

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
„Litvínov A, Jirkov A, Hora Sv. Kateřiny A“
pět let po vápnění**

dle specifikace činností spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního hospodářství provádí ÚKZÚZ
Brno

Závěrečná zpráva

Zpracovali: Ing. Dušan Reininger, Ph.D.

Dr. Ing. Přemysl Fiala

Bc. Petra Morávková

Ing. Tomáš Svoboda

Obsah

1. ÚVOD	5
2. METODIKA	6
3. POPIS ODBĚRNÝCH MÍST	7
4. VÝSLEDKY	10
4.1. Půda.....	10
4.1.1. Nadložní organický materiál	10
4.1.2. Půdní chemická reakce.....	10
4.1.3. Celkový dusík.....	11
4.1.4. Spalitelný uhlík	12
4.1.5. Poměr C/N	13
4.1.6. Fosfor	13
4.1.7. Draslík.....	14
4.1.8. Vápník.....	16
4.1.9. Hořčík	16
4.1.10. Síra	19
4.1.11. Železo	20
4.1.12. Mangan	21
4.1.13. Hliník	21
4.1.14. Zinek a bór	21
4.1.15. Kadmium	22
4.1.16. Chrom	23
4.1.17. Měď'	23
4.1.18. Olovo	23
4.1.19. Půdní sorpční komplex.....	24
4.2. Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého	27
4.2.1. Fosfor	27
4.2.2. Dusík	29
4.2.3. Draslík.....	29
4.2.4. Vápník.....	30
4.2.5. Hořčík	30
4.2.6. Síra	30
4.2.7. Hliník a železo	31
4.2.8. Olovo, měď' a bor	31
5. ZÁVĚR.....	32
6. LITERATURA	33
7. PŘÍLOHY	34
7.1. Popisné statistiky.....	34

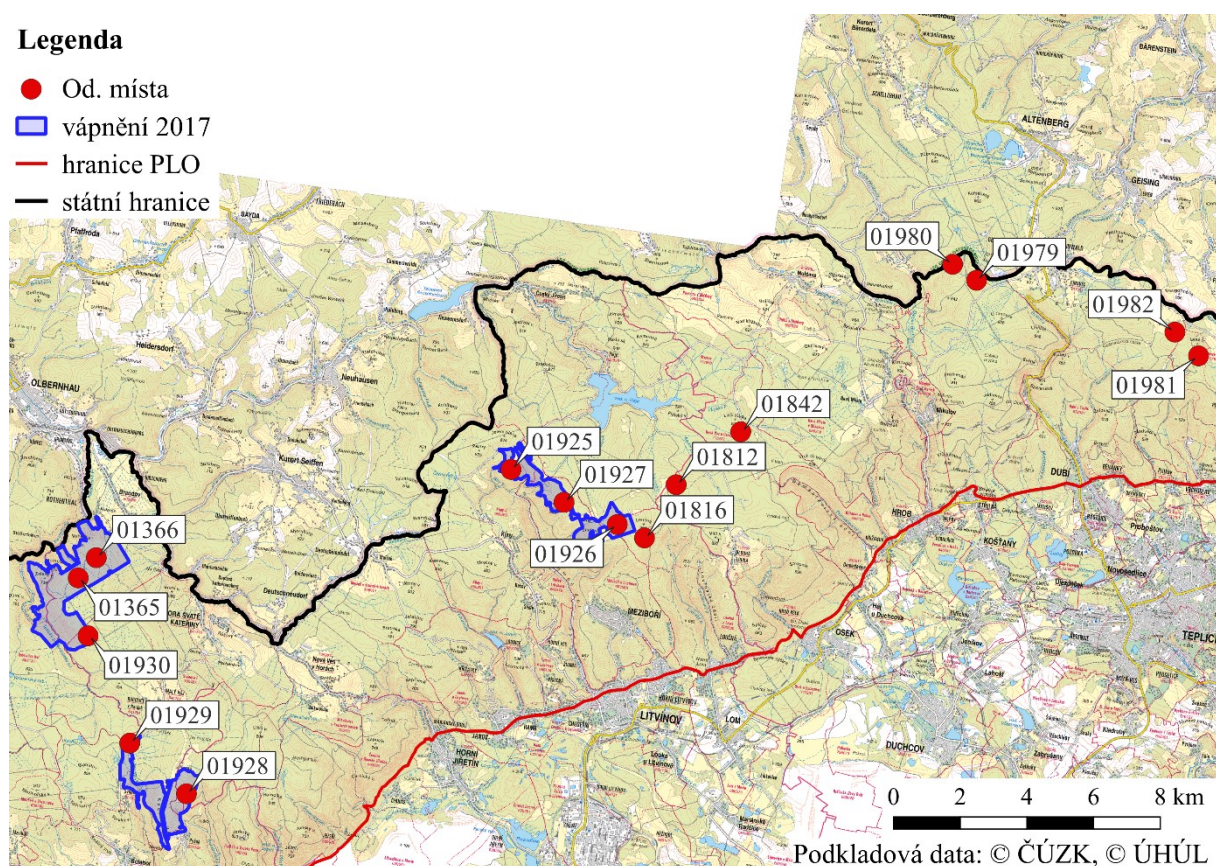
7.1.1. Nadložní organický horizont	34
7.1.2. Horizont organominerální	36
7.1.3. Horizont minerální	38
7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	40
7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	41
7.2. Kartogramy	42
7.2.1. pH _{H2O}	42
7.2.2. Vápník.....	43
7.2.3. Hořčík	47
7.2.4. Hliník	51

1. ÚVOD

Na lokalitách „Litvínov A, Jirkov A a Hora Sv. Kateřiny A“ proběhlo v roce 2017 vápnění lesních porostů. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace byly použity výsledky z osmi porostů povápněných a ze sedmi porostů kontrolních (nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2017, 2019 a 2022. Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2017/2018, 2019/2020 a 2022. Vápnění v těchto lokalitách proběhlo opakovaně. Z dostupných databází vyplývá, že porosty na OM 01365, 01366, 01925, 01926, 01927, 01928 a 01930 byly povápněny i v roce 2000.

Legenda

- Od. místa
- vápnění 2017
- hranice PLO
- státní hranice



Obr. 1: Umístění odběrných míst

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 QGIS 3.28.5.
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 1. Pro slovní hodnocení obsahu prvků v půdních horizontech a v jehlicích smrku ztepilého byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (Fiala a kol., 2013)

Tab. 1: Hodnocení statistických významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Porost	Vápněný	2017		Ano	Ano	Ano		
		2019	Ano		Ano		Ano	
		2022	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2017/18	Ano				Ano	Ano
		2019/20		Ano		Ano		Ano
		2022			Ano	Ano	Ano	



3. POPIS ODBĚRNÝCH MÍST

Odběrná místa ve vápněných lesních porostech náleží typologicky ke stanovištím 5. až 7. lesního vegetačního stupně (lvs). Kontrolní stanoviště jsou v poněkud vyšších polohách (6. až 7. lvs) v okolí Dlouhé Louky a Cínovce na území lesní správy Litvínov (obr. 1). Způsob hospodaření je podobný. Výjimkou je porostní skupina 508C_{3/1} na odběrném místě 01980. Zde se jedná o tyčkovinu s akumulací organického materiálu a převládajícím H horizontem (Tab. 4), tedy vývojem podobným náhradním porostům. Na odběrných místech 01980 a 01981 je půdotvorný substrát (sediment nezpevněný), zřejmě vyvinut z matečného ignimbritu. Horniny na kontrolních místech s převažujícím ryolitovým ignimbritem jsou chudší na živiny P, K, Ca a Mg, což se projevuje na extrahovatelných obsazích v minerálních horizontech (Tab. 7). Odběrné místo 01812 je sice na mapě zahrnuto do skupiny rašelin, odběr byl však proveden na stanovišti s podložím granitového porfyru. Zvolená odběrná místa lze tedy považovat za srovnatelná ve smyslu zadání s přihlédnutím k rozdílnému matečnému podloží.

Tab. 2: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Por.sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor	Geologické podloží
01365	LČR LS Klášterec	31A ₃	SM 70, MD 25, BR 5	31	5S2	521	ortorula
01366	LČR LS Klášterec	30A _{6/1e}	SM 100, BK +	57	5S2	521	ortorula
01925	LČR LS Litvínov	202C ₆	SM 100	57	6K5	721	pararula
01926	LČR LS Litvínov	225D _{6a}	SM 100	56	7K5	722	ortorula
01927	LČR LS Litvínov	215C ₆	SM 100, MD +	59	6K5	721	granit
01928	Lesy Jezeří, k.s.	412C ₅	JR 68, BR 16, SM 11, BK 5	47	6K1	524	ortorula
01929	Lesy Města Jirkova	237B _{2b}	SM 99, OL 1, BR +	20	6K5	721	ortorula
01930	LČR LS Klášterec	45C _{3a}	SM 100	27	6K5	721	ortorula
Kontrolní	Vlastník	Por.sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor	Geologické podloží
01812	LČR LS Litvínov	317B ₁	SM 100, SMP +	8	7K5	721	Slatina, rašelina, hnílokal
01816	LČR LS Litvínov	328B ₄	SM 50, JR 47, BK 3	38	6K5	724	granitový porfyr
01842	LČR LS Litvínov	312R ₂	SM 100	20	7K7	721	pararula
01979	LČR LS Litvínov	509D ₂	SM 100, BR +	17	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01980	LČR LS Litvínov	508C _{3/1}	SM 80, BK 20	15	7G2	531	sediment nezpevněný
01981	LČR LS Litvínov	611E ₃	SM 90, BO 10	26	6M1	722	sediment nezpevněný
01982	LČR LS Litvínov	612A ₆	SM 90, KL 10	56	6K5	521	ryolit

Tab. 3: Popis půdního prostředí vápněných stanovišť

Vápněné	Nadložní organický horizont	Organominerální horizont	Minerální horizont
01365	moder, převládá H, vlhký, krémovitý, přechod ostrý	10YR4/2 kávově hnědá, silně humózní, prachovito-hlinitá, drobtovitá, sypká, kyprá	10YR7/6 světle hnědá, slabě humózní, na rulách narůžovělá 5YR5/6, písčito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná
01366	dominuje H, místy krupnatý, sypký, přechod hladký	7.5YR5/2 shora silně humózní, kávově hnědá, hlinitá, krupnatá, drobtovitá, kyprá až sypká	7.5YR5/6 hnědá, písčito-hlinitá, hrudkovitá, sypká
01925	hustý drn, dominuje F, sypký, přechod ostrý	5YR4/6 hnědá, dole vysvětlená, prachovitá, drobtovitá, sypká	7.5YR5/8 rezivá, písčito-hlinitá, hranolovitá, soudržná, vlhká
01926	dominuje H, sypký, přechod ostrý	7.5YR5/2 hnědá, humózní, místy šedý redukční horizont, drobtovitá, sypká	5YR4/3 rezivá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná-vazká
01927	místy mělký drn, místy H hlubší	5YR5/4 hnědá, humózní, místy kávová, místy šedý redukční horizont, prachovito-hlinitá, hrudkovitá až hranolovitá, sypká	5YR5/6 rezivá, hlinito-písčitá, hrudkovitá, drobivá
01928	prokořeněný, dominuje H, filcovitý, přechod ostrý	5YR5/2, 5YR5/4 hnědá, vespod vysvětlená, mírně humózní, prachovito-písčitá, krupnatá, sypká	5YR6/6 rezivá, hlinito-písčitá, drobtovitá, soudržná
01929	filcovitý, prokořeněný drn, převládá H	7.5YR5/1 tmavě hnědá, místy shora humózní, 10YR6/1 šedý redukční horizont, mírně vlhká, soudržná, hrudkovitá, prachovito-hlinitá	5YR5/6 narůžovělá, soudržná až vazká, hlinito-písčitá
01930	převládá H krémovitý, přechod ostrý	2.5Y6/2 šedý redukční horizont, prachovito-hlinitá, krupnatá, hrudkovitá, sypká	5YR6/6 rezivě hnědá, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná, dole vazká

Tab. 4: Popis půdního prostředí kontrolních stanovišť

Kontrolní	Nadložní organický horizont	Organominerální horizont	Minerální horizont
01812	dominuje H, filcovitý, přechod ostrý	7.5YR5/2 tmavě hnědá, místy šedá, redukční horizont, přechází do rezivého, písčito-hlinitá, drobivá, kyprá	7.5YR5/6 rezivá, písčito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná
01816	F filcovitý, H krémovitý, záteky, přechod hladký	7.5YR2.5/2 kávově hnědá, přechod do rezivě, hlinito-písčitá, drobivá	7.5YR4/4 hnědá, narezavělá, vespod žlutavá, hlinitá, sypká
01842	mullová forma, slabě vytvořený, filcovitý, přechod hladký	7.5YR3/2 hnědá, prachovito-hlinitá, shora hrudkovitá níže krupnatá, sypká	7.5YR4/2 hnědá, vespod místy rezivá 7.5YR5/6, prachovito-hlinitá, krupnatá-drobtovitá, sypká-drobivá
01979	filcovitý, silně prokořeněný, převládá H, moder	tmavě hnědá, písčito-hlinitá, vespod vybělená, krupnatá, sypká	světle hnědá, místy vybělená nebo rezivá, krupnatá, sypká, mírně vlhká, jílovito-hlinitá
01980	filcovitý, převládá H, přechod ostrý	7.5YR7/1 šedá, místy narůžovělá, hlinito-písčitá, mírně vlhká, drobtovitá, drobivá až soudržná	5YR6/3 tmavě hnědá, místy vybělená nebo rezivá, písčito-hlinitá, soudržná, vazká
01981	filcovitý, vytvořeno F, H pomístně, přechod nepravidelný	7.5YR4/1 tmavě šedá, prachovitá, mírně vlhká, humózní	7.5YR3/1 šedo hnědá, písčito-hlinitá, mírně vlhká, hranolovitá, soudržná
01982	filcovitý, převládá F, přechod nepravidelný	7.5YR2.5/1 tmavě šedá až černá, prachovitá, mírně vlhká, sypká, drobtovitá	5YR4/6 rezivá, místy E horizont, hlinito-písčitá, hrudkovitá, sypká až soudržná

Tab. 5: Hodnocení shody mocnosti jednotlivých vzorkovaných půdních horizontů (cm)

Odběrné místo	Nadložní organický horizont			Organominerální horizont			Minerální horizont		
Vápněné									
	2017	2019	2022	2017	2019	2022	2017	2019	2022
01365	5	8	8	10	20	10	25	8	12
01366	5	5	9	8	10	13	27	3	12
01925	5	8	4	9	9	10	26	12	12
01926	11	13	10	9	14	14	26	9	10
01927	5	6	6	9	12	10	26	11	11
01928	8	14	7	9	16	17	26	8	10
01929	4	4	7	9	13	10	26	13	11
01930	7	2	6	7	15	9	28	10	12
průměr	6,3	7,5	7,1	8,8	13,6	11,6	26,3	9,3	11,3
Kontrolní									
	2017/18	2019/20	2022	2017/18	2019/20	2022	2017/18	2019/20	2022
01812	6	5	5	15	9	15	25	9	10
01816	14	12	8	18	13	8	22	11	
01842	2	2	1	24	21	28	10	10	10
01979	14	11	11	10	7	7	8	4	4
01980	10	10	9	15	11	7	10	7	10
01981	5	3	3	15	33	6	9	8	14
01982	5	4	3	13	21	20	9	11	8
průměr	8,0	6,7	5,7	15,7	16,4	13,0	13,3	8,6	9,3

Na kontrolních místech jsou poněkud slabší mocnosti nadložních organických horizontů, díky odběrným místům 01842, 01981 a 01982. U OM 01842 se zřejmě jedná o zalesněný zemědělský pozemek a v případě 01981 a 01982 o extrémně kyselá stanoviště (edafická kategorie M a K) s nedostatečně vyvinutým, případně narušeným nadložním horizontem (Tab. 4). Rozdíly v mocnostech horizontů souvisí s množstvím nadložního organického materiálu na odběrných místech (Tab. 6).

4. VÝSLEDKY

4.1. Půda

4.1.1. Nadložní organický materiál

S výše hodnocenými mocnostmi nadložních organických horizontů (Tab. 5) souvisí množství nadložního organického materiálu na porovnávaných plochách. Na vápněných plochách nejsou zjištěny významné změny v množství nadložního materiálu během sledovaného období a kolísání odpovídá územní různorodosti šetřených stanovišť.

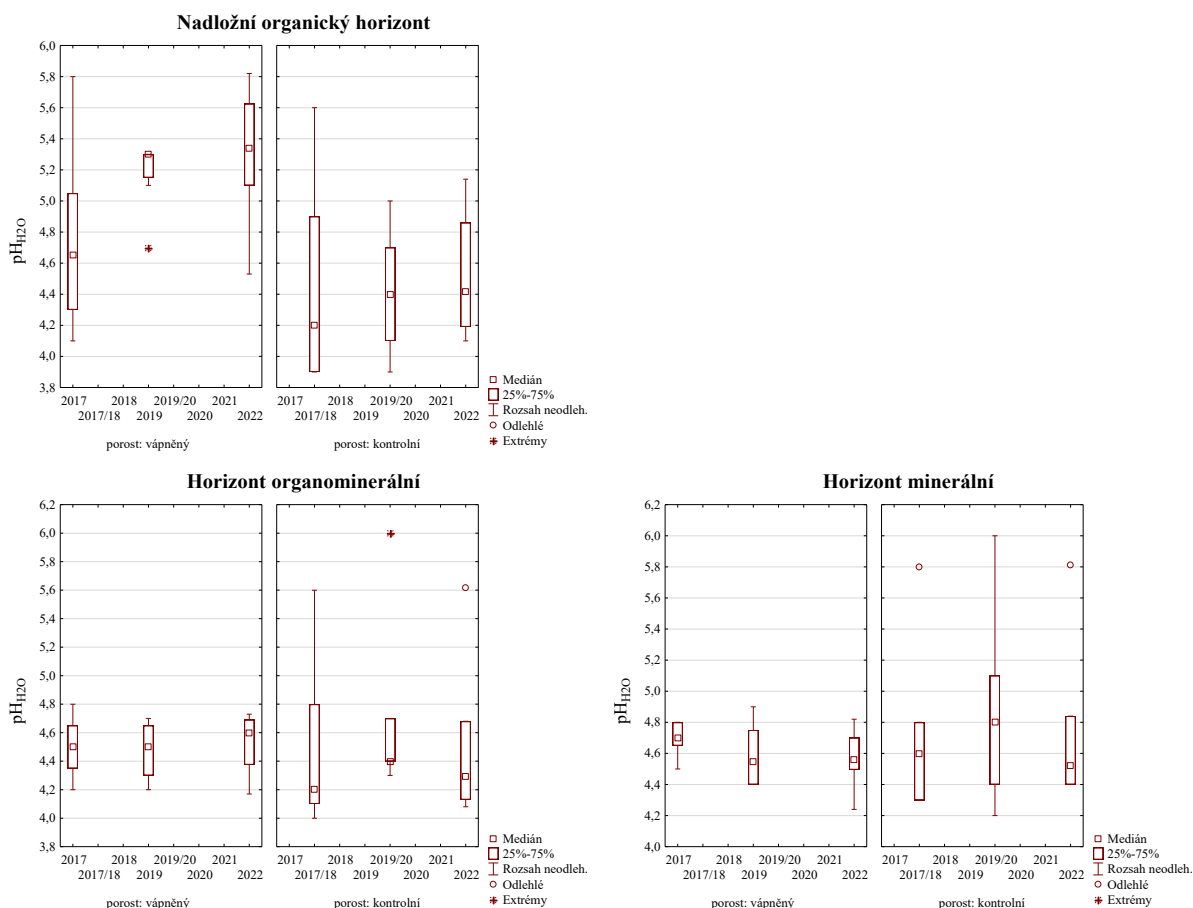
Tab. 6: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N_{tot}), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	121	159	130	84,6	125	100
pH _{CaCl2}	4,08	4,55	4,79	3,66	3,40	3,71
pH _{H2O}	4,74	5,19	5,31	4,43	4,37	4,52
N (%)	1,24	1,22	1,19	1,53	1,31	1,26
C _{ox} (%)	20,7	20,0	22,5	30,4	22,3	23,2
C/N	16,5	16,1	19,0	19,5	16,9	18,5
Organominerální horizont						
pH _{CaCl2}	3,75	3,66	3,71	3,70	3,74	3,68
pH _{H2O}	4,50	4,48	4,53	4,46	4,70	4,49
Vým. acidita (mekv./kg)	142	128	125	132	126	129
C _{ox} (%)	5,26	4,69	4,94	5,40	4,55	5,11
N (%)	0,34	0,28	0,27	0,31	0,26	0,29
C/N	15,4	16,7	18,5	17,1	17,6	17,9
Minerální horizont						
pH _{CaCl2}	3,94	3,81	3,79	3,86	3,99	3,94
pH _{H2O}	4,70	4,59	4,57	4,70	4,91	4,73
Vým. acidita (mekv./kg)	117	99,0	121	122	115	99,5
C _{ox} (%)	3,20	3,31	3,69	4,92	3,74	4,18
N (%)	0,23	0,20	0,21	0,29	0,21	0,22
C/N	13,7	16,1	18,0	17,0	17,1	19,0

4.1.2. Půdní chemická reakce

Vliv vápnění se projevuje na hodnotě chemické půdní reakce pH_{H2O} v nadložních horizontech, která je po dvou letech od vápnění mírně a po pěti letech významně vyšší proti stavu před vápněním (Obr. 2). Podobný je průběh u půdní reakce výměnné (pH_{CaCl2}). Vliv vápnění je potvrzen stálými hodnotami na kontrolních plochách.

