

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Faktory prostředí ovlivňující přírůst dřevin na mokřadech

Bakalářská práce

Autor: Karel Čada

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Karel Čada

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Faktory prostředí ovlivňující přírůst dřevin na mokřadech

Název anglicky

Environmental factors that influence wooden species growth on wetlands

Cíle práce

Prvním cílem práce bude pomocí literární rešerše shrnout dosavadní vědecké znalosti o tom, jaké faktory prostředí ovlivňují dřeviny a jejich přírůst na mokřadech, tj. na místech, kde je po významnou část roku půda nasycena vodou. V druhé, praktické části práce bude cílem provést letokruhovou analýzu vybrané lokality rašelinného lesa v Jeseníkách a zjistit, jaký vztah má přírůst s vybranými faktory prostředí (klimatu).

Metodika

V rámci prvního cíle bude zpracován rozbor literatury (literární rešerše) s důrazem na aktuální domácí i zahraniční vědeckou literaturu. V rámci druhého cíle bude proveden odběr vývrtů na trvalých výzkumných plochách na vybrané lokalitě v Jeseníkách. Vývrty budou zpracovány v laboratoři a budou změřeny šířky letokruhů. Letokruhové série pak budou použity k zhodnocení přírůstu stromů a jeho vztahu k prostředí.

Harmonogram zpracování:

Květen 2020 — Zadání BP

Léto 2020 — Studium literatury, terénní a laboratorní práce

Podzim 2020 — Příprava a vyhodnocení dat

Listopad/prosinec 2020 — Konzultace výsledků analýz, osnovy práce a kostry literárních zdrojů se školitelem

Zima 2020/2021 — Příprava textu BP

Březen 2021 — Konzultace finální podoby práce se školitelem

Duben 2021 — Předložení práce

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Letokruhová analýza, dendrochronologie, rašeliniště, klima.

Doporučené zdroje informací

- Cedro, A., Lamentowicz, M., 2011. Contrasting responses to environmental changes by pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on peat and mineral soil: An example from a Polish Baltic bog. *Dendrochronologia* 29, 211-217.
- Čada, V., 2014. Dendrometrická a dendrochronologická analýza lesních porostů v NPR Rejvíz. Závěrečná zpráva depon. AOPK ČR.
- Čejková, A., Poláková, S., 2012. Growth responses of sessile oak to climate and hydrological regime in the Zbytka Nature Reserve, Czech Republic. *Geochronometria* 39, 285–294.
- Keddy, P. A., 2010. *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge University Press.
- Levanič, T., Gričar, J., Gagen, M., Jalkanen, R., Loader, N.J., McCarroll, D., Oven, P., Robertson, I., 2008. The climate sensitivity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in the southeastern European Alps. *Trees* 23, 169–180.
- Linderholm, H.W., Moberg, A. and Grudd, H., 2002. Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(8), pp.1400-1410.
- Mäkinen, H., Nöjd, P., Kahle, H., Neumann, U., Tveite, B., Mielikainen, K., Röhle, H., Spiecker, H., 2002. Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *For. Ecol. Manage.* 171, 243–259.
- Raney, P.A., Leopold, D.J., Dovciak, M. and Beier, C.M., 2016. Hydrologic position mediates sensitivity of tree growth to climate: groundwater subsidies provide a thermal buffer effect in wetlands. *Forest Ecology and Management*, 379, pp.70-80.
- Speer, J.H., 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press.
- Urbanová, Z., Pícek, T., Hájek, T., Buřková, I., Tuittila, E.-S., 2012. Vegetation and carbon gas dynamics under a changed hydrological regime in central European peatlands. *Plant Ecol. Divers.* 5, 89–103.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2021

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 04. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Faktory prostředí ovlivňující přírůst dřevin na mokřadech* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vojtěcha Čady, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2021

Podpis autora

Děkuji Vojtěchu Čadovi za důležité připomínky, poskytnutá data a trpělivost, mámě, tátovi, sourozencům, Bobešovi a zbytku rodiny za podporu a rozptýlení. Také děkuji kamarádce, která mi dodávala optimismu. Velký dík patří i knihovníkům ze SIC na ČZU, protože se i v době virové snažili co nejrychleji připravovat knihy do výdejního okénka. Díky všem, kteří si to zaslouží.

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to determine how the climate affects the radial growth of Norway spruce (*Picea abies*) in Skřítek peat bog in Jeseníky Protected Landscape Area. Work presents the results of dendrochronological analysis of the core samples (76 in total) from four study plots in the bog. Average monthly temperatures and monthly precipitation totals were correlated with radial increment from 1901 to 2017. The results show that mentioned trees responded positively to higher temperatures in the beginning of vegetation growing season (particularly June). However, they responded negatively to higher temperatures in the second half of summer, namely August. Tree growth was positively influenced by higher July precipitation. In addition, the positive correlation was found between tree growth and temperatures of previous-year autumn.

Keywords: Climate, dendrochronological analysis, dendrochronology, peatland

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo odhalit, jak počasí ovlivňuje tloušťkový přírůst smrku ztepilého (*Picea abies*) na rašeliništi Skřítek v CHKO Jeseníky. Práce přináší výsledky dendrochronologické analýzy 76 vývrtů ze čtyř ploch na rašeliništi. Průměrné měsíční teploty a celkové měsíční úhrny srážek byly srovnány s tloušťkovým přírůstem od roku 1901 do roku 2017. Výsledky ukazují, že zmíněné stromy reagovaly pozitivně na vyšší teplotu v počátku vegetační sezóny (zejména v červnu). Naopak teploty ve druhé polovině vegetační sezóny, hlavně v srpnu, měly na přírůst negativní vliv. Růst stromů byl pozitivně ovlivněn vyššími srážkovými úhrny v červenci. Kromě toho byl objeven pozitivní vztah růstu smrků k teplotám na podzim předcházejícího roku.

Klíčová slova: Dendrochronologie, klima, letokruhová analýza, rašeliniště

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Růst stromů	11
3.2	Stavba dřeva	11
3.3	Letokruhy a kambium	12
3.4	Zvláštní případy letokruhů	13
3.5	Dendrochronologie.....	14
3.5.1	Křížové datování.....	15
3.5.2	Odběr a měření vzorků	15
3.5.3	Historie.....	16
3.6	Mokřad	16
3.6.1	Typy mokřadů.....	17
3.6.2	Význam mokřadů.....	17
3.6.3	Ohrožení mokřadů v historii i v současnosti	18
3.7	Specifika dřevin na mokřadech	18
3.8	Problémy pro dendrochronologické analýzy	19
3.9	Zkoumaná dřevina – Smrk ztepilý	20
3.10	Přírůst stromů v závislosti na okolních faktorech	24
3.11	Faktory na mokřadech.....	25
3.11.1	Působení faktorů na mokřadech.....	25
3.11.2	Sluneční záření a teplota	26
3.11.3	Vlhkost půdy a srážky.....	26
3.11.4	pH půdy.....	27
3.11.5	Dostupnost živin	27
3.11.6	Teplota půdy	28
3.12	Studijní lokalita - NPR Rašeliniště Skřítek	29
3.12.1	Geografie	29
3.12.2	Vegetace.....	30
3.12.3	Ohrožení a plán managementu	31
3.12.4	Historie NPR Rašeliniště Skřítek.....	31
4	Metodika.....	32
4.1	Klimatologická data	33
4.2	Odběr vzorků v terénu.....	34

4.3	Práce v laboratoři	34
4.4	Analýza dat.....	35
5	Výsledky.....	35
5.1	Charakteristiky stromů na plochách.....	35
5.2	Přírůst.....	36
5.3	Vývoj teplot a srážek.....	37
5.4	Vztah teplot s přírůsty	38
5.5	Vztah srážkových úhrnů s přírůsty.....	40
6	Diskuze	41
7	Závěr.....	43
8	Zdroje	43
8.1	Literární zdroje.....	43
8.2	Zdroje obrázků	48
8.3	Internetové zdroje.....	48

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Dostupnost živin v závislosti na pH.....	28
Obrázek 2: Lokalizace NPR Rašeliniště Skřítek v ČR.....	30
Obrázek 3: Lokalizace NPR Rašeliniště Skřítek.....	30
Obrázek 4: Umístění studijních ploch v NPR Rašeliniště Skřítek.....	33
Tabulka 1: Základní informace o studijních plochách.....	33
Obrázek 5: Tloušťkové třídy stromů na studijních plochách.....	35
Obrázek 6: Trend průměrného přírůstu na plochách.....	37
Obrázek 7: Průběh průměrné roční teploty.....	38
Obrázek 8: Průběh ročních srážkových úhrnů.....	38
Obrázek 9: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah průměrné teploty v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1901-1939.....	39
Obrázek 10: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah průměrné teploty v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1950-2012, resp. 2017.....	39
Obrázek 11: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah srážek v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1901-1939.....	40
Obrázek 12: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah srážek v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1950-2012, resp. 2017.....	41

1 Úvod

Z ekologického hlediska jsou mokřady velmi ceněnými lokalitami, protože udržují vodu v krajině, poskytují útočiště mnoha druhům živočichů a rostlin. Mokřad není souvislá podmáčená plocha, a proto se zde mísí druhy vázané na vodní prostředí, silně podmáčené půdy i vysýchavější stanoviště (Pivničková 1997). Vyskytují se zde samozřejmě i stromy.

Na dřeviny působí různé abiotické a biotické faktory. Abiotickými faktory je neživá příroda, například vítr, srážky, teplota, čistota ovzduší a vlastnosti půdy. Tyto faktory působí většinou pozitivně, proudění vzduchu umožňuje transpiraci a teplota se srážkami umožňuje žít. Biotičtí činitelé jsou živočichové, parazitické rostliny a houboví patogeni (Křístek 2002).

Hlavním stresovým faktorem mokřadů je vysoká hladina spodní vody a z ní plynoucí stres z nízkého nasycení půdy kyslíkem, živinami a zhoršená výměna plynů z kořenového systému (Cedro, Lamentowicz 2011). Na rašeliništích se přidává i nízké pH (Hájek, Hájek 2018). Z těchto důvodů vyplývá i snížená ná velikost tloušťkového přírůstu a celkově menší velikost stromů (Cedro, Lamentowicz 2011).

V mírném pásu se standartně vytvoří za rok jeden letokruh, který má proměnlivou šířku. Jejich analýzou se zabývá dendrochronologie, která je díky matematickým a statistickým metodám schopná odhalit, jaké faktory ovlivňují přírůst stromů (Kyncl 2017). V této práci jsem se snažil najít souvislost mezi přírůsty a počasím daného roku, teplotou a srážkami, pomocí korelačních analýz.

Pro dendrochronologické analýzy nejsou přírůsty mokřadních stromů nejvhodnější, protože zde kvůli nasycení půdy vodou reagují méně na ostatní klimatické faktory. I při změnách srážkových úhrnů a teplot se to v letokruzích těchto stromů nemusí projevit. Pokud dojde ke změně, tak je pozvolná a často nereflektuje průběh počasí daného roku (Linderholm a kol. 2002).

2 Cíle práce

Prvním cílem je pomocí rešerše shrnout literární prameny, které se zabývají tím, jak faktory prostředí ovlivňují dřeviny v mírném podnebném pásu. Zvláštní pozornost bude ale věnována mokřadním stanovištím, kde je po většinu roku půda nasycena vodou a stromy jsou její přítomností do značné míry ovlivněny.

Druhým cílem, více praktickým, je provedení a vyhodnocení letokruhové analýzy ze stromů, které rostou v NPR Rašeliniště Skřítek v CHKO Jeseníky v České republice. V návaznosti na první deklarovaný cíl práce budu hledat souvislosti mezi tamějšími faktory prostředí, počasím a velikostí tloušťkových přírůstků smrku ztepilého (*Picea abies*).

3 Literární rešerše

3.1 Růst stromů

Růst stromů je u dřevin rostoucích v našich zeměpisných šířkách záležitostí sezonality a začíná na jaře. Výškový růst, který je označován za primární, je charakterizován vytvářením nových letorostů z pupenů a následným prodlužováním větví a kmene. Smrk roste nejiintenzivněji do výšky od konce května do poloviny července. V tomto období jsou asi dva týdny, během kterých může přirůst denně až 4 cm (Šebík, Polák, 1990). U jehličnanů se výška zvětšuje tím, že z terminálního pupenu začne růst roční výhonek a prodlouží se hlavní osa kmene. U listnatých dřevin se výškový přírůst odehraje díky vyrašení nejvýše postaveného bočního pupenu. Velikost tohoto přírůtku závisí hlavně na počasí v minulém roce, zejména od července do září, protože v tomto období se v pupenech shromažďují zásobní látky, které budou využity v nejbližším jaře. Na jaře započíná i aktivita kambia, které způsobuje zvětšování objemu dřeva. Tloušťkový (sekundární) růst smrku ztepilého začíná v polovině května. Největší podíl z celkové tloušťky letokruhu přiroste červenci (33 %) a srpnu (28 %). V červnu 24 % a v září 12 % (informace platné pro 500 m n. m.) (Schober 1949 in Šebík, Polák 1990). Velikost ročního přírůstu závisí na konkrétním jedinci, abiotických faktorech a sociologickém postavení v porostu (Šebík, Polák 1990). O tloušťkovém přírůstu bude více v dalších kapitolách.

3.2 Stavba dřeva

Mezi dřevem jehličnatých a listnatých stromů jsou rozdíly ve struktuře. Jehličnany mají jednodušší stavbu než listnaté dřeviny, protože jsou vývojově starší (Gandelová a kol. 2009). Dřevo jehličnanů má pravidelnou a jednoduchou strukturu. Podílí se na ní pouze dva dřevní elementy. Prvním jsou parenchymatické buňky a tím druhým jsou tracheidy, česky cévice. Parenchymatické buňky se vyskytují v dřeňových paprcích, v pryskyřičných kanálcích a v podélném dřevním parenchymu (Gandelová a kol. 2009).

Tracheidy jsou ve kmeni orientované vertikálně, jejich funkce je vodivá a mechanická. Jsou to buňky protáhlého tvaru. Poměr tloušťky ku délce u tracheid může

dosahovat od 1:100 do 1:300. Délka může být 2–6 mm (Gandelová a kol. 2009). U smrku ztepilého se podíl tracheid v celkové mase dřeva pohybuje od 92,5 do 95 %. Zastoupení cévic ve dřevě modřínu a borovice je okolo 90 % (Perelygin 1965 in Gandelová a kol. 2009).

Parenchymatické buňky jsou kratší a mají vodivou a zásobní funkci. Zásobní funkce spočívá v uchovávání škrobů (Gandelová a kol. 2009). Pryskyřičné kanálky, které jsou složené z parenchymatických buněk, vylučují pryskyřici. Ve stromě mohou být orientovány jak vertikálně, tak horizontálně. Vyskytují se u většiny jehličnanů, chybí ale u jedlí, jalovců a tisů (Gandelová a kol. 2009).

