

*Realizační výstup řešení dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace RO1722
financovaného MŠMT ČR*

Řešitelská organizace:

Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko

Uplatněná certifikovaná metodika

Metodika 57/2022

**VÝZKUM BEZPEČNÉHO VYUŽITÍ DIGESTÁTU JAKO
ALTERNATIVNÍHO ZDROJE ORGANICKÉ HMOTY
A MAKROPRVKŮ DO PŮDY**

Autorský kolektiv:

Ing. Jakub Prudil
Ing. Barbora Badalíková

Metodika byla schválena MZe ČR, Odborem rostlinných komodit
pod č.j. MZE-69048/2022-13123

© Zemědělský výzkum, spol. s r. o., 2022

ISBN 978-80-88000-38-9

1. vydání

Obsah

Úvod	4
I. Cíl metodiky	6
II. Vlastní popis metodiky	6
1. Materiál a metody	6
1.1 Charakteristika stanovišť	6
1.2 Metodika pokusů	7
III. Výsledky	11
2. Pokus – Aplikace digestátu	11
2.1 Fyzikální vlastnosti půdy	11
2.2 Chemické vlastnosti půdy	16
2.3 Výnosy plodin	20
IV. Závěr	21
V. Srovnání novosti postupů	22
VI. Popis uplatnění certifikované metodiky	23
VII. Ekonomické vyhodnocení	23
VIII. Seznam použité související literatury	23
IX. Seznam publikací předcházejících metodice	24
X. Dedikace	25
XI. Jména oponentů	25
Přílohy – fotodokumentace	26

Úvod

Půda je jednou z nejvýznamnějších složek životního prostředí, neboť přímo ovlivňuje kvalitu života člověka. Z tohoto důvodu je zcela nezbytné pečovat o toto přírodní bohatství a dbát na její ochranu (Prudil, 2022).

V posledních letech však dochází k úbytku kvalitních organických hnojiv, a to především kvůli poklesu množství chovaných hospodářských zvířat (Čepl a kol., 2018). Podstatně více se dnes hnojí minerálními hnojivy, které poskytují téměř okamžité uvolnění živin do půdy a jsou dostupnější pro rostliny. Musíme ale vzít v potaz také ekonomickou stránku věci, neboť ceny minerálních hnojiv za poslední rok se téměř zdvojnásobily. Z tohoto důvodu je nezbytné hledat alternativní zdroje živin a využívat metod cirkulárního hospodářství. A právě zde nachází své uplatnění digestát. (Dostál a kol., 2010).

Ročně se pouze v ČR vyprodukuje asi 7,5 mil. tun digestátu, v roce 2030 je odhadováno až 11 mil. tun (Jeřábková a kol., 2019). Digestát sám o sobě není cílovým produktem, je „pouze“ odpadní látkou při výrobě bioplynu v bioplynových stanicích (BPS). Zároveň se okolo digestátu vede nespočet rozporupných diskuzí. I samotná klasifikace digestátu není zcela jednoznačná (Prudil, 2022). Dle legislativních předpisů České republiky (vyhláška č.474/2000 Sb.) je digestát definován jako hnojivo organické, respektive je označován za typové organické hnojivo, jenž bylo vyrobeno především ze statkových hnojiv pomocí anaerobní fermentace (Badalíková, 2019). Svými vlastnostmi se ale blíží spíše k minerálním (průmyslovým) hnojivům, a to hlavně ve formě tekuté frakce – fugátu (Kašpar, 2013).

Digestát se může dále mechanicky upravovat. Při separaci vznikne tuhá frakce, nazývaná se separát. Ten se však nevyužívá na přímé hnojení, nýbrž při přípravě kompostů, jako stelivo nebo jako pěstební substrát. Druhou frakcí je fugát. Jedná se o zkapalněnou formu digestátu. Ta je hojně používána jako hnojivo, jelikož obsahuje dusík v minerální formě, který je snadněji přístupný pro kořenový systém rostlin (ÚKZÚZ, 2016). Samotný vliv digestátu na půdní parametry, zejména z dlouhodobějšího hlediska, je aktuální a ožehavé téma, které je i nadále centrem pozornosti mnohých odborníků (Prudil, 2022).

Aplikace digestátu jako hnojiva je jednoznačně nejvhodnějším způsobem jeho využití, protože spolu s ním jsou do půdy navraceny snadno přístupné živiny pro rostliny a mikroorganismy. Tímto způsobem navracíme do půdy přibližně 3 až 6 % organických látek. Nicméně procesem fermentace dochází k odbourání labilních organických látek (uhlíku) z 50

až 70 %. Z tohoto důvodu digestát obsahuje poměrně malé množství kvalitní organické hmoty, což je jednou z velkých nevýhod tohoto alternativního hnojiva, neboť tyto látky jsou pro půdní mikroorganismy neodmyslitelným zdrojem energie. Taktéž poměrně nízká stabilita organické hmoty, jenž je prekurzorem tvorby humusových látek, je u digestátu oproti jiným statkovým hnojivům významně nižší. Jeho kvalita pak závisí na kvalitě vstupních surovin, které jsou v bioplynových stanicích zpracovávány. Jako hnojivo nesmí být kontaminován chemickými polutanty, nežádoucími materiály, odpadem ani patogeny. Hnojivé účinky digestátu velmi často předčí v testech minerální hnojiva, ale třeba i kejdu. (Badalíková, 2019; Prudil, 2022).

Digestát je hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem. Správným dávkováním digestátu můžeme napomoci vyšším výnosům či půdu obohatit o N. Hnojení digestátem je také přínosné pro půdní strukturu. Dochází především ke zlepšení vodního režimu půdy, a díky tomu také ke snížení erozních vlivů. Mimo jiné bylo zaznamenáno také snížení objemu skládkovaného odpadu, a tím i efektivnější ochrana životního prostředí. (Dajčl, 2020).

Pro určování potřeby množství digestátu se potom vychází z následujících proměnných: z potřeby živin porostu pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce; z množství přístupných živin v půdě a stanovištních podmínek; z půdní reakce (pH); poměru důležitých kationtů (Ca, Mg, K) a množství půdní organické hmoty (humusu) či z pěstitelských podmínek ovlivňujících přístupnost živin (předplodina, zpracování půdy, závlaha). Dávkování digestátu, stejně tak jako nároky na jeho hygienizaci, jsou legislativně ošetřeny. U obilovin a řepky se bavíme o hodnotě do 30 t/ha, u okopanin pak do 50 t/ha (APBB, 2022). Nejvhodnější možností je okamžité zapravení ideálně za nižších teplotních podmínek. Pokud chceme aplikovat digestát během vegetačního období plodin, musíme použít hadicové aplikátory, kdy dochází k efektivnějšímu a rychlejšímu vsaku do půdy (ÚKZÚZ, 2016). V případě nadměrné aplikace může docházet ke slévavosti a utužení. Po aplikaci digestátu je vhodné dodat živou organickou hmotu k nastartování mikrobiální aktivity (Černý, 2018; Prudil, 2022).

Závěrem lze tedy konstatovat, že používání digestátu ke hnojení znamená pro zemědělce finanční úsporu z hlediska náhrady minerálních hnojiv, a to zejména dusíku. Obsah snadno rozložitelného uhlíku je sice redukován, ale digestát obsahuje žádoucí prekursory huminových látek. Aplikace digestátu má pozitivní vliv na úrodnost půdy. Je zřejmé, že pokud chceme, aby nám digestát v půdě dobře sloužil, je potřeba odborně zvládnout management jeho výroby a aplikace. Stejně jako jakékoliv jiné půdní přídatky je vždy nutné

posuzovat možnosti aplikace pro konkrétní lokalitu s ohledem na všechny půdní vlastnosti a způsob využití. Pokud si na tomto dáme záležet, potom si můžeme být jistí, že v tomto případě si z přírody sice něco bereme, ale v podobě digestátu jako hnojiva v kvalitní a regenerativní formě za odměnu opět navracíme (Prudil, 2022; Roy et al., 2022).

I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je seznámit zemědělskou praxi s výsledky, kterých bylo dosaženo v rámci využití digestátu jako alternativního zdroje organické hmoty a významného zdroje makroprvků do půdy. Metodika je primárně zaměřena na výsledky půdních vlastností při využívání digestátu ze zemědělských bioplynových stanic. Cílem bylo využít digestát jako hnojivo pro výživu rostlin a současně sledovat fyzikální a chemické změny v půdě. Při nadměrném hnojení digestátem a při nevhodných půdních podmínkách může docházet k nevratnému utužení půdy. Výsledky uvedené v této metodice jsou návodem na udržitelnost a produktivitu zemědělské činnosti a zachování kvalitní a zdravé půdy.

