

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

**VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR**



Projekt

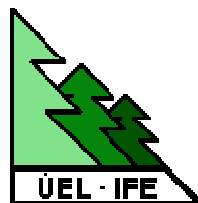
**VLIV DRCENÍ KLESTU NA PŮDU A NA RŮST
SAZENIC SMRKU, BUKU A JEDLE V PODMÍNKÁCH
LS LEDEČ**

Řešitel

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.

Spoluřešitel

Ústav ekologie lesa Mendelovy univerzity v Brně



Odpovědný řešitel:

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Spoluřešitelé:

Věra Fadrhonsová, Jiří Kulhavý, Bohumír Lomský,
Helena Lorencová, Ladislav Menšík, Vítězslava Pešková,
František Soukup, Vít Šrámek, Lucie Vortelová

Strnady, březen 2011

VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, v.v.i.

VLIV DRCENÍ KLESTU NA PŮDU A NA RŮST SAZENIC SMRKU, BUKU A JEDLE V PODMÍNKÁCH LS LEDEČ

Závěrečná zpráva

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

**Ing. Věra Fadrhonsová, Prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.,
Ing. Helena Lorencová, Ph.D., Ing. Jiří Matějčík, CSc.,
Ing. Ladislav Menšík, Ph.D., Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.,
Doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.,**

Březen 2011



Obsah:

Úvod	2
1. Výběr a založení ploch (R. Novotný)	3
2. Vzorky půdy (R. Novotný, L. Vortelová)	5
2.1 Chemické vlastnosti půdy	5
2.2 Fyzikální vlastnosti půdy	11
2.3 Mineralizace organických dusíkatých látek	13
3. Vzorky jehličí a listů (R. Novotný)	14
3.1 Smrk	14
3.2 Buk	17
4. Zdravotní stav a růst sazenic (R. Novotný)	20
5. Fytopatologické šetření (V. Pešková, F. Soukup)	22
6. Půdní roztok (V. Fadrhonsová)	25
7. Meteorologické parametry (V. Šrámek)	29
8. Dekompoziční procesy (J. Kulhavý, L. Menšík, H. Lorencová)	36
9. Souhrn (R. Novotný, V. Šrámek)	43
10. Návrh realizačního výstupu (R. Novotný, V. Šrámek)	44
Použitá literatura:	51

Úvod

Na lesní správě Ledeč nad Sázavou je každoročně prováděno zalesnění cca 100 ha holin, z toho přibližně na 40 ha ploch je před zalesněním provedeno drcení těžebních zbytků. Drcení klestu/těžebních zbytků je používáno na plochách po soustředných těžbách a po harvesterových technologiích. Vzhledem k tomu, že některé porosty mají velkou zásobu dřeva (650-850 m³/ha), zůstává po těžbě také velké množství těžebních zbytků. Technologie drcení klestu je na této lesní správě využívána v poměrně velkém objemu, zmíněná plocha odpovídá zhruba 25-30 tisíc m³ zpracovaného materiálu (informace z přelomu let 2007/2008).

Při drcení je zpracován materiál na povrchu půdy, přičemž při pojezdu traktoru s nesenou frézou dochází při nahrnování klestu do frézy také k nahrnutí humusu nebo i minerální půdy. Dochází tedy k promísení drti a humusu, v některých případech i se svrchní vrstvou minerální půdy. Velikost drti nelze regulovat. Rozdrcený materiál zůstává na zalesňovaných plochách, přičemž vrstva, která takto vznikne na povrchu půdy, může být nerovnoměrná (v závislosti na rozložení těžebních zbytků po ploše), vysoká zpravidla od 5 do 20 cm. Na některých místech může být i vyšší a dosahuje mocnosti cca 30 cm.

Plochy, na kterých je prováděno drcení v období květen-září, jsou zpravidla zalesněny na podzim téhož roku, plochy po podzimním drcení klestu jsou zalesněny na jaře dalšího roku. Drcen je jak materiál čerstvý, tak zavadlý, výsadba cílových dřevin probíhá řádově dny až měsíce po drcení. Při zavedení této technologie v první dekádě 21. století byl předpoklad nárůstu objemu této technologie. S nástupem využití těžebních zbytků k energetickým účelům však vznikl velký tlak na prodej klestu místo jeho ponechání v porostech.

Technologie drcení těžebních zbytků je na LS Ledeč využívána zhruba od roku 2003/2004, přičemž na řadě lokalit docházelo v prvních letech po výsadbě do takto připravených ploch ke žloutnutí až odumírání sazenic, na některých plochách byla zaznamenána nižší ujímavost a byl pozorován rozdíl v růstu a vitalitě dřevin na plochách s drceným klestem a na plochách zalesňovaných do půdy nezakryté drtí. To vedlo k úvahám o negativním vlivu rozdrceného materiálu na zdárný růst a vývoj vysazených dřevin.

Cílem projektu bylo nalézt možné příčiny pozorovaného chřadnutí sazenic, nižší ujímavosti sazenic a příčiny v rozdílné vitalitě a vzrůstu sazenic na plochách s drtí a následně stanovit optimální postupy pro nasazení této technologie v podmínkách lesní správy Ledeč.

Předkládaná závěrečná zpráva shrnuje výsledky za celé období řešení projektu, tj. od dubna 2008 do prosince 2010, přičemž některé podrobné tabulkové výstupy jsou již obsaženy v předchozích technických zprávách.

Poděkování:

Řešitelský kolektiv děkuje za všestrannou spolupráci při výběru ploch a za poskytnutí informací a dat o založených výzkumných plochách pracovníkům LS Ledeč, zejména Ing. Janu Krejzovi, Ing. Davidu Morávkovi, Ing. Vlastimilu Bruknerovi, Ing. Heleně Brožkové a Michaelu Dvořákovi.

Poděkování patří také Ing. Miroslavu Čapkovi, Tomáši Čihákovi, Marcelě Chocholové a Petře Mikulčíkové za technickou pomoc při terénních šetřeních a při přípravě vzorků pro chemickou analýzu.

1. Výběr a založení ploch

Úvodní terénní šetření proběhlo na začátku května 2008. Cílem bylo zmapovat stav ploch drčených v různém časovém odstupu po těžbě a zároveň s různým časovým odstupem zalesnění po provedení drčení těžebních zbytků. Úvodní šetření proběhlo na plochách, kde byla technologie drčení těžebních zbytků použita v letech 2004-2007. Bylo prohlédnuto několik desítek porostů (cca 30 porostů) v pěti různých revírech lesní správy. Pro opakované hodnocení vybraných parametrů bylo vybráno 13 ploch, viz. tabulka č. 1.1. V tabulce 1.2 jsou uvedeny informace o provádění těžby, drčení a výsadby na hodnocených plochách jak byly zjištěny z evidence lesní správy.

Tabulka 1.1: Přehled hodnocených porostů a ploch

porost	revír	datum měření / hodnocení						plocha kod
805 B13	Temník	6.5.2008	10.11.2008	-	2.11.2009	-	24.11.2010	JD_01
805 B13	Temník	6.5.2008	10.11.2008	-	2.11.2009	-	24.11.2010	JD_02
805 B13	Temník	6.5.2008	-	5.5.2009	-	11.5.2010	24.11.2010	BK_01
805 B13	Temník	6.5.2008	-	5.5.2009	-	11.5.2010	24.11.2010	BK_02
709 C10	Orlový	7.5.2008	-	5.5.2009	-	11.5.2010	24.11.2010	BK_03
709 C10	Orlový	7.5.2008	-	5.5.2009	-	11.5.2010	24.11.2010	BK_04
212 B11	Vostožavka	7.5.2008	-	5.5.2009	2.11.2009	-	21.03.2011	BK_05
212 B11	Vostožavka	7.5.2008	-	5.5.2009	2.11.2009	-	21.03.2011	SM_01
215 A9	Vostožavka	-	10.11.2008	-	2.11.2009	-	24.11.2010	BK_06
215 A9	Vostožavka	-	10.11.2008	-	2.11.2009	-	24.11.2010	BK_07
215 A10	Vostožavka	-	10.11.2008	5.5.2009	2.11.2009	-	24.11.2010	SM_02
234 C13	Vostožavka	-	10.11.2008	-	2.11.2009	-	24.11.2010	SM_03
215 A10	Vostožavka	-	-	5.5.2009	2.11.2009	-	24.11.2010	SM_04

Tabulka 1.2: Přehled prací na hodnocených plochách

porost	revír	těžba	drčení	zalesnění	plocha kod
805 B13	Temník	II. 2004	VI. 2004	IV. 2005	JD_01
805 B13	Temník	II. 2004	VI. 2004	IV. 2005	JD_02
805 B13	Temník	II. 2004	VI. 2004	X. 2004	BK_01
805 B13	Temník	II. 2004	VI. 2004	X. 2004	BK_02
709 C10	Orlový	XI. 2006	IX. 2007	X. 2007	BK_03
709 C10	Orlový	XI. 2006	IX. 2007	X. 2007	BK_04
212 B11	Vostožavka	I., III. 2006	IV. 2006	X. 2006	BK_05
212 B11	Vostožavka	I., III. 2006	IV. 2006	X. 2006	SM_01
215 A9	Vostožavka	IX. 2006	XI. 2006	V. 2007	BK_06
215 A9	Vostožavka	IX. 2006	XI. 2006	V. 2007	BK_07
215 A10	Vostožavka	VIII. 2006	XI. 2006	V. 2007	SM_02
234 C13	Vostožavka	VII. 2005	V. 2006	VI. 2006	SM_03
215 A10	Vostožavka	X. 2007	V. 2008	V. 2008	SM_04

Na těchto plochách probíhalo hodnocení zdravotního stavu sazenic, měření výšky sazenic a tloušťky kořenového krčku. Měření probíhalo ve čtvercích o hraně 10 metrů, čtverce byly v terénu vyznačeny kolíky, aby bylo možné provádět opakované měření po celou dobu řešení projektu na stejné skupině sazenic. Počty sazenic na jednotlivých plochách jsou uvedeny v kapitole 4. Šetření probíhalo na plochách zalesněných smrkem, bukem a jedlí. U smrků a

jedlí byla hodnocena také defoliace a barevné změny (diskolorace), u buků probíhalo pouze měření výšky stromků a tloušťky kořenového krčku. Na kalamitní holině u obce Bělá a na některých plochách u obce Borovno bylo provedeno zalesnění také dalšími dřevinami (DB, LP, JV), tyto druhy lesních dřevin hodnoceny nebyly.

Pro podrobné měření a sledování chemických a fyzikálních parametrů půdy, pro hodnocení procesů dekompozice, stavu výživy a biotických činitelů byla vybrána lokalita v revíru Vostojavka, porost 215 A9 (obr. 1.1). Jedná se o lokalitu na které byla provedena těžba v září 2006, příprava plochy drcením těžebních zbytků v listopadu 2006, zalesnění BK duben-květen 2007, vylepšení výsadeb podzim 2007. Nadmořská výška lokality je cca 530 m n.m., jedná se o rovinatou plochu, orientace paseky v podélné ose je zhruba sever-jih.

Na této lokalitě bylo založeno sledování parametrů dle metodiky ve variantě 10 cm drti, 25 cm drti a kontrola. U všech variant probíhalo měření teploty a vlhkosti půdy, odběry vzorků půdní vody a odběry vzorků půdy a listů/jehličí pro chemické analýzy. Bylo založeno také sledování dekompozice a v roce 2009 proběhlo sledování mineralizace organických dusíkatých látek. Dále zde byl hodnocen zdravotní stav sazenic a probíhalo měření výšky sazenic a tloušťky kořenového krčku. Po připomínce oponenta prof. Kupky na prvním kontrolním dnu v dubnu 2009 byly na jedné z ploch u každé hodnocené dřeviny sazenice očíslovány. Důvodem požadavku bylo zajistit předcházení možných chybám vznikajícím při měření a hodnocení sazenic (možnost porovnat výsledky pro konkrétní sazenici).

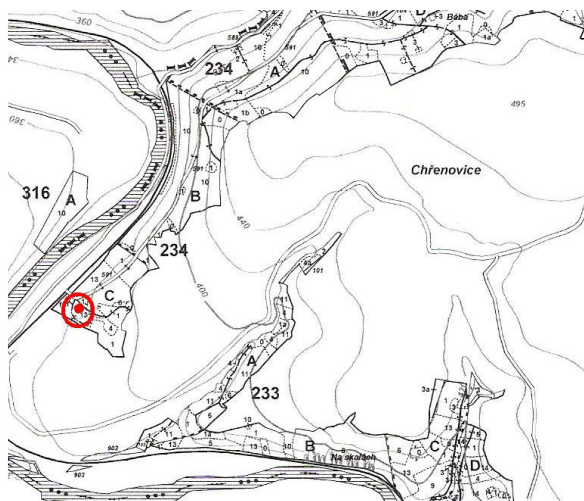
Lokalita vybraná pro podrobné sledování byla v roce 2008 a 2009 během letních bouřek a vichřic postižena větrnou kalamitou. Původní pruhová seč zalesněná bukem se rozšířila zhruba dvojnásobně. Vzniklá holina vedle oplocenky s bukem byla zalesněna smrkem. V tomto novém zalesnění byla v roce 2009 založena další plocha pro sledování zdravotního stavu a růstu. I v této části proběhlo před zalesněním drcení těžebních zbytků, plocha navazuje na kontrolní plochu bez drti.



Obr. 1.1: Výsadba BK, plocha s podrobným sledováním, 215 A9

Druhá lokalita, na které byly odebírány vzorky pro chemickou analýzu půdy, byla založena v porostu 234 C13 (obr. 1.2). Na této ploše proběhla těžba na podzim 2007, drcení a výsadba

smrku následovaly těsně po sobě v květnu 2008. Lokalita je na svahu v nadm. výšce cca 360 m n.m., orientace zhruba SZ-JV. Na této lokalitě probíhaly odběry půdy, hodnocení zdravotního stavu, měření výšky sazenic a tloušťky kořenového krčku.



Obr. 1.2: Výsadba SM, plocha s odběry půdy, 234 C13

2. Vzorky půdy

2.1 Chemické vlastnosti půdy

Vzorky půdy pro chemickou analýzu byly odebírány každoročně na začátku a na konci vegetačního období. První odběry proběhly v květnu 2008, druhé odběry v listopadu 2008. Následovaly odběry (květen, listopad) v roce 2009 a 2010. Opakované odběry půdy proběhly v revíru Vostojavka na lokalitě zalesněné bukem u Tasic (215 A9) a na lokalitě zalesněné a smrkem u Chřenovic (234 C13). Na lokalitách se zalesněním jedlí byly vzorky půdy odebírány pouze při podzimním šetření v roce 2008. Odběr byl proveden na lokalitě v revíru Temník, porost 805 B13. Dále nebyly vzorky půdy ve výsadbách jedle odebírány.

K analýze byl odebírán vzorek drti vzniklé při likvidaci těžebních zbytků, vzorek humusové vrstvy s příměsí drti (FH) a vzorek minerální půdy do hloubky cca 30 cm (B). V průběhu řešení se vrchní vrstva rozdrčených větví postupně rozkládala a došlo k promísení s vrstvou humusu. Ve druhé polovině řešení projektu proto nebyla drť samostatně odebírána, k analýzám byly odebírány horizonty drť+FH a minerální horizont do hloubky 25-30 cm. Směsný vzorek byl vytvořen ze 3-5ti dílčích odběrů pro každou lokalitu/variantu. Vzorky byly odebrány na lokalitě s různou mocností drti vzniklé při likvidaci těžebních zbytků, tj. varianty velká mocnost drti (15–30 cm drti), malá mocnost drti (do 10 cm drti) a varianta bez drti se zachováním původní humusové vrstvy. Na stejné lokalitě a ve stejných variantách je instalováno i zařízení pro odběr půdního roztoku a na měření teploty půdy a půdního vodního potenciálu.

Odebrané varianty: smrk kontrola bez drti (SM KO), smrk s drtí, plocha u Chřenovic (SM CH), buk s nižší vrstvou drti (BK 10), buk s vyšší vrstvou drti (BK 25).

Analýzy odebraných vzorků jsou prováděny útvarem Zkušebních laboratoří Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., jehož součástí je akreditovaná Laboratoř analýzy rostlin, vody a půdy. Analyzovány byly obsahy přístupných živin ve výluhu 1 molárního roztoku NH_4Cl (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn) a pseudototální obsahy prvků ve výluhu lučavkou královskou (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, As, Cr, Ni, P), celkové obsahy uhlíku dusíku a síry byly stanoveny na elementárním CNS analyzátoru. Dále bylo stanoveno pH ve vodě a v roztocích KCl a CaCl_2 , přístupný P a Cl^- ve vodném výluhu.

V tabulkách 2.1 a 2.2 je uveden přehled základních parametrů vzorků půdy odebraných v jarním a podzimním období jednotlivých let řešení projektu.



Obr. 2.1: Půdní vzorky na plochách s různou vrstvou drti

Hodnoty pH se na sledovaných lokalitách pohybovaly v oblasti silně až středně kyselé, což odpovídá stavu půdy, na které rostly po více generací smrkové porosty. Také nasycení sorpčního komplexu bázemi této situaci odpovídá, pohybuje se kolem 10 %. Kromě varianty s vyšší vrstvou drti došlo od roku 2008 k postupnému mírnému zvýšení pH. V některých případech se snížením v roce 2009 a následným zvýšením v roce 2010 (SM KO, BK 10 horizont B), v ostatních případech se pH zvyšovalo postupně od roku 2008 do roku 2010 (SM CH, BK 10 horizont FH).

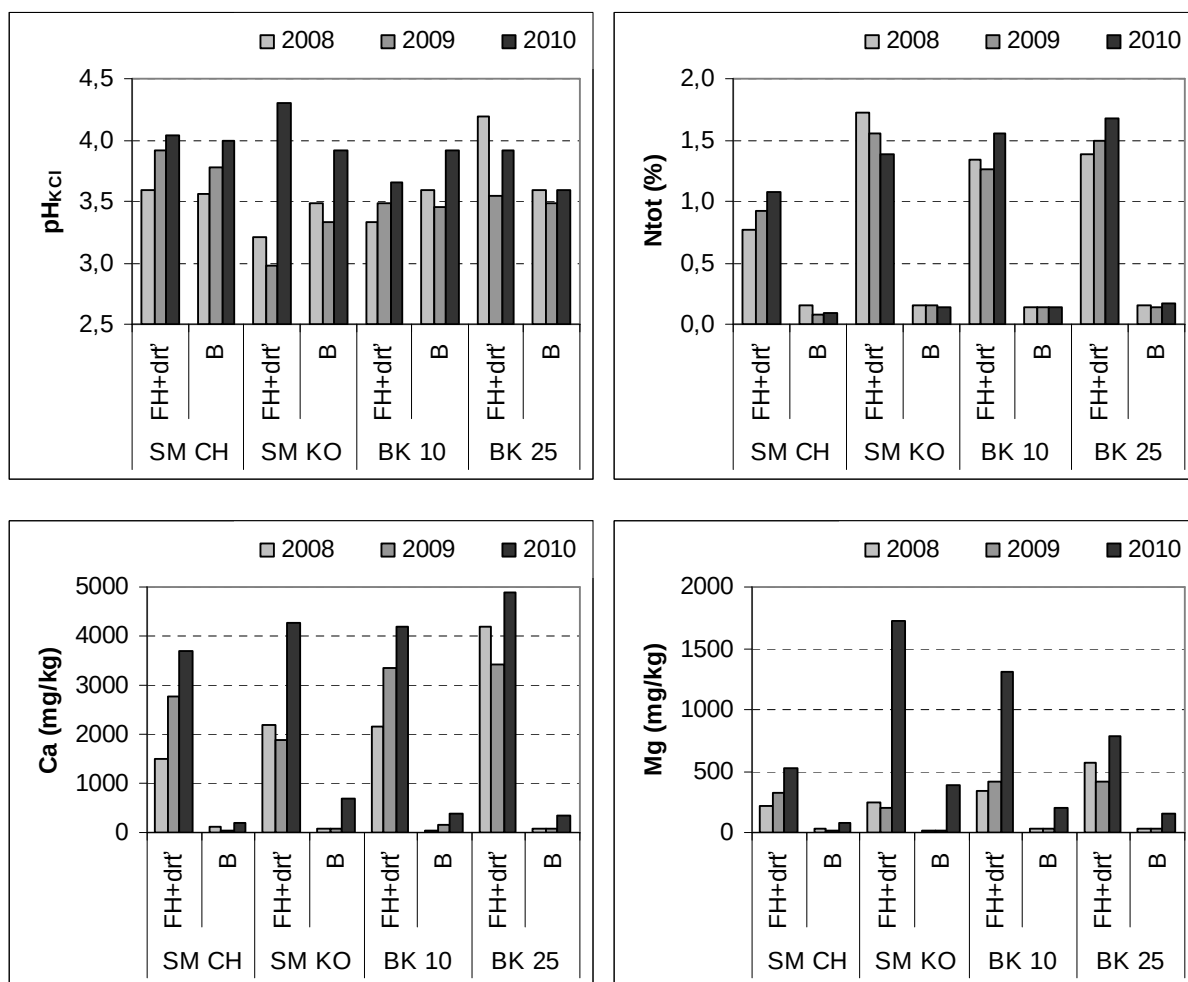
V minerální půdě, horizont B (0–30 cm), byl v roce 2008 i v roce 2009 zjištěn závažný nedostatek bazických prvků – přístupného vápníku a hořčíku. Velmi výrazný deficit byl zjištěn také u přístupného fosforu, kde byly naměřeny hodnoty pod mezí detekce ($5,6 \text{ mg.kg}^{-1}$), hranice velmi nízké koncentrace tohoto prvku je 20 mg.kg^{-1} . V jarních odběrech 2010 již takový rozsah deficitních vzorků zaznamenán nebyl, došlo ke zlepšení situace, což je dobře patrné z tabulek, kde jsou deficitní hodnoty vyznačeny barevně. Problémem zůstává zejména velmi nízká koncentrace přístupného fosforu (viz. tab. 2.1 a-c, obr. 2.1).

Ke změně došlo u koncentrace celkového dusíku, kde na plochách s drtí jeho koncentrace od prvního odběru v roce 2008 do třetího odběru v roce 2010 stoupla. Narozdíl od plochy

kontrolní bez drti, kde koncentrace dusíku v půdě klesla (obr. 2.1). Dusík byl jedním z více diskutovaných a sledovaných prvků, vzhledem k obavě z možného skokového navýšení z rozkládající se drti a humusu. Jeho koncentrace je u ploch s drtí skutečně vyšší než u ploch bez drti, projevilo se to také ve vzorcích půdní vody, viz. kap. 6. Po vyhodnocení dat získaných za celé období řešení projektu můžeme konstatovat, že obavy z chování dusíku, př. z jeho nadměrného uvolňování v nitrátové nebo amonné formě se nepotvrdily. Ke zvýšenému uvolňování došlo, uvolněný dusík byl ale podle zjištěných dat využit ke zvýšené mikrobiální činnosti a k výživě dřevin, v příznivých hodnotách byl zachován i poměr C:N.

