

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Vývoj smíšených výsadeb habru a lípy na zalesněné
zemědělské půdě na lokalitě Doubek**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Zwaan Simon

Vedoucí práce:

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Simon Zwaan

Lesní inženýrství

Název práce

Vývoj smíšených výsadeb habru a lípy na zalesněné zemědělské půdě na lokalitě Doubek

Název anglicky

Dynamics of Mixed Plantations of Lime Tree and Hornbeam on Afforested Agricultural Lands at the Doubek Locality

Cíle práce

- Zhodnocení stavu a dalšího růstu a vývoje smíšených výsadeb habru a lípy malolisté na zalesněných zemědělských půdách v oblasti obce Doubek, Černokostecko (2020–2023),
- Zhodnocení mortality a stavu kultur na variantách: kontrolní, Alginit, Humac,
- Změření základních dendrometrických parametrů (DBH, H),
- Vyhodnocení vlivu aplikace Alginitu a materiálu Humac na růst a vývoj výsadeb daných dřevin,
- Srovnání se stavem výsadeb ořešáku černého na stejné lokalitě, srovnání s vývojem dalších dřevin sledovaných v rámci jiných kvalifikačních prací.

Metodika

Zpracování rešerše s problematikou zalesňování zemědělských půd (termín 9/2023), základní charakteristika sledovaných druhů lesních dřevin,

Měření výšek kultur (2023) a měření celkových výšek a výpočet přírůstu za roky 2022, 2023 (termín do 12/2023),

Posouzení zdravotního stavu jedinců (konec vegetační sezony 2023),

Posouzení vhodnosti zvolených melioračních materiálů Alginit a Humac (termín 1/2024),

Statistické zpracování výsledků měření (termín 2/2024),

Předložení diplomové práce (termín 3/2024).

Doporučený rozsah práce

Min. 40 stran odborného textu

Klíčová slova

zalesňování, zemědělské půdy, habr, lípa, ořešák černý, růst porostů, vitalita porostů

Doporučené zdroje informací

- DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2009: Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na zemědělské půdě, Zprávy lesnického výzkumu, 54: 12–16.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011: Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 228–234.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. 2007: Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 334–340.
- LORENC F., PEŠKOVÁ V., MODLINGER R., PODRÁZSKÝ V., BALÁŠ M., KLEINOVÁ D. 2016: Effect of Bio-Algeen preparation on growth and mycorrhizal characteristics of Norway spruce seedlings. Journal of Forest Science, 62: 285–291.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006: Opad a dekompozice biomasy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Kostelec n. Č. l., 17.1.2006, ČZU: 155–162.
- PODRÁZSKÝ V., FULÍN M., PRKNOVÁ H., BERAN F., TŘEŠTÍK M. 2016: Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. Journal of Forest Science, 62: 72–79.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2006: Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 230–234.
- VACEK S., SIMON J. et al. 2009: Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, s.r.o., vydavatelství a nakladatelství, Kostelec nad Černými Lesy: 784 s.
- WOHLGEMUTH T., GOSSNER M.M., CAMPAGNARO T., MARCHANTE H., VAN LOO M., VACCHIANO G., CASTRO-DIEZ P., DOBROWOLSKA D., GAZDA A., KEREN S., KESERU Z., KOPROWSKI M., LA PORTA N., MAROZAS V., NYGAARD P.H., PODRÁZSKÝ V., PUCHALKA R., REISMAN-BERMAN O., STRAIGYTE L., YLIOJA T., POTZELSBERGER E., SILVA J.S. 2022: Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. NeoBiota, 78: 45–69.
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 29. 8. 2023

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2024

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Iniciální stav a vývoj výsadeb vybraných lesních dřevin na lokalitě Doubek 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 Praze dne 12.3. 2024



Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc. za přínosné konzultace a pozitivní vedení práce. Dále patří poděkování rodině a přátelům, kteří mi poskytli čas a prostor se práci věnovat a podporovali mě v jejím průběhu.

Vývoj smíšených výsadeb habru a lípy na zalesněné zemědělské půdě na lokalitě Doubek

Abstrakt

Kromě aktuální problematiky kůrovcové kalamity a následného zalesňování vzniklých holin se v České republice již tradičně zalesňují i nelesní půdy. Tato činnost má na území ČR mnohaletou tradici a předpokládá se, že v budoucnu bude probíhat zalesňování několika tisíc hektarů nelesní půdy (Dujka, 2016). Cílem práce je posoudit vliv využití melioračních prostředků na reprezentativní výsadbu lípy malolisté (*Tilia cordata*) a habru obecného (*Carpinus betulus*) na nelesních půdách. V rámci praktické části proběhla analýza vlivu dvou testovaných melioračních prostředků – Alginit a Humac – na přírůstek a míru mortality vybraných dřevin na výzkumné ploše Doubek. U testovaných prostředků byl prokázán pozitivní vliv přípravku Humac na přírůst, a tak i výšku dřeviny. Alginit nemá prokazatelný vliv na přírůst, dokonce se jeví jako negativní i v porovnání s kontrolními plochami bez použití přípravku. V rámci mortality nebyl úspěšný ani jeden přípravek a nejnižší úmrtnost byla na kontrolních plochách. Hypotéza o všeobecné vhodnosti melioračních prostředků se v tomto případě nepotvrdila, ale může být odlišná v případě jiných dřevin a na extrémních stanovištích.

Klíčová slova:

zalesňování, zemědělské půdy, habr, lípa, dub, růst porostů, vitalita porostů

Dynamics of Mixed Plantations of Lime Tree and Hornbeam on Afforested Agricultural Lands at the Doubek Locality

Abstract

In addition to the current problem of the bark beetle and the subsequent afforestation of the resulting clearings, the Czech Republic has traditionally also afforested non-forest lands. This activity has a long-standing tradition in the Czech Republic, and it is assumed that several thousand hectares of non-forest land will be afforested in the future (Dujka, 2016). The aim of the work is to assess the effect of the use of amelioration agents on representative plantings of small-leaved linden (*Tilia cordata*) and hornbeam (*Carpinus betulus*) on agriculture soils. As part of the practical part, an analysis of the effect of the two tested melioration agents – Alginite and Humac – on the increase of growth and mineralization of mortality rates of selected tree species in the Doubek research area was conducted. The tested products showed a positive effect of Humac on the growth and thus the height of the tree. Alginite does not have a demonstrable effect on growth, it even appears to be negative in comparison to control surfaces without the use of any product. Neither of the products were successful in terms of mortality and the lowest mortality was in the control plots. The hypothesis about the general suitability of these melioration agents was not confirmed in this case, but it may be different in cases of other tree species and at specific extreme sites.

Keywords:

afforestation, agricultural land, hornbeam, linden, oak, growth of stands, vitality of stands

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce	11
3	Rozbor problematiky.....	12
3.1	Problematika zalesňování zemědělských půd.....	12
3.2	Problematika klimatické změny a jejich rizika	16
3.3	Využití meliorační materiály	25
3.3.1	Alginit – Vlastnosti a funkce	25
3.3.2	Alginit – Potenciál využití	26
3.3.3	Humac – Vlastnosti a funkce	26
3.3.4	Humac – Potenciál využití	27
4	Vědecký projekt Doubek.....	28
4.1	Metodika projektu	28
4.2	Cíl výzkumu	29
5	Vybrané dřeviny	30
5.1	Habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	30
5.1.1	Ekologické nároky	30
5.1.2	Vhodnost do očekávaného klimatu.....	30
5.1.3	(Doporučený) způsob pěstování v případě využití	31
5.1.4	Hospodářské využití / ekonomické zhodnocení	31
5.2	Lípa malolistá (<i>Tilia cordata</i>)	31
5.2.1	Ekologické nároky	32
5.2.2	Vhodnost do očekávaného klimatu.....	32
5.2.3	(Doporučený) způsob pěstování v případě využití	32
5.2.4	Hospodářské využití / ekonomické zhodnocení	33
6	Praktická část	34
6.1	Metodika měření	34
6.2	Výsledky	35
6.2.1	Mortalita.....	35
6.2.2	Výšky	37
6.2.3	Přírůsty.....	39
6.2.4	Souhrn výsledků	42
7	Diskuze.....	43

8 Závěr	46
Zdroje	47
Literatura	47
Seznam použitých grafických prvků	53
Přílohy	54

1 Úvod

V České republice je rozloha zemědělského půdního fondu 4 205 288 ha, z čehož přibližně 70 % zastupuje orná půda. Většina této půdy je průměrně nebo nadprůměrně úrodná a je využívána k různým činnostem, v sadech, chmelnicích, vinicích či jako trvalý travní porost. Obecně se v České republice rozebírá problematika udržitelnosti vody v krajině, odolnosti zemědělství ke klimatické změně a řadě dalších, které se vyskytují právě vlivem klimatické změny, popřípadě nastaveným způsobem zemědělství. Právě zalesňování přispívá mimo jiné k omezení vodní eroze a jiných degradačních faktorů, ať už zajištěním vegetačního pokryvu či rozčleněním velkých půdních bloků. Dalším neopomenutelným bonusem je snižování emisí a zvyšování sekvestrace uhlíku do půdy (Anon, 2019).

Podle Strategického plánu SZP (strategický zemědělský plán) 2023-2027, jsou pro podporu rozvoje venkova Ministerstvem zemědělství vypsány dotace, které směřují různé složky zemědělství k zalesňování vymezené zemědělské půdy v LPIS (Land Parcel Identification System), definované jako „vhodná k zalesnění“. Lze předpokládat, že v budoucnosti bude zalesňování zemědělské půdy pokračovat a je tedy vhodné znát dopad běžně využívaných melioračních přípravků na jednotlivé druhy potenciálně využívaných dřevin.

Tato diplomová práce se věnuje analýze potenciálu vybraných dřevin, s hlavním zaměřením na lípu malolistou (*Tilia cordata*) a habr obecný (*Carpinus betulus*), při procesu zalesňování na zemědělských plochách. Výzkum přímo navazuje na projekt v černokostecké lokalitě Doubek, jenž již řadu let pozoruje potenciál různých domácích i introdukovaných dřevin, jimiž byla v rámci experimentální výsadby zalesněna zemědělská půda v reprezentativním designu. U těchto výsadeb byl pozorován vliv použití melioračních hmot Alginit a Humac, doporučených praxí. Výsledky dosavadního výzkumu poukazují na poměrně nízký vliv použitých melioračních prostředků na mortalitu a odrůstání sazenic, s výjimkou platanu, které se však zdají relativně málo účinné pravděpodobně díky příznivými stanovištními a klimatickými podmínkami na sledované lokalitě ve sledovaném období, jeví se jako vhodné ověřit jejich vliv i na dalších dřevinách, než se rozhodneme předpokládat větší úspěch na extrémních stanovištích (Gallo et al., 2021).

Na výzkumných plochách byl pozorován přírůstek a míra mortality vybraných dřevin. Zohledňuje se tak vliv použitých melioračních materiálů, konkrétně Alginitu a Humacu.

2 Cíl práce

Primárními cíli této diplomové práce bylo zhodnocení stavu, dalšího růstu a vývoje smíšených výsadeb habru obecného (*Carpinus betulus*) a lípy malolisté (*Tilia cordata*) na zalesněných zemědělských půdách v oblasti obce Doubek, Černokostecko (2020-2023) a vyhodnotit vliv aplikovaných hnojiv Alginitu a Humacu na zmíněný růst a vývoj výsadeb daných dřevin včetně mortality. Sekundárním cílem bylo srovnání naměřených dat s daty o vývoji dalších dřevin sledovaných v rámci jiných kvalifikačních prací a také podle vývoje těchto dřevin vyhodnotit optimální kombinaci pro úspěšné zalesňování zemědělských pozemků, anebo nové generace lesních porostu vhodných pro nastávající klimatické změny. Literární rešerše je cílená na sumarizaci situace při zalesňování na zemědělské půdě a problematiku s tím spojenou.

3 Rozbor problematiky

Začátkem práce je literární rešerše popisující komplexní problematiku zalesňování. Zalesňování zemědělské půdy představuje klíčové a aktuální téma v diskusi o ochraně životního prostředí a udržitelném rozvoji. Tento proces vyvolává široké spektrum otázek a problematik, které odrážejí komplexní vztahy mezi lidskou činností a ekosystémy. Zatímco zalesňování může nabízet různé ekologické, sociální a ekonomické výhody, není bez rizik a výzev.

Rozbor této problematiky je nezbytný pro porozumění rozmanitých faktorů ovlivňujících úspěch zalesňovacích programů, jejich dopad na biodiverzitu, kvalitu půdy, hydrologické cykly a sociální dynamiku v dané oblasti. V tomto rozboru se zaměříme na klíčové aspekty spojené se zalesňováním zemědělské půdy a zkoumáme různé výzvy a příležitosti, které tento proces přináší. Od klimatických změn po ekonomické faktory a politická rozhodnutí, analyzujeme různé perspektivy a strategie pro efektivní a udržitelné zalesňování, které respektuje potřeby současných i budoucích generací.

V navazující podkapitole je rozebrána problematika klimatických změn, a hlavně budoucnosti našich podmínek, se specifickým zaměřením na dopady pro lesnictví; jak změna klimatu bude omezovat naše lesy v současnosti, jaké přirozené opatření a ochranné mechanismy mají dřeviny v boji proti suchu, a také jak je potřeba upravit naše lesnictví pro funkčnost v budoucím klimatu.

3.1 Problematika zalesňování zemědělských půd

V České republice je přibližně 300 tisíc hektarů zemědělské půdy (Podrázský et al., 2007) tato půda se využívá k pěstování různých druhů plodin pro konzumaci lidmi nebo jako potrava pro hospodářská zvířata, která také zabírají část zemědělské půdy, a to v podobě pastvin. V dnešní době je trend upřednostňování pastvin nad poli, kvůli dotační a obchodní politice v Evropské unii. (Reidsma et al., 2006) Bohužel navzdory mnoha možným plodinám, které lze u nás pěstovat, se pole i pastviny řadí mezi plochy s nejnižší biodiverzitou, kvůli rozsáhlým plochám jednotného rázu bez krajinné změny. (Reidsma et al., 2006) Vzhledem k modernímu přístupu k přírodě se biodiverzita cení na vyšší úrovni vlivem nových poznatků, které prokazují její význam a zároveň často poukazují na její rapidní úpadek v posledních letech. Je vydávána snaha o obnovení biodiverzity a jeden z hlavních směrů je rekonstrukce zemědělské půdy. Jedná se primárně o zanedbané, opuštěné nebo vyčerpané plochy. (Reidsma et al., 2006) Jedna z možností rekonstrukce je zalesnění těchto zemědělských půd. V našem státě jsou desítky až sta tisíce hektarů zemědělské půdy vhodné k zalesnění (Bartoš, 2007); čísla

jsou orientační, jelikož neexistuje jednotná metodika na hodnocení a záleží tedy na preferenci a potřebě hodnotitele. Při zvažování, zdali je půda vhodná na zalesnění, existují dva směry či pohledy na zhodnocení plochy, ačkoliv v zásadě jsou vždy využity oba a záleží pouze na upřednostňovaném cíli. První směr je ekonomický, kde je snaha obnovit finanční hodnotu pozemku nebo vytvořit nový způsob produkce. Druhým směrem je ekologický pohled, v tomto případě se klade důraz na obnovu životního prostředí, zvýšení biodiverzity, snížení půdní eroze, zlepšení vodního režimu v lokalitě (Slodičák et al., 2017) a kladný vliv na ráz krajiny. Dodatečně zalesnění v otevřené krajině je efektivním způsobem, jak vytvořit přirozený větrolam a snížit tak větrnou erozi, ovšem je také potřeba počítat s rizikem větrné disturbance v takovémto porostu a upravit tomu pěstební zásahy. (Cukor, 2019, Vacek et al., 2005)

Rozhodnutí o cíleném směru a intenzitě zalesnění, jelikož není povinnost vytvářet souvislý lesnatý porost, ale je možnost vytvoření pouze remízku či nízké vegetace, popřípadě využití agrolesnictví, je vždy na vlastníkovu pozemku. (Cukor, 2019) Jak již bylo zmíněno, je snaha tyto úkony soustřeďovat na nevyužívané zemědělské půdy, které již nemají perspektivní výnos ve svém aktuálním stavu. (Podrázský et al., 2011) Jako motivační nástroj se používají dotace, které jsou hrazeny státem nebo programy Evropské unie. Při snaze maximalizovat volné prostředky z dotací je možné snížit náklady na zalesnění výběrem levných druhů dřevin při nákupu sazenic a zároveň počtem vysazených jedinců na hektar. (Bartoš, 2007) Výsledná sadba by však měla odpovídat legislativním podmínkám a zároveň mít predispozici k regeneraci půdy, zlepšení krajiny, nebo podpoře životního prostředí lokality.

