

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD
PŮDNÍ REAKCE A OBSAH ŽIVIN

1995 - 2013

Zpracoval: Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Pavel Němec

Předkládá: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce úřední kontroly

Brno, únor 2016

OBSAH

1	ÚVOD	4
2	CÍLE	5
3	PRÁVNÍ PODPORA.....	6
4	METODIKA PRACÍ.....	7
4.1	Obecná charakteristika	7
4.2	Odběr vzorků.....	7
4.3	Termín odběru a úprava vzorků	8
4.4	Analyzované parametry.....	9
4.5	Databáze výsledků	9
4.6	Odběry v roce 2013.....	9
4.7	Principy chemických metod.....	11
4.7.1	Stanovení výměnného a aktuálního pH.....	11
4.7.2	Stanovení obsahu přístupných živin P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehlicha III.....	11
4.7.3	Stanovení obsahu P, K, Mg, Ca v extraktu lučavky královské	12
4.8	Hodnocení půdních dat.....	12
5	VÝSLEDKY AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ	15
5.1	Půdní reakce	15
5.1.1	Obecná charakteristika půdní reakce.....	15
5.1.2	Hodnocení výsledků půdní reakce v roce 2013	16
5.1.3	Hodnocení výsledků půdní reakce za 4 cykly odběrů	20
5.1.4	Závěry z hodnocení půdní reakce v půdě na plochách BMP	23
5.2	Fosfor v půdě	24
5.2.1	Obecná charakteristika fosforu	24
5.2.2	Hodnocení obsahu fosforu v půdě v roce 2013.....	25
5.2.3	Hodnocení obsahu fosforu v půdě za 4 cykly odběrů	28
5.2.4	Závěry z hodnocení obsahu fosforu v půdě na plochách BMP	31
5.3	Draslík v půdě.....	32
5.3.1	Obecná charakteristika draslíku	32
5.3.2	Hodnocení obsahu draslíku v půdě v roce 2013.....	33
5.3.3	Hodnocení obsahu draslíku v půdě za 4 cykly odběrů	36
5.3.4	Závěry z hodnocení obsahu draslíku v půdě na plochách BMP.....	39
5.4	Hořčík v půdě	40
5.4.1	Obecná charakteristika hořčíku.....	40
5.4.2	Hodnocení obsahu hořčíku v půdě v roce 2013	40



5.4.3	Hodnocení obsahu hořčíku v půdě za 4 cykly odběrů.....	43
5.4.4	Závěry z hodnocení obsahu hořčíku v půdě na plochách BMP	46
5.5	Vápník v půdě.....	47
5.5.1	Obecná charakteristika vápníku	47
5.5.2	Hodnocení obsahu vápníku v půdě v roce 2013.....	48
5.5.3	Hodnocení obsahu vápníku v půdě za 4 cykly odběrů	51
5.5.4	Závěry z hodnocení obsahu vápníku v půdě na plochách BMP.....	54
5.6	Síra v půdě	55
5.6.1	Obecná charakteristika síry	55
5.6.2	Hodnocení obsahu síry v půdě v roce 2013	56
5.6.3	Závěry z hodnocení obsahu síry v půdě na plochách BMP.....	58
5.7	Změny a vývoj pH a obsahů P, K, Mg, Ca na plochách BMP	59
6	LITERÁRNÍ ZDROJE.....	64

1 ÚVOD

Půda je kromě svých environmentálních funkcí zejména základním zdrojem pro obživu lidstva a je třeba ji důsledně chránit. Tento fakt je všeobecně přijímán avšak někdy chápán povrchně. Hlubší poznání půdy vede k větší péči o ni a k potřebě si půdu zachovat v dobré kondici pro další generace, neboť jen kvalitní půda je předpokladem nezávadných zemědělských plodin. Ty jsou jednak důležitou potravinou pro člověka a jednak krmnou surovinou hospodářských zvířat, která rovněž vstupují do lidského potravního řetězce.

Odběry půdních vzorků prováděné v pravidelných cyklech napomáhají poznávat půdu a jsou možným klíčem k odhalení nepříznivých vlivů a neuvážených zásahů, které ohrožují její kvalitu.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) pravidelné víceleté odběry půdních vzorků provádí na monitorovacích plochách založených na zemědělské půdě ČR. Tyto plochy tvoří soubor nazvaný Bazální monitoring půd (BMP), který se skládá z orných půd, TTP (trvalých travních porostů), sadů, vinic a chmelnic.

Půdní data shromažďována ÚKZÚZ jsou výslednicí časově, personálně a profesionálně velmi náročných operací od kvalifikovaných odběřů vzorků půd, jejich přípravu pro rozbor, analýzu v laboratoři, až po závěrečné vyhodnocení.

Ucelený soubor výsledků je hodnotnou databází, která slouží k vyhodnocení půdních vlastností, jejich vývoje a tak napomáhá zabránit případným negativním jevům vedoucím k degradaci půdy.

Předkládaná zpráva hodnotí výsledky půdní reakce a obsahy živin (P, K, Mg, Ca) v půdě za rok 2013 a za uplynulé cykly (2007, 2001 a 1995).

2 CÍLE

Bazální monitoring půd (BMP) byl založen za účelem pravidelného a dlouhodobého sledování stavu a vývoje vybraných ukazatelů půdní kvality. Toto sledování je prováděno na stálém souboru ploch stálými metodami.

Výsledky poskytují podklad pro správné agrotechnické zásahy, posuzují vliv intenzity hnojení na půdní vlastnosti, vliv hospodaření se živinami v půdě.

Živiny obsažené v půdě a stanovované při analýzách se hodnotí podle stavu a vývoje v čase, což je důležité z hlediska předcházení drancování jejich půdní zásoby vlivem snížených vstupů hnojiv z nejčastěji ekonomických důvodů. Dalším nepříznivým jevem může být používání hnojiv zaměřených pouze na jednu živinu v mylné domněnce zachování standardu vysokých plodinových výnosů bez přídavku ostatních živin.

Zanalyzované obsahy stanovovaných živin a pH ilustrují spotřebu čistých živin v ČR.

Výsledky slouží ke komunikaci se zemědělskou praxí. Pro orgány státní správy poskytují informace o stavu a vývoji půdních vlastností. Vyhodnocená data jsou také využívána jako materiál pro ročenky a statistické přehledy. Dále jsou cenným zdrojem pro vědeckovýzkumné projekty a validace analytických metod.

Výsledky jsou dále využívány k důležitému navázání spolupráce na mezinárodní úrovni.

Data jsou z ÚKZÚZ předávána na MZe (Ministerstvo zemědělství), kde tvoří podklad legislativním účelům a snaze ovlivňovat agrární politiku směrem k udržitelnému hospodaření na zemědělské půdě.

Hlavním cílem je využití znalostí z Bazálního monitoringu půd pro aktivity vedoucí k dlouhodobému zachování půdní úrodnosti.

3 PRÁVNÍ PODPORA

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.

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

4 METODIKA PRACÍ

4.1 Obecná charakteristika

Bazální monitoring půd byl založen v roce 1992. Skládá se ze stálého souboru pozorovacích ploch na orné půdě, TTP, sadech, vinicích a chmelnicích. BMP se dělí na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch, který je charakteristický anorganickým znečištěním půd antropogenního nebo geogenního původu. Větší část ploch je umístěna na pozemcích konvenčně obhospodařovaných zemědělci a pouze část je na pozemcích zkušebních stanic ÚKZÚZ. Plochy jsou přesně zakresleny a zaměřeny zeměpisnými souřadnicemi, aby plocha byla prostorově identická pro každý odběr. První odběry proběhly v roce 1992, v roce 1995 byly zopakovány za použití optimalizované metody vzorkování. Tzv. základní odběry vzorků půd probíhají v šestileté periodě (roky 1995, 2001, 2007, 2013, ...) vždy podle stejného schématu (obr. 1). Vzorkovány jsou všechny pozorovací plochy BMP. Úprava vzorků a analytické metody jsou rovněž ve všech cyklech stejné.

Terénní, analytické a vyhodnocovací práce jsou prováděny v souladu s platnými metodikami vypracovanými pro jednotlivé úkoly a požadavky MZe. Analytické metody se řídí jednotnými pracovními postupy. Současně jsou uplatněny národní nebo mezinárodní normy odběrů vzorků a analytických prací.

Terénní a vyhodnocovací práce byly zabezpečovány pracovníky Sekce úřední kontroly ÚKZÚZ v jednotlivých regionech (Brno, Opava, Havlíčkův Brod, Praha, Chrastava, Plzeň, Planá nad Lužnicí), analytické práce Národní referenční laboratoří v Brně. Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionálních laboratořích v Plzni, Brně a Opavě. Všechny laboratoře jsou zapojeny do vnitřního systému řízení jakosti organizovaného Národní referenční laboratoří a všechny jsou akreditovány ČIA (Český institut pro akreditaci). Laboratoře se pravidelně účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek na národní i mezinárodní úrovni.

4.2 Odběr vzorků

Pro jednotlivé kultury se uplatily tyto zásady pro vzorkování:

Orná půda - odběr se provedl ze dvou horizontů:

1. 0 - 25 cm (ornice, označení vzorku - O). V případě menší mocnosti ornice se vzorek odebere jen z této vrstvy.
2. 35 - 60 cm (podorníčí, označení vzorku - P).

Z odběru se vyloučila přechodová vrstva 25 - 35 cm mezi ornici a podorníčím.

TTP - odběr se provedl ze tří horizontů:

1. poddrnová vrstva do 10 cm (označení vzorku - O)
2. vrstva 10 - 25 cm (označení vzorku - P)
3. vrstva 25 - 40 cm (označení vzorku - R)

Odstranila se vrchní drnová vrstva zeminy. Odběrové vrstvy na sebe navazují bez mezivrstev.

Ovocné sady a vinice - odběr se provedl v řadách stromů (keřů) ze dvou horizontů:

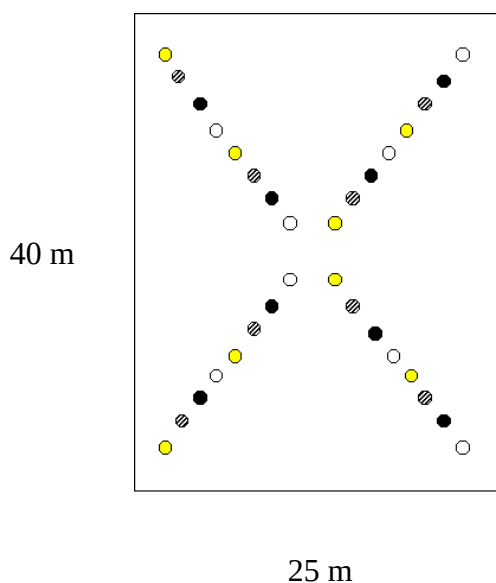
1. vrstva 0 - 30 cm (označení vzorku - O)
2. vrstva 30 - 60 cm (označení vzorku - P)

Chmelnice - odběr se provedl ze dvou horizontů:

1. vrstva 10 - 40 cm (označení vzorku - O)
2. vrstva 40 - 70 cm (označení vzorku - P)

Vrstva zeminy 0 - 10 cm se z odběru vyloučila.

Obrázek 1 Odběrové schéma na pozorovací ploše pro opakované odběry v šestileté periodě



Umístění individuálních odběrů k získání 4 směsných vzorků:



4.3 Termín odběru a úprava vzorků

Pozorovací plochy byly vzorkovány podle povětrnostních podmínek v průběhu roku. Vzorkování nenásledovalo dříve než 4 měsíce po hnojení P, K, Ca, Mg a byl zohledněn stav kultury.

Pro potřeby archivace a vybraných analýz bylo nutno získat min. 1 kg suché půdy pro každý směsný vzorek po prosevu. To znamenalo cca 1,5 kg čerstvého vzorku, u půd s výrazně vyšším podílem skeletu > 2 mm i více. U orné půdy to odpovídalo 16 vpichům (v každém z 8 míst 2 vpichy). U TTP v horizontu 0 – 10 bylo nutno provést v jednom odběrovém místě 4 – 5 vpichů. Používala se odběrová souprava zn. EIJKELKAMP s vrtákem typu EDELMAN s nejužším hrotem (průměr 30 mm).

Při odběru bylo nutno zejména dbát, aby byly důsledně odděleny vzorkované horizonty. Vzorky se ukládají do papírových sáčků (dvojitých nebo papír - mikrotén, aby nedošlo k protržení).

Vzorky byly vysušeny a prosety na prosévačkách s velikostí síta 2 mm. Bylo nutno dbát na homogenitu vzorku a zajistit, aby do jemnozeme nebyl drcen i skelet. Sáčky se vzorky se označily kódem pozorovací plochy.

Část vzorku sloužila k analýzám a část vzorku byla archivována.

4.4 Analyzované parametry

Při pravidelných šestiletých odběrech jsou sledovány tyto půdní parametry:

P, K, Ca, Mg, Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn - lučavka královská

As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, V, Zn – 2M HNO₃

Hg – celkový obsah

P, K, Mg, Ca – Mehlich III, lučavka královská

Cu, Zn, Mn, Fe – Lindsay a Norwel; B – Berger-Truog

semikvantitativní stanovení karbonátů

pH - CaCl₂, H₂O

CoxNIR, NtotNIR; sušina

Kationtová výměnná kapacita (KVK)

Tato zpráva hodnotí pouze vybrané parametry z uvedeného seznamu (pH a obsahy hlavních živin).

Analýzy byly provedeny s využitím platných postupů Národní referenční laboratoře.

Půdní vzorky se analyzovaly výhradně v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ, která má osvědčení o akreditaci podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005.

4.5 Databáze výsledků

Výsledky analýz jednotlivých vzorků jsou za celé sledované období shromažďovány v databázi BMP, ve které jsou ukládány rovněž informace o sledovaných plochách (druh a množství aplikovaných minerálních, organických hnojiv a pesticidů, pěstované plodiny, ...)

4.6 Odběry v roce 2013

V roce 2013 byly odběry provedeny na všech 214 monitorovacích plochách (187 v základním subsystému a 27 v subsystému kontaminovaných ploch). Optimalizovanou metodou

vzorkování proběhl již čtvrtý cyklus (1995, 2001, 2007, 2013). Počet ploch odebíraných v roce 2013 a počet zastoupených kultur v rámci subsystémů uvádí tabulka 1.

Tabulka 1 Zastoupení jednotlivých kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013

Kultura	BMP celkem	Základní subsystém	Subsystém kontaminovaných ploch
Orná půda	154	135	19
TTP	44	38	6
Sady	6	6	0
Vinice	5	5	0
Chmelnice	5	3	2
Celkem	214	187	27

V tabulce 2 je zaznamenán počet ploch odebíraných v roce 2013 podle krajů ČR, v tabulce 3 je počet ploch BMP nacházejících se v jednotlivých výrobních oblastech.

Tabulka 2 Počet odebíraných ploch BMP v jednotlivých krajích ČR v roce 2013

Kraj	Celkem ploch	Orná	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Jihočeský	25	19	5	1	0	0
Jihomoravský	22	13	1	3	5	0
Karlovarský	8	3	5	0	0	0
Královéhradecký	13	11	2	0	0	0
Liberecký	7	1	5	1	0	0
Moravskoslezský	20	13	7	0	0	0
Olomoucký	11	10	1	0	0	0
Pardubický	10	8	2	0	0	0
Plzeňský	16	12	4	0	0	0
Středočeský	34	29	3	1	0	1
Ústecký	17	10	3	0	0	4
Vysočina	19	13	6	0	0	0
Zlínský	12	12	0	0	0	0

Tabulka 3 Počet odebíraných ploch BMP v jednotlivých výrobních oblastech v roce 2013

Výrobní oblast	Počet ploch
Kukuřičná	6
Řepařská	92
Bramborářská	109
Horská	7
Celkem	214

V roce 2013 bylo odebráno celkem 1888 vzorků. V tabulce 4 je rozepsán počet vzorků odebraných pracovníky Sekce úřední kontroly za jednotlivé regiony ÚKZÚZ. U orných půd, sadů, vinic a chmelnic byly odebírány vzorky ze dvou horizontů (O, P) a z každého horizontu 4 směsné vzorky. Tzn., že z každé plochy bylo odebráno 8 vzorků. U trvalých travních porostů byly odebrány tři horizonty (O, P, R) a z každého horizontu opět 4 směsné vzorky. Z každé plochy TTP se tedy odebere 12 vzorků.

Tabulka 4 Počet odebraných vzorků z ploch BMP v roce 2013

Region	Počet ploch (z toho TTP)	Počet vzorků
Brno	41 (3)	340
Opava	31 (8)	280
Havlíčkův Brod	34 (8)	304
Praha	33 (3)	276
Chrastava	24 (8)	224
Plzeň	24 (9)	288
Planá nad Lužnicí	27 (5)	236
Celkem	214	1888

4.7 Principy chemických metod

V této zprávě je hodnocena půdní reakce a obsah živin, proto jsou zde popsány principy pouze těchto analýz.

Analýzy byly prováděny podle platných jednotných pracovních postupů (Zbiral et al., 2010, 2011).

4.7.1 Stanovení výměnného a aktuálního pH

Půdní reakce se stanovuje ve vysušeném vzorku půdy upraveném podle ISO 11464. Stanovení je prováděno skleněnou elektrodou v půdní suspenzi. Poměr vyluhovacího roztoku a půdy je 5 : 1. Vyluhovacím roztokem je v případě výměnného pH 0,01 M CaCl₂ a v případě aktuálního pH demineralizovaná voda.

4.7.2 Stanovení obsahu přístupných živin P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehlicha III

Tento extrakční postup je určený pro stanovení více prvků v jednom extraktu a nejlépe odpovídá současnému trendu v analýze půd, kde je stále více využíváno víceprvkových analytických měřicích postupů (ICP-OES, CZE, IC, ICP-MS aj.). Postup byl podrobně ověřen pro půdy ČR a v současné době je používán v AZZP (agrochemickém zkoušení zemědělských půd) České republiky.

Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na hliník. V roztoku je přítomen i dusičnan amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. Přítomnost EDTA zajišťuje dobrou uvolnitelnost nutričně významných mikroelementů (Analýza půd I, postup 3.1.1; Zbíral, Honsa, et al., 2010).

Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je stanoven v půdním extraktu podle Mehlich III metodou ICP-OES (Analýza půd I, postup 3.1.5; Zbíral, Honsa, et al., 2010). Aerosol vzorku se proudem argonu přivede do argon-argonového plazmatu, ve kterém dojde k termické excitaci a ionizaci prvků. Při následné deexcitaci dojde k vyzáření charakteristických kvant. Měřením intenzity emitovaného záření charakteristického kvanta se určí obsah daného prvku ve vzorku. Tuto metodu optické emisní spektrometrie lze využít pro stanovení širší škály prvků (Ca, Mg, K, P, Al, Cu, Fe, Mn, Zn, S a B).

Stanovení fosforu měřícím postupem ICP-OES dává výsledky vyšší než stanovení spektrofotometrické, protože se stanovuje celkový obsah fosforu v extraktu. Při spektrofotometrickém stanovení se stanovuje pouze fosforečnan. Tento rozdíl je zpravidla 10 – 15 %, ale není konstantní (Zbíral, Honsa et al., 2010).

Pro tuto zprávu byly použity výsledky stanovení fosforu metodou ICP-OES přepočítané na spektrofotometrické stanovení, aby bylo možné provést porovnání s předchozími cykly, kde byl fosfor stanovován spektrofotometricky.

4.7.3 Stanovení obsahu P, K, Mg, Ca v extraktu lučavky královské

Upravený vzorek se extrahuje lučavkou královskou - směs kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné (3 + 1, V + V) za zvýšené teploty (Analýza půd II, postup 3.2.1; Zbíral, et al., 2011). V extraktu je možné stanovit obsah makro i mikroprvků. Uvedený postup vychází z ISO normy (ISO 11466). Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je stanoven v půdním extraktu lučavky královské metodou ICP-OES (Analýza půd II, postup 3.3.11; Zbíral, et al., 2011). Princip metody ICP-OES je stejný jako u stanovení v půdním extraktu podle Mehlich III uvedeném v předchozí kapitole.

4.8 Hodnocení půdních dat

Hodnoceny byly agrochemické parametry (půdní reakce a obsahy P, K, Mg, Ca) ve výluhu Mehlich III a lučavky královské. Dále v textu bude obsah živin ve výluhu Mehlich III označován jako obsah „přístupného“ P, K, Mg, Ca; obsah živin v extraktu lučavky královské bude označován jako obsah „celkového“ P, K, Mg, Ca. Výsledky jsou udávány v mg.kg⁻¹ suchého vzorku pro jednotlivé odběrové vrstvy půdy. Pro horizont O (= vrchní vrstva kultur: orná 0 – 25 cm; TTP 0 – 10 cm; sady a vinice 0 – 30 cm; chmelnice 10 – 40 cm) a pro horizont P (= spodní vrstva kultur: orná 35 – 60 cm; TTP 10 – 25 cm a druhá spodní vrstva R 25 – 40 cm; sady a vinice 30 – 60 cm; chmelnice 40 – 70 cm).

Nejprve bylo hodnocení provedeno pro rok odběru 2013, tzn. všech 214 monitorovacích ploch. Následovalo hodnocení odběrů za uskutečněné čtyři periody odběrů (rok 1995, 2001, 2007 a 2013), kde se soubor zúžil na 177 ploch z důvodu porovnatelnosti. Tento soubor ploch byl ve všech periodách vzorkován, nezměnil kulturu ani jednotlivé plochy nebyly posunuty.

Porovnání výsledků BMP bylo provedeno s výsledky AZZP (agrochemického zkoušení zemědělských půd) za cyklus odběrů 2009 – 2014 a s dalšími literárními údaji.

Ve zprávě je hodnocení řazeno v následující posloupnosti:

1. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro všechny plochy bez rozlišení kultur, subsystémů a druhů půd.
2. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a druhů půd.
3. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 rozdělená podle subsystémů bez rozlišení kultur a druhů půd.
4. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury, subsystémy a druhy půd.
5. Exploratorní analýza dat – sestavení krabicových diagramů agrochemických parametrů z roku 2013 pro jednotlivé kultury a jednotlivé subsystémy bez rozlišení druhů půd.
6. Vyhodnocení agrochemických parametrů z roku 2013 z hlediska kritérií AZZP (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů.
7. Sestavení map agrochemických parametrů na plochách BMP v roce 2013.
8. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v jednotlivých periodách bez rozlišení kultur, subsystémů a druhů půd.
9. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v jednotlivých periodách pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a druhů půd.
10. Popisná statistika agrochemických parametrů na monitorovacích plochách BMP v jednotlivých periodách rozdělená podle subsystémů bez rozlišení kultur a druhů půd.
11. Vyhodnocení agrochemických parametrů mezi periodami z hlediska kritérií AZZP. (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů.
12. Testování průkaznosti rozdílů agrochemických parametrů mezi periodami.

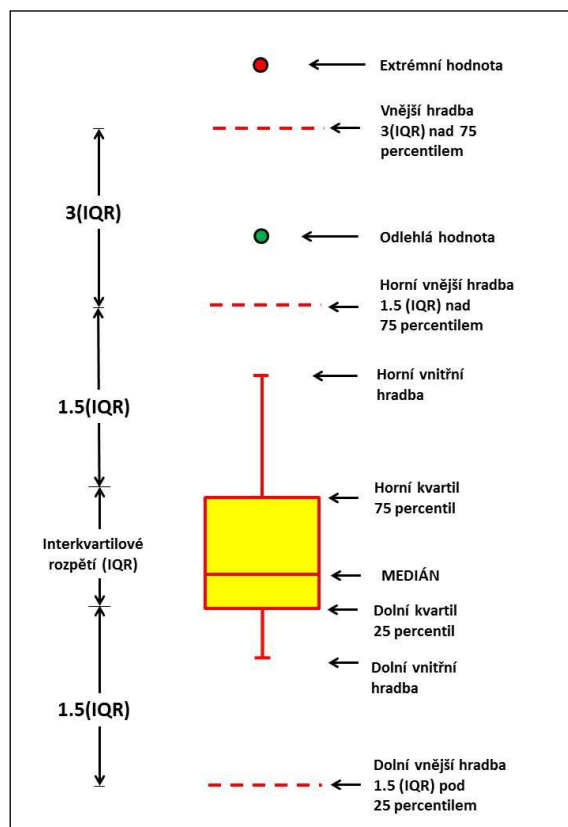
U popisné statistiky byly počítány tyto veličiny: aritmetický průměr; medián; 10., 25., 75. a 90. percentil; vyhledání minima a maxima.

Pro statistické zpracování byly použity programy MS Excel 2010, NCSS 10.

Testování bylo provedeno pomocí Kruskal – Wallisovy Anovy a neparametrického testování průkaznosti rozdílů mezi skupinami.

Krabicové (box) diagramy byly sestaveny podle následujícího schématu:

Obrázek 2 *Struktura box diagramu*



5 VÝSLEDKY AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ

5.1 Půdní reakce

5.1.1 Obecná charakteristika půdní reakce

Půdní reakce neboli kyselost půdy je důležitým ukazatelem stavu půdního prostředí a je jednou z nejvýznamnějších vlastností podílejících se na úrodnosti půdy a příjmu živin. Reakce půdy usměrňuje téměř všechny procesy v půdě – od prvopočátečních zvětrávacích a půdotvorných až po chemické, fyzikálně-chemické a biologické procesy v již vytvořených půdách. Jedná se hlavně o koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, rozpustnost sloučenin a látek v půdě, sorpci živin, biologickou činnost mikroorganismů, půdní koloidy. Půdní pH tak nepřímo vytváří vhodné či nevhodné životní podmínky pro růst rostlin a následně množství a kvalitu produkce (Vaněk et al., 2012). Půdní reakce patří i mezi ukazatele degradace půdy. V našich podmínkách hrozí zejména nebezpečí acidifikace – okyselování (Vopravil et al., 2010). Acidifikace půdy je pomalý proces, který je urychlován intenzivní zemědělskou činností (Gazey et Davies, 2009).

