

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD
PŮDNÍ REAKCE A OBSAH ŽIVIN

1995–2019

I. část (hodnocení cyklu vzorkování 2019)

Zpracoval: Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Dušan Reininger
Ing. Tomáš Svoboda

Předkládá: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, duben 2022

Autoři fotografií:

Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.

Ing. Pavel Kuttelvascher

Ing. Boleslava Pilcová

Ing. Pavel Roháček

Ing. Jana Šmídová

Ing. Lenka Štěpařová

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍLE	8
3	PRÁVNÍ PODPORA.....	9
4	METODIKA PRACÍ.....	10
4.1	Obecná charakteristika	10
4.2	Odběr vzorků.....	10
4.3	Termín odběru a úprava vzorků	11
4.4	Analyzované parametry.....	12
4.5	Principy chemických metod.....	12
4.5.1	Stanovení výměnného a aktuálního pH.....	12
4.5.2	Stanovení obsahu přístupných živin P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehlicha 3.....	13
4.5.3	Stanovení obsahu P, K, Mg, Ca v extraktu lučavky královské	13
4.5.4	Stanovení obsahu uhličitánů	13
4.6	Hodnocení půdních dat.....	14
5	STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH V ROCE 2019.....	19
6	HODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA MONITOROVACÍCH PLOCHÁCH V ROCE 2019.....	21
6.1	Stav agrochemických parametrů v celém souboru ploch.....	21
6.1.1	Půdní reakce.....	21
6.1.2	Obsah fosforu.....	23
6.1.3	Obsah draslíku	25
6.1.4	Obsah hořčíku	27
6.1.5	Obsah vápníku	29
6.1.6	Obsah uhličitánů	32
6.1.7	Shrnutí (celý soubor ploch).....	34
6.2	Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých kultur.....	35
6.2.1	Půdní reakce.....	35
6.2.2	Obsah fosforu.....	37
6.2.3	Obsah draslíku	40
6.2.4	Obsah hořčíku	42
6.2.5	Obsah vápníku	44
6.2.6	Obsah uhličitánů	47
6.2.7	Shrnutí (kultury).....	48
6.3	Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých půdních typů	50
6.3.1	Půdní reakce.....	50
6.3.2	Obsah fosforu.....	53
6.3.3	Obsah draslíku	57



6.3.4	Obsah hořčíku	61
6.3.5	Obsah vápníku	65
6.3.6	Obsah uhličitánů	69
6.3.7	Shrnutí (půdní typy)	72
6.4	Závěry z hodnocení cyklu vzorkování 2019	75
7	LITERÁRNÍ ZDROJE	78

POUŽITÉ ZKRATKY

AZZP	Agrochemické zkoušení zemědělských půd
BMP	bazální monitoring půd
CZE	kapilární (zónová) elektroforéza
ČIA	Český institut pro akreditaci
EDTA	kyselina etylendiamintetraoctová
ICP-OES	optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ISO	International Standard Organization
MZe	Ministerstvo zemědělství
NRL	Národní referenční laboratoř
O	ornice, orniční horizont, orniční vrstva
P	podorničí, podorniční horizont, podorniční vrstva
R	druhé podorničí (při odběrech trvalých travních porostů), druhá podorniční vrstva
PP	pozorovací plocha
TTP	trvalý travní porost
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský



1 ÚVOD

Odběry půdních vzorků realizované 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 pravidelné víceleté odběry půdních vzorků provádí na monitorovacích plochách založených na zemědělské půdě ČR. Tyto plochy tvoří soubor nazvaný Bazální monitoring půd, který se skládá z orných půd, trvalých travních porostů, sadů, vinic a chmelnic.

Půdní data shromažďována ÚKZÚZ jsou výslednicí časově, personálně a profesionálně velmi náročných operací od kvalifikovaných odběrů 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 2019. Hodnocení všech uplynulých cyklů (2013, 2007, 2001 a 1995) bude zveřejněno ve II. části.

2 CÍLE

Bazální monitoring půd 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 přidavku 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.

Data jsou z ÚKZÚZ předávána na MZe, kde slouží jako podklad k legislativním účelům.

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 (214 PP) na orné půdě, TTP, sadů, vinic a chmelnic. 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 v terénu přesně zaměřeny, aby byly prostorově identické pro následné odběry. První vzorkování proběhlo v roce 1992, v roce 1995 bylo zopakováno za použití optimalizované metody. Tzv. základní odběry vzorků půd probíhají v šestileté periodě (roky 1995, 2001, 2007, 2013, 2019, ...) vždy podle stejného schématu (obrázek 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. Analytické metody se řídí jednotnými pracovními postupy NRL ÚKZÚZ. Současně jsou uplatněny národní nebo mezinárodní normy odběrů vzorků a analytických prací.

Terénní práce byly zabezpečovány pracovníky Odboru kontroly zemědělských vstupů ÚKZÚZ v jednotlivých regionech (Brno, Opava, Havlíčkův Brod, Praha, Chrástava, Plzeň, Planá nad Lužnicí), analytické práce Národní referenční laboratoří ÚKZÚZ. Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionálních laboratořích v Plzni a Brně. 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 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 (podorničí, označení vzorku – P).

Z odběru se vyloučila přechodová vrstva 25–35 cm mezi ornici a podorničím.

TTP – odběr 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)

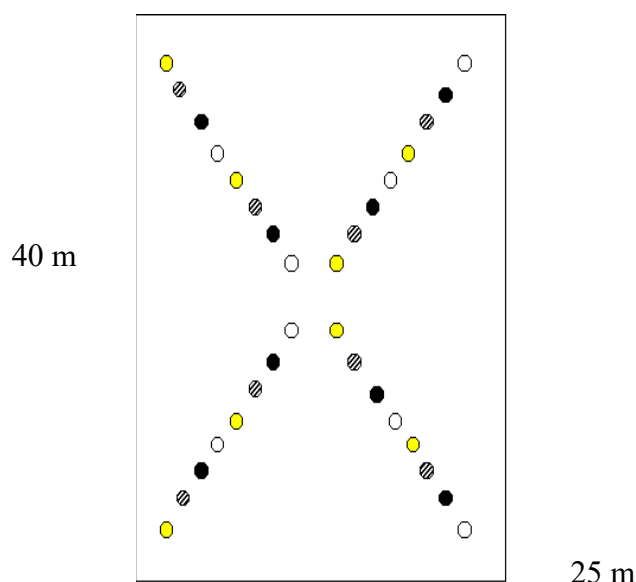
Chmelnice – odběr ze dvou horizontů:

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.

Při odběru bylo nutno dbát, aby byly důsledně odděleny vzorkované horizonty. Z každého horizontu byly odebrány 4 směsné vzorky tvořené vždy 8 individuálními vzorky. Umístění jednotlivých individuálních vzorků je znázorněno na obrázku 1.

Obrázek 1 Základní vzorkování – odběrové schéma na pozorovací ploše



Umístění individuálních vzorků k získání 4 směsných vzorků:

č. 1  č. 2  č. 3  č. 4 

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. K odběru se používal Edelmanův vrták.

Po odběru se vzorky ukládaly do sáčků.

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

V základním vzorkování 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 – 0,43M HNO₃

Hg – celkový obsah

P, K, Mg, Ca – Mehlich 3, lučavka královská

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

semikvantitativní stanovení uhličitů

pH – CaCl₂, H₂O

Cox, glomalin a barevný kvocient Q4/6 stanovený metodou NIRS; C_{tot} a N_{tot} stanovený na CN analyzátoru; sušina

kationtová výměnná kapacita (KVK)

Tato zpráva hodnotí pouze vybrané parametry (pH, obsahy P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehlicha 3 a v extraktu lučavky královské, obsah uhličitů).

Půdní vzorky se analyzovaly výhradně v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ, která má osvědčení o akreditaci podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.

4.5 Principy chemických metod

Analýzy byly prováděny ve vysušených vzorcích půdy upravených podle postupu 30010.1. Jednotných pracovních postupů (Zbiral et al., 2016).

4.5.1 Stanovení výměnného a aktuálního pH

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 (postup 30040.1) a v případě aktuálního pH demineralizovaná voda (postup 30042.1) (Zbiral et al., 2016).

4.5.2 Stanovení obsahu přístupných živin P, K, Mg, Ca v extraktu podle Mehliche 3

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 AZP 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 (postup 30068.1) (Zbiral et al., 2016).

Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je stanoven v půdním extraktu podle Mehliche 3 metodou ICP-OES (postup 30074.1). 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 měřicím 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 (Zbiral, Honsa et al., 2010).

Pro tuto zprávu byly použity výsledky stanovení fosforu metodou ICP-OES (pro hodnocení roku odběru 2019) a přepočítané na spektrofotometrické stanovení (pro porovnání s předchozími cykly, ve kterých byl fosfor stanovován spektrofotometricky).

4.5.3 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; Zbiral, et al., 2011). V extraktu je možné stanovit obsah makro i mikroprvků. Uvedený postup vychází z 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; Zbiral, et al., 2011). Princip metody ICP-OES je stejný jako u stanovení v půdním extraktu podle Mehliche 3 uvedeném v předchozí kapitole.

4.5.4 Stanovení obsahu uhličitánů

Postup je založen na uvolnění oxidu uhličitého z uhličitánů obsažených v půdě působením kyseliny chlorovodíkové. Vývin plynného oxidu uhličitého se hodnotí subjektivně. Stanovení se provádí podle postupu 30030.1 (Zbiral et al., 2016).

4.6 Hodnocení půdních dat

Hodnoceny byly agrochemické parametry (půdní reakce a obsahy P, K, Mg, Ca) ve výluhu Mehlich 3 a lučavky královské a obsah uhličitánů. V textu bude obsah živin ve výluhu Mehlich 3 označován jako obsah „přístupného“ P, K, Mg, Ca; obsah živin v extraktu lučavky královské bude označován jako obsah „celkového“ P, K, Mg, Ca. Výsledky obsahu prvků jsou udávány v mg.kg^{-1} suchého vzorku, půdní reakce ve stupních pH, obsah uhličitánů v procentech. Při hodnocení vzorků z podorničí, kdy jsou hodnoceny všechny kultury dohromady, nejsou do těchto vzorků započítávány vzorky z druhé spodní vrstvy (R) u trvalých travních porostů.

Pozorovací plochy jsou hodnoceny bez rozlišení na kontaminovaný a základní subsystém.

Nejprve bylo hodnocení agrochemických parametrů provedeno pro rok odběru 2019, pro 214 vzorkovaných monitorovacích ploch. Tyto plochy byly hodnoceny jednak jako celek (kapitola 7 *Hodnocení aktuálního stavu agrochemických parametrů na monitorovacích plochách v roce 2019*) a jednak byly rozděleny podle kultur (kapitola 7.8 *Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých kultur*) a podle půdních typů (kapitola 7.9 *Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých půdních typů*).

Pro jejich hodnocení byla použita popisná statistika (MS Excel 2010) a počítány byly tyto veličiny: aritmetický průměr; medián; 10., 25., 75. a 90. percentil; vyhledání minima a maxima. V případě, kdy měl laboratorní výsledek hodnotu menší než mez stanovitelnosti, byla do výpočtu zařazena poloviční hodnota této meze (např. laboratorní výsledek obsahu uhličitánů u vzorku byl $< 0,2 \%$. Ve výpočtech bylo proto počítáno s hodnotou $0,1 \%$).

Hodnocení parametrů bylo provedeno na základě kritérií stanovených vyhláškou č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů (tabulka 1–5) a na základě kritérií vycházejících z Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd (tabulka 6). Návrhy na korekci hnojení a půdní reakce jsou uvedeny v tabulkách 7 a 8.

Porovnání výsledků BMP bylo také provedeno s výsledky AZZP za cyklus odběrů 2014–2019 a s dalšími literárními údaji.

Statistické porovnání bylo provedeno pro orniční a podorniční vrstvu a pro jednotlivé kultury. Pro testování průkaznosti rozdílů v ornici a podorničí byl použit t-test pro závislé vzorky a pro testování průkaznosti rozdílů mezi kulturami byla použita jednofaktorová Anova. Vybrané půdní typy (na kterých se nacházely jak orné půdy, tak TTP v statisticky porovnatelném počtu – fluvizem, glej, kambizem, pseudoglej) byly testovány na průkaznost rozdílů mezi ornicí a podorničím a na průkaznost rozdílů mezi kulturami t-testem. Grafické zobrazení bylo provedeno pomocí krabicových grafů. Ke statistickému zpracování byl použit program Statistica (TIBCO Software Inc. (2020)). Data Science Workbench, verze 14.

Tabulka 1 *Kritéria pro hodnocení výměnné půdní reakce v AZZP (vyhláška 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

Tabulka 2 *Kritéria pro hodnocení obsahu fosforu v AZZP (Mehlich 3, mg.kg⁻¹, vyhláška č. 275/1998 Sb., stanovení metodou ICP-OES)*

Obsah P	Orná půda	Trvalé travní porosty	Sady a vinice (speciální kultury)	Chmelnice
Nízký	do 55	do 25	do 60	do 170
Vyhovující	56–85	26–55	61–110	171–240
Dobrý	86–125	56–100	111–185	241–315
Vysoký	126–200	101–165	186–265	316–425
Velmi vysoký	nad 200	nad 165	nad 265	nad 425

Tabulka 3 *Kritéria pro hodnocení obsahu draslíku v AZZP (Mehlich 3,; mg.kg⁻¹, vyhláška 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
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

Tabulka 4 **Kritéria pro hodnocení obsahu hořčíku v AZZP (Mehlich 3, mg.kg⁻¹, vyhláška 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
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

Tabulka 5 **Kritéria pro hodnocení obsahu uhličitánů v AZZP (vyhláška č. 275/1998 Sb.)**

% uhličitánů	Hodnocení obsahu uhličitánů
0	žádný
0,1–0,5	nízký
0,6–3,0	střední
3,1–5,0	vysoký
nad 5,0	velmi vysoký

Tabulka 6 **Kritéria pro hodnocení obsahu vápníku v AZZP (Mehlich 3, mg.kg⁻¹, Pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022)**

Obsah Ca	Druh půdy		
	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



Tabulka 7 Opatření pro úpravu půdní reakce u jednotlivých kultur – roční normativy dávek vápenatých hnojiv v tunách $\text{CaO}/\text{ha}^{-1}$ (vyhláška č. 275/1998 Sb.)

Orná půda a ovocné sady					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	1,20	do 4,5	1,50	do 4,5	1,70
4,6–5,0	0,80	4,6–5,0	1,00	4,6–5,0	1,25
5,1–5,5	0,60	5,1–5,5	0,70	5,1–5,5	0,85
5,6–5,7	0,30	5,6–6,0	0,40	5,6–6,0	0,50
-	-	6,1–6,5	0,20	6,1–6,5	0,25
-	-	-	-	6,6–6,7	0,20
Trvalé travní porosty					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	0,60	do 4,5	0,70	do 4,5	0,90
4,6–5,0	0,30	4,6–5,0	0,50	4,6–5,0	0,70
-	-	5,1–5,5	0,25	5,1–5,5	0,35
-	-	-	-	5,6–6,0	0,20
Vinice					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	0,60	do 4,5	1,00	do 4,5	1,30
4,6–5,0	0,45	4,6–5,0	0,70	4,6–5,0	0,90
5,1–5,5	0,30	5,1–5,5	0,50	5,1–5,5	0,60
5,6–6,0	0,20	5,6–6,5	0,30	5,6–6,5	0,40
-	-	-	-	6,6–6,9	0,20
Chmelnice					
pH	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda		
do 4,5	0,60	1,00	1,30		
4,6–5,0	0,45	0,70	0,90		
5,1–5,5	0,30	0,50	0,60		
5,6–6,5	0,20	0,30	0,40		
6,6–6,9	0,20	0,20	0,20		

Tabulka 8 ***Opatření pro korekci dávek živin (pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022)***

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

5 STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH V ROCE 2019

V tabulce 9 je zaznamenán počet ploch v roce 2019 podle krajů ČR a v tabulce 10 je počet ploch BMP nacházejících se v jednotlivých výrobních oblastech.

V roce 2019 se soubor skládal ze 148 PP orných půd, 50 PP trvalých travních porostů, 5 PP sadů, 5 PP vinic a 6 PP chmelnic (tabulka 11 a 12). Soubor je zastoupen 13 půdními typy tabulka 13. Celkem bylo odebráno 1920 vzorků (tabulka 11). U orných půd, sadů, vinic a chmelnic byly odebrány 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 bylo tedy odebráno 12 vzorků.

Tabulka 9 Počet ploch BMP podle jednotlivých krajů ČR v roce 2019

Kraj	Celkem ploch	Orná	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Hl. město Praha	0	0	0	0	0	0
Jihočeský	25	17	7	1	0	0
Jihomoravský	22	14	1	2	5	0
Karlovarský	8	3	5	0	0	0
Královéhradecký	13	10	3	0	0	0
Liberecký	7	1	5	1	0	0
Moravskoslezský	20	13	7	0	0	0
Olomoucký	11	9	2	0	0	0
Pardubický	10	8	2	0	0	0
Plzeňský	16	12	4	0	0	0
Středočeský	34	27	5	1	0	1
Ústecký	17	9	3	0	0	5
Vysočina	19	13	6	0	0	0
Zlínský	12	12	0	0	0	0
Celkem	214	148	50	5	5	6

Tabulka 10 Počet ploch BMP v jednotlivých výrobních oblastech v roce 2019

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

Tabulka 11 Počet odebraných a hodnocených PP a vzorků BMP v roce 2019

Rok	Počet PP	Počet vzorků	Základní subsystém		Subsystém kontaminovaných ploch	
			Počet PP	Počet vzorků	Počet PP	Počet vzorků
Hodnocené vzorky	214	1912	187	1696	27	216

Tabulka 12 Zastoupení počtu PP v jednotlivých kategoriích půdních druhů v rámci kultur na plochách BMP v roce 2019

Druh půdy	Orná půda	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Lehká	12	11	0	2	0
Střední	123	36	5	3	5
Těžká	13	3	0	0	1
Celkem	148	50	5	5	6

Tabulka 13 Počet PP a kultur podle jednotlivých půdních typů na plochách BMP v roce 2019

Půdní typ	Počet PP					
	Celkem	Orná	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Antropozem	1	-	1	-	-	-
Černice	2	2	-	-	-	-
Černoze	18	16	-	-	2	-
Fluvizem	29	22	3	-	-	4
Glej	11	6	5	-	-	-
Hnědozem	39	32	1	4	-	2
Kambizem	73	44	28	-	1	-
Luvizem	14	14	-	-	-	-
Pararendzina	2	1	1	-	-	-
Pseudoglej	16	7	9	-	-	-
Regozem	3	1	1	-	1	-
Rendzina	4	2	1	-	1	-
Šedoze	2	1	-	1	-	-
Celkem	214	148	50	5	5	6

6 HODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA MONITOROVACÍCH PLOCHÁCH V ROCE 2019

V roce 2019 optimalizovanou metodou vzorkování proběhl pátý cyklus odběrů (1995, 2001, 2007, 2013, 2019). Vzorkování bylo provedeno na celém souboru monitorovacích ploch.

6.1 Stav agrochemických parametrů v celém souboru ploch

V roce 2019 bylo vzorkování provedeno na 214 monitorovacích plochách. Počet PP a odebíraných vzorků uvádí tabulka 11.

6.1.1 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. Má vliv hlavně na koncentraci a zastoupení iontů v půdním roztoku, rozpustnost sloučenin a látek v půdě, sorpci živin, biologickou činnost mikroorganismů a na 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).

Tabulka 14 Popisná statistika výměnného pH v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019

	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
pH	O	214	5,9	4,3	7,6	5,0	5,3	5,8	6,5	7,1
	P	214	6,1	4,4	7,7	5,0	5,5	6,0	6,8	7,3

Pozn: Do podorní (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Aktivní (aktuální) půdní reakce je dána koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku. Půdní reakce aktivní má bezprostřední fyziologický význam, protože zásadně ovlivňuje biochemické procesy probíhající v půdě a procesy příjmu živin autotrofními organismy. Půdní reakce aktivní je značně proměnlivá vlivem povětrnosti, obdělávání, hnojení apod. Udává okamžitý stav v půdě (Richter et Hlušek, 1999).

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

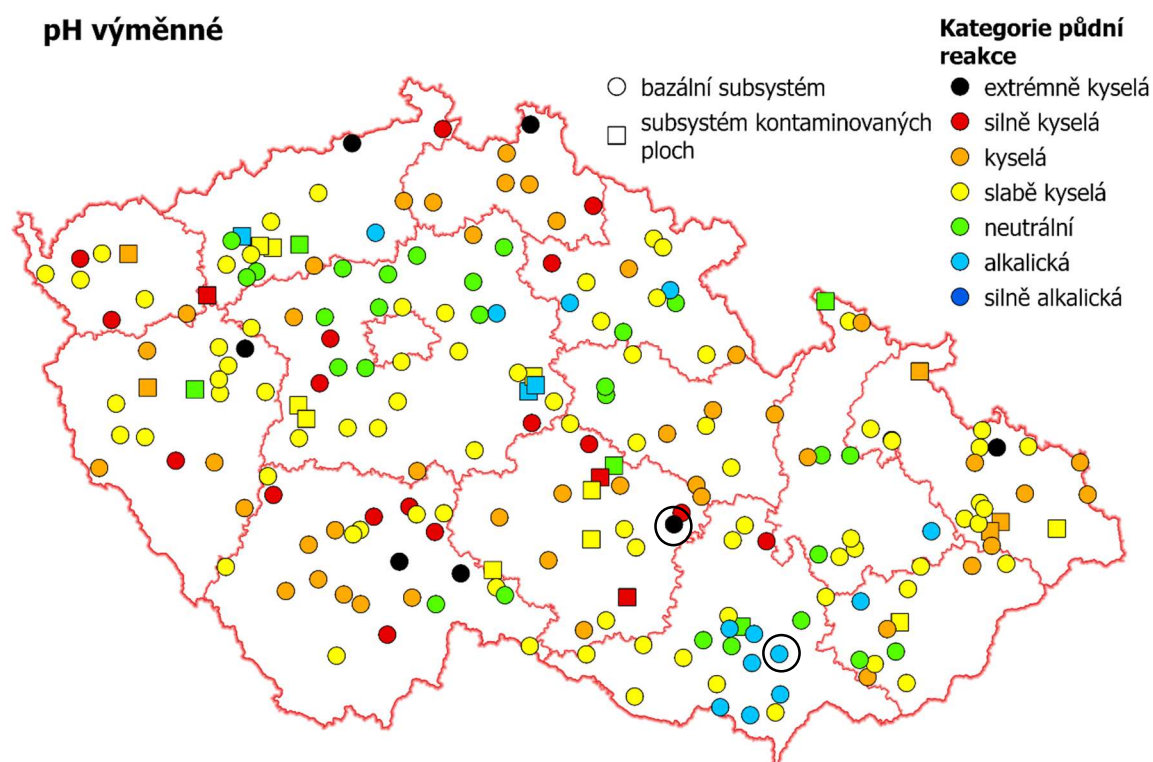
Během roku tak nedochází k výrazným změnám výměnné půdní reakce ve srovnání s aktivní půdní reakcí, a proto se jedná o důležitější a používanější ukazatel. Výměnná půdní reakce má oproti aktivní půdní reakci nižší hodnoty pH (obvykle o 0,5); rozdíl se pohybuje v rozmezí pH 0,2–1.

Zjištěná výměnná kyselost se využívá ke stanovení potřeby vápnění (Richter et Hlušek, 1999). Stanovování výměnného pH půdy je nedílnou součástí agrochemického zkoušení zemědělských půd.

V textu se budeme věnovat výsledkům výměnné půdní reakce. Hodnocení aktivního pH je zpracováno formou tabulek v příloze 1, 6, 21, 32.

Výsledky za pátý cyklus odběrů BMP v roce 2019 jsou vyjádřeny popisnou statistikou v tabulce 14 pro zemědělské půdy celkem. Z výsledků vyplývá průměrná hodnota výměnného pH pro orniční horizont 5,9. Výsledky AZZP z cyklu zkoušení 2014–2019 dokládají hodnotu pro zemědělské půdy 6,0 (Smatanová, 2020). Horizont O má statisticky významně nižší hodnotu než horizont P (6,1 stupně pH) (příloha 41). Nižší pH v horizontu O může být zapříčiněno úbytkem bazických iontů posunem do spodních horizontů zvláště v oblastech s vyššími srážkami (Vaněk et al., 2012). Dokládá to i sledování Prchalové (2020), kdy v lyzimetrických vodách odebíraných na zkušebních stanicích ÚKZÚZ, bylo v hloubce 80 cm na většině zkušebních stanic naměřeno pH větší než 7.

Obrázek 2 Výměnné pH na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP. Kroužkem jsou označeny plochy s nejnižším a nejvyšším pH



Na obrázku 2 je zobrazen stav výměnného pH na všech 214 pozorovacích plochách odebíraných v roce 2019.

V příloze 7 jsou PP BMP z hlediska hodnot výměnné půdní reakce rozděleny podle druhu půd na lehké (L), střední (S) a těžké (T). Průměrné výměnné pH v ornici celého BMP klesalo v řadě T (pH 6,3) > S (pH 5,9) > L (pH 5,8).

V tabulce 1 je uvedeno 7 kategorií plynoucích z vyhlášky č. 275/1998 Sb., podle kterých bylo vypočítáno procentické zastoupení PP v jednotlivých kategoriích půdní reakce z odběrů za rok 2019 (tabulka 15).

Obrázek 3 *Plocha s nejnižší hodnotou výměnného pH 7040B (Domanínec, okres Žďár nad Sázavou, TTP, kambizem, pH 4,3) / s nejvyšší hodnotou pH 7019B (Dambořice, okres Hodonín, vinice, rendzina, pH 7,6). Tyto plochy jsou označeny kroužkem na obrázku 2*



7040B, TTP, Domanínec (foto 2019)



7019B, vinice, Dambořice (foto 2019)

Tabulka 15 *Zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZZP výměnné půdní reakce v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)*

	Kategorie půdní reakce výměnné						
	extrémně kyselá (do 4,5)	silně kyselá (4,6–5,0)	kyselá (5,1–5,5)	slabě kyselá (5,6–6,5)	neutrální (6,6–7,2)	alkalická (7,3–7,7)	silně alkalická (nad 7,7)
% PP BMP	2,79	10,2	23,3	41,4	14,9	7,44	0,00
Počet PP BMP	7	21	49	89	32	16	0

Největší procento PP (41,4 %) se v roce 2019 nalézalo v kategorii „slabě kyselá“ (pH 5,6–6,5). Tato kategorie v sobě zahrnuje hodnotu 6,5, která se jeví jako optimální z pohledu příjmu živin i nároků rostlin (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 (pH 5,0–6,0), zatímco plodiny řeparské 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.

Půdy pod úrovní hodnoty pH 5,5 tvoří jednu třetinu ploch BMP. Tyto půdy nesou rizika spojená s nedostatečným fixováním živin, se snížením biologické aktivity a se zvýšenou biopřístupností rizikových prvků (např. Cd a Pb) (Kobza et al., 2014).

6.1.2 Obsah fosforu

Fosfor je v půdě obsažen v minerálních a organických formách. Minerální sloučeniny mají rozdílnou rozpustnost a proto je rozdílná i jejich přístupnost pro rostliny. Mezi nejstabilnější sloučeniny fosforu v půdě patří apatity. Fosfor vytváří poměrně pevné vazby, a to na alkalických půdách s vápníkem (např. sloučenina $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), na kyselých půdách se železem a hliníkem ($\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$). Tyto formy fosforu jsou ve vodě nerozpustné, a proto jsou pro rostliny hůře přístupné (Kobza et al., 2014).

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 fyty, fosfolipidy, nukleové kyseliny, nukleoproteiny 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).

