

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu

Katedra: Katedra agroekosystémů

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

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Inventarizační analýza LCA pro vybrané druhy obilovin

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Moudrý, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Šárka Panušková

České Budějovice, 2020

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Šárka PANUŠKOVÁ**  
Osobní číslo: **Z18072**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie – Péče o krajinu**  
Téma práce: **Inventarizační analýza LCA pro vybrané druhy obilovin**  
Zadávající katedra: **Katedra agroekosystémů**

#### Zásady pro vypracování

Cíl práce: Sestavení inventarizační analýzy LCA pro vybrané druhy obilovin. Pro vyhodnocení environmentální zátěže vznikající při pěstování obilovin v konvenčním a ekologickém systému hospodaření (důraz na dopadovou kategorii Climate change) bude sestavena inventarizační analýza shrnující vstupy a operace v rámci pěstování žita a pšenice v konvenčním a ekologickém systému hospodaření. V návaznosti na získaná data bude vytvořen orientační výpočet environmentální zátěže vznikající při pěstování žita a pšenice v konvenčním a ekologickém režimu hospodaření.

Bakalářská práce bude obsahovat následující kapitoly:

1. Úvod – úvod do problematiky (doporučený rozsah 1 strana, bez citací)
2. Literární přehled – seznam témat hlavních kapitol (rozsah cca 50% textové části DP)
3. Cíl práce a definice pracovních hypotéz (doporučený rozsah 1 strana)
4. Metodický postup – jasná a stručná metodika práce (popis metody LCA, důraz na inventarizační analýzu, metodika získání dat, syntéza dat)
5. Výsledky a diskuse – Detailní rozbor dat získaných v rámci inventarizační analýzy, interpretace výstupů LCA (rozsah cca 50% textové části DP)
6. Závěr – shrnutí výsledků (doporučený rozsah 1-2 strany, bez citací)
7. Seznam citované literatury (minimálně 1/3 literárních pramenů ze zahraničních zdrojů – vědecké časopisy, knihy)

Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran včetně příloh**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

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

Fott, P., Pretel, J., a kol. (2003). Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. ČHMÚ, 97 s.

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.

Kočí, V. (2009): Posuzování životního cyklu – Life cycle assessment LCA. Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 263 s.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Moudrý, Ph.D.**  
Katedra agroekosystémů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.**  
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **19. února 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2020**

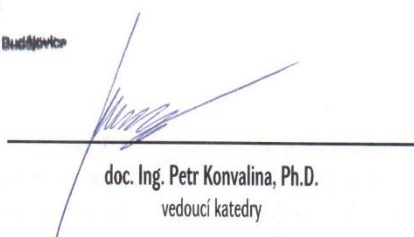
V Českých Budějovicích dne 11. března 2019

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA**   
**V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**  
studijní oddělení  
Studentův náměstí 1898, 370 05 České Budějovice



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

L.S.



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

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala 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 diplomové 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 Myslívě dne 23.6.2020

.....

Bc. Šárka Panušková

## **Poděkování**

Tímto si dovoluji poděkovat mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Janu Moudrému, Ph.D. za cenné rady, odborné připomínky a profesionální vedení, dále konzultantovi práce Ing. Jaroslavu Bernasovi, Ph.D. za materiály, pomoc s výpočty a hodnotné rady. V neposlední řadě bych chtěla také poděkovat všem dotazovaným zemědělcům za ochotu a poskytnutí dat a vstupních informací, díky kterým tato práce mohla vzniknout.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá hodnocením dopadu životního cyklu pšenice a žita na životní prostředí.

V teoretické části se práce zabývá tématem globální efekt a skleníkové plyny. Dále charakterizuje jak konvenční, tak ekologický způsob zemědělství. Nedílnou součástí je i podrobný popis metody LCA, která slouží právě ke zjištění environmentálního zatížení.

V praktické části se práce zaměřuje na hodnocení environmentálního zatížení, které vzniká při pěstování pšenice a žita. Dalším bodem je porovnání výsledků zátěže mezi konvenčním a ekologickým pěstováním.

Cílem této práce bylo zjištění a vyhodnocení environmentální zátěže, která vzniká při pěstování pšenice a žita. Porovnány byly kategorie agrotechnických operací, polních emisí, hnojiv a pesticidů. Následným cílem bylo srovnání výsledných environmentálních zátěží mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím.

Data byla získána pomocí dotazníkového šetření. Pro výpočty byla využita zjednodušená metoda LCA (inventarizační analýza). Výstup této studie představuje emisní zátěž vyjádřenou v kg CO<sub>2</sub> ekvivalentu v přepočtu zaprvé na jednotku výnosu (1 kg zrna) a za druhé na jednotku plochy (1 ha).

### **Klíčová slova:**

Pěstování obilnin, pšenice, žito, konvenční zemědělství, ekologické zemědělství, metoda LCA

## **Abstract**

The diploma thesis deals with the evaluation of the impact of the life cycle of wheat and rye on the environment.

The theoretical part deals with the topic of the global effect and the greenhouse gases. It also characterizes both conventional and organic farming methods. An integral part is a detailed description of the LCA method, which is used to determine the environmental load.

In the practical part, the work focuses on the evaluation of the environmental load that arises during the cultivation of wheat and rye. Another point here is to compare the load results between conventional and organic cultivation.

The aim of this work was to identify and evaluate the environmental burden that arises during the cultivation of wheat and rye. The categories of agrotechnical operations, field emissions, fertilizers and pesticides were compared. The subsequent goal was to compare the resulting environmental burden between conventional and organic farming.

Data were obtained using a questionnaire survey. A simplified LCA method (inventory analysis) was used for the calculations.

The output of this study represents the emission load expressed first in kg CO<sub>2</sub> equivalent per 1 kg of wheat / rye grain / straw, and second in kg CO<sub>2</sub> equivalent per 1 ha of wheat and rye.

Key words:

Growing grain, wheat, rye, conventional agriculture, ecological agriculture, LCA method

## Obsah

Úvod.....	10
2 Literární rešerše.....	12
2. 1 Globální změny klimatu a skleníkový efekt.....	12
2. 2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny .....	13
2. 2. 1 Oxid uhličitý – CO <sub>2</sub> .....	13
2. 2. 2 Oxid dusný – N <sub>2</sub> O .....	14
2. 2. 3 Vodní pára.....	14
2. 2. 4 Methan – CH <sub>4</sub> .....	14
2. 2. 5 Ozon .....	15
2. 2. 6 Freony.....	15
2. 3 Ekologické zemědělství.....	16
2. 3. 1 Vývoj ekologického zemědělství v ČR.....	17
2. 4 Rozdíly mezi konvenčním a ekologickým zemědělství .....	19
2. 5 Pěstování obilnin.....	19
2. 5. 1 Žito .....	21
2. 5. 2 Pšenice.....	22
2. 6 Specifika pěstování obilnin v KZ a EZ .....	24
2. 6. 1 Hlavní agrotechnické zásady.....	24
2. 7 Metoda LCA.....	26
2. 7. 1 První fáze: Definice cílů a rozsahu .....	27
2. 7. 2 Druhá fáze - Inventarizace životního cyklu .....	29
2. 7. 3 Třetí fáze – Posuzování dopadů životního cyklu .....	31
2. 7. 4 Čtvrtá fáze LCA – Interpretace životního cyklu .....	32
3 Metodika a cíle práce .....	35
4 Výsledky.....	37
5 Diskuze.....	45
6 Závěr.....	49



Seznam zkratek .....	57
Seznam grafů.....	58
Seznam tabulek .....	59
Seznam příloh .....	60

## Úvod

V České republice tvoří zemědělský půdní fond okolo 4 205 ha. Celková výměra zemědělské půdy činí 53,3 % z celkové rozlohy půdního fondu, z toho orná půda je 37,5 %.

Celková produkce obilovin je celosvětově na čísle 2 708,5 mil. tun a v ČR tvoří celkem 7,1 mil. tun. Roční produkce v ČR k roku 2019 dosahuje 4,78 mil. tun pšenice a 159 tisíc tun žita. Téměř 9 % zemědělské půdy se považuje za vysoce produkční, 11 % středně produkční a více jak 48 % za velmi málo produkční.

Lidská populace neustále roste, a proto se i každoročně zvyšuje poptávka po základních surovinách. V důsledku toho dochází k intenzifikaci zemědělství, které vede ke zvýšení používání hnojiv, strojů, pesticidů, vody a dopravy, aby bylo dosaženo té nejvyšší účinnosti. Zemědělské činnosti a zvyšování produkce by měly i přes to být svými postupy a operacemi šetrné k životnímu prostředí. Ze všech produkčních odvětví má zemědělství k přírodě ten nejužší vliv.

Značně problémovým a často řešeným tématem jsou emise, které vznikají v rámci zemědělské produkce. Zemědělství a živočišná výroba zaujímají mezi 19 % a 29 % celosvětových emisí skleníkových plynů.

Důležité jsou účinné metody, které slouží k pochopení a posouzení všech zemědělských dopadů na životní prostředí. Jednou z nejpoužívanějších metod je tzv. metoda LCA neboli „Life cycle assessment“. LCA hraje v současném vývoji politiky Evropské unie v oblasti environmentální stopy výrobků ústřední roli, která pravděpodobně bude mít významný vliv na ekoznačky, obchod a výběr produktů pro spotřebitele, včetně produktů ze zemědělství.

Během vývoje zemědělství došlo ke vzniku různých strategií, jak omezit zhoršení kvality půdy a ztráty úrodnosti a současně zlepšit udržitelnost procesu výroby vysokých výnosů s nízkými dopady. K dosažení těchto bodů představuje nejrozšířenější strategii ekologické zemědělství. V posledních desetiletích neustále roste, ročně přibližně o 20 % a tvoří okolo 24 milionů hektarů celosvětového měřítka. Způsob ekologického zemědělství vykazuje poměrně velký potenciál pro zlepšení kvality půdy z chemického, fyzikálního a biologického hlediska. Dochází ke zvyšování agregátů, obsahu organických látek a nedochází ke snižování biologické diverzity. Zemědělství navíc představuje účinnou strategii k zajištění vysoké kvality potravin.

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení environmentální zátěže, která vzniká při pěstování pšenice a žita v konvenčním a ekologickém způsobu hospodaření. K vyhodnocení zatížení byla použita zjednodušená metoda LCA, se zaměřením na dopadovou kategorii, a to změnu klimatu. Vzniklé environmentální zatížení bylo vyjádřeno pomocí jednotky kilogram CO<sub>2</sub> ekvivalentu a přepočteno na 1 kg zrna vybraných druhů obilovin a na plochu 1 hektar.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Globální změny klimatu a skleníkový efekt

Změna klimatu je hlavním rizikem pro lidskou civilizaci. V průběhu dvacátého prvního století by mělo dojít k oteplování klimatu o 1,0 až 3,7 °C, v závislosti na budoucích emisích skleníkových plynů. Tato hodnota je stanovena na základě celkových výsledků nejmodernějších modelů Země (Anderson a kol., 2016).

Podnebí naší planety je důsledkem několika vzájemných interakcí. Ovlivňující faktory lze rozdělit na terestrické (rozložení pevnin, sopečná činnost), extraterestické (sluneční záření) a antropogenní (Gibson, 2015). V důsledku změny klimatu dochází k narušení ekosystémů a chráněných území v celé Evropě. Dopady této změny jsou hrozbou nejen pro biologickou rozmanitost na pevnině, ale také rozmanitost organismů v moři. Spousta druhů rostlin ale i živočichů pocítuje změny jejich životních cyklů. Následkem toho je migrace směrem na sever a dále do vyšších nadmořských výšek. Tyto změny způsobují ovlivňování ekosystémových služeb a mnoha hospodářských odvětví, jako je například zemědělství. Změny klimatu souvisí nejvíce s extrémními výkyvy počasí. Další souvislosti jsou se změnou v šíření chorob a se změnou sociálních a environmentálních podmínek (Shah, 2014).

Co se týče zemědělství, na změnu klimatu také přispívá, ale zároveň je změněným klimatem také ovlivňováno. Cílem Evropské unie je snížení emisí skleníkových plynů ze zemědělství přizpůsobením systému produkce (Zeppetello a kol., 2020).

Hlavní příčina změny klimatu je pravděpodobně přirozený skleníkový efekt atmosféry následkem nadměrného zvyšování emisí skleníkových plynů lidské činnosti. Tato změna ohrožuje všechny krajinné složky, a to včetně lidské společnosti. Je poměrně náročné předpovědět a pochopit dopady a vývoj těchto změn, abychom předešli pravděpodobným negativním dopadům změny klimatu. V dnešní době je nutné zaměřit se na účinné snižování emisí skleníkových plynů a následným dopadům se učit přizpůsobovat (Anonym 1, 2017).

Podle Ministerstva životního prostředí u rostlinné výroby dopady klimatických změn budou záviset přímo na druhu plodiny a také na regionu výskytu. V oblastech ležících na severu bude vyšší obsah uhlíku ve vzduchu a delší trvání vegetačního období plodiny příznivě ovlivňovat a bude vznikat vyšší výnos. Na druhou stranu by mohlo dojít k ovlivnění jakosti z důvodu oteplení a následného zrychlení vegetačního cyklu. Pravděpodobně bude docházet k problémům s chorobami a škůdci.

U živočišné výroby budou mít dopady změny klimatu negativní účinky na produkci, a hlavně zdraví zvířat. Stejně tak jako u rostlin nastanou problémy s novými paraziti a chorobami. Z důvodu velkého sucha se bude snižovat produkce píce, což je poměrně velký budoucí problém u pastevních druhů (Anonym 2, 2017).

## **2. 2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny**

Slunce vyzařuje gigantické množství energie ve formě krátkovlnného záření. Plyny a částice nalézající se v atmosféře pohlcují přibližně z této energie okolo 25 %. Přibližně 5 % je odraženo od zemského povrchu zpět a 25 % je zejména oblačností odraženo zpět (Nemešová, 1998). Při přirozeném skleníkovém efektu dochází k tomu, že sluneční záření prochází atmosférou a dopadá na zem. Následně se neviditelné infračervené záření odráží a směřuje zpět do vesmíru. Skleníkové plyny nebo také jinak řečeno atmosférické plyny, zabraňují úniku tohoto záření a odráží jej zpětně na Zem. V případě zvýšení obsahu těchto plynů dochází k zadržování slunečních paprsků, a to následně vede k oteplování planety. Tato změna má za následek tání ledovců a zvyšování hladiny moří (Kirk – Davidoff, 2018).

Mezi nejdůležitější skleníkové plyny patří vodní pára, oxid uhličitý, oxid dusný, metan a ozon. Současné zastoupení jednotlivých plynů je: 81 % CO<sub>2</sub>, 11 % CH<sub>4</sub>, 5 % N<sub>2</sub>O, 2 % HFCs (Evropský parlament, 2013).

Nemešová (1998) uvádí, že jejich působení spočívá v tom, že lépe pohlcují dlouhovlnné záření než záření krátkovlnné. Samotné plyny pak vyzařují dlouhovlnnou radiaci, jak k zemskému povrchu (skleníkový efekt), tak do vnějšího prostředí (ochlazování).

### **2. 2. 1 Oxid uhličitý – CO<sub>2</sub>**

Oxid uhličitý je přirozeně se vyskytující bezbarvý plyn. Využívá se k různým průmyslovým účelům jak v pevném, v plynném i v kapalném skupenství. V zemědělství bývá využíván ve sklenících pro podporu růstu pěstovaných rostlin. Lze použít k sycení vody v rybnících z důvodu vyšší produkce vodních řas, které lze následně použít pro výrobu biopaliv (Borovec a kol., 1998).

Oxid uhličitý vzniká jako vedlejší produkt při spalování uhlí, zemního plynu a nafty. V současnosti tvoří spalování fosilních paliv přibližně 80 až 85 % oxidu uhličitého, který se vypouští do atmosféry.

Podle Nemešové (1998) existují nepřímé důkazy o tom, že během posledních dvou milionů let, kdy došlo k velkému ústupu ledovců, obsah oxidu uhličitého

mnohonásobně klesl. Byly provedeny výzkumy v ledovcích, kde se ukázalo, že CO<sub>2</sub> v atmosféře poměrně kolísal. Koncentrace CO<sub>2</sub> se v době ledové (před deseti až dvaceti tisíciletími) rovnala 60 % koncentrace dnešní. V poslední době ledové, před 5 tisíciletími, byla koncentrace na stejné úrovni jako v době před průmyslovou revolucí. V důsledku rozšíření průmyslové aktivity lidí došlo k více jak čtvrtinovému zvýšení CO<sub>2</sub> koncentrace.

### **2. 2. 2 Oxid dusný – N<sub>2</sub>O**

Oxid dusný se řadí mezi nejstálější oxidy dusíku v životním prostředí. Za jeho vznik v přírodě mohou denitrifikační procesy, probíhající v anaerobních podmínkách, v hydrosféře, tropických pralesích, půdách atd. Do ovzduší se dostává při procesu spalování biomasy a fosilních paliv (Borovec a kol., 1998). K jeho úniku dochází také při některých chemických výrobcích nebo při provozu motorů. Jeho koncentrace momentálně přesahuje přes 15% přirozené koncentrace (Evropský parlament, 2013). Oxid dusný má dlouhou dobu setrvání v atmosféře, lze mluvit o 10 až 150 letech. Spolu s metanem dokážou absorbovat infračervené záření. Ve srovnání s koncentrací oxidu uhličitého a vodní páry je koncentrace oxidu dusného o dost menší. Právě tomuto oxidu je přiřazováno poškození ozónové vrstvy (Farabi a kol., 2019).

