

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Oddělení půdy a lesnictví

Central Institute for Supervising
and Testing in Agriculture
ISO 9001 certified



**Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého
vápnění v Krušných horách
„Hora Sv. Kateřiny D“
pět let po vápnění**

dle specifikace činností č.j.: 22304/2020-MZE-16212, spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního
hospodářství provádí ÚKZÚZ Brno

Závěrečná zpráva

Zpracovali: Dr. Ing. Přemysl Fiala
Ing. Dušan Reininger, Ph.D.
Ing. Tomáš Svoboda

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Metodika.....	6
3. Údaje o vzorkovaných porostech	7
3.1. Popis stanovišť	7
3.2. Mocnosti vzorkovaných horizontů.....	9
4. Výsledky.....	10
4.1. Půdní prostředí	10
4.2. Chemismus asimilačních pletiv	14
4.2.1. Smrk ztepilý	14
4.2.2. Bříza bělokorá	16
5. Závěr.....	18
6. Literatura	19
7. Přílohy	20
7.1. Popisné statistiky.....	20
7.1.1. Nadložní organický horizont	20
7.1.2. Horizont organominerální	22
7.1.3. Horizont minerální	25
7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	28
7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku.....	30
7.1.6. Bříza bělokorá – listy	32
7.2. Grafy.....	34
7.2.1. Nadložní humus.....	34
7.2.2. Vápník	35
7.2.3. Hořčík.....	39
7.3. Kartogramy.....	43
7.3.1. Nadložní humus.....	43
7.3.2. Vápník	44
7.3.3. Hořčík.....	48

1. Úvod

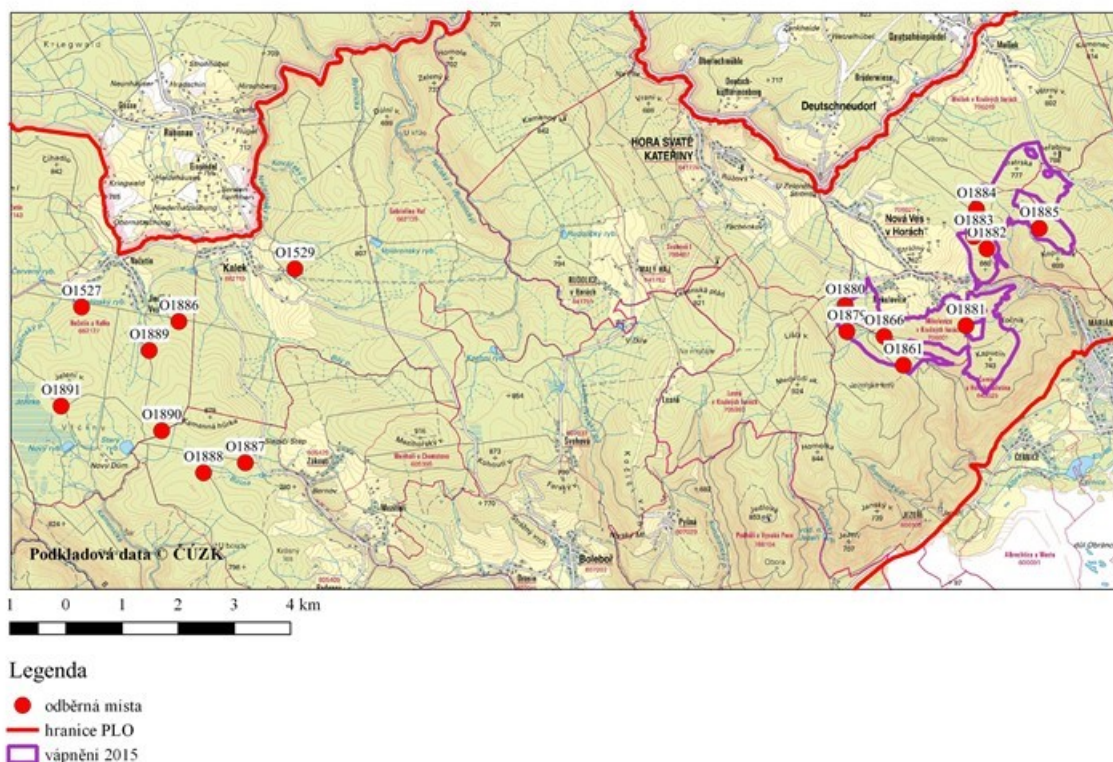
Kontrola účinnosti vápnění v lokalitě Hora Svaté Kateřiny D navazuje na předešlá šetření z let 2015 a 2017. Na vápněných místech byla v roce vápnění (2015) provedena kontrola kvality leteckého vápnění – rozmetání dolomitického vápence a byl proveden odběr a chemické kontrolní rozborů dolomitického vápence z manipulační skládky v Nové Vsi v Horách.

Při leteckém poprašování byl zachycen v instalovaných nádobách dolomitický vápenec dopadající pod koruny stromů na půdní povrch. Přepočtem na plochu jednoho hektaru byla zjištěna na pěti místech průměrná dávka dopadeného vápence menší než $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, na dvou místech průměrná dávka od $1,1$ do $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, na jednom místě průměrná dávka $2,1 - 3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a na jednom místě průměrná dávka více než $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Fiala a kol., 2016).

V lokalitě Hora Sv. Kateřiny proběhlo v roce 2020 šetření účinnosti vápnění na devíti odběrných místech ve vápněných porostech. Výsledky chemických analýz se porovnávají s výsledky rozborů z kontrolních porostů, kde proběhlo poslední šetření v roce 2019 na osmi odběrných místech.

Vápnění proběhlo v této lokalitě opakovaně. Porosty na OM 01861, 01866, 01879, 01881, 01882, 01883, 01884 a 01885 byly povápněny už v roce 2002. Také v porostech, ve kterých se odebíraly kontrolní vzorky, proběhlo v minulosti vápnění a to v roce 2000 na OM 01886, 01887, 01888, 01889 a 01890, OM 01886 bylo povápněno i v roce 2002.

Obr. 1: Umístění odběrných míst (OM)



2. Metodika

- Odběr půdních vzorků a vzorků asimilačních orgánů, skladování a předávání vzorků bylo provedeno podle zásad zakotvených v příslušném metodickém pokynu, který je součástí řízené dokumentace ÚKZÚZ.
- Vzorky byly analyzovány v laboratořích NRL ÚKZÚZ.
- Ke statistickému zpracování byl použit software Microsoft Excel, software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software system), version 12 a software Surfer 17, <http://www.goldensoftware.com/>.
- Pro hodnocení statisticky významných rozdílů mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 1.

Tab. 1. Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2015	2017	2020	2015	2017	2019
Porost	Vápněný	2015		Ano	Ano	Ano		
		2017	Ano		Ano		Ano	
		2020	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2015	Ano				Ano	Ano
		2017		Ano		Ano		Ano
		2019			Ano	Ano	Ano	

3. Údaje o vzorkovaných porostech

3.1. Popis stanovišť

Tab. 2: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Por.sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01861	Lesy Jezeří, k.s.	407B _{4/2}	br92, bk8	38	5S6	7547
01866	Lesy Jezeří, k.s.	406B ₄	br68, jr4, sm18	40	5K1	7524
01879	Lesy Jezeří, k.s.	407A _{4a/2a}	bk36, jr36, br20, db8	38	5S1	7547
01880	Lesy Jezeří, k.s.	406A ₄	br74, jr13, bk13	37	6K4	7524
01881	Lesy Jezeří, k.s.	450B ₅	jr92, bk4, br4	44	5S6	7524
01882	Royal Pine s.r.o.	456A ₄	br100, bk+, dbz+	34	5S6	7544
01883	Royal Pine s.r.o.	456A ₅	jr72, bk20, br8	53	6S4	7544
01884	Royal Pine s.r.o.	461A _{6/4/3}	br72, smp28	55	7K3	7724
01885	Royal Pine s.r.o.	462C ₆	br64, sm29, bk7	55	6K1	7526
Kontrolní	Vlastník		Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01527	Arcibiskupství pražské	79A _{3/1p}	br100	27	7K3	7724
01529	LS Klášterec	51B _{3/1/p}	br100	26	7K3	7724
01886	Arcibiskupství pražské	77B _{4/1p}	br100, smo+	33/9	6K4	7724
01887	Arcibiskupství pražské	104C _{4a}	br67, smo33	37	7K3	7724
01888	Arcibiskupství pražské	103E _{4a}	br100, sm+	35	7K3	7721
01889	Arcibiskupství pražské	77A _{3g}	br100/sm100	27	7K3	7724
01890	Arcibiskupství pražské	92A _{3a}	br 100	25	7K3	7724
01891	Arcibiskupství pražské	95E ₃	br90, sm10	25	7K3	14

Tab. 3: Popis půdního prostření šetřených stanovišť

vápněná	nadloží horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01861	Různě mocný, sytký, přechod hladký.	Hnědá, silně humózní, místy šedá, redukční hor., hP, hrudkovitá, sytká.	Světle hnědá, krupnatá - hrudkovitá, hP.
01866	Variabilní mocnost, prokořeněná, sytká, přechod hladký.	Růžová, místy vybělená, shora humózní, pH, krupnatá, sytká.	Rezivá, pH, krupnatá - drobtovitá, soudržná.
01879	Na světlinách méně, jinde až 12 cm, dominuje H, přechod ostrý.	Silně humózní, E hor., rH, drobtovitá, drobitá.	Narůžovělá - rezivá, hJ, hrubě kostkovitá, soudržná.
01880	Převládá H, moder, filcovitý, drn, prokořeněný, přechod hladký.	Žlutavá, shora mírně humózní, mocnost proměnlivá, rH, drobtovitá, drobitá.	Rezavě žlutá, pH, hrudkovitá - kostkovitá, soudržná.
01881	Místy jen F, jinde dominuje H, přechod hladký.	Kávově hnědá, shora silně humózní, hR, krupnatá, drobtovitá, drobitá.	Rezivě hnědá, dole rezivá, pH, hrudkovitá, sytká - soudržná.
01882	H silně prokořeněný, sytký, přechod hladký.	Tmavě hnědá, shora silně humózní, vespod vysvětlená, H, krupnatá, sytká.	Hnědá vespod narezavělá, pH, hrudkovitá, drobitá.
01883	Dominuje H, krémovitý, přechod ostrý.	Kávově hnědá, místy silně humózní, shora místy vybělená, krupnatá, drobitá, pH.	Rezivá, hrudkovitá, sytká - drobitá, jH.
01884	Proměnlivý mor, dominuje H, filcovitý, přechod ostrý.	Kávově hnědá, humózní, přechod do oranžové, H, hrudkovitá, kyprá.	Žlutavě hnědá, jH, hrudkovitá, drobitá - soudržná.
01885	Dominuje H, prorostlý, přechod hladký.	Hnědá dospodu žlutavá, krupnatá sytká, pH.	Skořicově hnědá, jpH, krupnatá, hrudkovitá, sytká, místy kyprá.
kontrolní	nadloží horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01527	Moder, filcovitý, prorostlý, přechod ostrý	Hnědá - šedá, pH, drobtovitá, drobitá.	Rezivá - šedá, jH, hranolovitá, soudržná - vazká.
01529	Filcovitý, prokořeněný, místy nevyvinutý, místy dominuje H.	Kávově hnědá, středně humózní, R, krupnatá - drobtovitá, drobitá.	Převládá šedý redukční hor, místy rezivá, jH, soudržná - vazká.
01886	Převládá mulová forma, travnatý drn, dominuje H	Hnědá, vespod žlutavá, shora humózní, hP, hrudkovitá, drobitá	Rezivá, jH, středně hranolovitá, soudržná
01887	Místy nevyvinut, převládá H	Tmavě hnědá, místy vybělená, krupnatá, sytká, hP, mírně vlhká	Hnědá, dospod rezivá, hP, kyprá, drobitá
01888	Mor pouze na dvou místech, jinde slabý F	Shora humózní, hnědá, dole vysvětlená, rH, hrudkovitá až hranolovitá, soudržná	Žlutavá, místy rezivá, hranolovitá, jH
01889	Mull, pouze na dvou místech moder, silně prokořeněný, přechod hladký.	Místy silně humózní, tmavě hnědá, krupnatá, sytká, místy hranolovitá, soudržná, rH.	Rezivá, místy oglejená, hrubě hranolovitá, soudržná, jH.
01890	Mullová forma, místy jen F.	Hnědá, shora silně humózní, dole vysvětlená, krupnatá, drobtovitá, sytký, pH, shora silně prokořeněná.	Částečně eluviální, rezivá, jH, hrubě hranolovitá, soudržná, vazká.
01891	Filcovitý, prokořeněný, přechod ostrý.	Málo vyvinutý, hnědá, skořicová, H, drobtovitá, drobitá.	Skořicově hnědá, hranolovitá, jH, soudržná.

Pro znitost použity půdoznalecké zkratky

3.2. Mocnosti vzorkovaných horizontů

Vzorkování nadložního organického horizontu není v opakovaných odběrech významně rozdílné. Na vápněných stanovištích jsou v roce 2020 zjištěny podobné mocnosti vzorkovaných horizontů (Tab. 4). Pro kontrolní stanoviště jsou použita kontrolní místa založená v letech 2015. Jsou zde zjištěny poněkud nižší hodnoty mocností vzorkovaných horizontů na konci sledovaného období. Poněkud vyšší jsou mocnosti organominerálních a minerálních horizontů na vápněných stanovištích a naopak nižší na plochách kontrolních.

Tab. 4: Hodnocení shody mocností vzorkovaných horizontů

	Vápněná stanoviště					
	Nadložní organický		organominerální		minerální	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020
01861	9	8	9	16	11	13
01866	8	9	5	9	15	17
01879	11	8	11	8	9	15
01880	7	10	6	10	14	14
01881	5	7	8	11	12	10
01882	5	10	10	10	10	13
01883	12	12	16	16	4	9
01884	8	8	10	6	10	18
01885	8	8	8	9	12	8
průměr	8,1	8,9	9,2	10,6	10,8	13,0
	Kontrolní stanoviště					
	Nadložní organický		organominerální		minerální	
	2015	2019	2015	2019	2015	2019
01527	6	7	18	12	19	11
01529	8	8	18	12	19	9
01886	18	3	9	10	25	10
01887	7	7	14	7	6	9
01888	7	5	8	10	12	15
01889	4	4	25	16	26	10
01890	4	5	8	9	12	10
01891	3	6	8	8	12	14
průměr	7,1	5,6	13,5	10,5	16,4	11,0

4. Výsledky

4.1. Půdní prostředí

Šetření množství nadložního organického materiálu ukázalo na rozdíly v množství v jednotlivých letech. Na vápněných stanovištích bylo v roce 2015 (před vápněním) zjištěno významně menší množství než tomu bylo v letech následujících (Tab. 5). Na kontrolních stanovištích se množství tohoto materiálu významně nemění. Poměr C/N je v roce 2020 významně vyšší ($16,5_{2020} > 12,6_{2015}$). Hodnota N_{tot} je přibližně stejná ($1,24_{2020} \sim 1,28_{2015}$) a je zjištěno vyšší zastoupení spalitelného uhlíku (C_{ox}) ($20,5_{2020} > 15,7_{2015}$). Může se jednat o dočasný útlum mikrobiální činnosti na vápněných plochách. Případně to může být důsledek zvýšení množství opadu díky vyšší produkci, při vyšší hodnotě pH po vápnění. S útlumem mikrobiální činnosti souvisí i nižší hodnoty C_{ox} v minerální fázi půdních profilů.

Tab. 5: Spalitelný uhlík (C_{ox}) a celkový dusík (N_{tot})
(plochy vápněné v roce 2015)

Srovnání – opakovaný odběr												
Horizont	nadložní materiál (t/ha)			C_{ox} (%)			N_{tot} (%)			C/N		
	2015	2017	2020	2015	2017	2020	2015	2017	2020	2015	2017	2020
nadložní organický	134	163	176	15,7	23,9	20,5	1,28	1,36	1,24	12,6	17,4	16,5
organominerální				5,54	5,17	3,84	0,24	0,33	0,22	23,5	15,6	17,3
minerální				3,38	3,67	2,69	0,14	0,24	0,16	25,5	15,0	17,0

Tab. 6: Spalitelný uhlík (C_{ox}) a celkový dusík (N_{tot})
(kontrolní plochy)

Srovnání – opakovaný odběr												
Horizont	nadložní materiál (t/ha)			C_{ox} (%)			N_{tot} (%)			C/N		
	2015	2017	2019	2015	2017	2019	2015	2017	2019	2015	2017	2019
nadložní organický	106	103	102	14,2	20,2	17,6	1,00	1,15	1,10	14,4	17,4	16,0
organominerální				5,11	5,08	4,34	0,20	0,35	0,27	28,4	14,7	15,9
minerální				3,71	3,38	3,41	0,10	0,24	0,22	53,5	14,3	15,0

Tab. 7: Nadložní organický horizont - srovnání stanovišť (průměrné hodnoty)

Nadložní organický horizont						
	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
pH_{CaCl_2}	3,98	4,20	4,00	3,59	3,64	3,70
pH_{H_2O}	4,60	4,87	4,81	4,26	4,41	4,46
P_{dus} [mg/kg]	1011	994	975	736	826	836
Ca_{dus} [mg/kg]	3663	5233	5148	1676	1850	1895
K_{dus} [mg/kg]	1158	1311	1278	1361	1421	1369
Mg_{dus} [mg/kg]	1315	2298	2153	788	886	909
Mn_{dus} [mg/kg]	231	245	253	186	252	252

Významně vyšší hodnoty **chemické půdní reakce aktivní** jsou zjištěny po dvou a pěti letech od vápnění na vápněných stanovištích (Tab. 7). Dočasné zvýšení se projevilo i v hodnotě reakce výměnné v roce 2017. Po pěti letech od vápnění je tato hodnota podobná hodnotě před vápněním. V nadložních organických horizontech je zvýšení hodnoty pH_{H_2O} zjištěno i na plochách kontrolních. Tyto dva důvody poněkud snižují význam vlivu vápnění na chemickou půdní reakci. Ten se významně neprojevuje ani v organominerálních a minerálních horizontech.

