

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD
OBSAH PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ
B, Cu, Fe, Mn, Zn

II. část (hodnocení vývoje 1995–2019)

Zpracoval: Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Petra Morávková

Předkládá: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

Schválil: Ing. Josef Svoboda, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, listopad 2024

Autoři fotografií:

Ing. Bohumil Hejný

Ing. Lenka Klementová

Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.

Ing. Pavel Kuttelvascher

Ing. Boleslava Pilcová

Ing. Pavel Roháček

Ing. Jana Šmídová

Ing. Lenka Štěpařová

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH	5
3	HODNOCENÍ PŮDNÍCH DAT	7
3.1.1	Vstupní data	7
3.1.2	Postup zpracování dat	7
4	VÝVOJ OBSAHU PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ 1995–2019.....	10
4.1	Bór	10
4.2	Měď.....	17
4.3	Železo	24
4.4	Mangan	31
4.5	Zinek	38
5	ZÁVĚRY ZE SLEDOVÁNÍ OBSAHU PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ 1995–2019	46
6	LITERÁRNÍ ZDROJE	47

1 ÚVOD

Váženým čtenářům předkládáme druhou část zprávy s názvem Bazální monitoring zemědělských půd, Obsah přístupných mikroelementů B, Cu, Fe, Mn, Zn, Hodnocení vývoje 1995–2019, která volně navazuje na I. část. Tato zpráva hodnotí vývoj obsahů těchto prvků ve specifických výluzích na 173 monitorovacích plochách zemědělských půd (z 214 celkových). Tento soubor se skládá ze 137 orných půd, 22 trvalých travních porostů, 4 sadů, 4 vinic a 6 chmelnic.

V I. části je podrobně popsána metodika odběru vzorků, analyzované parametry a principy laboratorních stanovení a je zde hodnocen aktuální stav těchto agrochemických parametrů na celém souboru 214 ploch BMP (Bazálního monitoringu zemědělských půd) vzorkovaných v roce 2019.

Tato zpráva doplňuje zprávu Bazální monitoring zemědělských půd – půdní reakce a obsah živin, Hodnocení vývoje 1995–2019.

2 STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH

V průběhu odběrových cyklů dochází k přesunu či rušení ploch, k zakládání nových, či ke změnám kultur na plochách. Změny v zastoupení jednotlivých kultur v letech v celém systému BMP jsou uvedeny v tabulce 1. Nejmarkantnější je snižování ploch s ornou půdou a naopak nárůst ploch TTP. Obrázek 1 poukazuje na změnu poměru mezi ornými půdami a TTP. V cyklu 2019 došlo oproti cyklu 2013 k navýšení počtu TTP na úkor orných půd o celkem 6 PP. Ovocný sad na PP 7007BP Želešice byl vykloučen a převeden do režimu orné půdy. Trend poklesu stavu orných půd je poplatný celé České republice; v současné době je dle Situační a výhledové zprávy – Půda, 2021 poměr orná půda / TTP 2,87.

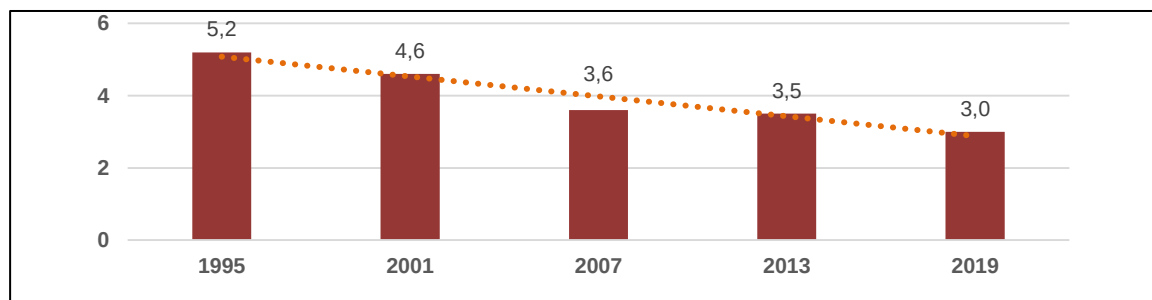
K porovnání vývoje parametrů v čase bylo důležité vybrat soubor PP, které by nebyly změnami postihnuty. Tomuto požadavku vyhovělo 173 PP z celkových 214 (137 PP orných půd, 22 PP trvalých travních porostů, 4 PP sadů, 4 PP vinic a 6 PP chmelnic). Z režimu orné půdy do režimu chmelnice se vrátila plocha 5904K Čínov. Tuto plochu jsme v cyklech 2007 a 2013 vzorkovali podle schématu pro orné půdy. Vzhledem k identickému pH a obsahům živin z období, kdy byla vedena jako orná v porovnání s obdobím, kdy byla chmelnicí, jsme přistoupili k jejímu hodnocení jakožto stále plochy bez změny kultury. U této plochy ani ze strany uživatelů nebyl úmysl převést ji na ornou, pouze po vykloučení chmelnice tato plocha „odpočívala“ před novým osázením.

V tabulce 2 je soubor 173 PP BMP rozčleněn podle jednotlivých výrobních oblastí a v tabulce 3 podle půdních typů. V průběhu trvání monitoringu došlo ke změně klasifikačního systému půdních typů a z tohoto důvodu jsou postupně u všech ploch kopány a popisovány nové pedologické sondy. Tato zpráva používá rozčlenění PP podle původního půdního typu určeného při založení BMP v roce 1992. Soubor je zastoupen 13 půdními typy. Nejvíce zastoupeným půdním typem v souboru je kambizem – 50 PP, následuje hnědozem – 35 PP a fluvizem – 28 PP.

Tabulka 1 Procentické zastoupení jednotlivých kultur v celém monitorovacím souboru BMP (214 PP) ve vzorkovacích cyklech

Kultura	1995	2001	2007	2013	2019
Orná půda	77,0	75,2	72,1	71,5	69,2
TTP	14,8	16,5	20,0	20,6	23,4
Sady	3,04	2,75	2,79	2,80	2,34
Vinice	2,17	2,29	2,33	2,34	2,34
Chmelnice	3,04	3,21	2,79	2,80	2,80

Obrázek 1 Poměr počtu orných půd ku TTP v celém monitorovacím souboru BMP (214 PP) ve vzorkovacích cyklech



Tabulka 2 Počet ploch BMP v jednotlivých výrobních oblastech na stálých 173 PP

Výrobní oblast	Počet ploch
Kukuřičná	4
Řepařská	82
Bramborářská	83
Horská	4
Celkem	173

Tabulka 3 Počet PP a kultur podle jednotlivých půdních typů na stálých 173 PP

Půdní typ	Počet PP					
	Celkem	Orná	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Antropozem	1	-	1	-	-	-
Černice	2	2	-	-	-	-
Černozem	17	15	-	-	2	-
Fluvizem	28	22	2	-	-	4
Glej	9	5	4	-	-	-
Hnědozem	35	30	-	3	-	2
Kambizem	50	39	11	-	-	-
Luvizem	12	12	-	-	-	-
Pararendzina	2	1	1	-	-	-
Pseudoglej	10	7	3	-	-	-
Regozem	2	1	-	-	1	-
Rendzina	3	2	-	-	1	-
Šedozem	2	1	-	1	-	-
Celkem	173	137	22	4	4	6

3 HODNOCENÍ PŮDNÍCH DAT

3.1.1 Vstupní data

Pro zachování porovnatelnosti je v každém cyklu prováděno stejné vzorkování, které je přesně popsáno v první části zprávy (Prášková, 2019). Mezi mikroprvky patří také molybden, který byl v souboru BMP stanovován pouze při založení v roce 1992 a v prvním cyklu vzorkování v roce 1995. Hodnocení tohoto prvku bylo provedeno ve zprávě z roku 2016, která hodnotila přístupné mikroelementy mezi lety 1995–2013 (Prášková, Němec, 2016).

U orných půd, sadů, vinic a chmelnic byly v letech 1995–2007 analyzovány vzorky ze dvou horizontů (O ornice, P podorničí). U trvalých travních porostů tři horizonty (O ornice, P podorničí, R druhé podorničí) vždy ze stejných hloubek. Od cyklu v roce 2013 je analyzován u orných půd, sadů, vinic a chmelnic pouze jeden horizont (O ornice); u trvalých travních porostů dva horizonty (O ornice, P podorničí). Proto bude v této zprávě hodnocen vývoj obsahu uvedených prvků pouze v O horizontu. Tento horizont byl vzorkován ve všech odběrových cyklech (rok 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019).

Výsledky obsahů prvků (B, Cu, Fe, Mn, Zn) jsou udávány v mg.kg^{-1} suchého vzorku. V roce 2019 byla zvýšena analytická mez stanovitelnosti u bóru z nula na $0,5 \text{ mg B.kg}^{-1}$ a všechny hodnoty nižší než $0,5 \text{ mg B.kg}^{-1}$ byly označeny jako $< 0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Aby s hodnotou $< 0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ bylo možno pracovat ve výpočtech, byla převedena na hodnotu $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$. To mělo potom význam na při porovnávání s ostatními roky – rok 2019 vykázal nižší obsahy bóru.

Ve zprávě je hodnocen vývoj obsahů mikroelementů za uskutečněných pět period odběrů na 173 plochách.

Těchto 173 PP je hodnoceno v několika úrovních: jednak jako celek, poté po rozdělení na kultury (orná půda – 137 PP, TTP – 22 PP, sady – 4 PP, vinice – 4 PP, chmelnice – 6 PP) a dále po rozdělení na půdní typy (13 půdních typů, viz tabulka 3).

3.1.2 Postup zpracování dat

Pro hodnocení obsahů jednotlivých mikroelementů byla použita:

a) **popisná statistika** (MS Excel 2010) a počítány byly tyto veličiny: aritmetický průměr; medián; 10., 25., 75. a 90. percentil; minimum a maximum. V případě, kdy měl laboratorní výsledek hodnotu menší než mez stanovitelnosti, byla do výpočtu zařazena poloviční hodnota této meze (např. laboratorní výsledek obsahu bóru u vzorku byl $< 0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ve výpočtech bylo proto počítáno s hodnotou $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$).

b) **vizualizace výsledků popisné statistiky** – krabicový graf.

c) **statistická porovnání**, která byla provedena Kruskal-Wallisovou Anovou a neparametrickým následným testováním průkaznosti rozdílů mezi skupinami. Skupiny byly tvořeny jednak celým souborem ploch BMP a jednak jednotlivými kulturami (orná půda, trvalé travní porosty, sady, vinice, chmelnice).

d) **kritéria pro hodnocení obsahu mikroelementů ve specifických výluzích** (tabulka 4). Návrhy na korekci hnojení jsou uvedeny v tabulce 5.

e) **mapy obsahů mikroelementů na pozorovacích plochách**. Obsah je zobrazen na dvou mapách; na první mapě jako hodnota, kterou zaujímá obsah daného prvku na lokalitě vzhledem

k hodnotícím kritériím a na druhé mapě je obsah zobrazen jako procento poklesu nebo nárůstu obsahu z roku 2019 vzhledem k roku 1995.

Tabulka 4 *Kritéria pro hodnocení obsahu mikroprvků ve specifických výluzích (Neuberg, 1990)*

Prvek	Druh půdy	Obsah v mg.kg ⁻¹ zeminy		
		Nízký	Střední	Vysoký
bór (Berger-Truog)	L	pod 0,40	0,40–0,70	nad 0,70
	S	pod 0,60	0,60–1,00	nad 1,00
	T	pod 0,80	0,80–1,50	nad 1,50
molybden (Grigg) ¹	L	pod 6,40	6,40–7,00	nad 7,00
	S	pod 6,80	6,80–7,80	nad 7,80
	T	pod 7,20	7,20–8,20	nad 8,20
měď (Lindsay-Norvell)	L, S, T	pod 0,80	0,80–2,70	nad 2,70
mangan (Lindsay-Norvell)	L, S, T	pod 10	10–100	nad 100
zinek (Lindsay-Norvell)	L, S, T	pod 1,00	1,00–2,50	nad 2,50
železo (Lindsay-Norvell) ²	L, S, T	pod 8	8–75	nad 75

¹... vyjádřeno tzv. molybdenovým číslem Mo_c. Mo_c = 10 x Mo (v mg.kg⁻¹ zeminy)

²... stanovení obsahu železa je prováděno pouze ve zvláštních případech

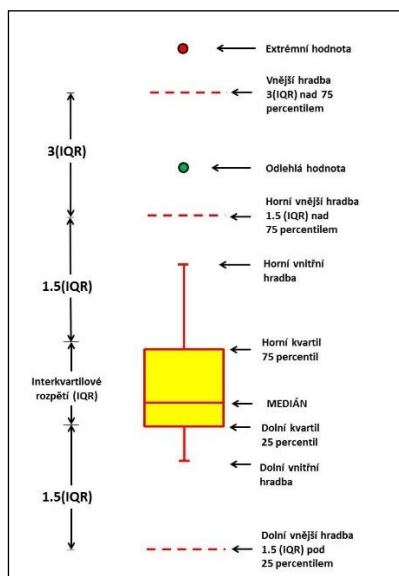
Tabulka 5 *Opatření pro korekci dávek živin (pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022)*

Obsah	Hodnocení + korekce dávky pro hnojařský zásah
Nízký (N)	potřeba dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 50 %
Vyhovující (VH)	potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 20–30 %
Dobrý (D)	příznivý obsah, jehož udržení je potřeba zajistit nahrazovacím hnojením příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů
Vysoký (V)	potřeba vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (asi 2–3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré
Velmi vysoký (VV)	zvyšování tohoto obsahu je nevhodné z ekologického hlediska, hnojení příslušnou živinou je nepřipustné – vypustit hnojení příslušnou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZZP

Pro statistické zpracování byly použity programy: statistický program (software pro statistickou analýzu dat) R, MS Excel 365. Lokality odběru směsných vzorků jsou prostorově určeny v souřadnicovém systému S-JTSK. K souřadnicím jsou připojeny výsledky analýz v jednotkách mg.kg⁻¹. Mapové interpretace byly prováděny v geografickém informačním systému ArcGIS ArcMap 10.5.1.

Box diagram (box plot, krabicový graf) představuje grafické zobrazení statistických charakteristik minimum, maximum, medián a kvartily, které umožní jejich posouzení. Program Excel také nabízí zobrazení průměru. Lze zvolit zobrazení také tzv. odlehlých hodnot, jako samostatných bodů. Konec „vousu“ představuje poslední hodnotu v rámci rozsahu, který je spočítán na základě výšky krabice (mezikvartilové rozpětí). Odlehlé hodnoty představují velmi vzdálené body od většiny ostatních naměřených hodnot.

Obrázek 2 **Struktura box diagramu**



4 VÝVOJ OBSAHU PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ 1995–2019

4.1 Bór

Průměrná hodnota obsahu přístupného bóru se v zemědělských půdách v **celém souboru** monitorovacích ploch BMP v posledních 25 letech snížila (tabulka 6). Snížení mezi 1. a 5. cyklem znamenalo hodnotu $0,27 \text{ mg B. kg}^{-1}$ (28 %) a bylo statisticky významné. V roce 2007 je patrná nejvyšší průměrná hodnota a v roce 2019 nejnižší; obě hodnoty znamenají oproti ostatním rokům statisticky významný rozdíl (příloha 27). Nízká hodnota obsahů v roce 2019 je zapříčiněna nastavením analytické meze stanovitelnosti laboratorního přístroje na vyšší hodnotu obsahu bóru v půdě ($0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$)¹. V roce 1995 se v souboru 173 PP nacházelo 43 PP s obsahy menšími než $0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$ a v roce 2019 se zde nacházelo těchto ploch 88. Změna meze stanovitelnosti tak znamenala navýšení počtu ploch s obsahy menšími než $0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$ v roce 2019 oproti roku 1995 o 45 PP (o 105 %).

Tabulka 6 Základní statistika obsahu bóru v celém souboru monitorovacích ploch BMP (1995–2019, Berger-Truog, mg.kg^{-1} suchého vzorku)

B Cyklus	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	173	0,97	0,09	3,35	0,34	0,52	0,82	1,31	1,84
2001	O	173	0,98	0,24	2,95	0,47	0,57	0,80	1,27	1,89
2007	O	173	1,20	0,29	7,37	0,57	0,77	0,95	1,38	1,89
2013	O	173	0,88	0,16	2,74	0,44	0,59	0,84	1,10	1,43
2019	O	173	0,70	< 0,5	2,90	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,96	1,76

Pozn. V příloze 11 je tato tabulka zpracována grafickou formou

Mezi prvním a posledním cyklem vzorkování nastal pokles u všech **kultur** kromě vinic, a to o $0,3\text{--}0,4 \text{ mg B. kg}^{-1}$ (obrázek 3). Pokles byl statisticky průkazný pouze u orných půd (a trvalých travních porostů, kde však byl pokles v roce 2019 statisticky průkazný v porovnání se všemi roky kromě roku 1995). Příčina bude mít patrně souvislost se změnou analytické meze stanovitelnosti, kdy orné půdy v roce 2019 zaznamenaly nárůst ploch s obsahy menšími než $0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$ o 115 % oproti roku 1995. V roce 1995 bylo v souboru 33 orných půd s obsahem $< 0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$ a v roce 2019 to bylo 71 PP. U vinic došlo ke zvýšení (navýšení bylo o $0,8 \text{ mg B. kg}^{-1}$). V souboru jsou obsaženy 4 vinice s velmi rozdílným obsahem B v jednotlivých letech, proto tento rozdíl nebyl vyhodnocen jako statisticky významný.

Při vzájemném porovnání kultur není statistický rozdíl mezi ornou půdou, sady a vinicemi a mezi kulturou sady a TTP. Chmelnice se od všech ostatních kultur statisticky významně lišily vyšším obsahem. Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 1, statistické hodnocení v příloze 27 a grafické znázornění statistických parametrů v přílohách 12, 13, 14, 15 a 16.

Grafy na obrázku 4 dokumentují vývoj průměrných obsahů B v **půdních typech**. Největší rozdíl mezi hodnotou z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ

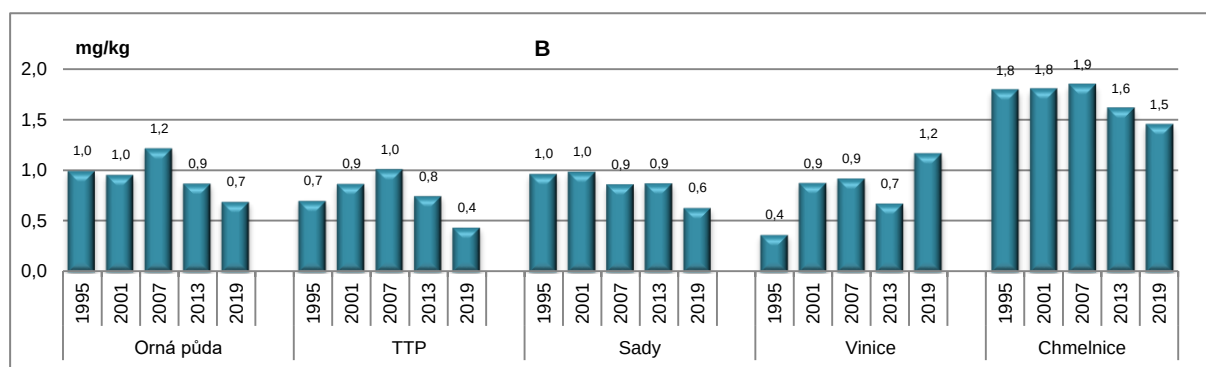
¹ V praktických výpočtech toto zvýšení potom znamená, že z obdrženého laboratorního výsledku $< 0,5 \text{ mg B. kg}^{-1}$ jsme do výpočtu dosadili poloviční hodnotu této meze ($0,25 \text{ mg B. kg}^{-1}$) a tím nám případné obsahy, které byly v ostatních letech měřeny – např. $0,49 \text{ mg B. kg}^{-1}$ rázem klesly na hodnotu $0,25 \text{ mg B. kg}^{-1}$.

hnědozem (pokles o $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Nejmenší rozdíl pak pararendzina (pokles o $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$), rendzina a černoze (nárůst o $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$). Pararendziny vznikají z rozpadů karbonátosilikátových zpevněných hornin (vápnitých pískovců, opuk, vápnitých slepenců, brekcií, vápnitých břidlic apod.) a dochází v nich k postupnému vyluhování a přechodu k půdnímu typu kambizem (Pavlů et al., 2019). Rendziny jsou vyvinuté ze skeletovitých rozpadů karbonátových hornin (Jandák et al., 2001), které mají vysokou pufrací schopnost.