V organominerálních a minerálních horizontech se vliv dolomitického vápence prozatím neprojevuje. Vliv vápnění se neprojevuje ani v hodnotách reakce výměnné (pH_{CaCl2}) a stav je zde stabilní (Tab. 6). V organominerálních horizontech je zřejmě pufrací vliv dolomitického vápence vyrovnáván okyselením způsobeným kořenovým odběrem živin. Tomu odpovídají i mírně se snižující přístupné obsahy vápníku a hořčíku v tomto horizontu (Tab. 7). V minerálních horizontech jsou hodnoty pH_{H2O} na porovnávaných plochách stabilní. Pokračující okyselení a dosavadní nepřítomnost vlivu dolomitického vápence jsou ovšem potvrzeny významně nižší hodnotou pH_{CaCl2} na vápněných plochách na konci pozorování.

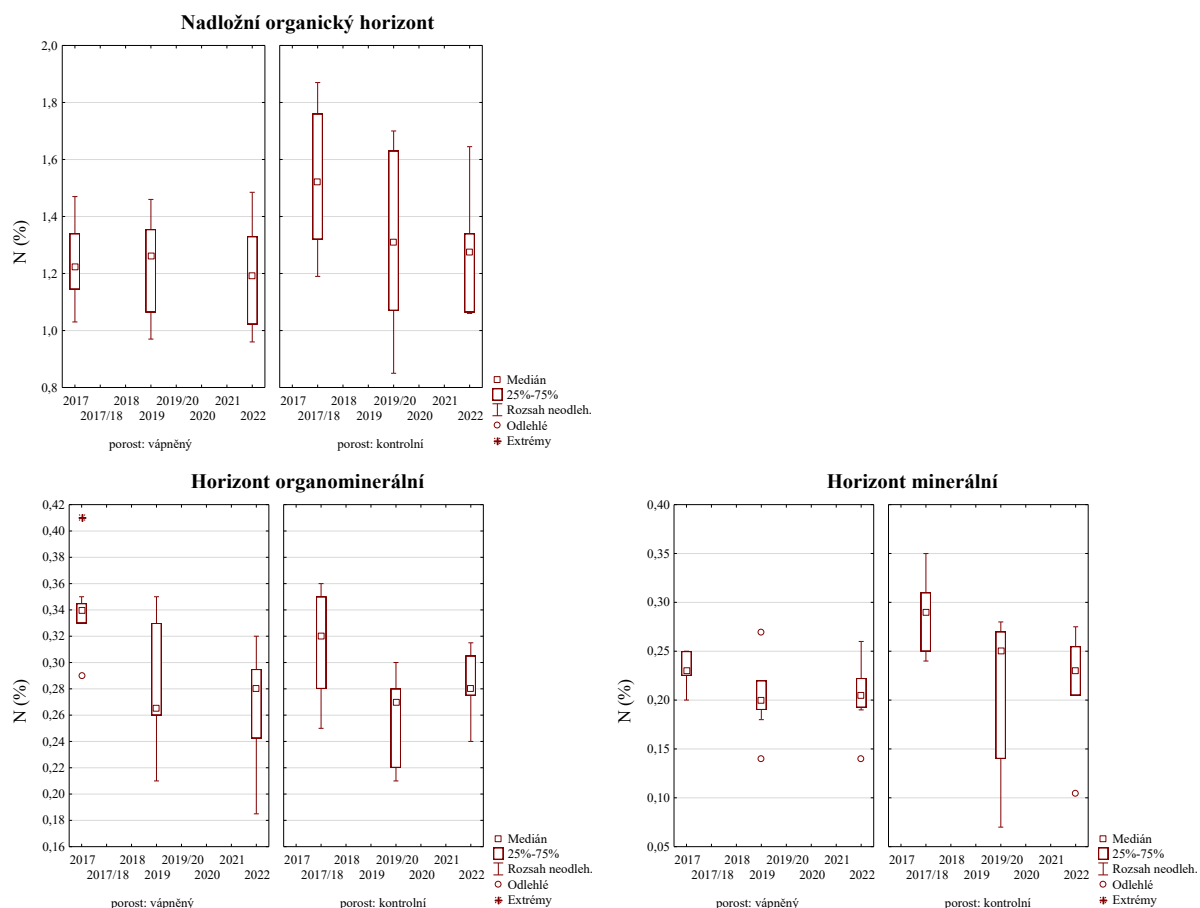


Obr. 2: Půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.3. Celkový dusík

V nadložních organických horizontech vápněných stanovišť není zaznamenána během pětiletého pozorování významná změna (Obr. 3). Na plochách kontrolních se zásoba dusíku významně snižuje. Zde je patrná úzká závislost na snižující se hodnotě C_{ox} (Tab. 6).

Významné snížení obsahů celkového dusíku je na vápněných stanovištích zjištěno v organominerálních horizontech (Tab. 6), kde jsou obsahy po dvou i pěti letech od vápnění významně nižší. Tento pokles pravděpodobně souvisí s poklesem obsahů spalitelného uhlíku v těchto horizontech. Ve spodních částech půdních profilů (minerálních horizontech) není na stanovištích vápněných zjištěna významná změna. Vzhledem k podobnému průběhu za sledované období na kontrolních stanovištích (Obr. 3) nedáváme tyto změny do souvislosti s vápněním.



Obr. 3: Obsah dusíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.4. Spalitelný uhlík

Podíl spalitelného uhlíku (C_{ox}) je po dobu šetření v nadložních organických horizontech na vápněných stanovištích stabilní. V roce 2022 se obsah C_{ox} pohybuje v rozmezí 17,3 – 27,1%. Na kontrolních plochách je toto rozmezí od 16,1 do 27,4%. Dá se tedy předpokládat podobné složení organického materiálu.

V organominerálních horizontech vápněných porostů je zaznamenáno významné snížení po dvou letech od vápnění. Zde se nabízí spojitost s vápněním po rozvoji neutrofilní bakteriální flóry a následném zvýšeném rozkladu organického materiálu, jak popisuje Lettl (1991). Tento jev pozorujeme v sérii šetření roku 2022 i v ostatních lokalitách např. Kraslice 2, Cínovec 1. Podobný průběh změn je v tomto případě zaznamenán i na kontrolních stanovištích, což snižuje významnost vlivu vápnění.

V minerálních horizontech se obsah C_{ox} na vápněných stanovištích po dobu pozorování mírně zvyšuje (z 3,20% na 3,69%) (Tab. 6). Toto zvyšování může souviset s obohacením tohoto horizontu vstupem čerstvého organického materiálu z kořenů a houbových hyf na vápněných plochách. Na plochách kontrolních jsou v tomto období obsahy poněkud vyšší a je zaznamenáno jejich mírné snižování. Reakce dřevin na vápnění je podle obsahů C_{ox} v tomto horizontu pravděpodobná.

4.1.5. Poměr C/N

V poměru C/N je zjištěna významná změna v organominerálních horizontech vápněných stanovišť, která souvisí s vyšším podílem nitrofóbní bezdusíkaté frakce spalitelného uhlíku ve dvou letech od vápnění (Tab. 6). Tento stav přetrvává do konce šetření. Změny v povaze spalitelného uhlíku jsou příčinou kolísání poměrů C/N i ve spodních minerálních horizontech. Souvislost s vápněním je pravděpodobná. Neblahý účinek vápnění na úbytek spalitelného uhlíku však není prokázán.

4.1.6. Fosfor

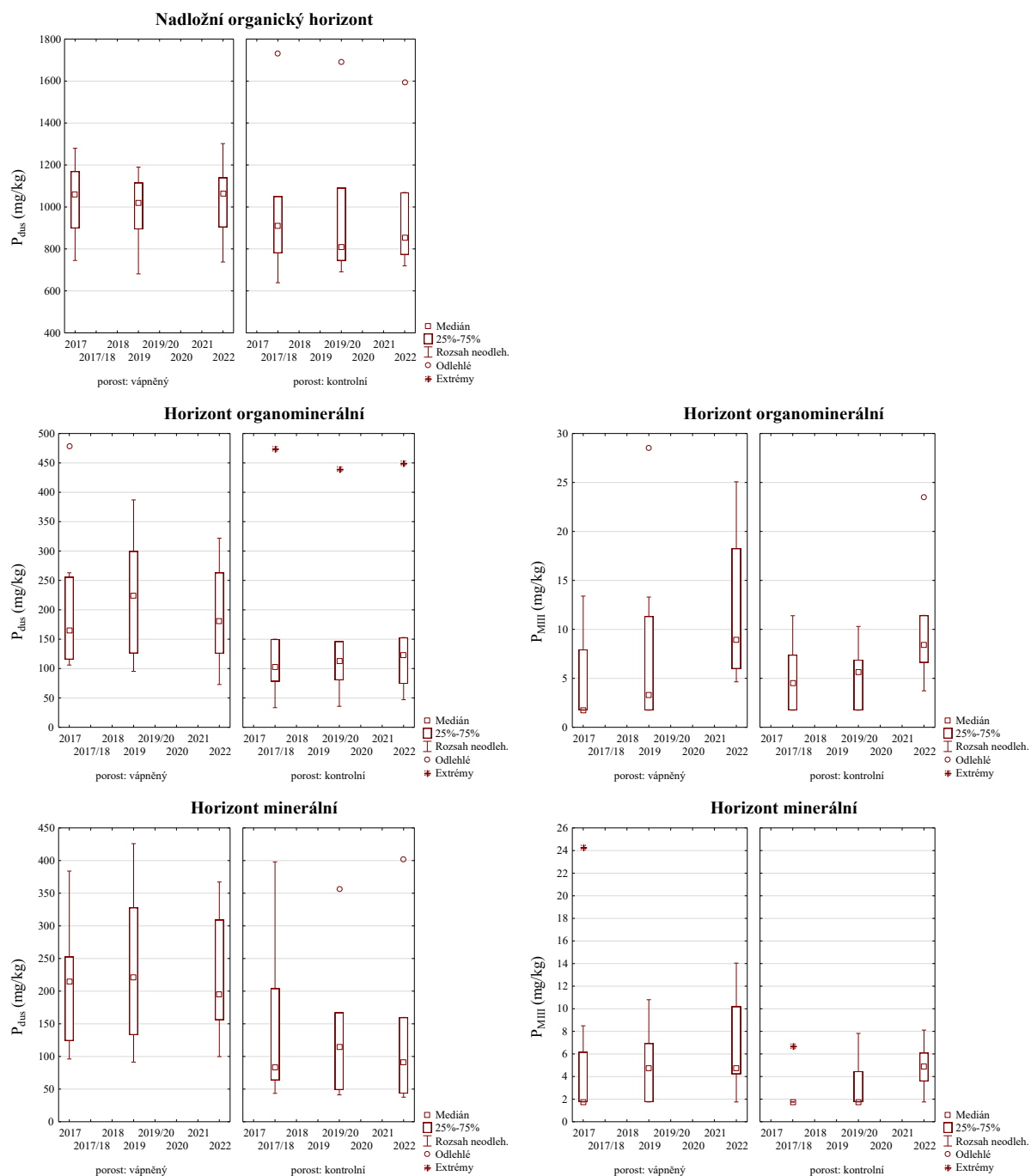
Obsahy extrahovatelného fosforu (P_{dus}) se v šetřených horizontech vápněných i kontrolních stanovišť během pětiletého šetření významně nemění (Tab. 7).

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných stanovišť je zaznamenána významná změna v průměrných obsazích přístupného fosforu (P_{MIII}). V roce 2022 už se v organominerálních horizontech vápněných porostů nevyskytují hodnoty pod úrovní detekce laboratorních přístrojů, což je významná změna proti roku 2017. V minerálních horizontech je situace podobná, s tím, že výskyt porostů pod hranicí detekce je výrazně nižší (Obr. 4).

Tab. 7: Průměrný obsah makroprvků v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
P_{dus} (mg/kg)	1035	991	1032	992	964	971
K_{dus} (mg/kg)	1401	1501	1273	1107	1310	1162
Ca_{dus} (mg/kg)	4438	7326	6942	3129	2104	2418
Mg_{dus} (mg/kg)	2411	3974	3296	993	1064	858
Organominerální horizont						
P_{MIII} (mg/kg)	--	--	12,0	5,09	4,97	9,91
K_{MIII} (mg/kg)	82,8	60,4	62,0	75,8	64,3	74,7
Ca_{MIII} (mg/kg)	520	401	387	449	361	436
Mg_{MIII} (mg/kg)	287	230	248	63,4	50,2	70,6
P_{dus} (mg/kg)	207	223	192	155	151	158
K_{dus} (mg/kg)	172	176	174	123	103	128
Ca_{dus} (mg/kg)	814	648	541	672	517	602
Mg_{dus} (mg/kg)	742	725	644	170	134	151
Minerální horizont						
P_{MIII} (mg/kg)	--	--	6,76	< 3,5	< 3,5	4,89
K_{MIII} (mg/kg)	45,1	43,0	46,8	59,1	56,4	48,5
Ca_{MIII} (mg/kg)	187	201	200	417	350	343
Mg_{MIII} (mg/kg)	115	126	139	51,2	40,9	--
P_{dus} (mg/kg)	208	235	223	151	136	131
K_{dus} (mg/kg)	187	184	181	105	97,3	99,2
Ca_{dus} (mg/kg)	419	384	314	600	457	463
Mg_{dus} (mg/kg)	711	678	629	173	134	161

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce



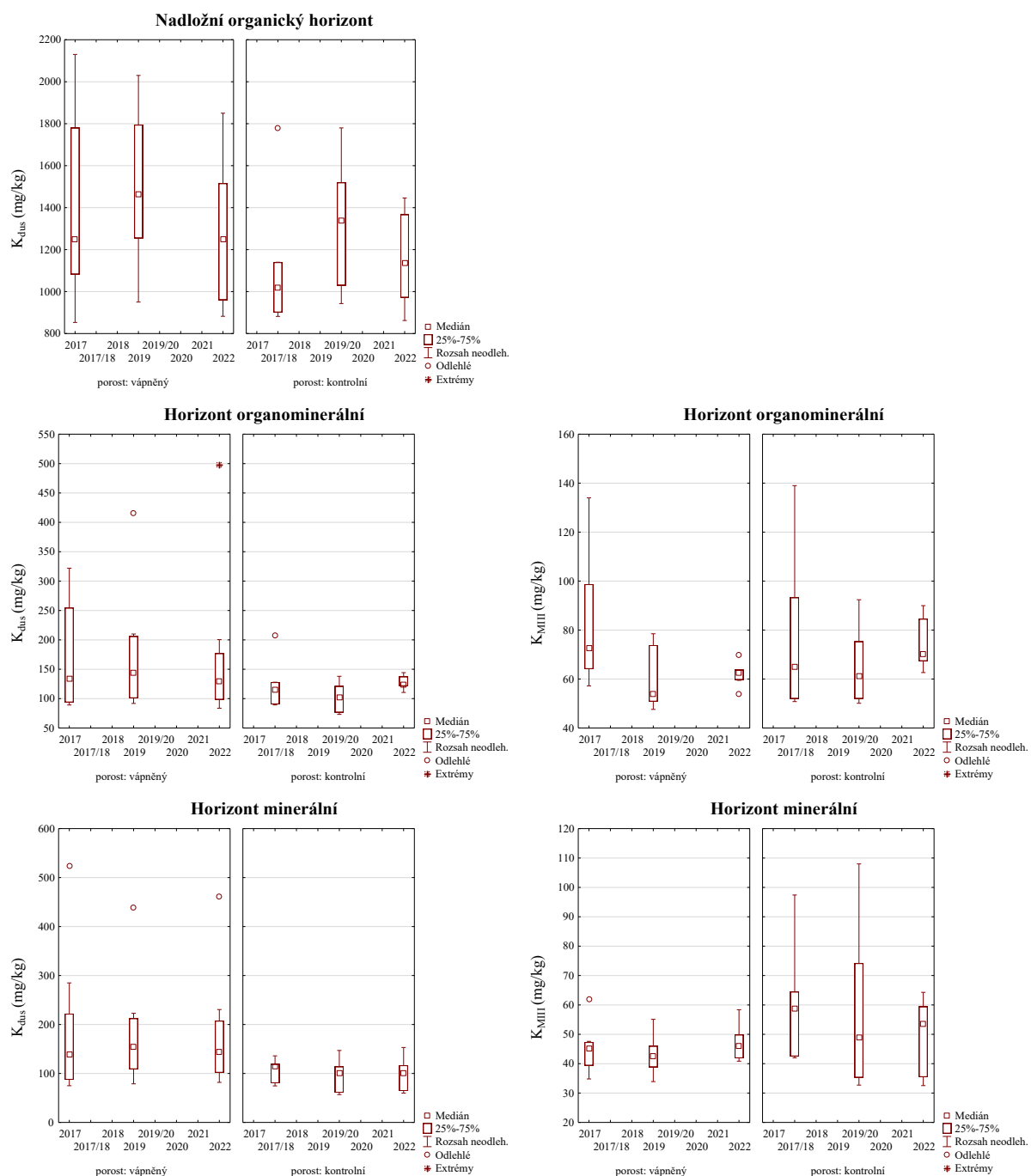
Obr. 4: Obsah extrahovatelného (P_{dus}) a přístupného (P_{MIII}) fosforu v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.7. Draslík

Obsahy extrahovatelného draslíku (K_{dus}) v nadloží organických horizontech vykazují za sledované období určitou rozkolísanost. Vzhledem k tomu, že se obsah draslíku mezi vápněnými a kontrolními porosty významně neliší, není pravděpodobně způsobená leteckým vápněním (Tab. 7).

V organominerálních i minerálních horizontech vápněných i kontrolních stanovišť nejsou zjištěny významné změny v obsahích extrahovatelného draslíku (K_{dus}) (Obr. 5). Nevýznamné

snížení nastalo v obsazích přístupného draslíku (K_{MIII}) v organominerálních horizontech vápněných stanovišť. Obsahy přístupného draslíku (K_{MIII}) se s hloubkou půdních profilů mírně snižují.



Obr. 5: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{MIII}) draslíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.8. Vápník

V nadložních organických horizontech vápněných porostů se po dvou letech od vápnění významně zvyšuje obsah celkového vápníku (Ca_{dus}) a zůstává na přibližně stejné úrovni i pět let po vápnění (Obr. 6). Na stanovištích kontrolních jsou obsahy na nižší úrovni a během šetření postupně klesají.

V organominerálních horizontech se na vápněných stanovištích obsahy (Ca_{dus}) do roku 2022 významně snižují a na kontrolních kolísají kolem 300 mg.kg^{-1} . V horizontech minerálních obsahy klesají, a to na kontrolních stanovištích dokonce významně.

