

ZHODNOTENIE EFEKTU REVITALIZAČNÝCH OPATRENÍ LETECKÝM PRIHNOJOVANÍM NA STAV PORASTOV PO 5 ROKOCH

Vladimír Šebeň

Úvod

V roku 2008 sa na lesných pozemkoch nachádzajúcich sa v obhospodarovaní LESY SR, š. p., Banská Bystrica v 9 odštepných závodoch (OZ) o celkovej výmere asi 6000 ha navrhli projekty na revitalizačné opatrenia vo forme leteckej aplikácie prihnojovania alebo vápnenia. Cieľom projektov je obnova produkčného potenciálu v lesoch poškodených komplexom škodlivých činiteľov, a to pomocou úpravy pôdneho prostredia a výživy stromov. Realizáciu týchto opatrení sa súčasne sleduje „*posilňovanie ekologickej stability lesov a zlepšovanie ich verejnoprospešných funkcií, zvyšovanie absorpčného potenciálu pôdy v lesoch a posilnenia vodohospodárskej funkcie lesov a znižovanie rizika pôdnej erózie*“ (PAVLENDA *et al.* 2008).

V súvislosti s danou situáciou na NLC - LVÚ Zvolen vznikla v roku 2008 úloha Komplexné hodnotenie realizovaných opatrení v súvislosti s implementáciou opatrení z uznesenia vlády SR č. 990/2007 pre zriaďovateľa, vrátane analýz účinnosti opatrení spojených s vyhodnotením ekologických prínosov a efektívnosti vynaložených finančných prostriedkov na základe podrobného terénneho monitoringu včasnosti, správnosti a dodržiavania metodologickej a technologickej disciplíny pri realizácii opatrení a založenie pravidelného monitoringu zdravotného stavu smrečín a návrh ďalších revitalizačných opatrení.

Na vybraných modelových územiach sa následne v lete 2008 založil ojedinelý intenzívny systém monitoringu revitalizačných opatrení, ktorý geopriestorovo (GIS) súčasne rozoberá variabilitu dopadnutej účinnej látky, technológiu aplikácie, východiskový stav vzoriek asimilačných orgánov, pôdnych vzoriek a stavu porastov na monitorovacích plochách. Boli spracované správy vyhodnocujúce realizované opatrenia po prvom roku (ŠEBEŇ *et al.* 2009, ŠEBEŇ, BOŠELA 2009, ŠEBEŇ, BOŠELA 2010). Celkovo sa vyjadrilo presvedčenie, že realizácia prihnojovania alebo vápnenia vo väčšom rozsahu (prevádzkové) sa kvôli nepresvedčivej efektívnosti neodporúča, kým sa tieto opatrenia jednoznačne komplexne a vedecky nezhodnotia aj na základe kontinuálneho niekoľko-ročného založeného monitoringu.

V roku 2009 sme rozšírili hodnotené výsledky o územie Čadečka, kde sa už v roku 2004 vykonalo letecké prihnojovanie. Nevyhnutným predpokladom pre porovnávanie boli dostatočne stabilizované a identifikované odberné miesta spolu a so zabezpečenou archiváciou analýz, čo v minulosti pri vyhodnocovaní efektu ozdravných opatrení absentovalo. V roku 2009 sme v rámci výskumnej úlohy zopakovali odber vzoriek rovnakou metódikou ako v roku 2004, čím je možné zachytiť zmeny stavu a vplyvu prihnojovania naň po 5 rokoch.

Revitalizačný projekt Čadečka 2004

V roku 2004 sa vypracoval realizačný projekt s názvom „Aplikácie organominerálnych hnojív v lokalite Čadečka v obvode OZ Čadca“ (NOVOTNÝ, MINDÁŠ *et al.* 2004). Dôvodom bolo konštatovanie „*mimoriadne vážneho stavu smrekových porastov s očakávanými negatívnymi dôsledkami nepriaznivého vývoja stavu*“. Vzhľadom na akútnosť vzniknutej situácie bolo potrebné prijať okamžité opatrenia tak ako sa definovali na celoslovenskom pracovnom stretnutí k problematike „hynutia

smrečín“ (pracovné stretnutie sa konalo 20. novembra 2003 vo Zvolene, za účasti pracovníkov SL MP SR, Lesov SR, š. p., súkromných vlastníkov lesov, štátnej správy a ochrany prírody). Malo ísť predovšetkým o realizáciu bezodkladných (krátkodobých) opatrení na zmiernenie resp. brzdenie hynutia smrečín, kde sa uvažovalo s aplikáciou ekologicky vhodných hnojív (biohnojív) na podporu vitality lesných drevín a prípravkov na úpravu chemizmu pôdy (melioračné účinky), resp. aplikáciou ekologicky vhodných prípravkov na ochranu lesa proti hubovým ochoreniam a proti hmyzím škodcom.