V silně kyselých půdách je většina mikrobiálních procesů redukována z důvodu omezeného růstu a reprodukce půdních mikroorganismů, hlavně bakterií a hub. Rozklad organických látek a koloběh živin je tak snížen. Rychlost převodu živin půdními mikroby do rostlinám přístupných forem je pomalejší. Na leguminózách se v kořenových nodech hůře tvoří hlízký rhizobiálních bakterií, což může vést z důvodu nefungující symbiózy k deficitům dusíku u těchto rostlin. Na pastvinách leguminózy ustupují a dominantními rostlinami se stávají trávy (Gazey et Davies, 2009). Syntetické procesy vedou k tvorbě méně kvalitních humusových látek (Richter et Hlušek, 1999). Přístupnost hlavních živin (N, P, K, Mg, Ca, S) a molybdenu (Mo) je omezena a může být pro rostliny nedostatečná. V kyselém prostředí je také aktivován hliník (Al) (koncentrace 2 – 5 mg Al.kg⁻¹ půdy je toxická pro kořeny citlivých rostlin a více jak 5 mg.kg⁻¹ půdy je toxická pro tolerantní rostliny, uvádí Gazey et Davies, 2009) a řada rizikových prvků, jejichž přebytek rostlinám škodí a vede k začlenění do potravního řetězce. Z těchto důvodů je důležité sledovat hodnoty pH na obhospodařovaných lokalitách tak, aby bylo možné včas rozpoznat toto nebezpečí. Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění (Richter et Hlušek, 1999). Půdní reakce zvýšená vápněním nad 5,5 předchází vyjmenovaná rizika minimalizuje (Gazey et Davies, 2009).

Optimální hodnota pH není obecně hodnota neutrální (pH 7,0), ale má být kompromisem jednak mezi rozdílnými optimy pH pro dostupnost jednotlivých živin a jednak rozdílnými požadavky rostlin na jednotlivé živiny. Optimální pH je předpokladem efektivního využití hnojiv a živin v půdě, jež mohou zůstat bez účinku, nedosáhne-li půda žádoucího bodu nebo rozmezí půdní reakce. (Richter et Hlušek, 1999). Jako optimální se v minerálních půdách ukazuje hodnota pH okolo 6,5, která zajišťuje přiměřený příjem většiny živin a víceméně vyhovuje i rostlinám (Vaněk et al., 2012).

Jednotlivé druhy polních plodin mají rozdílné požadavky na pH. Obecně lze shrnout, že polní plodiny bramborářské a horské výrobní oblasti a trvalé travní porosty vyžadují pH kyselejší, zatímco plodiny řepářské a kukuřičné výrobní oblasti spíše pH neutrální. U zelenin převládá pH neutrální až zásadité (Richter et Hlušek, 1999). Podle Vaňka et al. (2012) je pro růst a výživu rostlin podle půdních podmínek vhodné pH nejčastěji v rozsahu 6,0 – 6,5.

V půdě se stanovují dva druhy půdní kyselosti (aktivní půdní kyselost a výměnná půdní kyselost).

Aktivní (aktuální) půdní kyselost je dána koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku. Zdrojem vodíkových iontů jsou disociované minerální a organické kyseliny. Půdní reakce aktivní má bezprostřední fyziologický význam, protože zásadně ovlivňuje biochemické procesy probíhající v půdě a procesy příjmu živin autotrofními organismy. Aktuální odběr přijímaných živin je vázán na aktuálně probíhající biochemické reakce, které jsou katalyzovány v prostředí specifických koncentrací vodíkových iontů. Půdní reakce aktivní je značně proměnlivá vlivem povětrnosti, obdělávání, hnojení apod. (Richter et Hlušek, 1999). Tato forma pH je měřena v půdách odvápněných, sorpčně nenasycených s vysokým podílem adsorbovaných iontů vodíku a hliníku (Jandák et al., 2001).

Stanovuje se ve výluhu půdy vodou a udává okamžitý stav.

Výměnná půdní kyselost je dána adsorbovanými vodíkovými a hliníkovými (případně Fe) ionty, které se vyměňují za bazické ionty roztokem neutrální soli (CaCl_2).

Během roku nedochází k tak výrazným změnám půdní reakce výměnné ve srovnání s aktivní půdní reakcí, a proto se jedná o důležitější a používanější ukazatel. Výměnná půdní reakce má oproti aktivní půdní reakci obvykle nižší hodnoty pH (obvykle o 0,5); pohybuje se v rozmezí rozdílu pH 0,2 – 1.

Zjištěná výměnná kyselost se využívá ke stanovení potřeby vápnění (Richter et Hlušek, 1999).

Stanovování výměnného pH je nedílnou součástí agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZPP).

5.1.2 Hodnocení výsledků půdní reakce v roce 2013

Výsledky za čtvrtý cyklus odběrů BMP v roce 2013 jsou vyjádřeny popisnou statistikou v příloze 1 pro zemědělské půdy celkem (všech 214 ploch dohromady bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd). Z výsledků vyplývá průměrná hodnota **výměnného pH** 6,1 pro orniční horizont (O). Výsledky AZPP z cyklu zkoušení 2009 – 2014 dokládají hodnotu pro zemědělské půdy 6,0 (Smatanová et Sušil, 2015). Stejnou hodnotu pH jako horizont O má v BMP i horizont P (6,1 stupně). V příloze 2 jsou plochy BMP rozděleny na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch. Nižší pH bylo v základním subsystému oproti kontaminovanému (O horizont – základní subsystém 6,0; kontaminovaný subsystém 6,3; P horizont – základní subsystém 6,1; kontaminovaný subsystém 6,4).

Jednotlivé kultury jsou hodnoceny v tabulce 5. Z tabulky je zřejmé, že nejnižší výměnné pH se v roce 2013 vyskytovalo na trvalých travních porostech (TTP). Dosahovalo zde průměrné hodnoty 5,5 ve svrchním horizontu. Nejvyšší průměrná hodnota 6,9 byla shodná pro vinice i chmelnice. Výskyt těchto kultur je situován v sušších až aridních oblastech, kde podle Vaňka et al., (2012) nedochází k výraznějšímu vyplavování alkalických složek půdy. Orné půdy BMP vykázaly průměrnou hodnotu výměnného pH v ornici 6,2. Tato hodnota je shodná s hodnotou celorepublikového průměru orných půd ze sledování AZPP za období 2009 – 2014 (Smatanová et Sušil, 2015). Výměnná půdní reakce byla v O horizontech nižší než v P horizontech. To může být zapříčiněno úbytkem bazických iontů ve vrchních horizontech posunem do spodních horizontů zvláště v oblastech s vyššími srážkami (Vaněk et al., 2012). Dokládá to i sledování Klementa et Prchalové (2013) v lyzimetrických vodách v promyšleném

vodním režimu, kdy na zkušební stanici v Horažďovicích na hnojené orné půdě bylo v eluátu v hloubce 80 cm zjištěno pH 7,5.

Tabulka 5 *Popisná statistika výměnného pH na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury, bez rozlišení subsystémů a půdních druhů*

Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	6,2	4,7	7,5	5,3	5,7	6,0	6,7	7,2
	P	154	6,3	4,6	7,6	5,4	5,8	6,3	6,9	7,4
TTP	O	44	5,5	4,2	7,3	4,8	5,2	5,5	5,8	6,0
	P	44	5,6	4,5	7,4	4,8	5,3	5,5	5,9	6,5
	R	44	5,7	4,6	7,5	4,8	5,1	5,6	6,0	6,8
Sady	O	6	6,4	5,7	7,4	5,7	5,9	6,3	6,5	7,4
	P	6	6,5	6,0	7,5	6,0	6,2	6,4	6,7	7,5
Vinice	O	5	6,9	5,3	7,6	5,3	7,1	7,2	7,4	7,6
	P	5	7,1	5,7	7,6	5,7	7,1	7,4	7,5	7,6
Chmel.	O	5	6,9	6,4	7,3	6,4	6,9	6,9	7,1	7,3
	P	5	7,3	6,6	7,6	6,6	7,3	7,4	7,5	7,6

Příloha 3 hodnotí pH podle kultury, subsystému a navíc také podle druhu půdy. Největší podíl ploch BMP je na orné půdě. Tato kultura se tak vyskytuje v obou subsystémech i na všech druzích půd. Pro ornou půdu vyplývá, že pH výměnné bylo nižší v lehkých půdách oproti středním a těžkým.

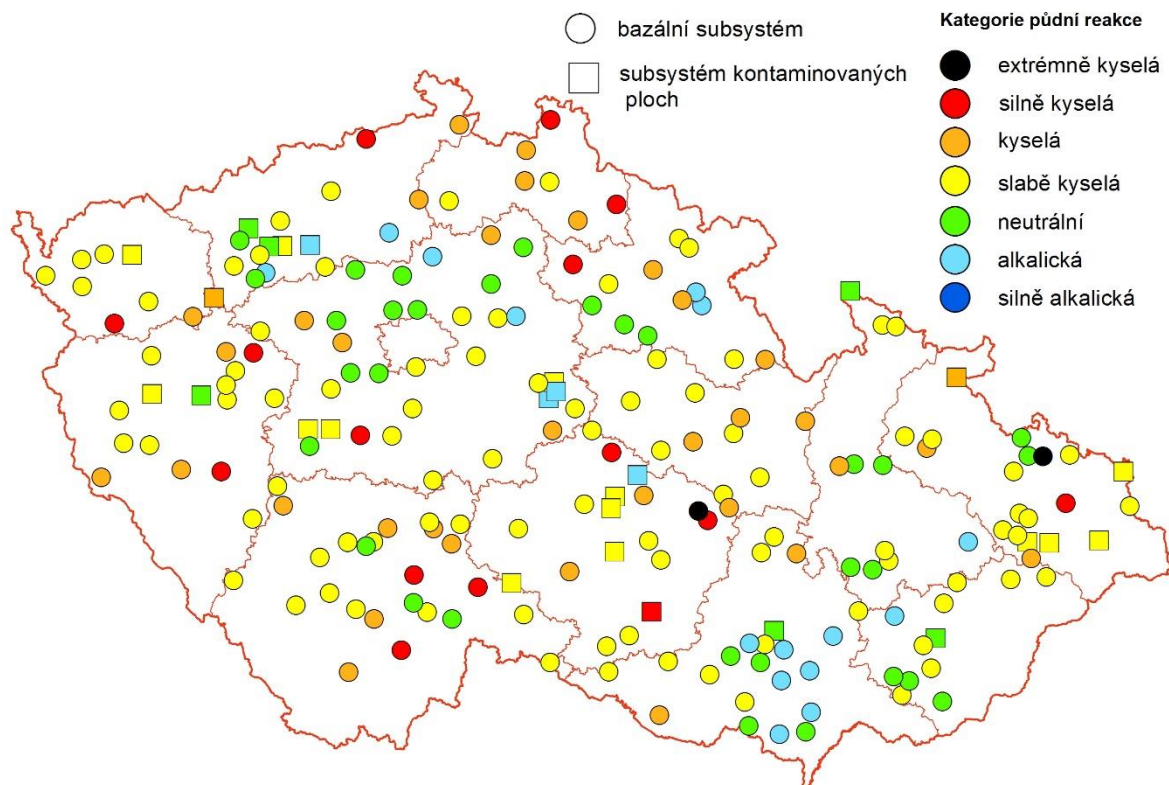
Grafické znázornění statistických hodnot souboru 214 ploch odebíraných v roce 2013 podle subsystémů a jednotlivých kultur je v příloze 14.

Tabulka 6 *Kritéria pro hodnocení výměnné půdní reakce v AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)*

Hodnota pH	Hodnocení půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 - 5,0	silně kyselá
5,1 - 5,5	kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	neutrální
7,3 - 7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Na obrázku 3 je zobrazen stav výměnného pH na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2013.

Obrázek 3 Výměnné pH na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)



Pro hodnocení výměnné půdní reakce se používá 7 kategorií, které jsou dány vyhláškou č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů (tabulka 6). Podle této tabulky bylo vypočítáno procentické zastoupení kultur v jednotlivých kategoriích půdní reakce z odběrů za rok 2013 (tabulka 7).

Tabulka 7 Procentické zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP výměnné půdní reakce (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů.

	Půdní reakce						
	extrémně kyselá	silně kyselá	kyselá	slabě kyselá	neutrální	alkalická	silně alkalická
	%						
Orná půda	0,0	4,5	11,7	55,2	20,1	8,4	0,0
TTP	4,5	18,2	36,4	34,1	2,3	4,5	0,0
Sady	0,0	0,0	0,0	83,3	0,0	16,7	0,0
Vinice	0,0	0,0	20,0	0,0	40,0	40,0	0,0
Chmelnice	0,0	0,0	0,0	20,0	60,0	20,0	0,0

Největší procento vzorků se v roce 2013 nalézalo v kategorii „kyselá“ a „slabě kyselá“ - a to u orné půdy 11,7 % a 55,2 % vzorků; u TTP 36,4 % a 34,1 % vzorků a u sadů 0 % a 83,3 % vzorků. Minimální procento vzorků (pouze TTP) bylo v kategorii „extrémně kyselá“. U vinic a chmelnic byl podíl kyselých půd zanedbatelný, naopak zde převažovaly alkalické půdy.

Pro hodnocení **aktivní půdní reakce** v roce 2013 na plochách BMP rovněž slouží popisná statistika v příloze 1 pro zemědělské půdy celkem (všech 214 ploch dohromady bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd). Průměrná hodnota dosahuje 6,4 pro O horizont a 6,5 pro P horizont. V příloze 2 jsou plochy BMP rozděleny na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch. Nižší pH bylo rovněž, jako v případě pH výměnného, v základním subsystému oproti kontaminovanému.

Jednotlivé kultury jsou z hlediska aktivního pH hodnoceny v tabulce 8, kde je zřejmé, že i aktivní pH je, tak jako výměnné, nejnižší na trvalých travních porostech (TTP). Dosahovalo zde průměrné hodnoty 5,9 v O horizontu. Nejvyšší průměrná hodnota 7,3 je shodná pro vinice i chmelnice. Orné půdy BMP vykázaly průměrnou hodnotu v O horizontu 6,5. Aktivní půdní reakce je také v O horizontu nižší než v horizontu P.

Tabulka 8 **Popisná statistika aktivního pH na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury, bez rozlišení subsystémů a půdních druhů**

Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	6,5	4,9	8,0	5,7	6,0	6,4	6,9	7,5
	P	154	6,7	4,9	8,1	5,8	6,1	6,7	7,2	7,7
TTP	O	44	5,9	4,6	7,8	5,1	5,5	5,9	6,2	6,3
	P	44	6,0	4,9	7,9	5,2	5,6	6,0	6,3	6,9
	R	44	6,1	4,9	8,0	5,3	5,5	6,0	6,4	7,3
Sady	O	6	6,7	6,1	8,0	6,1	6,2	6,6	6,9	8,0
	P	6	6,9	6,5	8,1	6,5	6,5	6,7	7,2	8,1
Vinice	O	5	7,3	5,5	8,0	5,5	7,5	7,7	7,8	8,0
	P	5	7,4	5,8	8,2	5,8	7,4	7,9	7,9	8,2
Chmel.	O	5	7,3	6,7	7,7	6,7	7,2	7,3	7,4	7,7
	P	5	7,5	6,8	7,9	6,8	7,5	7,7	7,8	7,9

Příloha 4 hodnotí aktivní pH u jednotlivých kultur podle rozdělení do základního subsystému a subsystému kontaminovaných ploch a podle druhu půdy. Výsledky hodnocení můžeme shrnout stejně jako u výměnného, tzn., že pH aktivní bylo nižší v lehkých půdách oproti středním a těžkým. Nižší pH bylo též u orných půd v základním subsystému oproti kontaminovanému.

Statistické hodnoty souboru 214 ploch odebíraných v roce 2013 jsou graficky znázorněny v příloze 15 (podle subsystémů a jednotlivých kultur).

5.1.3 Hodnocení výsledků půdní reakce za 4 cykly odběrů

Do hodnocení za uplynulé čtyři cykly (1995 – 1. cyklus; 2001 – 2. cyklus; 2007 – 3. cyklus a 2013 – 4. cyklus) bylo zařazeno 177 ploch BMP, které po tuto dobu nezměnily kulturu ani se nepřesunuly. Tento celek se skládá ze 142 orných půd, 21 TTP, 5 sadů, 4 vinic a 5 chmelnic.

Tabulka 9 *Popisná statistika výměnného pH na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů*

O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	177	6,5	4,1	7,8	5,6	6,0	6,5	7,1	7,4
2001	177	6,4	4,6	7,8	5,6	6,0	6,4	6,9	7,4
2007	177	6,3	4,2	7,7	5,4	5,8	6,2	6,8	7,2
2013	177	6,2	4,2	7,6	5,3	5,7	6,0	6,7	7,2
P horizont									
1995	177	6,3	4,1	7,8	4,9	5,7	6,3	6,9	7,5
2001	177	6,5	4,7	7,8	5,4	5,9	6,5	7,0	7,5
2007	177	6,3	4,5	7,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4
2013	177	6,2	4,5	7,6	5,3	5,7	6,2	6,9	7,4

Průměrná hodnota výměnného pH se v zemědělských půdách sledovaných v rámci BMP v posledních 18 letech snižovala (tabulka 9). Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 (1. a 4. cyklus) kleslo pH v O horizontu o 0,3. Mezi 1. cyklem a cykly ostatními byl statisticky velmi významný rozdíl (příloha 51). Výměnná půdní reakce byla v O horizontu nižší než v horizontu P; je to patrně způsobeno vyplavováním bazických iontů do spodních horizontů. V P horizontu nebyl tak dramatický pokles mezi 1. a 4. cyklem, nicméně byl statisticky významný (příloha 51).

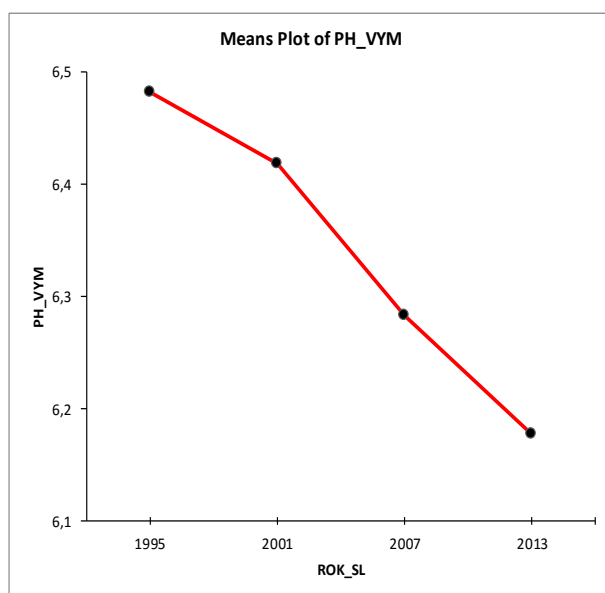
V příloze 25 je popisná statistika výměnného pH zpracována pro plochy BMP zvlášť v základním subsystému a zvlášť v subsystém kontaminovaných ploch. Nižší pH bylo v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému.

Popisná statistika pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů je přehledně v příloze 26. Z přílohy vyplývá, že výměnné pH se v odběrových cyklech snižovalo u všech kultur. Nejvíce u trvalých travních porostů, které jednak dosahovaly ze všech kultur nejnižších hodnot pH v O horizontu a jednak u nich byl zaznamenán i nejvyšší pokles průměrného výměnného pH při porovnání roku 1995 a 2013 (o 0,6) - statisticky velmi významný rozdíl (příloha 51); v případě mediánů se jedná dokonce o pokles o 1,0. Výměnné pH pokleslo u orných půd a sadů o 0,3, u vinic o 0,4 a u chmelnic o 0,5.

Velmi názorně je snižování pH vyjádřeno v grafu 1 (O horizont orných půd).

Příloha 36 hodnotí výměnné pH podle kultur i podle subsystémů. Plochy na orné půdě, TTP a na chmelnicích se vyskytují zároveň v základním subsystému a v subsystému kontaminovaných ploch (orné půdy 127 a 15, TTP 18 a 3 a chmelnice 3 a 2). Nejvíce zastoupené jsou orné půdy; u nich se v průběhu period snižovalo pH v O horizontu a vyrovnané zůstávalo v P horizontu jak v základním subsystému tak i v subsystému kontaminovaných ploch.

Graf 1 Vývoj průměrných hodnot výměnného pH na orných plochách BMP (142 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení subsystémů a půdních druhů, orniční horizont (O)

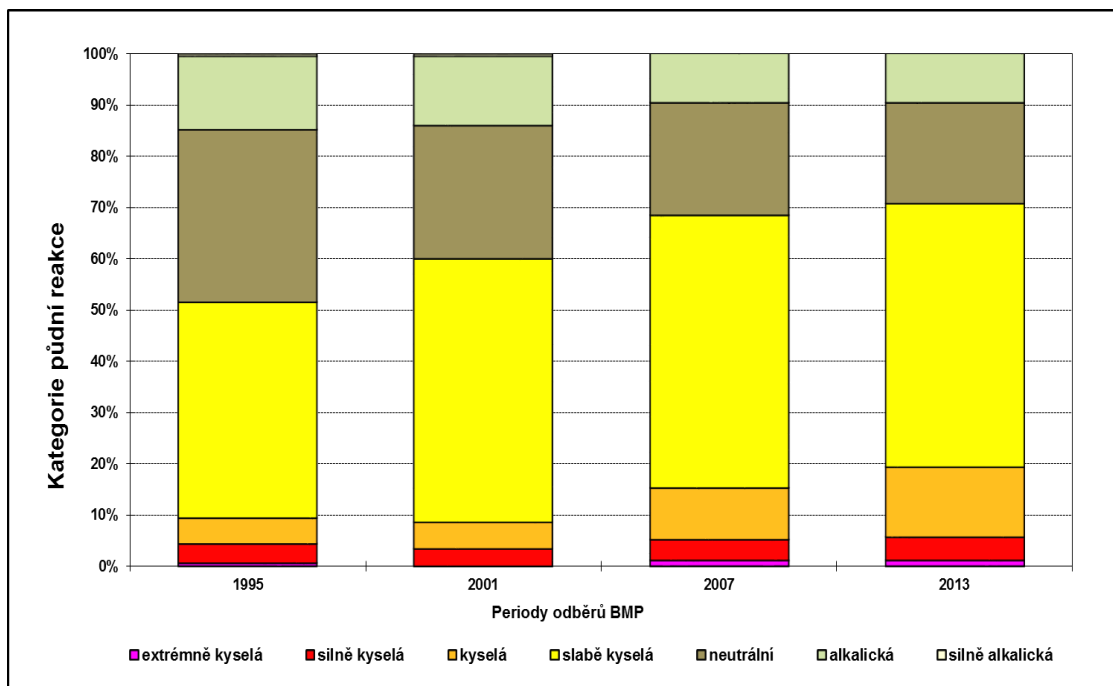


V grafu 2 je zobrazen vývoj výměnného pH na plochách BMP. Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech sledovaných letech je kategorie slabě kyselá. Tato kategorie zaujímá 42 % (rok 1995) až 51 % (rok 2013) ze všech kategorií a její procento narůstá. Naopak u druhé nejobsáhlejší kategorie - neutrální, se procento zastoupení snižuje (34 % v roce 1995 až 20 % v roce 2013).

Příloha 46 hodnotí jednotlivé kultury v odběrových letech podle kritérií AZZP. Z hodnocení vyplývá, že nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur (kromě vinic a chmelnic) byla kategorie „slabě kyselá“ (pH 5,6 – 6,5). V krajní kategorii „extrémně kyselá“ (pH do 4,5) se nalézaly pouze TTP a v kategorii „alkalická“ pouze vinice a to pouze v roce 1995.

Na mapě v příloze 61 je zobrazen vývoj výměnného pH na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v jednotlivých periodách.

Graf 2 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP výměnné půdní reakce (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů



Aktivní pH se v zemědělských půdách BMP v posledních 18 letech rovněž snižovalo (tabulka 10). Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 (1. a 4. cyklus) klesla průměrná hodnota v O horizontu o 0,6. Mezi 1. cyklem a cykly ostatními byl statisticky velmi významný rozdíl (příloha 52). Aktivní půdní reakce byla v jednotlivých letech v O horizontech víceméně na stejné úrovni jako v P horizontech. V P horizontu byl pokles mezi 1. a 4. cyklem o 0,4. Mezi 1. cyklem a cykly ostatními byl v P horizontu rovněž jako v horizontu O statisticky velmi významný rozdíl.

V příloze 25 je popisná statistika aktivního pH zpracována pro plochy BMP zvlášť v základním subsystému a zvlášť pro plochy v subsystém kontaminovaných ploch. Nižší pH bylo v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému.

