

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
„Kraslice 3“
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

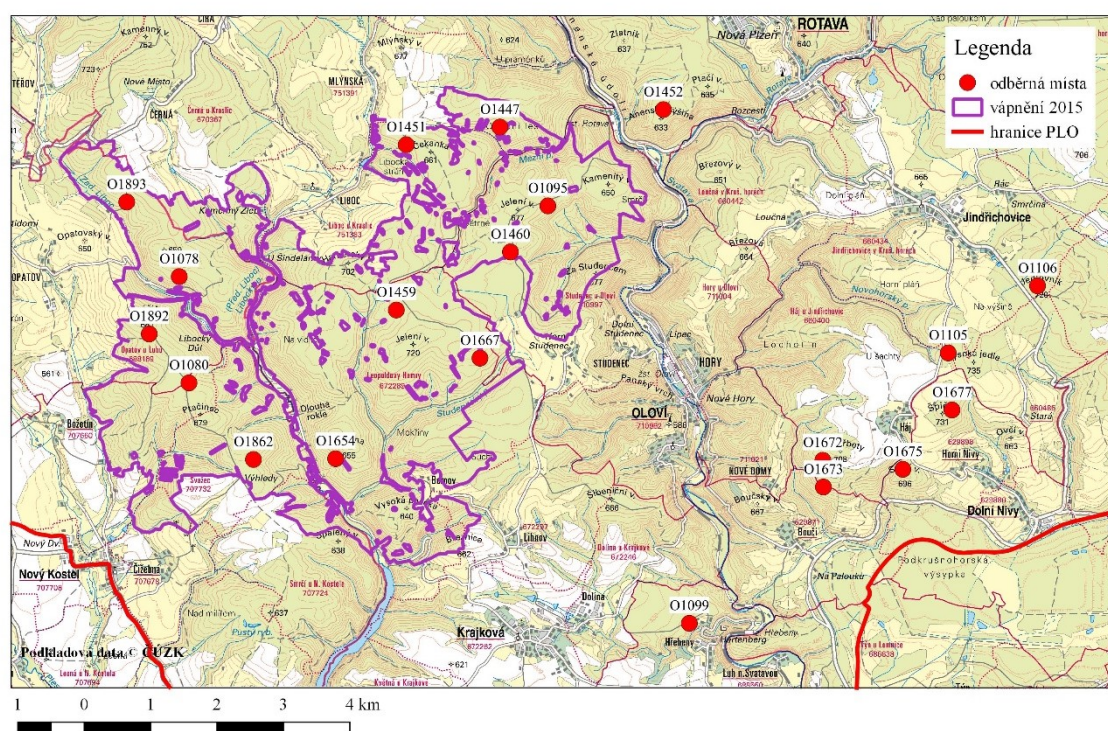
1. Úvod.....	5
2. Metodika.....	6
3. Údaje o vzorkovaných porostech	7
3.1. Popis stanovišť	7
3.2. Mocnosti vzorkovaných horizontů.....	9
4. Výsledky.....	10
4.1. Půdní prostředí	10
4.2. Chemismus asimilačních pletiv smrku ztepilého.....	14
5. Závěr.....	16
6. Literatura	17
7. Přílohy	18
7.1. Popisné statistiky.....	18
7.1.1. Nadložní organický horizont	18
7.1.2. Horizont organominerální	20
7.1.3. Horizont minerální	23
7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	26
7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku.....	28
7.2. Grafy.....	30
7.2.1. Hliník.....	30
7.2.2. Vápník	34
7.2.3. Draslík	38
7.2.4. Hořčík.....	42
7.2.5. Dusík	46
7.2.6. BS	48
7.3. Kartogramy.....	49
7.3.1. Hliník.....	49
7.3.2. Vápník	53
7.3.3. Draslík	57
7.3.4. Hořčík.....	61
7.3.5. Dusík	65
7.3.6. BS	67

1. Úvod

Na území **LS Kraslice** proběhlo v roce 2020 šetření účinnosti vápnění na 12 odběrných místech ve vápněných porostech. Jako kontrola byly použity výsledky z 8 odběrných míst z nevápněných lesních porostů, kde byly vzorky odebrány v roce 2019. Na dotčených pozemcích proběhlo v letech 2015 vápnění lesních porostů. Vápnění proběhlo v této lokalitě opakovaně, protože OM 01095, 01447 a 01451 byla povápněna už v roce 2001.

Toto šetření bylo vykonáno na základě specifikace činností č.j.: 22304/2020-MZE-16212, kterou pověřuje ÚKZÚZ MZe ČR.

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		
			Před vápněním	2017	2020	Před vápněním	2017	2019
Porost	Vápněný	Před vápněním		Ano	Ano	Ano		
		2017	Ano		Ano		Ano	
		2020	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	Před vápněním	Ano				Ano	Ano
		2017		Ano		Ano		Ano
		2019			Ano	Ano	Ano	

3. Údaje o vzorkovaných porostech

3.1. Popis stanovišť

Na kontrolních i vápněných plochách převládají smrkové porosty. Stanoviště jsou podobná, převážně náležející k hospodářským souborům smrkového hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh. Horninové podloží je různé, na plochách vápněných převládají fylitické břidlice a na plochách kontrolních je matečné podloží tvořeno svorem.

Tab. 2: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Por. sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01078	LS Kraslice	708B ₁₀	SM100	99	5M3	7501/51
01080	LS Kraslice	730C _{7b}	SM96, BO4	65	5M3	531
01095	LS Kraslice	415B _{9a}	SM97, MD3	87	5K1	531/53
01447	LS Kraslice	348F ₁₂	SM61, BO39	94	5M3	7501/51
01451	LS Kraslice	345B ₈	SM58, BO27, BR9, MD3, VJ3	64	5M3	7501/51
01459	LS Kraslice	722A ₁₀	SM53, MD47	95	5K1	531/53
01460	LS Kraslice	715E ₈	SM90, MD9, BO1	75	5M3	431/43
01654	LS Kraslice	725B ₁₀	SM58, MD42	115	5K1	531
01667	LS Kraslice	720B _{12a}	SM100	117	5K1	531
01862	LS Kraslice	739E ₈	SM80, MD15, BK5	80	5M3	431
01892	LS Kraslice	732B ₇	SM80, MD17, BO3	70	5M3	431/43
01893	LS Kraslice	703D ₁₀	SM100	97	5M3	431/43
Kontrolní	Vlastník	Por. sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01099	LČR Kraslice	644C _{11a}	SM89, BO5, MD3, BK3	107	4F1	411
01105	LČR Kraslice	608B _{11d}	SM100	109	5K1	531
01106	LČR Kraslice	465C _{7a}	SM100	89	6K1	531
01452	LČR Kraslice	430B ₁₀	SM64, BO30, MD6	95	5K6	433
01672	LČR Kraslice	614B ₇	SM100, BR+	65	5K1	531
01673	LČR Kraslice	613B ₁₂₆	SM100	113	5M3	431
01675	LČR Kraslice	612C ₁₂	SM88, BO6, BK3, BR3	115	5N4	7501
01677	LČR Kraslice	611C ₉	SM100, BR+	83	5K1	531

Poznámka techn. – kontrolní místa byla vzorkovaná v roce 2019

Tab. 3: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť

vápněná	nadložní organický horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01078	F filcovitý, H krémovitý, přechod ostrý	Hnědá, shora humózní, rH, drobtovitá, sypká - kyprá	Skořicově hnědá, jH, drobtovitá - středně hranolovitá, drobivá
01080	Dominuje F filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, shora mírně humózní, rH, hrudkovitá, sypká	Skořicově hnědá, rH, drobtovitá, drobivá
01095	Převládá F filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, dospodu vysvětlená, shora humózní, pH, drobtovitá, drobivá	Skořicově hnědá, pH, příměs prachu, hranolovitá, soudržná
01447	Převládá H krémovitý, přechod ostrý	Hnědá, místy vybělená, hP, hrudkovitá, drobivá	Okrová, pH, drobtovitá, drobivá
01451	F filcovitý, přechod ostrý, H krémovitý	Hnědá, rH, drobtovitá, drobivá	Skořicově hnědá, jH, drobtovitá, drobivá
01459	Dominuje F + H (mor), filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, mírně humózní, H, hrudkovitá, drobivá	Skořicově hnědá, R, hrudkovitá, kyprá
01460	F + H filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, vespod vysvětlená, rH, hrudkovitá, drobivá	Skořicově hnědá, ve sníženinách zelený redukční horizont, jH, středně hranolovitá, soudržná
01654	Mocný F i H horizont, filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, H, drobtovitá	Skořicově hnědá, vespod místy žlutavá, jH, drobtovitá až sypká
01667	F + H, přechod ostrý	Hnědá, shora mírně humózní, H, jemně hranolovitá, drobivá - soudržná	Skořicově rezivá, jH, hrubě hranolovitá, soudržná, vespod vazká
01862	Dominuje F filcovitý, přechod ostrý	Hnědá, drobivá, rH	Skořicově hnědá, rH, drobivá, sypká
01892	Dominuje H, filcovitý, přechod ostrý	Světle hnědá, shora mírně humózní, rH, drobtovitá, drobivá	Skořicově hnědá, rH, drobtovitá, drobivá
01893	F + H sypký, přechod ostrý	Hnědá, rH, hrudkovitá, drobivá - kyprá	Skořicově hnědá, jH, hrubě hranolovitá, soudržná
kontrolní	nadložní organický horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01099	převládá H, filcovitý, přechod ostrý	hnědá, pH, krupnatá, pH	Skořicově hnědá, hP, soudržná
01105	F + H, filcovitý, krémovitý	Hnědá – narůžovělá, rH, kyprá	Rezivá, jH, hrubě hranolová, vazká
01106	F + H, filcovitý, krémovitý	Hnědá, středně humózní, hP, kyprá	Rezivá, hP, soudržná
01452	F + H, vyvinutý, přechod ostrý	Hnědá, shora humózní, redukční horizont, podzolizace, vazká	Rezivá, pH, hranolovitá, vazká
01672	Převládá F, ostrý přechod,	Tmavě hnědá, shora humózní, H, drobtovitá	Světle hnědá – oranžová, hP, hrudkovitá, sypká
01673	Převládá F, ostrý přechod	Tmavě hnědá, silně humózní, slída, hP, hrudkovitá	Světle hnědá, hP, hranolovitá
01675	F – filcovitý, H - drobivý, přechod hladký	Tmavě hnědá, silně humózní, rH, drobtovitá	Skořicově hnědá, rH, hranolovitá, soudržná
01677	F + H, filcovitý, převládá H, přechod ostrý	Tmavě hnědá, hP, krupnatá	Světle hnědá, přechod hladký, hP

Pro zmitost použity půdoznalecké zkratky

3.2. Mocnosti vzorkovaných horizontů

Vzorkování nadložního organického horizontu vápněných porostů se v opakovaných odběrech shoduje. Rozdílnost je ve vzorkování organominerálního horizontu, kde byl v roce 2017 odebrán směsný materiál z většího rozpětí udávané mocnosti horizontu. Údaje pro minerální horizont bereme orientačně. Vertikální variabilita minerálního horizontu nedosahuje takové míry, aby ovlivnila sledované charakteristiky související s vápněním lesa.

Tab. 4: Hodnocení shody mocností vzorkovaných horizontů

	Vápněná stanoviště					
	Nadložní organický		organominerální		minerální	
	2017	2020	2017	2020	2017	2020
01078	8	6	13	6	22	13
01080	9	6	11	4	24	16
01095	9	6	12	6	23	9
01447	6	6	10	5	25	13
01451	6	6	13	7	22	12
01459	8	13	11	7	24	11
01460	8	8	10	7	25	12
01654	11	8	11	6	24	15
01667	7	9	12	8	23	11
01862	7	8	10	6	25	12
01892	7	7	9	4	26	11
01893	8	7	11	5	24	16
průměr	7,8	7,5	11,1	5,9	23,9	12,6
	Kontrolní stanoviště					
	Nadložní organický		organominerální		minerální	
	2017	2019	2017	2019	2017	2019
01099	10	11	12	8	23	14
01105	6	7	12	13	23	11
01106	9	10	13	15	23	13
01452	11	11	11	13	24	12
01672	3	6	21	22	14	15
01673	8	9	11	12	24	16
01675	10	12	12	9	23	15
01677	6	7	14	10	21	16
průměr	7,9	9,1	13,3	12,8	21,9	14,0

4. Výsledky

4.1. Půdní prostředí

Na vápněných stanovištích (Tab. 5) se významně zvyšuje množství nadložního organického materiálu až na hodnotu, která je podobná plochám kontrolním (Tab. 6). Na kontrolních plochách se množství nadložního organického materiálu významně nemění. Vzhledem ke zlepšení výživy dřevin na plochách vápněných, jak je uvedeno v kapitole o výživě, lze předpokládat vyšší produkci opadu a následného uložení v odebíraných fermentačních horizontech. Po dvou i po pěti letech od vápnění byla v **nadložních organických horizontech** vápněných ploch zjištěna významně vyšší hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$. Na plochách kontrolních kolísají tyto hodnoty v přirozeném rozpětí. Souvislost s vápněním je v případě chemické půdní reakce zřejmá.

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

Srovnání – opakovaný odběr – vápněná stanoviště												
Horizont	Nadložní materiál (t/ha)			C _{ox} (%)			N _{tot} (%)			C/N		
	2014/15	2017	2020	2014/15	2017	2020	2014/15	2017	2020	2014/15	2017	2020
nadložní organický	91,5	104	109	25,0	31,6	32,9	0,94	1,29	1,35	26,7	24,4	24,3
organominerální				3,92	2,90	3,17	0,20	0,25	0,25	20,5	11,9	12,9
minerální				1,47	1,19	--	0,17	0,18	0,17	9,46	7,00	4,92

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

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

Srovnání – opakovaný odběr – kontrolní stanoviště												
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	113	120	131	25,9	31,5	33,4	1,15	1,36	1,41	22,6	23,1	23,6
organominerální				4,06	3,11	2,89	0,20	0,23	0,20	22,4	12,9	14,3
minerální				2,11	1,54	1,05	0,15	0,16	0,13	16,3	8,66	7,59

S vyšším množstvím nadložního organického materiálu souvisí vyšší hodnoty spalitelného uhlíku C_{ox} . Ty jsou ovšem zjištěny na vápněných i kontrolních plochách a nelze je tedy jednoznačně spojovat s účinkem vápnění. Podobně je tomu s vyššími obsahy celkového dusíku N_{tot} na srovnávaných plochách v období po vápnění. Poměry C/N se na srovnávaných plochách významně nemění (Tab. 6).

Množství nadložního materiálu je rovněž ovlivněno objemem kořenů, zjištěných při odběrech. Objem hrubých kořenů je na vápněných plochách vyšší a s tím rovněž souvisí menší množství nadložního organického materiálu na těchto stanovištích.

Hodnota chemické půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v **organominerálních horizontech** (Tab. 7) je podle očekávání významně vyšší na vápněných stanovištích po dvou letech i po pěti letech po vápnění. Vzhledem k významně vyšším obsahům extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) a hořčíku (Mg_{dus}) v těchto horizontech je zde zřejmá souvislost s vápněním.

Nižší hodnota $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, v pátém roce po vápnění je zřejmě důsledkem dočasného acidifikačního tlaku, např. zvýšenou mírou nitrifikace – vzniku dusičnanů (NO_3^-) okyselujících

půdu. Ten je potvrzen vyšší hodnotou výměnné acidity v roce 2020 (210 mekv.kg⁻¹) v organominerálních horizontech vápněných porostů.

V **minerálních horizontech** (Tab. 8) je významně vyšší hodnota pH_{H2O} po pěti letech od vápnění. Vzhledem k významnému zvýšení na plochách kontrolních nedáváme toto zvýšení do souvislosti s vápněním. Na vápněných plochách se významně zvyšuje obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}). V této souvislosti stojí za zmínku stabilní obsahy extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}), které se na plochách vápněných nemění a na plochách kontrolních, kde jsou díky geologickému podloží významně vyšší, se jeho extrahovatelné obsahy snižují. Hodnota půdní reakce výměnné (pH_{CaCl2}) je v minerálních horizontech stabilní.

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

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2014/15	2017	2020	2015	2017	2019
pH _{CaCl2}	3,20	3,24	3,08	3,29	3,26	3,24
pH _{H2O}	3,79	3,94	3,90	3,85	3,86	3,98
P _{dus} (mg/kg)	24,9	21,2	28,8	93,4	95,0	108
K _{dus} (mg/kg)	69,4	68,4	71,2	125	83,9	102
Ca _{dus} (mg/kg)	56,2	104	220	75,6	68,9	78,8
Mg _{dus} (mg/kg)	98,6	123	178	394	318	370
P _{MIII} (mg/kg)	< 3,0	< 3,5	< 3,5	--	< 3,5	--
K _{MIII} (mg/kg)	33,7	43,4	52,8	26,6	40,4	41,2
Ca _{MIII} (mg/kg)	--	73,3	122	57,1	< 30	--
Mg _{MIII} (mg/kg)	44,8	63,5	113	26,8	19,9	22,9
Ca _{VYM} (mekv./kg)	2,67	3,21	7,58	--	< 1,0	2,41
Mg _{VYM} (mekv./kg)	3,50	5,47	10,1	1,69	1,45	1,75
K _{VYM} (mekv./kg)	1,00	0,92	1,14	0,89	0,82	0,92
CEC (mekv./kg)	124	111	123	93,2	85,2	94,2
BS (%)	5,63	8,49	15,2	6,34	4,55	6,10

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

V **organominerálních horizontech** se na vápněných i kontrolních plochách významně snižuje hodnota spalitelného uhlíku C_{ox} (Tab. 5, 6). Na vápněných plochách se zvyšuje obsah dusíku. Zde může být souvislost se změnami půdního metabolismu vyvolanými vápněním. V organominerálních horizontech se zvyšuje podíl složek s vyšším podílem dusíku. To je zřejmé i z nižšího podílu C/N na vápněných plochách po dvou a pěti letech od vápnění. Pokles hodnoty tohoto poměru (C/N) na kontrolních plochách nesouvisí s vyššími obsahy dusíku. Zde je způsoben významně vyšší hodnotou C_{ox} před vápněním, která je vzhledem k ostatním, nezměněným, půdním charakteristikám (pH, N_{tot}) zřejmě náhodná.

Významná změna je zjištěna v **minerálním horizontu** v obsahu C_{ox} na kontrolních plochách (Tab. 6). Tato hodnota se zde rovnoměrně snižuje až do významně nižší hodnoty v roce 2020. Vzhledem k nepravděpodobnosti přirozeného úbytku organického materiálu v těchto horizontech bereme počáteční obsahy C_{ox} v roce 2015, tedy před vápněním, jako náhodnou odchylku, způsobenou odběrem vzorků. Obsahy celkového dusíku N_{tot} jsou během pozorování nezměněny.

Tab. 8: Vápněné a kontrolní porosty – minerální horizont (průměrné hodnoty)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2014/15	2017	2020	2015	2017	2019
pH _{CaCl2}	3,64	3,63	3,66	3,64	3,63	3,68
pH _{H2O}	4,15	4,23	4,29	4,11	4,16	4,26
P _{dus} (mg/kg)	16,8	14,4	17,9	100	110	116
K _{dus} (mg/kg)	67,8	61,7	59,6	135	80,5	96,1
Ca _{dus} (mg/kg)	26,5	41,5	84,2	68,2	65,1	77,4
Mg _{dus} (mg/kg)	92,2	86,8	98,4	514	341	403
P _{MIII} (mg/kg)	< 3,0	< 3,5	< 3,5	--	--	--
K _{MIII} (mg/kg)	--	34,5	35,2	< 20	31,6	30,5
Ca _{MIII} (mg/kg)	< 30	--	< 30	< 30	< 30	< 30
Mg _{MIII} (mg/kg)	--	27,0	26,2	--	--	--
Ca _{VYM} (mekv./kg)	< 1,0	< 1,0	--	--	< 1,0	--
Mg _{VYM} (mekv./kg)	1,46	2,13	2,09	0,89	0,83	0,82
K _{VYM} (mekv./kg)	0,69	0,63	0,59	0,64	0,59	0,57
CEC (mekv./kg)	79,4	70,7	63,8	68,0	61,9	62,2
BS (%)	4,56	5,88	6,69	5,55	4,89	5,30

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

V nadložních organických a organominerálních horizontech (Tab. 7) vápněných porostů se dva roky a následně pět let po vápnění významně zvyšují obsahy extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) i hořčíku (Mg_{dus}). Na plochách kontrolních obsahy těchto prvků zůstávají poměrně stabilní. Na plochách kontrolních jsou v minerální části půdy výrazně vyšší obsahy extrahovatelného hořčíku ve srovnání s plochami vápněnými. Zde je zřejmá souvislost s geologickým podložím.

Zvyšování obsahu vápníku (Ca_{dus}) je zřetelné i v horizontech minerálních, u hořčíku (Mg_{dus}) se obsahy drží na stejné hodnotě přibližně 90 mg.kg⁻¹.

Obsahy přístupného vápníku a hořčíku (Ca_{MIII}, Mg_{MIII}) se během pozorování v horizontech organominerálních významně zvyšují na vápněných plochách (Tab. 7). V horizontech minerálních (Tab. 8) je po dvou a pěti letech od vápnění zjištěn mírný nárůst obsahu přístupného hořčíku. Vzhledem k nízkým obsahům přístupné formy těchto dvou živin na plochách kontrolních považujeme toto zjištění za projev účinku vápnění. Ty jsou potvrzeny i změnami obsahu výměnné formy těchto dvou živin (Ca_{VYM}, Mg_{VYM}). Významně vyšší sycení sorpčního komplexu půdy kationty Ca²⁺ je zjištěno v organominerálních a kationty Mg²⁺ v organominerálních i minerálních horizontech (Tab. 7, 8) vápněných ploch. Zde se rovněž potvrzuje rychlejší pohyb výměnného hořčíku (Mg²⁺) půdním prostředím.

