

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování



**Posouzení distribuce a koncentrace  
lezeckého magnézia na pískovcových  
bouldrech v oblasti Ostaš**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Lenka Vanclová

2022

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lenka Vanclová

Krajinářství  
Vodní hospodářství

Název práce

**Posouzení distribuce a koncentrace lezeckého magnézia na pískovcových bouldrech v oblasti Ostaš**

Název anglicky

**Assessment of distribution and concentration of climbing chalk on sandstone boulders in the Ostaš area**

---

### Cíle práce

Cílem práce je zjistit koncentrace a rozšíření lezeckého magnézia na pískovcových balvanech využívaných k boulderingu.

### Metodika

Bude provedena rešerše na zájmové téma.

V praktické části budou odebrány vzorky v různých vzdálenostech od lezeckých chytů. Odběr bude proveden odběrovým tampónem namočeným ve slabém roztoku kyseliny dusičné.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran textu

**Klíčová slova**

magnézium, uhličitán hořečnatý, pískovec, bouldering

---

**Doporučené zdroje informací**

HEPENSTRICK, D. BERGAMINI, A. HOLDEREGGER, R. (2020). The distribution of climbing chalk on climbed boulders and its impact on rock-dwelling fern and moss species. *Ecology and Evolution*. 10. 11362-11371. 10.1002/ece3.6773.

MIKULÁŠ, R. ADAMOVIČ, J. HÁJEK, A. SPÍŠEK, J. (2007). Adršpašsko-teplické skály Cliffs and Ostaš Hill. Academia, Praha

PITTER, P. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FZP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 13. 12. 2021

**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 6. 1. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Posouzení distribuce a koncentrace lezeckého magnézia na pískovcových bouldrech v oblasti Ostaš vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Praze 27.3.2022

.....

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D., za odborné vedení a čas, který mi v průběhu psaní byl věnován. Dále Ing. Pavle Vachové, Ph.D., za podnětné rady, podporu, a příjemnou spolupráci. A Jakubu Semerákovi za pomoc při sběru vzorků a terénním průzkumu.

V Praze 27.3.2022

.....

## Abstrakt

S rostoucí popularitou skalního lezení se více klade důraz na získání poznatků o dopadech tohoto sportu. Několik studií popsalo negativní vliv lezení na unikátní skalní vegetaci. Při lezení je také používáno lezecké magnézium, jehož role v ovlivnění skalní vegetace lezci není dostatečně známá. Tato práce je zaměřena na popsání rozšíření lezeckého magnézia v okolí boulderingových cest (tzv. bouldrů). Byly shromážděny dvě sady vzorků. První sada vzorků ve vzdálenosti 0.5 m vytvořila pravidelnou mřížku přes vzorkovanou plochu. Druhá sada popisovala blízké okolí lezeckých chytů. Vzorky byly odebrány ve středu lezeckého chytu a ve vertikálním směru 10 cm nad, 10 a 20 cm pod chytem. Lezecké magnézium se rozšiřuje z míst nánosu do jeho okolí. Měření ukázalo zvýšenou koncentraci lezeckého magnézia u 65% všech odebraných vzorků a 35% vzorků mřížky. Lezecké magnézium bylo přítomné i na místech, na kterých nebylo vizuálně detekovatelné. Práce potvrdila zvýšenou koncentraci lezeckého magnézia v blízkosti bouldrů, která může negativně ovlivnit skalní společenství.

## Klíčová slova

lezecké magnézium, uhličitan hořečnatý, pískovec, bouldering

## Abstract

With the growing popularity of rock climbing, more emphasis is being placed on gaining knowledge about the consequences of this sport. Several studies have reported negative effects of rock climbing on the unique rock-dwelling organisms. Climbing is done using climbing chalk, its influence on rock-dwelling vegetation by climbers is not well understood. This paper aims to describe the distribution of climbing chalk around bouldering routes. Two sets of samples were collected. The first set of samples was collected at a distance of 0.5 m forming a regular grid across the sampled area. The second set described the surrounding area of the climbing holds. Samples were collected in the center of the climbing holds and vertically 10 cm above, 10 and 20 cm below the holds. Climbing chalk spreads from the sites of deposition into the surrounding area. Measurements showed elevated climbing chalk concentrations in 65% of all collected samples and 35% of the grid samples. Climbing chalk was also present at spots where it was not visually detectable. This study confirmed elevated concentrations of climbing chalk near bouldering routes, which can negatively affect the rock-dwelling community.

## Keywords

climbing chalk, magnesium carbonate, sandstone, bouldering

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Popis oblasti Ostaš.....	3
3.1. Geologie Ostaše.....	5
4. Vlivy lezení na skalní biotu .....	6
5. Lezecké magnézium .....	7
5.1 Rozšíření lezeckého magnézia .....	9
6. Metodika a použitý materiál .....	11
6.1. Sběr vzorků.....	12
7. Výsledky práce .....	13
7.1. Prostorové rozšíření na zkoumané ploše .....	16
8. Diskuze .....	20
9. Závěr .....	22
10. Seznam literatury .....	24
10.1. Odborné publikace.....	24
10.2. Internetové zdroje .....	26
10.3. Ostatní zdroje.....	27
11. Přílohy .....	28
11.1. Surová data .....	28



# 1. Úvod

Popularita lezení, jako sportovní aktivity, celosvětově roste a dá se předpokládat, že počet lezců bude dále stoupat po premiéře tohoto sportu na Olympijských hrách v Tokiu (Attarian, Keith, 2008). Clark potvrdil, že se zvýšenou návštěvností skalních lezeckých oblastí, roste negativní dopad na skalní vegetaci (Clark, Hessel, 2015). Rozšíření lezecké komunity vede i ke vzniku nových lezeckých cest a oblastí na původně člověkem nedotčených místech (Obrázek 1; Rusterholz et al. 2004; Kuntz, Larson, 2006a). Skalní stanoviště nabízejí podmínky pro mnoho vzácných druhů, endemitů i glaciálních reliktních (Nuzzo, 1995; Rusterholz et al. 2004). Často se jedná o slabé konkurenty, kteří se přizpůsobili drsným fyzikálním podmínkám a jsou citliví i na jejich slabé narušení (Rusterholz et al. 2004). Tyto druhy mají vysokou ochranářskou hodnotu.

Pochopení vlivu všech aspektů skalního lezení na skalní biodiverzitu je proto naléhavě vyžadováno k určení dalších kroků při ochraně přírody (Holzschuh, 2016). Několik prací potvrdilo negativní vliv skalního lezení na skalní biotu vytvořený převážně odstraňováním hlíny, rostlin a sešlapem (Schweizer et al. 2021; Nuzzo, 1995; Rusterholz et al. 2004). Vývojem stylu lezení, kdy začíná být viditelnější jeho sportovní stránka, se i na skalách lezci uchylují spíše k lezení silově náročnějších, těžších cest. K takovému vnímání lezení patří neoddelitelně i používání lezeckého magnézia. Znalosti o chování lezeckého magnézia v přírodním prostředí jsou nedostačující. Dosud byly uskutečněny pouze dvě studie, které se zabývaly rozšířením lezeckého magnézia (Fickert, 2014; Hepenstrick et al. 2020). Výsledky jsou však rozporuplné. Zcela chybí i popis faktorů ovlivňující šíření magnézia do okolí. Ovlivnění klíčení a růst skalních rostlin lezeckým magnéziem byl zkoumán pouze ve dvou pracích, které nastínily převážně negativní dopad. I tady je ale prostor pro diskuzi (Pereira, 2005; Hepenstrick et al. 2020).



Obrázek 1: Modrá šipka označuje začátek nově vzniklé boulderingové cesty. K tvorbě nových lezeckých cest dochází někdy i na balvanech pokrytých vegetací. V takových případech je porost na místech chytů a stupů odstraněn. Naštěstí se nejedná o častou praxi.

V oblasti Chráněné krajinné oblasti Broumovsko (dále jen „CHKO“) je skalní lezení hojně rozšířeno. Nachází se tu nejen Adršpašsko-Teplické skály, ale i méně známe rozsáhlé oblasti s nižšími pískovcovými kameny. Tyto balvany s výškou do 3 metrů jsou ideální na provozování boulderingu – lezení bez lana, do malé výšky. Na území CHKO se vyskytují dvě rychle rozvíjející se boulderingové oblasti – stolová hora Bor a Ostaš. V obou oblastech se na balvanech běžně používá lezecké magnézium. S přihlédnutím na jejich výskyt v Chráněné krajinné oblasti, je více než vhodné popsat plochu potenciálně postiženou vlivy přítomného lezeckého magnézia. Tato data pomohou při řízení ochrany přírody a debatě o nových pravidlech skalního lezení a boulderingu a při určení omezení, či zákazu, používání lezeckého magnézia v chráněných krajinných územích.

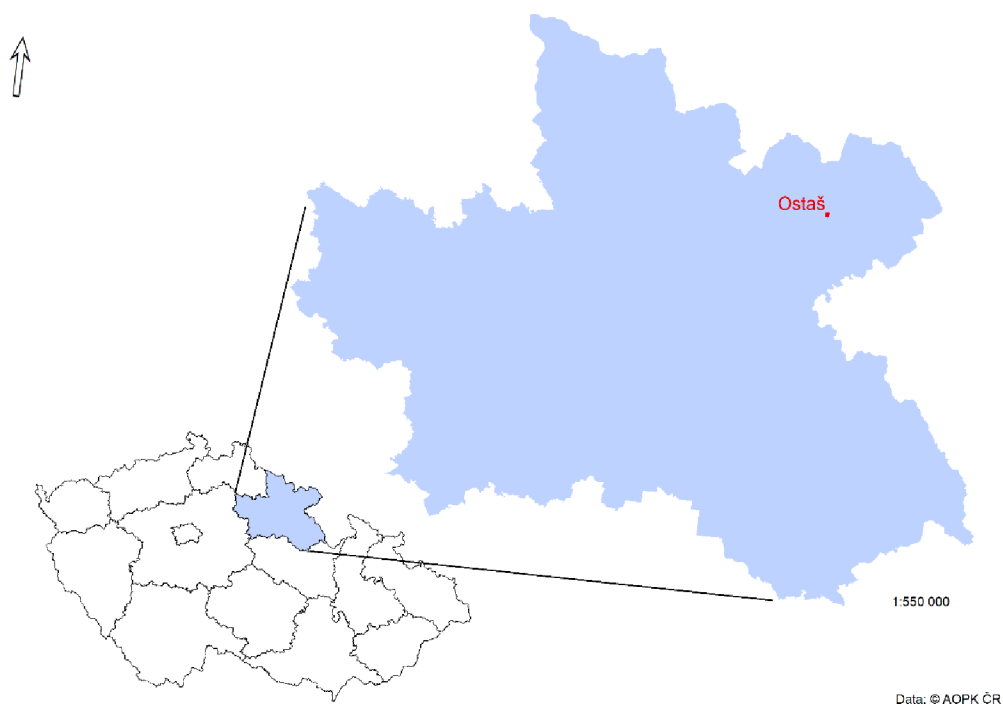
## 2. Cíl práce

Tato práce se zaměřuje na popsání rozšíření lezeckého magnézia na pískovcových balvanech v oblasti Ostaš. Pro určení rozšíření lezeckého magnézia byla na základě vypracované rešerše vybrána metodika dle Hopenstricka (Hopenstrick et al. 2020). Na povrchu tří pískovcových balvanů, na kterých se vyskytují boulderingové cesty – bouldry a dvou nedotčených balvanů budou sebrány vzorky ke stanovení koncentrace hořčíku. Dle těchto koncentrací bude určeno, zda a v jaké míře se lezecké

magnézium šíří do okolí z lezeckých chytů. Tímto procesem by docházelo k navyšování koncentrací hořčíku oproti přirozenému výskytu a ke změně místních živinových podmínek. Data budou porovnány s dosaženými výsledky studie Hepenstricka (Hepenstrick et al. 2020).

