

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Diplomová práce

Konstrukční návrh dvounádobové plně automatizované
varny pro dekokční rmutování pro domácí výrobu piva při
objemu várky 50 l

Marek Kovařík

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Kovařík

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Konstrukční návrh dvounádobové plně automatizované varny pro dekokční rmutování pro domácí výrobu piva při objemu várky 50 l

Název anglicky

Design of two vessel brewhouse with automatic control for home brewing for decoction two mash process

Cíle práce

Cílem práce je konstrukční návrh plně automatizované varny o objemu várky 50 l pro domácí vaření piva za předpokladu použití dvourmutového dekokčního procesu přípravy sladiny, to znamená použití dálkově ovládaných klapek a přívodu topného média. Varna musí obsahovat konstrukční prvky pro snadnou a účinnou sanitaci. Jedna nádoba varny bude plnit funkci mladinové pánve a vířivé kádě.

Metodika

Před konečným zpracováním je nutno se seznámit s konstrukcí varen pro domácí vaření piva a řemeslných pivovarů, z prostudovaných varen vybrat optimální řešení.

Doporučený rozsah práce

40 – 60 stránek

Klíčová slova

varna, automatizovaný provoz, mladina, sladina

Doporučené zdroje informací

1. BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství teorie a praxe výroby piva. Praha: VŠCHT, 2010. ISBN-978-80-7080-734-7
 2. CHLADEK, Ladislav. Pivovarnictví, Praha GRADA 2007, ISBN 978-80-247-1616-9.
 3. KUNZE, Wolfgang. Technology Brewing and Malting VLB Berlin 2008 ISBN 978-3-921690-64-2
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Ladislav Chládek, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Konzultant

doc.ing.Petr Vaculík Ph.D

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2019

doc. Ing. Jan Maláček, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "*Konstrukční návrh dvounádobové plně automatizované varny pro dekokční rmutování pro domácí výrobu piva při objemu várky 50 l*" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce
doc. Ing. Ladislavu Chládkovi, CSc., za odborné rady a velmi vstřícný přístup při mých
častých dotazech.

Konstrukční návrh dvounádobové plně automatizované varny pro dekokční rmutování pro domácí výrobu piva při objemu várky 50 l

Abstrakt

V této diplomové práci je popsán funkční konstrukční návrh pivovarské varny, na který je možné implementovat program pro plnou automatizaci této varny. Varna je navržena pro použití v domácích podmínkách, tzn. objem várky je pouze 50 l. Varna se skládá z dvou nádob (mladinové pánve), z toho jedna (pánev) je opatřena ohřevem a míchacím zařízením, druhá nádoba (kád') scezovacím dnem a kypřicím zařízením. Všechny klapky a čerpadla je možné ovládat programem. Signálové výstupy z varny jsou z teploměrů, zákaloměru a průtokoměrů. Pojmem varna v této práci znamená část přípravy mladiny od vystírání až po separaci kalů ve vířivé kádi, šrotování ani spílání se tato práce nevěnuje. Stejně tak se nevěnuje návrhu a popisu externích zařízení, jako například CIP stanice, zdroj páry apod.

Klíčová slova: pivo, výroba mladiny, automatická varna, domácí pivovar

Design of two vessel brew house with automatic control for home brewing for decoction two mash process

Abstract

In this diploma thesis is described functional design of brewhouse, it is possible to implement a program for full automation of brewhouse process. The brewhouse is designed for use in home conditions. So, the brewhouse batch volume is 50 l. The brewhouse consists of two vessels, one of which is equipped with heating and a mixing device, the other with a lauter bottom and a hoeing device. All solenoid valves and pumps can be controlled by the program. The signal outputs from the brewhouse are from thermometers, turbidity meters and flow meters. The term brewhouse in this work means the preparation of wort from mopping up to separation of sludge in a whirlpool. This work is not devoted to the scrapping or cooling of wort. Nor does it design or describe external devices such as CIP stations, steam generators, etc.

Keywords: beer, wort production, automatic brewhouse, microbrewery

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce	12
3 Metodika práce.....	13
4 Teoretická východiska	14
4.1 Historie výroby piva.....	14
4.2 Suroviny pro výrobu piva.....	16
4.2.1 Varní voda.....	16
4.2.2 Slad	16
4.2.3 Chmel.....	17
4.2.4 Pivovarské kvasinky	18
4.3 Fáze přípravy mladiny.....	18
4.3.1 Šrotování.....	18
4.3.1.1 Šrotování za sucha	19
4.3.1.2 Šrotování sladu s kondicionováním.....	19
4.3.1.3 Šrotování sladu za mokra	20
4.3.2 Vystírání.....	20
4.3.3 Rmutování.....	20
4.3.3.1 Dekokční rmutování	21
4.3.3.2 Infuzní rmutování	22
4.3.4 Scezování	23
4.3.5 Chmelovar.....	24
4.3.6 Separace kalů pomocí vířivé kádě	24
4.4 Možnosti ohřevu varenských pánví	25
4.5 Sanitace varní soustavy	26
4.6 Právní omezení.....	26
5 Praktická část – návrh	28
5.1 Návrh konstrukce mladinové pánve.....	28
5.1.1 Rozměry mladinové pánve	28
5.1.2 Ohřev mladinové pánve	30
5.1.3 Míchadlo v mladinové pánvi	30
5.1.4 Senzory a čidla.....	31
5.2 Návrh konstrukce scezovací kádě	31
5.2.1 Rozměry scezovacího dna	32

5.2.2	Rozměry scezovací kádě.....	32
5.2.3	Návrh scezovacího dna	33
5.2.4	Návrh kypřicího zařízení pro scezovací kád'	34
5.2.5	Senzory a čidla.....	34
5.3	Návrh soustavy potrubí	35
5.4	Motory pro pohon míchadel.....	36
5.5	Čerpadla	37
5.6	Technické schéma pivovaru – vlastní návrh	39
6	Ekonomické zhodnocení	43
7	Závěr.....	45
	Seznam použitých zdrojů	46
	Seznam použitých obrázků	48
	Seznam použitých tabulek.....	49
	Seznam použitých rovnic.....	50
	Seznam použitých symbolů	51
	Příloha.....	52

1 Úvod

Tato práce se zabývá problematikou automatizace domácích varen piva. V této době mají lidé zájem o tzv. řemeslná piva a piva domácí výroby. Nahrává tomu i fakt, že se na půdě poslanecké sněmovny právě probírá novela zákona, která by měla upravit maximální roční produkci domácích pivovarů z 200 na 2000 l.

V současnosti řadí na celém světě pandemie viru Covid-19. Tato pandemie může způsobit obrovské hospodářské a ekonomické problémy. Uzavření hospod a restaurací má již nyní obrovské dopady na pivovary, které se dosud soustředily pouze na stáčení piva do sudů. Dá se předpokládat, že mnoho pivovarů zkrachuje a lidé se začnou soustředit na výrobu piva v menších várkách především pro vlastní spotřebu, jak je již několik let velkým trendem. Důkazem toho může být stále rozšířenější nabídka pivovarských varen do 100 l várky. Na pivovarských výstavách a konferencích se čím dál častěji objevují minipivovary pro domácí použití (viz obrázek 1). Nicméně cena těchto soustav zůstává poměrně vysoká (11900 € dle obrázku) i přes takřka nulovou míru automatizace procesu. Je nutné znát celý postup výroby piva velmi dobře, jinak se sládek dopustí spousty chyb.



Obrázek 1: domácí varna vystavená na poslední norimberské výstavě Braubeviale 2019 (Jessernigg&CO) (1)

Domácí výroba piva, bez jakékoliv automatizace, je velmi náročná a jakékoliv zaváhání může zapříčinit, že celá várka půjde na zbytek, nebo budou várky chuťově velmi nevyrovnané. Velmi náročné je dodržet teploty a časy dle receptu, ale také správný proces scezování. Značné potíže mohou nastat také při přesunu média mezi varnými nádobami.

V první části této práce jsou popsány teoretické základy výroby mladiny. Je zde popsána historie výroby piva, základní suroviny pro výrobu piva a všechny fáze přípravy mladiny.

V praktické části je navržena konstrukční podoba plně automatické varny o objemu várky 50 l. Součástí dvounádobové varny je i vířivá kád' pro separaci hrubých kalů.

2 Cíl práce

V této práci bude popsána teorie a všechny suroviny pro vaření piva. Bude navržena konstrukce dvounádobové varny pro plnou automatizaci výroby mladiny. Navrženy budou rozměry, technologické rozložení i měřicí a ovládací prvky. Práce bude doplněna o vlastní technické nákresy. Přičemž v ekonomickém zhodnocení budou rozebrány ekonomické aspekty návrhu.

3 Metodika práce

V první části této práce jsou popsány teoretické základy výroby mladiny. Je zde zařazena historie výroby piva, základní suroviny pro výrobu piva a všechny fáze přípravy mladiny. Dále jsou shrnuty právní předpisy o provozování pivovarů v ČR.

V praktické části je navržena konstrukční podoba plně automatické varny o objemu várky 50 l. Součástí dvounádobové varny je i vířivá kád' pro separaci hrubých kalů. Práce je doplněna technickým nákresem navržené varny. Součástí je i ekonomické zhodnocení celého návrhu.

4 Teoretická východiska

Pivovarnictví je obor s bohatou historií, která sahá až do dob staré Mezopotámie. Odborníci na výrobu piva se již staletí těší velkému společenskému uznání, což není náhoda. Pivovarství je velmi rozmanitý a složitý obor, který vyžaduje nejen technologické, chemické, biochemické a právní znalosti, ale také bohaté zkušenosti.

