

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**Bc. Ondřej Brychta**



## TECHNOLOGIE APLIKACE KAPALNÝCH ORGANICKÝCH HNOJIV

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Jiří Pospíšil, CSc.

*Vypracoval:*  
Bc. Ondřej Brychta

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Technologie aplikace kapalných organických hnojiv vypracoval samostatně a použil jen pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

Dne .....

Podpis.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych tímto poděkovat panu Ing. Jiřímu Pospíšilovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady k mé diplomové práci. Dále také děkuji firmě STAGRA spol. s r. o. a podniku ZD Sloupnice za zapůjčení techniky a samozřejmě děkuji i své rodině a přátelům za veškerou podporu po celou dobu studia.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá technologií aplikace kapalných organických hnojiv. Je zde uveden výčet jak organických hnojiv, tak i hnojiv minerálních. Práce obsahuje popis jednotlivých druhů aplikátorů organických kapalných hnojiv a možnosti jejich přepravy. V práci jsou dále uvedeny výsledky měření úniku plynů při aplikaci fermentačního zbytku pomocí zvolené technologie aplikace. Práce také obsahuje srovnání vybraných druhů aplikačních souprav z pohledu spotřeby paliva na hektar.

### **Klíčová slova**

Organická hnojiva, aplikátor, aplikační souprava, únik plynu

## **ABSTRACT**

This theses deals with technology of application liquid organic fertilizer. It contains summary of organic fertilizer and mineral fertilizer. This work includes description of various types of applicators for organic liquid fertilizer and opportunity for transportation by road. There are also the results of measurements leaking Gates out during application fermentation residue through selected technology application. Work includes a comparison of selected types of application kits in terms of fuel consumption per hectare.

### **Key words**

Organic fertilizer, application set, gas leakage

## OBSAH

1	ÚVOD .....	8
2	CÍL PRÁCE .....	9
3	CHEMICKÉ SLOŽENÍ ROSTLIN .....	10
3.1	Příjem rostlinných živin.....	10
3.2	Výživa rostlin.....	11
4	HNOJIVA .....	11
4.1	Minerální hnojiva.....	12
4.1.1	Stroje pro aplikaci minerálních hnojiv.....	13
4.2	Organická hnojiva.....	14
4.3	Význam organických hnojiv .....	15
4.4	Rozdělení organických hnojiv .....	16
4.4.1	Chlévský hnůj .....	16
4.4.2	Močůvka .....	17
4.4.3	Kompost.....	18
4.4.4	Kejda.....	19
4.4.5	Fermentační zbytek (digestát).....	21
5	Aplikátory organických hnojiv .....	23
5.1	Rozmetadla tuhých hnojiv .....	23
5.2	Aplikátory kapalných hnojiv .....	24
5.2.1	Stroje pro přepravu kapalných hnojiv.....	25
5.2.2	Stroje pro aplikaci kapalných hnojiv .....	27
5.2.3	Stroje pro přepravu a aplikaci kapalných hnojiv .....	29
6	METODIKA MĚŘENÍ.....	32
6.1	Měřicí zařízení .....	33
6.1.1	Další pomůcky potřebné pro měření.....	34
6.1.2	Vyhodnocení .....	35
7	POLNÍ MĚŘENÍ .....	35
7.1	Podmínky měření.....	35
7.2	Meteorologické podmínky .....	36
7.3	Technické údaje měřených souprav.....	36
7.3.1	Amoniak.....	37

7.4	Únik plynů u diskového aplikátoru.....	38
7.5	Únik plynů u hadicového aplikátoru.....	41
7.6	Zhodnocení úniku NH <sub>4</sub> u diskového a hadicového aplikátoru .....	44
8	EKONOMICKO-VYKONNOSTNÍ POROVNÁNÍ MĚŘ. SOUPRAV .....	46
8.1	Spotřeba paliva při aplikaci .....	46
9	ZÁVĚR .....	51
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	53
11	SEZNAM TABULEK .....	56
12	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	57

## 1 ÚVOD

Zemědělská produkce, jakožto jedna z tradičních odvětví národního hospodářství je tvořena dvěma základními složkami, a to rostlinnou produkcí zabývající se produkcí kulturních rostlin a živočišnou produkcí, která se zabývá chovem hospodářských zvířat. Již od samého vzniku mělo zemědělství hlavní úlohu v zabezpečení výroby potravy a chovu zvířat. S postupem času bylo zemědělství chápáno také jako nástroj pro utváření krajiny. V průběhu dějin se zemědělství neustále vyvíjelo. Dnes lze konstatovat, že zemědělství je na vrcholu, i když neustále dochází ke zdokonalování ve všech odvětvích. Až do konce 18. století nebyla známa funkce půdy. Vědělo se pouze, že půda vyživuje rostliny tak, aby mohly růst. V této době již docházelo ke hnojení půdy pomocí organických hnojiv, jako bylo např. vápno, sádra nebo dřevěný popel. Na začátku 19. století však díky markantně se zvyšujícímu počtu obyvatel a vzniku průmyslových měst nebylo možné dosáhnout požadovaných výnosů pro uspokojení všech obyvatel. A proto se v 19. století poprvé začaly používat tzv. minerální (umělá) hnojiva. Mezi hlavní složky patřila fosfátová a dusíkatá hnojiva, která měla hlavní vliv na zvýšení produktivity půdy a tím i celého zemědělství. Dnes jsou v zemědělství hojně využívána jak minerální tak i organická hnojiva. Organická hnojiva od svého prvopočátku prošli také určitým vývojem, kdy jejich škála byla rozšířena např. o kejdu, kompost, nebo fermentační zbytek (fugát).



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je na základě studia literatury popsat jednotlivé typy aplikace organických kapalných hnojiv. V praktické části na základě metodiky ověřit nový způsob pro měření úniku plynu při aplikaci fermentačního zbytku a především změřit a porovnat únik plynů u diskového a hadicového aplikátoru.

### 3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ROSTLIN

Látky obsažené v rostlinách můžeme rámcově rozdělit do tří hlavních kategorií. Jsou to voda, organické látky a minerální látky. V zelených rostlinách zaujímá voda největší podíl. Mladé rostlinné části a kořeny obsahují kolem 90 – 95 % vody. Se stářím rostliny nebo její části se obsah vody snižuje. Například v zrna obilnin až na 15% a méně. Pro celkový obsah organických a minerálních látek se používá termín sušina, která je základním kritériem pro vyjadřování chemického složení rostlin. V sušině rostlin je nejvíce zastoupen uhlík, kyslík a vodík, hlavní prvky organických sloučenin, které jsou původem z oxidu uhličitého a z vody. Jedná se o hlavní biogenní živiny, které však nejsou předmětem praktického hnojení. [1]

#### 3.1 Příjem rostlinných živin

Rostlinné živiny jsou chemické látky potřebné pro normální životní pochody rostlin. Jejich funkce nemůže být nahrazena jinou chemickou sloučeninou. Zelené rostliny mohou přijmout z prostředí více než 50 chemických prvků. Pouze asi 16 z nich jsou rostlinné živiny. Není vyloučeno, že rostliny potřebují pro zdárný růst a vývoj řadu dalších prvků, jejichž koncentrace se v rostlinách pohybuje řádově v nižších hodnotách než u stopových prvků. Rostlina téměř vždy přijímá minerální živiny ve formě iontů z půdního roztoku. K tomu slouží kořen. To však neznamená, že rostlina nemůže ionty přijímat jinými orgány, jako např. listy. Aplikace tekutých hnojiv na listy je dnes běžná. Představa, že rostlina nasává půdní roztok kořeny, tedy že přijímá rozpuštěné látky do svých buněk ve stejné koncentraci, v jakém jsou v půdním roztoku, je nesprávná. Neregulovaný příjem by vedl ke vzniku vysokých koncentrací jedněch plynů a k vážnému nedostatku jiných prvků v těle rostliny. Průměrný obsah živin v sušině rostlin ukazuje tabulka č. 1. [1]

Tabulka 1 - Průměrný obsah živin v sušině rostlin [1]

Základní biogenní prvky	Průměrný obsah v sušině rostlin (v %)
Vodík	6
Uhlík	45
Kyslík	45
<b>Makroelementy (hlavní živiny)</b>	

Dusík	1,5
Draslík	1,0
Vápník	0,5
Hořčík	0,2
Fosfor	0,2
Síra	0,2
<b>Mikroelementy (stopové prvky)</b>	
Bór	$20 \cdot 10^{-4}$
Železo	$100 \cdot 10^{-4}$
Mangan	$50 \cdot 10^{-4}$
Zinek	$20 \cdot 10^{-4}$
Měď	$6 \cdot 10^{-4}$
Molybden	$0,1 \cdot 10^{-4}$

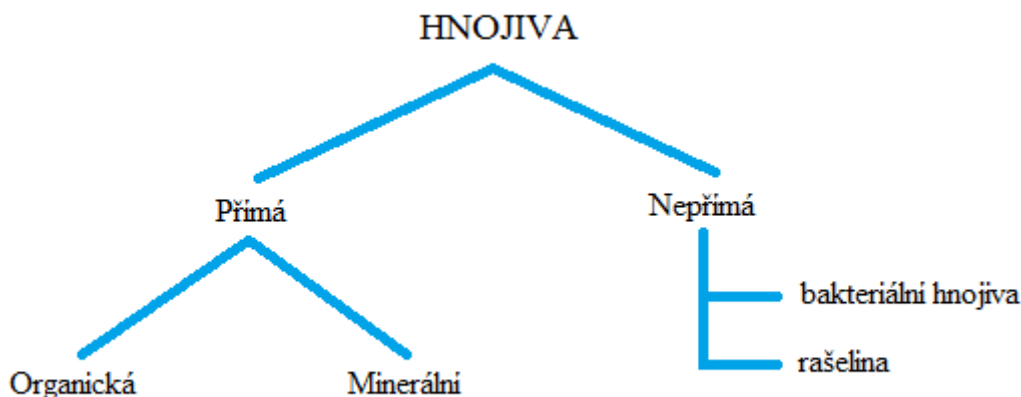
### 3.2 Výživa rostlin

Vzduch a voda představují co do množství nejdůležitější chemické prvky, které rostliny potřebují ke stavbě svých těl. Rostliny přijímají ze vzduchu oxid uhličitý, kyslík a kořeny pak vodu. Mezi důležité látky, které podporují růst rostlin patří např. draslík, fosfor nebo hořčík. Nejvíce zastoupeným prvkem při hnojení je ale dusík. Je nezbytný pro růst listů a výhonů. Půda obsahuje tento prvek převážně v organických vazbách. Při rozkladu odumřelých rostlinných částí a také uhynulých živočichů se dusík uvolňuje přirozeným způsobem z amonných sloučenin. Jestliže je v půdě nadbytek dusíku, který rostliny nemohou využít, vyplavuje se při silných dešťových srážkách do hlubších vrstev půdy. Tím se zatěžuje podzemní (pitná) voda dusičnany, proto je třeba dbát na hnojení dusíkem v přiměřených dávkách a ve správných termínech. [2]

## 4 HNOJIVA

Hnojiva jsou látky, které při přidání do živného prostředí rostlin mohou zlepšit jejich výživu, a tak i jejich výnos a jakost. Hnojení je součástí všech opatření, která jsou nutná ke zvyšování úrodnosti půdy. Může být plně účinné, jen když se provádí v souladu se správně prováděným obděláváním půdy, s dodržováním požadovaných pěstitelských termínů, výběrem vhodných odrůd a ve spojení s pečlivým ošetřováním a ochra-

nou rostlin. Jen zřídka lze hnojením vyrovnat jiné základní pěstitelské chyby. Na druhé straně se může teprve při přiměřeném hnojení plně uplatnit účinnost dalších pěstitelských opatření. Obrázek č. 1 zobrazuje základní dělení hnojiv. [3,4]



Obrázek 1- rozdělení hnojiv [4]

#### 4.1 Minerální hnojiva

Tyto hnojiva jsou vyráběna mimo zemědělský podnik průmyslovými závody. Jsou to chemické sloučeniny nebo jejich směsi anorganické povahy, obsahující živiny v různé formě, koncentraci a poměru. Na využívání minerálních hnojiv je rostlinná výroba závislá. Výhodou chemické ochrany rostlin je to, že lze v krátké době díky širokozáběrovým strojům ošetřit velké plochy a tím vykonat včas potřebné regulační zákroky. Z půdy se každoročně využije kořeny rostlin nebo odplaví srážkovou vodou takové množství živin, že náhrada tohoto množství pouze statkovými hnojivy není reálná. Minerální hnojiva zabraňují poklesu živin v půdě, zvyšují jejich obsah a vytvářejí možnosti pro trvalé zvyšování výnosu. Rostliny využijí zhruba 60 % živin z minerálních hnojiv. Zbytek se ukládá do půdní zásoby pro další roky. Minerální hnojiva můžeme rozdělit na jednoduchá (obsahují jednu základní živinu), nebo kombinovaná (obsahují více základních živin). Podle druhu základní živiny lze minerální hnojiva rozdělit na:

- dusíkatá – síran amonný, ledek vápenatý, dusíkaté vápno,
- fosforečná – superfosfáty, termofosfáty,
- draselná – chlorid draselný, síran draselný,

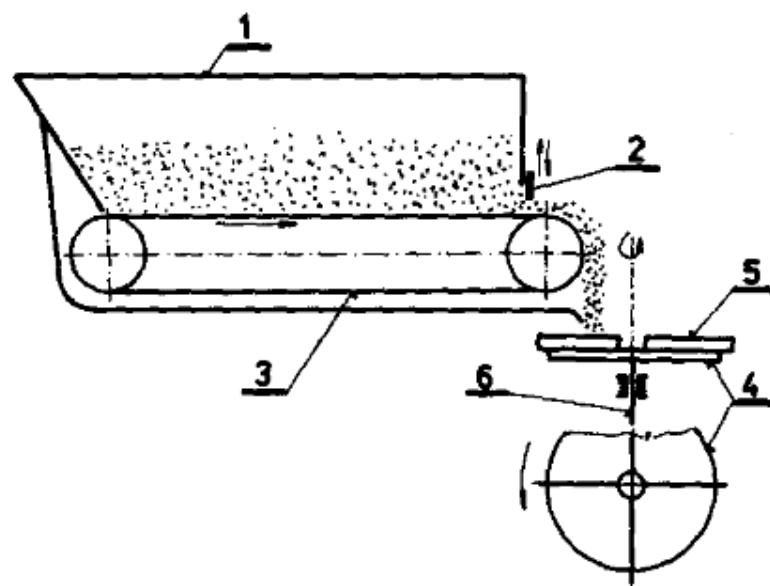
- vápenatá – pálené vápno, mletý vápenec,
- vícesložková – NPK. [1,5]

#### 4.1.1 Stroje pro aplikaci minerálních hnojiv

Stroje pro aplikaci minerálních hnojiv se dělí na rozmetadla tuhých minerálních hnojiv a rozmetadla kapalných průmyslových hnojiv neboli postřikovače.

