

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra ekologie lesa

**Dynamika přirozené obnovy  
v závislosti na světelných podmínkách  
v přirozených lesích východní Evropy**

Diplomová práce

Autor: Bc. Daniel Šípek  
Vedoucí práce: Ing. Radek Bače, Ph.D.

2023

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Daniel Šípek

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Dynamika přirozené obnovy v závislosti na světelných podmínkách v přirozených lesích východní Evropy

Název anglicky

Regeneration dynamics and light availability in natural forests of Eastern Europe

---

### Cíle práce

Přirozené zmlazení, které se v temperátních lesích často uchycuje ještě před disturbancí horního stromového patra, vykazuje velmi variabilní početnost, která závisí na mnohých faktorech. Sledování změn početnosti v čase může lépe objasnit vliv jednoho základního faktoru – dostupnosti světla v podrostu.

Cílem práce bude zjistit,

jak se po pěti letech změnilo druhové složení, početnost a vertikální struktura banky zmlazení v horském lese v závislosti na změně množství a kvalitě do podrostu dopadajícího světla ve stejném časovém intervalu.

### Metodika

1. Sběr dat o obnově dřevin v přirozeném horském smíšeném lese na trvalých výzkumných plochách.
2. Měření množství a kvality na zmlazení dopadajícího světla pomocí hemisférických fotografií.
3. Matematické a statistické zpracování dat, zahrnující plochy z vícero pohoří východní Evropy, tak aby výsledky odrážely globální trendy a nebyly ovlivněny lokálními specifiky.
4. Textová příprava práce.

Harmonogram zpracování:

červenec–srpen 2020: terénní sběr dat, přepis dat

březen–listopad 2020: studium literatury a příprava literární rešerše

prosinec 2020: odeslání rešerše ke konzultaci školiteli

říjen 2020–únor 2021: statistické zpracování dat

únor 2021: interpretace výsledků a jejich srovnání s dostupnou literaturou

březen 2021: odeslání práce ke kontrole školiteli

---

duben 2021: odevzdání závěrečné práce



**Doporučený rozsah práce**

45 stran textu bez příloh

**Klíčová slova**

přirozená obnova, zápoj, dynamika lesa

---

**Doporučené zdroje informací**

- Bače, R., Schurman, J. S., Brabec, M., Čada, V., Després, T., Janda, P., ... & Nagel, T. A. (2017). Long-term responses of canopy-understorey interactions to disturbance severity in primary *Picea abies* forests. *Journal of Vegetation Science*, 28(6), 1128-1139.
- Barna, M., & Bosela, M. (2015). Tree species diversity change in natural regeneration of a beech forest under different management. *Forest Ecology and Management*, 342, 93-102.
- Feldmann, E., Glatthorn, J., Ammer, C., & Leuschner, C. (2020). Regeneration Dynamics Following the Formation of Understorey Gaps in a Slovakian Beech Virgin Forest. *Forests*, 11(5), 585.
- Lhotka, J. M., & Loewenstein, E. F. (2006). Indirect measures for characterizing light along a gradient of mixed-hardwood riparian forest canopy structures. *Forest Ecology and Management*, 226(1), 310-318.
- Messier, C., Doucet, R., Ruel, J. C., Claveau, Y., Kelly, C., & Lechowicz, M. J. (1999). Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(6), 812-823.
- Mori, A., & Takeda, H. (2004). Effects of undisturbed canopy structure on population structure and species coexistence in an old-growth subalpine forest in central Japan. *Forest Ecology and Management*, 200(1), 89-100.
- Rooney, T. P., McCormick, R. J., Solheim, S. L., & Waller, D. M. (2000). Regional variation in recruitment of hemlock seedlings and saplings in the upper Great Lakes, USA. *Ecological Applications*, 10(4), 1119-1132.
- Royo, A. A., & Carson, W. P. (2006). On the formation of dense understory layers in forests worldwide: consequences and implications for forest dynamics, biodiversity, and succession. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6), 1345-1362.
- Stancioiu, P. T., & O'Hara, K. L. (2006). Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research*, 125(2), 151-162.
- Thrippleton, T., Bugmann, H., Kramer-Priewasser, K., & Snell, R. S. (2016). Herbaceous understory: An overlooked player in forest landscape dynamics?. *Ecosystems*, 19(7), 1240-1254.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Radek Bače, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2021

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Dynamika přirozené obnovy v závislosti na světelných podmínkách v přirozených lesích východní Evropy vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V..... dne.....

Podpis autora

## Poděkování:

Především děkuji svému vedoucímu Ing. Radku Bačemu, Ph.D. za pomoc, cenné rady a trpělivost. Dále děkuji všem, kteří se v terénu podíleli na sběru dat a následně i na jejich vyhodnocování. Speciálně pak děkuji Bc. Barboře Menclové za pomoc a psychickou podporu.

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá změnami v druhovém složení, vertikální struktuře a početnosti banky zmlazení v přirozeném, vysokohorském lese v závislosti na změně světelných podmínek v podrostu. Data, jež jsou použita v této diplomové práci pochází z trvalých výzkumných ploch v pohoří Fagaraš, které se nachází téměř ve středu Rumunska. Trvalé výzkumné plochy byly založeny v roce 2012 a jejich přeměřování se uskutečnilo po 6 letech v roce 2018. Světelné podmínky v podrostu byly zjišťovány pomocí hemisférických fotografií a následně zpracovány v programu WinSCANOPY.

Klíčová slova: přirozená obnova, zápoj, dynamika les

## Abstract

The main objective of the thesis is observation of changes in species composition, vertical structure and abundance of juvenile individuals prospering under the developed canopy in natural mountain forest environment in relation to variations of undergrowth light conditions. Data collected and used in this thesis come from permanent research plots in Fagaras mountains in central Romania. The research plots were established in 2012 and reviewed 6 years later in 2018. The undergrowth light conditions were determined using hemispheric photographs and then analyzed in WinSCANOPY program.

Key words: natural regeneration, canopy, forest dynamics



## Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce .....	11
3 Rozbor problematiky (literární řešerše).....	12
3.1 Historie evropských lesů .....	12
3.2 Dynamika lesa .....	13
3.3 Disturbance .....	15
3.4 Světlo .....	15
3.5 Šíření semen .....	16
3.5.1 Anemochorie .....	16
3.5.2 Hydrochorie.....	17
3.5.3 Autochorie .....	17
3.5.4 Zoochorie .....	17
3.6 klíčení semen .....	18
3.7 Faktory ovlivňující klíčení.....	19
3.7.1 Teplota.....	20
3.7.2 Voda .....	20
3.7.3 Kyslík .....	20
3.7.4 Světlo.....	21
4 Obecná charakteristika zkoumané oblasti.....	21
5 Metodika .....	22
5.2 Zmlazení .....	22
5.3 Hemisférické fotografie .....	23
5.4 Postup při focení hemisférických fotografií .....	24
6 Výsledky a diskuse .....	25
7 Závěr .....	29
8 Seznam použité literatury .....	30

## Seznam obrázků a grafů

Obr. č. 1 ukázka hemisférické fotografie ze středu plochy na lokalitě ROM\_PAU\_001\_1 z roku 2015

Graf č. 1 znázorňuje změnu v počtu jedniců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 1. výškovou

Graf č. 2 znázorňuje změnu v počtu jedniců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 2. výškovou

Graf č. 3 znázorňuje změnu v počtu jedniců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 3. výškovou

Obr. č. 2 Znázorňuje koláčové grafy s procentickým zastoupením druhů ve výškových třídách pro roky 2012 a 2018

## 1 Úvod

Přírozené procesy v lesních ekosystémech jsou fascinující a i po tisících letech své existence nám mají pořád co nabídnout. Jeden z mála, lidskou činností téměř nedotčený, lesní ekosystém se nachází ve středu Rumunska. Jedná se o pohoří Fagaraš, v němž jsem společně s ostatními pracovníky sbírající data strávil nezapomenutelné tři deštivé týdny plné zážitků a dobrodružství.