Popisná statistika pro jednotlivé kultury je přehledně v příloze 27. Z přílohy vyplývá, že aktivní pH se v odběrových cyklech snižovalo u všech kultur. Nejvíce u trvalých travních porostů, u kterých došlo v O horizontu k poklesu u průměrného aktivního pH při porovnání roku 1995 a 2013 o 0,8; v případě mediánů se jedná dokonce o pokles o 1,0 jako v případě výměnného pH (mezi 1. cyklem a cykly ostatními byl statisticky velmi významný rozdíl - příloha 52). Aktivní pH pokleslo v O horizontu u orných půd o 0,6 (rovněž zde byl mezi 1. cyklem a cykly ostatními statisticky velmi významný rozdíl), u sadů o 0,3, u vinic o 0,1 a u chmelnic o 0,5.

Příloha 37 hodnotí aktivní pH podle kultur i podle subsystémů. Největší podíl ploch BMP odebíraných v jednotlivých cyklech je na orné půdě. U nich se také jako v případě pH výměnného v průběhu period snižovalo pH aktivní v O horizontu v obou subsystémech, ale na rozdíl od pH výměnného klesalo také v P horizontu v obou subsystémech.

Tabulka 10 *Popisná statistika aktivního pH na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů*

horizont O									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	177	7,1	5,0	8,1	6,5	6,7	7,1	7,5	7,7
2001	177	6,9	4,9	8,3	5,9	6,5	6,9	7,3	7,8
2007	177	6,8	5,1	8,2	6,0	6,4	6,7	7,2	7,8
2013	177	6,5	4,6	8,0	5,7	6,0	6,4	7,0	7,7
horizont P									
1995	177	7,0	5,1	8,2	5,9	6,7	7,0	7,4	8,0
2001	177	7,0	5,1	8,5	5,9	6,4	7,1	7,6	8,0
2007	177	6,9	5,0	8,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
2013	177	6,6	4,9	8,2	5,6	6,0	6,6	7,2	7,8

5.1.4 Závěry z hodnocení půdní reakce v půdě na plochách BMP

- V roce 2013 byly v rámci základního vzorkování půd odebrány vzorky ze všech 214 pozorovacích ploch BMP.
- Výměnné pH činilo v roce 2013 průměru 6,1 pro horizont O a 6,1 pro horizont P. Aktuální pH mělo průměrnou hodnotu 6,4 pro horizont O a 6,5 pro horizont P.
- Základní subsystém vykázal nižší průměrné pH než subsystém kontaminovaných ploch.
- Průměrná hodnota výměnného pH v roce 2013 v horizontu O klesala v jednotlivých kulturách v pořadí: vinice, chmelnice (6,9) > sady (6,4) > orná půda (6,2) > TTP (5,5), přičemž hodnoty v horizontu O byly nižší než v horizontu P.
- Průměrná hodnota aktivního pH v roce 2013 v horizontu O jednotlivých kultur klesala v pořadí: vinice, chmelnice (7,3) > sady (6,7) > orná půda (6,5) > TTP (5,9).
- Aktivní i výměnné pH v orné půdě v roce 2013 bylo nižší v lehkých půdách oproti středním a těžkým.
- Největší zastoupení kultur podle kritérií pro hodnocení půdní reakce se v roce 2013 nalézalo v kategorii „kyselá“ a „slabě kyselá“ a to orná půda 11,7 % a 55,2 %, TTP 36,4 % a 34,1 % a sady 0 % a 83,3 %.
- Nižší výměnné i aktivní pH bylo v jednotlivých cyklech v základním subsystému oproti kontaminovanému.

- Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 177 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k poklesu průměrných hodnot jak výměnného, tak aktivního pH. Změny jsou statisticky velmi významné. Ke snížení pH došlo ve všech kulturách, největší změna byla zaznamenána u TTP (pokles výměnného pH o 0,6). U orných půd a sadů kleslo výměnné pH o 0,3, u vinic o 0,4 a u chmelnic o 0,5.
- Nejvíce zastoupenou kategorií půdní kyselosti ve všech sledovaných letech byla kategorie „slabě kyselá“. Tato kategorie zaujímala 42 % (1995) až 51 % (2013) ze všech kategorií a její procento narůstalo. Naopak u druhé nejobsáhlejší kategorie – „neutrální“, se procento zastoupení snižovalo (34 % v roce 1995 až 20 % v roce 2013).
- V rámci jednotlivých kultur byla nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech (kromě vinic a chmelnic) kategorie „slabě kyselá“ (pH 5,6 – 6,5). V krajní kategorii „extrémně kyselá“ (pH do 4,5) se nalézaly pouze TTP a v kategorii „alkalická“ pouze vinice a to pouze v roce 1995.

5.2 Fosfor v půdě

5.2.1 Obecná charakteristika fosforu

Celkové množství fosforu v půdě kolísá od 0,01 – 0,15 %. Vyšší obsah fosforu vykazují většinou půdy s vyšším obsahem organické hmoty, zatímco půdy lehké s malým obsahem organické hmoty mají obsah fosforu nízký. Převážná část celkového fosforu v půdách je pro rostliny nepřijatelná a slouží jako potenciální zdroj pro výživu rostlin a půdních mikroorganismů.

Fosfor je obsažen v minerálních a organických formách. Mezi minerální formy patří primární a sekundární fosforečné minerály. Primárními minerály jsou apatity, což jsou fosforečnany vápenaté $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Sekundární minerály jsou vysrážené a adsorbované fosforečnany, které jsou různého složení v závislosti na pH půd. V půdách slabě kyselých až alkalických se vyskytují sloučeniny $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (dihydrogenfosforečnan vápenatý), CaHPO_4 (hydrogenfosforečnan vápenatý), $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. V neutrálních půdách je to $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaHPO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. V kyselém prostředí vzhledem ke zvyšující se rozpustnosti a přítomnosti iontů Al a Fe v půdním roztoku se tvoří soli těchto kationtů – variscit $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ a strengit $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$.

Tvorba solí kyseliny fosforečné v půdě závisí na pH prostředí a má významný dopad na chování fosforu v půdě a dostupnost rostlinám. Minerální vápenaté sloučeniny fosforu mohou za příznivých podmínek postupně uvolňovat fosfor do půdního roztoku. Sloučeniny s Al a Fe mají naopak velmi malou rozpustnost a zvláště sloučeniny Fe jsou pro většinu rostlin nepřijatelné. Koloidní hydratované částice mají poměrně velký povrch a jsou pro rostliny přijatelné do doby, než dojde k jejich dehydrataci a postupné krystalizaci.

Organicky vázané formy fosforu jsou nedílnou součástí organické půdní hmoty. Podíl takto vázaného fosforu činí většinou 30 – 50 % celkového obsahu fosforu v půdě. Podstatnou část

organického fosforu tvoří fytyl, fosfolipidy, nukleové kyseliny, nukleoproteidy a fosforylované lipidy. Velká část organicky vázaného fosforu v půdách je výsledkem biologické sorpce fosforu půdními mikroorganismy, které imobilizují fosfor do svých těl. (Vaněk et al, 2012).

5.2.2 Hodnocení obsahu fosforu v půdě v roce 2013

V roce 2013 byl v půdních vzorcích ze všech pozorovacích ploch BMP stanoven obsah přístupného fosforu (Mehlich III) a obsah fosforu v extraktu lučavky královské.

Tabulka 11 Popisná statistika obsahu fosforu na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a druhů půd (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)

Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	93	16	444	31	50	72	119	157
	P	154	44	1	347	7	16	32	57	102
TTP	O	44	75	6	369	16	33	46	88	184
	P	44	60	5	360	8	23	31	66	133
	R	44	44	2	313	7	12	23	49	86
Sady	O	6	113	65	180	65	90	96	152	180
	P	6	57	32	103	32	35	46	78	103
Vinice	O	5	99	32	181	32	74	88	122	181
	P	5	65	4	144	4	40	42	96	144
Chmel.	O	5	429	154	1049	154	160	226	554	1049
	P	5	246	49	827	49	52	88	213	827
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
Orná půda	O	154	726	253	2650	474	541	655	801	1011
	P	154	493	89	2478	231	326	443	571	743
TTP	O	44	850	325	1915	501	615	788	1001	1188
	P	44	731	271	1853	434	540	665	838	1113
	R	44	591	225	1843	286	341	523	688	887
Sady	O	6	682	515	879	515	551	671	805	879
	P	6	476	337	679	337	339	460	579	679
Vinice	O	5	632	372	929	372	500	627	731	929
	P	5	518	237	821	237	488	521	522	821
Chmel.	O	5	2019	778	4590	778	796	1583	2350	4590
	P	5	1473	486	3613	486	526	1220	1518	3613

Podle přílohy 1 byl průměrný obsah fosforu na všech 214 plochách hodnocených jako celek bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd 97 mg.kg^{-1} pro O horizont. Smatanová et Sušil (2015) uvádí ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd v ČR pro zemědělské půdy obsah 87 mg.kg^{-1} . Pro P horizont byla v příloze 1 zjištěná hodnota 51 mg.kg^{-1} . Průměrný obsah v extraktu lučavky královské byl 778 mg.kg^{-1} v O horizontu a 570 mg.kg^{-1} v horizontu P. Obsah fosforu v O horizontu byl vyšší než obsah v P horizontu, což potvrzuje fakt, že je fosfor v půdě málo pohyblivý. Dokládá to i Vaněk et al. (2012), kdy i po dlouhodobém hnojení byl obsah fosforu v půdním roztoku nízký a průnik do hlubších horizontů malý. Potvrzuje to také Klement et Prchalová (2012) lyzimetrickým sledováním, kdy byl obsah fosforu v eluátu z různých hloubek na orné půdě následovný: 0 kg P.ha^{-1} za rok (40 cm), 0 kg P.ha^{-1} za rok (60 cm) a 0 kg P.ha^{-1} za rok (80 cm) a na TTP: $0,2 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (20 cm), $0,1 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (40 cm), $0,1 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $0,1 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (80 cm). Což jsou zanedbatelná množství oproti vyplavenému vápníku $21,9 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok na orné půdě v hloubce 80 cm.

Tabulka 11 uvádí obsahy fosforu u jednotlivých kultur. Nejvyšší průměrný obsah přístupného fosforu byl v roce 2013 u chmelnic (429 mg.kg^{-1} – O horizont a 246 mg.kg^{-1} – P horizont). Medián činil 226 mg.kg^{-1} v O horizontu a 88 mg.kg^{-1} v P horizontu chmelnic. Orné půdy vykazují průměrný obsah 93 mg.kg^{-1} v O horizontu a 44 mg.kg^{-1} v P horizontu. Smatanová et Sušil (2015) uvádí pro orné půdy celorepublikově obsah přístupného fosforu v ornici 89 mg.kg^{-1} .

V příloze 2 jsou plochy BMP rozděleny na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch bez rozlišení kultur. Z výsledků vyplývá vyšší obsah fosforu na kontaminovaných plochách.

Příloha 5 dělí odebraných 214 pozorovacích ploch podle subsystémů, kultur a druhu půdy. Přístupný fosfor byl v rámci půdních druhů víceméně vyrovnaný. Rovněž celkový obsah (lučavka královská) byl vyrovnaný (příloha 9).

V příloze 16 jsou graficky znázorněny statistické parametry obsahu fosforu ve výluhu Mehlich III a v příloze 20 obsahy ve výluhu lučavky královské.

Tabulka 12 *Kritéria pro hodnocení obsahu fosforu v AZZP. Mehlich III; mg.kg^{-1} (příloha č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah P	Orná půda	Trvalé travní porosty	Sady a vinice (speciální kultury)	Chmelnice
Nízký	do 50	do 25	do 55	do 155
Vyhovující	51 – 80	26 – 50	56 – 100	156 – 220
Dobrý	81 – 115	51 – 90	101 – 170	221 – 290
Vysoký	116 – 185	91 – 150	171 – 245	291 – 390
Velmi vysoký	nad 185	nad 150	nad 245	nad 390

Hodnocení obsahu fosforu (tabulka 12) není závislé na druhu půdy, proto v tabulce není další třídění do kategorií podle druhu půdy, jak je tomu v případě K, Mg, Ca.

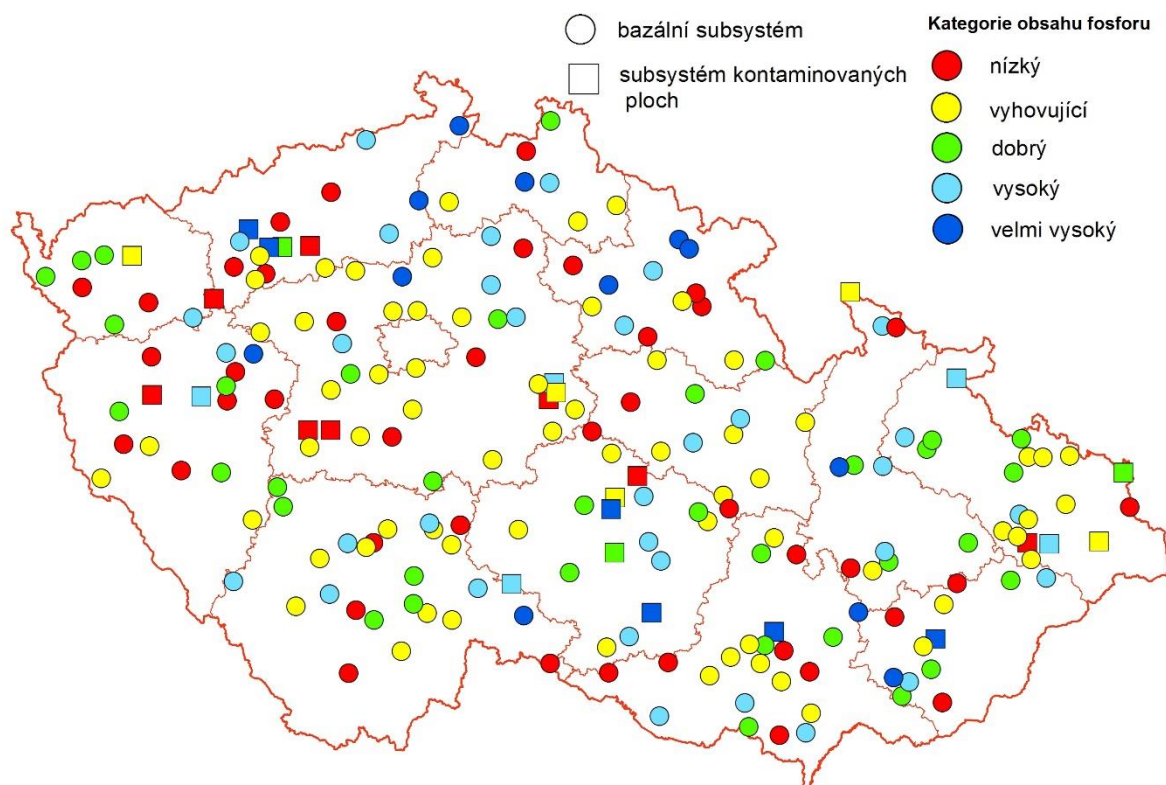
Tabulka 13 Procentické zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu P v půdě (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů

Kultura	Kategorie obsahů				
	Nízký	Vyhovující	Dobrý	Vysoký	Velmi vysoký
Orná půda	25,3	30,5	17,5	19,5	7,1
TTP	18,2	38,6	18,2	13,6	11,4
Sady	0,0	66,7	16,7	16,7	0,0
Vinice	20,0	40,0	20,0	20,0	0,0
Chmelnice	20,0	20,0	20,0	0,0	40,0

Nejvíce vzorků bylo v kategorii „vyhovující“. Pouze chmelnice měla největší zastoupení v kategorii „velmi vysoký“ (tabulka 13). Smatanová et Sušil (2015) uvádějí ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd pro ornou půdu, že byla z 28,6 % v kategorii „vyhovující“. „Vyhovující“ a „dobrý“ obsah představuje žádoucí zásobu, kterou je třeba hnojením pouze udržovat a v případě ekonomických problémů je možno hnojení (pouze však při dobré zásobě živin v půdě) i krátkodobě vynechat. Obsah vysoký a velmi vysoký je nadměrný a hnojení je v těchto případech zbytečné a z ekologického hlediska až nežádoucí.

Na obrázku 4 je zobrazen obsah přístupného fosforu na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2013.

Obrázek 4 Obsah přístupného fosforu na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP (příloha č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)



5.2.3 Hodnocení obsahu fosforu v půdě za 4 cykly odběrů

Do hodnocení za uplynulé čtyři cykly (1995 – 1. cyklus, 2001 – 2. cyklus, 2007 – 3. cyklus a 2013 – 4. cyklus) bylo zařazeno 177 ploch BMP, které po tuto dobu nezměnily kulturu ani se nepřesunuly. Tento celek se skládá ze 142 orných půd, 21 TTP, 5 sadů, 4 vinic a 5 chmelnic.

Průměrný obsah přístupného fosforu se v zemědělských půdách BMP v posledních 18 letech mírně snížil jak v O horizontu, tak v horizontu P (tabulka 14). Avšak rozdíl mezi 1. cyklem a cykly ostatními v případě O horizontu nebyl statisticky významný. V případě P horizontu byl statisticky velmi významný (příloha 53). Průměrný obsah celkového fosforu (lučavka královská) poklesl mezi 1. a 4. cyklem v O i P horizontu. Mezi 1. cyklem a 4. cyklem byl v obou horizontech statisticky velmi významný rozdíl (příloha 57).

Tabulka 14 Popisná statistika obsahu fosforu na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v roce 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)

Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Cyklus	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	177	110	13	1063	37	57	91	127	193
	P	177	52	2	1030	11	18	31	59	104
2001	O	177	101	9	411	35	56	86	127	186
	P	177	49	3	238	7	18	31	66	119
2007	O	177	106	7	1178	31	54	81	125	181
	P	177	58	7	1143	16	22	39	64	115
2013	O	177	95	6	1049	30	48	70	117	157
	P	177	46	1	827	6	14	31	51	94
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
1995	O	177	864	344	4406	575	649	765	901	1130
	P	177	641	204	4534	356	435	527	685	895
2001	O	177	796	325	3265	529	592	710	850	1090
	P	177	594	221	2855	338	421	534	675	901
2007	O	177	806	268	4705	522	609	704	847	1058
	P	177	608	168	4705	322	432	549	676	903
2013	O	177	759	253	4590	480	552	658	814	1020
	P	177	534	89	3613	239	340	482	623	833

V příloze 25 je popisná statistika obsahu fosforu přístupného a celkového pro plochy BMP hodnocené jako celek (bez rozlišení kultur) a rozlišené podle subsystémů. Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému.

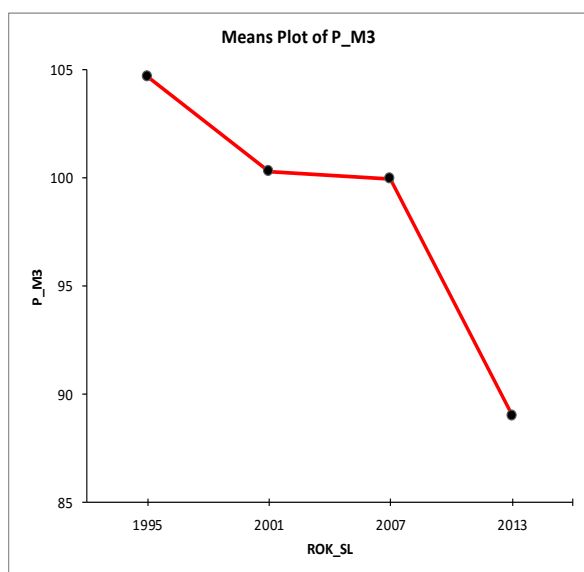
Popisná statistika pro jednotlivé kultury a obsah fosforu ve výluhu Mehlich III je přehledně v příloze 28. Z přílohy vyplývá, že průměrné obsahy přístupného fosforu se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily v O i P horizontech u všech kultur kromě O horizontu

ve chmelnicích; zde naopak došlo k nárůstu (o 10 mg.kg^{-1})¹, avšak v P horizontu obsah poklesl. Pokles zde byl nejvýraznější ze všech kultur (o 63 mg.kg^{-1}). Výkyvy obsahu přístupného fosforu ve chmelnicích mezi cykly však nevykazují statisticky významný rozdíl ani v O, ani v P horizontu (příloha 53). K největšímu snížení obsahu přístupného fosforu v O horizontu došlo u sadů (o 39 mg.kg^{-1}) a vinic (o 31 mg.kg^{-1}), kde však rovněž nebyl mezi cykly statisticky významný rozdíl. Příloha 32 uvádí popisnou statistiku pro obsahy fosforu v lučavce královské pro jednotlivé kultury. Snížení průměrných obsahů v O horizontu je zde také patrné a to nejvíce v sadech (o 143 mg.kg^{-1}). Situace ve chmelnicích v příloze 32 (obsah celkového fosforu) kopíruje stav ve chmelnicích v příloze 28 (obsah přístupného fosforu), tzn. zvýšení průměrných obsahů v O horizontu a snížení v P horizontu. Nicméně snížení obsahu celkového fosforu mezi cykly u jednotlivých kultur není statisticky významné stejně jako v případě obsahů ve výluhu Mehlich III (příloha 57).

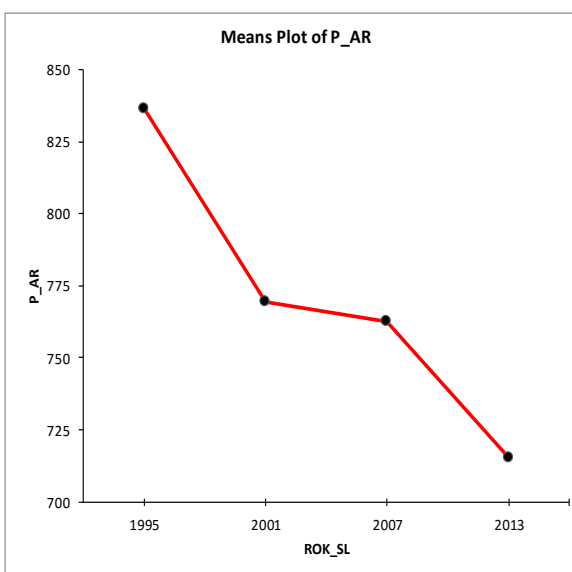
Snížování obsahu fosforu v O orných půd vyjadřuje graf 3.

Graf 3 Vývoj průměrných obsahů fosforu na plochách BMP s ornou půdou (142 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v orničním horizontu (O) bez rozlišení subsystémů a půdních druhů. Mehlich III, lučavka královská; mg.kg^{-1}

Mehlich III



lučavka královská



Příloha 38 hodnotí obsah přístupného fosforu podle kultur i podle subsystémů. Plochy na orné půdě, TTP a na chmelnicích se vyskytují zároveň v základním subsystému a v subsystému kontaminovaných ploch. Průměrné obsahy i mediány přístupného fosforu u TTP v základním subsystému byly překvapivě ve všech cyklech vyšší než v subsystému kontaminovaných

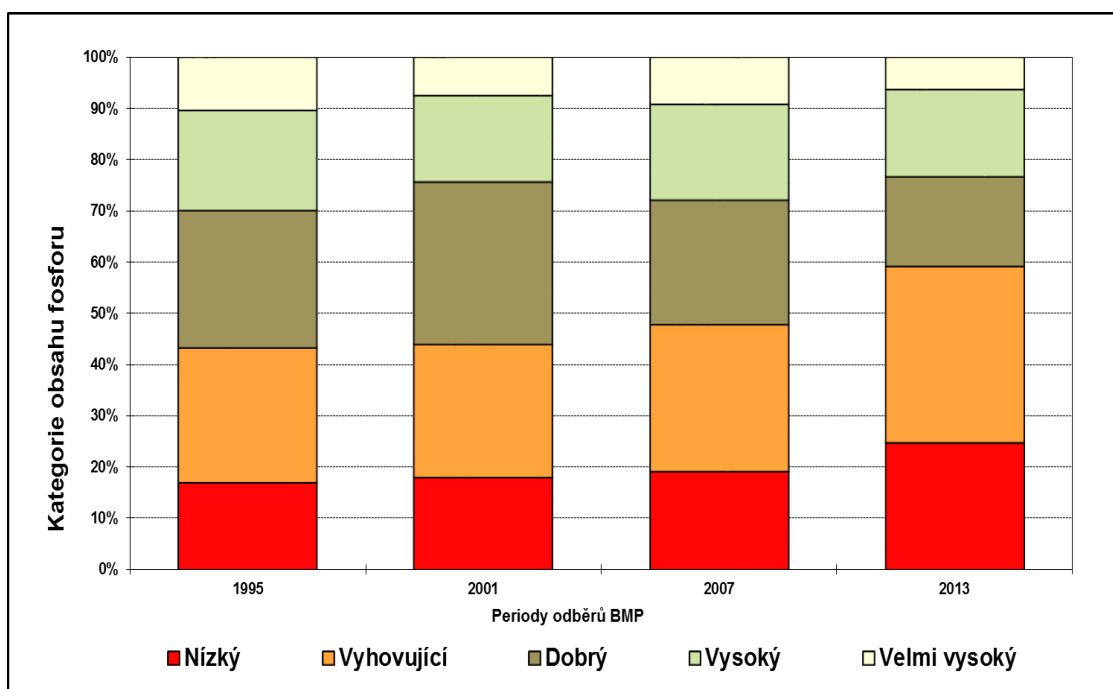
¹ Tuto vysokou průměrnou hodnotu způsobily extrémní obsahy fosforu na jedné ploše ze základního subsystému (plocha 2016B, která v roce 2007 a 2013 vykazovala tisícovou hodnotu obsahu přístupného P v mg.kg^{-1}). Podle zjištění z databáze BMP byla na tuto plochu aplikována od roku 1993 z hnojiv obsahujících fosfor pouze minerální vícesložková listová hnojiva Wuxal, Vegaflor; v roce 1995 Superfosfát a od roku 2009 každoročně hnojeno NPK nebo Amofosem. Od roku 2003 do roku 2007 včetně byly na plochu pravidelně každý druhý rok aplikovány pomocné rostlinné přípravky (Forteum, Biom LH CHMEL, Humát, Lexin). **Půdní typ je fluvizem a plocha leží v oblasti zaplavované Vltavou.**

ploch, ale u obou subsystémů docházelo ke snižování obsahu v jednotlivých cyklech (výkyv byl u P horizontu v subsystému kontaminovaných ploch). U chmelnic v základním subsystému v O horizontu byly v roce 1995 a 2013 také vyšší průměrné obsahy než plochy v subsystému kontaminovaných ploch a v roce 2007 téměř shodné. Příčinou zvýšených obsahů v základním subsystému jsou vlivy individuálních ploch, které jsou v souboru o malém počtu jedinců rozhodující.