Tab. 8: Organominerální horizont - srovnání stanovišť (průměrné hodnoty)

Organominerální horizont						
	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
pH _{CaCl2}	3,58	3,61	3,47	3,68	3,70	3,64
pH _{H2O}	4,24	4,47	4,60	4,38	4,53	4,46
P _{dus} [mg/kg]	158	161	156	178	167	163
Ca _{dus} [mg/kg]	370	757	346	558	676	585
Mg _{dus} [mg/kg]	380	552	339	144	177	198
K _{dus} [mg/kg]	172	150	129	102	122	110
P _{MIII} [mg/kg]	--	--	9,34	11,2	14,7	--
Ca _{MIII} [mg/kg]	319	526	271	501	502	452
Mg _{MIII} [mg/kg]	131	207	128	63,2	73,7	76,2
K _{MIII} [mg/kg]	79,1	86,9	71,0	52,2	79,9	57,3
Ca _{VYM} [mekv./kg]	17,1	32,1	15,5	26,0	29,1	23,7
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10,4	18,3	10,6	4,86	6,54	6,29
K _{VYM} [mekv./kg]	1,79	1,80	1,48	1,30	1,71	1,21
CEC [mekv./kg]	108	121	103	93,4	90,6	88,4
BS [%]	26,8	42,5	27,0	30,9	38,2	35,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Tab. 9: Minerální horizont - srovnání stanovišť (průměrné hodnoty)

Minerální horizont						
	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
pH _{CaCl2}	3,68	3,66	3,69	3,84	3,90	3,78
pH _{H2O}	4,39	4,50	4,37	4,50	4,68	4,54
P _{dus} [mg/kg]	164	165	180	223	201	223
Ca _{dus} [mg/kg]	212	345	240	234	331	380
Mg _{dus} [mg/kg]	465	441	433	196	196	212
K _{dus} [mg/kg]	177	145	130	102	97,7	105
P _{MIII} [mg/kg]	--	--	--	--	--	7,28
Ca _{MIII} [mg/kg]	145	212	143	208	--	290
Mg _{MIII} [mg/kg]	68,9	91,9	80,7	30,3	45,5	39,8
K _{MIII} [mg/kg]	51,7	64,5	54,1	36,3	53,7	49,4
Ca _{VYM} [mekv./kg]	7,87	11,8	8,41	10,7	14,4	14,9
Mg _{VYM} [mekv./kg]	5,10	7,44	6,50	2,29	3,78	3,10
K _{VYM} [mekv./kg]	1,18	1,31	1,03	0,97	1,09	0,96
CEC [mekv./kg]	86,8	86,3	86,1	75,3	71,8	80,1
BS [%]	17,1	24,5	19,3	17,9	26,6	23,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Pozitivním účinkem vápnění jsou významně vyšší obsahy extrahovatelného **vápníku** (Ca_{dus}) ve všech horizontech po dvou letech po vápnění na vápněných plochách. Po pěti letech po vápnění je stále významně vyšší hodnota v nadložních horizontech, zatímco v horizontech organominerálních a minerálních už je hodnota významně nižší vzhledem k roku 2017. Po pěti letech od vápnění je zde zaznamenán opětovný úbytek vápníku i přesto, že v nadložních organických horizontech je ještě zásoba vápněním dodaného dolomitického vápence.

Obsah přístupné formy vápníku (Ca_{MIII}) je v organominerálních horizontech po dvou letech od vápnění významně vyšší než před vápněním a po pěti letech se významně snižuje až k hodnotě před vápněním. Na plochách kontrolních jsou v organominerálních a minerálních

horizontech hodnoty přístupné formy vápníku po celou dobu sledování stabilní. Podobný je průběh v sycení sorpčního komplexu kationtem Ca^{2+} (Ca_{VYM}).

Obsahy extrahovatelného **hořčíku** jsou v nadložním organickém horizontu významně vyšší po dvou i pěti letech od vápnění. Srovnáním s hodnotami na kontrolních místech se zde potvrzuje kladný účinek vápnění. V horizontech organominerálních je významné zvýšení extrahovatelného hořčíku zjištěno pouze po dvou letech od vápnění a na konci sledovaného období je hodnota opět na původní úrovni podobně jako před vápněním. V minerálních horizontech není podle zjištěných obsahů zaznamenán vliv dodaného dolomitického vápence. V porovnání s plochami kontrolními jsou zde obsahy extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) významně vyšší.

Podobný je průběh změn obsahů přístupné (Mg_{MIII}) i výměnné (Mg_{VYM}) formy hořčíku v organominerálních horizontech (Tab. 8). V horizontech minerálních je vliv vápnění na vápněných plochách patrný dle významně vyšší hodnoty přístupného hořčíku (Mg_{MIII}) ve dvou letech po vápnění. Následně se tato hodnota snižuje. Sycení sorpčního komplexu je v organominerálních horizontech významně vyšší po dvou letech od vápnění a po pěti letech se snižuje na původní hodnotu. Následně postupují výměnné kationty Mg^{2+} do spodních minerálních horizontů, kde je sycení sorpčního komplexu významně vyšší po celou dobu pozorování. Na plochách kontrolních jsou obsahy přístupného i výměnného hořčíku významně nižší.

Obsahy extrahovatelného **draslíku** (K_{dus}) nedoznávají významných změn v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních stanovišť (Tab. 7). V horizontech organominerálních na vápněných stanovištích jsou obsahy extrahovatelného draslíku (K_{dus}) nižší po dvou a významně nižší po pěti letech od vápnění. V minerálních horizontech je jejich hodnota významně nižší po dvou i pěti letech od vápnění.

Přístupný draslík (K_{MIII}) je v organominerálních horizontech vápněných ploch bez významných změn. V horizontech minerálních je významně vyšší ve dvou letech od vápnění a následně se snižuje na původní hodnotu. Na plochách kontrolních je významnější kolísání způsobené vysokou průměrnou hodnotou obsahů v roce 2017, zaznamenané v organominerálních i minerálních horizontech. Vápnění neovlivnilo negativně přístupnost draslíku v půdním prostředí. To je potvrzeno stabilními obsahy draslíku v jehlicích smrku na vápněných stanovištích.

Sycení půdního sorpčního komplexu kationtem K^{+} významně kleslo v organominerálních horizontech vápněných stanovišť v porovnání se situací před vápněním (Tab. 8). V minerálních horizontech vápněných porostů jeho obsah kolísá kolem původního obsahu v roce 2015 (Tab. 9).

Extrahovatelné obsahy **fosforu** (P_{dus}) jsou v nadložních organických horizontech vápněných ploch vyšší než na plochách kontrolních (Tab. 7). Vápnění se na jejich obsazích neprojevuje. V organominerálních i minerálních horizontech jsou tyto obsahy (P_{dus}) po dobu šetření stabilní (Tab. 8). Obsahy přístupné formy fosforu (P_{MIII}) jsou nízké na srovnávaných stanovištích a nejsou zjištěny souvislosti s vápněním.

Extrahovatelný **hliník** (Al_{dus}) byl poněkud vyšší po dvou letech od vápnění na vápněných i kontrolních plochách v organominerálních horizontech. Jeho přístupná forma (Al_{MIII}) je na plochách vápněných významně vyšší po dvou letech od vápnění v těchto horizontech, ovšem sycení sorpčního komplexu kationtem Al^{3+} je významně nižší po dvou letech od vápnění

a následně se zvyšuje na původní hodnotu. V minerálních horizontech vápněných ploch je extrahovatelný (Al_{dus}) i přístupný (Al_{MIII}) obsah hliníku beze změn a průběh sycení sorpčního komplexu je stejný jako v horizontech organominerálních.

Podobně jako v případě hliníku se u **železa** projeví významné změny v jeho výměnné formě, a to pouze v organominerálních horizontech. Významné a trvalé snížení sycení půdního sorpčního komplexu kationtem Fe^{3+} je ovšem zjištěno na vápněných i kontrolních plochách, takže je nebereme jako přímý účinek vápnění. V minerálních horizontech jsou na plochách kontrolních i vápněných významně vyšší obsahy extrahovatelné formy (Fe_{dus}) ve srovnání s rokem 2017. Návaznost na vápnění je zde neopodstatněná.

Bor je prvkem, který může být významně ovlivněn vápněním lesa. Snížení jeho zásoby se projevilo v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních stanovišť. V organominerálních a minerálních horizontech jsou zjištěny nízké obsahy přístupného boru (B_{MIII}) na srovnávaných plochách bez návaznosti na vápnění.

Za minimální podíl Ca^{2+}/Al^{3+} v sorpčním komplexu, do jehož výše je nepravděpodobná Al -toxicita, považuje Bonneau (BONNEAU, 1992) hodnotu 0,15 pro horizonty organominerální a 0,05 pro horizonty minerální a pro poměr Mg^{2+}/Al^{3+} minimální podíl 0,04 pro horizonty organominerální a 0,01 pro horizonty minerální (Tab. 10).

Tab. 10: Výměnné kationty v organominerálním a minerálním horizontu (průměrné hodnoty)

Horizont	organominerální		minerální	
stanoviště	Kontrolní (2019)	Vápněná (2020)	Kontrolní (2019)	Vápněná (2020)
Ca^{2+} (mekv./kg)	23,7	15,5	14,9	8,41
Mg^{2+} (mekv./kg)	6,29	10,6	3,10	6,50
Al^{3+} (mekv./kg)	48,9	66,9	53,8	65,5
Ca^{2+}/Al^{3+}	1,50 (0,15)	0,24 (0,15)	0,47 (0,05)	0,14 (0,05)
Mg^{2+}/Al^{3+}	0,28 (0,04)	0,16 (0,04)	0,08 (0,01)	0,11 (0,01)

Hodnoty poměrů jsou v organominerálních i v minerálních horizontech vyšší než limitní na vápněných i na kontrolních plochách. Na vápněných plochách jsou tyto podíly nižší než na kontrolních s výjimkou podílu Mg^{2+}/Al^{3+} v minerálních horizontech, kde je na plochách vápněných stanovišť vyšší sycení sorpčního komplexu kationtem Mg^{2+} .

Tab. 11: Hodnocení BS v organominerálním a minerálním horizontu (mediány)

Horizont	organominerální		minerální	
stanoviště	Kontrolní (2019)	Vápněná (2020)	Kontrolní (2019)	Vápněná (2020)
BS (mekv./kg)	21,3	26,7	11,0	15,0
$(Al + H) = Al_t$ (mekv./kg)	58,3	76,6	66,6	71,6
BS/Al_t	0,36 (0,20)	0,37 (0,20)	0,15 (0,20)	0,21 (0,20)

Výpočet podle podílu součtu kationtů a titrační acidity Al_t .

Podle Collignona (2012) ukazuje poměr $(K+Mg+Ca)/Al_t > 0,2$ na nízké riziko hliníkové toxicity (Tab. 11). Na vápněných i kontrolních plochách je toto kritérium překročeno, kromě minerálních horizontů na kontrolních plochách. Na plochách vápněných je pravděpodobnost

toxicity hliníku poněkud nižší. Doplnění sorpčního komplexu bazickými kationty je prozatím nedostatečné. Je otázkou, jak se bude sycení sorpčního komplexu vyvíjet ve druhé polovině decenia po vápnění.

4.2. Chemizmus asimilačních pletiv

4.2.1. Smrk ztepilý

Úroveň výživy **dusíkem**, podle obsahů v jehlicích běžného roku, je na vyhovující úrovni po celou dobu pozorování a je stabilní (Tab. 12). Významné snížení obsahu dusíku je zjištěno na kontrolních plochách, kde byly analyzovány vysoké obsahy před vápněním v roce 2015. Významné kolísání je zjištěno v jehlicích předchozího roku (Tab. 13), které zřejmě souvisí s vysokými obsahy v době před vápněním na obou typech stanovišť.

Tab. 12. Smrk ztepilý - jehlice běžného roku (průměrný obsah)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
N [%]	1,48	1,35	1,41	1,56	1,29	1,28
P [mg/kg]	1753	1770	1821	1896	1756	1678
Ca [mg/kg]	4109	3175	3863	3669	2670	2318
Mg [mg/kg]	881	840	1031	965	854	755
K [mg/kg]	6343	6965	6960	6170	6466	5810
S [mg/kg]	1007	931	898	1096	869	894
Mn [mg/kg]	293	180	213	376	290	233

Tab. 13. Smrk ztepilý - jehlice předchozího roku (průměrný obsah)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
N [%]	1,41	1,29	1,35	1,42	1,29	1,23
P [mg/kg]	1201	1153	1069	1424	1198	1056
Ca [mg/kg]	7221	6035	6000	5930	5016	4425
Mg [mg/kg]	939	911	1044	997	871	618
K [mg/kg]	4518	4564	4056	4934	4444	3720
S [mg/kg]	1036	967	902	1096	918	902
Mn [mg/kg]	448	338	312	544	502	394

V roce 2017, po dvou letech od vápnění, je zjištěno snížení obsahů **vápníku** v jehlicích běžného roku (Tab. 12). V roce 2020 dosahují obsahy Ca statisticky významně vyšší hodnoty ve srovnání s rokem 2017. Vzhledem ke stálému klesání obsahů Ca na kontrolních plochách považujeme změnu v jehlicích běžného roku za pozitivní účinek vápnění.

V jehlicích předchozího roku je znatelný úbytek obsahů Ca na vápněných i kontrolních plochách po celou dobu pozorování (Tab. 13). Redistribuce nebývá u vápníku pravidlem. Úbytek zde tedy může být výsledkem jeho vymývání z jehlic, které v případě vápníku a hořčíku může dosahovat vysokých hodnot.

Průměrné celkové srážky podle měření v Rudolticích v Horách v letech 2016 – 2020 činí 720,1 mm.rok⁻¹ (CHMI 2021). Vymývání měřené jako stok po kmeni při srážkách 800 mm.rok⁻¹ ve Švédském Nihlgardu činí Ca: 13,9 kg⁻¹ha⁻¹rok⁻¹ a K: 25,2 kg⁻¹ha⁻¹rok⁻¹. V Sollingu bylo měřeno toto vyluhování při srážkách 1063 mm.rok⁻¹ ve výši Ca: 19,0 kg⁻¹ha⁻¹rok⁻¹ a K: 23,6 kg⁻¹ha⁻¹rok⁻¹ (REICHEL ET ALL. 1981).

Podobný vývoj velikosti obsahů ve sledovaném období zjišťujeme u **hořčíku**, jehož obsah v jehlicích běžného roku je před vápněním a dva roky po vápnění podobný a po pěti letech je významně vyšší (Tab. 12). Tento vývoj je shodný s vývojem v jehlicích předchozího roku (Tab. 13). Na kontrolních stanovištích je zaznamenán úbytek hořčíku až do hodnoty nedostatku (700 mg.kg^{-1}). Zvyšující se obsahy hořčíku lze považovat na pozitivní účinek vápnění.

Úroveň výživy **draslíkem** v jehlicích běžného roku vápněných i kontrolních ploch je stabilní a není zjištěn příznak antagonistického vlivu vápníku po celou dobu pozorování (Tab. 12).

Podobně je tomu s obsahy **fosforu** na vápněných stanovištích, kde je ovšem zjištěn významný úbytek v jehlicích předchozího roku (Tab. 13). Na kontrolních stanovištích je zjištěn v jehlicích běžného roku nevýznamný a v jehlicích předchozího roku významný úbytek obsahů fosforu. Dle poměru N/P (Tab. 15) jsou obsahy fosforu na vysoké úrovni.

V jehlicích běžného (Tab. 12) i předchozího (Tab. 13) roku na obou typech stanovišť se významně snížily obsahy **síry**. Tento jev nespojujeme s účinky vápnění.

Jedním z cílů vápnění je snížení obsahů potenciálně toxického **manganu**. Významné snížení jsme zjistili v jehlicích běžného roku (Tab. 12) na vápněných i kontrolních plochách. Spojitost s vápněním tedy nelze potvrdit.

Vápnění se významně neprojevilo na úrovni výživy **železem**, kde jsou obsahy v jehlicích běžného roku (Tab. 12) na vápněných plochách stabilní a na kontrolních plochách je zjištěn významný pokles. S vyrovnanými obsahy může souviset významný pokles v jehlicích předchozího roku (Tab. 13), související s možnou redistribucí do mladších asimilačních pletiv. Na kontrolních plochách je vidět významné snížení po dvou letech od vápnění v jehlicích běžného i předchozího roku.

Účinek vápnění na nižší obsahy **hliníku** v asimilačních pletivech nepředpokládáme vzhledem k tomu, že toto snížení je pozorováno na vápněných i kontrolních plochách.

Rizikem spojeným s vápněním může být snížení úrovně výživy **borem** zvýšením jeho půdní nepřístupnosti. Tento jev se na vápněných plochách prozatím neprojevilo. V jehlicích běžného roku se obsahy boru dokonce významně zvýšily, zatímco na plochách kontrolních probíhá významný pokles. V jehlicích předchozího roku není zjištěna významná změna. Pokud bychom chtěli zvýšení obsahů na vápněných plochách přisuzovat striktně podle statistického hodnocení účinkům vápnění, pak se jedná o nepřímý účinek zlepšením půdní úrodnosti stanoviště nebo vitality stromů.

Tab. 14: Mediány obsahů prvků v mg.kg^{-1} (N v %) v jehlicích běžného roku na vápněných plochách na konci pětiletého období.

