

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta
Katedra rostlinné výroby
Studentská 13, 370 05 České Budějovice

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Technické a energetické využití slámy obilovin

Pavel Bárta

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.**

České Budějovice

2007

Prohlášení:

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma : „Technické a energetické využití slámy obilnin“ jsem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích dne 20. dubna 2007

.....
podpis studenta

Motto: Problémy jsou proto, aby se překonávaly. Nejvlastnější přirozeností člověka je posunovat hranice svých možností a dokazovat svou svobodu. Kdo jsme a co se z nás stane, neurčují naše problémy, rozhodující je způsob, jakým se k nim postavíme, jestli na vrak hodíme zápalku, nebo se tím vším krok za krokem propracujeme ke svobodě (Richard Bach).

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Janu Moudrému CSc., za cenné podněty, rady, nápady a připomínky. Chci mu poděkovat zejména za všechny okamžiky, které strávil čtením mé práce ve svém volném čase. Chtěl bych poděkovat panu Ing. Václavu Sladkému, který mi poskytl a dodal mnoho podkladů a informací a byl mi ochotný pomáhat ve všem, co se týká mé práce, oč jsem ho požádal. A také panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc. a panu Zemanovi, kteří mi pomáhali s přípravou vzorků co se týče technologické stránky. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat také panu Ing. Milanu Bazgierovi za ochotné napomáhání.

Obsah

1. Úvod	5
2. Literární přehled	6
2.1. Využití obnovitelných zdrojů energie v zemích EU a ostatních vybraných zemích.....	6
2.2. Důvody nepotravinářského využití fytomasy.....	7
2.3. Právní aspekty využívání biomasy k energetickým účelům.....	8
2.4. Sláma jako obnovitelná surovina a zdroj energie.....	10
2.5. Využití slámy obilovin prožívá svoji renesanci.....	11
2.6. Řepková sláma.....	11
3. Metodický postup	13
4. Vlastní práce.....	14
4.1. Využití slámy.....	14
4.1.1. Technické využití slámy.....	14
4.1.1.1. Využití slámy ve stavebnictví.....	14
4.1.1.2. Vlastnosti slámy z hlediska jejího použití ve stavebních konstrukcích.....	15
4.1.1.3. Montované stavby využívající slaměných panelů.....	18
4.1.1.4. Ekopanel – nový stavební systém.....	19
4.1.1.5. Charakterizují ho především následující vlastnosti.....	20
4.1.1.6. Všestranné použití ekopanelů.....	20
4.1.1.7. Rizika slaměných staveb.....	22
4.1.1.8. Výrobci.....	24
4.1.1.9. Využití slámy pro výrobu papíru.....	24
4.1.1.10. Historické šumavské papírny vyrábějící slaměný papír.....	27
4.1.2. Energetické využití slámy.....	28
4.1.2.1. Důvody hledání využití slámy jako paliva.....	28
4.1.2.2. Sláma využívaná jako palivo.....	29
4.1.2.2.1. Obilní sláma.....	29
4.1.2.2.2. Řepková sláma.....	30
4.1.2.3. Sklizeň, úprava a skladování slámy pro pálení v kotlích.....	33

4.1.2.4.	Malé, standardní balíky.....	33
4.1.2.5.	Obří balíky.....	34
4.1.2.6.	Peletování a briketování.....	34
4.1.2.7.	Zařízení na spalování biomasy.....	35
4.1.2.8.	Výrobci spalovacích zařízení na slámu v České republice.....	36
4.1.2.9.	Spalování biopaliva a životní prostředí.....	37
4.1.2.10.	Měření emisí u topenišť na spalování fytopaliva.....	38
4.1.3.	Ostatní využití slámy obilnin.....	41
4.2.	Produkce slámy.....	46
4.3.	Výsledky analýzy vzorků.....	48
4.4.	Produkční bilance v roce 2006.....	49
5.	Závěr	51
6.	Seznam literatury	53

1.Úvod

Úkolem alternativní energetické politiky je využití zejména racionálně dostupných, ekologicky vhodných a především obnovitelných zdrojů energie. Podstatnou roli ve všech úvahách o budoucím vývoji by měly hrát vztahy mezi uspokojováním potřeb energie a životním prostředím. Z takového principu vycházejí i mezinárodní dokumenty jako Energetická charta, Kjótský protokol (snížení emisí skleníkových plynů), "Bílá zpráva" (zvýšení podílu obnovitelných zdrojů) a další. Ty by měly umožnit dosažení stanoveného cíle, který není menší než zdvojnásobení současného podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie do roku 2010. V současné době je podíl obnovitelných zdrojů energie na energetické bilanci ve světě 18 %, v EU 6 %, zatímco v ČR v roce 2004 pouhá 2,9 %.. Nejrychleji rostoucím zdrojem obnovitelné energie má být biomasa. EU předpokládá do roku 2010 trojnásobný nárůst jejího využití. Měla by pak pokrývat 74 % celkové potřeby obnovitelné energie EU. V některých evropských zemích se podílí biomasa více než 10 % na celkové potřebě energie. (KONVALINA 2005) V ČR se získává z biomasy 0,6 % celkové potřeby energie. Do roku 2010 by měla biomasa pokrýt až 10 % celkové potřeby energie (PETŘÍKOVÁ 1997) a až 30 % tepla. (JIRÁNEK 1998).

2.Literární přehled

2.1. Využití obnovitelných zdrojů energie v zemích EU a ostatních vybraných zemích

Jednotlivé členské státy EU vypracovaly celou řadu mechanismů pro podporu obnovitelných zdrojů energie a úspor. Řada zemí přijala i národní cíle na dosažení úspor a na využití obnovitelných zdrojů.

Vzhledem k neustálému nárůstu hospodářského rozvoje dochází ke zvyšování spotřeby energie. Skutečnost, že zásoby fosilních zdrojů paliv jsou omezené vede k tomu, že se hledají nové a netradiční zdroje energie. V poslední době se stále častěji zvažuje otázka využití slámy k získávání energie a využívání především jako paliva k vytápění rodinných domů a různých objektů.

Biomasa , na rozdíl od fosilních paliv produkuje nepatrné množství emisních zplodin, neobsahuje těžké kovy, tudíž nepoškozuje v takové míře životní prostředí. Spalováním fosilních paliv vzniká velké množství znečišťujících látek, především však oxid uhličitý, který byl takto navázán z prostředí za miliony let v období, kdy ještě homo sapiens neobýval tuto planetu. (A mohl ji snad obývat, umožňovalo mu to složení plynů v atmosféře?) Dění kolem nás, především globální oteplování a klimatické změny, tak jak je pociťujeme stále častěji mnohde na vlastní kůži, jsou pravděpodobně důsledkem zvyšování koncentrace oxidu uhličitého. Řada vědců to potvrzuje. Je důležité, že si toto začíná uvědomovat i obyvatel modré planety. Kjótský protokol vstoupil v platnost, Evropská unie si stanoví cíle ve využívání obnovitelných zdrojů energie, návrh zákona o podpoře výroby elektřiny z nich přijali naši politici a jeho schválení je v moci prezidenta republiky.

(<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2455&h=2&pl=49>)

Tab. 1: Odhad světové dostupnosti specifických nedřevnatých rostlinných vláknitých surových materiálů v (1,000 tunách sušiny)

plodina	Svět	plodina	Svět
Pšeničná sláma	545,000	Stonky bavlny	68
Ječná sláma	175,000	Stonky kukuřice	690
Ovesná sláma	60,000	Stonky čiroku	242
Žitná sláma	40,000	Trávy na semeno	3,000
Rýžová sláma	350,000	Sláma celkem	1,175,000
Stonky olejného lnu	2,000		

Roční vyprodukované množství biomasy ve světě se odhaduje na $20 \cdot 10^{11}$ t a její energetický potenciál na $3 \cdot 10^{21}$ J, což téměř desetkrát převyšuje roční objem světové produkce ropy a plynu. Velice důležité je že se jedná o zdroj energie trvale se obnovující. Vyprodukované biomasy se však pro energetické účely využívá pouze asi 2 – 3 %. (HANČÁK 2001)

2.2. Důvody nepotravinářského využití fyto-masy

Protože spalování fosilních paliv je stále nejdůležitějším zdrojem získávání energie pro lidstvo, je produkování CO_2 (zařazovaného mezi „skleníkové plyny“) jedním z ožehavých problémů dnešní produkce elektrické energie vůbec. Jedním z možných řešení je využívání biomasy k nepotravinářským účelům (ŠIMON1996). Biomasa je spolehlivý, neustále se obnovující zdroj energie (KOPETZ 1996).

Urychlila se proto orientace na obnovitelné zdroje energie i celosvětovým prohloubením ekologického citění. Při pálení biomasy – tedy i dříví – se do ovzduší uvolňuje jen takové množství CO_2 , jaké bylo do hmoty rostliny akumulováno fotosyntézou v období jejího růstu. Pálení biomasy má tedy „ nulovou bilanci CO_2 “. Je

nejstarším lidmi využívaným zdrojem energie a má obnovitelný charakter. Efektivní a ekologické využití biomasy má minimální negativní vliv na životní prostředí.

Biomasu je možné využívat přímým spalováním i k výrobě ušlechtilých paliv, které podstatně méně zatěžují životní prostředí než klasická paliva (černé, hnědé uhlí, lignit, ropa,). Její výroba je pro životní prostředí spíše přínosem (likvidace odpadů, zalesňování nevyužitých a často nevyužitelných půd), než dobývání fosilních paliv. Z hlediska rozvoje venkova je důležitá i skutečnost, že se většinou jedná o tuzemskou energii a dále o hospodaření v mikroregionu, což je z hlediska životního prostředí velice významný efekt. (KÁRA, ADAMOVSKEÝ 1993).

Fosilní paliva se přepravují zpravidla na obrovské vzdálenosti a z podzemí na zem, tímto se porušuje rovnováha v atmosféře. a ekonomického hlediska se většinou při využívání biomasy jedná o místní záležitost, a zde se také projevuje efekt oběhu peněz v místě obce a regionu (záležitost daní, zaměstnanosti, a podobně) (ŠILER 2003).

2.3. Právní aspekty využívání biomasy k energetickým účelům

Dne 9.12.2005 byl novelizován zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a jeho prováděcí předpisy zákonem č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů, které upravují problematiku skleníkových plynů, které známe jako emise CO₂. Další novelizace zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší proběhla dne 31. března 2005 zákonem č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) a zabývá se problematikou alternativních paliv a to jak jejich specifikací, omezení pro jejich využívání, ale i podporu jejich využívání.

Biomasa představuje levný a z pohledu emisí skleníkových plynů neutrální zdroj energie, který může pokrýt 20 % poptávky energie v rozvojových zemích do roku 2020 oproti současným 2 % poptávky. Biomasa může produkovat elektřinu do 100 milionů domácností a její reálný potenciál je ekvivalentní 400 velkým elektrárnám. Velkou výhodou, kterou biomasa představuje oproti jiným obnovitelným zdrojům

energie, jako jsou vítr či fotovoltaika, je to, že může být využívána a skladována, když je jí zapotřebí. Biomasa může zajistit konstantní, nekolísající dodávky elektřiny. Zveřejněná zpráva AEBIOM (skupina národních asociací pro biomasu) dále ukazuje, že podstatné zvýšení využívání biomasy pro čistou produkci elektřiny bude vyžadovat více jak 2 % půdy průmyslových zemí a nebude konkurovat výrobě potravin a ochraně přírody.

Využívání energie z biomasy závisí na nabídce a poptávce. Může jít o palivo zpracované z odpadního dříví o palivo upravené z odpadů ze zemědělství – sláma nebo z dřevozpracujícího průmyslu. Může jít rovněž o primární surovinu či energetické byliny. Poptávka závisí především na ceně a užitné hodnotě. Cena bude z části výsledkem politických rozhodnutí, jako jsou ekologické daně, obchod s emisními kvótami apod. Z toho vyplývá, že vývoj energie vyráběné z obnovitelných zdrojů je spojen s politickým rozhodováním.

Ministerstvo průmyslu a životního prostředí se dohodlo na tom, že stát rozdělí 450 zdrojům znečištění zdarma povolenky na vypouštění téměř 108 milionů tun emisí. Alokační plán byl schválen Evropskou komisí a podnikům byly podle něj přiděleny povolenky na emise skleníkových plynů. Pokud firmy povolenky nebudou potřebovat, protože modernizují svůj provoz a dojde k úsporám emisí, tak s nimi mohou obchodovat na evropském trhu. K přijetí pravidel přispěl kompromis, na který ministr životního prostředí přistoupil. I s jeho souhlasem sněmovna rozhodla, aby se na přípravě a předložení příštího alokačního plánu pro léta 2007 až 2009 do vlády podílelo spolu s jeho resortem také ministerstvo průmyslu a obchodu. Obě ministerstva budou také společně vydávat žadatelům povolenky na vypouštění skleníkových plynů do ovzduší. Dalším ústupkem ministra životního prostředí bylo upuštění od požadavku, podle něhož by firmy musely peníze získané prodejem povolenek povinně vrátit do ekologizace provozu. Každá investice do provozu podle ministra v současné době znamená technologii šetrnější k životnímu prostředí, a tak by zákonem daná povinnost byla nadbytečná.