Tabulka 16 *Popisná statistika obsahu přístupného fosforu v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019 (mg.kg^{-1} , stanovení metodou ICP)*

	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
P	O	214	109	8	1223	33	51	80	125	181
	P	214	62	2	1218	13	25	38	65	129

Pozn: Do podomičí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Průměrný obsah fosforu na všech 214 plochách byl 109 mg.kg^{-1} pro O horizont (tabulka 16). Smatanová (2020) uvádí ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd v ČR pro zemědělské půdy obsah 89 mg.kg^{-1} . Pro P horizont byla zjištěna hodnota 62 mg.kg^{-1} . Průměrný obsah v extraktu lučavky královské byl 854 mg.kg^{-1} v O horizontu a 658 mg.kg^{-1} v horizontu P (příloha 2). Obsah fosforu v O horizontu byl statisticky významně vyšší než obsah v P horizontu (příloha 41), což potvrzuje fakt, že je fosfor v půdě málo pohyblivý a je tak méně vyplavován do spodních vrstev. Potvrzuje to také Prchalová (2020) lyzimetrickým sledováním, kdy byl průměrný obsah fosforu v elúátu z různých hloubek na orné půdě nízký: $0,2 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (40 cm), $0,4 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $0,3 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (80 cm) a na TTP: $0,11 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (20 cm), $0,15 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (40 cm), $0,15 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $0,17 \text{ kg P.ha}^{-1}$ za rok (80 cm).

V příloze 8, 9 jsou PP BMP rozděleny podle druhu půd na lehké, střední a těžké pro obsahy přístupného a celkového fosforu.

V tabulce 2 je uvedeno 5 kategorií AZPP plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb., podle kterých bylo vypočítáno procentické zastoupení PP v jednotlivých kategoriích obsahu přístupného fosforu z odběrů za rok 2019 (tabulka 17).

Obrázek 5 *Plocha s nejnižší hodnotou přístupného fosforu 6901K (Ždírec nad Doubravou, okres Havlíčkův Brod TTP, antropozem, P $8,34 \text{ mg.kg}^{-1}$) / s nejvyšší hodnotou přístupného fosforu 2016B (Dušníky nad Vltavou, okres Mělník, chmelnice, fluvizem, P 1223 mg.kg^{-1}). Tyto plochy jsou označeny kroužkem na obrázku 4*

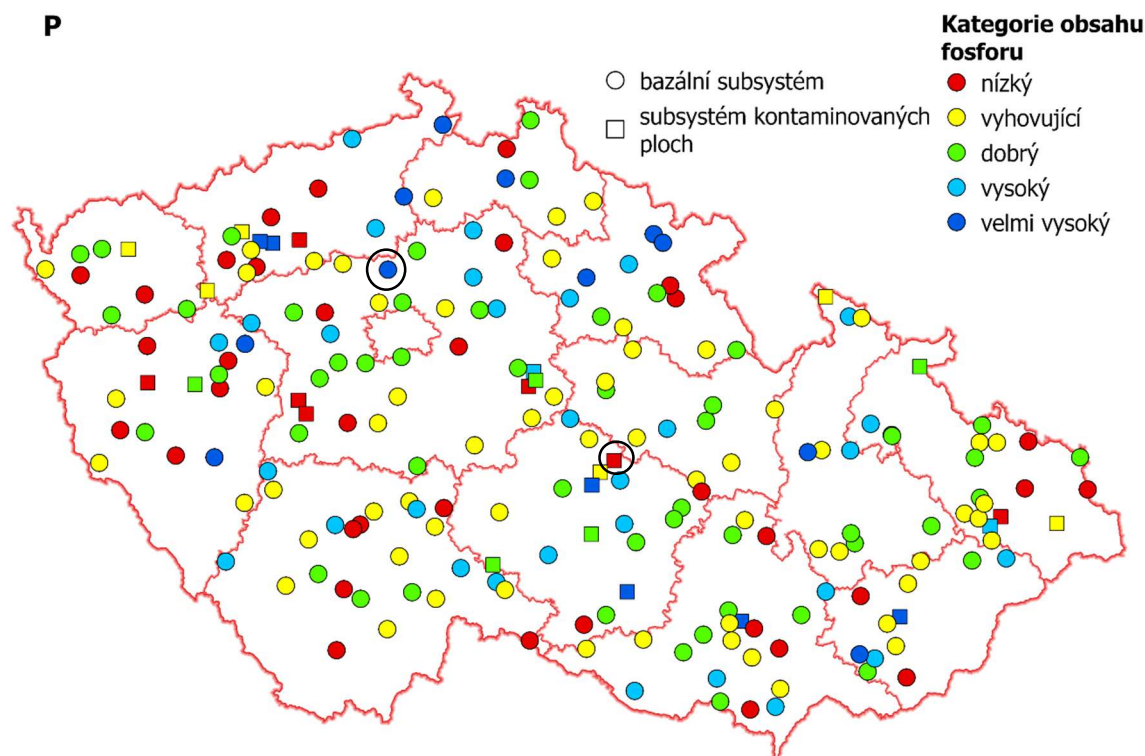


6901K, TTP, Ždírec nad Doubravou (foto 2015)



2016B, chmelnice, Dušníky nad Vltavou (foto 2019)

Obrázek 4 Přístupný fosfor na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP. Kroužkem jsou označeny plochy s nejnižším a nejvyšším obsahem P



Tabulka 17 Zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZZP přístupného fosforu v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)

	Kategorie obsahu přístupného fosforu				
	nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
% PP BMP	19,6	31,8	25,7	15,0	7,94
Počet PP BMP	42	68	55	32	17

Největší procento PP (31,8 %) se v roce 2019 nalézalo v kategorii „vyhovující“ obsah přístupného fosforu. Tyto půdy je třeba mírně dosytit – vypočtenou dávkou fosforu pro pěstované plodiny (tzv. normativ) navýšit o 20–30 %.

6.1.3 Obsah draslíku

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, který 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.

Vodorozpustný draslík se nachází v půdním roztoku a představuje nejlépe přijatelný draslík pro rostliny. 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 (Vaněk et al, 2012).

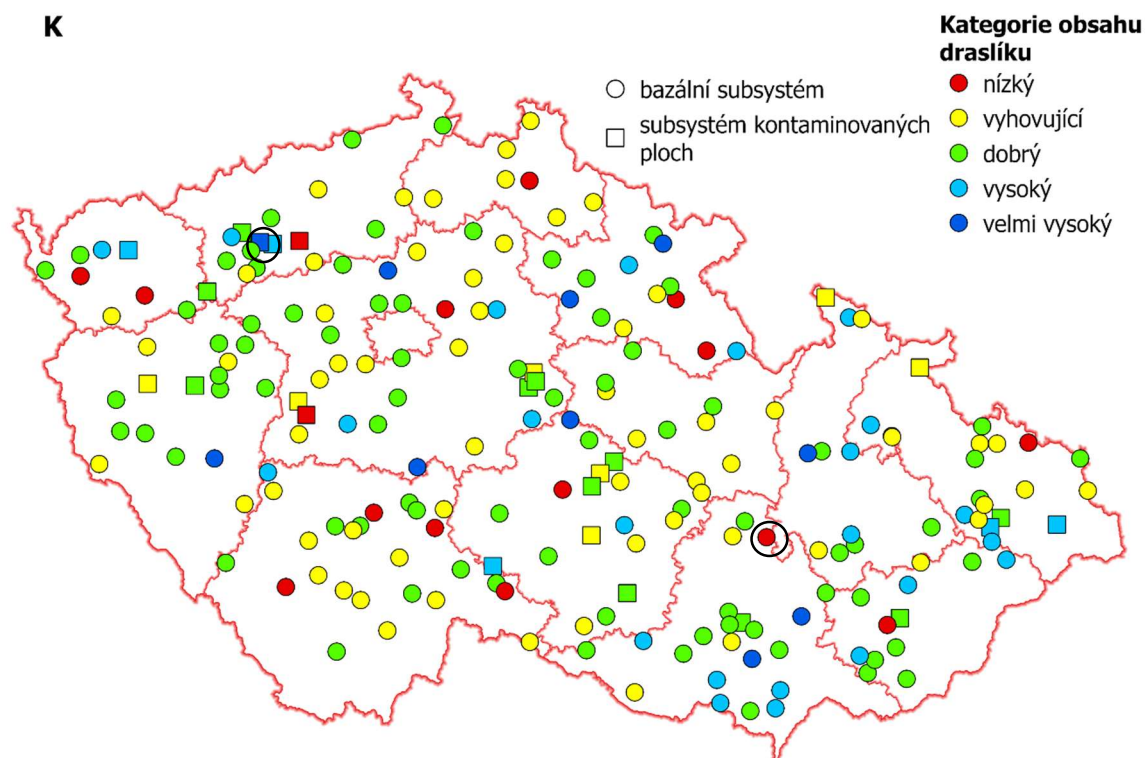
Tabulka 18 Popisná statistika obsahu přístupného draslíku v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019 (mg.kg^{-1})

	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
K	O	214	225	50	1103	101	147	198	278	381
	P	214	149	36	676	69	98	132	184	233

Pozn: Do podorníci (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Obsah přístupného draslíku na všech 214 PP činil v roce 2019 průměrně 225 mg.kg^{-1} pro O horizont (tabulka 18). Smatanová (2020) ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd uvádí pro zemědělské půdy hodnotu obsahu přístupného draslíku 253 mg.kg^{-1} . Pro horizont P byl na PP BMP zjištěn statisticky významně nižší průměrný obsah 149 mg K.kg^{-1} . Obsahy celkového draslíku (příloha 3) v O a P nebyly statisticky významně rozdílné ($3323 \text{ mg K.kg}^{-1}$ pro horizont O) a ($3348 \text{ mg K.kg}^{-1}$ pro horizont P) (příloha 41).

Obrázek 6 Přístupný draslík na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP. Kroužkem jsou označeny plochy s nejnižším a nejvyšším obsahem K



Obrázek 7 *Plocha s nejnižší hodnotou přístupného draslíku 7010B (Žďárná, okres Blansko, TTP, glej, $K\ 50\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) / s nejvyšší hodnotou přístupného draslíku 5903KO (Žatec, okres Louny, chmelnice, fluvizem, $K\ 1003\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Tyto plochy jsou označeny kroužkem na obrázku 6*



7010B, TTP, Žďárná (foto 2019)



5903KO, chmelnice, Žatec (foto 2019)

V příloze 10, 11 jsou PP BMP z hlediska obsahu přístupného a celkového draslíku rozděleny podle druhu půd na lehké, střední a těžké.

V tabulce 3 je uvedeno 5 kategorií plynoucích z vyhlášky č. 275/1998 Sb., podle kterých bylo vypočítáno procentické zastoupení PP v jednotlivých kategoriích obsahu přístupného draslíku z odběrů za rok 2019 (tabulka 19).

Tabulka 19 *Zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZPP přístupného draslíku v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)*

	Kategorie obsahu přístupného draslíku				
	nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
% PP BMP	7,48	32,7	42,1	13,1	4,67
Počet PP BMP	16	70	90	28	10

Největší procento PP (42,1 %) se v roce 2019 nalézalo v kategorii „dobrý“ obsah přístupného draslíku, který představuje žádoucí zásobu, kterou je třeba hnojením pouze udržovat dle odběrového normativu pěstovaných plodin a v případě ekonomických problémů je možno hnojení i krátkodobě vynechat. Obsah vysoký a velmi vysoký je nadměrný a hnojení je v těchto případech zbytečné a z ekologického hlediska až nežádoucí.

6.1.4 Obsah hořčíku

Vysoký obsah Mg vykazují primární minerály serpentín (hadec), olivín a biotit a dále sekundární minerály vermikulit, chlorit, smektit. V karbonátových půdách se vyskytuje v uhličitanové formě v minerálech magnezit a dolomit (Kobza et al., 2014).

Poměrně vysoká rozpustnost a slabší sorpce Mg^{2+} 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 (Vaněk et al., 2012). Lyzimetrickým sledováním vyplavování živin bylo zjištěno, že na orné půdě dochází k vyplavování hořčíku z ornice do hlubších vrstev u orné

půdy v úrovni 7,0 kg Mg.ha⁻¹ za rok (měřeno v hloubce 40 cm); 6,0 kg Mg.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 4,2 kg Mg.ha⁻¹ za rok (80 cm). Podobně vysoké hodnoty byly zjištěny i v eluátu odebíraném na TTP: 5,0 kg Mg.ha⁻¹ za rok (20 cm); 6,1 kg Mg.ha⁻¹ za rok (40 cm); 3,4 kg Mg.ha⁻¹ za rok (60 cm) a 4,3 kg Mg.ha⁻¹ za rok (80 cm) (Prchalová, 2020).

Tabulka 20 Popisná statistika obsahu přístupného hořčíku v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019 (mg.kg⁻¹)

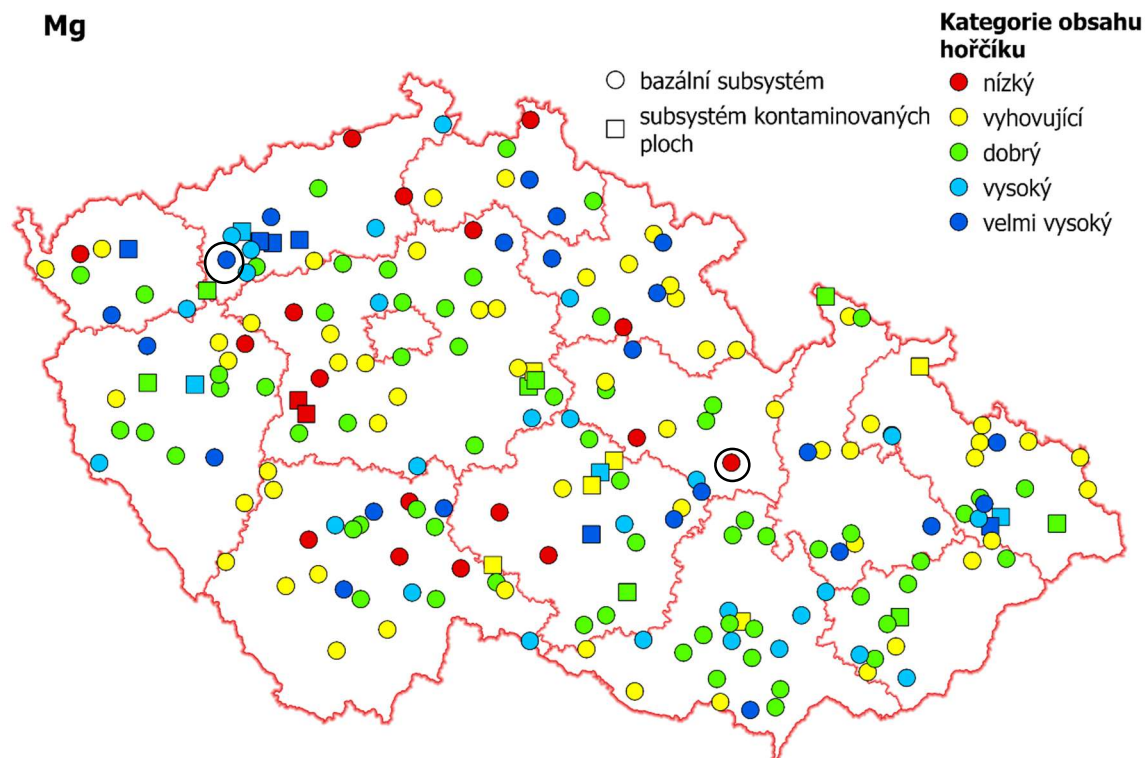
	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Mg	O	214	213	48	975	103	131	185	260	360
	P	214	216	29	1065	93	126	182	273	352

Pozn: Do podomičí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Průměrný obsah přístupného hořčíku v O horizontu v roce 2019 byl v souboru 214 PP zjištěn 213 mg.kg⁻¹ (tabulka 20). Smatanová (2020) ve zprávě hodnotící celorepublikové obsahy přístupného hořčíku uvádí 198 mg.kg⁻¹ pro zemědělské půdy. Obsah hořčíku pro P horizont byl v půdách BMP mírně vyšší (216 mg.kg⁻¹), rozdíl nebyl statisticky průkazný (příloha 41).

Porovnání celkových průměrných obsahů hořčíku v O horizontu (4485 mg Mg.kg⁻¹) a v P horizontu (4914 mg Mg.kg⁻¹) bylo statisticky průkazné (příloha 41). Zjištěné průměrné hodnoty jsou uvedeny v příloze 4).

Obrázek 8 Přístupný hořčík na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP. Kroužkem jsou označeny plochy s nejnižším a nejvyšším obsahem Mg.



Obrázek 9 *Plocha s nejnižší hodnotou přístupného hořčíku 6003B (Hradec nad Svitavou, okres Svitavy, orná půda, kambizem, Mg 48 mg.kg⁻¹) / s nejvyšší hodnotou přístupného hořčíku 5011B (Krásný Dvůr, okres Louny, orná půda, kambizem, Mg 975 mg.kg⁻¹). Tyto plochy jsou označeny kroužkem na obrázku 8*



6003B, orná, Hradec nad Svitavou (foto 2013)



5011B, orná, Krásný Dvůr (foto 2019)

V příloze 12, 13 jsou PP BMP z hlediska obsahu přístupného a celkového hořčíku rozděleny podle druhu půd na lehké, střední a těžké.

V tabulce 4 je uvedeno 5 kategorií AZZP plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb., podle kterých bylo vypočítáno procentické zastoupení PP v jednotlivých kategoriích obsahu přístupného hořčíku z odběrů za rok 2019 (tabulka 21).

Tabulka 21 *Zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZZP přístupného hořčíku v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)*

	Kategorie obsahu přístupného draslíku				
	nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
% PP BMP	8,88	29,9	33,2	14,5	13,6
Počet PP BMP	19	64	71	31	29

Největší procento PP (33,2 % a 29,9 %) se v roce 2019 nalézalo v kategorii „dobrý“ a „vyhovující“ obsah přístupného hořčíku. Tyto plochy společně tvoří přes polovinu počtu ploch monitoringu (63,1 %). Panuje na nich příznivý stav, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle čerpání dané plodiny („dobrý obsah“), a který je třeba mírně dosytit o 20–30 % nad vypočtený normativ dané plodiny („vyhovující obsah“).

6.1.5 Obsah vápníku

Dostatek vápníku v půdě má velký význam z hlediska chemických, fyzikálních i biologických procesů. 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. Přítomnost vápence a hydrogenuhličitanu vápenatého v půdě zajišťuje stabilitu neutrální reakce a vysokou pufovitost.

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.

Po rozkladu CaCO_3 vlivem CO_2 a vody vzniká $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dobře rozpustný ve vodě, a tím také dobře pohyblivý v půdním profilu, čímž může být snadno vyplavován a ztracen tak z půdy.

Vysoký obsah vápníku ve většině případů nepůsobí v půdě negativně (Vaněk et al, 2012).

Tabulka 22 Popisná statistika obsahu přístupného vápníku v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019 (mg.kg^{-1})

	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Ca	O	214	2867	547	30325	1231	1581	2154	3384	5106
	P	214	3154	480	38900	1133	1568	2239	3544	5748

Pozn: Do podomičí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Průměrný obsah přístupného vápníku v roce 2019 byl v O horizontu zjištěn 2867 mg.kg^{-1} (tabulka 22). Pro zemědělské půdy ČR podle zprávy AZZP (Smatanová, 2020) za období 2016–2019 platí hodně podobná hodnota 2866 mg.kg^{-1} . Průměrný obsah pro P horizont půd BMP byl zjištěn 3154 mg.kg^{-1} . Obsahy celkového vápníku pro zemědělskou půdu byly naměřeny v průměru v O horizontu 4891 mg.kg^{-1} a v P horizontu 5598 mg.kg^{-1} (Příloha 5). Vyšší obsahy vápníku přístupného i celkového byly v P horizontu statisticky průkazné (příloha 41), což může souviset s vyplavováním Ca do nižších horizontů. Lyzimetrickým sledováním vyplavování živin bylo Prchalovou (2020) zjištěno, že na orné půdě a TTP dochází k vyplavování vápníku z ornice do hlubších vrstev u orné půdy v úrovni $61,5 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (měřeno v hloubce 40 cm); $56,8 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $33,0 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (80 cm). Obdobně vysoké hodnoty byly dosahovány i na TTP $57,6 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (20 cm); $40,9 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (40 cm); $29,1 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (60 cm) a $25,3 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ za rok (80 cm). Vysoké obsahy vyplavovaného vápníku potvrzuje také Vaněk et al. (2012).

V příloze 14, 15 jsou PP BMP z hlediska obsahu přístupného a celkového vápníku rozděleny podle druhu půd na lehké, střední a těžké.

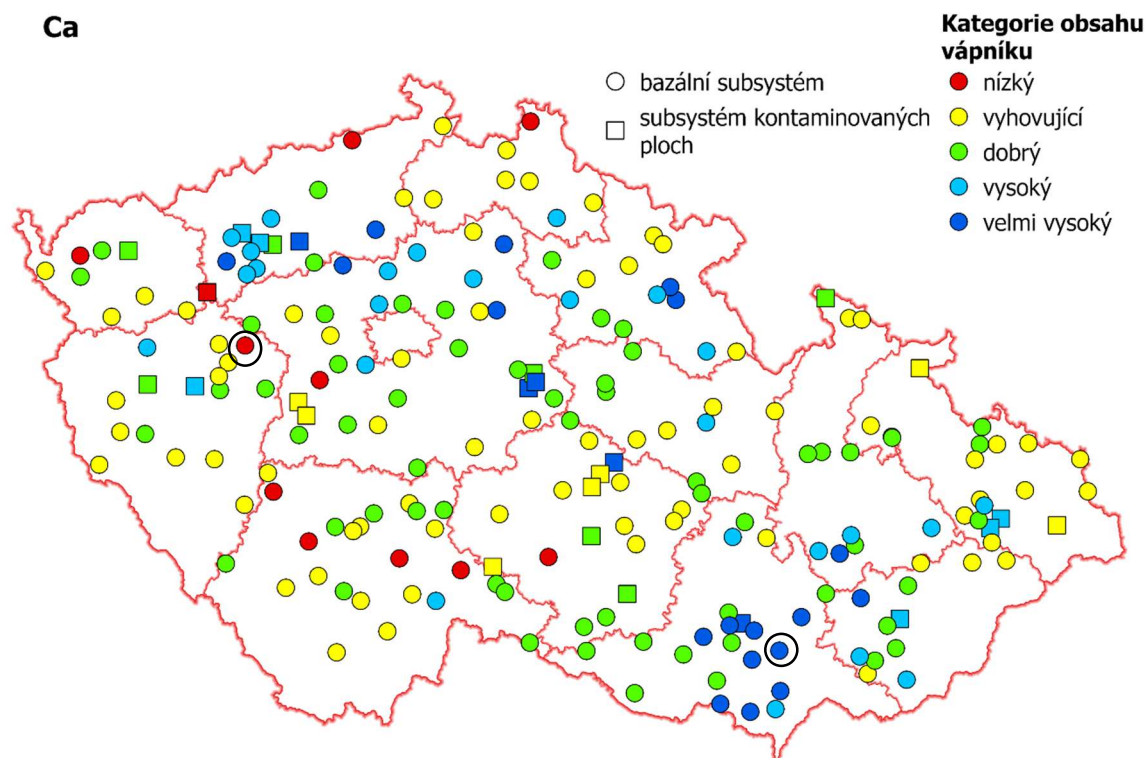
V tabulce 6 je uvedeno 5 kategorií plynoucích z Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd, podle kterých bylo vypočítáno procentické zastoupení PP v jednotlivých kategoriích obsahu přístupného vápníku z odběrů za rok 2019 (tabulka 23).

Tabulka 23 Zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZZP přístupného vápníku v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)

	Kategorie obsahu přístupného draslíku				
	nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
% PP BMP	5,14	38,3	31,3	14,5	10,7
Počet PP BMP	11	82	67	31	23

Největší procento PP (38,3 %) se v roce 2019 nalézalo v kategorii „vyhovující“ obsah přístupného vápníku, které značí potřebu tyto půdy hnojit dle normativu vypočteného pro potřebu dané plodiny a navýšeného o 20–30 %.

Obrázek 10 Přístupný vápník na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP. Kroužkem jsou označeny plochy s nejnižším a nejvyšším obsahem Ca



Obrázek 11 Plocha s nejnižší hodnotou přístupného vápníku 4012B (Bohy, okres Plzeň-sever, TTP, regozem, Ca 547 mg.kg⁻¹) / s nejvyšší hodnotou přístupného vápníku 7019B (Dambořice, okres Hodonín, vinice, rendzina, Ca 30325 mg.kg⁻¹). Tyto plochy jsou označeny kroužkem na obrázku 10



4012B, TTP, Bohy (foto 2019)



7019B, vinice, Dambořice (foto 2019)

6.1.6 Obsah uhličitánů

Uhličitany neboli karbonáty jsou v půdě velmi významné. Působí svým zásaditým charakterem na snížení stupně půdní kyselosti a příznivě působí na tvorbu půdní struktury. Jejich zdrojem je nejčastěji kalcit, který se poměrně lehce rozpouští, dále dolomit a ojediněle magnezit. Rozpustnost uhličitánů je závislá na pH půdy – vyšší rozpustnost je v kyselejší oblasti pH. Značný vliv na rozpustnost uhličitánů má obsah CO₂ (Vaněk et al, 2012).

Tabulka 24 Popisná statistika obsahu uhličitánů v celém souboru monitorovacích ploch BMP v roce 2019 (%)

	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
uhličitany	O	214	0,40	< 0,20	24,6	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,49
	P	214	0,67	< 0,20	27,1	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,78

Pozn: Do podorníci (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Průměrný obsah uhličitánů na všech plochách BMP v roce 2019 byl 0,40 % v O horizontu (tabulka 24). Hodnota pro podorníci horizont P je vyšší (0,67 %), rozdíl je statisticky průkazný (příloha 41). Více vypovídající než hodnota průměrného obsahu, je v tomto případě mediánová hodnota (< 0,20 %), která byla naměřena u většiny PP (181 PP, což odpovídá 85 % PP). Obsah < 0,20 % je hodnotou laboratorní meze stanovitelnosti. Nejvyšší hodnotu uhličitánů vykázala plocha 7019B (Dambořice, vinice, rendzina, okres Hodonín, uhličitany 24,6 %) (obrázek 13). Tato plocha rovněž vykázala i nejvyšší obsah vápníku. Podle hodnotící tabulky 5 se 85 % PP nalézalo z hlediska obsahu uhličitánů v kategorii „žádného“ nebo „nízkého“ obsahu (tabulka 25).

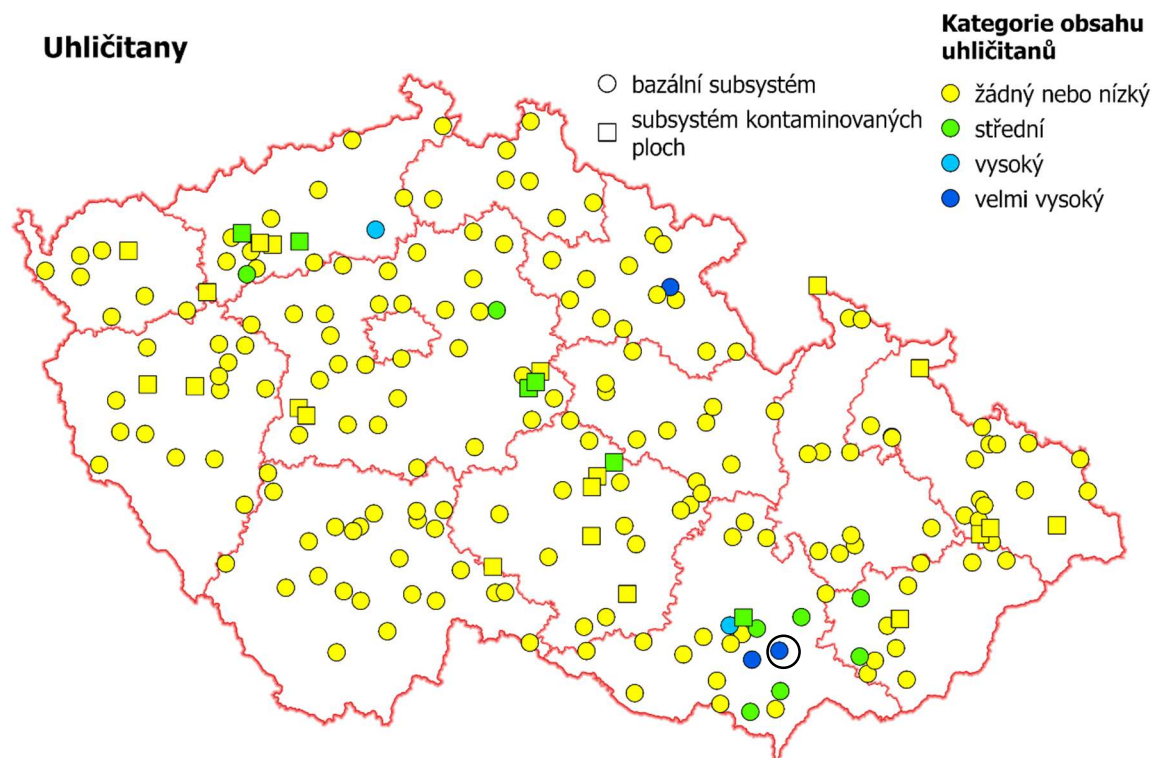
V případě vyššího obsahu uhličitánů, se půdy označují jako vápnné zeminy. Pokud je obsah do 3 % uhličitánů, jsou tyto půdy nazvány jako slabě vápnné, do 25 % vápnné, do 60 % slíny, nad 60 % vápenaté zeminy (Jandák et al., 2001). Pouze 5 PP BMP překročilo v roce 2019 hranici 3 % uhličitánů. Nacházely se v kategorii do 25 % uhličitánů; lze je tedy označit jako vápnné. U čtyřech ploch se jejich obsahy pohybovaly do 10 % uhličitánů a jedna plocha překročila obsah 20 % uhličitánů.