Zalesňování zemědělských půd má svá specifika, jelikož půda je charakteristicky odlišná od lesní půdy nejen svým chemismem, který může být ovlivněn pozůstatky pesticidů a herbicidů po desítky až stovky let, ale také fyzikálně. Svrchní horizont půdy má vhodnou nakypřenou strukturu bez velkých kamenů, rostliny zde mohou růst bez překonávání překážek, ale jsou zde omezené biologické procesy a komunikace vlivem orání. Dalším jevem je zhušťování spodního horizontu v důsledku využívání těžké mechanizace k obdělávání půdy, což může být problematické v případě cyklu prvků. (Kacálek et al. 2022, Podrázský et al., 2011) Mechanizace ovšem nemusí mít jen negativní přínos, v případě zakládání lesních porostů na bývalé zemědělské půdě je možné využití lesní techniky k snadnému sázení a potencionálně ke snížení nákladů při zalesňování. (Cukor, 2019) Zmíněné charakteristiky podporují růst dřevin, pravděpodobně bohatstvím živin, které byly příliš hluboko nebo jsou odlišné od těch, které jsou vhodné pro zemědělské plodiny, i strukturou půdy, která dobře zadržuje vodu a neklade odpor sazenici při vytváření kořenů. Tento růst lze řádně prokázat výrazně vyšší zásobou porostů již v předmýtním věku (Cukor, 2019, Podrázský et al., 2011) Samozřejmě tento zisk není bez

rizika, takto rychle rostoucí porosty jsou téměř vždy přeštíhlené a vzniká tak problematika stability porostu, která je hlavně ohrožena větrem, který v případě založení v otevřené krajině může být silnější. (Dušek & Slodičák, 2009, Potterf et al., 2022)

Při zakládání lesních porostů nebo jiných dřevinných prvků na zemědělské půdě je potřeba určit cíle výsadby a následně vytvořit plán pro dosažení těchto cílů. V rámci plánu je zapotřebí vymyslet efektivní způsob pěstování, kterým vznikne funkční ekosystém s možností optimální těžby bez vytvoření nepotřebných rizik. Bohužel neexistuje jednotný doporučený systém nebo metodika na vytvoření takového plánu, a i v rámci lesnické společnosti jsou názory na přístupu k zalesňování rozdílné. (Bartoš, 2007) Různorodost přístupů a názorů je podmíněna různými druhy stanoviště nabízející jiné podmínky a živiny, které jsou jinak vhodné pro různé druhy dřevin. (Hagethorn, 2004) Jelikož zemědělské a lesní půdy jsou poměrně odlišné, doporučuje se v první generaci výsadby využití přípravných nebo pionýrských dřevin. Tyto typy dřevin způsobují postupné úpravy půdy blíže k lesním, na kterých lze navázat standartní lesnickou praxi pěstování. Zároveň je prokázáno, že jsou vhodné nezávisle na cílové druhové skladbě a mohou tvořit i velmi výnosné porosty. (Bartoš, 2007, Kacálek et al. 2022) Přidaná hodnota těchto dřevin je, že se většinou jedná o listnaté stromy s vysokým opadem, který je ideální při tvorbě nadložního humusu, a obnovují tak půdu. (Hagethorn, 2004, Hatlapatková & Podrázský, 2011)

V šedesátých a osmdesátých letech minulého století se intenzivně zalesňovalo smrkem. Výsledkem toho jsou dnešní smrkové monokultury, které mají několik aktivních rizik, jako je úmrtnost v nižších polohách, než je optimum smrku, intenzivní kůrovcová kalamita podpořená monokulturním aspektem a náchylnost k větrným škodám v odkrytých či nestabilních porostech. Navzdory těmto problémům je smrk stále validní dřevina vhodná do našeho klimatu a může být využita i jako přípravná dřevina včetně vysokého množství opadu, který přispívá ke vzniku nadzemního humusu. (Bartoš, 2007) Podobně jako jiné dřeviny vykazuje značně pozitivní reakci na živnou půdu a na přírůst, a to hlavně v mladém věku 40 až 50 let. (Podrázský et al., 2011) Rápidní přírůst nese zmíněná rizika v nestabilitě, ale je rychlým a efektivním způsobem k sekvestraci uhlíku. (Kacálek & Bartoš, 2002) Zároveň je možno smrkové dřevo lépe uplatnit na trhu a za vyšší cenu než například bukové dřevo, které může být v první generaci velmi rozvětvené, a tak vhodné spíše na palivo. (Bartoš, 2007) Bohužel na živnou půdu reagují i patogeny, a to převážně houbové, které intenzivně napadají dřeviny hlavně v poraněných místech od zvěře. (Sierota, 2013) Je proto tedy zásadní udržet v porostu co nejmenší škody zvěře, a to aktivním mysliveckým managementem, jelikož škody loupáním a okusem jsou časté i po zajištění porostu, oplocenky proto nejsou dostatečnou metodou

ochrany porostu. Kombinace škod zvěře a následné napadení patogenem má zásadně negativní vliv na přírůst a tím pádem i na zásobu porostu. (Cukor, 2019)

Při zalesňování je klíčovým bodem zmíněný výběr dřevin k splnění žádaných požadavků. Stanovené doporučení na využití přípravných dřevin vychází hlavně z myšlenky přeměny zemědělské půdy na půdu bližší lesní půdě, která je kyselejší vlivem druhu opadu a jeho pomalé dekompozice. (Kacálek et al. 2022) Opad a jeho rozkládání je základem pro vznik nadložního humusu, který dále charakterizuje půdní vlastnosti, lesní ekosystém je velmi bohatý na tento opad, a tak velmi vhodnou formou pro tuto přeměnu. (Podrázský et al., 2007) Diference mezi různými stanovišti jsou samozřejmé, druh dřeviny, způsob lesního hospodaření, vodní režim s jeho meliorací i geologické vlastnosti podloží mají na proces vliv ve větší či menší míře. Průměrně však jsou lesní ekosystémy schopné vytvořit opad v množství 1 až 2,5 t/ha za rok. (Podrázský et al., 2007) Proces přeměny se může zdát jako izolovaný, ale jedná se o komplexní děj několika na sebe provázaných faktorů, některé již zmíněné, jiné jsou cyklicky provázané. Například mikroklima nebo biologická diverzita se dynamicky mění vlivem přeměny a může podporovat změnu i fyzikálního aspektu půdy, která naopak podporuje možnosti navýšení biodiverzity, ačkoliv mohou vzniknout fáze ve kterých se mění skladba druhů a může tak v přechodné fázi vzniknout pokles. Z důvodu této provázanosti a ekologické návaznosti se proces půdní přeměny musí brát za neukončený a stále se vyvíjející. (Hagethorn, 2004, Kacálek et al. 2022)

Dřeviny, které jsou vhodné pro nastartování těchto změn jsou nejčastěji listnaté stromy, jmenovitě několik zástupců; buk (*Fagus sylvatica*), bříza (*Betula pendula*), dub (*Quercus robur*), lípa (*Tilia cordata*), olše (*Alnus glutinosa*) nebo jasan (*Fraxinus excelsior*), ale jsou i zástupci jehličnanu jako dřívě psaný smrk (*Picea abies*) nebo modřín (*Larix decidua*). Změna u těchto dřevin je patrná po 30 letech převážně v horním horizontu půdy (0-10 cm), v spodním horizontu (20-30 cm) jsou změny patrné mezi 40 až 50 lety, může se zdát, že se nejedná o rychlý proces, což je pravda, ale v rámci lesnictví se rozhodně nejedná o příliš dlouhý proces. (Hagethorn, 2004, Podrázský et al., 2007) Dřeviny vytvářejí bohatý opad, který v závislosti na své kvalitě, složení a množství podněcuje vznik nadložního humusu. Jelikož se jedná o biomasu, je v ní vázán uhlík podobně jako ve dřevě stromů. Uhlík je vázán v této vrstvě humusu více než 10 let, ale jeho ukládání do půdy není významnější na zemědělských půdách oproti lesním. (Cukor, 2019) Dalším důležitým prvkem v půdě je dusík, zde jsou významné pouze druhy se schopností vázat vzdušný dusík do půdy pomocí symbiotických bakterií na kořenech. (Wohlgemuth et al., 2022, Úradníček, Chmelař, 1996)

3.2 Problematika klimatické změny a jejich rizika

Globální oteplování mění klima na všech místech planety, v rámci těchto změn se mění podmínky, ve kterých žijeme a v kterých hospodaříme. Pro lesní hospodaření je nejzásadnější změnou očekávaná změna v disturbancích, a to v nárůstu frekvencí a závažnosti dopadů (Seidl et al., 2017), převážně sucha. Události z roku 2003, kdy v srpnu byla intenzivní teplá vlna doprovázená suchem, se původně považovala za mimořádnou událost, ale vlivem klimatických změn takové události můžeme očekávat častěji. (Bréda et al., 2006) Důkazem tohoto jsou další velká sucha jako například v roce 2010, 2013, 2015 a 2018. (Ionita et al., 2021) Ostatní druhy disturbancí jsou taky pravidelnější, ale příliš často se netýkají našeho území. Silné bouřky a záplavy jsou typické pro mírné oceánské klima. Pro středomořskou oblast jsou typické lesní požáry, často způsobené nebo podpořené vlnami tepla a suchem. Pro mírnou kontinentální oblast je nejzásadnějším problémem sucho, určitě v místech s omezeným zdrojem vody; toto platí též pro středomořskou oblast. Výjimkou jsou evropské horské regiony, kde tyto trendy omezují strmé výškové gradienty a zvýšená prostorová heterogenita. (Lindner et al., 2010) Pro přehled principiálního rozdělení evropských zemí do bioklimatických zón je k dispozici zjednodušený náhled (Schéma č. 1). Mnoho zemí se rozprostírá v různých zónách a je třeba vzít v úvahu i vliv sousedních zón.

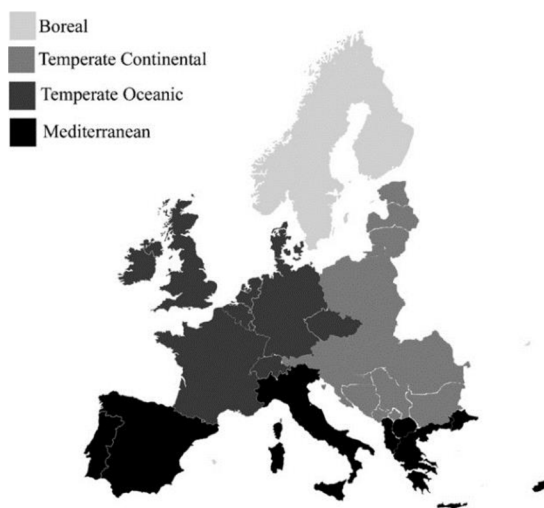


Schéma č. 1: - Hrubé rozdělení zemí do bioklimatických zón

Hrubé rozdělení zemí do bioklimatických zón – Boreální, mírné kontinentální, mírné oceánské, středomořské klima. Převzato z (Seidl et al., 2017).

Období sucha je ovlivněno více faktory a je také různě definované. Hlavními faktory jsou teplota a množství dostupné vody. Pro srážky, jakož to zdroj vody pro les, není důležité pouze množství, ale také pravidelnost a časové období úhrnu. Změny srážek odvozené z modelů

zahrnují vysokou míru variability v regionálním měřítku, lze však pozorovat obecnou tendenci, kdy v zimě budou srážky na většině území Evropy (kromě středomořských oblastí) přibývat, kvůli zvýšené bouřkové aktivitě a vyššímu objemu atmosférické vodní páry. (Bussotti et al., 2015) V létě se naopak předpokládá pokles sezónních srážek na většině území západní a jižní Evropy, zatímco frekvence silných srážek se může zvýšit. Očekává se, že změny srážek na jaře a na podzim budou méně výrazné než v zimě a v létě. (Bussotti et al., 2015) To znamená, že pravděpodobnost výskytu letního období sucha se ve většině částí jižní a západní Evropy zvýší, zatímco ve zbytku Evropy se očekává zvýšení průměrných letních teplot (a pravděpodobně i zimních teplot). (Bussotti et al., 2015)

Ovšem množství vody dostupné přes celý rok hraje velkou roli. Pokud srážky spadnou v jeden moment například v zimě, nemusí být voda využita a odeče dále do povodí. V zimě je možnost zadržení vody ve sněhové formě a ta se postupně uvolňuje, je však potřeba počítat s vyššími teplotami a tím i menší možností jejího zadržení. Doporučují se proto retenční opatření omezující odtok nevyužité vody. (Schwiger et al., 2019) Očekává se, že dojde k omezení srážkové vody od mírného oceánského pásu po mírný kontinentální a středomořský pás. V kombinaci se zvýšením teploty by to mohlo vést k většímu suchu zejména ve Středomoří a mírném kontinentálním pásmu. V těchto oblastech je teplo a sucho často stresovým faktorem. (Bréda et al., 2006)

Optimální teplota pro fotosyntézu hlavních evropských dřevin zřídka přesahuje 30.8 °C. Při vysokých teplotách je fotorespirace stimulována, zatímco fotosyntéza je inhibována. (Lindner et al., 2010) Strom v ten moment žije a dýchá (vylučuje CO₂) ale nevytváří sacharidy potřebné pro svůj růst či zásobování. Příliš dlouhá inhibice fotosyntézy může strom vážně omezit až usmrtit. Teplota však není jediným faktorem ovlivňujícím růst stromů. Pro kompletní fotosyntézu je též potřeba voda, která více než jakýkoli jiný zdroj určuje roční růstový potenciál jednotlivých stromů. Kolísání dostupnosti vody ovlivňuje až 80 % meziroční variabilitu přírůstku v porostech mírného pásma. (Bréda et al., 2006)

Zásobování stromů vodou zahrnuje dva hlavní kroky: absorpci a transport vody (tj. vzestup mízy), oba jsou poháněny transpirací. Účinnost absorpce půdní vody u stromů závisí jak na jejich prostorovém rozmístění, tak na hustotě jejich kořenového systému. Srážky jsou jedním z hlavních přírodních faktorů ovlivňujících biomasu jemných kořenů. (Bréda et al., 2006) Ve vědeckém průzkumu (Lindner et al., 2010) bylo zjištěno, že u kořenů buků (*Fagus sylvatica*) v suchém bukovém porostu bylo nalezeno překvapivě malé množství jemné kořenové biomasy ve srovnání s pěti dalšími porosty v oblastech s vyššími srážkami, což mohlo být způsobeno velkou mortalitou jemných kořenů během vrcholného sucha. (Bréda et al., 2006)

Toto znázorňuje důležitost vody při adaptaci na její příjem. Je také dobře známo, že v kontinentálním nebo středomořském klimatu se absorpce půdní vody projevuje postupným posunem směrem dolů, jak půda vysychá. (Bréda et al., 2006) V období sucha malá část z celkových jemných kořenů rostoucích hlouběji v půdě zajišťuje přes noc obnovu rovnováhy vodního potenciálu stromů a podporuje část transpirace stromů během období uzavřených stomat na listech. Alespoň tento malý zlomek kořenového systému umožňuje přežití stromům poskytováním minimálního množství vody. (Bréda et al., 2006) Pro zlepšení absorpce vody jsou jemné kořenové špičky úzce spojené s houbami a utváří mykorrhizní symbiózu, v mnoha případech se jedná o nejdůležitější část kořenového systému pro příjem vody a minerálů. Ektomykorrhizní symbiózy mohou zlepšit vodní dostupnost stromů, pravděpodobně i suchých. (Bréda et al., 2006) A to pomocí zvýšeného absorpčního povrchu. Rozvoj kořenů ve spojení s houbami výrazně zvyšuje výměnnou plochu kořenového systému.

Bréda a spol. (Bréda et al., 2006) ukázali, že snížení hydraulické vodivosti mezi půdou za sucha je v první řadě způsobeno zvýšením odporu půdy vůči kořenům. Tento odpor se stává limitujícím, jakmile objemový obsah vody v půdě klesne pod 0.33 v hlinitých půdách, tj. jakmile jsou makro póry v půdě vyčerpány. (Bréda et al., 2006) Takové úrovně vyčerpání půdní vody se v létě často vyskytují. Jak modelování, tak přímá měření v terénu potvrdila, že příjem vody z hlubších a vlhčích vrstev kořenových zón dokázal částečně kompenzovat deficit vody v sušších horních vrstvách obsahujících pouze jemné kořeny, a pomohl stromům přežít, a to navzdory nízké hustotě kořenů, které se v takto hlubokých vrstvách půdy vyskytují. (Bréda et al., 2006) S nástupem sucha a změnou srážkového režimu se rostliny musí přizpůsobit nedostatku vody. Stromy, které čelí těmto změnám, si musí zachovat integritu svého hydrologického systému. (Bréda et al., 2006) Pokud ne, může dojít k „přetržení“ vodního sloupce v xylému; dochází tak v případě překročení prahu napětí mízy. Tento jev se nazývá kavitace.

