

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Bakalářská práce

Návrh technologického souboru zařízení pro produkci biolihu s roční
kapacitou do 500 000 litrů

Vypracoval: Milan Slaninka

Vedoucí práce: Ing. Josef Frolík, CSc.

2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Milan SLANINKA**
Osobní číslo: **Z10063**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Návrh technologického souboru zařízení pro produkci biolíhu s roční kapacitou do 500 000 litrů.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

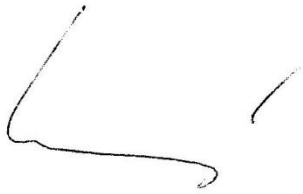
Cílem práce je prověřit technické možnosti malokapacitních výroben provozovaných v nevyužívaných objektech zemědělské prvovýroby s využitím místních zdrojů energie a pracovních sil v mimosezónním období.

1. Proces výroby bioetanolu z běžně pěstovaných obilovin.
2. Zdroje a vlastnosti jednotlivých surovin.
3. Zátěž výroby legislativními předpisy a směrnici.
4. Investiční a energetická náročnost výrobního procesu na jednotku produkce.
5. Prověřte možnosti zajištění energie nutné pro výrobu bioetanolu z vlastních zdrojů - např. sláma, štěpky, bioplyn.
6. Porovnejte předpokládanou nákladovost, energetickou náročnost a výkonnost navrženého postupu.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

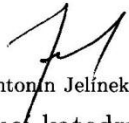
JEVIČ, P., HUTLA, P., ŠEDIVÁ, Z.: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. 133 s. ISBN 978-80-86884-42-4;
JEVIČ, P., VÁCLAVEK, T., ŠEDIVÁ, Z., PŘIKRYL, M.: Stav a perspektivy výroby bioethanolového paliva v České republice a dalších zemích. Sborník přednášek ze semináře VÚZT & MZe ČR & CZ-Biom, 23.11.2004. Praha : VÚZT : MZe ČR, 2004, č. 5, s. 110-118. ISBN: 80-86884-00-7;
PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC Public, 2004, ISBN: 80-86534-06-5;
JEVIČ, P. (zpracovatel): ČSN 65 6513 Motorová paliva - Ethanol E95 pro vznětové motory - Technické požadavky a metody zkoušení. [Automotive fuels - Ethanol E95 for compression ignition engines (diesel engines) - Requirements and test methods]. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, prosinec 2009, 10 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky
Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**


Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 26. března 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Návrh technologického souboru zařízení pro produkci biolihu s roční kapacitou do 500 000 litrů.“ vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne: 12.4.2013

.....
Milan Slaninka

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat za cenné rady při zpracování mé bakalářské práce Ing. Josefovi Frolíkovi, CSc.

Téma: Návrh technologického souboru zařízení pro produkci biolihu s roční kapacitou do 500 000 litrů

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá produkcí biolihu pro palivářské účely. V první teoretické části je popsán způsob výroby biolihu z běžně pěstovaných obilovin. Zdroje a vlastnosti materiálů, z kterých je možné biolíh vyrobit, zátěž výroby biolihu legislativou. Druhá část práce obsahuje návrh vlastního technologického souboru zařízení pro produkci biolihu s danou roční kapacitou výroby.

Klíčová slova: Ethanol, fermentace, destilace, rektifikace, denaturace, škrob, lignocelulóza.

Topic: Design of technological set of device for production of bioethanol with a yearly capacity up to 500 000 litres

Abstract: This bachelor thesis deals with the production of bioethanol for the use as fuel. The first theoretical part describes the process of the bioethanol production from the commonly grown cereals, then it focuses on the sources and characteristics of materials that can be used for the bioethanol production, it also follows the legal burden put on such production. The other part of the thesis contains the design of the technological set of devices for the bioethanol production with a given capacity of the yearly production.

Key words: ethanol, fermentation, distillation, rectification, denaturation, starch, lignocellulose

Obsah

1 Použité značky	10
2 Úvod.....	11
3 Proces výroby biolihu z běžně pěstovaných obilovin	13
3.1 Úprava surovin.....	13
3.2 Sušení.....	13
3.3 Skladování obilovin	13
3.4 Manipulace s obilím.....	15
3.5 Drcení.....	15
3.6 Příprava záparty (substrát pro kvašení).....	15
3.7 Fermentace.....	16
3.8 Destilace.....	18
3.9 Rektifikace	18
3.10 Odvodnění lihu.....	19
3.11 Denaturace lihu	19
3.12 Zkapalňování CO ₂	20
3.13 Zpracování výpalků	20
3.14 Produkce	21
4 Zdroje a vlastnosti surovin pro produkci biolihu:	22
4.1 Obilí	23
4.2 Kukuřice.....	24
4.3 Cukrová třtina a cukrová řepa.....	24
4.4 Brambory	26
4.5 Lignocelulózový materiál	26
4.6 Méně vhodné suroviny produkce biolihu.....	31
5 Zátěž výroby legislativními předpisy a směrnicemi	33
5.1 Zákon o lihu (zákon č. 61/1997 Sb.).....	33
5.2 Zákon o spotřebních daní (zákon č. 353/2003 sb.)	33
5.3 Zákon o dani z přidané hodnoty (zákon č. 235/2004 sb.)	33
5.4 Zákon o odpadech (zákon č. 185/2001 sb.).....	33
5.5 Stavební zákon (zákon č. 183/2006 sb.)	34
5.6 Živnostenský zákon (zákon č. 455/1991 sb.).....	34
5.7 Zákon o životním prostředí (zákon č. 17/1992 sb.)	34
5.8 Zákon o obalech (zákon č. 477/2001 sb.)	34

5.9	Zákon o ochraně biotechnologických vynálezů (zákon č. 206/2000 sb.)	35
6	Návrh technologického souboru pro výrobu biolihu z obilí	36
6.1	Doprava obilí	38
6.2	Vážení obilí	38
6.3	Doprava obilí po areálu závodu	40
6.4	Předčištění obilí	41
6.5	Skladování obilí	42
6.6	Šrotování	44
6.7	Výroba středotlaké páry	46
6.8	Příprava zápar	48
6.9	Fermentace	53
6.10	Destilace, rektifikace	54
6.10.1	Stripovací kolona	55
6.10.2	Úkapová kolona	56
6.10.3	Rektifikační kolona	56
6.11	Odvodnění lihu	57
6.12	Denaturace lihu	59
6.13	Vedlejší produkty	59
7	Závěr	64
8	Seznam citované literatury	66
9	Seznam tabulek	69
10	Seznam obrázků	70

1 Použité značky

D_b - průměr bubnu	V_{H_2O} - objem vody
l_b - délka bubnu	t_p - provozní teplota
D_c - průměr cyklónu	P - příkon
P_t - výkon topeniště	b - šířka
D_t - průměr topeniště	h - výška
l_t - délka topeniště	l - délka
W_s - výkonnost sušení	m - hmotnost
P_{vc} - příkon ventilátoru cyklónu	S - plocha sít
P_s - příkon sušárny	P_v - výkon ventilátoru
n_b - otáčky bubnu	D - průměr
W - výkonnost	V_{max} - maximální objem
V - objem	h_{prac} - pracovní výška
V_f - objem fermentoru	P_m - výkon motoru
Q_c - roční produkce biolihu	I_j - jmenovitý proud
T_{cf} - čas cyklu fermentace	n_j - jmenovité otáčky
n - počet fermentorů	v_o - obvodová rychlost
n_{dp} - počet dní provozu	t_s - teplota šrotu
q_l - výtěžnost lihu z pšenice	D_k - průměr kolony
ρ_s - objemové hmotnost šrotu	n_p - počet pater kolony
n_c - počet cyklů fermentace	h_p - výška patra
q_{cf} - výtěžnost lihu z jednoho cyklu fermentoru	W_{dz} - výkonnost destilačního zařízení
m_s - hmotnost šrotu	D_s - průměr šneku
V_s - objem šrotu	n_{max} - maximální otáčky
m_{H_2O} - hmotnost vody	q - průtočné množství

2 Úvod

Biolíh, neboli bioethanol je označení lihu, který je produkován alkoholovým kvašením z biomasy. Biolíh je používán v dnešní době především jako palivo. Biomasa, ze které se vyrábí biolíh je vyráběna přednostně z rostlin, které obsahují velké množství škrobu, nebo jiných sacharidů. Znamé rostliny, ze kterých produkujeme biolíh jsou především kukuřice, obilí, brambory, ale nejčastěji cukrová třtina a cukrová řepa. Rostliny, které obsahují cukr lze fermentovat přímo. U rostlin, které však neobsahují cukr, ale obsahují škrob, je nutné nejdříve škrob enzymaticky přeměnit na cukr. Fermentovat lze až po enzymatické přeměně škrobu na cukr.

Čím má rostlina, nebo biomasa ze které vyrábíme biolíh větší množství cukru nebo škrobu, tím více biolíhu lze z biomasy vytežit. Výhoda výroby biolíhu spočívá v tom, že produkovat biolíh lze i z rostlin, nebo dokonce odpadů, u kterých výroba biolíhu nekonkuruje výrobě potravin a nezvedá proto také jejich cenu.

Do budoucna můžeme předpokládat rozvoj výroby biolíhu. Stále se lidstvo snaží omezit spotřebu ropy a nahradit ji obnovitelným zdrojem energie, a toto je možný směr, kterým se bude vývoj snažit vydat.

Vyrobený biolíh se může přímo spalovat ve spalovacích motorech. Existují motory na čistý biolíh, ale v praxi se osvědčilo pouze přimíchávání určitého množství biolíhu do klasických paliv z ropy. Přimíchávání biolíhu do běžných paliv má za následek zvýšení oktanového čísla benzínu a snížení množství emisí CO₂.

Oproti benzínu má však bioethanol jednu vlastnost, která se týká ochrany životního prostředí. Jeho spalováním se totiž teoreticky nezvyšuje množství CO₂ v atmosféře, které způsobuje skleníkový efekt vedoucí k nárůstu teploty zemského povrchu. Je to způsobeno tím, že zhruba stejné množství CO₂, které se během jízdy dostane z výfuku motoru spalujícího bioethanol do ovzduší, si rostliny, z nichž se bioethanol získává, odebraly během svého růstu z atmosféry.

(www.21stoleti.cz)

Průkopníkem v automobilovém průmyslu ve využití biolíhu jako čistého paliva pro automobily byla v osmdesátých letech minulého století Brazílie. V dané době se zde používala úprava zážehových motorů, která umožňovala spalování čistého

biolihu. Tato úprava byla velmi rozšířená a takto upravený spalovací motor měly dvě třetiny zdejších automobilů. Úprava spočívala především ve zvýšení kompresního poměru motoru. Biolíh má vyšší oktanové číslo (106 – 108 oktanů), oproti běžnému benzínu (95 oktanů). Zvýšením kompresního poměru u spalovacího motoru se dosáhne vyšší tepelné účinnosti motoru. V dnešní době se takto upravené motory v širším použití nevyskytují. Veškerý benzín pro automobily v Brazílii obsahuje 26% biolihu vyrobeného z cukrové třtiny. S tímto množstvím biolihu dokáže pracovat běžný neupravený zážehový motor.

3 Proces výroby biolihu z běžně pěstovaných obilovin

3.1 Úprava surovin

Před uskladněním obilí je nutné obilí předem upravit a vytvořit vhodné podmínky pro uskladnění. Obiloviny se musí vyčistit. Pro výrobu biolihu stačí u obilovin pouze odstranit hrubé nečistoty a příměsi od zrna. Tím se zároveň odstraní zdroj pro tvorbu plísní a toxinů. Existuje několik druhů čističek obilovin, ale většinou princip čištění bývá stejný. Nejprve se obiloviny vyčistí na sítové vibrační nebo rotační čističe, poté následuje čištění pomocí proudu vzduchu. Tím, že se odstraní hrubé nečistoty, které obsahují vysoké procento vlhkosti, sníží se i vlhkost zpracovávaného obilí.

(www.agroing.cz)

3.2 Sušení

Vlhkost je jedna z nejdůležitějších vlastností pro skladování obilovin. Skladovat se může obilí do 14% vlhkosti. Tuto vlhkost docílíme při optimálním počasí při sklizni a následnou předúpravou v předčističkách. Pokud je vlhkost větší než 14 – 15%, mělo by se obilí dále sušit. V uskladněném obilí se vlhkost vyskytuje jako objem vody z celkového množství. A voda v obilí se vyskytuje ve dvou ukazatelích. A to voda volná, nebo vázaná. Voda vázaná je ta, která je fyzikálně-chemicky nebo chemicky vázaná s látkami obilovin. To je již zmiňovaných 14 – 15%. Je-li vlhkost obilí vyšší, objevuje se již voda volná, která nepříznivě ovlivňuje biologické procesy.

Vlastní sušení je proces, při kterém je účel snížení obsahu vlhkosti z obilí, a to především volné vody. Tímto se vytvářejí vhodné podmínky pro uskladnění.

(www.agroing.cz)

3.3 Skladování obilovin

První týdny, kdy skladujeme obilí, dochází k takzvanému posklizňovému dozrávání obilí. Zrno, které neprošlo posklizňovým dozráváním má horší vlastnosti při skladování a má nižší užitnou hodnotu. Posklizňové dozrávání je závislé na mnoha faktorech, ale v praxi se běžně počítá s dobou šesti až osmi týdnů.

(www.agroing.cz)

Obiloviny je ideální skladovat v přesně dané atmosféře. K tomu jsou nejvhodnější velkoobjemová sila s automaticky řízenou atmosférou. Dle vlhkosti obilovin lze v silách uplatnit zaplynování oxidem uhličitým (CO₂). Ten zabrání případnému samozahřívání obilovin při nadměrné vlhkosti obilovin. Oxid uhličitý pomáhá při boji se škůdci, dále napomáhá ke zvýšení bezpečnosti (vznik možného požáru při manipulaci). Oxid uhličitý také napomáhá k udržení dané vlhkosti obilovin a nedochází tedy k případnému přesychání skladovaných obilovin. Tím se zmenší ztráty na hmotnosti obilovin. Většinou jsou sila opatřena protikondenzačním ventilátorem, který může být umístěn v tělese výsypky, nebo ve střeše sila. Tyto ventilátory slouží k aktivnímu větrání v prostorech pro skladování obilovin. Aktivní větrání slouží k ošetření skladovaného obilí pomocí proudu vzduchu, který je do prostoru s obilovinami vháněn. Aktivním větráním je tedy mezizrnový vzduch mnohonásobně vyměňován a tím také dochází ke změně teploty zrn obilovin (zchlazení), snížení vlhkosti (sušení), a ke změně složení vzduchu v mezizrnovém prostoru obilovin (aerace).

(www.agroweb.cz)

Další možností, kde skladovat obiloviny jsou halové sklady. Ty bývají opatřeny zevnitř skladu dělicími stěnami. Modernější systémy mají v halovém skladu umístěny vnitřní zásobníky. Ty mohou být opatřeny lávkou, výsypným dnem, zařízením pro vyprazdňování, nebo zařízením pro provzdušňování.

Aktivní větrání

- Pylonové větrání – Pylon je horizontálně umístěná součást ve tvaru jehlanu nebo válce, která je v horní části opatřena odsávacím nebo tlačným ventilátorem. Po obvodu válce nebo jehlanu jsou rozmístěny otvory potřebné pro průchod vzduchu. Tento systém vertikálních pylonů osazený ventilátory je vhodný k provzdušňování, chlazení, odvětrání a k sušení skladovaného obilí. Dokáže provzdušnit naskladněné obilí až do desetimetrové výšky. Tento systém aktivního větrání odsává vlhkost z mezer mezi zrny, nutně nevyžaduje rovnoměrnou vrstvu obilí a je použitelný pro dosušení obilí až o dvacetí procentní vlhkosti. Dle množství naskladněné obiloviny a její vlhkosti závisí i na výkonu ventilátorů. Pylony musí být od sebe vhodně umístěny, aby nedocházelo

k nerovnoměrnému sušení. Tento systém aktivního větrání lze využít v různých typech skladů obilí.

- Provzdušňovací jehly – jsou to trubky ve tvaru jehly opatřené na vrchu ventilátory. Tyto jehly řeší vhodně takzvaná horká místa v uskladněném obilí. Provzdušňovací jehly se umísťují lokálně do míst, kde dochází k zahřívání obilovin, nebo kde je nadměrná vlhkost. Toto místo se vlivem odsávání vzduchu zchladí a vysuší.
- Podlahové větrání – jsou to podpodlahové přejezdové kanály, nebo nadpodlahové perforované tunely sloužící pro aktivní odvětrání obilí v halových skladech a boxech. Mohou být opatřeny ventilátory, nebo využívají přirozené proudění vzduchu o atmosférickém tlaku.

(www.agroweb.cz)

3.4 Manipulace s obilím

Pro přepravu materiálu uvnitř areálu podniku se nejčastěji setkáváme s různými typy dopravníků. Záleží na délce trasy dopravovaného materiálu a převýšením. Nejčastěji využívané jsou dopravníky šnekové, redlery, pásové dopravníky, elevátory, pneumatické potrubí, skluzy. Pro dopravu na delší vzdálenosti se používají nákladní dopravní prostředky s vhodnou nástavbou.

