

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Možnosti úspory energií v malých řemeslných
pivovarech**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Chládek, CSc.

Autor práce: Vojtěch Hořejší

Praha 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Hořejší

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Možnosti úspory energií v malých řemeslných pivovarech

Název anglicky

The possibilities of energy saving in craft breweries

Cíle práce

Na základě průzkumu energetického hospodářství malých řemeslných pivovarů najít možnost optimalizace spotřeby energií, vybrat konkrétní pivovar a doporučit možnosti úspory energie.

Metodika

1. Posoudit spotřebu tepelné a elektrické energie na varně s možností optimalizace její spotřeby,
2. Posoudit možnosti chlazení horké mladiny v různých chladících systémech s možností využití odpadního tepla,
3. Posoudit možnosti využití odpadního tepla při kvašení a ležení piva,
4. Posoudit možnosti využití odpadního tepla při mytí nerezových 30 l a 50 l sudů

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

teplo, pivo, získávání odpadního tepla

Doporučené zdroje informací

BASAŘOVÁ, G. *České pivo*. Praha: Havlíček Brain Team, 2011. ISBN 978-80-87109-25-0.

CHLÁDEK, L. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Technika a technologie v pivovarnictví : soubor uveřejněných inženýrských prací doplněný komentářem*. Disertační práce. Praha: 2008.

CHLÁDEK, L. *Pivovarnictví*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1616-9.

3.KUNZE,Wolfgang. *Technology Brewing and Malting VLB Berlin2008* ISBN 978-3-921690-64-2

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 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 Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Možnosti úspory energií v malých řemeslných pivovarech“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.3.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Ladislavu Chládkovi, CSc. za ochotu, vstřícnost a poskytnutí užitečných rad při zpracování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli cenné rady a připomínky k tomuto tématu, zejména pak sládkovi pivovaru, na jehož půdě jsem prováděl svá zkoumání.

Abstrakt: Tato bakalářská práce je zaměřena na možnosti optimalizace spotřeby energií v malých řemeslných pivovarech. Cílem práce je prozkoumat energetické hospodářství malých řemeslných pivovarů a blíže popsat jeden konkrétní pivovar. Na základě průzkumu energetického hospodářství tohoto pivovaru posoudit a rozebrat možnosti optimalizace spotřeby energií, při zvolených fázích technologického postupu vaření piva. Dále pak pivovaru doporučit nejvhodnější úsporné opatření k realizaci a docílit tak finanční úspory z nákladů na energie. V první části se práce zaměřuje na teoretické poznatky načerpané z odborné literatury, týkající se historického kontextu vaření piva. Práce představuje dnešní technologické postupy výroby piva a problematiku malých řemeslných pivovarů. V praktické části je představen konkrétní pivovar a zmapována jeho technologická vybavenost, na jejímž základě jsou rozebrány možnosti úspory energií. Nejvhodnější z možností úspory jsou pak pivovaru doporučeny k realizaci s vidinou finanční úspory.

Klíčová slova: teplo; pivo; získávání odpadního tepla; energie

The possibilities of energy saving in craft breweries

Summary: This bachelor thesis deals with possibilities of energy consumption optimization in small craft breweries. The aim of this thesis is to analyze energy economy of small craft breweries and to describe one specific brewery in detail and to assess possibilities of energy saving in chosen parts of technological procedures of beer brewing. Further on, we recommend the most suitable option of energy saving to be realized that would reduce expenses on energy costs. The theoretical part focuses on knowledge gathered from scholarly literature dealing with the historical context of beer brewing, the current technological process of its production, and on small craft breweries. The practical part introduces a specific brewery and maps out its technological facilities. Based on these, the thesis elaborates possibilities of energy saving. The most suitable energy saving solutions are recommended to the brewery for implementation to potentially save finances.

Key words: heat; beer; gathering of waste heat; energy

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika práce.....	2
3 Teoretická východiska	4
3.1 Historie výroby piva.....	4
3.2 Pivo v Čechách.....	4
3.2.1 Středověk	5
3.2.2 Založení městského pivovaru v Plzni	6
3.2.3 Období světových válek.....	7
3.2.4 Období mezi lety 1945–1989.....	7
3.2.5 Období po roce 1989.....	7
3.3 Co je pivo?	7
3.4 Suroviny k výrobě piva	8
3.4.1 Slad	8
3.4.2 Chmel.....	9
3.4.3 Voda.....	9
3.4.4 Kvasnice.....	10
3.5 Šrotování	10
3.6 Vystírání a rmutování.....	10
3.7 Scezování sladiny.....	11
3.8 Výroba mladiny.....	12
3.8.1 Způsoby otopů mladinové pánve	12
3.8.2 Mladinová pánve s vnitřním vařákem	12
3.8.3 Mladinová pánve s vnějším vařákem.....	13
3.9 Chlazení mladiny	14
3.9.1 Jednostupňové chlazení mladiny	15
3.9.2 Dvoustupňové chlazení mladiny.....	16
3.10 Kvašení mladiny.....	17
3.10.1 Spilka	17
3.10.2 První fáze hlavního kvašení (zapašování)	17
3.10.3 Druhá fáze hlavního kvašení (nízké kroužky)	17
3.10.4 Třetí fáze hlavního kvašení (vysoké kroužky).....	18
3.10.5 Čtvrtá fáze hlavního kvašení (propadání).....	18
3.11 Sudování a ležení (dokvašení) piva.....	18
3.12 Filtrace.....	18

3.13	Historie malých řemeslných pivovarů	19
3.14	Současnost malých řemeslných pivovarů	19
3.15	Malé řemeslné pivovary	20
3.16	Energetika pivovarů	21
3.16.1	Tepelné hospodářství	22
3.16.2	Spotřeba elektrické energie a chladu	23
4	Vlastní zpracování.....	24
4.1	Pivovar A	24
4.2	Šrotování	24
4.3	Varna	25
4.4	Rmutování	25
4.5	Chmelovar	27
4.6	Možnosti optimalizace spotřeby varny	28
4.6.1	Tlakový var	28
4.6.2	Brýdový kondenzátor s předeheřevem sladiny.....	29
4.6.3	Mechanická komprese brýdových par	30
4.6.4	Termická komprese brýdových par	31
4.6.5	Přímý vstřík páry do mladiny	33
4.7	Chlazení mladiny	34
4.8	Využití odpadního tepla při chlazení mladiny	34
4.9	Kvašení.....	36
4.9.1	Možnosti využití odpadního tepla při kvašení	37
4.9.2	Dokvašování piva - ležení.....	38
4.10	Sanitace	39
4.10.1	Mytí sudů	39
4.11	Doporučení úsporných opatření	40
5	Závěr.....	42
6	Seznam použitých zdrojů	43
7	Přílohy	- 1 -

Seznam obrázků

Obr. 1	Schéma vnitřního vařáku s usměrněným tokem mladiny	13
Obr. 2	Schéma mladinové pánve s externím vařákem.....	14
Obr. 3	Deskový chladič mladiny	15
Obr. 4	Schéma vířivé kádě a jednostupňového chlazení mladiny	16
Obr. 5	Schéma dvoustupňového chlazení mladiny.....	16
Obr. 6	Schéma brýdového kondenzátoru s předeheřevem sladiny.....	30
Obr. 7	Schéma mechanická komprese brýdových par.....	31

Obr. 8 Schéma termické komprese brýdových par s předeřevem sladiny.....	32
Obr. 9 Schéma otopu párou a přímého vstříku páry do mladiny	33
Obr. 10 Schéma jímání horké vody z prvního stupně chlazení mladiny	35

Seznam tabulek

Tab. 1 Spotřeba tepla v závislosti na výstavu pivovaru.....	22
Tab. 2 Spotřeba celkové elektrické energie v závislosti na výstavu piva.....	23

Seznam grafů

Graf 1 Podíl spotřeby tepla a elektřiny na objemu výroby	21
Graf 2 Diagram fází hlavního kvašení	37

1 Úvod

Pivo je jedním z nejstarších nápojů vařených lidstvem vůbec. V dnešní době si drží pozici nejprodávanějšího alkoholického nápoje na světě a na území naší republiky je některými lidmi vnímáno dokonce jako národní poklad. Podle posledního celoevropského srovnání dat z roku 2019 vypil průměrný Čech za tento rok neuvěřitelných 141 litrů piva, což je nejvyšší hodnota napříč všemi státy. Pivo se tedy určitě dá považovat za jakousi formu kulturního dědictví, kterou naši předkové zdokonalovali po staletí, a díky kterým si dnes můžeme pivo vychutnat v takové podobě, jak jej známe.

Tato bakalářská práce se zabývá tematikou malých řemeslných pivovarů, technologií vaření piva, potřebnými surovinami k jeho výrobě, využitím energií při procesu výroby a také možnostmi, jak při procesu vaření piva tuto energii uspořit. Práce se blíže zaměřuje na pivovar, který se nachází v Praze a který je v bakalářské práci na základě domluvy se sládkem, pojmenován pivovar A.

Problémy s úsporou energií jsou v dnešní době předmětem mnoha diskusí. Téměř veškerá energie, kterou spotřebováváme, je až na výjimky získána z přírodních zdrojů, které je potřeba šetřit a které jsou lidskou činností na planetě často využívány bezhlavě. Energetická efektivita je ostře sledované téma, a proto je velice důležité se možnostmi zlepšení energetické efektivity a úspory energie zabývat. Mnohé podniky v naší moderní společnosti energiemi plýtvají, místo toho, aby odpadní teplo znovu využily s příznivým dopadem na životní prostředí.

V této práci je popsán technologický postup výroby piva v pivovaru A a na základě zjištěných technických parametrů doporučen způsob, jak omezit ztrátu energie a tím ušetřit finance. Díky uspořené energii, která plyne ze zdokonalení, nebo vylepšení technologického postupu se může snížit například i cena vzniklého produktu, která je závislá také na energetické náročnosti výrobního procesu.

Problematika malých řemeslných pivovarů je mi blízká, protože tato zařízení rád navštěvuji a rád tedy bych prohloubil své znalosti ohledně procesů, které probíhají často skryty zraku veřejnosti. Tento fakt byl i důvodem pro volbu tohoto tématu.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zmapovat historii výroby piva, blíže specifikovat problematiku výrobního procesu jeho vaření a prozkoumat energetické hospodářství zejména malých řemeslných pivovarů. Dále pak vybrat jeden konkrétní malý řemeslný pivovar a na základě průzkumu jeho energetických výdajů při zvolených procesech výroby piva vyhledat a rozebrat možnosti optimalizace spotřeby energií u těchto procesů. Z navržených možností optimalizace spotřeby poté zvolit nejvhodnější aplikovatelná úsporná opatření, doporučit je pivovaru k použití a docílit tak zlepšení energetického hospodaření a snížení nutných nákladů na energie v tomto pivovaru.

2.2 Metodika práce

Teoretická část práce vycházející z odborné literatury a poznatků internetových zdrojů popisuje, jakým způsobem se vyvíjel proces výroby piva a uvádí do historického kontextu. Zabývá se současným technologickým postupem výroby piva, kde jsou představeny potřebné suroviny pro jeho výrobu a rozebrány jednotlivé kroky a fáze procesu vaření piva od šrotování obilí, až po výsledný produkt.

Dále je v práci blíže specifikována problematika malých řemeslných pivovarů, jejich charakteristika, historie i současné problémy. Následuje část zabývající se energiemi spotřebovávanými v pivovarech a to zejména energií tepelnou a elektrickou.

Na teoretickou část navazuje část praktická, ve které je nejprve představen konkrétní existující pivovar a následně charakterizovány zvolené výrobní procesy probíhající při vaření piva v tomto pivovaru.

V práci je popsán proces šrotování v pivovaru s posouzením jeho energetické náročnosti a zvážením možných energetických úspor.

Na základě výpočtů spotřebované energie při rmutování a chmelovaru jsou rozebrány možnosti aplikací různých úsporných opatření pro optimalizaci spotřeby varny pivovaru.

V práci je podrobně popsán proces chlazení horké mladiny v pivovaru a na základě průzkumu tohoto procesu je rozebrána možnost využití vznikajícího odpadního tepla.

V práci je vypočteno množství odpadního tepla, které vzniká při kvašení piva, je zvážena možnost tyto ztráty eliminovat a je posouzena možnost využití odpadního tepla při ležení piva.

Práce se zabývá i sanitací pivovaru, kde se zejména zaměřuje na sanitaci nerezových KEG sudů a posuzuje možnosti využití odpadního tepla při jejich mytí.

Na základě představených možností optimalizace spotřeby energií, je pivovaru doporučena nejvhodnější volba opatření, včetně výpočtu finanční úspory. Výsledkem je možná finanční úspora plynoucí z aplikace energeticky úsporného opatření.

