

**DOPORUČENÉ METODY NAKLÁDÁNÍ
S TĚŽEBNÍMI ZBYTKY V LESNÍCH POROSTECH
S VÝZNAMNOU PRODUKČNÍ FUNKCÍ Z HLEDISKA
UDRŽITELNOSTI BILANCE HLAVNÍCH ŽIVIN**



**doc. Ing. VÍT ŠRÁMEK, Ph.D.
a kol.**



3/2021

**Doporučené metody nakládání
s těžebními zbytky v lesních porostech
s významnou produkční funkcí
z hlediska udržitelnosti bilance
hlavních živin**

Certifikovaná metodika

doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

Ing. Věra Fadrhonsová

Mgr. Kateřina Neudertová Hellebrandová, Ph.D.

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Lesnický průvodce 3/2021

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-218-2

ISSN 0862-7657

RECOMMENDED METHODS FOR UTILIZING OF LOGGING RESIDUES IN PRODUCTIVE FOREST STANDS FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABILITY OF MAIN NUTRIENTS SUPPLY

Abstract

Increasing demand on use of logging residues in energy production has led to intensifying export of biomass from forest ecosystems since 2005. Logging residues removal has not been so far limited by any legal measure in the Czech Republic. In spite of economic benefit for forest owners it may constitute serious risk for ecosystem nutrient balance because of pronouncedly high nutrient contents in bark, branches and especially foliage comparing to stem wood. Presented results show data on nutrient content in N. spruce biomass, soil and foliage chemistry and from the Kinský Žďár, a.s. forest property in Žďárské vrchy hills, eastern Bohemia, which can be described by longitude of ca 49,6°N, altitude 500–800 m, mainly acidic soils often temporarily or permanently waterlogged covered mainly by Norway spruce forests. The results from the evaluated area suggest that enhanced removal of nutrients by logging residues removal represents serious risk of successive degradation for forest soils comparing to traditional harvest of stems only. The second part of methodology uses the data from Aggregated Forest Soil Database to describe the nutrient contents in different “Target Management Units” (CHS) – categories used to plan forestry operation according to forest typology. Individual CHS are split to categories with i) low risk; ii) medium risk; iii) high risk to nutrient sustainability in the forest ecosystem, and last category where use of logging residues is characterized as iv) inappropriate. Also technological criteria and economic aspects of using logging residues are shortly discussed. Recommendations are presented to forest owners as well as to state forest administration. More details including the description of figures and tables can be found in the summary at the end of the booklet.

Key words: logging residues; soil quality; forest nutrition; sustainability

Adresy autorů:

doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

Ing. Věra Fadrhonsová

Mgr. Kateřina Neudertová Hellebrandová, Ph.D.

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

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

Strnady 136

252 02 Jíloviště

Obsah:

1	CÍL METODIKY	7
2	VLASTNÍ POPIS METODIKY	8
2.1	Zásoba prvků v biomase lesních porostů	8
2.2	Stav půd a výživy dřevin v zájmové oblasti (majetek Kinský Žďár, a.s.)	14
2.3	Stav půd podle cílových hospodářských souborů z půdních průzkumů v České republice	20
2.4	Souhrnné honocení možnosti využití těžebních zbytků podle CHS	44
3	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	48
4	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	49
5	EKONOMICKÉ ASPEKTY	49
6	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	50
7	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	52
8	OPONENTI	54
9	DEDIKACE	54
	SUMMARY	55
	FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA	58

1 CÍL METODIKY

Zvyšující se požadavky na využívání těžebních zbytků, které narůstaly zejména v letech 2005–2015, souvisí především s jejich využitím v energetice, kde jako obnovitelný zdroj mohou přispívat ke snižování výroby elektřiny z fosilních paliv, a tedy ke snižování emisí CO₂, zmírňování nárůstu skleníkových plynů v atmosféře a zpomalení změny klimatu. Státní energetická koncepce České republiky (MPO 2014) schválená vládou v roce 2015 předpokládá nárůst využití biomasy pro energetické účely z 1879 GWh v roce 2015 na 4645 GWh v roce 2040. Z akčního plánu pro biomasu na období 2012–2020 (MZe 2012), který zpracovalo Ministerstvo zemědělství, ovšem vyplývá, že „lesní dendromasa“ a „lesní těžební zbytky“ představují pouze omezenou část z biomasy využitelné pro energetické účely. Přes určitý pokles poptávky po lesních těžebních zbytcích, spojený s poklesem výkupní ceny lesní štěpky, je stále odvoz těžebních zbytků z lesa poměrně rozšířený. Je tomu tak jednak proto, že byly vybudovány energetické a jiné zdroje, které štěpku využívají, jednak proto, že se i při minimální výkupní ceně snižují vlastníkům náklady na likvidaci klestu a přípravu ploch před zalesňováním.

Odvoz štěpky z lesních porostů není v hospodářských lesích legislativně limitován. Velmi kvalitní metodická doporučení pro využití lesních těžebních zbytků představuje analýza zpracovaná Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL 2009). V oblasti rizika pro trvalou udržitelnost vlastností lesních půd vychází tento materiál především z lesnické typologie, přičemž v současné době víme, že kvalita lesních půd z hlediska obsahu živin je v řadě případů horší, než by šlo z „deklarovaných“ vlastností edafických řad a kategorií odvozovat. Původním cílem pro zpracování této metodiky bylo tedy ověřit platnost analýzy pro lesní porosty vyšších poloh, konkrétně cílové hospodářské soubory 53, 55 a 57, na konkrétním případě Žďárských vrchů. Vzhledem k tomu, že se v rámci dalších aktivit v roce 2020 podařilo sestavit agregovanou půdní databázi shrnující informace o půdním chemismu z databází Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů, Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, bylo možné zpracovat tyto informace pro většinu cílových hospodářských souborů, stanovit rizika odvozu lesních těžebních zbytků pro bilanci živin v lesním ekosystému a doporučit základní opatření pro minimalizaci těchto rizik.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

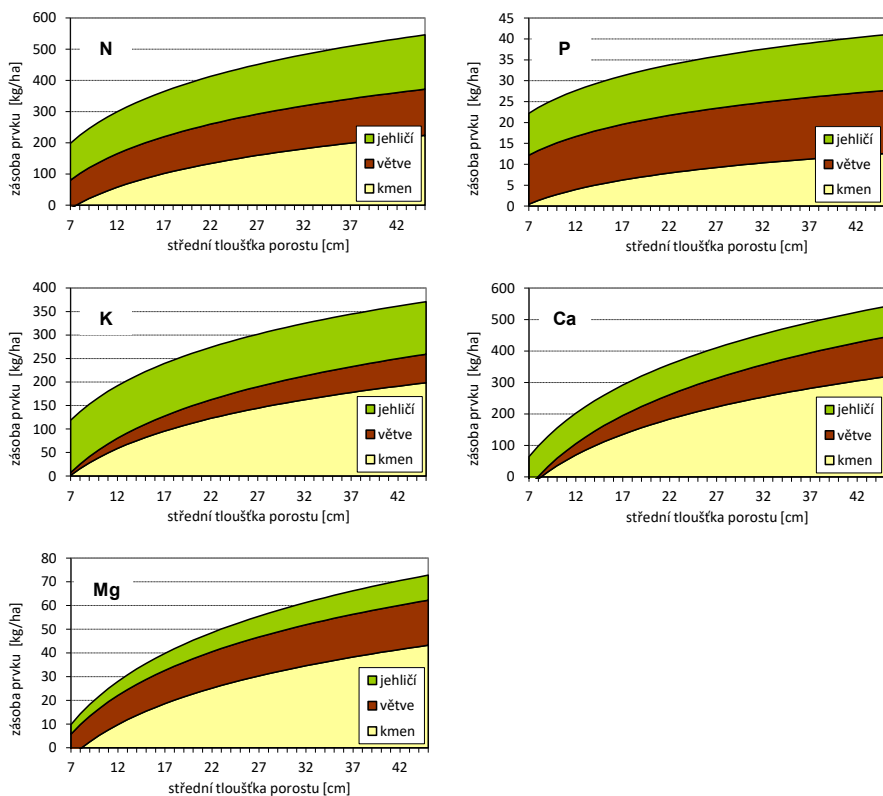
2.1 Zásoba prvků v biomase lesních porostů

V biomase dřevin je v lesních ekosystémech poutáno významné množství živin i dalších biogenních prvků. Lesní hospodářství stojí na principu trvalé udržitelnosti, což mimo jiné znamená, že by nemělo nadměrně zatěžovat lesní půdy odběrem živin, jež jsou v nadzemní biomase obsaženy. Při dlouhodobém produkčním cyklu (obvykle více než 100 let) se odnos živin při těžbě jeví jako marginální, nemusí tomu však tak být. Pokud chceme zajistit princip trvalé udržitelnosti, je nutné odnášet z ekosystému nejvýše takové množství živin, které může být v době obmýti nahrazeno zvětráváním hornin či atmosférickou depozicí (spad látek se srážkami, případně spad pevných částic a aerosolů). Přitom nesmíme zapomínat ani na další formy ztráty živin z ekosystémů, jako je vyplavování půdní a povrchovou vodou nebo v extrémních případech vodní či větrnou erozí.

Z pohledu odnosu živin se jako „nejbezpečnější“ jeví těžba a využití hroubí bez kůry. Dřevo kmene je tvořeno především celulózou, jejíž hlavní stavební kameny představují uhlík, vodík a kyslík, tedy prvky získávané rostlinami z atmosféry a z vody. Zásoba živin a mikroprvků ve dřevě kmene je relativně nízká. Jinak tomu je, když z ekosystému odnášíme i další části biomasy. Již v šedesátých letech dvacátého století bylo řadou autorů prokázáno, že např. stromová metoda těžby, při které je vyvážena veškerá nadzemní biomasa, vede k narušení živinové bilance a na chudších stanovištích k rychlé degradaci a acidifikaci lesních půd. Důvodem jsou poměry živin v jednotlivých částech dřevin. Podíl nehroubí se v nadzemní biomase porostů pohybuje podle věku a dřeviny obvykle v rozsahu 10–15 %, nicméně představuje daleko vyšší zásobu živin, než by tomuto poměru odpovídalo. Je tomu tak kvůli vyšší koncentraci těchto prvků v kůře a v asimilačních orgánech, které jsou v těchto částech biomasy významně zastoupeny. Obrázek 1 představuje výsledky destruktivních analýz smrků různých věkových stupňů v pěti různých přírodních lesních oblastech České republiky. Vyplývá z něj, že při odvozu veškerého nehroubí ze smrkového porostu tak připravíme lesní ekosystém oproti klasické těžbě o dalších až 320 kg dusíku, 28 kg fosforu, 172 kg draslíku, 220 kg vápníku a 30 kg hořčíku na ha.

V zájmové oblasti na majetku Kinský Žďár, a.s. byly provedeny destruktivní analýzy 12 vzorníků smrku v lesních porostech 3. – 7. věkové třídy. Odebírány byly vzorníky určené k odtěžení v rámci probírek a prořezávek s cílem získat další podklady pro hodnocení odběru živin z lesních porostů v rámci předvýmních zásahů. Právě

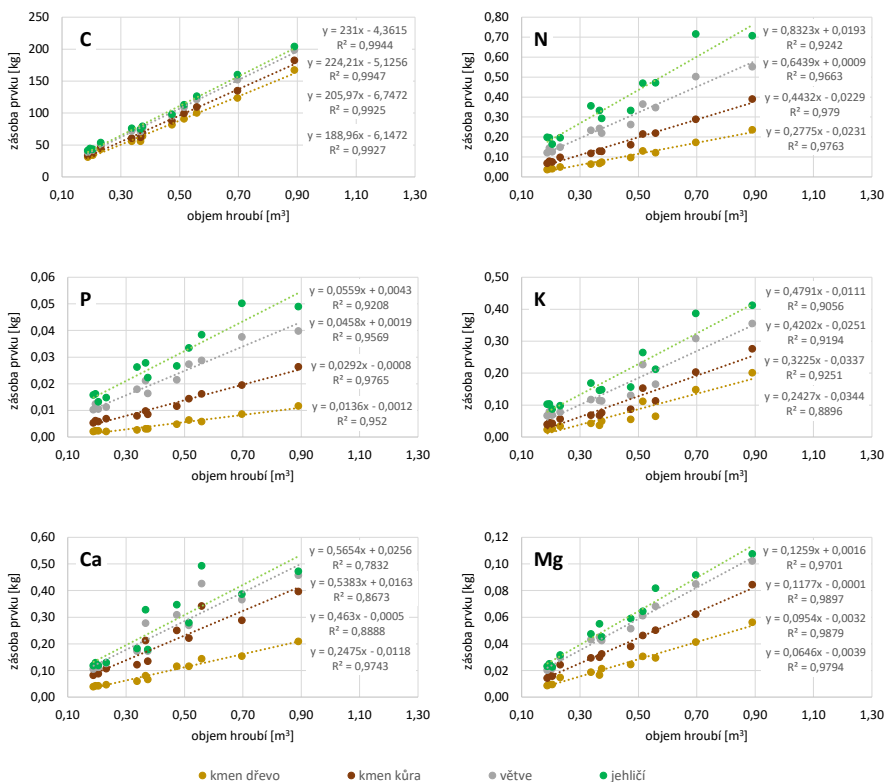
volbou stromů určených k odtěžení v rámci výchovy jsme se snažili podchytit poněkud jiný habitus stromů než v předchozí studii, kdy byly vybírány přednostně stromy blízké se parametrům středního kmene. Zásoby živin v kompartmentech biomasy jednotlivých stromů podle jejich objemu hroubí jsou uvedeny na obr. 2. Z obrázku je patrné, že zatímco v případě uhlíku tvoří dřevo kmene více než 80 % celkové biomasy, v případě dalších živin je situace značně odlišná. U draslíku a hořčíku je to zhruba polovina, u vápníku zhruba 45 %, u dusíku pouze třetina a u fosforu dokonce jen čtvrtina celkové zásoby těchto živin v biomase stromu.



Obrázek 1: Zásoby hlavních živin v kmeni (včetně kůry) a nehroubí smrkových porostů vyšších poloh

a fosforu je vysoká zásoba zejména v jehličí a větvích, u bazických kationtů je podíl obsažený v jehličí nižší, významně jsou však obsaženy i v kůře kmene.

Zpracování vzorníků nám umožnilo pro zájmovou oblast stanovit hrubý odhad obsahu živin (jejich koncentrace) vztažených k biomase hroubí podle jednotlivých věkových stupňů (tab. 1). Data jsou do značné míry reprezentativní pro zájmovou oblast – tedy pro lokality v 5. a 6. vegetačním stupni v kyselých edafických kategoriích. Zatímco relativní zásoba živin ve dřevu kmene zůstává v jednotlivých věkových stupních konstantní, v ostatních kompartimentech biomasy se mění. To je dáno jed-



Obrázek 2: Zásoby hlavních živin v jednotlivých kompartimentech biomasy vzorníků určených k probírkovým těžbám a prožezávkám v oblasti Žďárských vrchů

nak změnou poměru objemu jednotlivých kompartmentů k objemu hroubí, jednak změnou koncentrace prvků v závislosti na věku porostů.

