

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Technická fakulta**  
**Katedra zemědělských strojů**



## **Bakalářská práce**

**Možnosti zpracování, použití a uplatnění slámy  
v zemědělství a průmyslové výrobě**

**Václav Pojar**

© 2024 ČZU v Praze





# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Václav Pojar

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Možnosti zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslové výrobě.**

Název anglicky

**Possibilities of straw processing, its use and application in agriculture and industrial production.**

## Cíle práce

Cílem práce je shrnout základní vlastnosti slámy a její možné využití v zemědělské výrobě – formy použití slámy v zemědělství, přínosy pro půdu, pro životní prostředí. Ev. uvést možné nevýhody produkce slámy na pozemcích ve vztahu k množství, technologii zpracování půdy.

Rovněž v práci bude diskutováno použití slámy mimo zemědělskou sféru – průmysl, stavebnictví, jako energetický zdroj.

## Metodika

Student provede rozbor literárních zdrojů zaměřených na tematiku možností použití slámy ze zemědělské produkce. Student bude na základě literárních zdrojů diskutovat využití slámy v zemědělství – přínosy pro půdu, životní prostředí, ale i legislativní hledisko sledování množství vázaného uhlíku z atmosféry v biomase (uhlíková bilance...). Rovněž bude rozvedeno téma využití slámy v průmyslu a dalších odvětvích.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod.
2. Cíl práce a metodika.
3. Literární rešerše – základní poznatky o slámě, využití slámy, přínosy ev. nevýhody využití slámy v jednotlivých odvětvích.
4. Závěr – stručná vlastní diskuse a shrnutí citované literatury.
5. Seznam použité literatury.
6. Přílohy.

## Doporučený rozsah práce

30-40 stran

## Klíčová slova

sláma, složení, využití, zpracování, zemědělství, průmysl, uhlíková bilance

---

## Doporučené zdroje informací

LIBROVÁ, Hana; LACINA, Bohdan; SLÁMA, Miloš. *Věrní a rozumní : kapitoly o ekologické zpozdilosti*. Brno: Masarykova univerzita, 2016. ISBN 978-80-210-8454-4.

MALATÁK, Jan; VACULÍK, Petr; NACIOLNAL'NYI UNIVERSYTET "ČERNIHIVS'KA POLITECHNIKA", ; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ STAVEB. *Biomasa pro výrobu energie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.

MALEŘ, Josef. *Sklizeň zrnin, úprava a využití slámy*. Praha: SZN, 1982.

NÁTR, Lubomír. *Koncentrace CO<sub>2</sub> a rostliny*. Praha: ISV, 2000. ISBN 80-85866-62-5.

PASTOREK, Zdeněk; KÁRA, Jaroslav; JEVIČ, Petr. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.

TLUSTOŠ, Pavel; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ. *Torefikovaná sláma a seno jako upravená organická hmota a půdní aditivum : certifikovaná metodika*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2019. ISBN 978-80-213-2957-7.

---

## Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

## Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Kvíz, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2023

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**


Děkan

V Praze dne 26. 02. 2024

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslové výrobě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024



---



## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Zdeňku Kvízovi Ph.D. za vedení, trpělivost a cenné rady a přínosné poznámky. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

# Možnosti zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslové výrobě

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslové výrobě v České republice, tak i v Evropě. Teoretická část je zaměřena na vysvětlení, co je sláma a jak se zpracovává. Jsou zde popsány základní schopnosti slámy, vysvětlení, jakými způsoby se sláma zpracovává a jaké jsou jejich výhody a nevýhody. Jako další témata jsou zpracování v zemědělství, stavebnictví, ekologii a energetice. U stavebnictví jsou popsány možnosti jako stavebního materiálu, nebo izolace. V ekologii a energetice je rozvedeno, jaké dopady má sláma na ekologii, jaké jsou její výhody a nevýhody a jakým způsobem ji využíváme v energetice.

V samotném závěru je napsáno shrnutí ze všech literárních zdrojů, výhody a nevýhody, které sláma představuje.

**Klíčová slova:** Sláma, složení, využití, zpracování, zemědělství, průmysl, uhlíková bilance, ekologie, energetika.

# **Possibilities of straw processing, its use application in agriculture and industrial production**

## **Abstract**

This bachelor thesis explores the processing, utilization, and application options of straw in agriculture and industrial production in the Czech Republic, as well in Europe. The theoretical part is focused on explaining what straw is and how it is processed. It describes the basic properties of straw, explains the methods of straw processing in agriculture, and discusses their advantages and disadvantages. Other topics covered include processing in agriculture, construction, ecology and energy. In construction, options such as building material or insulation are described. In ecology and energy, the impacts of straw on the environment, its advantages and disadvantages, and how it is utilized in energy production are elaborated.

The conclusion summarizes the findings from all literary sources, highlighting the advantages and disadvantages of straw.

**Keywords:** Straw, composition, utilization, processing, agriculture, industry, carbon balance, ecology, energy

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
2.1 Cíl práce .....	2
2.2 Metodika.....	2
<b>3 Základní poznatky o slámě.....</b>	<b>3</b>
3.1 Charakteristika slámy .....	3
3.1.1 Chemické složení slámy.....	3
3.1.2 Složení podle obsahu dusíku k uhlíku.....	3
3.2 Sklizeň slámy .....	4
3.2.1 Historie sklizení slámy.....	4
3.2.2 Technologické postupy při sklizení slámy.....	6
3.2.3 Nejpoužívanější způsob zpracování.....	7
3.2.4 Systémy dopravy.....	10
3.3 Využití slámy v zemědělství .....	11
3.3.1 Sláma využívaná jako stelivo.....	11
3.3.2 Sláma využívaná jako hnojivo .....	12
3.3.3 Pálení slámy z pohledu výnosu.....	13
3.3.4 Sláma jako zdroj zaplevelení .....	13
3.4 Využití slámy ve stavebním průmyslu .....	14
3.4.1 Charakteristika přírodního stavitelství .....	14
3.4.2 Historie využití slámy na stavbě .....	15
3.4.3 Základní typy staveb ze slámy .....	15
3.4.4 Technologie použití slámy v architektuře a stavitelství.....	16
3.4.5 Požární odolnost slámy ve stavebnictví .....	18
3.4.6 Vliv na životní prostředí .....	19
3.5 Zpracování slámy v energetice.....	20
3.5.1 Současný stav .....	20
3.5.2 Sláma jako problematické palivo .....	20
3.5.3 Spalování celých balíků .....	21
3.5.4 Zpracování slámy na topné pelety .....	22
3.6 Výroba papíru ze slámy.....	23
3.7 Sláma v zahradnictví .....	24
3.8 Příčiny samovznícení slámy .....	25
3.9 Pletení ze slámy.....	27



3.9.1	Volné pletení, svazování.....	27
3.9.2	Pletení spirálovou technikou.....	27
3.9.3	Další možnosti pletení .....	28
3.10	Ekopanel.....	30
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>34</b>
6.1	Seznam obrázků .....	34
6.2	Seznam tabulek .....	34



# 1 Úvod

Tato bakalářská práce se věnuje tématu “Možnosti zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslu“, kde se klade důraz na využití a ekologii slámy v České republice, ale také i v Evropě. Cílem práce je poskytnout komplexní přehled o slámě, využití v zemědělství, průmyslu a dalších odvětvích. Práce je rozdělena do dvou částí – teoretická část a závěr.

V teoretické části je nejprve představena charakteristika slámy, která nám umožňuje porozumět co je to sláma a jaké je její složení. Následně se práce zaměřuje na sklizeň slámy, kde je objasněna historie sklizení slámy, postupy sklizení a systémy dopravy. Základními pilíři teoretického rámce je využití slámy v zemědělství, stavebnictví, energetice a ostatní využívání. V zemědělství je představeno, jak se sláma využívá a jaké jsou její další možnosti využití v zemědělství. U ostatních průmyslů je uvedeno jak využití, výroba, tak i dopad na životní prostředí.

V závěru práce budou shrnuty informace z literární rešerše. Mimo jiné budou shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých odvětví, využití a dopady na životní prostředí.

## 2 Cíl práce a metodika

### 2.1 Cíl práce

Cílem práce je shrnout základní vlastnosti slámy a její možné využití v zemědělské výrobě – formy použití slámy v zemědělství, přínosy pro půdu, pro životní prostředí. Ev. uvést možné nevýhody produkce slámy na pozemcích ve vztahu k množství, technologii a zpracování půdy.

Rovněž v práci bude diskutováno použití slámy mimo zemědělskou sféru – průmysl, stavebnictví, jako energetický zdroj.

### 2.2 Metodika

Student provede analýzu literárních pramenů zaměřených na možnosti využití slámy v zemědělství, průmyslu a ostatních odvětvích, včetně přínosů pro půdu. Jako další bude vysvětleno, jaké dopady na životní prostředí, ale také množství uhlíku obsaženého ve slámě (uhlíková bilance). Rovněž budou zpracovány témata na využití v zahradnictví, pletení a příčiny samovznícení.

## 3 Základní poznatky o slámě

### 3.1 Charakteristika slámy

Sláma, jako vedlejší produkt vznikající během pěstování zrnin, má v současném zemědělství významnou roli. Z botanického hlediska je sláma složena z odumřelých stonků a zbytků listů rostlin, přičemž v případě obilovin jsou tyto odumřelé části nazývány jako stěbla. Její vznik a povaha jsou úzce spojeny se sklizní a obilných plodin, jako jsou pšenice, oves, ječmen a další (1).

#### 3.1.1 Chemické složení slámy

Z chemického hlediska je sláma především bohatá na organické látky, přičemž hlavními složkami jsou celulóza a hemicelulóza. Organické látky tvoří přibližně 80 % hmotnosti slámy, zatímco zbývající podíl připadá na minerální látky. Nicméně obsah minerálních látek, jako je fosfor a dusík je relativně nízký.

