť zde vznikla již ve třetihorách. Typická stromovitá říční síť se začala tvořit díky výzdvihu až o několik set metrů a díky zpětné erozi horských bystřin. Ve čtvrtohorách došlo ke stabilizaci a k prohlubování údolí. Krkonošské toky mají charakter horských bystřin s velkým spádem koryta, prudkým tokem a značnými výkyvy vodní hladiny a průtoků (Štursa 2003; 2009). Hlavními prameništi toků východní části Krkonoš jsou většinou rašeliniště, která vznikla v terénních depresích na výronech podzemních vod, v subalpínském a montánním stupni (Jeník et al., 1996).

Hančarová et Parzóch (2007) uvádí, že téměř celá česká část Krkonoš náleží do povodí Labe, kromě východní části Rýchor, která spadá do povodí Odry. Východní část Krkonoš je odvodňována Labem, které nad Špindlerovým mlýnem proráží český hřbet a Úpou, která se do Labe vlévá zleva v Jaroměři. Značná část spadlých srážek odtéká v podobě povrchového a podpovrchového odtoku, v tocích odtéká přibližně 75 %. Vodní bilanci ovlivňuje velice významně i tvorba vodních zásob ve sněhové pokrývce.

### 3.4.6 Výškové vegetační stupně

Výškové vegetační stupně jsou projevem souhry zeměpisné šířky, nadmořské výšky pohoří, teploty, množství srážek, geologického podloží, orientace a sklonu svahů, větrného proudění, sněhové pokrývky a činnosti lavin (Štursa, 2003) a odchýlného historického vývoje vegetace v různých krajinách, včetně vlivu člověka (Skalický, 1997). Se stoupající nadmořskou výškou se mění fyzicko-geografické i ekologické poměry a nastávají pronikavé změny ve složení vegetace (Šourek, 1969).

Z hlediska vertikálního členění vegetace jsou v Krkonoších 4 vegetační stupně (Jeník et al., 1996; Štursa, 2003; Šourek, 1969; Skalický, 1997). Jedná se o submontání, montání, subalpínský a alpínský stupeň (viz tabulka č. 3).

**Tabulka č. 3:** Popis vegetačních stupňů východních Krkonoš (Štursa, 2003; upraveno)

<b>Vegetační stupeň</b>	<b>Popis oblastí</b>
<b>Submontánní</b>	400–800 m n. m. (50 % z celkové rozlohy Krkonoš)
<b>Montánní</b>	800–1200 m n. m. (40 % z celkové rozlohy Krkonoš)

<b>Vegetační stupeň</b>	<b>Popis oblastí</b>
<b>Subalpínský</b>	1200–1450 m n. m. (9,3 % z celkové rozlohy Krkonoš)
<b>Alpínský</b>	1450–1602 m n. m. (0,7 % z celkové rozlohy Krkonoš)

V submontánním stupni zůstaly zachovány původní listnaté nebo smíšené lesy pouze v údolích kolem řek a potoků, ve zbytku oblasti byly nahrazeny smrkovými monokulturami nebo přeměněny na louky, pastviny a pole (Štursa, 2003). V těchto polohách se vyskytují především světlomilné kontinentální druhy, které pronikají ze sousední polské pahorkatiny (Šourek, 1969). Do tohoto vegetačního stupně se zahrnují okresy mezofytika (Skalický, 1997).

V montánním stupni byla velká část horských lesů v minulosti vykácena a přeměněna na osídlené horské enklávy s druhově bohatými květnatými horskými loukami (Štursa, 2003). Vzácně zde můžeme nalézt i bučiny s horskou a lesní flórou s poměrně hojným pronikáním subalpínských druhů (Šourek, 1969). Do tohoto vegetačního stupně se zahrnují okresy oreofytika (Skalický, 1997).

Subalpínský stupeň zahrnuje polohy nad horní hranicí lesa, náhorní plošiny západních a východních Krkonoš a jejich přilehlé svahy. Hojně se zde vyskytují druhotné smilkové louky, rašeliniště, a rozsáhlé klečové porosty. V těchto polohách se koncentrují nejcennější ekosystémy Krkonoš (Štursa, 2003). Nachází se zde i všechny krkonošské kary (Šourek, 1969). Do tohoto vegetačního stupně se zahrnují opět území oreofytika, které se nachází nad přirozenou hranicí lesa (Skalický, 1997).

Alpínský stupeň východních Krkonoš prezentuje Sněžka, Studniční a Luční hora. Vegetace a reliéf je ovlivněn opakovaným mrznutím a táním trvale vlhké půdy a tvorbou půdního ledu. Vegetaci tohoto stupně zahrnují mechy, lišejníky, drobné keříčky a traviny (Štursa, 2003). Tyto polohy jsou charakteristické tím, že už se zde nevyskytují ani porosty borovice kleče (Šourek, 1969).

### **3.4.7 Fytogeografické oblasti**

Podle fytogeografického členění České republiky (Hejný et Slavík, 1997) se zájmové území východních Krkonoš řadí do oblasti oreofytika a okrajově i do mezofytika. Krkonoše jsou spolu s Rýchorami samostatným fytogeografickým okresem v podoblasti Sudetské flóry (Sudeticum), ležící v oblasti středoevropské lesní květeny (Hercynium) (Šourek, 1969).

Oreofytikum je oblast extrazonální horské vegetace a květeny, v níž až na nepatrné výjimky chybí zastoupení teplomilných druhů. Vegetace převážně připomíná jehličnaté lesy.

Psychrofilní (chladnomilné) diferenční druhy vůči mezofytiku jsou například *Swertia perennis* (kropenáč vytrvalý), *Juncus trifidus*, (sítina trojklanná), *Viola biflora* (violka dvoukvětá) nebo *Homogyne alpina* (podbělice alpská) (Hejný et Slavík, 1997). Oblast východních Krkonoš se řadí do takzvaného Českého oreofytika, které zahrnuje 14 okresů, tvořící izolovaná, nejvýše položená území hor Českého masivu. Řadí se do něj právě stupně montánní, submontánní a subalpínský (Skalický, 1988).

Mezofytikum je oblast vegetace a květeny, která odpovídá opadavému listnatému lesu. Tvoří přechod mezi chladnomilnou a teplomilnou vegetací. Na podmáčených nebo rašelinných stanovištích a v stinných údolích se vyskytují společenstva s druhy, které se vyskytují poblíž hranic s oreofytikem (Hejný et Slavík, 1997).

## 4 Metodika

### 4.1 Floristický průzkum

Floristický průzkum pramenišť byl realizován na základě subjektivního výběru studijních ploch, který vychází z předběžného rozlišení typů společenstev ve zkoumaném území, se snahou zachytit cílovou vegetaci daného stanoviště (Moravec, 1994). Průzkum probíhal ve vegetačním období roku 2017. Celkem bylo navštíveno 16 pramenišť nacházející se ve východní části Krkonošského národního parku. Dřevěnými tyčkami a pásmem byly vytyčeny studijní plochy a změřena velikost. Velikost studijních ploch se pohybovala v rozmezí od 2,25 m<sup>2</sup> do 10,5 m<sup>2</sup>. Vegetace pramenišť byla zaznamenána dvakrát ročně, a to vždy na jaře a v létě. Na jaře proto, aby byl na stanovištích zachycen i jarní aspekt společenstev a kvůli rozlišení některých druhů cévnatých rostlin (*Petasites albus*, *Petasites hybridus*, viz příloha 9). Celková pokryvnost bylinného a mechového patra byla vyjádřena procentuálně. Pro zachycení pokryvnosti jednotlivých druhů bylinného a mechového patra byla využita sedmičtá Braun-Blanquetova stupnice abundance a dominance (viz tabulka č. 4).

**Tabulka č. 4:** Braun-Blanquetova stupnice odhadu abundance a dominance (Braun-Blanquet, 1957)

Stupeň pokryvnosti	Pokryvnost v %	Početnost druhu
<b>r</b>	/	ojedinělý
<b>+</b>	/	roztroušený
<b>1</b>	0-5	velmi vzácný
<b>2</b>	5-25	Vzácný
<b>3</b>	25-50	málo početný
<b>4</b>	50-75	početný
<b>5</b>	75-100	velmi početný

Cévnaté druhy rostlin byly nejčastěji určeny přímo v terénu. Ty druhy, které se nepodařilo určit na místě, byly sebrány a následně určeny pomocí klíče (Kubát et al., 2002) a knihy Atlas krkonošských rostlin (Štursa et Dvořák, 2009). Mechorosty byly určeny vždy pomocí klíčů (Kremer et Muhle, 1991; Pilous et Douša, 1960) a knihy Atlas krkonošských mechorostů,

lišejníků a hub (Halda et al., 2016). Veškerá botanická nomenklatura byla nakonec sjednocena podle Danihelky et al. (2012).

Podle Red list of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition (Grulich, 2012), byl stanoven stupeň ohrožení cévnatých druhů rostlin (viz tabulka č. 5) a podle Seznamu a červeného seznamu mechorostů České republiky (Kučera et Váňa, 2005) stupeň ohrožení nalezených mechorostů.

**Tabulka č. 5:** Rozdělení cévnatých druhů rostlin podle stupně ohrožení (Grulich, 2010; upraveno)

<b>Kriticky ohrožené druhy C1</b>
Kriticky ohrožené druhy – mizející <b>C1 t)</b> Kriticky ohrožené druhy – ojedinělé nálezy <b>C1 b)</b> Kriticky ohrožené druhy – vzácné <b>C1 r)</b>
<b>Silně ohrožené druhy C2</b>
Silně ohrožené druhy – mizející <b>C2 t)</b> Silně ohrožené druhy – ojedinělé nálezy <b>C2 b)</b> Silně ohrožené druhy – vzácné <b>C2 r)</b>
<b>Ohrožené druhy C3</b>
Vzácnější taxony vyžadující další pozornost Vzácnější taxony vyžadující další pozornost-méně ohrožené Vzácnější taxony vyžadující další pozornost-nedostatečně prostudované
<b>Vzácnější taxony vyžadující další pozornost C4</b>
Vzácnější taxony vyžadující další pozornost – méně ohrožené <b>C4 a)</b> Vzácnější taxony vyžadující další pozornost – nedostatečně prostudované <b>C4 b)</b>

## 4.2 Odběr a rozbor vody

Na každé lokalitě byly během konce léta a podzimu odebrány vzorky vody, které byly nejprve zmrazeny a poté najednou podrobeny analýze. Vzorky vody byly skladovány v plastových, 100 ml uzavíratelných lahvičkách v mrazáku. Po rozmrazení bylo změřeno pH a stanoven obsah prvků. PH bylo změřeno pomocí přístroje paní Ing. Veronikou Petřů a rozbor vody byl proveden panem doc. Ing. Alešem Hančem Ph.D. dne 14. 12. 2017.

#### **4.2.1 Stanovení obsahu prvků**

Obsahy prvků v odběrech vody byly stanoveny pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – OES) za použití spektrometru Vista – Pro. Tato metoda je využívána právě pro analýzu kapalných vzorků, ve kterých chceme zjistit obsahy jednotlivých prvků.

Princip této metody spočívá v zachycení emitovaného světla, které je vedeno na monochromátor a následného rozdělení zachyceného světelného záření podle jeho vlnových délek. Fotony tohoto rozděleného světla pak dopadají na citlivý detektor, který převede intenzitu dopadajícího záření na elektrický signál. Intenzita signálu, která odpovídá charakteristické vlnové délce světla, které vzniká při přechodu energetických stavů, pak odpovídá množství prvku, přítomného v analyzovaném roztoku (Száková et al., 2005).

#### **4.2.2 Stanovení minerálních forem dusíku**

Vzorky vody byly dále podrobeny analýze na kontinuálním průtokovém analyzátoru Skalar San <sup>++</sup>. Toto zařízení pracuje na základě změny intenzity zbarvení v závislosti na koncentraci měřené látky, takzvané kolorimetrie.

Vzorky vody byly zvláště s činidlem nasávány peristaltickou pumpou do chemické jednotky. V chemické jednotce se požadované činidlo smísilo se vzorkem ve spirálách. Takto připravená reakční směs byla pro stanovení dusíku přivedena do vestavěných detekčních hlav a pro stanovení uhlíku do separátního externího infračerveného detektoru. Pro hodnoty nitrátového dusíku bylo zbarvení měřeno při vlnové délce 540 nm, pro hodnoty amonného dusíku při vlnové délce 660 nm a pro hodnoty celkového dusíku též při vlnové délce 540 nm. Obsah celkového dusíku je součtem všech forem vázaného dusíku (anorganického i organického). Výstupní signály z fotometru a IR detektoru byly následně převedeny do tabulek.

#### **4.3 Zpracování vegetačních dat**

Veškerá floristická data byla nejprve zapsána do programu MS Excel 2017. Bylo nutné prezentovat data do matice druhy x lokality. Jelikož byly nejdříve druhy seřazeny do řádků a lokality (zápisy) do sloupců, pro další práci v programu CANOCO 5.02 bylo potřeba matici transponovat tak, aby se druhy řadily do sloupců a lokality do řádků. Pro program PAST 3.11 nebylo nutné matici převádět.

Pro budoucí analýzy tvořené v programu CANOCO a PAST bylo dále důležité převést hodnoty sedmičetné Braun-Blanquetovy stupnice abundance a dominance na střední a ordinální hodnoty (viz tab. č. 6), jelikož neobsahuje pouze čísla. V úvahu přicházelo převedení na škálu řídicí se procentickým středem užívaného intervalu a na ordinační číselnou škálu mírně zohledňující velikost mezi intervaly podle Van der Maalera (Herbert et Munzbergová, 2003).

**Tabulka č. 6:** Transformace hodnot Braun-Blanquetovy stupnice pokryvnosti pro program CANOCO a PAST (Van der Maarel, 1979; upraveno)

<b>Braun-Blanquetova stupnice</b>	r	+	1	2	3	4	5
<b>Ordinální hodnoty (pro CANOCO)</b>	1	2	3	5	7	8	9
<b>Střední hodnoty (pro PAST)</b>	0,001	1	3,5	10	37,5	62,5	87,5

V programu PAST byly zjištěny **Euklidovské vzdálenosti (ED)**, které udávají rozmístění jednotlivých fytoecologických snímků v mnohorozměrném prostoru. ED nabývají hodnot od 0, což značí zcela identické fytoecologické snímky. Horní mez není stanovena, ale čím více rozdílné jsou snímky, tím je hodnota vyšší (Walker et al., 1999). Vzdálenosti mezi snímky byly znázorněny shlukovou analýzou pomocí kladogramu.