Podle přílohy 42 byly průměrné obsahy celkového fosforu v subsystému kontaminovaných ploch vyšší než v základním subsystému (orné půdy O i P horizont; TTP pouze O horizont; chmelnice nejednotné), přičemž se v porovnání 1. a 4. cyklu obsah u orné půdy v O i P horizontu snížil v základním subsystému i v subsystému kontaminovaných ploch; u TTP se v základním subsystému snížil ve všech horizontech a v kontaminovaném jen v R horizontu. Hodnoty minim i maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech u horizontu O i P.

V grafu 4 je zobrazen vývoj jednotlivých kategorií obsahu přístupného fosforu na plochách BMP. Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech sledovaných letech byla kategorie „vyhovující“ a „dobrý“, přičemž kategorie „vyhovující“ postupně narůstala a kategorie „dobrý“ se zmenšovala. Tyto kategorie zaujímaly 26 % a 35 % („vyhovující“ rok 1995 a 2013) a 27 % a 18 % („dobrý“ rok 1995 a 2013). Rovněž kategorie „nízký“ a „vysoký“ měly vzájemně si podobné zastoupení.

Graf 4 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013) v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu přístupného fosforu (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů



Příloha 47 hodnotí obsahy přístupného fosforu u jednotlivých kultur v odběrových letech podle kritérií AZZP. U orných půd a TTP byly v největším rozsahu zastoupeny zároveň tři kategorie „nízký“, „vyhovující“, „dobrý“. U orných půd navíc překvapivě ještě i čtvrtá kategorie „vysoký“. Sady, vinice a chmelnice byly nejvíce v kategorii „dobrý“. Krajní kategorii „velmi vysoký“ měly nejvíce zastoupenou orné půdy.

Na mapě v příloze 62 je zobrazen obsah přístupného fosforu na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v jednotlivých periodách.

5.2.4 Závěry z hodnocení obsahu fosforu v půdě na plochách BMP

- V roce 2013 byly v rámci základního vzorkování půd odebrány vzorky ze všech 214 pozorovacích ploch BMP. Průměrný obsah přístupného fosforu (Mehlich III) činil 97 mg.kg^{-1} pro horizont O a 51 mg.kg^{-1} pro horizont P. Celkový obsah fosforu stanovený v lučavce královské měl průměrnou hodnotu 778 mg.kg^{-1} pro horizont O a 570 mg.kg^{-1} pro horizont P.
- Základní subsystém vykázal nižší průměrné hodnoty obsahu fosforu než subsystém kontaminovaných ploch.
- Orné půdy vykazují obsah 93 mg.kg^{-1} v O horizontu a 44 mg.kg^{-1} v P horizontu. Nejvyšší průměrný obsah přístupného fosforu byl v roce 2013 u chmelnic (429 mg.kg^{-1} – O horizont a 246 mg.kg^{-1} – P horizont).
- V O horizontu půdy byly zjištěny vyšší obsahy přístupného i celkového fosforu než v P horizontu.
- Obsahy přístupného a celkového fosforu jsou v rámci jednotlivých půdních druhů víceméně vyrovnané.
- Největší zastoupení kultur podle kritérií obsahu přístupného fosforu AZZP se v roce 2013 nalézalo v kategorii vyhovující, což znamená potřebu mírného dosycení touto živinou.
- Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 177 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly.
- Průměrný obsah přístupného fosforu se v zemědělských půdách BMP mezi prvním a čtvrtým cyklem mírně snížil jak v O horizontu, tak v horizontu P. Průměrný obsah fosforu v lučavce královské rovněž poklesl (o cca 100 mg.kg^{-1}) jak v O horizontu, tak v P horizontu.
- Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému.
- Průměrné obsahy přístupného fosforu se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily v O i P horizontech u všech kultur kromě O horizontu ve chmelnicích (avšak v P horizontu obsah fosforu poklesl).
- K největšímu snížení obsahu přístupného fosforu v O horizontu došlo u sadů (pokles byl o 39 mg.kg^{-1}) a u vinic (o 31 mg.kg^{-1}).

- U průměrných celkových obsahů fosforu (lučavka královská) rovněž došlo k poklesu. V O horizontu je to nejvíce patrné v sadech (o 143 mg.kg⁻¹).
- Průměrné obsahy celkového fosforu jsou v subsystému kontaminovaných ploch vyšší než v základním subsystému (orné půdy O i P horizont; TTP pouze O horizont; chmelnice nejednotné), přičemž se v porovnání 1. a 4. cyklu obsah u orné půdy v O i P horizontech snížil v základním subsystému i v subsystému kontaminovaných ploch; u TTP se v základním subsystému snížil ve všech horizontech a v kontaminovaném jen v R horizontu.
- Hodnoty minim i maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech v horizontech O i P.

5.3 Draslík v půdě

5.3.1 Obecná charakteristika draslíku

U většiny půd činí celkový obsah draslíku 0,5 – 3,2 %. Písčité a rašelinové půdy obsahují menší množství. Draslík se nachází v půdě především v anorganických sloučeninách. V organických molekulách je obsažen zřídka. Draslík v půdách se vyskytuje hlavně v primárních a sekundárních křemičitanech. V půdě lze draslík (podobně i Ca a Mg) rozlišit na tři kategorie. Nevýměnný draslík, výměnný a vodorozpustný.

Nevýměnný draslík se nachází ve strukturách primárních minerálů a v mezivrstvách sekundárních jílových minerálů. Primární minerály obsahující K tvoří hlavní potenciální zdroj draslíku v půdě a patří sem hlinítokřemičitany, především živce a slídy. Půdy průměrně obsahují asi 40 % K v živcích, 25 % ve slídách a 28 % v jílové frakci. Draslík vázaný v mřížce jílových minerálů může být postupně z mřížky minerálů uvolňován a za vhodných podmínek přejít do výměnné formy.

Výměnný draslík je kation K⁺, který je vázán na půdní sorpční komplex a může být „vyměněn“ jiným kationtem. Je hlavní formou přijatelného draslíku pro rostliny. Jeho množství se pohybuje většinou v rozmezí 1 – 2 % celkového K v půdě. V sumě vyměnitelných kationtů má tvořit 3 – 4 % sorpční kapacity. Při hodnocení zastoupení K v sorpční kapacitě je třeba mít na zřeteli relace k ostatním kationtům, hlavně Mg, který by měl mít asi tři krát vyšší zastoupení než K.

Vodorozpustný draslík se nachází v půdním roztoku a představuje nejlépe přijatelný draslík pro rostliny. Jeho obsah by se měl pohybovat okolo 20 mg.kg⁻¹. Podíl vodorozpustného K činí většinou 1 – 10 % výměnného. Množství draslíku v půdním roztoku závisí na půdním druhu a obsahu výměnného K v půdě; jeho větší obsah v půdním roztoku je v lehčí půdě. Při vyšším obsahu draslíku (nad 40 mg.l⁻¹) mohou nastávat určité disproporce v příjmu kationtů v důsledku výrazně vyššího příjmu K a jeho antagonistického vlivu k ostatním kationtům. Obsah zhruba 40 mg.l⁻¹ v půdním roztoku je dosažen při obsahu výměnného K v lehké půdě kolem 150 mg K.kg⁻¹ a ve střední půdě okolo 750 mg K.kg⁻¹. Při hnojení draslíkem je tudíž při určení dávky i doby aplikace rozhodující půdní druh (Vaněk et al, 2012).

5.3.2 Hodnocení obsahu draslíku v půdě v roce 2013

Popisná statistika v příloze 1 pro zemědělské půdy celkem (všech 214 ploch dohromady bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd) udává průměrný obsah přístupného draslíku 199 mg.kg^{-1} pro O horizont. Smatanová et Sušil (2015) ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd uvádějí pro zemědělské půdy hodnotu obsahu přístupného draslíku 247 mg.kg^{-1} . V příloze 1 byla pro horizont P stanovena hodnota 134 mg.kg^{-1} . Obsahy v lučavce královské byly na úrovni 3357 mg.kg^{-1} pro horizont O a 3328 mg.kg^{-1} pro horizont P. Vyšší obsahy draslíku v O horizontu dokladují i lyzimetrická sledování Klementa et Prehalové (2012). Ukazují menší vyplavování draslíku do spodních vrstev, které je patrné na hnojené orné půdě (Horažďovice) a intenzivně využívaném TTP (Závišín). Eluát z orné půdy obsahoval $0,9 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (40 cm); $0,3 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $0,3 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (80 cm). Eluát z TTP: $2,0 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (20 cm); $1,1 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (40 cm); $0,5 \text{ kg K.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $0,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ za rok (80 cm). Což jsou nízká množství oproti vyplavenému vápníku $21,9 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok na orné půdě v hloubce 80 cm a $6,8 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok na TTP v hloubce 80 cm.

Tabulka 15 Popisná statistika obsahu draslíku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg^{-1})

Mehlich III (mg.kg^{-1})										
Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	199	68	555	110	139	178	239	315
	P	154	140	51	452	77	99	129	165	222
TTP	O	44	150	46	597	67	83	102	197	302
	P	44	114	29	435	51	63	77	159	217
	R	44	103	27	332	42	56	80	140	190
Sady	O	6	236	188	286	188	220	234	254	286
	P	6	150	126	170	126	135	152	166	170
Vinice	O	5	221	126	337	126	168	223	251	337
	P	5	157	85	276	85	120	127	178	276
Chmel.	O	5	565	300	1018	300	382	466	658	1018
	P	5	333	186	627	186	193	196	462	627
lučavka královská (mg.kg^{-1})										
Orná půda	O	154	3423	908	11850	1850	2393	3218	4098	5198
	P	154	3497	929	11500	2028	2558	3352	4125	5108
TTP	O	44	2859	973	10175	1475	2018	2535	3419	3878
	P	44	2838	812	10313	1513	1869	2507	3387	3993
	R	44	3029	992	10400	1538	1897	2438	3389	5495
Sady	O	6	3547	2883	4150	2883	3028	3637	3950	4150
	P	6	3469	3018	4080	3018	3035	3457	3765	4080
Vinice	O	5	4003	2293	6913	2293	2808	3840	4160	6913
	P	5	3895	1843	7793	1843	2693	3525	3623	7793
Chmel.	O	5	4832	3960	5425	3960	4800	4848	5128	5425
	P	5	4342	3703	4720	3703	4135	4455	4698	4720

Pokud jsou plochy rozděleny podle jednotlivých subsystémů (příloha 2), potom měl O horizont základního subsystému obsah přístupného draslíku 193 mg.kg⁻¹ (P horizont 131 mg.kg⁻¹) a O horizont subsystému kontaminovaných ploch obsah 242 mg.kg⁻¹ (P horizont 153 mg.kg⁻¹).

Při porovnání jednotlivých kultur (tabulka 15), měla nejvyšší obsah draslíku v O horizontu chmelnice (jak přístupného, tak celkového: 565 mg.kg⁻¹, resp. 4832 mg.kg⁻¹). Nejméně mělo TTP: 150 mg.kg⁻¹, resp. 2859 mg.kg⁻¹. Orná půda měla v ornici průměr draslíku 199 mg.kg⁻¹. Smatanová et Sušil (2015) ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd uvádějí pro orné půdy 250 mg.kg⁻¹.

Tabulka 16 *Kritéria pro hodnocení obsahu draslíku v AZZP. Mehlich III; mg.kg⁻¹ (tabulka v příloze č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah K	Orná půda			Trvalé travní porosty		
	Druh půdy			Druh půdy		
	Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Nízký	do 100	do 105	do 170	do 70	do 80	do 110
Vyhovující	101 – 160	106 – 170	171 – 260	71 – 150	81 – 160	111 – 210
Dobrý	161 – 275	171 – 310	261 – 350	151 – 240	161 – 250	211 – 300
Vysoký	276 – 380	311 – 420	351 – 510	241 – 350	251 – 400	301 – 470
Velmi vysoký	nad 380	nad 420	nad 510	nad 350	nad 400	nad 470

Tabulka 16 pokračování *Kritéria pro hodnocení obsahu draslíku v AZZP. Mehlich III; mg.kg⁻¹ (tabulka v příloze č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah K	Sady a vinice (speciální kultury)			Chmelnice		
	Druh půdy			Druh půdy		
	Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Nízký	do 100	do 125	do 180	do 170	do 220	do 290
Vyhovující	101 – 220	126 – 250	181 – 310	171 – 275	221 – 370	291 – 400
Dobrý	221 – 340	251 – 400	311 – 490	276 – 400	371 – 515	401 – 570
Vysoký	341 – 500	401 – 560	491 – 680	401 – 560	516 – 650	571 – 680
Velmi vysoký	nad 500	nad 560	nad 680	nad 560	nad 650	nad 680

Příloha 6 uvádí ještě podrobnější členění, kde je základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch rozdělen na jednotlivé kultury a druhy půd. Orná půda je zastoupena ve všech druzích půd. Nejvyšší obsah byl zjištěn na těžkých půdách, kde byl průměrný obsah přístupného draslíku v O horizontu v základním subsystému 266 mg.kg⁻¹ (v lehké půdě to bylo 177 mg.kg⁻¹). Lehké půdy vykazují obsahy téměř o polovinu nižší. U celkového obsahu draslíku to bylo podobné - vyšší obsahy (dokonce několikanásobně) v těžké půdě (medián 4608 mg.kg⁻¹) oproti lehké (medián 1568 mg.kg⁻¹). Obecně platí, že u půd těžších je podstatně vyšší sorpční kapacita (tím je také množství výměnného draslíku vyšší). Draslík z půd s malou sorpční kapacitou (lehké půdy) je proto také snadněji odčerpáván rostlinami, a pokud

není doplňován hnojením, neposkytují takové půdy dostatek K. Zvláště pro náročné rostliny v období nedostatku vody v půdě (Vaněk et al., 2012).

Grafické zobrazení statistických hodnot obsahu draslíku pro jednotlivé kultury a subsystémy je pro obsahy přístupné v příloze 17 a pro obsahy celkové v příloze 21.

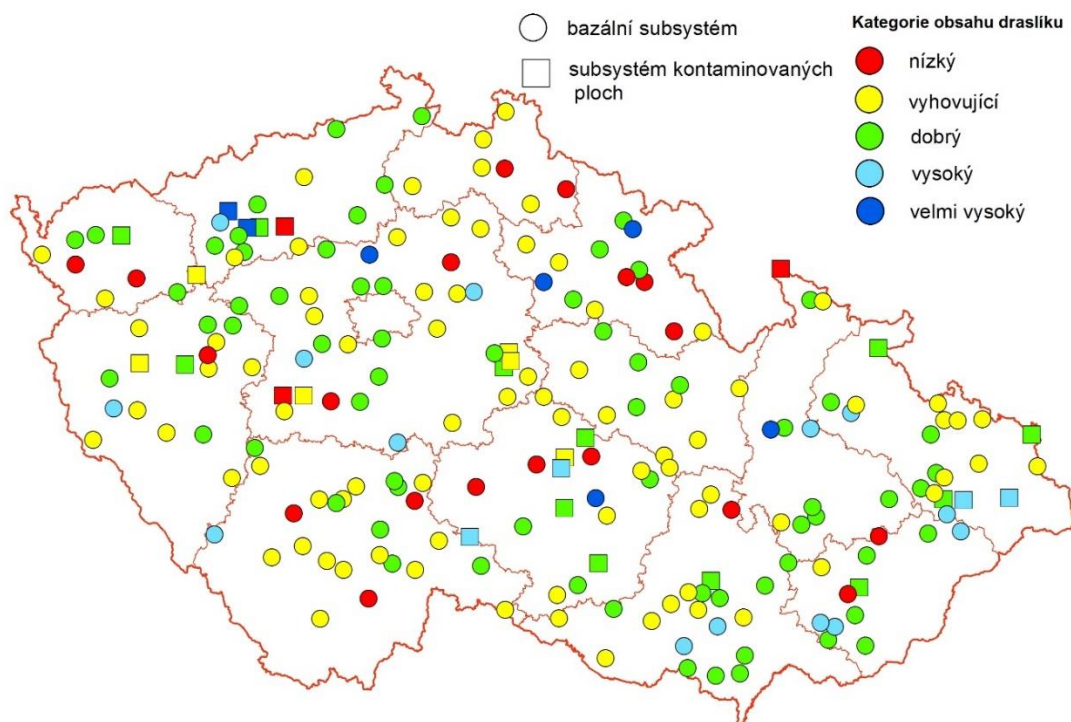
Tabulka 17 Procentické zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu K v půdě (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů

Kultura	Kategorie obsahů				
	Nízký	Vyhovující	Dobrý	Vysoký	Velmi vysoký
Orná půda	8,4	39,0	41,6	9,1	1,9
TTP	20,5	45,5	20,5	9,1	4,5
Sady	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0
Vinice	0,0	60,0	40,0	0,0	0,0
Chmelnice	0,0	20,0	40,0	0,0	40,0

Nejvíce kultur bylo podle tabulky 17 zastoupeno v kategorii „vyhovující“ obsah přístupného draslíku v půdě (TTP, sady, vinice). Orná půda je v kategorii „dobrý“ obsah, což odpovídá i AZZP z cyklu 2009 – 2014 (Smatanová et Sušil, 2015).

Na obrázku 5 je zobrazen obsah přístupného draslíku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2013.

Obrázek 5 Obsah přístupného draslíku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP (příloha č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)



5.3.3 Hodnocení obsahu draslíku v půdě za 4 cykly odběrů

Do hodnocení za uplynulé čtyři cykly (1995 – 1. cyklus, 2001 – 2. cyklus, 2007 – 3. cyklus a 2013 – 4. cyklus) bylo zařazeno 177 ploch BMP, které po tuto dobu nezměnily kulturu ani se nepřesunuly. Tento celek se skládá ze 142 orných půd, 21 TTP, 5 sadů, 4 vinic a 5 chmelnic.

Průměrný obsah přístupného draslíku se v zemědělských půdách BMP v sledovaných 18 letech mírně snížil jak v O horizontu, tak v P horizontu (tabulka 18). Rozdíl mezi 1. a 4. cyklem byl v případě O horizontu statisticky významný a v případě P horizontu statisticky velmi významný (příloha 54). Průměrný obsah celkového draslíku poklesl mezi 1. a 4. cyklem o 129 mg.kg⁻¹ v O horizontu, a o téměř dvojnásobné množství v horizontu P, ale mezi cykly nebyl ani v O horizontu ani v P horizontu statistický rozdíl (příloha 58).

Tabulka 18 Popisná statistika obsahu draslíku na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v roce 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)

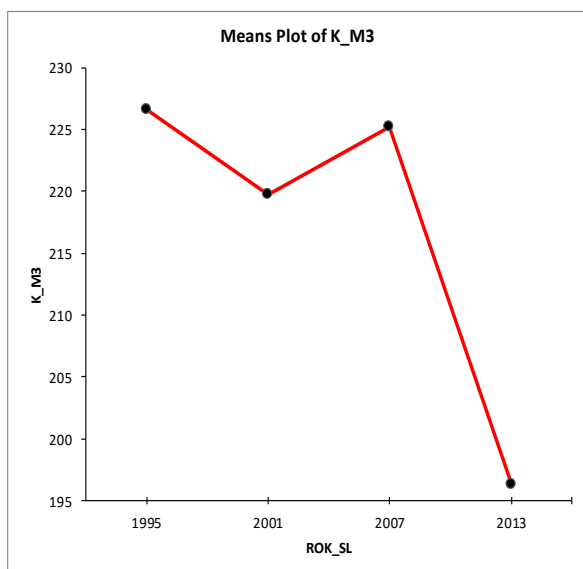
Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Cyklus	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	177	233	41	1193	109	144	203	275	379
	P	177	158	38	952	72	102	143	186	232
2001	O	177	227	68	796	115	148	201	272	349
	P	177	156	35	760	69	96	139	197	249
2007	O	177	233	61	1202	113	151	214	263	348
	P	177	157	37	801	72	95	137	199	259
2013	O	177	200	46	1018	91	129	173	249	317
	P	177	135	27	627	60	84	123	165	223
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
1995	O	177	3570	1099	20280	1897	2409	3361	4239	5264
	P	177	3675	1161	23995	1864	2435	3375	4202	5720
2001	O	177	3729	991	16725	1990	2598	3585	4375	5450
	P	177	3819	1064	20000	1943	2575	3587	4440	5533
2007	O	177	3694	975	16200	1965	2433	3508	4460	5533
	P	177	3698	1091	18000	1950	2463	3448	4365	5540
2013	O	177	3441	988	11850	1790	2378	3228	4098	5198
	P	177	3423	1002	11500	1765	2423	3298	4080	5108

V příloze 25 je popisná statistika obsahu přístupného a celkového draslíku pro plochy BMP hodnocené jako celek (bez rozlišení kultur) a rozlišené podle subsystémů. Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému v horizontu O i P.

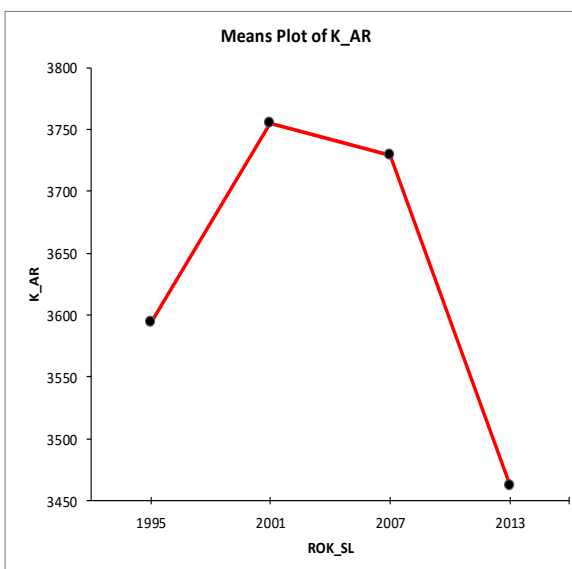
Popisná statistika pro jednotlivé kultury a obsah draslíku ve výluhu Mehlich III je přehledně ukázána v příloze 29. Z přílohy vyplývá, že průměrné obsahy přístupného draslíku se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily u O i P horizontu u všech kultur. K největšímu snížení obsahu přístupného draslíku v O horizontu došlo u chmelnic (o 126 mg.kg^{-1}); ostatní kultury vykázaly navzájem si podobný pokles (v řádu desítek mg.kg^{-1}). Statistické rozdíly mezi cykly však byly pouze u orné půdy; a to statisticky významný rozdíl v O horizontu (tento pokles je názorně zobrazen v grafu 6) a statisticky velmi významný rozdíl v P horizontu (příloha 54).

Graf 6 Vývoj průměrných obsahů draslíku na plochách BMP s ornou půdou (142 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v orníčním horizontu (O) bez rozlišení subsystémů a půdních druhů. Mehlich III, lučavka královská; mg.kg^{-1}

Mehlich III



lučavka královská



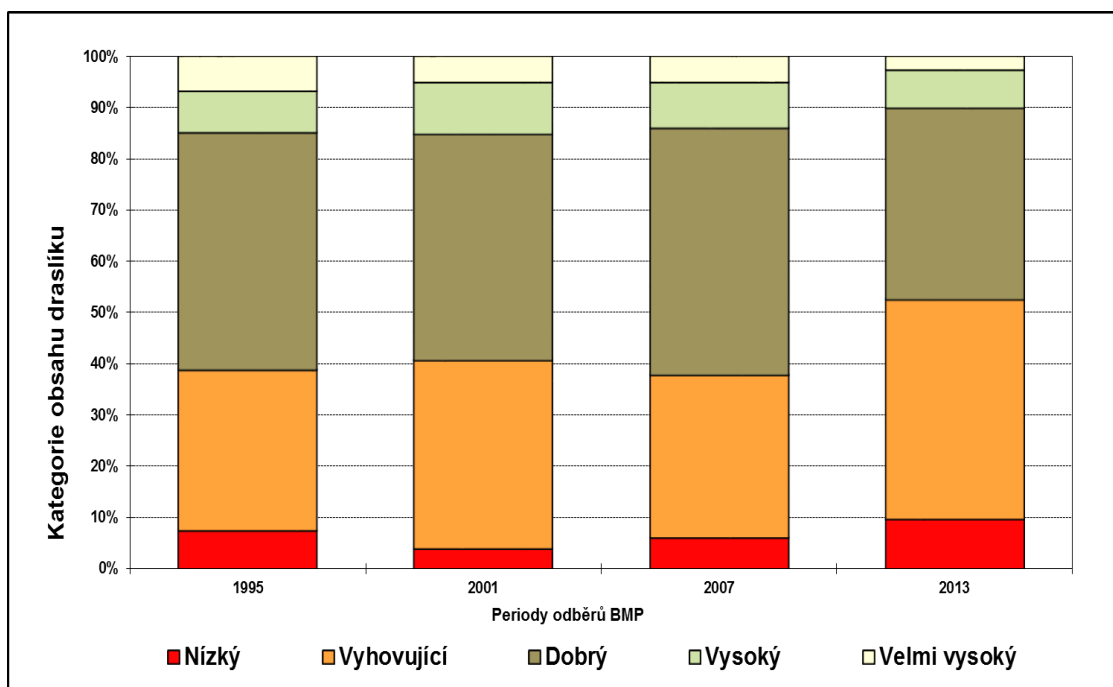
Příloha 33 uvádí popisnou statistiku pro celkové obsahy draslíku pro jednotlivé kultury. Snížení průměrných obsahů v O i P horizontu je zde také patrné. Jedná se řádově o cca 100 mg.kg^{-1} . Vinice a chmelnice vykázaly lehké navýšení obsahu v O horizontu v roce 2013 oproti roku 1995, které však není statisticky průkazné. Obsah v P horizontu poklesl u všech kultur, nejvíce v sadech (o 352 mg.kg^{-1}). Statistické porovnání úbytku draslíku v půdách P horizontů v rámci odběrových cyklů bylo bez významného rozdílu u všech kultur (příloha 58).