Chemické složení slámy se může výrazně lišit v závislostech na druhu pěstované plodiny (ječmen, oves, žito a další.), úrovni hnojení a obsahu dostupných živin v půdě. Podle pěstované plodiny a jejich vlastností dokážeme ovlivnit její využití v zemědělství, bioenergetice, průmyslu, stavebnictví a dalších. Sláma z obilovin je podle chemického složení vhodnější pro určité aplikace než sláma z jiných plodin, a to právě kvůli specifickým vlastnostem a její strukturou (1).

#### 3.1.2 Složení podle obsahu dusíku k uhlíku

Kvalita slámy je také hodnocena podle jejího poměru mezi dusíkem a uhlíkem, který je v ní obsažen. Tento poměr ukazuje její schopnost rozkladu a využití v jejích různých aplikacích. Sláma obilných plodin má širší poměr dusíku k uhlíku, a to v poměru 1: 80-90. Za to sláma z řepky vykazuje vyšší kvality, a to v poměru 1: 60-80. Nejvyšší kvalita slámy podle obsahu dusíku k uhlíku pochází z luskovin, kde tento poměr je pouze 1: 20-30. Pro organické hnojení je stanoven ideální poměr na 1: 30 (1).

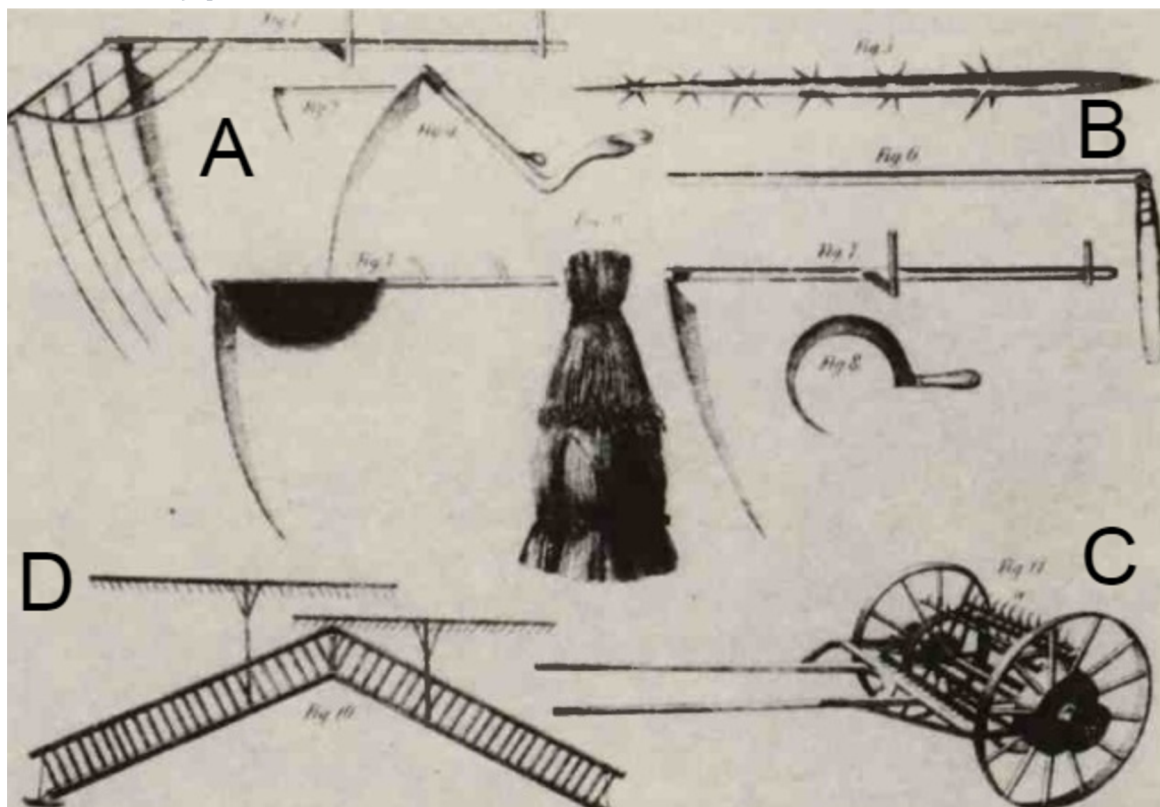
## 3.2 Sklizeň slámy

V zemědělské výrobě je sklizená sláma velice cenným materiálem pro zlepšení půdní struktury, ochranu před erozí, ale i jako surovina pro organické hnojení. Její využití v zemědělství, energetice a dalších je velice rozmanité. Bohužel nedostatečná koordinace a nedostatek efektivních strategií vedou k promarnění jejího potenciálu. Nesystémové a špatné zacházení se slámou přináší nejen ztráty, snížení jejího potenciálu, ale také snížení zisku z prodeje (2).

### 3.2.1 Historie sklizení slámy

Dříve byla sklizeň slámy, sena a obilí prováděna ručně pomocí tehdejších technik a nástrojů, které postupně byly zdokonalovány postupem let. Sklizeň slámy byla velice náročná fyzická práce, která vyžadovala zkušenosti a zručné dovednosti od zemědělců. Nejčastějším nástrojem byla obilní kosa a obilný srp (3).

Obrázek 1: Nástroje používané v 18. století



Autor: (3).

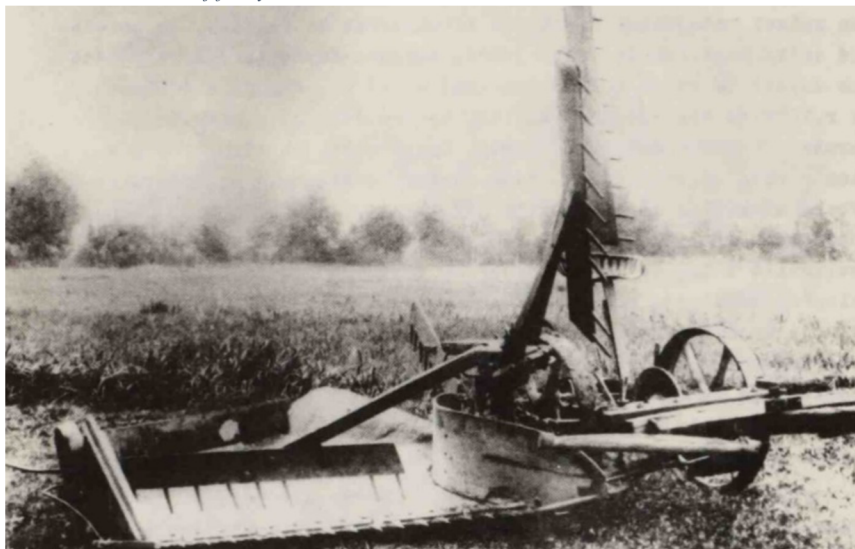
- a) Obilná kosa (hrabice), a ostatní její druhy
- b) Cepy
- c) Obraceč slámy
- d) Obraceč s rotujícími hráběmi

V druhé polovině 18. století došlo k významnému pokroku ve sklizni slámy díky koňské žačce, kterou vynalezl Cyruc McCormick. Tento vynález radikálně změnil způsob, jakým byla sláma sklízena a zpracovávána. Tato žačka nahradila náročné manuální kosení, a zvýšila efektivitu a produktivitu práce při sklizni obilných plodin.

Tím, že tato žačka vytvářela řádky s hmotou, byla tím také zároveň usnadněná nakládka a odvoz koňskými povozy. Tento proces nejen, že zlepšil transport a logistiku pokosené slámy, což mělo pozitivní dopad na celé zemědělství. Po nahrazení ruční práce za mechanickou, zemědělci kvůli časovým úsporám a menší únavě dokázali efektivněji využívat čas a lidské síly i pro jiné úkoly v zemědělství. S odvozem slámy byly vytvářeny stohy, nebo se skladovali pod střechu (stodoly).

Postupem let bylo k těmto žacím strojům přidáno i automatické odkládání slámy pomocí hrábí, které odkládaly slámu na stranu do řádku. Tento stroj byl vynalezen ve Spojených státech amerických firmou Jonson a Burdick. Tento žací stroj umožňoval, aby zemědělec ovládající stroj seděl nad hlavním pojezdovým kolem, čímž docházelo k úspoře sil a větší efektivitě. Jonson a Burdick poté přinesli i další významný krok k mechanizaci sklizně obilí. Tento krok měl za následek dlouhodobý dopad na zemědělskou produkci i na celý zemědělský průmysl (3).

Obrázek 5: Žací stroj firmy Jonson a Burdick



Autor: (3).

V polovině devadesátých let 20. století byl vyvinut F. Tlachem tzv. vazač snopů, který byl v menším množství vyráběn strojírnou Mach a Radost v Brně. Bohužel tato se na našem území příliš nerozšířila, i když vazače na snopy byly požívány na několika místech V Čechách a na Moravě. V této době byl koňský a kravský potah vystřídán traktorem. Po válce přichází inovace v podobě sklízecích mlátiček, které slámu rozfukují, nebo řádkují za sebou. Tuto slámu sklízela a odvážela sklízecí vůz připojený za traktor. Tímto byla od manuálního nakládání slámy na odvoz ušetřena obrovská množství energie urychlení odvozu na příslušné místo ke skladování (3).

### 3.2.2 Technologické postupy při sklizení slámy

Proces sklizení slámy nabízí různé metody, které jsou využívány v zemědělské praxi v České republice. Tyto technologické postupy jsou standardní součástí rostlinné výroby a jsou speciálně navrženy k efektivnímu zpracování, která po sklizni zrna na poli zůstává.

V zemědělské praxi uplatňujeme několik alternativních metod jejího zpracování. Pokud máme omezené množství, nebo není vhodná pro jiné účely je nejvyužívanější způsob rozdrčení pomocí drtiče, který je součástí sklízecí mlátičky. Tento postup má své výhody, které ho vyznačují jako populární a taky velice efektivní ve výrobních procesech v České republice. Hlavní výhodou tohoto postupu je možnost provést zpracování v rámci jedné výrobní operace společně se sklizením obilného zrna. Tím dochází k úspoře nákladů na sklizení, protože není za potřebí provádět další samostatné technologické operace spojené



s pořízením a provozem stroje. Díky tomuto drtiči není za potřební provádět další přejezdy po poli. Oblíbenost tohoto způsobu zpracování a kvůli podmínkám v České republice více roste. V rámci ekonomiky je tento způsob zpracování z hlediska efektivity a malé náročnosti velice výhodný.