Oproti drastickým opatření při ochraně proti dopadům sucha jsou možnosti, které stromy dělají automaticky i bez vlivu sucha, například využití vody na svém povrchu. Zachycování srážek po celém povrchu nadzemní části rostliny, která se po deštích přímo vypařuje z listů a kůry, představuje pro lesní půdu ztrátu, protože tato voda se nikdy nedostane k povrchu půdy. Tomuto jevu se říká intercepce. (Bréda et al., 2006, Podrázský, 2014) Během odpařování zachycené vody je transpirace stromů snížena nebo někdy dokonce zastavena, omezí se tak množství využití podzemní vody v porostu. Intenzita intercepce se v kontinentálním a středozezemním klimatu uvádí v rozmezí 20 až 35 % kumulovaných srážek ročně. (Bréda et al., 2006)

Míra zachycování srážek se však do značné míry liší v důsledku

- I) Podnebí, zejména rozložení srážek v průběhu času, ozáření a rychlost větru. Vyšší četnost zachycení se vyskytuje v podmínkách častých a menších srážek.
- II) Typu dřeviny – vyšší míry zachycení je obecně zaznamenáno v jehličnatých porostech.
- III) Index listové plochy, na kterém přímo závisí vodní kapacita intercepce porostu. Roční kumulovaný záchyt stálezelených lesů (středomořské druhy, jehličnany) je díky jejich trvalému olistění větší než u listnatých druhů. (Bréda et al., 2006, Podrázský, 2014)

Nevratné poškození způsobené suchem vede k dysfunkci orgánů, ale jen zřídka má za následek přímý a okamžitý pád stromů a jejich mortalitu. Sucho vyvolává krátkodobé fyziologické poruchy, jako je snížená asimilace uhlíku a živin a někdy dokonce zhroucení samotného fotosyntetického aparátu. Tyto tkáně musí být regenerovány, než se obnoví normální procesy stromu. (Seidl et al., 2017) Mezitím je množství skladovaných sacharidů sníženo a na konci vegetačního období nejsou řádně doplněny zásoby, což poté omezuje hospodaření stromu do budoucna. Strom musí rozdělit stávající zásoby mezi výdaje na regeneraci, údržbu, růst a obranu. Jakákoli dodatečná poptávka po již tak omezených zásobách může zpozdít, ne-li zastavit obnovení růstového potenciálu. V důsledku toho je šířka letokruhu nebo plocha listů často menší po několika intenzivních obdobích sucha. (Bréda et al., 2006, Seidl et al., 2017) Obrányschopnost proti suchu progresivně upadá v důsledku zmíněných potřebných regeneračních procesů, proplachů embolie a nekompletnímu doplnění zásob z omezených a intenzivně vyčerpávaných zdrojů. Kromě toho fyziologické poruchy zvyšují zranitelnost stromů vůči sekundárním činitelům, jako například poškození hmyzem, houbovým patogenem, mrazem nebo větrem. (Bréda et al., 2006) Takové kumulované procesy mohou vést k dlouhodobým reakcím někdy v průběhu několika let. (Bréda et al., 2006) Rámcový přehled vzájemného působení stresorů způsobených klimatickou změnou lze vidět na následujícím grafu ze studie napříč Evropou. (Schéma č. 2)

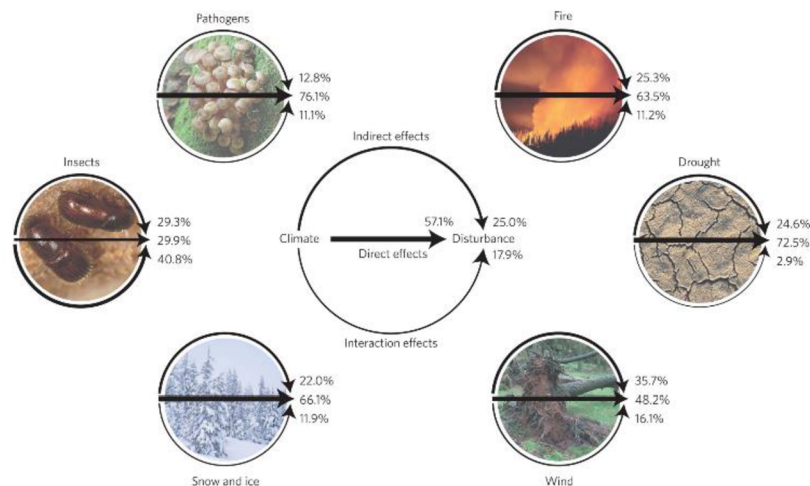


Schéma č. 2: Distribuce přímých, nepřímých a interakčních účinků

Distribuce přímých, nepřímých a interakčních účinků změn klimatu na les v recenzované literatuře. Šířka šipek a procenta pro každého činitele označují relativní důležitost příslušného účinku, což je vyjádřeno počtem pozorování daných jevů v analyzované literatuře. Centrální panel zobrazuje souhrnný výsledek všech rušivých činitelů. Přímé efekty jsou nezprostředkované dopady klimatu na dané procesy, zatímco nepřímé efekty popisují vliv klimatu na disturbance prostřednictvím vlivů na vegetaci a další ekosystémové procesy. Interakční efekty se týkají toho, že již poškozené místo je ovlivněno jinými rušivými činiteli. Převzato z (Seidl et al., 2017).

Zvýšené teploty však nemusí vždy mít pouze negativní dopad, mohou prodloužit vegetační období a zvýšit míru fotosyntézy, zejména v severních zeměpisných šířkách. Je tak ale jen u lokalit, kde není omezující faktor vody. (Lindner et al., 2010, Bussotti et al., 2015) Větší přírůst lze tedy očekávat v místech, kde navýšená evaporace z produkce bude vyvážená srážkami. (Bréda et al., 2006) Předchozí poznatek lze také popsat jako rozšíření oblasti optima do chladnějších okrajů distribuce a současná redukce optimální oblasti v teplejších částech neboli posun území optimálního výskytu. Předpokládá se, že většina dominantních evropských dřevin podstoupí severovýchodní posun svých optimálních klimatických oblastí a následnou dlouhodobou změnu jejich areálů rozšíření. (Bussotti et al., 2015) Po roce 2100, kdy se očekává „nová rovnováha“, by to vedlo ke značným ztrátám hodnoty evropských zalesněných území, které mohou dosahovat až několik set miliard eur. (Bussotti et al., 2015) Tento efekt bude způsoben především čistou náhradou (v kontinentálním měřítku) vysoce hodnotných jehličnatých (smrkových a borových) lesů za méně hodnotná dubová společenstva. Ve střední Evropě je významná část produkčního lesnictví založena na umělém zalesňování smrku ztepilého (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). (Bussotti et al., 2015) Tyto porosty jsou velmi zranitelné vůči zvýšenému suchu způsobenému změnou klimatu. Dokladem toho je

předpokládaný pokles primární produkce do konce století u jehličnanů v kontinentální a střední Evropě v důsledku omezení vody. (Bréda et al., 2006)

Aby se zvýšila odolnost, mělo by lesnictví podporovat přirozenou dynamiku ekosystémů, podporovat obnovu přirozeného lesního společenství s větším zastoupením původních listnatých dřevin, které jsou méně náročné na vodu. (Lindner et al., 2010, Bussotti et al., 2015) Snížení radiálního růstu bylo pozorováno u druhů jehličnanů v oblasti Středomoří v důsledku zvýšené aridity. Na druhé straně se očekává, že xerofytní duby, jako je dub pýřitý (*Quercus pubescens*) a dub cesmínovitý (*Quercus ilex*), rozšíří areál svého rozšíření v západní a střední Evropě. (Bussotti et al., 2015) Stálezelená středomořská vegetace, i když je přizpůsobena vysokým teplotám a nedostatku vody, může také trpět extrémním suchem a teplými vlnami. Listnaté a stálezelené duby a mnoho dalších středomořských listnatých dřevin mají vysokou schopnost regenerace rašením z pupenů, ale tato kapacita může být vyčerpána opakujícími se epizodami sucha. Vysoké lesy tak budou nahrazeny nižší vegetací s převahou keřů. (Bussotti et al., 2015)

Smíšené lesy mají optimálnější úroveň biologické diverzity, což je klíčové pro ekologickou stabilitu lesních ekosystémů, a očekává se, že vysoce rozmanité lesy mohou tlumit účinek klimatických změn účinněji než porosty s nízkou diverzitou. (Bussotti et al., 2015) Lesy ve zdravém stavu mohou svou energii investovat do produkce dřeva, čímž plní esenciální roli ukládání uhlíku, převážně ze vzdušného oxidu uhličitého, který podporuje globální oteplování jako skleníkový plyn. (Bussotti et al., 2015) Vyšší koncentrace CO₂ v atmosféře může navýšit úroveň fotosyntézy, ačkoliv tento vliv je vázaný na stav dusíku a hlavně dřevinu. Například dospělé buky (*Fagus sylvatica*) a duby zimní (*Quercus petraea*) reagovaly lépe v experimentu než habr obecný (*Carpinus betulus*), třešeň ptačí (*Prunus avium*) a lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*) na vzduch obohacený CO₂ ve střední Evropě. (Bréda et al., 2006). Vázání uhlíku je jedna ze základních ekologických vlastností ceněných na lesích, v případě sucha však může být tento efekt zastaven, jak již bylo zmíněno dříve. V takových případech dochází pouze k dýchání rostlin a pouze k vylučování uhlíku do atmosféry. Lesy se pak stávají zdrojem a ne „poutačem“ uhlíku. Mělo by tedy být všeobecným záměrem pěstovat zdravé a produkční lesy pohlcující uhlík a vytvářející dostatek dřeva k hospodářskému zhodnocení.

Udržet ekologicky stabilní lesy v budoucích klimatických podmínkách je v silném společenském zájmu. Lesy jsou komplexní ekosystémy, které poskytují základní funkce a služby, jako je primární produkce, ochrana půdy, zadržování (pitné) vody, koloběh živin a tvorba půdy a další. Vzhledem k ekonomickému a ekologickému významu lesů je zásadní uplatňovat vhodné lesní hospodaření, aby se lesy dokázaly vyrovnat s novými podmínkami

prostředí. Může se jednat o změny ve skladbě a struktuře lesních porostů, selekci adaptovaných provincií (přírodních lesních oblastí) nejvýznamnějších evropských dřevin nebo, je-li to považováno za nedostatečné, asistovanou migraci (tj. využití druhů vhodných pro budoucí klimatické podmínky) a alternativně nahrazení původních druhů nepůvodními. (Bussotti et al., 2015) Lesy jsou zvláště citlivé na změnu klimatu kvůli dlouhověkosti stromů, neumožňující rychlé přizpůsobení se na změny prostředí. (Bréda et al., 2006) Při zakládání nových lesů v oblastech ohrožených klimatickými faktory by se měly přehodnotit klasické pěstební strategie, jako například používání semen místní doporučené provincie přizpůsobené aktuálním klimatickým podmínkám a místo nich navrhnout kombinované použití vysoké fenotypové a genotypové variability sadebního materiálu. (Bussotti et al., 2015) Z pěstební hlediska by měly být využívány převážně clonné seče. Adaptační potenciál existujících populací lze zvýšit příměsí dobře zvoleného semenného materiálu. Semena by měla být sbírána z provincií, kde jsou v současné době očekávané klimatické podmínky cílové lokality, aby došlo ke zvýšení genetické variability. (Bussotti et al., 2015) Lesní hospodaření může aktivně modulovat klimatickou citlivost na režim disturbancí prostřednictvím modifikace struktury a složení lesa. Zmírnění přímých účinků měnícího se klimatu prostřednictvím managementu však bude jen zřídka možné, což naznačuje, že budoucí management bude muset najít způsoby, jak se vyrovnat se změnou klimatu a s tím úzce spojených disturbancí. (Lindner et al., 2010) Slibným přístupem v tomto ohledu je podpořit odolnost lesů vůči měnícímu se režimu disturbancí a podpořit jejich schopnost regenerace a přizpůsobení se disturbancím. Tím se zajistí nepřetržité poskytování služeb lesa, a v konečném důsledku se připraví ekosystémy i společnost na častější výskyt narušení lesů v budoucnosti. (Seidl et al., 2017)

Přirozený posun vegetace do nového klimatického optima bude záviset na schopnosti distribuce semen. U taxonů distribuovaných větrem (listnaté dřeviny rodu *Acer*, *Betula*, *Salix*, *Populus* a jehličnany) může být tato rychlost dostatečně vysoká, aby se shodovala s posunem klimatických pásem, zatímco u ostatních druhů tomu tak být nemusí. (Bussotti et al., 2015) Rychlé klimatické změny v kombinaci s fragmentací lesů a přítomností antropogenních bariér mohou představovat nepřekonatelnou překážku pro přirozené šíření lesa, i pro druhy šířené větrem. Bude proto asi nutné přímé působení lesníků, aby podpořili umělou migraci a nedocházelo tak ke ztrátě lesního porostu v důsledku nedostatku přirozeného šíření reprodukčního materiálu. (Bussotti et al., 2015)

Naše chápání adaptivní kapacity odhaluje, že přirozené mechanismy adaptační kapacity jsou různorodé a budou podporovat adaptaci lesů na změnu klimatu. (Bréda et al., 2006) Při umělém šíření lesů a výběru sadebního materiálu je klíčové využití fenotypové plasticity.

Fenotypovou plasticitu (FP) lze definovat jako „rozsah fenotypů, které může jediný genotyp vyjádřit jako funkci svého prostředí“. (Bussotti et al., 2015) Umožňuje plastické reakce na rychlé výkyvy klimatu a představuje základní předpoklad pro aklimatizaci rostlin. Vysoká FP by umožnila populacím přežít v širším rozsahu klimatických podmínek, čímž by se snížilo riziko ztráty druhů v důsledku změny klimatu. FP je geneticky řízena pomocí tzv. „genů plasticity“, které jsou dědičné a mají potenciální význam i pro evoluci a adaptaci druhů. Důležitou roli ve FP hrají epigenetické faktory, které vyvolávají změny v genové expresi a fenotypu beze změny sekvence DNA. (Bussotti et al., 2015) Epigenetické změny probíhají mnohem rychleji než změny založené na sekvenci DNA a tyto mechanismy mohou být dědičné, ale také potenciálně reverzibilní. Limitem tohoto procesu je, když tlak prostředí přesáhne plasticitu základních adaptivních vlastností daného druhu. K tomu může dojít na okrajích areálu druhu a na jeho ekologických limitech, (Bussotti et al., 2015) neboli na místech, kde se druhy vyskytují, ale příčinou klimatických změn již nejsou v areálu optimálních klimatických podmínek. S kratším generačním cyklem je vyšší pravděpodobnost úspěšné adaptace. (Bussotti et al., 2015) Proto za předpokladu, že je vyprodukováno dostatečné množství semen, může vysoká míra úmrtnosti (způsobená klimatickými faktory) během fáze mlazin a raných dospělců na okraji distribuční oblasti zvýšit míru adaptace, a to jak kvůli vysokému selekčnímu tlaku, tak kvůli zkrácené průměrné generační obměně. (Bussotti et al., 2015)

Veškerá doporučení je však potřeba vnímat s vědomím, že naprostá většina literatury o dopadech změny klimatu a zranitelnosti lesnického sektoru je teoretické povahy a lze pozorovat obrovský rozdíl mezi teorií a praxí, potenciální dopady jsou často daleko od realistických projekcí. Dobrým příkladem jsou předpokládané dopady na biologickou rozmanitost. (Lindner et al., 2010) Většina existujících studií bere změnu klimatu s jasnou hranicí, které naznačují, že dojde k posunu v přirozené druhové skladbě od jehličnatých lesů na lesy s převahou listnatých druhů. Stále však nevíme přesně, jak rychle druhy ustoupí z oblastí, které již neodpovídají jejich přirozenému ekologickému optimu. Vzhledem k tomu, že většina evropských lesů je intenzivně obhospodařována, může hospodaření silně ovlivnit výskyt dřevin, a to buď zachováním hospodářsky významných druhů mimo jejich přirozený areál (jak tomu je u smrku ztepilého v některých částech našeho území), nebo podporou regenerace nových cílových druhů. (Bréda et al., 2006, Lindner et al., 2010) Očekává se, že případná náhrada současných lesních dřevin bude velmi dlouhodobý proces, který bude trvat několik desetiletí nebo dokonce staletí, než bude nový lesní porost zcela přizpůsoben novým klimatickým podmínkám. Lesy se vyvíjejí pomalu, takže během období rychlých klimatických změn budou pravděpodobně v nerovnováze s prostředím, což povede k druhové konkurenci

a možná i k mortalitě stromů. Aktivní substituce existujících genotypů a asistovaná migrace mohou být nezbytnou možností v těch oblastech, například v západní a střední Evropě, kde má lesnictví vysokou ekonomickou hodnotu a očekávají se výrazné vlivy klimatických změn a změny v rovnovážném druhovém složení. (Bussotti et al., 2015) Lesy ve Středomoří a jižní Evropě jsou historicky většinou neobhospodařované. Pro tyto regiony je obtížné předvídat rozsáhlá adaptační opatření do budoucna kvůli nedostatku zdrojů a tradic řízení. Navíc ústup hlavních středomořských druhů stromů nelze kompenzovat substitucí jinými původními druhy, které by prosperovaly ve změněných podmínkách. (Bussotti et al., 2015) Proto se očekává, že lesní porost se bude zmenšovat s následným rozšiřováním méně produktivních struktur, jako jsou křoviny nebo zakrslé stromy. Obecně se úbytek druhové diverzity očekává v rozsáhlých regionech Evropy s výjimkou boreálního regionu, který bude podpořen imigrací. (Bussotti et al., 2015) Mezi nepůvodními jehličnany je douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), která je pravděpodobně nejrozšířenější ve velkých částech Evropy pro hospodářské zalesňování a je považována za vhodného kandidáta pro náhradu produktivních smrkových a borových lesů ve střední Evropě v perspektivě změny klimatu. (Bussotti et al., 2015)

3.3 Využití meliorační materiály

V návaznosti na řešené komplikace při zalesňování zemědělských i lesních půd se nabízí podporovat výsadbu doplňkovými hnojivy, tak, aby byly minimalizovány negativní dopady klimatických změn nebo pro podporu růstu na chudších stanovištích. Meliorační materiály mohou napomáhat v usnadnění dostupnosti vody, doplnění živin k podpoření růstu nebo všestranné zlepšení půdních vlastností, které vede k podpoření celého ekosystému.

Na trhu je nepřeberné množství produktů s nespočtem přínosných vlastností a funkcí, avšak je potřeba vybrat ten správný, aby byl poměr ceny nákladů odpovídající alespoň očekávaným přínosům nebo jinak prokázal svou vhodnost při zalesňování.