II. Vlastní popis metodiky

1. Materiál a metody

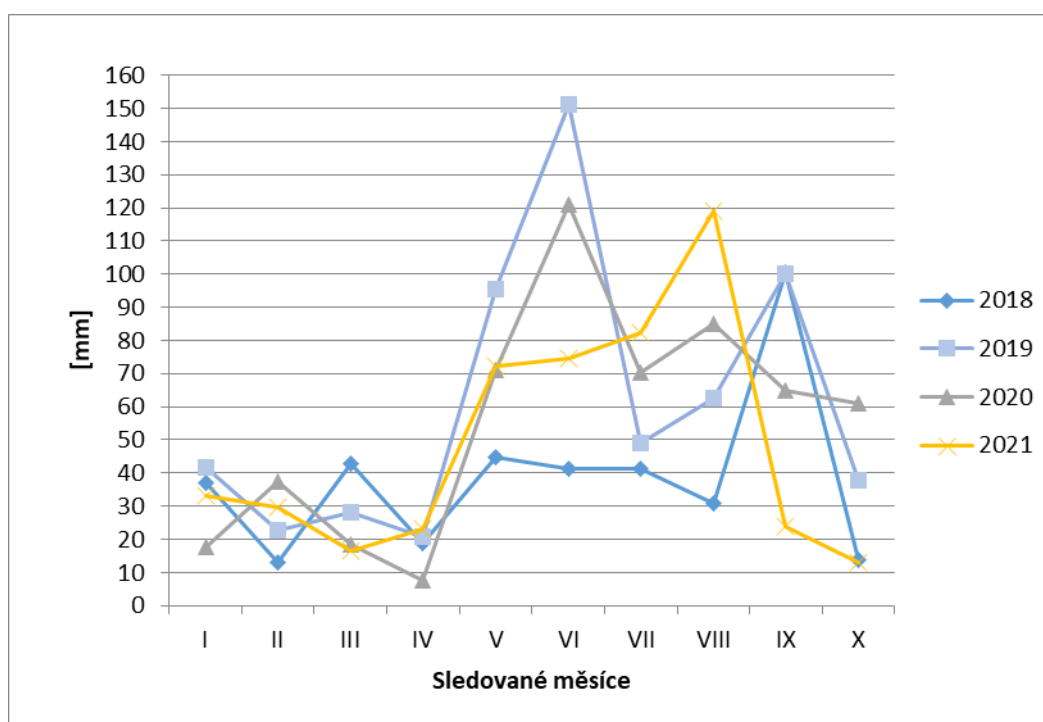
1.1. Charakteristika stanoviště

Půdní a klimatické podmínky

Hodnocení poloprovozního pokusu probíhalo od roku 2018 do roku 2021. Polní pokus byl založen v Jihomoravském kraji, v okrese Vyškov, v obci Velešovice, na pozemcích ZD Rakovec, a.s. Z hlediska zemědělského je lokalita zařazena do bramborářské výrobní oblasti s nadmořskou výškou 228 m. Průměrná roční teplota dosahuje 7,3 °C a dlouhodobý srážkový úhrn činí 493,2 mm. Z hlediska geomorfologického členění spadají Velešovice do oblasti Západní Vněkarpatské sníženiny, do celku Dýjsko-Svrateckého úvalu a okrsku Šlapanické pahorkatiny. Půdy jsou zde převážně černozemního typu, na spraších. Zrnitostně středně těžké, jílovitohlinité s obsahem skeletu do 10 %. Hloubka ornice se pohybuje v rozmezí 0,20 – 0,25 m. Sledovaná lokalita se nachází na rovině. Pokus byl rozdělen na 3 varianty

Průběh dešťových srážek během vegetace, leden – říjen, za sledované období 2018 – 2021 je uveden v grafu 1.

Graf 1: Množství srážek během vegetace v letech 2018 – 2021, Velešovice



1.2 Metodika pokusů

Pokus – Digestát

Pokusný pozemek s řešením aplikace digestátu se nachází přímo u zemědělského družstva a v průběhu řešení se neměnil. Pokus byl sledován v letech 2018 – 2021. Digestát používaný v tomto pokusu je zařazen do skupiny DG1 (statková hnojiva a materiál rostlinného původu). Osevní sled plodin ve sledovaných letech byl následující: pšenice ozimá, žito ozimé, pšenice ozimá a ječmen jarní. Na pokusném pozemku byly založeny tři varianty, a sice:

Varianty

Pokus byl rozdělen na 3 varianty – viz Tab. 1.

Tab. 1: Varianty pokusu

Varianta	Dávka digestátu (t/ha)
Varianta I	kontrolní – bez aplikace digestátu
Varianta II	20 t/ha každý druhý rok
Varianta III	20 t/ha každý rok

Složení digestátu v % sušiny používaném na poloprovozním pokuse je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2: Chemické složení digestátu (%) sušiny

Parametr	Chemické složení digestátu
	<i>Hodnota (%) suš.</i>
Sušina	8,07
Popel	1,83
pH	7,92
Ca	0,109
K	0,48
Mg	0,07
P	0,089
N_{celk}	0,65
S	25,6

Tab. 3: Přehled jednotlivých pracovních operací a použitých metod

Provedené pracovní operace
Podmítka – diskový podmítač <i>Lemken Rubin</i>, pracovní záběr 4,8 m, pracovní hloubka 0,08 m Hloubkové podrývání – hloubkový kypřič <i>Maschio Artiglio</i>, pracovní záběr 3 m, pracovní hloubka do 0,28 m Setí směsi meziplodiny (hořčice bílá + svazenka vratičolistá) radličkovým kypřičem <i>Köckerling Allrounder</i> s výsevní jednotkou APV na podzim, a to vždy před jarním osevem kukuřicí (nutné protierozní opatření na MEO pozemku)
Aplikace digestátu – cisterna <i>Wienhoff</i> s hadicovým aplikátorem • pohnojená plocha – 2 x 0,48 ha • dávka – 20 t/ha/rok a 20 t/ha/2 roky • zapravení dané dávky digestátu – radličkový kypřič <i>Köckerling Vario</i>, pracovní záběr 4,8 m, pracovní hloubka 0,15 – 0,18 m (současně i předset'ová příprava půdy)
Setí plodin dle osevního postupu – setí kukuřice s šíří řádku 0,75 m přesným secím strojem <i>Kinze 3000</i> + současné přihnojení minerálním NPK (Zn, S) hnojivem „pod patu“, a zaválení pozemku • setí obilnin secím strojem <i>Köckerling Vitu</i>, pracovní záběr 6 m
Hnojení • kukuřice – v průběhu vegetace (v době cca 10. listu kukuřice) přihnojení prilovanou močovinou • obilniny – pšenice oz. – regenerační, produkční a kvalitativní přihnojení minerálními N hnojivy dle stavu porostu • ječmen jarní – 1 produkční přihnojení
Ochrana • kukuřice – postemergentní aplikace vícesložkového herbicidu, letecká aplikace <i>Trichogramma</i> sp. proti zavíječi kukuřičnému • obilniny – postemergentní aplikace herbicidu, fungicidní a insekticidní ochrana listového aparátu a klasu dle stavu porostu a infekčního tlaku
Průměrné výnosy v letech: • Sklizet' 2018: pšenice ozimá 4,32 t/ha • Sklizet' 2019: žito ozimé 4,67 t/ha • Sklizet' 2020: pšenice ozimá 6,39 t/ha • Sklizet' 2021: ječmen jarní 4,71 t/ha

Metody hodnocení půdních vlastností

Fyzikální vlastnosti půdy byly sledovány pomocí Kopeckého válečků a zahrnují tato stanovení: objemovou hmotnost redukovanou (ρ_{hr} , g/cm³), celkovou pórovitost (P, %), momentální obsah vody (Θ , % obj.) a vzduchu (V_{AM} , % obj.), maximální kapilární vodní kapacitu (Θ_{MKK} , %) a minimální vzdušnou kapacitu (Θ_{MVK} , % obj.). Měrná hmotnost (ρ_s ,

g/cm³) byla stanovena pyknometrickou metodou. Půdní vzorky na stanovení fyzikálních vlastností byly odebrány uprostřed vegetačního období, vždy ze tří hloubek 0-0,10; 0,10-0,20 a 0,20-0,30 m.