(Jevič: 2004)

3.5 Drcení

Pro hydrolýzu je vhodné upravit obilí, ale téměř všechny materiály, aby byly v nesoudržném stavu. Pro obiloviny jsou vhodné šrotovníky, zejména kladívkový šrotovník. Vzniklý šrot se dávkuje s vodou na dávkovací váze. Do směsi se mohou přidávat také enzymy, nebo-li katalyzátory biochemických reakcí.

(Jevič: 2004)

3.6 Příprava záparty (substrát pro kvašení)

Z dávkovací váhy získáváme směs, kde rozdrcený obilný šrot se smíchá s vodou, nejčastěji v poměru šrot : voda 1:3. Záparty s větší hmotnostní koncentrací šrotu mají zákonitě také vyšší viskozitu. To má za následek připékání tuhých částí na horkých stěnách kotle. Tím se zhoršuje tepelná vodivost výměníku tepla, a tudíž se zhoršuje rychlost zcukernatění škrobu rychlosti

kvašení. Proto se do směsi dále přidává voda, nebo jiné tekutiny vznikající jako odpad při výrobě biolihu, například řídké výpalky. Do zápary se přidává podíl vápna. Ten umožňuje upravovat celkové pH zápary. Dále se do zápary dává termostabilní α -amylasa. Zápara se přímo nechá ohřát horkou párou a následně prochází reaktorem. Reaktor je měděná nebo korozivzdorná ocelová trubka ve tvaru spirály. Zde hmota zmazovává a stéká tady také škrob. Následným zchlazením na teplotu do šedesáti stupňů Celsia se upraví hodnota pH. Nyní se dávkuje enzymy podporující zcukernatění hmoty. Tato směs se opět nechá projít trubkovým reaktorem. Materiál zde zcukernatí a ochlazením na teplotu 30 °C vzniká takzvaná sladká zápara.

(Jevič: 2004)

3.7 Fermentace

Nejprve je vhodné si vysvětlit pojem zákvas, se kterým se dále bude pracovat. Zákvas je alikvotní část sladké zápary, která obsahuje potřebné složky k fermentaci. Jsou to zkvasitelné cukry, kvasinky a živiny. Přibližně bývá šest až osm procent ze sladké zápary již zmiňovaný zákvas.

(www.biom.cz)

Ve volné přírodě jsou kvasinky hlavní výrobci lihu. Pro využití v průmyslu se používají jen některé rody kvasinek – pravé kvasinky. Pravé kvasinky jsou ty, které řadíme do rodu *Saccharomyces cerevisiae*. Tyto kvasinky lze zakoupit na trhu jako kmen čisté kvasinkové kultury.

Největší roli při fermentaci mají kvasinky, které ovlivňují proces kvašení. Jak jsem již zmínil, tyto kvasinky si lihovarské podniky mohou koupit, nebo si je sami pěstují a rozmnožují. Stanice pro propagaci kvasinek má k dispozici několik objemově různých tanků. Z největšího tanku se kvasinky dopravují do tanků, kde probíhá vlastní fermentace. Tato stanice musí pracovat bez časových prodlev, pro neustálé rozšiřování kultury kvasinek. Tanky pro produkci kvasinek mají řízenou atmosféru. Rozmnožování musí probíhat za sterilních podmínek. I vzduch přiváděný do těchto tanků musí být filtrován a zbaven většiny bakterií, které by mohly nepříznivě ovlivňovat rozvoj kvasinek. Kvasinky musí mít dostatečnou

výživu. Pro ideální rozvoj může být kvasinkám poskytnuta část sladké zápary, dále roztok síranu amonného a fosforečnanu amonného.

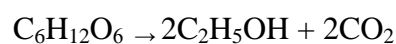
(Jevič: 2004)

Kvasný, nebo také fermentační způsob vyrábění biolíhu z biomasy je možný díky působení enzymů, nebo-li bílkovinných katalyzátorů mikrobiálních buněk v procesu, který se nazývá lihové kvašení. Jsou to především buňky kvasinek. Tento proces lihového kvašení (anaerobní proces), je přeměna bez přístupu vzduchu. V případě kvasinek ale nejde o stoprocentně anaerobní proces, protože kvasná hmota potřebuje především na začátku procesu fermentace mírně provzdušnit. Díky provzdušnění naroste počet buněk a také jejich aktivita. Enzymové vybavení mikroorganismů ovlivňuje hodnotu zkvasitelnosti cukrů, čili sacharidů. Ale pouze monosacharidy jsou přímo zkvasitelné.

Vlastní proces kvašení se dělí do třech základních procesů. A to jsou procesy rozkvašovací, hlavní kvašení a proces dokvašovací.

(Jevič: 2004)

Proces fermentace při produkci biolíhu, kde jsou kvasné sacharidy přeměněny na biolíh a oxid uhličitý, vychází z této rovnice:



(1)

Fermentace probíhá ideálně za anaerobních podmínek, tedy bez přístupu vzduchu. Při výskytu kyslíku ve fermentačním procesu působí kyslík negativně na kvasinky, které by ho využily k jiným účelům. Ostatní organizmy, které nejsou při fermentaci žádoucí jsou odstraněny absencí kyslíku, bez kterého nejsou schopny přežít. Líh, který vytváří kvasinky, brzdí rozvoj mikroorganismů, které dále nevhodně ovlivňují kvasící zápar. Proto je také nutný rychlý začátek kvašení. Od jisté hranice koncentrace alkoholu začne alkohol inhibičně působit na pravé kvasinky. Chceme-li vytvořit co nejvhodnější podmínky pro správný průběh fermentace, musíme dodržet několik základních hodnot: pH v hodnotě 4 - 6, teplotu biomasy 27 až 32 °C. Při

optimálních podmínkách a po uplynutí daného času (24 – 36 hodin) procesu kvašení lze dosáhnout ve fermentoru koncentrace lihu až 13 % objemu. Tato hodnota se v praxi nemůže překročit, protože stresový faktor nazývaný se inhibice produktem zastaví fermentaci. Chceme-li zvětšit efektivitu fermentace, musí se zvýšit lihovitost záparu – experimentální údaj dosáhl hodnoty 24 % objemu. Při zvětšení lihovitosti se pozitivně změní i množství spotřebovaného tepla na destilaci a tím i zahuštění výpalků.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

Fermentory se mohou dělit dle několika hledisek. Nejzákladnější je dělení podle doplňování živin do fermentoru, a to na: vsádkové (jedno naplnění fermentoru), semikontinuální, a kontinuální (průběžné doplňování v průběhu fermentace). Dále se fermentory dělí dle prostředí na aerobní a anaerobní.

U diskontinuálních fermentorů jsou jednotlivé fermentační procesy vůči sobě časově posunuty. Při fermentaci je regulována teplota chlazením, které odebírá teplo vzniklé při kvašení. Teplota se udržuje na stanovených 3,5 °C. Kontroluje se i pH záparu a koncentrace lihu v tzv. zralé zápaře, která nepřekročí více než 10 % z celkového objemu. Oxid uhličitý vznikající při fermentaci se odlučuje, zkapalňuje a dále je zpracován k dalšímu využití. Fermentační tanky bývají opatřeny míchacím zařízením, kterým se reguluje rovnoměrnost kvašení.

3.8 Destilace

Destilací se rozumí proces, při kterém dochází k částečnému odpaření kapaliny spojené s kondenzací získaných par. Využívá se zejména u látek, které mají rozdílný bod varu. Zahřátím kapaliny na bod varu odstraníme páry této kapaliny, které následným zchlazením oddělíme od původní směsi.

3.9 Rektifikace

Rektifikací si lze představit několikanásobné destilování. Při rektifikaci dochází k lepšímu oddělení těkavějších složek.

Meziprodukt, který vzniká při destilaci a rektifikaci je vodnatý biolíh. Ten má minimálně 85% objemu lihu, zbytek jsou složky dokapu. Tento dokap tvoří složky, zejména vyšší alkoholy. Z predehřáté zralé zápary se dalším působením tepla vyvaňuje líh, který se oddělí a přivádí do komory k rektifikaci. Po rektifikaci

se získá již biolíh, který se následně upravuje (oddělení vody). Při destilaci i rektifikaci se jako zdroj tepla používá pára. Přibližně deset procent ze zralé zápary tvoří surový líh, ostatních devadesát procent tvoří odpad. Odpadem z kotle při destilaci jsou lihovarské výpalky. Odpadem z rektifikační komory je lurová voda, která se z části použije pro přípravu zápary a zbytek se upraví v čističce odpadních vod a dále se nezpracovává.

Alkoholy, které jsou neomezeně mísitelné s vodou, tedy alkoholy s menšími řetězci, nejdou oddělit destilací ani rektifikací. Teplota varu roztoku je vždy menší než teplota varu samotného alkoholu. Musí se tedy oddělit jinou vhodnou metodou.

Během destilace při oddělování biolíhu vzniká velké množství odpadu (tekuté výpalky). Tyto výpalky mají velké množství anorganických, ale i organických látek. Složením se od sebe různé výpalky liší, podle toho, ze kterých surovin byla biomasa tvořena. Výpalky se musejí dále zpracovávat a to nejčastěji zahuštěním a následným sušením. Obecně platí, že množství řídkých výpalků je přibližně desetinásobné oproti množství získaného biolíhu.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

3.10 Odvodnění líhu

Líh je odvodňován za pomoci molekulových sít. Tyto síta jsou vytvořeny nejčastěji na bázi syntetických zeolitů. Líh je odvodněn na minimální hodnotu 99,5 % objemu. Z lihové páry se sorbuje voda, odvodněná lihová pára při ochlazení kondenzuje a tím se vytváří bezvodný líh. Systém pracuje na dvě etapy. Z nich jedna vždy pracuje a druhá regeneruje. K regeneraci se používá malá část již odvodněných lihových par a regenerace probíhá ve vakuu. Regenerační zařízení obsahuje kondenzátory a vakuový systém. Kondenzát, který vzniká, se recykluje pro destilaci.

(Jevič: 2004)

3.11 Denaturace líhu

Denaturovaný ethanol, je líh, ke kterému jsou přidána různá aditiva. Ty se do líhu přidávají z důvodu, aby se zabránilo jeho pití. Může být také obarven. Záleží na dalším využití, ke kterému je líh určen. Podle toho se také volí druh aditiva,

kteří bude následně přidáno. Obvykle bývá použito jako denaturační činidlo methanol. Při denaturaci lihu se nemění molekuly ethanolu, ale je pouze ovlivněna požitelnost lihu.

Při denaturaci je hlavním zájmem co nejsložitější oddělení nebo oddestilování denaturační přísady. Methanol se často používá z důvodu, že teplota varu je velmi podobná teplotě varu ethanolu, tudíž je složité vzájemné oddestilování. V některých státech je také povinnost tento denaturovaný líh obarvit, aby se dal snadno rozpoznat. Denaturovaný líh je osvobozen od daně.

Pro použití biolihu jako příměs do paliva pro zážehové motory se používá jako denaturační činidlo benzín natural 95 v množství 2% na bezvodný líh. Denaturační zařízení zahrnuje mísič těchto složek a nádrže pro manipulaci. Denaturovaný líh se poté může dále skladovat.

(Jevič: 2004)

Další využití odpadů při výrobě

- Zkapalňování CO₂
- Zpracování výpalků

3.12 Zkapalňování CO₂

Nejdříve se z oxidu uhličitého (CO₂) odstraní zbytky lihu. To se docílí při praní plynu čistou vodou v práci koloně. Vzniklý vodný roztok se spojí se záparou, a společně se destilují. Zařízení pro zkapalňování CO₂ bývá součástí technologie pro výrobu biolihu. Vyroběný oxid uhličitý může být dalším produktem, který závod pro produkci biolihu může nabízet k prodeji.

(Jevič: 2004)

3.13 Zpracování výpalků

Pevný podíl se nejprve oddělí pomocí kontinuálního filtru. Ze zbylé hmoty se na dekantační odstředivce separují jemnější částice. Odfiltrovaná a odseparovaná hmota se společně suší a zahušťuje na vícestupňové odparce. Tímto krokem se dosáhne zahuštění na 60 – 80 % sušiny (vstupní hmota obsahuje přibližně 5 %

sušiny). Zahuštěná hmota se dále vysouší. Podíl sušiny z vysoušeného materiálu je 95 %. Konečným produktem vzniká krmivo, o vysokém obsahu bílkovin.

(Jevič: 2004)

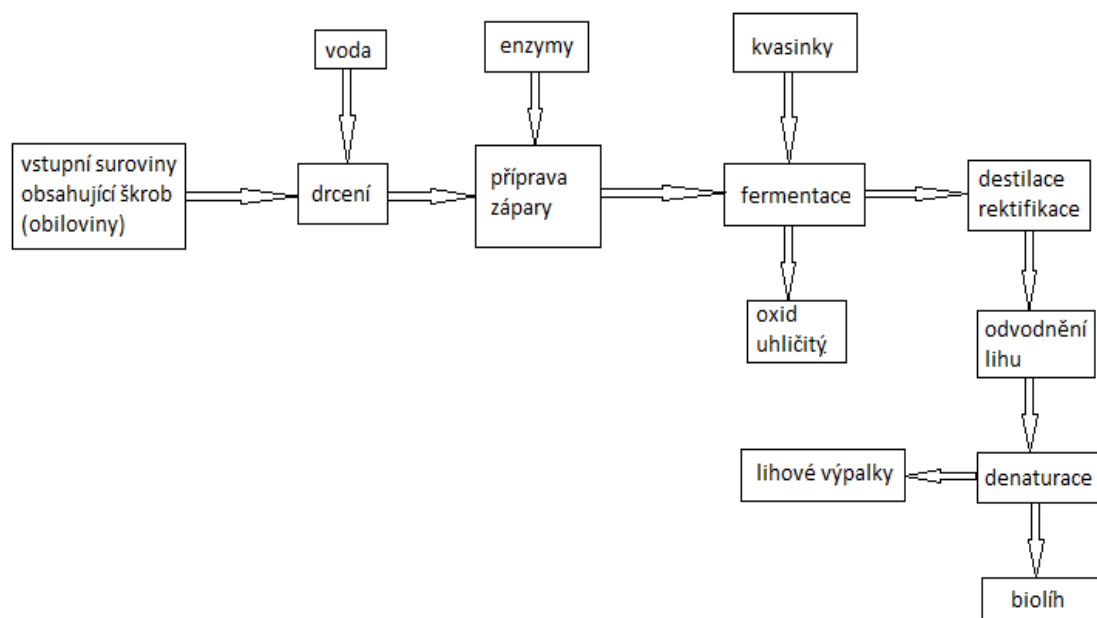
3.14 Produkce

Z jedné tuny obilovin se složením 65 % hmotnosti škrobu lze předpovídat 400 litrů vytěženého lihu bez obsahu vody a 340 kilogramů suchých výpalků. Z přepočtu na hektar plochy se dostane výroba na 2 400 litrů bezvodnatého lihu a 2 tuny suchých výpalků, za předpokladu výnosu 6 tun obilí na hektar.

Zrna obilovin obsahují škrob. Je to polysacharid, který se nejprve musí přeměnit na jednoduchý cukr. Teprve z cukru může dále při anaerobním kvašení vzniknout biolih. Obiloviny jsou nejvíce rozšířeny pro výrobu biolihu v Severní Americe a v Evropě.

(Hromádko: 2010)

Hlavní surovina pěstovaná pro lihovarnictví je v Evropě pšenice, ječmen a triticales, zatímco v Severní Americe to je kukuřice a pšenice.



Obrázek 3.1: schéma postupu výroby biolihu z obilovin

4 Zdroje a vlastnosti surovin pro produkci biolihu:

Vhodné suroviny pro výrobu biolihu závisí na enzymovém vybavení mikroorganismů, které určuje tzv. zkvasitelnost sacharidů. U kvasinek lze fermentovat pouze monosacharidy – hexosy. To jsou např. glukosa, fruktosa, mannososa. Dále lze fermentovat disacharidy (sacharóza, maltosa, laktosa). Složitější sacharidy, jako jsou škrob, dextriny, celulosa a inulin musí být před fermentací nejprve hydrolyzovány na jednoduché cukry. Hydrolyza může probíhat působením vlastních enzymů mikroorganismů, nebo přidavkem enzymových preparátů.

(Kadlec: 2008)

Biolih lze vyrobit v podstatě ze všech plodin pěstovaných v zemědělství, protože obsahují sacharidy, či škrob. A čím více těchto látek obsahují, tím více biolihu z nich lze vyprodukovat. Do budoucna se plánuje větší využití materiálů, které nekonkurují výrobě potravin. Nejvhodnějšími materiály jsou zbytky zemědělské produkce, které nemají dalšího využití. Je to především sláma, řepné řízky, vylisovaná cukrová třtina. Další surovinou mohou být zbytky ze zpracování dřeva a další dřevnaté odpady a organické podíly komunálního odpadu.