V dalším kroku bylo stanoveno množství biomasy výchovných těžeb. Z hospodářské evidence zájmové oblasti byly získány informace o objemu předmýtních těžeb

Tabulka 1: Koncentrace živin v celkové biomase stromu v závislosti na objemu hroubí s kůrou podle věkových stupňů. Zpracováno pro smrk kyselých stanovišť 5. a 6. LVS

C [kg.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	172	15	35
4	172	15	33
5	172	15	31
6	172	15	29
7	172	15	27

N [g.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	212	175	554
4	212	171	523
5	212	167	492
6	212	163	461
7	212	159	430

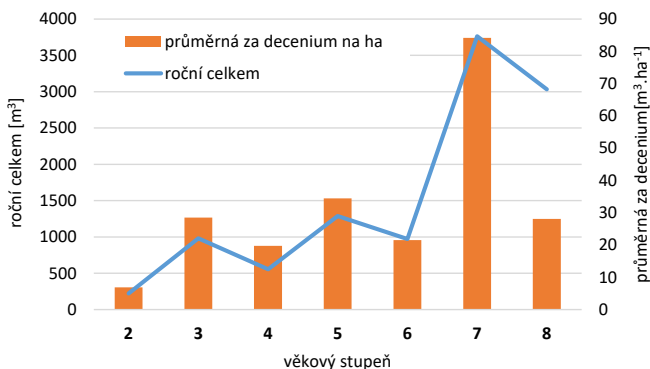
P [g.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	10	18	46
4	10	17	44
5	10	17	42
6	10	17	40
7	10	16	38

K [g.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	146	88	259
4	146	86	234
5	146	84	209
6	146	82	184
7	146	80	159

Ca [g.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	194	214	145
4	207	236	162
5	220	258	179
6	233	280	196
7	246	302	213

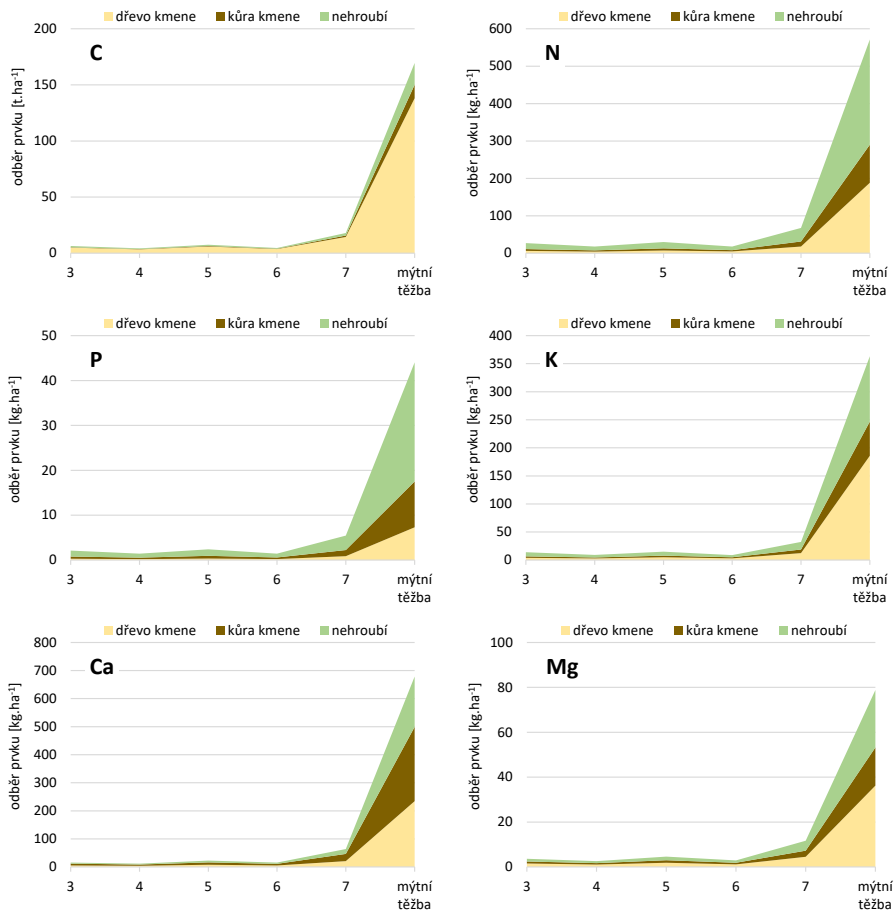
Mg [g.m ⁻³ hroubí s kůrou]			
věkový stupeň	dřevo kmene	kůra kmene	větve + jehličí
3	53	33	40
4	53	33	43
5	53	33	46
6	53	33	49
7	53	33	52

podle věkových stupňů, které po zohlednění celkové plochy porostů v jednotlivých věkových stupních poskytují hrubou informaci o dřevní hmotě, která je v rámci výchovných zásahů v lesních porostech těžena (obr. 3).



Obrázek 3: Objem výchovné těžby v zájmové oblasti podle věkových stupňů

Pokud sumarizujeme výše uvedená data, můžeme stanovit potenciální odběr živin z lesních porostů v rámci celého obmýetí v případě využití hroubí bez kůry (spíše teoretická možnost), hroubí s kůrou či komplexního využití biomasy včetně těžebních zbytků (obr. 4). Při celkovém využití biomasy je z ekosystému odneseno dvakrát více dusíku a fosforu a nejméně o třetinu více bazických prvků než při klasickém využití pouze kmenů. Je patrné, že odběr těžebních zbytků může být rozhodující pro ekosystémovou zásobu dusíku, fosforu či draslíku. U vápníku a hořčíku je podíl v nehroubí nižší, ale významný – stále představuje třetinu až čtvrtinu celkové zásoby živiny. Vzhledem ke stavu lesních půd a zjištěné úrovni výživy porostů tak může odběr biomasy nehroubí představovat velké riziko pro výživu následujících generací lesa, zejména v případě fosforu, vápníku a hořčíku.



Obrázek 4: Odběr živin v biomase porostů v průběhu výchovných těžeb (dle věkových stupňů) a mýtní těžby. Smrk, kyselá edafická řada, 5. – 6. LVS

2.2 Stav půd a výživy dřevin v zájmové oblasti (majetek Kinský Žďár, a.s.)

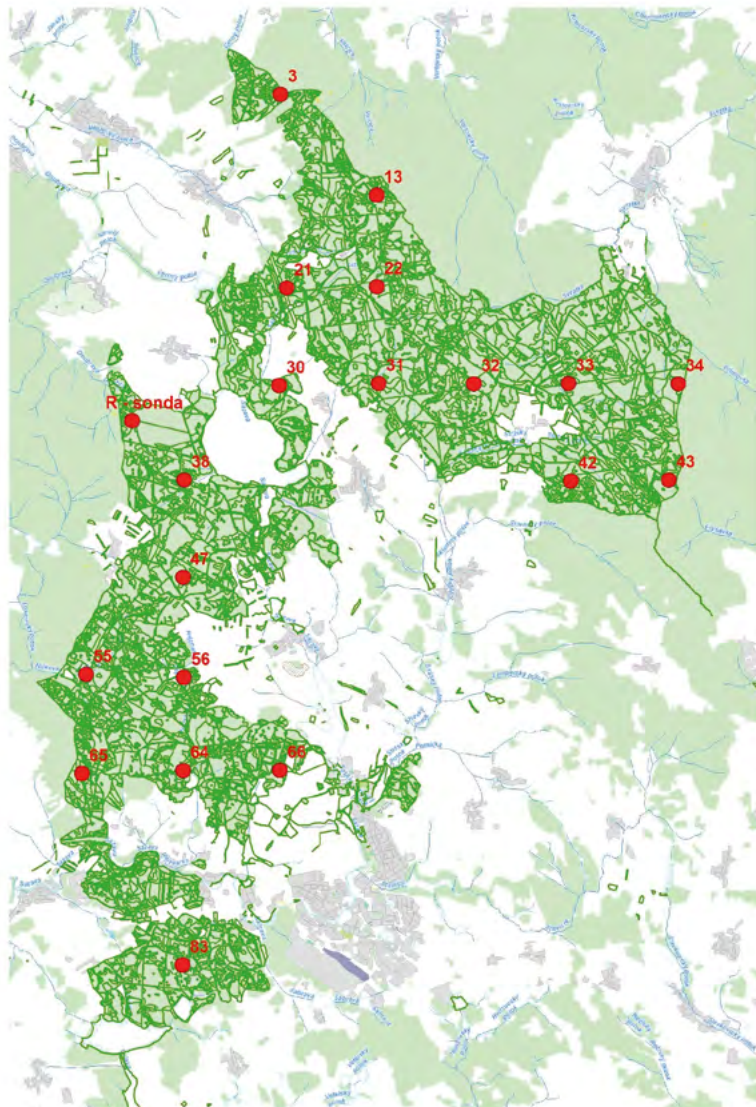
Pro průzkum půdních vlastností a výživy lesních porostů byla v zájmovém území vytyčena pravidelná síť bodů s krokem ca 800 m. Lokality (obr. 5) se nacházejí v souborech lesních typů 6K (8 sond), 6P (7 sond), 6S (2 sondy) 5S, 6I a 6R (po 1 sondě). Odběry proběhly ve vegetačním období roku 2017. Odebírány byly vzorky nadložního organického horizontu FH (včetně odběru čtyř objemových vzorků pro stanovení celkové zásoby humusu) a vzorky minerální půdy z konstantních hloubek 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm a 40–80 cm. Odběry a chemické analýzy proběhly podle metodiky ICP Forests: přístupné obsahy prvků byly stanoveny ve výluhu BaCl_2 , pseudototální ve výluhu lučavkou královskou (Cools, De Vos, 2010).

Půdy vykazují poměrně výrazné znaky acidifikace svrchních půdních vrstev (obr. 6). Jedním z nich je klesající kyselost (stoupající pH) s hloubkou půdních horizontů. Obecně se půdy řadí mezi silně kyselé – aktivní $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ je v rozmezí hodnot 3,5–4,5, výměnné $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ v rozmezí hodnot 3–4. V nejspodnějším půdním horizontu 40–80 cm je pak část vzorků v oblasti středně kyselé. Humusová vrstva má naopak nejnižší pH s průměrnou hodnotou $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ pouze 3,06 – významná část vzorků humusové vrstvy tak spadá do oblasti velmi silně kyselé, nejnižší zjištěné pH bylo 2,87.

Obsahy dusíku, který byl původně v lesních ekosystémech limitujícím prvkem, jsou naopak poměrně dobré až velmi dobré. O dobré přístupnosti dusíku svědčí rovněž poměrně nízké hodnoty poměru C/N v humusové vrstvě, které se pohybují od 16,4 do 26,3 s průměrnou hodnotou 22,3. To odpovídá horským polohám se zvýšenou depozicí dusíku.

Obsahy ostatních hlavních živin jsou však spíše nízké. Výrazné je to zejména u fosforu, kde jsou průměrné obsahy v celém půdním profilu hluboce pod hranicí deficitu (20 mg.kg^{-1}). Ve svrchních minerálních horizontech do 20 cm jsou pak pod touto hodnotou všechny vzorky. Obdobná je situace u přístupného vápníku, který se nad hodnotu deficitu (140 mg.kg^{-1}) dostává až v hlubších půdních vrstvách ve 40–80 cm. O něco příznivější je obsah přístupného draslíku a hořčíku. I tyto bazické prvky se v hloubce půdy 10–40 cm pohybují v průměrných hodnotách na hranici nedostatku (pro hořčík 20 mg.kg^{-1} , pro draslík 30 mg.kg^{-1}).

V tabulce 2 jsou uvedeny počty vzorků pod hranicí výrazného nedostatku hlavních živin pro jednotlivé edafické kategorie a hloubky půdních vrstev. Ze srovnání opět vyplývá nepříznivá situace zejména u fosforu a vápníku, a naopak dobré zásobení



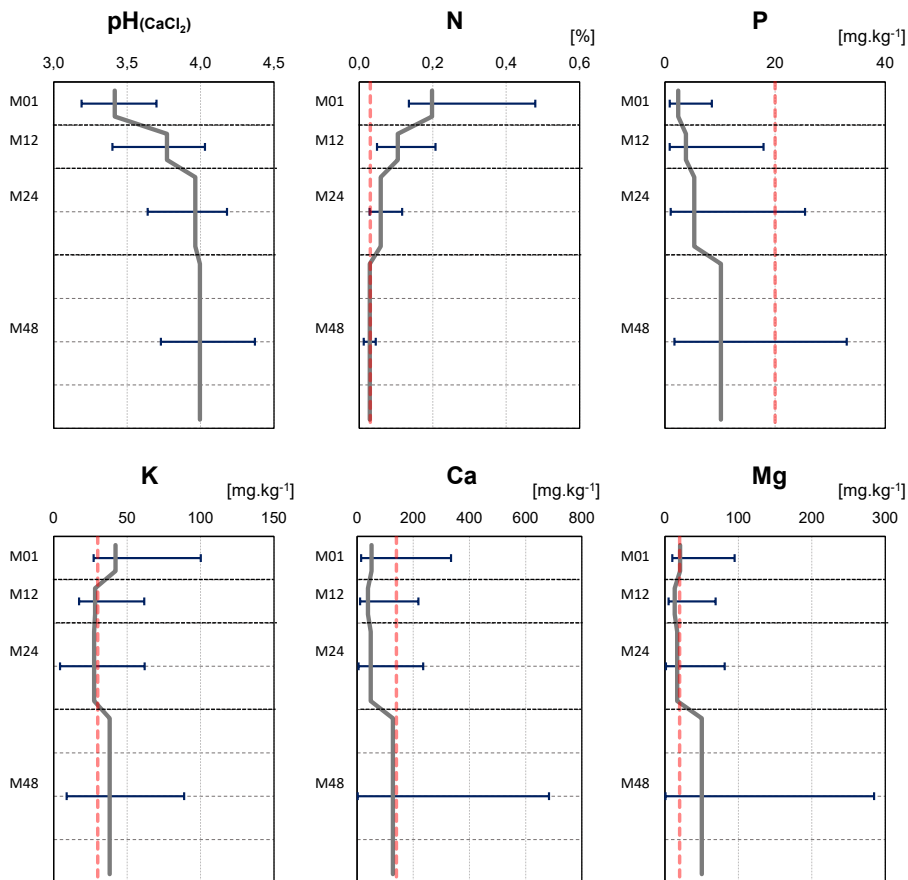
Obrázek 5: Lokality půdních odběrů v zájmové oblasti

dušíkem ve svrchních půdních vrstvách. Zejména v hlubších vrstvách půdy u kategorií P a R jsou mírně příznivější obsahy živin, což lze zřejmě spojovat i s jejich obtížnou dostupností kvůli vodnímu režimu těchto půd. Kategorie S je mírně příznivější než kategorie K, ale z hlediska dostupnosti živin spíše nevýrazně. Jde ovšem pouze o rámcové hodnocení, počet vzorků zejména v kategoriích S a R je nedostačující pro podrobnější statistické srovnávání.

Tabulka 2: Obsah hlavních přístupných živin podle půdních hloubek a edafických kategorií

			N	P	K	Ca	Mg
hranice výrazného nedostatku pro výživu dřevin:			300 mg.kg ⁻¹	20 mg.kg ⁻¹	30 mg.kg ⁻¹	140 mg.kg ⁻¹	20 mg.kg ⁻¹
hloubka min. vrstvy	edaf. kategorie	počet vzorků	procento/počet vzorků s deficitním obsahem živiny				
0–10 cm	K+I	9	0% / 0	100% / 9	22% / 2	100% / 9	100% / 9
	P	7	0% / 0	100% / 7	0% / 0	86% / 6	57% / 4
	S	3	0% / 0	100% / 3	0% / 0	100% / 3	33% / 1
	R	1	0% / 0	100% / 1	0% / 0	100% / 1	0% / 0
10–20 cm	K+I	9	0% / 0	100% / 9	100% / 9	100% / 9	100% / 9
	P	7	0% / 0	100% / 7	57% / 4	86% / 6	71% / 5
	S	3	0% / 0	100% / 3	33% / 1	100% / 3	100% / 3
	R	1	0% / 0	100% / 1	100% / 1	100% / 1	0% / 0
20–40 cm	K+I	9	0% / 0	89% / 8	89% / 8	100% / 9	100% / 9
	P	7	29% / 2	100% / 7	29% / 2	71% / 5	57% / 4
	S	3	0% / 0	100% / 3	67% / 2	100% / 3	100% / 3
	R	1	0% / 0	100% / 1	100% / 1	0% / 0	0% / 0
40–80 cm	K+I	9	56% / 6	67% / 6	78% / 7	89% / 8	89% / 8
	P	7	57% / 4	100% / 7	29% / 2	57% / 4	29% / 2
	S	3	33% / 1	100% / 3	33% / 1	67% / 2	33% / 1
	R	1	100% / 1	100% / 1	0% / 0	0% / 0	0% / 0

Na stejných plochách jako odběry půd byly po ukončení vegetace v roce 2017 odebrány vzorky asimilačních orgánů. Odběry vzorků byly prováděny nedestruktivní horolezeckou technikou z horní, osluněné části korun. Na každé ploše proběhl odběr z šesti stromů, z nichž byly analyzovány směsné vzorky. U smrku byly ode-



Obrazek 6: Půdní reakce a obsahy přístupných prvků v minerálních horizontech půdního profilu ve sledované oblasti. Černá linie ukazuje průměrné hodnoty, chybové úsečky minimální a maximální hodnoty, červená přerušovaná čára konvenční hranici nedostatečného obsahu daného prvku

Označení minerálních půdních vrstev podle hloubky: M01: 0–10 cm, M12: 10–20 cm, M24: 20–40 cm, M48: 40–80 cm.

bírány vzorky dvou nejmladších ročníků jehličí. Výsledky chemických analýz jsou uvedeny v tabulce 3. Na plochách se objevují ojedinělé deficity dusíku (< 1,2 %) a vápníku (< 1500 mg.kg⁻¹) a velmi časté deficity fosforu (< 1200 mg.kg⁻¹) a hořčíku (< 800 mg.kg⁻¹). To v zásadě odpovídá půdním vlastnostem a ukazuje na potenciální problém s dostupností bazických prvků. Nižší obsahy dusíku byly zjištěny ve třech porostech a mohou souviset s jeho sníženou dostupností na vodou ovlivněných stanovištích – pseudoglejích.

