

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra agroekosystémů

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

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Potenciál energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně  
a zpracování minoritních druhů *Triticum* L. pěstovaných v režimu  
ekologického zemědělství**

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

Autor diplomové práce: Bc. Aneta Sedláková

ČESKÉ BUDĚJOVICE, 2019

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Aneta SEDLÁKOVÁ**  
Osobní číslo: **Z17041**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agropodnikání**  
Název tématu: **Potenciál energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování minoritních druhů Triticum L. pěstovaných v režimu ekologického zemědělství**  
Zadávací katedra: **Katedra agroekosystémů**

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

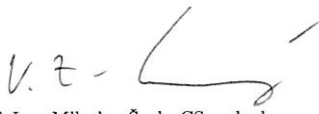
1. Úvodní část: Úvod do problematiky pěstování druhů Triticum L.
2. Literární přehled: Sestavit literární přehled shrnující aktuální problematiku pěstování druhů Triticum L.
3. Metodická část: Seznámit se s metodikou zakládání a ošetřování porostů Triticum L. v rámci polních pokusů, podílet se na praktickém ošetřování porostu a sledovat růstové vlastnosti v průběhu vegetace, studium doporučené literatury a zpracování rešeršní části práce, zpracování a analýza vzorků dle dostupných metod.
4. Výsledková část: Zpracování experimentálních dat, posouzení vhodnosti druhů Triticum L. pro energetické účely na základě získaných dat, vyhodnocení výsledků práce
5. Diskuzní část: Srovnání výsledků s údaji dostupnými v literatuře
6. Závěrečná část práce: Shrnutí hlavních výsledků práce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)  
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran včetně příloh  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

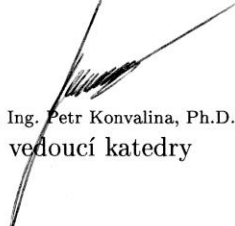
- [1] DEMIRBAŞ, A. (1997). Calculation of higher heating values of biomass fuels. *Fuel*, 76(5), 431-43  
[2] JENKINS, B., BAXTER, L. L., & MILES, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel processing technology*, 54(1), 17-46.  
[3] MCKENDRY, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource technology*, 83(1), 37-46.  
[4] SLEPETYS, J., KADZIULIENE, Z., SARUNAITE, L., TILVIKIENE, V., & KRYZEVICIENE, A. (2012). Biomass potential of plants grown for bioenergy production. In *Proceedings of the International Scientific Conference "Renewable Energy and Energy Efficiency* (pp. 66-72).  
[5] SOUČKOVÁ, H. et al. (2006). Nepotravinářské využití fytomasy. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.  
[6] ŠTINDL, P. et al. (2006). Chemické složení biomasy a hygienické aspekty využívání přírodních surovinových zdrojů bioenergie. In: *Agroregion 2006 - Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda - základ konkurenceschopnosti zemědělství)*, České Budějovice, s. 131-135.  
[7] ŠTINDL, P., KOLÁŘ, L., KUŽEL, S. (2006). Spalné teplo biomasy a jeho výpočet z elementárního složení. In: *Agroregion 2006 - Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda - základ konkurenceschopnosti zemědělství)*, České Budějovice, s. 136-140.  
[8] WIWART, M., BYTNER, M., GRABAN, ., LAJSZNER, W., & SUCHOWILSKA, E. (2017). Spelt (*Triticum spelta*) and Emmer (*T. dicoccon*) Chaff Used as a Renewable Source of Energy. *BioResources*, 12(2), 3744-3750.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaroslav Bernas**  
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **15. ledna 2018**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvská 1668, 370 05 České Budějovice

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

V Českých Budějovicích dne 21. března 2018

## **Abstrakt**

Pěstování minoritních druhů obilnin, mezi které se řadí pšenice špalda, jednozrnka a dvouzrnka, zaznamenalo v posledních letech výrazný rozvoj především díky rozvoji ekologického zemědělství. Při zpracování těchto obilnin vzniká množství odpadního materiálu v podobě pluch, plev a úlomků klasových vřen, které představují 23–35 % hrubého výnosu a lze je využít jako materiál pro výrobu energie prostřednictvím přímého spalování. V tomto ohledu bylo dosaženo nejvyššího spalného tepla ( $Q_s^r$ ) i výhřevnosti ( $Q_u$ ) u pšenice špaldy. Pěstování pšenice špaldy bylo rovněž dosaženo nejvyššího hrubého výnosu ( $26,41 \text{ GJ ha}^{-1}$ ) z polních pokusů a nejvyššího množství odpadního materiálu (33,23 %) z hrubého výnosu.

### **Klíčová slova**

Pšenice špalda, pšenice jednozrnka, pšenice dvouzrnka, plevy, pluchy, spalné teplo, výhřevnost

## **Abstract**

Growing minority cereal crops, including spelt wheat, einkorn wheat and emmer wheat, has seen significant development in recent years, mainly due to the development of organic farming. In the processing of these cereals, the amount of waste material in the form of plows, chaff and spindles fragments, which account for 23-35% of the gross yield, can be used as a material for energy production through direct combustion. In this respect, the higher heating value ( $Q_s^r$ ) and the lower heating value ( $Q_u$ ) of spelt wheat was achieved. Spelt wheat also produced the highest gross yield ( $26,41 \text{ GJ ha}^{-1}$ ) and the highest amount of waste material (33,23 %).

### **Key words**

Spelt wheat, einkorn wheat, emmer wheat, chaff, the higher heating value, the lower heating value

## **Prohlášení**

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- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. dubna 2019

-----  
Bc. Aneta Sedláková, autor

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce doktorovi Jaroslavu Bernasovi za jeho cenné rady, vstřícnost, trpělivost a veškerou pomoc při vypracování diplomové práce.

## OBSAH

1	ÚVOD.....	4
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	5
2.1	MINORITNÍ OBILNINY .....	5
2.1.1	VÝHODY A NEVÝHODY ZAVÁDĚNÍ MINORITNÍCH OBILNIN	5
2.2	PŠENICE JEDNOZRNKA ( <i>Triticum monococcum</i> L.) .....	6
2.2.1	BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	6
2.2.2	AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ .....	6
2.2.3	VÝŽIVA A HNOJENÍ.....	7
2.3	PŠENICE DVOUZRNKA ( <i>Triticum dicoccum</i> /Schrank/ Schuebl.).....	7
2.3.1	BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	7
2.3.2	AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ .....	8
2.3.3	VÝŽIVA A HNOJENÍ.....	9
2.4	PŠENICE ŠPALDA ( <i>Triticum spelta</i> L.).....	9
2.4.1	BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	9
2.4.2	AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ .....	10
2.4.3	VÝŽIVA A HNOJENÍ.....	10
2.5	ENERGETICKÉ VYUŽITÍ FYTOMASY .....	11
2.5.1	VÝHODY A NEVÝHODY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ FYTOMASY .....	12
2.5.2	ODPAD JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE .....	12
2.5.3	SPALOVÁNÍ SLÁMY .....	13
3	CÍL PRÁCE .....	15
3.1	HYPOTÉZY .....	15
4	MATERIÁL A METODIKA.....	16

4.1	LOKALITA ZVÍKOV.....	16
4.2	POLNÍ POKUSY .....	17
4.3	LABORATORNÍ PRÁCE.....	17
4.3.1	STRUČNÝ POPIS ANALÝZY .....	18
4.3.2	METODA VÝPOČTU.....	18
5	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	20
6	ZÁVĚR.....	28
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	29
7.1	ODBORNÁ LITERATURA .....	29
7.2	INTERNETOVÉ ZDROJE .....	34
10.	PŘÍLOHY .....	35



## 1 ÚVOD

Česká republika v posledních letech zaznamenala významný nárůst ploch obhospodařovaných v režimu ekologického zemědělství, s čímž souvisí i zvýšení zájmů o pěstování některých minoritních druhů obilnin, mezi něž patří pšenice špalda, jednozrnka a dvouzrnka. Tyto obilniny však vyžadují posklizňovou úpravu v podobě loupání a čištění. Při tomto zpracování vzniká množství odpadního materiálu v podobě plev, pluch a úlomků klasových větének, které lze využít několika způsoby. Jednou z možností je využití tohoto odpadního materiálu pro účely přímého spalování, tedy pro výrobu tepelné energie. Vzhledem k poměrně významnému množství mykotoxinů, které jsou obsaženy právě v tomto odpadním materiálu, je tento způsob využití doporučován.

V této oblasti však aktuálně chybí dostatečné množství informací, které by poskytovaly potřebné údaje o energetických vlastnostech a předpokladech již zmíněných odpadních materiálů. V tomto ohledu je potřeba sledovat kvantitativní a kvalitativní ukazatele, které jsou vázány k jednotlivým druhům takto zpracovávaných obilnin. Účelem této práce je porovnat výnosové a energetické aspekty odpadního materiálu vázaného k pěstování a zpracování pšenice špaldy, jednozrnky a dvouzrnky a na jejich základě tak stanovit energetickou hodnotu vztahenou k jednotce produkce a plochy.

## **2 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1 MINORITNÍ OBILNINY**

Minoritní obilniny neboli „*alternativní plodiny lze definovat jako kulturní i nově šlechtěné druhy plodin, které nahrazují, rozšiřují a doplňují jejich stávající sortiment a přispívají k rozšíření spektra rostlinné produkce.*“ (MOUDRÝ et al., 2011). Jedná se o maloobjemové plodiny, které mají oproti hlavním, nejrozšířenějším plodinám (pšenice, ječmen, řepka) menší rozsah jejich pěstování a využití, uvádí MOUDRÝ, STRAŠIL (1996). Dle KONVALINA et al. (2014) se mezi minoritní obilniny řadí zejména pšenice jednozrnka, dvouzrnka a špalda. Dále do této skupiny obilnin patří nahý oves, ječmen či pseudoobilniny, konkrétně pohanka. Tyto opomíjené obilniny zpravidla nedosahují vysokých výnosů, ale jsou také méně náročné na intenzitu vstupů. Jsou vhodné obzvláště pro ekologické a jednotné systémy pěstování. Lze je směřovat do oblastí s limitovanými vstupy a do půdně a klimaticky méně příznivých oblastí pro běžné tržní plodiny. Hlavním cílem pro rozšíření alternativních plodin je vytvoření komplexního produkčního systému zahrnující šlechtění a výběr vhodných genotypů, následně vypracování a zavedení zpracovatelských technologií (MOUDRÝ, 2011).