(Hromádko, Miler, Höinig, Štěrba: 2010)

(Pospíšil, Šebor, Šimáček, Mužíková: 2012)

Tabulka 4.1: Produkční využití výroby biolihu z různých materiálů:

surovina	produkční potenciál biolihu (l.t ⁻¹)
cukrová třtina	70
cukrová řepa	110
kukuřice	360
rýže	430
ječmen	250
brambory	110
pšenice	340
cassava	180
čirok	60
celulózová biomasa	280

(zdroj: Hromádko, Miler, Höning, Šterba: 2010)

Ve střední Evropě jsou hlavní suroviny pro výrobu biolihu obiloviny a cukrová řepa. Mezi tradiční obiloviny lze ale také řadit kukuřici. Pro výrobu biolihu (jako paliva) z ovoce se lze přiklonit pouze v případě, že daný rok je nadměrná úroda plodů. Jinak se pro tyto účely nevyužívá. Další možnou surovinou pro produkci biolihu jsou brambory. Ty však lze použít k přímé konzumaci, nebo dále v potravinářském či nepotravinářském průmyslu a pro výrobu biolihu je jich v podstatě škoda. Taky se špatně skladují na delší dobu a proto je výroba biolihu sice možná, ale ve větším měřítku se s ní nesetkáme.

4.1 Obilí

Má velké procento sušiny, je vhodné k dlouhodobému skladování. Je sypké a výhodné pro dopravu. Na výrobu biolihu se používají pouze zrna rostlin, obsahující škrob. To je jen malý podíl hmotnosti vůči hmotě celé rostliny.

(Číž: 2009)

Proces výroby byl již popsán.

4.2 Kukuřice

U kukuřice se postupuje stejným způsobem jako u obilí. Rozdílem zde je pouze v paření, kde se paří celá zrna na rozdíl od obilí, které se drtí. Kukuřice se paří ve vodě, která je na rozdíl od obilí okyselená. Stejně jako obilí, tak i kukuřice je dobře skladovatelná a dopravovatelná. Má vysoký obsah sušiny. Proto je také velice vhodná pro výrobu biolihu.

(Číž: 2009)

V USA je celý biolihový průmysl postaven především na kukuřici. V roce 2012 měla roční kapacita výroby biolihu v USA dosahovat 50 miliard litrů. V USA je biolihový program podporován dotacemi a vývoj se stále rozvíjí.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

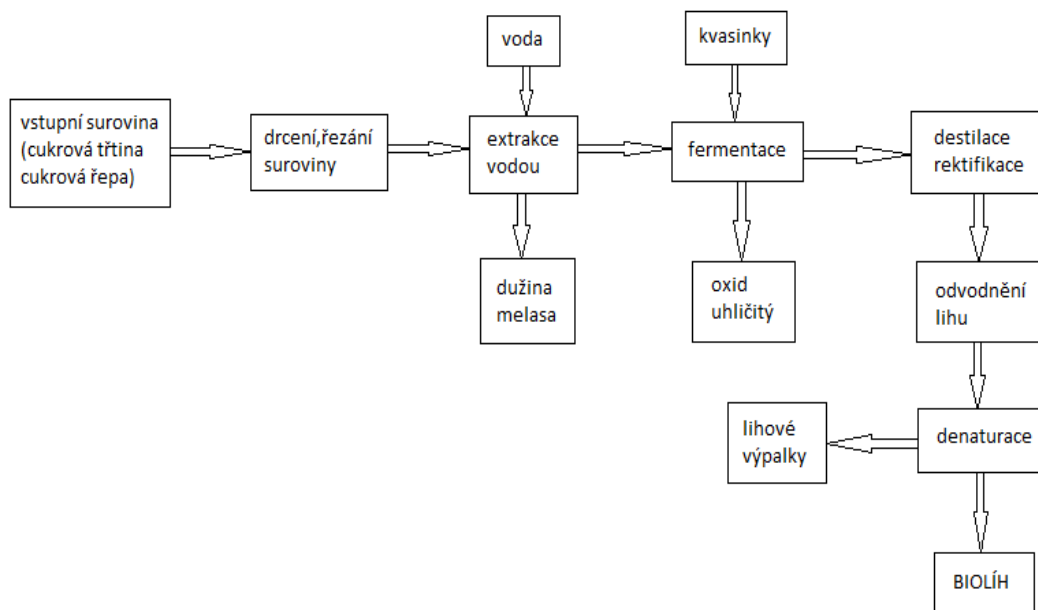
4.3 Cukrová třtina a cukrová řepa

Základním produktem pro výrobu biolihu je cukrová třtina a cukrová řepa. Celosvětově platí, že z jedné třetiny se vyprodukuje biolih z cukrové řepy, zbylé dvě třetiny z cukrové třtiny. V tropech a subtropích se pěstuje převážně cukrová třtina, zatímco v mírném klimatickém podnebí se pěstuje cukrová řepa. Brazílie vyprodukuje 27 % světové produkce cukrové třtiny a je největším dodavatelem pro celý svět. V Brazílii také podporují ekonomicky výrobu biolihu tím, že snížili dotace na výrobu cukru, o tento rozdíl poté navýšili velikost dotací na výrobu biolihu. Také v zákoně stanovili povinné přimíchávání biolihu do benzínu. Toto rozhodnutí zaručuje výrobcům biolihu prodej na místním trhu.

Evropa je známá především v pěstování cukrové řepy, která není tak náročná na klimatické podmínky, má nižší spotřebu umělých hnojiv a také vody. Cukrová řepa má výhody ve větších výnosech produkce biolihu na hektar, oproti obilovinám.

(Hromádko: 2010)

Pro výrobu biolihu je snadnější použít biomasu obsahující jednoduché cukry oproti výrobě z jiných surovin. Jednoduché cukry se nemusí složitěji enzymaticky štěpit na jednoduché cukry z polysacharidů.



Obrázek 4.1: schéma postupu výroby biolihu z cukrové třtiny a cukrové řepy

Výroba biolihu z cukrové třtiny a řepy spočívá v tom, že se nejprve řepa či třtina rozmělní a pomocí vypírky vodou se dostanou cukry z tohoto materiálu. Ve fermentoru se nechají zkvasit. Kvašení probíhá ve fermentoru za podobných podmínek, jako při výrobě biolihu z obilovin, tudíž za přítomnosti kvasinek. Při zpracování cukrové třtiny a řepy se vzniklý odpad nazývá melasa a dužina.

Melasa je důležitá surovina, která vzniká při výrobě cukru. Je to velmi hustá tekutina, která zůstane po krystalizaci většiny cukru. Objem melasy činí většinou kolem tří procent objemové hmotnosti cukrovky při výrobě cukru. Melasa obsahuje z 50 % hmotnosti sacharidy, 20 % vody a dalších 30 % látky necukerného typu. Hlavní je pro nás obsah sacharózy – nezkvasitelného cukru.

Sacharosa se proto působením zředěných kyselin nebo účinkem enzymu invertasy (sacharosy) v roztoku štěpí na již zkvasitelnou glukosu a fruktosu. Lihovarské kvasinky jsou na tento enzym bohaté.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

Cukrová řepa už není tak vhodná pro dlouhodobé skladování, jako jsou obiloviny. Dříve se cukrová řepa hodně zpracovávala v lihovarech, které bývaly vybaveny extrakcí, stejně jako tomu bylo u cukrovarů, nebo pařícím zařízením. Očištěná cukrová řepa se rozřezala na menší kusy a ve speciálních nádobách se z nich pomocí

okyselené vody získal roztok. Ten se poté nechal zakvasit. V pařicím zařízení se na cukrovou řepu působí tlakem vodní páry. Do roztoku, který obsahuje hydrolyzovaný škrob se dodají určité živiny. Dále se dopraví do vlastního fermentoru k fermentaci.

(Číž: 2009)

V průběhu času se vyvinuly jiné metody, které pro fermentaci přichází v úvahu. Trend se zaměřoval především na zjednodušení výroby a její efektivitu.

- Elektropolace, kdy se na celé řepné bulvy působí silným elektrickým polem, čímž dochází k destrukci buněk. Následným smícháním tohoto materiálu s vodou o teplotě do 60 °C lze získat substrát vhodný nejen pro přímou fermentaci sacharózy kvasinkami na etanol a též pro štěpení celulosy řepné dřeně enzymy na glukosu, která je fermentovatelná.
- Přímé rozmělnění řepných bulev tlakovým paprskem vody. Získaný substrát se zpracuje dále biochemicky.

(Číž: 2009)

4.4 Brambory

Brambory, jako surovina pro výrobu biolihu se v Evropě užívá jen zcela výjimečně. Dříve, kdy bylo v provozu nejen u nás více zemědělských lihovarů, produkovaly 85 % z celkové výroby lihu. Tyto podniky měly stejné pařicí zařízení, jak již bylo zmíněno u cukrové řepy. Nejdříve paření v pařicím zařízení, následné přidání sladu z ječmene a poté enzymatické štěpení. Získaný substrát se nechal zželatinovat.

(Číž: 2009)

4.5 Lignocelulózový materiál

Vyspělé země vkládají velké naděje do výroby biopaliv druhé generace, tedy z odpadní biomasy. Jsou to především biolih z lignocelulózového materiálu a biobutanol. Přejít na výrobu biolihu z lignocelulózy je podle odborníků nevyhnutelný. Jinak hrozí stálé zvyšování cen obilí a kukuřice. To má za následek zvýšení cen potravin, ale i krmiv pro zvířata a proto i zvýšení ceny masa a mléčných výrobků. Velké plány do budoucna má USA. V příštích letech se zde plánuje velký průlom v technologii vyrábějící biolih z lignocelulózového materiálu. Vláda

spojených států plánuje podpořit vývoj částkou téměř 800 mil. USD. Předpokládají, že do pěti let vyvinou vhodnou technologii, kdy produkční náklady na jednotku produkce budou srovnatelné, jako při výrobě biolihu z kukuřice. Celosvětově je produkce biolihu z nezemědělských a odpadních surovin na počátku vývoje. Komerční využití technologie se plánuje v horizontu 10 – 15 let.

(Pospíšil, Šebor, Šimáček, Mužíková:2012)

Tento materiál zahrnuje snad veškeré přírodní odpady, hlavně ze zemědělské výroby. Mohou to být například zbytky porostů – sláma, dřevní odpad, dřevní štěpky, energetické plodiny, ale i zbytkový odpad papíru, a dalších surovin. Proto výroba biolihu z těchto surovin může mít do budoucna značnou perspektivu. Největší produkcí biolihu ve světě z lignocelulózového materiálu se předpovídá biolih z rýžové slámy. Její roční produkce se odhaduje přes 700 milionů tun ročně, a to v celém světě. Předpovídá se proto, že rýžová sláma bude jedním z největších zdrojů biomasy pro výrobu biolihu v celém světě.

Lignocelulózové energetické plodiny představují vhodný výchozí produkt, kvůli vysokým výnosům, nízkým nákladům, využitelností méně kvalitních půd a celkové nízké environmentální zátěže.

(Hromádko: 2010)

Vhodné rostliny pro produkci lignocelulózového materiálu jsou rychle rostoucí plodiny. Jako nejvíce perspektivní rychle rostoucí dřeviny v evropských podmínkách jsou topoly a vrby, pěstované v tzv. výmladkových plantážích, tj. na plantážích s krátkou dobou obměny. Charakteristikou těchto druhů dřevin a keřů je vysoký výnos nadzemní biomasy, a to především v prvních letech nebo po opakovaném seříznutí. Výroba biolihu z těchto plodin je však dost složitá, ale to neznamená, že je nerealizovatelná. Proto také zatím není masově rozšířená. V dnešní době se však vývoj výroby biolihu z lignocelulózového materiálu intenzivně rozvíjí a do budoucna se s výrobou biolihu uvažuje v masovém měřítku. Tyto suroviny jsou k dispozici ve velkém množství, a proto se plánuje jejich co nejefektivnější využití. Jsou také levnější než většina ostatních surovin.

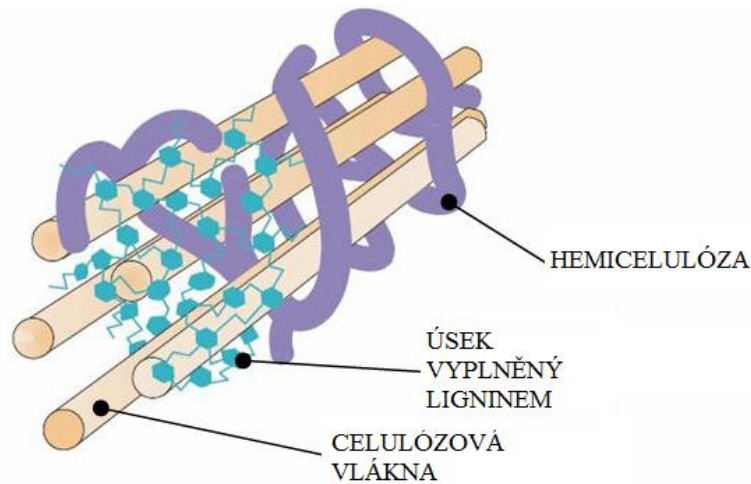
(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

Tabulka 4.2: Složení lignocelulózových plodin

materiál	celulóza (%):	hemicelulóza (%):	lignin (%):
štěpky-tvrdé dřevo	40 - 55	24 - 40	18 - 25
štěpky-měkké dřevo	45 - 50	25 - 35	25 - 35
kukuřičný klas	45	35	15
tráva	25 - 40	35 - 50	10 - 30
papír	85 - 99	0	0 - 15
pšeničná sláma	30	50	15
listí	15 - 20	80 - 85	0
novinový papír	40 - 55	25 - 40	24 - 29
prasečí kejda	6	1,4 - 3,3	2,7 - 5,7
dobytčí hnůj	1,6 - 4,7	35,7	6,4

(zdroj: Sun, Y., Cheng, J.: 2002)

Přeměna lignocelulózové biomasy na biolih je podstatně složitější než u škrobu. Hydrolýza, čili rozkladná reakce, při které se spotřebovává voda, je u lignocelulózového materiálu obtížnější než například u hydrolýzy škrobu. Lignocelulózová hmota obsahuje 40 – 60 % hmotnosti sušiny celulózu a 20 – 40 % hmotnosti sušiny hemicelulózu, které sice nejsou zcela rozpustné ve vodě, ale lze je fermentovat. Naopak od ligninu, který se v lignocelulózové biomase objevuje (10 – 15 % hmotnosti sušiny). Lignin je odolný vůči biologické degradaci a proto ho nemůžeme fermentovat. Lignin se ani dále nedá efektivně využívat, kromě jeho přeměny v teplo (spalováním).

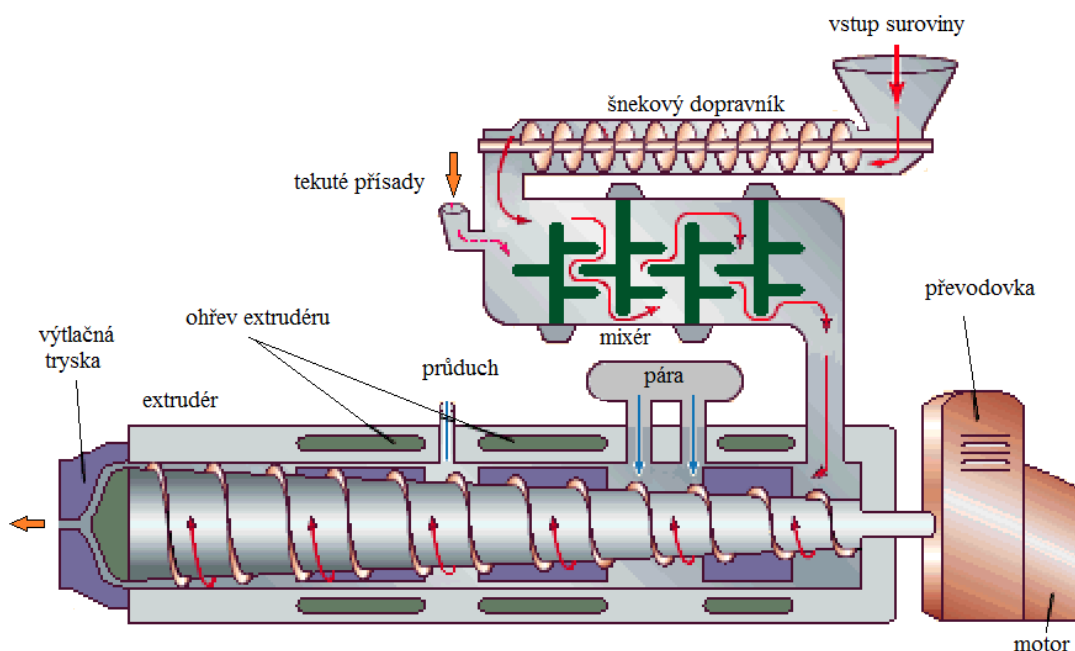


Obrázek 4.2: Struktura lignocelulózových materiálů

(zdroj: Straka, F.: Bioplyn)

Lignocelulózový materiál se nejdříve rozdrtí a následně termochemicky předupraví. Materiál musí být rozdrcen z důvodu zvětšení povrchu lignocelulózového materiálu pro kontakt s enzymy. Tím se zvýší účinnost hydrolýzy až o 25 %, a doba rozkladu se sníží až o 59 %. Pro rozmělnění vlhkého materiálu je nejčastěji použito koloidních mlýnů, nebo extrudérů. Pro mletí suchých materiálů se používají úderové mlýny, nožové mlýny, nebo mlýny pracující na principu válcování materiálu. Dalším možným způsobem rozmělnění lignocelulózových materiálů je zpracování extruzí. Extruze je princip vytlačování materiálu. Zařízení se jmenuje extrudér a princip činnosti je zřejmý z obrázku 4.2. V pracovní části extrudéru je biomasa ohřívána parou, promíchána a rozmělněna. V dalších zónách extrudéru je biomasa chemicky a termochemicky předupravována.

