

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělství - Prvovýroba

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr KONVALINA, Ph.D.

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Environmentální dopady pěstování pšenice ozimé v konvenčním a ekologickém systému hospodaření – emise skleníkových plynů**

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan MOUDRÝ, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jaroslav BERNAS

Autor bakalářské práce: Aleš DOČEKAL

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš DOČEKAL**  
Osobní číslo: **Z15558**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělství - Prvovýroba**  
Název tématu: **Environmentální dopady pěstování pšenice ozimé v konvenčním a ekologickém systému hospodaření - emise skleníkových plynů**  
Zadávací katedra: **Katedra agroekosystémů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Vypracování úvodního shrnutí a literární rešerše na téma pěstování vybraných obilovin a jeho environmentální dopady
2. Stanovení rámce pro sledování emisní zátěže pšenice ozimé
3. Sestavení řetězce technických a agrotechnických operací uvnitř zvoleného rámce
4. Založení poloprovozního pokusu v konvenčním zemědělství a příprava výběrového souboru dat z farem hospodařících v ekologickém režimu hospodaření.
5. Analýza databází EKO-INVENT a jejich využití k výpočtu emisní zátěže a zhodnocení produkce emisí během pěstování pšenice ozimé
6. Vytvoření seznamu literatury v abecedním pořadí dle ČSN

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)  
Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran včetně příloh  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

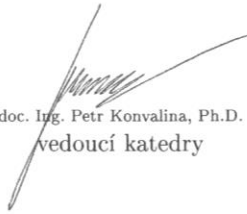
Cline, W., R.(2007): Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country, Center for Global Development and the Peterson Institute for International Economics, 98 p.  
Fott, P., Pretel, J., a kol. (2003): Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. ČHMÚ, 97 s.  
Kočí, V. (2009): Posuzování životního cyklu - Life cycle assessment LCA. Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 263 s.  
Kalvová, J., Moldon, B. (1996): Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů. Karolinum Praha, 161 s.  
Miňovský, O., Krtková, E., Fott, P. (2013): National Greenhouse Gas Inventory of the Czech Republic. ČHMÚ, Praha, 327 p.  
Moudrý, J., Konvalina, P., Moudrý, J. jr., Kalinová, J.: Ekologické zemědělství. JU ZF v Č. Budějovicích, 2007, 219 s., ISBN 978-80-7394-046-1

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Moudrý, Ph.D.  
Katedra agroekosystémů  
Konzultant bakalářské práce: Ing. Jaroslav Bernas  
Katedra agroekosystémů

Datum zadání bakalářské práce: 17. února 2017  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2018

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1968, 370 05 Česká Budějovice

  
doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 27. března 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Aleš Dočekal

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Janu MOUDRÉMU, Ph.D., za vedení, odborné rady a ochotu při konzultacích. Dále také Ing. Jaroslavu BERNASOVI, za cenné rady, připomínky a odbornou pomoc při výpočtech. Děkuji i osloveným podnikům za vstřícnost při poskytování důležitých údajů k mé bakalářské práci.

**ABSTRAKT:**

Bakalářské práce se zabývá hodnocením emisí skleníkových plynů vznikajících při pěstování pšenice ozimé ve vybraných podnicích s různou intenzitou zemědělského hospodaření. V práci je porovnávána pěstitelská technologie ekologického systému hospodaření s pěstitelskou technologií konvenčního systému hospodaření v jeho intenzivní a extenzivní formě. Pro výpočet množství vyprodukovaných skleníkových plynů vyjádřených jako CO<sub>2</sub> ekvivalent byl použit softwarový program SimaPro, který využívá databáze Ecoinvent. Zátěž byla počítána na jednotku produkce i na jednotku plochy.

**Klíčová slova:** Pšenice ozimá, ekologický systém hospodaření, konvenční systém hospodaření, skleníkové plyny, LCA

**ABSTRACT:**

This bachelor thesis deals with the evaluation of greenhouse gas emissions from winter wheat growing in selected farms with varying intensity of farming. The thesis compares the cultivation technology of the organic farming system with the cultivation technology of the conventional farming system in its intensive and extensive form. The SimaPro software program, which uses the Ecoinvent database, was used to calculate the amount of greenhouse gases produced as CO<sub>2</sub> equivalent. The load was calculated per unit of production and per unit of area.

**Keywords:** Winter wheat, organic farming system, conventional farming system, greenhouse gases, LCA

## OBSAH

1. ÚVOD .....	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
2.1 Dopady zemědělství na životní prostředí .....	10
2.1.1 Krajina a biodiverzita.....	10
2.1.2 Půda .....	11
2.1.3 Voda.....	12
2.1.4 Ovzduší .....	12
2.2 Systémy hospodaření z pohledu dopadů na životní prostředí .....	13
2.2.1 Konvenční zemědělství.....	13
2.2.2 Integrované zemědělství .....	14
2.2.3 Ekologické zemědělství .....	14
2.3 Porovnání systémů hospodaření z pohledu dopadů na složky životního prostředí.....	15
2.4 Emise skleníkových plynů – antropogenní emise .....	17
2.5 Zemědělské emise .....	19
2.5.1 Methan (CH <sub>4</sub> ).....	19
2.5.2 Oxid dusný (N <sub>2</sub> O) .....	20
2.5.3 Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ).....	21
2.6 Pšenice setá ( <i>Triticum aestivum</i> L.) .....	21
2.6.1 Pěstování pšenice ozimé v ekologickém a konvenčním zemědělství.....	22
2.6.1.1 Výběr odrůdy .....	22
2.6.1.2 Zařazení v osevním postupu .....	23
2.6.1.3 Zpracování půdy.....	24
2.6.1.4 Setí .....	26
2.6.1.5 Výživa a hnojení .....	28
2.6.1.6 Regulace plevelů .....	29

2.6.1.7 Regulace chorob a škůdců.....	30
2.6.1.8 Sklizeň.....	31
2.7 Emise při pěstování pšenice ozimé.....	32
2.8 Metoda LCA.....	33
3. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY .....	36
3.1 Dílčí cíle .....	36
3.2 Hypotézy .....	36
4. MATERIÁL A METODIKA.....	37
4.1 Zemědělské systémy.....	37
4.2 LCA studie .....	37
4.2.1 Definice cílů a rozsahu .....	37
4.2.2 Inventarizační analýza .....	38
4.2.3 Hodnocení dopadů .....	40
4.2.4 Interpretace .....	40
5. VÝSLEDKY A DISKUZE .....	41
5.1 Emise z agrotechnických operací .....	42
5.2 Emise z produkce hnojiv.....	43
5.3 Emise z produkce osiva .....	44
5.4 Emise z produkce pesticidů .....	45
5.5 Polní emise N <sub>2</sub> O.....	46
5.6 Celkové emise skleníkových plynů .....	47
6. ZÁVĚR .....	51
7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....	53



## 1. ÚVOD

Pšenice ozimá je nejpěstovanější obilninou a zároveň i nejpěstovanější plodinou na orné půdě v České republice i globálně. Vzhledem k tomu je významný i dopad jejího pěstování na životní prostředí. Rozsah pěstování vychází především z významnosti využití pšenice ozimé v potravinářství pro výrobu kynutých těst, ale díky její plasticitě a výnosnosti je hojně pěstována i pro krmné využití. Pěstování je prováděno různou pěstitelskou technologií. V České republice je to především běžně využívaný konvenční systém hospodaření, ale i stále se rozšiřující ekologický systém hospodaření.

Ekologické zemědělství klade důraz na kvalitu životního prostředí a jeho jednotlivé složky, dále také například na kvalitu potravin a trvalou udržitelnost zemědělství. Nejsou v něm používány agrochemikálie ani geneticky modifikované organismy. Použití agrochemikálií (průmyslových hnojiv, pesticidů, regulátorů růstu) je třeba nahradit biologickými postupy a racionálním dodržováním obecných zásad rostlinné produkce.

Konvenční zemědělství je charakteristické intenzivnějším způsobem pěstování, jehož hlavním cílem je maximalizace produkce. Zahrnuje užívání agrochemikálií a spotřebovává vyšší množství materiálových a energetických vstupů. Tento způsob hospodaření může mít za následek závažné dopady na životní prostředí, na kterém je právě zemědělství nejvíce závislé, a proto je často označován jako trvale neudržitelný. V některých případech může negativně ovlivňovat i kvalitu potravin.

Zatížení životního prostředí zemědělskou činností je významné a ovlivňuje všechny jeho složky (krajinu, biodiverzitu, půdu, vodu a ovzduší). Tato práce pojednává o vlivu na ovzduší, konkrétně je zaměřena na produkci skleníkových plynů. Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení emisí skleníkových plynů vznikajících při pěstování pšenice ozimé ve vybraných systémech hospodaření. Velikost emisí skleníkových plynů se ve sledovaných systémech liší, což vychází z odlišností v použitých postupech pěstování. Pro vyhodnocení bylo v práci využito tzv. posuzování životního cyklu (metoda LCA). Vyprodukované skleníkové plyny byly vyjádřeny jako CO<sub>2</sub> ekvivalent a pro výpočet jejich množství byl použit softwarový program SimaPro, který využívá databáze Ecoinvent.

## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1 Dopady zemědělství na životní prostředí**

Zemědělství tvoří tak velkou část plochy Země, že jeho vliv na životní prostředí je nesporný (PRAŽAN, 1999), a je tedy označováno jako činnost s dominantní ekologickou silou (KOVÁŘ, 2012). V současné době je to, jak uvádí ŠREDNICKA-TOBER a kol. (2016), téměř 40 % plochy Země, která je využívána k zemědělství. Vedle prokazatelných úspěchů zemědělství jsme ale i svědky zhoršování kvality přírodních zdrojů, na kterých je sama tato hospodářská činnost závislá (půda, voda, biodiverzita) (ŠARAPATKA, 2010). Zemědělství má také globálně asi z jedné čtvrtiny vliv na vznik skleníkových plynů (TILMAN a kol., 2011).

#### **2.1.1 Krajina a biodiverzita**

Intenzifikace a rozšíření moderního zemědělství patří v současnosti globálně mezi největší hrozby pro biodiverzitu neboli biologickou rozmanitost (HOLE a kol., 2005). Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, důvodem je velká plocha věnovaná této činnosti (MCLAUGHLIN a kol., 1995).

Především je to změna krajiny, která byla v posledních desetiletích hlavní příčinou úbytku biodiverzity (TUOMISTO a kol., 2012). Moderní a velmi výkonné zemědělství často vyžaduje její značnou přeměnu. Dochází tak ke sjednocování a vyrovnávání ploch (ŠREDNICKA-TOBER a kol., 2016) a k zániku nebo degradaci stanovišť, jako například velkoplošné přeměny původních biotopů na zemědělskou půdu. V České republice tyto změny struktury krajiny souvisejí především s industrializací zemědělství v průběhu 50. - 80. let 20. století, kdy bylo z krajiny naší země odstraněno asi 240 000 ha mezí, 20 % luk, přes 4000 km liniové zeleně, 3600 ha rozptýlené zeleně, byla vysušena většina mokřadů, napřímena a upravena většina toků apod. (POLÁŠKOVÁ, 2011). Celosvětově bylo během posledních více než 100 let přeměněno včetně odlesnění přes 850 milionů ha (ŠARAPATKA, NIGGLI, 2008).

Zmíněné transformace krajiny vedou ke zničení prostředí mnohých rostlinných a živočišných druhů (ŠREDNICKA-TOBER a kol., 2016) a dochází tak

k razantnímu úbytku až úplnému vymizení řady druhů z našeho území (POLÁŠKOVÁ, 2011).

V posledních desetiletích se také snižuje rozmanitost pěstovaných plodin a v moderním zemědělství pak pouze 10-20 plodin zajišťuje 80-90 % kalorické potřeby lidí (ŠARAPATKA, 2010). Vzniká tak opět pro biodiverzitu nepříznivá uniformita znamenající větší náchylnost k patogenům. Následně jsou nutné intenzivnější zásahy do agroekosystému, které mají opět negativní vliv na biodiverzitu (URBAN, ŠARAPATKA, 2003).

### **2.1.2 Půda**

Půda je základ pro všechny zemědělské činnosti a je tak jedním z hlavních přírodních zdrojů (SCIALABBA, HATTAM, 2002). Kvalita půdy se zhoršila v důsledku eroze, utužení půd, úbytku organické hmoty a kontaminace pesticidy. Tyto dopady jsou navíc úzce spojené s vlivem na kvalitu vody (STOATE a kol., 2001).

Nejvýznamnější je degradace půdy erozí (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). Některé studie uvádějí, že během posledních 40 let byla celosvětově třetina orné půdy silně poškozena erozí a každoročně je ztraceno více než 10 milionů hektarů (ŠARAPATKA, 2010). Erozi rozeznáváme vodní a větrnou. V České republice je erozí ohroženo asi 50 % ploch zemědělsky obhospodařované půdy, přičemž vodní eroze má větší vliv než větrná, a to přibližně na 40 % zemědělské půdy. Větrnou erozí je tedy ohroženo asi 10 % zemědělské půdy. (BOARDMAN, POESEN, 2006).

Dalším závažným problémem je utužení půdy, které ovšem na povrchu nevykazuje žádné zřetelné známky například jako eroze a degradace struktury půdy tímto způsobem vyžaduje fyzické sledování a vyšetření (HAMZA, ANDERSON, 2005). Utužené půdní vrstvy vznikají ve velkém procentu případů v důsledku pojezdů a zpracování půd, které k tomu, vzhledem ke své vlhkosti, nejsou způsobilé. To má za následek mnohé negativní dopady jako pokles příjmu vody, snížení obsahu vzduchu v půdě, omezený život v půdě a pokles živin. Odhady uvádějí, že v podmínkách České republiky je zhutněním ohroženo 45 % zemědělských půd, z toho 15 % představuje genetické zhutnění dané přirozenými parametry těžkých půd (ŠARAPATKA, NIGGLI, 2008).

### 2.1.3 Voda

Voda je, obdobně jako půda a vzduch, nenahraditelná a existenčně naprosto nezbytná složka pro život všech organismů a samozřejmě také pro člověka. Proto má péče o vodní zdroje zásadní význam (TLAPÁK a kol., 1992). Zemědělství ovlivňuje množství i kvalitu vody, která je k dispozici k jiným účelům (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2012).

V řadě zemích světa je voda čerpána ze zdrojů rychleji, než mohou být doplňovány, a právě v zemědělství jsou využívány až 2/3 z celkového využití vody člověkem (ŠARAPATKA, 2010). EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2012) uvádí, že v Evropě je to třetina spotřeby vody, která připadá na zemědělství. Vedle vlivu souvisejícím s hospodařením s vodou v krajině má významný vliv závlaha, kdy ve světě je zavlažováno asi 17 % obhospodařovaných ploch a na nich je produkována asi třetina celkové produkce (URBAN a kol., 2003). Kvůli suchým a polosuchým podmínkám je například v jihoevropských zemích (Řecku, Itálii, Portugalsku, na Kypru, ve Španělsku a v jižní Francii) zavlažováním spotřebováváno více než 80 % vody používané v zemědělství. Kvůli stále rostoucím nárokům lidské činnosti na vodu a také změně klimatu se dnes mnoho regionů potýká s problémem obstarání dostatečného množství sladké vody, které by pokrylo jejich potřeby (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2012).

Vedle možného nedostatku vody je problematická také její kvalita, která je negativně ovlivňována pesticidy, hnojivy a dalšími agrochemikáliemi. Tyto látky se dostávají do vody průsaky, vymýváním živin (zejména sloučenin dusíku) nebo povrchovým odtokem s transportem erodovaných částic a ovlivňují tak její kvalitu (URBAN, ŠARAPATKA, 2003).

### 2.1.4 Ovzduší

Hodně diskutovaná je problematika klimatických změn a skleníkového efektu (URBAN, ŠARAPATKA, 2003). POLÁŠKOVÁ (2011) uvádí, že zmiňovaný skleníkový efekt způsobující pozorovaný růst průměrné teploty zemského povrchu, souvisí s růstem atmosférické koncentrace skleníkových plynů, které zamezují úniku infračerveného záření ze Sluncem ohřátého zemského povrchu. A právě zemědělství uvolňuje do ovzduší značné množství skleníkových plynů, především CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O (SMITH a kol., 2008). Diskuse o tom, zda je změna klimatu způsobena přirozenou evolucí nebo negativními důsledky lidské činnosti ovšem stále probíhají.

Antropogenní činnosti k tomuto jevu však minimálně významně přispívají (MOYA, POUS, 2016).

Také prašnost (polétavý prach), způsobena mimo jiné i zemědělskou činností, je prakticky vždy významným polutantem zatěžujícím ovzduší. A to zejména jako nosič toxikologicky významných rizikových prvků a dalších prioritních organických škodlivin (ROŽNOVSKÝ, LITSCHMANN, 2005).

## **2.2 Systémy hospodaření z pohledu dopadů na životní prostředí**

V současné době je jedno z možných rozdělení systémů hospodaření, podle objemu energetických a materiálových vstupů a úrovně řízení jejich toků, na tři základní, kterými jsou konvenční, integrované a ekologické zemědělství. (MOUDRÝ a kol., 2007).