Pokud budeme mluvit o způsobu, kdy je sláma vhodná pro další využití, je tento způsob zaměřen na transformaci do požadovaného stavu, dopravu do daného místa ke skladování a efektivity. Kvůli těmto případům jsou realizovány speciální technologie, které umožňují nejefektivnější proces zpracování slámy. Jednou z hlavních a nejvíce využívaných metod je použití sklízecího lisu nebo sklízecí řezačky. Tyto technologie umožňují nejrychlejší a nejméně náročné sklizení slámy a její přeměnu na požadovaný stav. Tyto technologie v dnešní době vytlačily systémy v podobě sběracích vozů, které byly v dřívějších dobách rozsáhle využívány. Sláma při sklizení projde pouze jedním strojem, a to nám výrazně ušetří jak čas, tak i náklady na výrobu a udržování. Tato zvolená technologie velice v moderním zemědělství oblíbená, z důvodu maximálního využití materiálu, tak i minimálních ztrát. V požadovaném stavu jsou pak rovnou využity jako stelivo a krmivo pro hospodářská zvířata, organické hnojení, výrobu biopaliv a energie. Tímto se také minimalizují negativní dopady na životní prostředí.

Při použití sklízecí řezačky provádíme sklizení materiálu ze řádku, nebo nastojato pomocí příslušných žacích adaptérů. Materiál, který prochází sklízecí řezačkou, je poté přepravován pomocí velkoobjemového dopravních prostředků, ve formě řezanky rovnou do místa skladování. Při skladování bereme v potaz, že tato řezanka zabírá větší objem skladovacího prostoru než sláma slisovaná do hranatých, nebo kulatých balíků. Objem řezanky je často dvakrát, až třikrát větší než objem slisovaných balíků. Tímto způsobem je důležité naplánovat sklizení a dlouhodobé skladování materiálu, pokud není dlouhodobě určený ke zpracování, nebo využití v průmyslu a energetice. Zohledňujeme zde, zda volba mezi sklizením do řádku, nebo nastojato má pozitivní vliv na ekonomiku a efektivity tohoto procesu. Zároveň nesmíme zapomenout na ekonomické a technické aspekty při našem rozhodnutí o použití konkrétní sklizňové metody a následnou manipulaci s materiálem (2).

### 3.2.3 **Nejpoužívanější způsob zpracování**

Nejčastější způsob v podmínkách českého zemědělství je metoda s využitím sklízecích lisů, které jsou určeny k výrobě válcových a hranolových balíků slámy, ale až ve druhé fázi celé sklizně. Postup celé sklizně je rozdělen do dvou fází. První fáze je oddělení

daného zrna, nebo celé vrchní části dané rostliny sklízecí mlátičkou. Druhá fáze je následný sběr odřezaného materiálu a následné slisování do požadovaného tvaru z řádků pole. Tento způsob ale můžeme zefektivnit pomocí předchozího shrnutí řádků. Tento způsob, jak bylo psáno nahradil starší způsoby sběru pomocí sběracích vozů. Hlavním aspekt je ten, že převoz volně naložené slámy je málo efektivní a vyžaduje větší náklady na jeho přepravu, z důvodu velkého objemu přepravovaného materiálu. Jako další aspekt můžeme říci že i tato přeprava je omezena danými předpisy o provozu na pozemních komunikacích. Touto přepravou využíváme zhruba 20-50% přepravní kapacity. Naopak přeprava správně uložených a zhutněných materiálů, jako jsou hranolové a válcové balíky má efektivnější využití kapacity dopravního prostředku.

Lisované balíky při zpracování sklízecím lisem padají rovnou na pozemek, ze kterého je nakladač, manipulátor, nebo jiné zařízení nakládají rovnou na určené dopravní prostředky, které je rovnou odváží na dané skladovací místo.

*Obrázek 9: Moderní lis Krone na hranolové balíky*



Autor: (4).

V současné době se od moderních lisů požaduje, že budou schopny plynule a co nejefektivněji sklízet suchý, nebo zvadlý stébelnatý materiál z řádků, následné slisování a svázání s možností nastavení požadovaného rozměru (2).

V současnosti jsou používané lisy, které slisují sebraný materiál do následujících forem hotových balíků.

- malé, hranolové o hmotnosti 20 až 30 kg, možné s nimi ručně manipulovat,
- velké válcové, kruhového průřezu o hmotnosti 190 až 500 kg,
- obří hranolové, čtvercové o hmotnosti 380 až 600 kg.

Manipulace s většími balíky slámy vyžaduje specifických mechanizačních prostředků, neboť mohou dosahovat velkých hmotností. Objemová hmotnost se u těchto balíků (suché slámy) pohybuje v rozmezí od 50 do 250 kg/m<sup>3</sup>. Tato hodnota se může zvýšit při vstupu materiálu do lisu. V tomto případě je jsou některé lisy vybaveny řezacím zařízením, které je vloženo mezi sběracím ústrojím a vstupem do lisovacího prostoru komory.

Po slisování, nebo během něj je balík buď převázán provázkem, nebo obmotán sítí. Tím zajistíme dostatečnou pevnost, kompaktnost a stabilitu během manipulace a přepravy do skladovacího místa. Tento postup je zcela nezbytný pro zajištění bezpečnosti při přepravě a umístění do skladovacích prostorů. Minimalizujeme tím riziko při jejich náhlém poškození či rozpadu (2).

*Obrázek 13: Naložené kulaté balíky na nákladním vozidle*



Autor: (5).

### 3.2.4 Systémy dopravy

Existuje několik systémů, které jsou využívány při dopravě hotových balíků do skladovacích prostorů. Je nejdůležitější, abychom vybrali pro nás ten nejlepší systém, nejvhodnější typ a provedení dopravního prostředku, jeho efektivitu a maximální povolenou rychlost. Jako další možnost můžeme zohlednit i použití automobilní techniky. Jedním z důležitých kritérií při našem rozhodování je klíčová schopnost a způsob případné výměny mezi taženým dopravním prostředkem při pohybu v terénu na kratší vzdálenosti, nebo prostředek pro pohyb na silnici a na delší vzdálenosti

Vzhledem, že většina jízd probíhá po zpevněných komunikacích, ale vzdálenosti se mohou lišit, je vhodné, aby přípojná vozidla měli nejmenší povolenou rychlost 40 km/h. To nám umožňuje flexibilní a efektivní přepravu slaměných balíků na různé vzdálenosti a v různých terénních podmínkách. S rozšiřováním metody pro sklizeň a odvoz slámy dochází i k rozvoji technologií speciálních přípojných vozidel. Tato vozidla se vyznačují přívěsovou nebo návěsovou konstrukcí. S ohledem i na manipulaci existuje i několik konstrukčních řešení ve spojení s tímto dopravním prostředkem (2).

- plošinové traktorové přívěsy s nakládkou mobilním nakladačem na poli, nebo ve skladovacích prostorech,
- traktorové návěsy vybavené vlastním nakládacím zařízením,
- speciální traktorové návěsy vybavené vlastním automatizovaným nakládáním a stohováním.

Příkladem typů balíkových přívěsů jsou modely s užitečným zatížením v rozmezí od 7,3 do 14 tun a kapacitou pro 30 až 44 kusů válcových, nebo hranolových balíků. Rozměry ložné plochy se pohybují mezi délkou 7,6 a 11,8 metru s výškou 1,1 metru nad zemí. Provedení podvozku může být dvou, nebo tří nápravové.

Na trhu v České republice jsou k dispozici přívěsy určené pro přepravu balíků s obvyklou kapacitou jednadvaceti velkých hranolových balíků, nebo šestadvaceti válcových balíků o průměru 1,5 metru. Tyto přívěsy se vyrábějí ve variantách s nápravami pro rychlosti od 40 km/h do 80 km/h. Jejich podvozek je vybaven pérováním pomocí parabolických pružin, nebo vzduchovými válci. Tento široký výběr modelů a různých konfigurací umožňuje zemědělcům a provozovatelům zemědělské techniky vybrat přesně

ten přívěs, který nejlépe splňuje požadavky a potřeby na přepravu slámy. Tyto speciální přívěsy se využívají na kratší vzdálenosti, typicky mezi 5 až 6 km. Proces nakládky a vykládky je nejčastěji zajištěn pomocí samojízdných nakladačů, které umožňují co nejefektivnější manipulaci s nákladem ve skladovacím prostoru. Při zvolení varianty přívěsu s rychlostí nad 40 km/h je možné zvažovat i jeho spojení s nákladním automobilem pro přepravu na delší vzdálenosti, které přesahují 20 km. Tato možnost je nejlepší pro přepravu mezi lokalitami, nebo doručení daných balíků na vzdálenější místa ke zpracování a skladování. Využití nákladních automobilů efektivně přispívá k logistickým procesům a celkové optimalizaci dopravních operací v rámci zemědělského sektoru (2).

### 3.3 Využití slámy v zemědělství

#### 3.3.1 Sláma využívaná jako stelivo

V zemědělství se sláma nejčastěji vyskytuje jako podestýlka pro krávy, koně, ale i pro drůbež (např. kachny). Základní vlastností je, aby daná sláma určená k podestýlce byla bezpečná ze zdravotního hlediska, neměla by obsahovat prachové částice, plísně a nedráždit pokožku.

Nejčastěji je využívána pšeničná sláma, která má výborné absorpční schopnosti. Je obvykle snadno dostupná, méně náchylná k plísním, což ji vytváří ideální podmínky pro nastlání. Ovesná sláma není jako podestýlka pro koně moc vhodná. Tato sláma je pro koně spíše potrava. Ječná sláma má špatné sací vlastnosti, stejně jako sláma žitná, a to z důvodu velkého množství osin. Obecně platí, že dlouhá a pevná stébla slámy žita a ječmene nejsou ideální pro absorbování tekutin.