	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B
vápněná	1,40	1695	7260	3745	986	137	30,8	15,1
hodnocení	2	3	3	3	2	3	2 - 3	2
kontrolní	1,30	1685	5325	2145	772	201	37,9	12,7
hodnocení	1 - 2	3	2	1 - 2	1	3	2	2

Pozn. Jehlice běžného roku jsou odebrány v témže roce, kdy vyrašily, předchozího roku jsou o rok starší.

Hodnocení podle Hüttla in Šrámek 2009: 1 – nedostatečný, 2 – vyhovující, 3 – nadbytečný.

Tab. 15: Modelové a skutečné poměry vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných plochách

Poměr	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg
Modelový	7,1 - 10,0	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4
zjištěný	7,7	2,3	5,8	17,2	2,7	7,8

4.2.2. Bříza bělokorá

Úroveň výživy **dusíkem** se podle jeho obsahu v listech po dobu šetření nezměnila (Tab. 16).

U obsahu **fosforu** jsou zjištěny výjimečně vysoké hodnoty před vápněním na vápněných i kontrolních stanovištích a vliv vápnění zde nepředpokládáme.

Draslík je beze změn podobně jako dusík.

Výživa **vápníkem** je po dobu pozorování na vápněných plochách srovnatelná na rozdíl od obsahu na plochách kontrolních, kde se významně snižuje. Tyto nezměněné obsahy zřejmě souvisejí s dodávkou dolomitického vápníku leteckým poprašováním.

Podobně je tomu s obsahy **hořčíku**, které se po vápnění zvyšují sice nevýznamně, ale udržují si svou úroveň a po pěti letech od vápnění jsou zde vyšší než na plochách kontrolních.

Obsahy **síry** odpovídají vyhovující úrovni na srovnávaných plochách a s výjimkou vysoké hodnoty před vápněním na kontrolních plochách jsou stabilní.

Tab. 16: Vývoj obsahů prvků během pětiletého šetření.

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2015	2017	2020	2015	2017	2019
N [%]	2,46	2,42	2,44	2,67	2,52	2,44
P [mg/kg]	1849	1786	1834	2210	1968	1899
Ca [mg/kg]	7904	7291	7388	7394	6175	5731
Mg [mg/kg]	2789	3099	3080	2294	2346	2283
K [mg/kg]	7653	8169	7264	7769	7553	7509
S [mg/kg]	1859	1799	1630	1965	1711	1750
Mn [mg/kg]	470	400	252	1082	890	717

Dalším možným projevem vápnění lesa je snížení obsahů **manganu**, které je pět let po vápnění statisticky významné. Snižování obsahů manganu je pozorováno i na plochách kontrolních. Celkově jsou obsahy manganu v listech břízy na kyslejších kontrolních stanovištích vyšší.

Vliv vápnění na obsahy **hliníku**, **železa** a **boru** není z výsledků šetření pravděpodobný.

Tab. 17: Mediány obsahů prvků v mg.kg⁻¹ (N v %) v listech břízy na vápněných a kontrolních plochách na konci pětiletého období.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe*	Zn*	B*
nedostatek	2,50	1500	8000	3000	1500	1000	30	50	120	20
nadbytek	4,00	3000	15000	15000	5000	2000	100	110	240	35
vápněné	2,35	1820	7205	7375	2910	1585	226	70,0	168	32,2
kontrolní	2,36	1870	6815	5210	2090	1690	571	75,2	139	31,7

*Klasifikace ÚKZÚZ; N,P,K,Ca,Mg,S, Mn – klasifikace ŠRÁMEK et al, 2009.

Pod hranicí nedostatku jsou zjištěné obsahy dusíku a draslíku (Tab. 17). Ostatní prvky jsou v rozpětí odpovídající optimální, případně blíží se optimální úrovni výživy. V případě dusíku jsou obsahy na vápněných i kontrolních plochách přibližně stejné. Draslík je poněkud vyšší na plochách vápněných. Neblahý vliv vápnění na výživu těmito dvěma prvky tedy vylučujeme. Vyšší obsahy manganu na kontrolních plochách mohou dosahovat úrovně toxického působení.

5. Závěr

Zvýšené množství nadložního organického materiálu na vápněných stanovištích je zřejmě dočasným projevem útlumu rozkladné činnosti mikroorganismů. Možný negativní úbytek organického materiálu jako negativní projev vápnění je vyloučen.

Za očekávaný kladný účinek vápnění považujeme vyšší hodnoty chemické půdní reakce aktivní i výměnné, i když v minerálních fázích půdních profilů – horizontech organominerálních a minerálních - se toto zvýšení neprojevuje.

Zvýšení půdní zásoby vápníku a hořčíku je pouze dočasné a po pěti letech od vápnění se vrací do původní podoby.

Obsahy draslíku nebyly vápněním negativně ovlivněny. Reakce na vápnění, pozorovaná snížením sycení sorpčního komplexu, byla pouze dočasná. Obsahy fosforu nejsou vápněním ovlivněny. Za kladný účinek vápnění považujeme snížení obsahu výměnného hliníku, který může působit toxicky na rostliny. Vápnění vyvolalo kladné změny v půdních profilech a je pravděpodobné, že jejich trvání je pouze dočasné a postupně doznívá.

Vyšší obsahy vápníku a hořčíku v půdním prostředí mají svůj odraz v úrovni výživy smrku těmito živinami. V březových porostech působilo vápnění na stabilizaci dosavadní úrovně výživy. Negativní vliv vápnění na výživu dřevin nebyl zjištěn.

Detailním hodnocením půdních charakteristik, zásoby živin a úrovně výživy dřevin nebyly zjištěny v lokalitě Hora Svaté Kateřiny možné negativní projevy vápnění lesních porostů. Kladné projevy vápnění byly na základě tohoto hodnocení potvrzeny. Jejich trvání však považujeme podle dosavadního vývoje pouze za dočasné a je pravděpodobné, že pokračující acidifikace půdního prostředí začne brzy převažovat. Tomuto dosavadnímu vývoji odpovídá nedostatečná dávka dolomitického vápence zjištěná při kontrole kvality leteckého rozmetání v roce 2015, jak je zmíněno v úvodu. Celkový vývoj bude znám až po kontrole po deseti letech od vápnění. V případě znatelného chřadnutí vápněných porostů navrhujeme provést analýzu půdního prostředí i asimilačních pletiv dřívě, bez ohledu na stanovené desetileté období po vápnění a poté rozhodnout o opakovaném leteckém poprašování dolomitickým vápencem, které se kladně projevilo v počátku šetřeného období.

6. Literatura

BONNEAU M., LANDMANN G., ADRIAN M. 1992: La fertilization comme remède au dépérissement des forêts en sol acide: essais dans les Vosges, Revue Forestière Française. XLIV – 3, p. 207 – 223.

COLLIGNON C., BOUDOT J.-P., TURPAULT M.-P. 2012: Time change of aluminium toxicity in the acid bulk soil and rhizosphere in Norway spruce (*Picea abies*) (L.) Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) stands. Plant Soil, 357, p. 259 – 274.

FIALA P., REININGER D., SAMEK T., 2016 : Vyhodnocení chemických vlastností půd a asimilačních orgánů před leteckým vápněním v okolí obce Nová Ves v Horách (vápnění 2015), zpráva ÚKZÚZ , del specifikace činnosti Č.j.: 16990/2015-MZE-16212, 36 s.

FIALA P., REININGER D., SAMEK T., NĚMEC P., SUŠIL A. 2013: Průzkum výživy lesa v České republice 1996 – 2011. Brno, ÚKZÚZ: 148 s.

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2020_enh/index_CZ.html

PUHE J. AND ULRICH B.2000: Global climate change and human impacts on forest ecosystems, Springer, 592 p.

REICHLE D. E. 1981. Dynamic properties of forest ecosystems, Cambridge University Press.

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

ŠRÁMEK A KOL., 2005: Metodika výběru ploch pro plošnou chemickou melioraci lesních půd, TEI- bulletin technicko-ekonomických informací, 8 s.

ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B A KOL. 2009. Změny obsahů prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. Lesy České republiky. 110 s.

VANĚK A KOL. 2007. Výživa polních a zahradních rostlin 176 s.

7. Přílohy

7.1. Popisné statistiky

7.1.1. Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	8	102	83,9	46,9	169	53,5	163
pH _{CaCl2}	8	3,70	3,65	3,20	4,30	3,45	3,95
pH _{H2O}	8	4,46	4,40	4,10	4,90	4,25	4,70
N [%]	8	1,10	1,10	0,86	1,34	0,98	1,22
C _{ox} [%]	8	17,6	17,7	10,8	24,5	15,5	19,7
C/N	8	16,0	16,0	12,6	19,4	14,0	18,1
Al _{dus} [mg/kg]	8	9201	8240	6330	19600	7020	8580
B _{dus} [mg/kg]	8	2,03	2,15	1,60	2,40	1,75	2,20
Ca _{dus} [mg/kg]	8	1895	1620	800	3470	1095	2730
Cd _{dus} [mg/kg]	8	0,22	0,20	0,06	0,42	0,14	0,29
Cr _{dus} [mg/kg]	8	8,63	7,34	4,83	19,20	5,95	9,20
Cu _{dus} [mg/kg]	8	7,87	7,20	4,03	12,50	5,35	10,65
Fe _{dus} [mg/kg]	8	9391	8225	6060	18500	6770	10290
K _{dus} [mg/kg]	8	1369	1340	969	2260	1130	1390
Mg _{dus} [mg/kg]	8	909	889	486	1720	676	969
Mn _{dus} [mg/kg]	8	252	226	123	501	145	326
P _{dus} [mg/kg]	8	836	825	727	972	745	927
Pb _{dus} [mg/kg]	8	80,9	72,2	56,2	142	57,5	94,7
Zn _{dus} [mg/kg]	8	52,8	48,5	29,6	104	37,6	58,5

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	9	176	179	132	210	162	202
pH _{CaCl2}	9	4,00	4,10	3,40	4,80	3,70	4,10
pH _{H2O}	9	4,81	4,90	4,30	5,40	4,60	5,00
N [%]	9	1,24	1,25	1,01	1,49	1,18	1,30
C _{ox} [%]	9	20,5	21,9	11,2	25,8	17,9	24,9
C/N	9	16,5	16,8	11,1	23,4	15,2	18,0
Al _{dus} [mg/kg]	9	8807	8040	6000	12900	7390	10500
B _{dus} [mg/kg]	9	3,21	3,20	2,40	4,00	2,80	3,60
Ca _{dus} [mg/kg]	9	5148	5190	3280	8300	3920	6080
Cd _{dus} [mg/kg]	9	0,33	0,32	0,22	0,45	0,28	0,37
Cr _{dus} [mg/kg]	9	11,3	9,54	8,83	16,7	9,41	12,7
Cu _{dus} [mg/kg]	9	16,1	15,2	14,3	21,0	14,8	16,1
Fe _{dus} [mg/kg]	9	8634	8040	5970	14200	6300	9780
K _{dus} [mg/kg]	9	1278	1170	767	1750	1140	1520
Mg _{dus} [mg/kg]	9	2153	2190	1220	3960	1530	2360
Mn _{dus} [mg/kg]	9	253	204	147	616	166	260
P _{dus} [mg/kg]	9	975	954	893	1210	925	959
Pb _{dus} [mg/kg]	9	121	122	89,1	175	101	123
Zn _{dus} [mg/kg]	9	55,4	55,6	38,8	66,8	50,7	64,0

Porovnání průměrných hodnot* (nadložní organický horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Nad. humus [t/ha]	134 ^{BC}	163 ^{AE}	176 ^{AF}	106	103 ^B	102 ^C
pH _{CaCl2}	3,98 ^{BD}	4,20 ^{AE}	4,00	3,59 ^A	3,64 ^B	3,70
pH _{H2O}	4,60 ^{BCD}	4,87 ^{AE}	4,81 ^{AF}	4,26 ^{AF}	4,41 ^B	4,46 ^{CD}
N [%]	1,28 ^D	1,36 ^E	1,24	1,00 ^A	1,15 ^B	1,10
Cox [%]	15,7 ^B	23,9 ^A	20,5	14,2	20,2	17,6
C/N	12,6 ^{BC}	17,4 ^A	16,5 ^A	14,4	17,4	16,0
Al _{dus} [mg/kg]	8062	8727	8807	8776	9195	9201
B _{dus} [mg/kg]		3,83 ^{CE}	3,21 ^{BF}		2,94 ^{BF}	2,03 ^{CE}
Ca _{dus} [mg/kg]	3663 ^{BCD}	5233 ^{AE}	5148 ^{AF}	1676 ^A	1850 ^B	1895 ^C
Cd _{dus} [mg/kg]	0,59 ^{BCD}	0,28 ^A	0,33 ^A	0,34 ^{AEF}	0,18 ^D	0,22 ^D
Cr _{dus} [mg/kg]	10,8	11,0	11,3	7,71	7,93	8,63
Cu _{dus} [mg/kg]	16,6 ^D	16,3 ^E	16,1 ^F	8,07 ^A	8,53 ^B	7,87 ^C
Fe _{dus} [mg/kg]	7620	8368	8634	7909 ^F	8283 ^F	9391 ^{DE}
K _{dus} [mg/kg]	1158	1311	1278	1361	1421	1369
Mg _{dus} [mg/kg]	1315 ^{BC}	2298 ^{AE}	2153 ^{AF}	788	886 ^B	909 ^C
Mn _{dus} [mg/kg]	231	245	253	186 ^{EF}	252 ^D	252 ^D
P _{dus} [mg/kg]	1011 ^D	994 ^E	975 ^F	736 ^{AEF}	826 ^{BD}	836 ^{CD}
Pb _{dus} [mg/kg]	126 ^D	117 ^E	121 ^F	93,2 ^A	90,0 ^B	80,9 ^C
Zn _{dus} [mg/kg]	56,5	54,1	55,4	42,2	48,5	52,8

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,64	3,40	3,30	4,30	3,30	4,05
pH _{H2O}	8	4,46	4,20	4,00	5,10	4,15	4,95
Vým. acid. [mekv./kg]	8	117	114	76,8	162	94,8	140
Cox [%]	8	4,34	4,31	2,40	5,89	3,77	5,13
N [%]	8	0,27	0,25	0,20	0,36	0,24	0,32
C/N	8	15,9	16,5	12,0	17,8	15,3	17,0
Al _{III} [mg/kg]	8	1482	1595	713	2020	1122	1845
P _{III} [mg/kg]	8	--	11,3	< 3,5	31,1	< 3,5	16,4
K _{III} [mg/kg]	8	57,3	51,7	39,3	81,2	45,6	71,6
Ca _{III} [mg/kg]	8	452	256	63,3	1280	94,6	786
Mg _{III} [mg/kg]	8	76,2	57,1	18,2	180	28,1	121
B _{III} [mg/kg]	8	--	0,60	< 0,5	0,67	< 0,5	0,61
Fe _{III} [mg/kg]	8	699	686	576	873	659	725
S _{III} [mg/kg]	8	18,2	20,3	9,23	24,4	14,9	20,9
P _{dus} [mg/kg]	8	163	161	64,6	269	123	204
K _{dus} [mg/kg]	8	110	100	72,6	170	78,1	139
Mg _{dus} [mg/kg]	8	198	193	76,5	307	151	258
Ca _{dus} [mg/kg]	8	585	312	93,8	1560	164	1040
Al _{dus} [mg/kg]	8	2961	2980	1460	4480	1915	3980
Cd _{dus} [mg/kg]	8	0,37	0,34	< 0,2	0,65	0,30	0,45
Cr _{dus} [mg/kg]	8	3,27	2,26	1,77	9,34	2,11	3,17
Cu _{dus} [mg/kg]	8	3,22	2,93	1,98	6,59	2,16	3,53
Fe _{dus} [mg/kg]	8	6830	5855	4190	11700	4710	8810
Mn _{dus} [mg/kg]	8	97,7	52,7	25,0	303	45,1	129
Pb _{dus} [mg/kg]	8	59,2	55,0	40,0	87,3	44,7	73,4
Zn _{dus} [mg/kg]	8	9,37	7,34	4,54	26,70	6,61	7,93
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	57,0	58,3	11,0	91,1	36,5	82,4
K _{VYM} [mekv./kg]	8	1,21	1,07	0,68	1,83	0,94	1,59
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	23,7	13,5	4,32	62,5	5,06	42,7
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	6,29	4,49	1,66	16,80	2,18	9,25
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,21	0,21	0,14	0,28	0,17	0,25
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,48	0,32	0,22	1,42	0,26	0,51
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	48,9	49,2	7,62	81,0	31,4	70,8
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	3,05	3,61	0,44	4,71	1,87	4,14
CEC [mekv./kg]	8	88,4	91,2	59,1	100	83,5	99,3
BS [%]	8	35,7	26,4	8,50	87,0	9,25	59,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	9	3,47	3,50	3,20	3,70	3,30	3,60
pH _{H2O}	9	4,60	4,40	4,10	6,20	4,30	4,60
Vým. acid. [mekv./kg]	9	152	158	105	187	147	170
C _{ox} [%]	9	3,84	4,02	2,66	5,07	3,28	4,18
N [%]	9	0,22	0,25	0,16	0,27	0,17	0,26
C/N	9	17,3	17,0	15,7	19,3	16,1	18,3
Al _{MIII} [mg/kg]	9	1590	1600	1140	1780	1580	1720
P _{MIII} [mg/kg]	9	9,34	5,32	< 3,5	27,2	3,69	11,6
K _{MIII} [mg/kg]	9	71,0	67,0	44,8	104	59,2	77,5
Ca _{MIII} [mg/kg]	9	271	261	168	384	225	322
Mg _{MIII} [mg/kg]	9	128	123	61,3	199	114	138
B _{MIII} [mg/kg]	9	0,51	0,52	< 0,5	0,70	0,51	0,62
Fe _{MIII} [mg/kg]	9	717	717	678	758	701	727
S _{MIII} [mg/kg]	9	21,1	21,5	16,3	25,3	20,2	22,9
P _{dus} [mg/kg]	9	156	142	93,3	242	120	206
K _{dus} [mg/kg]	9	129	116	72,5	248	110	124
Mg _{dus} [mg/kg]	9	339	264	159	904	195	392
Ca _{dus} [mg/kg]	9	346	319	200	547	301	412
Al _{dus} [mg/kg]	9	3329	3520	1750	5000	2920	3660
Cd _{dus} [mg/kg]	9	0,34	0,37	0,22	0,49	0,28	0,39
Cr _{dus} [mg/kg]	9	3,59	2,77	1,27	8,17	2,44	3,76
Cu _{dus} [mg/kg]	9	3,81	3,74	2,50	5,47	2,92	4,38
Fe _{dus} [mg/kg]	9	7149	6830	3110	10800	5690	8780
Mn _{dus} [mg/kg]	9	115	109	21,7	228	48,8	183
Pb _{dus} [mg/kg]	9	78,8	73,5	50,0	122	59,2	92,6
Zn _{dus} [mg/kg]	9	10,3	9,05	5,48	19,2	7,49	13,1
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	9	74,9	76,6	53,1	97,5	66,6	83,6
K _{VYM} [mekv./kg]	9	1,48	1,48	0,78	2,19	1,29	1,64
Ca _{VYM} [mekv./kg]	9	15,5	15,0	8,69	22,0	12,6	19,7
Mg _{VYM} [mekv./kg]	9	10,6	9,72	4,76	17,3	9,60	11,0
Na _{VYM} [mekv./kg]	9	0,29	0,29	0,20	0,41	0,24	0,36
Mn _{VYM} [mekv./kg]	9	0,54	0,28	< 0,1	1,70	0,20	0,76
Al _{VYM} [mekv./kg]	9	66,9	68,0	44,5	83,8	63,4	77,0
Fe _{VYM} [mekv./kg]	9	3,86	3,52	2,13	6,33	2,97	4,14
CEC [mekv./kg]	9	103	107	76,2	129	94,3	111
BS [%]	9	27,0	27,1	16,1	37,5	22,5	30,4

