

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Oddělení půdy a lesnictví



**Kompletní vyhodnocení analýz půdních
a rostlinných vzorků odebraných v roce 2023
pro hodnocení účinnosti a kvality vápnění lesa
v Krušných horách**

dle specifikace činností č.j.: MZE-4583/2023-16212, spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního
hospodářství provádí ÚKZÚZ Brno

Souborná zpráva

Zpracovali: Ing. Dušan Reininger, Ph.D.
Ing. Tomáš Svoboda
Bc. Petra Morávková

Obsah

1 Úvod	11
2 Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	12
2.1 Úvod pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	12
2.2 Metodika pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	13
2.3 Popis odběrných míst pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	14
2.4 Výsledky pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	17
2.4.1 Půda	17
2.4.1.1 Nadložní organický materiál	17
2.4.1.2 Půdní chemická reakce	17
2.4.1.3 Celkový dusík	20
2.4.1.4 Spalitelný uhlík (C _{ox})	21
2.4.1.5 Poměr C/N	21
2.4.1.6 Fosfor	21
2.4.1.7 Draslík	22
2.4.1.8 Vápník	24
2.4.1.9 Hořčík	28
2.4.1.10 Síra	32
2.4.1.11 Hliník	32
2.4.1.12 Železo	33
2.4.1.13 Mangan	34
2.4.1.14 Rizikové prvky	34
2.4.1.14.1 Zinek	34
2.4.1.14.2 Kadmium	35
2.4.1.14.3 Chróm	36
2.4.1.14.4 Měď	36
2.4.1.14.5 Olovo	36
2.4.1.15 Půdní sorpční komplex	36
2.4.1.15.1 Stupeň nasycení	36
2.4.1.15.2 Kationtová výměnná kapacita	38
2.4.2 Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého	43
2.4.2.1 Dusík	43

2.4.2.2	Fosfor	43
2.4.2.3	Draslík	43
2.4.2.4	Vápník	45
2.4.2.5	Hořčík	46
2.4.2.6	Bór	48
2.4.2.7	Mangan	48
2.4.2.8	Zinek	48
2.4.2.9	Ostatní prvky	49
2.4.2.10	Hodnocení poměrů živin v jehlicích	49
2.5	Závěr pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	51
2.6	Použitá literatura pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	52
2.7	Přílohy pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B	54
2.7.1	Popisné statistiky	54
2.7.1.1	Nadložní organický horizont	54
2.7.1.2	Horizont organominerální	55
2.7.1.3	Horizont minerální	57
2.7.1.4	Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	59
2.7.1.5	Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	61
3	Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	63
3.1	Úvod pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	63
3.2	Metodika pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	64
3.3	Popis odběrných míst pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	65
3.4	Výsledky pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	68
3.4.1	Půda	68
3.4.1.1	Nadložní organický materiál	68
3.4.1.2	Půdní chemická reakce	69
3.4.1.3	Dusík	72
3.4.1.4	Oxidovatelný uhlík	74
3.4.1.5	Poměr C/N	74
3.4.1.6	Fosfor	74
3.4.1.7	Draslík	74
3.4.1.8	Vápník	77
3.4.1.9	Hořčík	81

3.4.1.10	Hliník	84
3.4.1.11	Železo.....	85
3.4.1.12	Mangan	86
3.4.1.13	Síra	86
3.4.1.14	Rizikové prvky.....	87
3.4.1.14.1	<i>Zinek</i>	87
3.4.1.14.2	<i>Kadmium</i>	87
3.4.1.14.3	<i>Chróom</i>	88
3.4.1.14.4	<i>Měď</i>	88
3.4.1.14.5	<i>Olovo</i>	88
3.4.1.15	Půdní sorpční komplex	89
3.4.1.15.1	<i>Stupeň nasycení</i>	89
3.4.1.15.2	<i>Kationtová výměnná kapacita</i>	90
3.4.2	Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého	96
3.4.2.1	Dusík	96
3.4.2.2	Fosfor	97
3.4.2.3	Draslík.....	97
3.4.2.4	Vápník.....	98
3.4.2.5	Hořčík	101
3.4.2.6	Bór.....	101
3.4.2.7	Mangan	101
3.4.2.8	Zinek	102
3.4.2.9	Ostatní prvky.....	102
3.4.2.10	Hodnocení poměrů živin v jehlicích	104
3.4.3	Hodnocení obsahů prvků v listech břízy bělokoré	105
3.4.3.1	Dusík	105
3.4.3.2	Fosfor	105
3.4.3.3	Draslík.....	106
3.4.3.4	Vápník.....	106
3.4.3.5	Hořčík	107
3.4.3.6	Bór.....	107
3.4.3.7	Mangan	107
3.4.3.8	Zinek	108

3.4.3.9	Ostatní prvky.....	108
3.5	Závěr pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	109
3.6	Použitá literatura pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C	110
3.7	Přílohy pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C.....	111
3.7.1	Popisné statistiky.....	111
3.7.1.1	Nadložní organický horizont.....	111
3.7.1.2	Horizont organominerální	112
3.7.1.3	Horizont minerální	114
3.7.1.4	Smrk ztepilý – jehlice běžného roku.....	116
3.7.1.5	Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	117
3.7.1.6	Bříza bělokorá – listy	118
4	Kovářská B a Jáchymov.....	119
4.1	Úvod pro lokality Kovářská B a Jáchymov	119
4.2	Metodika pro lokality Kovářská B a Jáchymov.....	120
4.3	Popis odběrných míst pro lokality Kovářská B a Jáchymov	121
4.4	Výsledky pro lokality Kovářská B a Jáchymov	124
4.4.1	Půda.....	124
4.4.1.1	Nadložní organický materiál.....	124
4.4.1.2	Půdní chemická reakce.....	125
4.4.1.3	Dusík	128
4.4.1.4	Oxidovatelný uhlík.....	129
4.4.1.5	Poměr C/N	130
4.4.1.6	Fosfor	130
4.4.1.7	Draslík.....	131
4.4.1.8	Vápník.....	132
4.4.1.9	Hořčík	136
4.4.1.10	Hliník	140
4.4.1.11	Železo.....	141
4.4.1.12	Mangan	142
4.4.1.13	Síra	143
4.4.1.14	Bór.....	144
4.4.1.15	Rizikové prvky.....	144
4.4.1.15.1	<i>Zinek.....</i>	<i>144</i>

4.4.1.15.2	<i>Kadmium</i>	146
4.4.1.15.3	<i>Chró</i> m.....	147
4.4.1.15.4	<i>Měd'</i>	147
4.4.1.15.5	<i>Olovo</i>	147
4.4.1.16	Půdní sorpční komplex	147
4.4.1.16.1	<i>Stupeň nasycení</i>	147
4.4.1.16.2	<i>Kationtová výměnná kapacita</i>	148
4.4.2	Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého	154
4.4.2.1	Dusík	154
4.4.2.2	Fosfor	155
4.4.2.3	Draslík.....	155
4.4.2.4	Vápník.....	155
4.4.2.5	Hořčík	158
4.4.2.6	Bór.....	158
4.4.2.7	Mangan	159
4.4.2.8	Zinek	159
4.4.2.9	Ostatní prvky.....	159
4.4.2.10	Hodnocení poměrů živin v jehlicích	160
4.5	Závěr pro lokality Kovářská B a Jáchymov	161
4.6	Použitá literatura pro lokality Kovářská B a Jáchymov	162
4.7	Přílohy pro lokality Kovářská B a Jáchymov	163
4.7.1	Popisné statistiky.....	163
4.7.1.1	Nadložní organický horizont.....	163
4.7.1.2	Horizont organominerální	164
4.7.1.3	Horizont minerální	166
4.7.1.4	Smrk ztepilý – jehlice běžného roku.....	168
4.7.1.5	Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	169
5	Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	170
5.1	Úvod pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	170
5.2	Metodika pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	171
5.3	Popis odběrných míst pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	172
5.4	Výsledky pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	176
5.4.1	Půda.....	176

5.4.1.1	Nadložní organický materiál	176
5.4.1.2	Půdní chemická reakce.....	176
5.4.1.3	Celkový dusík	178
5.4.1.4	Oxidovatelný uhlík.....	180
5.4.1.5	Poměr C/N	180
5.4.1.6	Fosfor	180
5.4.1.7	Draslík.....	181
5.4.1.8	Vápník.....	182
5.4.1.9	Hořčík	185
5.4.1.10	Hliník	189
5.4.1.11	Železo.....	190
5.4.1.12	Mangan	191
5.4.1.13	Síra	192
5.4.1.14	Bór.....	192
5.4.1.15	Rizikové prvky.....	193
5.4.1.15.1	<i>Kadmium</i>	193
5.4.1.15.2	<i>Chró</i> m.....	194
5.4.1.15.3	<i>Měd'</i>	194
5.4.1.15.4	<i>Olovo</i>	194
5.4.1.15.5	<i>Zinek</i>	194
5.4.1.16	Půdní sorpční komplex	195
5.4.1.16.1	<i>Stupeň nasycení</i>	195
5.4.1.16.2	<i>Kationtová výměnná kapacita</i>	196
5.4.2	Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého	203
5.4.2.1	Dusík	203
5.4.2.2	Fosfor	204
5.4.2.3	Draslík.....	206
5.4.2.4	Vápník.....	207
5.4.2.5	Hořčík	208
5.4.2.6	Síra	209
5.4.2.7	Hliník	209
5.4.2.8	Železo.....	210
5.4.2.9	Bór.....	210

5.4.2.10	Mangan	212
5.4.2.11	Zinek	212
5.4.2.12	Ostatní prvky.....	212
5.4.3	Hodnocení obsahu prvků v listech břízy bělokoré.....	213
5.4.3.1	Dusík	213
5.4.3.2	Fosfor	214
5.4.3.3	Draslík.....	214
5.4.3.4	Vápník.....	215
5.4.3.5	Hořčík	216
5.4.3.6	Síra	217
5.4.3.7	Hliník	217
5.4.3.8	Železo.....	217
5.4.3.9	Bór.....	217
5.4.3.10	Mangan	218
5.4.3.11	Zinek	218
5.4.3.12	Ostatní prvky.....	218
5.5	Závěr pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno.....	220
5.6	Použitá literatura pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno.....	221
5.7	Přílohy pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno	222
5.7.1	Popisné statistiky.....	222
5.7.1.1	Nadložní organický horizont.....	222
5.7.1.2	Horizont organominerální	224
5.7.1.3	Horizont minerální	226
5.7.1.4	Smrk ztepilý – jehlice běžného roku.....	228
5.7.1.5	Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	229
5.7.1.6	Bříza bělokorá – listy	230

1 Úvod

Tato souborná zpráva je vytvořena na základě jednotlivých závěrečných zpráv zpracovaných k jednotlivým vápněným lokalitám. Tyto lokality byly povápněny v roce 2018 a hodnocen byl stav půdních vlastností a obsah prvků v asimilačních orgánech lesních dřevin v roce 2023. Konkrétně se jedná o závěrečné zprávy z lokalit:

Cínovec 2 + 3 a Litvínov B (Č.j.: UKZUZ 061577/2024)

Kryštofovy Hamry B a Vejprty C (Č.j.: UKZUZ 096708/2024)

Kovářská B a Jáchymov (Č.j.: UKZUZ 112908/2024)

Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno (Č.j.: UKZUZ 134970/2024)

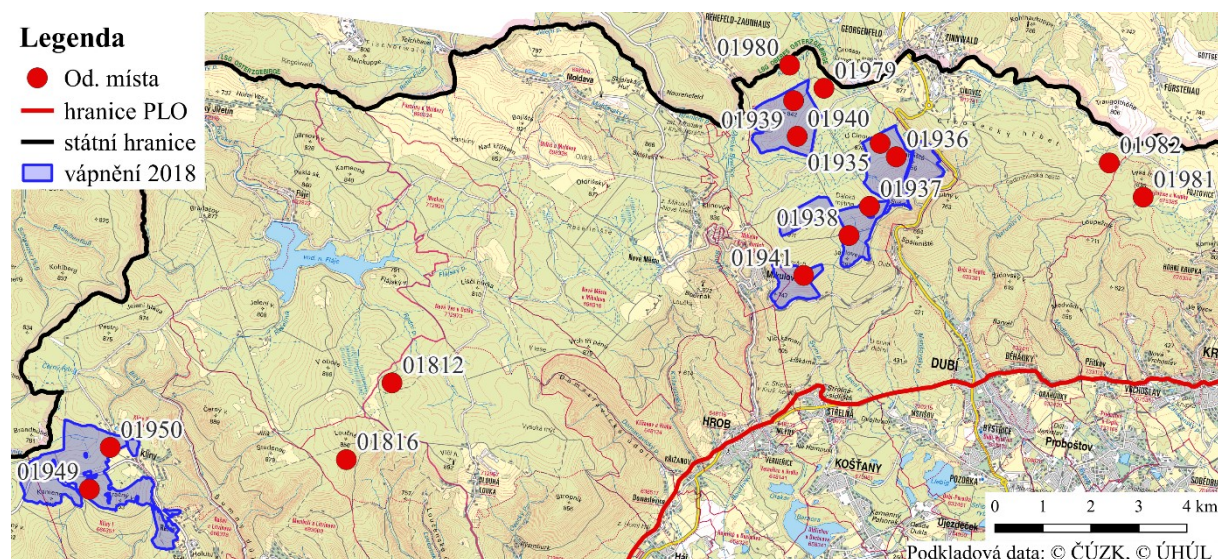
Vytvořením souborné zprávy došlo ke změně některých názvů kapitol a kompletnímu přečíslování tabulek a obrázků.

2 Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

2.1 Úvod pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

V roce 2023 byly provedeny odběry vzorků půd a asimilačních orgánů za účelem zhodnocení kvality a účinnosti vápnění po pěti letech od vápnění na lokalitách „Cínovec 2+3“ a „Litvínov B“ v okolí Cínovce a Klínů (Obr. 2.1).

Vápnění na těchto lokalitách proběhlo v roce 2018. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace byly použity výsledky z devíti porostů povápněných a ze šesti porostů kontrolních (nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2018, 2020 a 2023. Vzorky z porostů kontrolních byly odebrány v letech 2017/18, 2019/20 a 2022. Z dostupných databází vyplývá, že porosty na odběrných místech 01949 a 01950 byly povápněny i v roce 2002. Dále porosty na odběrných místech 01935, 01936, 01937 a 01938 byly povápněny v roce 2001 a porosty na odběrných místech 01939 a 01940 byly povápněny v roce 2000.



Obr. 2.1: Vápněná území a poloha odběrných míst

2.2 Metodika pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

- 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 a software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software systém), version 12
- Mapové podklady byly vypracovány v programu QGIS 3.28.5.
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 2.1.
- Pro slovní hodnocení obsahu prvků v půdě a v asimilačních orgánech smrku ztepilého byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013)

Tab. 2.1: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Porost	Vápněný	2018		Ano	Ano	Ano		
		2020	Ano		Ano		Ano	
		2023	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2017/18	Ano				Ano	Ano
		2019/20		Ano		Ano		Ano
		2022			Ano	Ano	Ano	

2.3 Popis odběrných míst pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

Stanoviště určená k posouzení kvality a účinnosti vápnění se nacházejí ve spíše mladších převážně smrkových porostech ve stádiu tyčkovin až tyčovin s příměsí melioračních a zpevňujících dřevin v 6.–7. lesním vegetačním stupni (Tab. 2.2). Většina těchto porostů je zařazena do edafické kategorie K (kyselá). Geologické podloží u vápněných porostů tvoří ve většině případů ryolitový ignimbrit, což je kyselá, na alkálie velmi bohatá vulkanická hornina s vysokým podílem vulkanického skla (<https://www.ig.cas.cz/pro-verejnost/geopark-sporilov/v11-ignimbrit/>, citováno 2024-1-12). Stanoviště vápněná i kontrolní byla zvolena na základě podobnosti klasifikace porostů, dřevinné skladby a věku porostu. Zvolené porosty se považují za vhodné k posouzení kvality a účinnosti vápnění. Pro detailnější posouzení či doplnění informací o stanovištích byl proveden popis půdního prostředí (Tab. 2.3).

Tab. 2.2: Seznam odběrných míst

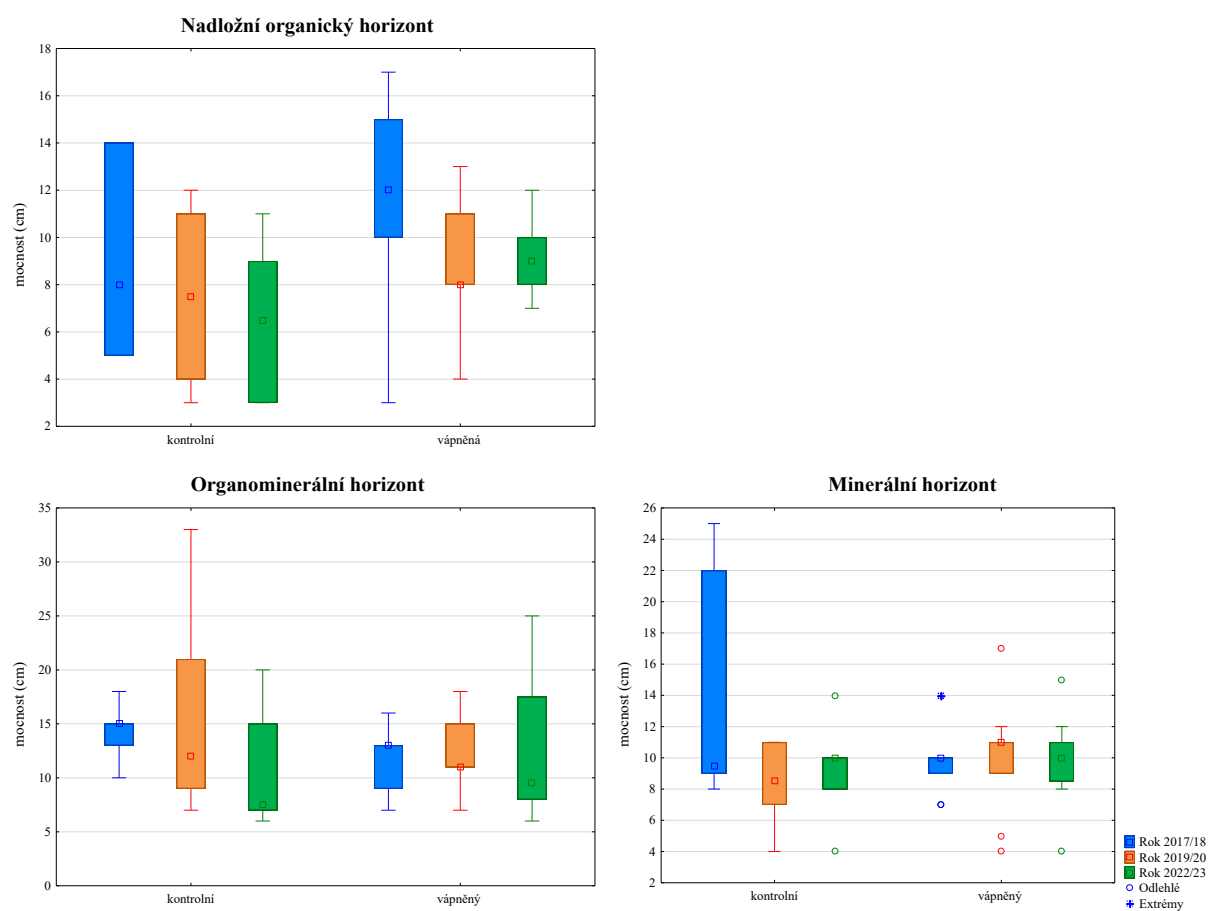
Vápněná	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01935	LČR LS Litvínov	513B _{2a}	SM 100, SMP +, BR +, JR +	13	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01936	Lesy Sever s.r.o.	515B ₄	MD 60, SM 30, SMP 10	31	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01937	Lesy Sever s.r.o.	517D ₂	SM 80, OL 20	18	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01938	Lesy Sever s.r.o.	526C _{3/2}	SM 99, BK 1, BR +	29	6S1	544	ryolitový ignimbrit
01939	LČR LS Litvínov	507C _{4/2a}	SM 85, SMP 15	35	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01940	LČR LS Litvínov	506C ₂	SM 95, KOS 5	17	7K5	721	ryolitový ignimbrit
01941	LČR LS Litvínov	524F ₄	BR 52, SM 30, MD 18	37	6K1	524	ryolitový ignimbrit
01949	Statutární město Most	613D _{3/1}	SM 90, JR 10	30	7K5	724	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01950	Statutární město Most	602B _{4a/2a/1}	SM 90, SMP 10	12	7K5	721	ortorula
Kontrolní	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
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
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	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01981	LČR LS Litvínov	611E ₃	SM 90, BO 10	26	6M1	722	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01982	LČR LS Litvínov	612A ₆	SM 90, KL 10	56	6K5	521	ryolit

Tab. 2.3: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť

Vápněná	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01935	F filcovitý, H krémovitý, záteky mezi balvany, převládá H	7.5YR5/6, tmavě hnědá až černá, 7.5YR6/1, vysvětlená, shora silně prokořeněná, prachovito-hlinitá, písek, drobtovitá	5YR5/6, rezavá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná až vazká
01936	souvislý drn, hluboký, filcovitý, silně prokořeněný, přechod hladký	šedá, vysvětlená, přechází do růžové, prachovito-hlinitá, drobtovitá, hrudkovitá, drobná, přechod hladký, bez eluviálního horizontu	rezavá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná až vazká
01937	mocný, surový humus, F filcovitý, H sypký, prokořeněný, místy krémovitý, přechod ostrý	7.5YR4/3, hnědá, vespod růžově hnědá, 5YR5/6, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, drobná, náznak eluviálního horizontu	5YR6/6, rezavá až šedá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná, místy vazká
01938	vytvořen F i H, v mokřinách krémovitý, přechod ostrý	tmavohnědá, 7.5YR3/2, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná, vazká	redukční šedý horizont, 7.5YR5/1, písčité, místy jílovité, vazké, přechod do detritátu teplické žuly
01939	hustý drn, F filcovitý, H krémovitý, přechod ostrý	hnědá, přechází do šedavé, 10YR4/4 a 10YR5/2, hlinito-písčité, hrudkovitá, soudržná	narůžovělá, 5YR5/6, místy vybělená, 5YR6/4 nebo rezavá, drobná až sypká, hlinito-písčité
01940	F filcovitý, H krémovitý, přechod ostrý	7.5YR5/4, hnědá, 7.5YR6/3, šedá, prachovitá, hrudkovitá, drobná	převážně šedá, 5YR6/3, rezavá málo dostupná, 5YR5/6, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná, místy vazká
01941	prokořeněný, F filcovitý, H krémovitý, přechod ostrý	5YR6/3, růžovo-hnědá, místy až vybělená (Ev), písčito-hlinitá, hrudkovitá, hranolovitá, soudržná	rezavá, 5YR5/6, písčito-hlinitá, drobná
01949	filcovitý, prokořeněný, přechod ostrý	5YR3/4, tmavě hnědá, místy šedá, 7.5YR6/1, středně humózní, písčito-hlinitá, drobtovitá, kyprá	5YR5/8, rezavá, prachovito-hlinitá, drobně hranolovitá, soudržná
01950	F drn, H převládá, přechod ostrý	5YR5/3, hnědá, shora humózní, prokořeněný, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, kyprá	5YR6/6, rezavá, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná-vazká
Kontrolní	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01812	dominuje H, filcovitý, přechod ostrý	7.5YR5/2, tmavě hnědá, místy šedá, redukční horizont, přechází do rezavého, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, drobná, kyprá	7.5YR5/6, rezavá, písčito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná
01816	F filcovitý, H krémovitý, záteky, přechod hladký	7.5YR2.5/2, kávově hnědá, přechod do rezavé, hlinito-písčité, drobná	7.5YR4/4, hnědá, narezavělá, zespod žlutavá, hlinitá, sypká
01979	filcovitý, silně prokořeněný, převládá H, moder	tmavě hnědá, písčito-hlinitá, vespod vybělená, krupnatá, sypká	světle hnědá, místy vybělená nebo rezavá, krupnatá, sypká, mírně vlhká, jílovito-hlinitá
01980	filcovitý, převládá H, přechod ostrý	7.5YR7/1, šedá, místy narůžovělá, hlinito-písčité, mírně vlhká, drobtovitá, drobná až soudržná	5YR6/3, tmavě hnědá, místy vybělená nebo rezavá, písčito-hlinitá, soudržná, vazká
01981	filcovitý, vytvořeno F, H pomístně, přechod nepravidelný	7.5YR4/1, tmavě šedá, prachovitá, mírně vlhká, humózní	7.5YR3/1, šedohnědá, písčito-hlinitá, mírně vlhká, hranolovitá, soudržná
01982	filcovitý, převládá F, mělký, přechod nepravidelný	7.5YR2.5/1 tmavě šedá až černá, prachovitá, mírně vlhká, sypká, drobtovitá	5YR4/6, rezavá, místy E horizont, hlinito-písčité, hrudkovitá, sypká až soudržná, jemně vlhká

V kontrolních i ve vápněných porostech mírně klesá mocnost nadložního organického horizontu, přičemž je tato změna výraznější na kontrolních stanovištích (Obr. 2.2). Tento pokles měl pouze minimální vliv na množství nadložního humusu, které se za pozorované období významně nemění.

Vzorkovaná mocnost organominerálního horizontu v průměru na vápněných i kontrolních stanovištích také mírně klesá. Vzorkovaná mocnost minerálního horizontu se na vápněných i kontrolních plochách dlouhodobě pohybuje okolo 10 cm.



Obr. 2.2: Mocnost vzorkovaných horizontů

2.4 Výsledky pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

2.4.1 Půda

2.4.1.1 Nadložní organický materiál

Množství nadložního organického materiálu se ve srovnání se situací před vápněním významně nezměnilo jak na vápněných, tak i na kontrolních plochách. Významný úbytek vlivem předpokládané větší mikrobiální aktivity po vápnění tedy není pozorován.

Tab. 2.4: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{OX}) celkový dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	155	145	154	93,8	135	112
pH _{CaCl2}	3,72	3,91	4,69	3,45	3,28	3,56
pH _{H2O}	4,51	4,83	4,65	4,23	4,27	4,42
C_{OX} (%)	25,1	24,5	29,2	32,6	24,6	24,0
N (%)	1,41	1,34	1,13	1,59	1,38	1,29
C/N	17,9	18,4	25,3	20,3	17,9	18,7
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,58	3,57	3,52	3,48	3,53	3,50
pH _{H2O}	4,36	4,63	4,49	4,27	4,48	4,31
C_{OX} (%)	4,86	4,31	4,19	5,45	4,52	5,10
N (%)	0,30	0,26	0,22	0,31	0,25	0,28
C/N	16,1	16,3	19,1	17,2	17,9	18,1
Vým. acidita (mekv./kg)	110	120	113	141	132	136
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,52	3,71	3,69	3,65	3,80	3,76
pH _{H2O}	4,39	4,63	4,64	4,52	4,73	4,55
C_{OX} (%)	4,12	3,45	3,87	4,93	3,67	4,07
N (%)	0,26	0,21	0,20	0,29	0,20	0,21
C/N	15,8	16,2	19,1	17,0	17,3	19,2
Vým. acidita (mekv./kg)	107	111	106	129	120	103

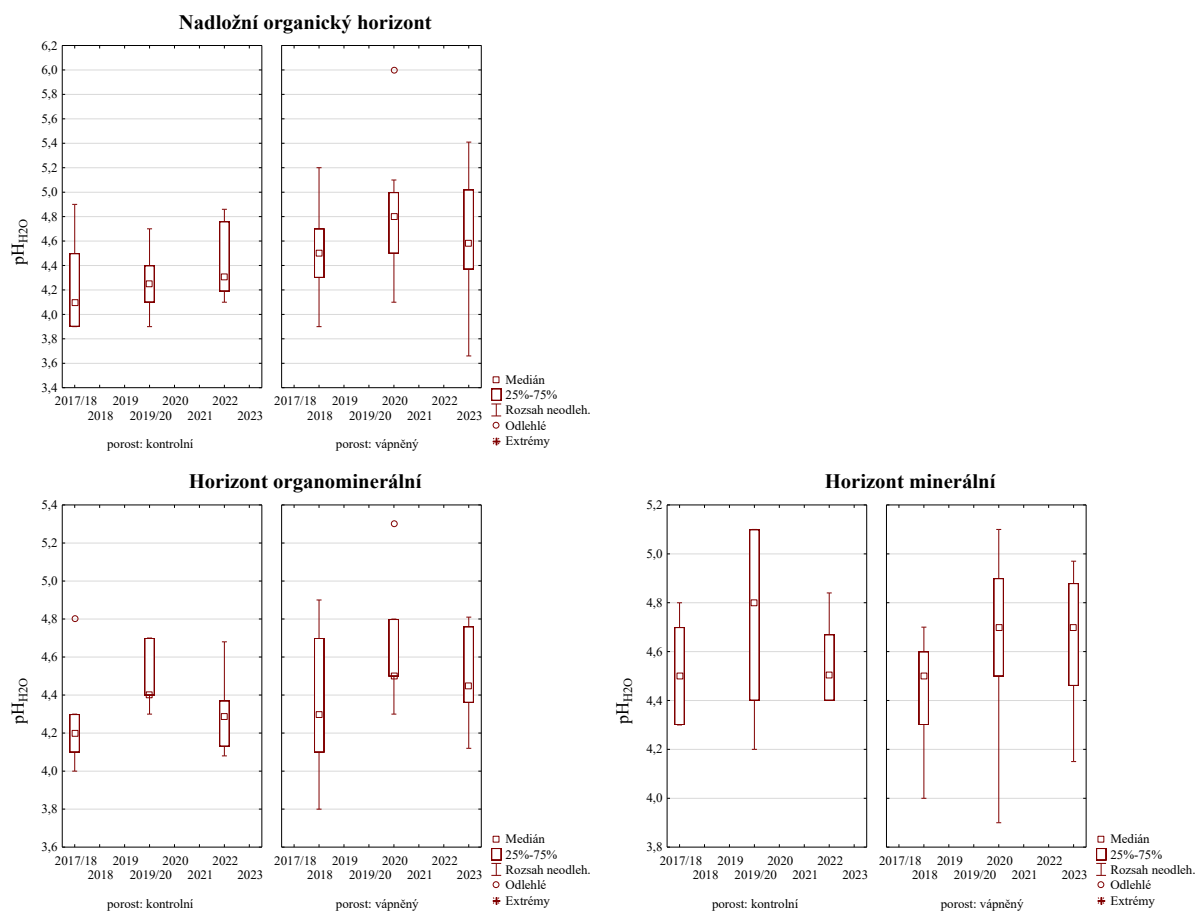
2.4.1.2 Půdní chemická reakce

V nadložním organickém horizontu vápněných porostů se za pozorované období významně zvýšila hodnota půdní reakce výměnné (pH_{CaCl2}) a pět let po vápnění ji tedy hodnotíme jako silně kyselou na rozdíl od kontrolních porostů, kde hodnoty výměnného pH zůstávají na úrovni velmi silně kyselé půdní reakce. Podobně je hodnocena i půdní reakce aktivní (pH_{H2O}), i když zde není tato změna tak výrazná (Obr. 2.3). Toto lze jednoznačně považovat za pozitivní změnu vyvolanou vápněním.

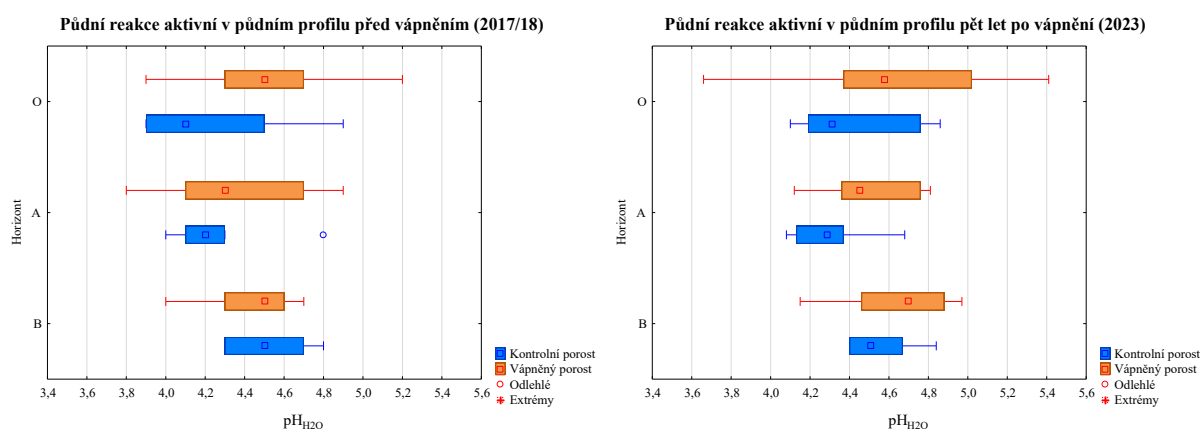
Půdní reakce aktivní i výměnná v organominerálním horizontu nevykazuje ve sledovaném období významnější rozdíly v hodnotách mezi vápněnými a kontrolními porosty.

V minerálním horizontu se na vápněných plochách po dvou letech od vápnění významně zvýšila hodnota aktivní i výměnné půdní reakce a tyto vysoké hodnoty přetrvávají

i pět let od vápnění. V kontrolních porostech můžeme sledovat podobný, ale nevýznamný průběh v půdní reakci aktivní i výměnné.



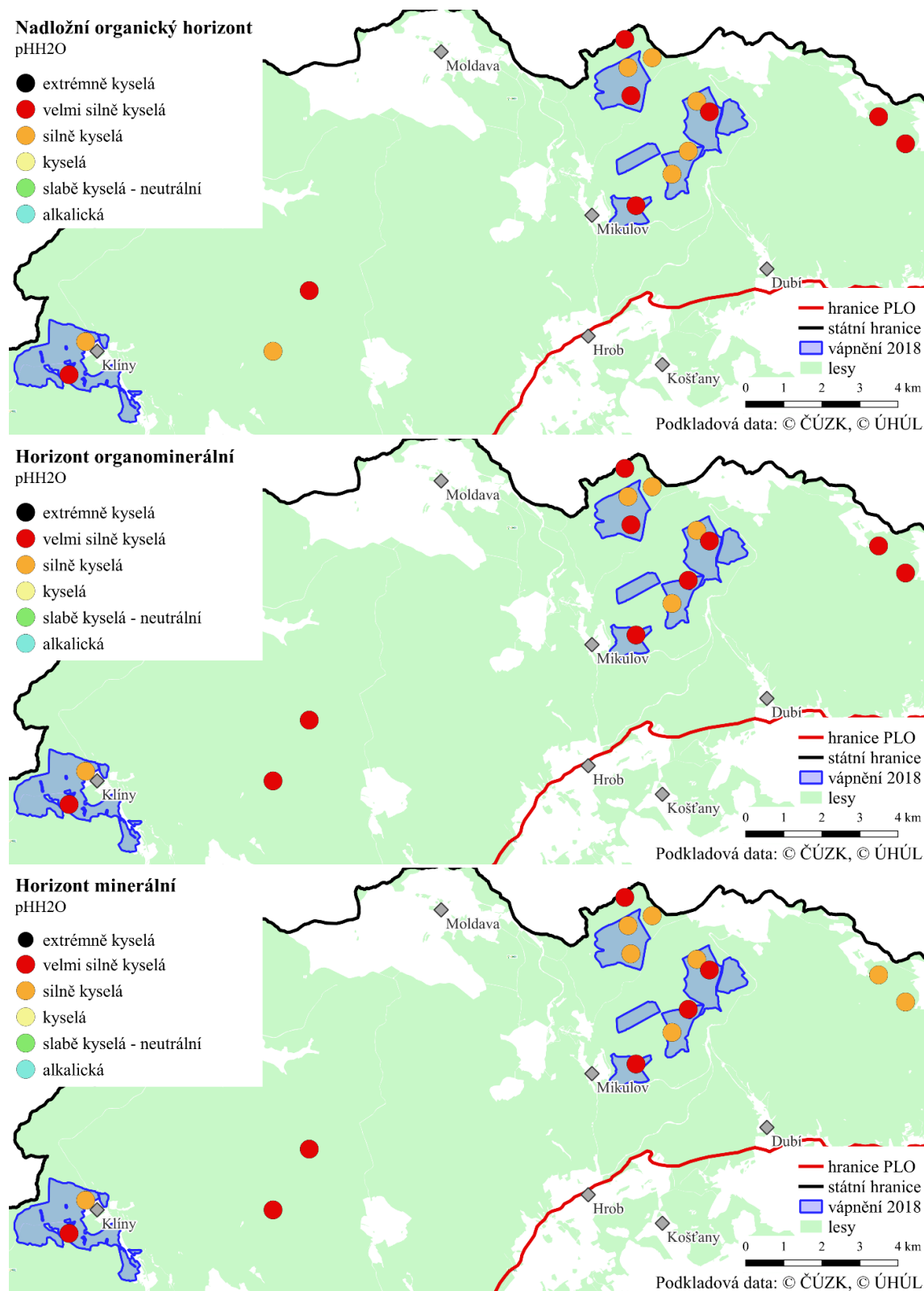
Obr. 2.3: Půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 2.4: Půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdním profilu před vápněním (2017/18) a pět let po vápnění (2023)

Pokud budeme sledovat půdní reakci v celém půdním profilu, tak ze zjištěných hodnot je zřejmé, že půdy vápněných porostů jsou na tom pět let po vápnění výrazně lépe (Obr. 2.4).

Pozitivní vliv vápnění je pak znatelný zejména v organominerálním (A) i minerálním (B) horizontu.



Obr. 2.5: Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pH_{H2O} v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

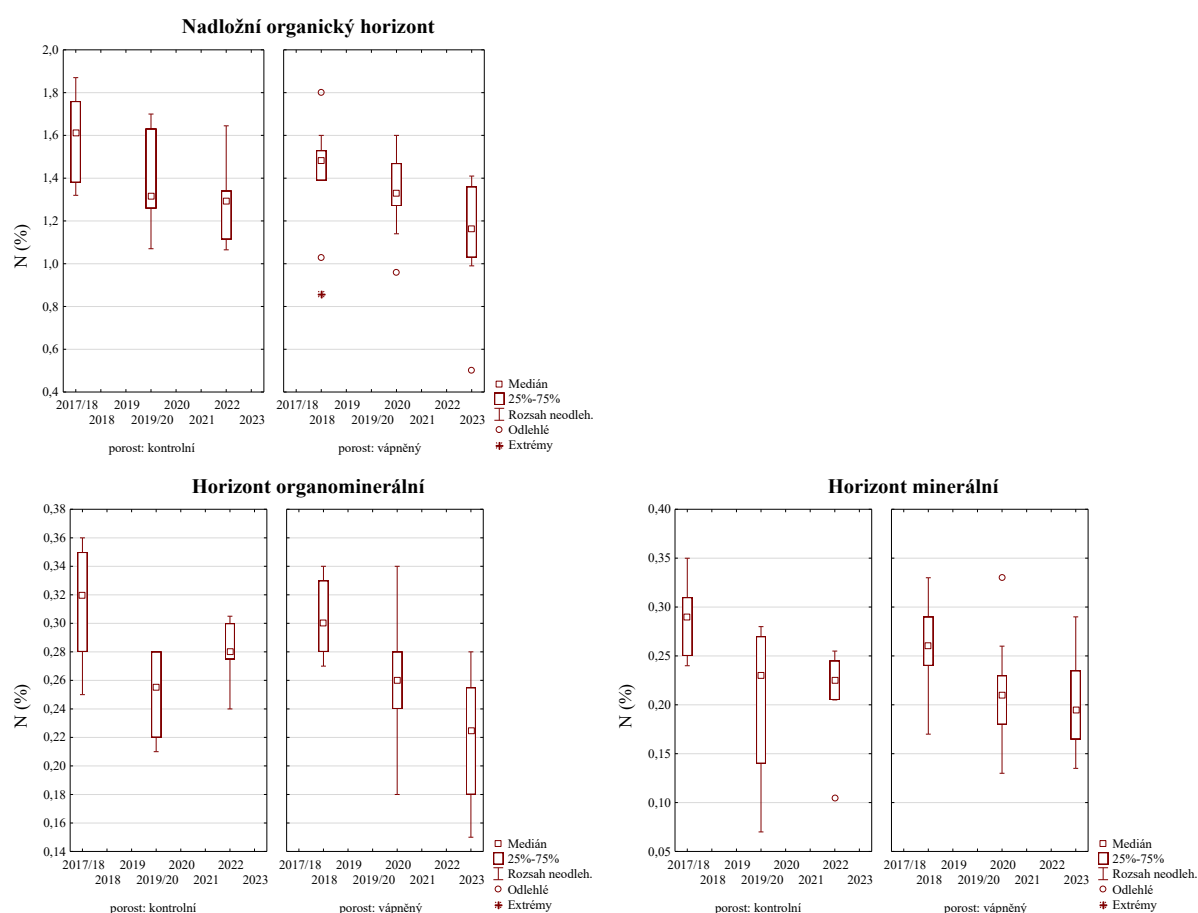
Hodnota výměnné acidity zůstává po celou dobu sledování v organominerálních i v minerálních horizontech stabilní po celou dobu sledování (Tab. 2.4).

2.4.1.3 Celkový dusík

Obsah dusíku (N) za sledované období statisticky významně klesl v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů (Tab. 2.4). Z grafického zobrazení je zřejmé, že tento pokles má přibližně stejný průběh jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a jeho souvislost s vápněním je tedy nepravděpodobná (Obr. 2.6).

V organominerálním horizontu vápněných porostů také dochází k pozvolnému úbytku dusíku a po pěti letech od vápnění je už tento pokles hodnocen jako statisticky významný. V kontrolních porostech obsah dusíku kolísá, ale od hodnot ve vápněných porostech se liší pouze nevýznamně. Úbytek dusíku ve vápněných porostech je pravděpodobně způsoben zvýšeným odběrem kořeny dřevin, což se projevuje zvýšeným obsahem dusíku v jehlicích běžného i předchozího roku smrku ztepilého.

Podobný, avšak statisticky nevýznamný, trend se opakuje i v minerálních horizontech vápněných porostů. V minerálních horizontech kontrolních porostů je situace podobná.



Obr. 2.6: Obsah dusíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

2.4.1.4 Spalitelný uhlík (C_{ox})

Obsah spalitelného uhlíku se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů za sledované období výrazně nezměnil, tento obsah zde spíše stagnuje s nevýznamným nárůstem v posledních odběrech roku 2023 (Tab. 2.4). Naproti tomu v kontrolních porostech došlo k významnému poklesu obsahu spalitelného uhlíku.

V organominerálních horizontech vápněných porostů dochází k nevýznamnému pozvolnému poklesu obsahu uhlíku. V kontrolních porostech obsah spalitelného uhlíku kolísá.

V minerálních horizontech dochází na vápněných plochách k nevýznamnému kolísání. Na kontrolních plochách byl zaznamenán významný pokles obsahu spalitelného uhlíku ve srovnání se situací v letech 2017/18.

2.4.1.5 Poměr C/N

Poměr C/N je úzce vázán na obsahy uhlíku a dusíku. Všechny tři horizonty vápněných porostů vykazují statisticky významný nárůst hodnoty poměru v posledním odběru v roce 2023, což odráží zejména pokles obsahu dusíku v půdních horizontech vápněných porostů. Se zvyšujícím se poměrem C/N lze usuzovat na snižující se trofismus půdy a stupeň rozkladu organické hmoty. S poměrem C/N a vývojem humusových forem také souvisí dřevinná skladba. Jehličnany mají obtížně rozložitelný opad obsahující nízké koncentrace živin a přispívají ke zvyšování poměru C/N (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

2.4.1.6 Fosfor

Extrahovatelný obsah fosforu (P_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů je za sledované období stabilní bez výraznějších změn (Tab. 2.5).

V organominerálních ani v minerálních horizontech nebyla také zaznamenána žádná významná změna v extrahovatelném obsahu tohoto prvku.

Obsah přístupného fosforu (P_{M3}) je v organominerálním i v minerálním horizontu vápněných porostů poměrně stabilní s náznakem pozvolného nárůstu. Ze zjištěných hodnot je zřejmé, že zde nedochází k negativním změnám v důsledku provedeného vápnění.

Tab. 2.5: Průměrný obsah makroprvků v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
P _{du} (mg/kg)	778	778	713	869	844	867
K _{du} (mg/kg)	1073	1087	974	995	1232	1114
Ca _{du} (mg/kg)	2460	7414	4372	2738	1947	2231
Mg _{du} (mg/kg)	993	3640	2166	765	806	681
Horizont organominerální						
P _{du} (mg/kg)	83,4	78,8	77,0	101	103	109
K _{du} (mg/kg)	132	119	120	109	104	129
Ca _{du} (mg/kg)	442	487	317	320	180	313
Mg _{du} (mg/kg)	211	254	196	136	107	119
P _{M3} (mg/kg)	--	4,65	5,63	--	--	9,66
K _{M3} (mg/kg)	77,7	76,4	63,8	65,3	65,6	76,7
Ca _{M3} (mg/kg)	377	376	263	231	127	251
Mg _{M3} (mg/kg)	151	179	127	60,2	45,4	67,4
Horizont minerální						
P _{du} (mg/kg)	79,6	82,6	83,0	110	98,6	86,3
K _{du} (mg/kg)	117	102	118	103	98,1	98,9
Ca _{du} (mg/kg)	203	172	205	315	197	172
Mg _{du} (mg/kg)	181	192	229	150	113	140
P _{M3} (mg/kg)	< 3,5	< 3,5	--	< 3,5	< 3,5	4,35
K _{M3} (mg/kg)	59,8	54,7	52,2	59,0	58,9	49,9
Ca _{M3} (mg/kg)	176	123	170	225	152	142
Mg _{M3} (mg/kg)	79,9	59,2	90,4	50,1	41,3	--

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

2.4.1.7 Draslík

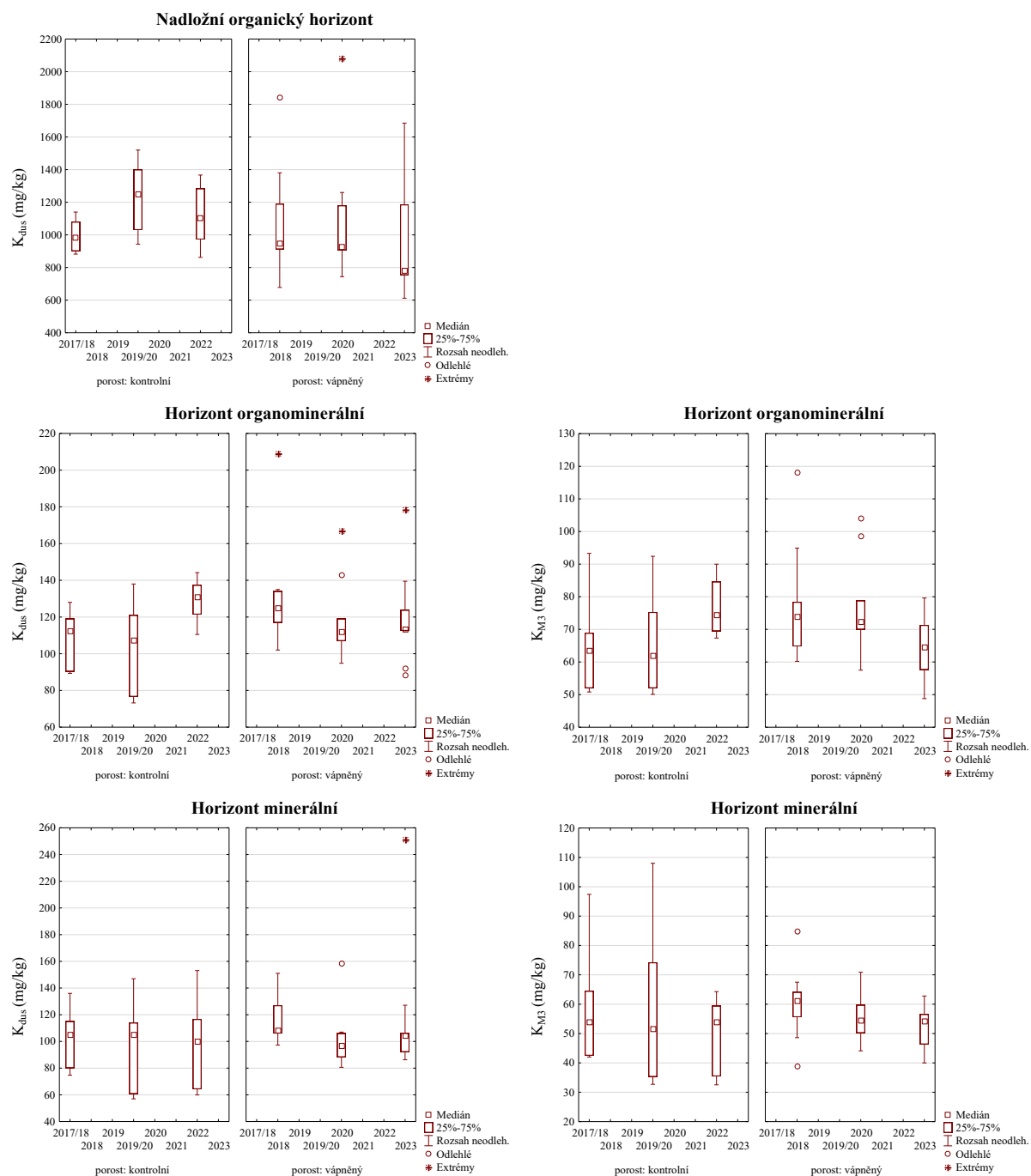
Obsahy extrahovatelného draslíku (K_{du}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů jsou v pátém roce po vápnění mírně nižší než před vápněním (Obr. 2.7). Na kontrolních stanovištích obsah extrahovatelného draslíku za sledované období kolísá, ale od hodnot zjištěných ve vápněných porostech se významně neliší. Podobný jev není na vápněných lokalitách výjimkou (FIALA A KOL., 2023). Z publikovaných výsledků studie dlouhodobého vlivu vápnění na půdní vlastnosti (ŠRÁMEK ET AL., 2012) je zřejmé, že se může jednat pouze o přechodný stav, kdy v delším časovém horizontu se může obsah draslíku na vápněných plochách vrátit zpět na hodnoty zjištěné před vápněním lesních porostů.

V organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů nedochází k výraznějším změnám, ať už vzhledem k situaci před vápněním i vzhledem k hodnotám zjištěným v půdních horizontech kontrolních porostů.

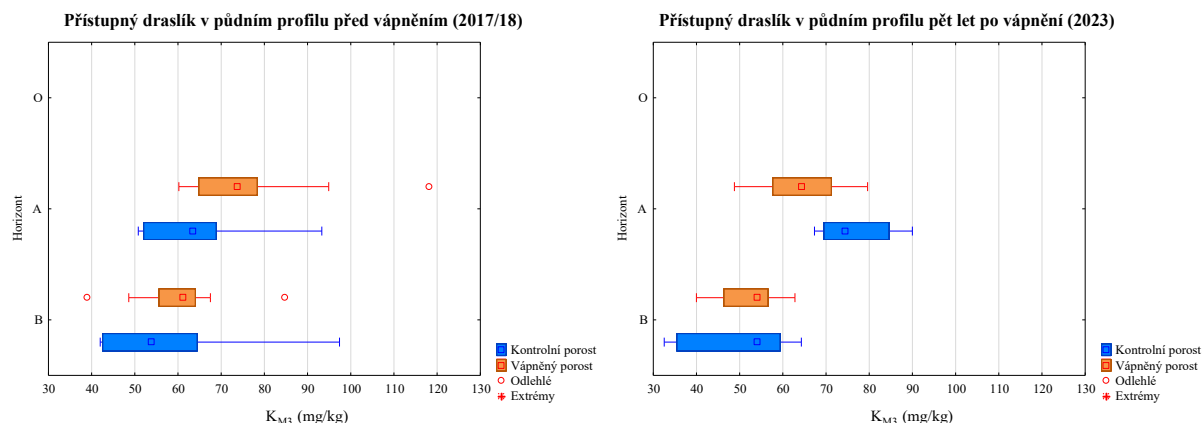
Obsahy přístupného draslíku (K_{M3}) v organominerálních horizontech vápněných porostů statisticky významně klesají na rozdíl od hodnot v kontrolních porostech, kde v posledním období proběhl nevýznamný nárůst. Změnu obsahu přístupného draslíku v organominerálním horizontu vápněných porostů vzhledem k porostům kontrolním během pěti let od vápnění názorně ilustruje Obr. 2.8. Před vápněním byl obsah přístupného draslíku v tomto horizontu vyšší než v porostech kontrolních, během pěti let se situace obrátila a vyšší jsou hodnoty v kontrolních porostech, proto by se v tomto případě mohlo jednat o negativní projev vápnění, kdy v důsledku vyvápňení těchto půd mohlo dojít k vyšší fixaci draslíku. Nedostatečný obsah draslíku v organominerálním horizontu vápněných porostů byl zjištěn na OM 01936 a 01939

(Obr. 2.9). Právě na OM 01939 byly zjištěny v roce 2018 nadprůměrné hodnoty dopadaného vápence (REININGER A KOL., 2019), což by podporovalo domněnku o negativním vlivu vápnění na obsah přístupného draslíku v půdě.

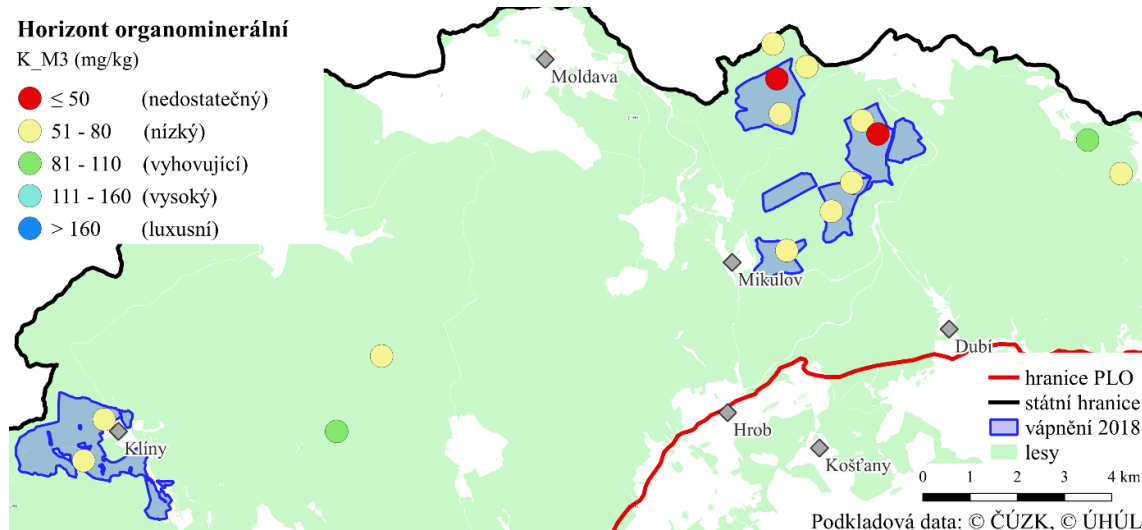
V minerálních horizontech obou typů porostů nejsou zjištěny žádné významné změny, ale i zde byl zaznamenán mírný pokles obsahu přístupného draslíku.



Obr. 2.7: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{M3}) draslíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 2.8: Obsah přístupného draslíku (K_{M3}) v půdním profilu před vápněním (2017/18) a pět let po vápnění (2023)



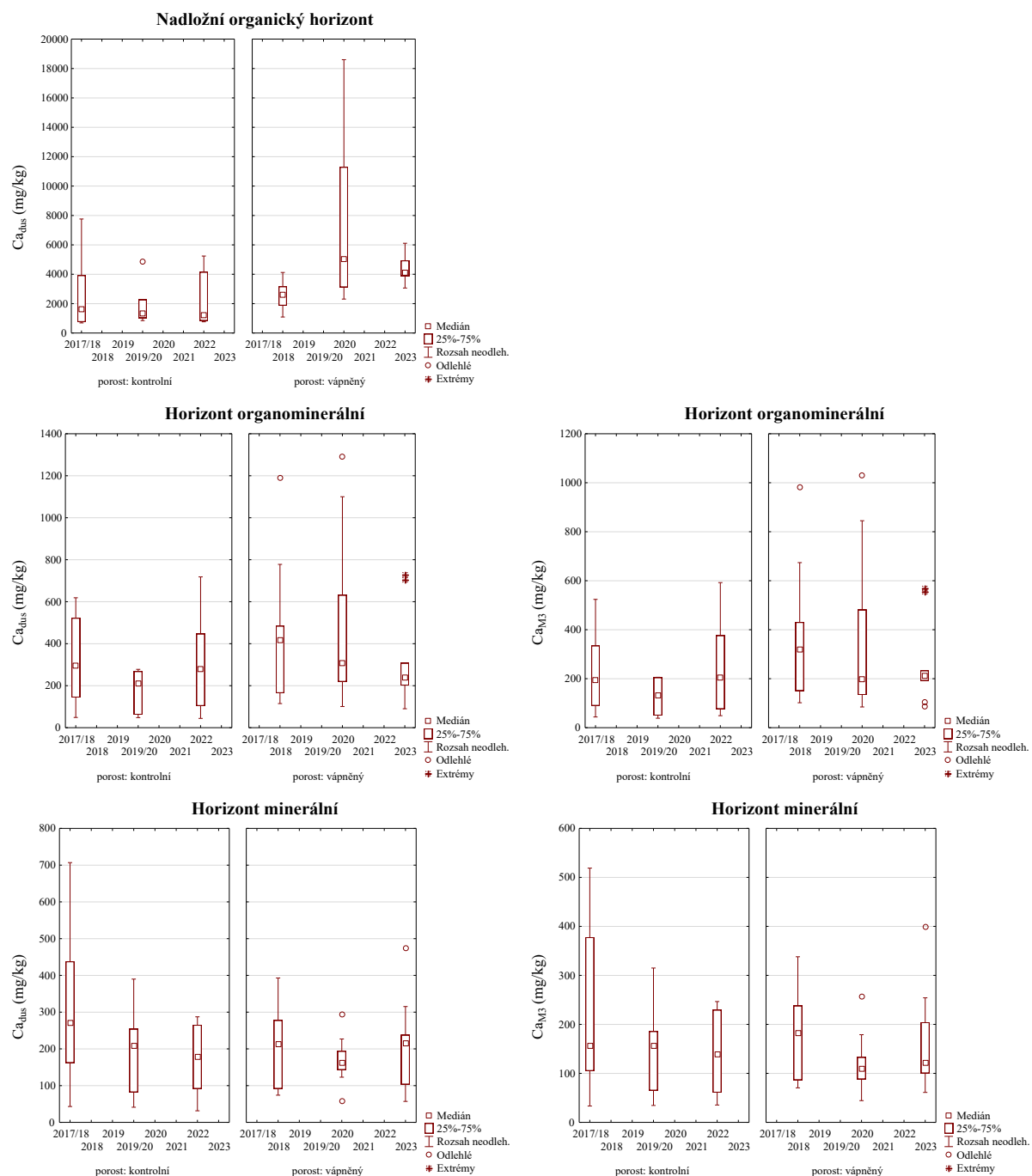
Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 2.9: Kartogram obsahu přístupného draslíku (K_{M3}) v organominerálním horizontu vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

2.4.1.8 Vápník

Množství extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů hodnotíme jako vyhovující až vysoké na rozdíl od porostů kontrolních, kde je úroveň obsahu tohoto prvku převážně nedostatečná (Obr. 2.10). V nadložním organickém horizontu vápněných porostů prozatím nedošlo k výraznějšímu poklesu obsahu vápníku, který by nasvědčoval o pohybu tohoto prvku půdním profilem do spodních minerálních horizontů (Obr. 2.10).

V organominerálních horizontech vápněných porostů se provedené vápnění z roku 2018 dosud neprojevovalo na obsahu extrahovatelného vápníku. Od roku 2018 je naopak zaznamenán jeho pokles, kdežto v kontrolních porostech se tento obsah významně nemění.



Obr. 2.10: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

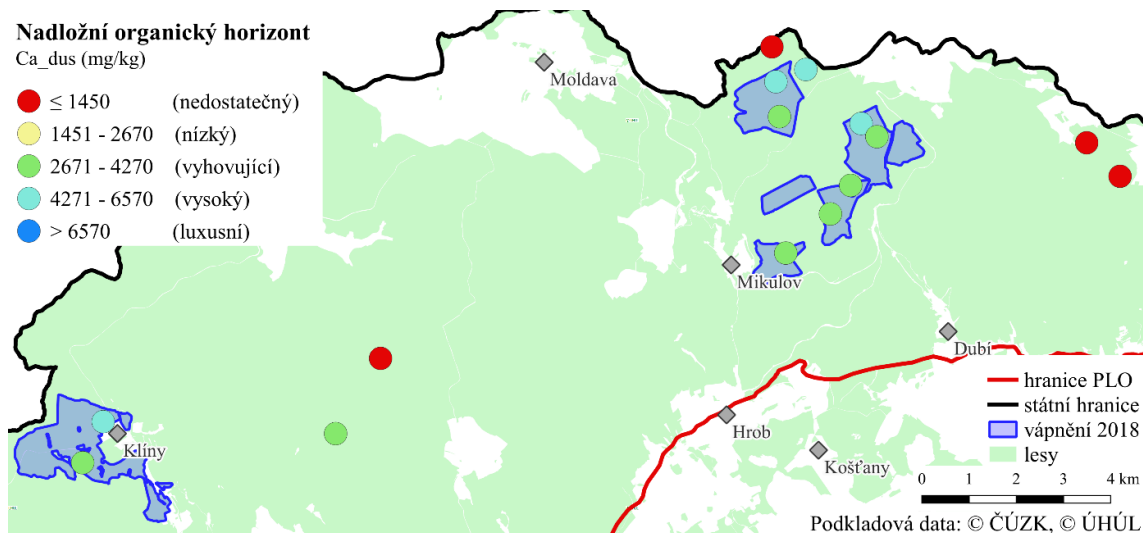
V minerálních horizontech neproběhly významné změny v obsahu extrahovatelného vápníku, ve vápněných porostech obsahy stagnují a v kontrolních dochází k nevýznamnému úbytku.

Ze zjištěných obsahů přístupného vápníku (Ca_{M3}) v organominerálním horizontu vápněných porostů je zřejmé, že vápnění dosud nemělo požadované účinky a zjištěné hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami zjištěnými v kontrolních porostech (Obr. 2.10).

Nadloží organický horizont

Ca_{dus} (mg/kg)

- ≤ 1450 (nedostatečný)
- 1451 - 2670 (nízký)
- 2671 - 4270 (vyhovující)
- 4271 - 6570 (vysoký)
- > 6570 (luxusní)



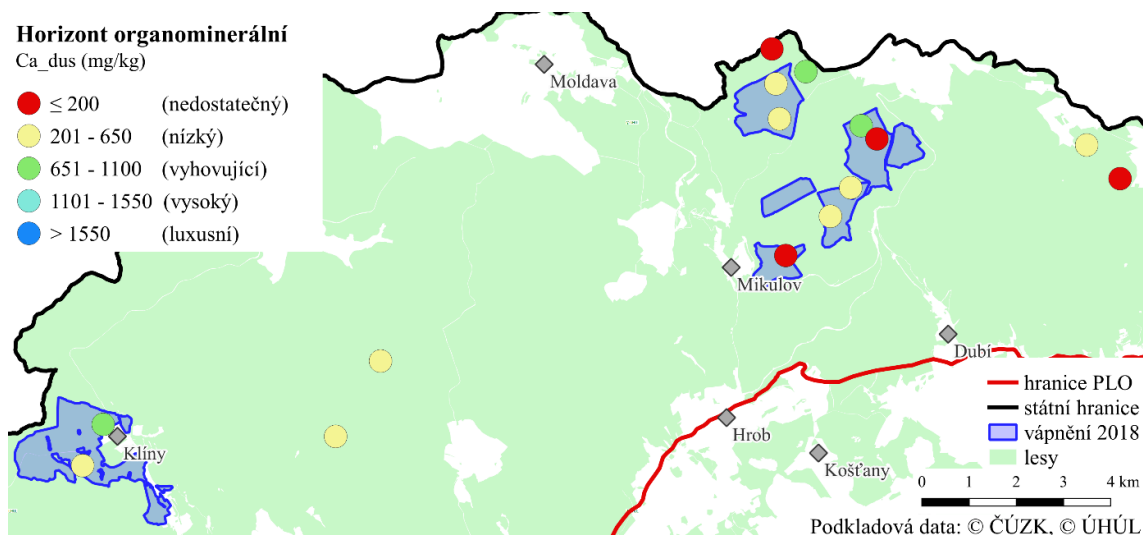
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Horizont organominerální

Ca_{dus} (mg/kg)

- ≤ 200 (nedostatečný)
- 201 - 650 (nízký)
- 651 - 1100 (vyhovující)
- 1101 - 1550 (vysoký)
- > 1550 (luxusní)



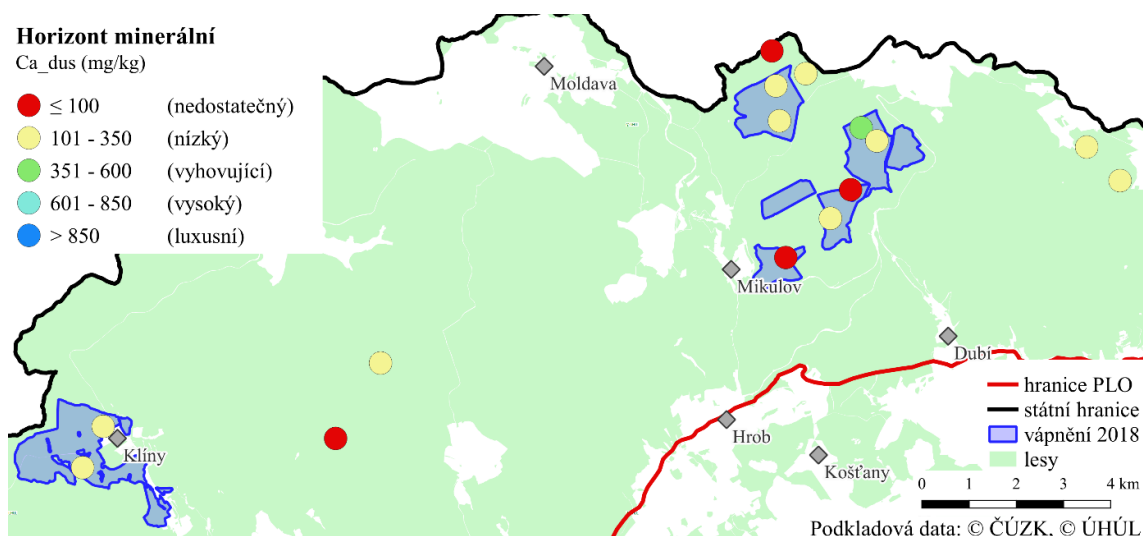
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Horizont minerální

Ca_{dus} (mg/kg)

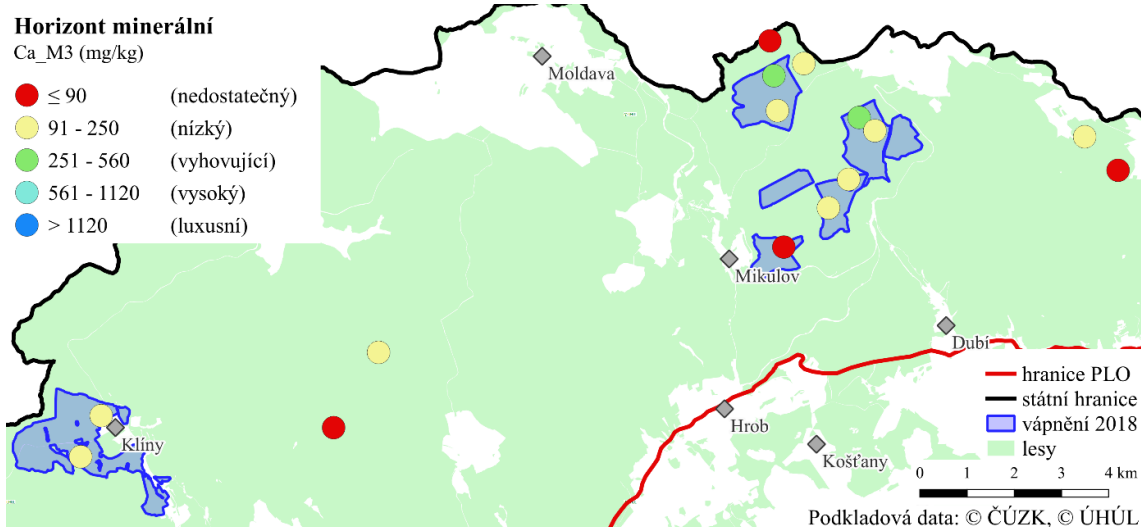
- ≤ 100 (nedostatečný)
- 101 - 350 (nízký)
- 351 - 600 (vyhovující)
- 601 - 850 (vysoký)
- > 850 (luxusní)



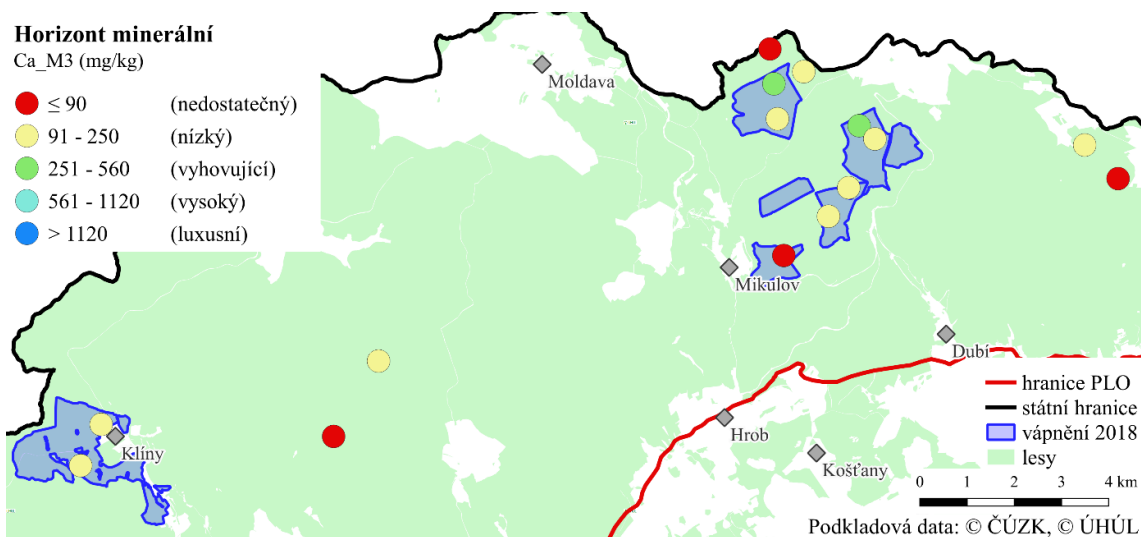
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 2.11: Kartogramy obsahu extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

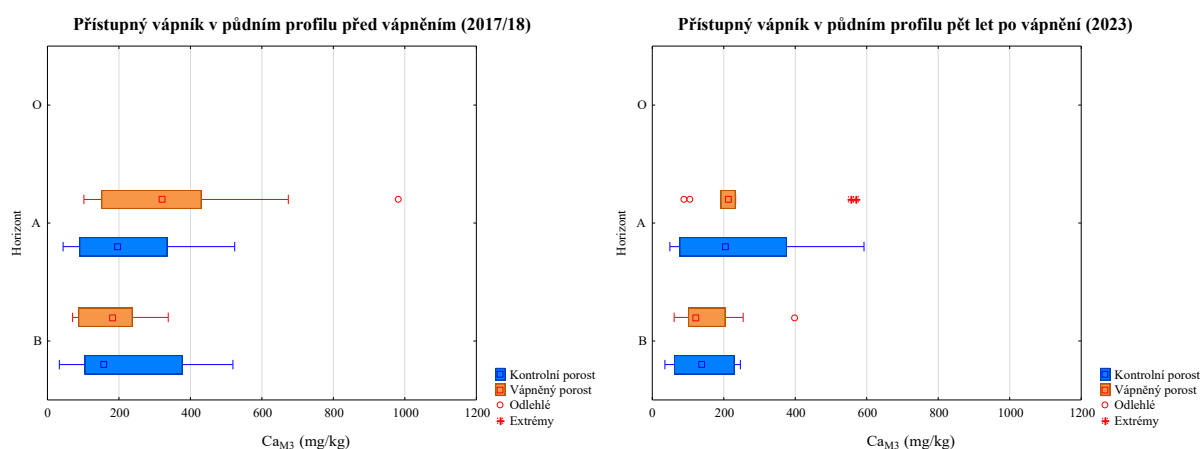


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 2.12: Kartogramy obsahu přístupného vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)



Obr. 2.13: Obsah přístupného vápníku (Ca_{M3}) v půdním profilu před vápněním (2017/18) a pět let po vápnění (2023)

Obsah přístupného vápníku se v minerálních horizontech vzorkovaných porostů statisticky významně nemění, ve vápněných porostech spíše stagnuje, zatímco v kontrolních průběžně mírně klesá. Z grafického porovnání obsahu přístupného vápníku v půdním profilu na počátku sledování (2017/18) a po pěti letech (2023) vyplývá, že úbytek obsahu přístupného vápníku je i nadále vyšší než jeho přísun v důsledku vápnění. (Obr. 2.13).

2.4.1.9 Hořčík

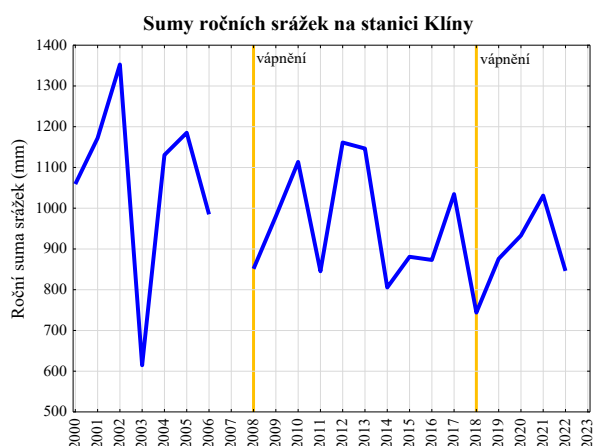
Obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) se po dobu sledování významně mění v nadložním organickém horizontu jen u vápněných porostů. Po dvou letech od vápnění je jeho obsah významně vyšší oproti stavu před vápněním i oproti stavu v kontrolních porostech. V roce 2023 byl zjištěn nevýznamný pokles obsahu hořčíku, ale i tak zůstává na vysoké úrovni oproti stavu před vápněním (Obr. 2.15).

Navzdory očekávání se vliv vápnění dosud neprojevil v obsazích extrahovatelného hořčíku jak v organominerálních, tak v minerálních horizontech. Zde obsahy stagnují s mírným nevýznamným nárůstem v minerálních horizontech vápněných porostů.

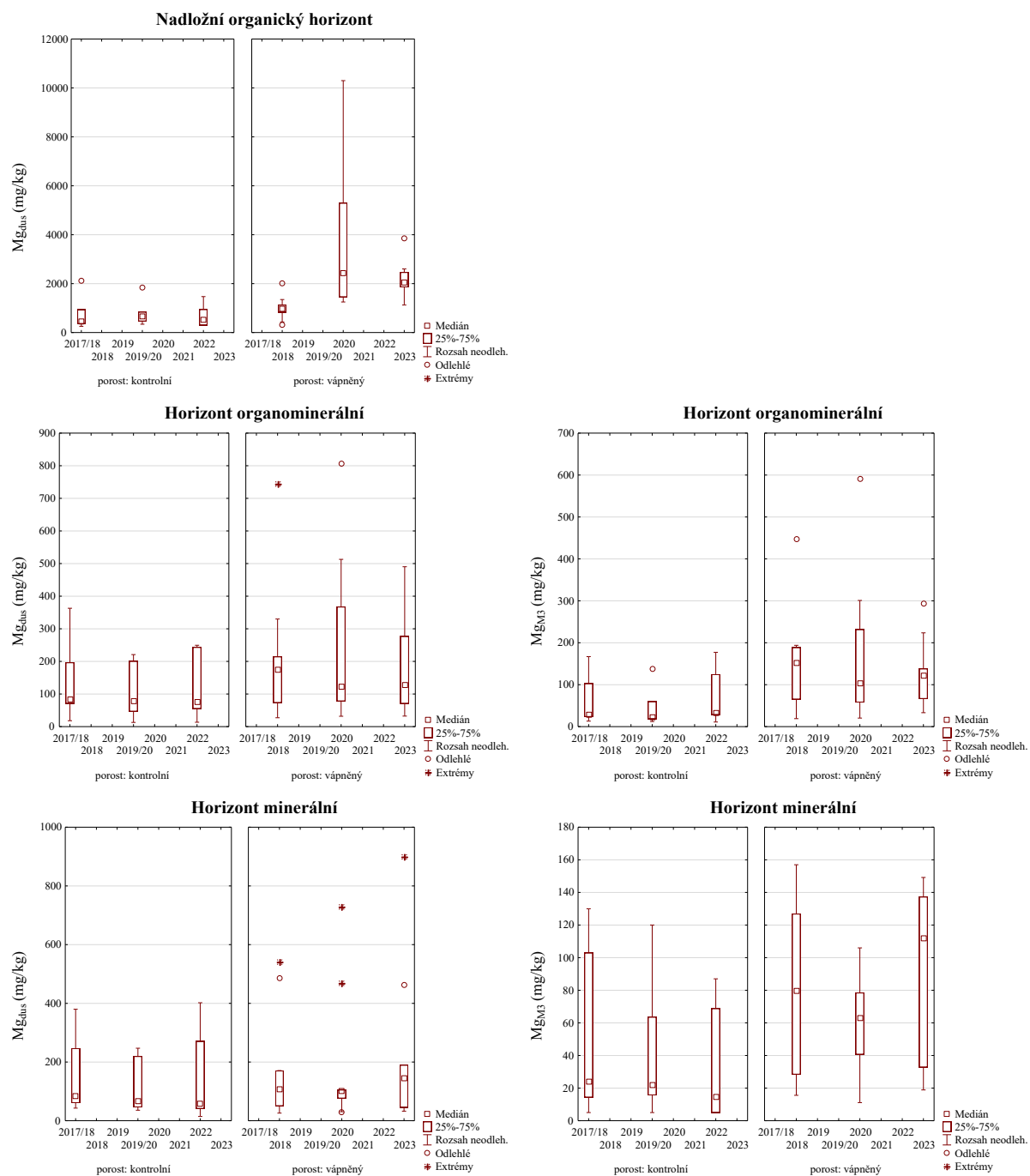
Velké rozdíly mezi stavem před vápněním a pět let po vápnění nejsou zjištěny ani v případě přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v organominerálních horizontech, kde se jeho obsah výrazně nemění.

V minerálních horizontech vápněných porostů obsah přístupného hořčíku během sledování výrazně kolísá. Po poklesu zjištěném dva roky po vápnění došlo ke zvýšení obsahu pět let po vápnění, což by mohl být kladný důsledek vápnění, protože v minerálních horizontech kontrolních porostů se obsah přístupného hořčíku průběžně snižuje a v roce 2023 se v některých porostech pohybuje už pod hranici detekce laboratorních přístrojů.

Nevýrazný projev vápnění v případě vápníku a hořčíku může být způsoben klimatickými vlivy v oblasti, zejména pak menším množstvím srážek (Obr. 2.14) Šetření z předchozího vápnění z roku 2008 v blízké lokaci „Litvínov“ zaznamenalo pozitivní změny v obsazích vápníku a hořčíku již po pěti letech od vápnění (FIALA A KOL., 2014). Podle ročních sum srážek z meteorologické stanice Klíny poblíž obou lokací je vidět, že současné vápnění započalo v druhém nejsušším roce od roku 2000.



Obr. 2.14: Srážková data stanice Klíny, okres Most (podkladová data: ČHMÚ)

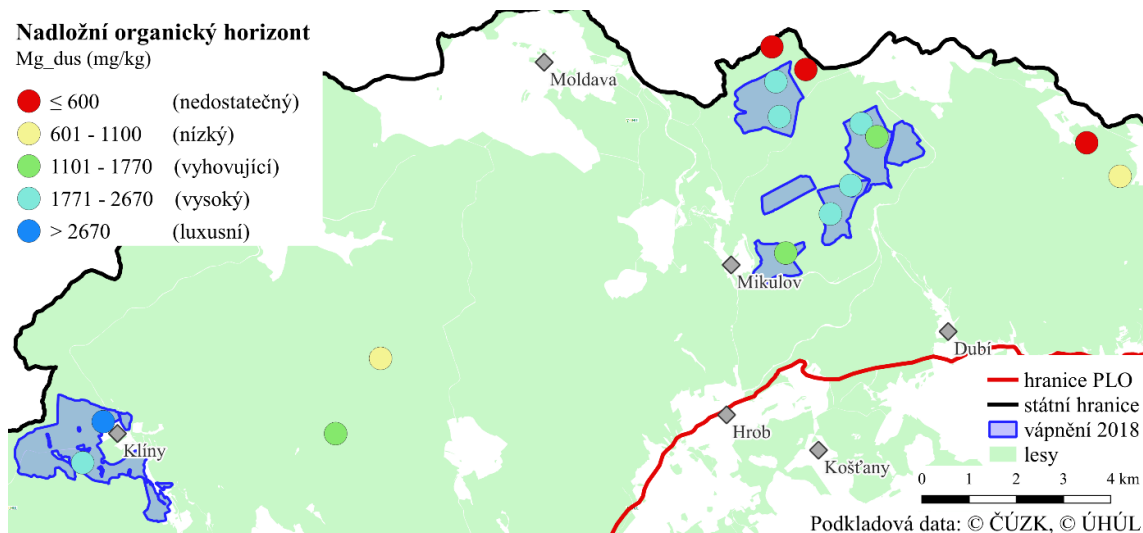


Obr. 2.15: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{M3}) hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Nadložní organický horizont

Mg_{dus} (mg/kg)

- ≤ 600 (nedostatečný)
- 601 - 1100 (nízký)
- 1101 - 1770 (vyhovující)
- 1771 - 2670 (vysoký)
- > 2670 (luxusní)



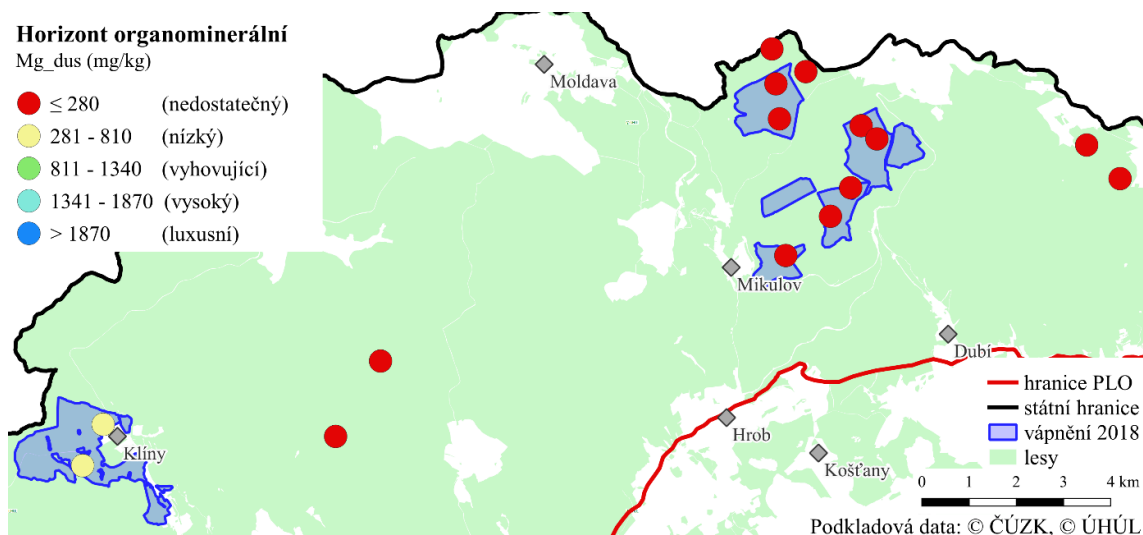
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Horizont organominerální

Mg_{dus} (mg/kg)

- ≤ 280 (nedostatečný)
- 281 - 810 (nízký)
- 811 - 1340 (vyhovující)
- 1341 - 1870 (vysoký)
- > 1870 (luxusní)



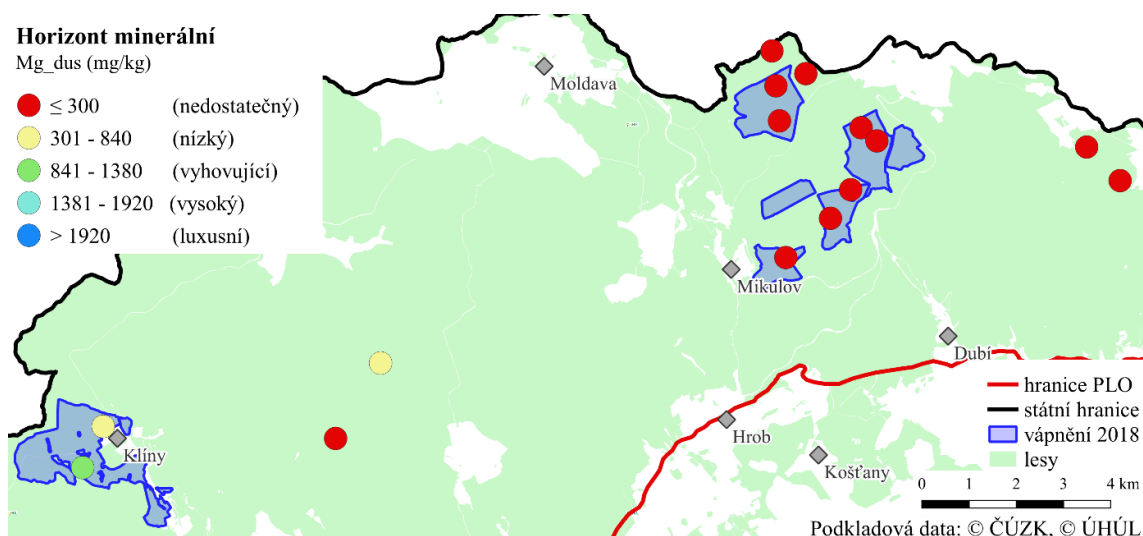
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Horizont minerální

Mg_{dus} (mg/kg)

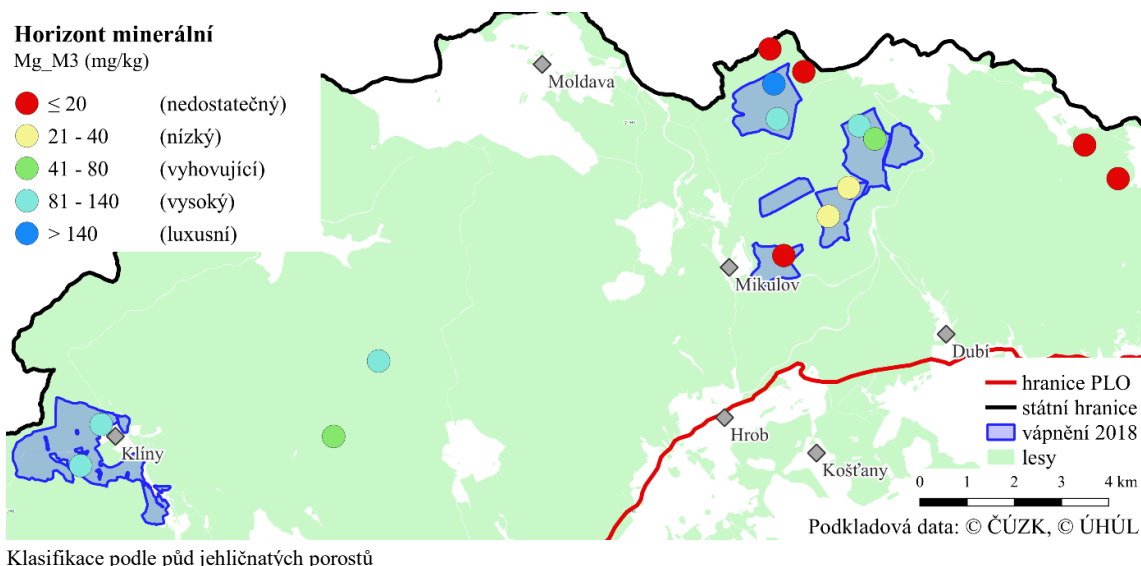
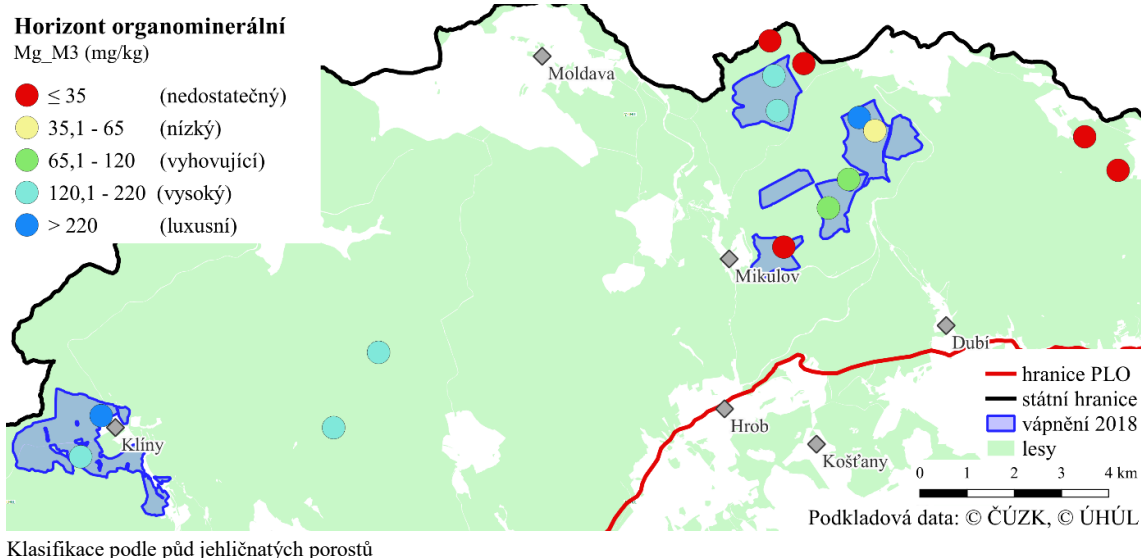
- ≤ 300 (nedostatečný)
- 301 - 840 (nízký)
- 841 - 1380 (vyhovující)
- 1381 - 1920 (vysoký)
- > 1920 (luxusní)



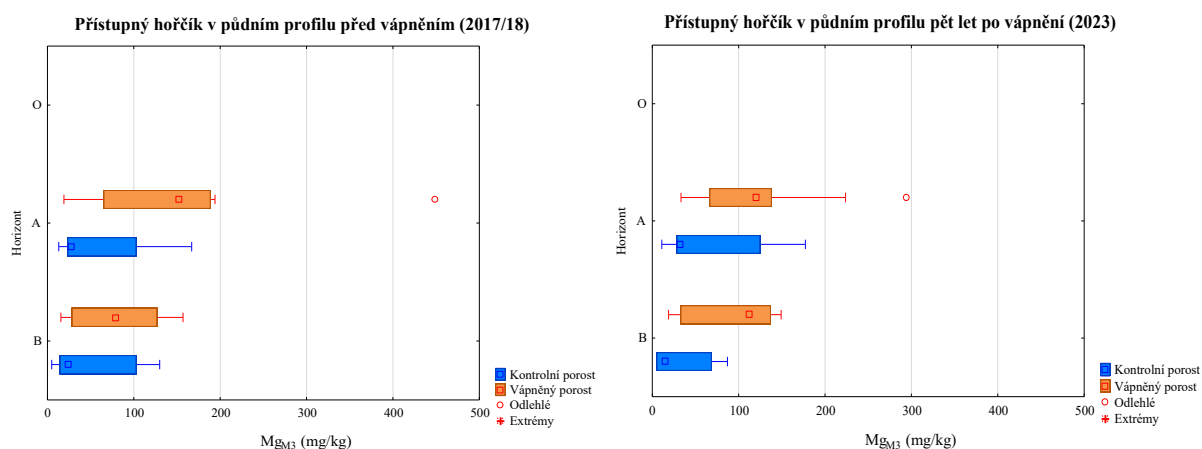
Podkladová data: © ČÚZK, © ÚHÚL

Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 2.16: Kartogramy obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)



Obr. 2.17: Kartogramy obsahu přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)



Obr. 2.18: Obsah přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdním profilu před vápněním (2017/18) a pět let po vápnění (2023)

2.4.1.10 Síra

Obsah přístupné síry (S_{M3}) v organominerálním horizontu vápněných porostů statisticky významně klesl ve srovnání se stavem před vápněním. Obsahy v kontrolních porostech se statisticky významně nemění. Pokles obsahu přístupné síry v souvislosti s vápněním je také uveden v práci sledující účinnost vápnění v lokalitě „Kraslice 1“ (FIALA A KOL., 2022). Vliv vápnění na obsah SO_4^{2-} v půdní vodě je také popsán v práci FIALA A KOL. (2021), kde ve čtvrtém a pátém roce po vápnění byly naměřeny zvýšené hodnoty obsahu SO_4^{2-} v půdní vodě odebrané z lyzimetrů na vápněných plochách.

V minerálních horizontech vzorkovaných porostů k žádným významnějším změnám nedochází (Tab. 2.6).

Tab. 2.6: Průměrný obsah hliníku, železa, manganu, boru a síry v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	5900	5874	5019	5560	7267	6203
Fe_{dus} (mg/kg)	6530	5854	5866	4860	6850	6440
Mn_{dus} (mg/kg)	126	128	107	143	144	94,7
B_{dus} (mg/kg)	2,39	2,42	1,87	2,87	2,28	1,92
Horizont organominerální						
Al_{dus} (mg/kg)	2131	2162	2115	3105	3425	3059
Fe_{dus} (mg/kg)	4367	4230	4540	4787	5708	5387
Mn_{dus} (mg/kg)	40,9	37,1	24,5	46,6	54,8	38,7
Al_{M3} (mg/kg)	1281	1145	1165	1663	1720	1447
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	640	659	577	591	602	567
S_{M3} (mg/kg)	17,5	16,4	12,6	28,0	30,9	25,5
Horizont minerální						
Al_{dus} (mg/kg)	3309	4107	3587	5050	4527	4268
Fe_{dus} (mg/kg)	7547	7062	7777	10023	9565	8476
Mn_{dus} (mg/kg)	61,0	68,5	49,7	71,8	62,9	68,9
Al_{M3} (mg/kg)	1594	1786	1459	2010	2033	1680
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	655	647	582	607	538	485
S_{M3} (mg/kg)	19,9	24,0	16,9	29,4	31,5	26,1

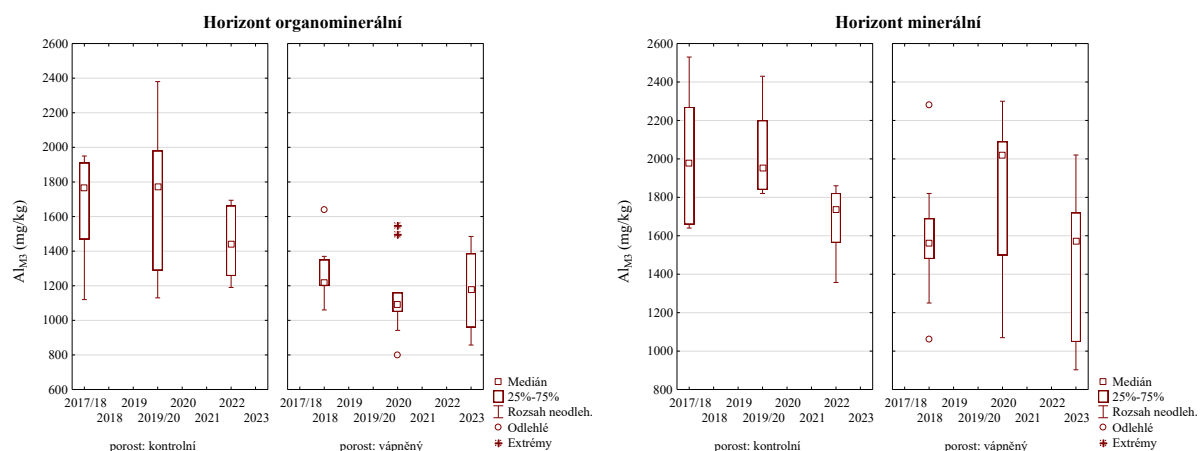
2.4.1.11 Hliník

Extrahovatelný obsah hliníku (Al_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně nemění. V kontrolních porostech jeho hodnota kolísá, kdy po zvýšení v období 2019/20 následuje v roce 2022 pokles přibližně na původní hodnotu. Mezi vápněnými a kontrolními porosty nebyl v tomto horizontu zjištěn významný rozdíl v extrahovatelném obsahu hliníku (Tab. 2.6).

Obsahy extrahovatelného hliníku jsou v organominerálních horizontech obou porostů stabilní. Ani v minerálních horizontech není zjištěna statisticky významná změna. V kontrolních porostech mají obsahy extrahovatelného hliníku nevýznamný klesající trend.

Obsah přístupného hliníku (Al_{M3}) v organominerálních horizontech spíše stagnuje a mezi vápněnými a kontrolními porosty není v posledním odběru zjištěn statisticky významný rozdíl.

Obsah přístupného hliníku v minerálních horizontech během sledování kolísá s náznakem poklesu jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech (Obr. 2.19).