Na výzkumné ploše Doubek byli použity dva komerční produkty ověřené praxí (výroční zpráva) různých vlastností. Prvním je Alginít, napomáhající retenci vody v těsném okolí kořenových svazků dřevin a postupným uvolňováním vody prodlužuje dobu závlahy v potřebném místě. (Brvenec et al., 2017) Druhým přípravkem je HUMAC® Agro, jenž pomocí vysokého obsahu huminových kyselin, který je až 62 % v sušině, podporuje vznik nadzemního humusu a přispívá k rozvoji mikroorganismů v půdě a tím kladně ovlivňuje půdní vlastnosti a zlepšuje tak základní kámen potravinového řetězce i životního prostředí. (Anon, 2021)

3.3.1 Alginít – Vlastnosti a funkce

Půdní kondicionér, původem zemitá řasovitá, organicko-minerální hornina je bez chemické úpravy a lze zařadit mezi ekologická organická hnojiva. Hlavní funkcí materiálu je retence vody až 130 % vlastní hmotnosti, která se pozvolně uvolňuje a prodlužuje tak interval potřebné závlahy a také funguje jako startér pro čerstvě přesazené rostliny bez zachycených kořenů, díky svým vodo regulačním vlastnostem. Dále přispívá svým bohatým obsahem mikro a makro prvků (viz příloha č. 1– chemické složení Alginitu). Dusík není silně zastoupen, ale je uvolňován postupně během doby působení (3-5 let) (Brvenec et al., 2017) což je přívětivější pro rostlinu, než intenzivní a krátkodobé přihnojování dusíkatými látkami. (Wallace et al., 2007)

3.3.2 Alginit – Potenciál využití

Hlavním cílem při využívání Alginitu ve výsadbě je omezení mortality sazenic a podpoření jejich růstu. Přípravek by tak byl vhodný na podporu nově založený porostů zasazených na suchých či chudých stanovištích, kde by pomohl dřevinám překonat období stresu z přesazení. Svou schopností retence vody je také vhodný na podporu sazenic v nastávajícím klimatu, kde se předpokládají častější období sucha a vyšší teploty.

Reálné využití se však může lišit; například ve studii (Cukor et al., 2017), kde míra mortality byla vysoká na většině zkusných ploch mimo plochy s borovicí lesní (*Pinus sylvestris*), ;pravděpodobnou příčinou mortality bylo vytvoření překážky pro růst kořenů. Ovšem výškový přírůst po 3 letech byl pozitivně významný u všech dřevin, které přežily. (Cukor et al., 2017) Záleží na podmínkách stanoviště a dalších faktorech, jako jsou využití dřeviny.

Tato práce bude jen dalším přínosem kolektivních znalostí a nabídne nové výsledky k zhodnocení, zdali Alginit má v lesnickém sektoru využití i do budoucna, nebo zdali je výhodnější kondicionér nevyužít a ušetřit tak náklady za výsadbu.

3.3.3 Humac – Vlastnosti a funkce

Druhým zkoumaným produktem je Humac, který díky svému bohatému obsahu humíniových kyselin (62 % v sušině) zlepšuje stav půdy a pomáhá tvořit humus a podporovat rozvoj mikroorganismů v půdě. Huminové kyseliny jsou schopny jak z půdy, tak z organismu vázat na sebe toxické kovy jako je rtuť, olovo a kadmium. Díky těmto schopnostem jsou v různých formách využívány i při léčebných procesech jako jsou například balneoterapie a další. (Vaško, Szanyi, 2022) Fakt, že huminové kyseliny i zbytek látek v produktu Humac jsou plně přírodní, vyzdvihuje produkt svou vhodností i pro ekologické zemědělství a v našem případě ekologické lesnictví. Co se týče dávkování, podává se Humac dle potřeby konkrétního stanoviště v rozmezí 200–500 kg/ha a jedna dávka je funkční na 4 až 5 let. (Anon, 2021)

Hlavním přínosem je zmiňovaná tvorba humusu, ve kterém se zadržuje voda a makro i mikro živiny, které se vážou ve vhodnějších sloučeninách pro absorpci rostlinami. Snížení půdní eroze je dalším pozitivním faktorem tohoto procesu. V neposlední řadě navyšuje obsah chlorofylu a absorpci fotonů, čímž se zvyšuje proces fotosyntézy i při nižším osvětlení. Tím přispívá k vyšším výnosům a lepší úrodě. Katalyzuje také mnoho biologických procesů, které zvyšují obsah bílkovin, sacharidů, alkaloidů a jiných účinných látek rostlin, zvyšuje životaschopnost, klíčivost rostlin a odolnost rostliny vůči suchu. (Anon, 2020)

3.3.4 Humac – Potenciál využití

Z výše uvedených informací je potenciální přínos na lesních půdách hlavně v tvorbě humusu a zlepšení půdních vlastností, například na kyselé ekologické řadě, která je v ČR plošně nejvýznamnější a je charakteristická zhoršenými humifikačními procesy. (UHUL, 2023) Humac podporou tvorby humusu i podporou mikroorganismů v půdě může zlepšit tyto procesy a vylepšit tak stanovištní podmínky, čímž se nepřímo může zlepšit zásoba porostu. Avšak pro takovou změnu by bylo potřebné dlouholeté procesy, které nemusí být reálné a je vhodné je brát jako dočasné zlepšení stanoviště v období základního vývoje porostu.

Zemědělské půdy mají dostatek humusu, ale mohou obsahovat rezidua různých pesticidů nebo herbicidů, zároveň půda je v orném horizontu rozrušena a jsou omezené mykorrhizní vazby. Doplnujícím negativem je zhutnění spodních horizontů těžkou mechanizací, což omezuje propustnost, ale hlavně retenci vody v makro pórech. (Kacálek et al. 2022) Proto mohou zemědělské pozemky spíše benefitovat z vlastností humínových kyselin, které na sebe vážou toxické kovy a také omezují průsak dusičnanů a pesticidů do spodních vod (Anon, 2020), než z humusotvorných vlastností přípravku.

Půdní přípravek Humac má tak své teoretické opodstatnění v podporování výsadby jak na lesnické půdě, tak při zalesňování zemědělských pozemků. Výsledky této i dalších prací studující vliv hnojiva Humac, potvrdí či vyvrátí tuto myšlenku nebo stanoví podmínky, za kterých Humac je výhodné použít.

4 Vědecký projekt Doubek

Výzkumná plocha Doubek, pojmenovaná po obci, u které byla založena, vznikla na bývalé zemědělské půdě výsadbou vybraných exotických dřevin (sekvojovec, cedr, metasekvoje) a cenných listnatých druhů, které mají potenciál v produkci dřeva a poskytování dalších benefitů v rámci českého lesnictví. Tyto neobvyklé či ne úplně běžné druhy byly doplněny běžně používanými dřevinami (borovice lesní, dub letní, lípa malolistá, habr). Jednotlivé druhy dřevin byly vysázeny ve smíšených nebo samostatných sadbách rozmístěných na dílčí plochy. Zároveň byly použity půdní přípravky Alginit a Humac pro zlepšení dostupnosti vody a půdních vlastností v iniciálním stadiu růstu. (Gallo et al., 2022)

4.1 Metodika projektu

Realizace výsadby proběhla na podzim roku 2019, na vybraném pozemku s výměrou 19.331 m² v průměrné nadmořské výšce 385 m n. m. Vybraná lokalita klimaticky spadá do mírně teplé oblasti. Nejbližší klimatická stanice se nachází v Ondřejově, vzdáleném zhruba 13 km. Dlouhodobá průměrná roční teplota je 9,8 °C a dlouhodobě je zde průměrný roční úhrn srážek kolem 550 mm. Plocha se nachází v oblasti přírodní lesní oblasti (PLO) 10 – Středočeská pahorkatina, přičemž na severu navazuje PLO 17 – Polabí (ÚHÚL 2019). Oblast je náchylná k výskytu vyšších průměrných teplot, jakož i suchých period. V blízkosti zalesněné plochy navazují lesní porosty zařazené do 2. a 3. LVS, charakterizované lesními typy 2S1 a 3L1. Typickou horninou podkladu je hrubozrnná narůžovělá říčanská žula. Právě hrubozrnný rozpad (grus) žulových hornin dal vznik kambizemním typům půd. Na vymezeném území jsou tyto půdy reprezentovány kambizemí modální (KAm) a kambizemí litickou (KAs), malá část vymezené plochy pro zalesnění je částečně pokryta slabou vrstvou pleistocenní středně těžké sprašové hlíny. V této části pozemku se nacházejí kambizem luvické (KAl). Mírný úpad v blízkosti zalesněné části je následně typickým představitelem půd s periodickým zamokřením a odpovídá zařazení do půdního typu pseudoglej modální (PGm). Hodnocení půdních typů a druhů bylo provedeno podle publikace (Němeček et al., 2011 – zdroj z Gallo et al., 2022).

Charakter výsadeb je popsán na schématu v příloze č. 2. Sazenice kategorie 36–50 cm (sadební materiál standardní obchodní velikosti) byly vysázeny v řadovém sponu 1 na 2 m; pouze doplňková výsadba sekvojovce obrovského byla vysázena ve sponu 2 na 2 m. Sadební materiál všech dřevin byl krytokořený, s výjimkou dubu letního, který byl prostokořený. V případě jedinců s malým kořenovým systémem (resp. plugem) byla výsadba provedena šterbinovou metodou. U jedinců s rozsáhlejším kořenovým systémem (pouze menší část jedinců) byla výsadba provedena jamkovou metodou. (Gallo et al., 2022)

Ze schématu (příloha č. 2) je patrné, že byly použity různé druhy dřevin v několika kombinacích. Konkrétní druhy dřevin využitých v hlavní části výzkumu jsou: dub letní, sekvojovec obrovský, jeřáb břek, borovice lesní, lípa srdčitá, habr obecný, borovice lesní, cedr libanonský, metasekvoje čínská, jeřáb oskeruše. Z běžných jehličnatých hospodářských dřevin byla zastoupena borovice lesní.

Celková výměra hlavní části výzkumné plochy činí 9000 m². Design sestává ze 150 dílčích ploch o velikosti 6 × 10 m (tj. 60 m²). Na každé z nich bylo vysazeno 15 nebo 30 kusů sazenic v závislosti na použitém sponu. Jednotlivé druhy byly v rámci různých ploch použity jak monokulturně, tak ve směsi, a to celkem v 10 variantách. Varianty druhového složení byly kombinovány se 3 variantami aplikace půdních kondicionérů ve 4 opakováních. (Gallo et al., 2022)

4.2 Cíl výzkumu

Cílem výzkumu je zjistit životaschopnost a dynamiku odrůstání vybraných introdukovaných dřevin a cenných listnáčů a získat jasné doporučení pro další výzkum a pro praxi. Je předpoklad, že cenné listnáče vykážou stabilní, ale ne příliš výrazný přírůst výšky, a výjimkou třešně ptačí, u které je prvotní přírůst předpokládán vyšší. U cedru se předpokládá možné poškození mrazem, stejně jako u sekvojovce obrovského. Další hypotézou je, že půdní přípravky Alginit a Humac podpoří dostupnost vody pro dřeviny a zmírní tak mortalitu v prvních letech (Kupka et al., 2015; Tužinský et al., 2015 – zdroj z Gallo et al., 2022).

Dalším cílem je sledovat vývoj ekonomicky cenných dřevin v měnícím se klimatu v dalších letech a posoudit jak standardní náklady na oplocení a zalesnění pozemku, tak ekonomickou efektivnost použitím melioračních hmot při zalesnění. (Gallo et al., 2022)

Výsledky studií provedených na Doubku mají nakonec podpořit budoucnost českého lesnictví novými poznatky a případnými doporučeními, jako například navržením vhodné druhové skladby nebo půdních úprav pro zlepšení porostů v nastávajícím klimatu.

5 Vybrané dřeviny

5.1 Habr obecný (*Carpinus betulus*)

Habr obecný je statný strom s výškou od 6 do 20 (30) m, který můžeme najít nejen v českých lesích, ale dnes poměrně často zdobí i zastavěnou krajinu, a to formou živých plotů. Charakteristika habru je žlábkovitý či křivý tvar kmene, celkový habitus lze popsat jako průběžný kmen s velkými postranními větvemi tvořící nepravidelnou korunu z podlouhle vejcovitých na vrcholu krátce zašpičatělých listů s dvojitě ostře pilovitým okrajem. Borka stromu je tmavošedá nebo leskle hnědá a hladká. K těmto účelům se využívá stále častěji, protože je známo, že habr obecně snadno zvládá časté řezy. Vzhled upraveného habru je pak velmi rozlišný. Habr je velmi cenná tvrdá dřevina s nižším obsahem kůry a vysokou výhřevností. Díky těmto vlastnostem je proto jednou z nejžádanějších dřevin k topení. (Buček & Lacina, 2007)

5.1.1 Ekologické nároky

Přirozený areál druhu je v západní, střední a jihovýchodní Evropě, v českých lesích je součástí smíšených lesů ve vertikálním optimu mezi 200 a 700 m n.m. s preferencí na vlhčích stanovištích, ale vyskytuje se i na stanovištích sušších nebo exponovaných slunci. Habr snáší i studené polohy, je odolný i v mrazových kotlinách. Na půdní vlastnosti stanoviště má střední nároky, nesnese trvalou záplavu a vyhýbá se chudým nebo kyselým půdám. Má preference na hlinité půdy, ale může být i na skeletových, případně i na sutích, pokud má dostatek dusíku. Dřevina dobře snáší zástin a sama tvoří husté, těsně zapojené porosty zvané habřiny, častěji však roste spolu s dubem a ve vyšších polohách s bukem, lípou a jasanem. V lesnictví byl habr dříve využíván pro svou dobrou pařezovou výmladnost, dnes nízký les již není tak běžný a habr tak ztrácí část svého využití. (Buček & Lacina, 2007, Hrouda, Skalický, 1990)

5.1.2 Vhodnost do očekávaného klimatu

Hlavní předností habru jsou jeho meliorační schopnost, semenění v mladém věku – již kolem 20 let, a odolnost vůči klimatickým výkyvům jak ve směru mrazu, tak i suchu. Souborem těchto vlastností představuje efektivní dřevinu pro zalesňování nelesních ploch, protože na lokalitě ustojí výkyvy teplot, brzy se může rozšířit a má bohatý opad prospěšný pro vytvoření humusu. Dodatečně v případě nečekané disturbance nebo jiného poškození má silnou výmladkovou schopnost, kterou může rychle obnovit porostní kryt na lokalitě zachovat tak mikroklimatické podmínky na stanovišti bez potřeby rekonstrukce.

5.1.3 (Doporučený) způsob pěstování v případě využití

Jako dřevina snášejší zástin (i když ne ve stejné míře jako buk) je vhodná do spodní etáže porostu, ale může vytvářet i monokulturní kotlíky. Habrový porost je velmi hustý a nepropouští příliš mnoho světla, tudíž v plně zapojeném habrovém porostu není prostor pro další etáž. (Úradníček, Chmelař, 1998) Je proto potřeba porost prosvětlit například clonou sečí před obnovou, která může být i přirozená v případě vhodných podmínek stanoviště pro klíčení semen. S bukem má společné košetění koruny, a proto je vhodné výchovu provádět v poměrně na sebe nahuštěných celcích s častými probírkami se základem negativního výběru. (Vacek et al., 2022)

5.1.4 Hospodářské využití / ekonomické zhodnocení

Dřevo z habru je velmi tvrdé a těžké, bohužel není příliš trvanlivé, přesto se často používá při výrobě dřevěných nástrojů a na soustruhu. Některé kusy mohou mít velmi zajímavou kresbu, a tak tvořit dřevěné dekorace. Dříví ještě slouží jako dobré palivo s vysokou výhřevností nebo může být uplatněno ve výrobě papíru. V dnešní době však habr má největší využití ve své živé formě ve zmíněných živých plotech nebo v parcích pro svou dobrou snášenlivost ořezu. V neposlední řadě je využíván v lesích a krajinářství jako meliorační a zpevňující dřevina, která plní půdoochrannou a půdotvornou i vodoregulační funkci. (Buček & Lacina, 2007, Úradníček, Chmelař, 1998)

5.2 Lípa malolistá (*Tilia cordata*)

Lípa malolistá neboli srdčitá, náš národní strom. Tímto symbolem se stala patrně nejen díky kvalitě svého dřeva, ale zvláště pro svou dlouholetost a mohutnost. Lípa malolistá je statný opadavý strom, který může dorůst do výšky okolo třiceti metrů a dožít se věku až 700 let. Význam této dřeviny je poměrně široký, a proto je zařazena mezi vybrané stromy k výzkumu v této diplomové práci.

Lípa malolistá má hlubokou, v obrysu srdčitou kořenovou soustavu s četnými a dalekosahajícími postranními kořeny. Kmen bývá statný a poměrně rovný pokrytý kůrou neboli borkou, která je v mládí hladká se silným lýkem a později věkem podélně rozpukaná. Lípa má obecně košatou a poměrně vysoko klenutou korunu. Listy jsou řapíkaté, s čepelí v obrysu srdčitou. Na líci mají barvu tmavě zelenou a jsou lysé. Na rubu listu je barva šedozelená. Struktura listu z rubu je lysá pouze mezi žilkami, v paždí jsou chomáčky chlupů. Lípa kvete od června do července žlutobílými pětičetnými oboupohlavními květy. Plodem je jednopouzdrý kulovitý oříšek. (Kirschner, Křísa, 1992, Úradníček, Chmelař, 1998)

5.2.1 Ekologické nároky

Areál rozšíření je poměrně rozsáhlý a pokrývá celou Evropu a západní část Asie, vertikálně se táhne od severu Španělska až do jižní Skandinávie, (Hoskovec, 2007) kde přetrvává díky své odolnosti vůči mrazu. (Kirschner, Křísa, 1992) Klimatické střídání podmínek v pravidelných ročních obdobích – hlavně střídání teplého léta a četných srážek se zimou, kdy rostliny upadají do vegetačního klidu pod vrstvou sněhu, činí lípu dřevinou zapadající do kategorie smíšených listnatých lesů mírného pásma. (Poleno, Vacek, 2011) Nejlépe lípa roste v lužních lesích či v suťových a stinných roklinách, kde jsou čerstvě vlhké, humózní půdy, ale nelze opomenout dubohabřiny, a dokonce ani poblíž zástavby kde má dnes asi největší zastoupení. Vyhovuje jí i půda s větším skeletem na bazických i kyselých horninách, nesnese však extrémně kyselé prostředí. Dále celkem prosperuje na zmíněné suti. Světlostně se řadí mezi polostinné, a nejčastěji se sazí v alejích nebo jako solitéry poblíž měst a návsi, v lesnictví má největší využití jako dřevina kategorie MZD (Kirschner, Křísa, 1992)

5.2.2 Vhodnost do očekávaného klimatu

Změnu klimatu nelze popřít a je potřeba se na něj připravit, s odhadem pro náročnější prosperitu jehličnanů je vhodné hledat nové zástupce mezi listnatými dřevinami. (Lindner et al., 2010) Lípa svým rozsáhlým areálem dokazuje schopnost produkce i v teplejším klimatu a svou odolností vůči mrazům (Úradníček, Chmelař, 1998) by mohla odolat případným mrazíkům, které jsou stále u nás běžné. Dále hlavním omezujícím faktorem pro přírůst je voda (Bussotti et al., 2015) a proto je vodní režim lesa velice důležitý. Lípa jakož to dřevina s meliorační funkcí je schopna zlepšit podmínky vody v krajině a přispět tak celému lesnímu ekosystému. (Slodičák et al., 2017)

5.2.3 (Doporučený) způsob pěstování v případě využití

Obdobně jako u habru, pro lípu neexistuje doporučený způsob výchovy s hospodářským záměrem, ale svými vlastnostmi jako je snášení zástinu je nejbližší buku, proto se výchova silně opírá o jeho způsob pěstování. (Kovář et al., 2013, Úradníček, Chmelař, 1998) Základem pěstování buku je silná početnost podporující auto redukci v mladých porostech. Zároveň se tím podporuje růst rovných kmenů v porostu a omezení košatění stromů, k výpomoci přírodních vlivů se výchovné zásahy soustředí na negativní výběr, a to obrostlíků a přerostlíků, které konkurují okolním jedincům a sami nejsou vhodným hospodářským modelem. (Slodičák & Novák, 2007)

5.2.4 Hospodářské využití / ekonomické zhodnocení

Lípa malolistá má široké spektrum využití. Můžeme sem zařadit jak výrobky a produkty ze dřeva, tak z květů lípy, ale musíme brát také zřetel na krajinářský a ekologický význam. Z toho také vychází i důvod jejího zařazení do projektu Doubek.