4.1 Historie výroby piva

Historie se zmiňuje o osobě jménem Gambrinus. O tomto muži existuje několik teorií, kdo to vlastně byl. Tyto verze obsahují různá tvrzení o vzniku tohoto jména. Od sládka na dvoře císaře Karla Velikého až po smyšlenou osobu, která nikdy neexistovala. V každém případě se jedná o patrona pivovarníků po celém světě. (2)

První zmínky o výrobě piva sahají až do Mezopotámie, a to především do let 4000–3000 př. n. l. Toto tvrzení platilo až do roku 1913. Dnes již ale víme, že jeho výroba započala, když naši předkové zanechali kočovného způsobu života a začali obilí pěstovat pro svoji obživu, tedy v době přibližně 10 000 – 15 000 př. Kristem. (2)

Kvašené nápoje lidé pili odnepaměti počínaje datlovým vínem. O vzniku piva stejně jako o celém procesu jeho výroby existují různé teorie od zapomenuté nádoby s obilím nejprve na dešti a poté na slunci až po rozkousaný chléb namočený ve vodě, jak jinak než opět zapomenutý na slunci. Všechna tato „piva“ neměla ani zdaleka chuť, jakou známe teď, ale i přesto se našli jedinci, kterým zachutnala a stala se součástí jejich jídelníčku. (2)

Jak bylo již výše zmíněno, s úmyslnou výrobou piva začali již Sumerové, kteří složili hymnu bohyni piva, ve které byl popsán celý postup při vaření. Používal se chléb z ječmene, který se rozdrobil do vody, pravděpodobně s příměsí ječmenného nebo pšeničného sladu či nesladovaného ječmene například z pšenice. Kaše vzniklá z těchto surovin se nechala kvasit a po určité době se „pivo“ vypilo. Občas se pivo vyrábělo ještě s přísadou zelené hořčice. Chmel doposud nebyl znám. Všechna piva měla kašovitou konzistenci a k jeho pití používaly slámky. Pil se pouze čistý nápoj, zatímco hořké kousky zůstávaly v poháru. Spíše než o pití, se jednalo o srkání. Babyloňané vyráběli okolo dvaceti druhů piva. (2)

Pivo v Egyptě

Do roku 1913 byl Egypt považován za kolébku piva. Na mlýnských kamenech se semlela mouka a přidala se do dříve vyrobeného těsta. Toto těsto obsahovalo kvasnice. Z této hmoty se buď upekla chléb, nebo se těsto zředilo a hustá kaše se nechala kvasit. Vykvašená kaše se poté dochucovala různým kořením. Ve starém Egyptě se pivo vyrábělo z ječného sladu. Nicméně se objevují zprávy o využívání datlí, rohovníků a máku. Pivo bylo považováno za dar od boha Re. (2)

Pivo v Indii, Číně a Tibetu

Starí Číňané a Tibetané k výrobě piva užívali ječmen, ale také proso nebo výhonky bambusu. A pro lepší chuť zřejmě používali chmel dříve, než se s touto plodinou seznámili v Evropě. (2)

Pivo v Americe

V Andách se vyráběl nápoj jménem „čiča“, který byl z rozžvýkané kukuřice. Pivo bylo známo již v předkolumbovské Americe. Indiáni vyráběli alkoholické nápoje z třtinového a javorového cukru a také z aloe. (2)

Pivo v antickém Řecku a Římě, starověcí Germáni, Galové, Keltové a Slované

V Římské říši bylo upřednostňováno víno, pití piva bylo považováno za barbarský zvyk. Pivo se vyrábělo především z ječmene a prosa. Germáni vařili pivo v bronzovém kotli, umístěným nad ohněm. Nápoj dochucovali myrtou, dubovým listím nebo dubovými kořínky. Na území dnešní Francie se pivo vyrábělo z ječmene, pšenice, ovsa, ale také z prosa a čočky. Pro zlepšení chuti byly přidávány různé bylinky, jako například pelyněk, šalvěj, puškvorec atd. Keltové na britských ostrovech pili nápoj z kvašeného obilí, který dochucovali medem. V českých zemích se o prvovýrobu piva postaral keltský kmen Bójů. S příchodem Slovanů se na naše území dostaly i znalosti o výrobě piva z ječmene, pšenice a ovsa, včetně chmelení. (2)

Pivo ve středověké Evropě

K rychlému rozšíření pivovarství došlo díky mnišskému řádu Benediktýnů, kteří začali cíleně pěstovat chmel. Tato piva se osvědčila a našla své následovatele. Použití chmele se díky klášterním pivovarům stalo doménou našich zemí. Nejstarší fungující pivovar nejen

v Německu, ale i na celém světě je státní pivovar ve Freisingu poblíž Mnichova, který je nepřetržitě v provozu od roku 1040. (2)

Pivo v Čechách

Jak bylo výše zmíněno, na našich zemích vařili pivo původně Keltově a Germáni. Poté přišli Slované a s nimi i pivo s příměsí chmele. Později se v táborských pivovarech vařilo „pivo bílé“ tedy z pšenice a „pivo staré“ z ječmene. Kromě sladu a chmelu se do piva přimíchávala sůl a jalovec. Pro fermentaci se používaly kvasnice na svrchní kvašení. Vaření piva i výrobu sladu měl na starosti sládek pivovaru neboli „pan starý“. (2)

4.2 Suroviny pro výrobu piva

Pivo, tedy slabě alkoholický nápoj se vyrábí z vody, obilných sladů, chmele a pivovarských kvasinek. Kvalita vstupních surovin je základní podmínkou pro výrobu dobrého piva. (3)

4.2.1 Varní voda

Varní voda je základní surovina pro výrobu piva, která zdravotně a hygienicky splňuje požadavky na vodu pitnou. Varní vody se liší v obsahu minerálních látek ve vodě rozpuštěných, dělí na:

- Plzeňskou vodu,
- Mnichovskou vodu,
- Dortmundskou vodu,
- Vídeňskou vodu,
- Burtonskou vodu,
- Dublinskou vodu,
- Kodaňskou vodu. (3)

4.2.2 Slad

Slad je naklíčené a následně vysušené obilné zrna. Vyrábí v tzv. sladovnách, které dříve často byly součástí pivovaru. Nyní je to spíše výjimečné (ekonomická a kvalitativní náročnost) a pivovary si nechávají slad dovážet z velkých sladoven. (4)

Obilné zrno se během sladování namáčí, nechá se naklíčit a následně se suší (hvozdění). Právě sušení určuje následné vlastnosti sladu. Nejčastěji používané slady ječné:

- **Světlé (plzeňské)** – u nás nejčastěji používaný slad, hvozdění při 80 až 90 °C na barvu 3 až 4,2 EBC.
- **Mnichovské** – používají se pro výrobu tmavých a polotmavých piv, hvozdění při 100 až 105 °C na barvu 11 až 17 EBC.
- **Karamelové** – používají se jako přídavek (5–10 % v sypání), který ovlivňuje aroma piva, konečné hvozdění při 120 až 180 °C na vlhkost 5 až 7 % a před použitím se nechávají 14 dní až měsíc ležet.
- **Barevné (barvící)** – velmi tmavý slad pro vytvoření tmavosti piva, které by se nedosáhlo použitím mnichovských sladů, používá se jako doplněk, pražení až na teplotu 225 °C.
- **+ Pšeničný slad** – má jiné fyzikální a chemické vlastnosti než ječné slady, často se používá jako doplněk k ječnému kvůli jeho vlivu na stabilitu pěny. (3)

Čerstvě vysušený slad je nevhodné okamžitě zpracovat. Slad se na tři až čtyři týdny nechává odležet v sílech s automatickou regulací teploty, kde dochází k dalším změnám jeho fyzikálních a chemických vlastností. (3)

4.2.3 Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) je popínavá pravotočivá rostlina. Květ této rostliny (hlávky) obsahuje tzv. lupulin, tedy prášek, který obsahuje chmelové pryskyřice a silice. Chmel je přirozeným konzervantem, protože látky které obsahuje, brání množení bakterií.

Pro použití v pivovarství se využívají vysušené samčí hlávky této rostliny. Ty se nalisují, případně se z nich vytvoří granule, které mají lepší trvanlivost.

Hořkost piva ovlivňuje obsah alfa hořkých kyselin, které se u chmelů udávají v procentech z celkové váhy. Aroma piva ovlivňuje množství silic, které chmel obsahuje. Čerstvý chmel obsahuje 0,1 – 0,5 % silic, které jsou tvořeny stovkami látek, především terpenického typu.

V současnosti je velkým trendem šlechtění chmelů s velmi aromatickými ovocnými vůněmi.

Zajímavostí je, že velmi oblíbené pivo IPA (India Pale Ale) vzniklo, když si angličtí vojáci vozili pivo do kolonizované Indie. Klasické pivo by se jim kvůli dlouhé plavbě zkazilo, proto ho hodně nachmelili a tím zajistili jeho konzervaci a trvanlivost. (2,3,4)

4.2.4 Pivovarské kvasinky

Kvasinky, respektive kvasnice, jsou živé houbovitě organismy, které mají schopnost **kvašení** (fermentace), tedy přeměny sacharidů na látky jiné. V našem případě na alkohol a oxid uhličitý (alkoholové kvašení).

V pivovarství dělíme kvasnice na spodní a svrchní. Spodní se používají při výrobě piv ležáckého typu při teplotách 7 až 15 °C. Tyto kvasnice sedimentují na dně kvasné nádoby.

Svrchní kvasnice se používají při výrobě piv typů ALE. Kvašení probíhá při teplotách 18 až 22 °C. Tento druh kvasnic se usazuje na hladině piva (kvasničná deka). (3)

4.3 Fáze přípravy mladiny

Výroba mladiny se skládá z těchto základních procesů:

- šrotování,
- vystírání,
- rmutování (dekokční nebo infuzní),
- scezování,
- vyslazování,
- chmelovar.

Po skončení chmelovaru již máme horkou mladinu, kterou následně můžeme odkalit pomocí víření ve vířivé kádi. Následuje spílání čili chlazení mladiny a její čerpání do procesního tanku (nádoby pro hlavní kvašení). (3)

4.3.1 Šrotování

Hlavním cílem šrotování je dokonalé vymletí jádra sladového zrna. Je žádoucí, aby slad byl našrotován „tak akorát“, to znamená vhodný poměr hrubých a jemných částic, ale také aby byla zachována celistvost pluchu zrna. Šrotování je důležité z důvodu zpřístupnění všech

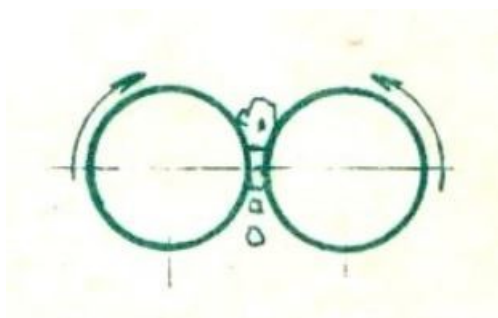
látek sladu a urychlení všech chemických a biochemických změn v průběhu přípravy mladiny.