Cílem evropského systému obchodování s povolenkami je dosáhnout snížení emisí skleníkových plynů v souladu s Kjótským protokolem. Celkové množství povolenek, které se navrhuje přidělit pro příslušné obchodovací období, musí být

v souladu se závazkem České republiky snížit své emise podle rozhodnutí Rady 2002/358/ES ze dne 25. dubna 2002 o schválení jménem Evropských společností Kjótského protokolu Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu a o společném plnění závazků tam stanovených a podle Kjótského protokolu s přihlédnutím k podílu, jaký tyto emise představují ve srovnání s emisemi ze zařízení, na které se tento zákon nevztahuje, a k energetické politice státu. Návrh národního alokačního plánu musí být dále v souladu s Národním programem ke zmírnění změny klimatu Země. Celkové množství povolenek, které se navrhuje přidělit, nemusí být větší, než je nutné k uplatnění kritérií stanovených zákonem. Podmínkou pro první obchodovací období bylo, že celkové množství povolenek musí být stanoveno tak, aby bylo dosaženo nejméně cíle, který pro Českou republiku vyplývá z rozhodnutí Rady 2002/358/ES ze dne 25. dubna 2002 a z Kjótského protokolu. Zařízení, na která se vztahuje povolení k emisím skleníkových plynů a obchodování s nimi jsou taxativně definována v příloze č.1 zákona č.695/2004 Sb.

2.4. Sláma jako obnovitelná surovina a zdroj energie

Je organická hmota rostlinného původu, vznikající na Zemi v důsledku fotosyntézy z CO₂ z ovzduší, vody a minerálních látek vázáním části dopadající energie ze Slunce. Představuje nejdůležitější složku obnovitelných energií, které lidstvo může ke krytí svých energetických potřeb využívat (ŠILER 2003).

Je odpad, který vzniká při sklizni dané suroviny a může být využita dále k různým účelům. Potřeba slámy pro stelivové účely se v posledních letech v ČR zmenšila vlivem snížení stavu skotu a přechodem části živočišné výroby na bezstelivové technologie. Z jakých plodin získáváme slámu?

Rozeznáváme slámu obilnou: z pšenice, tritikale, žita, ječmene a ovesa a slámy kukuřičnou, řepkovou slámu luskovin a lněné stonky.

Zpravidla se sem počítá samozřejmě sláma všech obilovin, z nichž však je nejvhodnější pšeničná, dále sláma olejnin, především řepky, ale i slunečnice, dále sláma kukuřice na zrno, sloní tráva (čínský rákos), někde i seno z luk vyřazených z výroby potravin, případně i lněné stonky.

A právě sláma, která doposud zůstávala na okraji zájmu začíná hrát čím dál větší roli na energetickém poli, sláma a s ní i energetické rostliny, případně vysušené či vylisované zbytky a odpad ze zpracovávání zemědělské produkce (otruby, prachy z čističek a sušiček obilí, pokrutiny a jiné výlisky...) (SOUČKOVÁ 2005).

2.5. Využití slámy obilovin

V dřívějších dobách se obiloviny požívaly téměř výhradně k potravinářským a krmným účelům a sláma ke stlaní (ŠKARDA 1978). Sláma je i dnes nejčastěji užívaným materiálem ke stlaní u všech druhů hospodářských zvířat v tradičních stelivových provozech a následně jako součást hnoje využívá ke hnojení pro zlepšení struktury půdy a zvýšení její úrodnosti. Tím dochází k uzavření koloběhu uhlíku. Sláma je také používána i přes svoji nízkou krmnou hodnotu jako součást krmné dávky, k vytvoření pocitu sytosti (MOUDRÝ, STRAŠIL 1999).

2.6. Řepková sláma

Řepková sláma se výhřevností 16 MJ*kg⁻¹ rovná dobrému hnědému uhlí. Prakticky postačuje množství řepkové slámy z jednoho až dvou hektarů pro zajištění tepla jedné zemědělské usedlosti nebo venkovského rodinného domu na celý rok (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ 2006).

Má jen nepatrnou možnost využití jako stelivo a má i nízký obsah živin. Do značné míry se až dosud spalovala přímo na řádcích, v menší míře zaorávala – a to s velkými problémy, zejména v sušších letech. To není vhodné ani z hlediska boje proti škůdcům a chorobám. Nevýhodou je, že se řepková sláma během lisování drolí a tím je její využitelná výtěžnost z 1 ha snížena na cca 60 %, což činí 3,2 t/ha lisované slámy.

Skutečný biologický výnos nadzemní části řepky bez semene je však mnohem vyšší, je však podstatně omezen vysokým řezem při sklizni (ŠNOBL 2004).

Řepka je všeobecně považována za jednu z nejperspektivnějších plodin s všestranným a 100 % (bezodpadovým) využitím, a proto se její plochy mají v příštích letech zdvojnásobit. Souvisí to s výrobou potravinářských tuků a olejů, ale i ekologicky nezávadných mazadel a bionafty. Proto se bude také zvyšovat množství

řepkové slámy a zdůrazní se potřeba jejího racionálního využití. Pro využití jako paliva je mnoho důvodů, především existence prostředků pro její sklizeň i skladovacích objektů.

Řepková sláma při sklizni má zpravidla obsah vody vyšší než 35 %,ale za pěkného počasí již za dva až tři dny dosahuje vlhkosti pod 20 %,což je vhodné pro sklizeň skladování i spalování. Vzhledem ke své struktuře dobře dosychá i pod střechou v prostém průvanu i v balících (SLADKÝ 1992).

3. Metodický postup

Z internetových stránek, odborné a vědecké literatury a dalších zdrojů byly shromážděny podklady o technickém, energetickém a dalším možném využití biomasy obilovin, především slámy.

Na základě vlastních rozborů byla vypracována tabulka parametrů suroviny podle způsobu využití (prvkové rozborů, spalné teplo). Produkční potenciál obilovin podle NUTS 3 (krajů) byl zpracován na základě zjištění produkce obilovin (poměr zrno sláma 1:1, 30 % slámy ponecháno pro koloběh uhlíku resp. započtení ztrát). Přehled stávajících zařízení zpracovávajících slámu obilovin podle krajů je pouze orientační, protože dostupnost informací je velmi malá.

4. Vlastní práce

4.1. Využití slámy

Technické využití slámy obilovin

Energetické využití slámy obilovin

Ostatní využití slámy obilovin

4.1.1. Technické využití slámy

4.1.1.1. Využití slámy ve stavebnictví

Ačkoli nám se zdá už jenom název slaměný dům přinejmenším asi dost zvláštní, nejedná se o žádné sci – fi. Éra stavění z trávy a slámy začala ve Spojených státech na přelomu 19 a 20 století. Kolem roku 1903 byl postaven první obytný dům z balíků slámy. Venkovní stěny zůstávaly zpočátku neomítnuty, ale dům udržoval požadovanou teplotu po celou zimu i v létě a doposud se nachází v relativně dobrém stavu.

Posekaná sláma je sesbírána z pole a vložena do balíkovacího mechanismu, slisována do kvádrového tvaru a poté převázána provázky. Provázky se nejčastěji používají polypropylenové.

Balíky mohou být z jakéhokoli druhu obilí. Balíky nejsou však homogenní, stébla nejsou uložena jedno vedle druhého, kvalita je rozdílná, záleží jak balíkovací stroj pracuje. Konec úzké strany balíku přijímá lisovací tlak od balíkovací hlavy, která vtlačuje slámu v „pulsech“ do lisovací komory. Tyto „pulsy“, když je balík stlačen, se přemění ve vrstvy slámy 10 cm silné. Typická konzistence balíku se skládá ze sérií deseticentimetrových vrstev stlačených podél dlouhé osy balíku.

Sláma je přírodní obnovitelnou surovinou jejíž použití ve stavebnictví zažívá v poslední době určitou renesanci. Sláma je produkt vznikající při pěstování obilí, lze ji většinou získat jako odpadní produkt zemědělství, proto lze její využívání ve stavebnictví chápat jako zužitkování druhotné suroviny.

Sláma se ve stavebnictví využívala již odedávna. Historicky tradiční je použití slámy v doškových střeších, ke zhotovování nepálených cihel "vepřovic", přes zimu na půdě uskladněná sláma stavení tepelně izolovala.

Zahraniční prameny uvádí, že jako jistou alternativu pro současné stavění lze využít slaměné balíky. Sláma se v zemědělství formuje do balíků kvůli lepší skladovatelnosti a manipulaci. Tyto balíky byly v několika případech bez dalších úprav přímo zabudovány do staveb. Při stavbě rodinných domků se dají využít například jako výplň dřevěného skeletu nebo dodatečná tepelná izolace zděné stavby. Nelze je však použít jako nosného materiálu pro zhotovení nosných částí budov. Použití slaměných balíků je výhodné zejména po ekologické stránce. Jejich použití na stavbách bylo zatím realizováno spíše ekologickými nadšenci. Po dožití stavby lze slámu z balíků jednoduše a nezávadně zlikvidovat kompostováním. Neupravená sláma má vysokou vlhkostní citlivost a sklony k degradaci vlivem vlhkosti (hniloba, plíseň).

Technicky vespělejší a v praxi zajímavější je použití moderních slaměných desek. Slaměné desky jsou panely vyrobené z lisované slámy. Na rozdíl od slaměných balíků neseženete desky od zemědělců, ale jejich výrobou se zabývá specializovaná firma (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ, 2004).

4.1.1.2 Vlastnosti slámy z hlediska jejího použití ve stavebních konstrukcích

Výzkumy pro využití slámy ve stavebnictví ukázaly, že stavební materiály z ní vyrobené vykazují zpravidla méně příznivé fyzikálně-mechanické vlastnosti. Na druhé straně bylo také zjištěno, že tato nedokonalost může být v praxi vyvážena vysokou úrovní jiných užitných vlastností.

Díky nízké tepelné vodivosti a vláknitému charakteru slámy mají materiály z ní vyrobené relativně nízkou tepelnou vodivost. Tepelná vodivost je silně závislá na objemové hmotnosti (míře slisování) slámy. Obecně lze říci, že zabudováním slaměných materiálů do konstrukce vnějšího pláště staveb lze přispět ke zlepšení jejich tepelně izolačních vlastností. Zřídka se používá neupravovaná sláma přímo jako tepelná izolace.

Co se týká obecně návrhu tepelně technických parametrů stavebních konstrukcí, v praxi se dnes ukazuje, že oproti dřívějším požadavkům, vedle požadavku na zimní tepelnou ochranu, se klade požadavek na letní tepelnou ochranu. U lehkých, dostatečně tepelně izolovaných staveb, nabývá na významu problém letní tepelné ochrany kvůli přehřívání vnitřního vzduchu v interiérech budov nadměrnými tepelnými zisky z oslunění. Přírodní materiály rostlinného původu vykazují oproti běžným silikátovým materiálům některé příznivé vlastnosti, zejména vysokou hodnotu tepelné kapacity ($c [J.kg^{-1}.K^{-1}]$). Užití takových materiálů pak zvyšuje schopnost tepelné akumulace konstrukcí. Tímto způsobem lze příznivě ovlivnit vnitřní klima v objektu z hlediska tepelné stability budov.

Tuto vlastnost lze využít zejména u takových konstrukcí, které mají nízkou schopnost akumulace tepla. Použití velmi lehkých syntetických tepelných izolací umožňuje snadný prostup teplotní vlny stěnovou konstrukcí (teplotní vlna prostupující z vnějšku konstrukcí může být způsobena např. osluněním vnějšího povrchu v letním období). V praxi se často požaduje vyřešit potíže s nízkou tepelnou stabilitou podstřešních prostorů obytných podkroví, jež se projevují neúnosně vysokými teplotami vnitřního povrchu střešní konstrukce v podkroví v letním období, způsobenými tepelnými zisky z oslunění. Užitím materiálů s vysokou tepelně akumulací schopností lze tyto problémy eliminovat nebo alespoň zmírnit.

Přírodní materiály rostlinného původu jsou obecně propustné pro vodní páru a mohou akumulovat jisté množství vlhkosti sorpcí ze vzduchu. Příznivou vlastností rostlinné hmoty a odvozených materiálů je schopnost absorbovat vlhkost do vnitřního pórového systému při zvýšené vlhkosti vzduchu a při snížení vlhkosti vzduchu ji naopak pozvolna uvolňovat za zvyšování vlhkosti vzduchu. Tento mechanismus příznivě ovlivňuje vlastnosti mikroklimatu uvnitř objektu z hlediska vlhkosti vzduchu v interiéru zejména v zimním období, kdy může docházet u některých budov k dlouhodobému snížení vlhkosti vzduchu v interiéru objektu.