Má bakalářská práce se zabývala vlivem světelných podmínek na druhové složení, početnost a vertikální strukturu banky zmlazení ve vysokohorských lesích. Tato diplomová práce se bude zabývat změnou druhového složení, početnosti a vertikální struktury v závislosti na světelných podmínkách na trvalých výzkumných plochách po šesti letech od jejich založení.

Doufám, že mé výsledky pomůžou lépe porozumět procesům při přírozené obnově lesa a napomůžou i přírodě bližšímu a šetrnějšímu hospodaření v lesích intenzivně obhospodařovaných člověkem.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce je porovnat, jak se změnily světelné podmínky na trvalých výzkumných plochách ve vysokohorském lese a jaký vliv tato změna měla na druhové složení, početnost a vertikální strukturu banky zmlazení po 6 letech.

## 3 Rozbor problematiky (literární rešerše)

### 3.1 Historie evropských lesů

Zhruba před 2 miliony let procházelo klima na evropském území změnami, charakteristickými střídáním chladných a suchých období glaciálů (čili dob ledových) a interglaciálů (dob meziledových). V tomto období lze také mapovat počátky vývoje evropských lesů, které byly touto klimatickou dynamikou přímo ovlivněny. Teplotní fluktuace, které během tohoto střídání mohly dosáhnout až rozdílu 15 °C během několika desetiletí (Hofreiter, Stewart, 2019) způsobily, že tepelně citlivá vegetace vyhledávala příznivější podmínky, zpravidla v teplejších oblastech. To také vedlo ke shloučení, v jehož důsledku dojde k limitaci prostorem a z toho vyplívající rostoucí kompetici (Brang 201). Dramatickým jevem byla taktéž tvorba rozlehlých ledovců, zejména v severních částech Evropy a dnešní Skandinávie. Tento fenomén, známý dnes pod pojmem nordické vnitrozemské zalednění, ještě urychlil vytlačení lesního rostlinstva na jih a jihovýchod kontinentu. Ne veškerá teplomilná flóra však tento přesun přežila. Pro trvalé přežití těchto druhů byla klíčová tzv. refugia, oblasti představující potencionální zdroje pro šíření bioty do okolí a během fluktuace klimatu umožňující přetrvání biodiverzity v dlouhodobém měřítku (Tzedakis et al., 2002).

Po skončení doby ledové (LGM - Last Glacial Maximum) před přibližně 18 000 – 25 000 lety (Birks, John, Willis, 2008) začalo docházet k postupnému šíření přeživších druhů. To definovalo současné rozšíření vegetace. Nutno poznamenat, že druhová skladba, lesů nevyjímaje, byla a je významně ovlivněna lidskou činností, a to především v posledních 5000 letech (Tinner 1999). V současné době lze do evropské dendroflóry nasčítat více než 300 druhů a poddruhů, které se dále řadí do téměř 100 rodů a 45 čeledí. Evropská vegetace je pro množství druhů a jejich specifických nároků dále dělena do 5 vegetačních zón, které splývají s klimatyckými typy dle Köppenovy-Trewarthy klasifikace, definované průměrnou teplotou a úhrnem srážek: 27, 28 (Birks 2013)

Arktická a alpská zóna bez stromů, s trpasličími křovinami, trávničky a vysokostébelnými nivami. Průměrné roční teploty pod 10 °C.

Boreální zóna se vyznačuje vždyzelenými jehličnatými lesy, která se vyznačuje velkým rozsahem ročních teplot a obecně nižším srážkovým úhrnem. V Eurasii jsou známým zástupcem tohoto biomu tajgy. Boreální zóna se dále dělí do následujících subkategorií:

Boreální jehličnatý les – severní část Eurasie

Boreální tundra – na hranici s arktickou zónou

Boreální horské systémy – část Norska a východní část Ruské federace

Temperátní zóna s opadavými listnatými lesy pokrývá rozsáhlou oblast Evropy. Teploty zde dosahují více jak 10 °C alespoň 4 – 8 měsíců v roce. Tato zóna se dělí do následujících subkategorií:

Temperátní oceánský les – na západní a návětrné straně kontinentu

Temperátní kontinentální les – centrální a východní oblast kontinentu

Temperátní step – hluboce centrální lokality s chladným a suchým podnebím

Temperátní horské systémy – Alpy a Pyreneje

Mediterránní zóna se vyznačuje vždyzelenými tvrdými listnáči charakteristická teplotami nad 10 °C více než 8 měsíců v roce.

Panonsko-pontsko-anatolská zóna s lesostepí, stepí a polopouští (Birks 2013; Tinner 1999)

### **3.2 Dynamika lesa**

Souhra enviromentálních činitelů a disturbancí je proces, který nazýváme dynamikou lesa. Tento proces popisuje vývoj, růst a odumírání jednotlivých složek v lesním ekosystému. Což ovlivňuje množství biomasy a druhovou skladbu. V čase tak při tomto procesu dochází ke změně struktury lesa (Oliver & Larson 1996). Činnost člověka, abiotičtí činitelé a interakce mezi fytocenózou a zoocenózou v lese jsou základními jevy, které na tento proces přímo působí (Svoboda 1952). Botkin (1993) popisuje růst individuálního stromu

na základě kompetice s okolními jedinci, jedním z faktorů je množství dostupného světla, dále přítomnost zdrojů (zejména pak podní voda a dusík) a celkové tepelné podmínky stanoviště. K porozumění struktury lesa jsou zapotřebí měření změn těchto vlivů v průběhu času (Košulič 210; Jonášová 2008).

Sukcesi, kterou lze popsat jako model změn ve specifické kompozici společenstva buďto po radikální disturbanci, či přístupu k novému zdroji na daném stanovišti (Horn, 1974), rozeznáváme cyklickou a lineární. Obecně vzato je výsledkem nepřerušené sukcese společenstvo, které se nazývá klimax (Korpel 1989), ač je tento pojem podle Horna idealizován, jelikož druhy a jejich přítomnost fluktuují a mění se v rámci stanovišť a podmínek.

Forma vývojových cyklů je jedním ze způsobů, jak lesní dynamiku popsat. Malý vývojový cyklus, známý též pod pojmem cyklická sukcese, je charakteristická střídáním vývojových stádií a fází pralesa. Košulič (2010) tento proces vysvětluje na principu mezer vytvořených odumřením starých jedinců, kdy druhy náročné na světlo začnou prosperovat nebo dočasně obsazovat tato stanoviště. Po určitém čase dochází k další obměně dominantních stromů. Tento proces lze také nazvat komplexní regenerací. Tato forma sukcese probíhá především v porostech, v nichž nedochází k intenzivním disturbancím (Korpel 1989).