Šrotování sladu může být provedeno:

- za sucha,
- za sucha s oddělením jednotlivých frakcí (oddělují se jemnější a hrubší části šrotu),
- s kondicionováním, tj. vlhčení sladu vodou nebo párou před mletím,
- s namočeným sladem, tj. šrotujeme mokrý slad. (3)

4.3.1.1 Šrotování za sucha

Používají se válcové šrotovníky (dvou až šestiválcové). Mezi hladké válce (průměr asi 250 mm), které se točí proti sobě (obrázek 2), vsypáváme suchý slad. Jemnost výsledného šrotu určujeme šířkou spáry mezi válci. Šrot pak následně padá pod válce, kde je již připraven pytel či zásobník na šrotovaný slad. Pro vyšší výkon a kvalitu šrotování, lze využívat víceválcové (různé soustavy) šrotovníky. (4)



Obrázek 2: válce šrotovníku (5)

4.3.1.2 Šrotování sladu s kondicionováním

Kondicionování sladu je zvlhčování sladu teplou vodou (30 °C) při pohybu (ve šnekovém kondicionéru nebo v máčecí šachtě). Tento proces probíhá jednu až dvě minuty, pluchy (obaly zrna) tím získají elasticitu a díky tomu odolnost vůči rozemletí. (4)

4.3.1.3 Šrotování sladu za mokra

Před šrotováním se máčí zrna v teplé (10 minut) nebo studené vodě (30 minut), čímž se zvýší obsah vody v zrnech (28–30 %). Následně se namočený slad šrotuje a mísí se s vystírací vodou. Při tomto procesu je ztráta extraktu přibližně 0,3 %, proto se tato máčecí voda používá při následném vystírání. (4)

4.3.2 Vystírání

Vystírání je proces, při kterém je smíchán sladový šrot s varní vodou o určité teplotě. Vystírání dělíme na studené (teplota varní vody pod 20 °C), teplé (35 až 38 °C) a horké (50 až 62 °C).

Poměr sladu a vody je u každého receptu jiný. Při výpočtu objemu vystírací vody musíme brát v potaz, že výsledný objem mladiny bude nižší. Záleží na množství odparu, ale také na způsobu scezování, vyslazování a na kvalitě sladu.

Výpočet množství sypání sladu na várku (rovnice 1):

$$m_s = \frac{V_{20}E_0}{E_v} \quad (1)$$

Výpočet objemu vody pro smíchání se sladovým šrotem:

$$V_{hl} = \frac{m_s}{100} \left[\frac{(100 - E_p)E_v}{E_p} + \frac{O_r}{100} \frac{(100 - E_p)E_v}{E_p} \right] \quad (2)$$

Pro vystírání se používají tzv. **vystírací pánve**, ve kterých se mísí sladový šrot s vodou. Probíhá v nich těž rmutování. Vystírací pánve se skládá z **míchadla**, **párníku** a **teploměru**. Obsahuje navíc topnou plochu s kapacitou rychlosti ohřevu várky o min. 1 °C min⁻¹. (3,4)

4.3.3 Rmutování

Po tom, co je dokončeno vystírání, následuje proces rmutování. Je to proces, při kterém je vystírka zahřata z původní teploty 37 °C (kyselinotvorná teplota) na teplotu 52 °C (bílkovinná prodleva, vzniká škrobový maz). Po dosažení přibližně 65 °C (nižší cukrotvorná teplota) se začíná zvyšovat podíl cukrů a klesá viskozita. Následně po dosažení 72 až 75 °C (vyšší cukrotvorná teplota) dochází k maximálnímu zcukření roztoku. (2)

Tento postup můžeme provádět dvěma způsoby, tedy **dekokčním** nebo **infuzním** rmutováním. Oba způsoby se od sebe liší výslednými vlastnostmi mladiny po dokončení varu a následným charakterem piva. (3)

4.3.3.1 Dekokční rmutování

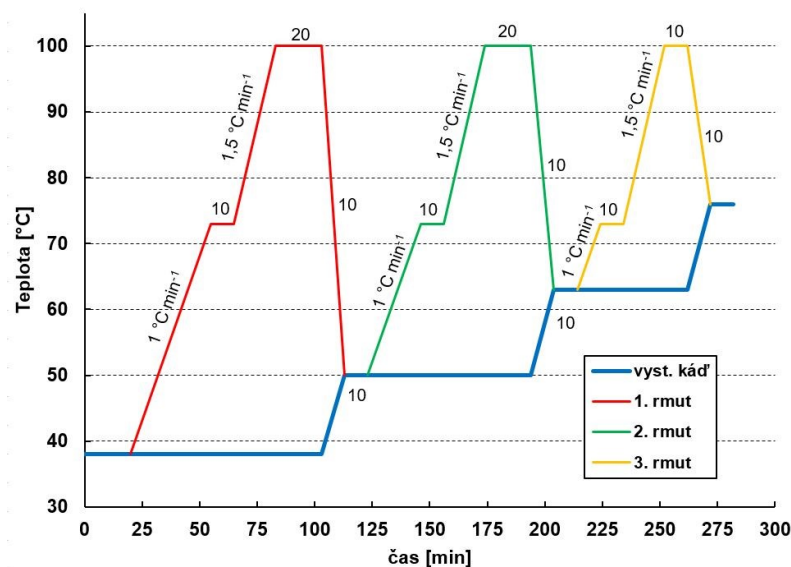
Tento způsob rmutování je typický pro piva českého původu. Jsou při něm zapotřebí dvě nádoby (případ této práce). V jedné je ohřívána určitá část (třetina až polovina) díla, dle počtu rmutů v receptu. V té druhé zatím zbylá část čeká na zpětné smíchání se zahřátou částí rmutu.

V praxi je mnoho způsobu a receptů. Základem je, že určitá část díla se postupně ohřívá ve rmutovací pánvi. Postupnými ohřevy a prodlevami se ohříváný podíl zahřeje na teplotu 100 °C a smíchá se se zbytkem díla. Stejným způsobem se pokračuje dle receptu.

Dekokční rmutování dělíme na:

- jednorumtové;
- dvourumtové ;
- třírumtové (obrázek 3).

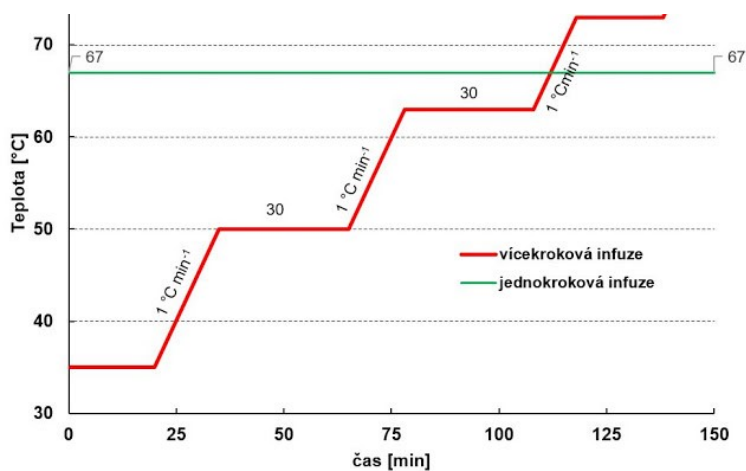
Tyto druhy dekokčního rmutování se od sebe liší počtem opakování výše uvedeného postupu a dobou čekání. (2)



Obrázek 3: příklad třírumtového postupu (6)

4.3.3.2 Infuzní rmutování

Infuzní rmutování u nás není příliš časté, využívá se především v ostatních zemích (Velká Británie, Německo, ...). Je to způsob, při kterém není třeba další nádoby. Ohřívá se celá várka najednou a nedochází k žádným jiným přečerpáváním. Infuzní rmutování dělíme na **jednokrokovou** a **vícekrokovou** (obrázek 4). Jednokroková infuze je nejjednodušší způsob rmutování. U této infuze pouze držíme teplotu rmutu po určitou dobu na konstantní teplotě. U vícekrokové postupně zvyšujeme teplotu dle receptury. (6)



Obrázek 4: příklad infuzního rmutovacího postupu (6)

Jak je již výše uvedeno, infuzní rmutování je velmi populární především v západních zemích. O tom svědčí i fakt, že na největší pivovarské výstavě BrauBeviale 2019 bylo vystaveno mnoho jednonádobových varen (pro domácí vaření piva), které jsou vhodné pouze pro infuzní vaření piva, viz obrázek 5.



Obrázek 5: Příklad jednonádobové varny z výstavy BrauBeviale 2019

4.3.4 Scezování

Celé dílo, po dokončení rmutování, lze popsat jako hustou směs **vodnatého roztoku s rozpuštěnými extraktivními látkami** (sladiny) a **pevnými částmi extraktu**. Tuto směs je třeba efektivně rozdělit na mláto a sladinu.

„Z technického hlediska je scezování jednou z nejnáročnějších operací v celém pivovarském výrobním procesu. Scezování probíhá ve scezovací kádi (SK), která je vybavena scezovacím perforovaným dnem a speciálním kypřícím zařízením, tvořeným vertikálně uloženými otočnými noži, nazývaným „kopačka“ a sprchovacím systémem. Dříve bylo scezování regulováno zkušeností „mistra vaříče“, který ručními scezovacími kohouty řídil celý scezovací proces. Dnes je tento proces často řízen automaticky.“ (7)

Před samotným scezováním se provádí tzv. podrážení. Je to proces, při kterém se zatahuje sediment na dně nádoby prudkým otevřením a přivřením kohoutů. Takto se otevře cesta zpět do SK. Scezování může začít až po tom, co je sladina tekoucí zpět do scezovací kádě čirá.

Scezování se dělí na dvě základní fáze. V první fázi se dílo scedí skrze filtrační vrstvu mláta, která se usadí na scezovacím dně a na tu se postupně nabaluje další mláto – tato část sladiny se nazývá **předek**. V další fázi se usazené mláto propláchne horkou vodou, čímž se získá řídká sladina, tzv. **výstřelky**. Tuto fázi nazýváme **vyslazování**.