Tabulka 3: Výsledky analýz asimilačních orgánů na plochách: zelená – vysoký obsah, žlutá – nedostatek, červená - výrazný nedostatek

Číslo porostu	dřevina	ročník	N [%]	[mg.kg ⁻¹]										
				P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	S	Al	Pb	
108 B 15/10/5/3	BO	1 I	1,15	1154	5953	1616	889	44,9	109	37,3	900	92,6	0,162	
		2 I	1,22	970	4569	1862	658	79,7	113	34,4	960	114	0,351	
110 C 5	BO	1 I	1,64	1478	6230	2996	1847	52,1	529	29,2	1280	98,1	0,204	
		2 I	1,34	1064	4750	4355	1555	50,1	579	15,8	1200	118	0,152	
108 B 15/10/5/3	SM	1 I	1,22	1099	5080	1905	1220	35,0	176	19,0	1020	37,0	0,169	
		2 I	1,16	953	3823	2718	1188	55,6	216	17,9	1090	57,6	0,216	
129 A 46	SM	1 I	1,35	1254	6624	2547	1056	38,1	579	23,5	1060	85,9	0,130	
		2 I	1,23	1035	6209	2985	697	48,5	589	14,7	1160	150	0,175	
107 E 7	SM	1 I	1,44	1299	6198	3060	1501	43,3	919	19,4	1080	70,1	0,139	
		2 I	1,22	1036	4904	3702	1258	57,6	1002	14,6	1000	101	0,192	
104 A 1a	SM	1 I	1,16	1456	5400	3381	1480	38,0	462	28,9	1050	89,3	0,179	
		2 I	1,11	1310	4601	4408	1220	48,7	546	22,4	1060	132	0,255	
135 D 2	SM	1 I	1,42	1165	6113	1905	936	40,5	824	17,9	1120	112	0,191	
		2 I	1,23	1010	5261	2418	692	48,2	891	12,1	1100	192	0,192	
245 A 3	SM	1 I	1,24	1501	5602	3231	1382	40,4	737	22,4	1080	71,1	0,201	
		2 I	1,33	1537	5842	3120	745	54,0	603	14,5	1190	119	0,254	
210 E 4	SM	1 I	1,68	1390	6377	2162	1280	42,0	799	16,9	1130	81,1	0,155	
		2 I	1,47	1198	6431	2055	693	54,9	672	11,3	1130	138	0,235	

Tabulka 3: – Pokračování

Výsledky analýz asimilačních orgánů na plochách: zelená – vysoký obsah, žlutá – nedostatek, červená - výrazný nedostatek

Číslo porostu	dřevina	ročník	N [%]	[mg.kg ⁻¹]									
				P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	S	Al	Pb
237 A 7	SM	1 I	1,39	1446	7089	2418	972	68,9	377	21,8	1040	76,8	0,168
		2 I	1,29	1099	5639	3568	723	84,5	441	18,5	1010	122	0,220
213 D 2b	SM	1 I	1,49	1639	5115	2258	1118	41,4	900	22,6	1080	113	<0,125
		2 I	1,25	1548	5671	1960	608	44,7	748	14,2	1030	182	0,174
223 A 3	SM	1 I	1,60	1379	6367	1289	761	45,3	504	12,7	1090	70,8	0,180
		2 I	1,50	1209	5714	1502	420	60,5	455	10,5	1110	123	0,241
142 C 7	SM	1 I	1,48	1582	7490	4633	1660	44,7	1635	29,7	1060	74,4	<0,125
		2 I	1,32	1086	6260	6571	1269	48,3	2005	21,9	1050	117	0,181
132 C 10	SM	1 I	1,24	936	6024	2396	1065	43,1	1154	17,6	920	86,6	<0,125
		2 I	1,22	701	4644	3057	840	53,6	1221	11,3	950	135	0,148
204 B 6	SM	1 I	1,37	1220	5671	3078	1628	39,0	755	23,0	1060	67,4	<0,125
		2 I	1,18	948	4339	4814	1443	52,8	931	15,5	910	115	0,168
206 C 8	SM	1 I	1,44	1367	6657	1928	1194	49,0	628	20,1	1000	66,8	0,131
		2 I	1,36	1072	5350	2693	1021	58,2	679	15,0	970	94,6	0,213
228 D 7	SM	1 I	1,43	1345	6521	1415	1069	40,1	430	14,5	990	73,7	0,129
		2 I	1,23	949	5267	1677	680	45,6	398	8,80	970	116	0,131
120 B 9	SM	1 I	1,61	1480	6510	1981	1194	45,4	972	18,4	1075	72,0	0,142
		2 I	1,46	1141	5486	2316	899	58,1	968	12,0	1050	117	0,199
156 B 12	SM	1 I	1,16	1124	4358	3867	1465	43,5	2538	23,8	900	73,7	0,189
		2 I	0,98	720	3772	4873	1045	49,1	2649	19,3	800	106	0,208
250 B 7	SM	1 I	1,51	1469	5068	2127	1022	44,0	1525	11,6	1030	81,9	0,157
		2 I	1,44	1209	4723	2389	699	56,1	1603	9,86	1060	128	0,217
242 C 7	SM	1 I	1,50	1418	5930	3280	1622	45,8	1106	25,6	1050	77,1	0,159
		2 I	1,35	1089	5141	4381	1172	56,4	1191	18,4	1050	112	0,191
138 B 7	SM	1 I	1,36	1141	5539	2599	1172	39,0	1747	20,6	1010	103	<0,125
		2 I	1,23	872	4190	3993	995	52,9	2504	14,6	970	123	0,147

2.3 Stav půd podle cílových hospodářských souborů z půdních průzkumů v České republice

Kvalita lesních půd je významným faktorem ovlivňujícím produktivitu i stabilitu lesních ekosystémů (Fisher a Binkley 2000), který může být i limitující pro dlouhodobou udržitelnost lesního hospodářství (Binkley 1986, Sverdrup a Stjernquist 2002). Stav lesních půd je rovněž jedním ze základních faktorů, který ovlivňuje potenciál adaptace ekosystémů na změnu klimatu, což zohledňuje i Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (MŽP 2016). Hodnocení vlastností lesních půd by tedy mělo být jedním ze základních podkladů pro plánování postupů lesnického managementu, zejména v oblastech, které mohou ovlivnit živinovou bilanci ekosystému, tedy mimo jiné i v oblasti nakládání s těžebními zbytky. Současné průzkumy lesních půd v České republice jsou prováděny především třemi resortními institucemi v rámci různých programů a projektů: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – mezinárodní monitoring zdravotního stavu lesů ICP Forests (Vejpustková 2019); Ústav pro hospodářskou úpravu lesů – typologický průzkum a národní inventarizace lesů (Kučera, Adolt 2019); Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský – průzkum výživy lesů v imisních oblastech (Fiala et al. 2013). Jednotlivé průzkumy se do určité míry odlišují odběrovými i analytickými metodami. Samostatná zpracování jednotlivých databází však dokládají nepříznivý stav lesních půd (Fiala et al. 2013, Šrámek et al. 2014). Hodnocení ukazují i výrazné zhoršení zásoby bazických prvků vůči „očekávaným“ vlastnostem podle edafických kategorií lesnické typologie (Šrámek et al. 2013).

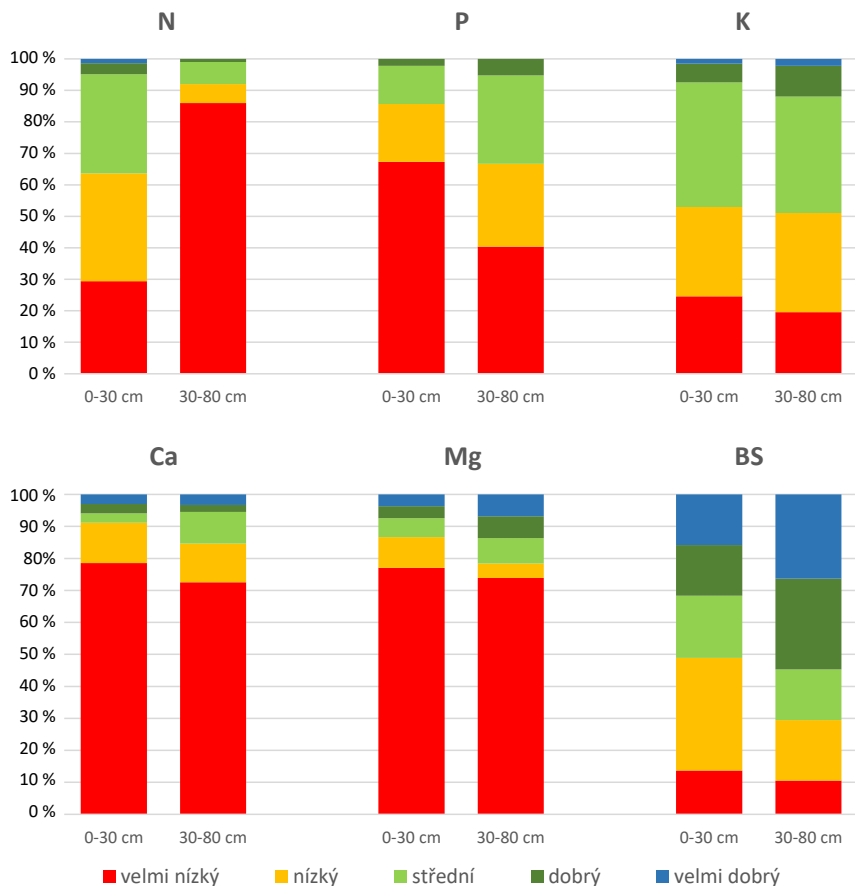
Díky běžícímu projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum č. QK1920163 se podařilo sloučit výsledky půdních průzkumů ÚHÚL, ÚKZÚZ i VÚLHM do společné agregované databáze, která představuje zřejmě nejrozsáhlejší zdroj informací o vlastnostech lesních půd. Do databáze byly zahrnuty odběry půd v rámci typologického průzkumu, národní inventarizace lesů 2, průzkumu výživy jednotlivých přírodních lesních oblastí, půdní průzkumy ICP Forests, BioSoil i půdní data z řady výzkumných projektů za posledních 20 let. Proběhla kontrola databází, srovnávací studie jednotlivých analytických metod (Čechmánková et al. 2021) a výsledky analýz byly rekalkulovány (jak pro odlišné analytické metody, tak pro přepočtení na půdní vrstvy s konstantní hloubkou při odběru podle genetických horizontů) pro humusovou vrstvu (FH), svrchní minerální vrstvy (0–30 cm) a spodní minerální vrstvy (30–80 cm) půd. Tato data jsou v následující části zpracována pro jednotlivé hospodářské soubory s ohledem na obsahy přístupných živin ve svrchních a spodních vrstvách minerální půdy. Nebyly zpracovány následující hospodářské soubory, ve kterých se ovšem ani podle dosavadních postupů využití lesních těžebních zbytků nedoporučuje: CHS 01) Mimořádně nepříznivá stanoviště; CHS 02) Vysoko-

horské lesy pod hranicí stromové vegetace; CHS 03) Lesy v klečovém vegetačním stupni. Dále nebyl dostatek půdních dat pro soubory CHS 31) Vysychavá a sušší acerózní a bazická stanoviště středních poloh a CH 35) Bazická stanoviště středních poloh, jejichž celková rozloha dosahuje necelých 6 tis. hektarů. Na těchto lokalitách nelze očekávat nedostatky bazických prvků, limitní může naopak být celkové množství organické hmoty v nadložním humusu i ve svrchních vrstvách minerální půdy. Odběr těžebních zbytků z hlediska živinové bilance ekosystémů zde považujeme za mírně rizikový. Stav půd je hodnocen podle relativních četností zastoupení půdních vzorků v kategoriích dostupnosti hlavních živin a podle saturace sorpčního komplexu bázemi (BS) (tab. 4).

Tabulka 4: Kritéria pro zařazení do kategorií obsahu přístupných živin (výměnných obsahů) podle jejich potenciální přístupnosti pro dřeviny

	N [g.kg ⁻¹]	P [mg.kg ⁻¹]	K [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	Mg [mg.kg ⁻¹]	BS [%]
velmi nízká	< 0,3	< 20	< 30	< 140	< 20	< 10
nízká	0,3– 0,6	20–40	30–50	140–350	20–40	10–20
střední	0,6–2,0	40–80	50–100	350–700	40–90	20–30
dobrá	2,0–3,0	80–160	100–200	700–1400	90–180	30–50
velmi dobrá	> 3,0	> 160	> 200	> 1400	> 180	> 50

CHS 13 - Půrirozená borová stanoviště (8 7389 ha)



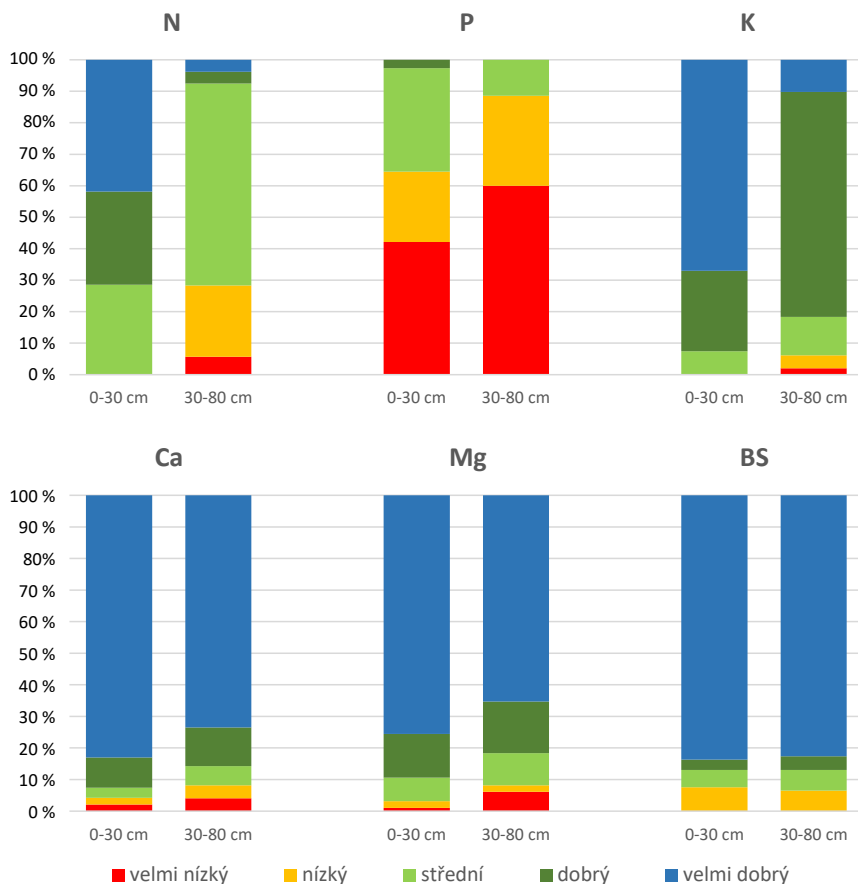
počet analýz jednotlivých prvků:* 0–30 cm: 134–223

30–80 cm: 57–100

*Počty analýz jsou různé pro jednotlivé prvky, proto jsou udávány v rozpětí

Borová stanoviště mají obecně velmi nízké obsahy vápníku a hořčíku v celém půdním profilu (přes 75 % vzorků v oblasti výrazného nedostatku), u většiny vzorků je rovněž výrazný nedostatek fosforu ve svrchních vrstvách minerální půdy.

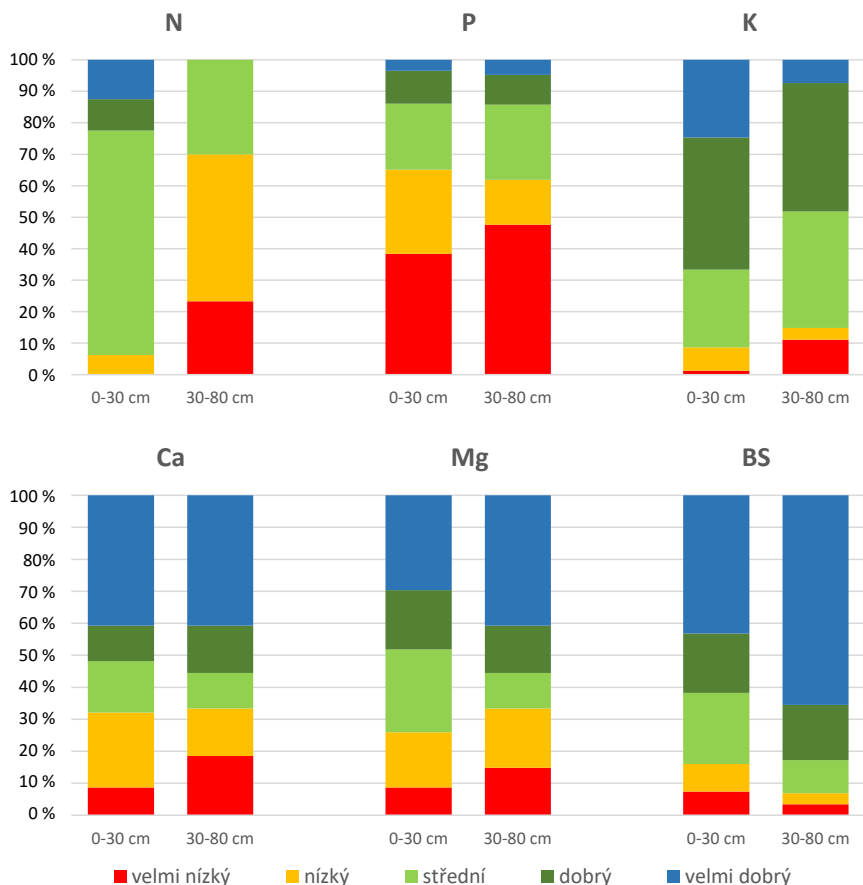
CHS 19 - Lužní stanoviště (3 2024 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 76–98
30–80 cm: 35–53

Lužní stanoviště nižších poloh v CHS 19 vykazují s výjimkou fosforu převážně velmi dobré až vysoké přístupné zásoby hlavních živin i vysokou saturaci bázemi v celém půdním profilu.