#### **2.1.1 VÝHODY A NEVÝHODY ZAVÁDĚNÍ MINORITNÍCH OBILNIN**

Podle MOUDRÝ, STRAŠIL (1996) mezi výhody zavádění těchto plodin patří rozšíření potravinového spektra (vitamíny, účinné látky, minerální látky, apod.), využití univerzální běžné techniky, kdy dochází s jejím využitím k zlevnění produkce, dále udržení produkční schopnosti půdy, efektivní využití okrajových ploch, zvýšení zaměstnanosti a udržení ekonomické a sociální stability venkova. S tím souhlasí i MOUDRÝ et al. (2011) a mezi problémy spojené se zaváděním minoritních obilnin zahrnuje druhy plodin málo prošlechtěné, s nízkými výnosy, nevhodnou redistribucí asimilátů (nízký *harwest* index), nerovnoměrným dozráváním, které je příčinou velkých ztrát při sklizni. Další nevýhodou je nedostatek informací o nové plodině a jejím pěstování, odbytové problémy a cenové problémy. Z jiných oblastí chybí poznatky o přizpůsobení místním podmínkám, agrotechnice a způsobech využití.

## 2.2 PŠENICE JEDNOZRNKA (*Triticum monococcum* L.)

### 2.2.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Pšenice jednozrnka je prvním domestikovaným druhem pšenice pěstována především v *low-input* nebo v ekologickém zemědělství. Pěstují se především jarní formy. Jedná se o pluchatý druh, který zpravidla poskytuje nižší výnosy, ale při vysoké jakosti produkce. Jednozrnka má dlouhé a tenké stéblo, které je náchylné k poléhání. Listy jsou úzké a dlouhé. Klas je osinatý a plochý, její klásky jsou jednozrné. Obsahuje většinou jedno zrna, které je po sklizni chráněno pluchami. Vyloupané zrna má plochý, zaoblený tvar a je malé velikosti (MOUDRÝ et al., 2011). Jedna z jejích priorit je vysoký obsah bílkovin, který může dosáhnout až 20%, zaznamenali BORGHI et al. (1996) nebo GRAUSGRUBER et al. (2004a). Pšenice jednozrnka má také vyšší obsah karotenoidů ve srovnání s ostatními druhy pšenice (FRÉGEAU-REID a ABDEL-AAL, 2005), s tím souhlasí i HIDALGO et al. (2006) a KIRCHMAIER et al. (2012). Co se týče lepku pšenice jednozrnky, je velmi roztékavý, a proto není vhodná pro přípravu klasického kynutého chleba (D'EGIDIO et al., 1993). Ale díky vysoké jakosti zrna je vhodná k výrobě nekynutých cereálních výrobků s vyšší přidanou hodnotou (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012).

### 2.2.2 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Pšenice jednozrnka je nenáročná na klimatické podmínky a půdu (KONVALINA et al., 2014). Dle MOUDRÝ et al. (2011) lze jednozrnku pěstovat i v podhorské oblasti. u ozimých odrůd je uváděna vysoká odolnost k vymrznutí. Dobře snáší písčité a kamenité pozemky. Naopak pro ni nevhodné jsou pozemky zamokřené s těžkou jílovitou půdou. Co se předplodiny týče, pšenice jednozrnka nemá veliké nároky. Při jejím zařazování do osevního postupu platí podobné principy jako při řazení ovsa nebo žita. Pěstování jednozrnky v oblastech zanechávajících v půdě nadbytek dusíku není vhodné, dochází k zvýšení rizika poléhání porostu. Půda by měla být připravena obdobně jako u ostatních obilnin. Doporučená hloubka set'ového lůžka 3-4 cm. k setí se volí zásadně nevyloupané klásky, vyloupaná zrna rychle ztrácejí klíčivost. Nevyloupané klásky musí být zbaveny veškerých osin. Časný jarní výsev by měl být proveden do hloubky 2-3 cm (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012). Dále se GRAUSGRUBER, KONVALINA et al. (2012) i MOUDRÝ (2011) shodují na výsevku, který je oproti pšenici seté snížený na 300-350 zrn na m<sup>2</sup>. Hmotnost tisíce zrn

se pohybuje okolo 25–30 g. Podíl pluch u většiny odrůd dosahuje 30 %. Průměrná klíčivost zrn v neloupaných kláscích bývá průměrně 90 % (KONVALINA et al., 2012). Odrůda pšenice jednozrnky se obvykle využívá jako šlechtitelský zdroj odolnosti vůči běžným chorobám pšenice (padlí travní, rez pšeničná). Zvýšená pozornost musí být věnována regulaci plevelů, protože jednozrnka má v době odnožování pomalý růst a mladé rostliny jimi mohou snadno způsobit ztrátu (FRÉGEAU-REID, ABDEL-AAL, 2005). Doporučená doba sklizně by měla být v plné zralosti při nižší vlhkosti. Po sklizni je nutné zrno provětrávat a dosušit, aby nedošlo k zapaření. Skladovat zrna jednozrnky zásadně nevylopaná. Tržní produkce se dle podmínek prostředí a ekologického zemědělství pohybuje v rozmezí 1–2 t ha<sup>-1</sup>. Charakteristický je nízký sklizňový index (podíl zrna ke slámě dosahuje 30–40 %). Náklady na pěstování jednozrnky jsou nižší než při pěstování pšenice seté, za to výnosová úroveň dosahuje 25–50 % výnosové úrovně pšenice seté (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012).

### 2.2.3 VÝŽIVA A HNOJENÍ

K zajištění výživy dle KONVALINA et al. (2014) postačují pouze malé dávky živin. Vyvážená výživa fosforem, draslíkem a hořčíkem by měla vycházet ze zpracovaného plánu hnojení a výsledků agrochemického zkoušení půd (MOUDRÝ, 2011). Při zvyšujících se dávkách dusíkatého hnojení může docházet k poklesu výnosu pšenice jednozrnky, uvádí CODIANNI et al. (1993) a TROCCOLI, CODIANNI (2005). Optimální dávka dusíku (z organických hnojiv v ekologickém zemědělství) se pohybuje v rozmezí 60–90 kg N ha<sup>-1</sup> (MARINO et al., 2009). V případě zvýšení dávky dusíku hrozí riziko zvýšeného odnožování, přehuštění porostu a poléhavosti, uvádějí CASTAGNA et al. (1995) a MOUDRÝ (2011).

## 2.3 PŠENICE DVOUZRNKA (*Triticum dicoccum* /Schrank/ Schuebl.)

### 2.3.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Dle GRAUSGRUBER, KONVALINA (2012) je pšenice dvouzrnka jednou z nejvýznamnějších plodin, která je druhým domestikovaným druhem pšenice po jednozrnce. Je to druh pluchaté pšenice, pro které je charakteristická lámavost klasového větene a uzavřenost zrn v pluchách (FELDMAN, 2001), s tradicí pěstování a využívání v lidské výživě (MARCONI, CUBADDA, 2005). Dle studie NEVO et al. (1982); KIMBER, FELDMAN (1987) a HUANG et al. (1999)

je pšenice dvouzrnka jednoletá samosprašná obilnina, která se vyskytuje v přechodné zóně mezi Středomořskou a stepní oblastí. Odrůdy pšenice dvouzrnky jsou převážně jarního typu, avšak mezi nimi se vyskytuje i odrůdy ozimé, které jsou charakteristické tmavě zbarveným klasem. Její výška se pohybuje v rozmezí 75-120 cm. Klas je hustý a osinatý. Zrna jsou krytá v pluchách. Díky vysokému obsahu bílkovin se dvouzrnka nehodí, stejně jako jednozrnka, pro kynutá těsta, ale spíše k využití při přípravě pokrmů zdravé výživy v biokvalitě (MOUDRÝ et al., 2011). S ohledem na zvyšující se požadavky na pestrost a kvalitu potravinářských výrobků stoupá zájem o pěstování tohoto druhu pšenice a je podmíněn zvýšenými potenciálními odbytu na trhu (D'ANTUANO et al., 1996), s tím souhlasí i ZAHARIEVA et al. (2010).

### 2.3.2 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

V současnosti se pšenice dvouzrnka pěstuje na omezených plochách v podhorských a horských oblastech. Je nenáročná na půdně-klimatické podmínky i předplodinu. K jejím významným atributům patří značně vysoká odolnost k houbovým chorobám (padlí travní, braničnatka plevová, rez pšeničná), která ji zvýhodňuje při ekologickém způsobu pěstování. Dvouzrnce se daří na chudých i podzolovaných půdách, uvádí DOROFEEV et al. (1987). Její hluboký kořenový systém a celkový habitus zvyšuje odolnost k suchu (JARADAT, 2011). Pro pěstování nejsou vhodné těžké a zamokřené půdy, kde může dojít k snižování polní vzcházivosti a zvyšování náchylnosti k poléhání. V úrodných oblastech je možné dvouzrnku řadit po horších předplodinách. Nejvhodnějšími předplodinami jsou ty, které potlačují plevele (KONVALINA et al., 2012) a zanechávají v půdě dostatek živin, především dusíku, a předplodiny hnojené organickými hnojivy (brambory, řepa, olejnin). CASTAGNA et al. (1995) upozorňuje, že nadbytek dusíku v půdě způsobuje snížení výnosů v důsledku polehnutí, s tím souhlasí i GRAUSGRUBER, KONVALINA et al. (2012).

Pšenice dvouzrnka má nízký sklizňový index, podíl pluch u dvouzrnky tvoří 20–30 % z hmotnosti klásků. Obsah hrubých bílkovin v rozmezí 19–20 % a mokrého lepku 45 %. Co se výnosu zrna týče, MOUDRÝ et al. (2011) uvádí hodnotu výnosu 3 t ha<sup>-1</sup>. Dle KONVALINA et al. (2012) se výnos vyčištěných klásků v ekologickém zemědělství nejčastěji pohybuje v rozmezí 2-3 t ha<sup>-1</sup>. Výnosová úroveň pšenice dvouzrnky dosahuje v průměru 68 % výnosové výše pšenice seté. Stejně jako

u jednozrnky, se k setí používají zásadně nevyloupané klásky, které musí být zbaveny osin. Secí řádky o šířce 12,5 cm a hloubce 2–3 cm. Má vysokou odnožovací schopnost a doporučuje se vysévat co nejdříve na jaře. v ekologickém zemědělství se při správně provedené přípravě půdy a optimálním termínu výsevek pohybuje okolo 300–350 klíčivých obilek na m<sup>2</sup>. Sklízí se v plné zralosti. Důležité je přečištění klásků a následné skladování při vlhkosti 15 % a nižší. Hmotnost tisíce zrn se pohybuje okolo 34g a klas je zhruba méně produktivní než u pšenice seté, uvádí GRAUSGRUBER, KONVALINA et al. (2012) a KONVALINA et al. (2012).

### 2.3.3 VÝŽIVA A HNOJENÍ

Pšenice dvouzrnka není náročná na živiny. Její výživa by měla vycházet především z živin obsahující organická hnojiva a živin zanechaných po předplodině. (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012). Dle OLIVEIRA (2001) se dávky dusíku pohybují v rozmezí 50–100 kg ha<sup>-1</sup>. MOUDRÝ et al. (2011) uvádí, že zvýšeným hnojením dusíku dochází k poléhání. Hnojení minerálními hnojivy s obsahem fosforu, draslíku a hořčíku, by mělo vycházet z plánu hnojení v ekologickém zemědělství.