Oddělené mláto se následně vyhrne z SK. Může se využívat jako krmivo v živočišné produkci nebo lze používat pro výrobu bioplynu. (3)

4.3.5 Chmelovar

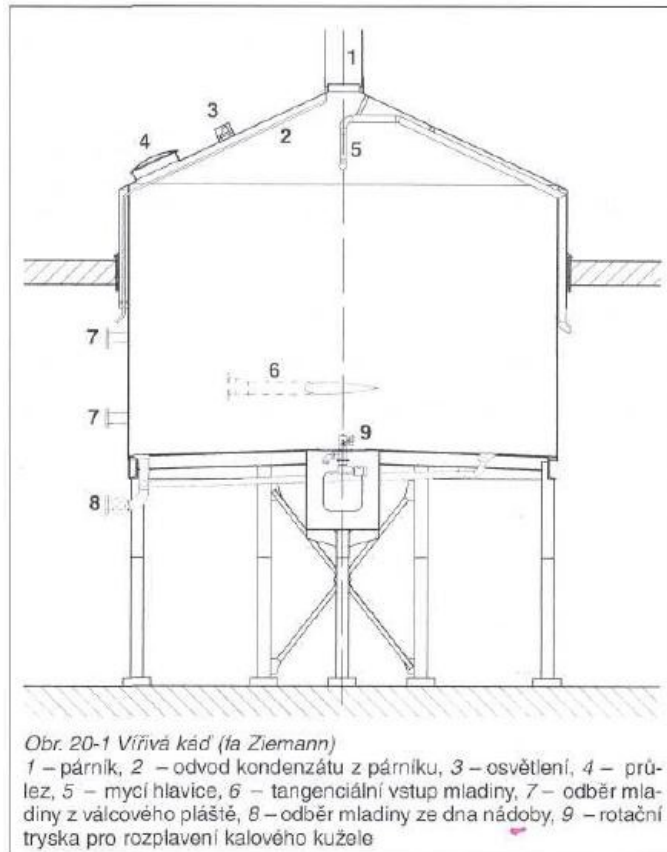
Scezená sladina se v pánvi s ohřevem vaří spolu s chmelem po dobu určenou, dle receptu (70 až 120 minut). V tomto kroku dochází k fyzikálně-chemickým proměnám, které určují hořkost a koncentraci mladiny. (3)

4.3.6 Separace kalů pomocí vířivé kádě

Ve výsledné mladině je po chmelovaru stále velké množství kalů a nečistot, zbytky mláta a chmele. Vysoce efektivním způsobem odstranění těchto kalů je použití vířivé kádě. Jednoduše řečeno, ve vířivé kádě se po skončení rotace mladiny vytvoří, působením dostředivé síly, kužel. Tento efekt, je známý například díky míchání čaje, kdy se po míchání stahují pevné a těžší částice do středu hrnečku (vlivem dostředivých sil).

„Při míchání čaje vytváříme v hrnečku primární tok. Největší obvodovou rychlost bude mít vrstva v blízkosti okraje hrnku. Zároveň vrstva přiléhající k hrnku bude mít rychlost nulovou. V těchto místech tak vzniká přechodová vrstvička, kde se rychlost prudce mění z nuly na maximální možnou. Stejná přechodová vrstvička vzniká u dna. V hrnku tak najdeme tři místa s nulovou rychlostí (ve středu hrnku, na jeho okraji a u dna). V místech s nulovou rychlostí snadno vznikají sekundární toky. Na molekuly kapaliny v povrchové vrstvě působí dvě síly – tíhová a odstředivá. Jejich výslednice míří k okraji hrnku. Hladina kapaliny je vždy kolmá na výslednici sil. Díky tomu kapalina vytváří parabolický profil. Na okraji hrnku je tak kapalina výš než ve středu hrnku. Vzniklý gradient hydrostatického tlaku rozproudí čaj z místa vyššího tlaku do místa nižšího tlaku. Ke vzniku proudění přispívá nejenom různý hydrostatický tlak u dna, ale i přechodová vrstva u okraje hrnku. Vytváří se tak sekundární tok, který zanesení lístky čaje doprostřed dna, ale už není dost silný na to vynést je zpátky nahoru.” (8)

Prakticky vířivá káď funguje, tak že se do kádě tangenciálně čerpá mladina určitou rychlostí, čímž vznikne vnitřní kužel nahromaděných kalů a nečistot. Následně se čirá mladina odčerpává do chladiče mladiny (obrázek 6). (3)



Obrázek 6: vířivá kád' (4)

4.4 Možnosti ohřevu varenských pánví

U středních a menších varen je většinou volen způsob **nepřímého** ohřevu horkým olejem, případně párou. U velmi malých varen je používán **přímý** ohřev. To znamená, že topné médium přímo ohřívá varní nádobu. Jako topné médium se používá elektrická spirála nebo plynový hořák (případ domácích mikrovaren).

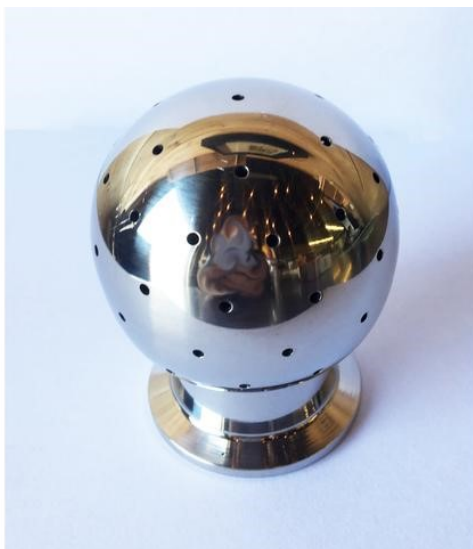
Otop horkou párou nebo okruh horkého oleje je nazýván ohřevem nepřímým, z důvodu, že se nejdříve ohřívá jiné médium (pára nebo olej), které se následně používá pro ohřev nádoby. Z pohledu regulace je vhodnější použití elektrické nebo plynové ohřevy. Pára a olej má nevýhodu v delším dopravním zpoždění. Naopak výhoda je, že u páry a oleje nedochází k připalování a ohřev není tak prudký. Z pohledu sládka je lepší nepřímý ohřev. (4)

Zajímavostí je, že belgická firma Meura se zaměřuje na prohřívání média horkou párou (do obsahu nádoby se přímo vypouští horká pára). Je nutné však počítat s přírůstkem vody z důvodu kondenzace par.

Ve větších pivovarech vyhřívání velkých nádob nestačí a přidává se ještě ohřev vnitřním nebo vnějším vařákem. Jsou to výměníky, které ohřívají mladinu uvnitř nádoby nebo je mladina čerpána k vnějšímu výměníku, kde se ohřeje a putuje zpět do ohřevné nádoby.

4.5 Sanitace varní soustavy

Slovem sanitace se rozumí proces vyčištění a desinfekce technologického zařízení. Tato sanitace je prováděna tzv. CIP (Clean-In-Place) stanicí. Podstatou této stanice je uzavřená soustava nádob s čistícími a desinfekčními roztoky. Tyto roztoky jsou postupně vpouštěny do varní soustavy, kde cirkulují. Ve varních nádobách jsou tzv. sprchy, které rozprašují sanitační roztoky (obrázek 7). Soustavou většinou postupně cirkulují louh, desinfekce, vratná voda a následně čistá voda.



Obrázek 7: sanitační hlavice (9)

4.6 Právní omezení

Dle českého práva je nutné platit státu za alkoholické nápoje nepřímou tzv. spotřební daň. Osvobození od této daně, jsou domácí výrobci piva, kteří nepřekročí roční produkci piva 200 l a zároveň vyrábí pivo pouze pro vlastní účely – nikoliv za účelem prodeje. V praxi je tato hranice nepřiměřeně nízko. Spousta domácích výrobců se k této hranici přiblíží velmi rychle a značně to komplikuje provozování jejich vášně.

Při překročení této hranice je snižená sazba daně pro malé a nezávislé pivovary, viz tabulka 1.

Tabulka 1: sazba daně dle roční produkce (10)

Sazba daně v Kč/hl za každé celé hmotnostní procento extraktu původní mladiny						
Rok	Základní sazba	Snížené sazby pro malé nezávislé pivovary				
		Velikostní skupina podle výroby v hl ročně				
		do 10000	nad 10000 do 50000	nad 50000 do 100000	nad 100000 do 150000	nad 150000 do 200000
do 2009	24,00	12,00	14,40	16,80	19,20	21,60
od 2010	32,00	16,00	19,20	22,40	25,60	28,80

„Pro domovarníky jsou po světě velmi rozdílná pravidla a Česko patří k zemím, které domácí výrobu piva omezují nejvíce.” (11)

V současné době leží v poslanecké sněmovně návrh zákona na rozšíření maximální roční produkce pro domovarníky z 200 na 2000 l. Pokud bude návrh přijat, značně to rozváže ruce amatérským sládkům. (11)

5 Praktická část – návrh

Dle zadání musí být navržena dvounádobová plně automatizovaná varna pro dekokční výrobu mladiny. Objem várky po dokončení varu musí být 50 l. Obě nádoby budou z nerezové ocele a budou mít tloušťku pláště 2 mm. Tato varna musí obsahovat také zařízení pro separaci hrubých kalů, konkrétně vířivou kád', která bude součástí pánve s otopem. Varna bude také obsahovat sanitační prvky a cesty pro připojení CIP stanice.

Z tohoto shrnutí je tedy jasné, že jedna nádoba bude plnit funkce vystírací, rmutovací a mladinové pánve, do které bude implementována i funkce vířivé kádě. Druhá pánve bude mít funkci scezovací pánve. Obě nádoby budou propojeny soustavou potrubí a čerpadly, umožňující přečerpávání média podle receptur pro dekokční rmutování. Pro správnou funkci scezování je nutné implementovat zákaloměr, který bude kontrolovat zákal sladiny. Podle toho regulovat výkon scezovacího čerpadla a otvírat ventily pro čerpání předku a výstřelků do mladinové pánve.