V neposlední řadě poskytují materiály na bázi slámy dobré zvukově izolační vlastnosti, jak vzduchové neprůzvučnosti tak i akustické pohltivosti. Tyto vlastnosti

však velmi závisí především na struktuře a objemové hmotnosti konkrétního typu použitého materiálu.

Nevýhodou slámy (stejně jako celé skupiny přírodních rostlinných surovin) je jistá vlhkostní citlivost. Dlouhodobé vystavení materiálu na bázi rostlinných vláken účinku nadměrné vlhkosti může způsobovat biologickou degradaci působením bakterií, plísní či hub. Proto by tyto materiály použité ve stavební konstrukci měly být vždy spolehlivě odděleny od zdrojů vlhkosti. Při správném návrhu a montážním provedení stavby by však s vlhkostí v konstrukci neměly být problémy. Další nevýhodou rostlinných materiálů bývá jejich hořlavost; ta se snižuje přísadami retardujícími hoření. Požární odolnost konstrukcí z hořlavých materiálů značně zvyšuje nehořlavá povrchová úprava (omítka nebo obklad). Přesto je z tohoto důvodu jejich použití vhodné spíše pro menší bytové stavby.

Použití slámy je vhodné i z hlediska životního prostředí. Materiál není nijak chemicky ošetřen, zpracování je pouze mechanické. Současné stavebnictví má dva moderní trendy, navzájem se propojující, a těmi jsou nízkoenergetické a biologické stavění. Stavba ze slámy výborně využívá každé z nich. Nízko energetické stavby jsou typické svou malou spotřebou na vytápění. Podmínkou je dobrá tepelná izolace a sláma je velmi dobrý a levný tepelný izolant. Biologické stavby kladou důraz na využití přírodních materiálů, kromě tradičního dřeva využívají méně tradiční konstrukční a izolační desky ze lnu a konopí, tepelné izolace z novinového papíru, bavlny, ovčí vlny, omítky z jílu atp. (KOLEKTIV AUTORŮ, 2003).

4.1.1.3. Montované stavby využívající slaměných panelů

Slaměné panely lze s výhodou použít pro opláštění dřevěného nosného skeletu montovaných staveb. Na našem území již bylo provedeno několik realizací staveb takových rodinných domů, přičemž zkušenosti s jejich užíváním jsou dobré. Nosnou konstrukci obvodových stěn tvoří dřevěný skelet, ten je z obou stran opláštěn slaměnými panely. Dutina mezi panely je kompaktně vyplněna tepelnou izolací z minerální vlny. Povrch panelů bývá opatřen tenkovrstvou sěrkovou omítkou. Slaměné panely se v těchto stavbách také využívají pro vnitřní dělicí stěny, příčky a podhledy.



Stavba montovaného rodinného domu. Dřevěná konstrukce skeletu je oplášťována slaměnými deskami .

U budov tvořených popsanou konstrukcí lze prokázat vysokou úroveň některých užitných vlastností, neboť výše uváděné příznivé vlastnosti přírodního vláknitého materiálu se promítnou do užitných vlastností celého objektu.

Díky montované konstrukci je proces výstavby rychlý a nevnáší se do stavby objektu vlhkost, jako je tomu u klasických zděných budov. To vede k jistým úsporám tepla na vytápění v prvních letech užívání stavby oproti stavbám s mokkými procesy výstavby. Vnější stěny stavby mají velmi dobrou tepelně izolační schopnost, která je odvozena ze skladebného uspořádání materiálových vrstev s slaměnými deskami a výplní tepelně izolačního minerálně vláknitého materiálu. Vysoké tepelně akumulací vlastnosti dřeva i slámy poskytují vnitřnímu prostředí objektu dobrou tepelnou stabilitu v zimním i v letním období, takže nedochází v létě přes den k rychlému přehřívání vnitřního prostředí v domě, ani k rychlému vychládání budovy při přerušení vytápění v zimním období. Díky fyzikálním vlastnostem slaměných vláken lze v objektu předpokládat příznivý vlhkostní režim vnitřního vzduchu.

4.1.1.4. Ekopanel – nový stavební systém

Rostoucí náklady výrobců, prodejců stavebních materiálů a montážních firem zákonitě vyvolávají poptávku stavebníků po levnější technologii, a samozřejmě také po snížení montážních nákladů. Tomu odpovídá jak současná snaha o výrobu co nejuniverzálnějších stavebních prvků, tak i snaha o zjednodušení a zrychlení

montážních prací při zachování přesnosti a kvality provedení. Tento trend vede ke stále většímu používání stavebních desek, panelů, které šetří náklady na materiál a čas potřebný k montáži.



*První domek postavený z ekopanelů v ČR postavený v areálu firmy
EKODESKY STRAMIT s.r.o.*

Neméně významným faktorem, který s největší pravděpodobností nevratně udal trendy ve stavebnictví, jsou neustále rostoucí ceny paliv a energií, zejména pro vytápění. Této nepříznivé situaci lze přitom účinně čelit využitím materiálů, zaručujících nízkou energetickou náročnost. Současní stavebníci proto nehodnotí stavbu pouze z pohledu investičních nákladů výstavby, ale posuzuje ji také z hlediska tzv. budoucích provozních nákladů, tj. kolik bude bydlení v takovém objektu stát (PFEIFEROVÁ, SRDEČNÝ, ŠIMEK, 2001).

4.1.1.5. Charakterizují ho především následující vlastnosti

- robustní a pevný stavební panel umožňující realizaci samonosných příček, půdních vestaveb a obvodových stěn
- suchá montáž, nízká pracnost a vysoká rychlost zdění
- žádné speciální nosné konstrukce či speciální stroje, k montáži se užívá běžného spojovacího materiálu a nástrojů

- povrchové úpravy a montáž zařizovacích předmětů stejná jako zděných staveb
- nadprůměrné tepelně- a akusticko- izolační vlastnosti
- požární odolnost
- atraktivní cena

Ekopanel je klasifikován jako zdravotně nezávadný a ekologický výrobek Suroviny k jeho výrobě jsou získávány z přírodních, obnovitelných zdrojů.

Ačkoliv v České republice byla výroba zahájena v roce 1999, ve světovém měřítku se jedná o zavedený výrobek s 60-letou tradicí a instalacemi ve více než 50 zemích.



4.1.1.6. Všestranné použití ekopanelů

Ekopanel je kompaktní výrobek na bázi přírodních vláken a stébelnin. Deska o šířce 1,2 m a tloušťce 6 cm je dlouhá od 1,2 do 3,2 metru, podle požadavků projektu a nebo stavebníka.

Využijeme ho k montáži příček, podhledů a k opláštění dřevěných konstrukcí montovaných domů, dále pak i netradičně jako ztracené bednění, mobilní příčky. Jednoduše tam, kde je to vhodné.

Ekopanel nalézá uplatnění od jednoduchých stavebních úprav a přístaveb až po aplikaci v rozsáhlých veřejných a průmyslových stavbách.

Mezi nejrozšířenější aplikace patří:

- interiérové stabilní i mobilní příčky
- řešení stropních podhledů a půdních vestaveb
- vnější a vnitřní opláštění dřevěných skeletů pro přístavby nebo celé dřevostavby
- vestavby v průmyslových objektech (např. kanceláře)

Práce z ekopanelem se podobá práci se dřevem, desku lze jednoduše formátovat a opracovávat pomocí dostupného ručního nářadí jako je ruční okružní pila, přímočará pila, vrtačka či drážkovací frézka.



Ekopanely se spojují pomocí šroubů a univerzálních sponek, odpadá nákup různých montážních prvků, konstrukcí a jiného povinného příslušenství. Vlastní instalace desky s plochou cca 3 m² zabere řádově minuty.

Také akusticko- a tepelně- izolační vlastnosti ekopanelu přinášejí úsporu finančních prostředků, zejména co se týče požadovaných hodnot tepelného odporu, akustického útlumu a požární odolnosti. U mnohých jiných materiálů je často třeba přijmout dodatečná opatření, která zvyšují investiční náklady.



4.1.1.7. Rizika slaměných staveb

Vlhkost

Otázka ochrany slaměné konstrukce před vlhkostí je široké téma a nelze poskytnout universální radu a odpověď. Závisí to samozřejmě na daných místních klimatických podmínkách. Slaměný balík určený pro stavbu by měl být absolutně suchý, jeho vlhkost však nesmí v žádném případě překročit vlhkost 20 %! Potom zde mohou začít bujet různé plísně a huby, které naruší stavbu, její konstrukci, ale hlavně mohou být zdraví škodlivé pro obyvatele, pokud se jejich spóry začnou šířit vzduchem. Balíková stěna potřebuje dýchat a odvodnit, spodek stěny musí být oddělen od základů, musí být zabráněno jakémukoli vztlínání vody. Tam, kde zatéká, chybí izolace, sláma zahnívá a potom přestává omítka na slámě držet.

Hořlavost

Balíky slámy jsou natolik stlačeny, že nejsou prostupné pro vzduch, omítnutá stěna ze slaměných balíků je velice dobrou bariérou proti ohni, je schopná odolávat ohni 3-4 hodiny. Ale stavbě, která ještě není dokončena a její stěny ještě nejsou omítnuty, je potřeba věnovat zvýšenou pozornost, neboť volná sláma je vysoce hořlavá.

Hlodavci

Pro hlodavce je obtížné dostávat se přes balíky slámy, neboť jsou velmi silně stlačené. Každý stavebník by měl ale slámu před započítím stavby zkontrolovat, neboť hlodavce může do stavby přilákat zrna, které zbylo v klasech po nedostatečném výmlatu. Balík by měl být dokonale zbaven všech zrn a klasů - ty by totiž kromě nebezpečí hlodavců při příhodných podmínkách mohly začít klíčit a růst. Rozhodneme-li se pro stavbu domu ze slámy, je třeba prostudovat hodně materiálu, posbírat zkušenosti těch, kteří už o těchto netradičních stavbách již něco vědí. Je dobré přesvědčit se na vlastní oči a po dohodě s majitelem domluvit návštěvu. Jeden z takových slaměných domů můžeme najít v Ledenicích u Českých Budějovic, jeho majitel, pan Šimek, je ochotný zájemcům umožnit prohlídku v domě a podělit se o své zkušenosti se stavbou. Nejdůležitější pro budoucí stavebníky je chuť, odvaha a netradiční přístup k vlastnímu bydlení. Nedá se očekávat velká podpora k stavbám z netradičních materiálů. Je potřeba sehnat poměrně mnoho informací, abychom se vyvarovali zbytečných chyb, výdajů a starostí. Je třeba počítat s tím, že nebude jednoduché sehnat odborníky, kteří mají se stavbou takovýchto staveb již zkušenosti, přesto výsledek dobře provedené práce bude jistě stát za tu námahu a odvahu postavit si nový domov v této době poněkud netradičně (<http://www.ekodum.ecn.cz//akce/sbi/index.htm>)

4.1.1.8. Výrobci

Tab. 2: Firmy, které se zabývají stavebními materiály ze slámy

Kraj	Firma	Adresa	WWW	Činnost
Jihočeský	A-Spektrum s.r.o.,	Jeremiášova 14, 370 01 České Budějovice, jednatel ing. arch. Kovář 038/22890 aspektrum@volny.cz	http://www.volny.cz/aspektrum/	Ekodomy Kompletní
Středočeský	Stavocentrum	Bělehradská 92/568 120 00 Praha 2 Tel.: +420 222 515 347 Fax: +420 222 515 347 info@portall.info	http://www.stavocentrum.cz/	Bydlení a stavebnictví

4.1.1.9. Využití slámy pro výrobu papíru

Ze slámy je možné vyrábět vynikající papír. Celulóza ze slámy může být použita při výrobě většiny druhů papíru jako náhrada celulózy z tvrdého dřeva. Tradiční produkty z papíru vyrobeného ze slámy zahrnují vlnitý karton z neodbarvené slámové celulózy a jemná tiskový a dopisní papír z odbarvené slámové celulózy. Výnos celulózy ze slámy (45 %) je nižší než ze dřeva (55 %). K výrobě velmi kvalitního papíru je na základě italských zkušeností vhodné využít pšenici dvouzrnku (starý druh pšenice s výbornými dietetickými vlastnostmi zrna). (<http://www.sumavanet.com/www/muzeumsumavy/hlsusice/text/data/sumavpapirny.html>).