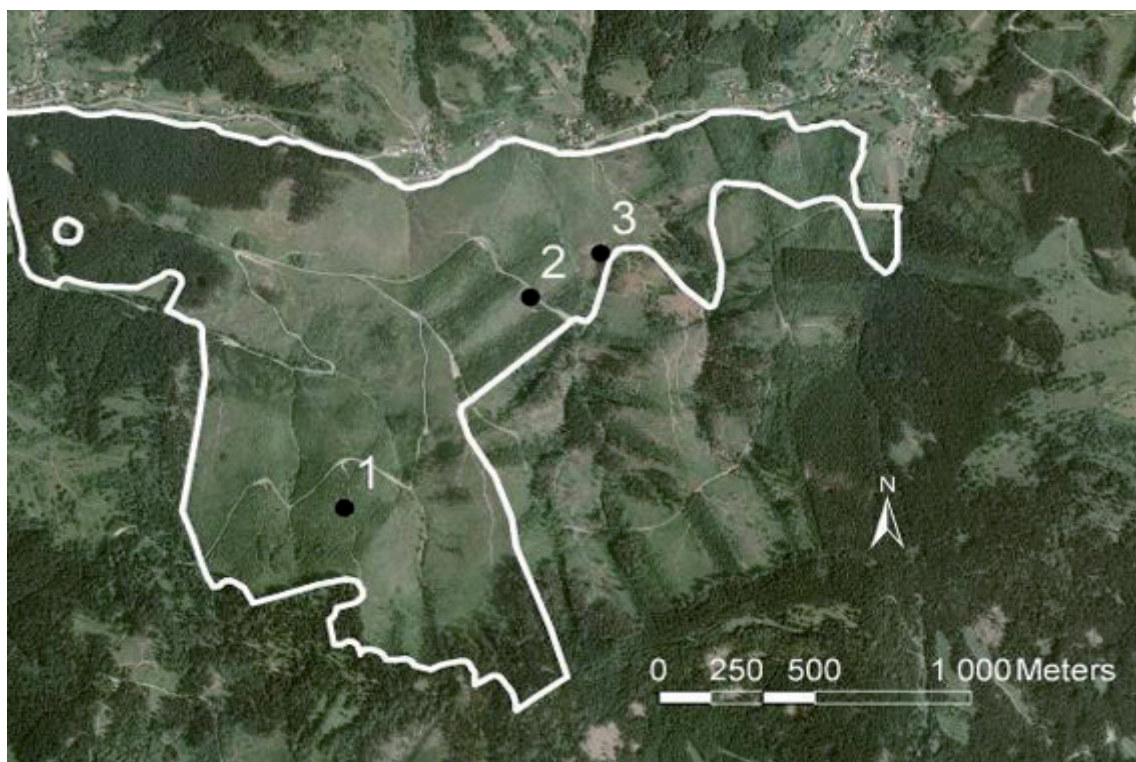
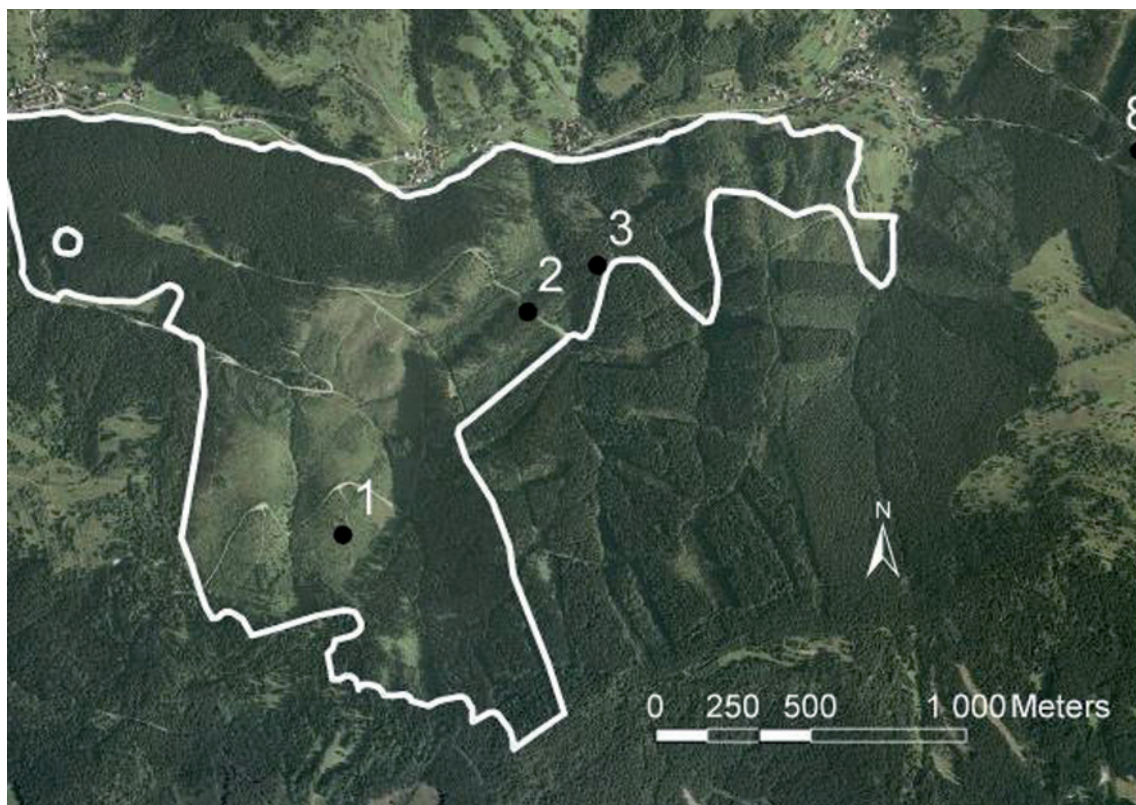
Na základe posúdenia doterajších poznatkov o stave výživy lesných drevín a pôdnych podmienok z oblasti flyšového pásma Kysúc sa ukázalo, že *pre pozitívny vývoj zdravotného stavu lesných drevín je realizácia iba kompenzačného vápnenia (znižovanie acidity pôdy) nedostatočná vzhľadom na komplexnú nerovnováhu živín v pôdnom prostredí*. Preto sa pristúpilo k rozhodnutiu aplikovať v tejto lokalite biologicky aktívne organominerálne hnojivá, ktoré obsahujú ako zložky bázické (Ca, Mg, K) s účinkom zmierňovania acidity, ale aj ďalšie zložky na podporu výživy. Dôležitou skutočnosťou je aj štruktúra hnojivovej zmesi, ktorá zabezpečuje postupné pozvoľné uvoľňovanie živín do pôdneho prostredia a nehrozí tu efekt „rýchleho vyplavenia“ živín, ani efekt „prehnojenia“ (NOVOTNÝ, MINĐÁŠ *et al.* 2004).

Lokality pre odbery pôdnych vzoriek (zároveň boli miestami odberov vzoriek ihličia) boli vybraté tak, aby zahrnuli typické porasty z hľadiska rozmiestnenia na území, z hľadiska veku a stavu porastov, pričom sa popri lokalitách na území určenom pre aplikáciu stabilizovali odberové miesta aj na kontrolných lokalitách pre dlhodobé monitorovanie vývoja. Odberné boli zamerané pomocou GPS. Pôdne vzorky pre laboratórne analýzy sa odoberali na jednotlivých lokalitách tak, že od stredu boli na 4 svetové strany vo vzdialenosti 5 m vykované zákopy, pre ktoré sa zaznamenali kľúčové viditeľné znaky pôd a z ktorých sa odoberali vzorky z pokryvného humusu (subhorizontov F a H, resp. Oof a Ooh), z hĺbok 1 – 5 cm a 15 – 25 cm a vzorky ihličia smreka. Vzorky boli odobraté začiatkom leta (pred aplikáciou) a v jeseni. Základom hodnotenia sú plochy 1, 2 a 3. Plocha 1 reprezentovala kultúru až mladinu, plocha 2 a 3 kmeňovinu s pomerne hustým nárastom. Kontrolná plocha sa nachádza mimo územia s aplikáciami melioračných a hnojivých materiálov. Na základe získaných poznatkov z daného územia a doterajších poznatkov z aplikácií organominerálnych hnojív sa stanovila aplikačná dávka hnojiva v množstve 0,6 tony na hektár. Návrh zloženia organominerálnych hnojív: celkový dusík (org. forma) min. 8 %, draslík, Ca + Mg (ako oxidy) min. 10 %, fosfor min. 5 %, stopové prvky (Cu, Zn, Se, ...) min. 80 mg/kg. Revitalizačné hnojenie sa uskutočnilo v dňoch 22. a 23. 6. 2004 na výmere modelového územia asi 120 ha (obr. 1).