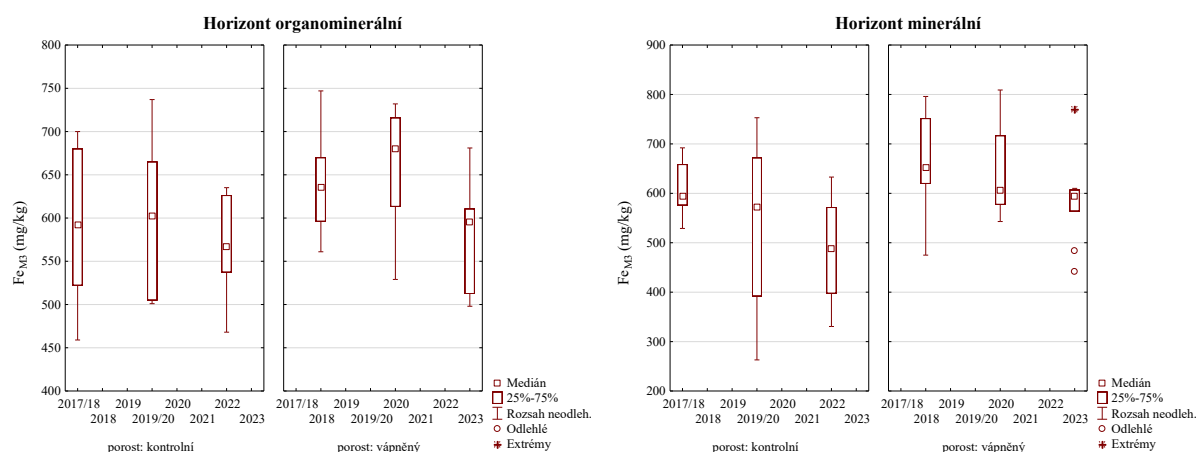


Obr. 2.19: Přístupný obsah hliníku (Al_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

2.4.1.12 Železo

Extrahovatelný obsah železa (Fe_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně během sledování nemění, na rozdíl od porostů kontrolních, kde se tento obsah významně zvýšil (Tab. 2.6).

V organominerálních horizontech je extrahovatelný obsah železa stabilní, jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. V minerálních horizontech je situace podobná. S hloubkou profilu se obsah Fe_{dus} zvyšuje.



Obr. 2.20: Přístupný obsah železa (Fe_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Přístupný obsah železa se v organominerálních horizontech vápněných porostů statisticky významně snižuje. V kontrolních porostech je stabilní. V minerálních horizontech dochází k poklesu obsahu u obou typů porostů (Obr. 2.20).

2.4.1.13 Mangan

Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů je velmi nízký (FIALA A KOL., 2013). Během sledování se jeho obsah významně nezměnil.

V organominerálních i v minerálních horizontech je situace podobná. Obsah Mn_{dus} se významně nemění a je také klasifikován jako velmi nízký.

2.4.1.14 Rizikové prvky

2.4.1.14.1 Zinek

Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů ve sledovaném období kolísá, přičemž hodnota obsahu z posledního odběru je přibližně stejná jako hodnota zjištěná před vápněním.

V organominerálním horizontu vápněných porostů došlo k významnému poklesu obsahu Zn_{dus} ve srovnání se situací před vápněním a zároveň je tento obsah významně nižší než hodnota obsahu zjištěná v kontrolních porostech za rok 2022. V kontrolních porostech je zjištěn statisticky významný rozdíl jen mezi roky 2017/18 a 2019/20, kdy došlo k poklesu obsahu zinku (Obr. 2.21).

Podobně by se dala hodnotit i situace v minerálních horizontech, tj. statisticky významný pokles ve vápněných porostech a kolísání obsahu v kontrolních porostech.

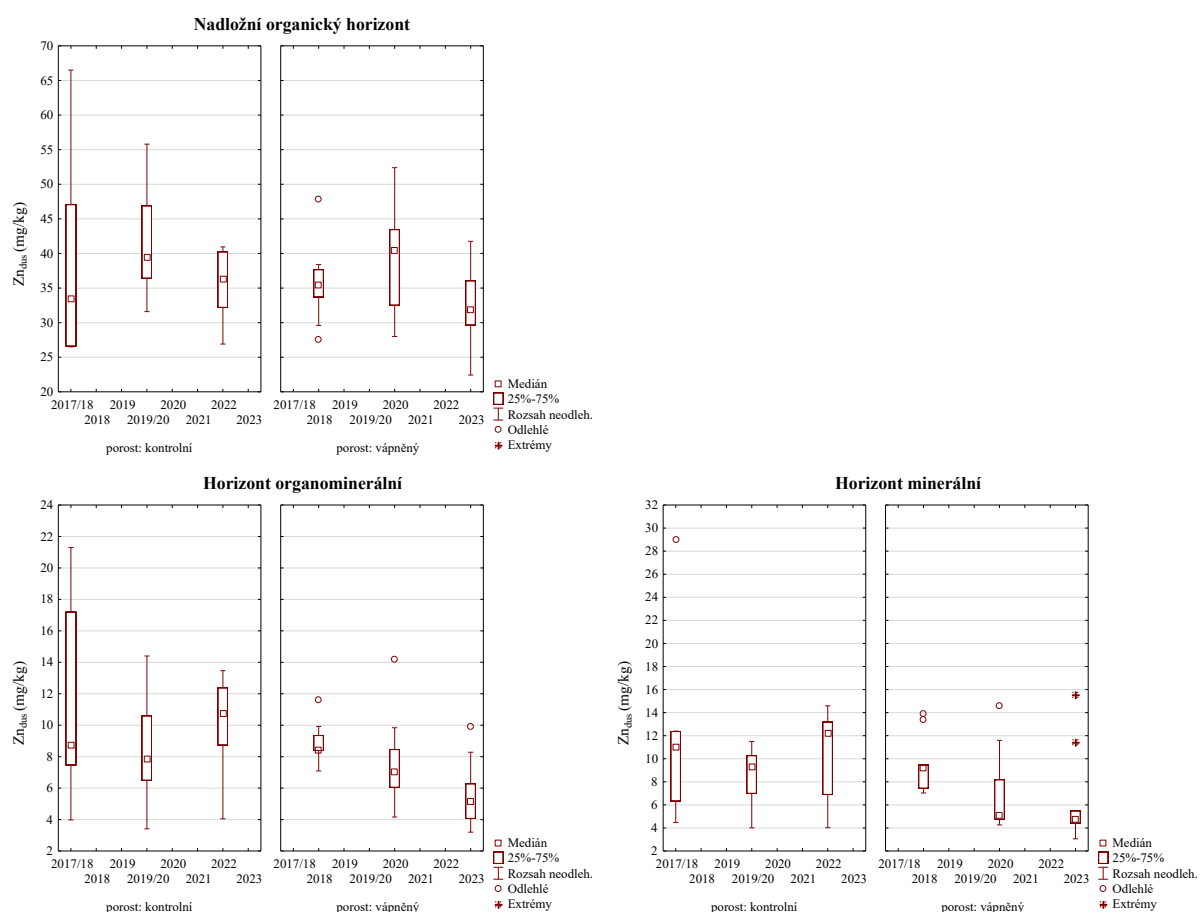
Tab. 2.7: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Nadložní organický horizont						
Zn_{dus} (mg/kg)	35,7	39,6	32,5	39,0	41,6	35,5
Cd_{dus} (mg/kg)	0,49	0,47	0,34	0,45	0,48	0,41
Cr_{dus} (mg/kg)	7,17	6,88	6,99	6,67	8,37	7,09
Cu_{dus} (mg/kg)	10,9	10,7	8,21	13,0	13,7	9,81
Pb_{dus} (mg/kg)	180	154	155	141	156	133
Horizont organominerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	8,82	7,76	5,70	11,2	8,44	10,0
Cd_{dus} (mg/kg)	0,28	0,26	< 0,2	0,45	0,47	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	1,90	2,05	2,00	2,44	3,02	2,65
Cu_{dus} (mg/kg)	4,05	3,99	3,07	5,75	4,87	5,73
Pb_{dus} (mg/kg)	84,3	76,4	78,8	86,9	84,1	96,2
Horizont minerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	9,43	7,18	6,45	12,4	8,57	10,5
Cd_{dus} (mg/kg)	< 0,2	--	< 0,2	0,39	0,37	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	3,09	3,45	3,28	3,79	3,77	3,60
Cu_{dus} (mg/kg)	2,86	2,47	2,36	4,29	3,37	3,51
Pb_{dus} (mg/kg)	76,7	64,9	81,2	80,6	68,5	67,9

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Obsah zinku v půdě závisí zejména na jeho obsahu v matečné hornině. Zvětráváním v kyselém prostředí se uvolňuje iont Zn^{2+} , zatímco v alkalickém prostředí převládá $ZnOH^+$, z čehož plyne, že formy a přístupnost zinku v půdě je do značné míry nepřímo spojena s pH

půdy. ALLOWAY (2008) uvádí, že dostupnost zinku klesá s rostoucím pH v důsledku zvýšené adsorpční kapacity, možné sorpce zinku na uhličitán vápenatý, proto vápněné půdy bývají náchylnější na nedostatek zinku.

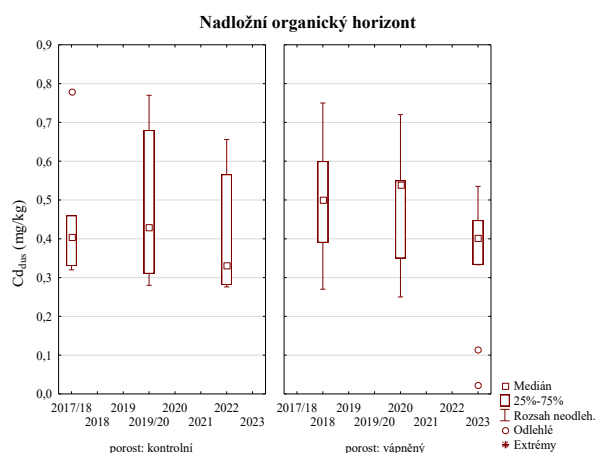


Obr. 2.21: Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

2.4.1.14.2 Kadmium

Extrahovatelné obsahy kadmia (Cd_{dus}) se v nadložním organickém horizontu statisticky významně snižují ve vápněných porostech a v kontrolních porostech nevýznamně kolísají (Obr. 2.22).

Zinek a kadmium patří k nejmobilnějším rizikovým prvkům v půdním profilu. Pohyblivost a rozpustnost kadmia závisí podobně jako u zinku na pH půdy. Vápněním dochází k výraznému zvýšení pH zejména ve svrchním nadložním organickém horizontu, což se v našem případě mohlo projevit menší dostupností kadmia v tomto horizontu u vápněných porostů.



Obr. 2.22: Extrahovatelný obsah kadmia (Cd_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných a kontrolních porostů

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů se hodnoty obsahu Cd_{dus} v mnoha případech pohybují pod limitem detekce ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) už od počátku sledování v roce 2018 (Tab. 2.7). Vliv vápnění na obsah Cd_{dus} v těchto horizontech je tedy neprůkazný.

2.4.1.14.3 Chróm

Podle výsledků analýz provedených v půdních horizontech nemělo letecké vápnění vliv na extrahovatelný obsah chromu (Cr_{dus}) ve vápněných porostech.

2.4.1.14.4 Měď

Podobně jako v případě Cr_{dus} i extrahovatelný obsah mědi (Cu_{dus}) v půdních horizontech vápněných porostů nebyl ve sledovaném období ovlivněn provedeným vápněním.

2.4.1.14.5 Olovo

Vysoké obsahy olova v půdním profilu vypovídají o kontaminaci této oblasti olovem. Z dosažených výsledků je patrné, že vápnění nezpůsobilo změny obsahu tohoto prvku v půdních horizontech sledovaných porostů.

2.4.1.15 Půdní sorpční komplex

2.4.1.15.1 Stupeň nasycení

Střední hodnota sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) dosahuje v organominerálních horizontech vápněných porostů pět let po vápnění 29,6 %, což je hodnota srovnatelná s úrovní sycení v kontrolních porostech (25,7 %). Z porovnání průměrných hodnot zjištěných ve vápněných porostech (Tab. 2.8) je zřejmé, že dosud nedošlo k očekávanému zvýšení sycení basemi v důsledku vápnění a hodnoty BS se stále pohybují na úrovni zjištěné v těchto porostech

před vápněním. V minerálních horizontech je situace podobná, hodnoty BS nevykazují během sledování významnější změnu.

Tab. 2.8: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	49,6	47,4	49,0	65,9	67,3	66,3
K _{VYM} (mekv./kg)	1,72	1,55	1,17	1,26	1,30	1,49
Ca _{VYM} (mekv./kg)	22,2	22,5	14,7	12,7	7,60	14,5
Mg _{VYM} (mekv./kg)	12,6	17,0	10,1	4,79	3,98	5,30
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,25	0,24	0,33	0,26	0,29	0,27
Mn _{VYM} (mekv./kg)	--	--	< 0,1	0,46	--	0,29
Al _{VYM} (mekv./kg)	41,3	41,1	41,8	57,2	61,0	59,0
Fe _{VYM} (mekv./kg)	3,03	3,06	1,09	3,30	3,20	2,77
CEC (mekv./kg)	86,4	88,6	75,3	84,9	80,6	87,9
BS (%)	39,4	40,3	33,0	21,9	15,3	23,9
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	58,9	57,3	56,8	64,8	61,2	58,6
K _{VYM} (mekv./kg)	1,28	1,01	0,94	1,12	1,10	0,80
Ca _{VYM} (mekv./kg)	10,1	7,19	9,78	12,7	9,13	7,80
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6,41	4,91	6,98	4,24	3,51	2,51
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,22	0,17	0,29	0,25	0,31	0,23
Mn _{VYM} (mekv./kg)	--	--	--	0,31	0,33	0,25
Al _{VYM} (mekv./kg)	52,5	54,6	51,2	59,6	56,7	54,2
Fe _{VYM} (mekv./kg)	3,28	2,64	1,82	2,80	2,77	1,67
CEC (mekv./kg)	76,9	70,6	74,8	83,2	75,2	70,0
BS (%)	23,4	19,1	23,3	22,3	19,0	16,0

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Pro hodnocení toxicity hliníku v lesních půdách se obecně používají molární poměry bazických kationtů (BC) k obsahu hliníku (Al^{3+}) v půdních horizontech. Poměr BC/Al^{3+} menší než 1 je považován za potenciální index pro nepříznivý vliv Al^{3+} a nevyváženost živin pro růst rostlin (BRUNNER AND SPERISEN, 2013, RAHMAN ET AL., 2018). Vývoj hodnot v organominerálním horizontu vápněných porostů má sestupnou tendenci, která informuje o nedostatečném vlivu vápnění z roku 2018 na tyto horizonty a zároveň pravděpodobně o doznívajících účincích vápnění provedeném v této oblasti v předchozích letech. V minerálních horizontech vápněných porostů nejsou po pěti letech zjištěny výraznější odchylky od stavu před vápněním.

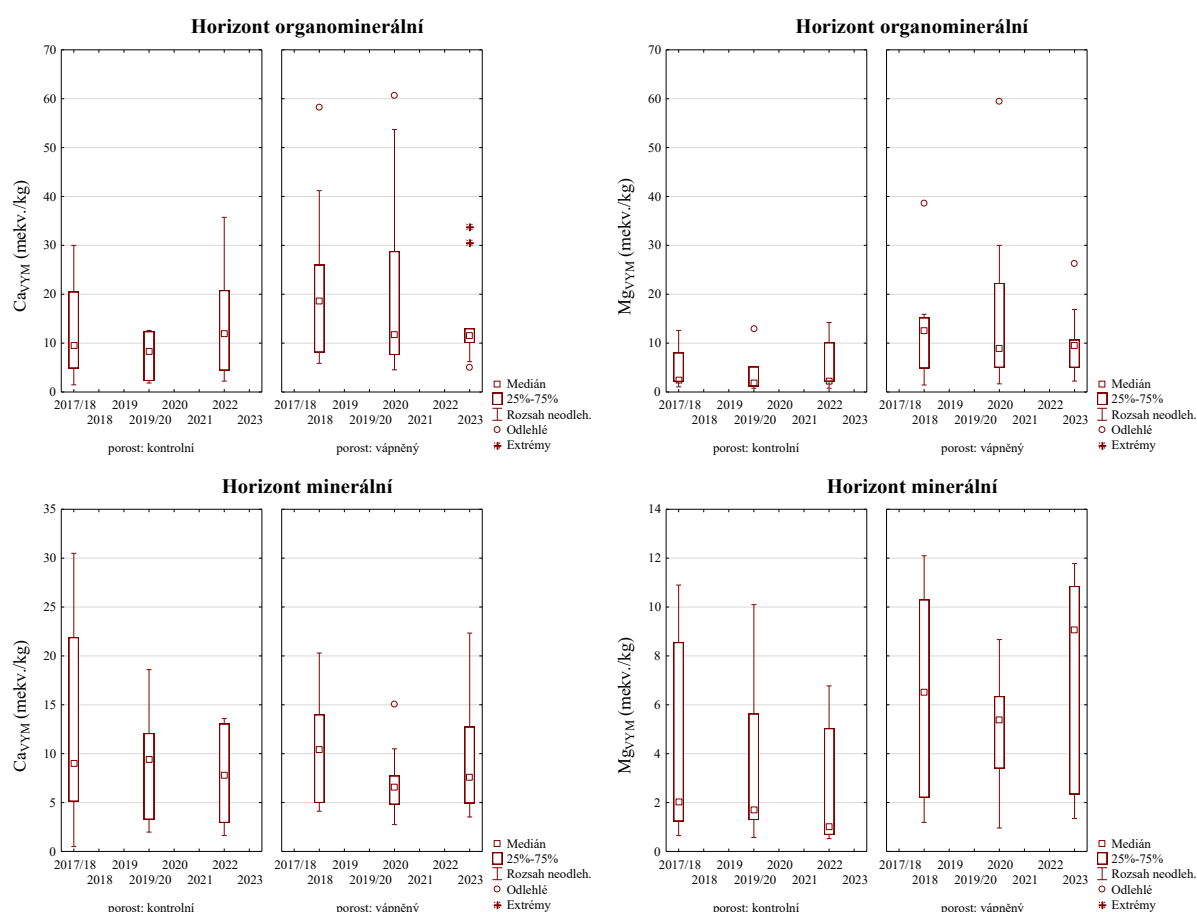
Tab. 2.9: Poměry bazických kationtů ke kationtům hliníku (medián)

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Horizont organominerální						
BC/Al^{3+}	0,67	0,57	0,47	0,35	0,20	0,41
$\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$	0,34	0,29	0,25	0,17	0,13	0,22
Horizont minerální						
BC/Al^{3+}	0,39	0,22	0,31	0,28	0,25	0,22
$\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$	0,20	0,12	0,18	0,13	0,13	0,13

CRONAN AND GRIGAL (1995) hodnotí možnost toxického působení hliníku podle poměru $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$, kdy za hranici vysoké toxicity hliníku je považována hodnota 0,2. Vývoj hodnot tohoto poměru v podstatě kopíruje zjištění uvedená pro poměr BC/Al^{3+} .

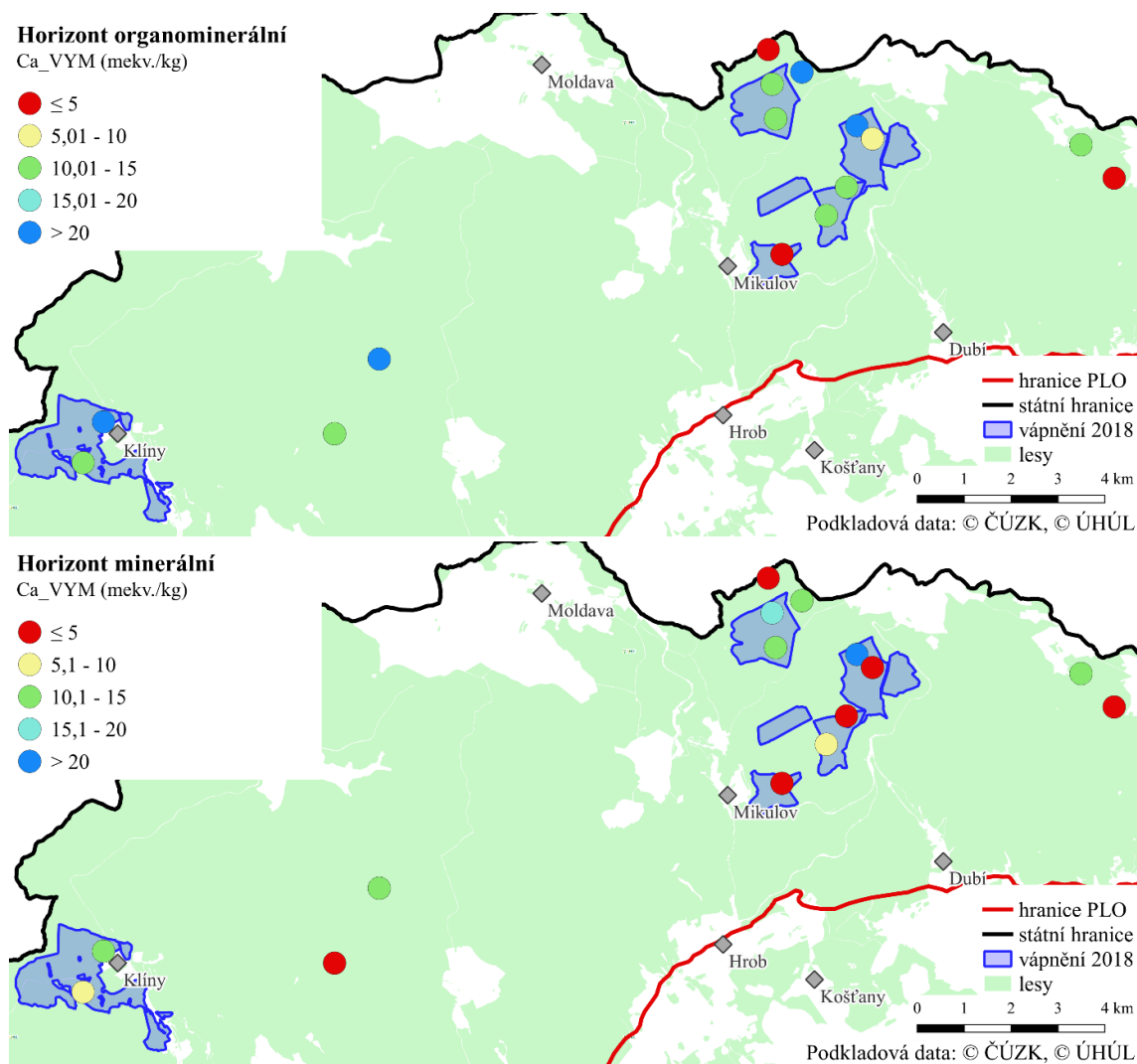
2.4.1.15.2 Kationtová výměnná kapacita

Očekávaným projevem vápnění v horizontu pěti let od aplikace by mělo být zvýšení obsahu kationtů vápníku ($\text{Ca}_{\text{VYM}} = \text{Ca}^{2+}$) a hořčíku ($\text{Mg}_{\text{VYM}} = \text{Mg}^{2+}$) v půdním sorpčním komplexu. Ve vrcholových partiích Krušných hor v oblasti Litvínova a Cínovce se však v posledních letech setkáváme s tím, že dochází k zpomalení vlivu vápnění na půdní sorpční komplex, což se projevuje zejména u vápníku (REININGER A KOL., 2023; FIALA A KOL., 2023). V našem případě dochází v organominerálních horizontech vápněných porostů dokonce k významnému úbytku kationtů Ca^{2+} . V minerálních horizontech sestupná tendence nebyla zaznamenána (Obr. 2.23).



Obr. 2.23: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) a hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

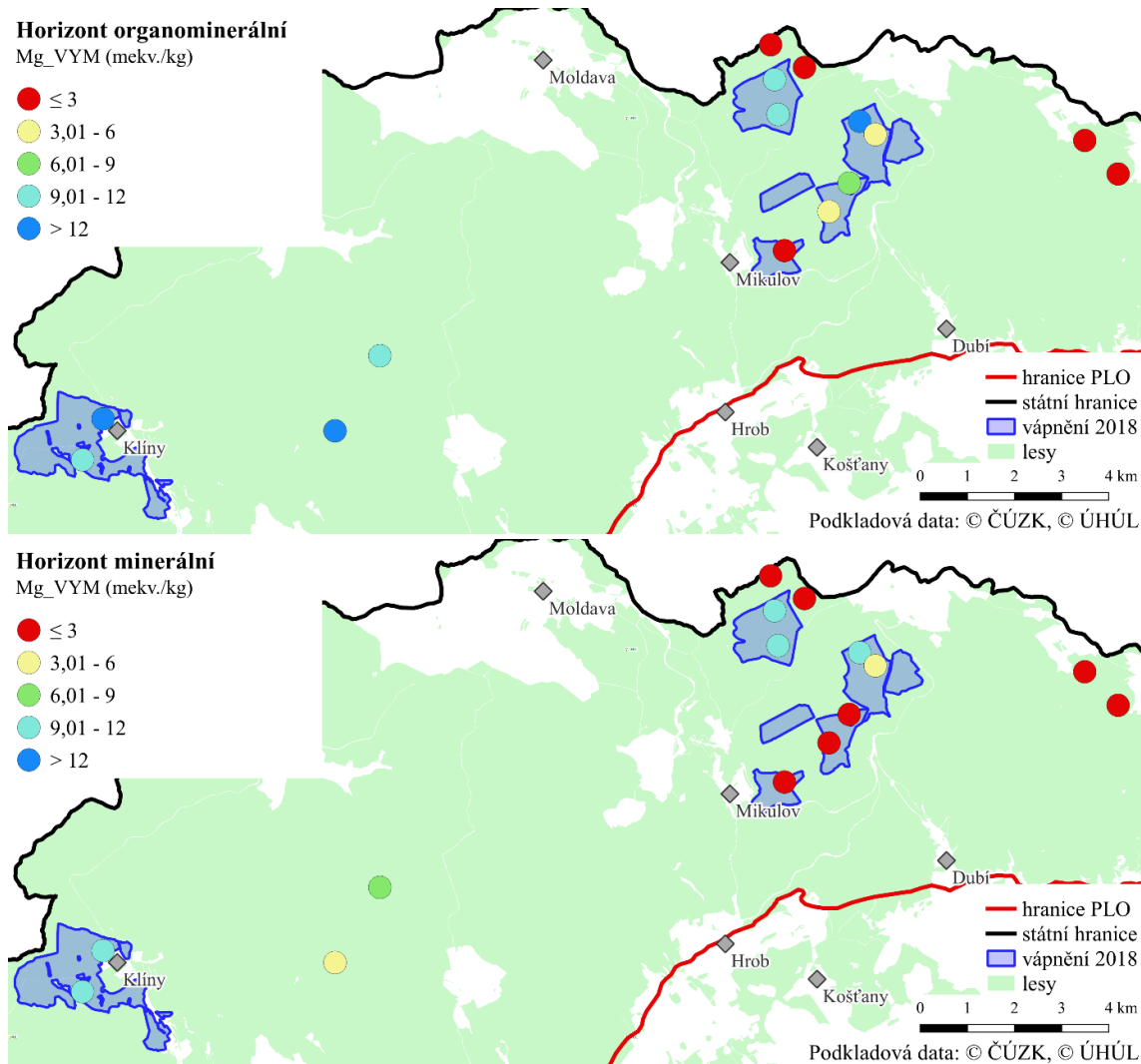
Nejnižší obsah kationtů Ca^{2+} v půdních horizontech vápněných porostů byl zjištěn SV od Mikulova (Obr. 2.24).



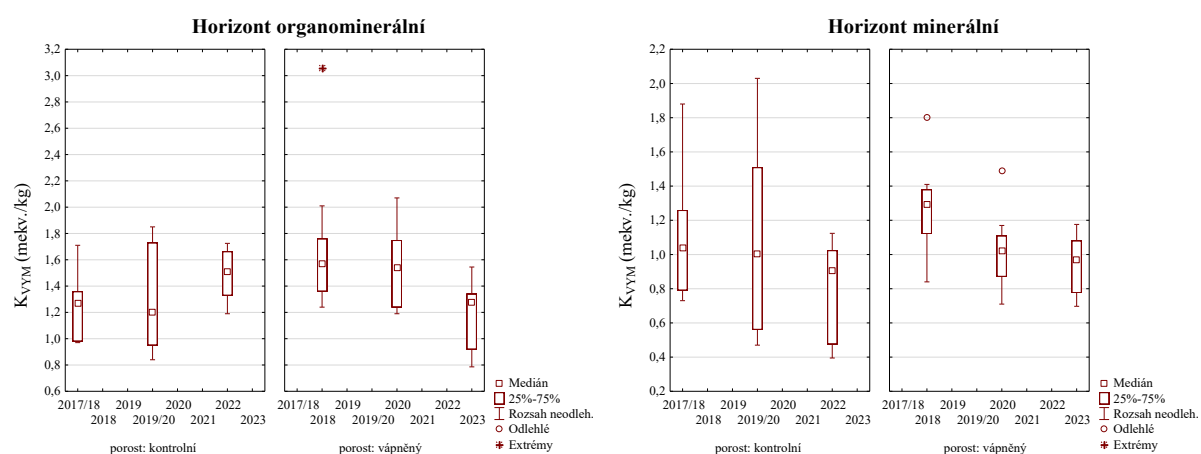
Obr. 2.24: Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

Obsah Mg^{2+} také nevykazuje rostoucí trend. Jeho obsah v minerální části profilu je poměrně stabilní bez známek vlivu vápnění z roku 2018. Přiložené kartogramy vypovídají o rozdílech v obsahu Mg^{2+} v minerálních horizontech vápněných porostů. Nejnižší obsah byl zjištěn v okolí Mikulova, kde je několikanásobně nižší než ve zbývajících vápněných porostech (Obr. 2.25).

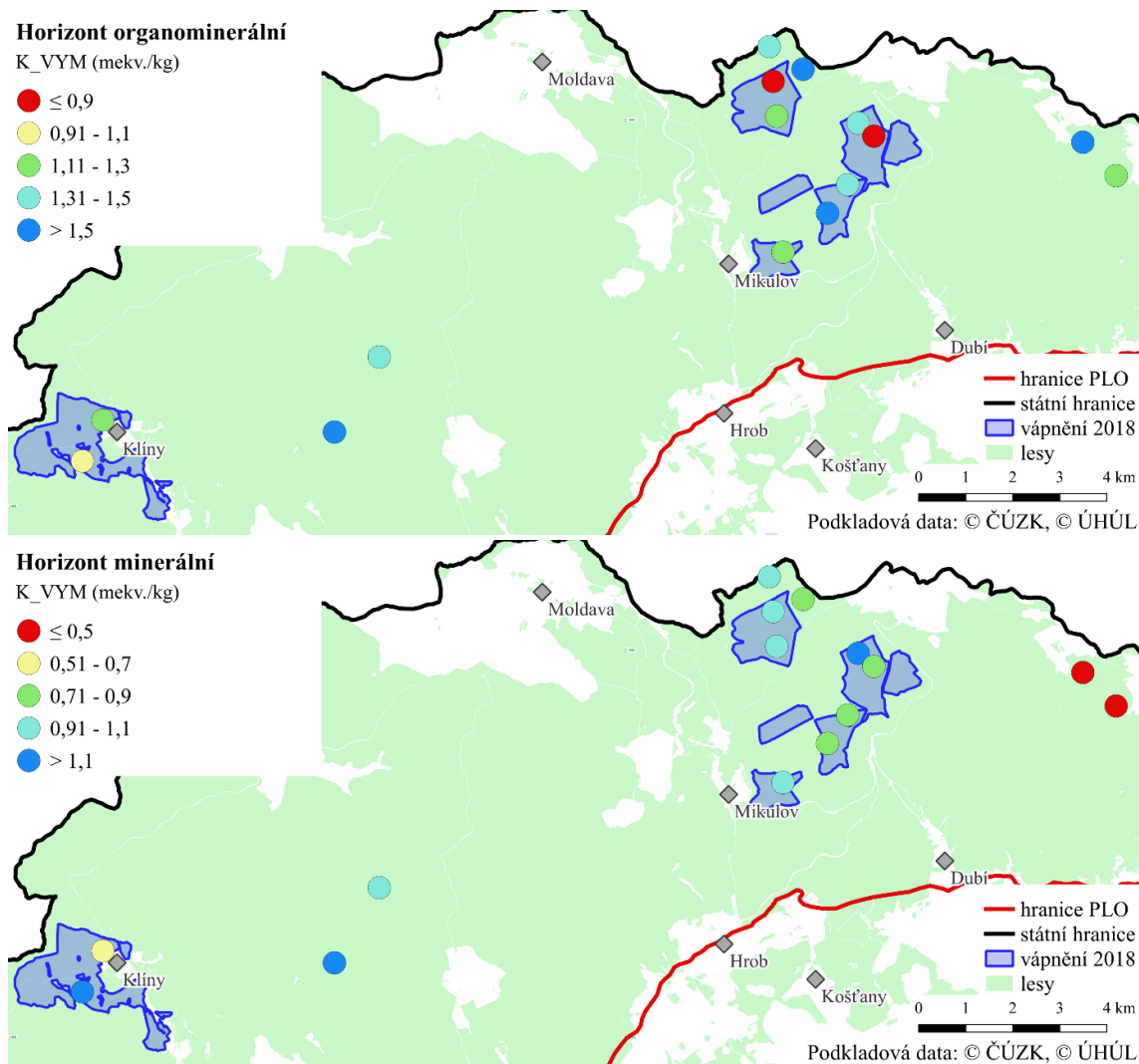
Podobně jako pozvolna klesá obsah K_{M3} v organominerálních horizontech vápněných porostů klesá i obsah výměnných kationtů draslíku ($\text{K}^+ = \text{K}_{\text{VYM}}$) (Obr. 2.26). To můžeme vzhledem k odlišnému vývoji na kontrolních plochách považovat za negativní vliv vápnění. V minerálních horizontech je zaznamenán pokles jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a do souvislosti s vápněním se tedy průkazně spojit nedá. Podobný trend byl zaznamenán i u plochy „Cínovec 1“ vzorkované v roce 2022 (FIALA A KOL., 2023). Úbytek kationtů K^+ v hlubších půdních horizontech vápněných i kontrolních porostů publikoval i JANSONE ET AL. (2020) při hodnocení dlouhodobého vlivu vápnění na lesní půdy v SZ Německu.



Obr. 2.25: Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)



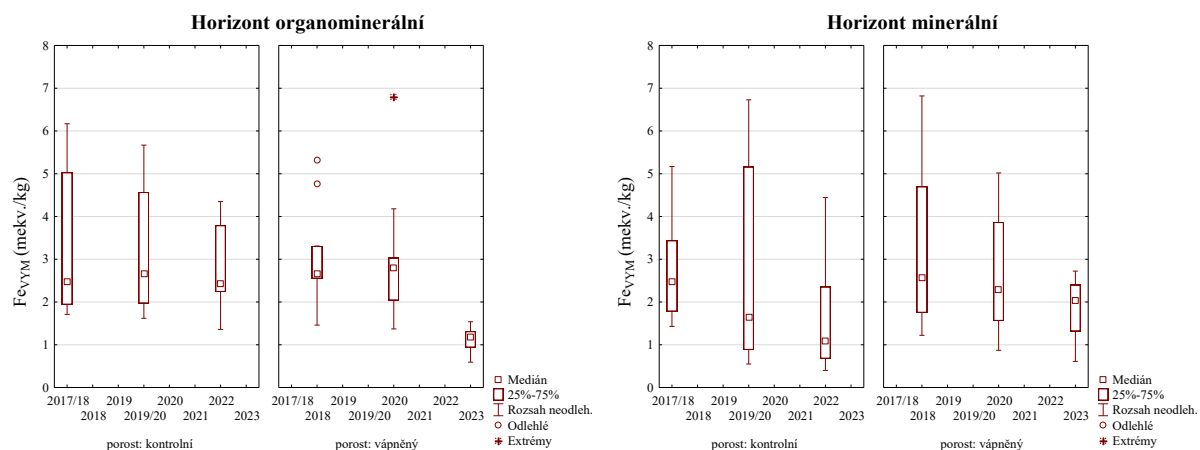
Obr. 2.26: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



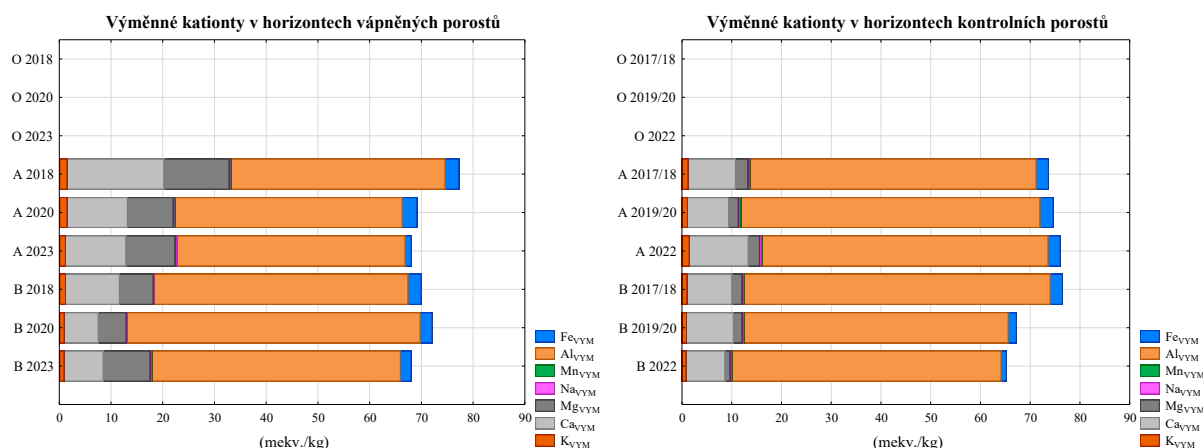
Obr. 2.27: Kartogramy obsahu výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

Na kartogramech (Obr. 2.27) můžeme zřetelně vidět dvě OM v organominerálních horizontech vápněných porostů s nízkými hodnotami ($\leq 0,9 \text{ mekv.kg}^{-1}$) obsahu K^+ . Jedná se opět o OM 01936 a 01939, kde na OM 01939 byla zaznamenána nadprůměrná dávka dopadaného vápence.

Obsah kationtů železa (Fe_{VYM}) je v půdě silně závislý na pH, se stoupající hodnotou pH vznikají v půdě nerozpustné sloučeniny. V našem případě proto můžeme hovořit o vlivu vápnění zejména v organominerálních horizontech, kde na rozdíl od kontrolních porostů došlo k poklesu obsahu kationtů železa (Obr. 2.28). V minerálních horizontech není vliv vápnění průkazný, protože k poklesu obsahu výměnných kationtů železa dochází průběžně i v kontrolních porostech.



Obr. 2.28: Obsah výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 2.29: Medián obsahu výměnných kationtů v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Aktuální kationtová výměnná kapacita (CEC) vyjadřuje sumu kationtů vázaných na sorpčním komplexu.

$$CEC = Ca + Mg + Na + K + (Al + H)$$

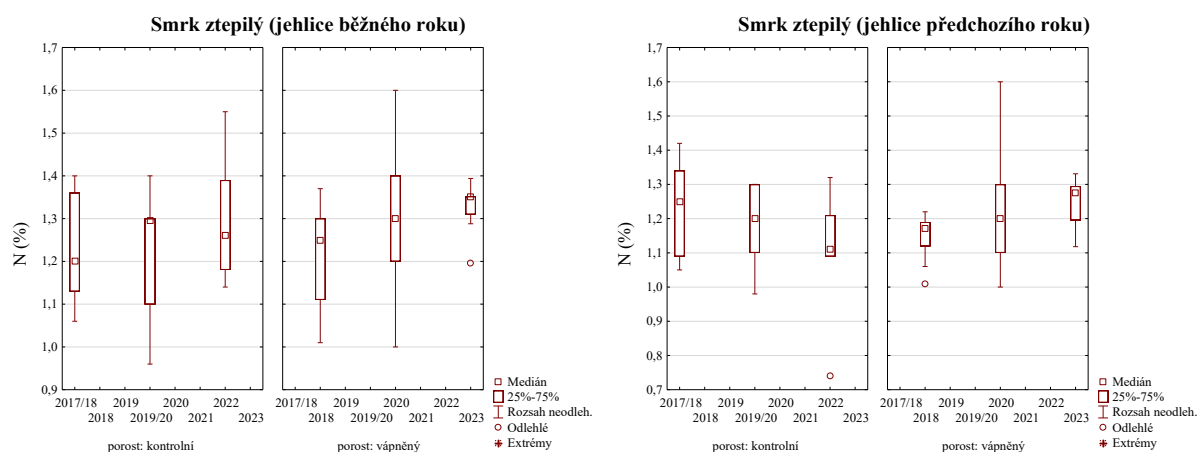
V součtu kationtů vstupujících do výpočtu CEC představuje nejvyšší položku obsah kyselých kationtů hliníku (Obr. 2.29). Pět let po vápnění je zaznamenán pokles CEC v organominerálních horizontech vápněných porostů (Tab. 2.8). Tento pokles je způsoben hlavně snížením obsahu kationtů Ca^{2+} v půdním sorpčním komplexu, což by nasvědčovalo tomu, že pronikání vápníku a hořčíku půdním profilem je minimální a vliv vápnění na tento horizont je značně omezený. V minerálních horizontech vápněných porostů k významnějším změnám hodnoty CEC ve sledovaném období nedošlo.

Vápnění tedy na sorpční komplex mělo jen omezený vliv. Očekávané změny (zvýšení sycení sorpčního komplexu bazickými kationty) se dosud neprojevily. Toto se může ještě změnit postupem času v závislosti na klimatických podmínkách v regionu. Je tedy vhodné věnovat zvýšenou pozornost sorpčnímu komplexu při příštím šetření, které zde proběhne po deseti letech po vápnění.

2.4.2 Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého

2.4.2.1 Dusík

Výživa dusíkem se za sledované období statisticky významně nemění a navzdory klesajícím obsahům v půdě se v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů nevýznamně zvyšuje. To můžeme zvláště u jehlic předchozího roku považovat za kladný účinek vápnění, hodnocení úrovně výživy se zlepšilo z nedostatečné v roce 2018 na nízkou v roce 2023. V kontrolních porostech naopak došlo ke zhoršení hodnocení úrovně výživy z nízké na nedostatečnou.



Obr. 2.30: Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

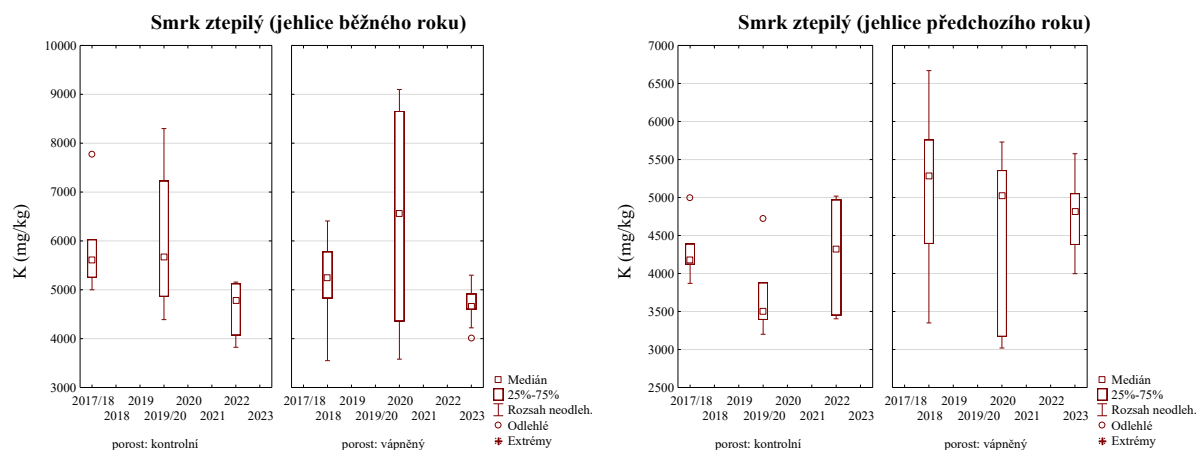
2.4.2.2 Fosfor

Obsah fosforu se v půdě statisticky významně nemění a veškeré změny jsou postupné. Náhlý, statisticky významný nárůst ve výživě fosforem v jehlicích běžného roku ve vápněných porostech v roce 2020 pravděpodobně není následkem vápnění. Toto je podpořeno mírným nevýznamným nárůstem v kontrolních porostech ve stejném období. Obsah fosforu v jehlicích vápněných i kontrolních porostů je hodnocen jako nízký.

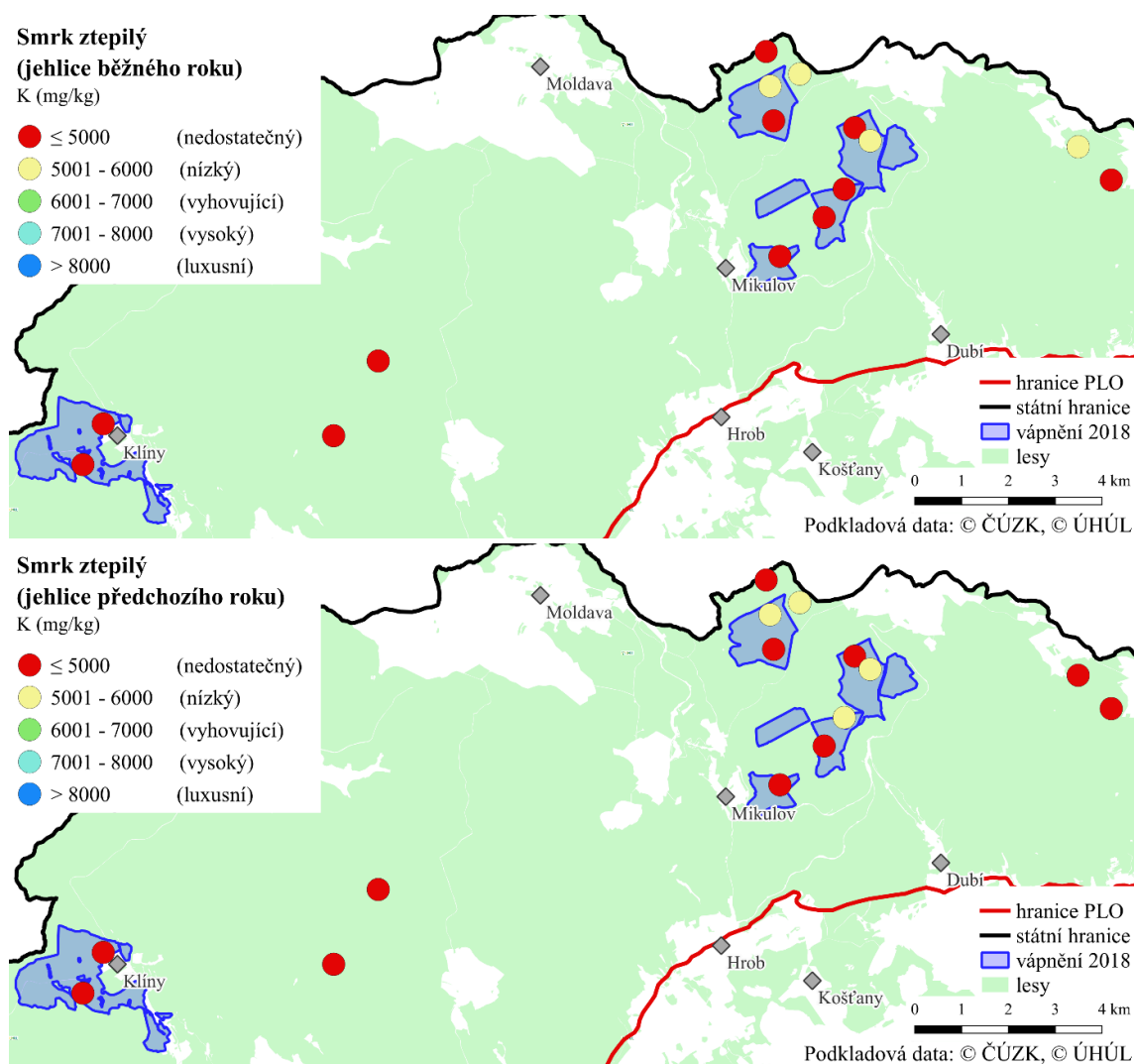
2.4.2.3 Draslík

Úroveň výživy draslíkem v jehlicích běžného roku kolísá jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a vzhledem k situaci před vápněním došlo ke zhoršení hodnocení z nízké na nedostatečnou.

V jehlicích předchozího roku je situace podobná a obsah draslíku se zde pohybuje na úrovni nedostatečné až nízké. Ve vápněných porostech však pozorujeme postupný pokles obsahu draslíku (Obr. 2.31), což může být způsobeno kombinací zhoršených klimatických podmínek a provedeným leteckým vápněním spojeným s poklesem obsahu přístupného draslíku i jeho výměnných kationtů v organominerálním horizontu ve vápněných porostech a dále pak antagonistickými vztahy vápníku, hořčíku a draslíku. Nicméně stále je tento obsah vyšší než v kontrolních porostech.



Obr. 2.31: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



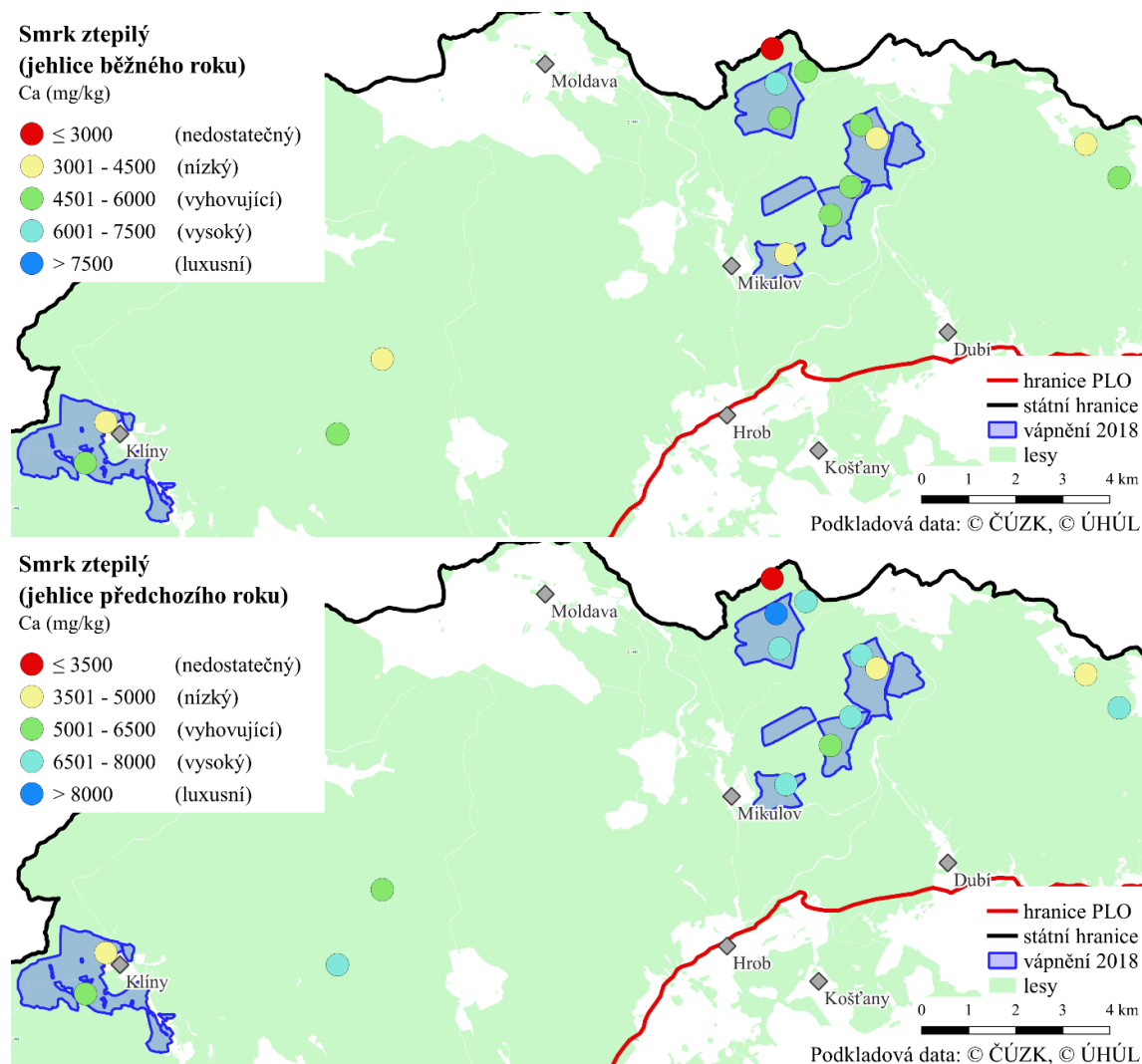
Obr. 2.32: Kartogramy obsahu draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

2.4.2.4 Vápník

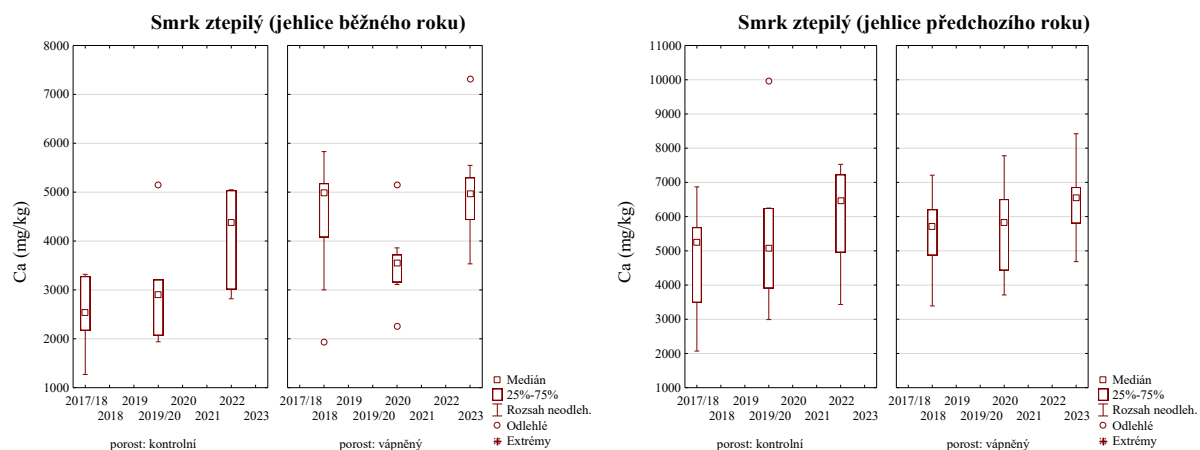
Obsah vápníku v jehlicích běžného roku statisticky významně stoupá jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech, tuto změnu tedy nelze jednoznačně považovat za účinek vápnění.

V jehlicích předchozího roku nedochází k významné změně. Ve vápněných i v kontrolních porostech byl ale zaznamenán vzestupný trend (Obr. 2.34).

Obsah vápníku v jehlicích běžného roku se ve vápněných porostech pohybuje na vyhovující úrovni, v jehlicích předchozího roku pak na vysoké úrovni (Obr. 2.33).



Obr. 2.33: Kartogramy obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)

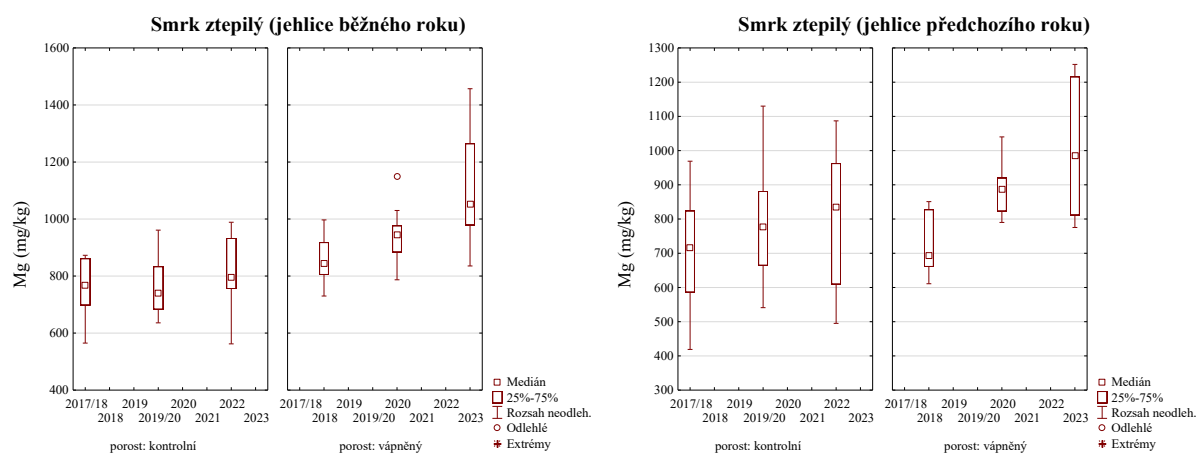


Obr. 2.34: Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

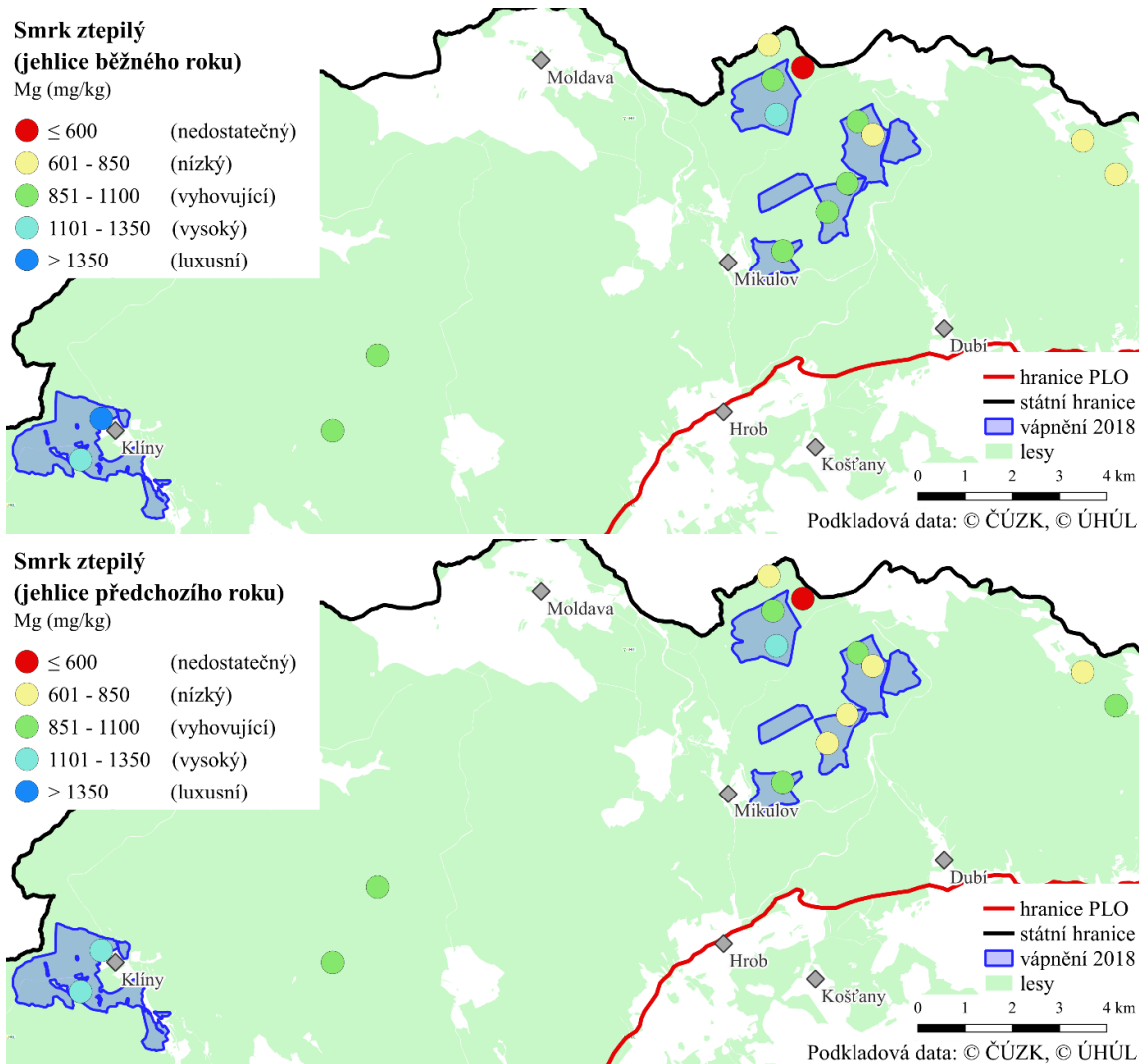
2.4.2.5 Hořčík

Obsah hořčíku v jehlicích smrku se pět let po vápnění jednoznačně statisticky významně zvýšil i ve srovnání s kontrolními porosty. Ve vápněných porostech tak došlo ke zvýšení z nízké na vyhovující úroveň výživy.

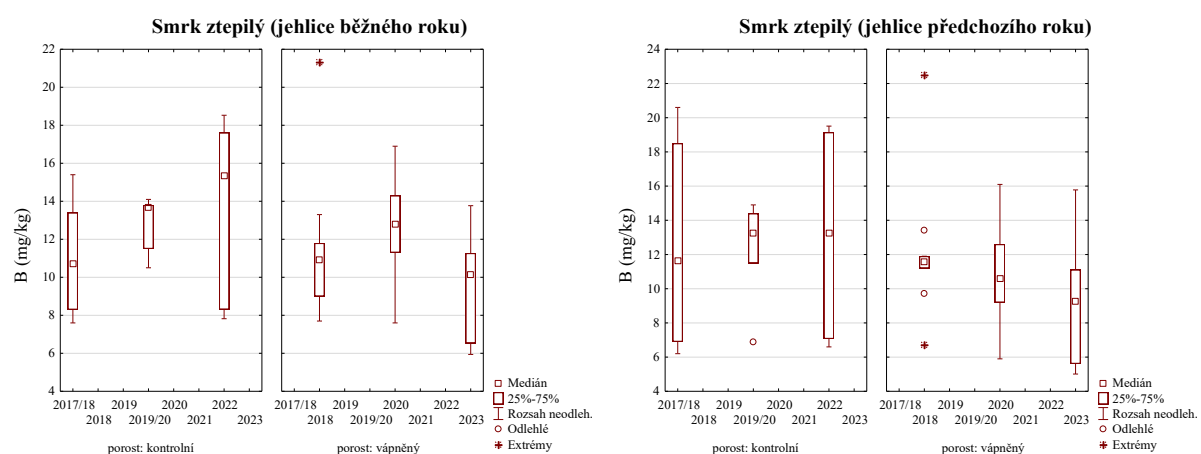
Podobný trend je pozorovatelný i v jehlicích předchozího roku. A tak, přestože v půdě dosud nepozorujeme markantní zvýšení obsahu hořčíku vlivem vápnění, obsah v jehlicích reaguje i na malé změny a vápnění se projevilo kladně na zvýšení obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého. Stále však byl detekován nízký obsah hořčíku v porostech SV od Mikulova, což odpovídá jeho nízkému až nedostatečnému obsahu přístupných i výměnných forem hořčíku v půdním profilu v této oblasti.



Obr. 2.35: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 2.36: Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2023) a kontrolních porostů (2022)



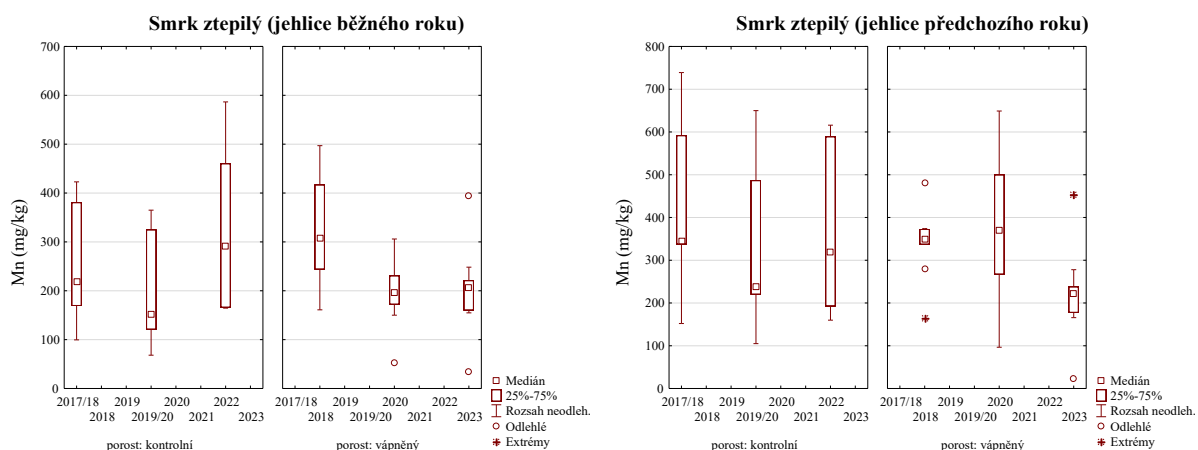
Obr. 2.37: Obsah bóru v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

2.4.2.6 Bór

Přístupný obsah bóru v půdních horizontech vápněných i kontrolních porostů se dlouhodobě pohybuje pod hodnotou $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, což jsou hodnoty velice nízké a vliv vápnění na přístupnost bóru v půdě pro rostliny se v tomto případě statisticky nedá hodnotit. Jediným ukazatelem se tak stává úroveň výživy bórem podle jeho obsahu v jehlicích smrku ztepilého (Obr. 2.37) a ta se zejména v jehlicích předchozího roku vápněných porostů průběžně zhoršuje a je zde hodnocena jako velmi nízká. Negativní vliv vápnění ve spojení s bórem uvádí i FIALA A KOL. (2022) a REJŠEK A VÁCHA (2018). VANĚK A KOL. (1998) spojují přijatelnost bóru pro rostliny kromě vlivu pH i s vlivem vnějších podmínek, zejména vlhkosti, kdy za sucha se zvyšuje jeho vazba v půdě.

2.4.2.7 Mangan

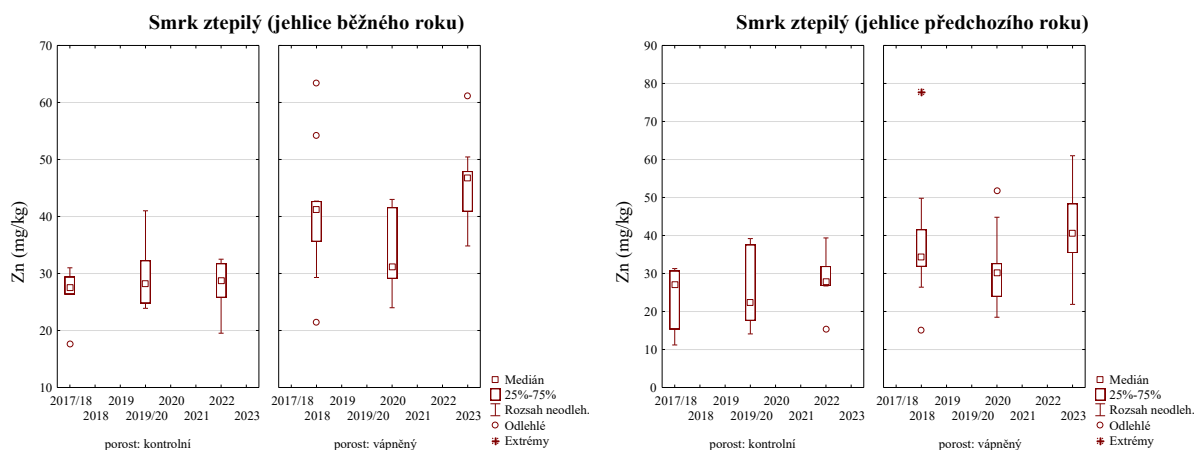
Výživa manganem se v jehlicích běžného i předchozího roku od roku 2018 ve vápněných porostech zhoršila. V kontrolních porostech obsah manganu v jehlicích kolísá bez významnějších rozdílů. Příjem manganu rostlinami je výrazně ovlivněn aciditními podmínkami, proto opatření ovlivňující změny pH výrazně zasahují do příjmu Mn rostlinami (VANĚK A KOL., 1998). Vápnění tedy negativně ovlivnilo výživu smrku tímto prvkem.



Obr. 2.38: Obsah manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

2.4.2.8 Zinek

Snížená dostupnost zinku v půdním prostředí se dosud neprojevuje ve výživě smrku ztepilého. Obsah zinku v jehlicích vápněných porostů má naopak vzrůstající charakter a jeho obsah se pohybuje na vysoké (běžný rok) a střední až vysoké (předchozí rok) úrovni (Obr. 2.39).



Obr. 2.39: Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

2.4.2.9 Ostatní prvky

Výživa **hliníkem** jehlic běžného roku vápněných porostů nevýznamně kolísá. Obsahy v jehlicích předchozího roku jsou stabilní. Obsah v jehlicích je hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **kadmia** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů zůstává stabilní a je hodnocen jako velmi nízký.

Ve vápněných porostech se statisticky významně snížil obsah **chrómu** v jehlicích běžného i předchozího roku. Obsah v jehlicích je hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **mědi** v jehlicích vápněných i kontrolních porostů kolísá, ale vzhledem k podobnému vývoji v těchto porostech to nespojujeme s vápněním. Obsah mědi v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako nízký.

Obsah **železa** v jehlicích běžného roku vápněných porostů během sledování výrazně kolísá. Pět let po vápnění je na srovnatelné úrovni se situací před vápněním a je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku je situace podobná a obsah je hodnocen jako velmi nízký až nízký.

Obsah **niklu** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů je srovnatelný s obsahem zjištěným před vápněním a je hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **olova** v jehlicích smrku ztepilého vápněných porostů je po celou dobu sledování hodnocen jako velmi nízký.

Pokles přístupného obsahu **síry** v organominerálních horizontech vápněných porostů se prozatím neprojevil v úrovni výživy smrku ztepilého, kde se obsah síry pohybuje stabilně okolo hodnoty 900 mg.kg^{-1} a je hodnocen jako střední (běžný rok) a nízký (předchozí rok).

2.4.2.10 Hodnocení poměrů živin v jehlicích

Pro hodnocení úrovně výživy a případné další meliorační zásahy je důležité hodnotit kromě samotného obsahu prvku i jejich vzájemné poměry mezi sebou. Touto problematikou se v našich podmínkách zabývali např. ŠRÁMEK A KOL. (2009), kteří publikovali kritéria pro hodnocení vyvážené výživy hlavních minerálních živin ve vztahu k obsahu dusíku a bazickými prvky mezi sebou (Tab. 2.10).

Tab. 2.10: Hodnocení vyváženosti výživy podle poměru (medián) vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

Poměr	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový*	7,01 – 10 (6 – 12)	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Vápněné (2023)	11,5	2,80	2,72	12,8	0,94	4,71	4,89
Kontrolní (2022)	12,0	2,89	3,30	14,7	1,12	5,78	4,67

*(ŠRÁMEK A KOL., 2009)

Z výsledků uvedených v tabulce 10 vyplývá, že ve vápněných porostech nedošlo k narušení vyváženosti výživy, ale zároveň se potvrdila nízká úroveň výživy draslíkem.

2.5 Závěr pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

Uvedená práce hodnotí účinnost vápnění v Krušných horách na lokalitách „Cínovec 2 a 3, Litvínov B“ po pěti letech od vápnění na základě chemických analýz jednak půdních vzorků a dále vzorků jehlic smrku ztepilého z povápněných a pro srovnání i z kontrolních porostů.

Obecně lze konstatovat, že se nenaplnilo očekávání zejména v podobě zvýšeného obsahu různých forem vápníku a hořčíku v organominerálních horizontech vápněných porostů, jak se dalo v důsledku postupného pronikání vápence půdním profilem předpokládat. Do tohoto procesu tak pravděpodobně vstoupily i měnící se klimatické podmínky jako nižší úhrn srážek nebo výskyt sucha, které mohly zapříčinit, že vápenec z větší části stále zůstává v horizontu nadložního humusu. Dalším faktorem ovlivňující půdní vlastnosti vápněných porostů je doznívající vliv předchozích aplikací vápence v této oblasti zřetelný zejména v půdním sorpčním komplexu na klesajícím poměru BC/Al^{3+} , kdy odčerpání bazických kationtů kořeny nebo jejich vyplavení není v dostatečné míře saturováno vápníkem a hořčíkem z aplikovaného vápence.

Přestože je vliv vápnění ve sledovaných lokalitách dosud omezený, provedené vápnění se projevilo kladně zejména zvýšením pH ve všech půdních horizontech. Jako kladný vliv vápnění je hodnocen i pokles přístupného obsahu síry v organominerálních horizontech, pokles extrahovatelného obsahu zinku v minerální části půdního profilu, pokles extrahovatelného obsahu kadmia v nadložním organickém horizontu a pokles obsahu výměnných kationtů železa v organominerálním horizontu. Z hlediska výživy dřevin pak došlo ke zlepšení úrovně výživy dusíkem a hořčíkem.

Riziko spojené s vápněním lesních porostů se projevilo poklesem obsahu draslíku, ať už jeho extrahovatelné formy v nadložním organickém horizontu nebo přístupné i výměnné formy v organominerálních horizontech, což vedlo ke zhoršení úrovně výživy draslíkem zvláště v jehlicích předchozího roku. Dále vápnění negativně ovlivnilo u smrku ztepilého i výživu bórem a manganem.

V dalším sledování vlivu vápnění na půdy a lesní porosty v uvedených lokalitách bude nutné se zaměřit především na obsah draslíku v půdě i v jehlicích smrku ztepilého a v případě, že nedojde ke zvrácení negativního trendu adekvátně reagovat na jeho nedostatek v půdě přihnojením při obnově lesních porostů.

2.6 Použitá literatura pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

ALLOWAY B. J. (2008): Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France, 139 p.

BRUNNER I, SPERISEN CH. (2013): Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 12 p.

CRONAN CH. S., GRIGAL D. F. (1995). Use of Calcium/Aluminum Ratios as Indicators of Stress in Forest Ecosystems. *J. Environ. Qual.* 24: 209-226

ČHMÚ. Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb. Dostupné z: [Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Měsíční data : Měsíční data dle z. 123/1998 Sb. \(chmi.cz\)](https://portál.chmi.cz/Historická_data/Počasi/Měsíční_data/Měsíční_data_dle_z.123/1998_Sb._(chmi.cz)) (citováno z 2024-1-10)

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

FIALA P., REININGER D., SAMEK T. (2014): Analýza a vyhodnocení účinnosti leteckého vápnění, provedeného v roce 2008 v Krušných horách na LS Litvínov, po pěti letech od data aplikace. Brno, ÚKZÚZ, 66 s.

FIALA P., REININGER D., SVOBODA T. (2021): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v PLO 16 „Javořice“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 60 s.

FIALA P., REININGER D., SVOBODA T. (2022): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Kraslice 1“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 47 s.

FIALA P., REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Cínovec 1A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 44 s.

<https://www.ig.cas.cz/pro-verejnost/geopark-sporilov/v11-ignimbrit/>, citováno 2024-1-12

JANSONE L., WILPERT K., HARTMANN P. (2020): Natural Recovery and Liming Effects in Acidified Forest Soils in SW-Germany. *Soil Systems*, 4, 38, 33 p.

RAHMAN A., LEE S.-H., JI H. CH., KABIR A. H., JONES CH. S., LEE K.-W. (2018): Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 28 p.

REININGER D., FIALA P., SVOBODA T. (2019): Výsledky kontroly kvality rozmetání dolomitického vápence při leteckém vápnění. Brno, ÚKZÚZ. 17 s.

REININGER D., FIALA P., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Litvínov A, Jirkov A, Hora Sv. Kateřiny A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 54 s.

REJŠEK K., VÁCHA R. (2018): Nauka o půdě. Agripint, s.r.o, Olomouc, 527 s.

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

ŠRÁMEK V., FADRHOŇSOVÁ V., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. (2012): Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. Journal of Forest Science, 58: 57–66.

VANĚK V., BALÍK J., NĚMEČEK R., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P. (1998): Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. Farmář-Zemědělské listy, Praha, 124 s.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. (2014): Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.

2.7 Přílohy pro lokality Cínovec 2 + 3 a Litvínov B

2.7.1 Popisné statistiky

2.7.1.1 Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	6	112	108	65,2	193	66,8	130
pH _{CaCl2}	6	3,56	3,48	3,14	4,10	3,16	4,00
pH _{H2O}	6	4,42	4,31	4,10	4,86	4,19	4,76
N (%)	6	1,29	1,29	1,07	1,65	1,12	1,34
C _{OX} (%)	6	24,0	25,4	16,1	27,4	22,7	27,0
C/N	6	18,7	19,9	14,4	21,3	15,4	21,1
Al _{dus} (mg/kg)	6	6203	6052	4797	7953	5158	7209
B _{dus} (mg/kg)	6	1,92	1,94	1,39	2,53	1,61	2,09
Ca _{dus} (mg/kg)	6	2231	1194	767	5239	840	4155
Cd _{dus} (mg/kg)	6	0,41	0,33	0,28	0,66	0,28	0,57
Cr _{dus} (mg/kg)	6	7,09	6,57	5,04	11,1	5,64	7,59
Cu _{dus} (mg/kg)	6	9,81	10,2	7,26	12,4	8,30	10,6
Fe _{dus} (mg/kg)	6	6440	5610	4437	11860	5082	6039
K _{dus} (mg/kg)	6	1114	1101	862	1367	972	1284
Mg _{dus} (mg/kg)	6	681	532	297	1471	304	951
Mn _{dus} (mg/kg)	6	94,7	79,1	42,5	180	67,0	120
P _{dus} (mg/kg)	6	867	841	720	1069	773	958
Pb _{dus} (mg/kg)	6	133	125	64,7	272	71,3	139
Zn _{dus} (mg/kg)	6	35,5	36,3	26,9	41,0	32,2	40,2

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	9	154	154	116	191	132	175
pH _{CaCl2}	9	4,69	4,51	3,58	5,98	4,18	5,06
pH _{H2O}	9	4,65	4,58	3,66	5,41	4,37	5,02
N (%)	9	1,13	1,17	0,50	1,41	1,03	1,36
C _{OX} (%)	9	29,2	31,3	7,34	36,2	28,1	34,2
C/N	9	25,3	26,1	14,7	29,6	25,4	27,2
Al _{dus} (mg/kg)	9	5019	4295	2899	11450	3584	5386
B _{dus} (mg/kg)	9	1,87	1,89	0,65	3,21	1,84	2,35
Ca _{dus} (mg/kg)	9	4372	4115	3065	6108	3882	4938
Cd _{dus} (mg/kg)	9	0,34	0,40	0,02	0,54	0,33	0,45
Cr _{dus} (mg/kg)	9	6,99	6,65	3,97	10,9	5,53	7,16
Cu _{dus} (mg/kg)	9	8,21	8,07	4,77	10,4	7,43	9,78
Fe _{dus} (mg/kg)	9	5866	3836	3037	15210	3632	6565
K _{dus} (mg/kg)	9	974	779	612	1685	754	1186
Mg _{dus} (mg/kg)	9	2166	2049	1126	3863	1852	2470
Mn _{dus} (mg/kg)	9	107	109	48,6	178	91,6	123
P _{dus} (mg/kg)	9	713	730	484	849	693	777
Pb _{dus} (mg/kg)	9	155	151	87,2	204	134	179
Zn _{dus} (mg/kg)	9	32,5	31,9	22,4	41,8	29,6	36,1

2.7.1.2 Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,50	3,44	3,34	3,87	3,37	3,52
pH _{H2O}	6	4,31	4,29	4,08	4,68	4,13	4,37
Vým. acidita (mekv./kg)	6	136	141	101	170	114	149
C _{OX} (%)	6	5,10	4,88	4,07	6,94	4,32	5,51
N (%)	6	0,28	0,28	0,24	0,31	0,28	0,30
C/N	6	18,1	17,6	15,7	22,7	16,7	18,4
Al _{M3} (mg/kg)	6	1447	1439	1190	1694	1257	1662
P _{M3} (mg/kg)	6	9,66	7,82	3,73	23,5	6,62	8,42
K _{M3} (mg/kg)	6	76,7	74,4	67,3	90,0	69,5	84,6
Ca _{M3} (mg/kg)	6	251	206	49,2	592	76,6	377
Mg _{M3} (mg/kg)	6	67,4	31,5	11,1	177	28,2	125
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	567	567	468	635	537	627
SM ₃ (mg/kg)	6	25,5	22,1	14,6	41,5	15,4	37,2
P _{dus} (mg/kg)	6	109	119	47,0	153	74,1	142
K _{dus} (mg/kg)	6	129	131	111	144	121	137
Mg _{dus} (mg/kg)	6	119	75,9	13,5	250	54,9	244
Ca _{dus} (mg/kg)	6	313	281	44,2	718	104	447
Al _{dus} (mg/kg)	6	3059	3107	1978	4020	2523	3617
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,33	< 0,2	0,25
Cr _{dus} (mg/kg)	6	2,65	2,29	0,67	6,01	1,57	3,04
Cu _{dus} (mg/kg)	6	5,73	5,52	3,29	8,79	3,57	7,66
Fe _{dus} (mg/kg)	6	5387	4523	1812	12140	3583	5738
Mn _{dus} (mg/kg)	6	38,7	40,1	5,27	54,6	37,8	54,4
Pb _{dus} (mg/kg)	6	96,2	102	65,0	121	83,8	103
Zn _{dus} (mg/kg)	6	10,0	10,7	4,05	13,5	8,74	12,4
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	66,3	64,7	48,2	90,5	59,4	70,4
K _{VYM} (mekv./kg)	6	1,49	1,51	1,19	1,73	1,33	1,66
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	14,5	11,9	2,23	35,7	4,46	20,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	5,30	2,25	0,79	14,2	2,17	10,1
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,27	0,30	0,13	0,35	0,17	0,34
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	0,29	0,17	< 0,1	0,80	0,15	0,40
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	59,0	57,5	43,8	82,1	51,6	61,3
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	2,77	2,44	1,36	4,35	2,24	3,79
CEC (mekv./kg)	6	87,9	87,7	67,7	103	82,6	98,7
BS (%)	6	23,9	25,7	6,83	45,3	8,29	31,8

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	9	3,52	3,50	3,20	3,89	3,37	3,74
pH _{H2O}	9	4,49	4,45	4,12	4,81	4,36	4,76
Vým. acidita (mekv./kg)	9	113	108	93,6	142	104	120
C _{OX} (%)	9	4,19	4,47	3,03	5,29	3,25	4,81
N (%)	9	0,22	0,23	0,15	0,28	0,18	0,26
C/N	9	19,1	19,2	17,2	22,1	17,9	20,2
Al _{M3} (mg/kg)	9	1165	1178	857	1485	961	1386
P _{M3} (mg/kg)	9	5,63	6,35	< 3,5	8,10	4,55	7,06
K _{M3} (mg/kg)	9	63,8	64,3	48,8	79,6	57,7	71,3
Ca _{M3} (mg/kg)	9	263	214	87,4	568	192	233
Mg _{M3} (mg/kg)	9	127	121	33,3	294	66,2	138
B _{M3} (mg/kg)	9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	9	577	595	498	681	512	611
S _{M3} (mg/kg)	9	12,6	11,2	9,93	19,9	10,9	12,0
P _{dus} (mg/kg)	9	77,0	60,1	36,6	168	56,5	92,6
K _{dus} (mg/kg)	9	120	113	88,0	178	113	124
Mg _{dus} (mg/kg)	9	196	128	32,4	490	70,6	277
Ca _{dus} (mg/kg)	9	317	238	90,2	727	201	308
Al _{dus} (mg/kg)	9	2115	1561	1323	3500	1508	2531
Cd _{dus} (mg/kg)	9	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,22	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	9	2,00	0,97	0,54	5,83	0,73	1,63
Cu _{dus} (mg/kg)	9	3,07	3,52	1,51	4,75	2,03	3,86
Fe _{dus} (mg/kg)	9	4540	2990	1779	11660	2009	4498
Mn _{dus} (mg/kg)	9	24,5	13,7	6,89	77,9	9,01	16,8
Pb _{dus} (mg/kg)	9	78,8	85,1	45,9	99,2	67,4	93,3
Zn _{dus} (mg/kg)	9	5,70	5,17	3,20	9,90	4,04	6,29
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	9	49,0	51,7	31,0	59,0	46,0	52,7
K _{VYM} (mekv./kg)	9	1,17	1,27	0,79	1,55	0,92	1,34
Ca _{VYM} (mekv./kg)	9	14,7	11,6	4,98	33,9	10,0	13,0
Mg _{VYM} (mekv./kg)	9	10,1	9,50	2,25	26,4	5,00	10,7
Na _{VYM} (mekv./kg)	9	0,33	0,37	0,14	0,53	0,20	0,42
Mn _{VYM} (mekv./kg)	9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,24	< 0,1	< 0,1
Al _{VYM} (mekv./kg)	9	41,8	44,1	25,2	53,0	41,8	45,7
Fe _{VYM} (mekv./kg)	9	1,09	1,18	0,59	1,54	0,94	1,32
CEC (mekv./kg)	9	75,3	74,7	59,9	108	66,7	79,0
BS (%)	9	33,0	29,6	14,6	61,4	25,1	34,0

2.7.1.3 Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2022)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,76	3,74	3,54	3,99	3,68	3,85
pH _{H2O}	6	4,55	4,51	4,40	4,84	4,40	4,67
Vým. acidita (mekv./kg)	6	103	96,8	69,6	148	77,6	128
C _{OX} (%)	6	4,07	4,35	1,88	5,57	3,74	4,53
N (%)	6	0,21	0,23	0,11	0,26	0,21	0,25
C/N	6	19,2	18,4	17,9	21,8	18,2	20,4
Al _{M3} (mg/kg)	6	1680	1739	1357	1860	1564	1822
P _{M3} (mg/kg)	6	4,35	4,77	< 3,5	6,10	3,58	5,10
K _{M3} (mg/kg)	6	49,9	53,9	32,5	64,3	35,4	59,4
Ca _{M3} (mg/kg)	6	142	139	35,4	247	60,8	230
Mg _{M3} (mg/kg)	6	--	14,5	< 10	87,0	< 10	68,9
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	485	488	331	633	397	572
SM ₃ (mg/kg)	6	26,1	24,0	16,9	37,8	21,4	32,5
P _{dus} (mg/kg)	6	86,3	72,4	37,6	160	43,3	132
K _{dus} (mg/kg)	6	98,9	99,8	60,0	153	64,3	117
Mg _{dus} (mg/kg)	6	140	57,0	14,7	402	40,7	271
Ca _{dus} (mg/kg)	6	172	178	31,5	287	91,5	265
Al _{dus} (mg/kg)	6	4268	3963	2170	6905	3078	5526
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,34	< 0,2	0,27
Cr _{dus} (mg/kg)	6	3,60	2,20	0,78	11,6	1,26	3,52
Cu _{dus} (mg/kg)	6	3,51	3,49	1,65	6,44	1,80	4,19
Fe _{dus} (mg/kg)	6	8476	5006	2025	23890	3378	11550
Mn _{dus} (mg/kg)	6	68,9	71,8	5,48	121	64,2	78,9
Pb _{dus} (mg/kg)	6	67,9	70,5	37,2	90,3	53,1	85,8
Zn _{dus} (mg/kg)	6	10,5	12,2	4,02	14,6	6,87	13,2
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	58,6	58,8	44,0	78,3	47,4	64,6
K _{VYM} (mekv./kg)	6	0,80	0,90	0,39	1,12	0,48	1,03
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	7,80	7,78	1,63	13,6	2,93	13,1
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	2,51	1,03	0,52	6,77	0,68	5,04
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,23	0,23	0,14	0,33	0,20	0,26
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	0,25	0,19	< 0,1	0,51	0,11	0,47
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	54,2	54,1	40,9	72,6	41,7	61,8
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	1,67	1,08	0,40	4,44	0,68	2,36
CEC (mekv./kg)	6	70,0	63,7	56,7	99,3	62,6	74,0
BS (%)	6	16,0	16,9	5,43	25,2	8,97	22,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	9	3,69	3,72	3,26	3,96	3,60	3,81
pH _{H2O}	9	4,64	4,70	4,15	4,97	4,46	4,88
Vým. acidita (mekv./kg)	9	106	107	65,6	154	97,6	109
C _{OX} (%)	9	3,87	3,73	2,45	4,97	3,22	4,53
N (%)	9	0,20	0,20	0,14	0,29	0,17	0,24
C/N	9	19,1	18,8	17,1	22,6	17,8	20,1
Al _{M3} (mg/kg)	9	1459	1574	903	2020	1048	1720
P _{M3} (mg/kg)	9	--	< 3,5	< 3,5	18,7	< 3,5	4,56
K _{M3} (mg/kg)	9	52,2	54,0	40,0	62,8	46,3	56,6
Ca _{M3} (mg/kg)	9	170	122	61,2	399	100	204
Mg _{M3} (mg/kg)	9	90,4	112	18,9	149	32,8	137
B _{M3} (mg/kg)	9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	9	582	593	441	770	564	607
S _{M3} (mg/kg)	9	16,9	15,8	8,82	30,0	10,8	22,9
P _{dus} (mg/kg)	9	83,0	71,2	29,9	226	54,3	85,9
K _{dus} (mg/kg)	9	118	104	86,3	251	92,2	106
Mg _{dus} (mg/kg)	9	229	144	32,6	898	45,5	190
Ca _{dus} (mg/kg)	9	205	214	57,0	474	103	238
Al _{dus} (mg/kg)	9	3587	2988	1477	6510	2153	4898
Cd _{dus} (mg/kg)	9	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	9	3,28	1,84	0,68	10,5	1,35	2,48
Cu _{dus} (mg/kg)	9	2,36	2,00	0,85	5,43	1,50	2,39
Fe _{dus} (mg/kg)	9	7777	5949	1049	20730	4613	7982
Mn _{dus} (mg/kg)	9	49,7	22,9	5,81	164	15,2	62,5
Pb _{dus} (mg/kg)	9	81,2	76,3	31,3	131	60,3	101
Zn _{dus} (mg/kg)	9	6,45	4,75	3,06	15,5	4,40	5,48
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	9	56,8	53,7	38,2	74,0	52,6	62,1
K _{VYM} (mekv./kg)	9	0,94	0,97	0,70	1,18	0,78	1,08
Ca _{VYM} (mekv./kg)	9	9,78	7,58	3,53	22,3	4,95	12,7
Mg _{VYM} (mekv./kg)	9	6,98	9,05	1,35	11,8	2,35	10,9
Na _{VYM} (mekv./kg)	9	0,29	0,28	0,20	0,43	0,22	0,33
Mn _{VYM} (mekv./kg)	9	--	0,10	< 0,1	0,27	< 0,1	0,13
Al _{VYM} (mekv./kg)	9	51,2	48,0	33,7	66,0	46,7	58,0
Fe _{VYM} (mekv./kg)	9	1,82	2,04	0,61	2,72	1,32	2,40
CEC (mekv./kg)	9	74,8	73,8	47,5	92,2	68,4	85,4
BS (%)	9	23,3	22,2	9,13	39,2	13,1	32,6

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

2.7.1.4 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)	6	81,1	83,0	58,2	102	64,8	95,6
B (mg/kg)	6	13,8	15,4	7,82	18,5	8,31	17,6
Ca (mg/kg)	6	4112	4378	2820	5049	3013	5037
Cd (mg/kg)	6	--	0,04	< 0,02	0,12	< 0,02	0,06
Cr (mg/kg)	6	0,19	0,19	0,14	0,23	0,16	0,20
Cu (mg/kg)	6	2,27	2,24	2,02	2,56	2,21	2,37
Fe (mg/kg)	6	48,4	47,1	42,6	57,0	43,4	53,1
K (mg/kg)	6	4623	4779	3824	5158	4072	5128
Mg (mg/kg)	6	805	795	562	989	755	934
Mn (mg/kg)	6	327	292	165	587	166	461
N (%)	6	1,30	1,26	1,14	1,55	1,18	1,39
Ni (mg/kg)	6	0,51	0,47	0,26	1,02	0,32	0,56
P (mg/kg)	6	1086	1120	945	1155	1032	1143
Pb (mg/kg)	6	--	0,26	< 0,2	0,27	< 0,2	0,26
S (mg/kg)	6	843	835	764	932	809	881
Zn (mg/kg)	6	27,9	28,8	19,5	32,5	25,8	31,8
N/Ca	6	3,33	3,30	2,34	4,61	2,38	4,04
N/Mg	6	16,9	14,7	12,9	27,6	13,4	18,1
P/Zn	6	39,7	36,9	35,5	48,4	35,9	44,3
K/Ca	6	1,21	1,12	0,76	1,77	0,81	1,71
K/Mg	6	6,02	5,78	4,10	9,12	4,62	6,73
S/Ca	6	0,22	0,20	0,16	0,31	0,16	0,27
S/Mg	6	1,08	1,02	0,87	1,45	0,89	1,22
S/N	6	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07
N/P	6	12,0	12,0	10,3	15,0	10,4	12,2
N/K	6	2,82	2,89	2,29	3,14	2,69	3,02
Ca/Mg	6	5,31	4,67	3,74	8,85	3,82	6,12

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	9	74,3	74,5	53,4	94,7	56,3	88,7
B (mg/kg)	9	9,38	10,1	5,94	13,8	6,54	11,3
Ca (mg/kg)	9	4969	4975	3534	7320	4432	5298
Cd (mg/kg)	9	--	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02	0,03
Cr (mg/kg)	9	0,16	0,15	0,12	0,24	0,14	0,17
Cu (mg/kg)	9	2,33	2,32	2,07	2,71	2,18	2,40
Fe (mg/kg)	9	44,0	41,6	36,1	68,2	38,2	44,8
K (mg/kg)	9	4714	4664	4006	5299	4599	4916
Mg (mg/kg)	9	1090	1053	835	1457	979	1265
Mn (mg/kg)	9	203	206	34,5	395	160	221
N (%)	9	1,33	1,35	1,20	1,39	1,31	1,35
Ni (mg/kg)	9	0,44	0,35	0,18	1,06	0,28	0,41
P (mg/kg)	9	1155	1176	887	1433	1017	1218
Pb (mg/kg)	9	--	0,27	< 0,2	0,37	< 0,2	0,27
S (mg/kg)	9	906	903	796	975	850	967
Zn (mg/kg)	9	45,7	46,7	34,8	61,2	40,9	48,0
N/Ca	9	2,79	2,72	1,85	3,94	2,41	2,96
N/Mg	9	12,6	12,8	9,38	16,7	10,7	13,7
P/Zn	9	26,2	24,3	19,2	41,1	20,2	30,9
K/Ca	9	0,98	0,94	0,72	1,48	0,89	1,05
K/Mg	9	4,50	4,71	2,75	6,28	3,59	5,03
S/Ca	9	0,19	0,19	0,12	0,26	0,17	0,21
S/Mg	9	0,85	0,85	0,67	1,08	0,76	0,97
S/N	9	0,07	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07
N/P	9	11,8	11,5	9,53	15,1	10,7	11,9
N/K	9	2,84	2,80	2,48	3,41	2,66	2,91
Ca/Mg	9	4,69	4,89	2,61	6,95	4,13	5,08

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

2.7.1.5 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)	6	104	111	72,9	123	86,1	118
B (mg/kg)	6	13,1	13,3	6,60	19,5	7,07	19,1
Ca (mg/kg)	6	6008	6452	3433	7527	4955	7230
Cd (mg/kg)	6	--	0,04	< 0,02	0,08	< 0,02	0,06
Cr (mg/kg)	6	0,21	0,21	0,19	0,23	0,19	0,23
Cu (mg/kg)	6	2,01	2,11	1,51	2,19	1,98	2,17
Fe (mg/kg)	6	58,4	59,5	48,8	63,8	59,2	59,7
K (mg/kg)	6	4250	4328	3404	5018	3452	4971
Mg (mg/kg)	6	805	836	495	1087	610	963
Mn (mg/kg)	6	366	320	160	616	193	589
N (%)	6	1,10	1,11	0,74	1,32	1,09	1,21
Ni (mg/kg)	6	0,42	0,38	0,30	0,66	0,32	0,49
P (mg/kg)	6	921	947	723	1028	908	972
Pb (mg/kg)	6	0,23	0,23	< 0,2	0,35	0,22	0,26
S (mg/kg)	6	834	813	766	928	794	888
Zn (mg/kg)	6	28,2	27,8	15,3	39,4	26,7	31,9
N/Ca	6	1,94	1,67	1,45	3,18	1,49	2,16
N/Mg	6	14,6	12,0	9,85	24,4	11,7	17,9
P/Zn	6	34,4	34,5	24,7	47,2	29,2	36,6
K/Ca	6	0,78	0,73	0,46	1,45	0,47	0,86
K/Mg	6	5,88	4,85	3,53	10,1	3,75	8,16
S/Ca	6	0,15	0,13	0,11	0,22	0,11	0,19
S/Mg	6	1,11	1,05	0,82	1,66	0,84	1,26
S/N	6	0,08	0,07	0,07	0,13	0,07	0,07
N/P	6	12,0	12,3	7,69	15,1	11,6	13,3
N/K	6	2,64	2,70	1,75	3,32	2,19	3,16
Ca/Mg	6	7,87	7,05	5,62	13,7	5,63	8,17

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	9	95,8	95,2	72,9	129	77,0	114
B (mg/kg)	9	9,07	9,29	5,01	15,8	5,61	11,1
Ca (mg/kg)	9	6385	6541	4684	8421	5806	6865
Cd (mg/kg)	9	--	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02	0,02
Cr (mg/kg)	9	0,20	0,19	0,16	0,29	0,17	0,21
Cu (mg/kg)	9	1,74	1,86	1,25	2,18	1,47	1,92
Fe (mg/kg)	9	61,7	61,3	47,7	87,7	50,0	65,3
K (mg/kg)	9	4749	4813	3998	5576	4376	5055
Mg (mg/kg)	9	998	985	775	1252	812	1216
Mn (mg/kg)	9	221	221	22,7	453	177	238
N (%)	9	1,25	1,27	1,12	1,33	1,20	1,30
Ni (mg/kg)	9	0,39	0,35	0,18	0,73	0,30	0,40
P (mg/kg)	9	988	1015	745	1263	889	1057
Pb (mg/kg)	9	--	0,22	< 0,2	0,36	< 0,2	0,25
S (mg/kg)	9	903	869	828	1017	864	942
Zn (mg/kg)	9	41,0	40,5	21,9	61,0	35,4	48,4
N/Ca	9	2,01	1,98	1,51	2,63	1,79	2,07
N/Mg	9	13,1	12,6	9,19	17,2	9,94	16,3
P/Zn	9	27,0	20,4	16,5	57,7	18,6	31,2
K/Ca	9	0,76	0,74	0,64	1,05	0,67	0,76
K/Mg	9	4,99	4,85	3,29	6,54	3,88	6,23
S/Ca	9	0,15	0,14	0,10	0,20	0,13	0,16
S/Mg	9	0,93	0,84	0,75	1,25	0,77	1,11
S/N	9	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08
N/P	9	13,0	12,3	8,85	17,8	11,8	13,4
N/K	9	2,65	2,63	2,28	3,09	2,51	2,73
Ca/Mg	9	6,65	6,35	3,85	9,40	5,54	7,89

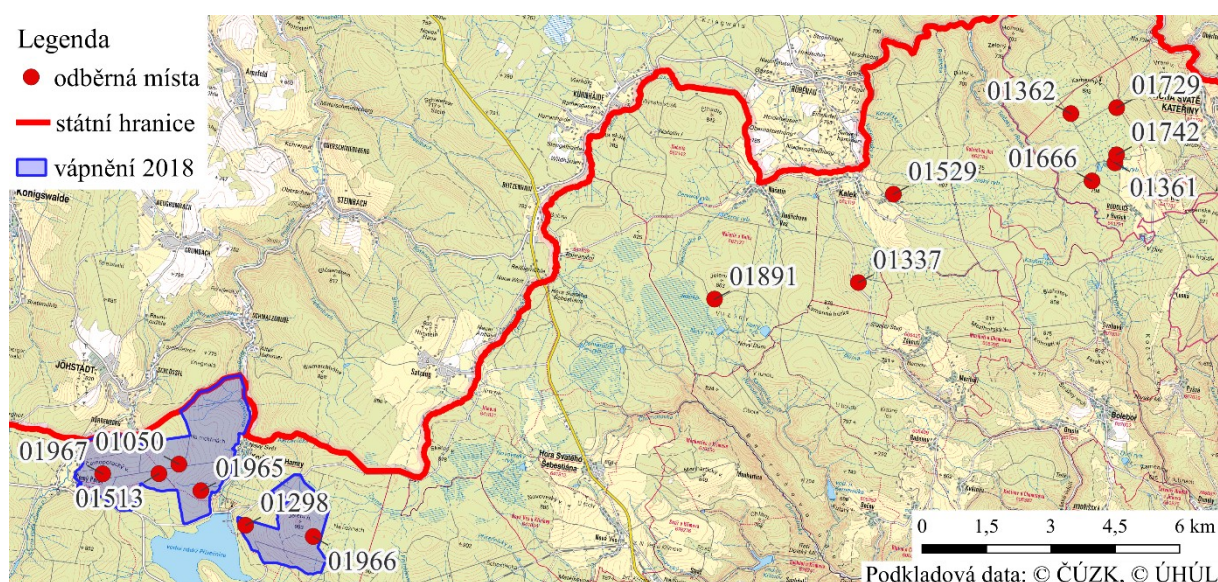
-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

3 Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

3.1 Úvod pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

V roce 2023 byly provedeny odběry vzorků půd a asimilačních orgánů za účelem zhodnocení kvality a účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace na lokalitách „Kryštofovy Hamry B“ a „Vejprty C“ v okolí Kryštofových Hamrů a Vejprt (Obr. 3.1). Kontrolní odběry byly provedeny v lesních porostech v okolí Kalku a Hory Svaté Kateřiny.