V příloze 16 jsou PP BMP z hlediska obsahu uhličitánů rozděleny podle druhu půd na lehké, střední a těžké.

Tabulka 25 Procentické zastoupení ploch BMP v jednotlivých kategoriích AZZP obsahu uhličitánů v roce 2019 (214 ploch, orniční/svrchní horizont)

	Kategorie obsahu uhličitánů			
	žádný nebo nízký	střední	vysoký	velmi vysoký
% PP BMP	91,1	6,54	0,93	1,40
Počet PP BMP	195	14	2	3

Obrázek 12 Obsah uhličitánů na monitorovacích plochách BMP v roce 2019 podle kategorií AZZP



Obrázek 13 Plochy s nejnižší hodnotou obsahu uhličitánů – 187 ploch / s nejvyšší hodnotou obsahu uhličitánů 7019B (Dambořice, okres Hodonín, vinice, rendzina, uhličitany 24,6 %) – tato plocha je označena kroužkem na obrázku 12.



7019B, vinice, Dambořice (foto 2019)

6.1.7 Shrnutí (celý soubor ploch)

- V roce 2019 bylo v rámci pátého cyklu základního vzorkování půd odebráno 1920 vzorků ze všech 214 PP.
- **Výměnné pH** činilo v roce 2019 za celý soubor 214 PP v průměru 5,9 stupně pH pro horizont O, což odpovídá hodnotě zemědělských půd z programu AZZP za období 2014–2019 (6,0 stupně pH). Pro P horizont má soubor BMP hodnotu 6,1.
- Průměrný obsah **přístupného fosforu** v roce 2019 byl za celý soubor 214 PP zjištěn 109 mg.kg⁻¹ pro horizont O (průměrná hodnota zemědělských půd z programu AZZP za období 2014–2019 činila 89 mg.kg⁻¹). Pro P horizont má soubor BMP hodnotu 62 mg.kg⁻¹.
- Průměrný obsah **přístupného draslíku** v roce 2019 byl za celý soubor 214 PP zjištěn 225 mg.kg⁻¹ pro horizont O (průměrná hodnota zemědělských půd z programu AZZP za období 2014–2019 činila 253 mg.kg⁻¹). Pro P horizont má soubor BMP hodnotu 149 mg.kg⁻¹.
- Průměrný obsah **přístupného hořčíku** v roce 2019 byl za celý soubor 214 PP zjištěn 213 mg.kg⁻¹ pro horizont O (průměrná hodnota zemědělských půd z programu AZZP za období 2014–2019 činila 198 mg.kg⁻¹). Pro P horizont má soubor BMP hodnotu 216 mg.kg⁻¹.
- Průměrný obsah **přístupného vápníku** v roce 2019 byl za celý soubor 214 PP zjištěn 2867 mg.kg⁻¹ pro horizont O (průměrná hodnota zemědělských půd z programu AZZP za období 2014–2019 činila 2866 mg.kg⁻¹). Pro P horizont má soubor BMP hodnotu 3154 mg.kg⁻¹.
- Průměrný obsah **uhličitánů** v roce 2019 byl za celý soubor 214 PP zjištěn 0,4 % pro horizont O (v programu AZZP za období 2014–2019 nebyly uhličitany hodnoceny), více vypovídající mediánová hodnota činí < 0,20 %. Pro P horizont má soubor BMP průměrnou hodnotu 0,67 % a mediánovou hodnotu < 0,20 %.
- Statistickým porovnáním bylo zjištěno, že průměrné obsahy P a K jsou průkazně vyšší v orničním horizontu, kdežto průměrné obsahy přístupného Ca, průměrné hodnoty výměnného pH a procento uhličitánů jsou průkazně vyšší v podorničním horizontu. Rozdíly v průměrném obsahu přístupného Mg mezi ornicí a podorničím byly statisticky neprůkazné.

6.2 Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých kultur

V roce 2019 se systém monitoringu skládal ze 148 PP orných půd, 50 PP trvalých travních porostů, 5 PP sadů, 5 PP vinic a 6 PP chmelnic.

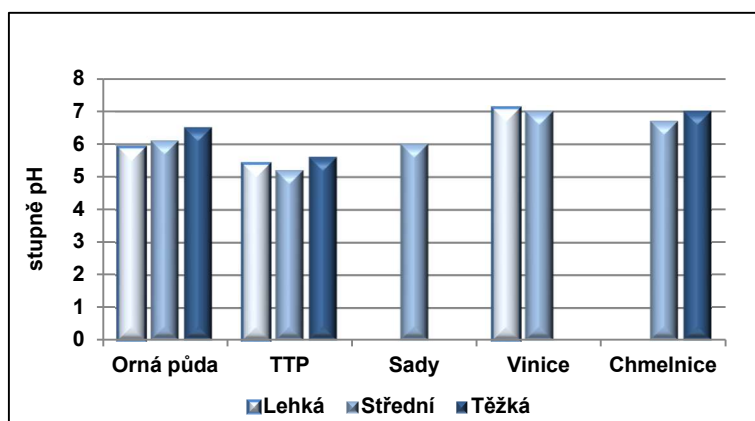
6.2.1 Půdní reakce

Jednotlivé kultury jsou hodnoceny v tabulce 26 z níž je zřejmé, že nejnižší výměnné pH se v roce 2019 vyskytovalo na TTP. Zde dosahovalo průměrné hodnoty 5,2 ve svrchním horizontu. Nejvyšší průměrná hodnota 7,0 byla ve vinicích. Vysoké hodnoty pH dosahují rovněž chmelnice – 6,8. Vyšší pH u těchto kultur je podporováno situováním ploch do sušších až aridních oblastí, kde podle Vaňka et al., (2012) nedochází k výraznějšímu vyplavování alkalických složek půdy. Průměrná hodnota výměnného pH v roce 2019 v O horizontu klesala v jednotlivých kulturách v pořadí vinice (7,0) > chmelnice (6,8) > orná půda (6,1) > sady (6,0) > TTP (5,2). Statisticky významný rozdíl byl v hodnotách pH mezi trvalými travními porosty, ornou půdou, vinicemi a chmelnicemi v horizontu O i P (příloha 42).

Tabulka 26 Popisná statistika výměnného pH v půdách jednotlivých kultur v roce 2019

Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	6,1	4,5	7,6	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1
	P	148	6,3	4,6	7,7	5,4	5,8	6,3	6,8	7,4
TTP	O	50	5,2	4,3	7,1	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7
	P	50	5,3	4,4	7,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,1
	R	50	5,5	4,3	7,3	4,6	4,9	5,4	5,9	6,3
Sady	O	5	6,0	5,4	6,4	5,5	5,6	6,1	6,4	6,4
	P	5	6,4	5,7	6,7	6,0	6,4	6,5	6,5	6,6
Vinice	O	5	7,0	6,0	7,6	6,4	6,9	7,3	7,3	7,5
	P	5	7,1	6,1	7,7	6,5	7,0	7,2	7,5	7,6
Chmel.	O	6	6,8	5,8	7,3	6,1	6,6	7,0	7,1	7,2
	P	6	7,1	6,4	7,5	6,8	7,2	7,2	7,3	7,4

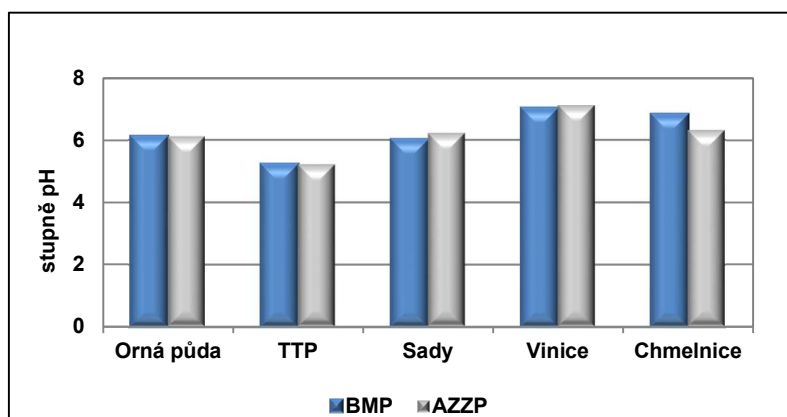
Obrázek 14 Porovnání průměrných hodnot výměnné půdní reakce v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP.



Největší podíl ploch BMP je na orné půdě, pro kterou vyplývá při porovnání jednotlivých druhů půd (lehká, střední, těžká), že pH výměnné bylo vyšší v těžkých půdách oproti středním a lehkým. To rovněž platí i pro druhou nejvíce zastoupenou kulturu – TTP (obrázek 14, příloha 22).

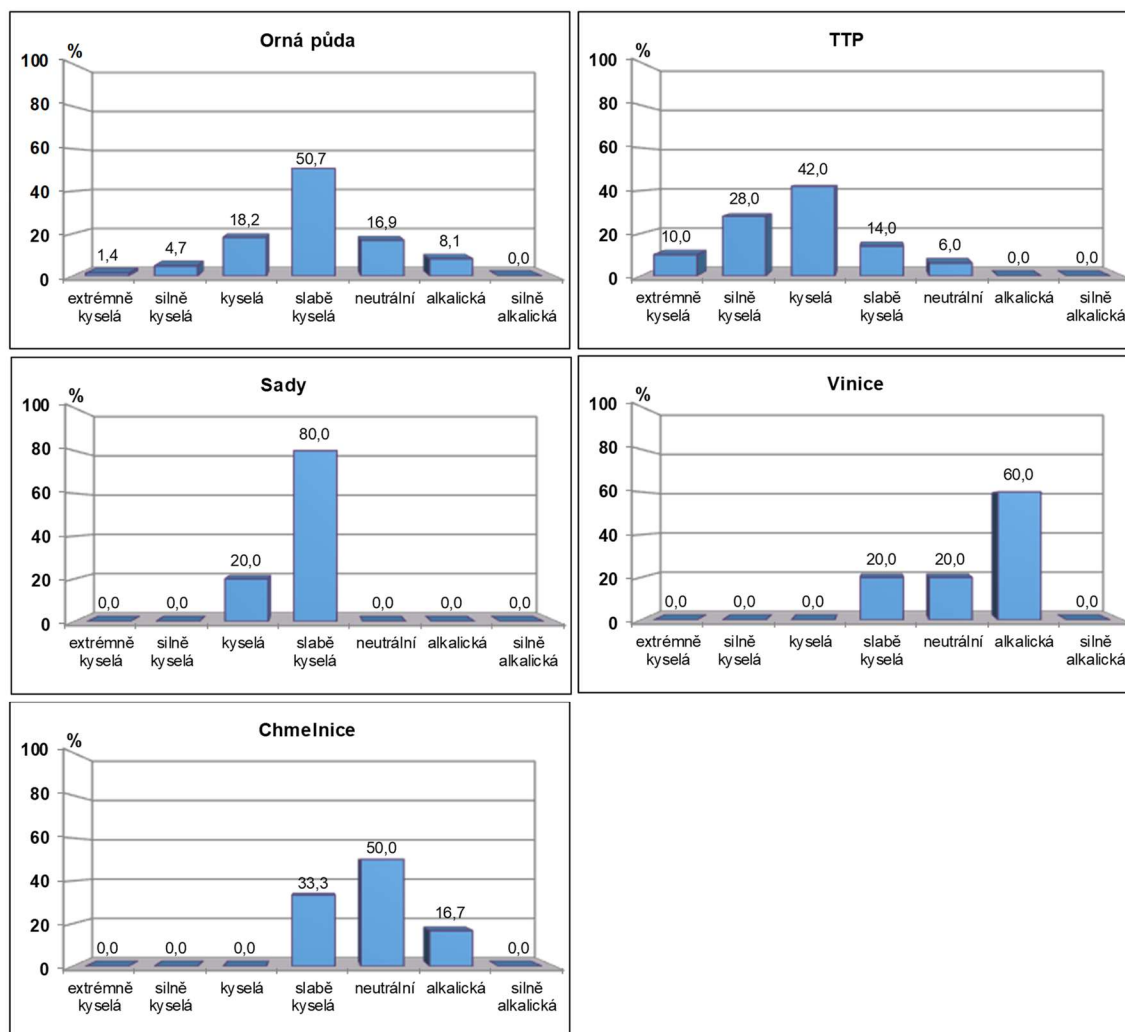
Orné půdy BMP vykazaly průměrnou hodnotu výměnného pH v ornici 6,1. Hodnota je shodná s hodnotou celorepublikového průměru orných půd ze sledování AZZP za období 2014–2019 (pH 6,1) (Smatanová, 2020). Porovnání pH pro různé kultury zjištěné v rámci AZZP a BMP uvádí obrázek 15.

Obrázek 15 Průměrné hodnoty výměnné půdní reakce v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v porovnání s AZZP



Zastoupení sedmi kategorií půdní reakce v kulturách z odběrů za rok 2019 je uvedeno na obrázku 16. V případě orných půd se polovina ploch nachází v optimální „slabě kyselé“ kategorii (pH 5,6–6,5). Tyto půdy by za účelem udržení svého pH měly být pravidelně vápněny dle ročního normativu v rozsahu 0,2–0,5 t CaO.ha⁻¹ v závislosti na druhu půdy (tabulka 7). Doporučení pro orné půdy platí i pro sady. U sadů se v této kategorii nalézalo 80 % ploch. Pro trvalé travní porosty je udáváno optimální pH mezi 5,0–6,0 (Richter et Hlušek, 1999). Do tohoto rozsahu lze zařadit i rozmezí nejvíce zastoupené kategorie TTP – kategorie „kyselé“ (pH 5,1–5,5). Pro udržení pH na této úrovni je třeba aplikovat CaO v závislosti na druhu půdy v dávce 0,25–0,35 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Půdy se zjištěným „silně kyselým“ a „extrémně kyselým“ pH tvoří u TTP dohromady 38 % monitorovacích ploch. V případě těchto půd je vápnění potřebné nejen k udržení stávajícího pH, ale je třeba u nich půdní reakci zvýšit vyššími dávkami CaO. Roční aplikace vápenatých hnojiv se prakticky neprovádí, ale obvykle 1x za několik let. Uvedená dávka je poté součtem jednotlivých ročních dávek. Podíl kyselých půd u vinic a chmelnic je zanedbatelný, což je dáno jejich situováním na alkalických půdách.

Zastoupení jednotlivých kultur v kategoriích AZZP se značně liší.

Obrázek 16 Zastoupení kategorií AZPP výměnné půdní reakce v jednotlivých kulturách BMP v roce 2019

6.2.2 Obsah fosforu

Tabulka 27 uvádí obsahy fosforu u jednotlivých kultur. Nejvyšší průměrný obsah fosforu byl naměřen v roce 2019 u chmelnic. Průměrné hodnoty přístupného fosforu činily 520 mg.kg^{-1} – O horizont a 300 mg.kg^{-1} – P horizont. Medián činil 361 mg.kg^{-1} v O horizontu a 139 mg.kg^{-1} v P horizontu chmelnic. Průměrné hodnoty obsahu fosforu v extraktu lučavky královské byly u chmelnic naměřeny 2135 mg.kg^{-1} – O horizont a 1550 mg.kg^{-1} – P horizont (příloha 17).

Orné půdy vykazují průměrný obsah přístupného fosforu 99 mg.kg^{-1} v O a 49 mg.kg^{-1} v P horizontu. Průměrné hodnoty obsahu fosforu v extraktu lučavky královské byly u orných půd naměřeny 799 mg.kg^{-1} – O horizont a 594 mg.kg^{-1} – P horizont (příloha 17).

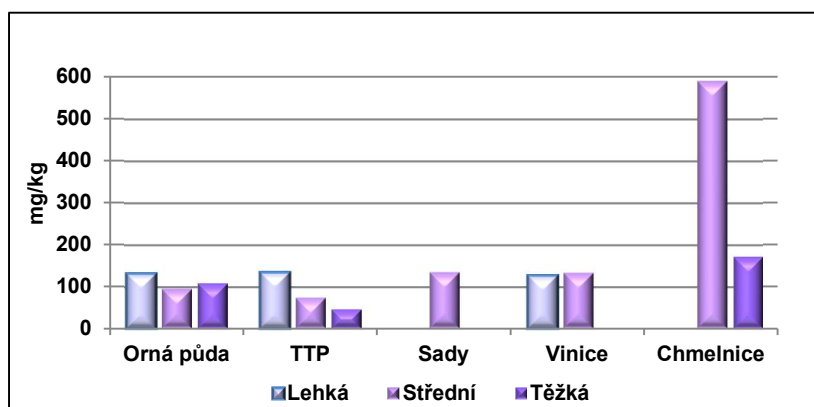
Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání obsahů fosforu přístupného i celkového mezi chmelnicemi a všemi ostatními kulturami (ornou půdou, TTP, sady a vinicemi), a to v horizontu O i P (příloha 42).

Přístupný fosfor měl v rámci dvou nejvíce zastoupených kultur (orná půda a TTP) z hlediska půdních druhů vyšší obsah v lehkých půdách (obrázek 17, příloha 23). Tento stav může být zapříčiněn malým počtem vzorků těžkých půd v souboru TTP (3 PP). Obecně platí, že půdy těžší mají podstatně vyšší sorpční kapacitu (Vaněk et al., 2012). V příloze 24 je tabulkově zpracován obsah celkového fosforu pro jednotlivé kultury a druhy půd.

Tabulka 27 Popisná statistika obsahu přístupného fosforu v půdách jednotlivých kultur v roce 2019 (mg.kg^{-1} , stanovení metodou ICP)

Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	99	17	472	34	57	83	122	168
	P	148	49	2	285	13	22	35	62	93
TTP	O	50	85	8	422	20	38	52	97	185
	P	50	66	4	385	14	27	38	75	140
	R	50	47	2	354	8	17	26	48	114
Sady	O	5	134	99	188	101	106	129	151	173
	P	5	54	37	70	37	38	63	65	68
Vinice	O	5	130	56	240	74	103	125	129	196
	P	5	103	21	175	47	87	93	140	161
Chmel.	O	6	520	149	1223	161	173	361	778	1039
	P	6	300	38	1218	40	49	139	221	721

Obrázek 17 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného fosforu v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP.

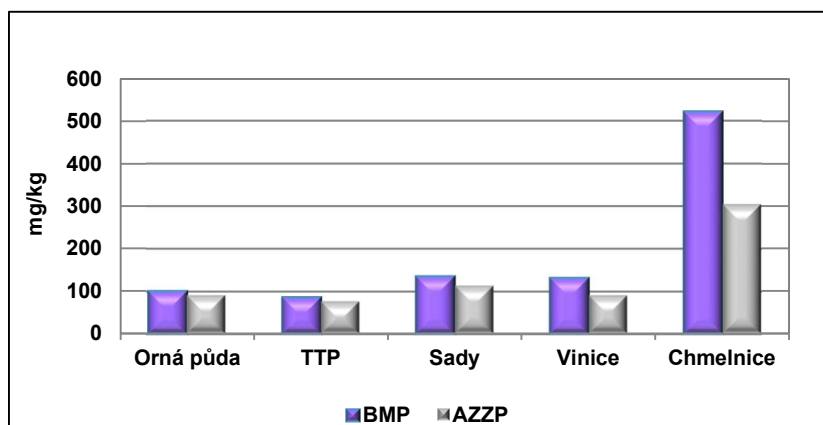


Orné půdy BMP vykazují z hlediska porovnání s průměrnými obsahy přístupného P orných půd analyzovaných v rámci AZPP za období 2014–2019 navzájem si velmi podobné hodnoty (99 mg.kg^{-1} v O horizontu půd BMP a 90 mg.kg^{-1} v O horizontu půd AZPP). Porovnání průměrných obsahů přístupného fosforu v půdách jednotlivých kultur AZPP a BMP uvádí obrázek 18.

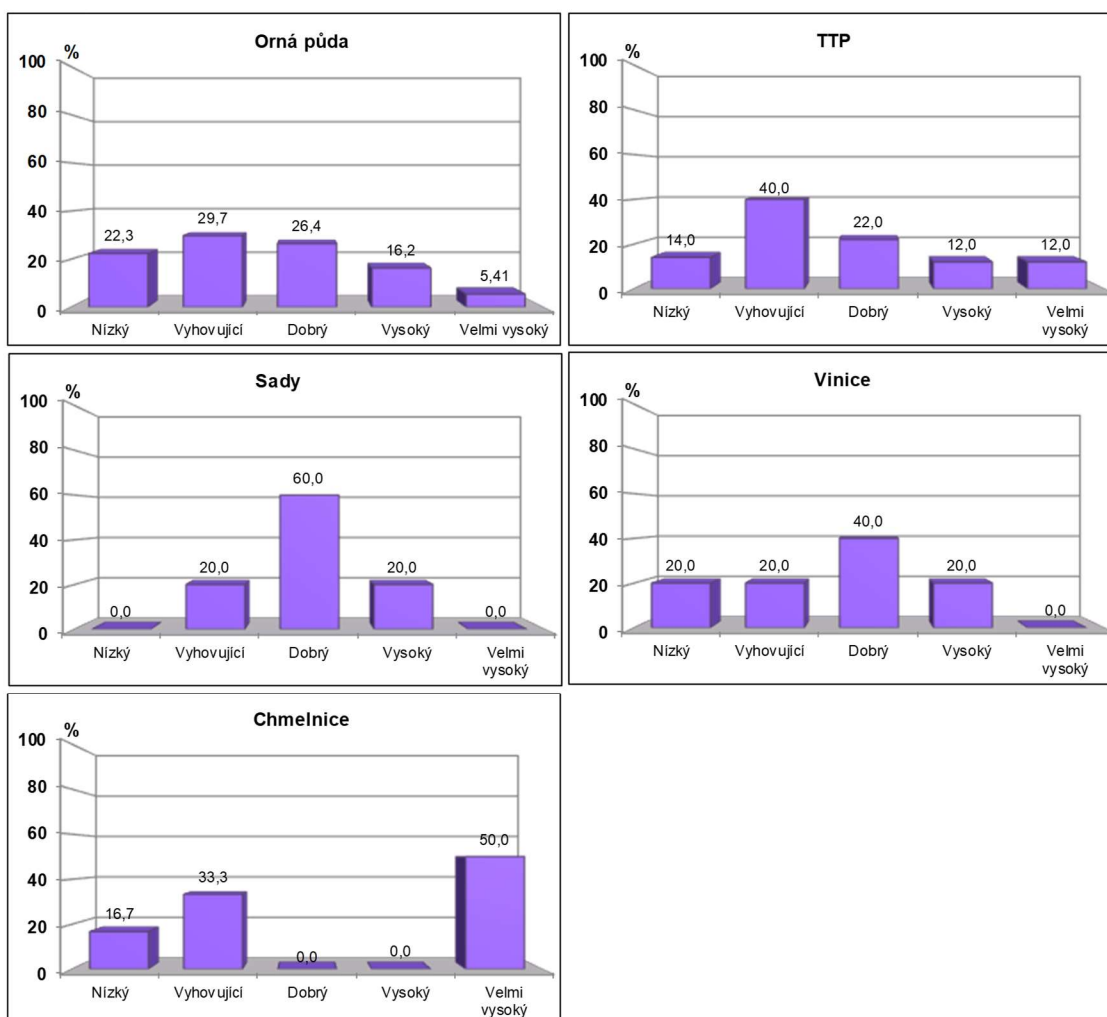
Nejvíce ploch orných půd (29,7 %) a TTP (40,0 %) bylo v kategorii „vyhovující“. Sady a vinice měly nejvíce ploch zastoupených v kategorii „dobrý“. Chmelnice měly největší zastoupení v kategorii „velmi vysoký“ obsah (obrázek 19). Smatanová (2020) uvádí ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd pro ornou půdu a TTP 27,4 % a 23,5 % v kategorii „vyhovující“. „Vyhovující“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně

dosytit (navýšit vypočtený normativ pěstovaných plodin o 20–30 %) a „dobrý“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu.

Obrázek 18 Průměrné obsahy přístupného fosforu v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v porovnání s půdami zjišťovanými v rámci AZZP



Obrázek 19 Zastoupení kategorií AZZP obsahu přístupného fosforu v jednotlivých kulturách BMP v roce 2019



6.2.3 Obsah draslíku

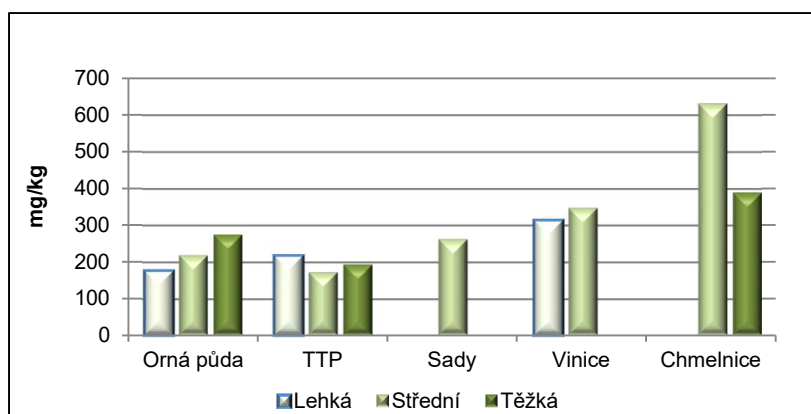
Při porovnání jednotlivých kultur (tabulka 28, příloha 18), měla nejvyšší obsah draslíku v O horizontu chmelnice (jak přístupného, tak celkového: 590 mg.kg⁻¹, resp. 4442 mg.kg⁻¹). Nejnižší obsah byl zaznamenán u TTP: 183 mg.kg⁻¹, resp. 2810 mg.kg⁻¹. Orná půda měla v ornici průměr draslíku 220 mg.kg⁻¹. Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání hodnot přístupného draslíku mezi chmelnicemi a všemi ostatními kulturami v O horizontu a mezi chmelnicemi a ornou půdou, TTP a sady v P horizontu. Při porovnání hodnot celkového draslíku nebyl mezi kulturami shledán žádný statisticky významný rozdíl (příloha 42).

Na obrázku 20 a v příloze 25 je vidět, že u orných půd byl zjištěn vyšší obsah K na těžkých půdách, kde byl průměrný obsah v O horizontu 274 mg.kg⁻¹ (v lehké půdě 176 mg.kg⁻¹). U půd trvalých travních porostů byly obsahy K v jednotlivých půdních druzích víceméně vyrovnané. Tento stav může být zapříčiněn malým počtem vzorků těžkých půd v souboru TTP (3 PP). V příloze 26 je tabulkově zpracován obsah celkového draslíku pro jednotlivé kultury a druhy půd.