Vyhodnotenie na jeseň 2004

Zistené rozdiely v obsahu jednotlivých živín vzhľadom na určité vplyvy sezónnosti a na krátku dobu po aplikácii melioračných a hnojivých materiálov sa po prvom roku nekomentovali. Výsledky však naznačovali vo vzorkách z jesenného odberu (z hĺbky 1 – 5 cm) mierny vzostup obsahu draslíka, horčíka, zinku a medi, stabilný podiel vápnika mangánu a mierny pokles obsahu železa a bóru. Z výsledkov malo byť zrejme, že medzi odberovými lokalitami sú pomerne vysoké rozdiely, najmä medzi lokalitami v kultúrach a mladinách na jednej strane a rubnými porastmi s vyšším zakmenením na druhej strane. Pre aplikácie pomalšie rozpustných minerálnych aj organominerálnych materiálov je podľa správy z roku 2004 charakteristické, že ich účinok na súvisiace pôdne vlastnosti a výživu rastlín je pozvoľný. Preto sa konštatovalo, že je potrebné dlhobojšie sledovať účinky takýchto opatrení na lesné ekosystémy. Dôležité je pritom dodržať termín odberu tak, aby sa minimalizovali účinky sezónnej dynamiky na hodnotené parametre. Dôležité je tiež pri interpretácii výsledkov zvažovať iné vplyvy, ktoré nemusia súvisieť so samotnou aplikáciou hnojivých materiálov (napr. ťažba porastov a následné zrýchlenie mineralizácie humusu a zvýšenie disponibilných zásob živín).

Konkrétne sa odporúčalo opakovaný odber vzoriek ihličia a pôd na jeseň 2005 a následne v intervale 2 až 5 rokov.



Obrázok 1. Porovnanie zmeny stavu územia s leteckou aplikáciou prihnojovania (ohraničený polygón) medzi rokmi 2003 (hore) a 2006 (body predstavujú odberné miesta, vpravo mimo územia kontrola)

Identifikácia odberných miest a opakované odbery v roku 2009

Od roku 2004 sa však porovnávanie stavu nerealizovali. Trvalo „stabilizované“ odberné miesta sa na základe GPS lokalizácie dali v lete 2009 spoľahlivo identifikovať. Žiaľ, nevýhodou je veľmi malá výberová vzorka. Identifikovali sa 4 odberové lokality (3 v rámci revitalizovaného územia, 1 kontrola mimo), na každej lokalite sa však odobrali 4 vzorky pôdy vo vzdialenosti 5 m od stredu a vzorky asimilačných orgánov v 3 ročníkoch ihličia, čo je na druhej strane veľmi podrobné zisťovanie. **Stav porastov na predmetnom území sa od roku 2004 výrazne zmenil, pôvodné dospelé porasty boli väčšinou odstránené** a v súčasnosti sa na veľkých výmerách nachádzajú mladé porasty následnej generácie. Odberná lokalita č. 1 leží v hustej smrekovej mladine až žrdkovine, č. 2 a č. 3 v poraste v štádiu nárastu. Kontrola sa nachádza na hranici medzi starým porastom a mladinou. Vzorky asimilačných orgánov boli odoberané teda výlučne z mladých jedincov (aj keď sa z takých odoberali aj v roku 2004 kým ešte stála časť dospelých stromov, ale s vysoko nasadenými korunami).

Chemické zloženie pôdy

Zovšeobecnenie sa realizuje na malom počte vzoriek, čo už je jeho veľká nevýhoda. Nadviazali sme na odberové miesta z roku 2004, ktoré však neboli úplne totožné pred aplikáciou a po nej (kontrola a ďalšie odbery pribudli až na jeseň). Pre malý počet vzoriek sme nemohli uplatniť štatistické metódy vyhodnotenia (analýza variancie). Porovnávali sme 16 vzoriek, ktoré boli odobraté spoločne v roku 2009 (z toho 12 bolo v roku 2004 odobratých opakovane a 4 len na jeseň 2004). Výberový dizajn nebol zvolený dobre, na spoľahlivé porovnanie potrebné pre zovšeobecnenie by bolo potrebné odobrať aspoň 20 – 30 vzoriek rozmiestnených po celom území (+20 vzoriek na kontrolu). Výhodou pri pôdach je však to, že sa opakované odbery realizovali spoľahlivo na rovnakých miestach (stabilizovaný stred plochy kolíkom a vytýčenie 5 m v smere sever–juh–východ–západ), keď sa priamo v teréne identifikovali zákopy spred piatich rokov.

Z analyzovaných údajov sa vypočítali priemerné hodnoty, smerodajné odchýlky a smerodajné chyby (so 68 % spoľahlivosťou). Samostatne sme porovnávali výsledky chemického zloženia nadložného humusu a pôdy z hĺbky 0 – 5 (10) cm. Výsledky z analýz humusovej vrstvy uvádza nasledujúca tabuľka.

Tabuľka 1. Porovnanie zmien chemického zloženia humusu (pred aplikáciou, na jeseň po nej a po 5 rokoch) z revitalizovaného územia a kontroly