### **2. 2. 3 Vodní pára**

Vodní pára je označována jako dominantní skleníkový plyn. Spolu s oxidem uhličitým, v celé řadě spektrálních pásem, dokáže absorbovat dlouhovlnnou radiaci (Soden, 2005). Vodní pára má v našem klimatickém systému velmi silnou pozitivní zpětnou vazbu a je ústředním důvodem, proč je oteplování tak podřízené změně koncentrace oxidu uhličitého. Do atmosféry proniká procesem vypařování. Obsah záleží na teplotě vzduchu a oceánu. V případě vzrůstu teplot, dochází k většímu odparu v atmosféře, tudíž dochází k hromadění většího množství vodní páry. Ta poté hromadí více tepla, ohřívá o to více vzduch a dochází k vyšší míře evaporace (Schneider a kol., 2010).

### **2. 2. 4 Methan – CH<sub>4</sub>**

Jedná se o látku, která vzniká při procesu rozkladu biologických látek, uvolňuje se při pěstování rýže a je produkována velkými přežvýkavci. Methan také tvoří hlavní složku zemního plynu. Z tohoto důvodu dochází ke zvyšování koncentrace v atmosféře i při úniku plynu při těžbě nebo při použití plynového sporáku. V případě vlastního

spalování zemního plynu dochází k přeměně methanu na oxid uhličitý. V atmosféře je ho asi 100krát méně než oxidu uhličitého. Methan je přibližně dvacetkrát účinnější skleníkový plyn než oxid uhličitý. Výrazně jeho koncentrace rostla během 20. století, kolem 90. let, ale začalo docházet k postupnému zpomalování. V současné době se odhaduje, že koncentrace methanu v atmosféře bude spíše stoupat, a to z důvodu oteplování planety, kdy bude docházet k uvolnění methanu nalézajícího se ve zmrzlé půdě (Schulze, 2009).

### 2. 2. 5 Ozon

Ozon je bezbarvý plyn, ve vyšších koncentracích může mít modrý odstín. Je těžší než vzduch. Najdeme u něj tzv. **dezodorační efekt**, redukuje totiž nežádoucí zápachy v prostředí jako je pot, pachy zvířat nebo například cigaretový kouř (Deshmukh, 2020).

Vzniká v atmosféře při bouřce, ultrafialovým zářením a také fotochemicky, ovšem za současného působení záření a smogu. Ozon se dá vyrobit i technicky. Lze toho dosáhnout pomocí plazmy, díky ultrafialovým výbojkám nebo pomocí vysokonapěťového výboje v kyslíku nebo vzduchu. U ozonu není možné skladování, je totiž velice nestabilní, a tak je výroba možná pouze v prostoru jeho použití (Parson, 2003).

Nachází se ve dvou vrstvách atmosféry. V troposféře funguje jako skleníkový plyn a ve stratosféře slouží jako ochrana před ultrafialovým zářením. Má krátkou životnost a vzniká následkem rozkladu oxidu dusíku a uhlovodíků. Koncentrace se na různých místech liší, nejvyššího čísla však dosahují v oblastech, kde se nalézají vysoký stupeň znečištění.

### 2. 2. 6 Freony

Jedná se o fluorderiváty, které ve své molekule obsahují kromě fluoru ještě jeden odlišný halogen. Nejobvyklejšími případy jsou chlorfluorderiváty methanu a ethanu. Nejznámějšími jsou freon 12 – dichlordifluormethan a freon 11- trichlorfluormethan. Freony jsou velmi stálé a nejedovaté kapaliny. Už v předešlých letech se začaly používat jako chladicí kapaliny do chladniček (Streblová, 2013). Mezi další vlastnosti patří vysoká hustota, nízký bod varu, nízká viskozita a nízké povrchové napětí. Právě tato jedinečná kombinace vlastností způsobila, že jsou velmi vhodné pro zmíněné použití jako chladiva a jako hnací plyny v aerosolových výrobcích (Basuk, 1979). Vliv freonů na ozonovou vrstvu je charakterizován pomocí hodnoty potenciálu poškozování ozonové vrstvy. Freony při vypuštění do atmosféry mohou mít různou dobu životnosti,

tato doba se pohybuje od jednotek po stovku let (Ministerstvo životního prostředí, 2017).

## 2. 3 Ekologické zemědělství

Pojem ekologické zemědělství lze formulovat jako vyvážený agroekosystém stálého rázu (typu), který se zakládá především v oblasti obnovitelných a lokálních zdrojů. Ekologické zemědělství přírodu chápe jako celek s vlastní vnitřní hodnotou. Člověk má mít morální povinnost a odpovědnost při provozu zemědělství, a to takovým způsobem, aby nijak nebyla narušena harmonická část přírody (Petr, 1992).

Ve světě se lze setkat s různými formami a variantami ekologického zemědělství. Společným znakem těchto forem je filosofie chápání koloběhu živin a to půda – rostlina – zvíře – člověk (Prugar, 2008).

Dle Kroupové (2010) se ekologické zemědělství přiřazuje k jednomu z nejdynamičtějších odvětví zemědělské výroby v ČR. Pozice zemědělství tohoto druhu výrazně posiluje, z hlediska bioprodukce, počtu hospodařících ekologických subjektů tak i v rámci výměry obhospodařované půdy.

Na základě údajů z Registru ekologických podnikatelů k datu 31. 12. 2017 bylo ekologicky hospodařících ekofarem celkem 4 399. Celková výměra se rovnala 520 032 ha, což činí podíl 12,37 % z celkové výměry zemědělské půdy v České republice. Meziročně vzrostl počet farem o 3,7 %, což činí celkem 156 farem.

Ekologické zemědělství má ve snaze několik cílů:

- Zachování přirozené úrodnosti půd
- Vysoká kvalita a dostačující množství produkce kvalitních potravin
- Využití přírodních zdrojů bez negativního dopadu na životní prostředí
- Snížení energetických vstupů na minimum
- Pestrá a druhově bohatá kulturní krajina s genetickou rozmanitostí druhů živých organismů. Základem je zaměřit se na dynamiku a kompozici celého systému, ne pouze na optimalizaci jednotlivých komponentů nacházejících se uvnitř systému (Petr, 1992).



## **Základní principy EZ**

### **1. Trvale udržitelný rozvoj**

- Definován dle zákona č .17/1992 Sb. o živ. prostředí.
- „Jedná se o proces, který splňuje stávající potřeby lidské společnosti, aniž by se dotýkal schopnosti budoucích generací uspokojovat své potřeby.“
- V případě principu trvalé udržitelnosti existuje pět základních dimenzí. Mluvíme zde o dimenzi ekologické, ekonomické, politické, socioekonomické a morálně etické.

### **2. Trvale udržitelné zemědělství**

- Zemědělské hospodaření můžeme definovat jako cílevědomou činnost prováděnou v krajině, která slouží k uspokojení jak individuálních, tak i společenských potřeb lidské civilizace. Z toho plyne hlavní cíl lidského hospodaření, a to produkce potravin a materiálů potřebných k energetickým a technickým účelům. Systémy zemědělského hospodaření neplní pouze produkční funkce, ale i funkce mimoprodukční. Mimoprodukční funkci můžeme chápat například jako péči o veřejné statky, dále pak funkce kulturní nebo rekreativní.

### **3. Ekologické zemědělství**

#### **2. 3. 1 Vývoj ekologického zemědělství v ČR**

Největší rozvoj na území České republiky nastal přibližně po roce 1998, kdy došlo k obnově státní podpory. Finanční dotace do ekologického zemědělství vzrostly z původních 48 milionů korun na 292 milionů korun, a to v roce 2004. Díky tomu došlo také ke vzrůstu ekologicky hospodařících subjektů a ke zvýšení procentuálního podílu ekologicky obhospodařovaných půd (Moudrý a kol., 2007). K roku 1997 se udávala celková výměra zemědělského půdního fondu 0,47 %, která se poté dostala až na 7, 21 %.

ČR se momentálně nachází na 6. místě v EU, co se týče relativního zastoupení EZ na veškeré zemědělské půdě, avšak podíl biopotravin na celkové spotřebě je 40krát menší než v EU. Ekologické zemědělství na našem území tudíž neplní svou produkční funkci. Největší produkční potenciál má v současné době hovězí biomasa (Ekologické zemědělství, 2017). Do sortimentu biopotravin řadíme mléčné a masné výrobky,

ale největší zastoupení mají produkty rostlinné. Biopotraviny se nacházejí nejen v supermarketech, ale objevují se i v menších prodejnách.

Od roku 1990 poměrně vzrostl počet ekologických farem (Šejnohová a kol., 2018). Bylo to právě díky zmiňované státní podpoře. Problém nastal mezi rokem 1993 a 1997, kdy se finanční podpora přestala poskytovat. Její obnova vznikla v roce 1998, kdy právě došlo k největšímu nárůstu ekologicky obhospodařené plochy. Podpora byla zajištěna prostřednictvím přímých dotací na základě nařízení vlády. Ekologičtí zemědělci mohou využívat finanční podpory nejen v období přechodu farmy na ekologické zemědělství, ale po celou dobu jejich ekologického hospodaření (Ekologické zemědělství, 2017).

Výraznou slabinou ekologického zemědělství v ČR je podle Moudrého (2007) to, že odbytovým místem se staly obchodní řetězce. Tento odbyt tvoří okolo 70 % obratu biopotravin. Z důvodu nedostatečné produkce bioproduktů a nedostatečně rozvinuté výroby biopotravin je meziroční nárůst obratu převážně kryt dovozem. V České republice je bohužel malá výměra orné půdy pro produkci zrnin. Je zde bohužel také limitující a chybějící množství vajec, vepřového a drůbežího masa. Naprosto neuspokojivá je produkce ovoce a zeleniny (Moudrý a kol., 2007).

Jedním z dalších významných problémů je poměrně náročná administrativní zátěž a přísné právní předpisy pro zemědělce. To způsobuje zpomalení rozvoje hospodaření podle ekologického systému zejména v produkčních oblastech a dále pak nevyužití možností ke zvyšování atraktivity venkova, prodeje biopotravin ve větším množství a vytváření nových míst. V případě, že má ekologické zemědělství plnit svou základní funkci je potřeba do produkčních oblastí rozšířit ekologické hospodaření, zvýšit sortiment a objem bioprodukce, zlepšit podmínky pro zpracování a v neposlední řadě zvýšit nízké povědomí lidí o biopotravinách (Ekologické zemědělství, 2007).

Česká republika má tzv. akční plán rozvoje ekologického zemědělství. Akční plán má několik cílů:

- Posílení pozitivního vnímání kvality biopotravin u spotřebitele
- Rozšíření trhu s biopotravinami
- Posílení postavení EZ v ČR
- Zvýšení konkurenceschopnosti českého zemědělství v rámci EU
- Propagace životaschopných ekologických farem
- Zlepšování životních podmínek a welfare zvířat na ekologických farmách
- A další

## 2. 4 Rozdíly mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím

Hlavním principem konvenčního zemědělství je zaměření na kvantitu. Dochází tedy k větší převaze ekonomické rentability nad požadavkem ekologické a biologické rovnováhy. Ekologickým prioritním cílem je zaměření na kvalitu, tedy neupřednostňování ekonomických požadavků nad biologickou rovnováhou jako je u KZ. Ekologické zemědělství se dále značí pestrými osevními postupy oproti konvenčnímu, kde častokrát tyto postupy bývají poměrně na chabé úrovni (Dlouhý, 1992).

U ekologickém způsobu zemědělství hraje půda zásadní roli. Základem je snaha o dosažení a udržení půdní úrodnosti. Při pozorování rozdílů mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím bývá sledována biologická aktivita půdy, půdní organická hmota, struktura půdy a eroze. Výsledky několika studií poukazují na to, že EZ chrání půdní úrodnost mnohem více než konvenční zemědělství. V ekologicky obhospodařované půdě je vyšší obsah organické hmoty a také větší míra biologické aktivity (Urban a kol., 2003).

Ekologické zemědělství využívá sofistikované techniky, biologické metody a moderní technologie. Chemické pesticidy a průmyslová hnojiva používané v konvenčním systému hospodaření jsou u EZ zakázána. Jsou nahrazena řadou agrotechnických opatření a organickými hnojivy. Výživa rostlin u EZ je zajišťována díky přirozenému koloběhu látek v půdě. Dlouhý (2011) tvrdí, že rostliny přehnojené dusíkem jsou o mnoho náchylnější k napadení různými škůdci a chorobami.

Důvody, proč se v EZ nepoužívají synteticky vyrobená dusíkatá hnojiva:

- Umělá nerovnováha v půdním roztoku
- Jednostranné využívání rostlin
- Přitahování škůdců rostlin, které láká vysoký obsah dusíku
- Narušování půdního života
- Plýtvání energie při výrobě hnojiv (Šarapatka a kol., 2006)

## 2. 5 Pěstování obilnin

Obilniny jako hospodářská skupina rostlin poskytují více než polovinu potřeby lidské populace. Velký význam mají jak pro lidskou výživu, tak i pro krmení zvířat, a to již od počátku zemědělství. Podle fyziologických, morfologických a botanických vlastností a znaků rozdělujeme obilniny na dvě skupiny. První skupinou je žito, pšenice, oves, ječmen a žitovec. Do druhé skupiny se řadí proso, kukuřice, rýže, čirok, pohanka, mohár a čumíza (Moudrý, 1998).

Obilniny jsou v mírném pásu pěstovány na 50 % orné půdy. Je to hlavně díky tomu, že obilniny mají výbornou adaptační schopnost k půdně klimatickým podmínkám (Petr, 1997).

### **Anatomie, látkové složení a morfologie**

Hlavní částí je obilka. Jedná se o plod obilnin, který je tvořen třemi částmi. Je složen z obalů, bílku a zárodku. Obilka má dvě obalové vrstvy, oplodí a osemení. Oplodí je tvořeno pokožkou, dále pak vrstvou podélných a vrstvou příčných buněk (Moudrý, 1998). Osemení tvoří dvě vrstvy, a to vnější a vnitřní. Vnější vrstva je tvořena barevnými buňkami a vrstva skelných buněk tvoří vrstvu vnitřní. Vlastní bílek tvoří velké buňky, které obsahují velké množství škrobu. Jeho vrchní vrstva může být buď jednovrstevná nebo vícevrstevná. Nachází se zde značné množství bílkovin, vitamínů a minerálních látek. Zárodek se nalézá na straně obilky, kde není rýha. Hmotnostně tato část zaujímá pouze 2–3 % z celkové hmotnosti. Další části jsou: štítek, epikotyl a hypokotyl. Obilky pšenice a žito jsou bezpluché. Optimální hmotnost vody v obilce bývá okolo 12–14 % hmotnosti (Petr, 1997).

### **Pěstování a požadavky na prostředí**

V teplejších a sušších oblastech je hlavní plodinou pšenice. Za nejvhodnější půdu pro pěstování je považována černozemě na spraši s neutrální reakcí. Pšenice špatně konkuruje plevelům a je náročná na výživu. Je to způsobeno hlavně tím, že pšenice má velmi slabě rozvinutý kořenový systém a poměrně pomalý vývoj z jara (Moudrý, 2007). Naopak za nenáročnou obilninu je považováno žito. Je odolné vůči mrazu a nepříznivým podmínkám. Dokáže snášet písčité, lehké a kyselé půdy. Příliš velká vlhkost mu však nevyhovuje (Petr, 1997).

### **Osevní postupy**

Nejdůležitějším bodem je zvolení správné předplodiny, od toho se poté odvíjí celkový výnos dané obilniny. V ekologické zemědělství se soustředí na předplodinovou hodnotu a přirozenou úrodnost půdy, zatímco v KZ je možnost kompenzace ne příliš vhodné předplodiny vyššími dávkami hnojiv a pesticidů (Moudrý, 2007). Díky osevním postupům vzniká možnost regulace plevelů, déle pak přispívají k potlačení škůdců a chorob.

### 2. 5. 1 Žito

Žito je považováno za tradiční českou obilovinu. Využívá se především pro pícninářské, krmivařské a hlavně pro potravinářské účely (Macháň, 1997). Je mladším druhem než třeba ječmen, oves ale i pšenice. Žito je hlavní surovinou při výrobě kynutého chleba. Oproti pšenici má tu výhodu, že těsto kyne z vlastního kvásku, oproti pšeničnému, kdy je zapotřebí kvasnic. Žitné zrno a semleté mouky obsahují mimo vlákniny i řadu bioaktivních látek. V dnešní době existuje několik odrůd žita, jedná se o tzv. hybridní odrůdy, které jsou o 10 – 20 % výnosnější než populační odrůdy. Mluvíme zde například o hybridní odrůdě Picasso, Fernando nebo Treviso (Petr, 2008).

Žito bylo kdysi plevelem, vyskytují se v pšenici. Dařilo se mu ve vyšších, chladnějších polohách a na nepříliš úrodných půdách. Jeho typické vlastnosti se zachovaly dodnes. Pěstování žita je tedy zaměřeno do oblastí s méně příznivými podmínkami. Tyto oblasti tvoří téměř 58 % v ČR. Mluvíme se zde o obilnářské oblasti, bramborářské výrobní oblasti a nakonec o pícninářské oblasti (Petr, 1997).

#### Botanická systematika

Je publikováno několik systémů třídění. Žito zařazujeme do rodu *Secale L.*, druh *Secale cereale L.* Existují formy jak jarní, tak formy ozimé. Žito je cizosprašné oproti ječmenu a pšenici. V našich podmínkách jsou kulturní formy žita ozimé. Žito má jeden charakteristický znak. Tím je, že všechny druhy i poddruhy mají diploidní počet chromozomů ( $2n = 14$ ). Tetraploidní odrůdy s větším zrnem a vzrůstem vznikají díky umělému zdvojení počtu chromozomů. Toho lze dosáhnout díky fyzikálním a chemickým mutagenům. Hybridní odrůdy žita jsou o 10 – 20 % výnosnější než populační odrůdy. Mají až o 18 % více obílek (Petr, 2008).