##### 4.1.1.1 Rozmetadla tuhých minerálních hnojiv

Rozmetadla tuhých minerálních hnojiv se dále dělí např. podle energetického prostředku na traktorová, automobilová nebo samojízdná. Dále mohou být rozdělená dle principu rozmetacího ústrojí na odstředivá, vyhrnovací nebo pneumatická. Hlavní úlohou rozmetadel tuhých minerálních hnojiv je rovnoměrné rozdělení hnojiva na povrch pozemku při plošné aplikaci nebo k rostlinám při přihnojování. Tuhá minerální hnojiva jsou aplikována ve formě zrn nebo prachu. Hlavní části rozmetadel na tuhá minerální hnojiva jsou zásobník na hnojivo, čehrač, dávkovací zařízení a rozmetací ústrojí. [6,7]



Obrázek 2 - Odstředivé rozmetací ústrojí s vodorovným rozmetacím kotoučem,  
 1 – zásobník, 2 – regulační šoupátko, 3 – podlahový dopravník, 4 – rozmetací kotouč,  
 5 – rozmetací lopatky, 6- svislý hnací hřídel [7]

#### **4.1.1.2 Stroje pro hnojení kapalnými minerálními hnojivy**

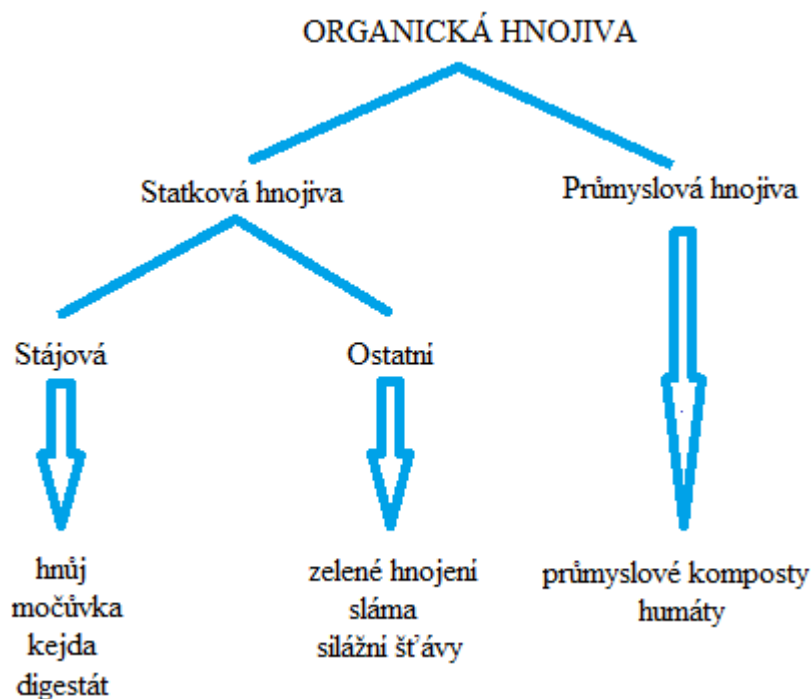
Kapalná minerální hnojiva mohou být aplikována na povrch pozemku, nebo mohou být zapravena pod povrch buď ve formě směsi s ředidly, nebo ve formě mlhy. Pro aplikaci na povrch se používají postřikovače nebo rozprašovače s vhodnými tryskami. Trysky mají za úkol rozptýlit aplikovanou kapalinu na kapénky požadované velikosti v požadovaném úhlu a tvaru, dodržovat přesné dávkování za jednotku času a nanést aplikovanou kapalinu co nejrovnoměrněji v pracovním záběru trysky i celého zařízení. Aplikace kapalných hnojiv pod povrch se provádí buď pomocí speciálního secího stroje s přihnojováním, nebo aplikátoru pro injektáž kapalných minerálních hnojiv. [6,7,8]



*Obrázek 3 - Aplikátor pro hnojení kapalnými minerálními hnojivy injektáží do půdy[7]*

## **4.2 Organická hnojiva**

Hlavní význam organických hnojiv v půdě spočívá ve vyrovnání bilance organických látek, ze kterých vzniká humus, a je také doplňována zásoba živin v půdě. V organických hnojivech tvoří hlavní složku organické látky rostlinného nebo živočišného původu (sacharidy, celulóza, hemicelulóza, lignin, aminokyseliny, bílkoviny aj.), které nelze z pohledu udržení a zvyšování půdní úrodnosti nahradit jinými látkami. Vedle těchto látek jsou v nich obsaženy makrobiogenní prvky, jako např. dusík, fosfor, draslík nebo vápník. V našich podmínkách je v orné půdě mineralizováno v průměru ročně 4 – 4,5 tun organických látek na hektar. Přibližně polovinu z toho tvoří posklizňové zbytky rostlin a zbytek je nutno dodávat organickými hnojivy. Na rozdělení organických hnojiv poukazuje obrázek č 4. [9]



Obrázek 4 - Rozdělení organických hnojiv [9]

Organické látky je třeba v půdě pravidelně doplňovat, aby nedošlo ke zhoršení fyzikálně-chemických vlastností půd. To se musí dít pravidelným a cílevědomým využíváním všech organických hnojiv v rámci farmy nebo zemědělského podniku. Organické látky představují z tuhé fáze v průměru 2 až 5 %. Tyto látky dodané do půdy jsou nenahraditelným článkem koloběhu látek v přírodě i v zemědělství a zajišťují i určitou návratnost živin, které odcházejí z koloběhu exportem zemědělských produktů. [10]

### 4.3 Význam organických hnojiv

Organické látky v půdě tvoří veškerý spalitelný podíl půdy, který můžeme rozdělit na látky nehumifikované, přechodné a humifikované. Organické látky nehumifikované jsou tvořeny posklizňovými zbytky, organickými hnojivy nebo odumřelými zbytky rostlin a tvoří 10 až 15 % z celkového podílu půdy. Tyto látky jsou postupně za přístupu vzduchu rozkladnými procesy odbourávány na konečné produkty mineralizace, které slouží jako zdroj výživy rostlin a půdních mikroorganismů. Veškeré množství se však v půdě nemineralizuje na jednoduché produkty. Současně v půdě probíhá za omezeného přístupu vzduchu také syntéza nových, velmi složitých organických látek nazývaných látky humifikované. Obsah humusu je hodnotou relativně stálou. Rozklad humusu (de-

gradace) umožňují stejné faktory jako u organických látek, avšak s ohledem na jeho složení probíhají procesy degradace velmi pozvolně. Půdní organická hmota, její množství a kvalita v dané lokalitě je tak produktem dlouhodobého vývoje. Pravidelné doplňování organických látek do půdy je proto základem každé soustavy hnojení. Bez vyrovnané bilance organických látek se snižuje obsah humusu a zhoršují se výrazně půdní vlastnosti. Organická hnojiva vedle toho, že zabezpečují přísun organických látek, plní další funkce:

- jsou zdrojem energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, a tím ovlivňují biologickou činnost půdy,
- chrání humus před rozkladem dodáním primární organické hmoty,
- příznivě působí na řadu fyzikálně-chemických vlastností půdy,
- jsou univerzální hnojiva, která obsahují všechny rostlinné živiny,
- omezují působení vodní a větrné eroze,
- zvyšují účinnost čistých živin z minerálních hnojiv. [9]

#### **4.4 Rozdělení organických hnojiv**

Mezi organická hnojiva dnes patří chlévský hnůj, kejda, močůvka, kompost a v neposlední řadě také nejvíce využívané organické hnojivo, a to sice fermentační zbytek (fugát).

##### **4.4.1 Chlévský hnůj**

Směs steliva, tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat se zbytky krmiva tvoří chlévskou mrvu. Jejím zušlechtěním (skladováním – fermentací) vzniká chlévský hnůj. Při přeměně mrvy v hnůj je důležité zajistit uchování největšího množství organických látek a živin. Množství a kvalitu hnoje ovlivňuje podestýlka a druh, stáří a užitkový směr zvířat. Pro hnůj se používá sláma z ozimů, rašelina nebo piliny, pro následnou lepší manipulovatelnost a aplikaci je vhodné použít řezanou slámu. Nejvyšší je hnůj koňský, jelikož obsahuje nejméně vody a jeho samozáhřevnost je vysoká. Naopak hnůj prasat je velmi studený a má mnoho vody. Hnůj od mladých zvířat je živinami chudší,



než od dospělých. O kvalitě hnoje také dále rozhoduje např. délka doby uložení na hnojišti nebo technika krmení zvířat. [9]

#### **4.4.1.1 Použití hnoje**

Pravidelné hnojení půdy hnojem je pro udržení půdní úrodnosti nezbytné. Optimální dávka hnoje by se měla pohybovat kolem 9 tun na hektar a rok. Interval hnojení by neměl být delší než 3 roky. Na lehké nebo těžké půdě je vhodné hnojit i v kratším odstupu a s menšími dávkami. Při aplikaci je třeba dbát na rovnoměrnost a také na to, aby byl ihned zapraven orbou, jinak se zvyšují ztráty na hnojivých hodnotách i na dusíku, jak uvádí tabulka č 2.

*Tabulka 2 - Ztráty na hnojivých hodnotách v závislosti na době zapravení [9]*

Zapravení	Ztráty na hnojivých hodnotách (v %)	Ztráty v kg N. ha <sup>-1</sup>
Ihned po rozmetání	stopy	stopy
Po 6 hod.	16	34
Po 24 hod.	21	45
Po 4 dnech	36	76,5

#### **4.4.2 Močůvka**

Močůvka je zkvašená moč ustájených hospodářských zvířat zředěná napájecí, splachovací nebo dešťovou vodou. Její přímé použití k hnojení je stále nedostatečné. Hlavní příčinou je nevyhovující skladovací kapacita jímek, nebo nezájem o její využití. Podle chemického složení řadíme močůvku k velmi účinným dusíkato-draselným hnojivům. Dávka 10 t. ha<sup>-1</sup> močůvky se vyrovná zhruba 20 kg dusíku a 30 kg draslíku v minerálních hnojivech. Její výživářská hodnota je však vyšší, protože obsahuje i některé další biologicky aktivní látky ze skupiny růstových stimulátorů. Obsah organických látek a živin v močůvce zobrazuje tabulka č. 3. [9]

Tabulka 3 - Obsah organických látek a živin v močůvce v % [9]

Kvalita močůvky	Sušina	Org. látky	pH	N	P	K	Ca	Mg
Nejlepší	2,4	1,7	8,4	0,91	0,03	1,43	0,02	0,03
Průměrná	1,4	1,0	7,8	0,23	0,01	0,33	stopy	0,01
Nejhorší	0,8	0,5	7,2	0,05	stopy	0,1	stopy	stopy

#### 4.4.2.1 Použití močůvky

Močůvku využívají s ohledem na vysoký obsah dusíku a draslíku zejména krmné plodiny a okopaniny. Je vhodná také k hnojení travních porostů, chmele a zeleniny. Před vegetací lze hnojit močůvkou okopaniny, krmné a silážní plodiny a pastviny. Během vegetace je vhodné hnojit jarní směsky, krmné plodiny a louky po první seči. Je zakázáno vyvážet močůvku na silnou vrstvu sněhu nebo na zmrzlou půdu, zejména na svažitě pozemky. [9]

#### 4.4.3 Kompost

Kompost je v dnešní době hojně využíván, zejména kvůli krizi v živočišné výrobě a s ní spojeným poklesem stavu hospodářských zvířat. Výroba kompostu je dle normy ČSN charakterizována smícháním a biologickým zráním různých látek obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živiny. Z pohledu technologie lze proces kompostování popsat jako otevřený kompostovací systém a uzavřený kompostovací systém. Otevřený kompostovací systém spočívá v kompostování v podélných hromadách tzv. krechtech, které jsou pravidelně překopávány kvůli lepší homogenitě kompostovaného materiálu. Uzavřený kompostovací systém je založen na rozdrceném a smíchaném materiálu v určitém poměru, který je natlačen lisem do plastového vaku. [ 9,11]