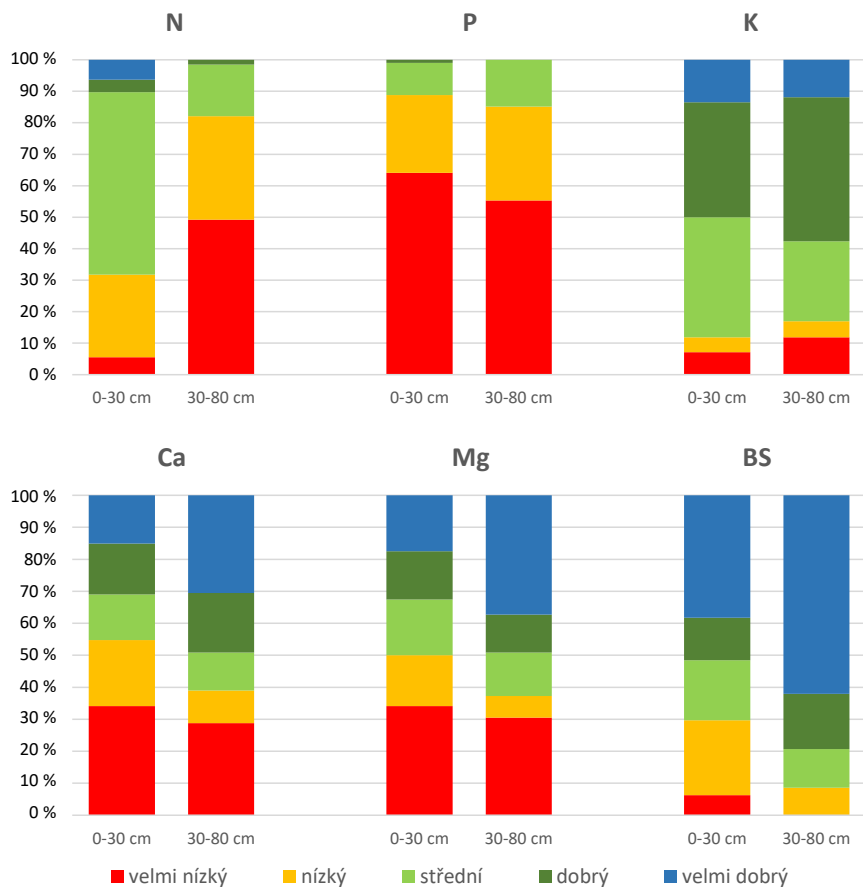
CHS 21 – Exponovaná stanoviště nižších poloh (50 683 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 80–86
30–80 cm: 21–30

Na exponovaných stanovištích nižších poloh nebývá chemické složení půd obvykle primárním limitujícím faktorem. Deficit vápníku a hořčíku byl detekován u cca 15 % vzorků v hlubších minerálních horizontech. Výraznější je deficit fosforu. Je nutno brát v úvahu konkrétní charakter stanoviště. Zejména u silně skeletnatých půd s nedostatečně vyvinutou humusovou vrstvou může být odběr těžebních zbytků rizikový i přes jinak vyhovující chemické parametry půdního prostředí.

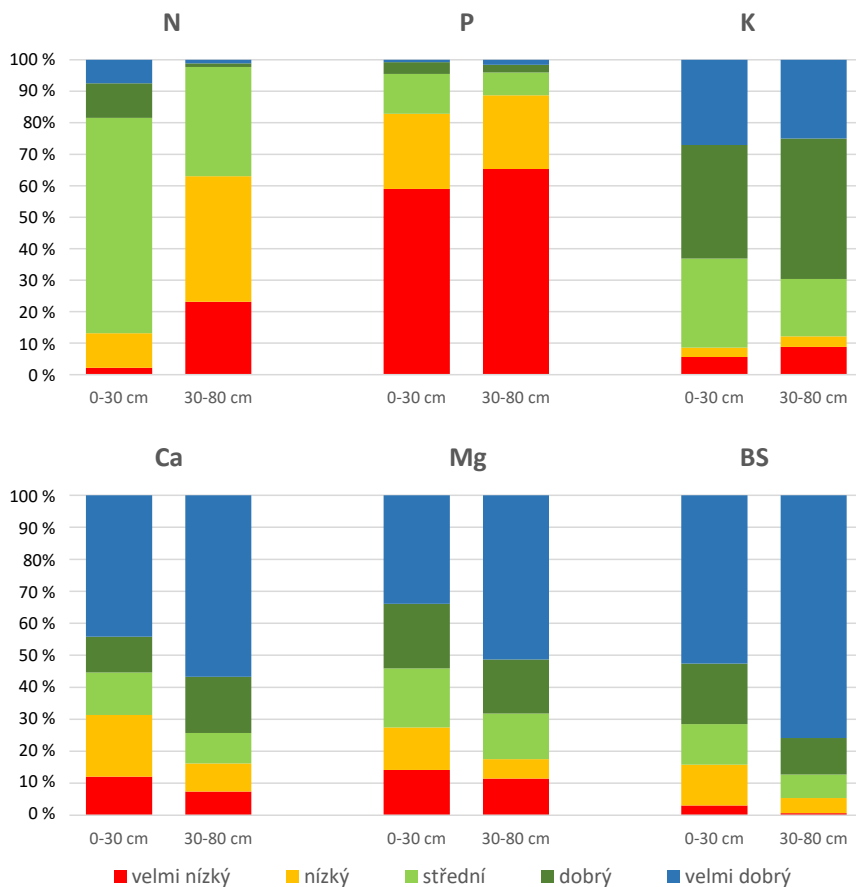
CHS 23 – Kyselá stanoviště nižších poloh (134 800 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 126–206
30–80 cm: 47–67

Přestože jde o kyselá stanoviště, výrazný nedostatek bazických živin byl diagnostikován zhruba v třetině případů. Využití lesních těžebních zbytků bez asimilačních orgánů považujeme za relativně bezpečné tam, kde saturace bázemi v hlubších půdních horizontech překračuje 50 %, pokud v následné generaci nejsou vysazovány mělce kořenicí dřeviny. Před vlastním rozhodnutím doporučujeme pro konkrétní stanoviště provést půdní analýzy.

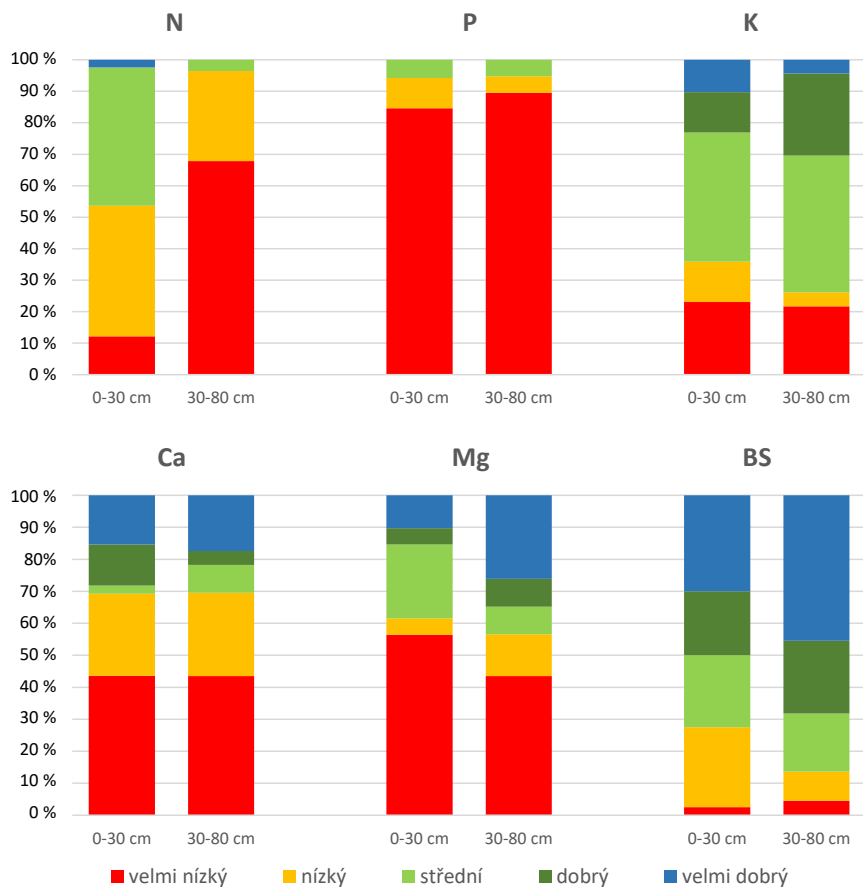
CHS 25 – Živná stanoviště nižších poloh (140 471 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 228–268
30–80 cm: 124–173

Přes 80 % odebraných vzorků vykazuje přinejmenším v hlubších minerálních vrstvách střední až velmi dobré obsahy bazických živin, obsahy dusíku jsou naopak dobré ve svrchní minerální vrstvě. Za limitní pro využívání lesních těžebních zbytků považujeme hodnotu saturace bázemi 50 % v hlubším minerálním horizontu, respektive 30 % ve svrchních minerálních vrstvách.

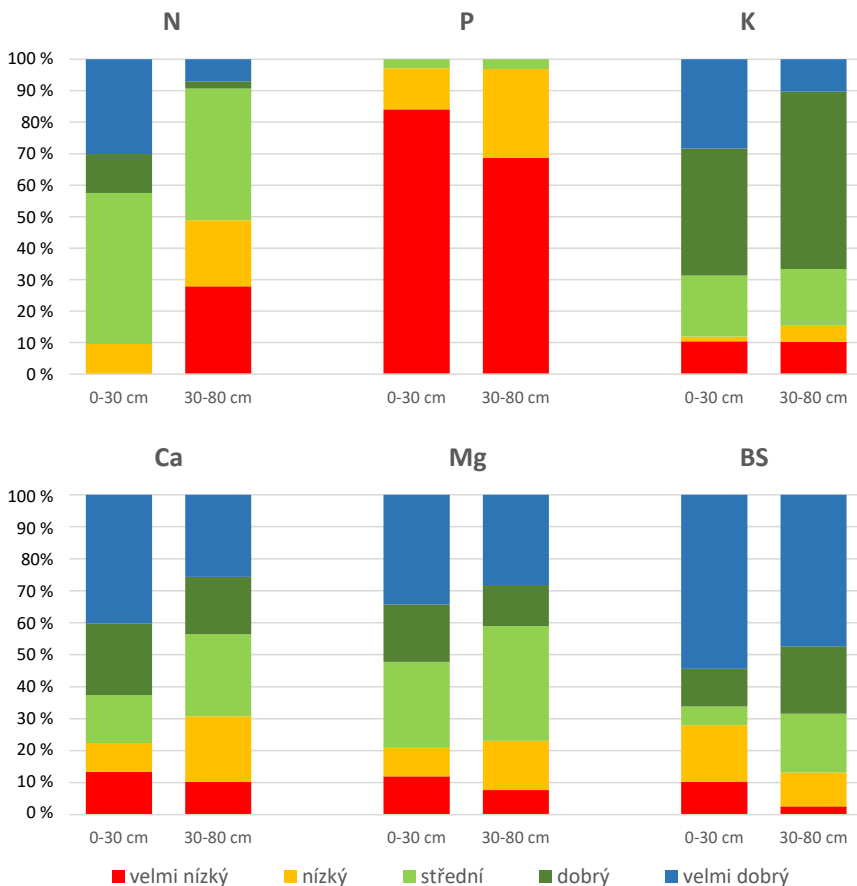
CHS 27 – Oglejená stanoviště nižších a středních poloh (35 848 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 39–52
30–80 cm: 19–28

Téměř polovina vzorkovaných lokalit vykazuje výrazný nedostatek vápníku anebo hořčíku v celém minerálním profilu. Odběr živin z hlubších půdních vrstev je částečně limitován jejich přechodným zamokřením. Za relativně bezpečný lze považovat odběr lesních těžebních zbytků na lokalitách, kde jsou obsahy Ca a Mg ve svrchních minerálních vrstvách půdy alespoň na úrovni středního zajištění výživy a saturace sorpčního komplexu bázemi na hodnotě 50 % a vyšší. Dle výsledků půdních průzkumů se tedy jedná zhruba o třetinu stanovišť.

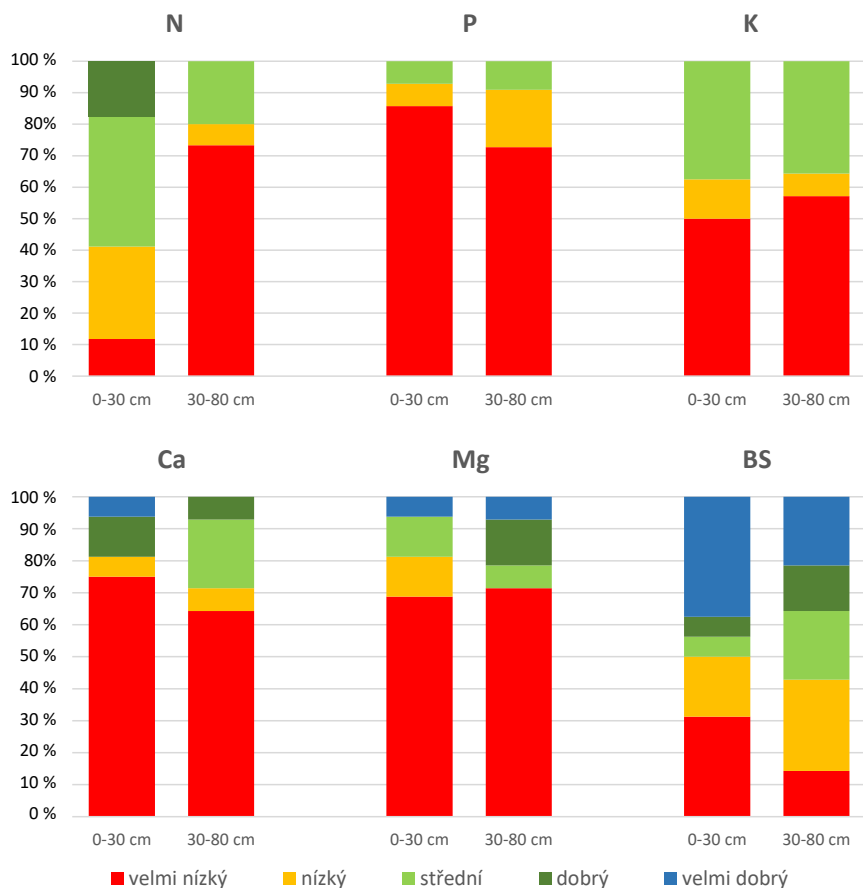
CHS 29 – Olšová stanoviště na podmáčených půdách (18 925 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 67–73
30–80 cm: 32–43

Stanoviště s obvykle dostatečnou disponibilní zásobou dusíku i ostatních hlavních živin s výjimkou fosforu. Výživa i růst dřevin jsou primárně limitovány zamokřením půdního profilu. V řadě případů mohou být živiny doplňovány i transportem vodou. Odběr lesních těžebních zbytků považujeme za mírně rizikový v případě, že obsahy všech bazických živin ve svrchních minerálních horizontech lze charakterizovat alespoň jako „střední“ – tedy téměř na 80 % vzorkovaných lokalit. V případě olšových porostů je výživa dusíkem doplňována symbiotickými hlízkovými bakteriemi.