### **2.2.1 Konvenční zemědělství**

Konvenční zemědělství je obecně rozšířený název pro systém hospodaření převládající v průmyslově vyspělých zemích. Je charakteristický vyšší intenzitou hospodaření i použitím vyšších energetických a materiálových vstupů za účelem maximalizace produkce (MOUDRÝ a kol., 2007). Tuto intenzitu pomáhá celosvětově vytvářet šest hlavních pilířů, kterými jsou intenzivní obdělávání, monokultury, závlahy, aplikace minerálních hnojiv, chemická ochrana a v poslední době i genové manipulace (ŠARAPATKA, URBAN, 2005). Ve svých extrémně intenzivních formách často vede k nadměrným škodám na životním prostředí (MOYA, POUS, 2016).

Mezi nepříznivé dopady konvenčního zemědělství patří například negativní ovlivnění a degradace půdy, kontaminace vody, snížení biodiverzity a změny ekologických procesů, na kterých je zemědělství závislé. Zjednodušeně bychom tedy mohli říci, že konvenční zemědělství není trvale udržitelné (ŠARAPATKA, URBAN, 2005). Evropská unie však už zavádí řadu pravidel a legislativních ustanovení, které vedou k omezení jeho vstupů za účelem ochrany životního prostředí (MOYA, POUS, 2016).

### 2.2.2 Integrované zemědělství

Integrované zemědělství lze charakterizovat jako přechodný systém mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím. Agrochemické vstupy používá na základě diagnostických metod výživného stavu rostlin a okamžité zásoby živin v půdě. Aplikaci pesticidů omezuje na případy překročení prahu škodlivosti jednotlivých škodlivých činitelů (MOUDRÝ a kol., 2007).

Nicméně na rozdíl od ekologického zemědělství není zákonem přísně omezeno a v případě potřeby je možné použít takové postupy, které jsou v rámci ekologického zemědělství zakázány (MOYA, POUS, 2016).

### 2.2.3 Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství je produkčním systémem, který současně usiluje o uchování a zlepšení přírodních zdrojů a kvalitu životního prostředí. Ze systémového pojetí vyplývá snaha o vyváženost ekonomických, ekologických i sociálních aspektů a vazeb na globální i lokální úrovni (MOUDRÝ a kol., 2007). Ekologické hospodaření vzniklo jako reakce na negativní změny, které prodělalo zemědělství zejména po druhé světové válce. Tehdy přinesla snaha o soběstačnost v produkci potravin značnou intenzifikaci s negativními vlivy na krajinu, na jednotlivé složky životního prostředí a v konečném důsledku i na kvalitu potravin (ŠARAPATKA, NIGGLI, 2008).

V posledním desetiletí se ekologické zemědělství stalo důležitým prvkem politiky ochrany životního prostředí a politiky kvality potravin v Evropě, protože mimo jiné snižuje používání syntetických hnojiv a jiných chemických látek, jako jsou pesticidy nebo morforegulátory (MOYA, POUS, 2016). A podle PIMENTELA a kol. (2005) má silná zemědělská závislost na těchto látkách vážné dopady na veřejné zdraví a životní prostředí.

Mezi hlavní cíle ekologického zemědělství patří:

- udržovat a zlepšovat úrodnost půdy, využívat co nejvíce uzavřených koloběhů látek
- neznečišťovat životní prostředí zemědělskou činností
- minimalizovat používání neobnovitelných surovin a fosilní energie, uchovat přírodní ekosystémy v krajině, chránit přírodu a její diverzitu

- nepoužívat rychle rozpustná průmyslová hnojiva a chemicko-syntetické pesticidy
- hospodářským zvířatům vytvořit podmínky, které odpovídají jejich fyziologickým a etologickým potřebám a humánním a etickým zásadám
- produkovat kvalitní (bio)potraviny a krmiva o vysoké nutriční hodnotě a v dostatečném množství (DVORSKÝ, URBAN, 2014).

### **2.3 Porovnání systémů hospodaření z pohledu dopadů na složky životního prostředí**

Jak uvádí ŠARAPATKA, URBAN (2005) ekologické zemědělství má oproti konvenčnímu více pozitivních efektů na ochranu přírodních prvků a krajinu. Dále je větší celková biodiverzita fauny a flóry, rovněž i diverzita pěstovaných plodin je vyšší. Pozitivní vliv ekologického zemědělství na biodiverzitu je založen na snaze rozšířit spektrum pěstovaných plodin a chovaných hospodářských zvířat. Ekologičtí zemědělci často farmaří na menších plochách s větším zastoupením zelených ploch a větším počtem rostlinných druhů (MOUDRÝ, 2014). Biodiverzita tak roste v důsledku vytvoření různorodých životních podmínek. Je třeba zdůraznit, že ekologické zemědělství stejně jako žádná forma zemědělství nemůže přispívat přímo k cílům ochrany volně žijících organismů. Nicméně je v současné době, s ohledem na zachování biodiverzity a krajiny, nejméně škodlivým zemědělským systémem (STOLZE, 2000).

Pro udržitelné životní prostředí je důležité zlepšení stávajících systémů nakládání s půdou, aby se minimalizovala eroze, degradace půdy a bylo sníženo znečištění vody nebo atmosféry potenciálně nebezpečnými složkami (FLIEßBACH, 2007). Výsledky ukazují, že ekologické zemědělství má tendenci k zachování úrodnosti půdy a lepší stabilitě systému než ostatní systémy hospodaření (STOLZE, 2000). Protože ekologičtí zemědělci nemohou kompenzovat ztrátu úrodnosti dodáním umělých živin, je právě budování a udržování půdní úrodnosti ústředním cílem ekologického zemědělství (SCIALABBA, HATTAM, 2002). Tento pozitivní efekt je způsoben díky většímu obsahu organických látek a vyšší biologické aktivitě v ekologicky obhospodařovaných půdách (STOLZE, 2000). Agroekosystém v ekologickém zemědělství bývá také více diverzifikován a ve spojitosti se způsobem obhospodařování má vyšší potenciál k ochraně půdy před erozí.

Velmi důležitá je také ochrana podzemních a povrchových zdrojů vod, neboť kontaminace může znamenat riziko při spotřebě vody člověkem, v živočišné produkci a také narušení vodní biocenózy. Velkou část tohoto znečištění, zejména související s erozí a vyplavováním, způsobuje zemědělská výroba (ŠARAPATKA, URBAN, 2005). Zákaz používání snadno rozpustných syntetických dusíkatých hnojiv v ekologickém zemědělství výrazně snižuje zatížení povrchových a podzemních vod dusičnany (MOUDRÝ, 2014). Na druhé straně kritické pro vyplavování dusičnanů i v ekologickém zemědělství může být zaorání luskovin v nevhodnou dobu nebo kompostování chlévského hnoje na nezpevněném povrchu. Nicméně vědomost o tomto problému se v poslední době zvýšila (STOLZE, 2000). Řada srovnávacích výzkumů dokazuje u ekologického zemědělství až o 50 % nižší vyplavované množství živin na hektar ve srovnání s hospodařením konvenčním. Tyto rozdíly mezi systémy ale nemusí být velké, pokud jsou zaváděna a důsledně dodržována opatření na ochranu vodních zdrojů v konvenčním zemědělství (ŠARAPATKA, URBAN, 2005). Také nepoužívání pesticidů a morforegulátorů v ekologickém zemědělství výrazně snižuje kontaminaci povrchové a podzemní vody zbytky těchto látek.

Co se týká vlivu na ovzduší, tak zejména v rostlinné výrobě je produkce skleníkových plynů ovlivněna intenzitou, která souvisí se systémem hospodaření (MOUDRÝ, 2014). Například kontaminace ovzduší syntetickými prostředky (syntetickými hnojivy a pesticidy) v ekologickém zemědělství nepřichází v úvahu (ŠARAPATKA, URBAN, 2005), a tak je zajištěno ve většině případů výrazně nižší znečištění ovzduší než v konvenčním zemědělství (STOLZE, 2000). Ekologické zemědělství má jinak řečeno nižší potenciál globálního oteplování a ten lze definovat jako emise skleníkových plynů v ekvivalentu CO<sub>2</sub> na jednotku plochy nebo na jednotku produkce (NIGGLI a kol., 2008). Při přepočtu na jednotku plochy je potenciál globálního oteplování ze systémů ekologického zemědělství podstatně nižší než z konvenčních nebo integrovaných systémů hospodaření. Při přepočtu na jednotku produkce ale tento rozdíl klesá, jelikož výnosy v ekologickém zemědělství bývají nižší (BADGLEY a kol., 2007) a to v průměru o 17 % v porovnání s konvenčním zemědělským systémem (MOYA, POUSSIERE, 2016).

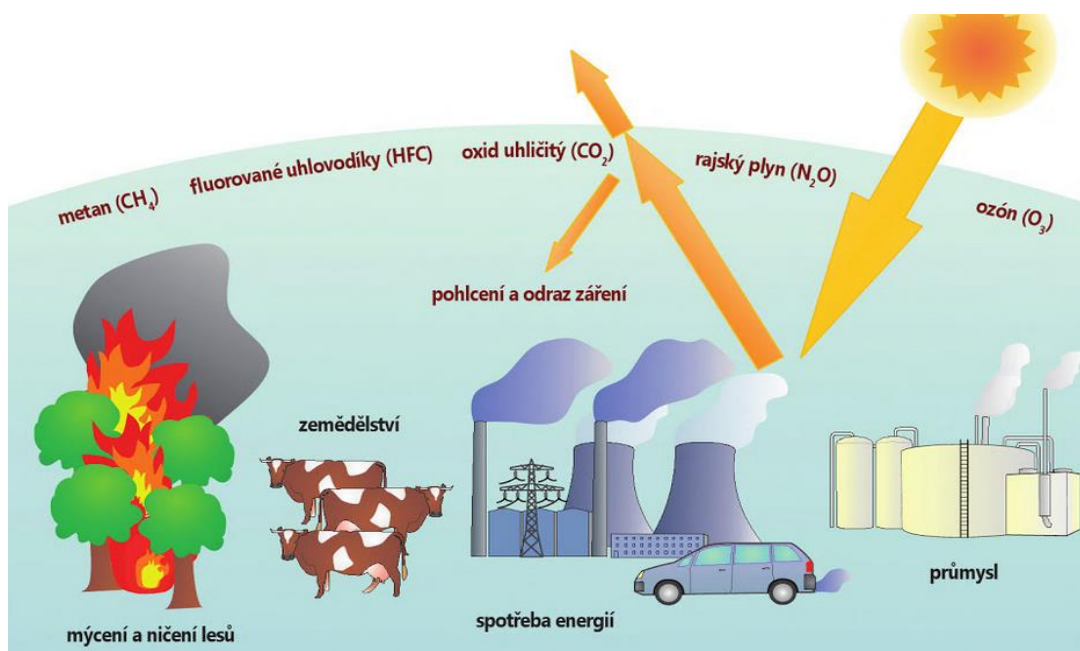


## 2.4 Emise skleníkových plynů – antropogenní emise

Některé plyny, ačkoliv jsou v zemské atmosféře přítomny v malých nebo dokonce stopových množstvích, jsou téměř propustné pro sluneční záření a silně však absorbují dlouhovlnnou radiaci vyzařovanou zemským povrchem (KALVOVÁ, MOLDAN, 1996). Část záření tak udržují tyto plyny na Zemi jako sklo ve skleníku, a proto je označujeme jako skleníkové plyny. Tzv. přírodní skleníkový efekt je základní příčinou udržení příznivé teploty pro život na Zemi, v jaké formě ho dnes známe (QUASCHNING, 2010). Bez tohoto přírodního skleníkového efektu by byla naše planeta zmrzlá a bez života (SABLJIC, 2009). Avšak dochází k negativnímu ovlivňování skleníkového efektu a na tom se podílí řada emisních zdrojů (BRANIŠ, HŮNOVÁ, 2009). SABLJIC (2009) uvádí, že globální oteplování (dnes spíše označované jako změna klimatu) se týká zvýšeného skleníkového efektu v důsledku vyšší koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. MOYA, POUS (2016) uvádějí, že diskuse o tom, zda je změna klimatu způsobena přirozenou evolucí nebo negativními důsledky lidské činnosti stále probíhá, ovšem antropogenní činnosti k tomuto jevu minimálně významně přispívají. V dlouhém seznamu potenciálních škod plynoucích ze změny klimatu, je právě riziko pro světové zemědělství to nejvýznamnější (CLINE, 2007).

Emisní zdroje můžeme rozdělit podle původu na přirozené a antropogenní. Mezi přirozené patří například sopečná či bakteriální činnost, prашné bouře apod. Antropogenními zdroji rozumíme veškeré zdroje související s lidskou činností (BRANIŠ, HŮNOVÁ, 2009), jako je používání fosilních paliv, zemědělství, požáry ohrožující deštné pralesy a průmysl (QUASCHNING, 2010). V rámci Evropské unie jsou největšími znečišťovateli energetika, která uvolňuje 27,8 % antropogenních emisí skleníkových plynů, dále doprava s 19,5 %, průmysl s 12,7 % a na čtvrtém místě zemědělství s 9,2 % (MOYA, POUS, 2016).

**Obrázek č. 1** – Hlavní antropogenní příčiny skleníkového efektu



(Zdroj: QUASCHNING, 2010)

Mezi nejvýznamnější skleníkové plyny patří kromě CO<sub>2</sub> i methan CH<sub>4</sub>, fluorové skleníkové plyny (HFC), ozón a oxid dusný N<sub>2</sub>O. I když je jejich koncentrace v ovzduší mnohem menší než koncentrace CO<sub>2</sub>, jejich skleníkový potenciál v porovnání s CO<sub>2</sub> je značný (QUASCHNING, 2010).

**Tabulka č. 1** – Vlastnosti hlavních skleníkových plynů (stav z r. 2005)

	oxid uhličitý	metan	HFC, PFC	přízemní ozón	rajský plyn
chemická značka	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	různé	O <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O
koncentrace v atmosféře v ppm	379	1,77	< 0,01	0,034	0,319
koncentrace v roce 1750	280	0,75	0	0,025	0,270
roční přírůstek koncentrace	+0,4 %	+0,4%	různé	+0,5 %	+0,25 %
skleníkový potenciál v porovnání s CO <sub>2</sub>	1	23	> 1000	> 1000	296
trvanlivost v atmosféře [roky]	5...200	12	různá	<0,1	114
odraz záření W/m <sup>2</sup>	1,66	0,5	0,35	0,35	0,16
podíl na antropogenním skleníkovém efektu	54 %	16 %	11 %	11 %	5 %

(Zdroj: QUASCHNING, 2010)

KALVOVÁ, MOLDAN (1996) uvádějí, že dominantním skleníkovým plynem je vodní pára a podílí se na skleníkovém efektu z 60-70 %. Navíc podle

IPCC (Mezivládní panel pro změny klimatu) se při růstu teplot vypařuje více vodní páry a její skleníkový jev opět způsobuje dodatečné oteplení a dochází tak k pozitivní zpětné vazbě (MOTL, LOUŽEK, 2008). Existují ovšem i teorie, které hovoří o negativní zpětné vazbě vodní páry, která by naopak mohla přispívat k ochlazení. Nejznámější je tzv. irisová teorie (JENÍČEK, FOLTÝN, 2010). Podle této hypotézy Richarda Lindzena z MIT vede oteplování k zvýšení srážek v místech vzestupných proudů. To má za následek úbytek molekul vody dostupných k tvorbě cirrusových mraků, a protože tyto výškové mraky mají oteplující účinek, jejich úbytkem se atmosféra ochlazuje (MOTL, LOUŽEK, 2008).

## **2.5 Zemědělské emise**

Zemědělství je v současné době jedna z pěti hlavních antropogenních činností s největším dopadem na životní prostředí. Aktuálně přispívá k celosvětové produkci emisí s podílem 10-12 %. V České republice je tento podíl 6,42 % (MOYA, POUS, 2016). Zemědělství je tak třetím největším producentem skleníkových plynů u nás. Z celkových emisí pochází 62 % ze zemědělských půd, 25 % z enterické fermentace (trávicích pochodů hospodářských zvířat) a 13 % z hospodaření s hnojem (MIŇOVSKÝ a kol., 2013). Emise skleníkových plynů ze zemědělství jsou v podmínkách České republiky, jak uvádí FOTT a kol. (2003), tvořeny převážně emisemi metanu a oxidu dusného. Problematický je i oxid uhličitý (ŠARAPATKA, URBAN, 2005).

JERMÁŘ (2010) také uvádí, že světová organizace pro zemědělství a výživu (FAO) počítá k roku 2030 s růstem produkce potravin o 60 %, a tak i s výrazným zvýšením produkce emisí skleníkových plynů. Současné zemědělské trendy směřující k udržitelnému rozvoji by tak měly vytvářet ekologičtější způsoby při zachování schopnosti zajištění dostatečného množství potravin pro obyvatelstvo (MOYA, POUS, 2016).