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (organominerální horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
pH _{CaCl2}	3,58	3,61 ^C	3,47 ^B	3,68	3,70	3,64
pH _{H2O}	4,24	4,47	4,60	4,38	4,53	4,46
Vým. acid. [mekv./kg]	179 ^{BCD}	165 ^{ACE}	152 ^{ABF}	136 ^{AF}	129 ^B	117 ^{CD}
CoX [%]	5,54 ^C	5,17 ^C	3,84 ^{AB}	5,11	5,08	4,34
N [%]	0,24 ^B	0,33 ^{AC}	0,22 ^B	0,20 ^E	0,35 ^{DF}	0,27 ^E
C/N	23,5 ^B	15,6 ^A	17,3	28,4 ^{EF}	14,7 ^D	15,9 ^D
Al _{III} [mg/kg]	1623 ^B	1800 ^{AC}	1590 ^B	1435	1541	1482
P _{III} [mg/kg]	--	--	9,34	11,2	14,7	--
K _{III} [mg/kg]	79,1	86,9	71,0	52,2 ^E	79,9 ^D	57,3
Ca _{III} [mg/kg]	319 ^B	526 ^{AC}	271 ^B	501	502	452
Mg _{III} [mg/kg]	131 ^B	207 ^{ACE}	128 ^B	63,2	73,7 ^B	76,2
B _{III} [mg/kg]		0,56	0,51		< 0,5	--
Fe _{III} [mg/kg]	701	675	717	746 ^{EF}	684 ^D	699 ^D
S _{III} [mg/kg]	16,8 ^{BC}	25,5 ^{AC}	21,1 ^{AB}	14,7 ^E	21,1 ^D	18,2
P _{dus} [mg/kg]	158	161	156	178	167	163
K _{dus} [mg/kg]	172 ^{CD}	150 ^C	129 ^{AB}	102 ^A	122	110
Mg _{dus} [mg/kg]	380 ^{BD}	552 ^{ACE}	339 ^B	144 ^A	177 ^B	198
Ca _{dus} [mg/kg]	370 ^B	757 ^{AC}	346 ^B	558	676	585
Al _{dus} [mg/kg]	3401	4199	3329	2863	3034	2961
Cd _{dus} [mg/kg]	0,22 ^{CD}	< 0,2 ^C	0,34 ^{AB}	< 0,2 ^{AF}	< 0,2 ^F	0,37 ^{DE}
Cr _{dus} [mg/kg]	3,86	3,94	3,59	2,97	2,92	3,27
Cu _{dus} [mg/kg]	6,11 ^C	7,50 ^{CE}	3,81 ^{AB}	5,23	4,42 ^B	3,22
Fe _{dus} [mg/kg]	7273	8070	7149	7053	6680	6830
Mn _{dus} [mg/kg]	95,2	107	115	67,3 ^F	86,4	97,7 ^D
Pb _{dus} [mg/kg]	78,6 ^B	87,7 ^{ACE}	78,8 ^B	59,2	59,3 ^B	59,2
Zn _{dus} [mg/kg]	13,2	14,6 ^C	10,3 ^B	9,67	11,8	9,37
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	78,4 ^B	68,1 ^A	74,9	61,0	53,0	57,0
K _{VYM} [mekv./kg]	1,79 ^{CD}	1,80 ^C	1,48 ^{AB}	1,30 ^{AE}	1,71 ^{DF}	1,21 ^E
Ca _{VYM} [mekv./kg]	17,1 ^B	32,1 ^{AC}	15,5 ^B	26,0	29,1	23,7
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10,4 ^B	18,3 ^{ACE}	10,6 ^B	4,86	6,54 ^B	6,29
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,27	0,28 ^E	0,29 ^F	0,22	0,20 ^B	0,21 ^C
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,47	0,71	0,54	0,37 ^E	0,75 ^D	0,48
Al _{VYM} [mekv./kg]	69,6 ^B	57,0 ^A	66,9	52,1	45,0	48,9
Fe _{VYM} [mekv./kg]	5,20 ^{BC}	4,18 ^A	3,86 ^A	4,72 ^{EF}	3,35 ^D	3,05 ^D
CEC [mekv./kg]	108 ^B	121 ^{ACE}	103 ^B	93,4	90,6 ^B	88,4
BS [%]	26,8 ^B	42,5 ^{AC}	27,0 ^B	30,9	38,2	35,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní, kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,78	3,70	3,50	4,20	3,60	3,95
pH _{H2O}	8	4,54	4,40	4,30	5,20	4,30	4,70
Vým. acid. [mekv./kg]	8	98,8	101	68,0	125	87,2	111
C _{ox} [%]	8	3,41	3,55	< 0,35	5,10	2,81	4,66
N [%]	8	0,22	0,22	0,13	0,29	0,18	0,26
C/N	8	15,0	16,9	1,35	18,0	15,5	17,7
Al _{III} [mg/kg]	8	1979	1930	1360	2480	1750	2315
P _{III} [mg/kg]	8	7,28	4,72	< 3,5	17,6	3,55	11,2
K _{III} [mg/kg]	8	49,4	51,7	39,7	55,9	43,8	54,2
Ca _{III} [mg/kg]	8	290	103	47,1	933	66,1	501
Mg _{III} [mg/kg]	8	39,8	40,4	11,7	80,5	20,5	52,2
B _{III} [mg/kg]	8	< 0,5	0,53	< 0,5	0,63	< 0,5	0,60
Fe _{III} [mg/kg]	8	651	670	534	760	581	707
S _{III} [mg/kg]	8	24,3	23,5	13,1	32,8	20,3	30,4
P _{dus} [mg/kg]	8	223	224	43,0	441	128	298
K _{dus} [mg/kg]	8	105	106	70,9	150	92,4	113
Mg _{dus} [mg/kg]	8	212	156	115	405	135	299
Ca _{dus} [mg/kg]	8	380	157	78,6	1170	123	619
Al _{dus} [mg/kg]	8	4943	4485	3000	7570	3535	6465
Cd _{dus} [mg/kg]	8	--	0,29	< 0,2	0,45	< 0,2	0,42
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,72	4,04	3,14	9,68	3,45	4,99
Cu _{dus} [mg/kg]	8	2,80	2,22	1,56	5,38	1,91	3,62
Fe _{dus} [mg/kg]	8	11160	11400	8620	13600	9730	12400
Mn _{dus} [mg/kg]	8	131	94,7	56,8	297	67,0	187
Pb _{dus} [mg/kg]	8	51,6	48,9	45,3	70,5	46,8	52,9
Zn _{dus} [mg/kg]	8	10,6	7,98	5,83	31,6	6,21	9,7
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	60,9	66,6	23,7	77,2	51,8	75,0
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,96	0,98	0,76	1,15	0,83	1,09
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	14,9	6,18	3,22	49,0	3,77	23,6
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	3,10	3,23	1,05	5,60	1,61	4,24
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,19	0,19	0,06	0,27	0,15	0,25
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,39	0,24	0,13	1,44	0,15	0,40
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	53,8	59,2	20,3	68,8	46,1	65,3
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	2,61	2,61	0,65	4,53	1,22	4,01
CEC [mekv./kg]	8	80,1	78,4	68,3	94,7	72,5	88,1
BS [%]	8	23,7	13,2	7,00	66,0	9,10	35,9

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	9	3,69	3,70	3,50	3,90	3,60	3,70
pH _{H2O}	9	4,37	4,40	4,10	4,60	4,30	4,50
Vým. acid. [mekv./kg]	9	131	124	100	164	114	150
C _{OX} [%]	9	2,69	2,81	1,02	3,95	2,43	3,18
N [%]	9	0,16	0,17	0,07	0,22	0,14	0,19
C/N	9	17,0	17,7	10,2	23,1	14,3	18,0
Al _{MI} [mg/kg]	9	1831	1860	1510	2290	1630	1930
P _{MI} [mg/kg]	9	--	< 3,5	< 3,5	20,2	< 3,5	9,37
K _{MI} [mg/kg]	9	54,1	49,2	37,8	92,0	45,8	56,5
Ca _{MI} [mg/kg]	9	143	132	84,9	278	118	140
Mg _{MI} [mg/kg]	9	80,7	81,8	32,7	143	59,9	91,0
B _{MI} [mg/kg]	9	< 0,5	0,53	< 0,5	0,61	< 0,5	0,60
Fe _{MI} [mg/kg]	9	675	691	561	759	643	710
S _{MI} [mg/kg]	9	28,2	26,0	21,1	40,9	25,1	32,6
P _{dus} [mg/kg]	9	180	157	91,3	399	97,7	208
K _{dus} [mg/kg]	9	130	117	82,8	245	104	141
Mg _{dus} [mg/kg]	9	433	347	234	898	255	466
Ca _{dus} [mg/kg]	9	240	197	121	406	185	297
Al _{dus} [mg/kg]	9	4819	4710	3360	6570	3680	5600
Cd _{dus} [mg/kg]	9	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,36	< 0,2	0,23
Cr _{dus} [mg/kg]	9	4,62	3,65	2,22	9,27	2,90	5,05
Cu _{dus} [mg/kg]	9	2,84	2,70	1,57	3,85	2,55	3,21
Fe _{dus} [mg/kg]	9	10244	11200	6950	13000	7870	12600
Mn _{dus} [mg/kg]	9	206	152	80,9	397	85,7	353
Pb _{dus} [mg/kg]	9	60,9	62,9	36,0	90,5	54,3	68,3
Zn _{dus} [mg/kg]	9	12,5	10,5	8,14	24,1	8,80	13,4
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	9	69,9	71,6	51,1	94,3	52,4	79,9
K _{VYM} [mekv./kg]	9	1,03	0,96	0,68	1,70	0,77	1,22
Ca _{VYM} [mekv./kg]	9	8,41	7,68	4,38	17,2	7,01	8,27
Mg _{VYM} [mekv./kg]	9	6,50	6,88	2,58	11,4	4,29	7,65
Na _{VYM} [mekv./kg]	9	0,26	0,27	0,20	0,37	0,21	0,29
Mn _{VYM} [mekv./kg]	9	0,60	0,41	0,15	1,34	0,24	0,87
Al _{VYM} [mekv./kg]	9	65,5	66,1	47,5	90,6	48,7	72,9
Fe _{VYM} [mekv./kg]	9	2,36	2,20	0,49	4,08	1,10	3,85
CEC [mekv./kg]	9	86,1	82,4	64,0	105	79,6	95,1
BS [%]	9	19,3	17,4	9,80	36,9	16,0	20,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (minerální horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
pH _{CaCl2}	3,68	3,66	3,69	3,84	3,90	3,78
pH _{H2O}	4,39	4,50 ^C	4,37 ^B	4,50 ^E	4,68 ^{DF}	4,54 ^E
Vým. acid. [mekv./kg]	139	141 ^E	131 ^F	133 ^F	118 ^{BF}	98,8 ^{CDE}
CoX [%]	3,38	3,67	2,69	3,71	3,38	3,41
N [%]	0,14 ^B	0,24 ^{AC}	0,16 ^B	0,10 ^{EF}	0,24 ^D	0,22 ^D
C/N	25,5	15,0	17,0	53,5 ^{EF}	14,3 ^D	15,0 ^D
Al _{III} [mg/kg]	1798	1889	1831	1935 ^E	2141 ^D	1979
P _{III} [mg/kg]	--	--	--	--	--	7,28
K _{III} [mg/kg]	51,7 ^{BD}	64,5 ^{AC}	54,1 ^B	36,3 ^{AEF}	53,7 ^D	49,4 ^D
Ca _{III} [mg/kg]	145	212	143	208	--	290
Mg _{III} [mg/kg]	68,9 ^{BD}	91,9 ^{AE}	80,7 ^F	30,3 ^{AE}	45,5 ^{BD}	39,8 ^C
B _{III} [mg/kg]		< 0,5	< 0,5		< 0,5	< 0,5
Fe _{III} [mg/kg]	668	662	675	663	592	651
S _{III} [mg/kg]	21,9 ^B	28,7 ^A	28,2	21,8	28,5	24,3
P _{du} [mg/kg]	164	165	180	223	201	223
K _{du} [mg/kg]	177 ^{BCD}	145 ^{AE}	130 ^A	102 ^A	97,7 ^B	105
Mg _{du} [mg/kg]	465 ^D	441 ^E	433 ^F	196 ^A	196 ^B	212 ^C
Ca _{du} [mg/kg]	212 ^B	345 ^{AC}	240 ^B	234 ^F	331	380 ^D
Al _{du} [mg/kg]	4863	4694	4819	5206	5111	4943
Cd _{du} [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2 ^F	< 0,2 ^F	-- ^{DE}
Cr _{du} [mg/kg]	4,68	4,33	4,62	4,70 ^E	4,21 ^{DF}	4,72 ^E
Cu _{du} [mg/kg]	4,09 ^D	5,65 ^C	2,84 ^B	6,89 ^{AEF}	3,81 ^D	2,80 ^D
Fe _{du} [mg/kg]	9497	8564 ^C	10244 ^B	11136 ^E	9323 ^{DF}	11160 ^E
Mn _{du} [mg/kg]	174	172	206	133	137	131
Pb _{du} [mg/kg]	60,9 ^D	63,1 ^E	60,9	47,6 ^A	41,8 ^B	51,6
Zn _{du} [mg/kg]	15,0 ^B	18,5 ^{AC}	12,5 ^B	12,7	15,1 ^F	10,6 ^E
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	72,4 ^B	65,5 ^A	69,9	61,2 ^E	52,4 ^{DF}	60,9 ^E
K _{VYM} [mekv./kg]	1,18	1,31 ^C	1,03 ^B	0,97	1,09	0,96
Ca _{VYM} [mekv./kg]	7,87 ^B	11,8 ^A	8,41	10,7 ^F	14,4	14,9 ^D
Mg _{VYM} [mekv./kg]	5,10 ^{BCD}	7,44 ^{AE}	6,50 ^{AF}	2,29 ^{AE}	3,78 ^{BD}	3,10 ^C
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,22 ^C	0,25 ^E	0,26 ^{AF}	0,19	0,17 ^B	0,19 ^C
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,46	0,52	0,60	0,39	0,52	0,39
Al _{VYM} [mekv./kg]	67,2 ^B	58,4 ^{AC}	65,5 ^B	56,2 ^E	47,5 ^D	53,8
Fe _{VYM} [mekv./kg]	2,91	2,93	2,36	2,80	2,25	2,61
CEC [mekv./kg]	86,8 ^D	86,3 ^E	86,1	75,3 ^A	71,8 ^{BF}	80,1 ^E
BS [%]	17,1 ^B	24,5 ^{AC}	19,3 ^B	17,9 ^{EF}	26,6 ^D	23,7 ^D

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) - kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	60,0	56,0	50,9	78,9	53,7	65,4
B [mg/kg]	8	12,4	12,7	9,40	13,9	11,7	13,7
Ca [mg/kg]	8	2318	2145	1460	3300	1950	2795
Cd [mg/kg]	8	0,05	0,05	0,02	0,08	0,04	0,06
Cr [mg/kg]	8	0,15	0,15	0,11	0,21	0,14	0,16
Cu [mg/kg]	8	2,93	2,86	2,50	3,52	2,67	3,17
Fe [mg/kg]	8	36,3	37,9	27,5	39,7	34,8	38,9
K [mg/kg]	8	5810	5325	4940	7830	5020	6510
Mg [mg/kg]	8	755	772	615	932	672	801
Mn [mg/kg]	8	233	201	119	425	136	325
N [%]	8	1,28	1,30	1,06	1,41	1,22	1,37
Ni [mg/kg]	8	1,40	1,51	0,63	1,85	1,06	1,79
P [mg/kg]	8	1678	1685	1390	1910	1530	1845
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	894	911	721	1010	856	943
Zn [mg/kg]	8	24,1	24,3	19,9	29,8	21,9	25,3