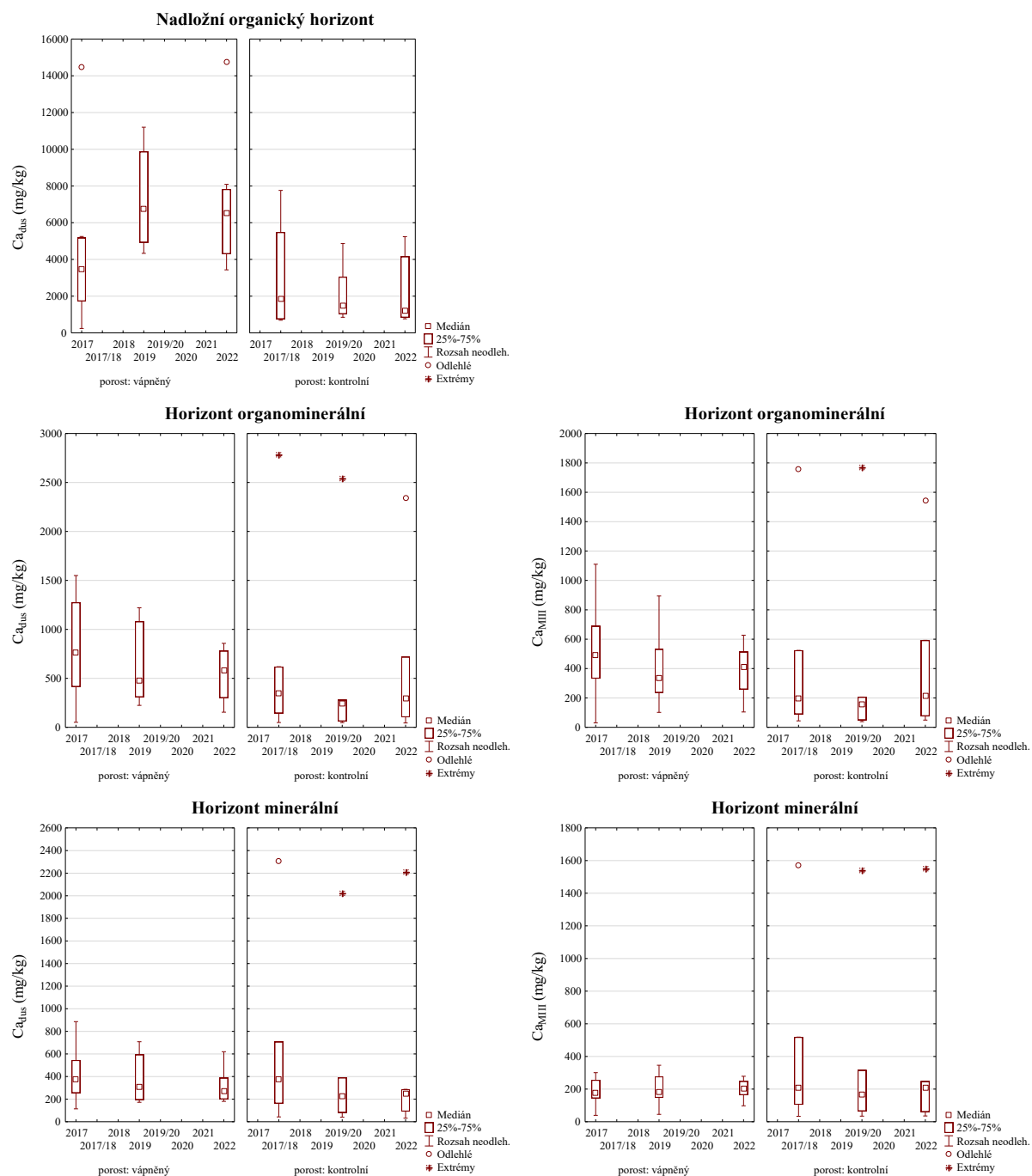
Přístupné hodnoty obsahů vápníku (Ca_{MIII}) v organominerálních horizontech vápněných stanovišť kolísají podobně jako v kontrolních porostech. V minerálních horizontech je obsah přístupného vápníku stabilní. Vápnění se tedy v minerální části půdního profilu oproti očekávání výrazněji neprojevuje.

4.1.9. Hořčík

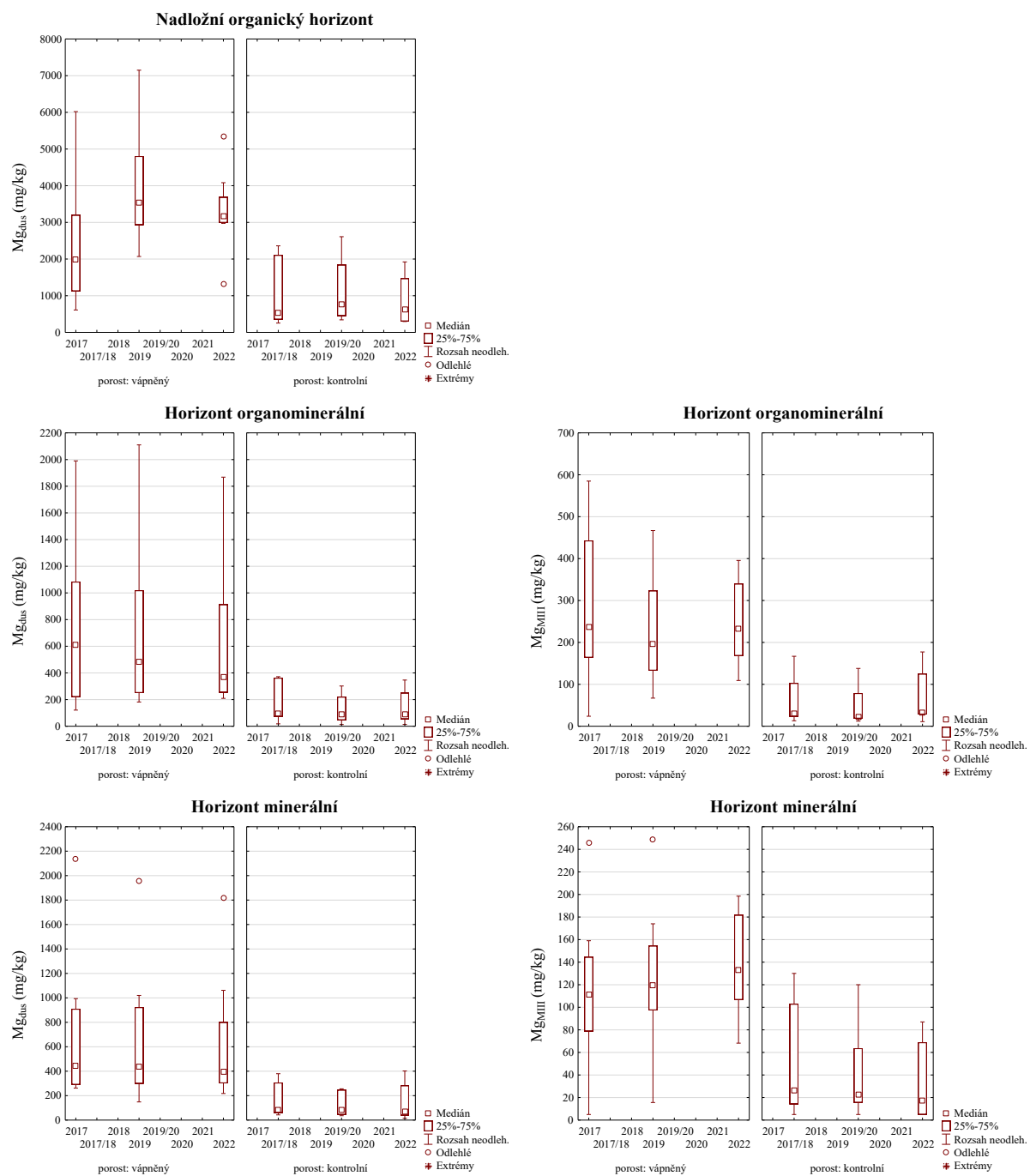
V nadložních organických horizontech vápněných stanovišť je zaznamenáno zvýšení obsahů extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) po vápnění (Tab. 7). Toto zvýšení je zjištěno po dvou letech od provedení vápnění a obsahy hořčíku na luxusní úrovni jsou zjištěny i v roce 2022, tedy pět roků po vápnění. Hodnoty obsahu hořčíku ve vápněných porostech jsou ve vysokém kontrastu s nízkým až nedostatečným obsahem tohoto prvku v nadložním organickém horizontu na kontrolních plochách.

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných stanovišť jsou, ve srovnání s kontrolními, kvantitativně vyšší obsahy extrahovatelné formy hořčíku (Mg_{dus}), které však navzdory očekávání zůstávají na stejné úrovni po celou dobu pozorování (Obr. 7). Možným vysvětlením vyšších obsahů vápníku i hořčíku po dobu šetření, tedy i v roce 2017 (před vápněním), je doznívání účinku vápnění provedeného v roce 2000.

Obsahy přístupné formy hořčíku (Mg_{MIII}) v organominerálních i minerálních horizontech vápněných stanovišť jsou na vyšší úrovni ve srovnání s kontrolními. Po dobu šetření zůstávají v organominerálním horizontu na stejné úrovni, kdežto v minerálním horizontu mírně rostou, což odpovídá požadovaným účinkům vápnění.



Obr. 6: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{MIII}) vápníku v půdních horizontech vápňných a kontrolních porostů



Obr. 7: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{mil}) hořčíku v půdních horizontech vápňených a kontrolních porostů

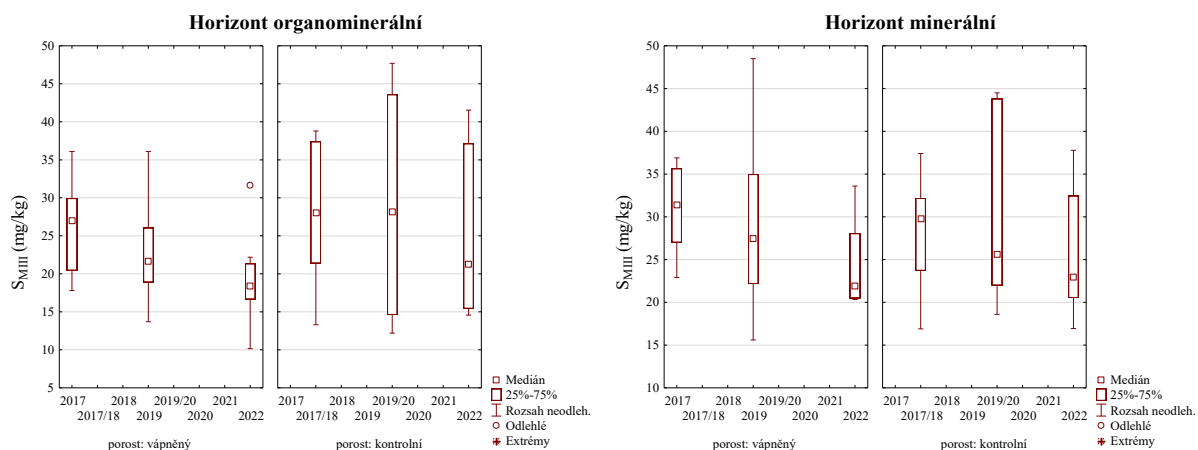
4.1.10. Síra

Obsahy přístupné síry (S_{MIII}) se významně snižují v organominerálních i minerálních horizontech (Tab. 8) vápněných stanovišť. Pokles (i když nevýznamný) je zaznamenán i na plochách kontrolních, což napovídá o vlivu odsíření na změny půdního chemizmu.

Tab. 8: Průměrný obsah manganu, hliníku, železa, zinku, bóru a síry v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Mn_{dus} (mg/kg)	230	215	189	230	229	150
Al_{dus} (mg/kg)	9469	9838	8278	6437	8586	7056
Fe_{dus} (mg/kg)	9773	10525	9757	6394	8943	7735
Zn_{dus} (mg/kg)	47,1	44,3	43,8	49,1	52,4	45,0
B_{dus} (mg/kg)	2,73	2,43	2,84	2,76	2,11	1,81
Organominerální horizont						
S_{MIII} (mg/kg)	26,1	22,9	19,3	28,0	30,2	24,9
Al_{MIII} (mg/kg)	1635	1590	1289	1684	1726	1468
Fe_{MIII} (mg/kg)	657	664	609	538	548	514
B_{MIII} (mg/kg)	< 0,5	--	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mn_{dus} (mg/kg)	170	201	149	141	129	119
Al_{dus} (mg/kg)	4080	4223	3561	3787	4013	3708
Fe_{dus} (mg/kg)	9341	10734	8553	5674	6478	6224
Zn_{dus} (mg/kg)	14,9	14,7	13,3	14,3	11,2	13,2
Minerální horizont						
S_{MIII} (mg/kg)	31,0	29,2	24,4	28,6	30,6	25,3
Al_{MIII} (mg/kg)	2049	1854	1602	2043	2024	1700
Fe_{MIII} (mg/kg)	562	606	581	544	486	440
B_{MIII} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mn_{dus} (mg/kg)	228	280	275	134	120	139
Al_{dus} (mg/kg)	6565	5720	5216	5647	5024	4997
Fe_{dus} (mg/kg)	12209	13405	13506	10334	9741	9212
Zn_{dus} (mg/kg)	20,5	17,2	15,5	15,1	11,5	13,3

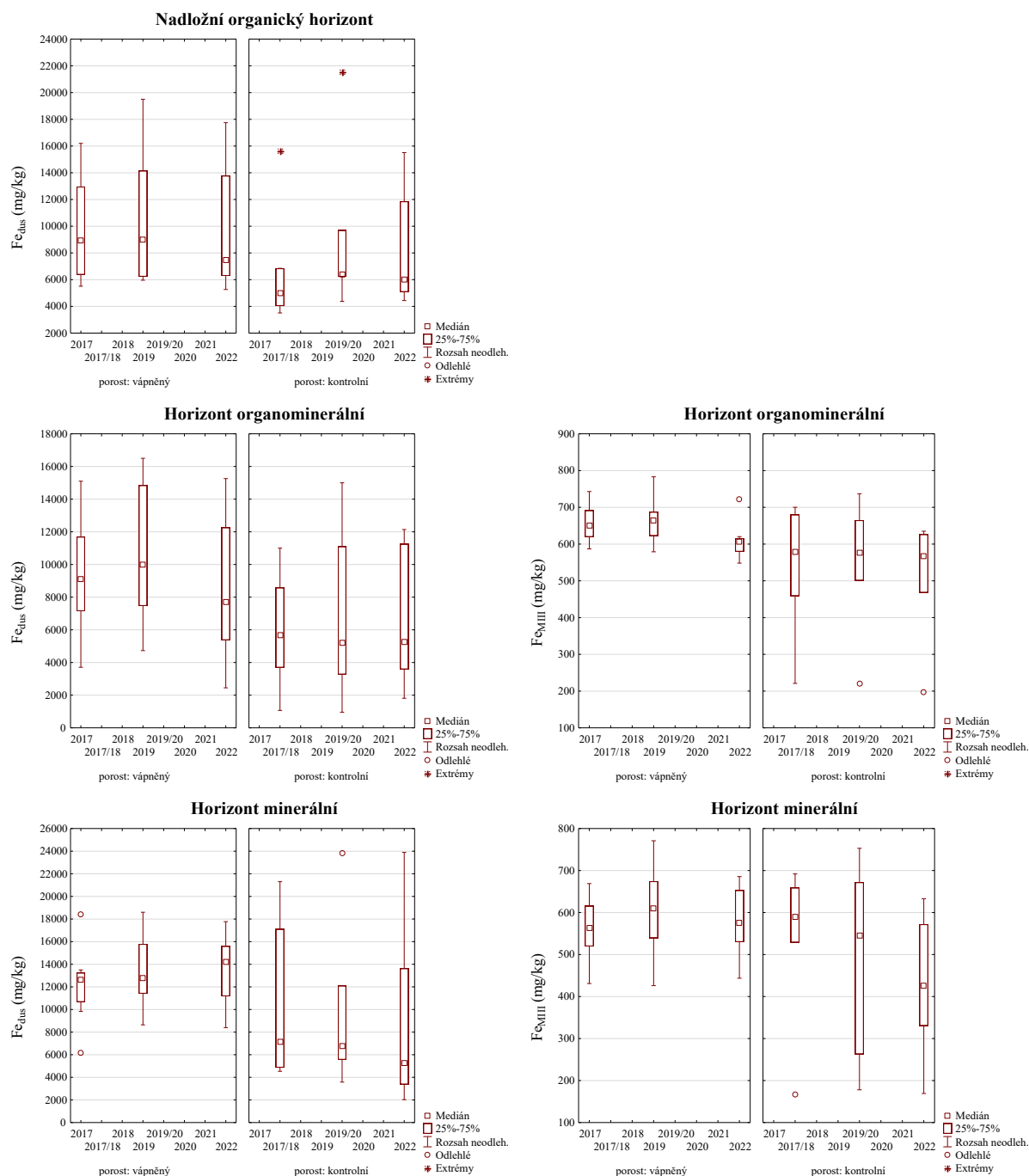
-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce



Obr. 8: Obsah přístupné (S_{MIII}) síry v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.11. Železo

Obsahy extrahovatelného železa (Fe_{dus}) se významně zvyšují v letech 2019/20 v nadložních organických horizontech kontrolních stanovišť. Na vápněných stanovištích jsou obsahy železa stabilně na vyšší úrovni než v kontrolních porostech (Obr. 9).



Obr. 9: Obsah extrahovatelného (Fe_{dus}) a přístupného (Fe_{MIII}) železa v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Na vápněných stanovištích došlo v organominerálních horizontech k významnější změně v roce 2019 (dva roky po vápnění) s následným poklesem na původní úroveň v roce 2022. I v tomto horizontu jsou obsahy celkově vyšší než na stanovištích kontrolních.

V minerálních horizontech srovnávaných stanovišť nejsou po dobu šetření zaznamenány významné změny. I zde jsou průměrné obsahy poněkud vyšší na vápněných stanovištích (Obr. 9).

V pátém roce po vápnění jsou obsahy přístupného železa (Fe_{MIII}) na vápněných stanovištích v organominerálních horizontech významně nižší než před vápněním. Vzhledem ke stabilním obsahům na plochách kontrolních může mít uvedené snížení souvislost s účinky vápnění. V minerálních horizontech jsou obsahy na vápněných stanovištích stabilní. Na kontrolních došlo k poklesu obsahu přístupného železa. Souvislost s vápněním lesa není z uvedeného vývoje zřejmá.

4.1.12. Mangan

Obsahy extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) jsou po dobu šetření ve všech vzorkovaných půdních horizontech vápněných stanovišť stabilní bez známek ovlivnění dolomitickým vápencem (Tab. 8). Na stanovištích kontrolních je stav podobný s výjimkou snížení v nadložních organických horizontech.

4.1.13. Hliník

Obsahy extrahovatelného hliníku (Al_{dus}) v nadložních horizontech vápněných i kontrolních stanovišť shodně kolísají (Obr. 10).

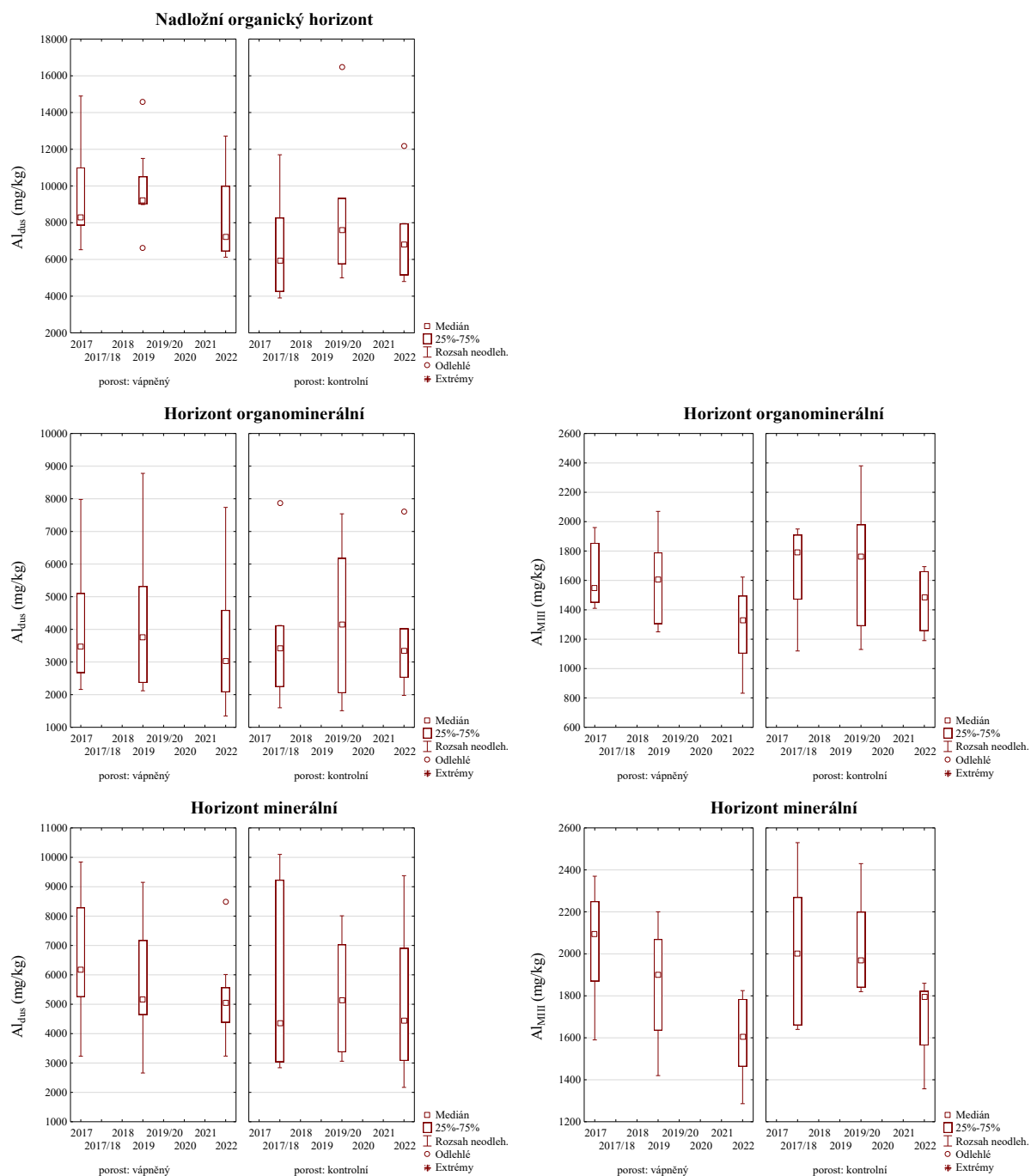
V organominerálních horizontech vápněných i kontrolních stanovišť obsahy Al_{dus} kolísají podobně jako v nadložním organickém horizontu. V minerálních horizontech vápněných porostů obsahy Al_{dus} vykazují plynulý, byť nevýznamný pokles.