Sláma jako podestýlka slouží spíše jako izolační vrstva mezi zvířetem a podlahou, aby chránila zvíře před výkaly a pohlcuje vlhkost. Z toho plyne i vysoká spotřeba slámy v porovnání s jinými druhy podestýlek. Vyšší spotřeba slámy znamená také zvýšené nároky na skladovací prostory, manipulaci, produkci hnoje, nakládání s hnojem a lidskou práci. Nicméně, sláma přeměněná na slaměný hnůj je velice oblíbená. Své uplatnění v zemědělství, kde je velice žádaná pro její vlastnosti a výživovou hodnotu. Nevýhoda produkce tohoto hnoje je, že při přeměně slámy na hnůj vzniká veliké množství čpavku, který dráždí dýchací cesty a způsobuje u zvířat sklony k alergii či dušnost. Naopak její výhodou je snadná dostupnost, relativně nízká cena a dobré kompostování.



Mnoho výše popsaných nevýhod slámy řeší její mechanické zpracování. Sláma z pšenice je obecně zpracována řezáním. Tyto stébla jsou rozřezána podélně, aby se vlhkost mohla dostat k savé části stébla. Tato sláma je krácená na 8 až 12 cm, je takto dodána už v hotovém balíku. Zároveň dochází i k jejímu oprášení. Po těchto úpravách dostáváme ideální stav na sání tekutin a vlhkosti a snadnému kompostování (6).

Obrázek 14: Sláma sloužící k podestýlce u výkrmu kachen



Autor: (7).

### 3.3.2 Sláma využívaná jako hnojivo

S omezením chovu hospodářských zvířat a nárůstem podílu obilnin ve struktuře plodin dochází k nadprodukcí slámy. Jedním z řešení je zapravování slámy do půdy za účelem zlepšit úrodnost a vyrovnání bilance organické hmoty, pokud není k dispozici dostatek organického hnoje (chlévský hnůj). Organická hmota v půdě má významný vliv na její kvalitu a vlastnosti. Tím se zvyšuje význam slámy, jako zdroje statkového hnojiva.

Po zapravení slámy obilnin, nebo řepky do půdy může dojít k imobilizaci (znehynění) dusíku půdní mikroflórou, což vede ke snížení růstu rostlin a potencionálně ke snížení výnosů plodin. Proces rozkladu slámy je závislý na aktivitě mikroorganismů v půdě, které jsou náročné na dusík. Zvýšená aktivita půdních mikroorganismů je umožněna díky energii a uhlíku v celulóze slámy, zatím se zvýší i nároky na dusík, který je odebrán z půdního roztoku, nebo z půdního humusu. Proto je při hnojení slámou nutné doplnit vyrovnávací

dávku dusíkatých hnojiv, aby se vyrovnala dostupnost dusíku pro rostliny a minimalizovaly negativní dopady na výnosy plodin.

Hnojení slámou ve spojení s minimalizačními technologiemi zpracování půdy často přináší problémy s kvalitním založením porostu. Vyšší koncentrací slámy ve vrchní vrstvě, nebo na povrchu půdy není zajištěna požadovaná hloubka a rovnoměrné uložení semen do půdy. Důsledkem může být nejen nejednotné vyklíčení semen, ale také účinek slámy na proces klíčení osiva. Je zásadní, aby byla sláma zapravována rovnoměrně a rozptýlena v profilu části ornice. Pokud se sláma nahromadí ve shlucích, nebo se koncentruje v oblasti výsevu následné plodiny, může to v sušších obdobích zhoršit zásobování semen vodou a negativně ovlivnit vyklíčení plodin. Je proto důležité pečlivé zvážení distribuce a hloubky zapravení slámy, aby se minimalizovaly negativní dopady na vývoj plodin (1).

### 3.3.3 Pálení slámy z pohledu výnosu

Pálení slámy je zajímavou možností z hlediska výnosů pěstování plodin, neboť organická hmota se rychle přemění, uvolní své minerální látky a zvyšuje jejich dostupnost pro následné plodiny. Avšak pálení slámy na pozemcích je zakázáno zákonem, kvůli riziku velkoplošných požárů, které mohou vzniknout zejména za suchého a teplého počasí v období žní. Tento postup také ohrožuje životní prostředí tím, že usmrcuje obratlovce a hmyz, kteří obývají pole a zároveň zvyšuje produkci CO<sub>2</sub>, což je skleníkový plyn.

Alternativou může být odvoz slámy do spaloven a její energetické využití, přičemž vzniklý popel by mohl být využit jako hnojivo. Nicméně tato možnost čelí řadě překážek, zejména v ekologické a ekonomické rovině. Z ekologického hlediska by spalování slámy mohlo přispět ke zvýšenému emisnímu zatížení, což by mohlo mít nepříznivé dopady na životní prostředí a lidské zdraví (1).

### 3.3.4 Sláma jako zdroj zaplevelení

Sláma obsahuje nejen části rostlin plodin, ale také části rostlinných těl nežádoucích rostlin, což jsou plevelé. Ve slámě se nacházejí zbytky stonků, listů, květů a plodů, případně semen plevelů. Plody a semena plevelů jsou potenciální zdroje pro zaplevelení následných plodin. Způsob distribuce plodů a semen plevelů je klíčový pro jejich přežití na pozemku, nebo jejich další šíření pomocí slámy. Plody plevelů dozrávají postupně a část z nich dozraje ještě před sklizní, vysemení a zůstávají na pozemku (1).

## 3.4 Využití slámy ve stavebním průmyslu

### 3.4.1 Charakteristika přírodního stavitelství

V Poslední době pozorujeme rostoucí zájem o trvale udržitelný zdroj a ekologické stavitelství. Přírodní stavitelství se zaměřuje na minimalizaci negativních dopadů stavebních činností na životní prostředí a zároveň se snaží zlepšit kvalitu budov s ohledem na zdravé vnitřní prostředí a efektivní využití přírodních energetických zdrojů. Tento přístup zohledňuje estetické hodnoty budov a jejich dlouhodobou životnost.

Principy ekologického stavitelství ovlivňují celý životní cyklus budov. Začíná to už při návrhu budovy, kde se uplatňují ekologické a energeticky úsporné technologie. Poté následuje samostatná výstavba nízkoenergetických domů, která zahrnuje využití ekologických stavebních materiálů a jejich efektivních systémů. Během provozu eko stavby se klade důraz na šetrné využívání energie, vody a dalších dostupných zdrojů, stejně tak jako minimalizace negativních dopadů na životní prostředí. Při demolici a recyklaci těchto staveb jsou uplatňovány ekologické postupy s cílem minimalizování vzniklého množství odpadu a maximalizace jeho opětovného využití (8).

Typickými zástupci přírodního stavitelství jsou:

- Nepálené cihly (zdivo)
  - Hlína (omítky)
  - Sláma (tepelná izolace, zdivo)
  - Dřevo (nosná konstrukce, obklady)
  - Kámen (základ stavby)
  - Konopí, ovčí vlna, len, rákos (tepelná izolace)
- (8).



### 3.4.2 Historie využití slámy na stavbě

Slaměné balíky se začali lisovat koncem 19. století, aby se zlepšila jejich skladovatelnost a manipulace. V této době se také začaly využívat při výstavbách prvních domů na jihu Spojených států amerických a na Ukrajině. Některé z těchto domů stojí i dodnes. Už před vynálezem balíků byly dobře známy izolační vlastnosti slámy a sena. V minulosti se sláma, nebo seno skladovalo na půdách domů přes zimní období, protože leckteré domy měli pouze střechy z dlaždic. U pivovarů a velkých hospod měla sláma jiné využití. Pro skladování ledu na chlazení piva se tento led ukládal pod tepelnou izolaci z proutí daného materiálu.

### 3.4.3 Základní typy staveb ze slámy

Tento způsob využívá určité únosnosti slaměného balíku a umožňuje stavbu relativně levného jednopodlažního objektu. Specifika spočívají především v zajištění svislé stability konstrukce, vyžadované tloušťce stěn, uspořádání otvorů a dalších technických detailů. Tento typ konstrukce se často využívá při stavbě zahradních domků, malých skladů, ateliérů, nebo jiných objektů s nižší prioritou. Při stavbě rodinného domu mohou vznikat komplikace, které je nutné řešit s ohledem na vyšší nároky na konstrukci, izolaci a další aspekty, které nejsou zase až tak kritické jako u menších staveb.

Výhody tohoto způsobu:

- Rychlost provedení
- Lacné pořízení
- Stavba bez velkých nároků na kvalifikované pracovníky

Nevýhody

- U obytných staveb je nutnost předchozích zkušeností
- Tvarová omezení
- Potřeba velmi kvalitních balíků

(9).

### 3.4.4 Technologie použití slámy v architektuře a stavitelství

V České republice je nejrozsáhlejší forma slámy ve formě balíků, které mají různé rozměry v závislosti na typu lisu. Nejčastěji dostupným formátem jsou malé balíky s přibližnými rozměry 30 x 50 x 65 cm a váhou kolem 10 kilogramů. Tyto balíky lze využít bez větších úprav jako výplně dřevěných skeletových stěn, nebo jako vnější zateplení tenkých zděných konstrukcí. Nosné stěnové systémy, které čerpají inspiraci z historických příkladů ze Spojených států, se v Evropě rozvíjejí především ve Velké Británii. Tyto systémy využití slámy jako konstrukčního materiálu nabízejí ekologicky šetrné alternativy pro stavebnictví. Důležité je zajistit bezpečné skladování objemného materiálu a ochranu proti přímé vlhkosti až do doby, kdy je sláma zabudována, nebo zaklopena do konstrukce. Tato opatření jsou nezbytně nutná pro udržení kvality a funkčnosti při použití slámy v různých stavebních aplikacích.