| | Dátum | počet | Sušina | pH _{H₂O} | pH H ₂ O | N | C | P | K |
|----------|-------------|-------|-----------------------|------------------------------|---------------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | | [ks] | [%] | | (od–do) | | | | |
| Hnojenie | 10. 6. 2004 | 12 | 92,7 ± 0,5 | 4,2 ± 0,1 | 3,6 – 4,9 | 1,44 ± 0,07 | 33 ± 2 | 46 ± 4 | 394 ± 69 |
| | 5. 10. 2004 | 2 | 91,4 ± 0,4 | 4,7 ± 0,2 | 4,4 – 4,9 | 1,01 ± 0,11 | 31 ± 5 | 44 ± 11 | 600 ± 190 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 93,4 ± 0,5 | 4,3 ± 0,1 | 4,0 – 4,7 | 1,01 ± 0,11 | 19 ± 2 | 20 ± 3 | 379 ± 58 |
| Kontrola | 10. 6. 2004 | 4 | 92,2 ± 0,3 | 5,1 ± 0,1 | 4,7 – 5,4 | 1,41 ± 0,05 | 28 ± 1 | 68 ± 18 | 877 ± 200 |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 92,5 ± 0,4 | 4,4 ± 0,1 | 4,0 – 4,7 | 0,83 ± 0,08 | 28 ± 2 | 25 ± 5 | 474 ± 98 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 92,9 ± 0,2 | 4,5 ± 0,1 | 4,2 – 4,9 | 1,11 ± 0,02 | 21 ± 1 | 19 ± 1 | 454 ± 31 |
| | | | | | | | | | |
| | Dátum | Počet | Ca | Mg | Mn | Fe | Zn | Cu | B |
| | | [ks] | [g.kg ⁻¹] | [mg.kg ⁻¹] | | | | | |
| Hnojenie | 10. 6. 2004 | 12 | 1,7 ± 0,2 | 275 ± 57 | 198 ± 27 | 34 ± 8 | 13,6 ± 1,2 | 0,32 ± 0,06 | 1,79 ± 0,10 |
| | 5. 10. 2004 | 2 | 2,5 ± 0,3 | 313 ± 79 | 340 ± 3 | 32 ± 1 | 24,8 ± 1,6 | 0,35 ± 0,00 | 1,84 ± 0,37 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 1,6 ± 0,2 | 212 ± 32 | 655 ± 89 | 110 ± 31 | 22,3 ± 2,3 | 2,83 ± 1,15 | 0,21 ± 0,02 |
| Kontrola | 10. 6. 2004 | 4 | 2,9 ± 0,5 | 550 ± 94 | 354 ± 49 | 47 ± 10 | 28,2 ± 3,0 | 0,55 ± 0,12 | 1,69 ± 0,25 |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 1,9 ± 0,3 | 212 ± 38 | 280 ± 53 | 45 ± 9 | 19,9 ± 1,7 | 0,48 ± 0,03 | 0,44 ± 0,10 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 2,1 ± 0,2 | 246 ± 10 | 781 ± 57 | 48 ± 14 | 26,2 ± 1,8 | 1,76 ± 1,01 | 0,24 ± 0,02 |

Z hľadiska hodnotenia pH humusu sa nezistili na aplikovanom území žiadne zmeny po 5 rokoch vplyvom hnojenia. Na jeseň v roku 2004 pH síce stúplo, okrem sezónneho kolísania to môže byť spôsobené aj nedostatočnými miestami odberu (len 2 vzorky). Na kontrolnej vzorke pH humusu dokonca pokleslo, čo zjavne nesúvisí s použitým hnojením ale svedčí o veľkej rozkolísanosti a iných, neidentifikovaných vplyvoch. V obsahu dusíka sa zistil po aplikácii zjavný pokles, pričom ešte výraznejší bol zaznamenaný na kontrole, čo svedčí o náhodnom kolísaní (bez vplyvu hnojenia). Zrejmy pokles sa zistil aj pri uhlíku a fosfore, rovnako aj na kontrolnej ploche. Mierny vzostup na jeseň a pokles na pôvodnú úroveň po 5 rokoch sa zistil pri draslíku, vápniku, horčíku, na kontrole bolo však zistené veľké kolísanie. Malé zmeny sa prejavili pri zinku či železe, výraznejšie kolísanie, ale bez vplyvu (hnojenie aj kontrola v rovnakých výsledkoch) naopak pri mangáne, medi či bóre.

Na základe analyzovaných vzoriek v humuse nie je možné po 5 rokoch potvrdiť žiadny zrejmy vplyv realizovaného hnojenia na jeho chemizmus. Ak sa zistili výrazné či menej výrazné zmeny, rovnako aj na kontrolnej (nehnojenej) časti územia.

Aj pôdne analýzy sú ovplyvnené zmenenou nedostatočnou výberovou vzorkou. Výsledky sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Porovnanie zmien chemického zloženia pôdy z hĺbky 0-10 cm (pred aplikáciou, na jeseň po nej a po 5 rokoch) z revitalizovaného územia a kontroly

| | Dátum | Počet | Sušina | pH ₂ O | pH H ₂ O | N | C | P | K |
|----------|-------------|-------|------------------------|-------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | [ks] | [%] | | (od-do) | | | | |
| Hnojenie | 10. 6. 2004 | 12 | 97,3 ± 0,2 | 4,09 ± 0,07 | 3,7 – 4,4 | 0,33 ± 0,05 | 5,96 ± 0,95 | 16 ± 1 | 79 ± 19 |
| | 5. 10. 2004 | 14 | 96,1 ± 0,3 | 4,03 ± 0,08 | 3,7 – 4,5 | 0,37 ± 0,03 | 7,54 ± 0,79 | 15 ± 0 | 111 ± 15 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 94,9 ± 0,5 | 4,22 ± 0,07 | 3,9 – 4,6 | 0,30 ± 0,02 | 4,66 ± 0,45 | 7 ± 1 | 117 ± 9 |
| Kontrola | 10. 6. 2004 | 4 | 95,5 ± 0,2 | 4,45 ± 0,12 | 4,2 – 4,7 | 0,63 ± 0,03 | 9,73 ± 0,61 | 15 ± 0 | 239 ± 39 |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 96,2 ± 0,4 | 4,21 ± 0,05 | 4,1 – 4,4 | 0,29 ± 0,07 | 5,82 ± 1,75 | 15 ± 0 | 98 ± 28 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 95,0 ± 0,3 | 4,18 ± 0,06 | 4,1 – 4,4 | 0,52 ± 0,04 | 7,78 ± 0,66 | 7 ± 1 | 170 ± 18 |
| | | | | | | | | | |
| | Dátum | Počet | Ca | Mg | Mn | Fe | Zn | Cu | B |
| | | [ks] | [mg.kg ⁻¹] | | | | | | |
| Hnojenie | 10. 6. 2004 | 12 | 283 ± 62 | 62 ± 19 | 30 ± 6 | 208 ± 18 | 3,2 ± 0,5 | 0,21 ± 0,04 | 0,79 ± 0,08 |
| | 5. 10. 2004 | 14 | 338 ± 70 | 79 ± 21 | 33 ± 6 | 156 ± 19 | 7,1 ± 2,2 | 0,33 ± 0,04 | 0,42 ± 0,09 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 360 ± 38 | 55 ± 9 | 288 ± 110 | 572 ± 46 | 9,8 ± 0,7 | 0,55 ± 0,07 | 0,13 ± 0,03 |
| Kontrola | 10. 6. 2004 | 4 | 743 ± 229 | 99 ± 25 | 44 ± 6 | 196 ± 29 | 6,1 ± 0,7 | 0,31 ± 0,01 | 0,92 ± 0,09 |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 315 ± 106 | 47 ± 14 | 47 ± 5 | 137 ± 24 | 4,8 ± 0,7 | 0,40 ± 0,05 | 0,23 ± 0,08 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 400 ± 17 | 55 ± 8 | 241 ± 34 | 755 ± 68 | 10,2 ± 1,0 | 0,69 ± 0,11 | 0,06 ± 0,01 |

Na revitalizovanom území sa zistil mierny (štatisticky nevýznamne) vzostup pH, na kontrole sa zistil jeho pokles. Podiel uhlíka, dusíka, horčíka mierne kolísal, bez výraznejších rozdielov medzi hnojenu časťou a kontrolou. Pokles sa zistil pri fosfore a bóre (tu veľmi výrazne), naopak vzostup pri mangáne (až 6 – 8-násobne!), železe a zinku (2 – 3-násobne), medi. Poukazuje to aj na možné rozdiely (odchýlky) pri metódach laboratórneho spracovania. Pri vápniku na kontrole nastal pokles, na aplikovanej časti zasa vzostup (znovu však rovnako aj na kontrole).