V řádu několika desítek let pak probíhá velký vývojový cyklus neboli lineární sukcese, kdy dochází zejména k sekundární sukcesí (Košulič 210; Jonášová 2008). Sekundární sukcese je proces znovuoobnovení původního společenstva po disturbanci. Může být také ovlivněna mezidruhovou kompeticí, kde pionýrské druhy dominují, dokud nevytvoří prostředí vhodné pro pozdně sukcesní druhy dřevin (Horn, 1974). Světelné podmínky jsou jedním z hlavních faktorů ovlivňujících růst a druhovou skladbu. Tyto podmínky se během sekundární sukcese mění, zejména pak v pozdní sukcesí, mohou podle Matsua a spol (2021) silnější vertikální gradienty světla omezit regeneraci pionýrských druhů náročných na světlo a zvýšit podíl pozdně sukcesních druhů tolerantních vůči stínu pod zápojem. Tyto změny světelných podmínek mohou být zčásti způsobeny postupnými změnami ve struktuře lesa, pokud podrost tvoří více etáží, je absorbováno více světla. Rozložení světla také ovlivňuje plocha a v menší míře také výška nasazení koruny každého jedince.

### 3.3 Disturbance

Tématu disturbance jsme se již podrobně věnoval v mé bakalářské práci, proto toto téma je stručně shrnu.

Jedná se o přirozený proces, který je neodmyslitelně spjat s dynamikou lesa. Je to v podstatě hnací motor dynamiky lesa. Disturbance lze rozdělit podle určitých kritérií do několika skupin:

- Podle velikosti na: maloplošné (odumírají jen jedinci), střední a velkoplošné (je zdevastován téměř celý porost)
- Podle činitele: Abiotické (silné větry, mrazy, sněhové kalamity, povodně, oheň, atd.) a biotické (poškození zvěří a škody způsobené hmyzem)

( Modlinger et al 2015; Frelich 2002; Valenta 2007).

### 3.4 Světlo

Z fyzikálního hlediska je světlo definováno jako elektromagnetické vlnění s rysy elektromagnetického záření. Pro lidské oko je viditelné světlo v rozsahu 400 – 800 nm. Na vlnové délce záleží, jakou barvu lidské oko vnímá. Spodní hranice světelného spektra patří fialové barvě a pod hranicí 400 nm se nachází ultrafialové záření. Prodlužující se vlnovou délkou postupně barvy plynule přechází do modré (430 – 500 nm), azurové (500 – 520 nm), zelené (520 – 565 nm), žluté (565 – 590 nm), oranžové (590 – 625 nm) až červené barvy (625 – 750 nm). Za touto hranicí se ve světelném spektru nachází infračervené záření (Hawking 1988).

Světlo je nezbytné k přežití veškerých organismů na zemi. Zemského povrchu přitom dosáhne průměrně jen 47 % záření, zbylé záření je odraženo v důsledku difrakce a refrakce zpět do vesmíru. Procento dopadajícího světla na zemský povrch nebo rostlinný pokryv je dáno také zeměpisnou šířkou, nadmořskou výškou a povahou terénu. Např. v tropech dopadá za jasného počasí v suchých oblastech na povrch až 70 % záření (Larcher 1988). Speciálně pro

zelené rostliny je nejdůležitější část světelného spektra, téměř shodná s pro nás viditelným světlem, o vlnové délce 400 – 750 nm. Tato část světelného spektra se označuje jako (FAR) fotosynteticky aktivní záření nebo také (PAR) z anglického photosynthetic active radiation (Decoteau et al. 1996).

K tomu, aby mohl porost efektivně zmlazovat, je důležité kolik procent záření pronikne skrz korunovou vrstvu (Sagar 2008). Wiesner (1907) pro usnadnění zavedl pojem relativní světelný požitek. Tato hodnota je vyjádřena průměrným procentem z vnějšího světla nad porostem. Nezanedbatelnou roli v průniku záření do podrostu hrají asimilační orgány stromů a to především svým postavením, množstvím, tvarem a velikostí. K hustotě a uspořádání listové plochy se používá pojem Index listové plochy, zkráceně LAI (Leaf Area Index). Watson (1947) kumulativní LAI udává jako celkovou listovou plochu nad určitou plochou půdy, tzn. LAI je bezrozměrnou mírou hustoty rostlinného pokryvu (Při LAI = 4 je plocha půdy pokryta čtyřikrát větší vrstvou listů ve více patrech).

Relativní světelný požitek je především závislý na ročním období a druhovém složení konkrétního porostu. Gendron (et al. 2001) uvádí, že v listnatém opadavém lese během května prochází korunami stromů s absencí listoví osmkrát více světla než v červenci, kdy je porost zcela olistěn. V opadavých lesích mírného pásma a v řídkých porostech jehličnanů ve vegetačním období dosahuje zemského povrchu pod porostem průměrně 10 – 20 % záření, zatímco mimo vegetační období je to 50 – 70 %. V hustých jehličnatých porostech může být relativní světelný požitek dokonce pod hranicí 1 % (Larcher 1988)

### 3.5 Šíření semen

Během evolučního vývoje v rostlinné říši vznikala různá morfologická přizpůsobení a adaptace rostlin na základě prostředí, ve kterých se jednotlivé druhy vyvíjely. Semena rostlin mohou být krajinou šířena několika různými způsoby. Nyní stručně popíšu nejčastěji využívané (Larcher 1988).

#### 3.5.1 Anemochorie

Jde o šíření semen vzduchem a je to jeden z nejběžnějších způsobů šíření. Semena rostlin přizpůsobených anemochorii jsou často opatřena útvary na



plodech zvyšující plochu semene. Jedná se např. o chmýry, blanité lemy nebo křídla, tyto morfologické adaptace dodávají semenům potenciální možnost na šíření do velkých vzdáleností, avšak často jen zpomalí rychlost pádu a semena skončí jen v nepatrné vzdálenosti od mateřské rostliny.

### 3.5.2 Hydrochorie

Při tomto způsobu rozšiřování semen po krajině je využívána voda, respektive vodní toky. Jedná se o nepříliš častý, zato pro hydrochorii adaptované druhy velmi efektivní způsob. Některé druhy semen jsou často přizpůsobeny šířením po vodě pomocí vzduchových váčků, jenž je udržují nad hladinou. Jiné druhy jsou morfologicky adaptované na vlhké prostředí pomocí korkovitě zesílené stěny nebo voskovým povrchem. Na základě pokusů bylo zjištěno, že některé druhy ostríc (*Carex*) jsou schopny na vodní hladině setrvat až pozoruhodných 15 měsíců (Harčariková a Dvořák, 2012) Ovšem i druhy, které jsou primárně vyvinuty pro jiný druh šíření, než je hydrochorie, jsou schopny krátkodobě tento druh distribuce semen efektivně využít.

### 3.5.3 Autochorie

Neboli samošíření je způsob disperze semen pomocí vlastních sil. U některých druhů dochází pouze k vypadnutí semen pod mateřskou rostlinu a pokud se rostlina nenachází v prudkém svahu, není tento způsob příliš efektivní, alespoň vzhledem k šíření na delší vzdálenosti. Mezi šíření pomocí autochorie se také řadí balistická disperze, tzn. že semeno je po dozrání tobolky vymrštěno do okolí.

### 3.5.4 Zoochorie

Tento způsob šíření je vázán na živočichy a podle způsobu transportu rozlišujeme epizoochorii (exo-zoochory) a endozoochorii, specifickým způsobem poté je myrmekochorie a antropochorie (šíření semen člověkem).

Semena šířící se epizoochorně mají často na svém povrchu různé háčky, ostny nebo lepkavé chloupky a to proto, aby se mohla přichytit na povrch těl živočichů, kteří je mohou přenést i na stovky metrů od místa dozrání. Mezi epizoochorii lze také zařadit šíření blátem, které mohou živočichové (včetně člověka) spolu se semeny roznášet po krajině.