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) - vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	52,4	48,6	35,0	79,0	42,6	61,5
B [mg/kg]	8	16,2	15,1	9,70	24,9	12,0	20,6
Ca [mg/kg]	8	3863	3745	2770	5240	3195	4505
Cd [mg/kg]	8	0,12	0,15	0,03	0,19	0,06	0,16
Cr [mg/kg]	8	--	0,12	< 0,1	0,20	< 0,1	0,13
Cu [mg/kg]	8	3,27	3,29	2,59	4,09	2,77	3,67
Fe [mg/kg]	8	31,4	30,8	23,1	41,2	27,3	35,2
K [mg/kg]	8	6960	7260	3580	10900	4360	8980
Mg [mg/kg]	8	1031	986	876	1260	884	1185
Mn [mg/kg]	8	213	137	101	543	111	281
N [%]	8	1,41	1,40	1,10	1,90	1,15	1,60
Ni [mg/kg]	8	1,36	1,32	0,68	2,21	1,01	1,68
P [mg/kg]	8	1821	1695	1130	2680	1460	2225
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	898	870	709	1090	760	1065
Zn [mg/kg]	8	37,8	39,7	27,7	45,8	33,1	41,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (smrk ztepilý – jehlice běžného roku)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Al [mg/kg]	52,5 ^D	43,1	52,4	70,7 ^{AE}	43,6 ^{DF}	60,0 ^E
B [mg/kg]	11,9 ^{CD}	12,2 ^C	16,2 ^{ABF}	16,1 ^{AEF}	11,9 ^D	12,4 ^{CD}
Ca [mg/kg]	4109 ^B	3175 ^{AC}	3863 ^{BF}	3669 ^{EF}	2670 ^D	2318 ^{CD}
Cd [mg/kg]	0,08 ^C	0,11 ^E	0,12 ^{AF}	0,05	0,05 ^B	0,05 ^C
Cr [mg/kg]	0,17 ^{BC}	0,13 ^A	-- ^{AF}	0,18 ^E	0,11 ^{DF}	0,15 ^{CE}
Cu [mg/kg]	3,25	3,49	3,27	3,30	3,16	2,93
Fe [mg/kg]	36,5	32,0	31,4	45,6 ^E	26,2 ^D	36,3
K [mg/kg]	6343	6965	6960	6170	6466	5810
Mg [mg/kg]	881 ^C	840 ^C	1031 ^{ABF}	965 ^F	854	755 ^{CD}
Mn [mg/kg]	293 ^B	180 ^A	213	376 ^F	290	233 ^D
N [%]	1,48	1,35	1,41	1,56 ^{EF}	1,29 ^D	1,28 ^D
Ni [mg/kg]	0,96	1,05	1,36	1,37	1,26	1,40
P [mg/kg]	1753	1770	1821	1896	1756	1678
Pb [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	1007 ^C	931	898 ^A	1096 ^{EF}	869 ^D	894 ^D
Zn [mg/kg]	37,1	34,5	37,8 ^F	33,4 ^F	29,4	24,1 ^{CD}

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	101	107	72,2	119	91,4	113
B [mg/kg]	8	12,6	12,5	9,30	16,9	9,85	14,8
Ca [mg/kg]	8	4425	4115	2250	6650	3295	5840
Cd [mg/kg]	8	0,04	0,04	< 0,02	0,06	0,03	0,05
Cr [mg/kg]	8	0,16	0,16	0,13	0,19	0,15	0,18
Cu [mg/kg]	8	1,89	1,85	1,50	2,65	1,58	2,07
Fe [mg/kg]	8	53,0	54,8	41,7	63,8	46,1	58,3
K [mg/kg]	8	3720	3630	3260	4500	3405	3965
Mg [mg/kg]	8	618	647	374	856	469	740
Mn [mg/kg]	8	394	309	207	760	242	544
N [%]	8	1,23	1,26	1,07	1,40	1,16	1,27
Ni [mg/kg]	8	0,66	0,65	0,35	0,92	0,47	0,89
P [mg/kg]	8	1056	1070	882	1180	972	1150
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,25	< 0,2	0,21
S [mg/kg]	8	902	908	785	998	852	958
Zn [mg/kg]	8	19,7	16,3	12,2	36,1	13,1	25,3

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	92,7	98,6	60,2	117	74,0	109,5
B [mg/kg]	8	15,1	14,5	7,50	22,9	10,5	20,1
Ca [mg/kg]	8	6000	5435	4350	9260	4580	7180
Cd [mg/kg]	8	0,06	0,08	< 0,02	0,09	0,02	0,09
Cr [mg/kg]	8	0,18	0,16	0,15	0,26	0,16	0,20
Cu [mg/kg]	8	1,97	1,90	1,59	2,43	1,64	2,32
Fe [mg/kg]	8	59,9	56,7	47,3	78,2	51,7	68,6
K [mg/kg]	8	4056	4065	2480	5750	3025	5020
Mg [mg/kg]	8	1044	1004	748	1470	925	1140
Mn [mg/kg]	8	312	189	178	933	182	321
N [%]	8	1,35	1,30	1,10	1,70	1,30	1,40
Ni [mg/kg]	8	0,53	0,47	0,32	1,06	0,37	0,59
P [mg/kg]	8	1069	1025	749	1380	965	1220
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,23	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	902	898	765	1020	851	965
Zn [mg/kg]	8	25,5	26,2	14,3	38,4	19,5	29,9

Porovnání průměrných hodnot* (smrk ztepilý – jehlice předchozího roku)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Al [mg/kg]	95,9 ^B	76,3 ^A	92,7	109 ^E	78,6 ^{DF}	101 ^E
B [mg/kg]	13,1	12,6	15,1	18,3	14,4	12,6
Ca [mg/kg]	7221 ^C	6035	6000 ^{AF}	5930 ^F	5016	4425 ^{CD}
Cd [mg/kg]	0,06	0,09	0,06	0,04	0,05	0,04
Cr [mg/kg]	0,24 ^{BC}	0,18 ^A	0,18 ^A	0,22 ^{EF}	0,16 ^D	0,16 ^D
Cu [mg/kg]	2,27	2,42	1,97	2,45 ^F	2,39	1,89 ^D
Fe [mg/kg]	59,8 ^B	48,4 ^{AC}	59,9 ^B	58,3 ^E	44,4 ^D	53,0
K [mg/kg]	4518	4564	4056	4934 ^F	4444	3720 ^D
Mg [mg/kg]	939	911	1044 ^F	997 ^F	871	618 ^{CD}
Mn [mg/kg]	448	338	312	544	502	394
N [%]	1,41 ^B	1,29 ^A	1,35 ^F	1,42 ^{EF}	1,29 ^D	1,23 ^{CD}
Ni [mg/kg]	0,55	0,44	0,53	0,76	0,53	0,66
P [mg/kg]	1201 ^{CD}	1153	1069 ^A	1424 ^{AEF}	1198 ^{DF}	1056 ^{DE}
Pb [mg/kg]	0,28 ^{BC}	< 0,2 ^A	< 0,2 ^A	--	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	1036 ^C	967	902 ^A	1096 ^{EF}	918 ^D	902 ^D
Zn [mg/kg]	33,5 ^C	29,0	25,5 ^A	30,0 ^F	25,4	19,7 ^D

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.1.6. Bříza bělokorá – listy

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – kontrolní porosty (2019)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	58,4	56,4	43,0	79,3	51,4	64,8
B [mg/kg]	8	31,9	31,7	28,9	34,8	31,1	33,0
Ca [mg/kg]	8	5731	5210	3750	8910	4280	7105
Cd [mg/kg]	8	0,15	0,14	0,11	0,24	0,12	0,17
Cr [mg/kg]	8	0,20	0,19	0,16	0,27	0,18	0,23
Cu [mg/kg]	8	5,23	4,95	4,26	6,27	4,89	5,80
Fe [mg/kg]	8	75,8	75,2	63,1	91,2	68,8	82,1
K [mg/kg]	8	7509	6815	5830	9820	6350	9045
Mg [mg/kg]	8	2283	2090	1200	3940	1770	2700
Mn [mg/kg]	8	717	571	269	1590	352	1014
N [%]	8	2,44	2,36	2,12	2,80	2,24	2,70
Ni [mg/kg]	8	1,71	1,41	0,79	3,63	1,03	2,18
P [mg/kg]	8	1899	1870	1750	2100	1780	2020
Pb [mg/kg]	8	0,53	0,51	0,40	0,69	0,45	0,64
S [mg/kg]	8	1750	1690	1560	1990	1580	1955
Zn [mg/kg]	8	139	139	112	179	122	151

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – vápněné porosty (pět let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	42,8	37,1	30,7	65,3	33,5	52,4
B [mg/kg]	8	31,3	32,2	21,5	39,6	25,5	36,8
Ca [mg/kg]	8	7388	7375	5910	10100	6375	7795
Cd [mg/kg]	8	0,10	0,10	0,03	0,15	0,09	0,13
Cr [mg/kg]	8	0,16	0,16	0,12	0,24	0,14	0,18
Cu [mg/kg]	8	4,97	5,03	4,44	5,25	4,83	5,18
Fe [mg/kg]	8	70,7	70,0	50,8	92,2	60,0	81,3
K [mg/kg]	8	7264	7205	5620	9530	6375	7900
Mg [mg/kg]	8	3080	2910	2390	3950	2525	3715
Mn [mg/kg]	8	252	226	68,4	515	167	323
N [%]	8	2,44	2,35	2,20	2,90	2,25	2,60
Ni [mg/kg]	8	1,24	1,08	0,52	2,47	0,91	1,47
P [mg/kg]	8	1834	1820	1510	2210	1730	1925
Pb [mg/kg]	8	0,95	0,68	0,50	1,91	0,58	1,35
S [mg/kg]	8	1630	1585	1490	1850	1520	1745
Zn [mg/kg]	8	172	168	136	223	145	195

Porovnání průměrných hodnot* (bříza bělokorá - listy)

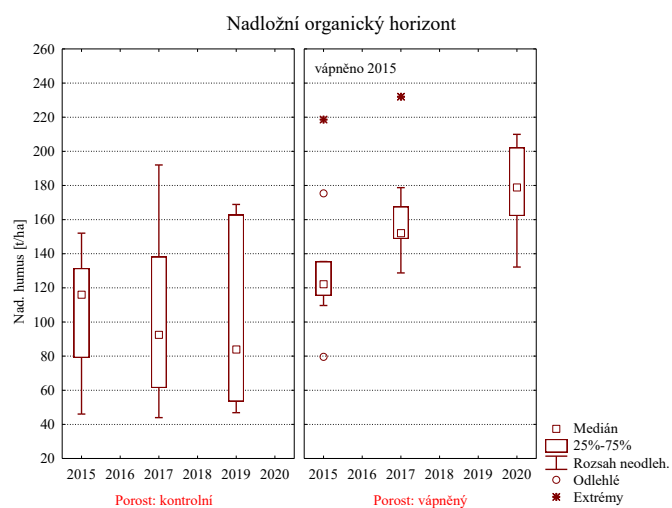
	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2015) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Al [mg/kg]	48,5	42,2 ^E	42,8	54,0 ^E	25,0 ^{BDF}	58,4 ^E
B [mg/kg]	30,8	28,3	31,3	31,2 ^E	27,0 ^{DF}	31,9 ^E
Ca [mg/kg]	7904	7291	7388 ^F	7394 ^{EF}	6175 ^D	5731 ^{CD}
Cd [mg/kg]	0,15	0,15	0,10	0,17	0,18	0,15
Cr [mg/kg]	0,21 ^B	0,15 ^A	0,16	0,25 ^E	0,14 ^{DF}	0,20 ^E
Cu [mg/kg]	5,14	5,39	4,97	5,05	5,03	5,23
Fe [mg/kg]	72,3	65,2 ^E	70,7	78,7 ^E	51,5 ^{BDF}	75,8 ^E
K [mg/kg]	7653	8169	7264	7769	7553	7509
Mg [mg/kg]	2789	3099 ^E	3080 ^F	2294	2346 ^B	2283 ^C
Mn [mg/kg]	470 ^{CD}	400 ^E	252 ^{AF}	1082 ^{AEF}	890 ^{BDF}	717 ^{CDE}
N [%]	2,46	2,42	2,44	2,67	2,52	2,44
Ni [mg/kg]	1,49	1,73	1,24	1,65	1,82	1,71
P [mg/kg]	1849 ^D	1786	1834	2210 ^{AEF}	1968 ^D	1899 ^D
Pb [mg/kg]	1,34 ^C	1,07 ^E	0,95 ^{AF}	1,01 ^{EF}	0,58 ^{BD}	0,53 ^{CD}
S [mg/kg]	1859	1799	1630	1965 ^E	1711 ^D	1750
Zn [mg/kg]	202	191	172	198 ^F	170	139 ^D

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci.

7.2. Grafy

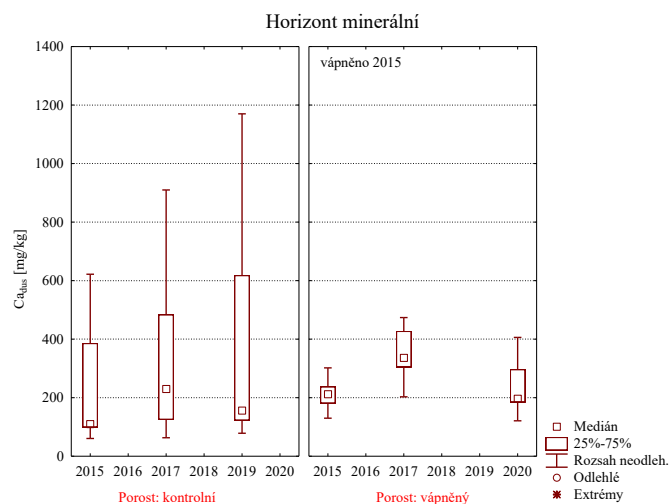
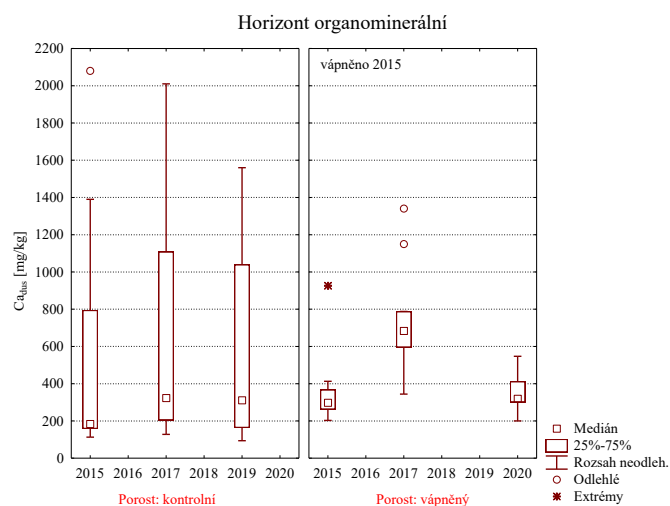
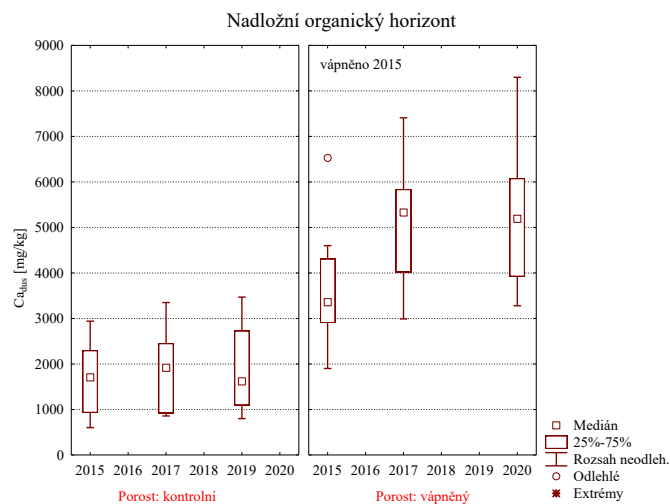
7.2.1. Nadložní humus

Množství nadložního humusu před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

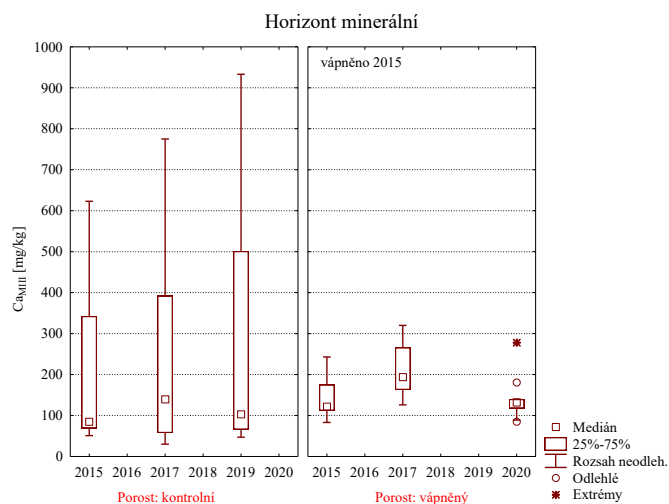
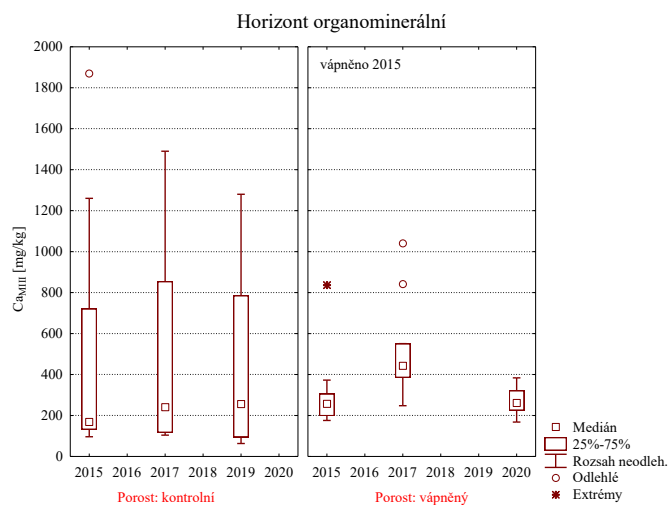