## 2.4 PŠENICE ŠPALDA (*Triticum spelta* L.)

### 2.4.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Dle GRAUSGRUBER, KONVALINA et al. (2012) je pšenice špalda mnohdy nazývána jako „stará evropská pšenice“. MOUDRÝ et al. (2011) uvádějí její vznik křížením mnohoštetu Tauschova (*Aegilops tauschii* syn. *squarrosa* L.) s pšenicí dvouzrnkou. Špalda je kulturní pluchatou hexaploidní pšenicí se 42 chromozomy (ZIMOLKA, c2005). Je morfologicky odlišná od všech ostatních druhů pšenice. Vyskytují se ozimé i jarní formy, ale převážně se pěstují ozimé formy (LACKO-BARTOŠOVÁ et al., 2014). Vzcházející rostliny jsou přizemním „plazivým“ typem trsu. Mohutná kořenová soustava jí umožňuje získat živiny i z hlubších půdních vrstev. Stéblo je duté, tenkostěnné a dlouhé 110-150 cm (MICHALOVÁ, ŠKERŤÍK, 2002). Její klas dosahuje délky 15-17 cm, je bezosinný. Klásky jsou 3-5květé, dozrávají v nich většinou dvě, maximálně tři obilky. Barva obilek pšenice špaldy je hnědá, tmavší a výrazně sklovitější než u pšenice seté. Předností pšenice špaldy je vyšší obsah bílkovin v zrna (14-19 %) a esenciálních aminokyselin, tedy její pekařská jakost a technologická zpracovatelnost jsou podstatně vyšší než

u pšenice jednozrnky a dvouzrnky. Z minerálních látek je významný obsah vápníku, fosforu, draslíku a stopová množství zinku (STEHNO, 2001). Obsah lepku dosahuje hodnot 35-44 %. Nevýhodou lepku je jeho nízká bobtnavost a větší tažnost (MOUDRÝ et al., 2011).

#### 2.4.2 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Dle KONVALINA et al. (2014) je pšenice špalda vynikajícím druhem pšenice, který je vhodný pro pěstování v ekologickém zemědělství. Výhodou špaldy je nenáročnost na pěstitelské podmínky, je vhodná i pro pěstování v horských oblastech. Není náročná na teplotu, neškodí ji teplotní extrémy, avšak vyžaduje dostatek vláhy. Dobře snáší vlhké a chladné podmínky. Pro její pěstování jsou vhodné středně těžké až těžké půdy. Nejvhodnějšími předplodinami jsou vojtěška, jetel luční, řepka olejná, bob a okopaniny, ale i oves (KONVALINA, 2008). Špaldu je možné vysévat i po rozorání louky či úhoru (ŠARAPATKA, URBAN, 2006). Je odolná vůči běžným chorobám a škůdcům pšenice, uvádí LACKO-BARTOŠOVÁ, OTEPKA (2001), ale nevhodné je pěstovat špaldu po pšenici (ZIMOLKA, c2005), vzhledem zvýšené náchylnosti k houbovým chorobám (KONVALINA, MOUDRÝ, 2008).

Špalda se obvykle vysévá ve druhé polovině září, neloupané osivo do hloubky 3-5 cm. Má velké obilky. Hmotnost tisíce zrn u pšenice špaldy činí 60 g a více, je o 10-25 % větší než u pšenice seté. Podíl pluch tvoří přibližně 23–25 %. V přijatelných podmínkách se výsevek pohybuje v rozhraní 300–350 klíčivých obilek na m<sup>2</sup>. Co se týče nahých obilek, jejich výsevek činí 180-200 kg/ha, při výsevu neloupaných klásků až 300 kg/ha. Hrubý výnos v ekologickém pěstování bývá 2,5-5,0 t ha<sup>-1</sup> s podílem pluch do 32–37 % (KONVALINA et al., 2012), ZIMOLKA (c2005) uvádí, že hrubý výnos je 4,0–6,0 t ha<sup>-1</sup> s podílem pluch 30–45 %. Pro tvorbu tzv. zeleného zrna se špalda sklízí v zralosti mléčné až raně voskové, pro mlynářské užití v zralosti plné. Před skladováním se dosouší na vlhkost 14 %. Ceny ekologicky produkované neloupané špaldy v ČR jsou asi o 15 % vyšší než ceny špaldy z konvenční produkce. Pro pokrytí nákladů v ekologickém zemědělství je třeba dosáhnout výnosu nad 1,7 t ha<sup>-1</sup> (MOUDRÝ et al., 2011).

#### 2.4.3 VÝŽIVA A HNOJENÍ

Špalda má výbornou schopnost získávat si živiny z půdy. Nutnost opomenout, že je důležitá úprava pH půdy vápněním k předplodině

nebo po její sklizni (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996). Špalda je velmi citlivá na hnojení dusíkem, zvýšení rizika poléhání (KONVALINA, 2014) v ekologickém zemědělství je aplikace dusíku doporučena v regenerační a produkční dávce ve formě kejdy, tedy  $15-20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , nebo ve formě jemně drceného a rozmetaného hnoje do  $10 \text{ t ha}^{-1}$  (MOUDRÝ et al., 2011).

## 2.5 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ FYTOMASY

Fyzikální vlastnosti fytomasy, zejména výhřevnost, elementární analýza, sypná, respektive měrná hmotnost a hrubý rozbor (tj. obsah vody, popela, těkavých látek a pevně vázaného uhlíku), mají úzkou vazbu na získávání energie (HAVLÍČKOVÁ et al., 2007). Dále se zmiňují, že u všech forem energetické fytomasy je pozorován především energetický zisk. V České republice je v současné době asi 500 000 ha nevyužitých zemědělských půd. Podstatná část zemědělské půdy se nachází v horských a podhorských oblastech s nepříznivými půdními a klimatickými podmínkami. Tudíž je zřejmá nízká ekonomická efektivnost intenzivní zemědělské výroby, zaměřené na dosud tradiční potravinářské využití, jejichž uplatnění na trhu a zvýšení jejich konkurenceschopnosti klesají (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998). Přispívání k rozvoji venkovské krajiny a rozvoji zemědělství, ke stabilizaci zaměstnanosti a zvýšení efektivnosti hospodaření zemědělských podniků i zpracovatelských kapacit se otevírá prostor pro nepotravinářské využití fytomasy (SOUČKOVÁ et al., 2006).

Dle HAVLÍČKOVÁ et al. (2007) se fytomasa nejčastěji spaluje v menších kotelnách o výkonu 8kW - 45kW (kotle nízkých výkonů pro rodinné domky) či ve středních kotelnách o výkonu 45Wk - 5000kW (kotle vysokých výkonů pro spalovny). Dále se zmiňuje, že v závislosti na výkonu každého kotle je dodáván energetický produkt. Možnosti energetického využívání fytomasy je možné buď suchou, nebo mokrou cestou, uvádí MCKENDRY (2002). Jedním ze způsobů suché cesty je přímé spalování (RACLAVSKÁ et al., 2013). Spalováním biomasy dochází k ohřevu vody (tj. k výrobě tepla páry, nebo elektrické energie), jak uvádí MOUDRÝ et al. (2006), a při teplotě nad  $660^\circ\text{C}$  k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Biomasa je velmi výhodná pro energetické využití, uvádí SLEPETYS et al. (2012).  $\text{CO}_2$  vyloučený při spalování je využit zpět rostlinami na fotosyntézu. Biomasa neobsahuje téměř žádnou síru, má nízký obsah



těžkých kovů, nízký obsah popelovin a se spalinami se do ovzduší nedostane (JENKINS et al., 1998). Další metodou suché cesty je zplynování rostlinné hmoty o sušině 50–80 %. Je to proces termochemické přeměny uhlíkatého materiálu v pevném či kapalném skupenství na výhřevný energetický plyn pomocí zplyňovacího prostředí a tepla, kterého se účastní celá řada reakcí. Obecně se jedná o čtyři základní pochody: sušení, pyrolýza, redukce a oxidace (PASTOREK et al., 2004). Produktem je plyn obsahující výhřevné složky ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ), doprovodné složky ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) a znečišťující složky - dehet, prach, sloučeniny síry a draslíku (POHOŘELÝ, JEREMIÁŠ, 2010).

### **2.5.1 VÝHODY A NEVÝHODY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ FYTOMASY**

Mezi výhody energetického využívání fytomasy STUDENTÍK, SVITAVSKÝ (2016) uvádějí především zachování biodiverzity, která v daném ekosystému plní funkci rostliny potravní a ochrannou, chrání půdy proti erozi, zadržuje vodu v krajině, přispívá k ekonomickému rozvoji regionu a k novým pracovním příležitostem. Dále je to obnovitelný zdroj energie bez škodlivých emisí a těžkých kovů a při jejím spalování dochází k neutrální bilanci  $CO_2$  (ASSESSMENT, 2003), kdy jeho uvolněné množství do ovzduší odpovídá množství, které rostlina navázala. Mezi nevýhody využívání biomasy se řadí vyšší náklady, pokud nedochází ke zpracování v místě zdroje, poté nebezpečí úniku škodlivin a kontaminace při některých technologiích, zdroj zápachu při špatném technickém stavu, sezónnost využití u polních plodin a v porovnání s fosilními palivy může dojít k menší spolehlivosti i energetické vydatnosti (SEDLÁKOVÁ, 2017).

### **2.5.2 ODPAD JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE**

Dle studie WIWART et al. (2017) byla ve srovnání s pšeničnou a ječmennou slámou na základě termofyzikálních parametrů a elementárního složení, stanovena hodnota odpadu (plevy a pluchy) pšenice špaldy a pšenice dvouzrnky. Pšenice špalda a dvouzrnka se vyznačují vyšším spalným teplem ( $18,75 \text{ GJ Mg}^{-1}$  resp.  $18,31 \text{ GJ Mg}^{-1}$ ), vyšší výhřevností ( $16,74 \text{ GJ Mg}^{-1}$  resp.  $16,35 \text{ GJ Mg}^{-1}$ ), též v anglickém znění *higher gross calorific value* a *higher lower calorific value*, jak uvádí SHENG, AZEVEDO (2005), nižším obsahem popela (3,79 resp. 6,16 %) a také nižším obsahem těkavých látek (70,3 % resp. 74,9 %) než sláma pšeničná a ječmenná. Dvouzrnka obsahuje znatelně více síry (0,148 %), dusíku (2,20 %) a vodíku (7,50 %)

než zmíněné dva typy slámy (síra: 0,064 %, dusík: 0,66 %, vodík: 5,55 %) a pšenice špalda (síra: 0,071 %, dusík: 0,80 %, vodík: 7,06 %). I přes skutečnost, že relativně vysoký obsah síry v plevách a pluchách pšenici dvouzrnky není žádoucí, výsledky této studie ukazují, že tyto zbytky po vyloupaní zrna mají značný energetický potenciál, tudíž by mohly být efektivně využity jako obnovitelný zdroj energie v oblasti jejich produkce.

