

Metodika kontroly vápnění lesních porostů

Certifikovaná metodika

Ing. Tomáš Čihák Ph.D.

doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

Ing. Věra Fadrhonsová

Ing. Radek Novotný Ph.D.

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

Key words: forest soils – liming – application quality – long-term effectiveness – environmental risks

Klíčová slova: lesní půdy – vápnění – kvalita aplikací – dlouhodobá efektivita – ekologická rizika

Oponenti: Ing. Jiří Bílý Ph.D

Prof. Ing. Jiří Kulhavý CSc.

Autorský kolektiv:

Ing. Tomáš Čihák Ph.D., doc. Ing. Vít Šrámek Ph.D., Ing. Věra Fadrhonsová , Ing. Radek Novotný Ph.D.

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Abstrakt

Currently the forest liming in the Czech Republic is performed according to the government resolutions 22/2004 and 1031/2016. This booklet introduces basic rules for quality control and quality assurance. The control of individual applications includes: check of supplied quantity of lime, check of lime moisture, check of chemical composition and grain composition or applied material, control of spatial distribution and completeness of application. The long-term effects are evaluated on the base of repeated soil survey and tree nutrition assessment on limed plots comparing to control treatment without any chemical amelioration. Soil and foliage samples are taken before the application and then two, five and ten year after liming.

Dedikace:

Metodika vznikla na základě kontrolních činností prováděných pro Ministerstvo zemědělství (dále MZe). Z výzkumných projektů byly využity poznatky získané při řešení výzkumného záměru MZE RO0018 „Ekologická a produkční stabilita lesních porostů v dynamice změn antropogenních a přírodních podmínek“ (90 %) a projektu NAZV QI112A168 „Stav lesních půd jako určující faktor vývoje zdravotního stavu, biodiverzity a naplňování produkčních i mimoprodukčních funkcí lesů“ (10 %).

OBSAH

| | |
|---|----|
| ÚVOD | 4 |
| 1. CÍL METODIKY | 5 |
| 2. VLASTNÍ POPIS METODIKY | 6 |
| 2.1 Kontrola aplikací | 6 |
| 2.1.1 Terminologický slovník | 6 |
| 2.1.2 Kontrola dodávek vápence | 7 |
| 2.1.3 Kontrola deklarované hmotnosti nákladu | 11 |
| 2.1.4 Kontrola vlhkosti vápence | 12 |
| 2.1.5 Kontrola chemických vlastností vápence | 13 |
| 2.1.6 Kontrola zrnitostního složení vápence | 15 |
| 2.1.7 Kontrola rovnoměrnosti zásahu | 16 |
| 2.1.8 Kontrola úplnosti zásahu pochůzkou | 19 |
| 2.1.9 Kontrola úplnosti zásahu pomocí odběrových nádob | 21 |
| 2.1.10 Kontrola úplnosti zásahu analýzami povrchových vrstev půdy | 23 |
| 2.1.11 Kontrola změn chemismu bezprostředně po zásahu | 23 |
| 2.1.12 Kontrola úplnosti zásahu pomocí záznamů GPS | 24 |
| 2.2 Střednědobá a dlouhodobá kontrola účinnosti vápnění | 26 |
| 2.2.1 Hodnocení změn chemismu lesních půd | 26 |
| 2.2.2 Hodnocení změn výživy porostů | 28 |
| 2.2.3 Další parametry hodnocení | 29 |
| 3. ZDŮVODNĚNÍ NOVOSTI POSTUPŮ | 29 |
| 4. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY | 30 |
| 5. EKONOMICKÉ ASPEKTY | 30 |
| 6. SUMMARY | 30 |
| 7. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY | 31 |
| 8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE | 34 |

ÚVOD

První použití vápenatých látek ke „zmírnění poklesu úrody na polích“ zatížených imisemi z nedaleké textilní továrny bylo zřejmě doporučováno již v roce 1843 (Nožička 1963 in Podrázský 1991). Reálně se vápnění v lesním provozu začalo používat až počátkem 20. století především k revitalizaci lesních stanovišť na chudých půdách – například k urychlení rozkladu silných vrstev nadložního humusu v borových porostech na pískách (Němec a Mařan 1939, Němec 1942), k revitalizaci smrkových porostů na ortštejnových půdách (Němec 1939), případně na půdách degradovaných odběrem organické hmoty (Němec 1949). S nástupem imisní kalamity se začalo uvažovat o vápnění jako o prostředku, kterým je možno do jisté míry bránit zhoršování půdních vlastností a dramatické acidifikaci lesních půd (Gussone 1983, Hüttl 1985, Derome 1985). První aplikace vápnění v imisemi poškozené oblasti Krušných hor byla provedena již v roce 1967 (Kubelka, 1988). Od druhé poloviny sedmdesátých let bylo využití vápnění intenzivnější. V letech 1978–1983 bylo v Krušných horách povápněno 17.680 ha lesů (Kubelka 1992). V letech 1984 až 1991 bylo v Krušných horách povápněno 44.400 ha lesů. Pro vápnění se začala využívat letecká technika – plošníky i vrtulníky, která umožnila rychlejší průběh prací a také aplikace v mlazinách i vzrostlých porostech (Boštík, 1988). Rozsáhlé plochy lesů byly vápněny rovněž v Jizerských horách, Krkonoších i v Orlických horách. Menší rozsah ploch byl v letech 1983 - 1987 vápněn také v Moravskoslezských Beskydech (Klimo, Vavříček, 1991). Celkem bylo v letech 1975 – 1991 v České republice vápněno více než 80.000 ha. Období intenzivního vápnění skončilo na samém počátku devadesátých let, kdy se začalo výrazně snižovat znečištění ovzduší a porosty náhradních lesních dřevin i cílových dřevin v imisních oblastech začaly postupně regenerovat.

Současné aplikace vápnění se datují od přelomu století (Badalík, 2006). V roce 1999 se v oblasti západního Krušnohoří objevilo rozsáhlé žloutnutí smrkových porostů. Hlavní příčinou byl prokázán závažný nedostatek hořčíku na chudých půdách ovlivněných dlouhodobým působením kyselých antropogenních depozic (Balek a kol. 2001, Lomský a Šrámek 2004) Obdobný typ poškození byl diagnostikován také v Orlických horách (Šrámek a kol. 2000). Na zhoršující se zdravotní stav v těchto oblastech reagovala v květnu 2000 vláda ČR, která svým usnesením č. 532/2000 uložila ministru zemědělství zajistit vápnění a hnojení v lesích Krušných a Orlických hor pro roky 2000 – 2004. V lednu 2004 bylo přijato navazující usnesení č. 22, jímž vláda ČR schvaluje „Návrh komplexního a systémového řešení směřujícího k zastavení degradace lesních půd vlivem imisí“. Součástí dlouhodobých opatření „Návrhu“ je i pokračování v realizaci nezbytných chemických meliorací v nejexponovanějších oblastech

České republiky. Celkem bylo v letech 1999 – 2012 v České republice vápněno téměř 50 tisíc ha lesních porostů. Tato plocha není nikterak rozsáhlá, porovnáme-li velikost vápněných ploch se spolkovou zemí Sasko, kde bylo v témže období vápněno téměř 160 tisíc ha lesů. Vápnění lesních porostů probíhá i v současnosti. Od roku 2013 do roku 2020 bylo v České republice povápněno necelých 30,000 ha lesních porostů. V roce 2016 byl usnesením vlády č. 1031/2016 schválen „Plán revitalizace Krušných hor v letech 2020 – 2030“ jehož součástí je i vápnění lesa.

Vzhledem k současnému stavu lesních půd, jak ho dokládají výsledky plošných průzkumů (Fiala a kol., 2013, Šrámek a kol., 2011, Šrámek a kol., 2013), je nutné počítat s uplatněním vápnění lesů i v dohledné budoucnosti. Při takovém rozsahu je nutné zajistit jednak dostatečnou kontrolu provádění samotných aplikací, jednak kontrolu dlouhodobé efektivity zásahů z hlediska jejich vlivu na stav lesních půd a výživu lesních porostů. Vzhledem k poznatkům získaným při dosavadní kontrolní činnosti a rozvoji nových technologií vyvstala potřeba aktualizace původní metodiky „Kontroly aplikací vápnění lesních porostů“, která byla vydána v edici Lesnický průvodce pod číslem 6/2014. Při aktualizaci metodiky byly rovněž využity poznatky z kontrol leteckého vápnění prováděných v Německu ve spolkové zemi Sasko (Henning a kol. 2020). Cílem této metodiky je poskytnout přehled kontrolních činností, který bude sloužit zadavatelům aplikací, kontrolním orgánům a především vlastníkům lesů, na jejichž majetku je vápnění prováděno.

1. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je sjednotit a aktualizovat postupy, které jsou používány jednak při kontrole kvality vlastních aplikací vápnění (kontrola kvality a množství dodaného materiálu, kontrola rovnoměrnosti a úplnosti zásahu), jednak pro hodnocení střednědobé a dlouhodobé efektivity z hlediska ovlivnění půdních vlastností a výživy lesních porostů na ošetřovaných lokalitách.