Příloha 39 hodnotí obsah přístupného draslíku podle kultur v závislosti na subsystému. Průměrné obsahy i mediány přístupného draslíku u orných půd v základním subsystému byly ve všech cyklech velmi podobné obsahům v subsystému kontaminovaných ploch, a v obou subsystémech došlo ke snížení obsahu v porovnání 1. a 4. cyklu v horizontech O i P. Chmelnice v O horizontu a TTP ve všech horizontech měly v základním subsystému ve všech

letech nižší průměrné obsahy než plochy v subsystému kontaminovaných ploch. Podle přílohy 43 byly průměrné obsahy celkového draslíku v subsystému kontaminovaných ploch vyšší než v základním subsystému u orné půdy a TTP; u chmelnic tomu bylo naopak. Hodnoty maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech jak v horizontu O, tak v horizontu P.

V grafu 7 je zobrazen vývoj kategorií přístupného draslíku na plochách BMP. Nejvíce zastoupenou kategorií v letech 1995, 2001 a 2007 byla jednoznačně kategorie „dobrý“. V roce 2013 však byla zastoupena pouze 37 %, a podíl kategorie „vyhovující“ vzrostl na 43 %.

Graf 7 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu přístupného draslíku (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů



Příloha 48 hodnotí obsahy přístupného draslíku u jednotlivých kultur v odběrových letech podle kritérií AZZP. Z hodnocení vyplývá, že nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur (kromě TTP) byly dvě kategorie – „vyhovující“ a „dobrý“. U TTP byla místo kategorie „dobrý“ zastoupena více kategorie „nízký“. V krajní kategorii „velmi vysoký“ byly zastoupeny velkým procentem chmelnice.

Na mapě v příloze 63 je zobrazen obsah přístupného draslíku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v jednotlivých periodách.

5.3.4 Závěry z hodnocení obsahu draslíku v půdě na plochách BMP

- V roce 2013 byly v rámci základního vzorkování půd odebrány vzorky ze všech 214 pozorovacích ploch. Průměrný obsah přístupného draslíku (Mehlich III) činil 199 mg.kg^{-1} pro horizont O a 134 mg.kg^{-1} pro horizont P. Celkový obsah draslíku stanovený v lučavce královské měl průměrnou hodnotu 3357 mg.kg^{-1} pro horizont O a 3328 mg.kg^{-1} pro horizont P.
- Základní subsystém vykázal nižší průměrné hodnoty obsahu přístupného draslíku než subsystém kontaminovaných ploch.
- Orné půdy vykazují průměrný obsah přístupného draslíku 199 mg.kg^{-1} v O horizontu a 140 mg.kg^{-1} v P horizontu. Nejvyšší průměrný obsah přístupného draslíku byl v roce 2013 u chmelnic (565 mg.kg^{-1} – O horizont a 333 mg.kg^{-1} – P horizont).
- V O horizontech byly zjištěny vyšší obsahy přístupného i celkového draslíku než v P horizontech. Není zde však tak výrazný rozdíl jako v případě fosforu.
- Obsahy přístupného a celkového draslíku jsou vyšší na těžkých půdách než na lehkých.
- Nejčastější zastoupení kultur podle kritérií AZZP hodnocení obsahu přístupného draslíku se v roce 2013 nalézalo v kategorii vyhovující, což znamená potřebu mírného dosycení touto živinou.
- Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 177 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly.
- Průměrný obsah přístupného draslíku se v zemědělských půdách BMP v sledovaných 4 cyklech mírně snížil jak v O horizontu, tak v horizontu P.
- Průměrný obsah celkového draslíku také mezi 1. a 4. cyklem poklesl, a to o 129 mg.kg^{-1} v O horizontu, a o téměř dvojnásobné množství v P horizontu.
- Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému v horizontu O i P.
- Průměrné obsahy přístupného draslíku se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily v O i P horizontech u všech kultur. K největšímu snížení v O horizontu došlo u chmelnic (o 126 mg.kg^{-1}); ostatní kultury vykázaly navzájem si podobný pokles (v řádu desítek mg.kg^{-1}).
- Snížení průměrných obsahů celkového draslíku bylo také patrné v O i P horizontech. Jedná se řádově o cca 100 mg.kg^{-1} . Vinice a chmelnice vykázaly lehké navýšení obsahu v O horizontu v roce 2013 oproti roku 1995. Obsah v P horizontu poklesl u všech kultur, nejvíce v sadech (o 352 mg.kg^{-1}).
- Průměrné obsahy i mediány přístupného draslíku u orných půd v základním subsystému byly ve všech cyklech velmi podobné obsahům v subsystému kontaminovaných ploch, a v obou subsystémech došlo ke snížení obsahu v porovnání 1. a 4. cyklu v horizontu O i P.

5.4 Hořčík v půdě

5.4.1 Obecná charakteristika hořčíku

Půdy obsahují v průměru 0,4 – 0,6 % hořčíku; na dolomitech až 10 %. Lehké písčité i rašelinové půdy s nízkým pH mají velmi nízký obsah Mg. Celkový obsah hořčíku v půdách je určen minerálním složením matečních hornin. Vysoký obsah Mg vykazují minerály serpentín (hadec) a olivín a dále vermikulit, chlorit, amfibol, biotit a pyroxen. Uvolňování Mg z většiny minerálů je v procesu zvětrávání obtížné, podstatně horší než uvolňování Ca. Významnými sloučeninami obsahujícími hořčík jsou uhličitany (magnezit a dolomity). Jejich rozpustnost pro Mg je naopak vyšší než u Ca. Kromě těchto minerálů se hořčík v půdě nachází ve formě solí (síranů, fosforečnanů, chloridů a dusičnanů). Hořečnaté soli jsou poměrně dobře rozpustné, a proto za jejich přítomnosti se v půdním roztoku nachází dostatek hořčíku.

V půdě je Mg ve formách výměnných zastoupen do 5 % celkového hořčíku a ve formách vodorozpustných do 1 – 10 % výměnného hořčíku. Za jeho průměrné množství v půdním roztoku lze považovat 10 – 20 mg Mg.l⁻¹.

Poměrně vysoká rozpustnost a slabší sorpce Mg²⁺ ovlivňuje snadnější vertikální pohyb, a tím jeho ztráty z ornice. V některých půdách proto může být vyšší obsah Mg ve spodních horizontech než v ornici. V procesech eluce kationtů z půd a s ní související acidifikace lze kationty seřadit takto: Mg > Ca > Al > Fe.

V sumě kationtů v sorpčním komplexu by měl Mg zaujímat postavení hned za Ca, a to 10 – 15 % KVK (kationtové výměnné kapacity). Rozhodující je i vztah k dalším kationtům, především k draslíku. Poměr v ekvivalentním zastoupení Mg : K by měl být 3 : 1, nejméně 2 : 1. Pokud jsou dodrženy tyto poměry, existují předpoklady harmonického příjmu obou kationtů (Vaněk et al, 2012).

5.4.2 Hodnocení obsahu hořčíku v půdě v roce 2013

V roce 2013 byl stanoven průměrný obsah přístupného hořčíku v O horizontu 194 mg.kg⁻¹. Smatanová et Sušil (2015) ve zprávě hodnotící celorepublikové obsahy přístupného hořčíku uvádějí 189 mg.kg⁻¹ pro zemědělské půdy. Obsah hořčíku pro P horizont byl mírně vyšší (205 mg.kg⁻¹). Celkové obsahy hořčíku zjišťované v lučavce královské měly hodnoty 4336 mg.kg⁻¹ pro O horizont a 4726 mg.kg⁻¹ pro P horizont. Vyšší obsahy přístupného i celkového hořčíku jsou vyšší v P horizontu oproti horizontu O (příloha 1). Lyzimetrická sledování Klementa et Prchalové (2012) na orné půdě a TTP dokládají vyplavování hořčíku z ornice do hlubších vrstev u orné hnojené půdy (Horažďovice) 4,0 kg Mg.ha⁻¹ za rok (40 cm); 3,1 kg Mg.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 3,6 kg Mg.ha⁻¹ za rok (80 cm). Na intenzivně využívaném a hnojeném TTP (Závišín): 5,4 kg Mg.ha⁻¹ za rok (20 cm); 2,4 kg Mg.ha⁻¹ za rok (40 cm); 1,0 kg Mg.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 1,5 kg Mg.ha⁻¹ za rok (80 cm).

V případě dělení souboru na subsystémy (příloha 2) platí, že v O horizontu obou subsystémů byly obsahy přístupného hořčíku téměř shodné; mírně vyšší byly v subsystému kontaminovaných ploch.

Podle tabulky 19 je patrné, že nejvyšší obsah přístupného hořčíku byl v O i P horizontu u chmelnic (387 mg.kg⁻¹, resp. 394 mg.kg⁻¹); u celkového obsahu byly ale nejvyšší obsahy

nalezeny ve vinicích. Nejnížší obsahy byly zjištěny ve vzorcích orných půd (185 mg.kg^{-1} v ornici), tuto hodnotu potvrzuje i Smatanová et Sušil (2015), kteří udávají množství 187 mg.kg^{-1} ve zprávě AZPP jako celorepublikový průměr přístupného hořčíku orných půd.

Tabulka 19 Popisná statistika obsahu hořčíku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg^{-1})

Mehlich III (mg.kg^{-1})										
Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	185	49	992	94	120	158	221	305
	P	154	211	44	1105	94	129	181	250	335
TTP	O	44	193	45	496	89	116	171	257	319
	P	44	171	36	570	43	95	142	222	314
	R	44	180	25	882	42	87	141	221	364
Sady	O	6	227	134	329	134	154	238	267	329
	P	6	239	133	315	133	141	270	306	315
Vinice	O	5	251	149	453	149	149	190	315	453
	P	5	282	144	565	144	169	198	335	565
Chmel.	O	5	387	242	536	242	284	409	464	536
	P	5	394	249	626	249	258	386	449	626
lučavka královská (mg.kg^{-1})										
Orná půda	O	154	4115	595	17125	2080	2658	3780	5038	6233
	P	154	4578	605	17150	2528	3183	4281	5600	6863
TTP	O	44	4845	773	11850	1555	2684	4358	6573	8875
	P	44	4832	724	11825	1508	2595	4401	6520	8680
	R	44	4909	592	13125	1733	2813	4518	6703	8190
Sady	O	6	4057	2640	6488	2640	2900	3812	4688	6488
	P	6	4441	2535	6520	2535	3543	4222	5605	6520
Vinice	O	5	6413	2878	14350	2878	3085	4943	6808	14350
	P	5	6779	2658	14575	2658	2775	5470	8418	14575
Chmel.	O	5	4949	4613	6025	4613	4648	4683	4775	6025
	P	5	5017	4565	5908	4565	4748	4863	5003	5908

Příloha 7 hodnotí obsah přístupného hořčíku také podle druhu půdy. Orná půda je zastoupena v obou subsystémech i na všech druzích půd. Na těžkých půdách byl obsah přístupného hořčíku dvakrát vyšší než na lehkých a středních. U celkového obsahu (příloha 11) byla situace podobná s tím, že rozdíl mezi lehkou a těžkou půdou byl více než dvojnásobný (mediány: lehká půda 1710 mg.kg^{-1} a těžká 5983 mg.kg^{-1}).

Graficky jsou statistické hodnoty pro přístupný hořčík znázorněny v příloze 18 a pro celkový hořčík v příloze 22.

Tabulka 20 Kritéria pro hodnocení obsahu hořčíku v AZZP. Mehlich III; mg.kg⁻¹ (tabulka v příloze č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)

Obsah Mg	Orná půda			Trvalé travní porosty		
	Druh půdy			Druh půdy		
	Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Nízký	do 80	do 105	do 120	do 60	do 85	do 120
Vyhovující	81 – 135	106 – 160	121 – 220	61 – 90	86 – 130	121 – 170
Dobrý	136 – 200	161 – 265	221 – 330	91 – 145	131 – 170	171 – 230
Vysoký	201 – 285	266 – 330	331 – 460	146 – 220	171 – 245	231 – 310
Velmi vysoký	nad 285	nad 330	nad 460	nad 220	nad 245	nad 310

Tabulka 20 pokračování Kritéria pro hodnocení obsahu hořčíku v AZZP. Mehlich III; mg.kg⁻¹ (tabulka v příloze č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)

Obsah Mg	Sady a vinice (speciální kultury)			Chmelnice		
	Druh půdy			Druh půdy		
	Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Nízký	do 80	do 105	do 170	do 135	do 160	do 210
Vyhovující	81 – 180	106 – 225	171 – 300	136 – 210	161 – 250	211 – 300
Dobrý	181 – 320	226 – 365	301 – 435	211 – 300	251 – 350	301 – 395
Vysoký	321 – 425	366 – 480	436 – 580	301 – 400	351 – 460	396 – 530
Velmi vysoký	nad 425	nad 480	nad 580	nad 400	nad 460	nad 530

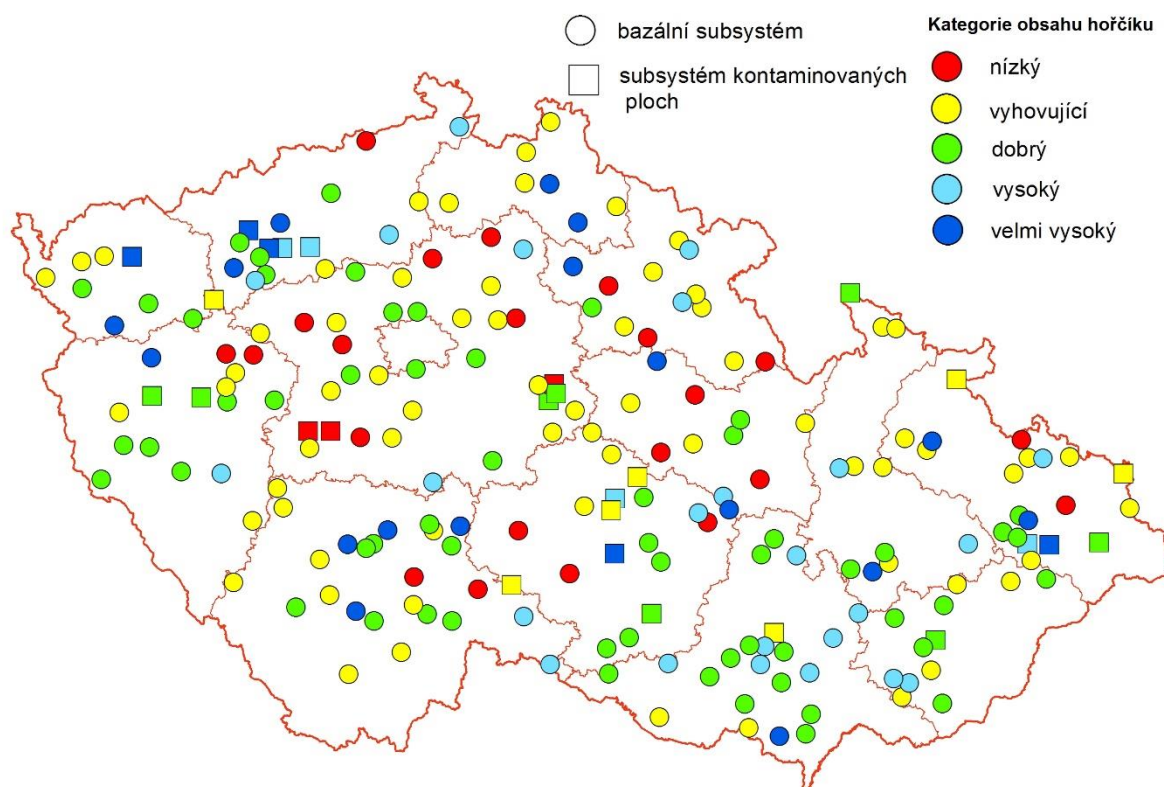
Všechny kultury byly v roce 2013 podle kritérií AZZP nejvíce zastoupeny ve dvou kategoriích obsahu přístupného hořčíku; a to v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“. V trvalých travních porostech jsou rovnoměrně zastoupeny kategorie „vyhovující“, „vysoký“ a velmi vysoký obsah. Orná půda má nejvíce ploch zastoupeno v kategorii „vyhovující“, následuje kategorie dobrý obsah (tabulka 21); výsledky se shodují s hodnocením celorepublikové zásobenosti půd živinami (Smatanová et Sušil, 2015).

Tabulka 21 Procentické zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu Mg v půdě (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů

Kultura	Kategorie obsahů				
	Nízký	Vyhovující	Dobrý	Vysoký	Velmi vysoký
Orná půda	14,3	37,0	33,8	8,4	6,5
TTP	6,8	27,3	13,6	27,3	25,0
Sady	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0
Vinice	0,0	40,0	40,0	20,0	0,0
Chmelnice	0,0	20,0	20,0	40,0	20,0

Na obrázku 6 je zobrazen obsah přístupného hořčíku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2013.

Obrázek 6 *Obsah přístupného hořčíku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP (příloha č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*



5.4.3 Hodnocení obsahu hořčíku v půdě za 4 cykly odběrů

Do hodnocení za uplynulé čtyři cykly (1995 – 1. cyklus, 2001 – 2. cyklus, 2007 – 3. cyklus a 2013 – 4. cyklus) bylo zařazeno 177 ploch BMP, které po tuto dobu nezměnily kulturu ani se nepřesunuly. Tento celek se skládá ze 142 orných půd, 21 TTP, 5 sadů, 4 vinic a 5 chmelnic.

Obsah přístupného hořčíku v zemědělských půdách BMP ve sledovaných 18 letech byl vyrovnaný (tabulka 22). Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 (1. a 4. cyklus) klesla mírně jeho průměrná hodnota v O horizontu (o 7 mg.kg^{-1}). Tento rozdíl není statisticky významný (příloha 55). Přístupný hořčík byl v jednotlivých letech v O horizontu mírně nižší než v P horizontu. V P horizontu byl pokles mezi 1. a 4. cyklem o 24 mg.kg^{-1} . Pokles nebyl mezi cykly, stejně jako v O horizontu statisticky průkazný. Průměrný obsah celkového hořčíku poklesl mezi 1. a 4. cyklem o 261 mg.kg^{-1} v O horizontu, a o 441 mg.kg^{-1} v P horizontu, ale mezi cykly nebyl ani v horizontu O ani v horizontu P statistický rozdíl (příloha 59).

Tabulka 22 *Popisná statistika obsahu hořčíku na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v roce 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)*

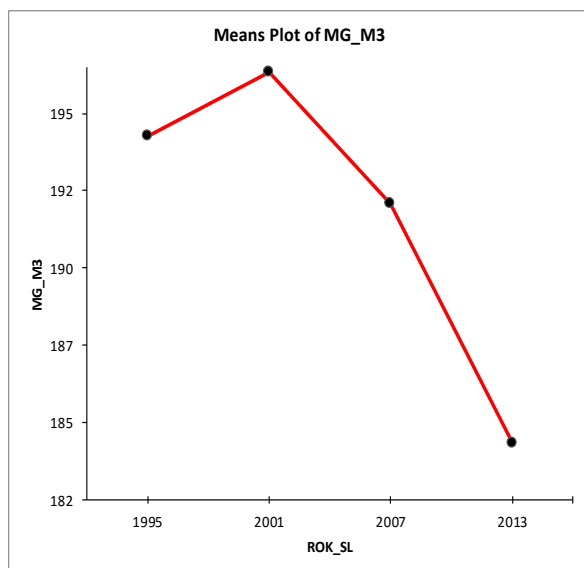
Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Cyklus	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	177	205	31	1160	91	123	187	255	351
	P	177	240	23	1050	100	138	210	308	458
2001	O	177	210	51	1081	89	134	185	262	357
	P	177	241	27	1188	103	144	209	302	441
2007	O	177	206	44	1013	96	126	175	251	330
	P	177	225	31	1107	92	136	190	286	387
2013	O	177	198	49	992	95	125	168	239	326
	P	177	216	25	1105	101	135	187	259	369
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
1995	O	177	4664	1063	34510	2184	2879	4011	5549	7398
	P	177	5311	1048	39465	2398	3273	4632	6410	7972
2001	O	177	4877	842	35075	2168	2985	4305	5598	7648
	P	177	5494	1155	42975	2635	3388	4833	6278	8150
2007	O	177	4755	1070	25875	2250	2848	4195	5693	7645
	P	177	5294	1125	34700	2455	3425	4622	6233	7810
2013	O	177	4403	1140	17125	2125	2773	3965	5328	6748
	P	177	4870	1101	17150	2535	3325	4567	5863	7363

V příloze 25 je popisná statistika přístupného a celkového obsahu hořčíku pro plochy BMP hodnocené jako celek (bez rozlišení kultur) a rozlišené podle subsystémů. Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému v O horizontu i v P horizontu (rovněž tak v případě fosforu i draslíku).

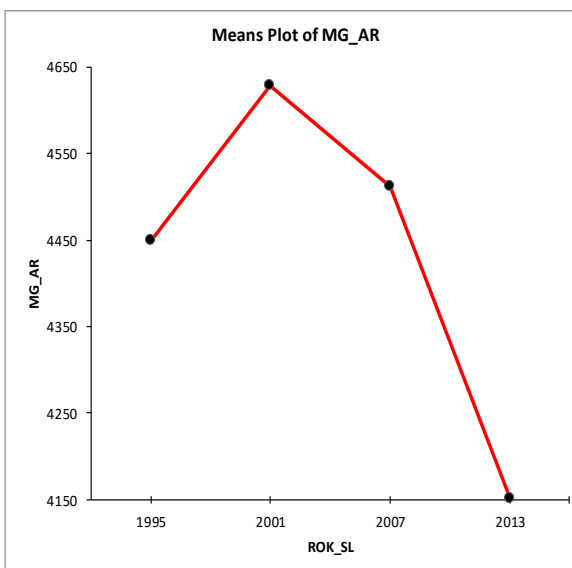
Popisná statistika pro jednotlivé kultury a obsah hořčíku ve výluhu Mehlich III je přehledně v příloze 30. Z přílohy vyplývá, že průměrné obsahy přístupného hořčíku se při porovnání 1. a 4. cyklu snížily v O i P horizontu u orné půdy a TTP (v řádu jednotek a desítek mg.kg⁻¹). Názorně je snižování obsahu hořčíku v O horizontu orných půd vyjádřeno v grafu 8. U sadů (kromě P horizontu), vinic a chmelnic naopak došlo k mírnému nárůstu. Statistické rozdíly mezi cykly však nebyly průkazné u žádné kultury (příloha 55).