Stéblo je duté a může dosáhnout délky až 2 metry. Na něm je 3 až 6 kolének. Listová čepel je poměrně široká a plochá. Bývá pokrytá krátkými nebo delšími chloupky. Květenství tvoří čtyřhranný klas, který je poměrně silný a široký. Žito má dvoukvěté, zploštělé klásky. Kvítky jsou chráněny velkou ostřou - kýlnatou pluchou (Jelínková, 1958).

#### Pěstování

Žito má vyvinutou mohutnou kořenovou soustavu se zvýšenou schopností, co se týče přijímání živin. Tento druh obilniny je méně náročný na půdu, snáší na živiny chudší a lehké půdy, dále pak podzolované i slabě kyselé půdy. Optimální doba setí je

v horské a bramborářské oblasti na konci září. V příznivějších podmínkách až do 10. října. Ve srovnání s ostatními druhy má žito určité přednosti. Jedná se například o vyšší schopnost odolnosti vůči plevelům, menší citlivost na půdní druh a předplodinu nebo o vyšší odolnost vůči chorobám (Petr, 2008).

### **Výživa a hnojení**

Výživa draslíkem, vápníkem, fosforem a hořčíkem je dána zásobou živin v půdě. U populačních odrůd se celková dávka pohybuje od 60 do 100 kg na 1 hektar. Až 120 kg na hektar se využívá u hybridních odrůd. Těžiště hnojení pomocí dusíku spadá do období jarní regenerace (Křen, 1998).

### **2. 5. 2 Pšenice**

#### **Botanická systematika**

Pšenice rodu *Triticum L.* se řadí do čeledi lipnicovitých *Poaceae*. Zde je zahrnuto několik druhů. Klasy pšenice jsou složeny z vícekvětých klásků, které jsou umístěny na článcích klasového větene. Klásky mohou být 1-2 květé, ale můžeme nalézt až 7 květé, z nichž bývají plodné 1 až 4. Rod *Triticum* zahrnuje tři skupiny podle počtu chromozomů, základním chromozomovým číslem je  $n = 7$ . První skupinou jsou diploidní pšenice, kde se  $2n = 14$ . Do této skupiny se řadí: pšenice planá jednozrnka a pšenice kulturní jednozrnka. Druhou skupinou jsou tetraploidní pšenice, které mají větší pěstitelský význam než skupina pšenic diploidních. Do tetraploidních pšenic patří: pšenice planá dvouzrnka, pšenice dvouzrnka, pšenice naduřelá, pšenice polská, pšenice Timofejevova a pšenice tvrdá. Třetí a nejvýznamnější skupinou jsou pšenice hexaploidní. Do této skupiny patří pšenice setá a pšenice špalda (Zimolka, 2005).

Zárodek je krytý osemním a oplodím. Nachází se na hřbetní straně obilky a nalezneme zde 3 až 5 kořínků. Listy jsou přisedlé a složeny z pochvy a čepele. Po stranách listové pochvy při jazýčku se nalézá pár malých oušek. Jazýček se vyskytuje na přechodu čepele a pochvy, je krátký a vroubkovaný. Stéblo je duté a složeno z pěti článků, které jsou oddělené kolénky. Směrem od báze ke klasu se stébla zužují. Květenství tvoří složený klas. Osou klasu je větveno, kde nalézáme jednotlivé klásky.

Pšenici může napadnout řada chorob. Mohou to být virové choroby (virus zakrslosti pšenice), houbové choroby (plíseň sněžná), listové choroby (padlí travní) nebo choroby klasů (snět mazlavá). Do škůdců můžeme zařadit např: bzunku ječnou, bejlomorku sedlovou nebo plodomorku pšeničnou (Křen, 1998).

## **Pěstování**

Pšenice má široký areál pěstování, považuje se za nejrozšířenější obilninu. Z důvodu ekonomických příznivých výsledků je ale nutné definovat optimální podmínky pro její pěstování. Tato obilnina má slaběji vyvinutý kořenový systém, tudíž vyžaduje hlubší, hlinité, jílovito-hlinité a strukturní, se slabě kyselou (pH 6,2 -7) nebo neutrální půdní reakcí, a hlavně půdy s dobrou zásobou živin (Zimolka a kol., 2005). Nejlepším typem půd jsou tedy černozemě na spraši s příznivým vodním režimem. Dále černozemě degradované nebo illimerizované půdy.

Průběh počasí a klimatické podmínky ovlivňují kvalitu, výnos a zdravotní stav pšenice. Vyhovující jsou teplejší a sušší agroklimatické podmínky kontinentálního klimatu. V ČR rozlišujeme 4 oblasti. Oblasti s velmi dobrými podmínkami, s převážně vyhovujícími podmínkami, s převážně nevhovujícími podmínkami a s nevhodnými podmínkami (Petr, 1997).

## **Výživa a hnojení**

Vedle kukuřice se pšenice označuje za jednu z nejnáročnějších obilnin na živiny. Základem je dostatečná zásoba živin v půdě ve vyrovnaném poměru. Na jednu tunu zrna připadá 25 kg N, 24 kg K<sub>2</sub>O, 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a 4 kg MgO. Využití živin závisí zejména na půdních podmínkách. Jedná se o půdní reakci, poměru živin a vztazích mezi nimi, na biologické aktivitě půdy. Při nedostatku dusíku jsou listy světlé a rostliny na pohled nevyrovnané (Zimolka, 2005).

## **Význam, plochy a výnosy**

V osevu obilnin v ČR pšenice představuje okolo 38 % (cca jednu třetinu). Na orné půdě s celkovou výměrou okolo 800 tisíc hektarů je podíl osevu 30 %. Ze všech plodin je osevní plocha pšenice největší a zaujímá přes 230 milionů hektarů, s výnosem zrna až 2,6 tuny na hektar. Podle velikosti osevu druhou obilninou je rýže a třetí kukuřice.

Pšenice zabezpečujeme výživu značné části lidstva, patří proto k nejhojněji zastoupenému druhu pěstovaných obilnin. Spotřeba na jednoho obyvatele v Evropě činí 85 kg za rok. Přímo v ČR spotřeba na jednoho obyvatele je 112 kg v hodnotě mouky. Více se však využívá ke krmení hospodářských zvířat (Petr, 1997).

## **2. 6 Specifika pěstování obilnin v KZ a EZ**

### **2. 6. 1 Hlavní agrotechnické zásady**

#### **Osevní postup**

Prvním důležitým kritériem pro uspokojivý výnos obilnin je správná volba předplodiny. V ekologickém systému hospodaření závisí hlavně na předplodinové hodnotě a na přirozené úrodnosti půdy. U konvenčního zemědělství lze kompenzovat méně vhodné předplodiny díky pesticidům a vyšší dávce hnojiv. Osevní postupy nejsou důležité jen z hlediska výnosu, ale slouží také jako prevence proti škůdcům a chorobám (Ekologické zemědělství, 2007).

V případě ekologických farem, kde se setkáme jak s rostlinnou, tak i s živočišnou produkcí, je jako první předplodina obilnina. Lze se však setkat s případem, kdy obilniny slouží jako druhá plodina po zlepšující předplodině. U farem pouze s rostlinnou produkcí jsou předplodinami luskoviny, olejniny nebo okopaniny. Ekologické osevní postupy mají v porovnání s konvenčními farmami nižší podíl obilnin. Ten zpravidla nedosahuje více než 50 %.

#### **Výživa a hnojení**

Lze říci, že hnojivem označujeme každou látku, která zvyšuje půdní úrodnost. Podle odbornější definice se jedná o takovou látku, která zlepšuje symbiózu půdních organismů a vyživuje rostliny (Konvalina, 2008).

U ekologického systému zemědělství je přísný zákaz používání rychle rozpustných hnojiv syntetického původu. Výživa půdy pomocí dusíku závisí na zásobě dostupného dusíku v půdě v závislosti na zaoraných posklizňových zbytcích nebo mineralizaci organických hnojiv. Problém je absence dusíku v určitých fázích růstů rostliny, hlavně při regeneraci ozimů. V konvenčním způsobu je tato situace řešena tak, že dochází k aplikaci dusíku po dělených dávkách. –

Obilniny lze hnojit zejména na chudých půdách, a to nižšími a častějšími dávkami hnoje (4 – 10 t/ha). Je zde možnost i kombinace minerálního a organického hnojení (Ekologické zemědělství, 2007).

#### **Regulace plevelů, chorob a škůdců**

Plevely tvoří jeden z nejhlavnějších problémů, zvláště u zemědělců, kteří přecházejí z konvenčního systému na ekologické zemědělství. Pro přímou regulaci



plevelů existují tři metody. Hlavní mechanickou metodou je obyčejné pletí či okopávka. Dále se pak může zmínit plečkování, sečení nebo mulčování. Při fyzikální metodě jsou využívány plamenové plečky. Další důležitou metodou je regulace biologická. Zde je podstatou záměrné využívání živých organismů. Principem této metody je využití procesů, které jsou v přírodě přirozené a probíhají neustále, avšak se zacílením na konkrétní druh plevelu. Tato metoda vede ke snížení populační hustoty cíleného plevelného druhu díky posílení vlivu jeho přirozených nepřátel (Jursík a kol., 2018). Pro nepřímou metodu regulace je důležité výběr vhodného stanoviště, výběr odrůd, pěstební metody a střídání plodin.

Žito, především kvůli déle trvající sněhové pokrývce, je často napadáno plísní sněžnou. Co se týče ostatních chorob ty nemají praktický význam. Plíseň může vést až k vyhynutí či velkému prořídnutí rozsáhlých ploch. Může také napadnout čepele i klasy, způsobuje redukci počtu rostlin a je označováno za původce nepravého stéblomatu.

U pšenice spočívá ochrana proti škůdcům a chorobám v dodržování zásad agrotechnické kázně a daného osevního postupu. U této obilniny se můžeme setkat například s braničnatkou plevovou (Konvalina, 2007).

### **Sklizeň a skladování**

Základním předpokladem při sklizni semenných plodin je čistý výmlat a předčištění obilí. Předčištěním dosáhneme snížení energetických nároků a tím pádem i další náklady na sušení. U ekologického zemědělství se suší, pokud lze veškeré obilí, tak jako seťové. Pokud nedojde k následnému ochlazení, může na povrchu obilí dojít ke kondenzaci vody. Využití provzdušnění je vhodné při správném technickém vybavení, při příznivém počasí a při nižší vlhkosti sklizené obilniny (Ekologická učebnice, 2007).

### **Ekonomika a odbyt obilnin**

U ekologického způsobu zemědělství odpadají náklady na syntetická hnojiva, morforegulátory a pesticidy. Podpora výnosu, regulace proti chorobám a škůdcům si žádá poměrně vyšší náklady na ošetřování a aplikaci statkových hnojiv, spotřebu pohonných hmot a v neposlední řadě na manuální práci (Dlouhý, 2011).

## 2.7 Metoda LCA

LCA neboli life cycle assessment je analytická metoda využívaná k posuzování životního prostředí. Hodnotí potencionální environmentální dopady lidských produktů, ať už samotné výrobky, tak i služby a technologie. Při použití této metody je brán v potaz celý životní cyklus výrobku, tedy od získání výchozího materiálu až po jeho konečné odstranění. Dopady na životní prostředí jsou klasifikovány na základě vlivu energetických a materiálových toků (Kočí, 2009).

Hodnocení environmentálních dopadů je zakládáno na dlouhodobých zkušenostech, přesto se považuje za relativně novou disciplínu. Bere v úvahu nikoli jen přímé dopady vzniklé při vzniku výrobku, ale i dopady související s následným jeho použitím a také odstraněním. V hodnocení je zahrnut vznik emisí, vzniklých při výrobě, energetická a surovinová náročnost při využívání, a nakonec dopady při samotném odstranění (Guinée a kol., 2002).

Během existence každého výrobku dochází ke vzniku několika stadií, z nichž každé má jiné dopady na životní prostředí. Začátkem životního cyklu každého výrobku je získání energie a obnovitelných a neobnovitelných surovin z prostředí. Při získávání těchto surovin se do dopadů zahrnuje i doprava spjata s přepravou z výrobního místa do místa sloužícího ke zpracování. Stádium výroby zahrnuje přeměny materiálu, vlastní výrobu, kompletaci a balení. Jako další následuje využití a spotřeba produktu. Do této fáze se řadí surovinové a energetické požadavky na provoz, uskladnění a případně opravy produktů. Poslední fází je stádium odstranění výrobku. Na odstranění, opětovné využití či recyklaci je třeba materiálních a energetických nároků. Jak již bylo zmíněno, každý výrobek vstoupí do několika interakcí a projde několika stádii, z nichž každé představuje rozdílnou environmentální zátěž (Kočí, 2013).

Jednotlivé fáze, veškeré procesy a operace v nich, tvoří jeden celek tzv. produktový systém. Při zpracování LCA studie se tento produktový systém skládá z toků, materiálních a energetických, a procesů. Každý z procesů by měl být popsán jednak vstupy ale i výstupy. Musí zde být popsána i pozice, kterou zaujímá vzhledem k ostatním procesům. Každý jeden tok je výstupem z toku předchozího, zároveň slouží i jako vstup do procesu následujícího. U tvorby produktového systému je nutností dodržení právě této návaznosti. Materiálové toky se uvádějí v hmotnosti, typicky v kilogramech. Můžeme u nich ale naléznout i jiné jednotky, jako je například čas,

objem, plocha nebo počet kusů. Co se týče energetických toků, pro ty je typickou jednotkou MJ nebo kWh (Kočí, 2009).

Jak již bylo zmíněno, každá část životního cyklu je tvořena různým počtem procesů. Proces je tedy považován za základní kámen produktového systému (Horne a kol., 2009). V procesu dochází k přeměně energetických a materiálových vstupů na výstupy. V případě složitějších procesů vznikají ještě jako součást podprocesy. V situaci, kdy proces není dále dělen na podprocesy, mluvíme o jednotkovém systému (Klöpffer, 2014).

Energie nutná k provozu jednotlivých procesů se musí do systému nějak dostat. Při výrobě energie mluvíme o tzv. energonosiči, který může představovat například koks nebo uhlí apod. Obdobně musí být vyráběny pomocné toky. Po splnění své funkce zase řádně odstraněny. Tento proces se stává samostatným, s vlastními dopady na životní prostředí. Jednou z hlavních myšlenek LCA je právě zapojení pomocných toků do hodnocení environmentálních dopadů (Kočí, 2002).

Vstupy a výstupy související s interakcí mezi produktovým systémem a okolím nazýváme elementární toky.

## **Čtyři fáze LCA**

Metoda LCA se skládá ze čtyř fází: definice cílů a rozsahu, inventarizace, hodnocení dopadů a inventarizace životního cyklu (příloha 1).

### **2. 7. 1 První fáze: Definice cílů a rozsahu**

Na začátku je nutné stanovit si cíl studie. Určují se zde důvody provádění a použití studie, zamyšlený příjemce a uživatel výsledků této studie. Rozsah definujeme ze dvou specifikací, ze specifikace proceduálních kroků a ze specializace technických parametrů. Proceduální specifikace spočívá v určení postupů pro zajištění kvality právě prováděné studie. Do technické specifikace patří funkce, funkční jednotky, referenční tok, hranice systému, postupů alokace, a nakonec volby charakteristického modelu (Kočí, 2013; Guinée, 2002).

Prvním krokem při definici cílů je jednoznačně přesný popis toho, co je předmětem naší studie. Dále pak význam a obsah studie určení, pro koho studie je a v neposlední řadě podmínky, za kterých bude daná studie platná. Podle zmíněných bodů bude studie prováděna.

Každá prováděná studie má svého daného příjemce. Pro vypracování je právě tento příjemce důležitým kritériem, podle kterého je třeba postupovat při následném

vypracování. Každý zadavatel nebo příjemce studie LCA může klást na jednotlivé aspekty jiný důraz. Záleží také na tom, zda budou výsledky využity externě nebo naopak interně. Důležitým prvkem při stanovení cílů je rozhodnutí, k čemu bude metoda LCA sloužit. Je zde možnost zmapování systému jednoho produktu a hledání inovace nebo bude sloužit k posouzení dvou produktů a jejich dopadů na životní prostředí. V případě posuzování dvou srovnatelných produktů je důležité klást zvýšené nároky na transparentnost a kvalitu studie. Je vždy potřebné co nejpřesněji specifikovat za jakých podmínek byla studie prováděna a kdy se stanou výsledky platné. V zadání musí být obsažené využití zjištěných závěrů, účel a jaká následná rozhodnutí budou z výsledků odvozena (Kočí, 2009).

Kterákoli prováděná studie má daný rozsah platnosti. Rozsah je určen časovým, geografickým a environmentálním záměrem. Také zde záleží na předpokladech a okolnostech, při kterých byla studie zpracována a data zpracována. Určením technické specifikace je definice funkce, funkční jednotky a referenčního toku (Horne a kol., 2009). Dále je pak nutné určení hranice systémů, postupů alokace, a nakonec zvolení charakterizačních modelů.