### **2.5.1 Methan (CH<sub>4</sub>)**

Methan se uvolňuje především při chovu hospodářských zvířat (POLÁŠKOVÁ, 2011). Jedná se hlavně o enterickou fermentaci, která se nejvíce projevuje u sudokopytníků (v našich podmínkách zejména u skotu). Methan také vzniká, jak uvádí FOTT a kol. (2003), v oblasti hospodaření s hnojem, při

anaerobních podmínkách (hnití biomasy) a ve světě i např. při pěstování rýže (QUASCHNING, 2010). MIŇOVSKÝ a kol. (2013) uvádějí, že emise CH<sub>4</sub> ze zemědělství představují přibližně 30 % celkových národních emisí CH<sub>4</sub>. Na globální produkci methanu se pak zemědělství podílí z 58 % (JERMÁŘ, 2010).

Pozitivním aspektem ekologického zemědělství, z hlediska emisí skleníkových plynů, je snížení počtu zvířat na jednotku plochy, což vede ke snížení produkce methanu, a kromě toho i k pozitivnímu vlivu na půdu, kvalitu vody a v širším kontextu i na biodiverzitu (MOUDRÝ, 2014). Na druhou stranu nižší výtěžky v ekologickém zemědělství například mléka mohou zvýšit emise methanu na jednotku produkce (NIGGLI a kol., 2008).

### **2.5.2 Oxid dusný (N<sub>2</sub>O)**

K emisím oxidu dusného (rajského plynu) dochází nejvíce při denitrifikačních procesech v půdě spíše za aerobních podmínek. Ty jsou způsobeny dusíkatými látkami pocházejícími z anorganických dusíkatých hnojiv, hnoje z chovu zvířectva a dusíku obsaženého v částech zemědělských plodin, které se vrací do půdy (FOTT a kol., 2003). Kromě toho vznikají také nepřímé emise pocházející z atmosférické depozice a z dusíkatých látek propláchnutých do vodních toků a nádrží. Veškeré emise N<sub>2</sub>O pocházející ze zemědělství představují přibližně 30 % celkových národních emisí N<sub>2</sub>O (MIŇOVSKÝ a kol., 2013).

Cílem ekologického zemědělství je usilovat a přesně pracovat s energiemi tak, aby se minimalizovaly vstupy. To vede k velkému snížení emisí zejména z důvodu nepoužívání syntetických dusíkatých hnojiv, jejichž produkce je jedním z největších producentů emisí skleníkových plynů (MOUDRÝ, 2014). Také snížení dobytčích jednotek na hektar výrazně sníží koncentraci snadno dostupného minerálního dusíku v půdě a tím i emise N<sub>2</sub>O. Kromě toho i střídání plodin s využitím zeleného hnojení zlepšuje strukturu půdy a zmenšuje emise oxidu dusného. Půda v ekologickém zemědělství také bývá více provzdušněná a má významně nižší koncentraci mobilního dusíku, což opět sníží emise oxidů dusného (NIGGLI a kol., 2008).

### 2.5.3 Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)

Oxid uhličitý se uvolňuje během spotřeby fosilních paliv, nebo v rámci rozkladu organických látek v půdě (MOUDRÝ, 2014). Dále se uvolňuje v souvislosti se změnami ve využívání půdy, zejména díky kácení lesů, vypalování savan apod. (KALVOVÁ, MOLDA, 1996). JERMÁŘ (2010) uvádí, že významným problémem je také export a import potravin ze vzdálených zemí. Jeho omezení a reorientace na místní zdroje potravy by znamenala ozdravení hospodářství a zlepšení životního prostředí snížením emisí CO<sub>2</sub>.

Z hlediska snižování emisí skleníkových plynů je dalším přínosem ekologického zemědělství vyšší obsah organické hmoty v půdě, a tak i zvýšené ukládání oxidu uhličitého v půdě a menší množství atmosférického CO<sub>2</sub> (MOUDRÝ, 2014). STOLZE (2000) uvádí, že emise CO<sub>2</sub> jsou v ekologickém zemědělství nižší o 40-60 % na hektar oproti zemědělství konvenčnímu.

### 2.6 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

Pšenice setá je druh, jehož domestikace začala před deseti tisíci lety na území „úrodného půlměsíce“ (oblast dnešního Iráku, Íránu, Sýrie a Jordánska) (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008). Radíme ji do rodu pšenice (*Triticum* L.), který náleží do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (ZIMOLKA a kol., 2005). Má dvě formy lišící se nároky na jarovizaci – pšenici ozimou a jarní (KŘEN a kol., 1998).

Je to tedy ozimá nebo jarní trsnatá obilnina (ÚKZÚZ, 2017). Stéblo je duté, tvořené zpravidla pěti články, oddělenými kolénky, ze kterých vyrůstají přisedlé listy složené z čepele a pochvy (ZIMOLKA a kol., 2005). Na rozhraní listové pochvy a čepele se nachází krátký vroubkovaný jazýček. Ouška objímající zčásti lodyhu jsou malá, řídké obrvená (trichomy) nebo lysá. Květenstvím je čtyřhranný klas s vícekvětními klásky (většinou 2–5 květů). Vřeteno klasu je tuhé a nelámavé. Plevy a pluchy mají vejčitý nebo podlouhle vejčitý tvar a jsou zřetelně kýlnaté. Pluchy mohou být osinaté nebo bezosinné. Plodem je obilka oblého tvaru, která z plev volně vypadává (ÚKZÚZ, 2017). Hmotnost tisíce zrn se pohybuje od 30 do 50 g.

Při ontogenezi pšenice (růstu a vývoji) dochází v rostlině k celé řadě anatomických a morfologických změn. Pro růst jsou důležité zejména vnější znaky, pro které se používá tzv. makrofenologická stupnice (dekadická). Pro sledování vývoje vegetačního vrcholu, tj. budoucího klasu, se používá mikrofenologická

stupnice (dle Kupermanové). V celé ontogenezi obilnin můžeme rozlišit dvě základní období, a to vegetativní (klíčení, vzcházení, odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení, zrání) (MOUDRÝ, JŮZA, 1998).

Výjimečnost postavení pšenice vyplývá především z jejího zastoupení ve struktuře obilnin i plodin pěstovaných na orné půdě. V obou případech je na prvním místě u nás i ve světě (ZIMOLKA a kol., 2005), a je tak nejvýznamnější obilninou celosvětově (DIVIŠ a kol., 2010). Podle ČSÚ (2017) v České republice zaujímaly obiloviny 54,7 % osevní plochy, nejrozšířenější obilovina pšenice ozimá zaujímala 31,8 % osevní plochy. Okopaniny pak tvořily 3,6 %, olejnin 19,4 % (řepka 82,2 % z olejin celkem) a plodiny sklizené na zeleno na orné půdě 18,8 % osevní plochy.

Nezastupitelný význam pšenice ozimé spočívá v širokém využití zrna jako důležité suroviny pro potravinářské a krmivářské účely (FAMĚRA, 1993). Přičemž TAUFEROVÁ a kol. (2014) uvádějí, že pro potravinářské účely se využívá 28-32 % z celkové produkce pšenice v ČR, ke krmným účelům 55-58 % a na osivo asi 6 %.

Zrno pšenice (pšeničná mouka) je surovinou pro výrobu kynutého i nekynutého pečiva, škrobu, etanolu aj. Rozsah pěstování je také dán značnou přizpůsobivostí pšenice různým pěstitelským podmínkám, vysokou výnosností (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005), prošlechtěností a variabilitou odrůd (DIVIŠ a kol., 2010).

### **2.6.1 Pěstování pšenice ozimé v ekologickém a konvenčním zemědělství**

Pšenice ozimá je tradičně pěstovaným druhem ve všech systémech hospodaření v naší oblasti (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008).

#### **2.6.1.1 Výběr odrůdy**

Odrůda je charakterizována jako soubor jedinců určitého genotypu nebo skupiny genotypů uvnitř nejnižšího botanického třídění. Je definována projevem genetických znaků, které si při reprodukci zachovává, a alespoň jedním z projevených znaků nebo jejich kombinací se liší od jiných odrůd (KONVALINA a kol., 2007).

Správná volba odrůd umožňuje zvýšit ekonomickou efektivnost pěstování obilnin, umožňuje snížení rizika působení nepříznivého průběhu povětrnosti

a biotických škodlivých činitelů na tvorbu výnosu a kvalitu zrna (KŘEN a kol., 1998). Je tak jedním ze základních intenzifikačních prvků pěstování (FAMĚRA, 1993). Podíl odrůdy na výnosu stoupá v souvislosti s rozvojem úrovně šlechtění, přičemž v současnosti je to více než 30 % (KONVALINA a kol., 2007).

Odrůdová skladba by měla být založena na odrůdách adaptovaných pro danou oblast (KŘEN a kol., 1998) tzv. rajonizace odrůd. Dále se berou v úvahu hospodářské vlastnosti odrůdy jako požadavky na půdu, předplodinu, na termín setí, náchylnost k chorobám, odolnost vyzimování, autoregulační schopnost a vhodnost pro technologii pěstování, ale i zařazení pšenice v osevním postupu a kvalitativní vlastnosti odrůdy vzhledem k účelu pěstování (FAMĚRA, 1993).

Současné odrůdy obilnin jsou šlechtěny tak, aby jejich genetická výbava byla co nejvhodnější pro jejich pěstování intenzivním způsobem, tj. při použití značných dávek průmyslových hnojiv, herbicidů, insekticidů, růstových regulátorů a dalších látek. V systémech hospodaření se sníženými vstupy jsou výnosy výrazněji ovlivněny interakcí genotypu a prostředí než v konvenčním zemědělství. U odrůd vhodných pro ekologické zemědělství je tak potřebné zohlednit zajištění dostatečné výživy rostlin čili mohutnost a funkčnost kořenové soustavy (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008), vysokou konkurenční schopnost vůči plevelům, odolnost vůči chorobám a škůdcům a kvalitativní parametry produkce (KONVALINA a kol. 2007).

### **2.6.1.2 Zařazení v osevním postupu**

Pšenice ozimá je ze všech obilnin nejnáročnější na předplodinu (ZIMOLKA a kol., 2005). Předplodina podstatně mění půdní vlastnosti důležité nejen pro růst rostlin, ale i pro tvorbu klasu a zrna. Může ovlivňovat zásobení rostlin dusíkem v období nalévání zrna, kdy se rozhoduje o jeho kvalitě (KŘEN a kol., 1998). Osevní postup je, zejména pro ekologickou farmu, stěžejním systémovým opatřením, vede ke zvýšení výnosů o 5-20 % a omezuje nutnost použití materiálových vstupů (KONVALINA a kol., 2008).

Nejvhodnějšími předplodinami jsou zlepšující plodiny – jeteloviny, luskoviny, příp. olejniny a organicky hnojené okopaniny (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Okopaniny se ale až na výjimky (rané brambory) pozdě sklízají, což by bránilo dodržování agrotechnických termínů zakládání porostů pšenice ozimé. KŘEN a kol. (1998) uvádí, že v našich podmínkách je nejvhodnější předplodinou pšenice ozimé vojtěška, a to díky množství a kvalitě posklizňových zbytků, které

zanechává v půdě, i fixaci atmosférického dusíku hlízkovými bakteriemi. Obdobně pozitivní účinky mají luskoviny, včetně luskovinoobilních směsek, za předpokladu menšího podílu obilních komponentů (ZIMOLKA a kol., 2005). Také olejninu zanechávají půdu v dobrém stavu a síle, především když jsou organicky hnojeny (KŘEN a kol., 1998) a silná redukce vojtěšky, jetele a luskovin, v důsledku snížení stavů hospodářských zvířat, zvyšuje jejich význam jako předplodiny.

Často ale následuje pšenice po obilnině a nejsou výjimkou i několikaleté sledy obilnin po sobě (ZIMOLKA a kol., 2005). Pěstování pšenice po obilninách má zhoršující vliv na výnos zrna i potravinářskou jakost (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Dochází k obtížně kompenzovatelnému zhoršení půdních vlastností, zvyšuje se riziko zaplevelení, hrozí vyšší stupeň napadení houbovými chorobami a škůdci (ZIMOLKA a kol., 2005) a zhoršuje se také výnosová stabilita pšenice (FAMĚRA, 1993). Tyto negativní dopady obilní předplodiny je pak nutné kompenzovat vyššími dávkami průmyslových hnojiv a pesticidů, což zhoršuje rentabilitu pěstování (ZIMOLKA

a kol., 2005). Tyto kompenzace pěstování pšenice po obilninách ovšem v ekologickém zemědělství nepřicházejí v úvahu a jak uvádí KONVALINA, MOUDRÝ (2008), vzhledem k výskytu houbových chorob by se po sobě neměla pšenice pěstovat 2-5 let, ale i jednoleté přerušování obilního sledu zařazením zlepšujících plodin zpravidla uspokojivě sníží výskyt chorob. V porovnání s konvenčními farmami mají ekologické osevňovací postupy nižší podíl obilnin, který v České republice zpravidla nepřesahuje 50 % (KONVALINA a kol., 2008).

### **2.6.1.3 Zpracování půdy**

Způsob a kvalita zpracování půdy má rozhodující vliv na následné založení porostů (ZIMOLKA a kol., 2005) a v současné době při ekologizaci zemědělské výroby jeho význam narůstá. Ovlivňuje hospodaření s půdní vláhou, vzdušný režim půdy, rozvoj půdních mikroorganismů (důležitých pro mineralizaci organických látek), humifikační pochody, rozvoj chorob a škůdců (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Mimo to zpracování půdy významně ovlivňuje i rentabilitu pěstování ozimé pšenice, neboť představuje až 40 % energetických vstupů do technologie pěstování (ZIMOLKA a kol., 2005).

Vzhledem k široké rozmanitosti podmínek stanoviště se půda pod pšenici zpracovává rozdílně podle předplodiny, zaplevelení pozemku a s ohledem na



strukturní a fyzikální stav půdy po předplodině (KOVÁČ, KUBINEC, 1998). V mnoha zemědělských podnicích při zakládání porostů pšenice ozimé vychází převážně z klasických postupů zpracování půdy. Vedle toho se na základě vědeckých poznatků prosazují nové ochranné postupy ve zpracování půdy (ZIMOLKA a kol., 2005). Zpracování půdy můžeme rozdělit na základní zpracování půdy a předseťovou přípravu půdy.

Klasický způsob základního zpracování půdy zahrnuje podmítku, orbu a jejich ošetření (FAMĚRA, 1993). Při tomto tradičním postupu je třeba věnovat zvýšenou pozornost podmítce, a to z hlediska její hloubky, doby a způsobu ošetření. Její včasnost a kvalita provedení příznivě ovlivňuje rychlejší tlení posklizňových zbytků i rychlejší vzejití plevelů a má fyto-sanitární vliv (ZIMOLKA a kol., 2005). Podmítka se provádí ihned po uvolnění pozemku po předplodině (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005) a její hloubka se volí podle vlhkosti půdy. V sušších podmínkách je vhodnější hlubší zpracování půdy a ve vlhčích mělčí (FAMĚRA, 1993). Obecně se však provádí na hloubku 8-12 cm (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005).

Orba je základním opatřením tradičního zpracování půdy, které půdu drobí, kypří, obrací a mísí. U ozimů je důležitý dostatečný časový odstup mezi orbou a zasetím, aby se půda dostatečně slehla (FAMĚRA, 1993), proto se orba provádí 4-6 týdnů před setím pšenice (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008). Při setí do nedostatečně slehlé půdy se zhoršuje styk osiva s půdou a její vláhou a v důsledku toho jsou zhoršené podmínky pro vzcházení a rovněž zakořeňování obilniny se zhoršuje (PETR a kol., 1983). Velmi důležité je ošetření povrchu půdy (urovnání ornice) současně s orbou nebo bezprostředně po ní, aby se zabránilo přeschnutí hrud (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Dalším důležitým parametrem je hloubka orby, který by pro pšenici ozimou neměla přesáhnout 22 cm (18-22 cm) (FAMĚRA, 1993). PETR a kol. (1983) uvádí, že k ozimům se běžně orá na střední hloubku, tj. 18-25 cm.

V návaznosti na základní zpracování půdy provádíme předseťovou přípravu půdy (KOVÁČ, KUBINEC, 1998). Je to soubor pracovních agrotechnických opatření, jejichž úkolem je urovnání povrchu pole, vytvoření hrudkovité půdní struktury (FAMĚRA, 1993) a vytvoření optimálního lůžka pro osivo (KOVÁČ, KUBINEC, 1998) tak, aby se vytvořili příznivé podmínky pro rovnoměrnou hloubku setí a dobré vzcházení rostlin (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Hloubka seťového lůžka je 4-5 cm vzhledem k relativně mělkému setí obilnin (MOUDRÝ a kol., 2007).

Půda se pro setí připravuje smykováním, vláčením a hlubším kypřením (FAMĚRA, 1993). Odstup (1-2 týdny) mezi zásahy napomáhá redukci semenných plevelů (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008). Kvalitní příprava půdy se dnes často zabezpečuje kombinátory s několika různými pracovními orgány v jednom agregátu (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005).

Vhodnou volbou náradí a způsobu zpracování půdy je možno některé pracovní operace sdružovat nebo i vynechat (FAMĚRA, 1993). Sdružování několika pracovních operací do jednoho agregátu prostřednictvím kombinátorů je dnes často využíváno (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Především u pozdě sklizených předplodin je minimalizace zpracování půdy vhodná (MOUDRÝ a kol., 2007). Využívá se tedy při kratším meziporostním období nebo také s ohledem na omezení nákladů (FAMĚRA, 1993). Stále častěji jsou také využívány minimalizační technologie, které vynechávají orbu. Přitom se provádí jedno nebo opakované mělké zkyplení půdy a před setím přichází příprava půdy nebo se příprava půdy a setí provedou v jedné operaci. ŠNOBL, PULKRÁBEK (2005) uvádí při využití minimalizace následné větší nároky na ochranu porostů vůči plevelům, chorobám a škůdcům.