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1 Kontrola aplikací

Vápnění souvislých lesních celků je obvykle prováděno letecky. Jiné techniky, jako jsou pozemní mechanická či pneumatická rozmetadla, nebo pozemní manuální aplikace, jsou z technologických důvodů využívány minimálně. Práce provádějí specializované dodavatelské firmy, které si pro aplikace zajišťují i meliorační materiál na základě požadavků zadavatele. V současné době je používán prakticky výhradně vápnitý dolomit (dále jen vápenec) s předepsaným vysokým obsahem hořčíku ($\text{MgCO}_3 > 30 \%$) v dávce $3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což je množství, které efektivně ovlivňuje půdní vlastnosti, přitom však nezpůsobuje jejich příliš razantní změny, které by se mohly negativně projevit například dramatickým rozkladem humusové vrstvy (McKie a kol. 2006) či uvolňováním nitrátů z půdního prostředí do vodních zdrojů (Franz 2004). Významnou roli hraje i zrnitostní složení vápence, které může být do jisté míry ovlivněno použitým typem aplikace. V každém případě je však nutno omezovat množství hrubších částic nad 1 mm a zejména nad 2 mm, jejichž účinnost působení je ve střednědobém horizontu nízká (Musil, Pavlíček 2002).

Předmětem kontroly aplikací je:

- Kontrola množství dodaného vápence (kapitoly 2.1.2; 2.1.3)
- Kontrola chemických vlastností vápence a jeho zrnitostního složení (kapitoly 2.1.4; 2.1.5; 2.1.6.)
- Kontrola rovnoměrnosti a úplnosti zásahu (kapitoly 2.1.7; 2.1.8; 2.1.9; 2. 1. 10; 2.1.11; 2.1.12)

2.1.1 Terminologický slovník

3D měření – zjišťování objemu prostorových objektů (např. skládek vápence), provádí se laserovými zaměřovacími přístroji umožňujícími měření horizontálních a vertikálních úhlů a vzdáleností, nebo pomocí manuálních měřičských pomůcek (pásmo, měřící latě)

dodavatel – právnická, nebo fyzická osoba zajišťující aplikaci vápence, na základě smlouvy s odběratelem

kontrolní nádoba – nádoba pro kontrolní zjišťování množství vápence aplikovaného leteckými prostředky, nebo rozprachu. U nádoby je známá záchytná plocha a je upravena tak aby nedocházelo k vyplavování aplikovaného materiálu

odběratel – právnická nebo fyzická osoba, pro kterou dodavatel zajišťuje na základě smlouvy vápnění lesních porostů

plocha skládky – plocha, kterou zaujímá složený vápenec, včetně ploch zbytků vápence v okolí, vzniklých manipulací s ukládaným materiálem

pracovní / letecký deník – dokument o činnosti leteckého prostředku, zaznamenává se do něj datum, čas a počet vzletů při aplikaci vápence (aplikačních shozů vápence) a velikost aplikovaných dávek.

rozprach – vápenec, rozptýlený v okolí skládky. Vzniká působením rotoru letadla nebo vrtulníku při manipulaci s vápencem

saturace sorpčního komplexu bázemi (BS) – podíl výměnných bazických kationtů (Ca, K, Mg, Na) v půdním prostředí, charakterizuje jejich potenciální dostupnost pro rostliny, hodnoty BS pod 20 % jsou považovány za nízké

vápenec – v této metodice dolomitický vápenec se zvýšeným obsahem hořčíku

zástupce odběratele – právnická nebo fyzická osoba, která na základě smlouvy provádí kontrolní činnost pro odběratele

2.1.2 Kontrola dodávek vápence

Předmět kontroly: ověření dodávek vápence v množství potřebném pro ošetření stanovené plochy předepsanou dávkou. Rozdíl mezi množstvím vápence zjištěným z dodacích listů a množstvím na skládkách a aplikovaným na danou lokalitu nesmí přesáhnout 3%.

Typ kontroly: průběžná systematická kontrola množství skutečně dodaného vápence na skládkách oproti dodacím listům vápence a pracovním deníkům dodavatele (denním výkazům provedené aplikace)

Odběry vzorků: nejsou

Analýzy vzorků: nejsou

Součinnost dodavatele: Kontrolu je vhodné specifikovat ve smlouvě s dodavatelem. Dodavatel musí průběžně a bez prodlení informovat o jednotlivých dodávkách vápence formou předložení dodacích listů jednotlivých nákladních souprav a průběžným předkládáním pracovních deníků podle předepsaného časového harmonogramu. Z podkladů dodavatele musí být patrné, kolik vápence je navedeno na jednotlivé skládky a kolik vápence z nich bylo aplikováno.

Podklady: letecké deníky, dodací listy, fotodokumentace

Vyhodnocení: Velikost dílčí ošetřené plochy vápnění musí v každém okamžiku odpovídat pracovním deníkům (v případě leteckých aplikací leteckým deníkům, ve kterých je uveden počet jednotlivých vzletů a velikost aplikovaných dávek) a dodacím listům vápence z jednotlivých nákladních souprav, jakož i množství materiálu připraveného k aplikaci na skládkách (vzorec 1). Při kontrole je nutné průběžně pořizovat fotodokumentaci k zachycení případných výrazných nesrovnalostí. Při pořizování fotodokumentace skládek a zbytků vápence na skládkách je vhodné, aby fotografie obsahovala pomůcku pro orientační zjištění velikosti objektu z fotografie, např. měřicí lať nebo pásmo.

Vzorec 1:
$$D = (P \times pd) + Z$$

D: dodané množství vápence podle dodacích listů (t); P: velikost ošetřené plochy (ha); pd: předepsaná hektarová dávka (t.ha⁻¹); Z: zásoba vápence na skládkách (t)

Po ukončení aplikací musí množství dodaného vápence odpovídat velikosti ošetřené plochy předepsanou hektarovou dávkou podle předložených pracovních deníků (vzorec 2) a musí rovněž zohledňovat ztráty dodaného vápence vzniklé rozprachem i neaplikovatelné zbytky vápence na skládkách po ukončení aplikace.

Vzorec 2:
$$D = (P \times pd) + (z + R)$$

D: dodané množství vápence podle dodacích listů (t); P: velikost ošetřené plochy (ha); pd: předepsaná hektarová dávka (t.ha⁻¹); z: zbytky vápence na skládkách po ukončené aplikaci (t); R: rozprach ze skládek při manipulaci s vápencem (t)

Zbytky vápence (**z**) na skládkách po ukončení aplikace se vypočítají pomocí vzorce č. 3.

Vzorec č. 3:
$$z = ps \times H \times 1,6$$

z: zbytky vápence na skládkách po ukončené aplikaci (t); ps: plocha skládky (m²); H: průměrná výška vrstvy vápence na skládce (m);

Koeficient 1,6 je sypaná hmotnost dolomitu v t .m⁻³. V případě nejistoty je možné sypanou hmotnost materiálu na konkrétní skládce ověřit pomocí postupu definovaném v ČSN EN 1097 – 3. Velikost plochy skládky resp. plochy kde se nachází zbytky vápence (**ps**), se zjistí zaměřením ortogonální nebo polární metodou. Lze využít klasických geodetických pomůcek jako je pásmo nebo moderních přístrojů jako jsou Vertex Geo nebo TruPuls, případně další přístroje umožňující elektronické měření. Při manuálním měření se průměrná výška vrstvy vápence určí tak, že se na skládce vytyčí dvě až tři

linie a na nich se v pravidelných intervalech změří výška vrstvy vápence. Linie by měly procházet přibližným středem plochy s minimálním počtem 30-ti měření. Pro kalkulaci zbytků vápence na skládce lze rovněž využít 3D měření a následnou kalkulaci množství v počítačových aplikacích. V tomto případě je vhodnější využít pro zjištění vrstvy vápence měření v pravidelné síti bodů.

Termín „rozprach“ je pro účely této metodiky definován jako hmotnost vápence rozptýleného v okolí skládky při manipulaci s materiálem určeným pro aplikaci. K nežádoucímu úletu materiálu dochází zejména při aplikaci vápence vrtulníky větším s průměrem rotoru, kdy dochází k plnění násypky vrtulníku v bezprostřední blízkosti skládky. Efektivním opatřením proti tomuto jevu je technologická příprava pracoviště takovým způsobem, aby plnění násypky aplikačního zařízení vrtulníku probíhalo v dostatečné vzdálenosti od skládky. Rozprach se vypočítá podle vzorce č. 4. Pro zjištění **dr** se využijí trvalé kontrolní nádoby umístěné v bezprostředním okolí skládky a **R** se pak kvantifikuje pro konkrétní časový interval.

Vzorec č.4:
$$R = dr \times pr.$$

R: rozprach ze skládek při manipulaci s vápencem (t); dr: dávka zjištěná z kontrolních táců (t.ha⁻¹); pr: plocha zasažená rozprachem ze skládky (ha)

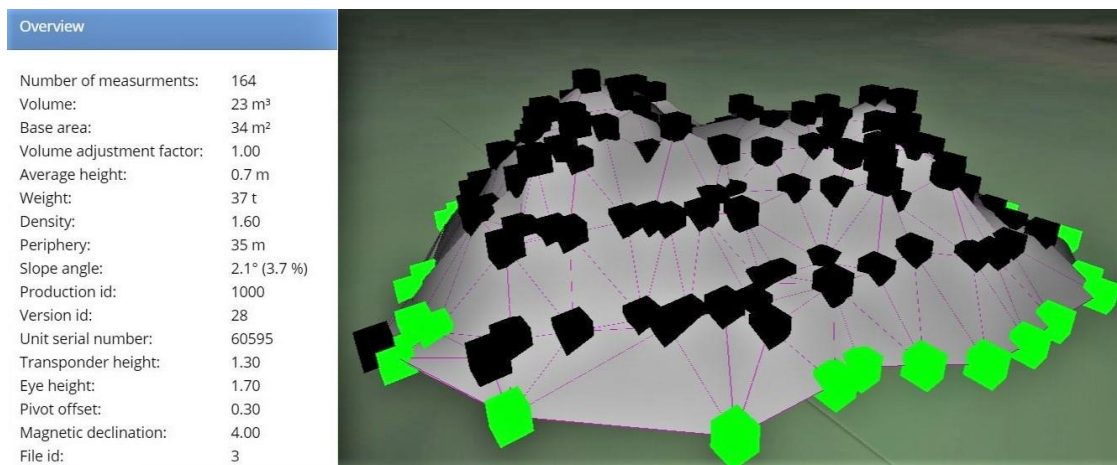
Alternativní metodou stanovení rozprachu je umístění kontrolních nádob na lokalitu a jejich kontrola ve vymezeném časovém intervalu za trvalé přítomnosti osob provádějících kontrolu. Nádoby v minimálním počtu 3 kusů, se umísťují obvykle v transektu od skládky směrem, kterým v závislosti na místních podmínkách dochází k nejsilnějšímu rozprachu. Kvantifikace **dr** se pak rovná **průměrné dávce za sadu kontrolních nádob / počet vzletů za kontrolní časový interval**. Výpočet se provede podle vzorce č. 5. Pro kontrolu dávky se použije sada minimálně tří nádob a počet kontrolovaných vzletů by měl být minimálně 5.