Při posuzování daného produktu musí být součástí technické specifikace jasné určení, za jakých podmínek, a hlavně k čemu produkt slouží. Je důležité také znát funkci posuzovaného produktu ve sféře potřeby či užití. Produkt nemusí plnit pouze jednu funkci, v případě více funkcí je třeba zvolit tu, která je pro náš systém relevantní. Po výběru konkrétní funkce je nutné vyjádřit její množství a měřitelnou velikost, které jsou nezbytné ke splnění velikosti funkce (Klöpffer, 2014).

Produktový systém je sestaven z různého počtu procesů, které se podílejí na životním cyklu produktu. Ne všechny procesy jsou však podstatné pro zpracování studie. K rozdělení, zda procesy jsou podstatné či ne, slouží hranice systému. Vždy je třeba tuto hranici jednoznačně definovat a dobře zvážit, neboť výrazně ovlivňuje výstupy studie. Při volbě hranic se bere ohled na studované environmentální dopady a studované procesy. Pokud dojde k nezahrnutí některého ze stádia životního cyklu je třeba toto rozhodnutí vysvětlit a logicky zdůvodnit. Stádia cyklu, která budou předmětem analýzy, musí být také jasně definovány z důvodu inventarizační analýzy. Ideální případ je brát v potaz všechna stádia a procesy, takže od získání primárních surovin až po konečné odstranění (Kočí, 2013).

Vypracování studie je tím náročnější a komplikovanější čím jsou hranice systému rozsáhlejší. V některých případech lze hranice zúžit, avšak nikdy na úkor kvality.

V případě porovnání dvou produktů můžeme hranice zúžit na ty části, které mají produkty rozdílné.

### **2. 7. 2 Druhá fáze - Inventarizace životního cyklu**

Druhou fází LCA je inventarizace, která slouží k vyčíslení množství elementárních toků, které se uvolňují do životního prostředí během životního cyklu produktu. Cílem inventarizace je shromáždění významných environmentálních informací o procesech zařazených do produktového systému (Klöpffer, 2014). Jako první dojde ke sběru dat týkajících se jednotlivých procesů. Poté dochází k inventarizaci vstupů a výstupů systému jako celku společně s jeho okolím. Je zde využit princip „od kolébky do hrobu“. Jedná se o princip, při kterém jsou do životního cyklu zahrnuty procesy podílející se na výrobě a získávání potřebných surovin, ale také procesy při výrobě, používání a v neposlední řadě i odpadové hospodářství (Kočí, 2009).

Konečné výsledky inventarizace vždy musejí být odprezentovány v přehledné formě. Vzniklé podklady následně slouží k hodnocení dopadů životního cyklu.

Inventarizace se skládá ze třech kroků:

- Vývojový diagram produktového systému
- Sběr dat
- Výpočet ekovektoru

Schéma produktového systému získáme pospojováním procesů pomocí materiálových a energetických toků do funkčního celku. Modelace je prováděna díky specializovaným software nástrojům. Pro zapojení procesů funkčním způsobem do produktového systému je třeba mít dostatek informací o každém z nich. Je třeba zjistit, jak jsou energetické a materiálové toky veliké a které přesně do procesu vstupují. Přesné informace se zjišťují pomocí konzultací s provozovateli jednotlivých zařízení, lze je získat ale i z dostupných databází. Mluvíme zde obecně o sběru dat (Guinée a kol., 2002).

Hlavním prvkem při modelaci produktového systému je alokace. Ta je využita v situaci, kdy musí dojít k rozdělení environmentálních dopadů jednoho procesu mezi více produktů. Proces nebo i soustava procesů mnohdy umožňují několik rozdílných produktů s různými funkcemi pro spotřebitele. Produkty jsou označovány jako vedlejší (Kočí, 2013). Mezi vedlejší produkty je nutno náležitým způsobem alokovat environmentální dopady společných částí produktového systému. Jako příklad můžeme

uvést ropné frakce nabyté při krakování ropy. V tomto případě nelze přiřadit dopady na životní prostředí související s provozem jen jednomu produktu, ale na základě alokace přiřadit k oběma produktům (Horne a kol., 2009).

U procesů nakládání s odpady jsou typické paralelní vstupy. Charakteristické pro ně je, že do procesu vstupuje více rozdílných toků, avšak vystupuje z nich pouze jeden. Lze to vysvětlit na zjednodušeném případě. Do komunálu se zaváže papír, kovy, textilie a mnoho dalších materiálů a vystupují jen toxické průsakové vody a emise skleníkových plynů (Kočí, 2009) (Příloha 3). Materiál lze znovu využít k jinému nebo stejnému účelu, nazýváme to recyklací. V případě, kdy dojde k opětovnému využití výstupního materiálu v tomtéž procesu, mluvíme zde o uzavřené interní recyklaci. Když se recyklovaný materiál využívá pro jiný účel, než pro který sloužil původně, hovoříme o otevřené externí recyklaci.

Klíčovou částí inventarizace je výpočet ekovektoru produktového systému. Jde o vyčíslení množství do prostředí emitovaných látek a množství spotřebovaných surovin, které jsou vyjádřené referenčním tokem produktu (Guinée, 2002). Hlavním cílem každého výpočtu je zjištění výsledné hodnoty všech elementárních toků, jež souvisejí s vybraným referenčním tokem. Jako vektorový operátor je označován souhrn veškerých elementárních toků individuálních procesů využívaných v maticovém počtu LCA. Využíváme proto termín ekovektor (Dreyer a kol., 2010).

Soubor hodnot všech elementárních toků procesu, které jsou vztaženy na jednotku hlavního výstupu produktu, se označuje jako ekovektor procesu. Při vyčíslení hodnot všech elementárních toků produktového systému získáme ekovektor produktového systému. Můžeme ho vysvětlit také jako součet jednotlivých ekovektorů procesů, které se podílejí na produktovém systému. Využívají se tedy ekovektory jak jednotlivých, tak i složených procesů, dále pak meziproduktů nebo celých životních cyklů. Každý rozměr ekovektoru odpovídá spotřebě určité suroviny či emisi konkrétního elementárního toku do prostředí (Kočí, 2009).

Po výpočtu všech materiálových a energetických toků uvnitř produktového systému je nutné data prezentovat. K tomuto účelu složí inventarizační tabulky. Slouží k zobrazení dat, k následné práci s nimi a strukturují data, díky kterým je umožněno odpovědět na různé typy otázek. Příkladem může být uvolněné množství skleníkových plynů z produktového systému (Kočí, 2013).

### 2. 7. 3 Třetí fáze – Posuzování dopadů životního cyklu

Cílem této fáze LCA je převedení ekovektorů na hodnoty jiných veličin, které nejlépe vystihují míru zasažení životního prostředí. Součástí posuzování dopadu životního cyklu je porovnání environmentálních dopadů produktových systémů a vzájemné srovnání závažnosti pomocí kvantifikovatelných veličin (Guinée a kol., 2002). Tyto veličiny jsou označovány jako kategorie dopadu.

Jedná se o speciální problém životního prostředí a také zdraví lidí. Způsobují ho elementární toky produktových systémů. Kategorii dopadu lze rozdělit do dvou kategorií, a to kategorie intervenční a surovinové (Kočí, 2009). Kategorie intervenční představují zaúst'ování specifického elementárního toku s posléze nepříznivým pozorovaným účinkem. Surovinové kategorie se zakládají na úbytku dostupnosti surovin abiotického nebo biotického původu. Existují i další kategorie a to, lokální, regionální a globální (Horne a kol., 2009).

Lidská společnost zasahuje do všech částí naší země a její vliv dosahuje až globální úrovně. Do globálního dopadu řadíme klimatické změny a globální oteplování, úbytek surovin a stratosférického ozonu. Tyto důsledky způsobuje produkce, uvolňování a následné působení určitých látek do životního prostředí (Kočí, 2013). Do regionální kategorie dopadu řadíme ty, jejichž zdroj pochází z totožného geografického regionu, ve kterém současně můžeme zpozorovat i jejich působení. Nepochází zde ke globálnímu přenosu. Regionem se myslí specifické území o poloměru okolo 100 až 1000 km. V regionálním měřítku není možné vystopovat přesný zdroj znečištění, na rozdíl od lokálního. Nejčastěji jde o difúzní šíření látek. Pro lokální dopady je typický menší geografický rozsah v řádu pár kilometrů (Dreyer a kol., 2010). Můžeme zde zařadit například hluk, ekotoxicitu nebo úbytek obnovitelných zdrojů. Dopady mají různé časové rozsahy, mohou se projevit ihned nebo až za několik desítek let. Jsou také značně podmíněny dobou jejich působení (Kočí, 2009).

Existuje několik typů metodik výstupu dat z inventarizace pro posuzování dopadů na životní prostředí, jsou to tzv. metodiky LCIA (Guinée a kol., 2002). Každá z metodik LCIA charakterizuje soubor charakterizačních modelů, které převádějí hodnoty velikostí elementárních toků na indikátory, a to všech kategorií dopadu. Podle myšlenkové koncepce se jedná o endpointové kategorie dopadu nebo o kategorie midpointové.

Do kategorie dopadu úbytku surovin se řadí vliv produktového systému na spotřebu jak neobnovitelných, tak i obnovitelných surovin. Lidská civilizace

nenávratným způsobem spaluje fosilní paliva, tím do budoucna znemožňuje jejich další využití. Může také dojít k vyčerpání rud některých kovů z důvodu velice intenzivní spotřeby. Voda, živočišná biomasa a rostlinná produkce představují obnovitelné zdroje. Při jejich spotřebě dochází k vyčerpání obnovitelné přírodní kapacity. Z tohoto důvodu dochází k narušení či úplné destrukci přírodních ekosystémů (Kočí, 2013).

#### **2. 7. 4 Čtvrtá fáze LCA – Interpretace životního cyklu**

Výstup studie LCA je tvořen poměrně velkým množstvím hodnot, které se získávají jak z hodnocení dopadů cyklu nebo z inventarizace. Hlavním cílem tvořitele vybrané LCA studie je seskupení a následná interpretace těchto dat (Horne a kol., 2009). Tato fáze se skládá z několika okruhů. Jedná se o strukturalizaci dat, provedení analýzy, zhodnocení nejistot, diskuse, formulace doporučení a závěrečné shrnutí. Všechny okruhy jsou shrnuty do následujícího kroku. Mluvíme zde o identifikaci významnějších zjištění, hodnocení a v neposlední řadě o formulaci zjištěných závěrů a následných doporučeních. I když je interpretace poslední fází studie LCA, její podíl je znatelný i na předešlých částí. Výstupy z této fáze si totiž obvykle vyžadují změnu či doplnění v předešlých fázích studie (Kočí, 2009).

Prvním krokem této fáze je seskupení všech dat a informací ze všech předešlých částí LCA. Důvodem shromáždění dat je shrnutí všech poznatků, které významným způsobem přispívají k některým z výstupů z LCI a LCIA (Guinée a kol., 2002). Důležitým cílem je jasná formulace podstatných poznatků. Zjištěné informace označujeme jako významná zjištění, které jsou nezbytné pro následující krok v interpretaci, a to ke kontrole citlivosti, konzistence a kompletnosti. Formulace významných zjištění určují v hlavní řadě výstupy z inventarizace. Příkladem jsou emisní toky, množství odpadu, energetické toky apod. (Kočí, 2013).

Je třeba vybrat vhodná data ze studie, které jsou nejdůležitější k formulaci významných zjištění. Pro prezentaci dat se používají strukturalizační tabulky, které nám dávají informace o energetických a materiálových tocích. Dále pak poskytují před i po normalizaci informace ve formě hodnot výsledků ukazatelů kategorií dopadu (Horne a kol., 2009).

Pro zjištění fáze životního cyklu nebo procesů, které mají nejzásadnější vliv na míru environmentálních dopadů produktů se využívá analýza dominance. Analýza určuje fáze a procesy, u nichž lze najít nejvyšší množství emisí a mají vysokou spotřebu surovin. Základem analýzy je posouzení elementárních toků procesů, eventuálně



dopadů na ŽP. Obsah procesu nebo skupiny procesů lze vyjádřit procentuálně. Je zde také možnost využít tzv. ABC analýzu (Kočí, 2009).

K určení elementárního toku, který má nejzásadnější environmentální dopad je využívána analýza příspěvku. Pro tuto analýzu se strukturalizační tabulky rovnají podle ohledu na elementární toky.

Ovlivnitelnost inventarizačních dat v jednotlivých kategoriích se zkoumá pomocí analýzy ovlivnitelnosti. Díky zmíněné analýze je možná identifikace těch procesů, které lze příjemcem studie do jisté míry ovlivnit. Analýzou bodu zvratu se rozumí identifikace bodu, kdy dojde k transformaci výsledku při srovnání dvou produktových systémů. Většinou nevýhodnost nebo naopak výhodnost produktu platí pouze v konkrétním intervalu daných podmínek, nikoliv v maximálním rozsahu (Guinée a kol., 2002). Úkolem této analýzy je určení bodu, kdy dochází k rovnovážnému stavu environmentálních dopadů posuzovaných produktů. Lze porovnávat i například energetickou nebo surovinovou náročnost (Kočí, 2013).

### **Ecological Footprint – Ekologická stopa**

Ekologická stopa je nástroj měření lidského nároku na zemský ekosystém. Byl vyvinut na počátku 90. let Mathisem Wackernagelem a Billem Reesem na University of British Columbia. Dnes se stala jednou z nejčastěji používaných metod na světě pro porovnávání environmentálních výsledků a sledování pokroku směrem k udržitelné budoucnosti.

Vlády, organizace a komunity již dlouho chápou důležitost vyvážení fiskálních aktiv proti výdajům, ale teprve začínají rozpoznávat hodnotu využívání přírodních zdrojů v mezích produktivity Země. Pokud je EF větší než plocha půdy pod přímou kontrolou, došlo k „překročení“ a překročení udržitelného využívání zdrojů (Costanza, 2000). Pro udržitelný provoz musí být tyto zdroje využívány rychlostí, která není rychlejší, než může příroda zregenerovat.

Ekologická stopa je vědecká metodologie, která řeší tuto otázku porovnáním ekosystémových služeb, které lidstvo každý rok používá, s roční regenerační kapacitou biosféry pro tyto služby. Stopu lze vypočítat v měřítku globálním, národním nebo komunálním. Stopa se měří v globálních akrech, v jednotkách biologicky produktivní oblasti, které jsou nezbytné k vytvoření ročního toku spotřebovaných zdrojů. Převedení různých typů využití zdrojů do jedné společné metriky usnadňuje srovnání celkové

ekologické poptávky spojené s jakoukoli lidskou činností, od jednoho projektu po provoz celé organizace nebo komunity (Ewing a kol., 2010).

### **Energy Analysis**

Energetická analýza je součástí mnohem větší teorie vyvinuté H. T. Odum o fungování ekologických a dalších systémů. Tato teorie vysvětluje, jak systémy přežívají a organizují se do hierarchií pomocí energie při účinnosti, která generuje největší sílu (Hau, 2004).

Energie se měří ve slunečních ztělesněných (embodied) joulech, zkráceně sej. Energetická analýza charakterizuje všechny produkty a služby v množství sluneční energie, to znamená, kolik energie by bylo potřeba k provedení konkrétního úkolu, kdyby sluneční záření bylo jediným vstupem. Země se považuje za uzavřený systém se sluneční energií, hlubokým teplem Země (deep Earth heat) a přílivovou energií jako hlavní konstantní energetické vstupy. Všechny živé systémy se vzájemně udržují tím, že se účastní sítě toků energie přeměnou nižší kvality, energie na energii vyšší kvality a degradované tepelné energie. Protože sluneční energie je hlavním energetickým vstupem na Zemi, jsou všechny ostatní energie škálovány na sluneční ekvivalenty, aby poskytly společné jednotky. Jiné druhy energie existující na Zemi mohou být odvozeny z těchto tří hlavních zdrojů prostřednictvím energetických transformací (Hau, 2004). Energetická analýza – Emergy Analysis má jedinečnou schopnost, a to holistické vyhodnocení alternativních způsobů výroby energie a schopnost vést společnost k metodám, které přispívají k nejvyššímu a čistému výnosu (Cambell, 2015).

### 3 Metodika a cíle práce

Tato studie byla provedena za účelem vyhodnocení emisí vznikající při pěstování pšenice a žita v konvenčním a v ekologickém zemědělství.

Práce je rozdělena na dvě části. První část se soustřeďuje na teorii a druhá na stránku praktickou. Teoretická část je zaměřena na globální změnu klimatu, metodu LCA a pěstování obilnin v konvenčním a ekologickém zemědělství. V praktické části byla zjišťována míra environmentální zátěže, která vzniká při pěstování vybraných druhů obilnin, konkrétně pšenice a žito. Tento výsledek zatížení se porovnává mezi KZ a EZ. Výsledné zátěže byly přepočítány za prvé na jednotku výnosu (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna) a za druhé na jednotku plochy (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha).

Pro vyhodnocení emisí byl využit softwarový program SIMAPro a databáze Ecoinvent, které slouží k tvorbě analýz metody LCA. Pro výpočet byla využita metoda ReCiPe Midpoint H (Europe).

Vstupní data byla získána pomocí dotazníkového šetření. Dotazování probíhalo v rámci Plzeňského kraje. Jako respondenti sloužili především soukromí zemědělci, kteří pěstují pšenici či žito. Celkem bylo osloveno přes 150 osob, z nichž 70 se skutečně na dotazníkovém šetření podílelo. Vytvořen byl jeden typ tištěného dotazníku, který sloužil jak pro konvenční, tak i pro ekologické zemědělce. Dotazník obsahoval, po domluvě s konzultantem práce, celkem 7 otevřených otázek. Cílem úvodní otázky bylo zjištění prováděných agrotechnických operací a jejich četnost při pěstování obilnin. V další otázce bylo úkolem zjistit typy používaných hnojiv, včetně druhu a množství. Dále dotazník obsahoval otázku, která se zaměřovala na přepravní vzdálenosti a způsob přepravy. Další dvě otázky sloužily ke zjištění množství použitého osiva a následná sklizeň, jak zrna, tak slámy. V závěru byli respondenti dotazováni na posklizňové úpravy a použité přípravky na ochranu rostlin.