5.1 Návrh konstrukce mladinové pánve

Mladinová pánve v tomto případě plní funkci vystírací, mladinové pánve a vířivé kádě. Mladinová pánve je vybavena otopnou zónou. Horní víko nádoby bude odnímatelné a bude k němu připojena hřídel pro pohánění míchadla.

5.1.1 Rozměry mladinové pánve

Při výpočtu potřebných rozměrů mladinové pánve je nutné vzít v úvahu žádaný objem mladiny, objem sladu, množství vyslazovací vody a množství odparu. Všechny tyto parametry jsou vždy dány recepturou, proto je potřeba vytvořit návrh s dostatečnou rezervou. Varna tedy bude navržena pro množství sypání sladu 8–12 kg a maximální množství vystírací vody 40 l. 100 kg sladu zabere po smíchání zhruba 70 l objemu. To znamená, že v tomto případě zabere slad až 8,4 l objemu nádoby. Dále je nutné přičíst rezervu 10 až 40 % z celkového objemu, z důvodu vynechání prostoru od kraje nádoby. V tomto případě bude zvolena rezerva 25 %, viz rovnice 3. (12)

$$V_{Mp} = (40 + 8,4) + \left(\frac{40+8,4}{4}\right) \quad (3)$$

$$V_{Mp} = 60,5 \text{ l}$$

Pro zmíněné množství sypání by stačila MP s celkovým objemem 60,5 l. Dle zadání je ale nutné mít objem várky 50 l. Bude tedy přidána rezerva další 2 l (50 l + 25 % = 62,5 l). Dle literatury je vhodný poměr výšky a průměru mladinové pánve 1:1, z tohoto důvodu je počítáno pro $2r = v$. Z důvodu plnění funkce vířivé kádě je nutné mít ploché dno. Vhodné rozměry pro tuto varnu jsou vypočteny rovnicí 4. Výsledné rozměry jsou znázorněny v obrázku 8.

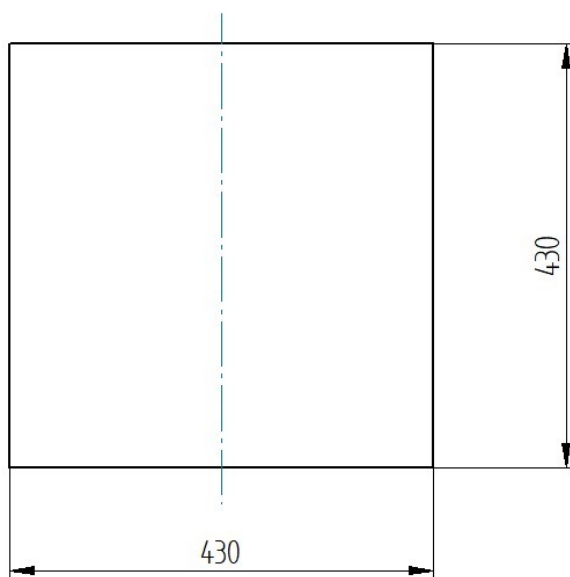
$$V_{Mp} = \pi * r^2 * v$$

$$62500000 = \pi * r^2 * 2r$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{Mp}}{2\pi}} \quad (4)$$

$$r = 215 \text{ mm}$$

$$v = 215 * 2 \cong 430 \text{ mm}$$

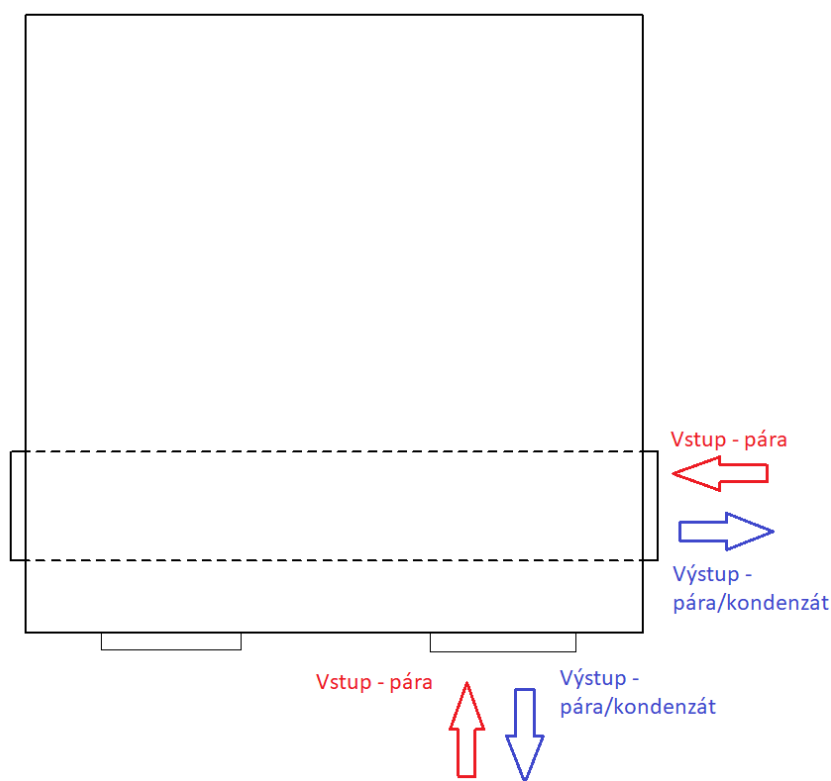


Obrázek 8: vlastní návrh rozměrů MP

5.1.2 Ohřev mladinové pánve

Pro zajištění konzistentního ohřevu bez připalování (napékání) bude MP ohřívána párou. V současné době se lze v některých oblastech připojit k veřejnému parovodu. V opačném případě je nutné vlastnit vyvíječ horké páry. U větších varen je většinou otopná oblast rozdělena do více zón. V tomto případě bude navržena zóna jedna. Minimální teplotní gradient nárůstu teploty je $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Přívod páry bude regulován vlastním regulačním ventilem. (13)

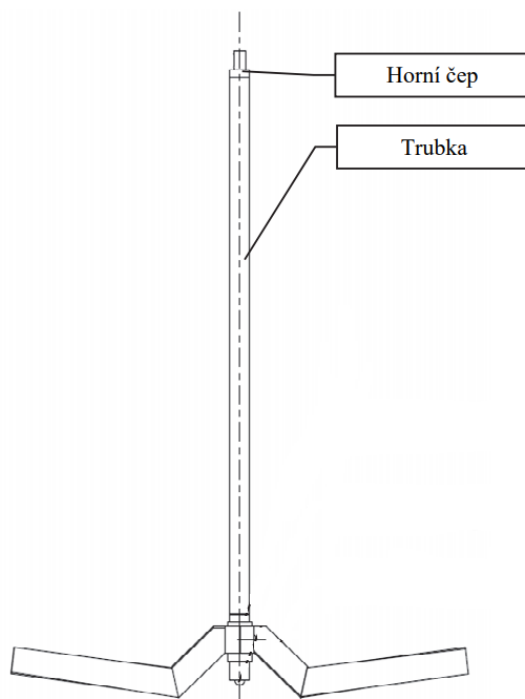
Otopná zóna je navržena na plášti nádoby, viz obrázek 9.



Obrázek 9: otopná zóna

5.1.3 Míchadlo v mladinové pánvi

Míchadlo, motor a víko tvoří jeden celek a k MP jsou připevněny pomocí svorek. Po chmelovaru bude nutné víko odejmout, aby při víření nedocházelo k rušení efektu dostředivé síly míchadlem. Konstrukce míchadla (viz obrázek 10) bude spojena horním čepem k motoru, které bude míchadlem otáčet.



Obrázek 10: míchadlo (14)

5.1.4 Senzory a čidla

Mladinová pánev je opatřena jedním teplotním snímačem. Ten je umístěn u dna nádoby tak, aby bylo zajištěno měření teploty díla i při nízké hladině. Jedná se o kompaktní teploměr PT100 s konektorem M12 a požadovaným potravinářským atestem.

Dále mladinová pánev obsahuje tzv. čidlo hladiny. Jedná se o snímač, který detekuje, zda je dno zaplaveno či nikoliv. Konkrétně se jedná o limitní snímač hladiny pro kapaliny v potravinářství *Liquiphant FTL33*. Použita jsou tato dvě čidla. Jedno čidlo bude detekovat plnou MP. Druhé čidlo bude v jedné třetině MP a bude nám detekovat, že byly přečerpány 2/3 objemu MP do SK.

5.2 Návrh konstrukce scezovací kádě

Scezovací kád' je nádoba, sloužící ke scezení díla, tedy k oddělení mláta (vylouženého rozemletého sladu) od tekuté složky sladiny. Scezovací kád' se skládá ze scezovacího síta, kypřidla (kopačka) a vyslazovací trysky. Pod scezovacím sítem (jalovým dnem) je umístěno plné dno. Kád' je opatřena dolním oválným otvorem pro jednodušší výhoz mláta po scezování.

5.2.1 Rozměry scezovacího dna

Rozměry scezovací kádě jsou určeny dostupností scezovacího dna. Z důvodu finanční dostupnosti projektu je zvoleno scezovací dno s průměrem 500 mm, které lze zakoupit a není nutné si ho nechat vyrobit na objednávku (což by byla značně dražší varianta).