U nás se vyrábí papír ze dřeva, slámy, hadrů a starého papíru. Tyto suroviny se napřed zpracují na tzv. pololátky (polopapíroviny), které jsou rozvlákněny, popřípadě zbaveny látek inkrustačních (dřevo, sláma) nebo nečistot a příměsí (hadry a starý papír). K nejužívanějším pololátkám patří dřevovina, buničina, slámovina a hadrovina, k nimž se podle potřeby přidává rozvlákněný starý papír.

Názvem papírovina (celolátka) rozumíme pololátku (nebo směs pololetek), která byla rozemleta na tak jemnou suspenzi, že ji lze spolu s klíždlem a plnidlem zpracovat na papírenském stroji n list. Mletí neboli rafinace pololátek je nejdůležitějším papírenským procesem, neboť především na jemnosti mletí záleží hodnota vyráběného papíru. Podle staršího způsobu se k mletí pololetek používá holandru, nověji kuželových mlýnů. Holandr je válec zapuštěný ve velké betonové vaně. Na jeho plášti jsou dřevěná žebra, mezi nimiž jsou upevněny ocelové nebo bronzové nože (pro jemnější mletí jsou nože čedičové).

Proti ozubenému válci je na dně vany umístěno brdo tj. soustava prtinožů, uložených mezi dřevěnými vložkami, s nimiž jsou staženy šrouby. Válec holandru lze nepatrně zdvihnout nebo snížit. Holandr obvykle mívá obsah 60 až 80 hl, může pojmout 5 q suché pololátky a dosahuje asi 120 otáček za minutu. Nevýhodou je, že holandry pracují přetržitě a zaujímají mnoho místa.

Kuželový mlýn se skládá z kuželového statoru, v němž se velkou rychlostí otáčí kuželový rotor. Poněvadž stator i rotor jsou opatřeny noži a vzdálenost mezi statorem a

rotorem lze v jistém rozmezí měnit, dají se kuželovými mlýny dosáhnout velké výkony a různé druhy mletí. Kuželové mlýny nezavírají tolik místa jako holandry a pracují nepřetržitě.

Kuželový mlýn („Jordán“) Dokonale rozemletá polopapírovina (nebo směs několika polopapírovin) se ve velkém holandru klíží, plní, popřípadě barví. Klížený papír je vůči vodě odolný, takže se při psaní inkoustem písmo nerozpívá, balicí papíry se deštěm neporušují, fotografické papíry se ve fotografických lázních nerozmáčejí. Naopak neklížený papír rychle vsakuje vodu (piják) a kapalinu rychle propouští (papír filtrační). Poloklížený papír dobře přijímá tiskové barvy, které se na jeho povrchu nerozpívají a neprorážejí na druhou stranu. Klížení papíru se tedy řídí účelem, k jakému má být papír použito. Původně se papír klížil kličem, dnes se klíží pryskyřičným mýdlem, který se připraví varem kalafuny, s roztokem sody. Získané mýdlo se důkladně promíchá s papírovinou a pak se přidá 10 % roztok síranu hlinitého. Vzájemnou reakcí vzniká koloidní pryskyřičan hlinitý, který zaplňuje póry papíru, dodává mu pevnosti a zabraňuje vnikání a prosakování kapalin papírem. Dnes se ke klížení papíru, používá také některých plastických hmot. Plněním papíroviny má být dosaženo zejména hladkostí, měkkostí, bělosti, neprůsvitnosti a váhy hotového výrobku. Proto se některé papíry neplní vůbec (filtrační), jiné málo (kreslicí), ostatní hodně (tiskový). Nejužívanějším plnidlem je velmi jemně prachovaný kaolín, nastek, křída, litopon, baryt atd. Barvení papíroviny se děje přidávkem jemně prachovaných minerálních barev nebo roztoků anilínových barviv. Takto upravená papírovina pak prochází písečným a elektromagnetickým tříděčem, v nichž se zadrží všechny nečistoty, které by mohly poškodit síto papírenského stroje. Dokonale jemná papírovina se pak čerpá do rozdělovače, z něhož vtéká na síto papírenského stroje. Základem tohoto ohromného zařízení je mokrá část papírenského stroje. Je to velmi jemné síto z mosazi nebo mědi, natažené jako nekonečný pás mezi dvěma válci. Aby se neprohýbalo, je drženo soustavou registračních válečků, takže tvoří rovný stůl, který se volitelnou rychlostí pohybuje. Přitom je zvláštním strojným zařízením uváděn v třasavý pohyb, kterým je zplstňování (ukládání vláček podélně i příčně) papíroviny urychlováno. Voda papíroviny protéká sítím a je odsávaná upravenými pod sítím odsávána. Na sítě vznikne plstěný pás, který je mezi dvěma ždímacími válci

vyždímám a ze síta přesunut do lisovací části papírenského stroje, kde je mezi hladkými válci dokonale vylisován. Potom vchází do suché části papírenského stroje, kde je soustavou sušících válců vysoušen, mezi kalandry vyhlazena na chladících válcích ochlazen (<http://ekolist.cz/zprava.shtml?x=1927647>).

Hotový papír se zvláštním zařízením navíjí na role, nichž se dodává do tiskáren, nebo se na řezačkách upraví na archy předepsané velikosti (ANDRLÍK, PETRU, 1965).

Je známo, že průmyslově vyrobený papír v druhé polovině 19. století se rychle rozpadá, žloutne a křehne. Za hlavní příčinu výrazného zhoršení papíru se uvádí rozsáhlé používání dřevoviny a pryskyřičného klíždla při jeho výrobě. Postupně bylo zjištěno, že poškození papíru je v přímé závislosti na jeho kyselosti. V období před 19.stol. byl papír stabilně vyráběn ze staré lněné, konopné a bavlněné suroviny, případně jejich směsi. Surovina obsahovala čistou celulosu, stejně jako další rostlinné látky, které se získávaly při zpracování textilu. Papír vyrobený z těchto látek se vyznačoval vysokou trvanlivostí a při uložení ve vhodných podmínkách přetrvává staletí bez výrazných změn. V 19. století se intenzivně hledala další surovina, neboť zdroje pro výrobu papíru již zdaleka nestačily pokrýt požadavky. V roce 1854 patentoval A. C. Mellier výrobu buničiny ze slámy. Sláma se vařila v sodě a bělila chlorovým vápnem. Kolem roku 1860 bylo její používání velmi rozšířené. Druhá polovina 19. stol. zaznamenala prudký rozvoj strojní výroby papíru díky několika objevům a díky zavedení nové suroviny – dřeva, kterého byl dostatek. Užití dřeva s sebou přineslo zásadní změny ve výrobě a výrazně ovlivnilo kvalitu a vlastnosti vyrobeného papíru. Zhoršené mechanických /lámavost, chemických / zvýšení kyselosti/ a optických /výrazné žloutnutí/ vlastností papíru je způsobeno právě používáním nestabilní dřevoviny a kyselého klížení. Kyselý způsob klížení, tzv. pryskyřičné klížení za pomoci kamence – síranu hlinito – draselného - /později síranu – hlinitého/ byl zaveden v roce 1806 M. F. Illigem a velmi rychle se rozšířil vzhledem k jeho přijatelné ceně. Vyrobený papír však vykazuje kyselou reakci a tím nízkou odolnost proti přirozenému stárnutí. Technologie výroby papíru byla postupně zdokonalována, avšak kyselý způsob klížení se udržel po velmi krátkou dobu a

v některých papírnách je v oblibě dodnes
(<http://igmen.wz.cz/index.php?menu=vtpapir>)

4.1.1.10. Historické šumavské papírny vyrábějící slaměný papír

Papírnu ve Velharticích nechal kolem roku 1787 postavit hrabě Bedřich Desfoura. Prvním papírníkem se stal Jan Jiří Zeis, který měl další papírnu ještě v Janovicích. Krátce na to ji ve veřejné dražbě koupil Tomáš Fuchs, majitel statku v Chlístově, ale ten ji již roku 1794 prodal Janu Jiřímu Appeltauerovi. Ten zcela obnovil a zmodernizoval papírenské zařízení. Pořídil nové stroje, přestavěl stroj na řezání hadrů, zřídil velký železný vodní lis, pořídil nová čerpadla na vodu a nechal postavit zcela novou „ohnivzdornou“ budovu s velkými půdami na sušení papíru. Appeltauer měl tak velký odbyt papíru především ve Vídni a v Praze, že jeho výroba téměř nestačila vyhovět všem zakázkám a majitel si neustále stěžoval na nedostatek hadrů. Dobře se vedlo i jeho synovi Josefu Antonínovi Appeltauerovi, který převzal papírnu roku 1807 a v témže roce vystavěl také druhou jednopatrovou budovu. Vyráběl papíry všech velikostí a nejjemnější poštovní papíry. Ve třicátých letech 19. století se však začíná projevovat vliv velké konkurence papíren s moderními stroji v Čechách a v Rakousku a odbyt produkce velhartické papírny začíná klesat. Přesto ještě kolem roku 1843 zaměstnává 18 - 20 lidí. V roce 1853 Josef Appeltauer již nežije a nájemcem papírny se stal Emanuel Mikšík. Ten byl nucen zápasit s konkurencí přímo ve Velharticích. Kolem roku 1865 zde zrušil František Lemberger svůj mlýn a zřídil káď na ruční výrobu papíru. Roku 1873 zrušil i valchu a postavil stroj s příslušenství a parní kotel na výrobu papíru ze slámy. Byly tedy od roku 1865 ve Velharticích papírny dvě. Staré papírny se však příliš nedařilo. Roku 1890 byla její činnost na deset let zastavena. Roku 1901 se ji marně pokoušel obnovit Tomáš Chaloupka. Po dvou letech byla její výroba zastavena definitivně a zařízení bylo rozebráno. Druhou papírnu převzala roku 1889 firma Klinger & Pollak, která ji po požáru roku 1901 celou přestavěla a vybavila novými stroji. Papírna vyráběla slaměný papír a lepenku. Po první světové válce zanikla. Krátkou dobu pracovala v Horažďovicích ještě jedna papírna, kterou za městem u řeky roku 1889 postavili podnikatelé Fürth a Gans.

V továrně se vyráběl papír ze slámy. V roce 1897 však podnik vyhořel a noví majitelé v něm zřídili škrobárnu (http://www.vkol.cz/obzory/971_03.htm).

4.1.2. Energetické využití slámy

4.1.2.1. Důvody hledání využití slámy jako paliva

Neustálého ubývání fosilních paliv a neustálému rozvoji hospodářství se hledají způsoby jak vyrábět energii z jiných alternativních zdrojů.

Restrukturalizace zemědělství otevírá nové možnosti pro nepotravinářské využití biomasy (ŠIMON, 1996). Jednou z forem využití biomasy pro získání energie je spalování. Spalovat lze k tomuto účelu pěstované rostliny, jako například rychle rostoucí dřeviny, konopí, čirok a některé trávy, včetně exotických i běžně pěstované obilniny (FRYDRYCH, 2001), ale i odpadní biomasu – dřevní odpad, seno, slámu řepky, obilnin apod. (SLADKÝ, 2005)..

Při pálení biomasy – tedy i slámy – se do ovzduší uvolňuje jen takové množství CO₂, jaké bylo do hmoty rostliny akumulováno fotosyntézou v období jejího růstu. Pálení biomasy má tedy „nulovou bilanci CO₂“ (ŠILER 2003).

Tab. 3: Jedna tona slámy je schopna nahradit následující hmotnost vybraných paliv

druh slámy	výhřevnost MJ/kg	náhrada hnědého uhlí (kg)	náhrada černého uhlí (kg)	náhrada LTO (kg)	náhrada zemního plynu (m ³)
obilní	14,0	838,8	549,0	341,5	411,7
řepková	14,6	874,8	572,5	356,1	429,4

4.1.2.2.Sláma využívaná jako palivo

4.1.2.2.1. Obilní sláma

Spalování biomasy je tradiční a současně perspektivní způsob získávání energie (MOUDRÝ, STRAŠIL 1996). ZA jednu z nejvhodnějších variant cíleného pěstování energetických plodin považuje (ORTHMEIER, 1994) obilniny. (NIKOLAISEN, 1998) označuje za nejvhodnější obilniny ke spalování žito a tritikale vzhledem k vyšší produkci nadzemní biomasy, nižším nárokům na vstupy, nižší ztráty zrna při sklizni celých rostlin a nižšímu obsahu popele. Výrazné snížení vstupů je možné proto, že při využití obilnin spalováním není rozhodující kvalita biomasy a není proto nutné aplikovat produkční a kvalitativní dávku dusíku ani pesticidy (STREHLER, 1994). Obiloviny zauímají v ČR 51,5 % plochy zemědělské půdy. V roce 2000 byly sklizeny obiloviny z celkové plochy 1 580 000 ha a při uvažovaném výnosu 4 tuny slámy z hektaru bylo dosaženo celostátní produkce 6 324 000 t slámy. Největší množství slámy je vyprodukováno v jihomoravském a střeđdočeském regionu. V horizontu roku 2005 se pohybovala sklizňová plocha kolem 1 479 000 ha, což při zachovaném výnosu slámy přineslo 5 916 000 t slámy.