U vápníku a hořčíku v přístupné formě byly u všech variant, vč. kontrolní bez drti, zjištěny nejvyšší koncentrace v jarních odběrech z roku 2010, kdy byl dostatek srážek a vláhový režim byl pro sazenice velmi příznivý. Zdrojem živin může být právě rozkládající se drť z těžebních zbytků a její uvolnění do půdy během srážkově bohaté zimy a jara.

U analyzovaných zátěžových prvků a těžkých kovů (analýzy vzorků z roku 2008) nebylo zjištěno překročení stanovených limitních hodnot. Tyto prvky proto nebyly v dalším průběhu řešení projektu sledovány.



Obr. 2.2: Změna v hodnotách pH, celkovém dusíku a přístupném vápníku a hořčíku v jarních odběrech půdy na sledovaných lokalitách. SM CH – smrková plocha u Chřenovic, SM KO – smrková plocha u Tasic, kontrola bez drti, BK 10 – buková plocha u Tasic s nižší vrstvou drti, BK 25 – buková plocha u Tasic s větší vrstvou drti.

Tabulka 2.1a-c: Výsledky chemických analýz vzorků půd odebraných při jarních odběrech v letech 2008-2010. SM CH – smrková plocha u Chřenovic, SM KO – smrková plocha u Tasic, kontrola bez drti, BK 10 – buková plocha u Tasic s nižší vrstvou drti, BK 25 – buková plocha u Tasic s větší vrstvou drti.

jaro 2010	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť B	89,70	4,96	4,04	25,7	1,08	1155	5,91	64,40	<36,0	3680	5,60	318	523	598	9,49	18,6
		98,56	5,17	4,00	1,54	0,085	130	< 5,6	26,65	178	177	41,3	103	80,6	176	4,24	0,516
SM KO	FH+drť B	91,27	5,26	4,30	33,0	1,38	1740	11,9	67,91	<36,0	4286	14,0	209	1721	302	16,2	8,86
		97,27	5,02	3,92	2,98	0,140	240	< 5,6	28,58	450	675	11,0	39,6	377	11,1	5,70	0,782
BK 10	FH+drť B	89,91	4,47	3,66	39,9	1,56	2030	13,7	73,42	<36,0	4192	30,8	400	1305	325	15,3	18,2
		97,05	4,95	3,91	3,38	0,145	220	< 5,6	26,59	499	387	50,5	161	201	52,6	3,44	2,07
BK 25	FH+drť B	89,86	4,79	3,92	43,2	1,67	1740	53,3	78,60	<36,0	4901	3,88	691	781	759	17,2	30,1
		97,03	4,51	3,59	3,61	0,175	240	< 5,6	23,55	764	340	17,3	127	151	33,7	2,61	2,02

jaro 2009	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť B	95,14	4,93	3,91	23,0	0,918	1100	8,1	21,9	51,4	2774	6,63	406	319	498	9,64	18,9
		98,23	4,80	3,77	1,43	0,076	110	< 5,6	< 15,1	356	47,3	41,8	56,6	14,0	168	5,30	0,915
SM KO	FH+drť B	92,84	3,92	2,97	38,4	1,55	2130	35,0	21,6	464	1892	85,2	181	201	409	9,32	20,5
		96,56	4,10	3,33	2,99	0,154	220	< 5,6	< 15,1	838	71,3	13,9	67,3	18,2	23,7	2,57	1,21
BK 10	FH+drť B	93,17	4,38	3,49	29,9	1,26	1520	17,8	28,7	141	3329	13,4	442	415	644	12,3	28,5
		96,83	4,54	3,45	2,75	0,139	200	< 5,6	< 15,1	738	142	80,2	192	34,3	54,7	3,98	2,11
BK 25	FH+drť B	92,07	4,39	3,54	36,3	1,49	1815	34,6	31,8	93,6	3409	9,83	427	410	705	9,48	28,3
		96,95	4,40	3,49	2,70	0,136	210	< 5,6	< 15,1	734	78,0	24,8	159	23,7	104	3,67	1,34

velmi nízký obsah

nízký obsah

Tabulka 2.1a-c: pokračování

jaro 2008	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť	96,73	4,35	3,60	17,0	0,768	990	< 5,6	21,0	376	1500	44,4	279	210	433	8,89	11,4
	B	98,02	4,21	3,56	3,11	0,155	200	< 5,6	< 15,1	595	99,5	19,2	60,5	29,1	69,5	4,33	2,15
SM KO	FH+drť	93,24	3,94	3,20	42,2	1,72	2335	52,4	36,2	327	2179	104	429	239	314	15,1	24,0
	B	97,37	4,00	3,49	3,40	0,152	240	< 5,6	< 15,1	812	83,8	40,3	47,5	19,4	19,8	4,31	1,89
BK 10	FH+drť	94,05	4,10	3,33	33,8	1,34	1830	18,7	27,2	379	2156	166	533	338	287	12,5	21,2
	B	97,62	4,16	3,59	2,56	0,136	230	< 5,6	< 15,1	729	56,7	28,6	140	26,3	42,0	3,12	1,90
BK 25	FH+drť	93,71	5,02	4,19	41,0	1,38	1520	51,6	30,5	<12	4201	4,76	836	567	764	13,6	28,1
	B	97,55	4,21	3,59	2,98	0,152	220	< 5,6	< 15,1	752	87,5	69,3	157	30,5	45,3	3,14	1,80

velmi nízký obsah

nízký obsah

Tabulka 2.2a-c: Výsledky chemických analýz vzorků půd odebraných při podzimních odběrech v letech 2008-2010. SM CH – smrková plocha u Chřenovic, SM KO – smrková plocha u Tasic, kontrola bez drti, BK 10 – buková plocha u Tasic s nižší vrstvou drti, BK 25 – buková plocha u Tasic s větší vrstvou drti.

podzim 2010	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť	94,13	4,61	3,59	22,3	1,01	1230	6,7	50,04	59,0	2204	13,1	330	241	666	10,4	15,3
	B	98,58	4,57	3,62	1,65	0,089	140	0,9	18,55	368	101	18,3	46,5	24,1	72,3	4,01	1,10
SM KO	FH	91,53	4,25	3,19	35,5	1,49	1980	16,4	20,28	235	2228	90,4	272	231	575	9,96	24,3
	B	97,58	4,25	3,46	2,44	0,124	175	3,5	8,79	733	52,0	12,2	53,0	11,8	16,6	3,68	0,95
BK 10	FH+drť	82,82	4,56	3,59	41,4	1,68	2020	29,2	43,44	<36	3667	16,3	506	399	922	12,6	34,6
	B	97,79	4,50	3,45	2,49	0,138	200	2,0	11,12	650	113	38,6	152	34,7	78,1	2,70	2,16
BK 25	FH+drť	87,13	4,44	3,54	46,4	1,87	2180	33,7	49,74	<36	4219	9,66	597	485	1108	15,1	35,1
	B	97,40	4,19	3,28	3,21	0,158	230	2,4	11,85	888	214	22,5	109	40,4	57,9	2,07	2,09

velmi nízký obsah

nízký obsah

Tabulka 2.2a-c: pokračování

podzim 2009	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť	93,43	5,01	4,05	0,503	0,038	885	9,0	22,9	<36,0	3205	4,75	324	382	607	9,24	19,1
	B	98,81	4,86	3,82	0,267	0,030	110	< 5,6	< 15,1	320	48,2	42,1	50,4	14,4	173	3,93	0,661
BK 10	FH+drť	87,15	4,40	3,52	50,8	1,77	1530	23,2	< 15,1	148	3609	31,1	449	440	785	12,4	31,5
	B	98,03	4,69	3,64	3,96	0,175	160	< 5,6	< 15,1	533	114	66,0	153	26,5	104	2,30	1,59
BK 25	FH+drť	90,17	4,55	3,62	44,3	1,59	1800	37,1	21,6	96,3	4108	16,5	643	548	1034	16,4	31,4
	B	97,96	4,26	3,36	1,73	0,088	180	< 5,6	< 15,1	795	50,8	16,7	116	21,3	28,7	1,73	1,02

podzim 2008	horizont	sušina hm. % navážky	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C _{tot} mg/100 mg sušiny	N _{tot} mg/100 mg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	P _{př.} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
SM CH	FH+drť	97,93	5,19	4,52	20,5	0,795	820	42,0	28,0	<24,0	2936	13,2	651	373	388	8,97	15,3
	B	98,44	4,86	4,16	2,36	0,143	170	< 5,6	< 15,1	161	616,8	9,0	133,0	95,9	146,4	4,76	2,16
SM KO	FH	95,60	4,21	3,47	37,3	1,53	2040	34,3	36,7	157	2946	64	388	315	517	16,2	23,1
	B	97,66	4,01	3,39	3,50	0,158	250	< 5,6	< 15,1	866	133,4	53,6	53,2	36,1	19,9	8,23	3,08
BK 10	FH+drť	94,79	4,81	4,07	41,7	1,63	1850	29,9	33,9	<24,0	4550	6	560	641	865	11,3	30,8
	B	97,90	4,52	3,80	2,18	0,121	200	< 5,6	< 15,1	582	88,6	69,1	137	28,2	97,4	3,16	1,96
BK 25	FH+drť	94,27	4,47	3,78	35,7	1,44	1760	34,2	31,9	40	3996	14,42	737	465	635	10,0	30,5
	B	98,10	4,41	3,81	1,98	0,117	220	< 5,6	< 15,1	552	56,5	21,2	142	20,3	81,2	3,39	1,98

velmi nízký obsah

nízký obsah

2.2 Fyzikální vlastnosti půdy

Základní fyzikální vlastnosti půdy jsou charakterizovány pomocí stanovení celkové pórovitosti (P_{celk}), kapilární pórovitosti (P_K) a nekapilární pórovitosti (P_N) půdy a objemové hmotnosti půdy ρ_d . Tyto parametry byly zjišťovány v prvním roce řešení projektu.

Vzorky byly odebrány na podzim roku 2008 pomocí Kopeckého válečků o objemu 100 cm³. Neporušené půdní vzorky minerální půdy byly odebrány do hloubky maximálního prokořenění (0–30 cm) a to ve třech hloubkách: 0–10 cm, 10–20 cm a 20–30 cm. Vzorky byly odebrány na lokalitě zalesněné sazenicemi buku s různou mocností drti vzniklé při likvidaci těžebních zbytků z varianty: velká mocnost drti (20–30 cm drti), malá mocnost drti (do 10 cm drti) a varianta bez drti se zachováním původní humusové vrstvy. Na téže lokalitě je instalováno i zařízení pro odběr půdního roztoku a na měření teploty půdy a půdního vodního potenciálu.

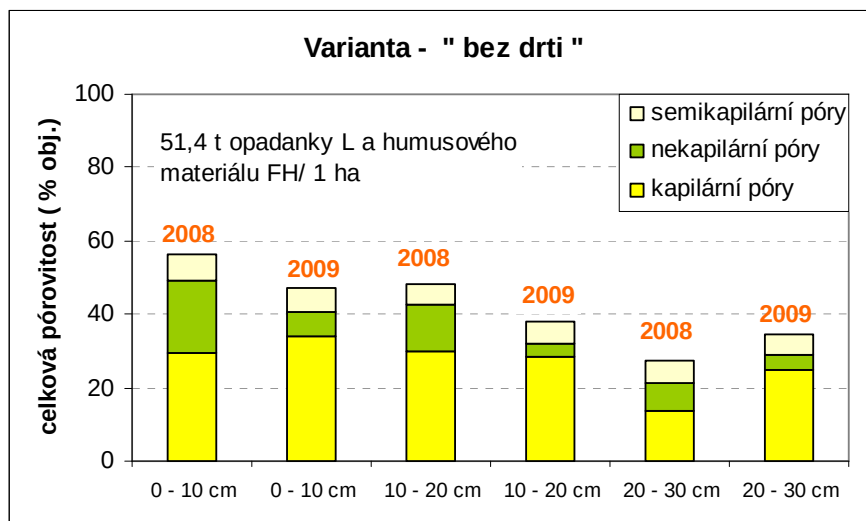
Pórovitost půdy P_{celk} udává kolik procent z jednotkového objemu půdy v přirozeném uložení připadá na póry – kapilární, semikapilární a nekapilární, optimální zastoupení kapilárních pórů je podle Vally a kol. (2000) asi 2/3 z celkové pórovitosti, zbytek má být přibližně rovným dílem rozložen mezi póry semikapilární a nekapilární. Nadbytečné zastoupení kapilárních pórů pak znesnadňuje vnikání vody do půdy a může tak způsobit i převlhčení svrchních vrstev půdy. Rejšek (1999) udává, že pórovitost ve většině minerálních horizontů lesních půd kolísá mezi 40–65%, hodnocení půdní pórovitosti lesních půd podle Rejška (1999) je uvedeno v tabulce 2.3.

Tab. 2.3: Hodnocení půdní pórovitosti lesních půd

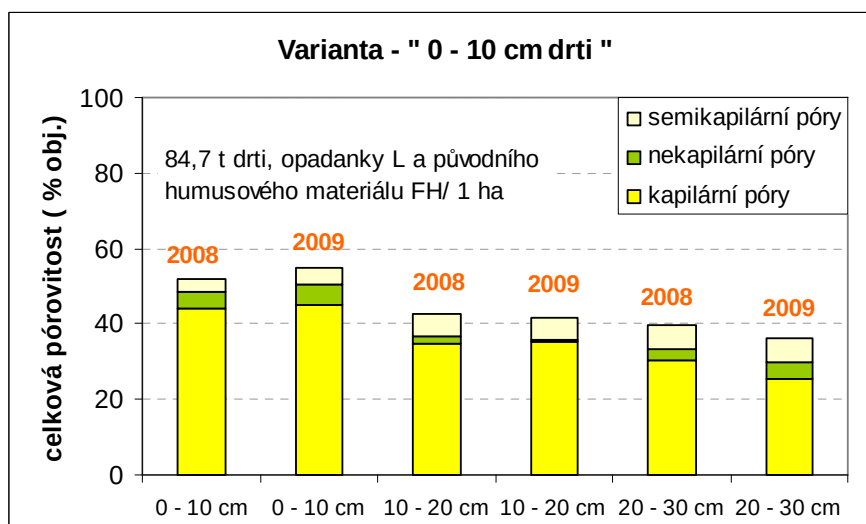
P_{celk} (%)	Pórovitost
méně než 35	velmi nízká
35 - 45	nízká
45 - 55	střední
55 - 70	vysoká
více než 70	velmi vysoká

Obr. 2.3 – 2.5 popisují půdní pórovitost u odebraných neporušených půdních vzorků. Z grafů je patrné, že ve většině případů byla zjištěna nižší pórovitost na variantách s přítomností drti. Za povšimnutí rovněž stojí horší rozložení jednotlivých typů pórů u variant s přítomností drti, na těchto variantách výrazně převládají póry kapilární, což může vést k lokálnímu převlhčení svrchních minerálních vrstev, na rozdíl od varianty bez drti, kde kapilární póry zaujímají cca 2/3 z celkového objemu půdních pórů, což je považováno za optimum.

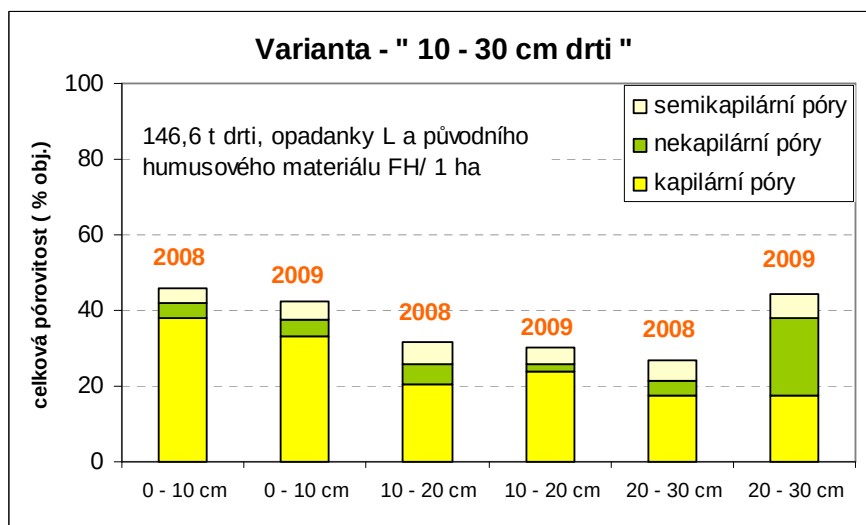
Výsledky odpovídají měření vlhkosti půdy (kap. 7), kdy na plochách s drtí byla naměřena větší vlhkost v porovnání s kontrolní plochou bez drti. Z výsledků měření půdní vlhkosti však také vyplývá, že vlhkostní poměry byly během sledovaného období příznivé. Nadměrné zamokření půdy nebylo zaznamenáno, k ohrožení kořenů sazenic z tohoto pohledu během řešení projektu nedošlo.



Obr. 2.3: Vyhodnocení půdní pórovitosti u půdních vzorků varianty „bez drti“



Obr. 2.4: Vyhodnocení půdní pórovitosti u půdních vzorků varianty „0 – 10 cm drti“



Obr. 2.5: Vyhodnocení půdní pórovitosti u půdních vzorků varianty „10 – 30 cm drti“

Objemová hmotnost půdy ρ_d je hmotnost 1 cm³ daného horizontu v původním neporušeném stavu, tj. včetně momentálního obsahu plynné a kapalné fáze v pórech, vysušené při 105 °C. Podle Rejška (1999) hodnoty objemové hmotnosti půdy u minerálních horizontů lesních půd kolísají v rozmezí od 1,1 – 1,6 g.cm⁻³, u vzorků z humusových A – horizontů (tj. v našem případě hloubky cca 0 – 10 cm) se pohybují okolo hodnoty 1 g.cm⁻³. V Tab. 2.4 jsou uvedeny výsledky stanovení objemové hmotnosti půdy ρ_d . Je patrné, že mírně vyšší hodnoty byly zjištěny u variant s přítomností různé mocnosti drti, toto zjištění koresponduje i s výsledky stanovení půdní pórovitosti. Možným vysvětlením by mohlo být použití těžké frézy při likvidaci těžebních zbytků, resp. pojezdu techniky při drcení.

Tab. 2.4: Výsledky stanovení objemové hmotnosti půdy ρ_d stanovené u neporušených půdních vzorků odebraných v letech 2008 a 2009.

varianta	hloubka	ρ_d (g. cm ⁻³) - 2008	ρ_d (g. cm ⁻³) - 2009
bez drti	0 - 10 cm	1,1	1,1
	10 - 20 cm	1,4	1,4
	20 - 30 cm	1,7	1,7
0 - 10 cm drti	0 - 10 cm	1,2	1,1
	10 - 20 cm	1,6	1,5
	20 - 30 cm	1,6	1,5
10 - 30cm drti	0 - 10 cm	1,2	1,3
	10 - 20 cm	1,8	1,7
	20 - 30 cm	1,7	1,5

2.3 Mineralizace organických dusíkatých látek

Instalace iontoměníčů použitých ke sledování mineralizace dusíkatých látek v půdě proběhla v jarním období roku 2009. Iontoměničová pouzdra pro zachycování nitrátových (N-NO₃⁻) a amonných (N-NH₄⁺) iontů pro stanovení intenzity mineralizace organických dusíkatých látek půdními mikroorganismy byla umístěna pod humusovou vrstvu, respektive pod vrstvu „humusodrti“ o mocnosti 0–10 cm a 10–30 cm. Expozice iontoměníčových pouzder probíhala po celou vegetační sezónu roku 2009. Po vyjmutí z půdního profilu byly laboratorně stanoveny nitrátové (N-NO₃⁻) a amonné (N-NH₄⁺) ionty.

Iontoměničová pouzdra byla zhotovena z novodurové trubky s vnitřním průměrem 70 mm a byla vysoká 5 mm, ze shora i ze spodu byla kryta polyamidovou síťovinou Uhelon (Silk & Progress, typ 130 T, velikost oka 42 mm). Pouzdra byla naplněna iontoměníči - katexem – Purolite C100E a anexem – Purolite A520E smíchaném v poměru 1 : 1. Před použitím byly iontoměníče kondicionovány mnohonásobným propíráním 10 % roztoku NaCl. Po vyjmutí iontoměníčů z půdy byly nitrátové (N-NO₃⁻) a amonné (N-NH₄⁺) ionty nasorbované v iontoměníči stanoveny laboratorně, z iontoměníčů bylo připraveno 200 ml výluhu 10 % roztoku NaCl a nitrátové (N-NO₃⁻) ionty byly stanoveny spektrofotometricky a amonné (N-NH₄⁺) ionty byly stanoveny titrační metodou na mohrovu sůl, za použití chromanového indikátoru.

V Tab. 2.5 jsou uvedeny výsledky stanovení nitrátových (N-NO₃⁻) iontů. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny pod vrstvou drti 0–10 cm. Nízké hodnoty zjištěné pod vrstvou drti 10–30 cm mohou být zapříčiněny imobilizací anorganického dusíku půdními mikroorganismy, které využijí téměř všechn anorganický dusík a uhlík, získaný z rozkladu uhlíkatých organických látek, resp. drti pro stavbu své vlastní biomasy. Anorganický dusík pak chybí pěstovaným rostlinám. Amonné (N-NH₄⁺) ionty byly ve všech vzorcích pod mezí detekce. Přestože může v určitém období dojít ke zvýšené spotřebě dusíku na mikrobiální činnost, analýzy vzorků

půdní vody, půdy i asimilačního aparátu sazenic ukazují, že vysazené dřeviny mají z hlediska zajištění výživy dusíku dostatek. Zjištěné koncentrace v listech buků i v jehličí smrků lze hodnotit jako dobré až velmi dobré (viz. kap. 3).

Tab. 2.5: Výsledky stanovení nitrátových ($\text{N} - \text{NO}_3^-$) iontů

varianta	opakování	$\text{N-NO}_3^- \text{ (mg.l}^{-1}\text{)}$
bez drti	1	<1
	2	<1
	3	3
0 - 10 cm drti	1	13
	2	15
	3	19
10 - 30cm drti	1	2
	2	3
	3	4

3. Vzorky jehličí a listů

Vzorky asimilačního aparátu sazenic byly odebírány před koncem vegetačního období. U buků proběhly první odběry 1. 9. 2008, druhé odběry 2. 9. 2009, třetí odběry 1. 9. 2010. Odběry proběhly u varianty 10 cm drti, 25 cm drti (obě v porostu 215 A9 u Tasic) a kontrola (vzorek z porostu 215 D10) z nejbližšího porostu/výsadby BK v místě bez drti. Vzdálenost kontrolního odběru je cca 50-100 metrů od ostatních dvou odběrů. Jedná se o sousední oplocenku na druhé straně lesní cesty.