Negativním projevem vápnění je pokles obsahu draslíku (K_{dus}), který je po celé období po vápnění významně nižší v nadložních horizontech (Příloha 7.2.3.). Na plochách kontrolních jsou jeho obsahy nižší s víceméně stálou hodnotou po dobu šetření. V organominerálních i minerálních horizontech je prozatím extrahovatelná forma draslíku (K_{dus}) stabilní (Tab. 7, 8). Obsah přístupného draslíku (K_{MIII}) se dokonce zvyšuje a to na vápněných i kontrolních plochách v organominerálních i minerálních horizontech. Sycení sorpčního komplexu kationtem K⁺ v organominerálních horizontech vápněných porostů je poněkud nižší v období dvou let po vápnění a pak se významně zvyšuje na hodnotu 1,14 mekv.kg⁻¹. V horizontech minerálních je pátý rok po vápnění významně nižší sycení sorpčního komplexu kationtem K⁺ na vápněných plochách (Tab. 8). Tato významně nižší hodnota nemá zřejmou souvislost s vápněním. Prvky Ca a Mg mají vyšší afinitu ke kationtovým výměnným místům než draslík.

Vysoké obsahy Ca a Mg v půdě mají za následek ion-antagonismus k draslíku (BAIER ET ALL. 2006). Draselný kationt neobsazuje výměnná místa. Předpokládáme, že zůstává v půdní vodě, odkud může být částečně přijímán rostlinou nebo odplavován do spodní vody.

Obsahy extrahovatelného fosforu (P_{dus}) jsou na plochách vápněných v nadložních organických horizontech významně vyšší v období po vápnění (Příloha 7.1.1.). Toto zvýšení je zřetelné na plochách vápněných i kontrolních. V horizontech organominerálních a minerálních (Tab. 7, 8) jsou obsahy fosforu (P_{dus}) významně nižší na plochách vápněných ve srovnání s plochami kontrolními. Změna, která by mohla souviset s vápněním, není z tohoto pozorování zřejmá. Přístupná forma fosforu (P_{MIII}) je na srovnávaných plochách velmi nízká a nedosahuje dekterčního minima použitých analytických postupů.

Pět let po vápnění jsou na vápněných plochách v nadložních organických horizontech významně nižší extrahovatelné obsahy železa (Fe_{dus}) na rozdíl od ploch kontrolních, kde obsahy železa stoupají (Příloha 7.1.1.). V horizontech organominerálních a minerálních (Příloha 7.1.2., 7.1.3.) nejsou zjištěny významnější změny v obsazích extrahovatelného železa, které by mohly souviset s vápněním. Přístupné obsahy (Fe_{MIII}) se v organominerálních horizontech významně snižují ve dvou letech po vápnění a znovu nabývají původní hodnotu pátý rok po vápnění. Podobně reaguje sycení sorpčního komplexu kationtem Fe^{3+} , které je dva roky po vápnění významně nižší a pátý rok naopak významně vyšší. Podobný pohyb je zjištěn i na stanovištích kontrolních, takže souvislost s vápněním není zřejmá. V horizontech minerálních není patrná žádná významnější změna, která by souvisela s vápněním. Podobně v sycení sorpčního komplexu kationtem Fe^{3+} není zjištěn žádný významný pohyb.

Obsahy extrahovatelného hliníku (Al_{dus}) v nadložním organickém horizontu na plochách vápněných klesly (Příloha 7.2.1.), na plochách kontrolních jsou jejich obsahy vyšší než na plochách vápněných. V organominerálních a minerálních horizontech jsou obsahy Al_{dus} na vápněných plochách bez významnějších změn (Příloha 7.1.2., 7.1.3.). Obsahy přístupného hliníku, tedy jeho volné, potenciálně škodlivé formy, jsou ve vápněných organominerálních a minerálních horizontech významně vyšší ve dvou letech po vápnění a následně je zaznamenán jejich významný pokles. Na plochách kontrolních tyto obsahy významně narůstají po celou dobu sledování v obou studovaných horizontech.

Sycení půdního sorpčního komplexu je v organominerálních horizontech (Tab. 7) dva roky po vápnění významně nižší a na konci šetření se opět zvyšuje. Podobně je tomu v těchto horizontech na plochách kontrolních. V horizontech minerálních (Tab. 8) nejsou zjištěny významné změny v sycení sorpčního komplexu na obou srovnávaných plochách.

Na vápněných plochách se v nadložních organických horizontech zvyšují obsahy extrahovatelného manganu. Na plochách kontrolních jsou tyto obsahy bez významnějších změn. Průběh sycení sorpčního komplexu kationtem manganu (Mn^{2+} , Mn^{6+}) je podobný jako je tomu v případě železa. Po dvou letech od vápnění je sycení v organominerálních i minerálních horizontech vápněných stanovišť významně vyšší a následně se snižuje. Změny na kontrolních plochách nejsou významné.

4.2. Chemizmus asimilačních pletiv smrku ztepilého

Obsah celkového dusíku v jehlicích běžného roku na vápněných plochách je pět let po vápnění ($N_{\text{tot}} = 1,15 \%$) poněkud nižší než na plochách kontrolních ($N_{\text{tot}} = 1,24 \%$) (Příloha 7.1.4.). Ve srovnání se stavem před vápněním je tato hodnota na vápněných plochách významně nižší.

Obsah fosforu se v pletivech běžného roku vápněných porostů je poměrně stabilní. Významný pokles obsahů fosforu byl zjištěn na kontrolních plochách. Rozdíly mezi vápněnými a kontrolními plochami nejsou hodnoceny jako významné.

Úroveň výživy draslíkem v jehlicích běžného roku se na vápněných lokalitách mírně zvyšuje. Pět let po vápnění je obsah na vápněných plochách významně vyšší než na plochách kontrolních ($5884 \text{ mg.kg}^{-1} > 4224 \text{ mg.kg}^{-1}$). Ve starších pletivech jsou obsahy v pátém roce po vápnění poněkud nižší na vápněných plochách a na plochách kontrolních je snížení mezi lety 2015 a 2019 významné ($4633 \text{ mg.kg}^{-1} > 3705 \text{ mg.kg}^{-1}$). Může se jednat o projev relokalizace draslíku do mladších pletiv, případně příjem draslíku z půdní vody. S procesem relokalizace v asimilačních orgánech může souviset snižující se zásoba přístupného draslíku v půdě podobně jako snižující se sycením sorpčního komplexu draslíkem během šetření.

Obsahy vápníku se v pletivech jehlic běžného roku po vápnění zvyšují až do významně vyšší hodnoty po pěti letech od vápnění. Na kontrolních plochách je zřejmé ochuzování výživou vápníkem. Toto snížení je významné po dvou letech od vápnění zřejmě jako důsledek ostatních abiotických vlivů. V pletivech předchozího roku se obsahy na vápněných plochách zvyšují a na kontrolních lokalitách se významně nemění.

Vliv vápnění je nejvýraznější podle úrovně výživy hořčíkem v pletivech běžného roku. Významné zvýšení je pozorováno dva i pět let po vápnění. Rychlé zvýšení po dvou letech potvrzuje rychlejší pohyb hořčíku ekosystémem ve srovnání s vápníkem. V jehlicích předchozího roku jsou obsahy na vápněných plochách vyšší a na konci pozorování významně vyšší než na plochách kontrolních, kde se snižují na přibližnou hodnotu kolem 750 mg.kg^{-1} . Zvyšující se obsahy na vápněných lokalitách dokladují dostatečnou úroveň výživy hořčíkem jeho ukládáním do starších pletiv.

Úroveň výživy sírou se významně snižuje v jehlicích běžného roku na vápněných i na kontrolních plochách. V jehlicích předchozího roku je rovněž zjištěno významné snižování na srovnávaných plochách. Snižování výživy sírou může souviset s její snižující se atmosferickou depozicí případně s nižší nabídkou z půdního prostředí, kde se snižuje podíl organického materiálu (C_{ox}), na který je síra primárně vázána (JOHNSON D.W., 1984).

Obsahy železa v jehlicích běžného i předchozího roku jsou na vápněných i kontrolních plochách stabilní. Na kontrolních lokalitách jsou vyšší. Vliv vápnění není zřejmý.

Obsahy manganu se v jehlicích běžného roku na vápněných plochách významně snižují a na plochách kontrolních jsou stále na úrovni asi 950 mg.kg^{-1} . V jehlicích předchozího roku se snížení na vápněných plochách projevuje až na konci pozorování (v pátém roce po vápnění) a na plochách kontrolních se po významném zvýšení v roce 2017 objevuje významné snížení na konci sledovaného období. Obsahy manganu považujeme za vysoké až velmi vysoké s pravděpodobným toxickým účinkem.

Obsahy hliníku v jehlicích běžného roku vápněných porostů klesají, na kontrolních lokalitách se mírně zvyšují. Ve starších pletivech jsou vyrovnané a významně se nemění.

Obsahy boru jsou velmi nízké. Hodnoty v jehlicích běžného (14,9 mg.kg⁻¹) a předchozího (15,9 mg.kg⁻¹) roku na vápněných plochách se pohybují kolem hodnoty 15 mg.kg⁻¹, která je považována za spodní hranici růstového optima (15 – 30 mg.kg⁻¹) (LEGRAND, 2003). Saarsalmi a Taminen (2005) označují za hranici nedostatku boru u smrku hodnotu 5 mg.kg⁻¹

Tab. 9: Průměrné obsahy prvků v mg.kg⁻¹ (N v %) v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	B
Vápněná (2020)	1,15	1366	5884	3087	923	753	597	25,2	30	14,9
hodnocení	1	3	2	2	3	2	3	1	2	-*
Kontrolní (2019)	1,24	1179	4224	3338	896	873	993	49,3	26,7	17,6
hodnocení	2	2	1	2	3	3	4	1	2	-*

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

Hodnocení podle Fiala a kol. (2013), Hüttla in Šrámek 2009:1 – nedostatečný, 2 – vyhovující, 3 – nadbytečný.

* není k dispozici klasifikace.

Podle hodnocení obsahů prvků v jehlicích běžného roku (Tab. 9) lze konstatovat zlepšení výživy vápníkem a hořčíkem

5. Závěr

V půdním prostředí vápněných porostů se zmenšila kyselost měřená hodnotami pH. Vyšší hodnoty pH byly zjištěny v nadložních organických a organominerálních i minerálních horizontech.

Zvýšily se obsahy vápníku a hořčíku v nadložním organickém horizontu a všechny studované formy vápníku a hořčíku (extrahovatelná, přístupná a výměnná) v organominerálních horizontech. Ve spodních minerálních horizontech se obsahy hořčíku po dvou a pěti letech od vápnění zvýšily nad spodní mez laboratorní stanovitelnosti. V případě vápníku je ve spodních minerálních horizontech pozorován účinek vápnění ve vyšším sycení sorpčního komplexu. Přístupné obsahy pomaleji se pohybujícího vápníku jsou prozatím pod hranicí stanovitelnosti.

Možné negativní důsledky vápnění, jako je úbytek nadložního organického materiálu nebyly pozorovány. Snižování organického materiálu v minerálních horizontech sledované podle hodnoty spalitelného uhlíku C_{ox} nespojujeme s vápněním lesa. Obsahy fosforu v půdním prostředí nejsou negativně ovlivněny vápněním a nesnižuje se úroveň výživy tímto prvkem. Zvláštní pozornost byla věnována možnému negativnímu dopadu vápnění, vyplývajícimu z antagonismu draslíku a vápníku, případně hořčíku. V organominerálních horizontech, kde se významně projevují vyšší obsahy Ca^{2+} a Mg^{2+} , se sycení K^+ rovněž významně zvyšuje v pátém roce po vápnění. V minerálních horizontech (kde se významně zvyšují pouze kationty Mg^{2+}) se významně snižuje sycení K^+ . Obsahy přístupného draslíku se na vápněných plochách v obou horizontech významně zvyšují. Negativní vliv vápnění na obsah přístupného draslíku není tedy zjištěn.

Vliv vápnění na úroveň výživy je pozorován pouze u vápníku a hořčíku, kde jsou významně vyšší obsahy po vápnění. U fosforu a draslíku jsou obsahy stabilní, nebo se mírně zvyšují. Snižování úrovně výživy sírou souvisí s menší atmosférickou depozicí a pravděpodobně se snižujícím se obsahem organických látek v půdním prostředí.

V dalším pozorování je třeba se zaměřit na projevy vápnění ve spodních minerálních horizontech, případné doznívání účinků vápnění podle hodnot pH, obsahů všech forem draslíku a hořčíku v půdním prostředí i v asimilačních orgánech a v neposlední řadě sledovat možný negativní vliv vápnění na obsahy draslíku a fosforu v půdě i rostlinách.

6. Literatura

BAIER B., Ettl R., HAHN C., GÖTTLEIN A. (2006). Early development and nutrition of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings on different seedbeds in the Bavarian limestone Alps – a bioassay. *Annals of Forest Science*, Springer Nature 63 (4), pp.339 – 348.

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

JOHNSON D.W., 1984. Sulfur cycling in forests. *Biogeochemistry* 1. 29 – 43.

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

SAARSALMI A., TAMINEN P., 2005. Boron, Phosphorus and Nitrogen Fertilization in Norway Spruce Stands Suffering from Growth Disturbances. *Silva Fennica* 39(3), p. 351–364.

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

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	131	128	96,6	176	115	143
pH _{CaCl2}	8	3,05	3,05	2,80	3,40	2,95	3,10
pH _{H2O}	8	3,90	3,90	3,70	4,10	3,85	3,95
N [%]	8	1,41	1,44	1,17	1,54	1,36	1,49
Cox [%]	8	33,4	34,8	25,7	38,1	29,7	37,1
C/N	8	23,6	24,0	19,8	25,6	22,9	24,9
Al _{dus} [mg/kg]	8	7225	6085	4520	11700	5340	9365
B _{dus} [mg/kg]	8	3,41	3,25	2,50	5,00	2,80	3,85
Ca _{dus} [mg/kg]	8	1149	987	510	2120	683	1610
Cd _{dus} [mg/kg]	8	0,19	0,17	0,14	0,25	0,17	0,21
Cr _{dus} [mg/kg]	8	9,08	8,86	5,27	15,70	5,68	11,30
Cu _{dus} [mg/kg]	8	17,8	18,9	10,7	23,1	15,2	20,4
Fe _{dus} [mg/kg]	8	8698	7425	4100	15100	5565	12200
K _{dus} [mg/kg]	8	1145	1095	671	1560	836	1535
Mg _{dus} [mg/kg]	8	831	635	355	1780	476	1145
Mn _{dus} [mg/kg]	8	264	168	62,9	538	107	479
P _{dus} [mg/kg]	8	789	744	622	1000	659	942
Pb _{dus} [mg/kg]	8	68,3	69,3	42,7	82,9	62,3	78,7
Zn _{dus} [mg/kg]	8	37,1	33,8	27,1	58,6	28,6	43,3

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

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	12	109	98,3	72,4	183	90,0	124
pH _{CaCl2}	12	3,37	3,35	2,80	3,80	3,15	3,65
pH _{H2O}	12	3,99	4,00	3,50	4,60	3,75	4,15
N [%]	12	1,35	1,36	1,14	1,52	1,33	1,39
Cox [%]	12	32,9	33,9	21,6	39,4	31,8	34,9
C/N	12	24,3	24,8	18,9	27,9	23,2	25,7
Al _{dus} [mg/kg]	12	5435	5175	3010	9060	4590	6135
B _{dus} [mg/kg]	12	3,43	3,25	2,70	5,50	3,05	3,60
Ca _{dus} [mg/kg]	12	5116	4865	1010	13000	3020	6405
Cd _{dus} [mg/kg]	12	0,20	0,19	0,15	0,26	0,17	0,23
Cr _{dus} [mg/kg]	12	6,43	6,81	4,41	8,40	5,13	7,49
Cu _{dus} [mg/kg]	12	13,3	13,8	10,2	16,6	11,5	14,6
Fe _{dus} [mg/kg]	12	7078	7015	2660	11400	5810	8405
K _{dus} [mg/kg]	12	1126	1110	817	1400	997	1315
Mg _{dus} [mg/kg]	12	2585	2245	991	6230	1365	3345
Mn _{dus} [mg/kg]	12	514	451	121	1140	265	689
P _{dus} [mg/kg]	12	698	703	551	836	652	732
Pb _{dus} [mg/kg]	12	68,5	70,2	39,4	91,0	67,2	72,7
Zn _{dus} [mg/kg]	12	33,4	31,8	25,1	55,8	30,0	34,7

Porovnání průměrných hodnot* (nadložní organický horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2014/15) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Nad. humus [t/ha]	91,5 ^C	104	109 ^A	113	120	131
pH _{CaCl2}	2,96 ^{BC}	3,59 ^{AE}	3,37 ^A	3,01	2,98 ^B	3,05
pH _{H2O}	3,71 ^{BC}	4,32 ^{ACE}	3,99 ^{AB}	3,75	3,78 ^B	3,90
N [%]	0,94 ^{BCD}	1,29 ^A	1,35 ^A	1,15 ^{AEF}	1,36 ^D	1,41 ^D
C _{ox} [%]	25,0 ^{BC}	31,6 ^A	32,9 ^A	25,9 ^{EF}	31,5 ^D	33,4 ^D
C/N	26,7 ^D	24,4	24,3	22,6 ^A	23,1	23,6
Al _{dus} [mg/kg]	6461 ^C	5868	5435 ^{AF}	6724	6391 ^F	7225 ^{CE}
B _{dus} [mg/kg]		3,83	3,43		3,34	3,41
Ca _{dus} [mg/kg]	1282 ^{BC}	4399 ^{AE}	5116 ^{AF}	1009	1072 ^B	1149 ^C
Cd _{dus} [mg/kg]	< 0,2 ^D	0,17	0,20	0,25 ^{AEF}	0,20 ^D	0,19 ^D
Cr _{dus} [mg/kg]	6,94	6,73	6,43	8,18	8,06	9,08
Cu _{dus} [mg/kg]	13,4 ^D	12,5 ^E	13,3 ^F	19,7 ^{AEF}	18,1 ^{BD}	17,8 ^{CD}
Fe _{dus} [mg/kg]	8457 ^C	8043	7078 ^A	7396 ^F	6894 ^F	8698 ^{DE}
K _{dus} [mg/kg]	1391 ^{BCD}	1100 ^A	1126 ^A	1022 ^A	1043	1145
Mg _{dus} [mg/kg]	720 ^{BC}	2390 ^{AE}	2585 ^{AF}	676	737 ^B	831 ^C
Mn _{dus} [mg/kg]	322 ^C	375 ^C	514 ^{AB}	222	240	264
P _{dus} [mg/kg]	634 ^{BC}	680 ^A	698 ^A	710 ^{EF}	769 ^D	789 ^D
Pb _{dus} [mg/kg]	77,8	70,7	68,5	72,0	70,0	68,3
Zn _{dus} [mg/kg]	33,6	33,8	33,4	34,2	34,4	37,1

* 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	3,24	3,25	2,90	3,50	3,05	3,45
pH _{H2O}	8	3,98	4,00	3,80	4,20	3,80	4,10
Vým. acidita [mekv./kg]	8	133	132	92,0	185	105	158
Cox [%]	8	2,89	2,76	1,77	4,32	2,17	3,57
N [%]	8	0,20	0,20	0,14	0,29	0,16	0,23
C/N	8	14,3	13,8	11,5	18,6	12,3	16,3
Al _{MIII} [mg/kg]	8	1612	1640	983	2010	1425	1885
P _{MIII} [mg/kg]	8	--	3,69	< 3,5	24,8	< 3,5	8,60
K _{MIII} [mg/kg]	8	41,2	42,9	26,6	53,8	36,3	45,4
Ca _{MIII} [mg/kg]	8	--	< 30	< 30	74,9	< 30	45,7
Mg _{MIII} [mg/kg]	8	22,9	22,4	14,5	37,9	17,4	25,6
B _{MIII} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,56	< 0,5	0,54
Fe _{MIII} [mg/kg]	8	703	694	526	879	629	787
S _{MIII} [mg/kg]	8	37,6	38,3	19,8	55,3	29,6	45,0
P _{dus} [mg/kg]	8	108	75,1	15,9	309	26,1	170
K _{dus} [mg/kg]	8	102	104	45,5	162	74,1	126
Mg _{dus} [mg/kg]	8	370	292	40,0	773	63,3	719
Ca _{dus} [mg/kg]	8	78,8	79,9	20,6	121	56,2	108
Al _{dus} [mg/kg]	8	3995	4285	1790	5400	2970	5130
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,48	3,58	1,96	7,47	2,67	6,95
Cu _{dus} [mg/kg]	8	4,97	4,67	2,48	8,17	3,41	6,48
Fe _{dus} [mg/kg]	8	7131	6990	4530	11700	5055	8365
Mn _{dus} [mg/kg]	8	181	119	19,5	598	32,4	262
Pb _{dus} [mg/kg]	8	37,3	36,4	25,2	53,2	32,6	41,3
Zn _{dus} [mg/kg]	8	12,3	10,4	3,50	25,6	5,08	19,4
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	88,8	93,3	48,6	136,0	72,1	97,5
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,92	0,97	0,54	1,25	0,77	1,06
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	2,41	2,02	1,10	4,92	1,66	2,98
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	1,75	1,75	1,18	3,01	1,29	1,87
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,25	0,25	0,17	0,36	0,20	0,30
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,68	0,48	< 0,1	2,48	0,12	0,87
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	73,1	76,7	43,0	102	60,8	82,4
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	5,05	4,35	< 0,3	10,2	2,97	7,71
CEC [mekv./kg]	8	94,2	98,2	54,1	140	77,0	105
BS [%]	8	6,10	6,10	2,50	10,30	4,35	7,55