Dále byl spočítán **Jaccardův index podobnosti (J)**, který nabývá hodnot od 0 do 1, přičemž 0= snímky nesdílejí žádný druh a 1= snímky jsou zcela identické (Real et Vargas, 1996). Pro přehlednost byla podobnost snímků též vyjádřena pomocí kladogramu.

Ve stejném programu byl spočítán i index dominance a Shannon – Wienerův index diverzity. **Index dominance (D)** hodnotí významnost druhu. Nabývá hodnot o 0 do 1, přičemž 0 znamená, že jsou všechny druhy zastoupeny shodně a 1, že jeden druh ve společenstvu dominuje (Peet, 1974).

**Shannon – Wienerův index diverzity (H)** je index, který nám udává ekvitabilitu (vyrovnanost) společenstva. Čím vyšší je hodnota indexu, tím je společenstvo vyrovnanější (Jeppesen, et al. 2000).

#### 4.3.1 Proměnné

Parametry prostředí bylo nutné převést na formu, která bude přístupná analýze. Proměnné, které popisují vegetaci, se nazývají agregátní. Tato data nejsou závislá na datech o floristickém složení. V tomto případě se jedná se o pokryvnost jednotlivých vegetačních pater a počet druhů (Herbert et Munzbergová, 2003).



Mezi kvantitativní (intervalové) parametry byly zařazeny hodnoty pH, inklinace, teplota vody a nadmořská výška. Tyto hodnoty byly uvedeny ve své skutečné numerické velikosti do sloupce. Hodnota pH byla změřena v laboratorních podmínkách (viz kapitola 4.2.). Inklinace neboli svažítost, byla vypočítána na základě převýšení dvou bodů o známé vzdálenosti pomocí Pythagorovy věty. Teplota vody byla změřena vždy v terénu během konce léta a začátku podzimu 2017. Nadmořská výška byla zjištěna pomocí GPS souřadnic a Google Earth.

Expozice je takzvaná kategoriální, vícestavová proměnná. Pro přepočítání expozice dané lokality by bylo nejvhodnější přepočítat jejich hodnoty na sumu potenciální přímé radiace na daném místě, ale pro zjednodušení bylo využito pouze závislosti, zda je plocha ukloněna na jih (JV, J, JZ) nebo na S (SV, S, SZ) popřípadě ani na jednu (V, Z) (Herbert et Munzbergová, 2003). Hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce (č. 7).

**Tabulka č. 7:** Kvantitativní proměnné studovaných lokalit

Lokalita	Expozice	Sklon	Nadmořská výška	pH	Teplota
		°	m n. m.		°C
1	V	53	625	7,22	5,9
2	J	8	1042	5,06	4,9
3	J	12	1023	6,67	4,4
4	V	18	732	6,97	5,2
5	JZ	15	686	6,41	6,5
6	JZ	8	818	7,38	6,9
7	SZ	2	657	6,88	7,1
8	S	3	773	7,12	6,5
9	JZ	10	929	5,51	5,7
10	SZ	13	1272	5,02	5,2
11	Z	8	1295	6,48	4,4
12	V	27	1007	6,25	4,5
13	Z	7	1080	6,97	5,1
14	SV	9	1107	6,3	4,5
15	Z	13	965	7,22	5,9
16	Z	9	940	6,32	5


Maximální hodnota

Minimální hodnota

S těmito proměnnými a s výsledky z rozboru vody bylo pracováno v programu CANOCO 5.02 a STATISTICA 12.

Ve STATISTICE byla spočítán neparametrický **Spearmanův korelační koeficient** a byly vytvořeny bodové grafy lineární regrese. Korelace byla použita ke zjištění síly závislosti mezi jednotlivými faktory. Koeficient nabývá hodnot od -1 do 1. Pokud vyjde hodnota koeficientu záporná, vyjadřuje nepřímou (negativní – čím je vyšší hodnota jedné proměnné, tím je nižší hodnota druhé proměnné) korelaci a pokud kladná, jedná se o korelaci přímou (pozitivní – čím je vyšší hodnota jedné proměnné, tím je nižší hodnota druhé proměnné) (Lepš et Šmilauer, 2016).

#### 4.4 Popis studovaných lokalit

##### 1) **Mokvavá skála**

Prameniště se nachází ve třetí zóně krkonošského národního parku (dále jen KRNAP) v Temném Dole v Horním Maršově. Vyskytuje se zhruba 50 metrů od křižovatky na Velkou Úpu a Spálený mlýn. Prameniště je rheokrenního typu, jelikož prameny vytékají přímo ze skály do nejbližší vodoteče (Kubíček, 2014). Jedná se skalnatý útvar, ze kterého pramení voda do řeky Úpy. Úpa pramení přibližně 2 km západně od Sněžky na Úpském rašeliništi, v nadmořské výšce 1 432 m. Je nejvýše pramenící řekou České republiky a v Jaroměři se z levé strany vlévá do Labe. Tuto lokalitu lze zařadit z hlediska nalezené vegetace mezi lesní prameniště.

##### 2) **Malá Úpa a)**

Prameniště se nachází ve třetí zóně KRNAP poblíž žluté turistické stezky a louky Hybnerky v nadmořské výšce 1042 m, nedaleko Pomezních Bud. Konkrétně se jedná se o luční prameniště rheokrenního typu. Řeka Malá Úpa ústí do Úpy cca 3,5 km nad Horním Maršovem ve výšce 638 m n. m. a pramení 1 km severozápadně od Horní Malé Úpy ve výšce cca 1230 m.

##### 3) **Malá Úpa b)**

Toto prameniště je též jedno z pramenišť Malé Úpy a nachází se ve výšce 1023 m n. m., ve druhé zóně KRNAP, nedaleko předchozího prameniště. Naproti tomu předchozímu se ale vyskytuje v zastíněnější lokalitě Smrčinné stráně a jedná se o lesní prameniště rheokrenního typu (viz příloha 6) Od žluté turistické stezky se nachází zhruba 200 metrů do kopce. Obě prameniště slouží jako zdroj pitné vody pro obyvatele.

##### 4) **Lysečinský potok a)**

Lysečinský potok je levostranným přítokem Úpy pramenící na Pomezním hřebenu ve výšce 1 100 m n. m. Toto konkrétní prameniště se nachází v dolních Lysečinách, zhruba 50 výškových metrů od modré turistické stezky směrem na západ, v nadmořské výšce 732 m.

Prameniště tudíž náleží do třetí zóny KRNAP. Do Lysečinského potoka ústí zprava. Jelikož se voda v místě vývěru nijak dlouho nezdržuje a odtéká pramennou stružkou do nejbližší vodoteče, jedná se o rheokrén (viz příloha 5).

#### **5) Lysečinský potok b)**

Mnou vybrané druhé prameniště v této lokalitě se nachází též poblíž modré turistické stezky, ale směrem na východ přes dřevěný most. Voda z prameniště se do Lysečinského potoku vlívá umělou stružkou z levé strany. Umělá stružka byla vytvořena pravděpodobně z důvodu usměrněného proudu vody. Voda z tohoto pramene totiž slouží jako zdroj pitné vody. Lokalita se nachází v lese, ve třetí zóně KRNAP a vyskytuje se zde i velké množství opadanky ze stromů.

#### **6) Albeřický potok a)**

Albeřický potok je levostranným přítokem Lysečinského potoka. Mnou nalezené prameniště se nachází v Horních Albeřicích poblíž červené turistické stezky „cesty bratří Čapků“ zhruba na půl cesty mezi Krakonošovou a Albeřickou jeskyní. Prameniště se nachází v nadmořské výšce 818 m ve třetí zóně KRNAP a je rheokrenního typu. Podle nalezené vegetace a okolí, ve kterém se nachází, se dá zařadit mezi lesní prameniště.

#### **7) Albeřický potok b)**

Druhé prameniště Albeřického potoka se nachází v nadmořské výšce 657 m a leží téměř u silnice v Dolních Albeřicích, pod Rýchorskou cestou, též ve třetí zóně KRNAP. Prameniště je poměrně rozsáhlé, dobře sycené podzemní vodou a jedná se o luční prameniště helokrenního typu.

#### **8) Malé Labe**

Toto prameniště se nachází ve Strážném, poblíž Jezerních a Rybníčních domků, ve třetí zóně KRNAP. Prameniště je luční, z části zastíněné a z části osluněné. Voda z něj se vlévá do uměle vytvořeného rybníčku, ze kterého dále teče voda zprava do potoku. Malé Labe vzniká soutokem Klínového a Kotelského potoka v Dolním Dvoře.

#### **9) Luisina voda**

Prameniště se nachází v lese, v nadmořské výšce 929 m mezi červenou Slezskou cestou a lesní cestou Adolfskou, ve druhé zóně KRNAP. Celé okolí tohoto typického lesního prameniště (viz příloha 7), které je helokrenní, je poměrně dobře sycené podzemní vodou, a tudíž dosti podmáčené. Luisina voda je potůček, který se vlévá zprava do Husího potoku, který se vlévá z levé strany do Klínového potoka v Luisině údolí nad Dolním Dvorem.

## **10) Arnoldova strouha**

Arnoldova strouha je levostranný přítok Klínového potoka. Prameniště, které se nachází ve výšce 1272 m n. m., je opět helokténního typu a vyskytuje se ve druhé zóně KRNAP, zhruba 150 metrů od hranice zóny první. Lze ho nalézt po pravé straně poblíž modré turistické stezky směrem od Friesových Bud a jedná se z hlediska druhového složení o prameniště subalpínského.

### **11) Klínový potok**

Klínový potok pramení na jihozápadním svazu Zadní planiny ve výšce 1320 m n. m. Mnou vybrané prameniště se nachází ve výšce 1295 m n. m., asi 400 m od rozcestníku U Klínových bud, cca 150 metrů směrem na horu od modré stezky. Jedná se o subalpínského prameniště helokténního typu, které se nachází v první zóně KRNAP.

### **12) Bystrý potok**

Bystrý potok pramení v Peci pod Sněžkou na Hnědém vrchu. Jedná se levostranný přítok Lučního potoku, který se následně vlévá zprava do potoku Zeleného. Vybrané luční prameniště se nachází v nadmořské výšce 1007 m ve třetí zóně KRNAP a je helokténního typu.

### **13) Rennerův potok**

Rennerův potok je levostranným přítokem Malé Úpy. Vybraný pramen se nalézá v nadmořské výšce 1080 m na západním svahu Pomezniho hřebene, ve třetí zóně KRNAP. Nachází se přibližně 6 metrů od Lyžařského vleku U Kostela a 20 metrů od Pohádkové naučné stezky směrem na sever. Prameniště je lesní a je helokténního typu.

### **14) Veberův potok**

Veberův potok je levostranný přítok Javořího potoka, který se vlévá zprava do Úpy. Prameniště leží na SV svahu Slatinné stráně v nadmořské výšce 1110 m., přibližně 900 metrů od rozcestníku Pod Slatinnou strání a zhruba 10 metrů od turistické stezky poblíž Veberových bud. Toto luční prameniště je helokténního typu a nachází se ve třetí zóně KRNAP.

### **15) Maxův potok**

Maxův potok se v Horním Maršově vlévá zleva do Úpy. Prameniště se nachází hned vedle zelené turistické stezky přibližně 200 metrů od Rýchorské boudy směrem na jih. Leží na západním svahu Rýchor ve výšce 965 m n. m., ve druhé zóně KRNAP. V bezprostřední blízkosti se nachází tzv. Rýchorská studánka, která slouží jako zdroj pitné vody. Toto luční prameniště je pravděpodobně rheokténního typu, jelikož je poměrně vydatný a bez většího zdržení odtéká stružkou.

## **16) Suchý potok**

Suchý potok je levostranným přítokem Albeřického potoka. Prameniště se nachází na západním svahu Rýchor, zhruba 30 m od rozcestníku Rýchorský kříž v nadmořské výšce 945 m. Jedná se o helokrén, na kterém se tvoří mocná vrstva měkkého bahna, pravděpodobně vzniklá z opadu okolních stromů. Prameniště se nachází v lese, v první zóně KRNAP.

## 5 Výsledky

### 5.1 Fytocenologické snímky

Na prameništích bylo nalezeno celkem 84 taxonů rostlin, z čehož bylo 69 druhů cévnatých rostlin a 15 druhů mechorostů. Soupis nalezených druhů včetně hlavičky fytocenologických snímků je uveden v přílohách 1 a 2.

### 5.2 Ohrožené druhy

Na zájmových lokalitách bylo determinováno celkem 11 taxonů cévnatých rostlin, které jsou řazeny do červeného seznamu cévnatých rostlin České republiky (Grulich, 2012). Podle Seznamu a červeného seznamu mechorostů (Kučera et Váňa, 2005) jich bylo posouzeno 0. Následující tabulka (č. 8) udává přehled chráněných a ohrožených druhů, nalezených na prameništích.

**Tabulka č. 8:** Ohrožené druhy cévnatých rostlin na zájmových lokalitách

Rostlinný druh	RLVPCR <sup>1</sup>	Výskyt na lokalitě č.	Četnost výskytu <sup>2</sup>
<i>Aconitum plicatum</i>	C3	11 a, 11 b, 15 a, 15 b	1, 3, +, 1
<i>Cicerbita alpina</i>	C4 a	8 a, 8 b	r, 1
<i>Delphinium elatum</i>	C2 r	15 a, 15 b	+, 1
<i>Epilobium alsinifolium</i>	C3	11 b	+
<i>Epilobium obscurum</i>	C3	7 b	1
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	C4 a	1 a, 1 b	1, 1
<i>Leucjum Vernum</i>	C3	6 a	r
<i>Primula veris</i>	C4 a	5 a, 6 a, 7 a, 15 a, 16 a	+, +, +, 2, +
<i>Swertia perennis</i>	C2 r	11 b	1
<i>Valeriana dioica</i>	C4 a	1 a, 1 b	r, +
<i>Viola biflora</i>	C4 a	10 a, 10 b, 11 a, 11 b, 13 a, 13 b	+, +, 2, 1, +, 1

<sup>1</sup> RLVPCR – Zařazení rostlinných druhů podle Red list of vascular plants of the Czech republic 3rd edition (Grulich, 2012)

<sup>2</sup> Četnost výskytu podle tabulky č. 6

## 5.3 Výsledky analýz fytoocenologických dat

### 5.3.1 Hodnocení diverzity

V programu PAST byl spočítán index dominance a Shannon – Wienerův index diverzity. Výsledky se týkají pouze letních měsíců a jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Z tabulky je zřejmé, že diverzita přímo nekoreluje s počtem druhů. Nejvyšší počet druhů (27 druhů) se vyskytuje na prameništi č. 1 (mokvavá skála), z čehož je 23 druhů cévnatých a 4 druhy mechorostů. Nejvyšší diverzitu však vykazuje prameniště č. 8 (Malé Labe), kde se nacházelo celkem 26 druhů (23 druhů cévnatých rostlin a 3 druhy mechorostů). Prameniště se vyznačuje vysokou pokryvností bylinného patra a nízkou pokryvností patra mechového (viz příloha č. 4). Obě prameniště se nachází v nižších nadmořských výškách.