U přístupné formy hliníku (Al_{MIII}) jsou v organominerálních i minerálních horizontech vápněných stanovišť patrné účinky vápnění. Hodnota obsahu Al_{MIII} se v půdách vápněných porostů významně snižuje a na kontrolních plochách je zaznamenán nevýznamný pokles (Obr. 10).

4.1.14 Zinek a bór

Obsahy extrahovatelného **zinku** (Zn_{dus}) jsou v nadložních organických horizontech i v organominerálních horizontech srovnávaných stanovišť stabilní (Tab. 8). V minerálních horizontech vápněných stanovišť se významně snižují. Na kontrolních stanovištích nejsou zaznamenány významné změny.

Obsahy přístupného **boru** (B_{MIII}) jsou v půdách šetřených stanovišť velmi nízké a nedosahují detekční hranice laboratorních metod.



Obr. 10: Obsah extrahovatelného (Al_{dus}) a přístupného (Al_{MIII}) hliníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.15. Kadmium

U obsahů extrahovatelného kadmia (Cd_{dus}) jsme v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních stanovišť zaznamenali významné kolísání s nejnižší průměrnou hodnotou ($0,35 \text{ mg.kg}^{-1}$) v druhém roce po vápnění. Podobné obsahy Cd_{dus} jsou zjištěny v organominerálních a minerálních horizontech s tím rozdílem, že v druhém roce po vápnění je dosaženo píku a následně se hodnota obsahu snižuje (Tab. 9). Na kontrolních stanovištích nejsou zjištěny podobné změny.

Tab. 9: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	0,43	0,35	0,41	0,50	0,51	0,43
Cr _{dus} (mg/kg)	12,0	11,5	10,9	8,22	10,2	8,40
Cu _{dus} (mg/kg)	15,0	12,9	12,1	12,6	13,2	9,60
Pb _{dus} (mg/kg)	137	124	131	130	147	123
Organominerální horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	--	0,77	< 0,2	0,49	0,50	--
Cr _{dus} (mg/kg)	5,71	6,24	5,11	3,31	3,78	3,50
Cu _{dus} (mg/kg)	6,77	6,26	5,26	6,40	5,31	6,05
Pb _{dus} (mg/kg)	96,2	96,1	86,9	87,0	84,2	94,2
Minerální horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	< 0,2	0,50	< 0,2	0,41	0,39	--
Cr _{dus} (mg/kg)	6,78	7,47	6,93	4,53	4,44	4,47
Cu _{dus} (mg/kg)	4,89	5,61	5,03	4,75	3,85	4,02
Pb _{dus} (mg/kg)	52,2	63,7	68,9	78,3	67,6	67,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.1.16. Chrom

U obsahu chromu (Cr_{dus}) v nadložních horizontech bylo zaznamenáno významné zvýšení na kontrolních stanovištích v období 2019/20 (Tab. 9). V horizontech organominerálních vápněných porostů za sledované období obsahy chromu kolísají. V minerálních horizontech jsou obsahy na srovnávaných stanovištích stabilní.

Obsahy chromu jsou nejvyšší v nadložních organických horizontech. V organominerálních horizontech jsou podstatně nižší a směrem do spodních minerálních horizontů se mírně zvyšují. Geogenní původ chromu je pravděpodobný, ovšem vzhledem k vysokým obsahům v nadložních horizontech a imisní povaze oblasti považujeme za rozhodující atmosferické spady. Výše popsané kolísání obsahů chromu tedy nespojujeme s účinky vápnění, které by spíše vyvolalo jeho imobilizaci.

4.1.17. Měď

V nadložních organických horizontech srovnávaných stanovišť se významně snižují obsahy mědi (Cu_{dus}) (Tab. 9). Toto snížení je zjištěno i v organominerálních horizontech vápněných stanovišť. V minerálních horizontech jsou obsahy stabilní. Na srovnávaných stanovištích jsou obsahy podobné.

V nadložních horizontech je extrahovatelný obsah mědi nejvyšší a směrem do spodin půdních profilů se snižuje. Vstup atmosférickými spady je rozhodující a vliv vápnění nepovažujeme za významný.

4.1.18. Olovo

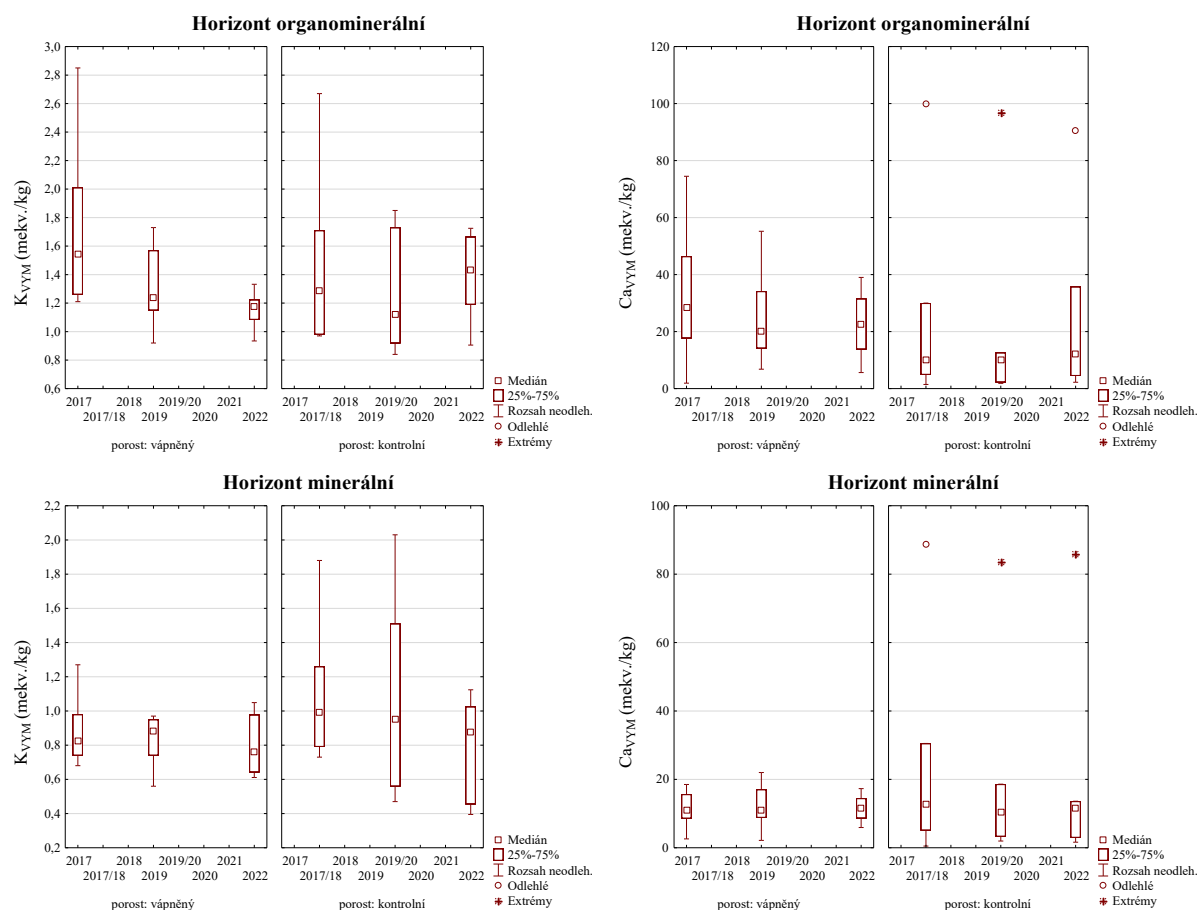
Významným rizikovým prvkem je olovo (Pb_{dus}). Jeho obsahy v nadložních organických horizontech srovnávaných stanovišť jsou na podobné úrovni (Tab. 8).

V organominerálních horizontech jsou obsahy bez významných změn. V minerálních horizontech se na vápněných stanovištích významně zvyšují a na konci šetření v roce 2022 jsou

na přibližně stejné úrovni jako na kontrolních stanovištích. Významná změna souvisí s velmi nízkou hodnotou zjištěnou před vápněním v roce 2017 a vzhledem k chemizmu šetřených půdních horizontů ji nedáváme do souvislosti s vápněním.

4.1.19. Půdní sorpční komplex

Sycení půdního sorpčního komplexu kationtem **draslíku** (K^+) v organominerálním horizontu vápněných porostů vykazuje sestupnou tendenci. V kontrolních porostech sycení sorpčního komplexu draslíkem kolísá, takže v porovnání mezi vápněnými a kontrolními porosty nebyla zjištěna statisticky významná rozdílnost. Nicméně setrvalý pokles u vápněných ploch naznačuje negativní vliv vápnění na obsah výměnných kationtů draslíku v půdě. V minerálních horizontech vápněných porostů je obsah výměnných kationtů draslíku stabilní. (Tab. 10).



Obr. 11: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) a vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

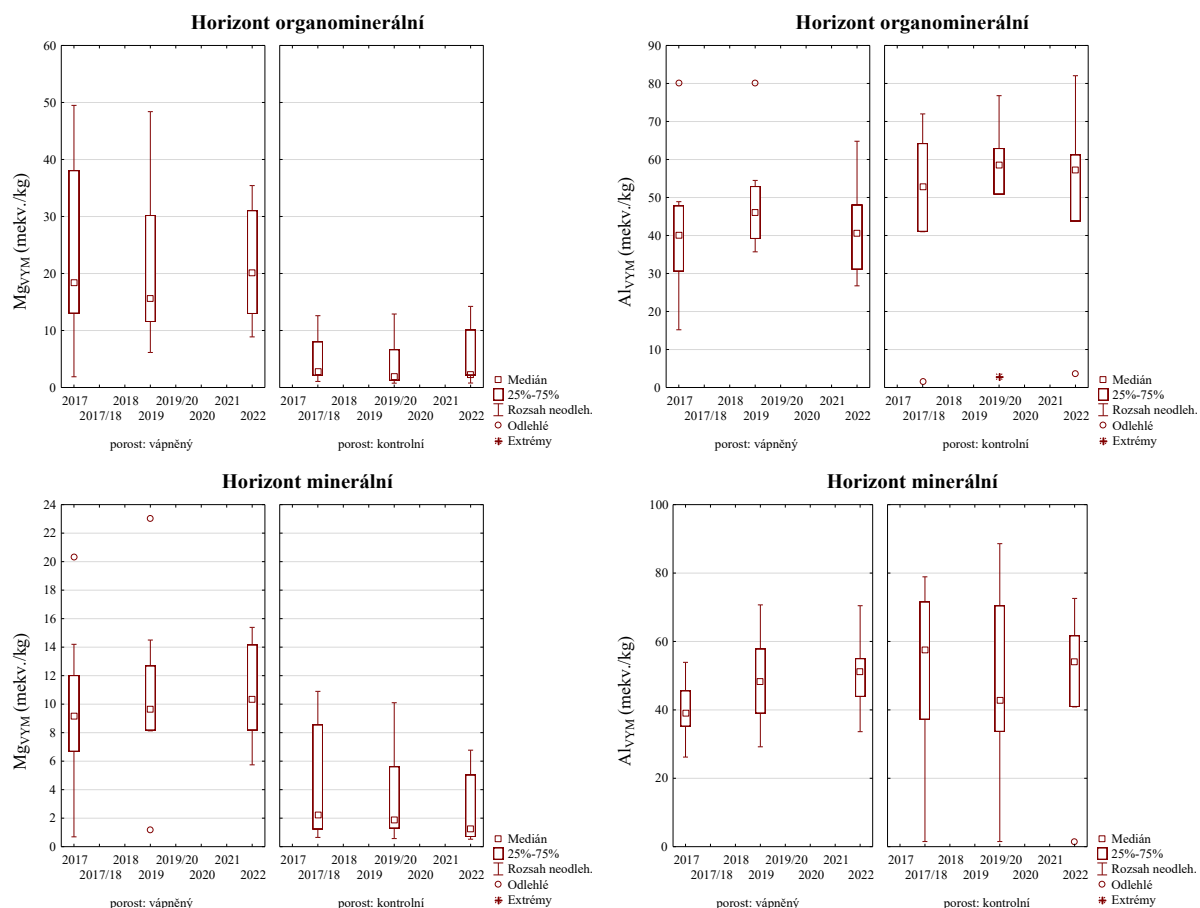
Očekávané změny v sycení půdního sorpčního komplexu kationtem vápníku (Ca^{2+}) nejsou po dobu šetření v organominerálních a minerálních horizontech srovnávaných stanovišť zaznamenány (Tab. 10)

Tab. 10: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
Organominerální horizont						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	51,0	56,5	48,2	57,1	58,2	57,6
K _{VYM} (mekv./kg)	1,71	1,32	1,15	1,46	1,24	1,40
Ca _{VYM} (mekv./kg)	32,7	24,8	22,5	25,1	20,3	25,4
Mg _{VYM} (mekv./kg)	23,8	21,2	21,6	5,21	4,37	5,63
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,34	0,34	0,34	0,28	0,31	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,78	0,53	0,40	0,57	0,42	0,37
Al _{VYM} (mekv./kg)	41,6	49,0	41,4	49,2	52,7	51,1
Fe _{VYM} (mekv./kg)	3,13	3,07	2,26	2,85	2,76	2,40
CEC (mekv./kg)	109	104	93,8	89,2	84,5	90,3
BS (%)	49,8	43,2	47,3	32,5	27,0	34,1
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	2,18	1,10	1,21	10,8	5,12	4,12
Minerální horizont						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	47,9	53,4	55,2	56,0	53,0	50,8
K _{VYM} (mekv./kg)	0,88	0,84	0,80	1,10	1,03	0,75
Ca _{VYM} (mekv./kg)	11,5	12,2	11,6	23,5	19,7	18,9
Mg _{VYM} (mekv./kg)	9,59	10,7	10,8	4,39	3,48	2,87
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,25	0,28	0,26	0,27	0,33	0,26
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,47	0,45	0,48	0,35	0,36	0,28
Al _{VYM} (mekv./kg)	40,0	48,8	50,5	51,3	48,8	46,6
Fe _{VYM} (mekv./kg)	1,21	1,88	1,75	2,42	2,39	1,45
CEC (mekv./kg)	70,1	77,3	78,6	85,4	77,5	73,6
BS (%)	31,1	30,2	29,8	32,9	30,1	27,4
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	0,58	0,52	0,48	9,34	8,54	8,87

Sycení půdního sorpčního komplexu kationtem **hořčíku** (Mg^{2+}) je v organominerálních horizontech šetřených vápněných i kontrolních stanovišť stabilní bez významných změn. V minerálních horizontech je zaznamenán mírný růst obsahu výměnných kationtů hořčíku, což považujeme za kladný účinek vápnění. Rozdíl mezi vápněnými a kontrolními porosty je také v úrovni sycení, která je na vápněných stanovištích znatelně vyšší v organominerálních i minerálních horizontech (Obr. 12). Vyšší sycení souvisí buďto s bohatším půdotvorným substrátem, nebo pravděpodobněji s vápněním v minulosti.

V organominerálních horizontech srovnávaných stanovišť je sycení půdního sorpčního komplexu **hliníkem** na přibližně stejné úrovni a bez významných změn po dobu šetření (Obr. 12). V minerálních horizontech vápněných stanovišť se sycení kationtem hliníku významně zvyšuje až do úrovně zjištěné na kontrolních stanovištích. Podobný vývoj je zaznamenán u výměnné acidity (Al + H), kde zvyšování v minerálních horizontech vápněných stanovišť nedosahuje statistické významnosti.



Obr. 12: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{vym}) a hliníku (Al_{vym}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Sycení půdního sorpčního komplexu **železem** je stabilní a přibližně stejně vysoké v obou šetřených horizontech vápněných i kontrolních stanovišť (Tab. 10).

Sycení půdního sorpčního komplexu **manganem** (Mn_{vym}) je po dobu šetření v obou horizontech srovnávaných stanovišť stabilní a na přibližně stejné úrovni (Tab. 10).

Významnou vlastností půdního sorpčního komplexu je úroveň jeho **nasycení bázemi** (BS). Zvýšení hodnoty BS je jedním z cílů vápnění lesa. Z dosažených výsledků chemických rozborů lze konstatovat vyšší obsazenost bazickými kationty v půdních profilech na vápněných stanovištích ve srovnání s kontrolními (Tab. 10). Ta je zjištěna pouze v horních organominerálních horizontech. Nejvyšší průměrná hodnota (49,8 %) je zjištěna na počátku časové řady a neukazuje reakci na vliv dodaného dolomitického vápence, může pouze souviset s účinky vápnění v minulosti. V horizontech minerálních je sycení sorpčního komplexu na srovnávaných plochách na stejné úrovni.

Základ sorpčních vlastností půdy je popsán **celkovou výměnnou kapacitou** (CEC), která se významně mění v organominerálních horizontech vápněných stanovišť. Zde se nabízí souvislost se zmenšujícím se obsahem spalitelného uhlíku C_{ox} (Tab. 6), který se podílí na celkové sorpční kapacitě. Tuto souvislost vysvětlujeme jako úbytek C_{ox} při zvýšené činnosti rozkladačů.

4.2. Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého

Podle uvedených kritérií (Tab. 11) jsou obsahy spadající mimo oblast „normální“ výživy zjištěny u síry, jejíž obsahy jsou nedostatečné. Nedostatečná úroveň ve výživě sírou je zjištěna na vápněných i kontrolních plochách a je typická pro celou přírodní lesní oblast Krušné hory i pro celé území republiky. Dále je zjištěna nedostatečná úroveň v případě výživy borem na kontrolních plochách.

Tab. 11: Posouzení průměrného obsahu prvků v jehlicích běžného roku v roce 2022

	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Nedostatek	1,20	1000	3500	1500	600	1100	20	20	20	15
Nadbytek	1,70	2000	9000	6000	1500	1800	2000	200	60	30
Vápněné	1,32	1312	4652	3534	1074	871	199	42	26	16
Kontrolní	1,30	1203	4418	4449	826	865	318	46	29	13

Hodnocení podle Šrámek a kol., (2009).

V souvislosti s účinky vápnění lesa je neočekávaná nižší úroveň výživy vápníkem na vápněných stanovištích (Tab. 12). Účinek vápnění je znatelný ve vyšších obsazích hořčíku na vápněných stanovištích. Možné negativní vlivy vápnění na výživu dřevin vylučují vyšší obsahy fosforu, draslíku a boru na vápněných stanovištích.