Jedním ze způsobů efektivní práce s balíky je jejich příprava jako individuálních stavebních prvků v montážní hale, kde dochází k prefabrikaci stěnových panelů. Tímto způsobem se získávají prvky přesných rozměrů a relativně homogenních fyzikálních vlastností. Tento postup je méně citlivý na počasí, které hraje roli pouze v časovém úseku během montáže. Kvůli hmotnosti prvků je však nezbytné použití zvedacího zařízení.

V Rakousku je zvláště rozšířený způsob tzv. suchý rakouský způsob. Při tomto postupu, kdy jsou slaměné balíky oboustranně zakryty deskovým materiálem bez použití vlhkých procesů. Při stavbě jsou dodány bez izolace, pouze s deskou z dřevovláknitých materiálů. Balíky po dokončení střechy jsou instalovány z interiéru a poté je uzavře vnitřní parobrzdná konstrukční deska. Společným rysem těchto dvou způsobů je to, že rozměr balíku předurčuje návrh nosné konstrukce dané stavby.

Zajímavým inovativním řešením je systém prefabrikovaných modulových dílců o tloušťce 400 mm. Tento postup nevyužívá celé balíky slámy, místo toho je sláma lisována do dřevěných rámců, kde je rovnoměrně rozložena a seříznutá do roviny, což zajišťuje vyšší kvalitu povrchu a homogenitu materiálu ve srovnání s celým balíkem slámy. Při lisování do panelů jsou stébla slámy ukládána ve všesměrné orientaci, čímž zůstává objemová hmotnost na úrovni 100 kg/m<sup>3</sup> a tím minimalizujeme možnost sedání slámy. Propojením okrajových trámů sousedních dílců vzniká robustní dřevěný skelet s páry nosných sloupů, který zajišťují stabilitu konstrukce.

Během výstavby je stěna dočasně chráněna polyethylenovou folií, až do dokončení střechy a venkovních úprav. Tento systém je ideální pro pasivní domy, které mohou využít interiérovou hliněnou omítku nanesenou přímo na povrch slámy. Tento systém taky využívá nanesení interiérové hliněné omítky přímo na slaměný povrch. Ale díky exteriérové dřevovláknité desce o tloušťce 100 mm dosahuje stěna tepelného součinitele prostupu tepla  $U=0,1 \text{ W (m}^2\cdot\text{K)}$ , což je v souladu s nízkoenergetickými standarty a podporuje energetickou účinnost budov.

Na našem trhu jsou dobře zavedeny produkty, jako jsou desky ze silně slisované slámy, známé dříve pod názvem Stramit. Tyto desky jsou k dispozici v tloušťkách 40–60 mm, jejich šířka je 0,8 m a délka od 1,2 do 3,2 m. Jsou opatřeny povrchem z recyklovaného papíru. Primární využití těchto desek jsou samonosné konstrukce, kde vynikají díky vysokým hodnotám akustického tlumení. Tyto desky jsou také vhodné k obložení těžkých skeletových konstrukcí. Jejich vysoká objemová hmotnost ( $380 \text{ kg/m}^3$ ) znemožňuje použití jako hlavní tepelně izolační vrstvy obvodových stěn, ani jako konstrukční desky pro zavětrování lehkých dřevěných skeletů. Jejich schopnost akustické izolace a pevnost však činí z těchto desek vhodný materiál pro interiérové a některé obvodové aplikace (10).

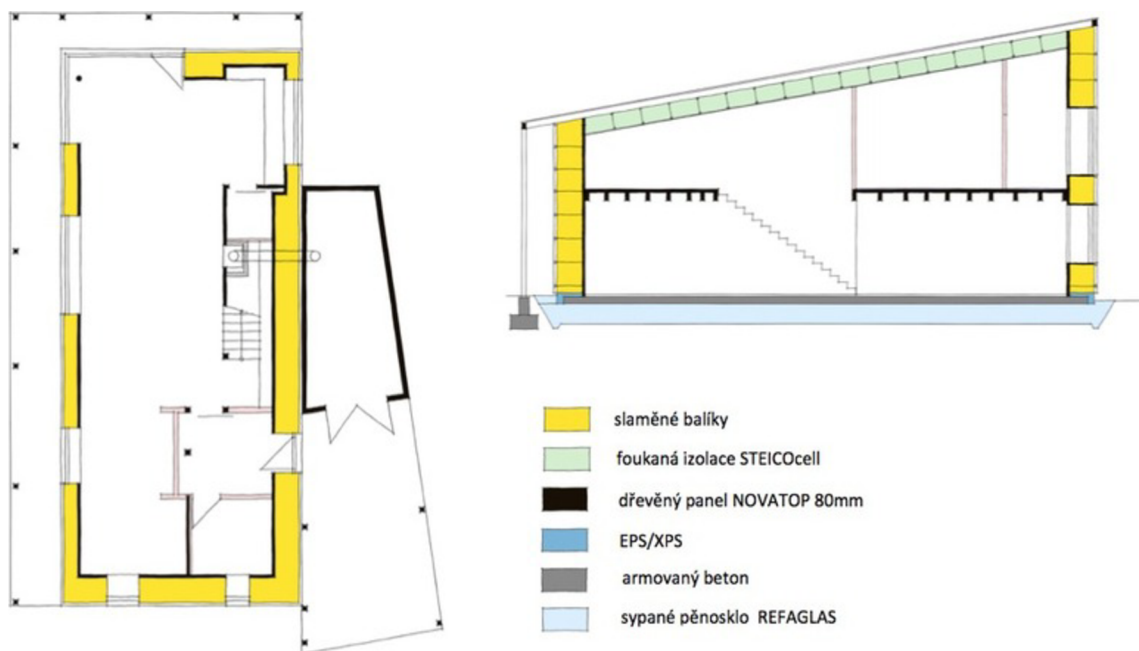
Obrázek 15: Obrázky desek ze slámy a tabulka



	VOLNÝ BALÍK	PREFABRIKOVANÝ PANEL	MODULOVÝ DÍLEČ	LISOVANÁ DESKA
určení	svěpomocná výstavba	montáž výrobcem	profesionální montáž	profesionální montáž
objemová hmotnost	90 - 150 kg/m <sup>3</sup>	90 -120 kg/m <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup>	380 kg/m <sup>3</sup>
dostupnost	sezónní	na zakázku	skladem/ na zakázku	skladem
použití	exteriérové zateplení výplně vodorovných k-cí výplně stěnových k-cí samonosné stěny	stěnové panely stropní panely podlahové panely	nosné obvodové stěny	samosoné příčky opláštění skeletu obložení podkroví
manipulace	ruční	jeřábem	ruční/jeřábem	ruční
rychlost montáže	nízká	vysoká	vysoká	střední
přesnost prvku	nízká	vysoká	vysoká	vysoká
certifikáty	ne	ano	ano	ano

Autor: (10).

Obrázek 18: Plán navrženého domu



Autor: (10).

Ochrana slaměných desek, nebo zdí před dešťovou vodou a vlhkostí je jeden z hlavních ochranných aspektů. Pata slaměné zdi je náchylná na vlhkost. To nám říká, že musíme tyto desky zvednout dostatečně vysoko nad úroveň terénu tak, aby nedošlo k jejímu poškození vlivem rozstříkání dešťové vody při dopadu na zem. Základy těchto zdí musí odvodnění akumulované váhy ze slaměné zdi působením gravitace. Pokud tak neučiníme, tak akumulovaná váha stékající vnitřkem slaměné zdi by zůstávala v její patě. Tím by bylo způsobeno hnití slaměných desek. Abychom předešli hnití desek použijeme drenážované základy (11).

### 3.4.5 Požární odolnost slámy ve stavebnictví

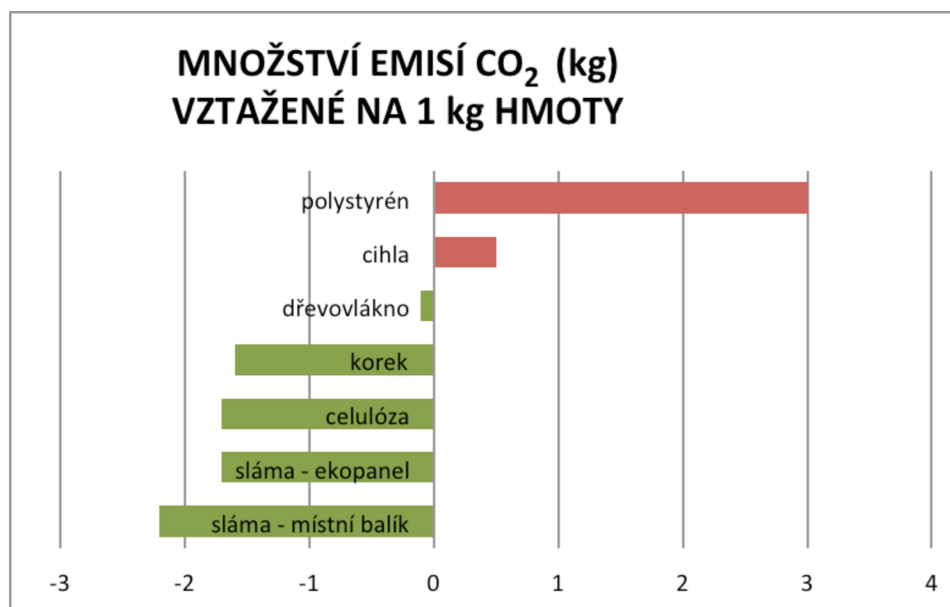
Jako příklad si uvedeme dřevostavbu s izolací z foukané slámy. Tento příklad představuje inovativní použití přírodních materiálů s ohledem na požární bezpečnost. Přestože by na první pohled sláma mohla být považována jako materiál s vysokou hořlavostí, ve skutečnosti zajišťuje vysoký stupeň požární bezpečnosti. Klíčovým faktorem je zde vysoká aplikační objemová hmotnost, dosahující hodnot až  $140 \text{ kg/m}^3$ . Tato vysoká hustota materiálu preferuje doutnání před skutečným hořením. Sláma v této formě obsahuje minimální množství vzduchu, který obvykle slouží, jako hnací síla pro šíření plamenů

a požáru. Důsledkem této vlastnosti je, že při doutnání sláma uvolňuje do ovzduší mnohem menší množství toxinů a škodlivých zplodin ve srovnání s hořením umělých materiálů, jako třeba polystyren. Tato skutečnost podtrhuje ekologickou a bezpečnostní výhodu izolačních materiálů, jakými jsou i dřevovláknité izolace. V kontextu požární bezpečnosti je nutné vnímat komplexní pohled na složení stavebních materiálů (12).