*Obrázek 5 - Překopávání kompostu [11]*

Dle výroby lze kompost rozdělit na kompost statkový, průmyslový a speciální. Statkový kompost slouží k recyklaci organické hmoty v rámci zemědělského podniku a základem pro jejich výrobu je odpadní rostlinná biomasa (bramborová nať, plevy, sláma, znehodnocená krmiva). Průmyslové komposty jsou vyráběny velkovýrobní technologií s využitím biodegradovatelných odpadů. Speciální komposty slouží především pro výrobu různých pěstebních substrátů a využívají se hlavně v zahradnictví. Při výrobě kompostu je klíčovou fází proces fermentace neboli zrání. První fáze přeměn je proces aerobní, a proto musí být zajištěn dostatek vzduchu uvnitř zakládky. Navíc musí být zajištěno promísení všech složek a požadovaný teplotní a vodní režim. Nejnáročnější záležitostí je optimalizace surovinové skladby kompostu tzn. promísení hmot s různým podílem C:N. Hotový kompost musí být podle normy ČSN hnědá, šedohnědá až černá homogenní hmota drobtovité až hrudkovité struktury bez nerozpojitelných částic. Dávka kompostu je stanovena dle nároků jednotlivých plodin, pohybuje se od 20 do 100 t.ha<sup>-1</sup>. Norma ČSN upravuje i maximální povolenou dávku na zemědělskou půdu, která v roce 2000 byla 50 t.ha<sup>-1</sup>, dnes je to 20 t.ha<sup>-1</sup>. [9]

#### **4.4.4 Kejda**

Kejdu můžeme definovat jako částečně zkvašenou směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a zbytků krmiv, s různým podílem technologické vody. Kvalitní kejda je vysoce hodnotné organicko-minerální hnojivo, spojující vlastnosti hnoje a živin z minerálních hnojiv a obohacující půdu o organické látky a živiny, vyprodukované z vlastních zdrojů. Denní produkce a kvalita kejdy závisí především na dodržování obsahu vody, druhu a kategorii zvířat, jejich krmení, stáří, užitkovém zaměření a způsobu odklizení výkalů. Složení kejdy je velmi rozdílné. Limitující pro obsah živin v kejdě

je % sušiny, které je hlavně ovlivněno podílem technologické vody. O vysoké hnojivé hodnotě kejdy rozhoduje i poměr uhlíku k dusíku (C:N), který se pohybuje v rozmezí 4 – 8 dílů uhlíku na 1 díl dusíku. Správně vyrobená a ošetřená kejda je velmi významný zdroj organických látek, živin, bakterií a látek stimulační povahy, které při správné aplikaci zvyšují půdní úrodnost. Denní a roční produkci kejdy jednotlivých druhů zvířat zobrazuje tabulka č. 4. [9]

*Tabulka 4 - Průměrná denní a roční produkce kejdy vybraných druhů zvířat [9]*

Druh zvířat	Produkce	
	Denní (kg)	Roční (t)
Dospělý skot	50	18 – 22
Telata	65	24
Prasata	40 – 70	15 – 26
Drůbež	50 – 100	18 – 36

#### **4.4.4.1 Skladování, ošetřování a aplikace kejdy**

Podmínkou pro získání kvalitní a nezávadné kejdy je dostatečná skladovací kapacita jímek, umožňující potřebnou dobu skladování kejdy. Kejda se skladuje v nepropustných jímkách, které musí kapacitně odpovídat minimálně pětíměsíční produkci. Kejdu můžeme skladovat v jímkách různé konstrukce a tvaru (betonové nádrže, kruhové jímky). Nezbytným opatřením pro získání kvalitní kejdy je její homogenizace. V uskladněné kejdě se samovolně odděluje tuhá složka od tekuté s rozdílným obsahem organických látek a živin. Proto je nutné kejdu v zásobních jímkách homogenizovat, což přispívá k usnadnění vývozu kejdy a umožňuje i úplné vyprázdnění jímek. Nesprávná homogenizace kejdy má dopad na nerovnoměrné hnojení půdy. Účinek kejdy je pouze dvouletý, a proto je vhodné hnojit kejdou ve dvouletých cyklech. Dnes je možné kejdu přesně dávkovat a můžeme tedy hnojit každý rok. Dávka se určuje podle obsahu dusíku, u píce je vhodné vzít v úvahu i obsah draslíku. Aplikaci kejdy provádíme k ozimým plodinám před seťovou orbou. Lze hnojit kukuřici na siláž, na zrna. Při vhodné aplikační technice lze kejdou hnojit na podzim a brzy na jaře ozimou řepku. Výhodné je také aplikovat kejdu k pozdním jarním a letním směskám na zelené krmení. [9]

#### 4.4.5 Fermentační zbytek (digestát)

Jedná se o nerozložený podíl zpracované suroviny a biomasa mikroorganismů účastnících se fermentace, vzniká jako vedlejší produkt výroby bioplynu. Jelikož v průběhu fermentace klesá jenom obsah organických látek ve zpracované surovině, je složení digestátu závislé hlavně na složení zpracovávané suroviny. Technologické podmínky fermentace, hlavně doba zdržení, ovlivňují jenom rozsah odbourávání organické hmoty. Pokles obsahu organických látek se v průběhu fermentace pohybuje v závislosti na zpracovávané surovině od 40 do 65 %. Výsledná sušina digestátu se v naprosté většině případů pohybuje v rozsahu 4 – 9 %. Koncentrace dusíku, fosforu, draslíku a i dalších prvků zůstává prakticky stejná i v digestátu vzniklém po anaerobní fermentaci. Technická a ekonomická stránka využití digestátu je při přípravě výstavby a provozu bioplynové stanice často opomíjena. Potenciální vlastník a provozovatel bioplynové stanice si ne vždy uvědomuje, že při fermentaci vzniká objemově prakticky stejné množství digestátu jako byl objem zpracovávané suroviny. To znamená, že je potřeba do projektu zahrnout náklady na uskladnění a potřebnou techniku pro aplikaci vzniklého digestátu. Proces anaerobní fermentace umožňuje při dodržení technologických parametrů (hydraulická doba zdržení) společnou fermentaci celé škály biologicky rozložitelných substrátů. Výsledkem může být kromě zvýšené výroby bioplynu i produkce digestátu s požadovaným obsahem minerálních látek. Při skladování digestátu je dobré dbát na homogenizaci substrátu ve fermentoru, což umožňuje rovnoměrnější následnou aplikaci. Pro aplikaci je také vhodná nižší viskozita, díky které dochází k lepší penetraci do půdy. Nižší viskozita také spolu s nižším obsahem těkavých látek umožňuje aplikaci digestátu i ke vzrostlým rostlinám bez nebezpečí „spálení“ a přilnutí na listy rostlin. [12]

Tabulka 5 - Obsah org. látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu [12]

Parametr	Jednotka	Kejda prasat		Siláž kukuřice	
		tuhý	tekutý	tuhý	tekutý
Sušina	%	27,2	5,2	26,1	4,9
Org. látky	% suš.	51,8	47,3	82,3	64,6
Dusík N	% suš	3,9	11,0	2,7	9,9
Fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% suš	5,6	5,4	5,0	3,9

Draslík K <sub>2</sub> O	% suš	1,6	5,8	1,7	9,1
Vápník Cao	% suš	4,9	3,0	2,2	2,6
Hořčík Mgo	% suš	6,1	1,7	2,0	1,0
Uhlík C	% suš	25,9	23,6	41,15	32,3
C:N	–	8,93	2,15	15,2	3,26

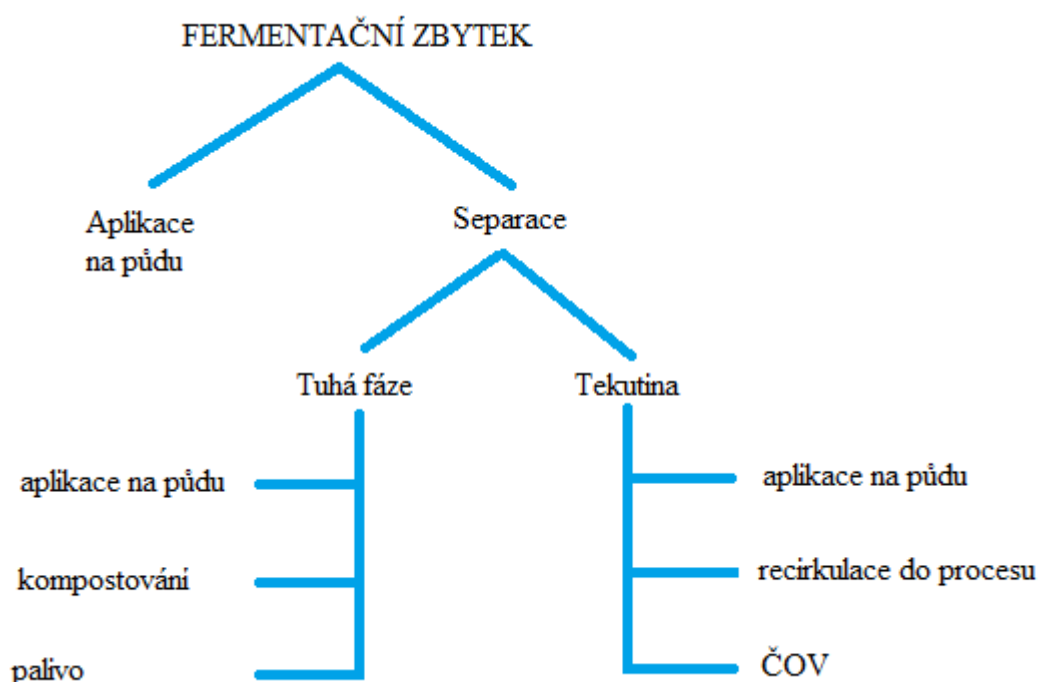
Tabulka č. 5 uvádí obsah organických látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu. Jak vyplývá z tabulky, sloučeniny draslíku jako lépe rozpustného v porovnání se sloučeninami fosforu a hořčíku, se vyskytují ve vyšších koncentracích v tekuté fázi. Podobně je to i dusíkem, který v průběhu fermentace přechází v závislosti na pH na volný amoniak. Obsah rozpustné formy dusíku tak výrazně ovlivňuje poměr C:N v tuhé a tekuté části digestátu. [12]



Obrázek 6 - skladování digestátu v zásobní jímce BPS [13]

#### 4.4.5.1 Úprava a použití digestátu

Digestát může být použit přímo ke hnojení nebo může být dále zpracováván. Nejčastěji používanou technologií je mechanická separace digestátu odstředivkou na tuhou složku (separát) a tekutou složku (fugát). Separát je většinou kompostován a fugát je použit ke hnojení. V případě, že digestát splňuje legislativní požadavky, je v naprosté většině případů aplikován na pozemky jako organické hnojivo. Při využití digestátu na zemědělské půdě je nezbytné tuhé digestáty zapravit do 48 hodin, tekuté digestáty pak do 24 hodin. [14]



Obrázek 7 - Způsoby nakládání s fermentačním zbytkem [14]

## 5 APLIKÁTORY ORGANICKÝCH HNOJIV

Aplikátory organických hnojiv slouží k rovnoměrnému dávkování hnojiva na pozemek po sklizni plodiny, zasetí plodiny nebo také při růstu plodiny. Lze je rozdělit na aplikátory tuhých a kapalných hnojiv.

### 5.1 Rozmetadla tuhých hnojiv

Aplikátor tuhých hnojiv neboli rozmetadla jsou využívána k dopravě a rovnoměrnému rozhození tuhých hnojiv (hnůj, kompost) po pozemku. Dnes jsou nejpoužívanější rozmetadla s rozmetacím ústrojím horizontálním nebo vertikálním umístěným vzadu. Materiál je k rozmetacímu ústrojí dopravován pomocí řetězového dopravníku. Horizontální rozmetací ústrojí disponuje rovnoměrnější dávkou hnoje oproti vertikálním (vrtulovým) rozmetacím ústrojím. Na druhou stranu dosahují rozmetadla s vertikálním rozmetacím ústrojím většího záběru. [15]

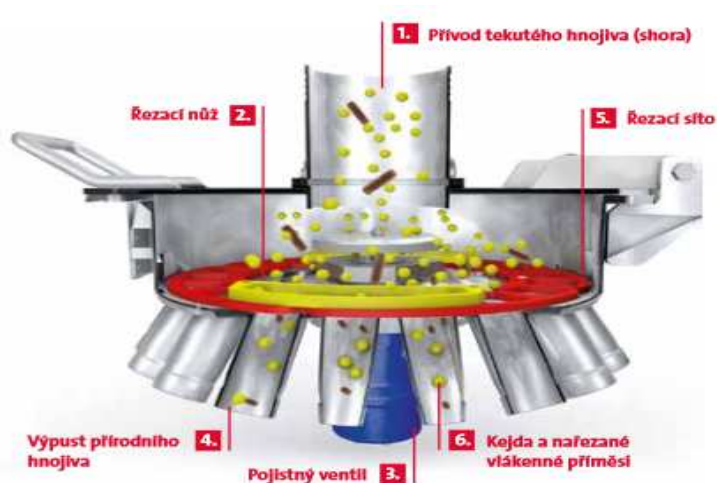




Obrázek 8 - Nástavba RM 33 s vrtulovým rozm. ústrojím na podvozku Mega 33 [16]