Nejnižší počet druhů byl nalezen na prameništi č. 16 (Suchý potok), kde se nacházelo celkem 9 druhů (6 druhů cévnatých rostlin a 3 druhy mechorostů). Nejnižší index diverzity však vychází u prameniště č. 2 (Malá Úpa a), který se zároveň vyznačuje nejvyšším indexem dominance. Na prameništi se nacházelo pouze 10 druhů rostlin (8 druhů cévnatých rostlin a 2 druhy mechorostů). Na prameništi výrazně převládá mechové patro nad bylinným a dominuje mech *Sphagnum* spp.

Nejnižším indexem dominance se vyznačuje prameniště č. 14 (Veberův potok).

**Tabulka č. 9:** Výsledky indexu dominance a Shannon – Wienerova indexu diverzity

Snímek	Počet druhů	D <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	Snímek	Počet druhů	D <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>
1	27	0,115	2,568	9	18	0,171	2,145
2	10	0,403	1,349	10	13	0,289	1,784
3	13	0,172	2,051	11	20	0,167	2,261
4	16	0,335	1,755	12	20	0,173	2,166
5	13	0,187	1,993	13	18	0,249	1,94
6	18	0,287	1,769	14	23	0,112	2,528
7	16	0,179	2,066	15	18	0,183	2,261
8	26	0,156	2,612	16	9	0,232	1,719


Maximální hodnota

Minimální hodnota

<sup>1</sup> Index dominance

<sup>2</sup> Shannon – Wienerův index diverzity

### 5.3.2 Euklidovské vzdálenosti

Následující matice (tabulka č. 10) znázorňuje hodnoty Euklidovských vzdáleností mezi jednotlivými fytoocenologickými snímky. Pro lepší představu byl vytvořen kladogram (obrázek č. 5).

Hodnoty Euklidovských vzdáleností mezi jednotlivými fytoocenologickými snímky z léta 2017 jsou v rozmezí hodnot od 28,01–127,87. Čím vyšší je hodnota, tím jsou snímky rozdílnější.

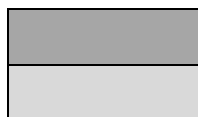
Nejnižší hodnotu mezi sebou vykazují fytoocenologické snímky č. 10 a 2, jsou od sebe tedy nejméně vzdáleny a vyznačují se zároveň stanovištní homogenitou. Snímky jsou v kladogramu shloučeny na nejnižší hladině spojování. V obou případech se jedná o vysokohorská luční prameniště s dominancí mechového patra. Převládajícím mechovým druhem je zde *Sphagnum spp.*

Největší rozdíl je naopak mezi snímky č 12 a 13, které jsou od sebe nejvíce vzdáleny. Snímek č 12 je pořízen na luční osluněné lokalitě v blízkosti horských bud s vysokou pokryvností druhu *Petasites albus* a nitrofilního druhu *Rumex alpinus* a snímek 13 pochází ze zastíněné lesní lokality s dominující pokryvností druhu *Stelaria alsine* (viz příloha č. 5).

Na následujícím kladogramu jsou barevně rozlišeny nejpodobnější fytoocenologické snímky (č 10 a č 2 modře) a nejrozdílnější snímky (č 13 a č 12 červeně).

**Tabulka č. 10:** Matice euklidovských vzdáleností mezi jednotlivými fytoocenologickými snímky z léta 2017

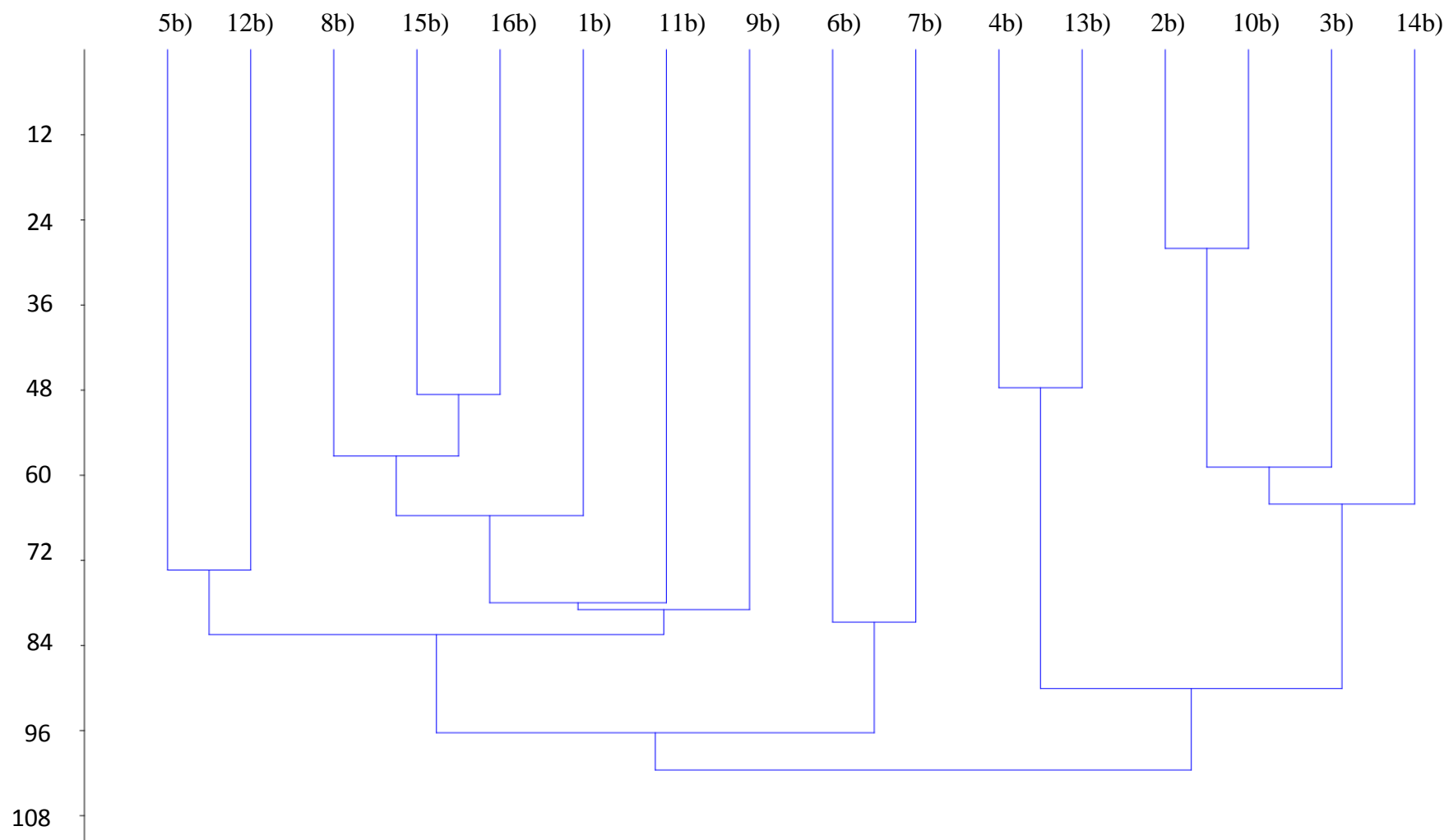
	1b)	2b)	3b)	4b)	5b)	6b)	7b)	8b)	9b)	10b)	11b)	12b)	13b)	14b)	15b)	16b)
1b)	0,00	95,30	106,41	107,33	67,72	98,67	103,82	69,42	84,08	94,47	82,70	93,86	117,31	98,40	65,17	62,49
2b)	95,30	0,00	57,42	110,62	86,58	97,94	105,96	87,75	78,44	28,01	83,16	105,65	94,67	63,90	94,39	85,93
3b)	106,41	57,42	0,00	89,27	99,25	112,40	118,61	103,58	91,04	60,28	98,24	119,11	73,23	60,87	109,73	101,47
4b)	107,33	110,62	89,27	0,00	103,00	115,91	121,01	101,03	105,45	111,84	103,98	117,68	47,66	78,94	105,67	102,29
5b)	67,72	86,58	99,25	103,00	0,00	92,29	81,40	76,19	79,66	87,24	78,00	73,36	113,20	90,44	84,19	73,28
6b)	98,67	97,94	112,40	115,91	92,29	0,00	80,72	91,66	91,34	98,96	92,12	104,35	121,95	101,32	97,62	89,22
7b)	103,82	105,96	118,61	121,01	81,40	80,72	0,00	100,60	100,28	107,54	101,02	94,38	128,81	109,24	103,08	99,02
8b)	69,42	87,75	103,58	101,03	76,19	91,66	100,60	0,00	76,18	87,97	76,08	81,34	111,84	90,59	54,81	59,76
9b)	84,08	78,44	91,04	105,45	79,66	91,34	100,28	76,18	0,00	79,56	78,29	97,31	102,20	77,43	81,92	74,25
10b)	94,47	28,01	60,28	111,84	87,24	98,96	107,54	87,97	79,56	0,00	83,42	107,01	95,00	67,41	94,16	86,72
11b)	82,70	83,16	98,24	103,98	78,00	92,12	101,02	76,08	78,29	83,42	0,00	97,24	109,18	83,35	79,58	73,56
12b)	93,86	105,65	119,11	117,68	73,36	104,35	94,38	81,34	97,31	107,01	97,24	0,00	127,87	107,37	75,46	85,27
13b)	117,31	94,67	73,23	47,66	113,20	121,95	128,81	111,84	102,20	95,00	109,18	127,87	0,00	67,01	116,38	111,55
14b)	98,40	63,90	60,87	78,94	90,44	101,32	109,24	90,59	77,43	67,41	83,35	107,37	67,01	0,00	93,89	89,94
15b)	65,17	94,39	109,73	105,67	84,19	97,62	103,08	54,81	81,92	94,16	79,58	75,46	116,38	93,89	0,00	48,61
16b)	62,49	85,93	101,47	102,29	73,28	89,22	99,02	59,76	74,25	86,72	73,56	85,27	111,55	89,94	48,61	0,00



Maximální hodnota

Minimální hodnota





**Obrázek č. 5:** Kladogram Euklidovských vzdáleností mezi jednotlivými fytoecenologickými snímky

### 5.3.3 Jaccardův index podobnosti

Následující matice (tabulka č. 11) znázorňuje vypočítané hodnoty podle Jaccardova indexu. Pro lepší představu o podobnosti, byl vytvořen kladogram (obrázek č. 6.).

Hodnoty se nachází v rozmezí od 0 – 0,41. Snímky č. 2 a 16, 3 a 15, 7 a 10, a 10 a 16 mezi sebou nesdílí ani jeden druh. Jsou to naprosto druhově odlišné lokality.

Nejvyšší hodnotu mezi sebou vykazují fytoecologické snímky č. 3 a 9, což znamená, že si jsou nejvíce podobné. Tyto snímky sdílejí téměř polovinu rostlinných druhů, a proto jsou si tyto lokality velice blízké. Obě lokality pochází z lesního prostředí.

Poměrně blízké jsou si i lokality č. 3 a 13. V obou případech se jedná o lesní prameniště helokrenního typu. Blízko k sobě mají i prameniště č. 13 a 14. V obou případech převládá bylinné patro nad patrem mechovým.

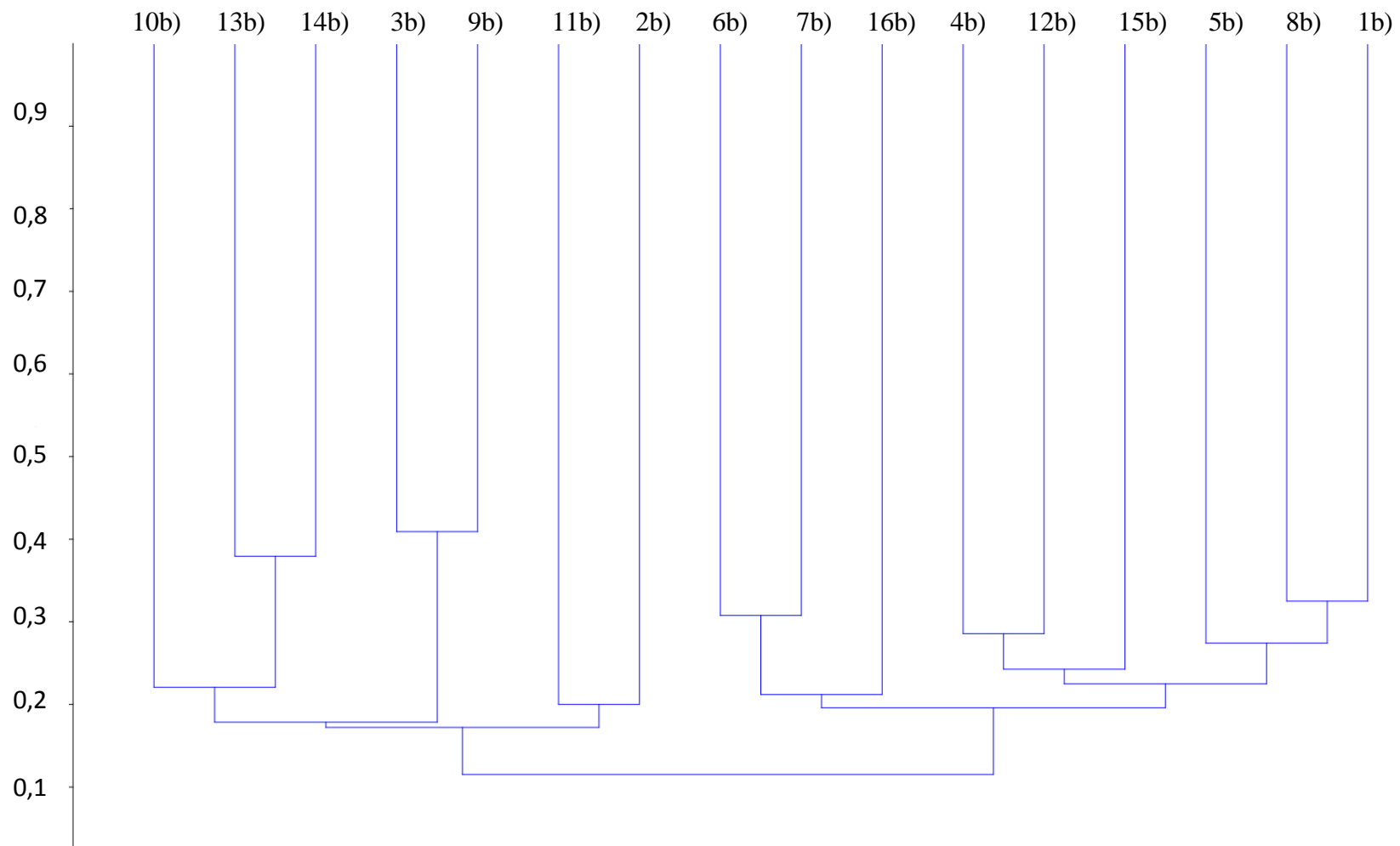
Na následujícím kladogramu jsou snímky pro přehlednost barevně vyznačeny jako v přechozím případě. Modře jsou označeny nejpodobnější snímky (č 9 a č 3) a snímky, co nesdílejí žádný druh, tudíž ty nejodlišnější, jsou vyznačeny fialově (č 2 a 16), žlutě (č 3 a č 15), červeně (č 7 a č 10) a zeleně (č 10 a č 16).