Význam obilné slámy pro výrobu energie bude pravděpodobně v blízké budoucnosti růst vzhledem ke stálému zvyšování podílu obilovin v rostlinné výrobě. Loupaná zrna špaldy a dvouzrnky jsou charakteristická vysokou nutriční hodnotou. Jsou odolnější vůči suchu a plísním než běžná pšenice, což zvyšuje jejich význam v zemědělství, zejména v ekologickém zemědělství. Zrna průměrně představují 65-70 % výnosu a biomasa, která zůstává po vyloupaní (složená z plev, pluch a osin) pak zhruba 30–35 % (WIWART et al., 2009). Při čištění pšeničných zrn dochází k relativně vysoké koncentraci mykotoxinů. Ta může dosahovat hodnoty až 32 mg/kg deoxynivalenolu, což je nejběžnější plísňový toxin a ergosterol (kvantitativní indikátor plísňové biomasy v rostlinných tkáních), který může mít až pětkrát vyšší hodnotu v plevách špaldy než v zrnech špaldy. Z tohoto důvodu by neměl být produkt zbylý po čištění a loupání špaldových zrn využit jako krmivo pro hospodářská zvířata, nýbrž by mohl být logicky zužitkován pro výrobu energie. Tato biomasa může být zkompostována (JOVIČIĆ et al., 2015) a zároveň dle BRLEK et al. (2012) může být po vyloupaní i peletována.

### **2.5.3 SPALOVÁNÍ SLÁMY**

Dle KONVALINA et al. (2006) je sláma považována jako jedna z nejdůležitějších zdrojů obnovitelné energie, která vzniká jako vedlejší produkt při pěstování obilnin. s tím souhlasí i PASTOREK et al. (2004) a DEMIRBAS (2004), kteří slámu považují za významný a nadějný zdroj biomasy pro energetické účely. Rozeznáváme slámu obilnou: z pšenice, tritikale, žita, ječmene a ovsa, dále kukuřičnou a řepkovou, slámu luskovin a lněné stonky.

**Tabulka 1 - Poměr zrna ke slámě**

<b>Plodina</b>	<b>Poměr zrno : sláma</b>
Pšenice	1 : 1,85
Žito	1 : 1,7
Ječmen	1 : 0,8
Oves	1 : 1,4
Kukuřice na zrno	1 : 1,2
Řepka olejná	1 : 1,2 až 1,8

(Zdroj: PASTOREK et al., 2004)

V posledních letech se výrazně zvyšuje využívání slámy pro energetické účely z důvodu snižování počtu skotu a zavádění bezstelivových technologií. V České republice v roce 2007 dosahovala produkce slámy přibližně 7,4 milionů tun. Při předpokládaném využití jedné čtvrtiny slámy obilnin a veškerého objemu řepkové a kukuřičné slámy je k energetickým účelům k dispozici zhruba 1,8 milionů tun slámy.

**Tabulka 2 - Porovnání elementárního složení fosilních paliv a fytopaliv**

<b>Palivo</b>	<b>Zplyněný podíl (%)</b>	<b>Výhřevnost MJ/kg</b>	<b>Popel (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>O (%)</b>	<b>H (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>S (%)</b>
<b>Sláma</b>	80,3	14,0	4-7	44	35	5	0,5	0,1
<b>Dřevo</b>	70,0	15,3	0,5	43	37	5	0,1	0
<b>Hnědé uhlí</b>	57,0	17,0	1-30	58	18	5	1,4	2-7

(Zdroj: ŠRÁMEK et al., 2008)

Výhřevnost obilní slámy dosahuje přibližně 14,0 MJ/kg a pro srovnání u hnědé uhlí činí 17,0 MJ/kg. Přičemž sláma jako biopalivo je schopná nahradit až 1,48 milionů tun hnědé uhlí. Dle SOUČKOVÁ et al. (2006) lze slámu spalovat v malých topeništích s výkonem 25 kW - 100 kW na spalování peletek a briket vhodného složení, s automatickým provozem a akumulací tepla, dále ve středních topeništích s výkonem 100 kW - 2000 kW na spalování briket a dělených balíků s automatickým provozem a také ve velkých topeništích na spalování celých obřích balíků s výkonem až do 10 MW, případně i více. Čím je tepelný výkon nižší, tím musí být palivo dokonalejší.

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo stanovit a porovnat základní energetické parametry vedlejšího produktu po loupání pšenice špaldy, dvouzrnky a jednozrnky. Tato práce reaguje na nedostatek informací týkajících se problematiky využití tohoto sekundárního produktu. Úkolem práce bylo porovnat vhodnost využití odpadního materiálu pro účely výroby tepla prostřednictvím jejich přímého spalování a určit teoretickou výtěžnost energie z jednotky produkce i plochy. V rámci tohoto hodnocení pak bylo úkolem vypracovat literární přehled shrnující problematiku pěstování a seznámit se s metodikou jejich ošetřování a pěstování. Součástí práce bylo osvojení metody laboratorního zpracování vzorků a statistického vyhodnocení získaných dat.

#### 3.1 HYPOTÉZY

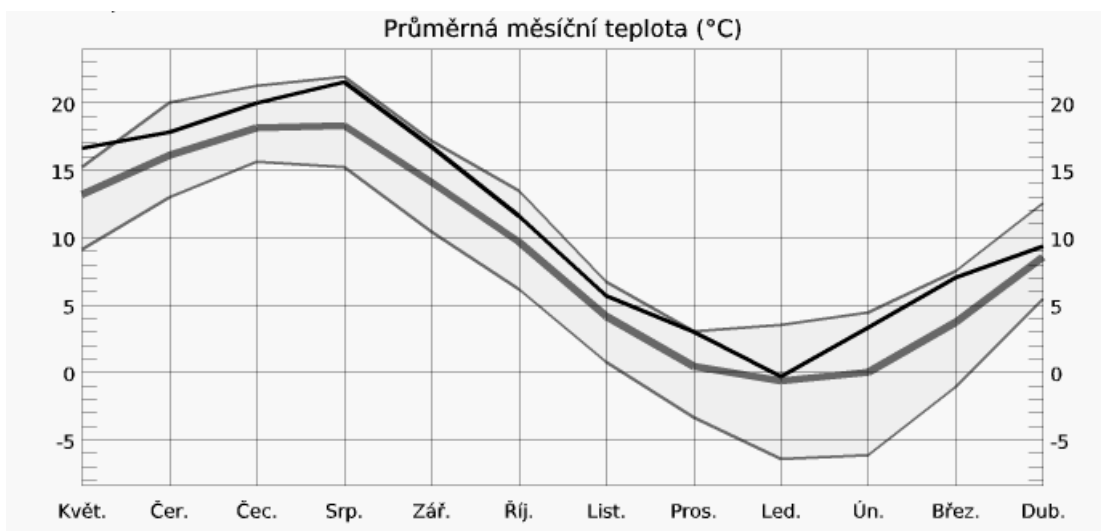
- I. Na základě výsledků studie WIWART et al. (2017) lze předpokládat, že výhřevnost u pšenice špaldy bude vyšší než u pšenice dvouzrnky
- II. Na základě údajů literárního přehledu, lze předpokládat, že podíl odpadního materiálu na celkovém hrubém výnosu bude  $\geq 25 \%$
- III. Na základě výsledků studie WIWART et al. (2017), lze předpokládat, že hodnoty elementárního složení sledovaných pluchatých druhů pšenice nebudou vykazovat statisticky významný rozdíl
- IV. Vzhledem k dostupným údajům lze předpokládat, že nejvyššího hrubého hektarového výnosu a rovněž množství odpadního materiálu bude dosaženo při pěstování pšenice špaldy

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 LOKALITA ZVÍKOV

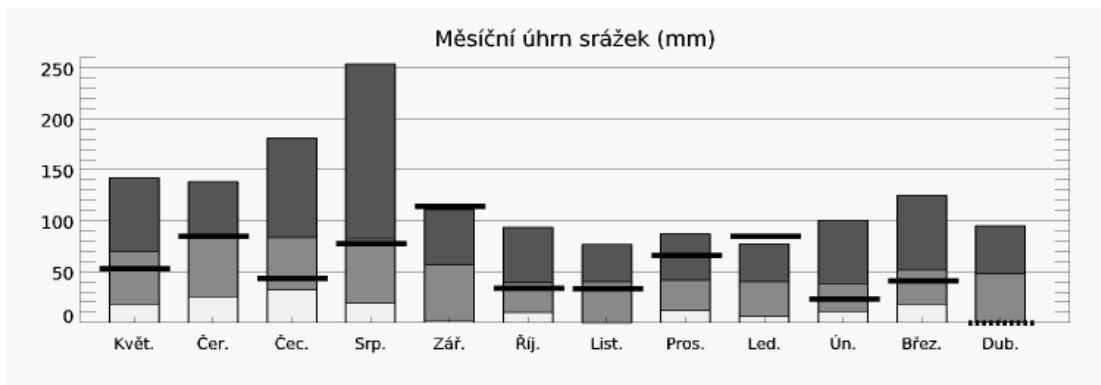
Praktická část diplomové práce probíhala na pozemcích Jihočeského kraje v obci Zvíkov. Pozemky se nachází v nadmořské výšce 481 m n. m. Roční úhrn srážek i průměrná teplota je téměř shodná s lokalitou v Českých Budějovicích. Parcely se nachází ve výrobní oblasti. Půdní druh je hlinitá půda a půdní typ je hnědozem. Výměra celého pozemku činí zhruba 0,7 ha. Bližší informace o klimatických podmínkách jsou znázorněny v následujících grafech (č. 1, 2). Data byla získána z meteorologické stanice Zvíkov ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)).