Penetrometrický odpor půdy (MPa) – byl měřen pomocí elektronického penetrometru Eijkelkamp ve 3 variantách po 15 opakováních. Princip penetrometrie je založen na zjišťování síly, kterou je nutné vyvinout k zatlačení normovaného ocelového kužele do půdy. Jeho výhodou je vysoká expeditivnost a možnost okamžitého vyhodnocení výsledků pro sledovaný profil.

Struktura půdy byla stanovena proséváním suché zeminy na sítích o průměru ok 0,25; 0,5; 2; 5; 10; 20 mm. Vzorky byly odbírány uprostřed vegetačního období ze dvou hloubek, a sice 0-0,15 a 0,15-0,30 m ve třech opakováních. Každá strukturní frakce byla samostatně zvážena a přepočtena na procenta. Pro vlastní hodnocení byl vypočítán koeficient strukturnosti (KS), který vyjadřuje vztah mezi agronomicky hodnotnými (0,25-10 mm) a méně hodnotnými strukturními elementy (>10 a <0,25 mm).

Vzorky půdy pro stanovení vodostálosti půdních agregátů byly odbírány každý rok vždy na jaře na začátku vegetačního období a na podzim na konci vegetačního období. Odběr byl proveden vždy ze dvou hloubek, a to 0-0,15 a 0,15-0,30 m. Vodostálost půdních agregátů byla zjišťována metodou mokrého prosévání (Kandeler, 1996). Byl stanoven procentický podíl nerozplavených agregátů z celkové navážky vzorku podle daného vzorce. Obsah vody (% hm.) v půdě byl zjišťován gravimetrickou metodou, a to z hloubek 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 a 0,20-0,30 m.

Půdní vzorky na chemické analýzy pro zjištění základního obsahu živin (P, K, Ca, Mg) v půdě byly odebrány ze dvou hloubek: 0-0,15 a 0,15-0,30 m. Vzorky byly odebrány současně se vzorky pro stanovení obsahu humusu uprostřed vegetačního období. Výměnná půdní reakce pH (pH/KCl) byla stanovena z výluhu KCl potenciometricky, obsah přístupného fosforu, draslíku a hořčíku byl stanoven na spektrofotometru metodou podle Melicha III (vyjádřeno v mg na 1 kg půdy) a obsah celkového dusíku ($N_{\text{celk.}}$, %) mineralizací, destilační metodou podle Kjeldahla. Celkový obsah organického uhlíku (C_{ox} , %) byl stanoven oxidimetrickou titrací podle Nelson a Sommers (1982). Humus (%) byl zjištěn přepočtem podle ustanoveného koeficientu 1,724, tedy $C_{\text{ox}} \cdot 1,724$ (Welte, 1963).

Kvalita humusu byla hodnocena spektrofotometricky v UV-VIS oblasti spektra. Humusové látky (HL) byly extrahovány směsí 0,1M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 0,1M NaOH (Kononová, Bělčíková; 1963). Pro určení kvality humusu byl zjištěn poměr huminových kyselin k fulvokyselinám (HK/FK) z tabelární závislosti na barevném koeficientu $Q_{4/6}$ podle absorbance v UV-VIS oblasti spektra.

Veškeré půdní vzorky byly odebírány ve třech opakováních.

III. Výsledky

2. Pokus – Aplikace digestátu

Poloprovozní pokus byl řešen v letech 2018 – 2021. Na klasifikaci digestátu lze nahlížet z mnoha hledisek např. podle vstupních surovin, ze kterých vzniká; podle způsobu jeho konečného využití či podle procentického zastoupení sušiny. Legislativa týkající se využití digestátů klade zvláštní požadavky na hygienizaci konečného produktu anaerobní digesce. Jedná se zejména o splnění procesních hygienizačních parametrů, dodržení limitních hodnot rizikových a stopových prvků a indikátorových organismů. Je však důležité neopomenout i možnost negativního ovlivnění či změn půdního prostředí vlivem aplikace digestátu.

2.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Tabulky 4 – 7 prezentují výsledky související s fyzikálními vlastnostmi půdy v jednotlivých letech pokusu. V roce 2018 (tab. 4) byla objemová hmotnost redukována (O_{Hr}) nejnižší u varianty 2 (dávka digestátu 1x za 2 roky). U varianty 1 a 3 byly hodnoty O_{Hr} zhruba na stejné úrovni. Dalšími sledovanými parametry byly pórovitost (P), minimální obsah vody a vzduchu či maximální kapilární kapacita (MKK) a minimální vzdušná kapacita (MVK). U těchto parametrů byly hodnoty nejnižší zpravidla u varianty 1 (bez aplikace digestátu). Varianty hnojené digestátem vykazovaly obecně vyšších hodnot, a to díky nejvyšší utuženosti půdy. Jde o vstupní údaje po založení pokusu s digestátem, který byl poprvé aplikován na začátku vegetace před setím kukuřice na siláž. MKK byla zjištěna nejvyšší u varianty 2. MVK dosahovala u variant hnojených digestátem prakticky obdobných hodnot, mírně vyšší byla zaznamenána u varianty 3, a to pouze v desítkách setin.

Tab. 4: Fyzikální vlastnosti půdy – Velešovice 2018

Varianta	Půdní hloubka (m)	Objemová hmotnost redukovaná (g/cm ³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Maximální kapilární kapacita	Minimální vzdušná kapacita
				vody	vzduchu		
				% obj.		% obj.	
1	0–0.1	1,09	58,74	18,07	40,67	39,04	19,71
	0.1–0.2	1,34	48,88	20,03	28,85	38,47	10,41
	0.2–0.3	1,33	49,22	20,62	28,60	36,40	12,82
	0–0.3	1,25	52,28	19,57	32,71	37,97	14,31
2	0–0.1	1,11	57,88	18,13	39,76	41,47	16,42
	0.1–0.2	1,20	54,21	19,43	34,78	37,86	16,35
	0.2–0.3	1,33	49,15	20,50	28,65	36,02	13,13
	0–0.3	1,21	53,75	19,35	34,40	38,45	15,30
3	0–0.1	1,13	57,11	20,94	36,18	40,86	16,25
	0.1–0.2	1,25	53,49	20,84	32,66	36,51	16,99
	0.2–0.3	1,36	49,86	21,27	28,59	36,28	13,58
	0–0.3	1,25	53,49	21,02	32,48	37,88	15,61

V roce 2019 (tab. 5) zůstala OHr na nejnižší úrovni u varianty 2. Varianta 1 a 3 vykazovaly naprosto totožných hodnot. Celková pórovitost zcela korespondovala s hodnotou OHr, a tedy zůstala nejvyšší u varianty 2. MKK byla zhruba na stejné úrovni, avšak došlo k jejímu snížení o 2 % obj. oproti roku předcházejícímu. MVK se zvýšila u varianty 2, u ostatních pokusných variant došlo ke snížení této hodnoty oproti roku předcházejícímu.

Tab. 5: Fyzikální vlastnosti půdy – Velešovice, 2019

Varianta	Půdní hloubka (m)	Objemová hmotnost redukovaná (g/cm ³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Maximální kapilární kapacita	Minimální vzdušná kapacita
				vody	vzduchu		
				% obj.		% obj.	
1	0 - 0,1	1,07	59,22	9,70	49,52	42,10	17,12
	0,1 - 0,2	1,43	45,54	21,06	24,48	37,64	7,91
	0,2 - 0,3	1,44	45,30	20,37	24,93	34,62	10,68
	0 - 0,3	1,31	50,02	17,04	32,98	38,12	11,90
2	0 - 0,1	1,05	54,57	23,80	30,77	42,80	11,78
	0,1 - 0,2	1,32	49,78	26,57	23,21	35,58	14,20
	0,2 - 0,3	1,25	52,46	23,20	29,26	30,30	22,16
	0 - 0,3	1,21	52,27	24,52	27,75	36,23	16,05
3	0 - 0,1	1,11	57,96	22,31	35,65	43,37	14,59
	0,1 - 0,2	1,42	47,28	24,93	22,35	36,77	10,51
	0,2 - 0,3	1,39	48,65	23,43	25,21	34,87	13,79
	0 - 0,3	1,31	51,30	23,56	27,74	38,34	12,96

V tab. 6 jsou uvedeny hodnoty fyzikálních vlastností půdy za rok 2020. V tomto roce dosáhly var. 1 a 2 nejvyšších hodnot OHr, a to 1,32 g/cm³. Oproti tomu var. 3 (s každoroční aplikací digestátu) vykazovala, oproti výše zmíněným variantám, o 0,04 g/cm³ nižší hodnotu OHr. Obdobný trend korespondoval i s ostatními sledovanými fyzikálními vlastnostmi. Pórovitost,

MKK i MVK dosahovaly vyšších hodnot u variant hnojených digestátem. Na druhou stranu je nutno podotknout, že nedošlo k překročení mezní hodnoty kritických vlastností, která je podle zrnitostního složení na tomto stanovišti $1,40 \text{ g/cm}^3$ (Lhotský, 2000). Dobrý fyzikální stav půdy ovlivňuje nejenom využitelnost živin rostlinami, ale zásadně se podílí i na prosperitě kulturních rostlin, jejich výnosech či mikrobiální aktivitě půdního prostředí.