Ani výsledky analýz vrchnej vrstvy pôdy nepoukázali na zjavný vplyv hnojenia na zmenu chemických vlastností po 5 rokoch (ani po roku). Tam kde sa zistili zmeny obsahu prvkov (v raste či poklese), zistili sa rovnako na nehnojenej časti. Zaznamenali sa zmeny stavu, ale s výlučením účinku hnojenia.

Chemické zloženie asimilačných orgánov

Nevýhodou pri asimilačných orgánoch je to, že sa nepodarilo dodržať odber z tých istých konkrétnych jedincov ako v roku 2004. Jednak sa na to pri stabilizácii v roku 2004 nemyslelo (po-

stačovala lokalizácia cez GPS súradnice), jednak by označovanie stromov či dokonca jednotlivých vetiev s miestami odberu značne skomplikovalo terénne práce ale hlavne kvôli tomu, že sa podstatne zmenil stav porastov úplným rozvrátením materských stromov a vznikom nárastov a mladín z následnej generácie. V roku 2004 sa na pred aplikáciou neanalyzovali žiaľ všetky 3 ročníky. Z každého odberného miesta vytýčeného pri odbere pôdnych vzoriek sa z náhodne vybratých jedincov smreka z dostupných vetiev odobrali vzorky asimilačných orgánov, ktoré sa v laboratóriu analyzovali podľa jednotlivých ročníkov.

Tabuľka 3. Porovnanie zmien v chemizme asimilačných orgánov podľa ročníkov ihlíc

| Aplikácia | Dátum | Počet | Ročník | N | S | P | K |
|------------------|-------------|-------|---------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | | [ks] | [1–3] | [%] | | [g.kg ⁻¹] | |
| Hnojenie | 10. 6. 2004 | 10 | 1 | 1,18 ± 0,05 | 0,10 ± 0,01 | 0,88 ± 0,04 | 4,65 ± 0,18 |
| | 5. 10. 2004 | 15 | 1 | 1,54 ± 0,05 | 0,14 ± 0,00 | 1,35 ± 0,06 | 6,90 ± 0,44 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 1 | 1,49 ± 0,06 | 0,14 ± 0,01 | 1,40 ± 0,08 | 5,41 ± 0,39 |
| | 10. 6. 2004 | 9 | 2 | 1,05 ± 0,04 | 0,09 ± 0,01 | 0,81 ± 0,03 | 4,01 ± 0,28 |
| | 5. 10. 2004 | 15 | 2 | 1,46 ± 0,05 | 0,13 ± 0,00 | 1,15 ± 0,05 | 5,54 ± 0,49 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 2 | 1,37 ± 0,07 | 0,12 ± 0,00 | 1,19 ± 0,08 | 4,31 ± 0,27 |
| | 5. 10. 2004 | 15 | 3 | 1,35 ± 0,04 | 0,13 ± 0,00 | 1,00 ± 0,03 | 4,68 ± 0,33 |
| | 26. 8. 2009 | 12 | 3 | 1,17 ± 0,04 | 0,10 ± 0,00 | 0,98 ± 0,04 | 3,44 ± 0,22 |
| Kontrola | 10. 6. 2004 | | | | | | |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 1 | 1,52 ± 0,01 | 0,14 ± 0,00 | 1,13 ± 0,03 | 6,41 ± 0,20 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 1 | 1,13 ± 0,04 | 0,10 ± 0,00 | 0,96 ± 0,03 | 4,60 ± 0,52 |
| | 10. 6. 2004 | | | | | | |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 2 | 1,50 ± 0,08 | 0,13 ± 0,01 | 1,02 ± 0,03 | 5,05 ± 0,23 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 2 | 1,08 ± 0,09 | 0,10 ± 0,00 | 0,91 ± 0,04 | 3,98 ± 0,35 |
| | 5. 10. 2004 | 4 | 3 | 1,30 ± 0,05 | 0,12 ± 0,01 | 0,90 ± 0,03 | 4,49 ± 0,35 |
| | 26. 8. 2009 | 4 | 3 | 0,98 ± 0,06 | 0,09 ± 0,01 | 0,78 ± 0,04 | 3,20 ± 0,31 |
| Limitné hodnoty* | | | 1,2–1,7 | | 1–2 | 3,5–9 | |