Vzorec č. 5:
$$R = ZS / N \times dr \times pr.$$

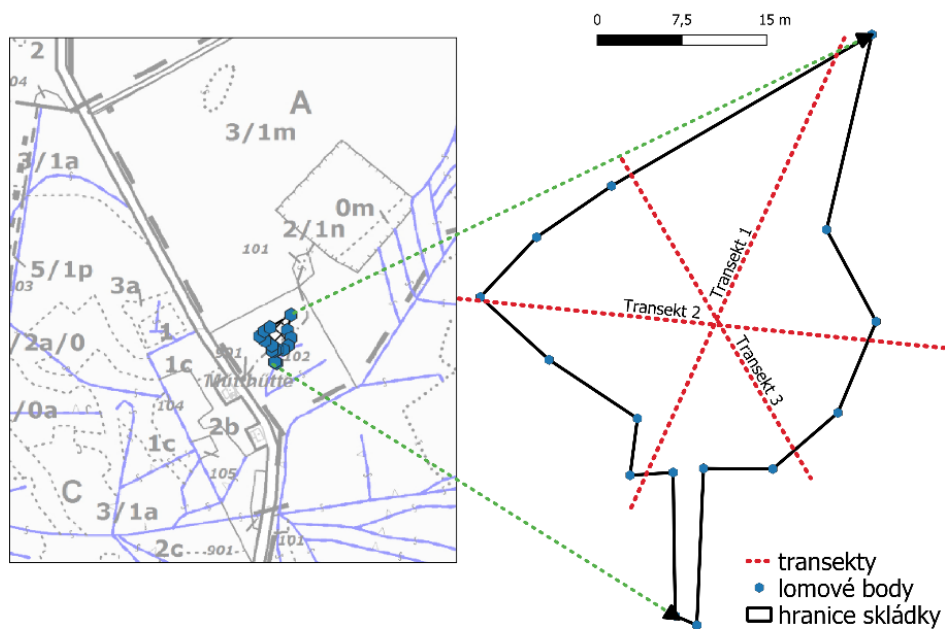
R: rozprach ze skládek při manipulaci s vápencem (t); ZS: celková zásoba vápence na konkrétní skládce (t); N:průměrné množství vápence v aplikačním zařízení (násypce) v t; dr: dávka zjištěná z kontrolních táců (t.ha⁻¹); pr: plocha zasažená rozprachem ze skládky (ha)

Časová náročnost: cca 16 h na jednu kontrolu

Poznámka: Aktuální zásobu vápence na skládkách je možné orientačně zjistit pomocí 3D měření, nebo využitím dalších metod jako je např. aplikace měření hromad pomocí přístroje VertexGeo firmy Haglof a kalkulace množství materiálu v aplikaci „Pits & Piles 3D“.



Obrázek 1: Příklad výstupu aplikace „Pits & Piles pro zjišťování objemu hromad.



Obrázek 2: Příklad umístění kontrolních transektů pro zjištění průměrné výšky zbytků vápence na skládce.



Obrázek 3: Nakládka letadla

2.1.3 Kontrola deklarované hmotnosti nákladu

Předmět kontroly: Hmotnost nákladu dolomitického vápence na nákladní soupravě. Rozdíl mezi hmotností nákladu v dodacím listu a hmotností zjištěnou kontrolním vážením nesmí být větší než 0,5 % resp. 0,1 t a zjišťuje se kontrolním převážením naložené a vyložené soupravy.

Typ kontroly: Namátková kontrola. Doporučeno je kontrolovat maximálně jednu odvozní soupravu na 500 t dodaného materiálu.

Odběry vzorků: nejsou

Analýzy vzorků: nejsou

Součinnost dodavatele: poskytnutí informací o termínu dodávek a podkladů, součinnost při odeslání souprav ke kontrolnímu vážení.

Podklady: dodací list vápence, informace pro stanovení Vz, Sp, Hphm

Vyhodnocení: Zjištěná hmotnost vápnitého dolomitu (Mz) se stanoví podle vzorce č. 6.

$$\text{Vzorec č. 6: } Mz = (Mn - Mv) - Mphm$$

Mn: hmotnost naložené soupravy (t); *Mv:* hmotnost vyložené soupravy (t); *Mphm:* hmotnost pohonných hmot (t) = (Vz × Sp × Hphm) + Mphm

Vz: ujetá vzdálenost mezi prvním a druhým vážením (km) (sdělí dodavatel); *Sp:* průměrná spotřeba phm (l.km⁻¹) (sdělí dodavatel); *Hphm:* průměrná hustota pohonné hmoty (t.l⁻¹), pokud dodavatel neupřesní, bude použita průměrná hodnota pro motorovou naftu 0,84 kg. l⁻¹; *Mphm:* hmotnost paliva doplněného v období mezi vážením nákladní soupravy (t)

Časová náročnost: cca 8 h na jednu kontrolu

Poznámka: Požadavek na provedení kontroly nemusí být dodavateli předem ohlášen a ke kontrolnímu zvážení může být odeslána i souprava, která již dorazila na určené místo vykládky. Právo odběratele vyžadovat kontrolní vážení nákladních souprav, resp. povinnost dodavatele provedení těchto kontrol umožnit a poskytnout odběrateli nezbytné podklady, ohlášení termínů dodávek vápence s dostatečným předstihem a dále způsob úhrady nákladů na kontrolní vážení, by mělo být obsahem smlouvy mezi odběratelem a dodavatelem.

2.1.4 Kontrola vlhkosti vápence

Předmět kontroly: Vlhkost vápnitého dolomitu. Vzhledem k ovlivnění ceny a čisté hektarové dávky je nutno při dodávkách dodržet vlhkost materiálu v rozmezí od 3 do 8 %.

Typ kontroly: namátková kontrola

Odběry vzorků: Vzorky je nutno odebrat přímo z nákladních souprav, případně bezprostředně po jejich složení. Při kontrole se odebírá směsný vzorek (minimálně ze tří míst) o hmotnosti cca 0,5 - 1 kg. Vzorek se odebírá duplicitně tak aby jeden ze vzorků mohl zůstat dodavateli, pro případnou reklamaci. Odebrané vzorky se uloží do sáčků (igelitových nebo papírových). Před odběrem se musí sáčky pro odběr vzorků zvážít. Vzorky v sáčcích je nutné řádně označit, uzavřít a zapečetit.

Odběr probíhá za účasti dodavatele, o odběru je pořízen protokol.

Analýzy vzorků: Vzorky jsou poprvé váženy v sáčcích přímo na místě odběru za účasti dodavatele na řádně stabilizovaných váhách s přesností minimálně 0,1 g. Po transportu do laboratoře jsou vzorky opětovně zváženy, přemístěny na předem zvážené vysoušecí misky a bezprostředně jsou zváženy také prázdné obaly vzorků. Vzorky na miskách jsou vysoušeny po dobu 48 hodin při teplotě 60 °C a poté opět váženy.

Součinnost dodavatele: Dodavatel se účastní odběru vzorků, podepisuje protokol o odběru.

Podklady: odebrané vzorky vápence, dodací listy, fotodokumentace

Vyhodnocení: Vlhkost vápence se stanoví výpočtem podle vzorce č. 7.

Vzorec č. 7:
$$V = ((M_o - M_p) - (M_s - M_m)) / (M_o - M_p) \times 100$$

V: vlhkost vápence (%); M_o: hmotnost odebraného vzorku na místě odběru včetně obalu vzorku (g); M_p: hmotnost prázdného obalu vzorku (g); M_s: hmotnost vysušeného vzorku vápence s miskou (obalem) (g); M_m: hmotnost vysoušecí misky (obalu) před vysoušením (g);

Časová náročnost: cca 9 h na jeden odběr

Poznámka: Kontrolu nelze provádět za deště.

2.1.5 Kontrola chemických vlastností vápence

Předmět kontroly: Obsah účinných látek (Mg, Ca) a rizikových prvků (As, Cd, Cr, Hg, Pb, popř. Ni, Se, Sb) v aplikovaném materiálu

Typ kontroly: systematická průběžná kontrola

Odběry vzorků: Vzorky vápenného dolomitu jsou průběžně odebírány z jednotlivých skládek (doporučení 1 odběr na cca 300 t). Směsné vzorky o hmotnosti cca 2 kg jsou odebírány vždy ze tří až pěti míst na skládce vápence. Každý vzorek je rozdělen na dvě části, z nichž jednu uchovává dodavatel v zapečetěných, řádně označených obalech do konce doby aplikace vápenného dolomitu. O odběru vzorků je pořízen protokol zahrnující místo a datum odběru, označení odebraných vzorků a potvrzení převzetí kopií vzorků dodavatelem.