Tab. 6: Fyzikální vlastnosti půdy – Velešovice, 2020

Varianta	Půdní hloubka (m)	Objemová hmotnost redukovaná (g/cm ³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Maximální kapilární kapacita	Minimální vzdušná kapacita
				vody	vzduchu		
				% obj.		% obj.	
1	0 - 0,1	1,08	58,74	18,07	40,67	39,04	19,70
	0,1 - 0,2	1,34	48,88	20,03	28,85	38,47	10,41
	0,2 - 0,3	1,33	49,22	20,62	28,60	36,40	12,82
	0 - 0,3	1,25	52,28	19,57	32,71	37,97	14,31
2	0 - 0,1	1,10	57,88	18,13	39,76	41,46	16,42
	0,1 - 0,2	1,20	54,21	19,43	34,78	37,86	16,35
	0,2 - 0,3	1,33	49,14	20,50	28,65	36,02	13,13
	0 - 0,3	1,21	53,74	19,35	34,39	38,45	15,30
3	0 - 0,1	1,12	57,11	20,93	36,18	40,86	16,25
	0,1 - 0,2	1,25	53,49	20,84	32,65	36,51	16,98
	0,2 - 0,3	1,35	49,86	21,27	28,59	36,28	13,58
	0 - 0,3	1,24	53,49	21,01	32,47	37,88	15,60

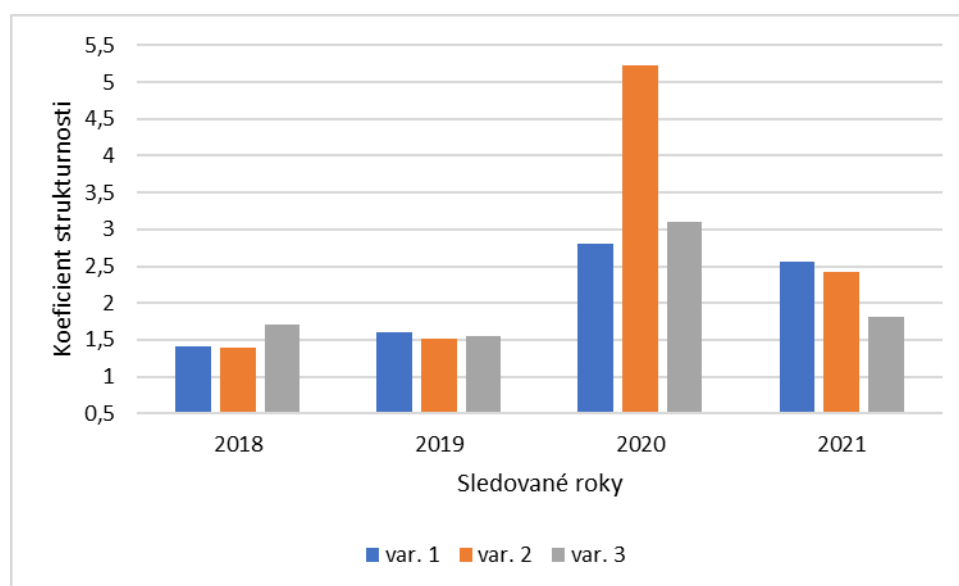
Výsledky fyzikálních vlastností, které byly naměřeny v roce 2021, uvádí tab. 7. Obdobně jako v letech předcházejících bylo dosaženo nejnižší hodnoty OHr u var. 3, a to $1,27 \text{ g/cm}^3$, což je o $0,04 \text{ g/cm}^3$ méně než u var. 2 a až o $0,08 \text{ g/cm}^3$ méně než u var. kontrolní. I ostatní sledované fyzikální vlastnosti kopírovaly tento trend. Naměřená pórovitost byla nejvyšší u var. 3, a to 52,72 %. Dosahovala tedy o 2,71 % více než u varianty 2 a až o 4,39 % oproti var. kontrolní. MKK i MVK dosahovaly vyšších hodnot u variant hnojených digestátem, a to úměrně četnosti aplikace digestátu. Ani v tomto roce nedošlo k překročení mezní hodnoty kritických vlastností dle Lhotského.

Tab. 7: Fyzikální vlastnosti půdy – Velešovice, 2021

Varianta	Půdní hloubka (m)	Objemová hmotnost redukovaná (g/cm ³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Maximální kapilární kapacita	Minimální vzdušná kapacita
				vody	vzduchu		
				% obj.		% obj.	
1	0 - 0,1	1,08	58,74	18,07	40,67	39,04	19,70
	0,1 - 0,2	1,34	48,88	20,03	28,85	38,47	10,41
	0,2 - 0,3	1,33	49,22	20,62	28,60	36,40	12,82
	0 - 0,3	1,25	52,28	19,57	32,71	37,97	14,31
2	0 - 0,1	1,10	57,88	18,13	39,76	41,46	16,42
	0,1 - 0,2	1,20	54,21	19,43	34,78	37,86	16,35
	0,2 - 0,3	1,33	49,14	20,50	28,65	36,02	13,13
	0 - 0,3	1,21	53,74	19,35	34,39	38,45	15,30
3	0 - 0,1	1,12	57,11	20,93	36,18	40,86	16,25
	0,1 - 0,2	1,25	53,49	20,84	32,65	36,51	16,98
	0,2 - 0,3	1,35	49,86	21,27	28,59	36,28	13,58
	0 - 0,3	1,24	53,49	21,01	32,47	37,88	15,60

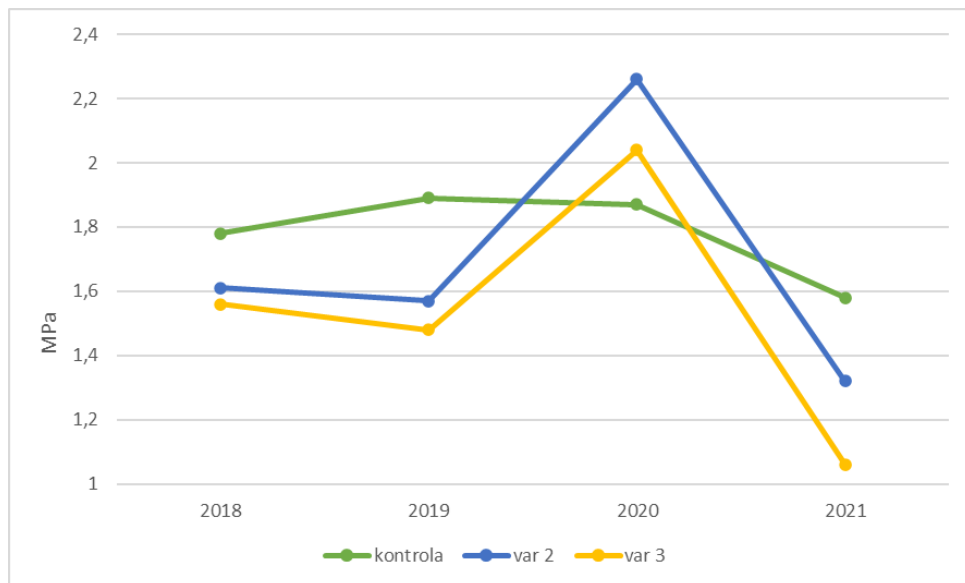
Struktura orničního horizontu je zde posuzována podle koeficientu strukturnosti. V grafu 2 jsou vyhodnoceny výsledky průměrných hodnot půdní struktury v jednotlivých letech z hloubek 0 – 0,30 m. Jak z grafu vyplývá, půdní struktura se vyvíjela postupně k lepšímu u varianty 1, tedy bez aplikace digestátu. Pouze v roce 2020 byla zaznamenána nejlepší struktura u var. 2. Tento aspekt mohl být zapříčiněn jednak příznivějšími klimatickými podmínkami v daném roce, případně poklesem hodnoty pH k neutrálním hodnotám, čímž mohlo dojít k vyplavení kationů Fe³⁺, což také ovlivňuje vývoj půdní struktury.