Tab. 12: Hodnocení průměrného obsahu prvků v jehlicích běžného roku v roce 2022

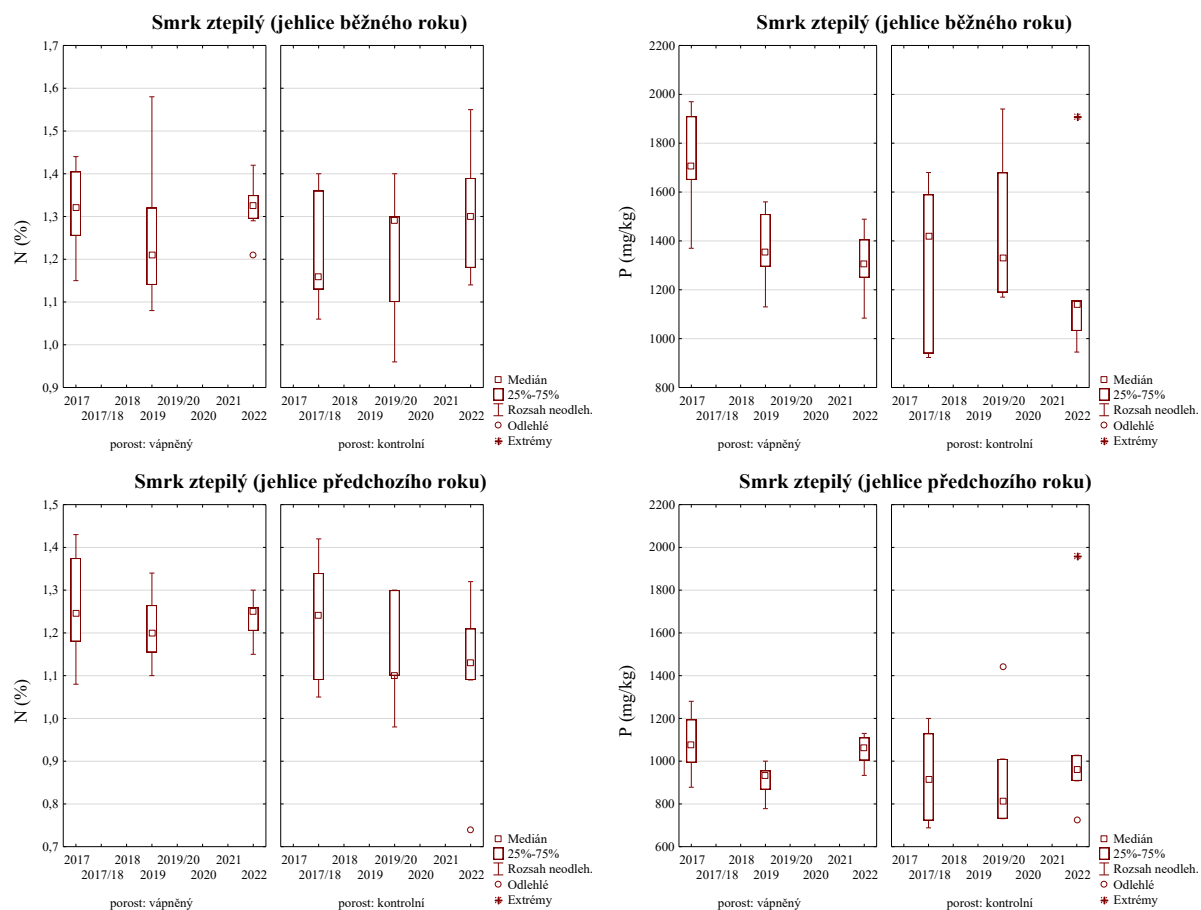
	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Vápněné	1,32	1312	4652	3534	1074	42	26	16
hodnocení	2	3	1	2	3	1	2	2
Kontrolní	1,30	1203	4418	4449	826	46	29	13
hodnocení	2	2	1	2 - 3	2	1	2	1

Hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ, Fiala a kol., (2013). 1 – velmi nízký, 2 – nízký, 3 – střední, 4 – vysoký, 5 – velmi vysoký

4.2.1. Fosfor

V letorostech smrku je zjištěn významný pokles v úrovni výživy fosforem (Obr. 13) na vápněných stanovištích. K poklesu, byť nevýznamnému, došlo i na srovnávacích kontrolních plochách. Tento pokles může být projevem nízkých obsahů přístupného fosforu (P_{MIII}) v organominerálních i minerálních horizontech na vápněných i kontrolních stanovištích v letech 2017 a 2019 (Tab. 7).

Na příjem fosforu rostlinami má vliv mnoho faktorů, mezi nejdůležitější se řadí obsah přístupného fosforu v půdě, vlhkost půdy, pH půdy, činnost mikroorganismů a rozvoj kořenového systému. Obsah fosforu v lesní půdě je obecně velice nízký, proto každá změna podmínek ovlivňujících jeho příjem se může odrazit v úrovni výživy tímto prvkem. V našem případě, ačkoliv se obsah přístupného fosforu v půdách zvyšuje (kapitola 4.1.6.), jeho obsah v jehlicích běžného roku smrku ztepilého za sledované období klesá, což může být způsobeno nedostatečnou vlhkostí půdy, způsobenou nižšími úhrny srážek, než je dlouhodobý normál. Negativní vliv vápnění, vzhledem ke zvyšujícím se přístupným obsahům v půdě, můžeme vyloučit.



Obr. 13: Obsah dusíku (N) a fosforu (P) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Tab. 13: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku (letorostů)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
N (%)	1,32	1,25	1,32	1,22	1,22	1,30
P (mg/kg)	1734	1376	1312	1309	1453	1203
K (mg/kg)	6926	5656	4652	5456	5609	4418
Ca (mg/kg)	2743	2831	3534	2586	3357	4449
Mg (mg/kg)	814	876	1074	763	797	826
Al (mg/kg)	39,4	49,0	67,5	44,6	53,1	75,3
B (mg/kg)	11,3	12,9	15,5	10,5	12,4	13,4
Cd (mg/kg)	0,08	0,08	0,04	0,05	0,07	--
Cr (mg/kg)	--	< 0,10	0,17	0,14	0,10	0,18
Cu (mg/kg)	3,38	2,84	2,35	2,79	3,09	2,29
Fe (mg/kg)	25,3	29,8	41,9	31,7	28,0	46,2
Mn (mg/kg)	230	195	199	247	195	318
Ni (mg/kg)	1,16	0,83	0,55	0,83	1,19	0,51
Pb (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	905	812	871	816	841	865
Zn (mg/kg)	28,9	28,2	25,9	26,5	30,0	28,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Tab. 14: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2017	2019	2022	2017/18	2019/20	2022
N (%)	1,26	1,21	1,24	1,23	1,17	1,11
P (mg/kg)	1086	912	1052	926	917	1069
K (mg/kg)	4549	3715	3675	3973	3513	4097
Ca (mg/kg)	5875	5641	6001	5239	6449	6704
Mg (mg/kg)	941	1007	1129	734	830	811
Al (mg/kg)	68,2	70,2	81,5	97,6	101	96,8
B (mg/kg)	14,6	13,3	14,8	12,2	11,7	12,5
Cd (mg/kg)	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	--
Cr (mg/kg)	0,16	0,12	0,19	0,22	0,14	0,21
Cu (mg/kg)	2,32	2,02	1,84	2,09	2,05	1,95
Fe (mg/kg)	40,4	42,1	52,6	62,0	49,3	55,8
Mn (mg/kg)	419	378	263	437	331	365
Ni (mg/kg)	0,47	0,36	0,40	0,40	0,56	0,40
Pb (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,28	< 0,2	--
S (mg/kg)	942	847	853	901	840	858
Zn (mg/kg)	24,4	21,4	23,0	24,3	28,0	29,6

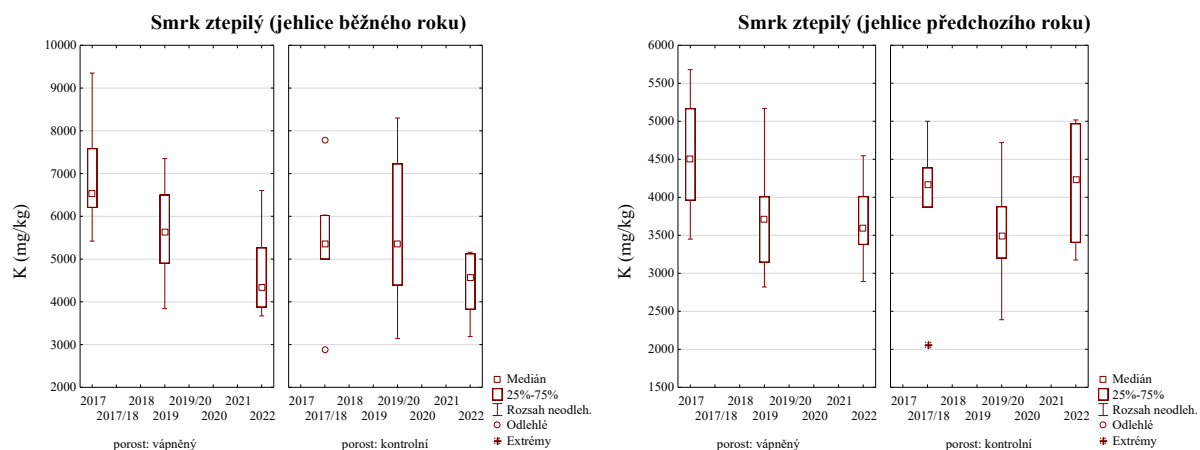
-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.2.2. Dusík

V úrovni výživy dusíkem (Obr. 13) není zjištěna po dobu šetření významná změna na vápněných i kontrolních stanovištích.

4.2.3. Draslík

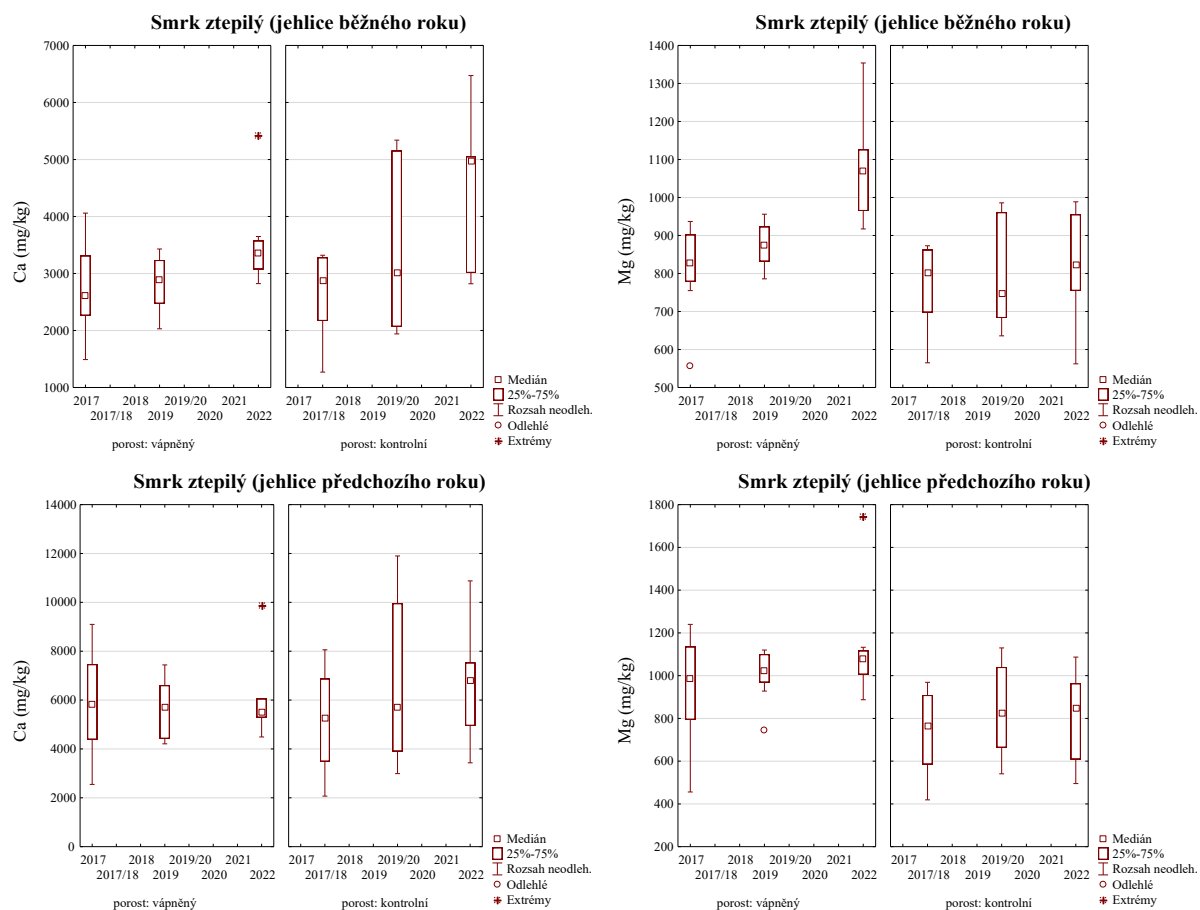
V souvislosti s vápněním lesa bývá zmiňována zhoršená úroveň výživy draslíkem. Jak je zřejmé z uvedených grafů (Obr. 14), za sledované období došlo k poklesu obsahu draslíku v jehlicích běžného roku nejen ve vápněných porostech, ale také v porostech kontrolních. Z toho je zřejmé, že uvedený pokles bude mít pravděpodobně jinou příčinu, než je provedené letecké vápnění.



Obr. 14: Obsah draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.4. Vápník

Úroveň výživy vápníkem se pozvolna zvyšuje v letorostech smrku na vápněných i kontrolních stanovištích (obr. 15). Ve starších jehlicích jsou obsahy vápníku ve vápněných porostech stabilní a na kontrolních stanovištích se dokonce pozvolna zvyšují.



Obr. 15: Obsah vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.5. Hořčík

Nejzřetelnějším projevem účinku vápnění je významné zvýšení úrovně výživy hořčíkem v jehlicích letorostů smrku ztepilého (Obr. 15). V jehlicích předchozího roku je toto zvýšení statisticky nevýznamné. Celkově vzato můžeme změny v úrovni hořčíku považovat za kladný projev vápnění.

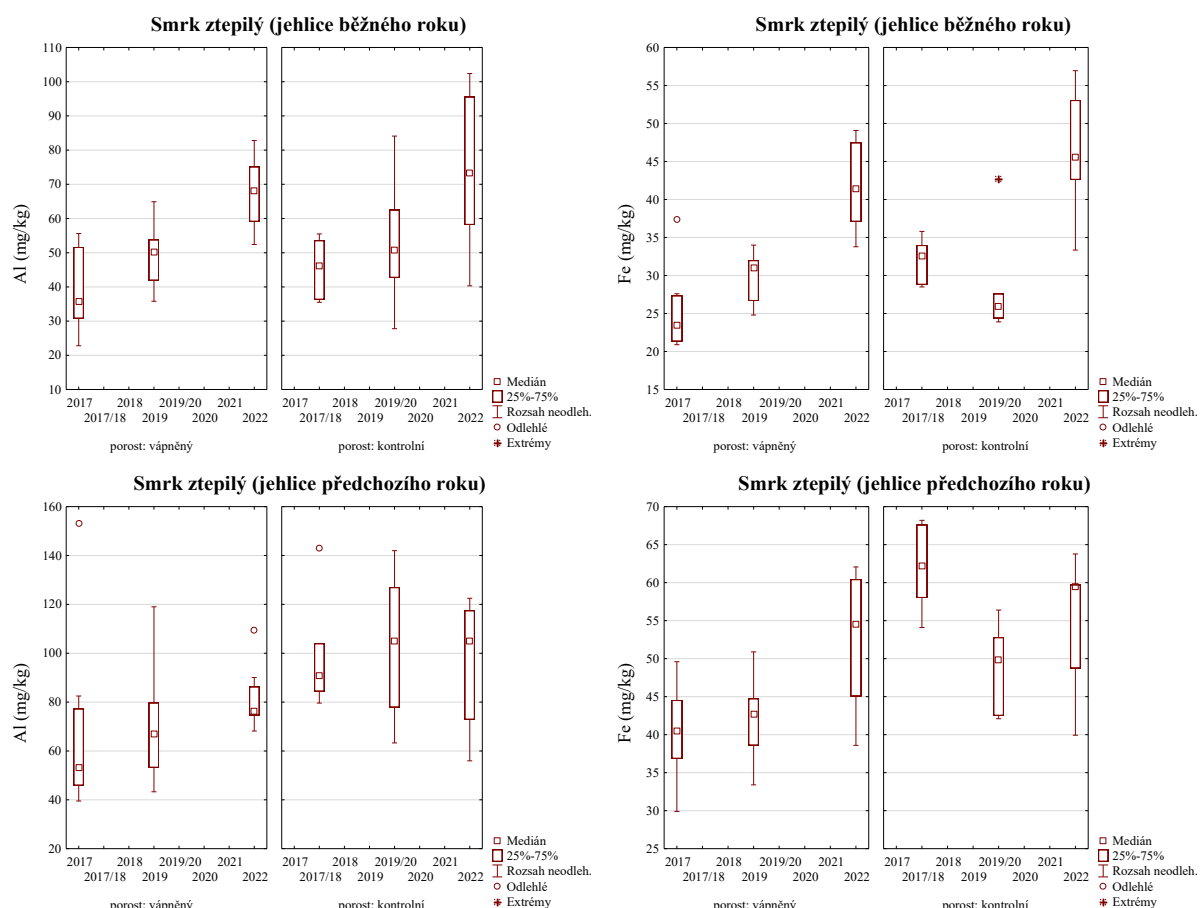
4.2.6. Síra

Kolísání obsahů v letorostech je zjištěno i u síry na vápněných stanovištích (Tab. 13). Obsahy jsou na srovnávaných stanovištích na přibližně stejné výši. Ve starších jehlicích se obsahy na srovnávaných stanovištích snižují.

4.2.7. Hliník a železo

Na vápněných i kontrolních stanovištích se po dobu šetření zvyšují obsahy **hliníku** v jehlicích běžného roku (Obr. 16). Zvyšování je pozorováno i ve starších jehlicích na vápněných stanovištích.

Obsahy **železa** v letorostech se významně zvyšují na vápněných i kontrolních stanovištích (Obr. 16). Na vápněných stanovištích je významné zvyšování zjištěno i v jehlicích předešlého roku.



Obr. 16: Obsah hliníku (Al) a železa (Fe) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.8. Olovo, měď a bor

Obsahy **olova** dosahují v pletivech jehlic smrku velmi nízké úrovně (Tab. 13 a 14). Za zmínku stojí snižující se obsahy **mědi** v letorostech na obou srovnávaných stanovištích. Na vápněných stanovištích je toto snížení viditelné i u starších jehlic (Tab. 14). Z hlediska výživy rostlin je zajímavé i zvyšování úrovně obsahu **boru** v letorostech na vápněných stanovištích.

5. ZÁVĚR

Typické zvýšení chemické půdní reakce, obsahů vápníku a hořčíku, které ve většině případů přichází po dvou letech po vápnění a přetrvává po dobu šetření, bylo zjištěno jen v nadložních organických horizontech.

U přístupné, extrahovatelné a výměnné formy bazických kationtů nebyla zaznamenána typická změna signalizující počínající vliv dodaného dolomitického vápence v minerální části půdního profilu. Menší zlepšení bylo zaznamenáno pouze u obsahu přístupného hořčíku v minerálním horizontu, kde se jeho obsah ve vápněných porostech postupně zvyšuje. Ve vápněných porostech se také projevuje snižování obsahů přístupného hliníku, který může mít negativní vliv na příjem živin kořeny, a to je tedy očekávaným účinkem vápnění. Zvyšující se sycení půdního sorpčního komplexu kyselým kationtem hliníku ve spodních minerálních horizontech zřejmě dokazuje menší vliv dlouhodobého působení bazických kationtů v této hloubce.

Celkově je pravděpodobné, že účinek vápnění na tyto lesní pozemky stále ovlivňuje vápnění provedené v předchozích letech a jeho přetrvávající účinky na bohatost zastoupení bazických kationtů v půdním profilu, která není typická pro chudá a velmi kyselá lesní stanoviště.

Pozitivním projevem vápnění je bezesporu vyšší úroveň výživy hořčíkem, hodnocená podle obsahů v jehlicích letorostů smrku na vápněných plochách. Úroveň výživy vápníkem se pozvolna zvyšuje na vápněných i kontrolních stanovištích. Souvislost s vápněním není tedy zcela potvrzena.

Dalším faktorem, ke kterému je potřeba přihlédnout, jsou měnící se klimatické podmínky v dané oblasti, kdy zejména nedostatek srážek způsobuje pomalejší pohyb vápence půdním profilem.

V dalším sledování stavu lesních ekosystémů na šetřené lokalitě doporučujeme zaměřit pozornost na snižující se obsahy draslíku v půdním prostředí i úrovni výživy smrkových porostů. Nedostatek draslíku je nutno kontrolovat průběžně podle žloutnutí především starších jehlic ve směru od špiček s pozvolným přechodem do zelené části jehlic.

6. LITERATURA

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

LETTL A. 1991. Akutní a dlouhodobý vliv vápnění a hnojení na půdní mikroflóru lesních porostů. I. Vápnění smrkových porostů bez přízemní vegetace. Lesnictví, 37, č. 8 – 9 . str. 655 – 662.