U smrků proběhly odběry jehličí 10. 11. 2008, 2. 11. 2009 a 1. 12. 2010. Vždy z varianty kontrola bez drti a v roce 2009 a 2010 navíc také z plochy u Chřenovic. Kontrolní plocha smrku se nachází v těsné blízkosti paseky zalesněné bukem v lokalitě u Tasic. Na tomto místě byla v roce 2008 provedena výsadba smrku na ploše bez drti těsně u porostní stěny dospělého smrkového porostu, tedy do stejné půdy, do které byla provedena výsadba buku. Situace se změnila během roku 2009 vlivem větru, který během letních bouřek poškodil okolní porosty a plochu s výsadbou buku i smrku více otevřel.

K analýze byly u buku připraveny směsné vzorky listů, u smrku byly k analýze odděleny dva nejmladší ročníky jehličí. Směsný vzorek byl vzhledem k velikosti sazenic vytvořen odběrem z nejméně 25-30 různých sazenic.

3.1 Smrk

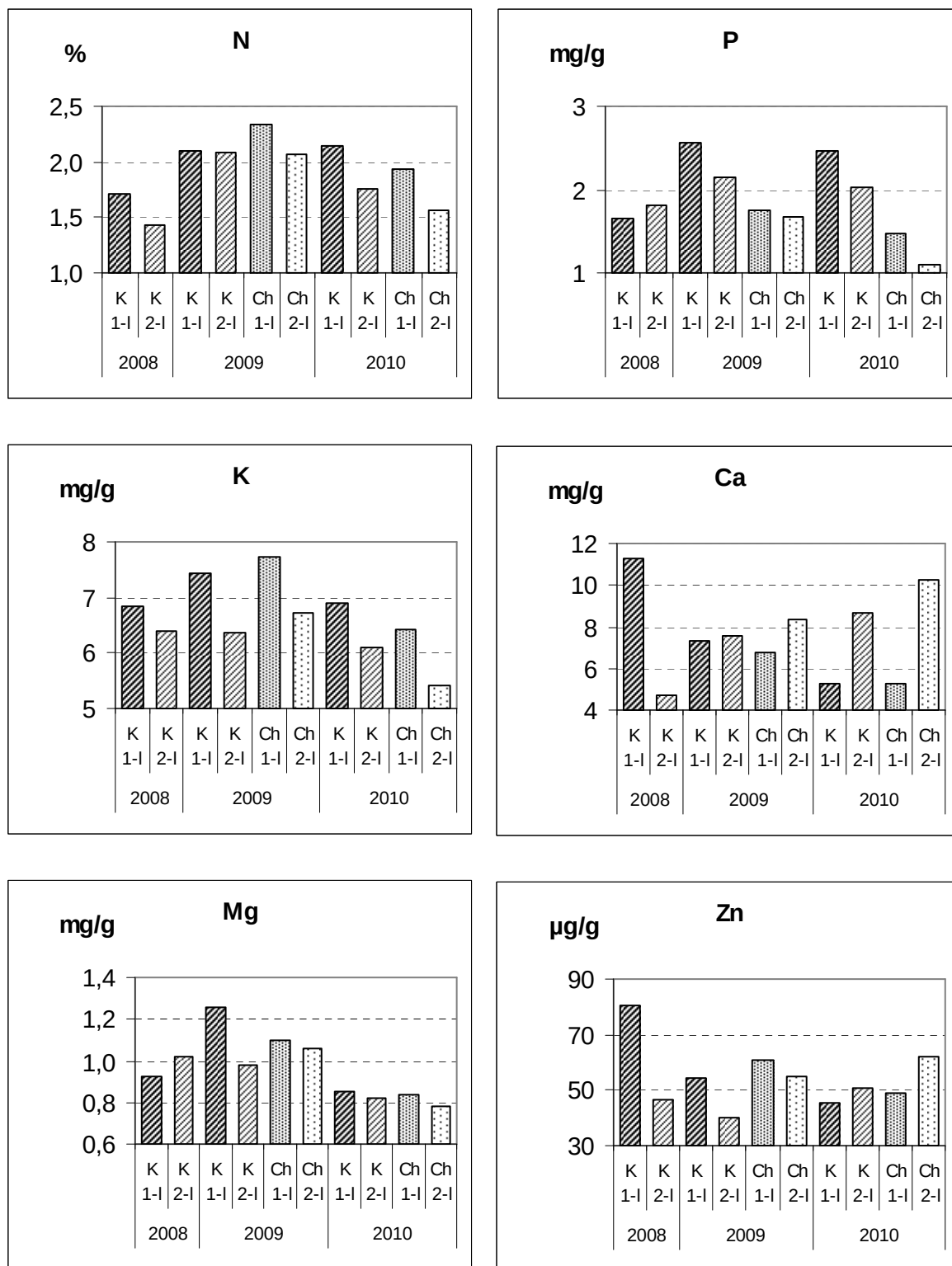
U smrkových sazenic nebyl zjištěn nedostatek živin ani překročení limitních hodnot u zátěžových prvků. Zjištěné koncentrace živin jsou dobré až velmi dobré. Ve srovnání s rokem 2008 došlo v roce 2009 ke zvýšení koncentrace dusíku, fosforu, draslíku i hořčíku, a to zejména v jednoletém jehličí. Nárůst je viditelný i ve druhém ročníku, zejména u dusíku a fosforu. Může to být v důsledku mineralizace povrchového humusu a uvolnění většího množství prvků do půdního roztoku po otevření kontrolní plochy jako následku poškození dospělého porostu větrem. V roce 2010 koncentrace prvků spíše mírně klesly nebo se pohybovaly na srovnatelné úrovni jako v roce 2009.

Výsledky jsou souhrnně uvedeny v tabulce 3.1, graficky jsou výsledky pro vybrané prvky na obr. 3.1.

Tab. 3.1: Výsledky analýzy směsných vzorků smrkového jehličí, odběry 2008 a 2009.

rok	značení	sušina hm. % navážky	N _{tot} mg/100 mg sušiny	P mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny
2008	K 1-l	96,44	1,71	1651	6856	11313	923,2	80,25	754,9	169,8	1210	184
	K 2-l	98,27	1,43	1804	6405	4752	1023	46,88	1035	149,8	1100	208
2009	K 1-l	97,09	2,10	2568	7428	7350	1261	54,29	4012	225,1	1410	442
	K 2-l	97,42	2,08	2152	6376	7564	978,7	40,30	3860	82,39	1330	326
	Ch 1-l	97,27	2,34	1751	7725	6810	1099	60,74	3196	73,48	1440	449
	Ch 2-l	97,40	2,07	1665	6717	8365	1062	55,09	3722	93,65	1315	358
2010	K 1-l	97,85	2,15	2474	6906	5304	851	45,6	3181	59,3	1430	278
	K 2-l	97,60	1,76	2025	6088	8675	824	50,9	5018	71,0	1240	334
	Ch 1-l	97,50	1,94	1478	6432	5249	841	49,0	2530	45,7	1200	270
	Ch 2-l	97,53	1,57	1095	5405	10269	784	61,9	5106	59,7	1070	342

K – kontrolní plocha, Ch – plocha u Chřenovic, 1-l – první ročník jehličí, 2-l – druhý ročník jehličí.



Obr. 3.1: Obsah vybraných prvků v jehličí smrků v jednotlivých odběrech v průběhu řešení projektu. K – kontrolní plocha, Ch – plocha u Chřenovic, 1-l – první ročník jehličí, 2-l – druhý ročník jehličí.

3.2 Buk

Ve všech směsných vzorcích bukových listů byla zjištěna dostatečná až dobrá koncentrace živin. Koncentrace zátěžových prvků a analyzovaných těžkých kovů nepřekračují přirozené hodnoty. Toto hodnocení platí pro všechny tři provedené odběry z let 2008-2010.

V roce 2008 byly přitom zaznamenány, zejména u živin, poměrně výrazné rozdíly mezi kontrolní variantou a variantami na ploše po drčení těžebních zbytků. Např. u dusíku a draslíku byly koncentrace u variant s drtí nižší než u kontroly, zatímco u fosforu, vápníku nebo hořčíku byly koncentrace u variant s drtí vyšší než u kontroly.

V roce 2009 se nejvýrazněji změnila situace u dusíku, kde došlo k navýšení obsahu u obou variant s drtí na úroveň varianty kontrolní. Stejná situace se opakovala i v roce 2010, tj. koncentrace dusíku byla u všech variant srovnatelná. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u varianty s větší vrstvou drtí.

U fosforu došlo v roce 2009 u variant s drtí k mírnému snížení koncentrace o cca 0,2 mg/g ve srovnání s rokem 2008. V roce 2010 pak byla situace zcela srovnatelná s rokem 2009. Po celou dobu sledování byla koncentrace u kontrolní varianty nižší než u variant s drtí. Rozdíly však byly výraznější pouze v roce 2008.

Také u vápníku a hořčíku je patrný rozdíl v koncentracích při porovnání kontrolní varianty bez drtí s oběma variantami na plochách s drtí. Buky na kontrolní lokalitě mají nižší koncentraci těchto prvků ve srovnání s variantami s drtí, přičemž nejvyšší koncentrace jsou u varianty s větší vrstvou drtí.

Ve srovnání s rokem 2008 došlo také u všech variant v roce 2009 k nárůstu koncentrace síry o cca 0,2-0,3 mg/kg a také v roce 2010 byly zjištěné hodnoty pro síru srovnatelné s rokem 2009 (viz. tab. 3.2).

V roce 2010 došlo k nárůstu koncentrace hořčíku, u ostatních prvků koncentrace stagnovaly (tj. byly zcela srovnatelné s hodnotami roku 2009), případně došlo k mírnému poklesu. Nárůst koncentrace dusíku byl zaznamenán u sazenic rostoucích v místě s nejvyšší vrstvou drtí, u hořčíku se koncentrace zvýšili u všech sledovaných variant.

Rozdíly mezi variantami jsou nejzřetelnější u vápníku. Koncentrace vápníku v listech bukových sazenic stoupají od kontrolní varianty k variantě s vyšší vrstvou drtí. U fosforu byla situace poměrně vyrovnaná i když u kontrolní varianty byly zjišťovány přibližně o 0,2 g/kg nižší koncentrace. U draslíku docházelo v průběhu sledování ploch k trvalému mírnému poklesu koncentrací. U kontrolní varianty byla přitom koncentrace draslíku o něco vyšší než u sazenic rostoucích na plochách s drtí.

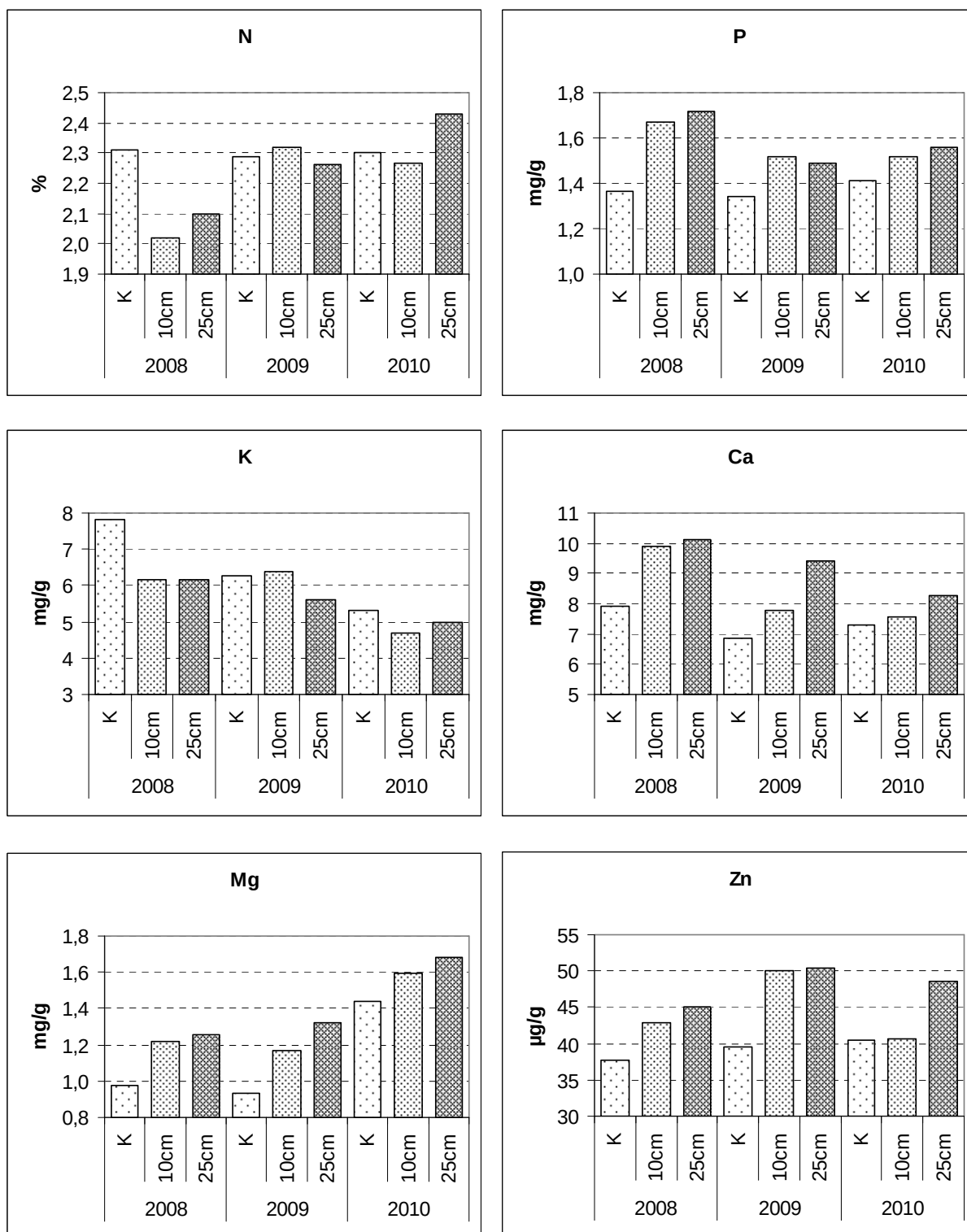
Graficky jsou pro živiny rozdíly zobrazeny na obr. 3.2.

Změny a rozdíly v koncentracích jednotlivých prvků během řešení projektu závisí na jejich vlastnostech – pohyblivost, rozpustnost, schopnost příjmu dřevinami, přičemž vrstva drtí je podle získaných výsledků zdrojem zejména dusíku a hořčíku. Rozkladem vrstvy vzniklé rozdrčením těžebních zbytků a jejich promísením s humusem se do půdy postupně uvolňují i další důležité prvky, jako je fosfor, vápník a draslík a tyto prvky jsou sazenicím k dispozici v přístupné formě (více viz. kap. 2).

U prvků rizikových nedošlo v listech buků ke změnám, koncentrace se pohybují v přirozených hodnotách.

Tab. 3.2: Výsledky analýzy směsných vzorků bukových listů, odběry podzim 2008, 2009, 2010.

rok	značení	sušina hm. % navážky	N _{tot} mg/100 mg sušiny	P mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny
2008	K	98,16	2,31	1363	7907	7827	973,9	37,79
	10cm	98,02	2,02	1670	9881	6151	1220	42,84
	25cm	97,98	2,10	1715	10098	6146	1258	45,13
2009	K	97,82	2,29	1340	6869	6254	934,1	39,64
	10cm	97,96	2,32	1519	7785	6376	1169	49,98
	25cm	97,87	2,26	1489	9425	5607	1323	50,39
2010	K	97,70	2,30	1412	7282	5312	1441	40,53
	10cm	97,60	2,27	1519	7548	4693	1596	40,67
	25cm	97,58	2,43	1557	8282	5002	1686	48,60
rok	značení	Al mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	Cu mg/kg sušiny	Na mg/kg sušiny	S _{tot} mg/kg sušiny	Cl mg/kg sušiny	Mn mg/kg sušiny
2008	K	165,1	151,7	8,093	43,86	1580	241	3667
	10cm	140,5	140,5	6,125	59,42	1370	187	5449
	25cm	143,9	149,4	7,475	54,94	1425	140	7137
2009	K	183,2	177	6,75	<55,0	1710	180	4780
	10cm	199,8	195,2	7,52	<55,0	1680	113	6315
	25cm	184	195,2	6,84	<55,0	1610	98	8261
2010	K	144,2	174,6	6,90	<55,0	1730	209	4645
	10cm	118,1	122,8	6,29	<55,0	1600	220	6703
	25cm	100,3	125,6	7,02	<55,0	1780	274	7864



Obr. 3.2: Grafické zobrazení výsledků chemické analýzy bukových listů podle mocnosti vrstvy drti, srovnání let 2008, 2009 a 2010. K – kontrolní plocha, 10cm – menší vrstva drti, 25cm – větší vrstva drti.

4. Zdravotní stav a růst sazenic

K hodnocení zdravotního stavu sazenic byla použita metodika ICP Forests/Forest Focus pro hodnocení defoliace (ztráty olistění) a diskolorace (barevných změn olistění). Hodnocení probíhalo na začátku i na konci vegetačního období na arových plochách v porostech uvedených v tabulce č. 1.1.

Dalšími sledovanými parametry byla výška sazenic a tloušťka kořenového krčku. Tyto parametry byly hodnoceny na stejných plochách a u stejných sazenic jako defoliace a diskolorace. Měření a hodnocení probíhalo podle potřeby tak, aby byl zachycena změna za vegetační období.

Statistické vyhodnocení proběhlo v programu Statistica 9 Cz a QC Expert. Provedena byla průzkumová analýza dat, pomocí které byly zjištěny a následně prověřeny extrémní a odlehle hodnoty. Rozdíly mezi plochami byly zjišťovány pomocí párového testu pro nezávislé výběry. Hladina významnosti alfa byla zvolena 0,05. Pro základní informaci o datech jsou používány robustní statistiky.

V tabulce 4.1 je přehled počtu sazenic na sledovaných arových plochách v průběhu řešení projektu. Uvedené počty zahrnují i sazenice poškozené okusem zvěří nebo lidským faktorem při ožínování. Tyto sazenice (hodnoty) byly při statistickém vyhodnocení růstu vyřazeny jako odlehlá měření.

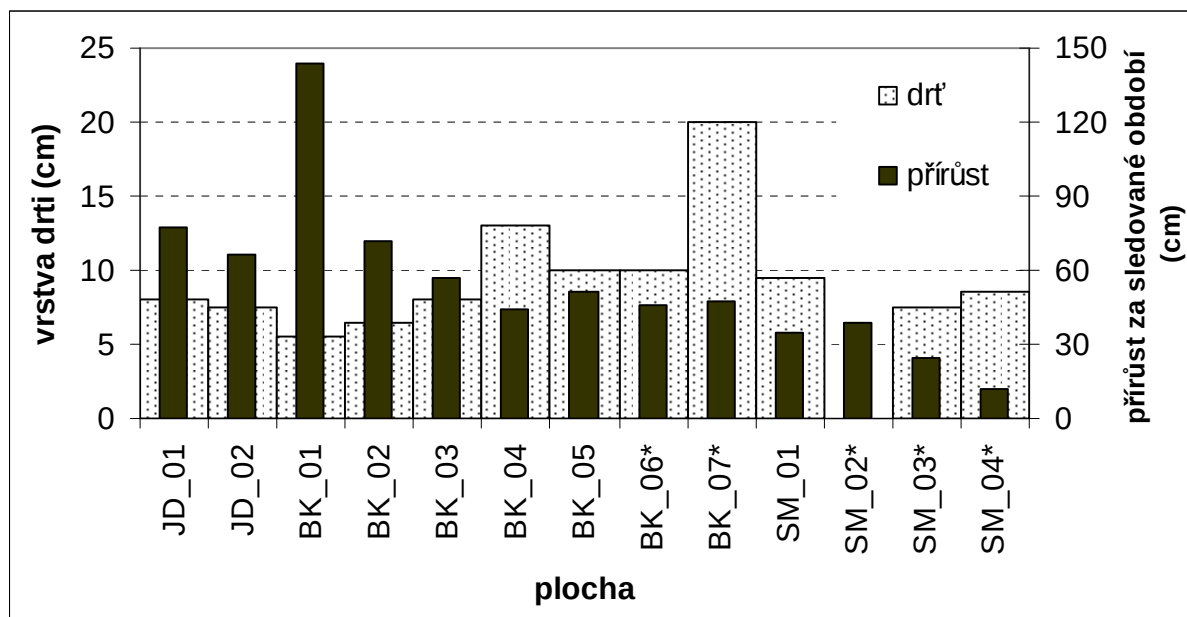
Pokud došlo k vylepšení výsadeb takovými sazenicemi, které měly srovnatelné parametry se sazenicemi na ploše, pak to bylo možné zjistit u ploch, kde byly sazenice očíslovány. Očíslování bylo provedeno v roce 2009 u ploch JD_01, BK_06 s SM_02. Z tabulky je zřejmé, že u těchto ploch se počet sazenic snížil, nejvíce u bukové plochy, kde bylo zjištěno 18 evidentně useknutých stromků jako důsledek neopatrného vyžínování buřeně. Stromky nicméně rostou, ale naměřené hodnoty musely být vyřazeny z následného vyhodnocení.

Tab. 4.1: Počty sazenic na sledovaných arových plochách v průběhu řešení projektu

porost	revir	2008	2009	2010	mortalita	plocha kod
805 B13	Temník	47	45	42	11%	JD_01
805 B13	Temník	42	39	36	14%	JD_02
805 B13	Temník	74	70	68	8%	BK_01
805 B13	Temník	70	70	51	27%	BK_02
709 C10	Orlovy	66	65	74	vylepšeno	BK_03
709 C10	Orlovy	78	73	72	8%	BK_04
212 B11	Vostojavka	75	67	63	16%	BK_05
212 B11	Vostojavka	39	29	27	31%	SM_01
215 A9	Vostojavka	76	71	48	37%	BK_06
215 A9	Vostojavka	73	64	47	36%	BK_07
215 A10	Vostojavka	28	28	28	0%	SM_02
234 C13	Vostojavka	43	33	30	30%	SM_03
215 A10	Vostojavka	-	36	36	0%	SM_04

Na obr. 4.1 jsou uvedeny výsledky sledování od začátku měření po poslední měření provedené na konci listopadu 2010. Při posledním měření v listopadu 2010 bylo hodnoceno všech 13 sledovaných ploch, počasí umožnilo dokončit měření na 11 plochách. Zbylé dvě plochy byly doměřeny v březnu 2011.

Hodnoty na vedlejší ose y (vpravo) představují výškový přírůst za celé sledované období, nejedná se o výšku sazenic. Hodnota přírůstu je rozdíl mediánů z hodnot naměřených v jednotlivých letech.



Obr. 4.1: Výškový přírůst na sledovaných plochách za 2 (označeno *) až 3 (ostatní plochy) vegetační sezóny v porovnání s průměrnou výškou drti na jednotlivých plochách.

Graf na obr. 4.1 naznačuje, že sazenice rostoucí na plochách s vyšší vrstvou drti měly za sledované období nižší výškový přírůst ve srovnání se sazenicemi na plochách s nižší vrstvou drti. To platí pro smrk, buk i jedli. Výjimkou je plocha u Tasic (BK_06, BK_07), kde je přírůst buků srovnatelný bez ohledu na výšku drti. Tyto rozdíly však nejsou na zvolené hladině významnosti ($\alpha = 0,05$) statisticky průkazné.