Při výhřevnosti slámy 14,4 GJ/t a roční produkci cca 6 000 000 tun, uvažované v dlouhodobém horizontu, a účinnosti spalování 80 %, je teoreticky možno z vyprodukované slámy získat 69 000 TJ energie. Tato hodnota reprezentuje teoretický potenciál energetického využití slámy.

Celkový výnos slámy není možno v plné míře využít. Z celkového množství vyprodukované obilní slámy lze pro nezemědělské (např. energetické) využití uvažovat maximálně 20 – 30 %. Zbývající sláma zůstává na polích k zaorání. Využitelný potenciál obilní slámy při 30 % využití 1 800 000 tun slámy ročně s uvažovanou výhřevností 14,4 GJ/t je 25 920 TJ.

Plnému využití dostupného potenciálu brání celá řada překážek souvisejících s nutností dopravy slámy na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd. Vzhledem k těmto překážkám není možno dostupný potenciál stoprocentně využít. Reálný potenciál se pohybuje od 7 % - 20 % roční produkce slámy. Při realistických předpokladech použitých pro dlouhodobý

horizont roku 2010 a využití 7 % vyprodukované slámy je využitelný potenciál obilní slámy 420 000 tun ročně, tj. 6 050 TJ. (HANČÁK 2001)

4.1.2.2.2. Řepková sláma

Řepka olejná patří z hlediska agroenergetiky k významným plodinám. Oproti obilní slámě u které se počítá s výhřevností 14,0 – 14,4 GJ/t, má řepková sláma vyšší výhřevnost – 15 až 17,5 GJ/t.

Od roku 1989 se výměra sklizňové plochy řepky v České republice zdvojnásobila. Na výši hektarových výnosů řepky olejné má vliv průběh počasí během zimy, zvláště dlouhotrvající zima má zásadní vliv na přezimování porostů. Dalším významným faktorem je stav včelstev a jejich rozptýlení po krajině. Nepřízeň počasí a snížení stavu včelstev snižuje opylení řepky olejné a tím výnosy této plodiny. Narůstající spotřeba semene řepky olejné pro potravinářské a nepotravinářské (produkce bionafty) účely a efektivní zhodnocení na trhu umožňuje rozšiřování osevních ploch, ale za předpokladu dodržení zásad řádné agrotechniky a časového odstupu pro pěstování řepky ozimé. Podle těchto zásad je možné řepku olejnou pěstovat až do 12,5 % maximálního zastoupení na orné půdě a v běžném osevním postupu s minimálně čtyřletým časovým intervalem. Celková osevní plocha řepky činí 230 000 ha. V roce 2007 má být tato plocha kolem 270 000 ha. Výnos řepkové slámy se v ideálním případě pohybuje kolem 4t/ha, což by v ideálním případě, tj. při 100% využití slámy a osevní ploše 270 000 ha, přineslo roční produkci 1 080 000 tun slámy. Při výhřevnosti řepkové slámy 15 GJ/t je využitelný potenciál vyprodukované řepkové slámy 16 200 TJ.

Vzhledem k tomu, že část slámy je zaorávána a řepka je pěstována i v oblastech, kde jsou dosahovány nižší výnosy slámy a vzhledem k různým dalším překážkám, souvisejícím s nutností dopravovat slámu na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd. bude možno využít 60% vyprodukované řepkové slámy. Při osevní ploše řepky 270 000 ha tak činí využitelný potenciál řepkové slámy 648 000 tun, tj. 9 800 TJ. (<http://www.biom.cz/index.shtml?x=62863>).

Tab. 4: Zplyňující látky v sušině

Palivo	Obsah zplyňujících látek v sušině (%)
Sláma	75 - 80
Dřevo	70 – 75
Dřevní uhlí	23 – 25
Rašelina	70 – 75
Uhlí hnědé	47 – 57
Uhlí černé	24 – 28
Koks	4 – 6

Zvyšování cen tradičních pevných paliv a snižování příjmu venkovského obyvatelstva působí na myšlení a dnes již není nepřijatelná představa, že například levná řepková sláma z 0,5 až z 1 ha zajistí teplo pro rodinný domek nebo že sláma ze 100 ha obilovin pokryje požadavky na teplo pro sušení a vytápění objektů velkého zemědělského podniku. Likvidace přebytku slámy jejím spalováním přímo na rádcích je ve většině evropských zemích od letošního roka, z důvodů ochrany čistoty ovzduší, zakázána a ani zaorávka, zejména v sušších létech, není nejlepším řešením. Značnou předností slámy je, že obsahuje jen velmi málo popele a neobsahuje síru a těžké kovy. Podíl zplyňujících částí je však vysoký - až 80 % a hustota energie nízká – tomu musí odpovídat topeniště. Na druhé straně briketování, které vyžaduje jen asi 4-7 % obsah energie slámy, může sláma přizpůsobit i požadavkům stávajících topenišť.

Její využívání vyžaduje vypracování celého systému nejméně v rámci jednoho podniku. Využívání 15 - 20 % každoročně vyrobené slámy pro energetiku neohroží úrodnost půdy.

Podle údajů FAO se v evropských zemích, které jsou členy této organizace, vyprodukuje v rostlinné výrobě ročně více než 300 milionů tun suchých zbytků, z nichž část představující asi 30 milionů tun olejových jednotek (OE) je bez problémů spalitelná. V Česku je možno počítat s přibližně 2,5 miliony tun slámy, které by se mohly každoročně přeměnit na teplo. Celková "úroda" slámy je přibližně 12,5 milionu tun ročně, spotřeba uhlí pro vytápění domácností je asi 10 milionu tun ročně. Výnosy slámy a ostatních stébelnin k pálení jsou velmi variabilní a jsou odvislé od způsobu sklizně. Například řepkové slámy se "urodí" 6 i více tun z hektaru, ale vysoký řez způsobuje, že se jí sklízí v průměru kolem 3 tun z hektaru. U obilovin se může

dosáhnout až 10 tun z hektaru, u čínského rákosu i více než 30 tun z hektaru (8,18). Ceny slámy jako paliva jsou v ČR velmi rozdílné. Pokud se sláma zaorává, zpravidla se její cena vůbec nepočítá. Pokud se sklízí a skladuje, je její cena dána náklady na sběr a dopravu. Uskladnění tvoří přitom větší podíl nákladů než samotný sběr a doprava.

4.1.2.3. Sklizeň, úprava a skladování slámy pro pálení v kotlích

Sláma obilovin a řepky a řada dalších stébelnin se sklízí pro energetické účely v létě bezprostředně po sklizni zrna a to výhradně z řádků položených za sklízecí mlátičkou na relativně vysoké strniště. Stébelniny se sklízí při vlhkosti 15 – 20 % některými z těchto strojů, taženými kolovými traktory: sběracími vozy o ložném obsahu 40 – 70 m³ s ukládkou sklizené slámy většinou do polních stohů nebo do krytých skladů. Výhodné je použití řezacího



ústrojí, sběracími lisy na lisování stébelnin do standardních “malých” balíků o hmotnosti 5 – 10 kg nebo sběracími lisy na obří válcové nebo kvádrové balíky s hmotností do 400 kg, Sběrací závěsné nebo samojízdné sklízecí řezačky upravující materiál do formy snadno manipulovatelné řezanky, jako vhodné formy pro každé následující tvarové zpracování. Výjimečným strojem je kombinace sklízecí řezačky s briketovacím lisem, umožňujícím výrobu topných slaměných briket nebo pelet přímo při sklizni na poli s výkonností kolem 5 t za hodinu. Náklady na sklizeň stébelnin se pohybují od 300 do 500 Kč/t u sběracích vozů a lisů, u řezaček kolem 700 Kč/t a u briketovacích samojízdných lisů se odhadují na 1 200 – 1 500 Kč/t.

4.1.2.4. Malé, standardní balíky

Doznanly největšího použití pro vytápění obytných venkovských budov, zejména v Rakousku a Dánsku. Sláma v nich má objemovou hmotnost kolem 100 kg/m³. Naprostá většina topenišť je zařízena na ruční přikládání jednou za 1 až 3 hodiny, zařízení pro vytápění větších objektů nebo několika usedlostí mohou mít i zařízení pro automatické přikládání balíků ze zásobníku, které je řízeno časovým spínačem nebo malým počítačem, který přikládání řídí podle teploty výstupní vody nebo kouřových plynů. Topeniště na spalování standardních balíků byla odvozena od topenišť na polena a dnes již nevyhovují s ohledem na přísné požadavky ochrany ovzduší před emisemi a popílkem. Příčinou je systém prohořívání balíků s jejich horním odhoříváním. Další vývoj směřoval k topeništím se spodním, dvoufázovým odhoříváním, při kterém je do hořících plynů přiváděn přídavný, horký sekundární vzduch, podstatně zlepšující průběh hoření. Také zásoba balíků před spalovacím prostorem může být větší (směrem shora dolů) a intervaly přikládání mohou být podstatně delší - až 6 - 8 hodin. Stupeň stlačenosti balíků ovlivňuje rychlost hoření. Málo slisované balíky rychle prohořívají a hodí se pro roztápění, velmi stlačené balíky hoří pomalu a hodí se pro trvalejší provoz.

4.1.2.5. Obří balíky

Se vytvářejí v hranaté nebo válcové formě. Válcové mají hmotnost přibližně 350 kg, objemovou hmotnost 60 - 90 kg/m³. Hranaté balíky mohou vážit i až 600 kg a mají objemovou hmotnost až 160 kg/m³. Jedině ty je ekonomické převážet i na větší vzdálenosti; v Dánsku až do vzdálenosti 40 km na speciálních velkoplošných návěsech. Také skladování a manipulace u tepláren je s nimi velmi výhodná a dá se i automatizovat. Sláma se do nich lisuje výhradně v suchém stavu s obsahem vody 15 - 20 %. Tyto balíky jsou velmi vhodné pro velké spotřebitele, jako jsou teplárny dálkového vytápění, průmyslové podniky, potravinářský průmysl apod. Používají se také jako přídavek energeticky "povzbuzujícího" paliva ve spalovnách komunálního (domovního) odpadu. I přikládání obřích balíků slámy je většinou automatizováno,

kdy ze zásoby na jeden den připravené vysokozdvížným vozíkem, odebírá balíky automatický jeřábový podavač. Balíky se vkládají do topeniště buď celé (regulace výkonu je omezena) nebo se rozpojují a do topeniště se vkládá většinou šnekem nebo pístem sláma pořezaná. Zde je regulace tepelného výkonu mnohem přesnější. Obří balíky slámy v energetice mají budoucnost.

4.1.2.6. Peletování a briketování

Se sláma tvaruje do stavu, který je podobný jiným pevným palivům, polínkům, uhlí, koksu. Topeniště potom mohou být více podobné standardním topeništím. Podle zahraničních údajů však samotné slaměné brikety nejsou příliš vhodné pro spalování v malých topeništích (domácnosti, ústřední vytápění v domech), neboť způsob odhořování je nepravidelný, zpočátku zahoří velmi rychle, přičemž se nedá vyhnout vzniku kouře. Postupně se briketa pokrývá popílkem a hoření se zpomaluje. Toho se doporučuje využít při zakládání zásoby paliva v topeništi na noc. Ve velkých topeništích s pohyblivými rošty tento jev není na závadu, slaměné brikety a pelety jsou vhodným doplňkem jiných pevných paliv, zejména méně kvalitního hnědého uhlí. Peletování a briketování slámy není energeticky příliš náročné (spotřeba energie je asi 5 % energetického potenciálu zpracované slámy), ale je náročné na investice. Při vytvoření celého systému, zejména ve sdruženích pro výrobu bionafty, by výroba briket z řepkové slámy mohla být perspektivní (SLADKÝ, 1992).

4.1.2.7. Zařízení na spalování biomasy

Z důvodů rozdílných délek plamene při hoření nemohou být použity současné kotle na uhlí a koks na spalování biopaliv bez náležitých úprav nebo bez podstatně sníženého tepelného výkonu.

Topeniště pro spalování biomasy musí mít snadnou obsluhu a malou pracnost, vysokou účinnost (70 až 80 %), ekologické spalování a dostatečnou regulaci topného výkonu.