3 Teoretická východiska

3.1 Historie výroby piva

Lidstvo konzumovalo kvašené nápoje odnepaměti. Nejstarším kvašeným nápojem bylo pravděpodobně datlové víno, které je dokonce starší než víno révové, nebo medovina. Začátek výroby piva, našeho národního nápoje, pravděpodobně sahá do historie lidstva mnohem hlouběji, než uvádí některé, zpravidla starší, literární údaje. Původní domněnka, že kolébkou piva je Egypt, byla totiž pozměněna na základě archeologických nálezů ve staré Mezopotámii, které dokazují, že pivo uměli vařit již starověcí Sumerové (CHLÁDEK, 2007, s. 12).

Podle současných představ se vznik piva datuje do doby, kdy naši kočovní předkové přestali vést kočovný život, začali se usazovat a cíleně pěstovat obilí. To odpovídá době přibližně 10 000–15 000 let před Kristem (CHLÁDEK, 2007, s. 12). Mnoho odborníků i milovníků zlatého moku se snažilo odhalit tajemství vzniku piva. Všichni se ale shodují na tom, že příprava piva nebyla vynálezem, ale výsledkem souhry náhod. Zkvašený nápoj mohl vzniknout například vniknutím dešťové vody do nádoby se sebranými zrny obilí. Na nádobu se poté zapomělo a když byla náhodně objevena, byl v ní nalezen zkvašený produkt s příjemnou omamnou chutí (BASAROVÁ a kol., 2011, s. 18).

3.2 Pivo v Čechách

Dějiny výroby piva v našich zemích mají také velice dlouhou historii. Přibližně do poloviny prvního století našeho letopočtu obývali naše území původně usazení Keltové a po nich germánské kmeny Markomanů a Kvádů. Odborníci jsou přesvědčeni, že tyto kmeny výrobu piva jistě znaly, i když tehdy ještě nepoužívaly chmel.

Začátkem šestého století přišli na naše území Slované, o nichž se historici domnívají, že si ze své pravlasti kromě jiných kulturních plodin přinesli také chmel, protože pravděpodobně jako první na světě vařili chmelená piva. Až do konce 19. století bylo vaření piva běžnou domácí činností všech, kteří měli suroviny a potřebné znalosti. Během 17. a 18. století se pivo stává předmětem obchodu (CHLÁDEK, 2007, s. 31).

3.2.1 Středověk

První písemná zpráva o výrobě piva u nás se váže k Břevnovskému klášteru. Basařová a kol. (2011, s. 21) ve své publikaci uvádí, že v roce 993, kdy byl klášter vysvěcen druhým českým biskupem Vojtěchem, vyráběli tamní benediktíni pivo a víno. Pítí piva se tehdy v českých zemích rozmohlo do takové míry, že biskup Vojtěch měl obavy z nadměrného požívání alkoholických nápojů a to především u služebníků Páně, kteří díky tomu nevedli spořádaný život. Z těchto důvodů si vynutil na papeži zákaz jejich výroby i konzumace platící pro celé Čechy (CHLÁDEK, 2007, s. 32). Biskup Vojtěch zahynul mučednickou smrtí v roce 997 v Prusku, nicméně zákaz platil i po jeho smrti, údajně až do 12. století, kdy ho zrušil papež Innocence IV. na základě prosby krále Václava I. (BASAŘOVÁ a kol., 2011, s. 21).

Prvním historickým dokladem, který souvisí přímo s procesem výroby piva je nadační listina staroboleslavské kapituly po roce 1039, kterou vydal český kníže Břetislav, a kterou udělil desátky na chmel pro vaření piva (CHLÁDEK, 2007, s. 33). Po staroboleslavské kapitule následovalo založení vyšehradské kapituly knížetem Vratislavem II., který panoval od roku 1085 do roku 1092. Ve vyšehradské nadační listině se kromě mnoha darů, jako jsou platy a nemovitosti, panovníkům vyšehradské kapituly přiděluje také desátek chmele pro vaření piva. Je zde také zmíněn tehdejší pivovar na Trávníku, který se měl nacházet na břehu Botiče přímo pod Vyšehradem (BASAŘOVÁ a kol., 2011, s. 22).

Rozvoj pivovarnictví na našem území je také spojen se zakládáním královských měst. Zejména ve 12. a 13. století si panovníci upevňovali svou moc v daném regionu zakládáním měst, která řídili jejich zástupci. V těchto nových městech sloužilo jako nástroj pro udržení loajality poddaných nové privilegium vaření piva, takzvané právo vářečné. Toto právo dostali pouze ti, kteří měli uvnitř města svůj dům a byli tak řádnými měšťany královského města. Tak začalo pivovarství v řadě královských měst. Mezi nejstarší patřila města Svitavy (rok založení 1256), Žatec (rok založení 1261), který je proslulý v celém světě vynikajícím chmelem, České Budějovice, založené Přemyslem Otakarem II. v roce 1265. Dále pak královské město Plzeň, které bylo též založeno králem Václavem II. roku 1295. V Plzni se nejdříve vařilo v každém právovářečném domě, ale pak se měšťané rozhodli postavit společný pivovar (doloženo z roku 1305) (CHLÁDEK, 2007, s. 34).

Chládek (2007, s. 35) také uvádí, že se ve většině měst začali právovářečníci sdružovat a zřizovali další společné pivovary, které měly lepší vybavení a umožňovaly

výrobu piva všem, kdo vlastnili várečné právo. Tyto městské pivovary již měly stálé zaměstnance a ve městech vznikla skupina obyvatel, kterou se pojmenovalo pivovarská chasa. Ve středověku nebylo vaření piva považováno za řemeslo, ale za obchod. Řemeslem bylo pouze sladovnictví. Tato skutečnost s sebou nesla spory mezi měšťany, neboť pivo mohl připravovat každý, kdo měl právo várečné. Česká piva byla ve středověku velice chutná a mezi nejvíce oblíbené patřilo pivo z Rakovníka, Domažlic, nebo Starého Města pražského. Pivo se dodávalo na císařský dvůr a vyváželo se do zahraničí.

S rozvojem řemesel dochází ve středověku ke vzniku sdružení, tzv. cechů, které měly své řády a regulovaly ceny surovin a piva, dohlížely na jeho kvalitu, určovaly množství piva, které smí jednotliví měšťané uvařit apod. Nejprve tvořili cechy jen sladovníci, ale později byli přijímáni do cechu i pivovarníci a pivovarská chasa (BASAŘOVÁ, a kol., 2011, s. 27).

Pro další rozvoj pivovarství bylo podstatné zrušení nevolnictví v Čechách v roce 1781. Došlo k přílivu pracovních sil do měst a k významným objevům v oboru techniky (CHLÁDEK, 2007, s. 40).

3.2.2 Založení městského pivovaru v Plzni

Podle Chládky (2007, s. 41–46) bylo pro naše, ale i pro světové pivovarství významným mezníkem založení Měšťanského pivovaru v Plzni v roce 1839. Do té doby se v Plzni vařilo pivo velmi nekvalitní, proto se měšťané rozhodli, že musí tento problém řešit. Stavitel Stelzer přivezl ze zkušené v Bavorsku sládky Josefa Grolla, který uvařil první várku světlého piva, vyrobeného spodním kvašením. Kvalita nového typu piva, které se nenechalo úplně prokvasit, a které bylo více chmeleno, aby nebylo důsledkem cukru příliš sladké, předčila všechna očekávání měšťanů Plzně. Zavedením nového typu piva z Plzně se změnilo pivovarské řemeslo v pivovarský a sladovnický průmysl. Malé pivovary musely přejít na nový druh piva, nebo musely svoji existenci ukončit. V roce 1879 funguje v Čechách 884 pivovarů a jen jeden vyrábí svrchně kvašená piva. Od roku 1884 se v našich pivovarech vyrábějí pouze piva spodně kvašená. Počet pivovarů však klesl do roku 1910 na pouhých 571.

V druhé polovině 19. století dochází k prudkému rozvoji pivovarství. Zavírají se nemoderní závody a vznikají moderní průmyslové pivovary s velkou výrobní kapacitou. Tyto podniky svou výrobou snižují cenu piva a nutí slabší konkurenty k uzavření svých

pivovarů. Před první světovou válkou (1911–1912) byla produkce piva největší a v Čechách v roce 1914 bylo v provozu 650 pivovarů (CHLÁDEK, 2007, s. 46).

3.2.3 Období světových válek

První světová válka výrobu piva silně ovlivnila. Muži byli povoláni k vojsku a pivovary musely armádě poskytnout i svoje koně a povozy. To vše ochromilo výrobu i rozvoz piva. Nedostatek surovin měl za následek, že se k vaření piva používaly různé náhražky. Po válce se produkce piva postupně zvyšovala, nejvíce bylo exportováno do Německa. K prudkému poklesu výroby došlo v době světové krize (1933–1937). Poté opět přichází oživení, ale ani druhá světová válka pivovarství neprosperovala. V tomto období se vyrábělo pouze nízkostupňové pivo. Jenom plzeňský Prazdroj měl výjimku, protože dodával pivo německé armádě (CHLÁDEK, 2007, s. 53–54).

3.2.4 Období mezi lety 1945–1989

V poválečném období dochází ke znárodnění největších a postupně i dalších pivovarů. Vznikají různé organizace a národní podniky. V roce 1960 vzniklo osm národních podniků v jednotlivých krajích. V té době vyváží pivo na západ pouze Prazdroj Plzeň a Budvar České Budějovice. Ostatní pivovary jsou zastaralé a kapacitně přetížené (BASAROVÁ a kol., 2011, s. 115).

3.2.5 Období po roce 1989

Dle Chládky (2007, s. 55–56) přinesly změny v politice po roce 1989 i změny v pivovarství. Zrušil se národní koncern, ze kterého vzniklo osm státních pivovarských podniků. Některým původním vlastníkům byly jejich pivovary navraceny. Až na výjimky byly ostatní pivovary zprivatizovány a některé jsou v rukou zahraničních majitelů. Díky investicím nových majitelů mají zdejší pivovary výbornou technickou úroveň, což je patrné na rostoucím exportu i objemu výroby.

3.3 Co je pivo?

Pivo je slabý alkoholický nápoj vznikající řízeným kvašením cukernatého roztoku povařeného s chmelem, nebo chmelovým výrobkem, kvašený vybraným kmenem pivovarských kvasinek při technologicky určených teplotách a dobách hlavního kvašení a ležení piva. Jako zdroj cukru se u piva používá většinou škrob, který je obsažen v ječném

sladu. Výjimečně lze škrob nahradit jinou škrobnatou surovinou, nebo přímo cukrem (CHLÁDEK, 2007, s. 57–58).

3.4 Suroviny k výrobě piva

V dnešní době se na výrobu piva používají čtyři základní suroviny. Těmi jsou ječné a pšeničné slady, chmel, voda a kvasnice. Pro lacinější druhy pív se používají náhražky sladu, tzv. surogáty, což je nesladovaný ječmen, cukr a zejména kukuřičný sirup (HASÍK, 2013, s. 28).

3.4.1 Slad

Tak jako je pro výrobu vína nezbytná vinná réva, pro výrobu piva je nezbytný slad. Slad se vyrábí z obilí. Nejčastěji se používá ječmen, který je pro výrobu nejvhodnější jednak z chuťových důvodů, ale také proto, že jeho jednotlivá zrna mají na sobě slupky (pluchy). Tyto slupky jsou využívány pro lepší filtraci (HASÍK, 2013, s. 29).

Slad, jakožto základní surovina pro výrobu piva, ovlivňuje podle Pelikána a kol. (2002, s. 2) technologický postup a má stěžejní význam z hlediska chemického složení a vlastností finálního výrobku. Při vaření se ze sladu vylouhují uhlohydráty (cukry), jejichž kvašením vzniká alkohol. Nezkvašené zbytky cukrů a ostatních látek dodávají pivu chuť. Některé druhy piva mohou obsahovat i podíl sladované, či nesladované pšenice, ova, žita apod.

Obilí obsahuje některé polysacharidy, které pivovarské kvasinky neumějí rozkládat. Poradí si ale s cukry jednoduššími, na které se složité cukry rozloží při klíčení obilí. Základem sladovnictví je tedy namáčení, klíčení a sušení obilí, které se musí nejdříve vytřídit a vyčistit. Klíčení probíhá při neustálém převrstvování po dobu 5–6 dní, potom se přeruší a tzv. „zelený“ slad se suší vzduchem. Na teplotě sušícího vzduchu závisí barva hotového sladu. Pro světlá piva je to rozsah teploty 60–80 °C, pro polotmavá piva je teplota 120–160 °C a pro tmavá piva přes 200 °C. Při klíčení jsou pak vyrostlé klíčky strojně odstraněny, slad se leští na „polírce“ a poté je připraven k uskladnění. Během klíčení vznikají v zrnech látky, které zabraňují napadení plísněmi a působí tak jako přirozené konzervační činidlo (HASÍK, 2013, s. 32).