Postup prací a zjištěné parametry/vlastnosti stanovišť a sazenic jsou souhrnně uvedeny v tabulce 4.2.

Tab. 4.2: Postup prací a zjištěné parametry jednotlivých arových ploch zahrnutých do řešení projektu

plocha kod	drcení	průměrná výška drti (cm)	zalesnění	mortalita	přírůst za sledované období (cm)
JD_01	VI. 2004	8	IV. 2005	11%	77,5
JD_02	VI. 2004	7,5	IV. 2005	14%	66,5
BK_01	VI. 2004	5,5	X. 2004	8%	144
BK_02	VI. 2004	6,5	X. 2004	27%	72
BK_03	IX. 2007	8	X. 2007	vylepšeno	56,5
BK_04	IX. 2007	13	X. 2007	8%	44,5
BK_05	IV. 2006	10	X. 2006	16%	51
SM_01	IV. 2006	9,5	X. 2006	31%	35
BK_06	XI. 2006	10	V. 2007	37%	46
BK_07	XI. 2006	20	V. 2007	36%	47
SM_02	XI. 2006	0	V. 2007	0%	39
SM_03	V. 2006	7,5	VI. 2006	30%	24,5
SM_04	V. 2008	8,5	V. 2008	0%	12

Jak je zřejmé z výsledků analýz půdy (kap. 2) a půdní vody (kap. 6), drť je pro sazenice zdrojem postupně uvolňovaných živin a kladně působí i na pH půdy, které se za dobu sledování mírně zvýšilo. Pokud tedy vznikají statisticky neprůkazné rozdíly mezi plochami v hodnotách výškového přírůstu, není výška drti zřejmě rozhodujícím faktorem. Také výsledky analýz jehličí smrkových sazenic a listů bukových sazenic (kap. 3) ukazují bezproblémový příjem prvků a dostatečnou úroveň výživy.

5. Fytopatologické šetření

V průběhu řešení projektu byly na vybraných plochách v hlavní lokalitě u Tasic (porost 215 A9) provedeny v přibližně dvouměsíčních intervalech ve vegetační sezóně odběry odumřelých resp. odumírajících sazenic smrku na plochách s cca 10 cm vysokou vrstvou drceného kletu (**K 10**) a na plochách kontrolních (bez drceného kletu – **K 0**). Ve stejných termínech byly realizovány i odběry bukových sazenic na plochách s cca 10 cm vysokou vrstvou drceného kletu (**K 10**) a na plochách s cca 25 cm vysokou vrstvou drceného kletu (**K 25**).

Odebrané sazenice byly v laboratoři očištěny, rozděleny na nadzemní (**P**) a podzemní (kořenovou - **K**) část a kultivovány ve vlhkých komorách. Po cca týdenní kultivaci materiálu byla mikroskopicky determinována postupně narůstající mykoflora – výsledky jsou zaznamenány ve 2 tabulkách (zvlášť pro smrkové a bukové sazenice).

Výsledky

Výsledky laboratorních rozborů odebraných chřadnoucích sazenic smrků v letech 2008-2010 ukazují na pouze sporadický (jednotlivý) výskyt patogenních hub popř. dalších potenciálních biotických škodlivých činitelů (tab. 5.1). Ani na kořenech, ani na nadzemních částech sazenic nebyly tyto organismy často nalézány. Situace byla z tohoto hlediska nejpriznivější v roce 2010 – při jednotlivých návštěvách byl vzhledem k velmi nízké mortalitě sazenic nezřídka problém odebrat vzorky ze všech pokusných variant pro laboratorní šetření. Za zmínku snad stojí pouze zaznamenaný výskyt václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na jedné smrkové sazenici. Jinak během tříletého šetření dominovaly na odumírajících smrcích houby rodu *Verticillium* a *Fusarium* a spíše saprofytické houby z rodu *Penicillium* a *Trichoderma*.

U buku byla situace v roce 2010 z fytopatologického hlediska obdobná. Druhé spektrum zjištěných patogenů bylo nízké (tab. 5.2), rovněž tak mortalita buků (byly nalezeny dvě sazenice odumřelé po napadení kořenového systému václavkou smrkovou (*Armillaria ostoyae*)). Pokud hodnotíme výskyt potenciálních houbových patogenů za celé období, tak na kořenech jsme nejčastěji nalézali zástupce rodu *Verticillium*, *Penicillium* a *Fusarium*, na prýtech houby rodu *Fusarium* a *Phomopsis*. Výskyt těchto hub byl nejčastější v roce po výsadbě, kdy odumřel i největší počet sazenic. V třetím roce šetření již byl problém nalézt na studijních plochách odumírající buk – tito jedinci byli vesměs napadeni václavkou.

Z dalších biotických škodlivých činitelů byl registrován výjimečně výskyt háďátek (u obou druhů dřevin) či roztočů (u buku). Na sledovaných plochách i na jinak zdravých bucích byl zaznamenán výskyt mšice - stromovnice bukové (*Phyllaphis fagi*) – pro sazenice v prakticky

bezvýznamné míře. Na listech buku byly pozorovány háčky bejlmorky bukové (*Mikiola fagi*) a na podzim roku 2010 na jednom buku žír housenek vztyčnořitky lipové (*Phalera bucephala*).

Pokud hodnotíme výskyt potenciálních houbových patogenů za celé období sledování (2008-2010), tak na kořenech jsme nejčastěji nalézali zástupce rodu *Verticillium*, *Penicillium* a *Fusarium*, na prýtech houby rodu *Fusarium* a *Phomopsis*. Výskyt těchto hub byl nejčastější v roce po výsadbě, kdy odumřel i největší počet sazenic. Ve třetím roce šetření již byl problém nalézt na studijních plochách odumírající buk – tito jedinci byli vesměs napadeni václavkou.

Z fytopatologického hlediska lze označit zdravotní stav výsadeb na všech plochách (bez ohledu na přítomnost a výšku drceného klestu) **jako dobrý**. Organismy zjištěné na smrkových a bukových sazenicích rozhodně nenaznačují, že by nezdary výsadeb byly působeny biotickými škodlivými činiteli, popř. že by přítomnost drti po fytopatologické stránce sazenice nějak limitovala nebo ohrožovala jako prostředí pro rozvoj patogenů.

Tab. 5.1: Výsledky fytopatologického šetření – smrkové sazenice

SM	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2010
	KK10	KK0	PK10	PK0	KK10	KK0	PK10	PK0	KK10	KK0	PK10	PK0
<i>Armillaria</i>									+			
<i>Botrytis</i>			+									
<i>Cladosporium</i>	+											
<i>Cylindrocarpon</i>	+					+						
<i>Fusarium</i>	+	+	+					+				
<i>Lophodermium</i>								+				
<i>Penicillium</i>	+	+	+	+		+		+				
<i>Trichoderma</i>	+	+		+	+	+	+	+				
<i>Trichothecium</i>			+			+		+				
<i>Verticillium</i>	+	+		+	+		+					
<i>sterilní mycelium</i>				+		+		+				

Tab. 5.2: Výsledky fytopatologického šetření – bukové sazenice

BK	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2010
	KK10	KK30	PK10	PK30	KK10	KK25	PK10	PK25	KK10	KK25	PK10	PK25
<i>Alternaria</i>							+					
<i>Armillaria</i>										+		
<i>Cylindrocarpon</i>	+							+				
<i>Cytospora</i>				+			+					
<i>Fusarium</i>		+	+		+	+	+	+				
<i>Nectria</i>			+									
<i>Penicillium</i>	+	+		+	+	+		+				
<i>Pestalotia</i>							+					
<i>Phoma</i>		+	+				+					
<i>Phomopsis</i>	+	+	+				+	+				
<i>Trichoderma</i>	+	+				+		+				
<i>Trichothecium</i>						+		+				
<i>Verticillium</i>	+	+	+	+	+	+				+		
<i>sterilní mycelium</i>		+			+							

KK10 - kořenová část, drčený klest cca 10 cm; KK25 - kořenová část, drčený klest cca 25 cm; PK10 - nadzemní část, drčený klest cca 10 cm; PK25 - nadzemní část, drčený klest cca 25 cm

6. Půdní roztok

Chemismus půdní vody byl na plochách v Tasicích sledován standardním způsobem, stejně jako je tomu na plochách II. úrovně monitoringu lesů (ICP Forests/FutMon).

Půdní voda byla odebírána pomocí gravitačních lyzimetrů. V tomto případě byly, vzhledem k promísení drti s humusem, umístěny na rozhraní humusové a minerální vrstvy půdy, viz obr. 6.1. Vzorky byly odebírány jednou za měsíc a k laboratorním analýzám byly předávány čtvrtletní směsné vzorky. Analýzy vzorků prováděl útvar Zkušebních laboratoří VÚLHM, jehož součástí je i akreditovaná Laboratoř analýzy půdy, vody a rostlin. Ve vzorcích byly stanoveny následující parametry: hodnoty pH, vodivost, alkalita, celkový dusík (TN), organický rozpuštěný uhlík (DOC), aniony SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , Cl^- , P-PO_4^{3-} , kationy NH_4^+ , Al, Ca, Fe, K, Mn, Mg, Na, Zn.



Obr. 6.1: Umístění lyzimetrů ve variantách s různou vrstvou drti

Hodnoty pH půdní vody byly nejnižší na kontrolní ploše (SM KO), pohybovaly se v rozmezí 3,8 – 4,2 a vykazovaly mírný trend nárůstu během celého období sledování (R-0,65). Na ploše s tenkou vrstvou štěpky (BK 10) byly hodnoty pH vyšší než na ploše kontrolní, pohybovaly se mezi 4,5 a 5 a během celého období mírně klesaly. Výraznější nárůst byl zaznamenán v 2. a 3. Q roku 2010. Obdobně tomu bylo i na ploše se silnější vrstvou štěpky (BK 25)¹, kde byly hodnoty pH srovnatelné s plochou BK 10, ale ve 2. a 3. Q roku 2010 již byly nižší ve srovnání s touto plochou. Ve 3. Q 2010 byl rozdíl poměrně výrazný, ale v následujícím čtvrtletí se hodnoty opět přiblížily.

Koncentrace amonných iontů (NH_4^+) byly na kontrolní ploše vysoké v roce 2008 (což souvisí pravděpodobně se zrychlením rozkladu po instalaci lyzimetrů), pak se na počátku roku 2009 výrazně snížily a byly srovnatelné s oběma plochami s drtí. V dalším období nastal opět výrazný pokles, kromě 3. Q roku 2009 byly koncentrace NH_4^+ vždy výrazně nižší ve srovnání s plochami BK 10 a BK 25. Na ploše BK 10 se během roku 2009 koncentrace NH_4^+ snižovaly, během roku 2010 zřetelně stoupaly. Na ploše BK 25 byly koncentrace NH_4^+ výrazně vyšší ve srovnání s plochou BK 10 (více než dvojnásobné), pouze ve 3. Q roku 2010 byly koncentrace nižší než na ploše BK 10. Na ploše BK 25 je zřejmý vzestup vždy ke konci roku, jak se postupně ukončuje růst vegetačního krytu a klesá aktivita půdních

mikroorganismů. Na obou plochách s drtí byly koncentrace NH_4^+ také výrazně vyšší než na kontrolní ploše (s výjimkou 4. Q na ploše BK 10).

Vysoké koncentrace po instalaci lyzimetrů byly zjištěny i u dusičnanů (NO_3^-) v roce 2008. Na počátku roku 2009 se však výrazně snížily. Zvýšené koncentrace se v roce 2008 projevíly i na ploše BK 25, na ploše BK 10 zaznamenány nebyly. Na obou plochách s drtí koncentrace NO_3^- kolísaly během roku s poměrně značnými výkyvy, na ploše BK 25 je patrný trend nárůstu koncentrací ke konci roku obdobně jako v případě NH_4^+ .

Zřetelnější trend je patrný v případě koncentrací celkového dusíku (TN). Na kontrolní ploše se vysoké hodnoty z roku 2008 na počátku roku 2009 prudce snížily a dále kolísaly během celého období sledování. Stejný průběh byl i na ploše BK 10, kde byly hodnoty koncentrací TN na konci sledovaného období již vyšší než na kontrolní ploše. Naopak na ploše BK 25 se silnou vrstvou drtí došlo během sledovaného období k nárůstu koncentrací TN v půdní vodě přičemž zde byly koncentrace výrazně vyšší než na ploše BK 10.

Průměrné koncentrace draslíku byly v roce 2008 a na počátku roku 2009 nejvyšší na ploše BK 25, kde byly 3–4krát vyšší ve srovnání s kontrolní plochou a dvakrát vyšší ve srovnání s plochou BK 10. V průběhu sledování došlo na ploše BK 25 k výraznému poklesu koncentrací K, na ploše BK 10 se koncentrace ve 3. Q roku 2010 zvýšily a byly vyšší než na ploše BK 25. V následujícím období byly na obou plochách srovnatelné a na konci sledovaného období na obou plochách s drtí koncentrace K nepatrně stoupaly. Na kontrolní ploše průměrné koncentrace draslíku po poklesu na počátku roku 2009 kolísaly během celého sledovaného období bez výraznějších změn.

Zvýšené koncentrace hořčíku zjištěné v roce 2008 na kontrolní ploše se na počátku roku 2009 prudce snížily a během následujícího sledovaného období kolísaly bez výrazných změn. V posledním čtvrtletí roku 2010 ve srovnání s předchozím obdobím koncentrace Mg mírně stoupaly. Naproti tomu na obou plochách s drtí není trend jednoznačný; koncentrace hořčíku během roku 2009 postupně stoupaly, ale během roku 2010 docházelo k poklesu (s výjimkou 4. Q, kdy na ploše BK 25 koncentrace Mg výrazně stoupaly, na ploše BK 10 se zvýšily jen nepatrně), nicméně na obou plochách s drtí jsou koncentrace hořčíku vyšší než na kontrolní ploše. Výrazný rozdíl je vidět u plochy BK 25, kde jsou hodnoty několikanásobně vyšší a velmi výrazný rozdíl je i mezi oběma plochami s drtí. Na ploše BK 25 s vyšší vrstvou štěpky jsou průměrné koncentrace hořčíku dvojnásobné ve srovnání s plochou BK 10. Při meziročním hodnocení je na ploše BK 25 zcela zřetelný trend nárůstu koncentrací hořčíku v půdní vodě.

Velmi podobná situace je i v případě vápníku. Jeho průměrné koncentrace na kontrolní ploše klesaly, na obou plochách s drtí od počátku roku 2009 výrazně stoupaly a během roku 2010 došlo k mírnému poklesu s výjimkou 4. Q, kdy se koncentrace Ca na ploše BK 25 zvýšily. Rovněž se výrazně odlišují obě plochy s různou vrstvou drtí, na ploše BK 25 (s větší vrstvou drtí) byly koncentrace Ca v půdní vodě 2–3krát vyšší než na ploše BK 10. Na kontrolní ploše byly koncentrace Ca velmi nízké, od roku 2009 pouze ve dvou případech překročily hodnotu 3 mg.l^{-1} . Stejně jako u hořčíku i u vápníku je zřejmý meziroční nárůst koncentrací v půdní vodě na ploše BK 25.

Molární poměr Ca/Al je na všech plochách příznivý, nikde neklesá pod kritickou hodnotu 1, která je považována za toxickou pro kořeny. Na kontrolní ploše byly hodnoty Ca/Al nejvyšší v roce 2008, pak postupně klesaly. Ke konci období dochází k mírnému nárůstu. Pokles v průběhu sledování byl zaznamenán i na obou plochách s drtí. Na ploše BK 10 s menší vrstvou drtí byly hodnoty jen mírně vyšší než na kontrolní ploše, v roce 2008 zde

byly hodnoty nižší ve srovnání s kontrolní plochou. Na ploše BK 25 se silnější vrstvou drti byly hodnoty Ca/Al oproti kontrolní ploše 3–5krát vyšší.

Průměrné koncentrace organického uhlíku (DOC) v půdní vodě byly na obou plochách s drtí vyšší než na kontrolní ploše. Na ploše BK 25 se silnější vrstvou štěpky jsou rozdíly výraznější, hodnoty jsou zde několikanásobně vyšší ve srovnání s kontrolou. Na ploše BK 10 nejsou rozdíly tak výrazné. Liší se i obě plochy s různou vrstvou štěpky, na ploše se silnější vrstvou jsou hodnoty koncentrací DOC 2–3krát vyšší. Zatímco na kontrolní ploše se koncentrace DOC během období sledování příliš neměnila, hodnoty pouze kolísaly během roku, na obou plochách s drtí je zřejmý vzestup, i když během 2. – 3. Q roku 2010 dochází k mírnému poklesu (plocha BK 25), případně je vývoj bez výrazného trendu (plocha BK 10).

V případě koncentrací fosforu (ve formě PO_4^{3-}) není vývoj zcela jednoznačný. Vysoké hodnoty zjištěné v roce 2008 se na počátku roku prudce snížily (nejvýrazněji na ploše BK 25 a na kontrolní ploše). Na kontrolní ploše se hodnoty koncentrací P-PO_4^{3-} během roku 2010 již téměř neměnily, resp. byly zjišťovány pod mezí detekce přístroji. Mírný nárůst byl zaznamenán až ve 4. Q roku 2010. Na obou plochách s drtí došlo ve 3. čtvrtletí roku 2010 k poměrně výraznému vzestupu, v následujícím období se ale koncentrace opět snížily.

Průměrné koncentrace síry (ve formě SO_4^{2-}) v půdní vodě jsou nejvyšší na kontrolní ploše, hlavně v roce 2008. Po té se výrazně snížily a v průběhu roku 2009 opět stouply. V roce 2010 již byly vyrovnané a nebyly ani výrazné rozdíly mezi kontrolní plochou a plochami s drtí. Při srovnání obou ploch s drtí není vývoj jednoznačný, hodnoty kolísaly během celého období sledování, ke konci roku 2010 koncentrace SO_4^{2-} v půdní vodě stoupaly, přičemž výraznější vzestup byl zaznamenán na ploše BK 25.

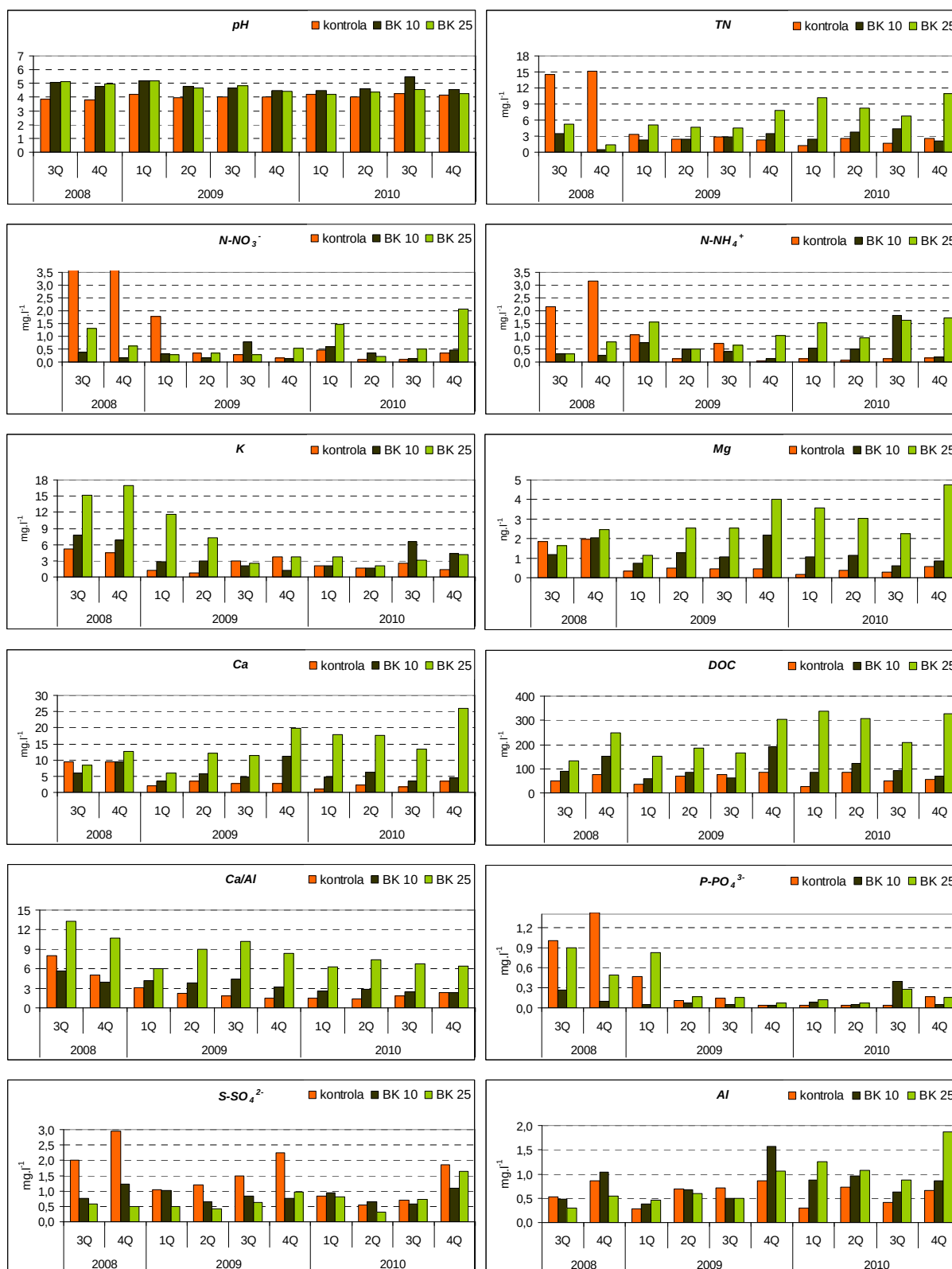
Z výsledků sledování půdní vody vyplývá, že **vrstva drti má vliv na větší uvolňování dusíku, a to jak ve formě dusičnanové, tak ve formě amonné**, přičemž výraznější rozdíly mezi kontrolní plochou a plochami s drtí jsou u amonné formy dusíku. Nejlépe jsou rozdíly mezi kontrolou a také mezi jednotlivými variantami s různou vrstvou drti vidět na koncentraci celkového dusíku. Uvolněný dusík je tak k dispozici jednak pro půdní mikroorganismy a jak je vidět z výsledků analýzy asimilačního aparátu, je sazenicemi přijímán a ukládán v listech (viz. kap. 3) a zřejmě také v biomase sazenic (kůra, dřevo, kořeny).

Z vrstvy drti se do půdního roztoku uvolňuje také dostatek vápníku a hořčíku, tedy velmi důležitých živin. Dobrý obsah bazických prvků má zřejmě vliv také na příznivé pH půdní vody – u variant s drtí je vyšší ve srovnání s kontrolou.