Z rozdílných vlastností jednotlivých paliv vyplývá, že topeniště a způsob spalování nemohou být u biopaliv univerzální, ale způsoby využití musí odpovídat formě, vlhkosti, objemové hmotnosti a výhřevnosti určitého paliva. Vlastnostem biopaliv se přizpůsobují nejen topeniště, ale i přídavné manipulační zařízení a sklady. Zařízení pro spalování suché biomasy bylin je mnoho různých druhů podle úpravy používaného paliva, příkládání, výkonu, účinnosti, rozsahu regulace, ovládacích zařízení a dalších hledisek. Technické řešení topenišť a energetických zařízení na dnešní úrovni umožňuje dobrou ekonomii spalování s minimem škodlivých exhalací. Topeniště a zařízení pro spalování biomasy, dávkování a rozbalování balíků jsou vhodná rovněž k energetickému využití celých rostlin např. obilovin, které díky podílu zrna ve hmotě mají vysokou energetickou hodnotu. Směs zrna a slámy je lépe spálena než zrno nebo sláma samostatně, protože tvorba žárového lůžka je lepší a tvorba strusky je nepatrná.

Biopaliva, mají-li být optimálně spalována, měla by být spalována spíše ve větších tepelných zařízeních od 500 kW, spíše nad 1 MW, u kterých se vyplatí automatické ovládací zařízení. Jednodušší ovládací zařízení se může uplatnit již od 50 kW, při spalování standardizovaného paliva.

Průměrný výnos biomasy z jednoho hektaru odpovídá svou výhřevností asi 1600 litrům LTO. Na spálení 1 kg suché biomasy je zapotřebí při dokonalém hoření asi 4 m³ spalného vzduchu a vznikne 4,7 m³ plyných spalin a asi 50 g popele. Spalování musí probíhat s přebytkem spalného vzduchu. Tato skutečnost má význam při řízení tepelného výkonu topeniště na biomasu, neboť tvorba spalných plynů v prostředí s teplotou vyšší než 250°C probíhá nezávisle na vůli obsluhovatele. Z toho plyne, že tepelný výkon při spalování biomasy lze jen obtížně regulovat. Většinou se doporučuje, aby topeniště pracovalo na plný výkon a regulace odběrů byla zajištěna zásobníkem tepla. Pouze u topenišť s plynulým přísunem biomasy a přívodem spalného vzduchu lze tepelný výkon do určité míry regulovat. Poměr množství paliva a vzduchu musí být stále dodržován. Tam, kde se palivo příkládá v intervalech (obří balíky), není možné dobře zajistit větší rozsah regulace tepelného výkonu.

Dalším problémem je vyšší podíl úletu popílku než u dřeva, což vyžaduje výstupní cyklony. Systém spalování biomasy bylin vůči dřevu je značně odlišný pouze při spalování slaměných briket se obě paliva svými vlastnostmi poněkud přibližují. Rozeznáváme topeniště s příkládáním standartních balíků, topeniště se spodním odhoříváním balíků.

4.1.2.8. Výrobci spalovacích zařízení na slámu v České republice

V roce 1992 byla založena Ing. Vladimírem Vernerem společnost s ručením omezeným stejného názvu VERNER. Firma vyrábí tepelná zařízení na spalování biomasy, v současné době je to více jak 8 typů kotlů, více jak 20 typů krbových kamen a automatické kotelny o výkonech 100 až 10 000kW.



Nejznámější výrobci kotlů a příslušenství pro spalování slámy, které jsou nejvíce používány v Evropě, pocházejí z Dánska. V České republice jsou nejčastěji v provozu kotle těchto výrobců:

- *PASSAT ENERGI A/S. ORUM SDRL. 8830 TJELJE – Dánsko
- *VOLUND ENERGY SYSTEMS A/S Falkvej 2, 6705 Esbjerg O – Dánsko.
- *CLAUHAN 16, VIBEHOLMSVEJ DK – 2600 GLOSTRUP, Dánsko.

4.1.2.9. Spalování biopaliva a životní prostředí

Spalováním biomasy nevzniká více CO₂ než bylo předtím z ovzduší živými rostlinami přijato, ani více než by bylo do ovzduší vráceno přirozeným rozkladem v přírodě. Jedná se vždy o přirozený cyklus, který nezhoršuje "skleníkový" efekt.

Obsah těžkých kovů ve biopalivu je v porovnání s jinými velmi nízký, přibližuje se nule a se spalinami se do ovzduší nedostává - něco může zůstat v popeli.

Ve slámě je nepatrné množství síry jen asi 0,1 % v porovnání s 2 % v hnědém uhlí. Obsah dusíku je 0,1 až 0,5 % v porovnání s tradičními palivy, které mají až 1,4 % je to podstatně méně. Tvorbu NO_x je možno řídit a kontrolovat udržováním optimální maximální teploty plamene. Z negativních jevů, na které je nutno brát ohled je třeba uvést:

- při spalování slámy je nebezpečí značného úletu jemného popílku, proto musí být používány výkonné odlučovače a filtry, ale také pohyblivé a vodou chlazené rošty,

- při spalování biomasy, která je vlhká, existuje vždy nebezpečí vzniku kouře (aromatické uhlovodíky). Palivo musí být suché nebo musí mít v topeništi "čas" proschnout než přijde k místu zapálení (topeniště se spodním odhoříváním),

- obsah CO může narůstat při přílišném "skrčení" topeniště z vysokého výkonu na nižší pouhým přívěrem vzduchu a při vlhkém palivu. Největší význam při redukci obsahu CO má přídavek horkého sekundárního vzduchu do oblasti největšího hoření spalných plynů, kde doba prohoření plynů by neměla být kratší než 0,5 sec a teplota na konci plamene by měla být kolem 1000 °C,

- je vždy výhodnější, jestliže oblast zplynování paliv a dohoření spalných plynů jsou odděleny. Zplynování by mělo probíhat o teplotách 600 až 800 °C (pod 600 °C je nebezpečí kouře), aby se vznikající popel nespékal, prohořívání spalných plynů o teplotě kolem 1000 - 1100 °C - více je zbytečné, konstrukce topeniště a výměníků se enormně zatěžují, vznikají NO_x.

4.1.2.10. Měření emisí u topenišť na spalování fytopaliva

Na měření emisí není zatím vypracována mezinárodní norma, v evropských zemích se zkušebny řídí vždy více hledisky. Státy s velkým ekologickým zatížením mají normy přísnější. Zásadně se však všude měří:

- CO₂, jehož obsah svědčí o kvalitě hoření, uznávají se hodnoty od cca 9,5 až do 18 % ve spalinách, optimum je 12 %,

- CO, do obsahu 0,1 % se hodnotí kladně, do obsahu 0,5 % se toleruje u topenišť s prohoříváním; topeniště se spodním dvoustupňovým odhoříváním dosahují nižších hodnot,

- O₂ obsah do 10 % není na závadu, vyšší hodnota svědčí o přebytku vzduchu a zbytečném ochlazování,

- CH - aromatické uhlovodíky (kouř) uvádějí se v mg/m nebo v mg/MJ. Vznikají při teplotách nižších než 600°C a vlhkém palivu. Tolerují se jen při zatápění.

- NO_x oxidy dusíku vznikají jednak z dusíku obsaženém v palivu, zejména však oxidací ze vzduchu při vysokých teplotách hoření od 1200°C, zejména však kolem 1800 °C. Měří se mg/MJ.

Úlety pevných částí mají být co nejmenší, toleruje se 0,5 g/m spalin, rozlišuje se mezi malými a velkými topeništi, na která jsou přísnější kritéria.

Základem úspěchu uživatele v oblasti emisí je:

- používat suché palivo, respektive schválené výrobcem zařízení,
- topeniště by mělo být dvoustupňový systém hoření (primář, sekundár),
- plamen nesmí dosahovat teplosměnných ploch, teploty do 1200°C,
- koncový odlučovač pevného úletu (PASTOREK 1999).

Tab. 5: Obsah elementárních látek v jednotlivých palivech

Palivo	Emise (kg/GJ)		
	SO ₂	CO ₂	No _x
Hnědé uhlí	1	95,6	0,219
Černé uhlí	0,4	92,7	0,25
Zemní plyn	0	56,3	0,17
Dřevo	0	102,3	0,027
Sláma	0,1	12	0,1

Tab. 6: Orientační cena a spotřeba paliva.

Spotřeba	Výkon kotle	Slaměné pelety		Zemní plyn	Propan Butan	ELTO	Přímotopy
		kg	cena 300/q	Cena 9,70/m ³	Cena 21/kg	Cena 13,80/kg	Cena 1,21/kWh
den	15 kW	26	78 Kč	129 Kč	206 Kč	149 Kč	129 Kč
rok		5400	16 200 Kč	27 130 Kč	43 170 Kč	31 340 Kč	27 000 Kč
den	40kW	68	204 Kč	298 Kč	548 Kč	398 Kč	340 Kč
rok		14400	43 200 Kč	62 630 Kč	115 130 Kč	83 580 Kč	71 480 Kč
den	60 kW	103	309 Kč	432 Kč	608 Kč	597 Kč	613 Kč
rok		21600	64 800 Kč	90 780 Kč	127 750 Kč	125 440 Kč	128 670 Kč
den	100 kW	172	516 Kč	700 Kč	1 371 Kč	995 Kč	982 Kč
rok		36000	108 000 Kč	147 000 Kč	287 870 Kč	209 000 Kč	206 320 Kč
den	150 kW	257	771 Kč	1 035 Kč	2 056 Kč	1 493 Kč	1 445 Kč
rok		54000	162 000 Kč	217 360 Kč	431 840 Kč	313 510 Kč	303 420 Kč
den	220 kW	377	1 131 Kč	1 504 Kč	3 016 Kč	2 189 Kč	2 092 Kč
rok		79200	237 600 Kč	315 790 Kč	633 320 Kč	459 780 Kč	439 300 Kč
den	250 kW	429		1 705 Kč	3 427 Kč	2 488 Kč	2 369 Kč

			1 287 Kč				
rok		90000	270 000 Kč	358 000 Kč	719 710 Kč	522 500 Kč	497 570 Kč
den	300 kW	515	1 545 Kč	2 040 Kč	4 113 Kč	2 986 Kč	2 832 Kč
rok		108000	324 000 Kč	428 300 Kč	863 630 Kč	626 980 Kč	594 630 Kč
den	350 kW	600	1 800 Kč	2 374 Kč	4 798 Kč	3 483 Kč	3 294 Kč
rok		126000	378 000 Kč	498 640 Kč	1 007 560 Kč	731 490 Kč	691 730 Kč
den	400 kW	685	2 055 Kč	2 709 Kč	5 483 Kč	3 981 Kč	3 756 Kč
rok		144000	432 000 Kč	568 950 Kč	1 151 500 Kč	835 970 Kč	788 790 Kč
den	450 kW	771	2 113 Kč	3 044 Kč	6 169 Kč	4 479 Kč	4 219 Kč
rok		162000	486 000 Kč	639 280 Kč	1 295 460 Kč	940 500 Kč	885 890 Kč
den	500 kW	857	2 571 Kč	3 379 Kč	6 854 Kč	4 976 Kč	4 681 Kč
rok		180000	540 000 Kč	709 560 Kč	1 439 400 Kč	1 044 970 Kč	982 946 Kč

4.1.3. Ostatní využití slámy obilnin

Velké množství předmětů, které se v minulosti užívaly zejména v zemědělském prostředí, se pletlo ze slámy. Sláma sama o sobě však není příliš dobrým pletařským materiálem. Suché stéblo praská, má nepatrnou nosnost a také omezenou délku. Když se však jednotlivá stébla spojí ve svazek, získají na pevnosti. Podobné zpevnění nastane, jestliže se stébla spletou v copánek - úplet z několika stébel.

Pletení ze svazku slámy je možno ještě rozdělit do dvou technických skupin:

Volné pletení či svazování - hrsti slámy se různě ovazovaly nebo uzlovaly na jednom, méně často na obou koncích, aby stébla držela při sobě. Nebo se dvě hrsti napojovaly do délky složitým uzlem, aby tak vznikl dlouhý, poměrně pevný pramen. Touto technikou vznikaly zejména došky a povřísla, z méně obvyklých předmětů různé víchy i některé masopustní maškary.

Splétání svazku slámy spirálovou technikou - podstata této techniky tkví v tom, že se neustále doplňovaný „nekonečný“ pramen slámy spirálovitě zatáčí do kruhového tvaru a jednotlivé vrstvy se propojují obvykle jiným pletařským materiálem - štípaným prutem, loubkem, lýkem apod. Tak mohou vzniknout kruhové či elipsovité tvary, ploché nebo miskovité, dokonce i nádoby s vysokými stěnami.

Touto spirálovou technikou se u nás zhotovovala většina užitkových slaměných výrobků. Sláma je dobrým izolačním materiálem, proto našla využití zejména u takových předmětů, které měly obsah zateplit, nebo ho udržet v suchu. Byly to hlavně ošatky, ve kterých dobře kynul chléb, dále pak různé zásobnice na peří, na obilí, na sušené ovoce apod. Slaměná stěna zásobnic byla vzdušná, sláma pohlcovala okolní vlhkost a obsah tak zůstával suchý.