3.4.2 Chmel

Hasík (2013, s. 33) ve své publikaci uvádí, že chmel, jakožto další ze základních surovin pro výrobu piva, se do piva přidává během tzv. chmelovaru, kdy se vaří scezená sladina. Nejdůležitější složky chmele jsou chmelová pryskyřice, třísloviny a silice. Chmelové pryskyřice dávají pivu hořkost. Třísloviny během chmelovaru vysráží bílkoviny a tím pivo čistí.

Pro vaření piva se využívají pouze samičí rostliny. V zásadě rozlišujeme tři druhy chmele, zeleňák se zelenou révou, červeňák s červenou až červenofialovou révou a poločerveňák s révou zelenou a načervenalými řapíky listů. Dále se chmel rozděluje na rané, polorané a pozdní odrůdy. Na našem území se pěstuje převážně červeňák. Patrně nejznámějším a nejobdivovanějším chmelem na světě je Žatecký poloraný červeňák. Bohužel se ale také nejvíce napodobuje a falšuje. Jeho vynikající kvalita vychází z úžasné kombinace všech látek, které obsahuje (HASÍK, 2013, s. 36).

Podle Basařové a kol. (2011, s. 53) se hlávkový chmel postupně začal nahrazovat mletým, nebo granulovaným chmelem, či jeho extrakty, jejichž předností je lepší využitelnost hořkých látek. Tato metoda se využívá nejen v zahraničních, ale i v domácích pivovarech. Takto upravené chmelové výrobky pak mají menší sklony podlehnout zkažení. Jedním z mála českých pivovarů, který stále používá klasický lisovaný chmel a ne granulát je budějovický Budvar (VEČERKOVÁ, 2007, s. 14).

3.4.3 Voda

Sladařský a pivovarský průmysl patří k největším spotřebitelům vody v potravinářství. Podle vyspělosti technického zařízení se na výrobu 100 kg sladu spotřebuje ve sladovnách 10–15 hl vody a v pivovarech na 1 hl vystavovaného piva 7–10 hl vody.

Hasík (2013, s. 37) podotýká, že je voda v pivu zastoupena 80–90 %. Její kvalita a vlastnosti mají proto velký vliv na jakost i charakteristické vlastnosti piva. Hodně také záleží na tvrdosti vody, což je obsah vápenatých a hořečnatých solí. Čím je tvrdost vyšší, tím více se projevuje v chuti a barvě piva. Vhodnější je proto obecně voda měkká, která nijak na vlastnosti piva nepůsobí. A právě tato voda je důležitá pro vaření piva typu pilsner. U některých druhů piv je naopak tvrdší voda vítána a to například u piv mnichovských.

3.4.4 Kvasnice

Pivovarské kvasnice přeměňují některé druhy cukrů obsažené v mladině na alkohol a oxid uhličitý. K výrobě piva se v zásadě používají dva druhy kvasnic *Sacharomyces*. Kmen pro spodní kvašení se nazývá *Sacharomyces carlsbergensis* a kmen pro kvašení horní se jmenuje *Sacharomyces cerevisiae*. Tyto kmény jsou příbuzné a jsou si i velice podobné, hlavní rozdíl mezi nimi je teplota, při které pracují. Pro kvasnice, které se používají na spodní kvašení je ideální teplota 8–12 °C. Při těchto teplotách nevznikají vedlejší vonné látky a výsledné pivo pak voní hlavně po chmelu a sladu. Kvasnice, používající se na kvašení svrchní mají nejraději teplotu 15–25 °C. Při takovýchto teplotách vznikají navíc i vonné látky (estery), proto mohou svrchně kvašená piva vonět po koření, nebo ovoci, aniž by se tam ve skutečnosti přidalo (HASÍK, 2013, s. 39).

3.5 Šrotování

Výrobní proces piva má dle Chládko (2007, s. 59) několik fází. První fází na cestě k finálnímu produktu je šrotování, což je mechanické zpracování sladu. Aby bylo možné zužitkovat ze sladu co nejvíce, musí se zrna rozdrtit. Někdy se před drcením navlhčí, aby bylo drcení šetrnější a neporušily se pluchy. Vzniklý sladový šrot, nebo jak se odborně říká, sladová tluč, se pak dále zpracovává při vystírání.

3.6 Vystírání a rmutování

Na začátku vaření várky se odvážený sladový šrot smíchá s vodou ve vystírací kádi, nebo ve rmutovystírací pánvi. Vzniklá směs se nazývá dílo, nebo také vystírka, které se následně rmutuje. Basařová a kol. (2010, s. 159–160) ve své publikaci uvádí, že se pro rmutování používají vyhřívané nádoby kruhového půdorysu. Staré typy byly vyhřívány přímým otopem uhlím, nebo dřevem. Pozdější nádoby byly ohřívány topným plynem. Dnes se ve většině případů používá nepřímý duplikátorový ohřev, nejčastěji s využitím syté vodní páry o přetlaku 0,3–0,4 MPa, další možnost je ohřev tlakovou horkou vodou, horkým olejem, nebo vstříkem horké páry přímo do mladiny. Rychlost ohřevu rmutu závisí na velikosti výhřevné plochy a je přibližně 1 °C za minutu.

Po promíchání sladového šrotu s vodou zrna v rozemletém sladu asi za 10 minut nabobtnají. Dílo se pak začne pozvolna zahřívát, tedy rmutovat. Při pomalém zahřívání a dosažení teploty 52 °C vzniká ze zrn škrobový maz. Ten se při dalším zvyšování teploty přibližně kolem 65 °C (tzv. nižší cukrotvorná teplota) ztekucuje, což trvá

asi 30 minut. Poté se rmut zahřeje na teplotu 72–75 °C (vyšší cukrotvorná teplota) a zcukřuje.

Tento základní postup lze provádět dvěma způsoby rmutování, dekokčním, nebo infuzním. Tyto dva způsoby se od sebe liší technologickým postupem, i nárokem na strojní vybavení varny (CHLÁDEK, 2007, s. 60).

Dekokční rmutování je vhodné zejména pro spodně kvašená piva plzeňského typu. Je možné rmutovat na jeden, dva, nebo na tři rmuty. Český ležák se obvykle vaří na dva rmuty (HASÍK, 2013, s. 44). Voda ve varně se ohřeje na 37 °C, přidá se šrot a začne se míchat. Míchá se přibližně 10–15 min a ohřívá na 52 °C. Poté se zhruba jedna třetina díla (první rmut) přečerpá do rmutovací pánve, kde se ohřeje na teplotu 72–75 °C. Po zcukření se rmut povaří a vrátí k původnímu dílu, tím se zvýší teplota díla na 65 °C. Poté se znovu přečerpá třetina (druhý rmut) a postup se opakuje. Vrácením druhého povařeného rmutu bude mít celé dílo teplotu cca 75 °C (CHLÁDEK, 2007, s. 52).

Infuzní rmutování je nejstarším a nejjednodušším rmutovacím způsobem při vaření piva. Oproti dekokčnímu způsobu rmutování zde stačí jedna nádoba, protože se sladina nemusí nikam přečerpávat. Používá se převážně pro svrchně kvašená piva (Domácí pivovárek Biohazard, ©2020). Sladový šrot se vystře do vody o teplotě cca 60 °C a nechá se při této teplotě zhruba po 45 minut. Poté se dílo ohřeje na 72 °C a při této teplotě se ponechá přibližně další hodinu (CHLÁDEK, 2007, s. 62).

3.7 Scezování sladin

Po rmutování je nutné dílo rozdělit na dvě fáze, kapalnou fázi (sladinu) a pevnou fázi (mláto). Dělení většinou probíhá ve scezovací kádi, do které se dílo přečerpalo z vystírací kádě. Mláto postupně sedimentuje na dno scezovací pánve, kde vytvoří vrstvu, přes kterou začne protékat sladina a tím se čistit. Když není přefiltrovaná sladina dostatečně čirá, přečerpá se zpět a filtruje se znovu. Dostatečně čirá přefiltrovaná sladina se nazývá předek. Zbylé mláto obsahuje stále hodně cukrů, proto se prolévá horkou vodou (výstřelkem), čemuž se říká vyslazování. Zbylé mláto se používá jako krmivo pro zemědělské podniky (CHLÁDEK, 2007, s. 63).

3.8 Výroba mladiny

Chládek (2007, s. 64) ve své publikaci uvádí, že se scezená sladina spolu s výstřelky rozmíchá v mladinové pánvi, změří se celková stupňovitost, a když je vše v pořádku, může se přejít ke chmelovaru. Chmelovar je proces, při kterém se povaří sladina s chmelem. Během tohoto varu se přidává buď chmelový granulát, nebo tento granulát zkombinovaný s chmelovým extraktem. Přírodní chmel se používá pouze výjimečně. Povařená sladina s chmelem se nazývá mladina. Chmelovar trvá zhruba 90 minut. Po jeho skončení se nabere vzorek uvařené mladiny a kontroluje se její stupňovitost a sleduje se mladinový lom, který ukazuje, zdali se bílkoviny během chmelovaru správně vysrážely a vytvořily shluky vloček v jinak čiré mladině.

3.8.1 Způsoby otopů mladinové pánve

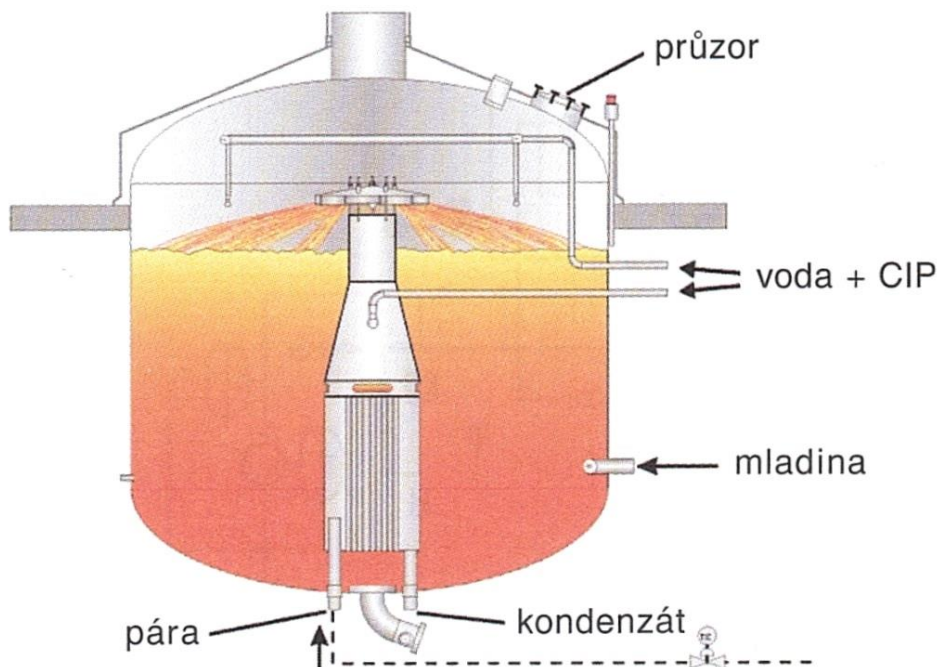
Vyhřívání mladinové pánve může být prováděno mnoha způsoby, od přímých otopů po nepřímé, palivy tuhými, kapalnými i plyny s teplosměnnými médii, sytou parou, nebo vysokotlakou horkou vodou. Topná plocha je umístěna buď zespodu pánve, nebo se používají interní, či externí vařáky různých konstrukcí (BASAROVÁ a kol., 2010, s. 192).

Kosař a kol. (2000, s. 215) popisují ve své publikaci, že se dříve u mladinových pánví používal výhradně přímý otop. U pánví současných převládá otop nepřímý, a to sytou parou o přetlaku 0,3–0,4 MPa. Je také možné použít horkou tlakovou vodu o teplotě 160–170 °C. U větších pánví však tento otop nestačí kvůli malé teplosměnné ploše, a tak bylo plochy nutné upravit např. topnými hady, konstrukcemi kaskádových perkolátorů a později pak vnitřními vařáky.

3.8.2 Mladinová pánev s vnitřním vařákem

Podle Kosaře a kol. (2000, s. 215) jsou vnitřní vařáky válcové stojaté trubkové výměníky, které se nachází ve středové ose mladinové pánve na nožičkách, které jsou současně místo pro přívod páry a odvod kondenzátu. Mladina prochází vnitřky trubek, ohřívá se k varu a vystupuje do kónického pláště, kde se nachází hrdlo, které navede směs mladiny a vodní páry do vhodně tvarovaného klobouku. Ten rozděluje vystupující směs po hladině mladiny v pánvi (viz *Obr. 1*). Vzdálenost klobouku od hrdla je polohovatelná, takže se dá nastavit tak, aby mladina měla správnou dopadovou polohu. Výhodou vnitřních vařáků je, že nezaberou prostor mimo mladinovou pánev, mají nižší pořizovací náklady a menší tepelné ztráty.