**Graf č. 1** – Průměrné dlouhodobé (30 let) měsíční teploty (°C) vzduchu v obci Zvíkov



(Zdroj: [www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com))

**Graf č. 2** - Průměrný dlouhodobý (30 let) měsíční úhrn srážek (mm) v obci Zvíkov



(Zdroj: [www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com))

## 4.2 POLNÍ POKUSY

Data pro zhodnocení vycházela z již probíhajících polních pokusů na pozemku v obci Zvíkov. Jedná se o porosty sledovaných druhů pšenice *Triticum* L., (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* a *Triticum spelta* L.), které slouží pro účely hodnocení jejich výnosového a energetického potenciálu a environmentálních a ekonomických aspektů jejich pěstování. Metodika polních prací vybraných druhů *Triticum* L. byla zvolena na základě běžně uplatňovaných pěstitelských technologií. Jednotlivé operace jsou znázorněny v tabulce č. 3

**Tabulka 3 - Agrotechnické zajištění**

### Předplodina – Peluška ozimá

Špalda ozimá		Jednozrnka, dvouzrnka	
Termín	Operace	Termín	Operace
1. 10. 2017	orba	1. 10. 2017	orba
8. 10. 2017	kompaktor	7. 4. 2018	kompaktor
10. 10. 2017	setí	11. 4. 2018	setí
11. 10. 2017	válcování	19. 5. 2018	vláčení
29. 9. 2017	Hnojení – hnůj ovčí (4 t/ha)	29. 9. 2017	Hnojení – hnůj ovčí (4 t/ha)

(Zdroj: Vlastní zpracování)

## 4.3 LABORATORNÍ PRÁCE

Ke stanovení obsahu prvků C, H, N a S, zejména v organických látkách slouží analyzátor, který lze použít i pro analýzu některých látek anorganických. Aparát Elementar vario EL Cube firmy Elementar je značně univerzální a lze s ním analyzovat širokou škálu vzorků. Mezi typické vzorky analyzované na Elementar vario EL Cube patří sloučeniny syntetizované v laboratoři, dále různá paliva (například uhlí, topné oleje, nafta, alternativní paliva, dřevo, celulóza apod.). Z látek převážně anorganického charakteru lze analyzovat půdy, písky, jíly, sedimenty atd. Přesnost metody přístroje Elementar vario EL Cube je výrobcem stanovena pro souběžnou analýzu 5 mg standardu 4-amino-benzen sulfonovou kyselinu v modulu C, H, N a s na < 0,1 % abs. pro každý prvek. Mezi rušivé vlivy měření patří fluor. Fluor je velmi agresivní látka, která dokáže způsobit poškození jakékoliv skleněné části analyzátoru (například spalovací nebo redukční trubici), ale také může způsobit poškození sorpčně-desorpční kolony, která separuje oxid

siřičitý. Výsledky analýzy zahrnují veškerou spalitelnou síru, tj. jak organickou tak i anorganickou ( $S^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ , apod.), tak i veškerý spalitelný uhlík tj. organicky vázaný tak i anorganicky vázaný ( $CO_3^{2-}$ , apod.). Nalezený obsah vodíku, je ovlivněn vlhkostí dodaného vzorku (pšenice jednozrnka, dvouzrnka, špalda).

#### 4.3.1 STRUČNÝ POPIS ANALÝZY

Navážený vzorek je spálen v proudu kyslíku, spaliny procházejí přes redukční trubici. Plynné produkty ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $SO_2$ ) jsou unášeny nosným plynem (heliem) přes soustavu sorbčně/desorbčních trubic, které slouží k separaci jednotlivých plynů ve směsi. Separované plyny pak prochází přes detektor TCD.

#### 4.3.2 METODA VÝPOČTU

Výpočet a porovnání výsledných hodnot spalného tepla ( $Q_s^r$ ) (angl. *higher heating value* - HHV) byly realizovány na základě aplikace dvou typů vzorců (DEMIRBAS, 1997). Z nejčastěji používaných byl zvolen Mendělejevův vzorec a vzorec podle W. Boie. pro stanovení hodnot výhřevnosti ( $Q_u$ ) (angl. *lower heating value* - LHV) byl aplikován vzorec dle (PETŘÍKOVÁ et al., 2006).

Mendělejevův vzorec:

$$Q_s^r = [81 * C + 300 * H - 26 * (O - S)] * 4,187 \text{ [kJ.kg}^{-1}\text{]} \text{ (ŠTINDL et al., 2006)}$$

$$Q_s^r = \text{Spalné teplo [kJ.kg}^{-1}\text{]}$$

C = Obsah uhlíku ve vzorku (%)

H = Obsah vodíku ve vzorku (%)

O = Obsah kyslíku ve vzorku (%)

S = Obsah síry ve vzorku (%)

4.186 = koeficient pro přepočet z kcal.kg<sup>-1</sup> na kJ.kg<sup>-1</sup>

Vzorec podle W. Boie:

$$\text{HHV} = 0,3516 \cdot \text{C} + 1,16225 \cdot \text{H} - 0,1109 \cdot \text{O} + 0,0628 \cdot \text{N} + 0,10465 \cdot \text{S} \text{ [MJ.kg}^{-1}\text{]}$$

(CHANNIWALA, PARIKH, 2002)

HHV (*higher heating value*) = spalné teplo [MJ.kg<sup>-1</sup>]

C = Obsah uhlíku ve vzorku (%)

H = Obsah vodíku ve vzorku (%)

O = Obsah kyslíku ve vzorku (%)

S = Obsah síry ve vzorku (%)

Vzorec pro stanovení výhřevnosti:

$$Q_u = Q_v - 5,85 \cdot (\text{W} + 8,94 \cdot \text{H}) \text{ [kJ.kg}^{-1}\text{]} \text{ (HUBÁČEK et al., 1962)}$$

LHV (*lower heating value*) = výhřevnost [kJ.kg<sup>-1</sup>]

Q<sub>v</sub> = spalné teplo v kcal.kg<sup>-1</sup>

Q<sub>u</sub> = výhřevnost v kcal.kg<sup>-1</sup>

W = % vody v palivu

H = % vodíku v palivu

4.186 = koeficient pro přepočítání z kcal.kg<sup>-1</sup> na kJ.kg<sup>-1</sup>

Vzorec pro výpočet potenciálního zisku energie při spálení odpadu vzniklého po loupání zrna vybraných druhů minoritních obilnin rodu *Triticum* L. (sestaven pro účely diplomové práce):

$$Q_r \text{ (EN) GJ} = ((V \cdot O) / 100) \cdot V_v / 1000$$

Q<sub>r</sub> (EN) GJ = výtěžek energie v GJ

V = výnos (zrno + obalové materiály) v kg

O = % odpadu

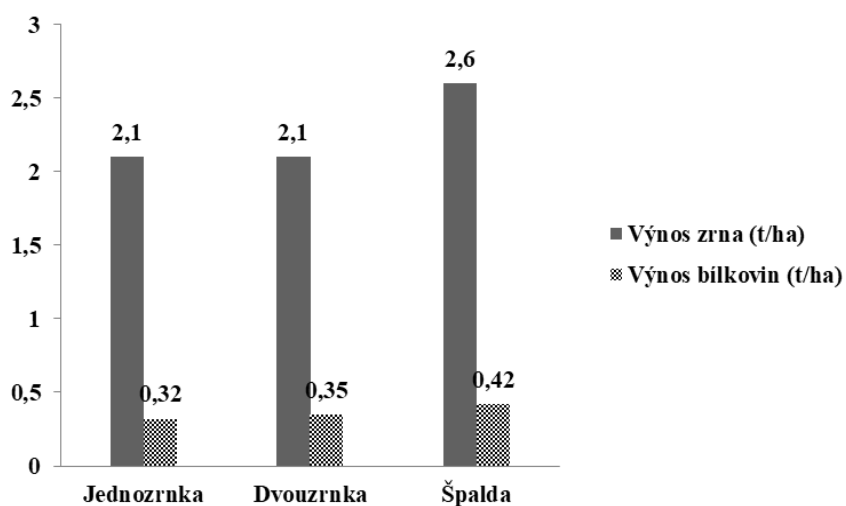
V<sub>v</sub> = výhřevnost (MJ kg<sup>-1</sup>)



## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

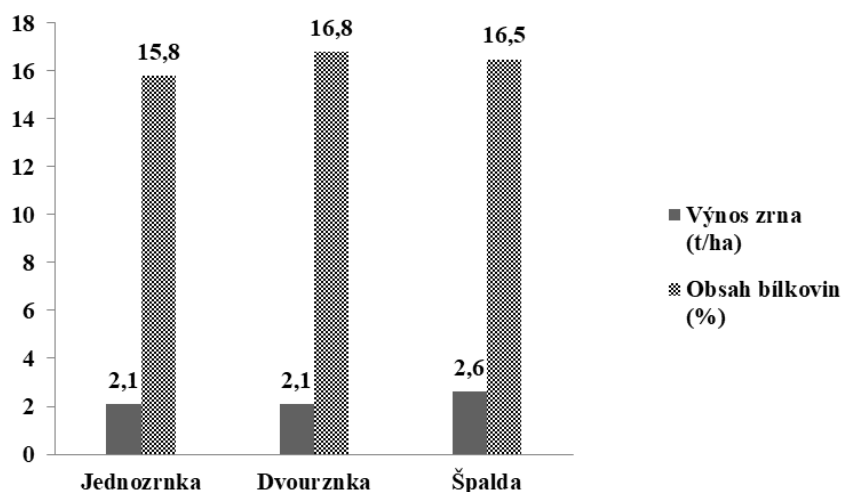
Shrnutí poměru výnosu zrna a výnosu bílkovin, stejně jako vztah mezi výnosem a obsahem bílkovin v zrně, je uveden v grafech č. 3 a č. 4. Ze zjištěných výsledků je patrné, že při zvyšujícím se obsahu bílkovin v zrně dosahují sledované minoritní obilniny obecně nižších výnosů. U ozimé špaldy je srovnatelný výnos bílkovin z jednotky plochy jako u pšenice seté díky vysokému obsahu bílkovin v zrně (KONVALINA et al., 2014), (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012).

**Graf č. 3** - Výnos zrna ( $t \cdot ha^{-1}$ ) vs. výnos proteinu ( $t \cdot ha^{-1}$ )



(Zdroj: KONVALINA et al., 2014)

**Graf č. 4** - Výnos zrna ( $t \cdot ha^{-1}$ ) vs. obsah bílkovin v zrně (%)



(Zdroj: KONVALINA et al., 2014)

Hlavním důvodem pěstování těchto obilnin je jejich široké využití v potravinářství (KONVALINA et al., 2014), (GRAUSGRUBER, KONVALINA et al., 2012), (MOUDRÝ et al., 2011). Tabulka č. 4 poukazuje na kvalitativní parametry sledovaných minoritních druhů obilnin.

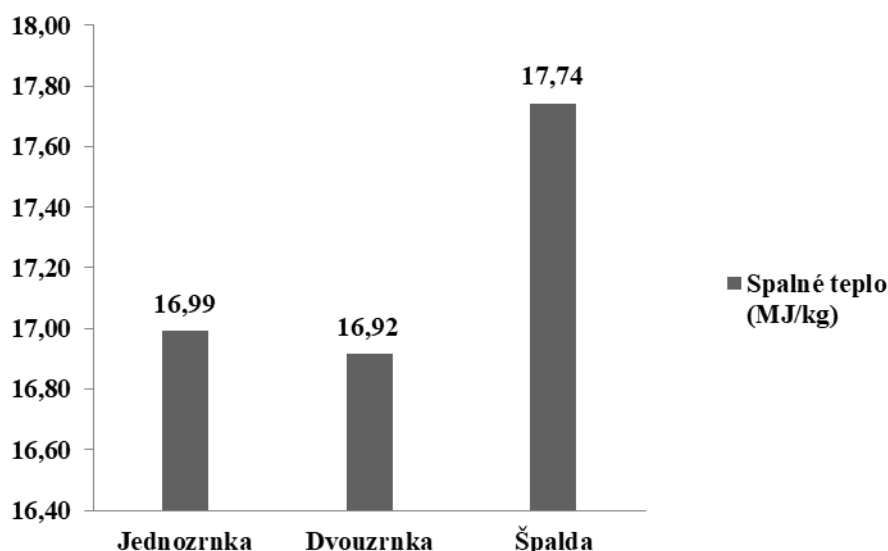
**Tabulka 4** - Kvalita pluchatých pšenic

<b>Parametr</b>	<b>Pšenice jednozrnka</b>	<b>Pšenice dvouzrnka</b>	<b>Pšenice špalda</b>
<b>Obsah bílkovin</b>	Běžně se pohybuje okolo 15 %, je možné nalézt genotypy i s obsahem převyšující 20 %.	Vysoký, i v podmínkách EZ bez hnojení průmyslovými dusíkatý i hnojiv (15 – 20 %).	Vysoký, zpravidla mezi 14 – 19 %.
<b>Perspektivní výrobky</b>	Nevykynuté produkty.	Nekynuté výrobky, trvanlivé pečivo.	Produkty kynutého charakteru, špaldové pivo a káva.
<b>Zápory</b>	Nízká pekařská jakost (nízká bobtnatost bílkovin).	Pekařsky slabý, tekutý lepek, nevhodné pro výroby kynutého pečiva.	Nemá výrazné zápory.
<b>Klady</b>	Vyšší obsah karotenoidů.	Vyšší nutriční hodnota, pozitivně hodnocené sensorické vlastnosti.	Dobrá pekařská jakost, lepší technologická zpracovatelnost, široké možnosti zpracování.
<b>Dostupnost výrobků</b>	V řadě zemí je možné zakoupit produkty z pšenice jednozrnky.	V České republice dostupnost neomezená.	Dostupný široký sortiment.