Vápnění na sledovaných lokalitách proběhlo v roce 2018. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace byly použity výsledky z šesti porostů vápněných a osmi porostů kontrolních (v posledních deseti letech nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2018, 2020 a 2023. Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2019, 2021 a 2023. Z dostupných databází vyplývá, že v roce 2006 byly povápněny porosty na odběrných místech 01362, 01666 a 01729. Dále byly v roce 2002 povápněny porosty na odběrných místech 01965 a 01966. V roce 2000 byly povápněny porosty na odběrných místech 01050, 01337, 01513 a 01967.



Obr. 3.1: Vápněná území a poloha odběrných míst

3.2 Metodika pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

- 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 a software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software systém), version 12
- Mapové podklady byly vypracovány v programu QGIS 3.28.5.
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 3.1.
- Pro slovní hodnocení obsahu prvků v půdě a v asimilačních orgánech smrku ztepilého byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013)

Tab. 3.1: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2018	2020	2023	2019	2021	2023
Porost	Vápněný	2018		Ano	Ano	Ano		
		2020	Ano		Ano		Ano	
		2023	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2019	Ano				Ano	Ano
		2021		Ano		Ano		Ano
		2023			Ano	Ano	Ano	

3.3 Popis odběrných míst pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

Stanoviště určená k posouzení kvality a účinnosti vápnění se nacházejí v převážně březových porostech s příměsí ostatních dřevin v 6.–7. lesním vegetačním stupni (Tab. 3.2). Většina těchto porostů se nachází v edafické kategorii K (kyselá) a dále pak S (svěží). Zvolená odběrná místa se nacházejí převážně na podloží tvořeném pararulou svorového vzhledu a na ortorule. Tyto vybrané porosty se považují za vhodné k posouzení kvality a účinnosti vápnění. Pro detailnější posouzení či doplnění informací o stanovištích byl proveden popis půdního prostředí (Tab. 3.3).

Tab. 3.2: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01050	LČR LS Klášterec	130D _{4a/1a}	BR 85, SM 10, MD 3, OL 2	35	6S4	7544	ortorula
01298	LČR LS Klášterec	108A _{4a/3a/2a}	BR 100	26	6S4	7541	pararula svorového vzhledu
01513	Obec Kryštofovy Hamry	129D _{4a}	BR 100	38	6K1	7524	pararula svorového vzhledu
01965	LČR LS Klášterec	128F _{4/2/1}	BR 100	31	6K1	7520	pararula
01966	LČR LS Klášterec	111D _{4/1d}	SMP 100	36	7K3	7724	svor
01967	LČR LS Klášterec	139C _{3/1}	BR 90, OL 10	30	6K1	7520	pararula svorového vzhledu
Kontrolní	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01337	LČR LS Klášterec	88A _{5/1}	BR 95, BO 5, BK +	45	7K5	724	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01361	LČR LS Klášterec	56D _{3c}	SM 90, BR 10, VR +	27	7K5	721	ortorula
01362	LČR LS Klášterec	44A _{4b/2a}	SM 100, BK +	32	7K5	724	alkalický olivinický bazalt
01529	LČR LS Klášterec	51B _{4/2}	BR 100	36	7K5	720	ortorula
01666	LČR LS Klášterec	56C _{4/2a}	BK 60, SM 20, JR 20	17	7K5	721	ortorula
01729	LČR LS Klášterec	58C ₅	BR 100, BK +, SM +	43	7K5	724	pararula svorového vzhledu
01742	LČR LS Klášterec	58D _{5a/1}	BR 76, SMP 24	47	7K5	724	pararula svorového vzhledu
01891	Arcibiskupství pražské	120D _{4c}	BR 90, SM 10	31	7K3	3727	pararula svorového vzhledu

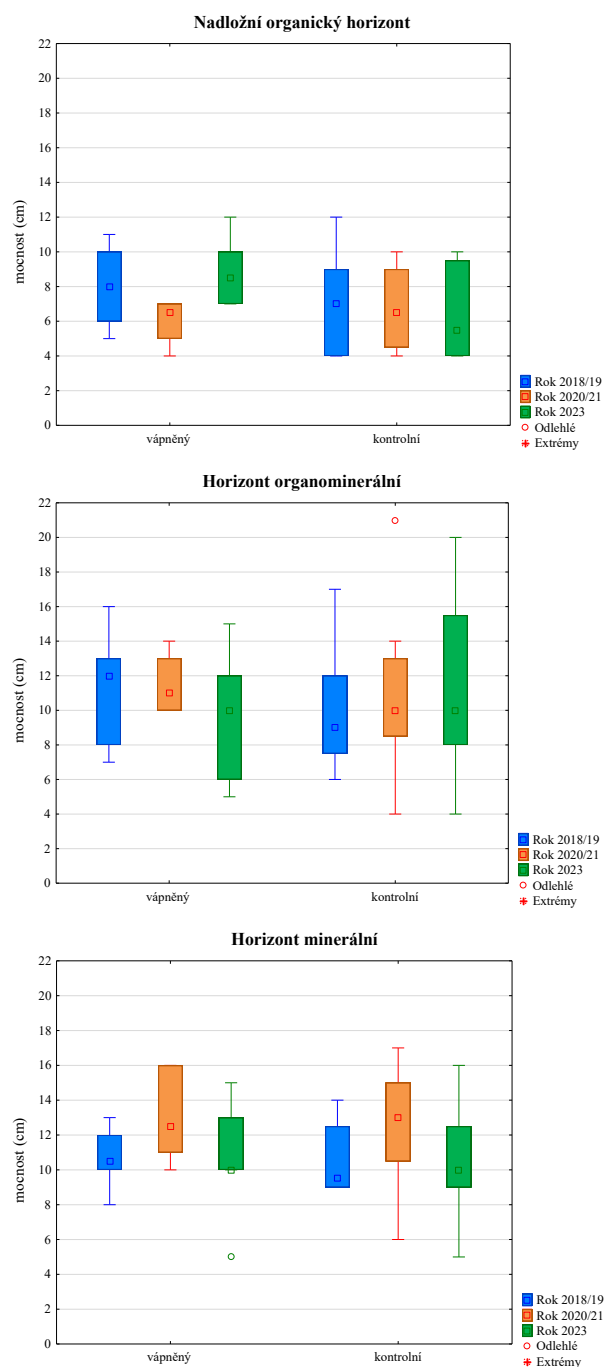
Tab. 3.3: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť

Vápněná	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01050	plně vyvinutá moderová forma, H filcovitý, přechod ostrý	hnědá, 7.5YR4/3, mírně humózní, místy šedá, 7.5YR6/1, skvrny občasné, prachovito-hlinitá, krupnatá-hranolovitá, soudržná-kyprá	rezavá, 7.5YR6/8, skvrny málo, hlinito-jílovitá, hrubě hranolovitá, soudržná-vazká
01298	místy nevyvinutý, převládá H, krupnatý, sypký, místy mull, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR5/4, humózní, silně prokořeněná, krupnatá-drobivá, sypká-drobivá, prachovito-hlinitá	světle hnědá-rezavá, 7.5YR7/6, písčito-hlinitá, kyprá, drobtovitá-hranolovitá
01513	vyvinut mocný moderový horizont, převládá H, silně prokořeněný, přechod ostrý	kávově hnědá, 10YR4/2, místy redukční G horizont, 10YR6/2, místy mírně humózní, 7.5YR5/4, jílovito-hlinitá, hrudkovitá, kyprá	hnědá, 7.5YR5/6, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, vazká
01965	místy nevyvinutý, H drobový, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR5/6, místy nevyvinutý, humózní-silně humózní, písčito-hlinitá, drobtovitá, kyprá	rezavá, 7.5YR6/8, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná-vazká
01966	většinou nevyvinutý, místy hluboký, přechod hladký	tmavě hnědá, shora středně humózní, prokořeněná, hlinitá, hrudkovitá-hranolovitá, kyprá-vazká	rezavá, jílovito-hlinitá, drobtovitá, drobová
01967	místy nevyvinutý, místy moder, H, sypký, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR4/4, silně humózní, prachovito-hlinitá, drobtovitá-hrudkovitá, kyprá	narezavělá, 7.5YR5/6, písčito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná
Kontrolní	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01337	souvislý drn, převládá H	tmavě šedá až černá, 10YR5/2, hlinito-písčítá, soudržná	hnědá, 7.5YR5/4, místy vybělená, 7.5YR6/2, hlinitá, soudržná
01361	prokořeněný drn, převládá H	7.5YR3/1, tmavě hnědá, shora mírně humózní, prokořeněná, drobová, sypká, hlinito-písčítá, mírně vlhká	žlutavě hnědá, 10YR4/4, drobtovitá, drobová, písčito-hlinitá, mírně vlhká, soudržná
01362	souvislý drn, převládá H	tmavě hnědá až černá, 7.5YR2.5/1, silně prokořeněná, hlinitá, hrudkovitá, drobová	hnědá, 10YR3/3, hlinitá, hrudkovitá, drobová, kyprá, mírně vlhká
01529	filcovitý, prokořeněný, místy nevyvinut, místy dominuje H	kávově hnědá, 7.5YR2.5/2, středně humózní, prachovitá, krupnatá, drobtovitá, drobová	7.5YR4/6, převládá šedý redukční horizont, místy rezavá, jílovito-hlinitá, soudržná až vazká
01666	surový humus, převládá H, přechod ostrý	humózní, kávově hnědá, 7.5YR3/4, hlinitá, místy redukční horizont, 7.5YR6/2, krupnatá až drobtovitá, drobová	rezavá, 7.5YR6/6, jílovito-hlinitá, příměs písku, hranolovitá, soudržná
01729	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR3/2, shora silně humózní, písčito-hlinitá, drobová	hnědá, 7.5YR4/6, místy až rezavá, písčito-hlinitá, drobová, sypká
01742	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, místy vysvětlená, 7.5YR3/4, mírně vlhká, drobtovitá, drobová, písčito-hlinitá	hnědá, 7.5YR4/6, mírně vlhká, drobtovitá, drobová, písčito-hlinitá
01891	slabý, prokořeněný, přechod ostrý	málo vyvinutý, hnědá, 7.5YR5/4, hlinitá, drobtovitá, drobová	skořicově hnědá, 7.5YR7/8, hranolovitá, soudržná, jílovito-hlinitá

Mocnost nadložního organického horizontu vápněných porostů je v roce 2023 (pět let po vápnění) srovnatelná s hodnotou zjištěnou před vápněním (2018). Mírný výkyv v roce 2020 je pravděpodobně způsoben odečtem při popisu odebraných dílčích vzorků.

Mocnost vzorkovaných organominerálních i minerálních horizontů se dlouhodobě pohybuje v podobných hodnotách jak v rámci vápněných porostů, tak i v rámci porovnání mezi vápněnými a kontrolními porosty (Obr. 3.2).

Odebrané vzorky tedy z hlediska mocnosti horizontů nevykazují zásadnější rozdíly a vzorkované půdy jsou z tohoto pohledu vhodné ke vzájemnému porovnání.



Obr. 3.2: Mocnost vzorkovaných horizontů v průběhu šetření

3.4 Výsledky pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

3.4.1 Půda

3.4.1.1 Nadložní organický materiál

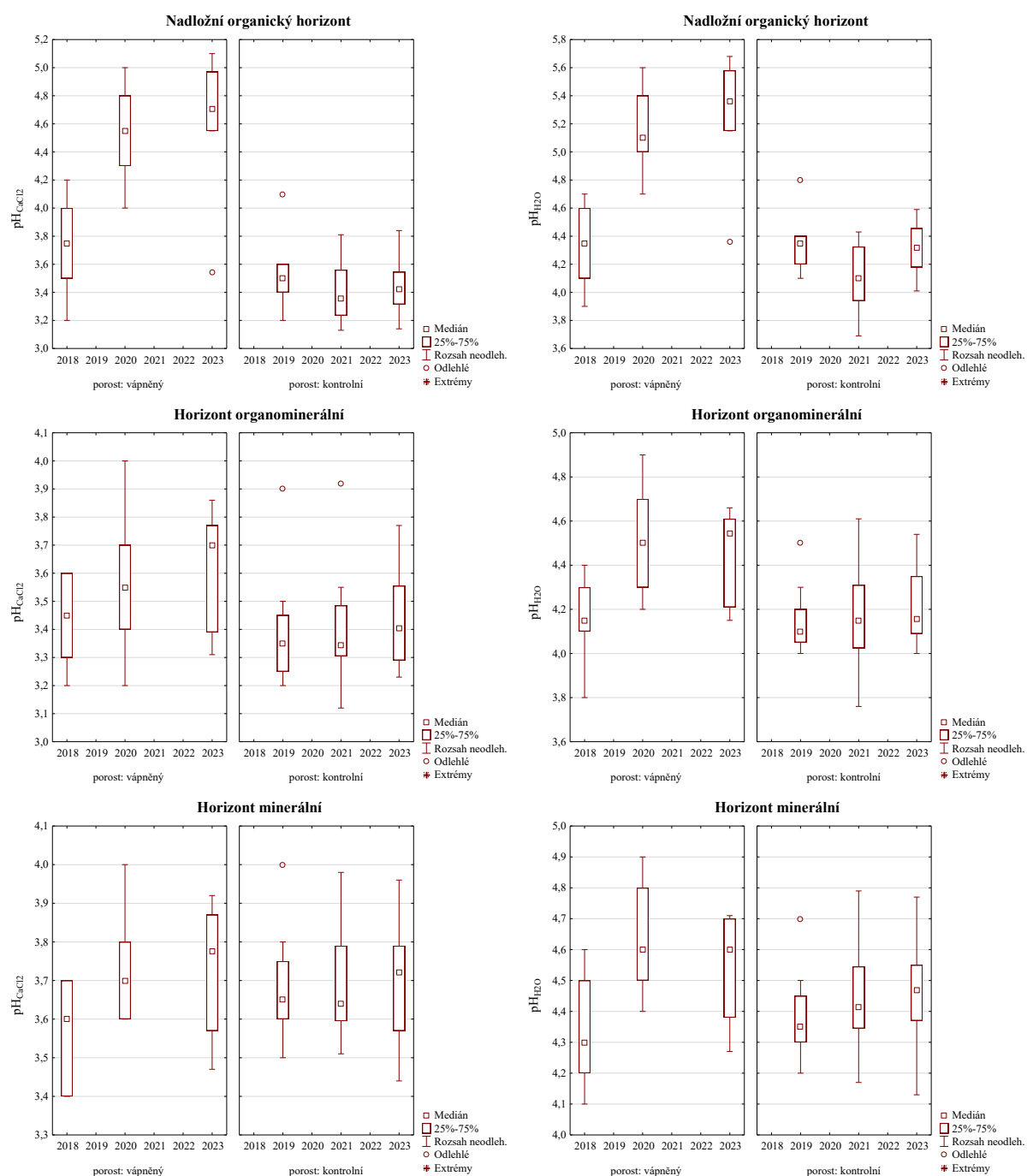
Množství nadložního organického materiálu (Nadložní humus) se ve vápněných ani v kontrolních porostech statisticky významně nemění. Ve vápněných porostech pozorujeme mírný nárůst množství nadložního humusu (Tab. 3.4), což vylučuje negativní vliv zrychlené mineralizace vlivem vápnění.

Tab. 3.4: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

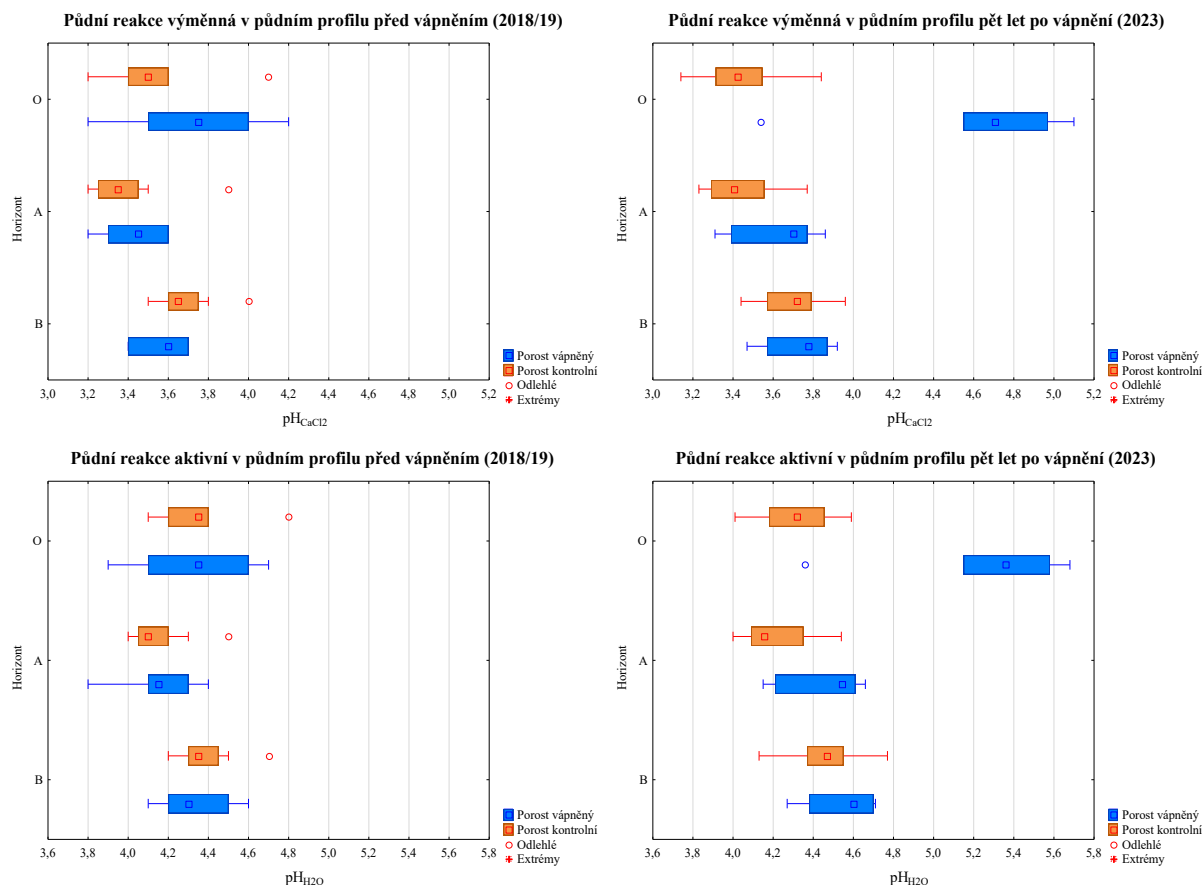
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	149	153	220	123	154	149
pH _{CaCl2}	3,73	4,53	4,60	3,54	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,33	5,15	5,25	4,35	4,11	4,31
C _{OX} (%)	17,8	19,8	17,6	20,3	18,0	23,7
N (%)	1,08	1,11	0,80	1,26	1,08	1,03
C/N	16,7	18,0	22,1	16,0	16,2	23,1
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,43	3,57	3,62	3,40	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,15	4,52	4,45	4,15	4,17	4,22
C _{OX} (%)	5,14	4,59	4,32	4,64	4,25	3,99
N (%)	0,30	0,27	0,22	0,31	0,26	0,23
C/N	17,6	17,1	19,2	15,0	16,2	16,8
Vým. acidita (mekv./kg)	154	137	119	142	139	114
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,57	3,73	3,73	3,69	3,69	3,70
pH _{H2O}	4,33	4,63	4,54	4,39	4,45	4,46
C _{OX} (%)	3,14	2,75	2,98	2,98	2,73	2,55
N (%)	0,20	0,18	0,17	0,21	0,18	0,17
C/N	15,6	14,8	17,9	13,5	14,5	13,4
Vým. acidita (mekv./kg)	110	117	105	99,0	95,5	101

3.4.1.2 Půdní chemická reakce

Půdní chemická reakce aktivní je stále statisticky významně vyšší ve všech půdních horizontech ve srovnání se situací před vápněním, na rozdíl od kontrolních porostů, kde se zjištěné hodnoty pohybují na podobné úrovni po celou dobu sledování (Obr. 3.3). Podobné výsledky jsme zaznamenali i u půdní reakce výměnné. Zvýšená hodnota pH v celém půdním profilu vypovídá o dlouhodobém kladném působení aplikovaného vápence.



Obr. 3.3: Půdní reakce výměnná (pH_{CaCl2}) a aktivní (pH_{H2O}) v půdních horizontech



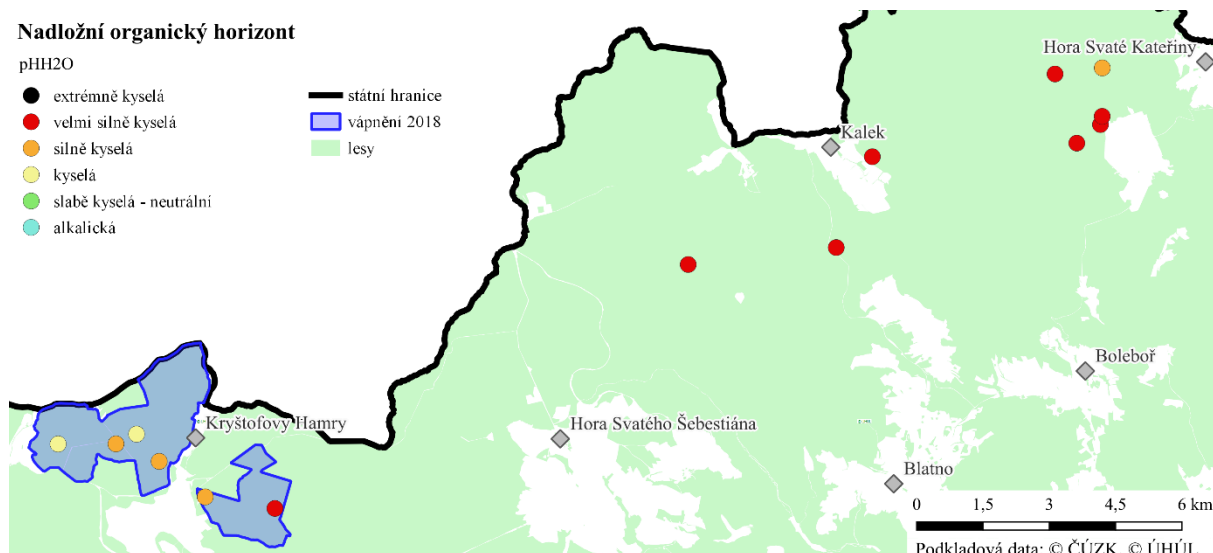
Obr. 3.4: Sledování změn v hodnotách půdní reakce výměnné ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) a aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdním profilu

Nejvýraznější změny pH v půdním profilu jsme zaznamenali v nadložním organickém horizontu a pak v horizontu organominerálním (Obr. 3.4). V minerálních horizontech vápněných porostů nejsou změny v pH vzhledem k porostům kontrolním tak výrazné.

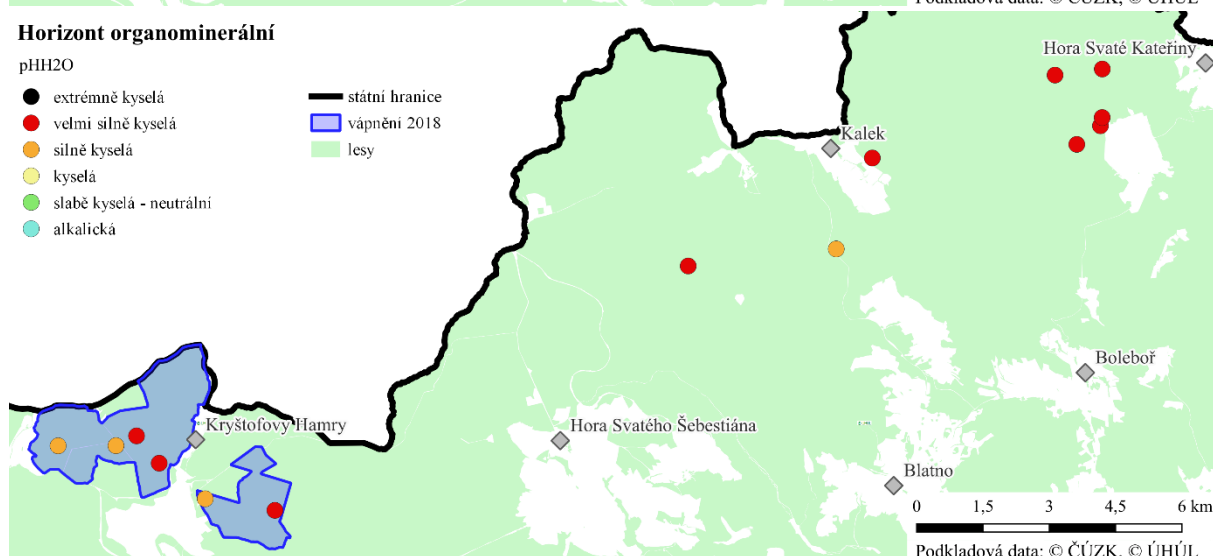
Půdní reakci v nadložním organickém horizontu vápněných porostů hodnotíme jako silně kyselou až kyselou, v organominerálním horizontu jako velmi silně kyselou až silně kyselou a v minerálním horizontu jako silně kyselou. V kontrolních porostech je půdní reakce hodnocena převážně jako velmi silně kyselá (Obr. 3.5).

Nadložní organický horizontpHH₂O

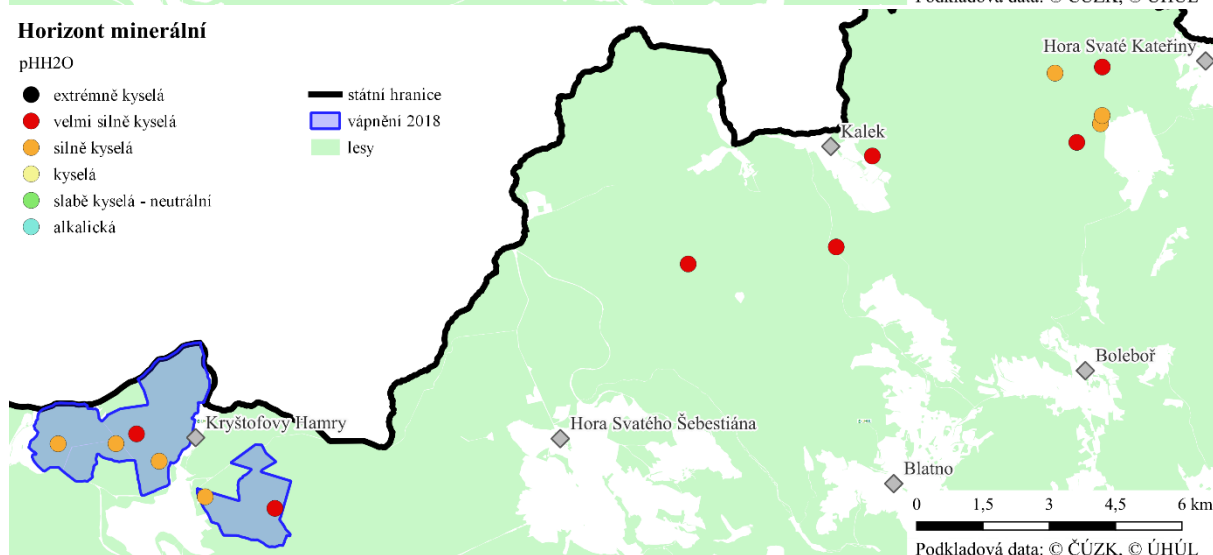
- extrémně kyselá
 - velmi silně kyselá
 - silně kyselá
 - kyselá
 - slabě kyselá - neutrální
 - alkalická
- státní hranice
 - vápnění 2018
 - lesy

**Horizont organominerální**pHH₂O

- extrémně kyselá
 - velmi silně kyselá
 - silně kyselá
 - kyselá
 - slabě kyselá - neutrální
 - alkalická
- státní hranice
 - vápnění 2018
 - lesy

**Horizont minerální**pHH₂O

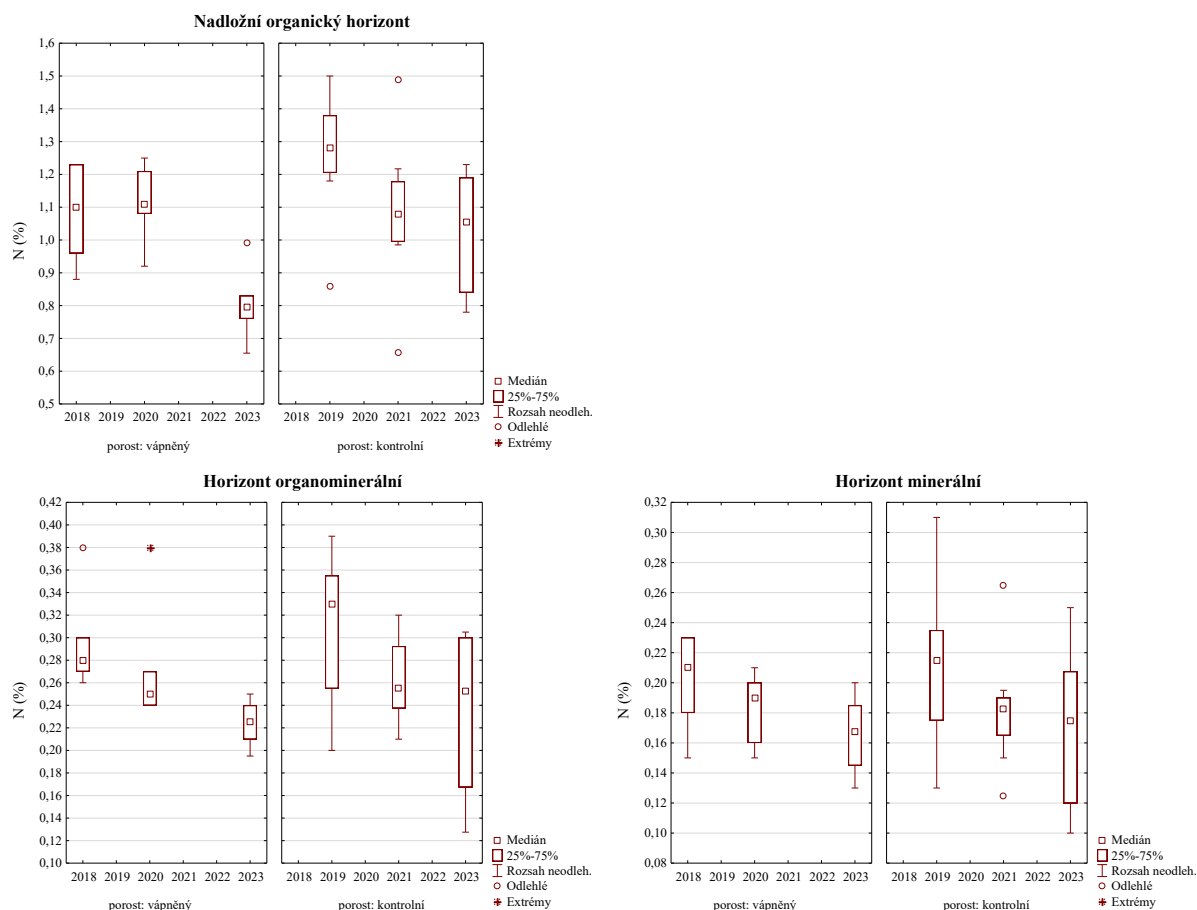
- extrémně kyselá
 - velmi silně kyselá
 - silně kyselá
 - kyselá
 - slabě kyselá - neutrální
 - alkalická
- státní hranice
 - vápnění 2018
 - lesy



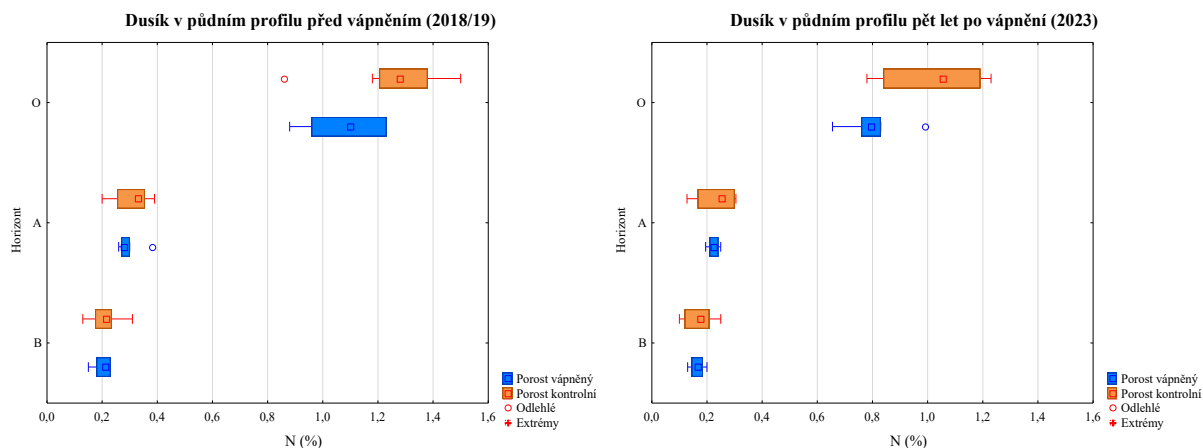
Obr. 3.5: Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pHH₂O v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.1.3 Dusík

Obsah dusíku (N) za sledované období klesá ve všech horizontech vápněných i kontrolních porostů (Obr. 3.6). Vzhledem k tomu, že nebyly v jednotlivých půdních horizontech zjištěny rozdíly v obsahu dusíku mezi vápněnými a kontrolními porosty a vzhledem k podobnosti trendů za sledované období, není pokles obsahu dusíku v tomto případě spojován s vápněním.



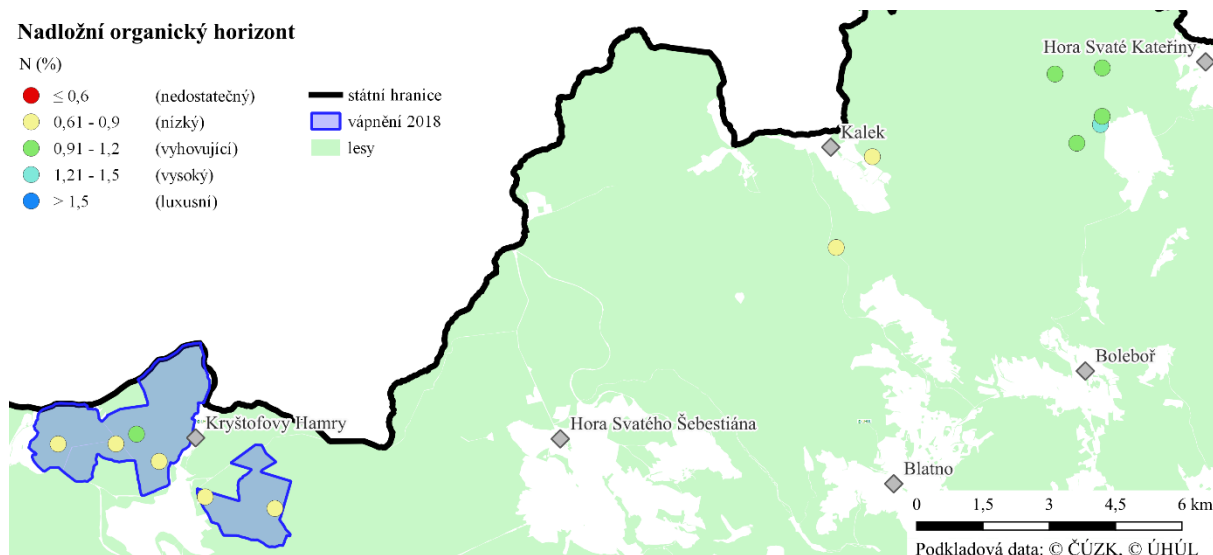
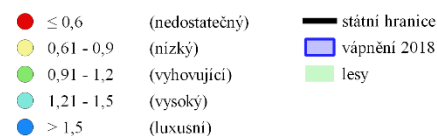
Obr. 3.6: Obsah dusíku (N) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 3.7: Obsah dusíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)

Nadložní organický horizont

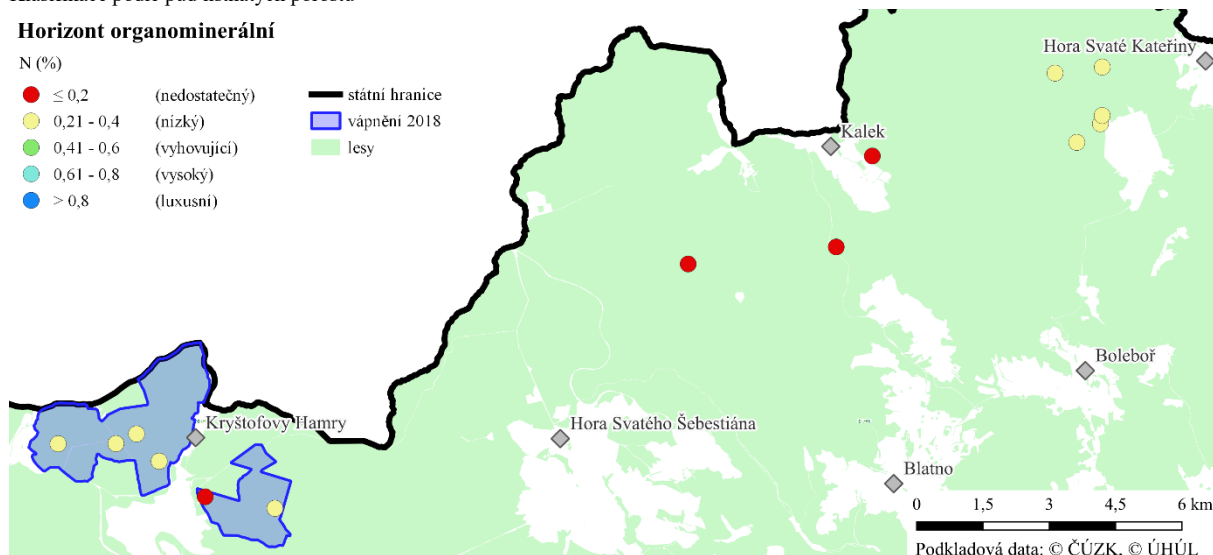
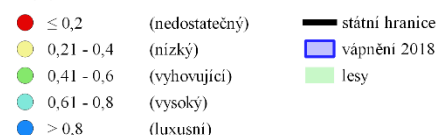
N (%)



Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont organominerální

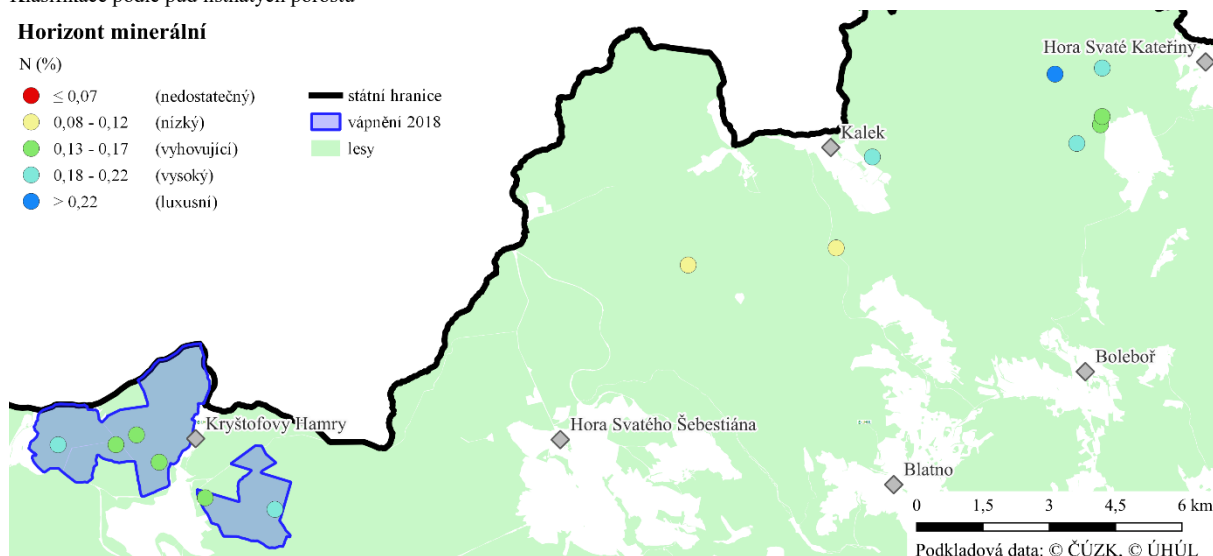
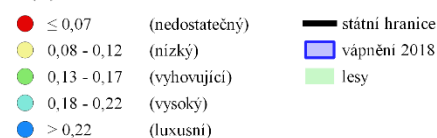
N (%)



Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont minerální

N (%)



Klasifikace podle půd listnatých porostů

Obr. 3.8: Kartogramy obsahu dusíku (N) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.1.4 Oxidovatelný uhlík

Na rozdíl od obsahu dusíku, obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) se během sledování v půdních horizontech vápněných ani kontrolních porostů statisticky významně nezměnil (Tab. 3.4). Hodnoty v nadložním organickém horizontu jsou poměrně stabilní a ve vápněných porostech se pohybují kolem 18 %. V organominerálních i minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů pozorujeme mírný pokles, což může být zapříčiněno už samotným odběrem půdních vzorků.

3.4.1.5 Poměr C/N

Poměr C/N je vázán na dusík a oxidovatelný uhlík. Kvůli významným změnám v obsahu dusíku se významně mění i poměr C/N. V nadložním organickém horizontu došlo ke zvýšení hodnoty poměru C/N v důsledku poklesu obsahu dusíku a stabilních hodnot obsahu uhlíku. V organominerálních i minerálních horizontech jsou hodnoty poměru C/N srovnatelné se situací před vápněním v důsledku klesajícího obsahu jak uhlíku, tak dusíku.

3.4.1.6 Fosfor

Obsah extrahovatelného fosforu (P_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů kolísá, ale mezi těmito typy porostů nebyly za sledované období v obsahu P_{dus} zjištěny statisticky významné rozdíly (Tab. 3.5).

V organominerálních ani v minerálních horizontech nebyly zjištěny žádné výraznější změny v extrahovatelném obsahu tohoto prvku.

Obsah přístupného fosforu (P_{M3}) se za sledované období statisticky významně nezměnil ani v horizontech organominerálních ani v horizontech minerálních u obou typů porostů. Přístupný obsah fosforu se v půdních horizontech vápněných porostů pohybuje v oblasti nedostatečné úrovně, a proto sledování vlivu vápnění na přístupný obsah tohoto prvku v půdě vyžaduje zvýšenou pozornost. V tomto případě tedy negativní vliv vápnění nebyl zjištěn. V minerálních horizontech se často setkáváme s hodnotami obsahu pod limitem $3,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a hodnocení pomocí statistických analýz zde není zcela spolehlivé.

3.4.1.7 Draslík

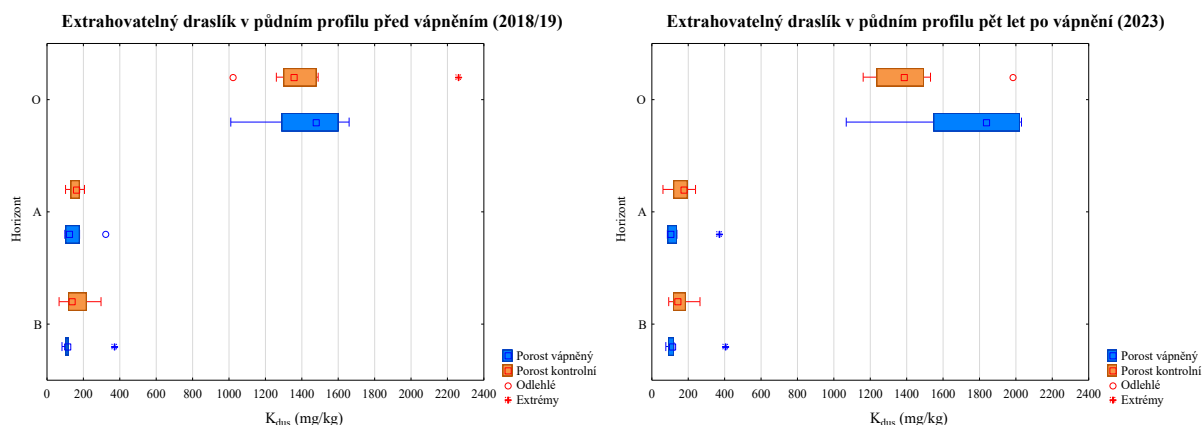
V případě extrahovatelného obsahu draslíku (K_{dus}) byla zaznamenána statisticky významná změna jen v nadložním organickém horizontu vápněných porostů. Přestože může vápnění mít negativní vliv na obsah draslíku, v tomto případě jsou jeho obsahy po vápnění statisticky významně vyšší než před vápněním (Obr. 3.10).

U obsahu extrahovatelného draslíku v ostatních horizontech nebyly po pěti letech od aplikace vápence zaznamenány významnější změny.

Tab. 3.5: Průměrné obsahy makroprvků v šetřených horizontech

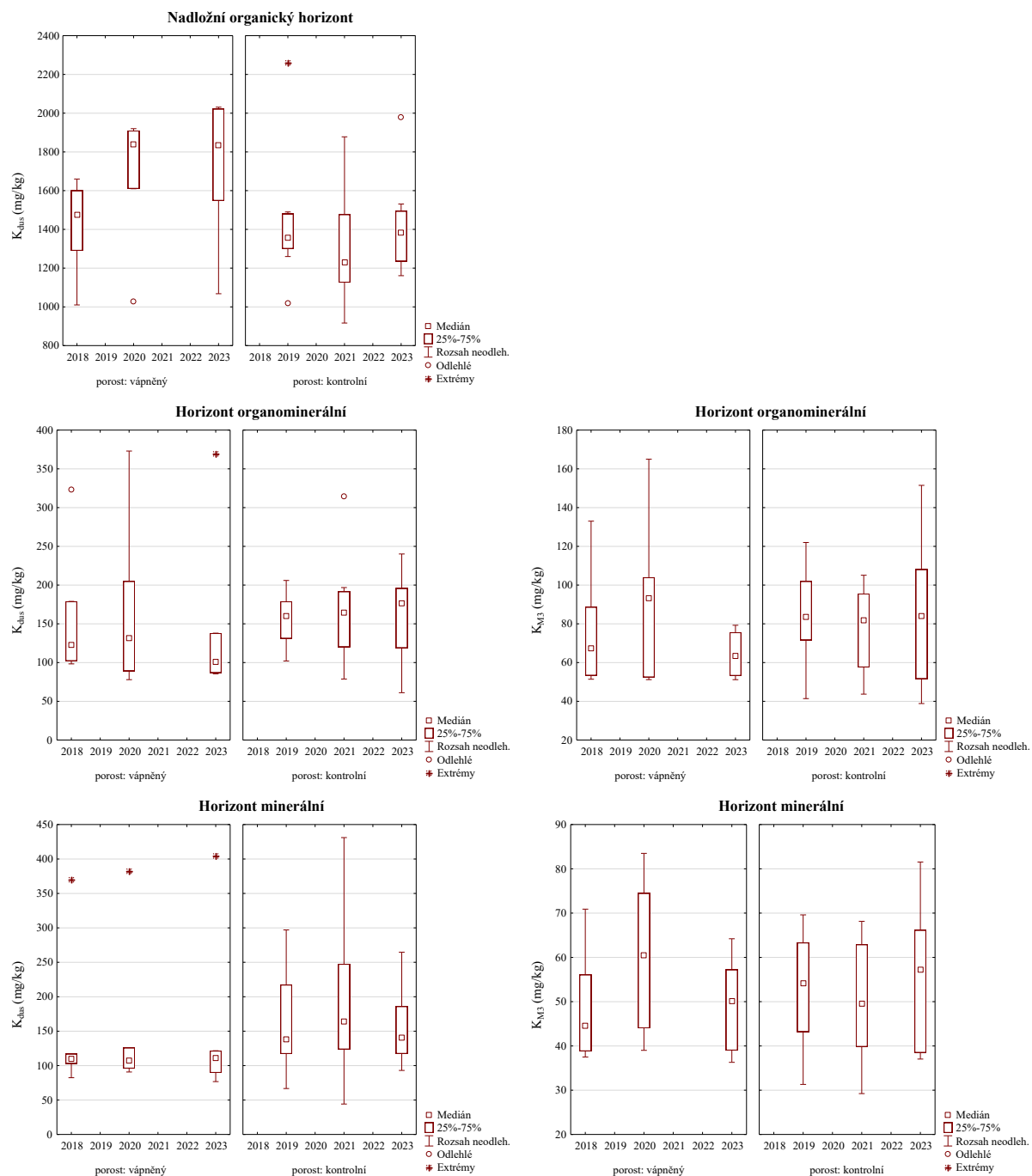
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
P _{dus} (mg/kg)	927	1015	860	1082	949	966
K _{dus} (mg/kg)	1418	1692	1723	1444	1308	1421
Ca _{dus} (mg/kg)	2433	7732	4602	1650	1308	1276
Mg _{dus} (mg/kg)	1214	4012	2487	1049	884	763
Horizont organominerální						
P _{dus} (mg/kg)	273	224	221	162	170	128
K _{dus} (mg/kg)	158	168	147	156	168	160
Ca _{dus} (mg/kg)	484	668	521	300	251	200
Mg _{dus} (mg/kg)	439	518	527	257	303	245
P _{M3} (mg/kg)	8,69	10,3	7,36	--	--	11,4
K _{M3} (mg/kg)	76,9	93,2	64,4	84,7	77,4	84,7
Ca _{M3} (mg/kg)	391	525	402	202	178	144
Mg _{M3} (mg/kg)	169	247	205	59,0	55,3	45,9
Horizont minerální						
P _{dus} (mg/kg)	233	197	218	177	161	163
K _{dus} (mg/kg)	149	151	152	164	193	156
Ca _{dus} (mg/kg)	232	227	266	202	198	167
Mg _{dus} (mg/kg)	541	548	542	450	485	422
P _{M3} (mg/kg)	--	--	--	--	--	12,7
K _{M3} (mg/kg)	48,7	60,3	49,5	52,8	50,3	55,3
Ca _{M3} (mg/kg)	152	154	179	100	115	99,6
Mg _{M3} (mg/kg)	73,4	81,8	102	34,2	34,6	28,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

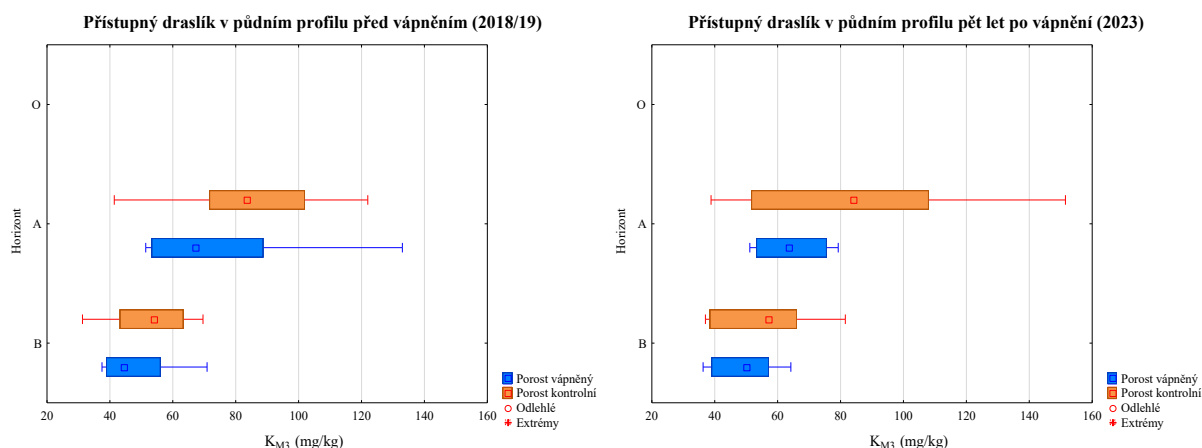


Obr. 3.9: Obsah extrahovatelného draslíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)

Ani v případě obsahu přístupného draslíku (K_{M3}) nebyly v půdních horizontech vápněných porostů zaznamenány negativní změny vyvolané vápněním. Dlouhodobě se zde obsah přístupného draslíku pohybuje okolo 60 až 80 mg.kg^{-1} (nedostatečný až nízký) v organominerálním horizontu a 40 až 60 mg.kg^{-1} (nízký) v minerálním horizontu (Obr. 3.10).



Obr. 3.10: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{M3}) draslíku v půdních horizontech vápenných a kontrolních porostů



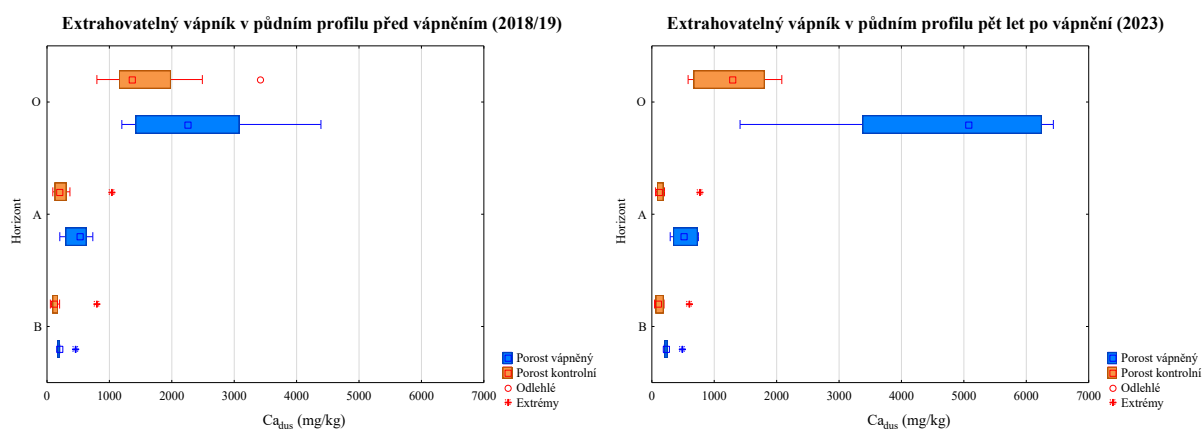
Obr. 3.11: Obsah přístupného draslíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)

3.4.1.8 Vápník

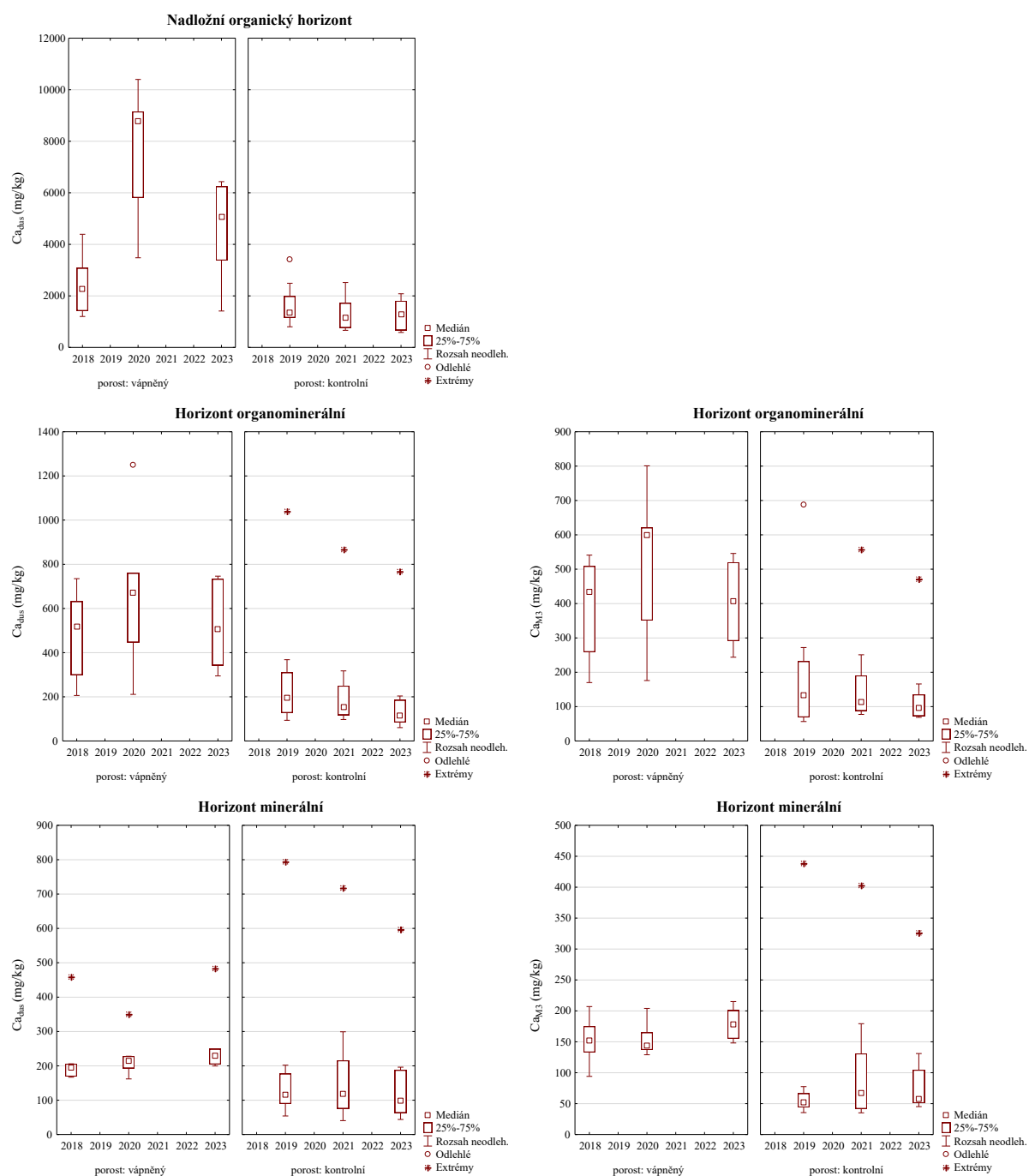
Obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je i po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší ve srovnání se situací před vápněním i se stavem v kontrolních porostech (Obr. 3.13). Hodnota zjištěná v roce 2023 už je ale významně nižší než obsah Ca_{dus} zjištěný v tomto horizontu dva roky po vápnění, což vypovídá o pronikání vápníku půdním profilem do spodních horizontů.

V organominerálních horizontech vápněných porostů se obsah Ca_{dus} pohybuje na úrovni zjištěné před vápněním (nízký obsah). Zvýšení obsahu vápníku bylo v tomto horizontu zaznamenáno v roce 2020, tedy dva roky po vápnění. Pozitivní na tomto stavu je to, že zde nedochází k postupnému poklesu obsahu vápníku jako v případě kontrolních porostů (nedostatečný obsah, Obr. 3.15).

V minerálních horizontech vápněných porostů pozorujeme trend mírného zvyšování obsahu Ca_{dus} a v kontrolních porostech naopak pozvolný pokles. Přesto obsah vápníku v tomto horizontu u vápněných porostů hodnotíme jako nízký (Obr. 3.14)



Obr. 3.12: Obsah extrahovatelného vápníku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)



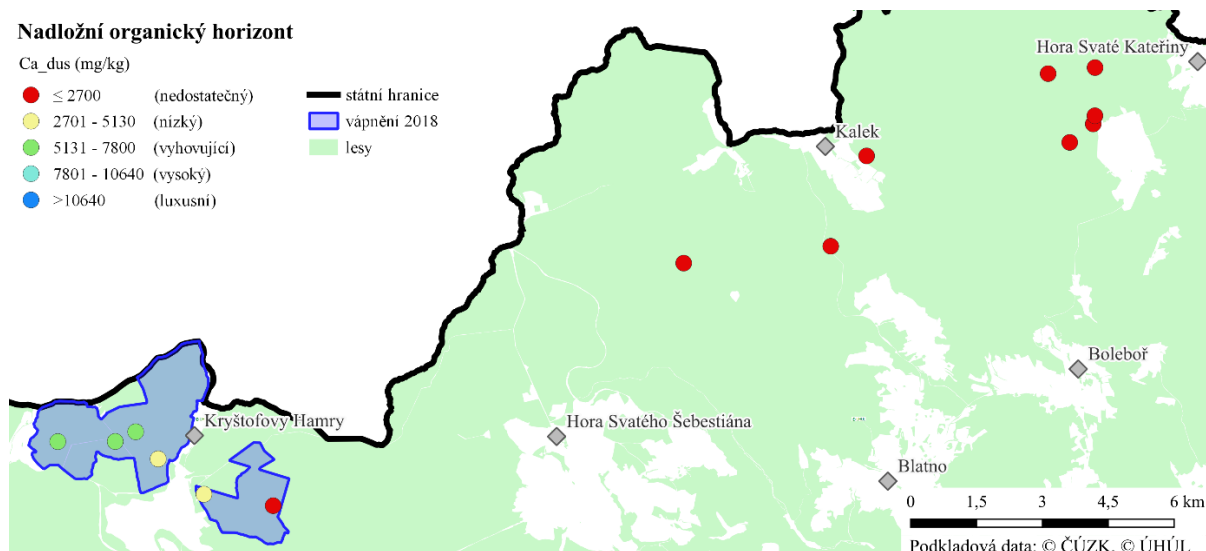
Obr. 3.13: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Obsah přístupného vápníku (Ca_{M3}) se po celou dobu pozorování statisticky významně nemění ani v jednom horizontu či typu porostu. Obsah Ca_{M3} se zde chová podobně jako obsah Ca_{dus} i zde tak pozorujeme postupné zvyšování obsahu Ca_{M3} v minerálních horizontech vápněných porostů (Obr. 3.13). Kvůli odlišnosti průběhu mezi vápněnými a kontrolními porosty je nárůst obsahu vápníku považován za žádaný a pozitivní vliv vápnění.

Nadložní organický horizontCa_{dus} (mg/kg)

- ≤ 2700 (nedostatečný)
- 2701 - 5130 (nízký)
- 5131 - 7800 (vyhovující)
- 7801 - 10640 (vysoký)
- > 10640 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy

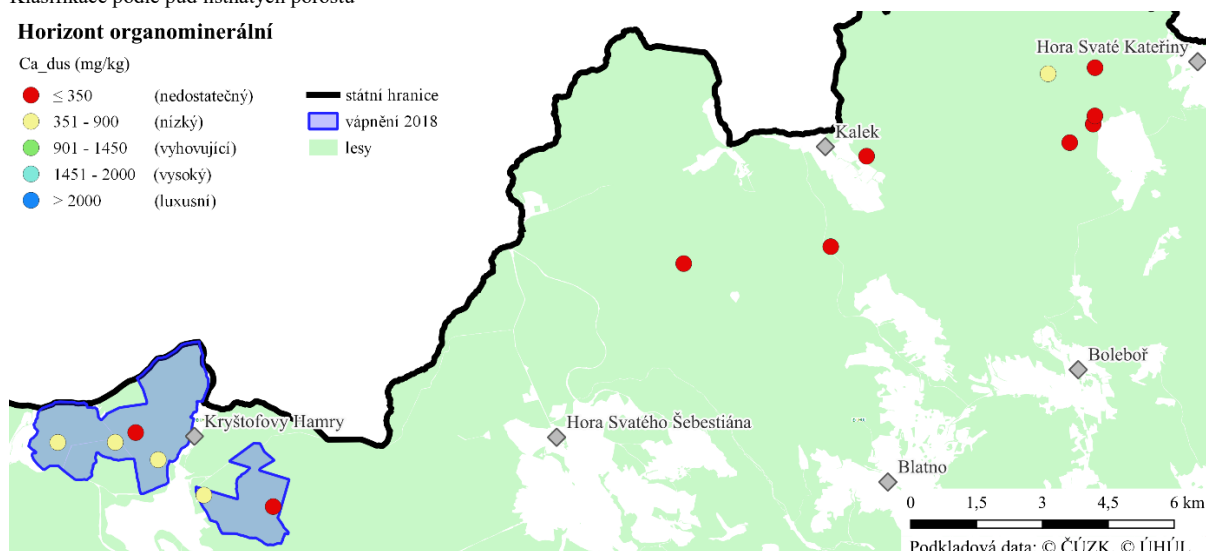


Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont organominerálníCa_{dus} (mg/kg)

- ≤ 350 (nedostatečný)
- 351 - 900 (nízký)
- 901 - 1450 (vyhovující)
- 1451 - 2000 (vysoký)
- > 2000 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy

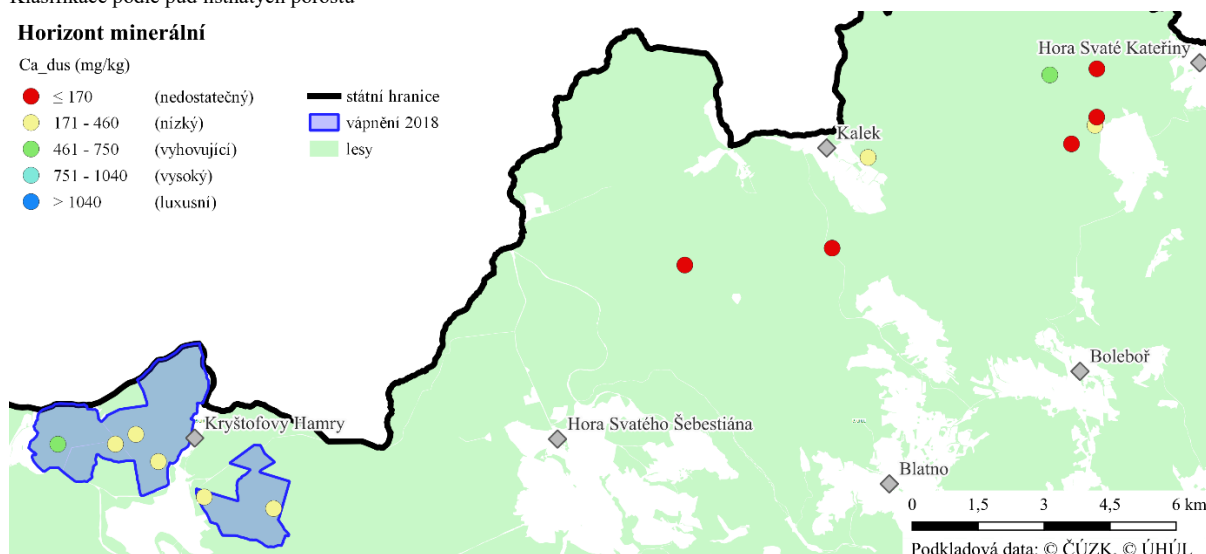


Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont minerálníCa_{dus} (mg/kg)

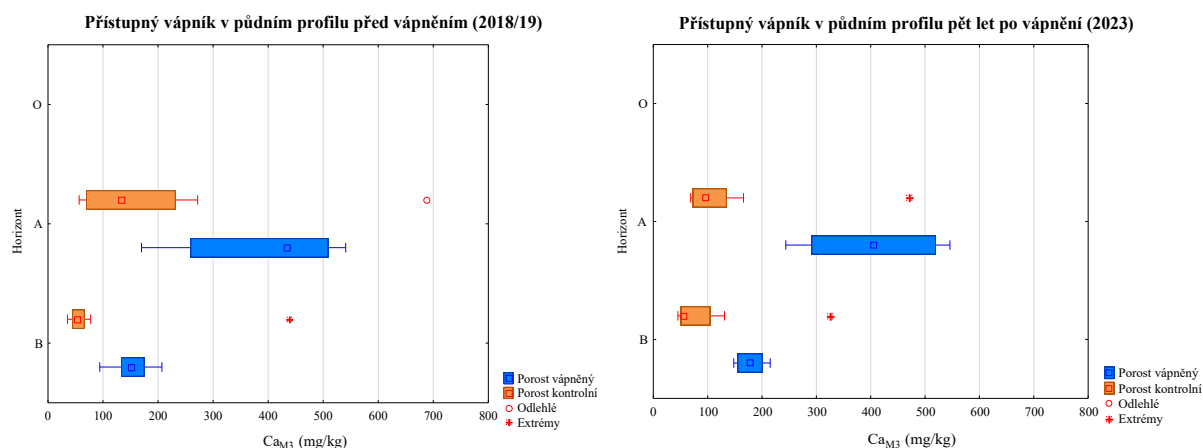
- ≤ 170 (nedostatečný)
- 171 - 460 (nízký)
- 461 - 750 (vyhovující)
- 751 - 1040 (vysoký)
- > 1040 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy

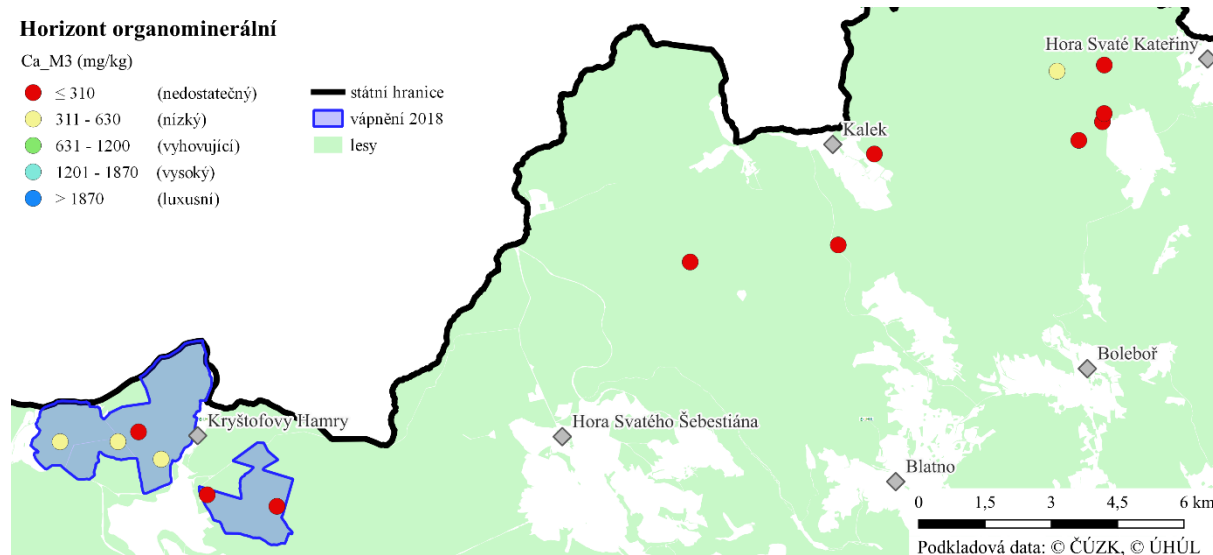


Klasifikace podle půd listnatých porostů

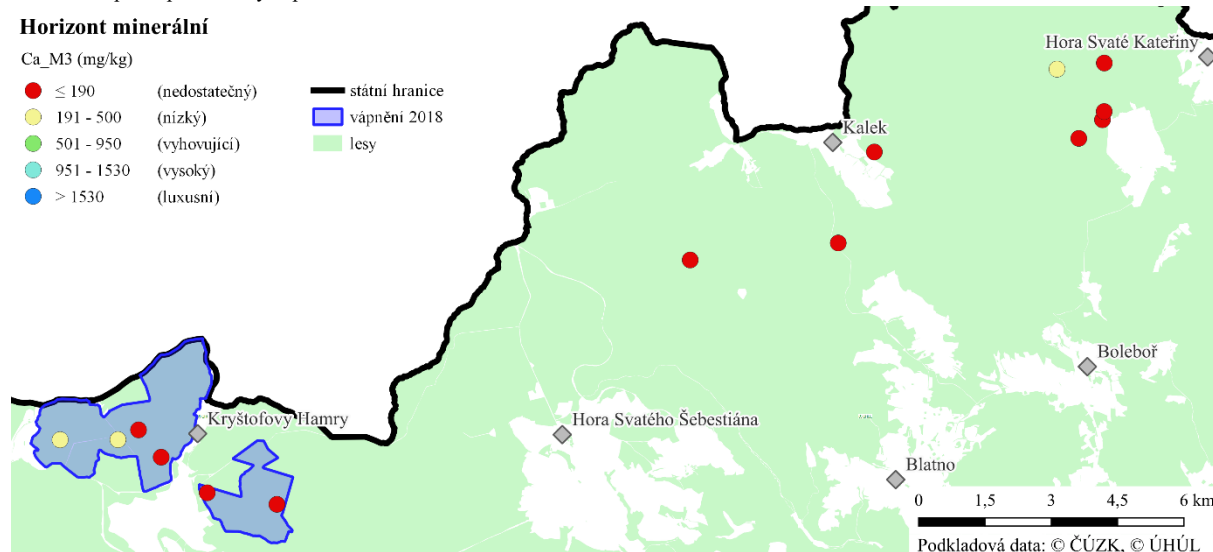
Obr. 3.14: Kartogramy obsahu extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



Obr. 3.15: Obsah přístupného vápníku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)



Klasifikace podle půd listnatých porostů



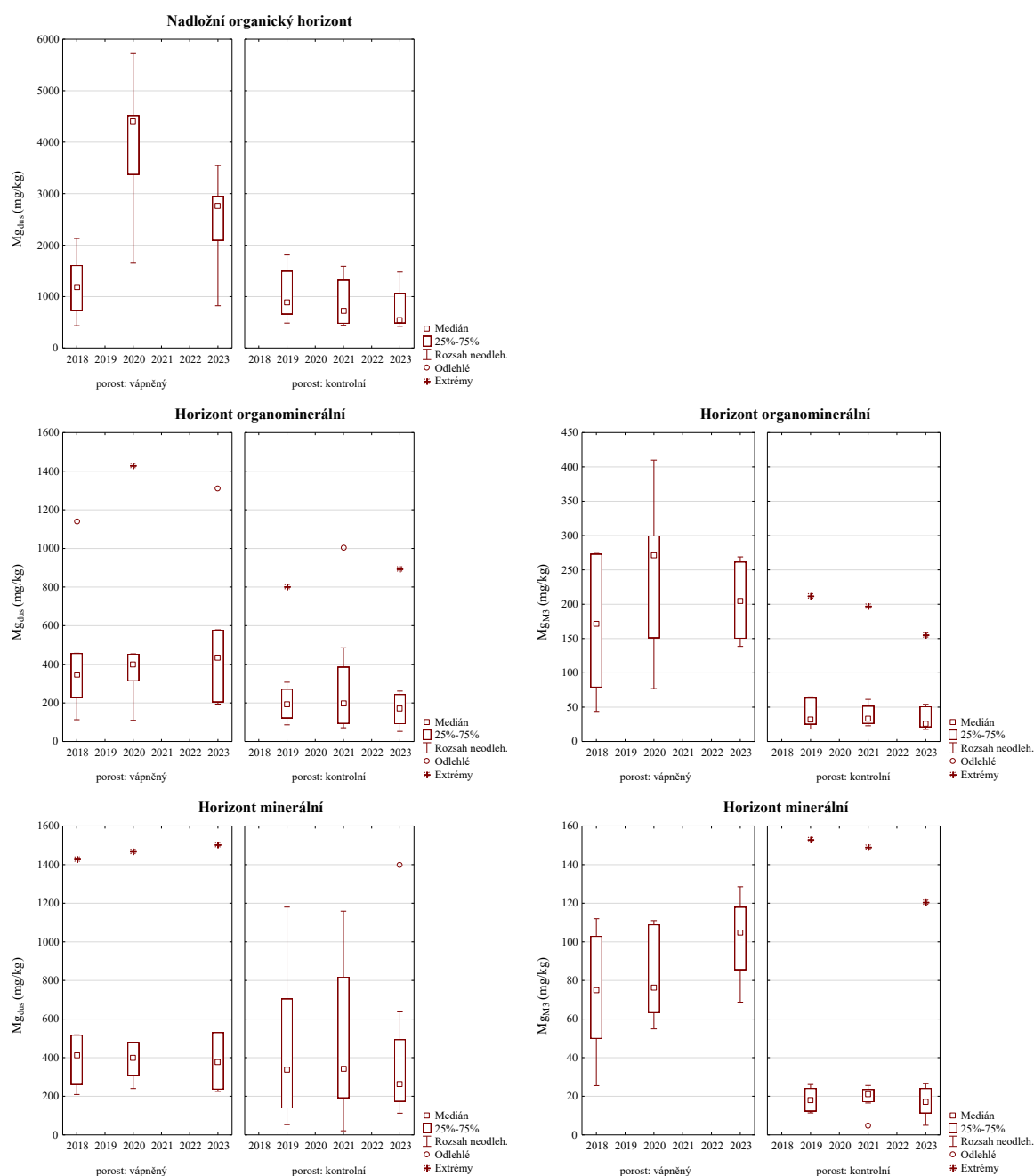
Klasifikace podle půd listnatých porostů

Obr. 3.16: Kartogramy obsahu přístupného vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.1.9 Hořčík

Podobné změny jako u obsahu extrahovatelného vápníku jsme zaznamenali i u obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných porostů. I přes pokles od roku 2020 je zde obsah Mg_{dus} nadále vyšší než před vápněním. V kontrolních porostech dochází ve sledovaném období k postupnému poklesu obsahu Mg_{dus} (Obr. 3.17).

Navzdory předpokládanému rychlejšímu pohybu hořčíku profilem se jeho obsah v organominerálním ani v minerálním horizontu vápněných porostů statisticky významně nemění. V organominerálním horizontu vápněných porostů ale pozorujeme zřetelný trend zvyšování obsahu Mg_{dus} .

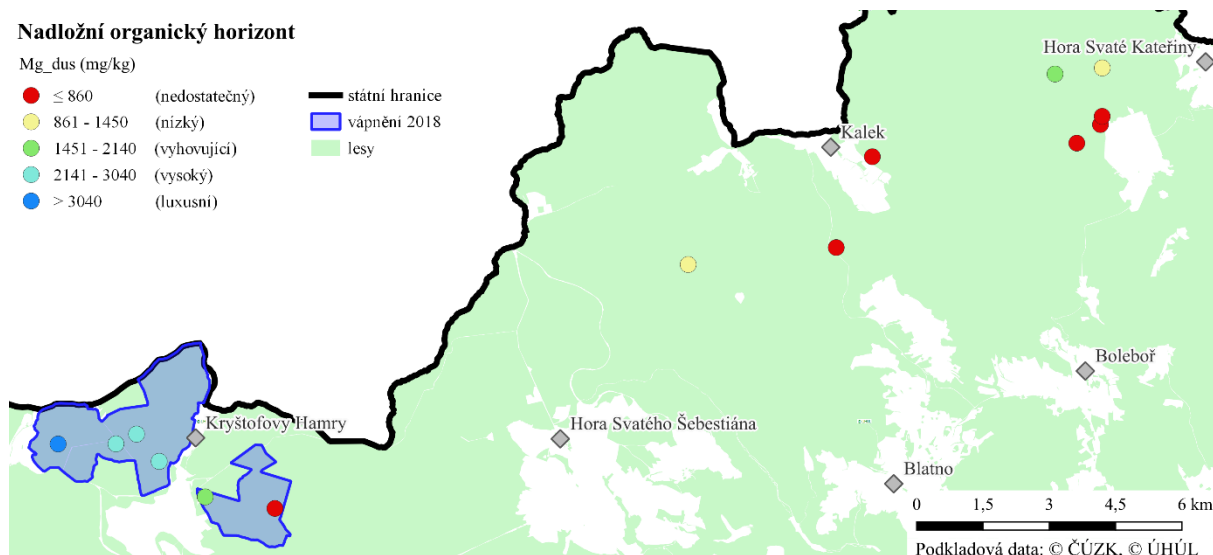


Obr. 3.17: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{M3}) hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Nadložní organický horizontMg_{dus} (mg/kg)

- ≤ 860 (nedostatečný)
- 861 - 1450 (nízký)
- 1451 - 2140 (vyhovující)
- 2141 - 3040 (vysoký)
- > 3040 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy

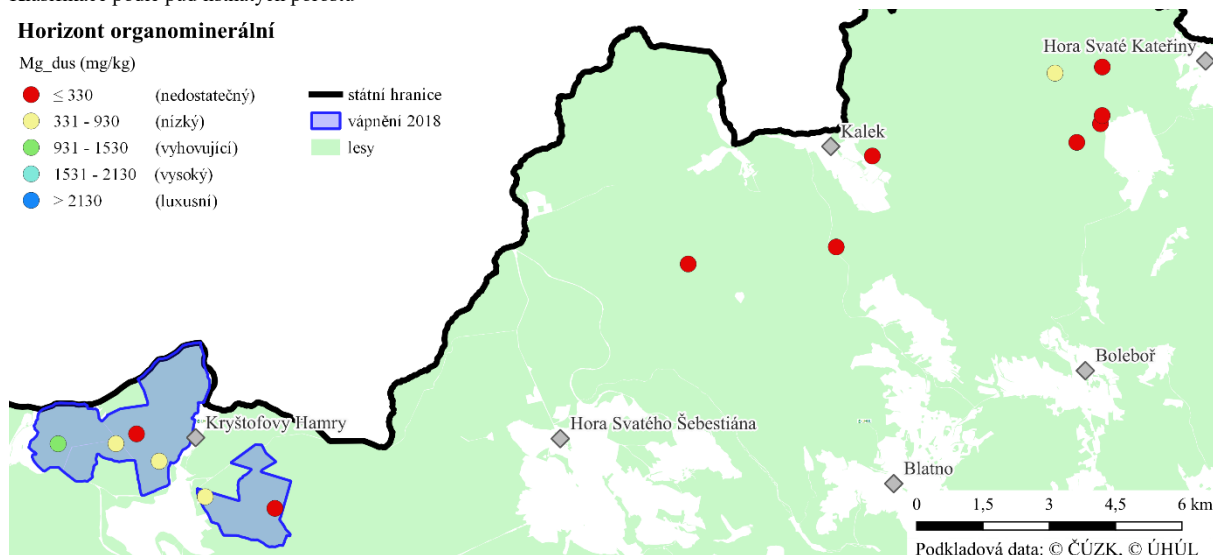


Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont organominerálníMg_{dus} (mg/kg)

- ≤ 330 (nedostatečný)
- 331 - 930 (nízký)
- 931 - 1530 (vyhovující)
- 1531 - 2130 (vysoký)
- > 2130 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy

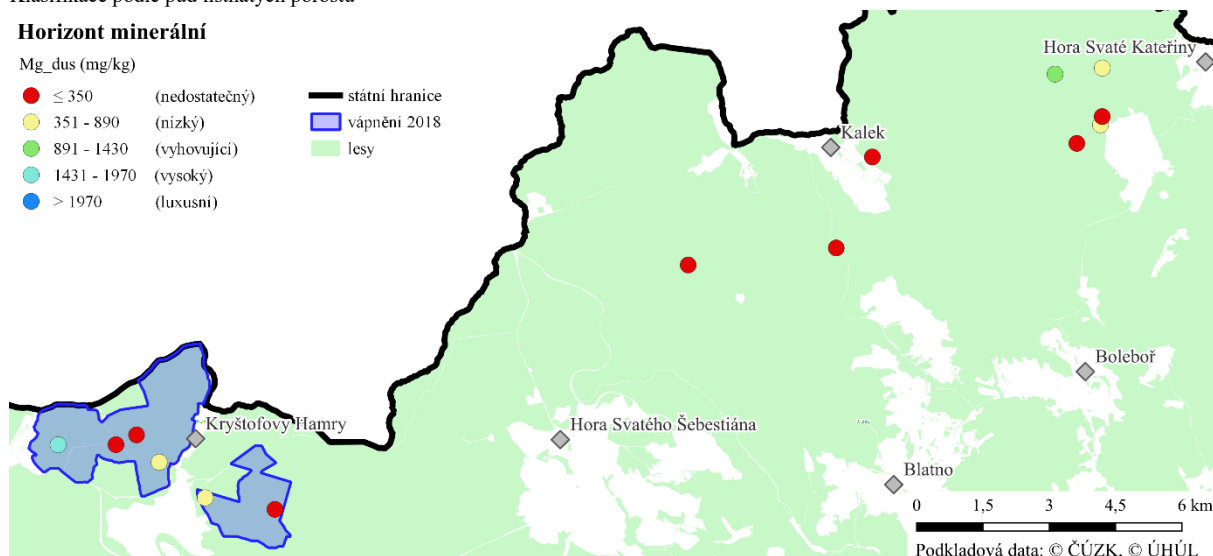


Klasifikace podle půd listnatých porostů

Horizont minerálníMg_{dus} (mg/kg)

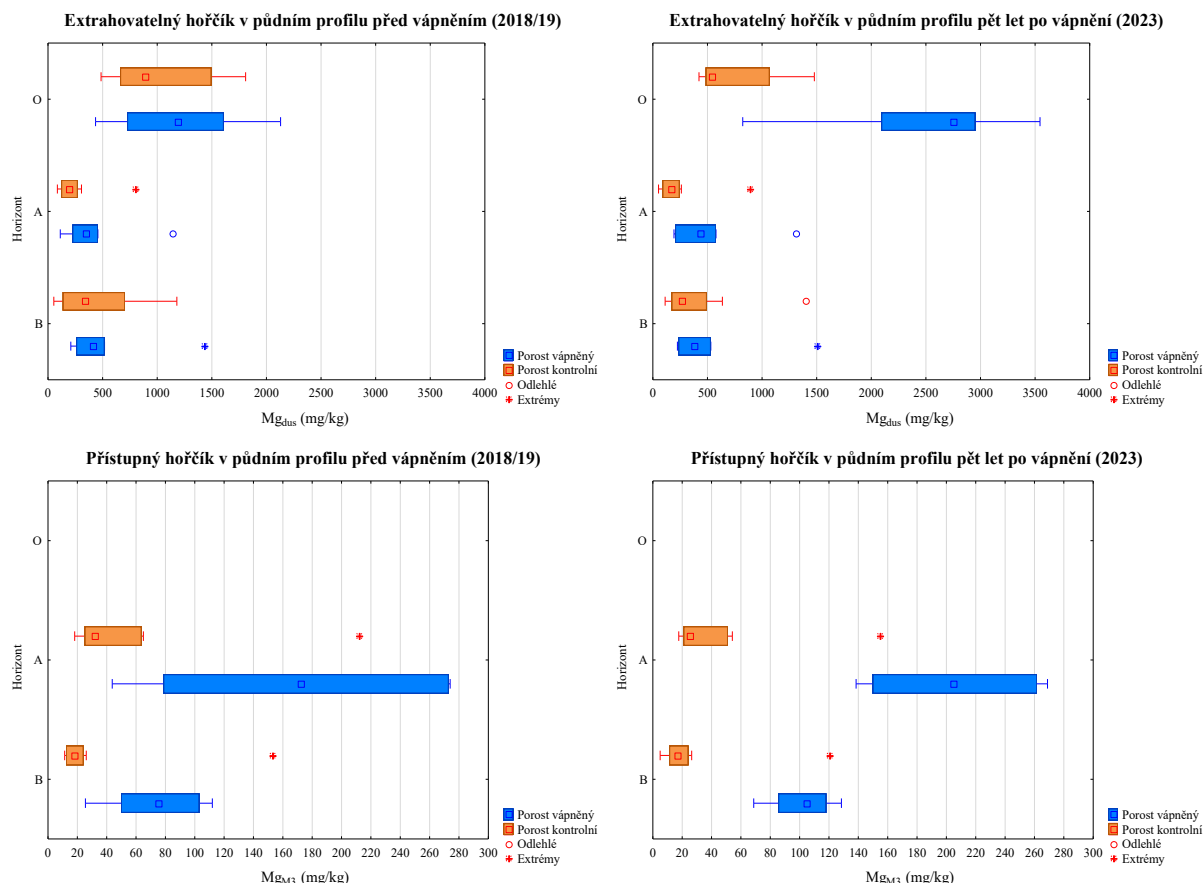
- ≤ 350 (nedostatečný)
- 351 - 890 (nízký)
- 891 - 1430 (vyhovující)
- 1431 - 1970 (vysoký)
- > 1970 (luxusní)

- státní hranice
- vápnění 2018
- lesy



Klasifikace podle půd listnatých porostů

Obr. 3.18: Kartogramy obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

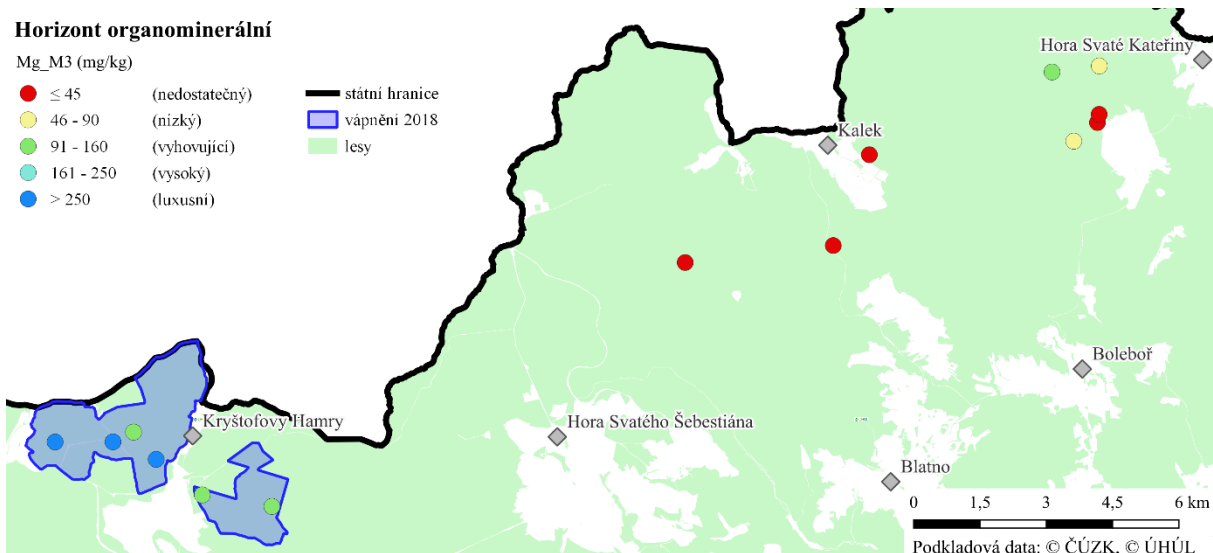


Obr. 3.19: Obsah extrahovatelného a přístupného hořčíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění (2023)

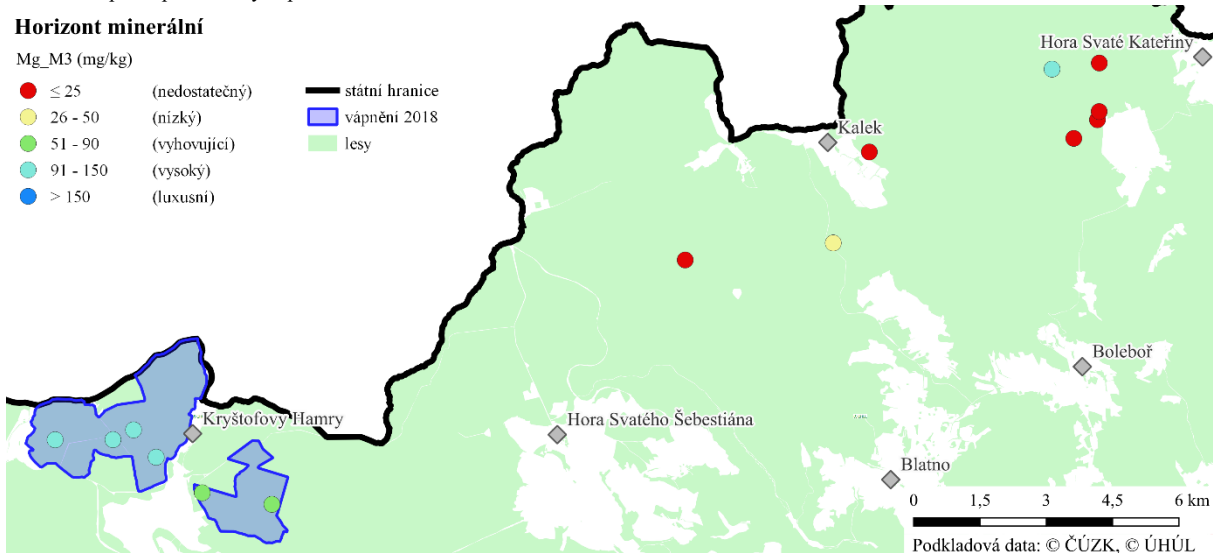
Obsah přístupného hořčíku (Mg_{M3}) se v organominerálních horizontech vápněných porostů pohybuje na úrovni zjištěné před vápněním, nicméně je stále statisticky významně vyšší než v porostech kontrolních. Ve vápněných porostech tento obsah hodnotíme jako vyhovující až luxusní (Obr. 3.20), zatímco v kontrolních porostech jako nedostatečný až nízký.

V horizontech minerálních vápněných porostů se obsah přístupného hořčíku postupně zvyšuje (Obr. 3.17) a v období pěti let od vápnění je tento obsah už statisticky významně vyšší než stav před vápněním. Obsahy přístupného hořčíku se v kontrolních porostech v průběhu šetření výrazněji nezměnily. V minerálních horizontech vápněných porostů je pak obsah přístupného hořčíku hodnocen jako vyhovující až vysoký, zatímco v kontrolních porostech je hodnocen převážně jako nedostatečný.

Zvýšení obsahu u obou forem hořčíku je považováno za žádaný, pozitivní vliv vápnění.



Klasifikace podle půd listnatých porostů



Klasifikace podle půd listnatých porostů

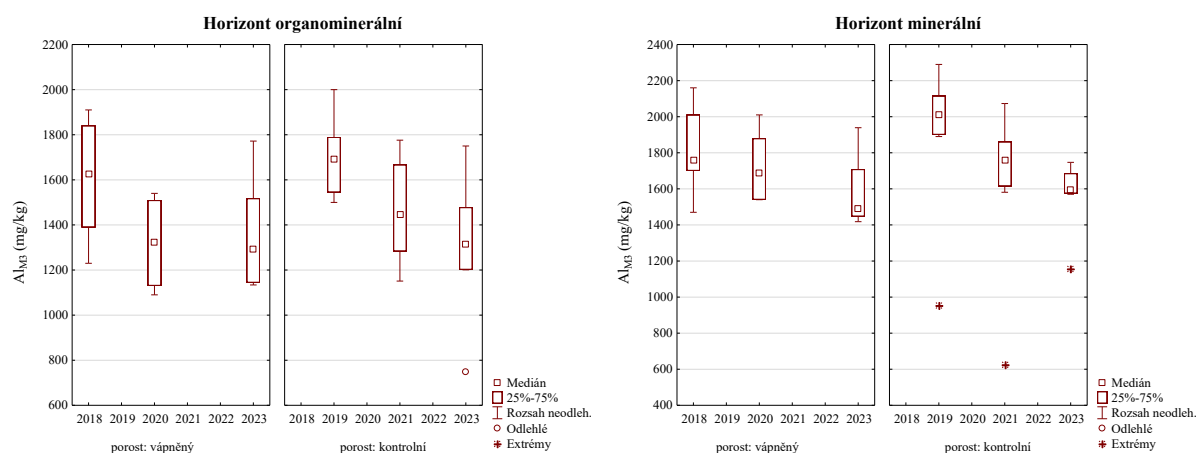
Obr. 3.20: Kartogramy obsahu přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.1.10 Hliník

Extrahovatelný obsah hliníku (Al_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně nemění. V kontrolních porostech jeho hodnota kolísá, kdy v roce 2021 zde bylo zjištěno mírné zvýšení, po kterém následoval v roce 2023 pokles přibližně na původní hodnotu. Mezi vápněnými a kontrolními porosty nebyl v tomto horizontu zjištěn významný rozdíl v extrahovatelném obsahu hliníku (Tab. 3.6).

V organominerálních horizontech je situace podobná. V minerálních horizontech vzorkovaných porostů nedošlo za sledované období k významnějším změnám.