Dřevo listnáčů se vyznačuje anatomicky složitější stavbou. Charakteristickým prvkem jsou cévy (tracheje), které jsou složené z nad sebou poskládaných buněk. Pouze v posledním letokruhu jsou buňky živé. Buňkám se redukovaly příčné stěny, a tak tvoří souvislé potrubí. Mají vodivou funkci, kterou v bělovém dřevě zajišťují vzestupný tok vody a v ní rozpuštěných látek. Délka trachejí závisí na dřevině, může být několik mm až po několik metrů. Například u dubu mohou být tracheje i 5 metrů dlouhé. Tracheje v jádru kmene slouží jako zásobárna vody, nebo obsahují vzduch. Podle rozmístění cév se dělí listnaté dřeviny na kruhovitě a roztroušeně pórovité dřeviny. Kruhovitě pórovité lze poznat podle toho, že cévy jsou soustředěny převážně na počátku letokruhu v jarním dřevě (případně se postupně během roku snižuje průměr cév). Roztroušeně pórovité dřeviny se vyznačují cévami s nižším průměrem, které jsou po celém letokruhu rozmístěné rovnoměrněji, a proto jsou jednotlivé letokruhy hůře rozlišitelné (Gandelová a kol. 2009).

Dalším stavebním prvkem dřeva listnatých stromů jsou taktéž cévice, které však tvoří pouze doplňkové elementy. Zpevňující funkci ve dřevě listnáčů zajišťují libriformní vlákna. Parenchymatické buňky zde tvoří větší podíl (8 – 35 %), než u jehličnanů. Parenchymatické buňky mají lignifikované stěny, ale také zachovanou cytoplazmu a jsou stále živé. Ukládají hlavně škrob, bílkoviny a tuky. Jsou z nich složeny dřevňové paprsky (Gandelová a kol. 2009).

3.3 Letokruhy a kambium

Většina ze zástupců jednoděložných a některých dvouděložných rostlin je složena pouze z primárních pletiv, která nemají možnost druhotně tloustnout. Ale u většiny dvouděložných rostlin je přítomno i druhotné pletivo, které vzniká za pomoci

sekundárních meristémů. Prvním je felogén, který vytváří krycí pletiva a kůru. Druhým je kambium (Tomášková, Kubásek 2016).

Kambium je sekundárním bočním meristémem, který vytváří ve dřevině prstenc. Směrem dovnitř produkuje dřevo a ven lýko. Samo kambium je tvořeno protáhlými iniciálami (Tomášková, Kubásek 2016). Kambiální aktivita je ovlivněna jak faktory endogenními, které působí uvnitř rostliny, tak i vlivem okolních faktorů prostředí. Z vnějších faktorů má na aktivitu kambia největší vliv okolní teplota, protože při relativně vysokých teplotách je tvorba nových buněk intenzivnější (Waisel, Fahn 1965).

Druhým produktem kambia je lýko, které je obnoveno každý rok, protože se ke konci vegetačního období začne zaplňovat kalózou a v další sezóně odumře. Proto je lýko u většiny dřevin velice tenké (Tomášková, Kubásek 2016).

Pod pojmem letokruh se myslí vrstva dřeva vytvořená za jedno vegetační období po obvodu kmene opakovanou činností dělivých buněk v kambiu. Letokruhy tvoří vrstvy jarního a letního dřeva, které mají ve svém středu dřevň kmene (Gandelová a kol. 2009).

Kambiální aktivita a následná produkce jarního, nebo letního dřeva, je řízena dobou fotoperiody. Pokud je doba osvětlení dlouhá, tak vzniká jarní dřevo, při snížení fotoperiody dochází ke vzniku letního typu dřeva (Waisel, Fahn, 1965). Jarní dřevo obsahuje buňky s tenkými stěnami, slouží primárně jako pletivo pro transport vody a je světlejší. Letní dřevo je složeno ze silnostěnných buněk, jeho úkolem je tvořit mechanickou oporu stromu a je tmavší (Tomášková, Kubásek 2016).

Šířka letokruhů smrku se s věkem snižuje hlavně kvůli postupnému snižování šířek jarního dřeva, zatímco šířka letního dřeva zůstává po celý život téměř neměnná (Gandelová a kol. 2009). Tloušťka letokruhu však většinou není úplně stejná po celém obvodu kmene. Toto je nejvíce ovlivněno věkem, druhem, tvarem koruny, větrem, sklonem terénu a osluněním (Drápela, Zach 1995).

3.4 Zvláštní případy letokruhů

Standartně se za vegetační období vytvoří jeden letokruh, ale kvůli horším podmínkám se může vytvořit tzv. dvojitý letokruh. U jehličnanů může být tvorba dvojitého letokruhu vyvolána velmi suchým, nebo chladným obdobím uprostřed vegetační sezóny, kdy se začnou tvořit tlustostěnné cévice. Dvojité letokruhy lze však většinou u dobře připravených dendrochronologických vzorků poměrně dobře vizuálně rozpoznat, protože nedochází k úplnému přerušení činnosti kambia, a tak je struktura přeci jenom odlišná od skutečné hranice mezi dvěma ročními přírůsty. Další anomálií při

tvorbě letokruhů jsou situace, kdy nedošlo k vytvoření letokruhu po celém obvodu kmene, a letokruh tak na části kmene úplně chybí. Děje se to zejména v nepříznivých letech u relativně více stresovaných stromů (např. trpící vysokou mírou kompetice) (Šebík, Polák 1990; Tomášková, Kubásek 2016). Tuto situaci vizuálně odhalit nelze, a proto se při dendrochronologických analýzách využívají statistické metody, které odhalí chybějící letokruhy i další chyby v měření (viz níže).

3.5 Dendrochronologie

Dendrochronologie je věda, jejímž předmětem je analyzování přírůstků dřeva (Gandelová a kol. 2009). Je založená na předpokladu, že se během každého roku vytvoří jeden letokruh. Stromy jsou živé organismy, které jsou ovlivňovány řadou vnějších a vnitřních faktorů, jejichž souhrnný vliv se následně zapisuje do letokruhů. Pokud je cílem studie vliv pouze jednoho faktoru, tak nelze počítat se 100% jistotou a je nutné brát v úvahu možné nepřesnosti (Speer 2010).

Pojem samotný se začíná objevovat ve dvacátých letech minulého století, kdy ho použil americký astronom Andrew Ellicott Douglass (1867–1962), který je považovaný za zakladatele oboru. Pojem *Dendrochronologie* použil ve své práci, kde se zabýval vztahem sluneční aktivity a tloušťkových přírůstků (Šebík, Polák 1990).

Slovo je řeckého původu a lze rozdělit na tři části, tedy na „Dendro – chrono – logie“. *Dendron* znamená strom, *khronos* je čas a *logia* je věda. V doslovném překladu se tedy jedná o „Strom – čas – věda“ (Speer 2010).

Ekologickou historii Země lze zkoumat ve vývrtech z ledovců, nebo v jezerních sedimentech. Ale pouze dendrochronologie dokáže jako jediná disciplína velice přesně (s ročním i menším rozlišením) určit stáří konkrétní události (Speer 2010).

Pomocí dendrochronologie je možné přesně datovat skácení stromu použitého na krov budovy (tím se zabývá podobor dendroarcheologie). Také je možné datovat významné přírodní katastrofy (Kyncl 2017). Dále je to dendrohydrologie, která zkoumá vodní režim stanoviště a dendroklimatologie, která se zabývá vztahem přírůstu ke klimatu (Drápela, Zach 1995).

Základem pro dendrochronologickou analýzu jsou letokruhové časové řady, které jsou složeny z hodnot měřitelných vlastností letokruhů, nejtypičtěji tlouštěk a k nim dosazených letopočtů (Kyncl 2017). Předtím jsou změřené šířky letokruhů podrobeny křížovému datování, aby se vyloučily chyby v časových řadách způsobené buď lidskou

chybou při měření, nebo anomáliemi v tvorbě letokruhů (dvojité nebo chybějící letokruhy).

3.5.1 Křížové datování

Křížové datování (angl. crossdating) je základní dendrochronologickou metodou, kterou vyvinul Douglass (Speer 2010), a odlišil tak dendrochronologii jako vědu od prostého počítání letokruhů.

Křížové datování je založeno na tom, že stromy v určité oblasti jsou ovlivňovány stejnými faktory. Meziroční kolísání přírůstu by proto mělo být mezi stromy podobné, lišit se mohou velikostí přírůstu. Při křížovém datování se nově zjištěný průběh tloušťek letokruhů stromu porovnává s již dříve ověřenou řadou (tzv. standartní chronologií) a hledají se shodné pasáže obou řad (Drápela, Zach 1995). Pokud je u zkoumaného vzorku nalezen nesoulad a šířka je posunutá, tak je potřeba prozkoumat, zda se zde nevyskytnul chybějící, nebo dvojitý letokruh. Bez této metody by se k letokruhům mohl přiřadit nesprávný letopočet (Speer 2010). Jinak by se mohlo stát, že záznam teploty z roku 1999 je porovnán s přírůstem roku 1998 a interpretace růstové odezvy by byla chybná.

3.5.2 Odběr a měření vzorků

Odběr vzorků letokruhů je prováděn invazními metodami. První je odběr kmenových kotoučů, který vyžaduje pokácení stromu. Výhodou je, že je k dispozici nekonečno směrů, ve kterých lze letokruhy analyzovat. Problémem je časová náročnost pokácení a obtížnější manipulace se vzorky (Drápela, Zach 1995).

Minimálně destruktivní metoda je odběr tenkých (obvykle 0,5 cm) vývrtů pomocí dutého vrtáku. Nevýhodou je, že při vrtání je možné ve dřevě natrefit na suk, zvláštní uspořádání letokruhů, minutí středu kmene, nebo vychýlení z vodorovného směru (Drápela, Zach 1995).

Letokruhy je v laboratoři možno měřit mechanicky pomocí posuvného stolu pod mikroskopem se záměrným křížem, nebo s pomocí programů přímo v počítači, kdy se odebraný vzorek naskenuje a měří se jeho obraz manuálně, nebo automaticky na základě rozdílných barev jednotlivých pixelů fotografie (Drápela, Zach 1995).

Jehličnaté dřeviny se vyznačují nápadnými přechody mezi letokruhy, a proto je stačí před měřením pouze navlhčit vodou, aby se zvýšil už tak vysoký kontrast barev. Pro listaté dřeviny je typická nižší výraznost letokruhů. Z toho důvodu je vhodné používat barviva, která jednotlivé letokruhy zvýrazní a tím usnadní identifikaci (Schweingruber 1983 in Karnet 2008).

3.5.3 Historie

Dendrochronologie jako vědní obor je relativně mladá, první laboratoř pro výzkum letokruhů byla založena v americké Arizoně v roce 1937 (Speer 2010). Asi 300 let př. n. l. si řecký filozof a přírodovědec Theophrastos (cca. 371 – 287 př. n. l.) povšiml, že ve kmeni jsou jakési prstence (Studhalter 1956 in Speer 2010). Během 14. a 15. století si tehdejší učenci všimli, že ony prstence souvisí s růstem. Začali zkoumat rozdíly v tloušťkách letokruhů a dávat je do souvislostí s okolními faktory prostředí. Leonardo da Vinci (1452 – 1519) zjistil, že se vyskytuje určitá korelace mezi šířkou letokruhů a dešťovými srážkami v uplynulých letech a počet letokruhů odpovídá věku (Speer 2010).

Během 18. stol. se ve Francii letokruhy zaobírali přírodovědci Henri Louis Duhamel du Monceau a George Louis Leclerc de Buffon, kteří zjistili, že letokruhy se vytváří každoročně. Poté Duhamel studoval tloušťkový přírůst stromů tím, že poškodil kůru a zkoumal vrstvy, které poranění překryly. Dokonce ovinul kolem stromu hliníkovou pásku, podle které zaznamenával tloušťnutí kmene (Studhalter 1956 in Speer 2010). V pol. 19. století se Francouz Michel de Montaigne na svých cestách po Evropě dozvídá o tom, že letokruhy, které byly orientovány k severu, jsou užší (Speer 2010).

Největší stopu zanechal americký astronom Andrew Ellicott Douglass (1867–1962), který si všiml, že na mnoha vzorcích letokruhových řad z Ameriky se ve stejný čas objevily tenké letokruhy. To si spojil se znalostmi slunečního cyklu a růstu vegetace na Zemi (Douglass 1909 in Speer 2010).

Z evropských dendrochronologů 20. století je dobré zmínit německého Bruna Hubera (Speer 2010). U nás na začátku dendrochronologie stáli také astronomové a meteorologové. Už v roce 1948 Hanzlík z Karlovy univerzity začíná zkoumat klimatické změny v letokruzích. Poté se Bečvář zabýval vztahem sluneční aktivity a počasí s přírůsty. Následoval Křivský a Vinš, který dendrochronologii využíval k lesnickým a ekologickým účelům (Šebík, Polák 1990).

3.6 Mokřad

Podle Článku 1 ve Sdělení č. 396/1990 Sb. odkazujícího na Ramsarskou smlouvu ze 70. let dvacátého století, se pod pojmem mokřad myslí území bažin, slatin, rašelinišť, území pokrytá vodou, přirozeně i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje šest metrů.

Pro tuzemské potřeby se vynechá z předešlé definice slaná voda- Zůstanou rašeliniště a slatiniště, hydrologicky významně ovlivněná luční stanoviště, lesy v lužních oblastech, rybníky a přilehlé rákosové porosty, řeky, vodní toky, jezera a zatopené lomy (MŽP 2020). Je tedy vidět, že mezi mokřady nepatří jen vlhká půda, ale legislativně i vodní plochy.

3.6.1 Typy mokřadů

Za rašeliniště se považuje mokřad, na kterém se ukládá rašelina (Chytrý 2010). Rašelina vzniká díky nadbytku vody, ve které se kvůli nedostatku kyslíku jen velmi pomalu rozkládají odumřelé části rostlin, zejména rašeliníků (Urbanová a kol. 2012). Rašeliniště mohou mít plochý tvar, ale stejně tak existují i vyklenutá rašeliniště, která jsou vytvářena nerovnoměrnou mocností již uložené rašeliny. Rašeliniště může být zásobováno podzemní, povrchovou i srážkovou vodou. Voda je také zdrojem minerálních látek, jejichž množství se může odvíjet od geologie podloží. Na obsahu minerálů ve vodě je poté závislá i druhová skladba rostlin. Mezi hlavní typy rašelinišť patří vrchoviště a slatiniště (Chytrý 2010).

Vrchoviště je rašeliniště, které má povrch vyzdvižený nad úroveň okolního terénu a je zásobováno srážkovou vodou. Vrchoviště se vyskytují hlavně v horských oblastech, kde je dostatečný srážkový úhrn. Voda je zde velmi kyselá a obsahuje velice málo živin. Typy vrchovišť jsou tzv. otevřená, kde není přítomna borovice kleč (*Pinus mugo*) a tzv. vrchoviště s klečí. Existují ještě vrchovištní šlenky, kde se nachází sníženiny vyplněné vodou. Slatiniště je mokřad ukládající rašelinu, který je zásobován podpovrchovou vodou (Chytrý 2010).