(Zdroj: KONVALINA et al., 2014)

Díky zvyšujícím se požadavkům na pestrost a kvalitu potravinářských výrobků stoupá zájem o pěstování tohoto druhu pšenice (ZAHARIEVA et al., 2010) a zároveň je podmíněn zvýšenými potenciálnostmi odbytu na trhu (D'ANTUANO et al., 1996).

**Graf č. 5** - Spalné teplo ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ) - dle Mendělejevova vzorce



Výsledky spalného tepla (DEMIRBAŞ, 1997), (SHENG & AZEVEDO, 2005) zde uvedených minoritních obilnin se pohybují v hodnotách  $16,99 \text{ MJ kg}^{-1}$  (pšenice jednozrnka),  $16,92 \text{ MJ kg}^{-1}$  (pšenice dvouzrnka) a  $17,74 \text{ MJ.kg}^{-1}$  (pšenice špalda), což lze vnímat jako hodnotu typickou pro rostlinný materiál (ŠTINDL et al., 2006 a PETŘÍKOVÁ et al., 2006). Dle studie WIWART et al. (2017) lze konstatovat, že hodnoty spalného tepla (graf č. 5) a následně i výhřevnosti (graf č. 6) u pšenice špaldy vykazují tendenci k průměrně vyšším hodnotám než u pšenice jednozrnky a dvouzrnky.

V rámci diplomové práce byla provedena statistická analýza elementárního složení vybraných minoritních druhů *Triticum L.*

**Tabulka 5** - Elementární složení vybraných minoritních druhů *Triticum L.*

Vzorek	Navážka (mg)	% N	% C	% H	% S
vzorek 1	4,8920	0,603	41,51	6,113	0,091
vzorek 1	4,8170	0,602	41,65	6,089	0,088
<b>vzorek 1 Ø</b>	<b>4,8545</b>	<b>0,6025</b>	<b>41,5810</b>	<b>6,1008</b>	<b>0,0896</b>
vzorek 2	5,1850	1,195	42,44	6,387	0,093
vzorek 2	5,6780	1,092	42,30	6,420	0,090
<b>vzorek 2 Ø</b>	<b>5,4315</b>	<b>1,1434</b>	<b>42,3710</b>	<b>6,4031</b>	<b>0,0915</b>
vzorek 3	5,2420	0,903	41,02	6,357	0,072
vzorek 3	5,1320	0,944	41,01	6,280	0,068
<b>vzorek 3 Ø</b>	<b>5,1870</b>	<b>0,9230</b>	<b>41,0150</b>	<b>6,3185</b>	<b>0,0697</b>

\*vzorek 1 – pšenice dvouzrnka; vzorek 2 – pšenice špalda; vzorek 3 – pšenice jednozrnka

Bylo prokázáno, že se jednotlivé rostliny v rámci % obsahu C mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti  $p=0,05$ . Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA;  $F_{2,3}=141$ ;  $p=0,001075$ ). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny plodiny od sebe liší. Nejvyšší obsah C byl zjištěn u pšenice špaldy. Naopak nejmenší obsah C u pšenice jednozrnky (viz tabulka č. 5).

- Pšenice dvouzrnka x pšenice jednozrnka ( $p=0,004837$ )
- Pšenice jednozrnka x pšenice špalda ( $p=0,001136$ )
- Pšenice dvouzrnka x pšenice špalda ( $p=0,012420$ )

Dále bylo prokázáno, že se jednotlivé rostliny v rámci % obsahu N mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti  $p=0,05$ . Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA;  $F_{2,3}=72,268$ ;  $p=0,002900$ ). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny plodiny od sebe liší. Nejvyšší obsah N byl zjištěn u pšenice špaldy. Naopak nejmenší obsah C u pšenice jednozrnky (viz tabulka č. 5).

- Pšenice dvouzrnka x pšenice jednozrnka ( $p=0,002753$ )
- Pšenice jednozrnka x pšenice špalda ( $p=0,033646$ )
- Pšenice špalda x pšenice dvouzrnka ( $p=0,011883$ )

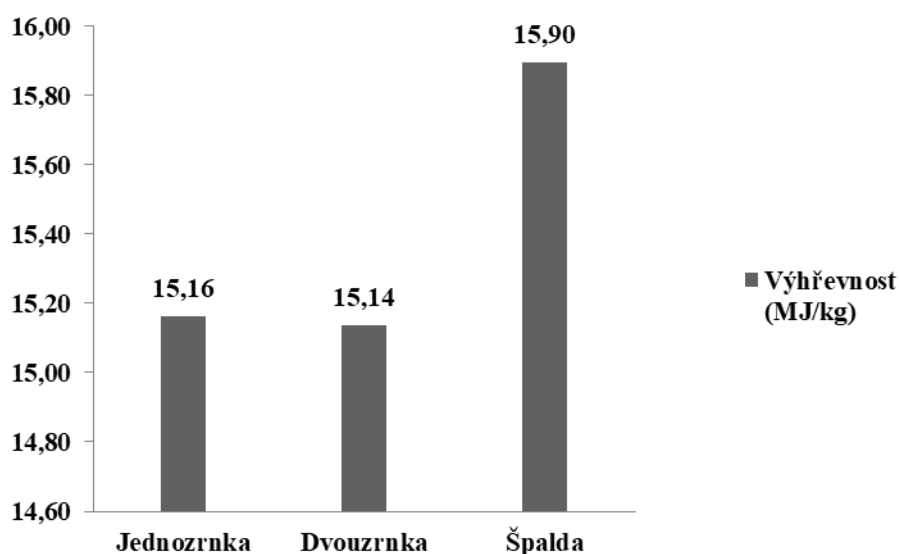
Dále bylo prokázáno, že se jednotlivé rostliny v rámci % obsahu H mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti  $p=0,05$ . Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA;  $F_{2,3}=38,5$ ;  $p=0,007272$ ). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny plodiny od sebe liší. Nejvyšší obsah H byl zjištěn opět u pšenice špaldy. Naopak nejmenší obsah H u pšenice dvouzrnky (viz tabulka č. 5).

- Pšenice dvouzrnka x pšenice jednozrnka ( $p=0,007136$ )
- Pšenice jednozrnka x pšenice špalda (neliší se)
- Pšenice špalda x pšenice dvouzrnka ( $p=0,017988$ )

Dále bylo prokázáno, že se jednotlivé rostliny v rámci % obsahu s mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti  $p=0,05$ . Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA;  $F_{2,3}=49,794$ ;  $p=0,005001$ ). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny plodiny od sebe liší. Nejvyšší obsah S byl zjištěn u pšenice špalda. Naopak nejmenší obsah S u pšenice jednozrnky (viz tabulka č. 5).

- Pšenice dvouzrnka x pšenice jednozrnka (neliší se)
- Pšenice jednozrnka x pšenice špalda ( $p=0,006019$ )
- Pšenice špalda x pšenice dvouzrnka ( $p=0,007922$ )

**Graf č. 6** - Výhřevnost ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ) – dle HUBÁČEK et al. (1962)



V grafu č. 6 jsou zaznamenány hodnoty výhřevnosti, které se pohybují v rozmezí  $15,16 \text{ MJ kg}^{-1}$  (pšenice jednozrnka),  $15,14 \text{ MJ kg}^{-1}$  (pšenice dvouzrnka) a  $15,90 \text{ MJ kg}^{-1}$  (pšenice špalda). Tímto zjištěním lze potvrdit hypotézu č. I: Na základě výsledků studie WIWART et al. (2017) lze předpokládat, že výhřevnost u pšenice špalda bude vyšší než u pšenice dvouzrnky.

Pro účely stanovení podílu odpadního materiálu na hrubém výnosu bylo použito 10 g nezpracovaného zrna.

**Tabulka 6** – Hrubý hektarový výnos pšenice jednozrnky

<b>% odpadního materiálu</b>	<b>Výnosy (kg/10 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zisk energie (GJ ha<sup>-1</sup>)</b>
26,16	3,5 (polní pokus)	<b>13,88</b>
26,16	5 (polní pokus)	<b>19,84</b>
26,16	2 (KONVALINA et al., 2012)	<b>7,93</b>

\*Zrno zbaveno odpadního materiálu 7,384g.

Tabulka č. 6 o hrubém hektarovém výnosu pšenice jednozrnky udává množství odpadního materiálu (26,16 %) a potenciální zisk energie, který se pohybuje v hodnotách 7,93 – 19,84 GJ ha<sup>-1</sup>. Studie dle WIWART et al. (2017) uvádí nejvyšší hodnoty výnosů u pšenice špaldy, potvrzuje to i uvedená tabulka č. 8 o hrubém hektarovém výnosu pšenice špaldy a shodují se s nimi i výsledky publikace KONVALINA et al. (2012).

**Tabulka 7** - Hrubý hektarový výnos pšenice dvouzrnky

<b>% odpadního materiálu</b>	<b>Výnosy (kg/10 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zisk energie (GJ ha<sup>-1</sup>)</b>
23,82	4 (polní pokus)	<b>14,42</b>
23,82	5 (polní pokus)	<b>18,03</b>
23,82	3 (MOUDRÝ et al., 2011)	<b>10,82</b>

\*Zrno zbaveno odpadního materiálu 7,618g.

Dle uvedených výsledků v tabulce č. 7 bylo zaznamenáno množství odpadního materiálu u pšenice dvouzrnky (23,82 %) a potenciální zisk energie, který se pohybuje v hodnotách 10,82 – 18,03 GJ ha<sup>-1</sup>.