## 5.2 Aplikátory kapalných hnojiv

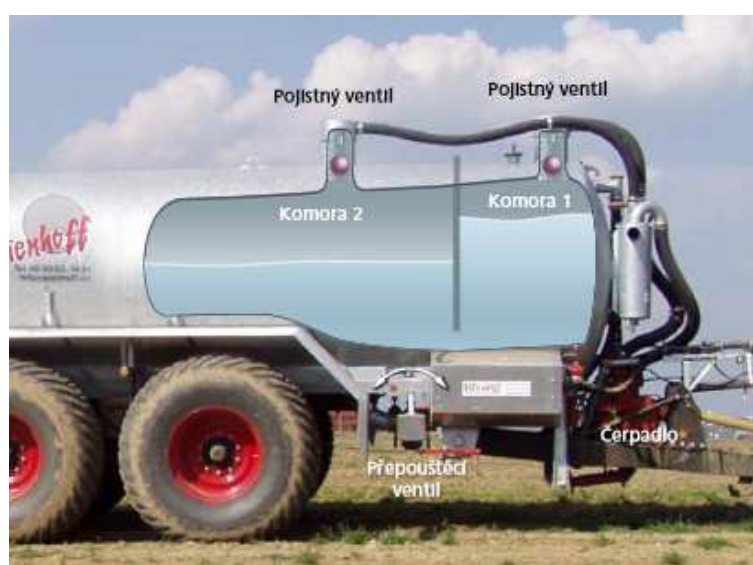
Aplikátory kapalných hnojiv lze rozdělit dle několika hledisek. Z hlediska přepravy se dělí na stroje pro přepravu, stroje pro aplikaci nebo stroje pro přepravu i aplikaci. Z hlediska aplikace se dělí na stroje pro aplikaci pomocí různých aplikátorů. Aplikátor je na přepravním (aplikačním) prostředku uchycen buď napevno, na tříbodovém závěse nebo může být za přepravní cisternu připojen pomocí závěsu. Mezi hlavní části aplikátoru patří řezací hlava, čerpadlo, rozdělovací hlavy a hadice. Řezací hlava může být součástí aplikátoru, nebo může být umístěna před pístové čerpadlo u zásobní jímky. Čerpadla slouží pro přesné dávkování aplikační dávky a také pro rychlé naplnění cisterny. Čerpadla mohou mít rozdílnou výkonnost, mohou vytvářet přetlak 5 až 12 barů. Rozdělovací hlavy mají za úkol přesně dávkovat hnojivo do hadic, které vedou nařezané hnojivo k samotným aplikátorům. [17,18]



Obrázek 9 – Rozdělovací hlava Dosimat [17]



V dnešní době je velký zájem o co nejefektivnější využití aplikačních souprav při co nejmenší spotřebě paliva. Jednou z možností, jak tohoto u velkých těžkých cisteren docílit, je dotěžování zadní nápravy tažného prostředku, čímž se zmenšuje prokluz, snižuje spotřeba paliva a také díky tomu mnohdy postačuje traktor s menší tažnou silou. Celá technologie je založena na principu, kdy je cisterna rozdělená na dvě samostatné komory vnitřní přepážkou. Při aplikaci, kdy dochází k vyprazdňování, se nejprve vyprazdňuje zadní komora (2) a až poté komora přední (1). Tím je dosaženo konstantního zatížení zadní nápravy po co možná nejdelší dobu během práce cisterny v terénu, a tím účinnějšího přenosu tažné síly traktoru na podložku. [19]



Obrázek 10- Technologie dotěžování zadních kol traktoru u cisteren Wienhoff [19]

### 5.2.1 Stroje pro přepravu kapalných hnojiv

U strojů pro přepravu se jedná zejména o různé traktorové nebo automobilové cisterny nebo cisternové nástavby pro dovoz kapalných hnojiv (kejda, digestát) ze skládky (jímky) na pole k aplikátoru. Díky snaze o stále větší přepravní výkony spojené s menší spotřebou pohonných hmot byla firmou Zunhammer představena nová přepravní traktorová samonosná cisterna vyrobená z polyesteru, která díky své lehké koncepci (asi o 40 % lehčí oproti ocelové konstrukci) umožňuje k tažení používat menší traktory. Stroje pro přepravu hnojiv se dělí na cisterny bez plnění a cisterny s plněním. Cisterny s plněním jsou vybaveny tzv. vakuokompresorem (vývěvou). K dalším funkčním dílům patří plovák, pojistný ventil, vakuomanometr, rozvaděč, čistič, hnací hřídel, výpuště.



Obrázek 11 – Cisterna Zunhammer ULT 24 pro přepravu kejdy nebo digestátu [20]

### 5.2.1.1 Annaburger Combilliner

Annaburger Combilliner je spojení přepravy tuhého a kapalného materiálu. Primárně je tento model určen pro převoz siláže a digestátu, kdy při jedné cestě slouží pro dopravu siláže jako vstupní suroviny do bioplynové stanice a při zpáteční cestě jako odvozní prostředek pro digestát. Tímto odpadá potřeba další soupravy pro odvoz digestátu. Celá koncepce spočívá ve zvedající se podlaze, kdy po vyprázdnění siláže dojde hydraulicky ke zvednutí podlahy a prostor pod ní je určen pro přepravu digestátu např. k cisterně s aplikátorem pohybujícím se po pozemku. Combilliner lze využít i pro samotnou aplikaci rozstříkem a tím odpadá potřeba aplikační cisterny. [21]



Obrázek 12 - Posuvná podlaha Annaburger Combilliner [21]

### 5.2.2 Stroje pro aplikaci kapalných hnojiv

Stroje pro aplikaci kapalných hnojiv jsou konstruovány jako aplikační nástavby složené ze zásobní cisterny a samotného aplikátoru nesené různými nosiči (Claas Xerion Saddle Trac, Holmer terra Variant). Tyto aplikační nástavby jsou určeny výhradně pro aplikaci hnojiva (digestátu, kejdy) na povrch nebo pod povrch pozemku. Pro minimalizaci utužení půdy mohou využít tzv. psí chod. Jsou vybaveny i plnicím ramenem pro dopravu hnojiva z přepravní cisterny. Pro větší výkon může být nosič vybaven další zásobní taženou cisternou a při správném návozu hnojiva může dosahovat vysokých denních výkonů při relativně dobré spotřebě paliva. Při správném zvolení pneumatik dokáže nosič aplikovat hnojivo i do vzrostlého porostu kukuřice. [22]



*Obrázek 13 Claas Xerion s nástavbou Zunhammer a diskovým aplikátorem [22]*

Zcela novou technologií aplikace organických hnojiv je spojení aplikace např. s výsevem nebo s plečkováním kukuřice. Výsev může být proveden na povrch, nebo s mělkým zapravením do půdy. Pomocí aplikátoru osazeného secím strojem může být proveden výsev meziplodiny nebo trav. Aplikace spojená s plečkováním kukuřice je určena pro prokypření řádku s následným uložením organického hnojiva během vegetace. [10]



*Obrázek 14 - Claas Xerion s aplikátorem pro aplikaci a plečkování [23]*

Stále více se dnes do popředí dostává aplikace pomocí aplikátoru neseného přímo na traktore, do kterého je aplikační dávka dopravována čerpadlem ze zásobní mobilní nebo stacionární cisterny na okraji pole pomocí dlouhé hadice. Délka hadice může být např. 1 km. Hadice je pak tažena za soupravou po aplikovaném pozemku. Pro snazší manipulaci s dlouhou hadicí slouží naviják, který se upíná u aplikačního traktoru na čelní závěs hydrauliky. Pro přesnou aplikaci je u systému používán průtokoměr hnojiva, podle kterého určuje obsluha traktoru s aplikátorem aplikační dávku. Výhoda spočívá v tom, že nedochází ke snižování výkonnosti aplikátoru kvůli doplňování aplikačního hnojiva. Díky relativně malé hmotnosti celého systému dochází také k menšímu utužení půdy a lze provádět aplikaci hnojiv i časně na jaře na pozemcích, kam se těžké cisterny nedostanou. Hnojivo doplňují přepravní cisterny do zásobní nádrže, která je nejčastěji umístěna na okraji pole. Čerpadlo může být napojeno i přímo na zásobní jímku bioplynové stanice, a tím odpadá doprava a náklady s ní spojené. Nevýhoda spočívá v delší přípravě před samotnou aplikací, kdy je potřeba přistavit zásobní cisternu, rozmístit hadici a hadici napojit na aplikátor a zásobní cisternu. Systém vlečné hadice je vhodný také pro dělenou dávku hnojiva, na svažitém terénu a všude tam, kde je potřeba dosahovat co nejvyššího výkonu. [24]





*Obrázek 15 - Aplikace pomocí neseného aplikátoru zásobovaného čerpadlem ze zásobní stacionární cisterny pomocí hadice [25]*

### **5.2.3 Stroje pro přepravu a aplikaci kapalných hnojiv**

Stroji pro přepravu a aplikaci hnojiv se rozumí traktorové nebo automobilové cisterny nebo cisternové nástavby s aplikátorem pro přepravu hnojiva z místa uskladnění (jímky) až po aplikaci hnojiva po pozemku. Samotné aplikátory jsou umístěné na cisterně tak, aby se daly snadno demontovat (např. tříbodový závěs) a cisterna mohla být využita např. pouze pro přepravu. Aplikátory se zpravidla dělí na aplikátory s aplikací na povrch pozemku nebo aplikátory s aplikací pod povrch pozemku. Dnes jsou nejčastěji využívány aplikátory hadicové, radličkové, diskové nebo plošné pro volný rozstřík po pozemku.

#### **5.2.3.1 Volný rozstřík**

Volný rozstřík je nejjednodušší a nejrychlejší volbou aplikace kejdy nebo digestátu. Pracovní záběr určuje výkon čerpadla, zpravidla může dosahovat 10 až 24 m. Existuje několik druhů plošného rozstříku. Od klasického jednobodového až po vícebodovou rampu. Z pohledu úniku látek do ovzduší je volný rozstřík nejztrátovější variantou aplikace, proto je vhodné provést téměř ihned po aplikaci zapravení hnojiva do půdy. [7]



*Obrázek 16 - Plošný aplikátor Annaburger s dělicími talíři [7]*

#### **5.2.3.2 Hadicový aplikátor**

Hadicový aplikátor slouží k aplikaci hnojivé látky na povrch pozemku. Jedná se o nejjvýhodnější aplikaci z pohledu spotřeby paliva. Na druhou stranu je vhodné po aplikaci látku zapravit do země, aby nedocházelo k únikům hnojivých látek do ovzduší. Hnojivo je vedeno z cisterny přes rozdělovací řezací hlavu k jednotlivým hadicím. Vzdálenost hadic bývá nejčastěji 25 cm. Mezi hlavní výhodu oproti aplikátorům, které zapravují materiál do půdy, patří větší pracovní záběr, který může dosahovat až 33 m, a tím menší počet přejezdů po pozemku spojený s menším utužením půdy. Mezi další výhodu patří i skutečnost, že konstrukce aplikátoru není nějak zvláště těžká, tudíž může být cisterna s hadicovým aplikátorem použita i jako přepravní cisterna pro zásobu např. samochodného aplikátoru. Nevýhoda často spočívá v tom, že aplikační dávka v cisterně dojde např. v polovině pozemku. S další dávkou musí tedy proběhnout napojení, což vede ke zbytečným přejezdům po pozemku a také větší spotřebě paliva. Novinkou jsou dnes hadicové aplikátory, které dokáží jednoduchým způsobem přenastavit záběr tak, aby aplikační dávka postačila až na druhou stranu pozemku. [7]



*Obrázek 17 - Hadicový aplikátor Jeantil [foto autor]*

### **5.2.3.3 Radličkový aplikátor**

Radličkový aplikátor slouží k zapravení kejdy nebo digestátu do půdy pomocí radliček. Na cisterně je uchycen buď napevno, nebo pomocí třibodového závěsu. Je ovládán z kabiny řidiče tažného prostředku. Radličkový aplikátor je určen pro zapravení hnojiva jak do stniště, tak do zpracované půdy. Samotný aplikátor může být často doplněn ještě rovnacím válcem pro urovnání pozemku. Hnojivo je z cisterny vedeno přes rozdělovací řezací hlavu, která dávkuje hnojivo k jednotlivým radličkám. Výhodou je menší spotřeba paliva (oproti diskovému aplikátoru) díky relativně lehké konstrukci.



*Obrázek 18 - Radličkový aplikátor Jeantil [26]*



#### 5.2.3.4 Diskový aplikátor

Diskový aplikátor je určen pro aplikaci kejdy nebo digestátu do půdy. Aplikátor je uchycen na cisterně pomocí tříbodového závěsu a je ovládán z kabiny řidiče tažného prostředku. Výhodou diskového aplikátoru je téměř nulový únik hnojivých látek (dušíku) do ovzduší, naopak nevýhodou je jeho větší hmotnost (oproti radličkovému aplikátoru). Aplikátor klade také větší nároky na tažný prostředek a je méně vhodný do kameňatých půd a nezpracovaného pozemku. Diskový aplikátor může být využit pro tzv. dvouzónové hnojení, kdy je hnojivo ukládáno do větší hloubky jako zásobní hnojení a pod povrch, kde má význam jako startovací dávka v počátku vývoje rostliny. [10]



Obrázek 19- Diskový aplikátor Jeantil [foto autor]

## 6 METODIKA MĚŘENÍ

Měření budou prováděna pomocí zkonstruovaného odměrného zařízení pro měření objemového množství úniku látek obsažených ve fermentačním zbytku při různém druhu aplikace a zapravení do pozemku. Pro každý aplikátor proběhne vždy 1 měření v jeden den, celkem tedy proběhnou 3 měření ve 3 dnech pro každý aplikátor.

Pro samotné měření bude vybrán pozemek po sklizni plodiny. Místo pro zabudování měřícího zařízení by se mělo nacházet zhruba 50 m od souvrati, aby mohlo dojít k rozjetí a ustálení rychlosti a aplikační dávky soupravy. V pracovním záběru soupravy před aplikací bude vytyčen obdelník o rozměrech měřícího zařízení (1 x 0,5m), který bude po obvodu vyhlouben zhruba 10 cm pro lepší usazení měřícího zařízení. Po průjezdu aplikační soupravy bude do připraveného vyhloubeného otvoru usazen kvádrový plechový svařenec, který bude zvenku utěsněn zeminou tak, aby nedocházelo k úniku



látek. Na plechový svařenec nad uzavíratelný kohout, na kterém bude uchycen pánský prezervativ tak, aby nedocházelo k úniku látek kolem hrdla kohoutu (např. pomocí stahovacích pásek), bude usazen kalibrovaný odměrný válec s připraveným otvorem ve dně válce, kterým bude protažen prezervativ, který bude zachycovat unikající plyn.