Graf 2: Průměrné hodnoty koeficientu strukturnosti ve sledovaných letech 2018 – 2021, Velešovice



Dalším ze sledovaných fyzikálních parametrů bylo měření zhutnění půdy s pomocí elektronického penetrometru. Tento parametr je důležitý z hlediska odolnosti půdy proti přemokření či naopak rychlému vysychání půd. Tato vlastnost je taktéž zásadní pro snadný příjem živin rostlinami. V grafu 3 jsou zobrazeny průměrné hodnoty penetrometrického odporu v jednotlivých letech pokusu. Vývoj hodnoty MPa mezi sledovanými lety takřka odpovídá vývoji hodnoty OHr. Mezi lety 2018 – 2019 docházelo k mírnému nárůstu této hodnoty u varianty kontrolní, zatímco u variant hnojených digestátem docházelo k mírnému poklesu. Rok 2020 byl odlišný, v tomto roce došlo k prudkému nárůstu hodnoty MPa u variant s digestátem, kontrolní varianta vykazovala nejnižší míru penetrometrického odporu. V roce 2021 došlo k poklesu hodnot MPa u variant se zapraveným digestátem a nejvyšší míru utužení vykazovala opět varianta kontrolní. Na druhou stranu je však nutné podotknout, že vývoj penetrometrického odporu mezi sledovanými roky 2018 – 2021 byl u kontrolní varianty vyrovnanější. Pokud porovnáme rok 2018 s rokem 2021, můžeme konstatovat, že došlo k pozitivnímu snížení penetrometrického odporu, a tedy k nižšímu utužení o 0,2 MPa oproti roku 2018.

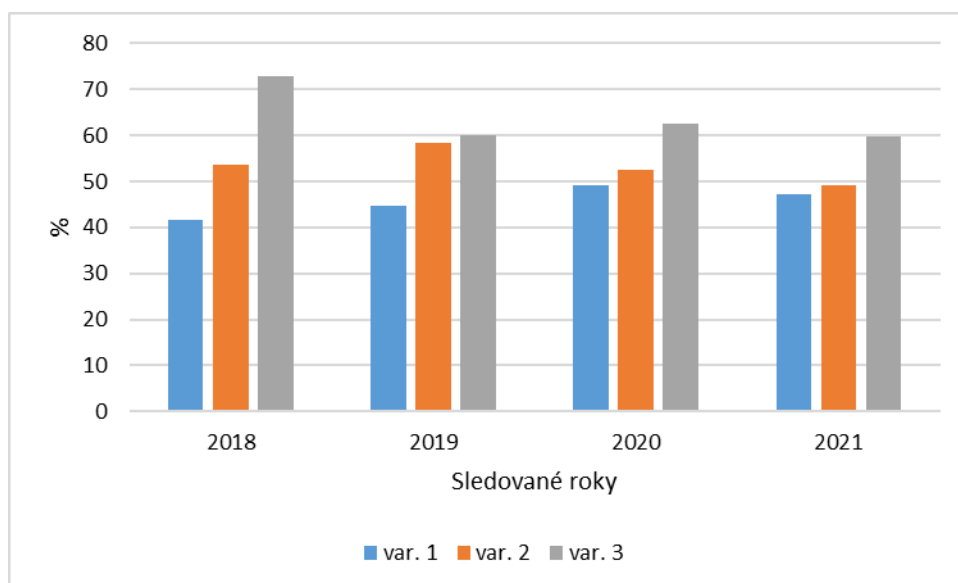
Graf 3: Penetrometrický odpor půdy ve sledovaných letech – Velešovice, 2018 – 2021



Vodostálost půdních agregátů je další z fyzikálních vlastností, které byly v rámci pokusu sledovány. Vodostálost kopírovala trend vývoje půdní struktury a penetrometrického měření, jak je uvedeno v grafu 4. Ve všech sledovaných letech vykazovala varianta 3 (tedy s aplikací digestátu každoročně) nejvyšší míru vodostálosti, a přirozeně tedy i nejlepší kvalitu struktury. V roce 2018 byla kvalita struktury u této varianty hodnocena jako „velmi vysoká“.

V ostatních sledovaných letech poté jako „vysoká“. Podle vodostálosti byla kvalita struktury u varianty 2, po celou dobu pokusu, hodnocena jako „vysoká“ s výjimkou roku 2021, kdy poklesla o jeden procentní bod a byla hodnocena jako „střední“. Kvalita struktury u varianty kontrolní byla hodnocena po celou dobu pokusu jako „střední“. Na druhou stranu je nutno podotknout, že mezi lety 2018 – 2020 docházelo u této varianty k postupnému zlepšení struktury, a to o 3,0 % v roce 2019 a dokonce o 7,4 % v roce 2020.

Graf 4: Průměrné hodnoty vodostálosti půdních agregátů – Velešovice, 2018 – 2021



2.2 Chemické vlastnosti půdy

V rámci chemického hodnocení půdních vlastností byly posuzovány tyto parametry: živiny – P, K, Ca, Mg (mg/kg); půdní reakce (pH/KCl); celkový dusík Ncelk. (%), Cox (%), humus (%); HK/FK; glomalin (mg/kg). Výsledky chemických rozborů jsou uvedeny v tabulkách 8 – 15.

Výsledky vztahující se k přístupným živinám uvádí tabulky č. 8 – 11. Digestát se v roce 2018 projevil zejména na zvýšení obsahu Mg a Ca (mg/kg) v půdě, a to v obou sledovaných hloubkách, jak uvádí tabulka č. 8. V roce 2019 došlo k navýšení obsahu P oproti roku předcházejícímu. V roce 2020 byl zaznamenán nárůst obsahu K a P, a to zejména u varianty 3 s každoroční aplikací digestátu. Nicméně obsah Ca (mg/kg) se mírně snížil, a to s četností aplikace digestátu, avšak u všech variant byl stále ve velmi vysokých hodnotách (>5400 mg/kg). Rok 2021 znamenal navýšení obsahu všech přístupných živin, a to u všech sledovaných variant pokusu. Mezi sledovanými roky nedosáhl obsah Mg (mg/kg) velmi

vysokých hodnot (>330 mg/kg), avšak nebyl zaznamenán jeho deficit u žádné ze sledovaných variant pokusu. Na zvýšení Ncelk. (%) se digestát projevil, ve všech sledovaných letech, pouze nepatrně, a to pouze v jednotkách setin, zejména v roce 2018 a 2020 u varianty 3.

Tab. 8: Chemické analýzy – Velešovice, 2018

varianta	hloubka (m)	K - p mg/kg	Mg - p mg/kg	P - p mg/kg	Ca - p mg/kg	Ncelk. (%)
1	0 - 0,15	534,5	258,7	145,2	8054,8	0,2
	0,15-0,30	427,3	251,8	122,5	8219,8	0,2
	průměr	480,9	255,3	133,8	8137,3	0,2
2	0 - 0,15	586,2	262,2	152,3	8157,0	0,2
	0,15-0,30	473,0	255,5	125,8	8671,5	0,2
	průměr	529,6	258,8	139,1	8414,3	0,2
3	0 - 0,15	476,0	319,7	131,7	8980,2	0,3
	0,15-0,30	336,7	322,0	105,2	9671,3	0,2
	průměr	406,3	320,8	118,4	9325,8	0,25

Tab. 9: Chemické analýzy – Velešovice, 2019

varianta	hloubka (m)	K-p mg/kg	Mg - p mg/kg	P - p mg/kg	Ca - p mg/kg	Ncelk. (%)
1	0 - 0,15	602,3	197,3	97,2	6686,3	0,2
	0,15-0,30	484,7	184,7	84,2	7244,3	0,2
	průměr	543,5	191,0	90,7	6965,3	0,2
2	0 - 0,15	584,5	212,0	127,8	7264,2	0,2
	0,15-0,30	451,2	236,2	106,2	8065,2	0,2
	průměr	517,8	224,1	117,0	7664,7	0,2
3	0 - 0,15	650,5	279,7	159,8	7290,2	0,2
	0,15-0,30	479,2	258,0	131,8	8092,7	0,2
	průměr	564,8	268,8	145,8	7691,4	0,2