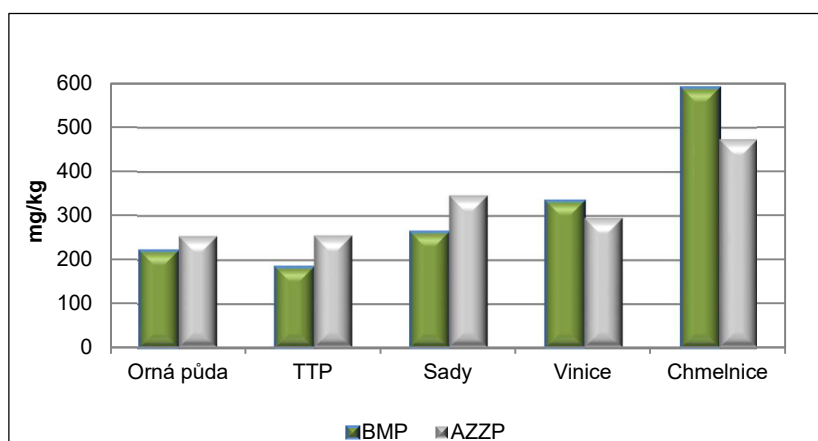
Tabulka 28 Popisná statistika obsahu přístupného draslíku v půdách jednotlivých kultur v roce 2019 (mg.kg⁻¹)

Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	220	78	572	125	158	200	275	335
	P	148	146	49	460	83	104	135	181	223
TTP	O	50	183	50	602	78	91	131	216	349
	P	50	128	36	533	56	70	99	166	201
	R	50	109	30	412	45	61	91	144	194
Sady	O	5	262	206	319	215	228	259	298	311
	P	5	146	127	161	133	141	150	151	157
Vinice	O	5	333	226	406	230	236	395	400	403
	P	5	225	149	292	161	179	242	265	281
Chmel.	O	6	590	388	1103	406	431	487	619	877
	P	6	332	130	676	157	199	271	421	570

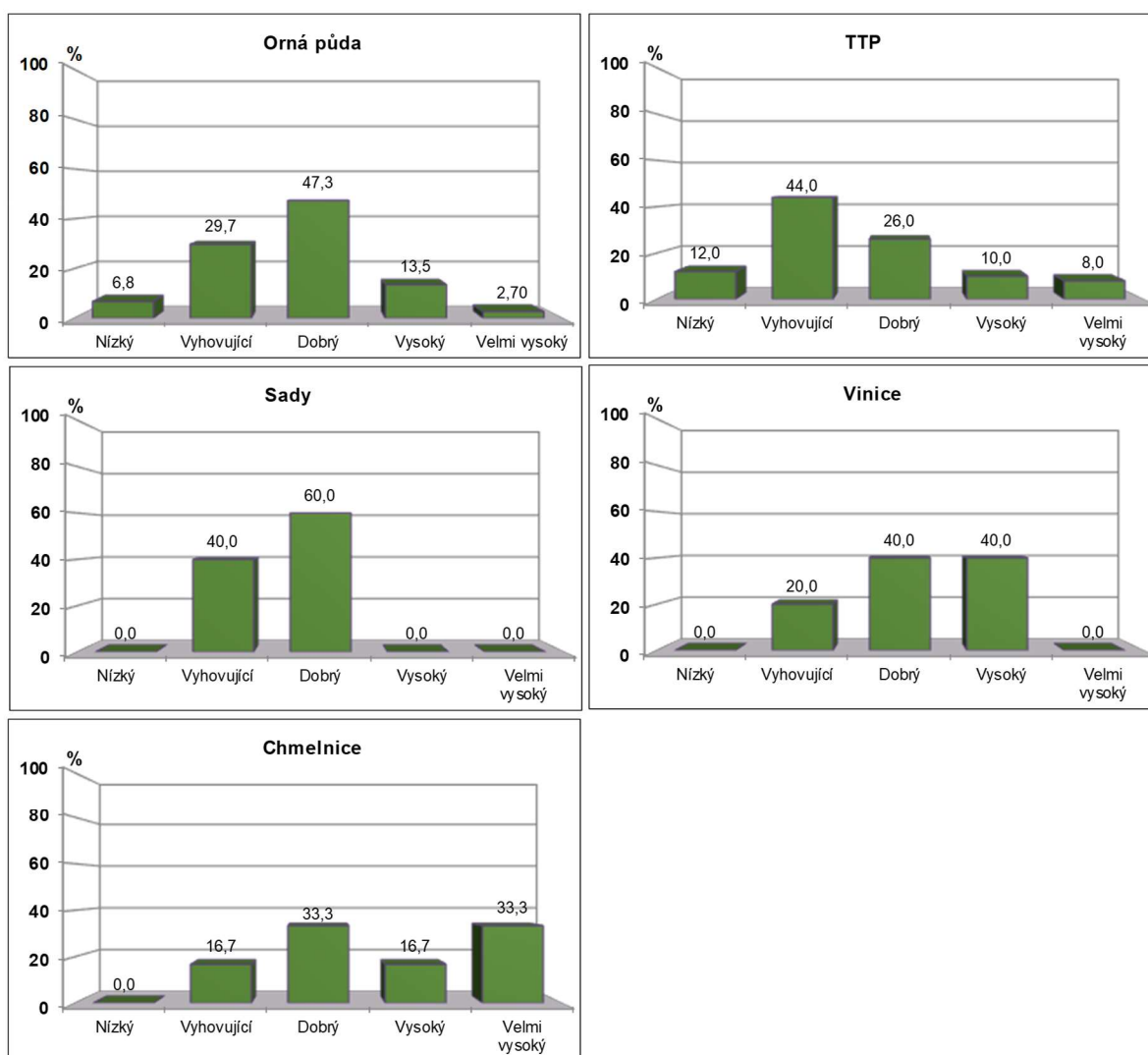
Obrázek 20 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného draslíku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP.



Obrázek 21 Průměrné obsahy přístupného draslíku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v porovnání s AZZP



Obrázek 22 Zastoupení kategorií AZZP obsahu přístupného draslíku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v roce 2019. Jednotlivé kategorie jsou tvořeny součtem zastoupení v půdních druzích (lehká+střední+těžká půda)



Smatanová (2020) ve zprávě o agrochemickém zkoušení zemědělských půd uvádí pro orné půdy obsah přístupného K 253 mg.kg^{-1} , což je velmi podobný obsah zjištěnému v orných půdách BMP. Obdobný průměrný obsah jako v BMP vykazaly v AZZP také vinice (obrázek 21).

Kultury z hlediska zařazení podle obsahu přístupného K vykazují různé zastoupení v jednotlivých kategoriích AZZP (obrázek 22). Orné půdy a sady mají nejvyšší zastoupení vzorků v kategorii „dobrý“, což odpovídá i AZZP z cyklu 2014–2019 (Smatanová, 2020). Vinice v kategorii „dobrý“ a stejným dílem i v kategorii „vysoký“; chmelnice v kategorii „dobrý“ a stejným dílem i v kategorii „velmi vysoký“. Na plochách s dobrým obsahem v půdě se doporučuje udržovat obsah živiny dodávkou draselných hnojiv dle odběrového normativu a na půdách s vysokým a velmi vysokým obsahem hnojení na několik let hnojení vypustit, než bude dosaženo kategorie dobré.

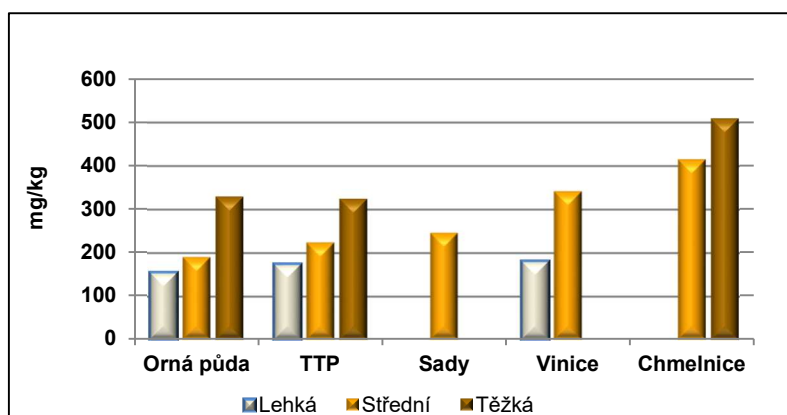
6.2.4 Obsah hořčíku

Podle tabulky 29 je patrné, že nejvyšší obsah přístupného hořčíku byl stejně jako v případě přístupného draslíku a fosforu v O i P horizontu u chmelnic (430 mg.kg^{-1} , resp. 408 mg.kg^{-1}); nejvyšší celkové obsahy byly nalezeny ve vinicích (6160 mg.kg^{-1}) (příloha 19). Nejnižší obsahy přístupného Mg byly zjištěny ve vzorcích orných půd (199 mg.kg^{-1} v ornici). Obsahy v O i P jsou si velmi podobné (v případě orných půd, sadů a vinic, byly v horizontu P zjištěny vyšší obsahy). Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání hodnot přístupného hořčíku mezi chmelnicemi a ornou půdou a TTP v O horizontu i P horizontu. Při porovnání hodnot celkového Mg nebyl mezi kulturami shledán žádný statisticky významný rozdíl (příloha 42).

Tabulka 29 Popisná statistika obsahu přístupného hořčíku v půdách jednotlivých kultur v roce 2019 (mg.kg^{-1})

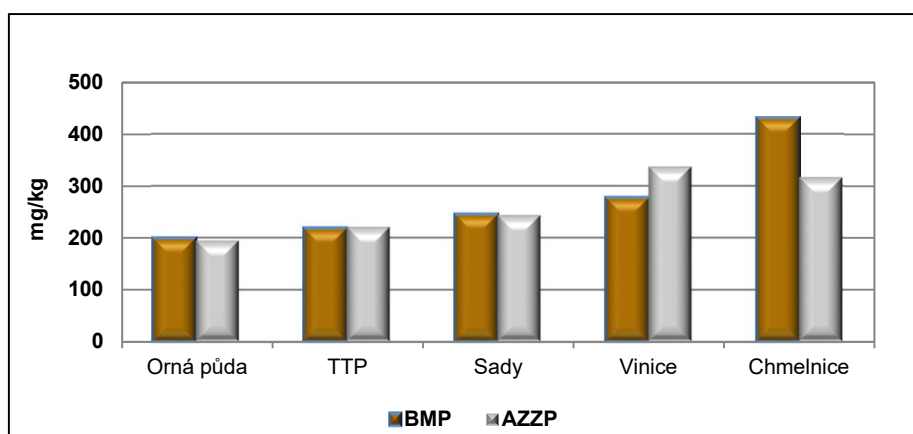
Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	199	48	975	104	130	176	243	302
	P	148	215	53	1065	101	133	182	270	344
TTP	O	50	218	52	559	94	124	174	320	362
	P	50	185	29	861	60	101	146	230	322
	R	50	190	24	1145	46	87	127	247	364
Sady	O	5	245	137	362	151	172	246	307	340
	P	5	253	130	358	139	154	268	354	357
Vinice	O	5	277	167	477	178	195	198	349	426
	P	5	284	150	515	163	182	224	349	449
Chmel.	O	6	430	283	541	303	338	446	532	541
	P	6	408	246	583	275	333	430	452	520

Obrázek 23 *Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného hořčíku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP*



Rozdíly obsahů přístupného hořčíku v jednotlivých druzích půd je vidět na obrázku 23 a v příloze 27. U orných půd byl na těžkých půdách obsah přístupného hořčíku dvakrát vyšší než na lehkých. Rovněž i na ostatních kulturách je patrný zvyšující se charakter v obsahu Mg směrem k těžším půdám; to potvrzuje skutečnost, že těžší půdy mají vyšší sorpční kapacitu (Vaněk et al., 2012). Rovněž Kobza (2014) uvádí v půdách Slovenska vysoce průkaznou korelaci obsahu Mg s půdním druhem. V příloze 28 je tabulkově zpracován obsah celkového hořčíku pro jednotlivé kultury a druhy půd.

Obrázek 24 *Průměrné obsahy přístupného hořčíku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v porovnání s půdami zjišťovanými v rámci AZZP*

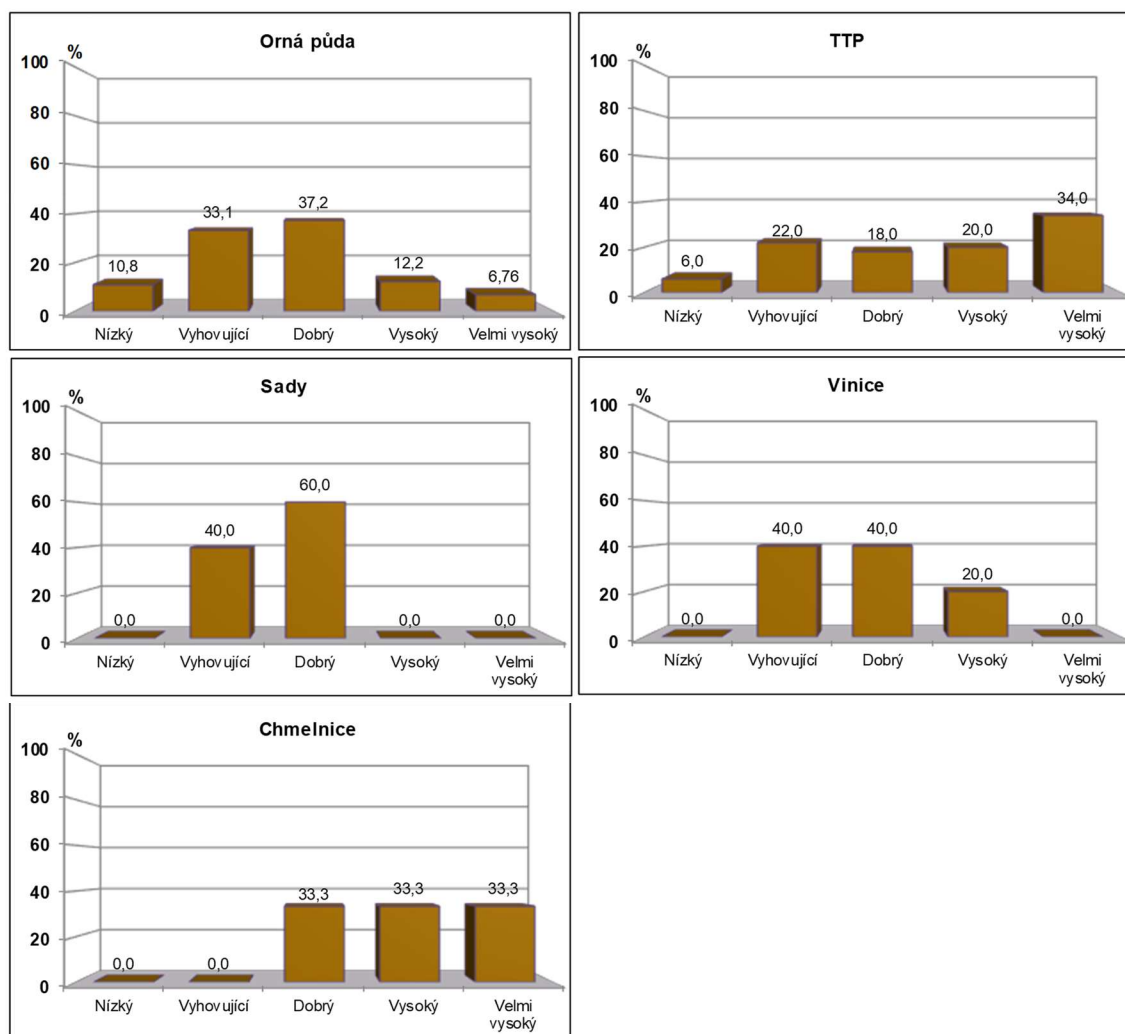


Obdobný průměrný obsah Mg v jednotlivých kulturách BMP (kromě chmelnic) potvrdil i obsah v kulturách AZZP (obrázek 24).

Orná půda, sady a vinice byly v roce 2019 podle kritérií AZZP nejvíce zastoupeny ve dvou kategoriích obsahu přístupného Mg, a to v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“. V trvalých travních porostech je největší procento vzorků zastoupeno v kategorii „velmi vysoký“ obsah, do které připadlo 34 % PP. Rovnoměrně jsou zastoupeny kategorie u chmelnic a to „dobrý“, „vysoký“ a „velmi vysoký“ obsah (obrázek 25). Tento stav může být zapříčiněn malým počtem monitorovacích ploch, které se nalézají v souboru chmelnic BMP (6 PP). V případě orných půd, sadů a vinic se výsledky shodují s hodnocením celorepublikové zásobenosti půd živinami.

Chmelnice BMP mají na rozdíl od chmelnic AZZP vyšší zastoupení ploch v kategorii „velmi vysoký“ obsah (33,3 % PP BMP, 8,03 % ploch AZZP) (Smatanová, 2020). Podobný rozdíl v této kategorii mezi systémem BMP a AZZP je také u živin fosforu a draslíku.

Obrázek 25 Zastoupení kategorií AZZP obsahu přístupného hořčíku v jednotlivých kulturách BMP v roce 2019. Jednotlivé kategorie jsou tvořeny součtem zastoupení v půdních druzích (lehká+střední+těžká půda)



6.2.5 Obsah vápníku

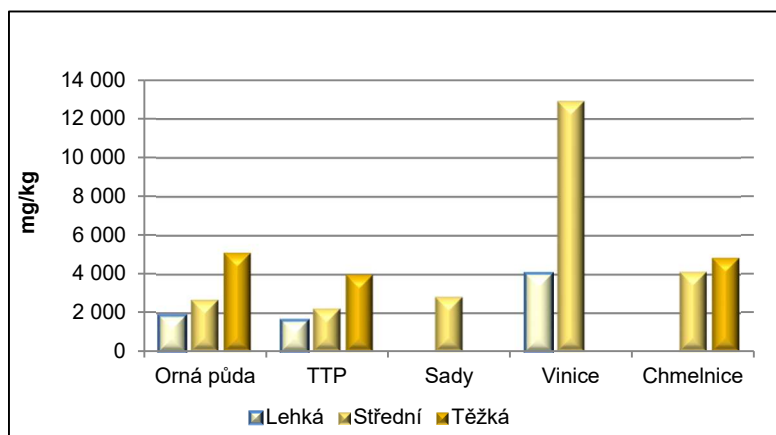
Nejvyšší průměrný obsah přístupného vápníku měly v roce 2019 vinice 9343 mg.kg⁻¹, nejméně TTP 2194 mg.kg⁻¹ (tabulka 30). Chmelnice, které se vyznačují vyššími obsahy všech živin, měly v případě vápníku obsah oproti vinicím poloviční (4227 mg.kg⁻¹). Obsahy vápníku v podorníci jsou vyšší než v orničním horizontu u všech kultur kromě TTP, což má souvislost s vyplavováním Ca do nižších vrstev. V případě vinic má vyšší obsah Ca v podorníci spíše souvislost s půdotvorným substrátem, který je bohatý na vápník. Obsah celkového vápníku je tabulkově zpracován v příloze 20. Statisticky významný rozdíl byl v případě přístupného vápníku nalezen při porovnání obsahů mezi vinicemi a všemi ostatními kulturami v O horizontu

i P horizontu. Při porovnání hodnot celkového Ca byl statisticky významný rozdíl shledán v O horizontu mezi vinicemi a všemi kulturami a v případě P horizontu mezi vinicemi a ornou půdou, TTP a sady (příloha 42).

Tabulka 30 Popisná statistika obsahu přístupného vápníku v půdách jednotlivých kultur v roce 2019 (mg.kg^{-1})

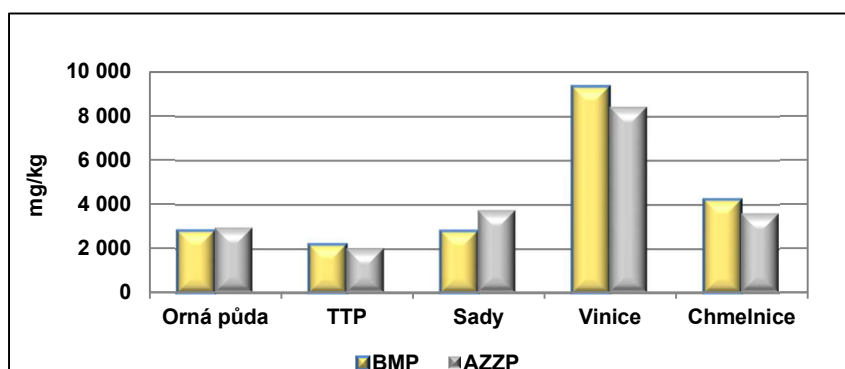
Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	2822	674	10263	1311	1582	2195	3373	5815
	P	148	3191	480	24225	1198	1711	2335	3631	6010
TTP	O	50	2194	547	8115	1133	1408	1815	2523	3546
	P	50	2105	539	8893	941	1237	1653	2344	3865
	R	50	1969	502	7223	937	1112	1550	2205	4211
Sady	O	5	2814	1885	4005	2122	2478	2590	3113	3648
	P	5	2856	2160	4315	2164	2170	2533	3100	3829
Vinice	O	5	9343	2093	30325	2799	3858	4183	6255	20697
	P	5	11261	2460	38900	2739	3158	3983	7803	26461
Chmel.	O	6	4227	3103	4895	3394	3839	4419	4766	4869
	P	6	4465	2950	6030	2991	3349	4381	5627	6023

Obrázek 26 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného vápníku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP



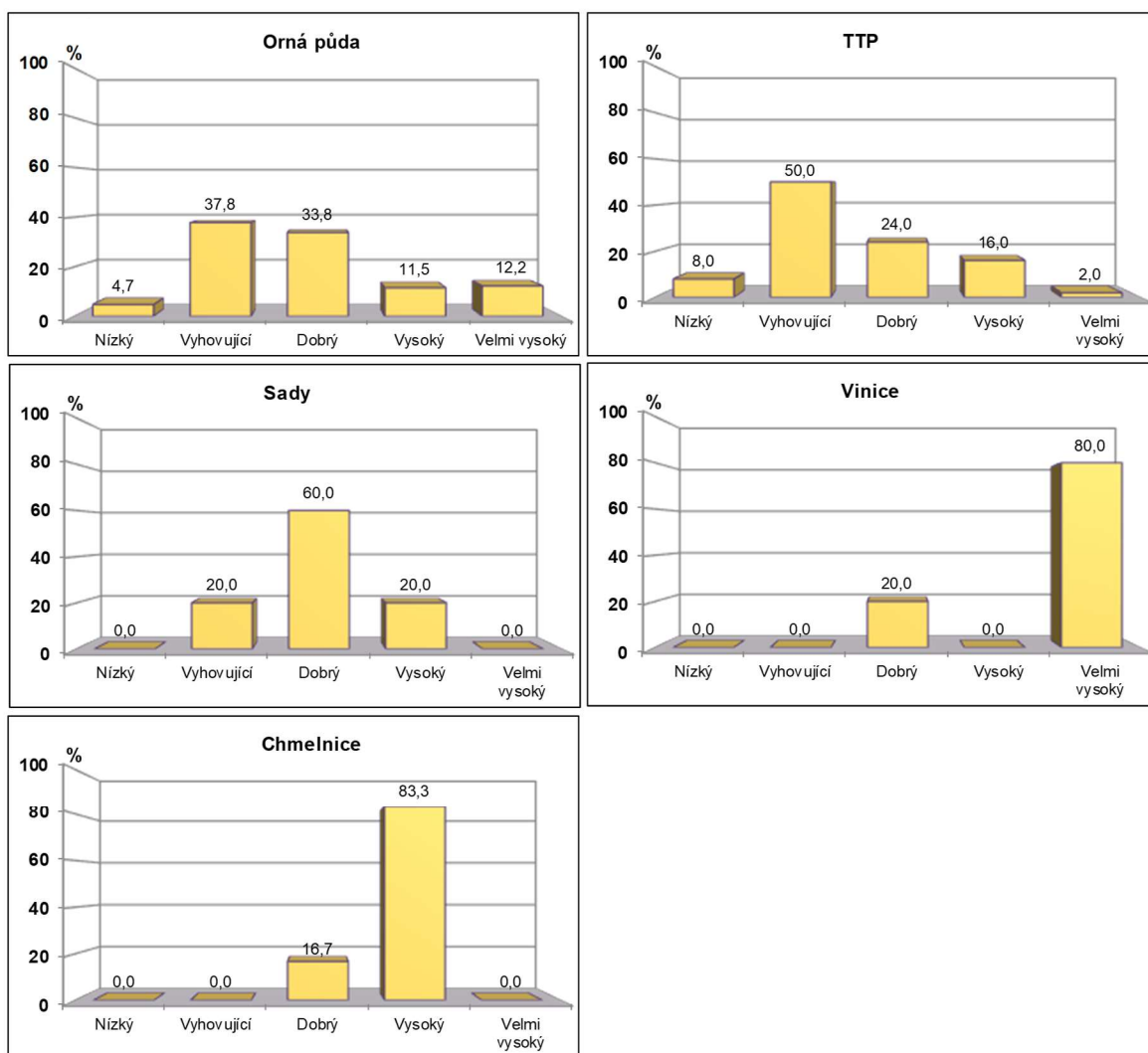
Obsah přístupného vápníku se zvyšuje směrem k těžkým půdám (stejně jako přístupného hořčíku v předchozí kapitole). U orných půd a TTP byl na těžkých půdách obsah přístupného vápníku dvakrát vyšší než na lehkých (obrázek 26, příloha 29). Rovněž i na ostatních kulturách je patrný zvyšující se charakter obsahů Ca směrem k těžším půdám. V příloze 30 je tabulkově zpracován obsah celkového vápníku pro jednotlivé kultury a druhy půd.

Obrázek 27 Průměrné obsahy přístupného vápníku v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur BMP v porovnání s půdami zjišťovanými v rámci AZZP



Obsahy vápníku v půdách kultur BMP odpovídají celorepublikovým hodnotám agrochemického zkoušení zemědělských půd z let 2014–2019 (obrázek 27).

Obrázek 28 Zastoupení kategorií obsahu přístupného vápníku v jednotlivých kulturách BMP v roce 2019



Orná půda, TTP a sady byly v roce 2019 podle kritérií AZZP nejvíce zastoupeny ve dvou kategoriích obsahu přístupného Ca; a to v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“. „Vyhovující“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit – navýšit vypočtený normativ pěstovaných plodin o 20–30 % a „dobrý“ obsah je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. Ve vinicích je největší procento vzorků zastoupeno v kategorii „velmi vysoký“ obsah, protože je tato kultura převážně situována na vápenitých půdách. V chmelnicích je nejvíce zastoupena kategorie „vysoký“ obsah (obrázek 28). Důvodem mohou být fluvizemě, na kterých je většina chmelnic BMP založena, a které se vyznačují bohatou zásobou živin. Plochy vinic a chmelnic jsou v případě vápníku dostatečně saturovány a není je třeba vápenatá hnojiva aplikovat.

6.2.6 Obsah uhličitánů

Nejvyšší průměrný obsah uhličitánů zaznamenaly v roce 2019 vinice 5,19 % v O a 6,32 % v P. Průměrný obsah menší než mez stanovitelnosti (< 0,2 %) měly shodně ve všech horizontech trvalé travní porosty a sady. Chmelnice měly velmi podobné obsahy v orniční vrstvě jako orné půdy (tabulka 31). Orné půdy vykazaly průměrnou hodnotu 0,33 % uhličitánů. Hladina nad 0,3 % je uváděna jako dostatečná z hlediska obsahu účinných uhličitánů, které brání okyselení půdy na řadu let, popř. trvale. Tyto půdy z hlediska obsahu uhličitánů nemusí být vápněny až do doby, kdy se zjistí obsah uhličitánů nižší než 0,3 % (Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022).

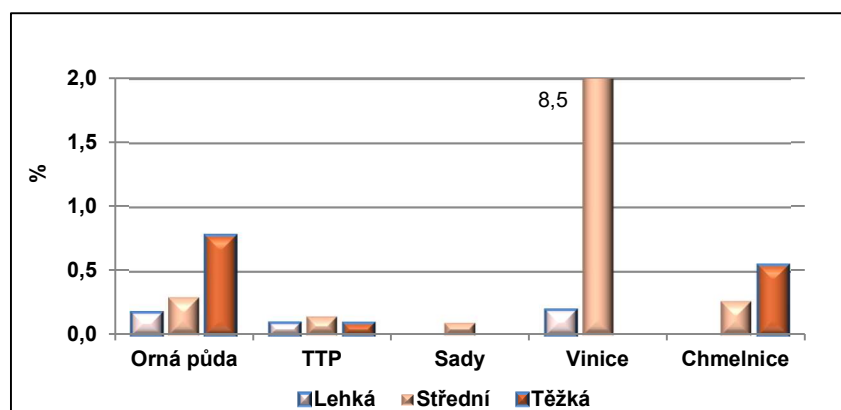
U orných půd, vinic i chmelnic byly obsahy uhličitánů vyšší v P oproti O. Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání hodnot mezi vinicemi a všemi kulturami v O i P horizontu (příloha 42).