Oproti tomu při endozoochorii musí být semeno pozřeno a projít trávicím traktem živočicha. K tomuto procesu jsou také semena adaptována a většinou jsou uložena v obalu, který je pro potenciálního přenašeče atraktivní buď svojí nápadnou barvou (denní ptáci) nebo vůní (noční savci). Existují i některé druhy, pro které je endozoochorie nezbytná, jelikož až průchod trávicím traktem živočicha ukončí dormanci a semeno je schopno vyklíčit, např. bez černý (*Sambucus nigra* L.).

Myrmekochorie je šíření semen pomocí mravenců. Rostliny spoléhající se na přenos svých semen mravenci mají semena pokryta elaiosomy tzv. masíčkem. Toto masíčko je tvořeno škrobem, cukry, oleji, vitamíny a pro mravence atraktivní kyselinou ricinolejovou. Z tohoto důvodu se jedná o formu mutualismu, protože rostlinná semena jsou roznášena po okolí a mravenci jsou za to odměňováni potravou. Fascinující je myrmekochorie u brazilské houby housenec (*Ophiocordyceps unilateralis*), která je schopna, pomocí svých spor, začít ovládat tělo mravence a přinutí jedince vylézt na nejbližší list, do kterého se mravenec zakousne a poté zemře. Mrtvé tělo potom houbě poskytuje živiny k jejímu dalšímu růstu a šíření se. (<https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/3545859-paraziticka-houba-ktera-meni-mravence-v-zombie-ma-vlastniho-parazita-odhalila-studie>)

### 3.6 klíčení semen

Semeno je rozmnožovací orgán semenných rostlin. Z pravidla jej tvoří embryo uložené v endospermu, osemení a popř. další obaly. Osemení má kromě ochranné funkce také význam při klíčení semene. Uvolňují se z něj fytohormony, které buď klíčení podporují nebo inhibují. Svoji tloušťkou také ovlivňuje přísun vody a vzduchu k embryu, což jsou dva nezbytné faktory potřebné k vyklíčení semene. Klíčení semen rozdělujeme na dva typy: nadzemní (epigeické) a podzemní (hypogeické). U epigeického klíčení dvouděložných rostlin vyrůstá nejprve kořínek, který se posléze mění v hlavní kořen a z něj vyrůstají adventivní kořeny. Poté ze semene vyroste hypokotyl, který s sebou nese nad povrch dvě lodyhy, jež se zezelenají a jsou prvními asimilačními orgány rostliny, a to do doby, než z plumuly vyroste epikotyl s prvními pravými listy. Naproti tomu u hypogeického klíčení dvouděložných rostlin zůstávají dělohy stále v semeni, kde zastávají funkci haustoria a ze semene roste jako první radikula. Po sléze ze

semene nad zem vyrůstá epikotyl s již prvními pravými listy (Marbach, Mayer 1974; Slavíková 2002).

Vzhledem k uložení semene dělíme dřeviny na dřeviny vývojově starší nahosemenné (Gymnospermae) a z nich vyvinuvší, vývojově pokročilejší krytosemenné (Angiospermae). Nahosemenné dřeviny mají semeno uložené na jednotlivých plodolistech, kdežto krytosemenné rostliny mají semena uložená v plodech.

Semena lesních dřevin můžeme také rozdělit podle délky životnosti do tří skupin. Semena, která si svou životnost udrží do tří let, nazýváme mikrobiotická a do této skupiny spadá např. javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). Semena, mající životnost od tří do patnácti let, nazýváme mezobiotická a spadá sem většina našich dřevin např. dub letní (*Quercus robur* L.), lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.) a smrk ztepilý (*Picea abies* L.). Poslední skupinu tvoří semena, udržující si svou přirozenou klíčivost více než patnáct let, tato semena nazýváme makrobiotická a patří mezi ně např. trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.) nebo naše domácí dřevina jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) (Vincent 1940).

### 3.7 Faktory ovlivňující klíčení

K tomu, aby semeno začalo klíčit, je zapotřebí vhodné vnější prostředí a různé faktory. Dle Vega (et al. 2008) je proces klíčení doba od počátku bobtnání semene do okamžiku objevení se části embrya. Dokud nenastane klíčení je semeno udržováno ve stavu dormance. Dormanci rozlišujeme na dva typy: primární a sekundární. O primární dormanci se starají fytohormony, především kyselina abscisová. Při zvyšující se koncentraci je dormance navozována, zatím co při jejím poklesu je klidový stav semen potlačován. K aktivaci semen ke klíčení slouží kyselina gibberelová, respektive poměr mezi gibbereliny a ABA (Finch-Savage, Leubner-Metzger 2006) Sekundární dormance je závislá

především na vnějších faktorech. Mezi nejdůležitější faktory se řadí: teplota, voda, kyslík a světlo.

### 3.7.1 Teplota

Semena jsou v závislosti na druhu schopna klíčit při relativně velkém rozmezí teplot. Nejvíce druhů našeho vegetačního pásu klíčí v rozmezí teplot 16 – 24 °C. Až na výjimky, jakými jsou rostliny, rostoucí na plochách s častými požáry, je jako nejvyšší teplota pro klíčení udávána 35 °C a naopak nejnižší 0 °C. Při překročení těchto extrémů dochází ke zpomalování nebo ustávání klíčení (Vega et al. 2008).

Teploty pod bodem mrazu při klíčení také hrají svoji roli. Mnoho rodů má osemení příliš tlusté, tvrdé, zdřevnatělé nebo impregnované látkami, přes který není klíček schopen prorůst. A teprve když dojde ke zmrznutí a tím pádem ke zvětšení objemu vody v semeni, tento obal se tím naruší a když teplota dosáhne svého optima, klíček může skrz osemení bez problému prorůst.

### 3.7.2 Voda

Zralá semena mají v porovnání s rostlinnými pletivy relativně nízký obsah vody. Proto je nezbytné, aby semena před klíčením nějakou vodu přijala, tomuto procesu se říká bobtnání. Osemení je tomuto procesu přizpůsobeno a je pro vodu propustnější směrem dovnitř více než směrem ven, nejvíce vody semeno přímá v místě zvaném hilium (jizva po poutku vajíčka). Během bobtnání dochází ke spuštění metabolické aktivity zárodku, které vede až ke klíčení. Pokud dojde k zastavení bobtnání, a naopak k vysušování ještě před klíčením, semeno není nijak poškozeno. Jakmile semeno vyklíčí, je voda nezbytná pro jeho objemový růst a pokud dojde k pozastavení příjmu vody, semeno hyne (Šerá 2014).

### 3.7.3 Kyslík

I když semeno vypadá poněkud nečinně, přesto dýchá. K vyklíčení semene je potřebná energie, která je připravována ve formě ATP (Adenosintrifosfát) a je tvořena substrátovou nebo oxidační fosforylací. Až na pár výjimek, kdy je semeno schopno klíčit pod vodou a k energii využívají glykolýzu, je kyslík ke klíčení zcela nezbytný (Šerá 2014).

### 3.7.4 Světlo

Z hlediska světelných podmínek můžeme semena rozdělit na světlem stimulovaná či inhibovaná. Všeobecně lze tvrdit, že malá semena mají málo zásobních látek, tudíž potřebují ihned po vyklíčení začít asimilovat a proto ke klíčení potřebují světlo. Naopak velká semena mají vyšší obsah zásobních látek, to jim umožňuje vyklíčit např. pod vrstvou půdy bez přístupu světla a zásobní látky využít k růstu asimilačních orgánů na povrch za světlem.

Semena vyžadující pro klíčení světlo vnímají jeho složení i intenzitu. Toho jsou schopna pomocí fytochromového systému a nejlépe klíčí při rozsahu vlnových délek 500 – 700 nm, což odpovídá zelené až červené části světelného spektra. Semena mohou klíčit i za světelných podmínek, které poté nejsou dostačující k dlouhodobému životu semenáčku. (Šerá2014).