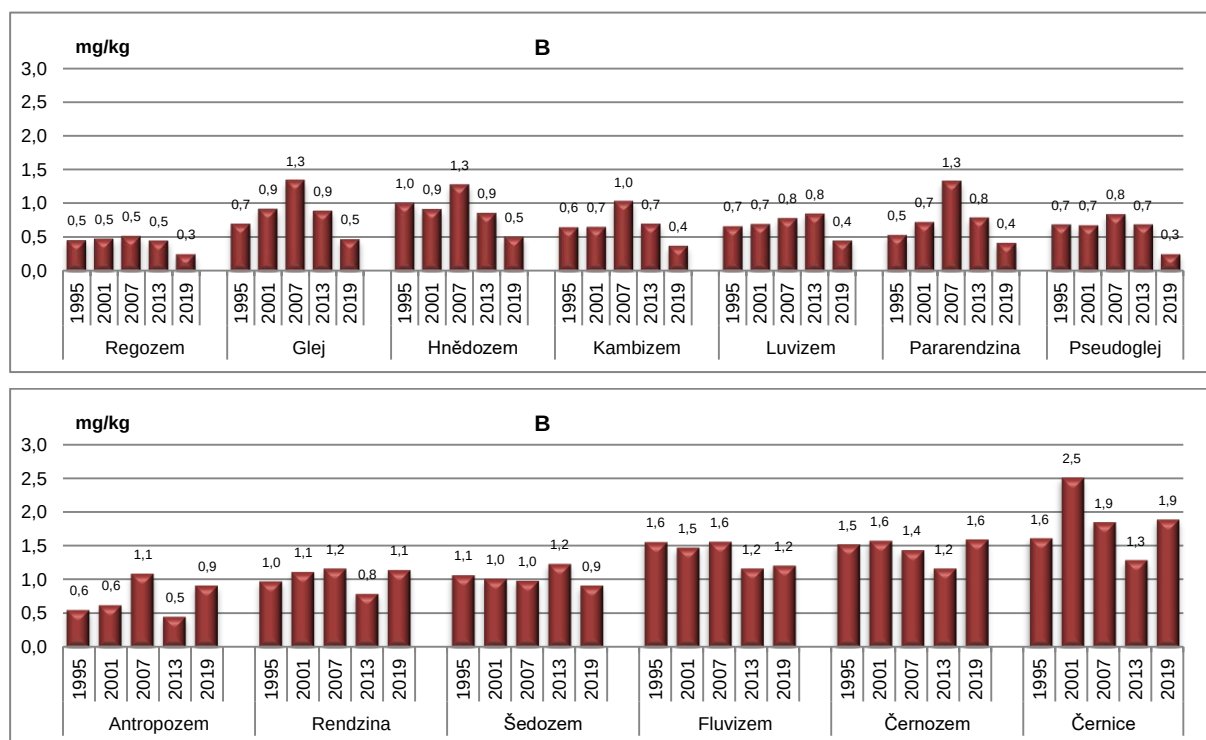
Většina půdních typů vykazala výkyvy v obsazích B v jednotlivých odběrových periodách. Půdními typy, kde byl relativně stabilní obsah B (s výjimkou poklesu v roce 2019), byly regozem, luvizem, pseudoglej a šedoze. Naopak velké výkyvy jsme zaznamenali u antropozemě a černice.

Popisná statistika je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 6.

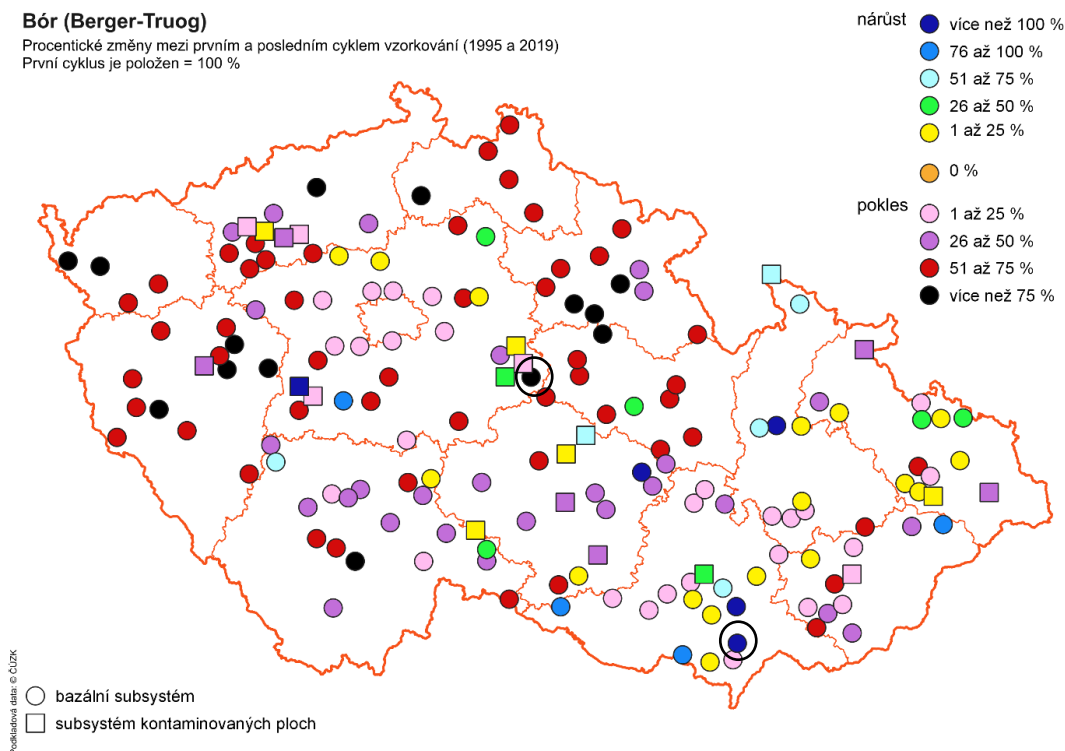
Obrázek 3 Vývoj průměrných obsahů bóru v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995–2019 (Berger-Truog; mg.kg^{-1})



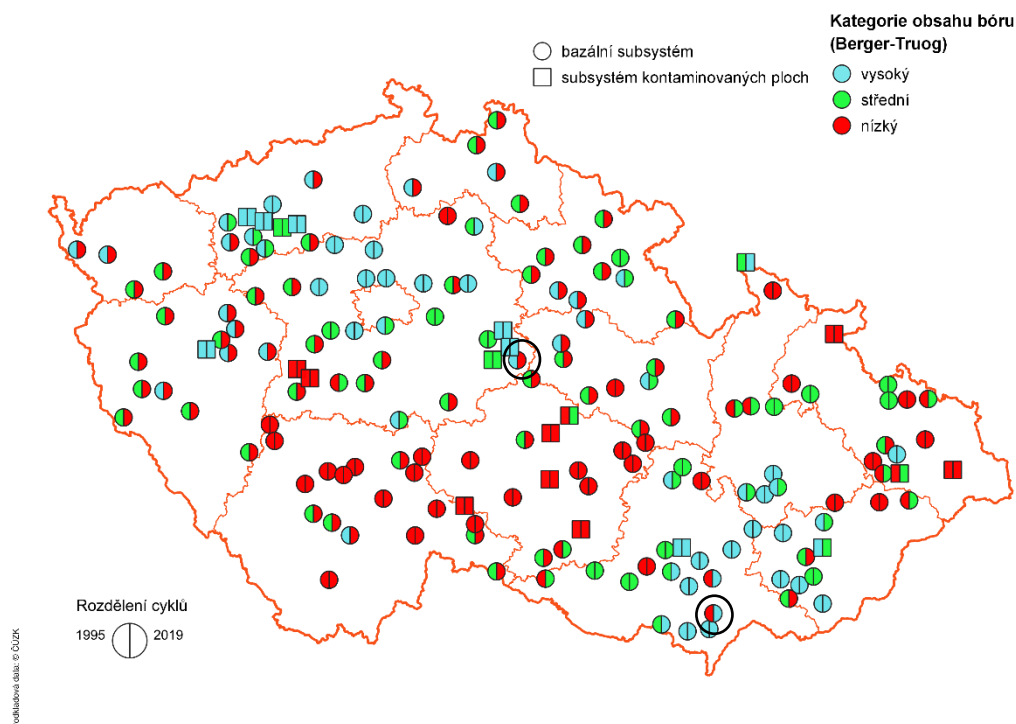
Obrázek 4 Vývoj průměrných obsahů bóru v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995–2019 (Berger-Truog; mg.kg^{-1})



Obrázek 5 Změny obsahu bóru stanoveného ve výluhu dle Berger-Truog na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %. Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



Obrázek 6 Kategorie obsahu bóru stanoveného ve výluhu dle Berger-Truog na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle Kritérií pro hodnocení obsahu bóru v půdě (Neuberg, 1990). Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



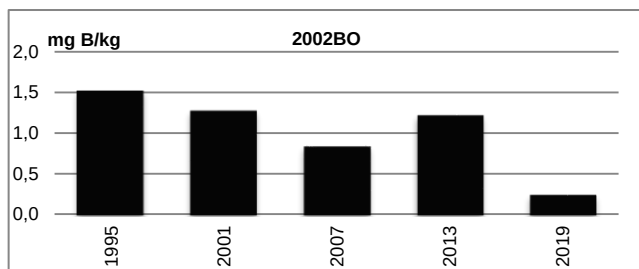
Mapa na obrázku 5, ukazuje výši poklesu nebo nárůstu obsahu B, která nastala mezi počátkem sledování a rokem 2019. Nejvíce ploch zaznamenalo pokles hodnot v rozmezí 51 až 75 % původní hodnoty (29 % PP, červená barva). S odstupem potom pokles o 26 až 50 % (19 % PP, fialová barva) a pokles o 1 až 25 % původní hodnoty (18,5 % PP, růžová barva). Celkem tedy převažoval pokles hodnot nad jeho nárůstem, kdy pokles nastal u 75 % ploch. Nárůst nastal u 25 % ploch.

Plochy s největším výkyvem B mezi rokem 1995 a 2019 jsou označeny kroužkem. Na obrázku 7 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin. Jsou to informace, které nám na naši žádost posílají zemědělci hospodařící na pozemcích, na kterých monitorovací plochy leží.

Obrázek 7 **Vývoj obsahu bóru na plochách s vysokými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019**

Nejvyšší pokles obsahu B v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 84 %).

PP 2002B, orná, Filipov u Čáslavi, okres Kutná Hora, hnědozem, B 1,52 mg.kg⁻¹ (vysoký) – < 0,5 mg.kg⁻¹ (nízký), foto 2013

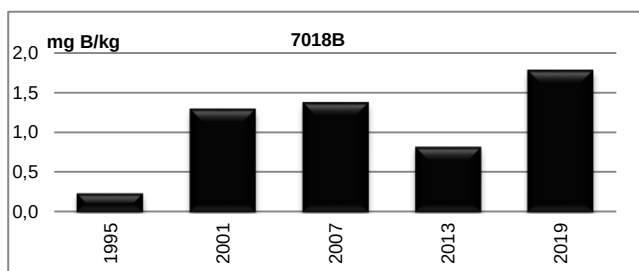


Pozorovací plocha (PP) je ornou půdou ležící na zkušební stanici ÚKZÚZ, kde probíhají polní vegetační zkoušky. Všechny základní živiny jsou pravidelně aplikovány formou minerálních hnojiv (LAV, draselná sůl, superfosfát); statková hnojiva nejsou používána. Zapravována je sláma

z pěstovaných obilnin. Hnojiva s mikroelementy nejsou neaplikována. Přípravky na ochranu rostlin jsou používány.

Nejvyšší nárůst obsahu B v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 643 %).

PP 7018B, vinice, Čejkovice, okres Hodonín, černozem, B 0,24 mg.kg⁻¹ (nízký) – 1,78 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2019



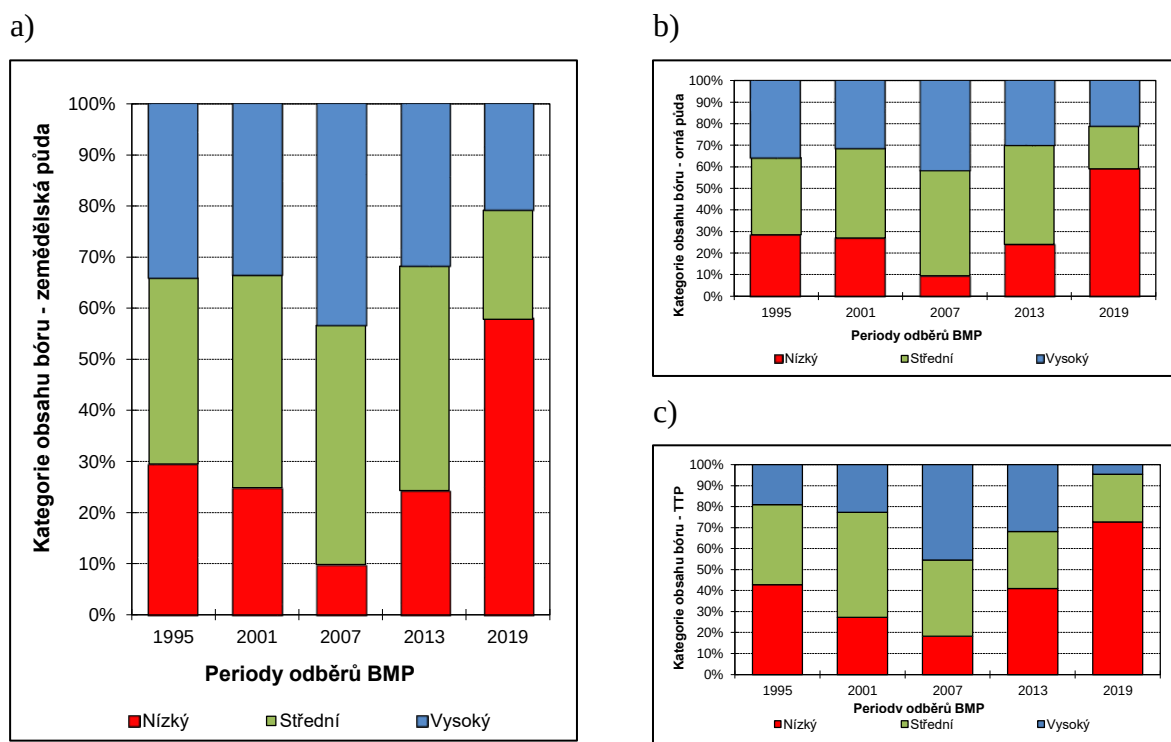
Na PP je pěstována réva. Hnojení je prováděno cca po 8 letech minerálním hnojivem NPK. Organická hnojiva nejsou používána. Povrch půdy v meziřadí je pravidelně mulčován (drcené réví, zelené hnojení). Hnojiva s mikroelementy nejsou neaplikována. Ochrana rostlin chemickými přípravky

je používána vydatně.

V grafech na obrázku 8 je zobrazen vývoj obsahu bóru na plochách BMP podle **kritérií** (tabulka 4) pro hodnocení obsahu bóru v půdě. V případě lehkých půd je hranice mezi nízkým a středním obsahem na úrovni $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, což představuje u obsahů $< 0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (perioda odběrů v roce 2019) problém se zvolením do správné kategorie. Bylo proto přistoupeno k zařazení těchto ploch do kategorie „*nízký obsah*“. Toto se týká 20 PP na lehkých půdách (10 orných půd, 9 TTP a 1 vinice situovaných převážně na kambizemích). Tato kategorie zahrnuje obsahy rozdělené podle druhu půdy takto: lehká půda: pod $0,4 \text{ mg B.kg}^{-1}$, střední půda: pod $0,6 \text{ mg B.kg}^{-1}$, těžká půda: pod $0,8 \text{ mg B.kg}^{-1}$.

Nejvíce zastoupenou kategorií v cyklech 1995, 2001, 2007, 2013 v celém souboru ploch (obrázek 8a, příloha 17) byla kategorie „*střední*“. Tato kategorie zahrnuje obsahy B rozdělené podle druhu půdy na kategorii $0,4\text{--}0,7 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (lehká půda), $0,6\text{--}1,0 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (střední půda) a $0,8\text{--}1,5 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (těžká půda). V cyklu 2019 byla nejvíce zastoupena kategorie „*nízký*“ obsah.

Obrázek 8 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995–2019 v jednotlivých kategoriích obsahu bóru podle Kritérií pro hodnocení obsahu bóru v půdě ve výluhu dle Berger-Truog (Neuberg, 1990)



Podobnou situaci ve vývoji obsazenosti kategorií jako v celém souboru ploch sleduje i kultura orná půda a trvalé travní porosty (obrázek 8b, 8c, příloha 17). Trvalé travní porosty mají však na rozdíl od orné půdy nejvíce zastoupenou kategorií „*nízký*“ nejen v cyklu 2019, ale i v cyklu 2013. Ostatní kultury (sady, vinice chmelnice – příloha 17, 18) se z důvodu nízkého počtu ploch v souboru (sady – 4 PP, vinice – 4 PP, chmelnice – 6 PP) vyznačují vysokou variabilitou obsahů B v jednotlivých cyklech. Jednoznačně lze říci, že u sadů převládá kategorie „*střední*“ obsah a u chmelnic „*vysoký*“ obsah. Kategorie „*vysoký*“ obsah zahrnuje obsahy B rozdělené podle druhu půdy na kategorii nad $0,7 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (lehká půda), nad $1,0 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (střední půda) a nad $1,5 \text{ mg B.kg}^{-1}$ (těžká půda).

V mapě na obrázku 6 je potom barevně zobrazen stav obsahu bóru na jednotlivých PP na počátku monitorování v roce 1995 a pak v roce 2019 podle kategorií. Z mapy jsou patrné nízké obsahy bóru v kraji Vysočina, kde i Nerad (1994) při třetím průzkumu obsahu mikroelementů v půdě uváděl, že v okrese Žďár nad Sázavou, Jihlava a Třebíč byl zjištěn největší podíl půd s nízkým obsahem B (cca přes 30 % půdy v jednotlivých okresech); jako další oblast s poměrně velkým podílem půd s nízkým obsahem B zmiňuje Jižní Čechy. Naše aktuální zjištění tomuto odpovídá a rovněž také plně koresponduje s výsledky AZPP (Smatanová, 2023).

Pozemky, které se vyznačují nízkým obsahem bóru by bylo vhodné před pěstováním plodiny náročné na bór ošetřit hnojivem obsahujícím bór či aplikovat přímo na plodinu foliární hnojivo. Náročné na bór jsou cukrovka, krmná řepa, mák, řepka, vojtěška, len, salát, jablono, hrušeň, bobovité rostliny (Beneš, 1994).

Bór významně působí na kvalitu produkce, zvláště na obsah cukrů v řepě a ovoci, na množství vitamínů a na odolnost proti bakteriálním chorobám (Beneš, 1994).

Bórem se hnojí pozemky, které mají nízký obsah bóru v půdě. Je nutné zohledňovat půdní druh. Proto se na lehkých půdách používá dávka okolo 1 kg B.ha⁻¹ a u těžších půd až 3 kg B.ha⁻¹ ve formě kyseliny borité nebo tetraboritanu sodného (Beneš, 1994).

Shrnutí vývoje obsahu bóru

- Z celého souboru 173 PP došlo u 129 PP (75 %) k poklesu a u 44 PP (25 %) k nárůstu obsahu bóru oproti původní hodnotě z roku 1995. Nejvíce zastoupenou kategorií poklesu bylo rozmezí od 51 do 75 % původní hodnoty a to u 29 % PP, u 19 % PP v rozmezí od 26 do 50 %, u 18,5 % PP v rozmezí od 1 do 25 % původní hodnoty. Určitou měrou se na poklesu obsahů podílela změna meze stanovitelnosti (zvýšení na hodnotu 0,5 mg B.kg⁻¹), což mělo za následek navýšení počtu ploch s obsahy nižšími než 0,5 mg B.kg⁻¹ v roce 2019 na 88 PP oproti roku 1995, kdy jich v souboru bylo pouze 43 PP (nárůst o 45 PP – 105 %).
- V celém souboru 173 PP došlo k vývoji **průměrných** hodnot v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

$$- 0,97 \text{ mg.kg}^{-1} < 0,98 \text{ mg.kg}^{-1} < 1,20 \text{ mg.kg}^{-1} > 0,88 \text{ mg.kg}^{-1} > 0,70 \text{ mg.kg}^{-1}$$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou statisticky významné.

Není statistický rozdíl mezi kulturami orná půda, sady a vinice. A není rozdíl mezi kulturou sady a TTP

- Změny obsahu bóru v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**průměry**):

- *orná půda* 1,00 mg.kg⁻¹ > 0,96 mg.kg⁻¹ < 1,22 mg.kg⁻¹ > 0,88 mg.kg⁻¹ > 0,69 mg.kg⁻¹
- *TTP* 0,71 mg.kg⁻¹ < 0,87 mg.kg⁻¹ < 1,02 mg.kg⁻¹ > 0,75 mg.kg⁻¹ > 0,44 mg.kg⁻¹
- *sady* 0,97 mg.kg⁻¹ < 0,99 mg.kg⁻¹ > 0,87 mg.kg⁻¹ < 0,88 mg.kg⁻¹ > 0,64 mg.kg⁻¹
- *vinice* 0,37 mg.kg⁻¹ < 0,88 mg.kg⁻¹ < 0,93 mg.kg⁻¹ > 0,68 mg.kg⁻¹ < 1,17 mg.kg⁻¹
- *chmelnice* 1,80 mg.kg⁻¹ < 1,81 mg.kg⁻¹ < 1,85 mg.kg⁻¹ > 1,62 mg.kg⁻¹ > 1,46 mg.kg⁻¹

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním jsou statisticky průkazné jen u orné půdy. Zde opět jistou měrou přispěla změna meze stanovitelnosti a tak navýšení počtu PP s hodnotami obsahů B nižšími než 0,5 mg.kg⁻¹ (počet těchto ploch se v roce 2019 navýšil na 71 PP oproti 33 v roce 1995 a narostl tak o 38 PP – o 115 %).