**Tabulka č. 11:** Matice podobnosti jednotlivých fytoecologických snímků z léta 2017 podle Jaccardova indexu

	1b)	2b)	3b)	4b)	5b)	6b)	7b)	8b)	9b)	10b)	11b)	12b)	13b)	14b)	15b)	16b)
1b)	1,00	0,06	0,18	0,19	0,29	0,25	0,19	0,33	0,29	0,08	0,18	0,31	0,16	0,09	0,15	0,16
2b)	0,06	1,00	0,21	0,18	0,05	0,04	0,04	0,03	0,17	0,10	0,20	0,11	0,17	0,18	0,04	0,00
3b)	0,18	0,21	1,00	0,21	0,13	0,07	0,12	0,05	0,41	0,13	0,18	0,18	0,25	0,20	0,00	0,05
4b)	0,19	0,18	0,21	1,00	0,21	0,13	0,28	0,20	0,21	0,07	0,24	0,29	0,18	0,18	0,26	0,19
5b)	0,29	0,05	0,13	0,21	1,00	0,24	0,21	0,26	0,29	0,04	0,10	0,27	0,07	0,06	0,19	0,22
6b)	0,25	0,04	0,07	0,13	0,24	1,00	0,31	0,29	0,16	0,07	0,06	0,23	0,13	0,14	0,20	0,17
7b)	0,19	0,04	0,12	0,28	0,21	0,31	1,00	0,14	0,26	0,00	0,06	0,20	0,10	0,05	0,17	0,25
8b)	0,33	0,03	0,05	0,20	0,26	0,29	0,14	1,00	0,19	0,08	0,10	0,24	0,13	0,17	0,26	0,13
9b)	0,29	0,17	0,41	0,21	0,29	0,16	0,26	0,19	1,00	0,07	0,15	0,31	0,25	0,17	0,09	0,23
10b)	0,08	0,10	0,13	0,07	0,04	0,07	0,00	0,08	0,07	1,00	0,18	0,10	0,20	0,24	0,03	0,00
11b)	0,18	0,20	0,18	0,24	0,10	0,06	0,06	0,10	0,15	0,18	1,00	0,14	0,19	0,19	0,06	0,12
12b)	0,31	0,11	0,18	0,29	0,27	0,23	0,20	0,24	0,31	0,10	0,14	1,00	0,12	0,23	0,23	0,12
13b)	0,16	0,17	0,25	0,18	0,07	0,13	0,10	0,13	0,25	0,20	0,19	0,12	1,00	0,38	0,13	0,08
14b)	0,09	0,18	0,20	0,18	0,06	0,14	0,05	0,17	0,17	0,24	0,19	0,23	0,38	1,00	0,14	0,03
15b)	0,15	0,04	0,00	0,26	0,19	0,20	0,17	0,26	0,09	0,03	0,06	0,23	0,13	0,14	1,00	0,17
16b)	0,16	0,00	0,05	0,19	0,22	0,17	0,25	0,13	0,23	0,00	0,12	0,12	0,08	0,03	0,17	1,00


Maximální hodnota

Minimální hodnota



**Obrázek č. 6:** Kladogram hodnot Jaccardova indexu mezi jednotlivými fytoecnologickými snímky

### 5.3.4 Závislost druhů na gradienty prostředí

Díky unimodální gradientové analýze DCA byla zjištěna délka intervalu kratší než 4, tudíž byla zvolena přímá lineární RDA analýza (Lepš et Šmilauer, 2003).

Jako vysvětlující, proměnné, byly zvoleny: nadmořská výška, sklon svahu, pH vody a teplota vody. Dále byla zvolena kategoriální nezávislá proměnná, a to expozice svahu (S, J, V, Z, SZ, SV). Vysvětlovanou proměnnou je druhové složení. Vysvětlující proměnné jsou nezávislé, kdežto vysvětlované proměnné závislé. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 12.

**Tabulka č. 12:** Výsledky RDA anlyzy

Variabilita	F- ratio	p- hodnota
69,96 %	1,2	0,152

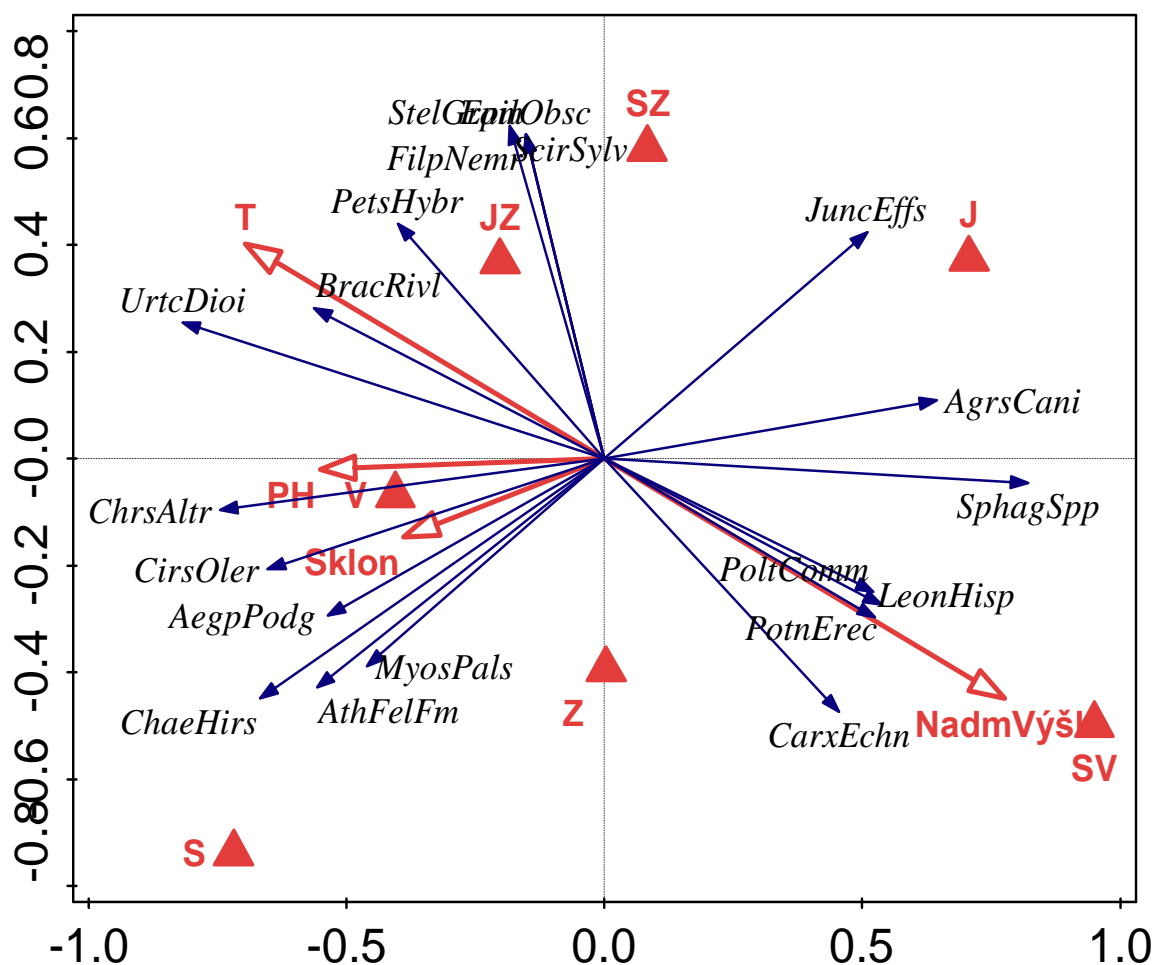
Z výsledků je patrné, že závislost výskytu druhů na gradienty prostředí nedosáhla průkaznosti na 1 % hladině významnosti, i když se jí blížila.

Následující graf (obrázek č. 7) znázorňuje výsledky mnohorozměrné analýzy nepřímo proložených gradientů prostředí a floristických dat.

Osy v grafu vyjadřují různé závislosti. První osa rozděluje druhy podle závislosti na nadmořské výšce a na teplotě vody, které jdou opačným směrem. Mezi druhy, které jsou závislé na nadmořské výšce, patří *Carex echinata*, *Potentilla erecta*, *Polytrichum communa*, *Lontodon hispidus* a *Sphagnum* spp. Tyto druhy se vyskytují až ve vyšších nadmořských výškách. Druhy, které ovlivňuje hlavně teplota vody, jsou *Brachythecium rivulare*, *Petasites hybridus*, *Urtica dioica*, *Filipendula nemorosa*, *Stelaria graminea*, *Epilobium obscurum* a *Scirpis silvestris*. Tyto druhy se vyskytují spíše v nižších nadmořských výškách.

Z rozdělení druhou osou je patrné, že druhy *Juncus effesus* a *Agrostis Canini* nejvíce táhnout směrem k jižní expozici. Naproti tomu stojí druhy *Chrysosplenium alternifolium*, *Cirsium oleraceum*, *Aegopodium podagraria*, *Myosotis Palustre*, *Chaerophilum hirsutum* a *Athrius felix femina*, které tíhnou k východu.

Druhy, které se táhly k SV expozici jsou zároveň ovlivněny i nadmořskou výškou. Druhy, které šli k východu, jsou pravděpodobně ovlivněny pH vody a sklonem svahu a druhy orientované k JZ expozici jsou ovlivněny teplotou vody.



**Obrázek č. 7:** Graf znázorňující závislost jednotlivých druhů rostlin na gradienty prostředí

Vysvětlení zkratk:

AegpPodg – *Aegopodium podagraria*

AgrsCani – *Agrostis canini*

AthFelFm – *Anthriscus felix femina*

BracRivl – *Brachithecium rivulare*

CarxEchn – *Carex echinata*

CirsOler – *Cirsium oleraceum*

EpilObsc – *Epilobium obscurum*

FilpNemr – *Filipendula nemorosa*

ChaeHirs – *Chaerophilum hirsutum*

ChrsAltr – *Chrysosplenium alternifolium*

JuncEffs – *Juncus effesus*

LeonHisp – *Leontodon hispidus*

MyosPals – *Myosotis palustris*

PetsHybs – *Petasites hybridus*

PoltComm – *Polytrichum commune*

PotnErec – *Potentilla erecta*

ScirSylv – *Scirpus sylvestris*

SphagSpp – *Sphagnum spp.*

StelGram – *Stelaria graminea*

UrtcDioi – *Urtica dioica*

## 5.4 Výsledky rozboru vody

Z výsledků analýzy vody, které jsou uvedeny v tabulce č. 13, je na první pohled patrné, že voda odebraná na lokalitě č. 9, obsahuje nejvyšší množství obsahu hořčíku, manganu, sodíku a síry. Voda z této lokality obsahuje i poměrně vysoké množství vápníku. Prameniště se nachází v poměrně dosti podmáčené lesní lokalitě. Na tomto prameništi dominuje bylinné patro s poměrně vysokou pokryvností *Equisetum sylvaticum* a *Myosotis nemorosa*. Celková pokryvnost patra ale není nijak zvlášť vysoká. Bylinné patro obsahuje celkem 5 druhů mechorostů, což je nejvyšší počet mechorostů nacházející se na jedné lokalitě.

Voda ze vzorku č. 5 obsahovala nejvyšší množství vápníku a stroncia ze všech vzorků. Prameniště, ze které voda pochází, je helokrenního typu, tudíž je půda díky vysokému množství lesní opadanky humózního charakteru. Na této lokalitě jednoznačně dominoval porost *Cardamine amara* spp. Voda z této lokality se využívá jako zdroj pitné vody.

Nejvyšší obsah draslíku pocházel ze vzorku vody z lokality č. 14. Zároveň zde byl naměřeno i zcela nejnižší množství hořčíku a stroncia ze všech lokalit.

Nejnižší hodnoty některých prvků, které byly stanoveny, nelze jednoznačně určit, jelikož jsou pod mezí detekce stanovení. Proto byly vyznačeny nejvyšší a nejnižší hodnoty pouze u těch prvků, které se vyskytovaly nad mezí detekovatelnosti.

Zde jsou uvedeny pouze prvky, které se nevyskytovaly pod mezí detekce stanovení. Kompletní výsledky rozboru vody jsou uvedeny v příloze 3.