Prameniště se nacházejí na relativně malých plochách, většinou několik metrů čtverečních. Na místech, kde ze země vyvěrá podzemní voda. Charakter lokality závisí na geologickém podloží, kterým protéká voda. Obsah a koncentrace minerálních látek ve vodě je tedy značně proměnlivá. I při kyselém podloží zde voda zdaleka nedosahuje takové kyselosti jako u vrchovišť, protože (na rozdíl od srážkové vody) je ve vodě rozpuštěno více živin pocházejících z podloží. Prameniště se dále dělí podle toho, jestli na nich dochází k tvorbě pěnoveců, nebo ne. To závisí na tom, zda je pramen bohatý na ionty Ca^{2+} , HCO_3^- a Mg^{2+} (Chytrý 2010).

3.6.2 Význam mokřadů

Mokřady obecně udržují v krajině vodu a mohou zmírňovat sucho související s nastávajícími klimatickými změnami v jeho bezprostřední blízkosti, protože voda

z nich se bude ztrácet o dost pomaleji než z běžných stanovišť (Raney a kol. 2016). Hydrologická funkce je nezpochybnitelná, protože dokáže do značné míry regulovat povrchový odtok a vodu do sebe akumulovat, a tak vytvářet zásobníky podzemních vod. Jelikož se na mokřadu vyskytují místa pod vodní hladinou, břehy a sušší místa, tak se tady střetávají druhy rostlin a živočichů, kteří jsou vázání na tato konkrétní stanoviště. V tomto spočívá biologická důležitost mokřadů (Pivničková 1997).

Významnou funkcí rašelinišť je poutání uhlíku v nerozložené biomase. Problémem může být vysychání rašelinišť, kdy se z nich začne uvolňovat množství uhlíku do atmosféry a dojde k podpoření klimatické změny (Yu a kol. 2010).

3.6.3 Ohrožení mokřadů v historii i v současnosti

Mokřady byly v minulosti pokryty přirozeně rozvolněnými porosty a lidé se snažili z těchto lokalit získat co nejvíce dřeva, nebo zemědělské produkce, ale na podmáčené půdě se to nedařilo kvůli snížené bonitě a přílišné vlhkosti. Proto docházelo k vysoušení podmáčených míst a přeměně na borové a smrkové hospodářské lesy, nebo zemědělskou půdu. Často se naronávala meandrující koryta řek, aby se omezily sezónní záplavy v lužních lesích nebo na nivních půdách, které ztěžovaly obdělávání polí a vjezd techniky do porostů. Tímto se narušily pravidelné záplavy, které formují tvrdé a měkké luhy (Moravec 2016).

Rašeliniště byla v historii devastována pro získání rašeliny pro energetické i jiné účely. Aby byla těžba možná, byly vykopávány drenážní jámy a odvodňovací strouhy, kterými došlo k vysušení. Po ukončení těžby několikametrových vrstev rašeliny zde zůstávaly poslední zbytky málo mocných vrstev bez přísunu vody (Li a kol. 2018).

Při absenci pravidelné seče nebo spásání dobyt看em u podmáčených luk dojde obvykle k růstu náletových dřevin, které následně mění fytoocenózu stanoviště, a dochází tak k úbytku druhů vázaných na podmáčené louky. Z flóry se jedná zvláště o světlomilné druhy rostlin, které nesnáší zástin (Chytrý 2010).

3.7 Specifika dřevin na mokřadech

Stromy na extrémnějších a běžných stanovištích se liší v mnoha aspektech. Stavbou kořenového systému, vzrůstem nadzemní části rostliny, vitalitou jedince i tvarem kmene (Fan a kol. 2017; Cedro, Lamentowicz 2011). Specifika stromů z mokřadů lze spatřovat v menší náchylnosti k suchu, které by mohlo být vyvoláno nadměrným výparem z půdy díky vysokým letním teplotám, protože se v půdě nalézá mnoho vody, kterou mohou tamější rostliny využít. Dále vykazují pomalejší zavírání průduchů než

stejně druhy na sušších stanovištích, protože si zkrátka mohou dovolit část vody ztratit. Voda proudící skrz listy funguje jako chladicí médium. Z toho důvodu jsou asimilační orgány bažinných stromů obecně studenější (Raney a kol. 2016).

Stromy rostoucí na mokřadech se musely přizpůsobit rozbahněné a méně stabilní půdě, ve které je zvýšené riziko nahnutí a vyvrácení, jak vlastní vahou, tak silou větru. V půdách nasycených vodou nemůže docházet mezi kořeny a půdou k výměně plynů, včetně kyslíku, a navíc je zde vysoká pravděpodobnost napadení a odumření kořenového systému hnilobou, která se může šířit i do dalších partií stromu. Proto mají dřeviny na mokřadech mělké kořeny, které jsou po většinu roku těsně nad hladinou spodní vody (Cedro, Lamentowicz 2011).

3.8 Problémy pro dendrochronologické analýzy

Z důvodu podmáčeného substrátu, který nedokáže poutat kořeny stromovitých dřevin tak kvalitně jako půda na standartních lokalitách, dochází často k vychýlení kmene od svislice (Linderholm a kol. 2002). Takto postižený jedinec má okamžitě snahu to napravit a růst opět kolmo k zemi, protože většina rostlin disponuje takzvaným geotropismem. Tato vlastnost ovlivňuje směr růstu v závislosti na gravitaci Země. Nadzemní část rostliny (v našem případě dřeviny) má tendenci směřovat svůj růst proti gravitační síle planety a roste kolmo nahoru (Tomášková, Kubásek 2017). Při naklonění se ve kmeni jehličnanů tvoří často reakční tlakové dřevo, u listnatých dřevin vzniká spíše dřevo tahové. U jehličnanů tím dochází ke změně struktury dřeva na stlačované straně kmene (pod stranou, ke které je strom nakloněn), protože se začnou vytvářet buňky s tlustějšími stěnami. V takových letokruzích je větší podíl letního dřeva. U listnatých dřevin je to naopak, změna se ukáže na druhé straně. Navenek se takový kmen projeví typickým zploštěním, kdy se tvarem při příčném (transversálním) řezu blíží více oválu, než kruhu (Gandelová a kol. 2009). Zejména v takových případech pak dochází k tomu, že šířka letokruhu není stejná po celém obvodu kmene, a proto naměřená hodnota z určité strany kmene na odebraném vývrtnu nemusí dobře odpovídat celkovému přírůstu stromu.

Stromy na mokřadních stanovištích nejsou příliš vhodné na rekonstrukce klimatu, které pracují s ročním rozlišením, protože se vyznačují tím, že jsou méně citlivé na meziroční kolísání klimatu (Linderholm a kol. 2002). Kvůli vysokému obsahu vody v půdě se totiž neprojeví měsíční výkyvy počasí (teploty, srážek) a křivka vzniklá z naměřených hodnot šířek letokruhů nebude reflektovat náhlejší změny, jako by to bylo na stanovištích s průměrnou hydrologií (Edvardsson a kol. 2015).

Problémem je i relativně málo výzkumů, které porovnávaly přírůst na mokřadu a v jeho těsné blízkosti, aby byly zajištěny stejné makroklimatické podmínky pro růst. (Cedro, Lamentowicz 2011; Edvardsson a kol. 2015).

Dalším problémem stromů na mokřadech je malý přírůst, který může být ještě zkreslen při laboratorním měření. Potenciálně nejvýznamnějším problémem využití stromů na mokřadech pro dendroklimatické analýzy je to, že zde na přírůst mají pravděpodobně velký vliv lokální faktory oproti globálním (např. průběh klimatu). Vztah těchto stromů ke průběhu klimatu tak může být poměrně slabý a nevyužitelný k věrohodné klimatické rekonstrukci (Linderholm a kol. 2002).

3.9 Zkoumaná dřevina – Smrk ztepilý

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst) patří do botanického rodu smrk (*Picea*) a čeledi borovicovitých (*Pinaceae*). Do rodu *Picea* patří 34-40 druhů, podle některých autorů až 50 druhů. V Evropě se vyskytují autochtonně 3 druhy (*P. abies*, *P. omorika* a *P. obovata*). Zmíněný rod se obecně řadí mezi nejvýznamnější hospodářské dřeviny boreálních lesů a lesů v mírném klimatickém pásu. Je rozšířen v nejchladnějších oblastech severní polokoule a jeho nejjižnější hranice sahá až do tropických horských oblastí Mexika a asijského Tchajwanu. Rozmezí nadmořských výšek je od hladiny moře až do cca. 4800 m n. m. v Číně. Samotný smrk ztepilý je nejdůležitějším druhem pěstovaným pro hospodářské účely ve střední a severní Evropě (Musil a kol. 2003).

Zástupci rodu smrk jsou charakterističtí tím, že jsou to rostliny jednodomé, vždyzelené a v neporušeném stavu i monopodiální, kdy je kmen méně větven do stran a je udržován růst pouze vzhůru. Koruna je podle lokality válcovitá až špičatá (Úradníček, Chmelař 1998). Větve jsou rozmístěné v pravidelných přeslenech (Musil a kol. 2003). V polohách vystavených větru se lze setkat s vlajkovými korunami, které jsou způsobeny obrušováním větví proudem unášeného sněhu a ledu v zimních měsících (Úradníček, Chmelař 1998). Široké koruny se vyskytují především v nižších polohách a jižnějších areálech. S úzkými typy korun se lze setkat v severnějších areálech a ve vyšších nadmořských výškách (Musil a kol. 2003).

Větvení smrku ztepilého je rozmanité, větve prvního řádu mohou nasedat ke kmeni pod různými úhly, obvykle jsou mírně provislé se vzprímeným koncem (Úradníček, Chmelař 1998). Při hřebenitém větvení jsou větve prvního řádu vodorovné a sekundární visí svisle dolů. Tento typ ubývá se zvyšující se nadmořskou výškou. Hřebenitý typ je více poškozovaný námrazou, protože zachytává více vody z proudící

mlhy, která později mrzne. Hřebenité větvení je odolné při větších sněhových pokrývkách, protože úzký profil větve neskýtá sněhu takovou úložnou plochu. S rostoucí nadmořskou výškou přibývá deskovitěho typu větvení. Je charakteristické tím, že větve prvního řádu směřují šikmo doků a sekundární z nich vyrůstají vodorovně s povrchem. Jsou tak méně ohroženy námrazou, protože neposkytují proudící vzdušné vlhkosti takovou plochu. Sníh snáší do jisté míry dobře, protože větve se přitisknou ke kmeni (Musil a kol. 2003). V Jeseníkách se má vyskytovat až 80 % jedinců s deskovitým větvením (Roudná 1972 in Musil a kol. 2003).

Tyto rozličné morfologické tvary se promítly i do starého německého přísloví, které perfektně vystihuje situaci a zní následovně: „*Jede Ficht‘ hat ein andres G’sicht.*“ (Každý smrk má jiný „ksicht“.) (Musil a kol. 2003).

Při poškození terminálu je vrchol smrku nahrazen nejbližší větví, která začne růst vzhůru. Vrchol není obnoven do původního stavu, protože smrky postrádají spící pupeny (Musil a kol. 2003). Dále smrk postrádá výmladkovou schopnost na vyvětveném kmeni a pařezech. Množit se vegetativně může takzvaným hřížením, kdy se nejspodnější větve dotýkají půdy a následně zakoření. Nově vzniklým jedincům v okolí mateřského stromu se říká rozvody, nebo rodiny smrků (Úradníček, Chmelař 1998; Musil a kol. 2003).

Smrk ztepilý je zvláště choulostivý na okus a ohryz zvěří, loupání a vytloukání paroží (Musil a kol. 2003). Na tato poranění sice neuhyne, ale přes zranění se do stromu často dostane houbový patogen, který způsobí hnilobu a následné zlomení kmene (Úradníček, Chmelař 1998).

Pro smrky je typický mělký kořenový systém, kdy je většina kořenů rozložená do plochy a v malých hloubkách (Úradníček, Chmelař 1998). V monokulturně pěstovaných porostech jsou velmi mělké kořeny a většina jejich biomasy je koncentrována do prvních 10 cm hloubky půdy, ve smíšených porostech se tato hranice posouvá až do hloubky 35 cm. Kořeny jsou mělké i z toho důvodu, že v povrchových partiích půdy se nachází nejvíce humusu a dostupných živin (Musil a kol. 2003). Na hlinitých půdách s dobrou zásobností kyslíku mohou kořeny dosahovat větších hloubek (Musil a kol. 2003). Na chudších a sušších půdách se lze setkat i s dlouhými kořeny, které mají za úkol čerpat živiny z místa vzdálenějšího od stromu. Délka těchto kořenů může být až 10 metrů (Musil a kol. 2003). Nej hustější síť kořenů se vyskytuje pod průmětem koruny na zemský povrch a po jejím obvodu. Pod korunou je stín, který brání výparu vody a do míst na obvodu okapává voda z koruny, takže je jí v těchto místech větší množství (Musil a kol. 2003).

Na bázi kmene bývají vyvinuté kořenové náběhy, které mají za úkol zvyšovat mechanickou stabilitu celého stromu proti vyvrácení (Úradníček, Chmelař 1998). U smrku se vyskytují i tzv. chůdovité kořeny, které vznikají poté, kdy smrky vyrostou na odumřelých pařezech či ležícím mrtvém dřevě. Po čase kořeny nového jedince prorostou odumřelým dřevem do půdy, původní mrtvé dřevo se rozloží a část kořenů se ocitne nad zemí (Úradníček, Chmelař 1998). Díky mělkému kořenovému systému je smrk dřevinou, která u nás trpí nejvíce na bořivé větry. Nejvíce ohrožené jsou porosty smrků na podmáčených stanovištích, kde je nejvíce omezena fixace stromu v půdě. Při zamrznutí půdy dochází spíše k přelomení kmene (Musil a kol. 2003). Vliv na formování kořenů má i obsah kyslíku v půdním vzduchu, protože smrkové kořeny se přednostně vyhýbají místům, která jsou chudá na kyslík. Hloubka kořenů je ovlivněna i hloubkou hladiny podzemní vody. Pokud hladina podzemní vody mělce pod povrchem, kořeny jsou také velice mělké (Musil a kol. 2003).

Kvůli mělkému kořenovému systému smrk potřebuje dostatečnou relativní vzdušnou a půdní vlhkost (Maděra, Úradníček 2001), což představuje hlavní limitní faktory této dřeviny, zejména citlivý je na letní sucha (Úradníček, Chmelař 1998). Nadbytečnou vlhkost snáší dobře, vydrží i na místech se stagnující vodou, na rašeliništích a bažinách (Úradníček, Chmelař 1998). Na geologii podloží a pedologii nemá zvláštní nároky. Nejlépe prosperuje na svěžích hlinitopísčitých půdách s dobrým provzdušením, obstojná kvalita růstu je i na těžkých půdách, písčích, které jsou dostatečně vlhké, ale i na černozemích. U horní hranice lesa ho najdeme na kamenitých až balvanitých půdách (Úradníček, Chmelař 1998).

Smrk ztepilý v mládí toleruje zástín a z toho důvodu je schopen vnikat do porostů jiných dřevin. Často ho lze najít v druhé etáži pod modřínou a borovicemi (Úradníček, Chmelař 1998). Do vysokého věku si ponechává schopnost rychlého růstu po uvolnění, kdy se mu naskytne větší přísun světla (Musil a kol. 2003).