-- 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}	12	3,08	3,10	2,80	3,30	3,00	3,10
pH _{H2O}	12	3,90	3,90	3,60	4,30	3,75	4,00
Vým. acidita [mekv./kg]	12	210	208	167	262	189	230
C _{ox} [%]	12	3,17	3,08	2,12	4,51	2,83	3,54
N [%]	12	0,25	0,26	0,17	0,32	0,21	0,28
C/N	12	12,9	12,6	10,1	15,8	11,7	14,5
Al _{III} [mg/kg]	12	1614	1605	1420	1830	1550	1655
P _{III} [mg/kg]	12	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5
K _{III} [mg/kg]	12	52,8	52,4	33,9	69,5	42,0	64,1
Ca _{III} [mg/kg]	12	122	104	51,2	309	89,4	139
Mg _{III} [mg/kg]	12	113	103	38,5	269	68,8	143
B _{III} [mg/kg]	12	0,67	0,70	0,51	0,83	0,56	0,73
Fe _{III} [mg/kg]	12	773	761	675	898	712	817
S _{III} [mg/kg]	12	29,0	28,2	22,2	44,0	24,7	31,2
P _{dus} [mg/kg]	12	28,8	22,1	13,4	67,8	18,2	34,8
K _{dus} [mg/kg]	12	71,2	73,8	45,6	89,1	56,5	83,1
Mg _{dus} [mg/kg]	12	178	189	72,3	320	113	230
Ca _{dus} [mg/kg]	12	220	210	59,6	360	190	253
Al _{dus} [mg/kg]	12	3806	3890	3010	4450	3290	4300
Cd _{dus} [mg/kg]	12	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	12	3,12	3,08	1,94	4,48	2,64	3,63
Cu _{dus} [mg/kg]	12	3,89	3,47	2,12	7,37	2,96	4,15
Fe _{dus} [mg/kg]	12	6930	6220	4930	10200	5900	7620
Mn _{dus} [mg/kg]	12	169	169	26,8	327	92,3	243
Pb _{dus} [mg/kg]	12	49,4	49,6	30,5	81,0	34,5	62,2
Zn _{dus} [mg/kg]	12	6,73	6,26	4,84	9,60	5,70	7,50
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	12	104	100	92	120	97	113
K _{VYM} [mekv./kg]	12	1,14	1,16	0,71	1,69	0,91	1,33
Ca _{VYM} [mekv./kg]	12	7,58	7,49	2,91	17,2	5,13	8,91
Mg _{VYM} [mekv./kg]	12	10,1	10,4	3,13	24,3	6,31	12,0
Na _{VYM} [mekv./kg]	12	0,23	0,22	0,13	0,35	0,19	0,28
Mn _{VYM} [mekv./kg]	12	1,36	1,32	0,18	2,96	0,69	1,86
Al _{VYM} [mekv./kg]	12	90,4	89,8	81,1	105	84,5	93,7
Fe _{VYM} [mekv./kg]	12	8,20	8,06	4,06	13,5	5,49	10,5
CEC [mekv./kg]	12	123	121	106	141	113	136
BS [%]	12	15,2	15,2	6,70	31,6	11,3	17,5

Porovnání průměrných hodnot* (organominerální horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2014/15) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
pH _{CaCl2}	3,20	3,24 ^C	3,08 ^B	3,29	3,26	3,24
pH _{H2O}	3,79 ^B	3,94 ^A	3,90	3,85	3,86	3,98
Vým. acidita [mekv./kg]	219 ^{BD}	185 ^{ACE}	210 ^{BF}	183 ^{AEF}	145 ^{BD}	133 ^{CD}
CO _x [%]	3,92 ^{BC}	2,90 ^A	3,17 ^A	4,06 ^{EF}	3,11 ^D	2,89 ^D
N [%]	0,20 ^{BC}	0,25 ^A	0,25 ^{AF}	0,20	0,23	0,20 ^C
C/N	20,5 ^{BC}	11,9 ^A	12,9 ^A	22,4 ^{EF}	12,9 ^D	14,3 ^D
Al _{MIII} [mg/kg]	1689 ^{BC}	1831 ^{AC}	1614 ^{AB}	1473 ^{EF}	1610 ^D	1612 ^D
P _{MIII} [mg/kg]	< 3,0	< 3,5	< 3,5	--	< 3,5 ^F	-- ^E
K _{MIII} [mg/kg]	33,7 ^C	43,4	52,8 ^A	26,6 ^{EF}	40,4 ^D	41,2 ^D
Ca _{MIII} [mg/kg]	-- ^C	73,3 ^C	122 ^{ABF}	57,1	< 30	-- ^C
Mg _{MIII} [mg/kg]	44,8 ^{BC}	63,5 ^{AC}	113 ^{ABF}	26,8	19,9	22,9 ^C
B _{MIII} [mg/kg]		< 0,5 ^{CE}	0,67 ^{BF}		0,50 ^B	< 0,5 ^C
Fe _{MIII} [mg/kg]	760 ^B	718 ^{AC}	773 ^B	751 ^{EF}	698 ^D	703 ^D
S _{MIII} [mg/kg]	21,6 ^{BC}	35,1 ^{AC}	29,0 ^{AB}	25,9 ^{EF}	38,3 ^D	37,6 ^D
P _{dus} [mg/kg]	24,9 ^D	21,2 ^E	28,8 ^F	93,4 ^A	95,0 ^B	108 ^C
K _{dus} [mg/kg]	69,4 ^D	68,4	71,2	125 ^{AEF}	83,9 ^D	102 ^D
Mg _{dus} [mg/kg]	98,6 ^{CD}	123 ^C	178 ^{AB}	394 ^{AE}	318 ^D	370
Ca _{dus} [mg/kg]	56,2 ^{BC}	104 ^{AC}	220 ^{ABF}	75,6	68,9	78,8 ^C
Al _{dus} [mg/kg]	3768	3973	3806	3371 ^F	3623	3995 ^D
Cd _{dus} [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	2,83 ^{BC}	3,26 ^A	3,12 ^A	4,21	3,96 ^F	4,48 ^E
Cu _{dus} [mg/kg]	3,46 ^B	6,23 ^{AC}	3,89 ^B	4,59	5,14	4,97
Fe _{dus} [mg/kg]	6643	6761	6930	6444 ^F	6285 ^F	7131 ^{DE}
Mn _{dus} [mg/kg]	195 ^B	244 ^{AC}	169 ^B	163	165	181
Pb _{dus} [mg/kg]	43,5	45,9	49,4	37,8	34,7	37,3
Zn _{dus} [mg/kg]	5,84 ^{BD}	7,94 ^{AC}	6,73 ^{BF}	12,3 ^A	12,5	12,3 ^C
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	117 ^{BCD}	101 ^{AE}	104 ^A	87,8 ^A	81,6 ^B	88,8
K _{VYM} [mekv./kg]	1,00	0,92 ^C	1,14 ^B	0,89	0,82	0,92
Ca _{VYM} [mekv./kg]	2,67 ^C	3,21 ^C	7,58 ^{ABF}	--	< 1,0	2,41 ^C
Mg _{VYM} [mekv./kg]	3,50 ^{BC}	5,47 ^{AC}	10,1 ^{ABF}	1,69	1,45	1,75 ^C
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,27 ^{CD}	0,23	0,23 ^A	0,21 ^A	0,22	0,25
Mn _{VYM} [mekv./kg]	1,22 ^B	2,11 ^A	1,36	0,57	--	0,68
Al _{VYM} [mekv./kg]	96,2 ^{BD}	80,7 ^{AC}	90,4 ^B	71,0 ^A	66,0	73,1
Fe _{VYM} [mekv./kg]	7,11 ^{BC}	5,73 ^{AC}	8,20 ^{ABF}	6,22 ^E	4,80 ^D	5,05 ^C
CEC [mekv./kg]	124 ^{BD}	111 ^{ACE}	123 ^{BF}	93,2 ^A	85,2 ^{BF}	94,2 ^{CE}
BS [%]	5,63 ^{BC}	8,49 ^{AC}	15,2 ^{ABF}	6,34	4,55	6,10 ^C

-- 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	3,68	3,65	3,30	4,00	3,50	3,90
pH _{H2O}	8	4,26	4,25	4,10	4,50	4,10	4,40
Vým. acidita [mekv./kg]	8	98,2	89,6	72,8	149	80,4	112
Cox [%]	8	1,05	1,21	< 0,35	1,86	0,43	1,54
N [%]	8	0,13	0,14	0,06	0,16	0,11	0,16
C/N	8	7,59	8,66	1,46	11,6	4,91	10,3
Al _{MIII} [mg/kg]	8	1777	1805	949	2350	1540	2115
P _{MIII} [mg/kg]	8	--	< 3,5	< 3,5	26,8	< 3,5	11,3
K _{MIII} [mg/kg]	8	30,5	31,5	21,1	40,5	25,5	34,3
Ca _{MIII} [mg/kg]	8	< 30	< 30	< 30	43,1	< 30	35,4
Mg _{MIII} [mg/kg]	8	--	13,4	< 10	20,6	< 10	16,1
B _{MIII} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	8	529	520	364	757	383	654
S _{MIII} [mg/kg]	8	64,5	52,6	30,7	127	47,1	79,5
P _{dus} [mg/kg]	8	116	42,2	8,08	408	21,5	194
K _{dus} [mg/kg]	8	96,1	92,0	42,4	169	64,8	122
Mg _{dus} [mg/kg]	8	403	388	57,1	759	93,0	721
Ca _{dus} [mg/kg]	8	77,4	62,0	11,3	181	42,4	109
Al _{dus} [mg/kg]	8	4958	5050	1790	7400	4050	6135
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,78	4,40	2,21	7,82	3,49	6,21
Cu _{dus} [mg/kg]	8	4,17	4,31	1,70	6,68	2,64	5,55
Fe _{dus} [mg/kg]	8	7453	7785	4470	11800	5085	8805
Mn _{dus} [mg/kg]	8	223	170	35,0	669	77,0	291
Pb _{dus} [mg/kg]	8	20,3	21,0	14,1	25,4	17,4	23,0
Zn _{dus} [mg/kg]	8	13,4	13,8	3,15	23,1	6,16	20,5
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	59,3	54,1	30,8	111,0	44,5	67,6
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,57	0,56	0,39	0,77	0,45	0,70
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	--	< 1,0	< 1,0	2,47	< 1,0	1,71
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	0,82	0,77	0,50	1,33	0,70	0,90
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,14	0,15	0,08	0,23	0,10	0,17
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,64	0,53	< 0,1	1,81	0,28	0,83
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	54,0	48,6	28,4	99,7	41,8	61,6
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	1,79	1,24	< 0,3	4,45	0,34	3,29
CEC [mekv./kg]	8	62,2	56,4	34,4	114	47,1	71,2
BS [%]	8	5,30	4,60	2,20	10,6	3,70	6,50

-- 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}	12	3,66	3,65	3,30	3,80	3,60	3,80
pH _{H2O}	12	4,29	4,30	3,90	4,60	4,20	4,40
Vým. acidita [mekv./kg]	12	117	112	94,4	176	101	128
C _{OX} [%]	12	--	0,96	< 0,35	1,65	< 0,35	1,20
N [%]	12	0,17	0,17	0,12	0,25	0,14	0,21
C/N	12	4,92	4,29	1,03	11,79	1,79	7,14
Al _{MIII} [mg/kg]	12	1668	1660	1490	1870	1580	1750
P _{MIII} [mg/kg]	12	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5
K _{MIII} [mg/kg]	12	35,2	34,6	25,1	49,2	29,0	39,6
Ca _{MIII} [mg/kg]	12	< 30	< 30	< 30	36,1	< 30	< 30
Mg _{MIII} [mg/kg]	12	26,2	20,1	13,4	67,2	15,6	31,5
B _{MIII} [mg/kg]	12	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,72	< 0,5	0,60
Fe _{MIII} [mg/kg]	12	548	553	346	734	456	638
S _{MIII} [mg/kg]	12	62,0	57,2	36,4	105	44,7	74,1
P _{dus} [mg/kg]	12	17,9	13,9	6,70	54,0	8,86	21,7
K _{dus} [mg/kg]	12	59,6	59,6	42,0	78,7	50,3	69,7
Mg _{dus} [mg/kg]	12	98,4	93,1	50,1	140	75,4	128
Ca _{dus} [mg/kg]	12	84,2	86,0	51,8	121	66,1	101
Al _{dus} [mg/kg]	12	4052	3910	3150	5530	3575	4475
Cd _{dus} [mg/kg]	12	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	12	3,29	3,35	1,99	4,43	2,95	3,62
Cu _{dus} [mg/kg]	12	3,77	3,83	2,22	5,82	2,86	4,48
Fe _{dus} [mg/kg]	12	5759	5290	3910	8340	4785	7115
Mn _{dus} [mg/kg]	12	343	284	36,9	959	104	438
Pb _{dus} [mg/kg]	12	26,6	22,3	14,2	60,5	17,1	30,8
Zn _{dus} [mg/kg]	12	7,70	7,68	4,77	9,97	6,18	9,23
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	12	59,7	61,6	39,4	102	43,4	68,9
K _{VYM} [mekv./kg]	12	0,59	0,54	0,46	1,03	0,50	0,64
Ca _{VYM} [mekv./kg]	12	--	< 1,0	< 1,0	2,23	< 1,0	1,56
Mg _{VYM} [mekv./kg]	12	2,09	1,54	1,13	5,59	1,28	2,44
Na _{VYM} [mekv./kg]	12	0,17	0,17	0,11	0,25	0,14	0,21
Mn _{VYM} [mekv./kg]	12	1,62	1,43	0,13	4,70	0,56	2,18
Al _{VYM} [mekv./kg]	12	58,0	59,7	38,4	95,8	43,9	66,5
Fe _{VYM} [mekv./kg]	12	1,73	1,26	< 0,3	6,19	0,72	2,37
CEC [mekv./kg]	12	63,8	65,6	43,1	105	46,6	73,9
BS [%]	12	6,69	6,70	3,00	10,6	4,60	8,25

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (minerální horizont)

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2014/15) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
pH _{CaCl2}	3,64	3,63	3,66	3,64	3,63	3,68
pH _{H2O}	4,15 ^C	4,23	4,29 ^A	4,11 ^F	4,16	4,26 ^D
Vým. acidita [mekv./kg]	146 ^{BC}	125 ^A	117 ^A	133 ^{EF}	110 ^D	98,2 ^D
CO _x [%]	1,47	1,19	--	2,11 ^F	1,54	1,05 ^D
N [%]	0,17	0,18	0,17 ^F	0,15	0,16	0,13 ^C
C/N	9,16 ^D	7,00	4,92	16,3 ^{AEF}	8,66 ^D	7,59 ^D
Al _{MIII} [mg/kg]	1776	1844 ^C	1668 ^B	1633 ^F	1696	1777 ^D
P _{MIII} [mg/kg]	< 3,0	< 3,5	< 3,5 ^F	--	-- ^F	-- ^{CE}
K _{MIII} [mg/kg]	-- ^{BC}	34,5 ^A	35,2 ^A	< 20 ^{EF}	31,6 ^D	30,5 ^D
Ca _{MIII} [mg/kg]	< 30	--	< 30	< 30	< 30	< 30
Mg _{MIII} [mg/kg]	--	27,0	26,2	--	--	--
B _{MIII} [mg/kg]		< 0,5	< 0,5		< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	570	548	548	626 ^F	579	529 ^D
S _{MIII} [mg/kg]	36,5 ^{BC}	61,5 ^A	62,0 ^A	35,4 ^{EF}	61,5 ^D	64,5 ^D
P _{dus} [mg/kg]	16,8 ^D	14,4 ^E	17,9 ^F	100 ^A	110 ^B	116 ^C
K _{dus} [mg/kg]	67,8 ^D	61,7	59,6	135 ^{AE}	80,5 ^D	96,1
Mg _{dus} [mg/kg]	92,2 ^D	86,8	98,4	514 ^{AE}	341 ^D	403
Ca _{dus} [mg/kg]	26,5 ^{BCD}	41,5 ^{AC}	84,2 ^{AB}	68,2 ^A	65,1	77,4
Al _{dus} [mg/kg]	4013	4141	4052	4308 ^F	4324 ^F	4958 ^{DE}
Cd _{dus} [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	2,88 ^{CD}	3,19	3,29 ^{AF}	4,59 ^A	4,39	4,78 ^C
Cu _{dus} [mg/kg]	3,34 ^B	5,20 ^A	3,77	4,09	4,73	4,17
Fe _{dus} [mg/kg]	5301	5728	5759	6855	7174	7453
Mn _{dus} [mg/kg]	337	401	343	222	214	223
Pb _{dus} [mg/kg]	25,6	29,6	26,6	24,9	21,8	20,3
Zn _{dus} [mg/kg]	6,54 ^D	8,46	7,70	14,8 ^A	13,9	13,4
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	75,8	66,5	59,7	64,8	59,2	59,3
K _{VYM} [mekv./kg]	0,69 ^C	0,63	0,59 ^A	0,64	0,59	0,57
Ca _{VYM} [mekv./kg]	< 1,0	< 1,0	--	-- ^E	< 1,0 ^D	--
Mg _{VYM} [mekv./kg]	1,46 ^{BC}	2,13 ^A	2,09 ^A	0,89	0,83	0,82
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,20 ^{BCD}	0,17 ^A	0,17 ^A	0,16 ^A	0,17 ^F	0,14 ^E
Mn _{VYM} [mekv./kg]	1,42 ^B	1,84 ^{AE}	1,62	0,55	0,55 ^B	0,64
Al _{VYM} [mekv./kg]	69,1	58,2	58,0	59,3	51,9	54,0
Fe _{VYM} [mekv./kg]	1,91	2,02	1,73	2,67	2,43	1,79
CEC [mekv./kg]	79,4	70,7	63,8	68,0	61,9	62,2
BS [%]	4,56 ^{BC}	5,88 ^A	6,69 ^A	5,55	4,89	5,30

-- 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	84,0	76,2	53,6	167	68,6	81,1
B [mg/kg]	8	17,6	16,6	15,5	23,3	15,7	18,6
Ca [mg/kg]	8	3338	3290	2280	4690	2720	3855
Cd [mg/kg]	8	0,06	0,05	0,02	0,16	0,04	0,07
Cr [mg/kg]	8	0,19	0,17	0,11	0,39	0,16	0,18
Cu [mg/kg]	8	2,22	2,32	1,85	2,44	2,03	2,40
Fe [mg/kg]	8	49,3	40,3	32,3	121	34,2	46,2
K [mg/kg]	8	4224	4250	3260	4860	4020	4565
Mg [mg/kg]	8	896	896	788	1030	816	964
Mn [mg/kg]	8	993	969	405	1840	570	1310
N [%]	8	1,24	1,25	1,08	1,37	1,18	1,33
Ni [mg/kg]	8	1,15	1,15	0,82	1,52	0,99	1,28
P [mg/kg]	8	1179	1195	845	1450	1017	1355
Pb [mg/kg]	8	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,46	< 0,20	0,21
S [mg/kg]	8	873	877	776	949	855	899
Zn [mg/kg]	8	26,7	26,3	16,0	36,5	22,3	32,0

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]	12	49,1	46,6	36,6	74,9	42,0	52,7
B [mg/kg]	12	14,9	15,0	8,90	19,1	13,3	16,8
Ca [mg/kg]	12	3087	3120	2170	3820	2930	3270
Cd [mg/kg]	12	0,06	0,07	0,03	0,10	0,05	0,08
Cr [mg/kg]	12	--	0,12	< 0,10	0,25	< 0,10	0,13
Cu [mg/kg]	12	3,00	2,99	2,07	3,93	2,78	3,19
Fe [mg/kg]	12	25,2	25,9	19,6	27,4	23,9	27,3
K [mg/kg]	12	5884	5995	4220	7080	5240	6645
Mg [mg/kg]	12	923	893	742	1330	839	972
Mn [mg/kg]	12	597	505	299	1120	425	720
N [%]	12	1,15	1,20	0,90	1,30	1,00	1,25
Ni [mg/kg]	12	1,91	1,60	0,61	4,04	1,17	2,54
P [mg/kg]	12	1366	1330	1110	1850	1180	1525
Pb [mg/kg]	12	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S [mg/kg]	12	753	745	602	934	678	827
Zn [mg/kg]	12	30,0	29,5	24,1	39,1	25,9	33,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

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

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2014/15) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Al [mg/kg]	61,4	53,9	49,1 ^F	70,5	64,7	84,0 ^C
B [mg/kg]	17,4 ^C	16,6 ^C	14,9 ^{AB}	17,0	15,8	17,6
Ca [mg/kg]	2569 ^{BCD}	3191 ^A	3087 ^A	3400 ^{AE}	2571 ^{DF}	3338 ^E
Cd [mg/kg]	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06
Cr [mg/kg]	0,17 ^{CD}	0,14	-- ^{AF}	0,22 ^{AE}	0,16 ^D	0,19 ^C
Cu [mg/kg]	2,98 ^B	3,21 ^A	3,00 ^F	3,00 ^F	3,12 ^F	2,22 ^{CDE}
Fe [mg/kg]	31,2 ^D	31,2	25,2 ^F	45,7 ^{AE}	36,4 ^{DF}	49,3 ^{CE}
K [mg/kg]	5558	5732	5884 ^F	6109 ^F	5794 ^F	4224 ^{CDE}
Mg [mg/kg]	850 ^{BC}	998 ^{ACE}	923 ^{AB}	930	856 ^B	896
Mn [mg/kg]	1100 ^C	952	597 ^A	954	938	993
N [%]	1,30 ^{CD}	1,30 ^C	1,15 ^{AB}	1,55 ^{AEF}	1,31 ^D	1,24 ^D
Ni [mg/kg]	2,29 ^{BD}	1,83 ^A	1,91	1,49 ^A	1,76 ^F	1,15 ^E
P [mg/kg]	1335 ^D	1288	1366	1619 ^{AEF}	1401 ^{DF}	1179 ^{DE}
Pb [mg/kg]	< 0,20 ^D	< 0,20	< 0,20	-- ^{AEF}	< 0,20 ^D	< 0,20 ^D
S [mg/kg]	971 ^{CD}	951 ^C	753 ^{ABF}	1076 ^{AEF}	942 ^D	873 ^{CD}
Zn [mg/kg]	24,6 ^{BCD}	29,7 ^{AE}	30,0 ^A	29,6 ^{AE}	24,4 ^{BD}	26,7

-- 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.