| Dátum | Ročník | Ca | Mg | Mn | Fe | Zn | Cu | B |
|------------------|--------|-----------------------|-------------|-------------|------------------------|---------|---------|--------|
| | 1–3 | [g.kg ⁻¹] | | | [mg.kg ⁻¹] | | | |
| 10. 6. 2004 | 1 | 4,88 ± 0,51 | 0,82 ± 0,04 | 2,00 ± 0,09 | 64 ± 5 | 43 ± 5 | 4 ± 0 | 15 ± 1 |
| 5. 10. 2004 | 1 | 4,84 ± 0,67 | 0,91 ± 0,05 | 1,78 ± 0,18 | 101 ± 16 | 45 ± 5 | 7 ± 1 | 22 ± 2 |
| 26. 8. 2009 | 1 | 4,02 ± 0,31 | 0,99 ± 0,06 | 1,53 ± 0,11 | 55 ± 3 | 34 ± 3 | 5 ± 0 | 19 ± 1 |
| 10. 6. 2004 | 2 | 5,57 ± 0,89 | 0,67 ± 0,03 | 2,13 ± 0,19 | 83 ± 9 | 40 ± 6 | 18 ± 11 | 14 ± 1 |
| 5. 10. 2004 | 2 | 5,73 ± 0,52 | 0,82 ± 0,04 | 2,13 ± 0,18 | 95 ± 5 | 48 ± 6 | 6 ± 0 | 19 ± 1 |
| 26. 8. 2009 | 2 | 5,67 ± 0,53 | 0,84 ± 0,07 | 2,15 ± 0,14 | 74 ± 2 | 37 ± 6 | 5 ± 0 | 22 ± 1 |
| 5. 10. 2004 | 3 | 7,13 ± 0,73 | 0,75 ± 0,03 | 2,48 ± 0,20 | 111 ± 8 | 49 ± 9 | 6 ± 0 | 19 ± 2 |
| 26. 8. 2009 | 3 | 6,90 ± 0,67 | 0,73 ± 0,04 | 2,72 ± 0,25 | 129 ± 22 | 36 ± 6 | 5 ± 0 | 24 ± 2 |
| 10. 6. 2004 | | | | | | | | |
| 5. 10. 2004 | 1 | 4,36 ± 0,28 | 0,96 ± 0,04 | 1,64 ± 0,08 | 96 ± 4 | 39 ± 7 | 9 ± 1 | 14 ± 1 |
| 26. 8. 2009 | 1 | 3,97 ± 0,22 | 0,83 ± 0,06 | 1,31 ± 0,23 | 52 ± 2 | 42 ± 2 | 5 ± 0 | 15 ± 1 |
| 10. 6. 2004 | | | | | | | | |
| 5. 10. 2004 | 2 | 6,78 ± 0,59 | 0,90 ± 0,01 | 2,59 ± 0,17 | 72 ± 6 | 45 ± 13 | 3 ± 0 | 15 ± 1 |
| 26. 8. 2009 | 2 | 5,35 ± 0,38 | 0,75 ± 0,07 | 1,59 ± 0,21 | 75 ± 12 | 49 ± 3 | 5 ± 1 | 15 ± 2 |
| 5. 10. 2004 | 3 | 8,16 ± 0,82 | 0,85 ± 0,03 | 2,77 ± 0,31 | 58 ± 9 | 39 ± 4 | 6 ± 0 | 16 ± 2 |
| 26. 8. 2009 | 3 | 6,32 ± 0,57 | 0,63 ± 0,02 | 1,92 ± 0,11 | 84 ± 6 | 52 ± 4 | 6 ± 0 | 16 ± 1 |
| Limitné hodnoty* | | 1,5–6 | 0,6–1,5 | | | 15–220 | | 5–60 |

*Limitné hodnoty optima podľa Stefana (ex MAŇKOVSKÁ 1996) pre 2. ročník ihlíc smreka

Z predchádzajúcej tabuľky je zrejmé, že podiel dusíka v 1. a 2. ročníku ihlíc po aplikácii na jeseň zreteľné stúpol, po 5 rokoch len mierne klesol, najvýraznejšie pri starších ročníkoch, v tomto období má kontrolná časť výrazne nižší podiel dusíka. Pri síre sa zistil vzostup na jeseň po hnojení, potom nastalo mierne kolísanie bez významných rozdielov medzi vzorkami z hnojenej časti a kon-

trolou. Na hnojenej časti v prvom ročníku ihličia významne stúpol podiel fosforu a zistil sa aj po 5 rokoch, kým na nehnojenej po miernom vzostupe zostal na rovnakej nízkej úrovni, na nehnojenej časti nie sú výrazné zmeny medzi jeho obsahom v 2. a 3. ročníku ani po niekoľkých rokoch, na hnojenej časti na jeseň po aplikácii podiel fosforu v 2. ročníku stúpol ale v treťom ostal nezmenený. Pri draslíku sa na jeseň po aplikácii zistil výrazný vzostup, kým po 5 rokoch sa zistila pôvodná úroveň bez výrazných rozdielov v absolútnych hodnotách aj zmenách medzi hnojenou a nehnojenou časťou, čo vylučuje vplyv hnojiva na zmeny.

Pri vápniku sa jeho najvyšší podiel zistil v 3. ročníku, pričom po 5 rokoch sa zistil všade mierny pokles, bez rozdielov medzi hnojenou časťou a kontrolou. Podiel horčíka sa v jednotlivých ročníkoch ihličia na hnojenej časti zvýšil, na nehnojenej sa tiež zvyšoval, ale v 3. ročníku sa zistila najnižšia úroveň, kvôli veľkým výkyvom nie je možné potvrdiť jednoznačný vplyv hnojenia. Podiel mangánu v prvom ročníku na hnojenej časti poklesol, v druhom ostal nezmenený a v treťom stúpol, na nehnojenej je podobne nevyrovnaný trend, rozdiely medzi ročníkmi nie sú jednoznačné. Podiel železa nepoukázal na zrejmé rozdiely medzi sledovanými variantmi, najmenšiu rozkolísanosť vykazuje zinok a meď. Pri bóre sa zistil vyšší podiel ale aj vyššia variabilita na hnojenej časti (bez zrejmych rozdielov v ročníkoch), na kontrole sa zistil vzostup v prvých dvoch ročníkoch, hodnoty sa však rovnako nachádzajú v rámci optima.

Zhodnotenie chemizmu asimilačných orgánov poukázalo buď na nevýznamné rozdiely v obsahu (uhlík, síra, zinok, meď), alebo rozkolísanosť hodnôt bez zrejmeho trendu (vápnik, horčík, mangán, železo), alebo vzostup a následný pokles (fosfor, draslík) bez rozdielov medzi hnojenou časťou a kontrolou. Jedine v prípade dusíka a bóru sa zistili zreteľne vyššie hodnoty na hnojenej časti oproti kontrole, kde nastal mierny pokles, resp. nenastal vzostup. Na druhej strane musíme poznamenať, že aj pred aplikáciou aj po nej je veľká väčšina prvkov v rámci optimálnych hodnôt (Stefan et al.), ktorých intervaly sú pomerne široké.

Analýzy zmeny chemického zloženia asimilačných orgánov neukázali výrazný trend jeho zlepšovania (vzhľadom na veľmi malý rozsah výberu tento výsledok nie je možné zovšeobecniť). **Zmeny na hnojenej a nehnojenej časti sú všeobecne rovnaké. Zistila sa značná variabilita prvkov v čase a priestore. Žiadny zo sledovaných prvkov sa nenachádza v podlimitných hodnotách.**

Otázna je skutočnosť, ak pre pozitívny vývoj zdravotného stavu lesných drevín je realizácia iba kompenzačného vápnenia (znižovanie acidity pôdy) nedostatočná, prečo sa pristúpilo iba k doplneniu vybraných prvkov vplyvom hnojenia s absenciou kompenzačného vápnenia.

Zhrnutie dosiahnutých výsledkov z monitoringu procesu revitalizácie

Výsledky porovnávania účinkov revitalizačných opatrení v podobe leteckého prihnojovania **po 5 rokoch** nezistili očakávaný efekt. Na základe analyzovaných vzoriek v humuse nie je možné po 5 rokoch potvrdiť žiadny zrejmy vplyv realizovaného hnojenia na jeho chemizmus a ani výsledky analýz vrchnej vrstvy pôdy nepoukázali na vplyv hnojenia na zmenu chemických vlastností po 5 rokoch (predtým ani po jednom roku). Tam kde sa zistili zmeny obsahu prvkov (v raste či poklese), zistili sa rovnako na nehnojenej časti. Jedine v prípade dusíka a bóru sa zistili mierne vyššie hodnoty na hnojenej časti oproti kontrole, ktoré však boli vyššie aj pred aplikáciou.