#### **2.6.1.4 Setí**

Setí je důležitým článkem zakládání porostů, jehož podcenění či nekvalitní provedení, navíc nevhodnou technikou se těžko napravuje a projevuje se prakticky až do sklizně i do kvality sklizené produkce (ZIMOLKA a kol., 2005). Základem pěstitelského úspěchu je používat k setí jen kvalitní uznané osivo (KŘEN a kol., 1998). Pro ekologicky hospodařící podniky pouze nemořené osivo množené v podmínkách ekologického zemědělství (MOUDRÝ a kol., 2007). ÚKZÚZ (2018) uvádí, že povolení použití konvenčního osiva v ekologickém zemědělství je vydáváno, pouze pokud žádná odrůda druhu není registrována v databázi ekologických osiv a použití jiné odrůdy bude povoleno v případě, že žádost bude dostatečně, podrobně a nezpochybnitelně odůvodněna.

Termín setí je dán biologickými vlastnostmi odrůdy a také termínem sklizně předplodiny. U předčasných výsevů je nebezpečí přerůstání porostů a tím i zvýšené riziko vymrznutí. Naopak při opožděném výsevu jsou porosty slabé, často jen částečně vzešlé, které hůře odolávají nepříznivým podmínkám zimy a předjaří a nedávají předpoklad vysokého výnosu (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Rostliny

by měly přiměřeně odnožit ještě na podzim, dosáhnout růstové fáze 25 DC, kdy už mají dostatek adventivních kořínků a jsou tak dobře připraveny na přezimování (DIVIŠ a kol., 2010). Porosty pšenice ozimé lze v našich podmínkách zakládat již v první dekádě září (KŘEN a kol., 1998). KONVALINA, MOUDRÝ (2008) uvádějí, že pro ekologické zemědělství jsou vhodnější pozdější výsevy koncem září až v říjnu. Při pozdním setí sice pšenice méně odnoží, ale vzhledem k obtížnému až nemožnému přihnojení dusíkem časně na jaře, by bylo udržení založených odnoží obtížné a při opožděném setí se také snižuje zaplevelení, především trávovitými druhy. Přesný termín závisí především na výrobní oblasti a konkrétních agroekologických podmínkách daného místa a ročníku (DIVIŠ a kol., 2010).

Výsevek závisí na odnožovací schopnosti odrůdy, na výrobní oblasti, kvalitě předseťové přípravy půdy a na termínu setí (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005).

**Tabulka č. 2** – Doporučený výsevek pšenice ozimé (ZVÚ Kroměříž)

Termín setí (datum)	Intenzita odnožování odrůdy	do 10.9.	do 15.9.	do 25.9.	do 5.10.	po 5.10.
Počet klíč. zrn na 1 m <sup>2</sup>	více odnožující	-	250- 300	300- 400	400- 500	500
	méně odnožující	250- 300	300- 380	380- 450	450- 550	550

(Zdroj: DIVIŠ a kol., 2010)

Platí, že čím je ranější termín setí a lepší podmínky, tím je nižší výsevek v rámci doporučeného intervalu. Ve zhoršených podmínkách se výsevek zvyšuje o 5-10 % (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Stejně tak i při opožděném setí a to o 15 až 20 % (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008). Přesévání může vést k vytvoření přehoustlého porostu, který může způsobit snížení výnosu.

Při vlastním setí je důležité dodržení rovnoměrné hloubky setí (FAMĚRA, 1993). Nejvhodnější hloubka setí je 30-40 mm. Za sucha je pro lepší zajištění vláhy možné setí do hloubky 50 mm (DIVIŠ a kol., 2010). Příliš mělké nebo hluboké setí samozřejmě nepříznivě ovlivňuje vývin porostu (FAMĚRA, 1993).

Mezi možné způsoby výsevu patří nejdéle používaný způsob setí do řádků (řádkové setí) nejčastěji při rozteči 125 mm. Vhodné je i setí do pásků (páskové setí),

při kterém je osivo rozptylováno a ukládáno do pásků 30-40 mm širokých při rozteči 100-150 mm nebo setí na široko (plošné setí) (ZIMOLKA a kol., 2005).

#### **2.6.1.5 Výživa a hnojení**

K zajištění optimálních výnosů je nutné zabezpečit rostlinám optimální půdní podmínky úpravou pH a dostatečný přísun živin. Ozimou pšenici řadíme mezi plodiny se střední potřebou živin (ZIMOLKA a kol., 2005), ale z obilnin I. skupiny je na živiny nejnáročnější (DIVIŠ a kol., 2010). Mezi nejvýznamnější živinové prvky patří dusík, fosfor a draslík. Avšak vápník a hořčík hrají rovněž neopomenutelnou roli (KONVALINA a kol., 2008), jelikož ve výživě rostlin platí tzv. zákon minima, což znamená, že růst limituje ta živina, která je rostlině nejméně přístupná (FAMĚRA, 1993).

Dávku volíme podle předpokládaného výnosu, kdy vycházíme z potřeby na 1 tunu hlavního produktu a z obsahu živin v půdě. Na 1 tunu zrna, a odpovídající množství slámy a kořenů, odčerpá pšenice ozimá v průměru 25 kg dusíku, 5 kg fosforu, 20 kg draslíku, 2,4 kg hořčíku a 4 kg síry (ZIMOLKA a kol., 2005). Přesná potřeba hnojení vyplývá z agrochemických rozborů půdy, popř. z anorganických rozborů rostlin (FAMĚRA, 1993).

V konvenčním zemědělství výrazně převládá hnojení průmyslovými hnojivy a můžeme ho rozdělit na základní hnojení a přihnojení během vegetace. Základní hnojení se provádí nejpozději před setím (při přípravě půdy). Obsah přístupných živin v půdě právě v podzimním období má významnou úlohu pro zajištění optimálního růstu a vývoje pšenice, a tak i zamezení vymrzání rostlin. Při hnojení v průběhu vegetace provádíme hnojení dusíkem nejčastěji rozdělené do třech dávek (regenerační, produkční a kvalitativní hnojení) a další případnou úpravu výživného stavu rostlin deficitními živinami v kapalně formě (ZIMOLKA a kol., 2005).

Jedním ze základních principů ekologického zemědělství je co nejvíce uzavřený koloběh živin, jejich minimální ztráty a omezený přísun do systému. Při výživě rostlin v ekologickém zemědělství je používání minerálních hnojiv výrazně omezeno a výživa je tak zajištěna výhradně živinami uvolňovanými z rozkládající se předplodiny (jetelotrávy, luskoviny) či z organického hnojení (zelené hnojení, sláma, hnůj, kompost) zapraveného k předplodině či před setím (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008).

### **2.6.1.6 Regulace plevelů**

Z víceletého hlediska způsobují plevele v ozimé pšenici největší škody a mohou snížit výnos o 15–30 % (FAMĚRA, 1993). Škodlivost plevelů se projevuje různým způsobem, například snižují dostupnost vody v půdě, zabírají místo, snižují zásobu živin v půdě, potlačují pěstovanou plodinu, působí jako hostitelské rostliny a přenašeči patogenů, tím snižují výnos, hodnotu produktu a mohou být i toxické (MOUDRÝ a kol., 2007).

Důležité je si uvědomit, že výskyt plevelů v porostech obilnin je v první řadě závislý na základních agroekologických faktorech, jako je střídání plodin (vliv předplodiny) a intenzita zpracování půdy (WINKLER a kol., 2016), ale i výběr stanoviště, hnojení, termín setí a výsevek, výběr odrůd a zdravotnost osiva (FAMĚRA, 1993). Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství spočívá hlavně ve využití těchto nepřímých preventivních metod. Tyto metody jsou stejné i v konvenčním zemědělství, ale jejich význam a úloha je v ekologickém zemědělství násobná, protože chyby není možné později napravit jinými prostředky (herbicidy). Mezi nejznámější přímé způsoby regulace plevelů v ekologickém zemědělství patří fyzikální metody mechanické, případně termické (ničení plevelů plamenem). Nejběžnějším mechanickým zásahem je vláčení hřebovými, síťovými nebo prutovými branami, nejlépe v době, kdy plevele klíčí a dále po dostatečném zakořenění rostlin (MOUDRÝ a kol., 2007).

V konvenčním zemědělství ale časté úzké osevní postupy a nízká variabilita v agrotechnických opatřeních vytváří velký tlak právě na používání herbicidů proti plevelným rostlinám (BERAN a kol., 2009). Na trhu je velké množství herbicidů s různým spektrem účinnosti. S výhodou se používají kombinace přípravků, které působí na více plevelných druhů (FAMĚRA, 1993). Ale dobrá účinnost herbicidů souvisí především s dobrou znalostí vyskytujícího se druhového spektra plevelů (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Herbicidy můžeme aplikovat ještě na podzim nebo na jaře.

Význam ošetření proti plevelům na podzim stoupá. Zejména časně seté porosty ozimé pšenice umožňují plevelům dlouhý a nerušený vývoj. Přerostlé plevele jsou na jaře pak jen velmi obtížně hubitelné a řadu z nich již nelze vůbec regulovat (BERAN a kol., 2009). Mezi plevele, které můžeme na podzim nalézt v porostu pšenice ozimé, patří svízel přítula, pcháč, heřmánky, ptačinec žabinec, rozrazil, zemědým, penízek, mák a výdrol řepky. Z jednoděložných plevelů se pak jedná

především o chundelku metlici a psárku (KŘEN a kol., 1998). Je možné použít herbicidy preemergentní, častěji se ale provádí postemergentní aplikace.

Přibližně dvě třetiny ploch obilnin v České republice jsou každoročně ošetřovány až v jarním období. Obecně vzato, jarní ochrana má své místo všude tam, kde není tlak plevelů extrémní (BERAN a kol., 2009). Ošetření v jarním období se provádí podle výskytu plevelů. Postřik herbicidy by měl být proveden v raných růstových fázích plevelů, kdy jsou citlivější (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). K přezimujícím plevelům se přidávají jarní druhy, které vzcházejí až při vyšších teplotách. Jedná se např. o merlíky, laskavce, oves hluchý, rdesna, na jaře mohou také klíčit některé ozimé druhy jako například svízel, mák nebo heřmánkovec (KŘEN a kol., 1998).

#### **2.6.1.7 Regulace chorob a škůdců**

Choroby pšenice ozimé můžeme rozdělit na virové choroby (např. virus zakrslosti pšenice a virus žluté zakrslosti ječmene), houbové choroby (např. plíseň sněžná, komplex chorob pat stébel, stéblolam, kořenomorka obilná, fuzarióza stébel a černání kořenů), listové choroby (např. padlí travní, braničnatka plevová, rez plevová a rez travní), choroby klasů a choroby s příznaky na klasech (např. běloklasost pšenice, fuzariózy klasů, klasové skvrnitosti, padlí v klasech a sněť mazlavá) (ZIMOLKA a kol., 2005).

Škůdci mohou způsobit významné výnosové ztráty, i když jejich výskyt je velmi nepravidelný (KŘEN a kol., 1998). Napadají obilniny po celou dobu vegetace a v současné době se v mnoha oblastech výskyt škůdců dostal nad práh škodlivosti. Nejvýznamnější škody vznikají při sání mšic a křísků na podzim a jejich škodlivost spočívá především v přenosu zmiňovaných virových chorob. Druhým obdobím, kdy je již provedení ochrany insekticidy ekonomické, je plné kvetení pšenice, kdy se vyskytují zejména mšice a třásněnky. V některých letech je ekonomicky významný i výskyt škůdců na listech – zejména kohoutků (ZIMOLKA a kol., 2005).

Ochrana proti chorobám a škůdcům v ekologickém zemědělství spočívá především v nepřímých metodách regulace (KONVALINA a kol., 2008), které mají spíše preventivní charakter a vytváří nepříznivé podmínky pro rozvoj škodlivých organismů (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005). Jde hlavně o dodržování dobře sestaveného osevního postupu a zásady agrotechnické kázně (KONVALINA a kol., 2008). Dále je důležité používání zdravého certifikovaného osiva a volba vhodných

odolných odrůd. Nutná je i regulace plevelů, které mohou být rezervoárem původců houbových chorob (KONVALINA, MOUDÝ, 2008). Jako přímou regulaci chorob (původců chorob) a škůdců bychom případně mohli použít na menších plochách mechanické ničení, optické lapače škůdců, využít antagonismu organismů nebo látek odpuzujících určitý druh živočichů. V ekologickém zemědělství lze samozřejmě používat pouze přírodní látky, postupy nebo přípravky na ochranu rostlin povolené pro ekologické zemědělství v prováděcím právním předpisu.

V konvenčním zemědělství je v praxi velmi často na prvním místě používání pesticidů a až na druhém místě agrotechnické a biologické metody (MOUDRÝ a kol., 2007). Při aplikaci pesticidů musíme vycházet ze znalosti škodlivého činitele a účinnosti dané látky. Dobrá ekonomická efektivnost je dána především termínem použití vycházejícím z prahu škodlivosti (kritického čísla výskytu) daného činitele, kdy se použití pesticidů již vyplatí. Předpokladem úspěchu je i prognóza výskytu, včasnost zásahu i kvalita praveného ošetření. K přednostem použití pesticidů patří především jejich účinnost a k rizikům se řadí vliv na užitečné organismy a riziko pro životní prostředí (ŠNOBL, PULKRÁBEK, 2005).

#### **2.6.1.8 Sklizeň**

Pšenici ozimou sklízíme jednofázově sklízecí mlátičkou (FAMĚRA, 1993). Kvalita zrna je ovlivněna jak jeho zralostí, tak i vlhkostí (KONVALINA a kol., 2008). Nejvhodnější je sklízet v druhé polovině žluté zralosti, po ní následuje plná zralost, kdy se sklízí množitelské porosty (DIVIŠ a kol., 2010). Termín sklizně závisí na agroekologických podmínkách (výrobní oblast, povětrnostní podmínky), na druhu a odrůdě a na stavu konkrétního porostu (hustota, zaplevelení, porůstání, vlhkost slámy atp.) (PETR a kol., 1983). Optimální sklizňová vlhkost zrna je do 14 % (KONVALINA a kol., 2008). I při vlhkosti do 15 % odpadá nutnost dosoušení zrna. Za vlhkého a proměnlivého počasí je však nutné sklízet i při vlhkosti 16-20 % a následně zrno dosoušet (FAMĚRA, 1993). Tolerantnost většiny odrůd k prodloužení sklizně po dosažení plné zralosti je velmi malá, proto je nutno sklizeň co nejvíce zkrátit (ZIMOLKA a kol., 2005). Při opožděné sklizni dochází ke snižování množství lepku, objemové hmotnosti zrna i pádového čísla a zvyšuje se riziko porůstání zrna (KŘEN a kol., 1998). Proto je třeba přednostně sklízet potravinářské odrůdy pšenice a množitelské porosty. Rovněž je vhodné z hlediska

snížení sklizňových ztrát a mechanického poškození zrna věnovat pozornost seřízení sklízecích mlátiček (ZIMOLKA a kol., 2005).

Podle tabulky ČSÚ (2018) byl v roce 2017 v České republice průměrný výnos zrna ozimé pšenice 5,77 t/ha. V ekologickém zemědělství jsou výnosy v porovnání s konvenčním zemědělstvím zpravidla nižší a KONVALINA a kol., (2008) uvádí, že se pohybují nejčastěji mezi 2-3,5 t/ha. Ekologický způsob hospodaření má také negativní vliv na parametry potravinářské pšenice a dosáhnout potravinářské pekárenské jakosti je obtížnější. Avšak KONVALINA, MOUDRÝ (2008) udávají, že pšenice z ekologického zemědělství má lepší parametry krmné jakosti z důvodu vyššího obsahu rozpustných albuminů a globulinů (vyšší obsah esenciálních aminokyselin). Zajímavá je také preference diet s pšenicí z ekologického zemědělství pokusným.

Po samotné sklizni dochází okamžitě k posklizňové úpravě zrna a následnému skladování (ZIMOLKA a kol., 2005). Při posklizňových operacích se ve značné míře rozhoduje o konečné jakosti zrna, o jeho skladovacích ztrátách a zdravotním stavu. Mezi základní operace posklizňové úpravy patří předčištění, čištění pro odstranění nečistot, dosoušení (aktivní větrání) a sušení (teplým vzduchem), pokud je vlhkost zrna vyšší a není vhodná ke skladování. Vlastní skladování je prováděno většinou v halách a menších silech při vlhkosti zrna 13-15 % (TAUFEROVÁ a kol., 2014).

## **2.7 Emise při pěstování pšenice ozimé**

Při hodnocení dopadů zemědělských produktů na životní prostředí je cílem, vyhodnotit dopad těchto produktů na jeho udržitelnost. Emise skleníkových plynů mohou být hodnoceny na základě vstupů a výstupů v pěstitelském systému (MOYA, POUS, 2016). Do této hodnoty vstupují při pěstování pšenice agrotechnické operace, hnojiva, pesticidy, produkce osiva a polní emise.