Pro stanovení dávky úniku plynu bude vždy v předem stanoveném časovém intervalu (např. jednou za hodinu) uzavřen kohout. Prezervativ bude stlačen pomocí rovného tělesa kruhového tvaru s průměrem o 0,1 cm menším, než průměr odměrného válce (např. víčka od zavařovací sklenice) tak, aby došlo k rovnoměrnému rozprostření po celém průměru válce. Následně pak bude na stupnici přečtena hodnota, která bude zaznamenána pro pozdější vyhodnocení. Únik látek bude měřen ve stanoveném intervalu po dobu 5 hodin od aplikace fermentačního zbytku. Ve volném čase budou sbírána data o hodinové spotřebě paliva při saní do cisterny, dopravě po komunikaci a při samotné aplikaci. Následně bude z dat o hodinové spotřebě paliva dle uvedeného vzorce vypočítána spotřeba paliva na hektar a tyto hodnoty budou u obou souprav vzájemně porovnány.

## **6.1 Měřicí zařízení**

Pro měření bylo zkonstruováno měřicí zařízení, které se skládá z těchto částí:

Kvádrový plechový svařenec o rozměrech 1 x 0,5 m a výšce  $h = 0,15$  m s uzavíratelným kohoutem zavařeným do otvoru uprostřed svařence. Na něm nasazen pánský prezervativ a pomocí stahovacích pásek uchycen tak, aby nedocházelo k úniku látek.



Obrázek 20 - Kvádrový plechový svařenec s uzavíratelným kohoutem [foto autor]

Odměrný válec s otvorem pro uchycení na plechovém svařenci, s postraními podpěrami pro dosažení požadované výšky.



Obrázek 21 - Odměrný válec [foto autor]

### 6.1.1 Další pomůcky potřebné pro měření

Pro měření úniku hnojivých látek bude kromě plechového svařence a odměrného válce dále potřeba zavařovací víčko o průměru 0,1 cm menším, než průměr odměrného válce. Dále pak krumpáč, nebo motyka pro vyhloubení otvoru pro plechový svařenec.

Nezbytná bude také vhodná pracovní obuv a vhodné oblečení pro práci v poli. Teplo-  
měř pro změření teploty. Pro měření výkonnosti budou třeba stopky, psací potřeby a  
poznámkový blok a také fotoaparát pro dokumentaci celého měření.

### 6.1.2 Vyhodnocení

Při vyhodnocení budou použity základní matematické vzorce:

- stanovení úniku  $\text{NH}_4$  v celkovém úniku plynu

$$x = \frac{V \times y_p}{100} \times 2$$

*kde:*  $x$  – objem  $\text{NH}_4$  v celkovém úniku plynu

$V$  – objem uniklého plynu

$y_p$  – procentuální zastoupení  $\text{NH}_4$  v aplikační dávce (fugátu)

- stanovení spotřeby paliva na 1 ha aplikace

$$x = \frac{a \times 60}{b}$$

*kde:*  $a$  – hodinová spotřeba paliva ( $\text{l.h}^{-1}$ )

$b$  – čas aplikace 1 ha (min)

## 7 POLNÍ MĚŘENÍ

Cílem polního měření je ověřit nový způsob metodiky pro měření úniku látek z fermentačního zbytku a především změřit a porovnat úniky látek při zapravování hadicovým a diskovým aplikátorem do půdy a následně také porovnat výkonnosti těchto aplikátorů.

### 7.1 Podmínky měření

Měření probíhalo v průběhu září 2016 ve dvou podnicích. Prvním podnikem bylo Zemědělské družstvo Sloupnice, kde byla měřena cisterna s diskovým aplikátorem. Druhým podnikem byla společnost Stagra, spol. s r. o., kde byla měřena cisterna s hadicovým aplikátorem.

## 7.2 Meteorologické podmínky

Meteorologické podmínky byly zjištěny z meteorologické stanice Litomyšl, která je vzdálena od pozemku ve Sloupnici 4,2 km a z meteorologické stanice Telč, která je vzdálená od pozemku ve Studené 16 km. Meteorologické podmínky zobrazuje tabulka č. 6.

Tabulka 6 - Meteorologické podmínky v době měření [27]

Sledované hodnoty	Jednotka	Litomyšl			Telč		
		1.	2.	3.	1.	2.	3.
Den	–	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Teplota	°C	24	26	25	15	20	22
Rel. vlhkost	%	44	45	47	63	44	53
Atm. tlak	kPa	102,1	102,5	101,8	102,6	102,1	101,6
Vítr	km.h <sup>-1</sup>	4	4	4	4	19	16
Popis	–	Jasno	Jasno	Jasno	Jasno	Jasno	Jasno

## 7.3 Technické údaje měřených souprav

Pro měření byly vybrány dvě aplikační soupravy. První soupravou byl traktor Case Magnum 310, který byl spřažen s fekální cisternou Jeantil GT 20500 a diskovým aplikátorem Jeantil. Druhou soupravou byl traktor Deutz Agrotron 720, který byl spřažen s fekální cisternou Jeantil GT 18500 a hadicovým aplikátorem. Technické údaje tahačů a fekálních cisteren jsou zobrazeny v tabulkách č. 7, 8.

Tabulka 7 - Technické parametry vybraných tahačů

Parametry		Case Magnum 310	Deutz Agrotron 720
Rok výroby		2007	2010
Motor	typ	FPT	DEUTZ TCD
	objem (cm <sup>3</sup> )	8 700	7 146
	počet válců	6	6
	vstřikovací systém	Common rail	Common rail
	emisní norma	Tier III	Tier III

	max.výkon (kW/k)	255/347	202/275
	při otáčkách ( $\text{min}^{-1}$ )	1800	1750
Převodovka		PowerShift	PowerShift
Hmotnost	pohotovostní (kg)	11 415	9 995
	max. přípustná (kg)	17 850	10 435
Objem nádrže	nafta (l)	678	585
	adblue (l)	99	–
Pneumatiky	přední	600/70 R 30	600/70 R 30
	zadní	710/70 R 42	710/70 R 38
Hyd. čerpadlo	typ	axiální	axiální
	max. průtok ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )	166	120
Počet hydraulických okruhů		4	4

Tabulka 8 - Technické parametry cisteren

Parametry		Jeantil GT 20500	Jeantil GT 18500
Podvozek		tridem	tandem
Objem nádrže (l)		20 625	18 551
Pohotovostní hmotnost (kg)		7 520	6 860
Max. celkové zatížení (kg)		28 950	24 000
Max. povolená rychlost ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )		40	40
Závěsné zařízení		K 80	K 80
Aplikátor	Druh aplikátoru	diskový	hadicový
	Záběr (m)	5	11,6
	Skládání	hydraulické	hydraulické
	Hloubka zapravení (cm)	10	–

### 7.3.1 Amoniak

Fermentační zbytek (fugát) obsahuje veliké množství amoniakálního dusíku v amoniakální formě. Jedná se zejména o volný amoniak  $\text{NH}_3$  a amonný kation  $\text{NH}_4$ . Amoniak vzniká rozkladem organických zbytků a rozkladem výkalů hospodářských



zvířat. Jelikož se rychle uvolňuje do ovzduší a může být ve větší míře toxický, je třeba dbát na správnou aplikaci. [24]



Obrázek 22 - Měření úniku plynů po aplikaci diskového aplikátoru [foto autor]

#### 7.4 Únik plynů u diskového aplikátoru

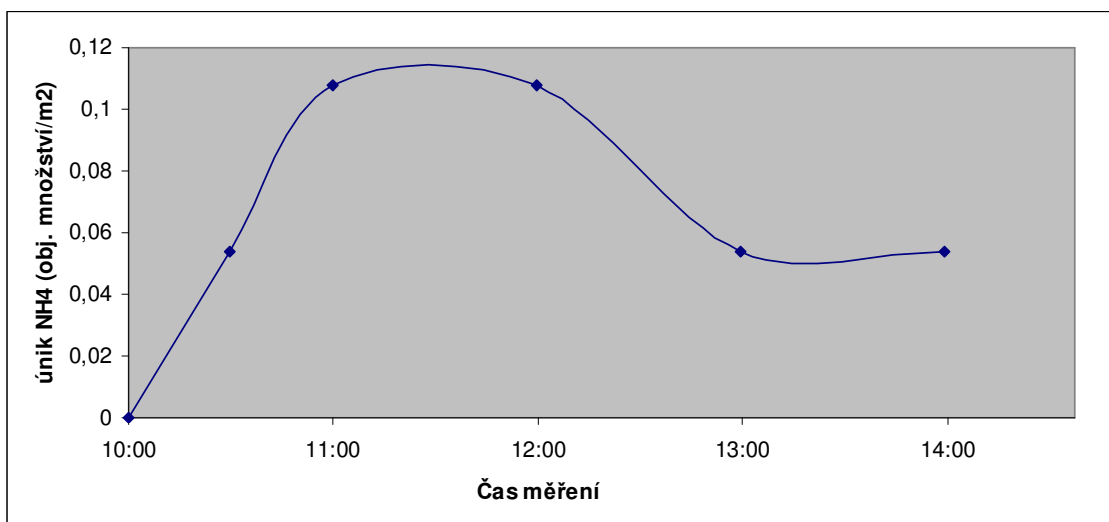
Měření úniku plynu u diskového aplikátoru probíhalo dle výše popsané metodiky. Aplikáční dávka fugátu činila  $102,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Jednalo se o max. dovolenou dávku na daný pozemek. Hloubka zapravení činila 6 cm. Aplikace probíhala na pozemek po obilovině, pozemek byl před aplikací zpracován lehkou podmítkou. Jednalo se vcelku o stabilní pozemek bez svahových stoupání. Ihned po aplikaci, která proběhla vždy v 10:00, bylo na pozemek nainstalováno měřící zařízení. Procentuální zastoupení  $\text{NH}_4$  v celkové aplikáční dávce fugátu je 0,27%.



Obrázek 23 - Aplikáční souprava s diskovým aplikátorem [foto autor]

Tabulka 9 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 1. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj.množství)	Celkové množství plynu na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)	Množství NH <sub>4</sub> na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)
10:00	0	0	0
10:30	10	20	0,054
11:00	20	40	0,108
12:00	20	40	0,108
13:00	10	20	0,054
14:00	10	20	0,054

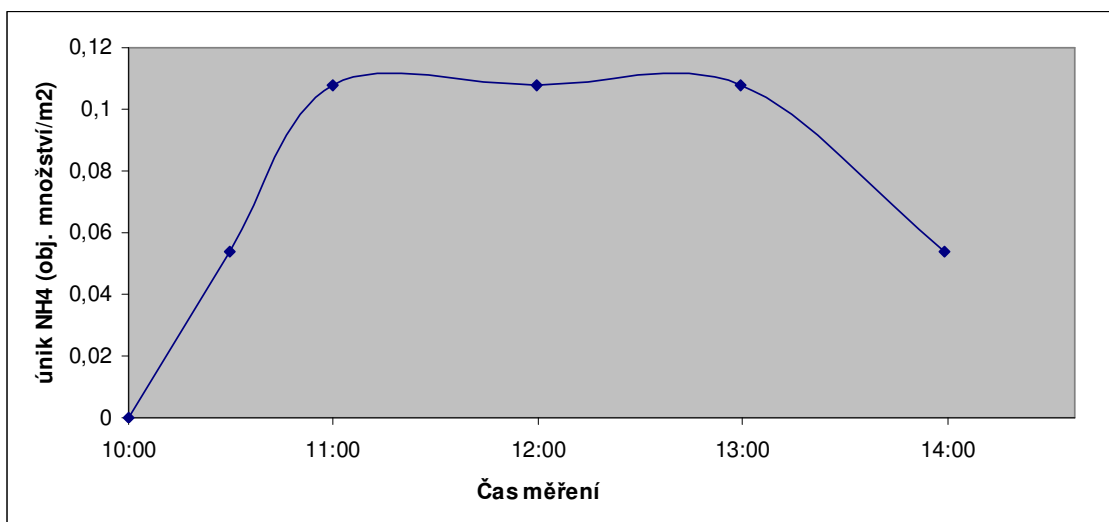


Obrázek 24- Graf úniku NH<sub>4</sub> u diskového aplikátoru - 1. den

V tabulce č. 9 jsou zobrazeny údaje naměřené zkonstruovaným měřicím zařízením pro únik plynu v závislosti na čase z 1. dne měření. Jsou zde uvedena množství celkového uniklého plynu i množství uniklého NH<sub>4</sub>, přepočítaného dle výše uvedeného vzorce. Graf č. 24 zobrazuje únik NH<sub>4</sub> v závislosti na čase. Pro lepší zobrazení byly úniky NH<sub>4</sub> zobrazeny na 1 m<sup>2</sup>.