V podmínkách střední Evropy je pro něj optimální průměrná letní teplota přes 6 °C a úhrn srážek ve vegetační době od 490 do 580 mm. Je přizpůsoben krátké vegetační době (Úradníček, Chmelař 1998) a preferuje kratší a chladnější léto (Musil a kol. 2003). Zimní mrazy snáší dobře i mladí jedinci. Z toho důvodu je možné, aby obnova, ať už umělá nebo přirozená, probíhala na holých plochách, kde zimní teploty klesají hluboko pod nulu. Existuje teorie, že právě silné mrazy poškozují boční pupeny smrku, a tím je u jeho vysokohorských forem způsoben úzký profil koruny (Úradníček, Chmelař 1998).

Smrk ztepilý je však velmi citlivý na znečištěné ovzduší, a proto se nehodí do městských lesů, nebo parků (Maděra, Úradníček 2001). Ze stejného důvodu docházelo k hynutí smrkových porostů v Krušných a Jizerských horách v 80. letech 20. století (Úradníček, Chmelař 1998).

Mezi problémy spojené s pěstováním smrku se řadí acidifikace půdy, protože smrk má kyselý opad. Dalším problémem je tvorba surového humusu způsobená zejména malým množstvím živin v opadu. To může vést na běžných půdách až k podzolizaci. Při monokulturním pěstování smrku po více generací může dojít k vyčerpání živin ve svrchních vrstvách půdy (Úradníček, Chmelař 1998).

Původní rozšíření smrku ztepilého zahrnuje severní, střední a také jihovýchodní Evropu od cca 41° do 70° s. š. a od 5° v.d. směrem na východ k pohoří Ural (Musil a kol. 2003). Evropský areál se dělí na dvě části, první je kompaktní severská oblast, která zahrnuje Skandinávii, Pobaltí a pokračuje na východ do evropského Ruska. V této oblasti smrk nalezneme i v nižších nadmořských výškách pahorkatin a nížin (Musil a kol. 2003). Druhou je Středoevropsko-balkánská oblast roztržštěná do pohoří střední a jihovýchodní Evropy. Do této oblasti patří Hercynsko-karpatská podoblast, která pokrývá území od Černého lesa, přes české hory až po Karpaty. Další podoblastí je Alpská podoblast, která obsahuje Alpy a jejich severní předhůří. Dinárská podoblast se rozkládá v Dinárských horách a směřuje do Albánie. Rhodopská podoblast zaujímá pohoří v jižním Bulharsku (Úradníček, Chmelař 1998).

Ve střední Evropě je smrk horskou a podhorskou dřevinou nalézající své optimum mezi 600-1000 m n. m., ale její výskyt je až k horní hranici stromů. V Karpatech dosahuje až 1500 m n. m., v českých horách méně. V oblasti rakouských Alp má optimální podmínky od 800 – 1200 m n. m. a lesní hranice, které dosahuje, je od 2000 do 2100 m n. m.. V Rhodopské podoblasti a jižní části švýcarských Alp je optimum posunuto až do 1600 m n. m. a pokračuje až do 1900 m n. m.. Horní hranice lesa je v těchto oblastech až ve dvoukilometrové výšce nad mořem (Úradníček, Chmelař 1998).

V České republice je těžiště přirozeného výskytu smrku v oreofytiku a částečně mezofytiku, kde tvoří příměs. V nižších polohách je přirozeně pouze v úzkých skalních soutěskách a inverzních údolích, kde se hromadí chladný vzduch (Musil a kol. 2003). Těžištěm výskytu by byly naše okrajové hory. Řidší zastoupení by bylo na Českomoravské vrchovině, Slavkovském lese a v Brdech. Například České středohoří by bylo kromě vrcholu Milešovky celé bez smrku (Úradníček, Chmelař 1998).

Současné rozšíření smrku ztepilého je výsledkem hospodaření v posledních 200 letech. Smrk ztepilý je rychlerostoucí dřevina s přímým kmenem, která byla a je vhodná pro průmyslové zpracování. Proto byla vysázena i mimo svůj přirozený areál všude tam, kde to bylo aspoň trochu možné. Na nepůvodních stanovištích jsou porosty vystaveny zejména nižším srážkovým úhrnům, které způsobují jejich ekologickou nestabilitu, obzvláště při působení kalamitních škůdců (Úradníček, Chmelař 1998).

Z výše zmíněných charakteristik smrku, zejména dlouhověkosti a rozlehlosti jeho současného areálu, vyplývá, že je vhodnou dřevinou pro použití v dendrochronologických analýzách. Smrk ztepilý najdeme po téměř celé Evropě a navíc se vyskytuje, ať již přirozeně nebo uměle, od horní hranice lesa, přes inverzní údolí, rašeliniště až po nížiny. Díky jeho současnému areálu je tedy možné provádět různá porovnání mezi jednotlivými stanovišti (Levanič a kol. 2009).

3.10 Přírůst stromů v závislosti na okolních faktorech

Výslednou šířku letokruhů u dřevin ovlivňuje mnoho faktorů (Drápela, Zach 1995), které se do přírůstových chronologií zaznamenávají jako takzvané signály. Signál je relevantní informací, která je obsažená v letokruhové sérii. Jedná se o otisk zkoumaného faktoru v letokruzích. Signál je doprovázen šumem, tj. nežádoucí variabilitou v letokruhových sériích, která je způsobena jinými faktory, které nejsou předmětem výzkumu, nebo náhodnou variabilitou. Šum snižuje přesnost analýz (Cook, Kairiukstis 1990 in Drápela, Zach 1995). Tradičním snažením dendrochronologa je snaha extrahovat z přírůstové chronologie signál a odstranit šum. Parametry ovlivňující tloušťku konkrétního letokruhu:

$$R_t = A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t$$

kde:

R_t ... tloušťka příslušného letokruhu

A_t ... růstový trend závislý na věku stromu

C_t ... klimatický signál, který se vyskytl v daném roce

$D1_t$... vliv lokálních disturbančních faktorů

$D2_t$... vliv disturbančních faktorů v širším území (např. znečištění ovzduší)

E_t ... nevysvětlená variabilita

δ (delta) u faktorů D, vyjadřuje, zda se faktor v daném roce vyskytl. Pokud je δ rovna 0, tak se neojevil. Jestliže $\delta = 1$, tak platí, že faktor působil ve zkoumaném roce. Z toho plyne, že faktory s označením D se nemusí vyskytovat každý rok, jako je tomu u zbylých částí vzorce (A, C, E)

Komponent A_t vyjadřuje závislost přírůstu na věku. Šířka letokruhu se s věkem snižuje. Částečně je to dáno tím, že se zvětšuje obvod kmene, na kterém se letokruh vytvoří. Na průřezu je tak patrné, že stejná plocha se vytvoří při širokém letokruhu v mládí a při užším letokruhu ve vyšším věku.

C_t popisuje vliv počasí zejména srážkové úhrny a měsíční teploty. Tyto faktory působí na celý porost, ale nejsou řazeny mezi disturbanční faktory D. Vliv průběhu počasí je pravděpodobně nejčastěji studovanou veličinou.

D1 je reakcí na faktory, které působí na konkrétní strom individuálně. Lze sem zařadit změnu životního prostoru jedince, individuální mechanické nebo biologické poškození stromu. V této charakteristice se liší jednotlivé stromy v porostu mezi sebou.

D2 označuje distrubance, které postihují celý porost, nebo jeho velkou část. Patří sem kalamitní přemnožení hmyzích škůdců, ničivý vítr, lesní požár, záplavy a mnoho dalších. Tato charakteristika má vliv na většinu stromů v porostu.

E_t je nevysvětlitelnou variabilitou růstu, kterou nelze vysvětlit ostatními parametry rovnice. Je zde například obsaženo chybné měření.

Z této rovnice je patrné, že v přírodě nikdy nepůsobí na organismus pouze jeden faktor, ale vždy se jedná o kombinaci více faktorů, které spolu navíc mohou interagovat (Fritts 1976). Vliv vnějších faktorů na stromy lze studovat nejen pomocí šířek letokruhů, ale také pomocí hustoty dřeva, velikosti cévic nebo tlouštěk jejich stěn (Fritts 1976).

3.11 Faktory na mokřadech

3.11.1 Působení faktorů na mokřadech

Při výzkumu rašeliniště (Słowińskie Błota) v Polsku na pobřeží Baltského moře, se vztah přírůstu borovic lesních ke klimatu uprostřed mokřadu a na jeho okraji diametrálně odlišoval. Stromy rostoucí na sušších okrajích vykazovaly silnou vazbu na

roční průběh klimatu, zejména na zimní, březnové a dubnové teploty. V letních měsících přírůst závisel hlavně na srážkách. Stromy rostoucí na vlhkých místech se vyznačovaly slabším vztahem k okolnímu klimatu a celkově menší intenzitou růstu. Tloušťky letokruhů ze sušších míst byly dvakrát větší než tloušťky letokruhů ze stromů rostoucích uprostřed rašeliniště (1,05 mm oproti 2 mm). Na obou místech bylo stáří stromů 130 let. Uprostřed rašeliniště měly stromy výčetní tloušťku okolo 27 cm, ale na okrajích rašeliniště byla 42 cm. Výška stejných stromů na sušších místech byla asi 28 m a v rašeliništi pouze 20 m. Tloušťkový přírůst uvnitř rašeliniště neměl velkou spojitost s vývojem počasí (Cedro, Lamentowicz 2011). Reakce smrků ztepilých na letní teploty ve vyšších polohách slovinských Alp (1250 m n. m.) je opačná, než u stejného druhu z nízkých poloh (350 m n. m.). U horských smrků působila teplota na růst pozitivně, ale naopak tomu bylo u stromů z nižších poloh. Také se ukázalo, že se šířky letokruhů jednoho stromu liší více v nižších polohách, zatímco na horách jsou vyrovnanější. Autoři studie též zjistili, že vztah růstu a klimatu je u stromů rostoucích na extrémních stanovištích (skály, vysychavé půdy) těsnější než u stromů rostoucích v běžných podmínkách (Levanič a kol. 2009).

3.11.2 Sluneční záření a teplota

Intenzita fotosyntézy je ovlivněna množstvím slunečního záření i vlhkostí. Zvyšující teplota vysušuje půdu a podporuje fotosyntézu, která bez vody nemůže probíhat. Při dostatku vláhy jsou stromy na mokřadech schopné fotosyntetizovat i při vyšších teplotách (Raney a kol. 2016). U domácích dřevin je optimální teplota pro fotosyntézu v rozmezí 10 a 30 °C. Při teplotách nad 35 °C rychlost fotosyntézy rapidně klesá (Tomášková, Kubásek 2016).

Vnější teplota může ovlivňovat i hladinu spodní vody, a to možná zejména na rašeliništích, která jsou dotována především srážkovou vodou. Vyšší teplota způsobí, že se voda odpařuje do atmosféry rychleji, buď přímo z půdy, nebo skrze rostliny. Tím se snižuje obsah vody v půdních pórech, a také se snižuje hladina spodní vody (Linderholm a kol. 2002).

3.11.3 Vlhkost půdy a srážky

Dodání velkého množství vody do půdy, zejména do oblasti kořenů, snižuje množství vzdušných pórů a dochází k útlumu růstu kořenů. Kořeny, které se vyskytují v půdě nasycené vodou, trpí anoxickým stresem (Raney a kol. 2016). Tyto procesy pak

způsobují stres stromu a negativně ovlivňují jeho přírůstu. Pokud se hladina vody sníží, tak dojde k většímu přírůstu (Čejková, Poláková 2012).

Srážky v podobě sněhu působí jako izolace půdy, respektive kořenů před mrazem. Výhodná je pouze v přiměřeném množství. Příliš vysoké sněhové pokrývky trvá déle, než ji slabší jarní sluneční paprsky rozpustí. Tím se může prodlužovat nástup vegetační sezóny, protože pod sněhem je stále chladněji než na holé půdě a stromy nemusí mít dostatek času plně využít vegetační sezónu. Jako druhý výsledek je dlouhodobé přemokřování půdy v jarních měsících, kdy všechen sníh musí roztát (Linderholm a kol. 2002).

3.11.4 pH půdy

K již mnohokrát zmiňované vysoké půdní vlhkosti se na rašeliništích přidává i nízký obsah živin a kyselost vodního roztoku, která je způsobena tím, že přirůstající mechy vytvářejí disociovatelné karboxyly (COO^-), které uvolňují protony H^+ a mají snahu ho nahradit zásaditým kationtem a zachovat původní pH, ale těch je při nízké hodnotě pH ve vodním roztoku málo. Kyselost na rašeliništích může dosahovat hodnoty pH až 3,8 (Hájek, Hájek 2018). Na Skřítku je hodnota pH 6,1 (Čopjanová 2011). Vzorek byl získán vymačkáním vody z mechu rašeliníku a ze sedimentů rašelinného jezírka. Nižší hodnoty pH působí jako ekologické síto, díky kterému jsou ze stanoviště vytlačeny mezofilní druhy rostlin, které jsou nahrazeny acidofilními druhy (Chytrý 2010).

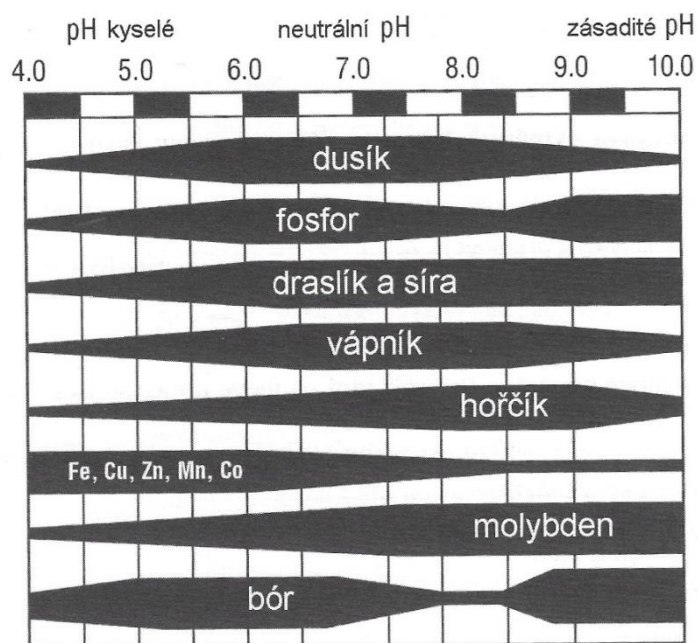
Zvýšená kyselost půdy souvisí i s vyplavováním toxického hliníku do půdního roztoku. Při standartních hodnotách pH je hliník vázaný v nerozpustných sloučeninách a rostliny ho nemohou svými kořeny přijmat. Tento stav trvá do hodnoty pH 4,7. Při dalším okyselování půdy, jak přirozeným opadem asimilačních orgánů, tak imisemi, dochází k rozkladu nerozpustných sloučenin a do půdního roztoku se uvolňují toxické ionty hliníku. Hliník působí dále negativně na růst stromu a na růst kořenového systému, který je nucen se soustředit v mělkých partiích půdního profilu, kde obvykle nejsou koncentrace hliníku tak vysoké. Strom se tak může stát náchylnějším k suchu a vyvrácení větrem. Se zvyšující se kyselostí se snižuje i aktivita mykorrhizních hub a jiných symbiontů na kořenech smrků (Šantrůčková, Vrba 2010).