Množství vyprodukovaných emisí ze zemědělství je do značné míry ovlivněno systémem hospodaření. Konvenční zemědělský systém používá více vstupů a zejména používání syntetických hnojiv v konvenčním zemědělství výrazně zvyšuje množství emisí. Ekologické zemědělství omezuje právě tyto vstupy a obecně tak produkuje méně emisí, přičemž rozdíly v emisní zátěži, které se přepočítávají na



jednotku produkce, jsou významně zredukovány obecně nižšími výnosy, kterých je dosahováno v ekologickém zemědělství (MOUDRÝ JR. a kol., 2013).

## 2.8 Metoda LCA

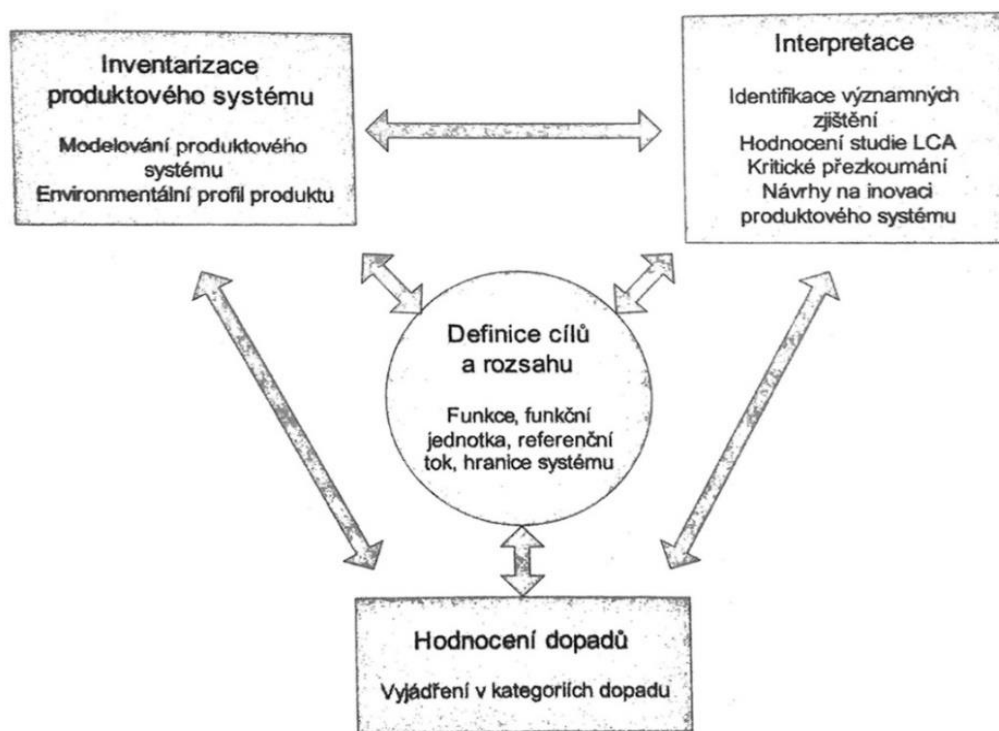
Posuzování životního cyklu (angl. life cycle assessment – LCA) je analytická metoda hodnocení environmentálních dopadů výrobků, služeb a technologií (KOČÍ, 2009). Obecně lze říci, že se jedná o nástroj pro analýzu environmentální zátěže lidských produktů (GUINÉE, 2002). Hodnotí se vstupy, výstupy a možné dopady produktů na životní prostředí během jejich životního cyklu (HORNE a kol., 2009).

Studie LCA by měla vždy pokrýt celý životní cyklus produktu. Jelikož je někdy v praxi sestavování úplných LCA náročné, využívá se v opodstatněných případech její zjednodušené formy s užším zaměřením, například pro zhodnocení jednoho konkrétního parametru v průběhu celého životního cyklu produktu. Zjednodušené studie LCA se využívá například pro výpočet uhlíkové stopy zařízení či produktu, kde se posuzuje sice celý životní cyklus, ale jeho dopady se vyjadřují pouze ve vztahu ke kategorii dopadu globálního oteplování jako ekvivalenty CO<sub>2</sub>.

Z důvodu předejití zneužití LCA pro marketingové účely je tato metoda standardizovaná (KOČÍ, 2009) mezinárodními normami ISO 14040 a ISO 14044 (KLÖPFFER, GRAHL, 2014) a podle těchto norem se skládá ze čtyř fází:

- definice cílů a rozsahu
- inventarizační analýza
- hodnocení dopadů
- interpretace (CURRAN, 2016).

Obrázek č. 2 – Schéma fází LCA



(Zdroj: KOČÍ, 2009)

V první fázi, která je nazvaná definice cílů a rozsahu, musí být jasně definováno, co a jak bude posuzováno. Při definici cílů se jedná o jasnou specifikaci posuzovaného produktu a jeho funkce (KOČÍ, 2009). Obsahuje také důvody pro provedení studie, její zamýšlenou aplikaci a určení cílového publika. Při definici rozsahu studie je definována funkční jednotka a jsou popsány systémové hranice studie. Funkční jednotka je kvantitativní měřítko, které produkt poskytuje (FINNVEDEN a kol., 2009) a umožňuje porovnávat a analyzovat alternativní zboží nebo služby (REBITZER a kol., 2004). Systémové hranice studie slouží k oddělení podstatných a nepodstatných procesů životního cyklu, které sice souvisí s posuzovaným produktem, ale pro zpracování studie LCA nemusí být podstatné. Určením rozsahu se také míní definování referenčního toku, což je množství produktu potřebné k naplnění velikosti funkce definované funkční jednotkou. Určuje se také postup alokace, který je definován jako postup rozdělení environmentálních dopadů jednoho procesu mezi dva a více produktů z tohoto procesu vystupující. Důležité je i zvolení charakterizačních modelů, pomocí kterých budou dopady na životní prostředí vyjadřovány.

Druhá fáze metody, označená jako inventarizační analýza, slouží ke zjištění a vyčíslení všech materiálových a energetických toků vstupujících do životního cyklu produktu a především těch, které jej opouštějí a působí v životním prostředí (KOČÍ, 2009). Výsledkem je inventarizační tabulka (KLÖPPFER, 1997) se vstupy a výstupy z produktu během jeho životního cyklu (FINNVEDEN a kol., 2009).

Třetí fáze s názvem hodnocení dopadů je krokem, kde jsou kvantitativní výsledky inventarizační analýzy vyhodnoceny ve vztahu k zatížení životního prostředí (KOTAJI a kol., 2003) a hodnotí se na bázi funkčních jednotek (REBITZER a kol., 2004).

Ve čtvrté fázi, kterou je interpretace, jsou výsledky z předchozích fází vyhodnocovány ve vztahu k cíli a rozsahu, aby bylo možné dosáhnout závěrů a doporučení (FINNVEDEN a kol., 2009).

### **3. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY**

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení emisí skleníkových plynů vznikajících při pěstování pšenice ozimé ve vybraných podnicích s různou intenzitou zemědělského hospodaření.

#### **3.1 Dílčí cíle**

- Hodnocení emisní skleníkových plynů při pěstování pšenice ozimé v ekologickém systému hospodaření zjednodušenou metodou LCA (dopadová kategorie klima).
- Hodnocení emisní skleníkových plynů při pěstování pšenice ozimé v konvenčním systému hospodaření (intenzivní a extenzivní forma hospodaření) zjednodušenou metodou LCA (dopadová kategorie klima).
- Porovnání emisí skleníkových plynů při pěstování pšenice ozimé v různých stupních intenzity v relaci k jednotce plochy a jednotce produkce.

#### **3.2 Hypotézy**

1. Emise skleníkových plynů přepočtené na jednotku plochy jsou nižší v ekologickém režimu hospodaření, než v intenzivní i extenzivní formě konvenčního hospodaření.
2. Emise skleníkových plynů přepočtené na jednotku produkce jsou nižší v ekologickém režimu hospodaření, než v intenzivní i extenzivní formě konvenčního hospodaření.
3. Rozdíl v emisích skleníkových plynů při pěstování pšenice seté po přepočtu na jednotku produkce mezi ekologickým a extenzivním konvenčním systémem hospodaření není větší než 10 %.

## **4. MATERIÁL A METODIKA**

Předmětem bakalářské práce bylo porovnání ekologického a konvenčního systému hospodaření při pěstování pšenice ozimé ve vztahu k produkci skleníkových plynů.

### **4.1 Zemědělské systémy**

Ekologický systém hospodaření byl hodnocen podle vstupních dat vycházejících z více ekologických farem. Jedná se tak o běžně uplatňovanou pěstitelskou technologii pěstování pšenice ozimé v ekologickém zemědělství v České republice.

Konvenční systém hospodaření byl hodnocen na základě dvou případových studií lišících se intenzitou pěstování. Obě studie byly prováděny na Vysočině v bramborářské výrobní oblasti. Jako intenzivně konvenčně hospodařící podnik bylo hodnoceno zemědělské družstvo s pozemkem o průměrné nadmořské výšce 587 m, ležícím v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu. Půdním typem je zde kambizem. Jako extenzivní konvenční byl hodnocen pozemek malé rodinné farmy ležící v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu s průměrnou nadmořskou výškou pozemku 559 m, kde půdním typem je taktéž kambizem.

### **4.2 LCA studie**

V práci nebyla využita kompletní studie LCA, jednalo se o zjednodušenou studii, která se zabývala produkcí skleníkových plynů, ty byly přepočítány na kg tzv. CO<sub>2</sub> ekvivalentu (CO<sub>2e</sub>).

CO<sub>2e</sub> je měrnou jednotkou, která se používá ke standardizaci vlivů skleníkových plynů na klima. Zohledňuje různý tzv. skleníkový potenciál (vliv na skleníkový efekt) a je stanovena podle rovnice, kdy CO<sub>2e</sub> = 1x CO<sub>2</sub> nebo 23x CH<sub>4</sub> nebo 298x N<sub>2</sub>O.

#### **4.2.1 Definice cílů a rozsahu**

Cílem práce bylo porovnat množství skleníkových plynů vzniklých v ekologickém a konvenčním systému hospodaření. Do výpočtů byly zahrnuty všechny vstupy od základního zpracování půdy, předseťové přípravy, setí, osiva, hnojení, ochrany rostlin až po sklizeň, odvoz zrna z pole a jeho posklizňovou úpravu.

Funkční jednotkou byl zvolen 1 ha a 1 kg zrna pšenice ozimé a v práci nebyly využity žádné alokační postupy.

#### 4.2.2 Inventarizační analýza

Při inventarizaci byly sledovány všechny vstupy, výstupy, toky energie životního cyklu produktu a jejich velikost přepočtena na 1 ha plochy.

Vstupní data ekologického systému hospodaření vycházely z běžně uplatňované pěstitelské technologie pěstování pšenice ozimé v tomto systému hospodaření. Vstupní data o provedených operacích v intenzivním konvenčním a extenzivním konvenčním systému hospodaření byla získána formou dotazníkového šetření.

**Tabulka č. 3** – Inventarizace vstupů při pěstování pšenice ozimé v ekologickém systému hospodaření

Dotazník – vstupní data	
Plodina	Pšenice ozimá
Výnos zrna	3,03 t/ha
Množství osiva	220 kg/ha
Provedená operace	Spotřeba nafty (l/ha)
Nakládání a rozmetání hnoje mléčného skotu (20 t/ha)	13
Orba	17
Smykování	10
Setí secí kombinací (220 kg/ha)	10
Vláčení – plecí brány	10
Sklizeň	13

**Tabulka č. 4** – Inventarizace vstupů při pěstování pšenice ozimé v intenzivním konvenčním systému hospodaření

Dotazník – vstupní data	
Plodina	Pšenice ozimá
Výnos zrna	4,5 t/ha
Množství osiva	180 kg/ha
Provedená operace	Spotřeba nafty (l/ha)
Podmítka	10

Ošetření totálním herbicidem Roundup (1 l/ha)	0,75
Hluboké kypření	12
Hnojení NPK 8-24-24 (200 kg/ha)	0,75
Setí secí kombinací (180 kg/ha, odrůda Patras)	10
Ošetření herbicidem BIZON (1 l/ha)	0,75
Aplikace regulátoru CCC (0,5 l/ha) a aplikace mikrokomplex Cu, Mn, Zn (3 l/ha)	0,75
Ošetření fungicidem Prochloras (0,8 l/ha)	0,75
Hnojení LAV 27 (300 kg/ha)	0,75
Ošetření fungicidem TANGO SUPER (1 l/ha) a aplikace regulátoru MODDUS (0,3 l/ha)	0,75
Hnojení DAM 390 (140 l/ha)	0,75
Ošetření fungicidem HUTTON (0,8 l/ha)	0,75
Hnojení LAV 27 (100 kg/ha)	0,75
Sklizeň	13

**Tabulka č. 5** – Inventarizace vstupů při pěstování pšenice ozimé v extenzivním konvenčním systému hospodaření

<b>Dotazník – vstupní data</b>	
<b>Plodina</b>	Pšenice ozimá
<b>Výnos zrna</b>	4,8 t/ha
<b>Množství osiva</b>	220 kg/ha
<b>Provedená operace</b>	<b>Spotřeba nafty (l/ha)</b>
Podmítka	10
Orba	20
Smykování	10
Setí (220 kg/ha, odrůda Rytmus)	3
Válení	3
Hnojení LAV 27 (100 kg/ha)	0,75
Ošetření herbicidem HURRICANE (0,2 kg/ha)	0,75
Hnojení LAV 27 (100 kg/ha)	0,75
Ošetření herbicidem MUSTANG FORTE (0,7 l/ha)	0,75
Hnojení LAV 27 (100 kg/ha)	0,75
Sklizeň	13

#### **4.2.3 Hodnocení dopadů**

Dopady životního cyklu produktu na produkci skleníkových plynů vycházející z inventarizační analýzy byly vypočítány v softwarovém programu SimaPro, který využívá databáze Ecoinvent a při výpočtech bylo postupováno podle norem ISO 14040 a ISO 14044. Výsledky byly vyjádřeny jako kg CO<sub>2</sub> ekvivalentu a přepočítány na jednotku produkce (1 kg zrna pšenice ozimé) i na jednotku plochy (1 ha).

#### **4.2.4 Interpretace**

Cílem této fáze bylo vyhodnocení zjištěných výsledků, jejich analyzování, porovnání mezi jednotlivými sledovanými systémy hospodaření a hledání možnosti nápravy vedoucí ke snížení tohoto negativního vlivu. Více je uvedeno v následujících kapitolách č. 5. VÝSLEDKY A DISKUZE a č. 6. ZÁVĚR.



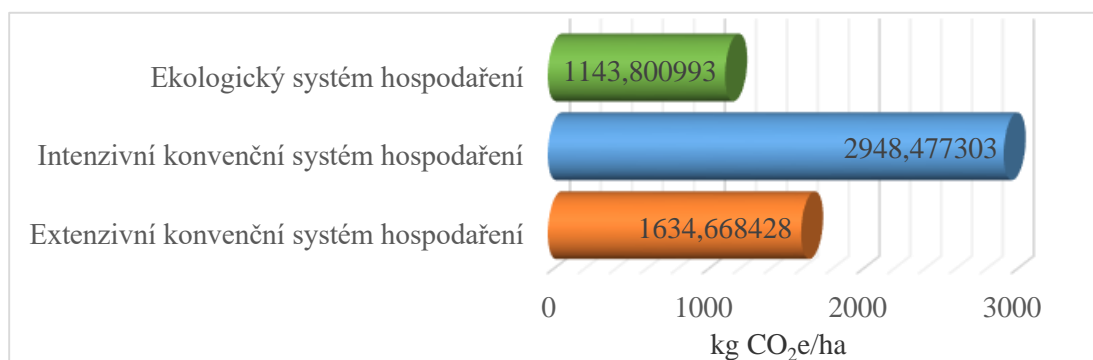
## 5. VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě inventarizovaných dat z ekologického a z konvenčních systémů hospodaření bylo v softwarovém programu SimaPro vypočteno množství emisí skleníkových plynů, ty byly vyjádřeny v kg CO<sub>2</sub> ekvivalentu. Pro porovnání byly výsledky přepočítány na 1 kg výnosu zrna i na 1 ha plochy.