(Sun, Y., Cheng, J.: 2002)

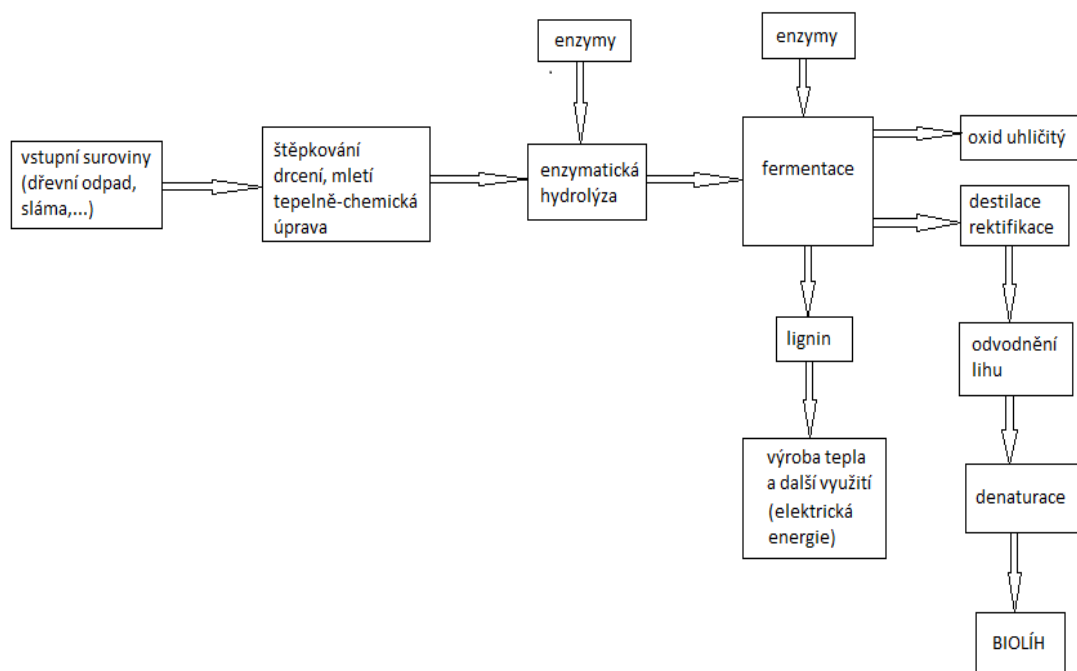


Obrázek 4.3: Schématické znázornění extrudéru

(zdroj: <http://www.britannica.com/>)

Termochemická předúprava má za úkol narušení struktury celulózy a tím mají kyseliny a enzymy lepší přístup do materiálu. V následné části výroby se přeměňuje předem upravená celulóza a hemicelulóza na elementární cukr. Nejsnadněji lze provést přeměnu na fermentovatelný materiál pomocí kyselé hydrolýzy. Nejprve za pomoci roztoku kyseliny o koncentraci poloviny procenta a při teplotě 200 °C k narušení strukturní mřížky materiálu. Ve výsledku se dostanou jednoduché cukry, které jsou ve vodě zcela rozpustitelné, a také přímo fermentovatelné. Celulóza je podstatně odolnější a její přeměna potřebuje radikálnější podmínky.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)



Obrázek 4.4: Schéma postupu výroby biolihu z lignocelulózového materiálu

V prvním kroku dochází při hydrolýze pouze k otevření její struktury a redukci velikosti řetězců polysacharidů. Následně je ve druhém kroku provedena konverze na přímo fermentovatelnou glukosu použitím vyšší teploty (240 °C) a kyseliny o vyšší koncentraci (2 % hm.). Posledním krokem je rafinace, rektifikace a konečně dehydratace bioetanolu.

(Šebor, Pospíšil, Žákovec: 2006)

4.6 Méně vhodné suroviny produkce biolihu

Další plodiny, které přicházejí v úvahu pro výrobu biolihu jsou čirok, topinambur, kořen čekanky. Tyto plodiny se u nás pro výrobu biolihu nevyužívají, ale v budoucnosti se tak stát může. Tyto plodiny jsou pro výrobu biolihu méně vhodné, ale v dnešní době, kdy se snížila produkce cukrové řepy na cukr, uvolnila cukrovka plochy na pěstování jiným rostlinám, které by mohly mít využití pro výrobu biolihu.

Čirok je dva až tři metry vysoká rostlina, obsahuje do 20% sacharózy. Ze zralých rostlin se po rozdrcení vylisuje šťáva, která se používá na produkci biolihu. Čirok má výnosy okolo půl tuny na hektar a lze ho pěstovat v kukuřičných oblastech.

(Číž: 2009)

Kořen čekanky obsahuje inulin. Lze tudíž z čekanky také vyrábět biolíh. Pěstební technika pro pěstování čekanky je velice podobná agrotechnice pro pěstování cukrové řepy. Roční výnosy čekanky se pohybují kolem patnácti tun na hektar.

(Číž: 2009)

Také topinambur je vhodný pro produkci biolíhu. Vyskytuje se jako rostlina s přímým vysokým stonkem. Zelená nadzemní hmota se využívá především ke krmným účelům. Pro výrobu biolíhu se však dá použít spíše hlíza topinamburu. Ta obsahuje, jako předešlá čekanka, inulin. Inulin je polysacharid podobný škrobu, a proto je rostlina kromě krmných účelů vhodná i pro produkci biolíhu. Na hektar má topinambur produkci kolem dvaceti tun hlíz. Lze použít mimo hlíz také štěpky topinamburu. Jejich průmyslové využití však je nepodstatné.

(Číž: 2009)

K výrobě biolíhu lze použít také plody jírovce, tedy kaštiny. A to jak jedlé kaštiny, tak i divoké, které se přirozeně vyskytují v našich klimatických podmínkách. Obsah škrobu je u kaštanů kolem třiceti procent, ale dále obsahují saponin a třísloviny, které nevhodně narušují enzymatickou hydrolýzu, a to znamená, že i vlastní kvašení kvasinkami.

(Číž: 2009)

5 Zátěž výroby legislativními předpisy a směrnicemi

5.1 Zákon o lihu (zákon č. 61/1997 Sb.)

Zákon o lihu vymezuje a upravuje podmínky týkajících se výroby, úpravou, skladováním, evidencí a oběhu lihu. Dále stanovuje působnost ministerstev a jiných úřadů v této oblasti.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.2 Zákon o spotřebních daní (zákon č. 353/2003 sb.)

Zákon upravuje zdaňování uhlovodíkových paliv a maziv, lihu, piva, vína a tabákových výrobků spotřebními daněmi. Řeší také problematiku značení některých tabákových výrobků (cigaret, doutníků) tabákovými nálepkami. Zákon nejprve vymezuje základní společné pojmy (plátce daně; předmět daně; základ, sazby a výpočet daně; osvobození od daně; nárok na vrácení daně; vystavování daňových dokladů; daňové přiznání), následně pak upravuje konkrétní povinnosti pro každou kategorii výrobků.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.3 Zákon o dani z přidané hodnoty (zákon č. 235/2004 sb.)

Daně z přidané hodnoty patří mezi nejsložitější v daňové oblasti. Dokument vychází ze zákona č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty a jeho strukturovaný obsah napomáhá lepší a snadnější orientaci v této problematice. Vedle objasnění nejdůležitějších pojmů obsahuje informace k situacím, které plátce daně nejvíce zajímají, mezi něž patří zúčtování DPH při zahraničním obchodě, výpočet základu a sazby DPH nebo nárok na odpočet či vrácení DPH. Neopomíjí ani legislativní zakotvení DPH.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.4 Zákon o odpadech (zákon č. 185/2001 sb.)

Zákon, který stanovuje v souladu s předpisy Evropské unie pravidla pro předcházení vzniku odpadů, pro nakládání s odpadem a dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale udržitelného rozvoje. Dále také pravidla pro nakládání s odpady. Stanovuje práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy. Zákon se nevztahuje na některé odpady, které jsou uvedeny v zákonech § 2a) – § 2i).

5.5 Stavební zákon (zákon č. 183/2006 sb.)

První část zákona upravuje problematiku územního plánování (cíl: funkční využití území - plánování stanoví zásady jeho organizace a věcně a časově koordinuje výstavbu a jiné činnosti ovlivňující rozvoj území). Druhá část zákona obsahuje ustanovení Stavebního řádu (upravuje povolování staveb a změny staveb; kolaudace; užívání staveb a státního stavebního dohledu). Další části zákona upravují činnost stavebních úřadů, sankce za porušení zákona a problematiku vyvlastnění pozemků a staveb.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.6 Živnostenský zákon (zákon č. 455/1991 sb.)

Zákon upravuje podmínky živnostenského podnikání. Zákon stanovuje druhy živností (živnosti koncesované, živnosti ohlašovací - řemeslné, vázané a volné); co je a není živností, dále podmínky pro provozování živností (odborná způsobilost); rozsah živnostenského oprávnění (živnosti obchodní a výrobní, živnosti poskytující služby); dále náležitosti spojené s vydáním živnostenského listu/koncesní listiny a jejich centrální evidencí. V příloze zákona jsou uvedeny Seznamy jednotlivých druhů živností.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.7 Zákon o životním prostředí (zákon č. 17/1992 sb.)

Zákon vymezuje na základě v souladu s předpisy Evropské unie základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti osob, při ochraně stavu životního prostředí. Vychází přitom z principu trvale udržitelného rozvoje.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.8 Zákon o obalech (zákon č. 477/2001 sb.)

V současné době upravuje nakládání s odpady z obalů soustava dvou zákonů. V zákoně jsou uvedeny základní povinnosti maloobchodu a podnikatelů, kteří uvádějí na trh obaly nebo balené výrobky. Mezi základní povinnosti patří prevence, základní

podmínky, prohlášení; registrace, evidence, zpětný odběr, využití recyklace; označování.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

5.9 Zákon o ochraně biotechnologických vynálezů (zákon č. 206/2000 sb.)

Zákon upravuje problematiku ochrany biotechnologických vynálezů. Zákon vymezuje některé pojmy (biologický materiál; mikrobiologický postup; v zásadě biologický způsob pěstování rostlin nebo chov zvířat), dále definuje patentovatelné biotechnologické vynálezy (izolovaný biologický materiál; rostliny a zvířata; mikrobiologický nebo jiný technický postup a výrobek) a výluky z patentovatelnosti. Upravuje též rozsah ochrany; vyčerpání práv; omezení práv majitele patentu a podmínky přihlášky vynálezu.

(<http://www.zakonyprolidi.cz/>)

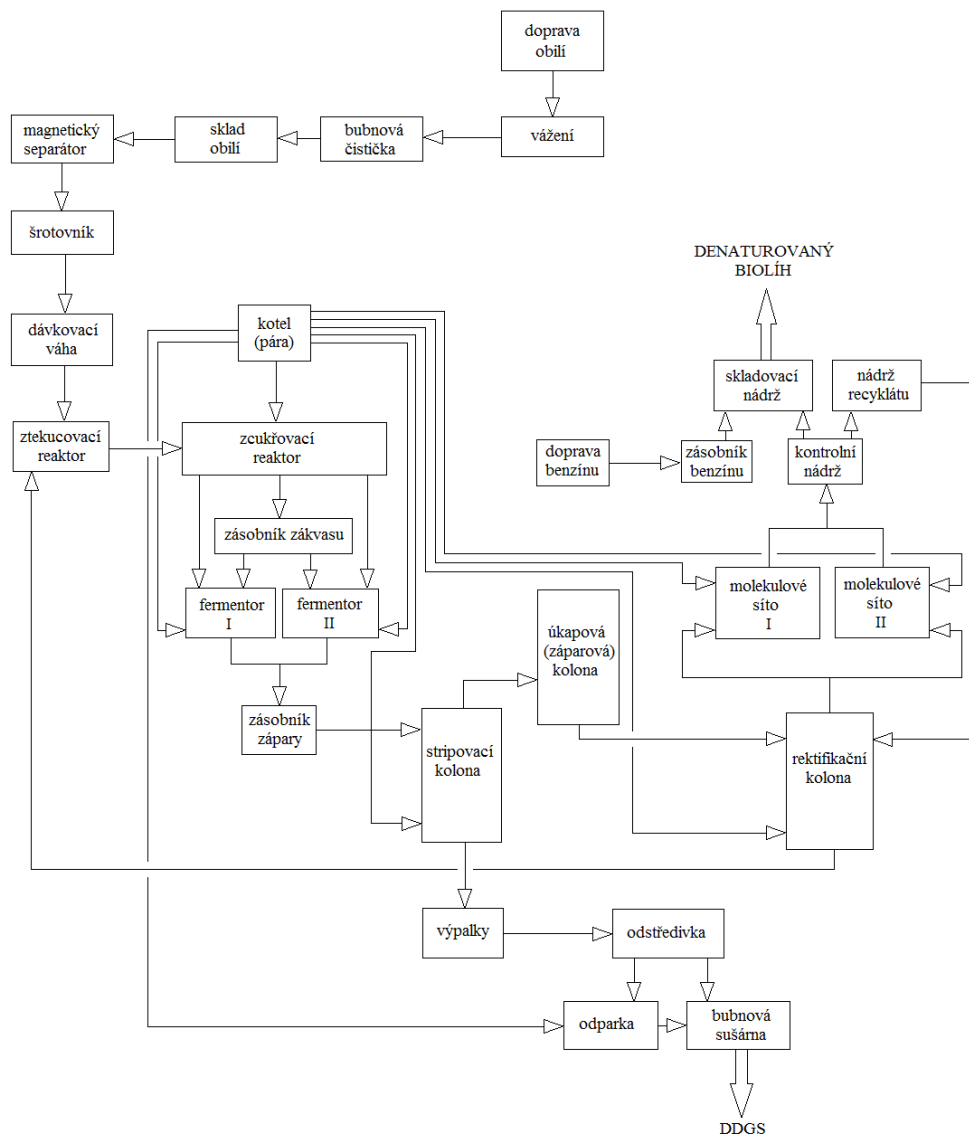
6 Návrh technologického souboru pro výrobu biolihu z obilí

Předpokládaná roční produkce biolihu je 500 000 litrů. Výstavba lihovaru by měla představovat možnosti velkého zemědělského družstva, které má potřebné vstupní kapacity týkající se rozlohy potřebných pěstitelských ploch zejména pšenice, nevyužití pracovních sil v mimosezónním období a nevyužité prostory bývalých zemědělských objektů, vhodných pro výstavbu lihovaru. Dle tabulky 4.1 o výtěžnosti biolihu z daných plodin je potřeba k roční produkci 500 000 litrů biolihu k dispozici přibližně 1470 tun pšenice. Vycházím z údaje o průměrné výtěžnosti 340 litrů biolihu z jedné tuny pšenice. Pokud by lihovar měl být zásobován vstupní surovinou (pšenicí) pouze z vlastních zdrojů, a veškerá úroda pšenice by měla být využita k výrobě biolihu, musí zemědělský podnik zajistit ročně výsev pšenice na 300 hektarech, při předpokládané průměrné výnosnosti pšenice 5 (t.ha⁻¹). U volby areálu pro vznik lihovaru je nutné vyřešení problému s dostupností pitné a užitkové vody, nebo kanalizace, ta by měla být napojena na čističku odpadních vod. Předpokladem při vzniku lihovaru je také vlastní bioplynová stanice, zaručující vlastní zdroje elektrické energie, a zároveň možnost dalšího využití bioplynu, jako zdroje tepla (spalování) při výrobě páry. Dalším produktem lihovaru je DDGS, používané jako krmivo pro dobytek.