#### Metoda LCA

Tato práce se zaměřuje na jednu dopadovou kategorii studie LCA, a to na klimatickou změnu. Cílem první fáze bylo zjištění a porovnání environmentální zátěže, která vzniká při pěstování obilnin v konvenčním a ekologickém zemědělství. Funkčními jednotkami pro tuto studii bylo 1 kg zrna a jednotka plochy 1 ha. V této práci jsou zpracovány veškeré systémové procesy, které se využívají při pěstování pšenice a

žita. Po provedení studie a získání potřebných hodnot byly za hlavní zemědělské procesy zvoleny:

- prováděné agrotechnické operace (podmítka, orba, válení, vláčení, atd.)
- využitá hnojiva využitá přípravky na ochranu rostlin.

K získání potřebných a kvalitních dat bylo využito dotazníkového šetření mezi soukromými zemědělci. Důraz byl kladen hlavně na přesnost a úplnost odpovědí.

V rámci práce byla provedena hmotnostní alokace. Alokací se rozumí přiřazení podílu celkové zátěže životního prostředí mezi jednotlivé výstupy (Kočí, 2009). Ke studii byla využita získaná primární data týkající se všech procesů na základě již zmíněných dotazníků.

Ukazatele tohoto výstupu vyjadřují závažnost dopadu dané kategorie na životní prostředí. Pro výpočet analýzy byl za ekvivalentní jednotku zvolen ekvivalent kilogramu CO<sub>2</sub>. Cílem čtvrté, tedy poslední fáze studie LCA, je prezentace a zhodnocení výsledků analýzy. Výsledky z této studie jsou detailně vyobrazeny a popsány v kapitole Výsledky.

### **Zemědělství**

Do zemědělských procesů se řadí všechny agrotechnické operace, včetně aplikace hnojiv, přípravků na ochranu rostlin až po samotnou sklizeň. Díky zjištěným hodnotám bylo v MS Excel vypočteno množství kg eq. CO<sub>2</sub> na kg zrna pšenice a žita. Ve stejném programu bylo také zjištěno množství ekvivalentu na 1 ha plochy.

### **Transport**

Na základě dotazníkového šetření byl zjišťován typ vozidla, množství nákladu a ujeté vzdálenosti.

## 4 Výsledky

Tato kapitola pojednává o výsledcích, které byly zjištěny v rámci hodnocení množství uvolněných emisí při pěstování pšenice a žita. Pro výpočet environmentálního zatížení byl využit softwarový program s názvem SIMAPro a databáze Ecoinvent. Jsou zde graficky znázorněny emisní zátěže vzniklé během rozdílných fází pěstování, které byly rozděleny do čtyř hlavních skupin.

- Polní emise – obsahem jsou přímé a nepřímé emise N<sub>2</sub>O
- Agrotechnické operace – obsahují všechny prováděné operace od předset'ové přípravy až po sklizeň, včetně posklizňových úprav
- Hnojiva – zde jsou zahrnuty minerální hnojiva, pevného i kapalného charakteru v KZ a hnojiva organická v EZ
- Pesticidy – v této skupině jsou sumarizovány použité přípravky na ochranu rostlin – pesticidy i herbicidy

Výsledné hodnoty jednotlivých kategorií jsou také následně porovnávány mezi KZ a EZ.

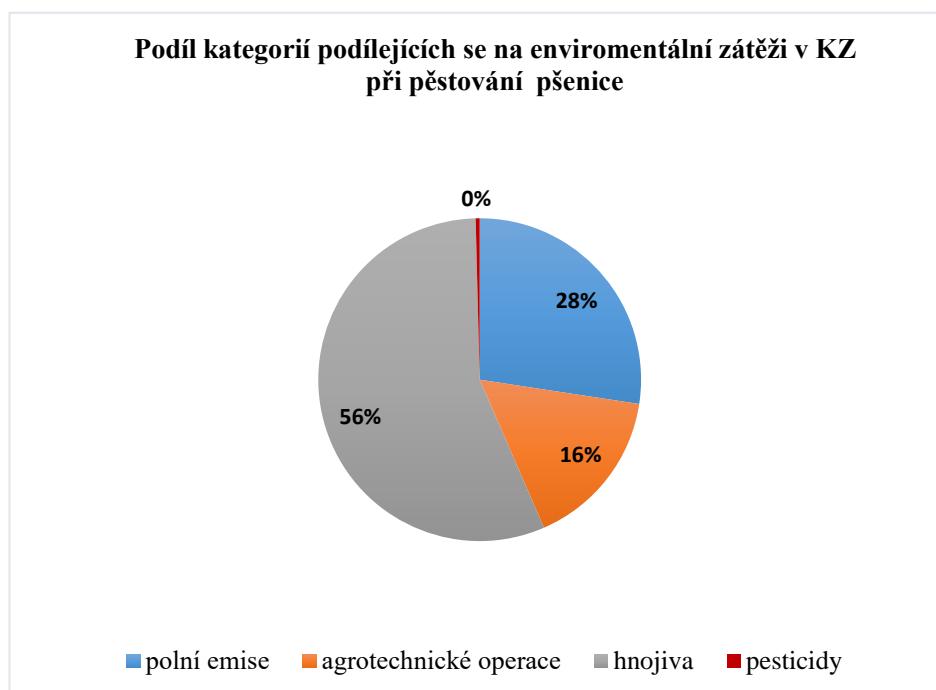
### Pěstování pšenice

Tabulka 1 Environmentální zátěž při pěstování pšenice

	<b>KZ</b>	<b>EZ</b>	<b>KZ</b>	<b>EZ</b>
	kg CO <sub>2</sub> eq na produkci 1 kg zrna	kg CO <sub>2</sub> eq na produkci 1 kg zrna	kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha	kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha
Polní emise	0,109	0,096	609,06	434,072
Agrotechnické operace	0,064	0,080	357,058	361,206
Hnojiva	0,223	0,009	1247,054	41,33807
Pesticidy	0,002	0	8,856	0
<b>Celková emisní zátěž</b>	<b>0,398</b>	<b>0,185</b>	<b>2222,028</b>	<b>836,616</b>

Tabulka č. 1 znázorňuje uvolněné množství kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a na 1 hektar. Žluté sloupce představují uvolněné emise vzhledem k výnosu. V KZ je celkové environmentální zatížení o 53,5 % vyšší než u ekologického zemědělství. Zelené sloupce znázorňují emise přepočtené na plochu. Environmentální zátěž konvenčního způsobu hospodaření tvoří více jak 62 % emisí než v EZ. Výsledné hodnoty kg CO<sub>2</sub> eq u hnojiv v EZ vykazují poměrně nízké hodnoty. Důvodem jsou nezapočtené emise skotu.

Graf 1 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování pšenice v KZ

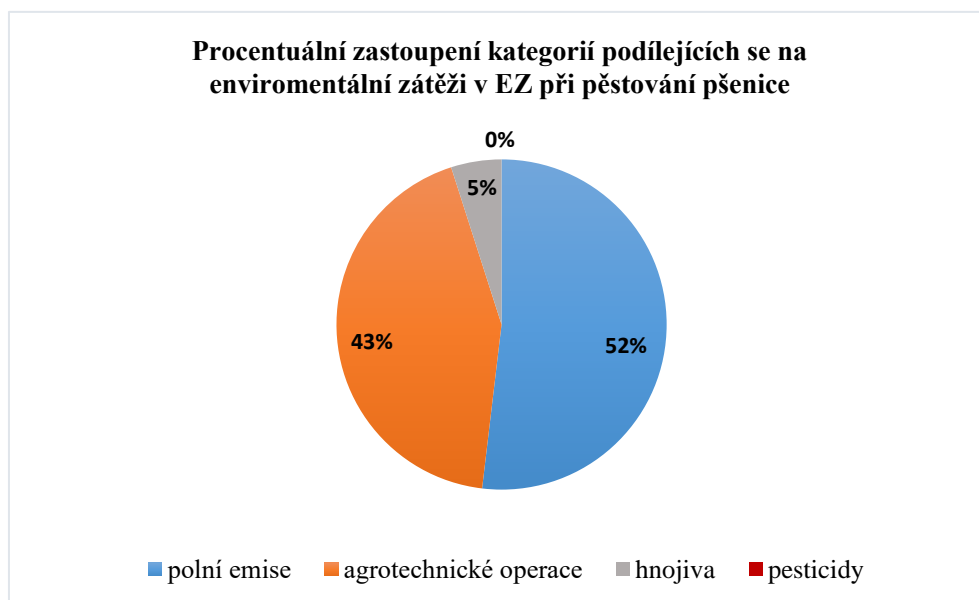


Graf č.1 znázorňuje podíl čtyř hlavních kategorií, které se podílejí na celkovém environmentálním zatížení na jednotku plochy (ha) a na jednotku výnosu (kg zrna). Ze získaných dat je patrné, že největší podíl emisní zátěže na jednotku plochy zaujímá kategorie hnojiva (1247,054 kg CO<sub>2</sub> eq). Výsledek, který vyplynul z výzkumu, není nijak překvapivý. Je obecně známo, že v konvenčním způsobu hospodaření se využívá poměrně velké množství hnojiv. Nejmenší podíl zaujímá kategorie pesticidů (8,856 kg CO<sub>2</sub> eq), které jsou v porovnání s ostatními hodnocenými kategoriemi téměř zanedbatelné. Transport v tomto případě zaujímal 6,9777 kg CO<sub>2</sub> eq.

Na jednotku výnosu hodnota kategorie hnojiv je 0,223 kg CO<sub>2</sub> eq, která tvoří, stejně jako u výnosu, více jak polovinu z celkového množství zátěže. Dále je zřejmé, že téměř 1/3 z celku je tvořena kategorií polní emise (0,109 kg CO<sub>2</sub> eq). Agrotechnické operace měly 16 % podíl na celkové emisní zátěži, tvoří celkem 0,064 kg CO<sub>2</sub> eq.

Kategorie pesticidů zaujímá nejmenší environmentální zátěž ve srovnání s ostatními kategoriemi. Pesticidy skončili na 4. místě s celkovou hodnotou 0,002 kg CO<sub>2</sub> eq. Díky transportu vzniklo 0,001 kg CO<sub>2</sub> eq.

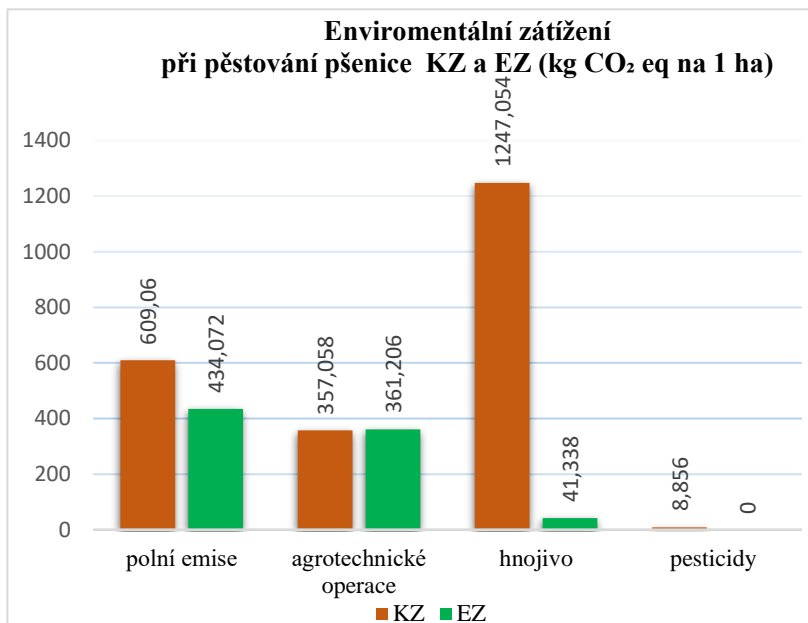
Graf 2 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování pšenice v EZ



V grafu č. 2, stejně jako v grafu č. 1, máme zobrazený podíl jednotlivých kategorií, mající vliv na environmentální zatížení. Hlavním a viditelným rozdílem od grafu č. 1 je velikost podílu kategorie hnojiv (41,338 CO<sub>2</sub> kg eq). Je to tím, že v ekologickém zemědělství se využívá organických hnojiv oproti KZ, kde se používají převážně minerální dusíkatá hnojiva, a to ve větších dávkách. Množství pesticidů tvoří nulovou složku, neboť obecně látky na ochranu rostlin, jako například pesticidy, jsou v ekologickém zemědělství podle zákona přísně zakázané. Na znázorněném grafu č. 2 tvoří největší podíl na environmentální zátěži, v přepočtu na jednotku plochy, polní emise (434,072 kg CO<sub>2</sub> eq). Agrotechnické operace zaujímají druhý největší podíl a tvoří celkem 361,21 kg CO<sub>2</sub> eq. Transport celkově tvořil 9,026 kg CO<sub>2</sub> eq.

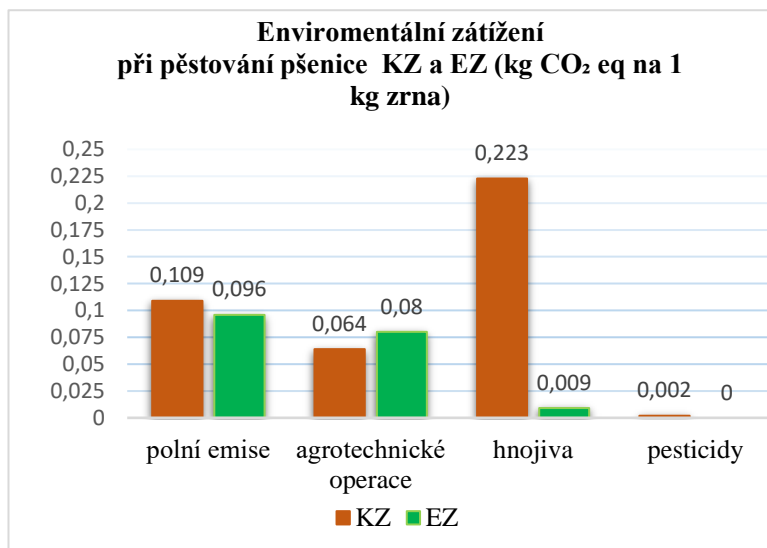
Nejvyšší zatížení na jednotku výnosu, celkem 51 %, představuje kategorie polní emise (0,096 kg CO<sub>2</sub> eq) a 43 % zaujímají agrotechnické operace (0,080 kg CO<sub>2</sub> eq). Skupina organických hnojiv se podílí 5 % na celkovém zatížení (0,009 kg CO<sub>2</sub> eq). Pesticidy opět tvoří 0 % zatížení. Ve srovnání s KZ je největší rozdíl v kategorii hnojiv. V EZ tvoří již zmíněných 5 % a v KZ zaujímají 56 %. Na transport připadlo 0,002 kg CO<sub>2</sub> eq.

Graf 3 Environmentální zatížení při pěstování pšenice v KZ a EZ (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha)



V grafu č.3 je vyobrazeno srovnání kategorií podílejících se na environmentální zátěži vzniklé při pěstování pšenice v KZ a EZ. Hodnoty uvádějí celkové množství kg CO<sub>2</sub> eq na plochu 1 ha. V případě polních emisí, vidíme rozdíl o téměř o 175 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. Hodnoty agrotechnických operací se o mnoho neliší. Kde lze ale pozorovat poměrně značný a výrazný rozdíl je kategorie hnojiv. Hodnota hnojiv v KZ převyšuje nejen hodnotu hnojiv v EZ, ale i všechny hodnoty vzniklé v ostatních kategoriích. Hnojiva tedy v KZ tvoří nejvyšší environmentální zátěž a to 1247,054 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. V EZ jsou největším environmentálním zatížením polní emise (434,072 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha).

Graf 4 Environmentální zatížení při pěstování pšenice v KZ a EZ (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna)





V grafu č. 4 je zobrazeno srovnání environmentálního zatížení při pěstování pšenice v KZ a EZ. Vzniklé hodnoty představují množství kg CO<sub>2</sub> eq na jednotku produkce 1 kg zrna. Nejvyšší environmentální zátěž tvoří v KZ skupina hnojiva. Stejně jak v grafu č.3 tvoří nejvyšší hodnotu z celého grafu. Polní emise tvoří vyšší procento (hodnotu) v KZ než v EZ. Oproti tomu agrotechnické operace tvoří vyšší podíl v EZ než v KZ.