**Tabulka 8** – Hrubý hektarový výnos pšenice špaldy

<b>% odpadního materiálu</b>	<b>Výnosy (kg/10 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Zisk energie (GJ ha<sup>-1</sup>)</b>
33,23	5 (polní pokus)	<b>26,41</b>
33,23	3 (polní pokus)	<b>15,85</b>
33,23	2,5 (KONVALINA et al., 2012)	<b>13,21</b>

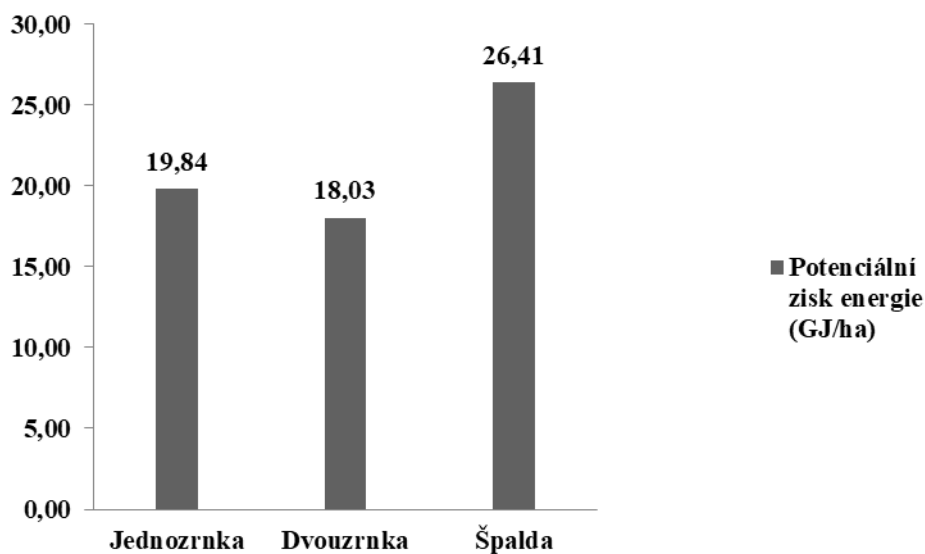
\*Zrno zbaveno odpadního materiálu 6,677g.

Tabulka č. 8 dle zjištěných výsledků vykazuje nejvyšší procento odpadního materiálu u pšenice špaldy (33,23 %) a tudíž i nejvyšší potenciální zisk energie (13,21 – 26,41 GJ ha<sup>-1</sup>).

Z výsledků uvedených v tabulce č. 6, č. 7 a č. 8 lze zaznamenat množství odpadního materiálu, které se pohybuje v rozmezí 23-33 %. Na základě tohoto

zjištění, lze potvrdit hypotézu č. II, a to tak, že podíl odpadního materiálu na celkovém hrubém výnosu bude  $\geq 25$  %.

**Graf č. 7 - Potenciální zisk energie ( $\text{GJ ha}^{-1}$ )**



V grafu č. 7 jsou zaznamenány hodnoty potenciálního zisku energie získané při sklizni sledovaných minoritních druhů obilnin. Pšenice špalda rovněž zde vykazuje tendenci k vyšším energetickým ziskům. Při pěstování pšenice špaldy lze v porovnání s pšenicí jednozrnkou a dvouzrnkou dosáhnout vyššího zisku energie na jednotku plochy (WIWART et al., 2017).

V tabulce č. 6, č. 7 a č. 8 jsou uvedeny hodnoty hrubého hektarového výnosu společně s množstvím odpadního materiálu u sledovaných druhů pšenic. V porovnání sledovaných druhů vzniká největší množství odpadního materiálu po zpracování u pšenice špaldy (33,23 %), oproti tomu lze u pšenice jednozrnky a pšenice dvouzrnky očekávat průměrné množství odpadního materiálu 26,16 % resp. 23,82 %. Na základě těchto výsledků v rámci polního pokusu lze potvrdit hypotézu č. IV, tedy že nejvyššího hrubého hektarového výnosu a rovněž množství odpadního materiálu bude dosaženo při pěstování pšenice špaldy.

Pluchaté pšenice představují zajímavou alternativu pro režim ekologického zemědělství (KONVALINA, 2008). Vzhledem k nižším nárokům na pěstitelské podmínky se mohou uplatnit také například v pásmech hygienické ochrany vod, nebo v obecně méně příznivých podmínkách pro pěstování obilnin. K dispozici však není dostatek odrůd, proto se vyplatí volit odrůdu nabízenou některou z organizací obchodujících s osivy. Vzhledem ke snížené výnosové úrovni a specifickým

parametrům jakosti je vhodné volit pěstování těchto plodin (především jednozrnka a dvouzrnka) na základě smluvně zajištěného odbytu KONVALINA et al., (2014), D'ANTUANO et al., (1996).



## 6 ZÁVĚR

Pluchaté pšenice představují zajímavou alternativu pro všechny systémy hospodaření. Nemohou sice moderním odrůdám konkurovat výnosem, na druhou stranu ale poskytnou zrno se specifickou jakostí. Jejich pěstování může být výhodné především při současném zpracování a regionálně orientovaném marketingu faremních produktů.

Při jejich zpracování zároveň dochází k produkci odpadního materiálu v podobě plev, pluch a úlomků klasových větven, které v rámci jednotlivých druhů pšenice představují 25 – 35% podíl na hrubém výnosu s výhřevností mezi 15 – 15,9 MJ kg<sup>-1</sup> a představují tak zajímavý alternativní zdroj energie.

Na základě výsledků z polních pokusů, klasových rozborů a laboratorního stanovení elementárního složení, byly vyhodnoceny energetické parametry odpadního materiálu u sledovaných pluchatých pšenic. V porovnání sledovaných druhů vzniká největší množství odpadního materiálu po zpracování pšenice špaldy (33,23 % z hrubého výnosu) s průměrnou hodnotou spalného tepla 17,74 MJ kg<sup>-1</sup> a výhřevností 15,9 MJ kg<sup>-1</sup>. Oproti tomu lze u pšenice jednozrnky a pšenice dvouzrnky očekávat průměrné množství odpadního materiálu 26,16 % resp. 23,82 % s hodnotou spalného tepla 16,99 MJ kg<sup>-1</sup> resp. 16,92 MJ kg<sup>-1</sup> a výhřevností 15,16 MJ kg<sup>-1</sup> resp. 15,14 MJ kg<sup>-1</sup>. Na základě hrubých výnosů získaných v rámci polních pokusů, lze predikovat potenciální energetickou hodnotu 26,41 GJ ha<sup>-1</sup> u pšenice špaldy, 19,84 GJ ha<sup>-1</sup> u pšenice jednozrnky a 18,03 GJ ha<sup>-1</sup> u pšenice dvouzrnky.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### 7.1 ODBORNÁ LITERATURA

- [1] ALTMANN V., VACULÍK P., MIMRA M. (2010). Technika pro zpracování komunálního odpadu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 120.
- [2] ASSESSMENT, M. E. (2003). Ecosystems and human well-being (Vol. 200). Washington, DC: Island Press.
- [3] BORGHI, B., CASTAGNA, R., CORBELLINI, M., HEUN, M., SALAMINI, F. (1996). Bread making quality of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*). *Cereal Chemistry*, 73: 208-214.
- [4] BRLEK, T., BODROZA-SOLAROV, M., VUKMIROVIC, D., COLOVIC, R., VUCKOVIC, J., AND LEVIC, J. (2012). „Utilization of spelt wheat hull as a renewable energy source by pelleting,“ *Bulg. J. Agric. Sci.* 18(5), 752-758.
- [5] CASTAGNA, R., BORGHI, B., DI FONZO, N., HEUM, M., SALAMINI, F. (1995). Yield and related traits of einkorn (*T. monococcum* spp. *monococcum*) in different environments. *European Journal of Agronomy*, 4: 371-378.
- [6] CODIANNI, P., PAOLETTA, G., CASTAGNA, R., LI DESTRI NICOSIA, O., DI FONZO, N. (1993). Agronomical performance of farro in southern Italy environments. *L'Informatore Agrario* 38, 45-48.
- [7] D'ANTUONO, L. F., GALLETTI, G. C., BOCCHINI, P. (1998). Fiber quality of emmer (*Triticum dicoccum* Schubler) and einkorn wheat (*T. monococcum* L.) landraces as determined by analytical pyrolysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78: 213-219.
- [8] D'EGIDIO, M. G., NARDI, S., VALLEGA, V. (1993): Grain, flour, and dough characteristics of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L. *Cereal Chemistry*, 70: 298- 303.
- [9] DEMIRBAŞ, A. (1997). Calculation of higher heating values of biomass fuels. *Fuel*, 76(5), 431-43
- [10] DEMIRBAS, A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in energy and combustion science*, 30(2), s. 219-230.

- [11] DOROFEEV, V. F. ET. AL. (1987). Pšenicy mira Leningrad, VO Agropromizdat Leningradskoe otделение 1987
- [12] FELDMAN, M. (2001). Origin of cultivated wheat. In. Bojean, H. P., Angus, W. J. (Eds.), The world wheat book: a history of wheat breeding, Lavoiser Publishing, Paris, pp. 3- 56.
- [13] FRÉGEAU-REID, J., ABDEL-AAL, E-S. M. (2005). Einkorn: a potential functional wheat and genetic resource. In: Abdel-Aal, E-S. M., Wood, P. (Eds), Speciality grains for food and feed, American Association of Cereal Chemists Inc., Minnesota, pp. 37-62.
- [14] GRAUSGRUBER, H., KONVALINA, P., et al. (2012). Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. České Budějovice: v nakl. Vlastimil Johanus vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, ISBN 978-80-87510-24-7.
- [15] GRAUSGRUBER, H., SAILER, C., GHAMBASHIDZE, G., BOLYOS, L., RUCKENBAUER, P. (2004a): Genetic variation in agronomic and qualitative traits of ancient wheat. In: Vollmann, J., Grausgruber, H., Ruckenbauer, P. (Eds), Genetic variation for plant breeding. Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress, 8-11. 9. 2004, Tulln, Austria. BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, pp. 19-22.
- [16] HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., & STRAŠIL, Z. (2007). Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Průhonice, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, České Budějovice, Jihočeská univerzita, s. 92.
- [17] HIDALGO, A., BRANDOLINI, A., POMPEI, C., PISCOZZI, R. (2006). Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*T. monococcum* L. subsp. *monococcum*). *Journal of Cereal Science*, 44: 182-193.
- [18] HUANG, L., MILLET, E., RONG, J., WENDEL, J. F., ANIKSTER, Y., FELDMAN, M. (1999). Restriction fragment length polymorphism in wild and cultivated tetraploid wheat. *Israel Journal of Plant Sciences*, 47: 213-224.
- [19] HUBÁČEK, J., KESSLER, F., LUDMILA, J., TEJNICKÝ, B. (1962). *Chemie uhlí*. SNTL Praha.
- [20] CHANNIWALA, S. A., & PARIKH, P. P. (2002). A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. *Fuel*, 81(8), s. 1051-1063.