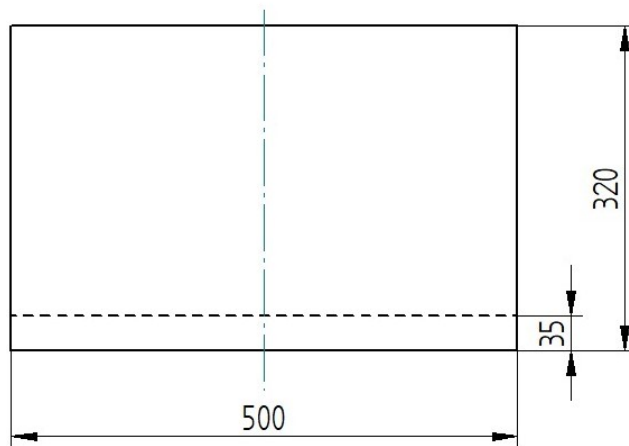
5.2.2 Rozměry scezovací kádě

Scezovací kád' je také válcovitá nádoba a má stejný objem jako mladinová pánev, tedy 62,5 l. Rozměry jsou však rozdílné. Teoreticky by měl být poměr průměru a výšky nádoby 2:1. Velikost vnitřního průměru však závisí na velikosti průměru scezovacího dna. To znamená, že vnitřní průměr scezovací kádě je 500 mm. Výšku scezovací kádě dopočteme následujícím vzorcem (rovnice 5):

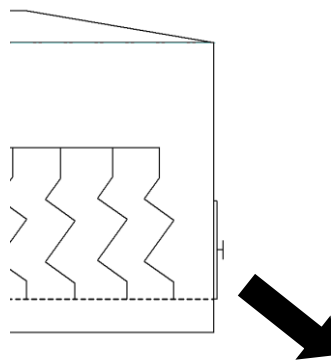
$$\begin{aligned}V_{Mp} &= \pi * r^2 * v \\v &= \frac{V_{Mp}}{\pi * r^2} \\v &= \frac{62500000}{\pi * 250^2} \quad (5)\end{aligned}$$

$$v = 318 \text{ mm} \sim 320 \text{ mm}$$

Výška scezovací kádě je tedy přibližně 320 mm. Scezovací síto je umístěno 35 mm nad scezovacím dnem (viz obrázek 11), z důvodu následného umístění sanitační hlavice. Z boku nádoby budou ručně otevíratelná oválná dvířka pro výhoz mláta (popsáno v kapitole 2.5.4) mezi chmelovarem a vířením (viz obrázek 12).



Obrázek 11: rozměry scezovací kádě



Obrázek 12: otvor pro výhoz mláta

5.2.3 Návrh scezovacího dna

Hlavním prvkem scezovací kádě je scezovací dno. Dle předchozího výpočtu má dno průměr 500 mm. S těmito rozměry lze zakoupit nerezové scezovací dno (viz obrázek 13) za 1700 Kč. (15)



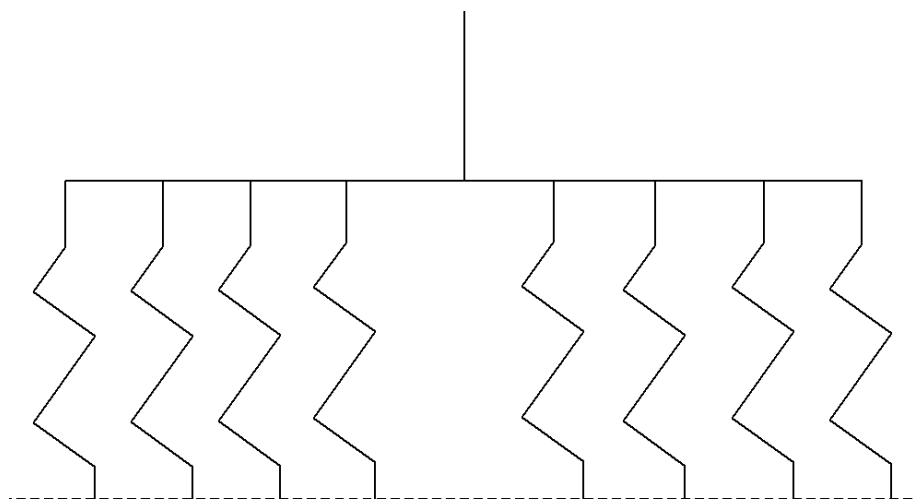
Obrázek 13: nerezové frézované scezovací dno (15)

Tloušťka síta je 2 mm, délka štěrbiny 25 mm a šířka štěrbin 2 mm. Po celém okraji síta je 10mm neděrovaný plný plech. Průtočná plocha síta je 10 % plochy. Toto scezovací dno má na horní ploše dva háky na vytažení. Tyto háky budou uříznuty, protože by vadily při vyhrnování mláta.

5.2.4 Návrh kypřicího zařízení pro scezovací kád'

Kypřicí zařízení bude hřídelí spojeno s motorem skrze odnímatelné víko. Po scezování bude nutné vyhrnout mláto. To znamená, že bude muset být navrhnout silnější pohon s frekvenčním měničem (tento frekvenční měnič je dále popsán v kapitole 5.4).

Samotná konstrukce kypřicího zařízení je tvořena osmi kypřicími noži. Čtyři nože po každé straně, viz obrázek 14.



Obrázek 14: navržené kypřicí zařízení

Při výhozu mláta bude na dno vložen kus tvrdé hadice, kterou budou nože hrnout před sebou, a tím bude probíhat výhoz mláta. To bude hrnuto ke kraji nádoby, kde bude otvor pro výhoz mláta.

5.2.5 Senzory a čidla

Scezovací kád' bude opatřena jedním zákaloměrem *Relative Turbidity Meter ITM-2* s požadovaným potravinářským atestem. Podle výstupu ze zákaloměru se bude vypínat tzv. proces podrážení. To je vracení kalné sladiny do SK k nové filtraci přes vrstvu mláta. Pro stanovení objemu prošlé sladiny bude na výstupu použit digitální průtokoměr MAG

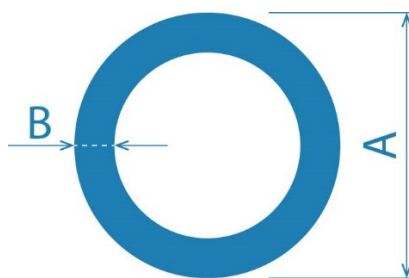
Series Magnetic Inductive Flow Meter s požadovaným potravinářským atestem, který bude dávat informaci o aktuálním průtoku. Dle toho lze naprogramovat automatické vypnutí scezování a spuštění kroku vyslazování. Následně může být vyhodnocena informace o množství proteklých výstřelků. Použití těchto senzorů zajistí plnou automatizaci procesu scezování. Na druhou stranu je cena těchto senzorů velmi vysoká.

5.3 Návrh soustavy potrubí

Doporučená rychlost toku média (r_{mutu}) mezi varními nádobami je $\leq 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na základě toho je navrženo nerezové potrubí DN 25 (vnitřní průměr potrubí 25 mm). Tloušťka stěny potrubí je 1,5 mm. Cena za běžný metr tohoto potrubí je 406,- Kč. (13, 16)

$$A = 28 \text{ mm}$$

$$B = 1,5 \text{ mm}$$



Obrázek 15: řez použitým potrubím (16)

Po scezení je možno použít potrubí s menším vnitřním průměrem, protože už má médium menší viskozitu. Na základě toho je navrženo nerezové potrubí DN 15. Tloušťka stěny potrubí je 1,5 mm. Stejně potrubí je použito na vstupu a výstupu z CIP stanice. Cena za běžný metr potrubí je 274,- Kč. (16)

$$A = 18 \text{ mm}$$

$$B = 1,5 \text{ mm}$$

Uvnitř obou nádob je na konci CIP potrubí připevněna Fixní mycí hlavice, závitová 1/2" FCBT_15 (obrázek 16). Tyto hlavice mají stejnou světlost jako potrubí od CIP. Tyto hlavice zajistí rovnoměrný rozptyl sanitační kapaliny po stěnách nádob.



Obrázek 16: použitá sanitační hlavice (17)

Potrubí bude mezi sebou spojeno tzv. T-kusy a X-kusy. Jsou to spojky ve tvaru T a ve tvaru X. Tyto spojky jsou nerezové a doplněny vnitřním závitem.

5.4 Motory pro pohon míchadel

Motory budou připevněny na horní část víka a hřídelí k míchadlům. Pro obě nádoby nebyl vybrán stejný motor. Z důvodu malého provedení navrhované varny, lze použít pro MP slabý stejnosměrný motor.

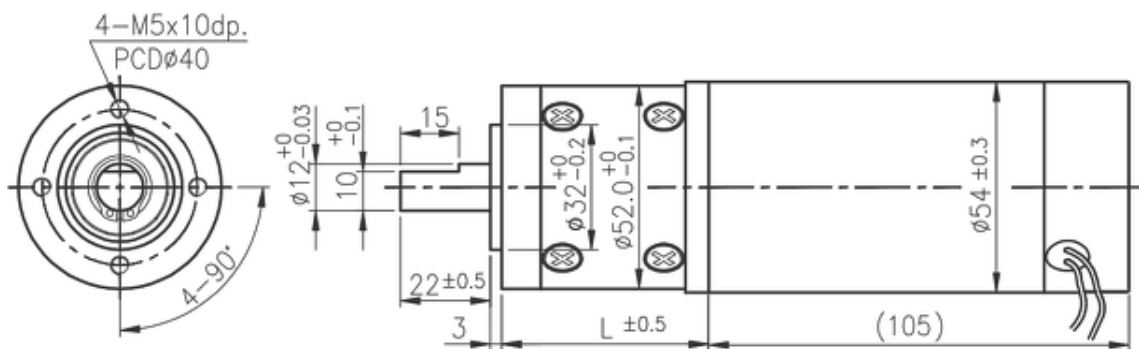
DC motor série PG521 s planetovou převodovkou (viz obrázek 17)

Moment: 2,5 až 100 kg-cm

Rozsah frekvence otáčení: 4,0 až 1030 ot./min.

Napětí: 12, 24 V

Výkon 48 W (při 24V zapojení)



Obrázek 17: schéma použitého DC motoru (18)

Při procesu scezování je nutné kypřit vrstvu mláta na dně. Po scezování probíhá výhoz mláta postranním otvorem, proto je nutné vybrat elektromotor silnější a s možností volby otáček. Pro SK byl vybrán silnější elektromotor s frekvenčním měničem:

AC motor 1ALJ712-4 (viz obrázek 18) + frekvenční měnič A550-2S0004

Frekvence otáčení až 1400 ot./min.

Napětí: 230 V

Výkon: max. 370 W



Obrázek 18: použitý AC motor (19)

Frekvenční měnič

Model A550-2S0004

Výkon 0,4 kW (výkonově tento frekvenční měnič sedí k vybranému motoru)

Max. jmenovitý vstupní proud je 5,4 A

Jmenovitý výstupní proud je 2,4 A

Vstupní napětí 50/60Hz 1 fáze 230 V (20)

5.5 Čerpadla

V této varně budou použita dvě čerpadla, jedno hlavní – tedy čerpadlo pro čerpání média mezi nádobami. Toto čerpadlo se nazývá *rmutovací* (dále jen RČ). Dále bude použito čerpadlo pouze pro scezování – tedy *scezovací* (dále jen SČ).