3.11.5 Dostupnost živin

Dostupnost živin souvisí s kyselostí půdy a přemokřením půdního profilu. Odumřelé části rostlin se pod vodou velmi pomalu rozkládají a nedochází k potřebné mineralizaci mrtvých pletiv a uvolňování živin. Také nízká průměrná teplota a kyselost

opadu snižuje rychlost rozkladu materiálu (Moilanen a kol. 2012 in Klempířová a kol. 2013).

Živiny jsou v půdě vázané na půdní koloidy. Většina živin je rostlinám nedostupná a potenciální dostupnost závisí na mnoha faktorech. Na typu a druhu půdy, iontové výměnné kapacitě, obsahu vody a hodnotě pH půdního roztoku, ale též na stavbě kořenového systému (Tomášková, Kubásek 2016). Ionty živin jsou rozpustné a dostupné pro kořeny jen při určité hodnotě pH. Optimální zásobení většinou živin je obvykle zajištěno při hodnotách pH mezi 5,5 a 6,5. Hodnota pH na rašeliništích může klesat i k velmi kyselým hodnotám, při kterých je většina živin v nerozpustné formě (Tomášková, Kubásek 2016). Na rašeliništích bývá kritický nedostatek dusíku, fosforu, draslíku, síry, vápníku a hořčíku. V dostatečném množství zde najdeme železo, měď, zinek, mangan a kobalt. Pro snadnější představu je přiložen obrázek 1 (Tomášková, Kubásek 2016), který tuto problematiku krásně demonstruje. Je na něm schématicky znázorněna dostupnost živin v závislosti na kyselosti, respektive zásaditosti půdy.



Obrázek 1: Dostupnost živin v závislosti na pH, širší linka značí větší dostupnost (Tomášková, Kubásek 2016)

3.11.6 Teplota půdy

Rozdíl mezi vlhkými půdami mokřadů a sušších míst je i v rozdílu půdní teploty během roku. Suché půdy dosahují vyšší teploty v letních a jarních měsících, protože se rychleji ohřejí. Na sušších půdách však dochází k většímu kolísání teplot v rámci dne i roku (Raney a kol. 2016). Vlhké půdě trvá déle, než se ohřeje, protože obsahuje vodu (měrná tepelná kapacita vody je $4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) (Mikulčák a kol. 2003). Měrná tepelná

kapacita suché půdy je nižší než té vlhké. Na jaře se suché půdy rychleji prohřejí a během léta dosahují vyšších teplot než půdy na vlhkých stanovištích. Na konci léta naopak suché půdy rychle ztrácí teplotu, ale vlhké půdy si udrží vyšší teplotu déle. Během léta je v průměru chladnější zamokřená půda, protože voda zde funguje jako chladicí médium. Vlhkost v půdě tedy reguluje výkyvy teplot, které by mohly rostlinám působit výraznější stres. (Raney a kol. 2016).

Stromy na mokřadech mají i v suchých obdobích pravděpodobně dostatek vlhkosti v nižších vrstvách půdy. Předpokládá se, že intenzita přírůstu na mokřadech má pozitivní vztah s teplotou (Čejková, Poláková 2012).

3.12 Studijní lokalita - NPR Rašeliniště Skřítek

3.12.1 Geografie

NPR Rašeliniště Skřítek se nachází mezi městy Šumperk a Bruntál, 1300 m vzdušnou čarou na sever od sedla Skřítek (876 m n. m.), v těsné blízkosti pomezí Moravskoslezského a Olomouckého kraje. Lokalita je v oblasti Desenské hornatiny, která se nachází v západní části Pradědské hornatiny v Hrubém Jeseníku. Tato oblast je geologicky tvořená rulou, kvarcity a břidlicemi Desenské klenby (Demek, Mackovčín 2006). Území je odvodňováno Žlutým potokem, který zde pramení. Potok protéká středem rezervace směrem k jihu (Seznam 2021).

Rašeliniště leží v nadmořské výšce okolo 865 m n. n. (815-888 m n. m.). Rozloha rezervace je 165,4 ha, což z něj činí nejmenší národní přírodní rezervaci v Jeseníkách. Uprostřed rezervace se nachází sedlové rašeliniště přechodového typu mezi vrchovištěm a slatinou (Kavalec, Kavalcová 2005).

Na lokalitě se nachází tři soubory lesních typů (SLT). Prvním je SLT 7R (Kyselá rašelinná smrčina), 7P (Kyselá jedlová smrčina) a 6K (Kyselá smrková bučina) (ÚHÚL 2021).

Území se nachází v CHKO č. 83 – Jeseníky, v Chráněné oblasti přirozené akumulace vod Jeseníky, v Územním systému ekologické stability Regionální biocentrum, dále spadá pod Naturu 2000 jako Ptačí oblast Jeseníky (CZ 0714077) a také Evropsky významnou lokalitu Praděd (CZ 0714077) (Kavalec, Kavalcová 2005). NPR spadá do dvou katastrálních území (KÚ). Prvním jsou Rudoltice, obec Sobotín, zbytek území je v KÚ Žďárský potok. Pozemky jsou majetkem České republiky a hospodaří zde Lesy ČR s. p. (ČÚZK 2021).

Většina Jeseníků a zvláště CHKO Jeseníky patří do chladné oblasti. Rašeliniště Skřítek je v oblasti CH6, která se vyznačuje chladným a dlouhým jarem, které je následováno krátkým vlhkým a mírně chladným létem. Podzim je delší a mírně chladný. Zima je hodně dlouhá, mírně chladná a vlhká (Quitt 1971 in Kavalec, Kavalcová 2005).



Obrázek 2: Lokalizace NPR Rašeliniště Skřítek v ČR (Paloch 2007)



Obrázek 3: Lokalizace NPR Rašeliniště Skřítek (Seznam 2021)

3.12.2 Vegetace

Smrk ztepilý je ve stromovém patře v NPR zastoupen z více než 99 %, třetinu procenta tvoří břízy (zejména *Betula carpatica*) a velmi málo je zastoupena i olše lepkavá. Přirozeně by se zde měl vyskytovat buk lesní z 15 %, smrk ze 71 % a jedle z 10 %. Dále se v rezervaci aktuálně vyskytuje vrba pětimužná (*Salix pentandra*), na jižních hranicích NPR lze najít borovici kleč (*Pinus mugo*), která zde však není druhem původním a má být odstraněna. Břízy i smrky zde obstojně přirozeně zmlazují, buk je zde obnovován uměle a pouze na vhodných místech (Kavalec, Kavalcová 2005). Oblast Hrubého

Jeseníku zařazena do oreofytika, které je charakterizováno horskými druhy rostlin (Skalický 1988 in Kavalec, Kavalcová 2005). Oblast patří do fyto geografického okresu Hrubý Jeseník, kam pronikají i zástupci mezofytické květeny. V mapě přirozené potencionální vegetace České republiky (Neuhäuslová a kol. 1997 in Kavalec, Kavalcová 2005) se na místě NPR nacházejí podmáčené rohozcové smrčiny (*Mastigrobyo-Piceetum*) a rovněž i rašelinná smrčina (*Sphagno-Piceetum*).

3.12.3 Ohrožení a plán managementu

Podle Plánu péče je doporučeno, aby stromy napadené kůrovcem byly pokáceny a asanovány. Ostatní mrtvé dřevo má být ponecháno na místě. Rezervace je mimo jiné ohrožena používáním solí při sypání silnice I. třídy E 11, která vede při hranici rezervace. Dnes se proto při úpravě silnic v zimních měsících používá šterkování. Dlouhodobým cílem managementu NPR je vytvoření ekologicky stabilního lesního ekosystému, který bude heterogenní jak prostorovou, tak výškovou a věkovou strukturou. Navíc se zde bude vyskytovat přirozená druhová skladba doprovázená pestrou směsí živočichů a rostlin. Na částech rezervace bude sečí udržováno bezlesí (Kavalec, Kavalcová 2005).

3.12.4 Historie NPR Rašeliníště Skřítek

Rašeliníště začalo vznikat na začátku holocénu, takže asi před deseti tisíci lety (Rozbory CHKO Jeseníky 2012). Kromě současného názvu lze najít ve starší literatuře označení Smrček. Název je zmiňován v sedmnáctém dílu Ottova slovníku naučného (Horáček 1999, s. 625) pod heslem Morava, a to následovně:

„...Velkých bažin čili slatin na M-vě není, za to hojně malých. Nejvíce je jich v Sudetách při hranicích slezských. Na východ od Sobotína ve výši asi 830 m rozkládá se asi 230 jiter rozlehlá slatina Smrček (Fichtling), která poskytuje hojně rašeliny až na 4 m hluboko...“

Další zmínka je i v Geologii Moravy (Klvaňa 1897, s. 113), kde stojí:

„Dosti zajímavá jsou rašeliniska, kteráž hlavně v Sudetech se rozkládají na místech, kde voda nemá odtoku a zároveň podložka jest nepromokavá ... Uvedeno budiž ku př. rašelinisko Smrček (Fichtling) jižně od Kleplu při Sobotíně, kteréž 230 jiter zaujímá a 4 m. rašeliny mělo. Většinou byla tato již vypíchána. Výška nadmořská rašeliniska toho jest asi 870 m.“

Při druhém vojenském mapování, které probíhalo v letech 1806 až 1869 (Cajthaml 2007) je šrafováním v dnešní NPR označena podmáčená půda a uvedeny starší německé

názvy *Feuchting* a *Fichtling*. Na mapách třetího vojenského mapování, které zde probíhalo v roce 1876 je mimo jiné uváděn starý název *Moosweichten*. Z mapy je patrné, že část dnešního NPR je odlesněna a to zejména na pravém břehu Žlutého potoka. Zbytek lokality je pokrytý souvislým porostem (CENIA 2021).

Od sedmnáctého století je oblast v širším okolí rašeliniště využívána lesnický, protože se v blízkosti začíná těžit železná ruda a již předtím zde byly sklárny, které ke své produkci potřebovaly dostatek palivového dřeva. V 18. stol. probíhají toulavé těžby, na jeho konci se přistupuje k holosečnému hospodaření a umělé obnově vytěžených ploch, zejména smrkem. Na původ reprodukčního materiálu nebyly brány velké ohledy. Lesní porosty na samotném rašeliništi začaly, díky horší přístupnosti a produktivitě, být pravděpodobně využívány až později. Podle historických údajů zde byly ke konci 19. století vykopány kanály sloužící k odvodnění lokality. Jejich pozůstatky je i dnes možné pozorovat. V roce 1943 jsou lesy na rašeliništi zařazeny do skupiny horských lesů s omezeným hospodařením. Tím se omezily rozsáhlejší zásahy do tamních porostů. Na konci 90. let 20. století, po sérii suchých let od 1996 až do 1998, se v rezervaci kalamitně přemnožil lýkožrout smrkový, napadené stromy byly zpracovány a uvnitř rezervace tak vznikla relativně rozsáhlá holoseč (Kavalec, Kavalcová 2005).

4 Metodika

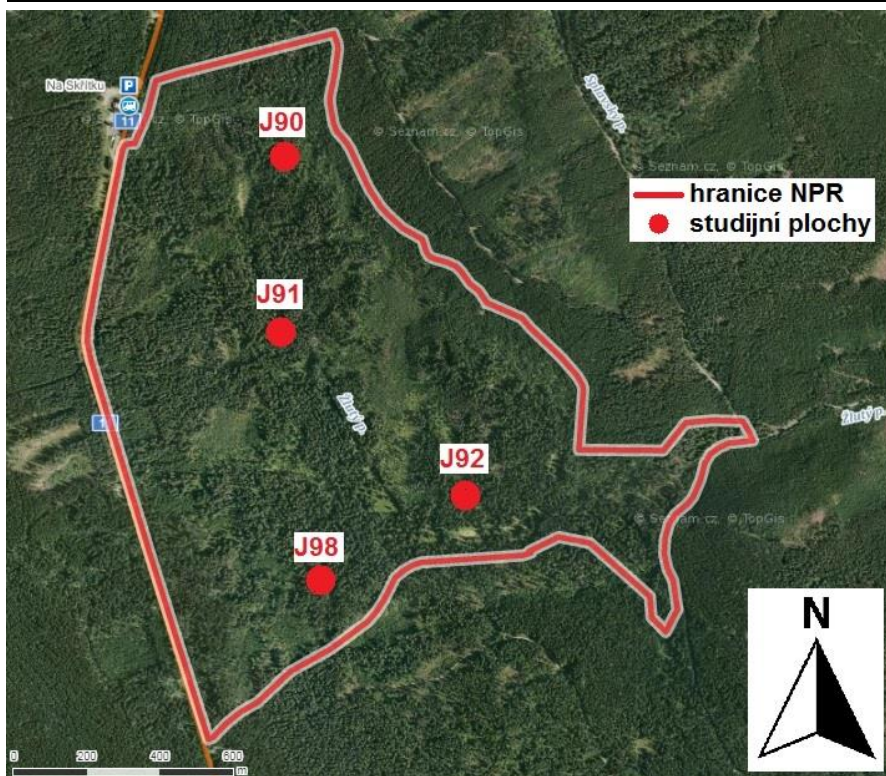
V tabulce 1 jsou zobrazeny GPS souřadnice středů ploch a jejich nadmořské výšky. Vránci rašeliniště se vytvořily kruhové zkusné plochy a každá z nich měla výměru 1000 m². Současně s odběrem vzorků letokruhů se zaměřila přesná poloha každého stromu, byla zapsána jeho výška a změřen obvod obvodovým měřidlem, ze kterého se následně odvodila tloušťka stromu. Plochy J98 a J92 nacházejí v jeho jižní části, plocha J91 je situována ve středu vymezené lokality a nejvíce na severu je založena studijní plocha J90.

Plochy J91 a J92 jsou uprostřed rašeliniště, v místech s vysokou půdní vlhkostí. Obdobně je to i u J90, která je též na velmi mokré půdě. Plocha J98 byla relativně sušší a vede přes ni starý odvodňovací kanál. Směrem na sever se svah zvedá a převýšení mezi nejnižším (824 m n. m.) a nejvyšším bodem (cca. 880 m n. m.) je necelých 60 výškových metrů.

Souřadnice studijních ploch byly vybrány náhodně pomocí programu ArcGis. K tomuto kroku bylo přistoupeno z důvodu toho, aby se vyloučila úmyslnost lidského výběru a výsledky měření by tedy nebyly příliš subjektivní.

Tabulka 1: Základní informace o studijních plochách v NPR Rašeliněště Skřítek

Plocha číslo	Souřadnice N	Souřadnice E	Nadmořská výška
J90	49,99746	17,16097	874 m n. m.
J91	49,99315	17,16085	847 m n. m.
J92	49,98923	17,16775	835 m n. m.
J98	49,9872	17,16158	867 m n. m.