Pletení jednotlivými stébly

Pletlo se i jednotlivými stébly, lépe řečeno ústřížky stébel. Z jednotlivých stébel se ovšem zhotovovala příležitostně jen malá skupinka drobných předmětů převážně zvykoslovného charakteru. Byly to obvykle drobnosti, u nichž nezáleželo na pevnosti. Sloužily jako zdobná symbol díků za úrodu, záruka dobré úrody.

S ústřížky slámy se pracovalo trojím způsobem:

- a) **Pletení prostorových pletenců** – z lichého počtu ústřížků stébel (od kolénka ke kolénku) se většinou původně splétaly šiškovité tvary, které se zavěšovaly na dožínkový věnec nebo do prostoru.
- b) **Plošné tvary** – čtvercové nebo šestiúhelníkové plošky, které se užívaly hlavně při sestavování závěsů nad stůl. Zhotovovaly se omotáváním stébel přes základ ze dřívek nebo špejlí. Základ tvořila zkřížená dřívka pevně převázaná nití. Kolem nich se stébla obtáčela od středu k okraji, takže vznikly plošky po jedné straně hladké, na druhé s vystouplými žebry základu.
- c) **Navlékané prostorové tvary a řetězy** – krátké či delší ústřížky slámy se navlékaly na nit do řetězů nebo do prostorových tvarů.

Předměty ze slámy

Výrobky ze slámy je možno rozdělit podle využití do dvou základních skupin – na předměty užitkové, které měly také trvalejší charakter, a na předměty zvykoslovné, jejichž využití bylo obvykle jen krátkodobé.

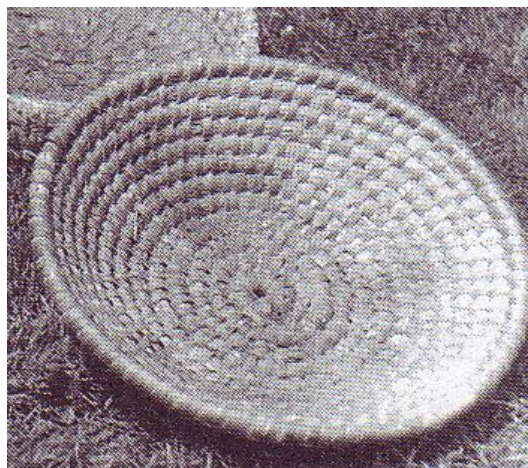
Předměty užitkové

Většina užitkových předmětů se zhotovovala ze svazku slámy vázáním nebo spirálovou technikou.

Vázáním se zhotovovaly hlavně došky a povřísla. Povřísla - se užívala na svazování snopů obilí při ruční sklizni. Došky – sloužily k pokrývání střech.

Spirálová technika pletení sloužila ke zhotovení největší skupiny užitkových předmětů. Jistě nejrozšířenější a nejznámější byly ošatky (slaměnka) (ŠENFELDOVÁ, 2004).

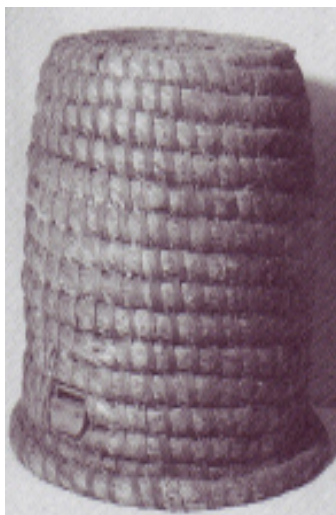
Zásobnice na mouku, na peří, na obilí, menší nádoby na sůl a na sušené ovoce, včelí úly, kukaně a husí hnízda. Zhotovovaly se slaměné tašky, rohožky pod kolena při drhnutí podlah, víka na dřevěné díže apod. Ústřížky slámy se zdobily skříňky, truhličky, krabičky na šití, desky knížek i velikonoční vajíčka.
<http://home.tiscali.cz:8080/creativ-techniky/>



ošatka



zásobnice



včelí úl



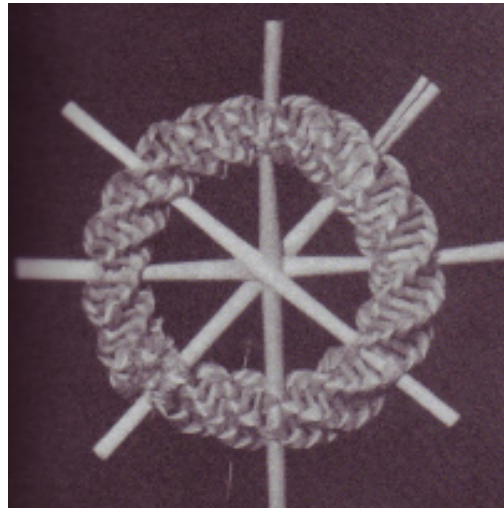
Předměty zvykoslovné

Při zhotovování zvykoslovných předmětů nehrála sláma zdaleka tak významnou úlohu, jakou měla při výrobě předmětů užitných. Hmotné artefakty, které provázely zvykové a obyčejové úkony, sloužily především jako doplněk nebo symbol, který podtrhoval a umocňoval význam a vyznění určitého zvyku.

K obecně známým předmětům patřily v tomto ohledu dožínkové věnce, ověšky zhotovené ze stébel, různých vánočních ozdob např. - šištiček, košíčků, zvonečků, betlém atd.



betlém



ozdoba na stromeček

Výrobky ze slámy v současnosti

Profesionální výroba předmětů ze slámy je v současnosti minimální. Věnuje se jí jen několik jedinců. Má to své opodstatněné důvody. Jedná se o výrobu ruční, která nejde mechanizovat, proto je ve srovnání s ostatní soudobou výrobou velmi drahá. Většina užitkových předmětů, které se v minulosti zhotovovaly ze slámy, ztratila v současném životním stylu své opodstatnění nebo byla nahrazena výrobky z jiných materiálů. Velmi problematické je získávání většího množství materiálu. Současná technologie sklizně obilí nenechává slámu celou, ruční kosení větších ploch je nákladné a slámu jako základní surovinu neúměrně zdražuje.

Z těchto příčin se zhotovování slaměných výrobků nyní omezuje hlavně na zájmovou tvorbu, které se věnují jako své zálibě tvořící jedinci. Ti zhotovují z jednotlivých stébel slámy zejména drobné předměty, které nejsou tak náročné na množství potřebného materiálu. Vyrábějí drobné ozdoby, dárkové předměty, hledají další možnosti uplatnění slámy jako přírodního materiálu. Teplá zlatavá barva slámy inspiruje některé autory k volné tvorbě, ke zvláštnímu ztvárnění vlastních představ prostřednictvím tohoto přírodního materiálu. V této zájmové činnosti zůstává výroba slaměných předmětů živá a techniky jejího zpracování tak zůstávají v praxi tvůrců zachovány (ŠENFELDOVÁ, 2004).

Využití v lékárenství pro léčivé účely

V léčitelství se používá především ovesná sláma, obsahující kyselinu křemičitou, podporující hojení ran flavonoidy, které podprují prokrvení a tak posilují místní imunitní systém, zinek, saponiny a alkaloid avenin. Tyto obsahové látky mají stahující (adstringentní) účinek a působí protizánětlivě.

Oblasti použití – Vědecky uznávané je zevní užití ovesné slámy při zvýšené produkci mazových žláz a zánětlivých onemocněních, především pokud jsou doprovázena svěděním. V empirickém léčitelství se ovesná sláma používá i vnitřně jako uklidňující prostředek a nověji proti dně, ovesné vločky pak při pocitech slabosti a cukrovce.

Aplikační forma a dávkování – Při kožních onemocněních se užívá odvar z ovesné slámy (100 g slámy na 2 až 3 litry vody) jako přísada do koupele. Ovesný sliz je osvědčený prostředek proti onemocnění žaludku a střev. Kontraindikace ani vedlejší účinky nejsou známy. (MAYER, UEHLEKE, SAUM, 2004).

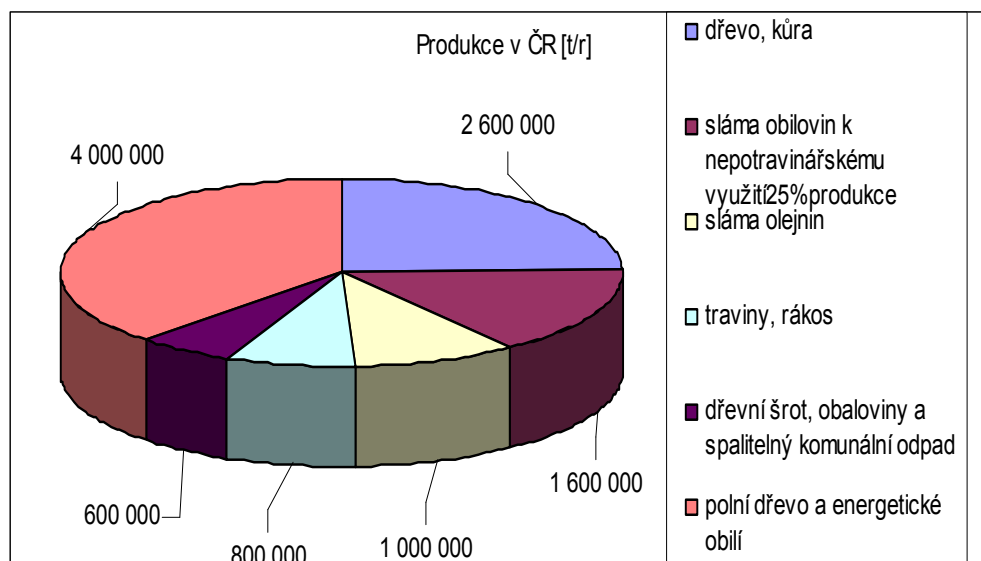
Možnosti perspektivního využití slámy

Podle výzkumníků z Kansasu může pšeničná sláma nahradit některé petrochemikálie a plnidla používané při výrobě plastů. Pozitivním aspektem při použití pšeničné slámy jako plnidla je to, že teplota při výrobě může být snížena pod 400⁰C, čímž se snižují výrobní náklady (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2006).

4.2. Produkce slámy

V České republice je v současné době při využití čtvrtiny slámy obilnin a celého objemu slámy kukuřice, luskovin a řepky k dispozici 2.5 milionu tun nepotravinářské slámy (POKORNÝ, MOUDRÝ, 1998).

Graf 1: Produkce jednotlivých paliv v ČR



Příprava vzorků pro měření spalného tepla byla provedena ve třech fázích. V první fázi byla organická hmota sklizena sklizňovým mechanismem na slámu. Ve druhé fázi byla sláma rozdracena kladívkovým drtičem se sítí 5 mm. Ve třetí fázi byla rozmělněná hmota rozdělena na frakci 0,5 mm na prosévacím stroji výrobce Paul Polikeit, Halle a.s. Prosetá frakce byla zvážena a vysušena a vložena do vzduchotěsných kelímků o objemu 200 ml a hmotnosti 26,2 g. Kelímky byly označeny pořadovým číslem vzorku. Spalné teplo bylo určeno podle ČSN 44 1352 spalným kalorimetrem PAAR 1356 ve VÚRV Praha.

Tab. 7: Velikost spalného tepla jednotlivých vzorků

vzorek	kukuřice	triticale	žito	ječmen	pšenice	oves	rákos	seno
Spalné teplo [MJ.kg ⁻¹]	18,163	18,467	18,68	18,408	19,933	18,292	17,592	17,753



kladivkový drtič



prosévací stroj



vzorky připravené pro zkoušku spalného tepla



jednotlivý vzorek

4.3. Výsledky analýzy vzorků

V tabulkách jsou zaznamenány údaje, vyhodnocení obsahu elementárních prvků z popele jednotlivých vzorků. A jedná se o % vyhodnocení obsahu dusíku, síry, uhlíku a vodíku ve vzorku: kukuřice, triticales, žito, ječmene, pšenice, oves, rákosu a sena. Toto vyhodnocení se provádělo dvakrát na stejných vzorcích, ale méně rozdílných navážkách.

Tyto analýzy CHN byly provedeny na přístroji Elementar vario EL III firmy Elementar. Přesnost metody je výrobcem stanovena.

Pro souběžnou analýzu 5 mg standardu 4 – amino – benzen sulfonovou kyselinu v modulu CHNS na < 0,1% abs. Pro každý prvek.