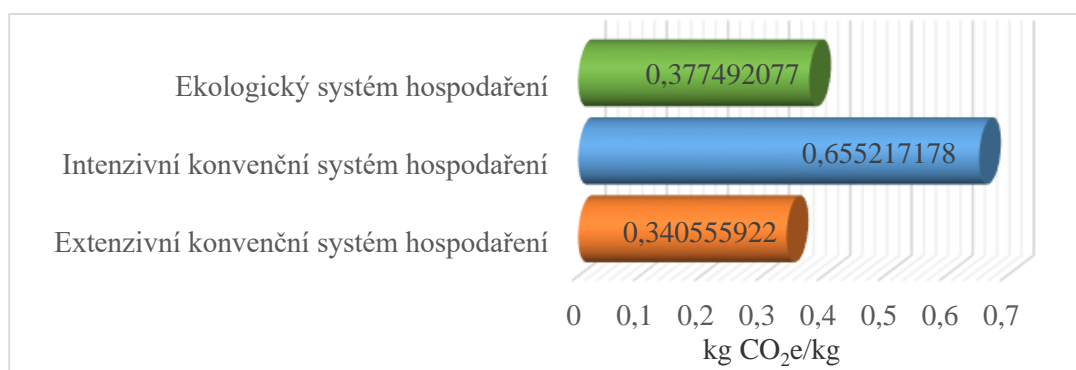
V následujícím grafu č. 1 je celková emisní zátěž v kg CO<sub>2</sub> ekvivalentu vyjádřena na 1 ha plochy a v grafu č. 2 jsou hodnoty vyjádřeny na 1 kg produkce zrna. Z grafu č. 1 je patrné, že při přepočtu na jednotku plochy byly zjištěny nejnižší emise skleníkových plynů v ekologickém systému hospodaření a tím se potvrdila i hypotéza č. 1. V grafu č. 2 můžeme vidět, že po přepočtu na jednotku produkce se rozdíl mezi celkovými vyprodukovanými emisemi, který můžeme vidět při přepočtu na jednotku plochy v konvenčním a ekologickém zemědělství snížil, jelikož v konvenčním zemědělství je zpravidla dosahováno vyšších výnosů a stejně tak tomu bylo ve sledovaném roce 2017. Na jednotku produkce byly emise v extenzivním konvenčním systému dokonce nižší než v ekologickém systému hospodaření, což vyvrátilo hypotézu č. 2.

Výnos zrna v ekologickém systému hospodaření 3,03 t/ha vycházel z dlouhodobého výnosového průměru pro pšenici ozimou pěstovanou v režimu ekologického zemědělství v České republice. Výnos zrna v intenzivním konvenčním systému hospodaření činil ve sledovaném roce z důvodu nepříznivého suchého počasí pouze 4,5 t/ha a při dlouhodobém výnosovém průměru v podniku přibližně 6 t/ha se tak jednalo o podprůměrný výnos. Výnos v extenzivním konvenčním systému hospodaření byl ve sledovaném roce 4,8 t/ha a blížil se tak dlouhodobému výnosovému průměru 4,9 t/ha.

**Graf č. 1** – Celková emisní zátěž v kg CO<sub>2</sub>e na 1 ha plochy



**Graf č. 2** – Celková emisní zátěž v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna



Výstupní data těchto kategorií byly ve výsledcích práce a v následujících grafech vyjádřeny v kg CO<sub>2</sub> ekvivalentu a pro vyšší vypovídající hodnotu bylo využito přepočtu na 1 kg výnosu zrna, které je hlavním produktem pěstování pšenice.

Výstupy množství skleníkových plynů, vycházející z jednotlivých vstupů od základního zpracování půdy až po odvoz zrna a posklizňovou úpravu zrna, byly seskupeny do 5 kategorií. Těmi jsou agrotechnické operace, hnojiva, osivo, pesticidy a polní emise N<sub>2</sub>O.

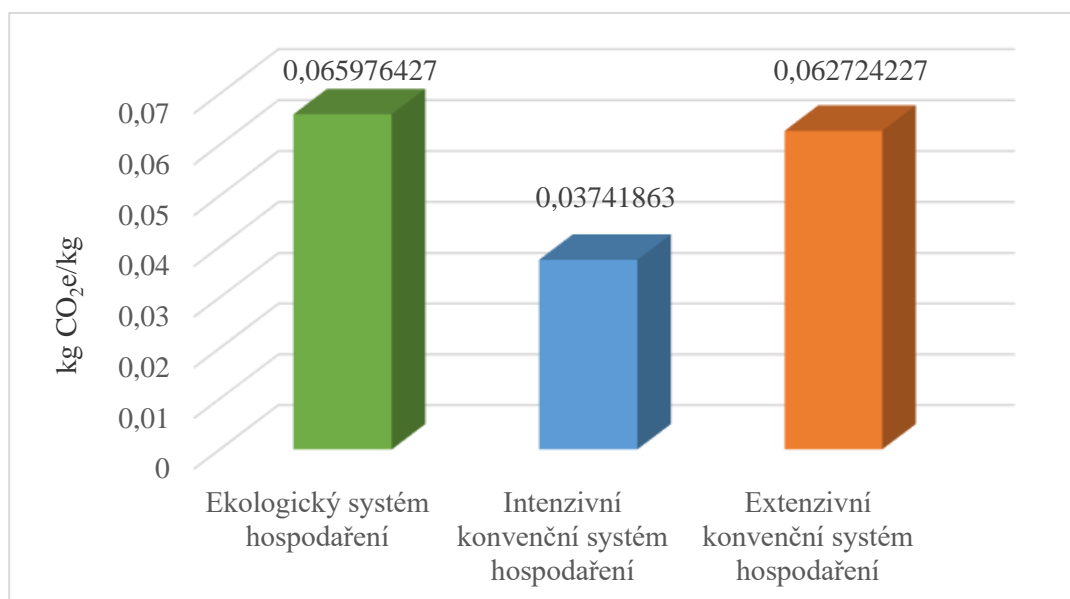
### 5.1 Emise z agrotechnických operací

Mezi emise z agrotechnických operací byly zahrnuty výstupy emisí ze základního zpracování půdy, předset'ové přípravy půdy, setí, aplikace hnojiv, aplikace pesticidů, dále emise vzniklé při sklizni, odvozu zrna a jeho posklizňové úpravě.

Největší podíl na emisích z agrotechnických operací měla orba, dále hluboké kypření, podmítka, setí a sklizeň. Rozdíly mezi sledovanými systémy ovšem zapříčinily především agrotechnické operace jako je smykování, vláčení, válení a také rozmetání statkových hnojiv, tyto operace byly využity v pěstování ekologickým způsobem nebo v případě extenzivního konvenčního pěstování, ve kterém byly emise z agrotechnických operací o 5 % nižší než v ekologickém. Některé tyto mechanické zásahy byly při pěstování intenzivním konvenčním způsobem nahrazovány aplikací pesticidů, která obecně neměla takový vliv na produkci skleníkových plynů (bylo při ní spotřebováno menší množství paliva). Také aplikace syntetických hnojiv vytvořila menší množství emisí oproti rozmetání statkových hnojiv v ekologickém režimu. Proto v intenzivním konvenčním systému

hospodaření připadlo v přepočtu na jednotku produkce nejnižší množství emisí pocházejících z agrotechnických operací, konkrétně byly emise nižší o 43 % než v ekologickém systému hospodaření a o 40 % nižší než v extenzivním konvenčním systému hospodaření. To potvrzují i výsledky JELÍNKOVÉ a kol. (2016), kteří vykazují při konvenčním pěstování pšenice o 41 % nižší emise z agrotechnických operací než v ekologickém zemědělství a zároveň uvádějí, že vyšší emise skleníkových plynů v ekologickém zemědělství vyplývají z větší potřeby agrotechnických vstupů souvisejících s nechemickou ochranou rostlin. Také MOUDRÝ a kol. (2013) potvrzují vyšší emise z agrotechnických operací v ekologickém zemědělství zejména kvůli intenzivnější mechanické ochraně proti patogenům.

**Graf č. 3** – Emisní zátěž vzniklá při agrotechnických operacích v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna



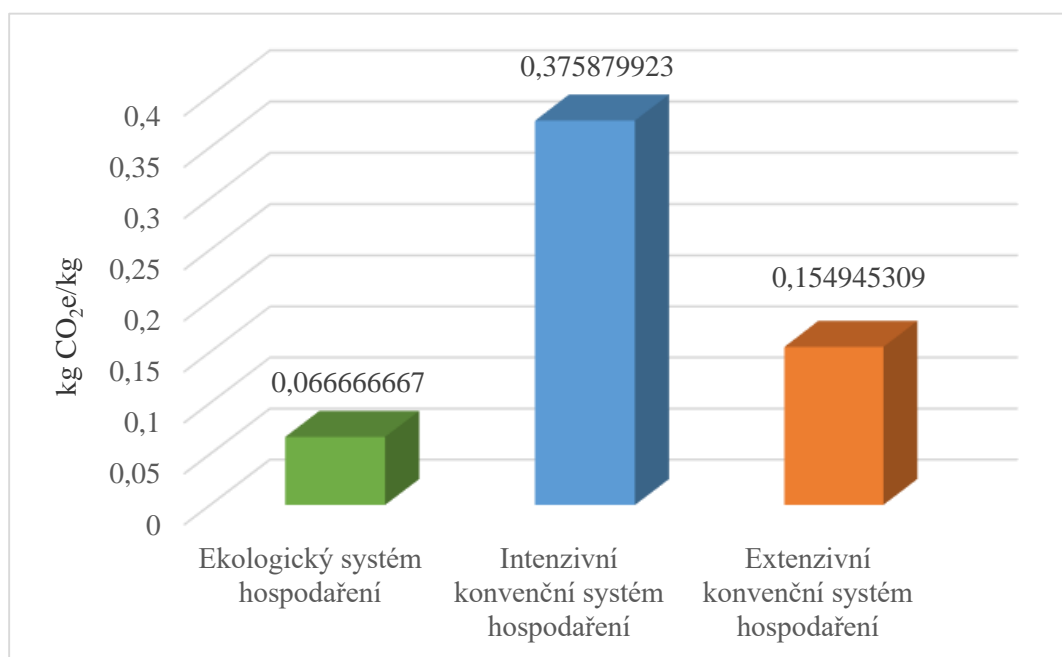
## 5.2 Emise z produkce hnojiv

Hnojení konvenčně pěstované pšenice probíhalo prostřednictvím minerálních hnojiv. V ekologickém režimu byla použita pouze hnojiva organická, použití syntetických hnojiv je v tomto systému hospodaření zakázáno.

Z grafu č. 4 jsou patrné rozdíly ve velikosti emisní zátěže na jednotku produkce mezi sledovanými variantami konvenčního systému hospodaření, ty byly způsobeny především rozdílnými dávkami použitých hnojiv. V extenzivní variantě

konvenčního zemědělství byly zjištěny emise z produkce hnojiv o 59 % nižší než emise z intenzivní varianty konvenčního zemědělství. Největší byl však rozdíl mezi intenzivním konvenčním systémem hospodaření a ekologickým systémem hospodaření, ve kterém byly emise vzniklé při produkci hnojiv nižší o 82 %, a zde se odrazila velikost použitých dávek. Především ale výsledky ovlivnil zákaz používání syntetických hnojiv v ekologickém zemědělství, při jejichž produkci vzniká velké množství emisí. To potvrzuje i MOUDRÝ a kol. (2013), který uvádí, že vyšší emisní zatížení v konvenčním zemědělství vyplývá zejména z použití rychle rozpustných dusíkatých hnojiv. Nižší emise z produkce hnojiv v ekologickém systému hospodaření oproti konvenčnímu uvádí i JELÍNKOVÁ a kol., (2016), a to o 69 %.

**Graf č. 4** – Emisní zátěž vzniklá při produkci hnojiv v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna



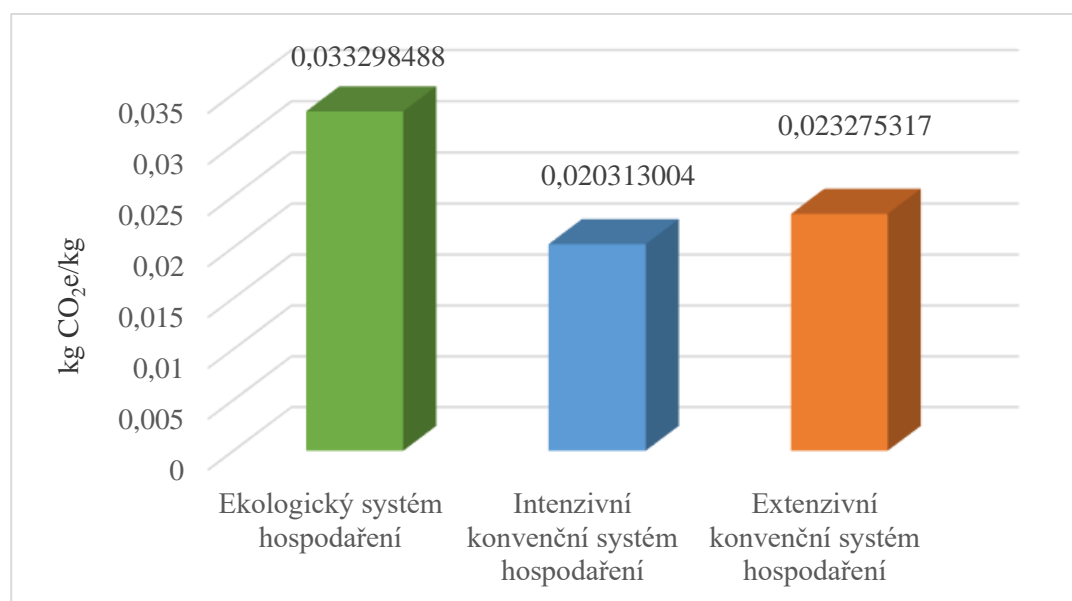
### 5.3 Emise z produkce osiva

V intenzivním konvenčním systému hospodaření bylo vyseto 180 kg a v extenzivním konvenčním systému hospodaření 220 kg mořeného osiva na ha. V ekologickém systému hospodaření bylo počítáno s výsevem ekologického osiva v dávce 220 kg na ha.

Velikost emisí z produkce osiva ovlivnil výsevek, a jelikož byly výsledky přepočítávány na jednotku produkce, tak i dosažený výnos. Oproti intenzivnímu

konvenčnímu systému hospodaření byla velikost emisí z produkce osiva použitého v extenzivním konvenčním systému hospodaření vyšší o 15 %. V ekologickém systému hospodaření pak byla produkce skleníkových plynů spojená s produkcí použitého osiva vyšší o 64 % než v intenzivním konvenčním systému hospodaření. JELÍNKOVÁ a kol., (2016) uvádí v ekologickém zemědělství vyšší emise spojené s produkcí osiva o 52 % oproti konvenčnímu zemědělství.

**Graf č. 5** – Emisní zátěž vzniklá při produkci osiva v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna

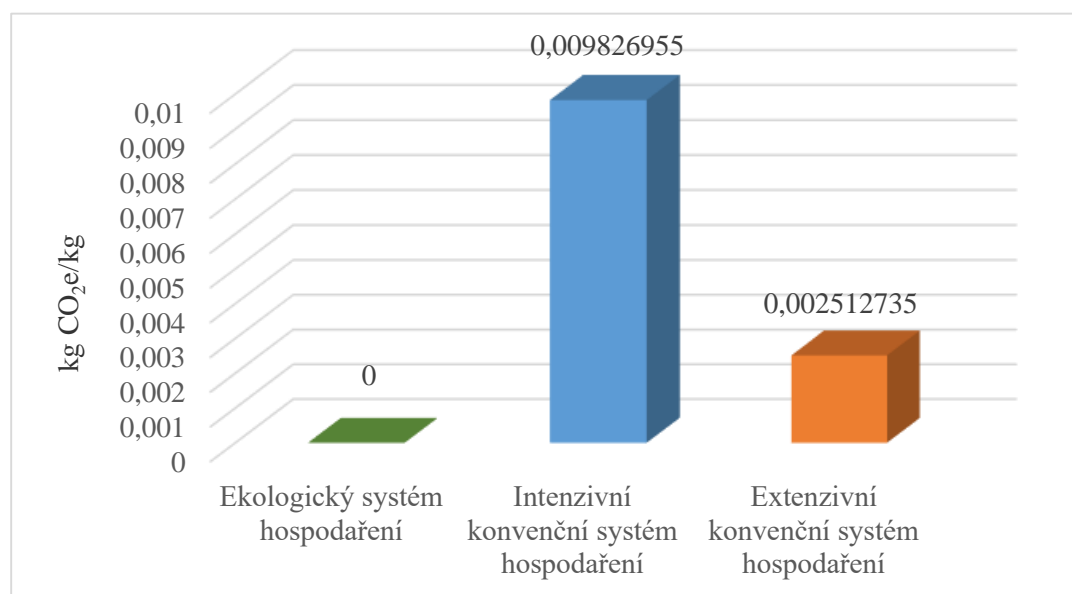


#### 5.4 Emise z produkce pesticidů

Do této kategorie byly vyjma emisí z produkce vlastních pesticidů zařazené i emise z dalších agrochemikálií, konkrétně z růstových regulátorů, které byly použity v případě intenzivní konvenční varianty pěstování pšenice. V konvenčních systémech hospodaření byly pesticidy využívány s různou intenzitou. V jeho intenzivní variantě byly použity herbicidy, včetně totálního herbicidu, fungicidů a růstových regulátorů. V extenzivní variantě proběhlo pouze ošetření herbicidy. V případě ekologického zemědělství nebyly použity žádné pesticidy a z tohoto zdroje tak nevznikly žádné emise skleníkových plynů. Jak uvádí ÚKZÚZ (2013), používání pesticidů v ekologickém zemědělství je značně omezeno, povoleny jsou pouze některé látky přírodního charakteru. Syntetické pesticidy, které tvoří velkou většinu všech pesticidů, jsou zakázány.