- Obsahy bóru u půdních typů v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly kolísavé.
- Nejvíce zastoupenou v celém souboru ploch byla kategorie obsahu bóru „*střední*“. V roce 2019 to byla kategorie obsahu „*nízký*“. Jednotlivé kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:
 - „*střední*“ 36 % < 41 % < 47 % > 44 % > 21 %
 - „*nízký*“ 29 % > 25 % > 10 % < 24 % < 58 %
 - „*vysoký*“ 34 % > 33,5 % < 43 % > 32 % > 21 %
- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u orné půdy a trvalých travních porostů byla kategorie obsahu „*střední*“. Kulty sady, vinice a chmelnice se z důvodu nízkého počtu ploch v souboru vyznačují vysokou variabilitou obsahů B v jednotlivých cyklech. Lze říci, že u sadů převládá kategorie „*střední*“ obsah a u chmelnic „*vysoký*“.
- „*Střední*“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který lze mírně doplnit foliárním hnojením v případě pěstování plodiny s vysokými nároky na bór. Půdy s „*nízkým*“ obsahem bóru v půdě je vhodné dohnojit či případně použít foliární hnojivo s bórem přímo na plodinu.
- V případě vysokého a velmi vysokého obsahu živiny v půdě je další přihnojování neekonomické a z ekologického hlediska nepřijatelné. Doporučuje se danou živinou nehnojit až do doby, kdy budou k dispozici výsledky z dalšího cyklu odběrů.

4.2 Měď

Nedostatek Cu je nejčastější na lehkých podzolových půdách, v oblastech s vysokými srážkami, na půdách přehnojených dusíkem, fosforem, zinkem a při převápnění. Vysoké obsahy Cu v půdě jsou časté v půdách hnojených čistírenskými kaly. Nadměrný obsah Cu snižuje přijatelnost Fe (Beneš, 1994). Pokud je zvýšená koncentrace Cu v prostředí, zůstává většinou lokalizována v kořenech. Proto nebývá časté nebezpečí průniku mědi do potravního řetězce (Vaněk et al., 1999).

Stav středních hodnot obsahů přístupné mědi byl v průběhu monitorování v **celém souboru** ploch vyrovnaný, výkyvy statisticky neprůkazné. Pouze rozdíl mezi rokem 1995 a 2001 byl statisticky průkazný (příloha 28). Na počátku monitoringu v roce 1995 se jednalo o obsahy na úrovni $3,73 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $1,92 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián a v posledním cyklu v roce 2019 to byly obsahy $4,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $1,92 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián. (tabulka 7).

Tabulka 7 **Základní statistika obsahu mědi v celém souboru monitorovacích ploch BMP (1995–2019, Lindsay-Norvell, mg.kg^{-1} suchého vzorku)**

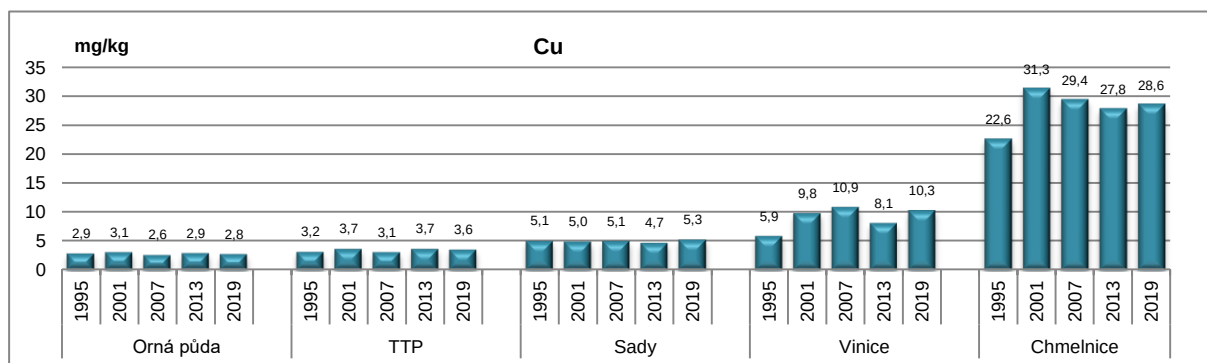
Cu Cyklus	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	173	3,73	0,30	44,9	0,96	1,30	1,92	3,10	6,87
2001	O	173	4,36	0,71	53,8	1,37	1,61	2,25	3,23	8,18
2007	O	173	3,88	0,44	58,7	1,01	1,41	1,99	3,12	8,25
2013	O	173	4,06	0,72	48,7	1,14	1,52	1,98	3,55	7,06
2019	O	173	4,02	0,61	56,4	1,18	1,52	1,92	3,31	7,66

Pozn. V příloze 11 je tato tabulka zpracována grafickou formou

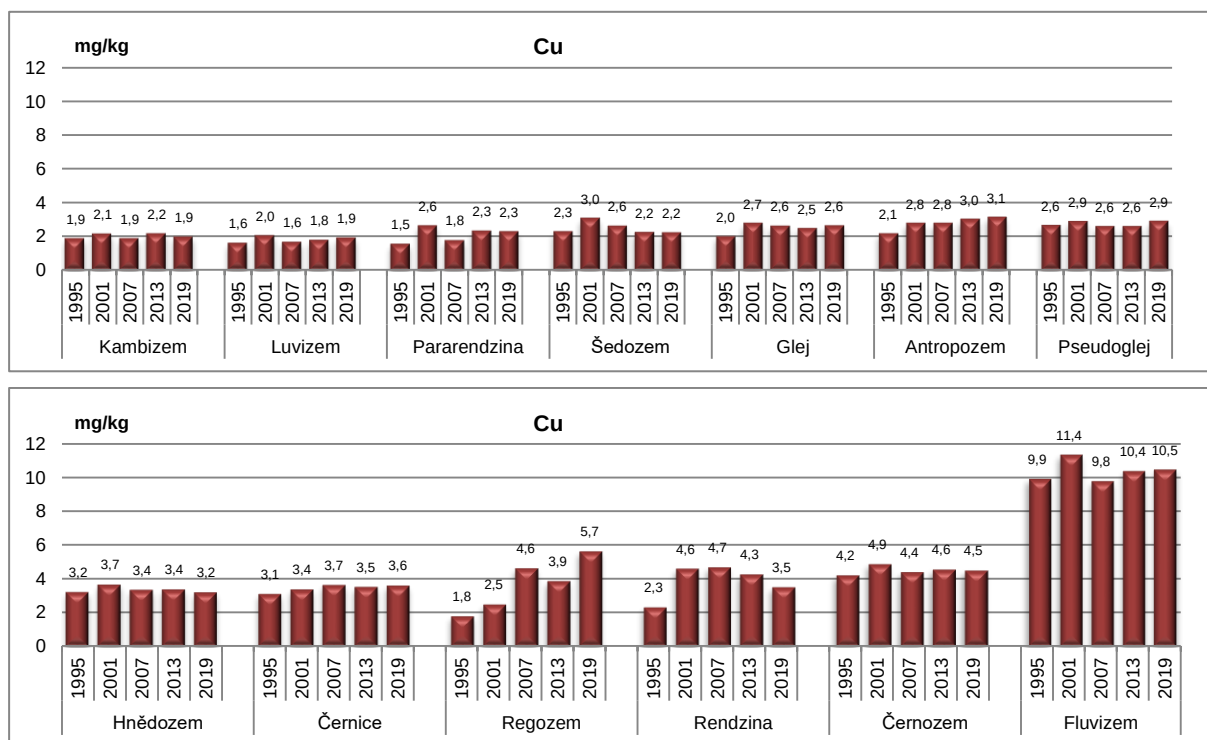
U **kultur** orná půda, TTP a sady byly mezi cykly vzorkování hodnoty vyrovnané. Zvyšující se obsahy jsou patrné u vinic a chmelnic (obrázek 9); nicméně tyto hodnoty nejsou statisticky průkazné. Vinice a chmelnice se od ostatních kultur statisticky významně lišily vyšším obsahem Cu. Je to dáno tím, že v těchto kulturách jsou poměrně značně používány prostředky na ochranu rostlin obsahující měď. Průměrné hodnoty mědi za jednotlivé cykly se nacházely v rozmezí $5,90\text{--}10,3 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$ – vinice, $22,6\text{--}31,3 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$ – chmelnice. Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 2, statistické hodnocení v příloze 28 a grafické znázornění statistických parametrů v přílohách 12, 13, 14, 15 a 16.

Evropská komise vydala prováděcí nařízení 2018/1981 (k nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009), které se týká výrazného snížení používání měďnatých sloučenin ve formě fungicidů. Nařízení platí od roku 2018 a udává maximální aplikační dávku $28 \text{ kg mědi na hektar na dobu 7 let}$ (tj. v průměru 4 kg/ha/rok), aby se minimalizovala potenciální akumulace v půdě a expozice necílových organismů. Důvodem je snaha nahradit perzistentní a toxické sloučeniny mědi.

Obrázek 9 Vývoj průměrných obsahů mědi v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)



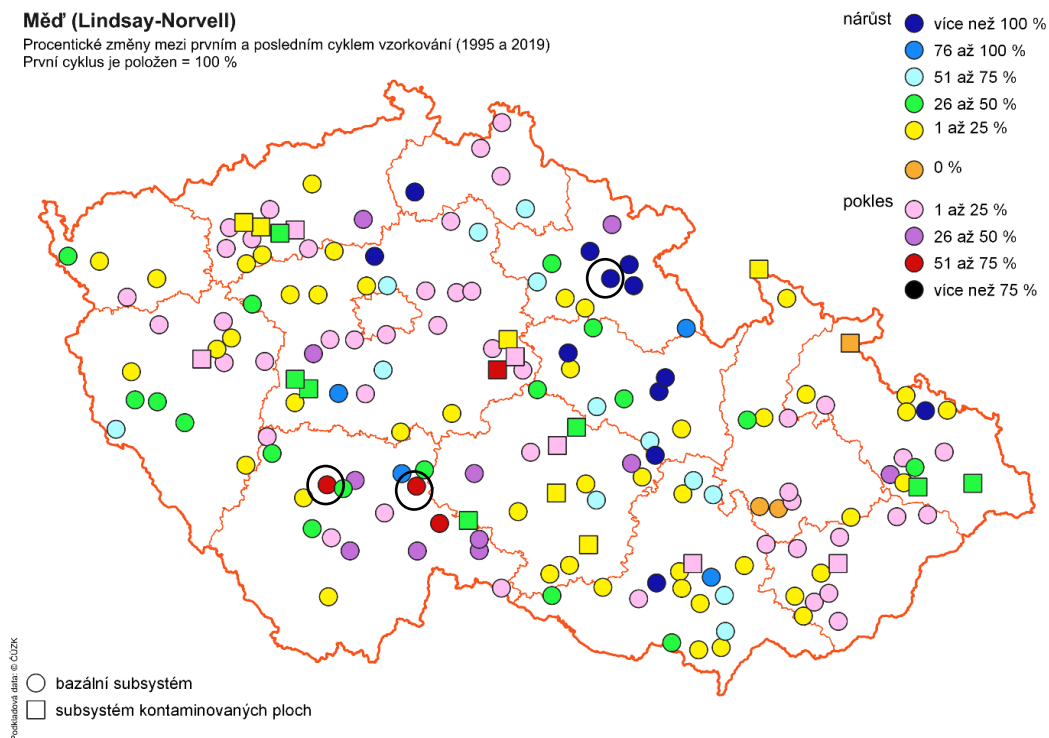
Obrázek 10 Vývoj průměrných obsahů mědi v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)



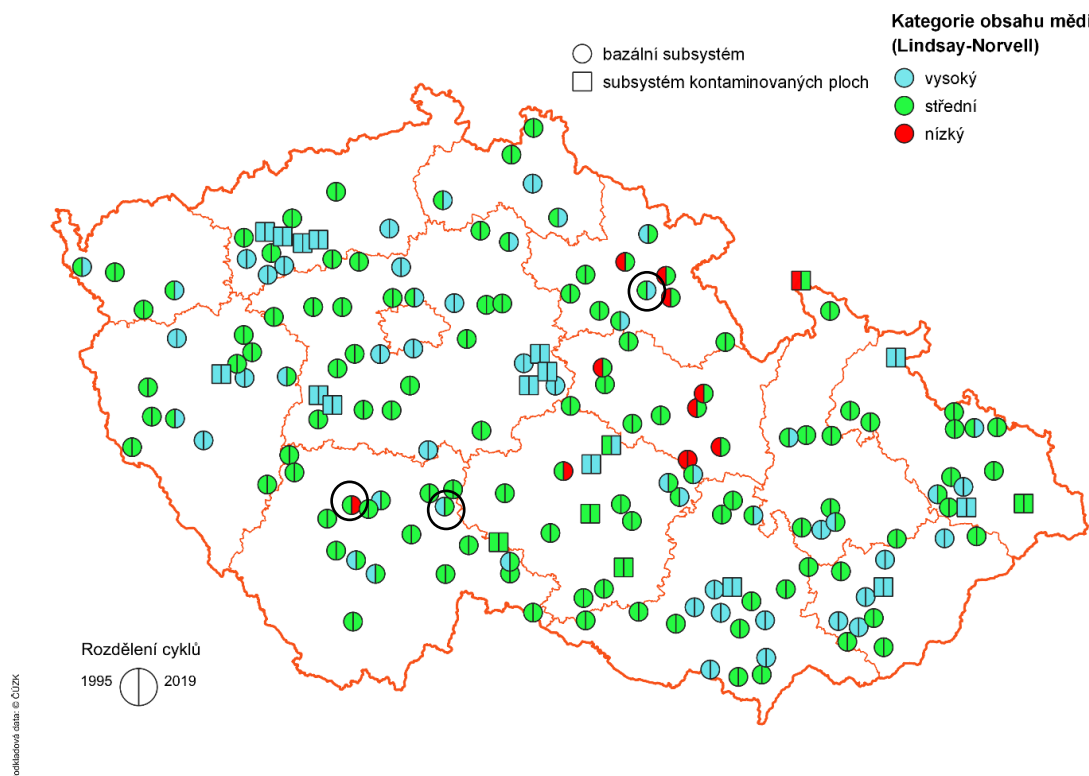
V **půdních typech** v rámci BMP (obrázek 10) se průměrné nejvyšší obsahy přístupné mědi v periodě let 1995 až 2019 pohybovaly u luvizemě a to mezi ($1,60\text{--}1,90 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$) a nejvyšší obsahy u fluvizemě ($9,80\text{--}11,4 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$). Na fluvizemích se vyskytují 4 PP chmelnic. Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykazala regozem (nárůst z $1,80$ na $5,70 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$), přičemž ke zvyšování docházelo postupně v každém cyklu (kromě roku 2013). Regozemě jsou v souboru půd BMP celkem dvě a to jedna plocha orné půdy (2021B, lehká půda, Strátov, okres Nymburk) a jedna plocha vinice (7012B, lehká půda, Nové Bránice, okres Brno-venkov). Na nárůstu obsahů u regozemě jednoznačně podílela plocha vinice (nárůst z $2,72$ na $10,5 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$). Na stejných hodnotách jak na počátku sledování, tak v roce 2019 se udržela kambizem a hnědozem.

Popisná statistika je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 7.

Obrázek 11 Změny obsahu mědi stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %. Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



Obrázek 12 Kategorie obsahu mědi stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle Kritérií pro hodnocení obsahu mědi v půdě (Neuberg, 1990). Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



Plochy s největším výkyvem Cu mezi rokem 1995 a 2019 jsou na mapách označeny kroužkem. Na obrázku 13 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněny charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

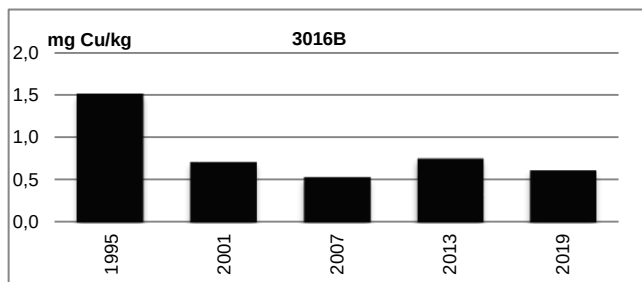
V mapě na obrázku 12 je potom barevně zobrazen stav obsahu mědi na jednotlivých PP v roce 1995 a pak v roce 2019 podle kategorií.

V mapě na obrázku 11 je barevně zobrazen pokles nebo nárůst obsahu Cu, který nastal mezi počátkem sledování a rokem 2019. Největším podílem (30 %) a (29 %) se na mapě vyskytují plochy s nárůstem obsahů o 1 až 25 % (žlutá barva) a poklesem obsahů o 1 až 25 % (růžová barva). Podílem 28 % se vyskytují plochy s nárůstem obsahů o 1 až 25 % (žlutá barva). Vyšší je celkové množství nárůstů (105 PP – 61 %) oproti celkovým poklesům (65 – 37,5 %), 3PP – 1,5 % vykázaly setrvalý stav.

Obrázek 13 Vývoj obsahu mědi na plochách s vysokými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu Cu v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 60 %).

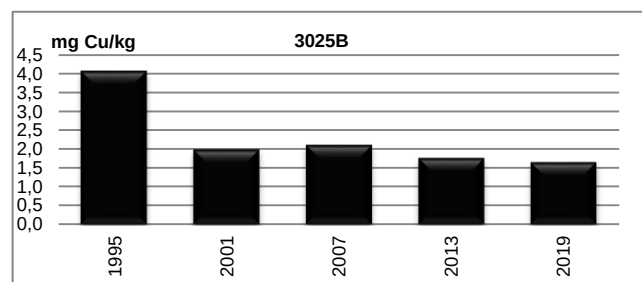
PP 3016B, orná půda, Kluky u Písku, okres Písek, kambizem, Cu 1,51 mg.kg⁻¹ (střední) – 0,61 mg.kg⁻¹ (nízký), foto 2013



Pozorovací plocha leží na orné půdě. Hnojeno je převážně hnojivem LAV, DAM 390 a močovinou; P a K je doplňováno zhruba každých 8 let hnojivem NPK; hnojiva s mikroelementy ani statková hnojiva nejsou používána. Pěstovány jsou pouze obiloviny a řepka. Sláma je většinou zapravována. Přípravky na ochranu rostlin jsou používány.

Nejvyšší pokles obsahu Cu v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 60 %).

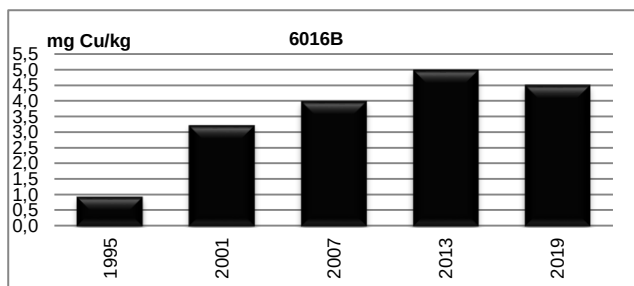
PP 3025B, TTP, Krtov, okres Tábor, pseudoglej, Cu 4,07 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 1,65 mg.kg⁻¹ (střední), foto 2013



Pozorovací plocha leží na trvalém travním porostu. Do roku 2004 byla pravidelně hnojena minerálními hnojivy se základními živinami; od roku 2005 žádná aplikace minerálních hnojiv není prováděna. Do roku 2016 byla každoročně aplikována močůvka, od roku 2017 nejsou žádná statková hnojiva používána. Porost je sklizen na seno. Hnojiva s mikroelementy ani přípravky na ochranu rostlin nejsou používány.

Nejvyšší nárůst obsahu Cu v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 375 %).