**Tabulka č. 13:** Výsledky analýzy vody metodou ICP-OES (nejvýznamnější prvky)

Lokalita č.	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	S mg/l	Sr mg/l
1	6,27	2,54	0,768	0,0150	2,77	3,44	0,0124
2	2,11	1,05	0,663	0,0120	1,74	2,77	0,00854
3	2,16	0,779	1,25	0,0125	1,95	2,93	0,0114
4	6,09	2,11	1,55	0,0074	2,50	5,67	0,0124
5	36,8	1,39	3,97	0,0026	1,71	7,85	0,0974
6	6,01	0,850	1,61	0,0050	0,974	4,44	0,0183
7	12,3	0,677	2,57	0,0102	1,61	5,30	0,0271
8	18,1	0,626	1,71	0,0014	0,989	0,626	0,0217
9	15,2	1,64	4,48	0,0563	3,39	8,31	0,0713
10	1,71	1,27	0,788	0,0110	1,77	2,08	0,0151
11	3,25	0,545	1,29	0,0048	1,44	2,63	0,0126
12	2,40	0,504	0,711	0,0042	1,31	1,45	0,00935
13	6,47	1,02	0,733	0,0025	1,31	1,56	0,0125

Lokalita č.	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Na mg/l	S mg/l	Sr mg/l
14	2,81	5,31	0,549	0,0106	1,56	1,60	0,00619
15	18,2	0,513	1,37	0,0029	1,04	1,84	0,0391
16	10,6	1,05	1,98	0,0058	1,48	3,71	0,0389


Maximální hodnota

Minimální hodnota

Tabulka č. 14 nám udává hodnoty dusičnanů, amoniakálního dusíku a celkového obsahu dusíku v analyzovaných vzorkách vody.

Hodnoty dusičnanů jsou v rozmezí od 0,10 – 0,21 mg N/l. Nejnižší hodnotu vykazovalo prameniště č. 6, ve kterém převládá bylinné patro s porosty *Equisetum palustre* a *Scirpus silvestris*. Jedná se sice o lesní prameniště, ale nachází se ve velice světlém a velmi slabě zapojeném porostu. Naopak nejvyšší hodnota náleží prameništi č. 16, které se nachází na velice stinné, hustěji zapojené lokalitě. Na prameništi též dominuje bylinné patro, ale s nižší pokryvností.

Amoniakální dusík se nachází v rozmezí hodnot 0,10 – 0,34 mg N/l. Nejnižší hodnoty dusíku vykazuje prameniště č. 14, kde nepatrně převládá bylinné patro nad mechovým. Prameniště se nachází na slunné luční lokalitě v blízkosti začínajícího lesa. Nejvyšší hodnota vyšla ze vzorku vody ze subalpínského prameniště č. 11, které má bylinné a mechové patro téměř vyrovnané. Lokalita je zastíněnějšího charakteru.

Hodnoty celkového dusíku v mg N/l vyšly v rozmezí od 0,49 – 1,64. Nejnižší hodnota náleží prameništi č. 3 a č. 15. Tato prameniště jsou sice obě lučního typu, ale z hlediska druhového složení se výrazně liší. Na prameništi č. 3 převládá mechové patro a na prameništi č. 15 patro bylinné. Nejvyšší hodnotu celkového dusíku vykazovalo prameniště č. 16, které je, jak již bylo zmíněno, lesní a zastíněné.

**Tabulka č. 14:** Výsledky hodnot N z kontinuálního průtokového analyzátoru

Lokalita	Dusičnany mg N/l	Amoniakální N mg N/l	Celkový N mg N/l
1	0,67	0,22	1,19
2	0,38	0,15	0,94
3	0,30	0,04	0,49
4	0,54	0,29	1,20

Lokalita	Dusičnany mg N/l	Amoniakální N mg N/l	Celkový N mg N/l
5	0,24	0,17	0,92
6	0,10	0,26	0,52
7	0,44	0,16	0,80
8	0,39	0,13	0,76
9	0,92	0,15	1,49
10	0,38	0,13	1,37
11	0,51	0,34	1,04
12	0,41	0,25	0,85
13	0,39	0,14	0,89
14	0,29	0,10	0,58
15	0,18	0,19	0,49
16	1,28	0,12	1,64

	Maximální hodnota
	Minimální hodnota

#### 5.4.1 Závislost druhů na koncentraci prvků

Pomocí gradientové DCA analýzy byla opět zjištěna délka osy kratší než 4, tudíž byla zvolena opět lineární RDA analýza.

Jako vysvětlující proměnné byly zvoleny koncentrace prvků Mn, S, Mg, Sr, Ca, Na a K. Vysvětlovanými proměnnými jsou opět rostlinné druhy. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 15.

**Tabulka č. 15:** Výsledky RDA analýzy

Variabilita	F- ratio	p- hodnota
47,87 %	1,0	0,392

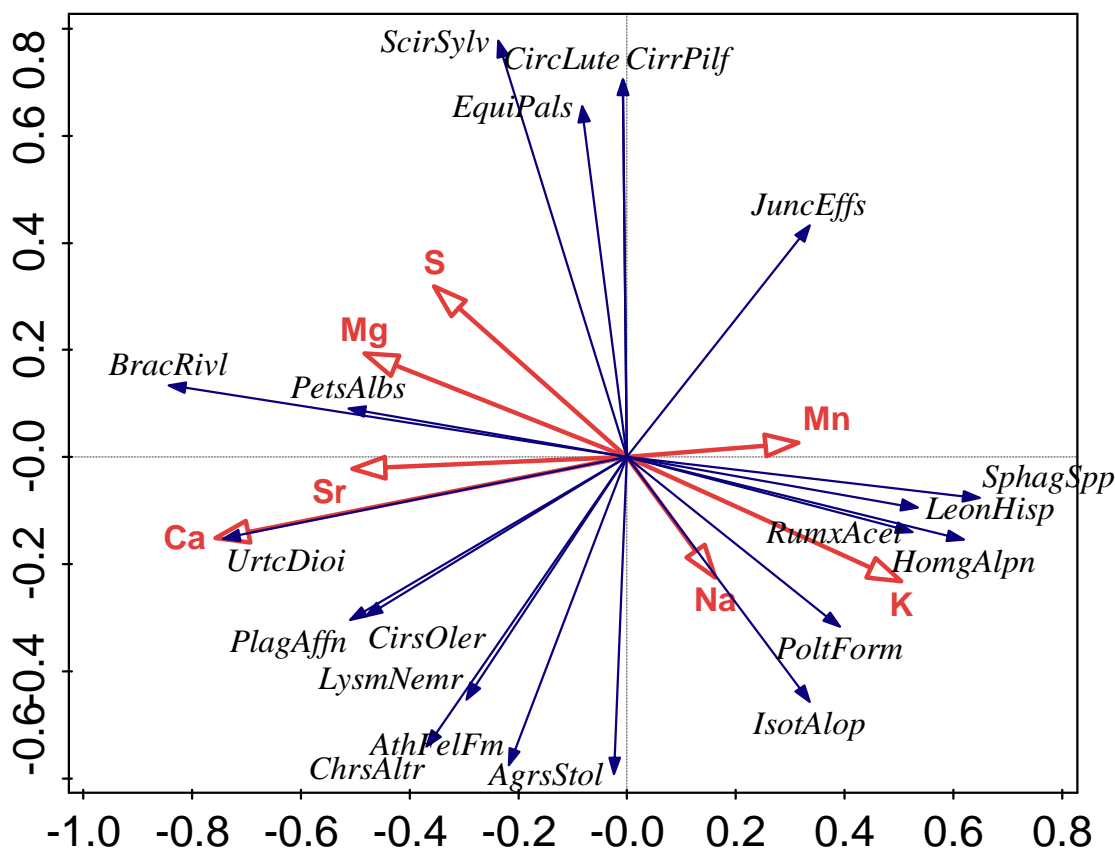
Z grafu (obrázek č. 8) lze vyčíst závislost rostlinných druhů ke koncentracím jednotlivých prvků. Lze například vidět, že se rostliny rozdělily do dvou skupin. Ty, které se vyskytují převážně ve vyšších nadmořských výškách, jako je například *Leontodon hispidus*, *Homogyne alpina*, *Rumex acetosa* nebo *Sphagnum* spp, jdou společně za koncentracemi draslíku. Mechy *Polytrichum commune* a *Isoetes alopecuroides* zase tíhnou ke koncentracím sodíku.

Druhy *Urtica dioica*, *Plagomnium affine*, *Cirsium oleraceum*, *Lysimachia nemorum*, a *Chrysosplenium alternifolium*, se nejčastěji nachází v nižších polohách a tíhnou spíše ke koncentracím vápníku. Druhy *Scirpus sylvaticus*, *Equisetum palustre* *Cirriphyllum piliferum* a



*Circaea lutetiana* jsou druhy vyskytující se převážně v na zastíněných lokalitách a jdou spolu s *Juncus Effesus* úplně opačným směrem.

Ke koncentracím hořčičku nejvíce tíhnou druhy *Petasites albus* a *Brachythecium rivulare*



**Obrázek č 8:** Graf znázorňující závislost jednotlivých druhů rostlin na koncentraci prvků

Vysvětlení zkratk:

AgrsStol – *Agrostis stolonifera*

AthFelFm – *Athyrium felix femmina*

CircLute – *Circaea lutetiana*

CirrPilf – *Cirriphyllum piliferum*

CirsOler – *Cirsium oleraceum*

EquiPals – *Equisetum palustre*

HomgAlpn – *Homogyne alpina*

ChrsAltr – *Chrysosplenium alternifolium*

IsotAlop – *Isothecium alopecuroides*

JuncEffs – *Juncus effesus*

LeonHisp – *Leontodon hispidus*

LysmNemr – *Lysimachia nemorum*

PlagAffn – *Plagonium affine*

PoltForm – *Polytrichum formosum*

RumxAcet – *Rumex acetosa*

ScirSylv – *Scirpus silvaticus*

SphagSpp – *Sphagnum spp*

UrtcDioi – *Urtica dioica*

## 5.5 Vztahy mezi gradienty prostředí

V programu STATISTICA byla pomocí Spearmanova korelačního koeficientu zjištěna závislost jednotlivých gradientů prostředí.

Z výsledků, které jsou v zobrazeny v následující matici (tabulka č. 16) je patrné, že teplota prokazatelně negativně koreluje s nadmořskou výškou a zároveň pozitivně koreluje s hodnotou pH. Hodnota pH také negativně koreluje s nadmořskou výškou. Nejsilnější závislost je tedy mezi nadmořskou výškou a teplotou.

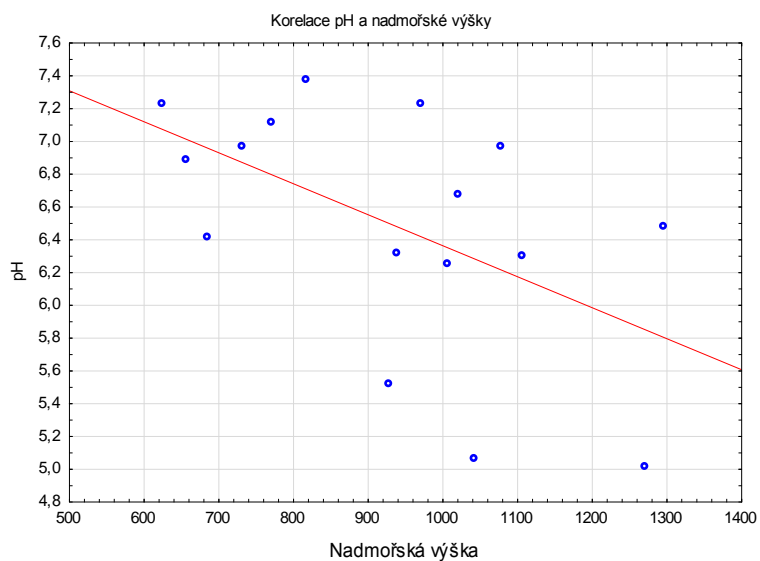
**Tabulka č. 16:** Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu pro jednotlivé faktory prostředí ( $p < 0,05$ )

	Nadmořská v.	pH	Teplota	Sklon
Nadmořská výška	1	-0,496319	-0,752216	-0,177238
pH	-0,496319	1	0,502955	-0,099853
Teplota	-0,752216	0,502955	1	-0,156296
Sklon	-0,177238	-0,099853	-0,156296	1

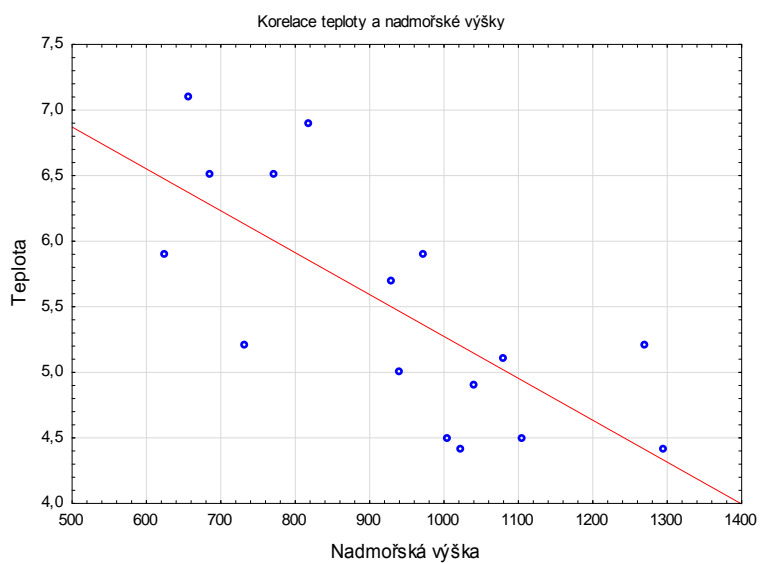

Maximální hodnota

Minimální hodnota

Pro znázornění byly vytvořeny ve stejném programu bodové grafy lineární regrese (obrázek č. 9 a 10). Z grafů lze soudit, že se stoupající nadmořskou výškou, klesá hodnota pH i teplota vody. Obě tvrzení dosáhly průkaznosti na 1 % hladině významnosti.