Z hlediska lesnictví je lipové dřevo poměrně oblíbená dřevina. Jeho hlavními vlastnostmi je lehkost a měkkost, proto je velmi oblíbené v řezbářství pro výrobu rukodělného nábytku nebo drobných dekorativních prvků. Dále se lipové dřevo používá například pro výrobu tužek, beden nebo dřevité vlny. (Koblížek, 2006)

V krajinářství se lípa často využívá v naší republice jako solitérní a alejová dřevina. Její hustá a košatá koruna poskytuje příjemný stín například v městských parcích. Zároveň se dá výborně využít jako půdoochranná a meliorační dřevina pro svůj kořenový systém.

Další využití lípy nacházíme ve zdravotnictví. Květy lípy totiž obsahují celou řadu farmakologicky významných látek. Proto se již po staletí používá lipových květů k výrobě čajů a odvarů, které pomáhají zejména při nachlazení, ke snížení tlaku a proti křečím. Obecně je také lípa známá jako vhodná medonosná rostlina, díky vysokému obsahu nektaru. Tím přináší další význam svého bytí. (Koblížek, 2006)

Lipové dřevo je měkké a lehké, snadno se opracovává a je tím velmi oblíbené v řezbářství, avšak má i jiné využití jako například výroba tužek, beden nebo dřevinné vlny. (Kirschner, Křisa, 1992) Hlavním přínosem však není nutně možnost různých produktů, ale ekologické výhody a zlepšení porostu, které lze špatně, ale částečně vyčíslit v penězích (Šišák at al., 2017)

6 Praktická část

6.1 Metodika měření

Předkládaná diplomová práce navazuje na měření předchozích let. Měření výšek jedinců výsadeb probíhalo od čtrnáctého do šestnáctého srpna a dodatečně patnáctého září 2023. Rozložení termínů měření způsobilo počasí, které bylo v prvních částech extrémně teplé a neumožňovalo práci celý den. Postup práce byl v metodě jednoduchý, avšak časově náročný. Prvotně se na vybraných plochách okolo výsadby oslápala buřeň, která místy dosahovala až 140 cm, většinou stromů nebyla omezující v přírůstu, ale v některých případech stále tvořila konkurenci pro dřeviny. Zároveň se tímto vytvořil přístup k měření.

Samotné měření probíhalo pomocí teleskopické výsuvné měřicí latě s maximální výškou 5 m, limit latě nebyl překročen a pravděpodobně nebude ani v příštím měření. Práce byla vykonávána ve dvou osobách. Jeden měřil hodnoty se zokrouhlením na centimetry a druhý je zapisoval do poznámkového archu. Měřil se nejvyšší bod dřevnaté části stromu, v případě deformovaných či ohnutých stromů se narovnal do vztýčné polohy. Chybějící sazenice byly také poznamenány s cílem zjištění mortality dřevin za posuzované období. Naměřené hodnoty byly posléze zapsány do existující databáze v MS Excel pro zjištění přírůstu a přehledné využití v budoucnu.

Databáze obsahuje veškeré dřeviny z projektu. Cílové dřeviny, do kterých mimo zkoumané dřeviny je zařazen i dub letní (*Qercus robur*) jakožto kontrolní dřevina, byly proto z databáze izolovány a tvoří vstupní data pro následující proces. Izolovaná data byla posléze přenesena do R Studia, kde byl pro každou dřevinu zvlášť vyhodnocen statistický význam přírůstů, který byl hodnocen jak v absolutních hodnotách, tak v procentuálním rozdílu, dle všech variant. Interval spolehlivosti byl nastaven na 95 % a zjištěn byl pomocí analýzy rozptylu (ANOVA), také byl proveden pos-hoc test TukeyHSD pro zjištění, mezi kterými variantami je statisticky významný rozdíl. Pro optimální přehled a maximalizaci výsledků byl také měřen statistický význam měřených výšek dřevin.

V prostředí R studio byly vytvořeny boxplot grafy pro vizuální demonstraci výsledků, dodatečně byly vytvořeny tabulky a grafy v MS Excel pro snazší interpretaci některých výsledků.

6.2 Výsledky

Zjištěné výsledky popsanou metodikou jsou rozděleny do tří podkapitol s cílem přehledného rozdělení.

První kapitola se zaměřuje na mortalitu, jelikož je také zjištěna jako první při měření a lze ji nejsnadněji vyjádřit a popsat.

Další podkapitola je věnována vyhodnocení samotných výšek, které byly během vegetační sezóny roku 2023 naměřeny. Výšky v absolutních hodnotách (cm) naměřených na různých variantách (Alginit, Humac, kontrola) jsou porovnávány navzájem a zároveň se porovnávají i s ostatními dřevinami, pro komplexní přehled.

Poslední část se zabývá poměrem přírůstu, vzhledem k různým výškám stromů se přírůsty udávají i v procentuálním poměru jako doplněk k absolutním hodnotám, s myšlenkou omezení zkreslení výsledků.

6.2.1 Mortalita

Přehled počtu odumřelých jedinců v měřeném období je zobrazen v tabulce č. 1; jsou zde rozděleny počty podle variant a rozřazené ke každé dřevině. Z dřevin má nejvyšší mortalitu dub (19 ks na všech variantách) a z variant je nejvyšší mortalita na plochách ošetřených Alginitem (16 ks). Nejnižší mortalita je u lípy, a to napříč všemi variantami. Tabulka znázorňuje různost reakcí dřevin na varianty, podporující myšlenku o potřebných znalostech ke správnému párování dřeviny a přípravku.

Tabulka č.1: Mortalita za rok 2023 vyjádřená v kusech. HB = habr obecný (*Carpinus betulus*), LP = lípa malolistá (*Tilia cordata*), DB = dub letní (*Quercus robur*). Data jsou vlastní.

Mortalita za rok 2023 [ks]			
Dřevina	HB	LP	DB
Alginit	10	1	5
Humac	3	0	4
Kontrola	0	2	10

Zmíněná data jsou pouze z omezeného časového úseku, a nemusí tak být plně vypovídající. Ovšem při porovnání dat mortality za celou dobu trvání výzkumné plochy, tj. od roku 2019, jsou výsledky více vypovídající. Mortalita za celé období je shrnuta v tabulce č. 2. Data jsou očištěna o předchozí chyby, tím že pokud v jednom roce byl strom označen za odumřelý, ale byl pouze nenalezený a v následujícím měření byl změřen, tak se již nezapočítává do souhrnné mortality. Nejedná se tedy o převzaté výsledky z minulých prací a mohou se lišit.

Tabulka č. 2: Mortalita za období 2019 až 2023 vyjádřená v kusech.

HB = habr obecný (*Carpinus betulus*), LP = lípa malolistá (*Tilia cordata*), DB = dub letní (*Quercus robur*).

Data jsou vlastní.

Mortalita od výsadby 2019 do roku 2023 [ks]				
Dřevina	HB	LP	DB	Celkem
Varianta				
Alginit	45	6	54	105
Humac	74	14	29	117
Kontrola	27	8	66	101
Celkem	146	28	149	

Tabulka č. 3: Úmrtnost za období 2019 až 2023 vyjádřená v procentech.

HB = habr obecný (*Carpinus betulus*), LP = lípa malolistá (*Tilia cordata*), DB = dub letní (*Quercus robur*).

Data jsou vlastní.

Úmrtnost od výsadby 2019 do roku 2023 [%]				
Dřevina	HB	LP	DB	Celkem
Varianta				
Alginit	37,50%	5,00%	11,25%	8,33%
Humac	32,17%	5,83%	12,08%	10,14%
Kontrola	11,25%	3,33%	13,75%	6,25%
Celkem	24,75%	4,67%	12,42%	

Z výsledků zobrazených ve výše uvedených tabulkách (č. 2 a č. 3) je na první pohled zřejmé, že větší rozdíly v mortalitě jsou mezi druhy dřevin než mezi variantami ploch. Výsledky dokazují, že lípa má nejnižší počty odumřelých jedinců ve všech variantách a jeví se tak jako velmi vhodná dřevina na zalesňování, minimálně jako přípravná dřevina. Mezi dubem a habrem nejsou velké rozdíly v početnosti odumřelých jedinců, procentuální rozdíly jsou však téměř dvojnásobné u habru.

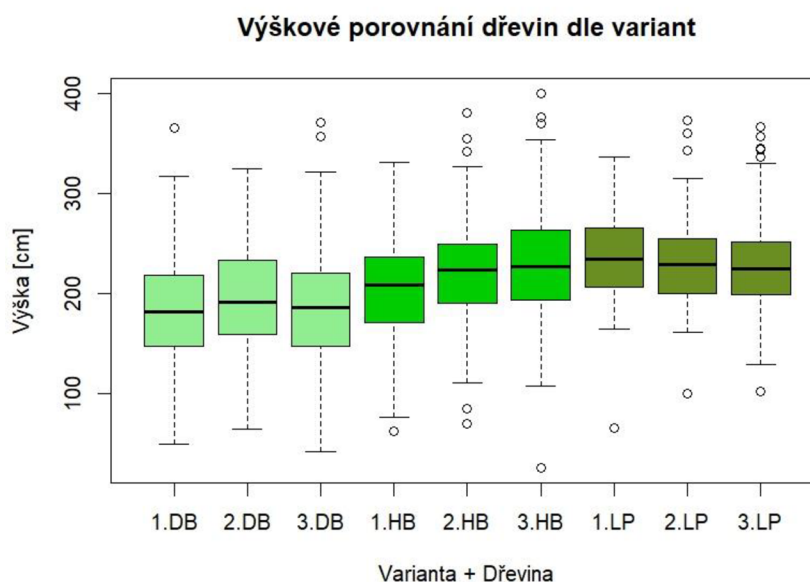
Při hodnocení mortality na různých variantách jsou rozdíly v absolutních hodnotách téměř zanedbatelné. Procentuální rozdělení je více vypovídající, kde s hrubým rozdílem 2 % mezi variantami lépe reprezentuje výsledky. Oproti očekávání jsou nejlepší kontrolní plochy bez využitých přípravků (mortalita 6,25 %). Navazují plochy, na kterých byl aplikován Alginit (mortalita 8,33 %), a na posledním místě plochy ošetřené Humacem (10,14 %).

Výsledky konkrétních kombinací dřeviny a varianty korelují se souhrnnými výsledky. Nejnižší počet odumřelých jedinců, v procentuálním podílu, je na kontrolní ploše lípy. Nejvyšší procentuální úmrtnost je u habru vysazeném na plochách ošetřených Alginitem, ale nejpočetnější mortalita byla u habru vysazeném na plochách s přípravkem Humac, což plně koreluje se souhrnem celkových výsledků. Doplnkově je možné sledovat stejný trend mortality dřevin z celého období v letošním měření, ale trend variant letošního roku již nesouhlasí.

6.2.2 Výšky

Všeobecný přehled výškového rozdělení je znázorněn na grafu č. 1, kde je kompletní výpis všech zkoumaných kombinací zobrazen pomocí boxplotu. Je zřetelné, že existují rozdíly napříč výškami dřevin. Jakožto nejvyšší vychází lípa, která má také nejmenší rozptyl výšek. Dub má nejnižší naměřené hodnoty s poměrně širokým rozptylem dat, kde mezi spodní a horní hranicí je rozdíl přes dva metry u všech variant. Habr také vykazuje podobně jako lípa vyšší hodnoty než dub, ale nižší než samotná lípa, ovšem je nejasné, jak významné tyto rozdíly jsou na rozdíl od přímého porovnání lípy s dubem. Pro zjištění významu těchto rozdílů, byly hodnoty statisticky porovnány dle popsané metodiky pomocí anovy a následného pos-hoc testu, konkrétně TukeyHSD testu v prostředí R Studio. Graf s podrobnými výsledky tohoto testu se nachází v příloze č. 3.

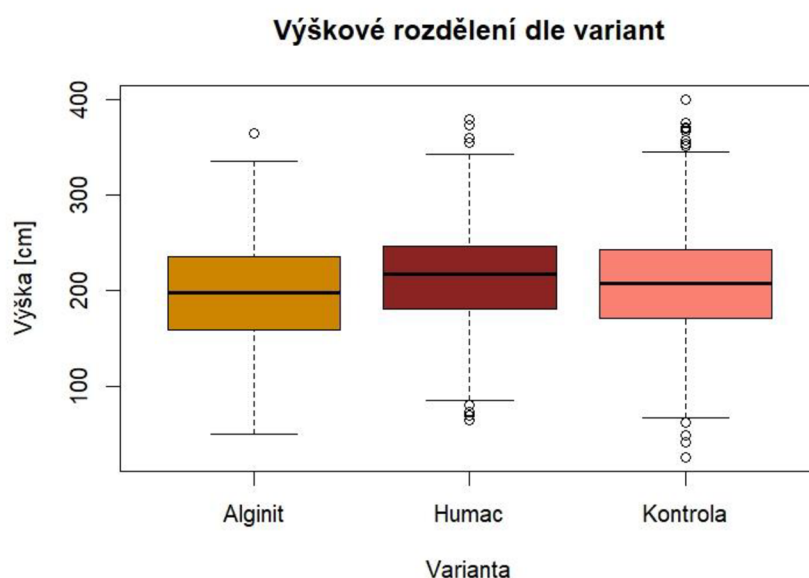
Stručné shrnutí dokládá že, lípa je pokaždé statisticky vyšší než dub, nezávisle na variantách jedné či druhé dřeviny. Habr je taktéž prokazatelně vyšší než dub pěstovaný na všech variantách s výjimkou při pěstování habru na Alginitu, v tomto případě není habr prokazatelně vyšší než žádná varianta s dubem. Na závěr, při porovnávání lípy s habrem, je lípa na všech variantách statisticky vyšší jen v porovnání s habrem vysázeným na plochách ošetřených Alginitem, plochy s Humacem nebo kontrolní nevykazují průkazný rozdíl.



Graf č. 1: Výškové porovnání kombinací varianty s dřevinou. Varianta 1 = Alginit, 2 = Humac, 3 = kontrola. Data jsou vlastní.

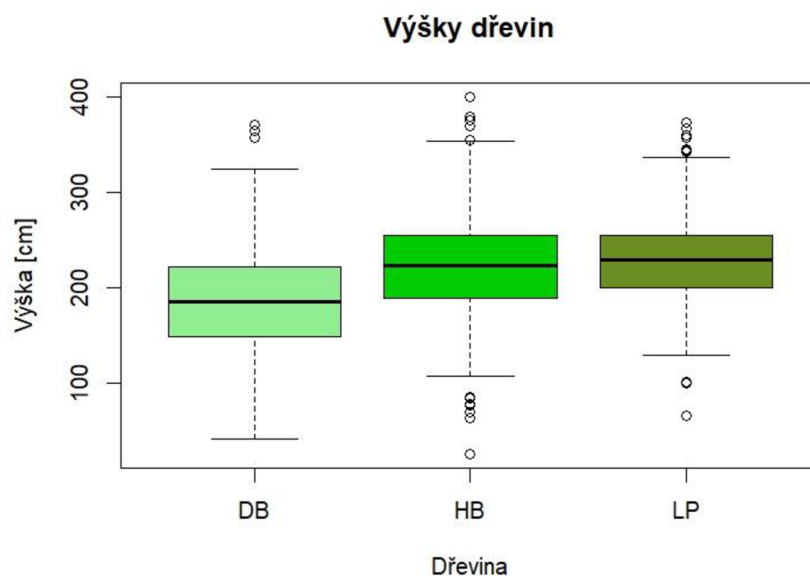
Následující analýza se zaměřuje na systematický rozbor vlivu jednotlivých variant, nezávisle na zvoleném druhu dřeviny. Pozorované plochy ošetřené přípravkem Humac vykazují nejvýrazněji zvýšené naměřené výšky, avšak rozdíly mezi jednotlivými variantami nejsou výrazné a vyžadují potvrzení statistickými testy.