PP 6016B, TTP, Starý Ples, okres Náchod, glej, Cu 0,95 mg.kg⁻¹ (střední) – 4,51 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2013

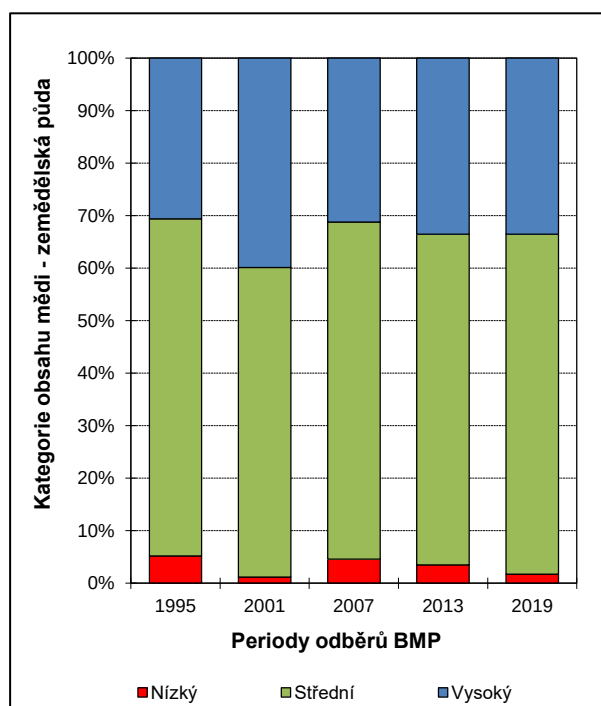


Pozorovací plocha je trvalým travním porostem používaným k produkci sena s výnosem cca 4 t suché hmoty na hektar ve dvou sečích. Nejsou používána minerální ani organická hnojiva, hnojiva s mikroelementy ani přípravky na ochranu

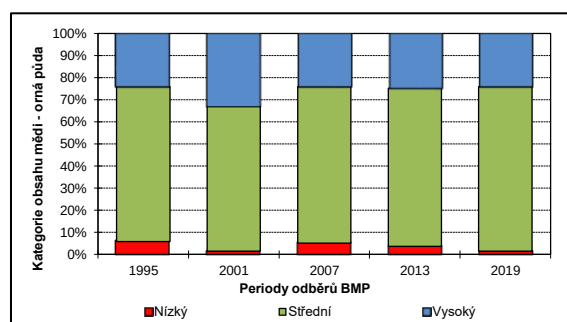
rostlin. Pozn: U plochy došlo k poklesu pH z 6,65 (v roce 1995) na 5,68 (v roce 2019). Pokles půdní reakce může mít vliv na uvolnitelnost a zvyšování obsahu mědi v půdě. Vyšší množství přístupné mědi v půdě však rostliny neohrožuje, neboť měď zůstává lokalizována v kořenech (Vaněk et al., 1999). Růst rostlin může být ohrožen až v případě celkového obsahu Cu měřeného ve výluhu lučavkou královskou, který je vyšší než 200 mg Cu.kg⁻¹ při pH půdy 5,0 až 6,5. Půda na PP 6016B dosahovala v jednotlivých cyklech (1995–2019) hodnot celkové mědi 18,9 mg.kg⁻¹; 14,4 mg.kg⁻¹; 18,2 mg.kg⁻¹; 20,8 mg.kg⁻¹ a 21,1 mg.kg⁻¹ a nedosahovala tak kritické hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb.

Obrázek 14 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995–2019 v jednotlivých kategoriích obsahu mědi podle Kritérií pro hodnocení obsahu mědi v půdě ve výluhu dle Lindsay-Norvell (Neuberg, 1990)

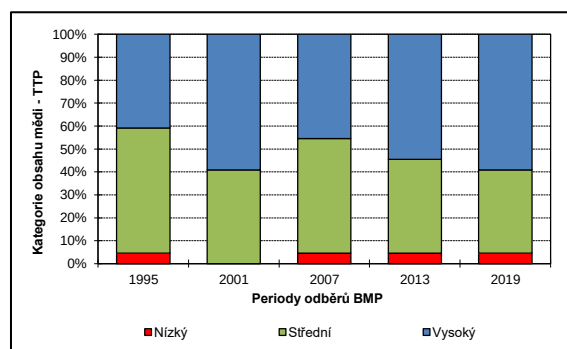
a)



b)



c)



Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech v celém souboru ploch podle kritérií z tabulky 4 pro hodnocení obsahu mědi v půdě byla kategorie „střední“ (obrázek 14a, příloha 19). Tato kategorie zahrnuje obsahy v rozmezí 0,8–2,7 mg Cu.kg⁻¹ platící pro všechny druhy půdy (lehké, střední, těžké). U orných půd (obrázek 14b, příloha 19) byla rovněž nejvíce zastoupena kategorie „střední“. U trvalých travních porostů byl rovnoměrně zastoupen „střední“ i „vysoký“

obsah (obrázek 14c, příloha 19). U kultur vinice a chmelnice se ve všech letech vyskytoval pouze obsah „vysoký“ (příloha 19, 20). U sadů byla v prvních třech cyklech největším procentem zastoupena kategorie „střední“, která je v posledních dvou cyklech na stejné úrovni s kategorií „vysoký“. Sady jsou v souboru ploch BMP zastoupeny 4 PP – 7037B, 7008BP, 5015B a 2014B. Plocha 2014B má ve všech cyklech obsahy Cu vysoké. Jednoznačně se na posunu sadů do rovnovážného stavu mezi středním obsahem a vysokým podílela plocha 5015B, u které se v posledních dvou cyklech zvýšil obsah Cu z kategorie „střední“ do kategorie „vysoký“. Obsahy byly následovné: 1,18 mg Cu.kg⁻¹ – 1995; 1,41 mg Cu.kg⁻¹ – 2001; 1,74 mg Cu.kg⁻¹ – 2007; 3,97 mg Cu.kg⁻¹ – 2013, 4,42 mg Cu.kg⁻¹ – 2019. PP 5015B Pavlovice u Jestřebí, okres Česká Lípa, půdní typ hnědozem je intenzivním jabloňovým sadem. Hnojení je prováděno dusíkatými minerálními hnojivy. Ostatní živiny a mikroelementy jsou dodávány foliárními hnojivy. Organická hnojiva neaplikována. Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána vydatně.

Vyšší nároky na Cu mají obiloviny, dále ovocné stromy a špenát. Mědi se hnojí půdy s nízkým obsahem, přičemž kladný účinek lze očekávat až do obsahu přístupné mědi 10 mg.kg⁻¹ půdy (Beneš, 1994).

Shrnutí vývoje obsahu mědi

- Z celého souboru 173 PP došlo u 105 PP (61 %) k nárůstu a u 65 PP (37,5 %) k poklesu obsahu mědi oproti původní hodnotě z roku 1995. 3 PP (1,5 %) vykázaly setrvalý stav.
- V celém souboru 173 PP došlo k vývoji **průměrných** hodnot v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

$$- 3,73 \text{ mg.kg}^{-1} < 4,36 \text{ mg.kg}^{-1} > 3,88 \text{ mg.kg}^{-1} < 4,06 \text{ mg.kg}^{-1} > 4,02 \text{ mg.kg}^{-1}$$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 nejsou statisticky významné.

- Změny obsahu mědi v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**průměry**):
 - *orná půda* 2,89 mg.kg⁻¹ < 3,11 mg.kg⁻¹ > 2,64 mg.kg⁻¹ < 2,95 mg.kg⁻¹ > 2,80 mg.kg⁻¹
 - *TTP* 3,19 mg.kg⁻¹ < 3,68 mg.kg⁻¹ > 3,14 mg.kg⁻¹ < 3,68 mg.kg⁻¹ > 3,56 mg.kg⁻¹
 - *sady* 5,09 mg.kg⁻¹ > 4,98 mg.kg⁻¹ < 5,05 mg.kg⁻¹ > 4,73 mg.kg⁻¹ < 5,31 mg.kg⁻¹
 - *vinice* 5,87 mg.kg⁻¹ < 9,81 mg.kg⁻¹ < 10,9 mg.kg⁻¹ > 8,13 mg.kg⁻¹ < 10,3 mg.kg⁻¹
 - *chmelnice* 22,6 mg.kg⁻¹ < 31,3 mg.kg⁻¹ > 29,4 mg.kg⁻¹ > 27,8 mg.kg⁻¹ < 28,6 mg.kg⁻¹

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním nejsou statisticky průkazné u žádné kultury.

Vinice a chmelnice se od ostatních kultur statisticky významně lišily vyšším obsahem

- Obsahy mědi u půdních typů byly nejnižší / nejvyšší v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) u luvizemě / fluvizemě. Jejich obsahy byly v jednotlivých cyklech následující:
 - *luvizem* 1,60 mg.kg⁻¹ < 2,03 mg.kg⁻¹ > 1,65 mg.kg⁻¹ < 1,77 mg.kg⁻¹ < 1,89 mg.kg⁻¹
 - *fluvizem* 9,92 mg.kg⁻¹ < 11,4 mg.kg⁻¹ > 9,79 mg.kg⁻¹ < 10,4 mg.kg⁻¹ > 10,5 mg.kg⁻¹
- Nejvíce zastoupenou v celém souboru ploch byla kategorie obsahu mědi „střední“. Jednotlivé kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

- „*střední*“ 64 % > 59 % < 64 % > 63 % < 65 %
 - „*vysoký*“ 31 % < 40 % > 31 % < 33,5 % = 33,5 %
 - „*nízký*“ 5 % > 1 % < 5 % > 3,5 % > 1,5 %
- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u orné půdy byla kategorie obsahu „*střední*“. U trvalých travních porostů byl rovnoměrně zastoupen „*střední*“ i „*vysoký*“ obsah. U kultur vinice a chmelnice se ve všech letech vyskytoval pouze obsah „*vysoký*“; u sadů „*střední*“, který je v posledních dvou cyklech na stejné úrovni s kategorií „*vysoký*“
 - „*Nízké*“ obsahy v půdě je vhodné doplnit pro náročnější plodiny (obiloviny, ovocné stromy, špenát) foliárním hnojivem s mědí přímo na plodinu.

4.3 Železo

V chemismu půdy sehrává železo důležitou úlohu. Jeho oxidační stupně, hlavně Fe^{2+} a Fe^{3+} se účastní různých půdních reakcí, významně ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti půdy a tím i rozpustnost a přijatelnost živin rostlinami. Převážná část Fe je v půdě ve formě málo rozpustného oxidu a hydroxidu železitého. Obsah přístupného železa pro rostliny je ve srovnání s celkovým obsahem velmi nízký a vyskytuje se hlavně jako $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ a $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$. Rozpustnost sloučenin Fe je značně závislá na pH. V kyselých a periodicky zavlažovaných půdách je Fe značně mobilní. Při nadbytku Fe je snížen příjem Ca, Mn a B, ale také P a K. S přibývajícím alkalitou se značně snižuje rozpustnost a tím i přijatelnost Fe. Vyšší koncentrace HCO_3^- omezuje rozpustnost Fe v půdě, ale také omezuje jeho transport v nadzemních orgánech. Ke snížení přijatelnosti Fe v půdách dochází i v provzdušených půdách v důsledku oxidace (Beneš, 1994).

Vývoj středních hodnot obsahů přístupného železa zaznamenal v průběhu monitorování v celém souboru ploch výkyvy, které byly ve všech cyklech v porovnání s rokem 1995 statisticky průkazně vyšší (příloha 29). Na počátku monitoringu v roce 1995 se jednalo o obsahy na úrovni $70,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $58,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián a v posledním cyklu v roce 2019 to byly obsahy $95,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $76,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián. (tabulka 8).

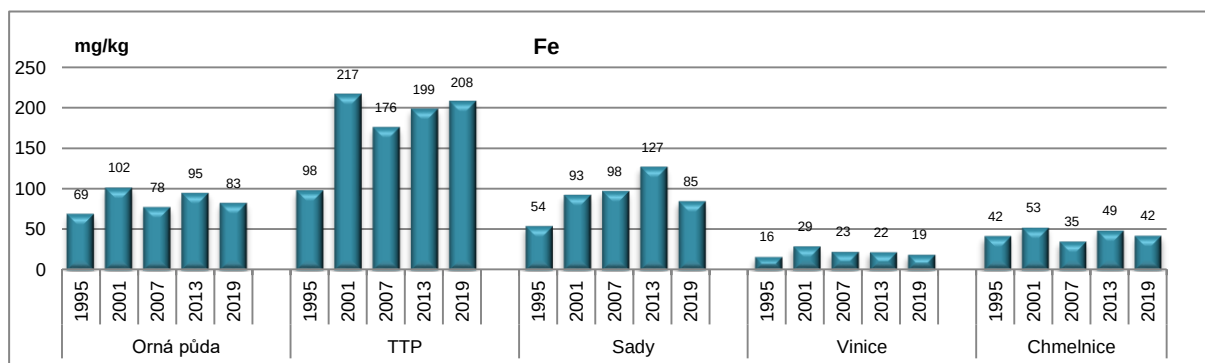
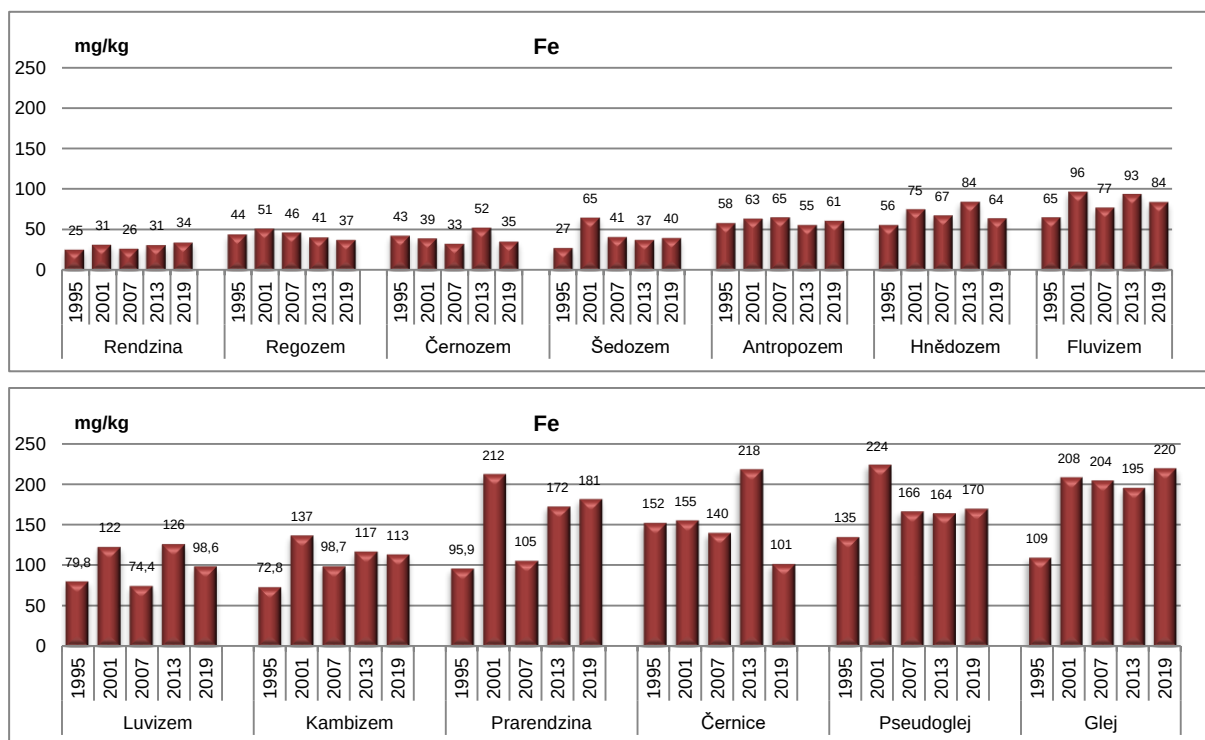
Tabulka 8 Základní statistika obsahu železa v celém souboru monitorovacích ploch BMP (1995–2019, Lindsay-Norvell, mg.kg^{-1} suchého vzorku)

Fe Cyklus	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	173	70,4	4,30	320	23,3	35,9	58,3	92,2	135
2001	O	173	113	15,7	473	31,5	50,0	89,1	145	230
2007	O	173	87,9	11,6	361	29,8	44,0	70,1	108	164
2013	O	173	106	15,0	365	36,0	52,3	85,2	123	217
2019	O	173	95,9	9,50	395	27,8	42,3	76,2	121	212

Pozn. V příloze 11 je tato tabulka zpracována grafickou formou

Rovněž tak **kultury** orná půda a trvalé travní porosty zaznamenaly vývoj, který byl v porovnání roku 1995 s ostatními roky statisticky významný. Statisticky průkazný je zvyšující se obsah u trvalých travních porostů (obrázek 15). Sady, vinice a chmelnice mají v souboru obsažen nízký počet ploch s vysokou variabilitou obsahů Fe a nebyl u nich zjištěn statisticky významný rozdíl v jednotlivých cyklech. Vzájemné porovnání kultur mezi sebou ukázalo statisticky významný rozdíl mezi všemi kulturami; pouze mezi ornou půdou a sady nebyl rozdíl zjištěn (příloha 29). Vinice a chmelnice se od ostatních kultur lišily výrazně nižším obsahem Fe. Může to být dáno i tím, že v těchto kulturách jsou poměrně značně používány prostředky na ochranu rostlin obsahující měď; nedostatek Fe může být způsoben nadbytkem Mn, Cu, Ni, Cr, který působí konkurenčně tím, že vytváří cheláty a omezuje tak tvorbu chelátů Fe. Nedostatek Fe se projevuje také v oblastech alkalických, rašelinných a karbonátových půd a půd přehnojených P, kde zvláště na lehkých půdách vznikají málo pohyblivé Fe-fosfáty (Vaněk et al., 1999).

Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 3, statistické hodnocení v příloze 29 a grafické znázornění statistických parametrů v přílohách 12, 13, 14, 15 a 16.

Obrázek 15 Vývoj průměrných obsahů železa v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})

Obrázek 16 Vývoj průměrných obsahů železa v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})


V **půdních typech** v rámci BMP (obrázek 16) se průměrné nejvyšší obsahy přístupného železa v periodě let 1995 až 2019 pohybovaly u rendziny a to mezi ($25\text{--}34 \text{ mg Fe.kg}^{-1}$) a nejvyšší obsahy u gleje ($109\text{--}220 \text{ mg Fe.kg}^{-1}$). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal rovněž půdní typ glej (nárůst z 109 na $220 \text{ mg Fe.kg}^{-1}$), přičemž ke zvýšení došlo již ve druhém cyklu a hodnoty obsahu okolo $200 \text{ mg Fe.kg}^{-1}$ se udržovaly i v dalších cyklech. Gleje jsou v souboru půd BMP obsaženy v počtu 9 ploch. Jsou to půdy s výrazným reduktomorfním glejovým horizontem v hloubce do 0,5 m vznikající v důsledku dlouhodobého provlhčení podzemní, případně povrchovou vodou z pramenišť. Gleje se vyskytují v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody, nejčastěji v nivách či v terénních vhloubeninách (Pavlů et al., 2019).

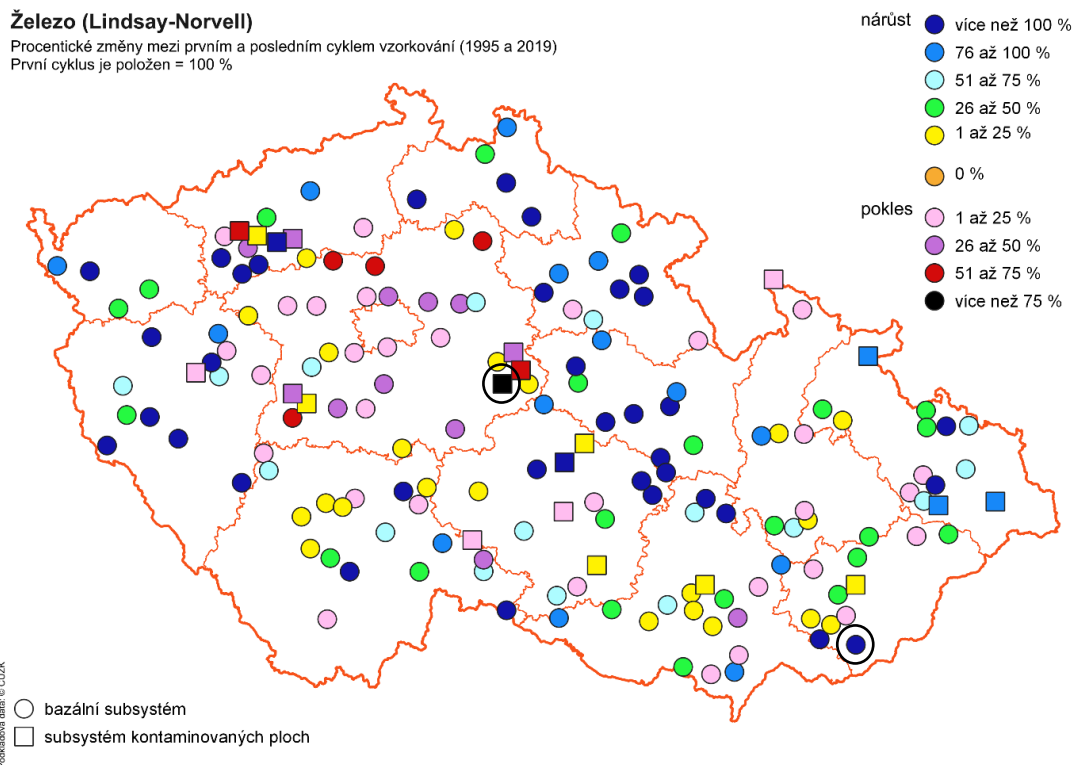
Popisná statistika je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 8.

Nedostatek Fe se u nás vyskytuje zřídka. Dokládá to mapa na obrázku 18.