Čiastkovým cieľom hnojenia bolo *vytvorenie stabilizovaného chemického pôdneho prostredia (stabilizácia a zlepšenie pôdnej reakcie)*. Na toto jednorazová aplikácia organogénneho hnojiva má iba minimálny vplyv, ktorý sa ani v prvom roku ani po niekoľkých rokoch neprejavil. Základné opatrenia pri chradnúcich smrečínach mali byť podľa výsledkov pracovného stretnutia (2003) aplikácie diferencované na 1. biohnojivá a meliorátory a 2. ochrana proti hubám a hmyzu. Na danom území

však požadovaná ochrana neriešila súbežne s projektom hnojenia a nepriaznivý efekt hmyzu prakticky potrel účinky revitalizačného hnojenia. Stav porastov sa následne úplne zmenil, keď došlo na podstatnej časti územia k odstráneniu materského porastu (obr. 1 dole). Ďalšia generácia (prevažne opät) smrekových porastov rastie rovnako na hnojenej a nehnojenej časti a výsledky chemizmu ihličia nepotvrdili rozdiely.

Cieľom revitalizačných projektov (PAVLENDA *et al.* 2008), je „*obnova produkčného potenciálu v lesoch poškodených komplexom škodlivých činiteľov, a to pomocou úpravy pôdneho prostredia a výživy stromov. Realizáciou týchto opatrení sa súčasne sleduje posilňovanie ekologickej stability lesov a zlepšovanie ich verejnoprospešných funkcií, zvyšovanie absorpčného potenciálu pôdy v lesoch a posilnenia vodohospodárskej funkcie lesov a znižovanie rizika pôdnej erózie*“. Podľa doterajších vyhodnotení je zrejmé, že realizované revitalizačné opatrenia v podobe leteckého prihnojovania v súčasnosti majú na tieto ciele zanedbateľný vplyv (a v ďalej bude tento vplyv bez ďalších zásahov slabnúť). Obnova produkčného potenciálu pomocou úpravy pôdneho prostredia a výživy stromov je už od počiatku veľmi otázna, keď nie sú jednoznačne definované a kvantifikované ostatné účinky komplexu škodlivých činiteľov (dreviny, prostredie, hniloby, imisie, zver a i.).

Bezprostredným cieľom a prostriedkom pre dosiahnutie vyššie uvedených cieľov je podľa PAVLENDU *et al.* (2008): *na základe aktuálnych informácií o stave pôd a úrovne výživy drevín na danom území realizovať hnojenie, zlepšiť výživu drevín a zvýšiť ich vitalitu, realizovať prvý krok pre ďalšie pestovateľské, hospodársko-úpravnícke a ochranárske opatrenia so zámerom zvýšenia ekologickej stability a plnenia funkcií lesných ekosystémov.*

Po piatich rokoch od aplikácie zvolených revitalizačných opatrení sa na základe výsledkov určite nedá pozitívne odpovedať na zlepšenie výživy či zvýšenie vitality drevín prostredníctvom týchto opatrení.

Návrh odporúčaní pre ďalší postup v revitalizácii leteckým prihnojovaním a vápnením

Počas prác na hodnotení účinkov revitalizačných projektov sme sa stretli s viacerými faktormi, ktoré ovplyvňujú celkový výsledok. Sú to faktory **prostredia, porastov, zvolenej technológie, aplikovanej účinnej látky a celkovej logistiky**. Podcenenie každého z nich má podstatný podiel na celkovom výsledku (ŠEBEŇ, BOŠELA 2009).

Východiskom pre revitalizáciu musí byť objektívne zistený stav prostredia a porastov, ktoré sa na revitalizáciu navrhujú. Dôležitejší sa javí stav prostredia, ktoré ovplyvňuje v ňom rastúce jedince. Dôvodom na navrhovanú leteckú revitalizáciu by mal byť zrejmý nedostatok živín, resp. ich nevhodná kombinácia, extrémne pH, dlhodobá imisná záťaž. Pri poraste je to zlý až katastrofálny zdravotný stav. Ten stále nie je v rámci lesníctva jednoznačne definovaný, preto treba rozlišovať aspoň zlý zdravotný stav a) vplyvom pôsobenia biotických či abiotických škodlivých činiteľov, a b) stav spôsobený zlým stavom prostredia. V prvom prípade pod revitalizačnými opatreniami rozumieme boj proti biotickým škodcom (predovšetkým podkôrny hmyz), zmena stavu porastov pestovnými a ochranársko-pestovnými opatreniami zameranými na posilnenie štruktúry porastu (diferenciácii štruktúry, zvýšenie statickej stability cieľových jedincov, intenzívna výchova, zdravotný výber). V takomto prípade sa iné opatrenia (prihnojovanie, vápnenie) javia ako neefektívne, ich vplyv je popri dominantnom vplyve škodlivého činiteľa veľmi nízky a neúčinný.

Naše skúsenosti a výsledky terénnych meraní priniesli tieto závery a upozornenia na najdôležitejšie prvky procesu revitalizácie pomocou letecky aplikovanej účinnej látky:

1. **Voľba územia.** Pri leteckej aplikácii je dôležité, aby bolo územie čo najkompaktnejšie a homogénne (stanovištné pomery, stav porastov, obnova, pôdne pomery). Akákoľvek odchýlka totiž výrazne znižuje efekt vynaložených revitalizačných opatrení. Pri kalkulácii nákladov treba po-

čítať s výmerou zaokrúhleného kompaktného územia, okrajové časti sú pre účinné rozmiestňovanie danými technológiami veľmi rizikové.