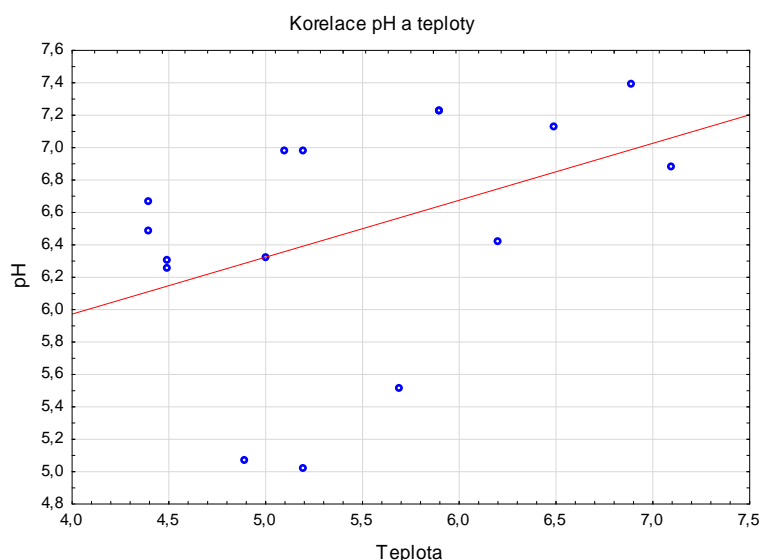


**Obrázek č. 9:** Bodový graf korelace pH a nadmořské výšky ( $r = -0,5269$ ,  $p = 0,0360$ )



**Obrázek č. 10:** Bodový graf korelace teploty a nadmořské výšky ( $r = -0,7168$ ,  $p = 0,0018$ )

Na následujícím obrázku (č. 11) je znázorněna pozitivní korelace mezi pH a teplotou vody. Se stoupající teplotou vody, se hodnota pH zvyšuje, ale nedosáhla průkaznosti na 1 % hladině významnosti.



**Obrázek č. 11:** Bodový graf korelace pH a teploty ( $r= 0,4205$ ,  $p= 0,1048$ )

### 5.5.1 Závislost druhové diverzity na gradientech prostředí

V programu STATISTICA byl opět spočítán Spearmanův korelační koeficient za použití různých gradientů prostředí. Bylo počítáno s nadmořskou výškou, teplotou, pH, hlavními živinami N, K, Ca a Mg, počtem druhů a Shannon – Wienerovým indexem diverzity.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 17. Z výsledků je samozřejmé patrné, že s indexem diverzity nejlépe přímo koreluje počet druhů. Dále s indexem diverzity pozitivně koreluje i hodnota pH a koncentrace Ca. Negativně s indexem korelují koncentrace N. Korelační koeficient mezi indexem a nadmořskou výškou, hodnotou K a Mg se blíží 0, tudíž nelze ve statistice vztah vyjádřit lineární funkcí.

Dále byla zjištěna nepřímá korelace mezi již zmiňovanou nadmořskou výškou a teplotou, koncentracemi Ca a Mg. Znamená to, že čím bude nadmořská výška vyšší, tím se bude teplota a koncentrace Ca a Mg snižovat. Nepřímá korelace byla nalezena u nadmořské výšky a hodnoty pH. Dále je pozitivní korelace mezi hodnotami pH a koncentracemi Ca a teplotou. Naopak negativní korelace je mezi hodnotou pH a koncentracemi N.

Velmi vysoká přímá korelace byla dále nalezena mezi koncentracemi Ca a Mg. Znamená to, že čím bude jedna hodnota vyšší. Tím se zvýší i hodnota druhá.

**Tabulka č. 17:** Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu mezi jednotlivými gradienty prostředí ( $p = < 0,05$ )

	N.V. <sup>1</sup>	pH	T <sup>2</sup>	K	Ca	Mg	N	Shann <sup>3</sup>	Druhy <sup>4</sup>
N.V. <sup>1</sup>	1,000	-0,496	-0,756	-0,174	-0,615	-0,588	-0,029	-0,084	-0,073
pH	-0,496	1,000	0,494	-0,214	0,445	0,191	-0,474	0,272	0,406
T <sup>2</sup>	-0,756	0,494	1,000	0,047	0,648	0,611	-0,109	0,059	0,073
K	-0,174	-0,214	0,047	1,000	-0,068	-0,059	0,471	-0,181	-0,085
Ca	-0,615	0,445	0,648	-0,068	1,000	0,718	-0,050	0,278	0,135
Mg	-0,588	0,191	0,611	-0,059	0,718	1,000	0,194	-0,078	-0,237
N	-0,029	-0,474	-0,109	0,471	-0,050	0,194	1,000	-0,350	-0,274
Shann <sup>3</sup>	-0,084	0,272	0,059	-0,181	0,278	-0,078	-0,350	1,000	0,847
Druhy <sup>4</sup>	-0,073	0,406	0,073	-0,085	0,135	-0,237	-0,274	0,847	1,000


Maximální hodnota

Minimální hodnota

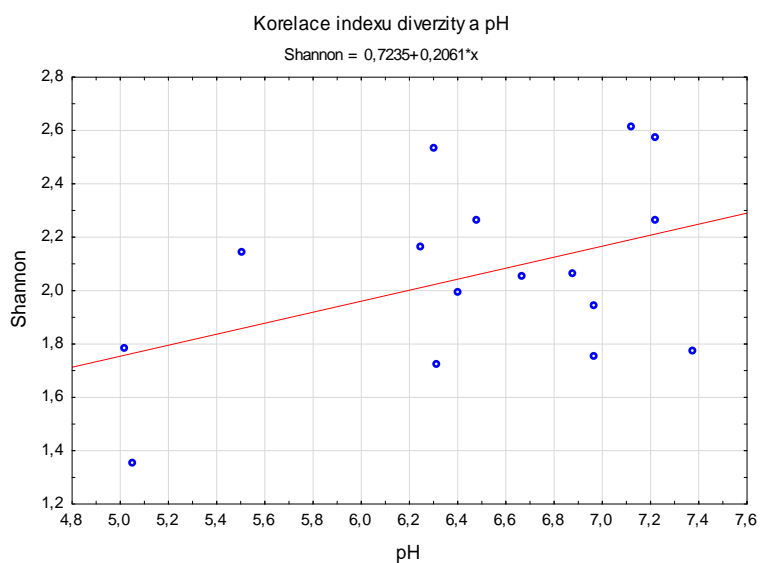
<sup>1</sup> Nadmořská výška

<sup>2</sup> Teplota

<sup>3</sup> Shannon – Wienerův index diverzity

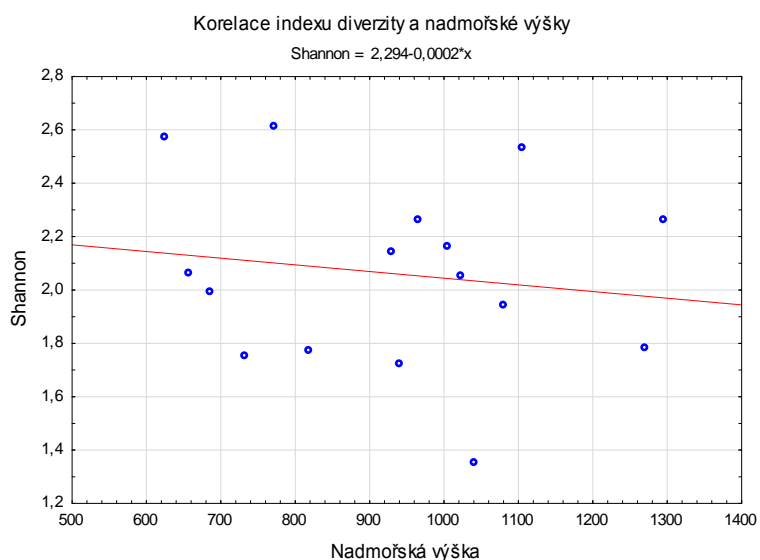
<sup>4</sup> Počet druhů

Na následujícím grafu (obrázek č 12) lze názorně vidět, že se stoupajícím pH se zvyšuje i index diverzity na prameništích, tudíž nelze říct, že by se vytvářela monodominantní společenstva. Lze dokonce říci, že se stoupající hodnotou pH, roste druhová diverzita pramenišť, jelikož toto tvrzení dosáhlo statistické průkaznosti.



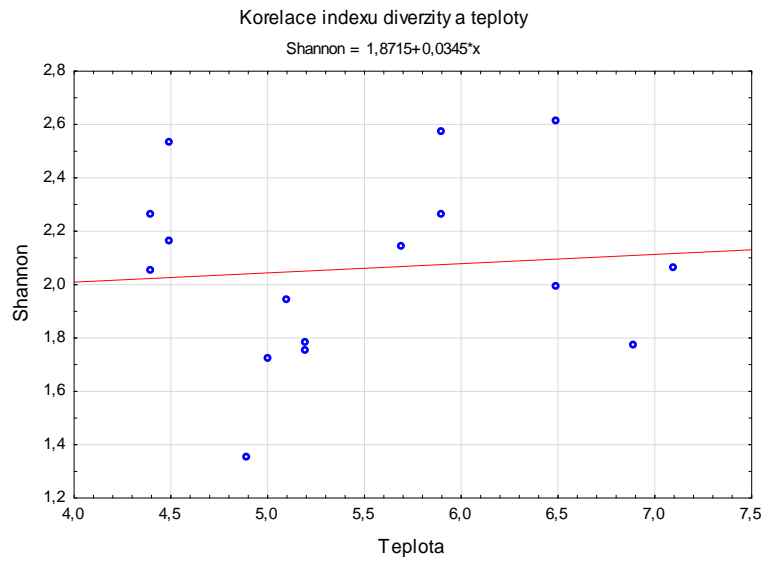
**Obrázek č. 12:** Bodový graf korelace indexu diverzity a pH ( $r = 0,4899$ ,  $p = 0,0497$ )

Z výsledků vyplývá, že závislost Shannon – Wienerova indexu diverzity na nadmořské výšce nedosáhla průkaznosti na 1 % hladině významnosti. Sice byla nalezena jistá závislost, ale nemůžeme statisticky potvrdit, že se stoupající nadmořskou výškou, klesá druhová bohatost pramenišť (viz obrázek č. 13).



**Obrázek č. 13:** Bodový graf korelace indexu diverzity a nadmořské výšky ( $t = -0,7620$ ,  $p = 0,4587$ )

Z výsledků následujícího grafu (obrázek č. 14) vyplývá, že teplota vody nedosáhla průkaznosti na 1 % hladině významnosti, a tudíž nemá na druhovou diverzitu vliv.



**Obrázek č. 14:** Korelace indexu diverzity a teploty ( $r= 0,0905$ ,  $p= 0,7388$ )

## 6 Diskuze

Tato diplomová práce volně navazuje na práci bakalářskou, která nese název Floristický průzkum pramenišť východní části Krkonoš. Na toto téma byl následně zpracován článek do vědecké publikace *Applied ecology and environmental research* (viz příloha 10). Některé lokality (mokvavá skála, prameniště Rennerova potoku, Vebrova potoku, Maxova potoku a Suchého potoku) byly navštíveny znovu. Ve floristickém průzkumu těchto lokalit se vyskytují nepatrné odchylky ve vegetačním složení, zejména v početnosti, ale to může být dáno změnou velikosti plochy nebo odlišným termínem průzkumu.

Z hlediska nalezeného počtu nalezených druhů na tom byly nejlépe ty lokality, které se vyskytovaly na místech s dostatkem světla a kde mechové patro nepřevládalo nad patrem bylinným. Jedná se zejména o prameniště č. 1 (mokvavá skála), č. 8 (Malé Labe), č. 12 (Bystrý potok) a č. 13 (Rennerův potok). Nejméně druhů se naopak vyskytovalo na stinných místech v prostorech lesu. Patří mezi ně prameniště č. 2 a č. 3, což jsou jedny z mnoha pramenišť Malé Úpy. Prameniště č. 2 se sice nachází na okraji osluněné louky, ale dominuje zde silně mechové patro.

V současnosti je tato práce na území Krkonošského národního parku jediná svého druhu. Poslední práci na toto téma na tomto území byla diplomová práce pana Harčarika z roku 1991, který se zabýval lesními prameništi montánního stupně západních Krkonoš (povodí Mumlavy) (Harčarik, 1991). Všechna navštívená prameniště, kromě těch, která byla zájmem i bakalářské práce, doposud nebyla monitorována, tudíž výsledky konfrontovat s literárními prameny. Porovnání je možné pouze z hlediska tématu týkajícího se faktorů, která ovlivňují druhovou diverzitu pramenišť.

V minulosti našli Hájek et al. (2002) na prameništích silnou korelaci mezi gradientem pH a koncentracemi vápníku a hořčíku a negativní korelací mezi tímto gradientem a hlavními živinami (N, P, K). A tvrdí, že je nejdůležitějším faktorem ovlivňující druhovou bohatost pramenišť hodnota pH, a koncentrace vápníku a hořčíku. Podle Harčarika (1991) ale obsah vápníku a hořčíku není určující pro hodnotu pH kvůli tomu, že se v horských vodách kombinuje vliv rozpuštěných organických látek s vlivem rozpuštěných vápenatých a hořečnatých kationtů. Výsledky této práce potvrdily, že hodnota pH má na druhovou bohatost pramenišť statisticky průkazný vliv a to, že se stoupající hodnotou pH stoupá i druhová bohatost pramenišť. Znamená to tedy, že je druhová bohatost ovlivňována zejména vlastnostmi pramenící vody. Dále považují Hájek et al. (2002) za důležitou i vodivost, ta ale nebyla v této práci měřena, tudíž nelze potvrdit ani vyvrátit. Za limitující považují i nadmořskou výšku a zeměpisnou polohu, jelikož se lokality



bohaté na vápník, hořčík a  $\text{SO}_4^{2-}$ , nacházejí na jihozápadě a v nízkých nadmořských výškách, a lokality bohaté na minerály se nachází v severních oblastech ve vyšších nadmořských výškách. Hypotéza této práce, která tvrdí, že se stoupající nadmořskou výškou klesá druhová bohatost pramenišť, sice nedosáhla statistické průkaznosti, ale jistá nepřímá závislost zjištěna byla. S nejvyšší pravděpodobností je to dáno nedostatečným množstvím reprezentativních vzorků pramenišť.