## 4 Obecná charakteristika zkoumané oblasti

Za typické prostředí Rumunských Karpat lze považovat Fagarašské pohoří. Tato oblast, známá také jako Transylvánské Alpy, se nachází v Jižních Karpatech a je významná zejména díky své nadmořské výšce (2544 m n. m.), masivnosti alpského reliéfu a různorodosti z hlediska geologických útvarů, jež byly formovány ledovci (Comanescu et al, 2011). Obecně se geomorfóza ve Fagarašském pohoří dělí do několika typů (Comanescu et al, 2011):

- Skaly, úzké a hluboké průsmyky a hřebeny často s výškou nad 2100 m n. m. Tato forma reliéfu byla vytvořena mechanickým zvětráváním.
- Formy ledovcového reliéfu rozsáhlých rozměrů: komplexní a visuté ledovcové kary, mnohokilometrová ledovcová údolí a morény. Tyto úkazy lze spatřit hlavně podél hlavního hřebene mezi vrcholy Suru na západě a Berivoescu na východě.
- Masy sutin na svazích ledovcových kar běžně pokryté vegetací.
- Vodopády (Balea, Capra)

Na jihu karpatského oblouku pak Fagarašské pohoří dramaticky vyčnívá v podobě relativně mladě zvrásněných struktur. Komplexní geologická struktura tohoto regionu se skládá z flyšů, vápenatých, magmatických a metamorfních zón různého stáří. V nejvyšších částech pohoří se nacházejí jezera (Pop et al, 2012).

Z hlediska flóry je toto pohoří významnou lokalitou jakožto pleistocenní refugium a spojka mezi dalšími biogeografickými lokalitami. Přítomné karpatské endemické druhy a Karpatsko-balkánské a Alpínsko-karpatské elementy jsou důležitými z hlediska ochrany přírody v dané oblasti (Pop et al, 2012).

## 5 Metodika

Jelikož se má diplomová práce zabývat přeměřováním již vytvořených ploch a sběr dat je součástí dlouholetého projektu Katedry ekologie lesa (KEL) na Fakultě lesnické a dřevařské (FLD) na České zemědělské univerzitě (ČZU), je metodika sběru dána KEL. Díky tomu, že se aktivně zúčastňuji týmového sběru dat s KEL od roku 2015, mohu do své diplomové práce použít data z databáze KEL.

### 5.2 Zmlazení

Za zmlazení se považoval jakýkoliv strom, jenž měl tloušťku v 1,3m nad zemí nižší než 6 cm.

Zjišťování počtů jedinců na ploše se provádělo dvěma způsoby. První způsob se prováděl po celé výzkumné ploše. Spočíval ve spočítání jedinců stejného druhu a zařazení do výškových tříd. Výškové třídy:

1. výšková třída: 0,5- 1,3m
2. výšková třída: 1,3- 2,5m
3. výšková třída: > 2,5m

Druhý způsob byl o něco obtížnější, jelikož byl spojen s pořizováním hemisférických fotografií. Nejprve se ze středu výzkumné plochy vyznačilo pět transektů, z nichž první směřoval na sever. Každý další transekt byl odkloněn o 72° ve směru hodinových ručiček. Na každém transektu se ve vzdálenosti 12,1m od středu vyznačil střed podplošky čtvercového tvaru o rozměrech 2\*2 m. Na těchto pěti podploškách se opět spočítal počet jedinců stejného druhu a zařadil se do výškových tříd:

1. výšková třída: <0,5m
2. výšková třída: 0,5- 1,3m
3. výšková třída: 1,3- 2,5m

4. výšková třída:> 2,5m.

Navíc se na těchto podploškách zaznamenávalo i poškození zvěří:

A – zmlazení bez přítomnosti okusu

B – zmlazení slabě poškozené okusem (vzrostlé vrcholy nebo poškozeno méně než 20 % laterálních pupenů)

C – zmlazení středně poškozené okusem (poškozeno 20 – 80 %)

D – zmlazení těžce poškozené okusem (poškozeno 80 – 100 %)

FR – Fraying (vytloukání)

BR – Bark ripping (ohryz + loupání)

### 5.3 Hemisférické fotografie

Existuje mnoho způsobů, ať už přímých, polopřímých nebo nepřímých, jak zjišťovat množství a kvalitu světla dopadající na půdní povrch. V druhé polovině dvacátého století se v oboru ekologie lesa začala používat nepřímá metoda pomocí hemisférických fotografií (Evans a Coombe 1959; Anderson 1964). Jedná se o relativně jednoduchou a přitom přesnou metodu. Zapotřebí je pouze fotoaparát s objektivem zvaným rybí oko, tento objektiv je schopný zachytit okamžitý stav nad objektivem až do úhlu 180°. Při pořizování fotografií hraje svojí roli hlavně orientace fotoaparátu, výška objektivu, úhel, pod kterým je fotografie pořizována, roční období a počasí v momentě pořízení fotografie (Rich 1990, Frazer et al. 1997).

Ačkoliv je možné hemisférické fotografie vyhodnocovat manuálně, dnes již k tomuto procesu neodmyslitelně slouží nespočet počítačových programů. Některé z programů jsou volně dostupné na internetu, některé mají své užívání zpoplatněné. V posledních letech dokonce vznikly i mobilní aplikace, které jsou schopny změřit světelné podmínky přímo v terénu za pomoci fotoaparátu zabudovaném v mobilním telefonu. Samotné vyhodnocení hemisférické fotografie spočívá v převedení obrazu do černobílého formátu a nastavení prahových hodnot. Program poté podle přesně definované prahové hodnoty roztrídí jednotlivé pixely do dvou tříd. Jedna třída představuje volný povrch a druhá jakoukoliv fyzickou překážku (listy, větve, kmeny stromů, atd.) (Fournier a Hall, 2017; (Jarčuška 2010).

## 5.4 Postup při focení hemisférických fotografií

Pro zachycení charakteristiky prostředí se ze středu plochy vyfotily 4 fotografie (na každou světovou stranu jedna) běžné kvality (bez efektů). Poté se pomocí širokoúhlého objektivu na každé podplošce vyfotografovaly 3 hemisférické fotografie s odstupňovanou expozicí. Postup při fotografování byl následující: na fotoaparát se připevnila libela a monopod. Monopod se nastavil tak, aby vrchol objektivu byl ve výšce 1,3m nad terénem a umístil se do středu podplošky, s libelou směřující na sever. Pomocí libely se fotoaparát uvedl do horizontální a vertikální roviny.

Nastavení fotoaparátu:

“Av režim”; clona 6.2 – 11; ISO: auto

bracketing: 2ev, 3ev, 4ev (přizpůsobené aktuálnímu počasí, při velké oblačnosti 1ev, 2ev, 3ev)

metering mode: centerweighted average metering

kvalita: 6.3 Mpx (medium)

autorotation: off

objektiv nastaven na nekonečno, manuální ostření (M)



Obr. č. 1 ukázka hemisférické fotografie ze středu plochy na lokalitě ROM\_PAU\_001\_1 z roku 2015



## 6 Výsledky a diskuse

Tato kapitola je věnována prezentaci výsledků mé diplomové práce. Jelikož jsem mohl čerpat data z databáze, jenž v sobě uchovává obrovské množství dat o přirozených lesích Slovenska, Ukrajiny, Bulharska, Albánie, Rumunska a Chorvatska. Rozhodl jsem se pro porovnání dat z trvalých výzkumných ploch, jenž se nachází téměř ve středu Rumunska v pohoří Fagaraš a jejichž sběru v roce 2018 jsem se osobně zúčastnil. Z tabulky v programu Excel jsem si nastavil filtry tak, aby mi tabulka zobrazila jen plochy, u který již došlo k přeměření a jsou u nich vyhodnocená data z hemisférický fotografií a počty kusů zmlazení dle jednotlivých výškových tříd na celé ploše.