Čím větší je množství (vrstva) organické hmoty, tím vyšší koncentrace organického uhlíku (DOC) byly zaznamenány ve vzorcích půdní vody. Nejvyšší byly na ploše se silnou vrstvou drti (BK 25), v průběhu roku 2009 jejich koncentrace stoupala. Stejně tak stoupala koncentrace DOC i na ploše BK 10, ale zjištěné koncentrace jsou zde poloviční ve srovnání s plochou BK 25. V průběhu roku koncentrace DOC na plochách s drtí mírně klesla. Na kontrolní ploše jsou koncentrace DOC nejnižší a téměř se nemění.

Vysoké hodnoty koncentrací některých prvků na počátku měření roce 2008 mohou být způsobeny narušením půdy při instalaci lyzimetru a zrychleným rozkladem organické hmoty. Po stabilizaci situace se stabilizovaly také zjišťované koncentrace sledovaných parametrů.

Vývoj koncentrací některých prvků (Mg, Ca, N) během roku (vzestup ke konci roku) souvisí pravděpodobně s ukončením růstu vegetace (snížení příjmu) a snížením aktivity mikroorganismů v půdě.



Obr. 6.1: Porovnání kontrolního vzorku se vzorky z ploch po drcení kletu pro vybrané parametry od začátku sledování..

7. Meteorologické parametry

Pro měření byly vytipovány tři měřicí místa s odlišnou vrstvou štěpky. Jde o totožné lokality, na kterých byla např. odebírána půdní voda (hlavní lokalita projektu u Tasic):

- BK-25 vysoká vrstva štěpky (cca 25cm)
- BK-10 malá vrstva štěpky (cca 10cm)
- SM-KO bez štěpky na okraji dospělého smrkového porostu

Na každém z měřicích míst bylo v červenci 2008 zahájeno měření teploty vzduchu ve 2 m, teploty půdy v hloubkách 10 cm, 30 cm a 50 cm (čidla Pt100) a objemové vlhkosti půdy v hloubkách 10 cm, 30 cm a 50 cm (čidla Oktagon). Veličiny jsou snímány a ukládány v desetiminutovém intervalu. Cílem měření bylo zjistit, zda zvýšená vrstva štěpky nemůže ve vegetačním období způsobit přehřátí svrchních vrstev půdy či nedostatek vláhy, který by negativně ovlivňoval kořenové systémy sazenic. Data o množství srážek byla přejata z blízké meteorologické stanice Kožlí, která je zapojena do mezinárodního programu Intenzivního monitoringu lesních ekosystémů ICP Forests. Tato stanice měří a ukládá data ve stejném intervalu jako v případě vybavení tohoto projektu.

Výsledky

Průběh meteorologických faktorů v letech 2008 - 2010

Roky 2008 i 2009 lze považovat za poměrně teplé. Rok 2010 byl chladnější. Průměrná teplota vzduchu na stanici Kožlí přesáhla se v letech 2008 a 2009 pohybovala kolem hodnoty 9°C (9,2°C v roce 2008 a 8,8°C v roce 2009), v roce 2010 dosáhla pouze 7,5°C. Významně teplé bylo zejména vegetační období roku 2009 s průměrnou teplotou 15,6°C, které dosáhlo také téměř rekordní délky – 195 dní a trvalo od 1.4. do 12.10. Průměrná teplota vegetačního období v roce 2008 byla 14,8°C, v roce 2010 14,4°C. Všechny tři roky se vyznačovaly teplým jarním obdobím, které bylo kombinováno s deficitem srážek. Vláhový deficit byl výrazný v dubnu 2009 kdy spadlo pouhých 19,2 mm srážek. V roce 2010 byly v jarních měsících srážkové úhrny poměrně vydatné, během velmi teplého období na přelomu března a dubna však lokálně docházelo k prosychání svrchních vrstev půdy. Nejnižší měsíční úhrn srážek byl zaznamenán v říjnu 2010 – 4,0 mm. Vzhledem k dostatečné zásobě vody v půdě z předchozího vlhkého období a k ukončování vegetační sezony neměl nedostatek srážek výrazný vliv na vegetaci.

Přestože bylo nejteplejší vegetační období zaznamenáno v roce 2009, nejvyšší teploty byly registrovány v červenci 2010, kdy dosáhla průměrná měsíční teplota 20,3°C a byla také naměřena nejvyšší maximální teplota 35°C. Zároveň byla zaznamenána poměrně významná srážková činnost – zejména z bouřek. Srážkové úhrny v červenci 2010 představovaly 128,2 mm, v srpnu 2010 dokonce 176,4 mm. Během těchto měsíců tedy nedocházelo k přísušku. Nejvýraznější stres suchem ve sledovaném období se tak vyskytoval v průběhu dubna 2009 a poté v říjnu 2009, kdy byly srážkové úhrny rovněž velmi nízké. Posledně jmenované suché období má pochopitelně menší význam pro vegetaci než sucho v jarním období či ve vrcholné vegetační sezoně, pro charakteristiku rozdílů ve vlhkosti půdy na jednotlivých sledovaných lokalitách je však vhodné.

Nejnižší teploty byly zaznamenány v lednu 2010, kdy průměrná měsíční teplota dosahovala $-4,4^{\circ}\text{C}$ a minimální naměřená teplota vzduchu byla $-20,7^{\circ}\text{C}$ (27.1. 2010). Obdobně chladný byl také prosinec 2010 s průměrnou měsíční teplotou $-4,8^{\circ}\text{C}$ a minimální teplotou $-17,3^{\circ}\text{C}$ (30.12. 2010) a leden 2009 s průměrnou měsíční teplotou $-3,9^{\circ}\text{C}$ a minimální teplotou $-17,5^{\circ}\text{C}$ (9.1. 2009).

Teplotní charakteristiky jednotlivých let jsou uvedeny v tabulce 7.1 a na obrázcích 7.1 – 7.3, průměrné měsíční srážky jsou v tabulce 7.2.

Tabulka 7.1: Měsíční teplotní charakteristiky v letech 2008-2010 na stanici Kožlí

2008														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prům	IV-IX
T	1,6	2,7	3,4	8,1	13,7	17,6	17,9	18,4	12,8	8,7	4,9	1,0	9,2	14,8
Tmax	4,0	7,0	7,7	13,3	19,8	23,8	23,8	24,7	18,2	14,1	7,8	3,4	14,0	20,6
Tmin	-0,7	-0,9	-0,3	3,2	7,7	11,8	12,5	12,2	8,2	4,4	2,1	-1,0	4,9	9,3
T+	11,1	18,5	17,5	20,6	30,3	30,9	32,5	31,5	33,1	22,2	18,3	9,6		
T-	-7,2	-11,2	-5,6	-1,8	2,3	4,9	9,5	6,5	2,2	-2,8	-5,8	-9,9		

2009														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prům	IV-IX
T	-3,9	-0,8	3,5	12,7	13,4	15,2	18,6	18,9	15,2	7,3	6,2	-0,4	8,8	15,7
Tmax	-0,9	1,5	6,9	19,6	19,4	21,2	25,6	25,6	21,3	10,7	9,7	2,5	13,6	22,1
Tmin	-6,9	-3,2	0,4	5,8	7,4	9,9	12,7	12,8	10,2	4,2	3,2	-2,7	4,5	9,8
T+	7,8	10,3	15,5	23,0	28,7	28,6	33,7	31,8	25,7	25,5	15,6	12,2		
T-	-17,5	-10,1	-5,4	1,8	0,3	4,1	8,1	7,2	4,7	-3,3	-1,0	-16,2		

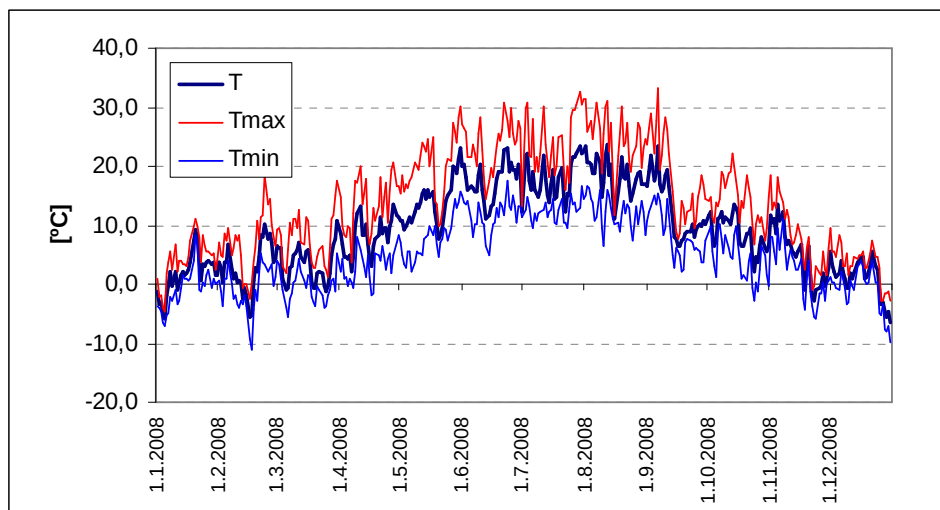
2010														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	prům	IV-IX
T	-4,4	-1,8	2,8	8,1	11,8	16,7	20,3	17,6	11,8	6,5	5,3	-4,8	7,5	14,4
Tmax	-2,0	1,6	7,6	14,43	16,1	22,2	27,0	23,2	17,0	11,5	8,3	-1,6	12,1	20,0
Tmin	-7,1	-4,7	-1,8	2,0	8,2	11,1	13,8	12,6	7,6	2,4	2,6	-8,2	3,2	9,2
T+	5,2	10,4	18,5	23,9	22,2	31,3	35,0	30,0	22,9	17,3	17,2	6,7		
T-	-20,7	-12,5	-15,1	-2,6	4,8	7,7	8,0	5,7	2,7	-4,2	-7,5	-17,3		

T průměrná měsíční teplota
Tmax měsíční průměr denních maximálních teplot
Tmin měsíční průměr denních minimálních teplot

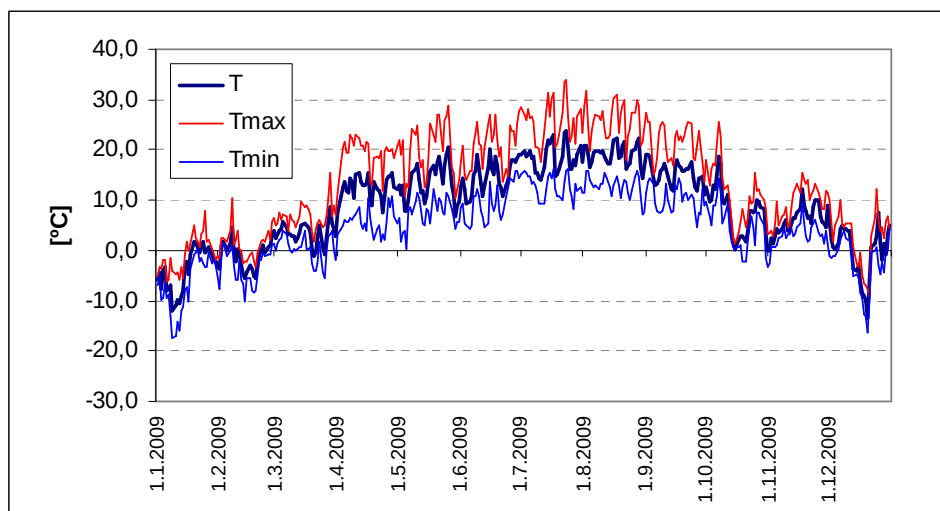
T+ nejvyšší naměřená teplota
T- nejnižší naměřená teplota

Tabulka 7.2: Měsíční srážkové úhrny v letech 2008-2010 na stanici Kožlí

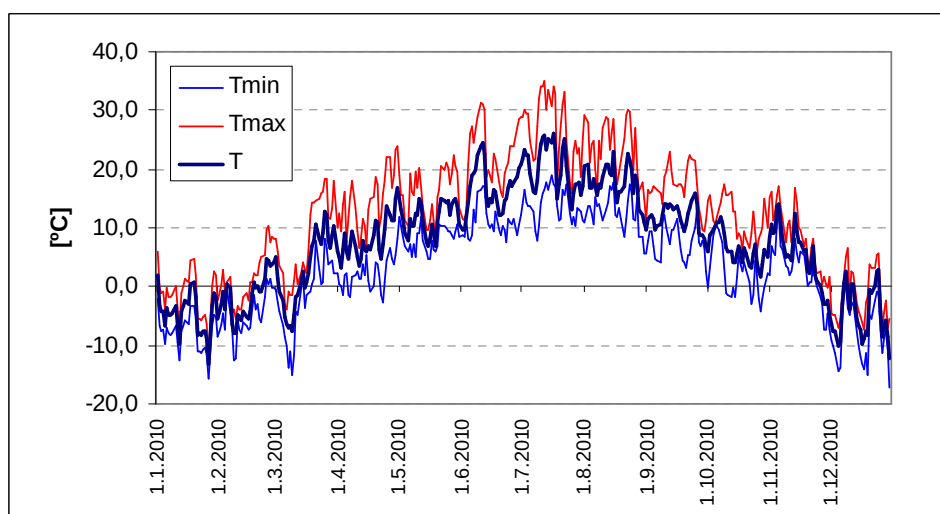
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	IV-IX
2008	32,8	16,4	52,8	40,2	39,2	64,0	73,0	54,6	28,8	45,0	62,6	33,0	542,4	299,8
2009	17,4	68,8	74,6	19,2	67,4	111,0	86,8	86,0	24,4	63,8	33,4	86,0	647,0	394,8
2010	11,2	26,6	34,8	44,0	108,2	53,6	128,2	176,4	85,8	4,0	35,6	52,8	761,2	596,2



Obr. 7.1: Průběh teplot vzduchu v roce 2008



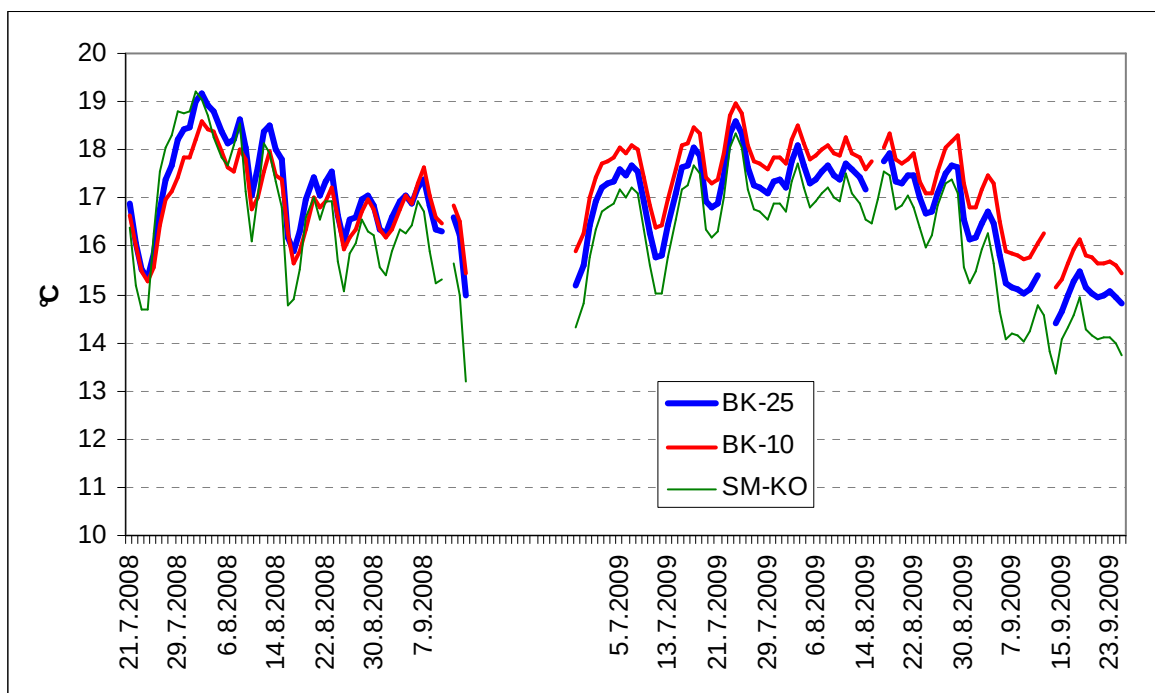
Obr. 7.2: Průběh teplot vzduchu v roce 2009



Obr. 7.3: Průběh teplot vzduchu v roce 2010

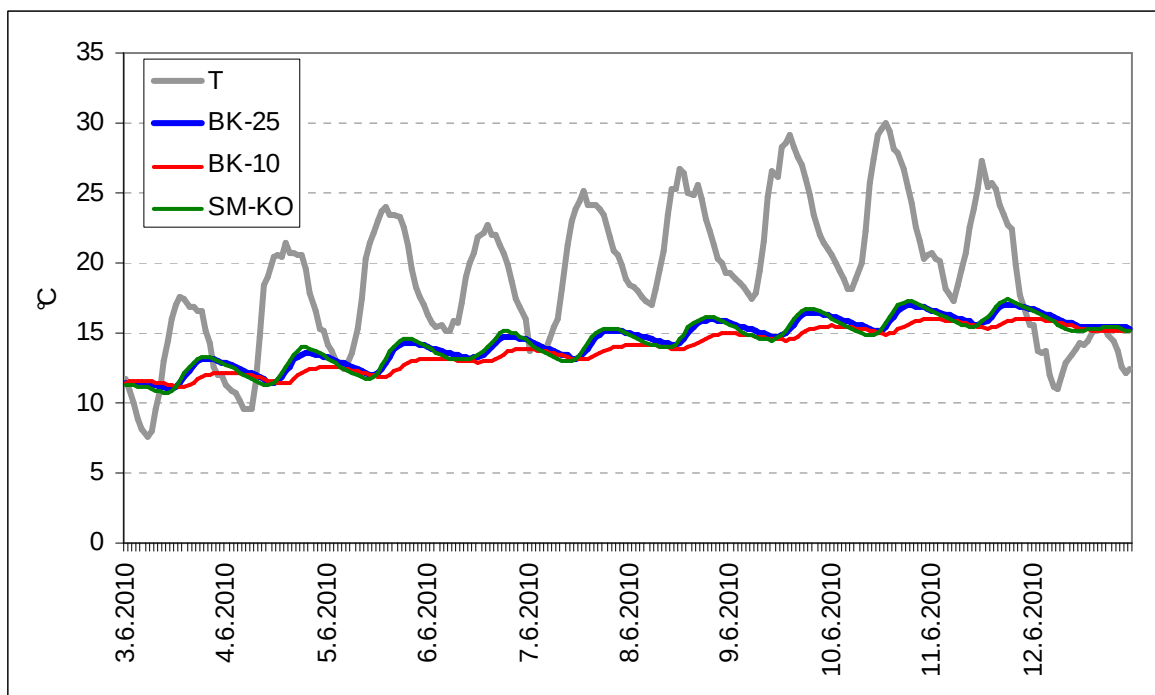
Půdní teploty

Teploty v půdě vykazovaly na všech plochách obdobný vývoj, ale jejich absolutní hodnoty se mírně odlišovaly. V dalším srovnání se můžeme zaměřit na období s jednak s vysokými, jednak s nízkými teplotami. Průměrná denní teplota půdy ve svrchních 10 cm dosahovala více než 15°C v období od počátku měření (21.7.2008) do 14.9.2008 a v roce 2009 od 28.6. do 25.9. Vývoj teplot na jednotlivých plochách je patrný z obr. 7.4. Vývoj půdních teplot probíhá souběžně na všech stanovištích. Zatímco na počátku měření ještě dochází ke změnám ploch s nejvyšší teplotou, v roce 2009 je stabilně nejvyšší teplota na ploše s nižší vrstvou štěpky, a nejnižší na ploše bez štěpky. Přitom rozdíly jsou relativně malé, obvykle pouze v rozsahu 1°C. Absolutní maximální teploty se na všech třech lokalitách pohybují shodně v rozsahu 18 - 20°C.



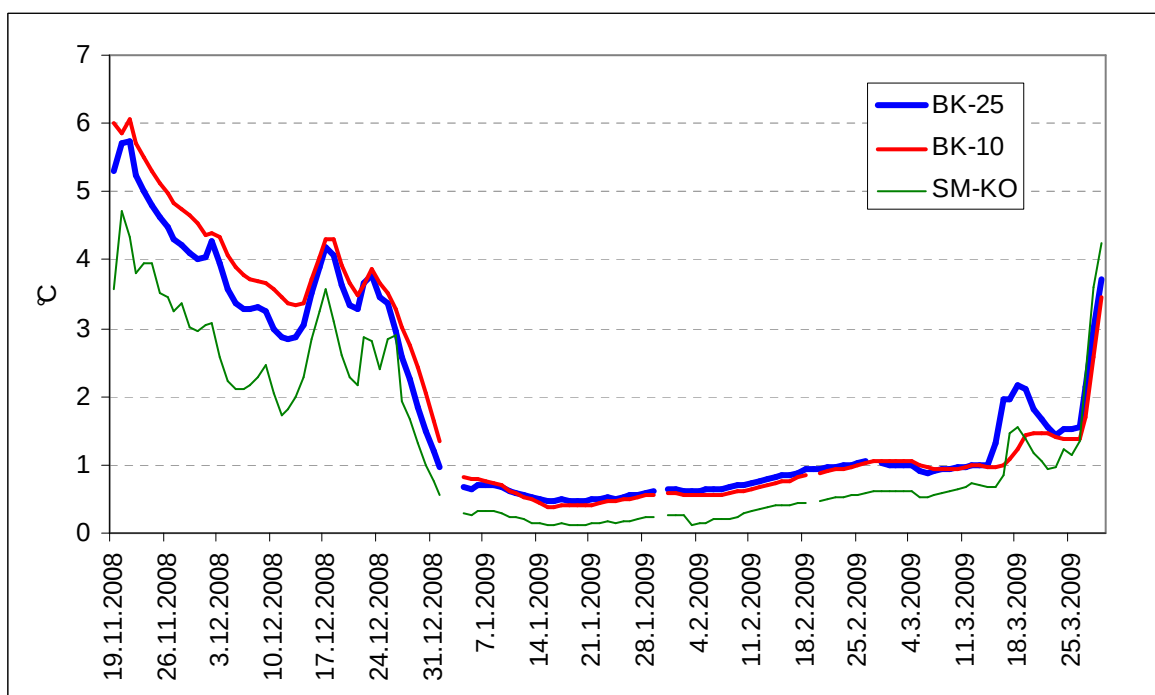
Obr. 7.4: Průběh teplot svrchních vrstev půdy v teplých obdobích

Ve větším detailu lze průběh půdních teplot sledovat na příkladu června 2010, kdy teplota vzduchu postupně stoupala až ke 30°C (obr. 7.5). Z grafu je patrné, že půdní teploty v hloubce deseti centimetrů vykazují denní chod s mírnou amplitudou, která se opožďuje za teplotou vzduchu, a postupně narůstají. Nárůst je ovšem oproti teplotě vzduchu pomalejší. V nejteplejších dnech dosahuje teplota půdy maximálně 17,5°C. Denní průběh je téměř totožný na lokalitách s vysokou vrstvou štěpky (BK-25) a na lokalitě kontrolní (SM-KO). Poněkud se odlišuje plocha s menší vrstvou štěpky (BK-10), kde se zpožďuje denní amplituda teploty a denní maxima jsou tak zhruba o 1°C nižší než na ostatních dvou plochách. Na základě uvedených výsledků lze konstatovat, že vrstva štěpky nezpůsobuje přehřívání půdy, které by mohlo vést k poškození kořenových systémů sazenic. Významnější vliv na (drobné) rozdíly v teplotách povrchové vrstvy půdy má zřejmě zastínění jednotlivých lokalit okolním porostem.