7.2.2. Vápník

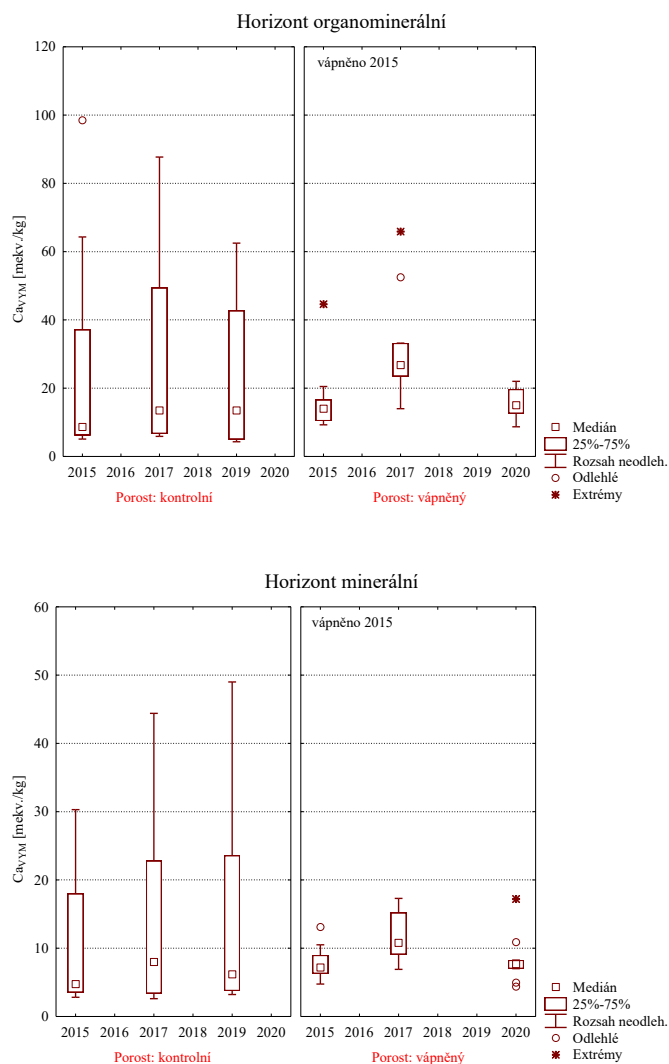
Obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



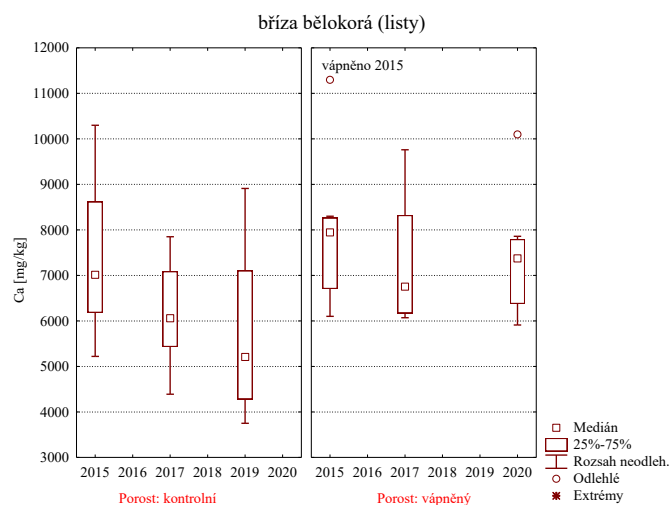
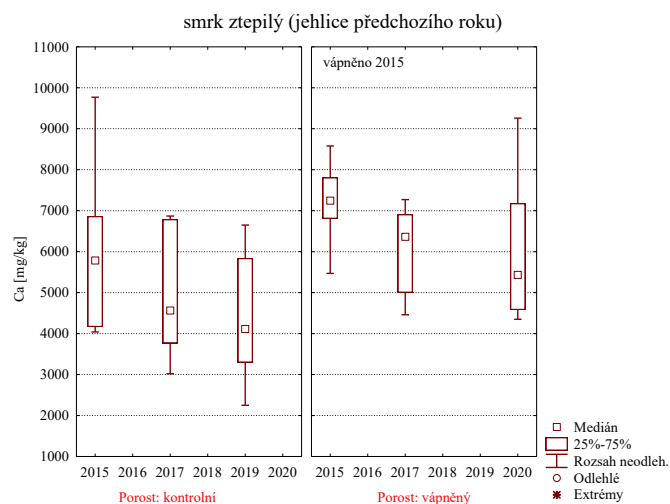
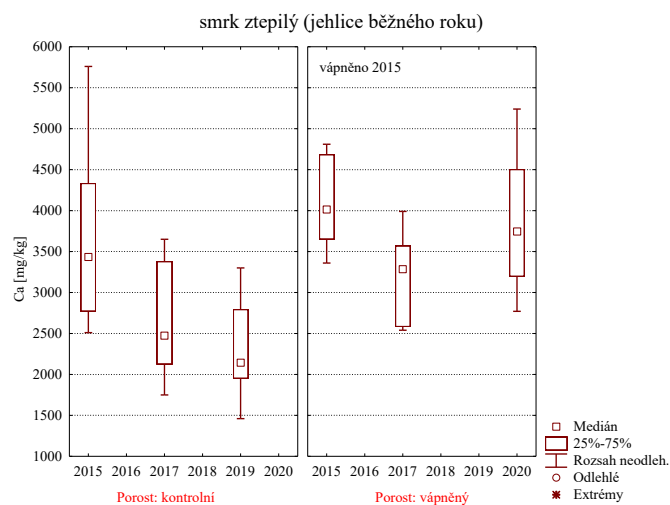
Přístupný obsah vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

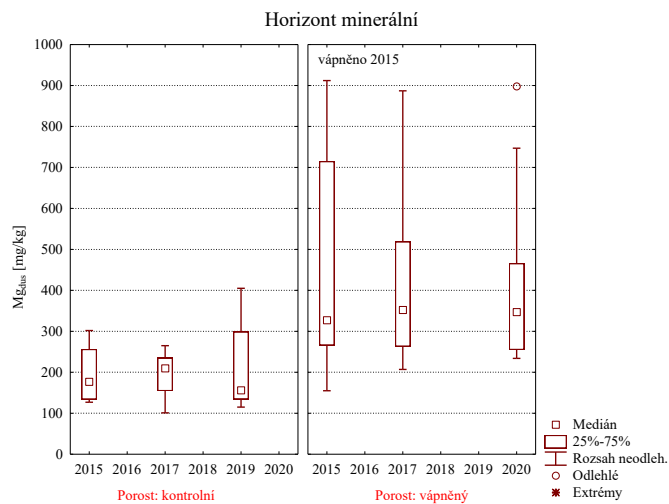
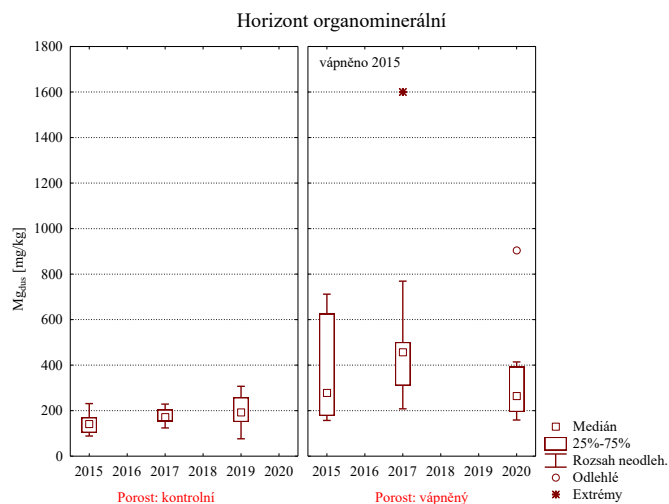
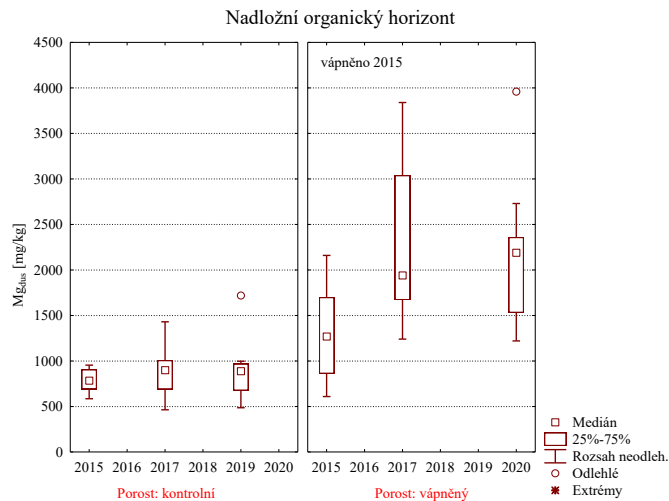


Obsah vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého a v listech břízy bělokoré před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

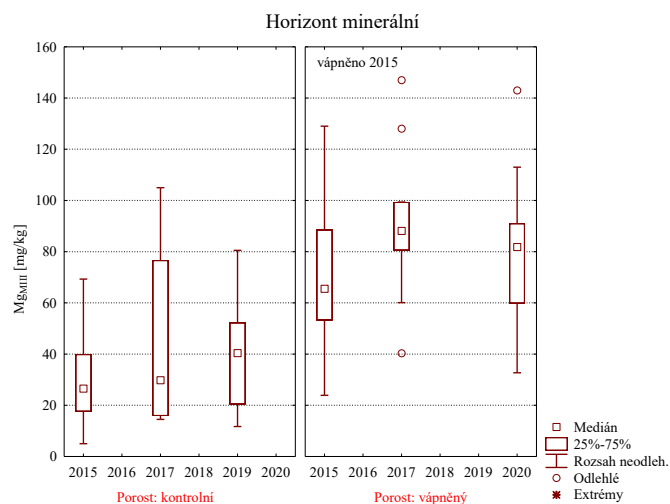
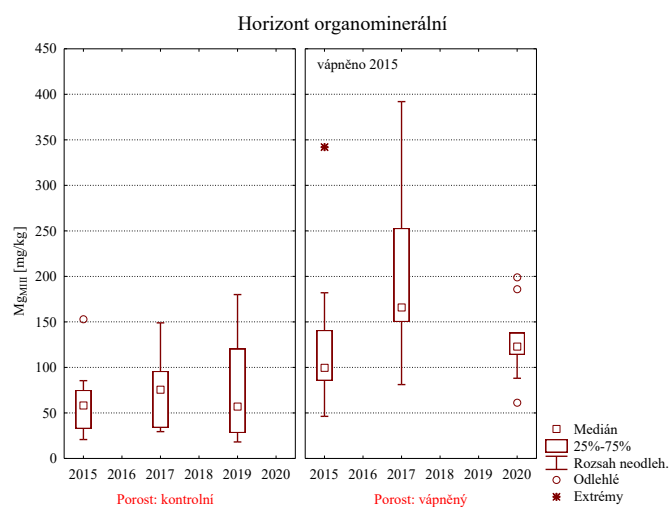


7.2.3. Hořčík

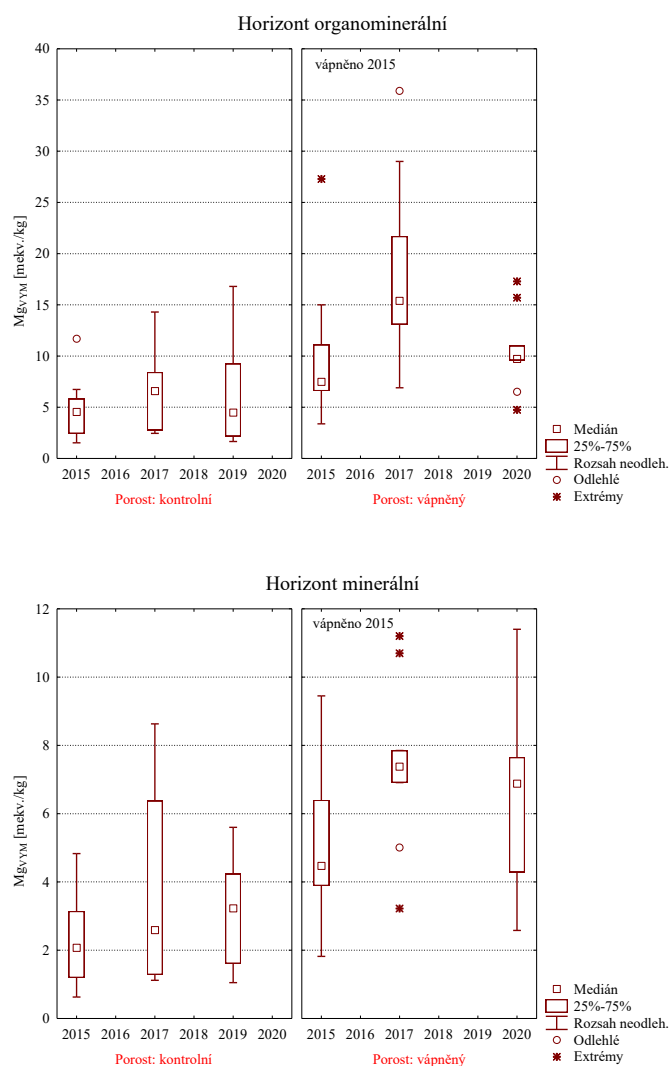
Obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



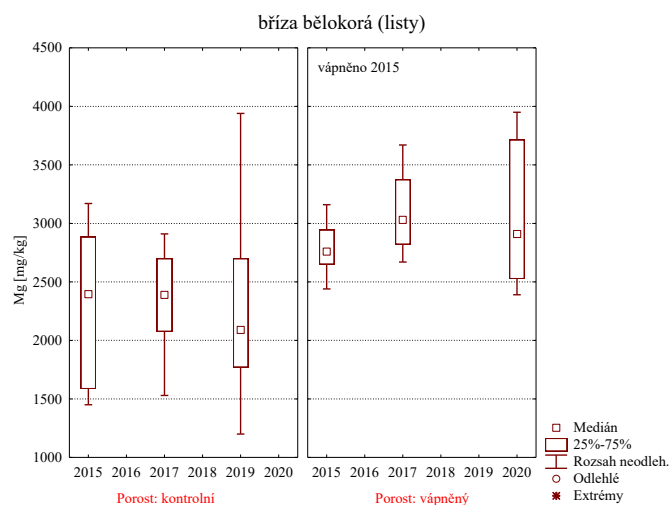
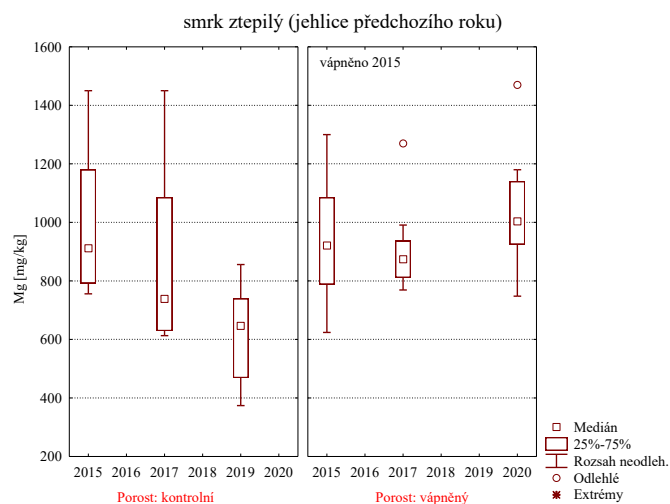
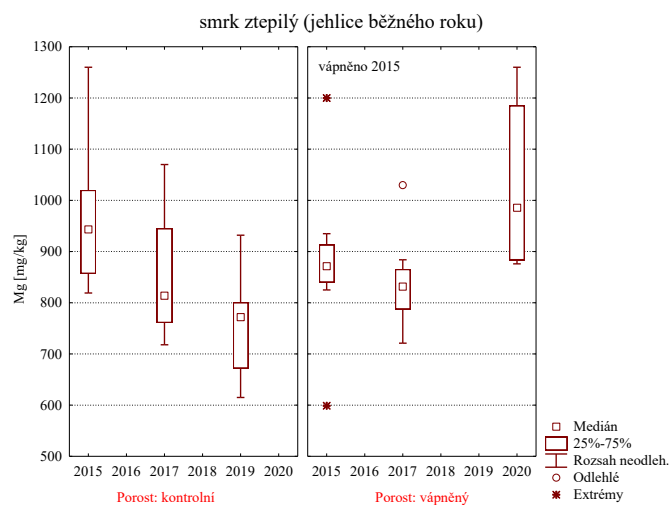
Přístupný obsah hořčíku (Mg_{III}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



Obsah hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého a v listech břízy bělokoré před vápněním (2015), dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