Právě zde byl nejvýznamnější rozdíl mezi ekologickým a konvenčním pěstováním. Znatelný rozdíl plynoucí z intenzity použití pesticidů byl i mezi porovnávanými konvenčními variantami pěstování, kdy v extenzivní variantě konvenčního pěstování bylo zatížení emisemi vzniklými při produkci pesticidů nižší o 74 %.

**Graf č. 6** – Emisní zátěž vzniklá při produkci pesticidů v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna



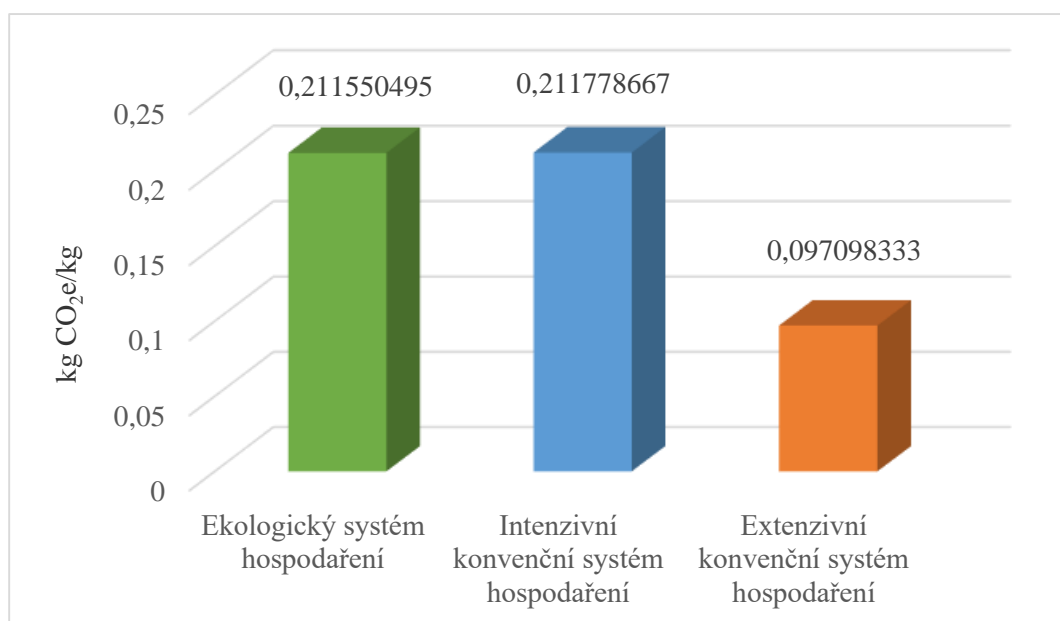
### 5.5 Polní emise N<sub>2</sub>O

Mezi polní emise oxidu dusného byly zahrnuty přímé emise oxidu dusného, které se uvolňují v důsledku aplikace hnojiv při denitrifikačních procesech v půdě a nepřímé emise oxidu dusného pocházející z atmosférické depozice a z dusíkatých látek propláchnutých do vodních toků a nádrží.

Velikost těchto emisí na jednotku produkce byla ovlivněna typem, množstvím použitých hnojiv a také dosaženým výnosem. MOUDRÝ a kol. (2013) potvrzují, že s rostoucím množstvím využitých hnojiv se obvykle zvyšuje i podíl N<sub>2</sub>O vypouštěného z půdy. Kromě toho má na polní emise N<sub>2</sub>O vliv i řada dalších faktorů včetně těžko ovlivnitelných, těmi jsou podle CHIRINDA a kol. (2010) klimatické podmínky a půdní vlastnosti, zejména pak provzdušnění půdy, její teplota a dostupnost uhlíku v půdě. Velikost emisí z ekologického systému hospodaření a z intenzivního konvenčního systému hospodaření byla téměř srovnatelná s minimálním

rozdílem, který činil 0,11 % ve prospěch ekologického systému hospodaření, jelikož v intenzivním konvenčním systému hospodaření bylo využito poměrně velkého množství dusíkatých minerálních hnojiv. Také dosažení podprůměrného výnosu ve sledovaném roce způsobilo navýšení emisí na jednotku produkce. JELÍNKOVÁ a kol. (2016) uvádějí nižší polní emise z konvenčního zemědělství o 27 % než v ekologickém zemědělství. V ekologickém systému hospodaření bylo hnojeno hnojem skotu, který jak ukazuje graf č. 7, vyprodukoval velké množství polních emisí N<sub>2</sub>O srovnatelných s poměrně vysokými dávkami syntetických hnojiv, které byly použity v intenzivním konvenčním systému hospodaření. Také STAPPEN a kol. (2015) uvádí, že v ekologickém zemědělství je největší podíl emisí spojen s používáním organických hnojiv. Polní emise z extenzivního konvenčního systému hospodaření byly nižší o 54 % než předchozí dva zmiňované systémy díky nižším použitým dávkám hnojiv a také nejvyššímu dosaženému výnosu.

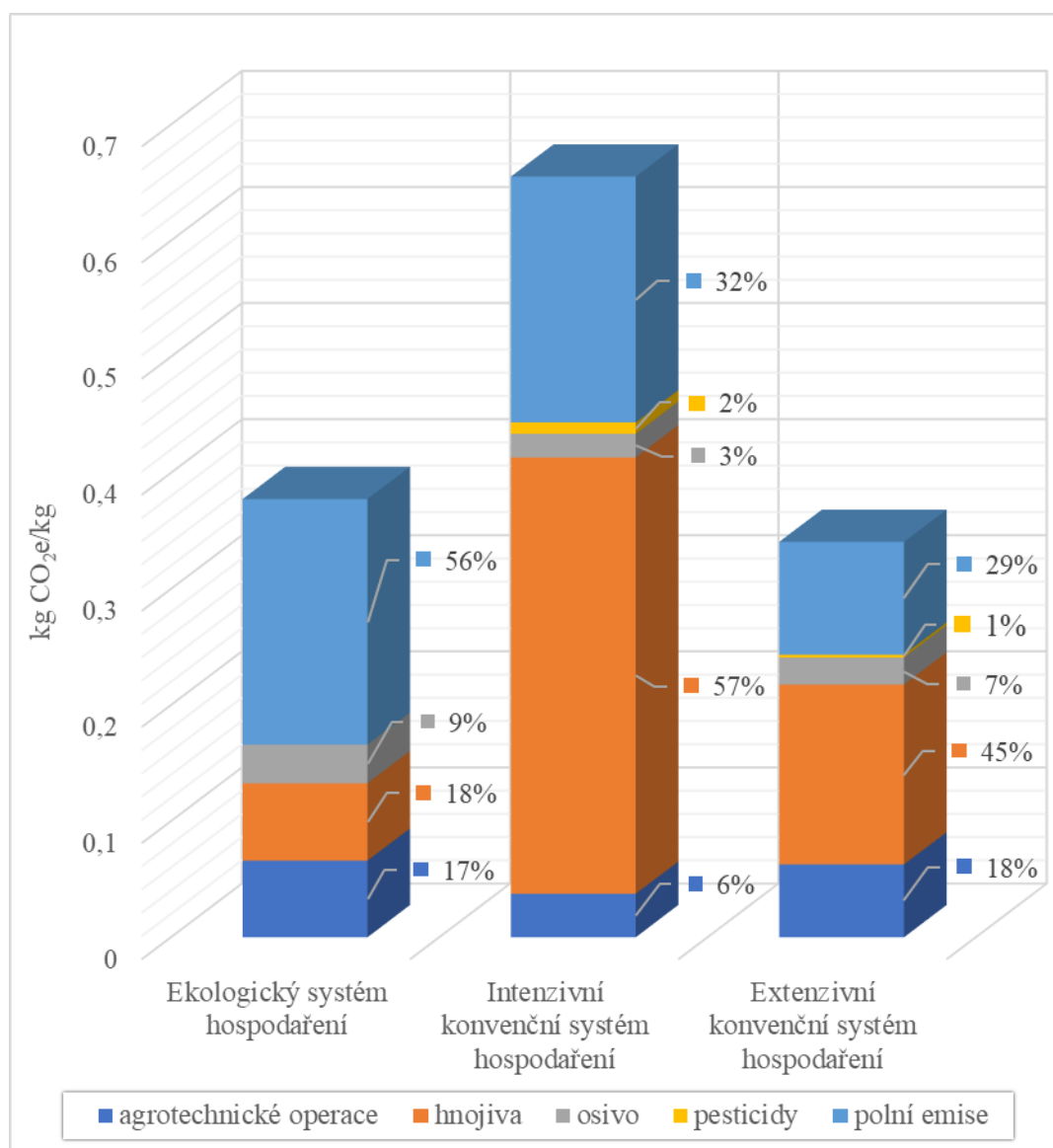
**Graf č. 7** – Vznik polních emisí N<sub>2</sub>O v kg CO<sub>2</sub>e na produkci 1 kg zrna



## 5.6 Celkové emise skleníkových plynů

Ekologický systém a konvenční systémy hospodaření se lišily ve velikosti emisí z jednotlivých emisních kategorií, jak bylo rozebráno v předchozích kapitolách. Rozdíl byl pochopitelně i ve velikosti celkové produkce skleníkových plynů a rovněž v různém procentuálním zastoupení emisních kategorií, což je uvedeno v následujícím grafu č. 8.

**Graf č. 8** – Celková emisní zátěž v kg CO<sub>2</sub>e na 1 kg zrna a procentuální zastoupení emisních kategorií



Z grafu je patrné, že nejvyšší celkové emise skleníkových plynů na jednotku produkce byly zjištěny v intenzivním konvenčním systému hospodaření, oproti tomu v ekologickém systému hospodaření byly emise nižší o 42 % a emise z extenzivního konvenčního systému hospodaření byly nižší o 48 %. Tento rozdíl byl způsoben různou intenzitou vstupů do pěstování, a protože byla emisní zátěž přepočítána na jednotku produkce, významně se na výsledku podílel i výnos zrna pšenice. Podprůměrný výnos intenzivního konvenčního systému ve sledovaném roce zvýšil emise na jednotku produkce z tohoto systému hospodaření, kdyby bylo počítáno



s dlouhodobým průměrným výnosem, mohli bychom předpokládat snížení rozdílu ve velikosti emisí z tohoto systému v porovnání s dalšími dvěma sledovanými systémy hospodaření. Například JELÍNKOVÁ a kol. (2016) uvádí, že v ekologickém systému hospodaření pšenice jsou v přepočtu na jednotku produkce celkové emise nižší pouze o 8,04 % než v konvenčním systému hospodaření. LINDENTHAL a kol. (2010) uvádí celkovou emisní zátěž na jednotku produkce v ekologickém zemědělství nižší oproti konvenčnímu i při výrobě pšeničného chleba. Extenzivní konvenční systém hospodaření vyprodukoval o 10 % méně skleníkových plynů než ekologický systém hospodaření, tím byla potvrzena hypotéza č. 3, že rozdíl ve velikosti emisí skleníkových plynů přepočtených na jednotku produkce nebude větší než 10 %. Vliv měl opět mimo odlišnosti ve vstupech i výnos zrna, který byl v extenzivním konvenčním systému hospodaření ve sledovaném roce nejvyšší.

V ekologickém systému hospodaření měly na celkových emisích největší podíl polní emise s 56 %. Dále se významně podíleli emise vzniklé při produkci hnojiv s 18 %, produkce chlévského hnoje nemá ovšem takovou emisní zátěž jako produkce syntetických hnojiv, které byly využity v konvenčních systémech hospodaření a kde byla zjištěná zátěž z produkce hnojiv o mnoho vyšší. Podstatné byly i emise z agrotechnických operací. V ekologickém režimu pěstování bylo třeba čtenějším prováděním mechanických operací bojovat například proti zaplevelení a nahradit tak nepovolenou aplikaci syntetických herbicidů, která byla využívána v konvenčním zemědělství. Na celkových emisích se emise z agrotechnických operací podílely ze 17 %. Nejnižší podíl připadl na emise vzniklé při produkci osiva a to 9 %.

V obou konvenčních systémech hospodaření bylo pořadí jednotlivých emisních kategorií podle velikosti vlivu na celkové emisní zátěži stejné, ale lišilo se v procentuálním zastoupení těchto kategorií. Emise z výroby hnojiv představovali z pohledu produkce skleníkových plynů nejvýznamnější kategorii, to potvrzují i STAPPEN a kol. (2015), kteří také uvádějí, že největší emise v konvenčním systému hospodaření vznikly v důsledku použití minerálních hnojiv. Rovněž LINDENTHAL a kol. (2010) uvádějí, že větší produkce skleníkových plynů v konvenčním zemědělství vychází především z používání dusíkatých minerálních hnojiv, při jejichž výrobním procesu vzniká velká zátěž. V intenzivní variantě se emise z produkce hnojiv na celku podílely z 57 % a v extenzivní variantě ze 45 %, to bylo způsobeno rozdílem v použitých dávkách hnojiv. Následovaly polní emise

v intenzivní variantě s 32 % a v extenzivní s 29 %, jejich velikost byla taktéž ovlivněna intenzitou hnojení. Dále emise z agrotechnických operací zaujímaly v intenzivní variantě konvenčního zemědělství 6 % a v extenzivní variantě 18 % z celkových emisí. Tento rozdíl byl způsoben spojováním agrotechnických operací (například při využití secí kombinace) nebo provedením hlubokého kypření místo klasické orby v intenzivní variantě konvenčního systému hospodaření. Menší podíl z celkových emisí představovaly emise vzniklé při produkci osiva. V intenzivní variantě se jednalo o 3 % a v extenzivní o 7 %. A množství vyprodukovaných skleníkových plynů z produkce pesticidů na celkových emisích bylo ještě menší a na celkovém množství mělo nejmenší podíl vůbec. V intenzivním konvenčním systému hospodaření tvořilo pouze 2 % a v extenzivním konvenčním systému hospodaření pouze 1 % z celkových emisí. Rozdíl v dopadech mezi konvenčními systémy, vyplývající z použití pesticidů a obzvláště rozdíl mezi konvenčními, a ekologickým systémem hospodaření by byl významný při hodnocení ne z pohledu produkce skleníkových plynů, ale z pohledu kontaminace složek životního prostředí rezidui pesticidů, což je hlavní problém jejich používání. Jak uvádí PEPPERŇY (2015) pesticidy se mohou nejčastěji jako nezměněné účinné látky, jejich metabolity nebo jejich reakční a rozkladné produkty dostat do potravin, ať už přímo při ošetřování plodin určených k potravinářským účelům nebo nepřímo, kdy dochází k jejich přenosu do živočišných produktů. Mimo potravin mohou pesticidy proniknout i do pitné vody a způsobovat tak různá rizika pro konzumenty (HAMILTON, CROSSLEY, 2004). Působení pesticidů může mít také negativní dopad na biologickou rozmanitost (JELÍNKOVÁ a kol., 2016).

## 6. ZÁVĚR

Z výsledků práce vyplývá, že pěstování pšenice ozimé v ekologickém zemědělství je z pohledu produkce skleníkových plynů k životnímu prostředí šetrnější než pěstování intenzivním konvenčním způsobem. Konkrétně v ekologické produkci vzniklo o 42 % méně skleníkových plynů na jednotku produkce než v intenzivní variantě konvenčního systému hospodaření. Tento významný rozdíl ovlivnil i podprůměrný výnos v intenzivním konvenčním systému dosažený ve sledovaném roce 2017 způsobený nepříznivým suchem trvajícím po dlouhou dobu. Z hlediska celkové produkce skleníkových plynů přepočtených na jednotku produkce nejlépe vyšel extenzivní konvenční systém hospodaření. Produkce skleníkových plynů zde byla dokonce o 10 % nižší než v ekologickém systému hospodaření a o 48 % nižší než v intenzivním konvenčním systému hospodaření. Z toho vyplývá, že v některých případech lze i konvenčně hospodařit vzhledem k produkci skleníkových plynů na jednotku produkce příznivěji než v ekologickém systému hospodaření, čehož je docíleno především vyššími dosahovanými výnosy v konvenčním zemědělství.

V ekologickém systému hospodaření zaujímaly nejvýznamnější část polní emise  $N_2O$ . Významné byly i emise z agrotechnických operací. Polní emise  $N_2O$  jsou poměrně variabilní, protože na ně má vliv řada faktorů včetně těžko ovlivnitelných. Další snaha o redukci emisí  $N_2O$ , například snížením dávky hnojiva, nebo snaha o redukci emisí z agrotechnických operací pomocí jejich spojování nebo vynechání by mohla vést ke zhoršení stavu porostu a možného většího napadení škodlivými činiteli. Což by mělo následně negativní vliv na výnos, a tak by nemuselo dojít ke snížení emisí skleníkových plynů, které se přepočítávají na jednotku produkce. Veškerá nápravná opatření pro snížení emisí by proto rozhodně neměla mít negativní dopad na výnos. A cílem by měla být snaha alespoň o zachování nebo nejlépe zvýšení výnosu. Pozitivní vliv by mohli mít stále probíhající výzkumné činnosti v ekologickém zemědělství a šlechtění nových odrůd pro tento režim hospodaření.