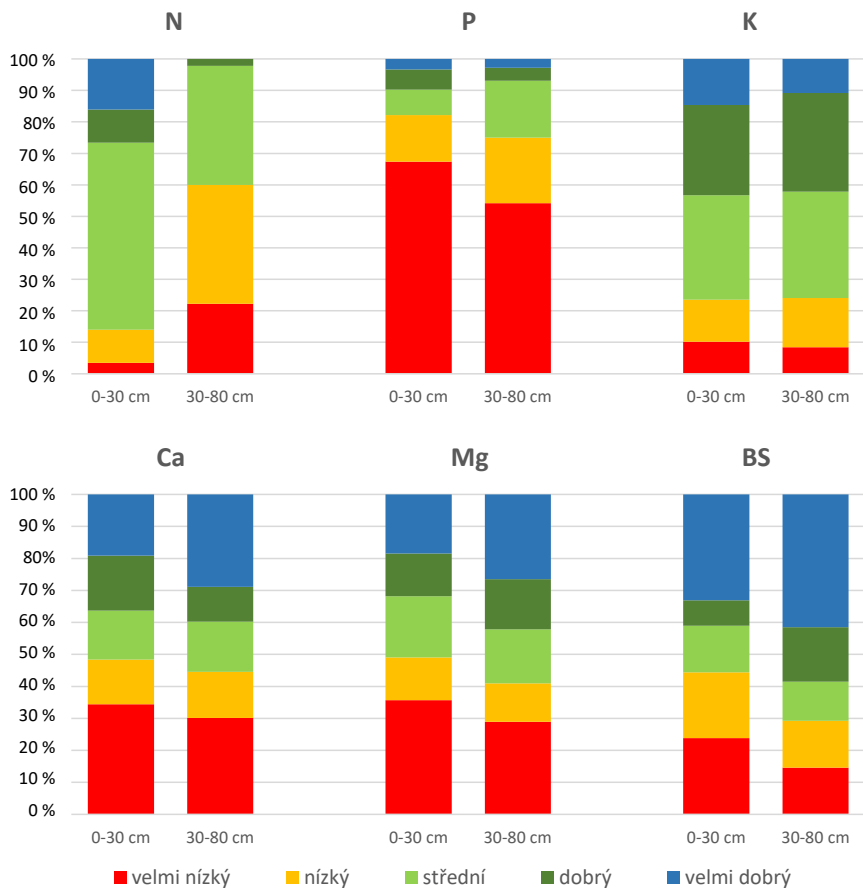
CHS 39 – Chudá podmáčená stanoviště nižších až vyšších poloh (6 430 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 14–17
30–80 cm: 11–15

Z větší části jde o silně kyselé půdy s nedostatečným obsahem bází. Odběr živin z hlubších půdních vrstev je obvykle omezen kvůli přechodnému či trvalému zamokření. Využití lesních těžebních zbytků považujeme za středně rizikové až rizikové a vždy by mu měla předcházet chemická analýza půdního prostředí na dané lokalitě.

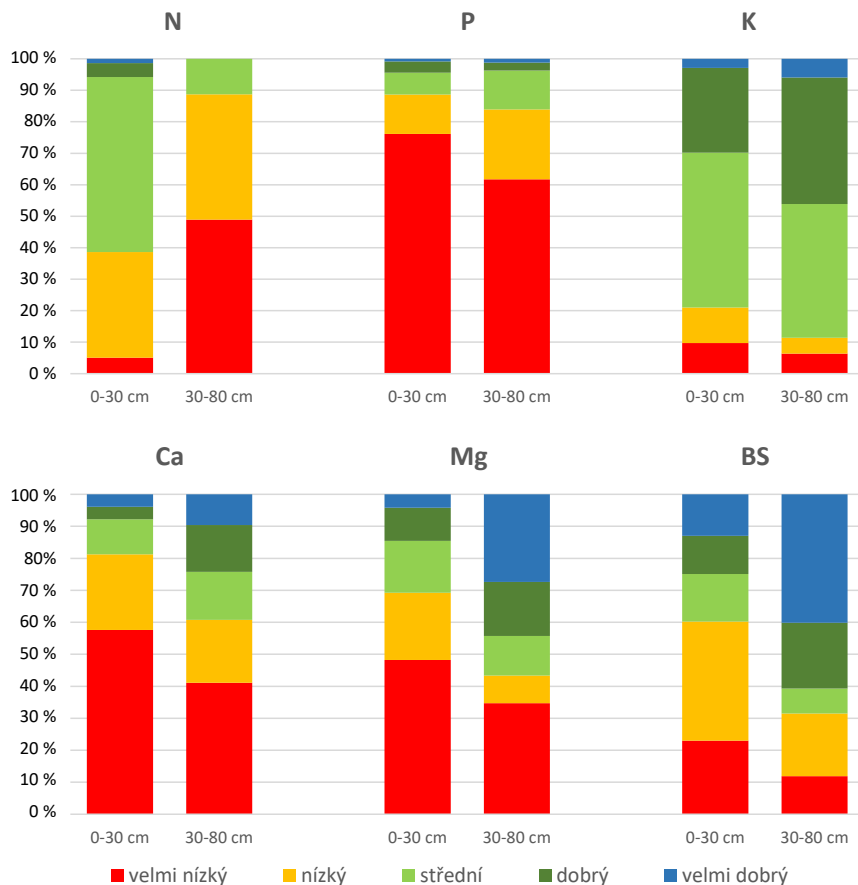
CHS 41 – Exponovaná stanoviště středních poloh (103 553 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 143–297
30–80 cm: 72–90

Na exponovaných stanovištích není chemické složení půd primárním limitujícím faktorem pro růst a zdravotní stav dřevin. Deficit vápníku a hořčíku byl detekován zhruba u třetiny vzorků, mezi svrchní a hlubší minerální vrstvou půdy nejsou v tomto CHS výraznější rozdíly. Za pouze mírné riziko lze odběr lesních těžebních zbytků považovat zhruba u třetiny lokalit, kde saturace bázemi dosahuje 50 % v celém minerálním profilu. Je ovšem nutné zohlednit množství organické hmoty v nadložním humusu i v minerální půdě.

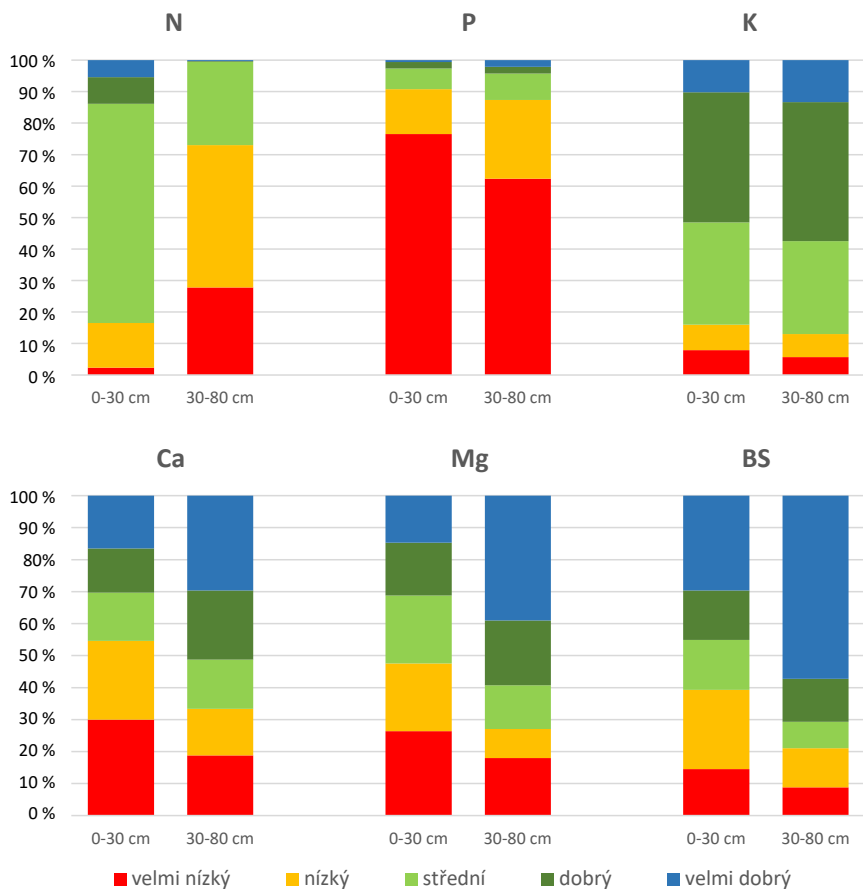
CHS 43 – Kyselá stanoviště středních poloh (312 320 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 295–607
30–80 cm: 162–231

Většina odebraných vzorků vykazuje v celém půdním profilu velmi nízký až nízký obsah vápníku, ve svrchních minerálních vrstvách půd převažují velmi nízké a nízké obsahy hořčíku a celkově nízké nasycení bázemi. Odběr lesních těžebních zbytků bez následné kompenzace živin je rizikový.

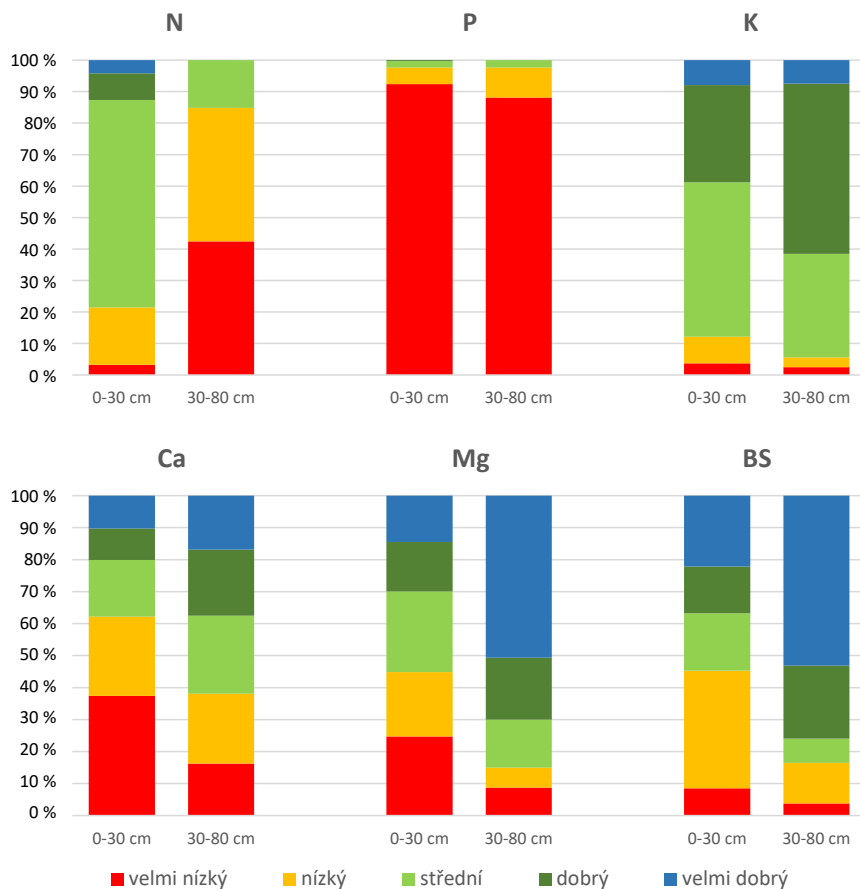
CHS 45 – Živná stanoviště středních poloh (523 886 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 556–1056
30–80 cm: 284–378

Přestože jde o živná stanoviště, zhruba polovina odběrů svrchní minerální vrstvy vykazuje velmi nízké až nízké obsahy vápníku a hořčíku. Obecné jsou také velmi nízké obsahy přístupného fosforu. Odběr lesních těžebních zbytků lze doporučit pouze na zhruba polovině lokalit po přechozí chemické analýze půdního prostředí.

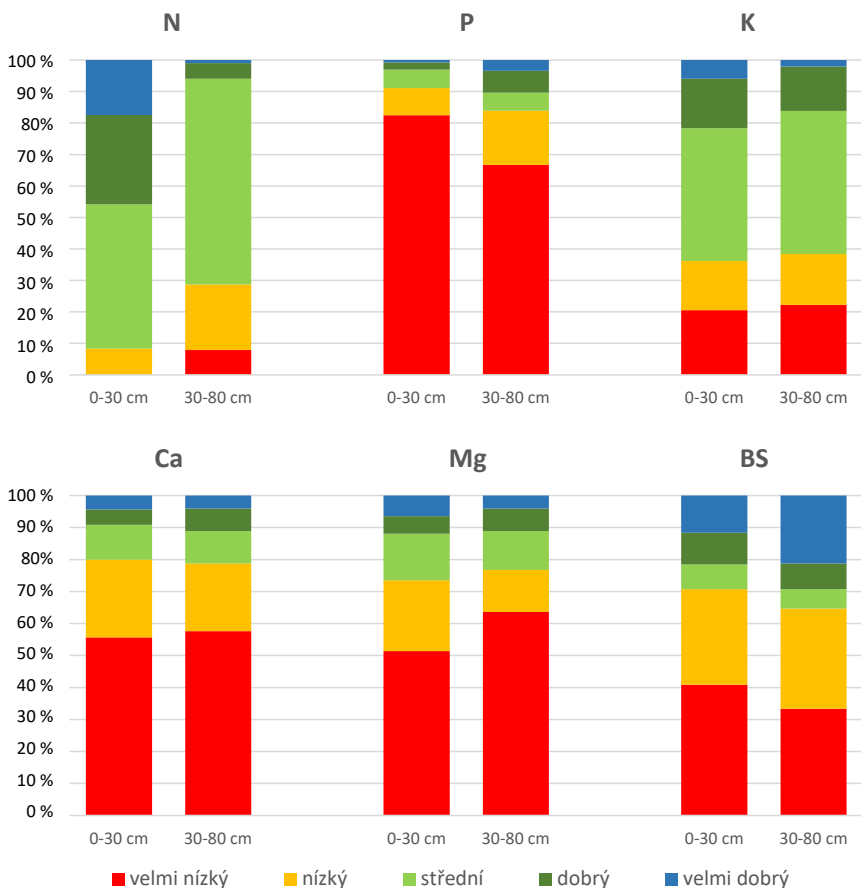
CHS 47 – Oglejená stanoviště středních poloh (113 466 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 212–301
30–80 cm: 126–165

Situace je zde velmi podobná jako u CHS 45. Na vodou ovlivněných stanovištích je obvykle přinejmenším přechodně omezen odběr živin z hlubších půdních vrstev. Pro využívání lesních těžebních zbytků bez následné kompenzace živin je tedy vhodná zhruba třetina ploch s přinejmenším středními obsahy vápníku, dobrými obsahy hořčíku a saturací bázemi nad 50 %. Zároveň doporučujeme na základě listových analýz zjistit úroveň výživy fosforem.

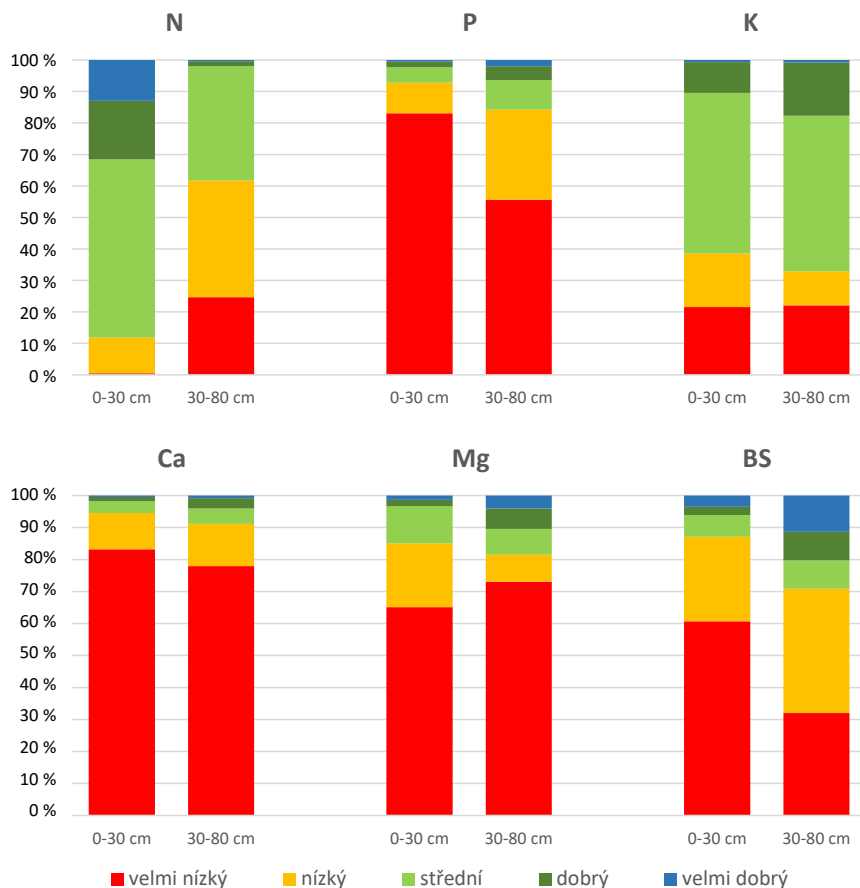
CHS 51 – Exponovaná stanoviště vyšších poloh (97 691 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 155–393
30–80 cm: 87–101

Vzhledem k nízkým obsahům vápníku a hořčíku, nízké saturaci sorpčního komplexu bázemi a nízkým obsahům fosforu nelze odběr lesních těžebních zbytků bez následné kompenzace živin (např. ve formě přihnojení výsadeb) doporučit.