### 3. Popis oblasti Ostaš

Ostaš je stolová hora ležící v Královéhradeckém kraji, severozápadně od města Police nad Metují ve střední části Polické vrchoviny (Obrázek 2, Čech, Valečka, 2002). Náhorní plošina, která zaujímá převážnou část rozlohy přírodní rezervace, se nachází v nadmořské výšce 650 až 701 m n. m. . Plošina je nakloněna na jihozápad a vystupuje svými skalními sruby až 30 m nad okolní terén. Okrajové sruby jsou lemovány samostatně stojícími skálami a balvaništěm. I na povrchu plošiny stojí drobné izolované skály (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009).



Obrázek 2: Umístění přírodní rezervace Ostaš v Královéhradeckém kraji.

Z dat z bývalé meteorologické stanice Ostaš byly přejaty následující údaje. Průměrná roční teplota vzduchu je kolem 5-6°. Dlouhodobý roční průměrný úhrn srážek je 741 mm. Srážkové minimum nastává běžně v únoru (40 mm), maximum v červenci (93 mm). Teplotní i srážkové poměry jsou však silně závislé na orientaci lokality vůči světovým stranám. Severní a severozápadní část území má významně

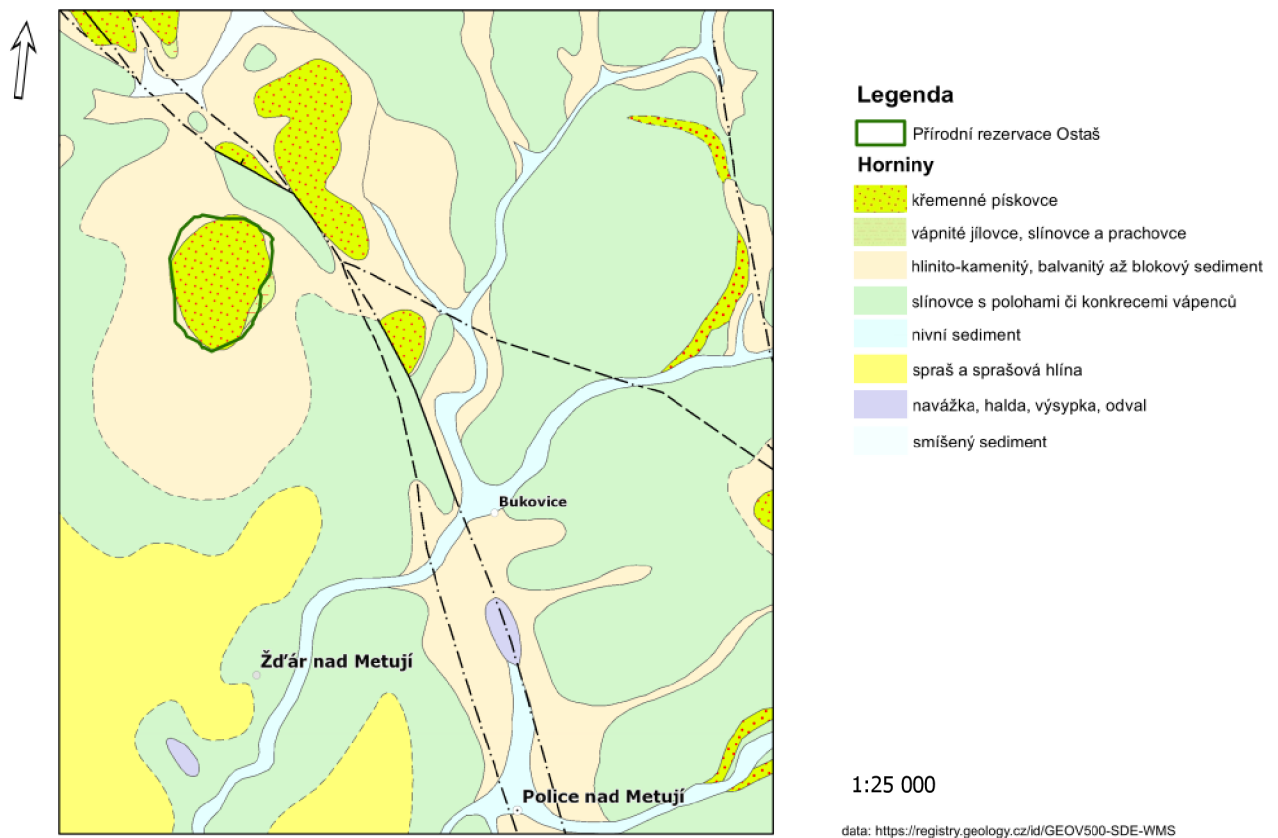
vyšší úhrny srážek a nižší průměrné teploty. Klimaticky spadá rezervace do mírně teplé oblasti (letní teploty 13–14 °C, počet letních dnů 20–30) (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009).

Převážnou část rezervace pokrývaly acidofilní bučiny, dnes se vyskytují jen zřídka. Převažují hospodářské lesy se smrkem ztepilým. Místy lze najít borové skupiny. Na exponovaných skalnatých terénech se nacházejí smrkové bory vyznačující se vysokým podílem smrku, bříz a sníženým zastoupením borovic (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009). V dnešní době na podstatné ploše rezervace probíhá těžba stromů napadeným lýkožroutem smrkovým (AOPK ČR, ©2022).

Většina skalnatých a balvanitých biotopů je kryta lesem. Pískovce jsou minerálně velmi chudým substrátem, proto i druhové složení tamějších cévnatých rostlin je velmi chudé. Četně jsou viditelní zástupci kaprad'orostů, keříků brusnic a vřesu. Cévnaté rostliny jsou na exponovaných, suchých skalních stěnách zastoupeny většinou minoritně. Mimo kaprad'orosty a keříky patří do dochovaného přirozeného společenství skalní vegetace zejména mechorosty, lišejníky. Na území se vyskytují i významné nebo vzácné druhy lišejníků (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009).

### 3.1. Geologie Ostaše

Stolová hora Ostaš je součástí polické pánve, která je tvořena marinními křídovými sedimenty (Čech, Valečka, 2002). Pánev vyplňuje centrální část vnitrosudetské pánve. Vrchní partie Ostaše a Adršpaško Teplických skal se považují za denudační zbytky vyšší části teplického souvrství tvořeného kvádrovými pískovci (Čech, Valečka, 2002; Česká geologická služba, 2016). V podloží kvádrových pískovců pak leží spodnoturonské slínovce (Obrázek 3; Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009). Na styku pískovcového masivu a nepropustného slínovcového podloží vyvěrá pramen Samaritánka (Česká geologická služba, 2016).



Obrázek 3: Geologická mapa okolí NR Ostaš.

Vrcholové partie stolové hory jsou tvořeny kvádrovými pískovci, podobně jako skalní města u Adršpachu, nebo Teplic nad Metují (Čech, Valečka, 2002). Ke vzniku pískovců dochází zejména rozpadem hornin bohatých na křemen a následným dlouhodobým opracováním a tříděním zrn. Při tomto procesu je nestabilní, měkčí

materiál rozrušen a jemné frakce odplaveny. Zrna jsou následně postupně zpevňována minerálními složkami protékajících roztoků (Česká geologická služba, ©2007).

Pískovce na Ostaši jsou převážně lavicovitě vrstvené a dosahují mocnosti až 80 m (Čech, Valečka, 2002). Vrstvy mají sklon v průměru 20°, který odpovídá i jihozápadní uklonění vrcholové plošiny (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009). Pískovce jsou křemenné s malým zastoupením kaolinizovaných živců 0,5-4% a úlomky nestabilních hornin maximálně do 3%. Zastoupení jílového matrixu je nízké do 5% (Čech, Valečka, 2002). Z toho vyplývá, že jde o horninu vysokého strukturního a mineralogického stupně vyzrálosti (Česká geologická služba, ©2007). Zastoupeny jsou převážně hrubozrnné pískovce, méně pak středně zrnité s dobrým vytríděním (Čech, Valečka, 2002).

Na jihozápadním svahu je úpatí Ostaši lemováno úpatním osypem tvořeným balvanovými proudy a balvanovým mořem i z velkých skalních bloků. To je důsledkem probíhajícího hlubinného ploužení. Samostatně stojící skalní věže se jím naklánějí od svahu a postupně se řítí. Na svazích pod okrajovými sruby tak dochází k akumulaci zhroucených skalních bloků a balvanů (Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009). Převážně na těchto balvanech se pak provozuje bouldering.

Vzhledem ke zdejším geomorfologickým procesům byla na Ostaši vybudována geolaboratoř, která dlouhodobě zaznamenává pohyby a deformace skalních bloků (Česká geologická služba, 2016).

## 4. Vlivy lezení na skalní biotu

Byly provedené četné studie na výzkum dopadů lezení na skalní vegetaci. Dosažené výsledky byly odlišné. Nejčastějšími zaznamenanými dopady jsou pokles pokryvu vegetace, snížení diverzity a zvýšení výskytu nepůvodních druhů rostlin na lezených skalách (McMillan, Larson, 2002; Wezel, 2007; Adams, Zaniwski, 2012; Fickert, 2014; Clark, Hessel, 2015; Tessler, Clark, 2017; Schweizer et al. 2021). Velikost poškození může záviset na mikrotopografii skály, čili na výskytu, či absenci spár, polic, dírek a dalších struktur (Kuntz, Larson, 2006b). A často dochází k odlišné míře poškození u paty, na stěně a na vrcholové plošině skály (Nuzzo, 1995).