Obsah přístupného hliníku (Al_{M3}) postupně klesá jak v horizontu organominerálním, tak i minerálním, a to ve vápněných i v kontrolních porostech (Obr. 3.21).



Obr. 3.21: Obsah přístupného hliníku (Al_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Tab. 3.6: Průměrný obsah hliníku, železa, manganu, boru a síry v šetřených horizontech

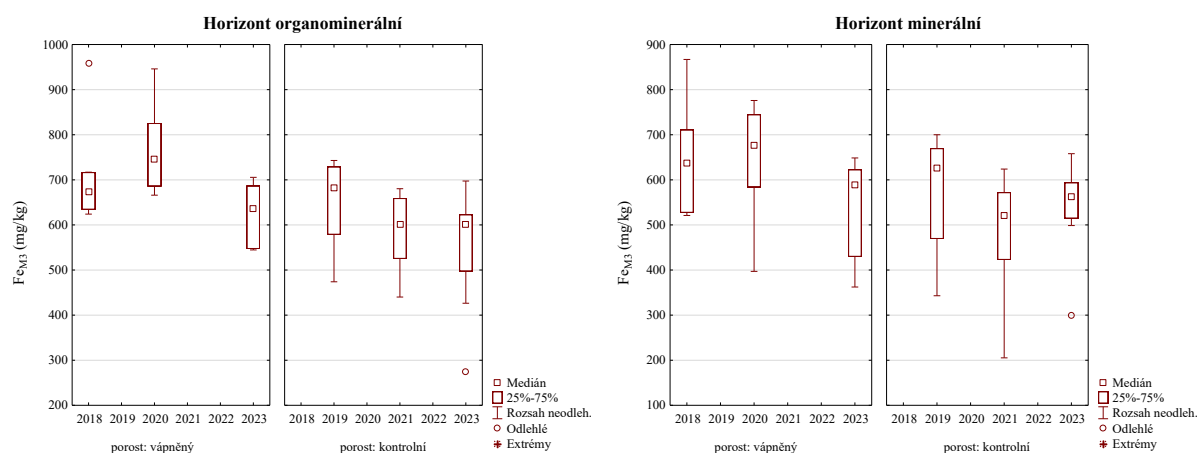
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	7632	8032	7579	9779	10029	8536
Fe_{dus} (mg/kg)	11418	11455	11900	9445	10225	8137
Mn_{dus} (mg/kg)	255	317	233	280	195	188
B_{dus} (mg/kg)	2,42	2,32	1,88	2,24	1,65	2,13
Horizont organominerální						
Al_{dus} (mg/kg)	3627	3137	3641	3714	3928	3029
Fe_{dus} (mg/kg)	9542	9017	9822	8109	8191	6330
Mn_{dus} (mg/kg)	162	170	208	180	191	164
Al_{M3} (mg/kg)	1603	1320	1359	1694	1465	1312
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	0,57	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	713	770	626	650	587	552
S_{M3} (mg/kg)	20,1	19,9	15,8	24,3	22,7	18,0
Horizont minerální						
Al_{dus} (mg/kg)	4985	5022	4960	5510	5497	4636
Fe_{dus} (mg/kg)	12687	12867	13029	11308	10400	9800
Mn_{dus} (mg/kg)	283	317	261	294	288	337
Al_{M3} (mg/kg)	1810	1725	1582	1912	1646	1576
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	650	643	540	572	483	538
S_{M3} (mg/kg)	26,2	23,8	21,5	27,5	26,4	22,1

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

3.4.1.11 Železo

U extrahovatelného obsahu železa (Fe_{dus}) nebyly v půdních horizontech vápněných ani kontrolních porostů zaznamenány žádné významnější změny.

Obsah přístupného železa (Fe_{M3}) se v organominerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů snižuje. V minerálních horizontech dochází k poklesu především u vápněných porostů, v kontrolních porostech se jedná spíše o kolísání obsahu kolem hodnoty 550 mg.kg⁻¹ (Obr. 3.22).



Obr. 3.22: Obsah přístupného železa (Fe_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

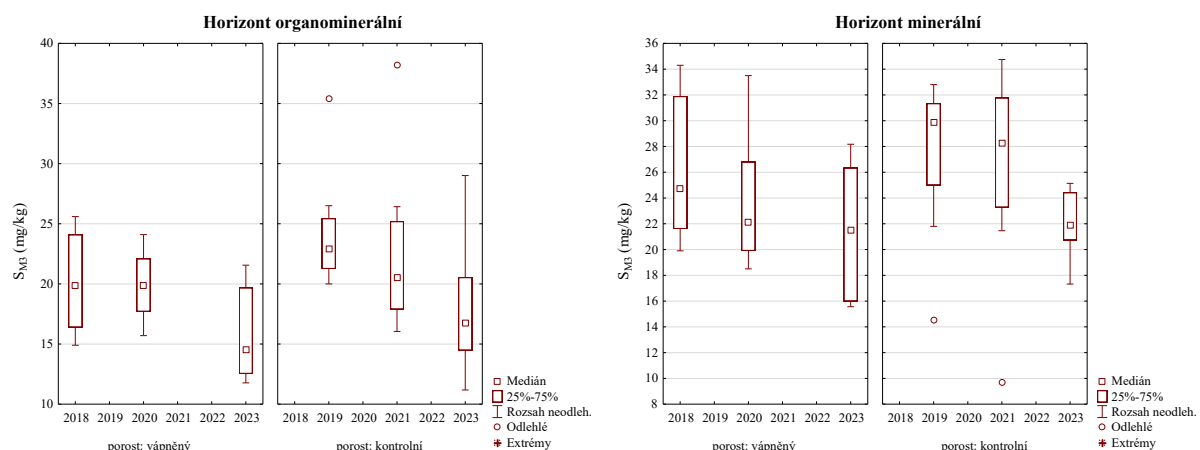
3.4.1.12 Mangan

Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{du}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je klasifikován jako velmi nízký (FIALA A KOL., 2013) a během sledování zde nedošlo k výraznějším změnám vlivem vápnění.

V organominerálních i minerálních horizontech vápněných porostů je obsah Mn_{du} poměrně stabilní. V organominerálních horizontech je pak jeho obsah klasifikován jako nízký až velmi nízký a v minerálních horizontech jako nízký.

3.4.1.13 Síra

Přístupný obsah síry (S_{M3}) v organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů postupně klesá (Obr. 3.23). Vzhledem k podobnému vývoji v půdním profilu kontrolních porostů tento vývoj nedáváme do souvislosti s proběhlým vápněním.



Obr. 3.23: Obsah přístupné síry (S_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

3.4.1.14 Rizikové prvky

3.4.1.14.1 Zinek

Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných porostů ve sledovaném období kolísá, přičemž hodnota obsahu z posledního odběru je přibližně stejná jako hodnota zjištěná před vápněním (Tab. 3.7).

Tab. 3.7: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Zn_{dus} (mg/kg)	53,6	64,0	53,3	56,0	48,0	49,0
Cd_{dus} (mg/kg)	0,49	0,49	0,19	0,31	0,28	0,18
Cr_{dus} (mg/kg)	9,45	10,1	9,06	11,3	11,6	9,70
Cu_{dus} (mg/kg)	11,6	12,2	9,51	12,5	9,79	8,34
Pb_{dus} (mg/kg)	130	129	120	114	124	120
Horizont organominerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	15,7	16,7	16,9	12,8	12,2	10,4
Cd_{dus} (mg/kg)	0,35	0,35	< 0,2	0,50	--	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	4,43	4,25	4,59	5,62	5,65	4,33
Cu_{dus} (mg/kg)	5,51	7,05	5,13	6,31	6,03	4,75
Pb_{dus} (mg/kg)	85,8	78,3	81,4	87,3	76,0	70,0
Horizont minerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	21,5	20,5	20,1	15,3	15,0	12,3
Cd_{dus} (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	--	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	5,79	6,12	5,92	7,24	6,81	6,05
Cu_{dus} (mg/kg)	5,77	5,02	6,46	4,82	4,78	4,30
Pb_{dus} (mg/kg)	60,9	48,9	59,7	55,0	47,2	50,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

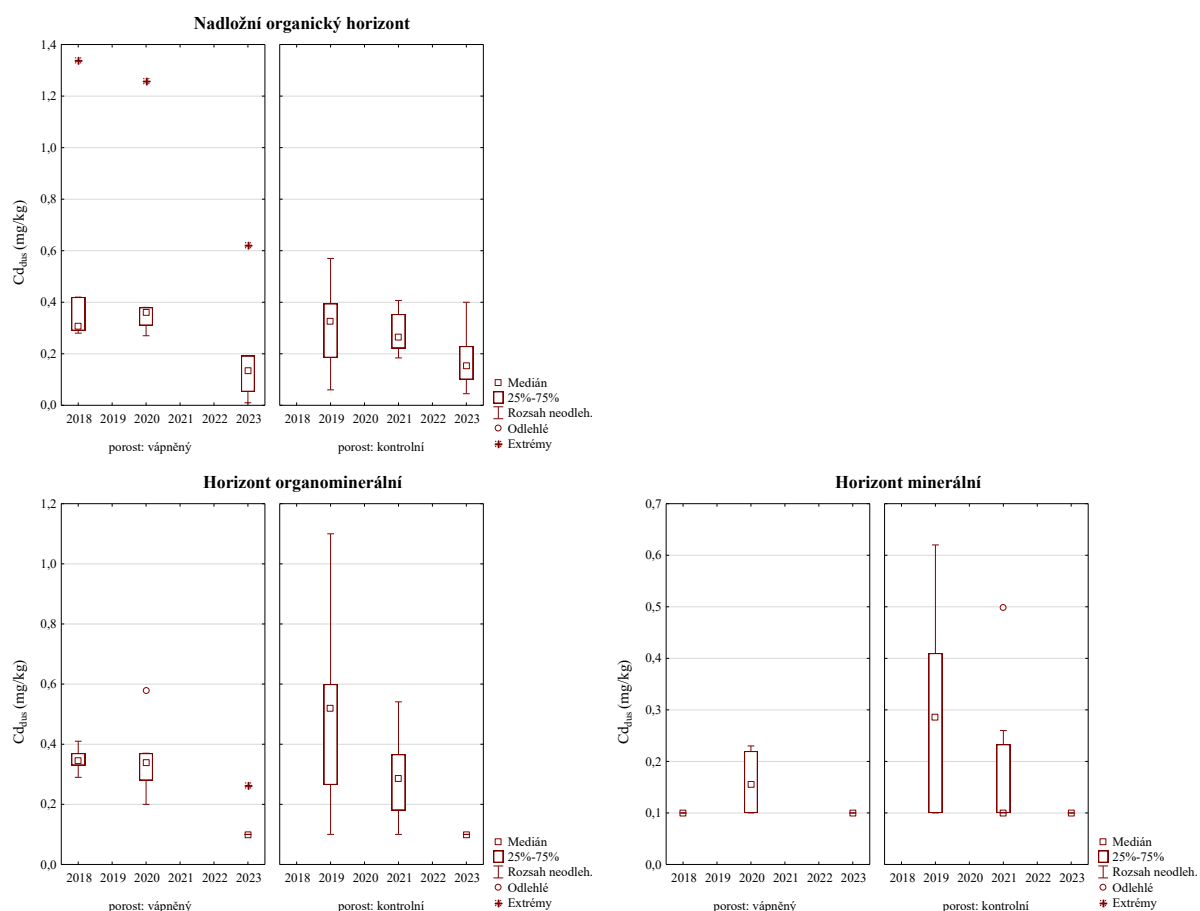
Obsah zinku v organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů je ve sledovaném období poměrně stabilní bez výraznějších změn.

3.4.1.14.2 Kadmium

Extrahovatelné obsahy kadmia (Cd_{dus}) se statisticky významně mění v nadložních organických horizontech a v horizontech organominerálních.

V nadložních organických horizontech dochází k významnému poklesu v období pěti let od vápnění ve vápněných porostech oproti předchozím odběrům. V kontrolních porostech došlo k podobné změně, která ovšem nenabývá statistické významnosti.

V horizontech organominerálních je situace opačná, významný pokles je zaznamenán u kontrolních porostů, zatímco ve vápněných porostech není tento pokles hodnocen jako statisticky významný. Protože se tyto změny objevují jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech (Obr. 3.24), s vápněním pravděpodobně nesouvisejí.



Obr. 3.24: Obsah extrahovatelného kadmia (Cd_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Obsahy kadmia v minerálních horizontech jsou velmi nízké a ve všech případech se v roce 2023 pohybují pod limitem detekce laboratorních přístrojů. Nicméně v kontrolních porostech je opět zřetelný pokles obsahu kadmia v tomto horizontu.

3.4.1.14.3 Chrom

Podle výsledků analýz provedených v půdních horizontech nemělo letecké vápnění vliv na extrahovatelný obsah chromu (Cr_{dus}) ve vápněných porostech.

3.4.1.14.4 Měď

Podobně jako v případě Cr_{dus} i extrahovatelný obsah mědi (Cu_{dus}) v půdních horizontech vápněných porostů nebyl ve sledovaném období ovlivněn provedeným vápněním.

3.4.1.14.5 Olovo

Z dosažených výsledků (Tab. 3.7) je patrné, že vápnění nezpůsobilo změny obsahu tohoto prvku v půdních horizontech sledovaných porostů. Obsah olova v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů je hodnocen jako střední až vysoký.

3.4.1.15 Půdní sorpční komplex

3.4.1.15.1 Stupeň nasycení

Sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) se v organominerálních horizontech vápněných porostů po pěti letech od vápnění zvýšilo přibližně o 9 % (hodnoceno podle průměrných hodnot) na 40,4 %, což odpovídá slabě nenasyceným lesním půdám (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

V horizontech minerálních dochází k pozvolnému zvyšování hodnoty BS, která pět let po vápnění činí v průměru 23,9 % (Tab. 3.8). V těchto horizontech tedy došlo k posunu od silně k slabě nenasyceným lesním půdám. Tyto změny tedy považujeme za pozitivní vliv vápnění.

Tab. 3.8: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	75,7	58,1	61,1	79,4	69,5	62,1
K _{VYM} (mekv./kg)	1,71	2,21	1,20	1,88	1,56	1,71
Ca _{VYM} (mekv./kg)	20,8	31,8	23,6	12,7	10,5	8,10
Mg _{VYM} (mekv./kg)	14,2	22,6	18,2	4,98	4,22	3,40
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,27	0,24	0,29	0,31	0,25	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,88	0,96	0,47	0,72	0,45	--
Al _{VYM} (mekv./kg)	62,3	49,5	54,4	65,4	61,8	56,7
Fe _{VYM} (mekv./kg)	4,37	3,82	2,05	4,66	3,10	2,03
CEC (mekv./kg)	113	115	104	99,4	86,0	75,6
BS (%)	31,7	47,3	40,4	18,4	18,3	16,2
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	70,9	61,8	62,7	61,4	53,2	57,0
K _{VYM} (mekv./kg)	1,04	1,27	0,87	0,97	0,91	0,97
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8,07	9,34	10,3	6,48	6,84	5,72
Mg _{VYM} (mekv./kg)	5,81	6,85	7,81	2,78	2,54	2,20
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,20	0,20	0,27	0,22	0,19	0,26
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,72	0,75	0,44	0,67	0,45	0,41
Al _{VYM} (mekv./kg)	61,8	58,2	59,4	55,3	50,1	54,9
Fe _{VYM} (mekv./kg)	2,41	2,08	--	2,24	1,38	1,34
CEC (mekv./kg)	86,1	79,5	82,0	71,8	63,7	66,2
BS (%)	17,6	22,7	23,9	13,4	15,2	13,2

Pro hodnocení toxicity hliníku v lesních půdách se obecně používají poměry bazických kationtů (BC) k obsahu hliníku (Al³⁺) v půdních horizontech. Poměr BC/Al³⁺ menší než 1 je považován za potenciální index pro nepříznivý vliv Al³⁺ a nevyváženost živin pro růst rostlin (BRUNNER AND SPERISEN, 2013, RAHMAN ET AL., 2018).

Z vývoje hodnot poměru BC/Al³⁺ v organominerálním horizontu vápněných porostů je patrné, že kritická hodnota 1 byla překročena dva roky po vápnění, ale v následujících letech je vývoj opět negativní a došlo k poklesu tohoto poměru zpět pod hodnotu 1. V minerálních horizontech je tento poměr dlouhodobě stále pod kritickou hranicí, ale ve srovnání se situací před vápněním zde došlo k mírnému zlepšení (Tab. 3.9).

Tab. 3.9: Poměry bazických kationtů ke kationtům hliníku (medián)

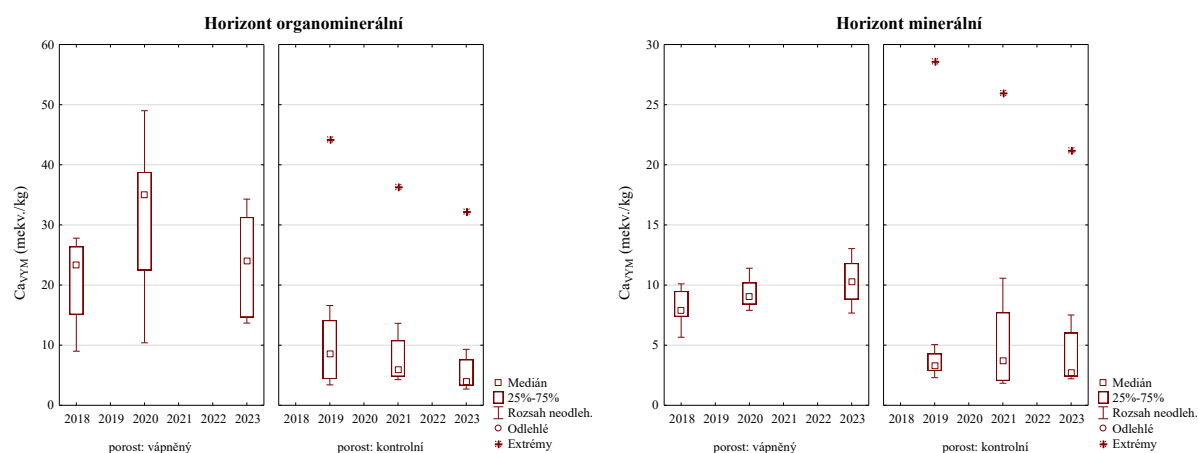
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Horizont organominerální						
BC/Al ³⁺	0,70	1,12	0,75	0,21	0,15	0,14
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,38	0,64	0,43	0,13	0,09	0,08
Horizont minerální						
BC/Al ³⁺	0,27	0,34	0,34	0,10	0,13	0,10
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,14	0,17	0,18	0,06	0,08	0,05

Pokud budeme hodnotit toxicitu hliníku podle poměru Ca²⁺/Al³⁺, kde je za hranici toxicity považována hodnota 0,2 (CRONAN AND GRIGAL, 1995) dospějeme k podobným závěrům s tím, že v organominerálních horizontech vápněných porostů se pohybujeme dlouhodobě nad touto kritickou hranicí a v minerálních horizontech těchto porostů se k této hranici postupně přibližujeme a vliv toxicity hliníku se tedy snižuje. V půdách kontrolních porostů je situace značně odlišná, poměr Ca²⁺/Al³⁺ zde klesá a riziko možného toxického působení hliníku stoupá.

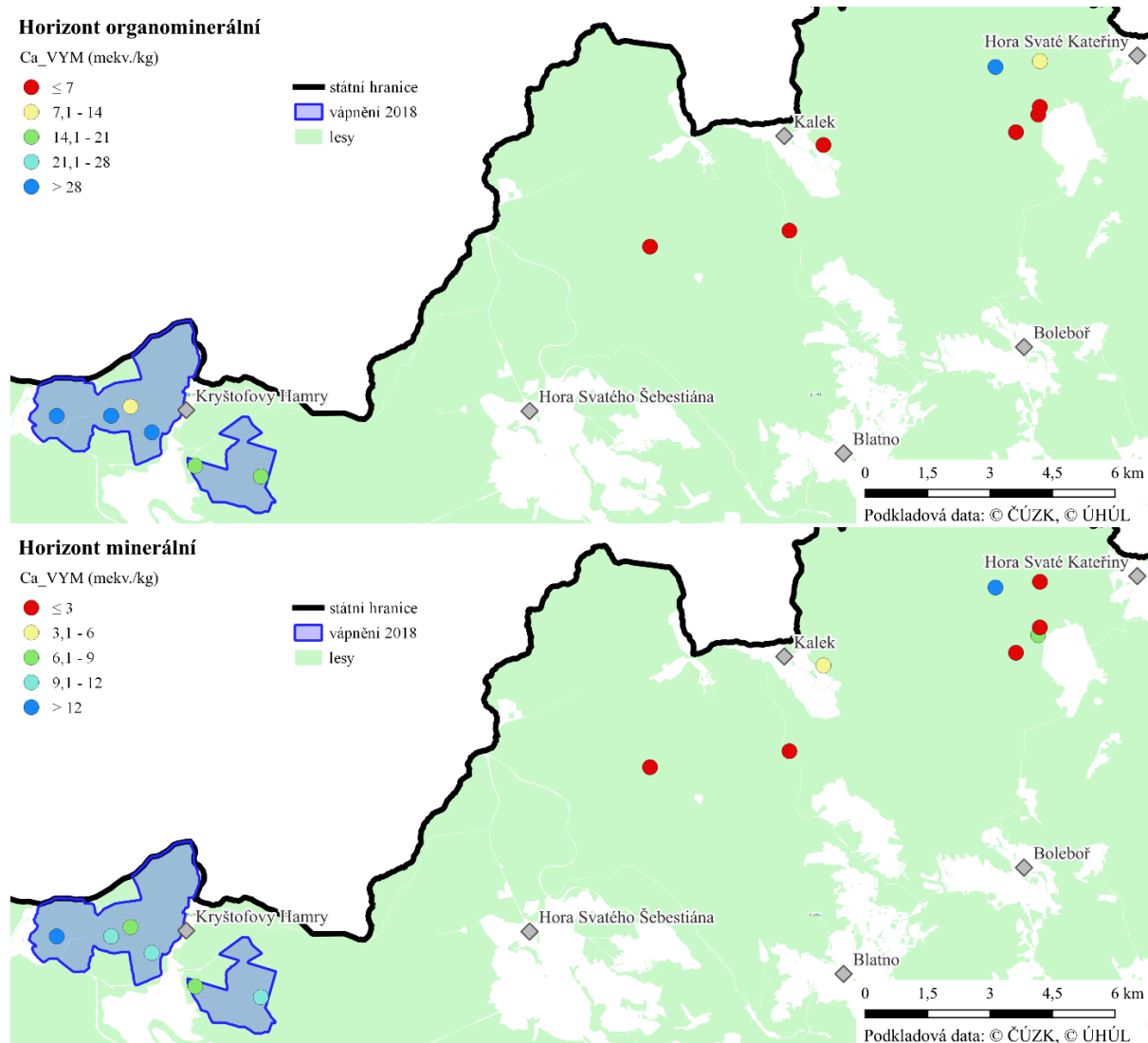
3.4.1.15.2 Kationtová výměnná kapacita

Situace v sycení bazickými kationty vápníku a hořčíku je v minerální části půdního profilu podobná jako v případě jejich extrahovatelné i přístupné formy. V organominerálních horizontech vápněných porostů po zvýšení během dvou let po aplikaci následuje v průběhu posledních tří let pokles na téměř původní hodnoty (Obr. 3.25 a 3.27). V kontrolních porostech v tomto horizontu pozorujeme průběžný pokles obsahu těchto výměnných kationtů. V těchto hodnotách se odráží i postupné doznívání účinků vápnění z předchozích let, kdy OM 01362 a 01729 se odlišují od ostatních OM v tomto souboru (Obr. 3.26). Hodnoty na OM 01362 mohou být navíc ovlivněny geologií (výskyt bazických hornin).

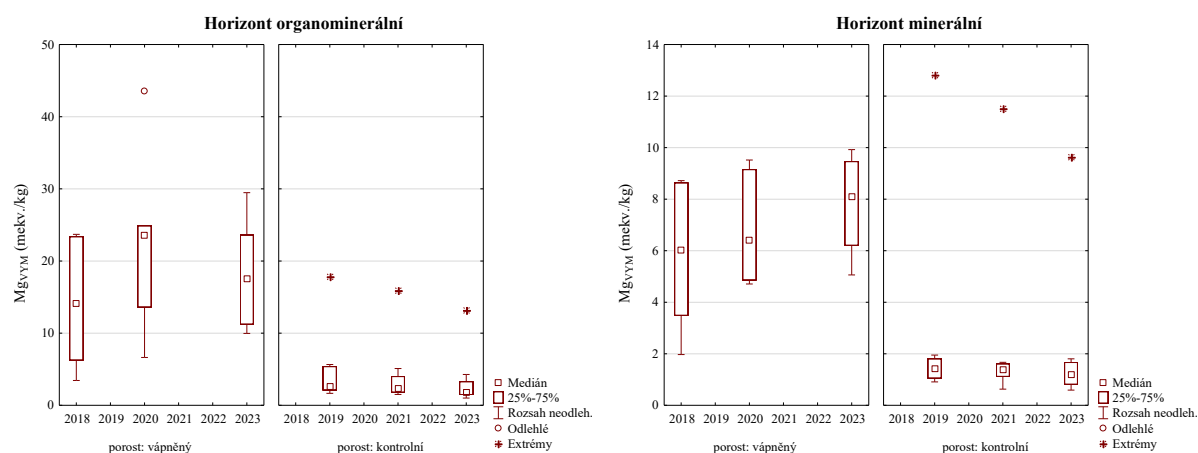
Pozitivní vliv vápnění je zřejmý v minerálních horizontech, kde ve vápněných porostech dochází k postupnému zvyšování obsahu výměnných kationtů hořčíku a vápníku, zatímco v kontrolních porostech je jejich obsah po dobu sledování bez významnějších změn.



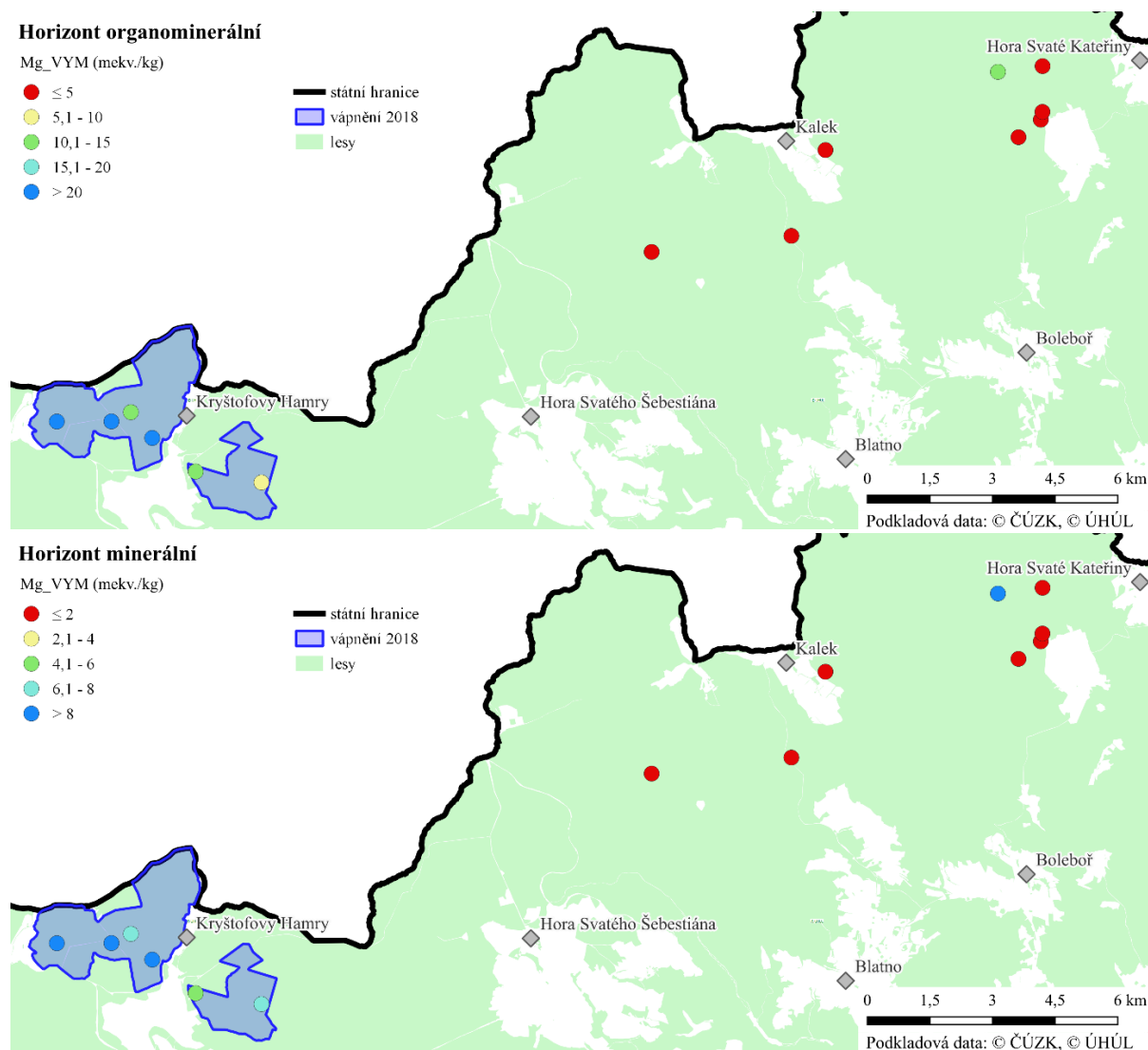
Obr. 3.25: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



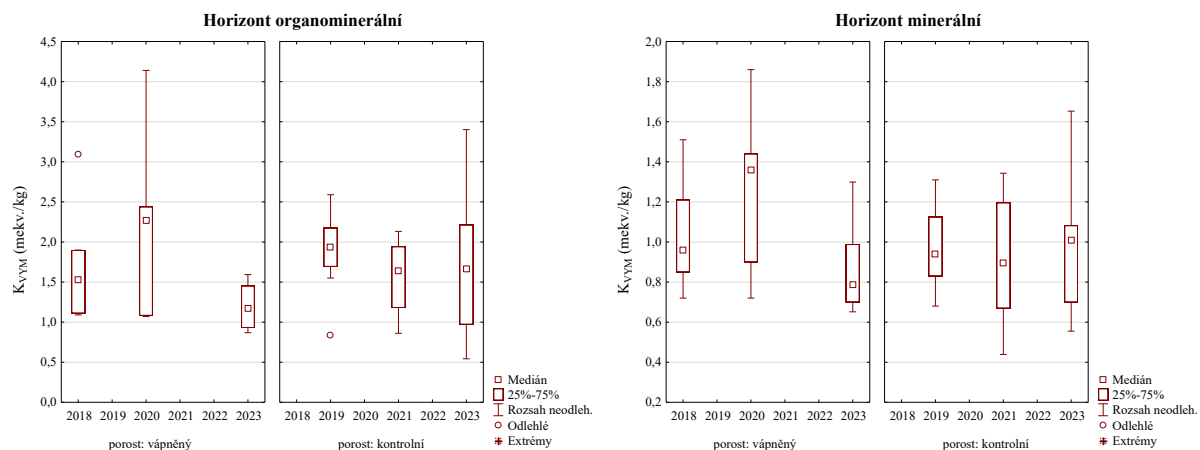
Obr. 3.26: Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



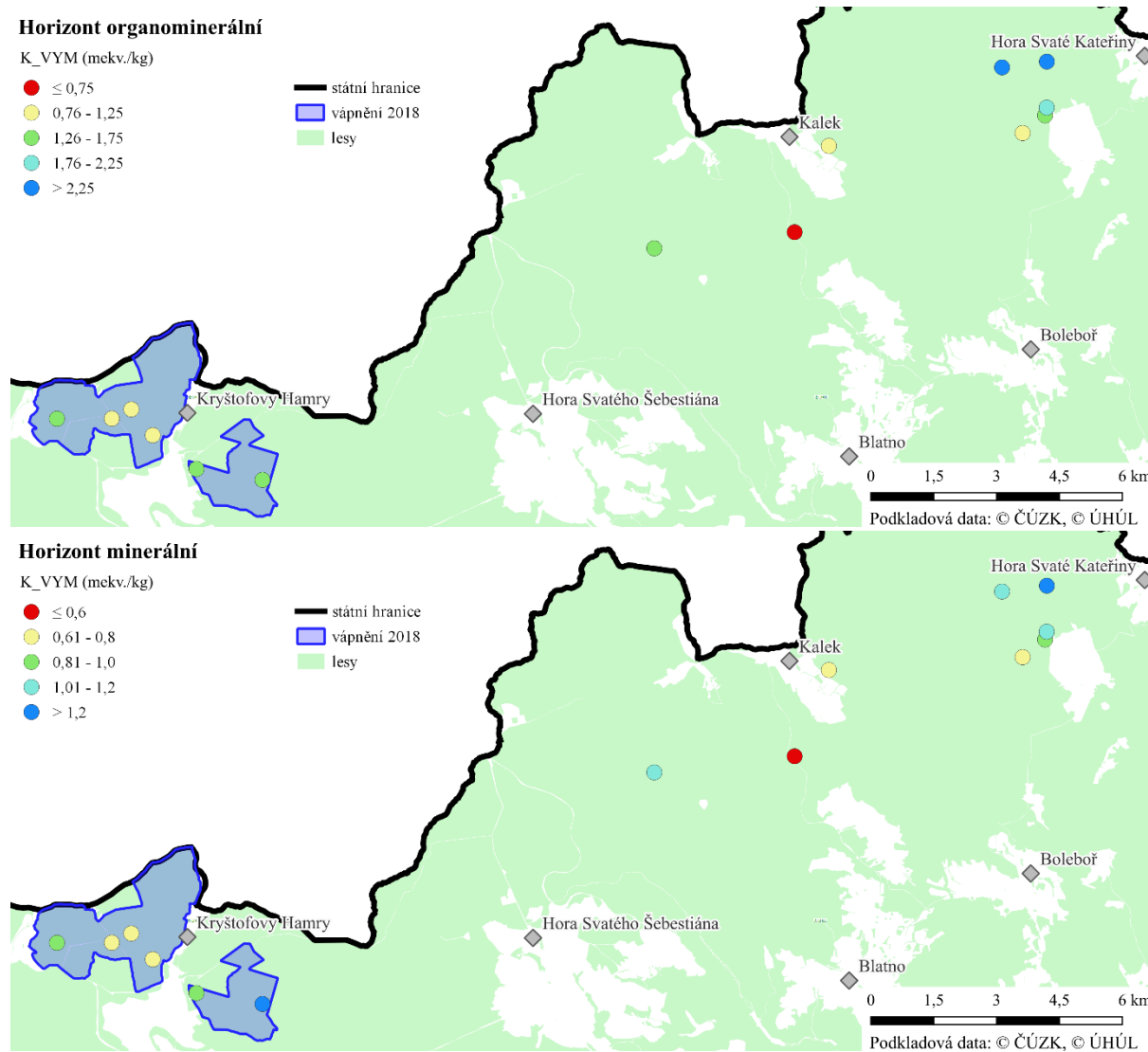
Obr. 3.27: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



Obr. 3.28: Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



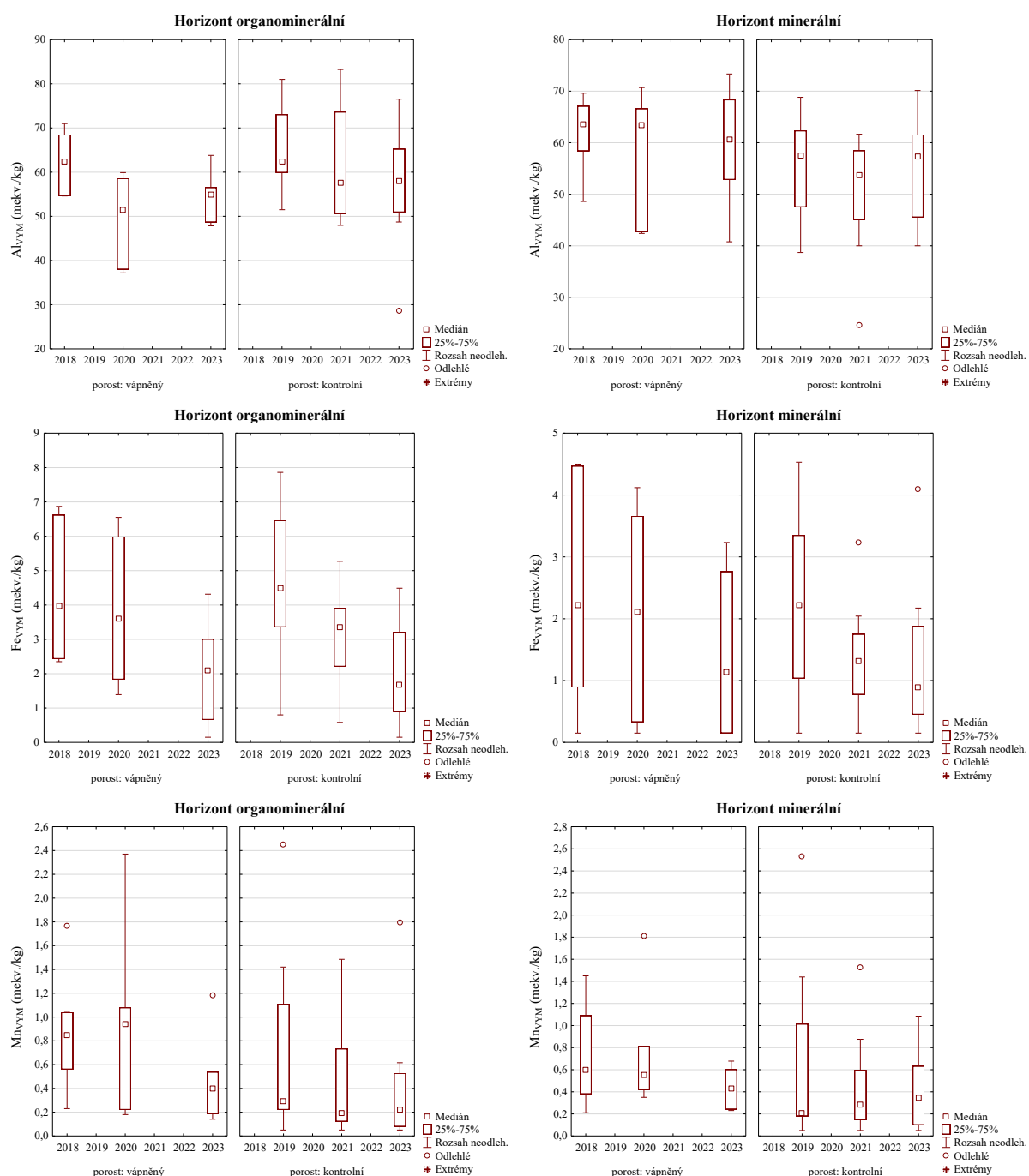
Obr. 3.29: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



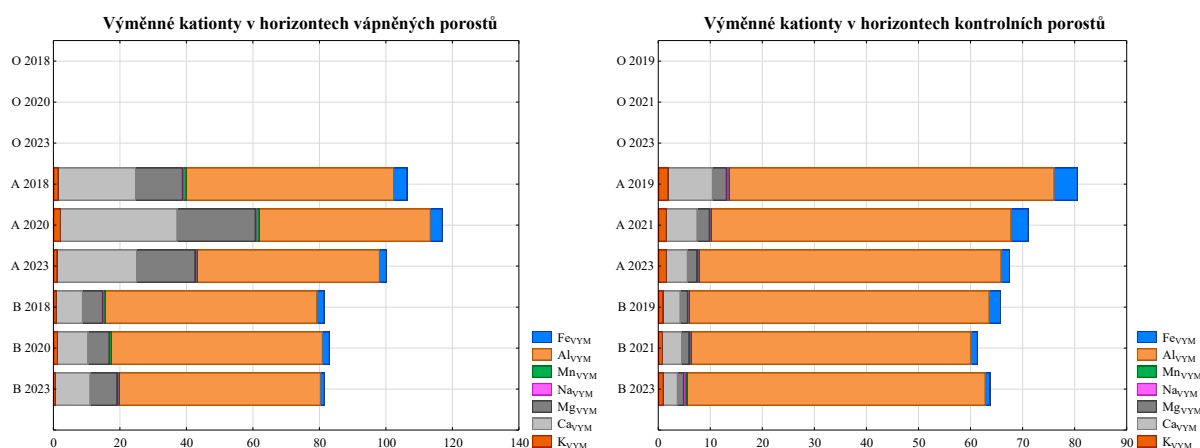
Obr. 3.30: Kartogramy obsahu výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných i kontrolních porostů ve sledovaném období kolísá (Obr. 3.29). Vzhledem k neprůkazným rozdílům mezi vápněnými a kontrolními porosty nedáváme tyto změny do souvislosti s vápněním.

Obsah výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}), hliníku (Al_{VYM}) a manganu (Mn_{VYM}) postupně klesá zejména v organominerálních horizontech jak vápněných, tak i kontrolních porostů (Obr. 3.31). Nedáváme tedy tento pokles do souvislosti s proběhlým vápněním.



Obr. 3.31: Obsah výměnných kationtů hliníku (Al_{VYM}), železa (Fe_{VYM}) a manganu (Mn_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



Obr. 3.32: Medián obsahu výměnných kationtů v půdních horizontech vápňených a kontrolních porostů

Hodnota kationtové výměnné kapacity (CEC) se během sledování v půdních horizontech vápňených porostů významně nemění (Tab. 3.8). Náznorný přehled vývoje obsahů výměnných kationtů v sorpčním komplexu v jednotlivých půdních horizontech vápňených a kontrolních porostů podává grafické znázornění v Obr. 3.32. Ve vápňených porostech dochází v organominerálních horizontech k úbytku obsahu výměnných kationtů vápníku, které společně s hořčíkem postupují půdním profilem do spodních minerálních horizontů, kde se jejich obsah postupně zvyšuje. V kontrolních porostech dochází k postupnému vyčerpání půdních horizontů o výměnné kationty vápníku a hořčíku, jejichž obsah neustále klesá.

Vápnění se v sorpčním komplexu projevilo pozitivně, očekávaným zvýšením obsahu výměnných kationtů vápníku a hořčíku již po dvou letech od vápnění. Přestože pak došlo k poklesu, zůstávají i nadále na vyšší úrovni než před vápněním. Vliv vápnění na sorpční komplex bývá často znatelný po pěti až deseti letech od vápnění, přestože jsou zde významné změny již po dvou letech po vápnění, obsahy sorpčního komplexu je vhodné nadále sledovat i při kontrole po deseti letech od vápnění.

3.4.2 Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého

3.4.2.1 Dusík

Obsah dusíku v jehlicích běžného i předchozího roku je ve smrkových porostech na vápněných plochách dlouhodobě stabilní bez výraznějších změn, a to navzdory klesajícímu obsahu v půdě. V jehlicích běžného roku se tento obsah pohybuje na vyhovující úrovni, v jehlicích předchozího roku je pak klasifikován jako nízký až vyhovující.

Tab. 3.10: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Al (mg/kg)	41,0	41,6	62,1	55,8	68,8	76,2
B (mg/kg)	12,6	14,7	13,4	11,9	16,2	12,1
Ca (mg/kg)	3017	3865	4695	2321	3537	4424
Cd (mg/kg)	0,12	0,11	0,09	0,06	0,06	0,05
Cr (mg/kg)	0,13	--	0,15	--	0,13	0,15
Cu (mg/kg)	3,14	3,13	2,57	2,75	3,16	2,40
Fe (mg/kg)	31,1	26,5	35,7	29,1	36,3	35,7
K (mg/kg)	6297	6482	4804	6105	6776	4874
Mg (mg/kg)	878	999	1079	812	951	866
Mn (mg/kg)	400	258	304	317	456	445
N (%)	1,44	1,38	1,39	1,20	1,62	1,33
Ni (mg/kg)	1,28	1,08	0,69	1,65	1,35	1,28
P (mg/kg)	1955	2073	1473	1526	1934	1436
Pb (mg/kg)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	913	884	863	830	1021	884
Zn (mg/kg)	30,3	37,5	38,5	25,7	31,8	38,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

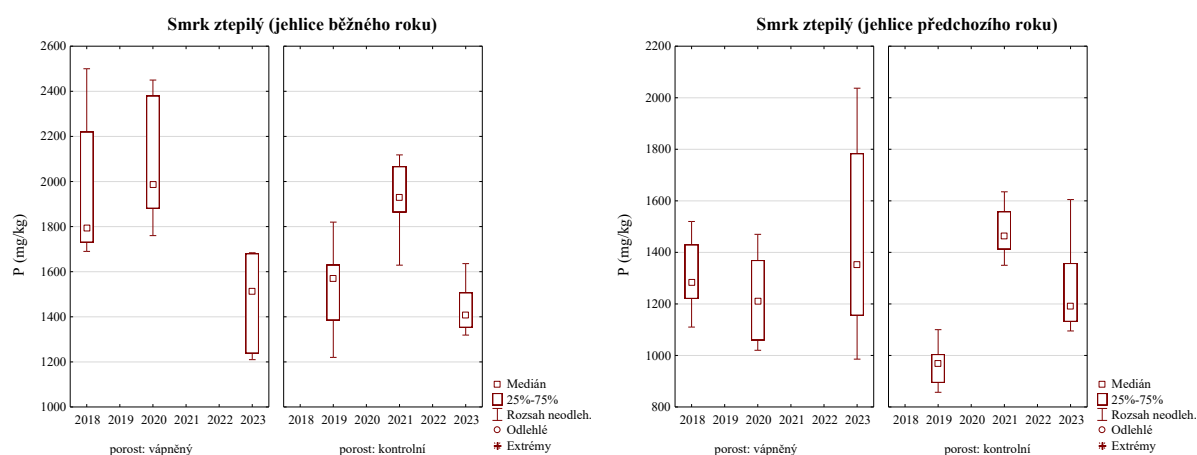
Tab. 3.11: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Al (mg/kg)	74,6	68,2	76,7	98,2	125	96,8
B (mg/kg)	11,7	15,9	13,2	11,9	15,7	12,3
Ca (mg/kg)	5103	6947	6946	3989	6331	5967
Cd (mg/kg)	0,09	0,07	0,08	0,04	0,06	0,04
Cr (mg/kg)	0,19	0,15	0,18	0,13	0,16	0,16
Cu (mg/kg)	2,30	2,03	2,14	1,96	2,37	1,87
Fe (mg/kg)	59,3	46,6	49,3	45,1	50,9	45,4
K (mg/kg)	4302	3635	5100	3638	5059	4861
Mg (mg/kg)	703	1042	1110	744	873	754
Mn (mg/kg)	596	484	384	529	673	504
N (%)	1,38	1,27	1,29	1,20	1,50	1,25
Ni (mg/kg)	0,59	0,37	0,56	0,79	0,90	0,99
P (mg/kg)	1308	1223	1444	962	1482	1258
Pb (mg/kg)	--	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	908	835	853	841	1009	862
Zn (mg/kg)	21,3	30,1	36,4	20,1	31,6	33,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

3.4.2.2 Fosfor

Nedostatečný obsah přístupného fosforu v půdách vápněných i kontrolních porostů se pravděpodobně podílí i na poklesu obsahu fosforu v jehlicích běžného roku smrku ztepilého (Obr. 3.33). V případě vápněných porostů došlo k poklesu obsahu fosforu z luxusní úrovně na vyhovující. V jehlicích předchozího roku vápněných porostů je situace poměrně stabilní a obsah fosforu zde hodnotíme jako vysoký.

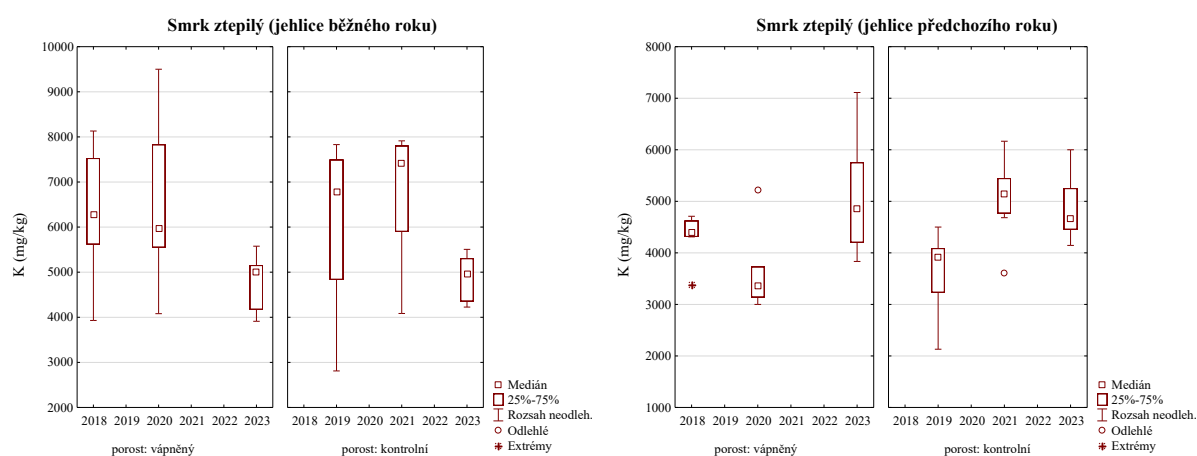


Obr. 3.33: Obsah fosforu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

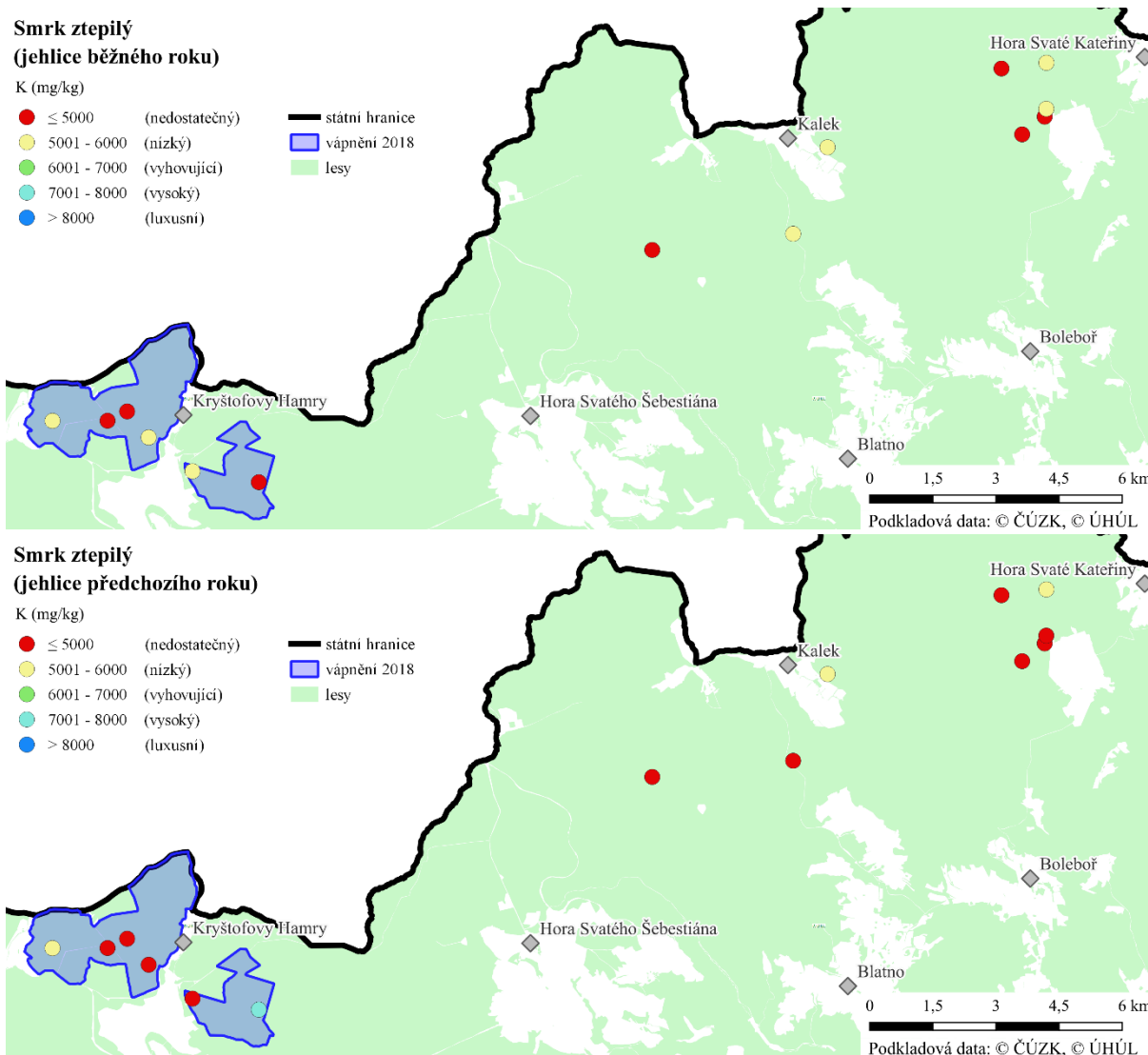
3.4.2.3 Draslík

V jehlicích běžného roku vápněných i kontrolních porostů byl zaznamenán pokles obsahu draslíku z vyhovující úrovně na nízkou až nedostatečnou. Tento pokles je součástí dlouhodobého trendu zaznamenaného už v rámci vzorkování lesních porostů v Krušných horách v letech 2019-2020 (FIALA A KOL., 2021).

V jehlicích předchozího roku se úroveň výživy draslíkem u vápněných porostů dlouhodobě pohybuje v oblasti nedostatečné úrovně (pod 5000 mg.kg⁻¹). Ve sledovaném období zde došlo ke kolísání obsahu bez přímé souvislosti s vápněním.



Obr. 3.34: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

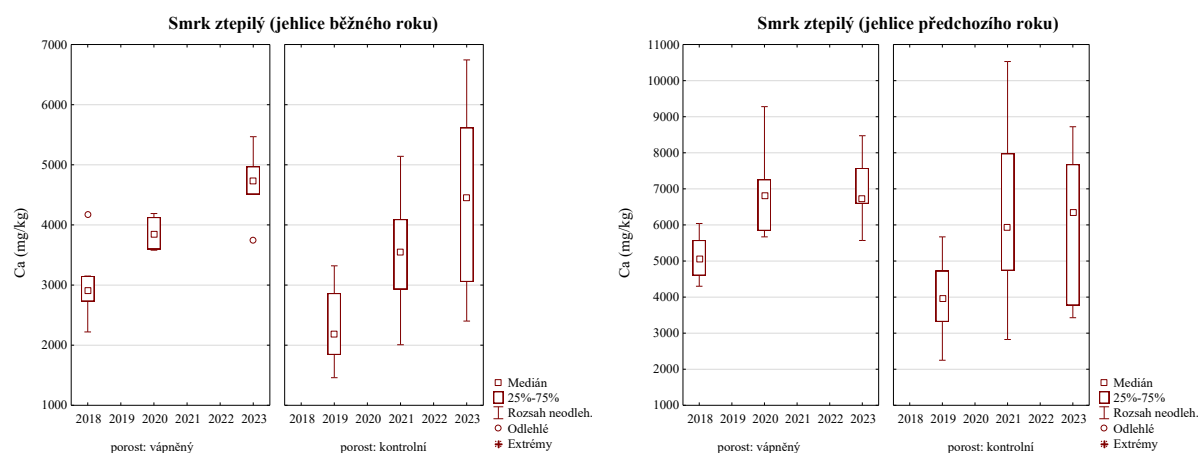


Obr. 3.35: Kartogramy obsahu draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů (2023)

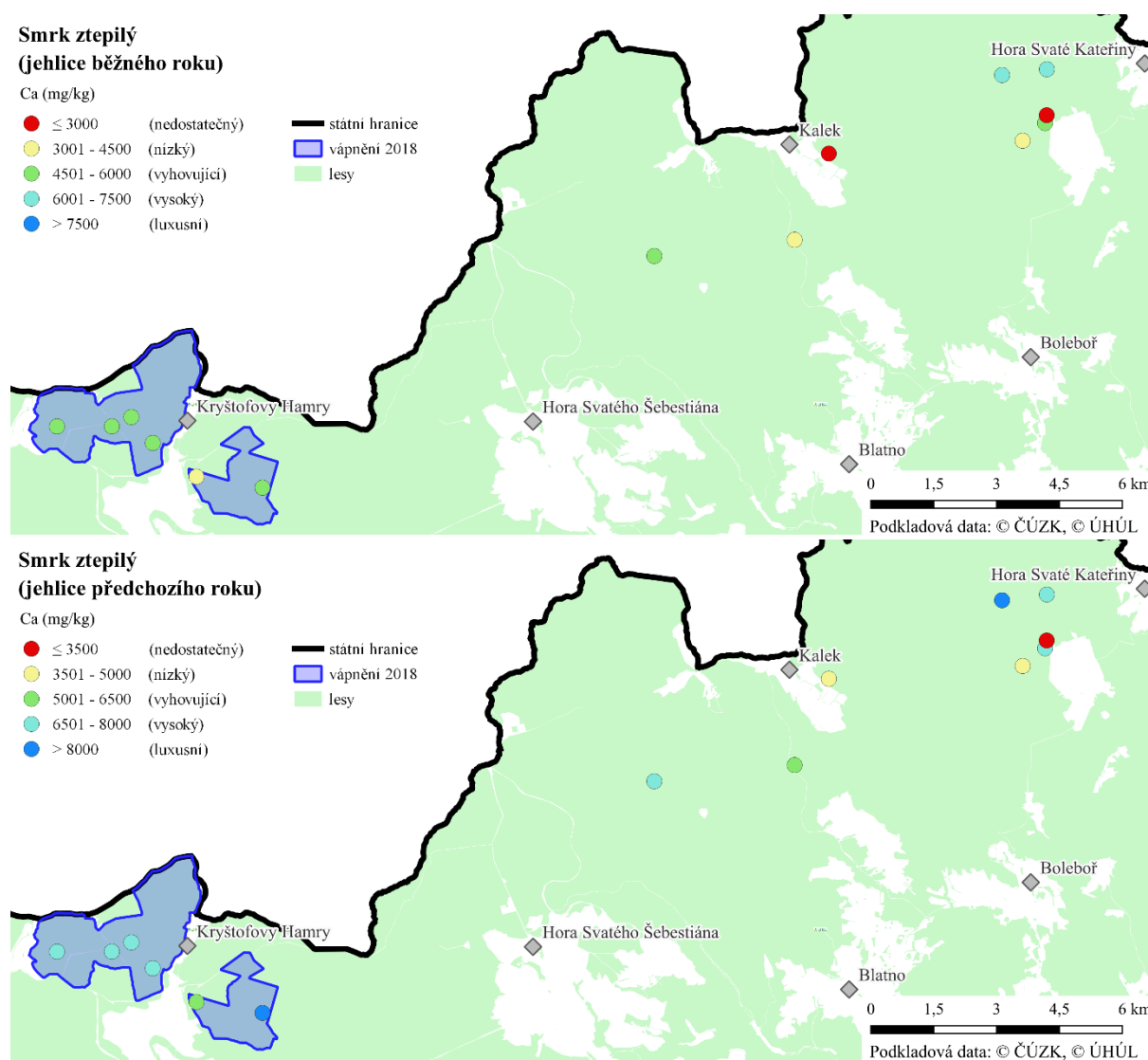
3.4.2.4 Vápník

Obsah vápníku se v jehlicích běžného roku smrku ztepilého statisticky významně zvyšuje ve vápněných i v kontrolních porostech (Tab. 3.10). Ve vápněných porostech se tak dostává na vyhovující úroveň, v kontrolních porostech se pohybuje od nedostatečné až po vysokou úroveň. Zlepšení výživy vápníkem je očekávaný a pozitivní vliv vápnění, kvůli zvýšení obsahu i v kontrolních porostech, ale nelze tento trend jednoznačně považovat za účinek vápnění.

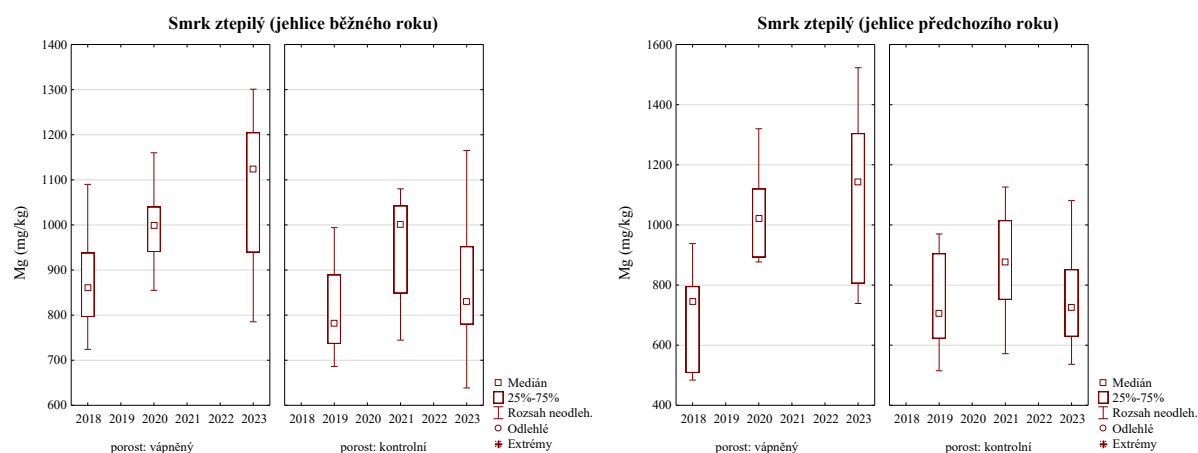
V jehlicích předchozího roku smrku ztepilého je situace podobná, ovšem s tím rozdílem, že toto zvýšení obsahu není tak výrazné (Obr. 3.36). Ve vápněných porostech se obsah vápníku udržuje na vysoké úrovni a v kontrolních v širokém rozpětí od nedostatečné až po luxusní úroveň výživy.



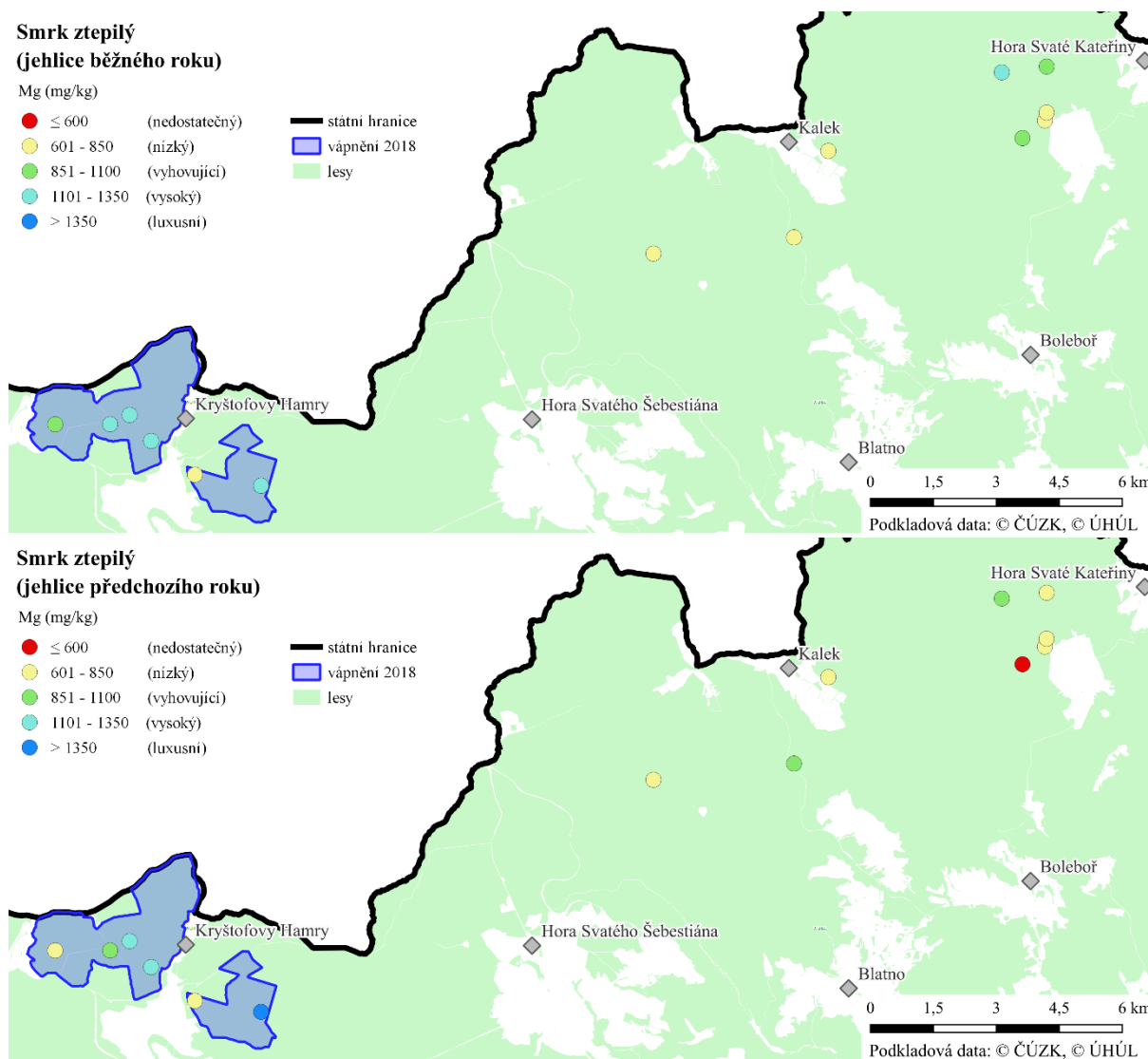
Obr. 3.36: Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 3.37: Kartogramy obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů (2023)



Obr. 3.38: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 3.39: Kartogramy obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.2.5 Hořčík

Obsah hořčíku se v jehlicích běžného roku ve vápněných porostech zvýšil z průměrných 878 mg.kg⁻¹ (vyhovující) před vápněním na průměrných 1079 mg.kg⁻¹ (vyhovující až vysoký) pět let po vápnění. V kontrolních porostech hodnoty obsahu hořčíku kolísají okolo 850 mg.kg⁻¹, což je hranice mezi nízkou a vyhovující úrovní výživy (Obr. 3.38).

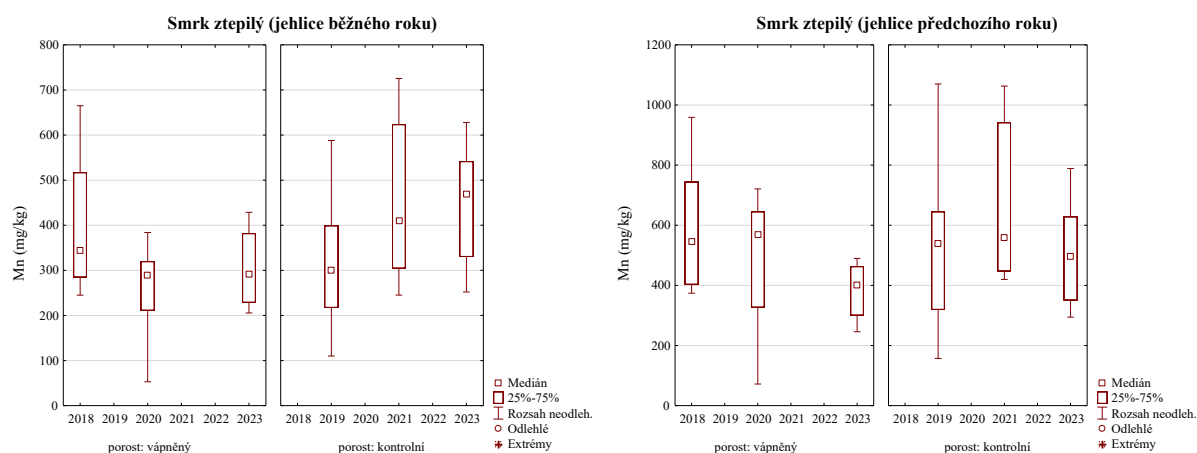
V jehlicích předchozího roku už je zvýšení obsahu hořčíku vápněných porostů klasifikováno jako statisticky významné (z nízkého na vyhovující až vysoký). V kontrolních porostech opět obsah hořčíku v jehlicích kolísá a dlouhodobě se pohybuje v oblasti nízké úrovně výživy.

3.4.2.6 Bór

Vápnění může mít negativní vliv na výživu bórem. V našem případě ovšem nepozorujeme žádné výrazné změny jak v jehlicích běžného roku, tak ani v jehlicích předchozího roku vápněných porostů, které by mohly být způsobeny vápněním. Obsah bóru v jehlicích kolísá podobně jako v jehlicích kontrolních porostů a dlouhodobě je hodnocen jako velmi nízký (jehlice běžného roku) a nízký (jehlice předchozího roku).

3.4.2.7 Mangan

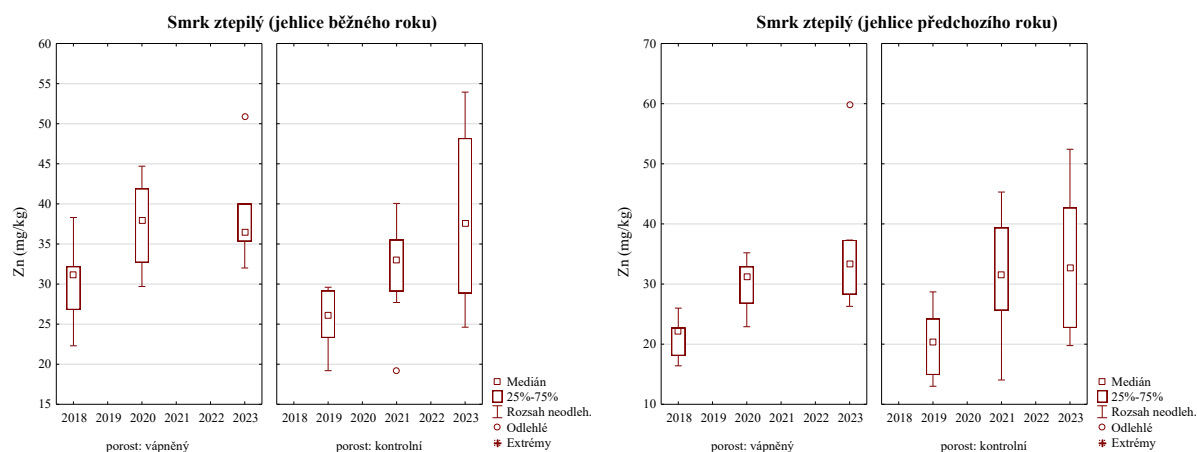
Obsah manganu vlivem vápnění v jehlicích předchozího roku dlouhodobě klesá (Obr. 3.40), zatímco v kontrolních se udržuje na přibližně stejných hodnotách. Podobné výsledky byly zaznamenány v této části Krušných hor i v minulosti (FIALA A KOL., 2023, REININGER A KOL., 2023). Dlouhodobě nižší obsah manganu v jehlicích vápněných porostů po deseti letech od vápnění je uveden také v práci FIALA A KOL. (2016). Vysvětlením by mohlo být omezení příjmu manganu dřevinami po zvýšení hodnoty pH půdy vápněním (VANĚK A KOL., 1998).



Obr. 3.40: Obsah manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.4.2.8 Zinek

Obsah zinku v jehlicích běžného i předchozího roku nebyl vápněním ovlivněn a chová se podobně jako v porostech kontrolních, tj. od roku 2018 průběžně stoupá (Obr. 3.41). Obsah zinku v jehlicích je hodnocen jako střední.



Obr. 3.41: Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.4.2.9 Ostatní prvky

Obsah **hliníku** se v jehlicích běžného roku průběžně zvyšuje a ve vápněných porostech dosahuje velmi nízké úrovně. V jehlicích předchozího roku kolísá a ve vápněných porostech je opět hodnocen jako velmi nízký.

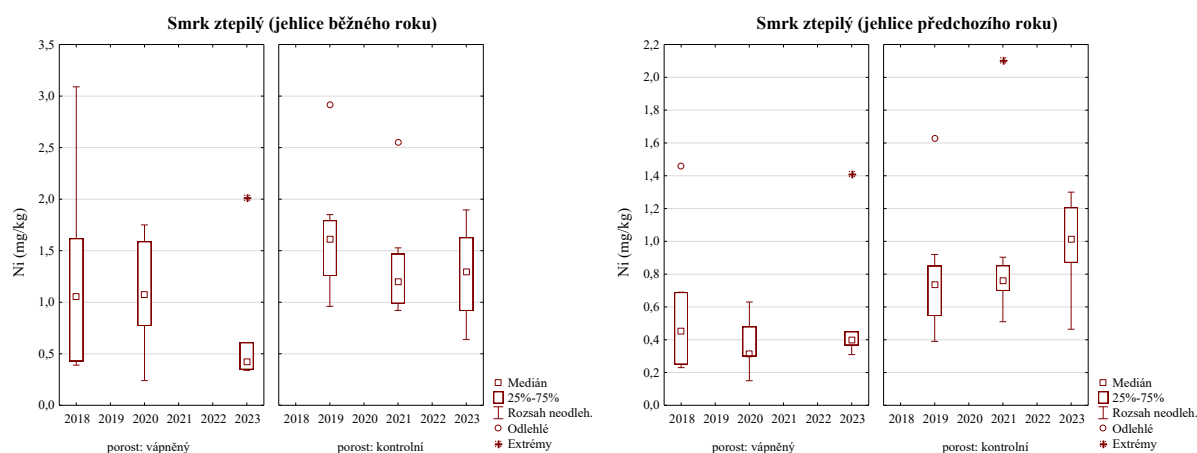
Obsah **kadmia** v jehlicích běžného roku ve vápněných i kontrolních porostech mírně klesá. Ve vápněných porostech je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku je obsah stabilní a vápněných porostech je opět hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **chrómu** v jehlicích běžného roku vápněných porostů během sledování kolísá. Pět let po vápnění se obsah chrómu pohybuje na úrovni zjištěné před vápněním a je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku se obsah chrómu výrazně nemění a je opět hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **mědi** v jehlicích vápněných porostů je bez významnějších změn a je hodnocen jako nízký.

Obsah **železa** v jehlicích běžného roku vápněných porostů kolísá. Pět let po vápnění je přibližně na úrovni zjištěné před vápněním a je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku nedochází k žádné významnější změně a obsah železa je opět hodnocen jako velmi nízký.

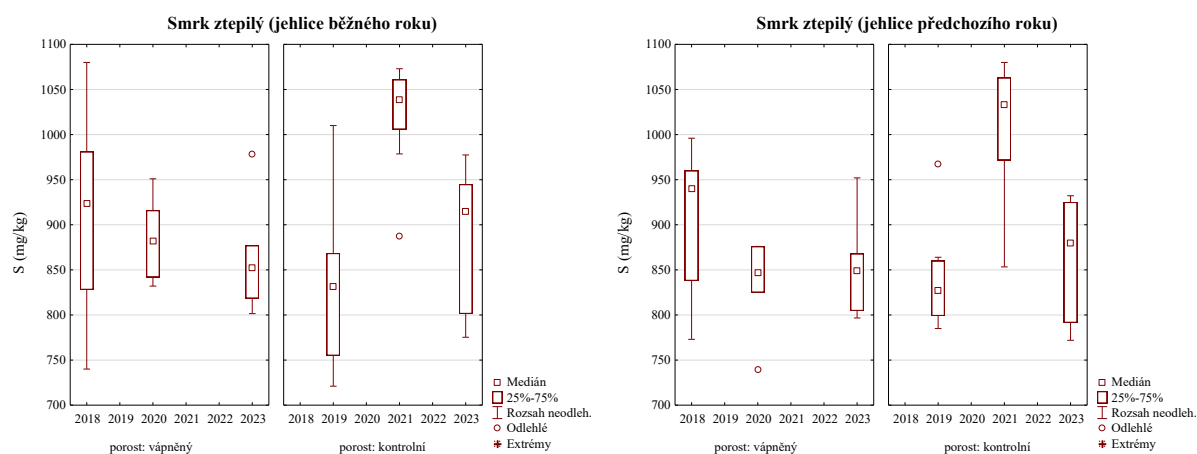
Obsah **niklu** v jehlicích běžného roku vápněných i kontrolních porostů průběžně klesá (Obr. 3.42), proto tento pokles nespojujeme s vápněním. Obsah niklu v jehlicích běžného roku vápněných porostů je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku je obsah niklu v jehlicích vápněných porostů přibližně stejný po celou dobu sledování a je zde hodnocen jako velmi nízký až nízký.



Obr. 3.42: Obsah niklu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Obsah **olova** v jehlicích se během sledování nemění. Ve většině případů nedosahuje hodnoty $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ a je proto hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **síry** v jehlicích běžného i předchozího roku klesl (Obr. 3.43) ve srovnání se situací před vápněním, zatímco v jehlicích kontrolních porostů výrazně kolísá. Pokles obsahu síry ve vápněných porostech ovšem není nijak dramatický ani statisticky významný, navíc obsah síry zjištěný v roce 2023 se mezi vápněnými a kontrolními porosty příliš neliší, takže tuto změnu do souvislosti s vápněním nedáváme, ale síra a její vztah k vápnění se bude nadále sledovat a hodnotit při dalších odběrech.



Obr. 3.43: Obsah síry v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.4.2.10 Hodnocení poměrů živin v jehlicích

Hodnocení poměrů živin v jehlicích běžného roku (Tab. 3.12) vychází pro vápněné porosty poměrně příznivě. Naopak v kontrolních porostech byly zjištěny nevyhovující poměry pro N/Mg a Ca/Mg, což potvrzuje nízkou úroveň výživy hořčíkem v těchto porostech.

Tab. 3.12: Hodnocení vyváženosti výživy podle poměru vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový*	7,01 – 10 (6 – 12)	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Vápněné (2023)	9,86	2,74	2,91	12,3	1,00	4,00	4,22
Kontrolní (2023)	9,26	2,70	2,87	15,6	1,05	5,59	5,27

*(ŠRÁMEK A KOL., 2009)

3.4.3 Hodnocení obsahů prvků v listech břízy bělokoré

3.4.3.1 Dusík

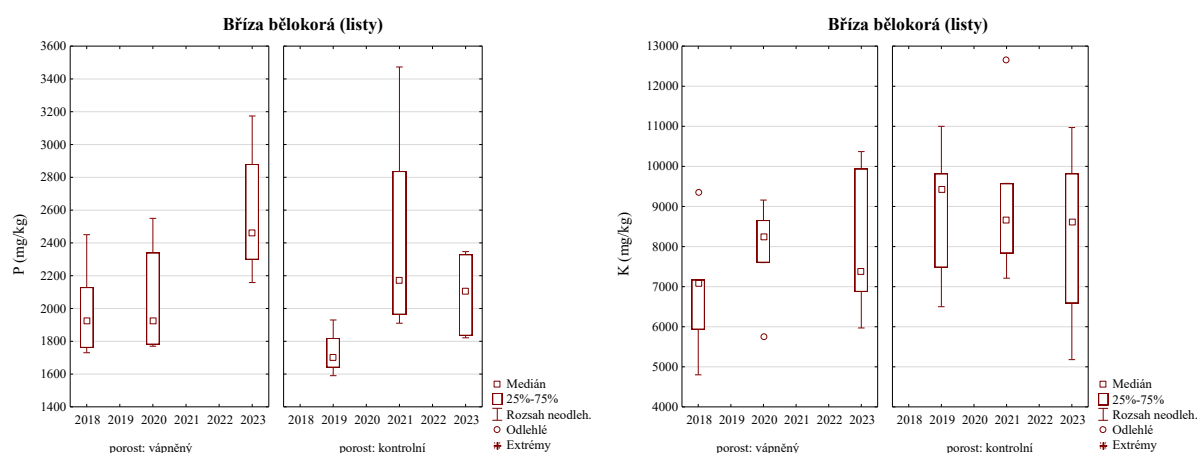
Obsah dusíku v listech břízy nebyl vápněním ovlivněn a je ve vápněných i v kontrolních porostech hodnocen jako vyhovující.

Tab. 3.13: Průměrný obsah prvků v listech břízy bělokoré

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Al (mg/kg)	30,2	34,7	45,9	51,9	83,4	58,8
B (mg/kg)	26,0	26,6	29,6	29,7	22,3	29,2
Ca (mg/kg)	6010	7223	7522	6267	6767	6253
Cd (mg/kg)	0,17	0,30	0,19	0,18	0,22	0,19
Cr (mg/kg)	0,19	0,18	0,34	0,17	0,30	0,37
Cu (mg/kg)	4,57	5,30	5,93	5,00	5,94	5,98
Fe (mg/kg)	55,2	67,2	66,2	72,7	109	70,5
K (mg/kg)	6900	7940	7989	8843	9166	8300
Mg (mg/kg)	2665	3195	3800	2173	2011	2250
Mn (mg/kg)	680	558	527	658	958	803
N (%)	2,38	2,30	2,59	2,33	2,62	2,63
Ni (mg/kg)	1,44	2,10	1,69	2,63	3,71	3,54
P (mg/kg)	1987	2048	2572	1717	2233	2091
Pb (mg/kg)	0,59	0,77	0,75	0,93	0,76	0,89
S (mg/kg)	1597	1610	1882	1700	1741	1902
Zn (mg/kg)	137	214	186	168	210	179

3.4.3.2 Fosfor

Ve vápněných porostech došlo v průběhu sledování ke zvýšení úrovně výživy fosforem z vyhovující (před vápněním) na luxusní (pět let po vápnění). Tento vývoj neguje možný nepříznivý vliv vápnění na výživu fosforem.



Obr. 3.44: Obsah fosforu a draslíku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

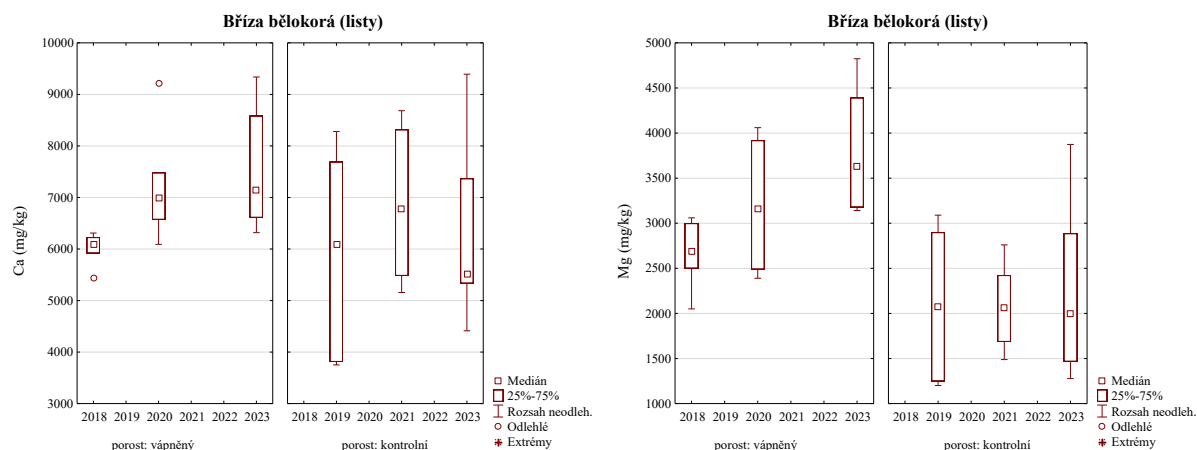
Samotné zvýšení ale není pravděpodobně důsledek vápnění, ale i možných dalších vlivů působících v dané oblasti, protože podobný vývoj byl zaznamenán i v kontrolních porostech (Obr. 3.44).

3.4.3.3 Draslík

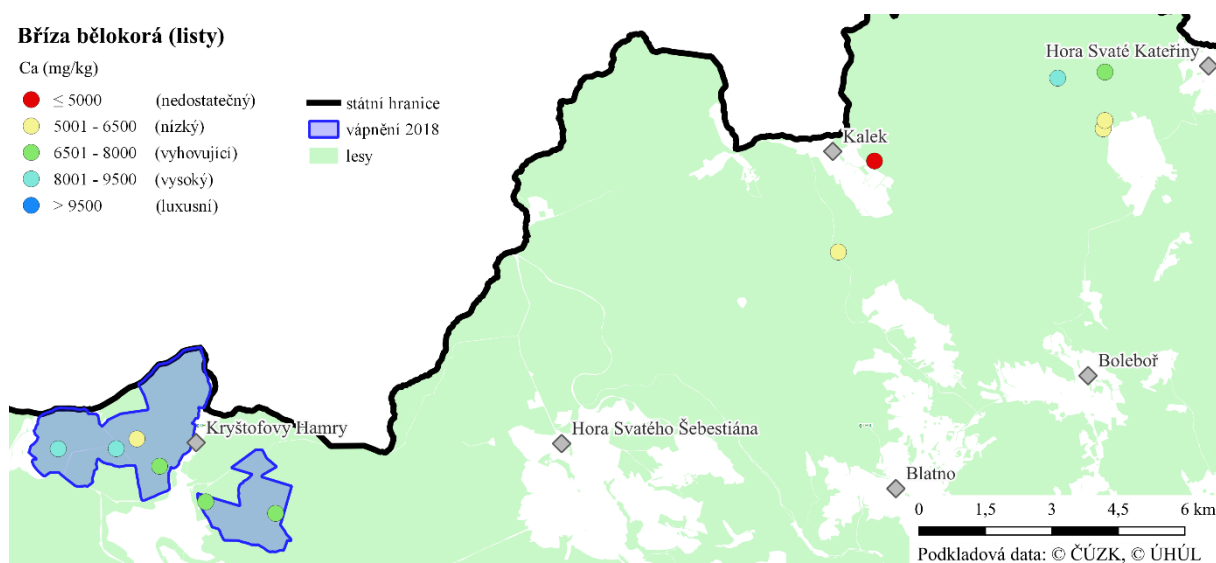
Výživa draslíkem není vápněním dotčena, naopak dochází k jejímu zlepšení. Stále se však na vápněných plochách se pohybuje v širokém rozmezí nízké až vyhovující úrovně výživy.

3.4.3.4 Vápník

Vliv vápnění se jednoznačně pozitivně projevuje na zlepšení úrovně výživy vápníkem (z nízké na vyhovující). V kontrolních porostech se dlouhodobě pohybuje v oblasti nízké úrovně.



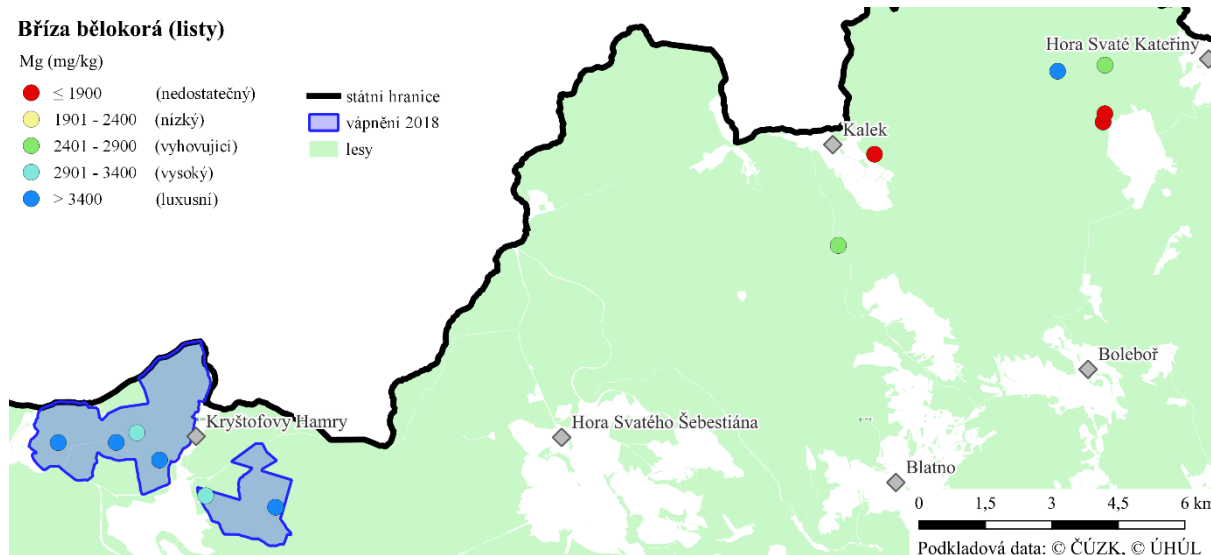
Obr. 3.45: Obsah vápníku a hořčíku v listech břízy bělokora vápněných a kontrolních porostů



Obr. 3.46: Kartogramy obsahu vápníku v listech břízy bělokora vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.3.5 Hořčík

Vápnění se v listech břízy bělokoré nejvíce projevilo ve výživě hořčíkem (Obr. 3.45). Zjištěný obsah v roce 2023 je statisticky významně vyšší jednak oproti stavu před vápněním, ale zároveň je i statisticky významně vyšší než stav v kontrolních porostech. Ve vápněných porostech hodnotíme úroveň obsahu v listech jako luxusní.

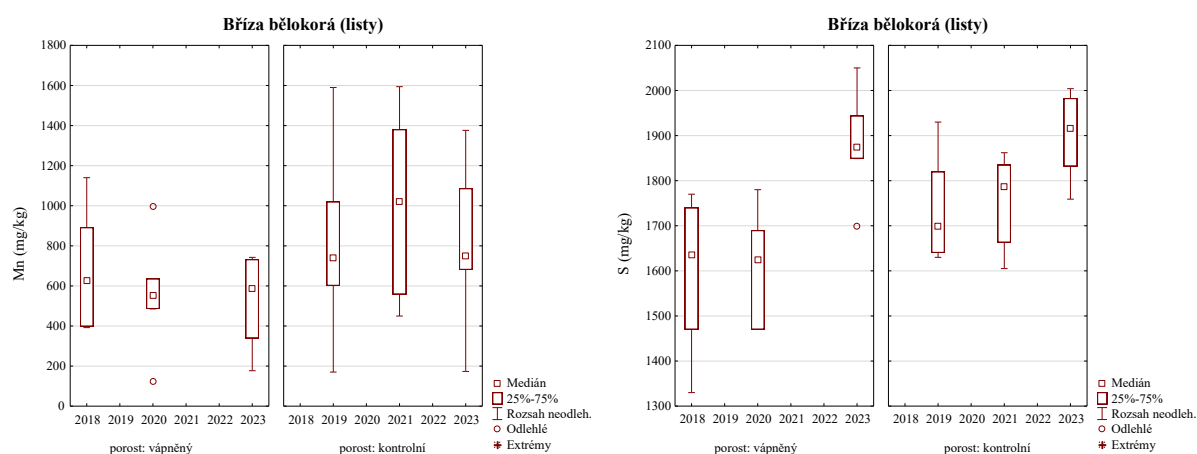


Obr. 3.47: Kartogramy obsahu hořčíku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů (2023)

3.4.3.6 Bór

Výživa bórem v listech břízy není vápněním nikterak narušena a dlouhodobě je stabilní a srovnatelná s obsahy zjištěnými v kontrolních porostech (Tab. 3.13).

3.4.3.7 Mangan



Obr. 3.48: Obsah manganu a síry v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

Obsah manganu v listech břízy se dlouhodobě pohybuje okolo 600 mg.kg^{-1} , což je méně než v porostech kontrolních (Obr. 3.48), a dlouhodobě mírně klesá, takže i v tomto případě by se mohlo jednat o negativní vliv vápnění podobně jako u smrku ztepilého.

3.4.3.8 Zinek

Obsah zinku v listech břízy ve sledovaném období kolísá podobně jako v porostech kontrolních. Vliv vápnění na obsah zinku je tedy neprůkazný.

3.4.3.9 Ostatní prvky

Obsah **hliníku** v listech se průběžně zvyšuje a ve vápněných porostech dosahuje nízké úrovně. V kontrolních porostech dosahuje vyšších hodnot a je hodnocen jako střední.

Obsah **kadmia** v listech vápněných porostů kolísá podobně jako v kontrolních porostech a je hodnocen jako nízký.

Obsah **chrómu** v listech se průběžně zvyšuje jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a pohybuje se v oblasti vysokého obsahu. Vzhledem k podobnému vývoji nedáváme toto zvýšení do souvislosti s vápněním. Bříza zde pravděpodobně působí jako remediační dřevina.

Obsah **mědi** v listech stoupá podobně jako v případě chrómu. I v tomto případě se může jednat o remediační schopnost břízy akumulovat rizikové prvky. Obsah mědi v listech je hodnocen jako střední.

Obsah **železa** v listech je pět let po vápnění na přibližně stejné úrovni jako před vápněním a je hodnocen jako nízký.

Obsah **niklu** v listech vápněných i kontrolních porostů během sledování kolísá. Ve vápněných porostech je hodnocen jako nízký.

Obsah **olova** v listech se během sledování významně nemění a je hodnocen jako nízký.

Obsah **síry** v listech (Obr. 3.48) se během sledování ve vápněných porostech statisticky významně zvýšil. Tento zvýšený odběr by mohl vysvětlovat pokles přístupných obsahů síry v půdních horizontech.

3.5 Závěr pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

Podle provedených analýz půdních i rostlinných vzorků je vápnění v této oblasti hodnoceno jako účinné s převážně pozitivním vlivem na půdní vlastnosti a výživu dřevin.

Vápnění dlouhodobě a pozitivně ovlivnilo zejména pH v celém půdním profilu. V nadložních organických horizontech vápněných porostů se i po pěti letech nachází poměrně vysoký obsah vápníku a hořčíku, takže je předpoklad i dalšího pronikání těchto prvků půdním profilem a zvýšení obsahů jejich přístupných a výměnných forem pro výživu lesních dřevin. Pět let po vápnění bylo v minerální části půdního profilu zaznamenáno zvýšení sycení sorpčního komplexu těmito prvky a následně zlepšení poměru bazických prvků k obsahu výměnných kationtů hliníku. Z hlediska obsahu dalších makroprvků je pozitivní i to, že vápnění v této oblasti dosud neovlivnilo obsah draslíku v půdě, který je po dobu sledování poměrně konstantní. Vliv vápnění na obsah fosforu v půdě je zde také neprůkazný, ale protože je obsah přístupného fosforu v půdě nedostatečný, tak je žádoucí ho i nadále sledovat kvůli možným negativním dopadům vápnění na přístupnost tohoto prvku pro dřeviny.

Nežádoucí účinky vápnění v podobě snížení množství nadložního humusu nebyly v tomto případě zaznamenány, naopak se množství nadložního humusu mírně zvyšuje. Zjištěný úbytek dusíku, který bohužel probíhá ve všech horizontech, zároveň probíhá i v půdním profilu kontrolních porostů, nelze tedy objektivně tuto změnu spojovat pouze s vápněním.

Vápnění se pozitivně projevuje ve výživě dřevin hořčíkem, jehož obsah v průběhu sledování v jehlicích smrku a v listech břízy stoupá, v případě břízy vzrostl i obsah vápníku. Zvýšení obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého bylo zjištěno i v kontrolních porostech. V případě dusíku se pokles v půdě neprojevil ve výživě lesních dřevin. U fosforu a draslíku se projevuje spíše vliv samotné dřeviny, protože u smrku pozorujeme zhoršení výživy, kdežto u břízy zlepšení, a to jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. Negativně se vápnění projevuje pouze ve výživě manganem.

I když je v této oblasti vápnění hodnoceno převážně pozitivně, je vhodné se v budoucnu zaměřit zejména na sledování obsahu fosforu a draslíku, a to zejména v kontextu s měnícími se klimatickými podmínkami s důrazem na výskyt sušších period a jejich vliv na účinnost vápnění.

3.6 Použitá literatura pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

BRUNNER I, SPERISEN CH. (2013): Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 12 p.

CRONAN CH. S., GRIGAL D. F. (1995). Use of Calcium/Aluminum Ratios as Indicators of Stress in Forest Ecosystems. *J. Environ. Qual.* 24: 209-226

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

FIALA P., REININGER D., SAMEK T. (2016): Vyhodnocení účinnosti leteckého vápnění, provedeného v roce 2005 v Krušných horách na území lesních správ Horní Blatná a Klášterec. Brno, ÚKZÚZ, 41 s.

FIALA P., REININGER D., SVOBODA T. (2021): Výsledky průzkumu stavu výživy lesa v přírodní lesní oblasti č. 1 Krušné hory. Brno, ÚKZÚZ, 137 s.

FIALA P., REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách v lokalitách „Kryštofovy Hamry A, Vejprty B a Kovářská A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 52 s.

RAHMAN A., LEE S.-H., JI H. CH., KABIR A. H., JONES CH. S., LEE K.-W. (2018): Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 28 p.

REININGER D., FIALA P., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Litvínov A, Jirkov A, Hora Sv. Kateřiny A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 54 s.

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

VANĚK V., BALÍK J., NĚMEČEK R., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P. (1998): Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. *Farmář-Zemědělské listy*, Praha, 124 s.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. (2014): Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.