Obrázek 4: Umístění studijních ploch v NPR (Seznam 2021)

4.1 Klimatologická data

Data o průměrných měsíčních srážkách a teplotách byla získána z databáze CRU TS 4.04 (Climatic Research Unit), ke kterým je přístup přes internetové stránky KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl>). Datové podklady jsou vytvářeny jako interpolace změřených dat okolních meteorologických stanic a jsou dostupné s rozlišením $0,5^\circ$. Získaná data pokrývají období od roku 1901, protože data jsou vytvářena interpolací pro zadané souřadnice a v 19. století se u nás nevyskytovala tak hustá síť meteorologických stanic, které by zpřesňovaly požadované informace. Z toho důvod jsem zvolil tento kompromis, protože ve vzdálenější historii by analýzy zkruslovala velká chybovost interpolací.

Podle získaných meteorologických dat je od roku 1901 do roku 2019 průměrný roční úhrn srážek je 710 mm a průměrná roční teplota $7,6^\circ\text{C}$.

4.2 Odběr vzorků v terénu

Odebírání vzorků proběhlo při terénních pracích ve dvou termínech. Vzorky z ploch J91 a J92 byly odebrány v roce 2013 a z ploch J90 a J98 v roce 2018. V obou termínech se odběr uskutečnil v měsíci červnu. Kvůli tomu končí naše analýzy přírůstem v roce 2012, respektive 2017. Bylo odebráno celkem 76 vývrtů. Z tohoto množství jich bylo 24 z plochy J92, z J91 jich bylo 20, dále 19 z J90 a nakonec 13 kusů z J98.

Pro odběry byl použit Presslerův přírůstový nebozez. Vzorky se odebíraly ze živých jedinců, a to ve výšce cca 0,5 m nad terénem, v oblasti báze kmene mimo kořenové náběhy a ze strany, kde byla větší koruna.

4.3 Práce v laboratoři

V laboratoři byly jednotlivé vývrty vyndány z brček, vysušeny a vlepeny do dřevěných prkének, které měly drážky. Následně byly upevněné vzorky zbroušeny, aby se daly šířky letokruhů snáze interpretovat. Šířky letokruhů byly měřeny posuvným stolkem Lintab připojeným k počítači, kde byl spuštěný software TsapWin (www.rintech.com). Přesnost měření byla 0,01 mm. Hranice mezi jednotlivými letokruhy byla určena díky mikroskopu, který byl vybaven záměrným křížem.

Výsledkem laboratorní práce byly časové řady s přírůsty stromů, ze kterých se později dal odvodit i věk stromu, ze kterého byl vzorek odebrán. Tyto řady byly následně podrobeny křížovému datování (Cross dating), které mělo odhalit chyby v měření a anomálie v přírůstu. K tomu byl použit software Past4 (Knibbe 2007). Do míst, kde letokruh chyběl, byla vložena minimální měřitelná hodnota 0,01 mm.

Výsledkem křížového datování byly fakticky správné přírůstové řady. Pokud byl v terénu minut střed kmene, tak se vzdálenost k němu určila podle zakřivení prvních letokruhů. Na vzorek se přiložil průsvitný papír s natištěnými kruhy o známém průměru, a tak se dala odhadnout vzdálenost. Podle této chybějící vzdálenosti a průměrné šířce letokruhů v prvních pěti letech byl následně odhadnut počet letokruhů chybějících do středu stromu a určen věk stromu ve výšce odběru vývrtnu (Čada 2014).

Autor práce se v rámci zpracování své bakalářské práce účastnil sběru dat stejnou metodikou na jiné lokalitě v Jeseníkách. Přírůstová data, která se využívají v této práci, byla autorovi poskytnuta vedoucím práce ve finální podobě. Autor následně získal klimatická data a provedl analýzy.

4.4 Analýza dat

Veškeré analýzy dat byly provedeny v programu Microsoft Excel. Byly vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty mezi velikostí průměrných přírůstů a jednotlivými klimatickými charakteristikami. Těmito charakteristikami byly hodnoty srážek a průměrných teplot pro každý měsíc v roce, respektive pro měsíce v období od října roku předcházejícího danému přírůstu až do září aktuálního roku.

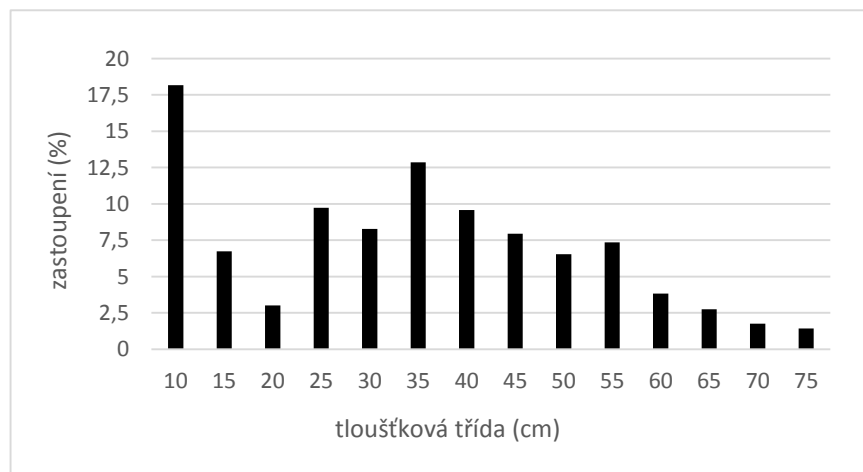
Pro výpočet korelačních koeficientů byla použita hrubá data šířek letokruhů, protože během 20. století nebyl v průměrné přírůstové sérii pozorován zásadní dlouhodobý trend. Po roce 1940 se ovšem na většině ploch vyskytl výkyv v přírůstu (pokles následovaný zvýšením přírůstu). Proto byly korelace vypočítány zvláště pro období od roku 1901 do 1939 a pro éru od 1950 po rok posledního záznamu. Tímto postupem jsem se chtěl v korelační analýze vyhnout tomu, aby tyto výrazné výkyvy neovlivnily odvozené korelační koeficienty. Korelační koeficienty byly spočítány pro každou zkoumanou plochu zvláště ve snaze získat objektivní výsledky, aby bylo možné odhalit vztahy uvnitř rezervace a vzájemně porovnat studijní plochy.

5 Výsledky

5.1 Charakteristiky stromů na plochách

V NPR se nacházejí i velmi staré smrky, které mají stáří okolo 300 let. Průměrný věk studovaných jedinců byl ale nižší: na J92 byl 190 let, na J91 146 let, na J98 137 let a na J90 93 let.

Výčetní tloušťky stromů byly nejnižší na J90 a J92 (od 10 cm do 45 cm), na J98 bylo nejvíc tlouštěk mezi 30 a 55 cm a na J91 byly taktéž silnější stromy (od 35 do 60 cm). Obrázek 5 zobrazuje tloušťkovou strukturu vztaženou na všechny čtyři plochy.



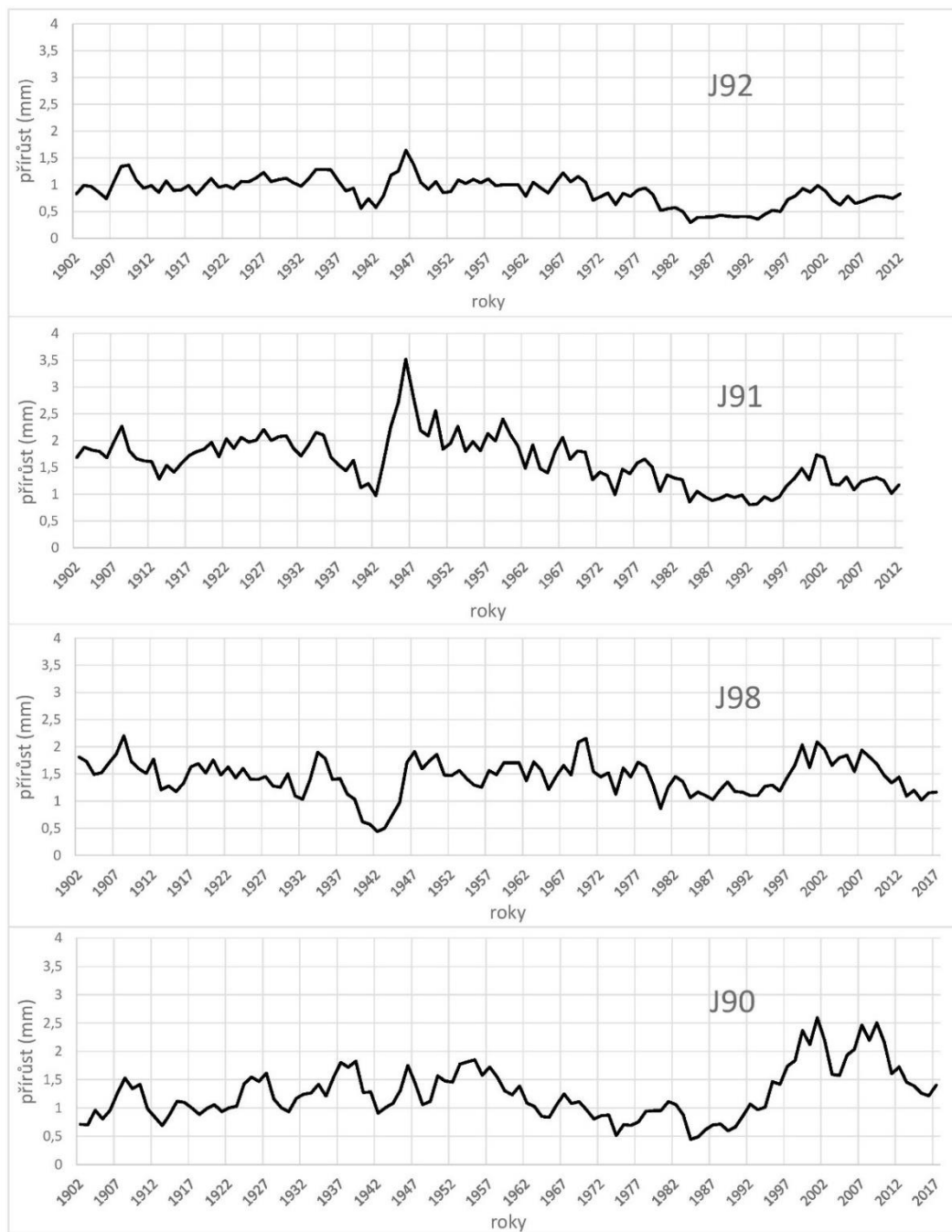
Obrázek 5: Tloušťkové třídy stromů na studijních plochách

5.2 Přírůst

Průběh přírůstu (obr. 6) během 20. a na počátku 21. století byl na všech studovaných plochách podobný. Za zvolené období se na plochách několikrát vyskytlo ve stejných letech utlumení přírůstu, nebo naopak jeho intenzivní zvyšování. Na všech plochách například došlo k mírnému zvýšení přírůstu mezi roky 1907 a 1912. Dalším společným rysem byl pokles po roce 1937, který dosáhl minima v roce 1942. Po tomto roce nastalo zvětšení přírůstu, který vrcholil rokem 1947. Následně byl až do začátku osmdesátých let přírůst vyrovnaný. Od roku 1980 do roku 1997 přírůst stagnoval na nižších hodnotách. Na přelomu století došlo ke zvýšení přírůstu.

Rozdíly mezi plochami byly ve většině případů pouze záležitostí rozdílné absolutní velikosti přírůstů, které se za daný rok vytvořily, a nikoliv záležitostí celkového růstového trendu. Nejvyšší průměrný přírůst za celé studované období byl na ploše J91 (1,62 mm). Následovala plocha J98 s průměrem 1,44 mm. Třetí byla plocha J90, kde byl průměrný přírůst na hodnotě 1,25 mm. Nejnižšími průměrnými přírůsty se vyznačovala plocha J92, kde byla tloušťka letokruhu průměrně 0,88 mm. Průměrný přírůst plochy s nejméně intenzivním přírůstem tak byl téměř poloviční oproti ploše s nejintenzivnějším přírůstem. Mezi plochami se lišily i směrodatné odchylky přírůstů, přičemž pořadí ploch bylo podobné jako u intenzity přírůstu – čím větší byl průměrný přírůst, tím větší byla i směrodatná odchylka. Na ploše J91 byla směrodatná odchylka 0,48 mm, na ploše J90 0,46 mm, na ploše J98 0,34 mm a na ploše J92 0,26 mm. Relativně větší meziroční kolísání přírůstu (vyjádřené jeho směrodatnou odchylkou) tak lze pozorovat na ploše J90.

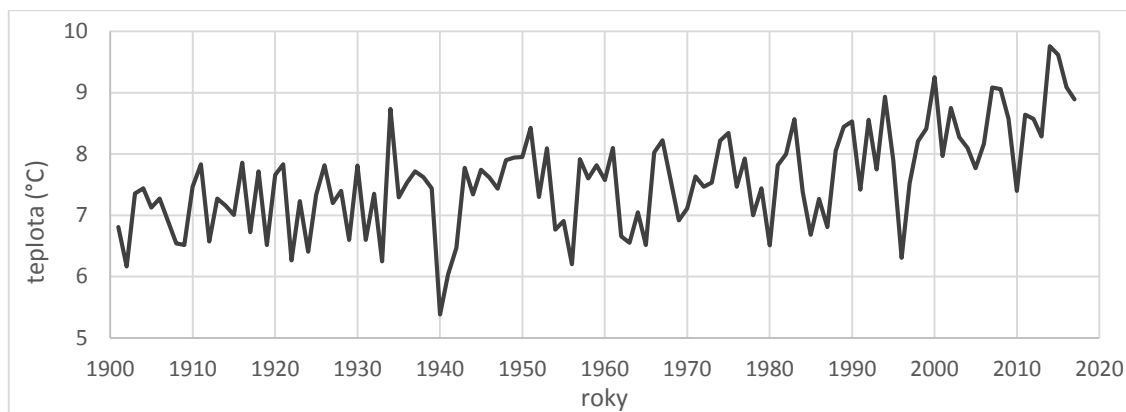
Zásadní bylo i období kolem roku 1942, kdy přírůst na všech plochách poklesl. Po tomto období se přírůst opět obnovil, přičemž na plochách J92 a J91 dokonce následně dosáhl nejvyšších hodnot za celé sledované období. Odlišnost mezi vývojem přírůstů mezi plochami byla i v 80. a 90. letech 20. století, protože J92 a J91 zde vykazovaly nižší přírůsty než průměr a mezi roky se vyskytovaly malé rozdíly velikosti přírůstů. Plocha J98 měla v tomto období vyrovnanější růst, který se tak výrazně nesnížil pod úroveň průměru. Po roce 2000 se na J98 a J90 objevila série let, která měla nadprůměrné hodnoty přírůstů. U plochy J92 a J91 se tento trend nevyskytl.