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 (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	7	100	87,6	30,7	193	65,2	130
pH _{CaCl2}	7	3,71	3,68	3,14	4,60	3,16	4,10
pH _{H2O}	7	4,52	4,42	4,10	5,14	4,19	4,86
N (%)	7	1,26	1,28	1,06	1,65	1,07	1,34
C _{OX} (%)	7	23,2	25,4	16,1	27,4	18,7	27,0
C/N	7	18,5	19,4	14,4	21,3	15,4	21,1
Al _{dus} (mg/kg)	7	7056	6801	4797	12170	5158	7953
B _{dus} (mg/kg)	7	1,81	1,82	1,21	2,53	1,39	2,09
Ca _{dus} (mg/kg)	7	2418	1222	767	5239	840	4155
Cd _{dus} (mg/kg)	7	0,43	0,34	0,28	0,66	0,28	0,57
Cr _{dus} (mg/kg)	7	8,40	7,27	5,04	16,3	5,64	11,1
Cu _{dus} (mg/kg)	7	9,60	10,1	7,26	12,4	8,30	10,6
Fe _{dus} (mg/kg)	7	7735	6037	4437	15510	5082	11860
K _{dus} (mg/kg)	7	1162	1138	862	1446	972	1367
Mg _{dus} (mg/kg)	7	858	627	297	1922	304	1471
Mn _{dus} (mg/kg)	7	150	86,2	42,5	480	67,0	180
P _{dus} (mg/kg)	7	971	852	720	1595	773	1069
Pb _{dus} (mg/kg)	7	123	117	64,7	272	68,1	139
Zn _{dus} (mg/kg)	7	45,0	37,8	26,9	102	32,2	41,0

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	7	130	141	70,1	170	97,0	160
pH _{CaCl2}	8	4,79	4,83	3,85	5,42	4,55	5,15
pH _{H2O}	8	5,31	5,34	4,53	5,82	5,10	5,63
N (%)	8	1,19	1,19	0,96	1,49	1,02	1,33
C _{ox} (%)	8	22,5	22,5	17,3	27,1	20,2	24,8
C/N	8	19,0	18,3	15,8	25,2	17,3	20,1
Al _{dus} (mg/kg)	8	8278	7250	6121	12720	6445	9998
B _{dus} (mg/kg)	8	2,84	2,53	1,95	4,61	2,21	3,35
Ca _{dus} (mg/kg)	8	6942	6542	3432	14770	4301	7824
Cd _{dus} (mg/kg)	8	0,41	0,37	0,26	0,60	0,31	0,53
Cr _{dus} (mg/kg)	8	10,9	9,22	4,84	20,8	6,19	15,5
Cu _{dus} (mg/kg)	8	12,1	13,9	5,42	17,7	7,72	15,4
Fe _{dus} (mg/kg)	8	9757	7463	5264	17750	6279	13780
K _{dus} (mg/kg)	8	1273	1250	883	1850	961	1516
Mg _{dus} (mg/kg)	8	3296	3173	1330	5335	2991	3686
Mn _{dus} (mg/kg)	8	189	178	103	309	109	262
P _{dus} (mg/kg)	8	1032	1065	738	1302	904	1139
Pb _{dus} (mg/kg)	8	131	124	87,3	187	101	164
Zn _{dus} (mg/kg)	8	43,8	39,0	29,2	65,7	34,9	54,1

7.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,68	3,45	3,34	4,81	3,37	3,87
pH _{H2O}	7	4,49	4,29	4,08	5,62	4,13	4,68
Vým. acidita (mekv./kg)	7	129	141	88,0	170	101	149
C _{OX} (%)	7	5,11	5,09	4,07	6,94	4,32	5,51
N (%)	7	0,29	0,28	0,24	0,32	0,28	0,31
C/N	7	17,9	17,0	15,7	22,7	16,3	18,4
Al _{MIII} (mg/kg)	7	1468	1484	1190	1694	1257	1662
P _{MIII} (mg/kg)	7	9,91	8,41	3,73	23,5	6,62	11,4
K _{MIII} (mg/kg)	7	74,7	70,3	62,7	90,0	67,3	84,6
Ca _{MIII} (mg/kg)	7	436	214	49,2	1544	76,6	592
Mg _{MIII} (mg/kg)	7	70,6	33,0	11,1	177	28,2	125
B _{MIII} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} (mg/kg)	7	514	567	198	635	468	627
SMIII (mg/kg)	7	24,9	21,3	14,6	41,5	15,4	37,2
P _{dus} (mg/kg)	7	158	122	47,0	450	74,1	153
K _{dus} (mg/kg)	7	128	125	111	144	121	137
Mg _{dus} (mg/kg)	7	151	89,4	13,5	347	54,9	250
Ca _{dus} (mg/kg)	7	602	295	44,2	2339	104	718
Al _{dus} (mg/kg)	7	3708	3350	1978	7604	2523	4020
Cd _{dus} (mg/kg)	7	--	0,20	< 0,2	0,63	< 0,2	0,33
Cr _{dus} (mg/kg)	7	3,50	2,64	0,67	8,60	1,57	6,01
Cu _{dus} (mg/kg)	7	6,05	6,02	3,29	8,79	3,57	8,02
Fe _{dus} (mg/kg)	7	6224	5262	1812	12140	3583	11250
Mn _{dus} (mg/kg)	7	119	40,9	5,27	599	37,8	54,6
Pb _{dus} (mg/kg)	7	94,2	102	65,0	121	82,7	103
Zn _{dus} (mg/kg)	7	13,2	10,9	4,05	31,9	8,74	13,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	57,6	63,1	5,21	90,5	48,2	70,4
K _{VYM} (mekv./kg)	7	1,40	1,43	0,91	1,73	1,19	1,66
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	25,4	12,2	2,23	90,7	4,46	35,7
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	5,63	2,26	0,79	14,2	2,17	10,1
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,29	0,32	0,13	0,43	0,17	0,35
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	0,37	0,19	< 0,1	0,88	0,15	0,80
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	51,1	57,4	3,75	82,1	43,8	61,3
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	2,40	2,29	< 0,3	4,35	1,36	3,79
CEC (mekv./kg)	7	90,3	88,1	67,7	105	82,6	103
BS (%)	7	34,1	31,7	6,83	95,0	8,29	45,3
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	7	4,12	0,53	0,08	26,4	0,10	0,90

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,71	3,78	3,37	3,90	3,57	3,87
pH _{H2O}	8	4,53	4,60	4,17	4,73	4,38	4,69
Vým. acidita (mekv./kg)	8	125	117	84,0	174	104	149
C _{OX} (%)	8	4,94	4,93	3,62	6,31	4,37	5,49
N (%)	8	0,27	0,28	0,19	0,32	0,24	0,30
C/N	8	18,5	18,2	17,1	20,5	17,2	19,6
Al _{MIII} (mg/kg)	8	1289	1331	832	1623	1103	1495
P _{MIII} (mg/kg)	8	12,0	8,95	4,65	25,1	5,98	18,3
K _{MIII} (mg/kg)	8	62,0	62,7	53,7	69,8	59,7	63,7
Ca _{MIII} (mg/kg)	8	387	409	105	627	259	513
Mg _{MIII} (mg/kg)	8	248	232	109	396	168	340
B _{MIII} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} (mg/kg)	8	609	606	548	721	579	616
SM _{III} (mg/kg)	8	19,3	18,4	10,2	31,7	16,7	21,4
P _{dus} (mg/kg)	8	192	180	72,9	322	126	263
K _{dus} (mg/kg)	8	174	129	83,6	499	98,4	177
Mg _{dus} (mg/kg)	8	644	370	210	1868	255	913
Ca _{dus} (mg/kg)	8	541	579	154	857	301	780
Al _{dus} (mg/kg)	8	3561	3033	1346	7738	2078	4591
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,22	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	5,11	3,45	1,07	12,1	2,27	8,15
Cu _{dus} (mg/kg)	8	5,26	5,26	2,07	8,53	3,36	7,12
Fe _{dus} (mg/kg)	8	8553	7724	2451	15260	5369	12265
Mn _{dus} (mg/kg)	8	149	83,6	24,6	418	35,0	256
Pb _{dus} (mg/kg)	8	86,9	99,8	35,9	132	55,8	108
Zn _{dus} (mg/kg)	8	13,3	8,33	5,92	34,8	7,16	17,2
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	48,2	47,4	33,7	72,3	37,4	55,2
K _{VYM} (mekv./kg)	8	1,15	1,18	0,93	1,33	1,08	1,22
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	22,5	22,4	5,65	39,0	13,8	31,5
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	21,6	20,2	8,88	35,4	12,9	31,1
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,34	0,35	0,19	0,54	0,24	0,41
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	0,40	0,27	0,10	1,03	0,13	0,65
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	41,4	40,6	26,8	64,8	31,1	48,0
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	2,26	2,58	0,54	3,95	1,12	3,10
CEC (mekv./kg)	8	93,8	91,3	66,5	128	77,5	109
BS (%)	8	47,3	51,7	18,1	64,6	39,0	57,1
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	8	1,21	1,28	0,24	2,16	0,76	1,57

7.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,94	3,78	3,54	5,01	3,68	3,99
pH _{H2O}	7	4,73	4,52	4,40	5,81	4,40	4,84
Vým. acidita (mekv./kg)	7	99,5	90,4	69,6	148	77,6	128
COX (%)	7	4,18	4,49	1,88	5,57	3,74	4,87
N (%)	7	0,22	0,23	0,11	0,28	0,21	0,26
C/N	7	19,0	18,3	17,7	21,8	17,9	20,4
Al _{III} (mg/kg)	7	1700	1795	1357	1860	1564	1822
P _{III} (mg/kg)	7	4,89	4,90	< 3,5	8,12	3,58	6,10
K _{III} (mg/kg)	7	48,5	53,5	32,5	64,3	35,4	59,4
Ca _{III} (mg/kg)	7	343	206	35,4	1549	60,8	247
Mg _{III} (mg/kg)	7	--	17,4	< 10	87,0	< 10	68,9
B _{III} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{III} (mg/kg)	7	440	426	169	633	331	572
S _{III} (mg/kg)	7	25,3	23,0	16,9	37,8	20,5	32,5
P _{dus} (mg/kg)	7	131	90,8	37,6	402	43,3	160
K _{dus} (mg/kg)	7	99,2	101	60,0	153	64,3	117
Mg _{dus} (mg/kg)	7	161	67,6	14,7	402	40,7	283
Ca _{dus} (mg/kg)	7	463	251	31,5	2213	91,5	287
Al _{dus} (mg/kg)	7	4997	4427	2170	9375	3078	6905
Cd _{dus} (mg/kg)	7	--	< 0,2	< 0,2	0,43	< 0,2	0,34
Cr _{dus} (mg/kg)	7	4,47	2,75	0,78	11,6	1,26	9,73
Cu _{dus} (mg/kg)	7	4,02	4,10	1,65	7,06	1,80	6,44
Fe _{dus} (mg/kg)	7	9212	5286	2025	23890	3378	13630
Mn _{dus} (mg/kg)	7	139	75,5	5,48	560	64,2	121
Pb _{dus} (mg/kg)	7	67,3	63,6	37,2	90,3	53,1	85,8
Zn _{dus} (mg/kg)	7	13,3	12,3	4,02	30,0	6,87	14,6
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	50,8	56,9	3,55	78,3	44,0	64,6
K _{VYM} (mekv./kg)	7	0,75	0,88	0,39	1,12	0,46	1,03
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	18,9	11,5	1,63	85,8	2,93	13,6
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	2,87	1,25	0,52	6,77	0,68	5,04
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,26	0,24	0,14	0,40	0,20	0,33
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	0,28	0,24	< 0,1	0,51	0,11	0,47
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	46,6	54,0	< 3,0	72,6	40,9	61,8
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	1,45	0,81	< 0,3	4,44	0,40	2,36
CEC (mekv./kg)	7	73,6	64,1	56,7	99,3	62,6	95,2
BS (%)	7	27,4	21,2	5,43	96,3	8,97	25,2
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	7	8,87	0,29	0,06	60,8	0,10	0,38

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,79	3,80	3,51	4,00	3,69	3,92
pH _{H2O}	8	4,57	4,56	4,24	4,82	4,50	4,70
Vým. acidita (mekv./kg)	8	121	110	96,8	177	97,2	140
C _{OX} (%)	8	3,69	3,84	2,48	4,46	3,27	4,17
N (%)	8	0,21	0,21	0,14	0,26	0,19	0,22
C/N	8	18,0	17,9	15,9	19,5	17,4	19,0
Al _{MIII} (mg/kg)	8	1602	1605	1286	1825	1463	1785
P _{MIII} (mg/kg)	8	6,76	4,73	< 3,5	14,0	4,23	10,2
K _{MIII} (mg/kg)	8	46,8	45,9	40,9	58,4	41,9	49,9
Ca _{MIII} (mg/kg)	8	200	201	97,9	279	164	249
Mg _{MIII} (mg/kg)	8	139	133	68,2	199	107	182
B _{MIII} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} (mg/kg)	8	581	575	444	686	530	653
S _{MIII} (mg/kg)	8	24,4	21,9	20,3	33,6	20,5	28,1
P _{dus} (mg/kg)	8	223	195	99,8	367	156	309
K _{dus} (mg/kg)	8	181	145	81,8	461	102	208
Mg _{dus} (mg/kg)	8	629	398	218	1815	302	800
Ca _{dus} (mg/kg)	8	314	270	180	620	200	388
Al _{dus} (mg/kg)	8	5216	5057	3235	8478	4384	5568
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	6,93	7,02	3,22	11,5	3,63	9,73
Cu _{dus} (mg/kg)	8	5,03	5,24	2,14	8,72	3,29	6,16
Fe _{dus} (mg/kg)	8	13506	14175	8394	17770	11169	15600
Mn _{dus} (mg/kg)	8	275	233	86,8	495	151	424
Pb _{dus} (mg/kg)	8	68,9	63,6	41,1	108	51,8	85,5
Zn _{dus} (mg/kg)	8	15,5	11,7	7,29	33,9	9,22	20,4
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	55,2	55,5	36,1	77,4	47,0	61,5
K _{VYM} (mekv./kg)	8	0,80	0,76	0,61	1,05	0,64	0,98
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	11,6	11,5	5,93	17,3	8,67	14,5
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	10,8	10,4	5,74	15,4	8,18	14,2
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,26	0,26	0,17	0,37	0,18	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	0,48	0,45	0,14	0,89	0,28	0,67
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	50,5	51,0	33,6	70,5	43,8	55,1
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	1,75	0,96	< 0,3	5,34	0,47	2,81
CEC (mekv./kg)	8	78,6	78,1	60,9	111	65,2	85,1
BS (%)	8	29,8	29,7	19,3	45,0	24,3	33,3
Bc _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,48	0,46	0,26	0,87	0,35	0,53

7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	75,3	73,4	40,3	102	58,2	95,6
B (mg/kg)	7	13,4	13,5	7,82	18,5	8,31	17,6
Ca (mg/kg)	7	4449	4978	2820	6472	3013	5049
Cd (mg/kg)	7	--	0,04	< 0,02	0,12	< 0,02	0,06
Cr (mg/kg)	7	0,18	0,19	0,14	0,23	0,14	0,20
Cu (mg/kg)	7	2,29	2,26	2,02	2,56	2,21	2,40
Fe (mg/kg)	7	46,2	45,6	33,4	57,0	42,6	53,1
K (mg/kg)	7	4418	4569	3187	5158	3824	5128
Mg (mg/kg)	7	826	823	562	989	755	955
Mn (mg/kg)	7	318	262	165	587	166	461
N (%)	7	1,30	1,30	1,14	1,55	1,18	1,39
Ni (mg/kg)	7	0,51	0,46	0,26	1,02	0,32	0,56
P (mg/kg)	7	1203	1142	945	1907	1032	1155
Pb (mg/kg)	7	< 0,2	0,25	< 0,2	0,27	< 0,2	0,26
S (mg/kg)	7	865	854	764	997	809	932
Zn (mg/kg)	7	28,8	29,4	19,5	34,1	25,8	32,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	67,5	68,0	52,4	82,8	59,1	75,1
B (mg/kg)	8	15,5	15,7	12,0	18,5	13,8	17,2
Ca (mg/kg)	8	3534	3363	2823	5419	3079	3574
Cd (mg/kg)	8	0,04	0,04	< 0,02	0,11	0,03	0,05
Cr (mg/kg)	8	0,17	0,18	0,13	0,20	0,16	0,19
Cu (mg/kg)	8	2,35	2,35	2,16	2,49	2,29	2,45
Fe (mg/kg)	8	41,9	41,5	33,8	49,1	37,1	47,5
K (mg/kg)	8	4652	4329	3670	6603	3876	5267
Mg (mg/kg)	8	1074	1070	917	1354	965	1126
Mn (mg/kg)	8	199	208	54,8	355	141	243
N (%)	8	1,32	1,33	1,21	1,42	1,30	1,35
Ni (mg/kg)	8	0,55	0,48	0,24	1,02	0,37	0,74
P (mg/kg)	8	1312	1307	1084	1489	1250	1406
Pb (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	8	871	860	829	925	842	904
Zn (mg/kg)	8	25,9	26,0	21,8	30,6	23,6	27,7

7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	96,8	105	56,0	123	72,9	118
B (mg/kg)	7	12,5	10,3	6,60	19,5	7,07	19,1
Ca (mg/kg)	7	6704	6789	3433	10880	4955	7527
Cd (mg/kg)	7	--	0,04	< 0,02	0,08	< 0,02	0,07
Cr (mg/kg)	7	0,21	0,20	0,18	0,23	0,19	0,23
Cu (mg/kg)	7	1,95	2,05	1,51	2,19	1,55	2,17
Fe (mg/kg)	7	55,8	59,4	39,9	63,8	48,8	59,7
K (mg/kg)	7	4097	4237	3176	5018	3404	4971
Mg (mg/kg)	7	811	850	495	1087	610	963
Mn (mg/kg)	7	365	360	160	616	193	589
N (%)	7	1,11	1,13	0,74	1,32	1,09	1,21
Ni (mg/kg)	7	0,40	0,34	0,29	0,66	0,30	0,49
P (mg/kg)	7	1069	962	723	1959	908	1028
Pb (mg/kg)	7	--	0,23	< 0,2	0,35	< 0,2	0,26
S (mg/kg)	7	858	822	766	1001	794	928
Zn (mg/kg)	7	29,6	28,1	15,3	39,4	26,7	38,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

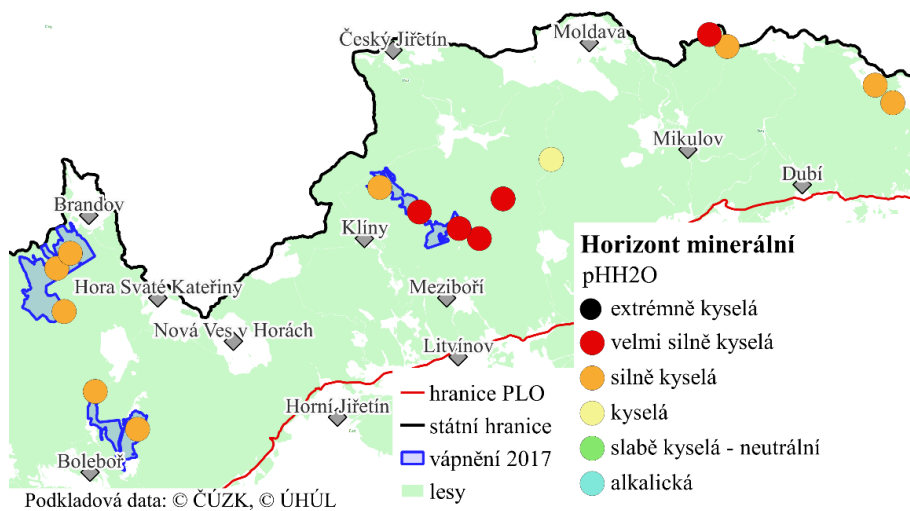
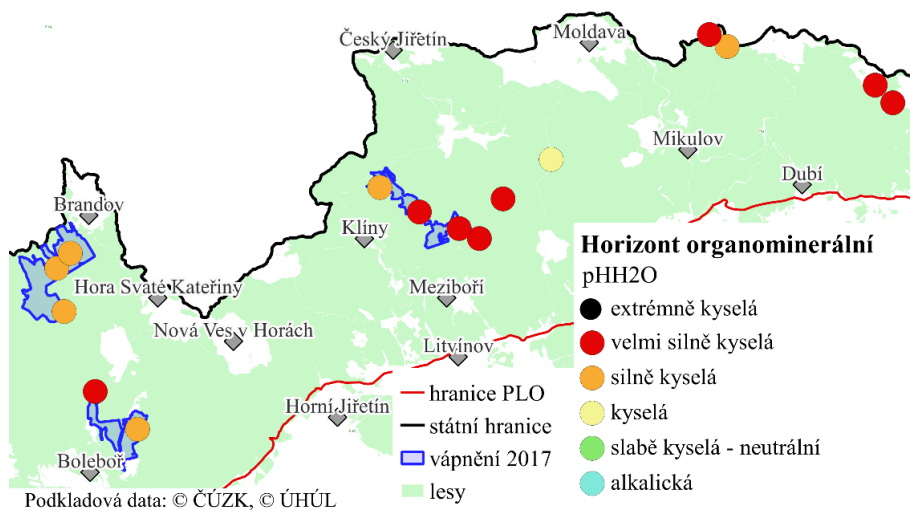
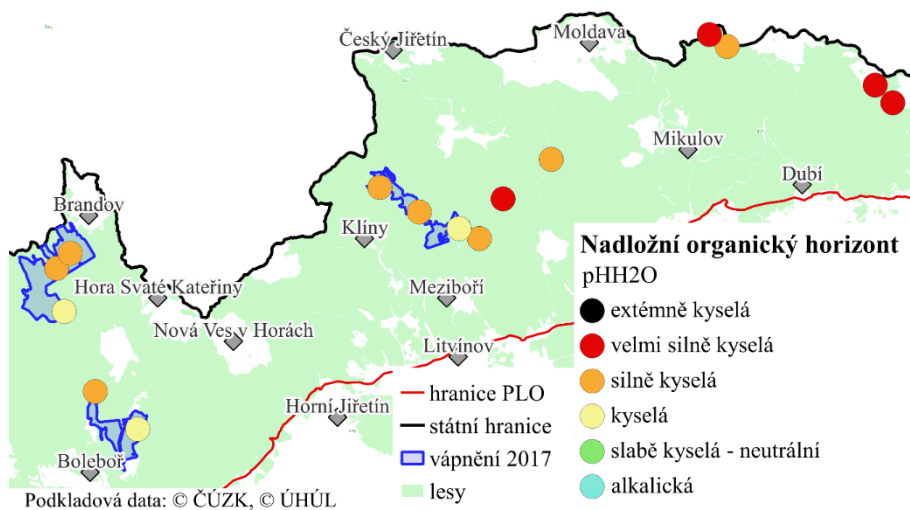
Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	81,5	76,1	68,2	110	74,7	86,3
B (mg/kg)	8	14,8	15,7	9,19	19,1	11,9	17,6
Ca (mg/kg)	8	6001	5486	4490	9856	5293	6052
Cd (mg/kg)	8	0,04	0,04	0,02	0,09	0,03	0,05
Cr (mg/kg)	8	0,19	0,19	0,16	0,24	0,18	0,20
Cu (mg/kg)	8	1,84	1,84	1,70	1,99	1,77	1,90
Fe (mg/kg)	8	52,6	54,5	38,6	62,1	45,1	60,4
K (mg/kg)	8	3675	3593	2893	4547	3376	4013
Mg (mg/kg)	8	1129	1078	888	1744	1006	1117
Mn (mg/kg)	8	263	272	69,9	440	189	338
N (%)	8	1,24	1,25	1,15	1,30	1,21	1,26
Ni (mg/kg)	8	0,40	0,37	0,20	0,66	0,31	0,47
P (mg/kg)	8	1052	1062	934	1130	1005	1111
Pb (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,23	< 0,2	0,22
S (mg/kg)	8	853	850	809	904	828	879
Zn (mg/kg)	8	23,0	21,7	16,6	35,5	19,5	24,8