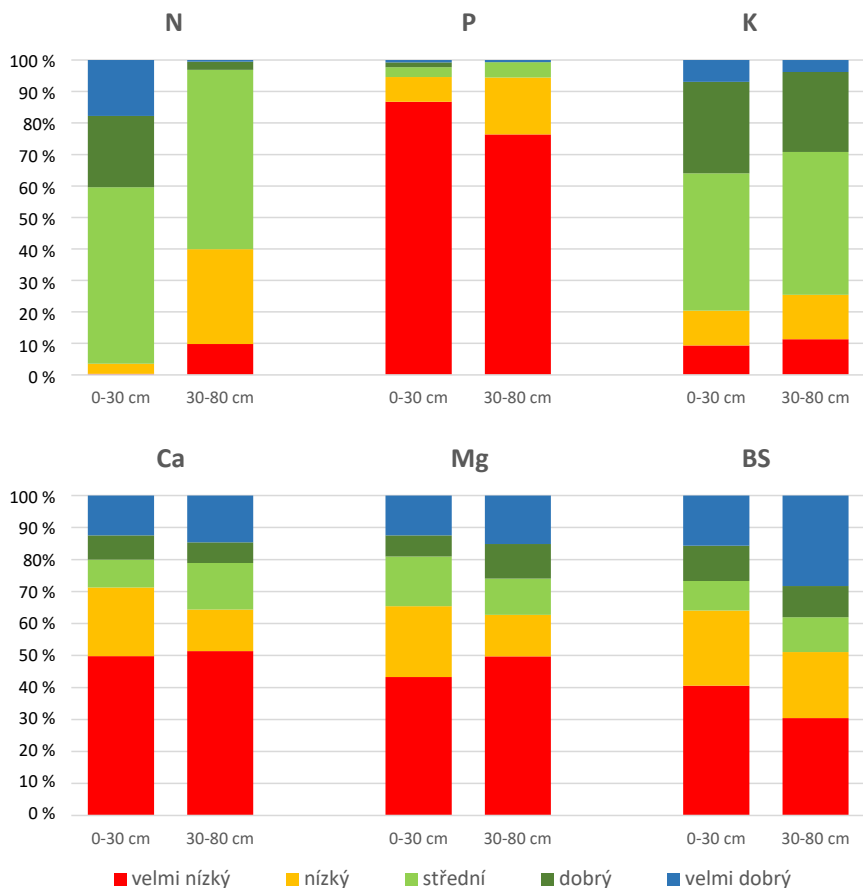
CHS 53 – Kyselá stanoviště vyšších poloh (296 408 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 387–1305
30–80 cm: 203–251

Přes 80 % vzorků vykazuje ve svrchní minerální vrstvě nedostatek vápníku a nízkou saturaci bázemi. Odběr lesních těžebních zbytků bez následné kompenzace živin (např. ve formě přihnojení výsadeb) nelze doporučit.

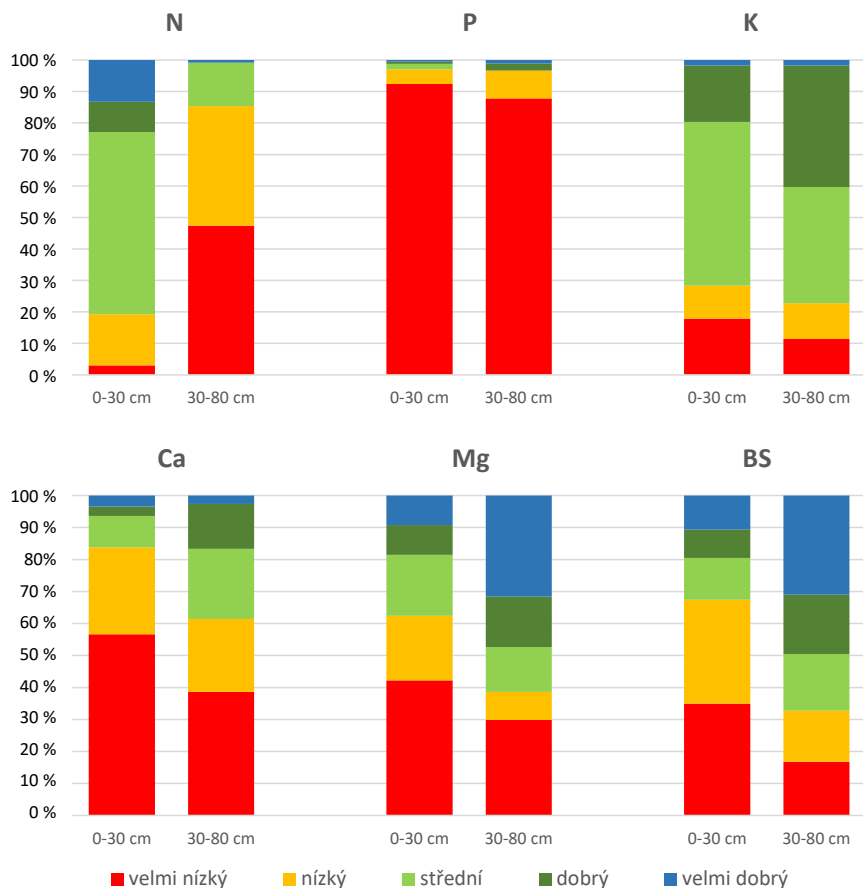
CHS 55 – Živná stanoviště vyšších poloh (280 631 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 281–791
30–80 cm: 144–193

Přestože jde o živná stanoviště, zhruba dvě třetiny vzorků vykazují velmi nízké až nízké obsahy vápníku a hořčíku a saturaci bázemi do 20 % ve svrchních minerálních horizontech. Odběry lesních těžebních zbytků bez následné kompenzace živin jsou rizikové. Přípustné jsou pouze na lokalitách, kde půdní analýzy doloží alespoň střední obsahy vápníku a hořčíku v celém půdním profilu a saturaci bázemi alespoň 30 % v hlubších vrstvách půdy.

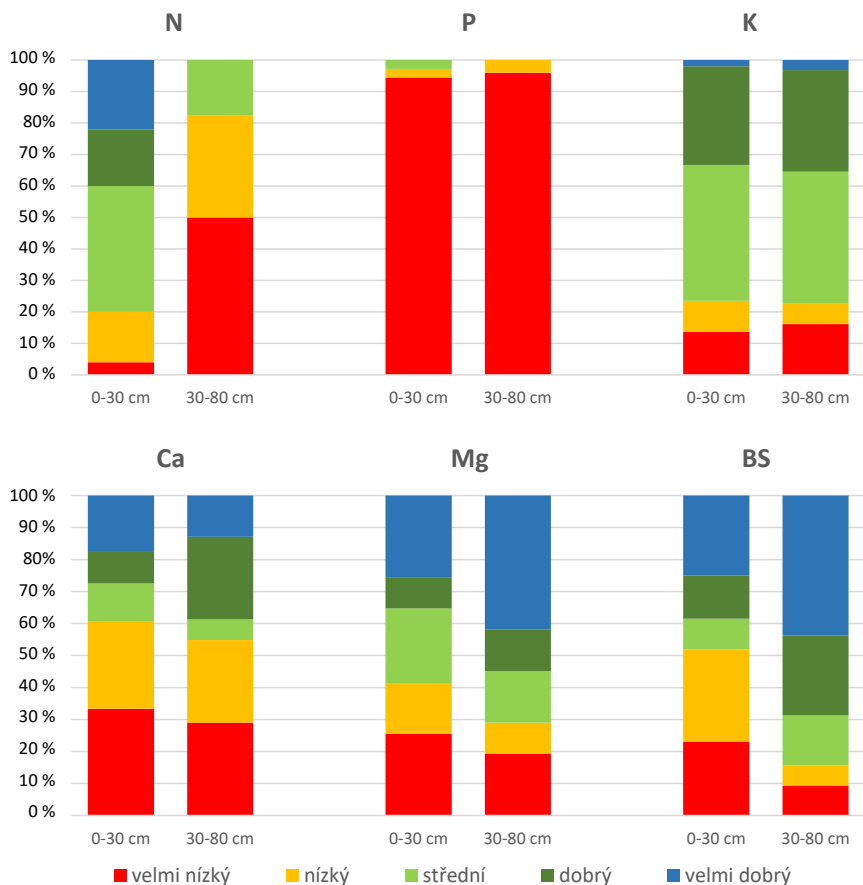
CHS 57 – Oglejená stanoviště vyšších poloh (141 786 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 166–405
30–80 cm: 90–116

Zde je obdobná situace se zásobou živin jako v CHS 55 s tím, že v hlubších půdních vrstvách je příznivější zastoupení přístupných forem hořčíku a vyšší saturace sorpčního komplexu bázemi, na druhou stranu jsou živiny v těchto vrstvách kvůli zamokření obvykle hůře přístupné pro kořenový systém.

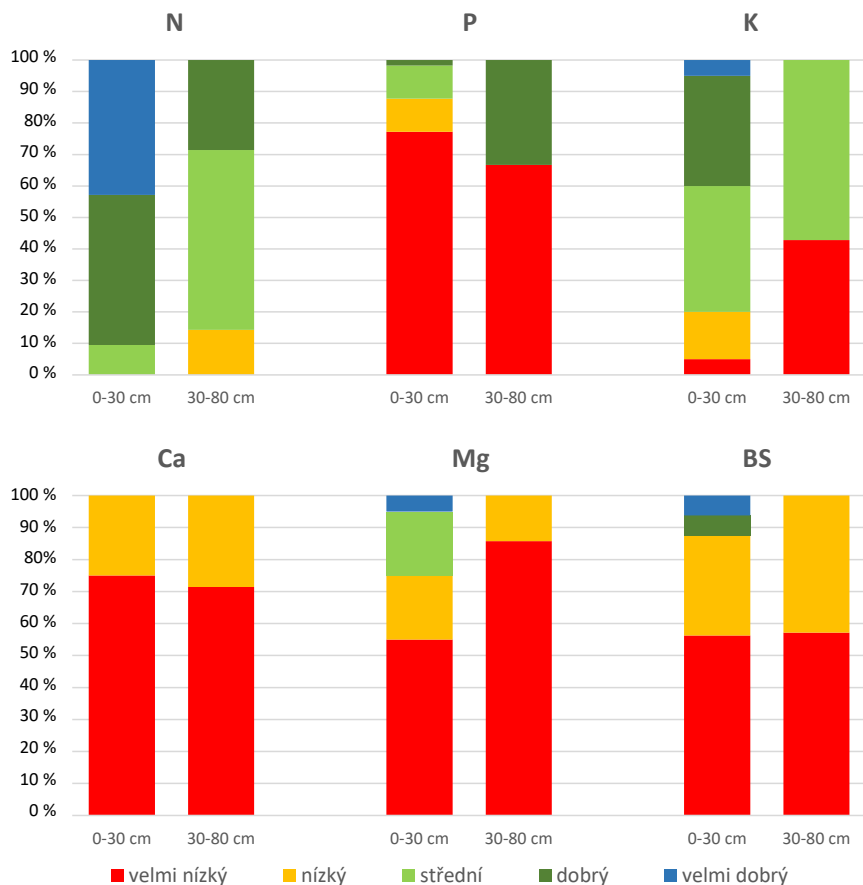
CHS 59 – Podmáčená stanoviště vyšších poloh (21 181 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 50–72
30–80 cm: 25–34

Na podmáčených stanovištích vyšších poloh je o něco lepší zastoupení bází, hlubší horizonty půd jsou kvůli trvalému zamokření obvykle hůře přístupné. Odběr lesních těžebních zbytků je akceptovatelný na lokalitách s alespoň dobrou zásobou vápníku a hořčíku a dobrou saturací bázemi ve svrchní minerální vrstvě. Tato podmínka podle provedených odběrů odpovídá zhruba třetině analyzovaných lokalit.

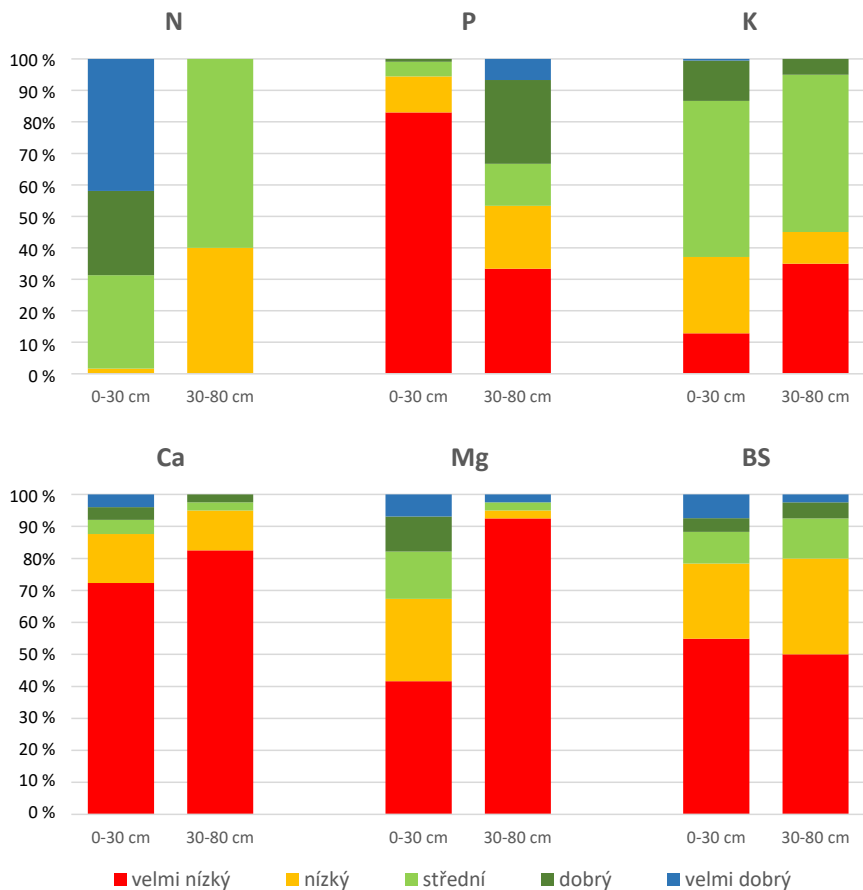
CHS 71 – Exponovaná stanoviště horských poloh (9 358 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 16–57
30–80 cm: 3–7

Jedná se o lokality s extrémně nízkými obsahy bazických živin, zejména vápníku, a celkově velmi nízkou saturací bázemi. Naopak často jsou to ekosystémy na hranici saturace dusíkem. Využití lesních těžebních zbytků, stejně jako jakékoliv technologie vedoucí k další ztrátě bází, nelze doporučit.

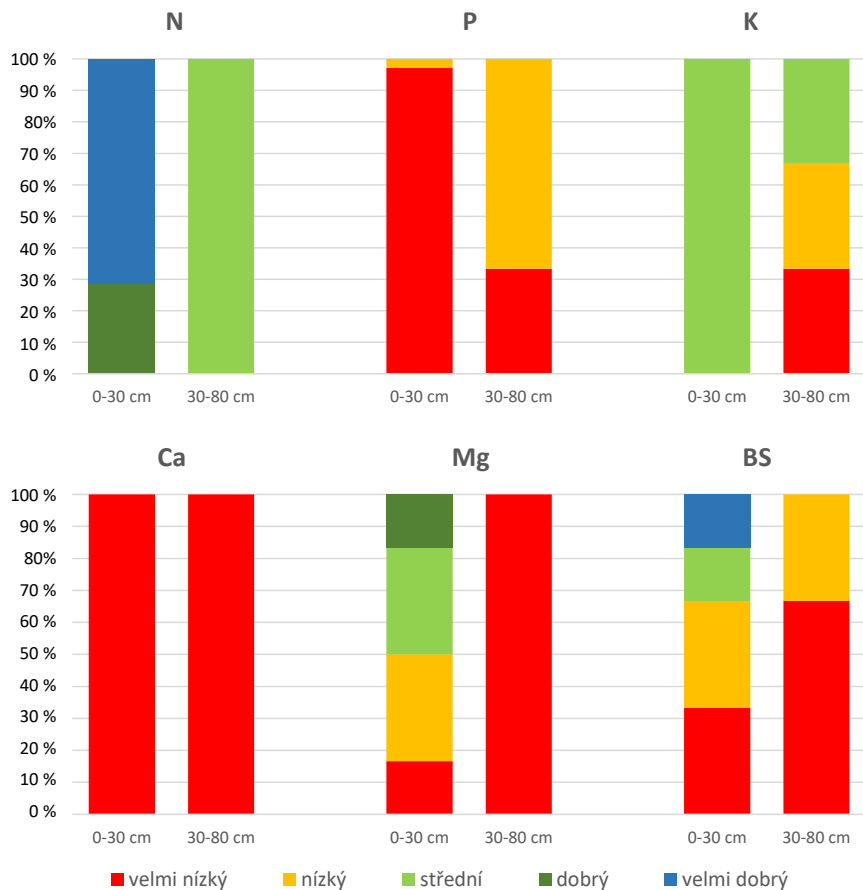
CHS 73 – Kyselá stanoviště horských poloh (59 170 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 162–430
30–80 cm: 30–40

Z 90 % jsou zde extrémně nízké obsahy bazických živin, zejména vápníku, a celkově velmi nízká saturace bázemi. Naopak často jsou to ekosystémy na hranici saturace dusíkem. Využití lesních těžebních zbytků, stejně jako jakékoliv technologie vedoucí k další ztrátě bází, nelze doporučit.