7.1.5. 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	106	101	68,3	198	85,8	105
B [mg/kg]	8	16,4	15,8	13,4	20,4	14,3	18,7
Ca [mg/kg]	8	4349	4470	2780	5550	3640	5120
Cd [mg/kg]	8	0,05	0,05	0,01	0,12	0,04	0,06
Cr [mg/kg]	8	0,21	0,19	0,16	0,40	0,18	0,21
Cu [mg/kg]	8	1,64	1,55	1,20	2,14	1,46	1,91
Fe [mg/kg]	8	62,1	53,4	41,2	140	43,9	60,5
K [mg/kg]	8	3705	3690	2930	4510	3160	4250
Mg [mg/kg]	8	737	751	611	860	680	782
Mn [mg/kg]	8	1120	1130	368	2070	600	1530
N [%]	8	1,24	1,25	1,07	1,38	1,17	1,30
Ni [mg/kg]	8	0,77	0,78	0,57	1,00	0,68	0,83
P [mg/kg]	8	1050	1085	759	1350	889	1170
Pb [mg/kg]	8	--	0,22	< 0,20	0,41	< 0,20	0,28
S [mg/kg]	8	892	890	834	948	861	926
Zn [mg/kg]	8	21,3	20,9	13,5	30,3	16,6	25,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

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]	12	88,6	85,2	64,6	150	74,1	94,0
B [mg/kg]	12	15,9	15,7	8,40	21,0	14,6	18,5
Ca [mg/kg]	12	5182	5565	3030	6380	4705	5795
Cd [mg/kg]	12	0,05	0,05	0,03	0,09	0,03	0,06
Cr [mg/kg]	12	0,18	0,17	0,12	0,23	0,16	0,22
Cu [mg/kg]	12	2,08	2,11	1,30	2,75	1,88	2,29
Fe [mg/kg]	12	45,5	44,4	31,4	57,0	41,2	51,7
K [mg/kg]	12	3410	3405	2510	4360	3110	3645
Mg [mg/kg]	12	1057	1065	658	1530	858	1170
Mn [mg/kg]	12	1066	983	526	1760	729	1450
N [%]	12	1,18	1,30	0,90	1,30	1,05	1,30
Ni [mg/kg]	12	0,97	0,86	0,29	2,63	0,47	1,30
P [mg/kg]	12	882	852	755	1190	776	927
Pb [mg/kg]	12	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,25	< 0,20	< 0,20
S [mg/kg]	12	802	809	642	992	750	861
Zn [mg/kg]	12	25,8	23,5	19,3	38,4	20,9	29,9

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

	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	před vápněním (2014/15) (A)	dva roky po vápnění (2017) (B)	pět let po vápnění (2020) (C)	(2015) (D)	(2017) (E)	(2019) (F)
Al [mg/kg]	96,5	86,6	88,6	107	99,3	106
B [mg/kg]	19,1 ^C	17,8	15,9 ^A	19,8 ^F	19,3 ^F	16,4 ^{DE}
Ca [mg/kg]	3916 ^{BCD}	5048 ^A	5182 ^A	5479 ^A	4349	4349
Cd [mg/kg]	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Cr [mg/kg]	0,21	0,21	0,18	0,26 ^F	0,23	0,21 ^D
Cu [mg/kg]	2,09	2,17	2,08	2,20 ^F	2,05	1,64 ^D
Fe [mg/kg]	41,9	45,7	45,5	57,5	51,9	62,1
K [mg/kg]	3843 ^D	3820	3410	4633 ^{AF}	4103	3705 ^D
Mg [mg/kg]	764 ^{BC}	923 ^{ACE}	1057 ^{ABF}	917 ^{EF}	760 ^{BD}	737 ^{CD}
Mn [mg/kg]	1515 ^C	1595 ^C	1066 ^{AB}	1399	1589 ^F	1120 ^E
N [%]	1,27 ^D	1,30 ^C	1,18 ^B	1,41 ^{AEF}	1,30 ^D	1,24 ^D
Ni [mg/kg]	1,52 ^{BCD}	1,20 ^A	0,97 ^A	1,00 ^A	1,01	0,77
P [mg/kg]	980 ^D	970	882	1266 ^{AEF}	1062 ^D	1050 ^D
Pb [mg/kg]	0,24 ^C	-- ^C	< 0,20 ^{AB}	0,29	0,27	--
S [mg/kg]	1011 ^C	974 ^C	802 ^{ABF}	1072 ^{EF}	989 ^{DF}	892 ^{CDE}
Zn [mg/kg]	19,5 ^{BCD}	25,5 ^A	25,8 ^A	27,9 ^{AEF}	20,2 ^D	21,3 ^D

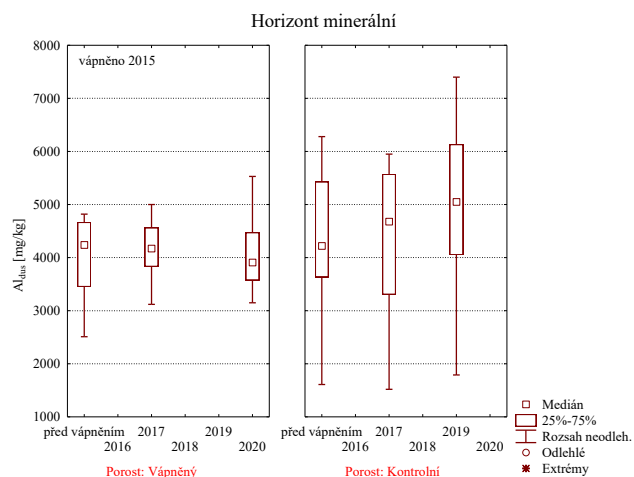
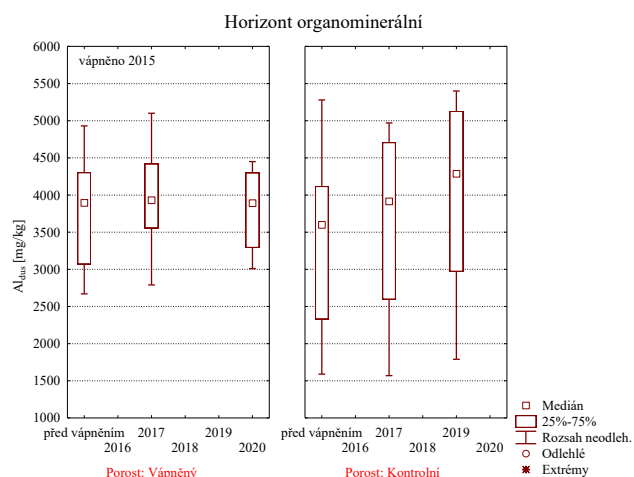
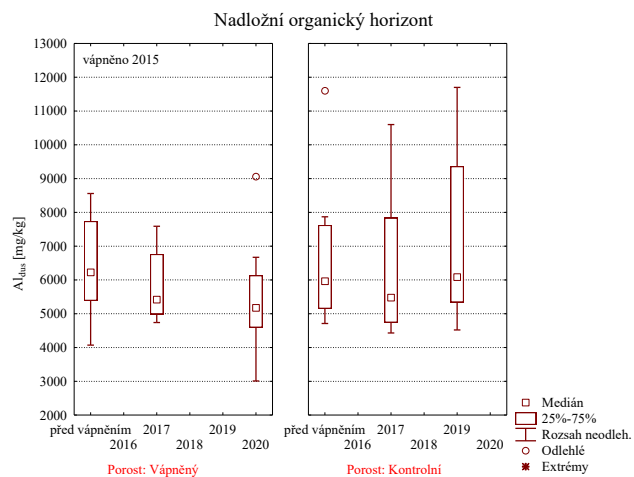
-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* 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.

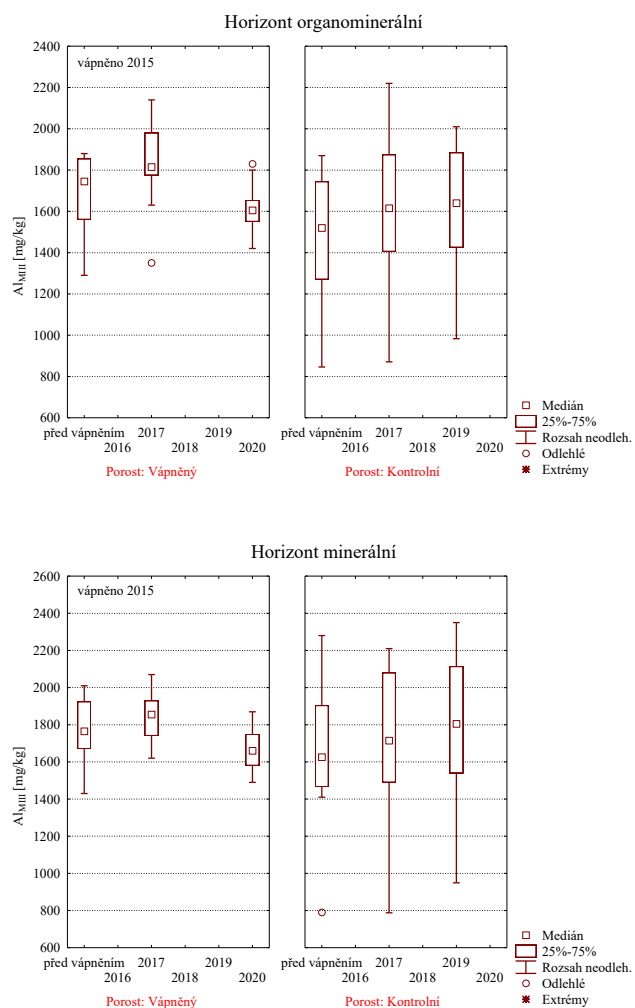
7.2. Grafy

7.2.1. Hliník

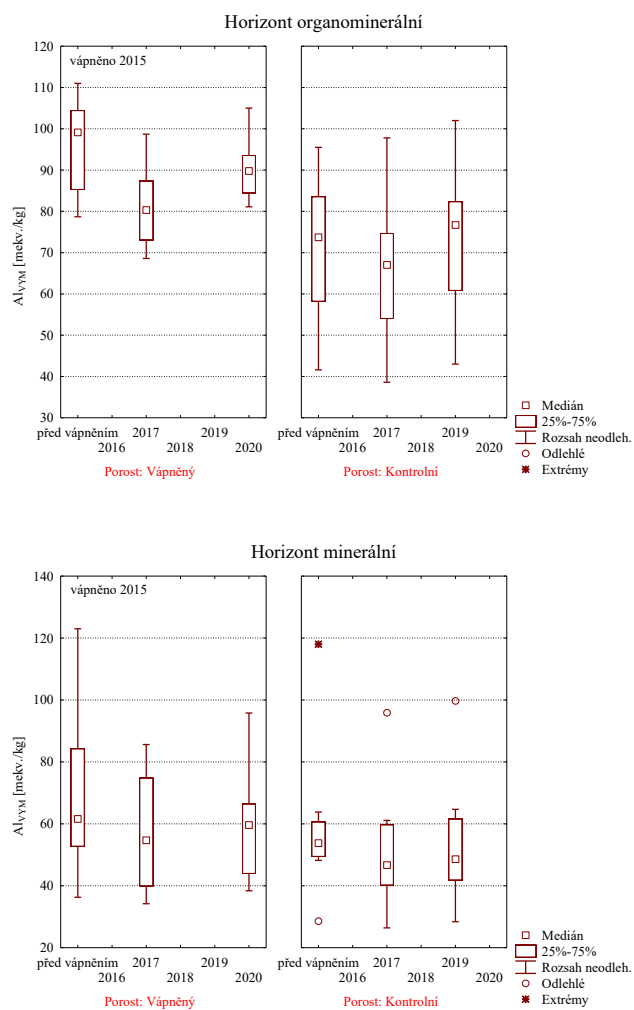
Obsah extrahovatelného hliníku (Al_{dus}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



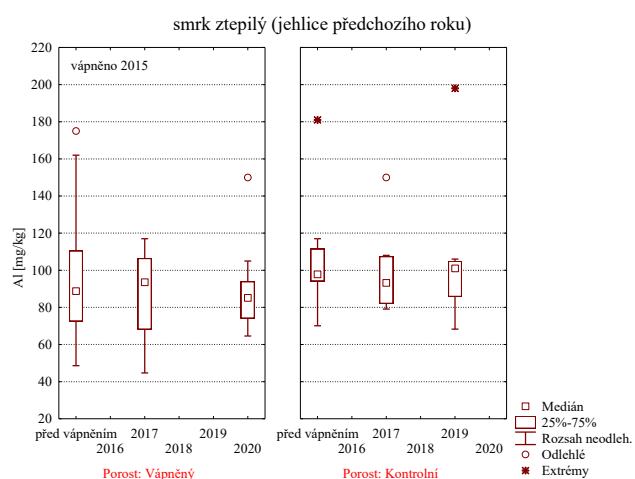
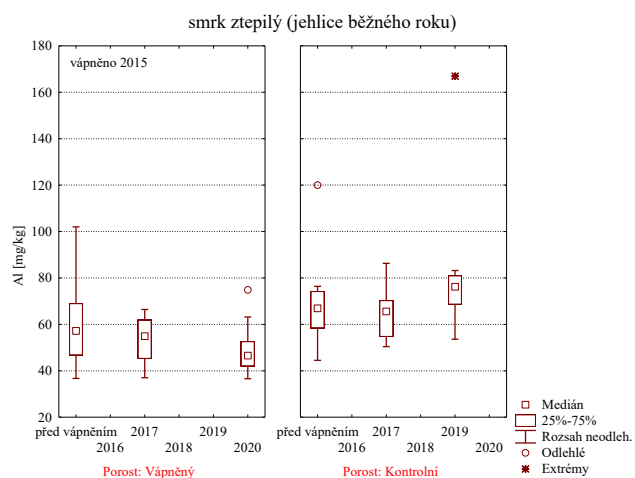
Přístupný obsah hliníku (Al_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



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

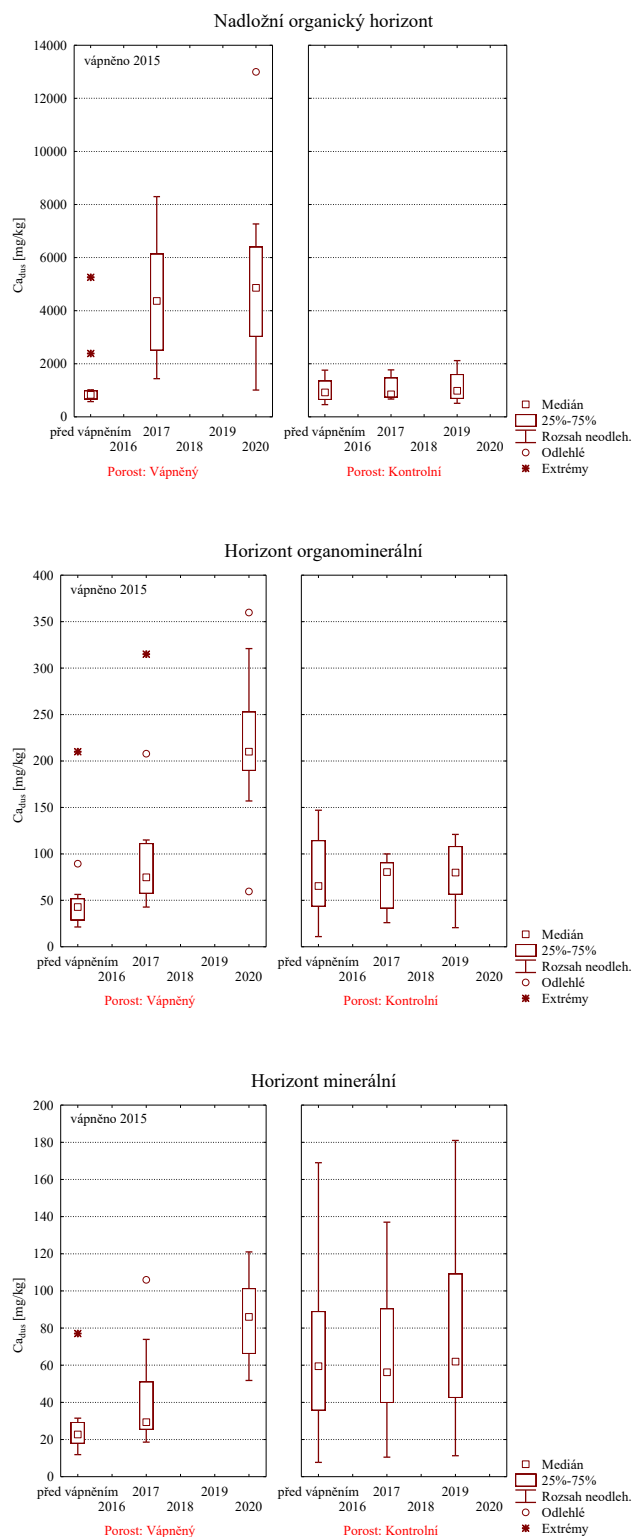


Obsah hliníku (Al) v jehlicích smrku ztepilého před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

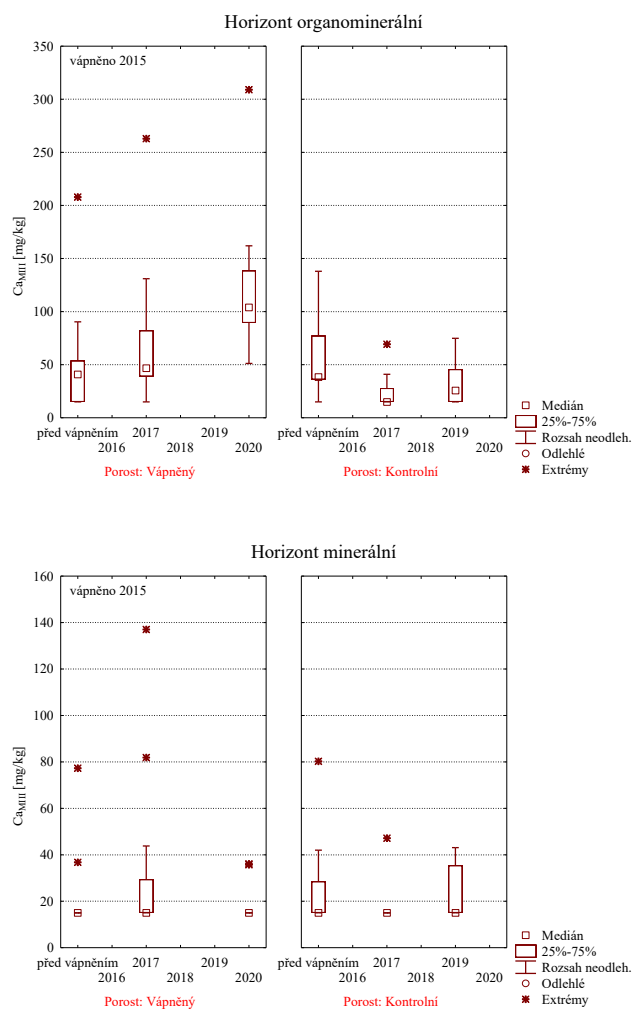


7.2.2. Vápník

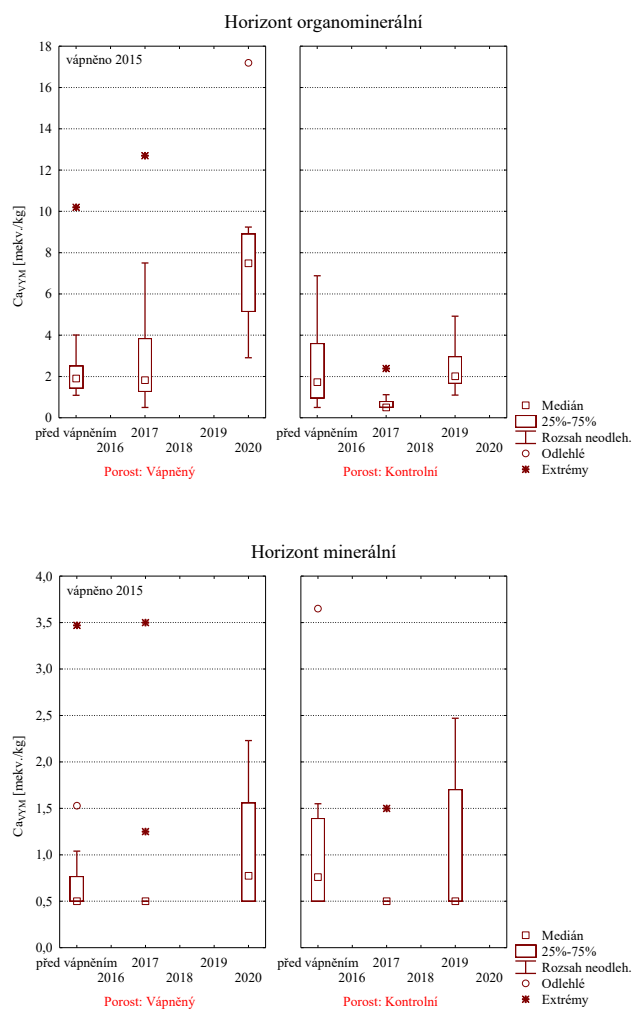
Obsah extrahovatelného vápníku (C_{dus}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