Tabulka 31 Popisná statistika obsahu uhličitánů v půdách jednotlivých kultur v roce 2019

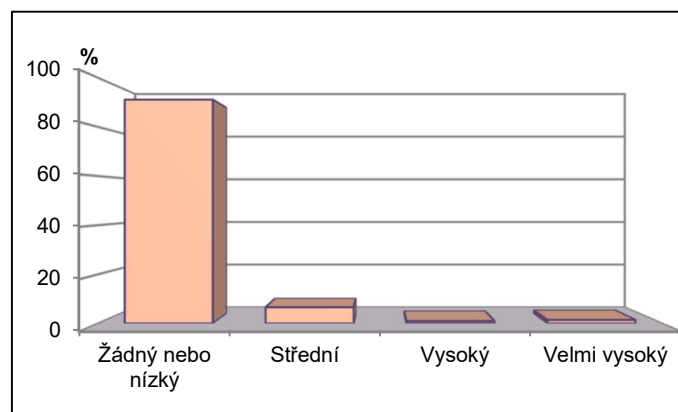
Parametr	Horizont	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Orná půda	O	148	0,33	< 0,2	8,00	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,51
	P	148	0,67	< 0,2	22,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,06
TTP	O	50	< 0,2	< 0,2	1,75	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	50	< 0,2	< 0,2	2,58	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	R	50	< 0,2	< 0,2	1,53	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Sady	O	5	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	5	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Vinice	O	5	5,19	< 0,2	24,6	< 0,2	< 0,2	0,30	0,80	15,1
	P	5	6,32	< 0,2	27,1	< 0,2	< 0,2	0,75	3,48	17,7
Chmel.	O	6	0,31	< 0,2	0,73	< 0,2	< 0,2	0,20	0,48	0,64
	P	6	0,55	< 0,2	0,98	0,24	0,41	0,58	0,68	0,84

Na orných půdách je patrný stoupající trend v obsazích uhličitánů směrem k těžkým půdám (obrázek 29, příloha 31).

Obrázek 29 Porovnání průměrných hodnot obsahu uhličitánů v ornici/svrchní vrstvě půd jednotlivých kultur s rozlišením půdních druhů (lehká, střední, těžká půda) na PP BMP.



Obrázek 30 Zastoupení kategorií obsahu uhličitánů na plochách BMP v roce 2019 bez rozlišení jednotlivých kultur



6.2.7 Shrnutí (kultury)

- V roce 2019 byl monitorovací systém 214 PP zastoupen 148 ornými půdami, 50 trvalými travními porosty, 5 sady, 5 vinicemi a 6 chmelnicemi.
- Zjištěná průměrná hodnota **výměnného pH** v ornici v rámci kultur klesala v pořadí: vinice (7,0) > chmelnice (6,8) > orná půda (6,1) > sady (6,0) > TTP (5,2). Půdní reakce travních porostů je významně nižší než je tomu u orných půd, vinic a chmelnic, a to jak v ornici, tak v podorníci.
- Největší zastoupení kultur podle kritérií pro hodnocení výměnného pH se nalézalo v kategorii „kyselá“ a „slabě kyselá“ a to u orné půdy 18,2 % a 50,7 %, TTP 42 % a 14 % a sadů 20 % a 80 %.
- Průměrný obsah **přístupného fosforu** v ornici rostl v pořadí: TTP (85 mg.kg⁻¹) < orná půda (99 mg.kg⁻¹) < vinice (130 mg.kg⁻¹) < sady (134 mg.kg⁻¹) < chmelnice (520 mg.kg⁻¹). Obsah přístupného fosforu na chmelnicích je statisticky významně vyšší než v ostatních kulturách, a to v ornici i podorníci.

- Největší zastoupení kultur podle kritérií obsahu přístupného fosforu se vyskytovalo v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“ a to u orné půdy 29,7 % a 26,4 %, TTP 40 % a 22 %, u sadů 20 % a 60 %, u vinic 20 % a 40 % a u chmelnic 33,3 % a 0 %.
- Průměrný obsah **přístupného draslíku** se v ornici navyšoval v pořadí: TTP (183 mg.kg^{-1}) < orná půda (220 mg.kg^{-1}) < sady (262 mg.kg^{-1}) < vinice (333 mg.kg^{-1}) < chmelnice (590 mg.kg^{-1}). Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání hodnot mezi chmelnicemi a všemi ostatními kulturami v O horizontu a mezi chmelnicemi a ornou půdou, TTP a sady v P horizontu.
- Nejčastější zastoupení kultur podle kritérií hodnocení obsahu přístupného draslíku se nalézalo v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“ a to u orné půdy 29,7 % a 43,7 %, TTP 44 % a 26 %, u sadů 40 % a 60 %, u vinic 20 % a 40 % a u chmelnic 16,7 % a 33,3 %.
- Průměrný obsah **přístupného hořčíku** v ornici rostl následovně: orná půda (199 mg.kg^{-1}) < TTP (218 mg.kg^{-1}) < sady (245 mg.kg^{-1}) < vinice (277 mg.kg^{-1}) < chmelnice (430 mg.kg^{-1}). Statisticky významný rozdíl byl nalezen při porovnání mezi chmelnicemi a ornou půdou a TTP v O i P horizontu.
- Nejčastější zastoupení kultur podle kritérií hodnocení obsahu přístupného hořčíku se vyskytovalo v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“ a to u orné půdy 33,1 % a 37,2 %, TTP 22 % a 18 %, u sadů 40 % a 60 %, u vinic 40 % a 40 % a u chmelnic 0 % a 33,3 %. Nejvíce zastoupenou kategorií u trvalých travních porostů byl obsah „velmi vysoký“ a to 34 %.
- Průměrný obsah **přístupného vápníku** v ornici rostl v pořadí: TTP (2194 mg.kg^{-1}) < sady (2814 mg.kg^{-1}) < orná půda (2822 mg.kg^{-1}) < chmelnice (4227 mg.kg^{-1}) < vinice (9343 mg.kg^{-1}). Mezi vinicemi a všemi ostatními kulturami (ornou půdou, TTP, sady a chmelnicemi) byl v horizontu O i P shledán statisticky významný rozdíl v obsazích Ca.
- Největší zastoupení kultur podle kritérií hodnocení obsahu přístupného vápníku bylo zjištěno v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“ a to u orné půdy 37,8 % a 33,8 %, TTP 50 % a 24 %, u sadů 20 % a 60 %, u vinic 0 % a 20 % a u chmelnic 0 % a 16,7 %. Nejvíce zastoupenou kategorií u vinic byl obsah „velmi vysoký“ – 80 % a u chmelnic obsah „vysoký“ – 83,3 %.
- Průměrný obsah **uhličitanů** v ornici stoupal následovně: TTP a sady (< 0,2 %) < chmelnice (0,31 %) < orná půda (0,33) < vinice (5,19 %). U orných půd, vinic i chmelnic byly obsahy uhličitanů vyšší v P oproti O. Statisticky významný rozdíl byl nalezen mezi vinicemi a všemi kulturami v O i P horizontu
- **Nejvíce zastoupenou kategorií obsahu uhličitanů (bez rozlišení kultur) byla:** sloučená kategorie skládající se z kategorie „žádný obsah + nízký obsah“ (91,1 % PP).
- **Rozdíly mezi kulturami:**
TTP se vyznačovaly nejnižšími průměrnými hodnotami pH.
Chmelnice měly nejvyšší průměrné obsahy P, K, Mg.
Vinice byly nejvyšší z hlediska obsahů Ca a uhličitanů.

6.3 Stav agrochemických parametrů v půdách jednotlivých půdních typů

Půdní typ je skupina půd sloučených dle stejných diagnostických horizontů, které se vytvářely za podobných podmínek půdotvorným procesem. Půdní typ je formován dvěma základními faktory, kterými jsou matečná hornina a klima. Dále spolupůsobí biologický půdotvorný faktor, podzemní voda, reliéf, stáří půd a činnost člověka. Matečná hornina a její zvětralina (označována jako půdotvorný substrát) má bezprostřední vliv na obsah minerálních živin v půdě.

6.3.1 Půdní reakce

Tabulka 32 Popisná statistika výměnné půdní reakce v půdách jednotlivých půdních typů v roce 2019

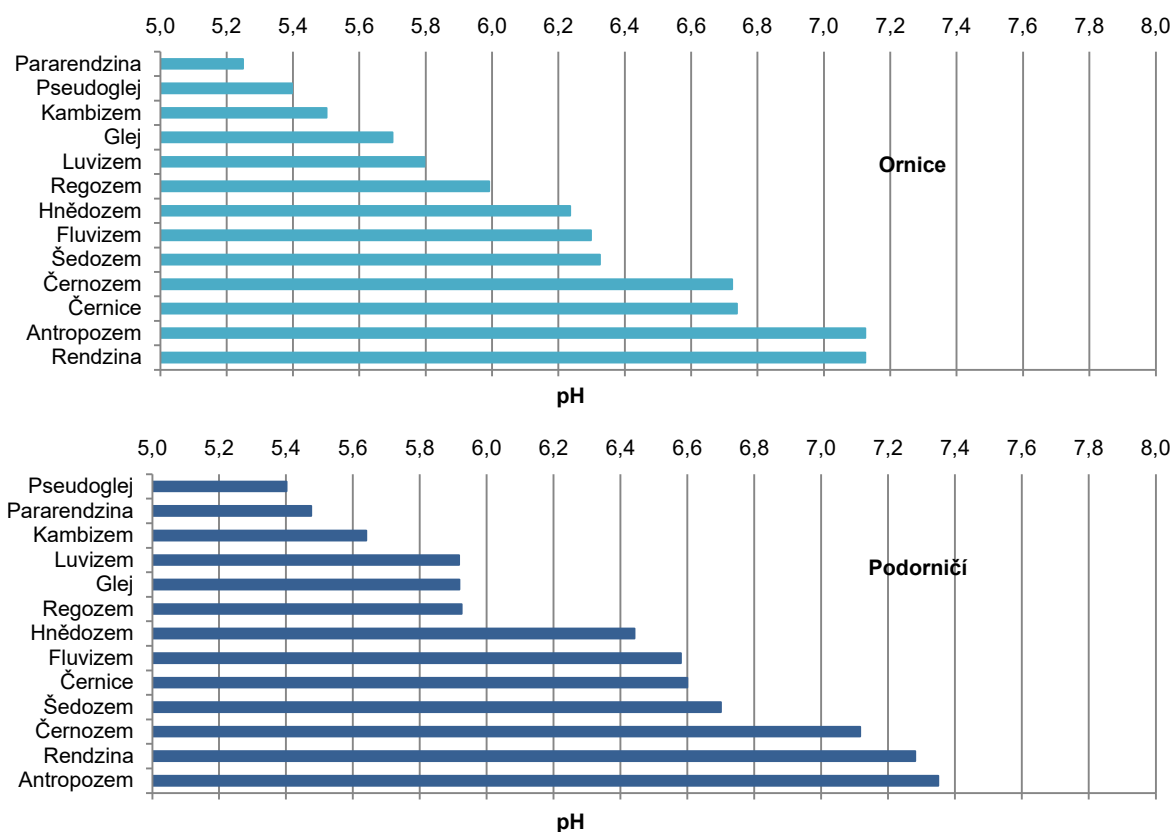
Parametr	Hor.	Počet čeho	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13
	P	1	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35
Černice	O	2	6,66	6,53	6,80	6,55	6,59	6,66	6,73	6,77
	P	2	6,60	6,58	6,63	6,58	6,59	6,60	6,61	6,62
Černoze	O	18	6,72	5,65	7,48	6,05	6,34	6,63	7,27	7,41
	P	18	7,12	5,88	7,65	6,60	6,79	7,20	7,52	7,61
Fluvizem	O	29	6,30	5,03	7,43	5,33	5,73	6,40	6,90	7,20
	P	29	6,58	5,18	7,70	5,60	5,88	6,73	7,23	7,45
Glej	O	11	5,70	4,38	7,30	4,90	5,10	5,68	6,11	6,80
	P	11	5,92	4,35	7,38	5,15	5,43	5,60	6,75	6,90
Hnědozem	O	39	6,24	4,98	7,55	5,40	5,66	6,13	6,75	7,04
	P	39	6,44	5,05	7,63	5,68	5,96	6,53	6,76	7,24
Kambizem	O	73	5,50	4,30	7,38	4,74	5,10	5,50	5,88	6,27
	P	73	5,64	4,45	7,55	4,70	5,15	5,70	6,05	6,51
Luvizem	O	14	5,80	4,75	7,38	5,27	5,38	5,76	6,06	6,40
	P	14	5,92	4,58	6,83	4,97	5,69	5,99	6,40	6,67
Pararendzina	O	2	5,25	5,20	5,30	5,21	5,23	5,25	5,28	5,29
	P	2	5,48	5,45	5,50	5,46	5,46	5,48	5,49	5,50
Pseudoglej	O	16	5,40	4,53	6,50	4,88	4,98	5,35	5,91	5,96
	P	16	5,40	4,63	6,30	4,85	4,99	5,41	5,81	5,89
Regozem	O	3	5,99	4,50	6,88	4,92	5,55	6,60	6,74	6,82
	P	3	5,93	4,50	6,98	4,86	5,40	6,30	6,64	6,84
Rendzina	O	4	7,13	6,65	7,60	6,71	6,80	7,13	7,45	7,54
	P	4	7,28	6,83	7,70	6,90	7,01	7,30	7,57	7,65
Šedoze	O	2	6,33	6,28	6,38	6,29	6,30	6,33	6,35	6,37
	P	2	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70

Pozn: Do podorníci (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebrá u TTP.

Velká pestrost horninového pokryvu na území ČR a značná členitost území dala vzniknout řadě půdních typů (Jandák et al., 2001), o čemž svědčí i 13 půdních typů zastoupených v souboru půd BMP. V tabulce 13 jsou tyto půdní vyjmenovány s označením počtu kultur, které se na nich vyskytují. Nejvíce zastoupeným půdním typem v souboru BMP je kambizem – 73 PP, následuje hnědozem – 39 PP a fluvizem – 29 PP.

V půdách monitorovaných v rámci BMP se hodnota výměnné půdní reakce v ornici v roce 2019 pohybovala mezi minimem a maximem v rozpětí 4,30 (kambizem) až 7,60 (rendzina). Půdní reakce v podorniči byla u většiny půdních typů vyšší a dosáhla rozmezí hodnot 4,35–7,70 stupně pH (tabulka 32). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou pH ornice a podorniči vykázala černozem (0,40 stupně pH). Je to dáno faktem, že černozemě se vyvíjí ze sypkých karbonátových substrátů (Pavlů et al., 2019). Černice naopak vykázala mírně nižší hodnotu pH v podorniči a pseudoglej stejnou hodnotu ornice i podorniči.

Obrázek 31 Porovnání průměrných hodnot výměnné půdní reakce v ornici a podorniči jednotlivých půdních typů na PP BMP



Nejnižší průměrné hodnoty pH byly zjištěny u pararendzin, pseudoglejů a kambizemí (obrázek 31).

Pararendziny vznikají z rozpadů karbonátosilikátových zpevněných hornin (vápnitých pískovců, opuk, vápnitých slepenců, brekcií, vápnitých břidlic apod.). Postupné vyluhování vytváří předpoklady k přechodu ke kambizemí (Pavlů et al., 2019), je proto překvapující, že na těchto půdách bylo v roce 2019 nízké pH. Důvodem může být malý počet ploch vyskytujících se v souboru pararendzin (figurují zde pouze dvě plochy a to orná půda z bramborářské výrobní oblasti – PP 6029B Řetová, okres Ústí nad Orlicí, 445 m n. m. a TTP z řepářské výrobní oblasti – PP 8022B Třeština, okres Šumperk, 253 m n. m.).

Pseudogleje vznikly v humidnějším klimatu 400–800 m n. m. v rovinatém reliéfu. Jsou pokládány za méně úrodné půdy, jejichž produkční potenciál je výrazně ovlivněn v jarních měsících nadměrnou vlhkostí v celém profilu v důsledku nízké drenážní schopnosti, periodickým snížením provzdušnosti a redukčněoxidačního potenciálu, což vede k hromadění toxických látek, které ovlivňují metabolismus rostlin (Jandák et al., 2001).

Kambizemě se vytvořily převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a sedimentárních hornin (Jandák et al., 2001). Široké rozpětí nadmořských výšek a s tím spojených klimatických parametrů a rozmanitosti půdotvorných substrátů dávají kambizemím širokou škálu půdních vlastností. Z této pestrosti se odvíjí i jejich variabilní produkční potenciál a způsob využití (Pavlu et al., 2019). Jandák et al. (2001) rozlišují kambizemě nižších poloh (300–600) m n. m. a vyšších poloh (600–1000 m n. m.). Kambizemě nižších poloh jsou využívány jako orné půdy, ve vyšších polohách slouží jako TTP. V souboru BMP se většina PP kambizemí (61 pozorovacích ploch ze 73) nalézá v horské a bramborářské výrobní oblasti a téměř polovina z nich (28 PP) jsou trvalé travní porosty. Zjištěné průměrné pH v orničním horizontu bylo u kambizemí 5,50. Podle Jandáka et al. (2001) je třeba kambizemě pravidelně vápnit. Pokud jsou využívány jako orné půdy, vyžadují rovněž organické hnojení.

Rendziny jsou vyvinuté ze skeletovitých rozpadů karbonátových hornin (v ČR téměř výhradně na vápencích). Vykazují neutrální až alkalickou reakci, v humidnějším podmínkách slabě kyselou reakci. Úrodnost rendzin je nízká. V zemědělství jsou vhodnější pro trvalé travní porosty (Jandák et al., 2001). V souboru ploch BMP se na orných půdách vyskytují 2 PP s neutrální a 2 PP s alkalickou reakcí.

Půdními typy, které dosáhly nejvyšších průměrných hodnot pH v orniční vrstvě, byly: rendzina a antropozem (oba půdní typy pH 7,13), černozem (pH 6,72).

Tabulka 33 Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZPP výměnné půdní reakce v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Půdní reakce výměnná						
		extrémně kyselá (do 4,5)	silně kyselá (4,6–5,0)	kyselá (5,1–5,5)	slabě kyselá (5,6–6,5)	neutrální (6,6–7,2)	alkalická (7,3–7,7)	silně alkalická (nad 7,7)
		%						
Kambizem	73	5,48	15,1	32,9	43,8	1,37	1,37	0,00
Hnědozem	39	0,00	2,56	15,4	48,7	25,6	7,69	0,00
Fluvizem	29	0,00	3,45	17,2	37,9	31,0	10,3	0,00
Černozem	18	0,00	0,00	0,0	11,1	44,4	44,4	0,00
Pseudoglej	16	6,25	31,3	31,3	31,3	0,0	0,00	0,00
Luvizem	14	0,00	7,14	35,7	50,0	0,0	7,14	0,00
Glej	11	9,09	18,2	18,2	36,4	9,1	9,09	0,00

V tabulce 33 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií půdní reakce v půdních typech BMP, které jsou zastoupeny nejméně deseti PP v souboru.

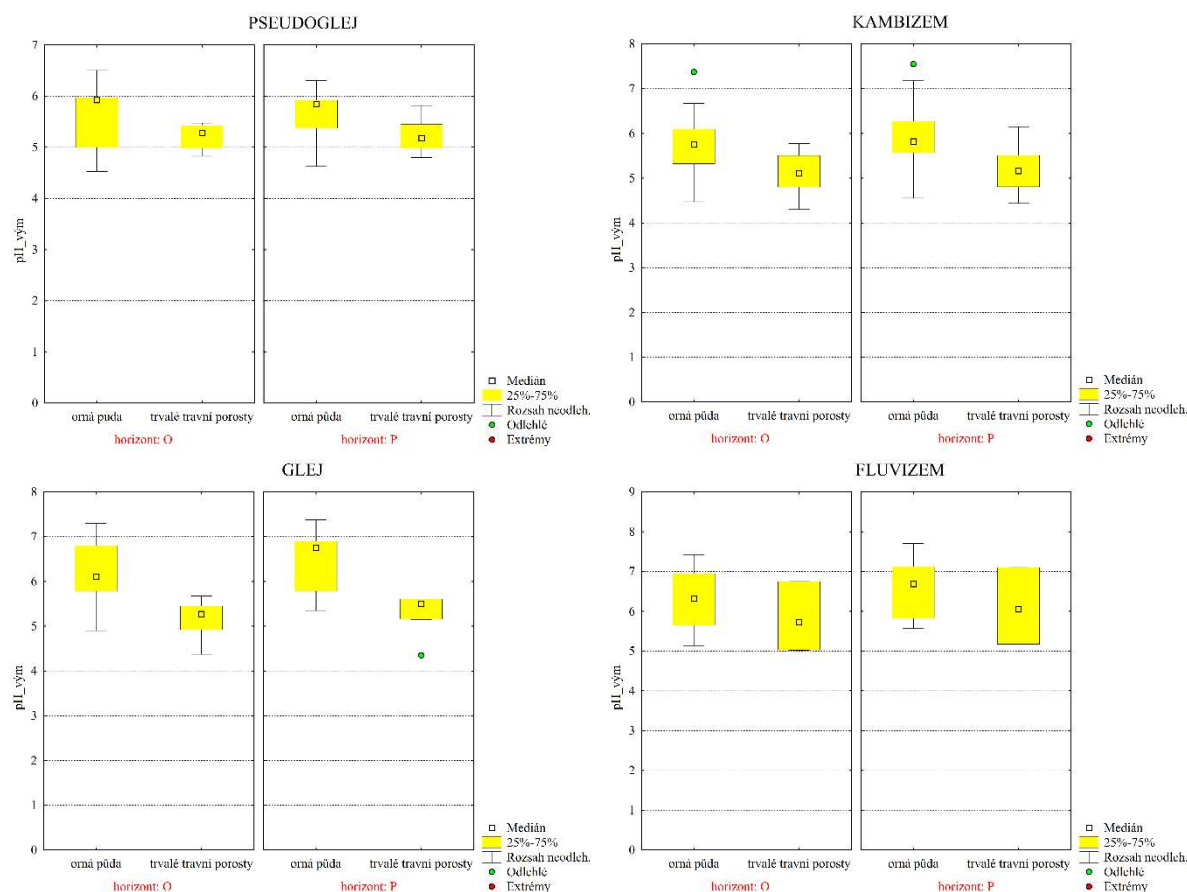
U většiny půdních typů je pH v rozsahu (pH 5,6–6,5), tzn. v oblasti slabě kyselé reakce, přičemž u kambizemě, pseudogleje, luvizemě a gleje je vyšší procento ploch také v kyselé oblasti, zatímco hnědozemě a fluvizemě jsou posunuty směrem k vyššímu pH do oblasti neutrální půdní reakce. Výjimkou jsou černozemě, jejichž pH se pohybuje v neutrální až alkalické oblasti (pH 6,6–7,7). Černozemě (spolu s rendzinami) patří k půdním typům, které jsou rezistentní vůči

poklesu pH a to díky pufrujícímu systému karbonátů (u černozemí spolupůsobí i vysoký obsah organické půdní hmoty), který v půdě tlumí acidifikační tendence (Kobza et al., 2014).

Půdy s pH pod 5,0 (kategorie „silně kyselé“ a „extrémně kyselé“) jsou náchylné k nedostatečnému fixování živin a nesou rizika spojená s biopřístupností rizikových prvků. K těmto půdám patří pseudogleje a gleje. Je vhodné je ošetřovat vyššími dávkami vápenatých hnojiv za účelem zvýšení pH (v závislosti na kultuře a druhu půdy se jedná až o 1,7 t CaO.ha⁻¹.rok⁻¹).

Obrázek 32 dokládá, že půdní typy glej a kambizem se vyznačovaly statisticky významně nižšími hodnotami pH u trvalých travních porostů oproti orným půdám jak v ornici, tak v podorníci. Naproti tomu u fluvizemí a pseudoglejů se rozdíl v úrovni pH u TTP a orných půd neprokázal. Mezi horizonty O a P byly statisticky významné rozdíly v orných půdách i TTP (vyšší hodnoty v P) při porovnávání půdních typů fluvizem a kambizem.

Obrázek 32 Grafické znázornění statistických parametrů hodnot výměnné půdní reakce v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP v roce 2019



6.3.2 Obsah fosforu

V půdách monitorovaných v rámci BMP se hodnota přístupného fosforu v ornici v roce 2019 pohybovala v rozpětí 8 mg.kg⁻¹ (antropozem, PP 6901K, TTP) až 1223 mg.kg⁻¹ (fluvizem – plocha 2016B, Dušníky nad Vltavou, chmelnice). Tato plocha se vyznačuje velmi vysokými

hodnotami obsahu fosforu. Je to jednak dáno půdním typem, který obecně dosahuje vyšších hodnot prvků a dále polohou; tato plocha se nachází na území, které bylo už v pravěkých dobách pravidelně osídlováno.

Obsah fosforu v podorníci byl u všech půdních typů nižší než v ornici a pohyboval se v rozmezí 4 mg.kg⁻¹ (antropozem) až 1218 mg.kg⁻¹ (fluvizem) (tabulka 34). Minima a maxima v podorníci se vyskytovala na stejných plochách jako v ornici. Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu P v ornici a podorníci vykázala antropozem (obsah v podorníci byl o 50 % nižší než v ornici), nejmenší potom regozem (obsah v podorníci byl o 27 % nižší než v ornici). Obsahy celkového fosforu jsou tabulkově zpracovány v příloze 33.

Tabulka 34 *Popisná statistika obsahu přístupného fosforu v odběrových horizontech jednotlivých půdních typů v roce 2019 (mg.kg⁻¹)*

Parametr	Hor.	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	8	8	8	8	8	8	8	8
	P	1	4	4	4	4	4	4	4	4
Černice	O	2	64	42	85	46	53	64	75	81
	P	2	35	25	45	27	30	35	40	43
Černoze	O	18	121	33	472	40	67	106	141	168
	P	18	75	13	268	16	25	58	101	145
Fluvizem	O	29	193	21	1223	34	69	94	158	480
	P	29	115	9	1218	15	30	53	97	214
Glej	O	11	76	22	199	40	53	67	77	109
	P	11	43	13	86	18	28	35	61	73
Hnědozem	O	39	87	18	205	34	46	81	111	155
	P	39	42	7	92	13	25	36	64	70
Kambizem	O	73	106	13	399	32	51	89	130	182
	P	73	62	3	385	11	25	38	70	139
Luvizem	O	14	88	45	192	49	60	80	104	124
	P	14	40	18	76	20	28	42	46	58
Pararendzina	O	2	273	124	422	154	198	273	347	392
	P	2	179	41	317	69	110	179	248	290
Pseudoglej	O	16	48	15	92	22	27	45	65	78
	P	16	27	2	64	8	13	26	40	52
Regozem	O	3	151	102	222	107	115	129	176	204
	P	3	110	42	200	51	65	87	143	177
Rendzina	O	4	65	51	88	52	55	61	71	81
	P	4	20	10	37	11	12	17	25	32
Šedozem	O	2	124	120	129	121	122	124	126	128
	P	2	39	38	41	38	38	39	40	41

Pozn: Do podorníci (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

Přijatelnost fosforu významně ovlivňuje půdní reakce. V kyselých minerálních půdách se obvykle v nadbytku vyskytují rozpustné sloučeniny železa, hliníku a manganu. V takovém

prostředí se ionty H_2PO_4^- ihned srážejí a tvoří nerozpustné hydrofosfáty. Podobně jako v kyselých půdách i v zásadité půdě reagují fosforečné ionty s kationty (zejména Ca^{2+}) a tvoří se nerozpustné fosfáty (např. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (Šimek et al., 2019).