Vliv chemických faktorů a množství nadzemní biomasy na druhovou bohatost cévnatých druhů rostlin a mechorostů na prameništích zkoumali i Hájková et Hájek (2003). Autoři též zastávají názor, že hlavním faktorem, který ovlivňuje druhovou bohatost cévnatých rostlin, je též chemismus vody, který sytí prameniště. Za nejvýznamnější faktor považují též hodnotu pH, elektrickou vodivost vody a také organický podíl v půdě. Druhová bohatost cévnatých rostlin podle nich koreluje i s koncentracemi Ca a Mg ve vodě. Toto tvrzení ovšem nemohu potvrdit, jelikož Spearmanova korelace našla pouze minimální přímou korelaci mezi druhovou bohatostí a koncentracemi Ca ve vodě a malou nepřímou korelaci mezi druhovou bohatostí a koncentracemi Mg. Vysoká pozitivní korelace byla nalezena mezi počtem druhů a koncentracemi P ve vodě. Hájková et Hájek (2003) tedy tvrdí, že nejbohatší na cévnaté rostliny jsou prameniště bazického charakteru, jako jsou například pěnovcová prameniště a vápnitá slatiniště a naopak nejchudšími prameništi jsou ta oligotrofní. Dále zjistili, že nejvyšší početnost mechorostů se vyskytuje na neutrálních stanovištích s pH 6–7. Podle jejich výsledků je pro výskyt bryofytů na menších prameništích důležitá i celková koncentrace rozpuštěného železa ve vodě. Podle nich je pro nejpresnější výsledky velice důležité dbát na srovnávání přibližně stejně velikých ploch.

Podobný názor zastávají i Sekulová et al. (2011), kteří zjistili, že druhové složení cévnatých rostlin určuje především pH a chemismus vody a variabilitu druhového složení rašelinišť určuje zejména nadmořská výška a geomorfologické podmínky. Například druhová bohatost pramenišť třídy *Montio-Cardaminetea* byla více ovlivňována minerální bohatostí vody než pH a v případě mechorostů rovněž sklonem svahu.

Podle Harčarika (1991) je teplota vody faktorem, který spolu s hodnotou pH určuje existenci prameništní vegetace. V této práci byla zjištěna pozitivní korelace mezi hodnotou pH a teplotou vody, avšak nebyla zjištěna žádná statistická průkaznost, že by teplota vody nějak ovlivňovala druhovou bohatost. Teplota vody byla poměrně stálá a nízká.

## 6.1 Nitrofilní druhy

Na některých lokalitách byly nalezeny některé nitrofilní druhy, jako například *Rumex alpinus* (viz obrázek č. 14) nebo *Urtica dioica*. Podle Slavíkové (1986) se tyto druhy nazývají nitrofyty a rostou převážně tam, kde probíhá nitrifikace a kde je v půdě stále dostatečné množství dusíku přístupné rostlině. V Krkonošském národním parku se tyto druhy vyskytují převážně tam, kde byli kdysi salaše. Podle Pignatti et al. (2013) se nitrofilní druhy s převahou *Rumex alpinus* vyskytují nejčastěji kolem horských chat, kde vznikají v důsledku hromadění organických látek z dobytčích exkrementů. Též podle Chytrého et al. (2009) se v horských oblastech tyto porosty objevili zejména důsledkem jeho cíleného pěstování spojeného s pastvou a chovem dobytka a následného zplanění.

V současné době nevznikají výhradně důsledkem pastvy, ale v souvislosti s celkovou eutrofizací krajiny. *Rumex alpinus* a *Urtica dioica* jsou širokolisté byliny, které zarůstají právě stanoviště pod horskými boudami, které jsou eutrofizovány silnějšími splachy. Citlivějšími druhy na přítomnost amoniaku a dusíku jsou například *Oxalis acetosella*, *Potentilla erecta*, *Galium odoratum* nebo mech *Polytrichum commune*, jejichž druhová bohatost se zvyšuje se vzdáleností od budov a s dobytkem (Pitcairn et al., 2003).



**Obrázek č. 14:** Prameniště Bystrého potoku s dominantním výskytem nitrofilního druhu *Rumex alpinus* (fotografováno dne 12. 8. 2018)

## 6.2 Ohrožení a management

Stejně jako u každé strategie managementu, je jasná definice cílů, týkající se prameniště, předchůdce efektivního zachování, ochrany, popřípadě obnovy (Barquin et Scarsbrook, 2007).

Management (kosení, resp. nekosení), je dalším faktorem, který má vliv především na druhovou bohatost společenstev bazických prameniště. Není-li biomasa odstraňována kosením, dochází k jejímu hromadění ve formě stařiny. Ta potom prokazatelně snižuje druhovou bohatost cévnatých rostlin. Mechorosty reagují na zvýšené množství stařiny pomaleji, zpočátku pouze výrazným snížením jejich biomasy (Hájek et Hájková, 2003). Dříve byly například luční mokřady a prameniště, které v současnosti trpí díky nešetrnému způsobu hospodaření nejvíce, nejčastěji sekány kosou a sloužily jako louky stelivové. Takový způsob hospodaření udržoval nelesní charakter těchto biotopů a vytvořil vhodné podmínky pro růst a rozšiřování spousty druhů mokřadních rostlin. Některé z nich se řadí mezi vzácné a ohrožené druhy květeny České republiky (Bufková, 2003).

Z hlediska managementu se rozlišují 2 typy těchto biotopů.

- 1) **Přírozené biotopy** – lesní prameniště s tvorbou i bez tvorby pěnovce, subalpínská prameniště (dále vrchovitě a některá přechodová rašeliniště)

Mezi přírozené biotopy studovaných lokalit lze zařadit subalpínská prameniště č. 10 (Arnoldova strouha) a č. 11 (Klínový potok).

Mezi přírozené biotopy lesních prameniště bez tvorby pěnovců lze zařadit lokality č. 1 (Mokvavá skála), 3 (Malá Úpa b)), 5 (Lysečinský potok b)), 6 (Alběřický potok a)), 9 (Luisina voda), 13 (Rennerův potok) a 16 (Suchý potok).

Subalpínská prameniště nejvíce ohrožuje pokles vydatnosti pramene, eutrofizace, mechanické narušení zapříčiněné pastvou, pohyb turistů, pojezd těžké techniky a zvěře a v neposlední řadě zalesňování okolí. Prameniště by měla být nejlépe ponechána samovolnému a přírodnímu vývoji. Pokud by bylo potřeba, je možné využít jednorázové zásahy, jejichž zaměření by se týkalo zejména odstranění náletových dřevin nebo expanzivního šťovíku alpského (Bufková et Hájek, 2004).

Lesní prameniště jsou obecně nejvíce ohrožena projížděním těžké lesnické techniky, sváděním vody do druhotné hydrologické sítě nebo vysazování smrkových monokultur. Tyto biotopy by měly zůstat též bez ponechány přírodnímu vývoji a je žádoucí, aby bylo přizpůsobeno i hospodaření v lesním okolí. Je totiž nutné, aby na prameništích byla zachována druhová skladba porostu, která odpovídá danému typu stanoviště (Bufková et Hájek, 2004).

2) **Polopřirozené biotopy** – nelesní prameniště s tvorbou i bez tvorby pěnovce (dále vápnnitá i nevápnnitá mechová slatiniště, některá přechodová rašeliniště)

Mezi polopřirozené biotopy lze zařadit luční prameniště bez tvorby pěnovců lokalit č. 2 (Malá Úpa a)), 4 (Lysečinský potok a)), 8 (Malé Labe), 14 (Veberův potok) a 15 (Maxův potok).

Existence polopřirozených biotopů je podmíněna zejména činností člověka. Činností člověka je myšleno například odlesňování a následné tradiční hospodaření na těchto místech v minulosti. Tyto typy biotopů si žádají většinou trvalý extenzivní typ managementu, který má za úkol nahradit tradiční zemědělské postupy. Jelikož jsou tato prameniště poměrně dobře sycena podzemní vodou, jsou nejvíce ohrožena odvodněním, poklesem vydatnosti pramenů a celkovou eutrofizací prostředí. Může u nich dojít k mechanickému narušení zapříčiněným intenzivní pastvou nebo pojezdem hospodářskou technikou (Bufková, 2004).

V ideální případě by měla tato prameniště být buď úplně bez zásahu nebo s využitím seče kosou či křovinořezem a následným odklizením zelené píce (v červenci až srpnu) nebo s odstraňováním náletových dřevin pomocí pily či křovinořezu (od 2. poloviny září do konce přezna). Jako vhodný interval se jeví management 1 x za 2-3 roky nebo 1 x za 3-10 let (Bufková, 2004).

### 6.3 Možné nedostatky

Hájek et Hekera (2004) hodnotili sezónní variabilitu chemismu vody na prameništích a tvrdí, že pokud jsou k dispozici pouze jednorázově naměřené hodnoty, může variabilita těchto hodnot výrazně ovlivnit výsledky o vztahu vegetace a chemismu vody.

Půdní pH se mění podle roku (zejména podle ročního rozdělení srážek). Pro charakteristiku rostlinného stanoviště je proto nutné měřit pH v průběhu celého roku a pokud možno v celém půdním profilu (anebo alespoň v nejhustěji prokořeněné půdní vrstvě (Larcher 1988). Hájek et al. (2002) poukazují i na možnou chybu týkající se měření pH – pokud se prameniště studovala samostatně a ne najednou, pH nemusí být vždy korelováno s vodivostí a koncentracemi vápníku.

Podle Hájkové et al. (2004) je také při hledání korelací mezi druhovou bohatostí a faktory prostředí velice důležité dbát na měřítko a časový odstup. Každý druh se totiž může chovat jinak na malé a jinak na velké ploše.

## 7 Závěr

- Na prameništích bylo nalezeno celkem 74 taxonů rostlinných druhů, z čehož náleželo 69 druhů k cévnatým rostlinám a 15 druhů k mechorostům.
- 11 taxonů bylo posouzeno jako ohrožené podle Červeného seznamu cévnatých rostlin a 0 jich bylo posouzeno a podle Seznamu a červeného seznamu mechorostů.
- Nejvyšší diverzitu vykazovala prameniště č. 8 (Malé Labe) a č. 1 (Mokvavá skála), která se nacházela v nižších nadmořských výškách. Na obou prameništích výrazně převládá bylinné patro nad mechovým.
- Nejnižší druhovou diverzitu vykazovalo naopak prameniště č. 2 (Malá Úpa), kde převládalo mechové patro s dominantním *Sphagnum* spp.
- K porovnání lokalit z hlediska jejich podobnosti bylo využito program PAST 3.11, ke zjištění korelace mezi jednotlivými druhy a faktory prostředí byla využita RDA analýza pomocí programu CANOCO 5 a ke zjištění závislosti mezi jednotlivými faktory a druhovou diverzitou programu STATISTICA 12.
- Mezi nadmořskou výškou s indexem diverzity nebyla zjištěna statistická průkaznost, tudíž lze hypotézu vyvrátit.
- Hypotéza, že teplota vody nemá na druhovou bohatost pramenišť vliv, dosáhla 1 % hladiny průkaznosti a byla statisticky potvrzena.
- Jelikož se ve vzorcích nevyskytovaly žádné extrémní hodnoty pH, nelze hypotézu, že extrémní hodnota pH vytváří monodominantní porosty pramenišť potvrdit, ani vyvrátit. Naopak bylo zjištěno, že hodnota pH dosáhla statistické průkaznosti a lze tvrdit, že se stoupající hodnotou pH stoupá i druhová diverzita pramenišť.
- Nejsilnější závislost byla nalezena mezi teplotou a pH vody.
- Dále byla zjištěna nepřímá závislost mezi faktory nadmořská výška a pH vody, nadmořská výška a teplota vody a mezi nadmořskou výškou a koncentracemi Ca a Mg.
- Byla vypracována mimo jiné i literární rešerše týkající se managementu a ochrany pramenišť, podle které lze hypotézu, že management zvyšuje druhovou diverzitu na prameništi, potvrdit.
- Na základě výsledků došlo k porovnání s jinými pracemi, které se týkají závislosti faktorů a druhové diverzity pramenišť.
- K doplnění literární rešerše byly vytvořeny mapy v programu ArcGis.
- Práce by měla být hodnotná pro budoucí práce hodnotící druhovou diverzitu pramenišť.

## 8 Seznam literatury

Audorff, V., Kapfer, J., Beierkuhnlein, C. 2011. The role of hydrological and spatial factors for the vegetation of Central European springs. *Journal of Limnology*. 70 (1). 9-22.

Barquin, J., Death. 2011. Downstream changes in spring-fed stream invertebrate communities: the effect of increased temperature range?. *Journal of Limnology*. 70 (1). 134-146.

Barquín, J., Scarsbrook, M. 2008. Management and conservation strategies for coldwater springs. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 18 (5). 580-591.

Barry, R. G. 2008. Mountain weather and climate. Cambridge University Press, 3rd, USA. ISBN: 978-0-511-41367-4.

Braun-Blanquet., J. 1951. *Pflanzensoziologie-Grundzüge der Vegetationskunde*. 2. Springer-Verlag. Wien. p 631.

Bottazzi, E., Bruno, M. C., Pieri, V., Di Sabatino, A., Silveri, L., Carolli, M., Rossetti, G. 2011. Spatial and seasonal distribution of invertebrates in Northern Apennine rheocene springs. *Journal of Limnology*. 70 (1). 77-92.

Bruun, H. H., Moen, J., Virtanen, R., Grytnes, J. A., Oksanen, L., Angerbjörn, A. 2006. Effects of altitude and topography on species richness of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine communities. *Journal of Vegetation Science*. 17 (1). 37-46.

Bufková, I. 2004. Prameniště a rašeliniště. In: Háková, A., Klaudivová, A., Sádlo, J. (eds.). *Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000*. Planeta. 12 (8). 58-69.

Bufková, I., Hájek, M. 2004. Lesní pěnovcová prameniště a lesní prameniště bez tvorby pěnovců. In: Háková, A., Klaudivová, A., Sádlo, J. (eds.). *Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000*. Planeta. 12 (8). 62.

Cantonati, M., Gerecke, R., & Bertuzzi, E. 2006. Springs of the Alps—sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia*. 562 (1). 59-96.

Čarni, A., Matevski, V. 2010. Vegetation along mountain streams in the southern part of the Republic of Macedonia. *Braun-Blanquetia*. 46. 157-170.

Danihelka, J., Chrtek, J. Jr., Kaplan, Z. 2012. Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*. 84 (3). 647–811.

Davis, J. A., Kerezszy, A., Nicol, S. 2017. Springs: conserving perennial water is critical in arid landscapes. *Biological Conservation*. 211. 30-35.