- [21] JARADAT, A. (2011): Ecogeography, genetic diversity, and breeding value of wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides* Körn ex Asch. & Graebn.) Thell. *Australian Journal of Crop Science*, 5(9): 1072-1086.
- [22] JENKINS, B., BAXTER, L. L., & MILES, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel processing technology*, 54(1), 17-46.
- [23] JOVOČIĆ, N., MATIN, A., AND KALAMBURA S. (2015). „The energy potential of spelt biomass,“ (in Croatian) *Krmiva* 57: 23-28.
- [24] KIMBER, G., FELDMAN, M. (1987). Wild wheat: an introduction. Special Report 353. College of Agriculture, University of Missouri-Columbia, Columbia, Missouri, USA. 142 p.
- [25] KIRCHMAIER, S., VOLLMANN, J., NEGASH GELETA AYANA, SIEBENHANDL-EHN, S., PRÜCKLER, M., GRAUSGRUBER, H. (2012). Phänotypisierung mittels Nahinfrarot-Spektroskopie am Beispiel Gelbpigmentgehalt des Weizens. 62. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 22.-23. 11. 2011, RaumbergGumpenstein, Austria. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, Austria, pp. 37-41.
- [26] KONVALINA P., et al. (2012). Pěstování a využití pšenice dvouzrnky v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 978-80-7427-120-5.
- [27] KONVALINA P., et al. (2012). Pěstování a využití pšenice jednozrnky v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 978-80-7427-119-9.
- [28] KONVALINA P., et al. (2012). Pěstování a využití pšenice špaldy v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 978-80-7427-118-2.
- [29] KONVALINA, P. (2008): Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978807394116
- [30] KONVALINA, P., BAZGIER, M., MOUDRÝ, J. (2006). Sláma pro energetiku i průmysl. *Zemědělec*, roč. XIV., č. 51. s. 12 – 14.
- [31] KONVALINA, P., et al. (2014). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 284 s. ISBN 978-80-87510-32-2.

- [32] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J. (2008). Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství (Growing of wheat in organic farming). JU ZF, České Budějovice, 28 p.
- [33] LACKO-BAROTŠOVÁ, M. – OTEPKA, P. (2001): Evaluation of choosen yield components of spelt wheat cultivars. In Journal of Central European Agriculture, roč. 2 č 3-4, s. 279-284
- [34] LACKO-BARTOŠOVÁ, M., et al., (2014). Triticum spelta L. - pestovanie a využitie: Vedecká monografia z riešenia výskumného projektu Podpora inovácie špeciálných výrobkov biopotravin pre zdravú výživu ľudí. Nitra: Apel, spol. ISBN 978-80-552-1275-3.
- [35] MARCONI, M., CUBADDA, R. (2005). Emmer wheat. In: Abdel-Aal, E-S. M., Wood, P. (Eds.): Speciality grains for food and feed. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minesota, USA, pp. 63-108.
- [36] MARINO, S., TOGNETTI, R., ALVINO, A. (2009). Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy, as affected by nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy, 31: 233-240.
- [37] MCKENDRY, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource technology, 83(1), 37-46.
- [38] MICHALOVÁ, A., ŠKERŤÍK, J. (2002). Pohanka, špalda a proso v ekologickém zemědělství. In poradenské listy svazu PRO-BIO (Odborná příloha BIO – měsíčníku pro trvale udržitelný život), č. 6, s. 9-12.
- [39] MOUDRÝ, J. (2011). Alternativní plodiny. Praha 2 - Vinohrady: Profi Press. ISBN 978-80-86726-40-3.
- [40] MOUDRÝ, J., & STRAŠIL, Z. (1998). Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců.
- [41] MOUDRÝ, J., KONVALINA, P., STEHNO, Z., CAPOUCHOVÁ, I., MOUDRÝ, J. jr. (2011): Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. Scientific Research and Essays 6 (20): 4273-4280
- [42] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1996). Alternativní plodiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 80-7040-198-2.
- [43] NEVO, E., GOLENBERG, E., BEILES, A., BROWN, A. H. D., ZOHARY, D. (1982). Genetic diversity and environmental associations of wild wheat, *Triticum dicoccoides*, in Israel. Theoretical and Applied Genetics, 62: 241-254.

- [44] OLIVEIRA, J. A. (2001): North Spanish emmer and spelt wheat landraces: agronomical and grain quality characteristic evaluation. *Plant Genetics Resources Newsletter* 125, 16-20.
- [45] PASTOREK, Z., KÁRA, J., & JEVIČ, P. (2004). *Biomasa, obnovitelný zdroj energie*. Praha, FCC Public, s. 286.
- [46] PETŘÍKOVÁ, V. et al. (2006). *Energetické plodiny*. Praha: ProfiPress, s.r.o.
- [47] POHOŘELÝ, M. a JEREMIÁŠ, M. (2010). *Zplyňování biomasy – možnosti uplatnění: Výsledky výzkumu, vývoje a inovací pro obnovitelné zdroje energie (OZE 2010)*.
- [48] SEDLÁKOVÁ, A. (2017). *Spalné teplo a výhřevnost vybraných energetických trav – stanovení na základě elementární analýzy*. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- [49] SHENG, C., & AZEVEDO, J. L. T. (2005). Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. *Biomass and Bioenergy*, 28(5), s. 499-507.
- [50] SLEPETYS, J., KADZIULIENE, Z., SARUNAITE, L., TILVIKIENE, V., & KRYZEVICIENE, A. (2012). Biomass potential of plants grown for bioenergy production. In *Proceedings of the International Scientific Conference «Renewable Energy and Energy Efficiency* (pp. 66-72).
- [51] SOUČKOVÁ, H. et al. (2006). *Nepotravinářské využití fytomasy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- [52] STEHNO, Z. (2001). Pěstování a možnosti využití pluchatých pšenic. *Farmář*, 7–8: 18-21.
- [53] ŠARAPATKA, B a URBAN, J. (2006): *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO. ISBN 8087080009.
- [54] ŠRÁMEK, J., KONVALINA, P., MOUDRÝ jr, J., & Boháč, J. *ENERGETICKÉ VYUŽITÍ SLÁMY*. *Udržitelná energie a krajina* 2008, 65.
- [55] ŠTINDL, P. et al. (2006). Chemické složení biomasy a hygienické aspekty využívání přírodních surovinových zdrojů bioenergie. In: *Agroregion 2006 – Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda – základ konkurenceschopnosti zemědělství)*, České Budějovice, s. 131–135.
- [56] ŠTINDL, P., KOLÁŘ, L., KUŽEL, S. (2006). Spalné teplo biomasy a jeho výpočet z elementárního složení. In: *Agroregion 2006 – Zvyšování*

konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda – základ konkurenceschopnosti zemědělství), České Budějovice, s. 136–140.

- [57] TROCCOLI, A., CODIANNI, P. (2005). Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy. *European Journal of Agronomy* 22: 293-300.
- [58] WIWART, M., BYTNER, M., GRABAN, Ł., LAJSZNER, W., & SUCHOWILSKA, E. (2017). Spelt (*Triticum spelta*) and Emmer (*T. dicoccon*) Chaff Used as a Renewable Source of Energy. *BioResources*, 12(2), 3744-3750.
- [59] WIWART, M., BYTNER, M., GRABAN, Ł., LAJSZNER, W., & SUCHOWILSKA, E. (2017). Spelt (*Triticum spelta*) and Emmer (*T. dicoccon*) Chaff Used as a Renewable Source of Energy. *BioResources*, 12(2), 3744-3750.
- [60] ZAHARIEVA, M., AYANA, N. G., AL HAKIMI, A., MISRA, S. C., MONNEVEUX, P. (2010). Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with a promising future: a review. *Genetics Resources and Crop Evolution*, 57: 937-962.
- [61] ZIMOLKA, J. (c2005): Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Praha: Profi Press. ISBN 8086726096

## 7.2 INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., JANOVSÁ, D., KÁŠ, M., ekologické zemědělství [online]. 2013 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: <http://orgprints.org/24902/1/opomijene.pdf>
- [2] STUDENTÍK, J. a SVITAVSKÝ, M. Energie větru, vody, biomasy [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/18.html>
- [3] RACLAVSKÁ, H., FRYDRYCH, J., ANDERT, D. (2013). Význam popelovin v travní biomase pro energetické účely. *Biom.cz* [online]. 2013-09-23 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznam-popelovin-vtravni-biomase-pro-energeticke-ucely>>. ISSN: 1801-2655.
- [4] Meteoblue weather close to you. [online]. 2006 [cit. 2019-04-02]. <https://www.meteoblue.com/>

## 10. PŘÍLOHY

Obrázek 1 - Pšenice jednozrnka (rostliny, klasy, klásky, zrna)



(Zdroj: KONVALINA et al., 2012)



**Obrázek 2** - Detaily klasu pšenice jednozrnky



(Zdroj: KONVALINA et al., 2012)

**Obrázek 3** – Detaily klasu pšenice dvouzrnky



(Zdroj: KONVALINA et al., 2012)

**Obrázek 4** - Klas, klásek a zrno pšenice špaldy



(Zdroj: KONVALINA et al., 2012)

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Poměr zrna ke slámě .....	14
Tabulka 2 - Porovnání elementárního složení fosilních paliv a fytopaliv .....	14
Tabulka 3 - Agrotechnické zajištění .....	17
Tabulka 4 - Kvalita pluchatých pšenic .....	21
Tabulka 5 - Elementární složení vybraných minoritních druhů <i>Triticum L.</i> .....	22
Tabulka 6 – Hrubý hektarový výnos pšenice jednozrnky .....	25
Tabulka 7 - Hrubý hektarový výnos pšenice dvouzrnky .....	25
Tabulka 8 – Hrubý hektarový výnos pšenice špaldy .....	25

## SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 – Průměrné dlouhodobé (30 let) měsíční teploty (°C) vzduchu v obci Zvíkov .....	16
Graf č. 2 - Průměrný dlouhodobý (30 let) měsíční úhrn srážek (mm) v obci Zvíkov .....	16
Graf č. 3 - Výnos zrna ( $t \cdot ha^{-1}$ ) vs. výnos proteinu ( $t \cdot ha^{-1}$ ) .....	20
Graf č. 4 - Výnos zrna ( $t \cdot ha^{-1}$ ) vs. obsah bílkovin v zrnu (%) .....	20
Graf č. 5 - Spalné teplo ( $MJ \cdot kg^{-1}$ ) - dle Mendělejevova vzorce .....	22
Graf č. 6 - Výhřevnost ( $MJ \cdot kg^{-1}$ ) – dle HUBÁČEK et al. (1962) .....	24
Graf č. 7 - Potenciální zisk energie ( $GJ \cdot ha^{-1}$ ) .....	26

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Pšenice jednozrnka (rostliny, klasy, klásky, zrna) .....	35
Obrázek 2 - Detaily klasu pšenice jednozrnky .....	36
Obrázek 3 – Detaily klasu pšenice dvouzrnky .....	37
Obrázek 4 - Klas, klásek a zrno pšenice špaldy .....	38