Graf 8 Vývoj průměrných obsahů hořčíku na plochách BMP s ornou půdou (142 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v orničním horizontu (O) bez rozlišení subsystémů a půdních druhů. Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹

Mehlich III



lučavka královská

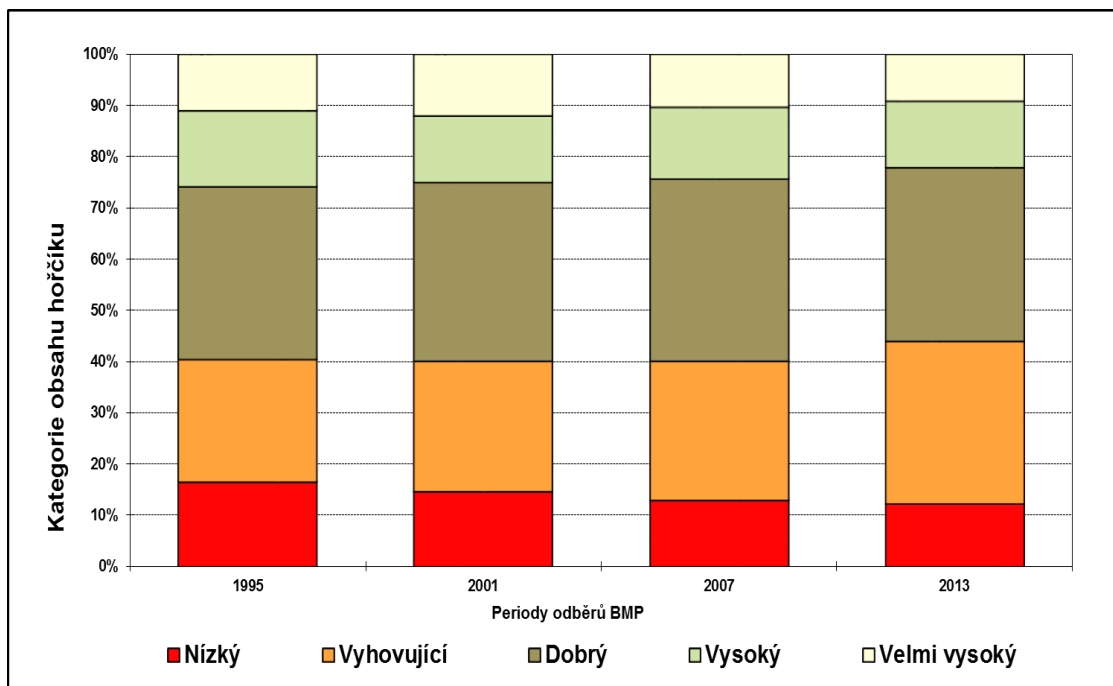


Příloha 34 uvádí popisnou statistiku pro celkové obsahy hořčíku pro jednotlivé kultury. Snížení průměrných obsahů bylo většinou řádově ve stovkách mg.kg⁻¹ (u celkových obsahů fosforu a draslíku se jednalo většinou o desítky mg.kg⁻¹). Pokles nastal u orných půd, TTP a sadů v O i P horizontu, přičemž u sadů byl průměrný pokles největší (o 310 mg.kg⁻¹ v O horizontu a o 735 mg.kg⁻¹ v P horizontu). Statisticky byl však pokles neprůkazný (příloha 59). Vinice a chmelnice vykázaly navýšení obsahu v O horizontu (vinice navíc i v P horizontu) v roce 2013 oproti roku 1995, které však není statisticky průkazné (podobně jako v případě celkového draslíku u těchto kultur).

Příloha 40 hodnotí obsah přístupného hořčíku podle kultur v závislosti na subsystému. Průměrné obsahy přístupného hořčíku u orných půd v základním subsystému byly ve všech cyklech velmi podobné průměrným obsahům v subsystému kontaminovaných ploch, a v obou subsystémech došlo ke snížení obsahu v porovnání 1. a 4. cyklu u O i P horizontu (je to stejný případ jako u přístupného draslíku, kde rovněž byly velmi podobné průměrné obsahy v orné půdě v základním a v kontaminovaném subsystému). TTP měly ve všech horizontech v základním subsystému ve všech letech vyšší průměrné obsahy než plochy v subsystému kontaminovaných ploch. Chmelnice naopak nižší obsahy v základním subsystému. Podle přílohy 44 byly průměrné obsahy celkového hořčíku v subsystému kontaminovaných ploch vyšší než v základním subsystému u orné půdy a TTP (rovněž stejně jako v případě celkového draslíku); u chmelnic tomu bylo naopak (také jako v případě celkového draslíku). Hodnoty maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech v horizontu O i P.

V grafu 9 je zobrazen vývoj kategorií pro hodnocení obsahu přístupného hořčíku na plochách BMP. Nejvíce zastoupenou kategorií v letech 1995, 2001 a 2007 byla jednoznačně kategorie „dobrý“ (stejně jako v případě přístupného draslíku). V roce 2013 se této kategorii téměř vyrovnala kategorie „vyhovující“.

Graf 9 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu přístupného hořčíku (podle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.). Bez rozlišení subsystémů



Příloha 49 hodnotí obsahy přístupného hořčíku u jednotlivých kultur v odběrových letech podle kritérií AZZP. Z hodnocení vyplývá, že nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u orné půdy a sadů byla kategorie „vyhovující“ a „dobrý“. U TTP kategorie „vysoký“ a „velmi vysoký“.

Na mapě v příloze 64 je zobrazen obsah přístupného hořčíku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v jednotlivých periodách.

5.4.4 Závěry z hodnocení obsahu hořčíku v půdě na plochách BMP

- V roce 2013 byly v rámci základního vzorkování půd odebrány vzorky ze všech 214 pozorovacích ploch. Průměrný obsah přístupného hořčíku (Mehlich III) činil 194 mg.kg⁻¹ pro horizont O a 205 mg.kg⁻¹ pro horizont P. Celkový obsah hořčíku stanovený v lučavce královské měl průměrnou hodnotu 4336 mg.kg⁻¹ pro horizont O a 4726 mg.kg⁻¹ pro horizont P.
- Oba subsystémy vykázaly téměř shodné obsahy hořčíku; mírně vyšší byly v subsystém kontaminovaných ploch.
- Orné půdy vykazují obsah 185 mg.kg⁻¹ – O horizont a 211 mg.kg⁻¹ – P horizont. Nejvyšší průměrný obsah přístupného hořčíku byl v roce 2013 u chmelnic (387 mg.kg⁻¹ – O horizont a 394 mg.kg⁻¹ – P horizont). Celkový obsah však byl nejvyšší u vinic (6413 mg.kg⁻¹ pro horizont O, kdežto u chmelnic byl 4949 mg.kg⁻¹).
- Horizont P měl vyšší obsah přístupného i celkového hořčíku než horizont O.

- Obsahy přístupného a celkového hořčíku jsou vyšší na těžkých půdách než na lehkých.
- Orná půda měla největší zastoupení podle kritérií AZZP hodnocení obsahu přístupného hořčíku v roce 2013 v kategorii vyhovující, což znamená potřebu mírného dosycení touto živinou. Trvalé travní porosty v kategorii vyhovující a zároveň vysoký; sady v kategorii dobrý; vinice a chmelnice v kategorii dobrý a vyhovující.
- Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 177 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly.
- Průměrný obsah přístupného hořčíku v zemědělských půdách BMP v sledovaných 18 letech kolísal. Mezi rokem 1995 a 2013 klesla jeho hodnota v O horizontu o 7 mg.kg^{-1} . V P horizontu byl pokles mezi 1. a 4. cyklem o 24 mg.kg^{-1} . K poklesu došlo v O i P horizontu u orné půdy a TTP (v řádu jednotek a desítek mg.kg^{-1}), u sadů (kromě horizontu P), vinic a chmelnic naopak došlo k mírnému nárůstu. Změny nejsou statisticky významné.
- Pokles nastal u celkových obsahů hořčíku u orných půd, TTP a sadů v O i P horizontu, přičemž u sadů byl průměrný pokles největší (o 310 mg.kg^{-1} v O horizontu a o 735 mg.kg^{-1} v horizontu P). Změny nejsou statisticky významné.
- Přístupný hořčík byl v jednotlivých letech v půdách BMP v O horizontech mírně nižší než v P horizontech.
- Průměrné obsahy přístupného hořčíku u orných půd v základním subsystému byly ve všech cyklech velmi podobné průměrným obsahům v subsystému kontaminovaných ploch, a v obou subsystémech došlo ke snížení obsahu v porovnání 1. a 4. cyklu v O i P horizontu.
- Hodnoty maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech v horizontu O i P.
- V průběhu 4 cyklů se zvýšilo zastoupení ploch v kategorii obsahu hořčíku vyhovující zejména na úkor kategorie dobrý obsah, což znamená potřebu mírného dosycení touto živinou.

5.5 Vápník v půdě

5.5.1 Obecná charakteristika vápníku

Dostatek vápníku v půdě má velký význam z hlediska chemických, fyzikálních i biologických procesů (eliminace iontů H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , koagulace koloidů, sycení sorpčního komplexu, výskyt i aktivita mikroorganismů, aj.) Jeho celkový obsah se může pohybovat v širokém rozmezí od 0,15 % na kyselých písčitých půdách v humidních oblastech až do 10 % i více na půdách karbonátových.

Převážná část vápníku v půdách se nachází v těžko rozpustných sloučeninách, hlavně uhličitanech, křemičitanech, hlinitokřemičitanech a síranech. Nejčastější sloučeninou Ca jsou vápence, dolomity a dále minerál anortit. Rozpustnost uhličitanů je závislá na pH půdy – vyšší rozpustnost je v kyselejší oblasti pH a značný vliv na rozpustnost uhličitanů má obsah

CO₂. Jeho produkce je závislá na biologické činnosti půdy. Po rozkladu CaCO₃ vlivem CO₂ a vody vzniká hydrogenuhličitan Ca(HCO₃)₂, který je dobře rozpustný ve vodě, a tím také dobře pohyblivý v půdním profilu, čímž může být snadno vyplavován a ztracen tak z půdy. Přítomnost vápence a hydrogenuhličitanu vápenatého v půdě zajišťuje stabilitu neutrální reakce a vysokou pufrovitost.

Výměnný vápník je významný z hlediska půdní úrodnosti a výživy rostlin. Je vázaný na půdní koloidy výměnnou sorpcí. Nasycení koloidů Ca by mělo dosahovat 60 – 80 % KVK. Nižší hodnoty postačí pro lehké půdy s nízkou sorpční kapacitou a vyšší nasycení vyžadují půdy střední a těžké. Vápník je převažujícím kationtem v půdním roztoku. Dostává se do půdní vody výměnou za jiné kationty, zvětráváním křemičitanů a především již zmíněným rozpouštěním uhličitanů. Jeho obsah se běžně pohybuje v rozmezí 100 – 300 mg Ca.l⁻¹, v karbonátových půdách je však podstatně vyšší. Vysoký obsah vápníku ve většině případů nepůsobí negativně. Nejčastěji se vyskytuje ve formě Ca²⁺, částečně jako Ca(HCO₃)₂, CaCl₂, Ca(NO₃)₂ a CaSO₄ (Vaněk et al, 2012).

5.5.2 Hodnocení obsahu vápníku v půdě v roce 2013

Průměrný obsah přístupného vápníku na všech plochách BMP v roce 2013 byl 2916 mg.kg⁻¹ v O horizontu (příloha 1). Pro zemědělské půdy ČR podle zprávy AZZP (Smatanová et Sušil, 2015) za období 2009 – 2014 platí podobná hodnota 2821 mg.kg⁻¹.

Příloha 1 dále uvádí hodnotu 2994 mg.kg⁻¹, která platí pro obsah přístupného vápníku v horizontu P. Obsahy vápníku v lučavce královské byly pro zemědělskou půdu v průměru v O horizontu 4967 mg.kg⁻¹ a v P horizontu 5010 mg.kg⁻¹. Vyšší obsahy vápníku přístupného i celkového jsou v P horizontu. Klement et Prchalová (2013) uvádějí hodnoty vyplaveného vápníku v eluátu na orné hnojené půdě v Horažďovicích 24,0 kg Ca.ha⁻¹ za rok (40 cm); 17,0 kg Ca.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 21,9 kg Ca.ha⁻¹ za rok (80 cm). Na intenzivně využívaném a hnojeném TTP v Závišíně 54,2 kg Ca.ha⁻¹ za rok (20 cm); 24,3 kg Ca.ha⁻¹ za rok (40 cm); 5,9 kg Ca.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 6,8 kg Ca.ha⁻¹ za rok (80 cm). Vysoké obsahy vyplavovaného vápníku potvrzuje Vaněk et al (2012) na humidních stanovištích.

Podle tabulky 23 měly nejvyšší průměrný obsah přístupného vápníku vinice 8520 mg.kg⁻¹, nejméně TTP 2387 mg.kg⁻¹. Obsahy ve vinicích a na orných půdách (2803 mg.kg⁻¹) odpovídají celorepublikovým hodnotám agrochemického zkoušení zemědělských půd: vinice - 8686 mg.kg⁻¹ a orná půda - 2985 mg.kg⁻¹ (Smatanová et Sušil, 2015).

Příloha 2 rozděluje plochy BMP podle subsystémů na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch. Vyšší obsahy přístupného i celkového vápníku jsou v kontaminovaném subsystému.

Příloha 8 dále subsystémy rozděluje na jednotlivé kultury a druhy půd. Nejvíce zastoupená orná půda ukazuje, že mediány obsahu přístupného vápníku byly nejvyšší na těžkých půdách a rovněž tak mediány obsahů celkového vápníku (příloha 12).

Graficky jsou statistické hodnoty pro přístupný vápník znázorněny v příloze 19 a pro celkový vápník v příloze 23.

Tabulka 23 Popisná statistika obsahu vápníku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)

Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	2803	760	11225	1313	1660	2207	3335	5370
	P	154	3108	745	22800	1263	1640	2359	3463	6173
TTP	O	44	2387	641	9328	1188	1474	1882	2866	4133
	P	44	2273	627	8513	1045	1294	1819	2579	4355
	R	44	2106	565	6460	1014	1104	1657	2361	4660
Sady	O	6	3474	2188	7223	2188	2258	2783	3610	7223
	P	6	3650	2198	8198	2198	2260	2697	3853	8198
Vinice	O	5	8520	1723	27125	1723	2768	4993	5993	27125
	P	5	10567	2010	35875	2010	2653	4898	7400	35875
Chmel.	O	5	4743	3080	5348	3080	4990	5143	5153	5348
	P	5	5260	3418	6240	3418	5353	5433	5855	6240
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
Orná půda	O	154	4646	1158	37450	1848	2320	3360	4918	8450
	P	154	5028	1057	48250	1688	2195	3351	4723	10525
TTP	O	44	3684	1173	17325	1590	2018	3099	4712	5810
	P	44	3617	1145	18875	1415	1904	2909	4146	6188
	R	44	3453	993	17800	1293	1535	2514	3582	6475
Sady	O	6	6304	2958	18275	2958	3488	3984	5135	18275
	P	6	6826	2950	22400	2950	3180	3726	4975	22400
Vinice	O	5	21041	3913	80100	3913	4235	7745	9213	80100
	P	5	24632	3923	92200	3923	4990	7245	14800	92200
Chmel.	O	5	8474	6195	13275	6195	6408	6928	9563	13275
	P	5	8612	5948	13300	5948	6380	8458	8975	13300

Tabulka 24 Kritéria pro hodnocení obsahu vápníku v AZZP. Mehlich III; mg.kg⁻¹ (tabulka vychází z Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016)

Obsah Ca	VÁPŇÍK (mg.kg ⁻¹)		
	Půda		
	lehká	střední	těžká
Nízký	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující	1001 – 1800	1101 – 2000	1701 – 3000
Dobrý	1801 – 2800	2001 – 3300	3001 – 4200
Vysoký	2801 – 3700	3301 – 5400	4201 – 6600
Velmi vysoký	nad 3700	nad 5400	nad 6600

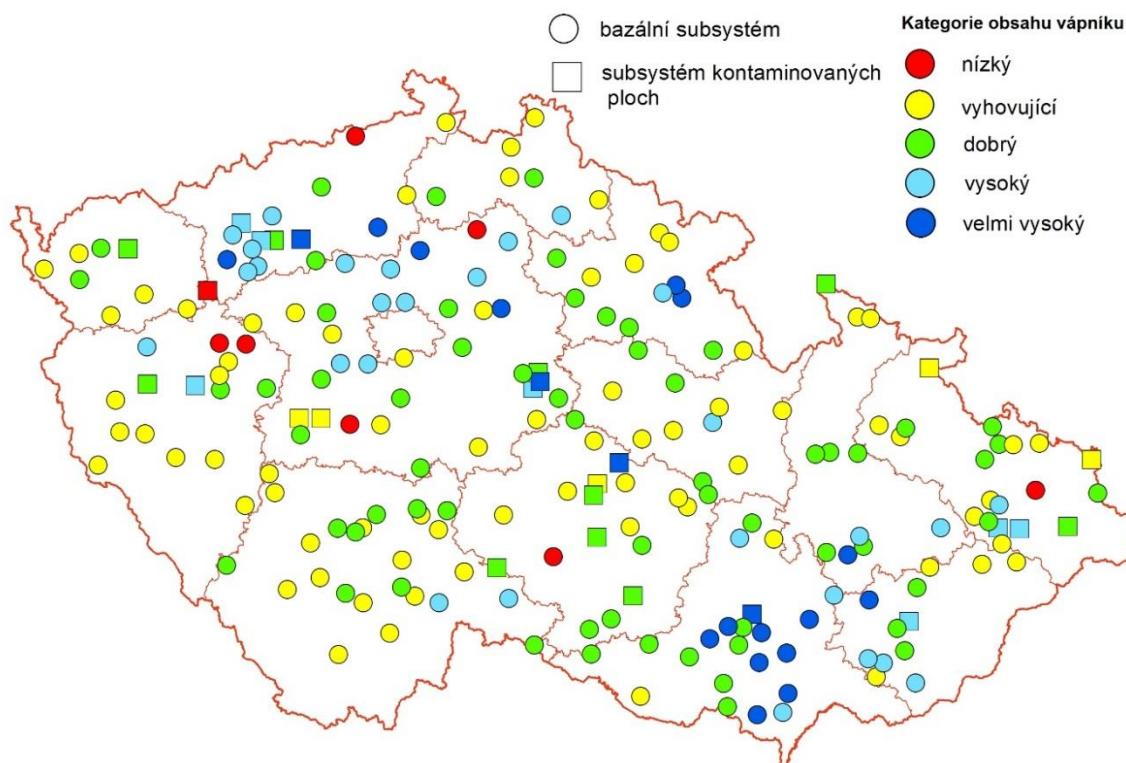
Orná půda a TTP jsou nejvíce zastoupeny v kategorii „vyhovující“ (orná 37,7 % a TTP 47,7 %). To odpovídá i zjištění Smatanové et Sušila (2015), kde podle AZZP spadá do kategorie „vyhovující“ 40,4 % orné půdy ČR a 50,5 % TTP. Kategorie „vyhovující“ spolu s kategorií „dobrá“ tvoří celkem 72,8 % zastoupení na orných půdách BMP a 72,7 % zastoupení na trvalých travních porostech BMP. Výrazný podíl sadů je v kategorii „dobrá“ (66,7 %), přičemž „nízký“ a „vyhovující“ je nulový a „vysoký“ + „velmi vysoký“ je 33,4 %. Vinice jsou zastoupeny nejvíce v kategorii „velmi vysoký“ (tabulka 25).

Tabulka 25 Procentické zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu vápníku v půdě (podle Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016). Bez rozlišení subsystémů

Kultura	Kategorie obsahů				
	Nízký	Vyhovující	Dobrá	Vysoký	Velmi vysoký
Orná půda	3,2	37,7	35,1	14,9	9,1
TTP	6,8	47,7	25,0	15,9	4,5
Sady	0,0	0,0	66,7	16,7	16,7
Vinice	0,0	20,0	20,0	0,0	60,0
Chmelnice	0,0	0,0	20,0	80,0	0,0

Na obrázku 7 je zobrazen obsah přístupného vápníku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2013.

Obrázek 7 Obsah přístupného vápníku na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 podle kategorií AZZP (Pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016)



5.5.3 Hodnocení obsahu vápníku v půdě za 4 cykly odběrů

Do hodnocení za uplynulé čtyři cykly (1995 – 1. cyklus, 2001 – 2. cyklus, 2007 – 3. cyklus a 2013 – 4. cyklus) bylo zařazeno 177 ploch BMP, které po tuto dobu nezměnily kulturu ani se nepřesunuly. Tento celek se skládá ze 142 orných půd, 21 TTP, 5 sadů, 4 vinic a 5 chmelnic.

Obsah přístupného vápníku v zemědělských půdách BMP v sledovaných 18 letech kolísal (tabulka 26). Pohyb vápníku v půdním profilu je závislý nejen na množství srážek, ale i na jejich rozdělení během roku a na porostu, takže se mohou projevit výrazné výkyvy v jednotlivých letech (Vaněk et al, 2012).

Tabulka 26 Popisná statistika obsahu vápníku na monitorovacích plochách BMP (177 ploch) v roce 1995, 2001, 2007 a 2013 bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů (Mehlich III, lučavka královská; mg.kg⁻¹)

Mehlich III (mg.kg ⁻¹)										
Cyklus	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	O	177	3623	348	17775	1648	2018	2798	4358	6853
	P	177	3616	791	29375	1495	1790	2550	4003	7453
2001	O	177	3403	791	19975	1495	1958	2635	4013	6443
	P	177	3536	759	32175	1450	1825	2682	3990	6820
2007	O	177	3186	743	25075	1478	1868	2395	3593	5725
	P	177	3299	819	35750	1333	1693	2430	3690	5830
2013	O	177	3083	760	27125	1323	1705	2333	3598	5773
	P	177	3301	745	35875	1263	1640	2340	3710	6240
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
1995	O	177	6087	1312	70355	2258	2780	4020	6139	10393
	P	177	6669	1053	78533	1930	2405	3520	5859	12258
2001	O	177	5974	1020	84175	2145	2728	3913	5865	10345
	P	177	6237	899	93775	1918	2528	3739	6023	10775
2007	O	177	5665	1185	89975	2105	2608	3620	5405	9793
	P	177	5693	1000	96825	1825	2278	3380	5533	9473
2013	O	177	5327	1158	80100	1848	2445	3498	5180	9563
	P	177	5585	1057	92200	1733	2285	3402	5338	11325

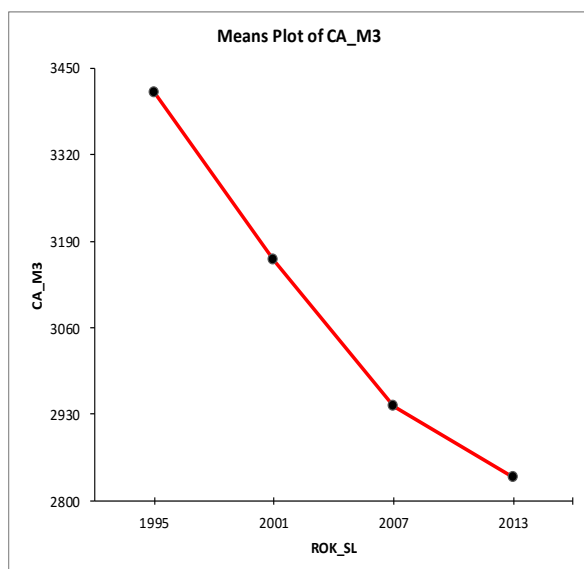
Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 (1. a 4. cyklus) klesla průměrná hodnota přístupného vápníku v O horizontu o 540 mg.kg⁻¹. Tento pokles byl statisticky velmi významný (příloha 56). Přístupný vápník byl v jednotlivých letech v O horizontu mírně nižší než v P horizontu (výjimkou je rok 1995). Podobně tak i hořčík měl vyšší obsahy v P horizontu, což je způsobeno vyplavováním těchto prvků do spodních vrstev. V P horizontu byl pokles mezi 1. a 4. cyklem o 315 mg.kg⁻¹. Pokles nebyl v P horizontu mezi cykly statisticky průkazný. Průměrný obsah celkového vápníku poklesl mezi 1. a 4. cyklem o 760 mg.kg⁻¹ v O horizontu, a o 1084 mg.kg⁻¹ v P horizontu, ale oba horizonty byly mezi cykly bez statisticky významného rozdílu (příloha 60).

V příloze 25 je popisná statistika obsahu přístupného a celkového vápníku pro plochy BMP hodnocené jako celek (bez rozlišení kultur) a rozlišené podle subsystémů. Nižší průměrné obsahy byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému v O i v P horizontu (rovněž tak v případě fosforu, draslíku i hořčíku).

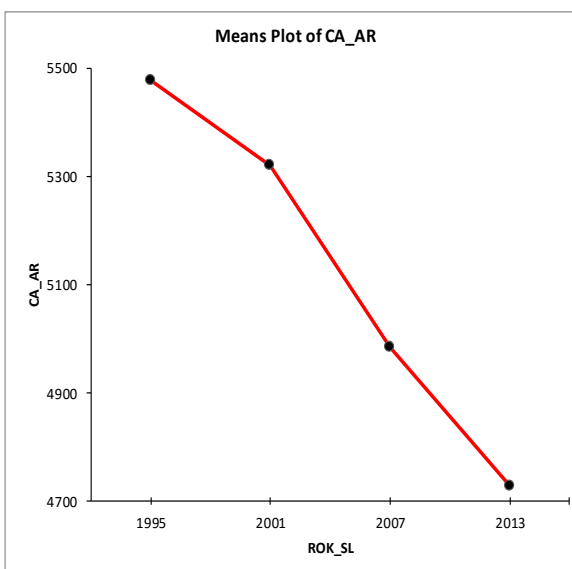
Popisná statistika pro jednotlivé kultury a obsah vápníku ve výluhu Mehlich III je přehledně uvedena v příloze 31. Z přílohy vyplývá, že průměrné obsahy přístupného vápníku se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily v O i P horizontu u orné půdy, TTP, i chmelnic (v řádu stovek mg.kg^{-1}). Snižování obsahu vápníku v O horizontu orných půd je názorně vyjádřeno v grafu 10.

Graf 10 **Vývoj průměrných obsahů vápníku na plochách BMP s ornou půdou (142 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v orničním horizontu (O) bez rozlišení subsystémů a půdních druhů. Mehlich III, lučavka královská; mg.kg^{-1}**

Mehlich III



lučavka královská



Zjištěné poklesy u orné půdy, TTP a chmelnic nebyly průkazné. Pouze pokles v O horizontu orných půd měl mezi cykly statisticky významný rozdíl (příloha 56). Dále došlo ke zvýšení obsahů přístupného vápníku u sadů v O horizontu (o 126 mg.kg^{-1}) a velmi výrazně i u vinic (o 1681 mg.kg^{-1} v O horizontu; o 867 mg.kg^{-1} v P horizontu), ale statistické rozdíly mezi cykly nebyly průkazné.