Tabulka 6.1: Předpokládaná energetická náročnost technologického souboru

n_{dp}	285
Q_c (l.rok ⁻¹):	500 000
spotřeba obilí (t.rok ⁻¹):	1470
spotřeba páry na výrobu biolihu (t.rok ⁻¹):	1580
spotřeba páry na výrobu DDGS (t.rok ⁻¹):	955
celková spotřeba páry (t.rok ⁻¹):	2535
spotřeba chladicí vody (m ³ .rok ⁻¹):	3115
spotřeba pitné vody (m ³ .rok ⁻¹):	187
spotřeba přídatné upravené vody (m ³ .rok ⁻¹):	460
celková spotřeba technologické vody (m ³ .rok ⁻¹):	3575
spotřeba elektřiny (mWh.rok ⁻¹):	157
spotřeba ztekucovacího enzymu (kg.rok ⁻¹):	485
spotřeba zcukřovacího enzymu (kg.rok ⁻¹):	830
spotřeba enzymu proteáza (kg.rok ⁻¹):	120
spotřeba denaturačního činidla (m ³ .rok ⁻¹):	10
předpokládaná výtěžnost biolihu (l.rok ⁻¹):	500 000
výtěžnost DDGS (t.rok ⁻¹):	450

V tabulce 6.1 (Předpokládaná energetická náročnost technologického souboru) jsou uvedené hodnoty pouze orientační, určené přepočtem údajů na jednotku produkce lihovaru Dobrovice. Předpokládaný postup výroby biolihu v navrhovaném lihovaru je zřejmý z následujícího schématického znázornění.



Obrázek 6.1: Schématické znázornění výroby biolihu z obilí

6.1 Doprava obilí

Do areálu pro skladování obilí je doprava zajištěná silniční přepravou nákladními vozy s vhodnou nástavbou pro přepravu sypkých materiálů. S dodávkou obilí z menších vzdáleností je vhodná i doprava traktory s přípojnými vleky pro přepravu a vykládku obilovin.

6.2 Vážení obilí

Při nákupu zásobních surovin se obilí nejprve zváží, poté až vysype do příjmového koše. K vážení použijeme stabilní mostní váhu MAV – OS – 3x9/30. Mostní váha je vhodná pro vážení nákladních automobilů. Váživost: 30t, přesnost vážení: 10kg. Váha je zabudována v podlaze – nájezdy jsou v úrovni terénu.



Obrázek 6.2: Stabilní váha MAV – OS – 3x9/30

(<http://www.profivahy.cz/>)

Tabulka 6.2: Technická data váhy MAV – OS – 3x9/30

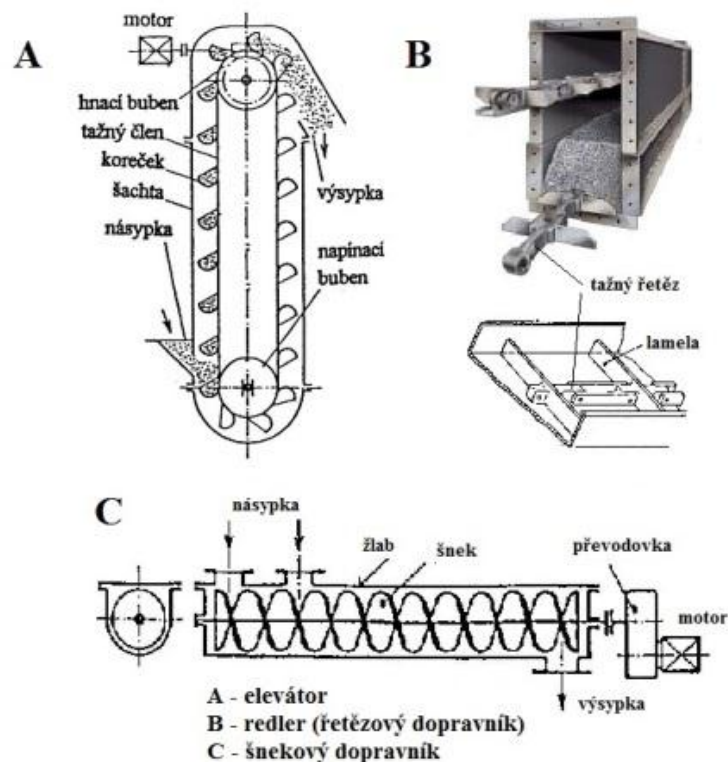
váživost (t):	30
přesnost (kg):	10
rozměr vážní plochy (m):	3x9
funkce váhy:	vážení, sumační režim
napájení váhy:	AC 230V
materiál vážní plochy:	lakovaná ocel
materiál konstrukce:	ocel
displej:	LED 20 (mm)
komunikační rozhraní:	RS232
t _p :	-10°C » +40°C
P (W):	10
Rozměry: b x h x l (mm):	300 x 380 x 9000
odesílání dat:	do PC, přídatný displej
umístění:	zabudovaná, úroveň terénu
krytí:	IP - 68
m (kg):	5400

(zdroj: <http://www.profivahy.cz/>)

V hale určené pro příjem materiálu je z nákladních automobilů obilí sklopeno do příjmového koše. Příjmový koš je přejezdny, zabudovaný v podlaze příjmové haly. Je složen z přejezdného ocelového roštu a ocelových splach, které ústí do spodní části příjmového koše.

6.3 Doprava obilí po areálu závodu

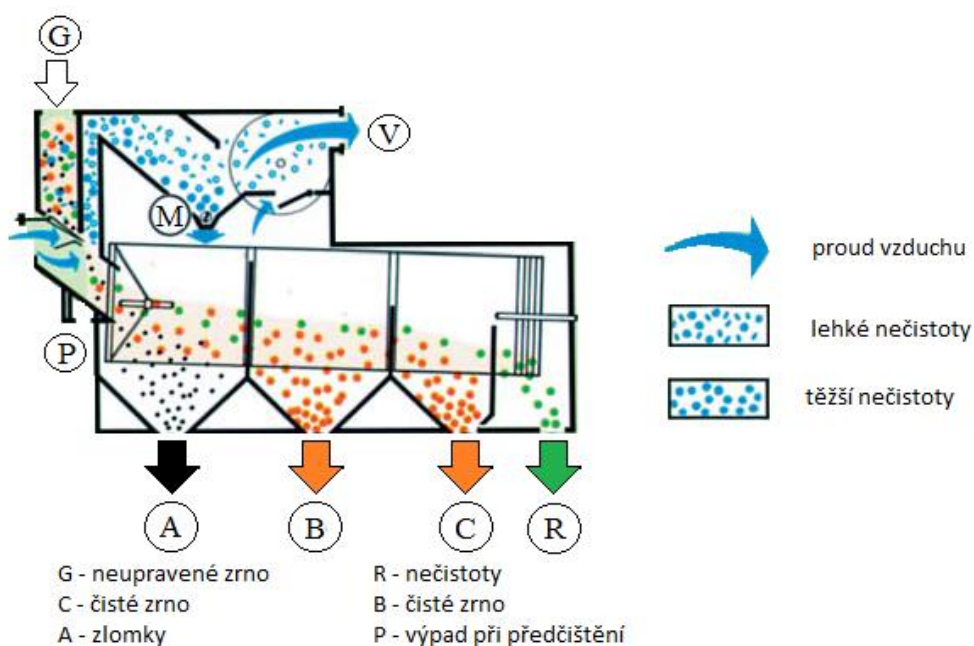
Z příjmového koše je materiál vyhrnován dvojicí řetězových redlerových dopravníků s kovovými unašeči. V areálu pro dopravu ve vodorovném a šikmém směru je využívána kombinace dopravníků šnekových, řetězových (redlerových). Pro dopravu ve svislém směru nejčastěji použito korečkových elevátorů. Schéma dopravníků je znázorněno na obrázku 6.3.



Obrázek 6.3: Schéma použitých dopravníků

6.4 Předčištění obilí

Před naskladněním obilí nejprve zbavíme nečistot, příměsí a prachu. To provedeme pomocí bubnové čističky MAROT EAC 153.



Obrázek 6.4: Schéma bubnové čističky MAROT EAC 153

(zdroj: <http://www.siagra.cz>)

Toto zařízení odstraňuje lehké nečistoty a zároveň odděluje zrno od zlomků zrn a nečistot. Tato činnost je prováděná odsávacím systémem a poté rotačním bubnem. Neupravené zrno při vstupu je rovnoměrně rozloženo do vrstev, kterými je profukován proud vzduchu. Výkon odsávání je regulován. Těžší částice vypadávají z proudu vzduchu a ukládají se na dno odsávací komory, odkud jsou transportovány krátkým dopravníkem "M". Lehčí nečistoty jsou unášeny ventilátorem do výdechu "V". U sušárny lze nastavit síta pro různé obilniny. První síto separuje zlomky zrn, písek a další menší částice. Následující dvě síta umožňují průchod konečné obiloviny. Ostatní částice, které nepropadly žádným sítem, ani nebyly odděleny vzduchem, se odstraní na konci stroje.

Tabulka 6.3: Technické parametry čističky MAROT EAC 153:

W (t.hod ⁻¹):	15
počet sít:	3
D _b (mm):	630
S (m ²):	3,9
P _v (m ³ .hod ⁻¹):	6000
el. pohon bubnu (kW):	0,75
el. pohon ventilátoru (kW):	2,2
l (mm):	3221
h (mm):	1990
b (mm):	1295
m (kg):	650

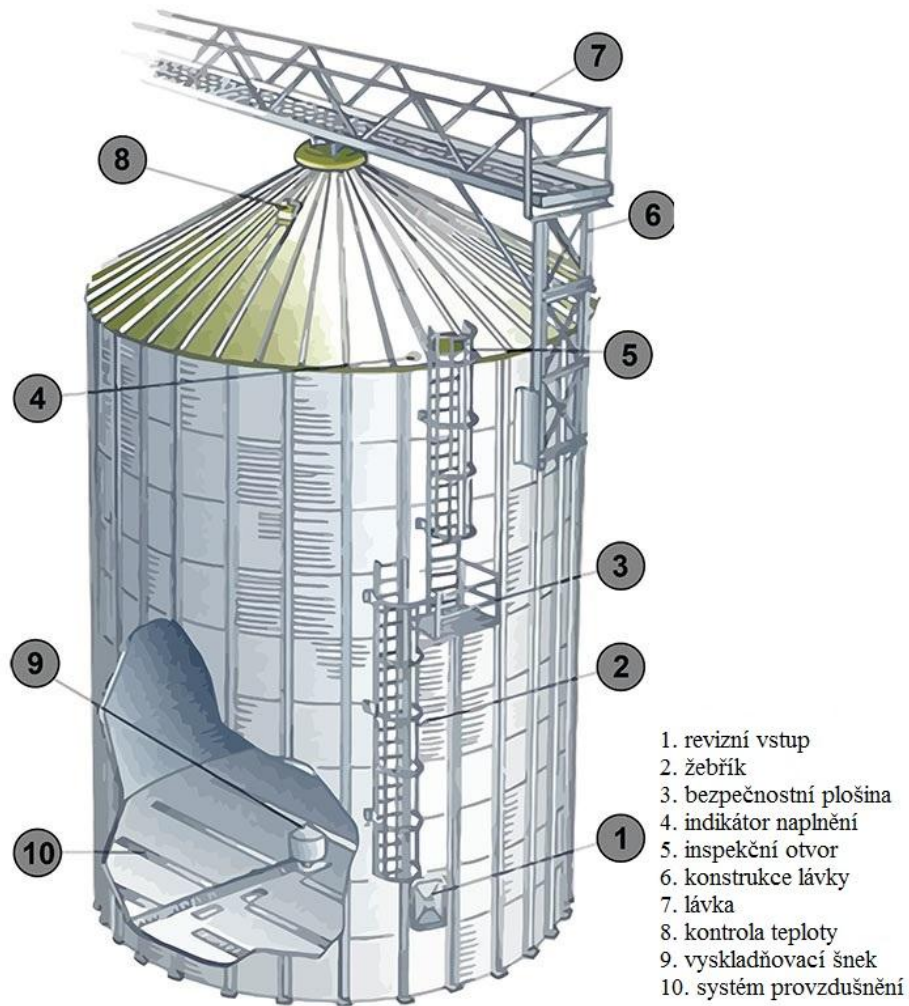
(zdroj: <http://www.siagra.cz>)

6.5 Skladování obilí

Pro uskladnění 1 470 tun pšenice o objemové hmotnosti 780 (kg.m⁻³) je potřeba skladovací prostor o celkovém objemu 1885 (m³). Obilí bude skladováno ve třech silech o kapacitě 640 (m³). Obilná sila mají ploché dno, otvor pro naskladnění, střešní otvor pro kontrolu, spodní otvor pro revizi. Stěny a střecha sila je opatřena

hladkým plechem z pozinkované oceli. Vybírání naskladněného obilí zajištěno pomocí spodního šnekového vybírače.

Doplňkové vybavení sila: žebříky, schodiště, inspekční otvory, aktivní odvětrání, dopravní cesty, provzdušňovací ventilátory, protikondenzační ventilátory, systémy měření teplot, množství, řídicí systém.



Obrázek 6.5: Silo FBS – 073116 s plochým dnem

(zdroj: <http://www.sila-nadrze.cz/>)

Tabulka 6.4: Parametry sila

typ:	FBS - 073116
D (m):	7.31
počet lubů:	16
V_{\max} (m ³):	640
h_{prac} (m):	14.56
h (m):	16.67
kapacita pšenice (t):	499.2

Poznámka: Kapacita sila je udávána pro pšenici o objemové hmotnosti 780 (kg.m⁻³)

(zdroj: <http://www.sila-nadrze.cz/>)

Potřebný počet sil: 3

6.6 Šrotování

Obilí je ze sila vyskladňováno šnekovým vybíračem a dopravováno přes magnetický separátor do šrotovníku. Magnetický separátor slouží k oddělení feromagnetických nečistot ze zrna.



Obrázek 6.6: Deskový magnetický separátor MD1

(zdroj: <http://www.taurus-sro.cz/>)

Tabulka 6.5: Technické parametry deskového magnetického separátoru

typ:	MD1
l (mm):	500
b (mm):	400
h (mm):	330
W (m ³ .hod ⁻¹):	20
m (kg):	41,5

(zdroj: <http://www.taurus-sro.cz/>)

Pro drcení obilí k výrobě biolihu bude použit horizontální kladívkový šrotovník Taurus HM 22. Pšenice je drcena údery kladiv s vysokou obvodovou rychlostí a nárazy na hrany vnitřního povrchu skříně. Rozdrcené obilí propadává sítím. Změnou velikostí děr síta se mění velikost částic šrotu. Šrotovník bude pracovat semikontinuálně. To znamená, že během určité doby se sešrotuje potřebné množství pšeničného šrotu a poté se šrotovník vyřadí z činnosti.



Obrázek 6.7: Horizontální šrotovník Taurus HM 22

(zdroj: <http://www.taurus-sro.cz/>)

Technické parametry horizontálního šrotovníku jsou uvedeny v následující tabulce.

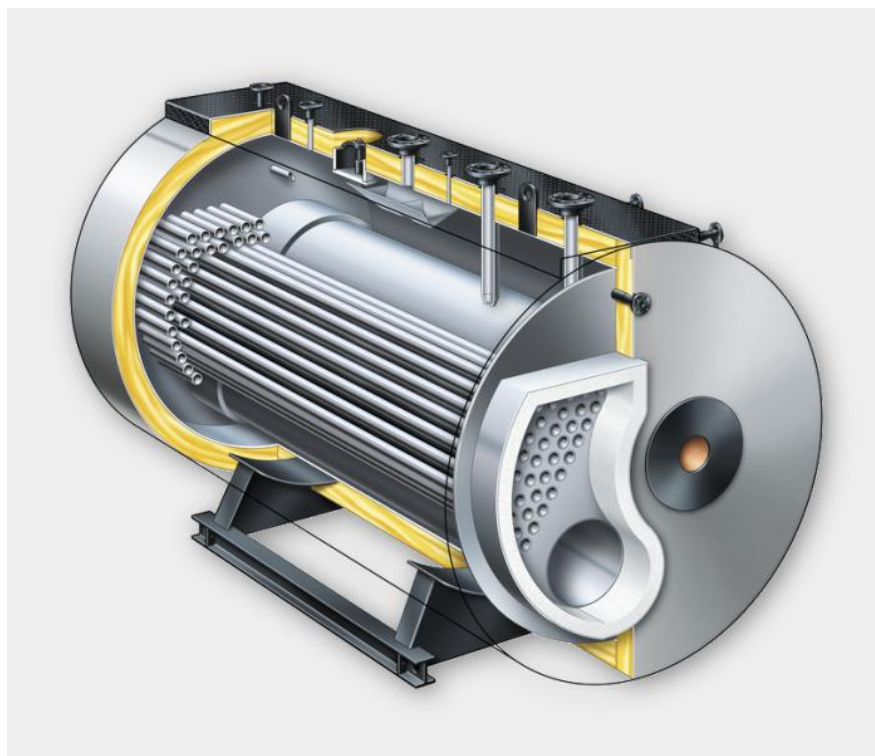
Tabulka 6.6: Technické parametry šrotovníku

typ:	HM 22
l (mm):	1655
b (mm):	900
h (mm):	740
W (t.hod ⁻¹):	do 1.0
m (kg):	650
typ elektromotoru:	M 180L-04
P _m (kW):	22
I _j (A):	41.5
n _j (1.min ⁻¹):	1465
D rotoru (mm):	455
počet kladiv:	24
počet řad kladiv:	4
v _o (m.s ⁻¹):	34.5
počet otvorů síta (mm):	6 - 16
krytí:	IP 54

(zdroj: <http://www.taurus-sro.cz/>)

6.7 Výroba středotlaké páry

Středotlaká pára je vyráběná v kotli Vitomax 200-HS. Kotel je vytápěn bioplynem, který je zajištěn z vlastních zdrojů (bioplynová stanice). Provozní přetlak kotle je 6 až 25 baru. Podle druhu a výhřevnosti paliva se výkon kotle pohybuje v rozmezí 0,5 až 4 (t.hod⁻¹). Účinná tepelná izolace kotle má za následek účinnost až 95%. Kotel je automatický, bezobslužný, kontrola jednou za 24 hodin. Kotel je doplněn pro zvýšení účinnosti ekonomizérem – ECO (předehříváč napájecí vody).