Tab. 10: Chemické analýzy – Velešovice, 2020

varianta	hloubka (m)	K - p mg/kg	Mg - p mg/kg	P - p mg/kg	Ca - p mg/kg	Ncelk. (%)
1	0 - 0,15	222,7	232,5	65,7	10067,5	0,2
	0,15-0,30	179,8	278,7	33,2	11224,3	0,2
	průměr	201,3	255,6	49,4	10645,9	0,2
2	0 - 0,15	518,5	249,0	160,7	8274,7	0,2
	0,15-0,30	353,3	252,7	138,0	8904,3	0,2
	průměr	435,9	250,8	149,3	8589,5	0,2
3	0 - 0,15	720,5	285,0	204,5	7739,2	0,3
	0,15-0,30	594,8	236,7	158,3	7222,8	0,2
	průměr	657,7	260,8	181,4	7481,0	0,25

Tab. 11: Chemické analýzy – Velešovice, 2021

varianta	hloubka (m)	K - p mg/kg	Mg - p mg/kg	P - p mg/kg	Ca - p mg/kg	Ncelk. (%)
1	0 - 0,15	319,7	286,2	74,3	8450,0	0,2
	0,15-0,30	276,8	272,5	53,7	10710,5	0,2
	průměr	298,3	279,3	64,0	9580,3	0,2
2	0 - 0,15	595,8	286,8	169,8	9119,0	0,2
	0,15-0,30	479,3	273,8	194,8	9264,5	0,2
	průměr	537,6	280,3	182,3	9191,8	0,2
3	0 - 0,15	839,8	310,0	231,0	8284,3	0,2
	0,15-0,30	673,3	285,2	186,3	8566,2	0,2
	průměr	756,6	297,6	208,7	8425,3	0,2

„Výměnná půdní reakce (pH/KCl) je definována jako schopnost půdy měnit pH roztoků minerálních solí. Je dána kationy vodíku, které jsou sorbovány půdními koloidy, a které se mohou za určitých podmínek uvolnit do půdního roztoku a tím zvyšovat kyselost půdy.“ Digestát může narušit půdní sorpci, čímž může zapříčinit snižování hodnoty pH. Vývoj hodnoty pH, mezi sledovanými lety pokusu, uvádí tabulky 12 – 15. Vlivem aplikace digestátu docházelo ke snížení hodnoty pH, u varianty s aplikovaným digestátem, o 0,1 – 0,4 oproti variantě kontrolní (var. 1). V roce 2020 byl zaznamenán znatelný pokles hodnoty pH (var. 2, 0 – 0,15 m, pH 7,0), a to až na úroveň neutrální půdní reakce.

Hodnocení kvantity a kvality půdní organické hmoty (POH) uvádí tabulky 12 – 15. Oxidovatelný uhlík (C_{ox}) je jedním z ukazatelů obsahu organické hmoty v půdě. Ke kvalitativnímu popisu POH bylo využito vzájemného poměru huminových kyseliny (HK) a fulvolkyseliny (FK), tedy HK/FK. V neposlední řadě byla kvalita POH hodnocena také dle obsahu glykoproteinu glomalinu (mg/g), který je tvořen přibližně z poloviny uhlíkem. K hodnocení obsahu humifikované půdní organické hmoty (humusu) se používá van Bemmelenův konverzní faktor 1,724.

V průběhu sledovaných let nedošlo u kontrolní varianty k zásadním změnám v obsahu POH, která je vyjádřena jako parametr Cox a humus. U variant hnojených digestátem došlo mezi sledovanými lety k navýšení obsahu Cox v průměru o 0,2 %. Varianty hnojené digestátem vykazovaly obecně o 0,1-0,3 % vyšší obsah hodnoty Cox než varianta kontrolní. Se vzrůstajícím obsahem huminových kyselin (HK) vzrůstá i kvalita humusu. Vysoce kvalitní humus má mít poměr HK/FK vyšší než 1,5. Takové půdy jsou odolnější vůči zhutnění i okyselení. V našem případě byly všechny poměry HK/FK pod hodnotou 1,5, takže kvalita

humusu byla špatná u všech variant. Nejlepší kvality bylo dosaženo u varianty 2 – s aplikací digestátu jednou za dva roky. Obsah glykoproteinu glomalinu se úměrně navýšoval s četností aplikace digestátu. Nejvyšší obsah byl ve všech sledovaných letech zaznamenán u varianty 3 – s každoroční aplikací digestátu.

Tab. 12: Chemické analýzy – Velešovice, 2018

varianta	hloubka (m)	Cox (%)	humus %	pH _{KCl}	HK/FK	glomalin /NIR)	kationtová výměnná kapacita (T)
1	0 - 0,15	1,4	2,4	7,4	1,2	4,3	238,7
	0,15-0,30	1,1	2,0	7,4	1,1	4,0	243,0
	průměr	1,3	2,2	7,4	1,2	4,1	240,8
2	0 - 0,15	1,5	2,6	7,4	1,1	5,1	234,0
	0,15-0,30	1,2	2,0	7,5	1,4	5,0	263,0
	průměr	1,3	2,3	7,4	1,3	5,1	248,5
3	0 - 0,15	1,6	2,7	7,4	1,2	5,4	295,5
	0,15-0,30	1,3	2,3	7,5	1,0	5,5	305,8
	průměr	1,5	2,5	7,4	1,1	5,4	300,7

Tab. 13: Chemické analýzy – Velešovice, 2019

varianta	hloubka (m)	Cox (%)	humus %	pH _{KCl}	HK/FK	glomalin /NIR)	kationtová výměnná kapacita (T)
1	0 - 0,15	1,6	2,7	7,3	0,8	4,1	237,4
	0,15-0,30	1,2	2,1	7,3	0,9	3,9	239,8
	průměr	1,4	2,4	7,3	0,8	4,0	238,6
2	0 - 0,15	1,6	2,8	7,2	0,8	5,1	269,8
	0,15-0,30	1,3	2,3	7,3	1,9	5,0	246,0
	průměr	1,5	2,5	7,2	1,4	5,0	257,9
3	0 - 0,15	2,1	3,6	7,2	1,0	6,2	312,0
	0,15-0,30	1,4	2,5	7,2	0,9	5,8	268,1
	průměr	1,7	3,0	7,2	0,9	6,0	290,1

Tab. 14: Chemické analýzy – Velešovice, 2020

varianta	hloubka (m)	Cox (%)	humus %	pH _{KCl}	HK/FK	glomalin /NIR)	kationtová výměnná kapacita (T)
1	0 - 0,15	1,7	2,9	7,1	0,8	2,2	221,7
	0,15-0,30	0,8	1,5	7,2	0,4	1,7	202,3
	průměr	1,3	2,2	7,1	0,6	1,9	212,0
2	0 - 0,15	1,6	2,8	7,0	1,0	3,1	270,3
	0,15-0,30	1,2	2,1	7,2	0,4	3,0	210,0
	průměr	1,4	2,5	7,1	0,7	3,0	240,2
3	0 - 0,15	1,7	2,9	7,1	1,0	3,3	254,0
	0,15-0,30	1,2	2,1	7,1	0,6	3,2	234,0
	průměr	1,4	2,5	7,1	0,8	3,3	244,0

Tab. 15: Chemické analýzy – Velešovice, 2021

varianta	hloubka (m)	Cox (%)	humus %	pH _{KCl}	HK/FK	glomalin /NIR)	kationtová výměnná kapacita (T)
1	0 - 0,15	1,6	2,7	7,3	0,9	3,0	216,7
	0,15-0,30	1,1	1,9	7,5	0,9	2,6	206,3
	průměr	1,4	2,3	7,4	0,9	2,8	211,5
2	0 - 0,15	1,6	2,8	7,3	0,8	3,5	243,0
	0,15-0,30	1,4	2,4	7,4	0,6	3,2	229,7
	průměr	1,5	2,6	7,4	0,7	3,3	236,3
3	0 - 0,15	1,9	3,2	7,2	1,0	3,7	245,5
	0,15-0,30	1,4	2,5	7,3	0,8	3,3	228,7
	průměr	1,7	2,9	7,2	0,9	3,5	237,1

2.3 Výnosy plodin

V rámci osevního postupu byl sledován výnos plodin na pokusném stanovišti s aplikovaným digestátem. V roce 2018 a 2020 byla pěstována na sledované ploše pšenice ozimá, v roce 2019 žito ozimé a v roce 2021 ječmen jarní. V tab. 16 jsou uvedeny výnosy pěstovaných plodin během sledovaných let. Výše výnosu byla ovlivněna nejen fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy, ale také průběhem klimatických podmínek v daném roce. Rok 2018 byl srážkově podprůměrný, což se projevilo i na výši výnosů. Pšenice měla v roce 2018 nejvyšší výnos u varianty 3, a sice o 1,72 t/ha vyšší než u varianty 1 a o 0,56 t/ha vyšší než u varianty 2. V roce 2019, který byl srážkově nadprůměrný, byl výnos žita nejvyšší u varianty 3, a to 4,87 t/ha a nejnižší u varianty 1 – kontrolní 4,45 t/ha, tedy o 0,42 t/ha nižší oproti var. 3. Varianta 2 vykazovala výnos o 0,19 t/ha nižší než varianta 3. Rok 2020 byl srážkově nadprůměrný. Výnos pšenice v tomto roce byl poměrně vyrovnaný mezi variantami

hnojenými digestátem. Varianta 3 vykazovala nejvyšších výnosů, a to 6,94 t/ha, což bylo o 0,47 t/ha více než u varianty 2 a až o 1,16 t/ha více než u varianty kontrolní. Výnosy ječmene jarního v roce 2021 byly poměrně vyrovnané. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo u varianty 3 – 4,91 t/ha, jenž vykazovala o 0,12 t/ha vyšší výnos než varianta 2 a o 0,48 t/ha vyšší výnos než varianta kontrolní. Získané výsledky byly dány dodáním většího množství živin formou digestátu. Zejména u varianty 3 (digestát aplikovaný 2x ročně) došlo ke zvýšení obsahu živin, a přirozeně i výnosů pěstovaných plodin.