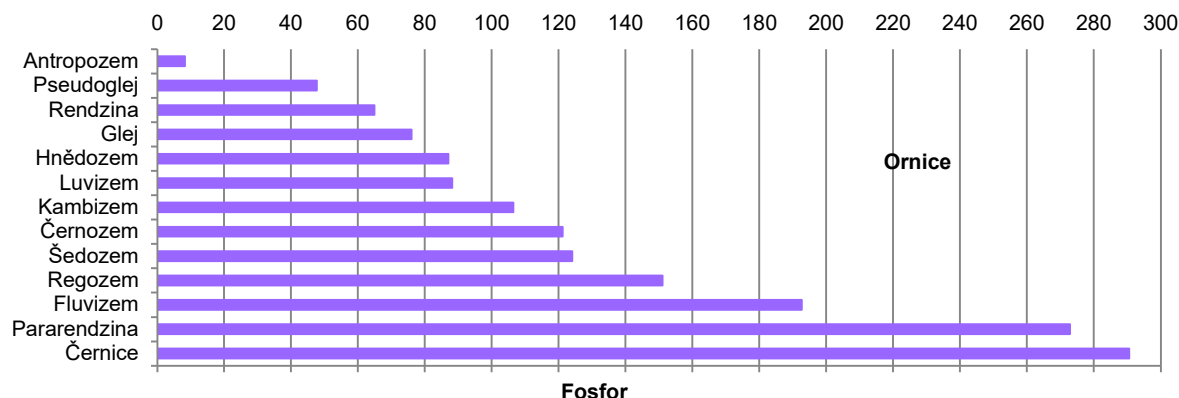
Pseudogleje a gleje ze souboru BMP se vyznačují nízkými hodnotami pH a naopak rendziny a antropozem vyššími hodnotami pH (tabulka 32). Z tabulky 34 a obrázku 34 je zřejmé, že tyto půdy obsahují nižší množství přístupného fosforu (glej – 76 mg.kg^{-1} , pseudoglej – 48 mg.kg^{-1} , rendzina – 65 mg.kg^{-1} , antropozem – 8 mg.kg^{-1}). Na půdním typu antropozem se vyskytuje pouze 1 PP a to plocha 6901K Ždírec nad Doubravou, TTP, okres Havlíčkův Brod.

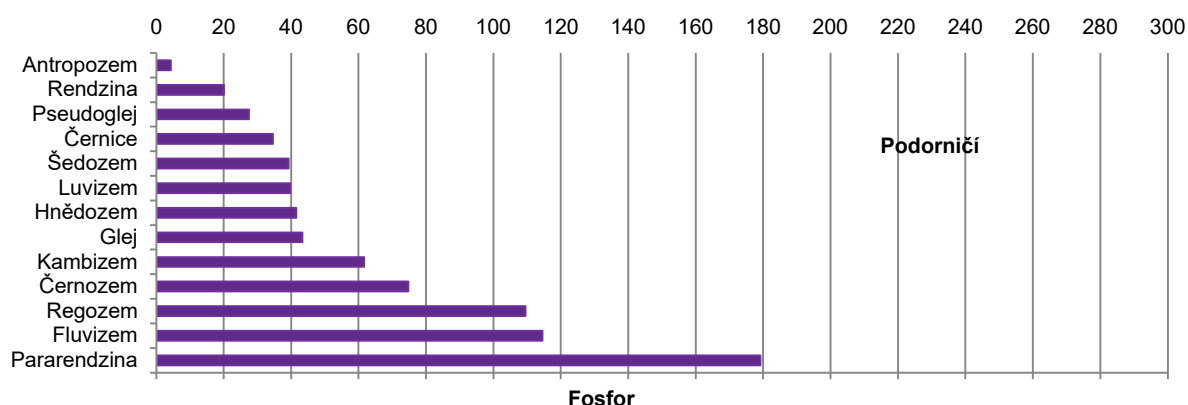
Obrázek 33 Půdní sonda na PP 6901K



Plocha 6901K má jednak nejmenší naměřenou hodnotu přístupného P, ale je také s naměřeným pH 7,13 výjimkou mezi trvalými travními porosty, které v souboru TTP nabývají hodnot 4,3–6,8 (bez plochy 6901K). Tato plocha je charakteristická rovněž vysokým obsahem přístupného Ca (8115 mg.kg^{-1}), který odpovídá spíše vinicím. Charakter plochy vysvětluje složení půdy: navážka z koželužny, hutnická struska, opukové kameny, které jsou pravděpodobnou příčinou vysokých obsahů vápníku. Opuka může obsahovat až 60 % CaCO_3 .

Obrázek 34 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného fosforu v ornici a podorníci jednotlivých půdních typů na PP BMP (mg.kg^{-1})





Půdní typy, které dosáhly nejvyšších průměrných obsahů přístupného P v orniční vrstvě, byly: pararendzina (273 mg.kg⁻¹), fluvizem (193 mg.kg⁻¹), regozem (151 mg.kg⁻¹).

Fluvizemě vznikají z nivních sedimentů, které mají různorodé vlastnosti a vyznačují se značnými rozdíly v úrodnosti. Jsou převážně využívány jako orné půdy (Jandák et al., 2001). V souboru BMP je ve fluvizemích zařazeno 29 PP, z nichž je 22 PP orných půd, 4 PP chmelnice a 3 PP TTP.

Regozemě se vytvářejí na minerálně chudých substrátech (křemenné písky apod.). V ČR jsou mozaikovitě rozesety na malých plochách po celém území, často v erozních polohách (Jandák et al., 2001). V souboru regozemí v BMP se vyskytují 3 PP s odlišným zemědělským využitím (2021B – orná půda, 4012B – TTP a 7012B – vinice).

Tabulka 35 Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZZP obsahu přístupného fosforu v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Kategorie obsahu fosforu				
		nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
		%				
Kambizem	73	13,7	28,8	23,3	24,7	9,59
Hnědozem	39	35,9	28,2	23,1	10,3	2,56
Fluvizem	29	10,3	31,0	27,6	10,3	20,7
Černozem	18	16,7	27,8	27,8	22,2	5,56
Pseudoglej	16	16,7	27,8	27,8	22,2	5,56
Luvizem	14	21,4	35,7	28,6	14,3	0,00
Glej	11	9,09	54,5	27,3	9,09	0,00

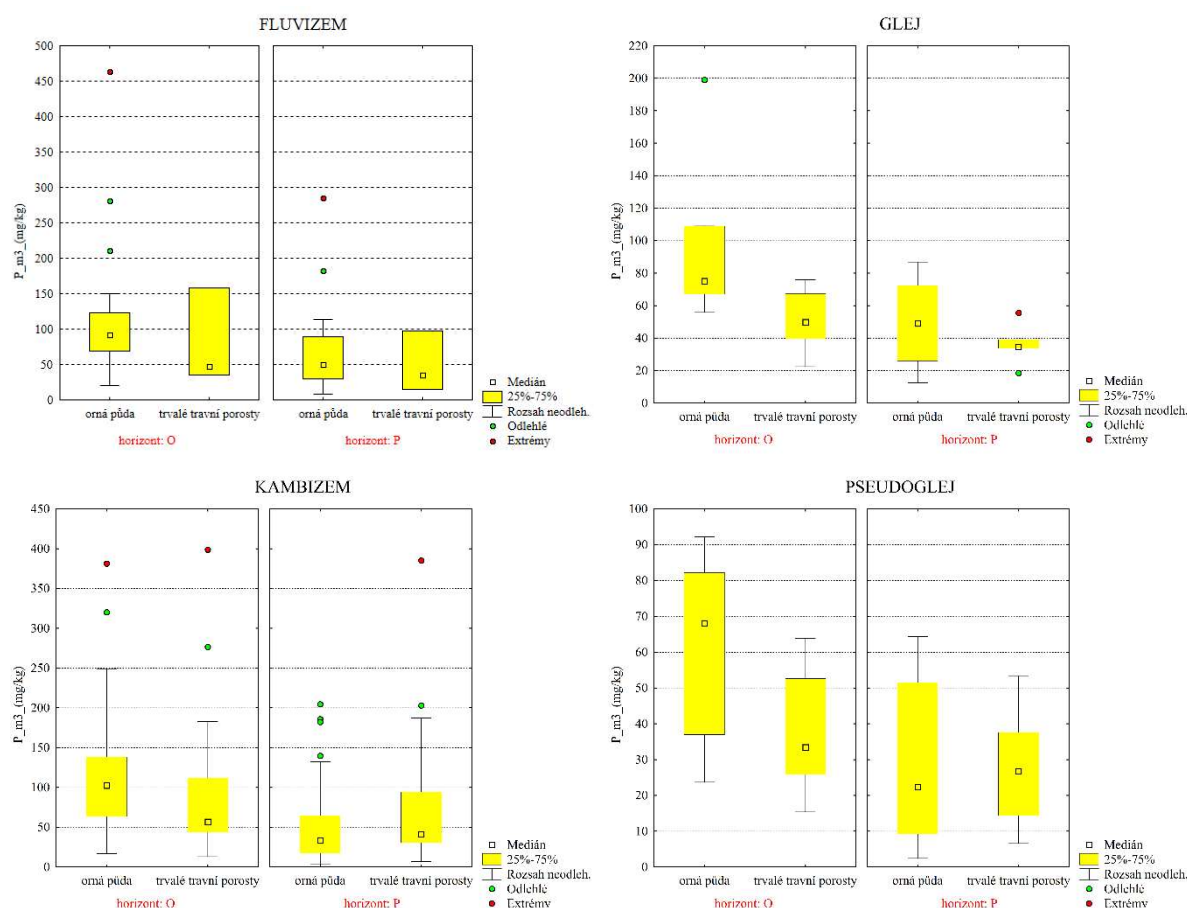
V tabulce 35 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií pH v půdních typech BMP, které jsou zastoupeny nejméně deseti PP v souboru.

Fluvizemě, černozemě, pseudogleje, luvizemě a gleje mají obsah přístupného fosforu „vyhovující“ až „dobrý“ (v závislosti na kultuře, která je na daných půdních typech založena to znamená rozmezí od 26 mg.kg⁻¹ – TTP do 290 mg.kg⁻¹ – chmelnice). „Vyhovující“ obsah vyžaduje pravidelné hnojení s navýšením vypočteného normativu o 20–30 % a „dobrý“ obsah znamená udržovací hnojení dle odběrového normativu. Vyšší obsahy přístupného fosforu se projevují u kambizemí, kde čtvrtina ploch vykazuje „vysoký obsah“ fosforu. Naopak v hnědozemích je obsah přístupného fosforu nedostatečný – přibližně 2/3 ploch mají pouze „nízký“ až „vyhovující“ obsah. Půdy s „nízkým“ obsahem fosforu v půdě je třeba dohnojit

zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %. Půdy s „vyhovujícím“ obsahem dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 20–30 %.

Obrázek 35 dokumentuje obsah přístupného fosforu v nejrozšířenějších 4 půdních typech (které mají statisticky porovnatelný počet orných půd i TTP). V případě zhodnocení orná půda/TTP jsou statisticky významné rozdíly pouze při porovnání horizontů O orných půd a TTP u pseudoglejů. Průkazné jsou rozdíly u všech 4 půdních typů (kromě TTP na fluvizemích) při porovnání O a P zvlášť orných půd a TTP, kdy podorníci vykazují statisticky nižší hodnoty. Grafické znázornění pro celkový obsah fosforu je v příloze 37.

Obrázek 35 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu přístupného fosforu v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP v roce 2019 (mg.kg^{-1})



6.3.3 Obsah draslíku

Obsah draslíku je v půdách různý a závisí na mineralogickém složení a na stupni zvětrání matečné horniny a v ní obsažených minerálech. Např. ve srovnání s fosforem obsahují půdy

draslíku mnohem více. Draslík je pevně vázán v minerálech jako jsou draselné živce (ortoklas a mikroklin) a slídy, jež jen pomalu zvětrávají. Dlouhodobě jsou tyto minerály důležitým zdrojem půdního draslíku (Šimek et al., 2019).

Fixaci draslíku v půdě ovlivňuje zejména množství a kvalita jílových minerálů a množství iontů Ca^{2+} v půdě. Zvýšení pH přidavkem vápenatých hnojiv do půdy obvykle zvýší schopnost půdy fixovat draslík. Děje se tak několika mechanismy, zejména tím, že vápnění obecně zvýší kationtovou výměnnou kapacitu jílových minerálů, které adsorbují více kationtů z půdního roztoku (Šimek et al., 2019).

Tabulka 36 *Popisná statistika obsahu přístupného draslíku v odběrových horizontech u jednotlivých půdních typů v roce 2019 (mg.kg^{-1})*

Parametr	Hor.	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	200	200	200	200	200	200	200	200
	P	1	131	131	131	131	131	131	131	131
Černice	O	2	270	236	305	243	253	270	287	298
	P	2	166	95	238	109	131	166	202	224
Černozem	O	18	303	151	479	201	245	286	379	423
	P	18	193	109	348	114	145	200	219	262
Fluvizem	O	29	254	88	1103	102	119	182	320	443
	P	29	157	56	676	62	77	114	159	276
Glej	O	11	159	50	410	62	108	137	182	210
	P	11	109	36	271	54	70	90	107	209
Hnědozem	O	39	231	96	531	143	168	194	275	386
	P	39	147	69	250	101	117	140	163	211
Kambizem	O	73	201	65	602	86	121	179	245	344
	P	73	139	41	533	57	82	122	178	224
Luvizem	O	14	237	147	572	149	167	209	256	316
	P	14	167	101	460	103	111	138	196	209
Pararendzina	O	2	376	197	556	232	286	376	466	520
	P	2	248	99	397	129	173	248	322	367
Pseudoglej	O	16	183	59	341	84	147	180	228	271
	P	16	132	52	205	84	103	124	179	193
Regozem	O	3	204	153	234	167	189	226	230	232
	P	3	133	106	149	113	124	142	146	148
Rendzina	O	4	266	126	395	165	225	271	312	362
	P	4	177	91	265	114	149	177	205	241
Šedozem	O	2	242	228	256	231	235	242	249	253
	P	2	134	119	150	122	126	134	142	146

Pozn: Do podorníci (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

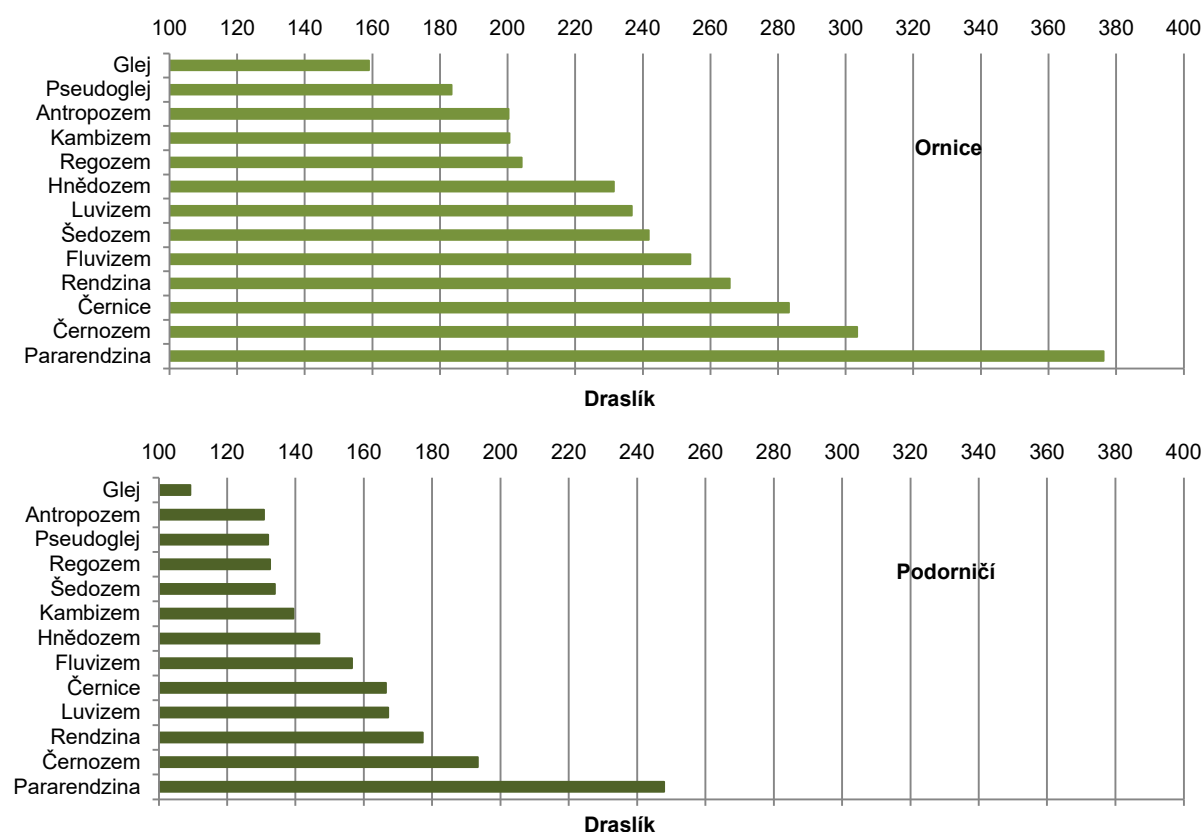
V půdách monitorovaných v rámci BMP se hodnota obsahu přístupného K v ornici jednotlivých půdních typů v roce 2019 pohybovala v rozpětí 50 mg.kg^{-1} (glej, PP 7010B, TTP) až 1103 mg.kg^{-1} (fluvizem, PP 5903KO, chmelnice). Obsah v podorniči byl u většiny půdních typů nižší a dosáhl rozmezí hodnot 36 mg.kg^{-1} (glej, PP 7010B, TTP) až 676 mg.kg^{-1} (fluvizem, PP 2016B, chmelnice) (tabulka 36). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu draslíku v ornici a podorniči vykázala šedozem (obsah v podorniči byl o 45 % nižší než hodnota v ornici); nejmenší rozdíl potom pseudoglej (obsah v podorniči byl o 28 % nižší než hodnota v ornici). Obsahy celkového draslíku jsou tabulkově zpracovány v příloze 34.

Půdní typy, které dosáhly nejnižších průměrných obsahů přístupného K v ornici, byly: glej (159 mg.kg^{-1}), pseudoglej (183 mg.kg^{-1}), antropozem (200 mg.kg^{-1}) (obrázek 36).

Gleje jsou půdy s výrazným reduktomorfním glejovým horizontem v hloubce do 0,5 m vznikající v důsledku dlouhodobého provlhčení podzemní, případně povrchovou vodou z prameniště. Gleje se vyskytují v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody, nejčastěji v nivách či v terénních vhloubeninách (Pavluš et al., 2019).

Půdní typy, které dosáhly nejvyšších průměrných obsahů přístupného K v ornici, byly: pararendzina (376 mg.kg^{-1}), černoze (303 mg.kg^{-1}), černice (270 mg.kg^{-1}) (obrázek 36). *Černoze* jsou hlubokohumózní půdy, které se vytvořily ze spraší, písčitých spraší a slínů intenzivní akumulací a kondenzací půdní organické hmoty v podmínkách nepromyvného vodního režimu. Patří k nejúrodnějším půdám s bohatou, proto jsou využívány jako půdy orné (Jandák et al., 2001).

Obrázek 36 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného draslíku v ornici a podorniči jednotlivých půdních typů na PP BMP (mg.kg^{-1})

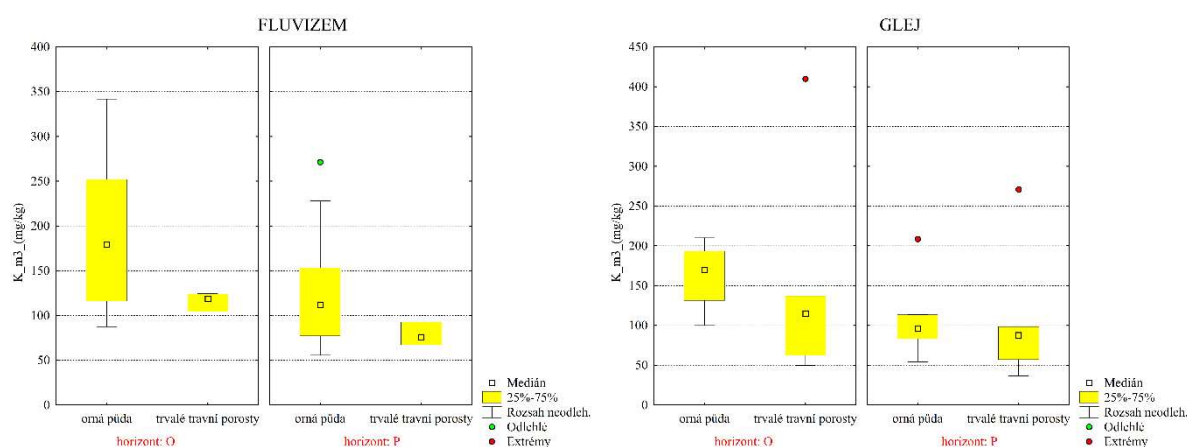


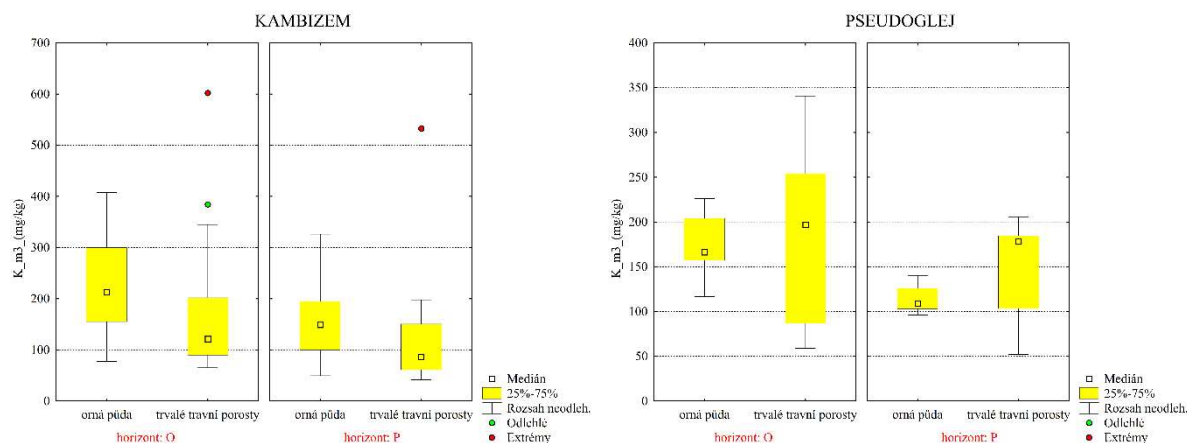
V tabulce 37 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií. Kromě černozemí a pseudoglejů je ve všech půdních typech obsah přístupného K „dobrý“ či „vyhovující“ (v závislosti na kultuře, která je na daných půdních typech založena a druhu půdy to znamená rozmezí od 71 mg.kg⁻¹ – TTP do 570 mg.kg⁻¹ – chmelnice). Tyto obsahy představují pravidelné udržovací hnojení dle odběrového normativu – dobrý obsah a hnojení s navýšením vypočteného normativu o 20–30 % – vyhovující obsah. U černozemí a pseudoglejů je posun směrem ke kategoriím s vyšším obsahem K („dobrý“ a „vysoký“ obsah). Půdy s vysokým obsahem K není třeba hnojit na přechodnou dobu 2–3 let.

Tabulka 37 Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZPP obsahu přístupného draslíku v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Kategorie obsahu draslíku				
		nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
		%				
Kambizem	73	9,59	34,2	39,7	15,1	1,37
Hnědozem	39	2,56	38,5	46,2	7,69	5,13
Fluvizem	29	13,8	34,5	31,0	13,8	6,90
Černozem	18	0,00	5,56	50,0	33,3	11,1
Pseudoglej	16	0,00	5,56	50,0	33,3	11,1
Luvizem	14	0,00	28,6	57,1	7,14	7,14
Glej	11	27,3	36,4	27,3	0,00	9,09

Obrázek 37 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu přístupného draslíku v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP v roce 2019 (mg.kg⁻¹)





Na obrázku 37 je znázorněn obsah přístupného draslíku v orných půdách a TTP na půdních typech kambizem, fluvizem, pseudoglej, glej. V případě porovnání orná půda/TTP jsou statisticky průkazné rozdíly pouze u horizontu O kambizemí, kdy TTP vykázaly nižší obsahy oproti orným půdám. Rozdíly v horizontu P již statisticky průkazné nebyly. Průkazně vyšší jsou obsahy přístupného draslíku v ornici oproti podorníci u všech čtyř půdních typů, s výjimkou TTP na glejích. Grafické znázornění pro celkový obsah draslíku je v příloze 38.

6.3.4 Obsah hořčíku

Hořčík se vyskytuje ve více než 105 nerostech, primárně v pevné vazbě křemičitanové a druhotně hlavně ve vazbách uhličitanových, síranových a chloridových. Hořčík spolu s vápníkem je důležitou živinou a kromě toho má velký význam v půdním prostředí. Zlepšuje fyzikální i chemické vlastnosti půd. Srážením půdních koloidů napomáhá vytvářet příznivou strukturu, zvyšuje pH a zamezuje pohybu kyseliny křemičité a Fe- a Al-hydroxidů v půdě, a tím ovlivňuje i vzdušný a vodní režim půd (Šimek et al., 2019).

V tabulce 38 jsou vypsány jednotlivé statistické veličiny půdních typů monitorovaných v rámci BMP. Hodnota obsahu přístupného Mg v ornici jednotlivých půdních typů se v roce 2019 pohybovala v rozpětí minima a maxima v rámci jednoho půdního typu a rovněž i jedné kultury: od 48 mg.kg⁻¹ (kambizem, PP 6003B, orná půda) do 975 mg.kg⁻¹ (kambizem, PP 5011B, orná půda). Obsah v horizontu P byl nižší než v O u 4 půdních typů (antropozem, černice, kambizem, pararendzina). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu Mg v ornici a podorníci vykázala antropozem (obsah v P byl o 28 % nižší než hodnota v O); nejmenší rozdíl potom kambizem (obsah v P byl o 6 % nižší než hodnota v O). U 9 půdních typů byl obsah v podorníci vyšší než v ornici (černozem, fluvizem, glej, hnědozem, luvizem, pseudoglej, regozem, rendzina, šedozem). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu Mg v ornici a podorníci vykázal pseudoglej (obsah v podorníci byl o 15 % vyšší než hodnota v ornici); nejmenší rozdíl potom fluvizem (obsah v podorníci byl o 0,4 % vyšší než hodnota v ornici). Obsahy celkového hořčíku jsou tabulkově zpracovány v příloze 35.