Obr. 7.5: Průběh teploty vzduchu (T) a teploty svrchních vrstev půdy v období 3.6.- 12.6. 2010

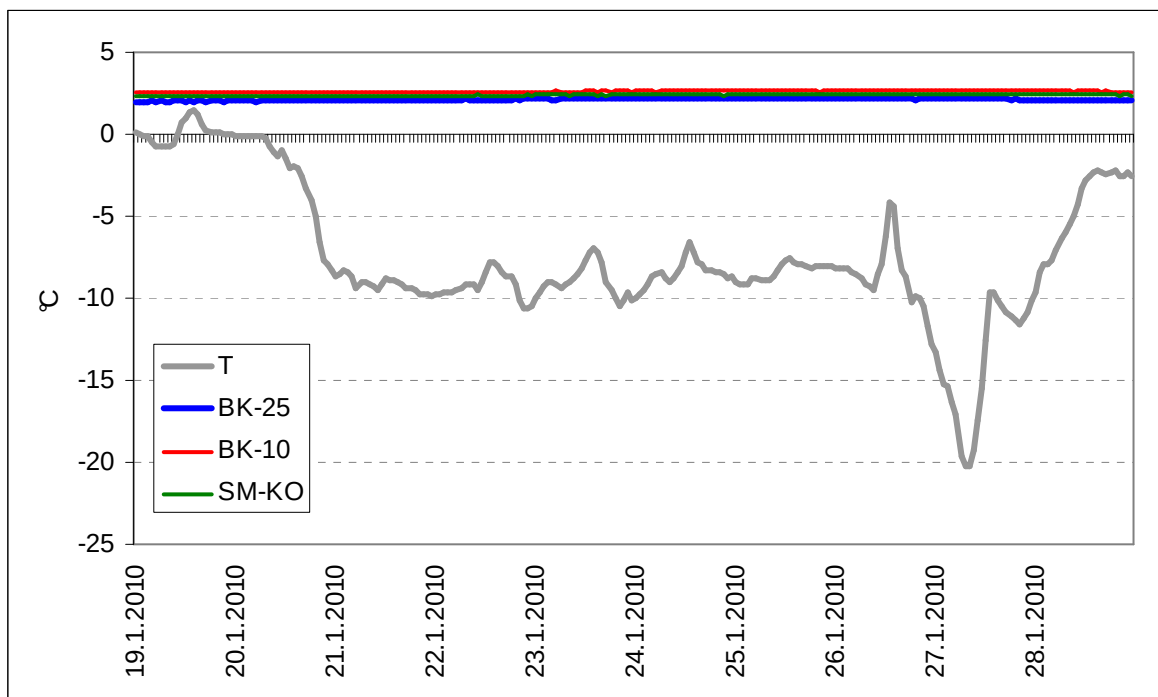
Nízké teploty půdy pod 5°C byly zaznamenány v období od 19.11. 2008 do 2.4. 2009 a poté od 13.10. 2009 do 22.4. 2010. Z obr. 7.6 charakterizujícího zimní období 2009/2010 je patrné, že vrstva štěpky poněkud izoluje svrchní vrstvy půdy – ovšem bez ohledu na její mocnost. V půdě bez štěpky na podzim nejrychleji klesá teplota a až do napadnutí sněhové pokrývky také nejcitlivěji reaguje na teplotu vzduchu. Po odtátí sněhu je naopak nejrychleji ovlivněna narůstajícími teplotami.



Obr. 7.6: Průběh teplot svrchních vrstev půdy v zimním období 2008-2009

Také obr. 7.7, který podrobněji dokumentuje půdní teplotu v průběhu nejchladnějších dní v lednu 2010, dokládá, že v zimním období nedocházelo k promrzání půdy na žádné ze sledovaných lokalit. Zde zřejmě hrála roli i sněhová pokrývka, pod kterou se půdní teploty držely v mírně vyšších hodnotách než např. v lednu 2009.

Rozhodujícím zjištěním je, že se na žádné z ploch v půdě nevyskytly mrazové teploty, nejnižší byla v průběhu zimního období teplota na lokalitě bez štěpky. V případě napadnutí sněhové pokrývky jsou půdní teploty na jednotlivých plochách prakticky totožné. Ani v zimním období nepůsobí tedy vrstva štěpky z hlediska průběhu teplot v půdě negativně.

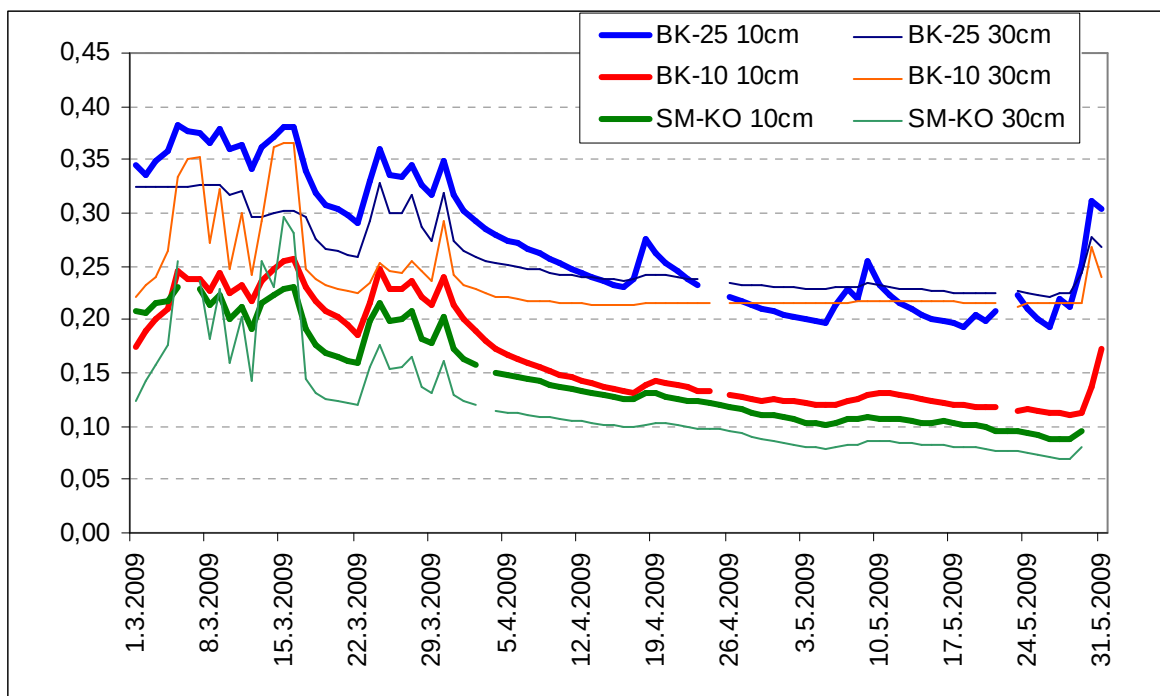


Obr. 7.7: Průběh teploty vzduchu (T) a teploty svrchních vrstev půdy v období 19.1.- 28.1. 2010

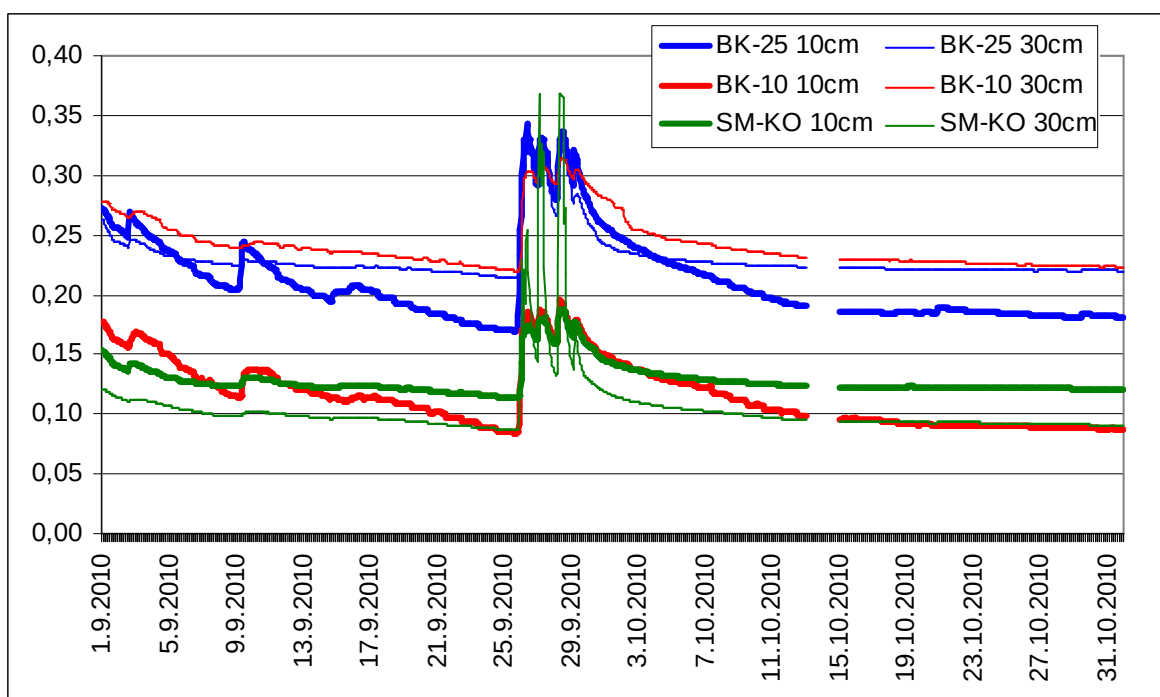
Půdní vlhkost

Z hlediska hodnocení půdní vlhkosti se jako nejzajímavější období jeví jaro 2009 a podzimní měsíce roku 2010, kdy došlo k již zmiňovaným deficitům srážek. V případě jara 2010 byla půda od konce února relativně nasycena vodou po tání sněhové pokrývky i po dostatečných srážkách. Také v průběhu března byly srážky nadprůměrné. Následoval velmi teplý a na srážky chudý duben. Na obr. 7.8 je zachycen vývoj půdní vlhkosti v hloubce 10 a 30 cm na sledovaných plochách. Je zřejmé, že v hloubce 10 cm byla po celou dobu nejvyšší vlhkost půdy na stanovišti s nejvyšší vrstvou štěpky (BK-25). Přestože zde došlo v období sucha k poměrně výraznému prosychání, vlhkost se stále držela nad hodnotou 20%. Na lokalitě s nižší vrstvou štěpky (BK-10) byla objemová vlhkost půdy v 10 cm v maximálních hodnotách okolo 20%, což bylo stále více než na lokalitě bez štěpky, v období sucha klesla na minimální hodnotu 11,1%. Ve 30 cm zde byla vlhkost půdy vyšší a držela se nad 20%. Na kontrolní lokalitě (SM-KO) byla vlhkost půdy v 10 cm vždy o něco nižší než na lokalitě BK-10 a v poslední květnové dekádě klesla pod hodnotu 10%. Výraznější je pak rozdíl v hloubce 30 cm, kde je vlhkost půdy na obou lokalitách se štěpkou více než dvojnásobná oproti kontrolní ploše.

Velmi podobný průběh ukazuje obr. 7.9 ze září a října 2010. Zde jsou si opět velmi blízké vlhkosti v deseti centimetrech půdy na lokalitě s nižší vrstvou štěpky a na kontrole, oproti jaru 2009 je však hodnota BK-10 tentokrát nižší. V hloubce 30 cm však stále zůstává výrazně vyšší vlhkost půdy na obou plochách se štěpkou.



Obr. 7.8: Průběh vlhkosti půdy na jaře 2009



Obr. 7.9: Průběh vlhkosti půdy na podzim 2010

Závěrem lze konstatovat, že negativní vliv vyšší vrstvy štěpky se neprojevil ani na teplotním ani na vlhkostním režimu povrchových vrstev lesní půdy. Uvedené **výsledky** spíše **naznačují**

že vrstva štěpky může v zimním období napomáhat k tlumení prudkých výkyvů teplot a v období sucha – zřejmě omezením evaporace i transpirace přizemní vegetace – přispívá k uchování vyšší vlhkosti půdy.

8. Dekompoziční procesy

Pro studium průběhu rozkladu rostlinných zbytků v přirozených podmínkách byla zvolena metoda sáčků s opadem (litter-bags). Podrobnosti k této problematice uvádějí zejména rešeršní přílohy DTZ II a DTZ III.

Za testovací materiál byla zvolena přírodní nelakovaná buková dýha, výrobce JAF HOLZ spol. s r.o. Počet testovacích sítěk (litter-bags): 270 o rozměrech 20 x 20 cm. Dýha nařezána, vysušena při $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zvážena na analytických vahách, proveden zápis přesné hmotnosti. Dýha uložena, uzavřena do očíslovaných polyamidových sítěk a připravena k uložení do terénu.

Založené výzkumné plochy (VP):

- Varianta 1 - vrstva drceného klestu 0-5 cm, 45 sáčků na ploše, na rozmezí horizontu drcený klest - Ah horizontu
- Varianta 2 - vrstva drceného klestu 10-15 cm, 45 sáčků na ploše, na rozmezí horizontu drcený klest - Ah horizontu
- Varianta 3 - vrstva drceného klestu 20-25 cm, 45 sáčků na ploše, na rozmezí horizontu drcený klest - Ah horizontu
- Varianta 4 - vrstva drceného klestu 30-35 cm, 45 sáčků na ploše, na rozmezí horizontu drcený klest - Ah horizontu
- Varianta 5 - kontrolní plocha v bukovém porostu, 45 sáčků na ploše, na rozmezí mezi H horizontem nadložního humusu a Ah horizontu
- Varianta 6 - kontrolní plocha ve smrkovém porostu, 45 sáčků na ploše, na rozmezí mezi H horizontem nadložního humusu a Ah horizontu

Odběry vzorků byly provedeny v termínech listopad 2008, duben, září a listopad 2009 a duben, září, listopad 2010. Vzorky (litter-bags) byly tedy odebírány třikrát v roce (jaro, léto, podzim), vždy v pěti opakování na každé variantě. Vzorky pro chemické analýzy nadložního humusu (vrstva H), drcené štěky a půdy (horizont Ah) byly odebírány při odběru „litter-bags“ dvakrát v roce (jaro, podzim). Odebírány byly směsné vzorky. Každý horizont byl odebírán zvlášť do papírového nebo igelitového sáčku. Jednotlivé horizonty nadložního humusu (L, F, H) a půdy (Ah) se postupně odebíraly podle Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky.

Hodnoty aktivní ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$) i výměnné (pH/KCl) půdní kyselosti byly stanoveny potenciometrickou metodou za pomoci digitálního pH metru OP-208/1. Uhlík a dusík byly stanoveny ze vzorků zbavených hrubších částic po jemném semletí, případně rozetření, na automatickém analyzátoru LECO TruSpec (MI USA) (ZBÍRAL 1997).

Statistické analýzy – dekompoziční test (vzorky litter-bags) včetně grafických výstupů byly provedeny v programu STATISTICA verze 8.0 a 9.0 (Stat-Soft Inc., Tulsa USA, STATSOFT ČR s.r.o. 2009). Byla provedena popisná statistika. Vlastní srovnání šesti variant bylo provedeno analýzou dvoucestné metody ANOVA s opakovaným měřením (*two way repeated measures ANOVA*) (MELOUN et al. 2006). Pro mnohonásobná porovnávání byl zvolen

Tukeyho test (SHD test) a LSD test. Statistická průkaznost byla posuzována na hladině významnosti $P = 0,05$ (MELOUN et al. 2004).

Při odběru sáčků v bukovém porostu (varianta 5) bylo zjištěno, že založená plocha bývá narušována zvěří, jelikož několik sáčků jsme našli mimo plochu, a celkově byla plocha značně rozhrnutá a rozrytá. Sáčky byly vždy vráceny na patřičné místo, nicméně díky jejich odkrytí z vrstvy pod bukovým opadem a expozicí mimo půdní povrch mohou být zde získané hodnoty částečně zkreslené.

Tab. 8.1: Tabulka rozkladu exponované dýhy ve variantách zkusných ploch.

Varianta č./ termíny odběru	% rozložení (z původní hmotnosti)					
	XI.08	IV.09	IX.09	XI.09	IV.10	IX.10
1 (0-5 cm)	3,66	17,57	24,37	28,52	42,46	47,91
2 (10-15 cm)	4,59	30,5	61,93	60,79	71,3	67,67
3 (20-25 cm)	7,07	32,56	55,56	59,47	73,4	69,8
4 (30-35 cm)	9,68	55,1	60,46	64,83	67,58	70,92
5 (buk)	2,51	2,31	27,55	43,51	52,59	51,92
6 (smrk)	6,51	17,3	39,72	39,46	47,17	49,12

Během podzimu 2009 byla nejrychlejší dekompozice pod bukovým opadem (varianta č. 5) a naopak nejnižší pod smrkovým opadem (varianta č. 6). Do jara 2010 pak probíhal rozklad nejrychleji u varianty č. 1 s nejnižší vrstvou štěpky (0-5cm) a u varianty č. 3 s vrstvou 20-25cm, kde byl také vysoký podíl plísň účastníků se rozkladu. Během léta do podzimu 2010 byla již dekompozice nižší. Při odběrech v roce 2010 byla již spoluúčast plísň na dekompozici velmi významná a nadále se jejich podíl zvyšuje.

Zhodnocení experimentu - závěry

Charakter použité štěpky a stav půdy na počátku pokusu

- Materiál štěpky na půdním povrchu zahrnoval na začátku pokusu směs vlastní štěpky z těžebních zbytků a původního nadložního humusu „homogenizovaný“ frézou. Do sledování byly vybrány varianty s mocností štěpky 0-5 cm, 10-15 cm, 20-25 cm, 30-35 cm (varianty V1-V4) a 2 kontrolní varianty bez aplikace štěpky ve smrkovém a bukovém porostu (V5 a V6).
- Poměr C/N vykazoval ve štěpce hodnotu 38,4 a obsah dusíku 1,3 %. V horizontu Ah půdy byl obsah dusíku 1,3 % a poměr C/N 22,8. Na kontrolní ploše (V6) ve smrkovém porostu v nadložním humusu 1,6 % N a C/N 28,1; v horizontu Ah 0,5 % N a C/N 22,1.
- Půdní reakce stanovená ve štěpce byla na úrovni 4,9 (pH H₂O) a 4,2 (pH KCl) a v horizontu Ah byly hodnoty pH 3,8 (pH H₂O) a 2,9 (pH KCl). S ohledem na způsob technologické přípravy stanoviště tyto hodnoty nijak výrazně nevybočovaly z hodnot nadložního humusu kontrolních variant.

Obsah dusíku, poměr C/N, půdní reakce

- Obsah dusíku ve štěpce (obr. 1) se ve variantách s mocností štěpky do 15 cm v průběhu sledování výrazněji neměnil, v organominerálním horizontu Ah došlo

oproti počátečnímu k jeho snížení na polovinu. Důvodem mohla být jeho imobilizace v důsledku rozkladných procesů. Ve variantách s mocností štěpky 25 - 35 cm byl obsah dusíku ve štěpce i v organominerálním horizontu poměrně vyrovnaný v hodnotách 1,3-1,6 % ve štěpce a 0,8-1,3 % v horizontu Ah. Vyrovnaný obsah dusíku v nadložním humusu v rozpětí od 1,2-1,3 % a 0,5-0,8 % v organominerálním horizontu byl zjištěn v kontrolní variantě pod bukovými porosty. V kontrolní variantě ve smrkovém porostu byl obsah dusíku v důsledku pomalejšího průběhu dekompozičních procesů vyšší ve srovnání s bukovým porostem (1,6-2,0 %) a nižší v organominerálním horizontu (0,3-0,9 %), ale vyrovnaný v průběhu sledovaného období.

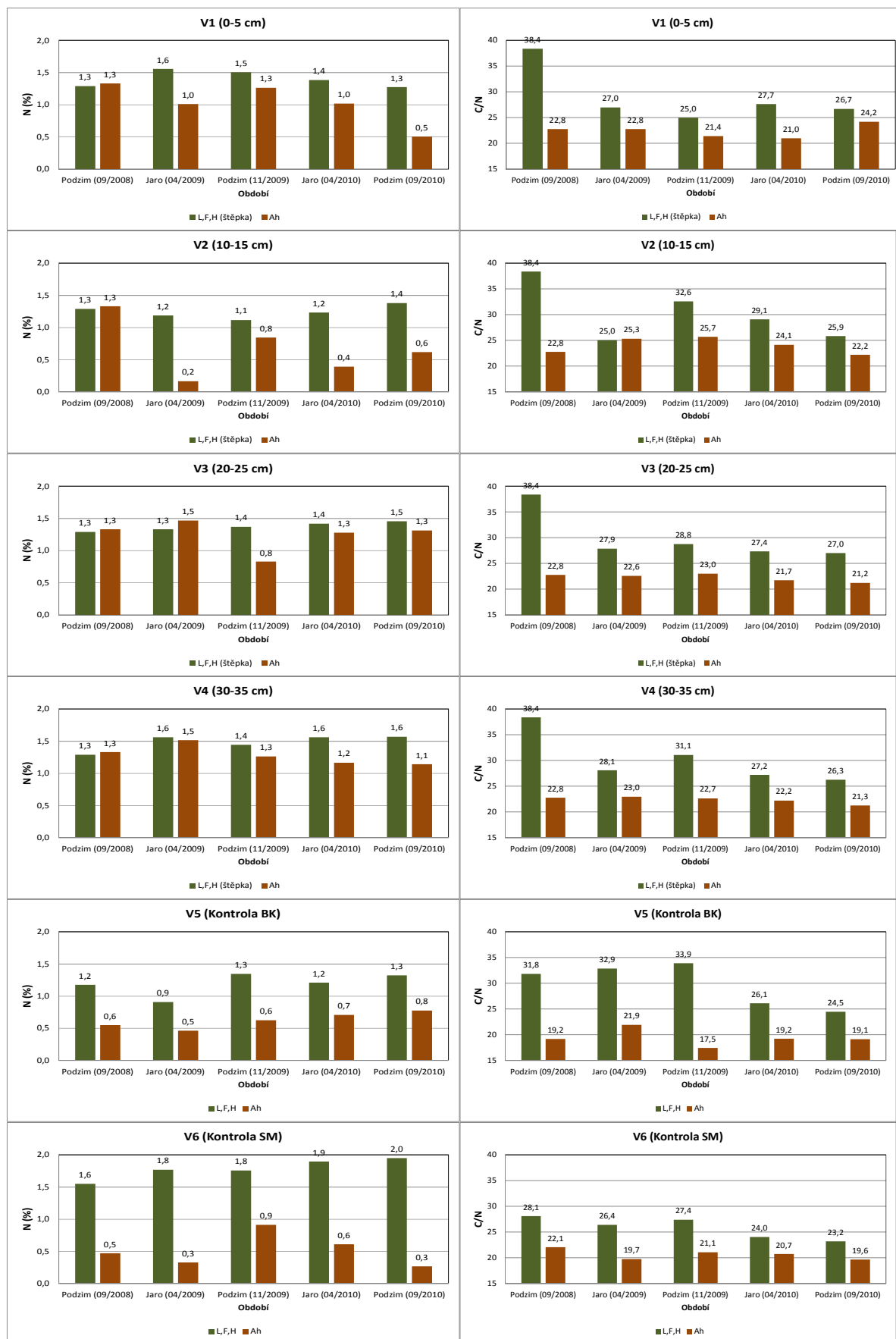
- Poměr C/N štěpky (obr. 1), charakterizující postupně se měnící podmínky pro rozklad organické hmoty ve variantách, byl s dobou trvání pokusu příznivější a po dvou letech trvání pokusu se jeho hodnota snížila na 25-27. Poměr C/N v horizontu Ah ve variantách V1-V4 zůstává po celé sledované období beze změny na úrovni mírně převyšující hodnotu 20 spíše se blížil typickým podmínkám kontrolních variant.
- Půdní reakce aktivní (obr. 2) v počátečním období sledování měla tendenci ke zmírňování acidity, v druhé části sledování docházelo spíše k postupnému zakyselování štěpky. Na závěr sledovaného období poklesla půdní reakce ve štěpce z původní hodnoty 4,9 na 4,1-4,3 (pH KCl z 4,2 na 3,6-3,8). Ve vrstvě Ah dochází k mírnému nárůstu pH po prvním roce a k mírnému poklesu ve druhém roce sledování. I tak ale byly hodnoty pH ve variantách se štěpkou vyšší než v kontrolních variantách.