2. **Stav územia a porastov.** Kľúčové informácie pre rozhodovanie sa na revitalizáciu musia byť aktuálne, objektívne a reálne zistené, musia odzrkadľovať súčasnú situáciu. To sa dá zabezpečiť meraním konkrétnych stromov, vzoriek pôd či asimilačných orgánov pozemnými výberovými metódami na celom území. Nesprávne informácie vedú k zbytočnému plytvaniu finančných prostriedkov na revitalizáciu. Škodlivé faktory ktoré revitalizačné opatrenia v podobe leteckej aplikácie nemôžu zmeniť (hniloby, premnoženie zveri, hubové ochorenia, podkôrny hmyz, v mladých porastoch zaburinenie), by mali byť minimálne, pretože negatívne ovplyvňujú efekt účinných látok. V danom prípade **prednostne realizovať opatrenia na zníženie vplyvu škodlivých faktorov** (pestovno-ochranné opatrenia, výchova porastov, zdravotný výber, ochrana lesa) pred leteckou aplikáciou.
3. **Účinná látka.** Musí byť zvolená správne a adresne na základe informácií o stave porastov. Mala by obsahovať vybrané prvky vo vhodnom pomere, ktoré nepôsobia antagonisticky. Vyžaduje sa minimálna variabilita prvkov pri jej výrobe (miešaní) v početných dávkach pre celé územie.
4. **Rozmiestňovanie účinnej látky.** Je závislé na technológii a dopravných prostriedkoch. Navigácia musí byť presná, prelety musia byť pravidelné, po celom záujmovom území, s primeraným vypúšťaním účinnej látky (rovnomerná rýchlosť letu, rovnomerné vypúšťanie). Odporúča sa využiť GPS prístroje s presnosťou do 10 m (aj pre kontrolu). Počet dopravných prostriedkov na jedno územie by mal byť z hľadiska navigácie minimalizovaný, aj keď z hľadiska rýchlosti aplikácie je vhodnejší väčší počet.
5. **Frekvencia.** Jednorazová aplikácia má zvyčajne slabší účinok, ktorý sa po niekoľkých rokoch významne stráca. Pre konkrétne použitie je potrebné uvažovať s viacnásobným opakovaním.
6. **Monitoring.** Pre adresné sledovanie je potrebné počítať so sledovaním a evidovaním všetkých fáz technológie jednotnou metodikou – stav územia pred aplikáciou, variabilita účinnej látky, prelety, vypúšťanie a rozmiestnenie látky (využitie odberných nádob), stav územia po aplikácii vo zvolených časových intervaloch. Predpokladom je jednoznačná archivácia všetkých podkladov, mapy, GIS – vrstvy, súradnice odberových miest, výsledky laboratórnych analýz a meraní z terénu.

Aj na základe týchto výsledkov sa potvrdil náš predpoklad, že kvôli viacerým významným faktorom (variabilita stavu územia, technológia, vplyv účinnej látky) nevidíme v súčasnosti ako dobrú voľbu rozhodnutie pre rozsiahle prevádzkové uplatňovanie prihnojovania či vápnenia, na výmerách stoviek hektárov. Prvotné objektívne výsledky zo založenia monitoringu sú veľmi nepresvedčivé a finančná náročnosť leteckej aplikácie je veľmi vysoká (takmer 1 000 € na hektár). Stále je tu však široký priestor pre lesnícky výskum a zakladanie výskumných plôch, ktoré prinesú účelnejšie informácie o vplyve prihnojovania na porasty, s ohľadom na ich vek, vývojové štádium, zastúpenie smreka či iných druhov drevín, obnovu, prirodzenosť, vertikálnu výstavbu, stav pôdy, poškodenie stromov a iné dôležité parametre. Problémom je veľká časová náročnosť (niekoľko rokov) od použitia účinnej látky po účelné zistenie je efektu v podobe odozvy na sledovaných stromoch.

Spôhlivé výsledky by mal priniesť nami realizovaný monitoring na jednoznačne identifikovateľných trvalých revitalizačných monitorovacích plochách (RMP). Práce na založení monitorovacej siete v roku 2008 boli realizované vhodne a zabezpečili veľmi dobré východisko pre ďalšie porovnania. Namiesto extenzívneho sledovania na veľkých plochách sme sa zamerali na intenzívny výskum všetkých faktorov (účinná látka, zmeny chemického zloženia v ihličí, pôde, humuse, monitoring stavu a vývoja stromov a porastov). Podľa navrhutej metodiky monitoringu plánujeme s opakovanými odbermi v priebehu niekoľkých rokov, rovnako pri opakovanom zisťovaní stavu stromov na RMP. Je preto potrebné zabezpečiť kontinuitu prác, teda aj čo sa týka finančného a personálneho zabezpečenia monitoringu minimálne na najbližších 5(10) rokov.

Podakovanie

Táto práca vznikla v rámci riešenia úlohy č. 26 Kontraktu, ktorý bol uzavretý medzi MP SR a NLC na rok 2010.

Použitá literatúra

- MAŇKOVSKÁ B., 1996: Geochemický atlas Slovenska, Lesná biomasa. MŽP SR Bratislava. ISBN 80-85314-51-7, 87 pp.
- NOVOTNÝ J., MINĐÁŠ J., PAVLEND A P., PAJTÍK J., STRMEŇ S., LONGAUEROVÁ V., KUNCA A., VAKULA J., 2004: Aplikácia organominerálnych hnojív v lokalite Čadečka v obvode OZ Čadca. Správa za úlohu riešenú v rámci zmluvy o poskytnutí účelových prostriedkov štátneho rozpočtu kapitoly MP SR z programu 05002 – Výskum a vývoj. LVÚ Zvolen, 2005, 29 s.
- PAVLEND A P., ZÚBRIK M., PÓBIŠ I., ĎURKOVIČOVÁ J., RAŠI R., PRIWITZER T., PAVLENDOVÁ H., HLÁSNY T., VODÁLOVÁ A., LACIKA J., 2008: Projekty revitalizácie smrečín na OZ (Čadca, Liptovský Hrádok, Žilina, Košice, Beňuš, Čierny Balog, Námestovo, Rožňava, Slovenská Lupča). Zvolen, NLC, s. 20–24.
- ŠEBEŇ V., BOŠELA M., 2009: Analýza technológie a výsledky terénneho zisťovania pri revitalizačných opatreniach prihnojovaním a vápnením. Správa za rok 2008. Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, 50 s.
- , BOŠELA M., KAJBA M., RAŠI R., JANKOVIČ J., 2009: Základná analýza revitalizovaných území navrhnutých na prihnojovanie a vápnenie. Štúdia. Správa z monitoringu v súvislosti s projektmi revitalizácie smrečín na vybraných OZ Lesy SR, š. p. v rámci úlohy č. 26 za rok 2008 (II). Zvolen, NLC - LVÚ Zvolen, 67 s.
- , BOŠELA M., 2010: Monitoring území, v ktorých boli realizované opatrenia vápnením a hnojením s návrhom odporúčaní pre ďalší postup. Správa za úlohu riešenú v roku 2009 v rámci kontraktu, ktorý bol uzavretý medzi MP SR a NLC. Zvolen, NLC Zvolen, 69 s.

Ing. Vladimír ŠEBEŇ, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen
T. G. Masaryka 22
SK – 960 92 Zvolen
e-mail: seben@nlcsk.org