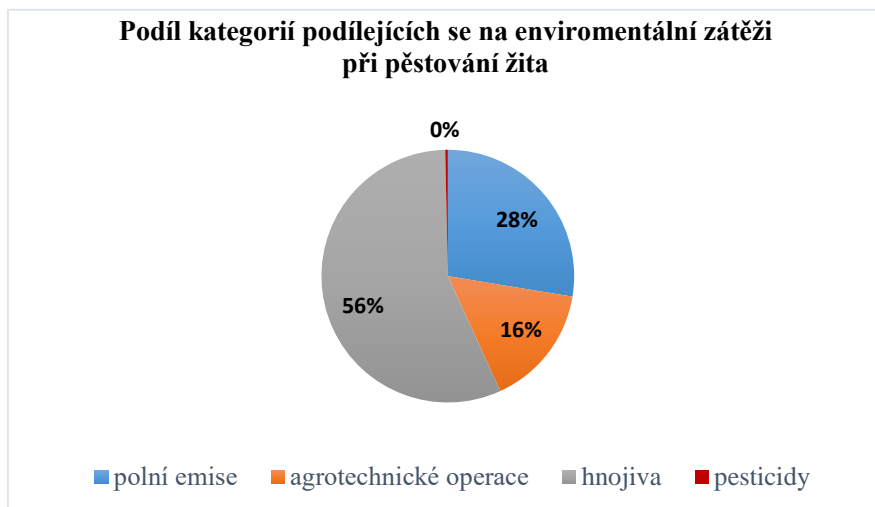
### Pěstování žita

Tabulka 2 Environmentální zátěž při pěstování žita

	<b>KZ</b>	<b>EZ</b>	<b>KZ</b>	<b>EZ</b>
	kg CO <sub>2</sub> eq na produkcí 1 kg zrna	kg CO <sub>2</sub> eq na produkcí 1 kg zrna	kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha	kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha
Polní emise	0,109	0,09	617,693	438,492
Agrotechnické operace	0,061	0,072	348,565	347,424
Hnojiva	0,223	0,009	1264,73	41,9
Pesticidy	0,001	0	7,185	0
<b>Celková emisní zátěž</b>	<b>0,394</b>	<b>0,171</b>	<b>2 238,143</b>	<b>827,816</b>

Tabulka č. 2 znázorňuje uvolněné množství kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a na 1 hektar. Žluté sloupce představují uvolněné emise vzhledem k výnosu. V KZ je celkové environmentální zatížení o 43,4 % vyšší než u ekologického zemědělství. Zelené sloupce znázorňují emise na jednotku plochy 1 ha. Environmentální zátěž konvenčního způsobu hospodaření tvoří více jak 63 % emisí než v EZ.

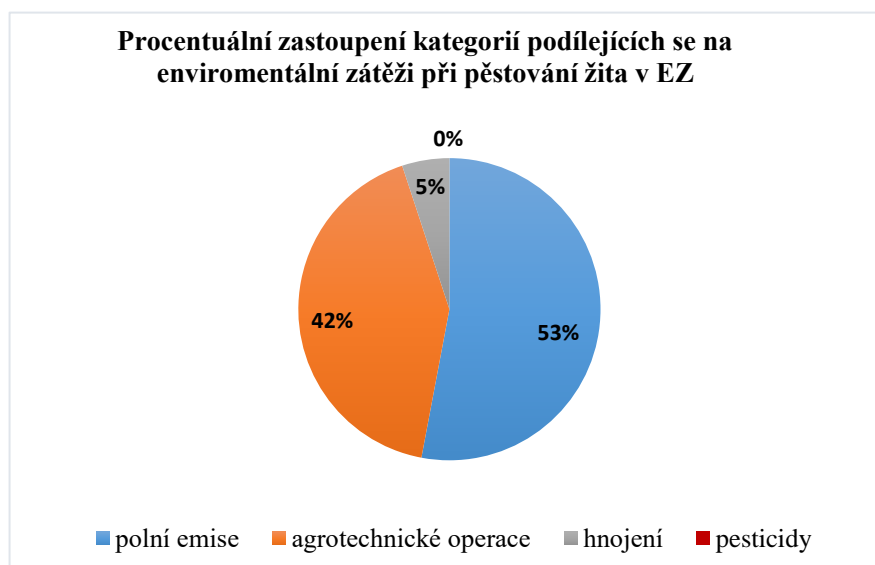
Graf 5 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování žita v KZ



V grafu č.5 je znázorněn procentuální podíl jednotlivých kategorií na environmentálním zatížení v KZ. Největší podíl v konvenčním zemědělství na jednotku plochy zaujímají hnojiva (1264,73 kg CO<sub>2</sub> eq), tvoří celkem 56 %. Na druhém místě s 28 % jsou polní emise (617,693 kg CO<sub>2</sub> eq) a následně agrotechnické operace tvořící 16 % (348,565 kg CO<sub>2</sub> eq). Pesticidy se svou velmi nízkou hodnotou tvoří 0 %. Transport zaujímá 9,591 kg CO<sub>2</sub> eq.

Na jednotku výnosu je převažující skupinou, stejně tak jako u plochy, kategorie hnojiva s hodnotou 0,223 kg CO<sub>2</sub> eq (57 %). Hodnotu 28 % z celkového množství tvoří polní emise (0,109 kg CO<sub>2</sub> eq). Kategorie pesticidů je opět zanedbatelná. Transport představuje 0,002 kg CO<sub>2</sub> eq.

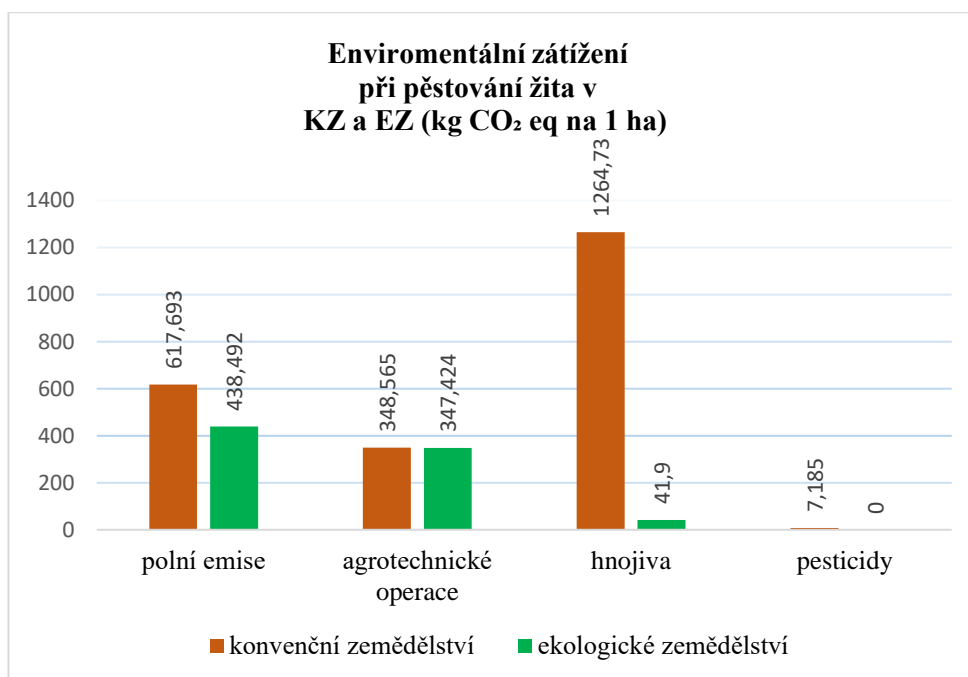
Graf 6 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování žita v EZ



Graf č. 6 uvádí procentuální podíl zkoumaných kategorií podílejících se na environmentálním zatížení na plochu 1 ha a na jednotku výnosu 1 kg zrna. Nejvyšší podíl emisí na plochu v EZ tvoří polní emise 438,492 kg CO<sub>2</sub> eq (53 %) a agrotechnické operace 347,424 kg CO<sub>2</sub> eq (42 %). Hnojení v EZ tvoří pouhých 41,9 kg CO<sub>2</sub> eq (5 %). Pesticidy jsou zde opět na nule. Transport tvoří celkem 7,063 kg CO<sub>2</sub> eq.

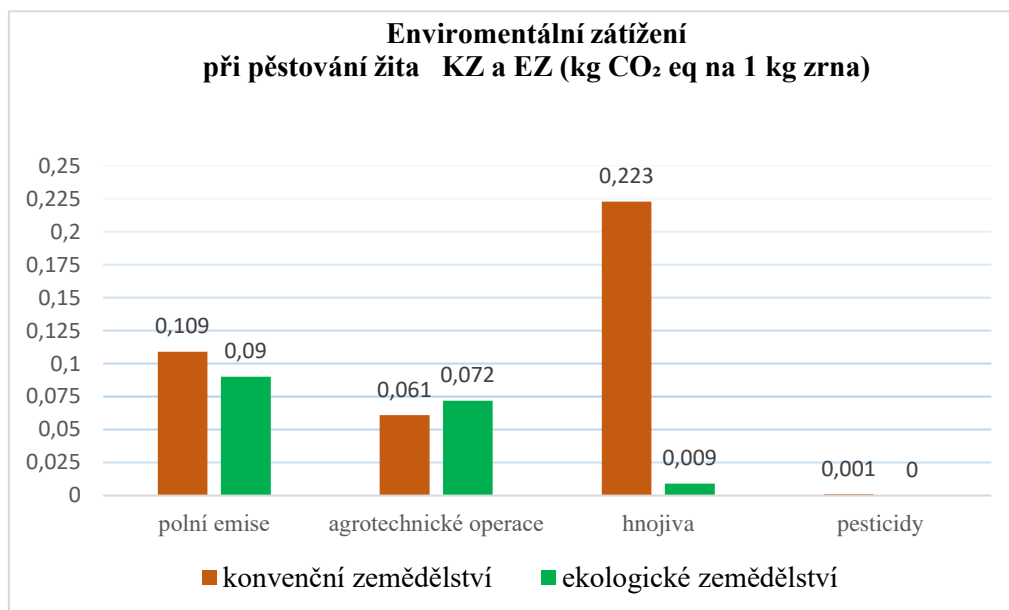
Největší zatížení v přepočtu na 1 kg zrna tvoří kategorie polní emise, a to celkem 53 % (0,09 kg CO<sub>2</sub> eq). Agrotechnické operace tvoří 0,072 kg CO<sub>2</sub> eq (42 %). Znatelný a největší rozdíl oproti pěstování v KZ tvoří hnojiva (0,009 kg CO<sub>2</sub> eq). Transport představuje 0,001 kg CO<sub>2</sub> eq.

Graf 7 Environmentální zatížení při pěstování žita v KZ a EZ (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha)



V grafu č. 7 je vyobrazen rozdíl hodnot environmentální zátěže při pěstování žita v KZ a EZ. Hodnoty jsou rozděleny podle zkoumaných kategorií a vyjádřené množství zátěže je kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha plochy. V KZ bylo nejvíce emisí uvolněno v kategorii hnojiva (1264,73 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha) a polní emise s hodnotou 617,693 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. U EZ bylo zjištěno největší environmentální zatížení v případě kategorie polní emise (438,492 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha) a agrotechnické operace (347,424 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha). Nejnižší hodnoty připadly na kategorie hnojiva a pesticidy u EZ.

Graf 8 Environmentální zatížení při pěstování žita v KZ a EZ (kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna)



V grafu č. 8 jsou znázorněny hodnoty jednotlivých kategorií způsobující environmentální zátěž při pěstování žita jak v konvenčním, tak i v ekologickém zemědělství. Hodnoty jsou vyjádřeny v kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg výnosu. V KZ bylo nejvyšší množství emisí uvolněno u kategorie hnojiva s celkovým počtem 0,223 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg výnosu a u polních emisích s hodnotou 0,109 kg CO<sub>2</sub> eq. U EZ byla nejvyšší environmentální zátěž na jednotku výnosu v případě kategorie polních emisí (0,090 kg CO<sub>2</sub> eq) a v rámci agrotechnických operací (0,072 kg CO<sub>2</sub> eq).

## 5 Diskuze

Pšenice je základní komoditou na mezinárodních i domácích trzích. Z hlediska produkce se nachází hned po kukuřici na druhém místě. V rámci celkové rozlohy je však na místě prvním.

Konvenční způsob zemědělství a intenzifikace úspěšně vyřešily otázku zajišťování potravin zvýšením produktivity plodin, stále více se ale projevují podstatné negativní dopady na biologickou diverzitu a životní prostředí. Intenzivním využíváním zdrojů energie dochází k negativním změnám, jako je například globální oteplování nebo vyčerpání zdrojů.

Z výsledků studie je dobře znatelné, že největší podíl na environmentální zátěži v konvenčním zemědělství představuje kategorie hnojení. Je známo, že rostlinná výroba není možná bez hnojení, zejména hnojení dusíkem, který má rozhodující roli (Gruber et Galloway, 2008). Není pochyb o tom, že díky dusíkatým hnojivům dochází ke zvýšení produktivity plodin, ale zároveň tento způsob hnojení vede k závažným environmentálním dopadům. Mezi ně patří zejména zvýšené emise skleníkových plynů, např. oxid dusnatý (NO), oxid dusný (N<sub>2</sub>O) a oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) (Conrad, 1996). Foley a kol. (2005) tvrdí, že pokud bude tento stav v nadcházejících desetiletích přetrvávat, může dojít k poměrně velkému ovlivnění životních podmínek jak pro člověka, tak i rostlinnou produkci. Zemědělství by podle něj mělo být účinnější, stabilnější, odolnější a produktivnější s minimálními dopady na životní prostředí z důvodu dosažení budoucí ekonomické, sociální a klimatické výzvy. S tímto tvrzením se shoduje i výsledek této studie, který lze nalézt jak v tabulce č.1, tak i v grafech, že díky používání organických, nikoliv syntetických hnojiv, lze vidět značný rozdíl ve výsledných emisích. Emise skleníkových plynů by mohly být sníženy nahrazením chemických hnojiv organickými. Braschkat a kol. (2003) udávají ve své studii, že pokud nahradí chemické hnojivo organickým, zmírní tak emise až o 80 % kg CO<sub>2</sub> eq. Küstermann B. et Hülsbergen (2008) se s ním ztotožňují a tvrdí, že ekologické zemědělství, zejména z důvodu nižších vstupů, produkuje méně emisí CO<sub>2</sub>. Oproti tomuto tvrzení jsou Holka a kol. (2016), kteří jsou přesvědčeni o tom, že záleží zejména na přesné aplikační technologii a optimalizaci hnojení. Tento postup by mohl vézt k velmi důležitému pokroku při snižování emisí z polí a snižování spotřeby surovin při výrobě hnojiv. (Foley a kol., 2005) Stejného názoru jsou i Ashworth a kol. (2008), nižší přívod hnojiva může snížit emise skleníkových plynů na vyrobenou jednotku.

V rámci boje proti negativním dopadům konvenčního a intenzivního zemědělství došlo ke vzniku ekologického zemědělství, jehož cílem je dosažení vyšší produktivity plodin s nízkým vstupem zdrojů a současně snaha zabránit negativním environmentálním dopadům (Doré a kol., 2011). Výsledky této studie jasně ukazují, že mezi pěstováním v KZ a EZ jsou v jednotlivých kategoriích značné rozdíly. Celkové emise CO<sub>2</sub> z pěstování pšenice a žita v ekologickém způsobu zemědělství jsou nižší oproti pěstování v KZ, a to jak v přepočtu na jednotku plochy, tak na jednotku produkce. V této studii celkové zatížení emise vznikající při pěstování pšenice je 0,399 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna v konvenčním zemědělství a 0,187 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna v ekologickém zemědělství. Dorninger a Freyer (2008) popisují značně podobné výsledné hodnoty, a to 0,361 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna pro KZ a 0,132 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna. Jelínková a kol. uvádějí hodnoty vyšší a to, 0,460 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna v KZ a 0,423 kg CO<sub>2</sub> eq / kg zrna v EZ.

Od konce 20. století vznikla spousta studií o posuzování environmentálních rizik. Důvodem bylo nadměrné používání chemikálií, syntetických hnojiv, pesticidů a jiných kontaminantů. Mnoho studií se věnovalo právě zjišťování dopadů těchto vstupů, hlavně z pohledu globálního oteplování a vyluhování dusíkatých hnojiv. Na základě těchto informací se zavedl hodnotící systém „Life Cycle Assessment“, který slouží k posouzení všech souhrnných kategorií dopadu na životní prostředí vyplývají právě ze zemědělských systémů (Payraudeau, 2005). Jednou z důležitých charakteristik zemědělské LCA je použití více funkčních jednotek. Mezi běžně používané funkční jednotky, které byly použity i v této studii, patří například hmotnost (kg) a plocha (ha). Přestože používání LCA v zemědělsko-potravinářském průmyslu rychle roste, mezi studiemi existují značné nesrovnalosti. Konvenční zemědělství používá ve srovnání s ekologickým zemědělstvím větší množství hnojiv a pesticidů, ale ekologické zemědělství naopak vyžaduje více orné půdy. Mancuso a kol. (2019). ve studii LCA měřili environmentální dopad na životní prostředí a na globálního oteplování vyjádřený v ekvivalentu kg CO<sub>2</sub>. Výsledky jeho studie prokázaly a shodují se s touto studií, že nadměrné používání dusíkatých hnojiv má nepříznivý dopad na účinnost využívání zdrojů a zvyšuje dopady na životní prostředí.

Farnoush Fallahpour a kol. (2012) tvrdí, že ne vždy systémy zemědělské výroby s vysokou úrovní výnosu odporují environmentální bezpečnosti. Tato práce se ale ztotožňuje s tím názorem, že nadměrné používání dusíkatého hnojiva způsobují značné negativní dopady na životní prostředí. Mancuso a kol. (2019) poukazují na to,

že jedním z vhodných přístupů ke snížení dopadu zemědělské produkce na životní prostředí je dosažení vyššího výnosu na jednotku plochy zvýšením účinnosti využívání zdrojů.

Více funkčních jednotek pomáhá lépe interpretovat a porozumět zátěži životního prostředí, produktivitě a příjmům zemědělských podniků. Z důvodu snížení znečištění životního prostředí a závislost na cizí ropě, probíhají v různých odvětvích zemědělství úpravy.