Obr. 1 Schéma vnitřního vařáku s usměrněným tokem mladiny

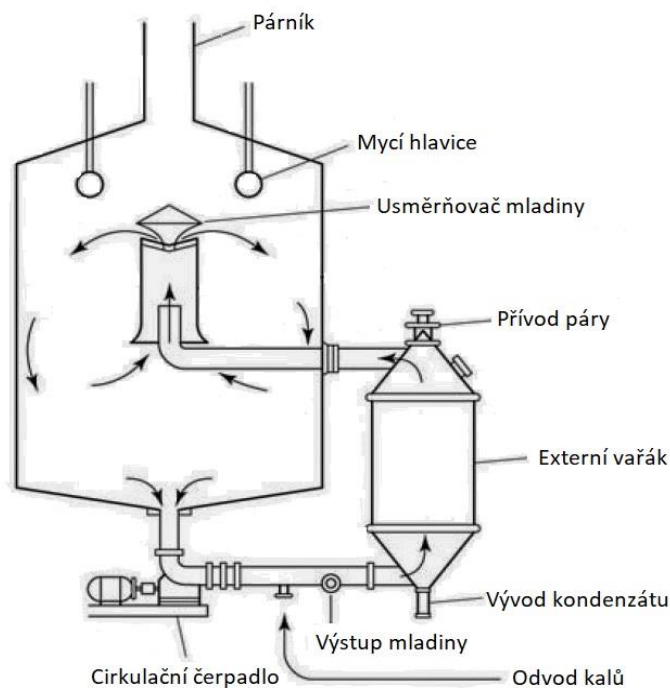


Zdroj: Basařová a kol., 2010, s. 196

3.8.3 Mladinová pánve s vnějším vařákem

Vnější vařák je trubkový nebo deskový tepelný výměník, který ohřívá mladinu mimo mladinovou pánve (viz Obr. 2). Mladina se odebere čerpadlem ze dna mladinové pánve, vstoupí do vařáku, ohřeje se na požadovanou teplotu a je přečerpána zpět do mladinové pánve. Často je u vývodu ohřáté mladiny usměrňovač, podobně jako u vnitřních vařáků. Teplota mladiny při výstupu z vařáku je regulovatelná škrtkicím ventilem, nebo změnou otáček oběhového čerpadla v rozsahu 102–105 °C. Nespornou výhodou vnějších vařáků je přesné nastavení výstupní teploty a menší nárok na čištění. Na rozdíl od vnitřních vařáků zvládnou až čtyřikrát více várek v jednom čistícím cyklu. Nevýhodou vnějších vařáků je vyšší pořizovací cena, vyšší náklady na provoz i nutnost pořízení cirkulačního potrubí a výkonného čerpadla (KOSAŘ a kol., 2000, s. 217).

Obr. 2 Schéma mladinové pánve s externím vařákem

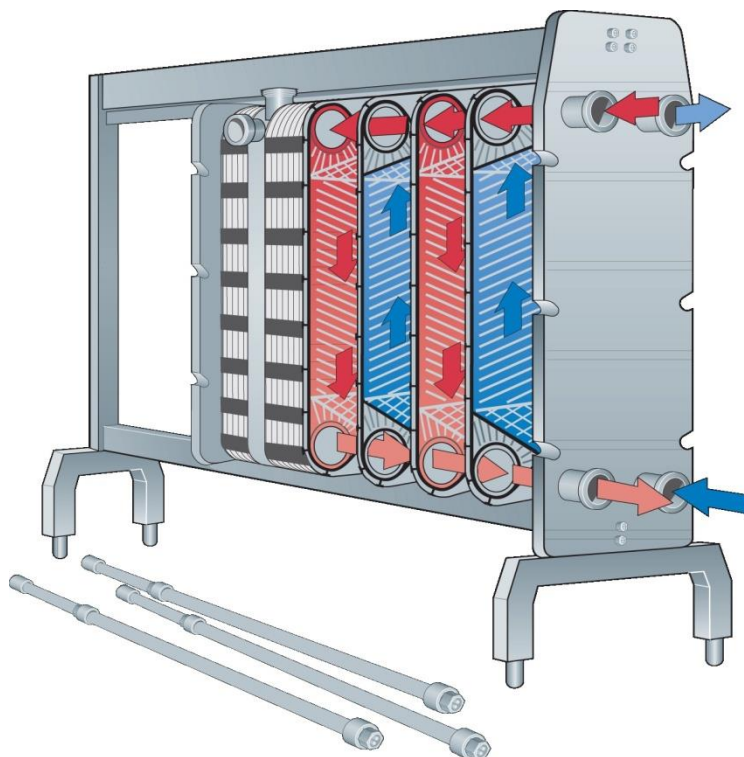


Zdroj: Vlastní zpracování dle Hough a kol., 1982, s. 506

3.9 Chlazení mladiny

Dle Chládky (2007, s. 65–66) obsahuje mladina po chmelovaru hrubé kaly, kterými jsou vysrážené bílkovinné vločky a další částičky ze sladu a chmele. Tyto hrubé kaly jsou nežádoucí zejména pro následující proces kvašení a je tedy nutné je odstranit. Mladina se velkou rychlostí tangenciálně načerpá do tzv. vířivé kádě, kde se roztočí. Pohybem rotující mladiny se vyvolají síly, které vynesou těžší kaly ke středu vířivé kádě a uloží se tam ve formě kuželu, tzv. koláče. Po zastavení pohybu se mladina pomalu přečerpává do chladiče mladiny. Odčerpává se otvory, které se nachází v různých výškách stěny vířivé kádě. Rychlost odčerpávání je taková, aby neporušila koláč usazených kalů ve středu vířivé kádě. Vyčiřenou mladinu je nutno ochladit na zákvasnou teplotu přibližně 6 °C, která vyhovuje várečným kvasicím. Dále se mladina musí provzdušnit, aby kvasnice měly kyslík. Dříve se pro chlazení mladiny používaly sprchové a trubkové chladiče, v dnešní době se ale ke chlazení používají jednostupňové, nebo dvoustupňové deskové chladiče mladiny s protiproudým chodem mladiny a chladícího média (viz Obr. 3).

Obr. 3 Deskový chladič mladiny



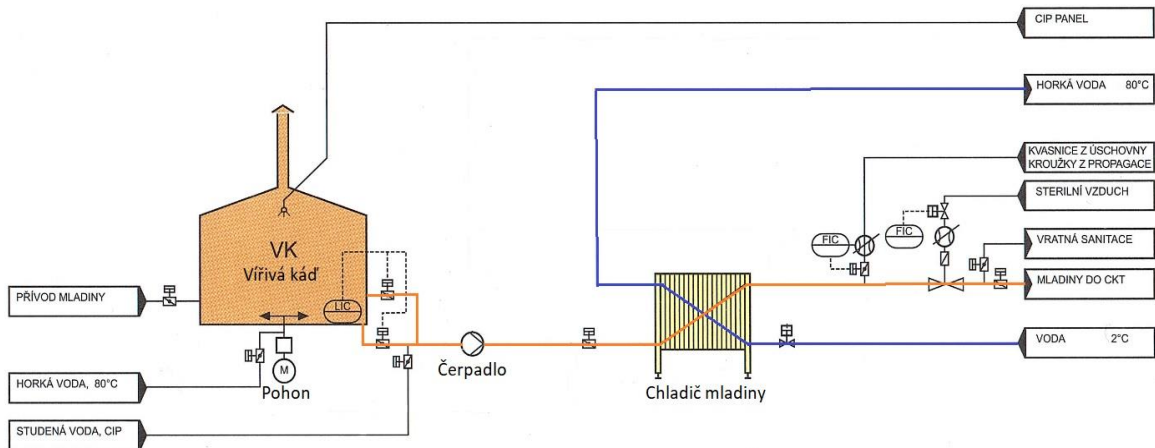
Zdroj: Dairy Processing, ©2020

3.9.1 Jednostupňové chlazení mladiny

Jednostupňový chladič mladiny se používá především ve větších pivovarech, které mají velký počet denních várek piva. Je to soubor paralelně uspořádaných profilovaných desek z nerezového plechu o tloušťce asi 1 mm, mezi kterými proudí střídavě mladina (na Obr. 4 oranžový okruh) a chladivo, kterým je voda (na Obr. 4 modrý okruh). Svazek desek je uložen na nosné vodící tyči stojanu mezi pevným čelem a přítlačnou deskou. U paralelního zapojení desek jednostupňového chladiče jsou všechny vstupy a výstupy do pevného čela.

Z vířivé kádě je mladina o teplotě cca 99 °C přečerpána čerpadlem do jednostupňového chladiče, kterým protiproudně prochází ledová voda (s příměsí nemrznoucí kapaliny), nebo chladicí médium o teplotě 0 až -1 °C. Ledová voda, nebo chladicí médium chladí procházející mladinu na zákvasnou teplotu kolem 6–8 °C. Mladina se poté musí provzdušnit sterilním vzduchem, aby v ní byl kyslík pro kvašení. Zchlazenou a provzdušněnou mladinu je potřeba co nejdříve zakvasit, protože je ideální pro pomnožení nežádoucích mikroorganismů (KOSAŘ a kol., 2000, s. 238–239).

Obr. 4 Schéma vířivé kádě a jednostupňového chlazení mladiny

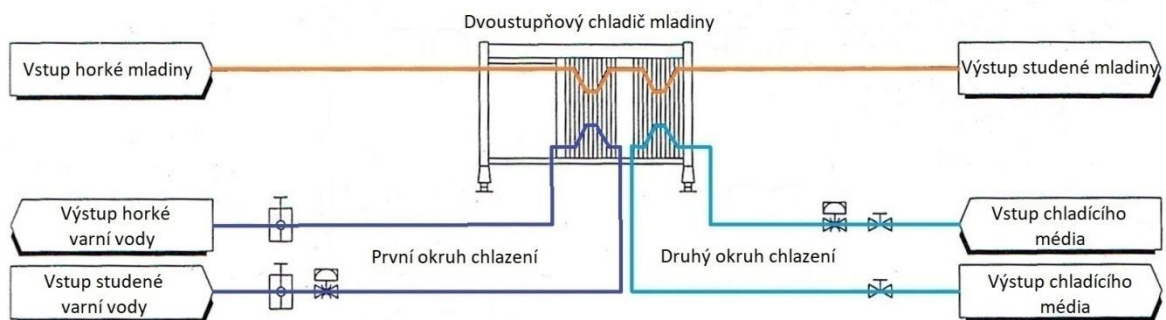


Zdroj: Vlastní zpracování dle Basařové a kol., 2010, s. 214

3.9.2 Dvoustupňové chlazení mladiny

Dvoustupňové chlazení, vyobrazené na Obr. 5, je podle Chládky (2007, s. 66) rozšířeno zejména v menších pivovarech, které nepřesahují výrobu více než 8 várek za den. Tento chladič má dva chladicí stupně. V prvním stupni je mladina o teplotě až 99 °C ochlazena varní vodou, která má teplotu asi 15 °C, na zhruba 22 °C. Ve druhém stupni je dochlazena z 22 °C na zákvasnou teplotu 6–8 °C buď ledovou vodou, solankou, nebo jiným chladivem. Zchlazená mladina potom musí být provzdušněna stejně jako u jednostupňového chlazení.

Obr. 5 Schéma dvoustupňového chlazení mladiny



Zdroj: Vlastní zpracování dle Kosaře a kol., 2000, s. 239

3.10 Kvašení mladiny

„Cílem kvašení piva je řízená přeměna sacharidů na alkohol a CO₂ a současně vytváření vhodných organoleptických vlastností piva. Při kvašení je vytvářen chuťový charakter piva, který je ovlivňován nejen hlavními produkty kvašení, ale i obsahem vyšších alkoholů, esterů, ketonů, aldehydů, sloučenin síry a dalšími. Průběh fermentace je závislý na složení mladiny, druhu použitých kvasnic, zákvasné dávce, teplotě kvašení, tlaku, objemu a tvaru nádob apod.“ (KOSAŘ a kol, 2000, s. 253).

3.10.1 Spilka

Prostor, ve kterém probíhá kvašení je nazýván spilka. Je to místnost, která musí být větrána tak, aby se v ní nehromadil oxid uhličitý vznikající při procesu kvašení. Oxid uhličitý je těžší než vzduch, a proto se hromadí u země a taky v kádích. Když vzduch v místnosti obsahuje cca 10 % oxidu uhličitého, nastává akutní ohrožení života, proto musí ventilátory vzduch odsávat nízko u podlahy. Prostor spilky by měl mít teplotu 5–10 °C, je tedy vhodné mít prostor dostatečně tepelně zaizolovaný. Je zde třeba dbát na hygienickou ochranu. Stropy nad káděmi by měly být řešeny tak, aby na nich co nejméně kondenzovala vzdušná vlhkost a voda nekapala do kádí (KOSAŘ a kol., 2000, s. 254).