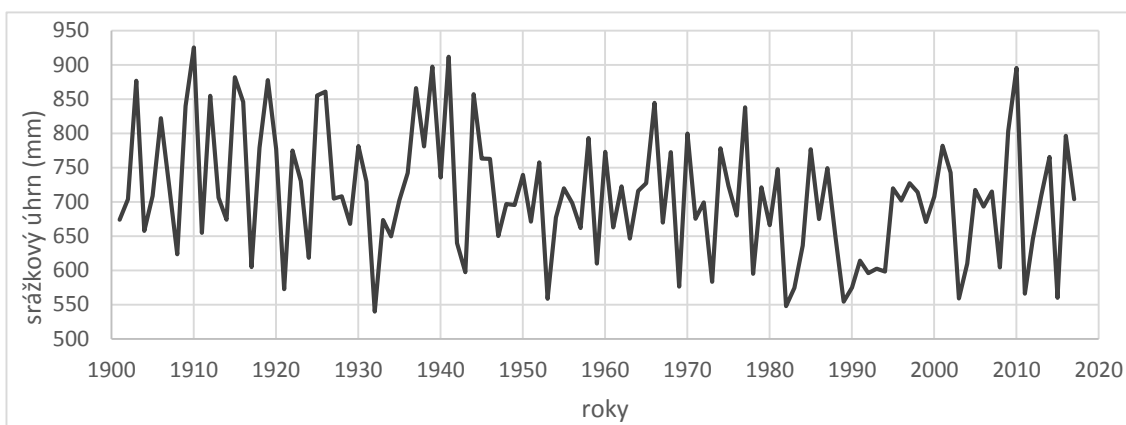
Obrázek 6: Trend průměrného přírůstu na plochách

5.3 Vývoj teplot a srážek

V ročních průměrných teplotách (obr. 7) se během sledovaného období vyskytuje několik teplotních výkyvů. Od roku 1901 do roku 1933 teploty kolísaly téměř s roční periodicitou, ale nedocházelo k výrazným změnám. Po roce 1939 klesly teploty na 5,4 °C. Od té doby docházelo ke střídání chladnějších i teplejších období. Chladnějším byl i rok 1996 (6,3 °C). Roční úhrn srážek (obr. 8) je každý rok jiný a nevyskytuje se zde série vyrovnanějších let. Výkyv představuje rok 2010, kdy byly vysoké srážky s úhrnem 895 mm.



Obrázek 7: Průběh průměrné roční teploty



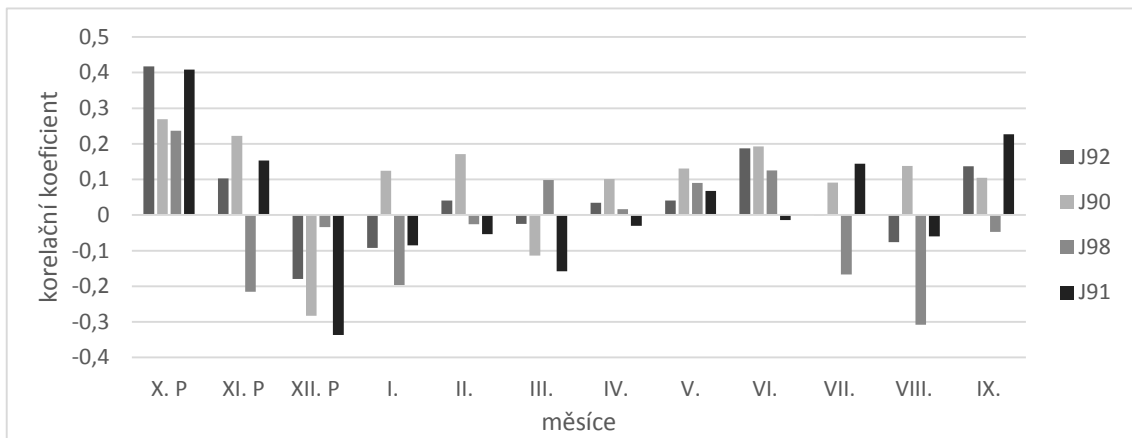
Obrázek 8: Průběh ročních srážkových úhrnů

5.4 Vztah teplot s přírůsty

Při porovnání mezi trendy průměrného přírůstu na plochách (obr. 6) s průměrnou roční teplotou (obr. 7) nebyla odhalena vzájemná provázanost. Korelační koeficienty byly v tomto případě nízké (nejvýše do hodnoty cca. +0,04)

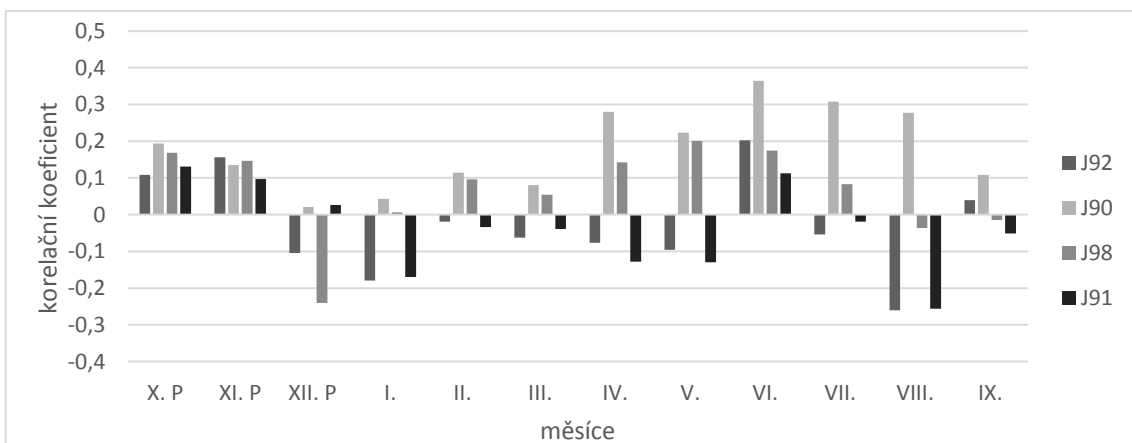
Korelační koeficienty mezi průměrnou teplotou jednotlivých měsíců a přírůstem (obr. 9) v období od roku 1901 do roku 1939 byly nejvyšší pro závěrečné měsíce roku předcházejícímu vytvořenému přírůstu. Nejužší vztah k přírůstu měla zejména průměrná teplota v říjnu, případně listopadu předcházejícího roku. Přitom pozitivní vliv říjnové teploty byl konzistentní na všech plochách. Nejvyšší hodnota korelačního koeficientu (+0,4) vyšla na plochách J91 a J92. Nekonzistentní byl vliv listopadových teplot, který byl většinou opět pozitivní (i když tento vliv byl pravděpodobně na hranici průkaznosti), což bylo nejvíce patrné na ploše J90 (+0,22), ale u plochy J98 byla už korelace naopak negativní a dosahovala poměrně vysoké hodnoty -0,22. Nepřímá úměra teploty a přírůstu pak byla patrná na všech plochách konzistentně pro prosinec. Nejvíce pak na ploše J91 (-0,34) a J90 (-0,28). Dále lze vysledovat relativně konzistentní, i když méně silný,

pozitivní vliv teploty v červnu aktuálního roku, který se projevil nejvíce na plochách J92 a J90 (+0,20). Plocha J98 se opět vymykala tím, že zde srpnové teploty nepřímo úměrně ovlivňovaly přírůst (-0,31).



Obrázek 9: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah průměrné teploty v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1901-1939. P u měsíce značí měsíc roku předcházejícího danému přírůstu.

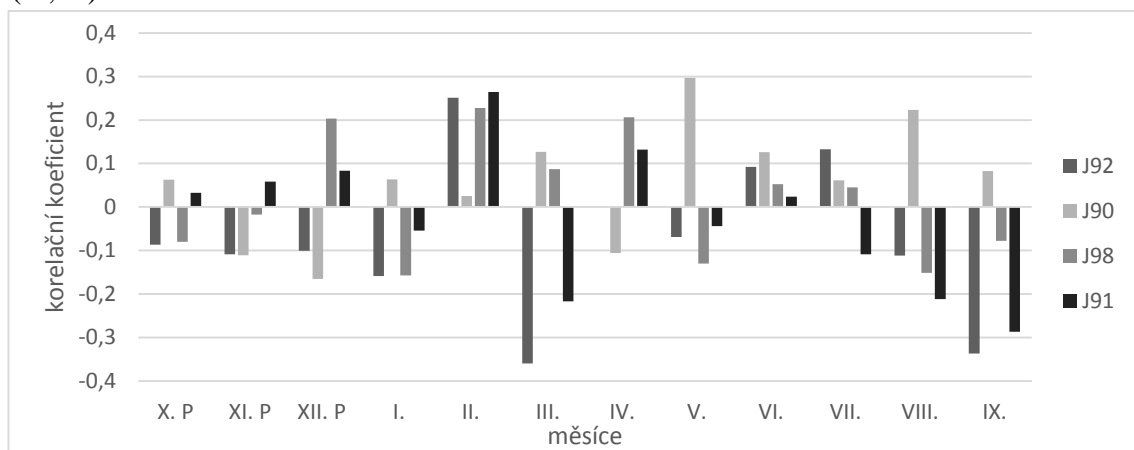
Korelační analýza pro období po roce 1950 (obr. 10) ukazuje, že teplý říjen a listopad opět pozitivně ovlivnily přírůst následujícího roku, i když hodnoty korelačních koeficientů zde byl nižší než u předcházejícího období. Prosincová teplota negativně ovlivňovala přírůst na ploše J98 (-0,24). Plocha J90 měla nejsilnější kladný vztah k teplotám od dubna až po srpen (+0,28 až +0,36) a podobný trend vykazovala i plocha J98. Nicméně pozitivní vliv teploty v červnu se projevil na všech plochách. Srpnové teploty negativně ovlivňovaly přírůst stromů na plochách J92 (-0,26) a J91 (-0,26).



Obrázek 10: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah průměrné teploty v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1950-2012, resp. 2017. P u měsíce značí měsíc roku předcházejícího danému přírůstu.

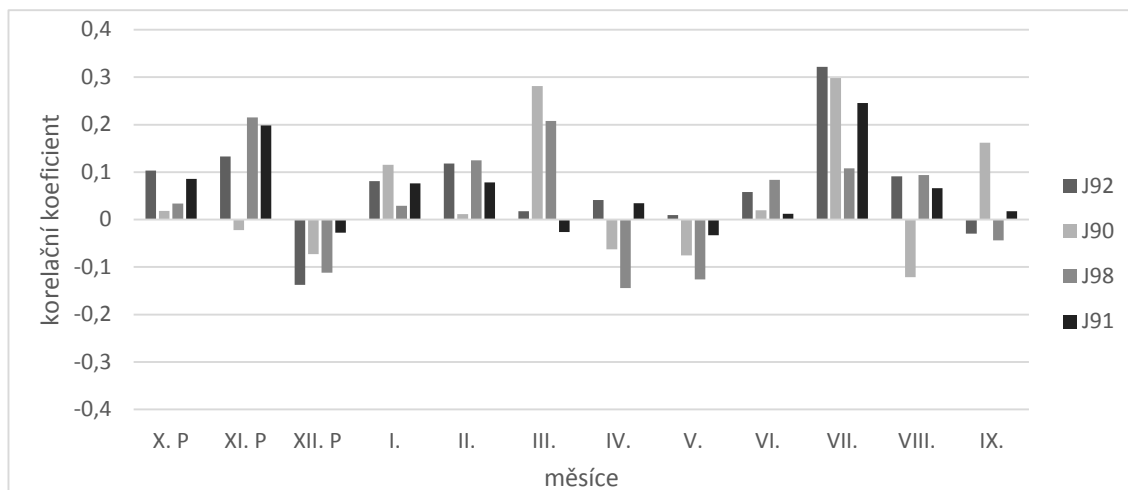
5.5 Vztah srážkových úhrnů s přírůsty

Průkaznější vztah roční sumy srážek a celoročních přírůstů jednotlivých ploch nebyl nalezen, podle provedené korelace se průměrný koeficient pohyboval okolo +0,14. Tato hodnota je zřejmě na hranici průkaznosti. Podle korelačních analýz pro jednotlivé měsíce let do roku 1939 (obr. 11) nemají podzimní, prosincové a lednové srážky jednoznačnou souvislost s přírůstem následujícího roku. Srážky v únoru však poměrně konzistentně pozitivně ovlivňovaly přírůst, přičemž nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů byly zjištěny na plochách J92 (+0,25), J91 (+0,26) a J98 (+0,22). Vysoká negativní korelace srážek a přírůstu byla vidět v březnu na plochách J92 (-0,36) a J91 (-0,22). Pozitivní korelace srážek a přírůstu byla patrná u dubnových srážek na ploše J98 (+0,21) a u květnových srážek na ploše J90 (+0,3). Mezi přírůstem a srážkami v srpnu byla patrná přímá úměra na ploše J90 (+0,22), ale naopak nepřímá úměra na ploše J91 (-0,21).



Obrázek 11: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah srážek v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1901-1939. P u měsíce značí měsíc roku předcházejícího danému přírůstu.

Ve druhém sledovaném období (obr. 12) je vidět, že množství srážek v listopadu předchozího roku mělo na přírůst pozitivní vliv, zejména na plochách J98 (+0,22) a J91 (+0,2). Výrazný vliv měly březnové srážky na přírůst na plochách J90 (+0,28) a J98 (+0,21). Nejvýraznější pozitivní vliv na přírůst měly zřejmě srážky v červenci, které se na všech plochách projevíly relativně vysokými hodnotami korelačního koeficientu (od +0,2 do +0,32).



Obrázek 12: Hodnoty korelačních koeficientů pro vztah srážek v jednotlivých měsících roku a přírůstu v období 1950-2012, resp. 2017. P u měsíce značí měsíc roku předcházejícího danému přírůstu.

6 Diskuze

Přirůsty stromů z mokřadů mají slabší vztah k průběhu počasí než stromy na běžných stanovištích (Cedro, Lamentowicz 2011). Proto jsou směrodatné odchylky tlouštěk jejich letokruhů menší než směrodatné odchylky tlouštěk ze sušších stanovišť. Vlhká plocha J92 vykázala nejmenší odchylky (0,25 mm) od průměrných tlouštěk, což odpovídá jejich tezi. Na relativně suché J98 vyšla odchylka 0,33 mm. Výsledek vlhké plochy J90 (0,45 mm) může být ovlivněn tím, že jsem neprovedl detrendaci dat.

Mokřadní a rašeliništní stromy se vyznačují menším přírůstem (Cedro, Lamentowicz 2011). Průměrné hodnoty přírůstů za celé období korespondují s jejich poznatky, protože pravděpodobně nejvlhčí plocha J92 měla průměrný přírůst 0,88 mm, zatímco suchá plocha J98 měla 1,44 mm. S oteplováním planety se bude zvyšovat i výpar, což bude snižovat nasycení půdy vodou a lze tedy očekávat, že stromy budou na mokřadech přirůstat rychleji (Čejková, Poláková 2012).

Celoroční suma srážek a průměrná teplota se ukázaly jako nesouvisející s přírůstem daného roku. Je to zřejmě dáno tím, že stromy jsou během roku v různých fyziologických fázích, které reagují odlišně na srážky a teploty. Je evidentní, že počasí v polovině vegetační sezóny má jiný vliv na přírůst než počasí ve vegetačním klidu (Čejková, Poláková 2012).

Ani ve výsledcích korelací mezi teplotou a přírůsty nebyla vidět série po sobě jdoucích měsíců, které by vykazovaly podobnou hodnotu vztahu. Je patrné, že na přírůst mají různým způsobem vliv spíše jednotlivé měsíce, resp. relativně krátká období v roce.