Tabulka 10 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 2. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj.množství)	Celkové množství plynu na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)	Množství NH <sub>4</sub> na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)
10:00	0	0	0
10:30	10	20	0,054
11:00	20	40	0,108
12:00	20	40	0,108
13:00	20	40	0,108
14:00	10	20	0,054



Obrázek 25 - Graf úniku NH<sub>4</sub> u diskového aplikátoru - 2. den

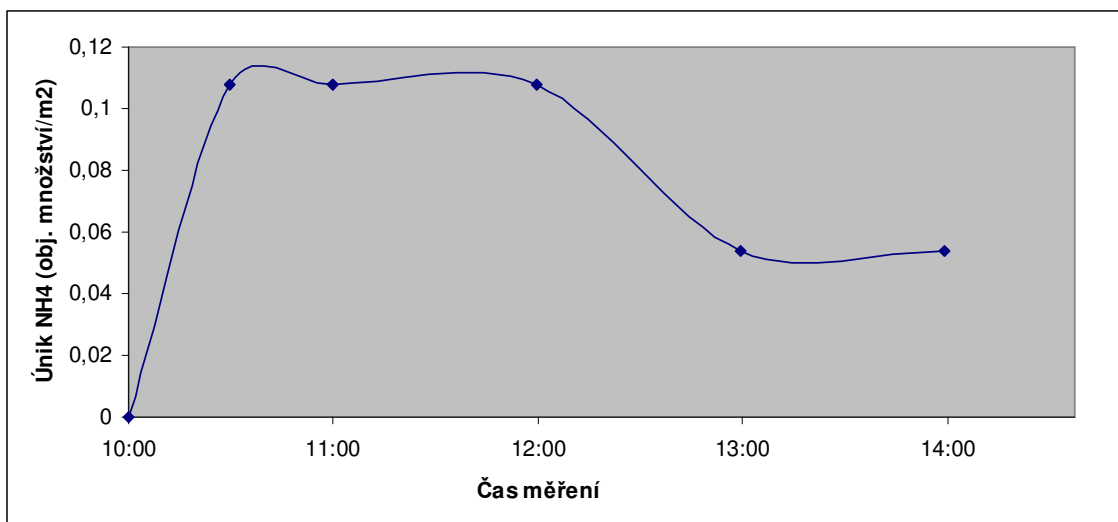
Tabulka č. 10 uvádí hodnoty úniku plynů u diskového aplikátoru pro 2. den. Z tabulky č. 10 i grafu č. 25 je patrné, že hodnoty jsou téměř totožné jako hodnoty z 1. dne.

Tabulka 11 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 3. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj.množství)	Celkové množství plynu na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)	Množství NH <sub>4</sub> na 1 m <sup>2</sup> (obj.množství)
10:00	0	0	0



10:30	20	40	0,108
11:00	20	40	0,108
12:00	20	40	0,108
13:00	10	20	0,054
14:00	10	20	0,054



Obrázek 26 - Graf úniku  $\text{NH}_4$  u diskového aplikátoru - 3. den

Tabulka č. 11 a graf č. 26 zobrazují výsledky měření úniku plynu u diskového aplikátoru pro 3. den. Z grafu č. 26 je vidět, že došlo k nepatrně většímu úniku  $\text{NH}_4$  v první zhruba hodině měření. Tento výsledek mohl být ovlivněn např: utuženější půdou pod měřícím zařízením, nebo chybou měření.

## 7.5 Únik plynů u hadicového aplikátoru

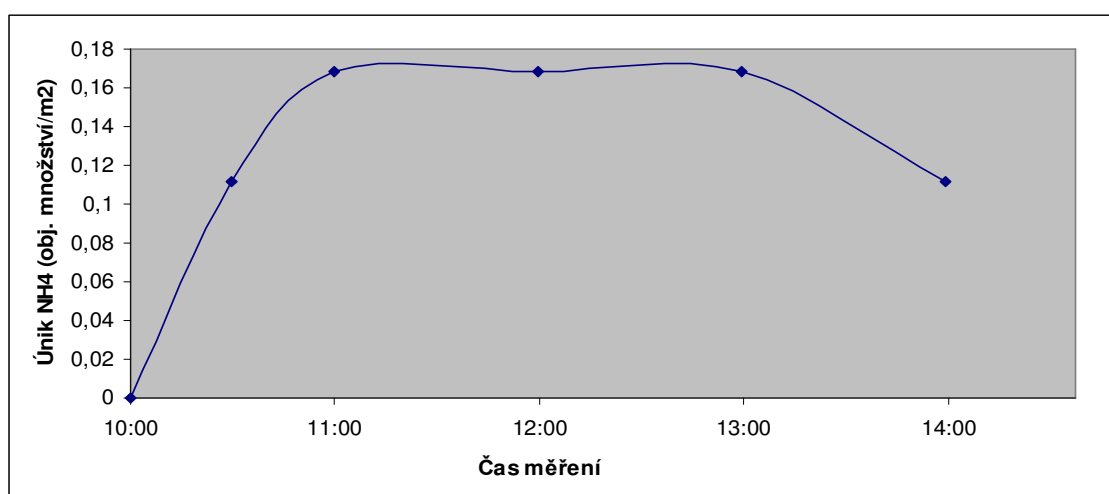
Měření úniku plynů probíhalo dle výše popsané metodiky. Aplikační dávka fugátu činila  $18,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Aplikace probíhala na pozemek po kukuřici na siláž. Na pozemek se aplikovalo bez předchozího zpracování. V místě měření byl pozemek téměř rovinný. Aplikace proběhla vždy v 10:00 h, ihned po aplikaci bylo nainstalováno měřící zařízení. Procentuální zastoupení  $\text{NH}_4$  v celé dávce fugátu činí 0,28%.



Obrázek 27 - Aplikáční souprava s hadicovým aplikátorem [foto autor]

Tabulka 12 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 1. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj. množství)	Celkové množství plynu na 1 m <sup>2</sup> (obj. množství)	Množství NH <sub>4</sub> na 1 m <sup>2</sup> (obj. množství)
10:00	0	0	0
10:30	20	40	0,112
11:00	30	60	0,168
12:00	30	60	0,168
13:00	30	60	0,168
14:00	20	40	0,112

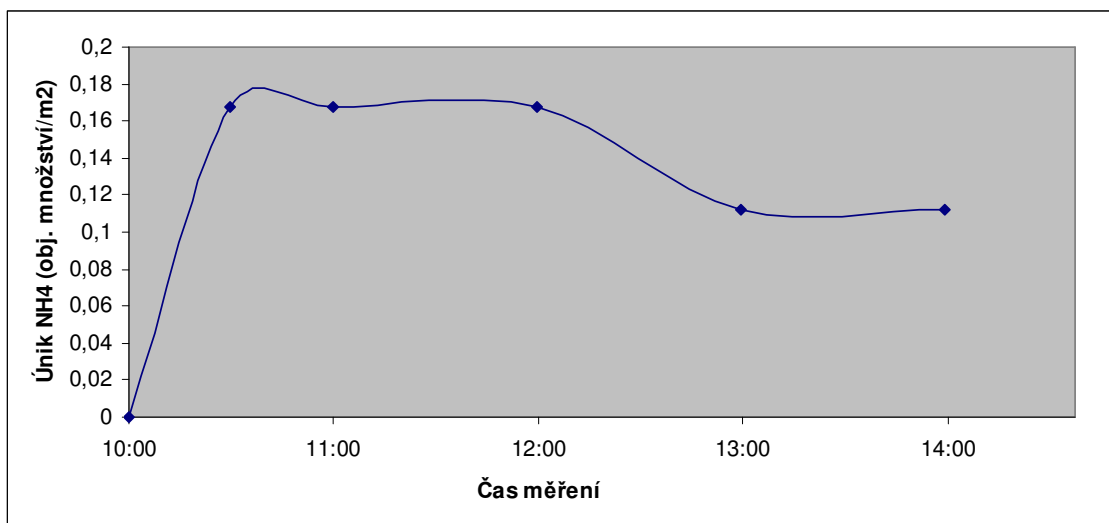


Obrázek 28 - Graf úniku NH<sub>4</sub> u hadicového aplikátoru - 1. den

Tabulka č. 12 a graf č. 28 uvádí výsledky měření úniku plynu u hadicového aplikátoru pro 1. den. Z grafu č. 28 je patrné, že k největším únikům  $\text{NH}_4$  došlo zhruba v prvních dvou hodinách od aplikace fugátu.

Tabulka 13 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 2. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj. množství)	Celkové množství plynu na $1 \text{ m}^2$ (obj. množství)	Množství $\text{NH}_4$ na $1 \text{ m}^2$ (obj. množství)
10:00	0	0	0
10:30	30	60	0,168
11:00	30	60	0,168
12:00	30	60	0,168
13:00	20	40	0,112
14:00	20	40	0,112

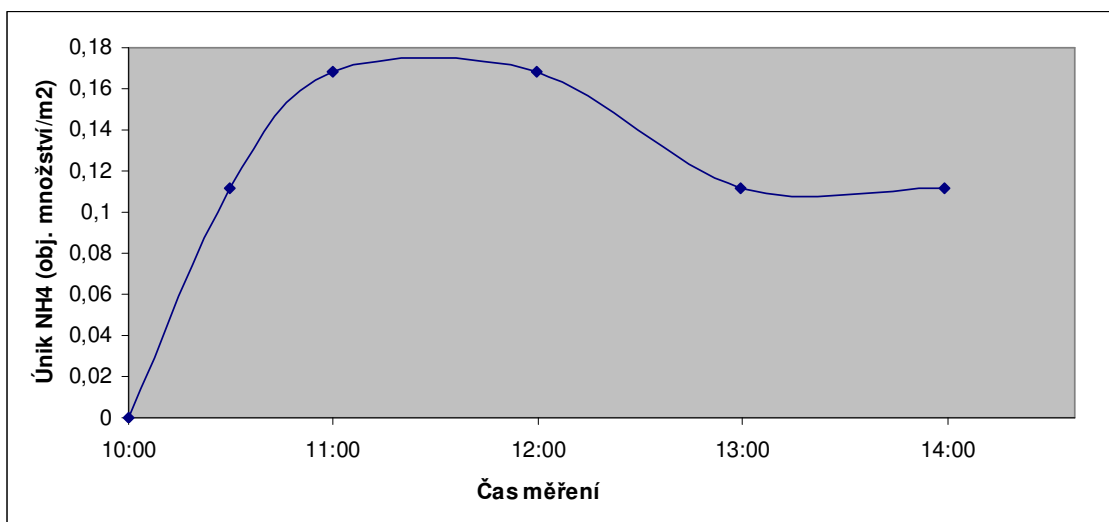


Obrázek 29 - Graf úniku  $\text{NH}_4$  u hadicového aplikátoru - 2. den

Hodnoty uniklého plynu pro 2. den jsou uvedeny v tabulce č. 13. Graf č. 29 zobrazuje únik  $\text{NH}_4$  pro 2. den. Z grafu je dobře vidět, že ihned po aplikaci došlo k většímu úniku než v ostatních dnech. Toto může mít za následek utuženější půda pod měřicím zařízením, nebo větší aplikační dávka v místě měření.

Tabulka 14 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 3. den

Čas	Množství celkového plynu zachyceného měř. zařízením (obj. množství)	Celkové množství plynu na 1 m <sup>2</sup> (obj. množství)	Množství NH <sub>4</sub> na 1 m <sup>2</sup> (obj. množství)
10:00	0	0	0
10:30	20	40	0,112
11:00	30	60	0,168
12:00	30	60	0,168
13:00	20	40	0,112
14:00	20	40	0,112



Obrázek 30- Graf úniku NH<sub>4</sub> u hadicového aplikátoru - 3. den

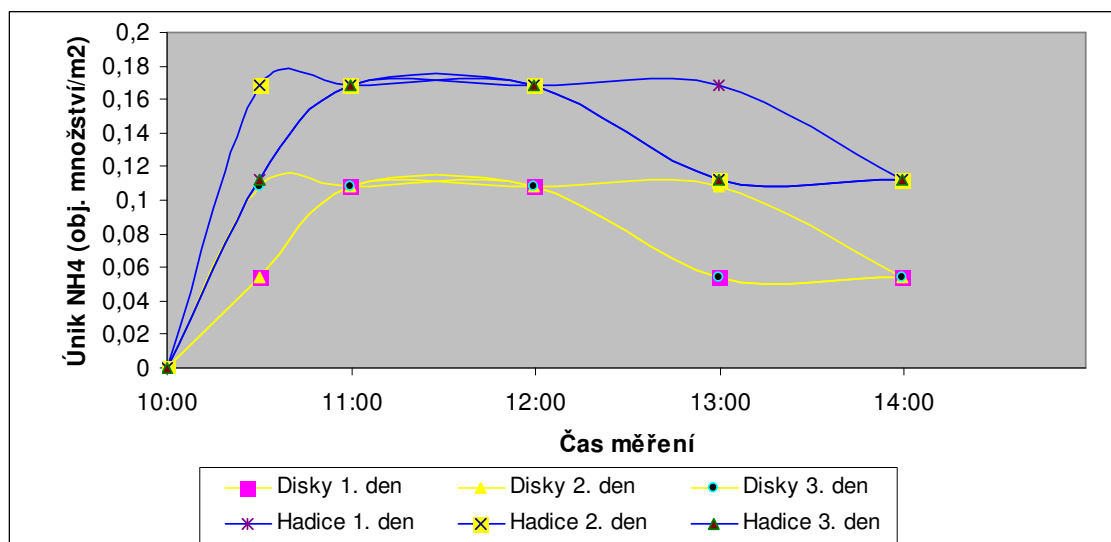
Tabulka č. 14 a graf č. 30 zachycuje výsledky měření úniku plynů u hadicového aplikátoru pro 3. den. Je patrné, že 3. den docházelo k podobným únikům jako 1. den.