### 3.4.6 Vliv na životní prostředí

Sláma jako široce dostupný přírodní materiál, který byl v minulosti využíván generacemi našich předků při stavbách obydlí. Oproti moderním materiálům ve stavebnictví má sláma energeticky nenáročný a přirozený “životní cyklus“. Pokud se zaměříme na uhlíkovou stopu slaměného balíku, zjistíme, že bilance emisí skleníkového plynu, konkrétně oxidu uhličitého je u slámy negativní. To znamená, že během procesu její tvorby je do biomasy zapojeno více oxidu uhličitého, než se později vyprodukuje při jejím zpracování a použití v konstrukcích. Tento fakt podtrhuje přínosy z hlediska udržitelnosti a enviromentálního přínosu v odvětvích stavebnictví (10).

Obrázek 21: Stavební materiály s vyjádřením CO<sub>2</sub> na 1 kg hmoty



Autor: (10).

## 3.5 Zpracování slámy v energetice

### 3.5.1 Současný stav

Energetický potenciál spalitelných materiálů biologického původu ze zemědělské výroby, především stébelnin, konkrétně slámy obilovin, které se v České republice vyskytují a doposud nebyly systematicky využívány pro energetické účely je značný. K nim lze přičíst i odpad z těžby dřeva, nebo v určitých případech i pěstění lesa. Charakteristickým rysem těchto materiálů je jejich rozptýlený výskyt, po celém území státu, jejich relativně snadná dostupnost a využitelnost zejména v zemědělských oblastech. Odhady naznačují, že tyto zdroje by mohly pokrýt až 40-50% potřeby tepla pro vytápění bytů ve venkovských oblastech a pro sušení v zemědělství. Navíc by mohly přispět k postupné náhradě hnědého uhlí, které je v současnosti jedním z hlavních zdrojů vytápění. Tímto způsobem by se mohl podstatně zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie v České republice a současně by se snížili emise skleníkových plynů a dalších znečišťujících látek produkovaných spalováním fosilních paliv.

V současné době je značná část produkce slámy ve stozích nevyužita a postupně podléhá zkáze. Tento jev je důsledkem několika faktorů. První je vysoký podíl obilovin pěstovaných na orné půdě, což vede ke zvýšené produkci slámy. Druhým faktorem je vysoký podíl bezstelivového ustájení hospodářských zvířat dalším důvodem nevyužití slámy (13).

### 3.5.2 Sláma jako problematické palivo

Spalování biomasy, zejména slámy, přináší některé specifické problémy. Popel z hořící slámy obsahuje vysoké koncentrace alkalických kovů, kovů alkalických zemin a křemíku. Tento popel má složení podobné sklářskému kmenu, který je základní surovinou pro výrobu skla. Tato podobnost může způsobovat potíže při tvorbě strusky během spalování. Za určitých okolností, jako je vysoká teplota a specifický poměr uvedených prvků, může dokonce dojít k tvorbě skloviny. Tato sklovina může poškozovat žáruvzdorné vyzdívky v kotlovém tělese a vést tak k jejich degradaci. Je proto nutné pečlivě monitorovat proces spalování biomasy a řídit jej tak, aby se minimalizovaly negativní dopady na kotlové těleso a celkový provoz spalovacího zařízení.



Obrázek 24: Balíky se před spálením upravují v rozdružovadle



Autor: (13).

Spalování slámy je náročné také na spotřebu elektrické energie finančních nákladů na údržbu. Dochází k opotřebení zařízení, což vyžaduje investice do oprav, zejména výměny žáruvzdorných vyzdívek a dílů dopravníku popelových cest. Přestože toto přináší určitá omezení, výhody spalování slámy často převažují. Jednou z hlavních výhod je nízká cena paliva ve srovnání s fosilními palivy, a dokonce i s dřevní hmotou. Navíc lze vytvořit stabilní palivovou základnu přímo v okolí kotelny, což zajišťuje nezávislost a ekonomickou výhodnost dlouhodobějšího provozu (13).

### 3.5.3 Spalování celých balíků

Problémem může být i nutnost úpravy biomasy před vstupem do kotle. Dopravené balíky v hranatém stavu, nebo ve válcovém jsou dopravovány ke kotli. V minulosti bylo nezbytné tyto balíky rozřezat, nebo rozdružit před jich vložení do kotle. Avšak některé nové typy kotlů jsou schopny spalovat celé balíky slámy, nebo sena bez nadměrného zanesení armatur a tvorby nálepu. Toto je zvláště důležité při spalování sena z energetických

trav s vysokým potenciálem výkonu. Jedním z příkladů jsou teplovodní kotle Step v rozsahu od 100 do 100 kW, vyráběné společností Step Trutnov, a.s.

Tyto kotle jsou vybaveny předkomorou, spalovací komorou a spalínovým kanálem s vývodem do vertikálního žáruvzdorného výměníku. Hranaté balíky slámy jsou horizontálně přeneseny pomocí řetězového smýkadla k otevřeným dveřím předkomory. Hydraulický systém postaví balík do svislé polohy a pak jej zasune do předkomory, která je následně uzavřena. Přesuvný rošt pak postupně přesouvá slámu z dolní části balíku do spalovací komory, kde se postupně spaluje. Popel se na konci roštu odvádí ven pomocí šnekového dopravníku. Spalovací komora je opatřena otvory pro přívody sekundárních vzduchů k dokonalému spalování s nízkým obsahem CO (14).

### 3.5.4 Zpracování slámy na topné pelety

Obrázek 27: Postup výroby pelet ze slámy a ostatních materiálů.



Autor: (16).

Výběr vhodné suroviny pro peletizaci je důležitý pro zajištění efektivního využití biomasy pro energetické účely. Suchá sláma z tradičních obilnin a olejnin se řadí mezi klíčové suroviny pro výrobu pelet, představující významný podíl v biomase určené pro



energetiku. Hodnocení surovin se zabývá kvalitou slámy podle jednotlivých plodin, které jsou sestupně řazeny podle vhodnosti pro výrobu pelet. Mezi hodnocené plodiny patří sláma řepková, pšeničná a ječná, přičemž triticales zatím není hodnoceno. U jarních odrůd všech zmíněných plodin je nutné počítat s nižším výnosem o přibližně 20 %. Na základě výkupních cen balíkové slámy určené pro energetické účely je orientačně vypočítaná cena za volně loženou slámu. Tento postup umožňuje odhadnout cenovou situaci a náklady spojené s nakupováním slámy pro energetické účely (15).

Výhřevnost slaměných pelet je porovnatelná s výhřevností jiných konkurenčních paliv, zejména výhřevností hnědého uhlí. Tento fakt naznačuje, že slaměné pelety a jejich využití je důležitý faktor při hodnocení jejich energetického potenciálu a jejich použitelnost jako alternativního zdroje energie. Tyto pelety představují 100 % obnovitelný zdroj energie. Při jejich spalování nejsou uvolňovány žádné nebezpečné emise, čímž jsou šetrné k životnímu prostředí. Tento spálený obsah je možné efektivně využít. Popel, který zůstane po spalování, je možné využít jako přírodní hnojivo, které je bohaté na živiny, což přispívá k udržení a zlepšení kvality půdy (17).

Spalováním pelet vyrobených ze slámy není více finančně zatížen ve srovnání s jinými způsoby výroby tepla či energie. Cena slámových pelet se totiž dostává na úroveň cen hnědého uhlí. S ohledem na očekávání dalšího snižování ceny slámových pelet v budoucnu, které je dáno zvyšující produkcí pelet v různých regionech České republiky a rostoucím zájmem o toto palivo, je perspektiva cenové konkurenceschopnosti velmi příznivá. Momentálně je cena slámových pelet z naší výroby dostupná již od 1950 Kč/t. Tato cena se jasně vyrovnává ceně hnědého uhlí. S ohledem na výhody spojené s využíváním slámových pelet jako paliva je tento druh považován za jedno z nejatraktivnějších v oblasti výroby tepelné energie pro domácnosti (17).

### 3.6 Výroba papíru ze slámy

Ze slámy je možné získat vynikající papír. Celulóza z této suroviny může nahradit celulózu z tvrdého dřeva při výrobě různých druhů papíru. Tradiční výrobky z papíru vyrobeného ze slámy zahrnují vlnitý karton z nezpracované slámy a jemný tiskový a dopisní papír z odbarvené slámové celulózy. Výtěžnost této celulózy je zhruba 45 %, což je nižší

než u dřeva (které dosahuje přibližně 55 %). Pro výrobu vysoce kvalitního papíru byla na základě italských zkušeností navržena využití pšenice dvouzrnky, což je starší odrůda pšenice s vynikajícími vlastnostmi zrna, ze kterého lze získat kvalitní celulózu (18).

### 3.7 Sláma v zahradnictví

Balíky slámy mohou být využity v zahrádkářské sezóně jako podklad pro pěstování zeleniny. Tento způsob představuje velice efektivní zdroj pro obnovitelnost materiálu. Zatímco přírodní zahrady se často zaměřují na relaxaci, permakulturní zahrady jsou spíše užitkové a snaží se využít všechny dostupné zdroje bez potřeby větších investic. Právě těmto požadavkům velice vyhovuje pěstování na povrchu balíků slámy. Ekologicky zaměřeni zahradníci dlouhodobě uznávají hodnotu slámy jako materiálu. Tradičně byla sláma používána jako ochranný mulč, který pomáhá udržovat půdu vlhkou a bohatou. Zejména u pěstování jahod se sláma využívá jako podklad, který chrání plody před kontaminací a hnilobou. Nový přístup však zahrnuje komplexnější využití, které zahrnuje celé balíky. Tímto jsou balíky využity jako podklad a zároveň prostředí pro růst a ochranu rostlin.