3.10.2 První fáze hlavního kvašení (zaprašování)

Ve kvasných kádích menších pivovarů lze pozorovat velmi zajímavý průběh hlavního kvašení. V prvním stádiu hlavního kvašení se zakvašená mladina začíná přibližně za dobu 12–24 hodin zaprašovat, to svědčí o uvolňování oxidu uhličitého, který na povrchu mladiny vytváří pěnu. Chládek (2007, s. 68) píše, že konec tohoto procesu se pozná tak, že se pěna začne stahovat doprostřed kádě, protože vznikající oxid uhličitý stoupá po stěnách kádě a tlačí pěnu doprostřed. V tomto stádiu kvašení jsou úbytky extraktu velmi nízké, do 0,35 % za den. Také nárůst teploty mladiny není příliš významný, jedná se zde o zhruba 0,3 °C za den.

3.10.3 Druhá fáze hlavního kvašení (nízké kroužky)

Druhé stádium podle Kosaře a kol. (2000, s. 257) probíhá rychleji. Objevují se nízké bílé kroužky a to přibližně po 36 hodinách od začátku hlavního kvašení. Toto stádium je charakteristické bílými růžicemi pěny a trvá přibližně 2–3 dny. Úbytek extraktu je zde již vyšší, zhruba 0,8–1,2 % za den a teplota také stoupá rychleji.

3.10.4 Třetí fáze hlavního kvašení (vysoké kroužky)

Třetí stádium hlavního kvašení se nazývá stádium vysokých kroužků. Kvasnice jsou v této fázi nejméně účinné. Barva kroužků se mění z bílé na hnědou, což je způsobeno tím, že oxid uhličitý vynáší různé nečistoty na povrch. Úbytek extraktu je zde až 1,8 % denně (CHLÁDEK, 2007, s. 69).

3.10.5 Čtvrtá fáze hlavního kvašení (propadání)

Chládek (2007, s. 70) uvádí, že poslední, čtvrté stádium, je význačné propadáváním kroužků do jednodílné pokrývky rezavé až hnědočerné barvy, úbytky extraktu jsou opět velmi nízké a již nepřesahují 0,3 % za den. Tímto stádiem je proces kvašení u konce a z mladiny se stalo mladé pivo, připravené k sudování. Když se do mladého piva před sudováním přidají kroužky z kvasící mladiny (z druhého, nebo třetího dne kvašení), vznikne pivo kvasnicové, někdy nazývané jako kroužkové (SUZA, 2008, s. 82).

3.11 Sudování a ležení (dokvašení) piva

Ideální doba pro sudování se zjistí vizuální kontrolou, podle obsahu alkoholu, nebo zdánlivého obsahu extraktu a teploty. Mladé pivo nemá být příliš „propadlé“ ani „zelené“, aby dokvašování probíhalo se správnou intenzitou (KOSARĚ a kol., 2000, s. 259–260). Poté je mladé pivo přečerpáno do ležáckých tanků, kde leží při teplotě 0–3 °C, aby dosáhlo chuťové zralosti a nasýtilo se oxidem uhličitým, který způsobí, že pivo má říz. Každé pivo potřebuje pro ležení jinou dobu v závislosti na jeho druhu. Když je fáze ležení u konce, tak je pivo připraveno k filtraci. Malé řemeslné pivovary svá piva nefiltrují, takže po fázi ležení je pro ně pivo připraveno ke konzumaci. Je možné jej čepovat přímo z ležáckých tanků, nebo ho stáčí do sudů a láhví a dále expedují (CHLÁDEK, 2007, s. 70).

3.12 Filtrace

Chládek (2007, s. 70) uvádí, že velké a střední pivovary pivo filtrují, aby bylo průzračné a aby ho pasterizovaly, což je možné pouze u piva, které neobsahuje žádné zbytky kvasničných buněk. Díky pasteraci a filtraci piva tak docílí vyšší doby životnosti. Po filtraci se pivo stáčí do sudů, láhví, nebo cisteren a je připraveno ke konzumaci.

3.13 Historie malých řemeslných pivovarů

Historie dnešních řemeslných pivovarů začíná v USA, kde bylo dlouholetou tradicí domácí vaření piva. Dokonce i George Washington, Benjamin Franklin a další jejich nástupci měli zálibu ve vaření a pití piva, jak Američané často s radostí uvádí. Další významnou osobou pro rozvoj domácích pivovarů byl Fritz Maytag, Američan původem z Německa, který už měl dost pití piva z velkých pivovarů a tak začal pivo vyrábět podomácku. V roce 1965 si v Americe koupil pivovar Anchor Brewing Company a spustil v něm vaření piva podle tradičních pivovarnických receptů. V roce 1976 byl založen podobný pivovar jménem The New Albion Brewery ve městě Sonoma. Pivo z tohoto pivovaru se mezi Američany těšilo veliké oblibě a našlo si svou podporu i v televizi a jiných médiích. Lidem se vaření piva zalíbilo a trend vyrábět vlastní zlatavý mok pro sebe, nebo svou hospůdku se začal rozmáhat. Na začátku osmdesátých let 20. století se v USA provozovalo hned několik set takovýchto restauračních pivovarů. Trend samozřejmě nenechal dlouho pozadu ani Evropu, kde se zejména v Německu začaly zakládat malé pivovary. Poté se obliba restauračních pivovarů dostala i na naše území a dále po Evropě (CHLÁDEK, 2007, s. 148–151).

Historicky první restaurační pivovar u nás je pivovar U Fleků, který byl založen ještě dávno před expanzí amerických restauračních pivovarů na naše území. První písemná zmínka o tomto pivovaru se datuje do roku 1499, ve kterém dům koupil sladovník Vít Skřemenec. Pivovar U Fleků je jedním z mála pivovarů ve střední Evropě, ve kterém se výroba piva nezastavila déle, než 500 let. Druhým největším pražským restauračním pivovarem je Novoměstský pivovar, který má jako jeden z mála varnu vytápěnou přímým plamenem (U Fleků, ©2020).

3.14 Současnost malých řemeslných pivovarů

Po době „pivovarského temna“ v druhé polovině 20. století, kdy u nás pivovarská kultura pomalu zanikala, přišel zvrat a od počátku milénia počty pivovarů rostou (Teplický deník, ©2020). V uplynulém roce vzniklo dalších téměř padesát řemeslných pivovarů. Kromě těch, které byly založeny pouze za účelem zisku, přibývají i menší provozy, které se z vaření piva jakožto koníčku pro domácí spotřebu přesunuly k oficiálnímu podnikání. Takovéto menší podniky můžeme často nalézt například ve sklepích, nebo přístavbách rodinných domů. Rozvíjí se zájem o tzv. pivní turistiku. Pivní turisté s oblibou navštěvují

malé i velké pivovary za účelem ochutnání tamního piva, často spojeného s prohlídkou pivovaru, odborné degustace, nebo třeba pivní soutěží. Vznikají všemožné pivní stezky, které lidi zavedou od nejmenších až po největší pivovary, mobilní aplikace, které člověku doporučí návštěvy různých zařízení, kde si může zaznamenat, které pivovary již navštívil, a které na jeho návštěvu ještě stále čekají (Pivovary.info, ©2020).

3.15 Malé řemeslné pivovary

Chládek (2007, s. 149–150) podotýká, že hlavní rozdíl mezi velkými a malými pivovary spočívá v tom, že malé pivovary vyrábí piva, která by měla být během kratší doby vypita a to buď na místě v pivovarské restauraci, nebo v bližším okolí, není tedy nutné je filtrovat a následně pasterovat. Nefiltrované pivo si ponechá všechny své chuťové látky a je konzumenty vyhledáváno právě pro svou jedinečnou chuť. Obsahuje také zbytek kvasnic, což je bohatý zdroj vitamínů, zejména skupiny B a další stopové prvky, které filtrované a pasterované pivo nemá. Malé pivovary mají často podstatně větší nabídku sortimentu piv, než ty velké.

V důsledku současné karantény a jejího těžko odhadnutelného trvání, způsobené Covidem-19, vznikla pro všechny pivovary nepříjemná situace. Střední a velké pivovary vyrábějící piva s trvanlivostí až 12 měsíců a s výrobou baleného piva (plastové nebo skleněné láhve, nápojové plechovky), které je spotřebiteli žádané, jsou na tom lépe než malé, tzv. řemeslné pivovary s výrobky stočených do sudů, které mají trvanlivost pouze několik týdnů a které jsou díky současným nařízením vlády prakticky neprodejná. To bohužel znamená dřívější, či pozdější likvidaci jejich výrobců.

Technologie výroby piva je v řemeslných pivovarech obdobná, jako ve velkých, ale bývá zjednodušena. Například šrotovnice malých pivovarů jsou prakticky vždy dvouválcové, zatímco u velkých pivovarů se setkáváme s víceválcovými zařízeními. Varna u malých pivovarů bývá zpravidla dvou nádobová z nerezové oceli, někdy opláštěna mědí z estetických důvodů. Vířivá kád' a úsek chlazení mladiny je u malých pivovarů jakousi zmenšeninou těchto strojních zařízení ve velkých pivovarech. Malé pivovary často používají pro kvašení kvasné kádě, zatímco velké pivovary užívají většinou CK tanky (cylindrokonečné). V malém pivovaru mají většinou i jednoduché čepování piva, ve většině případů vede z ležáckého tanku chlazená hadice zvaná python přímo do výčepu. Další možností je stáčení piva do sudů KEG, což je anglická zkratka pro označení vratného sudu.

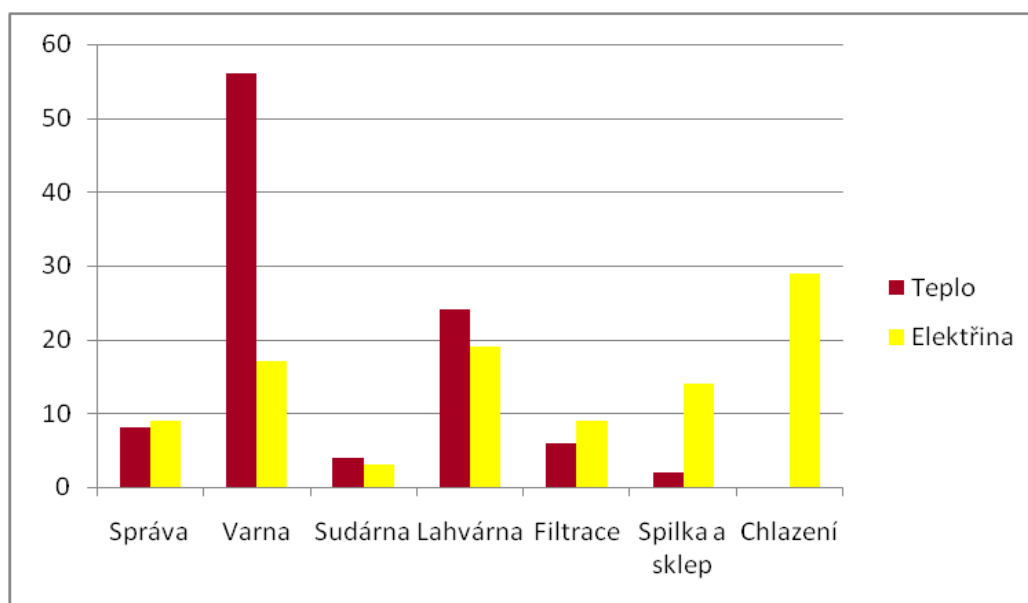
V takovém případě musí mít pivovar myčku sudů, nebo jejich mytí zařídit od externího zdroje. Malé pivovary někdy stáčí své výrobky i do plastových láhví, které bývají nevratné.

3.16 Energetika pivovarů

Výroba piva je energeticky náročný proces, zejména kvůli ohřevu vody, otopu varních pánví a pro výrobu chladu. Spotřeba energií závisí na technologické vybavenosti pivovaru, jeho velikosti, ale také na úsporných opatřeních, která jsou v pivovaru použita. Úsporná opatření mohou pivovarům ušetřit velké množství nákladů na provoz. Mnoho malých pivovarů s energiemi plýtvá a majitelé někdy ani nevědí, která úsporná opatření lze využít a jak fungují.