Závěr: Aplikací štěpky na půdní povrch za použití daného technologického postupu přípravy stanoviště (homogenizace štěpky a původního nadložního humusu) nebyly podmínky pro rozkladné poměry organické hmoty a režim dusíku výrazněji ovlivněny. Půdní acidita v organickém materiálu i organominerálním horizontu ve variantách s aplikací štěpky na půdní povrch byla na závěr pokusu mírně vyšší, ale nepřesáhla hodnoty pH v nadložním humusu a svrchní vrstvě půdy v kontrolních variantách.

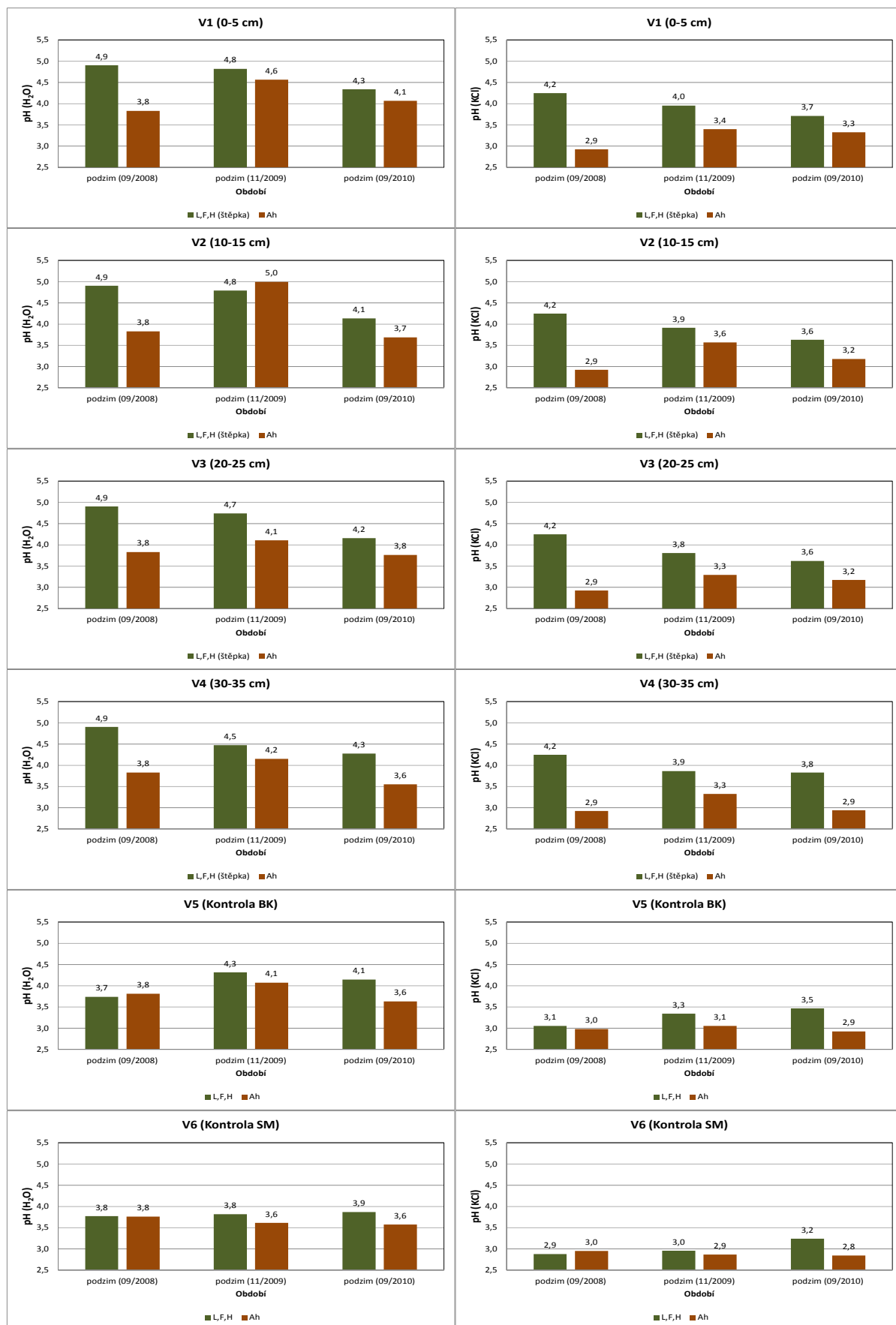
Dekompoziční test

- Vyhodnocení rychlosti dekompozice testovacího materiálu (obr. 3 a 4) ukázalo obdobný průběh rozkladných procesů ve variantě s mocností štěpky do 5 cm a obou kontrolních variant. Na konci sledovaného období bylo rozloženo přibližně 50 % testovacího materiálu. Ve variantách s vrstvou štěpky od 10 do 35 cm byla rychlost dekompozice průběžně vyšší a na závěr pokusu bylo rozloženo až 70 % testovacího materiálu.

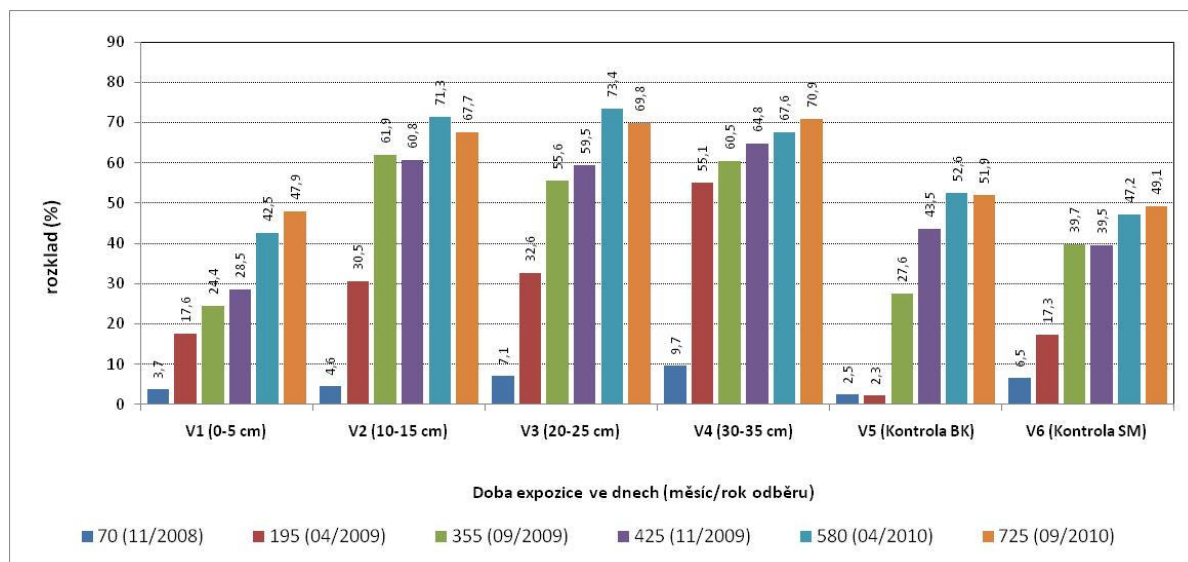
Závěr: Rychlost dekompozice testovacího materiálu byla v průběhu sledovaného období plynulá. Vyšší rychlost dekompozice ve srovnání s kontrolními variantami byla zjištěna ve variantách s použitím štěpky ve vrstvě 10-35 cm.



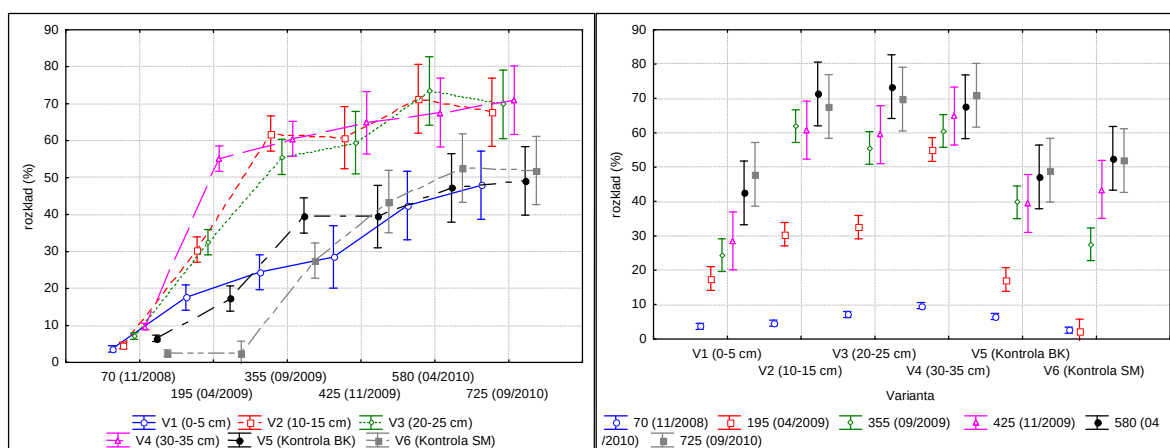
Obr. 8.1a-j: Obsah dusíku a poměr C/N v období 2008-2010 dle jednotlivých variant: V1-V4 varianty pokusu (vrstva štěpky 5-35 cm); V5-V6 kontrolní varianty (bez štěpky). Začátek pokusu 09/2008.



Obr. 8.2a-j: Půdní reakce (pH H₂O, KCl) v období 2008-2010 dle jednotlivých variant: V1-V4 varianty pokusu (vrstva štěpky 5-35 cm); V5-V6 kontrolní varianty (bez štěpky). Začátek pokusu 09/2008.

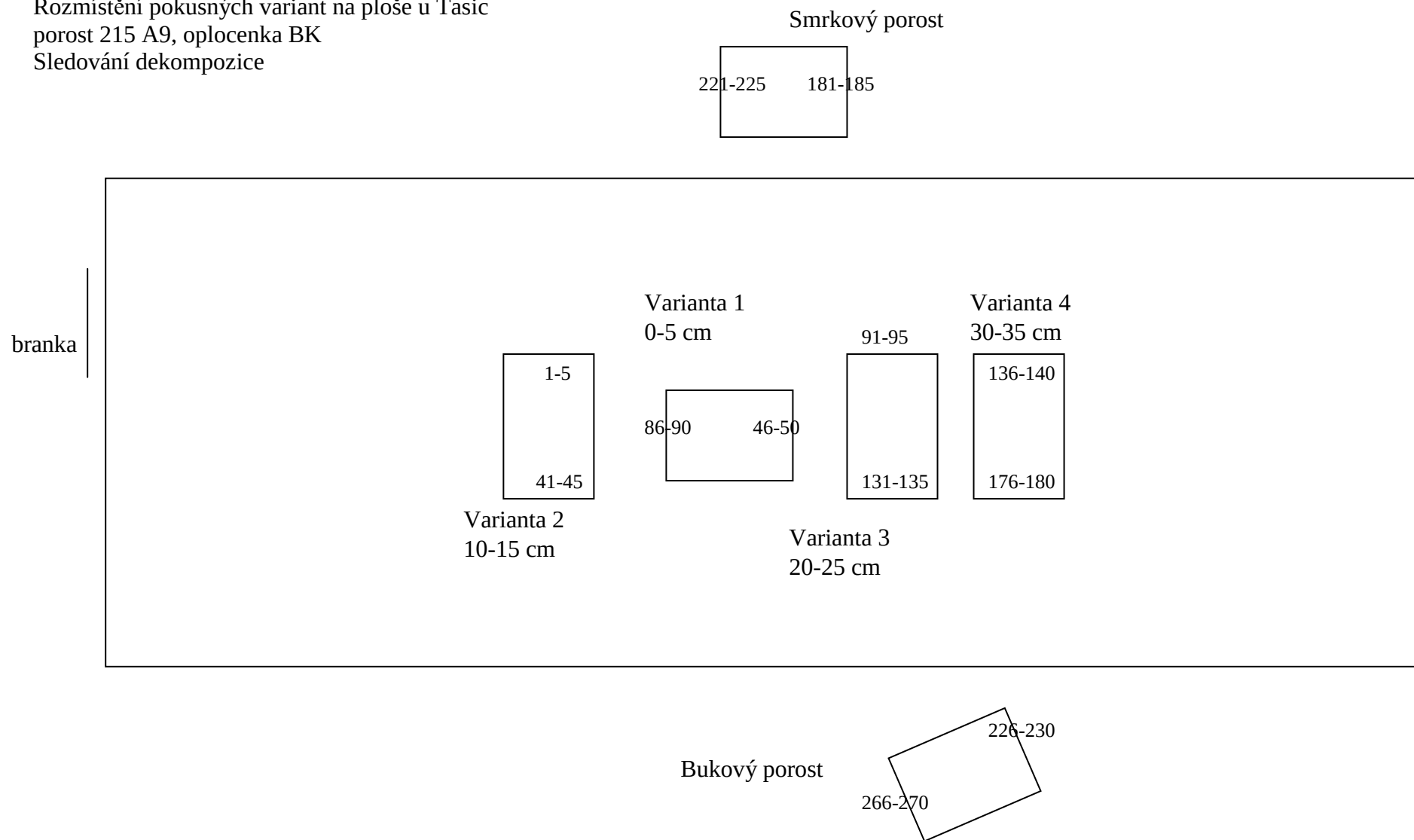


Obr. 8.3: Vývoj rozkladu exponované dýhy v období 2008-2010 dle jednotlivých variant zkušních ploch.



Obr. 8.4: Statistické porovnání rozkladu exponované dýhy v období 2008-2010 dle jednotlivých variant zkušních ploch.

Rozmístění pokusných variant na ploše u Tasic
porost 215 A9, oplocenka BK
Sledování dekompozice



9. Souhrn

Řešení projektu „Vliv drcení klestu na půdu a na růst sazenic smrku, buku a jedle v podmínkách LS Ledeč“ vyhlášeného Grantovou službou LČR bylo zahájeno v dubnu 2008, terénní práce započaly v květnu 2008. Na řešení se podíleli pracovníci útvaru Ekologie lesa a útvaru Lesní ochranné služby Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. a pracovníci Ústavu ekologie lesa fakulty Lesnické a dřevařské Mendelovy univerzity v Brně.

V roce 2008 proběhly zejména přípravné práce – úvodní terénní šetření, výběr a založení ploch, vybavení ploch měřícím zařízením atd. Dále bylo provedeno úvodní měření na vybraných plochách a v souladu s metodikou projektu byly odebrány vzorky pro chemické analýzy a na části založených ploch proběhlo podzimní šetření.

Výsledky prvního roku řešení (2008, DTZ I.) naznačovaly rozdíly mezi plochou pokrytou rozdrčenými těžebními zbytky a mezi plochou s výsadbou do půdy bez drti a také v rámci ploch s drtí, a to v závislosti na mocnosti vrstvy. Rozdíly zjištěné v prvním roce řešení projektu byly zaznamenány v obsahu některých prvků ve vzorcích půdní vody a v obsahu některých prvků v listech buku. Zejména dusík a jeho formy se ukazovaly jako důležité parametry. Odlišnosti byly zjištěny také ve vlhkosti svrchní vrstvy půdy.

Ve druhém roce řešení (2009, DTZ II.) pokračovaly naplánované činnosti v souladu s metodikou projektu. I v roce 2009 byly zaznamenány určité rozdíly na plochách s různou vrstvou drti ve srovnání s plochami kontrolními. Rozdíly se opakovaly např. ve výsledcích analýz zachycené gravitační vody, pórovitosti a také v růstu bukových sazenic v závislosti na mocnosti vrstvy rozdrčených těžebních zbytků.

Třetí rok řešení (2010, DTZ III.) potvrdil předběžné závěry z předchozího období řešení projektu. Rozdrčené těžební zbytky jsou vhodným zdrojem živin pro provedené výsadby, uvolňování živin probíhá poměrně plynule a průběžně – u sazenic sledovaných dřevin nebyly zjištěny problémy s výživou asimilačního aparátu, zlepšil se také obsah živin v půdě, zejména koncentrace důležitých živin v přístupné formě. Výsledky sledování půdní teploty a vlhkosti v různých hloubkách také ukázaly, že vrstva drti promísená s humusem tlumí teplotní a vlhkostní výkyvy, což může být pro výsadby na volných plochách velmi důležité. Pravidelné fytopatologické sledování a vyhodnocení odebraných vzorků sazenic neprokázalo zvýšený výskyt žádného ze sledovaných biotických faktorů, které by mohly negativně ovlivňovat zdravotní stav a růst sazenic.

Z výsledků řešení projektu nevyplývá negativní vliv drti na půdní vlastnosti (teplota, vlhkost) nebo na úroveň výživy sazenic, popř. na stav půdy (pH, poměr Ca/Al apod.). Působení přiměřené vrstvy drti lze naopak hodnotit příznivě zejména s ohledem na fyzikální charakteristiky organické a organominerální vrstvy, teplotní a vlhkostní režim lesních půd i pozitivní ovlivnění zásoby živin. Problémy se stavem výsadeb na sledovaných plochách byly způsobeny zejména lidským faktorem – zejména kvalitou provedení výsadby, kdy kořeny sazenic byly zahrnuty pouze v drti a ne v minerální půdě (často u smrků) a poškozováním sazenic při vyžínání buřene (často u výsadeb buku). Samotná vrstva štěpkovaných zbytků může působit negativně pouze v případě, že je v místě výsadby příliš vysoká (> 30 cm). Sazenice na sledovaných plochách neusychají a jejich pomalejší růst (rozdíly však nejsou statisticky průkazné) na plochách s vyšší vrstvou drti nepředstavují zásadní problém.

Nepodařilo se najít vysvětlení reakce jedlových sazenic při zalesnění do čerstvé drti, kdy docházelo k poměrně velkým ztrátám. Smrky a buky tímto způsobem nereagují. Provozní

zkušenosti ukázaly jako vhodné řešení situace půlroční zdržení výsadby. Při tomto postupu jedle rostou bez problémů a s malou mortalitou (viz. kap. 4).

10. Návrh realizačního výstupu

10.1 Výhody a nevýhody metody drcení těžebních zbytků

U ploch s vrstvou drti 5-15 cm probíhá výsadba bez větších problémů. Ponechání štěpky (drti) na ploše snižuje náklady potřebné na likvidaci buřeně v prvních letech po zalesnění a to díky mulčovacímu efektu vrstvy „humusodrti“.

Z hlediska výživy lesních porostů patří mezi hlavní výhody technologie drcení těžebních zbytků rovnoměrné udržení živin v koloběhu lesního porostu. Rozdrcený materiál má větší povrch na kterém probíhají rozkladné procesy a tím je docíleno postupného uvolňování prvků do půdy, přičemž doba rozkladu se v porovnání s ponecháním nedrceného klestu zkrátí – uvolňované živiny jsou tak k dispozici v době nejvýraznějšího nárůstu zelené biomasy nového porostu. V porovnání s variantou shrnování klestu do pásů nebo hromad jsou živiny z drcených těžebních zbytků dostupné celoplošně. V případě pálení klestu se část živin ztrácí již v průběhu hoření. Na živiny bohatý popel je zdrojem živin pouze po velmi krátké období a významná část bazických prvků, zejména hořčíku a draslíku, je rychle vyplavena mimo dosah kořenů. V případě studovaných lokalit probíhalo postupné uvolňování živin po celou dobu řešení projektu, tedy nejméně tři roky, lze předpokládat pokračování tohoto procesu až do rozložení rozdrcených těžebních zbytků na období cca 15 – 20 let.

Výsledky sledování ukázaly, že nedochází ke skokovým změnám v půdním chemismu, nedochází k negativnímu ovlivnění dekompozičních procesů a analýzy amonné a nitrátové formy dusíku v půdním roztoku nepotvrdily obavy z přílišné fixace této živiny mikrobiální činností spojené s rozkladem štěpky, která by mohla vést k přechodnému nedostatku ve výživě sazenic tímto prvkem.

Kladem drcení těžebních zbytků je také zhruba rovnoměrné rozložení drti po ploše a za problém nepovažujeme ani fakt, že dochází k promíchání drti s humusovou vrstvou půdy. V případě členitého mikroreliefu by mohlo dojít k nerovnoměrnému rozmístění štěpky po ploše. Pro výsadbu nejsou vhodné lokality s vrstvou štěpky 25 – 30 cm a více. Na studovaných lokalitách se však tyto případy prakticky nevyskytovaly.

Dalším zjištěním, které lze označit za výhodu této technologie, je kladný (popř. neutrální) vliv na teplotní a vlhkostní poměry v půdě. Vrstva drti spolu s humusovou vrstvou tlumí teplotní výkyvy, a to jak v letním, tak v zimním období. Také se nepotvrdila obava o možném přemokření této vrstvy po delších deštích s rizikem zahánění kořenů sazenic ve vzniklém anaerobním prostředí.

Z fytopatologického hlediska nelze jednoznačný pozitivní vliv drti prokázat, nebyl zjištěn a prokázán ani negativní vliv. V každém případě nedošlo na plochách s drtí ke snížení kolonizace kořenových špiček dřevin mykorrhizními houbami.