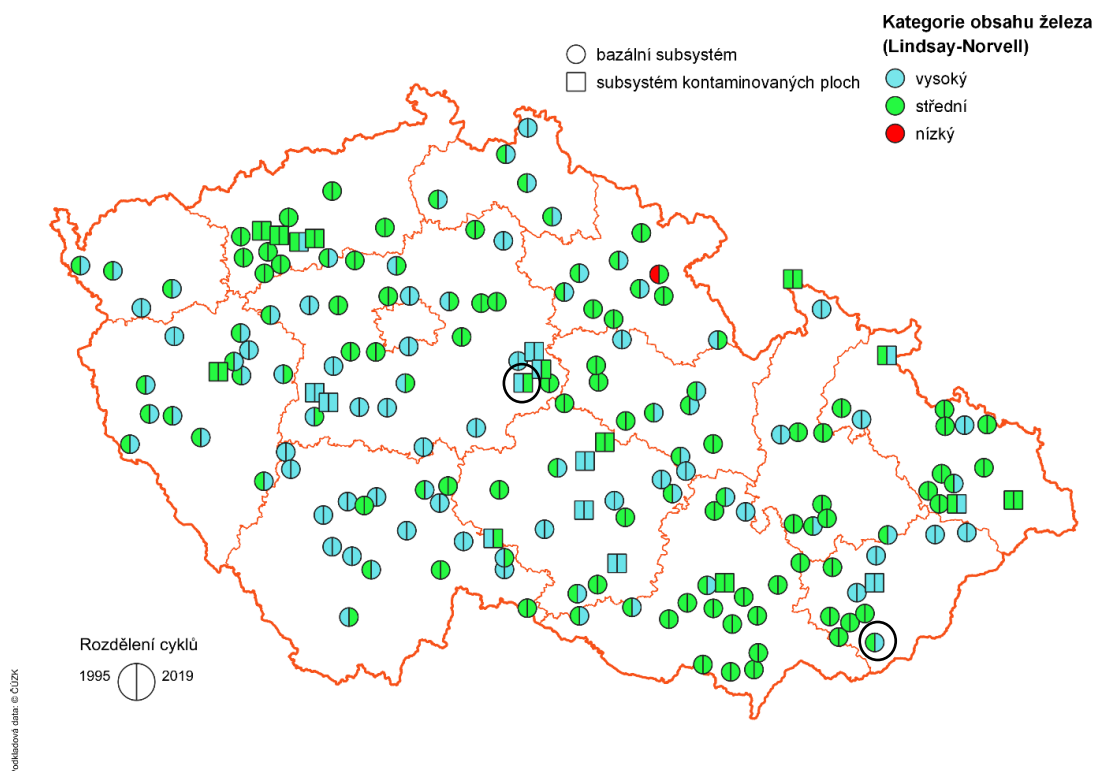
Obrázek 17 Změny obsahu železa stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %. Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.

Železo (Lindsay-Norvell)

Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100 %



Obrázek 18 Kategorie obsahu železa stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle Kritérií pro hodnocení obsahu železa v půdě (Neuberg, 1990). Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.

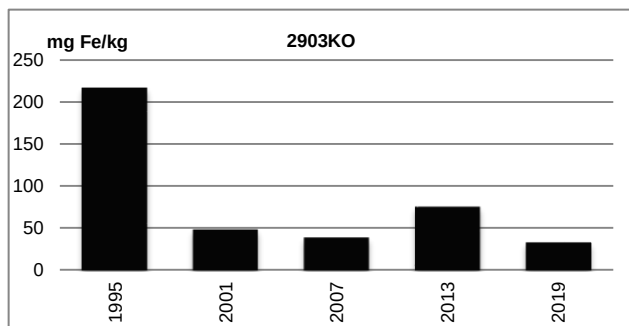


V mapě na obrázku 18 je barevně zobrazen stav obsahu železa na jednotlivých PP v roce 1995 a pak v roce 2019 podle kategorií. V mapě na obrázku 17 je barevně zobrazen pokles nebo nárůst obsahu Fe, který nastal mezi počátkem sledování a rokem 2019. Nejvíce ploch zaznamenalo nárůst hodnot a to ve výši > 100 % původní hodnoty v roce 1995 (21 % PP, tmavě modrá barva). Pokles o 1 až 25 % se podílel 20 % PP (růžová barva) a nárůst o 1 až 25 % původní hodnoty 16 % PP (žlutá barva). Celkem převažoval nárůst hodnot nad jeho poklesem, kdy nárůst nastal u 69 %. Pokles nastal u 31 % ploch.

Obrázek 19 Vývoj obsahu železa na plochách s vysokými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu Fe v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 85 %).

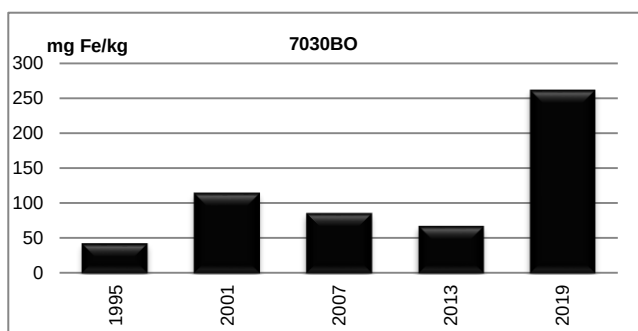
PP 2903KO, orná, Poličany, okres Kutná Hora, hnědozem, Fe 217 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 33,3 mg.kg⁻¹ (střední), foto 2019



Pozorovací plocha je ornou půdou s pěstováním obilovin, kukuřice a cukrové řepy. Sláma a chrast jsou zaorávány. Hnojení statkovými hnojivy není prováděno, ale jsou dodávány pouze N, Ca a Mg (každoročně je aplikován DAM 390, LAV, LAD). Dvakrát za celou dobu monitoringu byl aplikován dolomitický vápenec a hnojiva s P a K. Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána.

Nejvyšší nárůst obsahu Fe v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 510 %).

PP 7030BO, orná, Nivnice, okres Uherské Hradiště, kambizem, Fe 42,8 mg.kg⁻¹ (střední) – 261 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2019



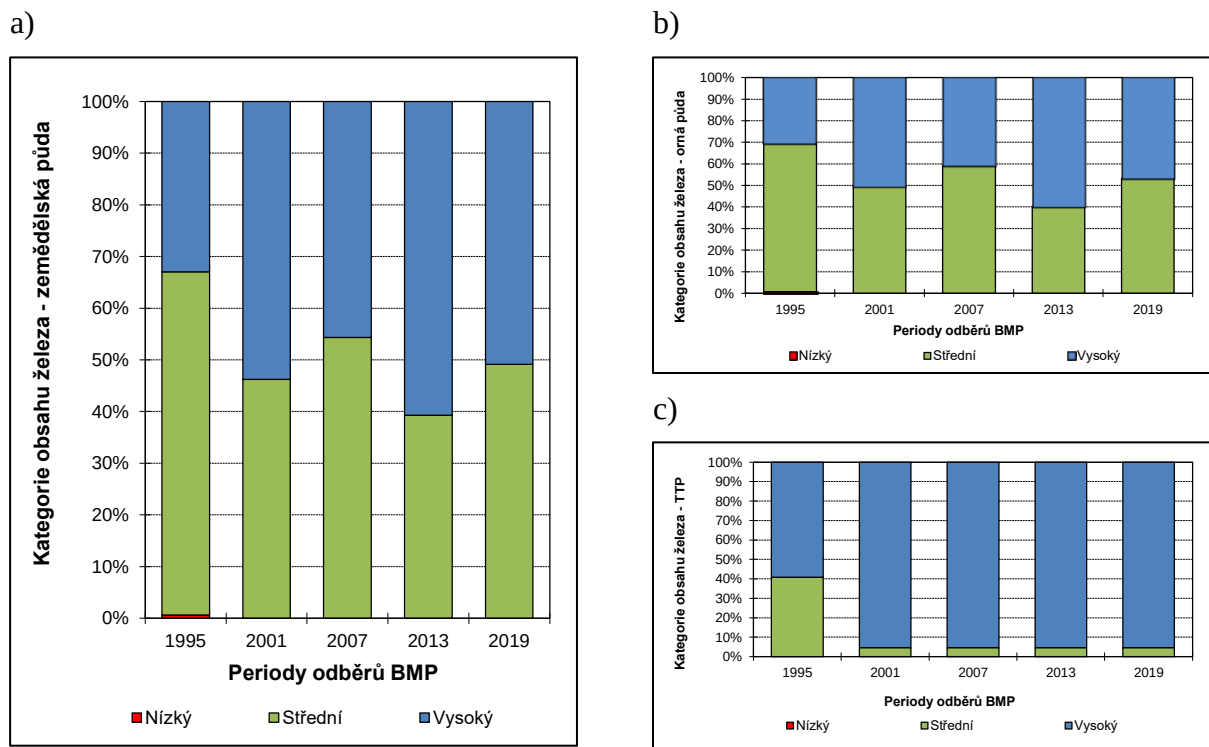
Na PP jsou pěstovány obiloviny s včleněnou 4letou kulturou vojtěšky. Hnojení minerálními hnojivy je prováděno každoročně (DAM 390, LAV) – s výjimkou let, kdy je

plodinou vojtěška. Fosfor byl do půdy aplikován pravidelně po cca 2 až 5 letech až do roku 2005 (hnojivo Amofos), poté přestal být do půdy dodáván; až v roce 2023 (hnojivo NP). Draslík nebyl dodáván vůbec, jen v roce 2011 a 2016 pomocným rostlinným biostimulantem Hycol K, kterým bylo zároveň dodáno stopové množství všech mikroelementů. Organická hnojiva jsou používána (močůvka, digestát, často bývá zapravována sláma). Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána. Pozn: U plochy se snížilo pH z 7,2 na 6,5; okyselení půdy mohlo mít vliv na zvýšení rozpustnosti a tím i obsahu přístupného Fe.

Plochy s největším výkyvem Fe mezi rokem 1995 a 2019 jsou na mapách označeny kroužkem. Na obrázku 19 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné informace, které nám

na naši žádost posílají zemědělci hospodařící na pozemcích, na kterých monitorovací plochy leží.

Obrázek 20 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995–2019 v jednotlivých kategoriích obsahu železa podle Kritérií pro hodnocení obsahu železa v půdě ve výluhu dle Lindsay-Norvell (Neuberg, 1990)



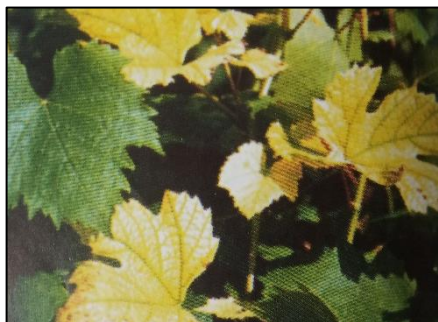
Nejvíce zastoupenou kategorií v cyklech 1995 a 2007 v celém souboru ploch byla kategorie „střední“. Tato kategorie zahrnuje obsahy v rozmezí 8–75 mg Fe.kg⁻¹ platící pro všechny druhy půdy (lehké, střední, těžké). V cyklu 2001, 2013 a 2019 byla nejvíce zastoupena kategorie „vysoký“ obsah rozmezí (nad 75 mg Fe.kg⁻¹) (obrázek 20a, příloha 21).

Podobnou situaci ve vývoji obsazenosti kategorií, jako v celém souboru ploch, sleduje i kultura orná půda (obrázek 20b, příloha 21). Trvalé travní porosty mají nejvíce zastoupenou kategorii obsahu „vysoký“ (obrázek 20c, příloha 21). Sady mají kromě prvního cyklu rovnoměrně zastoupenou kategorii „střední“ a „vysoký“, vinice jsou všemi plochami zastoupeny v kategorii „střední“ a u chmelnic převládá kategorie „střední“ – příloha 21, 22.

V roce 1995 se v souboru ploch vyskytla kategorie obsah „nízký“. Kategorii zastupovala pouze jedna plocha (6015B Říkov v okrese Náchod, orná půda, rendzina).

Nejvíce Fe vyžadují plodiny oves, ječmen, špenát a ovocné stromy (Vaněk et al., 1999).

Obrázek 21 *Ukázka deficiencie Fe na listech vinné révy (silná chloróza listů. Nejdříve jsou na rostlině ovlivněny mladé listy výhonů). Foto použito z publikace Výživa a hnojení zahradních plodin, Hlušek et al., 2002*



Hnojení půdy anorganickými rozpustnými solemi v případě, že je na plodinách zjištěn nedostatek železa, je málo účinné, zvláště na alkalických půdách. Důležité je odstranění nebo alespoň omezení faktorů, které blokují příjem Fe (alkalita půdy, přehnojení P apod.). V takových podmínkách dáváme přednost kysele působícím hnojivům, zesilujeme hnojení organickými hnojivy a Fe hnojíme mimokořenově. Vhodným hnojivem je fytovit (Beneš, 1994).

Nadbytek železa přichází v úvahu jen na stanovištích silně kyselých, kde vysokou rozpustností sloučenin Fe v půdě se může projevit až jeho toxicita (většinou současně s Mn a Al). Celkově se zhorší podmínky pro rostliny, které pak špatně prosperují. Značně trpí rostliny vyžadující neutrální až alkalickou půdní reakci jako jsou vojtěška, hořčice, cukrovka, ječmen. Větší toleranci vykazují rostliny snášející kyselou půdní reakci, jako jsou některé okrasné rostliny, jehličnany, bobulové ovoce, len, lupina, oves a žito. Je zřejmé, že mnohdy uváděné rozdělení rostlin podle požadavků na pH je spíše vztah rostlin ke schopnosti si osvojovat Fe z tíže rozpustných sloučenin za alkalické reakce a naopak toleranci k vyššímu obsahu Fe, případně Al a Mn za kyselé reakce (Vaněk et al., 1999).

Shrnutí vývoje obsahu železa

- Z celého souboru 173 PP došlo u 120 PP (69 %) k nárůstu a u 53 PP (31 %) k poklesu obsahu železa oproti původní hodnotě z roku 1995.
- V celém souboru 173 PP došlo k vývoji **průměrných** hodnot v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

– $70,4 \text{ mg.kg}^{-1} < 113 \text{ mg.kg}^{-1} > 87,9 \text{ mg.kg}^{-1} < 106 \text{ mg.kg}^{-1} > 95,9 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou statisticky významné.

- Změny obsahu mědi v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**průměry**):

– *orná p.* $69,3 \text{ mg.kg}^{-1} < 102 \text{ mg.kg}^{-1} > 77,6 \text{ mg.kg}^{-1} < 95,0 \text{ mg.kg}^{-1} > 82,7 \text{ mg.kg}^{-1}$

– *TTP* $98,3 \text{ mg.kg}^{-1} < 217 \text{ mg.kg}^{-1} > 176 \text{ mg.kg}^{-1} < 199 \text{ mg.kg}^{-1} < 208 \text{ mg.kg}^{-1}$

– *sady* $54,3 \text{ mg.kg}^{-1} < 92,8 \text{ mg.kg}^{-1} < 97,7 \text{ mg.kg}^{-1} < 127 \text{ mg.kg}^{-1} > 84,7 \text{ mg.kg}^{-1}$

– *vinice* $16,3 \text{ mg.kg}^{-1} < 29,4 \text{ mg.kg}^{-1} > 22,8 \text{ mg.kg}^{-1} > 22,2 \text{ mg.kg}^{-1} > 19,2 \text{ mg.kg}^{-1}$

– *chmel* $42,0 \text{ mg.kg}^{-1} < 52,5 \text{ mg.kg}^{-1} > 35,4 \text{ mg.kg}^{-1} < 48,8 \text{ mg.kg}^{-1} > 42,3 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním jsou statisticky průkazné u orné půdy a trvalých travních porostů.

Průkazně se od sebe svým obsahem Fe jednotlivé kultury liší; rozdíl nebyl shledán pouze mezi ornou půdou a sady

- Obsahy železa u půdních typů byly nejnižší / nejvyšší v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) u rendziny / gleje. Jejich obsahy byly v jednotlivých cyklech následující:

– *rendzina* $25,2 \text{ mg.kg}^{-1} < 31,1 \text{ mg.kg}^{-1} > 26,5 \text{ mg.kg}^{-1} < 31 \text{ mg.kg}^{-1} < 34,1 \text{ mg.kg}^{-1}$

- *glej* $109 \text{ mg.kg}^{-1} < 208 \text{ mg.kg}^{-1} > 204 \text{ mg.kg}^{-1} < 195 \text{ mg.kg}^{-1} > 220 \text{ mg.kg}^{-1}$
- Nejvíce zastoupenou v celém souboru ploch byla kategorie obsahu železa „*střední*“ a „*vysoký*“. Jednotlivé kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:
 - „*střední*“ $66,5 \% > 46 \% < 54 \% > 39 \% < 49 \%$
 - „*vysoký*“ $33 \% < 54 \% > 46 \% < 61 \% > 51 \%$
 - „*nízký*“ $0,5 \% > 0 \% = 0 \% = 0 \% = 0 \%$
- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u orné půdy byla kategorie obsahu „*střední*“ a „*vysoký*“; rovněž tak u sadů. U trvalých travních porostů byl ve všech cyklech nejvíce zastoupen „*vysoký*“ obsah. U vinice se vyskytoval pouze „*střední*“ obsah a u chmelnice „*střední*“ a „*vysoký*“
- Obsahy Fe v půdě, které se projeví deficitem na plodině, je třeba doplnit foliárním hnojivem s obsahem železa přímo na plodinu.

4.4 Mangan

Nejlépe přístupnou formou pro rostliny je kation Mn^{2+} . V této formě je vázán na sorpční komplex nebo se vyskytuje jako volný ion v půdním roztoku. Z faktorů, které nejvíce ovlivňují rozpustnost a pohyblivost manganu v půdách, má největší význam pH a oxidačně-redukční podmínky. V půdách kyselých s nízkým redoxpotenciálem převládá Mn^{2+} . Vzhledem k tomu, že je tato forma nejlépe přístupná rostlinám, je jeho příjem na těchto půdách, zvláště na jaře podstatně vyšší než na půdách neutrálních a alkalických (Beneš, 1994).

Nedostatek Mn se projevuje na suchých stanovištích, neutrálních až alkalických půdách s pH nad 7. Nadbytek Mn je patrný většinou na silně kyselých stanovištích, po hnojení kyselé působícími hnojivy (Vaněk et al., 1999).

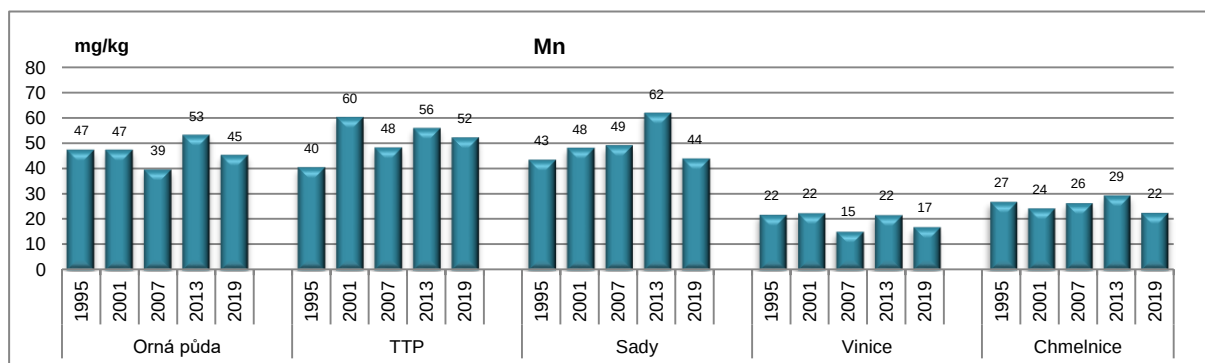
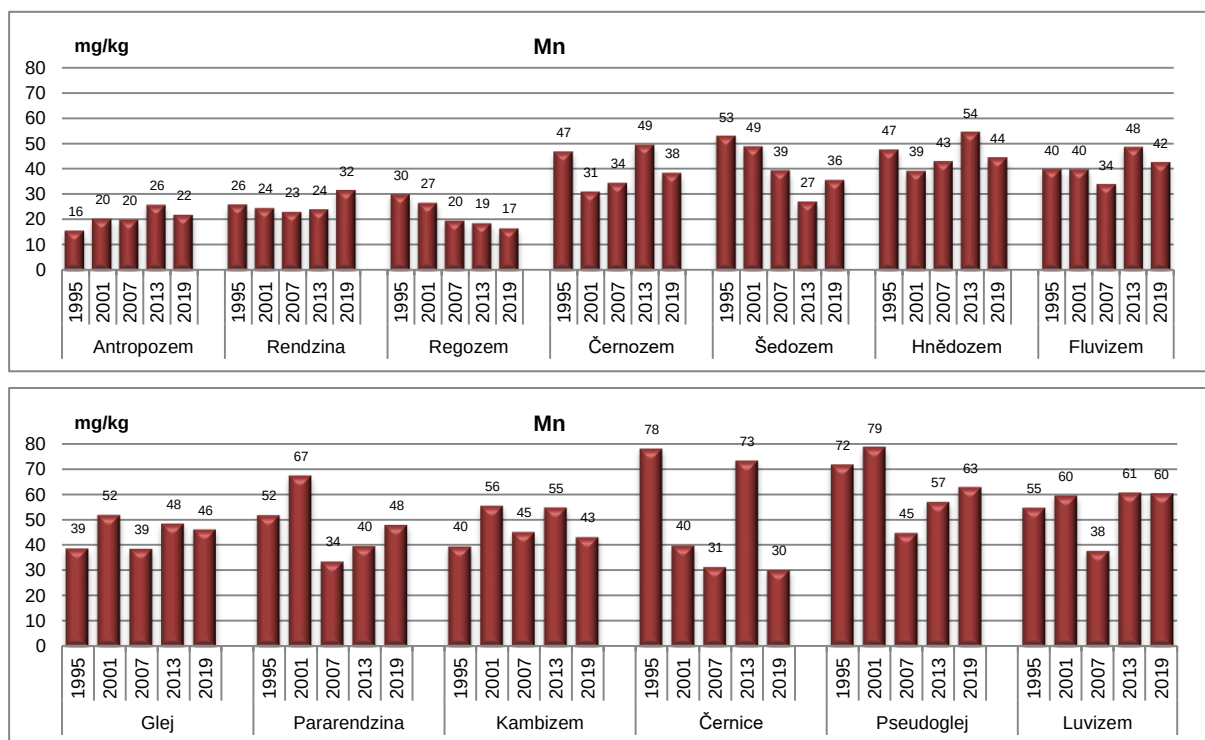
Stav středních hodnot obsahů přístupného manganu byl v průběhu monitorování v **celém souboru** ploch vyrovnaný, výkyvy statisticky neprůkazné. Pouze rozdíl mezi rokem 1995 a 2013 a rozdíl mezi rokem 2007 a 2013 byl statisticky průkazný (příloha 30). Na počátku monitoringu v roce 1995 byly obsahy na úrovni $45,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $38,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián a v posledním cyklu v roce 2019 to byly obsahy $44,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $37,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián. (tabulka 9).