Basařová a kol. (2010, s. 818) ve své knize popisuje, že Wouda a Reuchlin definovali měrnou spotřebu energie na jednotkový objem zahrnující tepelnou i elektrickou energii na základě údajů z 86 pivovarů ze 38 zemí a určili medián 261 MJ/hl. 10 % z těchto pivovarů přitom spotřebovávalo méně než 193 MJ/hl. Naopak 10 % z nich spotřebovávalo více, než 357 MJ/hl. Z jejich výzkumu jasně vyplývá, že ve spotřebě energie záleží na mnoha aspektech a nedá se přesně určit, jaké množství energie se v pivovarech spotřebovává. Nicméně s pokročilejšími technologiemi a postupem času se energetická náročnost na výrobu hl piva snižuje. Graf 1 zobrazuje přibližný podíl tepelné a elektrické energie na úsecích výroby.

Graf 1 Podíl spotřeby tepla a elektřiny na objemu výroby



Zdroj: Vlastní zpracování dle Basařová a kol., 2010, s. 820

3.16.1 Tepelné hospodářství

Kosař a kol. (2000, s. 382) ve své knize uvádí, že teplo je pivovarech přenášeno výhradně pomocí vodní páry. Jen zřídka je k vidění přímý otop varen, který je zvolen spíše kvůli zajímavosti tohoto provedení, ne však kvůli funkčnosti. Například řemeslný pivovar Dědkův mlýn u střeďočeské Unhoště se pyšní varnou s přímým ohřevem na dřevo. Většinou mají pivovary vlastní kotelnu, kde páru vyrábí, nebo mohou být napojeny na externí zdroj páry, jako je například městský parovod. Pára se vyrábí v parních kotlích, kterých jsou na trhu k dostání různé druhy. Podle druhu parního kotle se výstupní tlak páry pohybuje mezi 0,7–1,1 MPa a to odpovídá hodnotě zhruba 180 °C. Přetlak páry se potom redukuje na cca 0,5 MPa a rozvádí se parovodním potrubím ke všem součástem výrobního procesu, kam je třeba. Každé zařízení má však jiné požadavky zejména na teplotu páry, proto je před zařízením umístěn redukční ventil, který má za úkol upravovat tlak a teplotu páry. Množství tepelné energie spotřebované na měrnou jednotku (většinou na hl) klesá s vyšším ročním výstavem piva, jak je vidět v Tab. 1.

Tab. 1 Spotřeba tepla v závislosti na výstavu pivovaru

Roční výstav piva [hl]	Spotřeba tepla [MJ/hl piva] střední hodnota	Spotřeba tepla [MJ/hl piva] ideální hodnota
< 2000	285	216
4 000	239	198
10 000	227	150
20 000	225	130
50 000	198	125
100 000	182	117
250 000	173	113
1 000 000	155	109
> 1 000 000	146	106

Zdroj: Kosař a kol., 2000, s. 383

3.16.2 Spotřeba elektrické energie a chladu

Spotřeba v jednotlivých oddílech pivovaru je nerovnoměrná. Nejvíce elektrické energie se spotřebovává zejména na výrobu chladu. Basařová a kol. (2010, s. 821–822) se domnívají, že spotřeba záleží na druhu použitého chlazení, izolaci chladových rozvodů, ale i na velikosti pivovaru, kdy opět při vyšším ročním výstavu spotřebují méně energie na měrnou jednotku, jak vyplývá z Tab. 2.

Tab. 2 Spotřeba celkové elektrické energie v závislosti na výstavu piva

Roční výstav piva [hl]	Spotřeba el. energie [kWh/hl piva] střední hodnota	Spotřeba el. energie [kWh/hl piva] ideální hodnota
< 2000	19,5	16,8
4 000	17,1	14,5
10 000	15,2	11,1
20 000	13,6	9,9
50 000	11,7	8,8
100 000	11,6	8,4
250 000	11,4	8,3
1 000 000	11,3	8,1
> 1 000 000	11,1	8

Zdroj: Kosař a kol., 2000, s. 387

4 Vlastní zpracování

4.1 Pivovar A

Jedná se o výukový a výzkumný pivovar založený roku 2006 na nejmenované univerzitě. Pivovar slouží studentům školy pro výuku výroby piva i pro bližší studium procesů, které v pivovaru probíhají, jako je například tepelná výměna. Se svou velikostí varny o objemu 10 hl na várku a výstavem 300 hl za rok se řadí do skupiny nejmenších pivovarů.

Pivovar dodává pivo do restauračních zařízení ve svém okolí a někteří zákazníci si do pivovaru A pro pivo kvůli jeho oblíbě dojíždějí i z větší vzdálenosti. V pivovaru se vaří světlé a tmavé nefiltrované a nepasterované pivo o extraktu původní mladiny 12% (EPM). Při zvláštních příležitostech, jako jsou třeba Vánoce, se zde vaří i pivní speciály. Dříve se v pivovaru vařilo i pivo zelené. Pivovar stáčí svá piva do plastových i skleněných láhví, ale většina uvařeného piva je distribuována ke konzumentům v nerezových KEG sudech o objemu 30 a 50 litrů. Pivovar se často účastní mimo-pivovarských pivních akcí, pro které má dvě mobilní pípy a lidé tak mohou pivo ochutnat i mimo pivovar.

Pivovar A se pyšní hned několika oceněními, jako je například první místo v kategorii „nefiltrovaný ležák“ v Žatecké degustaci Dočesná, dvakrát druhé místo v Ústí nad Labem v kategorii „světlý ležák“ a některá další.

4.2 Šrotování

Šrotování sladu dále ovlivňuje celý proces výroby piva, proto je důležité, aby proběhlo jak má. Spotřeba energie při šrotování závisí na typu použitého stroje, ale také na druhu zvoleného procesu šrotování (na sucho, na mokro, na jemno, na hrubo). V pivovaru A se ke šrotování sladové tluče používá dvouválcový šrotovník s magnetickým separátorem kovových příměsí. Na tomto šrotovníku je možné nastavit hrubost šrotování seřízením velikosti štěrbiny mezi rýhovanými válci, kterou lze nastavit v rozsahu 0,1–0,3 mm. Dalším z faktorů, který hraje roli ve spotřebě energií u šrotování je zvolený slad. Každý slad má jinou tuhost, a čím je tuhost sladu nižší, tím nižší je i spotřebovaná elektrická energie šrotovníkem.

Dvouválcový šrotovník pivovaru A spotřebuje při šrotování 1 kg světlého plzeňského sladu zhruba $0,45 \cdot 10^{-3}$ kWh. Na 1 hl výstavu piva je pak spotřebováno cca 18 kg sladu, což je při várce 10 hl, 180 kg sladu na várku. Spotřeba elektrické energie

při šrotování sladu pro jednu várku je tedy 0,081 kWh. Elektrickou energii zde moc uspořit nelze, protože slad musí být rozšrotován na požadovanou jemnost. Při hrubším šrotování by se energie spotřebovalo méně, avšak s ohledem na zhoršení kvality piva a tím i snížení poptávky po něm, by se to rozhodně nevyplatilo. Při nákladech 4,91 Kč/kWh (Energie 123, ©2020) je při šrotování pro jednu várku spotřebována energie asi za 0,4 Kč, což je opravdu zanedbatelné. Tepelnou energii šrotovník prakticky nespotřebovává, takže není možné ji uspořit.

4.3 Varna

V pivovaru A se nachází dvou-nádobová celo-nerezová varna. Z estetických důvodů je varna opláštěna mědí. Varna má objem vhodný pro várku 10 hl mladiny a je uložena ve speciální vaně, podlaha je provedena ve 2% spádu k odpadnímu kanálku. Spádové místo je obloženo speciálními dlaždicemi, které jsou zvláště odolné vůči agresivním chemikáliím a mají protiskluzový povrch. Otop varny je proveden párou vyvíjenou v elektrickém parním kotli. Varna je tvořena scezovací kádí a mladinovou pánví. U varny je nainstalováno rmutovací čerpadlo značky EBARA a sladinové čerpadlo značky Hilge, propojené rmutovacím, sladinovým a scezovacím potrubím. Potrubí je také vyrobeno z nerezavějící oceli. Ve stěnách varny se nachází měřiče teploty rmutu a to hned v několika úrovních. Otáčky jsou regulovány díky frekvenčnímu měniči průtoku scezované mladiny se závislostí na diferenčním tlaku pod i nad vrstvou mláta. Sanitace se provádí systémem čištění CIP, což je proplachové čištění nádob varny i potrubí (*více viz kapitola 4.10*). V nádobách se nachází několik otvorů. V dolních částech nádob jsou umístěna dvířka pro vyjmutí mláta a teploměrné jímky. V horních částech nádob se nachází okénka s víky pro umožnění přístupu k probíhajícím dějům. Nainstalováno je i osvětlení. Při rmutování a vaření mladiny vznikají brýdové páry, které jsou v současnosti komínem odváděny volně do ovzduší.

4.4 Rmutování

Rmutování v pivovaru A se nejčastěji provádí ve varně dvourmutovým způsobem, je však možný i jedno, nebo třírmutový postup. Kosař a kol. (2000, s. 188) ve své publikaci uvádí, že při využití průměrných opatření na úspory energie je energetická spotřeba na dvourmutový postup zhruba 25 MJ/hl, na jednormutový postup zhruba 17 MJ/hl a na infuzní rmutování asi 13 MJ/hl. Z měření sládka pivovaru A bylo zjištěno, že rmutování

v pivovaru A spotřebuje cca 35 MJ/hl. Spotřeba energie pro ohřev rmutu se dá také určit výpočtem z následujících rovnic (*symboly viz Přílohy*):

- Rovnice pro výpočet spotřebované tepelné energie při ohřevu tekutin:

$$Q_r = \Delta t \cdot \rho_r \cdot V \cdot C_r \quad (4.1)$$

- Rovnice pro výpočet skupenského tepla:

$$Q_v = \rho_r \cdot V_v \cdot l_v \quad (4.2)$$

- Výpočet tepelné energie při rmutování na 2 rmuty:

Ohřev celého díla z 10 °C na 52 °C - Δt [K] = 42 K . . . 42 °C

$$Q_r = 42 \cdot 1\,050 \cdot 0,1 \cdot 3\,850 = 16\,978\,500 \doteq 17 \text{ MJ/hl}$$

Ohřev 1. rmutu o 1/3 objemu díla z 52 °C na 100 °C - Δt [K] = 48 K . . . 48 °C

$$Q_r = 48 \cdot 1\,050 \cdot 0,033 \cdot 3\,850 = 6\,403\,320 \doteq 6,4 \text{ MJ/hl}$$

Odpar při vaření 1. rmutu – var probíhá 20 min s odparem cca 2 %

$$Q_v = 1050 \cdot 0,00066 \cdot 2\,257\,000 = 1\,564\,101 \doteq 1,56 \text{ MJ/hl}$$

Ohřev 2. rmutu o 1/3 objemu díla z 65 °C na 100 °C - Δt [K] = 35 K . . . 35 °C

$$Q_r = 35 \cdot 1\,050 \cdot 0,033 \cdot 3\,850 = 4\,669\,087,5 \doteq 4,7 \text{ MJ/hl}$$

Odpar při vaření 2. rmutu – var probíhá 10 min odparem cca 1 %

$$Q_v = 1\,050 \cdot 0,00033 \cdot 2\,257\,000 = 782\,050,5 \doteq 0,8 \text{ MJ/hl}$$

Celková tepelná energie spotřebovaná při rmutování:

$$Q_{celková} = 17 + 6,4 + 1,56 + 4,7 + 0,8 \doteq 30,5 \text{ MJ/hl}$$

Na základě porovnání vypočtené teoretické hodnoty spotřebované tepelné energie při rmutování (30,5 MJ/hl) s hodnotou uvedenou sládkem (35 MJ/hl) lze říci, že se výsledky trochu liší. Je to způsobeno tím, že při výpočtu teoretických hodnot se jich většinou v praxi nedosahuje a spotřeba je vyšší. Hodnota 25 MJ/hl uváděná v literatuře se od hodnot pivovaru A liší více. Hodnota z literatury se přibližuje spíše výsledkům ze středních a větších pivovarů, kdy s vyšším výstavem klesají energetické nároky na výrobu měrné jednotky. Nicméně při zvolení vhodného úsporného opatření je možné pivovar A k těmto hodnotám přiblížit a nějakou energii zde uspořit.

4.5 Chmelovar

Vaření mladiny je proces náročný zejména na tepelné ztráty. S rostoucím ročním výstavem měrná tepelná spotřeba energie významně klesá. Varna se podílí na spotřebě tepelné energie v pivovaru dílem asi 50–60 % a z tohoto objemu spotřebované energie zastává chmelovar asi 70 %. Kosař a kol. (2000, s. 208) uvádějí, že se měrná tepelná spotřeba ve varně pohybuje podle energetické úrovně a velikosti pivovaru v širokém rozmezí 50–120 MJ/hl. To je spotřeba uvedená pro celou varnu, tedy je tam zahrnut jak proces rmutování, tak proces chmelovaru. Je proto nutné krajní hodnoty intervalů přepočítat na podíl spotřebované energie, kterou zastává pouze chmelovar. Bylo uvedeno, že chmelovar zastává zhruba 70 % celkové spotřeby energie na varně. Jednoduchý přepočet krajních hodnot intervalu na 70 % z nich dává nový interval pro spotřebu energie při chmelovaru. Spotřeba energie chmelovarem se pohybuje v rozmezí zhruba 35–84 MJ/hl.