Tab.8: Vyhodnocení obsahu elementárních prvků z popele jednotlivých vzorků

Vzorek	Navážka (mg)	% N	% C	% S	% H
kukuřice	1,1020	0,835	41,10	-	5,304
triticales	2,5480	-	43,50	-	6,108
žito	2,1570	-	43,47	-	6,062
ječmen	2,1430	0,815	42,32	-	6,127
pšenice	2,7340	-	41,43	-	6,094
oves	1,2320	-	42,64	-	5,660
rákos	2,8340	0,904	41,17	-	5,776
seno	2,3330	1,019	40,77	-	5,954

Tab. 9: Vyhodnocení obsahu elementárních prvků z popele jednotlivých vzorků

Vzorek	Navážka (mg)	% N	% C	% S	% H
kukuřice	1,7650	0,864	41,63	-	5,898
triticales	2,6020	-	43,53	-	6,286
žito	2,2840	-	43,29	-	6,150
ječmen	2,3390	0,837	42,76	-	6,301
pšenice	3,0240	-	41,19	-	6,138
oves	1,9790	-	42,59	-	5,965
rákos	2,9380	1,036	40,70	-	5,874
seno	2,4500	1,248	40,87	-	6,098

4.4. Produkční bilance v roce 2006

Tab. 10: Plochy osevů k 31. květnu 2006 podle krajů NUTS 3 v ha

Plodina	Osevní plocha úhrnem	Zrniny úhrnem	Obiloviny celkem	Pšenice celkem	Žito
Kraj	1	2	3	4	5
Hl.m. Praha	11045	6809	6682	3540	196
Středočeský	489297	302670	297298	163849	4270
Jihočeský	269676	163115	157977	76306	4023
Plzeňský	213329	128125	124460	66497	1716
Karlovarský	38292	23929	23557	11904	648
Ústecký	151011	105463	103437	60769	1714
Liberecký	41596	25480	24613	11954	536
Královéhradecký	171050	96429	92428	52860	1613
Pardubický	180869	97215	94229	46208	885
Vysočina	281229	153557	148409	58815	3360
Jihomoravský	319478	219938	214189	109857	1469
Olomoucký	185139	109056	107387	51463	1508
Zlínský	98822	59019	57730	30834	152
Moravskoslezský	134850	75322	74708	36663	391

Tab. 11: Plochy osevů k 31. květnu 2006 podle krajů NUTS 3 v ha

Plodina	Ječmen celkem	Oves	Triticale	Kukuřice na zrno	Ostatní obiloviny	Řepka
Kraj	6	7	8	9	10	11
Hl.m. Praha	2386	237	31	285	7	1921
Středočeský	99019	7050	7460	14048	1602	61840
Jihočeský	53320	13295	7948	2607	477	35508
Plzeňský	42130	6497	4514	2703	403	32490
Karlovarský	8252	1768	830	8	148	5266
Ústecký	33596	2363	1531	2906	559	11806
Liberecký	8416	2079	1333	172	122	5781
Královéhradecký	26232	3416	3346	4218	743	21384
Pardubický	31927	3602	4341	6485	780	22622
Vysočina	71907	7302	3279	2705	1040	32755
Jihomoravský	63986	2140	2339	31408	2989	17219
Olomoucký	44368	2352	1269	5561	864	17489
Zlínský	16571	1883	552	7471	267	8100
Moravskoslezský	26035	3713	2247	4323	1337	18066

Tab. 12: Výnosy zrna a slámy v jednotlivých krajích

Plodina	Obiloviny celkem v ha	Průměrný výnos (t/ha)	Průměrný výnos zrna v t	Průměrný výnos slámy v t	Užití slámy k energ. účelům v t
Kraj					
Hl.m. Praha	6682	4,3	28732,6	28732,6	8619,8
Středočeský	297298	4,3	1278381,4	1278381,4	383514,4
Jihočeský	157977	4,3	679301,1	679301,1	203790,3
Plzeňský	124460	4,3	535178	535178	160553,4
Karlovarský	23557	4,3	101295,1	101295,1	30388,5
Ústecký	103437	4,3	444779,1	444779,1	133433,7
Liberecký	24613	4,3	105835,9	105835,9	31750,8
Královéhradecký	92428	4,3	397440,4	397440,4	119232,1
Pardubický	94229	4,3	405184,7	405184,7	121555,4
Vysočina	148409	4,3	638158,7	638158,7	191447,6
Jihomoravský	214189	4,3	921012,7	921012,7	276303,8
Olomoucký	107387	4,3	461764,1	461764,1	138529,2
Zlínský	57730	4,3	248239	248239	74471,7
Moravskoslezský	74708	4,3	321244,4	321244,4	963733,2

Tab. 13: Výnos semen řepky a slámy z řepky a užití k energetickým účelům

Plodina	Řepka	výnos řepky(t/ha)	Průměrný výnos zrna v t	Průměrný výnos slámy v t	užití slámy k energ. účelům v t
Kraj					
Hl.m. Praha	1921	3,2	61472	92208	92208
Středočeský	61840	3,2	197888	296832	296832
Jihočeský	35508	3,2	113625,6	170438,4	170438,4
Plzeňský	32490	3,2	103968	155952	155952
Karlovarský	5266	3,2	16851,2	25276,8	25276,8
Ústecký	11806	3,2	37779,2	56668,8	56668,8
Liberecký	5781	3,2	18499,2	27748,8	27748,8
Královéhradecký	21384	3,2	68428,8	102643,2	102643,2
Pardubický	22622	3,2	72390,4	108585,6	108585,6
Vysočina	32755	3,2	104816	157224	157224
Jihomoravský	17219	3,2	55100,8	82651,2	82651,2
Olomoucký	17489	3,2	55964,8	83947,2	83947,2
Zlínský	8100	3,2	25920	38880	38880
Moravskoslezský	18066	3,2	57811,2	86716,8	86716,8

5. Závěr

V minulosti bylo zejména v menších státech Evropy, které dovážely energetické zdroje z vyspělejších zemích, postaveno, především v mimo městských oblastech, několik set výtopen a tepláren na spalování dřevní i rostlinné biomasy, kterou získávali z okolí svého regionu pro vytváření tepla pro celou obec, rodinných domků, podniků a různých dalších hospodářských nebo větších budov. Podle studií může být v dnešní době, z celkového množství vyprodukované slámy, využito 20 – max. 30 % slámy k energetickým (nezemědělským) účelům. To znamená že můžeme počítat, při využití 30% obilní slámy, s produkčním potenciálem až 1 800 000 tun slámy ročně s průměrnou výhřevností kolem 14,0 GJ/t to je kolem 25 560 TJ. Za to využití řepkové, kukuřičné a makové slámy dosahuje hodnot 100 % bez jakéhokoliv většího deficitu minerálních látek v půdě.

Dobrou vlastností slámy je především to, že je to obnovitelná fytohmota, má celkem velkou výhřevnost rovnající se hnědému uhlí, možnost sklizně v suchém stavu na povrchu pozemku sklízecím mechanismem, dobrou zpracovatelnost, skladovatelnost a především tím, že nepoškozuje tak životní prostředí jako při spalování fosilních paliv, neboť při jejím spalování se do ovzduší uvolňuje jen takové množství CO_2 , které bylo do rostliny akumulováno při jejím růstu. Další výhodou je to, že sláma neobsahuje síru ani těžké kovy a úlet vznikajícího létavého popílku je možno ve výstupních cyklónech a filtrech zachytit, takže je to ekologicky vhodné palivo. Nevýhodou je malá koncentrace energie, oproti ropným palivům, kdy dosahuje s porovnáním s ropným palivem 30 % koncentrace energie což je podobné jako u dřevní hmoty.

Na základě svých pokusů spalného tepla a celkového vyhodnocení jsem došel k závěru, že toto alternativní palivo (sláma) jako zdroj energie dokáže nahradit svou výhřevností některé druhy fosilních paliv a je nenahraditelným palivem co se týče produkci skleníkových plynů, což je přínosem jak pro Českou Republiku, tak pro celý svět, tím, že chrání ekologii naší zeměkoule (snižuje emise skleníkových plynů) v porovnání s palivy fosilními, které bohužel tyto skleníkové plyny produkují a také je to prosperující pro mikroregiony, neboť se jedná ve většině případů o tuzemskou výrobu energie, hospodaření v mikroregionech často na nevyužitelných půdách, čímž

se také projevuje efekt oběhu peněz v místě obce nebo regionu – větší příležitost nových pracovních míst atd.

Čím více se bude toto palivo využívat k výrobě energie, tím více se bude zlepšovat kvalita životního prostředí, protože biomasa má významný efekt pro ekologii.

6. Seznam použité literatury

- ANDRLÍK, K., PETRŮ, F.: Základy chemických výrob. SPN, 1965.
- FRYDRYCH, J. a kol.: Energetické využití některých travních druhů. ÚZPI, PeH, 2001, 36 s.
- HANČÁK, R.: Spalování biopaliv. Seminární práce 2001, 15 s.
- KÁRA, J., ADAMOVSKEÝ, R.: Praktická příručka - obnovitelné zdroje energie, Mze ČR, Praha 1993, 208 s.
- KONVALINA, P.: Sláma – průmyslové využití. VÚZE, Praha, 2005, 4 s.
- KOPETZ, H.: Strategie využití biomasy. In: Biomasa pro energii. Sborník VÚRV, Praha, 1996. s. 1 – 11.
- MAYER, GOTTFRIED, J., UEHLEKE, B. a SAUM, K.: Bylinky z klášterní lékárny. Euromedia Group, k. s. Praha, 2004, 431 s.
- MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Alternativní plodiny. 1. vyd. JU ZF Č. Budějovice, 1996. 90 s.
- NIKOLAISEN, L. et al.: Straw for energy Production. Technology – Enviroment – Ekonomy. The centre for biomass Technology, Biopress, 1998. 53s.
- ORTHMAIER, E.: Okonomische Aspekte der direkten thermischen Verwertung von Biomase. In: Energie aus Biomase. Landtechnik – Bericht, Germany, 1994. s. 201 – 212.
- PASTOREK, Z. a kol.: Využití odpadní biomasy rostlinného původu. ÚZPI, Praha 1999, 65 s.
- PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie, Praha, FCC PUBLIC, 2004, 288 s.
- PETŘÍKOVÁ, V.: Aktivity Biom v Evropě a u nás. Biom, 1997, č.1, s. 7 – 9.
- PFEIFEROVÁ, M., SRDEČNÝ, K., ŠIMEK, F.: Slaměný dům. Rosa, České Budějovice, 2001, 77 s.
- POKORNÝ, J., MOUDRÝ. J.: Využití biomasy obilí pro energetické účely. Seminární práce, České Budějovice, 1998, 12 s.
- JIRÁNEK: Ústní sdělení, 1998
- SLADKÝ, V.: Sklizeň a zpracování biomasy. Zemědělec, 2005, roč. 13, č.2, s. 16.

SLADKÝ, V.: Využití fytomasy k vytápění zemědělských objektů (sláma a stébelniny), Zemědělská technika, č. 2, ÚVTIZ, Praha, 1992, 51 s.

ŠENFELDOVÁ, H.: Pletení ze slámy, Grada, Praha, 2004, 96 s.

ŠILER, M.: Pěstování alternativních plodin. Seminární práce, 2003 10 s.

ŠKARDA, M.: Organická hnojiva. Institut výchovy a vzdělání MZVŽ , Praha 1978, 203 s.

ŠNOBL, J. a kol.: Rostlinná výroba IV: (Chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům). AF ČZU, Praha, 2004, 119 s.

SOUČKOVÁ, H.: Nepotravinářské využití produkce v energetice. In: Využití fytomasy pro energetické účely, JU ZF, České Budějovice, 2005, s. 109 -120.

SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J a kol.: Nepotravinářské využití fytomasy. JU ZF České Budějovice 2006 95 s.

KOLEKTIV autorů.: Stavební a energetické využití slámy – sborník přednášek. VÚZT Praha 2003 51 s.

STREHLER, A.: Aufbereitung und Verfeuerung von Biomasse als Festbrennstoff. In: Energie aus Biomasse. Landtechnik – Bericht, Germany, 1994. S. 171 – 192.

Šimon, J.: Možnosti pěstování energetických rostlin na zemědělské půdě. In: Biomasa pro energii. Sborník VÚRV, Praha, 1996. s. 27 – 28.

(<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2455&h=2&pl=49>)

(<http://www.sumavanet.com/www/muzeumsumavy/hlsusice/text/data/sumavpapirny.html>)

(<http://ekolist.cz/zprava.shtml?x=1927647>)

(<http://igmen.wz.cz/index.php?menu=vtpapir>)

(http://www.vkol.cz/obzory/971_03.htm)

(<http://www.biom.cz/index.shtml?x=62863>)

<http://www.ekodum.ecn.cz//akce/sbi/index.htm>

ZÁKON č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a jeho prováděcí předpisy zákonem č. 695/2004 Sb.

Stránky ministerstva průmyslu a životního prostředí