Některé studie shledaly navýšení biodiverzity na lezených skalách (Fickert, 2014). Lezci odstraněním vegetace vytvářejí početná mikrostanoviště, která mohou být

osídlena novým druhem rostlin. Tento předpoklad souhlasí s hypotézou *přechodného narušení*, podle které zvýšené narušení prostředí vyvolá nejdříve nárůst biodiverzity díky odstranění předních konkurentů (Cornell, 1978). Dopad této skutečnosti je sporný. Plochy mohou být osídleny novými genotypy chráněných rostlin (Kunzt, Larson, 2006a). Ale také nepůvodními druhy, což se považuje za velké riziko pro chráněné oblasti. Navýšení výskytu nepůvodních druhů na lezených skalách bylo již zachyceno ve studii (McMillan, Larson, 2002).

Odpovědi na přítomnost skalního lezení se lišily i mezi skupinami rostlin (lišejníky, mechorosty, cévnaté rostliny) (Boggess et al. 2021). Nejméně ohrožené jsou mechorosty, protože mají tendenci se vyskytovat na vlhkých místech, které lezci primárně nevyhledávají (Thiel, Spribille, 2007; Clark, Hessel, 2015).

Zaznamenané změny vegetace na lezených skalách se napříč studii lišily. Proto je nutné provést další výzkumy sjednocenou a standardizovanou metodikou (Boggess et al. 2021).

## 5. Lezecké magnézium

Lezecké magnézium je nadýchaný bílý prášek složený z hydroxidu uhličitanu hořečnatého  $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4-5\text{H}_2\text{O}$  známého také jako *bazický uhličitan hořečnatý* (Ropp, 2013). V přírodě se vyskytuje jako minerál Hydromagnezit. Jeho rozpustnost v čisté vodě je minimální, ale zvyšuje se s obsahem oxidu uhličitého a největší je ve zředěné kyselině (Ropp, 2013; Pitter, 2019). Hodnota pH se pohybuje okolo 10,5 (Hepenstrick et al. 2020). Pro své hygroskopické vlastnosti se používá mimo jiných sportů i v lezecké (Ropp, 2013). Dochází ke snížení vlhkosti rukou, což vede k nárůstu koeficientu tření mezi prsty a chytem (Amca et al. 2012).

Vliv magnézia na skalní rostliny byl zatím studován pouze ve dvou studiích (Pereira, 2005; Hepenstrick et al. 2020). Hepenstrick se ve své práci zaměřil na 4 druhy skalních mechů a 4 zástupce skalních kapradin. Byla stanovena klíčivost, jako podíl největšího počtu rostlin a počtu vyšetěných rostlin, a míra přežití, což je podíl počtu přeživších rostlin na konci pokusu a maximálního zaznamenaného počtu rostlin. Každá kombinace koncentrace lezeckého magnézia a rostlinného druhu byla opakována ve dvanácti Petriho miskách. Spory rostlin byly uloženy na agarové médium s odlišným podílem roztoku lezeckého magnézia a vody. Tento roztok

obsahoval 26 mg/l hořčíku. Byl prokázán negativní vliv zvyšující se koncentrace lezeckého magnézia na klíčivost. Míra přežití rostlin se snížila. Rostliny rostoucí při zvýšené koncentraci magnézia vypadaly také méně vitálně. Z výsledků nelze vypožorovat vazbu mezi ekologií druhu a jeho reakci na prostředí se zvýšeným obsahem hořčíku. Odpověď rostlin odráží druhově specifickou reakci na pH a koncentrace iontů (Hepenstrick et al. 2020).

V dosavadně druhé vytvořené studii posuzoval Pereira (2005) vliv lezeckého magnézia podle změny v procentuálním pokryvu zkoumané plochy skalní vegetací. Experiment proběhl tedy přímo v terénu na skalních stěnách. Zvolil 9 skal nevykazující žádné dosavadní lezecké aktivity, z toho byly 4 byly použity jako kontrolní. Po dobu šestnácti týdnů nanášel lezecké magnézium dvakrát týdně na předem označené chyty. Magnézium bylo na skály nanášeno pouze rukou, ne při lezecké aktivitě, aby nebyly ovlivněny výsledky odíráním skály lezeckou obuví. Tři druhy významně reagovaly na přítomnost magnézia. Některé druhy lišejníku a mech byly ovlivněny negativně, zatímco řasa pozitivně. Zvýšení procentuálního pokryvu řasy bylo vysvětleno hypotézou, při které odstraněním silnějších konkurentů vznikla nová místa, která mohla řasa obsadit. Bylo zpozorováno viditelné ovlivnění mechu na všech sledovaných lokalitách. Mech pod magnéziovaným chytem se na všech zkoumaných stanovištích zbarvoval do hněda a následně odpadával z povrchu skály. Změna barvy mechu byla dobře rozpoznatelná, protože byl pozměněn pouze pruh mechu přímo pod chytem, okolní mech byl stále zelený. Nejdelší takto ovlivněný pruh byl pře 60 cm dlouhý. Stejným selektivním způsobem byl ovlivněn i jeden ze sledovaných lišejníků, který vertikálně pod chytem usychal, ale po stranách byl beze změny. Studie prokázala, že odpověď, na přítomnost lezeckého magnézia se druh od druhu liší a zákonitost zatím není objasněna. (Pereira, 2005)

Dnes se lezecké magnézium považuje za nedílnou součást lezecké výbavy, přestože existují restrikce k jeho používání. Český horolezecký svaz považuje za nevhodné použití jakýchkoliv chemických a minerálních látek ke zvýšení tření na skále ve většině pískovcových oblastech České Republiky. Je tomu tak z důvodu dlouhodobé tradice pískovcového lezení, jejíž součástí není používání lezeckého magnézia (Český horolezecký svaz, 2020). Přímý zákaz použití magnézia a chemických prostředků při skalním lezení je platný na území Adršpašsko – Teplických skal. Tato podmínka byla stanovena při udělení povolení provozování lezecké činnosti



na části území CHKO. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky argumentuje zákazem použití intenzivních technologií například vápnění v I. a II. zóně CHKO a zákonem zakazující chemizaci v oblasti Národní Přírodní Rezervace. Díky nedostatku dat nemůže Agentura vyloučit negativní účinky lezeckého magnézia na předměty ochrany. Z důvodu předběžné opatrnosti se tak uchýlila raději k jejich nepovolení (Správa CHKO Broumovsko, 2019). Zákaz Agentury je však viditelně často porušován. Důkazem jsou nevzhledné, bílé skvrny v okolí chytu. Již samotný vizuální vliv je považován za negativní, snižuje totiž estetický zážitek návštěvníků skalních oblastí (Správa CHKO Broumovsko, 2019). Tento efekt lze jednoduše snížit použitím barveného lezeckého magnézia, které barvou odpovídá skále (Attarian, Keith, 2008).

## 5.1 Rozšíření lezeckého magnézia

Lze definovat dva procesy rozptylu lezeckého magnézia: přenos vzduchem a smyvem vodou. Vzduchem se může šířit magnézium během lezení, nebo při očišťování chytů kartáčem, kdy dochází k prášení. Srážkovou vodou je magnézium odnášeno buď rozpuštěné nebo nerozpuštěné ve formě částic, to záleží na podmínkách umožňující rozpuštění látky (Hepenstrick et al. 2020). Je zřejmé, že větší vliv bude mít srážková voda na plochy se sklonem menším než 90°, protože na takové plochy bude dopadat více vody.

Mikrotopografie balvanu je jedním z faktorů hypoteticky ovlivňující rozšíření magnézia: (1) větší množství skalních útvarů, jako dírky, vodorovné spáry a jamky mohou zadržovat stékající vodu s magnéziem; (2) sklon, velikost a tvar chytů bude ovlivňovat, zda a jak moc bude lezec používat magnézium. (Hepenstrick et al. 2020). Dá se předpokládat, že čím hůře bude chyt uchopitelný, z důvodu jeho velikosti nebo nevhodného tvaru, tím více bude lezec potřebovat použít magnézium. S tím souvisí další faktor, kterým je intenzita lezení. Předpokládá, že se rostoucí intenzitou lezení se navýší objem magnézia nanášeného na chyt (Hepenstrick et al. 2020).

Přítomnost lezeckého magnézia lze určit dle dvou jednoduše určitelných faktorů: (1) podle zvýšené hodnoty pH, (2) dle zvýšeného obsahu hořčíku. První zmiňovanou metodu použil Fickert (2014) ve své práci. Provedl měření hodnoty pH v bezprostřední blízkosti začátků bouldrových cest, protože zde dochází k největšímu přísunu padajícího magnézia. Kromě zvláštních případů nevykazovaly hodnoty pH v oblasti

lezených balvanů rozdíly oproti referenčním měřením, provedeným pod nelezenými balvany. Ze 115 vzorků pouze 4 dosáhly zvýšené hodnoty pH. Tyto vzorky byly odebrány z míst chráněných před deštěm, blízko kterých bylo lezecké magnézium rozsypano, nebo vyplavenou stékající dešťovou vodou. Tento výsledek podporuje hypotézu, že lezecké magnézium může být přenášeno vodou z lezeckých chytů do okolí (Fickert, 2014).