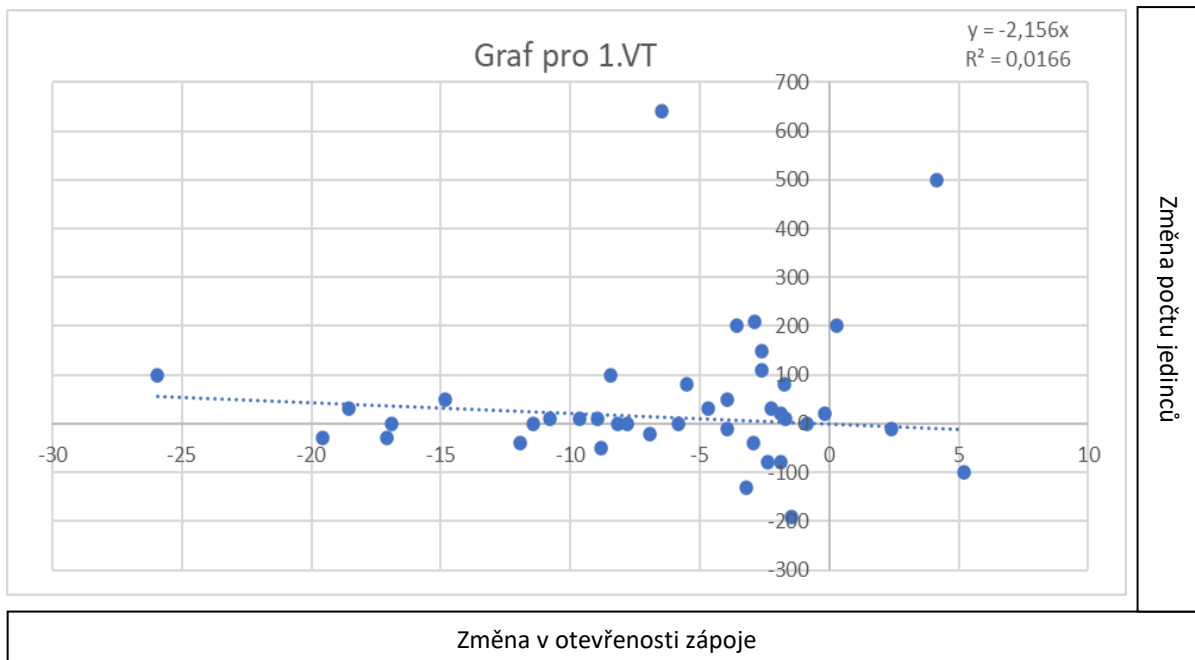
Výsledkem se stala tabulka čítající celkem 41 řádků (trvalých výzkumných ploch), u kterých byla data s hodnotami `opennes_mean_2012` a `opennes_mean_2018`. Hodnota `opennes_mean` je zde otevřenost zápoje v %, která byla vypočítána programem WinScanopy jako aritmetický průměr ze 6 hemisférických fotografií pořízených na ploše dle metodiky.

V dalších sloupcích se nacházeli údaje o počtu jedinců na ploše z let 2012 a 2018 rozdělených do výškových tříd: 1. VT jsou jedinci s výškou od 0,5 do 1,3 m. 2. VT jsou jedinci s výškou od 1,3 do 2,5 m. 3. VT jsou jedinci vyšší než 2,5 m a s průměrem kmínku do 6 cm v 1,3 m nad zemí.

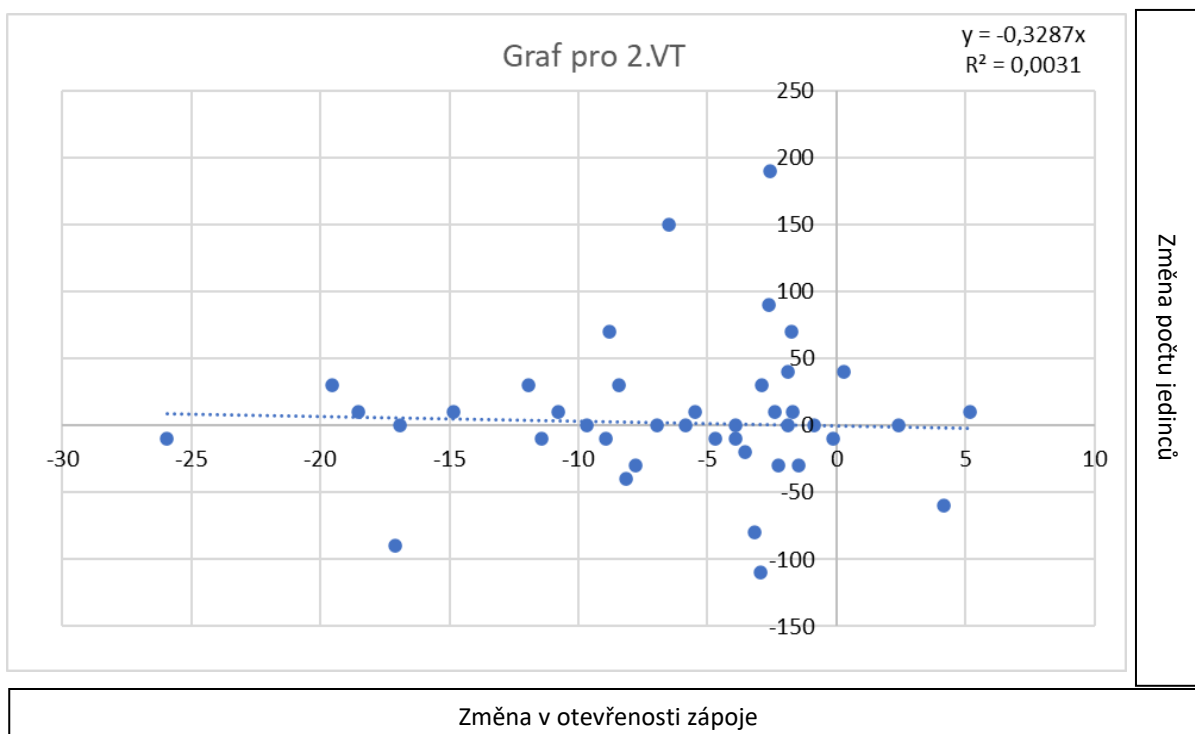
Když jsem měl tyto hodnoty v jednotlivých sloupcích, rozhodl jsem se odečíst hodnoty z roku 2012 od hodnot z roku 2018. Výsledkem byly hodnoty buď nulové nebo s kladným i záporným znaménkem. Pokud je znaménko záporné, znamená to, že hodnota po šesti letech klesla.

Teoretický příklad: Pokud budeme mít hodnotu `opennes_mean_2012`: 50 (průměrná 50% otevřenost zápoje na ploše) a během šesti let se koruny stromů více zapojí bude hodnota `opennes_mean_2018`: 25 (průměrná 25% otevřenost zápoje na ploše) vypočítám tuto změnu jako  $25-50 = -25$ . Záporné znaménko v tomto případě značí, že došlo k poklesu otevřenosti zápoje (snížilo se množství dopadajícího světla do podrostu), nikoliv, že má zápoj zápornou hodnotu.