## 7.6 Zhodnocení úniku NH<sub>4</sub> u diskového a hadicového aplikátoru

Tabulka 15 - Únik NH<sub>4</sub> u diskového a hadicového aplikátoru v době měření

Den měření	Čas	Diskový aplikátor (obj.množství/1m <sup>2</sup> )	Hadicový aplikátor (obj. množství/1m <sup>2</sup> )
1. den	10:00	0	0
	10:30	0,054	0,112

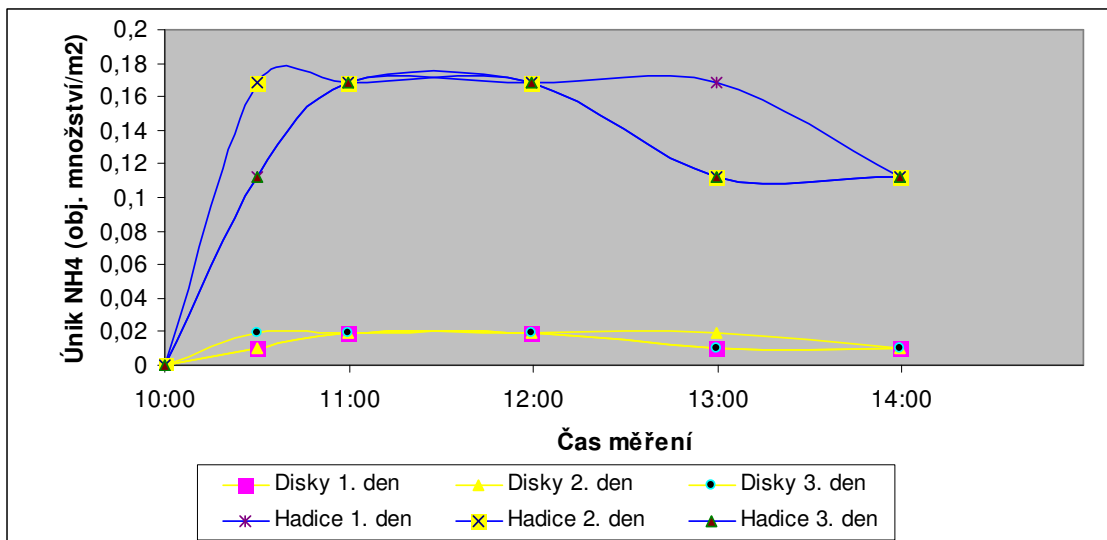
	11:00	0,108	0,168
	12:00	0,108	0,168
	13:00	0,054	0,168
	14:00	0,054	0,112
2. den	10:00	0	0
	10:30	0,054	0,168
	11:00	0,108	0,168
	12:00	0,108	0,168
	13:00	0,108	0,112
	14:00	0,054	0,112
3. den	10:00	0	0
	10:30	0,108	0,112
	11:00	0,108	0,168
	12:00	0,108	0,168
	13:00	0,054	0,112
	14:00	0,054	0,112



Obrázek 31- Graf úniku  $NH_4$  u diskového a hadicového aplikátoru v době měření

Graf č. 31 zachycuje srovnání úniku  $NH_4$  u hadicového a diskového aplikátoru v jednotlivých dnech měření. Z grafu je patrné, že u diskového aplikátoru dochází zhruba k polovičnímu úniku  $NH_4$  oproti hadicovému aplikátoru. Jelikož ale při aplikaci

u diskového aplikátoru byla aplikační dávka  $102,5 \text{ cm}^3$  a při aplikaci hadicového aplikátoru byla dávka pouze  $18,5 \text{ cm}^3$ , je vhodné pro lepší porovnání výpočtem teoretický srovnat aplikační dávky.



Obrázek 32 – Teoretický únik NH<sub>4</sub> při stejné aplikační dávce

Graf č. 32 zachycuje únik NH<sub>4</sub> při stejné aplikační dávce  $18,5 \text{ cm}^3$ . Aplikační dávka u diskového aplikátoru byla přepočítána z dávky  $102,5 \text{ cm}^3$  na dávku  $18,5 \text{ cm}^3$ , která odpovídá dávce hadicového aplikátoru. Z grafu je dobře vidět, že při takové dávce je únik NH<sub>4</sub> u diskového aplikátoru téměř zanedbatelný.

## 8 EKONOMICKO-VYKONNOSTNÍ POROVNÁNÍ MĚŘENÝCH SOUPRAV

Při ekonomicko-vykonnostním porovnání budou vybrané soupravy porovnány z hlediska spotřeby nafty na hodinu provozu a také z hlediska spotřeby nafty na hektar aplikace.

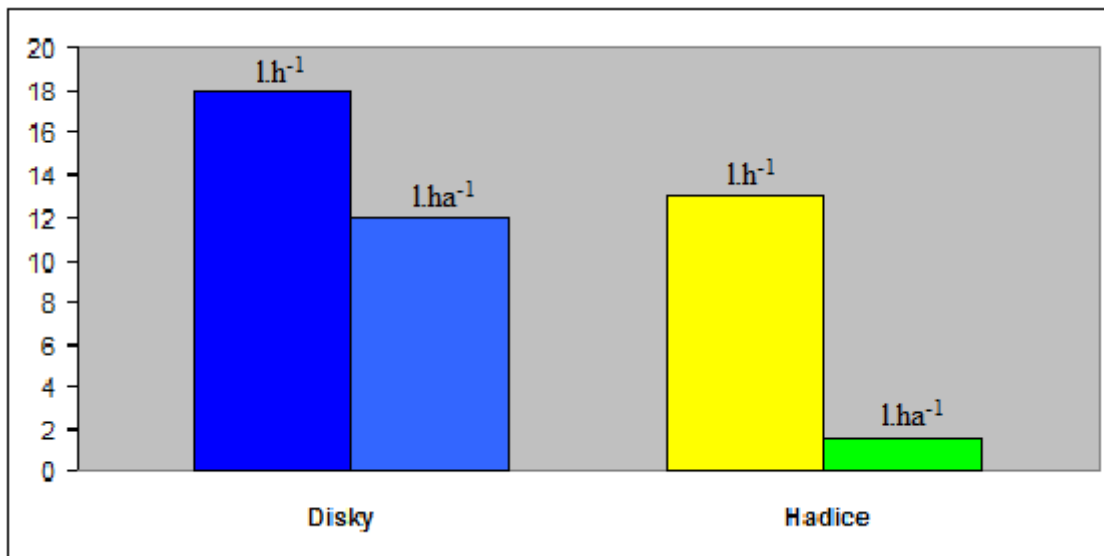
### 8.1 Spotřeba paliva při aplikaci

Spotřeba nafty při aplikaci je odrazem hned několika faktorů. Je zřejmé, že u diskového aplikátoru lze předpokládat vyšší spotřebu než u aplikátoru hadicového. Budou zde zpracovány naměřené skutečné spotřeby při různé aplikační dávce, dále pak z naměřených údajů budou spočítány spotřeby paliva při stejných aplikačních dávkách a tyto hodnoty budou navzájem porovnány.

Tabulka 16 - Naměřené spotřeby paliva u jednotlivých aplikátorů

Parametry		Diskový aplikátor	Hadicový aplikátor
Objem cisterny (cm <sup>3</sup> )		20 500	18 500
Aplikační dávka (cm <sup>3</sup> )		102,5	18,5
Pracovní rychlost (km.h <sup>-1</sup> )		3	5,5
Sání (l.h <sup>-1</sup> )		1	1
Doprava (l.h <sup>-1</sup> )		27,5	14
Aplikace (l.h <sup>-1</sup> )	rovina	14	10
	kopec	22	16
Průměrná spotřeba při aplikaci (l.h <sup>-1</sup> )		<b>18</b>	<b>13</b>
Spotřeba paliva na ha (l.ha <sup>-1</sup> )		<b>12</b>	<b>1,5</b>

Tabulka č. 16 zachycuje naměřené hodnoty spotřeby paliva při různých činnostech aplikačních souprav během jedné aplikační dávky. Cisterny aplikačních souprav nejsou stejně velké, rozdíl v jejich objemu nemá zásadní podíl na výsledné spotřebě paliva. Rozdíl spotřeby paliva při dopravě může být způsoben tím, že souprava s diskovým aplikátorem se od místa sání k místu aplikace pohybovala po silnici, naopak souprava s hadicovým aplikátorem se pohybovala pouze po pozemku, jelikož místo sání bylo v těsné blízkosti místa aplikace. Obě soupravy se po pozemcích pohybovaly z části po rovině a z části musely zdolávat převýšení. Výsledná průměrná spotřeba paliva je tedy průměr hodnot změřených na rovině a v kopci. Hodnoty o spotřebě byly vyčítány z palubních počítačů tažných prostředků. Spotřeba paliva na 1 ha byla vypočítána na základě doby aplikace a průměrné hodinové spotřeby.



Obrázek 33- Graf spotřeby paliva při aplikaci

Graf č. 33 zobrazuje hodnoty hodinové spotřeby paliva při aplikaci fermentačního zbytku měřených souprav. Dále jsou zde také uvedeny hodnoty spotřeby paliva na 1 ha aplikace a to jak u diskového, tak i hadicového aplikátoru. Z grafu č. 33 je dobře vidět, že spotřeba paliva na 1 ha aplikace je u hadicového aplikátoru mnohem nižší, než u aplikátoru diskového. Toto je způsobeno zejména velkou aplikační dávkou, která byla u diskového aplikátoru aplikována a tím pádem větším počtem přejezdů a také samozřejmě tím, že diskový aplikátor je více energeticky náročný, jelikož se jedná o zapravení pod povrch. U hadicového aplikátoru je také důležité vzít v potaz to, že se jedná pouze o aplikaci na povrch pozemku a je tedy zcela nezbytné co nejdříve po aplikaci aplikovaný fermentační zbytek zapravit do země, což celkovou spotřebu jistě navýší. Z grafu č. 31 je patrné, že u hadicového aplikátoru dochází při daných dávkách zhruba k o polovinu vyššímu úniku  $\text{NH}_4$ , než u aplikátoru diskového, spotřeba paliva potřebná pro zapravení fermentačního zbytku na 1 ha je ale zhruba 6 x menší než u diskového aplikátoru, pokud zanedbáme palivo potřebné pro následné zapravení aplikovaného fugátu. Z tohoto zjištění lze usoudit, že hadicový aplikátor dosahuje příznivějších ekonomicko-vykonnostních parametrů než aplikátor diskový.

Jak již bylo uvedeno, obě soupravy aplikovaly různé dávky fermentačního zbytku. Diskový aplikátor aplikoval nejvyšší dovolenou dávku na daný pozemek, naopak hadicový aplikátor aplikoval mnohem nižší dávku. Z tohoto důvodu byla na základě namě-

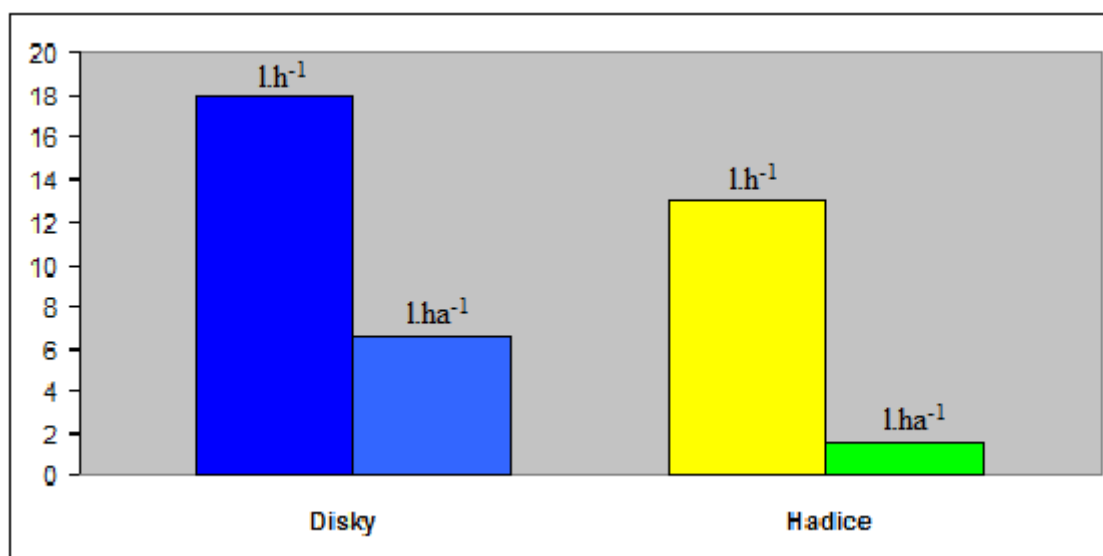


řených údajů teoreticky stanovena stejná aplikační dávka u obou souprav 18,5 cm<sup>3</sup> a byly vypočteny spotřeby paliva pro 1 ha.

Tabulka 17 – Spotřeby paliva u měřených souprav při teoreticky stejné aplikační dávce

Parametry		Diskový aplikátor	Hadicový aplikátor
Objem cisterny (cm <sup>3</sup> )		20 500	18 500
Aplikační dávka (cm <sup>3</sup> )		18,5	18,5
Pracovní rychlost (km.h <sup>-1</sup> )		5,5	5,5
Sání (l.h <sup>-1</sup> )		1	1
Doprava (l.h <sup>-1</sup> )		27,5	14
Aplikace (l.h <sup>-1</sup> )	rovina	14	10
	kopec	22	16
Průměrná spotřeba při aplikaci (l.h <sup>-1</sup> )		18	13
Spotřeba paliva na ha (l.ha <sup>-1</sup> )		6,5	1,5

Tabulka č. 17 zachycuje vypočítané hodnoty spotřeby paliva na 1 ha při stejné aplikační dávce obou souprav. Při výpočtu byl zanedbán čas a spotřeba paliva při otáčení na souvrati a rozkládání aplikátorů do pracovní polohy.