Jako RČ bude použito samonasávací odstředivé čerpadlo *LIVERANI NEREZOVÉ* (viz obrázek 19), které je vhodné pro přepravu kapalin o teplotě do 110 °C. Toto nerezové čerpadlo je certifikováno jako potravinářské čerpadlo. V tomto případě bude použita řada EP MINI 1“ s maximálním průtokem 25 l/min. Maximální příkon čerpadla bude 560 W. Výrobce čerpadla je italská firma Liverani.



Obrázek 19: samonasávací rmutovací samonasávací čerpadlo (21)

Jako SČ bude použito *odstředivé čerpadlo MKII 25W ½* (viz obrázek 20). Čerpadlo je opatřeno nerezovou hlavou a je s požadovaným potravinářským atestem. Maximální průtok je 19 l/min. Výkon čerpadla je 25 W.



Obrázek 20: použité scezovací čerpadlo (22)

5.6 Technické schéma pivovaru – vlastní návrh

Pivovar je navržen tak, že jsou všechny prvky ovladatelné pomocí signálů. To znamená, že lze připojit vstupy a výstupy k PLC. Do PLC pak lze nahrát program s požadovaným receptem.

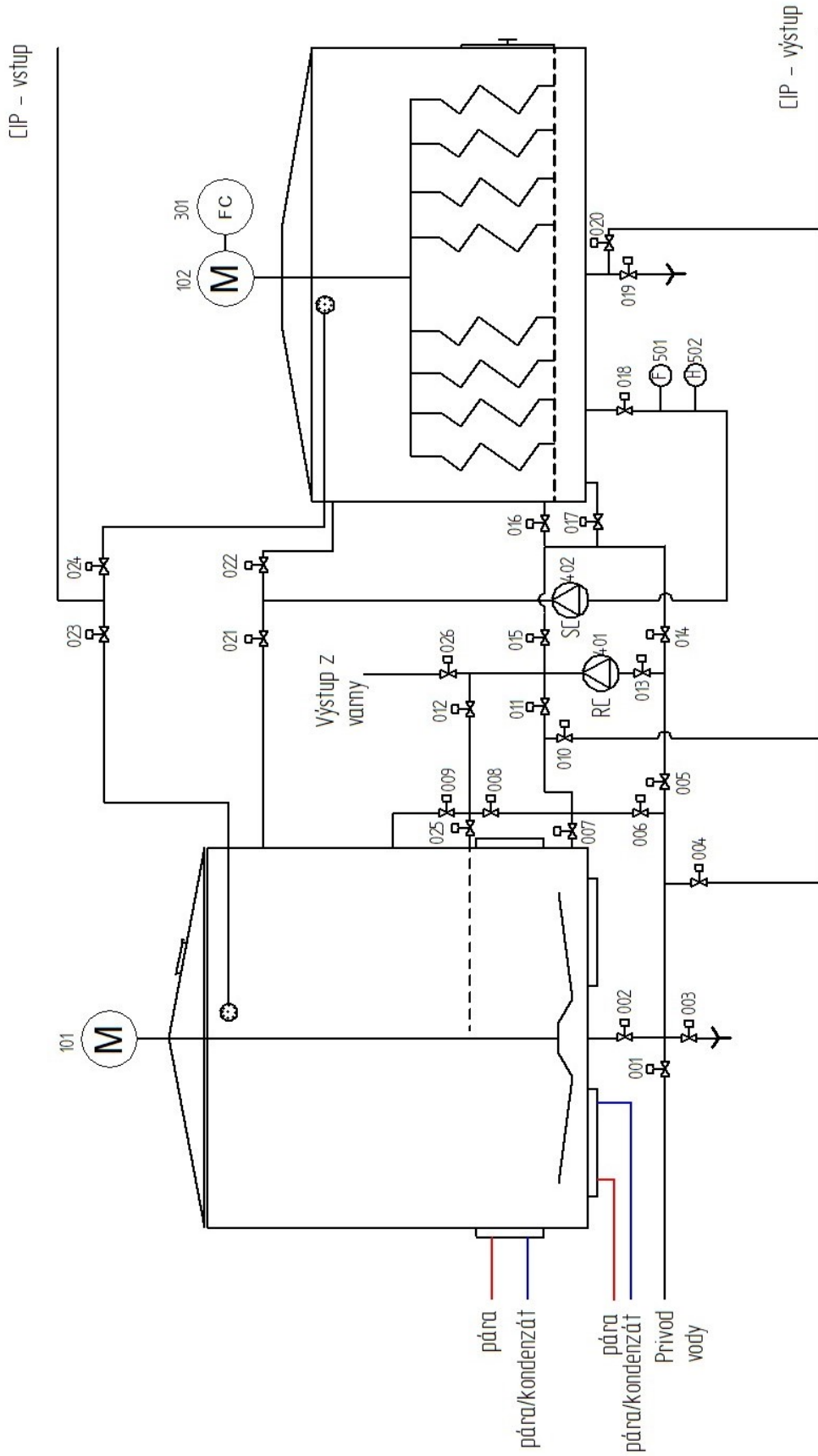
Vstupy horké páry by měly být ovládány regulačním ventilem, který již není na schématu naznačen, protože regulace topného média nebyla součástí práce. Vstup horké páry je značen červeně a výstup kondenzátu je značen modrou barvou.

Potrubí připojené ke rmutovacímu čerpadlu má světlost DN 25. U tohoto potrubí jsou tedy použity elektromagnetické solenoidové ventily - **Solenoidový ventil RH25**. Tento ventil je vhodný pro médium o vysokých teplotách. Cívku ventilu lze ovládat DC napětím 24 V. Cena tohoto ventilu je 105 €, v přepočtu tedy cca. 2700,- Kč.

Potrubí připojené ke scezovacímu čerpadlu a k CIP má světlost DN 15. Zde jsou použity elektromagnetické solenoidové ventily - **Solenoidový ventil RH15-SS**. Tento ventil má stejné vlastnosti jako výše uvedený, jen má světlost DN 15. Cena tohoto ventilu je 92 €, což je v přepočtu cca. 2350,- Kč.

Ve schématu (obrázek 21) je naznačeno připojení na CIP stanici a přívod studené vody. Potrubí od CIP vstup je o světlosti DN 15. Tutéž světlost má potrubí připojené ke scezovacímu čerpadlu.

Schéma pivovaru (viz obrázek 21) je na nakresleno ve 2D CADu (Computer Aided Design) od firmy Siemens, Solid Edge 2020. Aktivní prvky schématu jsou označeny trojčíferným číslem. V tabulce jsou popsány významy použitých prvků. Schéma ve vysokém rozlišení je vloženo jako příloha.



Obrázek 21: vlastní konstrukční návrh

Tabulka 2: seznam všech použitých prvků

Označení	Popis prvku
001	Ventil; přívod vody
002	Ventil; výstup z MP
003	Ventil; odtok z MP na kanál
004	Ventil; CIP výstup
005	Ventil; vstup do RC
006	Ventil; vířivá kád' 2. dolní výstup
007	Ventil; vířivá kád' dolní výstup
008	Ventil; vířivá kád' 2. horní výstup
009	Ventil; vířivá kád' horní výstup
010	Ventil; CIP výstup 2
011	Ventil; výstup RC
012	Ventil; vířivá kád' vstup
013	Ventil; vstup do RC
014	Ventil; vstup do RC
015	Ventil; výstup RC
016	Ventil; vstup/výstup SK
017	Ventil; voda pod jalové dno SK
018	Ventil; scezování/podrážení
019	Ventil; výstup jalové dno - kanál
020	Ventil; výstup jalové dno - CIP
021	Ventil; scezování
022	Ventil; podrážení
023	Ventil; hlavice MP
024	Ventil; hlavice SK
025	Ventil; vstup vířivá kád'
026	Ventil; výstup z varny (na chladič)
101	Motor; pohon míchadla MP
102	Motor; pohon kypřidla SK
301	Frekvenční měnič; změna otáček kypřidla SK
401	Čerpadlo; hlavní rmutovací čerpadlo

402	Čerpadlo; scezovací čerpadlo
501	Průtokoměr; kontrola průtoku na SC
502	Zákaloměr; kontrola zákalu sladiny při scezování

6 Ekonomické zhodnocení

Přesnou částku za kompletní projekt nelze jednoznačně určit, neboť by bylo nutné vyrobit nerezové nádoby na míru. To znamená, popsat cenovou nabídku u výrobce. Cena za nádoby je vypočtena dle ceny za nádoby v podobné velikosti + 30 % za výrobu na míru. Cena za míchací a kypřicí zařízení je stanovena jako odhad ceny práce za sváření a nákup nerezových součástí. V ekonomické analýze nebude zhodnocena cena řídicího systému (PLC, relátka, atd.), kalibrace senzorů po připojení řídicího systému a práce sváření a zhotovení konstrukce. Dále zde nejsou obsaženy náklady pro připojení zdroje páry pro ohřev MP.

Tabulka 3: ekonomické zhodnocení navržené konstrukce (15,17,18,21,23)

Název	Počet	Cena za kus/metr (Kč)	Cena celkem (Kč)
Mladinová pánev	1	3000 + 30 % = 3900	3900
Scezovací kád'	1	3000 + 30 % = 3900	3900
Scezovací dno	1	1700	1700
Míchadlo MP	1	cca. 1500	1500
Kypřicí zařízení	1	cca. 1800	1800
Potrubi DN 25 nerez	8 m	406	3248
Potrubi DN 15 nerez	7 m	274	1918
T-spojka DN 25	8	137	1096
T-spojka DN 15	2	62	124
X-spojka DN 25	4	205	820
Sanitační hlavice	2	630	1260
Scezovací čerpadlo SC	1	1799	1799
Rmutovací čerpadlo RC	1	12800	12800
Motor – pohon míchadla MP	1	5190	5190
Motor – pohon kypřicího zařízení SK	1	1823	1823
Frekvenční měnič	1	2002	2002
Elektromagnetický ventil DN 25	18	2700	48600
Elektromagnetický ventil DN 15	8	2350	18800

Senzor teploty	1	4070	4070
Průtokoměr	1	30300	30300
Zákaloměr	1	43350	43350
CELKEM			190000 Kč

Celková cena navržené konstrukce, včetně aktivních prvků, je 190000 Kč. Vzhledem k tomu, že nejsou započteny ceny za elektrické zapojení, elektroniku a případný zdroj páry, je tato cena velmi vysoká (s přihlédnutím k velikosti objemu várky).