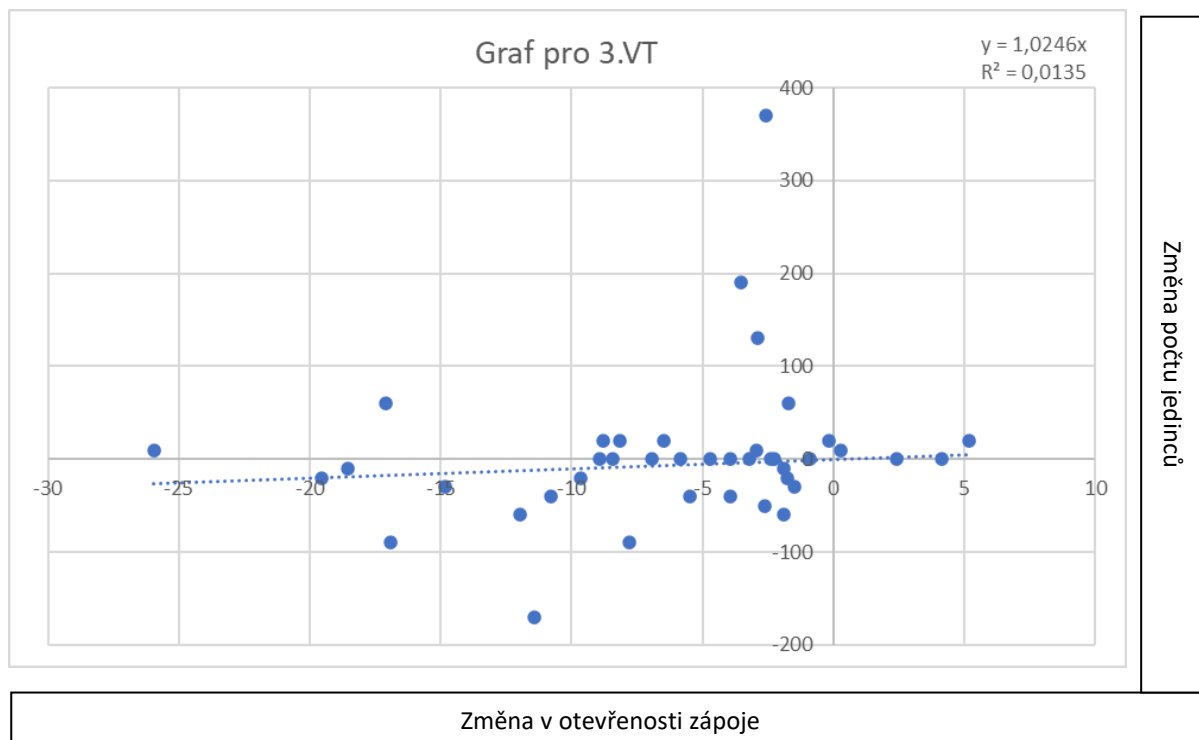
Následně jsem ze získaných hodnot vytvořil bodové grafy:



Graf č. 1 znázorňuje změnu v počtu jedinců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 1. výškovou třídu

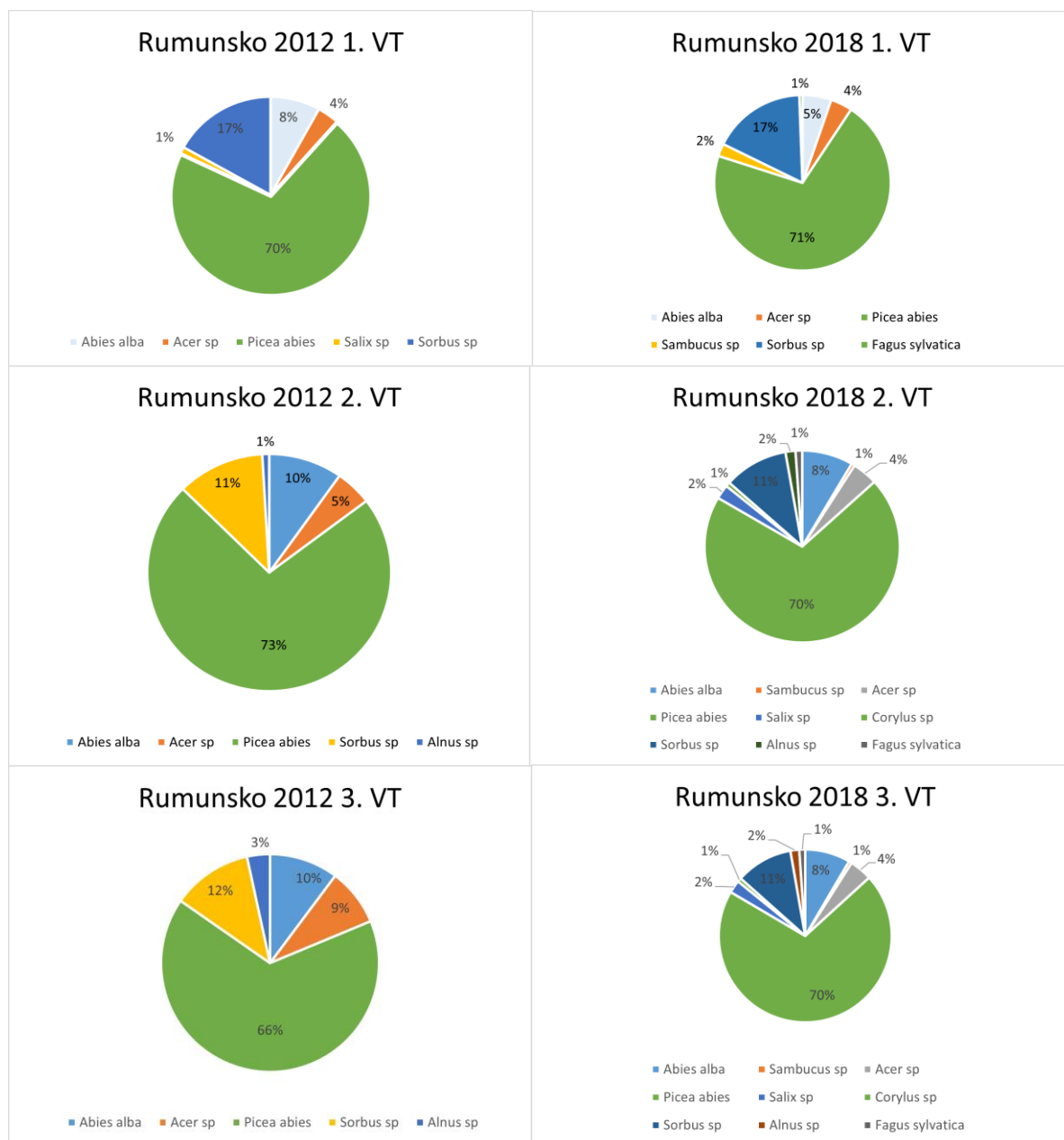


Graf č. 2 znázorňuje změnu v počtu jedinců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 2. výškovou třídu



Graf č. 3 znázorňuje změnu v počtu jedinců v závislosti na změně otevřenosti zápoje pro 3. výškovou třídu

Dalším výstupem je změna procentického zastoupení jednotlivých druhů ve výškových třídách po šesti letech. Zde jsem si u trvalých výzkumných ploch v lokalitě Fagaraš vyfiltroval celoplošné zmlazení dle roku, druhu a výškové třídy. Celkový počet jedinců jsem poté přepočítal na procentuální zastoupení a vytvořil koláčové grafy.