V intenzivním konvenčním systému hospodaření byl z hlediska produkce skleníkových plynů problém především v celkové dávce hnojiv, které nebyly ve sledovaném roce kvůli nepříznivému počasí pšenicí využity a došlo tak k výraznému zvýšení emisí na jednotku produkce. Jedním z opatření by tak mohla být snaha o lepší využití hnojiva dodržováním přesných termínů aplikace a vhodných dávek i

s ohledem na aktuální situaci počasí. Avšak ve sledovaném roce 2017 došlo k nepředvídatelnému dlouhodoběji působícímu suchu.

Extenzivní konvenční systém zemědělství ve sledovaném roce vyšel, co se týče množství skleníkových plynů na jednotku produkce, nejlépe. Emise skleníkových plynů by bylo pravděpodobně možné ještě mírně snížit spojováním agrotechnických operací (například využitím secí kombinace).

Vhodné je dodat, že pro úplné zhodnocení sledovaných systému hospodaření z pohledu emisní zátěže by bylo potřebné analyzovat a vyhodnotit pěstování v rozsahu celého osevního postupu a také vycházet z pěstitelských technologií prováděných v co největším počtu podniků a z průměrných dlouhodobých výnosů. To však vzhledem k rozsahu a možnostem nebylo předmětem této bakalářské práce.

## 7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

BADGLEY, C., J. MOGHTADER, E. QUINTERO, E. ZAKEM, M. J. CHAPPELL, K. AVILÉS-VÁZQUEZ, A. SAMULON a I. PERFECTO. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* [online]. 2007, **22**(02), 86-108 [cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1017/S1742170507001640. ISSN 1742-1705. Dostupné z:

[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S1742170507001640](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742170507001640)

BERAN, J., J. DRAHORÁD, J. SUCHÁNEK, A. BEZDÍČKOVÁ, V. BITTNER, M. ZACHARIÁŠOVÁ, J. HAJŠLOVÁ a P. ORT. *Pšenice ozimá od A do Z*. Bayer CropScience [online]. 2009, [cit. 2017-04-16]. Dostupné z:

<http://www.bayercropscience.cz/dokumenty/prospekty/prospekt-ozima-psenice-od-a-do-z.aspx>

BOARDMAN, John a Jean POESEN. *Soil erosion in Europe*. Hoboken. NJ: Wiley, 2006. ISBN 978-0-470-85910-0.

BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, a kol. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.

CLINE, William R. *Global warming and agriculture: impact estimates by country*. Washington, DC: Peterson Institute for International Economics, 2007. ISBN 978-0-88132-403-7.

CURRAN, Mary Ann. *Goal and scope definition in life cycle assessment*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-94-024-0854-6.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2017* [online]. 2018, [cit. 2018-02-20]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2017>

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: *Soupis ploch osevů - k 31. 5. 2017* [online]. 2017, [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2017>

DIVIŠ, Jiří. *Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitostí)*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. ISBN 978-80-7394-216-8.

DVORSKÝ, Jan a Jiří URBAN. *Základy ekologického zemědělství: podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady*. Brno: ÚKZÚZ, 2014. ISBN 978-80-7401-098-9.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Water for agriculture* [online]. Dánsko, 2012, 6 [cit. 2017-10-28]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/articles/voda-pro-zemedelstvi>

FAMĚRA, Oldřich. *Základy pěstování ozimé pšenice*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1993. ISBN 80-7105-045-8.

FINNVEDEN, G., M. Z. HAUSCHILD, T. EKVALL, a kol. Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management* [online]. 2009, **91**(1), 1-21 [cit. 2018-02-16]. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.06.018. ISSN 03014797. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479709002345?via%3Dihub>

FLIEßBACH, A., H. OBERHOLZER, L. GUNST a P. MÄDER. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [online]. 2007, **118**(1-4), 273-284 [cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1016/j.agee.2006.05.022. ISSN 01678809. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880906001794?via%3Dihub>

FOTT, P., J. PRETEL, D. VÁCHA, V. NEUŽIL a J. BLÁHA. Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. *ČHMÚ, Praha, 97p*, 2003.

GUINÉE, J. B. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-4020-0228-9.

HAMILTON, Denis a Stephen. CROSSLEY. *Pesticide residues in food and drinking water: human exposure and risks*. New York: J. Wiley, 2004. ISBN 0-471-48991-3.

HAMZA, M.A. a W.K. ANDERSON. Soil compaction in cropping systems. *Soil and Tillage Research* [online]. 2005, **82**(2), 121-145 [cit. 2017-12-28]. DOI: 10.1016/j.still.2004.08.009. ISSN 01671987. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198704001849>

HOLE, D.G., A.J. PERKINS, J.D. WILSON, I.H. ALEXANDER, P.V. GRICE a A.D. EVANS. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* [online]. 2005, **122**(1), 113-130 [cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1016/j.biocon.2004.07.018. ISSN 00063207. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320704003246>

HORNE, R., T. GRANT a K. VERGHESE. *Life cycle assessment: principles, practice, and prospects*. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub, 2009. ISBN 978-0643094529.

CHIRINDA, N., M. S. CARTER, K. R. ALBERT, P. AMBUS, J. E. OLESEN, J. R. PORTER a S. O. PETERSEN. Emissions of nitrous oxide from arable organic and conventional cropping systems on two soil types. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [online]. 2010, **136**(3-4), 199-208 [cit. 2018-04-01]. DOI: 10.1016/j.agee.2009.11.012. ISSN 01678809. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909003430?via%3Dihub>

JELÍNKOVÁ, Z., J. MOUDRÝ, J. BERNAS, M. KOPECKÝ a P. KONVALINA. Environmental and economic aspects of *Triticum aestivum* L. and *Avena sativa* growing. *Open Life Sciences* [online]. 2016, **11**(1), - [cit. 2018-03-23]. DOI: 10.1515/biol-2016-0069. ISSN 2391-5412. Dostupné z: <https://www.degruyter.com/view/j/biol.2016.11.issue-1/biol-2016-0069/biol-2016-0069.xml>

JENÍČEK, Vladimír a Jaroslav FOLTÝN. *Globální problémy světa: v ekonomických souvislostech*. Praha: C.H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-326-4.

JERMÁŘ, Milan. *Globální změna: cesta ze světového chaosu do budoucnosti*. Praha: Aula, 2010. ISBN 978-80-86751-05-4.

KALVOVÁ, Jaroslava a Bedřich MOLDAN. *Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-7184-315-6.

KLÖPFFER, Walter. Life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 1997, 4(4), 223-228 [cit. 2018-02-19]. DOI: 10.1007/BF02986351. ISSN 0944-1344. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF02986351>

KLÖPFFER, Walter a Birgit GRAHL. *Life Cycle Assessment (LCA)*. Hoboken: Wiley, 2014. ISBN 978-3-527-65565-6.

KOČÍ, Vladimír. *Posuzování životního cyklu Life Cycle Assessment - LCA*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009. ISBN 978-80-86832-42-5.

KONVALINA, P., J. MOUDRÝ, J. KALINOVÁ, I. CAPOUCHOVÁ, a Z. STEHNO. *Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 978-80-7394-116-1.

KONVALINA, Petr a Jan MOUDRÝ. *Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 978-80-7394-131-4.

KONVALINA, P., E. ZECHNER a J. MOUDRÝ. *Šlechtění a hodnocení vhodnosti odrůd pšenice seté (Triticum aestivum L.) pro ekologické a low input systémy hospodaření: (Breeding and variety testing of bread wheat-Triticum aestivum L. for organic and low input farming): vědecká monografie*. České Budějovice: Jihočeská



univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-7394-039-3.

KOTAJI, S., A. SCHUURMANS a S. EDWARDS. *Life-cycle assessment in building and construction: a state-of-the-art report, 2003*. Pensacola, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2003. ISBN 1-880611-59-7.

KOVÁČ, Karol a Severín KUBINEC. *Pestovanie ozimnej pšenice a pôdoochranárske technológie pestovania obilnín*. Piešťany: VÚRV, 1998. ISBN 80-88790-10-7.

KOVÁŘ, Pavel. *Ekosystémová a krajinná ekologie*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2044-2.

KŘEN, Jan, a kol. *Metodika pěstování ozimých obilnin: [pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale]*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav, 1998. ISBN 80-902545-2-7.

KUTÍLEK, Miroslav. *Racionálně o globálním oteplování*. Praha: Dokořán, 2008. ISBN 978-80-7363-183-3.

LINDENTHAL, T., T. MARKUT, S. HÖRTENHUBER a R. GWENDOLYN. Greenhouse gas emissions of organic and conventional foodstuffs in Austria. In: *Proceedings of the International Conference on LCA in the Agri-Food, Bari, Italy*. 2010. p. 319-324. Dostupné z: [http://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/oesterreich/arbeitschwerpunkte/Klima/lindenthal\\_ghge\\_organic\\_conventional\\_1010.pdf](http://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/oesterreich/arbeitschwerpunkte/Klima/lindenthal_ghge_organic_conventional_1010.pdf)

Greenhouse gas emissions of organic and conventional foodstuffs in Austria. In: *Proceedings of the International Conference on LCA in the Agri-Food, Bari, Italy*. 2010. p. 319-324.

MCLAUGHLIN, Alison a Pierre MINEAU. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [online]. 1995, **55**(3), 201-212

[cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1016/0167-8809(95)00609-V. ISSN 01678809. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016788099500609V>

MIŇOVSKÝ, O., E. KRTKOVÁ a P. FOTT, a kol. *National Greenhouse Gas Inventory of the Czech Republic*. Prague: ČHMÚ, 2013.

MOTL, Luboš a Marek LOUŽEK, a kol. *Globální oteplování: realita nebo bublina? sborník textů*. Praha: CEP-Centrum pro ekonomiku a politiku, 2008. Ekonomika, právo, politika. ISBN 978-80-86547-99-2.

MOUDRÝ, Jan. Environmental Aspects Of Organic Farming. *Organic Agriculture Towards Sustainability* [online]. InTech, 2014 [cit. 2017-03-19]. DOI:10.5772/58298. ISBN 9789535113409. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/organic-agriculture-towards-sustainability/environmental-aspects-of-organic-farming>

MOUDRÝ JR., J., Z. JELÍNKOVÁ, J. MOUDRÝ, J. BERNAS, M. KOPECKÝ a P. KONVALINA. Influence of farming systems on production of greenhouse gas emissions within cultivation of selected crops. *International journal of food, agriculture and environment*, 2013, 11.3-4: 1015-1018.

MOUDRÝ, J., Z. JELÍNKOVÁ, R. PLCH, P. KONVALINA a R. HYŠPLER. The emissions of greenhouse gases produced during growing and processing of wheat products in the Czech Republic. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2013, č. 11, s. 1133-1136. ISSN 1459-0255.

MOUDRÝ, Jan a Jan JŮZA. *Pěstování obilnin*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1998. ISBN 80-7040-274-1.

MOUDRÝ, J., P. KONVALINA, J. KALINOVÁ, J. MOUDRÝ (JR), Z. ŠTĚRBA, J. ŠRÁMEK a I. ZDRHOVÁ. *Pěstování obilnin v ekologickém zemědělství: Metodika pro ekologické zemědělce*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007.

MOUDRÝ, J., P. KONVALINA, J. MOUDRÝ JR. a J. KALINOVÁ. *Ekologické zemědělství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-7394-046-1.

MOYA, Bernardo Llamas a Juan POUS, a kol. *Greenhouse Gases*. Croatia: InTech, 2016. ISBN 978-953-51-2273-9.

NIGGLI, U., H. SCHMID a A. FLIESSBACH. *Organic farming and climate change*. International Trade Centre (ITC), Geneva, 2008.

PEPPERŇÝ, Karel. Rezidua pesticidů v potravinách – zdravotní rizika a aktuální stav. *STÁTŇÍ ZDRAVOTŇÍ ÚSTAV* [online]. 2015 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/rezidua-pesticidu-v-potravinach-zdravotni-rizika-a-aktualni>

PETR, Jiří. *Intenzivní obilnářství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1983. ISBN 07-061-83.

PIMENTEL, D., P. HEPPELY, J. HANSON, D. DOUDS a R SEIDEL. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience* [online]. 2005, **55**(7), 573- [cit. 2017-12-29]. DOI: 10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2. ISSN 0006-3568. Dostupné z: <https://academic.oup.com/bioscience/article/55/7/573-582/306755>

POLÁŠKOVÁ, Anna. *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1927-9.

PRAŽAN, Jaroslav. *Programy na ochranu a obnovu životního prostředí v zemědělství: (agroenvironmentální programy)*. Praha: Nadační fond ekologického zemědělství, 1999.

QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.

REBITZER, G., T. EKVALL, R. FRISCHKNECHT, et al. Life cycle assessment. *Environment International* [online]. 2004, **30**(5), 701-720 [cit. 2018-02-17]. DOI: 10.1016/j.envint.2003.11.005. ISSN 01604120. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412003002459?via%3Dihub>

ROŽNOVSKÝ, J., T. LITSCHMANN a REDAKCE. *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti: XV. československá bioklimatologická konference: 12.-14. září 2005, Křtiny: sborník abstraktů*. Praha: Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 2005. ISBN 8086690318.

SABLJIC, Aleksandar. *Environmental and ecological chemistry*. Oxford, U.K.: Eolss Publishers, 2009. ISBN 978-1-84826-186-0.

SCIALABBA, Nadia a Caroline HATTAM. *Organic agriculture, environment, and food security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002. ISBN 92-5-104819-3.

SMITH, P., D. MARTINO, Z. CAI, a kol. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2008, **363**(1492), 789-813 [cit. 2017-09-11]. DOI: 10.1098/rstb.2007.2184. ISSN 0962-8436. Dostupné z:

<http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2007.2184>

STOATE, C., N. D. BOATMAN, R. J. BORRALHO, C. R. CARVALHO, G. R. de SNOO a P. EDEN. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* [online]. 2001, **63**(4), 337-365 [cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1006/jema.2001.0473. ISSN 03014797. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479701904736?via%3Dihub>

STOLZE, Matthias, a kol. *Environmental impacts of organic farming in Europe*. Universität Hohenheim: Stuttgart-Hohenheim, 2000. ISBN 3-933403-05-7.

ŠARAPATKA, Bořivoj. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010. ISBN 978-80-87371-10-7.

ŠARAPATKA, Bořivoj a Urs NIGGLI. *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-1885-8.

ŠARAPATKA, Bořivoj a Jiří URBAN. *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO, 2005. ISBN 80-903583-0-6.

ŠNOBL, Josef a Josef PULKRÁBEK. *Základy rostlinné produkce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-213-1340-4.

ŠREDNICKA-TOBER, Dominika, a kol. Environmental impact of organic vs. conventional agriculture-a review. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2016, č. 61, s. 204-211. ISSN 1642-686X.

TAUFEROVÁ, A., M. PETRÁŠOVÁ, J. POKORNÁ, B. TREMLOVÁ a P. BARTL. *Rostlinná produkce*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-717-6.

TILMAN, D., C. BALZER, J. HILL a B. L. BEFORT. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2011, **108**(50), 20260-20264 [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1073/pnas.1116437108. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1116437108>

TLAPÁK, V., J. ŠÁLEK a V. LEGÁT. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. ISBN 80-209-0232-5.

TUOMISTO, H.L., I.D. HODGE, P. RIORDAN a D.W. MACDONALD. Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* [online]. 2012, **112**, 309-320 [cit. 2017-03-19]. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.08.018. ISSN 03014797. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479712004264?via%3Dihub>

URBAN, Jiří a Bořivoj ŠARAPATKA. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi*. Praha: MŽP, 2003. ISBN 80-7212-274-6.

ÚKZÚZ: Ekologické osivo. *Eagri.cz* [online]. 2018, [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/ekologicke-osivo/>

ÚKZÚZ: Rezidua pesticidů v ekologické produkci a Prováděcí Nařízení EK č. 392 ke kontrole EZ, *Eagri.cz* [online]. 2013, [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2013\\_rezidua-pesticidu-v-ekologicke-produkci.html](http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2013_rezidua-pesticidu-v-ekologicke-produkci.html)

ÚKZÚZ: Rostlinolékařský portál. *Eagri.cz* [online]. 2017, [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public/#ior|met:8fdad2df38799d608113b175ea02b893|kap1:plodiny|kap:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c53bebf](http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#ior|met:8fdad2df38799d608113b175ea02b893|kap1:plodiny|kap:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c53bebf)

VAN STAPPEN, F., A. LORIER, M. MATHOT, V. PLANCHON, D. STILMANT a F. DEBODE. Organic Versus Conventional Farming: The Case of wheat Production in Wallonia (Belgium). *Agriculture and Agricultural Science Procedia* [online]. 2015, 7, 272-279 [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.12.047. ISSN 22107843. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784315300486>

WINKLER, J., V. SMUTNÝ a A. NEISCHL. Plevelé v ozimé pšenici a způsoby jejího pěstování. *Agromanuál.cz* [online]. Mendelova univerzita v Brně, 2016 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/plevele-v-ozime-psenici-a-zpusoby-jejeho-pestovani>

ZIMOLKA, J., S. EDLER, L. HŘIVNA, J. JÁNSKÝ, P. KRAUS, J. MAREČEK, F. NOVOTNÝ, R. RICHTER, K. ŘÍHA a F. TICHÝ. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press, 2005. ISBN 80-86726-09-6.