Přestože je LCA standardizovanou metodikou ISO (ISO 2006), provedení vyžaduje metodická rozhodnutí, která by mohla výrazně ovlivnit výsledky studie. Jedním z nich je volba funkční jednotky, která je zvláště komplikovaná pro zemědělské systémy z důvodu jejich více funkcí a výstupů (Brankatschk, 2015). Pěstování pšenice a žita v konvenčním a ekologickém zemědělstvím bylo v této studii vyhodnoceno pomocí zjednodušené metody LCA, s důrazem na dopadovou kategorii, a to na klimatickou změnu.

Charles a kol. (2006) do své studie LCA při pěstování pšenice zahrnuly kritérium kvality, které je relevantní, protože správa hnojiv ovlivňuje obsah bílkovin ve sklizených plodinách. Zmíněný typ je ale obtížné použít při hodnocení střídání celých plodin, protože každá plodina má jiné vlastnosti. Kromě toho nekvalitní plodiny nejsou vždy vyraženy, ale místo toho se používají pro jiné účely, např. pšenice s nízkým obsahem bílkovin může být použita jako krmivo pro zvířata nebo pro výrobu biopaliv. V této studii bylo rozhodnuto o nezahrnutí kvality plodin, ačkoliv je třeba poznamenat, že v případě hodnocení vhodného hospodaření s hnojivy při rozhodování by mělo být zohledněno i hledisko kvality.

K závěrečnému hodnocení emisí je nutné zmínit že, kromě hnojiv mají značný podíl na celkovém zatížení i polní emise. Fott a kol. (2003) poukazují na to, že velké množství emisí vzniká z přípravků na ochranu rostlin, hlavně z pesticidů. Jeho tvrzení však nebylo v této studii potvrzeno. Pesticidy zde zaujímají v KZ pouze od 0 do 1 % z celkového emisního zatížení.

Důležitou otázkou v zemědělství je redukce emisí. Za nejúčinnější opatření ke snížení emisí se řadí omezení syntetických dusíkatých hnojiv, správné dávkování hnojiv a přechod konvenčního zemědělství na ekologické. Renzuli a kol. (2015) jsou názoru, že přestože přístupy ekologického zemědělství mohou potenciálně snížit celkový environmentální dopad, nižší využití hnojiv a relativní využití energie v takových systémech však mohou být občas vyváženy větším využitím energie pro

práci v terénu a nižší výnosy, což zase vede k celkově většímu obdělávání půdy potřebné pro produkci obilovin. Podle Moudrého a Konvaliny (2007) v EZ odpadají náklady na syntetická hnojiva a pesticidy. Podpora výnosu a regulace škůdců ale naopak vyžadují mnohem vyšší náklady. Jedná se například o mechanické práce, ošetřování a aplikaci statkových hnojiv a zároveň na vyšší spotřebu pohonných hmot.



## 6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjištění environmentálního zatížení, které vzniká při pěstování pšenice a žita a následné porovnání zátěže v KZ a EZ. Práce je založena na získaných hodnotách z dotazníkového šetření a z dat databáze Ecoinvent.

Populace na světě stále roste a na ornou půdu, vodu, energii a biologické zdroje je stále vyvíjen větší tlak. Pšenice představuje základní plodinu k uspokojení poptávky po potravinách, krmivech, osivech a dalších vedlejších produktech. Pěstování pšenice a žita způsobuje ale i negativní dopady na životní prostředí.

Pšenice vypěstována konvenčním způsobem celkem uvolnila 0,399 kg CO<sub>2</sub> eq na jednotku výnosu a 2229,006 kg CO<sub>2</sub> eq na jednotku plochy. Konvenčně vypěstované žito uvolnilo do ovzduší 0,396 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 2247,764 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. V ekologickém zemědělství se při pěstování pšenice uvolnilo celkem 0,187 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 845,642 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha.

Pěstování bylo rozděleno do 4 hlavních kategorií. Jsou to polní emise, agrotechnické operace, hnojení a pesticidy.

Polní emise v konvenčním zemědělství dosahovaly vyšších hodnot než u EZ. U pšenice se jednalo o 12 % z hlediska výnosu a o 29 % v rámci jednotky plochy. U žita byly hodnoty navýšeny o 17 % (výnos) a 29 % (plocha).

Emise uvolněné z agrotechnických operací byly u pšenice o 20 % (výnos) a o 1 % (plocha) vyšší v ekologickém zemědělství než v konvenčním. Hodnoty u žita vyšly o 15% vyšší z hlediska výnosu v EZ než v KZ. U žita byly výsledné údaje z hlediska plochy vyšší u KZ, hodnota však dosahovala necelého 1 %.

Hlavní podíl na emisích CO<sub>2</sub> mají u KZ syntetická dusíkatá hnojiva. U pšenice v KZ vyšly hodnoty 0,223 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 1247,054 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. Ekologická pšenice dosahovala hodnot 0,009 kg CO<sub>2</sub> eq na jednotku výnosu a 41,338 kg CO<sub>2</sub> eq na jednotku plochy. Z hlediska výnosu i plochy je tudíž emisní zátěž v KZ přibližně o 96 % vyšší než v EZ. U žita pěstovaného v KZ vyšly hodnoty 0,223 kg CO<sub>2</sub> eq a 1 kg zrna a 1264,73 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha plochy. U ekologického žita bylo uvolněno 0,009 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 41,9 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha plochy. Hodnoty emisí u hnojiv v EZ vykazují poměrně nízké hodnoty z důvodu nezapočtených emisí ze skotu. Obě plodiny dosahovaly poměrně shodných hodnot.

Část z výsledné emisní zátěže tvoří přípravky na ochranu rostlin. Pesticidy celkem uvolnily u KZ pšenice 0,002 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 8,856 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. U

konvenčního žita hodnoty dosahovaly 0,001 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 kg zrna a 7,185 kg CO<sub>2</sub> eq na 1 ha. Celkově pesticidy uvolňují o 100 % více emisí než u ekologického zemědělství.

Všechny zmíněné kategorie způsobují vznik emisí a nárůst skleníkových plynů. Z tohoto důvodu je proto nezbytné hledání způsobu, jak tento jev co nejvíce minimalizovat. Na základě výsledků je tedy nejlepším způsobem pro zemědělce přechod na ekologické zemědělství, správné dávkování a zacházení s hnojivou nebo změna pěstební technologie.

## Citovaná literatura

Anderson, T. R., Hawkins, E., Jones, P. (2016): CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: From the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*. 40 (3) 178-187 [online] . [cit. 2019-10-08]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932716300308>.

Shah, A. (2014): Climate Change Affects Biodiversity, *Global Issues* [online].[cit. 2019-06-07] Dostupné z: <https://www.globalissues.org/article/172/climate-change-affects-biodiversity>.

Ashworth, A. J., Taylor, A. M., Reed, D. L., Allen, F. L., Keyser, P. D., Tyler, D. D. (2015): Environmental impact assessment of regional switchgrass feedstock production comparing nitrogen input scenarios and legume-intercropping systems. *J Clean Prod* 87, 227–234 s.

Basuk, J. (1979): Freons and ozone in the stratosphere. *Science council of Canada*. 56 (6) [online].[cit. 2019-10-19]. Dostupné z: <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477%281975%29056%3C0589%3AFAOITS%3E2.0.CO%3B2>.

Borovec, K., Danihelka, P., Kula, P., Ochodek, T. (1998): Znečištění ovzduší oxidem dusným a vliv průmyslových procesů na jeho emise. *Acta Montanistica Slovaca*. 3 (3), 267-272 s. [online] . [cit. 2019-09-10] Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/267233593\\_Znecistení\\_ovzduší\\_oxidem\\_dusným\\_a\\_vliv\\_prumyslových\\_procesů\\_na\\_jeho\\_emise](https://www.researchgate.net/publication/267233593_Znecistení_ovzduší_oxidem_dusným_a_vliv_prumyslových_procesů_na_jeho_emise).

Brankatschk, G., Finkbeiner, M. (2015): Modeling crop rotation in agricultural LCAs — challenges and potential solutions. *Agric Syst* 138, 66–76 s.

Cambell, E. (2015): *Emergy and Power* [online].[cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <http://www.emergysociety.com/emergy-research/power/>.

Cline, W., R. (2007): *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*, Center for Global Development and the Peterson Institute for International Economics, 98 s.

Conrad, R. (1996): Microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, OCS, N<sub>2</sub>O, and NO) *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 60, 609-640 s.

Costanza, R. (2000): The dynamics of the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 32 (2000) 341 – 345 s. [online].[cit.2020-01-02]. Dostupné z: [http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2000\\_J\\_Costanza\\_Eco\\_Footprint.pdf](http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2000_J_Costanza_Eco_Footprint.pdf).

Crausbay, S. D., Ramirez, A. R. (2018): *Defining Ecological Drought for the Twenty-First Century* National Center for Ecological Analysis and Synthesis, University of California, Santa Barbara [online]. [cit. 2019-

05- 07]. Dostupné z: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/BAMS-D-16-0292.1>.

Deshmukh, M. M., Paithane, R. R. (2020): Pollution and Ozone Layer Depletion. *Our Heritage*, 68(11), 286-288 s.[online]. [cit. 2020-03-01] Dostupné z: <https://archives.ourheritagejournal.com/index.php/oh/article/view/2629>.

Dlouhý, J., Urban, J. (2011): Ekologické zemědělství bez mýtů:Fakta o ekologickém zemědělství a biopotravinách pro média. Olomouc [online]. [cit. 2019-08-10], Dostupné z: [http://www.bioinstitut.cz/documents/myty\\_EZ\\_final.pdf](http://www.bioinstitut.cz/documents/myty_EZ_final.pdf) ISBN 978-80-87371-13-8.

Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., Titonell, P. (2011): Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge, 34 (4) , 197-210 s.

Dorninger M., Freyer B. (2008): Current achievements and future potential of organic agriculture to climate protection in Austria, IFOL, BOKU Wien, 2008 (in German).

Dreyer L., Hauschild, M., Schierbeck, J. (2010): Charakterisation of social impacts in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 15, 247-259 s.

Ekologické zemědělství: vysokoškolská učebnice (2007): České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394-046-1.

Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursley, A., Reed, A., Wackernagel, M. (2010): *The Ecological Footprint Atlas 2010*. Oakland: Global Footprint Network. 110 s.

Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Behbahani, A., Bannayan, M. (2012): The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. *Environment, Development and Sustainability*. 14 (6). 979-992 s.

Farabi, A., Chowdhury, M., Hossain, R., Readuzzaman, M. (2019): Air pollution monitoring system using unmanned aerial vehicle in Bangladesh. BRAC univerzity, 2019 [online] . [cit. 2019-10-11]. Dostupné z: <http://dspace.bracu.ac.bd/xmlui/handle/10361/13735>.

Foley, J. A., a kol. (2005): *Global Consequences of Land Us. 2005*. Vol. 309, Issue 5734. 570-574 s.

Fott, P., Pretel, J., a kol. (2003): Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. ČHMÚ. 97 s.

Gibson, D. C. (2015): *Terrestrial and Extraterrestrial Space Dangers: Outer Space Perils, Rocket Risks and the Health Consequences of the Space Environment*. Bentham Science Publishers Ltd., 2015. 354 s. ISBN 978-1-60805-996-6.

Gruber, N., Galloway, J. (2008): An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature* 451, 293–29 s.

Guinée, J. B., Gorré, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Wegener, A., Sleeswijk, H., Udo De Haes, A., De Bruijn, J. A., Van Duin, R., Huijbregts, M. A. J. (2002): *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Hardbound. ISBN 1-4020-0228-9.

Hau, J. L., Bakshi, B. R. (2004): Promise and problems of emergy analysis. Vol. 178, (1–2), 215–225 s.

Holka, M., Jankowiak, J., Bieńkowski, J. F., Dabrowicz, R. (2016): Life cycle assessment (LCA) of winter wheat in an intensive crop production system in wielkopolska region. Holka a kol.: *Life cycle assessment of winter wheat*. 535–545 s.

Horne, R., Grant, T., Verghese, K. (2009): *Life cycle assessment: principles, practice, and prospects*. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub. ISBN 978-0643094529.

Charles, R., Jolliet, O., Gaillard, G., Pellet, D. (2006): Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. *Agric Ecosyst Environ*, 113, 216–225 s.

Chiodo, G., Polvani, L. M., Marsh, D. R., Stenke, A., Ball, W., Rozanov, E., Muthers., S., Tsigaridis, K. (2017): The Response of the Ozone Layer to Quadrupled CO<sub>2</sub> Concentrations. *Geophys. Res. Lett.* 44, 465–474 s.

Jelínková, D., Sobotka, M. (1958): *Atlas obilnin. Státní zemědělské nakladatelství*. 280 s.

Jursík M., Holec, J., Hamouz, P., Soukup, J. (2018): *Biologie a regulace plevelů. České Budějovice. Kurent*. ISBN 978-80-87111-71-0.

Kirk – Davidoff, D. (2018): *The Greenhouse Effect, Aerosols, and Climate Change. Green Chemistry*. Elsevier. 211–234 s.

Klöpffer, W., Grahl, B. (2014): *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. John Wiley & Sons. 440 s. ISSN 0948-3349.

Kočí, V. (2013): *Environmentální dopady: posuzování životního cyklu*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-858-0.

Kočí, V. (2009): *Posuzování životního cyklu – LCA*. Ekomonitor. Chrudim. 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5.

Konvalina, P., Moudrý, J. (2007): *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. Zemědělská fakulta. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 118 s. ISBN 978-80-7394-031-7.

Konvalina, P., Moudrý, J., a kol. (2008): Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. JČU ZF v Českých Budějovicích, 65 s. ISBN 978-80-7394-116-1.

Kroupová, Z. (2010): Technická efektivnost ekologického zemědělství České republiky. Ekonomická revue 2010, 13(2), 63-75 s.

Křen, J., Jůza, J. (1998): Metodika pěstování ozimých obilnin: [pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale]. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav. ISBN 80-902-5452-7.

Küstermann B., Hülsbergen, K. J. (2008): Emission of Climate-Relevant Gases in Organic and Conventional Cropping Systems, In: D. Neuhoﬀ (Ed.), Proceedings of the 2nd Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (18-20 June 2008, Modena, Italy), ISOAR, 2008, 570-573.

Macháň, F. (1997): Hybridní odrůdy žita. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. ISBN 80-7105-151-9.

Mancuso, T., Verduna, T., Blanc, S., Di Vita, G., Brun, F. (2019): Environmental sustainability and economic matters of commercial types of common wheat. Agric. Econ. – Czech, 65, 194-202 s.

Ministerstvo životního prostředí (2017): Klimatická změna. [online]. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu).

Ministerstvo životního prostředí (2017): Adaptace na změny klimatu (Zemědělec). Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu).

Moudrý, J., Jůza, J. (1998): Pěstování obilnin. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 80-704-0274-1.

Moudrý, J., Konvalina, P., a kol. (2007): Pěstování obilnin v ekologickém zemědělství. JČU ZF v Českých Budějovicích, 117 s.

Moudrý, J., a kol. (2007): Základní principy ekologického zemědělství. Jihočeská univerzita Budějovicích, Zemědělská fakulta. 41 s. ISBN 978-80-7394-041-6.

Nemešová, I., Pretel, J. (1998): Skleníkový efekt a životní prostředí. Podstata, rizika, možná řešení a mezinárodní souvislosti. Ministerstvo životního prostředí. ČHMÚ. 76 s. ISBN 80-7212-046-8.

Parson, E. A. (2003): Protecting the ozone layer. Oxford University Press. 400 s. ISBN 9780195155495.

Payraudeau, S., Van der Werf, H. M. G. (2005): Environmental impact assessment for a farming region: A review of methods. Agriculture, Ecosystems & Environment, 107, 1–19.

Petr, J., Dlouhý, J. (1992): Ekologické zemědělství. Praha: Brázda. 305 s. ISBN 80-209-0233-3.

Petr, J., Húska, J. (1997): Speciální produkce rostlinná - I (Obecná část a obilniny). Praha: ČZU. ISBN 80-213-0152-X.

Petr, J., Jůza, J. (2008): Žito a tritikale: biologie, pěstování, kvalita a využití. Praha: ProfiPress. ISBN 978-80-8672-629-8.

Prugar, J. (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČZV. ISBN 978-80-86576-28-2.

Renzulli P., Bacenetti, J., Benedetto, G., Fusi, A., Ioppoli, G., Niero, M., Proto, M., Salomone, R., Sica, D., Supino, S. (2015): Life Cycle Assessment in the Cereal and Derived Products Sector. Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. Springer, 4, 185-250. ISBN 978-3-319-11939-7

Schneider, T., O’Gorman, P. A., Levine, X. J. (2010): Water vapor and the dynamics of climate changes. Reviews of Geophysics. 48(3). 22 s.

Schulze, E. D., Luyssaert, S., Ciais, P., Freibauer, A., Janssens, I. A. N., Sousanna, J. F., Smith, P., a kol. (2009): Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. Nature Geoscience 2. 842-850 s.

Soden, B. J., Held, I. M. (2005): An Assessment of Climate Feedbacks in Coupled Ocean–Atmosphere Models. Journal of climate. Vol. 19. 3354-3360 s.

Streblová, E. (2013): Souhrnné texty chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství). 3., upr. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2242-2.

Šarapatka, B., Urban, J., Mátlová, V. a kol. (2006) Ekologické zemědělství v praxi. Šumperk: Pro-Bio. 497 s. ISBN 978-80-903583-0-0.

Šejnohová, H., Warthová, S., Babáčková, J., Rádlová, L. (2018): Statistická šetření ekologického zemědělství - Základní statistické údaje (2017). ÚZEI. Praha. 65 s. [online] . [cit.2019-06- 02]  
Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/611801/Statistika\\_ekologickeho\\_zemedelstvi\\_2017.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/611801/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2017.pdf).