Obrázek 6.8: Řez parního kotle Vitomax 200-HS

(zdroj: <http://www.viessmann.cz/>)

Pro celkovou funkci výroby páry a bezúdržbového chodu zařízení je ke kotli instalováno velké množství komponentů. Jsou to například bezpečnostní, regulační, indikační a uzavírací armatury, rozvaděč k ovládání automatických a bezpečnostních systémů kotle. Dále odkalovací a odluhovací ventily, hořák. K hořáku je přiřazen ventilátor spalovacího vzduchu, pro dodání požadovaného množství vzduchu. Potřebná voda, ze které se vyrábí pára, musí být předem nejprve upravena chemicky, poté tepelně. Dalším krokem úpravy vody je odplynění.

Bioplyn jako palivo je efektivnější použít k přeměně na elektrickou energii. Proto další možností je volba parního kotle vytápěného peletami. Zemědělské družstvo, které by mělo případný projekt lihovaru realizovat, bude mít k dispozici velké množství slámy, nebo dalšího odpadu (např. dřevěné štěpky) vhodného pro výrobu pelet. Parní kotel na biomasu je nutné opatřit zařízením pro kontinuální dopravu biomasy do prostoru hoření. Vhodný je kotel se zásobníkem a šnekovým dopravníkem pro dopravu pelet ze zásobníku biomasy do kotle. Zásobník bude plněn kolovým manipulátorem maximálně jednou za den.

6.8 Příprava zápar

Při přípravě zápar ze škrobnatých surovin lze využít dva způsoby:

- Tlakový způsob (pařákový)
- Beztlakový způsob (infuzní)

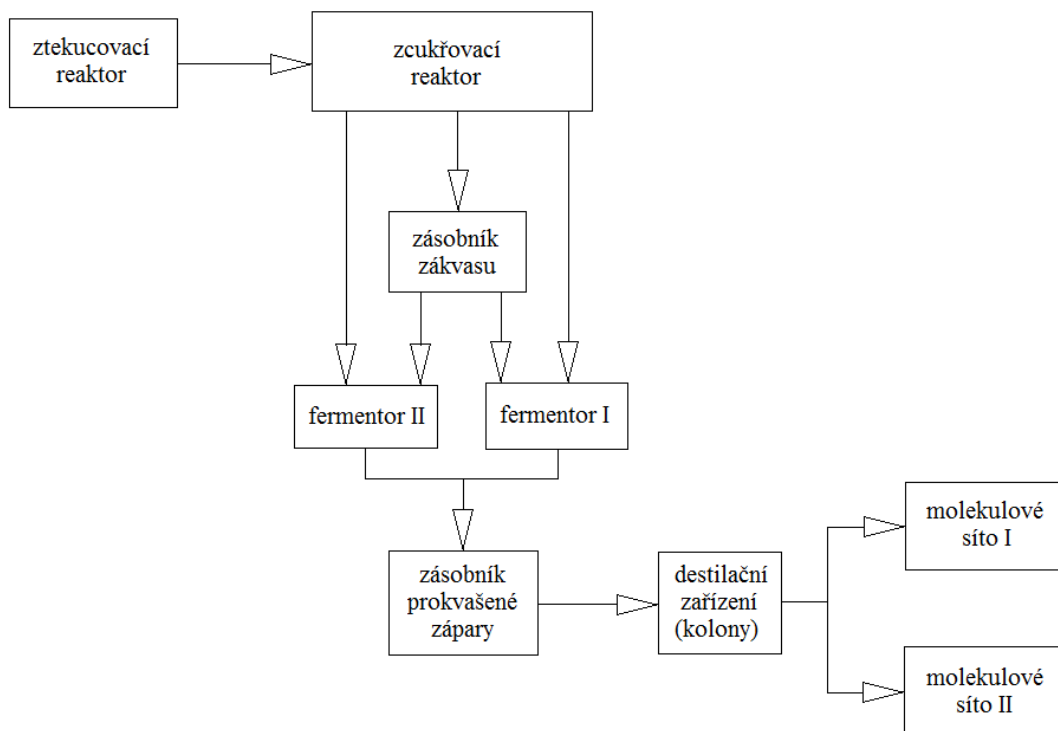
Tlakový způsob má výhodu v paření celých zrn obilí. V našem případě použijeme beztlakový infuzní způsob. Po šrotování se obilný šrot dopraví šnekovým dopravníkem přes dávkovací váhu (automatický dávkovač vody) do ztekucovacího reaktoru.

Tabulka 6.7: Parametry dávkovací váhy AWD 12

W (kg.hod ⁻¹):	až 15000
vlhkost šrotu (%):	9 - 15
t _s (°C):	0 - 40
t _p (°C):	5 - 40
dávkování vody (l.hod ⁻¹):	10 - 630
t _{H2O} (°C):	do 40
m (kg):	55

(zdroj: <http://www.prokop.cz/>)

V dávkovací váze se smíchá šrot s vodou v poměru 1:3. Ve ztekucovacím reaktoru se ještě přidává lurová voda o teplotě 75 °C a aplikují se enzymy (termostabilní α -amylasy bakteriálního původu). V další fázi ve zcukřovacím reaktoru je přivedena středotlaká pára, která se mísí se směsí pomocí parního ejektoru. Působením enzymů dojde ke zcukření (škrob a dextriny převedeny na zkvasitelný sacharid).



Obrázek 6.9: Detailní schéma výroby procesu biolihu

Určení objemu fermentoru V_f (m^3):

Roční produkce biolihu:	$Q_c = 500\ 000$ (l)
Čas cyklu fermentace:	$t_{cf} = 30$ (hod)
Počet fermentorů:	$n = 2$ (-)
Počet dní provozu:	$n_{dp} = 285$ (-)
Výtěžnost lihu z pšenice:	$q_l = 0,34$ ($l \cdot kg^{-1}$)
Objemová hmotnost šrotu:	$\rho_s = 650$ ($kg \cdot m^{-3}$)

- Počet cyklů fermentace (n_c):

$$n_c = \frac{n_{dp} \cdot 24}{t_{cf}} \cdot n \quad (-)$$

(2)

$$n_c = \frac{285 \cdot 24}{30} \cdot 2 = 456 \quad (-)$$

- Výtěžnost lihu z jednoho cyklu fermentoru (q_{cf}):

$$q_{cf} = \frac{Q_c}{n_c} \quad (l) \quad (3)$$

$$q_{cf} = \frac{500\,000}{456} = 1\,096 \quad (l)$$

- Hmotnosť šrotu potrebného pro jeden cyklus fermentace (m_{s}):

$$m_{\text{s}} = \frac{q_{cf}}{q_l} \quad (kg) \quad (4)$$

$$m_{\text{s}} = \frac{1096}{0,34} = 3\,223 \quad (kg)$$

- Objem šrotu potrebného pro jeden cyklus fermentace (V_{s}):

$$V_{\text{s}} = \frac{m_{\text{s}}}{\rho_{\text{s}}} \quad (m^3) \quad (5)$$

$$V_{\text{s}} = \frac{3\,223}{650} = 5 \quad (m^3)$$

- Hmotnosť vody potrebné pro jeden cyklus fermentace (m_{H_2O}):

$$m_{H_2O} = m_{\text{s}} \cdot 3 \quad (kg) \quad (6)$$

$$m_{H_2O} = 3\,223 \cdot 3 = 9\,669 \quad (kg)$$

- Objem vody potrebné pro jeden cyklus fermentace (V_{H_2O}):

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \quad (m^3) \quad (7)$$

$$V_{H_2O} = \frac{9\,669}{1000} = 9,669 \quad (m^3)$$

- Objem fermentoru (V_f):

$$V_f = V_{\text{s}} + V_{H_2O} \quad (m^3) \quad (8)$$

$$V_f = 5 + 9,669 = 14,669 \text{ (m}^3\text{)}$$

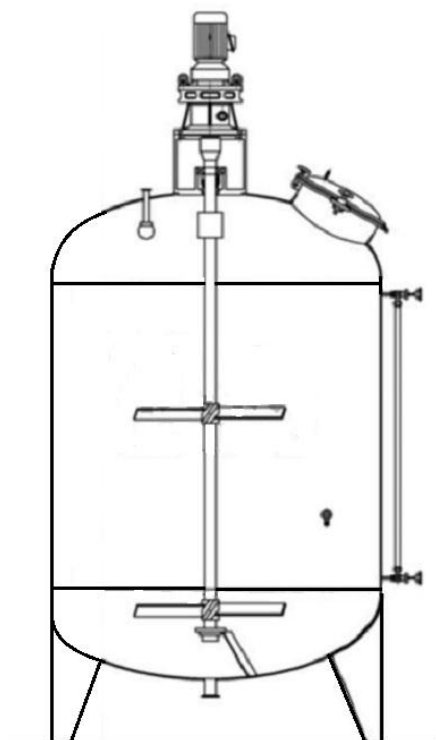
Tabulka 6.8: Objemy a výkonnosti zařízení pro výrobu biolihu

	V (l):	W (l.hod ⁻¹):
ztekucovací reaktor	14 000	930
zcukřovací reaktor	15 000	1000
zásobník zákvasu	2 000	-
fermentor I	14 800	493
fermentor II	14 800	493
zásobník prokvašené zápary	20 000	-
destilační zařízení	-	73
molekulové síto I	-	71
molekulové síto II	-	71

Fermentory se ale neplní maximálním množstvím zápary. Z tohoto důvodu je potřebná kapacita fermentoru 20 (m³). Prodleva plnění mezi oběma fermentory je 15 hodin. Důvodem je volba ztekucovacího a zcukřovacího fermentoru o menší kapacitě.

V technologii je využito dvou reaktorů.

- ztekucovací
- zcukřovací



Obrázek 6.10: Schéma reaktoru

Na přípravu zápary do fermentoru o objemu $14,7 \text{ m}^3$ je zapotřebí ztekucovací reaktor o objemu 14 m^3 a zcukřovacího reaktoru 15 m^3 . Výkonnosti reaktorů jsou zřejmé z tabulky 6.8. Reaktor je stojatá válcová nádoba z korozivzdorné oceli, a je opatřen příslušenstvím pro míchání směsi, otvory pro vstup obilného šrotu, vody, páry, zařízením pro kontrolu a regulaci teploty, výstupem pro odvod směsi z reaktoru.

Při odčerpávání zápary ze zcukřovacího reaktoru je zápara ochlazována na teplotu 55 až $65 \text{ }^\circ\text{C}$ a část dopravena do zásobníku zákvasu. Zbýlá část je přečerpána do jednoho ze dvou fermentorů. Do přivedené ochlazené zápary se v zásobníku zákvasu přidá přesné množství kvasnic. Zásobník zákvasu je vybaven vstupy pro přívod vzduchu, jimiž je přiveden kyslík potřebný pro rozvoj a růst kvasinek. Zásobník zákvasu je opět válcová nádoba z korozivzdorné oceli opatřená vstupy pro přívod vzduchu, kontrolním otvorem, teploměrem, výstupem pro odčerpání zákvasu do fermentorů. Kapacita zásobníku zákvasu pro danou roční produkci biolíhu je 2000 litrů, hmotnost prázdné nádoby 470 (kg).



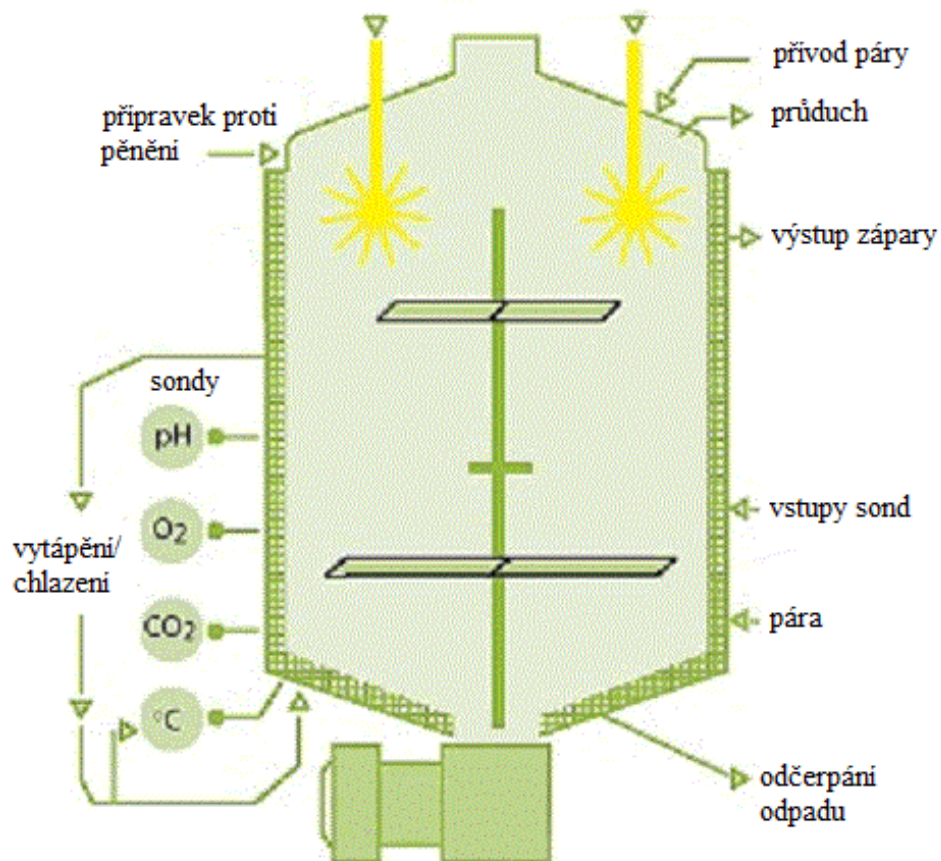
Obrázek 6.11: Zásobník zákvasu QC – 200

(zdroj: <http://wenxiong.en.made-in-china.com>)

6.9 Fermentace

Ze zcukřovacího reaktoru je zápara odčerpávána do jednoho ze dvou fermentorů. Během odčerpání je zápara ochlazena na teplotu 33 °C. Součástí fermentorů je oběžné čerpadlo, které napomáhá ve fermentoru udržovat homogenní směs pomocí vnějšího cirkulačního okruhu. Součástí tohoto okruhu je také chladič. Chladič, pomocí vody odvádí teplo vzniklé reakcí přeměny cukru na líh. Chlazením je regulována teplota směsi v reaktoru, která by neměla přesáhnout 33 °C. Při fermentaci je také produkován plyn CO₂. Ten je vypouštěn do ovzduší přes absorbér, který je pro oba fermentory společný. Absorbér je zařazen do technologie z důvodu odstranění těkavých látek, které CO₂ strhává. Prokvašená zápara o obsahu 10-13 % lihu z celkového objemu je přečerpána do zásobníku prokvašené zápary. Odtud je prokvašená zápara čerpána do kontinuálně pracujícího zařízení určeného k destilaci. Po odčerpání prokvašené zápary následuje čištění a sterilizace fermentoru a potrubí.

Materiál fermentoru je korozivzdorná ocel, stěny fermentoru jsou tepelně izolovány. Fermentor je opatřen příslušenstvím pro míchání zápary, vstupy pro plnění fermentoru, přívod páry, měřicí a řídicí zařízení, pro aplikaci chemických a čistících prostředků, výstupy pro odvod CO₂, odčerpání odpadu, a další příslušenství. Průměr fermentoru je 2,5 (m) a výška fermentoru 4,2 (m). Oba fermentory jsou připojeny na zdroj tlakové vzduchu. Po dobu množení kvasinek se provádí aerace. Těmto požadavkům vyhovuje fermentor firmy Lihong. Kapacita fermentoru 20 (m³)



Obrázek 6.12: Schéma fermentoru

(zdroj: <http://www.niroinc.com/>)

Při produkci 14,7 (m³) prokvašené zápary z jednoho fermentoru je potřebná kapacita zásobníku prokvašené zápary 20 (m³). Fermentory vůči sobě pracují s časovou prodlevou. Během této prodlevy (15 hodin) je prokvašená zápara zpracována v destilačním zařízení. Zásobník prokvašené zápary je totožný jako zásobník zákvasu, liší se pouze kapacitou (použita nádrž QC 2000).