Obr. č. 2 Znárodnjuje koláčové grafy s procentickým zastoupením druhů ve výškových třídách pro roky 2012 a 2018. Vysvětlení popisků: *Abies alba* (Jedle bělokorá), *Acer sp* (javory), *Alnus sp* (olše), *Corylus sp* (lísky), *Fagus sylvatica* (Buk lesní), *Picea abies* (Smrk ztepilý), *Salix sp* (vrby), *Sambucus sp* (bezy), *Sorbus sp* (jeřáby)

Podle lineární spojnice trendu v Grafu č.1 a Grafu č. 2 lze tvrdit, že se zvyšující se otevřeností zápoje ubývá počet jedinců na ploše. To ovšem nutně nemusí znamenat mortalitu jednotlivých semenáčků. Semenáčky mohly povyrůst a tím se dostat do vyšší výškové třídy. S tím by i korespondovaly výsledky v Grafu č. 3, kde lineární spojnice trendu naznačuje, že se zvyšující se otevřeností zápoje se navyšuje počet jedinců na ploše.

V grafech na obr. č. 4 můžeme pozorovat, že se změnou světelných podmínek nedošlo k nějaké dramatické změně v žádné výškové třídě. Ve všech výškových třídách je dominantní dřevinou smrk ztepilý, což je bezpochyby dáno tím, že většina trvalých výzkumných ploch je ve vysokohorských smrčínách téměř na hranici lesa. Dalšími relativně početnými druhy jsou jedle bělokorá a jeřáby.

## 7 Závěr

Závěrem této práce, dodělávané na poslední chvíli, bych chtěl konstatovat, že světlo je jen jedním z mnoha faktorů, které působí na přirozenou obnovu ve všech lesích, ať už se jedná o lesy přirozené, či hospodářské. Dalšími faktory jsou samozřejmě teplota, srážky, obsah živin v půdě atd.

Myslím, že na přirozenou obnovu lze aplikovat Liebingův zákon minima, který zní: Život a růst organismů je limitován tím prvkem, kterého je nedostatek.

## 8 Seznam použité literatury

- ANDERSON, M. C. *Studies of the wood-land light climate I. The photographic computation of light condition.* Journal of Ecology, 1964. 52: 27-41.
- BIRKS, B; JOHN, H.; WILLIS, K., J. *Alpines, trees, and refugia in Europe,* Plant Ecology and Diversity, 2008, 1:2, 147-160, DOI: 10.1080/17550870802349146
- BIRKS, H., H. *Enciklopedia of Quatemany Science.* 2013 Elsevier, pp. 593-612
- BOTKIN, D., B. *Forest dynamics: an ecological model.* Oxford University Press, Oxford, 1993. ISBN 0-19-506555-7
- BRANG, P. *Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps.* Forest Ecology and Management, 2001. 145: 107-119
- COMANESCU, L.; NEDELEA, A.; ROBERT, D., *Evaluation of geomorphosites in Vistea Valley (Fagaras Mountains-Carpathians, Romania).* 2011. International Journal of Physical Sciences 6(5):1161-1168
- EVANS, G. D. et COOMBE, D. E. *Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate.* Journal of Ecology, 1959. 47: 103-113.
- FINCH-SAVAGE, E., LEUBNER-METZGER, G. *Seed dormancy and the control of germination.* New Phytologist. 2006 171:501-523,
- FRAZER, G. W.; TROFYMOW, J. A.; LETZMAN, K. P. *A method for estimating canopy openness, sffective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques.* Canadian Forest Service, Forest Ecosystem Processes Network, 1997. 81s
- HOFREITER, M.; STEWART, J.; *Ecological Change, Range Fluctuations and Population Dynamics during the Pleistocene.* Volume 19, Issue 14, 28 July 2009, Pages R584-R594
- HORN, H., S. *The Ecology of Secondary Succession.* Annual Revie of Ecology and Systematics, 1974. 5, 25-37
- JARČUŠKA, B.; KUCBEL, S. et JALOVIAR, P. *Comparison of output results from two programmes for hemispherical image analysis: Gap Light Analyser and WinScanopy.* Journal of Forest Science, 2010. 56: 147-153
- JONÁŠOVÁ, M. *Vítr a kůrovec obnovují horské smrčiny.* Šumava – čtvrtletník správy NP a CHKO Šumava, 2008 (Léto). 4-7. s
- KORPEL', Š. *Pralesy Slovenska.* Bratislava: Veda – Slovenská akadémia vied, 1989. 322s. ISBN 80-224-0031-9.
- KOŠULIČ, M. *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu.* Brno: Forest Stewardship Council CR, 2010. 1-51 s.

MARBACH, I., MAYER, A., M. *Permeability of Seed Coats to Water as Related to Drying Conditions and Metabolism of Phenolics. Plant Physiology.* 1974. Vol. 54, no. 6, pp. 817-820 DOI 10.1104/pp.54.6.817

LARCHER, W.; *Fyziologická ekologie rostli. Vydání 1., 368 str. (193 obr.) 1988*

MATSUO, T.; MARTÍNEZ-RAMOS, M., BONGERS, F., SANDE, M., T., POORTER, T. Forest structure drives changes in light heterogeneity during tropical secondary forest succession. 2021

MODLINGER, R.; LIŠKA, J.; KNÍŽEK, M. *Hmyzí škůdci našich lesů. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti*, 2015, ISBN 978-80-7434-206-6

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. *Forest stand dynamics*, New York: Publisher John Wiley and sons, 1996. 540 s. ISBN 0471138339

POP, A., I.; MIHAIESCU, R.; MIHAIESCU, T., C.; MUNTEAN. E. *Study on Bâlea and Căluțun Glaciar Lakes, from Făgăraș Mountains.* 2012

RICH, P. M. *Characterizing plant canopies with hemispherical photographs.* Remote Sensing Reviews, 1990. 5: 13-29.

SLAVÍKOVÁ, Z. *Morfologie rostli.* 2002. Karolinum, K 10453, ISBN 80-246- 0327-6

SVOBODA, P. *život lesa. Brázda, nakladatelství jednotného svazu českých zemědělců*, 1952. 894 s.

TZEDAKIS, CH.; Timing and duration of Last Interglacial conditions in Europe: a chronicle of a changing chronology. Volume 22, Issues 8–9, April 2003, Pages 763-768

VINCET, G. *Lesní semenářství v pěstební technice. 1940. Nakladatelství: ČAZ*

HAWKING, S. *A Brief History of Time. From the Big Bang to Black Holes.* New York: Bantam Books Inc, 1988. 202 s. ISBN 978-80-2571-527-7 (Argo); ISBN 978-80-7363-713-2 (Dokořán)

HILL, R. *A lens for whole sky photographs.* Quarterly of the Royal Meteorological Society, 1924. 50: 227-235.

FORNIER, R.; HALL., R. *Hemispherical Photography in Forest Science: Theory, Methods, Applications.* 2017 DOI: 10.1007/978-94-024-1098-3

FRELICH, L. E., *Forest Dynamics and Disturbance Regimes: Studies from Temperate Evergreen-Deciduous Forests.* Cambridge University Press, 2002, 280s

TINNER., W., HUBSCHMIND, W.; WEHRLI, B.; AMMANN, B.; CONEDERA, M. *Journal of Ecology* 87. 1999

VALENTA, M. *Orkán Kyrill-, „katastrofa“ století? Šumava*, 2007. 12(1): 9-10.  
():

VEGA, J., A., FERNANDEZ, C., PEREZ-GOROSTIAGA P., FONTURBEL, T. *The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on Pinus pinaster Ait. recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain). Forest Ecology and Management.* 2008. 256(9): 1596-1603