Další studie, kterou uskutečnil Hepenstrick (2020) použila metodu detekce lezeckého magnézia stanovením hořčíku. Je to první studie zabývající se rozšířením lezeckého magnézia na balvanech používaných k boulderingu. Měření odhalilo výrazně zvýšenou koncentraci hořčíku na povrchu lezených balvanů oproti balvanům bez známek lezecké činnosti. Byla posouzena koncentrace lezeckého magnézia v různých vertikálních vzdálenostech od lezeckého chytu a bodů rovnoměrně umístěných po zkoumané ploše velikosti 2,5 x 1,5 m. Vzorky byly odebrány ve středu chytu a ze vzdálenosti 10 cm nad chytem, 10 cm a 20 cm pod chytem. Každé vzorkované místo bylo subjektivně posouzeno na vizuální přítomnost lezeckého magnézia. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny přímo na lezeckých chytech a bodech s viditelnou přítomností lezeckého magnézia. Obsah magnézia ve vzorcích odebraných nad chyty se výrazně a rychle snížil oproti hodnotě ve středu chytu. Na rozdíl pod chyty se koncentrace snižovala postupně. Studie zjistila, že zvýšená koncentrace magnézia oproti běžné hodnotě se může vyskytovat i na místech, kde lezecké magnézium není viditelné. U 65% vzorků rovnoměrně rozprostřených po zkoumané ploše, u kterých nebylo při odběru magnézium vizuálně zpozorováno, byla zjištěna jeho zvýšená přítomnost. (Hepenstrick et al. 2020)

Hepenstrick (2020) také upozornil na skutečnost, že rozpustnost lezeckého magnézia (hydrogen uhličitanu hořečnatého) pozitivně ovlivňují nižší hodnoty pH vody. Ty mohou být dosaženy kyselými dešti, nebo stykem vody se substrátem a povrchem skály (Hepenstrick et al. 2020 ex. Larson et al 2000). Přeneseně by tak měla rozpustnost lezeckého magnézia podstatně záviset na typu horniny. Kyselé podmínky na křemičitých horninách podporují rozpustnost lezeckého magnézia a tím i jeho šíření povrchovou vodou. Zásadité podmínky například na vápencích naopak podporují setrvání magnézia na místě. Jeho šíření bude probíhat spíše ve formě částic odnášených vodou a ne iontů v ní rozpuštěných (Hepenstrick et al. 2020). Dalším faktorem ovlivňujícím šíření se předpokládá porozita horniny. Lezecké magnézium se

má zachytávat v pórech pískovce, tím je sníženo šíření magnézia do okolí (Niegl, 2009).

## 6. Metodika a použitý materiál

Metodika této práce stojí na základě postupu studie, kterou vytvořil Hepenstrick (2020). K potvrzení přítomnosti lezeckého magnézia bylo využito měření koncentrace hořčíku a její následné porovnání s běžně se vyskytující hodnotou na nedotčených balvanech.

Byly porovnány koncentrace magnézia na povrchu tří balvanů, na kterých je provozován bouldering a dvou balvanů, které jsou člověkem nedotčené. Z balvanů, na které se leze byly shromážděny dvě sady vzorků na vytyčené ploše velikosti 1,5 m x 1,5m. První sada slouží k popsání rozšíření lezeckého magnézia v širším měřítku celé zkoumané plochy balvanu. Vzorky byly sebrány ve vzdálenosti 0,5 m a vytváří jakousi mřížku přes zájmovou plochu. Druhá sada vzorků byla vytvořena v přímém okolí chytu, zachycuje tak podrobněji šíření magnézia od jeho zdroje do okolí. Vzorky byly odebrány ve středu chytu a ve vertikálním směru 10 cm nad, 10 a 20 cm pod chytem. Dále ze dvou balvanů, na kterých není provozován bouldering bylo vytvořeno 10 kontrolních vzorků (5 z každého balvanu). Balvany byly vzdálené od míst, kde je bouldering provozován několik metrů, aby se zamezilo kontaminaci povrchu balvanu lezeckým magnéziem transportovaným vzduchem (Hepenstrick et al. 2020).

Protože za hlavní transportní médium je považována v této studii srážková voda, musely být vzorkované plochy srovnatelně vystaveny dešti. To bylo docíleno výběrem skal o stejném sklonu, expozici k světové straně a vystavení vegetačnímu pokryvu. Po průzkumu celé oblasti byly vybrány tři balvany. Sledované stěny měly shodný sklon (přibližně kolmý; do 95°), byly natočeny na stejnou světovou stranu a všechny balvany se vyskytovaly ve shodném lese. Balvany byly selektovány i podle topografie jejich povrchu. Byly vyhledány povrchy se sobě nejvíce podobnými chytů. Tak se eliminoval vliv rozdílné topografie, jejíž dopad na šíření lezeckého magnézia není zatím přesně popsán. V každé vzorkované ploše se dále nacházelo maximálně 6 hlavních používaných chytů. Bylo zapotřebí se vyhnout skalám s velkým počtem chytů, protože by byly zdroje magnézia blízko u sebe a transportní dráhy by se vzájemně ovlivňovaly.

Lze předpokládat, že množství naneseného magnézia na balvanu primárně ovlivňují dva protikladné aspekty: počet přelezů cesty a množství srážek. Protože tento systém je značně proměnný v čase i napříč balvany v jednom území a osobní průzkum tuto hypotézu prokázal, bylo vhodné nastavit pro sběr vzorků jednotné podmínky pro všechny skalní bloky. Balvany byly pozorovány během dvou měsíců. Po celou dobu byly chyty pokryty srovnatelným množstvím magnézia. Přesto nelze určit přesnou návštěvnost boulderingových cest. Dále sběr vzorků proběhl v jeden den při konstantním počasí. Během odběru nebylo v přímé blízkost manipulováno s lezeckým magnéziem pro zamezení kontaminace vzorků magnéziem transportovaným vzduchem.

### 6.1. Sběr vzorků

Sběr vzorků byl plánován na konec srpna, kdy již proběhla hlavní boulderingová sezóna. Také z důvodu probíhajícího Mezinárodního lezeckého festivalu v Teplicích nad Metují, během kterého se návštěvnost skal rapidně zvýší, se měl na balvanech v tuto dobu vyskytovat vyšší objem naakumulovaného magnézia. Konec srpna byl ale deštivý a doba sběru vzorků se posunula na polovinu září, období babího léta. Sběru vzorků předcházelo dvoutýdenní teplé, suché a slunné počasí, během kterého boulderingové cesty navštěvovali lezci, a na balvany tak bylo naneseno značné množství magnézia. Tento předpoklad byl opět potvrzen terénním pozorováním.

K odběru byly použity nylonové odběrové tampóny FLOQSwabs 502CS01, které nemají vnitřní jádro, jež by zachytávalo setřený vzorek. Umožňují eluci vzorku až 90% (COPAN, © 2022). Každá vzorkovaná ploška o rozměru 2 cm x 1 cm, byla zkontrolována, zda viditelně neobsahuje stopy lezeckého magnézia. Protože je hydrogen uhličitán hořčnatý špatně rozpustný v čisté vodě, ale rozpustnost stoupá v mírně kyselém prostředí, byl tampón namočen ve slabém roztoku 2% kyseliny dusičné. Tak bylo dosaženo maximálního vyzvednutí (navázání) látky na tampón. Každý tampón byl umístěn do plastové zkumavky s obsahem 10 ml destilované vody (Hepenstrick et al. 2020).

Vzorkovanou oblast ohraničoval rám zavěšený na zkoumaný balvan (Obrázek 5). Vodorovnost rámu byla při umísťování zkontrolována vodováhou. Rám byl tvořen ze dvou tyček délky přibližně 150 cm. Tyčky byly svázané provázkem na 4 místech ve vzdálenosti vždy 50 cm. Na provázku byly odměřeny body po 50 cm. Každý bod

byl nadepsán jeho označením. Tak se předešlo vytvoření chyb, při popisování a vytváření vzorků. Odebrané vzorky z těchto bodů tvoří mřížku rovnoměrně



Obrázek 4: Dřevěná tyčka lokalizovala místa stěru vzorků v blízkosti chytů.



Obrázek 5: Rám označoval místa sběru vzorků tvořící mřížku.

pokrývající celou vzorkovanou oblast. K určení míst odběru v blízkosti chytu byla použita dřevěná tyčka s vyznačenými čtyřmi body ve vzdálenosti 10 cm (Obrázek 4). Body byly popsány: +10, 0, -10, -20. Práce při odběru byla tak ulehčena a snížila se možnost vzniku chyby špatným odečtením čísla z metru.

## 7. Výsledky práce

Ke stanovení koncentrace hořčíku byl použit atomový absorpční spektrometr s plamenovou atomizací (Varian SpectrAA 110, Varian, Austrálie). Data byla následně zpracovávána v programu R.

Pro možnost posouzení vzorků na zvýšenou, či normální koncentraci hořčíku, bylo nutno stanovit mezní hodnotu koncentrace. Prahová hodnota byla stanovena jako 99.7% percentil souboru kontrolních vzorků. Tyto vzorky byly odebrané na lezecky nedotčených balvanech. Vůči této hodnotě ( $0.00529\text{mg}/\text{cm}^2$ ) byly porovnány všechny sebrané vzorky. Při překročení této hodnoty byla koncentrace považovaná za zvýšenou oproti normálu.

K zachycení šíření magnézia v blízkém okolí lezeckého chytu byly odebrány vzorky ve středu chytu a ve vertikálním směru 10 cm nad, 10 a 20 cm pod chytem. K posouzení vztahu vzdálenosti odebraného vzorku od lezeckého chytu a naměřené koncentrace hořčíku byla nejdříve použita jednofaktorová analýza rozptylu ANOVA.

#### Analýza rozptylu koncentrace Mg

<b>Faktor</b>	<b>df</b>	<b>sum of sq</b>	<b>mean of sq</b>	<b>F value</b>	<b>p</b>
Vzdálenost od chytu	1	0.0345	0.03451	4.405	<0.05

Tabulka 1: Výsledky analýzy ANOVA.

Jak lze vidět v tabulce, byla zamítnuta nulová hypotéza na hladině významnosti  $>0.05$  (Tabulka 1). Průměrné koncentrace magnézia v odlišných vzdálenostech od chytu se tedy významně odlišují.