Získané výsledky potvrzují primární hypotézu, která naznačuje, že plochy ošetřené přípravkem Humac dosahují signifikantně vyšších výšek než obě ostatní varianty. Průměrný rozdíl ve výškách mezi plochami s aplikovaným Humacem a Alginitem činí 20,50 cm, se zmíněným prospěchem pro Humac, zatímco ve srovnání s kontrolními plochami dosahuje průměrný rozdíl 9,55 cm. Současně je zaznamenáno, že kontrolní plochy vykazují průměrně o 10,95 cm vyšší výšky než plochy ošetřené Alginitem.



Graf č. 2: Výškové porovnání dle variant. Data jsou vlastní.

Poslední srovnávání výšek je rozděleno na dřeviny bez ohledu na využitá hnojiva. Na rozdíl od předchozích grafů je patrný výrazný rozdíl u výšek dubu, v porovnání dubu s lípou tak je o průměrně 38,68 cm nižší a oproti habru o 27,99 cm nižší. Průměrný rozdíl mezi druhými dřevinami, tj. habrem a lípou, není tak zásadní s hodnotou pouhých 2,23 cm. Ale i tak je rozdíl statisticky významný v prospěch lípy, a to pravděpodobně z důvodu menšího rozptylu dat, obdobně jako v souhrnném grafu (graf č.1), ačkoliv zde variabilita rozptylu není tak prominentní.



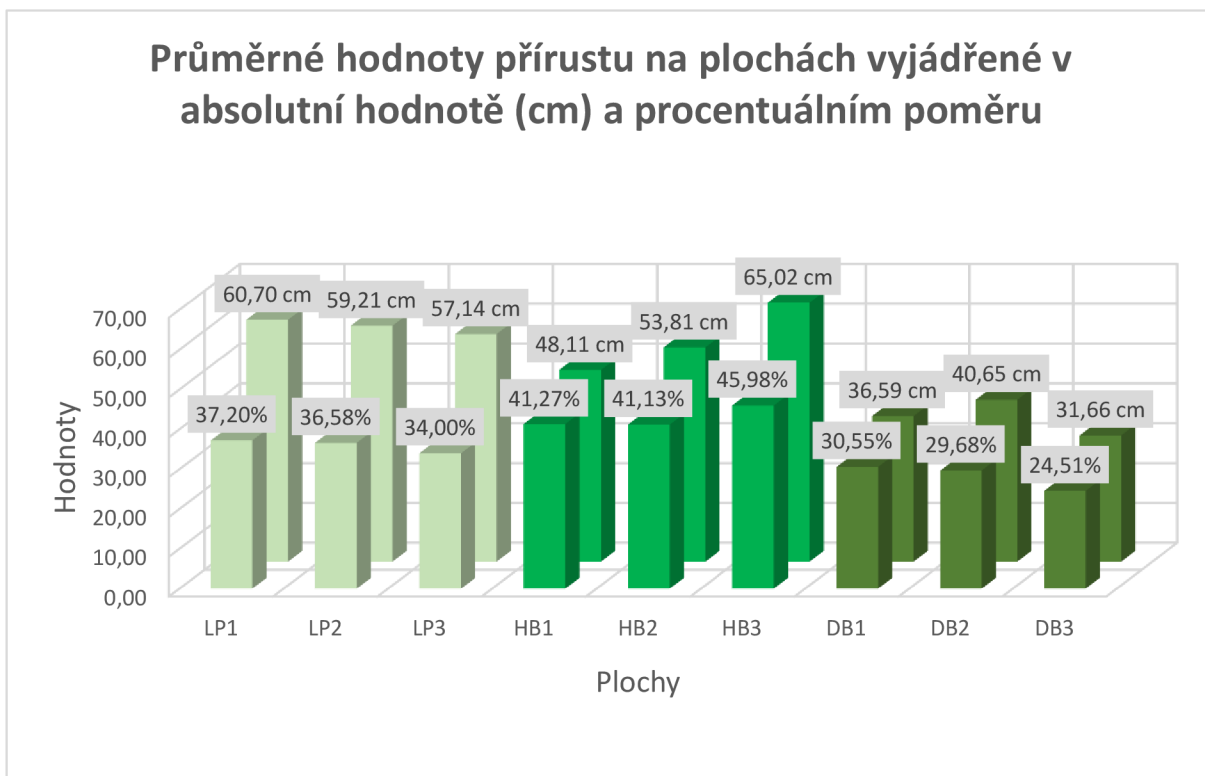
Graf č. 3: Výškové porovnání dle dřevin. Data jsou vlastní.

Předchozí porovnávání poměřují souhrnné výsledky v rámci kategorie, dřeviny nebo varianty, poslední část této podkapitoly se zaměřuje na porovnávání jednotlivých variant v rámci druhu dřeviny. Pro přehled se lze opět odkazovat na prvotní sumarizační graf (graf č. 1) a výsledky v příloze č. 3.

Lípa nemá statisticky výrazné rozdíly mezi žádnými porovnávanými páry svých variant, stejně je tomu u dubu. U těchto dřevin tedy není žádná vhodnější varianta než jiná, v rámci celkové výšky. Habr je odlišný, a to v případě plochy s Alginitem v porovnání s kontrolní plochou, kde je plocha s Alginitem průměrně nižší o 25,08 cm. Zajímavé jsou výsledky rozdílu ploch Alginitu s Humacem, plocha s prostředkem Alginit je vyšší v průměru o rovných 22 cm, ale hodnota $p = 0,05147$, není tedy za hranicí statistické významnosti, ale velmi těsně a je proto vhodné tuto skutečnost poznamenat pro osobní zhodnocení významnosti tohoto rozdílu.

6.2.3 Přírůsty

Přírůsty jsou souhrnně vyjádřené na rozdíl od výšek pomocí sloupcového grafu s průměrnými hodnotami přírůstu v absolutních hodnotách a také v procentuálním poměru k celkové výšce. Procentuální vyjádření eliminuje zkreslení výsledku v případě srovnávání různě vysokých jedinců. Data jsou očištěna o jedince, kteří mají negativní hodnoty přírůstů, jelikož je to v rozporu s logikou principu přirůstání. Jedná se celkem o 86 stromů, kde 35 kusů odumřelo a jsou rozepsány v tabulce mortality tohoto období (tabulka č. 1). U zbývajících 51 stromů se pravděpodobně jedná o chybu měření.



Graf č. 4: Průměrný přírůst na plochách za vegetační období 2023 vyjádřený v absolutních hodnotách a procentuálním poměru. Plochy jsou popsány kombinací zkratky dřeviny a varianty, kde 1 = Alginitu, 2 = Humac, 3 = kontrola. Data jsou vlastní.

V rámci dřevin je vidět rovnováha mezi oběma způsoby zobrazení, zároveň jsou patrné rozdíly mezi dřevinami, primárně mezi lípou a habrem, kde samotným přírůstem většinou převyšuje lípa, ale v procentuálním přírůstu dominuje habr. Dub je pozadu v obou možnostech srovnávání v poměru k druhým dřevinám, toto může být způsobeno celkovou výškou jednotlivých dubů, které nemusely přerůst vysokou buřň na stanovišti a mohou jí tak být negativně ovlivněny.

Při optickém vyhodnocování grafu je maximální přírůst u habru bez melioračního přihnojování. Lípa má nejlepší výsledky u Alginitu, ale nejsou příliš odlišné od ostatních variant. Pro přírůst dubu nejvíce prospívá přípravek Humac. Není tedy jednotná shoda pro optimální variantu, opět se potvrzuje že je důležitá kombinace dřeviny a použitého přípravku.

Statisticky jsou výsledky obou možností, přímého a procentuálního rozdílu, poměrně shodné.

U přírůstu vyjádřeného v centimetrech jsou všechny varianty ploch lípy vyšší než jakákoliv varianta dubu, stejně tak je tomu u habru s Humacem nebo na kontrolních plochách. Habr na ploše s Alginitem má významně větší přírůst pouze oproti dubu s Alginitem nebo na kontrole. Mezi variantami dubu nebo mezi lípou a habrem nejsou žádné významné rozdíly v přírůstu. Všechny varianty lípy jsou větší než kontrolní plocha dubu, ale u ploch s meliorační hmotou nelze prokázat signifikantní rozdíl. Habr má stejné porovnání s dubem jako u absolutních hodnot, ovšem má dodatečně i prokazatelný rozdíl v případě habru pěstovaném na kontrolních plochách, který je vyšší než lípa pěstovaná na Humacu.

Vyhodnocení největšího přírůstu dle dřeviny je prezentováno v tabulce č. 4, která je rozdělena na dvě části. Jednotlivé části vyjadřují statistické rozdíly mezi dřevinami ve všech možných párech. Výsledky prokazují statistické rozdíly mezi dřevinami z TukeyHSD testu. Podrobné výsledky jsou dostupné v příloze č. 4.

Závěrem je dominance habru v obou případech, nad dubem a v případě procentuálního hodnocení je habr i vyšší než lípa.

Nápodobně jsou prezentovány rozdíly mezi variantami v tabulce č. 5, kde je zjevný prospěch přípravku Humac, který má nejvyšší přírůst v absolutních hodnotách. V případě procentuálního hodnocení nebyly shledány žádné významné rozdíly mezi variantami. Rozpis kompletních výsledků je součástí přílohy č. 5.

Tabulka č. 4: Porovnání přírůstu dle dřevin. LP = lípa malolistá (*Tilia cordata*), HB = habr obecný (*Carpinus betulus*), DB = dub letní (*Quercus robur*), symbol „>“ nebo „<“ značí statisticky významné rozdíly, neprokázaný rozdíl se označuje symbolem „=“. Data jsou vlastní.

Přírůst dle dřevin	
Absolutní hodnota	Procentuální poměr
LP = HB	LP < HB
LP > DB	LP > DB
HB > DB	HB > DB
Výsledek:	
HB i LP > DB	HB > LP > DB

Tabulka č. 5: Porovnání přírůstu dle variant. Symbol „>“ nebo „<“ značí statisticky významné rozdíly, neprokázaný rozdíl se označuje symbolem „=“. Data jsou vlastní.

Přírůst dle variant	
Absolutní hodnota	Procentuální poměr
Alginit < Humac	Alginit = Humac
Alginit < kontrola	Alginit = kontrola
Humac > kontrola	Humac = kontrola
Výsledek:	
Humac > kontrola > Alginit	bez rozdílu

6.2.4 Souhrn výsledků

Sjednocením výsledků z jednotlivých podkapitol je vytvořena závěrečná tabulka č. 6, kde je celkový přehled naměřených hodnot. Je zřejmé, že nejmenší mortalita je u lípy, což souhlasí s dlouhodobým trendem (v rámci celého období výzkumné plochy). Mortalita u variant není již tak jednoznačná, ale opět při hodnocení dlouhodobého hlediska jsou nejnižší ztráty na kontrolních plochách.

V rámci výšek stromů je nejvyšší lípa. Dub je naopak nejnižší, s tím že veškeré varianty dubu jsou statisticky nižší než všechny varianty lípy a varianta habru na Humacu a na kontrolní ploše. Mezi habrem a lípu nejsou velké rozdíly, ale všechny tři varianty lípy jsou prokazatelně vyšší než habr s Alginitem, u dalších variant není rozdíl průkazný. Při hodnocení přípravku je nejpozitivnější vliv na plochách s Humacem.

Přírůsty korespondují s výsledky výšek. Hodnocením variant vyšel jako nejlepší přípravek Humac a u dřevin je nejlépe přirůstající habr, ačkoliv lípa není příliš odlišná s rozdílem pouze v procentuálním poměru, kde rozdíl mezi dřevinami je 7,47 % v prospěch habru.

Částečně kontradikční těmto obecným výsledkům je největší přírůst za toto období u habru na kontrolní ploše.

Tabulka č. 6: Přehled výsledných hodnot: Mortalita je z posledního měření, tedy z roku 2023. Výsledné výšky a přírůsty jsou vyjádřené průměrnými hodnotami. Poznámka: Průměrné hodnoty jsou odvozeny samostatně a není mezi nimi přímý vztah. Data jsou vlastní.

Přehled výsledkových hodnot				
Plocha	Mortalita [ks]	Výška [cm]	Přírůst [cm]	Přírůst [%]
LP - Alginit	1	238,26	60,70	37,20
LP - Humac	0	230,19	59,21	36,58
LP - Kontrola	2	227,29	57,14	34,00
HB - Alginit	10	201,00	48,11	41,27
HB - Humac	3	222,68	53,81	41,13
HB - Kontrola	0	222,80	65,02	45,98
DB - Alginit	5	182,93	36,59	30,55
DB - Humac	4	194,93	40,65	29,68
DB - Kontrola	10	185,53	31,66	24,51

7 Diskuze

Postupným zhodnocením celého procesu zalesňování zemědělských půd od počátku je možné zdůraznit podstatné body pro tuto krajinnou transformaci a na základě změřených dat v této práci spolu s výsledky jiných prací vytvořit doporučení k úspěšnému zvládnutí těchto kritických bodů.

Již začátek transformace je problematický, a to v rámci výběru správného pozemku. Hlavním kritériem by měl být záměr vlastníka, přičemž v případě zájmu o zalesnění je potřebné také určit cíl porostu. Cíl budoucího porostu určuje možnosti druhové skladby a způsob hospodaření, spolu se stanovištními podmínkami může vzniknout velmi omezený výběr druhů dřevin pro žádaný porost. Před vznikem tohoto porostu je doporučeno vytvořit přípravný porost, který zlepší stanovištní podmínky a může poskytnout lepší bezpečnost budoucího porostu. Pro založení takového porostu se doporučují pionýrské dřeviny (Kacálek et al. 2022, Podrázský et al., 2007), cenné listnáče, MZD (Slodičák et al., 2017) anebo lze využít i introdukované dřeviny (Wohlgemuth et al., 2022) v případě, že je to v souladu s legislativou. Z výsledků práce se lípa zdá jako velmi vhodná dřevina pro tyto přípravné porosty, má nízkou mortalitu, rychlý přírůst a je velmi prospěšná pro vznik opadu, potřebného k tvorbě humusu. Dále je možné doporučit břizu, olši jasan, ale i smrk. (Podrázský et al., 2007, Hagethorn, 2004)

V případě introdukovaných dřevin je potřeba mimo legislativní možnosti také zvážit možný dopad na lokální ekosystém a celkovou vhodnost, aby se předešlo invazivním druhům. (Wohlgemuth et al., 2022) Introdukci však s výhledem na budoucí klima nelze dlouhodobě zamítat, a to vlivem změn našeho klimatu a posunu areálu optima dřevin, což povede k žádané introdukci dřevin jižních států Evropy. (Lindner et al., 2010)

Souhrnem těchto faktorů a výsledků z práce lze doporučit dřevinou skladbu složenou z břízy, pro její široké rozšíření a přirozenou schopnost se početně zmlazovat, lípy pro její nízkou mortalitu a vysokou konkurenci schopnost s přidanou hodnotou bohatého opadu, habru pro jeho markantní přírůst a poměrně vysokou snášenlivost stínu, anebo jeřábu, který má také bohatý přírůst a je volně se šířící dřevina s přínosem potravy pro lokální faunu. (Lohmann, 2005) Naopak dub nelze doporučit pro účely přípravných porostu vlivem pomalého růstu, a tak malé konkurenceschopnosti proti ostatním dřevinám a bylinám, které se na zemědělské půdě mohou vyvíjet mnohem rychleji. Zároveň sazenice dubu jsou drahé a je lepší je využít v porostech, kde očekáváme kvalitní sortimenty.

Sadbu vybraných dřevin pro vznik podpůrného porostu je možné podpořit melioračními prostředky nebo hnojivy. Hnojiva nejsou příliš potřebná, jelikož zemědělské půdy jsou velmi živné a mohou obsahovat zbytky hnojiv podporující růst z předchozího hospodářství. (Kacálek et al. 2022) Meliorační prostředky zlepšují hlavně vodní stav půdy v blízkém okolí sadby., Příkladem takových přípravků je Alginit (Brvenec et al., 2017) anebo Humac (Anon, 2021), které byly použity i na výzkumné ploše. Výsledky v rámci této práce ukazují, že ani jeden z přípravků neměl pozitivní vliv na mortalitu, dokonce prokázaly spíše negativní dopad na mortalitu, pravděpodobně v důsledku omezeného růstu kořenů, ale záleží na dřevině. Obdobně tomu je u (Cukor et al., 2017) V jiné části zkušební plochy Doubek, kde se stejné dávkování Alginitu i Humacu zkouší na kaštanovníku (*Castanea*), platanu (*Platanus*) a lísce (*Corylus*), jsou výsledky lepší než na kontrolní ploše (Svoboda, 2022). Je také potřeba brát zřetel na dobu, po kterou jsou sazenice ovlivněny melioračními přípravky. Podle Cukor et al., 2017 se vliv ztrácí po třech letech, a i v rámci této práce je zřetelná změna hlavního faktoru mortality ze sadebních podmínek na konkurenční vztahy. Záleží tedy na kombinaci dřeviny a melioračního prostředku, ovšem výsledky naznačují, že podpora sadby pomocí melioračních hmot není potřebná.

Založením porostu začíná několikaletá péče o mladý porost, hlavním problémem je buřň podpořená živným stanovištěm. Dřeviny profitují z bohatství živin, které jsou k dispozici v zemědělské půdě (Podrázský et al., 2011), ale stejně tak profitují byliny a traviny, které rostou několika násobně rychleji než dřeviny. Bylinné patro tak vytváří silnou konkurenci dřevinám v oblasti vody nebo světla, které jsou klíčové pro růst sazenic. (Kasper et al., 2022) Dalším nebezpečím je zvěř, která může být lákána atypickými druhy dřevin, proto je potřeba plochu řádně oplotit anebo zajistit velmi aktivní přístup myslivců na konkrétní lokalitě. Zvěř může být nebezpečná i v pozdějších fázích porostu, kde škody na kmenech či větvích vzniklé loupáním či ohryzem mohou být napadené patogeny. Toto riziko je závislé na patogenech v okolí, a hlavně na dřevině. Zde může být významný potenciál i introdukovaných dřevin, které mohou být rezistentní vůči lokálním patogenům, ale mohou představovat i velké riziko v případě zavlečení nových patogenů do krajiny.