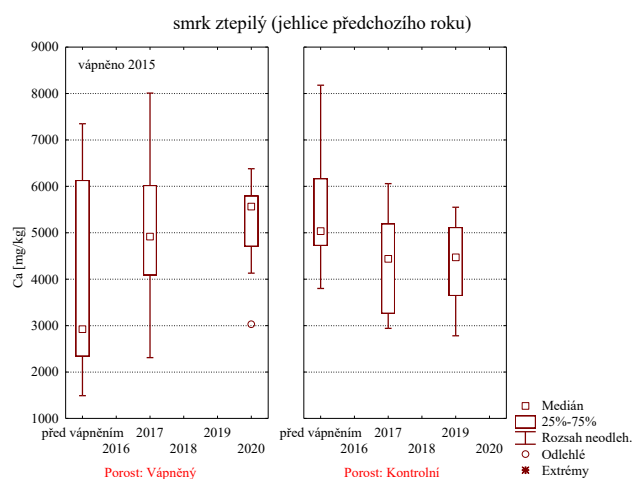
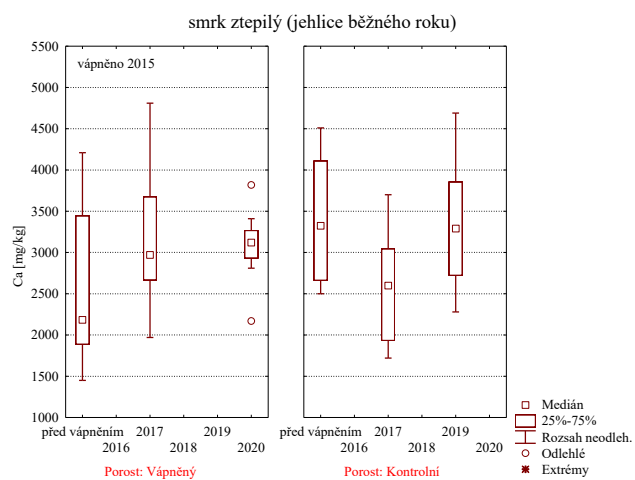
Přístupný obsah vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



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

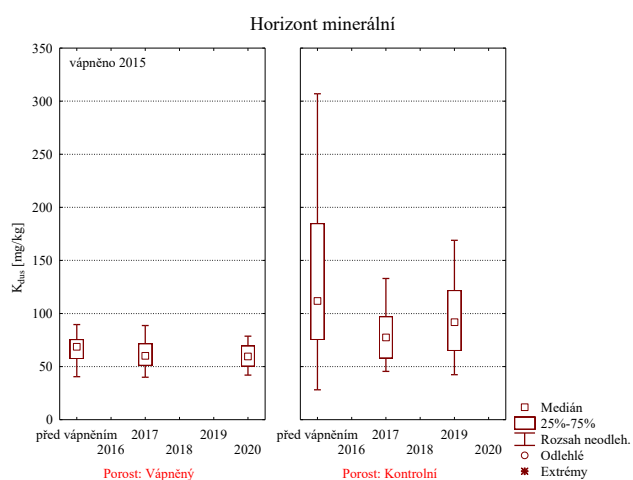
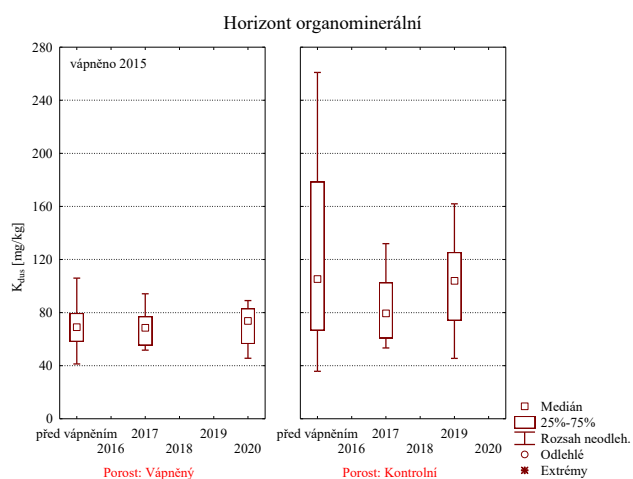
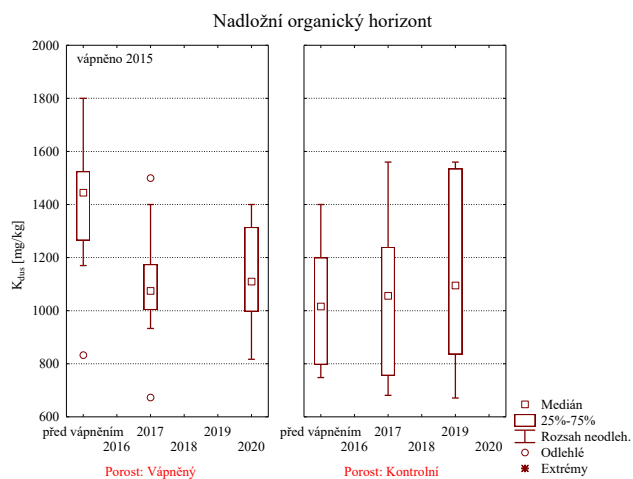


Obsah vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

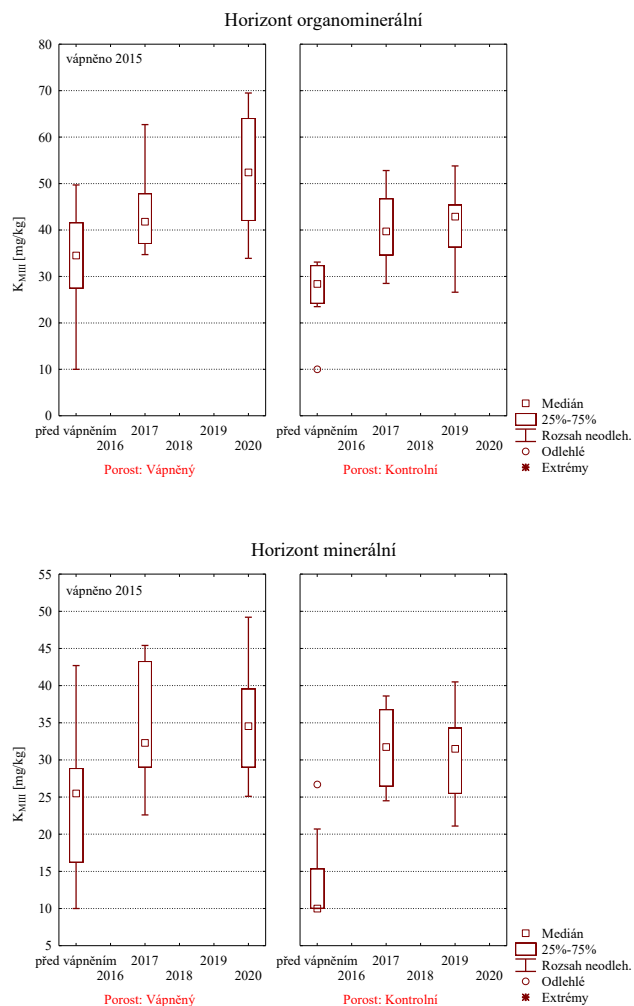


7.2.3. Draslík

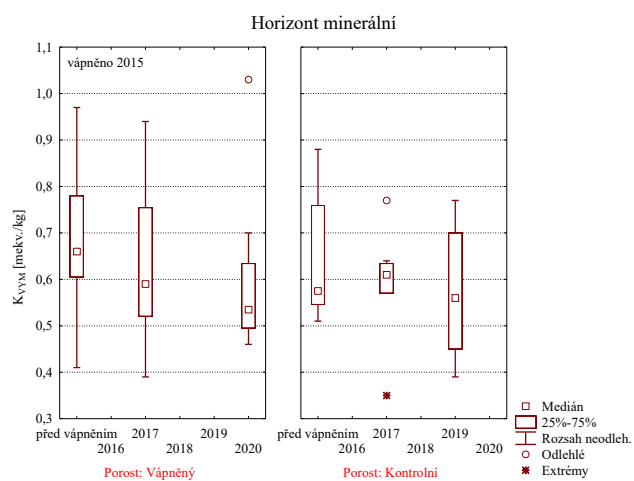
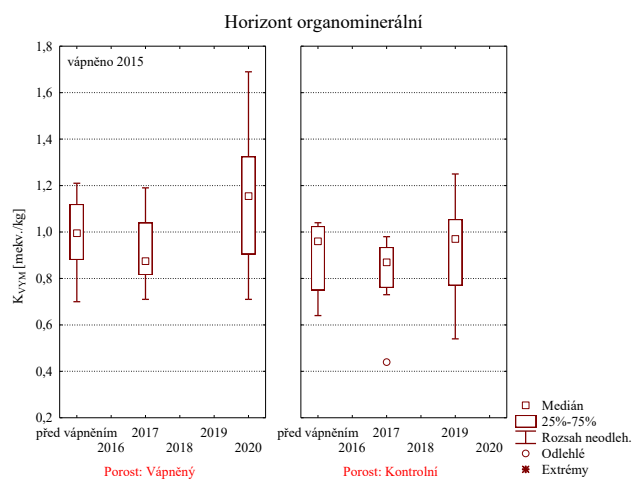
Obsah extrahovatelného draslíku (K_{dus}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



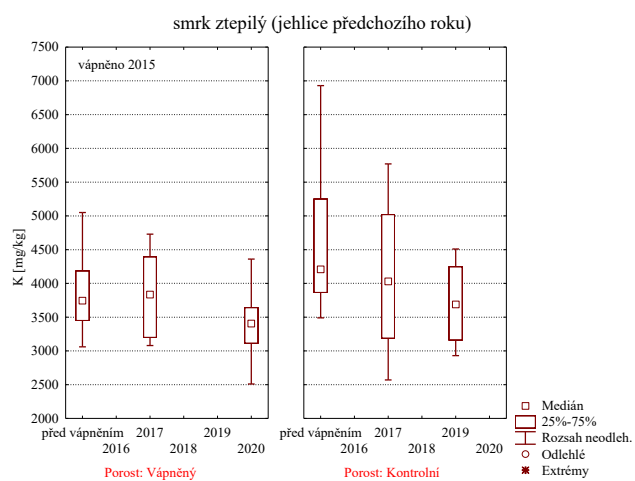
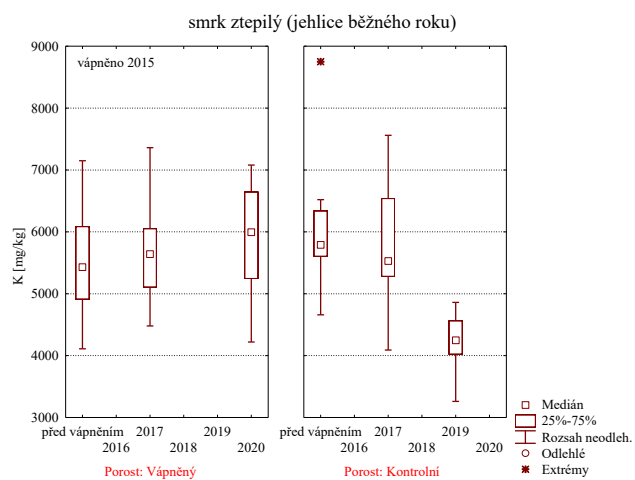
Přístupný obsah draslíku (K_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



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

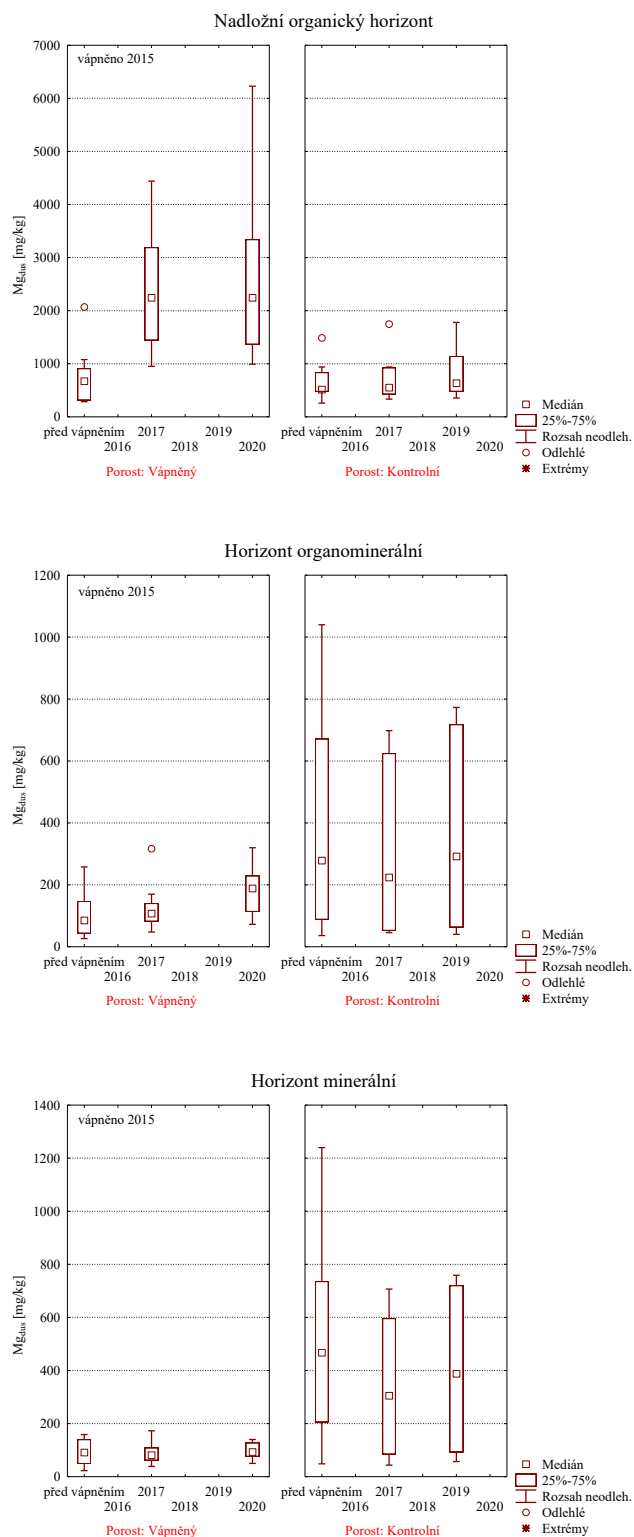


Obsah draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

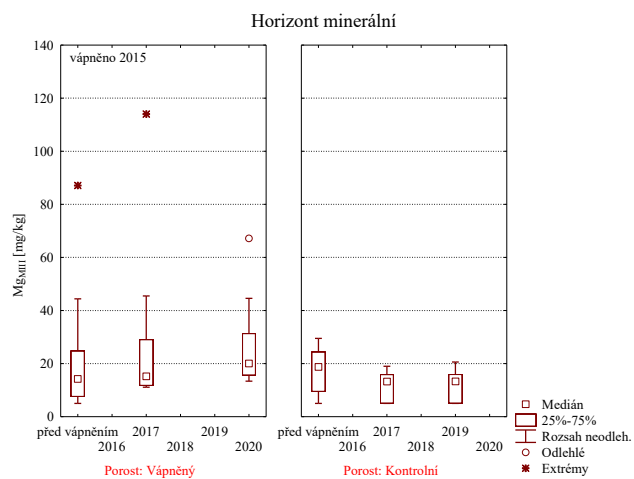
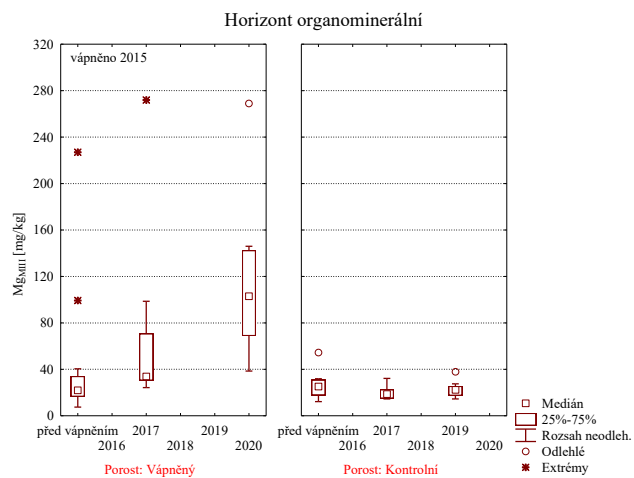


7.2.4. Hořčík

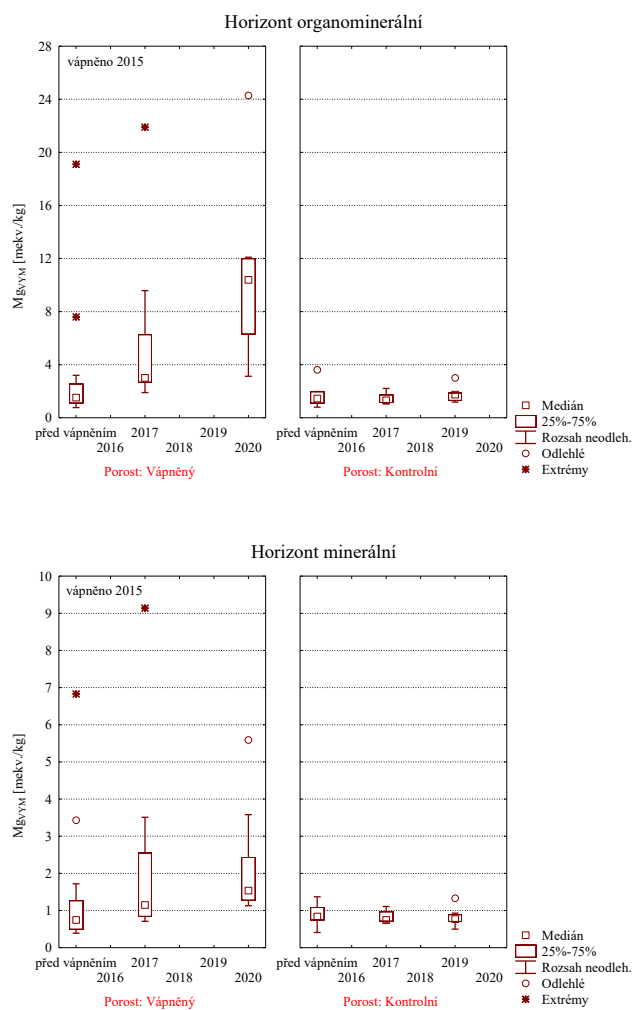
Obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



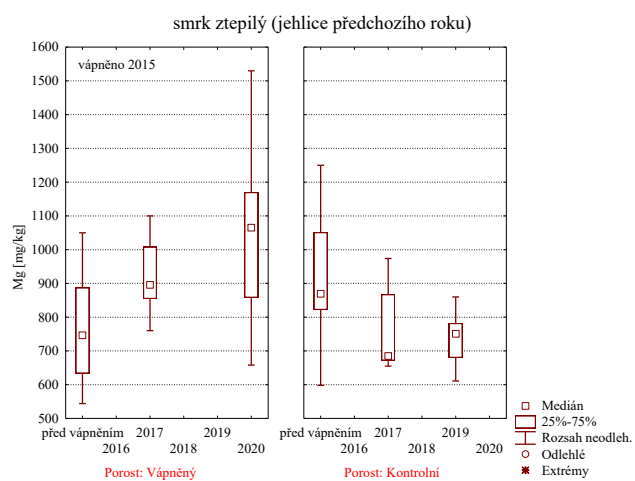
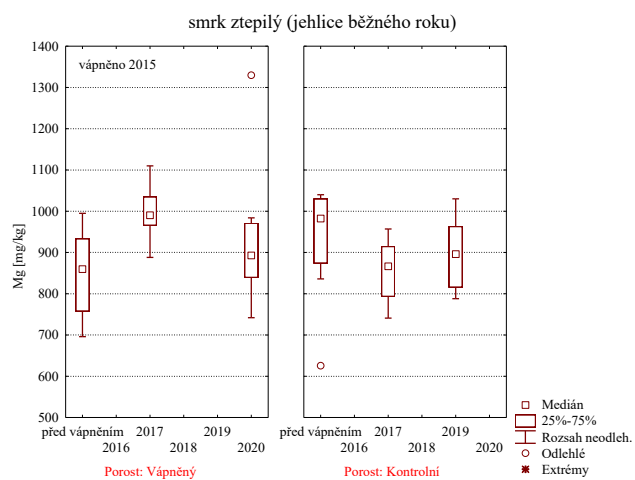
Přístupný obsah hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