3.7 Přílohy pro lokality Kryštofovy Hamry B a Vejprty C

3.7.1 Popisné statistiky

3.7.1.1 Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	8	149	122	90,5	233	97,8	215
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,43	3,14	3,84	3,32	3,55
pH _{H2O}	8	4,31	4,32	4,01	4,59	4,18	4,46
N (%)	7	1,03	1,06	0,78	1,23	0,84	1,19
C _{OX} (%)	7	23,7	23,7	19,3	30,1	19,7	27,9
C/N	7	23,1	23,4	19,6	24,7	22,5	24,5
Al _{dus} (mg/kg)	8	8536	6974	5553	15980	6257	10146
B _{dus} (mg/kg)	8	2,13	2,13	1,71	2,50	1,90	2,38
Ca _{dus} (mg/kg)	8	1276	1292	581	2083	671	1807
Cd _{dus} (mg/kg)	8	0,18	0,16	0,05	0,40	0,10	0,23
Cr _{dus} (mg/kg)	8	9,70	7,76	4,43	21,8	5,84	12,1
Cu _{dus} (mg/kg)	8	8,34	8,35	5,52	11,1	7,14	9,59
Fe _{dus} (mg/kg)	8	8137	7657	2955	15750	5016	10525
K _{dus} (mg/kg)	8	1421	1383	1161	1980	1236	1495
Mg _{dus} (mg/kg)	8	763	546	423	1479	486	1069
Mn _{dus} (mg/kg)	8	188	152	24,2	451	81,6	280
P _{dus} (mg/kg)	8	966	874	640	1745	775	1022
Pb _{dus} (mg/kg)	8	120	116	75,1	156	107	142
Zn _{dus} (mg/kg)	8	49,0	49,5	20,9	90,5	33,3	57,5

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	6	220	245	107	285	158	281
pH _{CaCl2}	6	4,60	4,71	3,54	5,10	4,55	4,97
pH _{H2O}	6	5,25	5,36	4,36	5,68	5,15	5,58
N (%)	6	0,80	0,80	0,66	0,99	0,76	0,83
C _{OX} (%)	6	17,6	16,3	13,8	24,1	15,0	20,3
C/N	6	22,1	20,7	16,9	31,8	19,7	22,9
Al _{dus} (mg/kg)	6	7579	7675	5696	9526	6271	8629
B _{dus} (mg/kg)	6	1,88	1,83	1,37	2,68	1,56	2,00
Ca _{dus} (mg/kg)	6	4602	5070	1414	6434	3377	6247
Cd _{dus} (mg/kg)	6	0,19	0,13	0,01	0,62	0,05	0,19
Cr _{dus} (mg/kg)	6	9,06	9,24	6,04	12,4	7,00	10,5
Cu _{dus} (mg/kg)	6	9,51	8,38	6,23	16,7	7,82	9,62
Fe _{dus} (mg/kg)	6	11900	13340	5277	14440	10950	14050
K _{dus} (mg/kg)	6	1723	1836	1068	2031	1548	2022
Mg _{dus} (mg/kg)	6	2487	2755	823	3545	2093	2951
Mn _{dus} (mg/kg)	6	233	219	124	372	151	314
P _{dus} (mg/kg)	6	860	874	771	950	792	899
Pb _{dus} (mg/kg)	6	120	121	95,0	140	118	129
Zn _{dus} (mg/kg)	6	53,3	46,8	29,3	101	30,6	65,6

3.7.1.2 Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,41	3,23	3,77	3,29	3,56
pH _{H2O}	8	4,22	4,16	4,00	4,54	4,09	4,35
Vým. acidita (mekv./kg)	8	114	113	39,2	164	96,0	144
C _{OX} (%)	8	3,99	4,63	1,66	5,37	2,83	5,01
N (%)	8	0,23	0,25	0,13	0,31	0,17	0,30
C/N	8	16,8	17,2	12,3	20,9	15,3	18,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1312	1317	751	1750	1202	1479
P _{M3} (mg/kg)	8	11,4	7,73	3,96	36,8	5,16	12,3
K _{M3} (mg/kg)	8	84,7	84,1	38,8	152	51,6	108
Ca _{M3} (mg/kg)	8	144	96,6	68,8	471	73,0	135
Mg _{M3} (mg/kg)	8	45,9	25,4	17,7	155	21,0	51,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	552	602	276	697	497	623
S _{M3} (mg/kg)	8	18,0	16,7	11,2	29,0	14,5	20,6
P _{dus} (mg/kg)	8	128	111	42,5	229	89,2	174
K _{dus} (mg/kg)	8	160	176	61,1	240	119	196
Mg _{dus} (mg/kg)	8	245	173	52,7	893	90,4	245
Ca _{dus} (mg/kg)	8	200	117	60,7	768	84,7	185
Al _{dus} (mg/kg)	8	3029	2765	1057	7063	2184	3109
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	4,33	2,44	0,90	13,6	1,55	6,09
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,75	3,79	1,14	12,4	2,33	6,16
Fe _{dus} (mg/kg)	8	6330	5900	787	11380	3806	9531
Mn _{dus} (mg/kg)	8	164	51,5	6,42	842	27,1	154
Pb _{dus} (mg/kg)	8	70,0	69,5	13,2	133	42,4	95,0
Zn _{dus} (mg/kg)	8	10,4	7,53	2,93	24,2	6,16	14,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	62,1	63,5	32,2	84,5	55,2	71,2
K _{VYM} (mekv./kg)	8	1,71	1,67	0,54	3,40	0,97	2,21
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	8,10	4,01	2,70	32,2	3,31	7,62
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	3,40	1,79	1,01	13,1	1,44	3,31
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,32	0,27	0,21	0,68	0,24	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	--	0,22	< 0,1	1,80	< 0,1	0,53
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	56,7	58,0	28,7	76,5	50,9	65,2
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	2,03	1,68	< 0,3	4,49	0,89	3,21
CEC (mekv./kg)	8	75,6	77,5	36,9	107	62,9	90,2
BS (%)	8	16,2	11,2	8,65	45,5	8,97	17,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,62	3,70	3,31	3,86	3,39	3,77
pH _{H2O}	6	4,45	4,55	4,15	4,66	4,21	4,61
Vým. acidita (mekv./kg)	6	119	117	90,4	148	107	137
C _{OX} (%)	6	4,32	4,42	3,40	5,29	3,61	4,82
N (%)	6	0,22	0,23	0,20	0,25	0,21	0,24
C/N	6	19,2	19,4	16,0	23,5	17,4	19,7
Al _{M3} (mg/kg)	6	1359	1294	1134	1772	1144	1518
P _{M3} (mg/kg)	6	7,36	6,23	< 3,5	17,6	4,71	7,67
K _{M3} (mg/kg)	6	64,4	63,6	51,2	79,3	53,2	75,6
Ca _{M3} (mg/kg)	6	402	406	244	546	291	520
Mg _{M3} (mg/kg)	6	205	205	139	269	150	262
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	626	635	545	706	547	687
S _{M3} (mg/kg)	6	15,8	14,5	11,8	21,6	12,5	19,7
P _{dus} (mg/kg)	6	221	230	75,7	353	203	236
K _{dus} (mg/kg)	6	147	101	85,4	370	86,8	138
Mg _{dus} (mg/kg)	6	527	435	194	1313	205	578
Ca _{dus} (mg/kg)	6	521	506	295	746	343	733
Al _{dus} (mg/kg)	6	3641	3245	2370	6534	2538	3912
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,26	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	6	4,59	4,32	2,32	8,28	3,46	4,85
Cu _{dus} (mg/kg)	6	5,13	5,13	2,50	7,71	4,49	5,81
Fe _{dus} (mg/kg)	6	9822	10278	6267	12270	7900	11940
Mn _{dus} (mg/kg)	6	208	101	47,0	600	70,8	328
Pb _{dus} (mg/kg)	6	81,4	81,1	64,3	106	69,4	86,4
Zn _{dus} (mg/kg)	6	16,9	8,79	4,01	39,8	7,25	32,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	61,1	60,7	52,1	71,1	53,3	69,0
K _{VYM} (mekv./kg)	6	1,20	1,17	0,87	1,59	0,93	1,45
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	23,6	24,0	13,7	34,3	14,7	31,3
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	18,2	17,5	9,96	29,5	11,2	23,6
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,29	0,29	0,25	0,31	0,28	0,30
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	0,47	0,40	0,14	1,18	0,19	0,54
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	54,4	54,8	47,8	63,8	48,7	56,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	2,05	2,09	< 0,3	4,31	0,66	3,01
CEC (mekv./kg)	6	104	105	82,6	127	89,1	118
BS (%)	6	40,4	40,5	27,7	55,0	30,7	47,9

3.7.1.3 Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,70	3,72	3,44	3,96	3,57	3,79
pH _{H2O}	8	4,46	4,47	4,13	4,77	4,37	4,55
Vým. acidita (mekv./kg)	8	101	102	66,4	140	86,0	115
C _{OX} (%)	8	2,55	3,08	< 0,35	4,53	0,96	3,80
N (%)	8	0,17	0,18	0,10	0,25	0,12	0,21
C/N	8	13,4	15,9	1,59	20,6	7,59	19,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1576	1594	1156	1747	1575	1686
P _{M3} (mg/kg)	8	12,7	5,34	3,54	45,4	4,36	16,5
K _{M3} (mg/kg)	8	55,3	57,1	37,0	81,5	38,5	66,2
Ca _{M3} (mg/kg)	8	99,6	57,0	45,2	326	50,9	105
Mg _{M3} (mg/kg)	8	28,8	17,0	< 10	121	11,3	24,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	538	563	299	658	514	594
S _{M3} (mg/kg)	8	22,1	21,9	17,3	25,1	20,7	24,4
P _{dus} (mg/kg)	8	163	127	42,7	411	80,1	217
K _{dus} (mg/kg)	8	156	141	93,0	265	117	186
Mg _{dus} (mg/kg)	8	422	263	113	1399	173	494
Ca _{dus} (mg/kg)	8	167	97,7	43,9	598	63,2	188
Al _{dus} (mg/kg)	8	4636	4106	1878	9502	3580	5169
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	6,05	3,46	2,30	15,5	2,74	9,11
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,30	3,30	1,87	10,0	2,38	5,57
Fe _{dus} (mg/kg)	8	9800	10157	1361	15030	7156	13690
Mn _{dus} (mg/kg)	8	337	93,7	8,92	1697	66,4	334
Pb _{dus} (mg/kg)	8	50,8	52,4	17,1	70,8	39,2	67,7
Zn _{dus} (mg/kg)	8	12,3	11,0	5,12	24,7	6,63	16,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	57,0	58,1	43,2	74,0	47,0	64,4
K _{VYM} (mekv./kg)	8	0,97	1,01	0,56	1,65	0,70	1,08
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	5,72	2,74	2,20	21,2	2,42	6,02
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	2,20	1,19	0,59	9,63	0,81	1,68
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,26	0,25	0,15	0,46	0,21	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	0,41	0,35	< 0,1	1,09	0,10	0,63
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	54,9	57,3	40,0	70,1	45,5	61,6
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	1,34	0,89	< 0,3	4,10	0,45	1,89
CEC (mekv./kg)	8	66,2	67,6	48,0	80,3	57,6	75,5
BS (%)	8	13,2	9,08	6,80	41,8	7,43	11,8

Popisná statistika – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,73	3,78	3,47	3,92	3,57	3,87
pH _{H2O}	6	4,54	4,60	4,27	4,71	4,38	4,70
Vým. acidita (mekv./kg)	6	105	104	84,8	125	95,2	117
C _{OX} (%)	6	2,98	2,87	2,21	3,81	2,47	3,64
N (%)	6	0,17	0,17	0,13	0,20	0,15	0,19
C/N	6	17,9	17,5	15,2	22,4	16,1	19,0
Al _{M3} (mg/kg)	6	1582	1490	1418	1939	1447	1709
P _{M3} (mg/kg)	6	--	4,66	< 3,5	6,21	< 3,5	5,61
K _{M3} (mg/kg)	6	49,5	50,1	36,3	64,2	39,0	57,2
Ca _{M3} (mg/kg)	6	179	178	148	215	155	201
Mg _{M3} (mg/kg)	6	102	105	68,8	129	85,6	118
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	540	588	362	649	429	623
S _{M3} (mg/kg)	6	21,5	21,5	15,6	28,2	16,0	26,3
P _{dus} (mg/kg)	6	218	248	59,5	326	142	282
K _{dus} (mg/kg)	6	152	111	76,8	404	89,6	122
Mg _{dus} (mg/kg)	6	542	379	225	1504	236	531
Ca _{dus} (mg/kg)	6	266	230	200	484	205	249
Al _{dus} (mg/kg)	6	4960	4303	3807	8483	3818	5043
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	6	5,92	5,46	4,41	9,09	4,87	6,20
Cu _{dus} (mg/kg)	6	6,46	4,82	2,66	15,9	3,91	6,62
Fe _{dus} (mg/kg)	6	13029	13480	7623	17930	10990	14670
Mn _{dus} (mg/kg)	6	261	233	126	435	151	390
Pb _{dus} (mg/kg)	6	59,7	59,8	34,8	86,2	49,1	68,8
Zn _{dus} (mg/kg)	6	20,1	12,6	5,47	41,5	8,44	39,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	62,7	63,4	42,1	77,9	53,8	75,6
K _{VYM} (mekv./kg)	6	0,87	0,79	0,65	1,30	0,70	0,99
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	10,3	10,3	7,67	13,0	8,82	11,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	7,81	8,10	5,06	9,92	6,20	9,47
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,27	0,26	0,18	0,39	0,22	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	0,44	0,43	0,23	0,68	0,24	0,60
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	59,4	60,6	40,8	73,3	52,8	68,4
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	--	1,14	< 0,3	3,23	< 0,3	2,76
CEC (mekv./kg)	6	82,0	84,6	55,9	95,1	78,0	93,5
BS (%)	6	23,9	24,8	18,1	31,0	19,2	25,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

3.7.1.4 Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	76,2	75,8	46,8	107	63,7	88,6
B (mg/kg)	8	12,1	12,7	8,07	13,9	11,7	13,2
Ca (mg/kg)	8	4424	4452	2401	6745	3054	5618
Cd (mg/kg)	8	0,05	0,04	< 0,02	0,11	0,03	0,07
Cr (mg/kg)	8	0,15	0,15	0,13	0,17	0,14	0,16
Cu (mg/kg)	8	2,40	2,38	2,00	2,72	2,28	2,57
Fe (mg/kg)	8	35,7	34,7	28,3	43,5	32,6	39,5
K (mg/kg)	8	4874	4970	4226	5506	4355	5307
Mg (mg/kg)	8	866	830	639	1165	780	952
Mn (mg/kg)	8	445	469	252	628	330	542
N (%)	8	1,33	1,35	1,20	1,41	1,27	1,41
Ni (mg/kg)	8	1,28	1,29	0,64	1,90	0,92	1,63
P (mg/kg)	8	1436	1407	1319	1636	1352	1508
Pb (mg/kg)	8	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,27	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	8	884	915	775	977	801	945
Zn (mg/kg)	8	38,5	37,6	24,6	53,9	28,9	48,2

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	62,1	57,8	49,7	86,5	54,5	66,6
B (mg/kg)	6	13,4	14,3	8,05	15,8	12,8	15,2
Ca (mg/kg)	6	4695	4737	3743	5468	4511	4972
Cd (mg/kg)	6	0,09	0,07	0,03	0,26	0,05	0,08
Cr (mg/kg)	6	0,15	0,15	0,13	0,16	0,14	0,16
Cu (mg/kg)	6	2,57	2,46	2,34	3,00	2,37	2,82
Fe (mg/kg)	6	35,7	35,4	30,9	43,4	32,0	37,3
K (mg/kg)	6	4804	5004	3911	5576	4174	5157
Mg (mg/kg)	6	1079	1123	785	1301	940	1205
Mn (mg/kg)	6	304	291	205	429	229	382
N (%)	6	1,39	1,38	1,27	1,53	1,30	1,45
Ni (mg/kg)	6	0,69	0,42	0,34	2,02	0,35	0,61
P (mg/kg)	6	1473	1513	1210	1684	1238	1681
Pb (mg/kg)	6	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,27	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	6	863	853	802	978	818	877
Zn (mg/kg)	6	38,5	36,5	32,0	50,9	35,3	40,0
Ca/Mg	6	4,41	4,22	3,85	5,29	4,07	4,77

3.7.1.5 Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	96,8	94,9	54,4	145	76,5	117
B (mg/kg)	8	12,3	12,3	8,80	15,5	11,8	13,0
Ca (mg/kg)	8	5967	6338	3428	8722	3774	7681
Cd (mg/kg)	8	0,04	0,03	< 0,02	0,09	0,03	0,06
Cr (mg/kg)	8	0,16	0,16	0,14	0,18	0,14	0,17
Cu (mg/kg)	8	1,87	1,92	1,45	2,06	1,78	2,01
Fe (mg/kg)	8	45,4	43,6	35,6	57,5	38,9	52,5
K (mg/kg)	8	4861	4665	4145	6000	4453	5254
Mg (mg/kg)	8	754	726	536	1081	629	852
Mn (mg/kg)	8	504	497	294	789	351	628
N (%)	8	1,25	1,24	1,06	1,39	1,20	1,32
Ni (mg/kg)	8	0,99	1,01	0,46	1,30	0,87	1,21
P (mg/kg)	8	1258	1192	1095	1605	1131	1359
Pb (mg/kg)	8	< 0,20	0,21	< 0,20	0,28	< 0,20	0,26
S (mg/kg)	8	862	880	772	932	792	925
Zn (mg/kg)	8	33,5	32,6	19,8	52,4	22,7	42,7

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	76,7	66,6	59,5	128	60,2	79,8
B (mg/kg)	6	13,2	14,0	7,40	16,4	11,8	15,7
Ca (mg/kg)	6	6946	6736	5569	8473	6588	7577
Cd (mg/kg)	6	0,08	0,06	0,03	0,23	0,05	0,07
Cr (mg/kg)	6	0,18	0,17	0,16	0,22	0,16	0,18
Cu (mg/kg)	6	2,14	2,11	1,84	2,47	2,05	2,28
Fe (mg/kg)	6	49,3	47,0	37,2	65,8	43,1	55,9
K (mg/kg)	6	5100	4852	3833	7112	4201	5753
Mg (mg/kg)	6	1110	1144	739	1523	806	1305
Mn (mg/kg)	6	384	402	246	490	301	463
N (%)	6	1,29	1,28	1,18	1,42	1,24	1,36
Ni (mg/kg)	6	0,56	0,40	0,31	1,41	0,37	0,45
P (mg/kg)	6	1444	1352	986	2037	1155	1784
Pb (mg/kg)	6	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,26	< 0,20	0,24
S (mg/kg)	6	853	849	797	952	805	868
Zn (mg/kg)	6	36,4	33,4	26,3	59,8	28,3	37,3

3.7.1.6 Bříza bělokorá – listy

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	58,8	59,8	42,3	78,7	43,0	69,4
B (mg/kg)	6	29,2	28,9	24,8	33,0	27,8	31,9
Ca (mg/kg)	6	6253	5504	4413	9392	5334	7369
Cd (mg/kg)	6	0,19	0,16	0,10	0,45	0,10	0,17
Cr (mg/kg)	6	0,37	0,39	0,30	0,44	0,35	0,39
Cu (mg/kg)	6	5,98	5,91	5,37	6,68	5,46	6,57
Fe (mg/kg)	6	70,5	74,9	57,1	79,8	58,8	77,4
K (mg/kg)	6	8300	8619	5179	10970	6588	9822
Mg (mg/kg)	6	2250	1996	1278	3874	1466	2888
Mn (mg/kg)	6	803	751	173	1376	681	1087
N (%)	6	2,63	2,58	2,50	2,84	2,52	2,77
Ni (mg/kg)	6	3,54	3,50	1,76	6,03	2,47	4,00
P (mg/kg)	6	2091	2106	1821	2347	1834	2330
Pb (mg/kg)	6	0,89	0,76	0,30	2,00	0,41	1,09
S (mg/kg)	6	1902	1917	1759	2004	1832	1983
Zn (mg/kg)	6	179	160	113	311	148	181

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

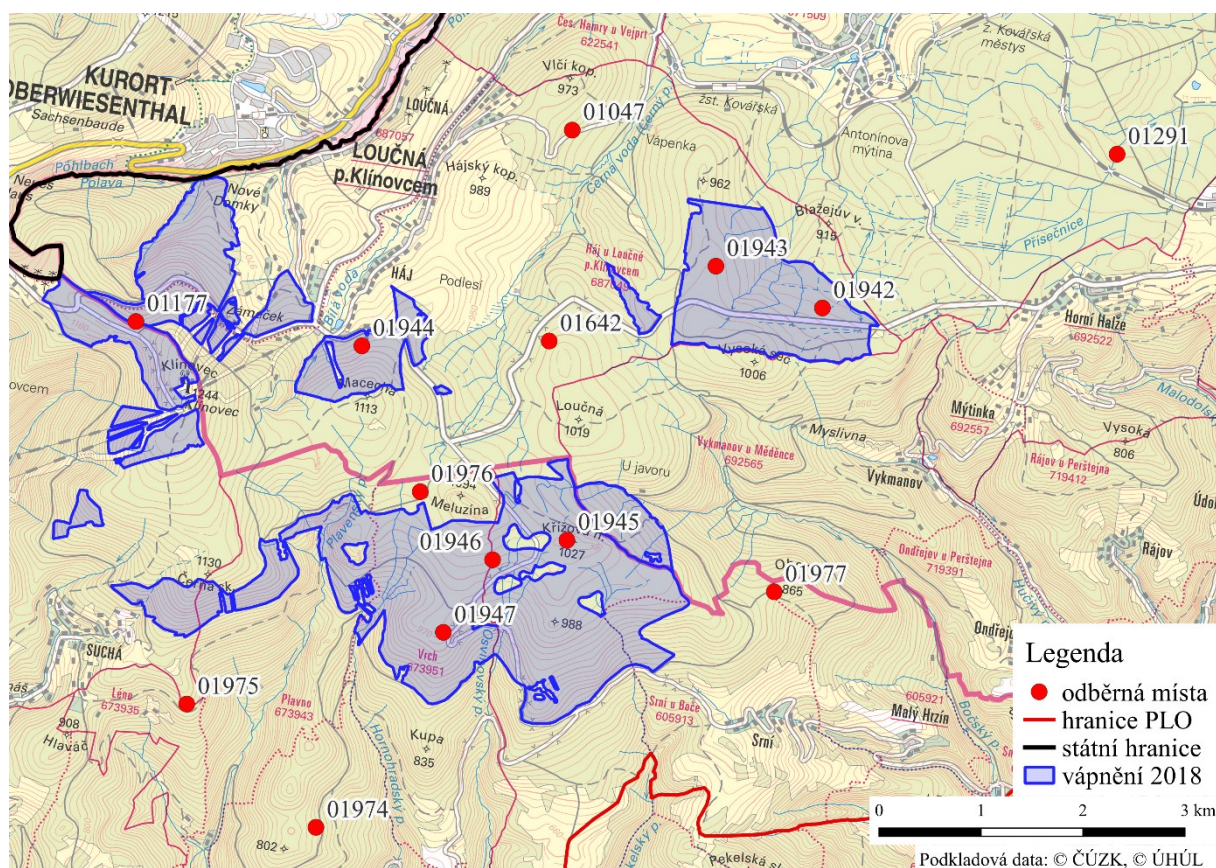
	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	45,9	43,0	32,5	65,1	36,4	55,4
B (mg/kg)	6	29,6	28,4	22,8	36,9	27,3	33,8
Ca (mg/kg)	6	7522	7142	6317	9338	6609	8582
Cd (mg/kg)	6	0,19	0,16	0,11	0,35	0,13	0,24
Cr (mg/kg)	6	0,34	0,34	0,29	0,39	0,33	0,35
Cu (mg/kg)	6	5,93	5,89	5,24	6,55	5,61	6,38
Fe (mg/kg)	6	66,2	65,2	55,6	78,5	60,6	71,9
K (mg/kg)	6	7989	7391	5970	10370	6871	9939
Mg (mg/kg)	6	3800	3634	3141	4824	3179	4391
Mn (mg/kg)	6	527	585	177	743	339	732
N (%)	6	2,59	2,61	2,31	2,75	2,56	2,70
Ni (mg/kg)	6	1,69	1,46	0,73	3,60	1,20	1,71
P (mg/kg)	6	2572	2461	2158	3174	2298	2881
Pb (mg/kg)	6	0,75	0,74	0,44	1,11	0,57	0,86
S (mg/kg)	6	1882	1875	1699	2050	1849	1944
Zn (mg/kg)	6	186	199	122	249	143	206

4 Kovářská B a Jáchymov

4.1 Úvod pro lokality Kovářská B a Jáchymov

V roce 2023 byly provedeny odběry vzorků půd a asimilačních orgánů za účelem zhodnocení kvality a účinnosti vápnění po pěti letech od provedení vápnění na lokalitách „Kovářská B“ a „Jáchymov“ v okolí Loučné pod Klínovcem (Obr. 4.1).

Vápnění na těchto lokalitách proběhlo v roce 2018. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace byly použity výsledky ze sedmi porostů vápněných a sedmi porostů kontrolních (v posledních deseti letech nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2018, 2020 a 2023. Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2018/19, 2020/21 a 2022/23. Z dostupných databází vyplývá, že porosty na odběrném místě 01047 byly povápněny v roce 2000, na odběrném místě 01943 byly povápněny v roce 2002 a na odběrném místě 01642 proběhlo vápnění v roce 2006.



Obr. 4.1: Vápněné oblasti a poloha odběrných míst

4.2 Metodika pro lokality Kovářská B a Jáchymov

- 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 a software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software systém), version 12
- Mapové podklady byly vypracovány v programu QGIS 3.28.5.
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 4.1.
- Pro slovní hodnocení obsahu prvků v půdě a v asimilačních orgánech smrku ztepilého byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013)

Tab. 4.1: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Porost	Vápněný	2018		Ano	Ano	Ano		
		2020	Ano		Ano		Ano	
		2023	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2018/19	Ano				Ano	Ano
		2020/21		Ano		Ano		Ano
		2022/23			Ano	Ano	Ano	

4.3 Popis odběrných míst pro lokality Kovářská B a Jáchymov

Stanoviště vybraná k posouzení kvality a účinnosti vápnění se nacházejí v převážně mladších smrkových porostech s příměsí ostatních dřevin v 6. až 8. lesním vegetačním stupni (Tab. 4.2). Kontrolní porosty jsou převážně zařazeny do edafické kategorie K (kyselá). U vápněných porostů se pohybujeme v širokém spektru půd od edafické kategorie zakrslé (Z) až po středně bohatou (S). Rozmanitější je v rámci vápněných porostů i geologické podloží, v případě kontrolních porostů se pohybujeme převážně na svorech a pararulách. I přes tyto rozdíly jsou uvedené porosty vhodné pro porovnání, protože v tomto případě hraje významnou roli i blízká poloha srovnávaných porostů a tím i přibližně stejné klimatické podmínky.

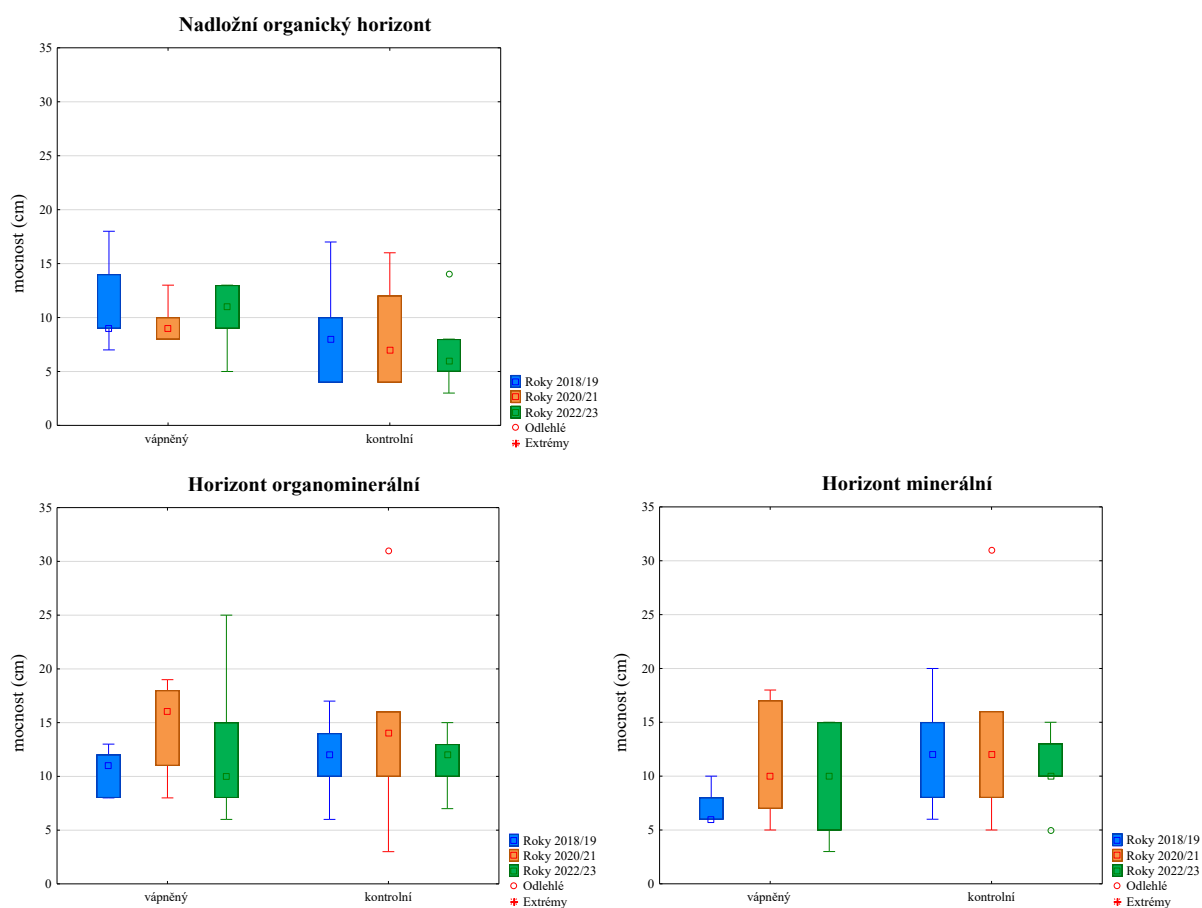
Tab. 4.2: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01177	LČR LS Klášterec	268A _{14/2}	SM 100, JR +	14	8Z4	21	svor
01942	LČR LS Klášterec	243D _{4/2}	SM 50, SMP 40, OL 10	38	8Q1	7784	ortorula
01943	LČR LS Klášterec	241C _{2b}	SM 90, SMP 10	16	7M1	7721	kvarcitický svor s přechody do kvarcitu
01944	LČR LS Klášterec	271B _{10/2}	SM 100	97	8Z4	21	svor a pararula svorového vzhledu
01945	LČR LS Horní Blatná	401C ₂	SM 60, OL 30, SMP 10	19	7N1	701	eklogit
01946	LČR LS Horní Blatná	403C _{3b}	SM 80, SMP 15, BR 5	23	7S1	751	ortorula
01947	LČR LS Horní Blatná	404C ₁₀	SM 100	100	6K9	501	granitový porfýr
Kontrolní	Vlastník	Porostní skupina	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01047	LČR LS Klášterec	261B ₇	SM 100	62	7K1	7722	svor a pararula svorového vzhledu
01291	LČR LS Klášterec	217C _{2a}	SM 100	12	8G1	781	smíšený sediment
01642	LČR LS Klášterec	316C _{3b}	SM 100	27	7K5	721	svor a pararula svorového vzhledu
01974	LČR LS Horní Blatná	412B _{3a}	SM 100	37	6K5		svor a pararula svorového vzhledu
01975	LČR LS Horní Blatná	407B _{4b}	SM 90, BR 10	37	6K1		svor
01976	LČR LS Klášterec	275B ₆	SM 100	55	7R4	781	ortorula
01977	LČR LS Klášterec	328C ₆	SM 100	62	6K1	7722	bezolivinické foidity nerozlišené

Tab. 4.3: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť

Vápněná	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01177	F plstnatý, H drobný, přechod ostrý	šedá, 10YR6/1, hnědá, 10YR3/3, silně humózní, hrudkovitá, drobná, prachovito-hlinitá	místo redukční horizont, 10YR6/2, rezavá, 7.5YR6/8, hlinito-jílovitá, hranolovitá, drobná-vazká
01942	převládá H, místy filcovitý, přechod ostrý	tmavě hnědá až šedohnědá, 7.5YR3/1 a 7.5YR3/4, soudržná-vazká, humózní, hrudkovitá	světle šedá až nazelenalá, 10YR7/2, hlinito-písčité, soudržná-vazká, hrudkovito-hranolovitá, místy glej
01943	filcovitý, přechod ostrý,	šedá, 7.5YR5/4, místy hnědá, hlinito- písčité, hrudkovitá, drobná, středně humózní	převládá šedá, 10YR6/1, rezavá, 7.5YR5/6, hlinito-písčité, drobná- vazká, hrudkovitá-hrubě hranolovitá
01944	filcovitý, přechod hladký	šedá, 10YR5/1, tmavě hnědá, 10YR4/1, prachovito-hlinitá, mírně humózní, krupnatá-drobtovitá, drobná-kyprá	světle hnědá až rezavá, 7.5YR5/6, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, drobná- soudržná
01945	F+H, převládá F, filcovitý, přechod hladký	hnědá, shora silně humózní, jílovitá, krupnatá, vazká	hnědá, jílovitá, hrudkovitá, vazká
01946	filcovitý, přechod hladký, převládá H	šedočerná, vysvětlená, 10YR3/2, hlinito-písčité, krupnatá-sypká, prokořeněná	hnědá, hlinito-písčité, 7.5YR4/3, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná-vazká
01947	filcovitý, přechod ostrý	světle hnědá, šedavá, místy vybělená, hlinito-písčité, krupnatá-drobtovitá, sypká, 10YR4/2	rezavá, převládá tmavě hnědá až rezavá, 5YR3/3, písčito-hlinitá, drobtovitá, sypká
Kontrolní	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01047	moder až mor, filcovitý, drobný, přechod ostrý	7.5YR4/3, tmavě hnědá, shora silně humózní, místy šedý redukční horizont, 7.5YR6/1, prachovito-hlinitá, drobtovitá až hrudkovitá, drobná	7.5YR6/8, rezavá, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná-vazká
01291	filcovitý, silně prorostlý, F+H, přechod ostrý	7.5YR2.5/2, 7.5YR5/2, silně humózní, šedá, vybělená, hlinito-písčité, drobtovitá, drobná	7.5YR3/4, rezavá, místy vybělené skvrny, písčité, drobná
01642	surový humus, převládá H, filcovitý, přechod ostrý	7.5YR2.5/2, tmavě hnědá s hladkým přechodem do šedé, středně humózní, místy vybělená, písčito-hlinitá, drobtovitá-hrudkovitá, drobná	7YR3/4, rezavá, hlinito-jílovitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná-vazká
01974	převládá H, filcovitý, přechod hladký	7.5YR4/4, málo vyvinutý, světle hnědá přechází do skořicové, prachovitá, krupnatá, sypká	7.5YR4/6, skořicová, světlejší, krupnatá-hrudkovitá, sypká, prachovitá
01975	převládá F, filcovitý, přechod hladký, silné prokořenění	7.5YR2.5/3, hnědá, shora mírně humózní, prachovitá, krupnatá- drobtovitá, sypká	7.5YR4/4, hnědá, prachovito-hlinitá, drobtovitá, sypká-soudržná
01976	převládá H, filcovitý, stmelence, přechod ostrý	10YR2/1, šedá, výskyt skvrn, shora místy humózní, jílovito-hlinitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná	10YR3/2, šedá, místy vysvětlená, skvrny, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná-vazká
01977	mullová forma, přechod hladký	7.5YR5/2, hnědá, humózní, prachovito- hlinitá, krupnatá-drobtovitá, drobná	7.5YR3/2, slabě humózní, drobtovitá, drobná, prachovito-hlinitá

Mocnost vzorkovaných horizontů se dlouhodobě pohybuje v přibližně stejném rozsahu (Obr. 4.2). Z tohoto pohledu je zajímavé zvláště grafické porovnání mocnosti nadložního organického horizontu vápněných a kontrolních porostů. Ve vápněných porostech byla mocnost tohoto horizontu vyšší než v kontrolních porostech už před vápněním a dlouhodobě se výrazněji nemění. Už z tohoto pohledu se tedy jeví argument rychlejší mineralizace organické hmoty po vápnění jako zanedbatelný.



Obr. 4.2: Mocnost vzorkovaných horizontů

4.4 Výsledky pro lokality Kovářská B a Jáchymov

4.4.1 Půda

4.4.1.1 Nadložní organický materiál

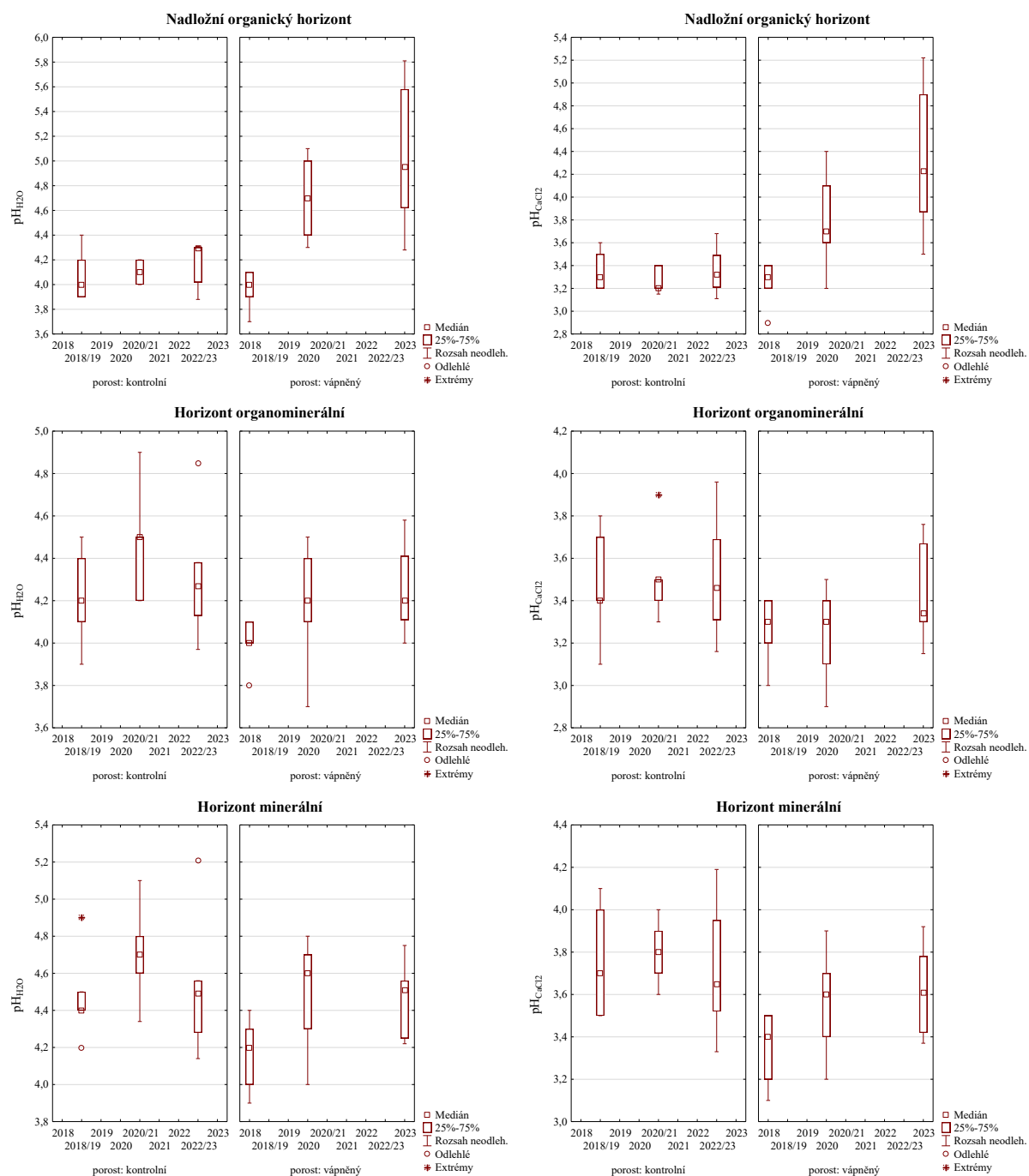
Množství nadložního organického materiálu se ve srovnání se situací před vápněním významně nezměnilo (Tab. 4.4) jak na vápněných, tak i na kontrolních plochách. Je zde sice zřetelný trend v mírném poklesu množství nadložního materiálu, ale ten pozorujeme i v kontrolních porostech. Významný úbytek vlivem předpokládané větší mikrobiální aktivity po vápnění tedy nepředpokládáme.

Tab. 4.4: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	173	165	145	132	128	111
pH _{CaCl2}	3,26	3,81	4,32	3,34	3,26	3,37
pH _{H2O}	3,97	4,71	5,04	4,09	4,10	4,16
C _{ox} (%)	24,1	23,3	30,9	21,8	22,3	23,2
N (%)	1,28	1,21	1,14	1,33	1,27	1,21
C/N	18,7	19,0	27,1	16,4	17,6	19,2
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,27	3,26	3,43	3,47	3,50	3,51
pH _{H2O}	4,00	4,20	4,27	4,21	4,44	4,31
C _{ox} (%)	5,07	4,43	4,82	5,46	4,62	5,07
N (%)	0,31	0,25	0,27	0,33	0,29	0,30
C/N	16,5	17,4	18,3	16,6	16,2	17,5
Vým. acidita (mekv./kg)	138	125	120	157	147	139
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,33	3,54	3,60	3,73	3,79	3,71
pH _{H2O}	4,16	4,49	4,45	4,47	4,69	4,52
C _{ox} (%)	3,69	2,80	3,11	3,71	3,26	3,62
N (%)	0,24	0,19	0,18	0,24	0,22	0,22
C/N	15,1	14,1	16,9	15,6	14,5	17,0
Vým. acidita (mekv./kg)	122	112	101	121	119	117

4.4.1.2 Půdní chemická reakce

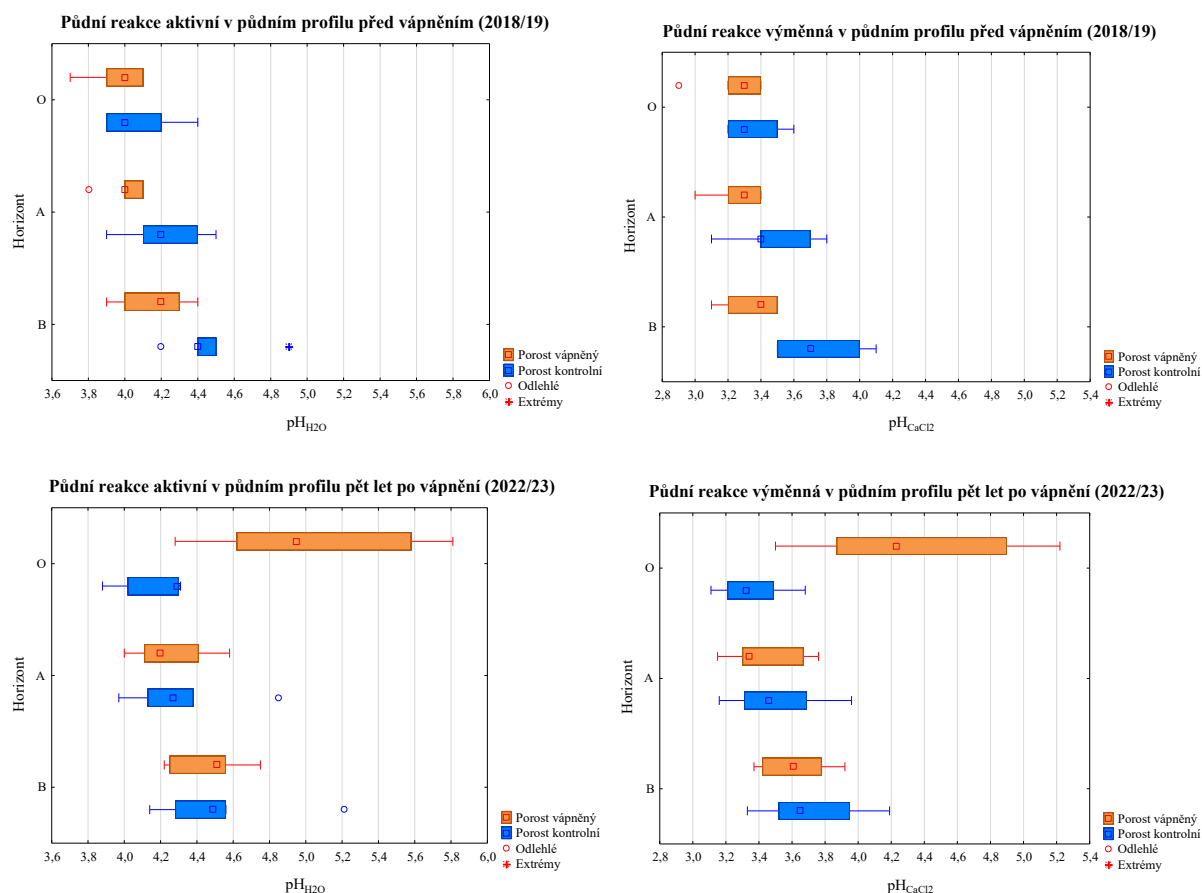
Pozitivní vliv vápnění na lesní půdy se projevil poklesem půdní kyselosti ve všech sledovaných půdních horizontech, ať už je hodnotíme podle půdní reakce výměnné ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) nebo aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) (Obr. 4.3).



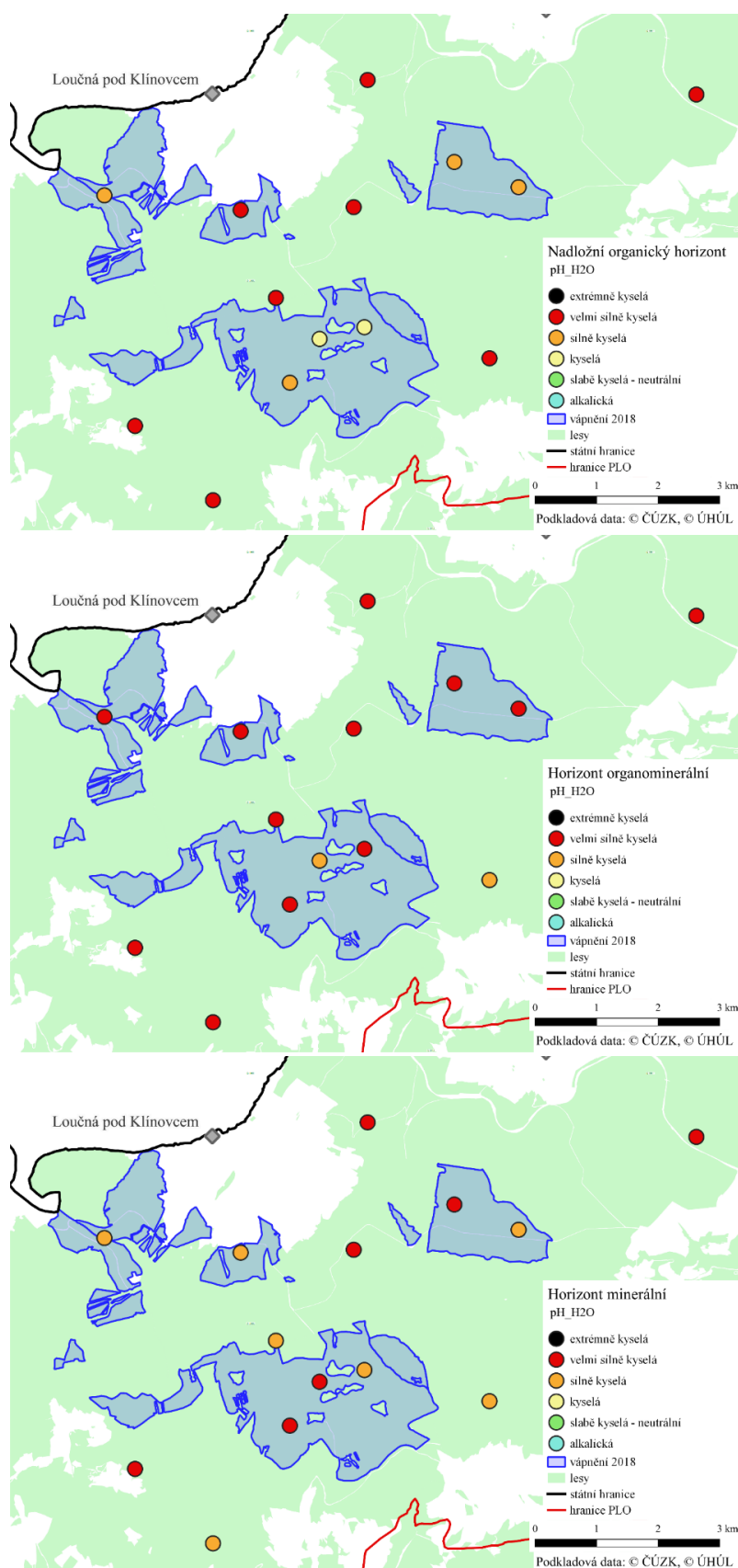
Obr. 4.3: Půdní chemická reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a výměnná ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Nejvýraznější změny proběhly v nadložním organickém horizontu, kde se hodnocení půdní reakce aktivní i výměnné ve vápněných porostech mění z velmi silně kyselé na silně kyselou, zatímco v kontrolních porostech je půdní reakce hodnocena stále jako velmi silně kyselá (Tab. 4.4). V některých vápněných porostech je půdní reakce hodnocena dokonce jako kyselá (Obr. 4.5).

Vliv vápnění na pH je v organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů pozvolný. Před vápněním bylo pH těchto horizontů ve vápněných porostech znatelně nižší než v porostech kontrolních (Obr. 4.4). Po pěti letech už je tento rozdíl minimální, i když se stále hodnoty pH pohybují v kategorii velmi silně kyselé (organominerální horizont) a velmi silně kyselé až silně kyselé (minerální horizont).



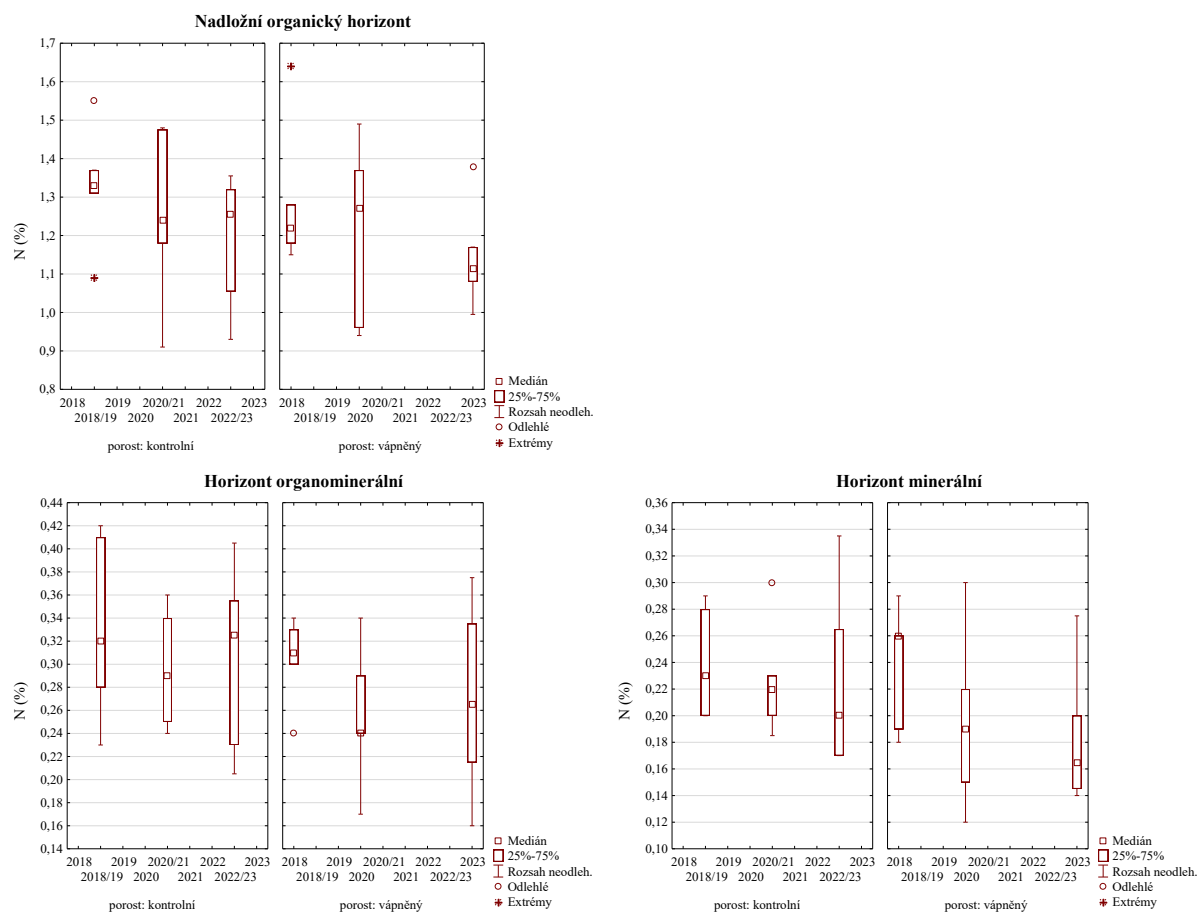
Obr. 4.4: Půdní chemická reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a výměnná ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění



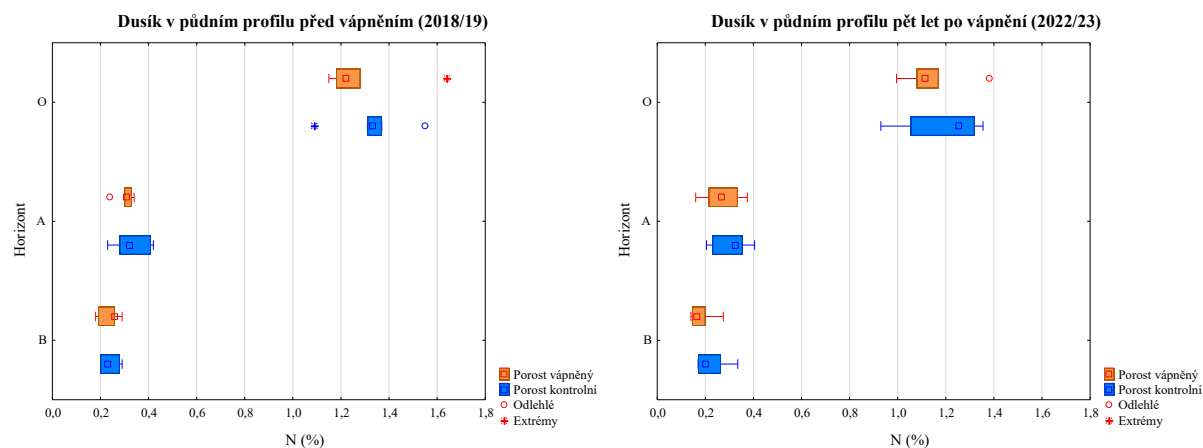
Obr. 4.5: Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pH_{H2O} v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

4.4.1.3 Dusík

Obsah dusíku (N) za sledované období klesá ve všech horizontech vápněných i kontrolních porostů (Obr. 4.6). Vzhledem k tomu, že nebyly v jednotlivých půdních horizontech zjištěny rozdíly v obsahu dusíku mezi vápněnými a kontrolními porosty a vzhledem k podobným trendům za sledované období, není pokles obsahu dusíku v tomto případě spojován s vápněním.



Obr. 4.6: Obsah dusíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 4.7: Změny v obsahu dusíku (N) v půdním profilu

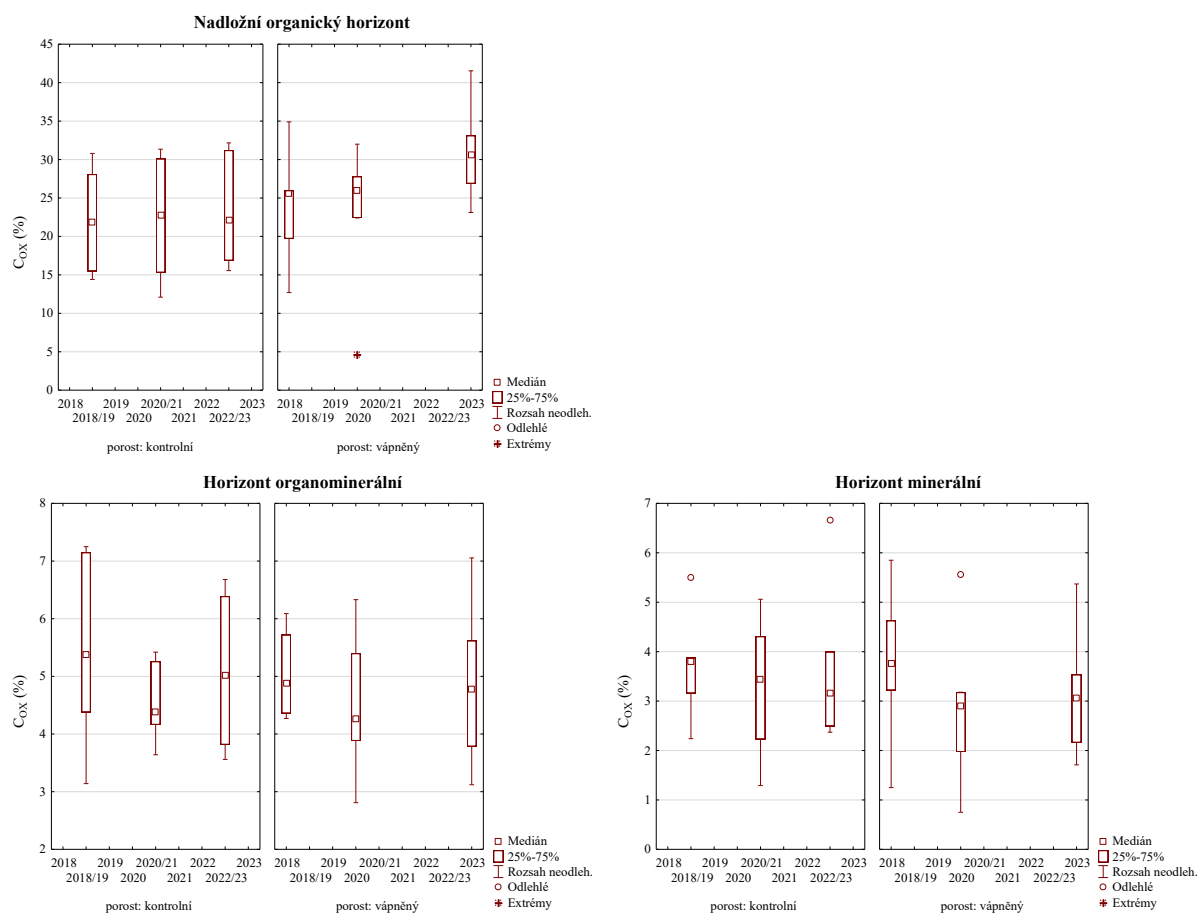
Podobný průběh byl zaznamenán v rámci kontroly účinnosti vápnění po pěti letech i na jiných lokalitách (REININGER A KOL., 2024A; REININGER A KOL., 2024B).

Obsah dusíku se ve vápněných porostech během šetření pohybuje v horizontech nadložních organických na úrovni vysokých obsahů, v horizontech organominerálních se obsah dusíku snížil z vyhovujícího na nízký a v minerálních horizontech došlo k poklesu z luxusního na vysoký obsah.

4.4.1.4 Oxidovatelný uhlík

Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) v nadložních organických horizontech vápněných porostů stoupá (Obr. 4.8). Nejenže tedy nedochází k degradaci nadložního humusu vlivem vápnění, ale naopak zde dochází k ukládání uhlíku do svrchní vrstvy půdy. To by mohlo být i důsledkem zlepšené kondice porostů vlivem vápnění.

V horizontech organominerálních a minerálních nedochází k výraznějším změnám. Obsah uhlíku se mezi vápněnými a kontrolními porosty neliší.



Obr. 4.8: Obsah C_{ox} v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.5 Poměr C/N

Poměr C/N se statisticky významně mění zejména v nadložních organických a organominerálních horizontech vápněných porostů. V nadložním organickém horizontu tento poměr kopíruje změnu v obsahu oxidovatelného uhlíku, tedy je významně vyšší v období pěti let po vápnění oproti předchozím odběrům.

V horizontech organominerálních vápněných porostů se poměr C/N pozvolně zvyšuje, až je opět po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší oproti stavu před vápněním. V minerálních horizontech je pozorován nárůst poměru v porostech vápněných i kontrolních, ovšem tato změna dosud není hodnocena jako statisticky významná.

4.4.1.6 Fosfor

Extrahovatelný obsah fosforu (P_{dus}) se v půdě statisticky významně nemění (Tab. 4.5). Průměrný obsah P_{dus} je v nadložních organických horizontech vápněných porostů hodnocen jako vyhovující až vysoký a v organominerálních a minerálních horizontech jako vyhovující.

Tab. 4.5: Průměrný obsah makroprvků v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Nadložní organický horizont						
P_{dus} (mg/kg)	1049	985	1087	1077	1117	1112
K_{dus} (mg/kg)	1212	1191	1134	1353	1452	1299
Ca_{dus} (mg/kg)	1084	6701	7732	1516	1528	1601
Mg_{dus} (mg/kg)	586	3610	3820	1144	1333	1053
Horizont organominerální						
P_{dus} (mg/kg)	173	153	173	247	279	285
K_{dus} (mg/kg)	101	107	156	175	167	165
Ca_{dus} (mg/kg)	209	227	385	587	669	542
Mg_{dus} (mg/kg)	107	155	301	942	824	902
P_{M3} (mg/kg)	--	--	13,5	--	--	10,8
K_{M3} (mg/kg)	59,8	61,3	72,5	69,6	77,7	73,2
Ca_{M3} (mg/kg)	146	142	268	388	383	378
Mg_{M3} (mg/kg)	49,6	65,6	180	112	113	110
Horizont minerální						
P_{dus} (mg/kg)	239	263	291	311	344	290
K_{dus} (mg/kg)	105	110	122	167	152	147
Ca_{dus} (mg/kg)	182	209	194	719	592	637
Mg_{dus} (mg/kg)	158	195	308	1134	968	976
P_{M3} (mg/kg)	--	--	14,2	--	--	10,9
K_{M3} (mg/kg)	41,1	44,2	41,7	47,7	49,6	51,5
Ca_{M3} (mg/kg)	104	107	114	402	289	396
Mg_{M3} (mg/kg)	35,5	43,0	60,0	105	76,6	114

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

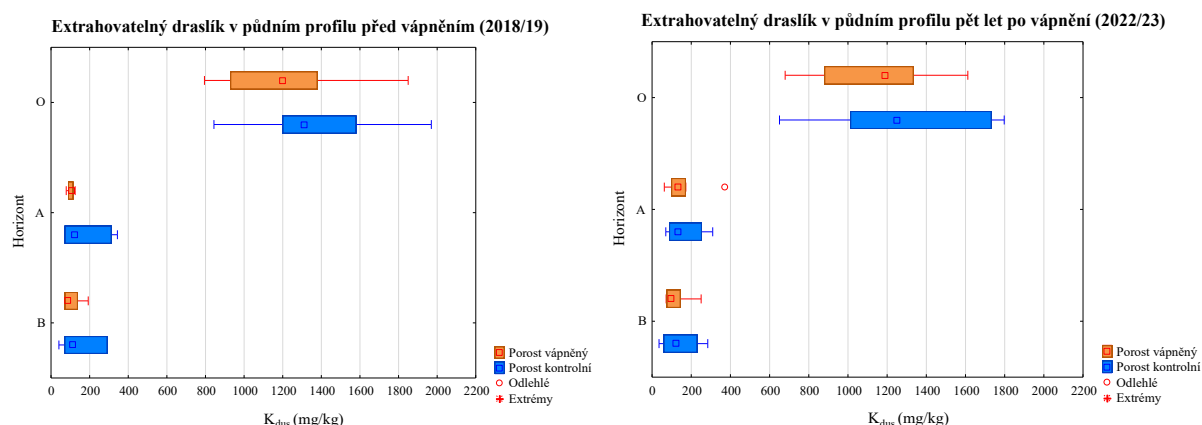
Obsah přístupného fosforu (P_{M3}) se za sledované období statisticky významně nezměnil ani v horizontech organominerálních, ani v horizontech minerálních u obou typů porostů. Podobné výsledky byly zjištěny i pro lokality „Kryštofovy Hamry B“ a „Vejprty C“ (REININGER A KOL, 2024B). Posuzování významností rozdílů zde však není zcela spolehlivé, kvůli množství výsledků pod limitem detekce. Navzdory neměnnému stavu v půdě, výživa jehlic fosforem se v průběhu šetření statisticky významně měnila. Více informací k tématu je uvedeno v kapitole věnující se výživě jehlic.

4.4.1.7 Draslík

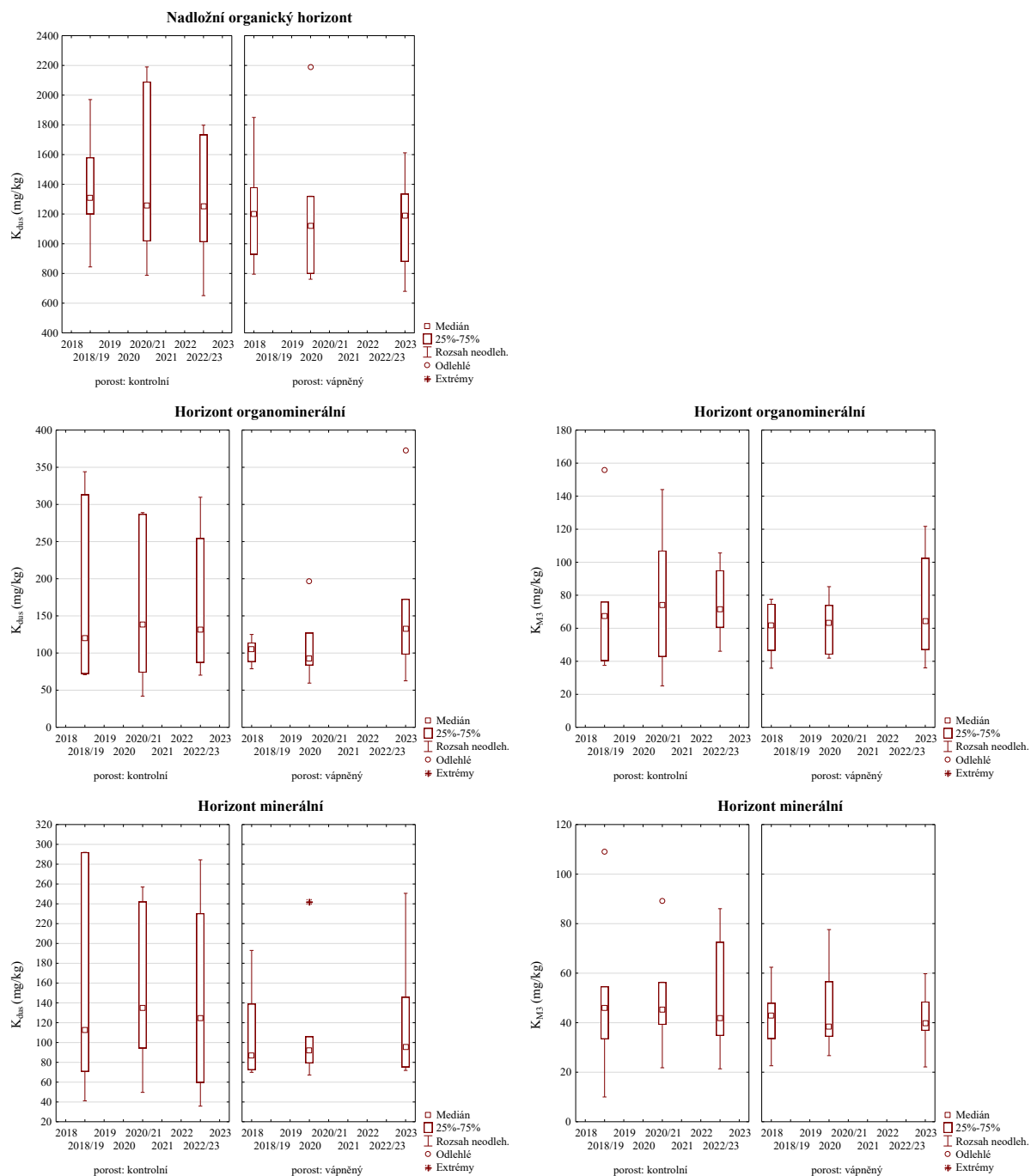
Podobně jako u fosforu i obsah extrahovatelného (K_{dus}) i přístupného (K_{M3}) draslíku v půdě za sledované období nevykazuje žádné statisticky významné změny. Nicméně i přesto pozorujeme v organominerálním horizontu vápněných porostů pozvolné zvyšování jak obsahu K_{dus} , tak i K_{M3} (Obr. 4.10). Možný negativní vliv vápnění na obsah draslíku není v tomto případě v půdě pozorován.

Průměrný obsah K_{dus} v nadložních organických horizontech vápněných porostů je hodnocen jako nízký, v organominerálních a minerálních horizontech jako nedostatečný.

Průměrný obsah K_{M3} v organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů je hodnocen jako nízký až vyhovující.



Obr. 4.9: Obsah extrahovatelného draslíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

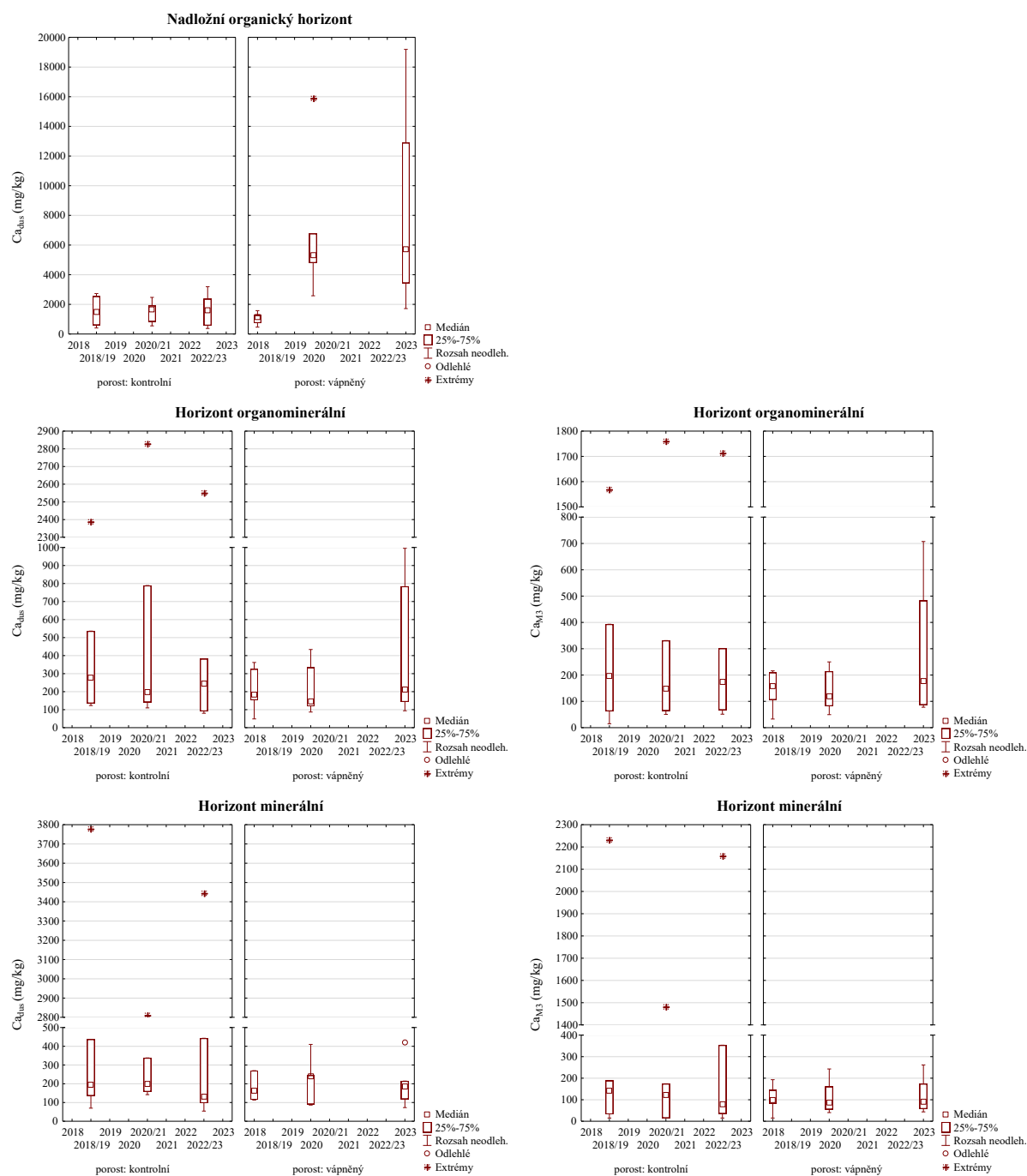


Obr. 4.10: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{M3}) draslíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.8 Vápník

Obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je i po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší ve srovnání se situací před vápněním i se stavem v kontrolních porostech (Obr. 4.11). Před vápněním byl obsah (Ca_{dus}) podle kritérií FIALA A KOL., (2013) hodnocen jako nedostatečný, ale po pěti letech od vápnění je obsah extrahovatelného vápníku v nadložních organických horizontech hodnocen jako vysoký až luxusní. Obsah Ca_{dus} je dva a pět let od vápnění v tomto horizontu srovnatelný,

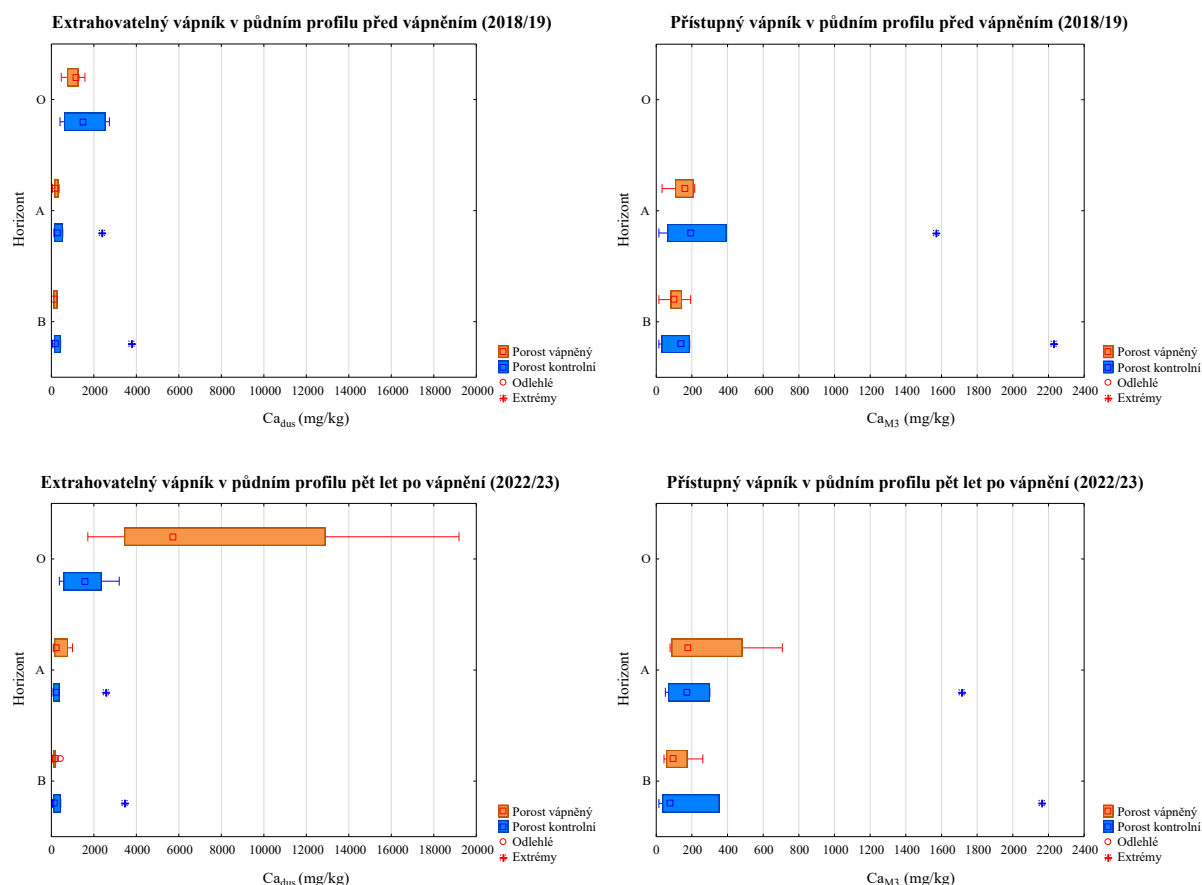
což vypovídá o pomalém pronikání vápníku do spodních půdních horizontů. Obsah (Ca_{dus}) v kontrolních porostech je po celou dobu šetření stabilní a hodnocen jako nízký.



Obr. 4.11: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

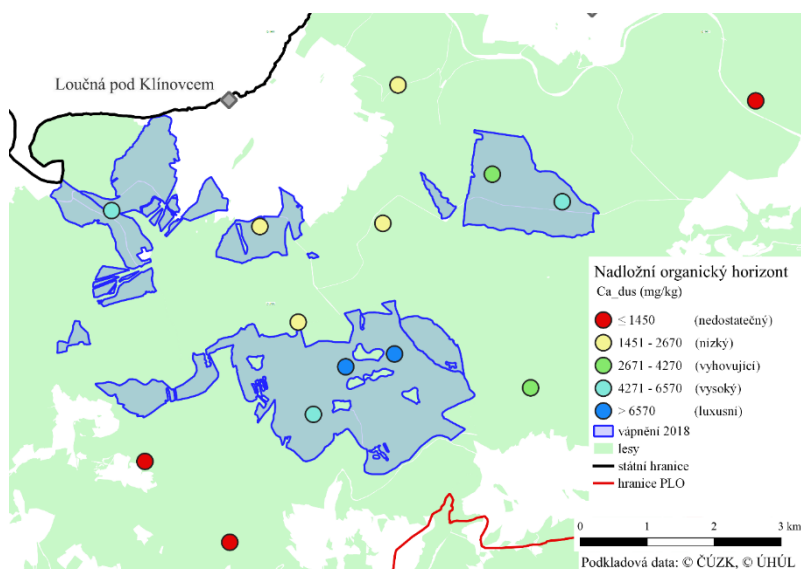
Statisticky nevýznamné změny v obsahu Ca_{dus} v organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů potvrzují pomalý postup vápníku půdním profilem. Mírné zlepšení ovšem pozorujeme v organominerálních horizontech vápněných porostů, kde došlo k posunu klasifikace od nedostatečného až nízkého obsahu Ca_{dus} v roce 2018 na nízký obsah v roce 2023.

U obsahu přístupného vápníku (Ca_{M3}) také není v půdních horizontech pozorována žádná statisticky významná změna, ovšem v organominerálním horizontu vápněných porostů byl zjištěn zvýšený obsah Ca_{M3} (byť statisticky nevýznamně) pět let po vápnění. Došlo tak ke změně hodnocení obsahů z nedostatečné až nízké na nízkou úroveň. Mohlo by se jednat o počátek vzestupného trendu, jehož potvrzení či vyvrácení bude předmětem kontroly po deseti letech od vápnění. V minerálních horizontech vápněných porostů jsou obsahy přístupného vápníku po celou dobu šetření hodnoceny jako nedostatečné až nízké.

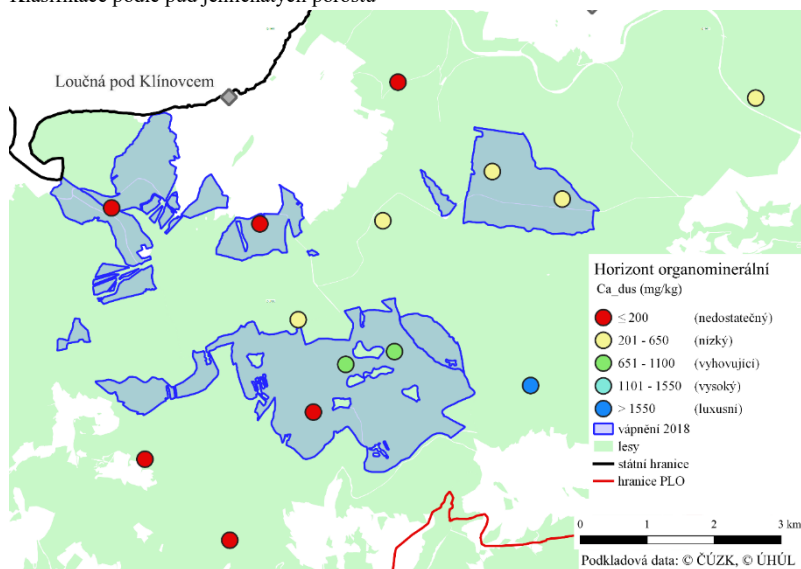


Obr. 4.12: Obsah extrahovatelného a přístupného vápníku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

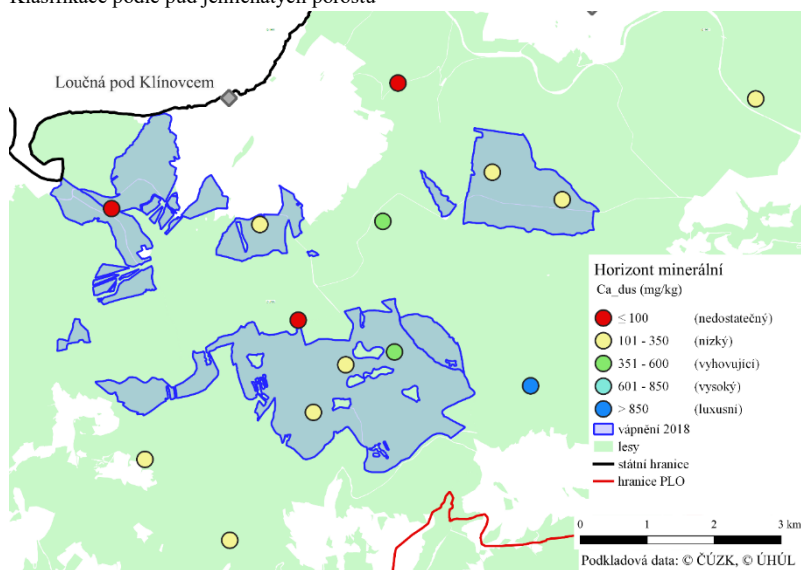
K obsahům vápníku je důležité zmínit i problematiku přírodních podmínek, v tomto případě zejména geologické podloží vzorkovaných porostů. Z tohoto pohledu je odlišné zejména OM 01977, které se nachází na odlišném geologickém podkladu, v našem případě na foiditu (Tab. 4.2).



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

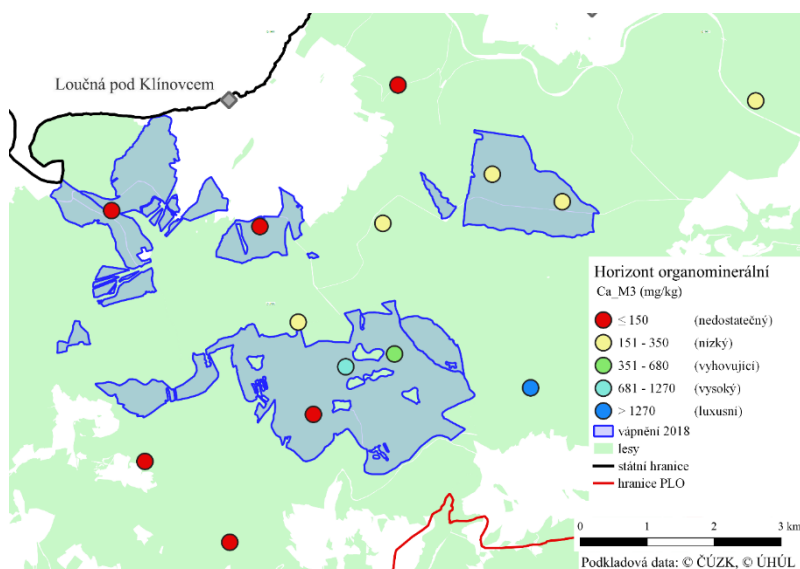


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

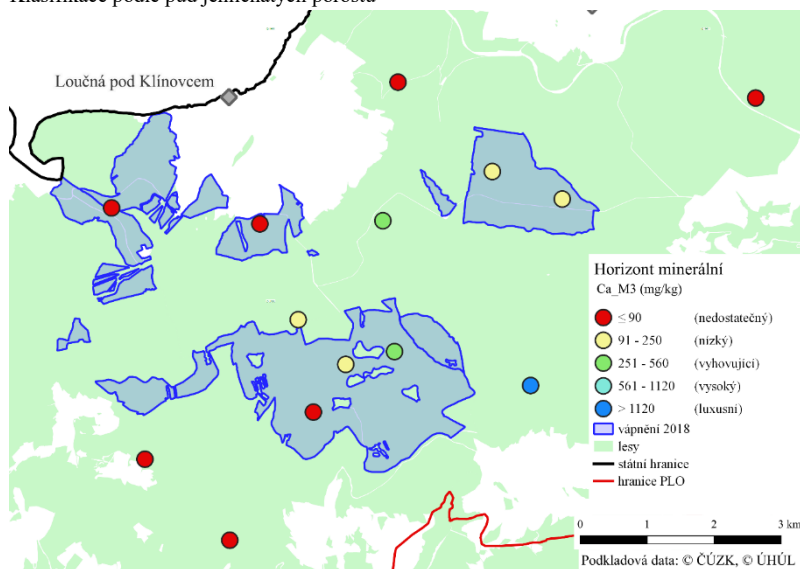


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 4.13: Kartogramy hodnocení extrahovatelného obsahu vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

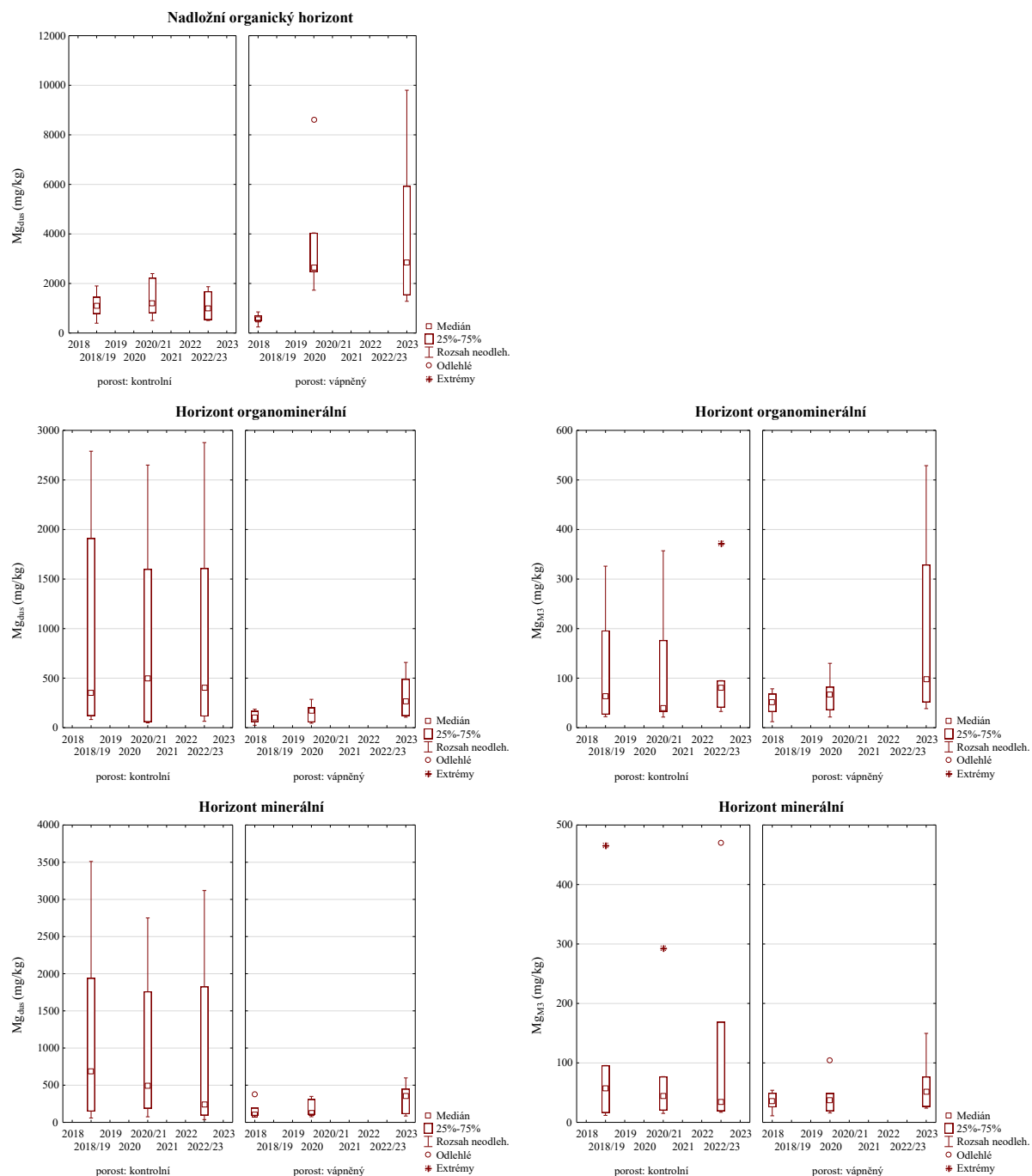


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 4.14: Kartogramy hodnocení přístupného obsahu vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

4.4.1.9 Hořčík

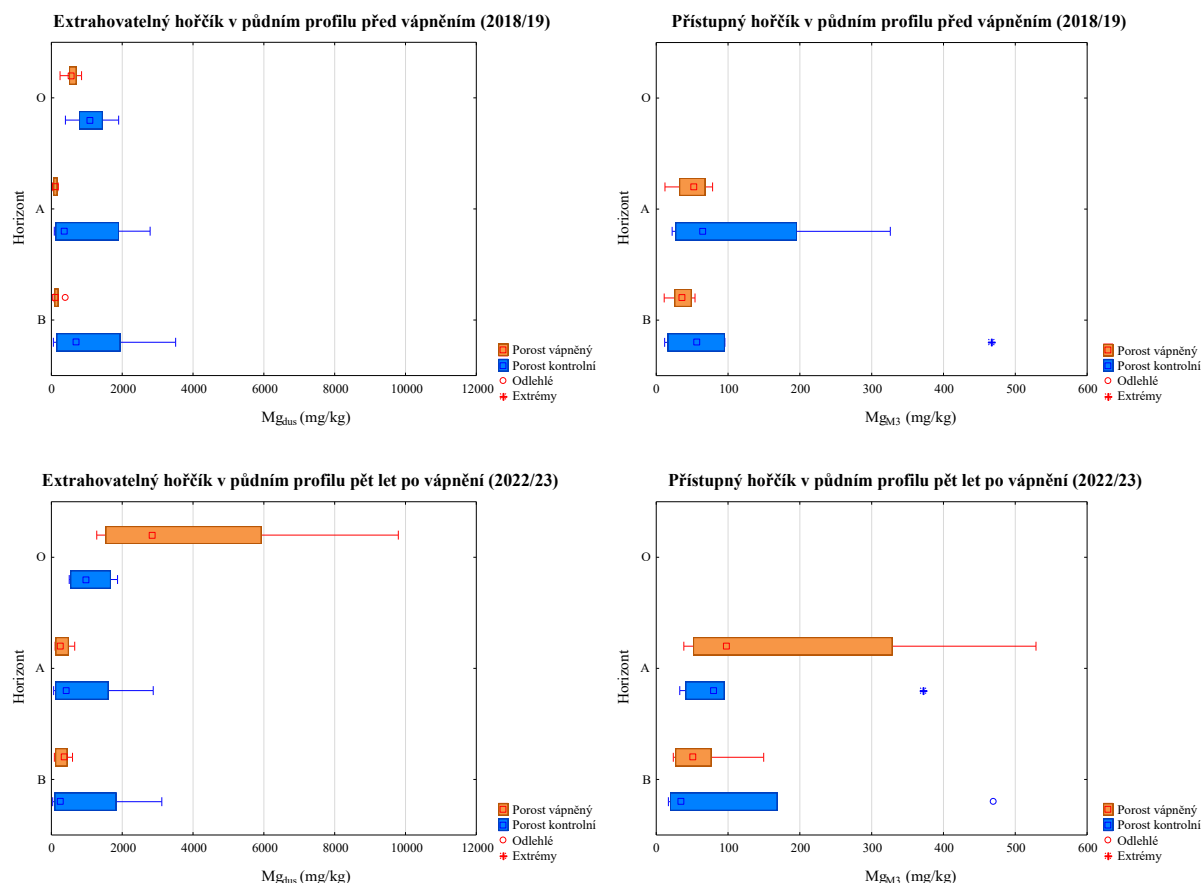
Podobně jako obsah Ca_{dus} je i obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší ve srovnání se situací před vápněním (Obr. 4.15). Před vápněním byl obsah Mg_{dus} podle kritérií FIALA A KOL., (2013) hodnocen jako nedostatečný, ale po pěti letech od vápnění je obsah extrahovatelného hořčíku v nadložních organických horizontech hodnocen jako luxusní. Obsah Mg_{dus} je dva a pět let od vápnění v tomto horizontu srovnatelný, což svědčí o pomalém pronikání hořčíku (podobně jako u vápníku) do spodních půdních horizontů. Obsah Mg_{dus} v kontrolních porostech je po celou dobu šetření stabilní a hodnocen jako nízký až vyhovující.



Obr. 4.15: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{M3}) hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Díky rychlejšímu pohybu profilem se obsah extrahovatelné formy hořčíku statisticky významně (na rozdíl od vápníku) zvyšuje i v horizontu organominerálním vápněných porostů. Hodnocení obsahu Mg_{dus} se zde mění z nedostatečného (před vápněním) na nízký (pět let po vápnění).

Podobný průběh je zaznamenán i v horizontech minerálních (Obr. 4.15). Zde ovšem tato změna není hodnocena jako statisticky významná, ale naznačuje možný pozitivní trend do budoucna.

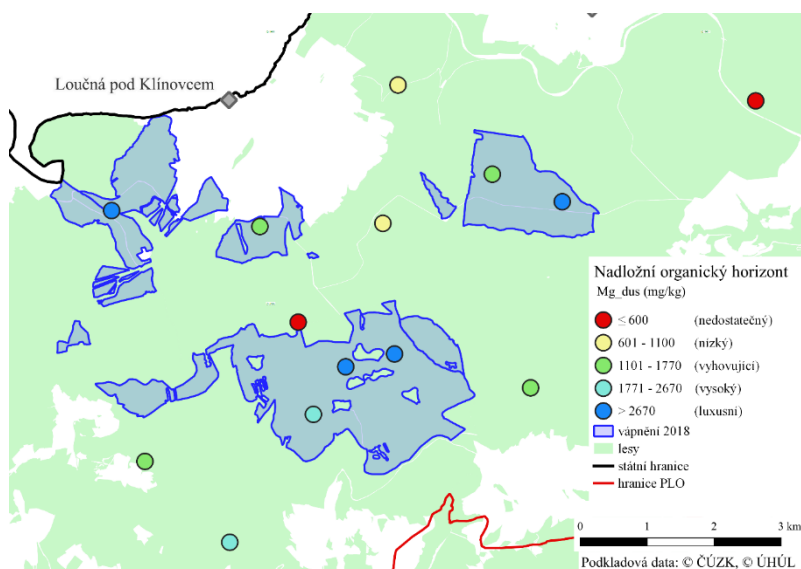


Obr. 4.16: Obsah extrahovatelného a přístupného hořčíku v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

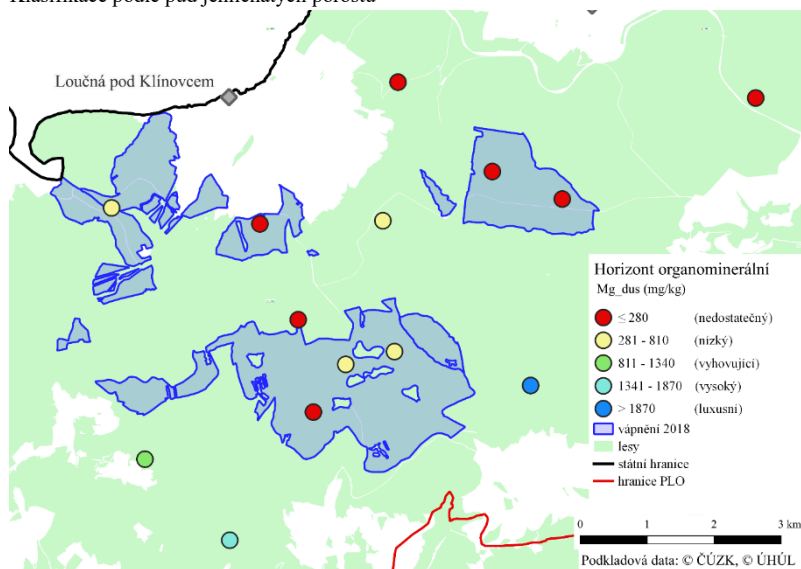
Pozitivní vliv vápnění je zřetelný také v razantním zvýšení obsahu přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v organominerálních horizontech, který je ve vápněných porostech v období po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší než obsahy před vápněním (Obr. 4.15 a 4.16). Obsah Mg_{M3} se zde zvyšuje z nízké na vysokou úroveň. Tento vzestupný trend by mohl pokračovat i nadále vzhledem k luxusnímu obsahu hořčíku v nadložních organických horizontech.

V horizontu minerálním už tato změna není tak výrazná, nicméně i zde je patrný vzestupný trend obsahu Mg_{M3} ve vápněných porostech (Obr. 4.15). Obsah Mg_{M3} je po pěti letech od vápnění nově hodnocen jako vyhovující.

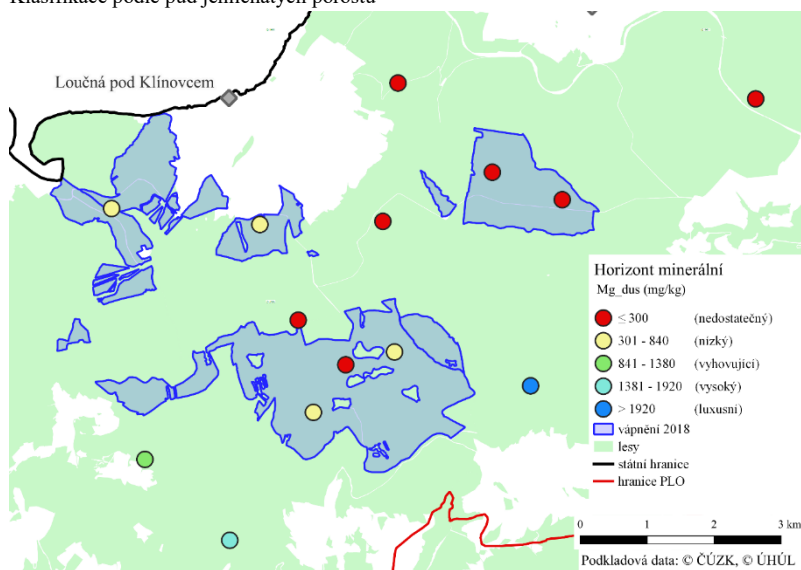
Díky absenci výraznějších změn v kontrolních porostech lze tvrdit, že vápnění v případě hořčíku příznivě ovlivnilo obsahy extrahovatelných a zejména přístupných forem hořčíku v půdním profilu na rozdíl od porostů kontrolních, kde obsah hořčíku zůstává víceméně na podobných hodnotách po celou dobu sledování.