V pivovaru A probíhá chmelovar v téže varně, kde probíhá rmutování. Podle informací od sládky pivovaru A, je v pivovaru A při chmelovaru spotřebováno asi 50 MJ/hl. Tato hodnota se nachází zhruba ve středu vypočteného rozmezí a je pravděpodobné, že by se zde dala energie ještě více uspořit.

Ohřev mladinové pánve je zajištěn horkou párou, která je vyvíjena v elektrickém parním kotli. Do mladinové pánve se přečerpá sladina, zahřívá se na 100 °C a poté se přidá chmel. V pivovaru A se při chmelovaru používá granulovaný chmel odrůdy Žatecký poloraný červeňák, který je odebírán od osvědčených dodavatelů. Následuje vaření mladiny, které v pivovaru A trvá většinou 90 minut a udržuje se za teploty 100 °C. Zvyšuje se obsah extraktu zahuštěním až o 3 % a odpar při varu 90 min bývá zpravidla 7–10 % z celkového objemu sladin. Vaření probíhá za atmosférického tlaku a brýdové páry jsou volně vypouštěny komínem. Tento odpar s sebou nese veliké tepelné ztráty. Kondenzační teplo brýdových par volně vycházejících z varny je možné vypočítat. Hodnotu spotřeby energie je potřeba určit na měrnou jednotku 1 hl. Pro zjednodušení výpočtu platí následující vztahy:

$$1 \text{ l mladiny} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{Měrné skupenské teplo varu mladiny} = 3\,000 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ hl} = 100 \text{ kg} \dots 7 \% \text{ ze } 100 \text{ kg} = 7 \text{ kg} \dots 7 \cdot 3\,000 = 21\,000 \text{ kJ/hl} = 21 \text{ MJ/hl}$$

$$1 \text{ hl} = 100 \text{ kg} \dots 10 \% \text{ ze } 100 \text{ kg} = 10 \text{ kg} \dots 10 \cdot 3\,000 = 30\,000 \text{ kJ/hl} = 30 \text{ MJ/hl}$$

Kondenzační teplo brýdových par volně vycházejících z varny má při odparu 7–10 % z objemu mladiny pohromadě zadrž asi 21–30 MJ/hl. Tato hodnota je poměrně vysoká. Dalo by se říci, že vypouštěním brýdových par do ovzduší se přijde zhruba o polovinu energie, která byla použita na celý proces chmelovaru, což rozhodně není zanedbatelné množství. Přijít o takové množství tepelné energie bez pokusu alespoň o její částečnou recyklaci je škoda, proto stojí za zvážení pokusit se o využití kondenzačního tepla brýdových par a díky tomu dosáhnout značných energetických úspor na varně.

4.6 Možnosti optimalizace spotřeby varny

Při energetických úsporách na varně půjde především o tepelnou energii. Varna pro své fungování spotřebuje elektrický proud v čerpadlech, která čerpají sladinu a mladinu a zejména pak pro náhon míchadel, sloužících k míchání vařící se mladiny a k zabránění napékání extraktu na teplosměnnou plochu pánve. Avšak tato elektrická energie je pro chod varny nezbytná a tak u čerpadel, nebo míchadel, nemá smysl přemýšlet o úspoře energie. Varna nepřímo spotřebovává i elektrickou energii na vývin páry sloužící k otopu pánvi prostřednictvím elektrického kotle na vyvíjení páry. To ale přímo souvisí s tepelným hospodařením varny. Dojde-li k omezení tepelných ztrát, nebude třeba vyvinout takové množství páry na otop, proto je zde potřeba soustředit se primárně na úniky energie tepelné.

Základem pro uspoření tepelné energie je v první řadě samotné počínání sládky, při kterém se předpokládá, že bude svědomitě zavírat dvířka varních nádob při rmutování i chmelovaru, aby teplo jen tak neunikalo mimo varnu. Dalším z předpokladů pro tepelnou úsporu je i dobrá izolace varny, která zamezí dalším tepelným ztrátám.

Hlavním zpětně využitelným zdrojem tepelné energie jsou již dříve zmíněné brýdové páry. V dnešní době existuje hned několik možných způsobů, jak využít jejich energii pro celkovou energetickou úsporu na varně. Jedním z nejjednodušších způsobů úspory tepelné energie je tlakový var.

4.6.1 Tlakový var

Tlakový var spoří tepelnou energii na základě snížení odparu z celkového objemu mladiny. Čím méně mladiny se vypaří a odejde z varny jako pára, která je nosičem tepelné energie, tím bude proces úspornější, nicméně má svou hranici, pod kterou z technologických důvodů nelze jít. Při tlakovém varu, podobně jako v tlakovém hrnci,

probíhají reakce, které musejí proběhnout při správném procesu vaření piva, rychleji. Díky tomu můžeme fázi varu zkrátit a tím i snížit odpar mladiny a uniklou tepelnou energii. Varny jsou ve většině případů konstruovány hermeticky a to znamená, že by měly být schopny uvnitř udržet určitý přetlak.

Nejdříve se mladina zahřívá a vaří asi po dobu 10 minut bez přetlaku, poté se tlak zvýší na požadovanou hodnotu sledovanou instalovaným manometrem. Tato fáze trvá také zhruba 10 minut. Když je tlak uvnitř mladinové pánve na požadované hodnotě, tak se tlakový var nechá probíhat po dobu asi 20–30 minut při teplotě cca 103–105 °C, které by se za atmosférického tlaku nedalo dosáhnout. Uvnitř párníku je nutno mít instalovaný odvod brýdových par, které jsou během tlakového varu odpouštěny. Tím se reguluje odpar. Tlak se poté začne uvolňovat, což trvá asi 5–10 minut. Poslední fází je zhruba 10 minut netlakového vaření mladiny.

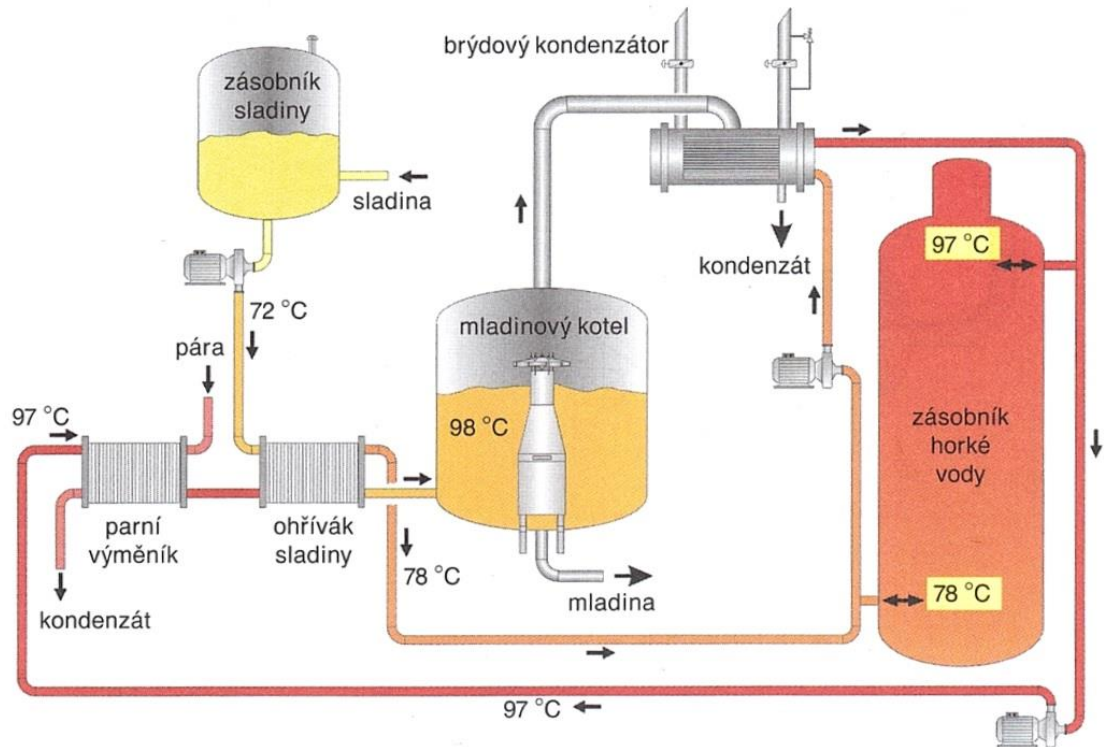
Celková doba varu se pohybuje v rozmezí 55–70 min a výpar se pohybuje okolo 6 %. Šestiprocentní odpar, podle výpočtu z kapitoly 4.5, znamená 18 MJ/hl, což je zhruba o 7 MJ/hl méně, než střední hodnota dříve vypočteného intervalu kondenzačního tepla brýdových par. Také doba varu se sníží z 90 min na cca 63 min, což zkrátí dobu otopu asi na dvě třetiny původního času. Z toho vyplývá další úspora asi 15 MJ/hl. Tlakovým chmelovarem v ideálních podmínkách by se tedy dalo dosáhnout úspory okolo 20 MJ/hl.

4.6.2 Brýdový kondenzátor s předeřevem sladiny

Dalším z možných úsporných opatření je brýdový kondenzátor s předeřevem sladiny. Systém funguje tak, že místo odvádění brýdových par komínem do ovzduší je nad párníkem umístěn kondenzátor brýdových par. Kondenzátor brýdových par je vlastně tepelný výměník, který je zahříván kondenzujícími brýdovými parami a ohřívá tak protiproudně zavedenou vodu z cca 78 °C až na 97 °C. Takto horkou vodou se v ohříváku sladiny, což je další tepelný výměník, sladina přečerpávána ze zásobníku sladiny do mladinového kotle, předeřeve z cca 72 °C až na 98 °C (viz Obr. 6). Vodě, která ohřála sladinu, přitom klesne teplota zpátky na 78 °C a vrátí se zpět do zásobníku horké vody, kde se díky rozdílné měrné hmotnosti různých teplot vody drží nahoře voda téměř vařící (97 °C) a dole voda horká (78 °C). Proces se potom opakuje. Energetická úspora při předeřevu sladiny je zhruba dvě třetiny celkové energie, kterou bychom na ohřev sladiny do varu spotřebovali. K předeřevu sladiny navíc stačí pouze asi polovina energie

z kondenzačního tepla brýdových par, díky tomu je možné přebývající horkou vodu využít jinde v pivovaru a tím snížit energii na ohřev této další vody.