Zajištěním porostu nastává fáze výchovy, kde velmi záleží na směru a způsobu hospodaření i na dřevině. Výchovné zásahy jsou však potřebné a nesmí se zanedbat, z důvodu větrného ohrožení na otevřené krajině nebo mělkých kořenů vlivem bohaté půdy se zhuštěným spodním horizontem. (Potterf et al., 2022, Kacálek et al. 2022) Cílem výchovy by tedy měla být stabilita a bezpečnost porostu. Na výchovu lze navázat přeměnou na cílový porost v případě, že je to

vhodné. Není zaručeno, že jedna generace přípravného porostu je dostačující pro vznik stabilního lesa žádané dřevinné skladby. (Vacek et al., 2005)

Pro zalesnění zemědělské půdy lze tedy doporučit několikagenerační přípravný porost složený z břízy, lípy, habru, jeřábu a smrku s variabilitou dalších dřevin dle podmínek stanoviště. Výchova by od počátku měla být důkladná a intenzivní, hlavně v prvotní části při silném negativním vlivu buřeně a při ochraně proti zvěři. Porost by měl být obnoven přirozeným zmlazením pro snížení nákladů na zalesnění. Tento postup lze uplatnit i na lesních půdách s možností rozšíření dřevinné skladby a s předpokladem méně potřebných generací ke změně půdních podmínek.

V průběhu celého procesu vznikající lesní ekosystém ovlivňuje své těsné okolí a mikroklima. Opad ze stromů vytváří nadložní humus, který obohacuje půdu o mikro a makro látky, kořeny zpevňují strukturu půdy a omezují tak vodní erozi. (Hagethorn, 2004) Retence vody se zvyšuje vlivem kořenů a intercepce. (Slodičák et al., 2017, Schwiger et al., 2019) Kmeny a větve tvoří překážku větru a snižují tak jeho rychlost a vliv větrné eroze na půdu. (Cukor, 2019) A po celou dobu se váže uhlík do dřevní hmoty stromů, čímž kladně ovlivňuje ovzduší.

8 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit stav kombinované výstavby lípy a habru, výsledkem je pozitivní přínos obou dřevin pro přípravný porost při zalesňování zemědělské půdy a následné využití dřevní hmoty, ačkoliv lépe vychází lípa v důsledku nízké mortality. V rámci přírůstu a celkové výšky jsou výsledky velmi srovnatelné. Dub jakožto kontrolní dřevina měl velmi chudý přírůst ve srovnání s hlavními dřevinami, ale trend přírůstu je shodný napříč dřevinami. V případě porovnávání půdních přípravků je Humac preferovanou možností, a to poměrně pozitivním vlivem na přírůst dřevin.

Výsledky této práce se shodují s myšlenkou jiných prací a dokazují tak význam zkoumaných dřevin. Samozřejmostí je potencionální ovlivnění výsledků vhodností stanoviště, klimatickými podmínkami i hospodářským managementem a přístupem.

V rámci literární rešerše je zpracována problematika zalesňování zemědělských půd a změny klimatických podmínek, které jsou s tématem silně provázané. Závěrem je, že se jedná o komplexní problematiku s nutností doplnit metodické postupy a doporučení pro jednodušší zakládání těchto zalesňovacích ploch, kde klíčová metodika je potřeba pro výběr vhodného pozemku. Toto upřesní i administrativní odhady a databáze, prokážou se tím možnosti našeho státu na dalším zvyšování lesnatosti. Dále je potřeba sjednotit lesnickou společnost pro vytvoření metodického postupu při zalesňování, toho bude možno docílit přínosem nových vědeckých poznatků k této problematice.

Zalesňování zemědělských ploch je nelehká záležitost s více než jednou problematikou, kde žádná z nich není řádně prozkoumaná a nejsou stanovené žádné postupy k jistému nebo efektivnímu dosažení cílů. Proces však má několik nepochybných přínosů pro celou společnost a je proto žádoucí podporovat výzkum v tomto směru.

Zdroje

Literatura

- Anon, 2019 Analýza zemědělství [online]. 1. Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR. 2019, 12 s. [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/08/Analýza-zemědělství-2019.pdf>
- Bartoš, 2007 BARTOŠ, Jan. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu: vědecký recenzovaný časopis. Praha – Zbraslav nad Vltavou: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, 2007, 52, 11-15. ISSN 0322-9688.
- Brvenec et al., 2017 BRAVENEC, M., J. KURKA a V. V.SALVA. Alginit – Přírodní pomocná půdní látka. Alginit Prodej [online]. 2017 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <http://www.alginit-prodej.cz/zpusoby-pouziti/>
- Bréda et al., 2006 BRÉDA, N.; HUC, R.; GRANIER, A.; ERWIN DREYER, E., Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences Ann. For. Sci. 63(6), 2006, 625-644p, DOI: 10.1051/forest:2006042
- Buček & Lacina, 2007 BUČEK, Antonín; Jan LACINA. Geobiocenologie II: geobiocenologická typologie krajiny České republiky. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-046-6.
- Bussotti et al., 2015 BUSSOTTI, F.; POLLASTRINI, M.; HOLLAND, V.; BRÜGGEMANN, W., Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change, Environmental and Experimental Botany, Volume 111, 2015, Pages 91-113, ISSN 0098-8472
- Cukor, 2019 CUKOR, Jan. Vývoj lesních porostů a lesních půd na zalesněné zemědělské půdě. Praha, 2019. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta lesnictví a dřevařství, katedra pěstování lesů. Vedoucí práce Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
- Cukor et al., 2017 CUKOR, Jan; LINHART, Lukáš; VACEK, Zdeněk; BALÁŠ, Martin a ROSTISLAV, Linda. The effects of Alginate fertilization on selected tree species seedlings performance on afforested agricultural lands, Central European Forestry Journal, vol.63, no.1, 2017, pp.48-56. <https://doi.org/10.1515/forj-2017-0001>

- Dujka, 2016 DUJKA, Petr. Možnosti využití hnojení při zalesňování nelesních půd v PLO 31 Českomoravské mezihoří. Brno, 2016. Diplomová práce. Masarykova univerzita, lesnická a dřevařská fakulta, ústav geologie a pedologie. Vedoucí práce Ing. Jan Pecháček, Ph.D.,.
- Dušek & Slodičák, 2009 DUŠEK, David a Marian SLODIČÁK. Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na bývalé zemědělské půdě. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v.v.i. 2009, (1), 12 - 16
- Gallo et al., 2022 GALLO, Josef, Jiří ZÁRUBA, Martin ZÁRUBA a Vilém PODRÁZSKÝ. Výzkumná plocha Doubek – introdukované dřeviny na zemědělské půdě. In: Nové poznatky ve výzkumu introdukovaných dřevin. 1. Praha: Česká lesnická společnost, 2022, s. 45–52. ISBN 978-80-02-02981-6. ISSN /.
- Hagethorn, 2004 HAGETHORN, A. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*. 195. 10.1016/S0378-1127(04)00179-3.
- Hatlapatková & Podrázský, 2011 HATLAPATKOVÁ, L. – PODRÁZSKÝ, V. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2011, roč. 56, č 3, s. 228-234. ISSN: 0322-9688.
- Hoskovec, 2007 HOSKOVEC, Ladislav. *TILIA CORDATA* Mill. – lípa srdčitá / lipa malolistá. *Botany.cz* [online]. 2007 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/tilia-cordata/#:~:text=Ekologie%3A%20Přirozeně%20roste%20na%20humózních,korunou%2C%20vysoký%20až%2030%20m>
- Hrouda, Skalický, 1990 HROUDA, Lubomír; SKALICKÝ, Vladimír. *Květena České republiky 2*. Praha: Academia, 1990.
- Anon, 2021 Humac – bio. *Humac Czech* [online]. 2021 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://www.humac.bio/cz>
- Anon, 2020 HUMAC®AGRO. *Zemědělské divy* [online]. 2020 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://www.zemedelskedivy.cz/humac-agro>
- Ionita et al., 2021 IONITA, M.; DIMA, M.; NAGAVCIUC, V., et al. Past megadroughts in central Europe were longer, more severe and less warm than modern droughts, *Commun Earth Environ* 2, 2021, 61p

- Kacálek & Bartoš, 2002 KACÁLEK, D.; BARTOŠ, J. Problematika zalesňování neproduktivních zemědělských pozemků v České republice. [Matter of low-yield lands reforestation in the Czech Republic]. In: Současné trendy v pěstování lesů. Sborník referátů z výročního mezinárodního semináře pracovníků zabývajících se pěstováním lesů v České a Slovenské republice. Kostelec nad Černými lesy, 16. a 17. září 2002. Sest. J. Karas. Praha, ČZU – katedra pěstování lesů 2002, s. 39 - 45. [Orig. ke stažení jako pdf: (135 kB)]
- Kacálek et al. 2022 KACÁLEK, Dušan; NOVÁK, Jiří; ŠPULÁK, Ondřej; ČERNOHOU, Vladimír; BARTOŠ Jan. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v.v.i. 2022, 334 - 340.
- Kasper et al., 2022 KASPER, Jan; LEUSCHNER, Christoph; WALENTOWSKI, Helge; WEIGEL, Robert. 2022. Higher growth synchrony and climate change-sensitivity in European beech and silver linden than in temperate oaks. *Journal of Biogeography*. 2022. 1-14. 10.1111/jbi.14525.
- Kirschner, Křisa, 1992 KIRSCHNER, Jan; KŘÍSA, Bohdan. Květena České republiky 3. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-200-0256-1.
- Koblížek, 2006 KOBLÍŽEK, Jaroslav. Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. 2., rozš. vyd. Tišnov: Sursum, 2006. ISBN 80-7323-117-4.
- Kovář et al., 2013 KOVÁŘ, K., V. HRDINA a F. BUŠINA. VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA LESNICKÁ A STŘEDNÍ LESNICKÁ ŠKOLA BEDŘICHA SCHWARZENBERGA PÍSEK. Učební texty z předmětu Pěstování lesů [učebnice]. 1. Písek, 2013. Reg. č. CZ.1.07/2.1.00/32.0012.
- Lindner et al., 2010 LINDNER, M.; MAROSCHEK, M.; NETHERER, S.; KREMER, A.; BARBATI, A.; GARCIA-GONZALO, J.; SEIDL, R.; DELZON, S.; CORONA, P.; KOLSTRÖM, M.; LEXER, M.J.; MARCHETTI, M., Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *Forest Ecology and Management*, Volume 259, Issue 4, 2010, Pages 698-709, ISSN 0378-1127
- Lohmann, 2005 LOHMANN, Michael 2005. Bäume & Sträucher (in German). Munich: BLV. ISBN 3-405-16875-9

- Němeček et al., 2011 NĚMEČEK, J.; MÜHLHANSELOVÁ, M.; MACKŮ, J.; VOKOUN, J.; VAVŘÍČEK, D.; NOVÁK, P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání. Česká zemědělská univerzita Praha. 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.
- Podrázský, 2014 PODRÁZSKÝ, Vilém. Základy ekologie lesa. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2014. ISBN 978-80-213-2515-9.
- Podrázský et al., 2011 PODRÁZSKÝ, Vilém; PROCHÁZKA, J.; REMEŠ, Jiří. 2011. Production and development of soil environment of forest stands on former agricultural lands in the region of Czech-Moravian Highland. Zpravy Lesnického Vyzkumu. 56. 27-35.
- Podrázský et al., 2007 PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; ULBRICHOVÁ, Iva. Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 2007, roč. 4, č. 51, s. 230 - 234. ISSN: 0322-9688
- Poleno, Vacek, 2011 POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav. Pěstování lesů. 2., upr. a dopl. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 978-80-87154-99-1. S. 156.
- Potterf et al., 2022 POTTERF, Maria; EYVINDSON, Kyle; BLATTERT, Clemens; BURGAS, Daniel; BURNER, Ryan; STEPHAN, Jörg; MONKKONEN, Mikko. 2022. Interpreting wind damage risk-how multifunctional forest management impacts standing timber at risk of wind felling. European Journal of Forest Research. 141. 10.1007/s10342-022-01442-y.
- Reidsma et al., 2006 REIDSMA, P.; TEKELENBURG, Tonnie; VAN DEN BERG, Maurits; ALKERMADE, Rob. 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. Agriculture, Ecosystems & Environment. 114. 86-102. 10.1016/j.agee.2005.11.026.
- Seidl et al., 2017 SEIDL, R.; THOM, D.; KAUTZ, M., et al. Forest disturbances under climate change. Nature Clim Change 7, 2017, 395–402p <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Schwiger et al., 2019 SCHWAIGER, F., POSCHENRIEDER, W., BIBER, P., PRETZSCH, H., Ecosystem service trade-offs for adaptive forest management, Fresing, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100993>

- Sierota, 2013 SIEROTA, Zbigniew. 2013. Heterobasidion root rot in forests on former agricultural lands in Poland: Scale of threat and prevention. Scientific research and essays. 8. 2298 - 2305. 10.5897/SRE2013.5724.
- Slodičák et al., 2017 SLODIČÁK, M.; KACÁLEK D.; MAUER O.; et al. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin v CHS borového a smrkového hospodářství: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2017. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-153-6
- Slodičák & Novák, 2007 SLODIČÁK, Marian; NOVÁK, Jiří. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2007. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-86461-89-2.
- Svoboda, 2022 SVOBODA, Jan. Iniciální stav a vývoj výsadeb platanu, kaštanovníku setého, lísky turecké a ořešáku černého na Černokostelecku. Praha, 2022. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta lesnictví a dřevařství, katedra pěstování lesů. Vedoucí práce Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
- Šišák at al., 2017 ŠIŠÁK, Luděk; ŠACH, František, ŠVIHLA, Vladimír; PULKRAB, Karel; DUDÍK, Roman. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti ekosystémových služeb lesa v České republice [Certifikovaná metodika]. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017.
- Tužinský et al., 2015 TUŽINSKÝ, M.; KUPKA, I.; PODRÁZSKÝ, V.; PRKNOVÁ, H. 2015. Influence of the mineral rock alginite on survival rate and re-growth of selected tree species on agricultural land. Journal of Forest Science, 61: 9: 399–405. DOI: <https://doi.org/10.17221/11/2015-JFS>
- UHUL, 2023 UHUL. Přehled lesních typů a soubor lesních typů v ČR: Edafická tabulka. 1. 2023.
- Úradníček, Chmelař, 1998 ÚRADNÍČEK, Luboš; CHMELAŘ, Jindřich. Dendrologie lesnická 2 část Listnáče I. 1. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998, 167 s. ISBN 80-7175-169-5.
- Úradníček, Chmelař, 1996 ÚRADNÍČEK, Luboš; CHMELAŘ, Jindřich. Dendrologie lesnická 3. část, Listnáče II. 1. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1996, 138 s. ISBN 80-7175-236-5.

- Vacek et al., 2005 VACEK, S.; SIMON, J.; KACÁLEK D. 2005. Strategie zalesňování nelesních půd. Lesnická práce, 84: 13-15.
- Vacek et al., 2022 VACEK, Stanislav; Zdeněk VACEK; Lukáš BÍLEK, Jiří REMEŠ; Martin BALÁŠ; Vilém PODRÁZSKÝ; Igor ŠTEFANČÍK; Jan CUKOR. Pěstování účelových lesů – lesů zvláštního určení a lesů ochranných. Vydání: druhé (upravené a doplněné). V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2022. ISBN 978-80-213-3204-1.
- Vaško, Szanyi, 2022 VAŠKO, Ladislav; SZANYI, Gejza. Humac – Přírodní huminové kyseliny. HUMAC Nativ CZ [online]. 2022 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <https://www.humac-nativ.cz/o-huminovych-kyselinach>
- Wallace et al., 2007 WALLACE, Zachary;LOVETT, Gary;HART, Julie; MACHONA, Bruce. 2007. Effects of nitrogen saturation on tree growth and death in a mixed-oak forest. Forest Ecology and Management. 243. 210-218. 10.1016/j.foreco.2007.02.015.
- Wohlgemuth et al., 2022 WOHLGEMUTH, Thomas; GOSSNER, Martin; CAMPAGNARO, Thomas; MARCHANTE, Hélia; LOO, Marcela; VACCHIANO, Giorgio; CASTRO-DÍEZ, Pilar; DOBROWOLSKA, Dorota; GAZDA, Anna; KEREN, Srdjan; KESERŮ, Zsolt; KOPROWSKI, Marcin; LA PORTA, Nicola; MAROZAS, Vitas; NYGAARD, Holm; PODRÁZSKÝ, Vilém; PUCHAŁKA, Radosław; REISMAN-BERMAN, Orna; STRAIGYTE, Lina; SILVA, Joaquim. 2022. Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. NeoBiota. 78. 45-69. 10.3897/neobiota.78.87022.