Funkce těchto slaměných zahrad je prostá. V suchých podmínkách sláma funguje jako stabilní materiál. Nicméně, když nasaje vodu, začne podléhat rozkladu, což je proces, při kterém bakterie rozkládají obsaženou celulózu na další látky. Tento proces je velice podobný procesu kompostování. Při tomto procesu se zvyšuje tepelná aktivita, která zlepšuje podmínky pro růst vysázených rostlin. Tím můžeme vysazovat rostliny o dva týdny dříve, i když je překryjeme folií. Tento proces zabere asi dva týdny při každodenním hnojení a zalévání vodou. Po uplynutí dvou týdnů se uvnitř balíků opět zvýší teplota a dochází k rozkladu. Tím nám vzniká kompost, který využijeme další rok.

Výhody:

- Úspora těžké práce
- Nemožnost přemokření
- Variabilita sestavení
- Zdroj kompostu pro další rok
- Prodloužení pěstební sezóny

Nevýhody:

- Nedají se pěstovat vytrvalé rostliny (křen)
- Zúrodnění nových balíků před novou výsadbou

(19).

Obrázek 30: Připravené balíky na zasazení rostlin



Autor: (20).

### 3.8 Příčiny samovznícení slámy

Nejvíce případů požárů slámy se objevuje do šesti týdnů od jejich zabalení. Hlavním faktorem, který toto samovznícení způsobuje je vlhkost. I po sklizni rostlinné buňky stále produkují kyslík a tento chemický proces rostlinného "dýchání" způsobuje produkci tepla. Za předpokladu, že je píce řádně posečená, místo skladování je suché a balíky jsou slisovány s obsahem vody v píci od 17 % do 20 %, tyto rostliny postupně přestávají produkovat kyslík a ochladí se. Pokud balíky slámy mají obsah vody více než 20 %, vytváří se ideální prostředí pro množení mezofilních bakterií, které generují další teplo. Teplota uvnitř balíku může tedy dosáhnout až 60 °C. Tato teplota dlouhodobě nevyhovuje ani těmto bakteriím, a tak postupně umírají a teplota uvnitř balíku se přirozeně snižuje. Nicméně je nutné tyto balíky pravidelně měřit a kontrolovat, aby nemohlo dojít ke škodě.

Dalšími faktory, které ovlivňují teplotu uvnitř balíku, jsou délka stébel, hustota balíku a míra ventilace vzduchu v okolí. U balíků obsahující kratší stébla, která jsou méně slisovaná a které jsou skladovány v dobře odvětrávaných prostorách, je riziko požárů značně menší.

Tabulka 1: Vnitřní teploty balíku, definice

50 °C	Není potřeba řešit
65 °C	Počátek nebezpečné teplotní zóny
70 °C	Nebezpečná teplotní zóna
80 °C	Vznik žhavých míst a ložisek ohně
88 °C	Vysoké riziko vzplanutí
93 °C	Největší riziko vzplanutí

Autor: (21).

Pokud jste zjistili, že obsah vlhkosti ve slámě byl při sklizni příliš vysoký, doporučuje se pravidelně kontrolovat vnitřní teplotu. Tuto kontrolu doporučujeme provádět dvakrát denně po dobu prvních šesti týdnů. Riziko samovznícení je vysoké, zejména v horkých letních dnech. Proto je důležité monitorovat tento stav, abychom předešli nebezpečným situacím (21).

Obrázek 33: Požár balíků slámy ve Vlčkovcích



Autor: (22).



### 3.9 Pletení ze slámy

Velké množství předmětů, které se v minulosti užívaly zejména v zemědělském prostředí, byly pletené ze slámy. Sláma sama o sobě není příliš vhodným pletařským materiálem. Suchá stébla praskají, mají nepatrnou nosnost a omezenou délku. Ale když se jednotlivá stébla spojí do svazku, získají tím na pevnosti. Svazek se postupně může přeměnit do nekonečného pramene, který lze tvarovat a stáčet, čímž vznikají větší tvary. Podobný efekt vzniká, když se stébla spletou do copánku – úpletu z několika stébel. Tyto úplety se poté sešívají do požadovaných tvarů.

Pletení ze svazku slámy lze rozdělit do dvou technických skupin:

- Volné pletení, či svazování
- Splétání svazku slámy spirálovou technikou

#### 3.9.1 Volné pletení, svazování

Hrsti slámy se různě ovazovaly, nebo uzlovaly na jednom, nebo na obou koncích, aby stébla držela při sobě. Někdy se dvě hrsti napojovaly do délky složitým uzlem, čímž vznikl dlouhý a poměrně pevný pramen. Tuto techniku využívaly zejména došky a méně obvyklé předměty, jako víchy a masopustní maškary.

#### 3.9.2 Pletení spirálovou technikou

Tato technika spočívá v neustálém doplňování “nekonečného“ pramene slámy, který je spirálovitě zatačen do kruhového tvaru. Jednotlivé vrstvy se propojují obvykle jiným pletařským materiálem, jako jsou pruty, loubky nebo lýko. Tím mohou vznikat různé tvary, včetně kruhových, elipsových, plochých, nebo miskových. Dokonce i nádoby s vysokými stěnami mohou být vytvořeny touto technikou.

Většina užitkových výrobků byla vyráběna touto technikou. Sláma branná jako dobrý izolační materiál, byla často využívána u předmětů, které měly obsah zateplit, nebo udržet v suchu. Mezi tyto předměty patřily ošatky, zásobníky na peří, sušené ovoce a další. Slaměná stěna zásobníků byla vzdušná, což umožňovalo absorpci okolní vlhkosti a udržení obsahu suchého (23).

Obrázek 36: Ošatky vyrobené ze suché slámy



Autor: (24).

### 3.9.3 Další možnosti pletení

Jako další způsob si uvedeme pletení z úpletů. Křehká stébla slámy mohou být posílena pomocí metody spojení do copánků. Copánky, které jsou úplety z různého počtu stébel, obvykle od tří do devíti, umožňují různorodé kombinace vázání. To přispívá k estetickému vzhledu výsledného produktu. Při vytváření copánků s vyšším počtem stébel se může dosáhnout pomocí různých vizuálních efektů, které obohacují konečný výrobek. Během vytváření copánků se stébla nastavují do dlouhých “šňůr“, ze kterých se následně tvarují finální výrobky. Obvykle nejsou vzájemně zaplétány, protože jsou příliš tuhé. Spíše jsou položeny vedle sebe a spojeny jsou pomocí řezných nití. Tato technika pletení není původní v českých zemích. Její používání se objevilo v některých regionech až v průběhu 19. století, pravděpodobně přenesené organizátory hromadné domácí výroby. Produkty vytvořené touto technikou, obvykle nebyly určeny pro místní obyvatele, nýbrž byly vyváženy zejména mimo region (23).

Poslední způsob je pletení jednotlivými stébly. Konkrétně ústřížky stébel byly využívány k výrobě především drobných předmětů. Tyto předměty nevyžadovaly vysokou pevnost, často sloužily jako symbol poděkování za úrodu, nebo jako záruka dobrého výnosu zemědělských plodin. Jako konkrétní případ jsou uvedeny ověsky do dožínkových věnců, nebo tzv. “muší ráje“. Toto pletení se vyjadřovalo těmito provedeními.

- Pletení prostorových pletenců
- Plošné tvary

Pletení prostorových prstenců spočívá v pletení z lichého počtu ústřížků stébel. Původně se vytvářely šiškovité tvary, které se používaly jako ozdoba na dožínkové věnce, nebo do prostoru. Někdy byly k vrcholovým ústřížkům připojovány klasy, což zdůrazňovalo symboliku předmětu.

U plošných tvarů je provedení jiné. Tento způsob zahrnoval tvorbu čtvercových, nebo šestiúhelníkových ploch, které se často používaly při vytváření závěsů na stoly. Plochy byly vytvářeny omotáváním stébel přes základ z dřívek, nebo ze špejlí, které byly zkřížené a pevně svázané nití. Stébla byla ovíjena od středu k okrajům, čímž vznikaly plošky s hladkou a žebrovanou stranou (23).

*Obrázek 39: Prostorová ozdoba*

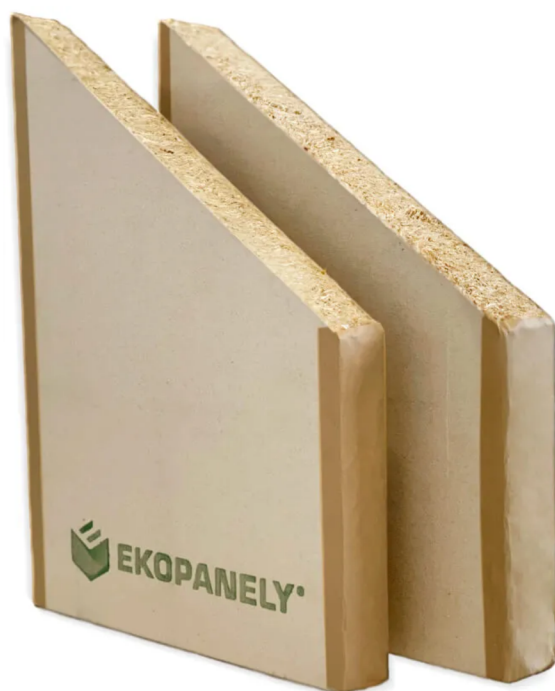


Autor: (25).