Tato cena je pro obyčejného domovárníka přemrštěná. Nicméně cena varny 30 l, vystavené na největší pivovarské výstavě BrauBeviale 2019 v Norimberku byla 11900 € bez DPH, což je podstatně vyšší částka. Nicméně se nelze domnívat, že by navržené řešení bylo z ekonomického hlediska realizovatelné. Z tabulky při porovnání jednotlivých položek je očividné, že značnou sumu stojí průtokoměr a zákaloměr. Tyto dva přístroje mají za úkol hlídat pouze čírost a průtok sladiny při procesu scezování. Alternativou by byla absence automatického scezování. To znamená návrh tzv. lite-verze varny (absence zákaloměru a průtokoměru). Scezování by probíhalo manuálním ovládáním scezovacího čerpadla a otevíráním/zavíráním ventilů na základě vizuálního hodnocení zákalu pomocí průhledítka, což se běžně dělá i v ostatních nejen řemeslných pivovarech. Při použití tohoto řešení by byla konstrukce o cca. 75000 Kč levnější. Tedy za celkovou cenu 115 000 Kč. Což už vzhledem k plné automatizaci funkce všech ventilů, elektromotorů, čerpadel a míchadel je cena přijatelnější. Přínosem by bylo ušetření času zejména při rmutování a chmelovaru.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit konstrukční návrh plně automatizované domácí varny piva do 50 l várky. Tato varna měla být vhodná pro výrobu piva dekokčním způsobem. A dle stanoveného zadání měla mladinová pánev plnit funkci separace hrubých kalů pomocí víření.

Zadaný cíl práce se mi podařilo splnit. Využil jsem všechny 3 doporučené zdroje informací ze zadání práce. Konstrukce navržené varny je zcela automatizovaná a je opatřena dálkově ovládanými klapkami. Dále se mi také podařilo vymyslet integraci vířivé kádě do MP. A také může být pomocí programu kontrolován a řízen proces scezování.

Nicméně cena tohoto návrhu je opravdu vysoká. Tento návrh varny by bez veškerého elektronického zapojení a bez přívodu horké páry stál 190000 Kč. Tato cena je pouze za konstrukční zhotovení a dá se předpokládat, že by si výrobce přidal ještě marži ve výši minimálně 30 %.

Pro obyčejné nadšence a nezkušené domovarníky je tato částka absurdní. Dle mého názoru je tento návrh uplatnitelný (zajímavý) spíše pro použití ve výzkumných ústavech či školských zařízeních. Pro použití v praxi není tento návrh, tedy plně automatizovaná varna, příliš vhodný (z důvodu finanční náročnosti).

Seznam použitých zdrojů

1. **Chládek, Ladislav.** soukromá sbírka fotografií. 2019.
2. —. *Pivovarnictví.* Praha : Grada, 2007.
3. **Basařová, Gabriela.** *Pivovarství - teorie a praxe výroby piva.* Praha : VŠCHT Praha, 2010.
4. **Kosař, Karel.** *Technologie výroby sladu a piva.* Praha : Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000.
5. **Vidlář, Hodek.** *Základy úpravy užitkových surovin.* Ostrava : VŠB, 1984.
6. **diversity-pivo.blogspot.com.** <http://diversity-pivo.blogspot.com/>. <http://diversity-pivo.blogspot.com/>. [Online] [Citace: 2. 2 2020.] <http://diversity-pivo.blogspot.com/2015/12/proces-1-dil-rmutovani.html> fotka 2.
7. **VÚPS.** www.pivo-pivo.cz. *pivo-pivo.* [Online] 2001. [Citace: 4. 1 2020.] <https://www.pivo-pivo.cz/svetpiva/clanek/235-Scezovani/index.htm>.
8. **Koudelková, Věra.** Dílny Heuréky 2019. <http://kdf.mff.cuni.cz/>. [Online] [Citace: 7. 3 2020.] http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2019.pdf.
9. **torontobrewing.ca.** <https://torontobrewing.ca/>. <https://torontobrewing.ca/>. [Online] [Citace: 1. 12 2019.] <https://torontobrewing.ca/products/tri-clamp-fitting-1-5-tc-fixed-cip-spray-ball> obrázek 5.
10. **Wikipedia.** wikipedia.org. [Online] [Citace: 8. 1 2020.] https://cs.wikipedia.org/wiki/Spot%C5%99ebn%C3%AD_da%C5%88.
11. **Petr, Miroslav.** Lidovky.cz. *Lidovky.* [Online] 2018. https://ceskapozice.lidovky.cz/tema/domaci-pivo-si-legalne-vari-uz-stovky-cechu.A180530_101153_pozice-tema_houd.
12. **Novotný, Petr.** *Pivařka. Tajemství domácího pivovarství.* Praha : Jota, 2017.
13. **Wolfgang, Kunze.** *Technology Brewing & Malting.* Berlin : VLB Berlin, 2014.
14. **Melša.** *Diplomová práce-Konstrukční návrh dvounádobové varny pro vaření.* Zlín : UTB, 2018.

15. domaci-minipivovarky.cz. <https://www.domaci-minipivovarky.cz>.
<https://www.domaci-minipivovarky.cz>. [Online] [Citace: 2. 2 2020.] <https://www.domaci-minipivovarky.cz/products/prumer-447-mm/>.
16. <https://www.inerez.cz/>. <https://www.inerez.cz/>. <https://www.inerez.cz/>. [Online] [Citace: 5. 2 2020.] <https://www.inerez.cz/nerezove-trubky-a-jekly/nerezove-trubky-bezesve/>.
17. vinarskepotreby.cz. <https://www.vinarskepotreby.cz>.
<https://www.vinarskepotreby.cz>. [Online] [Citace: 3. 2 2020.] <https://www.vinarskepotreby.cz/fixni-myci-hlavice-zavitova-1-2-fcbt-15.html>.
18. dcmotory.cz. <https://www.dcmotory.cz>. <https://www.dcmotory.cz>. [Online] [Citace: 2. 2 2020.] <https://www.dcmotory.cz/dc-motory-planetova-prevodovka/serie-pg521.html>.
19. elektro-motor.cz. <https://www.elektro-motor.cz/>. <https://www.elektro-motor.cz/>. [Online] [Citace: 12. 3 2020.] <https://www.elektro-motor.cz/obchod/037kw-jednofazovy-elektromotor-lfc71-4m/>.
20. vyboelectric.cz. <https://vyboelectric.cz/>. <https://vyboelectric.cz/>. [Online] [Citace: 9. 2 2020.] <https://vyboelectric.cz/obchod/04-kw-frekvencni-menic-standard-a550-2s0004-230v/>.
21. vkcerpadla.cz. <https://www.vkcerpadla.cz>. <https://www.vkcerpadla.cz>. [Online] [Citace: 7. 1 2020.] <https://www.vkcerpadla.cz/p/222/liverani>.
22. bahnik.cz. <https://www.bahnik.cz/>. <https://www.bahnik.cz/>. [Online] [Citace: 11. 11 2019.] <https://www.bahnik.cz/cerpadla/magneticke-cerpadlo-mkii-25w-1-2/>.
23. www.inerez.cz. [inerez](http://www.inerez.cz). [Online] <https://www.inerez.cz/nerezove-trubky-a-jekly/nerezove-trubky-bezesve/>.

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: domácí varna vystavená na poslední norimberské výstavě Braubeviale 2019 (Jessernigg&CO) (1).....	10
Obrázek 2: válce šrotovníku (5).....	19
Obrázek 3: příklad třirmutového postupu (6)	21
Obrázek 4: příklad infuzního rmutovacího postupu (6).....	22
Obrázek 5: Příklad jednonádobové varny z výstavy BrauBeviale 2019	23
Obrázek 6: vířivá kád' (4)	25
Obrázek 7: sanitační hlavice (9)	26
Obrázek 8: vlastní návrh rozměrů MP	29
Obrázek 9: otopná zóna	30
Obrázek 10: míchadlo (14)	31
Obrázek 11: rozměry scezovací kádě	33
Obrázek 12: otvor pro výhoz mláta	33
Obrázek 13: nerezové frézované scezovací dno (15)	33
Obrázek 14: navržené kypřicí zařízení	34
Obrázek 15: řez použitým potrubím (16)	35
Obrázek 16: použitá sanitační hlavice (17).....	36
Obrázek 17: schéma použitého SS motoru (18)	36
Obrázek 18: použitý AC motor (19).....	37
Obrázek 19: použité rmutovací samonasávací čerpadlo (21)	38
Obrázek 20: použité scezovací samonasávací čerpadlo (22).....	38
Obrázek 21: vlastní konstrukční návrh	40

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: sazba daně dle roční produkce (10)	27
Tabulka 2: seznam všech použitých prvků	41
Tabulka 3: ekonomické zhodnocení navržené konstrukce (15,17,18,21,23).....	43

Seznam použitých rovnic

Rovnice 1: množství sypání sladu na várku.....	20
Rovnice 2: výpočet objemu vody pro smíchání se sladovým šrotem.....	20
Rovnice 3: výpočet objemu MP.....	29
Rovnice 4: výpočet rozměrů MP	29
Rovnice 5: výpočet rozměrů SK.....	32

Seznam použitých symbolů

V₂₀	žádaný objem studené mladiny při teplotě 20 °C [l]
E₀	žádaný extrakt mladiny po dovaření [%]
E_v	extrakt použitého sladu [%]
m_s	sypání na várku [kg]
O_r	odpar při rmutování [%]
E_p	požadovaný extrakt v předku [%]
E_v	extrakt použitého sladu [%]
V_{mp}	objem mladinové pánve [mm ³]
v	výška nádoby [mm]
r	poloměr nádoby [mm]
l	objem [litr]
m	délka [mm]
kg	váha [kg]
v_r	rychlost [m.s ⁻¹]

Příloha