Za nevýhodu technologie můžeme označit její cenu, využitelnost pouze v podmínkách umožňujících nasazení mechanizace a dodržení rovnoměrnosti vrstvy štěpky a nutnost důkladné kontroly následné výsadby, aby nedocházelo k sázení pouze do vrstvy drti s humusem. U porostů s velkým množstvím biomasy těžebních zbytků může dojít k vytvoření

vysoké vrstvy drti (> 25cm). Vrstva drti silnější než 25 cm již komplikuje výsadbu a zvyšuje riziko usychání sazenic při špatně provedené výsadbě.

10.2 Hlavní zjištění ze sledovaných ploch

Byl zjištěn kladný dopad na koloběh živin (zásobení asimilačního aparátu sazenic), vrstva drti pomáhá tlumit teplotní a vlhkostní výkyvy. Z fytopatologického hlediska nebyly zjištěny problémy, druhy nalezené v průběhu řešení projektu patří spíše mezi saprofyty.

Výsadby jedle provedené na vhodném stanovišti odrůstají bez problémů (při dodržení výše uvedeného pravidla nesázet do čerstvého materiálu). Výškový přírůst i zdravotní stav byl a je na sledovaných plochách dobrý až výborný.

Výsadby smrku prospívají dobře (lépe) na plochách s vrstvou drti kolem deseti centimetrů, na místech se silnou vrstvou drti (25 a více cm) jsou horší podmínky pro dobrou výsadbu a byl zjištěn úhyn sazenic.

U výsadeb buku byly na některých plochách zaznamenány problémy s velkým rozvojem buřene (sítina, maliník, ostružiník, popř. další pasečné druhy), zejména na plochách, kde došlo k otevření původních menších pruhových sečí v důsledku poškození okolních porostů, zejména při větrných kalamitách. Na více zabuřených plochách vznikly následně problémy s kvalitou prováděného ožínání, kdy bylo zaznamenáno časté poškození (useknutí) terminálů sazenic.

10.3 Rámcová kalkulace nákladů

Jak je uvedeno v úvodu této zprávy, změnil se v průběhu roku 2009 pohled na způsob nakládání s těžebními zbytky ve prospěch prodeje pro energetické účely. Proto je na žádost zadavatele projektu zařazena hrubá orientační kalkulace porovnávající náklady při prodeji klestu a při jeho ponechání na ploše a rozdrcení.

Za nejvýraznější negativní dopad odběru klestu z lesních porostů lze považovat úbytek živin v lesních ekosystémech. Dřevo hroubí, které je hlavním ekonomickým předmětem lesního hospodářství obsahuje poměrně nízké obsahy živin, které mohou být obvykle v dlouhém hospodářském cyklu lesnictví nahrazeny zvětráváním a atmosférickou depozicí. V kůře jsou již obsaženy řádově vyšší obsahy bazických živin – zejména vápníku a draslíku, kůra však nepředstavuje na biomase kmene výrazný podíl. Štěpka/drť tak obsahuje výrazně vyšší obsahy živin než samotné dřevo a to zejména pokud zahrnuje i jehličí, které má nejvyšší obsahy živin. I v případě štěpky bez jehličí je odnos bazických prvků velmi vysoký a v případě většiny lesních půd v ČR není dlouhodobě udržitelný. Je třeba tedy počítat s tím, že odnos živin bude nutno nahrazovat chemickou meliorací – hnojením a vápněním lesních porostů a aplikací dřevěného popela.

10.3.1 Obsah živin v těžebních zbytcích

V tab.1 jsou uvedeny obsahy živin, které byly analyzovány v jednotlivých částech stromů ve smrkových porostech různého věku v porostech Lesního družstva obcí Ledec nad Sázavou, tedy v podmínkách, které plně odpovídají situaci na LS Ledec. Jedná se o porosty v nadmořské výšce cca 450 m, SLT 3S1.

Výsledky byly získány v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum NAZV QH81246 (Dynamika obsahů hlavních živin ve smrkových a bukových porostech

v ČR – Možnosti zajištění výživy lesních dřevin jako předpoklad trvale udržitelného pěstování lesů).

Tab. 10.1a-c: Obsahy živin v biomase smrkových porostů různého věku v oblasti Ledče nad Sázavou

		SM - 110 let						
		C	N	P	K	Ca	Mg	S
		[%]	[%]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]
Jehličí	I. ročník	51,46	1,22	1372	6787	6986	1024	980
	II. ročník	51,43	1,24	1284	6196	7544	982	975
	III. ročník	50,73	1,01	904	4600	10702	736	936
Větvičky		52,62	0,78	1096	4176	5147	889	750
Větve	dřevo	50,73	0,10	101	569	1217	155	<310
	kůra	50,45	0,63	980	4135	11259	1212	560
Dřevo kmene	horní část	49,69	0,07	70	451	874	111	<310
	střední část	49,08	0,06	32	293	777	82	<310
	spodní část	49,12	0,07	17	706	856	104	<310
Kůra kmene	horní část	52,43	0,50	757	4623	8507	989	380
	střední část	50,19	0,41	466	3114	12669	1006	300
	spodní část	50,83	0,38	400	3299	15276	612	415

		SM - 52 let						
		C	N	P	K	Ca	Mg	S
		[%]	[%]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]
Jehličí	I. ročník	51,35	1,51	1427	5823	5998	1208	1150
	II. ročník	51,08	1,50	1220	5514	9301	1026	1170
	III. ročník	50,79	1,25	1029	4164	10082	886	1085
Větvičky		52,16	0,85	1085	3864	5203	988	790
Větve	dřevo	50,55	0,11	121	492	1260	181	<310
	kůra	50,46	0,73	836	2821	10721	1164	680
Dřevo kmene	horní část	49,72	0,07	71	349	816	120	<310
	střední část	49,23	0,10	37	267	814	97	<310
	spodní část	49,25	0,07	16	242	727	76	<310
Kůra kmene	horní část	50,92	0,55	623	2697	9831	1015	440
	střední část	49,85	0,45	493	2632	11971	863	420
	spodní část	49,59	0,40	425	2843	13694	677	470

		SM - 29 let						
		C	N	P	K	Ca	Mg	S
		[%]	[%]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]	[mg.kg-1]
Jehličí	I. ročník	51,26	1,50	1434	6913	7184	1381	1230
	II. ročník	51,43	1,36	1273	5832	9682	1130	1170
	III. ročník	51,34	1,09	943	4146	11398	982	980
Větvičky		52,16	0,73	968	4811	5165	1018	730
Větve	dřevo	49,98	0,13	178	890	1146	234	<310
	kůra	52,38	0,68	935	4442	7132	1247	690
Dřevo kmene	horní část	49,30	0,09	162	870	772	207	<310
	střední část	49,05	0,08	57	439	775	110	<310
	spodní část	49,14	0,08	29	331	787	90	<310
Kůra kmene	horní část	50,39	0,52	752	4283	7775	923	445
	střední část	50,84	0,52	736	4215	8381	982	440
	spodní část	50,77	0,45	578	3946	10637	915	430

Za součást „kletu“ můžeme považovat zejména kůru a dřevo větví, a do jisté míry (v závislosti na použité technologii) také jehličí. Je patrné, že nejvyšší obsahy dusíku, fosforu i draslíku jsou v asimilačních orgánech. Zejména v kůře, ale také ve dřevě větví jsou poměrně vysoké obsahy vápníku a hořčíku a také obsahy ostatních živin nejsou zanedbatelné. Mezi

uvedenými porosty různého věku jsou určité rozdíly, které ovšem představují spíše přirozenou variabilitu hodnot obsahů jednotlivých živin. Jaký bude obsah živin v biomase klestu závisí tedy jednak na poměru jednotlivých kompartmentů biomasy (dřevo, kůra, jehličí), jednak na celkovém množství těžebních zbytků.

Poměr jednotlivých částí biomasy větví ve studovaných porostech je uveden v tabulce 2. Je patrné, že u porostu ve věku 29 let je ještě nižší zastoupení dřeva a kůry větví, dva starší porosty mají poměr již vyrovnaný – je ho tedy možné použít pro simulaci obsahu živin v klestu.

Tab. 10.2: Poměry kompartmentů biomasy větví ve smrkových porostech různého věku

		SM 110 let	SM 52 let	SM 29 let
Větve	dřevo	27%	29%	14%
	kůra	10%	11%	6%
	větvičky	23%	25%	31%
	jehličí	40%	35%	48%
	celkem	100%	100%	100%

Vezmeme-li tedy v úvahu, že biomasa klestu smrkového porostu je tvořena z 28% dřevem větví, z 10% kůrou větví, z 24% drobnými větvičkami a z 38% jehličím, pak odnos živin v jedné tuně klestu charakterizuje tabulka 3. Je zřejmé, že při odběru zelené štěpky dochází k vyššímu odnosu dusíku, fosforu a draslíku. U vápníku a hořčíku již rozdíly nejsou tak výrazné. Dále je třeba vzít v úvahu, že zásoba dusíku je v současné době alespoň zčásti nahrazována atmosférickou depozicí, obsahy bazických prvků jsou naopak na řadě lokalit (i v podmínkách LS Ledec) deficitní.

Tab. 10.3: Obsah prvků [kg] v jedné tuně těžebních zbytků

	zelená štěpka (s jehličím)	štěpka (dřevo a kůra větví)
N	7,82	4,67
P	0,84	0,62
K	3,70	2,57
Ca	5,88	4,11
Mg	0,80	0,65

Pro další kalkulace byl pro revír Vostojavka, pro porosty starší než 80 let, zjištěn vztah mezi zásobou dřeva v těchto porostech v m³ b.k. a celkovou nadzemní biomasou v tunách. K tomu byl využit koeficient BEF (biomass expansion factor) z publikace Lehtonen A. a kol. (2007) Uncertainty estimation of biomass expansion factors for Norway spruce in the Czech Republic. Pomocí tohoto koeficientu lze odhadnout z objemu hroubí hmotnost celkové nadzemní biomasy v sušině.

Jako vstupní údaje byly použity informace z LHE LS Ledec pro revír Vostojavka. Průměrný věk porostů starších 80 let na tomto revíru je 108,55 let. Pro tento věk byl vypočten koeficient BEF následovně:

$$BEF = a + b \cdot e^{-0,01 \cdot A},$$

kde a, b jsou koeficienty zjištěné jako výsledek závislosti BEF na věku (a = 0,4971; b = 0,1996), A je věk.

Hodnota BEF pro porosty starší 80 let (pro průměrný věk 108,55) je tedy 0,5645. Průměrná porostní hektarová zásoba těchto porostů je dle LHE 529,27 m³ b.k. Po vynásobení této průměrné zásoby hodnotou koeficientu BEF vychází odhad hmotnosti veškeré nadzemní biomasy v uvedených porostech 299 tun na jeden hektar.

Podíl biomasy nehroubí, tj. kůra a dřevo větví, slabé větvičky a jehličí, tvořil na vzornících ze 110 let starého porostu na výzkumné ploše Želivka (u Kožlí) cca 7 % z celkové zjištěné biomasy. Jedná se údaj zjištěný v rámci řešení výše zmíněného projektu NAZV. U jiných smrkových porostů (př. Českomoravská vrchovina, Orlické hory) byl zjištěn podíl nehroubí 10-15%, nicméně pro odhad v podmínkách LS Ledec jsme použili hodnotu zjištěnou na nedaleké výzkumné lokalitě u Kožlí.

Použijeme-li tedy pro odhad biomasy nehroubí na revíru Vostojavka u porostů starších 80 let tento podíl, vychází na jeden hektar průměrně 21 tun „klestu“. Z údajů uvedených v tabulce 10.3 a z těchto orientačních výpočtů vyplývá odhad zásoby prvků v klestu na 1 ha uvedený v tabulce 10.4.

Tab. 10.4: Obsah prvků [kg] v těžebních zbytcích na 1 ha v modelové oblasti

	zelená štěpka (vč. jehličí)	hnědá štěpka (bez jehličí)
N	164	98
P	18	13
K	78	54
Ca	123	86
Mg	17	14

Je velmi pravděpodobné, že takový odnos živin nemůže být plně nahrazen přírodními procesy a bude ho nutné dříve či později nahradit chemickou meliorací. Pro srovnání a odhad nákladů můžeme použít např. aplikaci komplexního lesnického hnojiva Silvamix PMC, které bylo využito v roce 2009 při revitalizaci nutričně degradovaných borových porostů na Kolínsku. Obsah živin v hnojivu je uveden v tabulce 10.5.

Tab. 10.5: Obsah živin v hnojivu Silvamix PMC

	P₂O₅	K₂O	MgO	CaO
Silvamix PMC	14%	9%	30%	14%

Hnojiva nelze aplikovat ve vysokých dávkách, neboť i pomalu rozpustné formy mají schopnost působení pouze po několik let. V případě práškově aplikovaných Silvamixů je používána obvyklá dávka 300 kg.ha⁻¹, maximální dávka 500 kg.ha⁻¹. V případě maximální dávky je celkový vstup živin na 1 ha následující: 31 kg P, 37 kg K, 90 kg Mg a 50 kg Ca.

Teoreticky by tedy měla tato dávka postačovat na doplnění nutného množství živin. Nicméně je nutné počítat s tím, že dřeviny nevyužijí 100% dodaných prvků a tím pádem bude nutné kontrolními odběry půd a jehličí sledovat skutený stav. Proto při zhoršení stavu nelze vyloučit ani nutnost provádět opakované hnojení některých porostů, popř. kombinaci hnojení s plošnou aplikací vápnatého dolomitu o dávce 1,5 t.ha⁻¹. Tato dávka představuje cca 340 kg Ca a 130 kg Mg na ha, neumožňuje ovšem dodání draslíku, fosforu a dusíku.

Do budoucna lze s rozvojem zdrojů spalujících biomasu počítat také s větší dostupností hnojiv založených na dřevěném popelu. U něj je nutno důsledně kontrolovat chemické

složení, zejména obsah těžkých kovů a také vyřešit jeho granulaci, která by zjednodušila technologii aplikací a omezila rychlost uvolňování živin. Granulované vápence s přidavkem dalších živin, které by umožnily snížení počtu aplikací na jeden zásah, byly v minulosti testovány s pozitivními výsledky, vzhledem k relativně vysokým nákladům oproti klasickému vápenci se však běžně nevyužívají.

10.3.2 Orientační kalkulace

V tabulce jsou uvedeny ceny prací spojených s úklidem a drcením klestu a s ožínováním buřene a také průměrný výnos za prodej klestu na území revíru Vostojavka, kde bylo umístěno podrobné sledování vlastností a vlivu drti na půdu.

Informace o drcení klestu je k dispozici pro tento revír za rok 2009, pro porovnání je uvedena cena roku 2010, jedná se o průměrnou cenu za celou LS. Ostatní ceny jsou z roku 2010.

Tab. 10.6: Náklady na vybrané činnosti na revíru Vostojavka v roce 2010

náklady revír Vostojavka, 2010	MJ	cena za MJ
Pálení sneseného klestu - jehlicn. + listnat.	m ³	31
Úklid a pálení klestu - jehlicnatého + listnatého	m ³	74
Úklid klestu (bez pálení) - rucne - jehl.+list.	m ³	52
Drcení klestu (prům. cena 2009)	m ³	86,8
Drcení klestu (prům. cena 2010, celá LS)	m ³	88,3
Ožínování celoplošné	ha	8000

výnosy		
revír Vostojavka, 2010		
prodej klestu, volně ložený, průměrná cena	m ³	8,4
prodej klestu, průměrná cena (406 m ³ /ha)	ha	3410,4

U výnosů z prodeje klestu vycházíme z toho, že na revíru Vostojavka bylo v roce 2010 v aukcích prodáno celkem 16960 m³ klestu za cenu 318215,- Kč bez DPH. Jednalo se jak o prodej klestu volně loženého, tak klestu v hromadách. Prodej klestu v hromadách přináší 2-3x vyšší výnos než prodej volně loženého klestu, nicméně je nutné vynaložit náklady na jeho soustředění do hromad.

Průměrná cena za m³ klestu (celková cena za prodej / prodaný objem) je po zaokrouhlení 16,- Kč/m³. Při rozdělení na klest volně ložený a klest v hromadách byly průměrné ceny 8,40 Kč (ta je použita v kalkulaci), resp. 18,80 Kč/m³.

Náklady na drcení klestu byly zjištěny z evidence LS – a to vztahem mezi vytěženým objemem dřeva a následnými náklady na drcení těžebních zbytků po těchto těžbách. Průměrná cena je uvedena v tab. 10.6. Cena na hektar byla vypočtena vynásobením ceny vynaložené na jeden m³ a průměrné těžby na revíru Vostojavka v roce 2009 (406 m³).

Pro porovnání jsou připraveny tři základní varianty:

- drcení klestu s jeho ponecháním na ploše
- prodej klestu na energetické účely, dodání odebraných živin řešeno hnojením, popř. kombinací hnojení a vápnění

- prodej poloviny množství klestu, druhá polovina drcena, případná potřeba doplnění živin řešena hnojením

Uvedeny jsou pouze náklady, kterými se varianty liší. Tj. bez zalesnění, ochrany, natírání – prací, které se provádějí u všech výsadeb, bez ohledu na předchozí práce a náklady. U varianty s drcením klestu není třeba cca dva roky ožínovat, vrstva drti působí mulčovacím efektem proti růstu buřeně.

Jako cena hnojení sazenic je v této první verzi uveden pouze odhad ceny, která se může lišit podle použitého melioračního materiálu i podle zvoleného typu aplikace. Na základě výsledků předchozí kapitoly je nutné kalkulovat dvě aplikace na obmýtí. Do kalkulace nejsou zahrnuty náklady na potřebný průzkum stavu půd, který je nutno provádět před hnojením a ve stanovených intervalech po něm.

Budeme-li hodnotit porovnávané varianty pouze výsledkem rozdílu mezi náklady a výnosy (u variant s prodejem klestu), vychází nejvýhodněji varianta 3 – prodej poloviny klestu. Varianta 2 – prodej veškerého klestu z porostu je méně výhodná vzhledem k vyšším nákladům potřebným na dodání většího množství odebraných živin.

Tab. 10.7: Porovnání základních variant zacházení s těžebními zbytky

Varianta 1 - drcení klestu

- drcení	m ³	-87
- drcení (406 m ³ /ha)	ha	-35322
Rozdíl		-35322

Varianta 2 - prodej klestu

- ožínování 2 roky	ha	-16000
- hnojení sazenic	ha	-12000
- prodej klestu (406 m ³ /ha)	ha	3410,4
Rozdíl		-24590

Varianta 3 - drcení/prodej - 50/50

- drcení	m ³	-87
- drcení (203 m ³ /ha)	ha	-17661
- prodej	m ³	8,4
- prodej (203 m ³ /ha)	ha	1705,2
- hnojení sazenic	ha	-12000
Rozdíl		-23956

Z hlediska požadavků na trvale udržitelné hospodaření v lesích se i s přihlédnutím ke zjištěním získaným při řešení tohoto projektu jeví jako vhodnější přístup ponechávat těžební zbytky v porostu a umožnit využití prvků, které obsahují, pro růst další generace lesa.

10.3.3 Ponechat a drtit nebo prodat?

Z tabulky 10.7. je zřejmé, že ekonomické rozdíly mezi jednotlivými variantami nejsou výrazné. Celý odhad je zatížen různými druhy chyb – výpočty jsou kalkulovány na základě reálných aktuálních cen, nelze však odhadnout jejich vývoj a není např. počítáno s diskontními sazbami. Obsahy živin jsou počítány na základě relativně spolehlivých podkladů, dostupnost a ceny jednotlivých způsobů meliorace se mohou vyvíjet. Ekologická rizika však nelze vždy hodnotit na základě „jednoduchých“ matematických pravidel.

Kilogram libovolného prvku dodaný v melioračním materiálu neodpovídá kilogramu této živiny obsaženému v organické hmotě. Je však zřejmé, že doplňování prvků do koloběhu mezi půdou a dřevinami na ní rostoucími pouze zvětráváním horninového podloží nemůže nahradit velikost a rychlost odběru prvků v případě používání technologií, které z ekosystému odnášejí veškerou biomasu, tedy včetně těžebních zbytků. Uvedené kalkulace ukazují, že odnos veškerých těžebních zbytků z porostů by měl být zatím využíván pouze na části ploch v podstatě formou „provozního pokusu“ a že je nutné vypracovat hlubší studie, které se budou zaměřovat na vhodné technologie štěpkování/drcení a navazující systém péče o lesní půdu jako základ zachování produkce lesních porostů.

10.4 Navržený postup pro využití metody

Technologie drcení těžebních zbytků je v podmínkách LS Ledeč vhodnou metodou pro zpracování biomasy klestu a přípravu ploch pro následnou výsadbu. Ze zjištění získaných při řešení projektu doporučujeme omezit výšku vrstvy na 10, max. 15 cm. Vyšší vrstva již nezaručuje dodržení kvalitní výsadby. V případě nahrnutí silnější vrstvy drti v terénních depresích je vhodné upravit její výšku při výsadbě, případně se takovým lokalitám vyhnout.

V souladu s praktickými zkušenostmi lze smrk sázet i do těžebních zbytků drcených v čerstvém stavu, naopak u jedle je vhodné půl roku až rok počkat a sázet do drti po zavadnutí, popř. drtit klest až po zavadnutí. U buku se nejvíce osvědčuje obalovaná sadba při podzimních výsadbách na plochy drcené v předchozím roce nebo na jaře téhož roku.

Čím vyšší vrstva drti na ploše vznikne, tím větší pozornost je třeba věnovat výsadbě. Zejména u smrků bylo opakovaně zjištěno sázení pouze do vrstvy drti a humusu a u takto zasazených jedinců docházelo k prosychání nebo až k úhynu v důsledku zaschnutí kořenového systému.

U porostů s velkou zásobou dřeva, kde lze předpokládat také větší objem těžebních zbytků lze při rozhodnutí těžební zbytky drtit část klestu odklidit a tím snížit výslednou vrstvu drti. V podmínkách LS Ledeč se jedná o zejména o porosty se zásobou 750 m³/ha a vyšší.

Prodej štěpkované drti by měl být realizován pouze na části ploch. Je nutné počítat s tím, že na těchto plochách bude nutné výhledově přistoupit k chemické melioraci lesních půd. Proto je nutné provádět výběr i s přihlédnutím např. k potenciálním požadavkům ochrany přírody.

10.5 Závěr

Technologie drcení těžebních zbytků s ponecháním materiálu na ploše má z pohledu udržení živin v koloběhu lesa a tím také z pohledu zajištění dostatečné výživy sazenic a vlivu na kvalitu půdy kladný efekt. Její využití lze doporučit.

Použitá literatura: (citovaná v této zprávě)

Valla, M. a kol. (2000): Pedologické praktikum. ČZU, Praha. 148 s.

Rejšek, K. (1999): Lesnická pedologie, cvičení. MZLU, Brno. 152 s.

Lehtonen A. a kol. (2007) Uncertainty estimation of biomass expansion factors for Norway spruce in the Czech Republic. Ann. For. Sci. 64, 133-140.