Analýzy vzorků: Po transportu do laboratoří jsou vzorky kvartací rozděleny na dvě části, z nichž jedna je použita na stanovení zrnitosti (viz bod 2.1.6) a druhá na stanovení chemických vlastností. Obsahy Ca a Mg jsou zjišťovány metodou AAS, obsahy As, Cd, Cr, Ni, Se, Sb a Pb jsou stanovovány na spektrometru s indukčně vázanou plazmou ICP OES ve výluhu lučavkou královskou. Obsahy rtuti jsou stanovovány na atomovém absorpčním spektrometru AMA. Obsahy hořčíku a vápníku jsou následně přepočítány podle relativních atomových hmotností na hodnoty $MgCO_3$ a $CaCO_3$.

Součinnost dodavatele: Dodavatel se účastní odběru vzorků a podepisuje protokol o odběru. V případě sporu provede rozbor kontrolního vzorku jiná akreditovaná laboratoř.

Podklady: odebrané vzorky vápence, protokoly, fotodokumentace

Vyhodnocení: Obsahy vápníku a hořčíku jsou porovnávány s požadovanými minimálními vlastnostmi materiálu: $MgCO_3 \geq 35 \%$; $CaCO_3 + MgCO_3 \geq 87 \%$. Pro případné vyvozování sankcí vůči dodavateli je rozhodující průměrný obsah účinných látek ve vápenci za každou dílčí část plnění.

Maximální přípustné obsahy zátěžových prvků ve vápenci jsou dány vyhláškou č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů:

| | As | Cd | Cr | Hg | Pb |
|--|----|-----|----|-----|----|
| limitní obsah [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 10 | 1,5 | 50 | 0,5 | 30 |

V některých případech může být požadováno dodržení limitů obsahu těžkých kovů podle vyhlášky č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházejícími do přímého styku s vodou a na úpravu vody, ve znění pozdějších předpisů:

| | As | Cd | Cr /tot | Hg | Pb | Ni | Se | Sb |
|---|----|----|---------|-----|----|----|----|----|
| limitní obsah [mg.kg ⁻¹ sušiny] | 3 | 2 | 10 | 0,5 | 10 | 10 | 3 | 3 |

Překročení limitních hodnot zátěžových prvků u kteréhokoliv vzorku je důvodem k okamžitému zastavení aplikací a bezodkladném jednání s dodavatelem o změně melioračního materiálu. Aplikace mohou být obnoveny až po změně melioračního materiálu a prokázání jeho vlastností.

Časová náročnost: cca 9 h na jeden odběr (zahrnuje jak odběr na stanovení chemických vlastností vápence (kap. 2.1.5) tak fyzikálních vlastností (kap. 2.1.6)

Poznámka: U analýz je potřeba počítat s určitým časovým zpožděním. Před započítáním aplikací dodavatel obvykle prokazuje požadované vlastnosti vápence potvrzením požadovaných parametrů (atestem) od každého výrobce, jehož materiál pro aplikaci použije. Ze stejných důvodů je možné ve smlouvě specifikovat zádržné, které bude dodavateli proplaceno až po ukončení všech chemických analýz. Požadované obsahy účinných látek je možné upravovat podle požadavků zadavatele.



Obrázek 4: Zapečetěný vzorek vápence

2.1.6 Kontrola zrnitostního složení vápence

Předmět kontroly: Zastoupení zrnitostních frakcí ve vápenci

Typ kontroly: systematická průběžná kontrola

Odběry vzorků: Odběr vzorků probíhá souběžně s odběry vzorků pro stanovení chemických vlastností vápence (bod 2.1.5)

Analýzy vzorků: Po transportu do laboratoří jsou vzorky kvartací rozděleny na dvě části, z nichž jedna je použita na stanovení zrnitosti a druhá na stanovení chemického složení (viz bod 2.1.5). Stanovení zrnitosti probíhá po vysušení vzorků přesátím přes síta s odpovídající velikostí ok s následným zvážením a stanovením procentuálního podílu jednotlivých frakcí.

Součinnost dodavatele: Je stejná jako u bodu 2.1.5

Podklady: odebrané vzorky vápence, protokoly, fotodokumentace

Vyhodnocení: Podíly jednotlivých zrnitostních frakcí jsou porovnávány s požadovanými vlastnostmi vápence pro (letecké) aplikace v lesích:

| zrnitostní frakce | >3,15 mm | > 2,0 mm | >1,0 mm | <0,09 mm |
|---|----------|----------|---------|----------|
| Maximální obsah frakce [% sušiny] | 3 % | 10 % | 30 % | 35 % |

Cílem kontroly je omezit nadbytečné obsahy hrubozrného materiálu, který je z hlediska působení málo účinný, případně i příliš jemných částí, které bývají součástí úletu. Za závažné lze považovat zejména neúměrně vysoký obsah frakce nad 2 mm.

Časová náročnost: cca 9 h na jeden odběr (zahrnuje jak odběr na stanovení chemických vlastností vápence (kap. 2.1.5) tak fyzikálních vlastností (kap. 2.1.6)

Poznámka: Síta je nutno před zahájením měření překontrolovat, protože dlouhodobým používáním dochází k jejich postupnému obrušování. Požadavky na zrnitost vápence je vhodné předem konzultovat s výrobcí. Požadavek na zastoupení zrnitostních frakcí, které není při výrobě vápenatých materiálů běžné, se může nepříznivě odrazit na ceně melioračního materiálu.

2.1.7 Kontrola rovnoměrnosti zásahu

Předmět kontroly: Rovnoměrnost zásahu. Zjišťuje se, zda je na celé ošetřované ploše aplikována odpovídající předepsaná hektarová dávka rovnoměrně po ploše.

Typ kontroly: systematická průběžná kontrola

Odběry vzorků: Rovnoměrnost aplikace je posuzována na základě zachytávání vápence do kontrolních nádob. Odběrové nádoby o minimální ploše 0,25 m² jsou rozmístěny v místech předpokládané aplikace (vždy 9 nádob). Tvar rozmístění nádob není přesně stanoven. Nádoby mohou být rozmístěny např. ve tvaru kříže, linie nebo přibližně pravoúhlé sítě. Instalovány by měly být na ploše min. 30 × 30 m. Nádoby se umísťují v rámci vápněných ploch na otevřené lokality, kde není dopad aplikovaného materiálu omezen korunami porostu. Na každých cca 300 ha vápněné plochy připadá obvykle jeden odběr (sada nádob). Podobným způsobem je možné kontrolovat i vápnění mimo oblast určenou k vápnění, v tomto případě je možné použít menší počet kontrolních nádob.

Analýzy vzorků: Po provedení (ukončení) vápnění na dané lokalitě jsou vzorky z kontrolních nádob opatrně smeteny na váženky či do papírových pytlíků a na místě zváženy na řádně

stabilizovaných váhách s přesností minimálně 0,1 g. Při mírném navlhnutí vzorků je možno vážit celé odběrové nádoby, je však nutné znát jejich hmotnost před expozicí.

Součinnost dodavatele: Dodavatel není předem informován o umístění odběrových nádob. Vzhledem k možnosti jejich vyhodnocení (viz poznámka) je však vhodné mít od dodavatele průběžně aktualizovaný plán prací. K účasti na odběru vzorků vápence z odběrových nádob po ukončení aplikace je dodavatel vyzván.

Podklady: zápis o instalaci, který by měl obsahovat zakres umístění kontrolních nádob, číslo porostu a GPS souřadnice, zápis o odběru kontrolních nádob podepsaný zástupcem odběratele a dodavatele, fotodokumentace

Vyhodnocení: Hmotnost jednotlivých vzorků je podle plochy nádoby přepočítána na hektarovou dávku. Při kontrole rovnoměrnosti vápnění nesmí odchylka předepsané hektarové dávky přesáhnout 30 % u více než ½ odběrových nádob. Odchylku 30 % nesmí přesáhnout ani průměrná dávka ze všech kontrolních nádob.

Časová náročnost: cca 9 h na jedno odběrové místo

Poznámka: Tento způsob kontroly lze využít při letecké aplikaci vápence. Pro řádné vyhodnocení je nutné, aby bylo zaručeno, že jsou odběrové nádoby umístěny na jednotlivé lokality prokazatelně před jejich povápněním, a aby až do odběru vzorků z nádob po ukončení aplikace nebyl vápenec vyplaven např. dešťovými srážkami. Odběry vzorků může komplikovat i zvýšená vlhkost materiálu např. vlivem silné rosy, proto je vhodné směřovat jeho sběr do odpoledních hodin, případně vážit celé odběrové nádoby i se vzorkem. V případě namoknutí odběrových nádob nelze posuzovat aplikované množství vápence, pouze provedení zásahu na dané lokalitě.

Při manuálních aplikacích, či aplikacích rozmetadlem, lze rovnoměrnost hodnotit pouze vizuálně pochůzkou a pravidelnou kontrolou pracovních polí.



Obrázek 5: Kontrolní nádoby s aplikovanou dávkou před odběrem



Obrázek 6: Vážení vzorků v terénu



Obrázek 7: Kontrolní nádoba částečně vymytá srážkami

2.1.8 Kontrola úplnosti zásahu pochůzkou

Předmět kontroly: Stopy aplikovaného vápence na lesní vegetaci a lesních cestách

Typ kontroly: kontrola po ukončení jednotlivých pracovních polí či celého zásahu

Odběry vzorků: nejsou

Analýzy vzorků: nejsou

Součinnost dodavatele: není požadována, pouze v případě nálezu nesrovnalostí, je vhodné informovat zástupce dodavatele a dokumentaci nálezu provést v jeho přítomnosti. O výsledcích šetření je vhodné vyplnit terénní protokol, který podepíše jak zástupci odběratele, tak zástupci dodavatele.