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

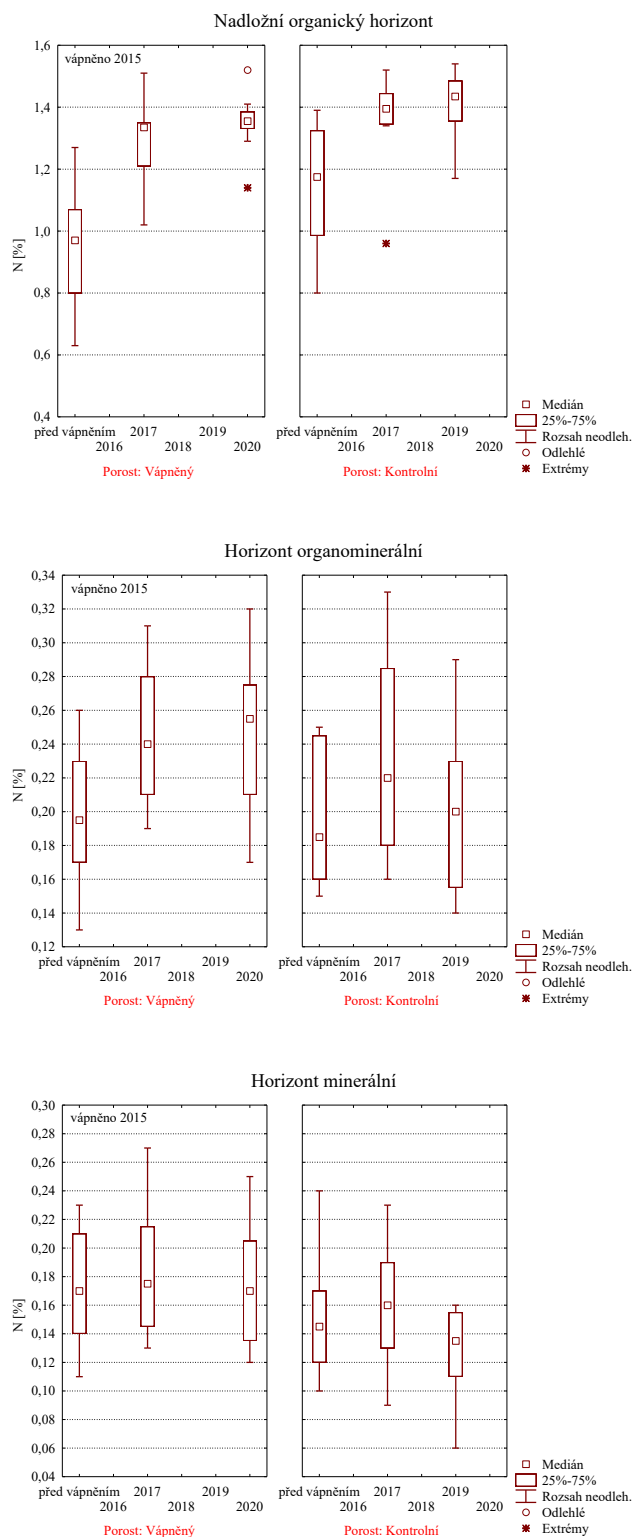


Obsah hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

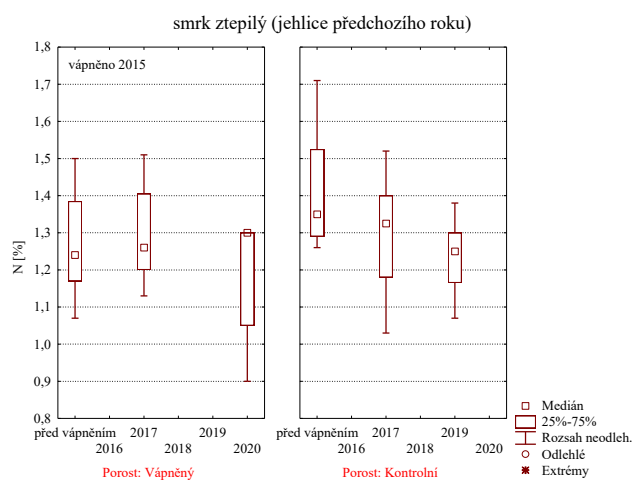
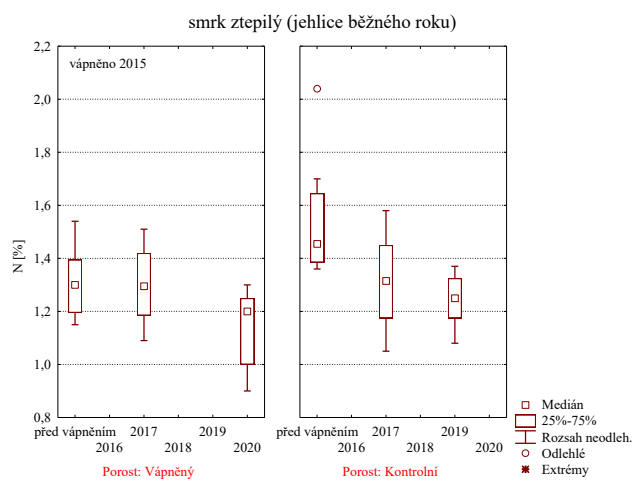


7.2.5. Dusík

Obsah dusíku (N) v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

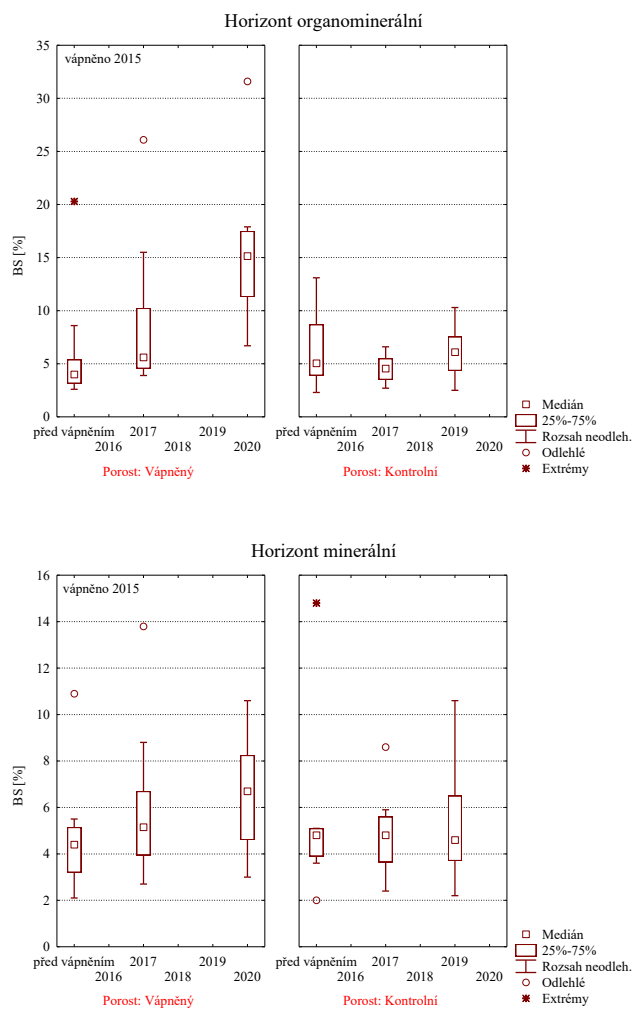


Obsah dusíku (N) v jehlicích smrku ztepilého před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)



7.2.6. BS

Hodnota BS v půdních horizontech před vápněním, dva roky po vápnění (2017) a pět let po vápnění (2020)

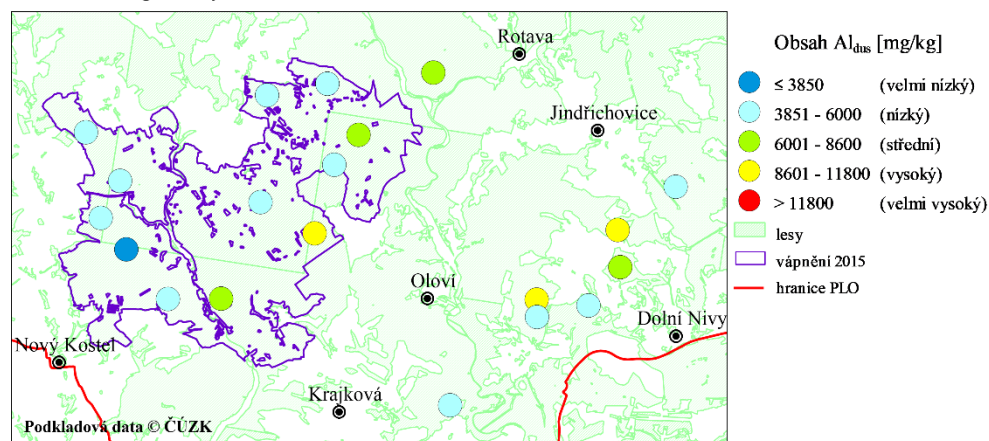


7.3. Kartogramy

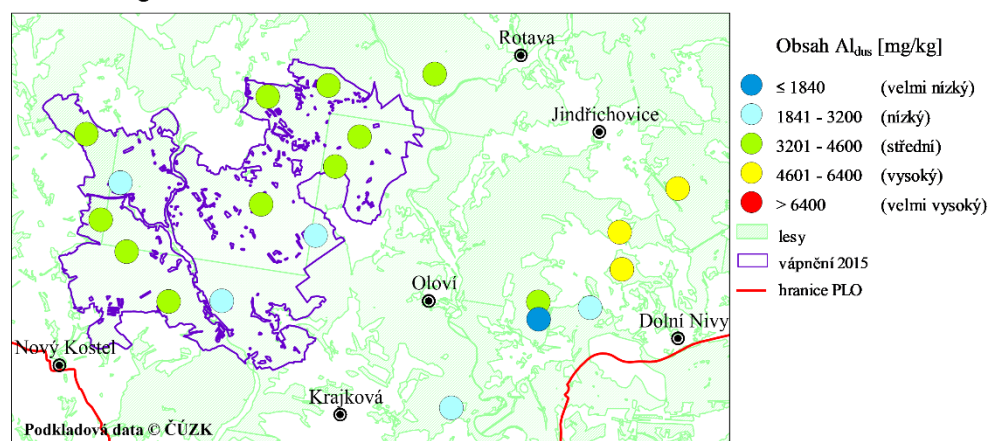
7.3.1. Hliník

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

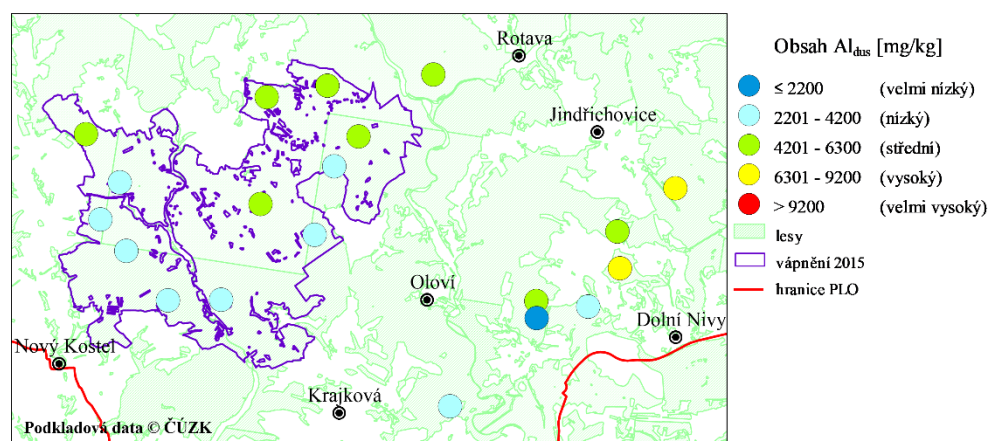
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

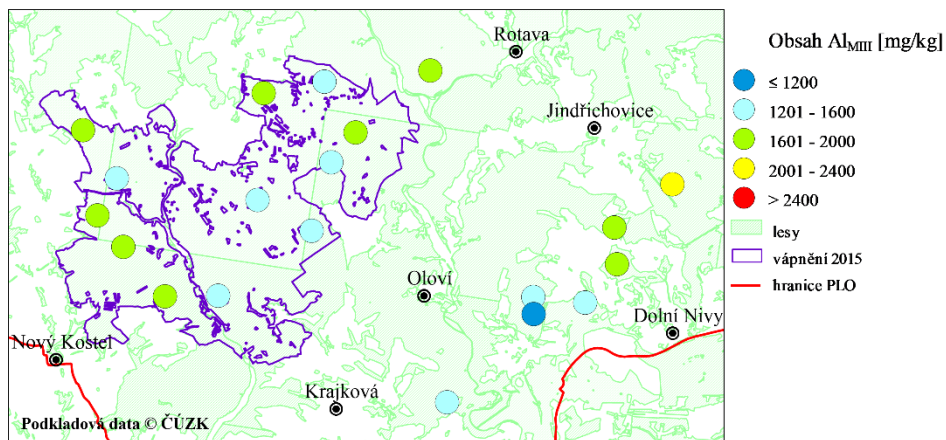


Horizont minerální

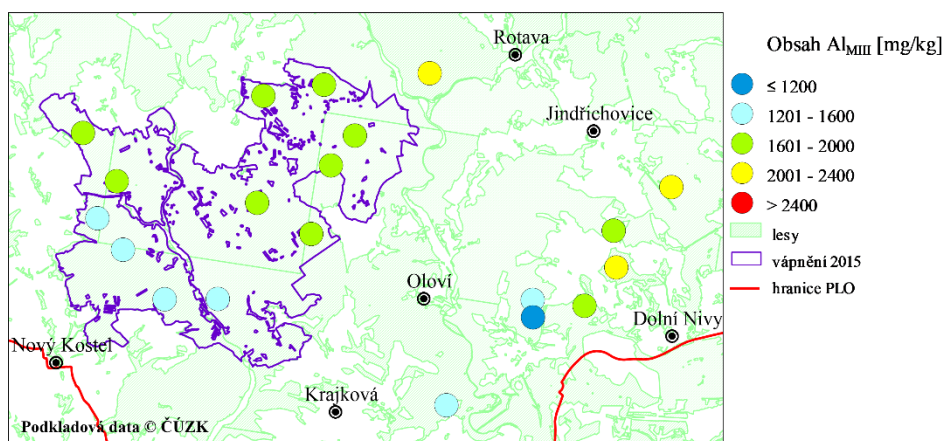


Kartogramy přístupného obsahu hliníku (Al_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

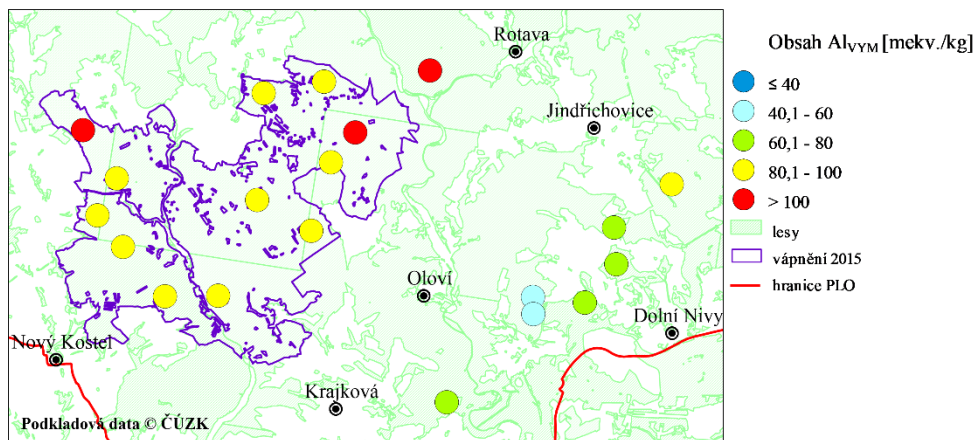


Horizont minerální

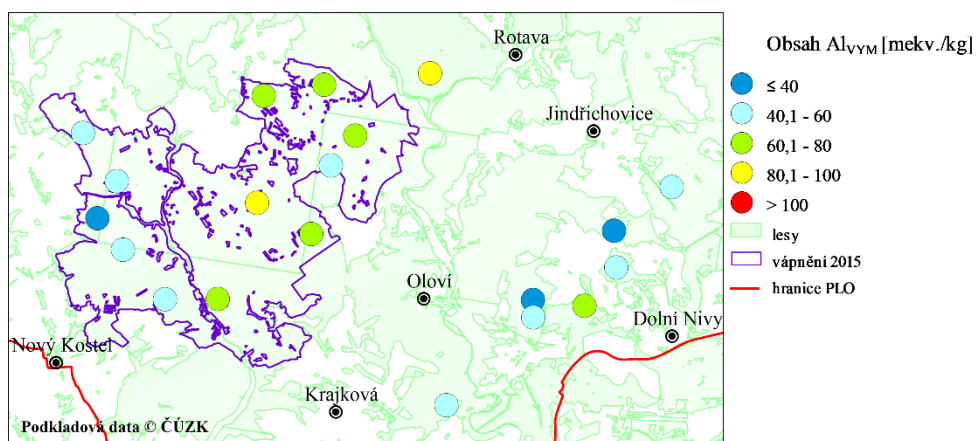


Kartogramy obsahu výměnných kationtů hliníku (Al_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

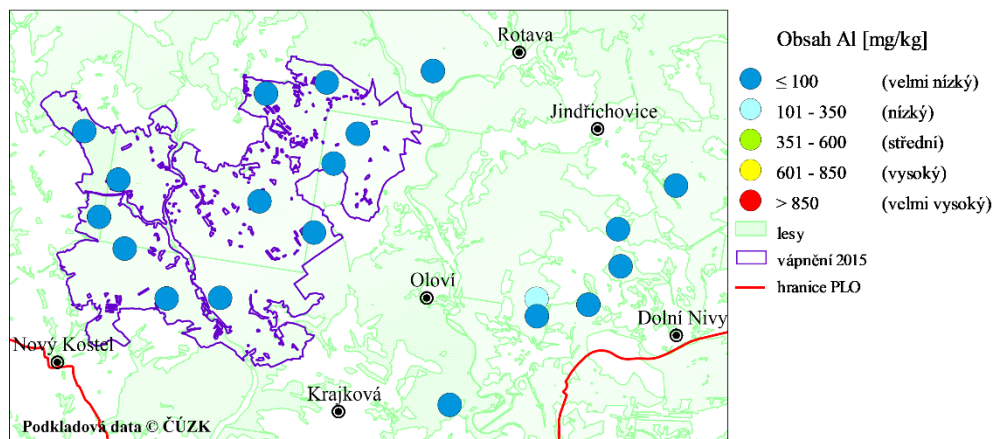


Horizont minerální

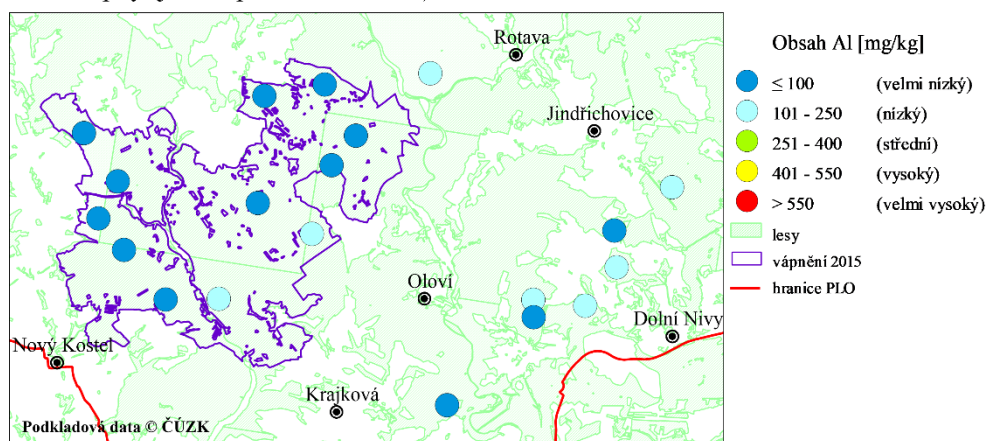


Kartogramy obsahu hliníku (Al) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



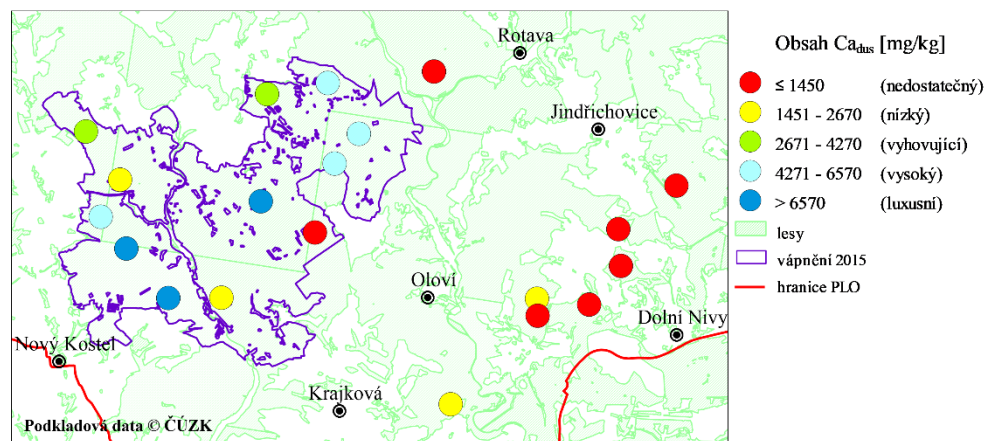
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



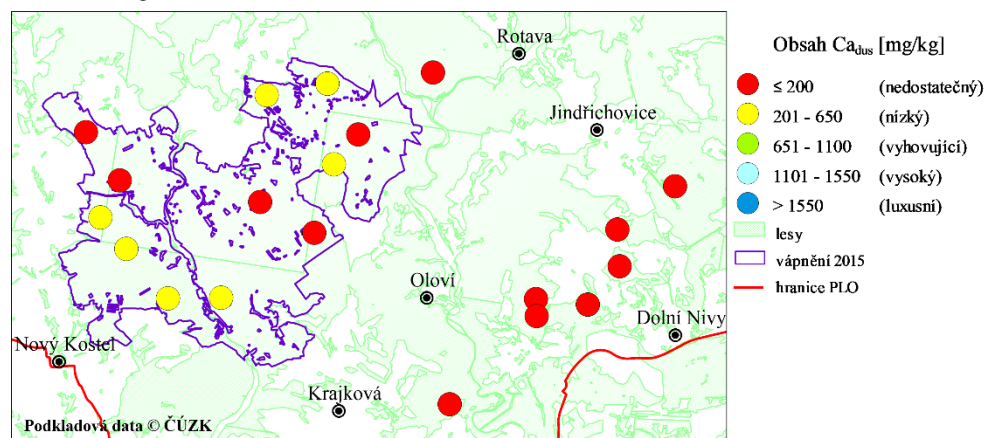
7.3.2. Vápník

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

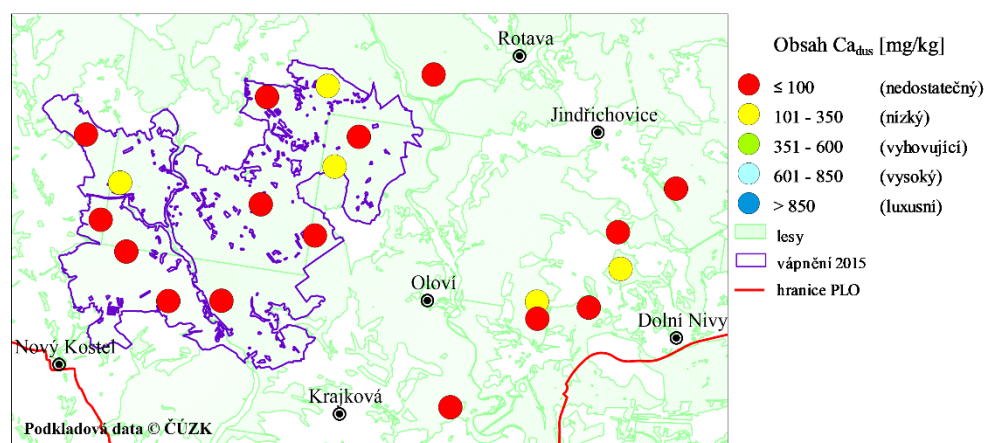
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