6.10 Destilace, rektifikace (stripovací kolona, rektifikační kolona, úkapová kolona)

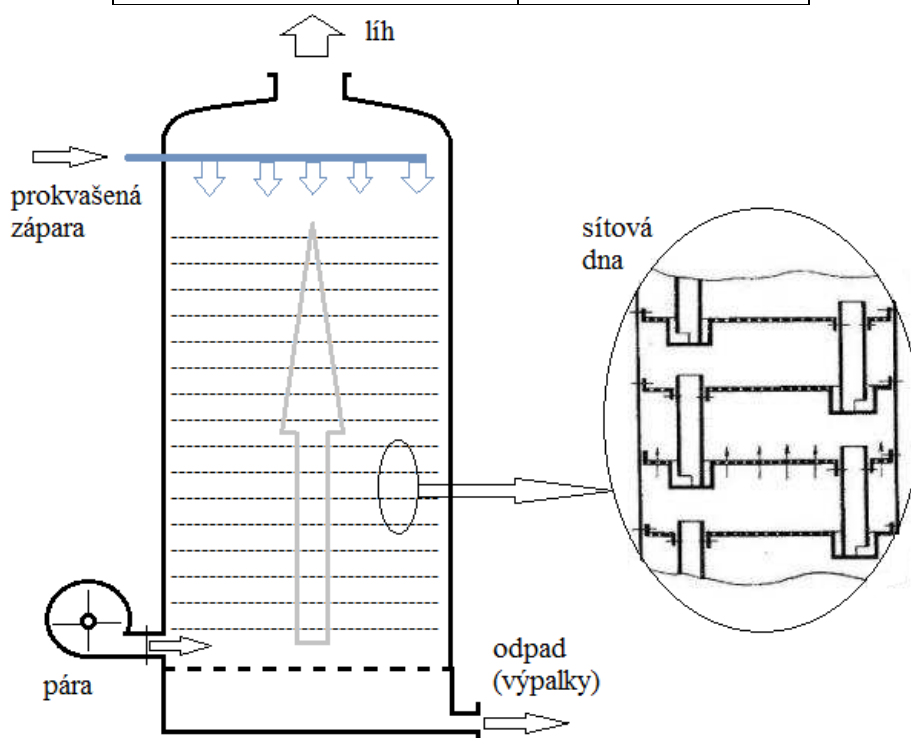
Ze zásobníku prokvašené zápary se přivádí nepřetržitě zápara do destilačního zařízení. Při destilaci se ze zápary odděluje ethanol. Konečný produkt vycházející z destilačního systému je líh. Destilační zařízení obsahuje kolony (destilační, rektifikační, stripovací).

6.10.1 Stripovací kolona

Nejprve je prokvašená zápara přehřívána. Ohřívání se provede v přehříváči zápary (výměník tepla), kde je zápara ohřívána horkou párou. Zápara je poté rozstříkována na stěnu v horní části stripovací kolony (hlava kolony). Kolona má několik pater, která jsou od sebe oddělena přepážkami (sítová dna). Na každém styčném prvku (patře) se tvoří rovnováha mezi parou, obohacenou o těkavé složky a kondenzující kapalinou. Kolona je ve spodní části vytápěná parou. Tlak páry v koloně brání v protékání zápary sítovým dnem, která vytváří tenkou konstantní vrstvu. Po dosažení určité výšky začne zápara přetékat kanálkem na spodní dno. Ve spodní části na prvních patrech kolony už zápara neobsahuje žádný líh, a shromažďuje se na dně kolony, odkud se odčerpává ve formě výpalků.

Tabulka 6.9: Technické parametry stripovací kolony

D_k (m):	1
n_p :	28
h_p (m):	0,55
h_{prac} (m):	16



Obrázek 6.13: Schéma stripovací kolony

6.10.2 Úkapová kolona

Tabulka 6.10: Technické parametry úkapové kolony

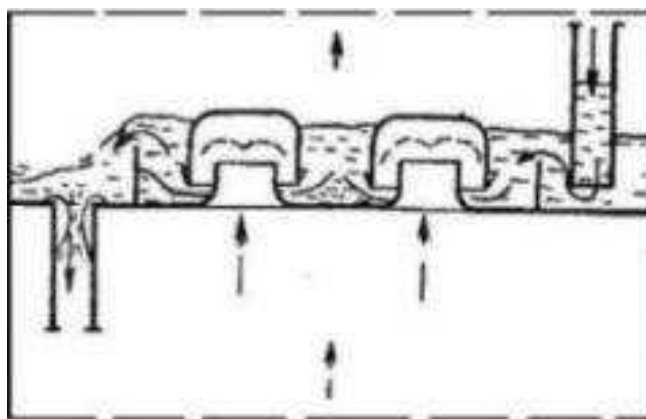
D_k (m):	0,65
n_p :	17
h_p (m):	0,65
h_{prac} (m):	11,5

Z výstupu stripovací kolony se přivádí oddělený líh jako nástřik do úkapové kolony (záparové kolony), kde jsou odděleny lehčí složky lihu – úkapy. Ty jsou odváděny výstupem ze spodní části úkapové kolony do rektifikační kolony. Úkapová i rektifikační kolona je tvořena kloboučkovými dny.

6.10.3 Rektifikační kolona

Při rektifikaci dochází k účinnějšímu oddělení lihu. V koloně postupuje pára, kterou je kolona vyhřívána směrem vzhůru proti směru kapaliny, která stéká směrem dolů. Mezi stékající kapalinou a parou dochází k výměně tepla a hmoty. Část páry, která má vyšší bod varu, odpařuje část kapaliny, která má bod varu nižší. Páry se obohacují těkavější složkou a vrcholem kolony odcházejí jako destilát. V kondenzátoru dojde ke zkapalnění a část destilátu se v kapalně formě vrací na nejvyšší patro kolony, odkud stéká a obohacuje se méně těkavou složkou. Rektifikační kolona je válcová stojatá nádoba s řadou pater. Provedení rektifikační kolony je založeno na stejném principu jako stripovací kolona. V rektifikační koloně je místo síťového dna použito kloboučkového dna.

(OBAL,L., 2005)



Obrázek 6.14: Kloboučková dna rektifikační kolony

(zdroj: DYR,J., Lihovarství.1963)

Otvory v kloboučcích jsou na rozdíl od síťového dna menší, tím je docíleno účinnějšího oddělení líhu. V dolní části rektifikační kolony se shromažďuje tzv. lutrová voda, která se odčerpává do ztekuovacího reaktoru.

Tabulka 6.11: Technické parametry rektifikační kolony

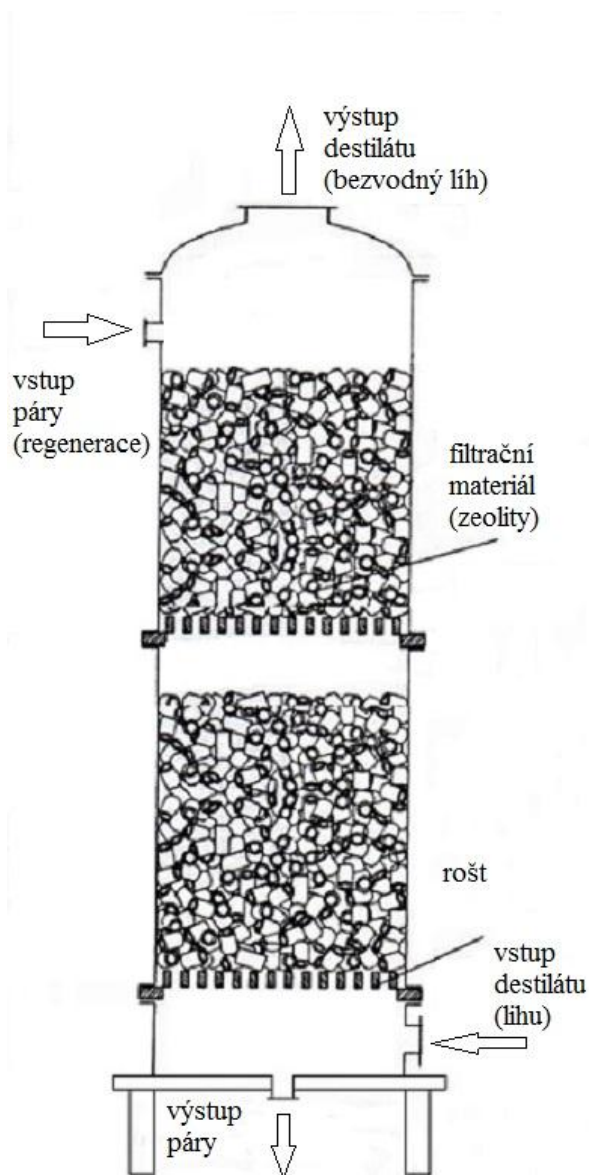
D_k (m):	0,85
n_p :	45
h_p (m):	0,45
h_{prac} (m):	20,75

Technické parametry stripovací, úkapové a rektifikační kolony jsou určeny přepočtem na jednotku produkce. Vzorem pro přepočet se stal funkční závod pro produkci biolíhu v Dobrovicích. Destilační zařízení jsou vyráběna na zakázku. Výkonnost destilačního zařízení: $W_{dz} = 73$ (l . hod⁻¹).

6.11 Odvodnění líhu

Odtud je líh veden do systému pro odvodnění. Tento systém obsahuje předehříváč destilátu (tepelný výměník vyhříváný vodní párou) a tandemem adsorbérů. Adsorbéry, nebo také molekulová síta jsou dvě, protože nepracují kontinuálně, ale jejich provoz je cyklicky střídán. Při provozu jednoho síta je druhé molekulové síto v režimu regenerace. Před filtrací na molekulových sítích má líh koncentraci 96%. Po odvodnění na molekulových sítích má poté líh koncentraci min. 99.7 % (bezvodný

líh). Molekulové síto je nádoba (kolona) naplněná krystalickými zeolity s definovanou strukturou velikosti pórů. Do pórů zeolitu vstupuje voda, ale ne líh. Líh, který má 4 až 5 % objemu vody vstupuje do kolony. Veškerá voda a nepatrná část lihu zůstane v koloně. Po nasycení kolony je nutné přejít do fáze regenerace a spouští se druhá kolona. Regenerace kolony spočívá v propařování parou. Jeden cyklus kolony trvá několik minut. Životnost zeolitů je přibližně jeden rok.



Obrázek 6.15: Schéma molekulového síta (kolony)

Odvodněné páry lihu jsou z molekulových sít vedeny potrubím do chladiče (kondenzátoru). Zkondenzovaný líh se čerpá do kontrolní nádrže lihu. Provede se rozbor, především na obsah vody v lihu. Je-li kvalita lihu v normách, odčerpá se líh

z kontrolní nádrže do skladovací nádrže. Pokud obsah vody lihu překročí povolenou mez, je obsah kontrolní nádrže přečerpáván do nádrže určené pro recyklát, odkud je líh přičerpáván do rektifikační kolony, kde je líh znovu destilován.

Tyto nádrže jsou vyrobené z korozivzdorné oceli. Jsou opatřeny přípojkami pro vstup a výstup lihu, zařízením pro měření objemu nádrží, přetlakovými a podtlakovými ventily. Každá z nádrží je opatřena kontrolním otvorem. Technické parametry nádrží jsou zřejmé z tabulky 6.12.

Tabulka 6.12: Technické parametry nádrží:

	kontrolní nádrž	nádrž recyklátu	skladovací nádrž
V (m ³):	10	20	100
m (Kg):	1250	2300	12 500
D (m):	2	2,5	3,6
h (m):	3,2	4	10

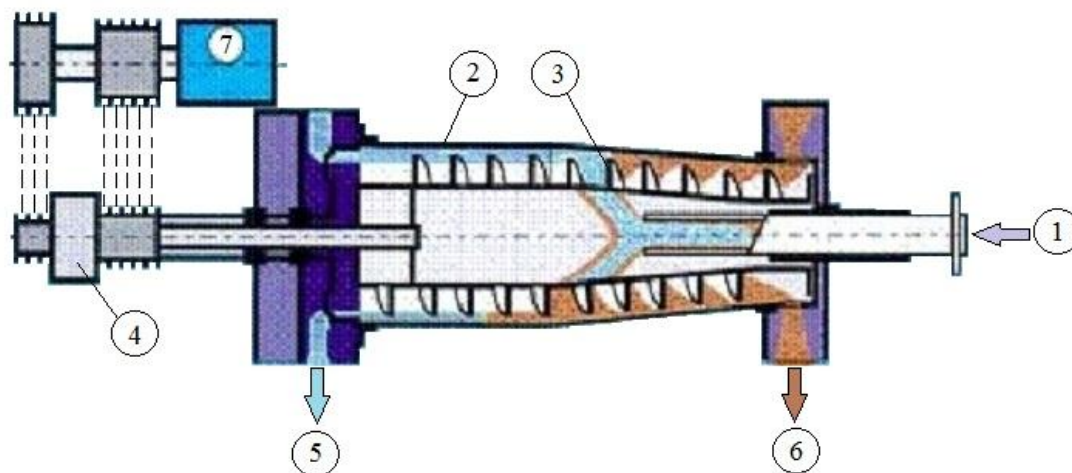
(zdroj: <http://www.tenez.cz/>)

6.12 Denaturace lihu

Lih pro palivové účely je denaturován benzínem Natural 95. Benzín je přivážen nákladními automobily s cisternovou nástavbou. Skladování benzínu umožňuje jedna nadzemní nádrž o objemu 10 000 litrů. Nádrž je vyrobena z oceli, je dvouplášťová. Opatřena kontinuálním měřidlem průtoku, odvětráním, podtlakovými a přetlakovými pojistkami, plnicím čerpadlem. Nádrž je uložena vertikálně. Z nádrže je benzín odčerpáván a v přesném množství přimícháván k lihu před vstupem do skladovací nádrže. Konečným produktem je denaturovaný líh, jehož koncentrace je 96 – 98 % objemu.

6.13 Vedlejší produkty

Ze stripovací kolony se ve formě výpalků odčerpává směs do odstředivky. Zde se separují tekuté výpalky od tuhých výpalků. Bude použita odstředivka DO 360 od firmy PBS Velká Bíteš. Princip činnosti je zřejmý z obrázku 6.16.



- | | | |
|--------------------|----------------------------|------------------|
| 1 - přívod výpalků | 4 - převodovka | 7 - elektromotor |
| 2 - vnější buben | 5 - tekuté výpalky | |
| 3 - dopravní šnek | 6 - vlhká zrnová substance | |

Obrázek 6.16: Schéma odstředivky DO 360

(zdroj: <http://homen.vsb.cz/>)

Výpalky se přivádí potrubím do rotujícího se vnitřního bubnu. Vlivem odstředivé síly jsou těžší částice usazovány na vnějším bubnu. Rotačním pohybem šneku jsou částice (vlhká zrnová substance) z vnějšího pláště bubnu přesouvány do kuželové části. Odtud jsou šnekem vyhrnovány do výstupu odstředivky (6) – obr. 6.16. Kontinuálně přiváděné výpalky vytlačují odstředěnou kapalinu, která protéká otvory v čele bubnu.

(<http://www.pbsvb.cz/>)

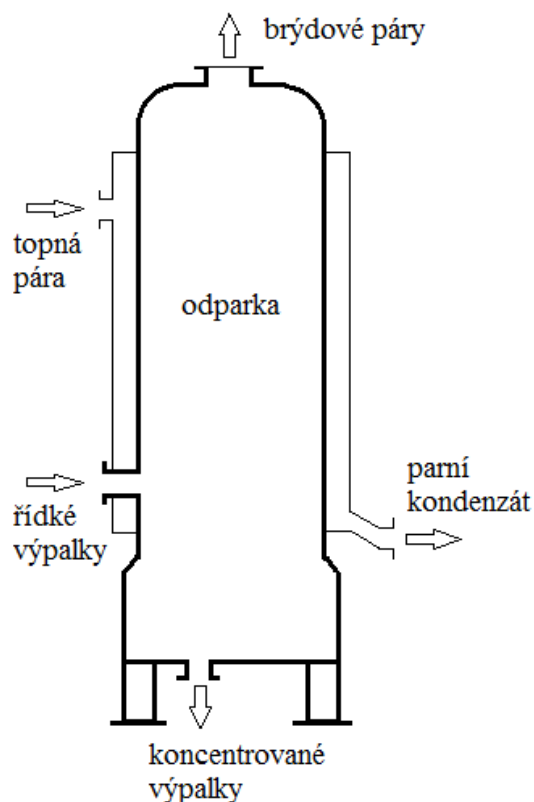
Technické parametry odstředivky jsou vidět v tabulce 6.13.