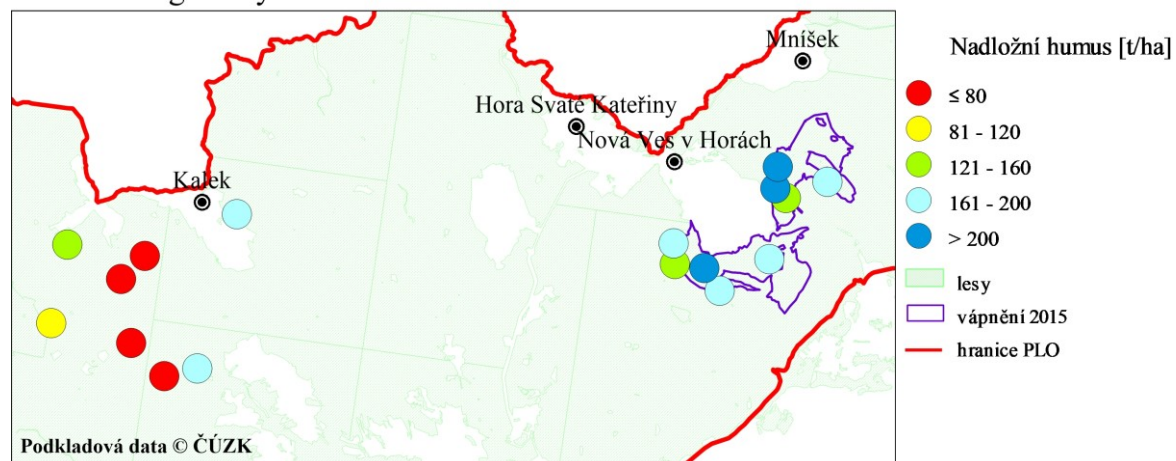


7.3. Kartogramy

7.3.1. Nadložní humus

Kartogram množství nadložního humusu pět let po vápnění (2020)

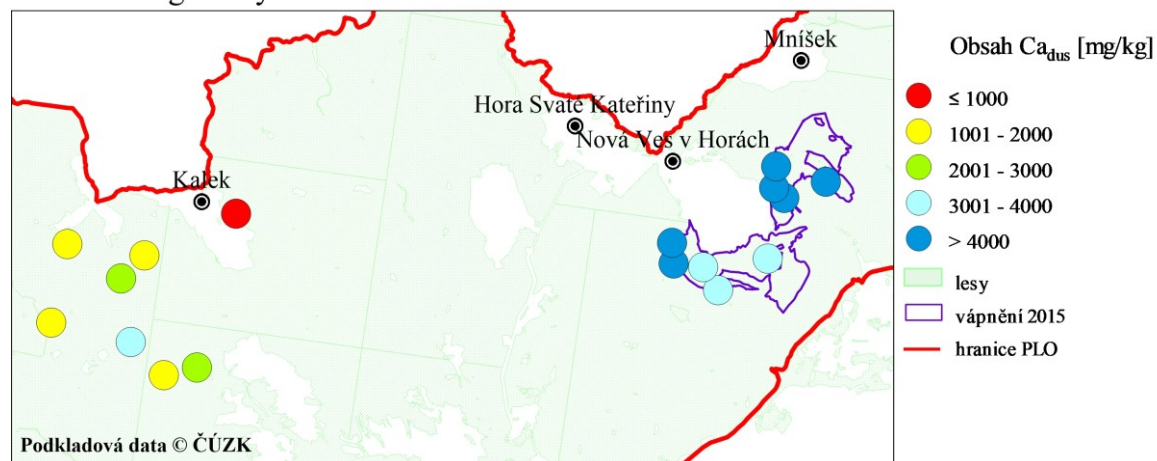
Nadložní organický horizont



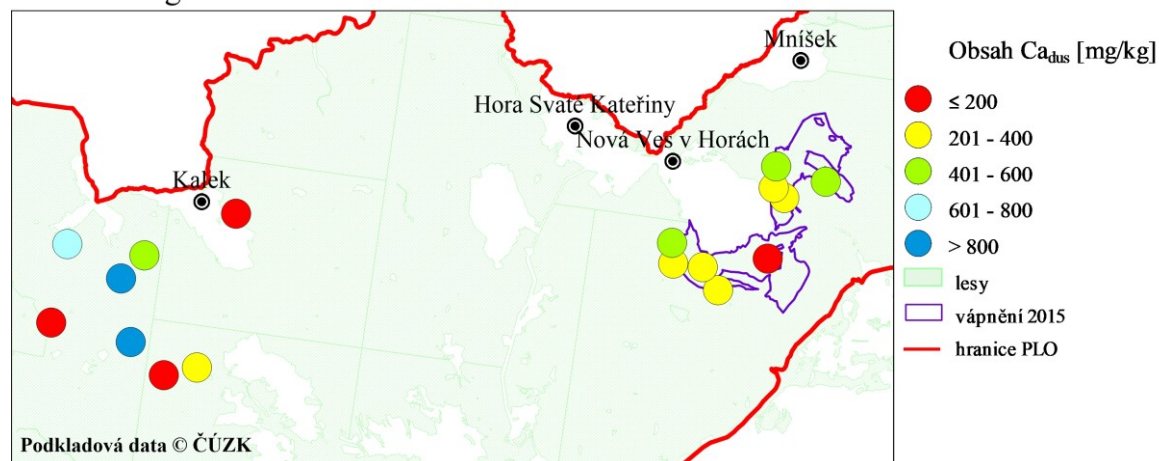
7.3.2. Vápník

Kartogramy obsahu extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

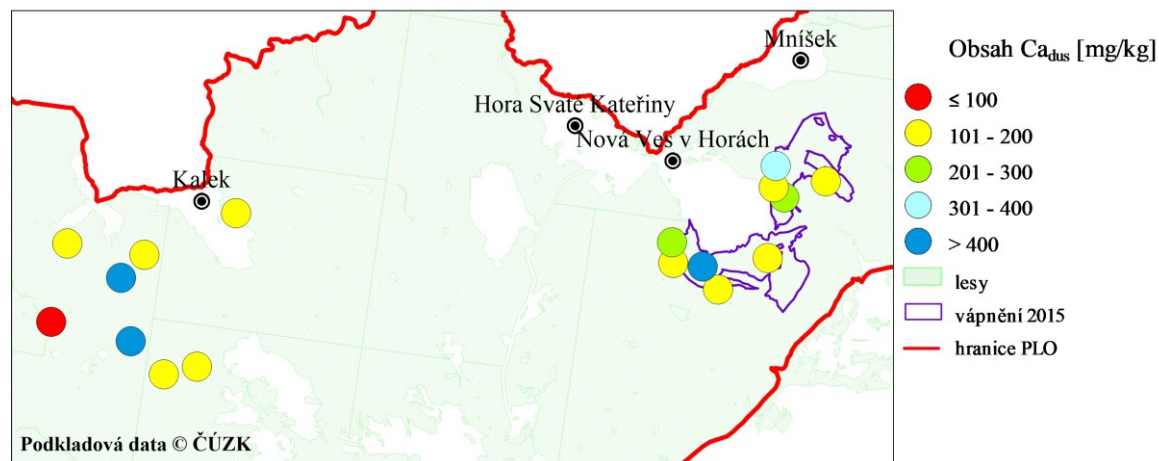
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

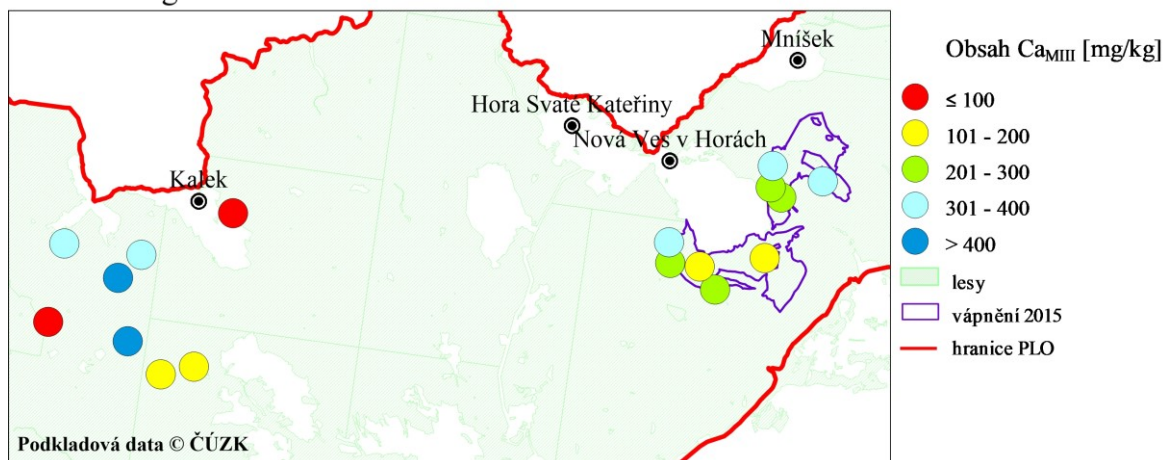


Horizont minerální

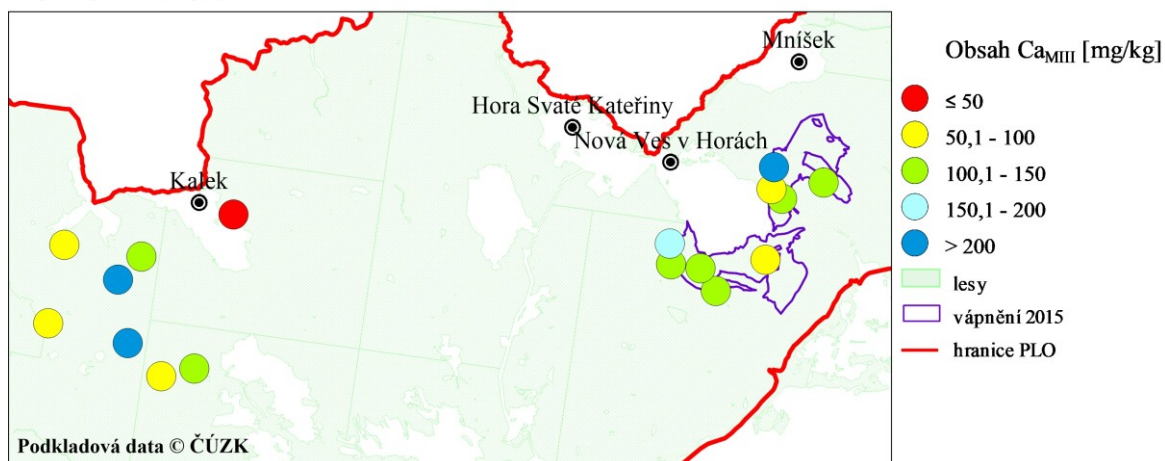


Kartogramy přístupného obsahu vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

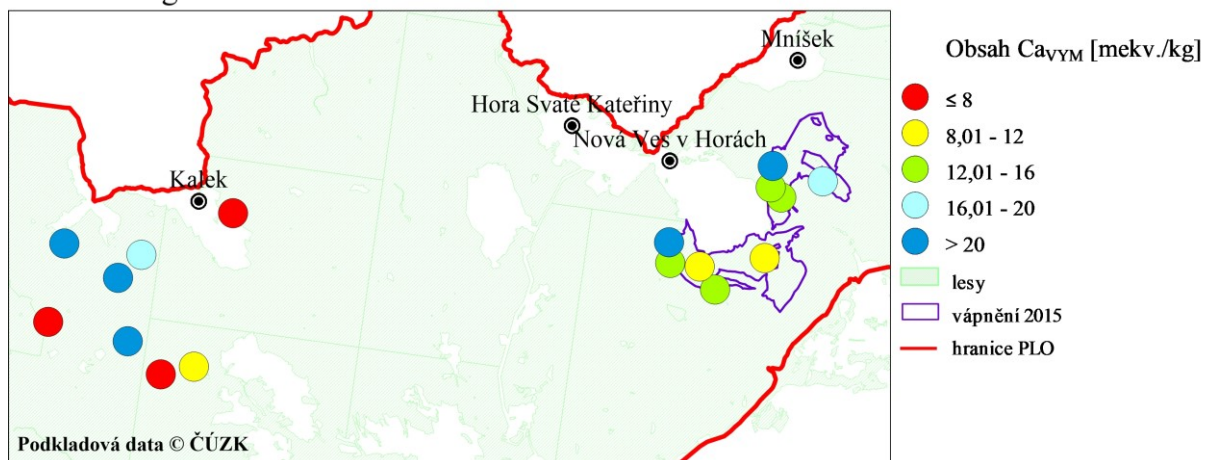


Horizont minerální

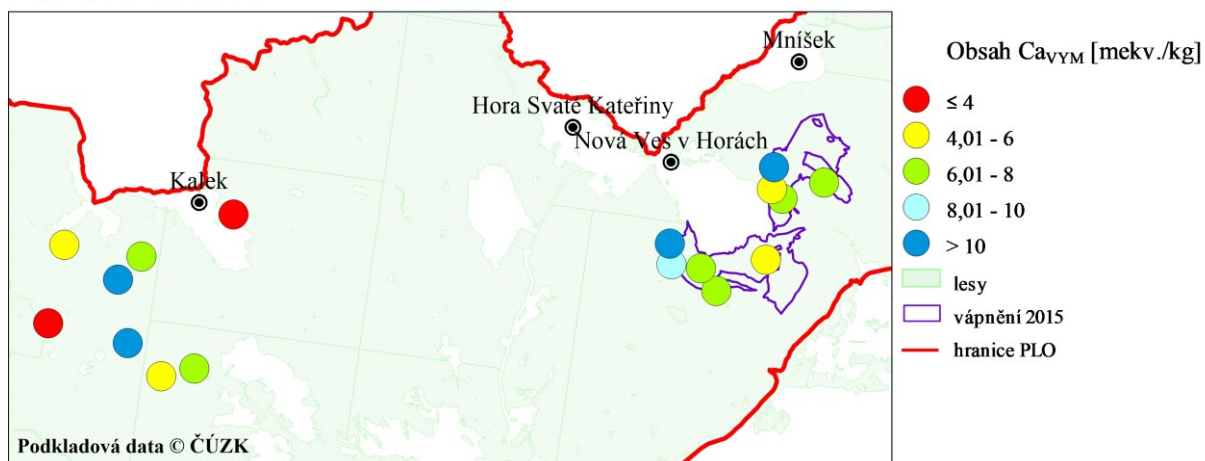


Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

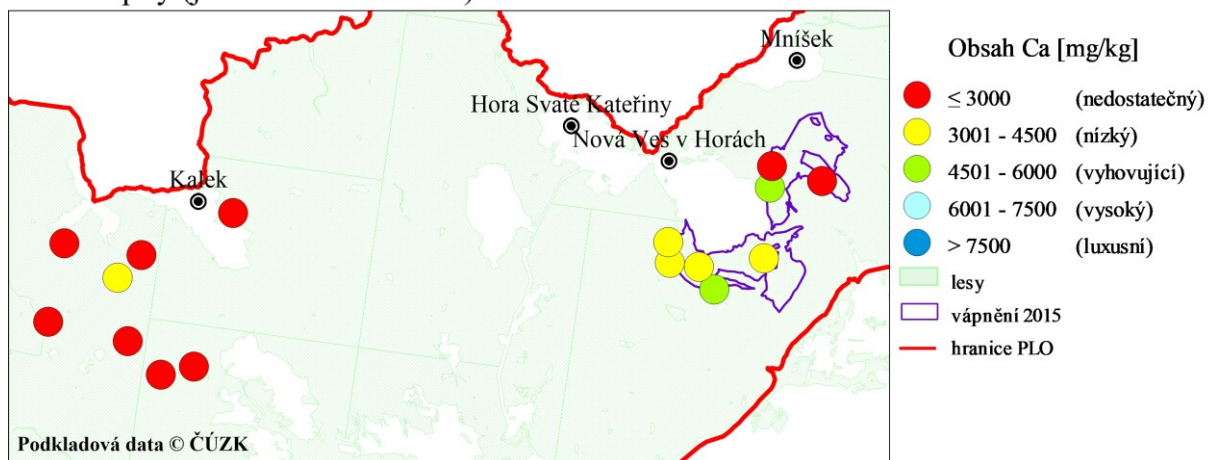


Horizont minerální

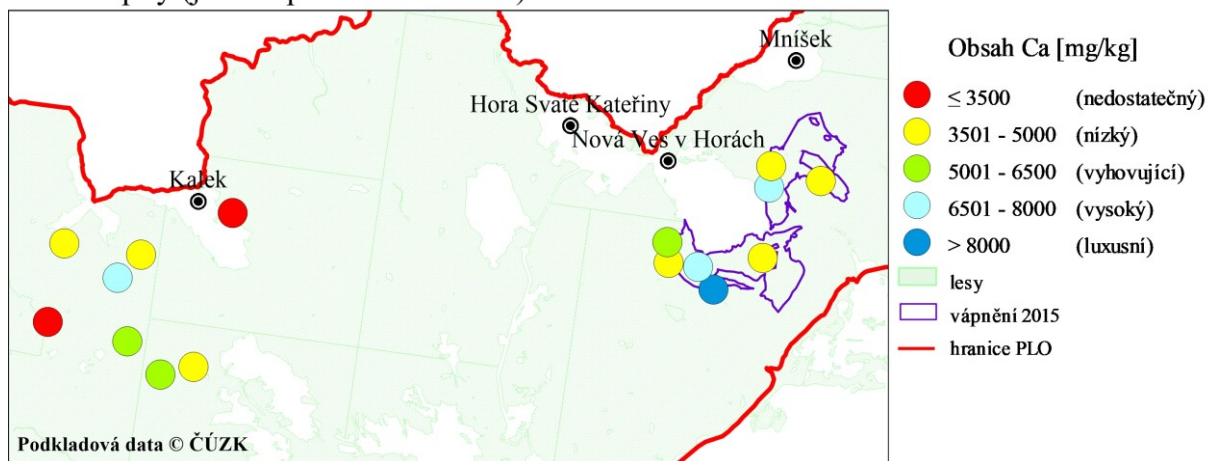


Kartogramy obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého a v listech břízy bělokoré pět let po vápnění (2020)