Půdní typy, které dosáhly nejnižších průměrných obsahů přístupného Mg v ornické vrstvě, byly: antropozem (125 mg.kg⁻¹), regozem (127 mg.kg⁻¹), luvizem (160 mg.kg⁻¹). Půdními typy, které dosáhly nejvyšších průměrných obsahů v O, byly: černice (517 mg.kg⁻¹), pararendzina (286 mg.kg⁻¹) a fluvizem (263 mg.kg⁻¹) (obrázek 38). Obě černice, které se nalézají v souboru BMP, jsou orné půdy a obě vykázaly vysoké obsahy přístupného Mg (PP 2020BP Násedlnice leží v okrese Mladá Boleslav a PP 7024B Hrubčice v okrese Prostějov). Možným vysvětlením vysokého obsahu Mg je charakter *černic*, které jsou hlubokohumózními půdami s tmavým

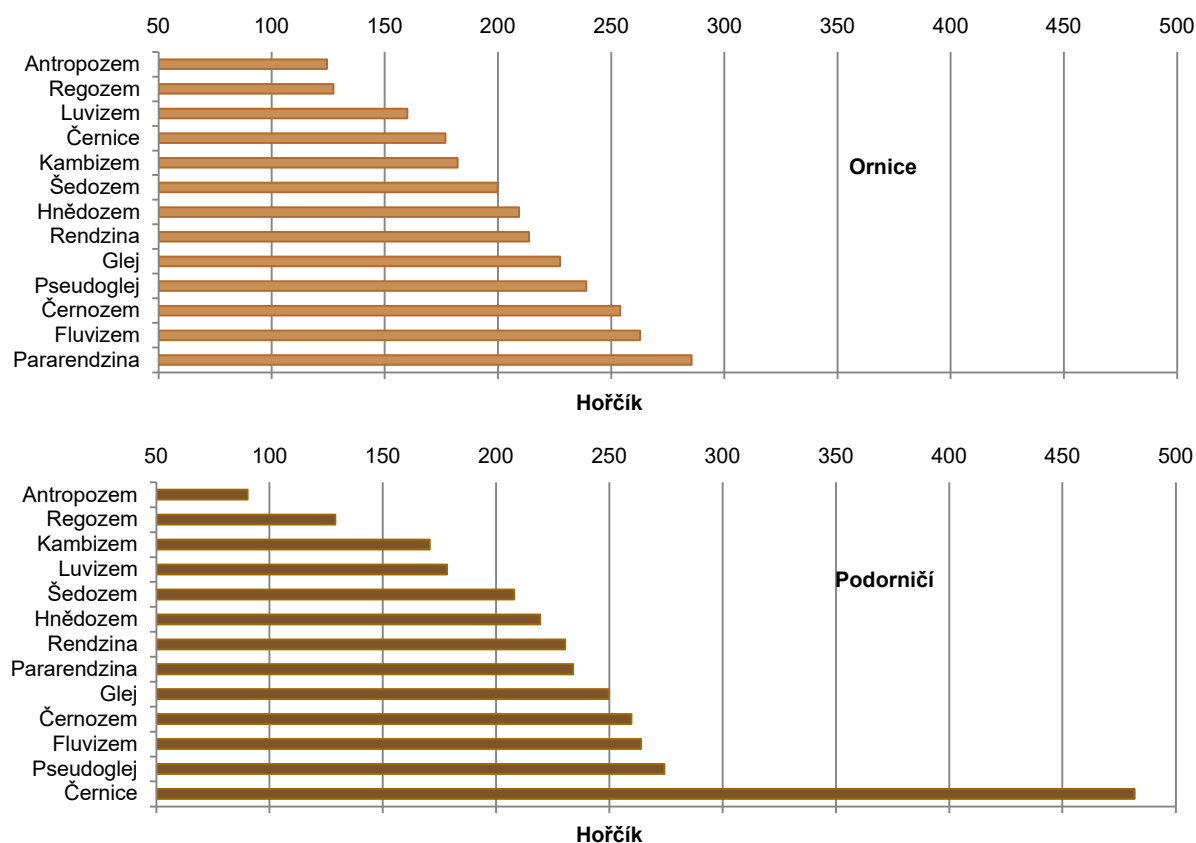
hydrogenním černickým horizontem. Vytvořily se intenzivní akumulací a kondenzací půdní organické hmoty z nezpevněných sorpčně nasycených silikátových nebo karbonátovo-silikátových substrátů. Půdní reakci mají neutrální až slabě alkalickou. Vyskytují se v širokých nívách řek a to v těch, které již nejsou pod vlivem nivního režimu (tzn. záplav a prudkého kolísání hladiny podzemních vod). Dále se nalézají v terénních depresích (Jandák et al., 2001). *Pararendziny* vznikají z rozpadů karbonátosilikátových zpevněných hornin (vápnitých pískovců, opuk, vápnitých slepenců, brekcií, vápnitých břidlic apod.). *Fluvizemě* vznikají periodickým usazováním sedimentů v nívách vodních toků z povodňových sedimentů, které mají různorodé vlastnosti a vyznačují se značnými rozdíly v úrodnosti (Pavlů et al., 2019).

Tabulka 38 *Popisná statistika obsahu přístupného hořčíku v odběrových horizontech jednotlivých půdních typů v roce 2019 (mg.kg⁻¹)*

Parametr	Hor.	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	125	125	125	125	125	125	125	125
	P	1	90	90	90	90	90	90	90	90
Černice	O	2	517	496	538	500	507	517	527	534
	P	2	482	415	549	429	449	482	515	535
Černozem	O	18	254	123	365	156	219	260	289	353
	P	18	260	117	352	143	222	262	340	349
Fluvizem	O	29	263	122	541	142	172	242	307	408
	P	29	264	111	583	133	174	273	316	416
Glej	O	11	227	109	443	139	145	191	294	364
	P	11	250	104	1065	108	137	162	203	298
Hnědozem	O	39	209	103	508	138	150	187	244	306
	P	39	220	97	439	129	157	203	262	354
Kambizem	O	73	182	48	975	78	114	149	224	313
	P	73	171	29	1065	63	93	135	200	300
Luvizem	O	14	160	65	332	101	113	147	180	247
	P	14	178	105	270	117	155	181	206	229
Pararendzina	O	2	286	221	351	234	253	286	318	338
	P	2	234	185	284	194	209	234	259	274
Pseudoglej	O	16	239	83	559	105	143	202	353	404
	P	16	274	84	861	109	146	225	321	448
Regozem	O	3	127	56	195	71	93	131	163	182
	P	3	129	32	182	60	102	173	178	180
Rendzina	O	4	214	71	477	86	109	153	258	389
	P	4	230	57	515	76	103	175	302	430
Šedozem	O	2	200	154	246	163	177	200	223	237
	P	2	208	148	268	160	178	208	238	256

Pozn: Do podorníčí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

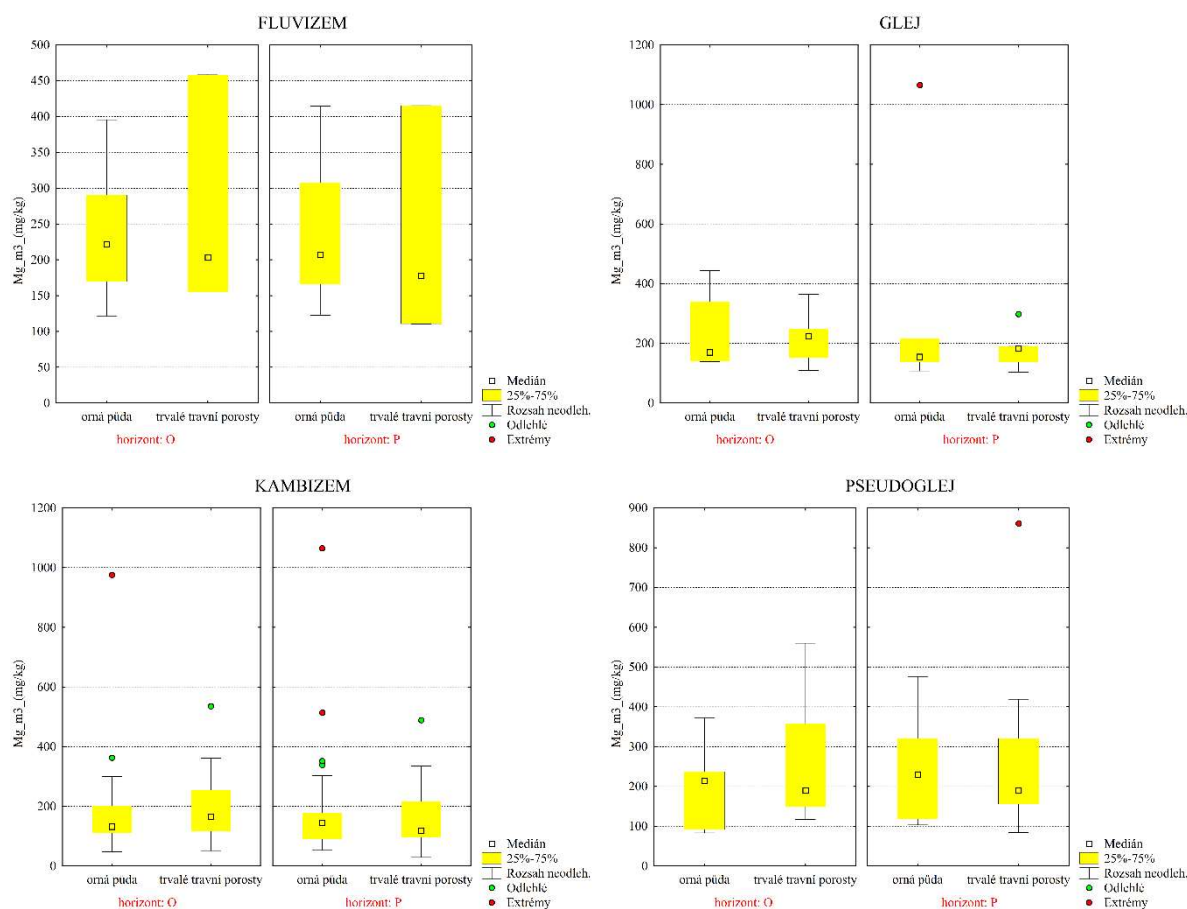
V tabulce 39 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZPP. Z hlediska zásobenosti půd přístupným hořčíkem lze konstatovat, že tři půdní typy – fluvizem, černozem a pseudoglej jsou dostatečně zásobeny hořčíkem („dobrý“ a „vysoký“ obsah). Půdy s dobrým obsahem je třeba na této úrovni hnojením udržovat a půdy s vysokým obsahem Mg není třeba hnojit vůbec na přechodnou dobu 2–3 let. Zásadní podíl hnědozemí a luvizemí je v kategorii „vyhovujícího“ a „dobrého“ obsahu, což znamená pravidelně hnojit tyto půdy vypočtenou dávkou hnojiva podle normativu pěstované plodiny a navýšit ji o 20–30 % (vyhovující obsah) a hnojit půdy dle odběrového normativu plodiny bez navýšení, půdy na dané hladině obsahu Mg udržovat (dobrý obsah). Značně nerovnoměrně jsou obsahy přístupného Mg rozloženy u glejů – více než ¾ půd jsou buď v kategorii obsahu „vyhovující“ nebo „velmi vysoký“. Zvyšování příslušné živiny na půdách s velmi vysokým obsahem je z ekologického hlediska nevhodné a hnojení je nepřijatelné. Je třeba je na několik let vypustit, než bude dosaženo kategorie dobré.

Obrázek 38 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného hořčíku v ornici a podorníci jednotlivých půdních typů na PP BMP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)**Tabulka 39** Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZPP obsahu přístupného hořčíku v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Kategorie obsahu hořčíku				
		nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
		%				
Kambizem	73	15,1	38,4	20,5	12,3	13,7
Hnědozem	39	5,13	25,6	56,4	10,3	2,56
Fluvizem	29	0,00	17,2	44,8	24,1	13,8
Černozem	18	0,00	16,7	44,4	27,8	11,1
Pseudoglej	16	0,00	16,7	44,4	27,8	11,1
Luvizem	14	21,4	35,7	28,6	14,3	0,00
Glej	11	0,00	36,4	18,2	9,09	36,4

Na obrázku 39 je graficky znázorněn obsah přístupného hořčíku v nejrozšířenějších 4 půdních typech, na kterých se nalézají orné půdy a TTP v takovém počtu, aby byly statisticky porovnatelné. V případě porovnání orná půda/TTP nebyly shledány žádné statisticky průkazné rozdíly ani při porovnání horizontů O ani při porovnání horizontů P. Průkazné rozdíly byly nalezeny v obsazích přístupného Mg mezi O a P v trvalých travních porostech fluvizemí, glejů a kambizemí a v orných půdách pseudoglejů. Grafické znázornění pro celkový obsah hořčíku je v příloze 39.

Obrázek 39 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu hořčíku v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP; 2019; mg.kg^{-1}



6.3.5 Obsah vápníku

Vápník je kromě toho, že je důležitou živinou, také velmi významný z hlediska kladného působení v půdním prostředí (spolu s Mg). Zlepšuje fyzikální i chemické vlastnosti půd – hraje významnou úlohu v pufruční a neutralizační schopnosti půd, při tvorbě půdní struktury, zvyšuje přístupnost živin pro rostliny a snižuje aktivitu hliníku. Vápník se vyskytuje asi ve 195 nerostech, především v pevné vazbě křemičitanové a ve snadno uvolnitelných vazbách uhličitanových a síranových (plagioklas, pyroxen, amfibol, kalcit, dolomit, anhydrit, sádrovec (Šimek et al., 2019).

V půdách monitorovaných v rámci BMP se hodnota obsahu přístupného Ca v ornici jednotlivých půdních typů v roce 2019 pohybovala v rozpětí 547 mg.kg^{-1} (regozem, PP 4012B, TTP) až 30325 mg.kg^{-1} (rendzina, PP 7019B, vinice) (tabulka 40).

Tabulka 40 *Popisná statistika obsahu přístupného vápníku v odběrových horizontech jednotlivých půdních typů v roce 2019 (mg.kg⁻¹)*

Parametr	Hor.	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	8115	8115	8115	8115	8115	8115	8115	8115
	P	1	8893	8893	8893	8893	8893	8893	8893	8893
Černice	O	2	7355	7135	7575	7179	7245	7355	7465	7531
	P	2	6451	5108	7795	5376	5779	6451	7123	7526
Černozem	O	18	4501	2023	7668	3103	3373	3891	5898	6262
	P	18	5955	2498	10268	3273	3711	4978	7870	9626
Fluvizem	O	29	3800	1328	10263	1541	2503	3685	4538	5757
	P	29	3869	1273	10110	1586	2693	3795	4818	5824
Glej	O	11	2471	1013	5125	1523	1800	2173	2671	3775
	P	11	2340	1025	5363	1523	1666	2018	2421	3570
Hnědozem	O	39	2806	988	6960	1659	1963	2478	3125	4409
	P	39	3081	1075	9213	1764	2075	2623	3363	4643
Kambizem	O	73	1936	674	7220	1049	1328	1663	2093	3259
	P	73	1923	480	7798	943	1168	1570	2163	3313
Luvizem	O	14	1913	1130	4230	1262	1353	1773	2258	2342
	P	14	2014	1328	3468	1363	1609	1821	2179	3019
Pararendzina	O	2	1595	1318	1873	1373	1456	1595	1734	1817
	P	2	2080	1690	2470	1768	1885	2080	2275	2392
Pseudoglej	O	16	1940	1083	3155	1305	1406	1874	2305	2865
	P	16	1816	914	2643	1120	1409	1888	2150	2506
Regozem	O	3	2016	547	4183	701	932	1318	2750	3610
	P	3	2271	539	3983	889	1415	2290	3136	3644
Rendzina	O	4	11877	3518	30325	3614	3759	6833	14950	24175
	P	4	17909	3858	38900	4096	4454	14439	27894	34498
Šedozem	O	2	3458	2910	4005	3020	3184	3458	3731	3896
	P	2	3815	3315	4315	3415	3565	3815	4065	4215

Pozn: Do podorničí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírá u TTP.

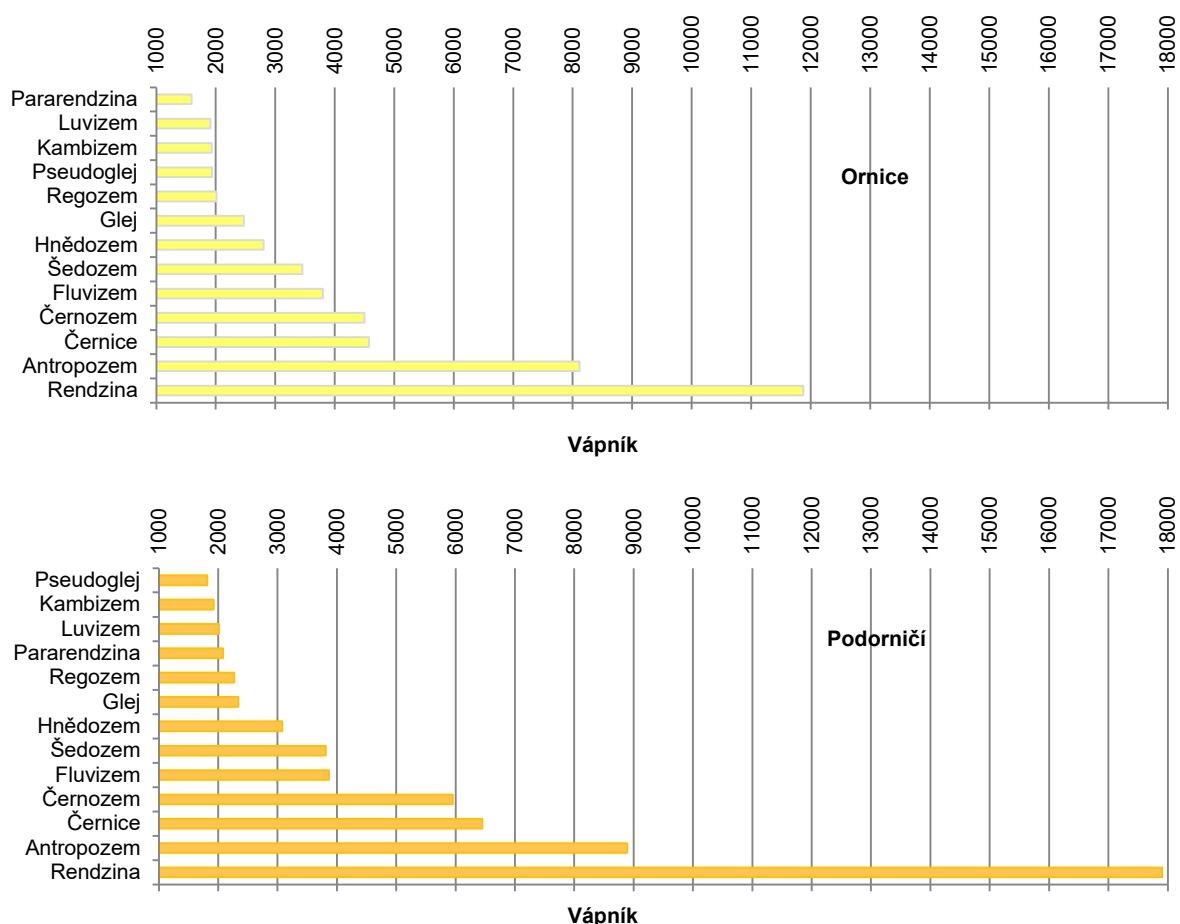
Obsah v podorničí byl u 4 půdních typů nižší než v ornici (černice, glej, kambizem, pseudoglej). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu Ca v ornici a podorničí vykazala černice (obsah v podorničí byl o 12 % nižší než hodnota v ornici); nejmenší rozdíl potom kambizem (obsah v podorničí byl o 1 % nižší než hodnota v ornici). U 9 půdních typů byl obsah v podorničí vyšší než v ornici (antropozem, černozem, fluvizem, hnědozem, luvizem, pararendzina, regozem, rendzina, šedozem). Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu Ca v ornici a podorničí vykazala rendzina (obsah v P byl o 51 % vyšší než hodnota v O); nejmenší rozdíl potom fluvizem (obsah v P byl o 2 % vyšší než hodnota v O). Velmi vysoký rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu Ca v ornici a podorničí u rendzin má patrnou souvislost s půdotvorným substrátem, kterými u rendzin jsou karbonátové horniny. Obsahy celkového vápníku jsou tabulkově zpracovány v příloze 36.

Půdní typy, které dosáhly nejnižších průměrných obsahů přístupného Ca v orniční vrstvě, byly: pararendzina (1595 mg.kg⁻¹), luvizem (1913 mg.kg⁻¹), kambizem (1936 mg.kg⁻¹). Půdní typy,

kteřé dosáhly nejvyšších průměrných obsahů přístupného Ca v orniční vrstvě, byly: rendzina (11877 mg.kg⁻¹), antropozem (8115 mg.kg⁻¹), černice (7355 mg.kg⁻¹) (obrázek 40).

Významný podíl na vysokém průměrném obsahu Ca u rendzin měla PP 7019B, vinice, Dambořice, okres Hodonín s obsahem 30325 mg Ca.kg⁻¹. Zbylé 3 PP dosahovaly hodnot 3518–9825 mg Ca.kg⁻¹.

Obrázek 40 Porovnání průměrných hodnot obsahu přístupného vápníku v ornici a podorničí jednotlivých půdních typů na PP BMP (mg.kg⁻¹)



V tabulce 41 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZZP. V kategorii „vysoký“ a „velmi vysoký“ obsah přístupného Ca bez nutnosti pravidelného hnojení vápníkem je přibližně 80 % černozemí a pseudoglejů. V kategorii „vysoký“ a „dobrý“ obsah je většina fluvizemí a v kategorii „dobrý“ a „vyhovující“ obsah většina kambizemí, hnědozemí, luvizemí a glejů. Tyto obsahy představují pravidelné udržovací hnojení dle odběrového normativu – dobrý obsah a hnojení s navýšením vypočteného normativu o 20–30 % – vyhovující obsah. Půdy s vysokým obsahem není třeba hnojit na přechodnou dobu 2–3 let.

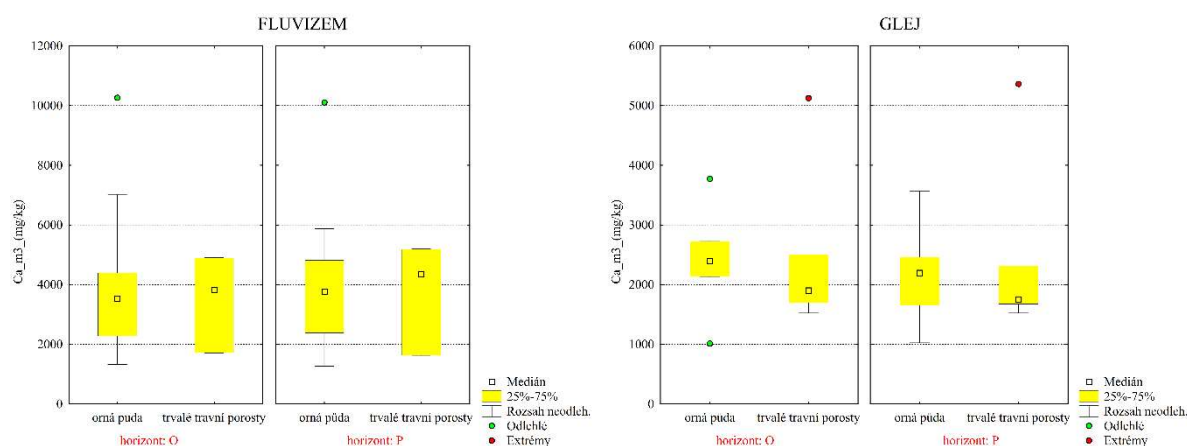
Pseudogleje vznikly v humidnějším klimatu 400–800 m n. m. v rovinatém reliéfu. Jsou pokládány za méně úrodné půdy, jejichž produkční potenciál je výrazně ovlivněn v jarních měsících nadměrnou vlhkostí v celém profilu v důsledku nízké drenážní schopnosti, periodickým snížením provzdušenosti a redukčněoxidačního potenciálu, což vede k hromadění toxických látek, které ovlivňují metabolismus rostlin (Jandák et al., 2001).

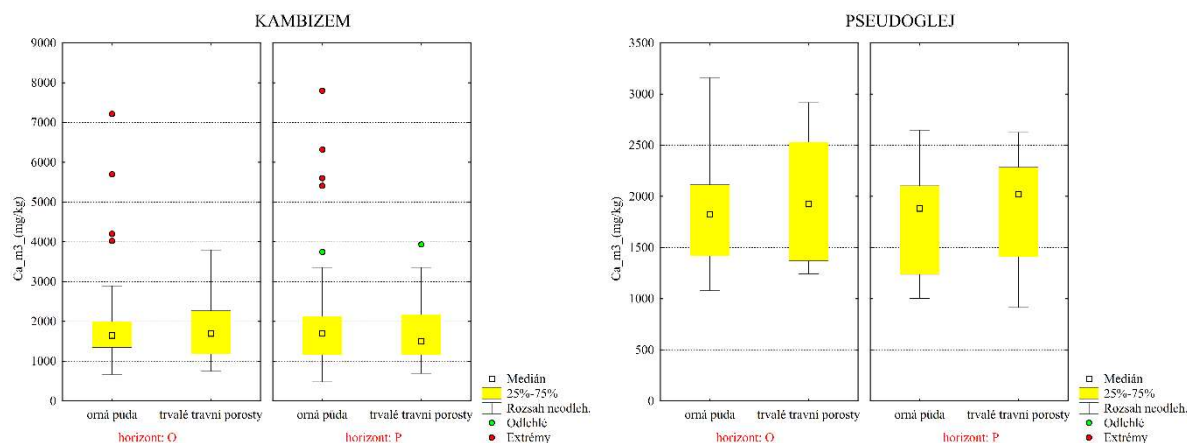
Tabulka 41 Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZPP obsahu přístupného vápníku v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Kategorie obsahu vápníku				
		nízký	vyhovující	dobrý	vysoký	velmi vysoký
		%				
Kambizem	73	9,59	60,3	19,2	8,22	2,74
Hnědozem	39	2,56	23,1	59,0	7,69	7,69
Fluvizem	29	0,00	20,7	27,6	37,9	13,8
Černoze	18	0,00	0,00	22,2	33,3	44,4
Pseudoglej	16	0,00	0,00	22,2	33,3	44,4
Luvizem	14	0,00	64,3	28,6	7,14	0,00
Glej	11	9,09	27,3	45,5	18,2	0,00

Obrázek 41 dokumentuje obsah přístupného vápníku v nejrozšířenějších 4 půdních typech, na kterých jsou založeny orné půdy a TTP ve statisticky porovnatelném počtu. V případě porovnání orná půda/TTP nebyly shledány žádné statisticky průkazné rozdíly ani při porovnání horizontů O ani při porovnání horizontů P. Průkazné rozdíly byly nalezeny pouze v obsazích přístupného Ca mezi O a P v trvalých travních porostech kambizemí. Grafické znázornění pro celkový obsah vápníku je v příloze 40.

Obrázek 41 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu přístupného vápníku v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP v roce 2019 (mg.kg^{-1})





6.3.6 Obsah uhličitánů

V tabulce 42 jsou vypsané jednotlivé statistické veličiny půdních typů monitorovaných v rámci BMP. Hodnota obsahu uhličitánů v ornici jednotlivých půdních typů se v roce 2019 pohybovala v rozpětí < 0,2 % (většina půdních typů) až 24,6 % (rendzina, PP 7019B, vinice). Pozorovací plocha 7019B drží prvenství zároveň ve třech agrochemických parametrech: nejvyšší výměnné pH, nejvyšší obsah přístupného Ca, nejvyšší obsah uhličitánů. Rovněž v podornici byl naměřen minimální obsah < 0,2 % u většiny půdních typů (tato hodnota je laboratorní mezí stanovitelnosti); maximum bylo naměřeno 27,1 % (rendzina, PP 7019B, vinice). Pro výpočty byla použita hodnota 0,1 % v případě, že byly naměřené hodnoty menší než 0,2 %. Pokud se v souboru půdního typu vyskytla plocha, která měla hodnotu obsahu uhličitánů vyšší nebo rovno 0,2 %, do tabulky byl poté napsán výsledek, který je menší než 0,2 %, tudíž by měl být zapsán jako < 0,2 %, ale vystihuje lépe situaci v souboru daných půdních typů. Pokud je v tabulce zapsána hodnota < 0,2 %, znamená to, že v souboru se vyskytly všechny hodnoty < 0,2 %.