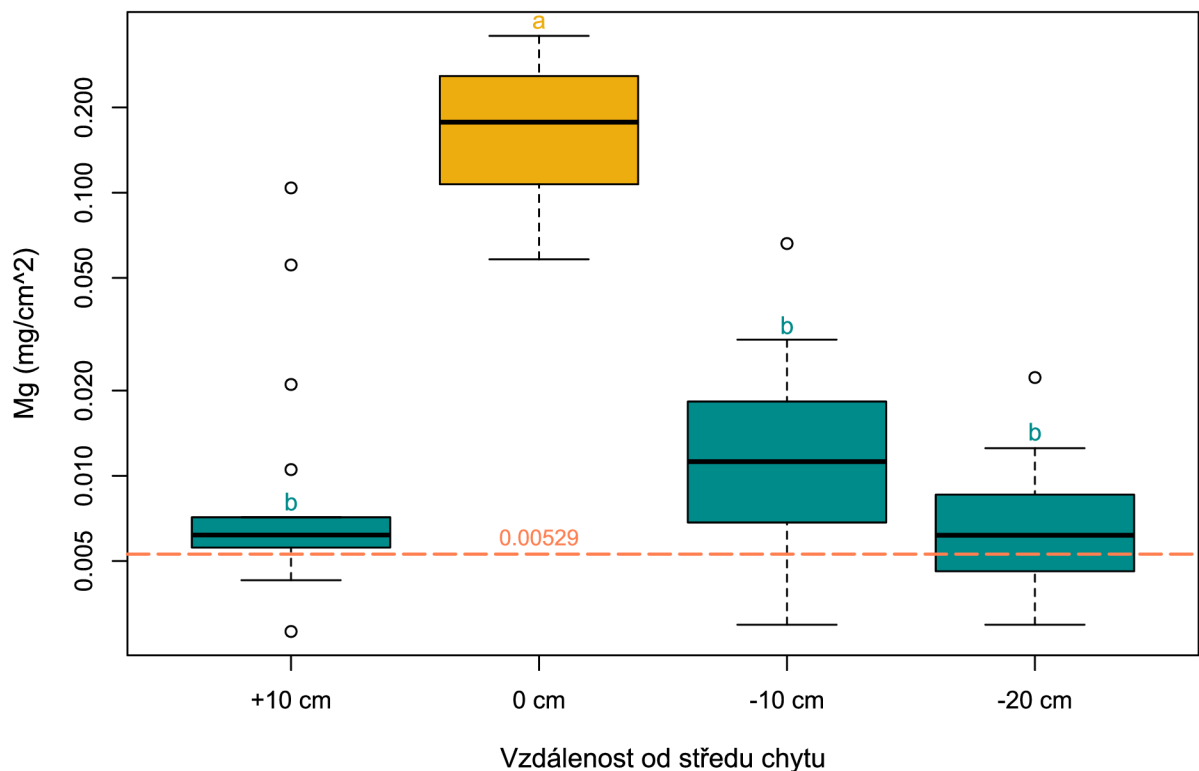
Za post hoc analýzu byl vybrán Tukeyho test HSD s 95% hladinou významnosti. Výsledky testu jsou zjevné (Tabulka 2). Byly potvrzeny významné odlišnosti všech vzdálenostních skupin (+10, -10, -20 cm od chytu) od středu chytu. Tato odlišnost je rozpoznatelná i v grafu (Obrázek 6).

#### Tukeyho post hoc test

<b>Vzdálenosti</b>	<b>p</b>
+10 - -10	1
+10 - -20	0.968
-10 - -20	0.957
0 - +10	0
0 - -10	0
0 - -20	0

Tabulka 2: Výsledky post hoc testu TUKEY HSD.

Na grafu v logaritmickém zobrazení lze vidět, že nejvyšších koncentrací hořčíku je dosaženo přímo ve středu chytu (Obrázek 6). Průměrně se jedná o 0.1893 mg/cm<sup>2</sup>. Je zřejmá i významná odlišnost těchto vzorků od ostatních skupin. Koncentrace hořčíku od středu chytu na obě strany příkře klesá. Pod lezeckými chyty je pokles však pomalejší. A tak druhé nejvyšší hodnoty koncentrace byly naměřeny v 10 cm pod chytem. Množství lezeckého magnézia nacházející se ve vzdálenosti 10 cm nad chytem a 20 cm pod chytem dosahují již podobných hodnot.



Obrázek 6: Znázornění hodnot koncentrace hořčíku dle vzdálenostních skupin a mezní hodnoty koncentrace.

Shodný trend má i vizuální posouzení přítomnosti lezeckého magnézia (Tabulka 3). Nad chytem se procentuální zastoupení vizuálně přítomného lezeckého magnézia markatně snížilo. Zatím co pod chytem se tento podíl zmenšoval postupně.

V případě znázorněných extrémních hodnot (Obrázek 6) se nejedná vždy o vzorky s vizuální přítomností lezeckého magnézia. Tyto extrémní koncentrace byly naměřeny i na místech bez zjevného výskytu lezeckého magnézia. Vizuální indikace přítomnosti lezeckého magnézia tedy není dostatečná. Bylo zjištěno, že 49 % ze vzorků, u kterých nebylo vizuálně zaznamenáno lezecké magnézium nabývá zvýšené koncentrace hořčíku (Tabulka 3). Z celkových 120 odebraných vzorků na balvanech bylo na 33 % pozorováno lezecké magnézium. Přitom 65 % přesáhlo mezní hodnotu  $0.00529\text{mg/cm}^2$ . Zrakem lze tedy identifikovat pouze přibližně každý druhý případ zvýšené koncentrace hořčíku.

	Počet měření	Vizuálně přítomné lezecké magnézium %	Zvýšená koncentrace hořčíku %
Lezecký chyt	72	50	85
+ 10 cm	18	17	78
0 cm	18	100	100
-10 cm	18	61	94
- 20 cm	18	22	67
Mřížka	48	8	35
Pozorované l. magnézium	4	100	100
Nepozorované l. magnézium	44	0	30
Všechny vzorky	120	33	65
Nepozorované l. magnézium	80	0	49

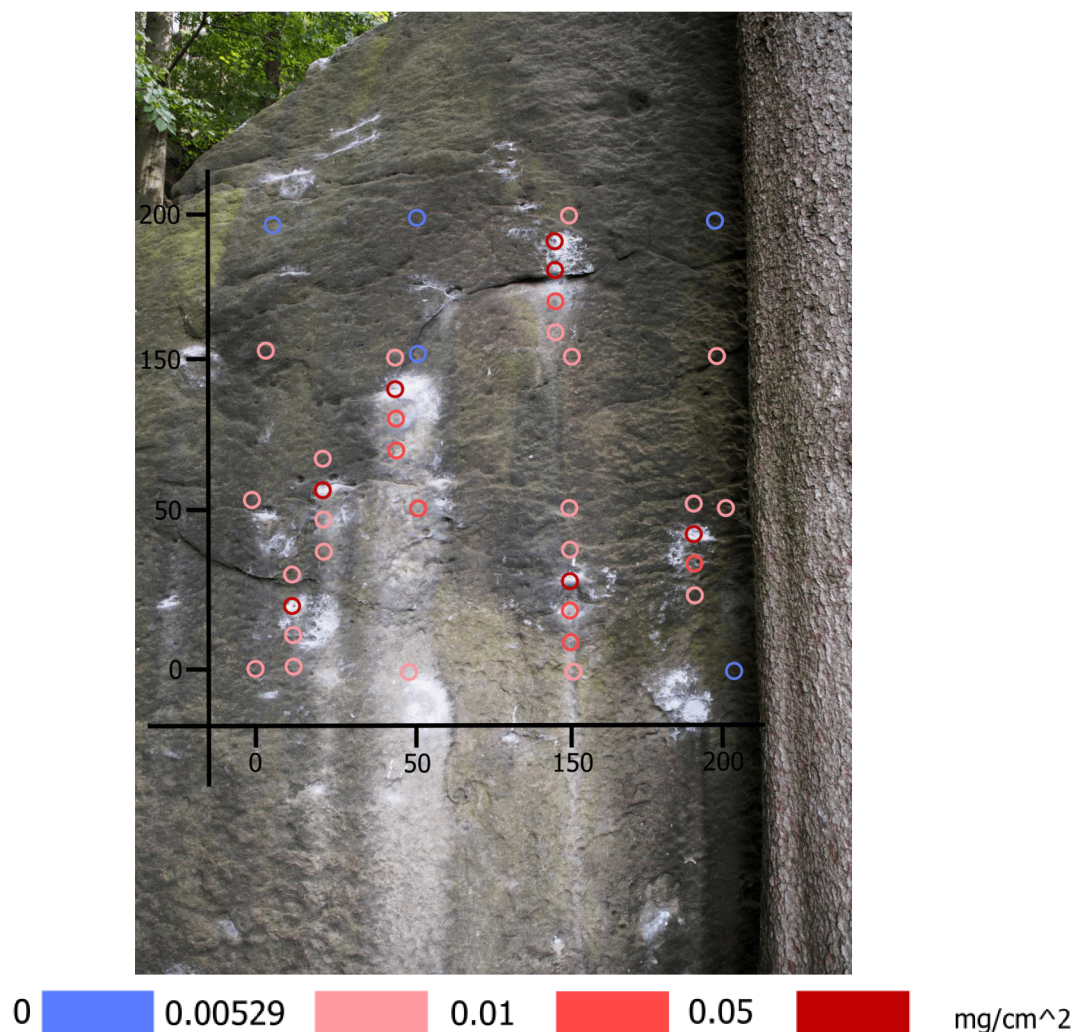
Tabulka 3: Přehled procentuálního zastoupení vzorků se zvýšenou koncentrací hořčíku dle skupin.

### 7.1. Prostorové rozšíření na zkoumané ploše

Pro prostorové znázornění koncentrací hořčíku byly vytvořeny obrázky, na kterých je v přesném místě odebrání vzorku zobrazena míra koncentrace hořčíku (Obrázek 7, Obrázek 8, Obrázek 9). Je zachyceno lokální zvýšení koncentrace hořčíku v blízkosti chytů a jeho vertikální šíření. Na první pohled je zjevné, že rozšíření magnézia i jeho



přítomné koncentrace se liší balvan od balvanu. Vzdálenosti vzorků jsou zkrusleny vytvořením fotografie a proměnlivou mikrotopografií balvanů.