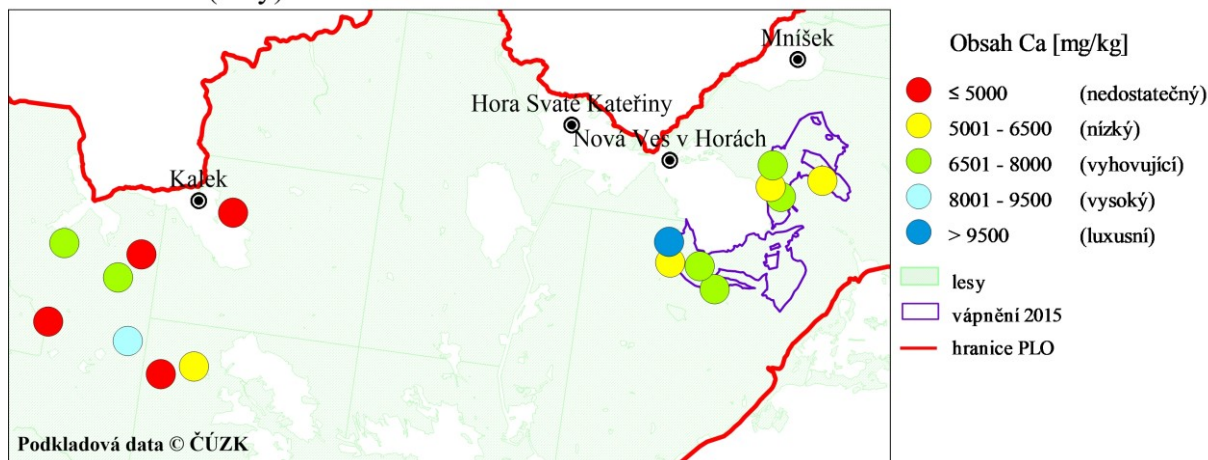
smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



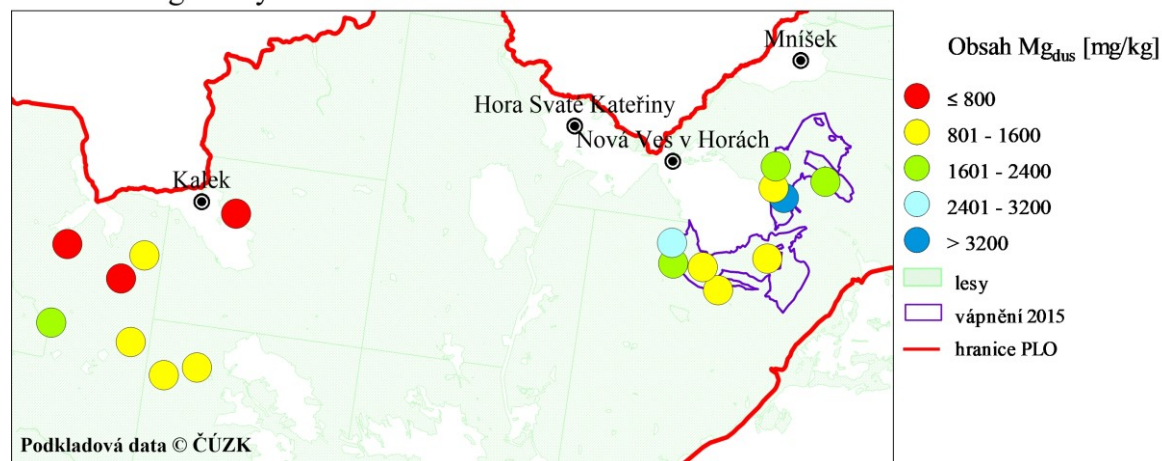
bříza bělokorá (listy)



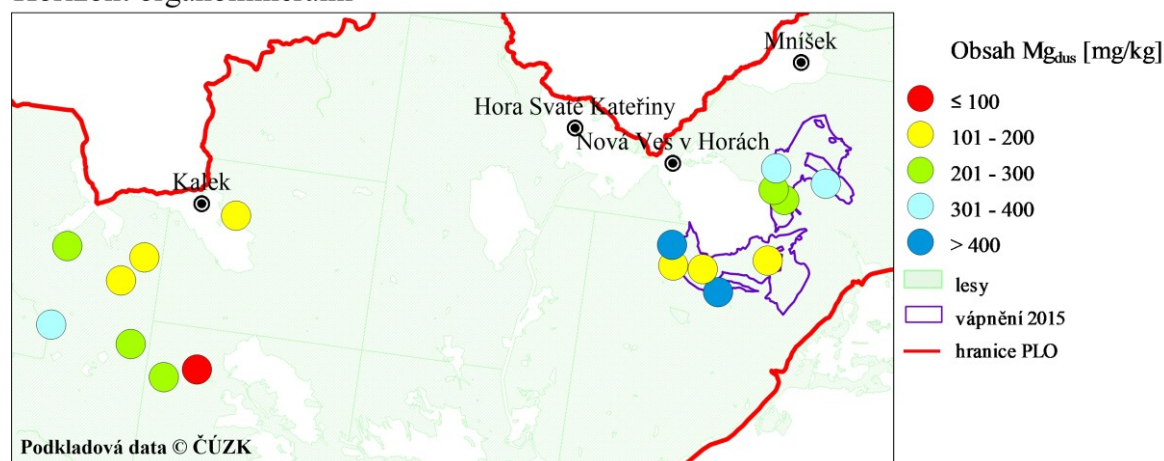
7.3.3. Hořčík

Kartogramy obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

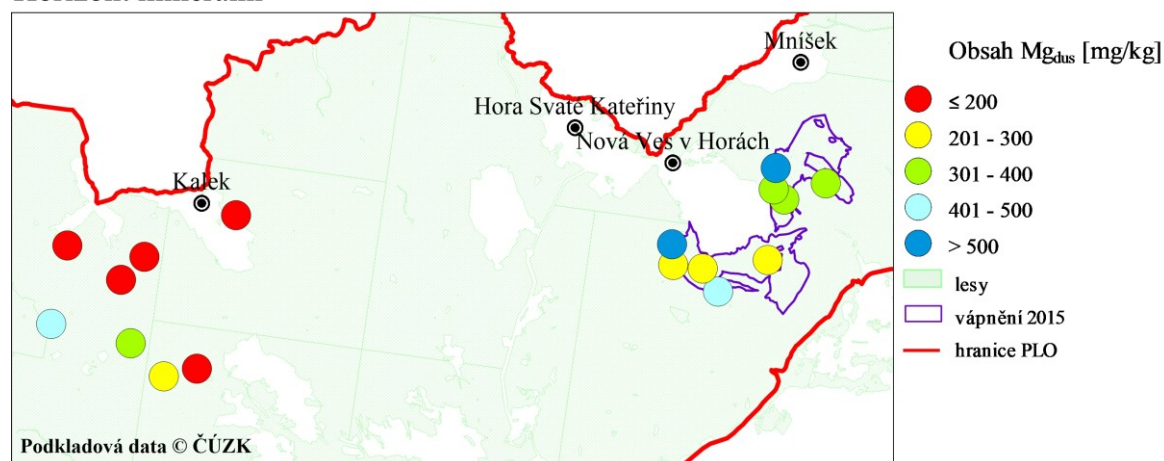
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

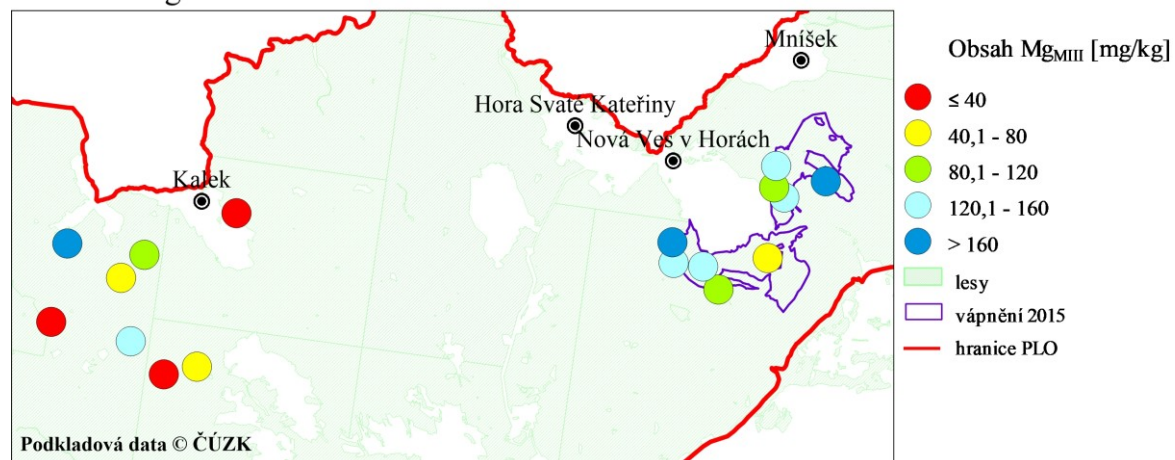


Horizont minerální

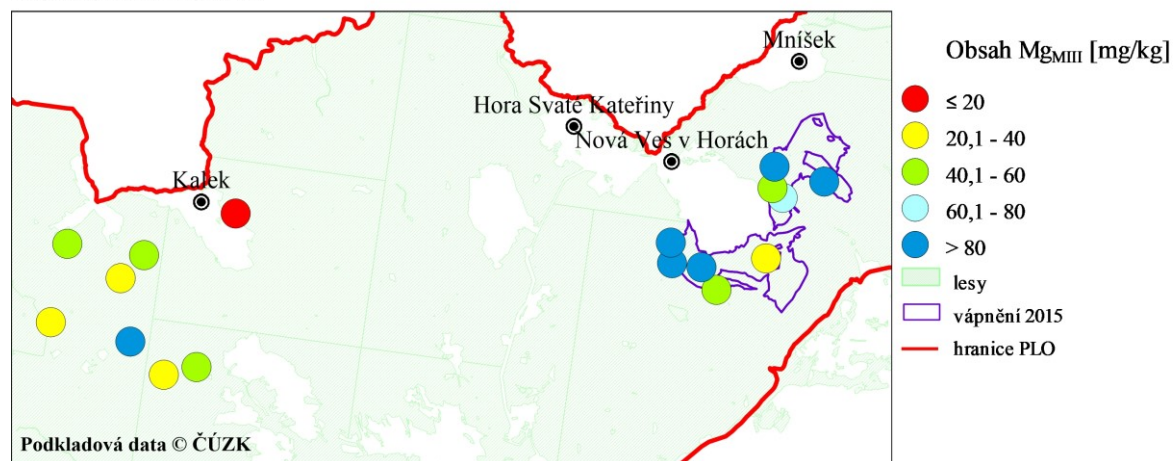


Kartogramy přístupného obsahu hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

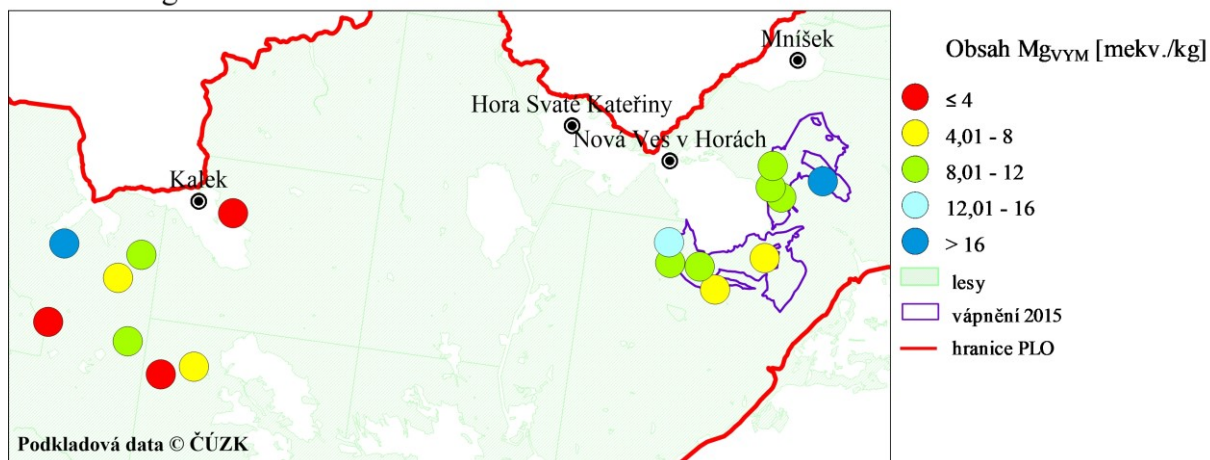


Horizont minerální

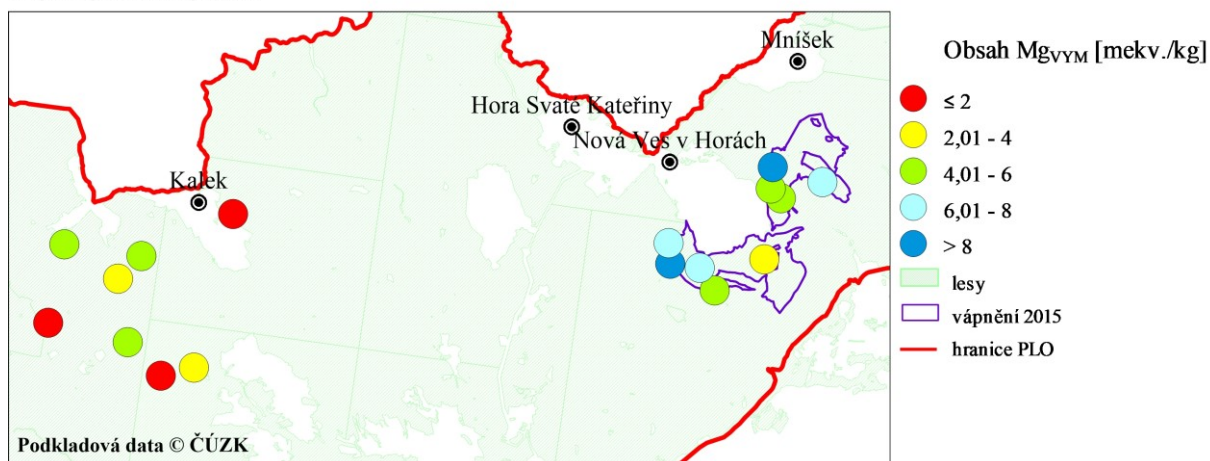


Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

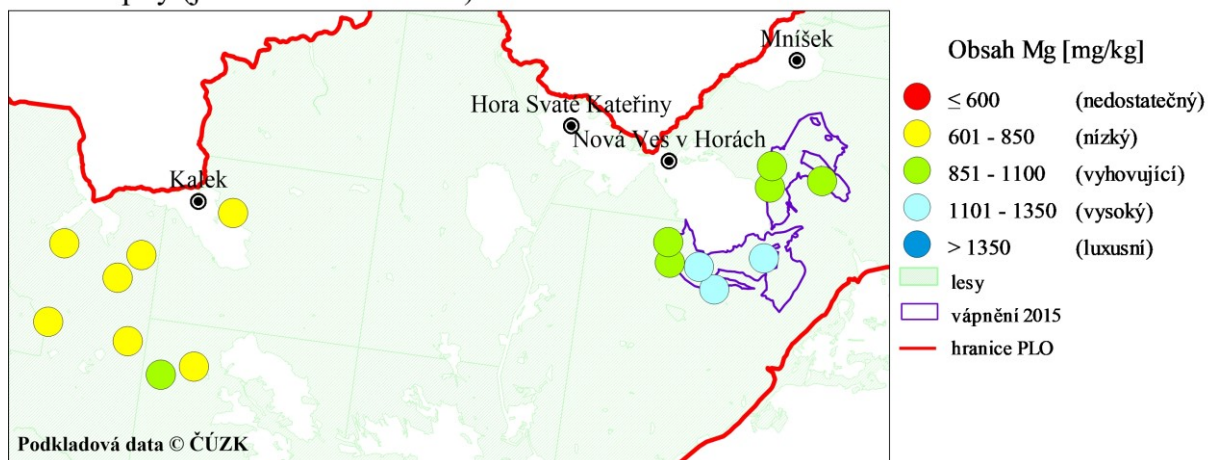


Horizont minerální

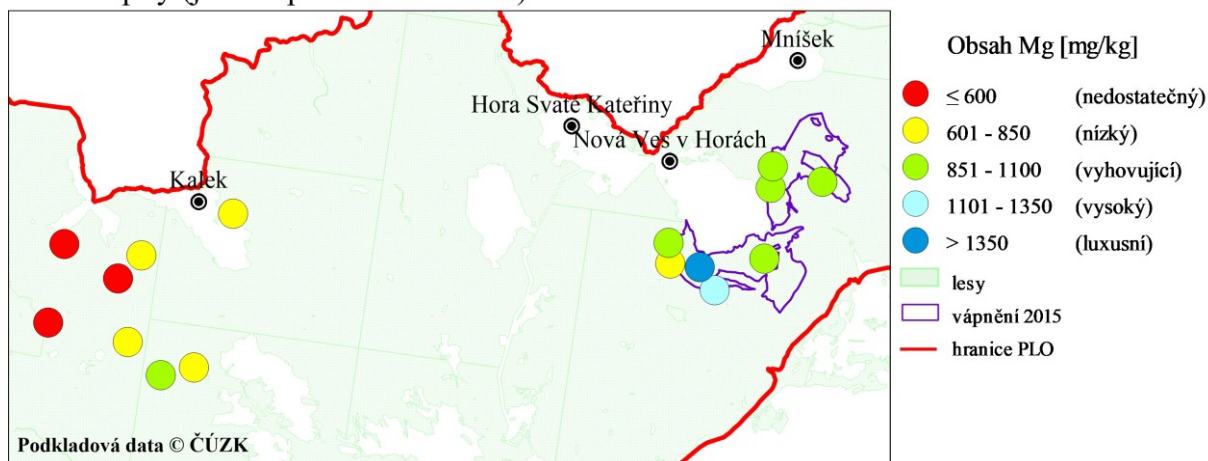


Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého a v listech břízy bělokoré pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



bříza bělokorá (listy)