Obrázek 34 - Graf spotřeby paliva při stejné aplikační dávce

Graf č. 34 zobrazuje kromě hodinové spotřeby paliva i spotřeby paliva na 1 ha aplikace při stejné aplikační dávce. Při výpočtech byla stanovená aplikační dávka na  $18,5 \text{ cm}^3$  pro obě soupravy. U diskového aplikátoru byla stanovena pracovní rychlost ze  $3 \text{ km.h}^{-1}$  na  $5,5 \text{ km.h}^{-1}$ , tj. stejná pracovní rychlost jaká byla rychlost aplikace u hadicového aplikátoru. Na základě těchto stanovených a dalších naměřených dat byla spočítána spotřeba paliva na 1 ha při stejné aplikační dávce. Z grafu č. 34 je vidět, že spotřeba u diskového aplikátoru klesla téměř o polovinu. V porovnání s únikem  $\text{NH}_4$  z grafu č. 32 je tedy možno konstatovat, že rozdíl v úniku látek u jednotlivých aplikátorů je markantnější, než rozdíl ve spotřebě paliva nutné k aplikaci. Pokud bychom k hadicovému aplikátoru přičetli ještě palivo potřebné pro zapravení aplikační dávky fugátu, dostali bychom se téměř na stejné hodnoty spotřeby paliva jako u diskového aplikátoru.

## 9 ZÁVĚR

Organická hnojiva dnes v zemědělství představují nenahraditelnou roli ve výživě nejen zemědělských plodin, ale i ve správné funkci půdního profilu. Se stále se zvyšujícím počtem bioplynových stanic je dnes velice aktuálně řešena problematika nakládání s odpadem (fermentačním zbytkem) nejen z těchto zařízení, ale i z ostatních provozů zemědělského podniku. Díky tomu jsou vyvíjeny neustále nové technologie aplikace a přepravy těchto odpadů tak, aby docházelo k co největším výkonům a zároveň k co nejmenším ztrátám látek vyživujících půdu a plodiny.

V teoretické části této práce byly uvedeny a popsány jednotlivé typy organických hnojiv a způsob jejich přepravy ze zásobní jímky k aplikační jednotce. Dále zde byly uceleně rozděleny a popsány jednotlivé druhy aplikátorů organických kapalných hnojiv.

Praktická část této diplomové práce se zabývala testováním nového způsobu metodiky měření úniku plynů po aplikaci organických hnojiv. Hlavním cílem bylo ověřit nové zařízení pro zachycení úniku plynů po aplikaci fermentačního zbytku vybranými aplikačními soupravami. Pro měření byly zapůjčeny 2 aplikační soupravy, z nichž první byla složena z traktoru Case Magnum 310 a cisternou s diskovým aplikátorem o záběru 5 m a druhá byla složena z traktoru Deutz Agrottron 720 a cisternou s hadicovým aplikátorem o záběru 11,6 m. Měření probíhala vždy ve třech dnech pro každý aplikátor. Výsledek měření prokázal o polovinu větší únik  $\text{NH}_4$  u hadicového aplikátoru u kterého ale byla mechanizátorem společnosti nastavena zhruba 5 x menší aplikační dávka, než u aplikátoru diskového. Po srovnání aplikačních dávek došlo dle spočítaných hodnot u hadicového aplikátoru zhruba k 7 x většímu úniku  $\text{NH}_4$  než u aplikátoru diskového. Vedle toho byla spotřeba nafty na hektar aplikace u hadicového aplikátoru zhruba 4 x menší, než u aplikátoru diskového. Zde nebyla do spotřeby paliva započítána spotřeba paliva potřebná pro zapravení hnojiva do půdy po hadicovém aplikátoru, se kterou by se jistě hadicový aplikátor ve spotřebě paliva na hektar téměř vyrovnal aplikátoru diskovému. Nevýhoda diskového aplikátoru spočívala zejména v menším pracovním záběru oproti hadicovému aplikátoru, tudíž docházelo k většímu počtu přejezdů po pozemku. Při celkovém srovnání těchto druhů aplikace je nutno podotknout, že lze aplikovat na povrch pozemku a zpracovávat půdu ve dvou krocích s větším únikem hnojivých látek, na druhou stranu s větší denní výkonností a menším počtem přejezdů po pozemku nebo aplikovat pod povrch a zpracovávat půdu v jednom kroku s menším únikem hnojivých

látek a téměř stejnou spotřebou jako u aplikace na povrch se zapravením, ale menší denní výkonností a větším počtem těžkých aplikačních souprav po pozemku.

Závěrem je nutno dodat, že zkoušená metodika měření a zařízení určeného k jímání úniku plynu proběhlo pouze v 1 roce a přímo v praxi, bez dalších předběžných zkoušek funkčnosti, tudíž se jednalo hlavně o otestování nového způsobu metodiky. Výsledky tohoto měření byly zpracovány co nejprecizněji, i tak by ale bylo vhodné tuto metodiku testovat delší dobu a eliminovat možné nedostatky pokusu a tím zpřesňovat výsledky.

## 10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TAUFEROVÁ, A. *Rostlinná produkce*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014, 140 s. ISBN 978-80-7305-716-9
- [2] SULZBERGER, R. *Kompost, půda, hnojení: zdravá zahradní půda, výživa rostlin, hnojení*. Čestlice: Rebo, 2007. Zahrada plus. ISBN 978-80-7234-654-7
- [3] KALINA, M. *Hnojení půdy a kompostování v zahradě*. Praha: Grada Publishing, 2016. Česká zahrada. ISBN 978-80-247-5848-0
- [4] KINCL, M. a V. KRPEŠ. *Základy fyziologie rostlin*. 3., dopl. vyd. Ostrava: Václav Krpeš, 2006. ISBN 80-239-8375-X. Dostupné také z: <http://kramerius.mzk.cz/search/handle/uuid:c05a23d0-3790-11e6-ab2f-005056827e52>
- [5] POSPÍŠIL, R. prof. dr. Ing. Chemická ochrana poľných plodín. *Rolnické noviny*. 2016(31).
- [6] BELLO, S. R. *Agricultural machinery & mechanization: basic concepts*. North Charleston: Createspace, 2012. ISBN 978-1456328764
- [7] Výukový text: Stroje pro hnojení. Kzt.zf.jcu.cz [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)
- [8] ČERVINKA, J. *Technika a technologie rostlinné výroby: (návody do cvičení I)*. V Brně: Mendelova univerzita, 2010. ISBN 978-80-7375-410-5
- [9] RICHTER, R. a J. KUBÁT. *Organická hnojiva, jejich výroba a použití*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. ISBN 80-7271-133-4
- [10] BENEŠ, P. Aplikační technika. *Mechanizace zemědělství*. Beroun: Nakladatelství MH, 2016, 2016 č. 4, 32-34. ISSN 0373-6776. Dostupné také z: [www.agroweb.cz](http://www.agroweb.cz)

- [11] Kompostování do vaku, překopávače kompostu. *Www.eurobagging.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie>
- [12] HAVLÍČKOVÁ, K. *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tis-kárnou Pelhřimov, 2008. ISBN 978-80-7415-004-3
- [13] Železobetonové nádrže: Nádrže pro bioplynové stanice. *Www.wolfsystem.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.wolfsystem.cz/Zelezobetonove-nadrze/Nadrze/Nadrze-pro-bioplynove-stanice>
- [14] JUNGA, P., T. VÍTĚZ a P. TRÁVNÍČEK. *Technika pro zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-209-0
- [15] ROH, J., F. KUMHÁLA a P. HEŘMÁNEK. *Stroje používané v rostlinné výrobě*. Praha: Credit, 1997. ISBN 80-213-0327-1
- [16] Firemní literatura ZDT
- [17] Aplikační technologie: Rozdělovací hlavy, hadicové aplikátory a mobilní za vlašování. *Www.docplayer.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/14349964-Aplikacni-technologie-rozdelovaci-hlavy-hadicove-aplikatory-a-mobilni-zavlazovani-engineered-presne-davkovani-to-work-ktere-se-vyplaci.html>
- [18] Technologie vs. Fermentační zbytek. *Www.odpadoveforum.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2015/prispevky/033.pdf>
- [19] Firemní literatura WIENHOFF
- [20] Güllertransport: Ultra-light Tankwagen ULT- 24. *Www.zunhammer.de* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.zunhammer.de/de/produkte/guelletransport/ultra-light-tankwagen-ult-24>

- [21] Stará novinka v novém kabátě: Annaburger Combilliner. *Www.crs-marketing.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.crs-marketing.cz/novinky/1767-stara-novinka-v-novem-kabate-annaburger-combilinear-se-vraci->
- [22] Samojízdné aplikátory: Claas Xerion 3800. *Www.zunhammercz.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.zunhammercz.cz/stroj/detail/claas-xerion-3800-samojizdny-aplikator-kejdy/#techdata>
- [23] Přesné setí a plečkování kukuřice: Aktuality. *Www.agri-precision.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.agri-precision.cz/aktuality/61-setiapleckovani>
- [24] HRUŠKA, M. Ing. *Zemědělská doprava: Časopis pro moderní zemědělskou dopravu a logistiku*. 2010 č.3, 6-7. Dostupné také z: [www.zemedelskadoprava.cz](http://www.zemedelskadoprava.cz)
- [25] Injecting slurry with umbilical system. *Www.youtube.com* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fvIXb9X91L4>
- [26] Firemní literatura JEANTIL
- [27] *Www.freemeteo.cz* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://freemeteo.cz/pocasi/litomysl/historie/denni-historie/?gid=3071675&date=2016-09-30&station=3966&language=czech&country=czech-republic>



## 11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Průměrný obsah živin v sušině rostlin.....	10
Tabulka 2 - Ztráty na hnojivých hodnotách v závislosti na době zapravení .....	17
Tabulka 3 - Obsah organických látek a živin v močůvce v % .....	18
Tabulka 4 - Průměrná denní a roční produkce kejdy vybraných druhů zvířat .....	20
Tabulka 5 - Obsah org látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu.....	21
Tabulka 6 - Meteorologické podmínky v době měření .....	36
Tabulka 7 - Technické parametry vybraných tahačů.....	36
Tabulka 8 - Technické parametry cisteren.....	37
Tabulka 9 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 1. den .....	39
Tabulka 10 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 2. den .....	40
Tabulka 11 - Úniky plynu u diskového aplikátoru - 3. den .....	40
Tabulka 12 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 1. den .....	42
Tabulka 13 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 2. den .....	43
Tabulka 14 - Úniky plynů u hadicového aplikátoru - 3. den .....	44
Tabulka 15 - Únik $\text{NH}_4$ u diskového a hadicového aplikátoru v době měření .....	44
Tabulka 16 - Naměřené spotřeby paliva u jednotlivých aplikátorů.....	47
Tabulka 17 – Spotřeby paliva u souprav při teoreticky stejné aplikační dávce.....	49

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- rozdělení hnojiv .....	12
Obrázek 2 - Odstředivé rozmetací ústrojí s vodorovným rozmetacím kotoučem.....	13
Obrázek 3 - Aplikátor pro hnojení kapalnými minerálními hnojivy injektáží do půdy .	14
Obrázek 4 - Rozdělení organických hnojiv .....	15
Obrázek 5 - Překopávání kompostu .....	19
Obrázek 6 - skladování digestátu v zásobní jímce BPS .....	22
Obrázek 7 - Způsoby nakládání s fermentačním zbytkem .....	23
Obrázek 8 - Nástavba RM 33 s vrtulovým rozm. ústrojím na podvozku Mega 33 .....	24
Obrázek 9 – Rozdělovací hlava Dosimat .....	24
Obrázek 10- Technologie dotěžování zadních kol traktoru u cisteren Wienhoff .....	25
Obrázek 11 – Cisterna Zunhammer ULT 24 pro přepravu kejdy nebo digestátu .....	26
Obrázek 12 - Posuvná podlaha Annaburger Combilliner.....	26
Obrázek 13 Claas Xerion s nástavbou Zunhammer a diskovým aplikátorem .....	27
Obrázek 14 - Claas Xerion s aplikátorem pro aplikaci a plečkování .....	28
Obrázek 15 - Aplikace pomocí neseného aplikátoru zásobovaného čerpadlem ze zásobní stacionární cisterny pomocí hadice .....	29
Obrázek 16 - Plošný aplikátor Annaburger s dělicími talíři .....	30
Obrázek 17 - Hadicový aplikátor Jeantil .....	31
Obrázek 18 - Radličkový aplikátor Jeantil .....	31
Obrázek 19- Diskový aplikátor Jeantil .....	32
Obrázek 20 - Kvádrový plechový svařenec s uzavíratelným kohoutem .....	34
Obrázek 21 - Odměrný válec. ....	34

Obrázek 22 - Měření úniku plynů po aplikaci diskového aplikátoru .....	38
Obrázek 23 - Aplikální souprava s diskovým aplikátorem .....	38
Obrázek 24- Graf úniku $\text{NH}_4$ u diskového aplikátoru - 1. den.....	39
Obrázek 25 - Graf úniku $\text{NH}_4$ u diskového aplikátoru - 2 . den .....	40
Obrázek 26 - Graf úniku $\text{NH}_4$ u diskového aplikátoru - 3. den .....	41
Obrázek 27 - Aplikální souprava s hadicovým aplikátorem.....	42
Obrázek 28 - Graf úniku $\text{NH}_4$ u hadicového aplikátoru - 1. den .....	42
Obrázek 29 - Graf úniku $\text{NH}_4$ u hadicového aplikátoru - 2. den.....	43
Obrázek 30- Graf úniku $\text{NH}_4$ u hadicového aplikátoru - 3. den.....	44
Obrázek 31- Graf úniku $\text{NH}_4$ u diskového a hadicového aplikátoru v době měření .....	45
Obrázek 32 – Teoretický únik $\text{NH}_4$ při stejné aplikální dávce.....	46
Obrázek 33- Graf spotřeby paliva při aplikaci.....	48
Obrázek 34 - Graf spotřeby paliva při stejné aplikální dávce.....	49