### 3.10 Ekopanel

Ekopanel představuje perspektivní ekologický stavební materiál, který nabízí široké možnosti pro využití v budoucnu. Je to ekologická difúzně otevřená deska. Je slisovaná za vysoké teploty a tlaku z obilné slámy bez použití pojiv. Tyto desky lze efektivně aplikovat jako náhradu za tradiční stavební prvky, jako jsou cihly, sádrokartony a dřevotřísky. Své uplatnění najde zejména v interiérech dřevěných konstrukcí, kde slouží k vytvoření vnitřního obložení, příček vestaveb, podhledů a obkladů. Dokonce může být využit jako ztracené bednění. Díky obsahu vzduchu je Ekopanel téměř nehořlavý, což zvyšuje jeho bezpečnostní charakteristiku. Výrobci uvádějí různé tloušťky těchto panelů. Konkrétně 58 mm s šířkou 1200 mm a 38 mm s šířkou 800 mm. Plošná hmotnost těchto panelů se pohybuje v rozmezí 19,8 až 26,4 kg/m<sup>2</sup>, což přispívá k lehkosti a snadné manipulaci s tímto materiálem (26).

*Obrázek 42: Desky ekopanelu*



Autor: (26).



## 4 Závěr

V rámci této bakalářské práce jsou zde uvedeny informace ohledně možností zpracování, použití a uplatnění slámy v zemědělství a průmyslové výrobě. Dále byla zpracována i témata z pohledu chemického složení, ekologie, využití biomasy, zahradničení a samovznícení a dopravy.

Na začátku rešerše bylo zaměření na chemické složení slámy a složení podle obsahu uhlíku. Sklizeň slámy a na její historie je další z hlavních témat. Zde se ukázal vývoj od manuálního, fyzicky náročného sklizení pomocí ručních nástrojů. Postupně tento vývoj byl nahrazen zvířecí tažnou silou a vynálezem nových sklízecích technologií. V současnosti jsou moderními stroji sklizeny balíky slámy a odváženy do skladovacích prostorů. Technologické postupy, které jsou uvedeny se liší podle volby zemědělských podniků. Nejpoužívanější způsoby zpracování jsou uvedeny podle volby těchto podniků.

Využití slámy v zemědělství bylo v této bakalářské práci rozvedeno podle dostupných informací podle jejího využití. Zaměřeno bylo hlavně na podestýlku pro hospodářská zvířata, která je důležitým aspektem pro tvorbu hnojení a dalšího využití v zemědělství. Ve stavebním průmyslu bylo zdůrazněno, jak sláma dokáže být výborným izolačním materiálem a důležitým stavebním prvkem. Zajímavé technologie zpracování, požární bezpečnost a vliv na životní prostředí ukázalo, že sláma je budoucnost při stavbě ekologických domů. Její vliv na životní prostředí je velice šetrný. V energetickém průmyslu byly vyzdvihnuty aspekty při vytápění budov slaměnými peletami, nebo spalování celých balíků ve spalovnách. Dalšími zajímavými tématy se zjistilo že sláma se začíná využívat i v zahradnictví, výrobě papíru. V této práci bylo vysvětleno, jaké jsou hlavní příčiny samovznícení a jak jim předejít. U tématu pletených výrobků bylo vysvětleno, jakými způsoby se sláma plete a charakteristika jejích výrobků. V poslední kapitole byl vysvětlen pojem Ekopanel. Tyto panely jsou budoucnost při výstavbách domů, ale mohou být využity jako ztracené bednění při vylévání betonových základů.

V této práci bylo zmíněno mnoho témat a zároveň jejich výhody a nevýhody. Tyto informace by mohli posloužit jako materiál pro další práce spojené s charakteristikou a využitím slámy v různých odvětvích.

## 5 Seznam použitých zdrojů

1. **Ing. Jan Winkner, Ph.D. Mendelova Univerzita v Brně.** Plevele a hospodaření se slámou. *Agromatual*. [Online] 14. Listopad 2017.  
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/plevele-a-hospodareni-se-slamou>.
2. **Ing. Jiří Souček, Ph.D. Zemědělec.** [Online] 5. Červen 2009.  
<https://zemedelec.cz/moznosti-zpracovani-a-vyuziti-slamy/>.
3. **Zdeněk Tempír, a kolektiv.** Historie techniky sklizně obilnin. *Historie techniky sklizně obilnin*. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Zemědělské muzeum, 1986.
4. **Vobosystem, s.r.o.** Vobosystem, s.r.o. [Online] <https://www.vobosystem.cz/krone-lisy-bigpack>.
5. **Pojar, Václav.** Převoz balíků slámy. *Převoz balíků slámy*. Dřevčice, Středočeský, Česká republika : Václav Pojar, 9. Červenec 2023.
6. **MAGAZÍN, Neznámý z webu EQS.** EQS MAGAZÍN. *eqsmagazin.cz*. [Online] 1. Zář 2022. <https://www.eqsmagazin.cz/podestylka-na-ktere-zalezi-1-dil/>.
7. **Pojar, Václav.** Sláma sloužící k podestýlce u výkrmu kachen. *Sláma sloužící k podestýlce u výkrmu kachen*. Bruck in der Oberpfalz, Bavorsko, Německo : Václav Pojar, 16. Únor 2024.
8. **Grmela, Ing. Daniel.** ESTAV.cz. *estav.cz*. [Online] 10. Zář 2015.  
<https://www.estav.cz/cz/2235.slama-jako-stavebni-material-objemova-hmotnost-a-vlhkost>.
9. **Veronica ekologický institut.** *Web veronica ekologický institut*. [Online] Neuvedeno. Neuvedeno Neuvedeno. <https://www.veronica.cz/zakladni-typy-staveb-ze-slamy>.
10. **Ing. arch. Miroslav Ščudla, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta architektury, Ústav navrhování II.** *stavba.tzb-info.cz. tzbinfo*. [Online] 6. Srpen 2018. [Citace: 10. Březen 2024.] <https://stavba.tzb-info.cz/obalove-konstrukce-nizkoenergetickyh-staveb/17721-vyuziti-slamy-v-soudobe-architekture-a-stavitelstvi>.
11. **Grmela, Daniel.** Biom.cz. *Biom.cz*. [Online] 17. Březen 2008.  
<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-slamy-ve-stavebnich-konstrukcich>.

12. **Tepore izolujte zdravo.** *Web Tepore izolujte zdravo.* [Online] 9. Listopad 2021. <https://prirodniiizolace.cz/cz/odborne-clanky/pozarni-ochrana-bezpecnost-stavebni-konstrukce-vs-trida-horlavosti-materialu>.
13. **Voláková, Pavlína.** *Biom.cz. Web Biom.cz.* [Online] 16. Srpen 2010. <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedoceneny-zdroj-energie-balikovana-slama>.
14. **IPCC s.r.o. ProfiPress.** *mechanizaceweb.cz.* [Online] 26. Únor 2010. <https://mechanizaceweb.cz/slama-i-seno-do-stejneho-kotle/>.
15. **kovonovák.** [Online] <https://www.kovonovak.cz/de/content/granulacni-linky-vyroba-pelet>.
16. **Profi Press.** *Zemědělec. zemedelec.cz.* [Online] 8. Červen 2012. <https://zemedelec.cz/zpracovani-slamy-na-topne-pelety-2/>.
17. **slamenepelety.wordpress.com.** *slamenepelety.wordpress.com. Slaměné pelety.* [Online] <https://slamenepelety.wordpress.com/informace-o-slamenych-peletach/>.
18. **EkoList. ekolist.cz. ekolist.cz.** [Online] 11. Října 2006. <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/slama-nejen-na-ozdobu>.
19. **Cvčková, Dagmar.** *floranazahrade.cz. Flóra.* [Online] <https://www.floranazahrade.cz/jake-vyhody-ma-pestovani-na-balicich-slamy/>.
20. **Lapina, Anna.** *vsaduidoma.com. Web vsaduidoma.com.* [Online] [Citace: 11. Březen 2024.] <https://vsaduidoma.com/cs/2022/07/10/vyrashhivanie-ovoshhej-v-solomennyh-tyukah-otzyvy-specialista/>.
21. **BORGA, MONTOVANÉ HALY.** *Web BORGA, MONTOVANÉ HALY.* [Online] [Citace: 11. Březen 2024.] <https://www.montovane-haly-borga.cz/skladovani-sena-a-slamy-aneb-jak-predejit-pozarum>.
22. **Franc, Jindřich.** *Požár balíků slámy. Požár balíků slámy.* Vlčkovice : autor neznámý, 2011.
23. **Šenfaldová, Helena.** *Pletení ze slámy. Pletení ze slámy.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2004.
24. **Výtvarná dílna cuřínka.** *Web Výtvarná dílna cuřínka.* [Online] [Citace: 11. Březen 2024.] <https://www.pletenikosiku.cz/osatka-ze-slamy/>.
25. **Národní muzeum. nm.cz.** [Online] 8. Prosinec 2018. [Citace: 11. Březen 2024.] <https://www.nm.cz/historicke-muzeum/tradicni-remeslne-dilny-ozdoby-ze-slamy>.
26. **EKOPANELY.** *Web ekopanely.cz.* [Online] 11. Březen 2024. [Citace: 11. Březen 2024.] <https://www.ekopanely.cz/ekopanely>.

## 6 Seznam příloh

### 6.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Nástroje používané v 18. století .....	4
Obrázek 2: Žací stroj firmy Jonson a Burdick .....	6
Obrázek 3: Moderní lis Krone na hranolové balíky .....	8
Obrázek 4: Naložené kulaté balíky na nákladním vozidle .....	9
Obrázek 5: Sláma sloužící k podestýlce u výkrmu kachen .....	12
Obrázek 6: Obrázky desek ze slámy a tabulka .....	17
Obrázek 7: Plán navrženého domu .....	18
Obrázek 8: Stavební materiály s vyjádřením CO <sub>2</sub> na 1 kg hmoty .....	19
Obrázek 9: Balíky se před spálením upravují v rozdružovadle .....	21
Obrázek 10: Postup výroby pelet ze slámy a ostatních materiálů .....	22
Obrázek 11: Připravené balíky na zasazení rostlin .....	25
Obrázek 12: Požár balíků slámy ve Vlčkovcích .....	26
Obrázek 13: Ošatky vyrobené ze suché slámy .....	28
Obrázek 14: Prostorová ozdoba .....	29
Obrázek 15: Desky ekopanelu .....	30

### 6.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Vnitřní teploty balíku, definice .....	26
---	----