Tab. 16: Výnosy plodin ve sledovaných letech – Velešovice, 2018 – 2021

Rok		2018	2019	2020	2021
Plodina		Pšenice ozimá	Žito ozimé	Pšenice ozimá	Ječmen jarní
Varianta	1	3,36	4,45	5,78	4,43
	2	4,52	4,68	6,47	4,79
	3	5,08	4,87	6,94	4,91

IV. Závěr

Pokus – Digestát

Ze sledování fyzikálních, a vybraných chemických vlastností půdy, u různých variant s aplikací digestátu, bylo zjištěno, že:

- Aplikace digestátu měla pozitivní vliv na vývoj hodnoty objemové hmotnosti redukované (OHR). Po zapravení digestátu zůstala hodnota OHR neměnná či se mírně snížila. Pozitivně se projevil digestát i na vývoj pórovitosti (P) a minimální vzdušné kapacity (MVK), kdy jeho vlivem docházelo k nárůstu těchto proměnných.
- Penetrometrický odpor půdy (MPa) měl obdobný trend vývoje jako hodnota OHR. Nebylo prokázáno, že by aplikace digestátu měla negativní vliv na utužení půdy, neboť vyšší hodnoty MPa byly naměřeny u varianty kontrolní.
- Struktura půdy byla vyjádřena koeficientem strukturnosti (KS). Nebylo prokázáno, že digestát by měl zásadní negativní vliv na vývoj této hodnoty. Na druhou stranu se strukturotvornost vyvíjela nejlépe u varianty kontrolní.
- Na vodostálost půdních agregátů měl digestát pozitivní vliv. Vodostálost, a tedy i kvalita struktury, se zlepšovala úměrně aplikačním dávkám digestátu.

- U variant hnojených digestátem došlo mezi sledovanými lety k navýšení obsahu Cox v průměru o 0,2 %. Varianty hnojené digestátem vykazovaly obecně o 0,1-0,3 % vyšší obsah hodnoty Cox než varianta kontrolní.
- Půdní reakce se postupně snižovala u variant se zapraveným digestátem, a to úměrně aplikačním dávkám.
- Kvalita humusu byla hodnocena jako vzájemný poměr HK/FK. U variant s digestátem byla pozorována vyšší kvalita humusu než u varianty kontrolní.
- Výnosy byly vždy vyšší u variant se zapraveným digestátem, a to zejména díky většímu množství dodaných živin.

Výsledky tohoto pokusu naznačují, že digestát jako takový neměl negativní vliv na vývoj fyzikálních vlastností půdy. Naopak došlo k pozitivnímu ovlivnění většiny sledovaných půdních vlastností a chemických parametrů. Kupříkladu půdní struktura a vodostálost půdních agregátů byla vlivem aplikace digestátu významně pozitivně ovlivněna. Zlepšila se také pórovitost a parametry jako maximální kapilární kapacita či minimální vzdušná kapacita. U chemických vlastností tomu bylo podobně. Stejně tak výnosy plodin byly vlivem aplikace digestátu vyšší. Jelikož moderní úpravy digestátu umožňují recyklaci makroprvků, jako je fosfor, lze digestát využít jako vhodnou náhradu minerálních hnojiv. Nicméně z hlediska obsahu a kvality primárních organických látek je digestát méně kvalitním hnojivem, než je tomu například u jiných statkových hnojiv, a proto je vhodné při aplikaci digestátu využít i jiný zdroj organické hmoty, z důvodu správného průběhu procesu mineralizace a humifikace. Tímto způsobem je zajištěna správná mikrobiální aktivita, jenž je pro zdravý půdní stav zcela nezbytná.

V. Srovnání novosti postupů

Získané výsledky vhodně doplňují stávající poznatky o využití digestátu jako hnojiva. V této metodice jsou vyhodnoceny výsledky při využívání digestátu jako alternativního zdroje organické hmoty a makroprvků do půdy. Při nadměrném hnojení digestátem a při nevhodných půdních podmínkách pro jeho aplikaci, může docházet ke zhoršení některých fyzikálních či chemických vlastností půdy, což může zapříčinit až nevratné zhutnění půdy a výrazně snížit půdní úrodnost. Takové půdy pak vykazují špatný fyzikální stav. Může docházet ke zhoršení objemové hmotnosti redukované, pórovitosti či se dokonce může snížit pohyb vody v půdě. Zhutnělé půdy pak vykazují zhoršenou míru provzdušněnosti, což se může projevit i v ostatních chemických a biologických procesech v půdě. V samotném součtu všech těchto

aspektů může docházet až k tomu nejzásadnějšímu, a to až ke snížení půdní úrodnosti. V této metodice jsou uvedeny výsledky jak z fyzikálních, tak z chemických hodnocení půd, které jsou použitelné v podmínkách ČR.

VI. Popis uplatnění certifikované metodiky

Uplatnění výsledků této metodiky je možné v komerční i ekologické sféře. Předpokládá se vytvoření alternativního hnojiva založeného na využití digestátu jako hlavního hnojivého komponentu. Takové hnojivo bude alternativou k minerálním hnojivům, jejichž cena každým rokem stoupá k astronomickým částkám. Dále metodika přináší objektivní podklady k vyhodnocení vlivu digestátu na půdní prostředí se všemi důsledky, které mohou nastat při nesprávném používání tohoto alternativního hnojiva. Tyto výsledky budou přínosem nejenom pro zemědělce, ale i širokou veřejnost, jež se zabývá problematikou zamezení degradace půdy a ochranou životního prostředí.

VII. Ekonomické vyhodnocení

Cena 1 tuny digestátu se pohybuje v rozmezí 150 – 200 Kč. Samotná doprava (do 5 km od BPS) a aplikace pak v rozmezí 800 – 1 500 Kč. Pokud bude aplikováno 20 t/ha, bude celková cena asi 5 500 – 6 000 Kč. Pro dodávku stejného množství dusíku ve formě průmyslového hnojiva jsou jednotkové náklady na aplikaci nižší, ovšem cena hnojiva je vysoká. Močovina, která obsahuje 46 % minerálního dusíku, vychází cenově asi na 22 – 23 tisíc Kč za 1 tunu. Při aplikaci ekvivalentního množství minerálního dusíku, oproti digestátu, se dostáváme na částku okolo 10 500 – 11 500 Kč bez aplikace minerálního dusíku, s aplikací 11 000 – 12 000 Kč. Lze tedy konstatovat, že při odvozu kapalného digestátu do 5 km od BPS je jeho dávkování efektivnější než dávkování minerálních hnojiv, a to i přes vysoké dopravní náklady.