Tabulka 9 **Základní statistika obsahu manganu v celém souboru monitorovacích ploch BMP (1995–2019, Lindsay-Norvell, mg.kg^{-1} suchého vzorku)**

Mn Cyklus	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	173	45,0	5,11	214	17,4	23,5	38,8	53,8	71,6
2001	O	173	47,5	7,25	205	15,8	23,4	37,5	58,5	95,3
2007	O	173	39,8	6,58	143	18,2	24,8	38,2	50,9	64,8
2013	O	173	52,0	12,0	192	21,7	29,0	44,5	62,3	89,3
2019	O	173	44,5	6,16	188	19,7	25,8	37,4	57,7	74,5

Pozn. V příloze 11 je tato tabulka zpracována grafickou formou

U **kultur** orná půda, TTP a sady byly mezi cykly vzorkování hodnoty vyrovnané. Pouze u orné půdy rozdíl mezi rokem 2007 a 2013 byl statisticky průkazný rozdíl. Zvyšující se obsahy jsou patrné u trvalých travních porostů (obrázek 22); nicméně tyto hodnoty nejsou statisticky průkazné. Stejně jako v případě Fe, tak i v případě Mn, se vinice a chmelnice od ostatních kultur statisticky významně lišily nižším obsahem Mn. Průměrné hodnoty manganu za jednotlivé cykly se nacházely v rozmezí $15\text{--}22 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$ – vinice, $22\text{--}29 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$ – chmelnice. Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 4, statistické hodnocení v příloze 30 a grafické znázornění statistických parametrů v přílohách 12, 13, 14, 15 a 16.

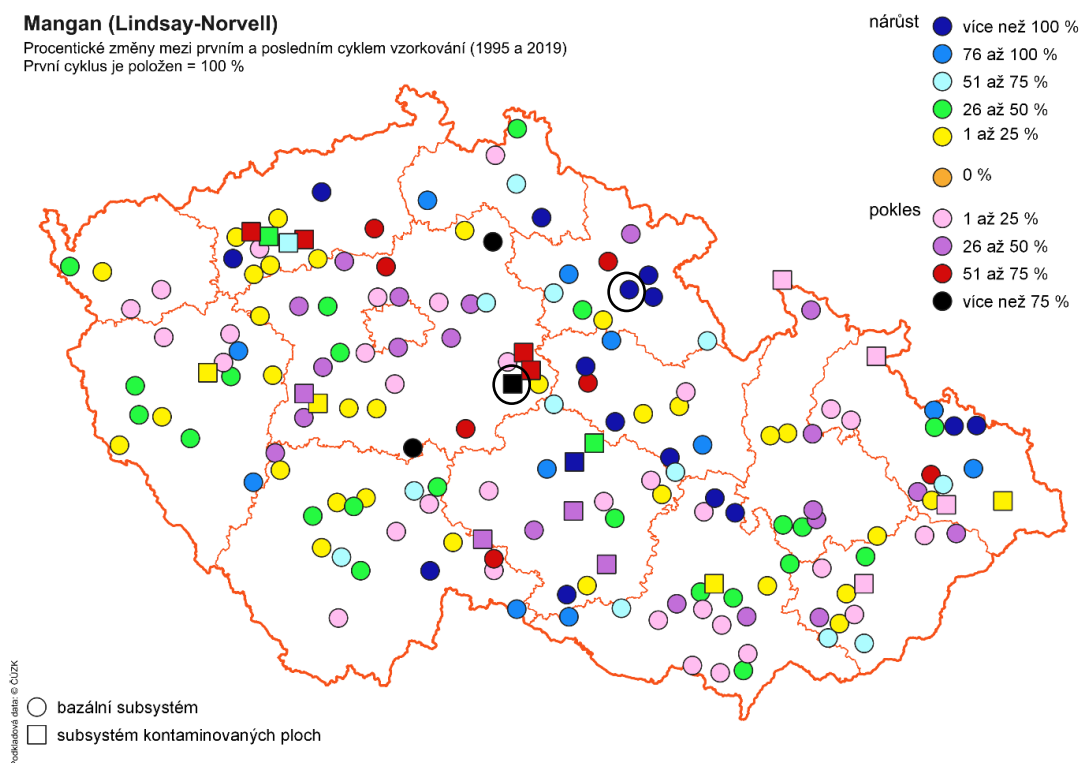
Obrázek 22 Vývoj průměrných obsahů manganu v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})

Obrázek 23 Vývoj průměrných obsahů manganu v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})


V **půdních typech** v rámci BMP (obrázek 23) se průměrné nejvyšší obsahy přístupného Mn v periodě let 1995 až 2019 pohybovaly u antropozemě a to mezi (16–26 mg Mn.kg^{-1}). Antropozem je v souboru BMP zastoupena pouze jednou plochou, proto zjištěné nejvyšší obsahy nemůžeme vztáhnout k antropozemím obecně. *Antropozemě* vznikají zcela nově, a to půdotvorným procesem na člověkem nahromaděných materiálech při těžební, skládkovací, nebo stavební činnosti. Tyto půdy mají rozmanité půdní vlastnosti a agrochemické parametry v závislosti na vyskytujících se materiálech (Rejšek et Vácha, 2018). Nejvyšší obsahy Mn se vyskytovaly u pseudogleje (45–79 mg Mn.kg^{-1}). Největší rozdíl mezi mediánovou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ černice (pokles ze 78 na 30 mg Mn.kg^{-1}), přičemž v roce 2013 byl výkyv obsahu, který zpět dosáhl vyšší hodnoty (73 mg Mn.kg^{-1}). Černice jsou v souboru půd BMP celkem dvě a to obě na orné půdě (2020BP, těžká půda, Násedlnice, okres Mladá Boleslav, 7015B, střední půda, Moravský Žižkov, okres Břeclav). Tento stav byl zapříčiněn pouze jednou plochou a to PP 2020BP, která

vykázala v letech 1995 a 2013 oproti ostatním rokům vysoké hodnoty Mn (obsahy na na PP 2020BP v jednotlivých cyklech byly následovné: 130 mg.kg⁻¹; 60,0 mg.kg⁻¹; 42,8 mg.kg⁻¹; 98,3 mg.kg⁻¹ a 25,4 mg.kg⁻¹). Černice jsou sorpčně vysoce nasycené, hluboké, zcela mimořádně humusem bohaté půdy. Vznikají v černozemních oblastech buď na dně terénních depresí a nebo na zrnitostně těžších půdotvorných substrátech (Rejšek et Vácha, 2018).

Popisná statistika je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 9.

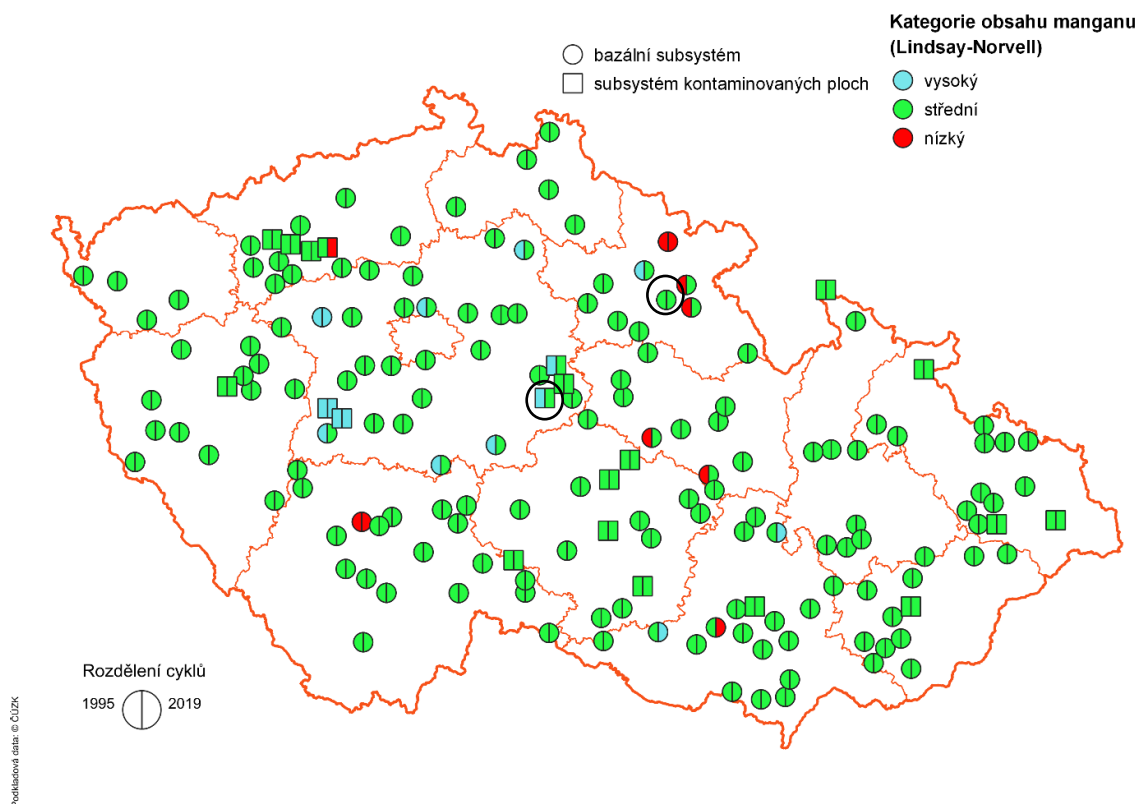
Obrázek 24 Změny obsahu manganu stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %. Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



V mapě na obrázku 24 je barevně zobrazen pokles nebo nárůst obsahu Mn, který nastal mezi počátkem sledování a rokem 2019. Největší podíl (36 PP – 21 %) a (35 PP – 20 %) měl pokles o 1 až 25 % (ružová barva) a nárůst o 1 až 25 % (žlutá barva). Celkem byl podíl poklesů a nárůstů vyrovnaný: Pokles nastal u 99 PP – 57 % ploch a nárůst nastal u 74 PP – 43 % ploch.

V mapě na obrázku 25 je potom zobrazen stav obsahu Mn na jednotlivých PP v roce 1995 a pak v roce 2019 podle kategorií. Plocha 6016B Starý Ples v okrese Náchod má sice obě půlkolečka v jedné kategorii – „střední“ (jsou označena stejnou barvou – zeleně, ale obsahy se nalézají na samých hranicích středního obsahu, který má široké rozmezí (10–100 mg Mn.kg⁻¹). Plochy s největším výkyvem Mn mezi rokem 1995 a 2019 jsou zakroužkovány.

Obrázek 25 Kategorie obsahu manganu stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle Kritérií pro hodnocení obsahu manganu v půdě (Neuberg, 1990). Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.

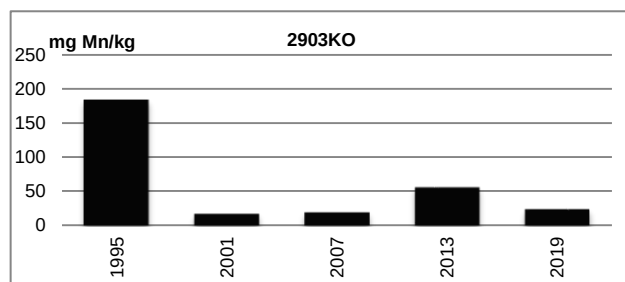


Na obrázku 26 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin. Plocha 2903KO Poličany v okrese Kutná Hora je uvedena jako plocha s nejvyšším poklesem obsahu Mn. Zároveň figuruje i jako plocha s nejvyšším poklesem Fe. Plocha 6016B Starý Ples v okrese Náchod je trvalým travním porostem a je uvedena jako plocha s nejvyšším nárůstem obsahu Mn. Zároveň figuruje i jako plocha s nejvyšším nárůstem Cu. Na této ploše došlo k poklesu pH z 6,65 v roce 1995 na 5,68 v roce 2019 (Prášková et al, 2022), což může mít souvislost se zpřístupněním obou prvků.

Obrázek 26 Vývoj obsahu manganu na plochách s vysokými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu Mn v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 87 %).

PP 2903KO, orná, Poličany, okres Kutná Hora, hnědozem, Mn 184 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 24,0 mg.kg⁻¹ (střední), foto 2019

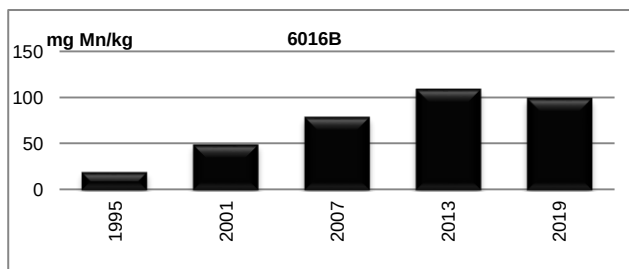


Pozorovací plocha je ornou půdou s pěstováním obilovin, kukuřice a cukrové řepy. Sláma a chrast jsou zaorávány. Hnojení statkovými hnojivy není prováděno, ale jsou zaorávány cukrovkové skrojky a v roce 2015, 2016, 2018 a 2022 byl aplikován kompost. Minerálními hnojivy je

dodáván pouze N, Ca a Mg (každoročně je aplikován DAM 390, LAV, LAD). Dvakrát za celou dobu monitoringu byl aplikován dolomitický vápenec a hnojiva s P a K. Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána.

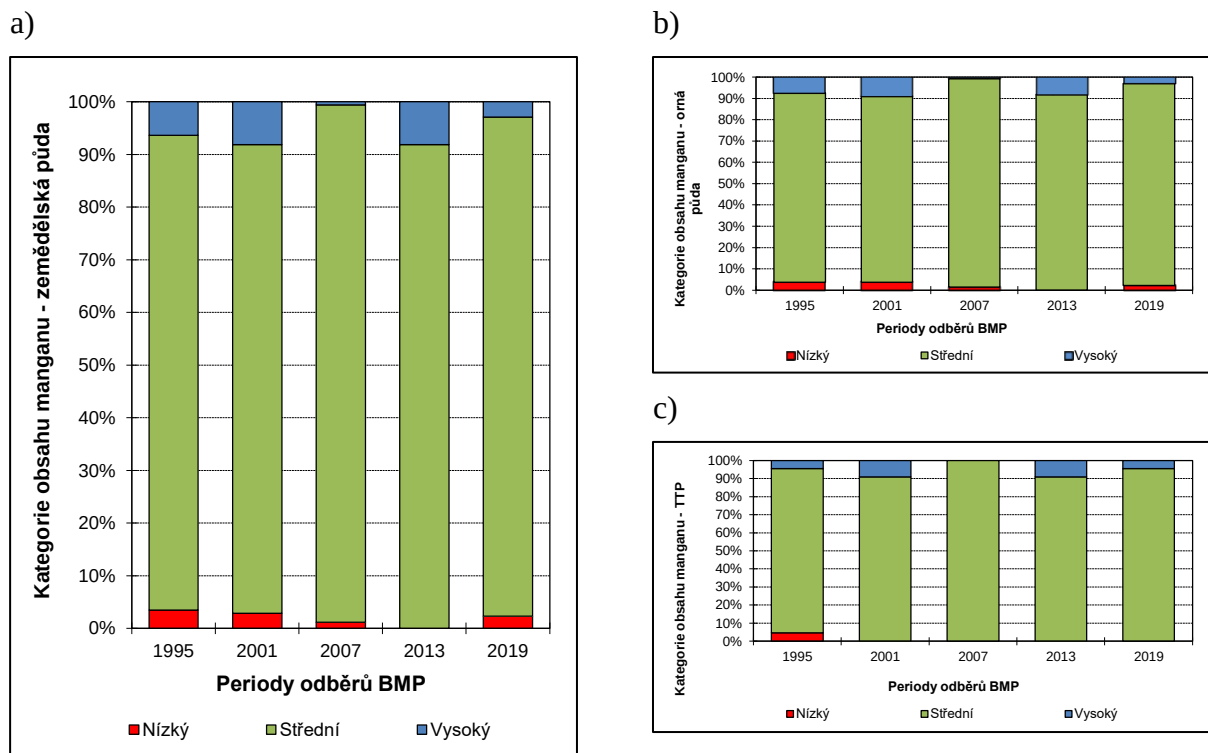
Nejvyšší nárůst obsahu Mn v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 409 %).

PP 6016B, TTP, Starý Ples, okres Náchod, glej, Mn 19,4 mg.kg⁻¹ (střední) – 98,8 mg.kg⁻¹ (střední), foto 2013



Pozorovací plocha je trvalým travním porostem používaným k produkci sena s výnosem cca 4 t suché hmoty na hektar ve dvou sečích. Nejsou používána minerální ani organická hnojiva, hnojiva s mikroelementy ani přípravky na ochranu rostlin.

Obrázek 27 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995–2019 v jednotlivých kategoriích obsahu manganu podle Kritérií pro hodnocení obsahu manganu v půdě ve výluhu dle Lindsay-Norvell (Neuberg, 1990)



Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech v celém souboru ploch podle **kritérií** z tabulky 4 pro hodnocení obsahu manganu v půdě byla kategorie „*střední*“ (obrázek 27a, příloha 23). Tato kategorie zahrnuje obsahy v rozmezí 10–100 mg Mn.kg⁻¹. U orných půd a trvalých travních porostů (obrázek 27b, příloha 23) byla rovněž nejvíce zastoupena kategorie „*střední*“. Rovněž tak u ostatních kultur byl nejvíce zastoupen „*střední*“ obsah (příloha 23, 24). U vinic se v roce 2019 vyskytla jedna plocha (7012B, Nové Bránice, okres Brno-venkov), která se svým obsahem Mn zařadila do kategorie obsahu „*nízký*“. Obsahy Mn na této ploše byly následovné: 18,1 mg Mn.kg⁻¹ – 1995; 24,1 mg Mn.kg⁻¹ – 2001; 15,3 mg Mn.kg⁻¹ – 2007; 14,7 mg Mn.kg⁻¹ – 2013, 9,57 mg Mn.kg⁻¹ – 2019.

Mezi rostliny citlivé na nedostatek Mn patří cukrovka, brambory, oves, hrách a jablň (Beneš, 1994). Obecně rostliny vyžadující kyseléjší stanoviště (Vaněk et al., 1999).

Nadbytek Mn v půdním roztoku, podobně jako Fe působí na rostliny toxicky, zvláště na ty, které vyžadují vyšší hodnotu pH, např. ječmen. Naopak rostliny s požadavkem na kyselou půdní reakci jsou poškozovány nadbytkem Mn až při jeho vyšších koncentracích (Vaněk et al., 1999).

Shrnutí vývoje obsahu manganu

- Z celého souboru 173 PP došlo u 99 PP (57 %) k nárůstu a u 74 PP (43 %) k poklesu obsahu manganu oproti původní hodnotě z roku 1995.
- V celém souboru 173 PP došlo k vývoji **průměrných** hodnot v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

$$- 45,0 \text{ mg.kg}^{-1} < 47,5 \text{ mg.kg}^{-1} > 39,8 \text{ mg.kg}^{-1} < 52,0 \text{ mg.kg}^{-1} > 44,5 \text{ mg.kg}^{-1}$$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 nejsou statisticky významné.