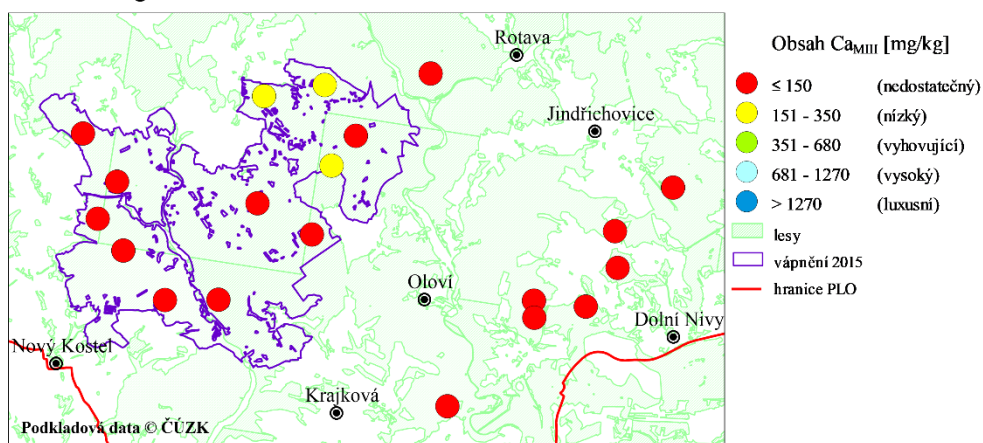


Horizont minerální

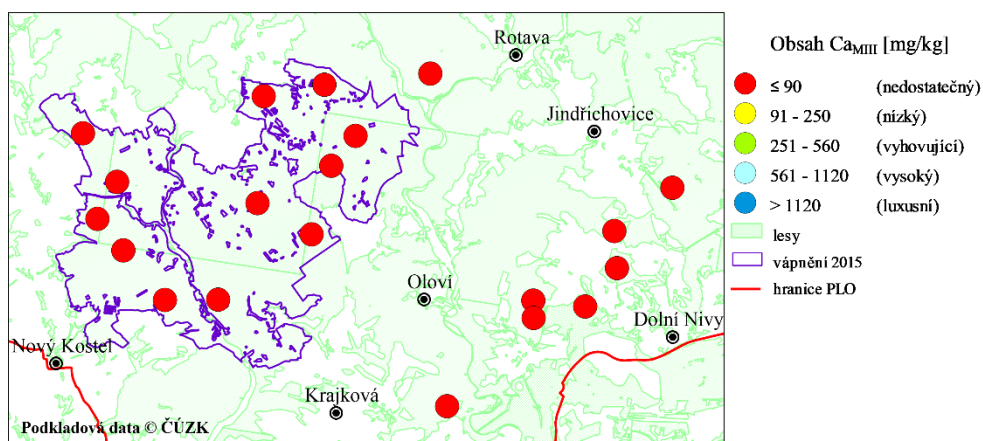


Kartogramy přístupného obsahu vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

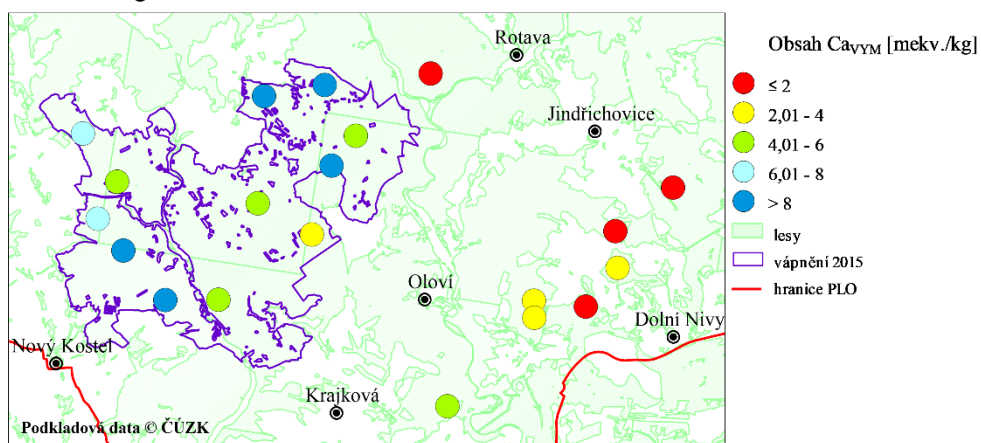


Horizont minerální

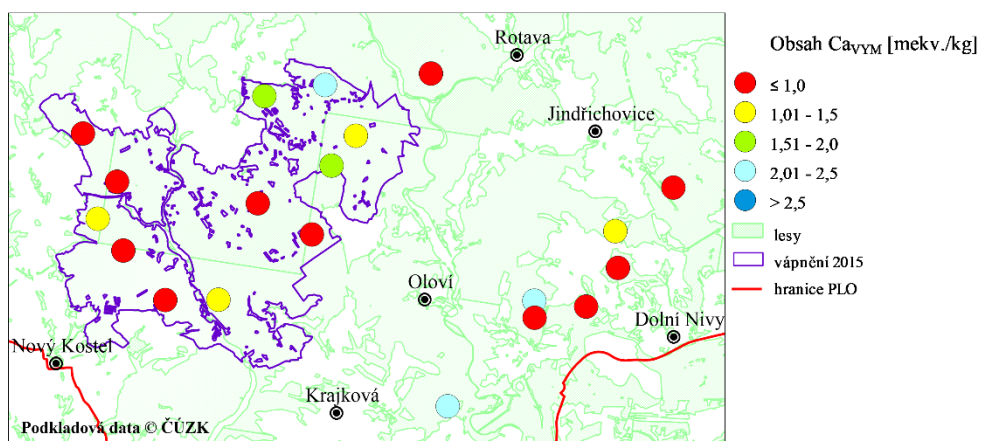


Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

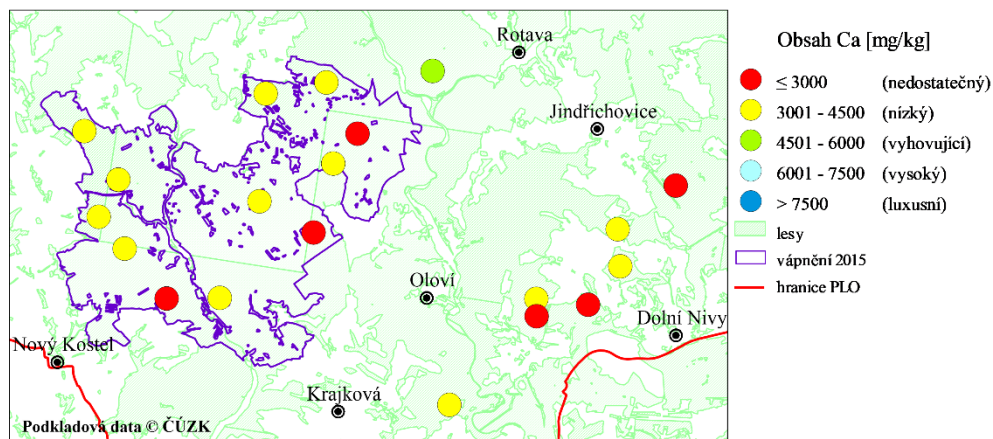


Horizont minerální

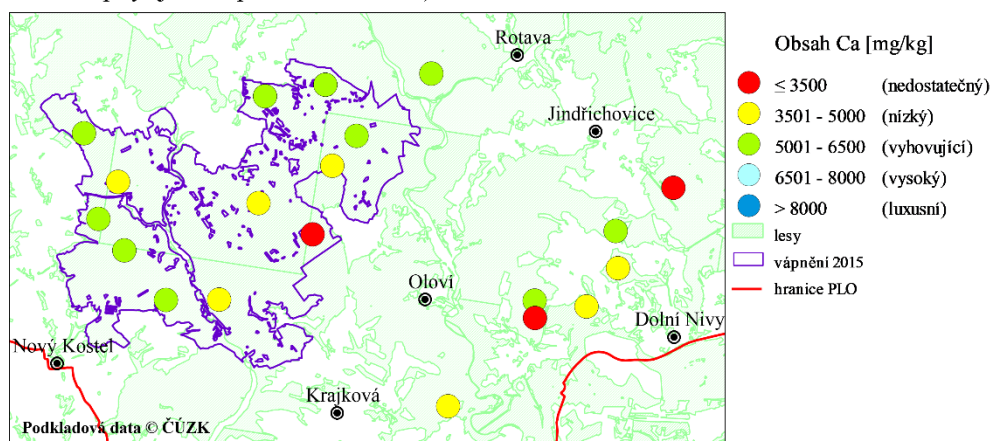


Kartogramy obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



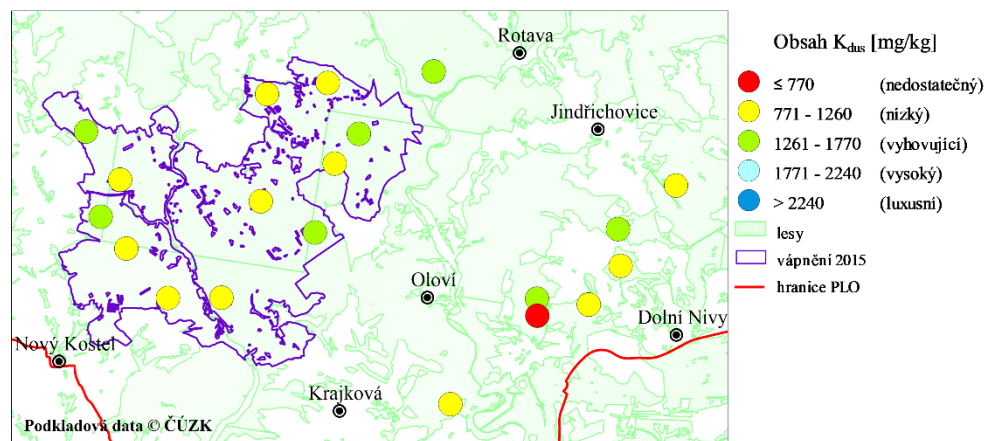
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



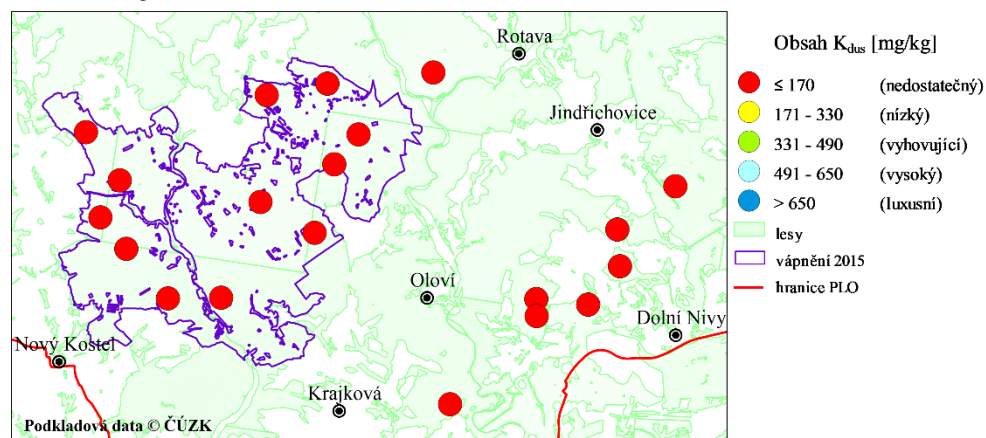
7.3.3. Draslík

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

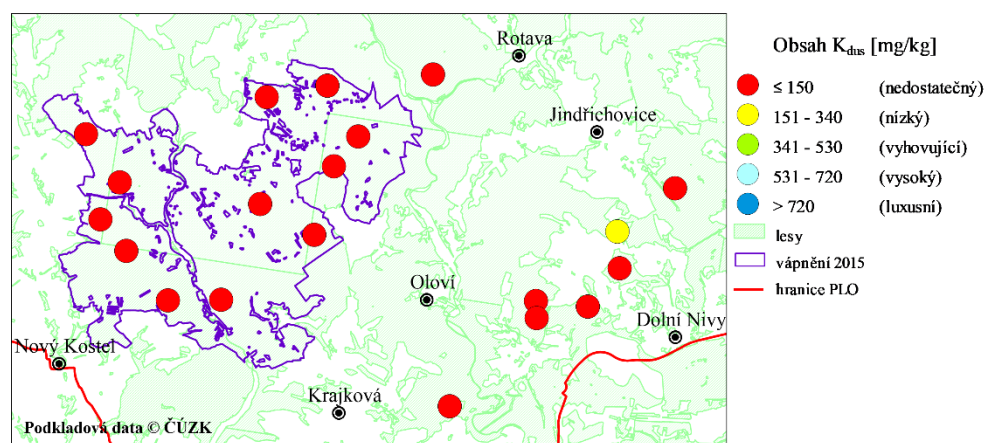
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

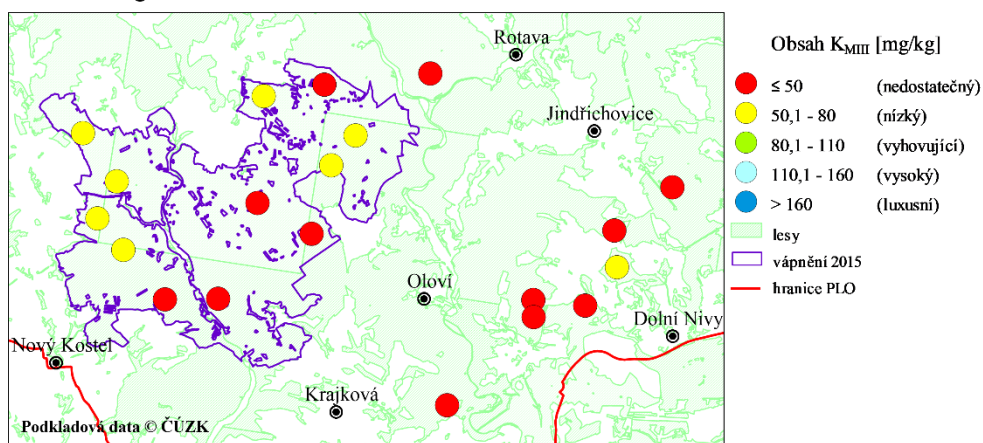


Horizont minerální

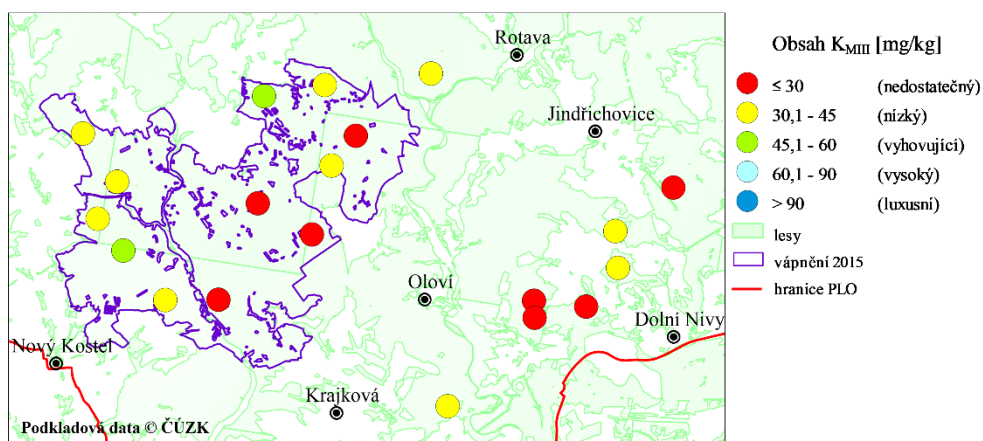


Kartogramy přístupného obsahu draslíku (K_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

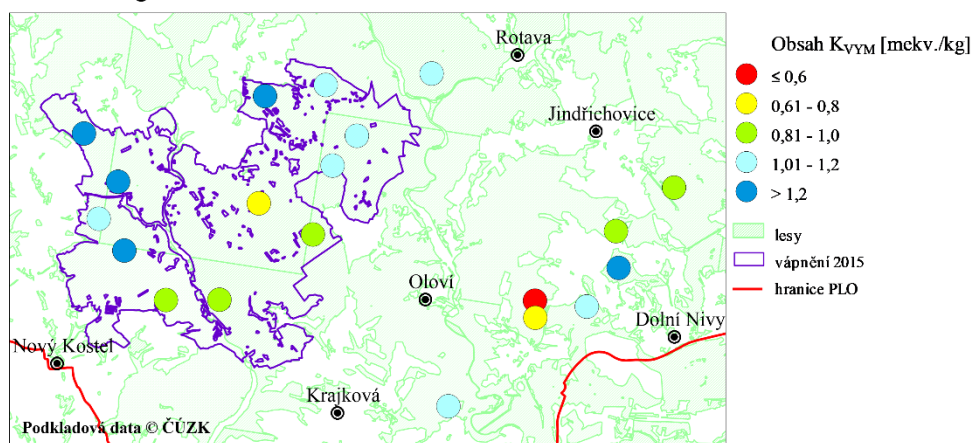


Horizont minerální

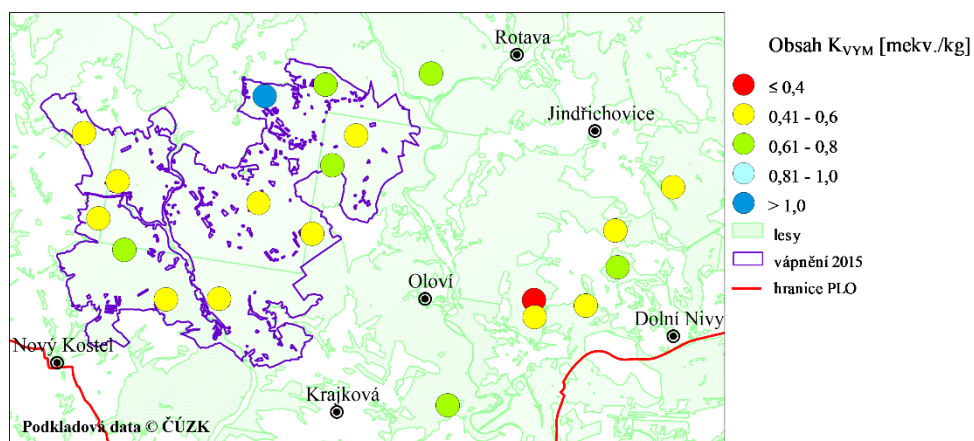


Kartogramy obsahu výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

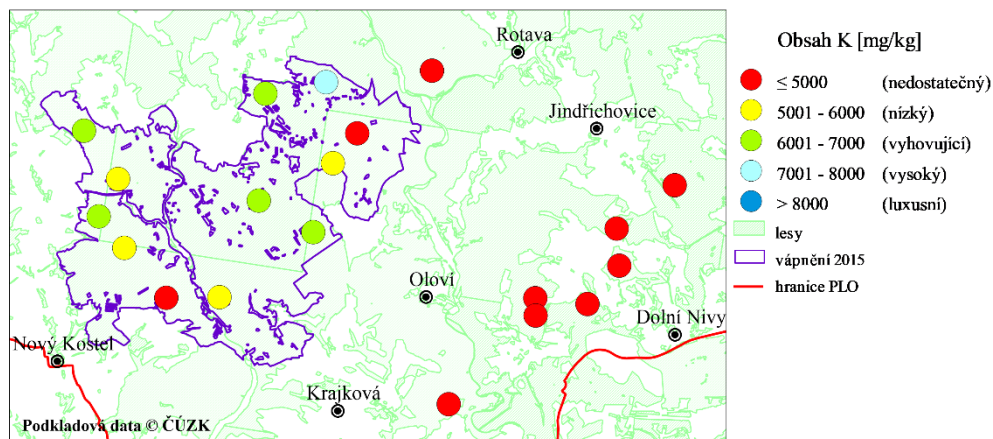


Horizont minerální

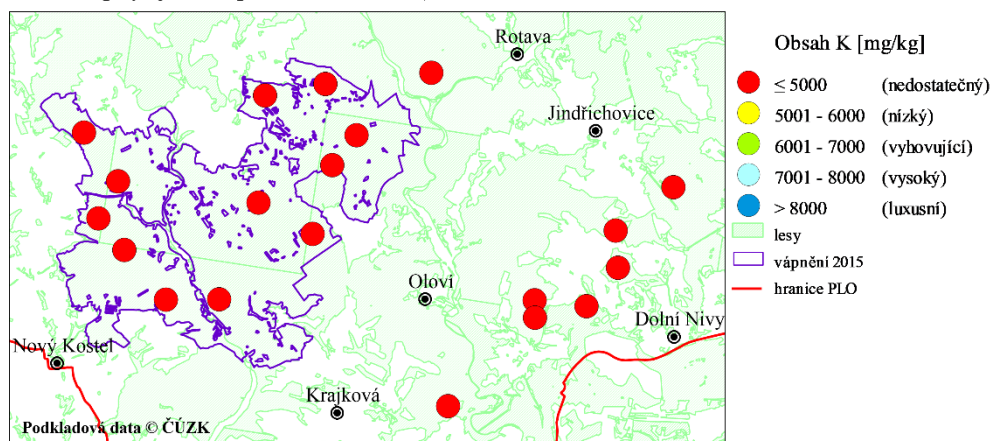


Kartogramy obsahu draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



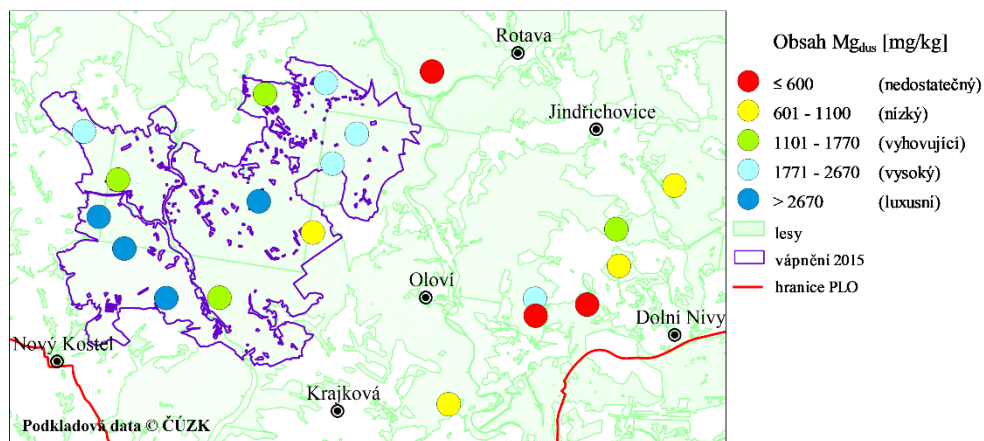
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