Diekmann, M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology—a review. *Basic and applied ecology*. 4 (6). 493-506.

Drahný, R. 2007. Krkonošský národní park. *Ochrana přírody*. 62 (2). 2-5.

Fajmonová, E. 1991. Fytocenózy zväzu *Cardaminion amarae* Maas 1959 v Javorníkoch. *Biológia*. Bratislava. (46) 57-61.

Fischer, J. 1996. Kaltstenothermie—einzigiger Schlüssel zum Verständnis der Krenobionten. *Crunoecia*. 5. 91-96.

Glazier, D., S. Springs. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. [online]. Elsevier. USA. 12-November. 2014. [cit 18-02-02]. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/270686957\\_Springs](https://www.researchgate.net/publication/270686957_Springs)>.

Grulich, V. 2012. Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. *Preslia*. 84 (3). 631–645.

Grytnes, J. A. 2003. Species-richness patterns of vascular plants along seven altitudinal transects in Norway. *Ecography*. 26 (3). 291-300.

Grytnes, J. A., Vetaas, O. R. 2002. Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *The American Naturalist*. 159 (3). 294-304.

Hackett, O. M. 1966. Ground-Water Research in United States. Geological survey circular 527. Washington. 8 p.

Hadač, E., Váňa, J. 1971. Plant Communities of Sprig in the Krkonoše Mountains. *Opera Corcontica* 7–8. 99–114.

Hájek, M. 2010. Prameniště. In: Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V., Lustyk, P. (eds). *Katalog biotopů České republiky*. 2. vyd. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 82-94. ISBN 978-80-87457-02-3.

Hájek, M., Hekera, P., Hájková, P. 2002. Spring fen vegetation and water chemistry in the Western Carpathian flysch zone. *Folia Geobotanica*. 37 (2). 205-224.

Hájek, M., Hekera, P. 2004. Can seasonal variation in fen water chemistry influence the reliability of vegetation-environment analyses?. *Preslia*. Praha. 76. 1-14.

Hájková, P., Hájek, M. 2003. Species richness and above-ground biomass of poor and calcareous spring fens in the flysch West Carpathians, and their relationships to water and soil chemistry. *Preslia*. 75 (3). 271-287.

Hájková, P., Hájek, M. 2011. Vegetace pramenišť. In: Chytrý, M. (ed). *Vegetace České republiky 3: Vodní a mokřadní vegetace*. Nakladatelství Academia. Praha. 580–613. ISBN: 978-80-200-1918-9.

Hájková, P., Wolf, P., Hájek, M. 2004. Environmental factors and Carpathian spring fen vegetation: the importance of scale and temporal variation. In *Annales Botanici Fennici*. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. 249-262.



- Halda, J., Kučera, J., Koval, Š. (2016). Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1. Správa KRNAP. Vrchlabí. 440 s. ISBN: 978-80-7535-027-5.
- Harčarik, J. 1991. Nástin vegetace lesních pramenišť západní části Krkonoš – povodí Mumlavy. Diplomová práce. Universita Karlova. Přírodovědecká fakulta. Praha. 64 s.
- Hejny S. Slavík B. 1997. Květena ČR 1. 2. vydání. Academia. Praha. 557 s. ISBN: 80-200-0643-5.
- Herben, T., Münzbergová, Z. Zpracování geobotanických dat v příkladech: Část I. Data o druhovém složení [online]. Praha. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Duben. 2003. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z <[ftp://botany.natur.cuni.cz/skripta/zpracovani\\_geobot\\_dat/multivar.pdf](ftp://botany.natur.cuni.cz/skripta/zpracovani_geobot_dat/multivar.pdf)>.
- Hynie, O. 1961. Hydrogeologie ČSSR: Prosté vody. ČSAV. Praha. 526 s.
- Chaloupský, J. 1989. Geologie Krkonoš a Jizerských hor. Ústřední ústav geologický v Akademii. Praha. 288 s.
- Chytrý, M. 2009. Vegetace České republiky 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. Academia. Praha. 524 s. ISBN: 9788020017697.
- Chytrý, M., Tichý, L. 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Biologia* (108). Masaryk University. Brno. 40-185. ISBN: 80-210-3221-9.
- Jeník, J. 1961. Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: Teorie anemo-orografických systémů. ČSAV. Praha. 409 s.
- Jeník, J., Bagár, M., Bezděčka, P., Bufka, L., Bufková, I., Bureš, J. 1996. Biosférické rezervace České republiky: příroda a lidé pod záštitou UNESCO. Empora. Praha. 160 s. ISBN: 80-85779-31-5.

Jeppesen, E., Peder Jensen, J., SØndergaard, M., Lauridsen, T., Landkildehus, F. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: change along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*. 45 (2). 201 – 218).

Kovář, P. 2001. *Geobotanika (úvod do ekologické botaniky)*. Karloinum. Univerzita Karlova v Praze. Praha. 82-88. ISBN: 80-246-0359-4.

Kovařík, P. 1998. *Studánky a prameny Čech, Moravy a Slezska*. NLN s r. o., Praha. 216-220. ISBN: 80-7106-253-7.

Krásný, J., Císlarová, M., Čurda, S., Datel, J. V., Dvořák, J., Grmela, J., Hrkal, Z., Kříž, H., Marszalek, H., Šantrůček, J., Šilar, J. 2012: *Podzemní vody České republiky: Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Česká geologická služba. Praha. 1 144 s. ISBN: 978-80-7075-797-0.

Kremer, Bruno P., Muhle, Hermann. 1991. *Lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty*. Knižní klub. Praha. ISBN: 80-7176-804-9.

Kubát, K. 2002. *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha. ISBN: 80-200-0836-5.

Kubíček, P. 2014. *Hydrobiologie vodních toků*. In: Křivánek J (ed). *Drobné vodní toky*. Praha: Consult. 129-136. ISBN: 978-80-905159-0-1.

Kučera, J., Váňa, J. 2005. *Seznam a červený seznam mechorostů České republiky*. Příroda 23. Praha. 1-104. ISBN: 80-86064-91-3.

Larcher, W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia. Praha. 368 s.

Lepš, J., Šmilauer, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press. Cambridge. p 284. ISBN: 978-0-521-89108-0.

Lepš, J., Šmilauer, P. 2016. *Biostatistika*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. 438 s. ISBN: 978-80-7394-587-9.

Moravec, J. 1994. Fytcenologie: Nauka o vegetaci. Academia. Praha. 403 s. ISBN 80-200-0457-2.

Němec, J., Hladný, J. 2006. Ochrana vodních zdrojů In: Voda v České republice. Consult Praha. 123-128. ISBN: 80-903482-1-1.

Němeček, J. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Česká zemědělská univerzita. 79 s. ISBN: 8023880616.

Neuhäusl, R. 1997. Rostlinstvo. In: Hejný S. Slavík B. (eds.): Květena ČR 1. 2. vydání. Academia. Praha. 36–51. ISBN: 80-200-0643-5.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5. 285–307.

Pignatti, E., Pignatti, S. 2014. Stable Meadows and Vegetation of Fields and Human Settlements. In *Plant Life of the Dolomites*. Springer Berlin, Heidelberg. 19-68. ISBN: 9783642310423.

Pilous, V. 2007. Geografické vymezení. In: Flousek, J., Hartmanová, O., Potocki, J., Štursa, J. (eds.). *Krkonoše: příroda, historie, život*. Nakladatelství Miloš Uhlíř- Baset. Praha. 13 - 18. ISBN: 978-80-7340-104-7.

Pilous, Z. 1968. Přehled bryologického výzkumu Krkonoš. *Opera Corcontica* 5. 103 – 111.

Pilous, Z., Duda J. (1960): *Klíč k určování mechorostů ČSR*. – Čs. Akad. Věd, Praha.

Pitcairn, C. E. R., Fowler, D., Leith, I. D., Sheppard, L. J., Sutton, M. A., Kennedy, V., Okello, E. 2003. Bioindicators of enhanced nitrogen deposition. *Environmental Pollution*, 126 (3). 353-361.

- Pitter, P. 1999. Hydrochemie. 3. přeprac. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha. 568 s. ISBN: 80-7080-340-1.
- Plamínek, J. 2007. Geologie. In: Flousek, J., Hartmanová, O., Potocki, J., Štursa, J. (eds.). Krkonoše: příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř- Baset. Praha. 83 - 102. ISBN: 978-80-7340-104-7.
- Podrázský, V., Vacek, S., Mikeska, M., Boček, M., Hejman, Michal. 2007. Půdy. In: Flousek, J., Hartmanová, O., Potocki, J., Štursa, J. (eds.). Krkonoše: příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř- Baset. Praha. 135- 146. ISBN: 978-80-7340-104-7.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?, *Ecography*. 18. 200–205.
- Real, R., Vargas, J. M. 1996. The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. *Systematic Biology*. 45 (3). 380–385.
- Skalický, V. 1988. Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S., Slavík, B. Květena ČSR I. Academia. Praha. 103-121.
- Sofron, J. 1990. Přirozená a polopřirozená společenstva Českého lesa. Academia. Praha. 136 s. ISBN: 80-200-0105-8.
- Sorooshian, S., Whitaker, M. P., Hogue, T. S. 2002. Regional and global hydrology and water resources issues: the role of international and national programs. *Aquatic sciences*. 64 (4). 317-327.
- Spitale, D., Leira, M., Angeli, N., Cantonati, M. (2012). Environmental classification of springs of the Italian Alps and its consistency across multiple taxonomic groups. *Freshwater Science*. 31 (2). 563-574.
- Springer, A. E., Stevens, L. E. 2009. Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*. 17 (1). 83-93.

Skalický, M., Hejnak, V., Hakl, J., Skalická, J., Hronovská, M. 2017. Springs (The Krkonoše Mountains National Park, Czech republic): species diversity in relation to environmental factors – Applied ecology and environmental research. 15 (4). 1935-1945.

Strohbach, M., Audorff, V., & Beierkuhnlein, C. (2009). Drivers of plant species composition in siliceous spring ecosystems: groundwater chemistry, catchment traits or spatial factors? *Journal of Limnology*. 68 (2). 375-384.

Szaková, J., Tlustoš, P., Koliňová, D. 2005. Použití instrumentálních analytických technik pro stanovení rizikových prvků v zemědělských materiálech. Česká zemědělská univerzita v Praze. 47 s. ISBN: 80-213-1407-9.

Šilar, J. 1996. Hydrologie v životním prostředí. Svazek 16. vydání 1. Technická univerzita. Ostrava. 136 s. ISBN: 80-7078-361-3.

Šourek, J. 1969. Květena Krkonoš: český a polský Krkonošský národní park. Nakladatelství Československé akademie věd. Praha. 452 s.

Štursa, J. 2003. Encyclopedia Corcontica: krajina-příroda-lidé. Správa Krkonošského národního parku. Vrchlabí. 88 s. ISBN: 80-86418-32-4.

Štursa, J., Dvořák, J. 2009. Atlas krkonošských rostlin. Kramářek. České Budějovice. 329 s. ISBN 978-80-87101-06-3.

Tolasz, Radim., Míková, Taťána., Valeriánová, Anna., Voženílek, Vít. 2007. Atlas podnebí česka. Český hydrometeorologický ústav. Praha. ISBN: 978-80-86690-26-1.

Tourková, J. 2004. Hydrogeologie. Vyd. 2. Vydavatelství ČVUT. Praha. 165 s. ISBN: 80-01-03101-2.

Sekulová L., Hájek M., Hájková P., Mikulášková E., Rozbrojová Z. 2011. Alpine wetlands in the West Carpathians: vegetation survey and vegetation – environment relationships. *Preslia*, Praha. 83. 1-24.

Správa KRNAP, 2010. Plán péče o Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo 2010–2020, Přehled. Správa Krkonošského národního parku. Vrchlabí. 27 s.

Todd D. K., Mays L. W. 2005. Springs. *Groundwater hydrology*. John Wiley & sons. USA. 67-72. ISBN: 0-471-45254-8

Valachovič, M., 2001. Montio–Cardaminetea Br.–Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944. In: Valachovič, M. (ed.): *Rastlinné spoločenstvá Slovenska 3. Vegetácia mokradí*. Veda, Bratislava. 298-344. ISBN: 80-224-0688-0.

Van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*. 39 (2). 97-114.

Von Fumetti, S., Nagel, P., Baltes, B. 2007. Where a springhead becomes a springbrook—a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*. 169 (1). 37-48.

Walker, B., Kinzig, A., Langridge, J. 1999. Plant Attribute Diversity, Resilience, and Ecosystem Function: the Nature and Significance of Dominant and Minor Species. *Ecosystems*. 2 (2). 95–113.

Whittaker, R. J., Willis, K. J., Field, R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*. 28 (4). 453-470.

Zechmeister, H., Mucina, L. 1994. Vegetation of European springs: High-rank syntaxa of the Montio-Cardaminetea. *Journal of Vegetation Science*. 5 (3). 385-402.

## **Elektronické zdroje**

CENIA – Česká informační agentura životního prostředí: zonace zvláště chráněných území [WMS server] [cit. 2016-03-09]. Dostupné z

<<http://gis.nature.cz/arcgis/services/UzemniOchrana/ChranUzemi/MapServer/WmsServer>>

CENIA- Česká informační agentura životního prostředí: půdní typy [WMS server] [cit. 2016-02-15]. Dostupné z < <http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services>>

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální: základní mapa 1:200 000 [WMS server] [cit. 2016-03-09]. Dostupné z

<[http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM200\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM200_PUB/WMSservice.aspx)>

ESRI ArcGIS for Desktop [online] verze 10.2 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z

<<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/>>

## **Použité zákony a vyhlášky**

Nařízení č. 165 vlády České republiky ze dne 20. 3. 1991, kterým se zřizuje Krkonošský národní park a stanoví podmínky jeho ochrany. Dostupné z:

<[www.zbierka.sk/sk/predpisy/aspiid.p-1079.pdf](http://www.zbierka.sk/sk/predpisy/aspiid.p-1079.pdf)>.

Zákon č 114 České národní rady ze dne 19. 2. 1992 o ochraně přírody a krajiny. Dostupné z

<[http://www.cizp.cz/files/=3525/114\\_1992\\_01\\_2010\\_p.pdf](http://www.cizp.cz/files/=3525/114_1992_01_2010_p.pdf)>