- Změny obsahu manganu v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**průměry**):
 - *orná p.* $47,2 \text{ mg.kg}^{-1} = 47,2 \text{ mg.kg}^{-1} > 39,5 \text{ mg.kg}^{-1} < 53,0 \text{ mg.kg}^{-1} > 45,1 \text{ mg.kg}^{-1}$
 - *TTP* $40,4 \text{ mg.kg}^{-1} < 60,1 \text{ mg.kg}^{-1} > 48,1 \text{ mg.kg}^{-1} < 55,7 \text{ mg.kg}^{-1} > 52,0 \text{ mg.kg}^{-1}$
 - *sady* $43,2 \text{ mg.kg}^{-1} < 47,9 \text{ mg.kg}^{-1} < 48,9 \text{ mg.kg}^{-1} < 61,6 \text{ mg.kg}^{-1} > 43,8 \text{ mg.kg}^{-1}$
 - *vinice* $21,7 \text{ mg.kg}^{-1} < 22,3 \text{ mg.kg}^{-1} > 15,2 \text{ mg.kg}^{-1} < 21,6 \text{ mg.kg}^{-1} > 16,9 \text{ mg.kg}^{-1}$
 - *chmelnice* $26,8 \text{ mg.kg}^{-1} > 24,2 \text{ mg.kg}^{-1} < 26,3 \text{ mg.kg}^{-1} < 29,4 \text{ mg.kg}^{-1} > 22,4 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním nejsou statisticky průkazné u žádné kultury.

Vinice a chmelnice se od ostatních kultur statisticky významně lišily nižším obsahem

- Obsahy mědi u půdních typů byly nejnižší / nejvyšší v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) u antropozemě / pseudogleje. Jejich obsahy byly v jednotlivých cyklech následující:
 - *antropozem* $15,5 \text{ mg.kg}^{-1} < 20,3 \text{ mg.kg}^{-1} > 19,8 \text{ mg.kg}^{-1} < 25,7 \text{ mg.kg}^{-1} > 21,9 \text{ mg.kg}^{-1}$
 - *pseudoglej* $71,7 \text{ mg.kg}^{-1} < 78,7 \text{ mg.kg}^{-1} > 44,9 \text{ mg.kg}^{-1} < 57,0 \text{ mg.kg}^{-1} < 62,8 \text{ mg.kg}^{-1}$
- Nejvíce zastoupenou v celém souboru ploch byla kategorie obsahu manganu „*střední*“. Jednotlivé kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:
 - „*střední*“ $90 \% > 89 \% < 98 \% > 92 \% < 95 \%$
 - „*vysoký*“ $6,5 \% < 8 \% > 1 \% < 8 \% > 3 \%$
 - „*nízký*“ $3,5 \% > 2 \% > 1 \% > 0 \% < 2 \%$
- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur byla kategorie obsahu „*střední*“.

4.5 Zinek

V půdách a rostlinách je zinek (Zn) přítomen převážně jako dvojmocný kation Zn^{2+} v sloučeninách. Sorbuje se hlavně na jílnaté částice, na druhotné oxidy Fe, Mn, Al a na organickou hmotu. Částečně může být vysrážen i na místech styku s uhličitany nebo v silně redukčním prostředí. Adsorpce zinku probíhá jinak v kyselém než v alkalickém prostředí. V kyselém prostředí může být adsorpce Zn^{2+} snížena konkurujícími kationty, což vede ke snadné mobilizaci a vymývání. V alkalickém prostředí je rozpustnost silně ovlivňována i organickými ligandami, které mají za následek větší rozpustnost. Nedostatek zinku v minerálních půdách je většinou způsoben nízkým obsahem v matečné hornině, silnou fixací jílovými nerosty s vyšším obsahem vápníku a vysokým odnosem z půdy. Nejčastěji se nedostatek vyskytuje v kyselých písčitých půdách humidních oblastí, v půdách s vysokým obsahem jílu s fosforem, v půdách karbonátových a v půdách s vysokým podílem organické hmoty. Při vysokém obsahu vápníku v půdě může být vápník přímo odpovědný za nedostatek zinku v rostlinách, zvláště v půdách s pH přes 6, kde se může příjem zinku v důsledku tvorby nerozpustných sloučenin snížit až na polovinu. Vysoké obsahy zinku se vyskytují v půdách městských aglomerací, v blízkosti důlních hald a úpraven rud. Toxicitu může způsobit i používání čistírenských kalů a městských odpadů jako hnojiva. V normálních podmínkách přichází toxicita v úvahu tam, kde se značně zvýší kyselost půdy. K zvýšenému příjmu zinku dochází i při nadbytku Fe (Beneš, 1994).

Náročnými plodinami na obsah zinku jsou kukuřice, chmel, bob, obiloviny, mrkev, salát (Vaněk et al., 1999).

Vývoj středních hodnot obsahů přístupného zinku zaznamenal v průběhu monitorování výkyv v **celém souboru** ploch v roce 2001 a 2013; tyto roky vykázaly průkazně vyšší obsahy oproti roku 1995. Rok 2001 měl navíc ještě statisticky průkazně vyšší obsahy než rok 2007 a 2019 (příloha 31). Na počátku monitoringu v roce 1995 se jednalo o obsahy na úrovni $4,99 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $2,25 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián a v cyklu v roce 2019 to byly obsahy $5,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ – průměr a $2,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ – medián. (tabulka 10).

Tabulka 10 Základní statistika obsahu zinku v celém souboru monitorovacích ploch BMP (1995–2019, Lindsay-Norvell, mg.kg^{-1} suchého vzorku)

Zn Cyklus	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	173	4,99	0,40	118	1,19	1,63	2,25	3,22	6,85
2001	O	173	5,55	0,81	83,1	1,71	2,24	2,93	4,00	7,81
2007	O	173	5,04	0,32	95,9	1,30	1,67	2,33	3,66	7,85
2013	O	173	5,52	0,65	96,3	1,55	2,02	2,78	4,07	8,02
2019	O	173	5,17	0,75	102	1,35	1,75	2,45	3,82	8,69

Pozn. V příloze 11 je tato tabulka zpracována grafickou formou

Pro stejné roky jako v celém souboru ploch byly zjištěny statisticky významné rozdíly i pro **kulturu** orná půda. Sady, vinice a chmelnice mají v souboru obsažen malý počet ploch s vysokou variabilitou obsahů Zn a proto u nich nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v jednotlivých cyklech. Nejvyšší průměrné obsahy Zn byly pro jednotlivé roky vypočteny pro sady (obrázek 29). Tyto hodnoty jsou však silně ovlivněny vysokým obsahem na ploše 2014B (obrázek 28). Tato plocha dosáhla za roky 1995, 2001, 2007, 2013, 2019 průměrné hodnoty $99,1 \text{ mg.kg}^{-1}$; ostatní tři plochy sadů nabyly následující průměrné hodnoty: $2,33 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PP 5015B); $3,14 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PP 7008BP); $1,51 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PP 7037B).

Pokud bychom vzájemně porovnávali mediány kultur v jednotlivých letech (příloha 5), bude mít nejvyšší hodnoty kultura chmelnice (8,58 mg.kg⁻¹ (rok 1995); 14,9 mg.kg⁻¹ (rok 2001); 9,43 mg.kg⁻¹ (rok 2007); 10,2 mg.kg⁻¹ (rok 2013); 8,71 mg.kg⁻¹ (rok 2019)). Oproti sadům, které nabývaly následujících hodnot mediánů: 2,69 mg.kg⁻¹ (rok 1995); 3,30 mg.kg⁻¹ (rok 2001); 2,68 mg.kg⁻¹ (rok 2007); 2,44 mg.kg⁻¹ (rok 2013); 2,65 mg.kg⁻¹ (rok 2019). Je zřejmé, že chmelnice mají stabilně nejvyšší obsahy Zn v půdě. Možným vysvětlením může být doporučovaná aplikace hnojiv obsahujících zinek do chmelnic jednak z důvodu náročnosti chmele na zinek a jednak na potlačení výskytu kadeřavosti u chmele².

Dalšími náročnými plodinami na obsah zinku jsou kukuřice, bob, obiloviny, mrkev, salát (Vaněk et al., 1999).

Obrázek 28 Foto z roku 2019 z PP 2014B Kutná Hora, která je extenzivním sadem na hnědozemi se slabě kyselým pH 5,63 zjištěným v roce 1995 i v roce 2019



Sad je zatravněný, neudržovaný. Do roku 2009 hnojen foliárními hnojivy, v letech 2006–2008 aplikována močovina, od roku 2010 hnojení neprobíhá. Z chemických přípravků na ochranu rostlin byly používány pouze fungicidy, počet ošetření za rok většinou 8. Od roku 2011 nejsou fungicidy aplikovány.

Vysoké obsahy zinku, které se zde vyskytují v přístupné formě, byly též podpořeny analýzou na celkový obsah zinku (vyluhovadlo lučavka královská). Hodnoty v jednotlivých letech 1995, 2001, 2007, 2013, 2019 v extraktu lučavky královské byly: 559 mg.kg⁻¹; 588 mg.kg⁻¹; 548 mg.kg⁻¹; 567 mg.kg⁻¹ a 617 mg.kg⁻¹. Tyto obsahy přesahují indikační hodnotu 400 mg Zn.kg⁻¹ uvedenou ve vyhlášce č. 153/2016 Sb. U indikačních hodnot je nutné stanovit jednak celkový

obsah prvku v extraktu lučavky královské a následně v 1M NH₄NO₃. Vzorek půdy z odběrů v roce 2019 byl podroben analýze v dusičnanu amonném; výsledek byl 20,1 mg Zn.kg⁻¹. Tato hodnota přesahuje indikační hodnotu 20 mg Zn.kg⁻¹ pro obsah prvku v dusičnanu amonném. **Je tedy potvrzeno, že obsahy Zn v půdě na ploše 2014B přesahují indikační hodnotu.** Vysoké obsahy zinku, které se vyskytují na této monitorovací ploše, jsou geogenního původu, neboť historicky je okolí Kutné Hory postiženo vysokou kontaminací půdy způsobenou především důlní činností. Hlavním zdrojem kontaminace půd rizikovými prvky (především se jedná o As, Cd, Pb a Zn) je zde zvětrávání zbytků rudnin či hutních strusek starých hald (Tlustoš et al., 2007).

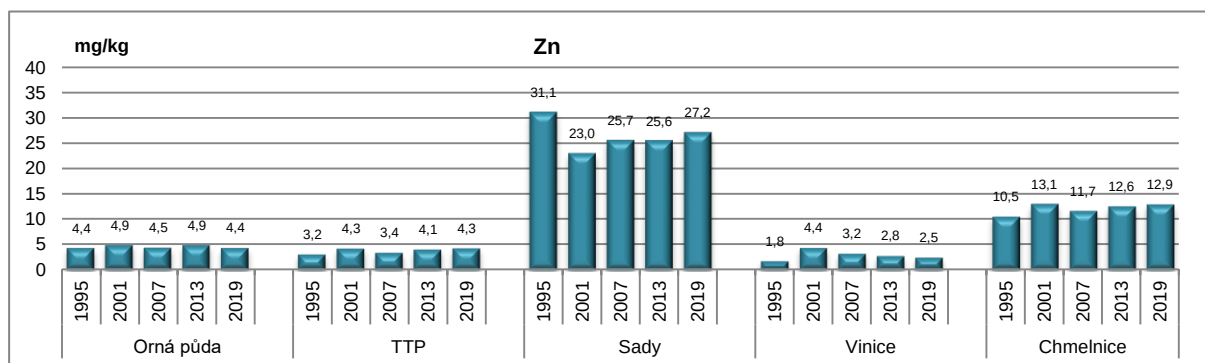
Vizuální symptomy nadbytku zinku a případné jeho toxické působení nebylo na ovocných stromech ani na okolní vegetaci patrné. Podle Vaňka et al. (1999) je toxické působení Zn v přirozených podmínkách ojedinělé.

Průkazně se od sebe svým obsahem Zn lišily chmelnice od vinic a TTP.

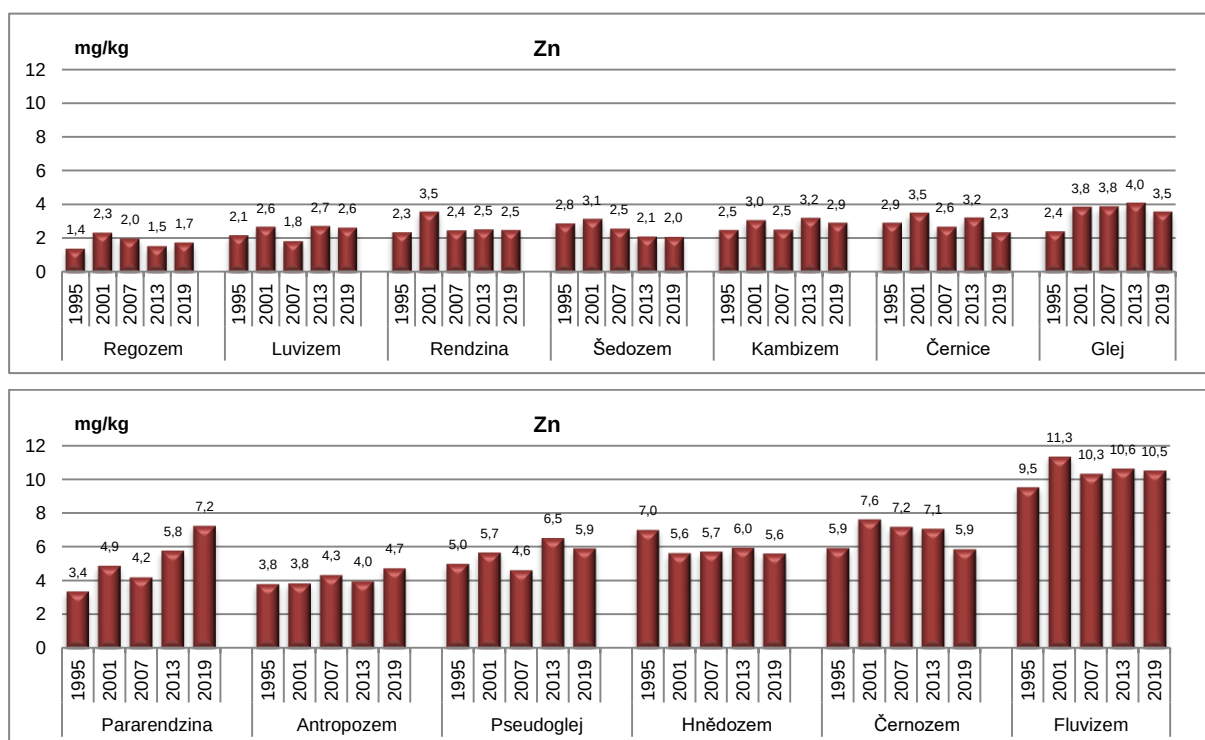
Popisná statistika je pro jednotlivé kultury vypracována v příloze 5, statistické hodnocení v příloze 31 a grafické znázornění statistických parametrů v přílohách 12, 13, 14, 15 a 16.

² Tento fakt je podpořen údaji z naší databáze, kde je zaznamenána u čtyřech z šesti ploch pravidelná aplikace hnojiv s obsahem Zn (dříve byl používán síran zinečnatý, nověji Zinkosol Forte a v současné době je to Yara Vita Zintrac)

Obrázek 29 Vývoj průměrných obsahů zinku v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



Obrázek 30 Vývoj průměrných obsahů zinku v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995–2019 (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



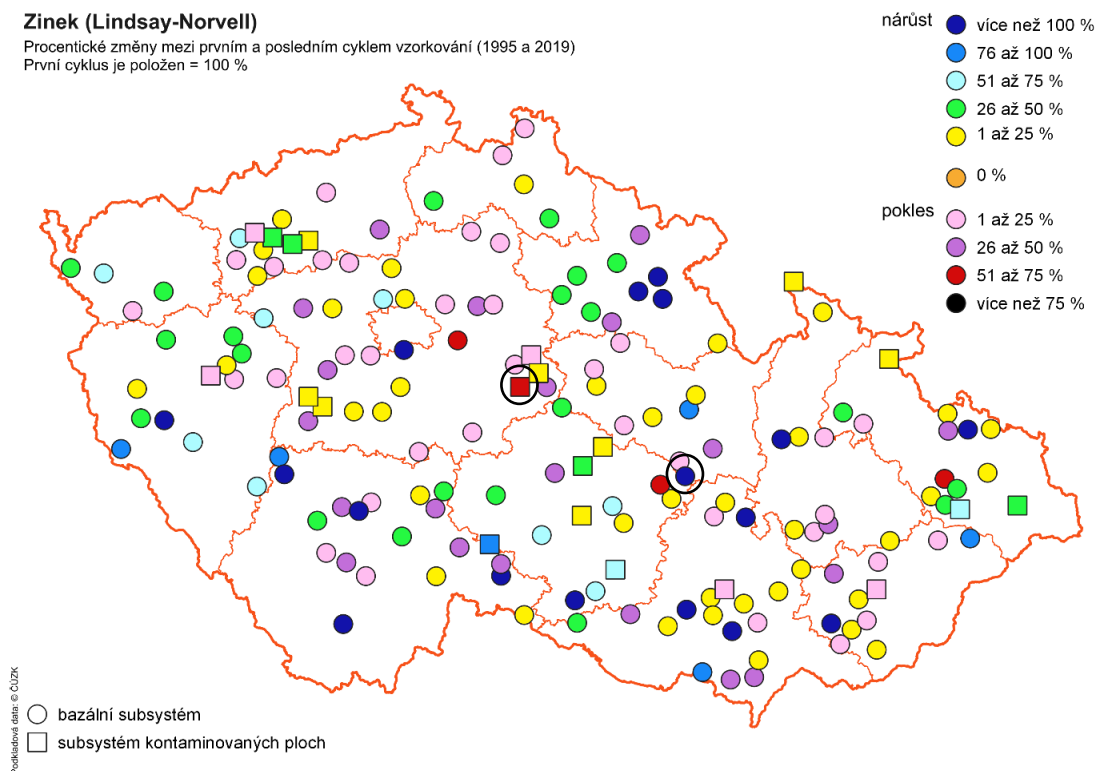
V **půdních typech** v rámci BMP (obrázek 30) se průměrné nejvyšší obsahy přístupného zinku v periodě let 1995 až 2019 pohybovaly u regozemě a to mezi (1,37–2,30 mg Zn.kg^{-1}) a nejvyšší obsahy u fluvizemě (9,53–11,3 mg Zn.kg^{-1}). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykazala pararendzina (nárůst z 3,36 na 7,24 mg Zn.kg^{-1}); hodnoty narůstaly postupně. U šedozezemě hodnoty mezi cykly klesaly (pokles z 2,83 na 2,05 mg Zn.kg^{-1}).

Popisná statistika je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 10.

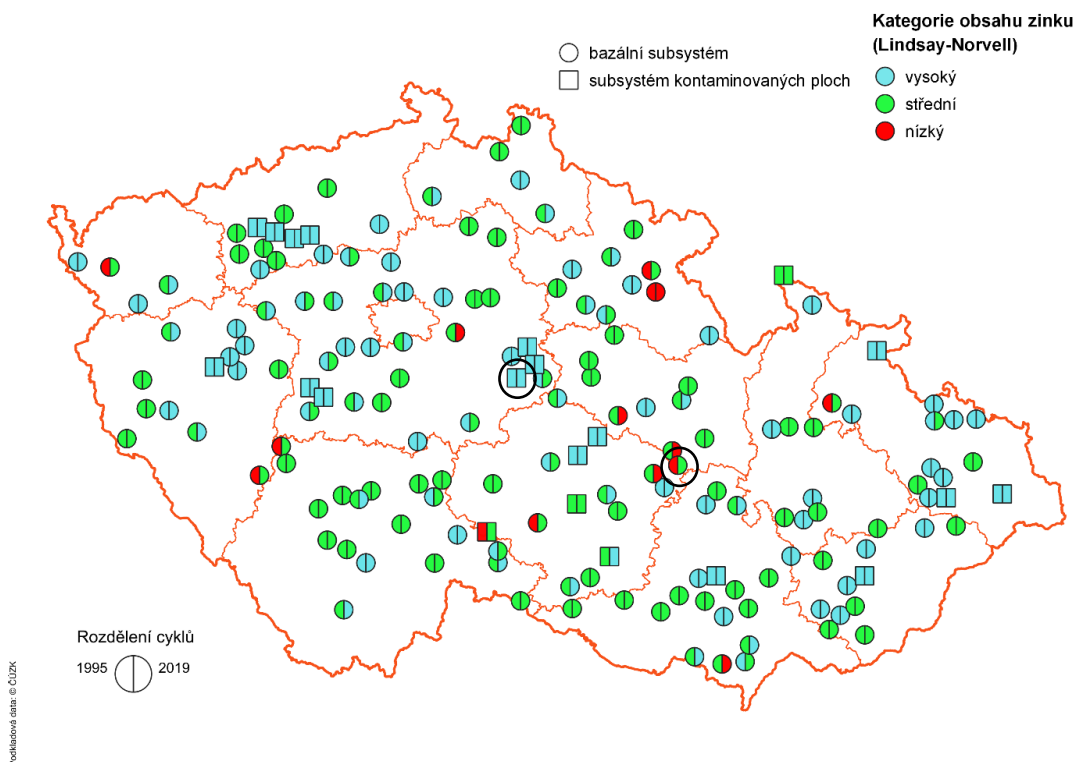
Obrázek 31 Změny obsahu zinku stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %. Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.