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

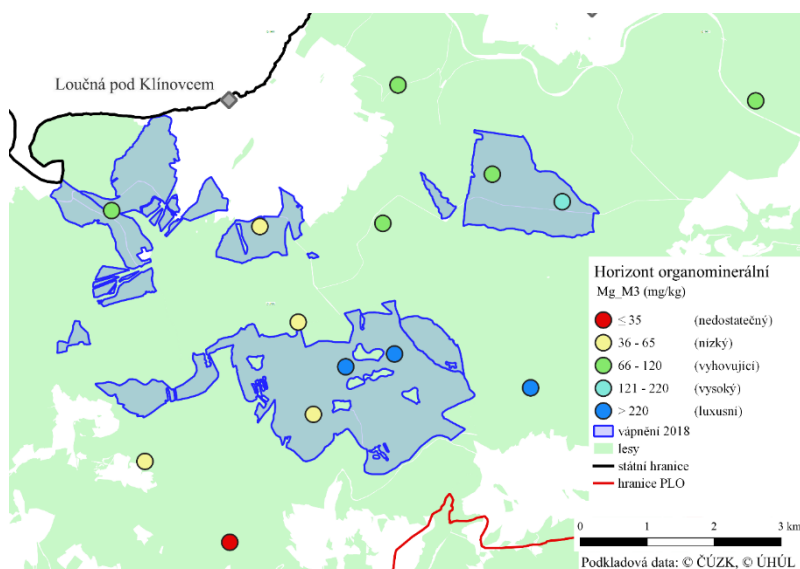


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

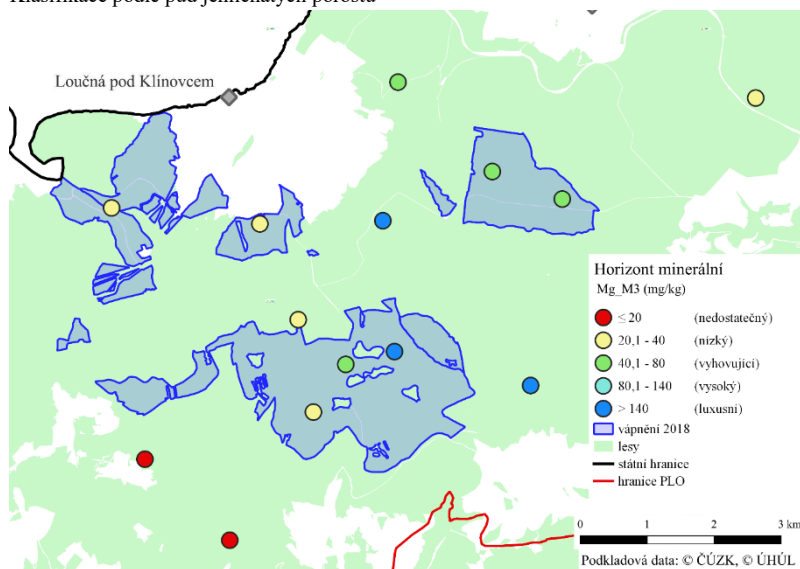


Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 4.17: Kartogramy hodnocení extrahovatelného obsahu hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů



Klasifikace podle půd jehličnatých porostů

Obr. 4.18: Kartogramy hodnocení přístupného obsahu hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

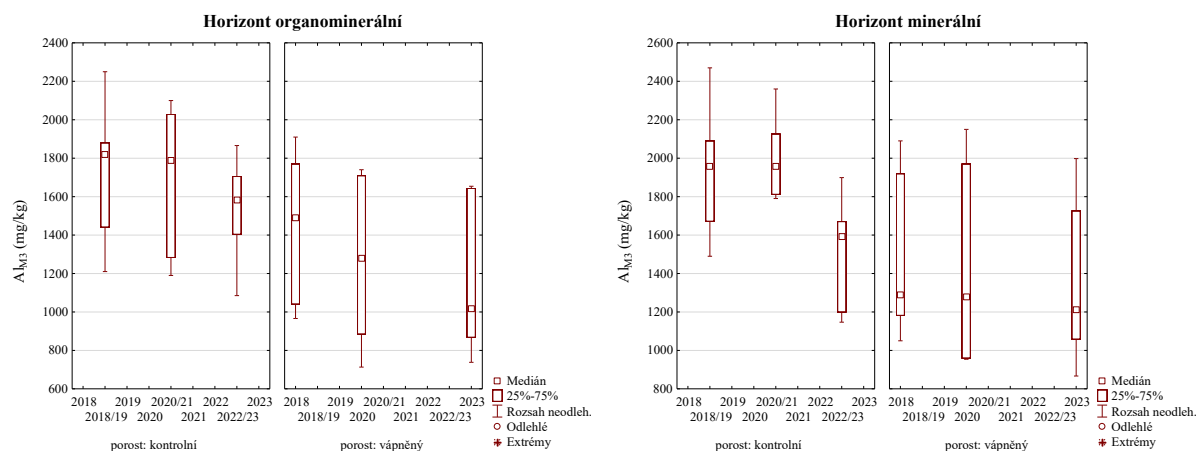
4.4.1.10 Hliník

Obsah extrahovatelného hliníku (Al_{dus}) se v nadložních organických horizontech vápněných porostů statisticky významně nemění, přesto i zde je zaznamenán pokles ze střední úrovně obsahu na nízkou. V kontrolních porostech obsah Al_{dus} kolísá a pohybuje se přibližně na střední úrovni podle klasifikace ÚKZÚZ. Vzhledem ke statisticky nevýznamným rozdílům mezi vápněnými a kontrolními porosty nedáváme pokles ve vápněných porostech do souvislosti s proběhlým vápněním.

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů nebyly zaznamenány žádné významnější změny a obsah Al_{dus} je zde poměrně stabilní.

U přístupné formy hliníku (Al_{M3}) jsou změny za sledované období daleko výraznější, i když s vápněním pravděpodobně nesouvisí. V organominerálních i minerálních horizontech

vápněných i kontrolních porostů zde obsah Al_{M3} za sledované období postupně klesá (Obr. 4.19). Podobné výsledky byly zjištěny i na nedalekých lokalitách „Kryštofovy hamry B a Vejprty C“ (REININGER A KOL., 2024B).



Obr. 4.19: Obsah přístupného hliníku (Al_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Tab. 4.6: Průměrný obsah hliníku, železa, manganu, boru a síry v šetřených horizontech

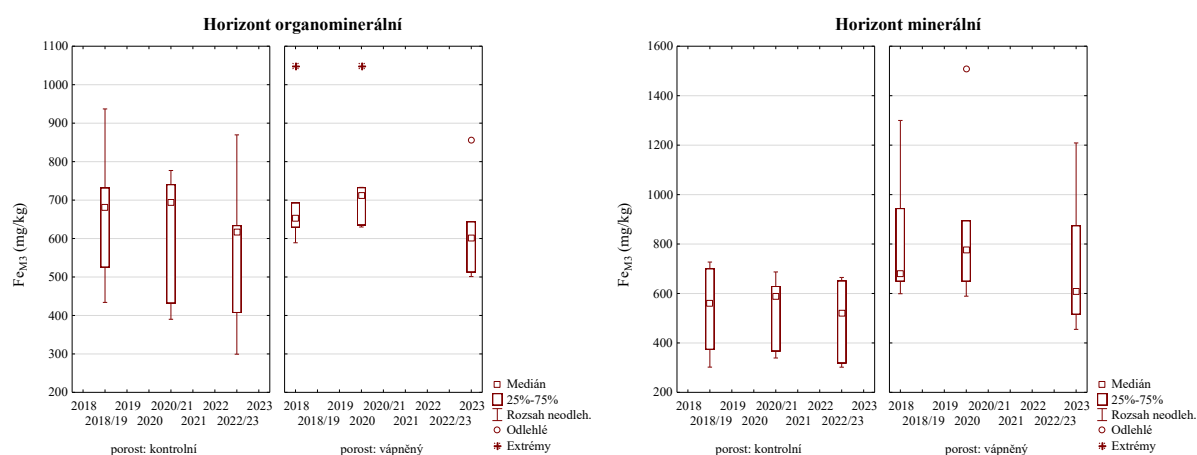
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	6769	6959	5910	7963	8900	6983
Fe_{dus} (mg/kg)	6771	6659	5971	11306	12134	9872
Mn_{dus} (mg/kg)	76,5	97,4	125	193	225	181
B_{dus} (mg/kg)	1,91	1,94	2,32	1,71	1,74	1,42
Horizont organominerální						
Al_{dus} (mg/kg)	2713	2549	2840	5267	5001	5055
Fe_{dus} (mg/kg)	5461	5464	5508	10686	10745	11234
Mn_{dus} (mg/kg)	42,8	44,6	51,3	263	263	294
Al_{M3} (mg/kg)	1408	1272	1220	1746	1682	1542
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	702	743	617	667	631	581
S_{M3} (mg/kg)	18,7	18,2	16,7	25,5	24,2	21,3
Horizont minerální						
Al_{dus} (mg/kg)	3197	3360	3742	6953	6726	5061
Fe_{dus} (mg/kg)	9197	8997	9235	14971	13129	11324
Mn_{dus} (mg/kg)	120	98,8	118	355	304	286
Al_{M3} (mg/kg)	1444	1423	1367	1951	2002	1524
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	802	848	706	537	521	488
S_{M3} (mg/kg)	18,8	21,5	16,6	31,7	31,9	23,1

4.4.1.11 Železo

Obsahy extrahovatelného železa (Fe_{dus}) zjištěné v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů se mírně snížily (Tab. 4.6).

V ostatních půdních horizontech je obsah Fe_{dus} poměrně stabilní bez známek vlivu vápnění.

Obsahy přístupného železa (Fe_{M3}) v organominerálních a minerálních horizontech vápněných a kontrolních porostů za sledované období také mírně klesly (Obr. 4.20). Vzhledem k podobnosti poklesu ve vápněných a kontrolních porostech i ke statisticky nevýznamným rozdílům v hodnotách obsahu Fe_{M3} mezi vápněnými a kontrolními porosty nepřisuzujeme tento vývoj vlivu vápnění.



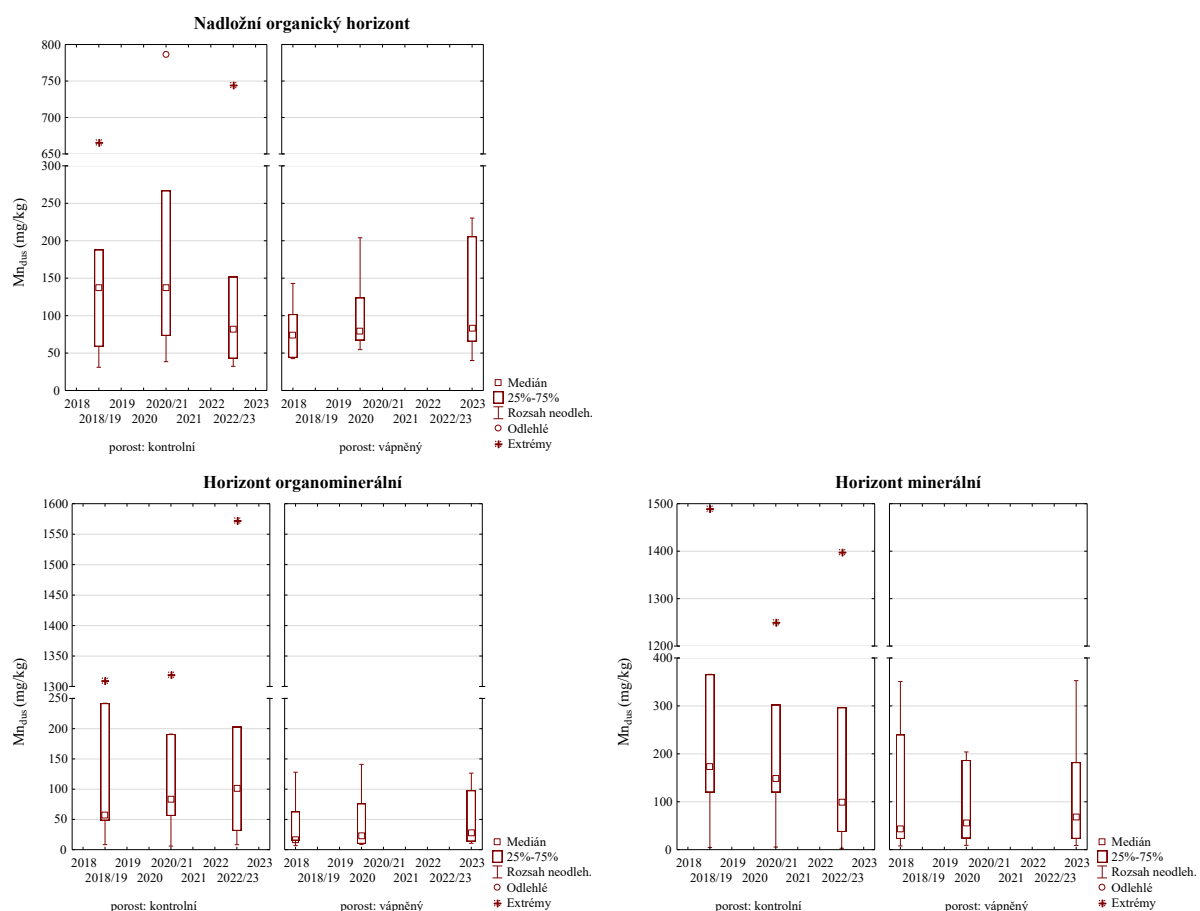
Obr. 4.20: Obsah přístupného železa (Fe_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.12 Mangan

Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů je klasifikován jako velmi nízký (FIALA A KOL., 2013). Zatímco ve vápněných porostech je pozorované postupné zvýšení obsahu Mn_{dus} , v kontrolních porostech se obsah manganu pohybuje kolem hodnoty 100 mg.kg^{-1} (Obr. 4.21). Vápnění v tomto případě tedy pravděpodobně vedlo ke snížení rozpustnosti oligoelementů při zvýšeném pH, což zmiňuje i VAVŘÍČEK A KUČERA (2014). V tomto případě tedy můžeme hovořit o negativním vlivu vápnění.

Postupné zvyšování obsahu Mn_{dus} je patrné i v organominerálních horizontech vápněných porostů, přesto zde tento obsah hodnotíme stále jako velmi nízký.

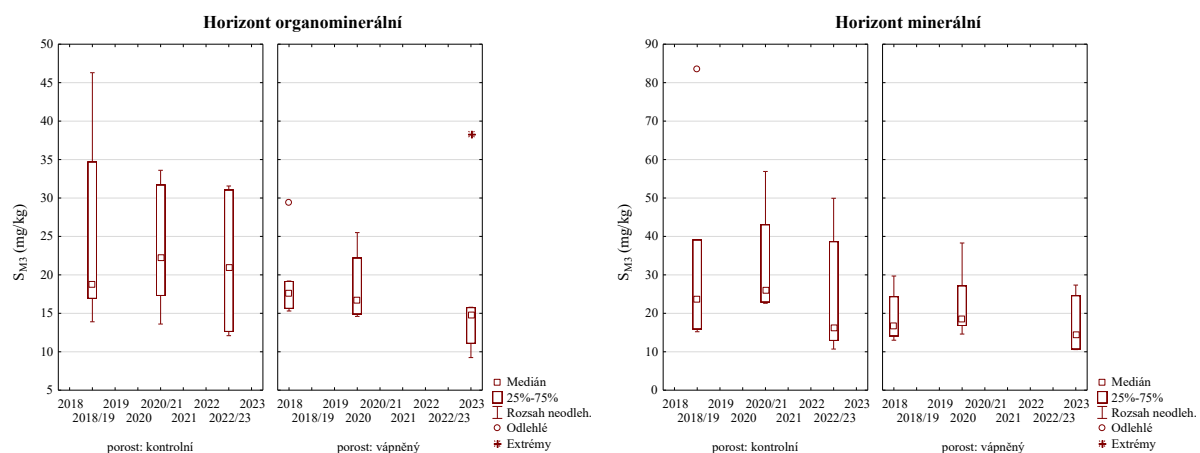
V minerálních horizontech vápněných porostů je situace stabilní a k žádným výraznějším změnám zde nedošlo. V kontrolních porostech pak obsah Mn_{dus} za sledované období mírně klesá.



Obr. 4.21: Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.13 Síra

Přístupný obsah síry (S_{M3}) v organominerálních horizontech vápněných porostů postupně klesá (Obr. 4.22). Vzhledem k podobnému vývoji v půdním profilu kontrolních porostů tento pokles nedáváme do souvislosti s proběhlým vápněním.

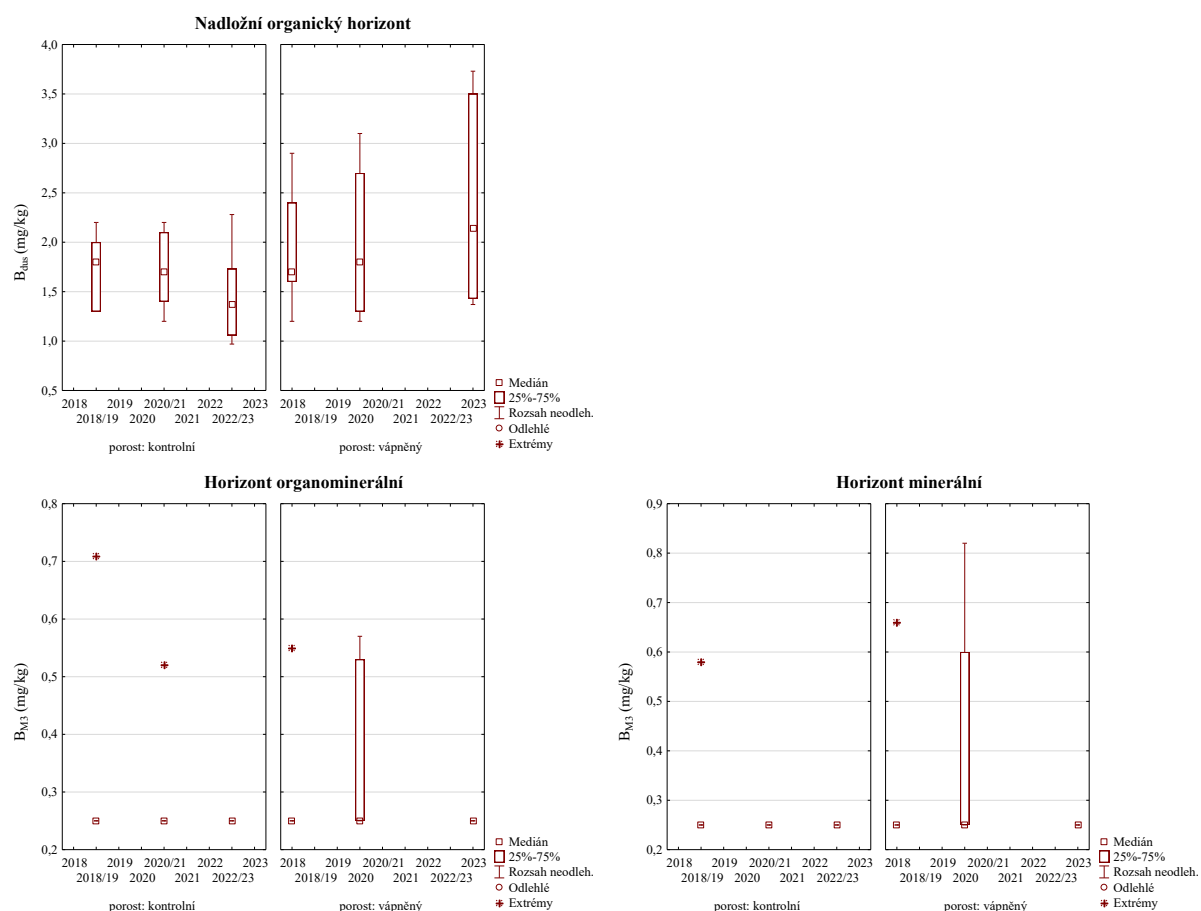


Obr. 4.22: Obsah přístupné síry (S_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.14 Bór

Extrahovatelný obsah bóru (B_{dus}) podobně jako obsah Mn_{dus} v nadložních organických horizontech vápněných porostů se za sledované období statisticky významně zvýšil. Zvýšení pH v tomto horizontu mělo pravděpodobně za následek vytvoření obtížně rozpustných sloučenin bóru, které jsou pro rostliny velmi těžko přijatelné (VANĚK A KOL., 1998).

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných a kontrolních porostů je zjišťován pouze obsah přístupného bóru (B_{M3}). Ze zjištěných výsledků vyplývá, že obsah B_{M3} je zde obecně velmi nízký, protože ve všech případech se hodnoty za rok 2023 pohybují pod limitem detekce laboratorních přístrojů ($<0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Otázce bóru je tedy při vápnění lesních porostů potřeba věnovat zvýšenou pozornost.

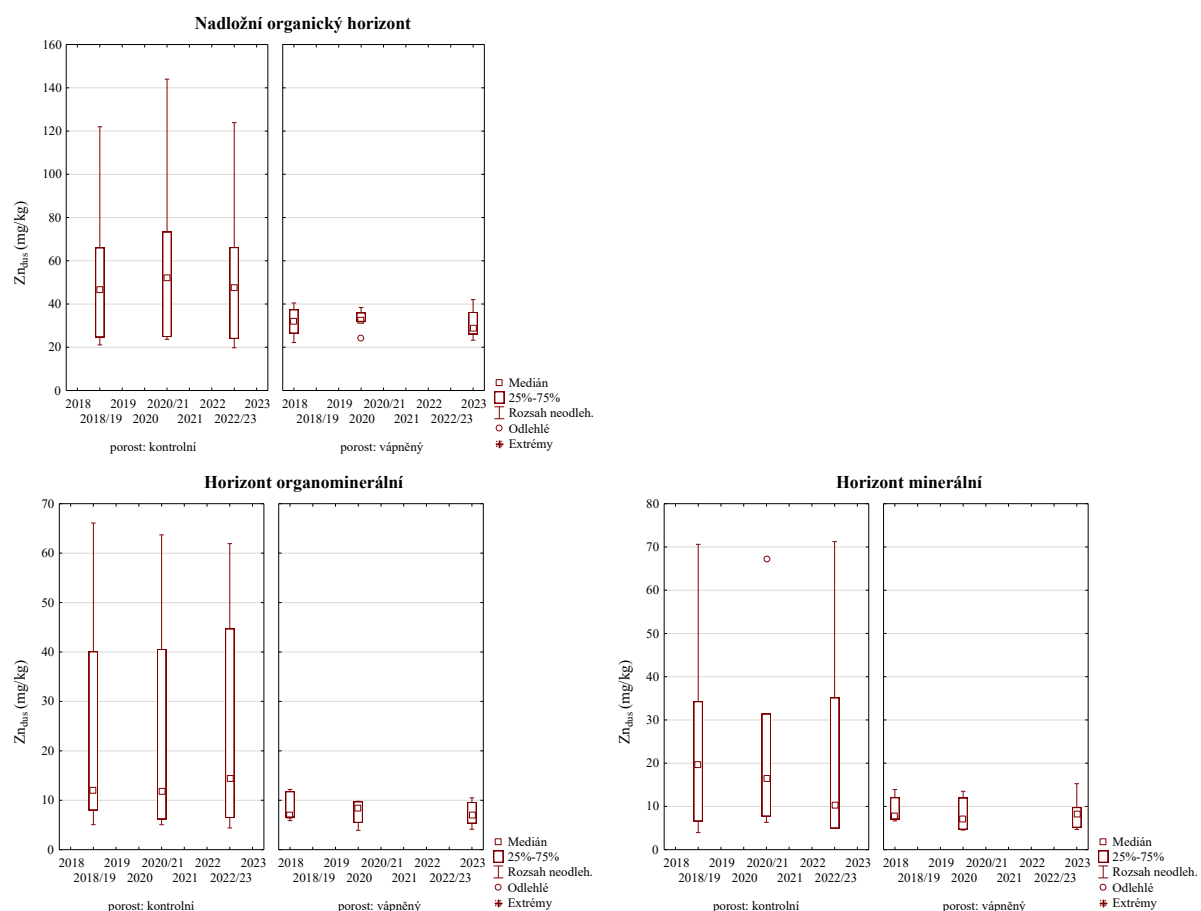


Obr. 4.23: Obsah extrahovatelného (B_{dus}) a přístupného (B_{M3}) bóru v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.15 Rizikové prvky

4.4.1.15.1 Zinek

Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů se ve sledovaném období výrazněji nemění. Obsah Zn_{dus} je ve vápněných porostech dlouhodobě hodnocen jako nízký až velmi nízký.



Obr. 4.24: Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Tab. 4.7: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Nadložní organický horizont						
Cd_{dus} (mg/kg)	0,37	0,34	0,28	0,30	0,33	0,28
Cr_{dus} (mg/kg)	7,07	7,01	5,95	9,34	10,3	8,59
Cu_{dus} (mg/kg)	11,7	11,4	9,22	10,7	11,7	8,65
Pb_{dus} (mg/kg)	136	120	116	144	133	139
Zn_{dus} (mg/kg)	31,3	32,6	30,3	53,7	57,9	53,1
Horizont organominerální						
Cd_{dus} (mg/kg)	< 0,2	--	< 0,2	--	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	3,31	3,53	3,32	5,51	5,68	5,75
Cu_{dus} (mg/kg)	4,47	5,38	4,81	7,58	6,66	7,08
Pb_{dus} (mg/kg)	65,7	56,5	65,7	65,0	56,1	64,2
Zn_{dus} (mg/kg)	8,21	7,47	7,15	24,3	22,5	24,1
Horizont minerální						
Cd_{dus} (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	4,68	4,86	5,73	6,67	6,92	5,14
Cu_{dus} (mg/kg)	3,69	4,83	3,72	6,96	6,92	5,66
Pb_{dus} (mg/kg)	54,5	44,0	43,3	46,3	40,4	48,0
Zn_{dus} (mg/kg)	8,97	7,95	8,28	25,4	24,2	23,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

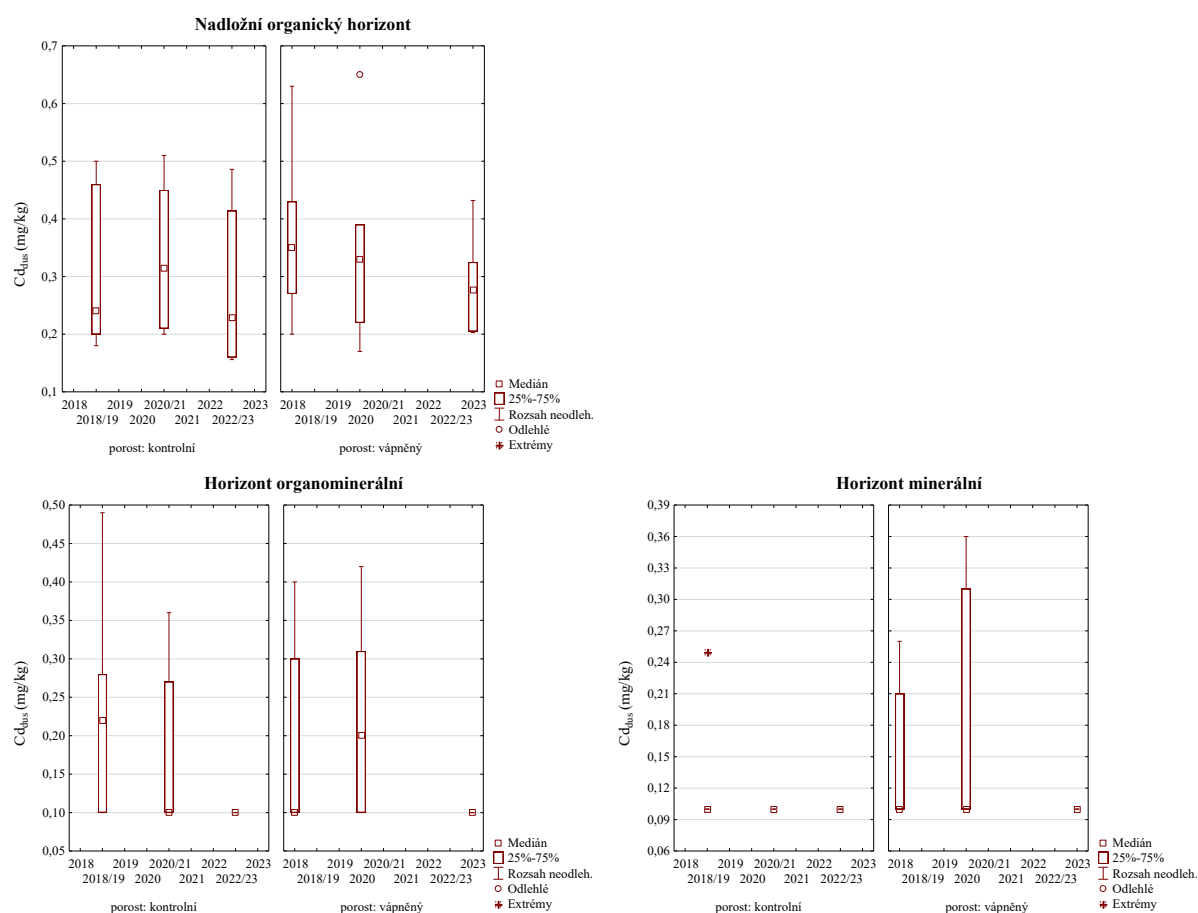
V organominerálním horizontu vápněných porostů došlo k mírnému poklesu obsahu Zn_{dus} ve srovnání se situací před vápněním (Obr. 4.24). V kontrolních porostech je hodnota obsahu Zn_{dus} poměrně stabilní. Souvislost mezi vápněním a poklesem obsahu zinku v půdě uvádí ALLOWAY (2008) podle něhož dostupnost zinku klesá s rostoucím pH v důsledku zvýšené adsorpční kapacity, možné sorpce zinku na uhličitán vápenatý, a proto vápněné půdy bývají náchylnější na nedostatek zinku.

V minerálních horizontech vápněných porostů je obsah Zn_{dus} ve sledovaném období stabilní bez výraznějších změn.

4.4.1.15.2 Kadmium

Další z prvků, u kterého došlo k poklesu obsahu v nadložním organickém horizontu, je extrahovatelný obsah kadmia (Cd_{dus}). U vápněných porostů je tento pokles označen jako statisticky významný. Vzhledem k podobnosti změn ve vápněných a kontrolních porostech (Obr. 4.25), nedáváme tuto změnu do souvislosti s vápněním.

V organominerálních a minerálních horizontech se obsah Cd_{dus} pohybuje kolem limitu detekce ($0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) a dlouhodobě se výrazněji nemění.



Obr. 4.25: Extrahovatelný obsah kadmia (Cd_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.4.1.15.3 Chrómov

Podle výsledků analýz provedených v půdních horizontech, letecké vápnění nemělo vliv na extrahovatelný obsah chrómu (Cr_{dus}) ve vápněných porostech.

4.4.1.15.4 Měď

Podobně jako v případě Cr_{dus} i extrahovatelný obsah mědi (Cu_{dus}) v půdních horizontech vápněných porostů nebyl ve sledovaném období ovlivněn provedeným vápněním.

4.4.1.15.5 Olovo

Extrahovatelný obsah olova (Pb_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je hodnocen jako střední (FIALA A KOL., 2013).

V celém půdním profilu nebyly zjištěny významnější změny spojené s vápněním lesních porostů.

4.4.1.16 Půdní sorpční komplex

4.4.1.16.1 Stupeň nasycení

Sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) se v organominerálních horizontech vápněných porostů po pěti letech od vápnění přibližně zdvojnásobilo (hodnoceno podle průměrných hodnot) na 31,6 %, což odpovídá slabě nenasyceným lesním půdám (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

V horizontech minerálních dochází k pozvolnému zvyšování hodnoty BS, která pět let po vápnění činí v průměru 16,2 % (Tab. 4.8) a jedná se tedy stále o silně nenasycené lesní půdy. Tyto změny považujeme za pozitivní vliv vápnění.

Pro hodnocení toxicity hliníku v lesních půdách se obecně používají poměry bazických kationtů (BC) k obsahu hliníku (Al^{3+}) v půdních horizontech. Poměr BC/Al^{3+} menší než 1 je považován za potenciální index pro nepříznivý vliv Al^{3+} a nevyváženost živin pro růst rostlin (BRUNNER AND SPERISEN, 2013, RAHMAN ET AL., 2018).

Z vývoje hodnot poměru BC/Al^{3+} v organominerálních i v minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů je patrné, že tento poměr je dlouhodobě stále pod touto kritickou hranicí, ale je tu rozdíl v jednotlivých trendech. Zatímco ve vápněných porostech (zejména v organominerálním horizontu) pozorujeme mírné zvýšení, v kontrolních porostech hodnota tohoto poměru klesá (Tab. 4.9).

Pokud budeme hodnotit toxicitu hliníku podle poměru Ca^{2+}/Al^{3+} , kde je za hranici toxicity považována hodnota 0,2 (CRONAN AND GRIGAL, 1995) dospějeme k podobným závěrům s tím, že v organominerálních horizontech vápněných porostů se k této hranici postupně přibližujeme a vliv toxicity hliníku se tedy snižuje. V půdách kontrolních porostů je situace značně odlišná, poměr Ca^{2+}/Al^{3+} zde klesá a riziko možného toxického působení hliníku stoupá.

Tab. 4.8: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	74,5	66,3	61,8	78,0	72,8	74,5
K _{VYM} (mekv./kg)	1,36	1,36	1,47	1,51	1,68	1,35
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8,51	8,48	16,3	20,9	20,7	19,5
Mg _{VYM} (mekv./kg)	3,63	5,77	17,1	9,35	9,76	8,17
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,32	0,26	0,47	0,30	0,29	0,34
Mn _{VYM} (mekv./kg)	--	--	--	0,83	0,93	0,74
Al _{VYM} (mekv./kg)	61,7	56,5	54,7	69,0	67,7	65,4
Fe _{VYM} (mekv./kg)	5,42	4,35	2,85	4,55	3,90	3,83
CEC (mekv./kg)	87,0	82,2	97,2	110	105	104
BS (%)	15,9	19,0	31,6	23,0	24,4	21,5
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	68,4	57,8	58,4	63,3	62,5	61,0
K _{VYM} (mekv./kg)	0,95	0,89	0,74	0,93	0,92	0,88
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6,27	6,08	6,09	--	15,9	19,9
Mg _{VYM} (mekv./kg)	2,71	3,53	4,30	8,55	6,55	9,48
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,27	0,20	0,27	0,28	0,24	0,28
Mn _{VYM} (mekv./kg)	--	--	--	0,64	0,55	--
Al _{VYM} (mekv./kg)	59,4	52,3	54,7	60,0	60,5	55,1
Fe _{VYM} (mekv./kg)	4,41	3,38	2,10	2,41	1,86	2,42
CEC (mekv./kg)	78,5	68,5	69,8	93,6	86,2	91,4
BS (%)	12,9	14,8	16,2	20,7	19,7	21,0

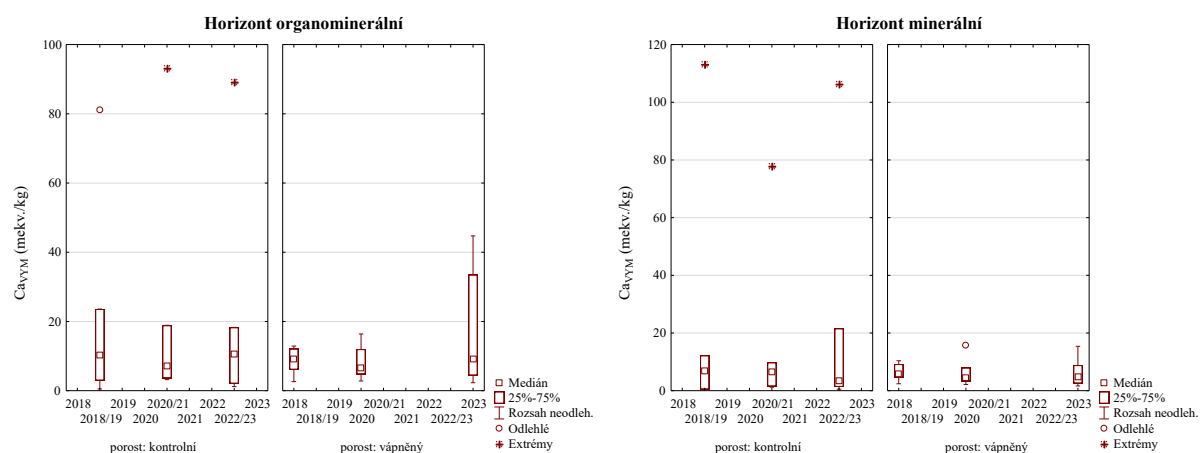
-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Tab. 4.9: Poměry bazických kationtů ke kationtům hliníku (medián)

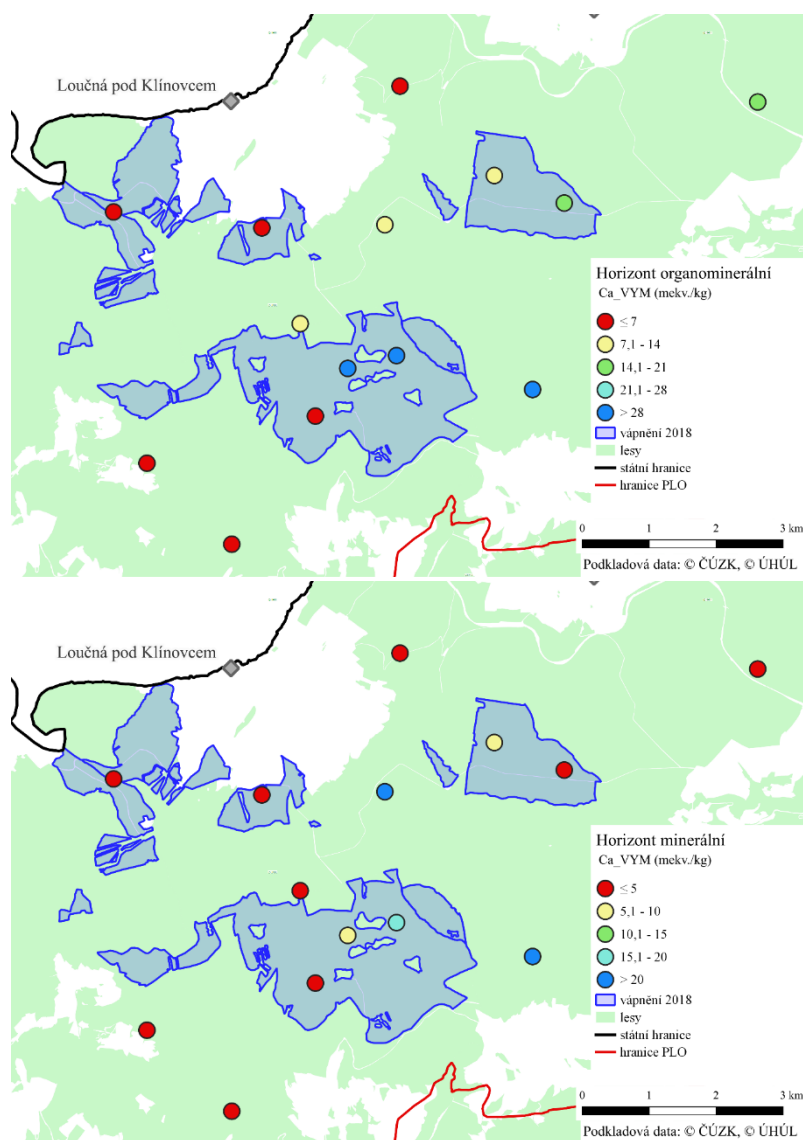
	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2017/18	2019/20	2022
Horizont organominerální						
BC/Al ³⁺	0,23	0,27	0,35	0,29	0,18	0,22
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,13	0,14	0,18	0,18	0,13	0,12
Horizont minerální						
BC/Al ³⁺	0,17	0,20	0,22	0,17	0,18	0,12
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,06

4.4.1.16.2 Kationtová výměnná kapacita

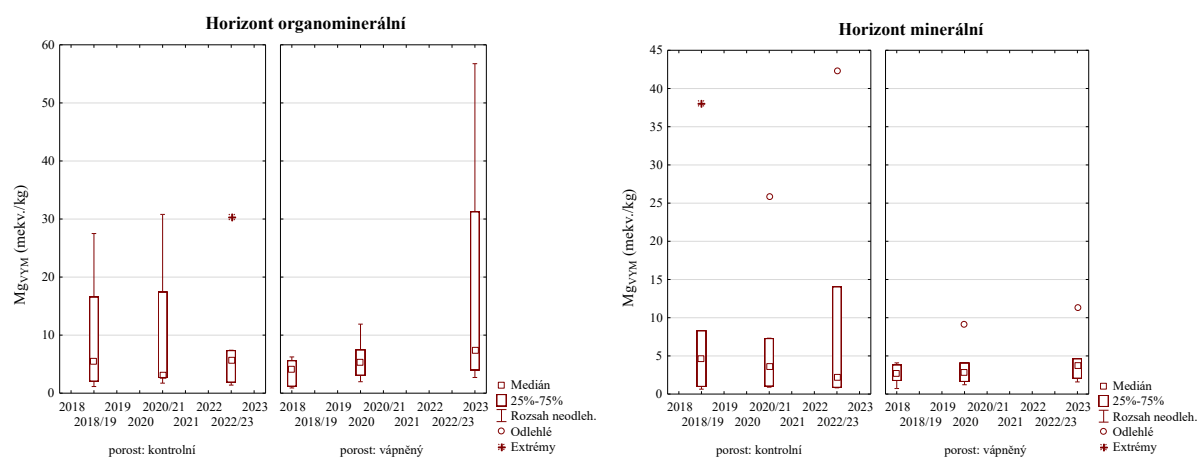
Situace v sycení bazickými kationty vápníku (Ca_{VYM}) a hořčíku (Mg_{VYM}) je v minerální části půdního profilu podobná jako v případě jejich extrahovatelné i přístupné formy. V organominerálních horizontech vápněných porostů došlo k průběžnému zvyšování zejména u obsahu Mg_{VYM} (Obr. 4.26 a 4.28). V kontrolních porostech v tomto horizontu pozorujeme průběžný pokles zejména obsahu Mg_{VYM}. Hodnoty na OM 01977 mohou být navíc ovlivněny geologií a v případě OM 01642 i dozníváním účinků vápnění z roku 2006.



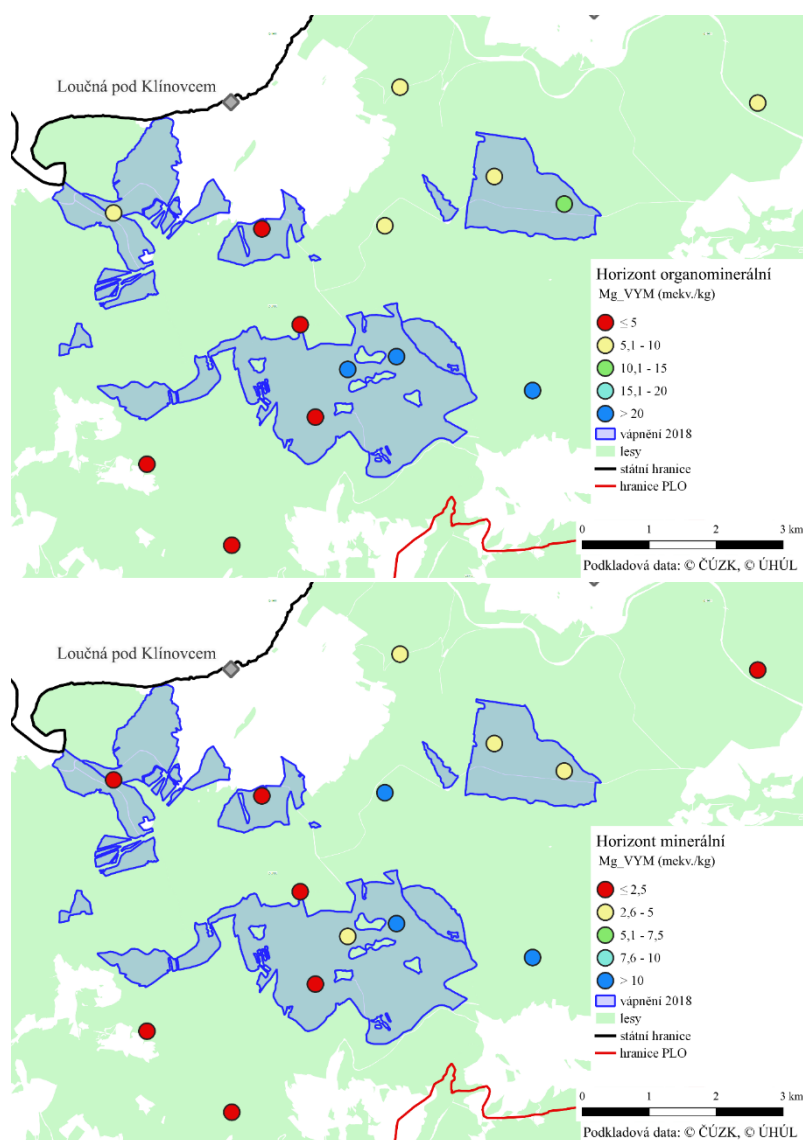
Obr. 4.26: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



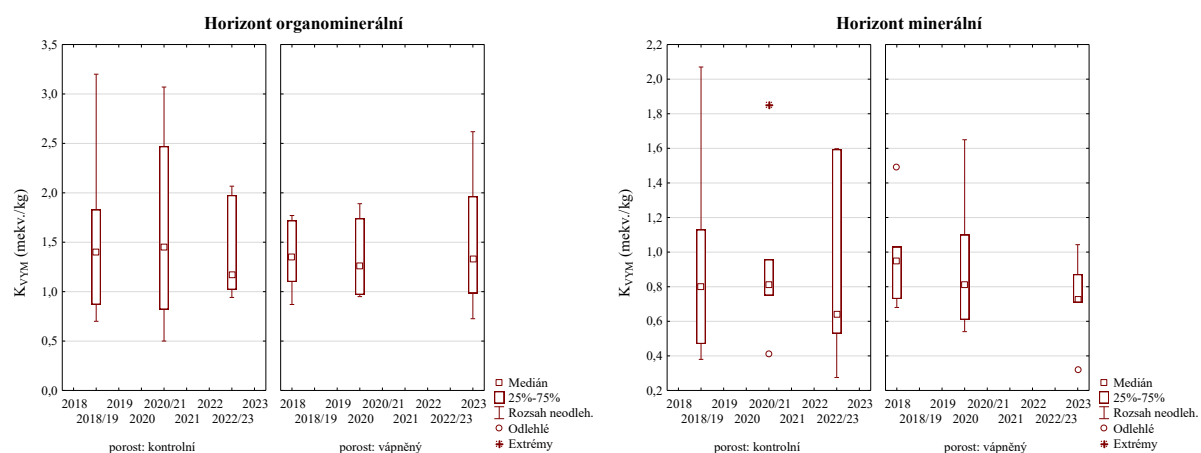
Obr. 4.27: Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



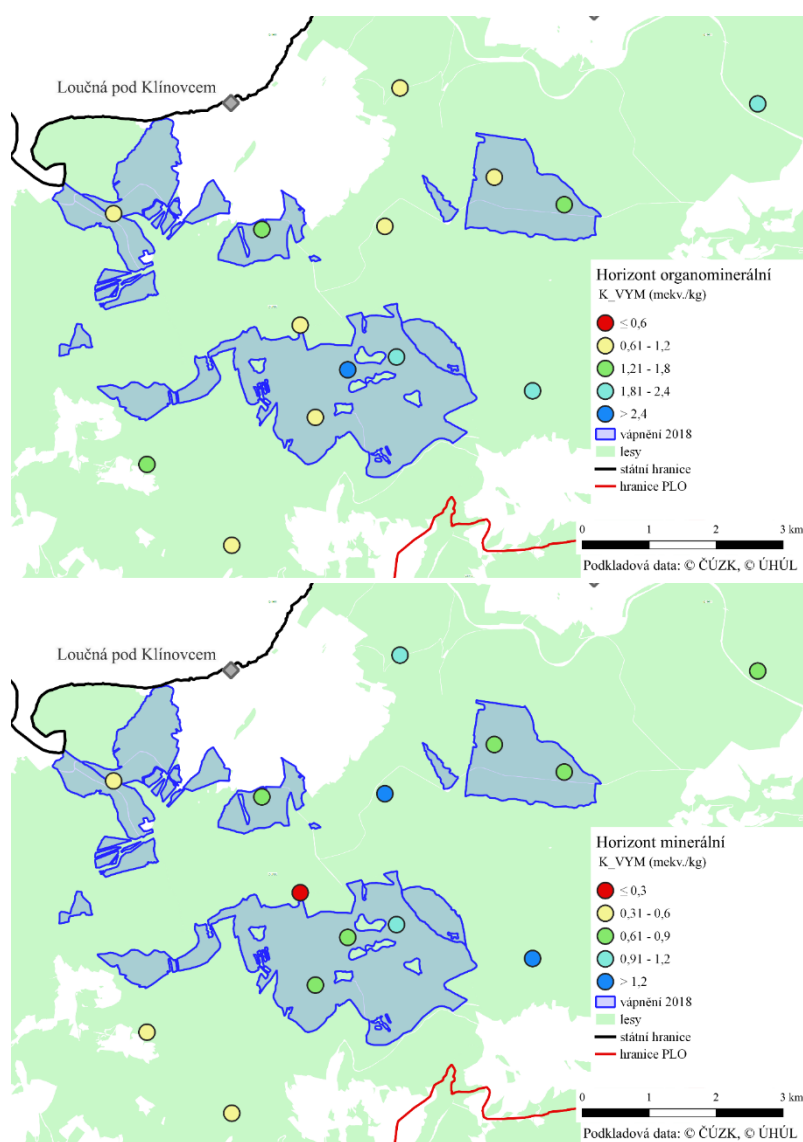
Obr. 4.28: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



Obr. 4.29: Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



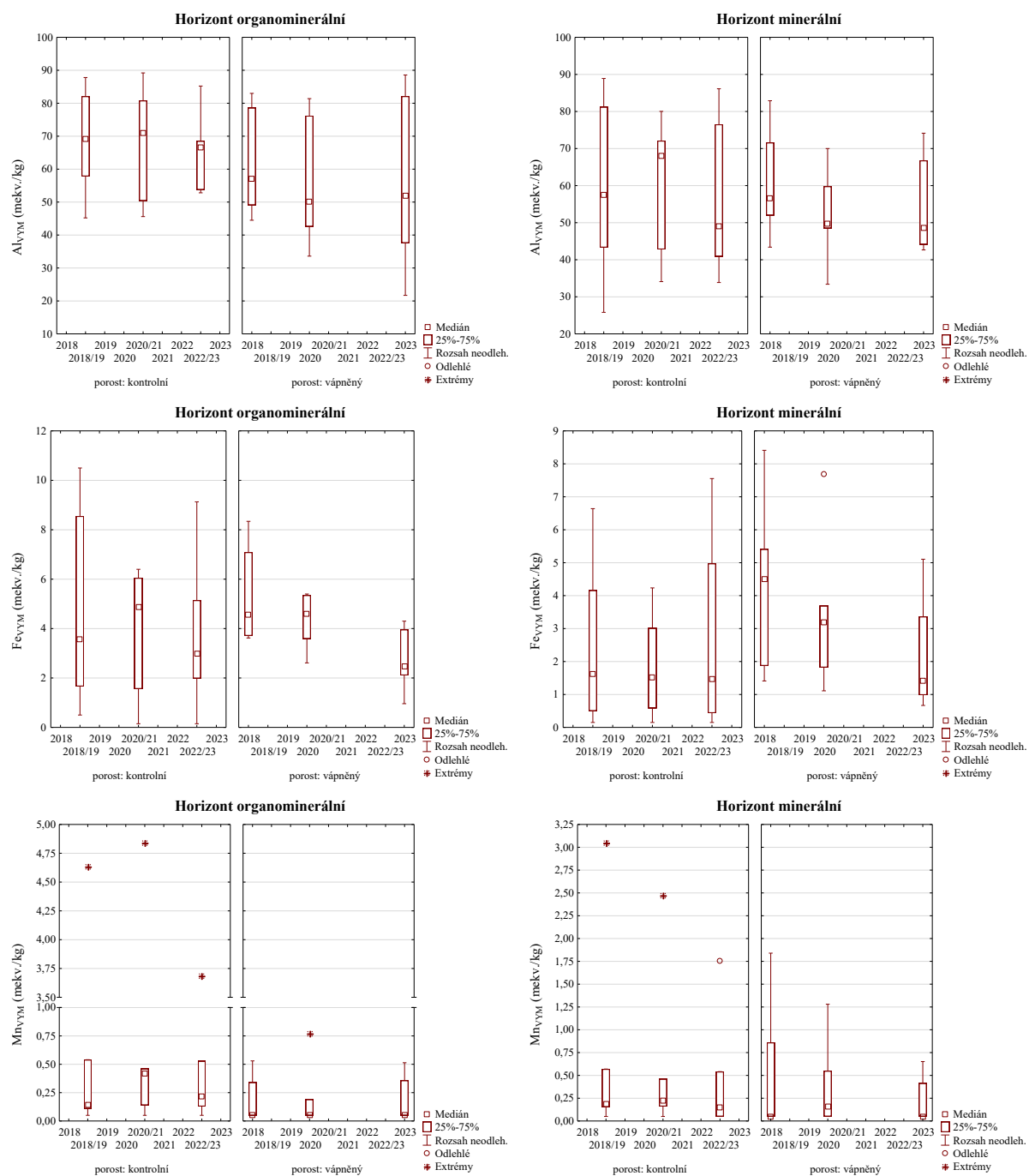
Obr. 4.30: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



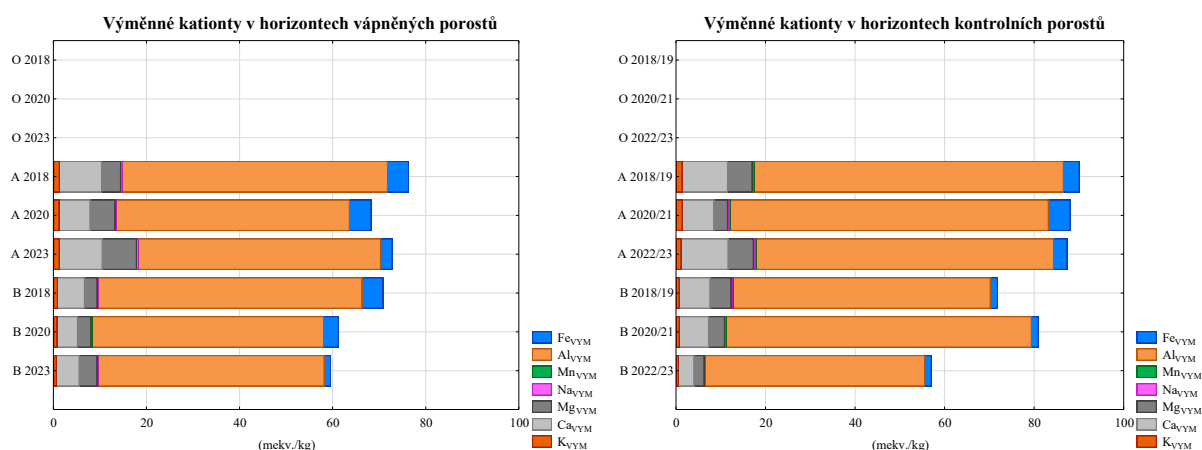
Obr. 4.31: Kartogramy obsahu výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v organominerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů se ve sledovaném období výrazněji nemění (Obr. 4.30). V minerálních horizontech došlo k mírnému poklesu, ale vzhledem k neprůkazným rozdílům mezi vápněnými a kontrolními porosty nedáváme tyto změny do souvislosti s vápněním.

Obsah výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}), hliníku (Al_{VYM}) a manganu (Mn_{VYM}) postupně klesá zejména v organominerálních horizontech jak vápněných, tak i kontrolních porostů (Obr. 4.32). I vzhledem k neprůkazným rozdílům mezi vápněnými a kontrolními porosty nedáváme tedy tento pokles do souvislosti s proběhlým vápněním.



Obr. 4.32: Obsah výměnných kationtů hliníku (Al_{VYM}), železa (Fe_{VYM}) a manganu (Mn_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



Obr. 4.33: Medián obsahu výměnných kationtů v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Hodnota kationtové výměnné kapacity (CEC) se během sledování v půdních horizontech vápněných porostů významně nemění (Tab. 4.8). Náznorný přehled vývoje obsahů výměnných kationtů v sorpčním komplexu v jednotlivých půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů podává grafické znázornění v Obr. 4.33. Ve vápněných porostech byl v organominerálních horizontech dva roky po vápnění zaznamenán úbytek obsahu výměnných kationtů vápníku. Pět let po vápnění jsou hodnoty obsahu Ca_{vym} opět vyšší v důsledku pronikání vápníku půdním profilem. V případě hořčíku se jeho obsah průběžně zvyšuje nejen v organominerálních, ale i v minerálních horizontech vápněných porostů. V kontrolních porostech dochází k postupnému vyčerpání minerálních (B) horizontů o výměnné kationty vápníku a hořčíku, jejichž obsah neustále klesá.

Vápnění se v sorpčním komplexu projevilo pozitivně, očekávaným zvýšením obsahu výměnných kationtů vápníku a hořčíku. Vliv vápnění na sorpční komplex je vhodné nadále sledovat i při kontrole po deseti letech od vápnění.

4.4.2 Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého

4.4.2.1 Dusík

Přestože v půdě obsah dusíku klesl, v jehlicích běžného i předchozího roku je po pěti letech od vápnění srovnatelný s obsahem zjištěným v jehlicích před vápněním. Obsah dusíku v jehlicích ve vápněných porostech je hodnocen jako nízký až nedostatečný.

Tab. 4.10: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Al (mg/kg)	94,7	38,7	72,4	47,2	60,1	101
B (mg/kg)	13,7	10,9	10,7	11,4	13,0	15,0
Ca (mg/kg)	4156	2967	4819	3030	3128	3989
Cd (mg/kg)	--	0,04	< 0,02	0,06	0,06	--
Cr (mg/kg)	0,26	< 0,10	--	<0,10	<0,10	0,19
Cu (mg/kg)	2,43	2,74	2,33	2,73	3,16	2,48
Fe (mg/kg)	54,9	22,7	36,4	24,2	24,6	41,9
K (mg/kg)	5060	5914	4630	5884	6161	5194
Mg (mg/kg)	1019	907	1354	851	975	1179
Mn (mg/kg)	528	231	307	458	398	572
N (%)	1,25	1,10	1,27	1,17	1,26	1,25
Ni (mg/kg)	0,74	1,26	0,68	1,31	1,61	1,40
P (mg/kg)	1363	1680	1507	1540	1881	1535
Pb (mg/kg)	0,31	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	889	734	882	819	835	924
Zn (mg/kg)	33,7	30,8	41,6	27,9	33,0	33,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Tab. 4.11: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2018	2020	2023	2018/19	2020/21	2022/23
Al (mg/kg)	107	78,9	94,1	86,3	123	124
B (mg/kg)	13,2	11,4	10,5	11,3	12,4	13,9
Ca (mg/kg)	5144	4851	7525	5070	4934	6154
Cd (mg/kg)	--	--	--	0,05	--	--
Cr (mg/kg)	0,24	--	0,15	0,21	0,13	0,19
Cu (mg/kg)	1,92	1,64	1,70	2,02	2,02	2,02
Fe (mg/kg)	54,3	38,1	48,7	40,9	38,3	48,0
K (mg/kg)	4601	3460	4886	3824	3569	4379
Mg (mg/kg)	849	918	1571	820	914	1187
Mn (mg/kg)	582	387	389	688	534	760
N (%)	1,06	1,00	1,21	1,17	1,17	1,15
Ni (mg/kg)	0,55	0,47	0,62	0,65	0,64	0,84
P (mg/kg)	1096	1077	1566	1055	1179	1283
Pb (mg/kg)	0,33	0,12	0,18	0,16	0,10	0,22
S (mg/kg)	833	718	900	854	814	875
Zn (mg/kg)	29,9	25,8	38,0	22,3	22,5	32,0

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

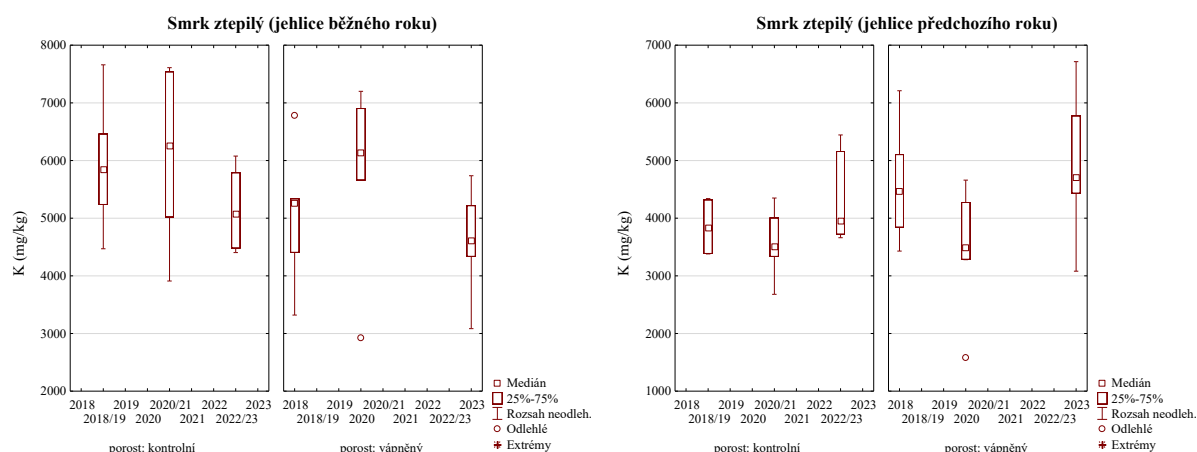
4.4.2.2 Fosfor

Obsah fosforu v jehlicích běžného roku vápněných i kontrolních porostů kolísá (Tab. 4.10). Po pěti letech od vápnění je srovnatelný s hodnotou zjištěnou před vápněním a je hodnocen jako vyhovující až vysoký.

V jehlicích předchozího roku je obsah fosforu po pěti letech od vápnění dokonce statisticky významně vyšší než před vápněním. Vápnění tedy v tomto případě nemělo negativní vliv na příjem fosforu. Vzhledem k podobným výsledkům v jehlicích kontrolních porostů (Tab. 4.11) tento vývoj nepřičítáme vlivu vápnění. Obsah fosforu v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako vysoký až luxusní.

4.4.2.3 Draslík

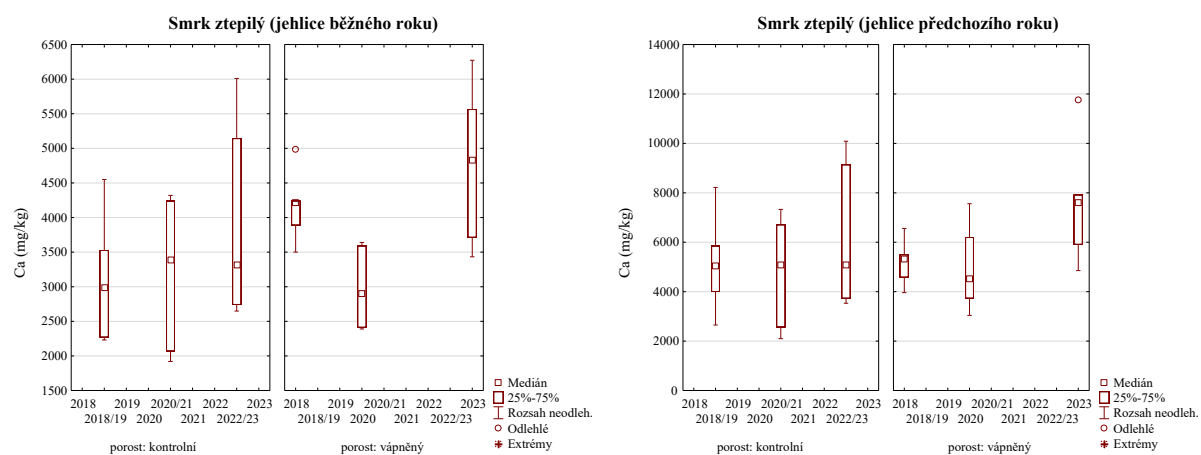
Obsah draslíku v jehlicích vápněných i kontrolních porostů za sledované období výrazně kolísá a výživa draslíkem je pravděpodobně ovlivněna jinými vlivy, než je vápnění lesních porostů (Obr. 4.34). Ve vápněných porostech je obsah draslíku po pěti letech srovnatelný se situací před vápněním. V jehlicích běžného i předchozího roku je hodnocen jako nedostatečný až nízký.



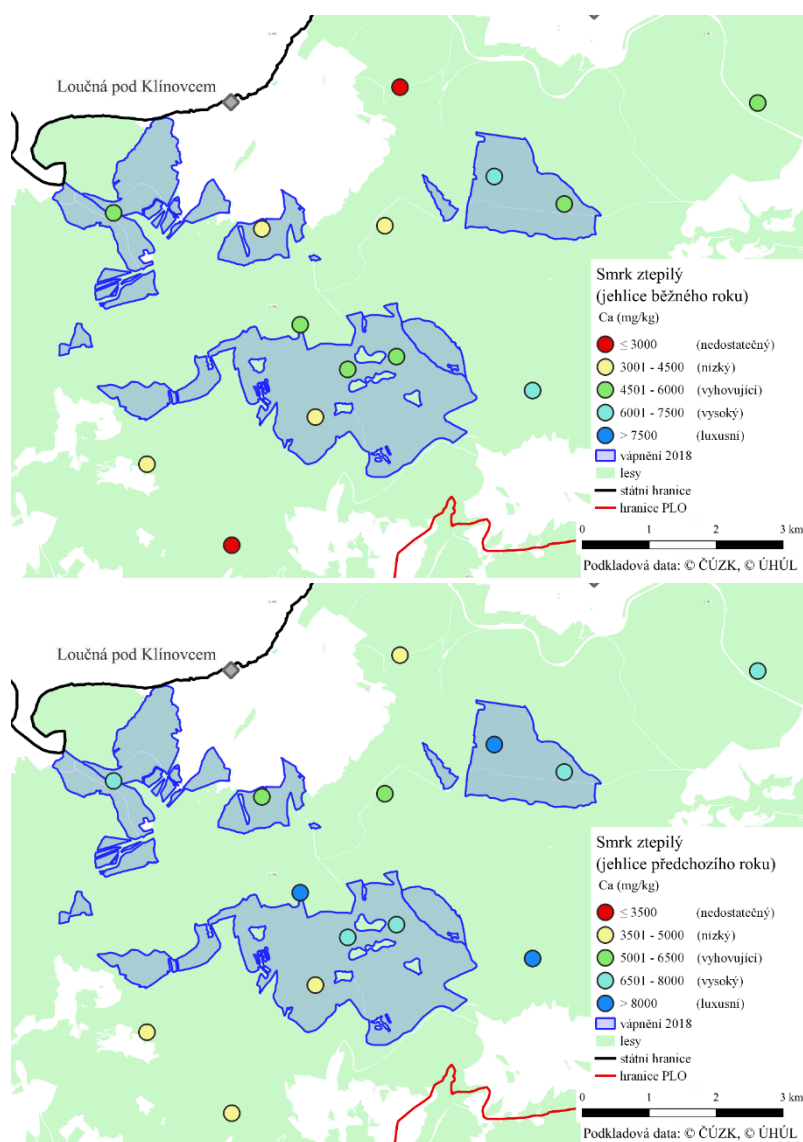
Obr. 4.34: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.4.2.4 Vápník

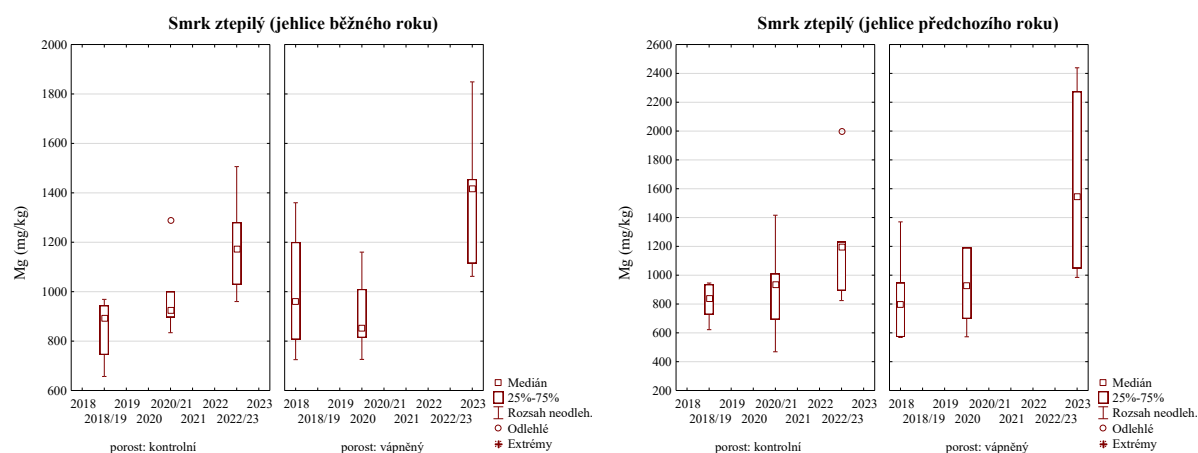
Nevýrazné změny obsahu vápníku v organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů se promítají i do výživy smrku ztepilého tímto prvkem. Obsah vápníku v jehlicích se sice zvýšil ve srovnání se situací před vápněním, ale podobný průběh byl zjištěn i v kontrolních porostech (Obr. 4.35). V jehlicích běžného roku vápněných porostů je obsah vápníku hodnocen jako vyhovující a v jehlicích předchozího roku jako vysoký až luxusní.



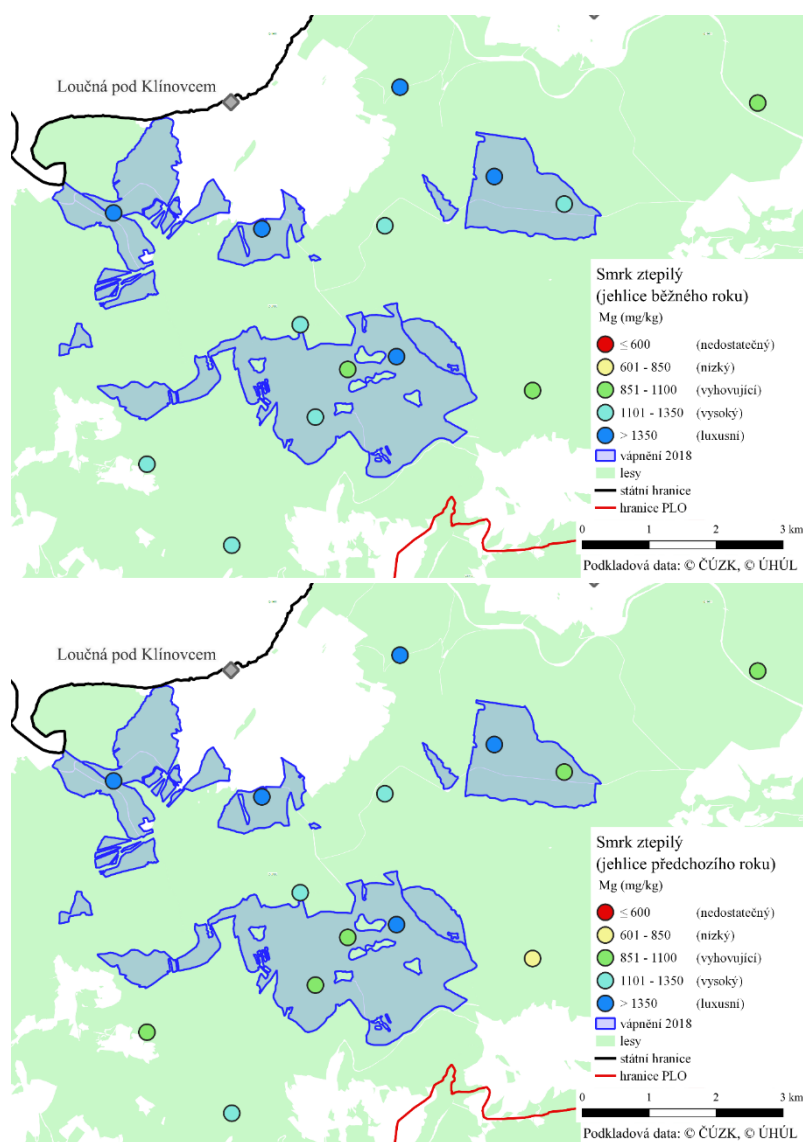
Obr. 4.35: Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 4.36: Kartogramy obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů (2023)



Obr. 4.37: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



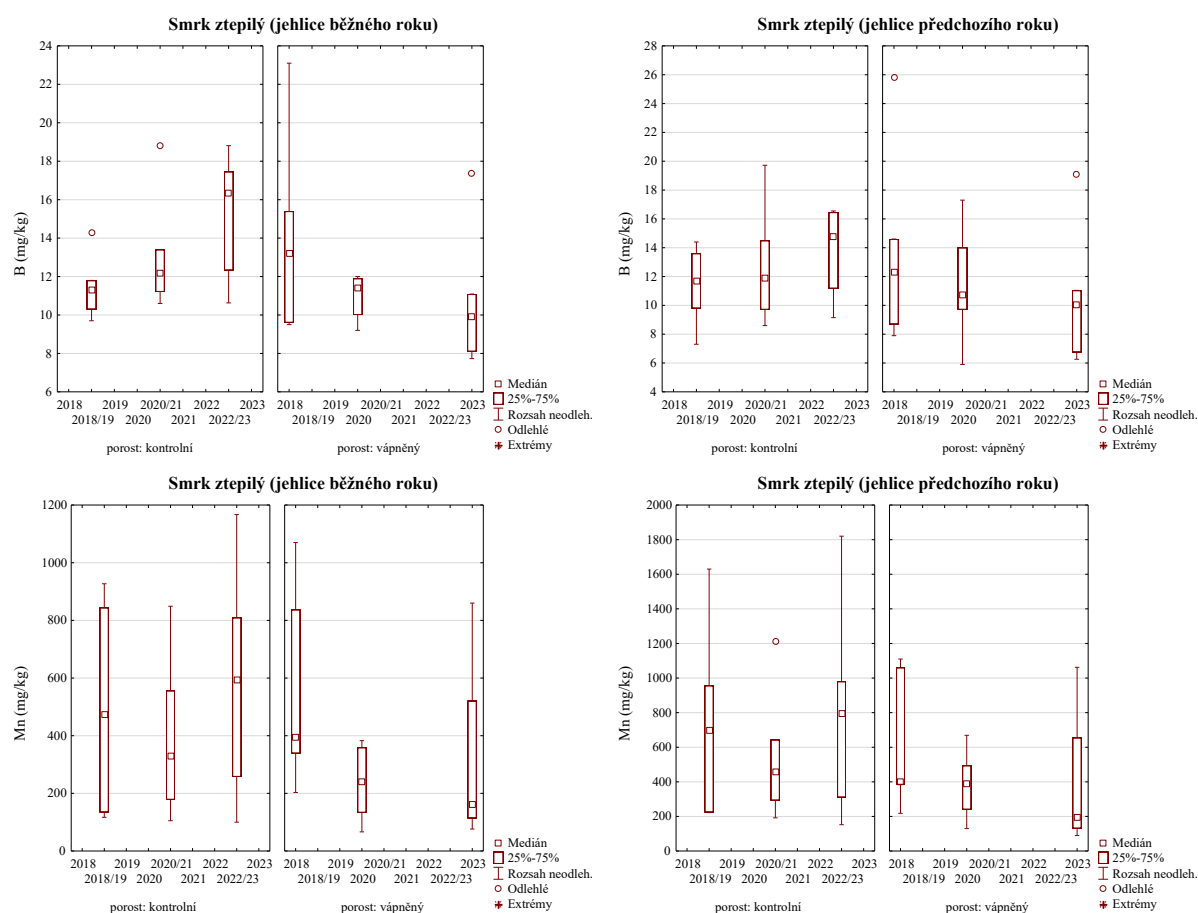
Obr. 4.38: Kartogramy obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů (2023)

4.4.2.5 Hořčík

Zvýšení obsahu hořčíku zejména v organominerálních horizontech vápněných porostů se pozitivně odráží i v jeho obsahu v jehlicích smrku ztepilého. Výživa hořčíkem je v tomto případě ovšem ovlivněna i jinými okolnostmi, protože ke zlepšení došlo i v kontrolních porostech (Obr. 4.37), což vypovídá o zlepšených podmínkách pro příjem tohoto prvku dřevinami. Obsah hořčíku po pěti letech od vápnění je v jehlicích běžného roku vápněných porostů hodnocen jako vysoký až luxusní a v jehlicích předchozího roku jako luxusní.

4.4.2.6 Bór

Výsledky rozborů v případě bóru podporují názor na negativní vliv vápnění na výživu dřevin tímto prvkem. Grafické zobrazení (Obr. 4.39) v tomto případě ukazuje na naprosto odlišné trendy ve výživě. Zatímco v kontrolních porostech se výživa bórem zlepšuje a jeho obsah je zde hodnocen jako velmi nízký až nízký (jehlice běžného roku) a nízký (jehlice předchozího roku), ve vápněných porostech průběžně klesá a jeho obsah je zde hodnocen jako velmi nízký (jehlice běžného roku) a nízký až velmi nízký (jehlice předchozího roku).



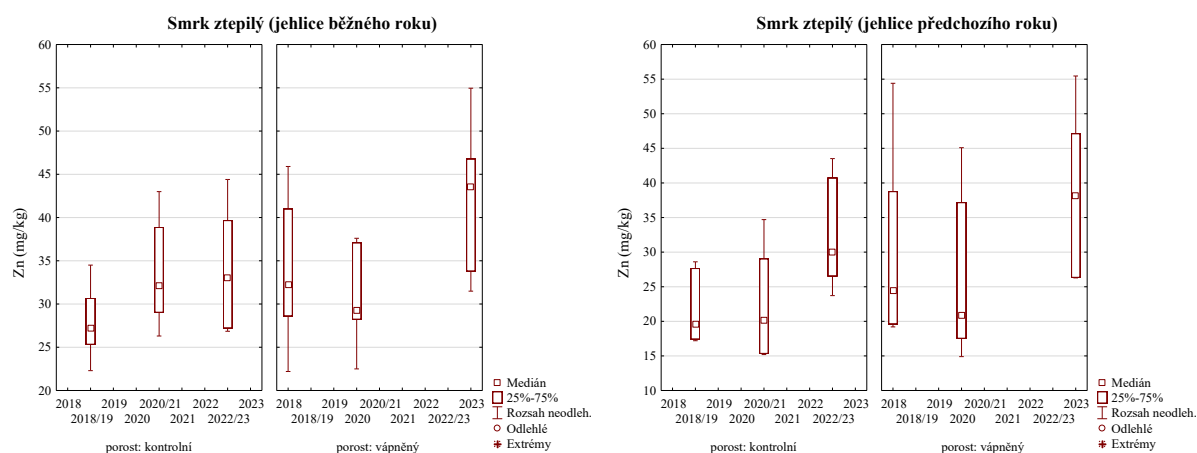
Obr. 4.39: Obsah bóru a manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.4.2.7 Mangan

Podobně jako u bóru obsah manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných porostů dlouhodobě klesá (Obr. 4.39), zatímco v kontrolních porostech spíše kolísá. Vápnění, jako meliorační opatření zvyšující pH půd, zde pravděpodobně zasáhlo do příjmu Mn rostlinami (VANĚK A KOL., 1998).

4.4.2.8 Zinek

Obsah zinku v jehlicích běžného i předchozího roku nebyl vápněním ovlivněn a chová se podobně jako v porostech kontrolních (Obr. 4.40). Obsah zinku v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako střední až vysoký (jehlice běžného roku) a jako střední (jehlice předchozího roku).



Obr. 4.40: Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.4.2.9 Ostatní prvky

Obsah **hliníku** v jehlicích běžného roku i předchozího roku ve vápněných porostech během sledování kolísá a dosahuje velmi nízké úrovně.

Obsah **kadmia** v jehlicích běžného i předchozího roku ve vápněných i kontrolních porostech v mnoha případech nedosahuje limitu detekce laboratorních přístrojů a je tedy hodnocen jako velmi nízký.

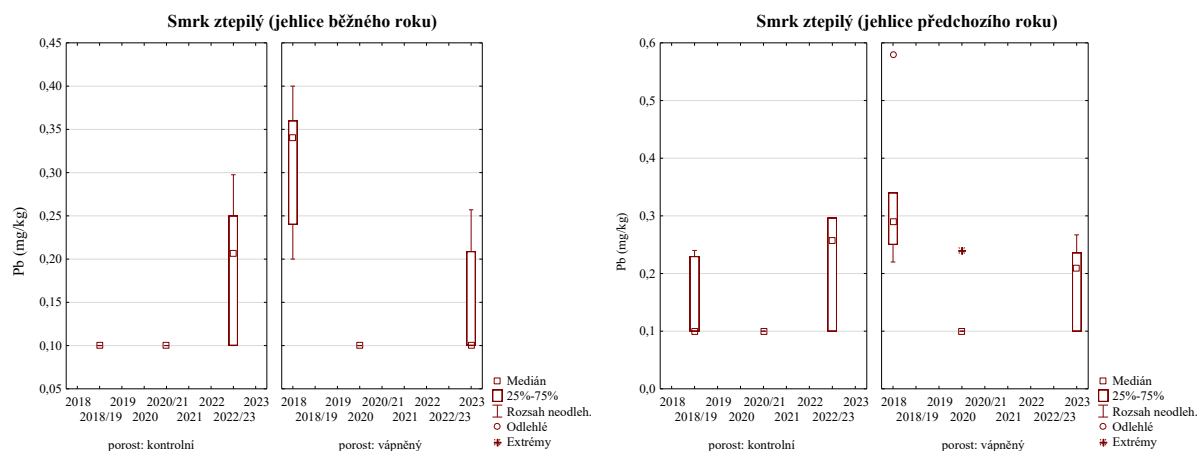
Obsah **chrómu** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů během sledování kolísá. Pět let po vápnění je obsah chrómu hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **mědi** v jehlicích vápněných porostů je bez významnějších změn a je hodnocen jako nízký.

Obsah **železa** podobně jako obsah hliníku v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů během sledování kolísá a dosahuje velmi nízké úrovně.

Obsah **niklu** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů během sledování kolísá a pět let od vápnění dosahuje přibližně stejných hodnot jako před vápněním. Jeho obsah je v jehlicích běžného roku hodnocen jako velmi nízký a v jehlicích předchozího roku jako nízký až velmi nízký.

Obsah **olova** v jehlicích vápněných porostů během sledování klesl (Obr. 4.41). V tomto případě se nejedná o vliv vápnění, ale pravděpodobně o vliv zlepšené kvality ovzduší. Obsah olova v jehlicích je zde hodnocen jako velmi nízký.



Obr. 4.41: Obsah olova v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Obsah **síry** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů během sledování kolísá a pět let od vápnění dosahuje přibližně stejných hodnot jako před vápněním.

4.4.2.10 Hodnocení poměrů živin v jehlicích

Hodnocením vyváženosti živin podle kritérií publikovaných ŠRÁMEK A KOL., (2009) bylo zjištěno, že ve zkoumaných porostech jsou poměry vyvážené jak v kontrolních, tak i ve vápněných porostech.

Tab. 4.12: Hodnocení vyváženosti výživy podle poměru vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový*	7,01 – 12 (6 – 12)	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Vápněné (2023)	8,44	2,71	2,74	9,55	1,10	3,69	3,35
Kontrolní (2022/23)	8,12	2,33	3,92	10,3	1,35	4,28	2,93

*(ŠRÁMEK A KOL., 2009)

4.5 Závěr pro lokality Kovářská B a Jáchymov

Podle provedených analýz půdních i rostlinných vzorků je vápnění v této oblasti hodnoceno jako účinné s ohledem na doplnění bazických prvků do půdy a zlepšení úrovně výživy hořčíkem.

Vápnění dlouhodobě a pozitivně ovlivnilo zejména pH v celém půdním profilu. V nadložních organických horizontech vápněných porostů se i po pěti letech nachází poměrně vysoký obsah vápníku a hořčíku, takže je předpoklad i dalšího pronikání těchto prvků půdním profilem a zvýšení obsahů jejich přístupných a výměnných forem pro výživu lesních dřevin.

V důsledku pomalého pronikání hořčíku a vápníku půdním profilem je vliv vápnění zřetelnější v organominerálních horizontech, kdežto v minerálních horizontech je více znatelné pouze postupné zvyšování obsahu hořčíku. V minerální části půdního profilu došlo ke zvýšení sycení sorpčního komplexu a následně zlepšení poměru bazických kationtů k obsahu výměnných kationtů hliníku. Z hlediska obsahu dalších makroprvků je pozitivní i to, že vápnění v této oblasti dosud neovlivnilo negativně obsah draslíku v půdě. Vliv vápnění na obsah fosforu v půdě je zde také neprůkazný, ale i nadále je žádoucí obsah fosforu sledovat kvůli možným negativním dopadům vápnění na přístupnost tohoto prvku pro dřeviny.

Pozitivní vlivy vápnění se projeví i ve výživě smrku ztepilého, kdy pět let po vápnění bylo zjištěno zlepšení úrovně výživy jak vápníkem, tak i hořčíkem. Nutno ovšem podotknout, že k tomuto zlepšení došlo i ve výživě u kontrolních porostů, byť ne tak markantnímu.

Ve vápněných porostech byl zaznamenán mírný pokles množství nadložního organického materiálu, ale vzhledem k podobnému vývoji v kontrolních porostech nepředpokládáme, že by šlo o rychlejší mineralizaci v důsledku vápnění. Zjištěný úbytek dusíku, který bohužel probíhá ve všech horizontech, zároveň probíhá i v půdním profilu kontrolních porostů, nelze tedy objektivně tuto změnu spojovat pouze s vápněním.

Jako negativní vliv vápnění se u ploch „Kovářská B a Jáchymov“ jeví zhoršená úroveň výživy bórem a manganem, kdy v důsledku vápnění mohlo dojít ke zhoršení dostupnosti těchto prvků v půdním profilu pro dřeviny. Tomu by odpovídalo i zvýšení obsahu těchto prvků zejména v nadložním organickém horizontu vápněných porostů.

Účinnost vápnění v této oblasti je nutné sledovat i nadále, zejména z hlediska potvrzení stávajících pozitivních i negativních vlivů nebo i zjištění nových skutečností v kontextu s měnícími se klimatickými podmínkami s důrazem na výskyt sušších period.

4.6 Použitá literatura pro lokality Kovářská B a Jáchymov

ALLOWAY B. J. (2008): Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France, 139 p.

BRUNNER I, SPERISEN CH. (2013): Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 12 p.

CRONAN CH. S., GRIGAL D. F. (1995). Use of Calcium/Aluminum Ratios as Indicators of Stress in Forest Ecosystems. *J. Environ. Qual.* 24: 209-226

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

RAHMAN A., LEE S.-H., JI H. CH., KABIR A. H., JONES CH. S., LEE K.-W. (2018): Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 28 p.

REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2024A): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Cínovec 2+3, Litvínov B“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 55 s.

REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2024B): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Kryštofovy Hamry B a Vejprty C“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 60 s.

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

VANĚK V., BALÍK J., NĚMEČEK R., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P. (1998): Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. *Farmář-Zemědělské listy*, Praha, 124 s.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. (2014): Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.