Tabulka 42 Popisná statistika obsahu uhličitánů v odběrových horizontech u jednotlivých půdních typů v roce 2019 (%)

Parametr	Hor.	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
Antropozem	O	1	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
	P	1	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58
Černice	O	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Černozem	O	18	0,60	< 0,2	5,75	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,57	0,88
	P	18	2,28	< 0,2	10,7	< 0,2	< 0,2	0,38	3,39	6,08
Fluvizem	O	29	0,45	< 0,2	4,48	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,35	0,82
	P	29	0,52	< 0,2	3,28	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,68	0,85
Glej	O	11	0,15	< 0,2	0,50	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,28
	P	11	0,14	< 0,2	0,45	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,18
Hnědozem	O	39	0,31	< 0,2	3,53	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,47
	P	39	0,42	< 0,2	4,15	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,62
Kambizem	O	73	0,11	< 0,2	0,85	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	73	0,16	< 0,2	1,98	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Luvizem	O	14	0,13	< 0,2	0,53	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

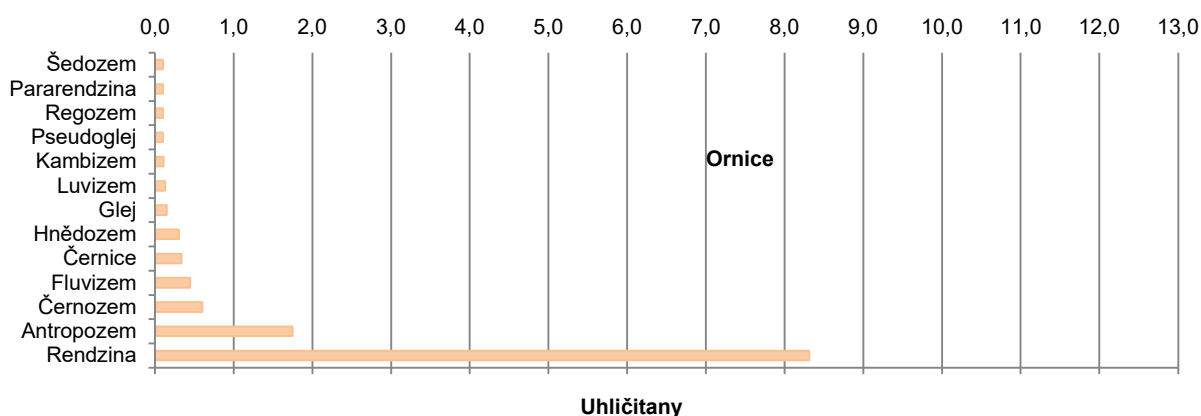
	P	14	0,12	< 0,2	0,40	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pararendzina	O	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pseudoglej	O	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Regozem	O	3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	3	0,32	< 0,2	0,75	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,43	0,62
Rendzina	O	4	8,31	< 0,2	24,6	0,23	0,42	4,26	12,2	19,6
	P	4	12,6	< 0,2	27,1	0,29	0,57	11,5	23,5	25,7
Šedozem	O	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	P	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

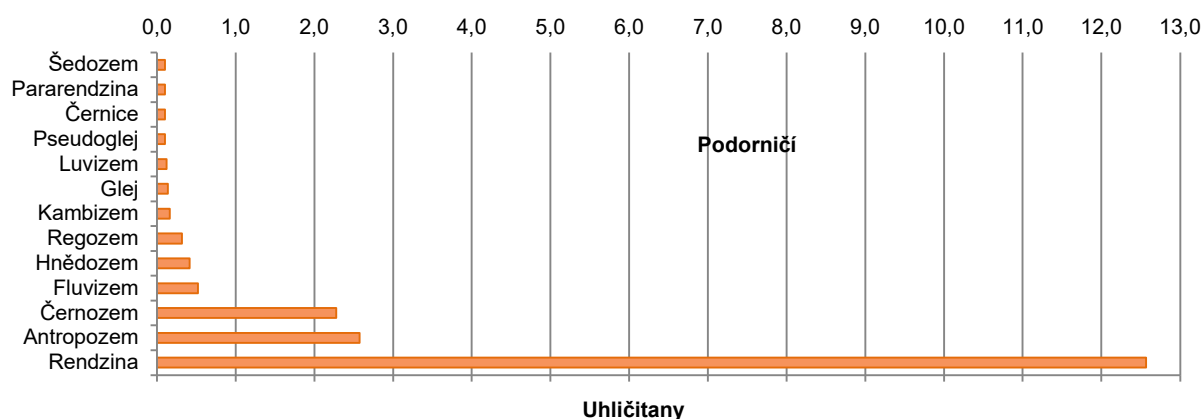
Pozn: Do podorničí (P) není počítána druhá spodní vrstva R, která se odebírání u TTP.

Většina půdních typů (kde se v souboru vyskytl hodnota vyšší než 0,2 %) vykazovala vyšší obsahy uhličitánů v podorničí než v ornici. Výjimkou je půdní typ glej a luvizem, který měl mírně vyšší obsahy v ornici než v podorničí. Největší rozdíl mezi průměrnou hodnotou obsahu uhličitánů ornice a podorničí vykazovala rendzina (obsah v P byl o 52 % vyšší než hodnota v O); nejmenší rozdíl potom fluvizem (obsah v P byl o 16 % vyšší než hodnota v O). Půdy, které dosáhly obsahu nad 0,3 % v půdě, jsou dostatečně uhličitany saturovány a odolávají okyselení půdy na řadu let, popř. trvale. Není třeba tyto půdy z hlediska obsahu uhličitánů vápnit do doby, kdy se zjistí obsah uhličitánů nižší než 0,3 % (Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022).

Půdní typy, které dosáhly nejnižších průměrných obsahů uhličitánů v ornici vrstvě (< 0,2 %), byly: černice, pararendzina, pseudoglej, regozem, šedozem. Půdní typy, které dosáhly nejvyšších průměrných obsahů uhličitánů v ornici vrstvě, byly: rendzina (8,31 %), antropozem (1,75 %), černozem (0,60 %) (obrázek 42).

Obrázek 42 Porovnání průměrných hodnot obsahu uhličitánů v ornici a podorničí jednotlivých půdních typů na PP BMP, 2019, (%)





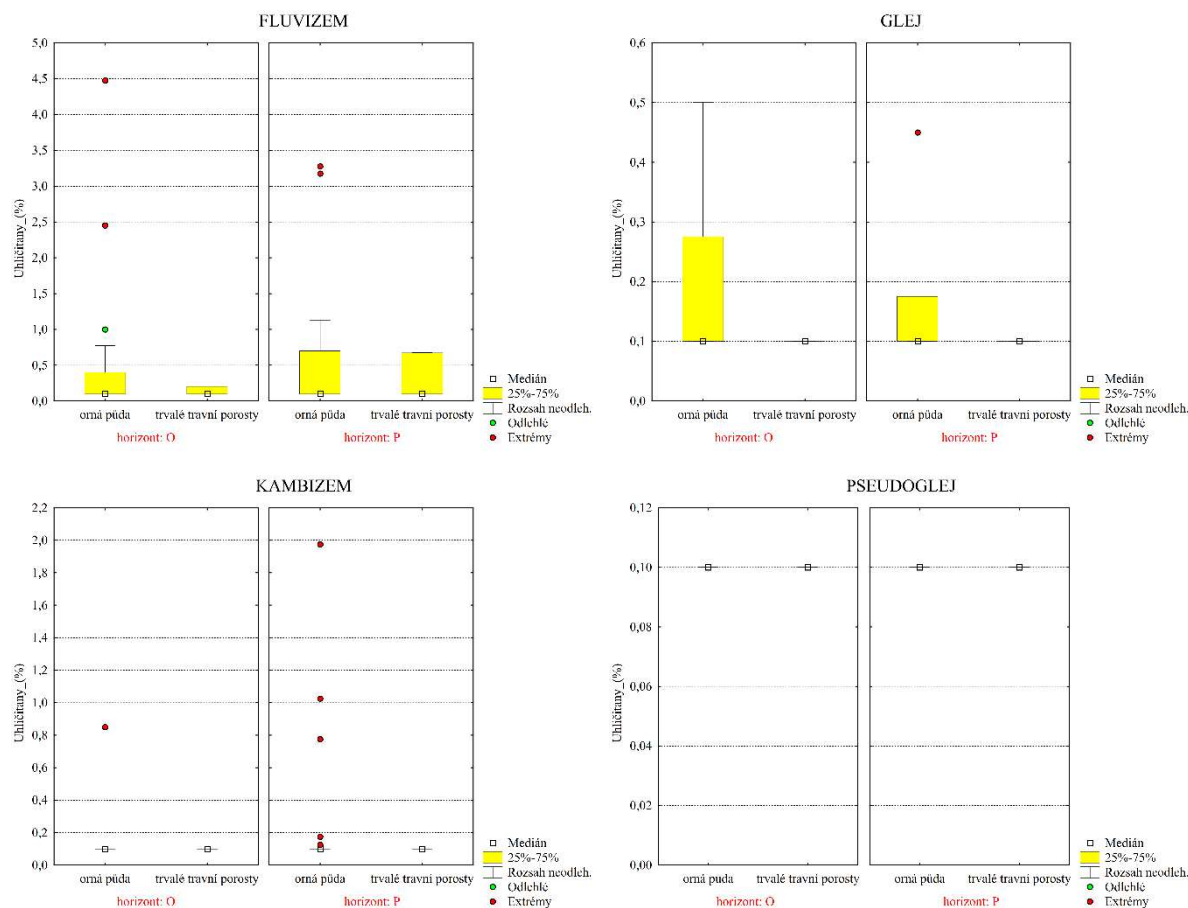
V tabulce 43 je uvedeno procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZZP. Z hlediska obsahu uhlíčanů lze konstatovat, že všechny uvedené půdní typy se největším podílem nacházely v kategorii „žádného nebo nízkého“ obsahu. Luvizemě a gleje se v této kategorii vyskytovaly 100 %. Černozemě a pseudogleje vykazovaly jako druhou nejvíce zastoupenou kategorii „střední“ obsah, což má souvislost s obsahem přístupného vápníku – tyto půdní typy se 80% nalézaly v kategorii „vysokého“ a „velmi vysokého“ obsahu vápníku (viz. tabulka 41).

Tabulka 43 Procentické zastoupení jednotlivých kategorií AZZP obsahu uhlíčanů v nejčastěji se vyskytujících půdních typech v roce 2019

Kultura	Počet PP	Kategorie obsahu uhlíčanů			
		žádný nebo nízký	střední	vysoký	velmi vysoký
		%			
Kambizem	73	98,6	1,37	0,00	0,00
Hnědozem	39	89,7	7,69	2,56	0,00
Fluvizem	29	82,8	13,8	3,45	0,00
Černozem	18	66,7	27,8	0,00	5,56
Pseudoglej	16	66,7	27,8	0,00	5,56
Luvizem	14	100	0,00	0,00	0,00
Glej	11	100	0,00	0,00	0,00

Na obrázku 43 je graficky znázorněn obsah uhlíčanů v nejrozšířenějších 4 půdních typech, na kterých se nalézají orné půdy a TTP v takovém počtu, aby byly statisticky porovnatelné. V případě porovnání orná půda/TTP nebyly shledány žádné statisticky průkazné rozdíly ani při porovnání horizontů O ani při porovnání horizontů P. Pseudogleje nebylo možno porovnat z důvodu nulového rozptylu. Průkazné rozdíly nebyly nalezeny ani mezi O a P v trvalých travních porostech ani v orných půdách. Pseudogleje orných půd a TTP a gleje a kambizemě trvalých travních porostů nebylo možno porovnat z důvodu nulového rozptylu.

Obrázek 43 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu uhlíčanů v půdních typech BMP s největším zastoupením orných půd a TTP v roce 2019 (%)



6.3.7 Shrnutí (půdní typy)

- V roce 2019 byl monitorovací systém 214 PP zastoupen 13 půdními typy s různým počtem PP v každém půdním typu: antropozem (1 PP), černice (2PP), černozem (18 PP), fluvizem (29 PP), glej (11 PP), hnědozem (39 PP), kambizem (73 PP), luvizem (14 PP), pararendzina (2 PP), pseudoglej (16 PP), regozem (3 PP), rendzina (4 PP), šedozem (2 PP).
- Zjištěná průměrná hodnota **výměnného pH** v ornici v rámci půdních typů klesala v pořadí: antropozem, rendzina (7,13) > černozem (6,72) > černice (6,66) > šedozem (6,33) > fluvizem (6,30) > hnědozem (6,24) > regozem (5,99) > luvizem (5,80) > glej (5,70) > kambizem (5,50) > pseudoglej (5,40) > pararendzina (5,25).
- Zjištěná průměrná hodnota **přístupného fosforu** v ornici v rámci kultur stoupala v pořadí: antropozem (8 mg.kg⁻¹) < pseudoglej (48 mg.kg⁻¹) < černice (64 mg.kg⁻¹) < rendzina (65 mg.kg⁻¹) < glej (76 mg.kg⁻¹) < hnědozem (87 mg.kg⁻¹) < luvizem (88 mg.kg⁻¹) < kambizem (106 mg.kg⁻¹) < černozem (121 mg.kg⁻¹) < šedozem (124 mg.kg⁻¹) < regozem (151 mg.kg⁻¹) < fluvizem (193 mg.kg⁻¹) < pararendzina (273 mg.kg⁻¹).
- Zjištěná průměrná hodnota **přístupného draslíku** v ornici v rámci půdních typů stoupala v pořadí: glej (159 mg.kg⁻¹) < pseudoglej (183 mg.kg⁻¹) < antropozem (200 mg.kg⁻¹) < kambizem (201 mg.kg⁻¹) < regozem (204 mg.kg⁻¹) < hnědozem (231 mg.kg⁻¹) < luvizem (237 mg.kg⁻¹) < šedozem (242 mg.kg⁻¹) < fluvizem

(254 mg.kg⁻¹) < rendzina (266 mg.kg⁻¹) < černice (270 mg.kg⁻¹) < černozem (303 mg.kg⁻¹) < pararendzina (376 mg.kg⁻¹).

- Zjištěná průměrná hodnota **přístupného hořčíku** v ornici v rámci půdních typů stoupala v pořadí: antropozem (125 mg.kg⁻¹) < regozem (127 mg.kg⁻¹) < luvizem (160 mg.kg⁻¹) < kambizem (182 mg.kg⁻¹) < šedoze (200 mg.kg⁻¹) < hnědozem (209 mg.kg⁻¹) < rendzina (214 mg.kg⁻¹) < glej (227 mg.kg⁻¹) < pseudoglej (239 mg.kg⁻¹) < černozem (254 mg.kg⁻¹) < fluvizem (263 mg.kg⁻¹) < pararendzina (286 mg.kg⁻¹) < černice (517 mg.kg⁻¹).
- Zjištěná průměrná hodnota **přístupného vápníku** v ornici v rámci půdních typů stoupala v pořadí: pararendzina (1595 mg.kg⁻¹) < luvizem (1913 mg.kg⁻¹) < kambizem (1936 mg.kg⁻¹) < pseudoglej (1940 mg.kg⁻¹) < regozem (2016 mg.kg⁻¹) < glej (2471 mg.kg⁻¹) < hnědozem (2806 mg.kg⁻¹) < šedoze (3458 mg.kg⁻¹) < fluvizem (3800 mg.kg⁻¹) < černozem (4501 mg.kg⁻¹) < černice (7355 mg.kg⁻¹) < antropozem (8115 mg.kg⁻¹) < rendzina (11877 mg.kg⁻¹).
- Zjištěná průměrná hodnota **uhlíčitany** se v ornici v rámci půdních typů v roce 2019 stoupala v pořadí: < 0,2 % černice, pararendzina, pseudoglej, regozem, šedoze < kambizem (0,11 %) < luvizem (0,13 %) < glej (0,15 %) < hnědozem (0,31 %) < fluvizem (0,45 %) < černozem (0,60 %) < antropozem (1,75 %) < rendzina (8,31 %).

- **Rozdíly mezi půdními typy:**

Pseudoglej a antropozem dosáhly nejnižších průměrných hodnot. Pseudoglej (pH, P, K), antropozem (P, K, Mg).

Rendzina, antropozem, černozem, pararendzina a černice dosáhly nejvyšších průměrných hodnot. Rendzina a antropozem (pH, Ca, uhlíčitany), černozem (pH, K, uhlíčitany), pararendzina (P, K, Mg), černice (K, Mg, Ca).

- **Rozdíly mezi ornou půdou a TTP na fluvizemi, gleji, kambizemi, pseudogleji**

Výměnné pH – mezi ornou půdou a TTP byly statisticky průkazné rozdíly při porovnávání půdních typů glej a kambizem. Nižší hodnoty vykázalo TTP.

Přístupný fosfor – statisticky významné rozdíly byly shledány pouze při porovnání horizontů O orných půd a TTP u pseudoglejů. Nižší hodnoty vykázalo TTP.

Přístupný draslík – statisticky významné rozdíly byly pouze u horizontu O kambizemí, kdy TTP vykázaly nižší obsahy oproti orným půdám.

Přístupný hořčík, vápník, uhlíčitany – bez statisticky významných rozdílů.

Obsah uhlíčitany – bez statisticky významných rozdílů a pseudogleje nebylo možno porovnat z důvodu nulového rozptylu.

- **Rozdíly mezi horizonty O a P orných půd a TTP na fluvizemi, gleji, kambizemi, pseudogleji**

Výměnné pH – mezi horizonty O a P byly statisticky významné rozdíly v orných půdách i TTP (vyšší hodnoty v P) při porovnávání půdních typů fluvizem a kambizem.

Přístupný fosfor a draslík – průkazné byly rozdíly u všech 4 půdních typů (kromě TTP na fluvizemích – v případě obsahu fosforu a kromě TTP na glejích – v případě draslíku), kdy podorníci vykazovalo statisticky nižší hodnoty.

Přístupný hořčík – průkazné rozdíly byly nalezeny mezi O a P v trvalých travních porostech fluvizemí, glejů a kambizemí (vyšší obsah je v O horizontu) a v orných půdách pseudoglejů (vyšší obsah je v P horizontu).

Přístupný vápník – průkazné rozdíly byly nalezeny pouze v obsazích přístupného vápníku mezi O a P v trvalých travních porostech kambizemí.

Obsah uhličitánů – průkazné rozdíly nebyly shledány. Pseudogleje orných půd a TTP a gleje a kambizemě trvalých travních porostů nebylo možno porovnat z důvodu nulového rozptylu.

6.4 Závěry z hodnocení cyklu vzorkování 2019

Výměnné pH

Průměrná hodnota výměnného pH v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 5,9 pro O horizont a 6,1 pro P horizont.

V roce 2019 se největší procento PP (41,4 %) nalézalo v kategorii „*slabě kyselá*“ (pH 5,6–6,5). Do této kategorie spadá polovina orných půd a 80 % sadů. Z hlediska vhodnosti pro pěstování plodin je tato kategorie neoptimálnější. Pro trvalé travní porosty začíná optimum na úrovni 5,0, proto lze do optima pro TTP zařadit i rozmezí nejvíce zastoupené kategorie TTP – kategorie „*kyselé*“ (pH 5,1–5,5). Orné půdy resp. TTP by za účelem udržení svého pH měly být pravidelně vápněny dle ročního normativu 0,2–0,5 t CaO.ha⁻¹ resp. 0,25–0,35 t.ha⁻¹.rok⁻¹ v závislosti na druhu půdy. Půdy se zjištěným „*silně kyselým*“ a „*extrémně kyselým*“ pH tvoří u TTP dohromady 38 % a u orných půd 6,1 % monitorovacích ploch. V případě těchto půd je vápnění potřebné nejen k udržení stávajícího pH, ale je třeba u nich půdní reakci zvýšit vyššími mi CaO.

U většiny půdních typů bylo pH rovněž v rozsahu (pH 5,6–6,5), tzn. v oblasti „*slabě kyselá*“. Výjimkou byly černozemě, jejichž pH se pohybovalo v neutrální až alkalické oblasti (pH 6,6–7,7). Půdy s pH pod 5,0 jsou náchylné k nedostatečnému fixování živin a nesou rizika spojená s biopřístupností rizikových prvků. K těmto půdám patřily pseudogleje a gleje. Je vhodné je ošetřovat vyššími dávkami vápenatých hnojiv za účelem zvýšení pH (v závislosti na kultuře a druhu půdy se jedná až o 1,7 t CaO.ha⁻¹.rok⁻¹).

Statisticky významně nižší výměnné pH v ornici než v podorníci bylo potvrzeno pro celý soubor ploch BMP (v rámci hodnocení čtyřech půdních typů potvrzeno pro kambizemě a fluvizemě).

Nejnižší pH je v travních porostech. Rozdíly mezi TTP a ostatními kulturami je statisticky průkazný. Při porovnání TTP a orných půd vyskytujících se na stejném půdním typu byl tento průkazný rozdíl potvrzen pro kambizemě a gleje.

Přístupný fosfor

Průměrná hodnota přístupného fosforu v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 109 mg.kg⁻¹ pro O horizont a 62 mg.kg⁻¹ pro P horizont.

Nejvíce ploch orných půd (29,7 %) a TTP (40,0 %) bylo zastoupeno v kategorii „*vyhovující*“. Sady a vinice měly nejvíce ploch zastoupených v kategorii „*dobrý*“. „*Vyhovující*“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit (navýšit vypočtený normativ pěstovaných plodin o 20–30 %) a „*dobrý*“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. Chmelnice měly největší zastoupení v kategorii „*velmi vysoký*“ obsah.

Většina půdních typů (fluvizemě, černozemě, pseudogleje, luvizemě a gleje) měla obsah přístupného fosforu „*vyhovující*“ až „*dobrý*“. Vyšší obsahy přístupného fosforu se projeví u kambizemí, kde čtvrtina ploch vykazovala „*vysoký obsah*“. Naopak v hnědozemích je obsah nedostatečný – přibližně 2/3 ploch mají pouze „*nízký*“ až „*vyhovující*“. Půdy s „*nízkým*“ obsahem fosforu v půdě je třeba dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %.

Pro celý soubor ploch byl prokázán významně vyšší obsah fosforu v ornici než v podorníci (v rámci hodnocení čtyřech půdních typů toto bylo potvrzeno pro glej, kambizemě a pseudoglej).

Nejvyšší obsahy fosforu byly zjištěny na chmelnicích, jak v ornici, tak v podorníci. Tyto obsahy jsou významně vyšší než ve zbývajících kulturách. Při porovnávání TTP a orných půd vyskytujících se na stejném půdním typu byl u pseudoglejů prokázán vyšší obsah fosforu v orných půdách než v TTP (v ornici).

Přístupný draslík

Průměrná hodnota přístupného K v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 225 mg.kg⁻¹ pro O horizont a 149 mg.kg⁻¹ pro P horizont.

Orné půdy a sady měly nejvyšší zastoupení PP v kategorii „dobrý“, vinice v kategorii „dobrý“ a stejným dílem i v kategorii „vysoký“; chmelnice v kategorii „dobrý“ a stejným dílem i v kategorii „velmi vysoký“. Na plochách s dobrým obsahem v půdě se doporučuje udržovat obsah živiny dodávkou draselných hnojiv dle odběrového normativu a na půdách s vysokým a velmi vysokým obsahem hnojení na několik let hnojení vypustit, než bude dosaženo kategorie dobré.

Kromě černozemí a pseudoglejů byl ve všech půdních typech obsah přístupného K „dobrý“ či „vyhovující“. U černozemí a pseudoglejů byly zastoupeny kategorie s vyšším obsahem K.

Byly prokázány statisticky významně vyšší obsahy draslíku v ornici proti podorníci. V rámci hodnocení čtyřech půdních typů bylo toto potvrzeno pro fluvizemě, kambizemě a pseudogleje.

Nejvyšší obsahy draslíku byly nalezeny ve chmelnicích, tyto obsahy jsou průkazně vyšší než obsahy v orných půdách, TTP a sadech jak v ornici, tak v podorníci. Při porovnávání TTP a orných půd vyskytujících se na stejném půdním typu byl u kambizemí zjištěn průkazně nižší obsah v TTP (v ornici).

Přístupný hořčík

Průměrná hodnota přístupného Mg v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 213 mg.kg⁻¹ pro O horizont a 216 mg.kg⁻¹ pro P horizont.

Zastoupení jednotlivých kategorií bylo v roce 2019 značně variabilní. Orná půda, sady a vinice byly nejvíce zastoupeny v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“, což znamená pravidelně hnojit tyto půdy vypočtenou dávkou hnojiva podle normativu pěstované plodiny a navýšit ji o 20–30 % (vyhovující obsah) a hnojit půdy dle odběrového normativu plodiny bez navýšení (dobrý obsah). V trvalých travních porostech je největší procento PP zastoupeno v kategorii „velmi vysoký“ obsah, do které připadlo 34 % PP. Rovnoměrně jsou zastoupeny kategorie u chmelnic a to „dobrý“, „vysoký“ a „velmi vysoký“.

Rovněž zastoupení půdních typů v jednotlivých kategoriích bylo různé. Fluvizem, černozem a pseudoglej jsou dostatečně zásobeny hořčíkem („dobrý“ a „vysoký“ obsah). Největší podíl hnědozemí a luvizemí je v kategorii „vyhovujícího“ a „dobrého“ obsahu. Značně nerovnoměrně jsou obsahy přístupného Mg rozloženy u glejů – více než ¾ půd jsou buď v kategorii obsahu „vyhovující“ nebo „velmi vysoký“.

Rozdíly mezi obsahy hořčíku v ornici a podorníci celého souboru ploch byly vyhodnoceny jako statisticky neprůkazné, ale průkazné rozdíly mezi O a P byly nalezeny u TTP fluvizemí, glejů a kambizemí (vyšší obsah v O horizontu) a v orných půdách pseudoglejů (vyšší obsah v P horizontu).

Nejvyšší obsahy hořčíku byly zjištěny na chmelnicích. Tyto obsahy jsou průkazně vyšší než v orných půdách a TTP.

Přístupný vápník

Průměrná hodnota přístupného Ca v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 2867 mg.kg⁻¹ pro O horizont a 3154 mg.kg⁻¹ pro P horizont.

Orná půda, TTP a sady byly nejvíce zastoupeny ve dvou kategoriích obsahu přístupného Ca; a to v kategorii „vyhovující“ a „dobrý“ obsah. Ve vinicích je největší procento vzorků zastoupeno v kategorii „velmi vysoký“ a v chmelnicích „vysoký“. Plochy vinic a chmelnic jsou v případě vápníku dostatečně zásobeny a není třeba vápenatá hnojiva aplikovat.

Bez nutnosti pravidelného hnojení vápníkem je přibližně 80 % černoze a pseudoglejů. V kategorii „vysoký“ a „dobrý“ obsah je většina fluvizemí a v kategorii „dobrý“ a „vyhovující obsah“ většina kambizemí, hnědozemí, luvizemí a glejů. Tyto obsahy představují pravidelné udržovací hnojení dle odběrového normativu – dobrý obsah a hnojení s navýšením vypočteného normativu o 20–30 % – vyhovující obsah. Půdy s vysokým obsahem není třeba hnojit na přechodnou dobu 2–3 let.

Byly prokázány statisticky významně vyšší obsahy v podorníci než v ornici. V rámci hodnocení půdních typů toto bylo potvrzeno pouze pro travní porosty na kambizemích.

Obsahy vápníku byly zjištěny nejvyšší ve vinicích. Rozdíl vůči ostatním kulturám je statisticky průkazný.

Uhličitany

Průměrná hodnota uhličitánů v ornici a podorníci na plochách BMP byla v roce 2019 zjištěna 0,40 % pro O horizont a 0,67 % pro P horizont.

Všechny půdní typy se největším podílem nacházely v kategorii „žádného nebo nízkého“ obsahu. Luvizemě a gleje se v této kategorii vyskytovaly 100 %. Černoze a pseudogleje vykazaly jako druhou nejvíce zastoupenou kategorii „střední“ obsah, což má souvislost s obsahem přístupného vápníku, neboť se tyto půdní typy z 80% nalézaly v kategorii „vysokého“ a „velmi vysokého“ obsahu vápníku.

V rámci hodnocení orných půd a TTP na čtyřech stejných půdních typech neukázalo průkazné rozdíly v obsazích uhličitánů mezi ornou půdou a TTP a rovněž porovnání horizontů O a P neukázalo rozdíl u fluvizemí, glejů a kambizemí. Pseudogleje nebylo možno porovnat z důvodu nulového rozptylu.

7 Literární zdroje

- Hynšt, J., Prchalová, R., Klement, V., 2018: *Lyzimetrická sledování. Bilance a vyplavování živin během 30 let lyzimetrických sledování ÚKZÚZ (1986–2016)*. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-078-1. 46 p.
- Jandák, J. - Prax, A. - Pokorný, E. 2001: *Půdoznalství*. Ediční středisko MZLU, Brno, 142 p.
- Kobza, J. 2014: *Monitoring pôd Slovenskej republiky*. Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy NPPC v Bratislave. ISBN 978-80-8163-004-0. 251 p.
- Pavlů, L., Borůvka, L., Jílková, V., Penížek, V., Šimek, M., Zádorová, T. 2019 *Vznik, vývoj, funkce, klasifikace a geografie půd*. In Šimek, M., et al. *Živá půda. Ekologie, využívání a degradace půdy*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2976-8
- Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. Metodický pokyn č. 01/AZZP. ÚKZÚZ Brno.
- Prchalová, R. 2020: *Výroční zpráva o sledování lyzimetrických stanovišť za rok 2019*. ÚKZÚZ Brno. 26 p.
- Richter, R., Hlušek, J. (1999): *Výživa a hnojení rostlin*. I. obecná část. MZLU v Brně. ISBN 80-7401-154-2. 177 p.
- Smatanová, M. (2020): *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2014 - 2019*. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-191-7. 32 p.
- Šimek, M., Hynšt, J. 2019. *Anorganické živiny a jejich transformace*. In Šimek, M., et al. *Živá půda. Ekologie, využívání a degradace půdy*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2976-8
- Tejnecký, V., Borůvka, L., Drábek, O., Šimek, M. 2019. *Chemické vlastnosti půdy*. In Šimek, M., et al. *Živá půda. Ekologie, využívání a degradace půdy*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2976-8
- Vaněk, V. et al. (2012): *Výživa zahradních rostlin*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2147-2. 568 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.