Podklady: informace o tom, které části lokality jsou povápněné, porostní mapy, fotodokumentace

Vyhodnocení: Při pochůzce se kontroluje viditelná přítomnost zrněk (poprašku) vápnitého dolomitu na povrchu lesní půdy a vegetaci na plochách, které byly předmětem vápnění.

V případě nálezu nepovápněné plochy, nebo plochy povápněné mimo určenou lokalitu,

se provede zaměření dotčené plochy pomocí GPS. Vhodné je rovněž zaměřit trasu pochůzky pomocí GPS.

V případě zjištění vizuálně zjevné nerovnoměrnosti aplikace (střídání vápněných a nevápněných úseků) je provedeno cílené ověření rovnoměrnosti pochůzkou takto:

- S ohledem na velikost lokality dílčího plnění je stanoven počet liniových transektů pro provedení pochůzky standardizované délky. Délka jednoho transektu je minimálně 500 metrů a je vhodné využít při jeho vytyčování liniových prvků, jako jsou lesní cesty nebo průseky. Umísťuje se maximálně jeden transekt na 100 ha ošetřované plochy a transekty by se měly vytyčovat rovnoměrně po ploše. Transekt je nutné směřovat kolmo na aplikační lety. K účasti na cílené kontrole rovnoměrnosti je vhodné přizvat i dodavatele.
- Po transektu se pomocí GPS zaznamenává délka povápněných a nepovápněných úseků. Za nepovápněný úsek je v rámci této kontroly považován i úsek bez přítomnosti hrubších frakcí vápnitého dolomitu (přítomen pouze poprach).
- Následně je v rámci každého transektu stanoven podíl nepovápněných úseků v %. Pokud je tento podíl prokazatelně vyšší než 10% z celkové délky transektu, vypočítá se nepovápněná plocha podle vzorce č. 8.
- Zástupci odběratele zároveň namátkově kontrolují vápnění mimo určené lokality; při zjištění vápnění mimo určenou lokalitu se pořídí fotodokumentace, stanoví se poloha nálezů pomocí GPS, případně se pomocí GPS zaměří povápněná plocha.

Vzorec č. 8:
$$NP = T \times DL$$

NP: Nepovápněná plocha (m²); T: délka nepovápněných úseků v transektu (m); DL: průměrná délka letu, při kterém probíhá aplikace vápence (m), (sdělí dodavatel)

Časová náročnost: cca 8 – 10 h na jednu pochůzku

Poznámka: Stopy vápnění jsou v závislosti na meteorologických podmínkách patrné až několik týdnů po provedení zásahu zejména na listech vegetace, pařezech, skálách, asfaltových lesních cestách či na jiných plochých površích. Kontrola by se však měla provádět bezodkladně po ukončení ošetření jednotlivých konkrétních lokalit, protože po silnějších deštích, případně napadnutí sněhové pokrývky nemusí být stopy vápnění patrné. Kontrolu mohou provádět nejen zástupci odběratele, ale i vlastníci či správci lesních majetků.



Obrázek 8: Stopy vápnění na vegetaci a povrchu půdy

2.1.9 Kontrola úplnosti zásahu pomocí odběrových nádob

Předmět kontroly: Stopy aplikovaného vápence v odběrových nádobách

Typ kontroly: náhodná kontrola po ukončení jednotlivých pracovních polí či celého zásahu

Odběry vzorků: Vzorky jsou odebírány do obdobných nádob jako v případě bodu 2.1.7. Oproti posuzování rovnoměrnosti však nádoby mohou být instalovány v menším počtu (1 - 3) a nemusí být na zcela volné ploše i když výraznější zakrytí zápojem porostu není žádoucí. Je možné také používat speciální nádoby s vyšším okrajem, které zabraňují vyplavování aplikovaného materiálu. Alternativně lze použít kontrolní nádoby s otvory, kde je zadržení vápence zajištěno filtry (např. laboratorní filtrační papír). Nádoby mohou být na lokalitách umístěny před aplikací a vizuálně kontrolovány po ukončení zásahů.

Analýzy vzorků: nejsou

Součinnost dodavatele: V případě nálezu je vhodné informovat zástupce dodavatele a vyzvat ho k účasti na šetření. O provedené kontrole a případných zjištěních je nutné sepsat zápis a zajistit podpisy účastníků šetření včetně zástupce dodavatele.

Podklady: protokoly o instalaci a sběru kontrolních nádob, ty musí obsahovat plánek umístění nádob, GPS souřadnice, číslo porostu a informace o hmotnosti vápence z kontrolních nádob, fotodokumentaci.

Vyhodnocení: Odběrové nádoby se kontrolují pouze vizuálně, není možné hodnotit celkové množství aplikované látky. To že plocha byla či nebyla vápněna je však zcela zřejmé. V případě nálezu nepovápněné plochy je nutné provést kontrolu pochůzkou a zaměřit velikost neošetřené plochy.

Časová náročnost: cca 4 h na jednu sadu odběrových nádob

Poznámka: Odběrové nádoby tohoto typu lze použít i pro kontrolu toho, zda konkrétní lokalita nebyla vápněna – například v případech, kdy je v blízkosti vápněné plochy chráněná lokalita, která být vápněna výslovně nesmí. O výskytu takovýchto „nulových“ ploch musí být dodavatel předem informován.



Obrázek 9: Upravená odběrová nádoba pro kontrolu úplnosti zásahu

2.1.10 Kontrola úplnosti zásahu analýzami povrchových vrstev půdy

Předmět kontroly: přibližné údaje o množství vápence a rovnoměrnosti jeho rozprostření na ošetřovaném pozemku.

Typ kontroly: náhodná kontrola po ukončení zásahu

Odběry vzorků: V území určeném k vápnění jsou stanoveny alespoň dvě ucelené lokality pro odběr vzorků. Je dobré volit tuto lokalitu jako jednu porostní skupinu o velikosti od 1 do 3 ha. Jako kontrolní je zvolena podobná lokalita mimo území určené pro vápnění. V každé lokalitě je rovnoměrně umístěn dostatečný počet odběrných míst. Na těchto místech je proveden odběr materiálu vrchního humusového horizontu z plochy 25 x 25 cm. Hloubka odběru je totožná s mocností humusového horizontu. Odběrná místa jsou stabilizována označením umělohmotnou páskou a příslušným písmenem na nejbližší kmen ve směru k odběrnému místu. Dále je odběrné místo geodeticky stabilizováno systémem GPS. Odběr se na stabilizovaných odběrných místech provádí 1) před leteckým vápněním a 2) po leteckém vápnění a to maximálně do poloviny roku následujícího po aplikaci. Na každém odběrném místě se při druhém odběru vizuálně zjišťuje a zaznamenává přítomnost aplikovaného vápence.

Analýzy vzorků: U odebraných vzorků je stanovena hmotnost suchého vzorku a obsah Ca a Mg, po rozkladu lučavkou královskou.

Součinnost dodavatele: není

Vyhodnocení: Kontrola úplnosti aplikace je založena na opakovaném odběru půdních vzorků na totožných odběrných místech. Porovnává se obsah Ca a Mg před a po vápnění lesního pozemku. Podle změny obsahu hořčíku, případně vápníku se zjišťuje přibližné množství vápence dopadnutého na půdní povrch.

Časová náročnost: cca 12 h na jeden odběr

Poznámka: Kontrola je prováděna následně po akci. K jednání s dodavatelem může sloužit pouze v případě, že se týká území, na kterém byla vznesena pochybnost o vápnění plochy podle bodů 2.1.6, 2.1.7 či 2.1.11.

2.1.11 Kontrola změn chemismu bezprostředně po zásahu

Předmět kontroly: zjištění aktuálního stavu lesních půd bezprostředně po melioračním zásahu

Typ kontroly: náhodná kontrola po ukončení zásahu

Odběry vzorků: V území, kde proběhla aplikace vápence, jsou provedeny kontrolní odběry vzorků lesních půd. Odběry vzorků se provádí v souladu s metodikou popsanou v kap. 2.2.1 této metodiky s tím rozdílem, že se provádí jeden odběr na 200 ha ošetřované plochy.

Analýzy vzorků: Stejně jako v kap. 2.2.1.

Součinnost dodavatele: není

Podklady: porostní mapa

Vyhodnocení: Stejně jako v kap. 2.2.1.

Časová náročnost: cca 13 h na jedno odběrové místo

Poznámka: Kontrola je prováděna následně po akci. K jednání s dodavatelem může sloužit pouze v případě, že se týká území, na které byla vznesena pochybnost o vápnění plochy podle bodů 2.1.7, 2.1.8 nebo 2.1.9.

2.1.12 Kontrola úplnosti zásahu pomocí záznamů GPS

Předmět kontroly: Rovnoměrnost a úplnost zásahu, kontrola dodržování omezení zákazů přeletů nad lokalitami vymezenými ve smlouvě. Kontroluje se GPS záznam trajektorie letů v okamžiku aplikace (tedy pouze trasa letu, při které je z aplikačního zařízení uvolňován vápenec).