7.2. Kartogramy

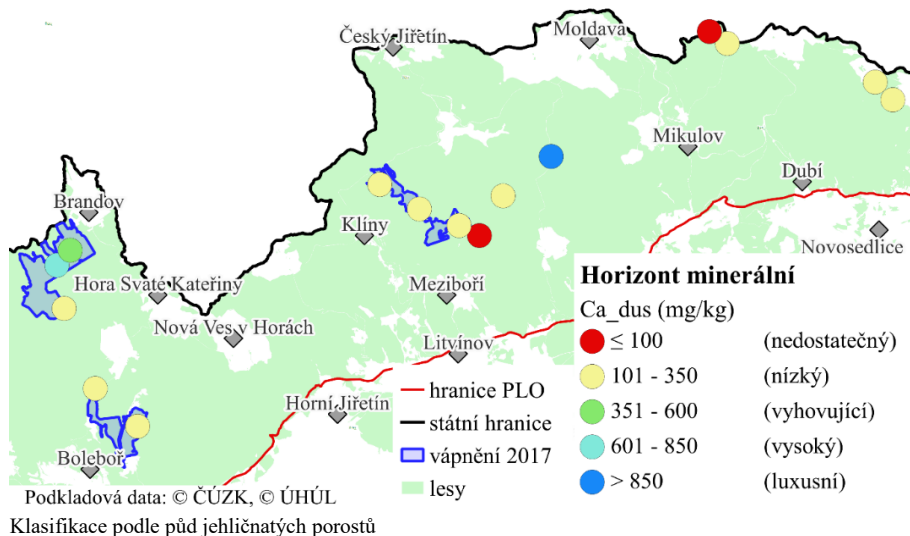
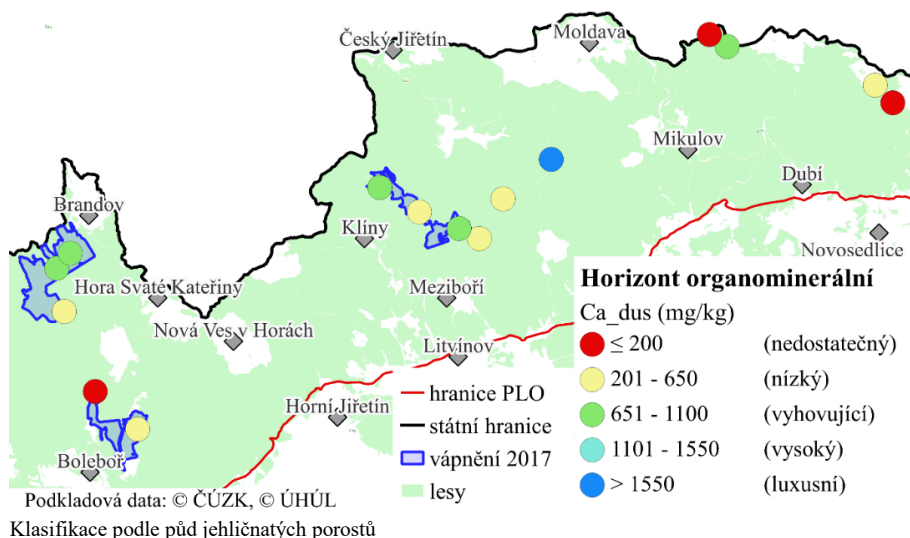
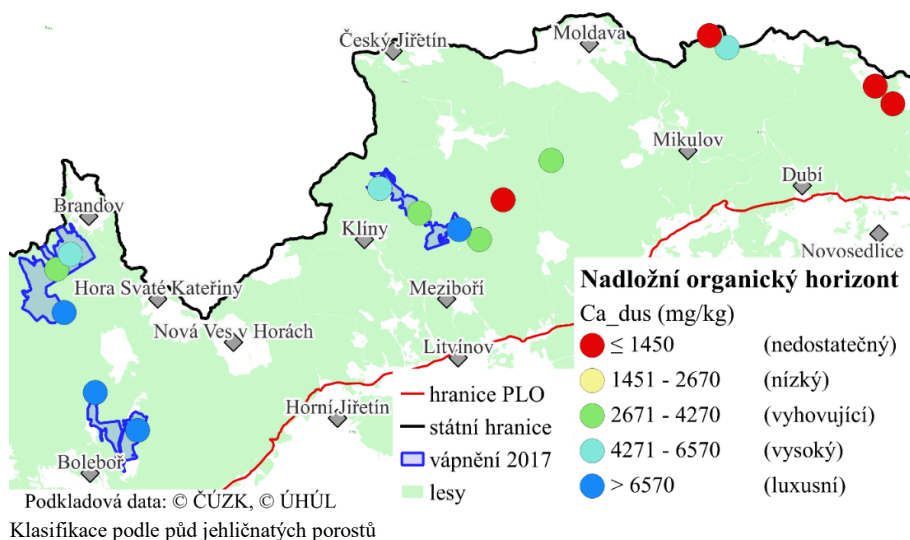
7.2.1. pH_{H_2O}

Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pH_{H_2O} v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)

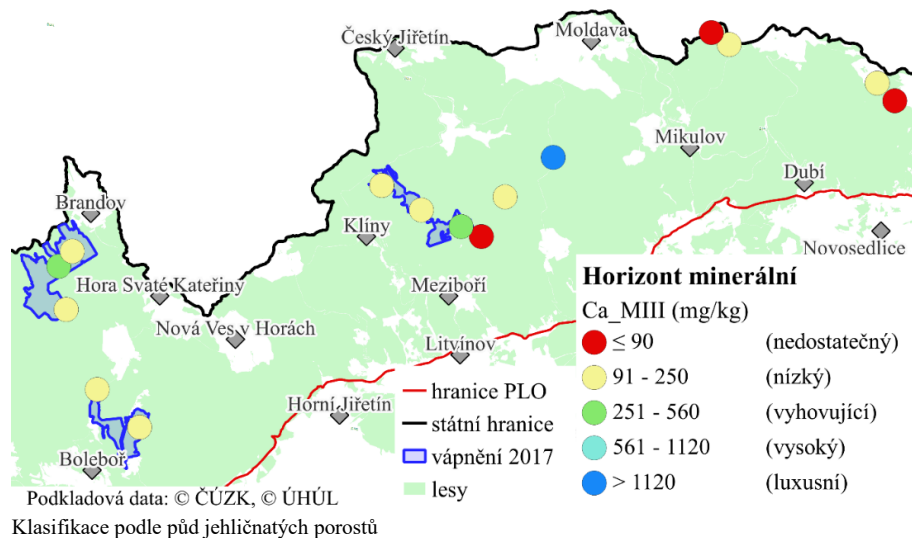
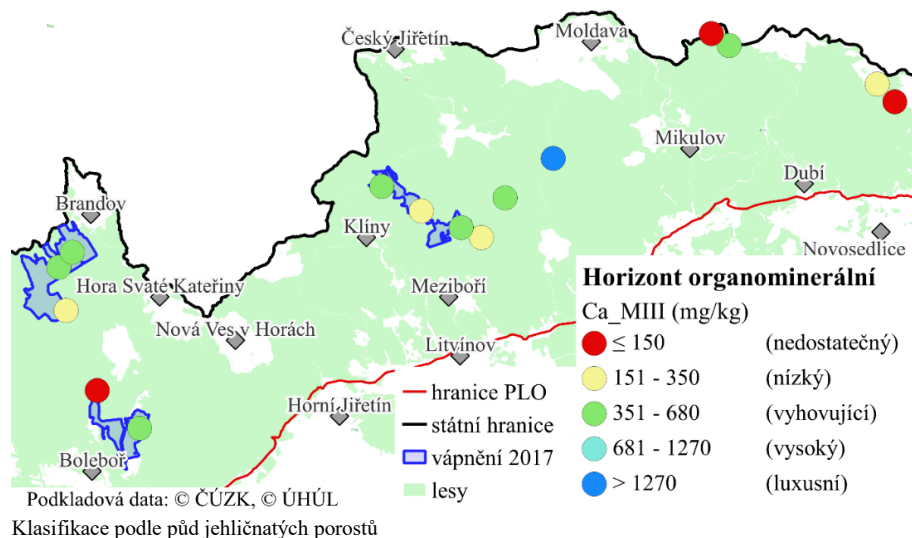


7.2.2. Vápník

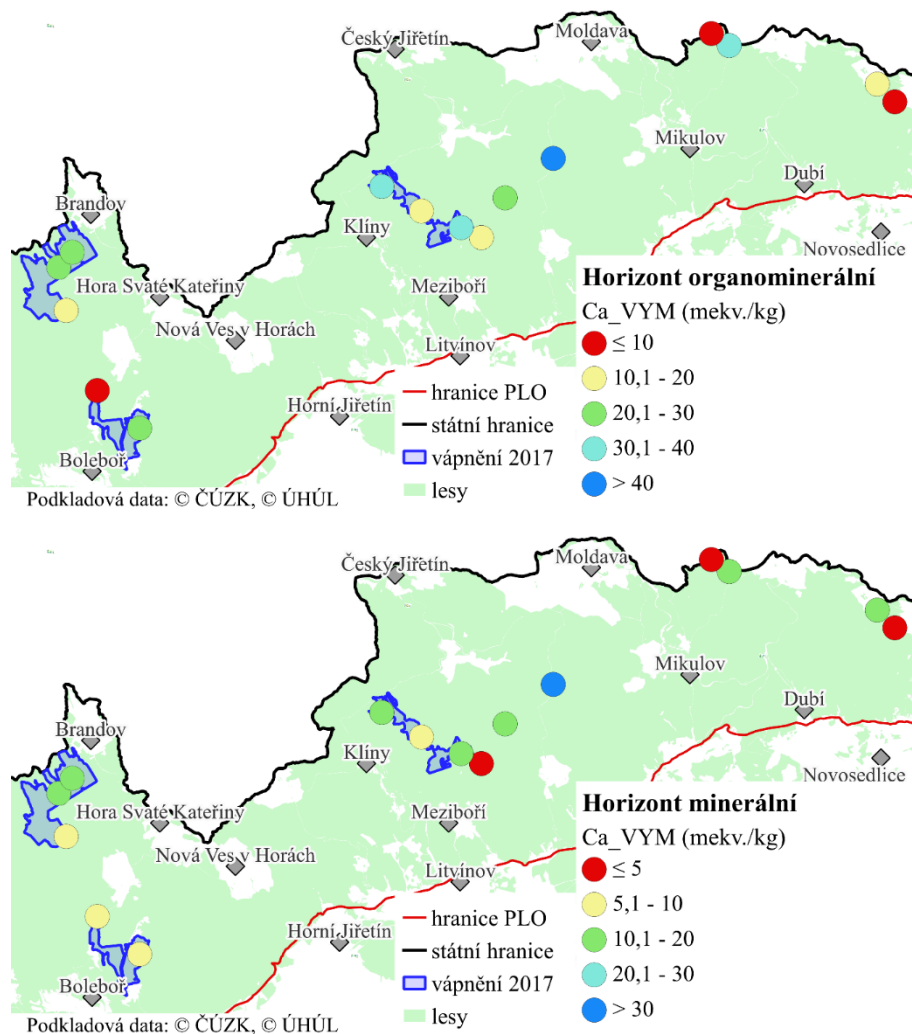
Kartogramy obsahu extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



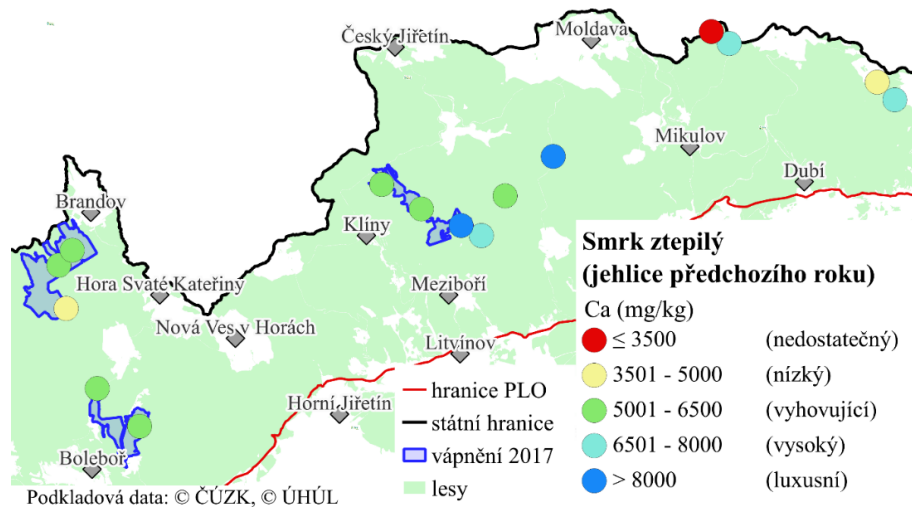
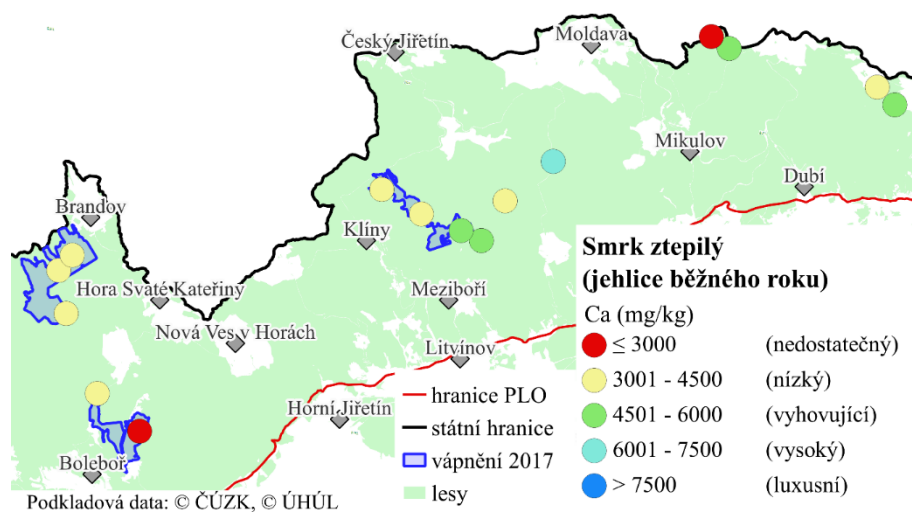
Kartogramy obsahu přístupného vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)

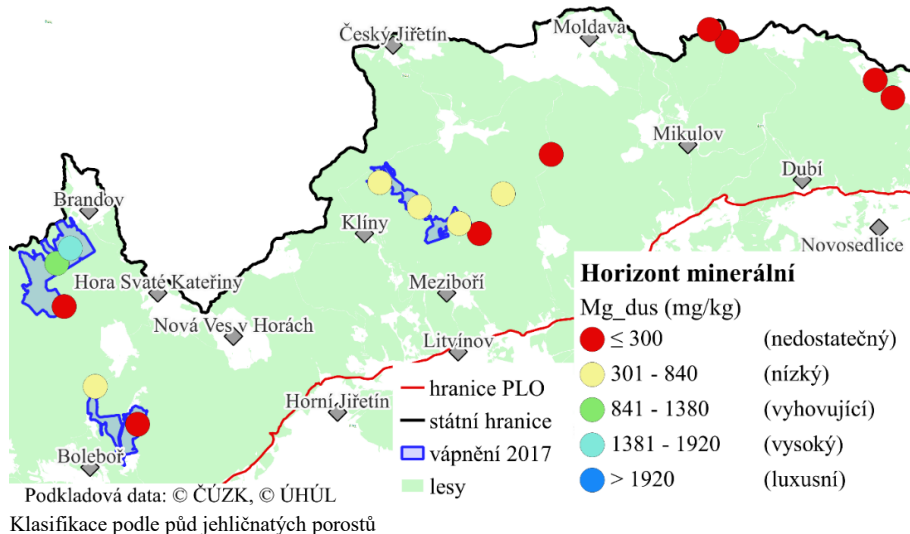
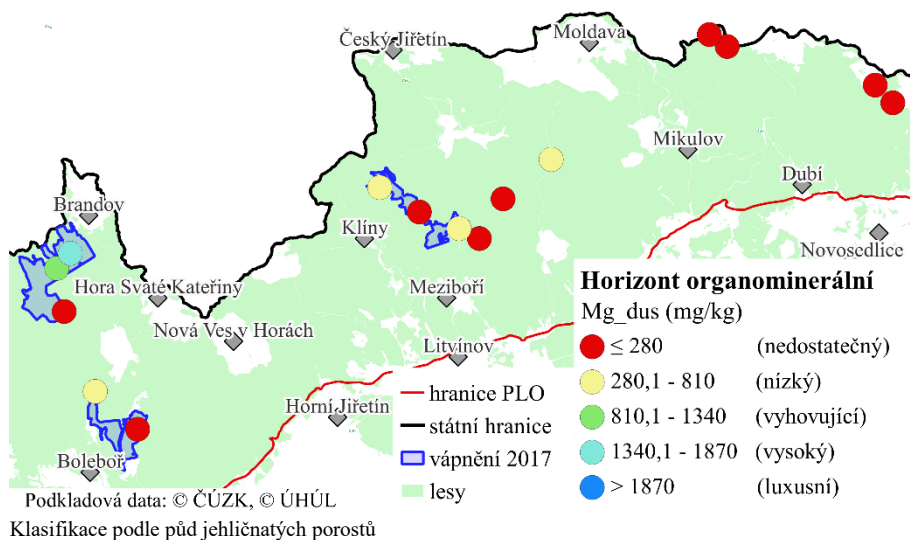
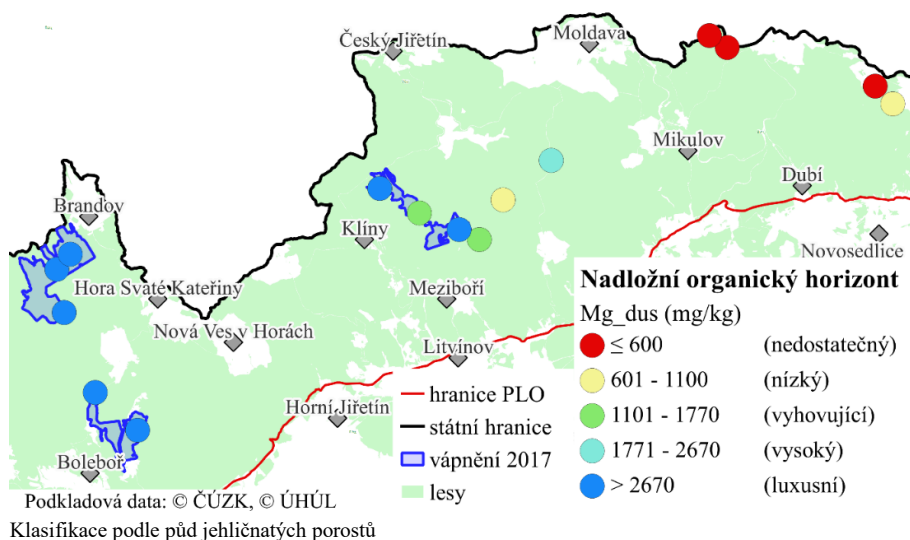