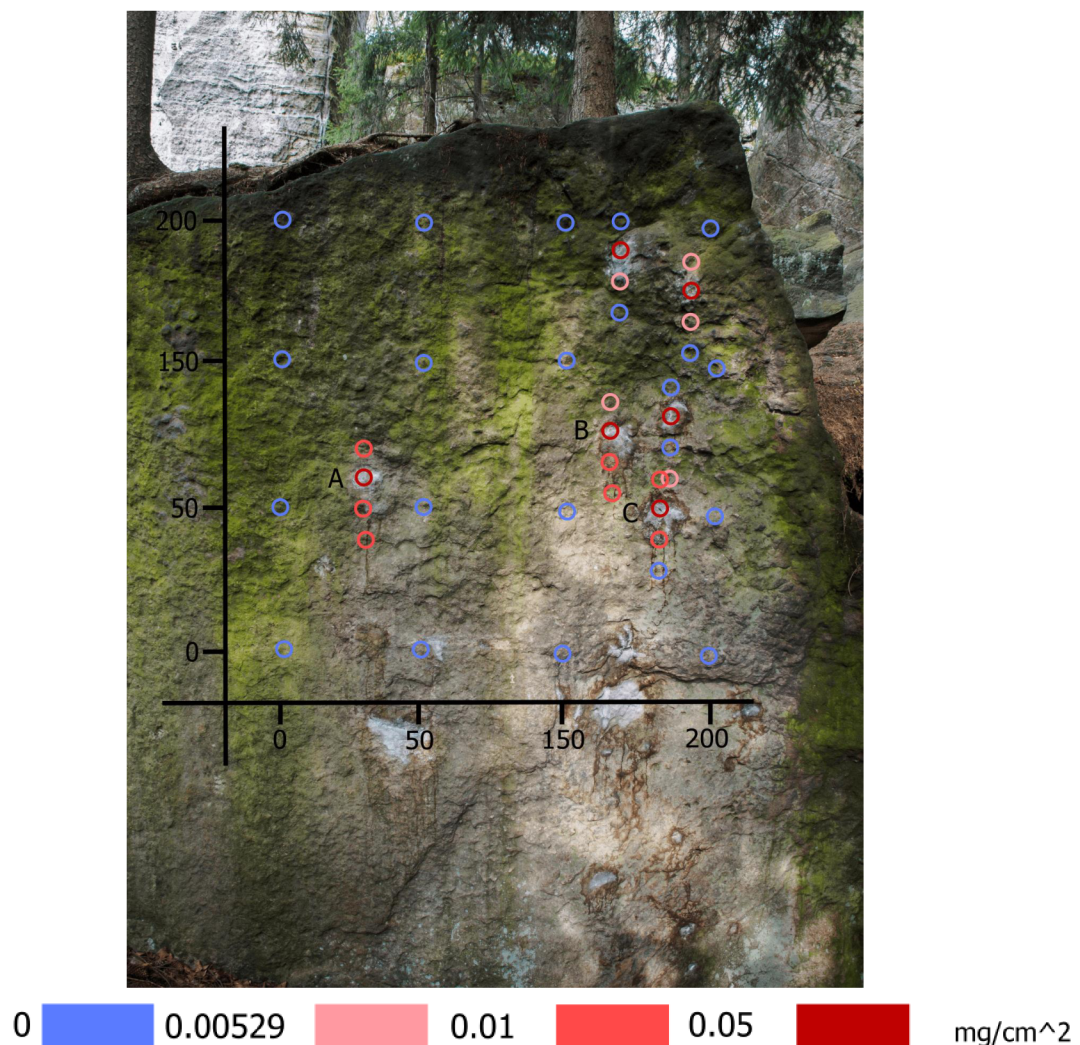


Obrázek 7: Koncentrace hořčíku na vzorkovaných bodech na balvanu Oušlapek.

K největšímu rozšíření lezeckého magnézia došlo na balvanu Oušlapek, na kterém se měřilo na ploše cesty s názvem Nádhera rovnováhy (Obrázek 7). Kromě pěti vzorků všechny vzorky nabývají zvýšených hodnot koncentrace hořčíku. Na skále se pod většinou chytů vyskytují zesvětlené pruhy pískovce. Všechny vzorky odebrané z těchto míst vykazují zvýšenou koncentraci hořčíku. Na tomto balvanu se střetává většina podmínek pro dobré šíření lezeckého magnézia: (1) balvan je hned vedle lezeckého chodníku, tak je tato cesta navštěvována velkým množstvím lezců, kteří prochází. Také je v lezeckém průvodci cesta označena hvězdičkou (tzn. hezká, zajímavá cesta doporučená k lezení) a je cíleně často lezci vyhledávána. (2) mikrotopografie balvanu je převážně hladká s relativně malým počtem dírek a

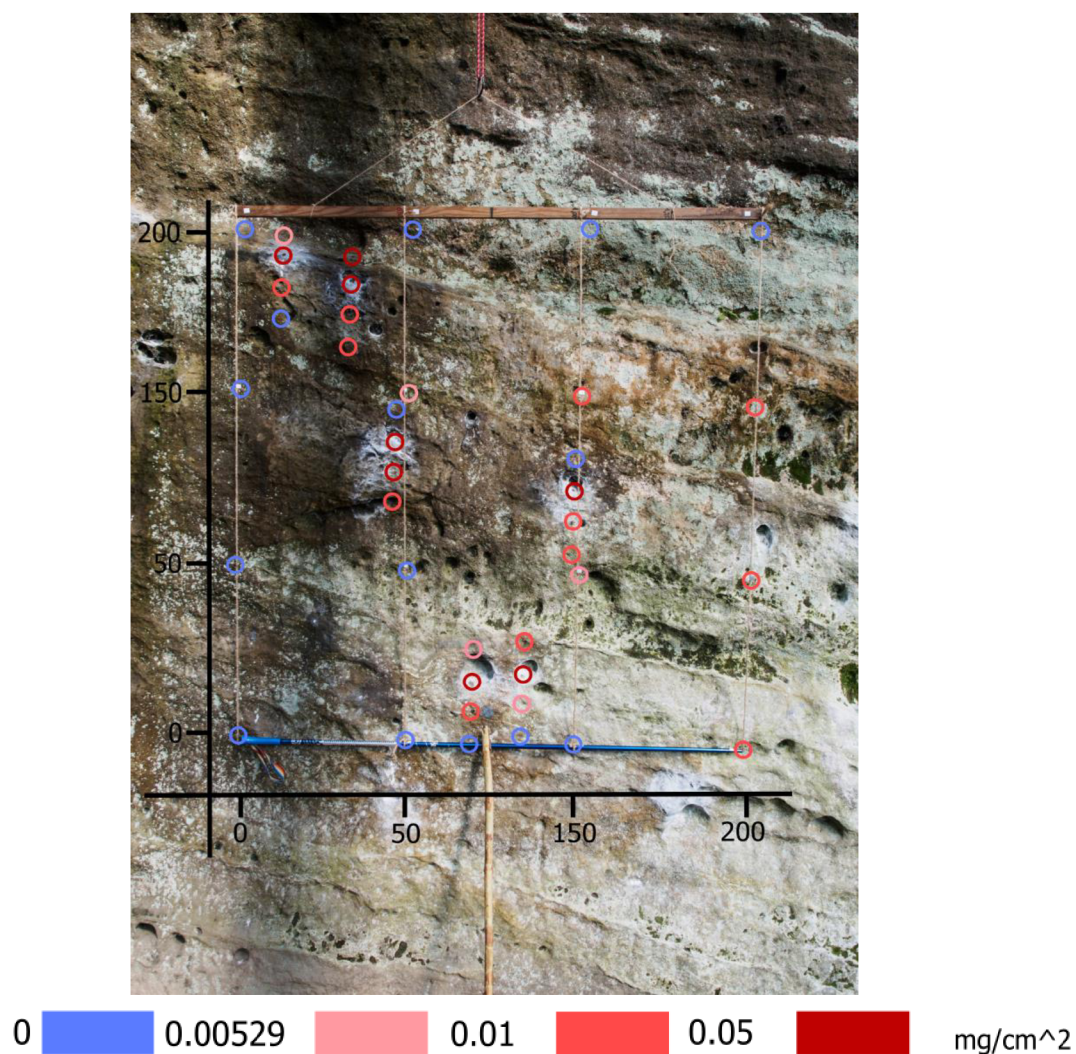
jiných chytů. (3) měřená plocha je kolmá, horní část balvanu je však mírně položená. Plocha balvanu zachytává více srážkové vody a k šíření magnézia je tedy dostupné větší množství transportního média.

Prostorově nejmenší rozšíření bylo zjištěno u balvanu Malý útes, na kterém se nachází nepojmenovaná cesta (Obrázek 8). Zvýšenou koncentraci hořčíku je možné pozorovat pouze na bodech blízko chytů. Část chytů má kolem sebe tmavé zbarvení pískovce. U chytů A a B byly vzorky vzdálené 20 cm od chytu odebrány z této zbarvené plochy. Oba vzorky mají zvýšenou koncentraci magnézia. U chytu C byl tento vzorek odebrán mimo zbarvenou plochu a naměřená koncentrace nebyla zvýšená. Tento malý vzorek nastiňuje, že se magnézium nešíří vždy plochou rovnoměrně, ale může být koncentrováno v drahách šíření.



Obrázek 8: Koncentrace hořčíku na vzorkovaných bodech na balvanu Malý útes.

Ve všech bodech mřížky byla zjištěna koncentrace nižší než je stanovená prahová hodnota. Tento balvan je na celé své ploše kolmý, čímž se odlišuje od prvního případu. Výrazně nižší rozšíření může být tedy následkem nižšího množství zachycené srážkové vody, nebo nižší návštěvnosti. V lezeckém průvodci je sice také boulder označen hvězdičkou. Nenachází se ale na nijak výjimečně dobře přístupném místě. Váhu těchto dvou aspektů nelze definovat.



Obrázek 9: Koncentrace hořčíku na vzorkovaných bodech na balvanu Cukrárna.

Na třetím balvanu s názvem Cukrárna lze pozorovat částečné rozšíření magnézia v bodech mřížky a kolem chytů (Obrázek 9). Přesto, že se na značné části povrchu stěny vyskytuje skalní porost, nejsou přítomny výrazné viditelné reakce organismů na přítomnost magnézia. Dá se předpokládat, že na dotčených místech přebývají již pouze organismy přizpůsobené na pozměněné podmínky. Jak bylo

zjištěno ve dvou studiích, skalní organismy reagují na přítomnost lezeckého magnézia odlišně, některé i pozitivně (Hepenstrick et al. 2020; Pereira, 2005).

## 8. Diskuze

Při odběru vzorků, bylo zaznamenáno, zda bylo na odběrové ploše vidět lezecké magnézium. 49 % vzorků, u kterých nebyla vizuálně pozorována přítomnost lezeckého magnézia vykazalo zvýšenou koncentraci hořčíku. Nabízí se předpoklad šíření lezeckého magnézia prášením nebo vymývání a odnosem srážkovou vodou. Setrvání lezeckého magnézia na balvanu každopádně není statické.

K popisu objemu lezeckého magnézia vyskytujícího se ve vzduchu při lezecké činnosti byla vytvořena studie (Weinbruch et al. 2008). Měření se však zaměřovalo na vnitřní sportoviště a lezecké haly. V době sběru dat byla v prostoru také výrazně vyšší hustota lezců, než k jaké dochází v blízkosti zkoumaných balvanů. Naměřené hodnoty se tak nedají připodobnit k těm, jež se potenciálně vyskytují v blízkosti balvanů na Ostaši. Přesná váha tohoto činitele v procesu šíření lezeckého magnézia při venkovním lezení nebyla specifikována v žádné známe vědecké práci. Nejvyšší projev transportu magnézia vzduchem lze očekávat kolem lezeckých chytů, díky jejich očišťování kartáčky, při kterém se velký podíl magnézia usazeného na chytu zvedne do vzduchu. Na základě skutečnosti, že i v blízkosti lezeckých chytů byly naměřeny nezvýšené koncentrace hořčíku (Obrázek 8), lze usoudit, že množství magnézia přenášené vzduchem nezvýší výrazně koncentraci na povrchu balvanu. Rozšíření lezeckého magnézia od chytů do okolí je tak přisouzeno primárně působení srážkové vody.