Seznam použitých grafických prvků

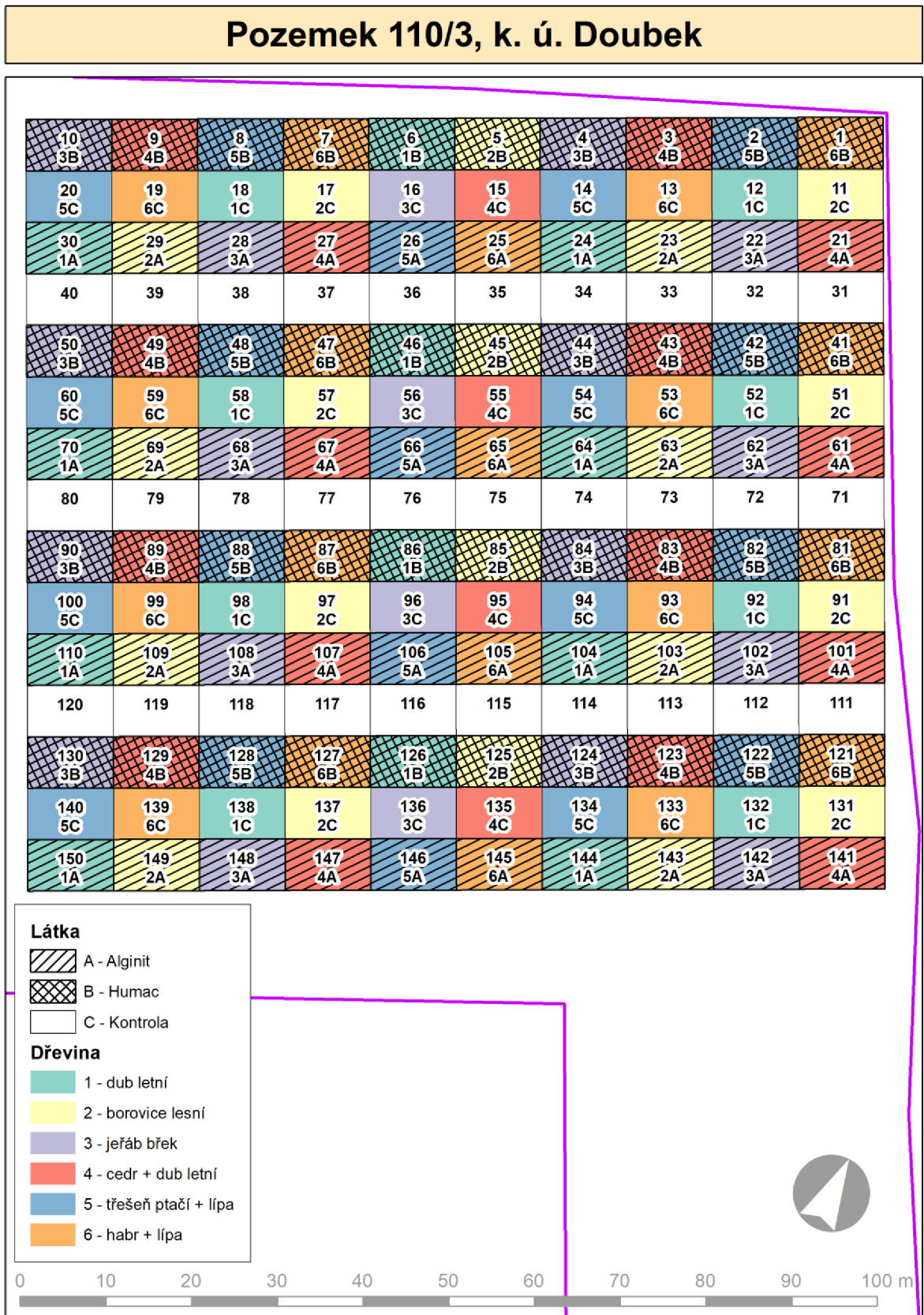
Schéma č. 1: - Hrubé rozdělení zemí do bioklimatických zón	16
Schéma č. 2: Distribuce přímých, nepřímých a interakčních účinků	20
Tabulka č.1: Mortalita za rok 2023 vyjádřená v kusech.....	35
Tabulka č. 2: Mortalita za období 2019 až 2023 vyjádřená v kusech	36
Tabulka č. 3: Úmrtnost za období 2019 až 2023 vyjádřená v procentech.....	36
Graf č. 1: Výškové porovnání kombinací varianty s dřevinou	37
Graf č. 2: Výškové porovnání dle variant.....	38
Graf č. 3: Výškové porovnání dle dřevin.....	39
Graf č. 4: Průměrný přírůst na plochách za vegetační období 2023	40
Tabulka č. 4: Porovnání přírůstu dle dřevin.	41
Tabulka č. 5: Porovnání přírůstu dle variant.....	41
Tabulka č. 6: Přehled výsledných hodnot.....	42

Přílohy

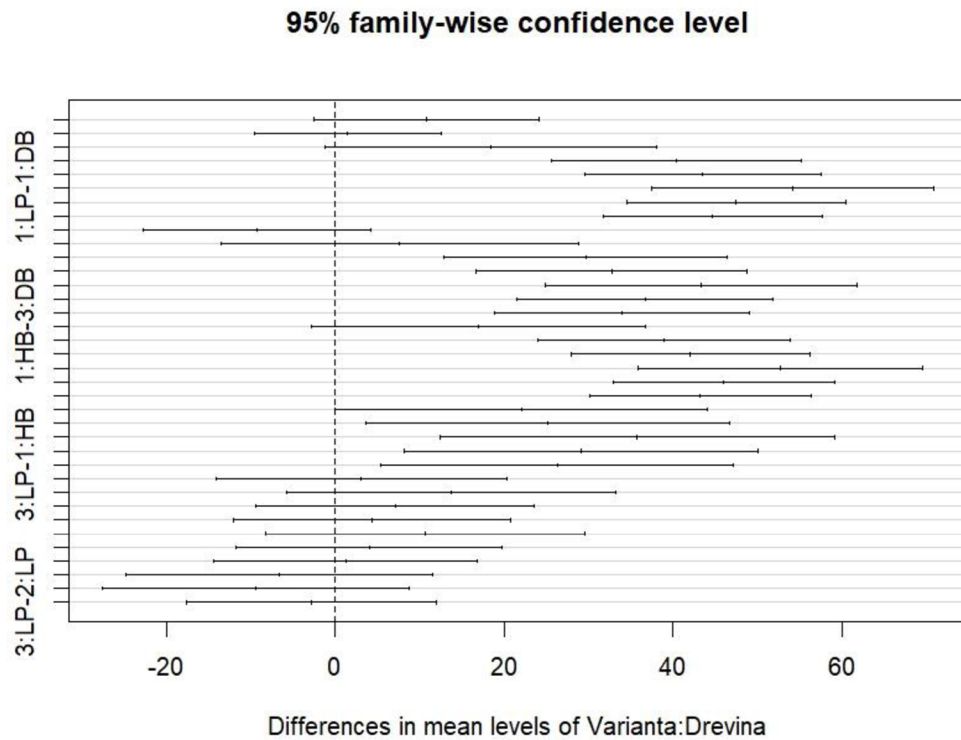
Příloha č. 1: Chemický rozbor melioračního materiálu Alginit. Zdroj: <http://www.alginit-prodej.cz/chemicky-rozbor/>

prvky / sloučeniny	měrná jednotka	průměrný obsah
ph/CaCl ₂		6,790
ph/H ₂ O		7,350
P	mg/kg hmoty	65,500
K	mg/kg hmoty	254,210
Mg	mg/kg hmoty	2,745,000
Ca	mg/kg hmoty	3,420,000
Na	mg/kg hmoty	248,630
Nt total	% hmoty	0,215
P ₂ O ₅ tot.	% hmoty	0,140
K ₂ O tot.	% hmoty	1,370
MgO tot.	% hmoty	1,570
CaO tot.	% hmoty	1,840
Cu	mg/kg hmoty	26,430
Zn	mg/kg hmoty	32,420
Se	mg/kg hmoty	1,420
Fe	mg/kg hmoty	191,350
Mn	mg/kg hmoty	58,300
S	mg/kg hmoty	3,670,000
B	mg/kg hmoty	62,400
Ti	mg/kg hmoty	7,680,000
C tot.	mg/kg hmoty	10,930
N tot.	mg/l hmoty	191,000

Příloha č. 2: Schéma výsadby na lokalitě Doubek, výřez hlavní části. Zdroj (Doubek)



Příloha č. 3: Výsledky Tukey HSD pos-hoc testu pro Výšky s faktorem varianta * dřevina, graf a sumarizace výsledků v R Studio. Data jsou vlastní.

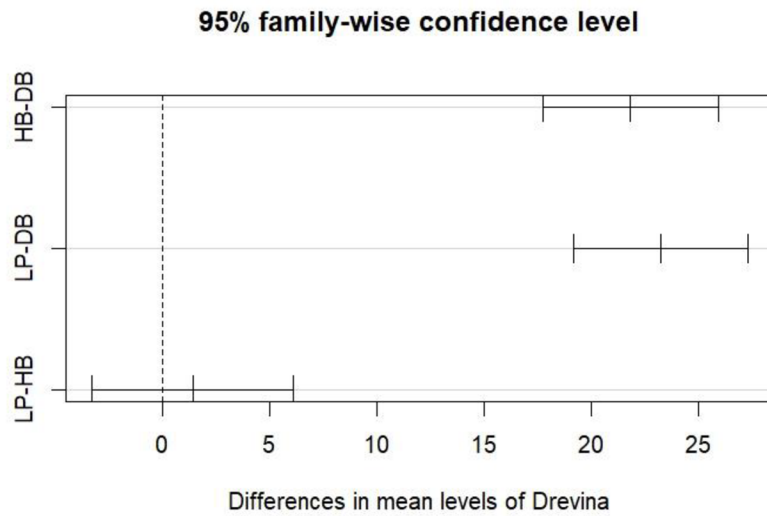


```

$`Varianta:Drevina`
      diff      lwr      upr    p adj
2:DB-1:DB 10.789548 -2.56400944 24.143106 0.2280897
3:DB-1:DB  1.480958 -9.51436840 12.476284 0.9999748
1:HB-1:DB 18.399072 -1.23290834 38.031052 0.0868425
2:HB-1:DB 40.405441 25.61379714 55.197086 0.0000000
3:HB-1:DB 43.486028 29.51249427 57.459563 0.0000000
1:LP-1:DB 54.144686 37.43287784 70.856494 0.0000000
2:LP-1:DB 47.468637 34.51133974 60.425935 0.0000000
3:LP-1:DB 44.687865 31.76703579 57.608694 0.0000000
3:DB-2:DB -9.308590 -22.81327093  4.196090 0.4458868
1:HB-2:DB  7.609524 -13.53034018 28.749388 0.9716830
2:HB-2:DB 29.615893 12.87456895 46.357218 0.0000016
3:HB-2:DB 32.696480 16.67340766 48.719553 0.0000000
1:LP-2:DB 43.355138 24.89535098 61.814925 0.0000000
2:LP-2:DB 36.679089 21.53409790 51.824080 0.0000000
3:LP-2:DB 33.898317 18.78451433 49.012119 0.0000000
1:HB-3:DB 16.918114 -2.81697004 36.653198 0.1623085
2:HB-3:DB 38.924484 23.99626743 53.852700 0.0000000
3:HB-3:DB 42.005071 27.88704827 56.123093 0.0000000
1:LP-3:DB 52.663728 35.83092005 69.496536 0.0000000
2:LP-3:DB 45.987679 32.87469135 59.100667 0.0000000
3:LP-3:DB 43.206907 30.12995321 56.283861 0.0000000
2:HB-1:HB 22.006369 -0.07006798 44.082807 0.0514784
3:HB-1:HB 25.086957  3.55010421 46.623809 0.0092737
1:LP-1:HB 35.745614 12.33918584 59.152042 0.0000789
2:LP-1:HB 29.069565  8.17775089 49.961380 0.0005522
3:LP-1:HB 26.288793  5.41957706 47.158009 0.0030460
3:HB-2:HB  3.080587 -14.15931131 20.320485 0.9997831
1:LP-2:HB 13.739245 -5.78609713 33.264586 0.4158849
2:LP-2:HB  7.063196 -9.36379405 23.490186 0.9208003
3:LP-2:HB  4.282424 -12.11581610 20.680663 0.9965780
1:LP-3:HB 10.658658 -8.25445670 29.571772 0.7152174
2:LP-3:HB  3.982609 -11.71175062 19.676968 0.9972009
3:LP-3:HB  1.201837 -14.46242806 16.866101 0.9999997
2:LP-1:LP -6.676049 -24.85124586 11.499148 0.9679725
3:LP-1:LP -9.456821 -27.60603744  8.692396 0.7951353
3:LP-2:LP -2.780772 -17.54563192 11.984088 0.9996786
    
```

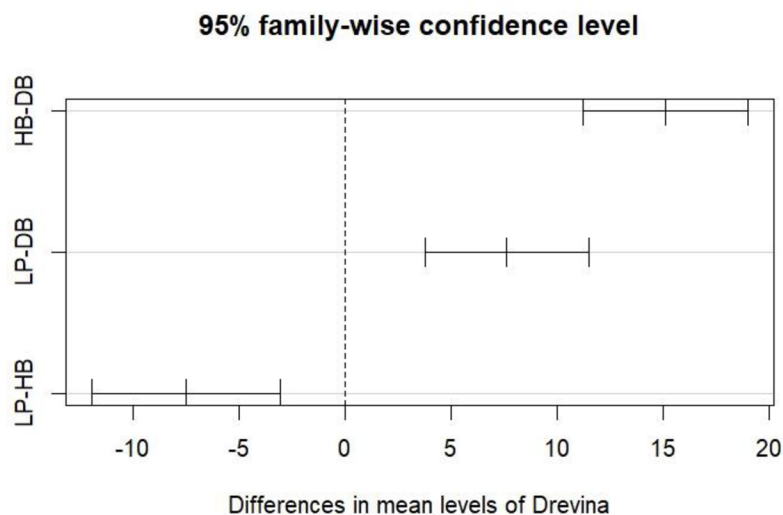

Příloha č. 4: Výsledky Tukey HSD pos-hoc testu pro Přírůst s faktorem dřevina, graf a sumarizace výsledků v R Studio. Data jsou vlastní.

Přírůst v absolutních hodnotách [cm].



```
$Drevina
      diff      lwr      upr    p adj
HB-DB 21.819508 17.725183 25.913834 0.0000000
LP-DB 23.214415 19.150344 27.278486 0.0000000
LP-HB  1.394907 -3.296162  6.085976 0.7650499
```

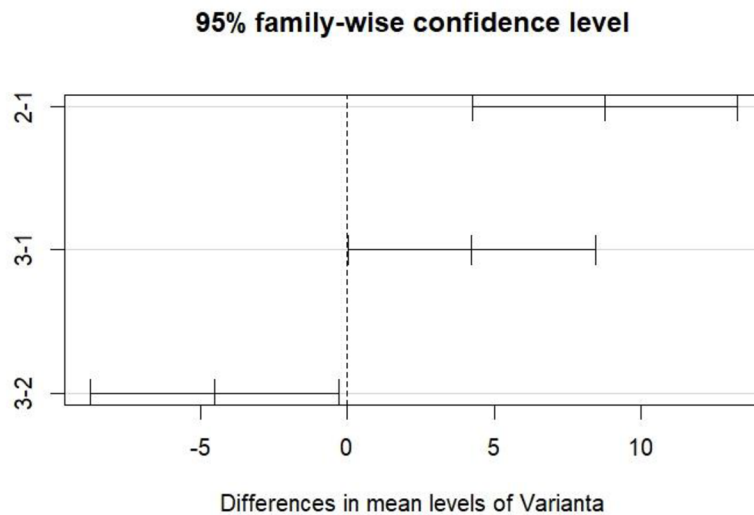
Přírůst v procentuálním poměru [%].



```
$Drevina
      diff      lwr      upr    p adj
HB-DB 15.122511 11.243864 19.00116 0.0000000
LP-DB  7.652495  3.802509 11.50248 0.0000099
LP-HB -7.470016 -11.913972 -3.02606 0.0002452
```

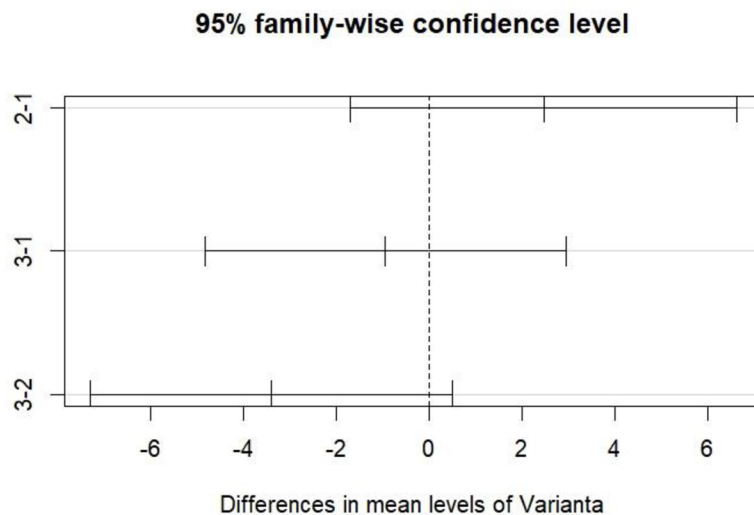
Příloha č. 5: Výsledky Tukey HSD pos-hoc testu pro Přírůst s faktorem varianta, graf a sumarizace výsledků v R Studio. 1 = Alginit, 2 = Humac, 3 = Kontrola. Data jsou vlastní.

Přírůst v absolutních hodnotách [cm].



```
$Varianta
      diff      lwr      upr    p adj
2-1  8.780363  4.26398183 13.2967446 0.0000161
3-1  4.243071  0.02290453  8.4632366 0.0484140
3-2 -4.537293 -8.76974399 -0.3048414 0.0321593
```

Přírůst v procentuálním poměru [%].



```
$Varianta
      diff      lwr      upr    p adj
2-1  2.4581652 -1.694028  6.6103585 0.3471219
3-1 -0.9478409 -4.827705  2.9320230 0.8345722
3-2 -3.4060061 -7.297165  0.4851525 0.1001110
```