Typ kontroly: systematická průběžná kontrola, kontrola po provedení zásahu

Odběry vzorků: nejsou

Analýzy vzorků: nejsou

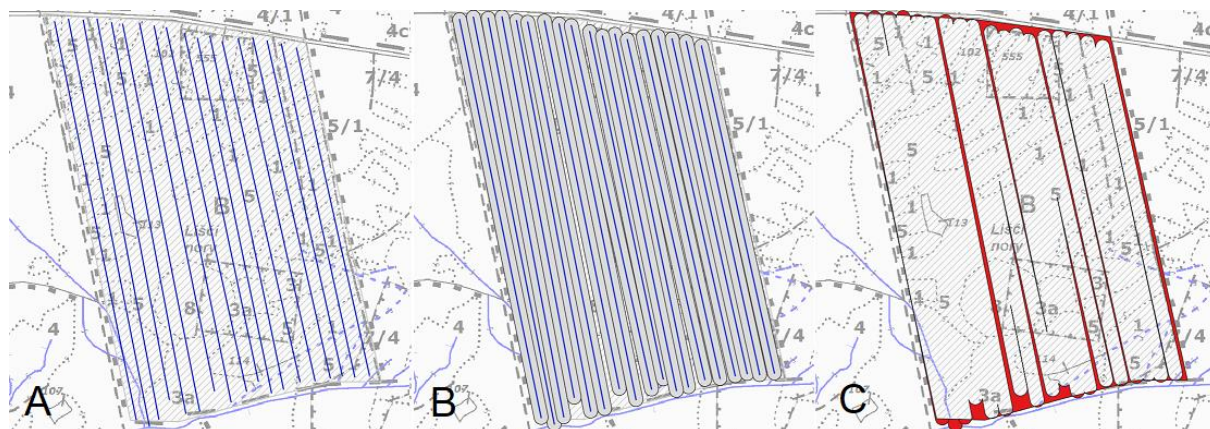
Součinnost dodavatele: Dodavatel poskytne kontrolnímu orgánu na vyžádání informace o stavu plnění zakázky, a to zpřístupněním GPS záznamů letů a poskytnutím dalších informací např. jaká je pro daný letecký prostředek resp. aplikační zařízení šířka a délka povápněné plochy na jednu násypku.

Podklady: Digitální dokumentace GPS ve standardním vektorovém formátu (např. shape file, KML, KMZ, GPX), aby bylo možné co nejpřesněji lokalizovat ošetřovanou oblast i lokality z vápnění vyloučené. Dále GPS záznamy letů. Ze záznamů letů musí být patrné, kdy v průběhu letu probíhala aplikace vápence, a to od počátku (počáteční rozptyl) až do konce (koncový rozptyl). Dynamická měření navigačního systému musí být prováděna nejméně jednou za sekundu a s přesností měření menší než 5 m.

Vyhodnocení: V době, kdy probíhá aplikace, slouží záznamy GPS k ověření aktuálního stavu prací (provedeného vápnění) pro plánování a vyhodnocování kontrolní činnosti (např.

kontroly 2.1.7, 2.1.8). Po ukončení aplikace na dané lokalitě lze GPS záznamy přímo využít k hodnocení úplnosti a kvality provedení prací (aplikace), a to vyhodnocením průmětu GPS záznamů letů a digitální vrstvy hranic plochy určené k vápnění. Při hodnocení je vždy třeba zohlednit nepřesnost způsobenou tím, že GPS záznam určuje pozici letadla, nikoli pozici dopadu vápence na zemský povrch. Při vyhodnocení se předpokládá provedení aplikace za bezvětří (resp. při proudění vzduchu, které nezpůsobuje odnos materiálu). I za bezvětří je nutné zohlednit trajektorii dopadu materiálu v důsledku působení setrvačné a gravitační síly po jeho uvolnění z aplikačního zařízení za letu. Trasa letu na záznamu GPS může být zároveň záměrně vedena tak, aby zohledňovala aktuální stav meteorologických podmínek na lokalitě, např. boční vítr. Hodnotí se dodržení hranic zásahu a rovnoměrnost pokrytí plochy aplikačními pásy. Vyhodnocení by mělo upozornit na potenciálně problematická místa (přesah GPS záznamu letu mimo hranice vápněné plochy, části plochy určené k vápnění s řídkým nebo žádným pokrytím GPS záznamů; výrazně odlišná frekvence GPS záznamů po ploše), kam je vhodné cílit kontrolu pochůzkou pro ověření naznačených nedostatků.

Vyhodnocení lze provést např. v aplikaci QGIS. Linie aplikačních letů nad vápněným územím se pomocí funkce „obalová zóna“, převedou na polygony o šířce odpovídající aplikačním letům. Pomocí funkce QGIS „symetrický rozdíl“ se poté vypočte plocha, která nebyla těmito pásy zasažena. Jedná se o místa, na které je vhodné se zaměřit při terénní kontrole.



Obrázek 10: Modelový příklad vyhodnocení GPS záznamů v aplikaci QGIS. Obr.A: hranice vápněné plochy (šedé šrafy) a linie aplikačních přeletů (modré čáry); Obr. B: Linie aplikačních přeletů, rozšířené pomocí funkce „obalová zóna“, Obr. C: Potenciálně problematické oblasti (červeně), vypočítané pomocí funkce QGIS „symetrický rozdíl“ .

Časová náročnost: cca 20 h na jednu lokalitu

Poznámka: Záznamy letů musí být pravidelně zálohovány alespoň na dvě samostatná média.

Je žádoucí, aby kompletní digitální dokumentace GPS (mapové podklady, záznamy letů) ve standardním vektorovém formátu byla součástí dokladů předkládaných při fakturaci zakázky.

2.2 Střednědobá a dlouhodobá kontrola účinnosti vápnění

Účinnosti vápnění v delším časovém horizontu je hodnocena na základě opakovaných analýz půdy a asimilačních orgánů. Ty jsou odebírány v intervalu dvou, pěti a deseti let po provedeném zásahu na stejných lokalitách, ze kterých jsou k dispozici údaje z období přípravy zásahů – tedy před vápněním. Standardně se provádí na lokalitách, které jsou vápněny v rámci projektů koordinovaných Ministerstvem zemědělství a vlastně navazuje na přípravu projektů vápnění – pro hodnocení jsou používány výsledky chemických analýz provedených před aplikacemi vápence. Výsledky kontroly jsou používány pro vyhodnocování efektivity zásahů, pro úpravu rozhodujících kritérií pro výběr ploch a pro plánování vhodného intervalu opakování zásahů na silně acidifikovaných půdách. U tohoto typu kontrol se součinnost dodavatele vlastních aplikací nepředpokládá.

2.2.1 Hodnocení změn chemismu lesních půd

Předmět kontroly: změny obsahu živin v humusu a minerální půdě v období dvou, pěti a deseti let po zásahu

Typ kontroly: systematické sledování v daných časových intervalech

Odběry vzorků: Hustota odběru vzorků navazuje na lokality, kde byly vzorky odebírány před přípravou projektů vápnění. Obvykle je jedno odběrové místo lesních půd na cca 100 ha plochy uvažované pro chemickou melioraci. Na každém odběrovém místě jsou v rámci jednoho lesního porostu odebrány na třech místech vzorky povrchového humusu a minerální půdy. Z těchto tří samostatných odběrů je poté vytvořen směsný vzorek k analýze pro každý odebíraný horizont. Odběr zahrnuje následující horizonty:

- vrstvu povrchového humusu FH - fermentační a humifikační horizont bez čerstvého opadu;

- organominerální horizont A – jde o svrchní minerální vrstvu půdy ovlivněnou prostupujícími látkami ze svrchní humusové vrstvy. Horizont se odlišuje tmavým zbarvením a jeho mocnost se pod půdami se surovým humusem obvykle pohybuje v rozmezí cca 1-5 cm;
- minerální horizont B – v těchto odběrech nejde o genetický horizont, ale o minerální vrstvu pod horizontem A do hloubky cca 30 cm.

Analýzy vzorků: Odebrané vzorky půd jsou analyzovány v laboratořích. Ve vzorcích je stanovena půdní reakce – aktivní pH(H₂O), případně výměnné pH ve výluhu 1M KCl, a celkové obsahy uhlíku, dusíku a síry elementární analýzou. Obsahy přístupných prvků jsou stanovovány ve výluhu chloridem amonným a celkové obsahy prvků ve výluhu lučavkou královskou s následným spektrofotometrickým stanovením na AAS. Alternativním postupem pro stanovení přístupných živin je použití výluhu v činidle Mehlich III a pro celkový obsah živin výluh kyselinou dusičnou (ÚKZÚZ 2009b). (Pozn: Účinnost těchto výluhů byla v minulosti srovnávána Záhornadskou (2002) se závěrem, že pro bazické kationty lze výsledky obou metod považovat za srovnatelné. Další srovnání metod používaných pro stanovení přístupných prvků – výluh chloridem barnatým a Mehlich III a celkových obsahů ve výluzích kyselinami je hodnoceno v publikaci Čechmánková a kol., 2021.)

Vyhodnocení: Vzhledem k variabilitě půdního prostředí je nutné statisticky hodnotit výsledky za širší oblasti. Některé z těchto hodnocení poskytují např. práce Fiala a kol. (2005), Šrámek a kol. (2006) či Šrámek a kol. (2013). Půdní parametry v souborech dat obvykle nelze charakterizovat normálním rozdělením, proto je vhodné používat neparametrické testy a pro základní charakteristiku robustní parametry, jako je medián a kvartily, které zohledňují nesymetričnost rozložení dat a dávají přesnější informaci o střední hodnotě a dalších vlastnostech souboru dat. V dosavadních analýzách se osvědčil např. Mann-Whineyův U test. Pro testování rozdílů mezi odběry před vápněním a v intervalu 2, 5 a 10 let po vápnění lze použít Kruskal-Wallisova ANOVA a mediánový test, včetně vícenásobného oboustranného porovnávání p a z hodnot.