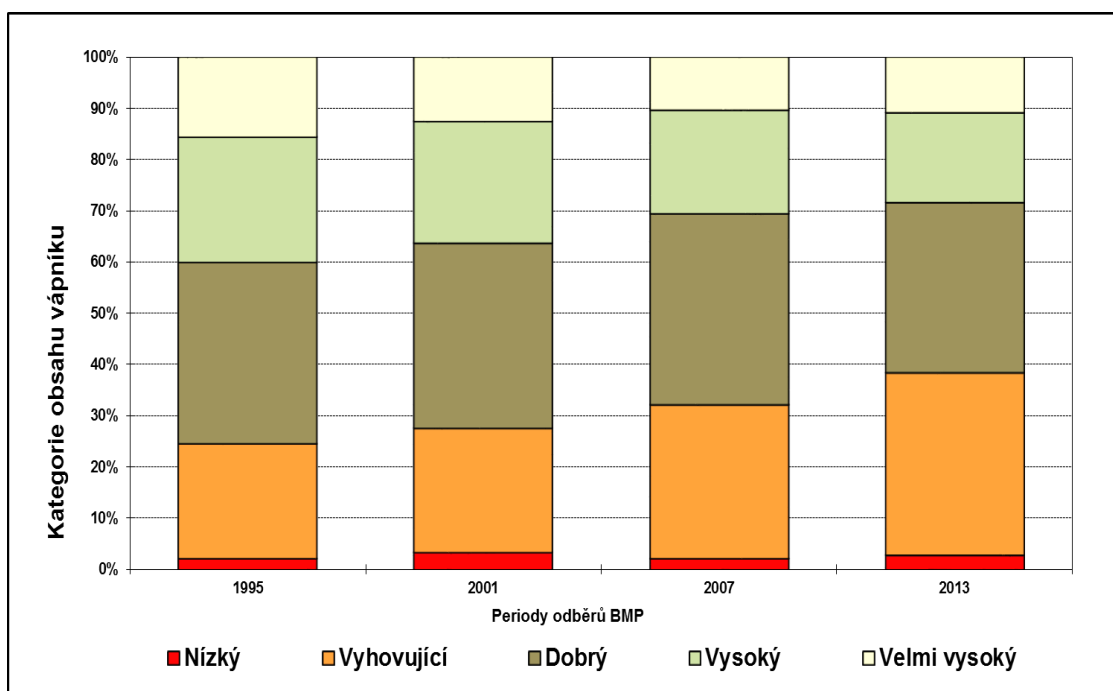
Příloha 35 uvádí popisnou statistiku pro obsahy celkového vápníku pro jednotlivé kultury. Snížení průměrných obsahů je většinou řádově ve stovkách až v tisíci mg.kg^{-1} . Pokles nastal u orných půd, TTP a chmelnic v O i P horizontu. Poklesl rovněž i celkový obsah u sadů, (ale porovnáme-li obsahy přístupného vápníku mezi rokem 1995 a 2013 zjistíme, že došlo k mírnému zvýšení jeho obsahu - o 3,5%). Snížení obsahu celkového vápníku znamenalo výrazných 19,3 %). U sadů byl navíc průměrný pokles největší, stejně jako u celkového obsahu hořčíku. Pokles u vápníku v sadech byl o 1637 mg.kg^{-1} v orničním horizontu a o 2253 mg.kg^{-1} v horizontu P. Statisticky byl však neprůkazný (příloha 60). Vinice vykázaly

navýšení obsahu v O horizontu i v P horizontu v roce 2013 oproti roku 1995, stejně jako v případě hořčíku. Navýšení však rovněž není statisticky průkazné.

Podle přílohy 45 jsou i průměrné obsahy celkového vápníku v subsystému kontaminovaných ploch vyšší než v základním subsystému u orné půdy a TTP (stejně jako v případě celkového obsahu draslíku a hořčíku). V případě TTP je průměrný obsah celkového vápníku (ale i přístupného) velmi vysoký. Tento obsah je zapříčiněn jednou plochou, která při počtu 3 jedinců v souboru velmi výrazně ovlivnila celkovou hodnotu². Hodnoty maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech v horizontu O i P.

V grafu 11 je vidět vývoj kategorií přístupného vápníku na plochách BMP. Nejvíce zastoupenou kategorií v letech 1995, 2001 a 2007 byla jednoznačně kategorie obsahu „dobrý“ (stejně jako v případě přístupného draslíku a hořčíku). V roce 2013 tuto kategorii předstihla kategorie „vyhovující“.

Graf 11 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP (177 ploch) v letech 1995, 2001, 2007 a 2013 v jednotlivých kategoriích AZPP obsahu přístupného vápníku (podle Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016). Bez rozlišení subsystémů



Příloha 41 hodnotí obsah přístupného vápníku podle kultur v závislosti na subsystému. Průměrné obsahy přístupného vápníku u orných půd a TTP v základním subsystému byly nižší ve všech cyklech oproti průměrným obsahům v subsystému kontaminovaných ploch

² Tato plocha je ze subsystému kontaminovaných ploch (6901K), je na trvalém travním porostu a v průběhu celého sledování vykazovala obsahy vápníku v lučavce královské odpovídající spíše hodnotám ve vinicích – kolem 20 tisíc mg.kg⁻¹. Podle údajů z databáze BMP je půdním typem na této ploše antropozem skládající se z navážky z koželužny, z hutnické strusky a obsahuje opukové kameny, které jsou pravděpodobnou příčinou vysokých obsahů vápníku. Opuka může obsahovat až 60 % CaCO₃.

v O i P horizontu. Chmelnice ve všech horizontech měly v základním subsystému ve všech letech vyšší průměrné obsahy než v subsystému kontaminovaných ploch.

Příloha 50 hodnotí obsahy přístupného vápníku u jednotlivých kultur v odběrových letech 1995, 2001, 2007, 2013 podle kritérií AZZP. U orné půdy a TTP byla nejvíce zastoupena kategorie „vyhovující“ a „dobrý“. U orné půdy narůstá podíl ploch v kategorii „vyhovující“, zejména na úkor kategorie „vysoký“ obsah. Zastoupení ploch klesá také v kategoriích „velmi vysoký“ a „dobrý“ obsah. V případě TTP roste podíl ploch v kategorii „vyhovující“ obsah, zatímco klesá podíl ploch v kategorii „vysoký“. Zásobenost půd přístupným vápníkem v sadech, vinicích a chmelnicích je „vysoká“ až „velmi vysoká“.

Na mapě v příloze 65 je zobrazen obsah přístupného vápníku na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v jednotlivých periodách.

5.5.4 Závěry z hodnocení obsahu vápníku v půdě na plochách BMP

- V roce 2013 byly v rámci základního vzorkování půd odebrány půdní vzorky ze všech 214 pozorovacích ploch. Průměrný obsah přístupného vápníku (Mehlich III) činil 2916 mg.kg⁻¹ pro horizont O a 2994 mg.kg⁻¹ pro horizont P. Celkový obsah vápníku stanovený v lučavce královské měl průměrnou hodnotu 4967 mg.kg⁻¹ pro horizont O a 5010 mg.kg⁻¹ pro horizont P.
- Orné půdy vykazují obsah 2803 mg.kg⁻¹ – O horizont a 3108 mg.kg⁻¹ – P horizont. Nejvyšší průměrný obsah přístupného vápníku byl v roce 2013 u vinic (8520 mg.kg⁻¹ – O horizont a 10 567 mg.kg⁻¹ – P horizont). Průměrný obsah v lučavce královské byl rovněž nejvyšší u vinic (21 041 mg.kg⁻¹ pro horizont O, 24 632 mg.kg⁻¹ pro P horizont).
- Přístupný vápník byl vyšší v P horizontu, v lučavce královské byl pro O i P horizont téměř vyrovnaný.
- Vyšší obsahy vápníku v Mehlich III i v lučavce královské byly v subsystém kontaminovaných ploch.
- Obsahy přístupného a celkového vápníku jsou vyšší na těžkých půdách než na lehkých.
- Orná půda měla největší zastoupení podle kritérií AZZP obsahu přístupného vápníku v roce 2013 v kategorii vyhovující, což znamená potřebu mírného dosycení touto živinou. Trvalé travní porosty v kategorii vyhovující; sady v kategorii dobrý; vinice k kategorii velmi vysoký a chmelnice v kategorii vysoký.
- Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 177 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly.
- Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 (1. a 4. cyklus) klesl průměrný obsah přístupného vápníku v O horizontu o 540 mg.kg⁻¹. Tento pokles byl statisticky velmi významný. V P horizontu byl pokles mezi 1. a 4. cyklem o 315 mg.kg⁻¹; pokles nebyl statisticky průkazný.
- Přístupný vápník byl v jednotlivých letech v O horizontu mírně nižší než v P horizontu (výjimkou byl rok 1995).

- Průměrný obsah celkového vápníku poklesl mezi 1. a 4. cyklem o 760 mg.kg^{-1} v O horizontu, a o 1084 mg.kg^{-1} v P horizontu; snížení není statisticky významné.
- Nižší průměrné obsahy celkového vápníku byly v jednotlivých odebíraných letech v základním subsystému oproti kontaminovanému v O i P horizontu.
- Průměrné obsahy přístupného vápníku se při porovnání roku 1995 a 2013 snížily v O i P horizontu u orné půdy, TTP, i chmelnic (v řádu stovek mg.kg^{-1}). Pokles u jednotlivých kultur byl bez statisticky významného rozdílu, pouze pokles v O horizontu orných půd je statisticky významný.
- Pokles obsahu celkového vápníku nastal u orných půd, TTP, sadů a chmelnic v O i P horizontu. Snížení průměrných obsahů bylo většinou řádově ve stovkách až v tisíci mg.kg^{-1} . Snížení není statisticky významné.
- Hodnoty maxim u orné půdy se v porovnání 1. a 4. cyklu zmenšily v obou subsystémech v horizontu O i P.

5.6 Síra v půdě

5.6.1 Obecná charakteristika síry

Síra je jedním z esenciálních prvků nutných pro optimální růst rostlin (Tisdale et al., 1985). Na síře závisí také metabolismus rostlin a deficit tohoto prvku má za následek základní metabolické poruchy, které způsobují jak redukcí sklizně, tak snížení kvality produkce (Duke et Reisenauer, 1986).

Síře jako rostlinné živině byla věnována jen malá pozornost v porovnání s ostatními makroprvky, protože přísun S z atmosférických spadů a hnojiv byl dostačující pro zajištění požadavků rostlin (Schnug et al. 1993). Hlavním zdrojem atmosférické síry jsou podle Noggle et al. (1986) oceány (24 %), půda (34 %), sopečná aktivita (7 %) a průmysl (35 %).

Se vzrůstajícím používáním fosilních paliv v průběhu průmyslového rozvoje a rozvoje měst se emise síry v atmosféře neustále zvyšovaly a svého maxima dosáhly v Německu v 70. letech na úrovni $45 - 50 \text{ kg S.ha}^{-1}$ (Schnug et al. 1993). Vzdálenost od zdroje určuje množství S v depozicích. Zatímco v městských a venkovských regionech se depozice pohybovala na úrovni $< 15 \text{ kg S.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, v blízkosti průmyslových zón to bylo až $168 \text{ kg S.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (Olson et Rehm, 1986). Tlustoš et al. (2001) považuje intenzivní průmyslovou činnost a s ní spojenou produkci energie, zejména spalování hnědého uhlí za rozhodující zdroj síry v ovzduší u vnitrozemských států. Téměř 2/3 atmosférického SO_2 pochází z emisí způsobených činností člověka (Vodrážka, 2002). Při spalování uhlí, které obsahuje síru, vzniká oxid siřičitý, který se vzdušným kyslíkem oxiduje na oxid sirový a se vzdušnou vlhkostí tvoří kyselinu sírovou (Zmrhal, 2001). Ve formě aerosolu se pak dostává část kyseliny sírové a síranů do půdy (Vodrážka, 2002). Do půdy se síra také dostává přímým kontaktem SO_2 s povrchem půdy (Vaněk et al., 2001). Zmrhal (2001) uvádí další vstupy síry z minerálních a organických hnojiv a z posklizňových zbytků.

Z důvodu škodlivých účinků vysokých obsahů SO_2 na rostliny a zdraví lidí bylo na základě mezinárodních protokolů a dohod přistoupeno k snížení emisí síry a v evropských zemích k vydání nařízení na odsíření průmyslových emisí (Schnug, 1998). Výsledkem byla silná

redukce atmosférické depozice síry na začátku 90. let (Schnug et al., 1993). V severním Německu se například depozice síry snížila během 12 let z cca 40 kg S.ha⁻¹.rok⁻¹ na 14 kg S.ha⁻¹.rok⁻¹ v roce 1990 (Eriksen et al., 1998). Jednotlivé státy tohoto regionu vykázaly v letech 1980-1987 pokles emisí oxidu siřičitého o 21 až 58 % (Ceccotti, 1996). Filipek-Mazur et al. (2001) udávají, že emise SO₂ se v Polsku snížily během devadesátých let o 48 % a v průměru představovaly dodávku 40 kg S.ha⁻¹.rok⁻¹. Fecenko et al. (2001) uvádějí spady SO₂ na území Slovenska < 2 t SO₂.km⁻² (7,5 kg S.ha⁻¹) pro asi 1/3 území. Dále dodávají, že depozice SO₂ má klesající tendenci. Také v ČR došlo k výraznému poklesu produkce SO₂, či přesněji k omezení jeho úniku do atmosféry (Tlustoš et al., 2001).

Výsledkem redukováných emisí síry bylo nedostatečné pokrytí potřeb rostlin, což vedlo k rozšíření poruch ve výživě u polních plodin a prokazatelnému snížení přirozené rezistence plodin proti některým chorobám (Schnug, Ceynova, 1990). Důvodem je vysoký požadavek rostlin na síru, kdy rostliny přijmou 41 - 94 kg S.ha⁻¹ (Haneklaus et Bloem 2000).

Anorganické a organické sloučeniny síry v půdě představují 0,02 – 2 % půdní hmoty (Reisenauer et al, 1973). Převažující složkou je síra v organických sloučeninách - až 98 % celkové síry (Vaněk et al., 2012). Anorganické sloučeniny síry se nachází převážně ve formě síranů, sulfidů a sulfanů (Fecenko et Ložek, 2000). Mezi nejdůležitější minerály v půdě obsahující síru patří sádra, anhydrit, pyrit a chalkopyrit (Zmrhal, 2001; Vodrážka, 2002). Organická síra v půdě je zastoupena třemi typy sloučenin: síranovými estery, aminokyselinami s obsahem S a sloučeninami s vazbou síry přes uhlík. Síranové estery jsou více labilní než sloučeniny se sírou vázanou přes uhlík, a proto jsou považovány za důležitý zdroj přístupné síry pro rostliny (Freney et al., 1972). Probert (1980) uvádí, že rozložení organické síry v půdním profilu odpovídá rozložení organické hmoty, tzn. že s hloubkou se množství snižuje.

Obsah síry ve většině zemědělských půd kolísá v širokém rozsahu, běžně od 50 do 500 mg S.kg⁻¹ (Vaněk et al., 2012). V běžných nezamokřených a dobře vzdušných minerálních půdách je nejvíce anorganické síry obsaženo v síranech a to ve formě vodorozpuštěných, sorbovaných a nerozpustných síranů (Freney et Williams, 1980). Bohn et al. (1986) dodávají, že nerozpustné sírany jsou ve formě vápenatých, hořečnatých, popřípadě i sodných síranů. Podíl síranů na celkovém obsahu síry v půdě je v rozmezí 10 - 15 % (Harward et Reisenhauer 1966).

Sírany se do půdního roztoku dostávají z adsorbované nebo organické zásoby (Blair, 2002). Obsah síranů v půdě v průběhu vegetace značně kolísá i v závislosti na půdním druhu a typu a vodním režimu půdy (Castellano et Dick, 1990) a do značné míry koresponduje s dynamikou obsahu nitrátů (Fecenko et Ložek, 2000). Na rozdíl od sloučenin fosforu, které jsou v půdě velmi málo pohyblivé a jejichž koncentrace v půdním roztoku je nízká, koncentrace síranů je několikanásobně vyšší a snadněji může docházet k jejich ztrátám (Tlustoš et al., 2001). Eriksen (1997) udává ztráty síry vyplavováním v zemědělských půdách 30 - 40 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ a udává, že tyto ztráty byly větší než celkový vstup S z atmosféry, což vede k potenciálnímu deficitu S v půdě.

5.6.2 Hodnocení obsahu síry v půdě v roce 2013

Síra byla v půdních vzorcích z BMP z roku 2013 analyzována poprvé. A to v extraktu lučavky královské.

Průměrný obsah celkové síry na všech plochách BMP bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd v roce 2013 byl 277 mg.kg^{-1} v O horizontu a 197 mg.kg^{-1} v P horizontu (příloha 1). To znamená, že v O horizontu je vyšší obsah síry, což souhlasí s tvrzením Fecenka et Ložeka (2000), totiž že s hloubkou se množství síry snižuje. Lyzimetrická sledování Klementa et Prechalové (2012) ukazují vyšší vyplavování síranů (SO_4^-) z vrchních vrstev, které je více patrné na intenzivně využívaném TTP (Závišín) než na hnojené orné půdě (Horažďovice). Eluát z orné půdy obsahoval $14,1 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (40 cm); $10,5 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (60 cm) a $14,7 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (80 cm). Eluát z TTP: $40,1 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (20 cm); $25,0 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (40 cm); $7,8 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (60 cm) a $9,3 \text{ kg SO}_4^-.ha^{-1}$ za rok (80 cm), (což jsou hmotnostně obdobná množství jako vyplavený vápník $24,0 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok na orné půdě v hloubce 40 cm a $54,2 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok na TTP v hloubce 20 cm). Roční ztráty S vyplavením ve formě síranů závisí na sorpčních vlastnostech půdy a na půdní reakci. V jejich vyplavování jsou značné rozdíly. K nejvyšším ztrátám dochází na písčitých půdách, naopak na půdách s vysokým obsahem uhličitánů je vyplavování síry zanedbatelné (Tlustoš et al., 2001). Roční ztráty vyplavením se pohybují od $1 - 60 \text{ kg S.ha}^{-1}$. (Eriksen et al., 1998).

Podle tabulky 27 mají sady nejvyšší průměrný obsah síry (440 mg.kg^{-1} v O horizontu a 418 mg.kg^{-1} v P horizontu). Tento výsledek je však významně ovlivněn jednou pozorovací plochou (2014B)³, kde dosahují obsahy síry v půdě hodnoty přes 1000 mg.kg^{-1} . Nejnižší obsah síry byl zjištěn na vinicích, což je překvapující zejména vzhledem k tomu, že přípravky na ochranu rostlin na bázi síry jsou ve vinicích, stejně jako v sadech, hojně využívány.

Vysoký obsah síry u TTP by mohl být dán faktem, že je zde velké množství organických zbytků z bohatého kořenového systému s vysokým obsahem organicky vázané síry. Nelson (1973) uvádí, že až 85 % S, které může být navraceno zpět do půdy pochází z pěstovaných rostlin.

Příloha 2 zobrazuje rozdělení ploch BMP na základní subsystém a subsystém kontaminovaných ploch. V kontaminovaném subsystému vychází vyšší obsah síry.

Příloha 13 hodnotí obsah síry podle kultur, subsystémů a druhů půd (medián). Orná půda je zastoupena nejvíce ve všech druzích půd. Vyšší obsah síry byl patrný v těžších půdách; rovněž tak v případě TTP byl vyšší obsah síry v těžších půdách.

Příloha 24 graficky znázorňuje statistické parametry obsahu celkové síry. Je zde vidět, že byly obsahy síry v O horizontu zřetelně vyšší než v P horizontu.

³ Podle údajů z databáze BMP týkajících se aplikovaných prostředků na ochranu rostlin zde byl v roce 2010 opakovaně během vegetace použit fungicidní přípravek Sulikol obsahující 50 % elementární síry. To může být možnou příčinou těchto vysokých obsahů v půdě. To potvrzuje Matula (1999), který uvádí použití přípravků na ochranu rostlin proti houbovým chorobám s obsahem síry jako další způsob, kterým se síra dostává do půdy.

Tabulka 27 *Popisná statistika obsahu síry na monitorovacích plochách BMP v roce 2013 pro jednotlivé kultury bez rozlišení subsystémů a půdních druhů (lučavka královská; mg.kg⁻¹)*

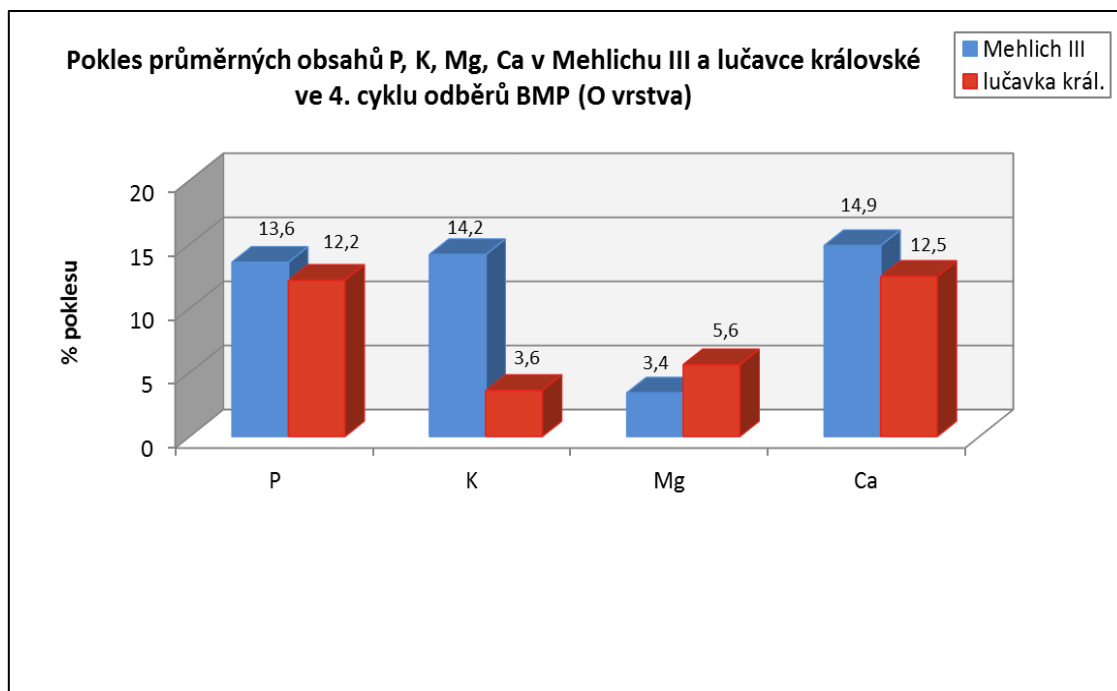
lučavka královská (mg.kg ⁻¹)										
Kultura	Horizont	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	154	243	99	592	179	198	226	275	335
	P	154	155	48	404	82	101	144	189	254
TTP	O	44	375	183	1558	212	278	359	411	496
	P	44	287	145	1171	169	205	256	309	374
	R	44	205	69	592	117	129	186	233	325
Sady	O	6	440	184	1525	184	192	218	302	1525
	P	6	418	82	1783	82	126	166	188	1783
Vinice	O	5	169	102	213	102	153	166	212	213
	P	5	137	74	178	74	115	141	178	178
Chmel.	O	5	390	239	770	239	268	299	376	770
	P	5	411	156	924	156	183	241	552	924

5.6.3 Závěry z hodnocení obsahu síry v půdě na plochách BMP

- Obsah síry byl v půdních vzorcích BMP poprvé stanoven v roce 2013. Síra byla stanovena v extraktu lučavky královské.
- Průměrný obsah celkové síry na všech plochách BMP v roce 2013 bez rozlišení na subsystémy, kultury a druhy půd byl 277 mg.kg⁻¹ v O horizontu a 197 mg.kg⁻¹ v P horizontu.
- Podle průměrů vychází nejvyšší obsah síry v sadech (440 mg.kg⁻¹ v O horizontu a 418 mg.kg⁻¹ v P horizontu). Chmelnice měly druhý nejvyšší obsah.
- V kontaminovaném subsystému byl zjištěn vyšší obsah síry než v základním subsystému.
- U orné půdy a TTP byl patrný vyšší obsah síry v těžších půdách.

5.7 Změny a vývoj pH a obsahů P, K, Mg, Ca na plochách BMP

Porovnání 1. a 4. cyklu (1995 a 2013) odběrů vzorků BMP ukázalo, že průměrné obsahy i mediány přístupných i celkových živin v půdě poklesly. Největší snížení zaznamenal vápník; a to jak ve vyluhovadle Mehlich III – pokles o 14,9 % v roce 2013 oproti roku 1995, tak i v lučavce královské – pokles o 12,5 % v roce 2013 oproti roku 1995.