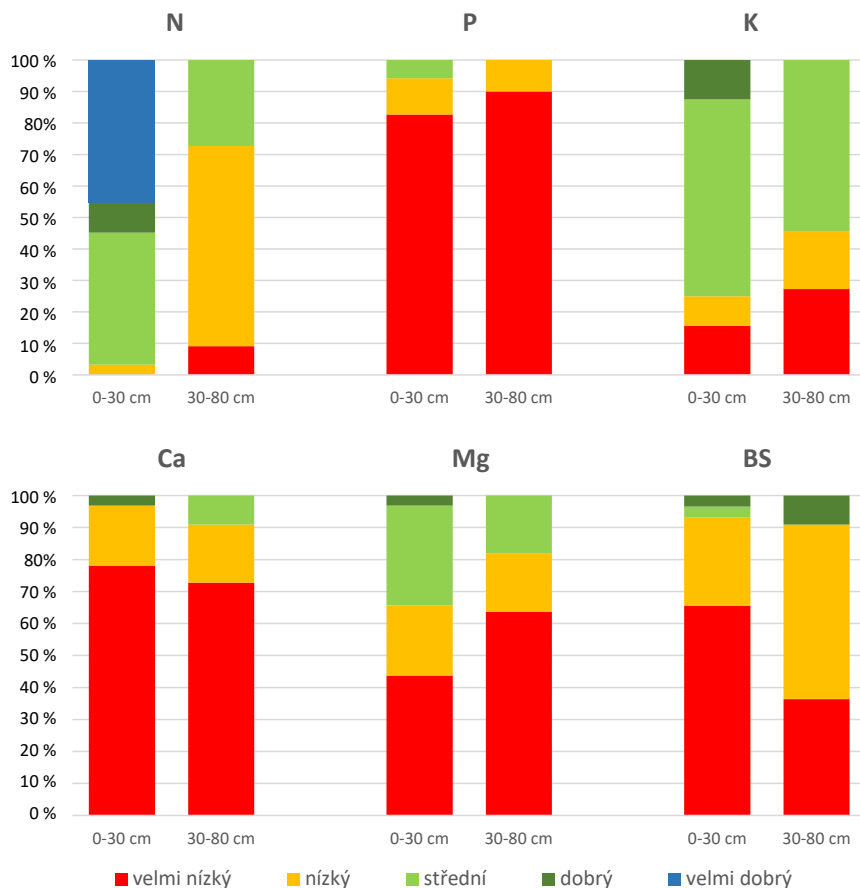
CHS 75 – Živná stanoviště horských poloh (3 551 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 6–35
30–80 cm: 3–3

U tohoto CHS s malým plošným zastoupením není k dispozici příliš velký počet půdních rozborů, zejména pro hlubší vrstvy (často jde o mělké půdy do 50–60 cm). Přesto je zřejmé, že jde o lokality vysoce zatížené dusíkem s extrémním nedostatkem vápníku a nízkou saturací bázemi. Využití lesních těžebních zbytků, stejně jako jakékoliv technologie vedoucí k další ztrátě bází, nelze doporučit.

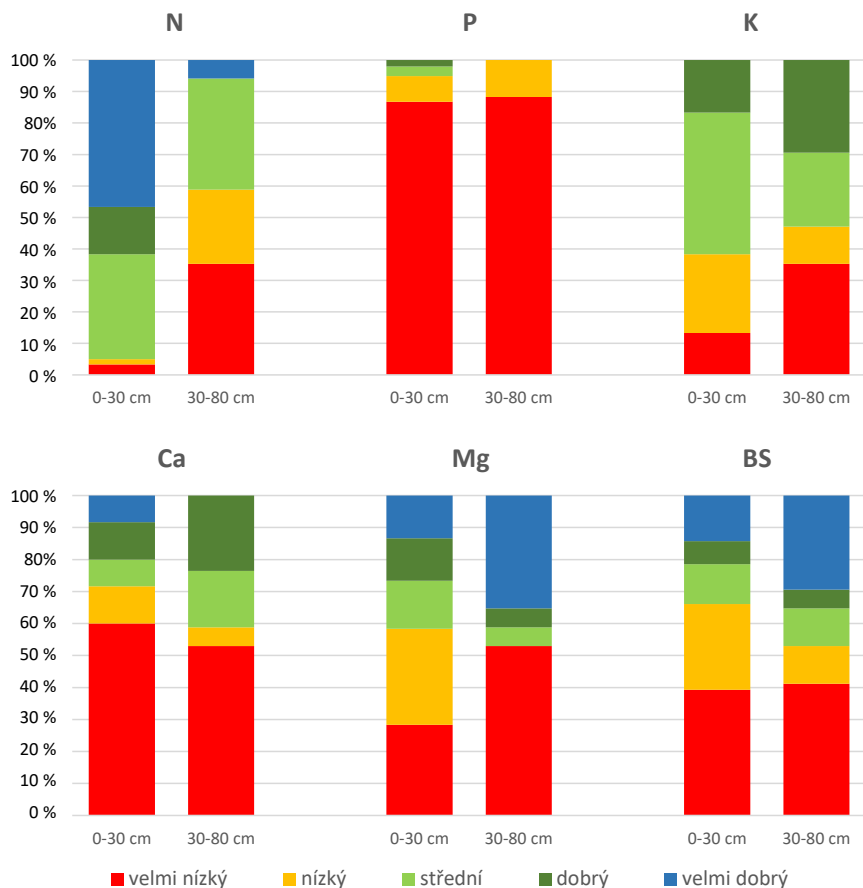
CHS 77 – Oglejená stanoviště horských poloh (13 812 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 29–52
30–80 cm: 10–11

Na těchto lokalitách jsou velmi nízké obsahy vápníku ve svrchních horizontech minerální půdy, celkově velmi nízká saturace bázemi a střední až velmi dobrá zásoba dusíku. Využití lesních těžebních zbytků, stejně jako jakékoliv technologie vedoucí k další ztrátě bází, nelze doporučit.

CHS 79 – Podmáčená stanoviště horských poloh (24 423 ha)



počet analýz jednotlivých prvků: 0–30 cm: 56–98
30–80 cm: 17–17

Obvykle jde o stanoviště s velmi pomalým růstem, který je ovlivněn především klimatickými podmínkami a hydrickým režimem půd. Často jde o chráněná území se špatnou přístupností. Proto se zde využití lesních těžebních zbytků obvykle nepředpokládá.

2.4 Souhrnné hodnocení možnosti využití těžebních zbytků podle CHS

Z předchozích kapitol vyplývá, že odběr nadměrného množství biomasy z ekosystému je z pohledu živinové bilance vždy rizikový. Toto riziko významně narůstá v případě odnosu těch částí biomasy, které jsou bohaté na živiny – tedy asimilačních orgánů a větví, které mají vysoký podíl kůry, v níž jsou koncentrovány bazické prvky. Pokud se zaměříme na hlavní živiny v lesních půdách, spatřujeme limitní faktor zejména v obsahu vápníku, jehož přístupné formy jsou nedostatečné na většinu částí území ČR. Vzhledem k horninovému podloží je navíc možnost doplnění vápníku do sorpčního komplexu zvětráváním na většinu lokalit omezená. Spolu s často nízkými obsahy hořčíku tak ovlivňují i nízké nasycení sorpčního komplexu bázemi (BS). Odběr těžebních zbytků nelze v žádném případě doporučit na lokalitách s BS nižší než 30 %.

Problematická je rovněž situace u fosforu, jehož nízké obsahy v půdách lze sledovat prakticky napříč všemi stanovištními podmínkami. Fosfor ovšem není součástí sorpčního komplexu, a proto je hodnocení jeho přístupnosti podle půdních analýz problematické. Pro příjem fosforu je často rozhodující symbióza s mykorrhizními houbami a v některých případech může být tento prvek pravděpodobně přijímán přímo z organických vazeb. Přesto existuje řada prací, které dokládají sestupný trend výživy fosforem v lesních ekosystémech v Evropě (Jonard et al. 2009, Lomský et al. 2011, Talkner et al. 2015, Novotný et al. 2020, Prietzel et al. 2020). Proto je nutné trendy vývoje obsahu tohoto prvku nadále sledovat jak v lesních půdách, tak v asimilačních orgánech lesních dřevin.

Tradičně býval za limitující faktor růstu lesních porostů považován dusík. To v současné době platí prakticky již jen na písčitých půdách CHS 13. Kvůli historické i současné depoziční zátěži jsou přinejmenším svrchní vrstvy minerální půdy na dusík poměrně bohaté. Hůnová et al. (2013) konstatuje, že v České republice je stále 71 % zalesněného území vystaveno celkové depozici vyšší než 1 g.m^{-2} ročně, tedy hodnotě, která představuje hranici kritické zátěže pro lesní ekosystémy v Evropě. Zvýšená dostupnost tohoto prvku ovlivňuje zřejmě jak zvýšený přírůst dřevin, tak změny v druhovém složení přízemní vegetace (Novotný et al. 2017). Ve vyšších a horských polohách pak často vzniká výrazná nerovnováha mezi dostupností dusíku a nedostatkem bazických prvků, což může dále negativně ovlivňovat výživu i zdravotní stav lesních porostů.

Míra rizika odběru lesních těžebních zbytků v jednotlivých cílových hospodářských souborech z pohledu celkové udržitelnosti živin je zobrazena v tabulce 5. Mírné riziko platí pro CHS, kde je zastoupení půdních vzorků s chemickými vlastnost-

mi umožňujícími relativně bezpečný odběr těžebních zbytků více než dvě třetiny. U středního rizika je možný odběr zhruba v polovině až dvou třetinách případů, u vysokého rizika u třetiny až poloviny analyzovaných lokalit. Jde do jisté míry o odhad – reprezentativnost rozmístění půdních odběrů v jednotlivých CHS není zaručena, jsou to však v tuto chvíli nejlepší data, která lze využít.

Je zřejmé, že ekosystémová bilance živin je sice velmi významným, ale z praktického pohledu pouze dílčím kritériem pro rozhodování o využití lesních těžebních zbytků. Z dalších je nutné zmínit alespoň dvě následující hlediska, která v rozhodnutí o využití těžebních zbytků v současné době obvykle převládají:

- **Technologická kritéria:** praktické možnosti nakládání s klestem umožňující následující obnovu lesních porostů. **Shrnování klestu** na hromady či do řad komplikuje obnovu, v oblastech s pomalejším rozkladem i následnou péčí o výsadby

Tabulka 5: Riziko využívání lesních těžebních zbytků podle cílových hospodářských souborů z hlediska bilance živin

	CHS 21	CHS 31	CHS 41	CHS 51	CHS 71	CHS 01
CHS 13	CHS 23		CHS 43	CHS 53	CHS 73	CHS 02
	CHS 25	CHS 35	CHS 45	CHS 55	CHS 75	CHS 03
	CHS 27		CHS 47	CHS 57	CHS 77	
CHS 19	CHS 29	CHS 39		CHS 59	CHS 79	

Využívání těžebních zbytků z hlediska bilance živin

	mírné riziko
	střední riziko
	vysoké riziko
	nevhodné

a výchovu. Spalování klestu znamená částečnou ztrátu živin při procesu hoření i následném vyplavení z popela, ochuzení půdy o organický materiál a v neposlední řadě i riziko požárů. Štěpkování těžebních zbytků a jejich rozmístění po ploše, či jejich **drčení a částečné zapracování do půdy** frézami představuje pro vlastníky finanční zátěž. Nadměrné množství štěrky může v některých případech komplikovat následné zalesnění. Do procesu pochopitelně výrazně vstupují i možnosti využití mechanizace v různých typech terénů a stanovištních podmínkách.

- **Ekonomická kritéria:** vyplývají z rozdílu nákladů na úklid klestu po těžbě a potenciálního výnosu za odprodej lesních těžebních zbytků. Zejména na majetcích postižených v současné době kůrovcovou kalamitou a nízkými výkupními cenami dřeva mohou hrát ekonomická kritéria významnou roli pro nakládání s těžebními zbytky.

Pro nakládání s lesními těžebními zbytky (LTZ) je tak možné uvést následující doporučení:

Pro vlastníky státních lesů a správce lesních majetků:

- V CHS označených jako nevhodné pro využití LTZ ponechávat nehroubí v lesních porostech. Přiměřeného množství klestu lze dosáhnout v případě clonných sečí a dostatečně malých obnovních prvků. Pokud je to z technologického hlediska nutné, odvázet pouze minimální množství LTZ. Je nutné počítat s potřebou doplnění živin formou přihnojení při výsadbě, v odůvodněných případech i chemickou meliorací středně starých a dospělých lesních porostů.
- V CHS s vysokým rizikem využívat LTZ pouze omezeně, zajistit si pro konkrétní lokality předchozí analýzy půdy (možnost využití poradenských služeb), z lesních porostů nevyvážet více než třetinu LTZ, ostatní v optimálním případě štěpkovat, případně zapracovat půdní frézou. Počítat s nutností doplnění živin formou přihnojení při výsadbě, v odůvodněných případech i chemickou meliorací středně starých a dospělých lesních porostů.
- V CHS se středním rizikem využívat LTZ omezeně, zajistit si pro konkrétní lokality předchozí analýzy půdy (možnost využití poradenských služeb), z lesních porostů nevyvážet více než polovinu LTZ, ostatní v optimálním případě štěpkovat, případně zapracovat půdní frézou. Podle výsledků půdních analýz zvážit možnost doplnění živin formou přihnojení při výsadbě. V případě pravidelných dodávek LTZ pro energetické účely (lokální spalovny biomasy) zvážit možnost návratu živin ve formě využití popela z těchto zdrojů.

- V CHS s mírným rizikem využívat LTZ maximálně ze dvou třetin. V případě pravidelných dodávek LTZ pro energetické účely (lokální spalovny biomasy) zvážit možnost návratu živin ve formě využití popela z těchto zdrojů.
- Ve všech případech využívat LTZ primárně bez asimilačních orgánů.

Ze strany státní správy lesů:

- Koordinací současných aktivit zajistit harmonizovaný systém sledování a pravidelného vyhodnocování vlastností lesních půd a výživy lesních porostů.
- Nadále v dostatečné míře podporovat poradenskou činnost pro vlastníky a správce lesních majetků v oblasti výživy dřevin.
- Zajistit podporu vlastníků a správců lesních majetků pro využití LTZ v lesních porostech (štěpkování, frézování, zapracování do půdy).
- Podpořit možnosti využívání popela ze spalování biomasy pro doplnění živin v lesních porostech.
- V odůvodněných případech podporovat doplnění živin formou hnojení či vápnění lesních půd.

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Pro využití lesních těžebních zbytků byla vypracována řada koncepčních materiálů, zejména v období let 2005–2015, kdy bylo spalování biomasy považováno za vysoce perspektivní jak z hlediska navyšování podílu energie z obnovitelných zdrojů, tak z pohledu zvýšení výnosů z lesních majetků (Kotas a Vlkanova, 2012). V tomto období byla zpracována řada dílčích i komplexnějších studií, které posuzují využitelnost těžebních zbytků i dalších součástí lesní biomasy pro energetické účely (např. Nikl a Pavloňová 2008, Stupavský 2009, Ferkl 2012, ÚHÚL 2012).

Z hlediska vhodnosti výběru lokalit pro odběr lesních těžebních zbytků je zásadní velmi kvalitně zpracovaná analýza Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL 2009), která navazuje na práci Nikla a Pavloňové z roku 2008. Analýza se kromě dostupného množství těžebních zbytků, jejich technickou využitelností a terénní dostupností soustředí především na rizika vyplývající z dopadu na půdu a koloběh živin, které hodnotí na základě kategorií lesnické typologie. Pro 29,1 % porostní plochy lesní půdy posuzuje riziko odběru těžebních zbytků jako přijatelné, pro 24,5 % jako podmíněčně přijatelné a pro 46,4 % jako nepřijatelné. Z našeho pohledu má tato analýza dva problematické body. Nepřijatelné riziko je mj. specifikováno ve všech hospodářských souborech horských poloh. To je opatření, které je odůvodněné, ale zjevně není vlastníky lesů respektované. V řadě lokalit není možné veškeré těžební zbytky ponechat na místě z technologických důvodů souvisejících s potřebou následného zalesnění. Je odvoz (části) biomasy LTZ rizikovější než pálení klestu? Cílem předkládané metodiky je upozornit na rizika – která jsou značná – a zároveň nabídnout možnosti, jak je hospodářskými postupy snižovat (odvoz jen části biomasy, doplnění živin přihnojením výsadeb, využití popela ze spalování biomasy ...).