Urban, J., Šarapatka, B. a kol. (2003): Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi 1.díl. Praha: MŽP. 280 s. ISBN 80-7212-274-6.

Zeppetello Vargas, L. R., Tétrauld-Pinard, É., Battisti, D. S., Baker, M. B. (2020): Identifying the Sources of Continental Summertime Temperature Variance Using a Diagnostic Model of Land–Atmosphere Interactions . Department of Atmospheric Sciences, University of Washington. 33 (9). 3547–3564 s.

Zimolka, J. (2005): Pšenice pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, Praha, 184 s. ISBN 80-86726-09-6.



## Seznam zkratk

CH <sub>4</sub>	methan
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
CO <sub>2</sub> eq	ekvivalentní vyjádření oxidu uhličitého. Umožňuje přímé srovnání různých skleníkových plynů.
EIA	environmental impact assessment
Ecoinvent	evropská databáze pro aplikaci LCA
EZ	ekologické zemědělství
KZ	konvenční zemědělství
LCA	life cycle assessment; Posuzování životního cyklu
LCI	life cycle inventory; Inventarizace životního cyklu
LCIA	life cycle impact assessment; Posuzování dopadů
N <sub>2</sub> O	oxid dusný
SimaPro	software pro aplikaci metody LCA

## Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování pšenice v KZ .....	38
Graf 2 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování pšenice v EZ.....	39
Graf 3 Environmentální zatížení při pěstování pšenice v KZ a EZ (kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha) .....	40
Graf 4 Environmentální zatížení při pěstování pšenice v KZ a EZ (kg CO <sub>2</sub> eq na 1 kg zrna).....	40
Graf 5 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování žita v KZ .....	42
Graf 6 Zastoupení jednotlivých kategorií (%) na environmentálním zatížení při pěstování žita v EZ.....	42
Graf 7 Environmentální zatížení při pěstování žita v KZ a EZ (kg CO <sub>2</sub> eq na 1 ha)....	43
Graf 8 Environmentální zatížení při pěstování žita v KZ a EZ (kg CO <sub>2</sub> eq na 1 kg zrna) .....	44

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Environmentální zátěž při pěstování pšenice.....	37
Tabulka 2 Environmentální zátěž při pěstování žita .....	41

## Seznam příloh

Příloha 1 Čtyři fáze LCA .....	61
Příloha 2 Výsledky dotazníků – pěstování pšenice v EZ.....	61
Příloha 3 Výsledky dotazníků – pěstování pšenice v KZ .....	61
Příloha 4 Výsledky dotazníků – pěstování žita v EZ.....	62
Příloha 5 Výsledky dotazníků – pěstování žita v KZ.....	62

Příloha 1 Čtyři fáze LCA



Zdroj 1: <http://lca-cz.cz/projekt-lca/lca.html>

Příloha 2 Výsledky dotazníků – pěstování pšenice v EZ

Ekologický způsob pěstování								
Zdroj	Agrotechnické operace	Hnojiva	Převravní vzd. + způsob	Množství osiva	Skližeň- zmo	Skližeň- sláma	Posklizňové úpravy	Přípravky proti ochraně
Subjekt 1	orba,kultivátor,vláčení setí, válení,hnojení,pletí sklizeň, lisování slámy	keřda skotu - 17,2t/ha	traktor s fekálem - 8,8km tatra se sklizní - 8,3km	240kg/ha	3,7t/ha	3,25t/ha	čištění	ne
Subjekt 2	podmítka,orba,hnojení válení, kompaktor,setí pletí, sklizeň	hnůj - 25t/ha	traktor s vlekem - 15 km	240kg/ha	4,5t/ha	6t/ha	předčištění provětrávání	ne
Subjekt 3	podmítka,hnojení, orba, smyky kompaktor,setí, sklizeň	hovězí hnůj - 50t/ha	traktor se závěsem - 50km	210kg/ha	5,5t/ha	5,5t/ha	ne	ne
Subjekt 4	orba, setí, sklizeň	žádná	traktor s vlekem - 9km	220-250kg/ha	4,5t/ha	3t/ha	ne	ne
Subjekt 5	podmítka,orba,kompaktor,vláčení setí,sklizeň	hnůj - 20t/ha	traktor s vlekem - 12km	250kg/ha	4,5t/ha	3t/ha	ne	ne
Subjekt 6	podmítka,kultivátor, hnojení,setí,sklizeň	keřda - 18t/ha	traktor s vlekem - 4km	220kg/ha	4,5t/ha	4t/ha	ne	ne
Subjekt 7	podmítka, hnojení, orba, vláčení setí, sklizeň	hnůj - 25t/ha	traktor s vlekem - 7,5km	210kg/ha	5t/ha	4,5t/ha	ne	ne
Subjekt 8	podmítka, orba, hnojení, setí, sklizeň	hnůj - 30t/ha	traktor s vlekem - 10km	240kg/ha	3,8t/ha	5t/ha	čištění	ne
Subjekt 9	orba, setí, sklizeň	žádná	traktor s vlekem - 3km	200kg/ha	4t/ha	3t/ha	ne	ne
Subjekt 10	podmítka, orba, hnojení, setí, sklizeň	hnůj - 25t/ha	traktor s vlekem - 4km	220kg/ha	4,5t/ha	6t/ha	ne	ne
Subjekt 11	podmítka, hnojení,orba,setí,sklizeň	keřda - 16t/ha	traktor - 6km	230kg/ha	4t/ha	4t/ha	ne	ne
Subjekt 12	podmítka, orba, hnojení, setí, sklizeň	hnůj - 20t/ha	traktor s vlekem. 12km	240kg/ha	4,5t/ha	5t/ha	ne	ne
Subjekt 13	podmítka, hnojení,orba,kompaktor setí,sklizeň	keřda - 16t/ha	traktor s vlekem - 10km	220kg/ha	5t/ha	4t/ha	ne	ne
Subjekt 14	podmítka, hnojení, orba, setí, sklizeň	hnůj - 25t/ha	traktor s vlekem - 5km	240kg/ha	5,5t/ha	5,5t/ha	ne	ne
Subjekt 15	hnojení, orba, setí, sklizeň	hnůj - 20t/ha	traktor s vlekem - 8km	220kg/ha	4,5t/ha	4t/ha	ne	ne

Zdroj 2: vlastní

Příloha 3 Výsledky dotazníků – pěstování pšenice v KZ

Konvenční způsob								
Zdroj	Agrotechnické operace	Hnojiva	Převravní vzd. + způsob	Množství osiva	Skližeň- zmo	Skližeň- sláma	Posklizňové úpravy	Přípravky proti ochraně
Subjekt 1	podmítka,hnojení,orba těžké brány, setí, sklizeň	minerální - pevná -LAV - 5,79t/ha minerální - kapalná - DAM 390- 5,44t	traktor+návěs - 6km cisterma - 9km	260kg/ha	6,10t/ha	4,44t/ha	čištění - linka	Bizon - herbicid - 11ltr/ha Tango super- fungicid - 11ltr/ha
Subjekt 2	podmítka, orba,vláčení,setí vláčení, hnojení,ochrana,sklizeň	min.- pevné - NPK - 0,15t/ha	traktor s vlekem - 0,5km	240kg/ha	3,5t/ha	2t/ha	ne	Mustang Forte-0,8l/ha
Subjekt 3	Podmítka,těžké brány,hnojení orba, vláčení,setí,válení,ochrana setí, sklizeň	Chlévská mrva - 18t/ha	traktor s rozmetadlem - 1km	300kg/ha	5t/ha	5t/ha	ne	Agrioxo - 0,15l /ha
Subjekt 4	hnojení, orba, těžké brány setí,ochrana,sklizeň	Chlévská mrva - 25t/ha	traktor s vlekem - 0,5km	220kg/ha	5t/ha	5t/ha	ne	Dam - 300 -1l/ha
Subjekt 5	podmítka, orba, předseť,příprava setí, válení, hnojení, ochrana, sklizeň	min.-pevné - LA27% - 0,3t/ha min.-kapalné - DAM 390 - 160l/ha	traktor, nákladní auto 5-10km	220kg/ha	6t/ha	3,5t/ha	ne	Cougar Forte - 0,5l/ha - plevel Agilty - 1,5l/ha - plevel Soligor - 0,7l/ha - fungicid
Subjekt 6	podmítka, orba, těžké brány,kompaltor předseť,příprava, vláčení,setí válení, hnojení, ochrana, sklizeň	min. Ledeč - 0,2t/ha	traktor s vlekem - 3km	200kg/ha	3t/ha	3t/ha	čištění	Mustang forte-0,7l/ha - plevel Osiris-0,5l/ha - fungicid
Subjekt 7	podmítka, orba, těžké brány,kompaltor předseť,příprava, setí, vláčení, válení hnojení,ochrana , sklizeň	org. - Chlévská mrva - 20t/ha min. -ledek amonný - 0,2t/ha min- DAM - 120l/ha	traktor s vlekem 1-30km	180kg/ha	5t/ha	3,5t/ha	čištění	Cougar Forte - 0,5l/ha - plevel Chockar - 0,3l/ha - choroby Magnallo- 0,2l choroby
Subjekt 8	Podmítka, předse.příprava, setí, ochrana, hnojení,sklizeň		traktor+návěs - 6km	215kg/ha	8,046t/ha	5,8t/ha	sušení na výkupu	firma zajišťuje
Subjekt 9	podmítka, orba, předse.příprava,setí válení, ochrana, sklizeň	min-pevná-Ledeč - 0,3t/ha mn-kapalná - DAM 39-30kgN/ha	nákl. Automobil - 5km	240kg/ha	6,6t/ha	3t/ha	čištění i sušení	nic
Subjekt 10	podmítka,hnojení, předse.příprava,setí rostlin, sklizeň	min-pevná-Ledeč - 0,54t/ha min.-kapalná -DAM 39 - 0,39t/ha	nákl. Automobil - 10km	220kg/ha	6,65t	6t/ha	čištění	herbicid - 60g/ha fungicid - 0,6l/ha
Subjekt 11	zadiskování slámy, diskování,kombinátor setí, válení, ochrana rostlin,sklizeň	min-pevná-0,3t/ha min-kapalná- DAM390 - 130l/ha	traktor,kombajn - 7km	240kg/ha	6,02t	15,4t/ha	čištění i sušení	Cougar Forte - 0,5l/ha - plevele Hutton - 0,88l - fungicid
Subjekt 12	podmítka, hnojení,kompaktor, setí hnojení, válení, ochrana, sklizeň	min-pevná- ledeč - 0,33t/ha	traktor s vlekem - 10km	200kg/ha	5-8 t	nesklizí	ne	nevi - najatá firma
Subjekt 13	podmítka, orba, předse.příprava,vláčení setí, ochrana rostlin, sklizeň	min-pevná-ledeč - 0,15t/ha	traktor s vlekem - 20km	180kg/ha	5t/ha	5t/ha	čištění i sušení	Bizon - 1l/ha - plevele
Subjekt 14	podmítka,orba,hnojení, setí, ochrana rostlin sklizeň	min-pevná-Ledeč - 0,3t/ha	traktor s vlekem - 4km	220kg/ha	5,8t/ha	4t/ha	ne	Cougar Forte - 0,5l/ha - plevele
Subjekt 15	podmítka, předse.příprava,setí, ochrana hnojení, sklizeň	min-pevná- ledeč - 0,33t/ha min- kapalná - DAM - 140l/ha	traktor s vlekem- 2km	220kg/ha	5,5t/ha	3,5t/ha	ne	herbicid - 60g/ha fungicid - 0,5l/ha

Zdroj 3: vlastní

Příloha 4 Výsledky dotazníků – pěstování žita v EZ

Ekologický způsob pěstování Zdroj	Agrotechnické operace	Hnojiva	Přepravní vzd. + způsob	Množství osiva	Skližeň- zrna	Skližeň- sláma	Posklizňové úpravy	Přípravky proti ochraně
Subjekt 1	Podmítka, orba, předs. Příprava kompaktor, setí, sklizeň	žádné	zůstává na farmě	200kg/ha	5t/ha	6,5t/ha	žádné	žádné
Subjekt 2	podmítka,hnojení, orba, kompaktor vláčení,setí, sklizeň	chlévková mrvna 20t/ha	traktor s vlekem - 20km	250kg/ha	4,5t/ha	3t/ha	sušení	žádné
Subjekt 3	hnojení, orba,setí,sklizeň	hnůj 30-40t/ha	traktor s vlekem - 9km	200-220kg/ha	4,7t/ha	4,5t/ha	žádné	žádné
Subjekt 4	hnojení, orba, předseťová př. setí, válení, hnojení, pletí sklizeň	kompost 26,8t/ha kejda skotu 12,7t/ha	traktor s vlekem 8,8km tatra - 8,3km	150kg/ha	2,88t/ha	3,21t/ha	čištění	žádné
Subjekt 5	podmítka,orba, kompaktor válení, setí, pletí, sklizeň	hnůj 25t/ha (předplodiny)	traktor s vlekem - do 15 km	230kg/ha	4,8t/ha	9t/ha	předčištění, provětrávání	Polyversin - 0,5kg/ha
Subjekt 6	podmítka,orba, kompaktor setí,sklizeň	hnůj 30t/ha	traktor s vlekem - 3km	220kg/ha	4t/ha	4,5t/ha	žádné	žádné
Subjekt 7	podmítka,orba,setí, hnojení sklizeň	kejda skotu 14t/ha	traktor s vlekem - 5km	180kg/ha	4t/ha	5,5t/ha	žádné	žádné
Subjekt 8	orba,setí, sklizeň	žádné	traktor s vlekem - 10km	210kg/ha	4,5t/ha	3t/ha	žádné	žádné
Subjekt 9	podmítka,hnojení,orba setí, sklizeň	hnůj 30t/ha	traktor s vlekem - 2km	220kg/ha	4,8t/ha	4,8t/ha	žádné	žádné
Subjekt 10	podmítka, orba, hnojení, válení kompaktor,setí,sklizeň	hnůj 25t/ha	traktor s vlekem - 10km	200kg/ha	4t/ha	4,5t/ha	žádné	žádné

Zdroj 4: vlastní

Příloha 5 Výsledky dotazníků – pěstování žita v KZ

Konvenční způsob Zdroj	Agrotechnické operace	Hnojiva	Přepravní vzd. + způsob	Množství osiva	Skližeň- zrna	Skližeň- sláma	Posklizňové úpravy	Přípravky proti ochraně
Subjekt 1	podmítka, předseř.příprava setí, ochrana rostlin, hnojení ochrana, sklizeň	0,5t/h Chocker 0,77t/ha Hutton	traktor s návěsem - 6km	200kg/ha	8,48t/ha	6,52t/ha	sušení - firma	Lovodam 30 - 1l/ha
Subjekt 2	podmítka, orba, vláčení,setí vláčení, hnojení, ochrana rostlin sklizeň	NPK - 0,15t/ha	traktor s vlekem - 100m	240kg/ha	4,5t/ha	4,5t/ha	ne	Mustang Forte - 0,8l/ha
Subjekt 3	hnojení, orba, vláčení setí, ochrana rostlin, sklizeň	chlévkový hnůj - 20t/ha	traktor s vlekem - 2km	300kg/ha	6t/ha	5,5t/ha	čištění	DAM, Ledek - množství neví
Subjekt 4	podmítka, orba, předseťová př. setí,válení, ochrana,sklizeň	min. pevná - LA 27% - 25t/ha min. kapalná - Dam 390 - 160l/ha	traktor, nákl. auto - 5km	220kg/ha	6t/ha	3,5t/ha	ne	Cougar Forte - 0,5l/ha Agility - 1,5l/ha Sumimax 60g/ha Soligor 0,7/ha
Subjekt 5	podmítka, orba, předseťová př. setí, hnojení,ochrana, válení sklizeň	min. pevná - Ledek 0,2t/ha	traktor s vlekem - 8km		4,5t/ha	4t/ha	čištění	Glean75- 0,7l/ha - herbicid
Subjekt 6	orba, smykobrání,hnojení setí,ochrana, sklizeň	min. pevná - LAV - 3,13t/ha min. kapalná - DAM 309- 3,13t/ha	traktor s návěsem, cisterna - 10km	200kg/ha	5,83t/ha	5,17t/ha	čištění	Hurricane0,25l/ha - herbicid hutton - 0,8646/ha - fungicid
Subjekt 7	podmítka,orba,předseř.příprava setí,válení, ochrana,sklizeň	min-pevná - Ledek -0,3t/ha	traktor s vlekem - 6km	230kg/ha	4,5t/ha	4,5t/ha	ne	Mustang Forte - 0,8l/ha
Subjekt 8	podmítka,hnojení,orba setí,sklizeň	hnůj - 20t/ha	traktor s vlekem - 1,5km	220kg/ha	6t/ha	5t/ha	ne	Agritox - 0,15l/ha - herbicid
Subjekt 9	podmítka, předseř.příprava setí, hnojení ,sklizeň	min-pevná-Ledek - 0,3t/ha	traktor s vlekem - 3km	200kg/ha	5t/ha	4,5t/ha	ne	Mustang Forte - 0,7/ha -plevele
Subjekt 10	podmítka, orba,těžké brány setí,vláčení,hnojení,ochrana sklizeň	min-pevná-Ledek - 0,4t/ha min.-kapalná -DAM 39 - 0,3t/ha	traktor s vlekem + 9km	240kg/ha	6t/ha	5,5t/ha	ne	Cougar Forte - 0,5l/ha-plevele

Zdroj 5: vlastní