Již Pereira (2005) při svém výzkumu vlivu lezeckého magnézia na skalní biotu zaznamenal jeho vertikální dráhy šíření. Popsal je jako úseky pod chyty, na kterých řasa a mech zhnědly a snižovaly svůj výskyt (Pereira, 2005). Podobné úkazy mohou být nalezeny i na balvanech v CHKO Broumovsko. Jeden výrazný případ byl zachycen na nedaleké stolové hoře Bor, kde podobné dráhy na balvanu dosahovaly délky přes 2 m. Dráhy vyplavování mohou být detekovány i změnou barvy horniny. Reakci pískovce zmínil už Niegel (2009). Odpověď ale není konstantní. Pískovec v daném

místě buď ztmavne (Obrázek 11), nebo je naopak světlejší než okolí (Obrázek 11). Tento fenomén zatím nebyl vysvětlen. Jasně však tyto čáry lokalizují dráhu stékající vody odnášející magnézium z chytů, což podporují výsledky měření (Obrázek 7, Obrázek 8).



Obrázek 11: Podle zesvětlených pruhů lze často lokalizovat bouldr i bez viditelných zbytků lezeckého magnézia na chytech. Existence bouldru na tomto místě byla potvrzena v lezeckém průvodci.



Obrázek 11: Tmavé skvrny v okolí chytů se vyskytují méně často. Výrazné jsou na spodních dvou chytech.

První studie popisující rozšíření lezeckého magnézia na balvanech potvrdila šíření lezeckého magnézia z chytů. Nejvyšší hodnoty koncentrace byly naměřeny ve středu chytu, následované vzdáleností 10 cm a následně 20 cm pod chytem. Nejnížší koncentrace se vyskytovaly 10 cm nad chytem. A rozdíl koncentrací skupiny vzorků sebrané z 10 cm nad chytem a 20 cm pod chytem byl minimální (Hepenstrick et al. 2020). Tato bakalářská práce došla ke stejným výsledkům. Míra snížení koncentrace ve středu chytu a v 10 cm pod chytem se však velmi liší. V původní studii se koncentrace na těchto 10 cm snížila zhruba na poloviční hodnotu. V této práci došlo ke snížení o 92%.

Obě práce se liší horninou, na které byly provedeny. Původní studie byla vytvořena na žule (Hepenstrick et al. 2020). V této práci byly odebrány vzorky na křemenném pískovci. Křemenný pískovec, díky nízkému obsahu živců, patří mezi kyselé horniny podobně jako žula (Mikuláš et al. 2007). Nemělo tak dojít k výraznému rozdílu kyselosti povrchové vody, který by se projevil na rozpustnosti lezeckého magnézia a

jeho schopnosti šíření. Nutno dodat, že v ani jedné práci nebylo popsáno pH dešťů v zájmové lokalitě, které mohlo tvořit rozdílné podmínky výzkumů.

K vysvětlení rozdílného snížení koncentrace pod chytem se nabízejí dvě hypotézy: (1) magnézium se zachytává průtokem na silně porézním povrchu pískovce. Tuto hypotézu zmínil již Niegl (2009), který tvrdí, že díky porozita pískovce podporuje přetrvání lezeckého magnézia. (2) Pískovec má nasákavost výrazně vyšší než žula, na které byla provedena první studie. Nasákavost božanovského pískovce těžného v CHKO dosahuje 5,26 %. Stékající voda se do pískovce vsakuje rychleji než do žuly, a tak nemůže působit jako transportní médium při povrchovém šíření magnézia.

## 9. Závěr

Na třech balvanech v oblasti Ostaš, na kterých se provozuje bouldering byly odebrány vzorky ke stanovení rozšíření lezeckého magnézia. Přítomnost lezeckého magnézia byla určena měřením obsahu hořčíku. Byly shromážděny dvě sady vzorků. První sada vzorků ve vzdálenosti 0.5 m vytvořila pravidelnou mřížku přes vzorkovanou plochu. Druhá sada popisovala blízké okolí lezeckých chytů. Vzorky byly odebrány ve středu chytu a ve vertikálním směru 10 cm nad, 10 a 20 cm pod chytem. Koncentrace hořčíku ve vzorcích byly porovnány s mezní hodnotou stanovenou měřením na nelezených balvanech. Z měření bylo zjištěno, že 65 % odebraných vzorků nabývá zvýšené koncentrace. Zvýšené množství hořčíku se nacházelo i na místech, na kterých nebylo lezecké magnézium vizuálně detekovatelné. Koncentrace magnézia i rozšíření jsou odlišné na každém balvanu i kolem každého lezeckého chytu.

Magnézium nesetrvává na místech nánosu - lezeckých chytech, ale rozšiřuje se po balvanu. Primárně je přenášeno stékající vodou. Rozšíření nemusí být plošně konstantní, ale může být koncentrováno do drah šíření. Takové dráhy popsal již Pereira (2005). Zjištěný charakter šíření magnézia na křemenném pískovci se odlišoval od trendů, které byly popsány ve studii odehrávající se na žulových balvanech (Hepenstrick et al. 2020). Byl potvrzen předpoklad nižšího rozšiřování lezeckého magnézia na pískovci (Niegl, 2009).

Tato práce zaznamenala reálný stav rozšíření magnézia na aktivně lezených bouldrech. K přesnějšímu porozumění jednotlivým faktorům přítomných při tomto procesu (role horniny, sklonu, mikrotopografie, množství a charakteristik srážek atd.) by bylo vhodné uskutečnit laboratorní měření. Jako nejdůležitější aspekt vhodný k prozkoumání lze považovat roli horniny. Pokud by se nadále prokázaly odlišné trendy šíření i na jiných typech horniny, bylo by možné dle tohoto korigovat povolení používání lezeckého magnézia při lezení.

Z hlediska ochrany skalní vegetace by bylo vhodné rozšířit poznatky této problematiky studiem kolísání koncentrace magnézia v průběhu roku. A také určit, zda se používání lezeckého magnézia řadí mezi aktivity s dlouhodobým účinkem. Čili jak dlouho bude magnézium přetrvávat na skále do jeho úplného vymizení.

Byť je nutný další průzkum reakcí skalních vegetace na přítomnost lezeckého magnézia. Mělo by se při tvorbě plánu ochrany skalních společenstev v lezecky aktivních oblastech lezecké magnézium brát v úvahu.

## 10. Seznam literatury

### 10.1. Odborné publikace

Adams, M.D., Zaniewski, K., 2012: Effects of Recreational Rock Climbing and Environmental Variation on a Sandstone Cliff-Face Lichen Community. *Botany* 90. 253–259.

Amca, A.M., Vigouroux, L., Aritan, S., Berton, E., 2012: The effect of chalk on the finger–hold friction coefficient in rock climbing. *Sports Biomechanics* 11. 473-479.

Boggess, L.M., Georgia, R.H., Bishop, G., 2021: Impacts of Rock Climbing on Cliff Vegetation: A Methods Review and Best Practices. *Applied Vegetation Science* 24.

Clark, P., Hessel, A., 2015: The effects of rock climbing on cliff-face vegetation. *Applied Vegetation Science* 18. 705–715.

Cornell, J.H., 1978: Diversity in tropical rain forests and coral reefs – high diversity of trees and corals is maintained only in a non-equilibrium state. *Science* 199. 1302–1310.

Čech, S., Valečka, J., 2002: Geologické poměry polické pánve. In: Hrkal, Z. (ed): *Sborník geologických věd – Hydrogeologie, Inženýrská geologie*. Česká geologická služba, Praha. 12-17.

Fickert, T., 2014: Zum Einfluss des Klettersports auf silikatische Felsökosysteme. *Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft* 59. 47–58.

Hepenstrick, D., Bergamini, A., Holderegger, R., 2020: The distribution of climbing chalk on climbed boulders and its impact on rock-dwelling fern and moss species. *Ecology and Evolution* 10. 11362–11371.

Holzschuh, A., 2016: Does Rock Climbing Threaten Cliff Biodiversity?—A Critical Review. *Biological Conservation*. 204. 153–162.

Kuntz, K.L., Larson, D.W., 2006a: Influences of microhabitat constraints and rock-climbing disturbance on cliff-face vegetation communities. *Biological Conservation* 20. 821–832.

Kuntz, K.L., Larson, D.W., 2006b: Microtopographic control of vascular plant, bryophyte and lichen communities on cliff faces. *Plant Ecology* 185. 239–253.



- Larson, D.W., Matthes, U., Kelly, P.E., 2000: Cliff ecology: Pattern and process in cliff ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge. 331 s.
- McMillan, M.A., Larson, D.W., 2002: Effects of rock climbing on the vegetation of the Niagara Escarpment in southern Ontario, Canada. *Biological Conservation* 16. 389–398.
- Mikuláš, R., Adamovič, J., Hájek, A., Spíšek, J., 2007: Adršpašsko-teplické skály Cliffs and Ostaš Hill. In: Härtel, H., Čilek, V., Herben, T., Jackson, A., Williams, R. (eds.): *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha, 332–335.
- Niegl, G., 2009: Bouldering: One of the last sports defying technology? Interview with Kilian Fischhuber. *Sports Technology* 2. 63-65.
- Nuzzo, V.A., 1995: Effects of rock climbing on Cliff Goldenrod (*Solidago sciaphila* Steele). *The American Midland Naturalist* 133. 229–241.
- Pitter, P., 2019: *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 792.
- Ropp, C.R., 2013: Chapter 5 - Group 14 (C, Si, Ge, Sn, and Pb) Alkaline Earth Compounds. In: Ropp, C.R. (ed): *Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds*. Elsevier. 351-480.
- Rusterholz, H.P., Müller, S.W., Baur, B., 2004: Effects of rock climbing on plant communities on exposed limestone cliffs in the Swiss Jura mountains. *Applied Vegetation Science* 7. 35–40.
- Schweizer, A.M., Höschler, L., Steinbauer, M.J., 2021: The Physical Damage of Climbing Activity on Sandstone Lichen Cover. *Sustainability* 13. 13590.
- Tessler, M., Clark, T.A., 2017: The impact of bouldering on rock-associated vegetation. *Biological Conservation*. 204. 412–419.
- Thiel, H., Spribille, T., 2007: Lichens and bryophytes on shaded sandstone outcrops used for rock climbing in the vicinity of Göttingen (southern Lower Saxony, Germany). *Herzogia* 20. 159–177.
- Weinbruch, S., Dirsch, T., Ebert, M., Hofmann, H., Kandler, K., 2008: Dust exposure in indoor climbing halls. *Journal of Environmental Monitoring* 10. 648–654.