Zinek (Lindsay-Norvell)

Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100 %



Obrázek 32 Kategorie obsahu zinku stanovené ve výluhu dle Lindsay-Norvell na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle Kritérií pro hodnocení obsahu zinku v půdě (Neuberg, 1990). Kroužkem jsou označeny PP s největším rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019.



Nejvíce ploch zaznamenalo nárůst hodnot o 1 až 25 % původní hodnoty (28 % PP – žlutá barva) původní hodnoty v roce 1995. Dokládá to mapa na obrázku 31. Pokles o 1 až 25 % se podílel 24 % PP (růžová barva). Celkem převažoval nárůst hodnot nad jeho poklesem, kdy nárůst nastal u 62 %. Pokles nastal u 38 % ploch.

Plochy s největším výkyvem Zn mezi rokem 1995 a 2019 jsou na mapách označeny kroužkem. Na obrázku 33 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné informace, které nám na naši žádost posílají zemědělci hospodařící na pozemcích, na kterých monitorovací plochy leží.

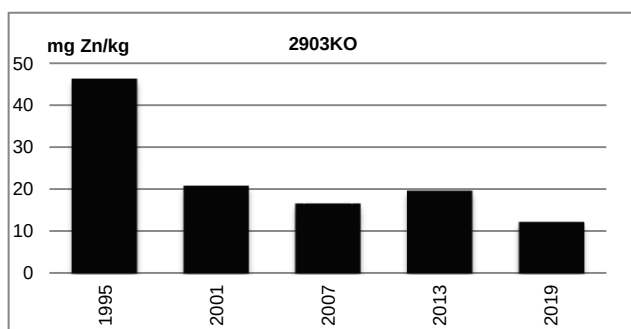
V mapě na obrázku 32 je barevně zobrazen stav obsahu Zn na jednotlivých PP v roce 1995 a pak v roce 2019 podle kategorií. Nedostatek Zn se u nás vyskytuje zřídka.

Nedostatek zinku v minerálních půdách je většinou způsoben nízkým obsahem v matečné hornině, silnou fixací jílovými nerosty s vyšším obsahem vápníku a vysokým odnosem z půdy. Nejčastěji se nedostatek vyskytuje v kyselých písčitých půdách humidních oblastí, v půdách s vysokým obsahem jílu s fosforem, v půdách karbonátových a v půdách s vysokým podílem organické hmoty. Při vysokém obsahu vápníku v půdě může být vápník přímo odpovědný za nedostatek zinku v rostlinách, zvláště v půdách s pH přes 6, kde se může příjem zinku v důsledku tvorby nerozpustných sloučenin snížit až na polovinu (Beneš, 1994).

Obrázek 33 **Vývoj obsahu zinku na plochách s vysokými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019**

Nejvyšší pokles obsahu Zn v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 74 %).

PP 2903KO, orná, Poličany, okres Kutná Hora, hnědozem, Zn 46,2 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 12,2 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2019

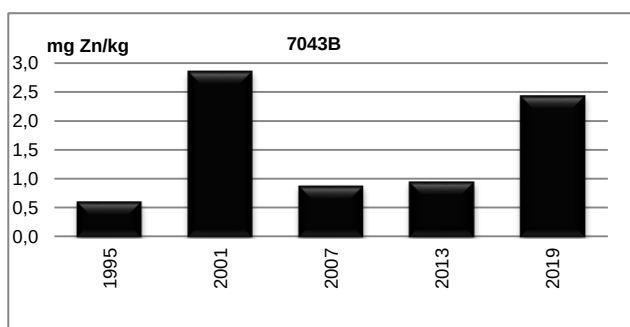


Pozorovací plocha je ornou půdou s pěstováním obilovin, kukuřice a cukrové řepy. Sláma a chrast jsou zaorávány. Hnojení statkovými hnojivy není prováděno, ale jsou

zaorávány cukrovkové skrojky a v roce 2015, 2016, 2018 a 2022 byl aplikován kompost. Minerálními hnojivy je dodáván pouze N, Ca a Mg (každoročně je aplikován DAM 390, LAV, LAD). Dvakrát za celou dobu monitoringu byl aplikován dolomitický vápenec a hnojiva s P a K. Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána.

Nejvyšší nárůst obsahu Zn v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 294 %).

PP 7043B, TTP, Nyklovice, okres Žďár nad Sázavou, pseudoglej, Zn 0,62 mg.kg⁻¹ (nízký) – 2,44 mg.kg⁻¹ (střední), foto 2019



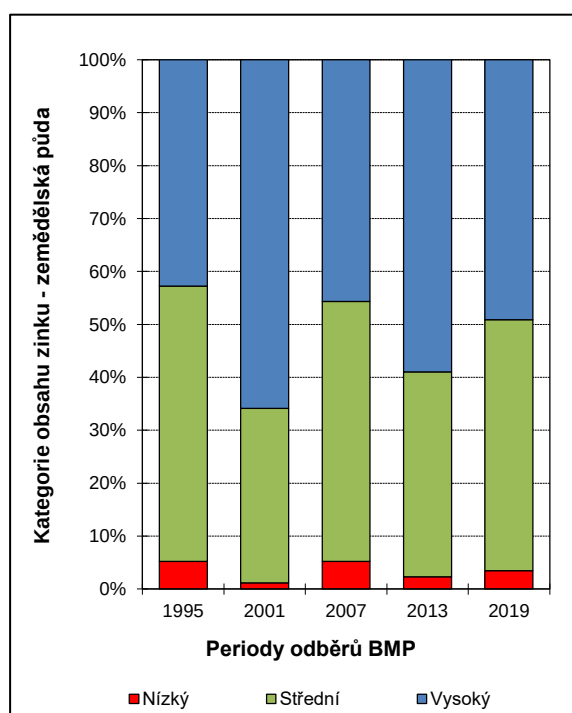
Pozorovací plocha je trvalým travním porostem používaným k produkci čerstvé hmoty na krmení, sena a senáže.

V devadesátých letech hnojeno pravidelně NPK a poté až v roce 2018. Pravidelně aplikován dusičnan amonný. Plocha není vápněna. Z organických hnojiv byla dvakrát aplikována močůvka (1999 a 2000). Hnojiva s mikroelementy ani přípravky na ochranu rostlin nejsou používány. V některých letech nebyly údaje k ploše hospodařícími zemědělci dodány.

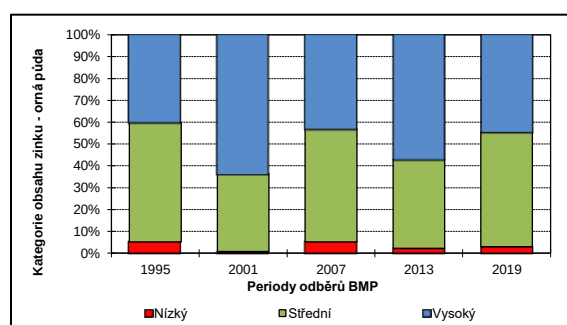
Zastoupení obsahu Zn v jednotlivých kategoriích je shodné se zastoupením Fe, tzn. nejvíce zastoupenou kategorií v cyklech 1995 a 2007 v celém souboru ploch byla kategorie „střední“. Tato kategorie zahrnuje obsahy v rozmezí 1–2,50 mg Zn.kg⁻¹. V cyklu 2001, 2013 a 2019 byla nejvíce zastoupena kategorie „vysoký“ (obsah nad 2,50 mg Zn.kg⁻¹) (obrázek 34a, příloha 25).

Obrázek 34 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995–2019 v jednotlivých kategoriích obsahu zinku podle Kritérií pro hodnocení obsahu zinku v půdě ve výluhu dle Lindsay-Norvell (Neuberg, 1990)

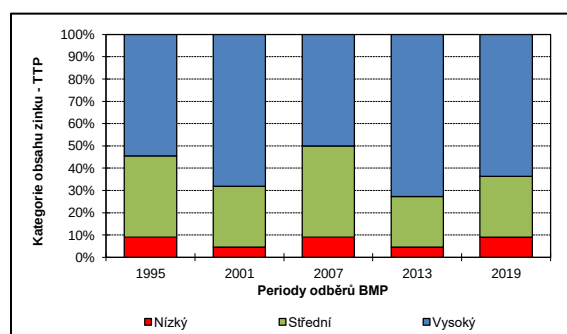
a)



b)



c)



Podobnou situaci ve vývoji obsazenosti kategorií, jako v celém souboru ploch, sleduje i kultura orná půda (obrázek 34a, příloha 25). Trvalé travní porosty mají nejvíce zastoupenou kategorii obsahu „vysoký“ (obrázek 34b, příloha 25). Sady mají rovnoměrně zastoupenou kategorii „střední“ a „vysoký“, u vinic převládá „střední“ a u chmelnic kategorie „vysoký“ – příloha 25, 26.

Hnojení zinkem provádíme v půdách s nízkým obsahem, při středním obsahu zinku v půdě lze očekávat efekt hnojení touto mikroživinou na půdách s vysokým obsahem fosforu a v půdách čerstvě vyhnojených vysokými dávkami fosforečných hnojiv. Při základním hnojení do půdy se nejčastěji používá síran zinečnatý v dávce 5–25 kg Zn.ha⁻¹. Podobně jako měď má zinek sklon k tvorbě komplexních sloučenin. Celkový přirozený obsah v ornících činí 10–300 mg.kg⁻¹ z převážné části v anorganické vazbě. Průměrný obsah výměnného zinku činí přibližně 0,2–2,0 mg.kg⁻¹, z čehož vodorozpustný podíl činí pouze 1–10 % (Beneš, 1994).

Přístupnost zinku rostlinám je značně ovlivňována i hnojením dusíkatými a fosforečnými hnojivy. Například použitím dusičnanu amonného nebo síranu amonného dochází ke snížení pH a tím ke zvýšení obsahu přístupného zinku.

Shrnutí vývoje obsahu zinku

- Z celého souboru 173 PP došlo u 107 PP (62 %) k nárůstu a u 66 PP (38 %) k poklesu obsahu zinku oproti původní hodnotě z roku 1995.
- V celém souboru 173 PP došlo k vývoji **průměrných** hodnot v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

– 4,99 mg.kg⁻¹ < 5,55 mg.kg⁻¹ > 5,04 mg.kg⁻¹ < 5,52 mg.kg⁻¹ > 5,17 mg.kg⁻¹

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 nejsou statisticky významné.

- Změny obsahu zinku v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**průměry**):

– *orná p.* 4,38 mg.kg⁻¹ < 4,94 mg.kg⁻¹ > 4,47 mg.kg⁻¹ < 4,93 mg.kg⁻¹ > 4,40 mg.kg⁻¹

– *TTP* 3,15 mg.kg⁻¹ < 4,26 mg.kg⁻¹ > 3,42 mg.kg⁻¹ < 4,10 mg.kg⁻¹ > 4,30 mg.kg⁻¹

– *sady* 31,1 mg.kg⁻¹ > 23,0 mg.kg⁻¹ < 25,7 mg.kg⁻¹ > 25,6 mg.kg⁻¹ < 27,2 mg.kg⁻¹

– *vinice* 1,79 mg.kg⁻¹ < 4,39 mg.kg⁻¹ > 3,22 mg.kg⁻¹ > 2,81 mg.kg⁻¹ > 2,48 mg.kg⁻¹

– *chmelnice* 10,5 mg.kg⁻¹ < 13,1 mg.kg⁻¹ > 11,7 mg.kg⁻¹ < 12,6 mg.kg⁻¹ < 12,9 mg.kg⁻¹

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním nejsou statisticky průkazné u žádné kultury.

Průkazně se od sebe svým obsahem Zn lišily chmelnice od vinice a TTP

- Obsahy zinku u půdních typů byly nejnížší / nejvyšší v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) u regozemě / fluvizemě. Jejich obsahy byly v jednotlivých cyklech následující:

– *regozem* 1,37 mg.kg⁻¹ < 2,30 mg.kg⁻¹ > 1,97 mg.kg⁻¹ > 1,52 mg.kg⁻¹ < 1,73 mg.kg⁻¹

– *fluvizem* 9,53 mg.kg⁻¹ < 11,3 mg.kg⁻¹ > 10,3 mg.kg⁻¹ < 10,6 mg.kg⁻¹ > 10,5 mg.kg⁻¹

- Nejvíce zastoupenou kategorií v celém souboru ploch byla kategorie obsahu zinku „střední“ a „vysoký“. Jednotlivé kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

– „střední“ 52 % > 33 % < 49 % > 39 % < 47 %

– „vysoký“ 43 % < 66 % > 46 % < 59 % > 49 %

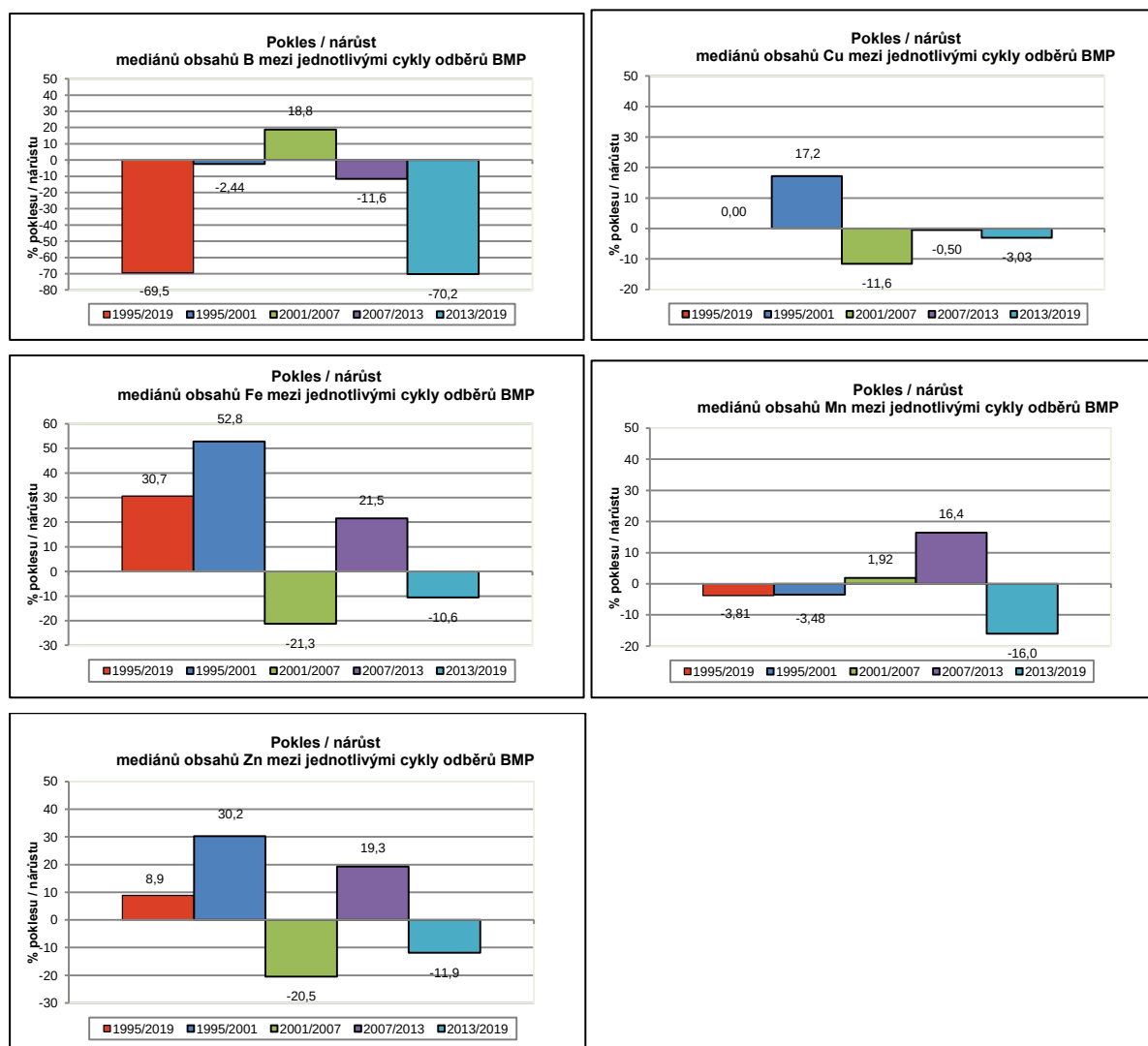
– „nízký“ 5 % > 1 % < 5 % > 2 % < 4 %

- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u orné půdy byla kategorie obsahu „střední“ a „vysoký“. U trvalých travních porostů byl ve všech cyklech nejvíce zastoupen „vysoký“ obsah. Sady mají rovnoměrně zastoupenou kategorii „střední“ a „vysoký“, u vinic převládá „střední“ a u chmelnic kategorie „vysoký“.
- Obsahy Zn v půdě, které se projeví deficitem na citlivých plodinách, je třeba doplnit foliárním hnojivem s obsahem zinku aplikací přímo na plodinu.

5 ZÁVĚRY ZE SLEDOVÁNÍ OBSAHU PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ 1995–2019

Hodnocení obsahu mikroelementů B, Cu, Fe, Mn, Zn za uskutečněných 5 period odběrů (rok 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019) bylo z důvodu porovnatelnosti provedeno na souboru 173 ploch BMP, které jsou za dobu sledování prostorově identické a nezměnily způsob obdělávání. Od roku 1995 nelze u mikroelementů v porovnání cyklů vysledovat jednoznačný vývoj směrem k nárůstu nebo poklesu obsahů. Obsahy na začátku sledování a na konci vzorkování v roce 2019 (v grafu označeno červeně) ukázaly pokles u bóru a manganu, setrvalý stav u mědi a nárůst u železa a zinku. Z nich statisticky průkazný byl pokles u bóru a nárůst u železa.

Obrázek 35 Procentické změny MEDIÁNŮ obsahů mikroelementů mezi odběrovými cykly: 1995 a 2019; 1995 a 2001; 2001 a 2007; 2007 a 2013; 2013 a 2019. Červeně je označena změna mezi počátečním (1995) a dosud posledním (2019) cyklem vzorkování. V obrázku v legendě je vždy cyklus, který je z obou cyklů uveden jako první, je položen = 100 %



6 Literární zdroje

Beneš, S. 1994. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část*. Ministerstvo zemědělství České republiky. Agrospoj. Praha. 159 s. ISBN 80-7084-090-0

Jandák, J., Prax, A., Pokorný, E. 2001: *Půdoznalství*. Ediční středisko MZLU, Brno, 142 p.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009, o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS

Nerad, J. 1994. *Obsah stopových prvků v půdách*. ÚKZÚZ Brno.

Neuberg, J., et al. 1990. *Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. Komplexní metodika výživy rostlin*. ÚVTIZ Praha.

Pavlů, L., Borůvka, L., Jílková, V., Penízek, V., Šimek, M., Zádorová, T. 2019. *Vznik, vývoj, funkce, klasifikace a geografie půd*. In Šimek, M., et al. *Živá půda. Ekologie, využívání a degradace půdy*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2976-8

Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. Metodický pokyn č. 01/AZZP. ÚKZÚZ Brno.

Prášková, L. 2024. *Bazální monitoring zemědělských půd, Obsah přístupných mikroelementů B, Cu, Fe, Mn, Zn, 2019*. ÚKZÚZ Brno. 54 p.

Prášková, L., Němec, P. 2016. *Bazální monitoring zemědělských půd, Půdní reakce a obsah živin 1995–2013*. ÚKZÚZ Brno. 66 p.

Prášková, L., Reininger, D., Svoboda, T. 2022. *Bazální monitoring zemědělských půd, Půdní reakce a obsah živin 1995–2019, II. část, hodnocení vývoje 1995–2019*. ÚKZÚZ Brno.

Prováděcí nařízení Komise (EU) 2018/1981, kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh obnovuje schválení účinných látek sloučeniny mědi jako látek, které se mají nahradit a mění příloha prováděcího nařízení Komise (EU) č. 540/2011

Rejšek, K., Vácha, R. 2018. *Nauka o půdě*. Olomouc. ISBN 978-80-87091-82-1. 500 p.

Smatanová, M. 2023. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2017 - 2022*. ÚKZÚZ Brno.

Situační a výhledová zpráva – půda. Ministerstvo zemědělství, 2021.

Tlustoš, P., Száková, J., Šichorová, K., Pavlíková, D., Balík J. 2007. *Rizika kovů v půdě v agroekosystémech v ČR*. Deklasifikovaný dokument pro veřejné použití. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. v Praze. 112 p. ISBN 978-80-213-2895-2

Vaněk, V., Balík, J., Němeček, R., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 1999: *Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny*. Vydání druhé. Farmář-Zemědělské listy. ISBN 80-902413-1-X. 124 p.

Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů.



Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.