Tabulka 6.13: Parametry odstředivky DO 360

typ	DO 360
Dš (mm):	360
P (kW):	15
n_{\max} (min^{-1}):	3300
m (kg):	1620
q ($\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$):	8
l (mm):	2915
b (mm):	1150
h (mm):	700

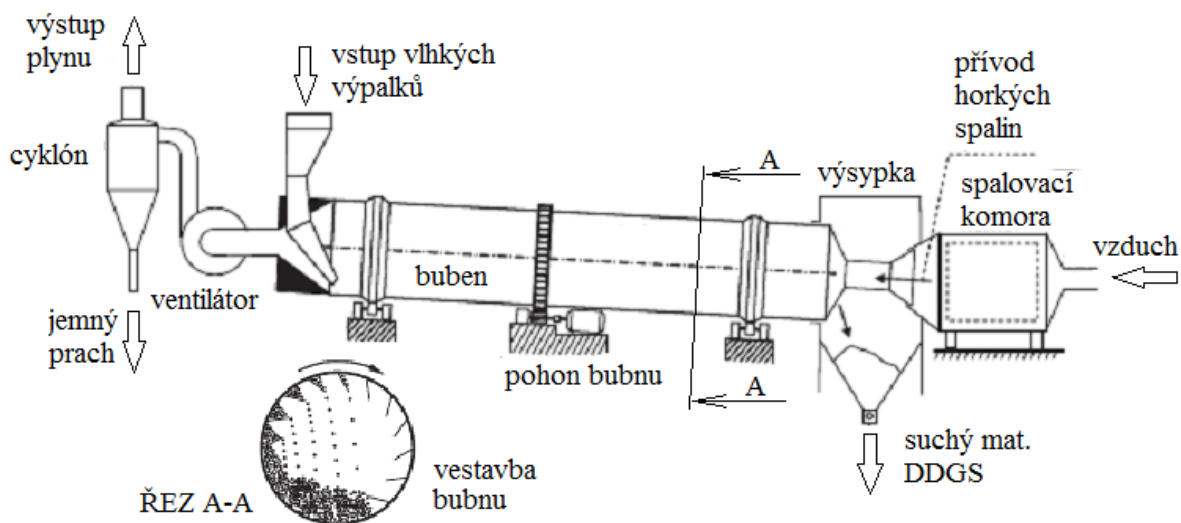
(zdroj: <http://www.pbsvb.cz/>)

Tekuté výpalky vystupující z odstředivky jsou následně sušeny v odparce. V odparce se z přivedených tekutých výpalků odpaří větší množství vlhkosti ve formě brýdových par, které jsou následně v tepelném výměníku zkondenzovány. Odparka je stojatá válcová nádoba vytápěná parou. Činnost je zřejmá z následujícího obrázku.



Obrázek 6.17: Schématické znázornění odparky tekutých výpalků

Koncentrované výpalky společně s vlhkou zrnovou substancí jsou dopravovány do bubnové sušárny k dosoušení. Produktem z bubnové sušárny je DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles) přeloženo jako sušené lihovarnické výpalky s rozpustnými složkami. Obsah sušiny se pohybuje okolo 90 % objemu. DDGS se používá jako vysoce hodnotné krmivo pro dobytek s vysokým obsahem bílkovin.



Obrázek 6.18: Princip bubnové sušárny

(zdroj: Šnita D.: 2006)

Tabulka 6.14: Parametry bubnové sušárny BS - 6

typ:	BS - 6
D_b (mm):	2525
l_b (mm):	5500
D_c (mm):	1900
P_t (kW):	800
D_t (mm):	2100
l_t (mm):	2700
w_s (t.hod ⁻¹):	1
P_{vc} (kW):	15
P_s (kW):	30
vstupní vlhkost mat (%):	max. 10
výstupní vlhkost mat. (%):	0.2 - 0.5
n_b (min ⁻¹):	10

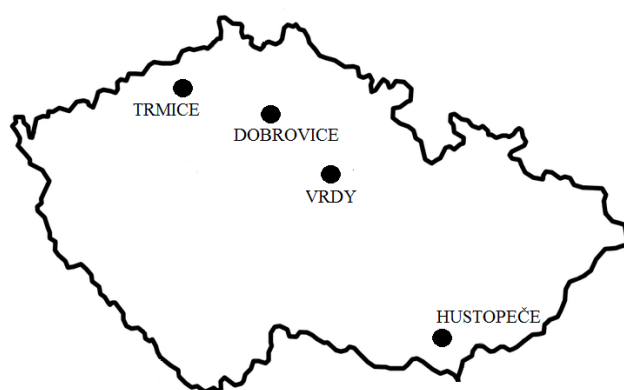
(zdroj: <http://www.susarny-micharny.cz/>)

Redlerovým dopravníkem se vysušené výpalky dopraví do skladu DDGS. Výpalky jsou volně loženy na podlahu haly, která je izolována vůči vlhkosti. Odtud se kolovým manipulátorem bude nakládat DDGS na nákladní automobily.

7 Závěr

Největším celosvětovým výrobcem technologických zařízení pro výrobu biolihu je firma Katzen. Tato firma realizuje výstavbu od návrhu, až po celkové sestavení technologie. Uvede zařízení do provozu, proškolí personál, zařizuje poradenství a servis. Firma také ručí za výtěžnost technologického zařízení závodu. Ostatní firmy, které dodávají technologická zařízení, za výtěžnost z jejich technologie neručí, což je velkou nevýhodou. Tato technologie je vždy poněkud levnější, než varianta firmy Katzen. Investor má tedy dvě možnosti výběru, kterou cestou se při výstavbě nového závodu vydá.

V České republice jsou v současnosti čtyři závody, vyrábějící biolíh. Jsou to Agroetanol TTD a.s. – lihovar Dobrovice, PLP a.s. – lihovar Trmice, Ethanol Energy a.s. – lihovar Vrdy a Bioetanol Hustopeče. Pouze lihovar Dobrovice používá při výrobě jako vstupní surovinu cukrovou řepu, ostatní závody zpracovávají obilí.



Obrázek 7.1: Produkce biolihu v ČR

Důvodem krize lihovarů v Čechách se jeví rok 2003, kdy ČR vstoupila do Evropské Unie. Tímto krokem byly české lihovary znevýhodněny, protože do ČR se ve velkém začal dovážet líc z Brazílie, který je ve velkém dotován a náklady na produkci jsou výrazně nižší než v ČR. Pro lihovary, které přežily vstup do EU, se v roce 2008 dotkla finanční krize. Na českém trhu se udrželi jen výrobci, kteří přešli na výrobu bioetanolu pro palivové účely, nebo lihovary, které si dokázaly udržet velké odběratele lihu, především tuzemské likérky.

Do budoucna se v ČR i v celém světě počítá s produkcí biopaliv druhé generace, tedy z lignocelulózových materiálů, u kterých je v dnešní době největší překážkou vysoká cena vyrobeného biolihu.

8 Seznam citované literatury

- [1] AGROING BRNO s.r.o. – Skladování obilí [online]. 2010 [cit. 2013-03-26]. Pozinkovaná sila s plochým dnem. Dostupné z: http://www.agroing.cz/p_obilni_sila.htm.
- [2] AGROWEB – Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilnin [online]. 2001 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://www.agroweb.cz/DOPORUCENI-PRO-OSETROVANI-A-SKLADOVANI-ZRNA-OBILNIN__s44x9470.html
- [3] ČÍŽ. Karel, Některé zemědělské suroviny a jejich úprava pro výrobu bioetanolu. Listy cukrovarnické a řepařské [online]. 2009 [cit. 2013-02-08]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nektere-zemedelske-suroviny-a-jejich-uprava-pro-vyrobu-bioetanolu>
- [4] BISKUP, P.: Jak dál s automobily? [online] 2007 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: <http://21stoleti.cz/blog/2007/10/19/jak-dal-s-automobily-budeme-je-krmit-alkoholem/>
- [5] HROMÁDKO, J., et al. www.cukr-listy.cz [online]. 2010 [cit. 2013-02-18]. Výroba bioetanolu. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/267-271.PDF.
- [6] JEVIČ, P., VÁCLAVEK, T., ŠEDIVÁ, Z., PŘIKRYL, M.: Stav a perspektivy výroby bioetanolového paliva v České republice a dalších zemích. Sborník přednášek ze semináře VÚZT – Mze ČR – CZ-Biom.2004. Praha: VÚZT: Mze ČR, 2004, č. 5, s. 110-118. ISBN: 80-86884-00-7
- [7] KADLEC, Pavel, et al. TECHNOLOGIE POTRAVIN II. Praha : VŠCHT, 2008. Lihovarnictví a výroba lihovin, ISBN 978-80-7080-510-7
- [8] LESAK s.r.o. Brno. [online]. Vážicí zařízení [cit. 2013-03-03]. dostupné z: <http://www.profi vahy.cz/profi-vahy/eshop/28-1-Vahy-podle-provozu/0/5/472-Vaha-automobilova-3x9m-do-30t-ocelova/description#anch1>
- [9] OBAL, Libor, ŠTEJFA, Jan, ČÍHALA, Milan, MATĚJ, Jiří, PETŘIVALSKÝ, Luděk, Oznamení – Bioetanol TTD České Meziříčí.

[online]. 2005.[cit. 2013-04-01]. dostupné z:

http://www.portal.cenia.cz/eiasea/download/EIA_HKK102_oznameni_1.doc

- [10] POSPÍŠIL, M., ŠEBOR, G., ŠIMÁČEK, P., MUŽÍKOVÁ, Z.: Nové trendy výroby biopaliv a jejich využití v dopravě. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2012. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_10_953-960.pdf
- [11] První brněnská strojírna Velká Bítěš a.s. [online]. [cit. 2013-03-18]. dostupné z: <http://www.pbsvb.cz/dekantacni-odstredivky>
- [12] SUN, Y., CHENG, J.: Hydrolysis of lignocelulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource technology* 83, 2002, dostupné z: <http://stl.bee.oregonstate.edu/courses/ethanol/restricted/SunCheng2002.pdf>
- [13] ŠEBOR, G., POSPÍŠIL, M., ŽÁKOVEC, J.: Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě 1.část. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. 200 s. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf.
- [14] vscht.cz [online]. Tradiční technologie – sylabus k předmětu. [cit. 2013-03-27]. dostupné z: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/tradtech.pdf>
- [15] [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. 1991 [cit. 2013-02-27]. Živnostenský zákon. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1991-455>
- [16] [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. 1997 [cit. 2013-02-27]. Zákon o lihu. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-61>
- [17] [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. 2000 [cit. 2013-02-27]. Zákon o ochraně biotechnologických vynálezů. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-206>
- [18] [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. 2001 [cit. 2013-02-27]. Zákon o obalech. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>

- [19] Zákony pro lidi.cz [online]. 2001 [cit. 2013-02-27]. Zákon o odpadech. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [20] Zákony pro lidi.cz [online]. 2001 [cit. 2013-02-27]. Zákon o životním prostředí. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [21] Zákony pro lidi.cz [online]. 2003 [cit. 2013-02-27]. Zákon o spotřebních daní. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-353>
- [22] Zákony pro lidi.cz [online]. 2004 [cit. 2013-02-27]. Zákon o dani z přidané hodnoty. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-235>
- [23] Zákony pro lidi.cz [online]. 2006 [cit. 2013-02-27]. Stavební zákon. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [24] Britannica.com [online]. Extrudér. dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/media/166/A-high-temperature-short-time-extruder>
- [25] DYR, Josef; GRÉGR, Vratislav; SEILER, Adolf. Lihovarství II.díl. Praha : SNTL, 1963.
- [26] GEA Process Engineering Inc. [online]. Dodavatel systémů pro destilaci. dostupné z: http://www.niroinc.com/gea_liquid_processing/microorganism_cell_fermentation.asp
- [27] Jerry jar, s.r.o. Litohlavy. [online]. Sušárny, míchárnny, šrotovníky, granulační linky, šnekové dopravníky. dostupné z: <http://www.susarny-micharny.cz/index.php?nid=10472&lid=cs&oid=2409368>
- [28] Morkus Morava s.r.o. [online]. Stavby pro zemědělce. dostupné z: <http://www.sila-nadrze.cz/velikosti-pozinkovanych-sil.html>
- [29] Prokop Invest a.s. Pardubice. [online]. Automatický dávkovač vody. dostupné z: http://www.prokop.cz/editor/filestore/File/Katalog_list/mlyny/CJ/AWD%201,12,13.pdf

- [30] SIAGRA s.r.o. Malenovice [online]. Zařízení pro posklizňovou úpravu zrnin. dostupné z: <http://www.siagra.cz/uploads/attachments/Prospekt.pdf>
- [31] STRAKA, F., et al.: Bioplyn. Praha: GAS s.r.o., 2006.
- [32] Šnita D.: Chemické inženýrství I. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006
- [33] Taurus s.r.o. Chrudim. [online]. Horizontální šrotovníky. dostupné z: <http://www.taurus-sro.cz/krmivarny-a-mlyny/horizontalni-srotovnik-hm-22.html>
- [34] Taurus s.r.o. Chrudim. [online]. Magnetické separátory. dostupné z: <http://www.taurus-sro.cz/krmivarny-a-mlyny/magnet-deskovy-typ-md-provedenimd-1-md-2-md-2x2.html>
- [35] Tenez a.s. Chotěboř. [online]. Beztlaké nerezové nádrže. dostupné z: http://www.tenez.cz/?page_id=493
- [36] Viessmann s.r.o. [online]. Systémy tepelné techniky. dostupné z: http://www.viessmann.cz/etc/medialib/internet-cz/pdf/odborne_rady.Par.62936.File.File.tmp/Parni%20kotle_WEB.pdf
- [37] Vysoká škola Báňská. [online]. 2008. Technologické postupy pro zpracování odpadních kalů. dostupné z: <http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Bara/postupy.html>
- [38] Zhejiang Wenxiong Machine. (China) [online]. Výroba strojního zařízení pro chemický průmysl. dostupné z: <http://wenxiong.en.made-in-china.com/product/WbfEscgAbjkl/China-Stainless-Steel-Storage-Tank.html>

9 Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Produkční využití výroby biolihu z různých materiálů:.....	23
Tabulka 4.2: Složení lignocelulózových plodin	28
Tabulka 6.1: Předpokládaná energetická náročnost technologického souboru.....	37
Tabulka 6.2: Technická data váhy MAV – OS – 3x9/30.....	40

Tabulka 6.3: Technické parametry čističky MAROT EAC 153:.....	42
Tabulka 6.4: Parametry síla.....	44
Tabulka 6.5: Technické parametry deskového magnetického separátoru.....	45
Tabulka 6.6: Technické parametry šrotovníku.....	46
Tabulka 6.7: Parametry dávkovací váhy AWD 12.....	48
Tabulka 6.8: Objemy a výkonnosti zařízení pro výrobu biolihu.....	51
Tabulka 6.9: Technické parametry stripovací kolony.....	55
Tabulka 6.10: Technické parametry úkapové kolony.....	56
Tabulka 6.11: Technické parametry rektifikační kolony.....	57
Tabulka 6.12: Technické parametry nádrží:	59
Tabulka 6.13: Parametry odstředivky DO 360.....	61
Tabulka 6.14: Parametry bubnové sušárny BS – 6	63

10 Seznam obrázků

Obrázek 3.1: schéma postupu výroby biolihu z obilovin.....	21
Obrázek 4.1: schéma postupu výroby biolihu z cukrové třtiny a cukrové řepy.....	25
Obrázek 4.2: Struktura lignocelulózových materiálů.....	29
Obrázek 4.3: Schématické znázornění extrudéru.....	30
Obrázek 4.4: Schéma postupu výroby biolihu z lignocelulózového materiálu.....	31
Obrázek 6.1: Schématické znázornění výroby biolihu z obilí.....	38
Obrázek 6.2: Stabilní váha MAV – OS – 3x9/30.....	39
Obrázek 6.3: Schéma použitých dopravníků.....	41

Obrázek 6.4: Schéma bubnové čističky MAROT EAC 153	41
Obrázek 6.5: Silo FBS – 073116 s plochým dnem	43
Obrázek 6.6: Deskový magnetický separátor MD1	44
Obrázek 6.7: Horizontální šrotovník Taurus HM 22	45
Obrázek 6.8: Řez parního kotle Vitomax 200-HS	47
Obrázek 6.9: Detailní schéma výroby procesu biolíhu	49
Obrázek 6.10: Schéma reaktoru	52
Obrázek 6.11: Zásobník zákvasu QC – 200	53
Obrázek 6.12: Schéma fermentoru	54
Obrázek 6.13: Schéma stripovací kolony	55
Obrázek 6.14: Kloboučková dna rektifikační kolony	57
Obrázek 6.15: Schéma molekulového síta (kolony)	58
Obrázek 6.16: Schéma odstředivky DO 360	60
Obrázek 6.17: Schématické znázornění odparky tekutých výpalků	62
Obrázek 6.18: Princip bubnové sušárny	62
Obrázek 7.1: Produkce biolíhu v ČR	64