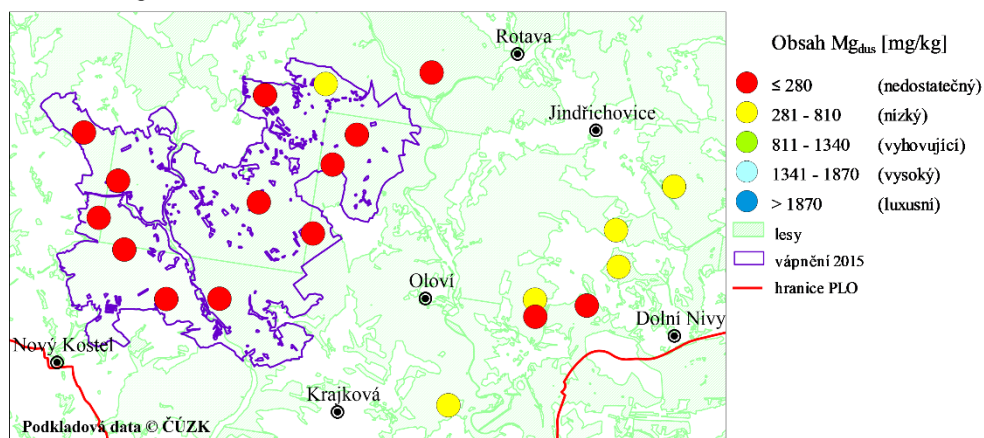
7.3.4. Hořčík

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

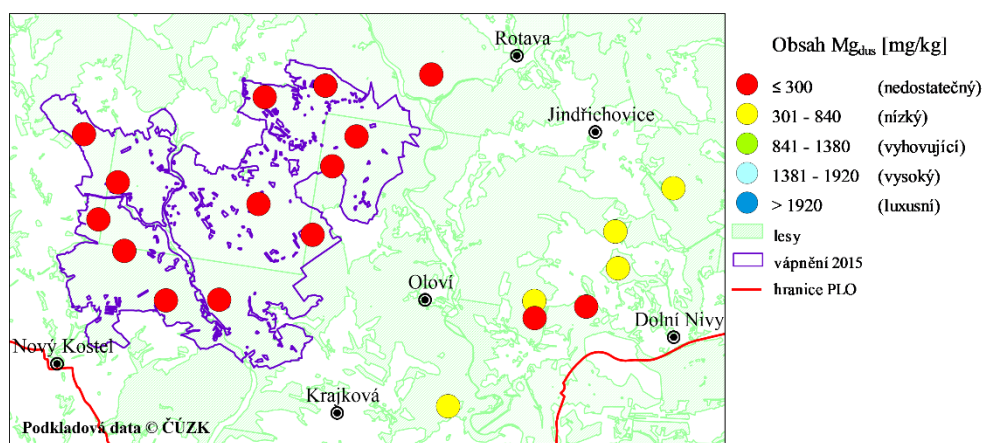
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

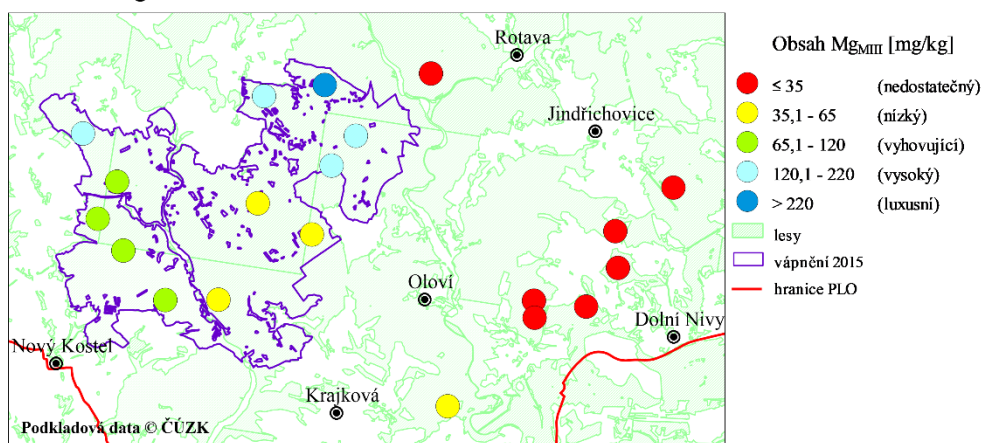


Horizont minerální

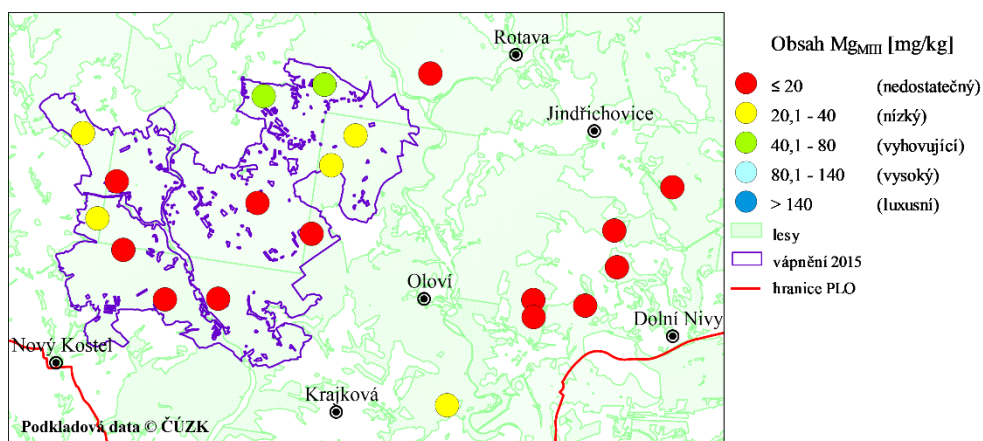


Kartogramy přístupného obsahu hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

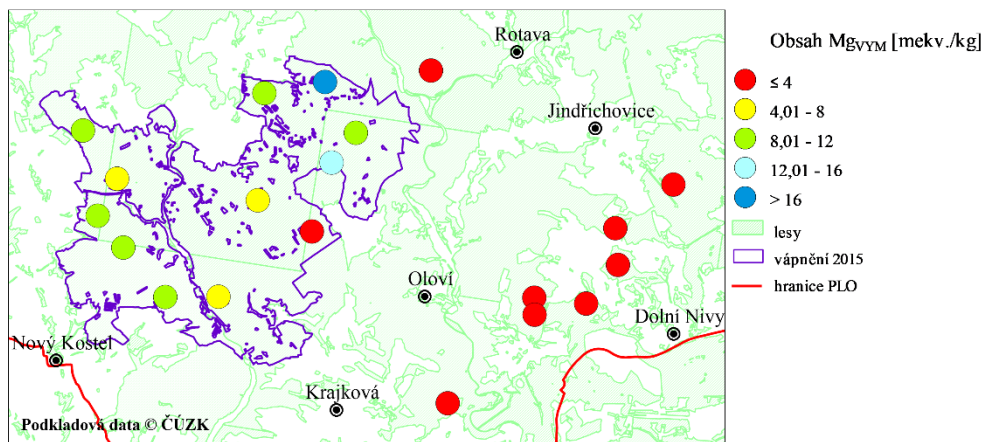


Horizont minerální

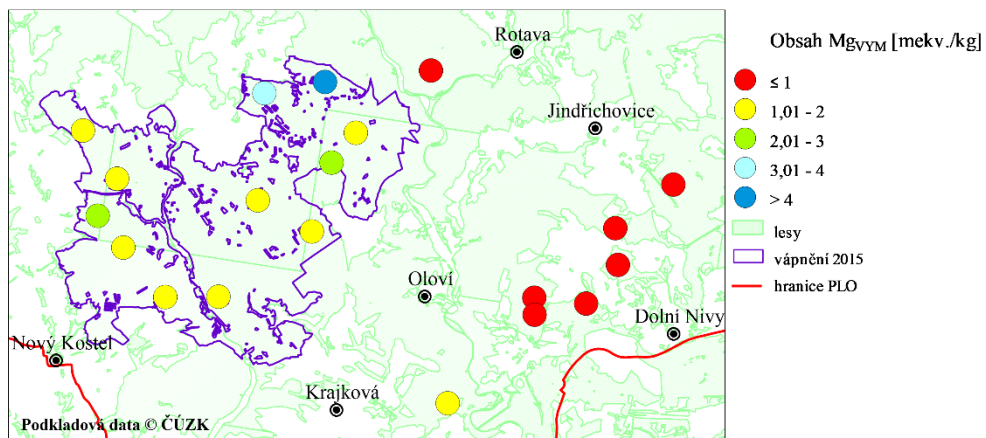


Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální

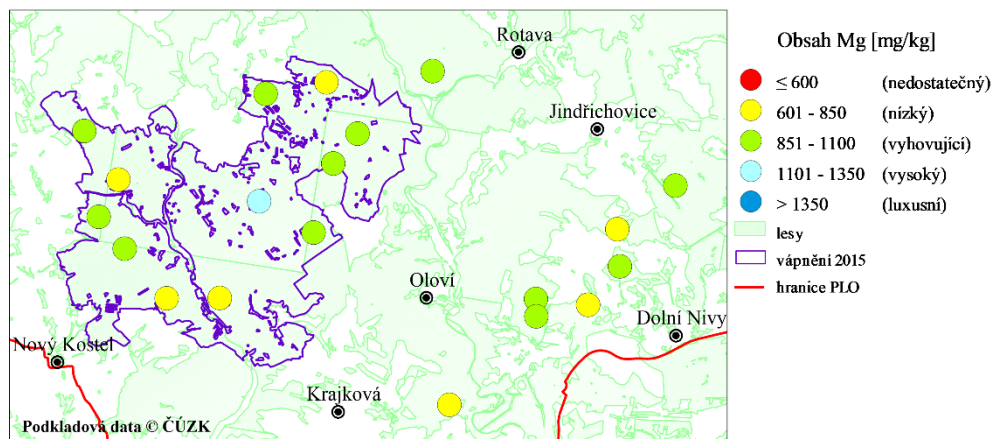


Horizont minerální

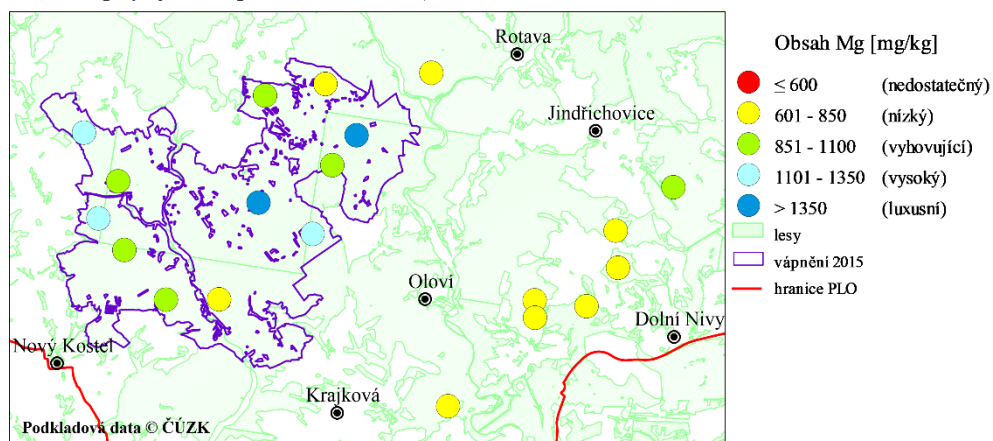


Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



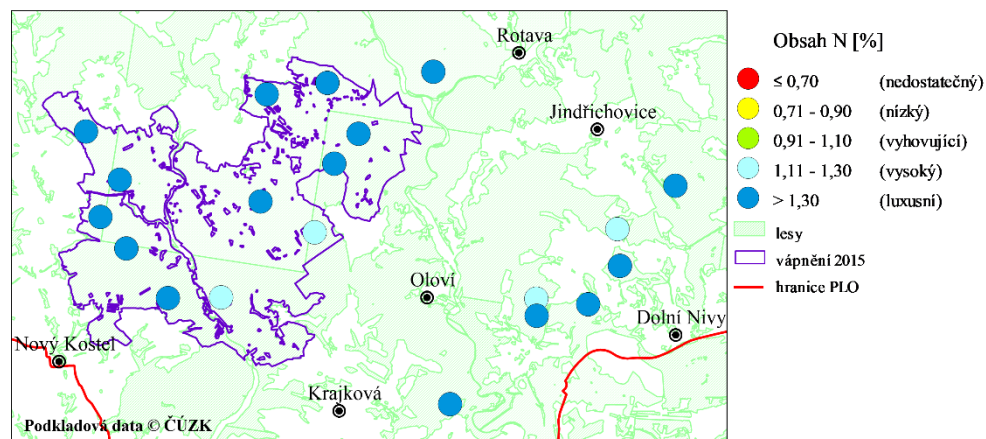
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



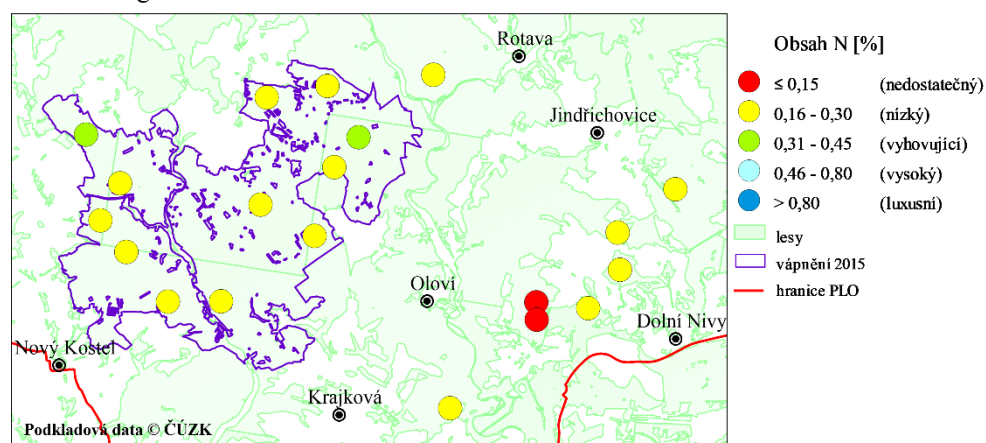
7.3.5. Dusík

Kartogramy obsahu dusíku (N) v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

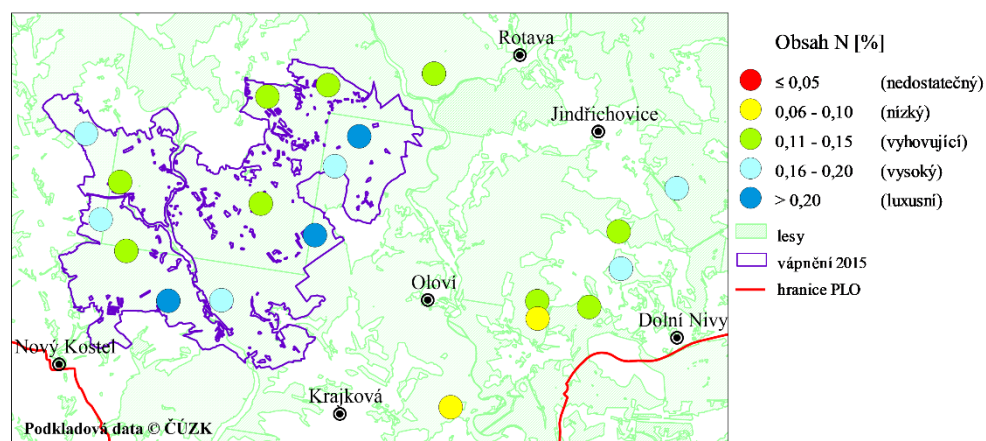
Nadložní organický horizont



Horizont organominerální

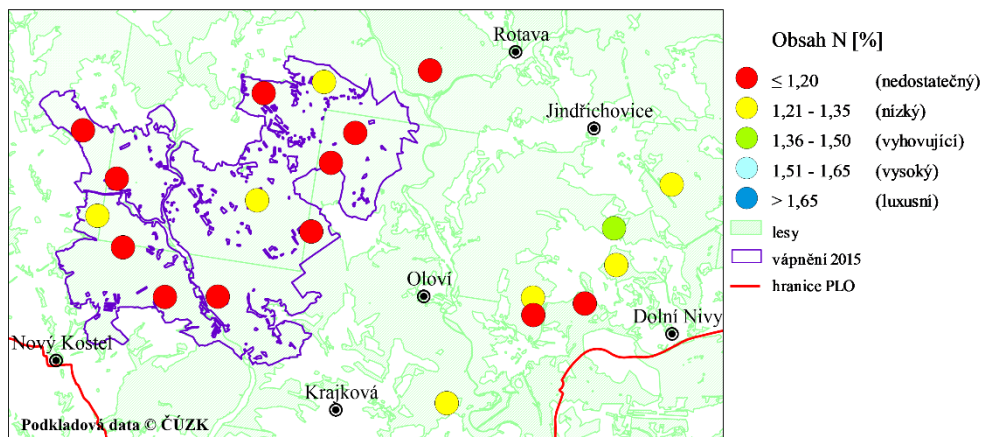


Horizont minerální

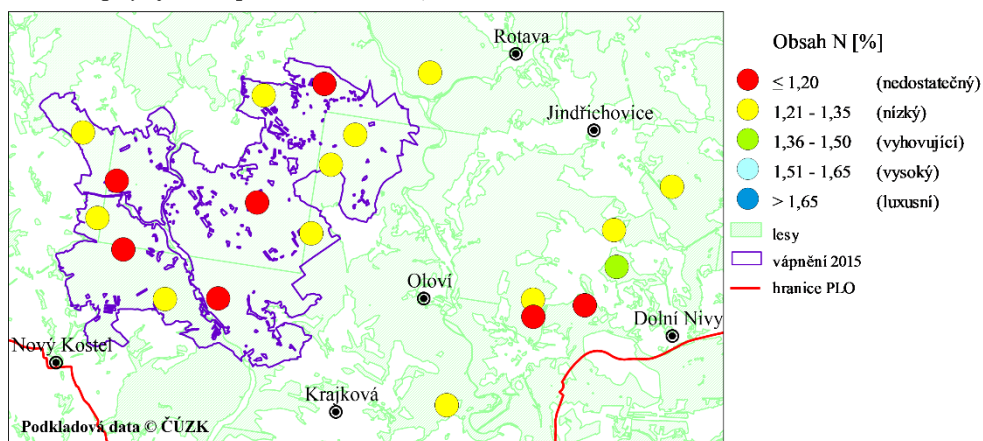


Kartogramy obsahu dusíku (N) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2020)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



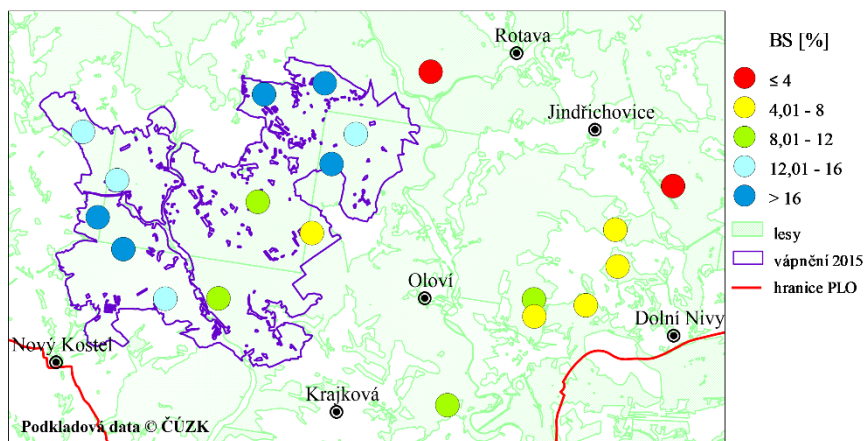
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



7.3.6. BS

Kartogramy hodnot BS v půdních horizontech pět let po vápnění (2020)

Horizont organominerální



Horizont minerální