Poznámka: Chemické analýzy půd by měly být pokud možno komplexní. Hodnocenými parametry bývají především charakteristiky, které jsou vápněním přímo ovlivněny – půdní reakce, obsahy přístupného vápníku a hořčíku, změna saturace sorpčního komplexu bázemi, obsahy přístupného hliníku a jeho toxických forem. Dále mohou být vyhodnocovány i parametry, které vápnění ovlivňuje nepřímě, jako je obsah dalších přístupných látek (zejména draslíku a fosforu), zásoba nadložního humusu a živin v této

vrstvě půdy, případně změny obsahů manganu a železa. Pro objektivní hodnocení je vhodné srovnávat vývoj půdních vlastností s kontrolními plochami, na kterých vápnění neprobíhalo.

2.2.2 Hodnocení změn výživy porostů

Předmět kontroly: změny obsahu živin v asimilačních orgánech dřevin v období dvou, pěti a deseti let po zásahu

Typ kontroly: systematické sledování v daných časových intervalech

Odběry vzorků: Hustota odběrových míst pro asimilační orgány je – vzhledem k náročnosti odběru jehličí ze stojících stromů – oproti půdě zhruba třetinová, tj. jeden odběr na cca 300 ha ošetřené plochy. Určitou možnost představuje i odběr vzorků teleskopickými nůžkami z mladších porostů (ÚKZÚZ 2009b). Odběry asimilačních orgánů většinou probíhají ve smrkových porostech. Je tomu tak z několika důvodů:

- v oblastech s nedostatkem bazických prvků smrky v druhové skladbě lesa obvykle zcela dominují;
- u smrku jsou dobře známy a ověřeny hodnoty limitních obsahů živin v jehličí;
- u stálezelených jehličnanů lze provádět odběry jehličí i v pozdních podzimních měsících, zatímco u opadavých dřevin je období vhodné k odběru listů pro chemické analýzy poměrně krátké.

Odběry jehličí se obvykle provádějí na stejných místech jako odběry půdy nebo v jejich blízkosti. Preferovány jsou však středně staré porosty a mlaziny, kde se lze snáze dostat do korun stromů než v dospělých porostech. Odebírány jsou větve z horní, osluněné části korun, optimálně ze 4. – 6. přeslenu. Pro chemické analýzy jsou připravovány směsné vzorky zvláště pro první (nejmladší) a pro druhý ročník jehličí. Pro každý vzorek je třeba odebrat větve minimálně z pěti stromů ve středně starých porostech nebo z deseti stromů v mlazinách.

Analýzy vzorků: Analýzy obsahu živin v jehličí probíhají po jeho mineralizaci v mikrovlnné pícce s následným stanovením spektrofotometricky na ICP OES. Obvyklé spektrum analýz představují následující prvky: Ca, Mg, K, P, Fe, Mn, Al; obsahy dusíku a síry jsou zjišťovány elementární analýzou na CNS analyzátoru.

Vyhodnocení: Pro statistické vyhodnocení platí obdobná pravidla jako v bodě 2.2.1. Dále je možné sledovat zastoupení porostů ve vápněných oblastech v relativních kategoriích

výživy jednotlivými živinami (nedostatečná / dostatečná / dobrá), případně poměr dusíku a jednotlivých bazických prvků v asimilačních orgánech.

Poznámka: Oproti půdám je vhodné hodnotit změny úrovně výživy všemi hlavními živinami (N, P, K, Ca, Mg) na vápněných plochách a porovnávat výsledky s vývojem na kontrolních plochách.

2.2.3 Další parametry hodnocení

Uvedený výčet možností hodnocení vlivu vápnění na lesní půdy a lesní porosty se omezuje pouze na činnosti, které lze provádět systematicky ve větším měřítku provozně ošetřovaných ploch. Ty však zdaleka nevyčerpávají celé spektrum účinků těchto zásahů na lesní ekosystém jako takový. Proto je vhodné na omezeném množství výzkumných ploch sledovat reakci celé řady dalších parametrů na provedené vápnění. Mezi hlavní parametry patří:

- Změny chemismu půdního roztoku a změny chemismu vody v drobných povrchových tocích
- Změny dynamiky vrstvy povrchového humusu a jejího vlivu na koloběh dusíku v lesních ekosystémech
- Změny v půdní biologické činnosti a půdním edafonu
- Změny zdravotního stavu lesních porostů, fytocenóz a zoocenóz v ošetřovaných oblastech.

3. ZDŮVODNĚNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

V současné době je k dispozici metodika pro výběr ploch určených k vápnění lesů (Šrámek a kol. 2014). Pro kontrolu vlastních zásahů a jejich účinnosti je využívána certifikovaná metodika „Kontroly aplikace vápnění lesních porostů“ (Šrámek a kol. 2014a). Vzhledem k rozvoji technologií a poznatkům získaným při kontrolách vápnění, vyvstala potřeba aktualizace kontrolních postupů tak aby odpovídaly současné úrovni poznání. Předkládaná metodika obsahuje rozšíření o kontrolní metody využívající systémy GPS. Pro kontrolní kvantifikaci množství vápence na skládkách byly vypracovány postupy využívající metody 3D měření. Metodika shrnuje rovněž poznatky získané při zjišťování zbytků vápence na skládkách po ukončení aplikace pomocí zaměření ploch moderními přístroji s možností exportu změřených dat a jejich kvantifikace v prostředí GIS. Kontrolní řády, které tvoří součásti smluv

uzavíraných s dodavateli aplikací vápnění obsahují parametry kontroly kvality zásahu a příslušné sankce, které lze vyvodit, pokud nejsou dodržovány. Tato metodika představuje aktualizovaný návod, jakým způsobem provádět kontroly efektivněji. Kromě toho zahrnuje i metody dlouhodobějšího hodnocení efektivity zásahů, které kontrolní řády neobsahují.

4. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro vlastníky a správce lesních majetků a pro orgány státní správy a instituce zabývající se přípravou, realizací a kontrolou vápnění lesních porostů. Metodiku je možné využít při přípravě smluv s dodavateli aplikací vápnění a poté zejména pro kontrolu kvality provedených prací, jejich dlouhodobé efektivity a pro určení potřeby a vhodného načasování opakovaných zásahů na místech s půdami výrazněji ochuzenými vlivem acidifikace.

5. EKONOMICKE ASPEKTY

Ekonomické aspekty využití této metodiky vyplývají z předpokládaného zvýšení efektivity prováděných zásahů vápnění – jednak z hlediska zajištění kvality přímo při jejich provádění, jednak z hlediska optimalizace plánování opakovaných zásahů. Efekty jsou tedy nepřímé. V současné době jsou připraveny podklady pro vápnění cca 35 000 ha lesů, což při ceně zásahů cca 10 000,- Kč.ha⁻¹ představuje finanční náklady ve výši 350 milionů korun. Pokud kontrolní postupy zvednou kvalitu prací o 1 %, představuje to tedy zvýšení efektivity v hodnotě 3,5 milionu Kč. Další přínos představuje metodika pro přípravu samotných projektů vápnění, kde může být využita pro přípravu smluv i pro efektivní provádění kontrol zásahů.

6. SUMMARY

Forest liming is an amelioration procedure, which had been reported already in 1843. The main period of liming, however, started in second half of 20th century as a consequence of strong acidification of forest soils due to air pollution and acid atmospheric deposition. In the

beginning of 1990's forest liming was abandoned as a consequence of decreased air pollution load and generally improving condition of forest stands in affected regions. Yellowing of Norway spruce stands in the western Ore Mts. and Adler Mts. pointed out that forest soils influenced by long-term acidic deposition cannot easily self-regenerate. The situation starts new period of liming which is on legal base launched by the government resolutions Nr. 532/2000, Nr. 22/2004 and Nr. 1031/2016.

During the “recent” period of forest liming, new rules for quality control and quality assurance has been established and their main concepts are presented in this booklet. Chapter 2.1 summarizes the particular control of application which includes:

- Check of supplied quantity of lime (2.1.2 - 2.1.3)
- Check of lime moisture (2.1.4)
- Check of chemical composition of lime (2.1.5)
- Check of grain composition of lime (2.1.6)
- Check of spatial distribution during lime application (2.1.7 – 2.1.8)
- Check of application completeness (2.1.9)

Control samples of lime are analysed on regular basis (ca 1 sample per 300t)

Chapter 2.2 summarizes the control of medium- and long-term effects of liming. Samples of organic layer (FH), upper organic-mineral horizon (A) and lower mineral layer down to ca 30 cm (B) as well as Norway spruce foliage are taken before liming and then two, five and ten years after application. The density of sampling is 1 stand per ca 100 ha for forest soil, and 1 stand per ca 300 ha by Norway spruce needles. In soil following parameters are determined: $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$, $\text{pH}_{(\text{KCl})}$, C, N, extractable and exchangeable contents of elements (Ca, K, Mg, Fe, Mn, Al). Current year and one-year-old Norway spruce needles are analysed for content of following elements: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Pb. Results from limed areas are compared to the development on control plots without any lime application.

7. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

BADALÍK, V., 2006: Zkušenosti s leteckým vápněním dle usnesení vlády ČR č. 532/2000 a č. 22/2004 a informace o předběžných výsledcích výzkumného projektu vyhodnocujícího vliv vápnění na půdní a epigeickou faunu. In: Neuhöferová, P. Využití chemické meliorace v lesním hospodářství – Sborník referátů. ČZU, 23-26

BALEK, J., ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., 2001: Vápnění a hnojení lesních porostů v letech 2000-2001. Lesnická práce, 80, 483

BOŠTÍK, J., 1988: Zkušenosti s leteckým vápněním na Lesním závodě Klášterec nad Ohří. Lesnická práce 67, 393-396

ČECHMÁNKOVÁ, J., ŠRÁMEK, V., SÁŇKA, M., DRÁBEK, O., FADRHOŇSOVÁ, V., SKÁLA, J. 2021: Porovnání metod pro stanovení přístupných a pseudototálních forem živin a prvků v lesních půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 66(2), 115 - 125.