Kartogramy obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2022)

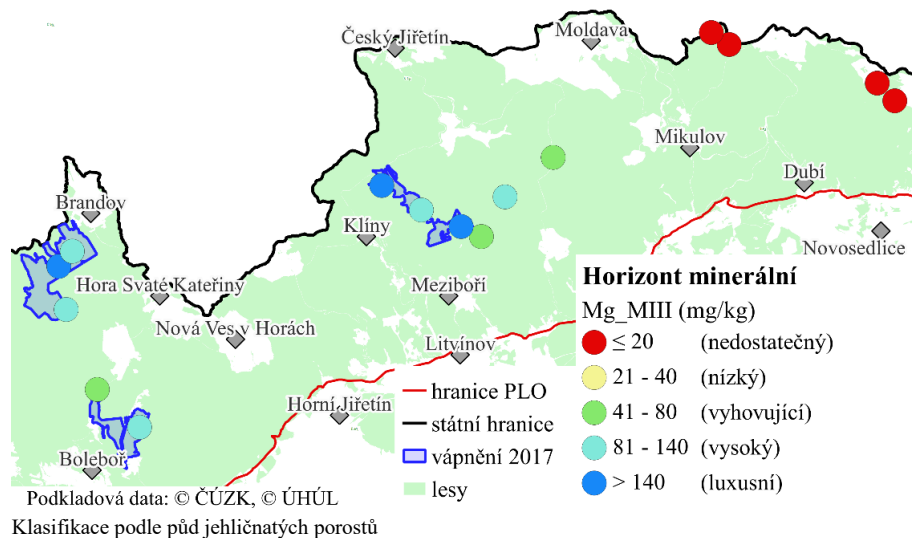
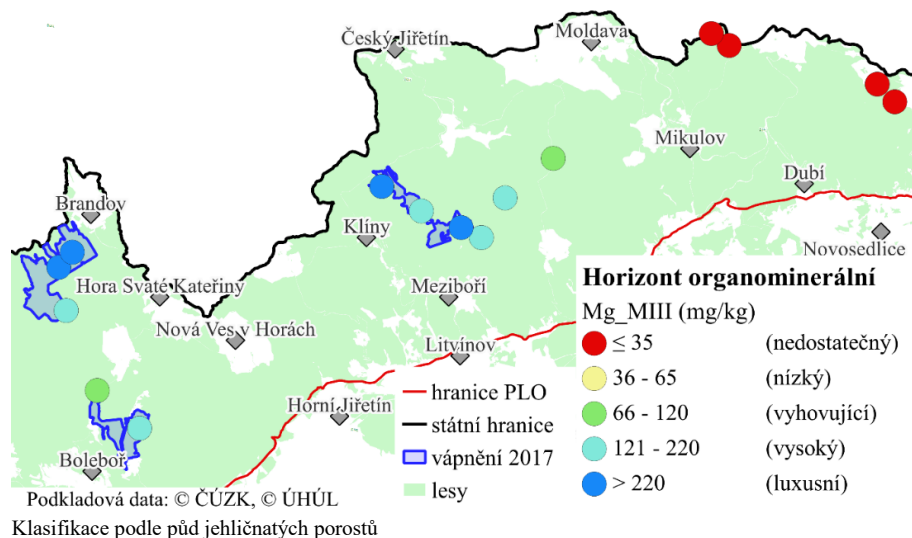


7.2.3. Hořčík

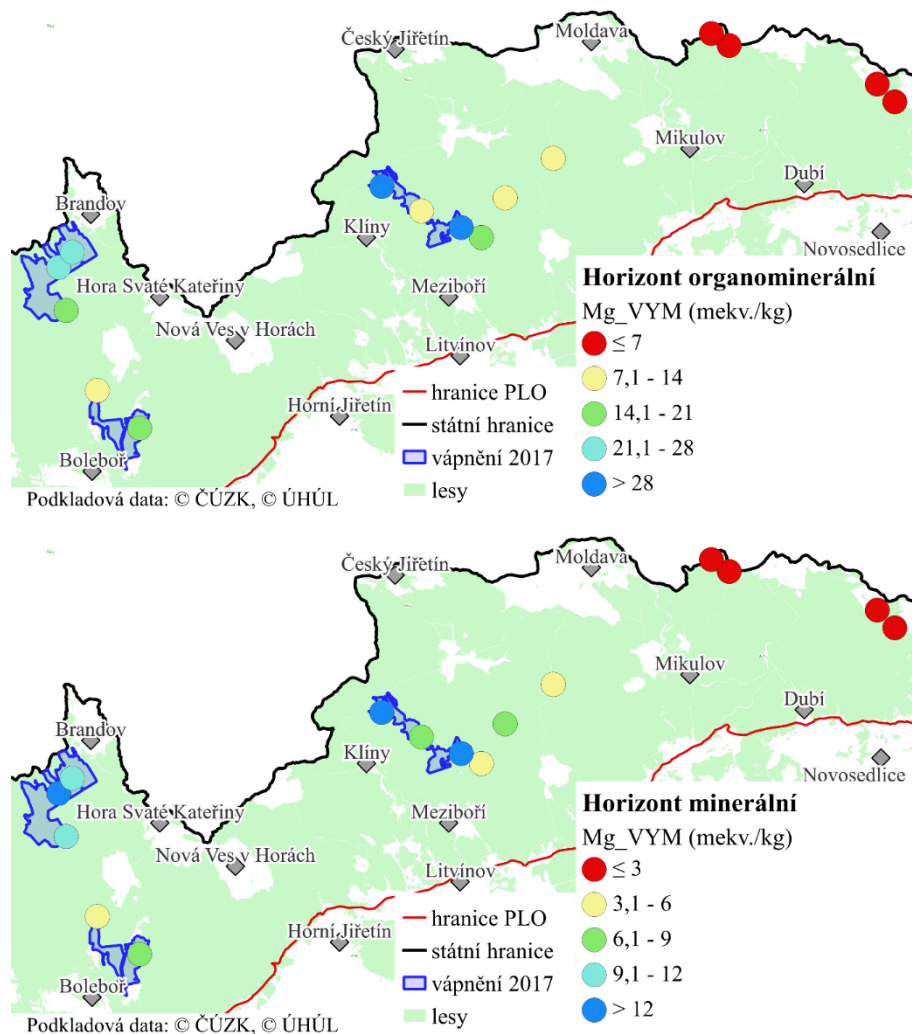
Kartogramy obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



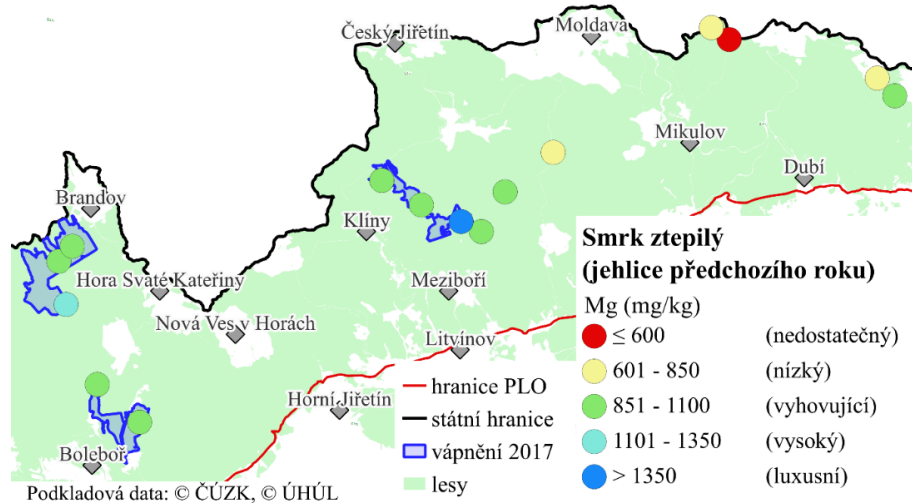
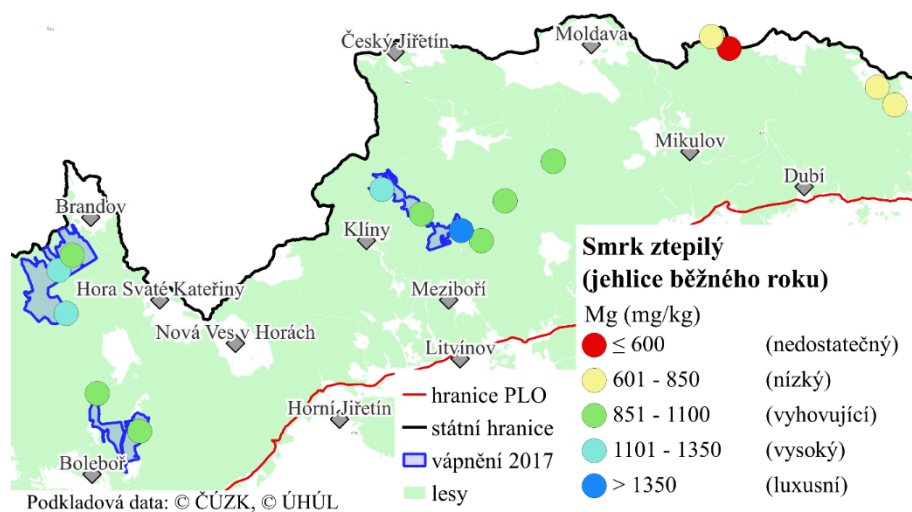
Kartogramy obsahu přístupného hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)

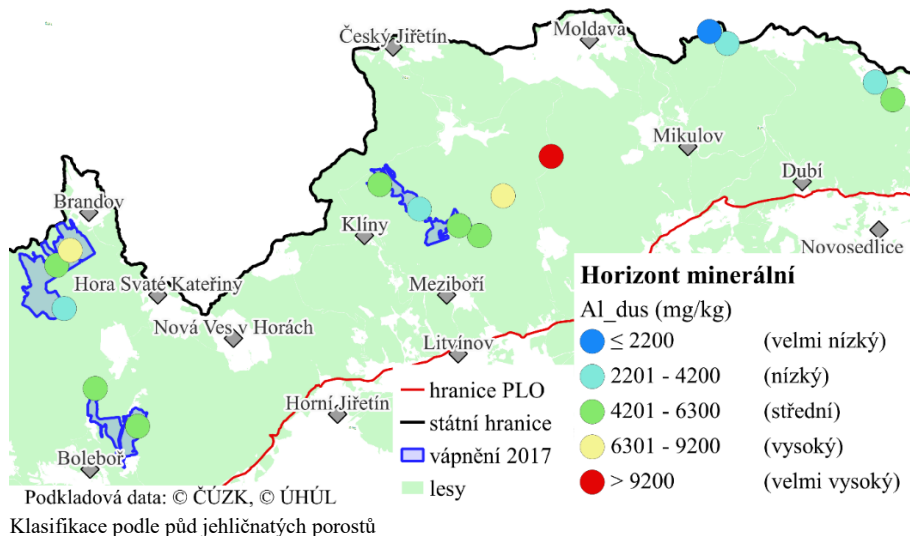
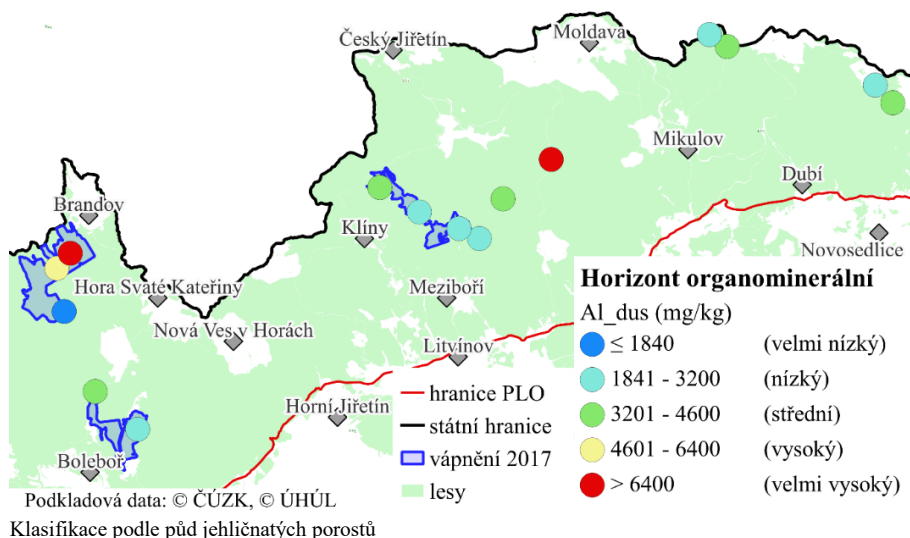
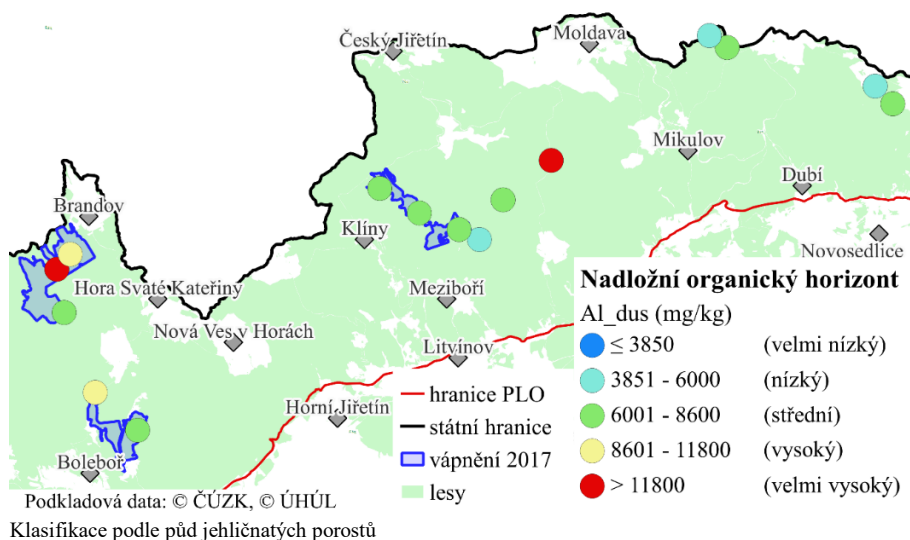


Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2022)

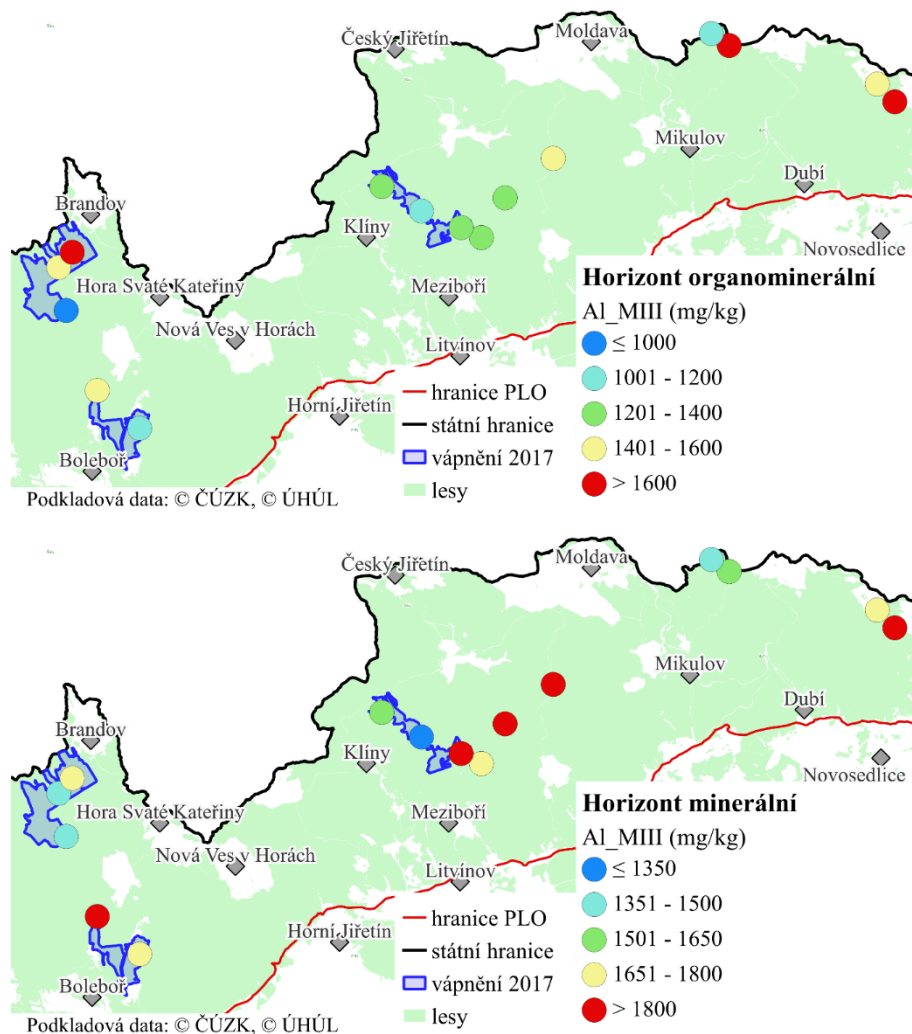


7.2.4. Hliník

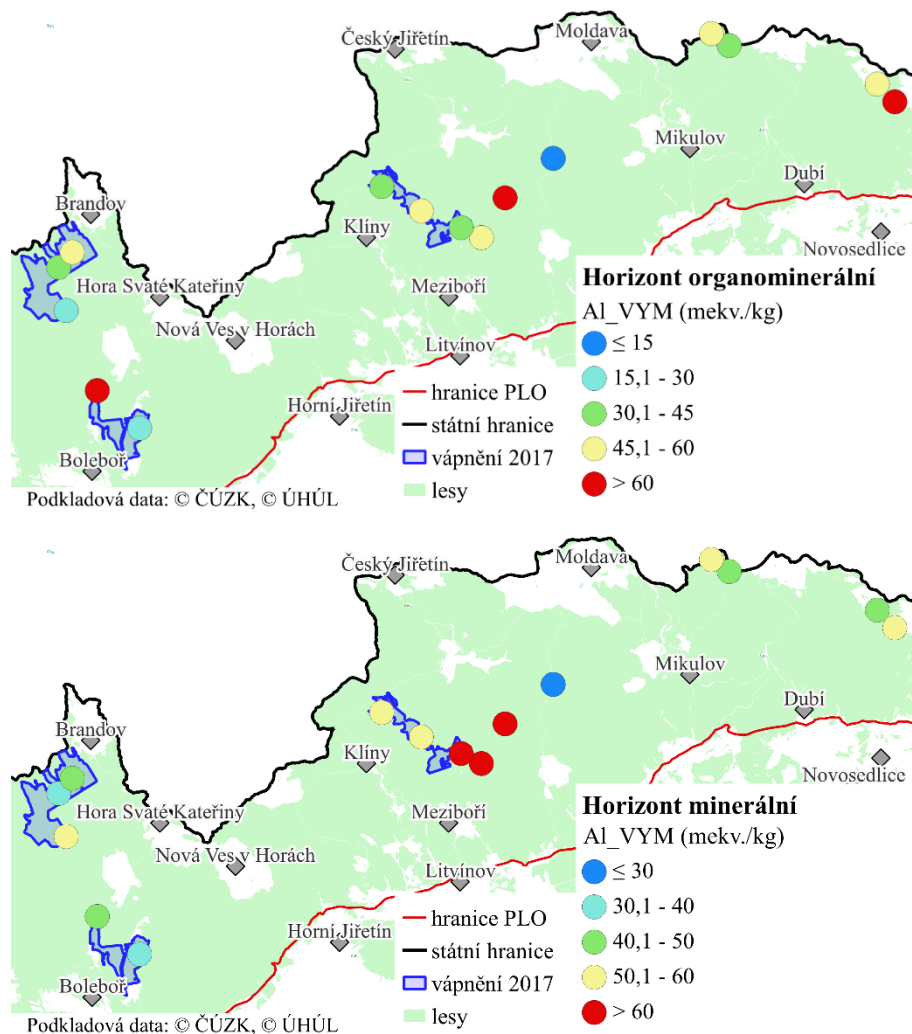
Kartogramy obsahu extrahovatelného hliníku (Al_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



Kartogramy obsahu přístupného hliníku (Al_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



Kartogramy obsahu výměnných kationtů hliníku (Al_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2022)



Kartogramy obsahu hliníku (Al) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2022)