Wezel, A., 2007: Changes between 1927 and 2004 and effect of rock climbing on occurrence of *Saxifraga paniculata* and *Draba aizoides*, two glacial relicts on limestone cliffs of the Swabian Jura, southern Germany. *Journal for Nature Conservation* 15. 84–93.

## 10.2. Internetové zdroje

AOPK ČR, ©2022: Pro těžbu kůrovcem napadených stromů na Ostaši jsou stanoveny přísné podmínky (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://broumovsko.ochranaprirody.cz/sprava-informuje/tiskove-zpravy/pro-tezbu-kurovcem-napadenych-stromu-na-ostasi-jsou-stanoveny-prisne-podminky/>>

Attarian, A., Keith, J., 2008: Climbing Management: A Guide to Climbing Issues and the Development of a Climbing Management Plan (online) [cit. 2021.03.16], dostupné z <[https://winapps.umt.edu/winapps/media2/wilderness/toolboxes/documents/vum/Climbing\\_Mgmt\\_Plan\\_Guide\\_AF.pdf](https://winapps.umt.edu/winapps/media2/wilderness/toolboxes/documents/vum/Climbing_Mgmt_Plan_Guide_AF.pdf)>.

COPAN, © 2022: FLOQSwabs® (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://www.copanusa.com/sample-collection-transport-processing/floqswabs/>>.

Česká geologická služba, ©2007: Pískovec (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z <<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?piskovec>> .

Česká geologická služba, 2016: Rebilance zásob podzemních vod -Závěrečná zpráva - Stanovení zásob podzemních vod - Hydrogeologický rajon 4110 - Polická pánev (online) [cit. 2022.03.16.], dostupné z <[http://www.geology.cz/rebilance/vysledky/4110\\_zprava.pdf](http://www.geology.cz/rebilance/vysledky/4110_zprava.pdf)> .

Český horolezecký svaz, 2020: Pravidla lezení v pískovcových oblastech v Čechách (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://www.horosvaz.cz/res/archive/330/056387.pdf?seek=1592486177>>.

Správa CHKO Broumovsko, 2019: Opatření obecné povahy č. 2/2019 (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z <<https://www.horosvaz.cz/res/archive/275/038007.pdf?seek=1556533689>>.

### 10.3. Ostatní zdroje

Lesprojekt východní Čechy s.r.o., 2009: Plán péče o přírodní rezervaci „Ostaš“ na období 2009–2016. Správa CHKO Broumovsko. Police nad Metují. 42 s.

Pereira, J., 2005: The Influence of Rock Climbing Chalk on Cliff Plant Communities. Antioch University New England, Department of Environmental Studies. 34 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Antioch University Library.

# 11. Přílohy

## 11.1. Surová data

Sample	name	rock	group	distance	vizual_content	Mg_value
1	A10-g11	A10	grid	NA	c	0.00214
2	A10-g12	A10	grid	NA	c	0.00422
3	A10-g13	A10	grid	NA	c	0.00474
4	A10-g14	A10	grid	NA	c	0.00466
5	A10-g21	A10	grid	NA	c	0.0031
6	A10-g22	A10	grid	NA	c	0.00646
7	A10-g23	A10	grid	NA	c	0.01626
8	A10-g24	A10	grid	NA	c	0.01198
9	A10-g31	A10	grid	NA	c	0.0022
10	A10-g32	A10	grid	NA	c	0.00426
11	A10-g33	A10	grid	NA	c	0.00672
12	A10-g34	A10	grid	NA	c	0.02078
13	A10-g41	A10	grid	NA	c	0.00232
14	A10-g42	A10	grid	NA	c	0.00214
15	A10-g43	A10	grid	NA	c	0.00314
16	A10-g44	A10	grid	NA	m	0.0111
17	1-A10-ch+10	A10	chyt	+10	m	0.0063
18	1-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.05816
19	1-A10-ch-10	A10	chyt	-10	m	0.02848
20	1-A10-ch-20	A10	chyt	-20	c	0.0047
21	2-A10-ch+10	A10	chyt	+10	m	0.05556
22	2-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.1511
23	2-A10-ch-10	A10	chyt	-10	m	0.01626
24	2-A10-ch-20	A10	chyt	-20	m	0.00858
25	3-A10-ch+10	A10	chyt	+10	c	0.00428
26	3-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.35788
27	3-A10-ch-10	A10	chyt	-10	m	0.06612

28	3-A10-ch-20	A10	chyt	-20	m	0.01222
29	4-A10-ch+10	A10	chyt	+10	c	0.00516
30	4-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.259
31	4-A10-ch-10	A10	chyt	-10	m	0.01522
32	4-A10-ch-20	A10	chyt	-20	c	0.01252
33	5-A10-ch+10	A10	chyt	+10	c	0.01052
34	5-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.1813
35	5-A10-ch-10	A10	chyt	-10	c	0.00696
36	5-A10-ch-20	A10	chyt	-20	c	0.00454
37	6-A10-ch+10	A10	chyt	+10	c	0.0065
38	6-A10-ch0	A10	chyt	0	m	0.07032
39	6-A10-ch-10	A10	chyt	-10	m	0.00756
40	6-A10-ch-20	A10	chyt	-20	m	0.0046
41	B19-g11	B19	grid	NA	c	0.00366
42	B19-g12	B19	grid	NA	c	0.00316
43	B19-g13	B19	grid	NA	c	0.0028
44	B19-g14	B19	grid	NA	c	0.00366
45	B19-g21	B19	grid	NA	c	0.00258
46	B19-g22	B19	grid	NA	c	0.0033
47	B19-g23	B19	grid	NA	c	0.00228
48	B19-g24	B19	grid	NA	c	0.00294
49	B19-g31	B19	grid	NA	c	0.00354
50	B19-g32	B19	grid	NA	c	0.0049
51	B19-g33	B19	grid	NA	c	0.00434
52	B19-g34	B19	grid	NA	c	0.00484
53	B19-g41	B19	grid	NA	c	0.00454
54	B19-g42	B19	grid	NA	c	0.00516
55	B19-g43	B19	grid	NA	c	0.00484
56	B19-g44	B19	grid	NA	c	0.00506
57	1-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.00512
58	1-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.10706
59	1-B19-ch-10	B19	chyt	-10	c	0.00634
60	1-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.0034

61	2-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.00568
62	2-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.13084
63	2-B19-ch-10	B19	chyt	-10	c	0.00634
64	2-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.00298
65	3-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.00282
66	3-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.31586
67	3-B19-ch-10	B19	chyt	-10	c	0.00298
68	3-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.0065
69	4-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.00672
70	4-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.34622
71	4-B19-ch-10	B19	chyt	-10	c	0.01092
72	4-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.008
73	5-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.02102
74	5-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.18884
75	5-B19-ch-10	B19	chyt	-10	m	0.03026
76	5-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.0039
77	6-B19-ch+10	B19	chyt	+10	c	0.00714
78	6-B19-ch0	B19	chyt	0	m	0.0856
79	6-B19-ch-10	B19	chyt	-10	m	0.0217
80	6-B19-ch-20	B19	chyt	-20	c	0.02224
81	C2-g11	C2	grid	NA	c	0.00382
82	C2-g12	C2	grid	NA	c	0.00262
83	C2-g13	C2	grid	NA	c	0.00676
84	C2-g14	C2	grid	NA	c	0.00268
85	C2-g21	C2	grid	NA	c	0.00714
86	C2-g22	C2	grid	NA	c	0.00304
87	C2-g23	C2	grid	NA	c	0.00652
88	C2-g24	C2	grid	NA	c	0.00636
89	C2-g31	C2	grid	NA	c	0.00702
90	C2-g32	C2	grid	NA	m	0.01008
91	C2-g33	C2	grid	NA	c	0.00638
92	C2-g34	C2	grid	NA	c	0.00636
93	C2-g41	C2	grid	NA	c	0.0068

94	C2-g42	C2	grid	NA	m	0.0096
95	C2-g43	C2	grid	NA	m	0.00542
96	C2-g44	C2	grid	NA	c	0.00244
97	1-C2-ch+10	C2	chyt	+10	m	0.10396
98	1-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.25308
99	1-C2-ch-10	C2	chyt	-10	c	0.01076
100	1-C2-ch-20	C2	chyt	-20	m	0.0062
101	2-C2-ch+10	C2	chyt	+10	c	0.00634
102	2-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.2583
103	2-C2-ch-10	C2	chyt	-10	m	0.0183
104	2-C2-ch-20	C2	chyt	-20	c	0.01042
105	3-C2-ch+10	C2	chyt	+10	c	0.00606
106	3-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.17354
107	3-C2-ch-10	C2	chyt	-10	m	0.00684
108	3-C2-ch-20	C2	chyt	-20	c	0.00614
109	4-C2-ch+10	C2	chyt	+10	c	0.00558
110	4-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.1566
111	4-C2-ch-10	C2	chyt	-10	m	0.01152
112	4-C2-ch-20	C2	chyt	-20	c	0.00582
113	5-C2-ch+10	C2	chyt	+10	c	0.00578
114	5-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.09928
115	5-C2-ch-10	C2	chyt	-10	m	0.01252
116	5-C2-ch-20	C2	chyt	-20	c	0.00814
117	6-C2-ch+10	C2	chyt	+10	c	0.0059
118	6-C2-ch0	C2	chyt	0	m	0.21448
119	6-C2-ch-10	C2	chyt	-10	c	0.0057
120	6-C2-ch-20	C2	chyt	-20	c	0.0056
121	ciste-1	blank	NA	NA	c	0.00218
122	ciste-1	blank	NA	NA	c	0.00492
123	ciste-1	blank	NA	NA	c	0.00498
124	ciste-1	blank	NA	NA	c	0.00218
125	ciste-1	blank	NA	NA	c	0.0053
126	ciste-2	blank	NA	NA	c	0.00486

127	ciste-2	blank	NA	NA	c	0.00236
128	ciste-2	blank	NA	NA	c	0.00474
129	ciste-2	blank	NA	NA	c	0.0048
130	ciste-2	blank	NA	NA	c	0.00238

name – celý kód vzorku

rock – označení balvanu v lezeckém průvodci (A10, B19, C2, blank – kontrolní balvany)

group – skupina vzorků (grid = mřížka, chyt)

distance – vzdálenost vzorku od chytu (cm)

vizual\_content - viditelná přítomnost I. magnézia (c = čisté, m – přítomné magnézium)

Mg\_value – hodnota naměřené koncentrace (mg/cm<sup>2</sup>)