Druhým problémem zmiňované analýzy je, že půdní vlastnosti jednotlivých typologických jednotek posuzuje podle „očekávaných“ vlastností edafických řad a edafických kategorií. Informace z půdních průzkumů však naznačují, že současné vlastnosti lesních půd jsou zejména z hlediska saturace bazickými prvky výrazně horší, než lesnická typologie předpokládá (Fiala et al. 2013, Šrámek et al. 2013). Vznik agregované databáze lesních půd umožnil vyhodnocení podstatné části cílových hospodářských souborů na dostatečném množství reálných dat o půdním chemismu, z něhož tato metodika vychází. Došlo tak k výraznému přehodnocení rizikovitosti odběru LTZ zejména v CHS 53, 55 a 45. Na druhou stranu je nutno přiznat, že tato metodika se opírá především o chemické vlastnosti lesních půd, nezahrnuje terénní dostupnost a reálnou využitelnost LTZ. Z tohoto důvodu hodnotí příznivěji CHS 19, 29 a 31, ve kterých je nižší riziko z hlediska bilance živin,

ale zároveň i nízký potenciál. Ve srovnání s analýzou ÚHÚL hodnotí tato metodika pouze na 7 % lesní porostní půdy odběr lesních těžebních zbytků jako mírné riziko a na 25 % jako střední riziko.

4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je využitelná pro vlastníky a správce lesních majetků při plánování obnovy porostů a rozhodování o využití lesních těžebních zbytků. Lze ji rovněž zohlednit pro konkrétní stanoviště při aktualizaci oblastních plánů rozvoje lesů.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Ekonomické aspekty využití této metodiky vyplývají z předpokládaného zvýšení efektivity využívání lesních těžebních zbytků při zachování principů trvalé udržitelnosti lesního hospodářství. Efekty jsou tedy nepřímé. Vlastníkům a správcům lesních majetků umožňují do značné míry kvantifikaci dlouhodobých rizik využívání těžebních zbytků na nevhodných stanovištích z hlediska ochuzení půdy o živiny a jejich porovnání s finanční náročností nápravných opatření – zejména dodáním živin formou hnojení či vápnění výsadeb i starších lesních porostů. Spíše než o okamžitý finanční efekt jde tedy o předcházení problémů s úrovní výživy lesních porostů, které by při uplatnění nevhodných hospodářských postupů v bližší či vzdálenější budoucnosti nastaly.

6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Binkley D.**, 1986: Forest nutrition Management. John Wiley & Sons, Inc. 290 s.
- Cools N., De Vos B.**, 2010: Sampling and Analysis of Soil. Manual Part X, 208 pp.
In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, ICP Forests, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1. [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>]
- Čechmánková J., Šrámek V., Sáňka M., Drábek O., Fadrhonsová V., Skála J.**, 2021: Porovnání metod pro stanovení přístupných a pseudototálních forem živin a prvků v lesních půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 66: 115–125
- Ferkl J.**, 2012: Posouzení využitelnosti těžebních zbytků pro energetické účely na území Ústeckého kraje. 32 s. (https://www.kr-ustecky.cz/assets/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1667790)
- Fiala P., Reininger D., Samek T., Němec P., Sušil P.**, 2013: Průzkum výživy lesa na území České republiky 1996–2011. Brno, ÚKZÚZ: 148 s.
- Fisher R., F. Binkley, D.**, 2000: Ecology and management of forest soils. John Wiley & Sons, Inc. 489 s.
- Hůnová I., Maznová J., Kurfürst, P.**, 2014: Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech forests. Environmental Pollution, 184: 668–675.
- Jonard M., Andre F., Dambrine E., Ponette Q., Ulrich E.**, 2009: Temporal trends in the foliar nutritional status of the French, Walloon and Luxembourg broad-leaved plots of forest monitoring. Annals of Forest Science, 66: 412 (2009).
- Kotas M., Vlkánová D.**, 2011: Využití technologií zpracování klestu ve vazbě na antropogenně narušené podmínky prostředí v oblasti Podkrkonoší. Proceedings of Central European Silviculture – 12th International Conference: 253–262.
- Kučera M., Adolt R., (eds.)** 2019: Národní inventarizace lesů v České republice. Výsledky druhého cyklu 2011-2015. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem: 439 s.
- Lomský B., Novotný R., Šrámek V.**, 2011: Změny ve výživě fosforem v mladých smrkových porostech. Zprávy lesnického výzkumu 56: 83-93.

- MPO**, 2014: Státní energetická koncepce České republiky. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 145 s. (<https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>)
- MZe**, 2012: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020. Ministerstvo zemědělství, 97 s., (http://eagri.cz/public/web/file/179051/APB_final_web.pdf).
- Níkl M., Pavloňová G.**, 2008: Analýza dostupnosti lesních těžebních zbytků pro energetické účely ve vazbě na přírodní podmínky, způsob hospodaření a ekonomiku celého procesu. Č. j. 30309/ENV/2008, 2027/610/2008 Ministerstvo životního prostředí / Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.
- Novotný R., Buriánek V., Šrámek V., Hůnova I., Skořepová I., Zapletal M., Lomský B.**, 2017: Nitrogen deposition and its impact on forest ecosystems in the Czech Republic - change in soil chemistry and ground vegetation. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 48–54.
- Novotný R., Fadrhonsová V., Šrámek V.**, 2020: Stav lesních půd, úroveň minerální výživy a vývoj zdravotního stavu smrkových mlazin v Orlických horách v období 2002–2018. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65: 175–189
- Prietzl J., Falk W., Reger B., Uhl E., Pretzsch H., Zimmermann L.**, 2020: Half a century of Scots pine forest ecosystem monitoring reveals long-term effects of atmospheric deposition and climate change. *Global Change Biology* 26: 5796–5815.
- Stupavský V.** (ed), 2009: Zpracování lesních těžebních zbytků. CZ Biom – České sdružení pro biomasu. 32 s. (https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Prirucka_zpracovani_lesnich_zbytku.pdf)
- Sverdrup H., Stjernquist I.**, (eds.), 2002: Developing principles and models for sustainable forestry in Sweden. Kluwer Academic Publishers: 480 s.
- Šrámek V., Novotný R., Fiala P., Neudertová Hellebrandová K., Reininger D., Samek T., Čihák T., Fadrhonsová V.**, 2014: Vápnění lesů v České republice. Ministerstvo zemědělství, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 91 s.
- Šrámek V., Vortelová L., Fadrhonsová V., Hellebrandová K.**, 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektu EU „BioSoil“. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 314–323.
- Talkner U., Meiwes K.J., Potočič N., Seletkovič I., Cools N., De Vos B., Rautio P.**, 2015: Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing Europe. *Annals of Forest Science*, 72: 919–928.

- ÚHÚL, 2009: Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Ministerstvo životního prostředí Č. j. 30692/ENV/2009; 2007/610/2009, 49 s. (http://www.uhul.cz/images/prehled_projektu/Analiza_LTZ_MZP_UHUL_2009.pdf)
- ÚHÚL, 2012: Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 39 s. (http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/2020/BIOMASA20_03.pdf)
- Vejpustková M., (ed.) 2019: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice v rámci programu ICP Forests a navazujících projektů. Data do roku 2018. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 92 s.

7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Borůvka L., Sánka M., Šrámek V., Čechmánková J., Čupr P., Drábek O., Fadrhonsová V., Fraňková A., Hofman J., Horváthová V., Houška J., Rotter P., Sánka O., Skála J., Slavíková Amemori A., Novotný R., Šindelářová L., Šudoma M., Tejnecký V., Vácha R. Vašíčková J., Jurkovská L., 2015: Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 5/2015, 58 s.
- Novotný R., Buriánek V., Šrámek V., Hůnova I., Skořepová I., Zapletal M., Lomský B., 2017: Nitrogen deposition and its impact on forest ecosystems in the Czech Republic - change in soil chemistry and ground vegetation. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 10: 48–54.
- Novotný R., Lomský B., Šrámek V., 2017: Changes in the nutrition and health status of young Norway spruce stands in the Krkonoše Mts. in a 17-year period. *Journal of Forest Science*, 63: 344–354.

- Novotný R., Lomský B., Šrámek V., 2018:** Changes in the phosphorus and nitrogen status and supply in the young spruce stands in the Lužické, the Jizerské and the Orlické Mts. in the Czech Republic during the 2004–2014 period. *European Journal of Forest Research* 137: 879–894.
- Novotný R., Šrámek V., Menšík L., 2012:** Drcení těžebních zbytků – vhodný způsob udržení živin v lesním ekosystému. *Lesnická práce*, 91: 637–639.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., 2018:** Srovnání obsahů a zásob prvků v humusové vrstvě porostů buku lesního, smrku ztepilého a ve smíšených porostech těchto dřevin v České republice. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63: 61–72.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Jurkovská L., 2014:** Metodika výběru ploch pro vápnění lesních půd. *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 7/2014*, 32s.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Neudertová Hellebrandová, K., 2019:** Nutrition of Douglas-fir in four different regions of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 65: 1–8.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Novotný R., 2018:** Udržitelnost lesního hospodářství z hlediska bilance živin na příkladu Žďárských vrchů. In: Bednář P. (ed.) *Demonstrační objekty nepasečného hospodaření. Sborník příspěvků ze semináře*. 31–35.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Novotný R., 2019:** Nakládání s těžebními zbytky v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, 98: 834–837.
- Šrámek V., Jurkovská L., V. Fadrhonsová V., Hellebrandová-Neudertová K., 2013:** Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií - výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů EU „BioSoil“. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 314–323.
- 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., Lubojacký J., 2015:** Průzkum výživy žlutnoucích smrkových porostů na Opavsku a Šternbersku. *Lesnická práce*, 94: 816–817.
- Vejpustková M., Čihák T., Šrámek V., 2017:** Kvantifikace nadzemní biomasy smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst). *Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 3/2017*, 28 s.
- Vejpustková M., Zahradník D., Čihák T., Šrámek V., 2015:** Models for predicting aboveground biomass of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 61: 45–54.

8 OPONENTI

prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Václav Tomášek, Ministerstvo zemědělství

9 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení projektu TH02030659 "Postupy lesnického hospodaření v lesích vyšších poloh pro zajištění udržitelné bilance živin, sekvestrace uhlíku a udržení organické hmoty v lesních půdách".

RECOMMENDED METHODS FOR UTILIZING OF LOGGING RESIDUES IN PRODUCTIVE FOREST STANDS FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABILITY OF MAIN NUTRIENTS SUPPLY

Summary

Increasing demand on use of logging residues in energy production has led to intensifying export of biomass from forest ecosystems since 2005. Logging residues removal has not been so far limited by any legal measure in the Czech Republic. In spite of economic benefit for forest owners it may constitute serious risk for ecosystem nutrient balance because of pronouncedly high nutrient contents in bark, branches and especially foliage comparing to stem wood. Presented results shows data on nutrient content in N. spruce biomass, soil and foliage chemistry and from the Kinský Žďár, a.s. forest property in Žďárské vrchy hills, eastern Bohemia (chapter 2.1 – 2.2). The investigated area can be described by longitude of ca 49,6°N, altitude 500–800 m, mainly acidic soils often temporarily or permanently waterlogged covered mainly by Norway spruce forests. **Fig. 1** shows stock of individual nutrients in stem (*kmen*), branches (*větve*) and foliage (*jehličí*) in spruce stands according to mean DBH. **Fig. 2** presents linear models for nutrient stock in individual trees chosen for thinning according to their stem volume for stem wood (*kmen dřeva*) stem bark (*kmen kůra*), branches (*větve*) and foliage (*jehličí*). This data are summarized in **Tab. 1** according to the age classes (*věkový stupeň*) from a.c. 3 (30-year-old trees) to a.c. 7 (70-year-old trees). Using the mean thinning volume in the area for individual age classes in last 10 years (**Fig. 3**) we were able to calculate rough potential nutrient removals in harvested biomass during the rotation period for stem wood (*dřevo kmene*), stem bark (*kůra kmene*) and logging residues (*nehroubí*), which is presented in **Fig. 4**.

For soil and foliage sampling the regular network of plots in 0.8 × 0.8 km was established in the area of interest (**Fig. 5**). Soil samples were taken and analysed according to the ICP Forest methodology (Cools, De Vos 2010). There is a share of samples identifying strong deficiency of particular nutrient for individual soil depth and soil edaphic category presented in **Tab. 2**. Edaphic categories were described as acidic (K+I), partly waterlogged (P), fresh (S) and peat (R); number of samples in this categories is stated as “*počet vzorků*”. Analysed soils are considerably poor in phosphorus, calcium and magnesium, which is illustrated also in the **Fig. 6**. Result of foliage analyses for current year (1 l) and one-year-old (2 l) spruce

(SM) and Scotch pine (BO) needles at individual plots are presented in **Tab. 3**. Particularly low contents of phosphorus, zinc, nitrogen and magnesium were found at some sites. These results from the evaluated area suggest that enhanced removal of nutrients by using logging residues represents serious risk of successive soil degradation for forest soils comparing to traditional harvest of stems only.

Chapter 2.3. uses the data from Aggregated Forest Soil Database containing soil chemistry data from different types of soil surveys in the Czech Republic to describe the nutrient contents in different “Target Management Units” (CHS) – categories used to plan forestry operation according to forest typology. Criterion for splitting main nutrient contents and base saturation into categories with very low (*velmi nízký*); low (*nízký*); middle (*střední*); good (*dobrý*) and very good (*velmi dobrý*) content is given in **Tab. 4**. The relative share of samples in these categories for individual CHS is presented on pages 22–43 including total area of CHS in ha and evaluated number of samples for mineral layers depths of 0–30 cm and 30–80 cm (number of samples differs for individual parameters so the span between minimal and maximal number is stated).

Short CHS description:

CHS 13 – Native Scotch pine sites (lower altitudes)

CHS 19 – Floodplain forest sites

CHS 21 – Exposed sites of lower altitudes

CHS 23 – Acidic sites of lower altitudes

CHS 25 – Nutrient rich sites of lower altitudes

CHS 27 – Gleyic sites of lower and middle altitudes

CHS 29 – Alnus sites on waterlogged soils

CHS 39 – Poor waterlogged sites of lower to higher altitudes

CHS 41 – Exposed sites of middle altitudes

CHS 43 – Acidic sites of middle altitudes

CHS 45 – Nutrient rich sites of middle altitudes

CHS 47 – Gleyic sites of middle altitudes

CHS 51 – Exposed sites of higher altitudes

CHS 53 – Acidic sites of higher altitudes

CHS 55 – Nutrient rich sites of higher altitudes

CHS 57 – Gleyic sites of higher altitudes

CHS 59 – Waterlogged sites of higher altitudes

CHS 71 – Exposed sites of mountain altitudes

CHS 73 – Acidic sites of mountain altitudes

CHS 75 – Nutrient rich sites of mountain altitudes

CHS 77 – Gleyic sites of mountain altitudes

CHS 79 – Waterlogged sites of mountain altitudes

The following analysis in chapter 2.4 splits individual CHS into categories (**Tab. 5**) where removal of logging residues represents **i**) low risk (*mírné riziko*); **ii**) medium risk (*střední riziko*); **iii**) high risk (*vysoké riziko*) to nutrient sustainability in the forest ecosystem and where it could be characterized as **iv**) inappropriate (*nevhodné*). In this chapter also other aspects of managing residues are shortly discussed as Technological Criteria (too much residues can complicate forest regeneration – planting and protection of new trees) and Economic Criteria (immediate profit can be in some cases highly important for forest owners – especially during current bark beetle calamity). Recommendation are presented to forest owners, e.g:

- To use the logging residues only in CHS with low risk according to **Tab. 5**;
- To prefer shelterwood felling to reduce the amount of forest residues
- To chop forest residues and use the soil milling cutter for their distribution
- If needed to remove just appropriate part of logging residues
- If needed to supply nutrients by the appropriate form of liming/fertilizing/wooden ash distribution
- In any case to remove the logging residues without foliage

To state forest administration:

- To ensure regular, harmonized and systematic monitoring of forest soil properties
- To continue in supporting advancing services for forest owners
- To support management of logging residues *in situ* (chopping, soil milling etc.)
- To support the possibility for using proper form of wooden ash in productive forest stands
- In justified cases to support fertilizing and liming of forest soils.

FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA



Odběry vzorků povrchového humusu v LP Kinský Žďár, a.s. (Vít Šrámek)



Odběry vzorků pro stanovení biomasy vzorníkových stromů (Věra Fadrhonsová)



Odběry vzorků pro stanovení biomasy vzorníkových stromů (Věra Fadrhonsová)



Odběry vzorků pro stanovení biomasy vzorníkových stromů (Věra Fadrhonsová)



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

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 3/2021