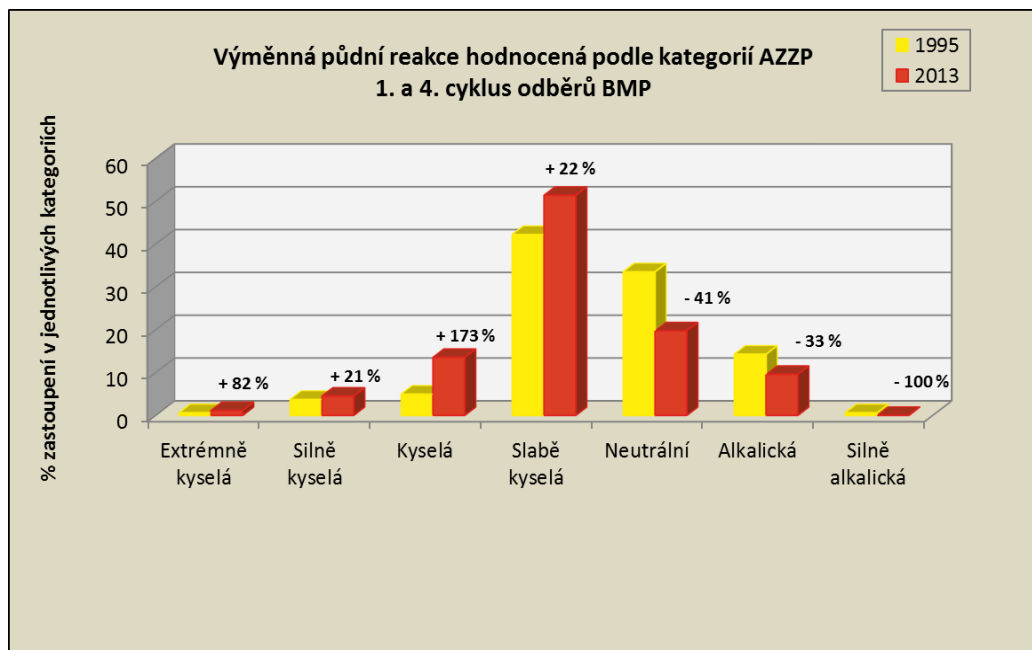
Při porovnání roku odběru 1995 a 2013 kleslo i výměnné pH na plochách BMP a to v O horizontu o 0,3. Mezi 1. cyklem a cykly ostatními byl statisticky velmi významný rozdíl. Výměnné pH se v odběrových cyklech snižovalo u všech kultur.

Hodnocení výměnného pH na plochách BMP podle kritérií AZZP znamenalo při porovnání 1. a 4. cyklu procentický nárůst půd v „kyselých“ kategoriích a úbytek v kategoriích „zásaditých“ (graf 13). Což svědčí o okyselení půd.

Příčinami okyselení půd je absence vápenatého hnojení. Dále používání kysele působících hnojiv. Půdy se okyselují, protože se koncentrace vodíkových iontů v půdě zvyšuje; a to hlavně hnojivy na bázi amonného iontu a odvozem organické hmoty z pole. Většina rostlinného materiálu je lehce alkalické povahy. Pokud je rostlinný materiál opakovaně odvážen, zůstává převaha vodíkových iontů (Gazey et Davies, 2009).

Graf 13

Vývoj výměnného pH v půdě v jednotlivých kategoriích AZZP mezi 1. a 4. odběrovým cyklem (1995 a 2013) na monitorovacích plochách BMP. Bez rozlišení kultur, subsystémů a půdních druhů



Hodnocení přístupných živin podle kategorií AZZP rovněž ukázalo nárůst procenta vzorků/ploch v kategoriích s méně uspokojivým obsahem a naopak pokles v kategoriích s obsahem optimálním.

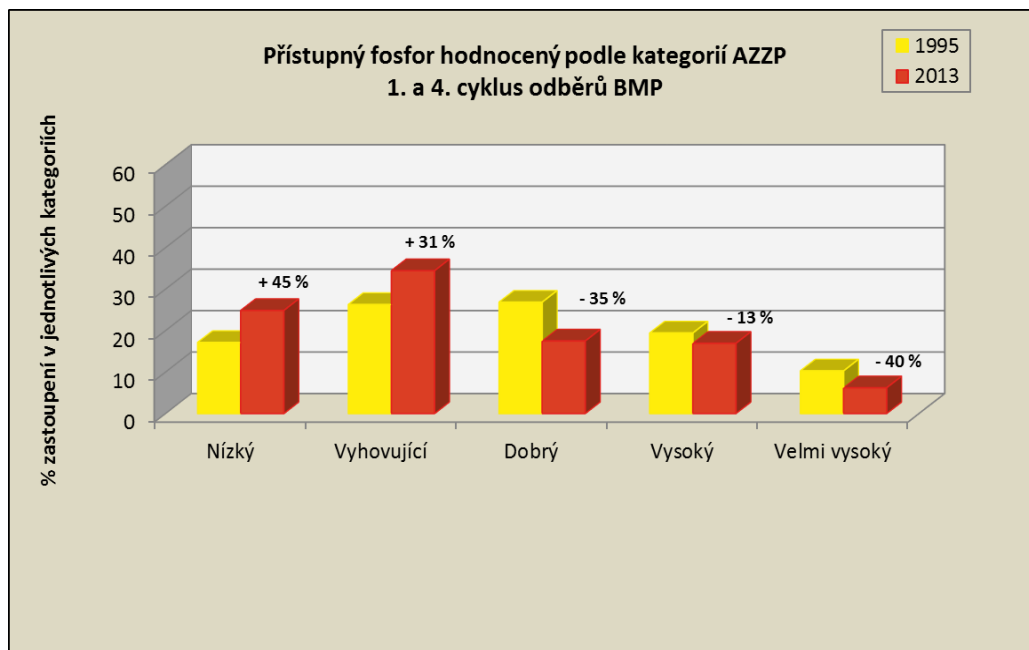
Procentický vývoj v jednotlivých kategoriích je zobrazen v grafech 14, 15, 16, 17.

Kategorie nízký obsah vyjadřuje nedostatečnou zásobu živiny v půdě a potřebu jejího dosycení. Tato kategorie se v roce 2013 navýšila o 45 % u fosforu, o 29 % u draslíku a o 23 % u vápníku.

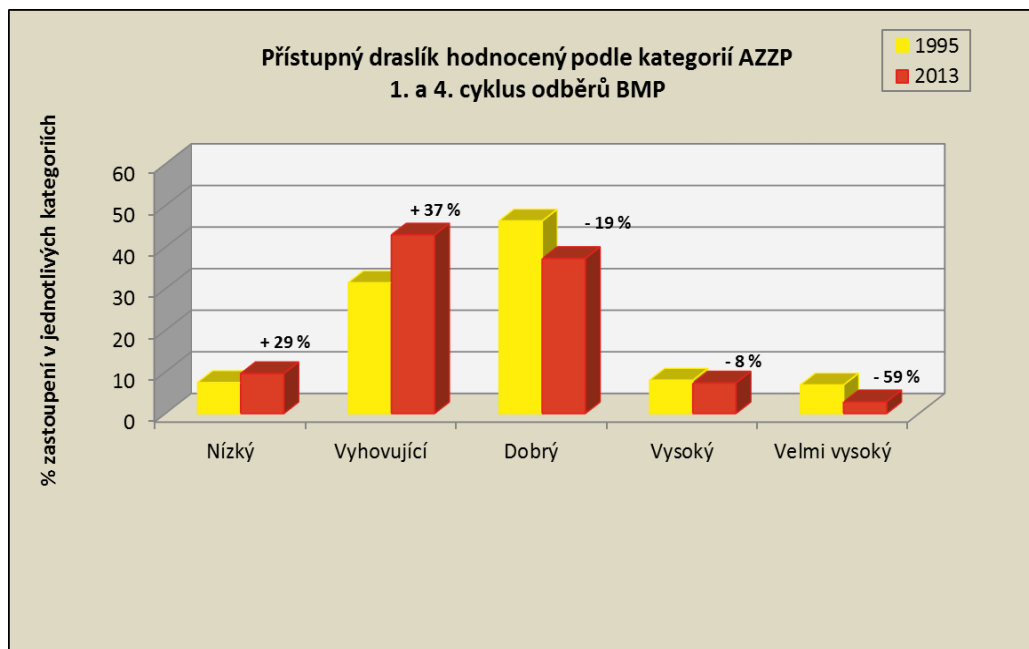
Vyhovující a dobrý obsah představuje žádoucí zásobu, kterou je třeba hnojením pouze udržovat a v případě ekonomických problémů je možno hnojení (pouze však při dobré zásobě živin v půdě) i krátkodobě vynechat. Kategorie vyhovujícího obsahu se rovněž navýšila, ale kategorie dobrého obsahu již klesá, což znamená, že by bylo dobré opět začít hnojit, ať již přetrvávají ekonomické problémy či nikoli.

Obsah vysoký a velmi vysoký je nadměrný a hnojení je v těchto případech zbytečné a z ekologického hlediska až nežádoucí. Obě tyto kategorie rovněž poklesly, v součtu o desítky procent.

Graf 14 *Vývoj obsahu přístupného fosforu v půdě v jednotlivých kategoriích AZZP mezi 1. a 4. odběrovým cyklem (1995 a 2013) na monitorovacích plochách BMP. Bez rozlišení subsystémů*



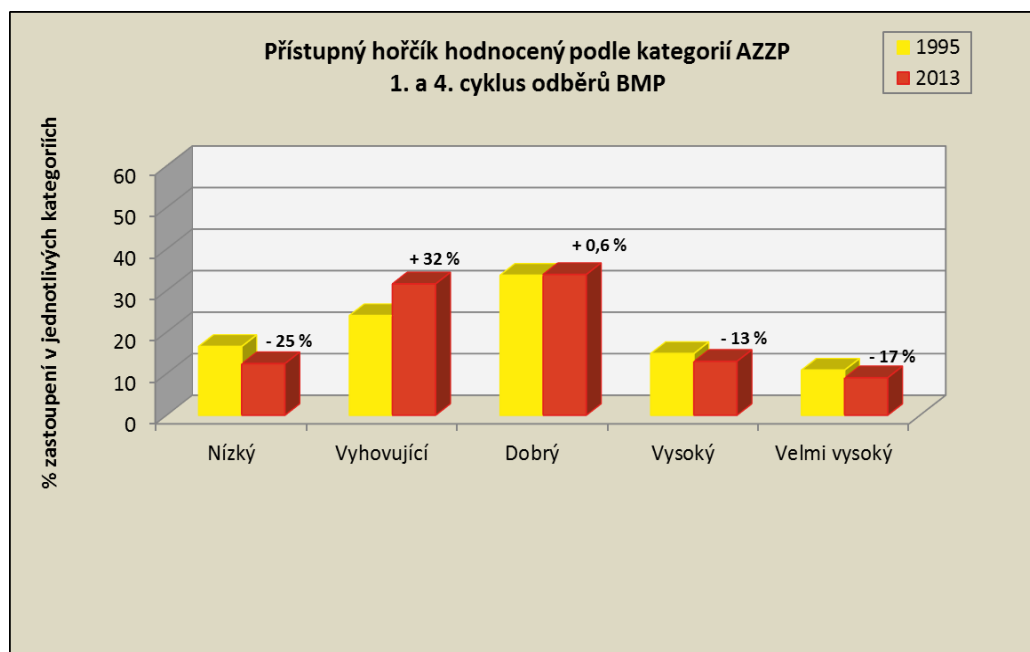
Graf 15 *Vývoj obsahu přístupného draslíku v půdě v jednotlivých kategoriích AZZP mezi 1. a 4. odběrovým cyklem (1995 a 2013) na monitorovacích plochách BMP. Bez rozlišení subsystémů*



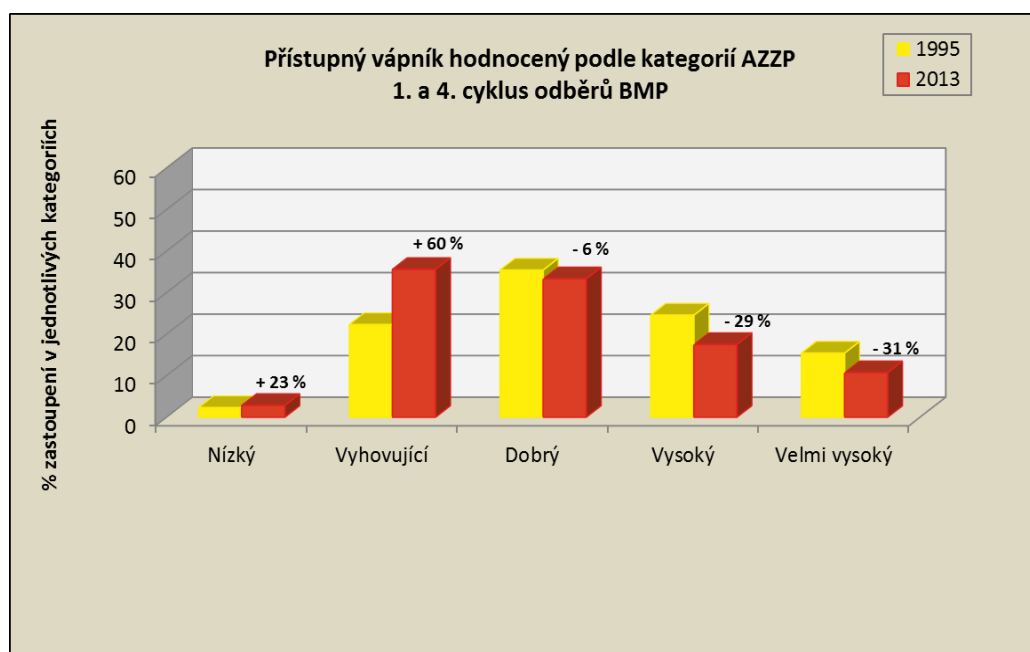
Dlouhodobě se Mg odčerpává z půdních zásob a pouze v období, kdy se u nás aplikovalo větší množství vápenatých hnojiv s obsahem Mg (1975 – 1991), se tento bilanční rozdíl zlepšil. Značným omezením vápnění se přísun Mg snížil a Mg je čerpán z půdní zásoby.

V řadě oblastí proto množství výměnného Mg pokleslo pod únosnou mez (pod 5 % KVK) a jeho úhradě bude nutné věnovat patřičnou pozornost (Vaněk et al., 2012).

Graf 16 Vývoj obsahu přístupného hořčíku v půdě v jednotlivých kategoriích AZZP mezi 1. a 4. odběrovým cyklem (1995 a 2013) na monitorovacích plochách BMP. Bez rozlišení subsystémů



Graf 17 Vývoj obsahu přístupného vápníku v půdě v jednotlivých kategoriích AZZP mezi 1. a 4. odběrovým cyklem (1995 a 2013) na monitorovacích plochách BMP. Bez rozlišení subsystémů

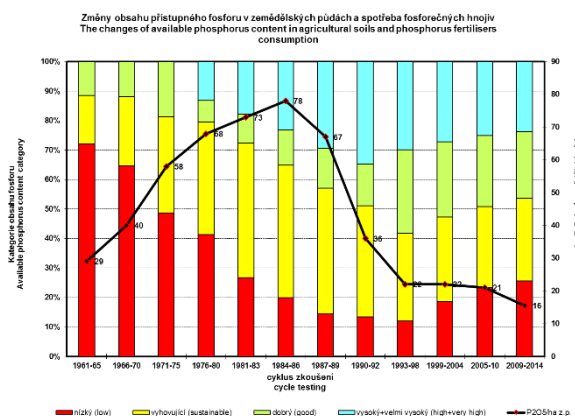


K dokreslení stavu výměnného pH a přístupných živin v zemědělských půdách a hnojení minerálními hnojivy v ČR slouží graf 18.

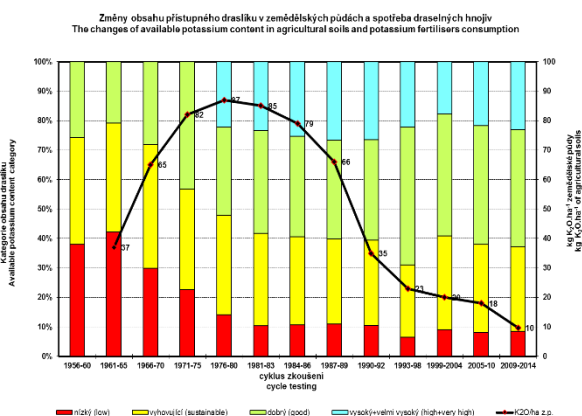
Při absenci hnojení fosforečnými hnojivy jsou čerpány půdní rezervy, které nejsou dostatečně obnovovány. Hnojení ať již každoroční, či jednorázové na tři roky, je třeba dodržovat, aby byl pokryt úbytek P odebraného sklizněmi. V případě, že obsah přijatelného P dosáhne určité hranice, nepůsobí hnojení fosforečnými hnojivy již výnosotvorně, P je však doplňován do půdní zásoby (Vaněk et al., 2012).

Graf 18 Vývoj obsahu přístupného P a K a půdní kyselosti v půdách ČR ze sledování AZZP a spotřeba hnojiv (Smatanová et Sušil, 2015)

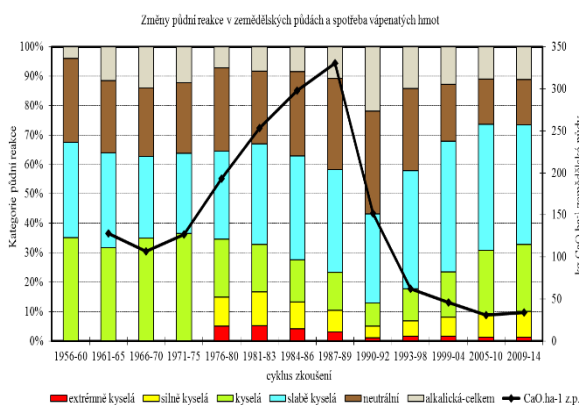
Fosfor a fosforečná hnojiva



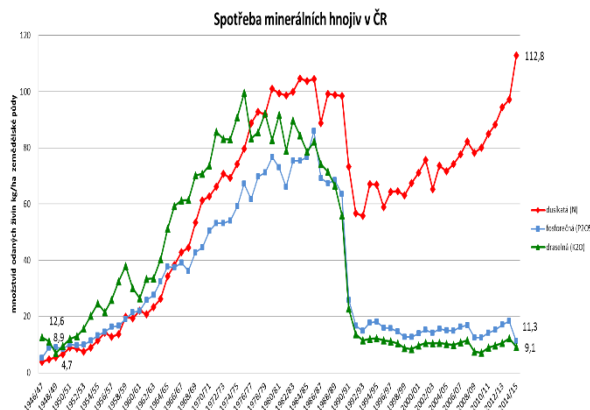
Draslík a draselná hnojiva



Půdní reakce a vápenatá hnojiva



Minerální hnojiva



6 Literární zdroje

- Blair, G.J. 2002. Sulphur fertilisers: a global perspective. *Proceedings*. IFS 498, 36 s. ISSN 1466-1314.
- Bohn, H.L. – Barrow, N.J. – Rajan, S.S.S. – Parfitt, R.L. 1986. Reactions of inorganic sulphur in soils. In Tabatabai, M.A. (ed.). *Sulphur in Agriculture, Agronomy*. Madison, Wisconsin, USA: ASA, CSSA, SSSA. 27, s. 233-249.
- Castellano, S.D. - Dick, R.P. 1990. Cropping and sulphur fertilization influence on sulphur transformations in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, s. 114-121.
- Ceccotti, S.P. 1996. A global review of nutrient sulphur balance, fertilizers, and the environment. *Agro Food Industry Hi-Tech*. 7, 6, s. 8-22.
- Duke, S. H. - Reisenauer, H.M. 1986. Roles and requirements of sulphur in plant nutrition. In Tabatabai, M.A. (ed.). *Sulphur in Agriculture*. Madison, Wisconsin, USA: ASA, CSSA, SSSA. s. 123-168.
- Eriksen, J. 1997. Animal manure as S fertilizer. *Sulphur in Agriculture*. 20, s. 27-30.
- Eriksen, J. - Murphy, M.D. - Schnug, E. 1998. The soil sulphur cycle. In Schnug, E. (ed.). *Sulphur in Agroecosystems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. s. 39-73.
- Fecenko, J. – Ložek, O. 2000. *Výživa a hnojení polních plodin*. Nitra: SPU. 452 s. ISBN 80 7137-777-5.
- Fecenko, J. – Ložek, O. – Kulich, S. 2001. Problematika potřeby hnojiv s obsahem síry v SR. In *Sborník z konference „Racionální použití hnojiv“*. Praha: ČZU. s. 70-75.
- Freney, J.R. – Stevenson, F.J. – Beavers, A.H. 1972. Sulphur-containing amino acids in soil hydrolysates. *Soil Sci.* 114, s. 468-476.
- Freney, J.R. - Williams, C.H. 1980. Forms and amounts of sulphur in soils. In Freney, J.R. – Nicolson, A.J. (ed.). *Sulphur in Australia*. Canberra: Australian Academy of Science. s. 170-175.
- Gazey, Ch. - Davis, S. (2009): Soil acidity, A guide for WA farmers and consultants. Bulletin 4784, November 2009. Department of Agriculture and Food. Western Australia. ISSN 1833-7246.
- Haneklaus, S. - Bloem, E. 2000. Sulphur in agroecosystems. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricultura*. 204, 81, s. 17-23.
- Harward, M.E. – Reisenauer, H.M. 1966. Reactions and movement of inorganic soil sulfur. *Soil Science*. 101, s. 326-355.
- Jandák, J. - Prax, A. - Pokorný, E. 2001: *Půdoznalství*. Ediční středisko MZLU, Brno, 142 p.
- Klement, V. - Prchalová, R. 2013: *Lyzimetrická sledování*. Výsledky lyzimetrického měření Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského za 25 let sledování. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-078-1. 44 p.
- Klement, V. - Smatanová, M. - Trávník, K. 2012: *Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice, Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ*. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-062-0. 96 p.
- Matula, J. 1999. *Výživa a hnojení sírou*. *Agro*. 11-12, s. 15-18.

Nelson, L.E. 1973. The effect of crop residues on the growth of turnips and their recovery of sulphur from soils. *Soil Sci.* 115, s. 447-454.

Noggle, J.C. – Meagher, J.F. – Jones, U.S. 1986 Sulphur in the atmosphere and its effect on plant growth. In Tabatabai, M.A. (ed.). *Sulphur in Agriculture*. Madison, Wisconsin, USA: ASA. s. 207-232. ISBN 0-89118-089-3.

Olson, R.A. - Rehm, G.W. 1986. Sulphur in precipitation and irrigation waters and its effects on soils and plants. In Tabatabai, M.A. (ed.). *Sulphur in Agriculture*. Madison, Wisconsin, USA: ASA, CSSA, SSSA, s. 279-294.

Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016. Metodický pokyn č. 9/SZV. ÚKZÚZ Brno.

Probert, M.E. 1980. Effect of soil forming processes on the distribution of sulphur in soils. In Freney, J.R. – Nicolson, A.J. (ed.). *Sulphur in Australia*. Canberra: Australian Academy of Science, s. 158-169.

Reisenauer, H.M. – Walsh, L.M. – Hoefft, R.G. 1973. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chloride. *Soil Sci. Soc. Am. J. Inc.* Madison, s. 173-200.

Richter, R., Hlušek, J. (1999): *Výživa a hnojení rostlin*. I. obecná část. MZLU v Brně. ISBN 80-7157-138-5. 177 p.

Schnug, E. – Haneklaus, S. – Murphy, D. 1993. Impact of sulphur fertilisation on fertiliser nitrogen efficiency. *Suplhur Agr.* 17, s. 8-122.

Schnug, E. 1998. Response of plant metabolism to air pollution and global change – impact on agriculture. In De Kok, L.J. – Stulen, I. (eds.). *Responses of Plant Metabolism to Air Pollution and Global Change*. Netherlands: Backhuys Publ., s. 15-22.

Schnug, E. - Ceynova, J. 1990. Crop protection problems for double low rape associated with decreased disease resistance and increased pest damage. *Proceedings Conference on Crop Protection in Northern Britain, Dundee*. s. 275-282.

Smatanová, M., Sušil, A. (2015): *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2009 - 2014*. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-114-6. 106 p.

Tisdale, S.L. - Nelson, W.L. - Beaton, J.D. 1985. *Soil fertility and fertilizers*. 4th edition. New York: Macmillan.

Tlustoš, P. – Pavlíková, D. – Balík, J. – Száková, J. 2001. Koloběh síry v půdě a v prostředí. In *Sborník z konfer. „Racionální použití hnojiv“*. Praha: ČZU. s. 20-26.

Vaněk, V. – Kolář, L. – Štípek, K. – Jakl, M. 2001. Úloha síry v rostlinách a její potřeba. In *Sborník z konference „Racionální použití hnojiv“*. Praha: ČZU. s. 27-34.

Vaněk, V. et al. (2012): *Výživa zahradních rostlin*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2147-2. 568 p.

Vodrážka, Z. 2002. *Biochemie*. Praha: Academia. Druhé opravené vydání. 476 s.

Vopravil, J. a kol. (2010): *Půda a její hodnocení v ČR*, díl I. 2. vydání, Praha. ISBN 978-80-87361-05-4. 146 p.

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.

Zbíral, J., Honsa, I. et al. 2010. *Jednotné pracovní postupy - Analýza půd I.* ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-031-6. 290 p.

Zbíral, J. et al., 2011. *Jednotné pracovní postupy - Analýza půd II.* ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-040-8. 230 p.

Zmrhal, Z. 2001: *Síra*. In Mareček, F. (ed.). *Zahradnický slovník naučný, 5 R-Ž*. Praha: ÚZPI. s. 271-272. ISBN 80-7271-075-3.