4.7 Přílohy pro lokality Kovářská B a Jáchymov

4.7.1 Popisné statistiky

4.7.1.1 Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2022/23)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	7	111	104	83,2	153	98,2	125
pH _{CaCl2}	7	3,37	3,32	3,11	3,68	3,21	3,49
pH _{H2O}	7	4,16	4,29	3,88	4,31	4,02	4,30
N (%)	7	1,21	1,26	0,93	1,36	1,06	1,32
C _{OX} (%)	7	23,2	22,2	15,6	32,2	16,9	31,2
C/N	7	19,2	16,8	13,7	25,0	16,7	24,9
Al _{dus} (mg/kg)	7	6983	5968	4653	10150	4827	9744
B _{dus} (mg/kg)	7	1,42	1,37	0,97	2,28	1,06	1,73
Ca _{dus} (mg/kg)	7	1601	1598	376	3194	575	2359
Cd _{dus} (mg/kg)	7	0,28	0,23	0,16	0,49	0,16	0,41
Cr _{dus} (mg/kg)	7	8,59	6,96	5,17	12,4	5,57	11,9
Cu _{dus} (mg/kg)	7	8,65	8,49	5,62	12,9	5,80	10,3
Fe _{dus} (mg/kg)	7	9872	7095	4789	15770	5466	15510
K _{dus} (mg/kg)	7	1299	1251	651	1798	1012	1733
Mg _{dus} (mg/kg)	7	1053	983	505	1870	540	1679
Mn _{dus} (mg/kg)	7	181	82,1	32,3	745	42,8	152
P _{dus} (mg/kg)	7	1112	1001	843	1911	943	1121
Pb _{dus} (mg/kg)	7	139	127	64,9	284	89,1	171
Zn _{dus} (mg/kg)	7	53,1	47,7	19,8	124	23,9	66,3

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	7	145	143	92,9	175	125	175
pH _{CaCl2}	7	4,32	4,23	3,50	5,22	3,87	4,90
pH _{H2O}	7	5,04	4,95	4,28	5,81	4,62	5,58
N (%)	7	1,14	1,12	1,00	1,38	1,08	1,17
C _{OX} (%)	7	30,9	30,6	23,1	41,5	26,9	33,1
C/N	7	27,1	28,6	20,7	30,4	24,3	30,1
Al _{dus} (mg/kg)	7	5910	5508	3029	9094	3968	8497
B _{dus} (mg/kg)	7	2,32	2,14	1,37	3,73	1,43	3,50
Ca _{dus} (mg/kg)	7	7732	5720	1716	19190	3436	12890
Cd _{dus} (mg/kg)	7	0,28	0,28	0,20	0,43	0,21	0,33
Cr _{dus} (mg/kg)	7	5,95	6,48	3,97	7,03	5,11	6,86
Cu _{dus} (mg/kg)	7	9,22	7,44	4,77	16,1	6,32	12,5
Fe _{dus} (mg/kg)	7	5971	6444	3350	9386	3421	8251
K _{dus} (mg/kg)	7	1134	1187	680	1612	880	1335
Mg _{dus} (mg/kg)	7	3820	2845	1282	9799	1533	5931
Mn _{dus} (mg/kg)	7	125	83,6	40,1	230	65,5	206
P _{dus} (mg/kg)	7	1087	1025	783	1549	963	1220
Pb _{dus} (mg/kg)	7	116	113	70,2	206	80,9	125
Zn _{dus} (mg/kg)	7	30,3	28,9	23,3	42,0	26,1	36,3

4.7.1.2 Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2022/23)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,51	3,46	3,16	3,96	3,31	3,69
pH _{H2O}	7	4,31	4,27	3,97	4,85	4,13	4,38
Vým. acidita (mekv./kg)	7	139	140	114	154	134	150
C _{OX} (%)	7	5,07	5,02	3,56	6,68	3,82	6,39
N (%)	7	0,30	0,33	0,21	0,41	0,23	0,36
C/N	7	17,5	15,8	11,2	25,2	14,5	21,8
Al _{M3} (mg/kg)	7	1542	1581	1085	1866	1402	1707
P _{M3} (mg/kg)	7	10,8	10,4	< 3,5	27,2	4,30	13,5
K _{M3} (mg/kg)	7	73,2	71,4	46,1	106	60,4	95,0
Ca _{M3} (mg/kg)	7	378	173	51,3	1712	67,3	301
Mg _{M3} (mg/kg)	7	110	80,3	32,8	372	40,9	95,0
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	581	617	299	870	407	635
SM ₃ (mg/kg)	7	21,3	20,9	12,1	31,6	12,6	31,1
P _{dus} (mg/kg)	7	285	195	100	711	104	402
K _{dus} (mg/kg)	7	165	132	70,2	310	87,3	254
Mg _{dus} (mg/kg)	7	902	406	64,9	2877	115	1608
Ca _{dus} (mg/kg)	7	542	246	80,0	2549	91,5	382
Al _{dus} (mg/kg)	7	5055	5221	2093	8661	2700	6899
Cd _{dus} (mg/kg)	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	7	5,75	4,41	2,32	9,68	2,77	9,59
Cu _{dus} (mg/kg)	7	7,08	6,84	3,09	12,6	5,30	8,04
Fe _{dus} (mg/kg)	7	11234	11250	1576	22170	6527	17830
Mn _{dus} (mg/kg)	7	294	101	8,26	1572	31,2	203
Pb _{dus} (mg/kg)	7	64,2	50,9	38,7	106	48,0	79,9
Zn _{dus} (mg/kg)	7	24,1	14,3	4,40	61,9	6,43	44,7
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	74,5	75,8	58,1	92,6	68,9	77,9
K _{VYM} (mekv./kg)	7	1,35	1,17	0,94	2,07	1,02	1,98
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	19,5	10,5	1,18	89,0	2,07	18,3
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	8,17	5,64	1,40	30,3	1,86	7,40
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,34	0,34	0,21	0,52	0,23	0,40
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	0,74	0,21	< 0,1	3,69	0,13	0,53
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	65,4	66,5	52,8	85,2	53,8	68,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	3,83	2,97	< 0,3	9,13	1,99	5,15
CEC (mekv./kg)	7	104	92,3	62,0	194	79,6	112
BS (%)	7	21,5	17,1	6,16	62,7	6,55	26,8

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,43	3,34	3,15	3,76	3,30	3,67
pH _{H2O}	7	4,27	4,20	4,00	4,58	4,11	4,41
Vým. acidita (mekv./kg)	7	120	122	77,6	173	96,0	130
C _{OX} (%)	7	4,82	4,78	3,12	7,06	3,79	5,62
N (%)	7	0,27	0,27	0,16	0,38	0,22	0,34
C/N	7	18,3	18,0	15,0	21,1	17,5	19,5
Al _{M3} (mg/kg)	7	1220	1015	738	1654	867	1645
P _{M3} (mg/kg)	7	13,5	14,1	< 3,5	31,6	4,76	18,7
K _{M3} (mg/kg)	7	72,5	64,4	36,0	122	47,0	102
Ca _{M3} (mg/kg)	7	268	178	77,8	707	86,9	482
Mg _{M3} (mg/kg)	7	180	97,4	38,5	529	51,5	329
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	617	601	501	856	513	644
S _{M3} (mg/kg)	7	16,7	14,8	9,24	38,3	11,1	15,8
P _{dus} (mg/kg)	7	173	174	112	276	131	189
K _{dus} (mg/kg)	7	156	133	62,6	372	98,1	173
Mg _{dus} (mg/kg)	7	301	264	106	659	121	490
Ca _{dus} (mg/kg)	7	385	210	94,0	996	143	784
Al _{dus} (mg/kg)	7	2840	2625	1372	4020	1850	4019
Cd _{dus} (mg/kg)	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	7	3,32	2,44	1,18	8,82	1,41	4,09
Cu _{dus} (mg/kg)	7	4,81	4,29	1,76	11,9	2,55	5,35
Fe _{dus} (mg/kg)	7	5508	4937	2087	10160	3452	7898
Mn _{dus} (mg/kg)	7	51,3	27,2	10,5	127	13,8	98,0
Pb _{dus} (mg/kg)	7	65,7	56,3	29,3	128	52,6	82,3
Zn _{dus} (mg/kg)	7	7,15	6,96	4,12	10,5	5,32	9,64
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	61,8	62,6	28,9	93,1	47,4	87,2
K _{VYM} (mekv./kg)	7	1,47	1,33	0,73	2,62	0,99	1,96
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	16,3	9,24	2,31	44,7	4,44	33,5
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	17,1	7,36	2,71	56,8	4,00	31,3
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,47	0,40	0,23	0,88	0,23	0,81
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	--	< 0,1	< 0,1	0,51	< 0,1	0,36
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	54,7	52,0	21,7	88,6	37,6	82,1
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	2,85	2,48	0,96	4,30	2,11	3,96
CEC (mekv./kg)	7	97,2	103	61,3	133	65,3	132
BS (%)	7	31,6	25,0	9,05	78,4	9,93	51,1

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.7.1.3 Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2022/23)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,71	3,65	3,33	4,19	3,52	3,95
pH _{H2O}	7	4,52	4,49	4,14	5,21	4,28	4,56
Vým. acidita (mekv./kg)	7	117	99,2	73,6	200	84,0	150
C _{OX} (%)	7	3,62	3,16	2,37	6,67	2,50	4,00
N (%)	7	0,22	0,20	0,17	0,34	0,17	0,27
C/N	7	17,0	18,1	8,94	23,5	12,5	20,6
Al _{M3} (mg/kg)	7	1524	1593	1147	1899	1199	1672
P _{M3} (mg/kg)	7	10,9	5,71	< 3,5	37,9	3,84	13,1
K _{M3} (mg/kg)	7	51,5	41,7	21,4	86,0	34,8	72,5
Ca _{M3} (mg/kg)	7	396	79,4	< 30	2159	35,5	353
Mg _{M3} (mg/kg)	7	114	34,3	16,9	470	19,2	169
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	488	519	302	665	319	652
SM ₃ (mg/kg)	7	23,1	16,1	10,7	49,9	12,8	38,7
P _{dus} (mg/kg)	7	290	215	58,0	947	89,5	380
K _{dus} (mg/kg)	7	147	124	35,8	284	59,8	230
Mg _{dus} (mg/kg)	7	976	241	38,0	3119	95,6	1826
Ca _{dus} (mg/kg)	7	637	129	54,2	3443	96,8	443
Al _{dus} (mg/kg)	7	5061	5104	1960	8660	2056	7920
Cd _{dus} (mg/kg)	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	7	5,14	5,07	1,40	10,0	2,47	7,84
Cu _{dus} (mg/kg)	7	5,66	5,32	1,87	12,7	2,62	6,85
Fe _{dus} (mg/kg)	7	11324	12170	526	19500	3771	18420
Mn _{dus} (mg/kg)	7	286	98,8	2,87	1399	37,2	297
Pb _{dus} (mg/kg)	7	48,0	50,1	10,6	95,2	23,4	78,5
Zn _{dus} (mg/kg)	7	23,8	10,2	4,92	71,2	4,96	35,2
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	61,0	56,3	37,3	90,8	43,7	89,1
K _{VYM} (mekv./kg)	7	0,88	0,64	0,27	1,60	0,53	1,59
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	19,9	3,42	< 1,0	106	1,33	21,6
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	9,48	2,25	0,82	42,3	0,84	14,1
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,28	0,20	0,14	0,63	0,17	0,33
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	--	0,15	< 0,1	1,75	< 0,1	0,54
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	55,1	49,0	33,9	86,1	40,9	76,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	2,42	1,47	< 0,3	7,55	0,44	4,98
CEC (mekv./kg)	7	91,4	68,4	38,8	194	50,5	127
BS (%)	7	21,0	9,43	5,73	77,5	6,55	29,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	7	3,60	3,61	3,37	3,92	3,42	3,78
pH _{H2O}	7	4,45	4,51	4,22	4,75	4,25	4,56
Vým. acidita (mekv./kg)	7	101	107	72,0	122	85,6	111
C _{OX} (%)	7	3,11	3,06	1,71	5,37	2,16	3,54
N (%)	7	0,18	0,17	0,14	0,28	0,15	0,20
C/N	7	16,9	17,7	12,2	20,4	13,1	19,5
Al _{M3} (mg/kg)	7	1367	1212	867	1998	1057	1726
P _{M3} (mg/kg)	7	14,2	8,09	3,52	27,6	5,72	24,1
K _{M3} (mg/kg)	7	41,7	39,7	22,1	59,8	36,8	48,5
Ca _{M3} (mg/kg)	7	114	91,9	43,6	261	57,5	174
Mg _{M3} (mg/kg)	7	60,0	51,1	23,8	150	26,7	76,7
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	706	609	455	1209	515	875
S _{M3} (mg/kg)	7	16,6	14,3	10,6	27,4	10,7	24,7
P _{dus} (mg/kg)	7	291	239	121	678	148	388
K _{dus} (mg/kg)	7	122	95,7	71,8	251	75,3	146
Mg _{dus} (mg/kg)	7	308	355	85,4	598	113	449
Ca _{dus} (mg/kg)	7	194	184	72,8	420	118	215
Al _{dus} (mg/kg)	7	3742	3382	1896	7131	2009	4499
Cd _{dus} (mg/kg)	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	7	5,73	5,23	1,75	13,2	2,58	7,65
Cu _{dus} (mg/kg)	7	3,72	3,26	1,94	7,81	2,12	5,03
Fe _{dus} (mg/kg)	7	9235	8217	1890	16430	7473	12210
Mn _{dus} (mg/kg)	7	118	67,2	8,84	353	22,8	183
Pb _{dus} (mg/kg)	7	43,3	41,3	15,4	71,8	23,8	68,4
Zn _{dus} (mg/kg)	7	8,28	8,35	4,68	15,3	5,10	9,83
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	58,4	55,7	45,6	78,6	46,2	68,5
K _{VYM} (mekv./kg)	7	0,74	0,72	0,32	1,04	0,71	0,87
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	6,09	4,87	1,65	15,4	2,56	8,88
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	4,30	3,80	1,59	11,3	2,04	4,66
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,27	0,23	0,16	0,41	0,23	0,37
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	--	< 0,1	< 0,1	0,65	< 0,1	0,41
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	54,7	48,6	42,7	74,1	44,2	66,8
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	2,10	1,41	0,67	5,11	0,98	3,36
CEC (mekv./kg)	7	69,8	73,7	51,4	83,0	55,3	82,9
BS (%)	7	16,2	16,5	5,23	37,3	9,44	17,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.7.1.4 Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2022/23)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	101	120	45,2	130	78,5	125
B (mg/kg)	7	15,0	16,4	10,6	18,8	12,3	17,5
Ca (mg/kg)	7	3989	3320	2648	6010	2737	5146
Cd (mg/kg)	7	--	0,04	< 0,02	0,15	< 0,02	0,10
Cr (mg/kg)	7	0,19	0,19	0,15	0,24	0,16	0,21
Cu (mg/kg)	7	2,48	2,40	2,18	2,82	2,32	2,69
Fe (mg/kg)	7	41,9	38,0	35,7	51,9	36,3	48,1
K (mg/kg)	7	5194	5063	4404	6077	4480	5791
Mg (mg/kg)	7	1179	1173	960	1506	1029	1280
Mn (mg/kg)	7	572	593	100	1167	257	809
N (%)	7	1,25	1,22	1,15	1,38	1,20	1,30
Ni (mg/kg)	7	1,40	1,29	0,30	2,70	0,63	2,40
P (mg/kg)	7	1535	1490	1273	1873	1454	1653
Pb (mg/kg)	7	< 0,20	0,21	< 0,20	0,30	< 0,20	0,25
S (mg/kg)	7	924	931	852	1003	853	952
Zn (mg/kg)	7	33,7	33,1	26,9	44,4	27,2	39,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) - vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	72,4	71,2	57,8	91,4	66,3	79,2
B (mg/kg)	7	10,7	9,93	7,73	17,4	8,10	11,1
Ca (mg/kg)	7	4819	4824	3433	6273	3711	5567
Cd (mg/kg)	7	--	< 0,02	< 0,02	0,06	< 0,02	< 0,02
Cr (mg/kg)	7	--	0,13	< 0,1	0,18	< 0,1	0,15
Cu (mg/kg)	7	2,33	2,30	1,93	2,86	2,09	2,48
Fe (mg/kg)	7	36,4	35,8	31,6	40,8	33,0	39,4
K (mg/kg)	7	4630	4606	3084	5736	4331	5223
Mg (mg/kg)	7	1354	1415	1062	1849	1115	1455
Mn (mg/kg)	7	307	161	76,3	860	114	521
N (%)	7	1,27	1,28	1,04	1,45	1,18	1,35
Ni (mg/kg)	7	0,68	0,53	0,46	1,14	0,46	1,03
P (mg/kg)	7	1507	1601	1108	1825	1217	1626
Pb (mg/kg)	7	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,26	< 0,20	0,21
S (mg/kg)	7	882	878	814	949	841	916
Zn (mg/kg)	7	41,6	43,5	31,5	55,0	33,8	46,8
N/K	7	2,84	2,71	2,23	4,29	2,26	3,00
Ca/Mg	7	3,70	3,35	2,01	4,99	3,01	4,89

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.7.1.5 Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2022/23)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	124	144	49,1	178	90,2	153
B (mg/kg)	7	13,9	14,8	9,15	16,6	11,2	16,5
Ca (mg/kg)	7	6154	5100	3531	10090	3729	9140
Cd (mg/kg)	7	--	0,04	< 0,02	0,12	< 0,02	0,09
Cr (mg/kg)	7	0,19	0,18	0,14	0,24	0,15	0,23
Cu (mg/kg)	7	2,02	2,05	1,63	2,37	1,69	2,32
Fe (mg/kg)	7	48,0	48,7	37,2	56,4	44,9	52,2
K (mg/kg)	7	4379	3947	3662	5444	3719	5165
Mg (mg/kg)	7	1187	1193	824	1994	894	1231
Mn (mg/kg)	7	760	794	152	1820	311	980
N (%)	7	1,15	1,18	0,98	1,27	1,10	1,21
Ni (mg/kg)	7	0,84	0,64	0,20	1,70	0,36	1,51
P (mg/kg)	7	1283	1197	983	1584	1167	1505
Pb (mg/kg)	7	--	0,26	< 0,20	0,30	< 0,20	0,30
S (mg/kg)	7	875	908	721	1011	806	920
Zn (mg/kg)	7	32,0	30,1	23,7	43,5	26,5	40,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	7	94,1	89,8	75,8	127	79,2	105
B (mg/kg)	7	10,5	10,1	6,26	19,1	6,76	11,0
Ca (mg/kg)	7	7525	7585	4852	11770	5904	7915
Cd (mg/kg)	7	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	< 0,02	0,02
Cr (mg/kg)	7	0,15	0,14	0,11	0,22	0,11	0,20
Cu (mg/kg)	7	1,70	1,62	1,37	2,30	1,46	1,99
Fe (mg/kg)	7	48,7	47,7	41,5	59,5	43,5	55,8
K (mg/kg)	7	4886	4702	3081	6715	4428	5776
Mg (mg/kg)	7	1571	1542	985	2439	1050	2274
Mn (mg/kg)	7	389	193	89,4	1062	131	655
N (%)	7	1,21	1,23	1,01	1,36	1,15	1,30
Ni (mg/kg)	7	0,62	0,51	0,44	1,01	0,47	0,85
P (mg/kg)	7	1566	1531	1009	2353	1011	1827
Pb (mg/kg)	7	< 0,20	0,21	< 0,20	0,27	< 0,20	0,24
S (mg/kg)	7	900	887	838	969	855	955
Zn (mg/kg)	7	38,0	38,1	26,3	55,5	26,3	47,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

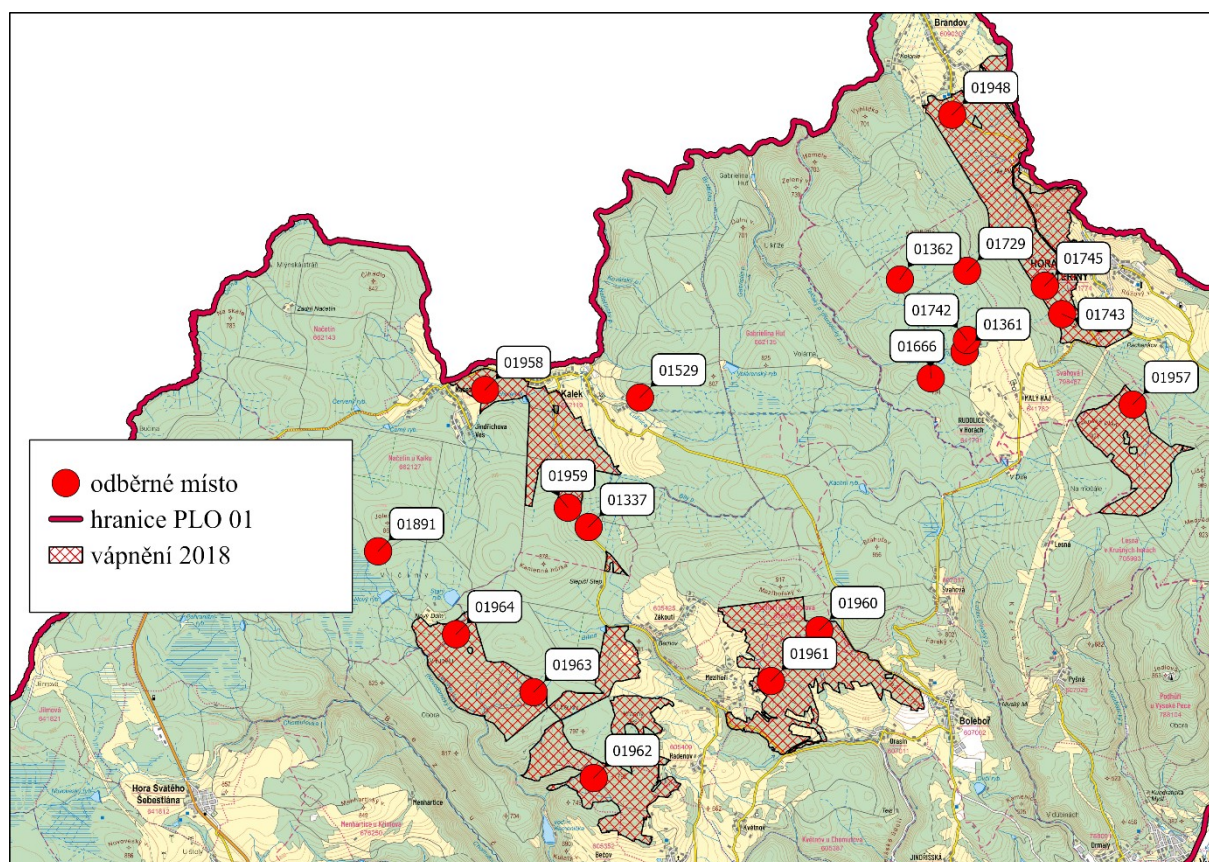
5 Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

5.1 Úvod pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

Na vybraných plochách, územně spadajících pod Lesní správu Klášterec, Lesní správu Arcibiskupství pražského, Lesy města Jirkova, obec Boleboř a Lesy Jezeří k.s., provedli pracovníci ÚKZÚZ v roce 2023 odběr vzorků pro zjištění účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace. Toto vzorkování bylo vykonáno na základě specifikace činnosti č.j. MZE-4583/2023-16212.

Ke kontrole účinnosti vápnění byly použity výsledky z jedenácti porostů povápněných v roce 2018 a z osmi kontrolních porostů (tj. v posledních deseti letech nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2018 (před provedením vápnění), 2020 (dva roky po vápnění) a 2023 (pět let po vápnění). Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2019, 2021 a 2023.

Pro úplnost je třeba zmínit údaje z dostupných databází, ze kterých vyplývá, že vápněné porosty na odběrném místě (OM) 01958 a 01959 byly povápněny už v roce 2000, porost na OM 01960 v roce 2001 a porosty na OM 01961, 01963 a 01964 v roce 2002. Na kontrolním odběrném místě OM 01337 proběhlo vápnění v roce 2000 a v porostech na OM 01362, 01666 a 01729 pak v roce 2006.



Obr. 5.1: Přehledová mapa vápněných ploch a odběrných bodů

5.2 Metodika pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

- 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 systém), version 12, software R version 4.3.0 (2023), The R Foundation for Statistical Computing
- Mapové podklady byly vypracovány v softwaru ArcGIS Pro 3.0.3 (2022), Esri Inc. All Rights Reserved
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 5.1
- Pro slovní hodnocení obsahů prvků v půdě a v asimilačních orgánech smrku ztepilého a břízy bělokoré byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013)

Tab. 5.1: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2018	2020	2023	2019	2021	2023
Porost	Vápněný	2018		Ano	Ano	Ano		
		2020	Ano		Ano		Ano	
		2023	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2019	Ano				Ano	Ano
		2021		Ano		Ano		Ano
		2023			Ano	Ano	Ano	

5.3 Popis odběrných míst pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

Za účelem vyhodnocení účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace došlo k odběru vzorků půdy a asimilačních orgánů na vápněných i kontrolních plochách (Obr. 5.1). Odběrná místa byla topograficky stabilizována a výsledky chemických analýz jsou archivovány.

Jako vápněná a kontrolní stanoviště byly převážně zvoleny porosty typově a charakterově nejvíce připomínající náhradní porosty břízy, jeřábu a smrku v různých fázích výchovy (Tab. 5.2). Na některých plochách už lze sledovat začínající přeměnu náhradních porostů na cílovou dřevinnou skladbu. Lesní typ na odběrném místě 01963 (8G3) odpovídá spíše sousedním stanovištím, která jsou sušší a kyselejší.

Tab. 5.2: Seznam odběrných míst

Vápněné	Vlastník	Zastoupení dřevin	Lesní typ	Hornina
01743	LS Klášterec	BR 100, SM +	6S2	hlinito-kamenitý, bal. až blok. sediment
01745	LS Klášterec	BR 100	6S2	hlinito-kamenitý, bal. až blok. sediment
01948	LS Klášterec	BK 100, BR +	5S2	arkózy, pískovce, jílovce, prachovce
01957	Lesy Jezeří, k.s.	BR 90, MD 8, JR 2	7K5	ortorula
01958	LS Klášterec	BR 100	7K5	ortorula
01959	LS Klášterec	SM 100, BK +	7K5	ortorula
01960	město Jirkov	BR 95, JR 5, SM +, MD +	6K5	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01961	obec Boleboř	BR 95, JR 5	6K1	ortorula
01962	Arcibiskupství pražské	BR 100, MD +, SM +, OS +	6K1	ortorula
01963	Arcibiskupství pražské	BR 90, SMP 8, MD 2	8G3	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01964	Arcibiskupství pražské	BR 90, OL 10	7K3	ortorula
Kontrolní	Vlastník	Zastoupení dřevin	Lesní typ	Hornina
01337	LS Klášterec	BR 95, BO 20, BK +	7K5	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01361	LS Klášterec	SM 90, BR 10, VR +	7K5	ortorula
01362	LS Klášterec	SM 100, BK +	7K5	alkalický olivinický bazalt
01529	LS Klášterec	BR 100	7K5	ortorula
01666	LS Klášterec	BK 60, SM 20, JR 20	7K5	ortorula
01729	LS Klášterec	BR 100, BK +, SM +	7K5	pararula svorového vzhledu
01742	LS Klášterec	BR 76, SMP 24	7K5	pararula svorového vzhledu
01891	Arcibiskupství pražské	BR 90, SM 10	7K3	pararula svorového vzhledu

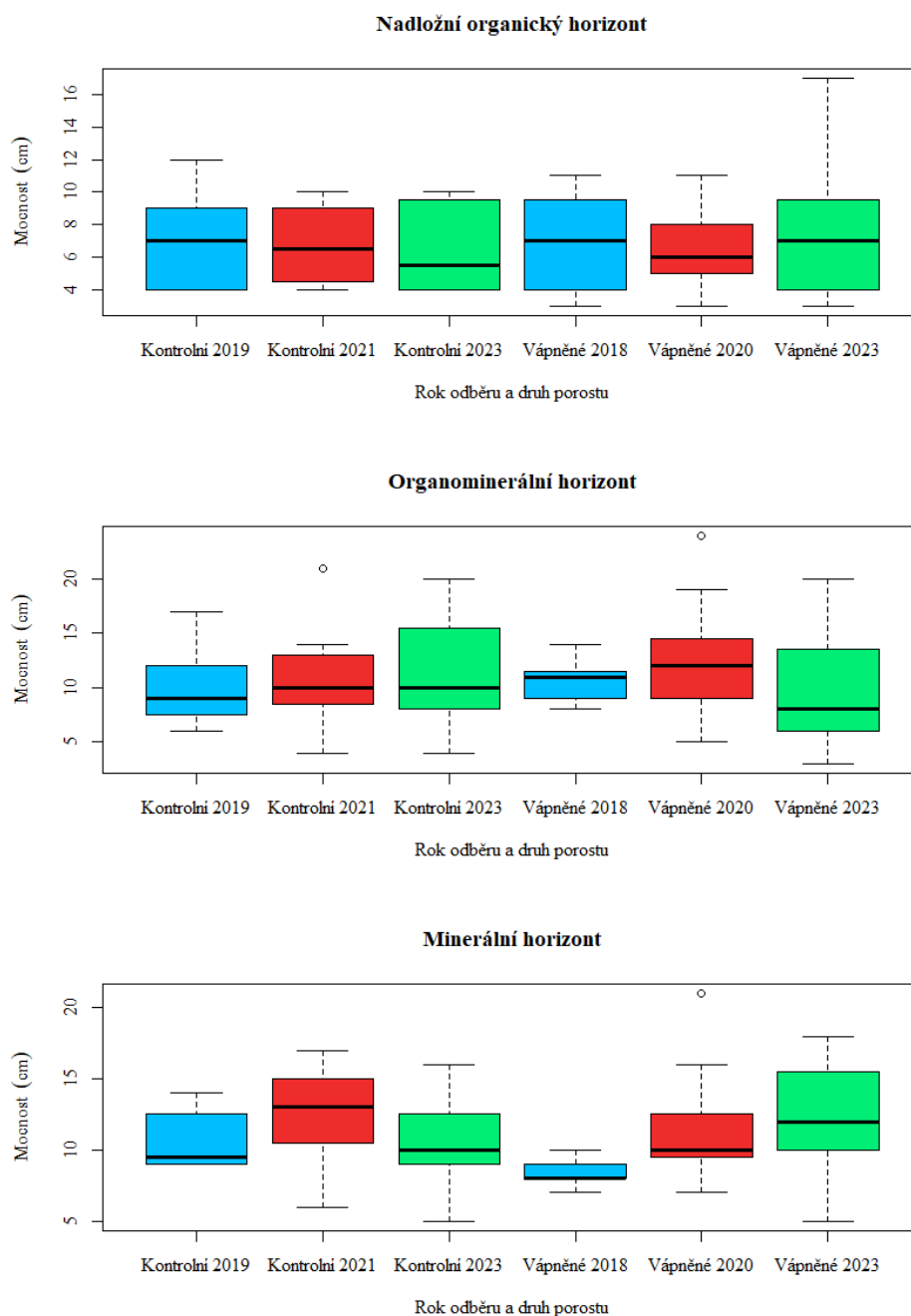
Matečná hornina má velký vliv na vlastnosti půd. Tyto vlastnosti se odvíjejí od typu této horniny. Dle tabulky se pohybujeme na minerálně bohatých (alkalický bazalt), minerálně středně bohatých (ortorula, pararula) a minerálně slabých půdách (arkózy). (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2017)

Tab. 5.3: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť – vápněné porosty

Vápněné	Nadložní organický horizont	Organominerální horizont	Minerální horizont
01743	travnatý drn, silně prorostlý, převládá H, přechod hladký	hnědý, 7.5YR5/4, shora humózní, písčito-jílovito-hlinitá, drobivá, sypká	7.5YR6/6, skořicově hnědá, jílovito-hlinitá, vlhká, drobivá
01745	filcovitý, prokořeněný, přechod hladký	7.5YR3/2, tmavě hnědá, místy vysvětlená, 7.5YR6/1, silně humózní, písčito-jílovito-hlinitá, hrudkovitá, drobivá	růžově žlutá, 7.5YR6/6, místy 2.5Y6/1 olivově zelená, proudící voda profilem, hrubě hranolovitá, vazká, jílovitá
01948	převládá H, silně prokořeněný, přechod hladký	5YR4/4, tmavě hnědá, silně prokořeněná, hlinitá, krupnatá, sypká	5YR5/6, rezivě hnědá, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná, vazká, příměs písku
01957	moder, místy převládá H krémovitý, jinak filcovitý F, přechod hladký, souvislý drn	tmavě hnědá, místy narůžovělá, 7.5YR3/2, slabě humózní, hlinitá, krupnatá-drobtovitá, kyprá	hnědá, 7.5YR4/3, jílovito-hlinitá, středně hranolovitá, soudržná
01958	mulová forma, převládá F, přechod hladký	tmavě hnědý, shora humózní, přechází do rezavě, 10YR2/2, písčito-hlinitá, drobtovitá, kyprá, silně prokořeněná	hnědá, 7.5YR4/3, hlinito-písčitá, drobivá, sypká
01959	morová až moderová forma, místy nevyvinutý, H silně prokořeněný, přechod hladký	hnědá, 5YR5/4, písčito-hlinitá, krupnatá-hrudkovitá, kyprá,	rezivá, 5YR5/6, jílovito-hlinitá, středně hranolovitá-vazká
01960	organický horizont plně vyvinut, převládá H, přechod hladký	hnědá, shora humózní, místy vybělená, 7.5YR4/3, hlinito-písčitá, drobtovitá, kyprá	Hnědá, do spod rezivá, 7.5YR4/6, písčito-hlinitá, hrudkovitá, drobivá, kyprá
01961	převládá H, silně prokořeněný, přechod hladký	hnědá, 7.5YR2.5/3, humózní, prachovito-hlinitá, krupnatá-drobtovitá, sypká, silně prokořeněná	žlutavě hnědá, 7.5YR4/6, písčito-hlinitá, drobtovitá-hranolovitá, kyprá
01962	horizont plně vyvinut (moder), přechod hladký	hnědá, 7.5YR3/2, písčito-hlinitá, krupnatá-sypká, shora silně humózní	žlutavě hnědá, 7.5YR4/4, hlinito-písčitá, hrudkovitá, hranolovitá, sypká
01963	nevyvinutý mul, převládá F	tmavě hnědá, 7.5YR3/3, shora humózní, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, kyprá	hnědá, 7.5YR4/4, jílovito-hlinitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná-vazká
01964	plně vyvinut, moder-mor, H krémovitý, přechod ostrý	šedá-hnědá, 7.5YR5/3, hlinito-písčitá, krupnatá-drobtovitá, kyprá	šedá-rezivá, 5YR4/6, hlinito-písčitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná

Tab. 5.4: Popis půdního prostředí šetřených stanovišť – kontrolní porosty

Kontrolní	Nadložní organický horizont	Organominerální horizont	Minerální horizont
01337	souvislý drn, převládá H	tmavě šedá až černá, 10YR5/2, hlinito-písčítá, soudržná	hnědá, 7.5YR5/4, místy vybělená, 7.5YR6/2, hlinitá, soudržná
01361	prokořeněný drn, převládá H	7.5YR3/1, tmavě hnědá, shora mírně humózní, prokořeněná, drobná, sypká, hlinito-písčítá, mírně vlhká	žlutavě hnědá, 10YR4/4, drobtovitá, drobná, písčito-hlinitá, mírně vlhká, soudržná
01362	souvislý drn, převládá H	tmavě hnědá až černá, 7.5YR2.5/1, silně prokořeněná, hlinitá, hrudkovitá, drobná	hnědá, 10YR3/3, hlinitá, hrudkovitá, drobná, kyprá, mírně vlhká
01529	filcovitý, prokořeněný, místy nevyvinut, místy dominuje H	kávově hnědá, 7.5YR2.5/2, středně humózní, prachovitá, krupnatá, drobtovitá, drobná	7.5YR4/6, převládá šedý redukční horizont, místy rezivá, jílovito-hlinitá, soudržná až vazká
01666	surový humus, převládá H, přechod ostrý	humózní, kávově hnědá, 7.5YR3/4, hlinitá, místy redukční horizont, 7.5YR6/2, krupnatá až drobtovitá, drobná	rezivá, 7.5YR6/6, jílovito-hlinitá, příměs písku, hranolovitá, soudržná
01729	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR3/2, shora silně humózní, písčito-hlinitá, drobná	hnědá, 7.5YR4/6, místy až rezivá, písčito-hlinitá, drobná, sypká
01742	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, místy vysvětlená, 7.5YR3/4, mírně vlhká, drobtovitá, drobná, písčito-hlinitá	hnědá, 7.5YR4/6, mírně vlhká, drobtovitá, drobná, písčito-hlinitá
01891	slabý, prokořeněný, přechod ostrý	málo vyvinutý, hnědá, 7.5YR5/4, skořicová, hlinitá, drobtovitá, drobná	skořicově hnědá, 7.5YR7/8, hranolovitá, soudržná, jílovito-hlinitá



Obr. 5.2: Hodnocení shody mocností (cm) vzorkovaných horizontů

Mocnost nadložních organických horizontů se dlouhodobě pohybuje v rozmezí 4 – 10 cm a během sledování zde nedošlo k žádným významným změnám (Obr. 5.2).

V organominerálních horizontech můžeme pozorovat drobné rozdíly v mocnostech horizontů jak na lokalitách vápněných, tak kontrolních.

V minerálním horizontu pozorujeme u kontrolních ploch mírnou fluktuaci dat. U vápněných ploch pozorujeme od začátku odběru mírný nárůst mocností jako důsledek snahy zlepšit kvalitu odebraných půdních vzorků.

Tyto výkyvy však nejsou překážkou pro posouzení vlivu vápnění na daných lokalitách.

5.4 Výsledky pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

5.4.1 Půda

5.4.1.1 Nadložní organický materiál

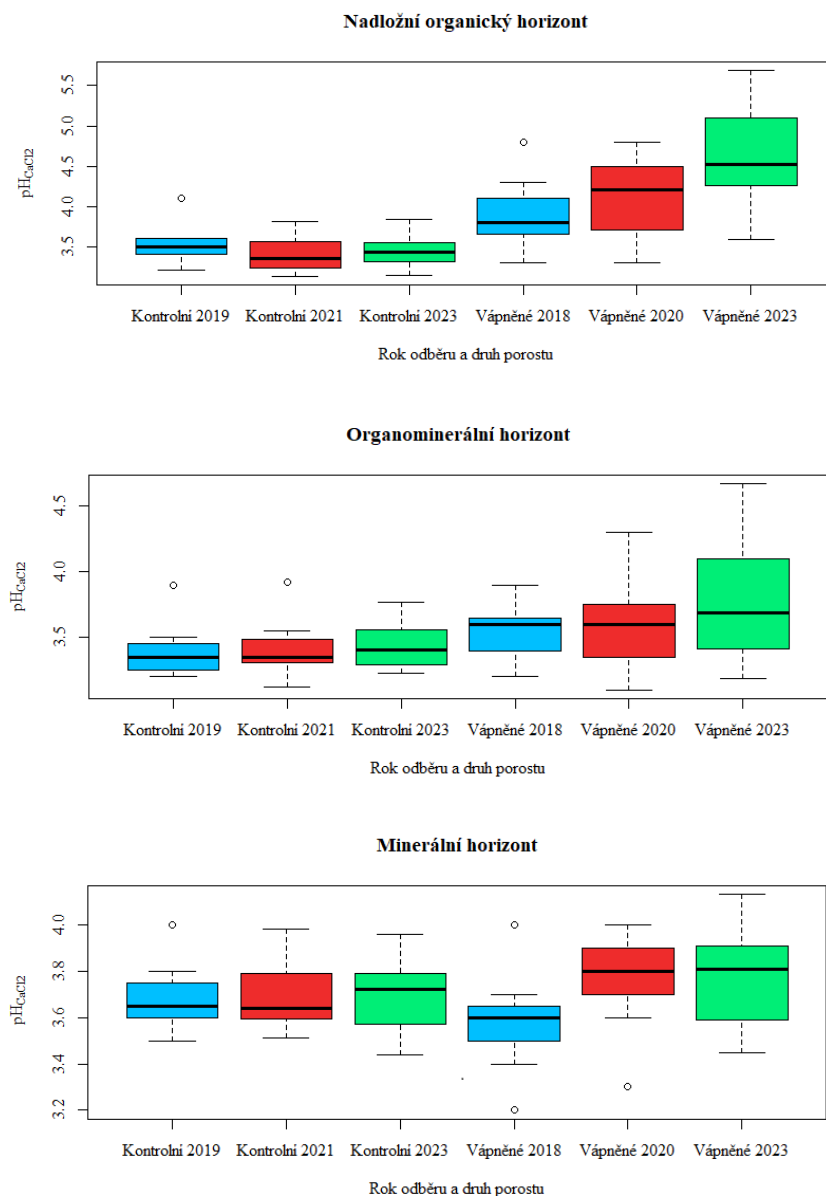
V nadložním organickém horizontu můžeme pozorovat významné navýšení množství organického materiálu na vápněných stanovištích. Ovšem také na kontrolních stanovištích došlo od roku 2019 k mírnému navýšení (Tab. 5.5). Z nárůstu hodnot na obou typech odběrných míst usuzujeme, že větší množství nadložního humusu v nadložním organickém horizontu nemá spojitost s vápněním lesa. Často se zde jedná o půdy velice kamenité s velmi proměnlivou hloubkou odběru. Zásadní vliv také mohou mít začínající přeměny porostu nebo částečné rekonstrukce náhradních porostů.

Tab. 5.5: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	95,5	138	146	123	154	149
pH _{CaCl2}	3,87	4,13	4,65	3,54	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,57	4,89	5,21	4,35	4,11	4,31
N (%)	1,31	1,16	1,00	1,26	1,08	1,03
C _{ox} (%)	24,0	21,7	23,6	20,3	18,0	23,7
C/N	18,1	18,6	23,3	16,0	16,2	23,1
Organominerální horizont						
pH _{CaCl2}	3,55	3,59	3,79	3,40	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,19	4,50	4,59	4,15	4,17	4,22
Vým. acidita (mekv./kg)	138	141	125	142	139	114
C _{ox} (%)	5,13	4,65	5,14	4,64	4,25	3,99
N (%)	0,32	0,28	0,30	0,31	0,26	0,23
C/N	15,9	16,6	17,8	15,0	16,2	16,8
Minerální horizont						
pH _{CaCl2}	3,58	3,76	3,78	3,69	3,69	3,70
pH _{H2O}	4,27	4,74	4,63	4,39	4,45	4,46
Vým. acidita (mekv./kg)	109	108	98,9	99,0	95,5	101
C _{ox} (%)	3,19	2,43	2,85	2,98	2,73	2,55
N (%)	0,20	0,16	0,15	0,21	0,18	0,17
C/N	15,5	14,9	18,8	13,5	14,5	13,4

5.4.1.2 Půdní chemická reakce

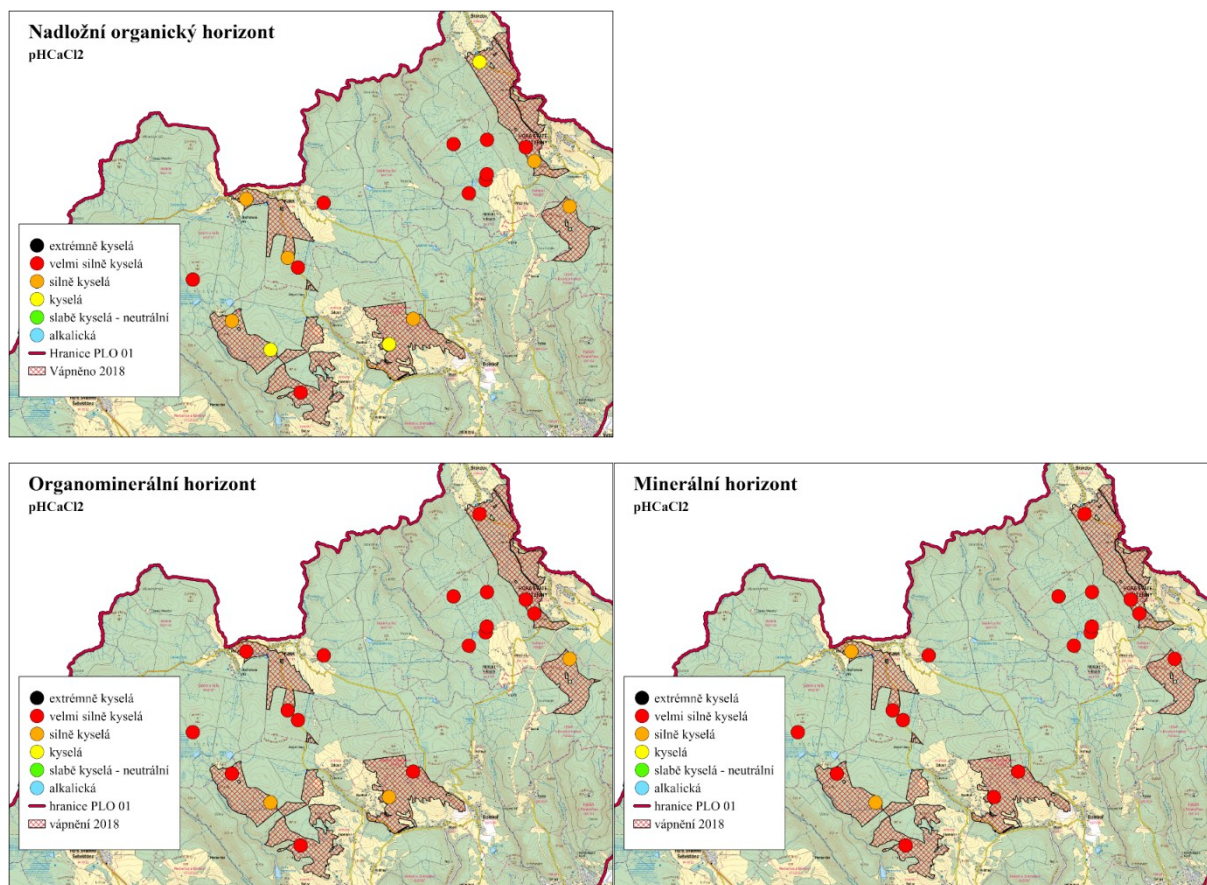
Vliv vápnění se projevuje na hodnotách půdní chemické reakce výměnné (pH_{CaCl2}) i aktivní (pH_{H2O}). V nadložních organických horizontech vápněných stanovišť je i po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší pH v porovnání s hodnotami zjištěnými před vápněním. U půdní reakce výměnné se hodnoty, které před vápněním odpovídaly kategorii “velmi silně kyselá”, zvedly až na kategorii “silně kyselá” (Obr. 5.3). Vliv vápnění je dále potvrzen také přibližně stálými hodnotami pH na kontrolních stanovištích.



Obr. 5.3: Půdní reakce výměnná ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

U organominerálního a minerálního horizontu pozorujeme na vápněných plochách podobný trend. Hodnoty pH u šetřených půd ale stále setrvávají na hraně kategorie „velmi silně kyselá“ až „silně kyselá“. Optimální hodnota výměnného pH ve smrkových porostech by měla být $5,0 \pm 0,2$, hodnoty naměřené na vápněných lokalitách jsou tedy stále pod hranicí optima (DUŠEK, 1997).

V organominerálním a minerálním horizontu byl potvrzen pozitivní vliv vápnění. Zatímco se půdní reakce aktivní i výměnná na vápněných stanovištích zvyšuje, v kontrolních porostech se hodnota pH oproti hodnotám z prvního měření za pět let sledování téměř nezměnila.



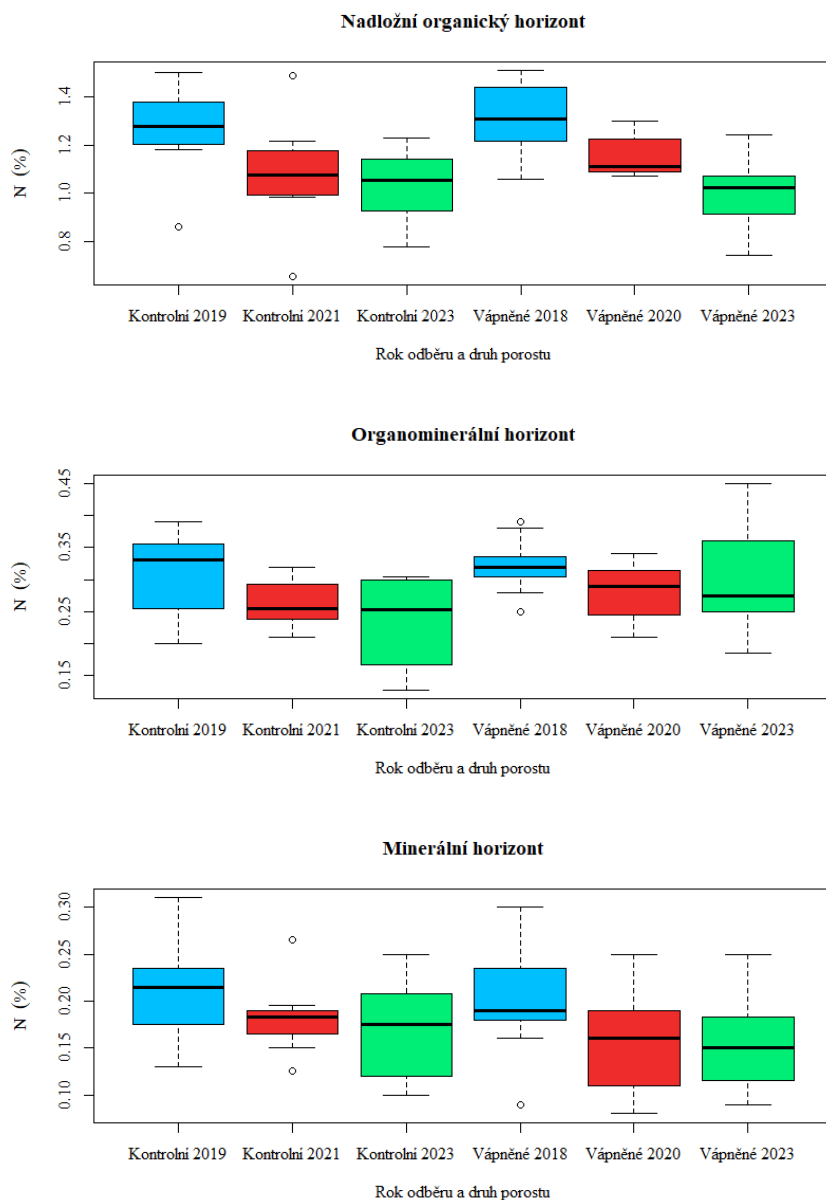
Obr. 5.4: Kartogramy hodnocení půdní reakce výměnné ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

5.4.1.3 Celkový dusík

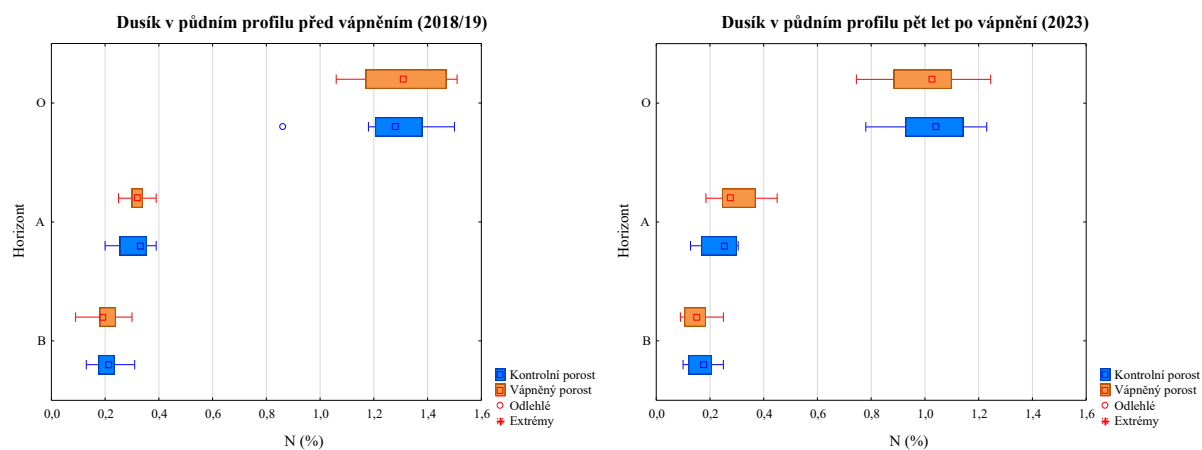
Obsah dusíku (N) se v nadložních horizontech vápněných i kontrolních porostů významně snižuje (Tab. 5.5). Na vápněných i kontrolních stanovištích se podle klasifikace FIALA A KOL. (2013) jedná o snížení z vysoké úrovně (2018) na vyhovující (2023).

Mírný pokles hodnot obsahu dusíku ve sledovaném období můžeme pozorovat i v organominerálních a minerálních horizontech na vápněných i kontrolních lokalitách.

Ačkoli literatura uvádí, že pokles obsahů dusíku a spalitelného uhlíku může být pozorován už po jednom roce od vápnění (LETTL, 1991), z výsledků je patrný jejich pokles i na kontrolních plochách. Z tohoto důvodu tuto změnu nemůžeme připsat účinkům vápnění. Podobný průběh byl zaznamenán v rámci kontroly účinnosti vápnění po pěti letech i na jiných lokalitách (REININGER A KOL., 2024).



Obr. 5.5: Obsah dusíku (N) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 5.6: Změny v obsahu dusíku v půdním profilu

5.4.1.4 Oxidovatelný uhlík

V nadložních organických horizontech i v minerální části půdního profilu vápněných porostů nedošlo v průběhu sledování k žádným výraznějším změnám. Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) zde pouze nevýznamně kolísá (Tab. 5.5).

5.4.1.5 Poměr C/N

S obsahem celkového dusíku a oxidovatelného uhlíku souvisí poměr C/N, jehož hodnoty reagují zejména na pokles obsahu dusíku v celém půdním profilu.

Celkově můžeme konstatovat, že se pohybujeme u nadložního organického horizontu na rozhraní mullové a moderové humusové formy. Dle VAVŘÍČKA A KUČERY (2017) se mullová forma vyznačuje poměrem C/N (10-20), moderová forma pak poměrem cca 20. Důležitá je však také hodnota pH.

5.4.1.6 Fosfor

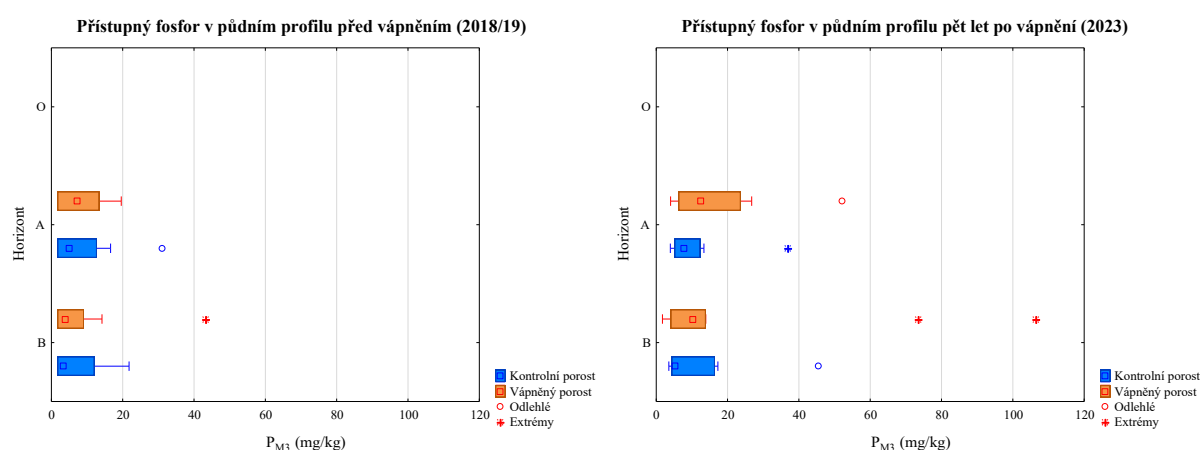
V nadložních organických horizontech vápněných stanovišť nebyla zjištěna žádná významná změna, můžeme zde pozorovat pouze drobné zvýšení obsahu extrahovatelného fosforu (P_{dus}). Během pětiletého zkoumaného období je zde jeho obsah klasifikován jako vyhovující.

Tab. 5.6: Průměrný obsah makroprvků v šetřených horizontech

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
P_{dus} (mg/kg)	891	940	896	1082	949	966
K_{dus} (mg/kg)	1271	1352	1320	1444	1308	1421
Ca_{dus} (mg/kg)	2955	5841	4976	1650	1308	1276
Mg_{dus} (mg/kg)	1285	2831	2223	1049	884	763
Organominerální horizont						
P_{M3} (mg/kg)	8,32	18,9	17,0	8,99	10,9	11,4
K_{M3} (mg/kg)	74,8	80,9	107	84,7	77,4	84,7
Ca_{M3} (mg/kg)	348	414	660	202	178	144
Mg_{M3} (mg/kg)	126	157	281	59,0	55,3	45,9
P_{dus} (mg/kg)	173	189	175	162	170	128
K_{dus} (mg/kg)	180	144	196	156	168	160
Ca_{dus} (mg/kg)	491	584	1016	300	251	200
Mg_{dus} (mg/kg)	513	458	573	257	303	245
Minerální horizont						
P_{M3} (mg/kg)	8,25	25,6	22,6	7,19	9,36	12,7
K_{M3} (mg/kg)	51,8	49,2	51,6	52,8	50,3	55,3
Ca_{M3} (mg/kg)	124	117	214	100	115	99,6
Mg_{M3} (mg/kg)	55,6	51,8	80,7	34,2	34,6	28,8
P_{dus} (mg/kg)	163	229	218	177	161	163
K_{dus} (mg/kg)	181	135	146	164	193	156
Ca_{dus} (mg/kg)	214	218	311	202	198	167
Mg_{dus} (mg/kg)	534	448	473	450	485	422

Také v organominerálním a minerálním horizontu vápněných porostů nedošlo během sledovaného období k žádným výraznějším změnám a obsah P_{dus} je zde poměrně stabilní. V organominerálních horizontech je hodnocen jako nízký a v minerálních horizontech jako vyhovující.

Obsah přístupného fosforu (P_{M3}) je v organominerálním a minerálním horizontu vápněných porostů po pěti letech od vápnění srovnatelný se situací zjištěnou před vápněním (Obr. 5.7) a statisticky významně se neliší ani od obsahu zjištěného v půdním profilu kontrolních porostů. Ve vápněných porostech je obsah P_{M3} v organominerálních a minerálních horizontech podle hodnoty mediánu klasifikován jako nízký.



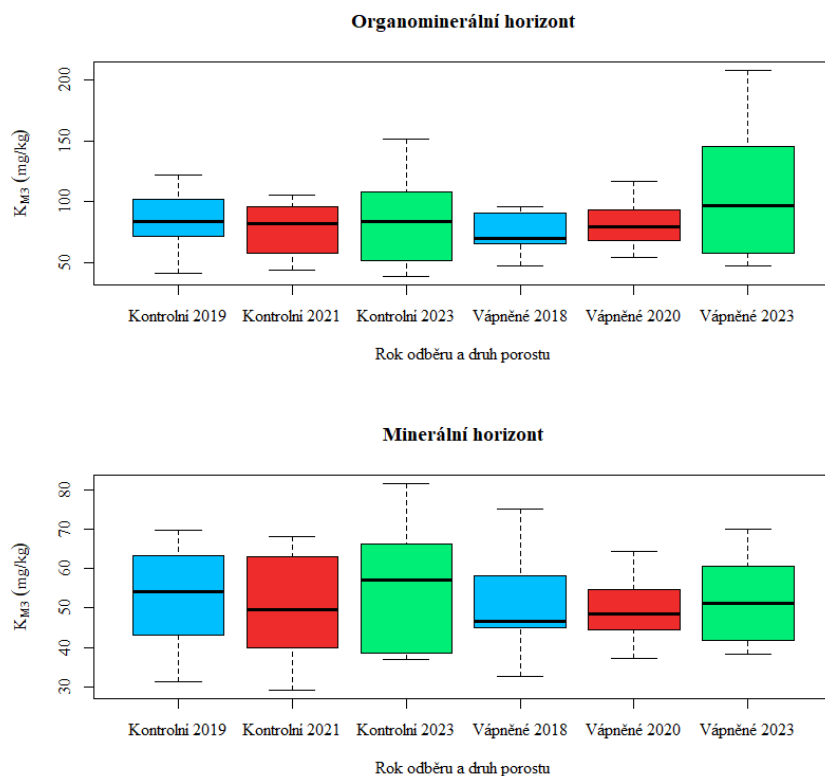
Obr. 5.7: Přístupný obsah fosforu (P_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů před vápněním a pět let po vápnění

5.4.1.7 Draslík

Obsahy extrahovatelného draslíku (K_{dus}) v nadložním horizontu vápněných porostů zůstávají po celou dobu sledování na přibližně stejné úrovni (Tab. 5.6), podobně jako na kontrolních stanovištích a jsou hodnoceny jako nízké.

K výraznějším změnám v obsahu K_{dus} nedošlo ani v organominerálních a minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů. Mezi obsahem K_{dus} ve vápněných a kontrolních porostech také nebyly zjištěny významnější rozdíly.

Mírné zvyšování hodnot můžeme pozorovat u přístupného draslíku (K_{M3}), jehož obsah ale v organominerálním horizontu vápněných porostů zůstává i nadále na nízké úrovni. V minerálních horizontech vápněných porostů je obsah K_{M3} stabilní po celou dobu pozorování a jeho obsah je klasifikován jako nízký.



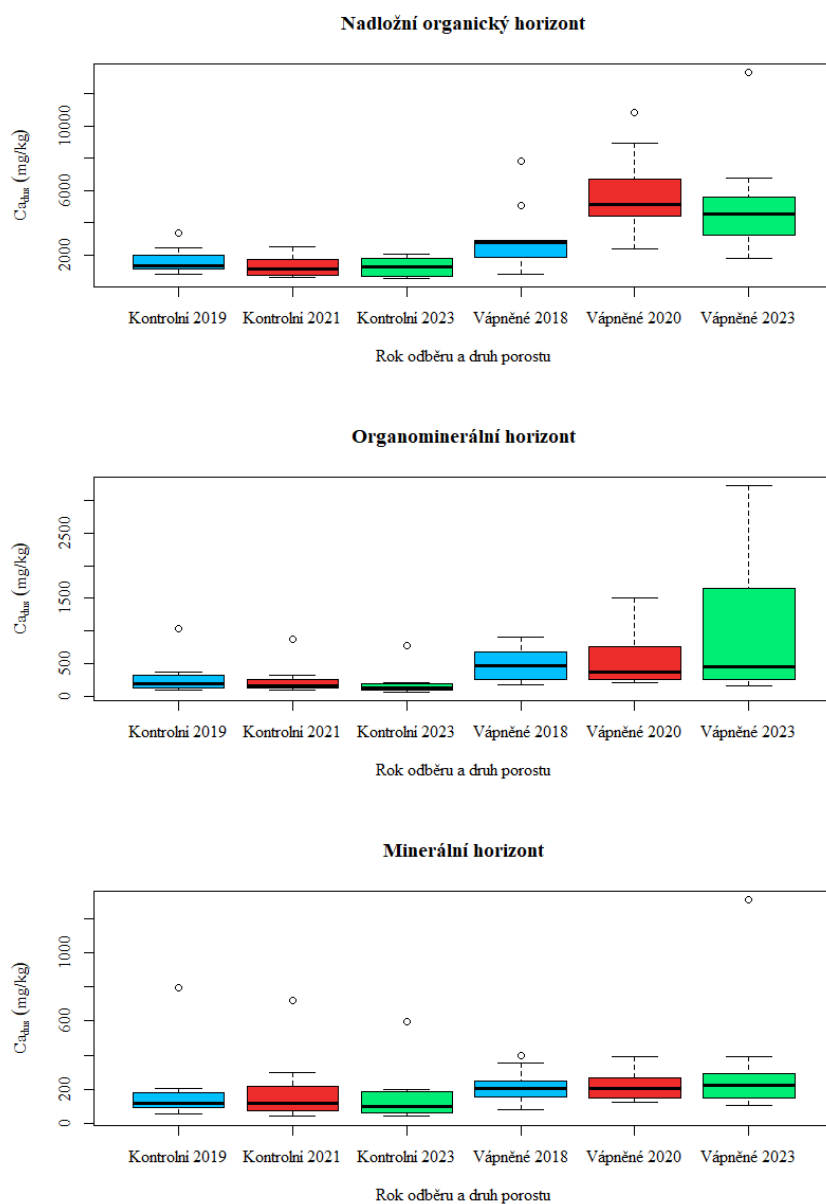
Obr. 5.8: Přístupný obsah draslíku (K_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

5.4.1.8 Vápník

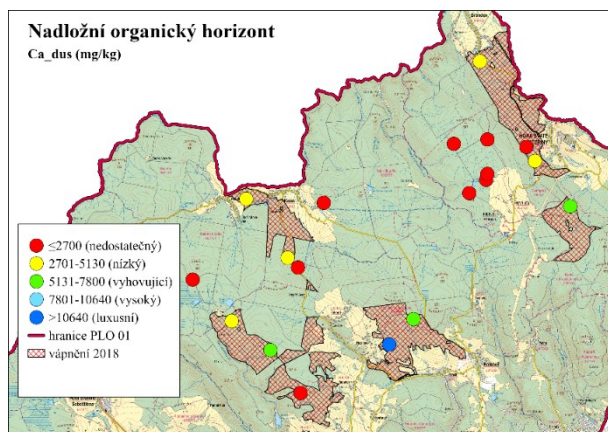
Obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je i po pěti letech od vápnění výrazně vyšší ve srovnání se situací před vápněním i se stavem v kontrolních porostech (Obr. 5.9), přesto je zde hodnocen jako nízký až vyhovující (Obr. 5.10).

Obsah Ca_{dus} v organominerálních horizontech vápněných porostů se pozvolna zvyšuje na rozdíl od kontrolních porostů, kde mírně klesá (Obr. 5.9). Přes tento pozitivní vývoj je i nadále obsah Ca_{dus} v tomto horizontu převážně hodnocen jako nedostatečný až nízký (Obr. 5.10).

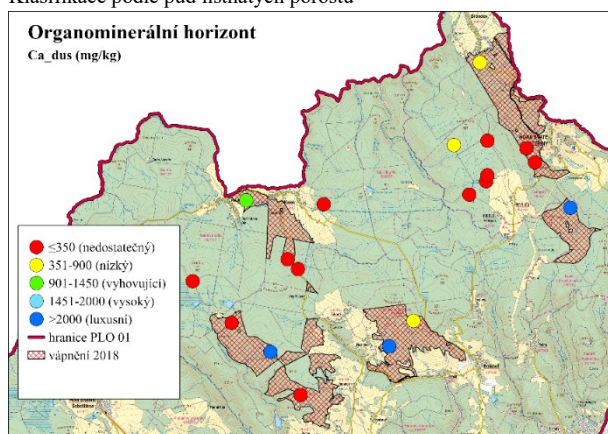
V minerálních horizontech vápněných porostů nebyly zjištěny žádné výraznější změny a obsah Ca_{dus} je zde srovnatelný s obsahem zjištěným před vápněním, což vypovídá o pomalém pronikání vápence půdním profilem.



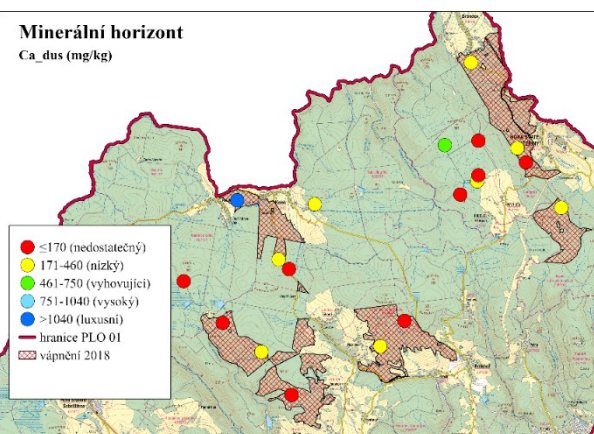
Obr. 5.9: Obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Klasifikace podle půd listnatých porostů



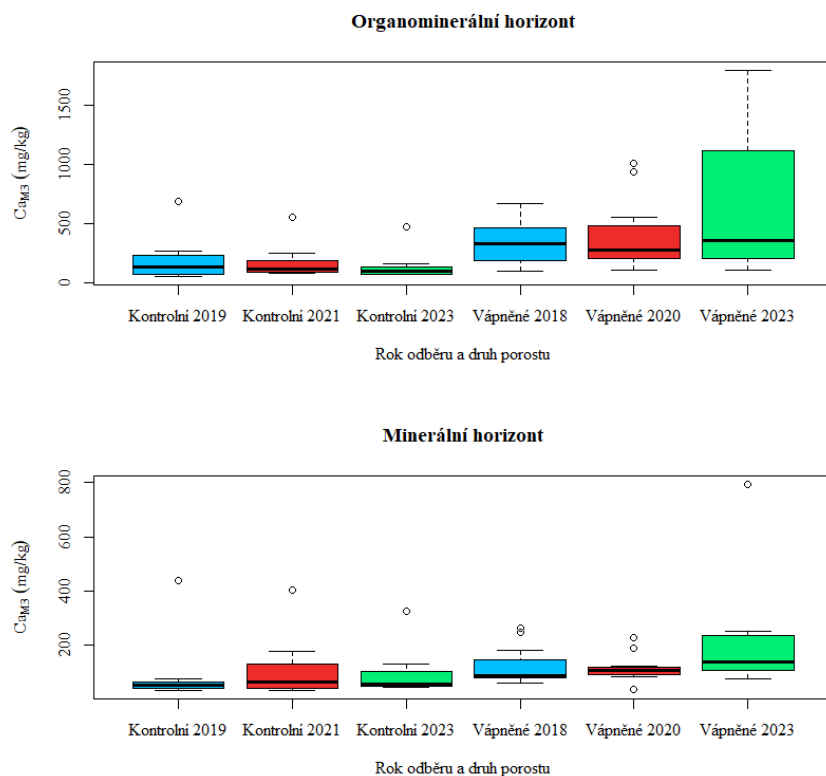
Klasifikace podle půd listnatých porostů



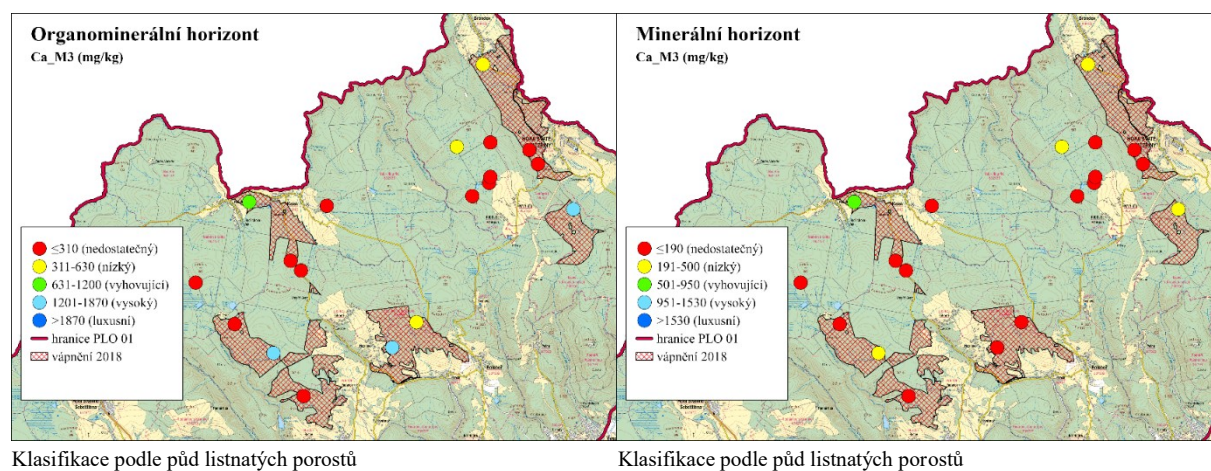
Klasifikace podle půd listnatých porostů

Obr. 5.10: Kartogramy hodnocení extrahovatelného obsahu vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

Podobně jako v případě Ca_{dus} i přístupný obsah vápníku (Ca_{M3}) se v organominerálním horizontu vápněných porostů postupně zvyšuje (Obr. 5.11). Postupné zvyšování obsahu Ca_{M3} je zaznamenáno i v minerálních horizontech vápněných porostů, což vypovídá o rychlejším pronikání této formy vápníku půdním profilem než v případě Ca_{dus}. Přes tento pozitivní vývoj je obsah Ca_{M3} v půdním profilu vápněných porostů klasifikován převážně jako nedostatečný až nízký (Obr. 5.12).



Obr. 5.11: Přístupný obsah vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



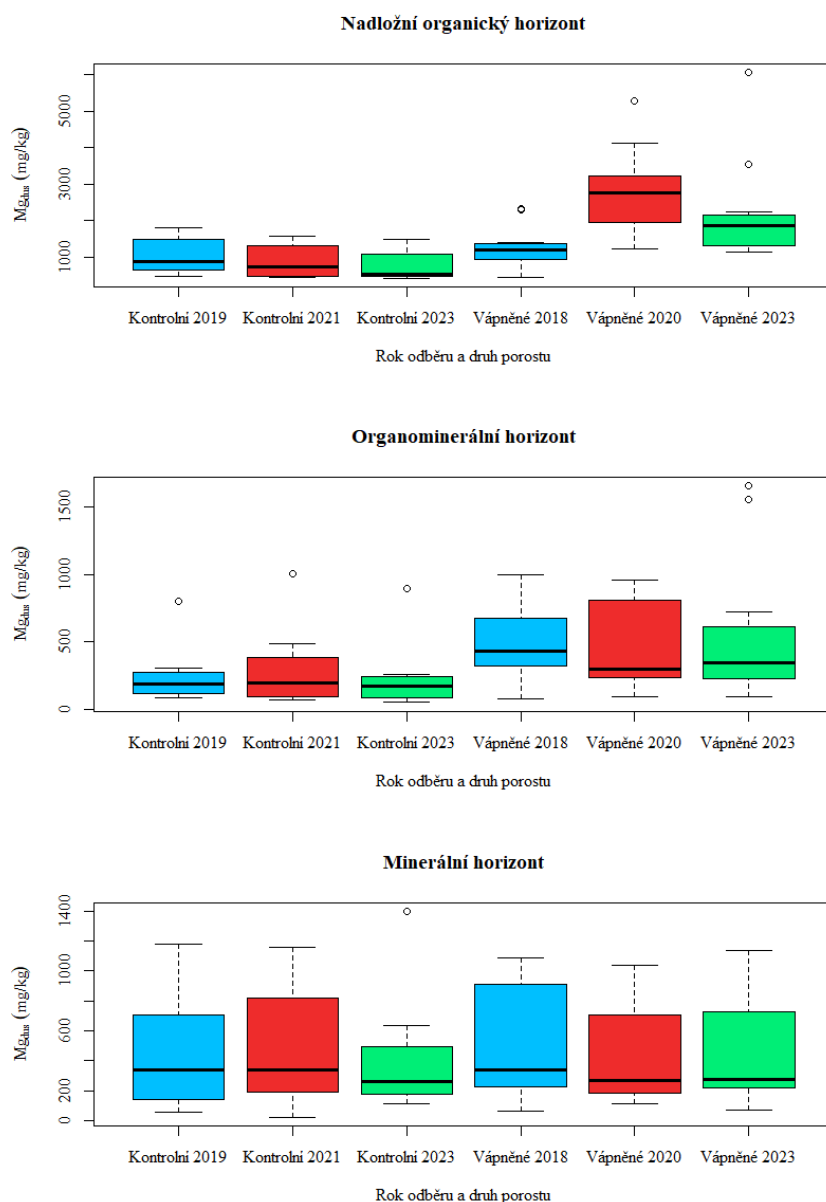
Obr. 5.12: Kartogramy hodnocení přístupného obsahu vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

5.4.1.9 Hořčík

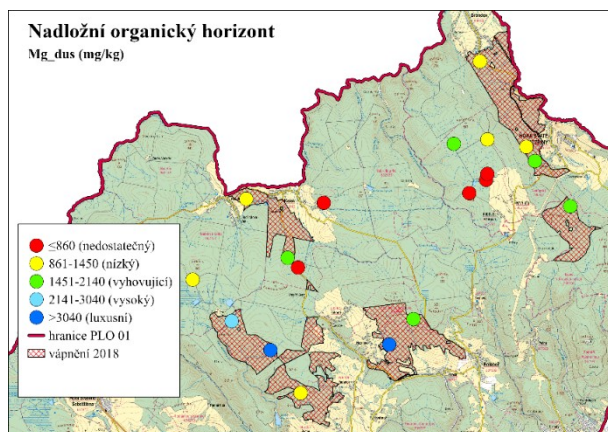
Pět let po vápnění je obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v nadložních horizontech vápněných porostů převážně hodnocen jako vyhovující až vysoký (Obr. 5.14). Zaznamenaný výrazný pokles obsahu Mg_{dus} ve srovnání s výsledky zjištěnými dva roky po vápnění (Obr. 5.13) je pravděpodobně důsledkem rychlejšího pronikání hořčíku půdním profilem.

V kontrolních porostech je pozorován průběžný pokles obsahu Mg_{dus} a jeho obsah je v tomto horizontu hodnocen jako nedostatečný až nízký.

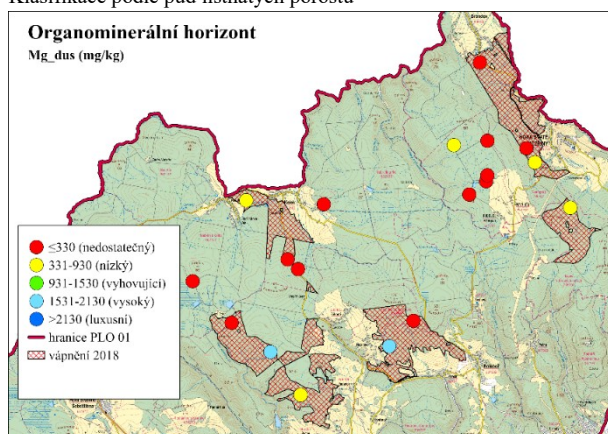
V organominerálních a minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů nebyly zjištěny v průběhu sledování žádné výraznější změny a obsah Mg_{dus} je zde poměrně stabilní. V organominerálních i minerálních horizontech vápněných porostů je obsah Mg_{dus} hodnocen převážně jako nedostatečný až nízký.



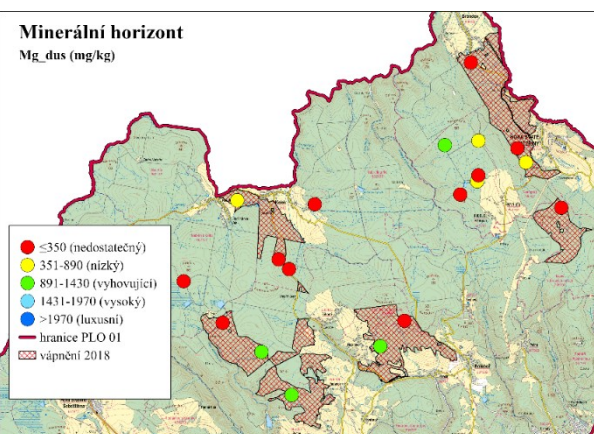
Obr. 5.13: Obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Klasifikace podle půd listnatých porostů



Klasifikace podle půd listnatých porostů



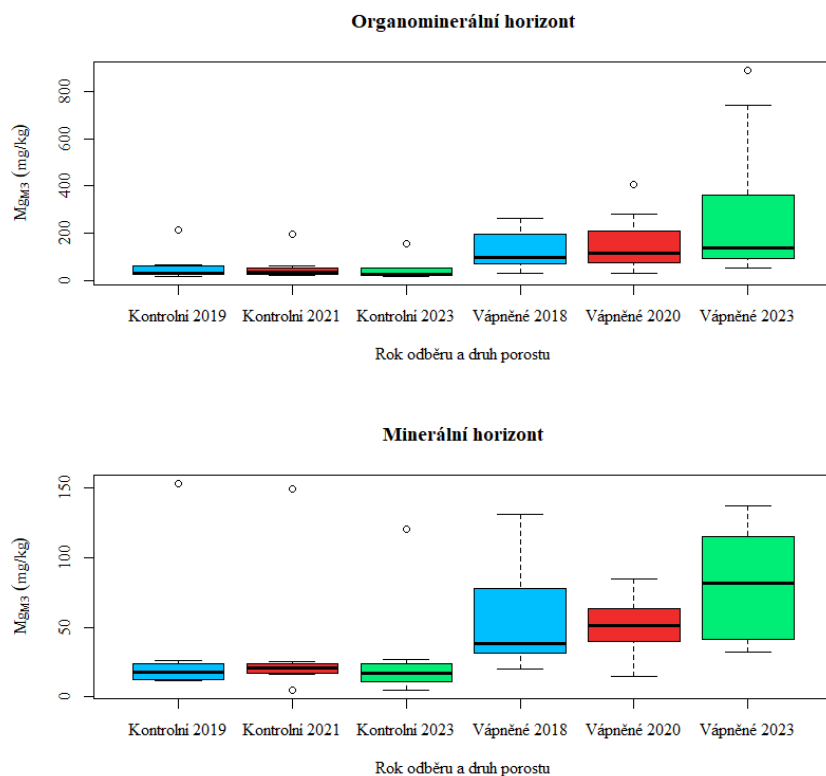
Klasifikace podle půd listnatých porostů

Obr. 5.14: Kartogramy hodnocení extrahovatelného obsahu hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

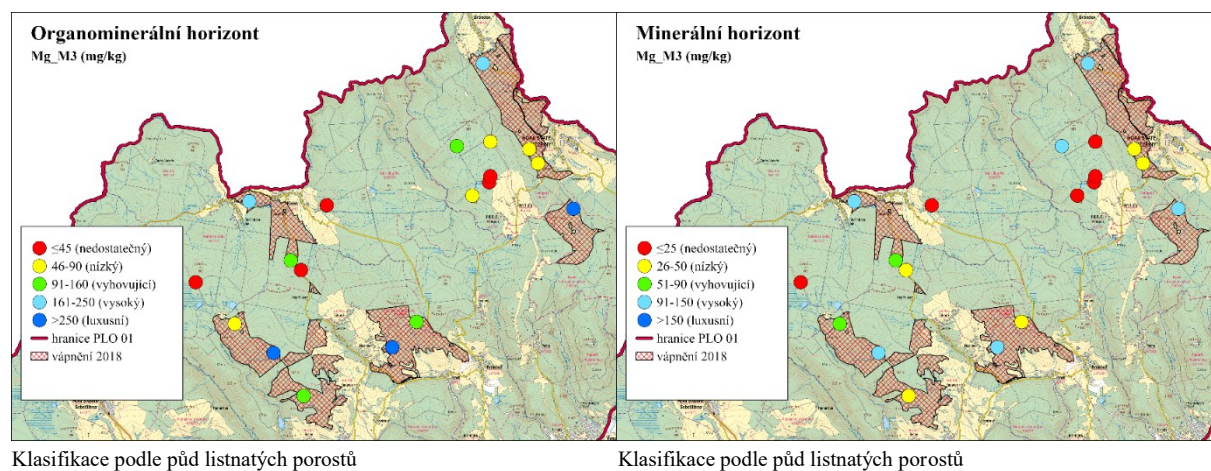
V případě přístupné formy hořčíku (Mg_{M3}) zaznamenáváme v organominerálních horizontech pozvolné zvýšení ve vápněných porostech (Obr. 5.15) a obsah Mg_{M3} hodnotíme jako vyhovující. Naopak na kontrolních stanovištích můžeme za sledované období pozorovat mírný pokles až k nedostatečnému obsahu.

Pozitivní vliv vápnění na obsah Mg_{M3} je pozorován i v minerálních horizontech (Obr. 5.15). Obsah Mg_{M3} je zde klasifikován jako vyhovující.

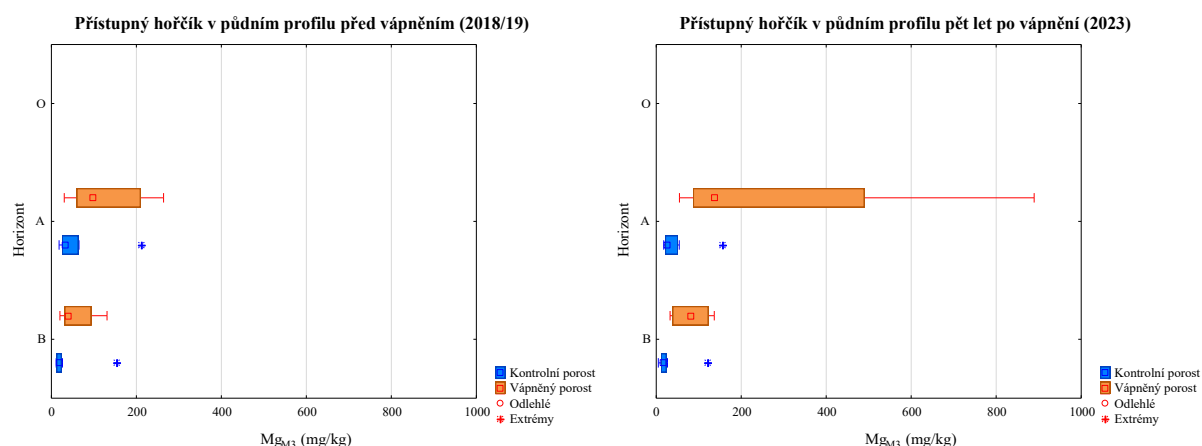
Pozitivní vliv vápnění ohledně zvýšení přístupného obsahu hořčíku v půdním profilu názorně ilustruje Obr. 5.17.



Obr. 5.15: Přístupný obsah hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 5.16: Kartogramy hodnocení přístupného obsahu hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)



Obr. 5.17: Přístupný obsah hořčíku (Mg_{M3}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

5.4.1.10 Hliník

Extrahovatelné obsahy hliníku (Al_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů ve sledovaném období výrazně kolísají (Tab. 5.7). Obsah Al_{dus} je ve vápněných i v kontrolních porostech hodnocen jako střední.

V organominerálních horizontech vápněných porostů obsah Al_{dus} postupně klesá. Vzhledem k podobnému vývoji v kontrolních porostech nedáváme tento pokles do souvislosti s vápněním. Ve vápněných porostech je obsah Al_{dus} hodnocen jako nízký až střední a v kontrolních porostech jako nízký.

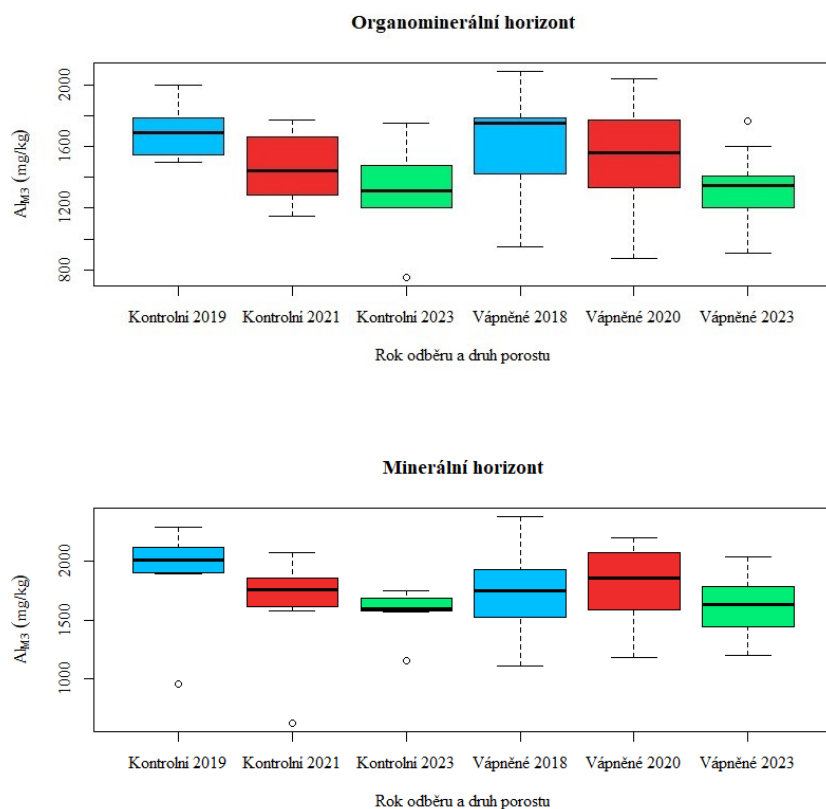
V minerálních horizontech vápněných porostů je obsah Al_{dus} poměrně stabilní a jeho obsah je zde hodnocen jako střední.

Tab. 5.7: Průměrný obsah hliníku, bóru, železa, manganu a síry v šetřených horizontech

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	7088	7776	6359	9779	10029	8536
B_{dus} (mg/kg)	2,64	2,54	2,65	2,24	1,65	2,13
Fe_{dus} (mg/kg)	8238	8234	6947	9445	10225	8137
Mn_{dus} (mg/kg)	309	306	297	280	195	188
Organominerální horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	3901	3349	3148	3714	3928	3029
Fe_{dus} (mg/kg)	7775	6653	5845	8109	8191	6330
Mn_{dus} (mg/kg)	167	116	122	180	191	164
Al_{M3} (mg/kg)	1608	1530	1328	1694	1465	1312
Fe_{M3} (mg/kg)	665	697	561	650	587	552
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
SM_3 (mg/kg)	24,2	23,2	19,4	24,3	22,7	18,0
Minerální horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	4639	4743	4481	5510	5497	4636
Fe_{dus} (mg/kg)	9514	8215	8596	11308	10400	9800
Mn_{dus} (mg/kg)	180	174	195	294	288	337
Al_{M3} (mg/kg)	1722	1812	1615	1912	1646	1576
Fe_{M3} (mg/kg)	628	628	559	572	483	538
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
SM_3 (mg/kg)	27,5	28,7	23,1	27,5	26,4	22,1

Obsah přístupného hliníku (Al_{M3}) se během zkoumaného období na vápněných i v kontrolních plochách v organominerálním horizontu významně snížil. V minerálních horizontech došlo také k poklesu u obou typů porostů, ale jen u kontrolních porostů se jednalo o statisticky významný pokles.

Vzhledem k podobnému průběhu ve vápněných i v kontrolních porostech tyto změny pravděpodobně nesouvisí s vápněním.

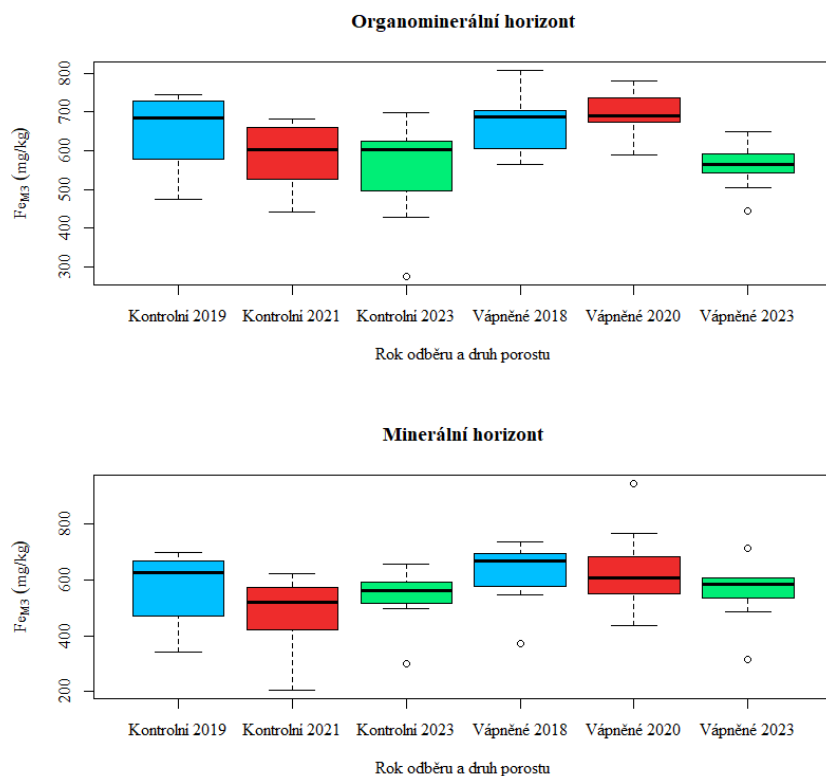


Obr. 5.18: Přístupný obsah hliníku (Al_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

5.4.1.11 Železo

Obsahy extrahovatelného železa (Fe_{dus}) jsou po pěti letech od vápnění nižší ve všech sledovaných půdních horizontech (Tab. 5.7). Podobný vývoj byl ovšem zachycen i v půdním profilu kontrolních porostů, takže souvislost s vápněním nelze v tomto případě potvrdit.

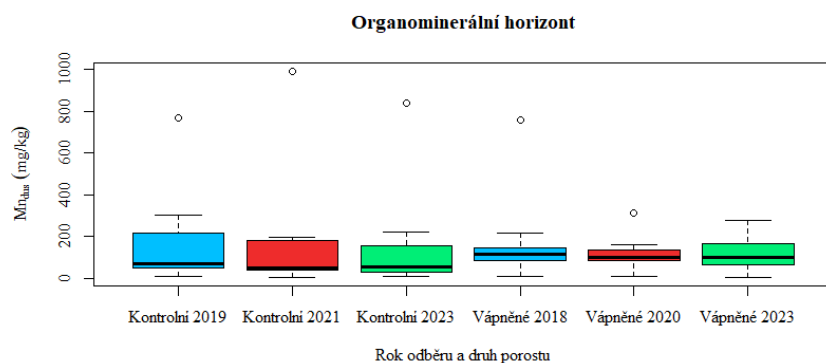
Podobně jako v případě Fe_{dus} byl zaznamenán i pokles přístupného obsahu železa (Fe_{M3}) v organominerálních i minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů (Obr. 5.19).



Obr. 5.19: Přístupný obsah železa (Fe_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

5.4.1.12 Mangan

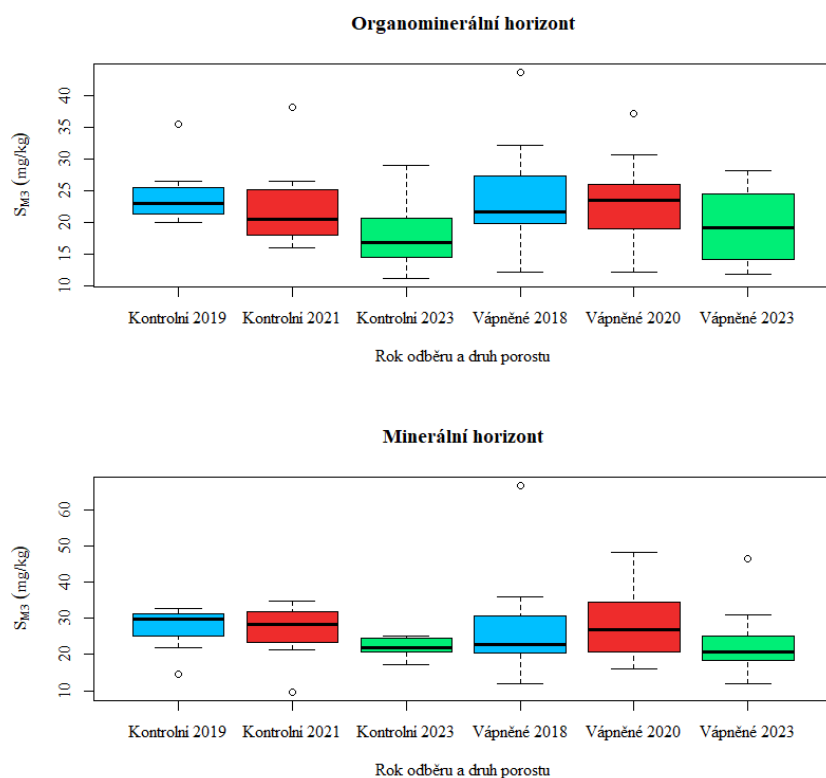
Obsahy extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) jsou po dobu šetření v nadložním organickém a v minerálním horizontu vápněných stanovišť stabilní a bez známek ovlivnění dolomitickým vápencem (Tab. 5.7). V organominerálním horizontu se na vápněné ploše obsah manganu snižuje. Podobně se snižuje obsah manganu i u nadložního organického a organominerálního horizontu kontrolních porostů.



Obr. 5.20: Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v organominerálním horizontu vápněných a kontrolních porostů

5.4.1.13 Síra

Přístupný obsah síry (S_{M3}) v organominerálních horizontech vápněných porostů postupně klesá (Obr. 5.21). Vzhledem k podobnému vývoji v půdním profilu kontrolních porostů tento pokles nedáváme do souvislosti s proběhlým vápněním.



Obr. 5.21: Přístupný obsah síry (S_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

5.4.1.14 Bór

Extrahovatelný obsah bóru (B_{dus}) se za sledované období v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů výrazněji nezměnil.

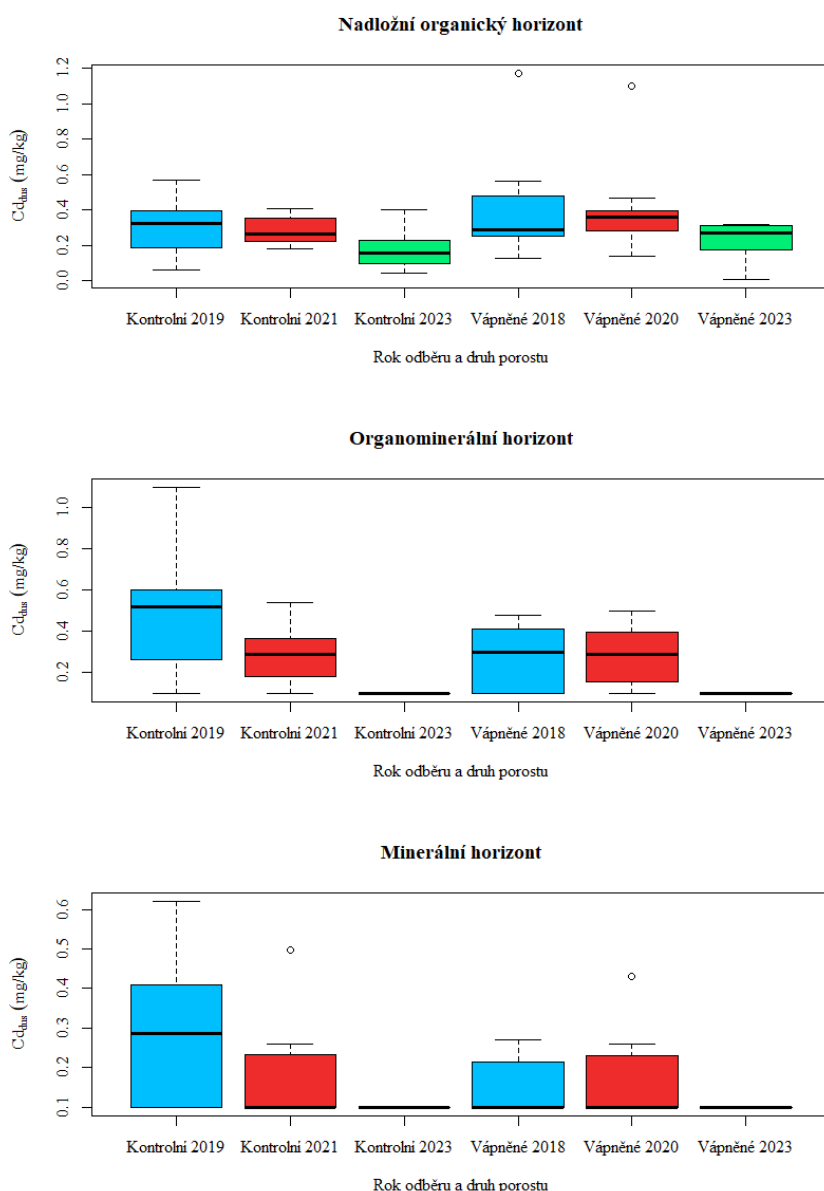
V organominerálních a minerálních horizontech vápněných a kontrolních porostů je zjišťován pouze obsah přístupného bóru (B_{M3}). Ze zjištěných výsledků vyplývá, že obsah B_{M3} je zde obecně velmi nízký, protože ve většině analýz za rok 2023 se hodnoty pohybují pod limitem detekce laboratorních přístrojů ($<0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Otázce bóru je tedy při vápnění lesních porostů potřeba věnovat zvýšenou pozornost.

5.4.1.15 Rizikové prvky

5.4.1.15.1 Kadmium

Extrahovatelné obsahy kadmia (Cd_{dus}) se snižují v nadložních horizontech vápněných i kontrolních stanovišť (Tab. 5.8), a to z nízkých na velmi nízké. Jedná se zřejmě o reakci na nižší atmosférické spady bez návaznosti na vápnění.

V minerálních částech půdních profilů jsou obsahy Cd_{dus} za rok 2023 pod limitem detekce ($0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$).



Obr. 5.22: Obsah extrahovatelného kadmia (Cd_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Tab. 5.8: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených horizontech

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	0,40	0,39	0,22	0,31	0,28	<0,20
Cr _{dus} (mg/kg)	8,14	8,48	8,09	11,3	11,6	9,70
Cu _{dus} (mg/kg)	10,8	10,9	7,60	12,5	9,79	8,34
Pb _{dus} (mg/kg)	96,4	100	92,1	114	124	120
Zn _{dus} (mg/kg)	51,7	49,8	51,2	56,0	48,0	49,0
Organominerální horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	0,28	0,29	<0,20	0,50	0,29	<0,20
Cr _{dus} (mg/kg)	3,83	3,37	3,17	5,62	5,65	4,33
Cu _{dus} (mg/kg)	4,71	4,42	4,74	6,31	6,03	4,75
Pb _{dus} (mg/kg)	67,7	60,2	64,2	87,3	76,0	70,0
Zn _{dus} (mg/kg)	13,2	10,2	13,4	12,8	12,2	10,4
Minerální horizont						
Cd _{dus} (mg/kg)	<0,20	<0,20	<0,20	0,29	<0,20	<0,20
Cr _{dus} (mg/kg)	4,31	4,17	4,23	7,24	6,81	6,06
Cu _{dus} (mg/kg)	3,27	3,61	2,65	4,82	4,78	4,30
Pb _{dus} (mg/kg)	46,4	37,9	45,2	55,0	47,2	50,8
Zn _{dus} (mg/kg)	13,7	11,6	12,4	15,3	15,0	12,3

5.4.1.15.2 Chróm

Podle výsledků analýz provedených v půdních horizontech nemělo letecké vápnění vliv na extrahovatelný obsah chrómu (Cr_{dus}) ve vápněných porostech.

5.4.1.15.3 Měď

Podobně jako v případě Cr_{dus} i extrahovatelný obsah mědi (Cu_{dus}) v půdních horizontech vápněných porostů nebyl ve sledovaném období ovlivněn provedeným vápněním.

5.4.1.15.4 Olovo

Extrahovatelný obsah olova (Pb_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je hodnocen jako střední (FIALA A KOL., 2013).

V celém půdním profilu nebyly zjištěny významnější změny spojené s vápněním lesních porostů.

5.4.1.15.5 Zinek

V extrahovatelném obsahu zinku (Zn_{dus}) nejsou v půdních horizontech zjištěny významné změny, které by ukazovaly na souvislost s vápněním lesa.

5.4.1.16 Půdní sorpční komplex

5.4.1.16.1 Stupeň nasycení

Sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) v organominerálních horizontech vápněných porostů po pěti letech od vápnění činí v průměru 49,8 %, což odpovídá slabě nenasyčeným lesním půdám (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

V horizontech minerálních dochází k pozvolnému zvyšování hodnoty BS, která pět let po vápnění činí v průměru 25,3 % (Tab. 5.9) a jedná se tedy také o slabě nenasyčené lesní půdy. Tyto změny považujeme za pozitivní vliv vápnění.

Tab. 5.9: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených horizontech

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Organominerální horizont						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	65,1	58,8	44,8	79,4	69,5	62,1
K _{VYM} (mekv./kg)	1,64	1,77	2,37	1,88	1,56	1,71
Ca _{VYM} (mekv./kg)	20,2	25,3	42,6	12,7	10,5	8,10
Mg _{VYM} (mekv./kg)	11,1	15,5	26,7	4,98	4,22	3,40
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,29	0,25	0,36	0,31	0,25	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,86	1,08	1,15	0,72	0,45	0,44
Al _{VYM} (mekv./kg)	56,9	52,4	39,0	65,4	61,8	56,7
Fe _{VYM} (mekv./kg)	2,83	3,11	1,22	4,66	3,10	2,03
CEC (mekv./kg)	98,2	102	117	99,4	86,0	75,6
BS (%)	32,8	39,5	49,8	18,4	18,3	16,2
Minerální horizont						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	60,4	54,8	54,6	61,4	53,2	57,0
K _{VYM} (mekv./kg)	1,05	0,92	0,88	0,97	0,91	0,97
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6,47	6,94	11,3	6,48	6,84	5,72
Mg _{VYM} (mekv./kg)	4,50	4,36	5,91	2,78	2,54	2,20
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,23	0,20	0,26	0,22	0,19	0,26
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,46	0,46	0,43	0,67	0,45	0,41
Al _{VYM} (mekv./kg)	56,3	52,3	51,0	55,3	50,1	54,9
Fe _{VYM} (mekv./kg)	1,95	1,86	1,30	2,24	1,38	1,34
CEC (mekv./kg)	72,7	67,3	72,9	71,8	63,7	66,2
BS (%)	16,7	18,9	25,3	13,4	15,2	13,2

V kyselých půdách hliník poškozuje kořenový systém stromů (HRUŠKA A KOL., 2001). V případě nízkého poměru (Ca+Mg+K+Na)/Al (dále jen **BC/Al**) dochází k výměně iontů hliníku za kationty vápníku, hořčíku a draslíku ve výměnných místech buněčných membrán kořenového apoplastu. Tím dochází k narušení iontové rovnováhy. Důsledkem tohoto narušení je nedostatečný příjem živin i vody kořeny stromů a následkem vzniklého celkového oslabení pak dřeviny odumírají. Velké riziko poškození vzniká v případech, kde je molární poměr BC/Al menší než 1.

Molární poměry bazických kationtů k obsahu hliníku v obou půdních horizontech na vápněných i kontrolních stanovištích byly zjištěny hluboko pod touto hranicí (< 1). V organominerálních horizontech vápněných porostů však došlo mírnému zlepšení a to při kontrolním měření pět let po vápnění, kdy se uvedený poměr zvýšil až na hodnotu 0,58 (Tab. 5.10). V minerálních horizontech u vápněných stanovišť bylo také zjištěno mírné

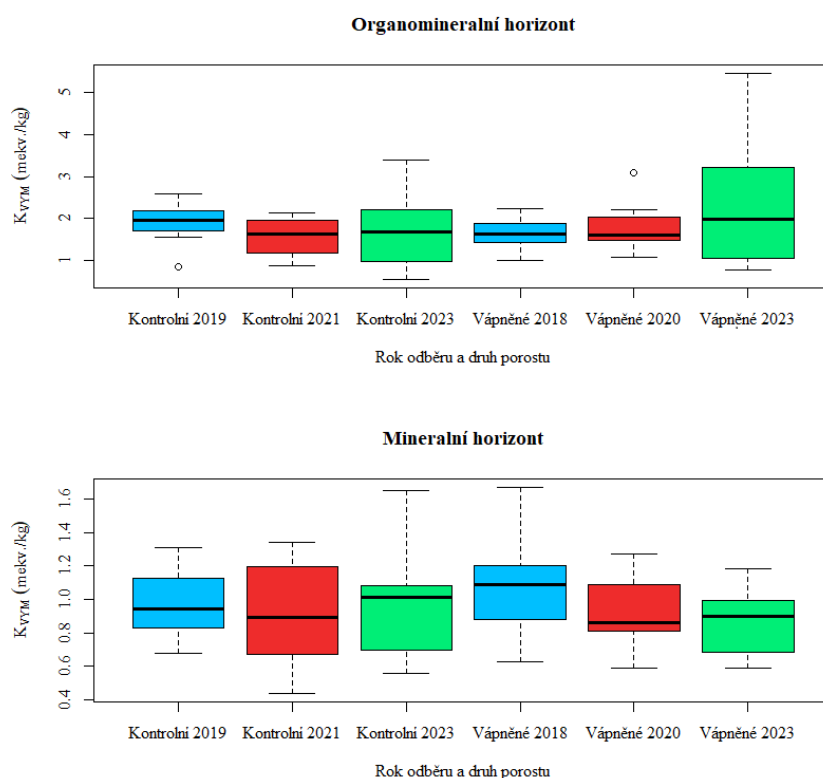
zlepšení. Naopak v organominerálních horizontech kontrolních porostů došlo za sledované období k mírnému poklesu, zatímco v minerálních horizontech se hodnoty poměru BC/Al za celou dobu sledování výrazněji nezměnily.