DEROME, J., 1985: Forest liming as a mean of counteracting the effect of soil acidification. In: Symposium on the effects of air pollution on forest and water ecosystem. Helsinki, 89 - 100

FIALA, P., REININGER, D., SAMEK, T., 2005: Zhodnocení účinků vápnění na lesní ekosystémy Krušných hor z období 1999-2005. Ústřední zkušební ústav zemědělský, 78 s.

FRANZ, B., 2004: Bodenschutzkalkung im Forstamt Klingenthal. Entwicklung einer GIS-gestützten Dokumentation sowie Untersuchungen zur Wirkungen und Risiken. Diplomová práce TU Dresden, 65 s.

GUSSONE, H. A., 1983: Die Praxis der Kalkung im Walde der Bundesrepublik Deutschland. Forst und Holzwirtschaft 38, 63-71

HENNING, A., RAINER, G., FRANK, J., 2020: Leitfaden zur Forstlichen Bodenschutzkalkung in Sachsen, Sachsenforst, s:101

HÜTTL, R., 1985: „Neuartige“ Waldschäden und Nährelementversorgung. Freiburg im Breisgau, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, 195 s.

KLIMO, E., VAVŘÍČEK, D., 1991: Acidifikace a vápnění lesních půd v Beskydech. Lesnictví 37, 61-72, Kubelka, L., 1988: Účinnost leteckého vápnění v oblasti Krušných hor. Lesnická práce 67, 542-546

KUBELKA, L. (ED.), 1992: Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. MZe ČR, 133 s.

LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V., 2004: Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. Journal of Forest Science, 50, 533-537

MCKIE, B. G., PETRIN, Z., MALMQUIST, B., 2006: Mitigation or disturbance? Effects of liming on macroinvertebrate assemblage structure and leaf litter decomposition in the humic streams of northern Sweden. *Journal of Applied Ecology* 43, 780-791

MUSIL, I., PAVLÍČEK, V., 2002: Liming of forest soils: effectiveness of particle-size fractions. *Journal of Forest Science*, 48, 121 - 129

NĚMEC A., 1939: Poruchy výživy smrkových kultur na ortštejnových půdách velkostatku Hrubá Skála. *Sborník Československé akademie zemědělské* 18, 26-35

NĚMEC, A., 1942: Příčiny krnění a zlepšení vzrůstu kultur borovice v polesí Běleč lesního úřadu města Hradec Králové. *Sborník Československé akademie zemědělské* 17, 74-84

NĚMEC, A., 1949: Zkušenosti z pokusů zlepšování vzrůstu krnicích kultur a meliorace degradovaných lesních půd. *Československý les* 29

NĚMEC, A., MAŘAN, B., 1939: Výsledky melioračních pokusů na onemocnělých lesních půdách v pánvi plzeňské. *Lesnická práce* 18, 507-539

PODRÁZSKÝ, V., 1991: Vliv vápnění na vlastnosti lesních půd a na odolnost lesních dřevin vůči působení imisí. *Lesnictví* 37, 161 - 182

ŠRÁMEK, V., 2005: Metodika výběru ploch pro plošnou chemickou melioraci půd. *TEI – bulletin technicko-ekonomických informací, VÚLHM*, 8s.

ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., ŠEBKOVÁ, V., 2000: Zdravotní stav lesních porostů v Orlických horách z hlediska imisního zatížení a stavu výživy. In: Slodičák, M. (ed): *Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře. VÚLHM*, 89-93

ŠRÁMEK, V., MATERNA, J., NOVOTNÝ, R., FADRHOŇSOVÁ, V., 2006: Effect of forest liming in the Western Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science* 52, Special Issue, 45-51

ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., FADRHOŇSOVÁ, V., HELLEBRANDOVÁ, K., 2011: Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu Biosoil v České republice – zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká J.: *Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Societas pedologica slovacae, Bratislava*, s. 182 - 190

ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., VORTELOVÁ, L., LOMSKÝ, B., 2012: Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. *Journal of Forest Science* 58, 57-66

ÚKZÚZ, 2009a: Metodický pokyn č. 22/OBKP - Kontrola kvality leteckého rozmetání vápence. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 9s.

ÚKZÚZ, 2009b: Metodický pokyn č. 10/OBKP - Odběr vzorků pro účely průzkumu výživy lesa. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 7s.

ZÁHORNADSKÁ, J., 2002: Srovnávací studie analytických metodik pro rozborů půd VÚLHM a ÚKZUZ, VÚLHM, 17 s.

8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

BALEK, J., ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., 2001: Vápnění a hnojení lesních porostů v letech 2000-2001. *Lesnická práce*, 80, 483

LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V., MAXA, M., 2006: Fertilizing measures to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, 52, Special issue, 65-72

LOMSKÝ, B., NOVOTNÝ, R., ŠRÁMEK, V., 2011: Změny ve výživě fosforem v mladých smrkových porostech. *Zprávy lesnického výzkumu* 56, 83-93 NOVOTNÝ, R., LACHMANOVÁ, Z.,

LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., 2012: Changes in the air pollution load in the Jizera Mts.: effects on the health status and mineral nutrition of the young Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research*, 131, 757-771

NOVOTNÝ, R., LACHMANOVÁ, Z., ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., 2008: Air pollution load and stand nutrition in the forest district Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science* 54, 49-54

ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., ŠEBKOVÁ, V., 2000: Zdravotní stav lesních porostů v Orlických horách z hlediska imisního zatížení a stavu výživy. In: Slodičák, M. (ed): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře. VÚLHM, 89-93

ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., FADRHOŠOVÁ, V., 2003: Vápnění lesních porostů v Krušných horách – výsledky opakovaných analýz na LS Horní Blatná a OL Boží dar. In: Slodičák, M., Novák, J., Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002, VÚLHM, 33-40

ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., FADRHOŠOVÁ, V., 2004: Testování nově vyvinutého melioračního materiálu na LS Kraslice. In: Novák, J., Slodičák, M., Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003, 167 - 174

ŠRÁMEK, V., 2005: Metodika výběru ploch pro plošnou chemickou melioraci půd. TEI – bulletin technicko-ekonomických informací, VÚLHM, 8s.

ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., NOVOTNÝ, R., MAXA, M., 2006: Střednědobá účinnost vápnění v Krušných horách – výsledky opakovaných analýz půd a jehličí v období pěti let po zásahu. In: Slodičák, M., Novák, J., Lesnický výzkum v Krušných horách – recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference, VÚLHM, 317-333

ŠRÁMEK, V., MATERNA, J., NOVOTNÝ, R., FADRHOŠOVÁ, V., 2006a: Effect of forest liming in the Western Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science* 52, Special Issue, 45-51

ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., LOMSKÝ, B., 2008: BIOSOIL – Evropský projekt monitoringu lesních půd – průběh v České republice. Půda v moderní informační společnosti – 1. konference České pedologické společnosti a Societas pedologica slovača – sborník příspěvků (na CD) 287-297

ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., 2008: Air pollution load and stand nutrition in the forest district Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science* 54, 49-54

ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., NOVOTNÝ, R., 2009: Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu* 54, 307-315

ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., MAXA, M., NEUMAN, L., FADRHOŠOVÁ, V., 2009: Změny obsahu prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. *Lesy České republiky, s.p., Edice grantové služby*, 02, 110 s.

ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., 2011: Životnost a množství kořenů smrku ztepilého na plochách mezinárodního monitoringu ICP Forests v České republice. Zprávy lesnického výzkumu 56, 58-67

ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L., FADRHOŇSOVÁ, V., HELLEBRANDOVÁ, K., 2011: Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu BioSoil v České republice – zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká J.: Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Societas pedologica slovac, Bratislava, s. 182 - 190

ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., VORTELOVÁ, L., LOMSKÝ, B., 2012: Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. Journal of Forest Science 58, 57-66

ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., 2013: Stav lesních půd a chřadnutí smrku. Lesnická práce 92, 22-23

ŠRÁMEK, V., JURKOVSKÁ, L., FADRHOŇSOVÁ, V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ, V., 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů EU „BioSoil“. [Forest soil chemistry in relation to the forest site classification categories used in the Czech Republic - results of the EU "BioSoil" forest soil monitoring project.]Zprávy Lesnického Výzkumu, 58 - 4. s. 314 – 323

ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., FIALA, P., NEUDERTOVÁ-HELLEBRANDOVÁ, K., REININGER, D., SAMEK, T., ČIHÁK, T., FADRHOŇSOVÁ, V., 2014: Vápnění lesů v České republice, MZe ve spolupráci s VÚLHM, ISBN 978-80-7434 - 150-2, 91 s.

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L., 2014a: Kontroly aplikací vápnění v lesních porostech. Lesnický průvodce 6/2014. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v, v, i. 30 s., ISBN 978 – 80 – 7417 – 084 – 3

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L., 2014: Metodika výběru ploch pro vápnění lesních půd. Lesnický průvodce 7/2014. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v, v, i. 32 s., ISBN 978 – 80 – 7417 – 088 – 1

VORTELOVÁ, L., ŠRÁMEK, V., LOCHMAN, V., MAXA, M., FADRHOŇSOVÁ, V., 2007: Development of soil solution chemistry in the Ore Mountains. . In: Forestry Research in the

Ore Mts., Reviewed Proceedings from the National Scientific Workshop, Teplice 14.9. 2007,
ES MZLU v Brně, 93 - 106