VIII. Seznam použité související literatury

- APBB. (2022). Digestát, organické hnojivo [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: http://www.apbb.cz/wp/wp-content/uploads/pribalovyletak-digestat.pdf](http://www.apbb.cz/wp/wp-content/uploads/pribalovyletak-digestat.pdf)
- Badalíková, B. (2019): Je digestát organické hnojivo – ano, nebo ne? [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://uroda.cz/je-digestat-organicke-hnojivo-ano-nebo-ne/](https://uroda.cz/je-digestat-organicke-hnojivo-ano-nebo-ne/)
- Čepl, J. a kol. (2018): Vliv digestátu na půdu [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://www.cazv.cz/wp-content/uploads/2018/08/Zemedelec31_strana12.pdf](https://www.cazv.cz/wp-content/uploads/2018/08/Zemedelec31_strana12.pdf)
- Černý, J. (2018). Hnojiva, organická hnojiva, digestáty [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://www.agropodlesi.cz/fileadmin/user_upload/ECHO_unor_2018.pdf](https://www.agropodlesi.cz/fileadmin/user_upload/ECHO_unor_2018.pdf)

- Dajčl, J. (2020): Digestát pokaždé jinak [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/casopis_biom_2020_01_20200326-fin-nahled.pdf](https://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/casopis_biom_2020_01_20200326-fin-nahled.pdf)
- Dostál, J. a kol. (2010): Digestát z bioplynových stanic ke hnojení plodin [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na WWW: <https://www.agrovenkov.com/attachments/File/smitalf/Digestat201004DostalLosakKlir.pdf>
- In: Sbírka zákonů České republiky. 2021, částka 137/2021, s. 3586. Dostupný také z: https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlasaka-2021-312-novela-474-2000.html
- Jeřábková, J a kol. (2019). Využití digestátu jako hnojiva [online]. [cit. 19.8.2022]. Dostupný na [www: https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-hnojiva](https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-hnojiva)
- Kašpar, M. (2013): Digestát bioplynové stanice jako účinný prostředek k zlepšení fyzikálních vlastností kambizemí [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://theses.cz/id/xz9smx/5258251](https://theses.cz/id/xz9smx/5258251)
- Pančíková, J. (2016): Digestáty a jejich využití v zemědělství [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://eagri.cz/public/web/file/445128/Digestaty_a_jejich_vyuziti_v_praxi.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/445128/Digestaty_a_jejich_vyuziti_v_praxi.pdf)
- Prudil, J. (2022): Vliv aplikace digestátu na vývoj fyzikálních vlastností půdy. *Úroda*. 2022. sv. 70, č. 8, s. 83--86. ISSN 0139-6013.
- Roy, A. et al. (2022). Ekonomické a provozní aspekty hnojení fugátem [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: http://www.agritech.cz/clanky/2022-1-1.pdf](http://www.agritech.cz/clanky/2022-1-1.pdf)
- ÚKZÚZ. (2016). Digestáty a jejich využití v zemědělství [online]. [cit. 11.8.2022]. Dostupný na [www: https://eagri.cz/public/web/file/458518/Digestaty_final2_WEB_optim.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/458518/Digestaty_final2_WEB_optim.pdf)
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 312/2021 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva č. 474/2000 Sb. ze dne 29. prosince 2000. In: Sbírka zákonů České republiky. 2000, částka 137/2000, s. 7494. Dostupný také z: https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlasaka-2000-474-rostlinnekomodity.html

IX. Seznam publikací předcházejících metodice

- Badalíková, B., Vašínská, M., Prudil, J. (2021): Změny půdní struktury na svažitých pozemcích. *Úroda* 12/2021, roč. LXIX, vědecká příloha, s.335–340.
- Prudil, J., Badalíková, B. (2021): Vliv aplikační dávky digestátu na pedokompakci. *Úroda* 12/2021, roč. LXIX, vědecká příloha, s.543–550.
- Prudil, J. (2022): Vliv aplikační dávky digestátu na utužení půdy a výnosy pěstovaných plodin. *Pícninářské a trávnickářské listy*, 2022.
URL: <https://ipaper.ipapercms.dk/dlf/dlfzivotice/other/picninarske-listy-2022/>

- Prudil, J. (2022): Vliv aplikace digestátu na vývoj fyzikálních vlastností půdy. *Úroda*. 08/2022. sv. 70, č. 8, s. 83--86. ISSN 0139-6013.
- Vašinka M., Badalíková B. 2019: Changes in soil properties due to application of digestate. Scientific Proceedings, International Scientific Conference "Conserving Soils And Water" 2019. Scientific technical union of mechanical engineering "industry 4.0", 3, Issue:1(3).
- Vašinka M., Badalíková B., 2019: Změny půdních vlastností při aplikaci digestátu. In Sb.: Rostliny v suchých podmínkách a klimatická změna. Lednice 23.- 24. 10. 2019 Zahradnictví, roč. XVIII, vědecká příloha, s.114-120
- Vašinka M., Badalíková B., 2020: Změny fyzikálních vlastností při aplikaci digestátu. *Úroda* 12, roč. LXVIII, 2020, vědecká příloha, s.503-508
- Vašinka, M., Badalíková, B., 2020: Vliv zapravení digestátu na vlastnosti půdy. *Úroda* LXVIII,1, 56–58.
- Vašinka, M., Badalíková, B., 2020: Vliv zapravování digestátu do půdy na výnosy. *Farmář*, 12/2020, s.12–14

X. Dedikace

Výsledky byly zpracovány v rámci realizačního výstupu řešení dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace (DKRVO), reg. č. MZE-RO1718 financovaného Ministerstvem zemědělství ČR.

XI. Jména oponentů a uplatnění Smlouvy

Ing. Michaela Budňáková, MZe ČR – posudek pracovníka odborného orgánu MZe ČR

Ing. Stanislav Jaša, Ph.D., ZD Budišov – posudek pracovníka z oboru

Smlouva o uplatnění metodiky

ZD Rakovec, a.s.

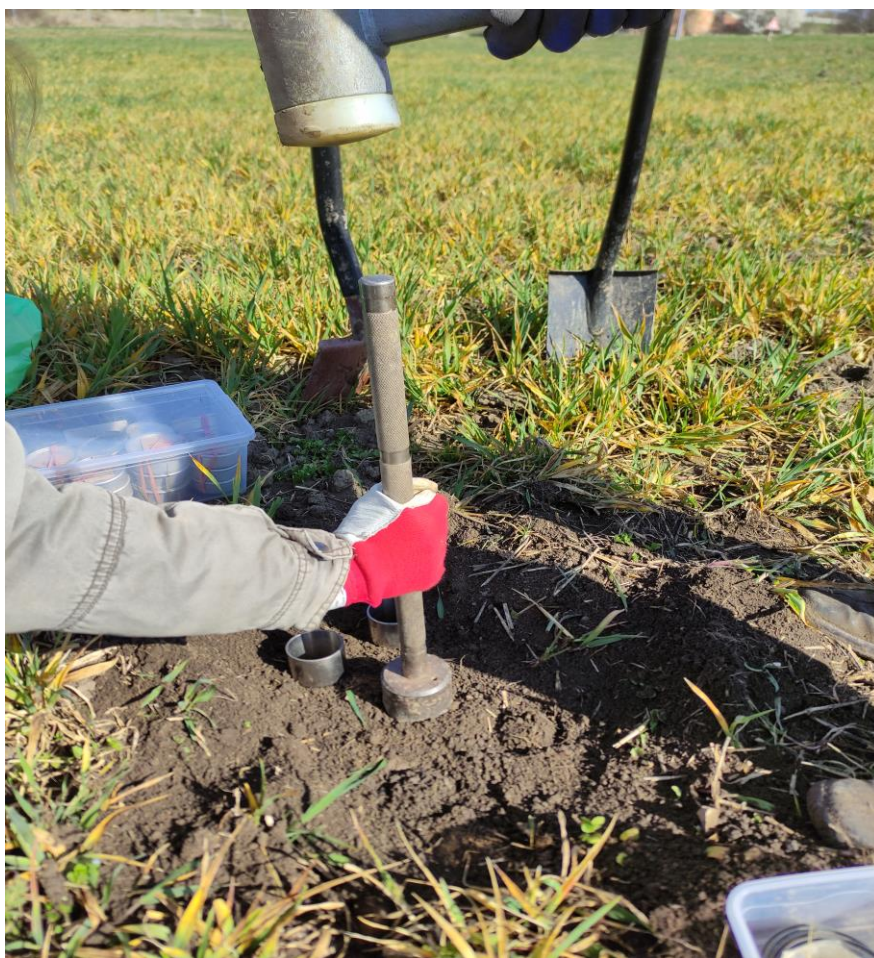
se sídlem Velešovice 390,

683 01 Velešovice

Přílohy – fotodokumentace:



Obr. 1: Pokusný pozemek s aplikací digestátu – Velešovice



Obr. 2: Odběr neporušeného půdního vzorku



Obr. 3: Penetrometrické měření



Obr. 4: Aplikace digestátu pomocí hadicového aplikátoru Wienhoff



Vydal: Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Troubsko
Náklad: 150 výtisků
Tisk: REIS – reklamní studio, Žatčany 135
Grafická úprava: Radomír Lejska
Autoři fotografií: Jakub Prudil

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-88000-38-9