Tab. 5.10: Poměr BC/Al v půdních horizontech (medián)

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Organominerální horizont						
BC/Al	0,38	0,47	0,58	0,16	0,14	0,13
Minerální horizont						
BC/Al	0,20	0,22	0,27	0,09	0,12	0,10

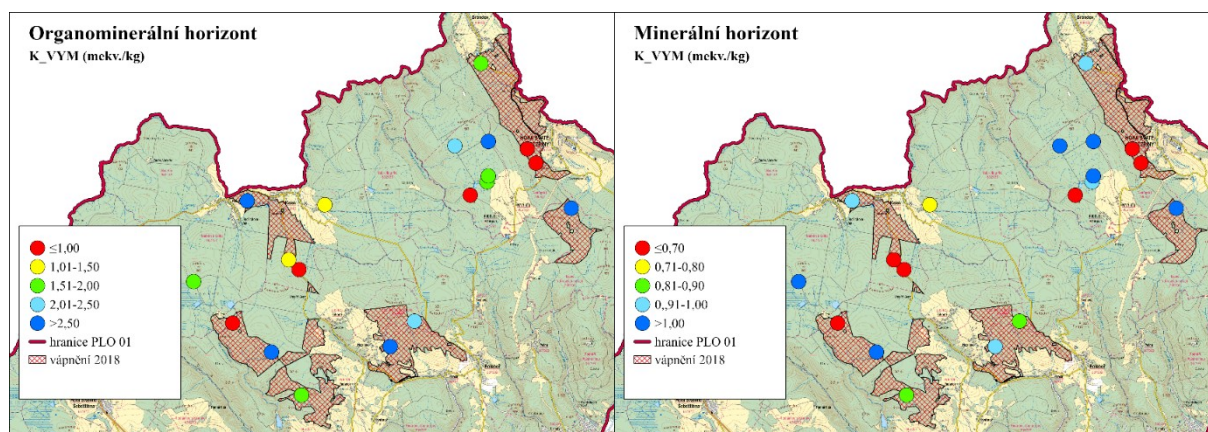
5.4.1.16.2 Kationtová výměnná kapacita

Sycení půdního sorpčního komplexu kationtem **draslíku** ($K^+ = K_{VYM}$) v organominerálním horizontu vápněných porostů vykazuje vzestupnou tendenci (Obr. 5.23) podobně jako obsah K_{M3} . V kontrolních porostech sycení sorpčního komplexu draslíkem kolísá, udržuje si ale přibližně stejnou úroveň po celou dobu měření. Při vzájemném porovnání kontrolních a vápněných ploch nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl, a proto toto mírné zvýšení nedáváme do souvislosti s vápněním.



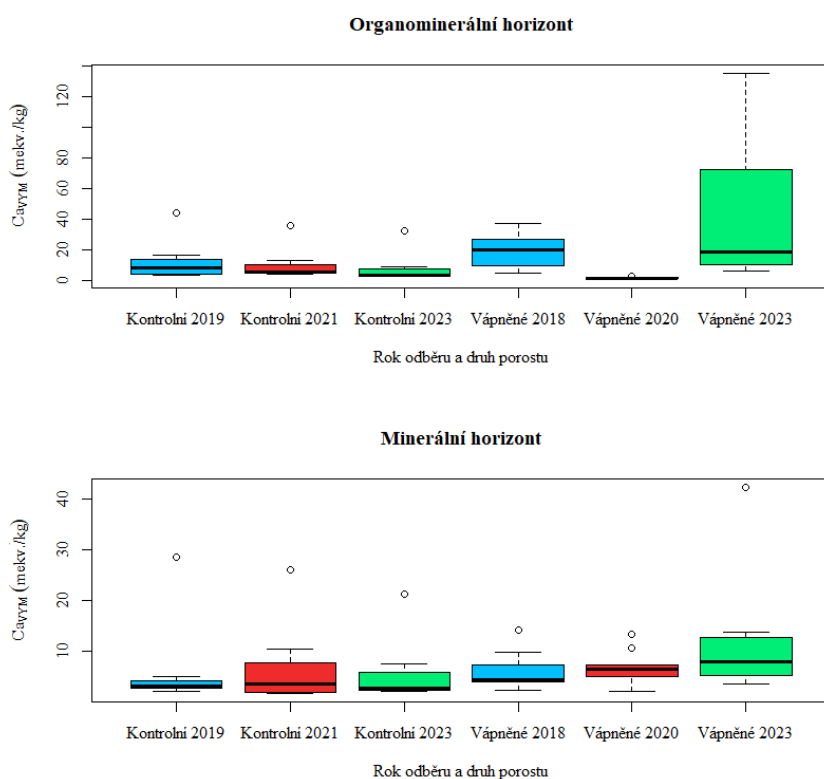
Obr. 5.23: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

V minerálních horizontech vápněných porostů se obsah výměnných kationtů draslíku mírně snižuje, zatímco v kontrolních porostech je stabilní.

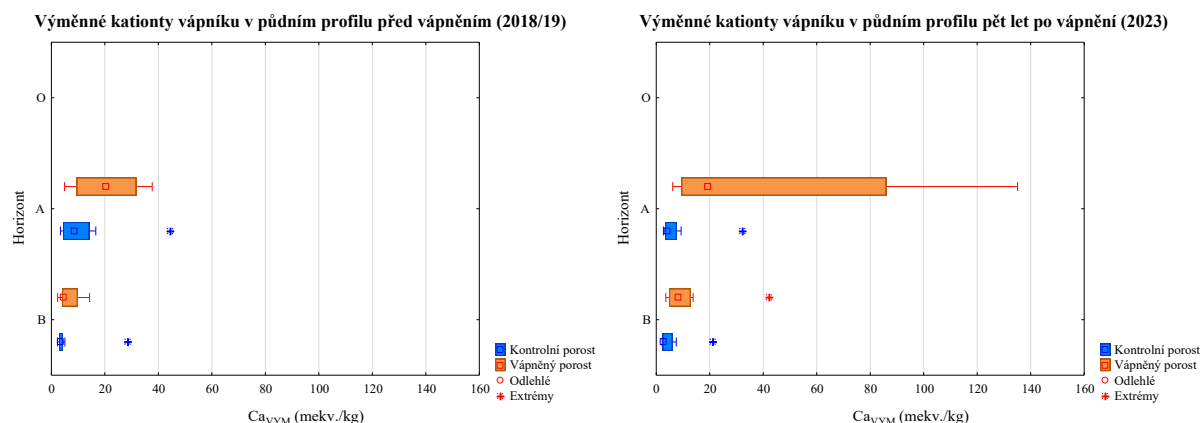


Obr. 5.24: Kartogramy obsahů výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

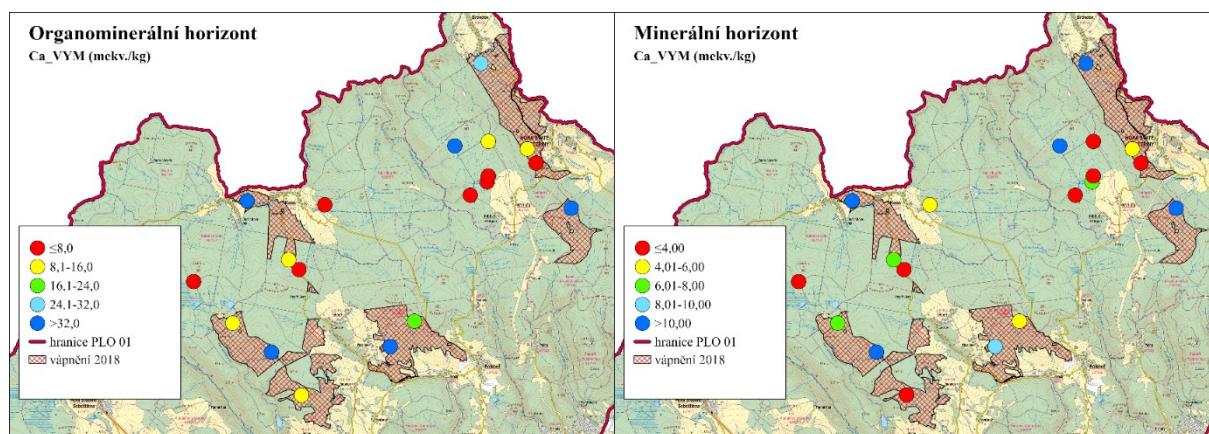
Předpokládaný kladný vliv vápnění se projevuje v sycení půdního sorpčního komplexu kationtem **vápníku** ($Ca^{2+} = Ca_{VYM}$) v organominerálním i minerálním horizontu (Obr. 5.25). Na vápněných plochách bylo zjištěno zvýšení obsahu kationtu Ca^{2+} . Na kontrolních plochách bylo zjištěno jeho nevýznamné snížení.



Obr. 5.25: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

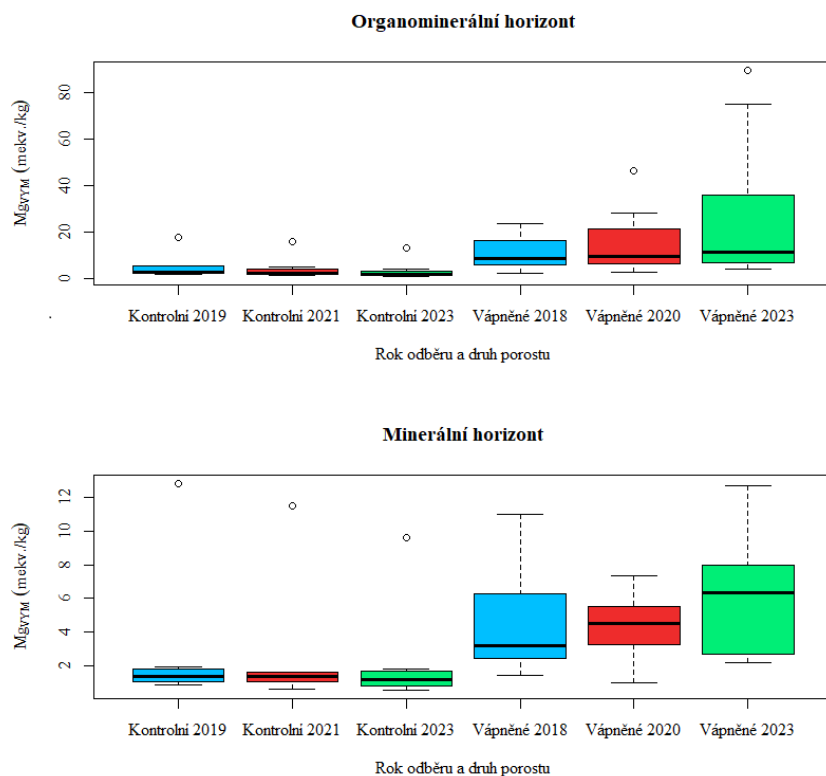


Obr. 5.26: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

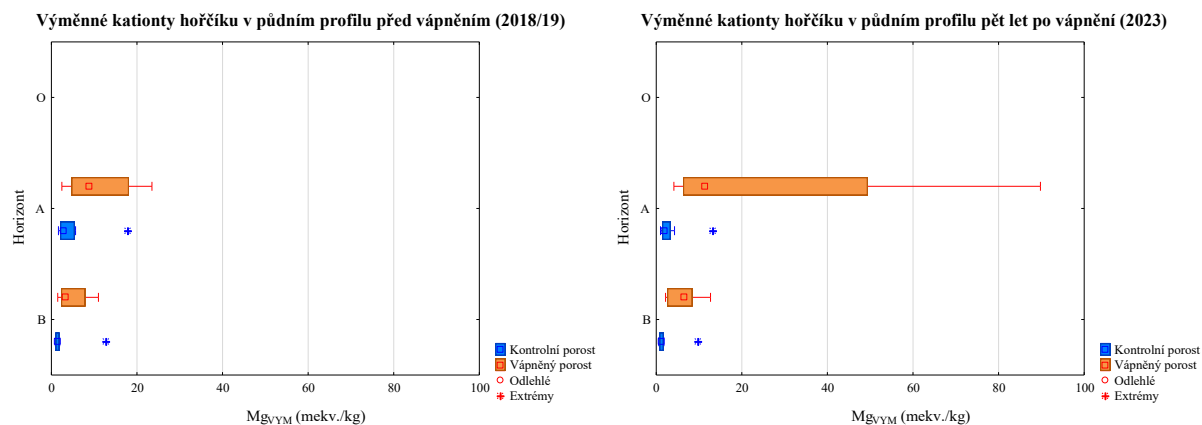


Obr. 5.27: Kartogramy obsahů výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

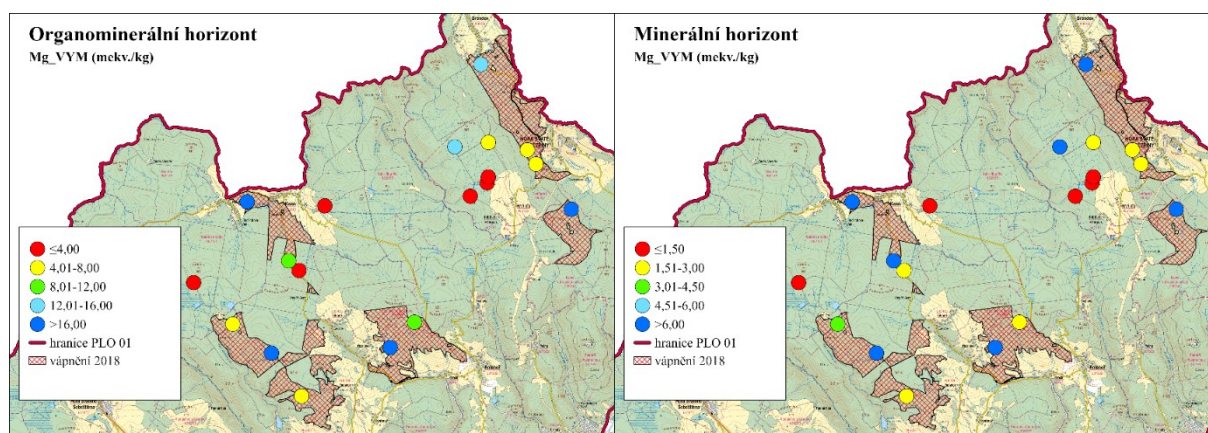
Podobný trend jako v případě vápníku se projevuje v sycení sorpčního komplexu kationtem **hořčíku** ($\text{Mg}^{2+} = \text{Mg}_{\text{VYM}}$) (Tab. 5.9). Můžeme zde pozorovat výrazné zvýšení sycení sorpčního komplexu kationtem hořčíku v organominerálních horizontech, jakož i jeho mírné zvýšení v minerálních horizontech vápněných stanovišť. Taktéž jako u Ca^{2+} bylo na kontrolních plochách pozorováno mírné snížení naměřených hodnot v organominerálních i minerálních horizontech (Obr. 5.28).



Obr. 5.28: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

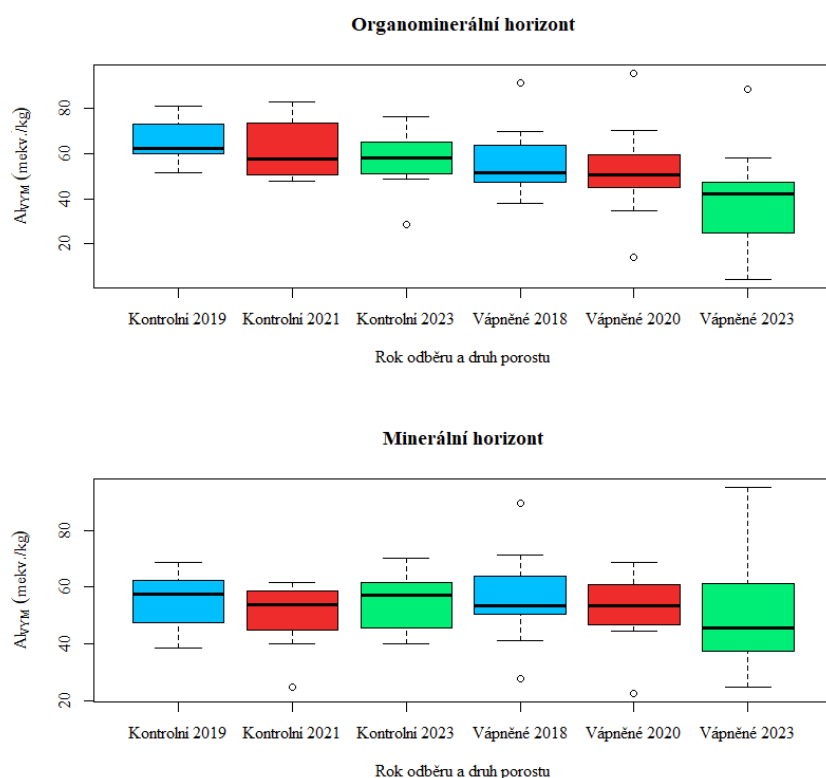


Obr. 5.29: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

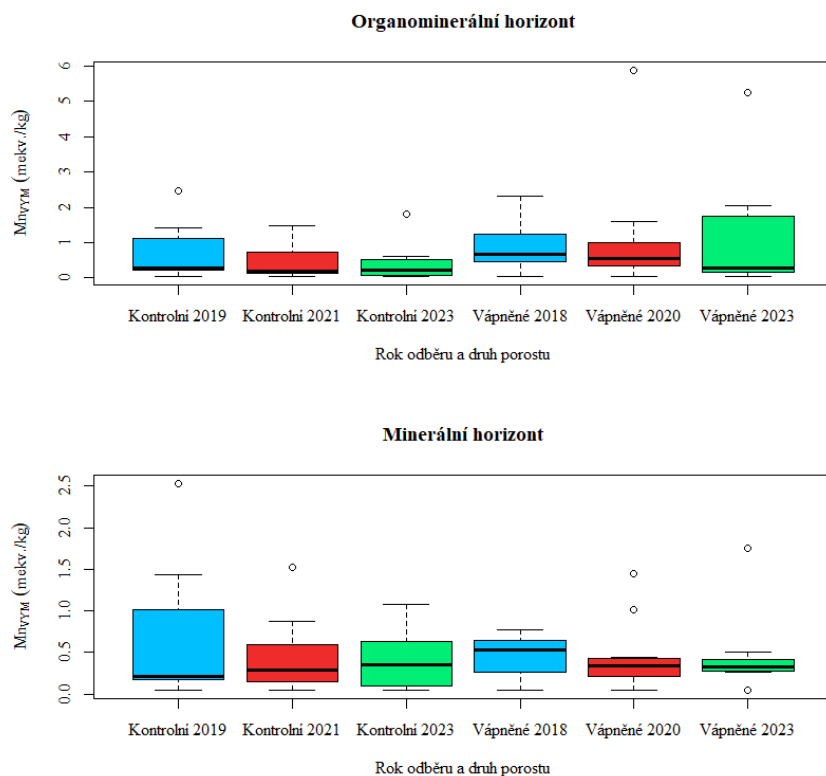


Obr. 5.30: Kartogramy obsahů výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů (2023)

V organominerálním horizontu se na obou porovnávaných stanovištích sycení půdního sorpčního komplexu kationty **hliníku** (Al_{VYM}) během zkoumaného období snižuje. Ve vápněných porostech je toto snížení klasifikováno jako statisticky významné. V případě minerálních horizontů zůstává obsah kationtů hliníku u vápněných i kontrolních porostů bez výraznějších změn.



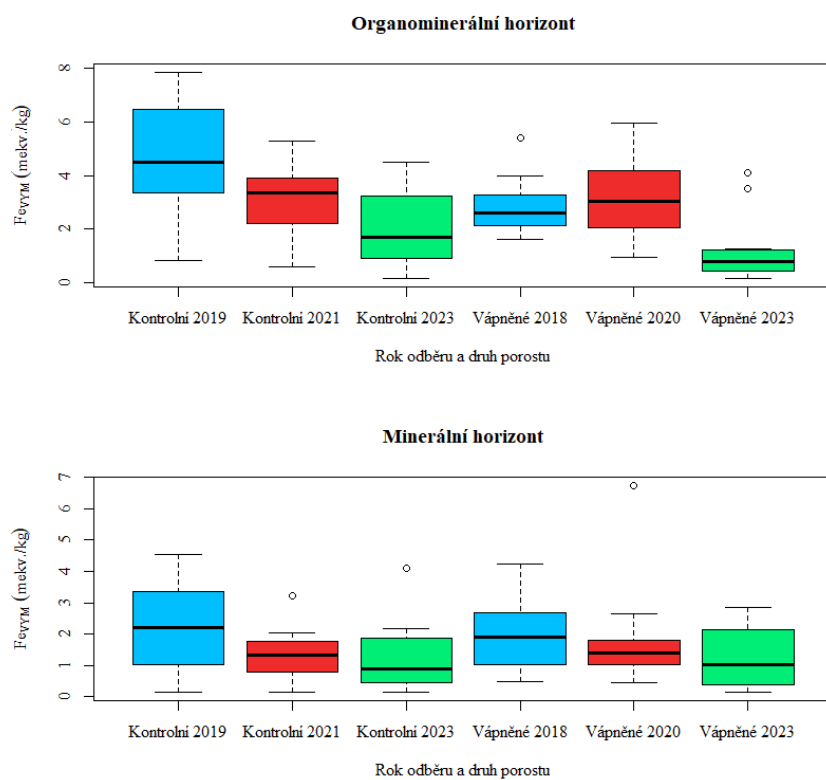
Obr. 5.31: Obsah výměnných kationtů hliníku (Al_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 5.32: Obsah výměnných kationtů manganu (Mn_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

V případě obsahů výměnných kationtů **sodíku** (Na_{VYM}) a **manganu** (Mn_{VYM}) nebyly v organominerálních ani v minerálních půdních horizontech vápněných porostů zaznamenány výraznější změny ve srovnání se situací před vápněním. Naopak u kontrolních porostů je pozorován úbytek obsahu výměnných kationtů manganu v organominerálním horizontu (Obr. 5.32).

Obsah výměnných kationtů **železa** (Fe_{VYM}) postupně klesá zejména v organominerálních horizontech jak vápněných, tak i kontrolních porostů (Obr. 5.33). I vzhledem k neprůkazným rozdílům mezi vápněnými a kontrolními porosty nedáváme tento pokles do souvislosti s vápněním.



Obr. 5.33: Obsah výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

5.4.2 Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého

Hodnocení úrovně výživy v jehlicích smrku ztepilého bylo provedeno podle klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013) zpracované na základě výsledků rozborů asimilačních orgánů hlavních hospodářských dřevin z let 1996–2011.

Tab. 5.11: Hodnocení průměrného obsahu prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách podle hodnot z roku 2023.

	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Vápněné (2023)	1,29	1314	4580	4633	1086	36,9	39,0	11,3
hodnocení	2	3	1	3	3-4	1	3	1
Kontrolní (2023)	1,33	1436	4874	4424	866	35,7	38,5	12,1
hodnocení	2	3	1	2-3	2-3	1	3	1

Hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ, FIALA A KOL., (2013). 1 – velmi nízký, 2 – nízký, 3 – střední, 4 – vysoký, 5 – velmi vysoký

Uvedená klasifikace úrovně výživy na vápněných a kontrolních stanovištích (Tab. 5.11) neukazuje významné rozdíly v jejím hodnocení.

5.4.2.1 Dusík

Obsahy dusíku v jehlicích běžného (Tab. 5.12) i předchozího roku (Tab. 5.13) na vápněných plochách se během pětiletého zkoumaného období statisticky významně nezměnily a dosahují podobných hodnot jako v kontrolních porostech. V jehlicích běžného i předchozího roku je obsah dusíku hodnocen jako nízký.

Tab. 5.12: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku smrku ztepilého

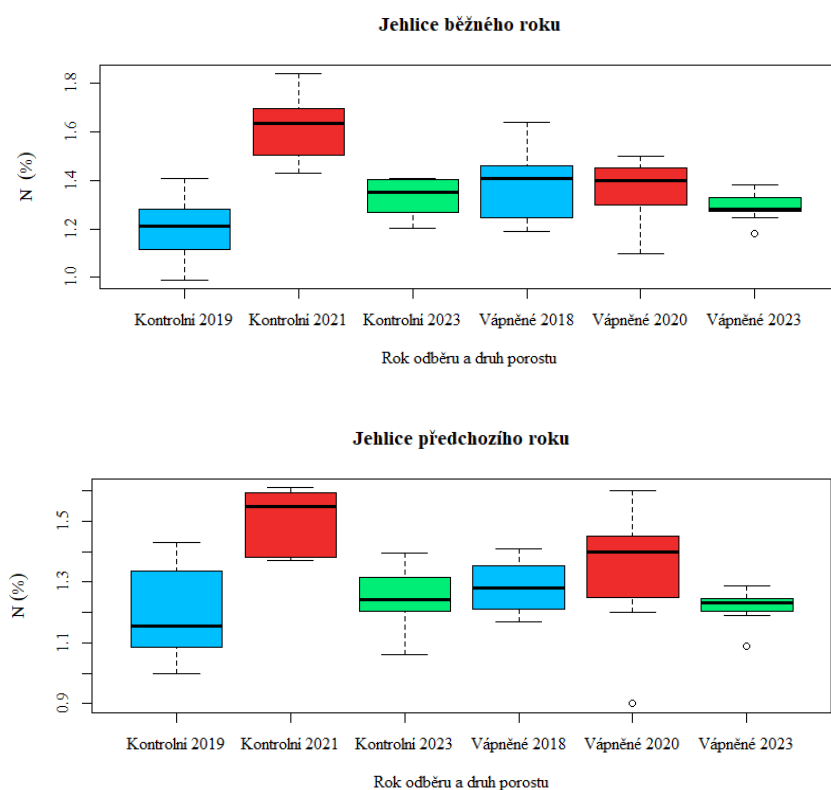
	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
N (%)	1,38	1,36	1,29	1,20	1,62	1,33
P (mg/kg)	1681	1720	1314	1526	1934	1436
K (mg/kg)	6378	6265	4580	6105	6776	4874
Ca (mg/kg)	3402	3418	4633	2321	3537	4424
Mg (mg/kg)	973	906	1086	812	951	866
Al (mg/kg)	48,9	55,6	58,6	55,8	68,8	76,2
B (mg/kg)	13,2	13,5	11,3	11,9	16,2	12,1
Cd (mg/kg)	0,09	0,11	--	0,06	0,06	0,05
Cr (mg/kg)	0,14	<0,10	0,12	0,10	0,13	0,15
Cu (mg/kg)	3,07	3,06	2,30	2,75	3,16	2,40
Fe (mg/kg)	35,5	28,8	36,9	29,1	36,3	35,7
Mn (mg/kg)	353	273	271	317	456	445
Ni (mg/kg)	1,10	1,34	0,63	1,65	1,35	1,28
Pb (mg/kg)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
S (mg/kg)	948	868	863	830	1021	884
Zn (mg/kg)	32,7	32,4	39,0	25,7	31,8	38,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Tab. 5.13: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku smrku ztepilého

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
N (%)	1,29	1,34	1,22	1,20	1,50	1,25
P (mg/kg)	1083	1086	1188	962	1482	1258
K (mg/kg)	4267	4087	4533	3638	5059	4861
Ca (mg/kg)	5229	5986	6311	3989	6331	5967
Mg (mg/kg)	891	1000	1120	744	873	754
Al (mg/kg)	77,0	105	66,0	98,2	125	96,8
B (mg/kg)	13,4	15,4	11,0	11,9	15,7	12,3
Cd (mg/kg)	0,06	0,08	--	0,04	0,06	0,04
Cr (mg/kg)	0,19	0,17	0,14	0,13	0,16	0,16
Cu (mg/kg)	2,21	1,99	1,87	1,96	2,37	1,87
Fe (mg/kg)	55,7	56,7	44,2	45,1	50,9	45,4
Mn (mg/kg)	517	507	307	529	673	504
Ni (mg/kg)	0,55	0,57	0,55	0,79	0,90	0,99
Pb (mg/kg)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
S (mg/kg)	936	903	828	841	1009	862
Zn (mg/kg)	22,0	26,1	34,4	20,1	31,6	33,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce



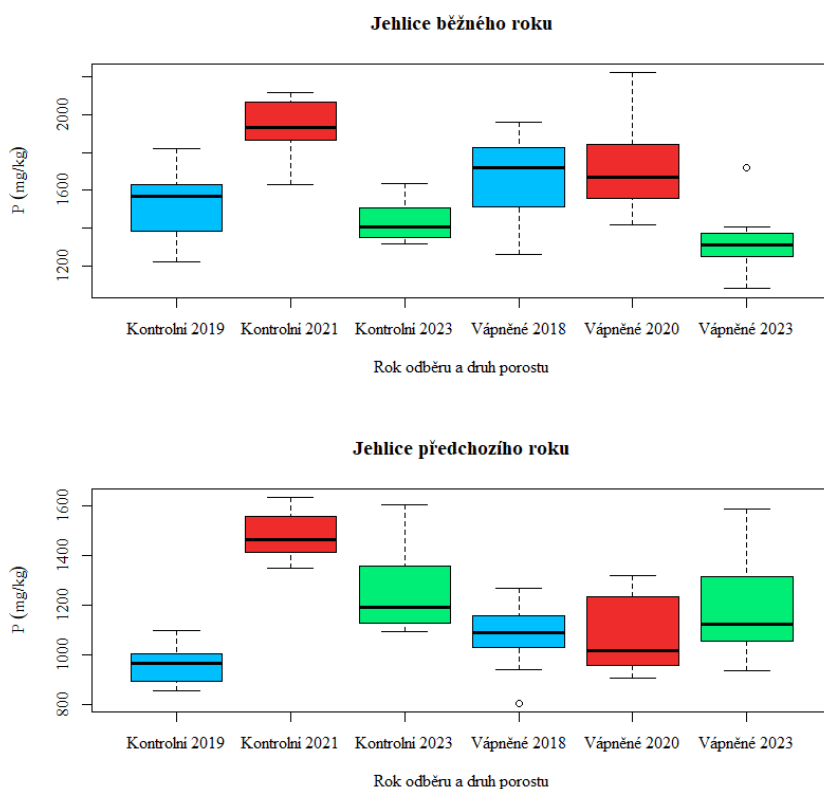
Obr. 5.34: Obsah dusíku (N) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

5.4.2.2 Fosfor

Nežádoucí (statisticky významné) snížení obsahů fosforu je zjištěno na konci šetřeného období v jehlicích běžného roku ve vápněných porostech (Tab. 5.12). I po tomto snížení je zde

zjištěna vyhovující úroveň výživy. Tento pokles můžeme pozorovat i na kontrolních stanovištích, a proto tento vývoj nepřisuzujeme účinkům vápnění lesa.

U jehlic předchozího roku pozorujeme naopak mírné zvýšení hodnot obsahu fosforu na vápněných stanovištích a jejich významné zvýšení na stanovištích kontrolních. Obsah fosforu v jehlicích předchozího roku je také hodnocen jako vyhovující.



Obr. 5.35: Obsah fosforu (P) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

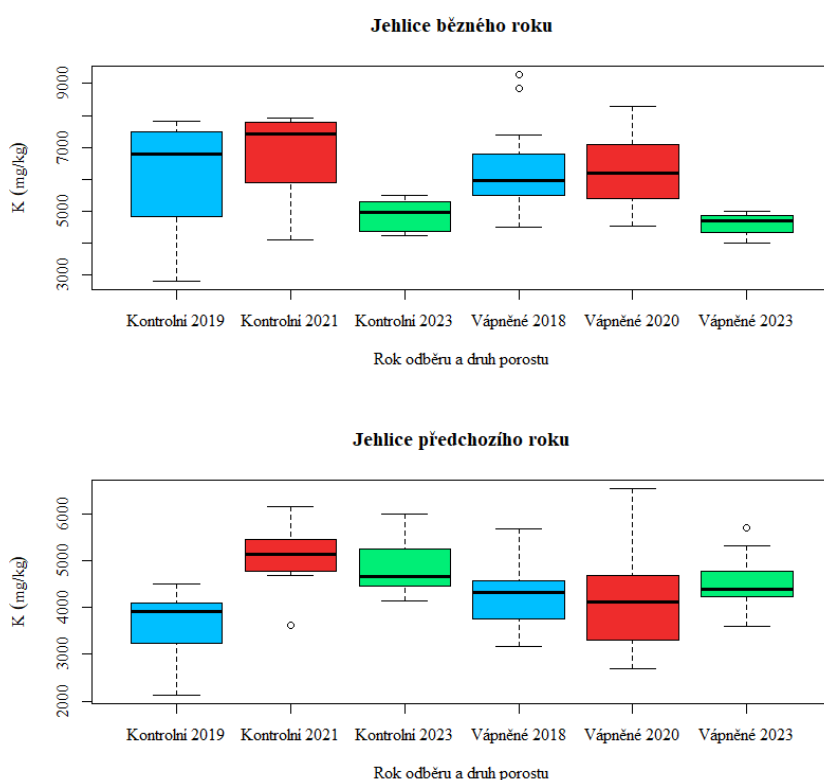
Výživu fosforem velice ovlivňuje okolí. Zejména pěstební zásahy mají velký vliv na úroveň výživy dřevin. Změny ve výživě může vyvolat změna hustoty porostu, popřípadě zápoje porostu, jakož i rozvoj přízemní vegetace. Tento faktor mohl přispět ke změnám na zkoumaných plochách, jelikož tyto porosty procházejí různými fázemi přeměny.

5.4.2.3 Draslík

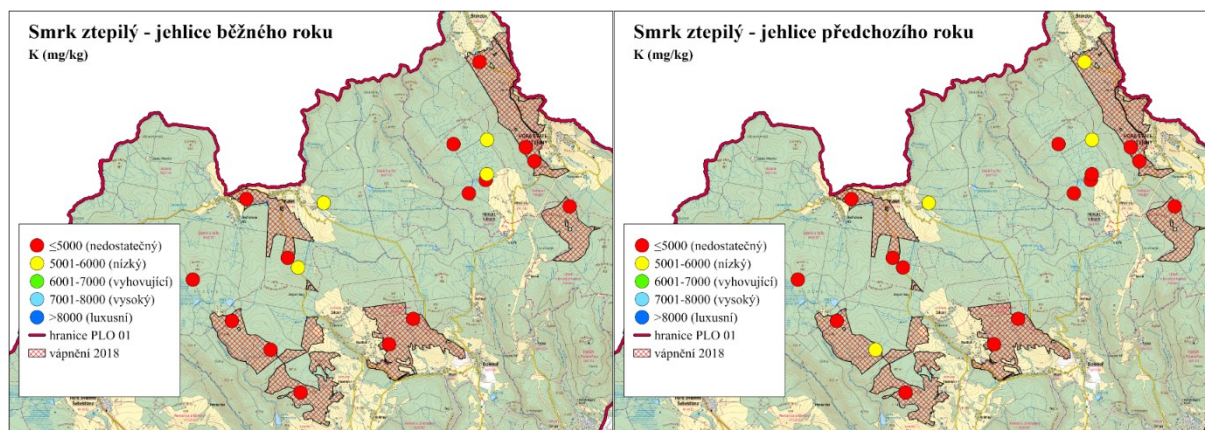
V souvislosti s vápněním lesa bývá zmiňována zhoršená úroveň výživy draslíkem. Jak je zřejmé z uvedeného grafu (Obr. 5.36), za sledované období zde probíhá velice podobný vývoj jako u fosforu. V případě draslíku se jeho obsahy v jehlicích běžného roku snižují (Tab. 5.12) jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech, a to až na nedostatečnou úroveň výživy zjištěnou v roce 2023.

U jehlic předchozího roku se ve vápněných porostech hodnoty obsahu draslíku mírně zvyšují (Obr. 5.36) a obsah draslíku v jehlicích je zde hodnocen jako nedostatečný.

Díky nedostatku draslíku může docházet k poškození mrazem, rostliny mohou také obtížněji regenerovat (VANĚK, 2012).



Obr. 5.36: Obsah draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

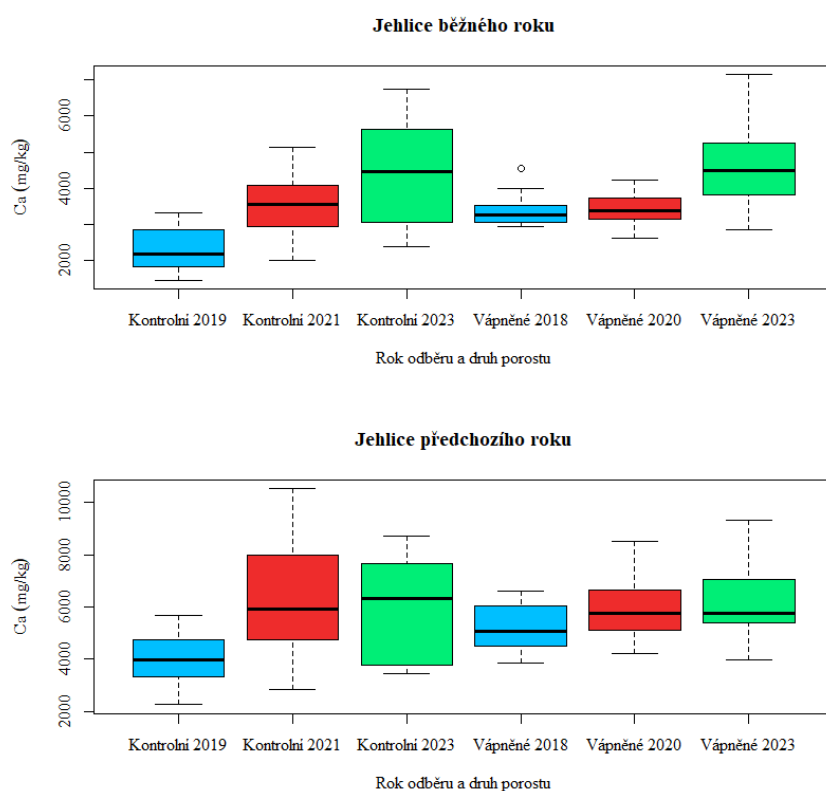


Obr. 5.37: Kartogramy obsahu draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

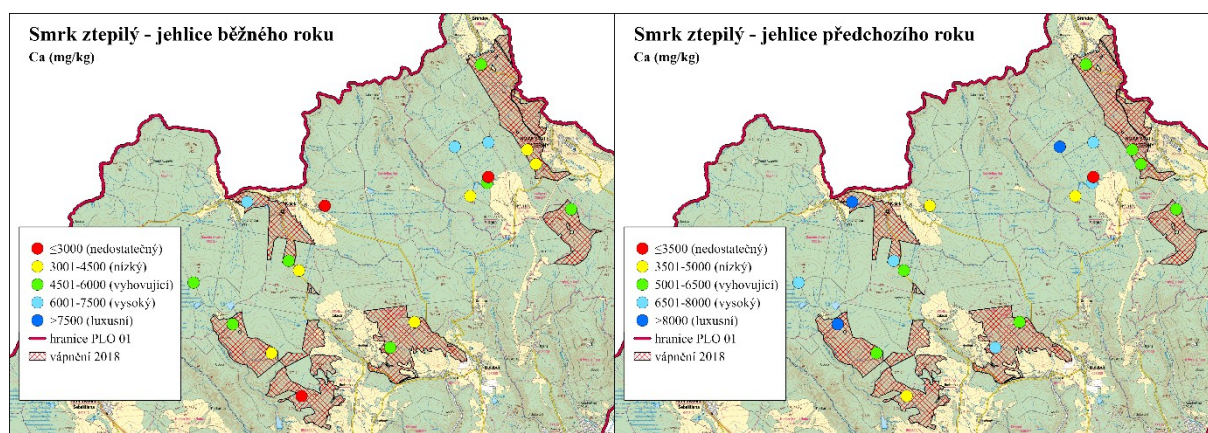
5.4.2.4 Vápník

Zvýšení úrovně výživy vápníkem se projevilo u jehlic běžného roku jak na vápněných, tak i na kontrolních plochách. Obsahu vápníku v jehlicích běžného roku vápněných i kontrolních porostů tak dosáhl vyhovující úrovně.

Jelikož se toto zvýšení projevilo i na kontrolních plochách, bude mít pravděpodobně i jinou příčinu nežli vápnění.



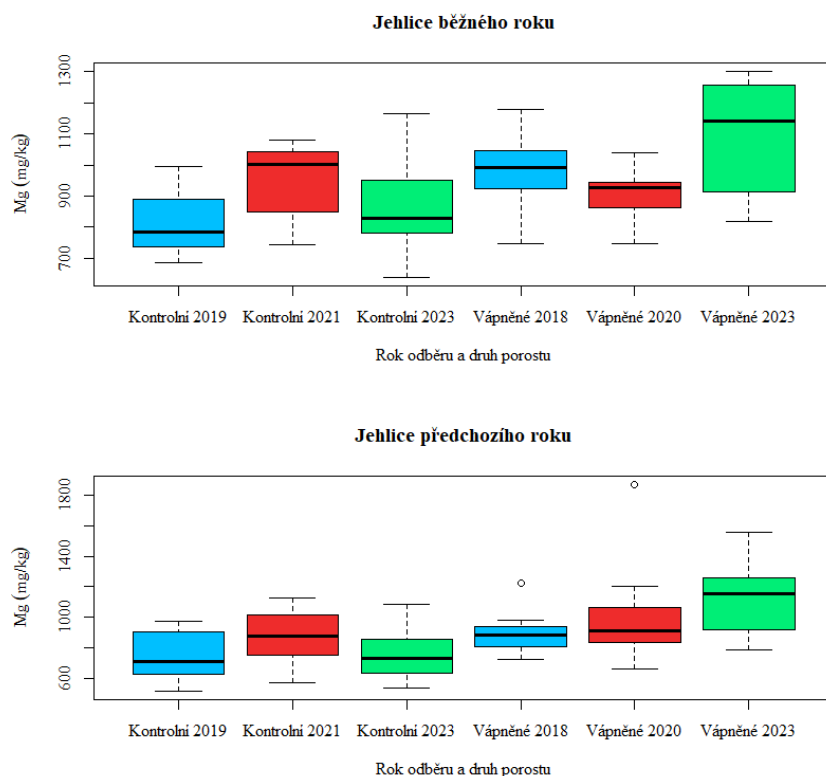
Obr. 5.38: Obsah vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 5.39: Kartogramy obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

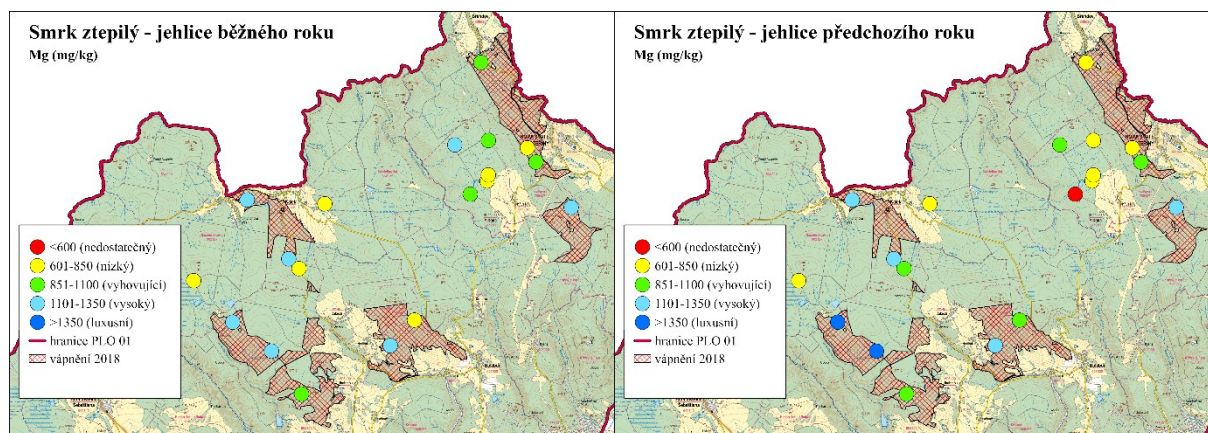
5.4.2.5 Hořčík

Nejzřetelnějším projevem kladného účinku vápnění je zvýšení úrovně výživy hořčíkem v jehlicích běžného roku smrku ztepilého (Obr. 5.40). Zatímco v jehlicích běžného roku dosahuje výživa hořčíkem ve vápněných porostech vyhovujících až vysokých hodnot, v případě jehlic předchozího roku jsou hodnoty úrovně výživy na vysokém stupni. V literatuře však můžeme najít zmínky o tom, že v jehlicích dochází k migraci hořčíku ze starších jehlic do mladších (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2017). Zde se to ale dle získaných dat nepotvrdilo.



Obr. 5.40: Obsah hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého ve vápněných a kontrolních porostech

Na kontrolních stanovištích dochází ke kolísání obsahu hořčíku v jehlicích bez významnějších změn.



Obr. 5.41: Kartogramy obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

5.4.2.6 Síra

Významné kolísání obsahů síry v letorostech smrku ztepilého je zjištěno jak na vápněných, tak i na kontrolních stanovištích. Pět let po vápnění jsou však na obou typech stanovišť na srovnatelné úrovni. Dle VAVŘÍČKA A KUČERY (2017) je optimální poměr N/S v asimilačních orgánech 15. Tomuto předpokladu odpovídají i námi zjištěné hodnoty na vápněných i kontrolních stanovištích (Tab.14).

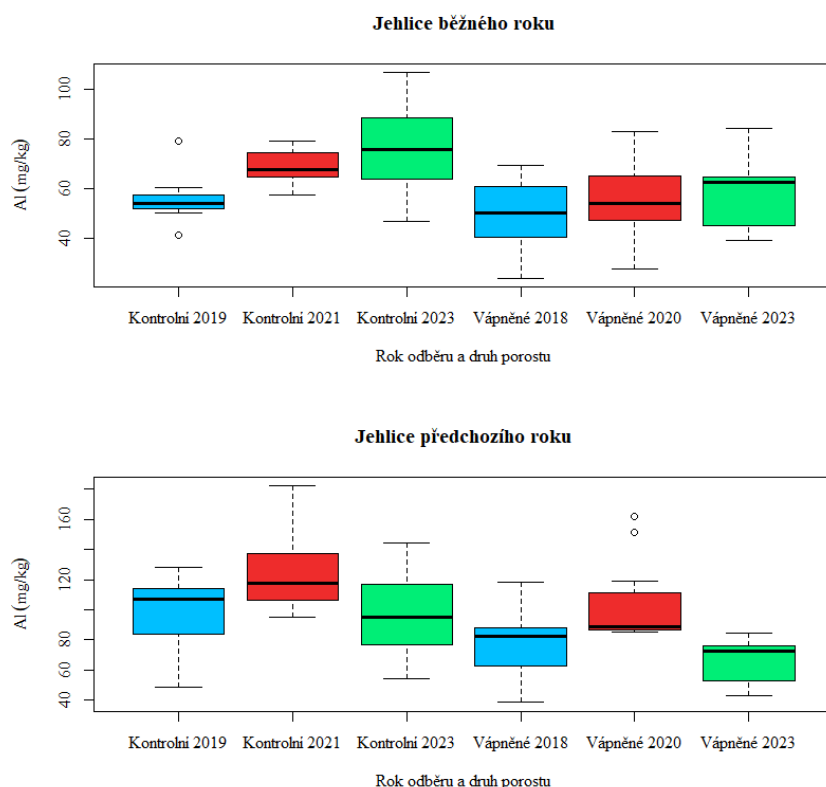
Tab. 5.14: Poměr N/S v jehlicích smrku ztepilého (mediány)

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
Jehlice běžného roku						
N/S	14,9	15,8	15,0	14,5	15,8	15,2
Jehlice předchozího roku						
N/S	14,2	14,8	14,4	14,1	14,9	14,6

5.4.2.7 Hliník

Obsahy hliníku se v jehlicích běžného roku smrku ztepilého průběžně zvyšují. U jehlic předchozího roku obsah hliníku během sledování kolísá a po pěti letech jsou hodnoty obsahu hliníku přibližně na původní úrovni.

Podle klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013) se hodnoty obsahu hliníku v jehlicích v roce 2023 pohybují v kategorii velmi nízkých hodnot. Všechny výše popsání změny ve výživě hliníku jsou zjištěny jak na vápněných, tak na kontrolních stanovištích, tudíž je nedáváme do souvislosti s vápněním.



Obr. 5.42: Obsah hliníku (Al) v jehlicích smrku ztepilého ve vápněných a kontrolních porostech

5.4.2.8 Železo

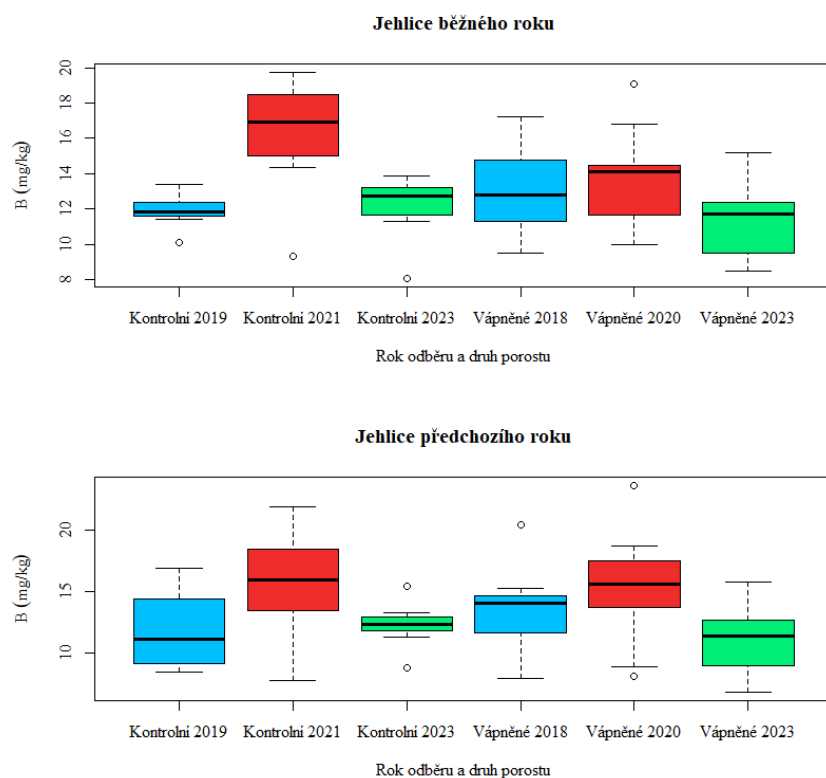
Obsahy železa v jehlicích letorostů se na vápněných i kontrolních stanovištích nacházejí na velmi nízké úrovni výživy. V jehlicích běžného roku na vápněných i kontrolních plochách obsah železa během sledování kolísá, ale po pěti letech od vápnění (2023) se hodnoty mezi vápněnými a kontrolními porosty neliší.

U jehlic předchozího roku je situace podobná i zde se hodnoty dle klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013) nacházejí v kategorii velmi nízké úrovně výživy.

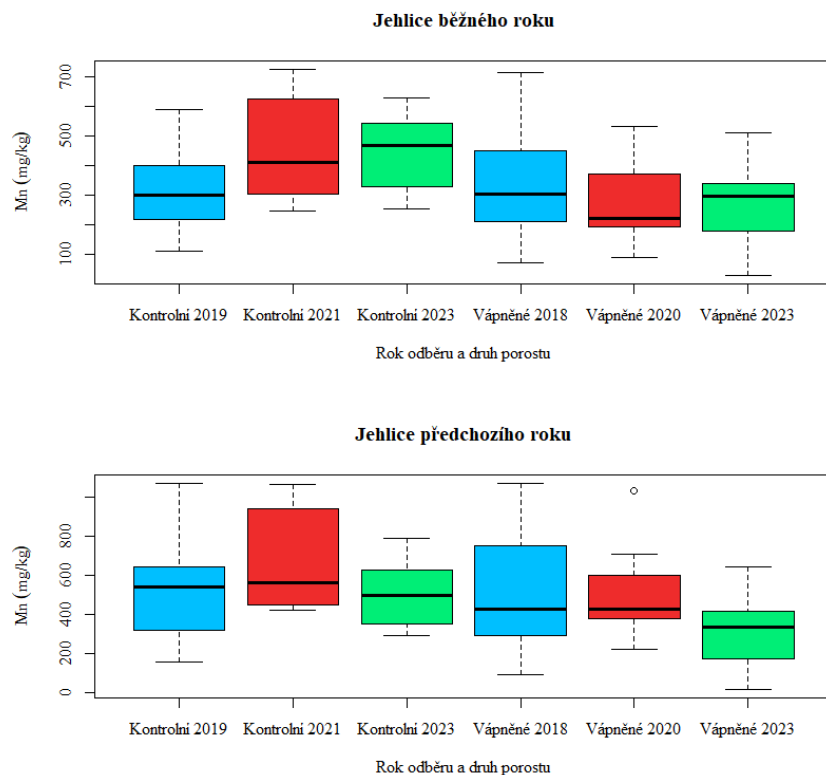
5.4.2.9 Bór

Negativní vliv vápnění na výživu bórem nebyl v tomto případě potvrzen. Obsah bóru v jednoletých jehlicích vápněných porostů po celé sledované období kolísá podobně jako v kontrolních porostech a je hodnocen jako velmi nízký (Obr. 5.43).

V jehlicích předchozího roku opět obsah bóru kolísá podobně jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a je zde hodnocen jako nízký.



Obr. 5.43: Obsah bóru (B) v jehlicích smrku ztepilého ve vápněných a kontrolních porostech



Obr. 5.44: Obsah manganu (Mn) v jehlicích smrku ztepilého ve vápněných a kontrolních porostech

5.4.2.10 Mangan

Negativní vliv vápnění na výživu dřevin se potvrdil v případě manganu, kdy jeho obsah v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů je po pěti letech od vápnění nižší než před vápněním na rozdíl od kontrolních porostů, kde obsah manganu v jehlicích běžného roku vzrostl a v jehlicích předchozího roku se během sledování pohybuje na přibližně stejných hodnotách.

5.4.2.11 Zinek

Obsahy zinku se v jehlicích běžného i předchozího roku zvyšují, a to jak na vápněných, tak i na kontrolních stanovištích. Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého je hodnocen jako střední.

5.4.2.12 Ostatní prvky

Obsahy **olova** v jehlicích na vápněných i kontrolních plochách se dlouhodobě ve většině případů pohybují pod limitem detekce ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) a dosahují tak velmi nízké úrovně.

Pokles obsahu **mědi** pozorujeme na obou srovnávaných stanovištích jak u jehlic běžného roku, tak také u předchozího roku.

Ve vývoji obsahu **kadmia** nebyly zjištěny změny související s vápněním. Obsah kadmia se v jehlicích smrku ztepilého příliš nemění.

Obsah **chrómu** v jehlicích běžného roku na vápněných plochách v průběhu sledování kolísá, přičemž po pěti letech od vápnění je hodnota obsahu chrómu přibližně stejná jako před vápněním. V jehlicích předchozího roku byl zaznamenán pokles obsahu chrómu ve vápněných porostech. Obsah chrómu se však nijak významně neliší od hodnot zjištěných v kontrolních porostech. Obsah chrómu v jehlicích je klasifikován jako velmi nízký.

Obsah **niklu** v jehlicích běžného roku na vápněných i kontrolních stanovištích klesl a je ve vápněných porostech hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku vápněných porostů zůstává obsah niklu poměrně stabilní a je hodnocen jako velmi nízký až nízký.

5.4.3 Hodnocení obsahu prvků v listech břízy bělokoré

Hodnocení úrovně výživy v jehlicích smrku ztepilého bylo provedeno stejně jako u smrku podle klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013) zpracované na základě výsledků rozborů asimilačních orgánů hlavních hospodářských dřevin z let 1996–2011.

Tab. 5.15: Hodnocení průměrného obsahu prvků v listech břízy bělokoré na vápněných a kontrolních plochách podle hodnot z roku 2023.

	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Vápněné (2023)	2,60	2308	7658	8764	3627	67,5	175	30,2
hodnocení	3	4	2	4	5	2	3	3-4
Kontrolní (2023)	2,63	2091	8300	6253	2250	70,5	179	29,2
hodnocení	3	3-4	3	2	2	2-3	3	3

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

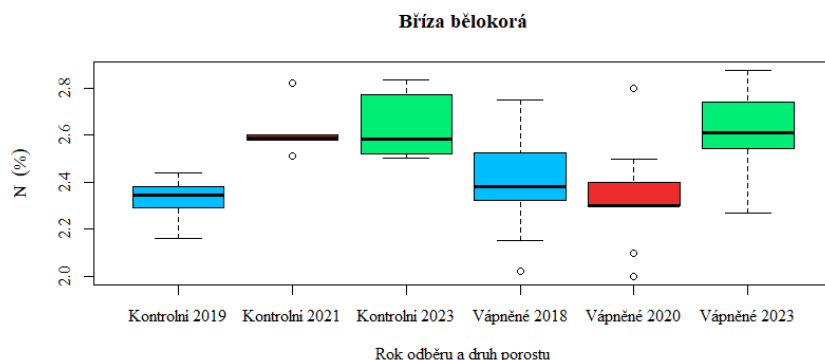
Uvedená klasifikace úrovně výživy na vápněných a kontrolních stanovištích (Tab. 5.15) ukazuje významné rozdíly v hodnocení vápníku a hořčíku v listech břízy bělokoré.

5.4.3.1 Dusík

Obsahy dusíku v listech břízy bělokoré (Tab. 5.16) se na vápněných plochách během pětiletého zkoumaného období zvýšily, a to z kategorie nízký na kategorii dostatečný. Na kontrolních plochách se hodnoty zvedly podobně jako na vápněných stanovištích. V roce 2023 se průměrná zásoba dusíku na těchto stanovištích pohybuje na dostatečných hodnotách.

Tab. 5.16: Průměrný obsah prvků v listech břízy bělokoré.

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
N (%)	2,40	2,35	2,60	2,33	2,62	2,63
P (mg/kg)	1860	1795	2308	1717	2233	2091
K (mg/kg)	6889	6851	7658	8843	9166	8300
Ca (mg/kg)	7328	6892	8764	6267	6767	6253
Mg (mg/kg)	2720	2669	3627	2173	2011	2250
Al (mg/kg)	46,4	45,7	51,3	51,9	83,4	58,8
B (mg/kg)	28,6	26,1	30,2	29,7	22,3	29,2
Cd (mg/kg)	0,24	0,26	0,23	0,18	0,22	0,19
Cr (mg/kg)	0,20	0,17	0,34	0,17	0,30	0,37
Cu (mg/kg)	4,96	5,18	5,84	5,00	5,94	5,98
Fe (mg/kg)	67,6	70,3	67,5	72,7	109	70,5
Mn (mg/kg)	887	743	553	658	958	803
Ni (mg/kg)	1,70	1,82	1,69	2,63	3,71	3,54
Pb (mg/kg)	0,90	1,02	0,97	0,93	0,76	0,89
S (mg/kg)	1609	1645	1877	1700	1741	1902
Zn (mg/kg)	168	173	175	168	210	179

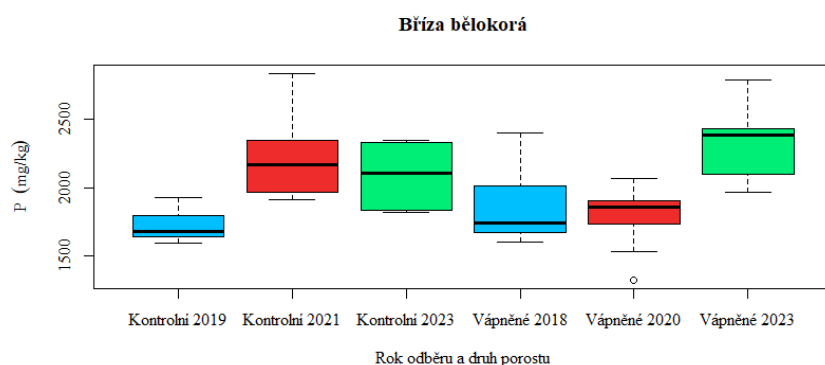


Obr. 5.45: Obsah dusíku (N) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.2 Fosfor

Obsah fosforu v listech břízy vápněných porostů je pět let po vápnění významně vyšší než před vápněním (Tab. 5.16) a je klasifikován jako vysoký. Na kontrolních plochách došlo k podobnému zvýšení a obsah fosforu v listech je zde klasifikován jako vyhovující až vysoký.

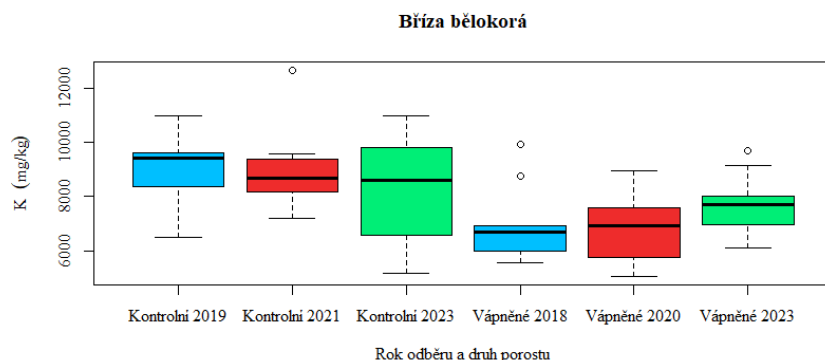
Jelikož došlo ke zlepšení úrovně výživy na obou zkoumaných stanovištích, tak toto zvýšení nepřisuzujeme účinkům vápnění.



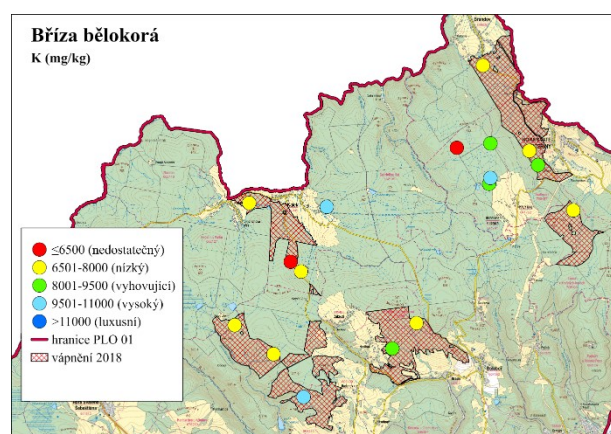
Obr. 5.46: Obsah fosforu (P) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.3 Draslík

Jak je patrné z obrázku 5.47, úroveň výživy draslíkem v asimilačních organech břízy se za pět let na vápněných stanovištích zvýšila, ale stále se pohybuje v oblasti nízké úrovně. Zlepšení úrovně výživy draslíkem může být odezvou na zvýšený obsah přístupného obsahu, jakož i na zvýšený obsah výměnných kationtů draslíku v organominerálních horizontech vápněných porostů. Na kontrolních plochách se hodnoty draslíku téměř nezměnily, případně mírně klesly.



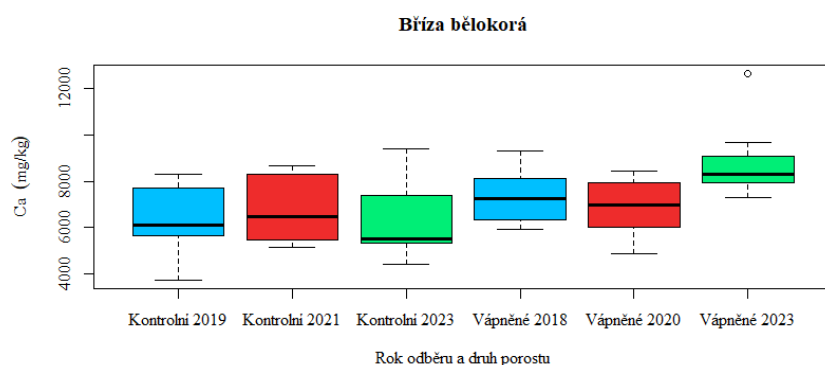
Obr. 5.47: Obsah draslíku (K) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů



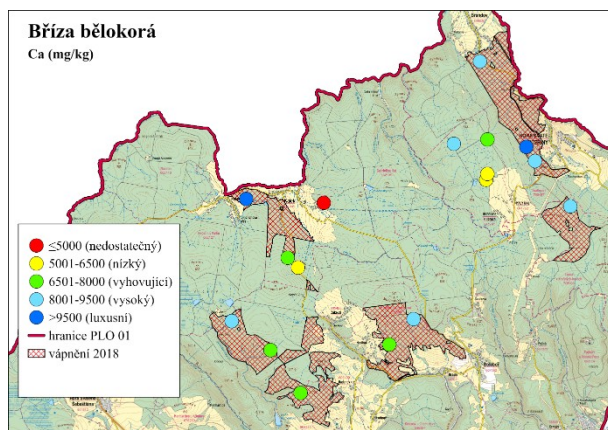
Obr. 5.48: Kartogram obsahu draslíku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.4 Vápník

Stejně jako ve smrkových porostech i v asimilačních orgánech břízy jsme zaznamenali zvýšení úrovně výživy vápníkem na vápněných lokalitách, což je očekávaný pozitivní vliv vápnění. Na rozdíl od smrkových porostů však na kontrolních plochách zůstala úroveň výživy vápníkem po celou dobu sledování přibližně na stejné úrovni. Úroveň výživy na vápněných lokalitách se na konci zkoumaného období pohybuje na vysoké úrovni a na kontrolních plochách je úroveň výživy nízká.



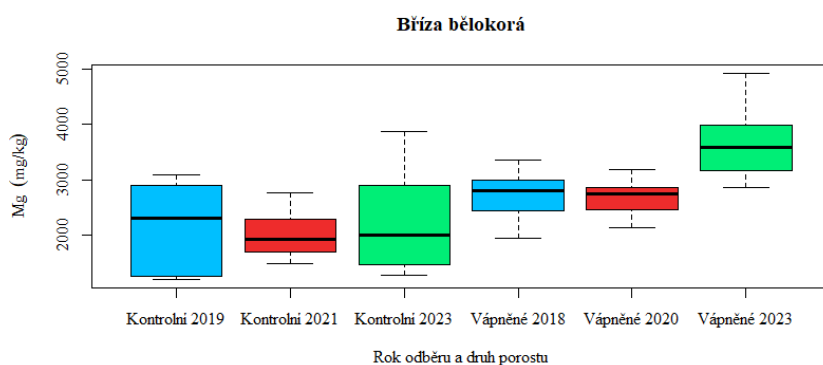
Obr. 5.49: Obsah vápníku (Ca) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů



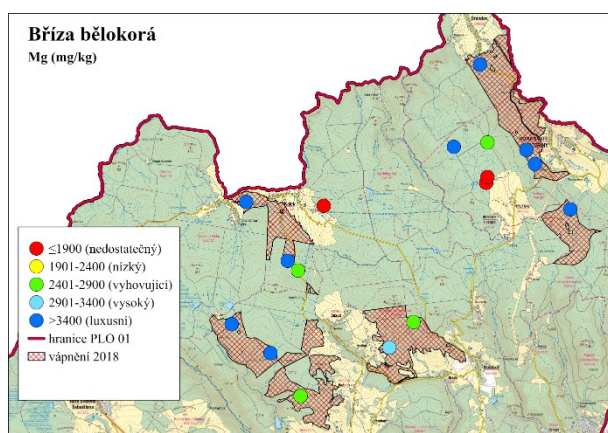
Obr. 5.50: Kartogram obsahu vápníku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.5 Hořčík

I v případě hořčíku se v asimilačních orgánech břízy bělokoré projevuje pozitivní vliv vápnění ve zlepšení úrovně výživy tímto prvkem. Na kontrolních stanovištích je obsah hořčíku v listech stabilní a je hodnocen jako nízký, zatímco na vápněných lokalitách se od provedení zásahu zvedla hodnota z dostatečné úrovně až na úroveň luxusní.



Obr. 5.51: Obsah hořčíku (Mg) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů



Obr. 5.52: Kartogram obsahu hořčíku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.6 Síra

Obsahy síry v listech břízy se jak na kontrolních, tak na vápněných plochách výrazně zvýšily.

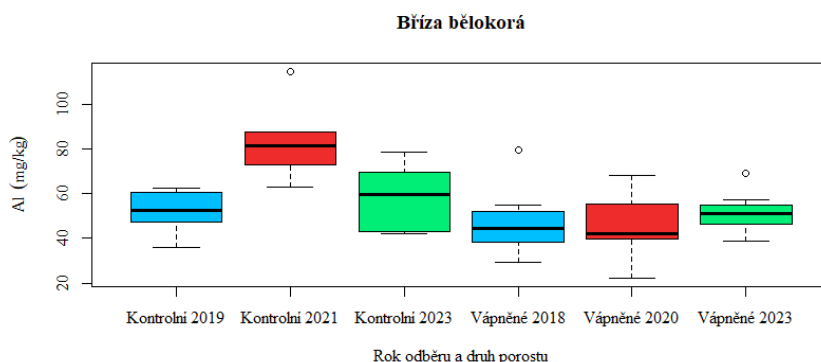
Tab. 5.17: Poměr N/S v listech břízy bělokoré (mediány)

	Vápněné porosty			Kontrolní porosty		
	2018	2020	2023	2019	2021	2023
N/S	14,9	14,3	13,9	13,7	15,2	14,0

Dle VAVŘÍČKA A KUČERY (2017) je optimální poměr N/S v asimilačních orgánech 15. Námi zjištěné hodnoty, a to jak na vápněných, tak i kontrolních stanovištích, opět odpovídají tomuto předpokladu.

5.4.3.7 Hliník

Na vápněných lokalitách je obsah hliníku v listech břízy poměrně stabilní a je klasifikován jako nízký až střední. Na kontrolních plochách můžeme pozorovat obsah hliníku na vyšší úrovni než na vápněných lokalitách. Pohybuje se v rozmezí středního až vysokého obsahu.



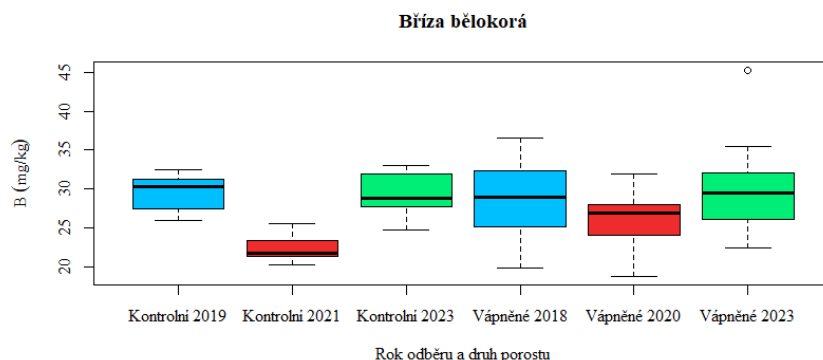
Obr. 5.53: Obsah hliníku (Al) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.8 Železo

Obsah železa na vápněných lokalitách zůstává po celé zkoumané období na stejné, nízké, úrovni. Na kontrolních stanovištích bylo zaznamenáno výraznější kolísání obsahu železa, ale na konci sledovaného období je obsah železa klasifikován jako nízký až střední.

5.4.3.9 Bór

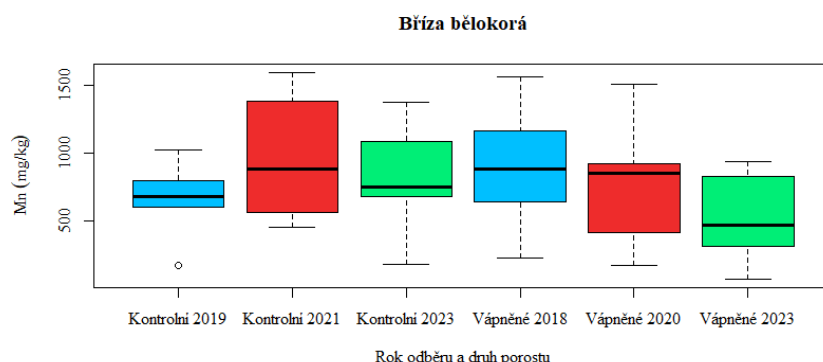
Obsah bóru v listech břízy vápněných porostů během sledovaného období kolísá podobně jako v kontrolních porostech (Obr. 5.54). Stejně jako ve výživě smrku se ani zde neprojevují negativní vlivy vápnění na výživu tímto prvkem. Obsah bóru v listech břízy vápněných porostů je hodnocen jako střední až vysoký.



Obr. 5.54: Obsah bóru (B) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.10 Mangan

Obsah manganu se stejně jako v asimilačních orgánech smrku i v listech břízy bělokoré vápněných porostů významně snížil, což v kontextu s mírně rostoucím obsahem manganu v listech břízy v kontrolních porostech považujeme za negativní vliv vápnění (Obr. 5.55).



Obr. 5.55: Obsah manganu (Mn) v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

5.4.3.11 Zinek

Obsah zinku je na vápněných stanovištích v průběhu sledovaného období stabilní bez výraznějších změn a je klasifikován jako střední.

5.4.3.12 Ostatní prvky

Obsahy **olova** v listech břízy dosahují nízké úrovně.

Na obou pozorovaných stanovištích pozorujeme významné zvýšení obsahů **mědi** v listech. Tyto obsahy jsou za rok 2023 klasifikovány jako střední.

Obsah **kadmia** se jak na vápněných, tak na kontrolních plochách pohybuje na nízké úrovni a během sledovaného období je poměrně stabilní.

Obsah **chromu** se v listech břízy bělokoré významně zvyšuje na obou zkoumaných stanovištích a v roce 2023 už je klasifikován jako vysoký.

Na vápněných plochách se obsah **niklu** v listech břízy pohybuje v nízkých hodnotách. Na kontrolních plochách byl v roce 2023 zjištěn velmi vysoký obsah niklu.

5.5 Závěr pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

V rámci hodnocení účinnosti vápnění na lokalitách Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno B byly odebrány vzorky celkem v jedenácti vápněných porostech a v osmi kontrolních porostech. Odběr probíhal na základě specifikace činnosti č.j. MZE-4583/2023-16212.

Pozitivní vliv provedeného vápnění se projevuje na hodnotách půdní reakce výměnné v celém půdním profilu. V nadložních organických horizontech vápněných porostů se i po pěti letech nachází zvýšené množství vápníku a hořčíku, takže je předpoklad i dalšího pronikání těchto prvků půdním profilem a zvýšení obsahu jejich přístupných a výměnných forem pro výživu lesních dřevin. Zvýšení přístupnosti těchto prvků pro rostliny se projevuje už nyní v podobě zvýšeného obsahu přístupných a výměnných forem v organominerálních i minerálních horizontech vápněných porostů, což znamená i vyšší sycení sorpčního komplexu. Vápnění v tomto případě negativně neovlivnilo obsah draslíku v půdě, ale naopak ve vápněných porostech bylo zaznamenáno zvýšení přístupného obsahu draslíku v organominerálních horizontech.

Vápnění se pozitivně projevuje ve výživě dřevin hořčíkem, jehož obsah v průběhu sledování v jehlicích smrku a v listech břízy stoupá. V případě břízy vzrostl i obsah vápníku v listech. Zvýšení obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého bylo zjištěno i v kontrolních porostech. V případě draslíku bylo zjištěno zlepšení úrovně výživy v souvislosti s vápněním pouze u břízy. V případě smrku byl u draslíku zjištěn podobný průběh ve vápněných i v kontrolních porostech, tj. zhoršení výživy v jehlicích běžného roku a mírné zvýšení v jehlicích předchozího roku. Negativně se vápnění projevuje pouze ve výživě manganem.

U ostatních sledovaných parametrů nebyly zjištěny změny, které by mohly pravděpodobně souviset s vápněním. Mírné kolísání u některých prvků můžeme vidět na vápněných i kontrolních lokalitách. Zde tedy pravděpodobně dochází k ovlivnění klimatickými podmínkami či jinými vnějšími faktory.

5.6 Použitá literatura pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

- Dušek V. (1997). Lesní školkařství. *Matice lesnická*. 139 s
- Fiala P., Reininger D., Samek T., Němec P., Sušil A. (2013). Průzkum výživy lesa v České republice 1996 – 2011. Brno, ÚKZÚZ, 148 s.
- Hruška J., Cienciala E., Moravčík P., Navrátil T., Hofmeister J. (2001). Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, *Lesnická práce* 80 (12), 494-495 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
- Reininger D., Morávková P., Svoboda T. (2024). Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Kovářská B a Jáchymov“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 55 s
- Vaněk V. (2012). Výživa zahradních rostlin. *Academia*. 584 s
- Vavříček D., Kučera A. (2014): Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.
- Vavříček D., Kučera A. (2017). Základy lesnického půdoznalství a výživy lesních dřevin. *Lesnická práce*. 354 s

5.7 Přílohy pro lokality Hora Sv. Kateřiny B, Jirkov B a Blatno

5.7.1 Popisné statistiky

5.7.1.1 Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	11	146	131	34,7	279	52,6	215
pH _{CaCl2}	11	4,65	4,52	3,59	5,69	4,21	5,50
pH _{H2O}	11	5,21	5,11	4,37	6,29	4,87	5,37
N (%)	11	1,00	1,03	0,75	1,25	0,89	1,10
Cox (%)	11	23,6	26,0	13,1	32,2	18,1	27,7
C/N	11	23,3	23,3	17,3	28,4	19,2	25,9
Al _{dus} (mg/kg)	11	6359	6648	3735	8953	4330	7718
B _{dus} (mg/kg)	11	2,64	2,74	1,34	5,30	1,89	2,97
Ca _{dus} (mg/kg)	11	4976	4585	1824	13310	3031	5979
Cd _{dus} (mg/kg)	11	0,22	0,27	0,01	0,32	0,16	0,31
Cr _{dus} (mg/kg)	11	8,09	8,16	4,16	10,7	6,85	9,86
Cu _{dus} (mg/kg)	11	7,60	8,48	4,66	10,1	5,64	9,68
Fe _{dus} (mg/kg)	11	6947	6902	3333	12970	5593	7422
K _{dus} (mg/kg)	11	1320	1331	806	1886	1093	1617
Mg _{dus} (mg/kg)	11	2223	1870	1154	6072	1246	2245
Mn _{dus} (mg/kg)	11	297	259	43,3	661	176	426
P _{dus} (mg/kg)	11	896	926	458	1298	708	1053
Pb _{dus} (mg/kg)	11	92,1	98,1	51,7	131	67,7	104
Zn _{dus} (mg/kg)	11	51,2	42,4	25,2	85,4	35,8	68,5

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	8	149	122	90,5	233	97,8	215
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,43	3,14	3,84	3,32	3,55
pH _{H2O}	8	4,31	4,32	4,01	4,59	4,18	4,46
N (%)	8	1,03	1,04	0,78	1,23	0,93	1,14
C _{OX} (%)	8	23,7	23,7	19,3	30,1	20,2	26,3
C/N	8	23,1	23,4	19,6	24,7	22,8	24,0
Al _{dus} (mg/kg)	8	8536	6974	5553	15980	6257	10146
B _{dus} (mg/kg)	8	2,13	2,13	1,71	2,50	1,90	2,38
Ca _{dus} (mg/kg)	8	1276	1292	581	2083	671	1807
Cd _{dus} (mg/kg)	8	0,18	0,16	0,05	0,40	0,10	0,23
Cr _{dus} (mg/kg)	8	9,70	7,76	4,43	21,8	5,84	12,1
Cu _{dus} (mg/kg)	8	8,34	8,35	5,52	11,1	7,14	9,59
Fe _{dus} (mg/kg)	8	8137	7657	2955	15750	5016	10525
K _{dus} (mg/kg)	8	1421	1383	1161	1980	1236	1495
Mg _{dus} (mg/kg)	8	763	546	423	1479	486	1069
Mn _{dus} (mg/kg)	8	188	152	24,2	451	81,6	280
P _{dus} (mg/kg)	8	966	874	640	1745	775	1022
Pb _{dus} (mg/kg)	8	120	116	75,1	156	107	142
Zn _{dus} (mg/kg)	8	49,0	49,5	20,9	90,5	33,3	57,5

5.7.1.2 Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	11	3,79	3,69	3,19	4,67	3,39	4,27
pH _{H2O}	11	4,59	4,51	3,99	5,46	4,23	4,97
Vým. acidita (mekv./kg)	11	125	117	90,4	220	101	142
C _{OX} (%)	11	5,14	5,44	3,67	6,68	4,24	5,84
N (%)	11	0,30	0,28	0,19	0,45	0,25	0,37
C/N	11	17,8	17,1	14,8	22,2	16,3	18,8
Al _{M3} (mg/kg)	11	1328	1346	905	1765	1180	1424
P _{M3} (mg/kg)	11	17,0	12,5	4,03	52,2	6,28	23,7
K _{M3} (mg/kg)	11	107	96,6	47,2	208	56,7	154
Ca _{M3} (mg/kg)	11	660	361	112	1792	198	1342
Mg _{M3} (mg/kg)	11	281	137	54,7	889	86,7	490
B _{M3} (mg/kg)	11	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,67	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	11	561	565	444	649	535	592
S _{M3} (mg/kg)	11	19,4	19,1	11,8	28,1	12,4	25,6
P _{dus} (mg/kg)	11	175	132	76,0	388	105	257
K _{dus} (mg/kg)	11	196	166	64,4	394	121	261
Mg _{dus} (mg/kg)	11	573	346	95,6	1652	166	720
Ca _{dus} (mg/kg)	11	1016	442	149	3236	243	2037
Al _{dus} (mg/kg)	11	3148	3004	1537	5452	2277	4318
Cd _{dus} (mg/kg)	11	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	11	3,17	3,62	0,52	5,14	1,93	4,52
Cu _{dus} (mg/kg)	11	4,74	4,67	1,50	7,59	3,72	6,00
Fe _{dus} (mg/kg)	11	5845	6088	1205	10170	4034	7987
Mn _{dus} (mg/kg)	11	122	97,7	4,71	275	39,3	164
Pb _{dus} (mg/kg)	11	64,2	69,1	25,1	85,4	55,8	76,4
Zn _{dus} (mg/kg)	11	13,4	11,5	4,48	25,3	5,53	21,1
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	11	44,8	46,9	6,51	101	16,0	53,8
K _{VYM} (mekv./kg)	11	2,37	1,97	0,75	5,46	0,99	3,53
Ca _{VYM} (mekv./kg)	11	42,6	19,1	6,17	135	9,46	86,0
Mg _{VYM} (mekv./kg)	11	26,7	11,3	4,12	89,8	6,30	49,4
Na _{VYM} (mekv./kg)	11	0,36	0,37	0,18	0,53	0,30	0,41
Mn _{VYM} (mekv./kg)	11	1,15	0,29	< 0,1	5,25	0,14	1,99
Al _{VYM} (mekv./kg)	11	39,0	42,3	4,23	88,8	11,9	50,3
Fe _{VYM} (mekv./kg)	11	1,22	0,78	< 0,3	4,12	0,38	1,27
CEC (mekv./kg)	11	117	93,6	61,8	240	68,2	155
BS (%)	11	49,8	36,6	17,7	96,3	24,1	89,7

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,41	3,23	3,77	3,29	3,56
pH _{H2O}	8	4,22	4,16	4,00	4,54	4,09	4,35
Vým. acidita (mekv./kg)	8	114	113	39,2	164	96,0	144
C _{OX} (%)	8	3,99	4,63	1,66	5,37	2,83	5,01
N (%)	8	0,23	0,25	0,13	0,31	0,17	0,30
C/N	8	16,8	17,2	12,3	20,9	15,3	18,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1312	1317	751	1750	1202	1479
P _{M3} (mg/kg)	8	11,4	7,73	3,96	36,8	5,16	12,3
K _{M3} (mg/kg)	8	84,7	84,1	38,8	152	51,6	108
Ca _{M3} (mg/kg)	8	144	96,6	68,8	471	73,0	135
Mg _{M3} (mg/kg)	8	45,9	25,4	17,7	155	21,0	51,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	552	602	276	697	497	623
Sm ₃ (mg/kg)	8	18,0	16,7	11,2	29,0	14,5	20,6
P _{dus} (mg/kg)	8	128	111	42,5	229	89,2	174
K _{dus} (mg/kg)	8	160	176	61,1	240	119	196
Mg _{dus} (mg/kg)	8	245	173	52,7	893	90,4	245
Ca _{dus} (mg/kg)	8	200	117	60,7	768	84,7	185
Al _{dus} (mg/kg)	8	3029	2765	1057	7063	2184	3109
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	4,33	2,44	0,90	13,6	1,55	6,09
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,75	3,79	1,14	12,4	2,33	6,16
Fe _{dus} (mg/kg)	8	6330	5900	787	11380	3806	9531
Mn _{dus} (mg/kg)	8	164	51,5	6,42	842	27,1	154
Pb _{dus} (mg/kg)	8	70,0	69,5	13,2	133	42,4	95,0
Zn _{dus} (mg/kg)	8	10,4	7,53	2,93	24,2	6,16	14,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	62,1	63,5	32,2	84,5	55,2	71,2
K _{VYM} (mekv./kg)	8	1,71	1,67	0,54	3,40	0,97	2,21
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	8,10	4,01	2,70	32,2	3,31	7,62
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	3,40	1,79	1,01	13,1	1,44	3,31
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,32	0,27	0,21	0,68	0,24	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	--	0,22	< 0,1	1,80	< 0,1	0,53
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	56,7	58,0	28,7	76,5	50,9	65,2
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	2,03	1,68	< 0,3	4,49	0,89	3,21
CEC (mekv./kg)	8	75,6	77,5	36,9	107	62,9	90,2
BS (%)	8	16,2	11,2	8,65	45,5	8,97	17,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

5.7.1.3 Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	11	3,78	3,81	3,45	4,13	3,51	3,97
pH _{H2O}	11	4,63	4,63	4,26	5,04	4,30	4,95
Vým. acidita (mekv./kg)	11	98,9	100	64,0	144	84,0	104
C _{OX} (%)	11	2,85	2,69	0,65	4,37	2,37	3,50
N (%)	11	0,15	0,15	0,09	0,25	0,11	0,19
C/N	11	18,8	19,4	7,17	23,7	17,5	22,0
Al _{M3} (mg/kg)	11	1615	1634	1197	2037	1360	1834
P _{M3} (mg/kg)	11	22,6	10,2	< 3,5	106	4,08	13,9
K _{M3} (mg/kg)	11	51,6	51,1	38,4	69,9	39,6	61,9
Ca _{M3} (mg/kg)	11	214	139	76,8	794	99,0	236
Mg _{M3} (mg/kg)	11	80,7	81,4	32,6	137	38,5	123
B _{M3} (mg/kg)	11	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	11	559	585	316	716	521	608
S _{M3} (mg/kg)	11	23,1	20,6	11,8	46,5	17,1	27,9
P _{dus} (mg/kg)	11	218	192	81,55	627	125	228
K _{dus} (mg/kg)	11	146	130	57,6	273	83,6	220
Mg _{dus} (mg/kg)	11	473	273	69,6	1134	188	921
Ca _{dus} (mg/kg)	11	311	223	106	1307	139	323
Al _{dus} (mg/kg)	11	4481	3887	2368	8853	2915	6147
Cd _{dus} (mg/kg)	11	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	11	4,23	4,80	1,21	6,64	2,48	5,95
Cu _{dus} (mg/kg)	11	2,65	2,45	1,36	5,40	1,87	2,68
Fe _{dus} (mg/kg)	11	8596	8582	2525	13100	6860	11220
Mn _{dus} (mg/kg)	11	195	154	6,92	437	121	256
Pb _{dus} (mg/kg)	11	45,2	42,3	21,9	71,1	38,9	51,9
Zn _{dus} (mg/kg)	11	12,4	9,28	4,38	24,3	6,66	20,0
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	11	54,6	48,5	28,1	99,7	37,2	68,8
K _{VYM} (mekv./kg)	11	0,87	0,90	0,59	1,18	0,68	1,00
Ca _{VYM} (mekv./kg)	11	11,3	7,96	3,59	42,3	4,84	12,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	11	5,91	6,36	2,18	12,7	2,60	8,40
Na _{VYM} (mekv./kg)	11	0,26	0,27	0,16	0,35	0,20	0,34
Mn _{VYM} (mekv./kg)	11	0,43	0,33	< 0,1	1,76	0,26	0,42
Al _{VYM} (mekv./kg)	11	51,0	45,7	24,7	95,2	34,5	64,8
Fe _{VYM} (mekv./kg)	11	1,29	1,04	< 0,3	2,85	0,39	2,51
CEC (mekv./kg)	11	72,9	73,0	37,7	107	54,8	84,1
BS (%)	11	25,3	21,4	6,56	60,1	13,6	33,6

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,70	3,72	3,44	3,96	3,57	3,79
pH _{H2O}	8	4,46	4,47	4,13	4,77	4,37	4,55
Vým. acidita (mekv./kg)	8	101	102	66,4	140	86,0	115
C _{OX} (%)	8	2,55	3,08	< 0,35	4,53	0,96	3,80
N (%)	8	0,17	0,18	0,10	0,25	0,12	0,21
C/N	8	13,4	15,9	1,59	20,6	7,59	19,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1576	1594	1156	1747	1575	1686
P _{M3} (mg/kg)	8	12,7	5,34	3,54	45,4	4,36	16,5
K _{M3} (mg/kg)	8	55,3	57,1	37,0	81,5	38,5	66,2
Ca _{M3} (mg/kg)	8	99,6	57,0	45,2	326	50,9	105
Mg _{M3} (mg/kg)	8	28,8	17,0	< 10	121	11,3	24,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	538	563	299	658	514	594
Sm ₃ (mg/kg)	8	22,1	21,9	17,3	25,1	20,7	24,4
P _{dus} (mg/kg)	8	163	127	42,7	411	80,1	217
K _{dus} (mg/kg)	8	156	141	93,0	265	117	186
Mg _{dus} (mg/kg)	8	422	263	113	1399	173	494
Ca _{dus} (mg/kg)	8	167	97,7	43,9	598	63,2	188
Al _{dus} (mg/kg)	8	4636	4106	1878	9502	3580	5169
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	6,05	3,46	2,30	15,5	2,74	9,11
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,30	3,30	1,87	10,0	2,38	5,57
Fe _{dus} (mg/kg)	8	9800	10157	1361	15030	7156	13690
Mn _{dus} (mg/kg)	8	337	93,7	8,92	1697	66,4	334
Pb _{dus} (mg/kg)	8	50,8	52,4	17,1	70,8	39,2	67,7
Zn _{dus} (mg/kg)	8	12,3	11,0	5,12	24,7	6,63	16,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	57,0	58,1	43,2	74,0	47,0	64,4
K _{VYM} (mekv./kg)	8	0,97	1,01	0,56	1,65	0,70	1,08
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	5,72	2,74	2,20	21,2	2,42	6,02
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	2,20	1,19	0,59	9,63	0,81	1,68
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,26	0,25	0,15	0,46	0,21	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	0,41	0,35	< 0,1	1,09	0,10	0,63
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	54,9	57,3	40,0	70,1	45,5	61,6
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	1,34	0,89	< 0,3	4,10	0,45	1,89
CEC (mekv./kg)	8	66,2	67,6	48,0	80,3	57,6	75,5
BS (%)	8	13,2	9,08	6,80	41,8	7,43	11,8

5.7.1.4 Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	11	58,6	62,5	39,1	84,3	43,2	65,4
B (mg/kg)	11	11,3	11,7	8,45	15,2	9,30	12,5
Ca (mg/kg)	11	4633	4503	2841	7147	3767	5259
Cd (mg/kg)	11	--	0,06	< 0,02	0,13	< 0,02	0,11
Cr (mg/kg)	11	0,12	0,12	< 0,1	0,16	0,11	0,15
Cu (mg/kg)	11	2,30	2,31	2,03	2,61	2,16	2,37
Fe (mg/kg)	11	36,9	35,5	32,7	43,7	33,9	39,4
K (mg/kg)	11	4580	4681	3991	4985	4219	4933
Mg (mg/kg)	11	1086	1141	818	1301	901	1261
Mn (mg/kg)	11	271	296	28,9	511	175	346
N (%)	11	1,29	1,28	1,18	1,38	1,27	1,35
Ni (mg/kg)	11	0,63	0,61	0,17	0,99	0,51	0,77
P (mg/kg)	11	1314	1311	1080	1717	1245	1396
Pb (mg/kg)	11	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,29	< 0,2	0,23
S (mg/kg)	11	863	882	780	965	788	928
Zn (mg/kg)	11	39,0	34,8	26,1	57,0	33,8	47,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	76,2	75,8	46,8	107	63,7	88,6
B (mg/kg)	8	12,1	12,7	8,07	13,9	11,7	13,2
Ca (mg/kg)	8	4424	4452	2401	6745	3054	5618
Cd (mg/kg)	8	0,05	0,04	< 0,02	0,11	0,03	0,07
Cr (mg/kg)	8	0,15	0,15	0,13	0,17	0,14	0,16
Cu (mg/kg)	8	2,40	2,38	2,00	2,72	2,28	2,57
Fe (mg/kg)	8	35,7	34,7	28,3	43,5	32,6	39,5
K (mg/kg)	8	4874	4970	4226	5506	4355	5307
Mg (mg/kg)	8	866	830	639	1165	780	952
Mn (mg/kg)	8	445	469	252	628	330	542
N (%)	8	1,33	1,35	1,20	1,41	1,27	1,41
Ni (mg/kg)	8	1,28	1,29	0,64	1,90	0,92	1,63
P (mg/kg)	8	1436	1407	1319	1636	1352	1508
Pb (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,27	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	8	884	915	775	977	801	945
Zn (mg/kg)	8	38,5	37,6	24,6	53,9	28,9	48,2

5.7.1.5 Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	11	66,0	72,2	42,9	84,6	43,7	76,3
B (mg/kg)	11	11,0	11,4	6,87	15,8	8,29	13,1
Ca (mg/kg)	11	6311	5759	3980	9311	5372	7383
Cd (mg/kg)	11	--	0,08	< 0,02	0,11	< 0,02	0,11
Cr (mg/kg)	11	0,14	0,13	0,10	0,18	0,12	0,17
Cu (mg/kg)	11	1,87	1,89	1,34	2,18	1,74	2,06
Fe (mg/kg)	11	44,2	44,8	37,7	53,6	40,1	46,3
K (mg/kg)	11	4533	4398	3592	5705	4186	4953
Mg (mg/kg)	11	1120	1151	786	1559	882	1305
Mn (mg/kg)	11	307	335	18,1	643	160	446
N (%)	11	1,22	1,23	1,09	1,29	1,20	1,25
Ni (mg/kg)	11	0,55	0,56	0,15	0,87	0,46	0,70
P (mg/kg)	11	1188	1124	937	1589	1023	1394
Pb (mg/kg)	11	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,24	< 0,2	0,20
S (mg/kg)	11	828	825	734	966	760	877
Zn (mg/kg)	11	34,4	32,6	23,1	52,4	26,5	38,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	8	96,8	94,9	54,4	145	76,5	117
B (mg/kg)	8	12,3	12,3	8,80	15,5	11,8	13,0
Ca (mg/kg)	8	5967	6338	3428	8722	3774	7681
Cd (mg/kg)	8	0,04	0,03	< 0,02	0,09	0,03	0,06
Cr (mg/kg)	8	0,16	0,16	0,14	0,18	0,14	0,17
Cu (mg/kg)	8	1,87	1,92	1,45	2,06	1,78	2,01
Fe (mg/kg)	8	45,4	43,6	35,6	57,5	38,9	52,5
K (mg/kg)	8	4861	4665	4145	6000	4453	5254
Mg (mg/kg)	8	754	726	536	1081	629	852
Mn (mg/kg)	8	504	497	294	789	351	628
N (%)	8	1,25	1,24	1,06	1,39	1,20	1,32
Ni (mg/kg)	8	0,99	1,01	0,46	1,30	0,87	1,21
P (mg/kg)	8	1258	1192	1095	1605	1131	1359
Pb (mg/kg)	8	< 0,2	0,21	< 0,2	0,28	< 0,2	0,26
S (mg/kg)	8	862	880	772	932	792	925
Zn (mg/kg)	8	33,5	32,6	19,8	52,4	22,7	42,7

5.7.1.6 Bříza bělokorá – listy

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	11	51,3	51,1	39,0	69,0	44,8	56,6
B (mg/kg)	11	30,2	29,6	22,4	45,2	25,5	33,7
Ca (mg/kg)	11	8764	8288	7305	12630	7887	9108
Cd (mg/kg)	11	0,23	0,22	0,10	0,36	0,18	0,28
Cr (mg/kg)	11	0,34	0,34	0,29	0,45	0,31	0,36
Cu (mg/kg)	11	5,84	5,73	5,40	6,50	5,58	5,99
Fe (mg/kg)	11	67,5	65,3	57,5	83,6	62,1	70,8
K (mg/kg)	11	7658	7698	6100	9695	6709	8087
Mg (mg/kg)	11	3627	3584	2860	4921	2934	4139
Mn (mg/kg)	11	553	468	68,8	935	287	839
N (%)	11	2,60	2,61	2,27	2,88	2,53	2,75
Ni (mg/kg)	11	1,69	1,67	0,88	3,27	1,17	1,89
P (mg/kg)	11	2308	2389	1967	2789	2100	2445
Pb (mg/kg)	11	0,97	0,86	0,55	1,80	0,58	1,36
S (mg/kg)	11	1877	1850	1540	2066	1757	2045
Zn (mg/kg)	11	175	168	132	253	148	203

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	58,8	59,8	42,3	78,7	43,0	69,4
B (mg/kg)	6	29,2	28,9	24,8	33,0	27,8	31,9
Ca (mg/kg)	6	6253	5504	4413	9392	5334	7369
Cd (mg/kg)	6	0,19	0,16	0,10	0,45	0,10	0,17
Cr (mg/kg)	6	0,37	0,39	0,30	0,44	0,35	0,39
Cu (mg/kg)	6	5,98	5,91	5,37	6,68	5,46	6,57
Fe (mg/kg)	6	70,5	74,9	57,1	79,8	58,8	77,4
K (mg/kg)	6	8300	8619	5179	10970	6588	9822
Mg (mg/kg)	6	2250	1996	1278	3874	1466	2888
Mn (mg/kg)	6	803	751	173	1376	681	1087
N (%)	6	2,63	2,58	2,50	2,84	2,52	2,77
Ni (mg/kg)	6	3,54	3,50	1,76	6,03	2,47	4,00
P (mg/kg)	6	2091	2106	1821	2347	1834	2330
Pb (mg/kg)	6	0,89	0,76	0,30	2,00	0,41	1,09
S (mg/kg)	6	1902	1917	1759	2004	1832	1983
Zn (mg/kg)	6	179	160	113	311	148	181