U přírůstu (obr. 6) a průměrných ročních teplot (obr. 7) byl patrný pokles okolo roku 1942. Za nízkou hodnotu průměrných teplot mezi lety 1940 a 1942 byly zodpovědné zejména velice chladné zimy v tomto období. Jejich průměrná teplota byla $-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dlouhodobý průměr za zimy od r. 1901 do r. 2017 byl $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Korelační analýzou mezi přírůstem a teplotou se ale dlouhodobá souvislost mezi těmito proměnnými nepotvrdila. Je možné, že nízké zimní teploty se na přírůstu projeví negativně pouze v tomto období, kdy byly extrémně nízké, a v ostatních případech, kdy se pohybovaly kolem průměru, nízké zimní teploty neměly vliv. Při dlouhodobě výrazně nízkých teplotách mohla například rašelina promrzat více do hloubky a poškodit tak kořený stromů (Linderholm a kol. 2002). Na druhou stranu mohlo v daném období dojít k jinému zásahu do lokality, například k odvodnění, které mohlo zanechat negativní stopy na přírůstu stromů.

Překvapivým zjištěním je, že přírůst byl pozitivně ovlivňován teplotou již na podzim předcházejícího roku. Za důvod považuji stálezelenost smrku, protože vyšší teploty by mu mohly umožnit fotosyntetizovat i na konci podzimu, kdy ještě nemusí být voda v půdě zmrzlá.

Dalším je to, že teplota ovlivňovala růst z počátku vegetačního období pozitivně, ale ve druhé polovině léta negativně. Je pravděpodobné, že v první polovině roku je na rašeliništi stále dostatek vody a stromy při vyšších teplotách zintenzivní přírůst, protože mohou stále pokrývat výdej vody spotřebované při dýchání a fotosyntéze. Obzvláště u červnových teplot byly odvozeny vyšší kladné korelační koeficienty. Červen bude zřejmě tím měsícem, kdy je v půdě ještě dostatek vody a teploty vzduchu jsou již relativně vysoké, čímž je zvýšena intenzita růstu, která se projeví v celkové sumě celého roku.

Vliv podzimních teplot může být výraznější právě na mokřadních stanovištích, která zamrzají díky obsahu vody později, než suchá půda (Mikulčák a kol. 2003). Je tedy možné, že na Skřítku je voda v určitém množství dostupná v půdě i do pozdního podzimu a stromy ji mohou čerpat.

Ze srážek měly pozitivní vliv na přírůst zejména ty, které spadly na konci zimy, v únoru či březnu. Jedním vysvětlením by mohla být izolační funkce sněhu, protože v únoru lze předpokládat, že srážky jsou především ve formě sněhu. Na druhou stranu srážky na konci zimy mohou fungovat jako zásoba vody, kterou stromy využijí na začátku následující vegetační sezóny (Linderholm a kol. 2002).

Jelikož je Skřítek rašeliništěm přechodového typu (Kavalec, Kavalcová 2005), tak je závislé i na dotaci vody v podobě srážek. Půda do léta ztratí část vlhkosti a při suchých letech může v létě nastat vážnější nedostatek půdní vláhy.

7 Závěr

Přírůstové reakce stromů na teploty a srážkový úhrn v daném měsíci se během roku odlišovaly. V některém měsíci měly zmíněné faktory a přírůst mezi sebou přímou úměru, v některých nepřímou, nebo vztah úplně chyběl.

Přírůst smrků ztepilých v NPR Rašeliniště Skřítek vykazoval pozitivní vztah k podzimním teplotám roku, který předcházel vytvořenému přírůstu. Největší vliv byl patrný hlavně v říjnu, kdy zejména jehličnany mohou stále fotosyntetizovat. Pozitivní vztah přírůstu k teplotám byl patrný i na začátku dané vegetační sezóny, obzvláště v červnu. Negativní vliv teplot se objevil v prosinci předcházejícího roku. Srážkový úhrn v únoru pozitivně ovlivní přírůst v následující vegetační sezóně. Stejně tak měly vliv i srážky v létě, hlavně v červenci, kdy již vyzníval pozitivní vliv teplot. Z toho je patrné, že na studovaném mokřadu měly stromy pravděpodobně po většinu roku dostatek vláhy, a tak byl přírůst stimulován především teplotou. Ovšem na vrcholu léta může půda vyschnout, což způsobí, že stromy mohou začít trpět stresem ze sucha. Právě proto byl na vrcholu léta přírůst stimulován srážkami.

Z celé práce vyplývá, že vztah přírůstu stromů a počasí nelze zjednodušit na vztah průměrné roční teploty, ročního úhrnu srážek a přírůstu za daný rok, ale je potřeba rok rozdělit na menší části a závislosti hledat tam.

8 Zdroje

8.1 Literární zdroje

CAJTHAML, J.. *Nové technologie pro zpracování a zpřístupnění starých map*.

Doktorská disertační práce, ČVUT v Praze, 2007, Praha.

CEDRO, A. a M. LAMENTOWICZ. Contrasting responses to environmental changes by pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on peat and mineral soil: An example from a Polish Baltic bog. *Dendrochronologia* [online]. 2011, **29**(4), 211-217 [cit. 2021-04-14]. ISSN 11257865. Dostupné z: doi:10.1016/j.dendro.2010.12.004.

ČADA, V.. Dendrometrická a dendrochronologická analýza lesních porostů v NPR Rejvíz. Závěrečná zpráva. 2014, depon. AOPK ČR.

ČEJKOVÁ, A. a S. POLÁKOVÁ. Growth responses of sessile oak to climate and hydrological regime in the Zbytky Nature Reserve, Czech Republic. *Geochronometria*

[online]. 2012, **39**(4), 285-294 [cit. 2021-04-14]. ISSN 1897-1695. Dostupné z: doi:10.2478/s13386-012-0017-1.

ČESKÁ A SLOVENSKÁ FEDERATIVNÍ REPUBLIKA. Sdělení č. 396 ze dne 2. července 1990, o sjednání Úmluvy o mokřadech majících mezinárodní význam zejména jako biotopy vodního ptactva a Protokolu o její změně. In *Sbírka zákonů České republiky*. Federální ministerstvo zahraničních věcí, 1990, částka 67, s. 1449-1453. Dostupné z WWW: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=396&r=1990>. ISSN 1211-1244.

ČOPJANOVÁ, K.. *Diverzita Bacillariophyceae v rašelinistích Jeseníků*. Olomouc, 2011. Bakalářské práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Prof. RNDr. Aloisie Poulíčková, CSc..

DEMEK, J. a P. MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. ISBN 80-86064-99-9.

DRÁPELA, K. a J. ZACH. *Dendrometrie: (dendrochronologie)*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 80-7157-178-4.

EDVARDSSON, J., E. RIMKUS, Ch. CORONA, R. ŠIMANAUSKIENĚ, J. KAŽYS a M. STOFFEL. Exploring the impact of regional climate and local hydrology on *Pinus sylvestris* L. growth variability – A comparison between pine populations growing on peat soils and mineral soils in Lithuania. *Plant and Soil* [online]. 2015, **392**(1-2), 345-356 [cit. 2021-04-15]. ISSN 0032-079X. Dostupné z: doi:10.1007/s11104-015-2466-9.

FAN, Y., G. MIGUEZ-MACHO, E. G. JOBBÁGY, R. B. JACKSON a C. OTERO-CASAL. Hydrologic regulation of plant rooting depth. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2017, 114(40), 10572-10577 [cit. 2021-04-12]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.1712381114.

FRITTS, H. C. *Tree Rings and Climate* [online]. Elsevier, 1976 [cit. 2021-04-14]. ISBN 9780122684500. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-268450-0.X5001-0.

GANDELOVÁ, L., P. HORÁČEK a J. ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-312-2.

HÁJEK, T. a M. HÁJEK. Proč jsou rašeliniště kyselá? *Živa: Časopis pro popularizaci biologie*. Praha: Academia, 2018, 2018(3), 121 - 123. ISSN 0044-4812.

HORÁČEK, L.. *Ottův slovník naučný. Illustrovaná encyklopedie obecných vědomostí. Sedmnáctý díl: Median - Naverrete*. Fotoreprint pův. vyd. Praha: Paseka; Argo, 1999. ISBN 80-7185-249-x.

CHYTRÝ, M.. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-02-3.

KARNET, P.. *Dendrochronologický průzkum růstových charakteristik*, Disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2008.

KAVALEC, K., KAVALCOVÁ, V.. 2005: *Plán péče o Národní přírodní rezervaci Rašeliniště Skřítek na období 2006–2015*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, pp. 22. Dostupné také z:

https://drusop.nature.cz/ost/archiv/plany_pece/index.php?frame&ID=9141.

KLEMPÍŘOVÁ, B., L. DRAGON a R. MARUŠÁK. Impact of soil drainage to the radial stem growth of Norway spruce (*Picea Abies* L. Karst.) in peatland forests. *Forestry Journal* [online]. 2013, **59**(4) [cit. 2021-04-14]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.2478/v10114-011-0031-x.

KLVAŇA, J.. *Geologie Moravy*. Brno: Muzejní spolek, 1897, s. 109. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:9421b56a-e62a-11e5-9d8e-0050569d679d>.

KNIBBE, B.. Past4, *Personal analysis system for tree-ring research*, Version 4.2, Vienna, SCIEM. 2007. pp. 161. Dostupné z: <http://www.sciem.com/>.

KŘÍSTEK, J.. *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. Písek: Matice lesnická, c2002. Učebnice (Matice lesnická). ISBN 80-86271-08-0.

KYNCL, J.. *Letokruhy jako kalendář i záznamník: zajímavosti z dendrochronologie*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0198-6.

LEVANIČ, T., J. GRIČAR, M. GAGEN, R. JALKANEN, N. J. LOADER, D. MCCARROLL, P. OVEN a I. ROBERTSON. The climate sensitivity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in the southeastern European Alps. *Trees* [online]. 2009, **23**(1),

169-180 [cit. 2021-04-14]. ISSN 0931-1890. Dostupné z: doi:10.1007/s00468-008-0265-0.

LI, Ch., R. GRAYSON, J. HOLDEN a P. LI. Erosion in peatlands: Recent research progress and future directions. *Earth-Science Reviews* [online]. 2018, **185**, 870-886 [cit. 2021-04-15]. ISSN 00128252. Dostupné z: doi:10.1016/j.earscirev.2018.08.005.

LINDERHOLM, H. W, A. MOBERG a H. GRUDD. Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. 2002, **32**(8), 1400-1410 [cit. 2021-04-14]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x02-071.

MADĚRA, P. a L. ÚRADNÍČEK. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, c2001. ISBN 80-86271-09-9.

MIKULČÁK, J., J. CHARVÁT, M. MACHÁČEK a F. ZEMÁNEK. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2003. ISBN 80-7196-264-3.

MORAVEC, J. *Mokřady: pokladnice naší přírody*. [Praha]: Český svaz ochránců přírody, 2016. ISBN 978-80-86770-54-3.

MUSIL, I., J. HAMERNÍK a G. LEUGNEROVÁ. *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-0992-x.

PIVNIČKOVÁ, M. *Ochrana rašelinných mokřadů*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1997. ISBN 80-86064-03-4.

RANEY, P. A., D. J. LEOPOLD, M. DOVCIK a C. M. BEIER. Hydrologic position mediates sensitivity of tree growth to climate: Groundwater subsidies provide a thermal buffer effect in wetlands. *Forest Ecology and Management* [online]. 2016, **379**, 70-80 [cit. 2021-04-14]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2016.08.004.

SPEER, J. H. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press [online]. 2010. [cit. 2021-04-14]. ISBN: B00GA42F4O. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/259466472_Fundamentals_of_Tree_Ring_Research.

Správa chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Rozbory Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. *Správa CHKO Jeseníky* [online] 2012. [cit. 14. 4. 2021]. Dostupné z: http://www.npjeseniky.info/data/files/OZUOPK_PP_CHKO_Jeseniky_Rozbor_y-20130604.pdf.

ŠANTRŮČKOVÁ, H. a J. VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010. ISBN 978-80-87257-04-3.

ŠEBÍK, L. a L. POLÁK. *Náuka o produkci dřeva: [celoštátní vysokoškolská učebnice pro lesnické fakulty vysokých škol]*. Bratislava: Příroda, 1990. ISBN 8007002685.

TOMÁŠKOVÁ, I. a J. KUBÁSEK. *Fyziologie lesních dřevin I.: fyziologie, produkce a stresy rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin, 2016. ISBN 978-80-213-2608-8.

TOMÁŠKOVÁ, I. a J. KUBÁSEK. *Fyziologie lesních dřevin II.: růst, vývoj a rozmnožování*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin, 2017. ISBN 9788021328006.

ÚRADNÍČEK, L. a J. CHMELÁŘ. *Dendrologie lesnická: 1. část: Jehličnany*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. ISBN 80-7157-162-8.

URBANOVÁ, Z., T. PICEK, T. HÁJEK, I. BUFKOVÁ a E. S. TUITTILA. Vegetation and carbon gas dynamics under a changed hydrological regime in central European peatlands. *Plant Ecology & Diversity* [online]. 2012, **5**(1), 89-103 [cit. 2021-04-14]. ISSN 1755-0874. Dostupné z: doi:10.1080/17550874.2012.688069.

WASEL, Y. a A. FAHN. The effects of environment on wood formation and cambial activity in *Robinia pseudacacia* L. *New Phytologist* [online]. 1965, **64**(3), 436-436 [cit. 2021-04-14]. ISSN 0028-646X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8137.1965.tb07552.x.

YU, Z., J. LOISEL, D. P. BROSSEAU, D. W. BEILMAN a S. J. HUNT. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters* [online]. 2010, **37**(13), n/a-n/a [cit. 2021-04-14]. ISSN 00948276. Dostupné z: doi:10.1029/2010GL043584.

8.2 Zdroje obrázků

Obrázek 1:

TOMÁŠKOVÁ, I. a J. KUBÁSEK. *Fyziologie lesních dřevin I.: fyziologie, produkce a stresy rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin, 2016. ISBN 978-80-213-2608- 8.

Obrázek 2:

PALOCH, D. Outline map of the Czech Republic. In: *Wikimedia Commons: the free media repository* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2007 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Czechia_-_outline_map.svg.

Obrázek 3:

Seznam.cz. *Základní mapa* [online]. Seznam.cz, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni>.

Obrázek 4:

Seznam.cz. *Letecká mapa* [online]. Seznam.cz, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka>.

8.3 Internetové zdroje

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. *Mapa typologická* [online] ÚHÚL, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOprl.html>.

Český úřad zeměměřický a katastrální. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: ČÚZK, 2021 [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z: <http://nahliznidokn.cuzk.cz>.

Ministerstvo životního prostředí. *Ramsarská úmluva o mokřadech* [online]. MŽP, 2020 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ramsarska_umluva_o_mokradech.

Česká informační agentura životního prostředí. *Národní geoportál INSPIRE: Prohlížení* [online]. CENIA, 2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>.

Seznam.cz. *Základní mapa* [online]. Seznam.cz, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni>.