Obr. 6 Schéma brýdového kondenzátoru s předehřevem sladiny



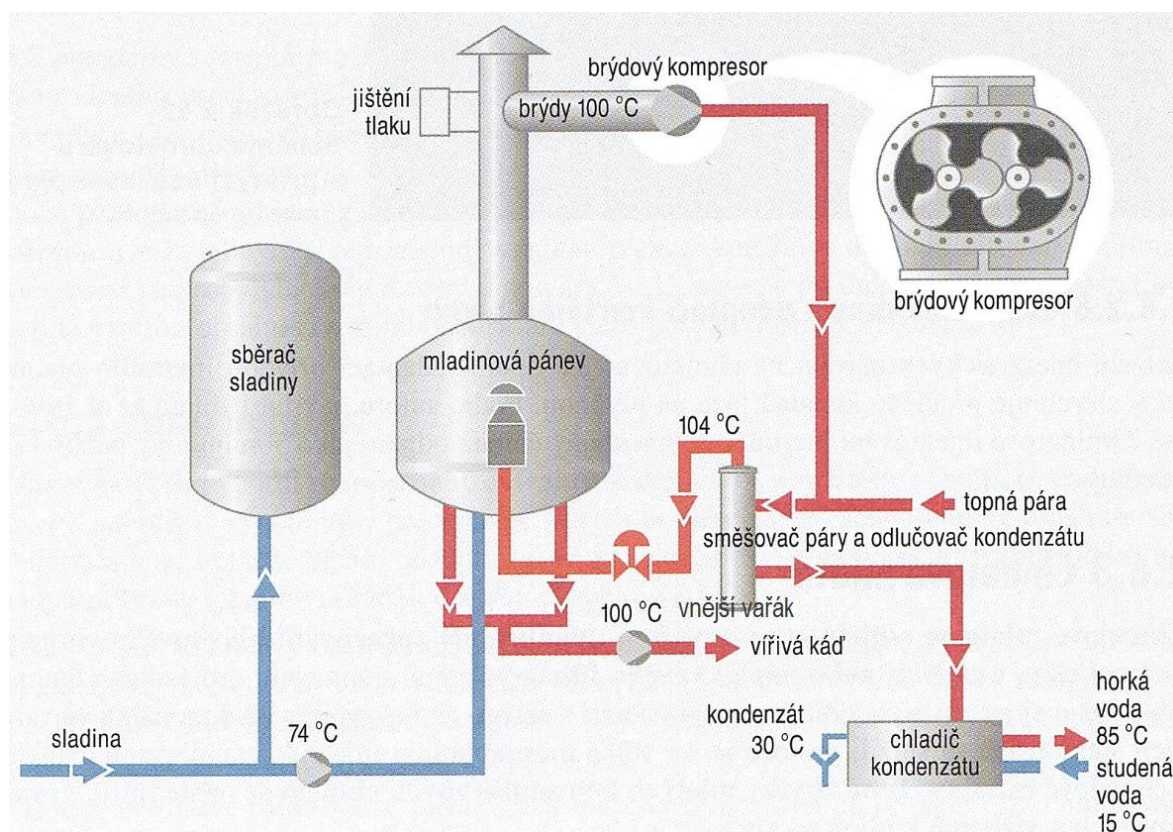
Zdroj: Basařová a kol., 2010, s. 202

4.6.3 Mechanická komprese brýdových par

Při mechanické kompresi brýdových par jsou páry po zahuštění brýdovým kompresorem využívány jako topné médium zavedené do externího vařáku mladiny. Do párníku nad mladinovým kotlem je potřeba nainstalovat T-kus o stejné světlosti a instalovat dvě klapky. První klapku je třeba umístit nad T-kus v párníku, aby mohla zavírat, nebo otevírat otvor do komína a druhou za T-kus, aby mohla otvírat a zavírat otvor vedoucí k brýdovému kompresoru. Při tomto způsobu varu se otevře klapka pro volný průchod brýdové páry do ovzduší a uzavře se druhá klapka k brýdovému kompresoru. Potom se mladina topnou párou z kotelný přivede se k varu, uzavře se první klapka a druhá klapka se otevře, aby brýdové páry mohl natáhnout brýdový kompresor. Brýdovým kompresorem páry se dosáhne přetlaku 0,03–0,05 MPa, což odpovídá teplotě cca 110 °C. Zahuštěné brýdové páry se pak vedou do externího vařáku, kde mají funkci topného média.

Existují různé druhy brýdových kompresorů, nejčastěji se ale využívá Rootsovo piškotové dmychadlo, které ke kompresi brýdových par spotřebovává elektrickou energii. Její spotřeba se u menších dmychadel pohybuje okolo 0,25 kWh/hl mladiny. Celková úspora mechanické komprese brýdových par se i po odečtení spotřebované energie Rootsovým dmychadlem pohybuje okolo 55 %. Další výhodou je, že z chladiče kondenzátu (viz Obr. 7) odchází horká voda (85 °C), kterou můžeme použít pro další procesy v pivovaru, u kterých je potřeba horká voda. Nezanedbatelným faktorem, významným pro ochranu životního prostředí, je skutečnost, že klesnou pachové emise unikající do okolí, které část obyvatel z okolí vnímá negativně.

Obr. 7 Schéma mechanická komprese brýdových par



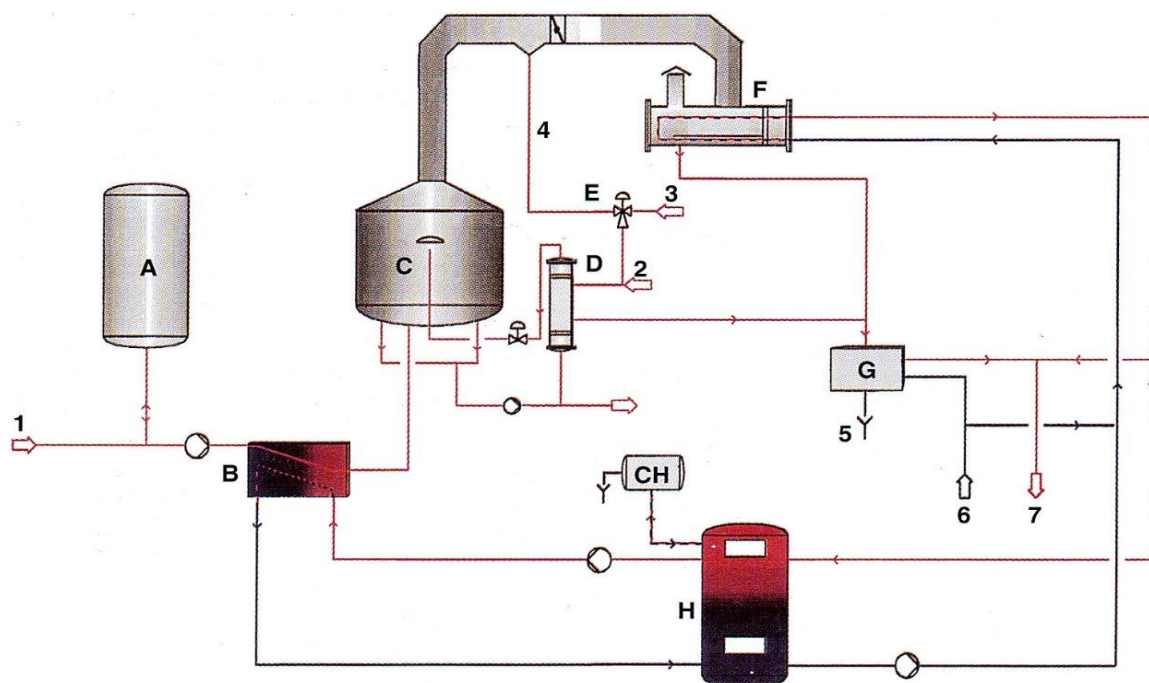
Zdroj: Basařová a kol., 2010, s. 203

4.6.4 Termická komprese brýdových par

Termická komprese brýdových par, vyobrazená na Obr. 8, je proces, při kterém je nad párníkem umístěn kondenzátor brýdových par. Ještě před kondenzátorem je ale v komínu odbočka, skrze kterou nasává parní tryskový kompresor část brýdových par mířících do kondenzátoru. Parní tryskový kompresor nasává zhruba polovinu objemu

brýdových par a mísí je s čerstvou topnou párou z kotelny. Takto smíšené páry dosahují tlaku až 0,05 MPa a teploty okolo 103–104 °C. Směs par vchází do externího vařáku a ohřívá mladinu při chmelovaru. Druhá polovina brýdových par se dostane až ke kondenzátoru, kde zkondenzuje a účastní se obdobného procesu jako v kapitole 4.6.2, tedy zahřívá vodu v zásobníku horké vody (78/97 °C), která má za úkol předeřhát sladinu. Protože je ale brýdových par pouze polovina oproti systému brýdového kondenzátoru s předeřhivem sladiny, neohřeje sladinu na požadovaných 95 °C, ale jen asi na 85 °C. Sladina se tedy musí ještě dořhát čerstvou topnou párou. Při procesu chlazení brýdového kondenzátu se opět získá horká voda o teplotě cca 80–85 °C, kterou lze využít pro další procesy v pivovaru. Při termické kompresi brýdových par vzniká energetická úspora kolem 60 % z původně potřebné energie pro chmelovar.

Obr. 8 Schéma termické komprese brýdových par s předeřhivem sladiny



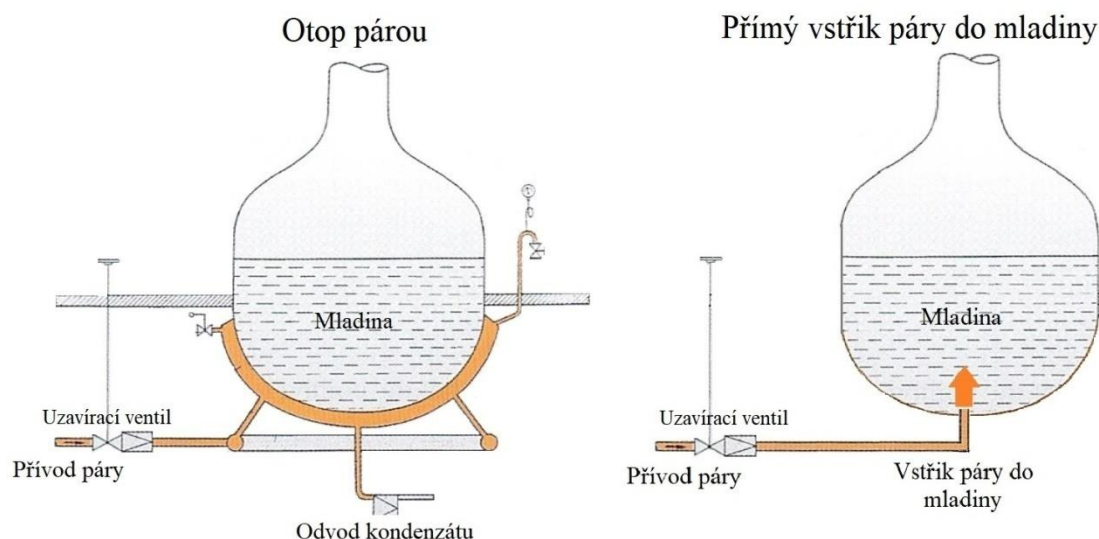
Zdroj: Kosař a kol., 2000, s. 220

A – sběrač sladiny, B – výměník pro předeřhiv sladiny, C – mladinová pánev, D – externí vařák, E – termokompresor, F – kondenzátor brýdových par, G – chladič kondenzátu, H – zásobník horké vody 78/97°C, CH – vyrovnávací tank, 1 – sladina ze scezovací kádě, 2 – redukováná čerstvá pára k ohřevu sladiny do varu, 3 – čerstvá hnací pára, 4 – přísávaná brýdová pára, 5 – odvod ochlazeného kondenzátu z kondenzátoru a vařáku, 6 – přívod studené vody, 7 – odvod horké vody

4.6.5 Přímý vstřík páry do mladiny

Další z možností úspory tepelné energie na varně je možnost přímého vstříku páry do varny. Varna je v pivovaru A vytápěna sytou párou z elektrického kotle, tato pára je vedena do výměníku (viz Obr. 9). Při otopu teplosměnnou plochou mladinové pánve se musí počítat s tepelnými ztrátami, které by se daly snížit na minimum, v případě přivedení topné páry přímo do mladinové pánve (viz Obr. 9). Pára v kotli zkondenzuje a předá své kondenzační teplo mladině. Proces bude probíhat s minimálními tepelnými ztrátami, ale s malou nevýhodou naředění mladiny kondenzátem, s kterou však sládek počítá.

Obr. 9 Schéma otopu párou a přímého vstříku páry do mladiny



Zdroj: Vlastní zpracování dle Kunze a kol., 2010, s. 332

Na procesy rmutování a chmelovaru se v pivovaru A spotřebuje dohromady asi 85 MJ/hl (viz kapitoly 4.4 a 4.5). 1 kg páry zavedený do mladiny jí předá zhruba 3 000 kJ (3 MJ) tepelné energie.

Na 1 hl mladiny bylo potřeba 85 MJ tepla - $85 : 3 \approx 28,3$ kg páry bude třeba
Energie potřebná k vývinu 1 kg páry:

Voda 15 °C se musí zahřát na 100 °C – výpočet dle vzorce (4.1)

$$Q = (100 - 15) \cdot 1\,000 \cdot 0,001 \cdot 4\,180 = 355\,300\,J = 355\,kJ/kg$$

Změna skupenství vody – měrné skupenské teplo varu vody = 2 257 kJ/kg

Energie potřebná k vývinu 1 kg páry = 2 612 kJ

Do varny je třeba přivést 28,3 kg páry . . . $28,3 \cdot 2\,612 = 73\,919,6 \text{ kJ/hl} \doteq 74 \text{ MJ/hl}$
 $85 - 74 = 11 \text{ MJ/hl}$

Při přímém vstřiku páry do mladiny by byla úspora tepelné energie cca 11 MJ/hl. Tepelné ztráty se přímým zavedením páry do mladiny minimalizují.

4.7 Chlazení mladiny

Po řádném proběhnutí procesu separace hrubých kalů z mladiny ve vířivé kádi se v pivovaru A za pomoci spílacího čerpadla odčerpá vyčiřená mladina s teplotou 99 °C do dvoustupňového deskového chladiče. Mladinu je třeba vždy zchladit na zákvasnou teplotu, aby mohlo v pořádku proběhnout kvašení. Tato teplota se vzhledem k potřebám pivovaru A pohybuje zpravidla mezi 6–8 °C. Várka mladiny v pivovaru A je obvykle 10 hl a ve dvoustupňovém deskovém chladiči se chladí asi 60 min, čili průtok mladiny chladičem je 10 hl/hod. Průtoku musí pomáhat spílací čerpadlo, které tlačí mladinu, která má vyšší viskozitu nežli voda, skrz chladič.

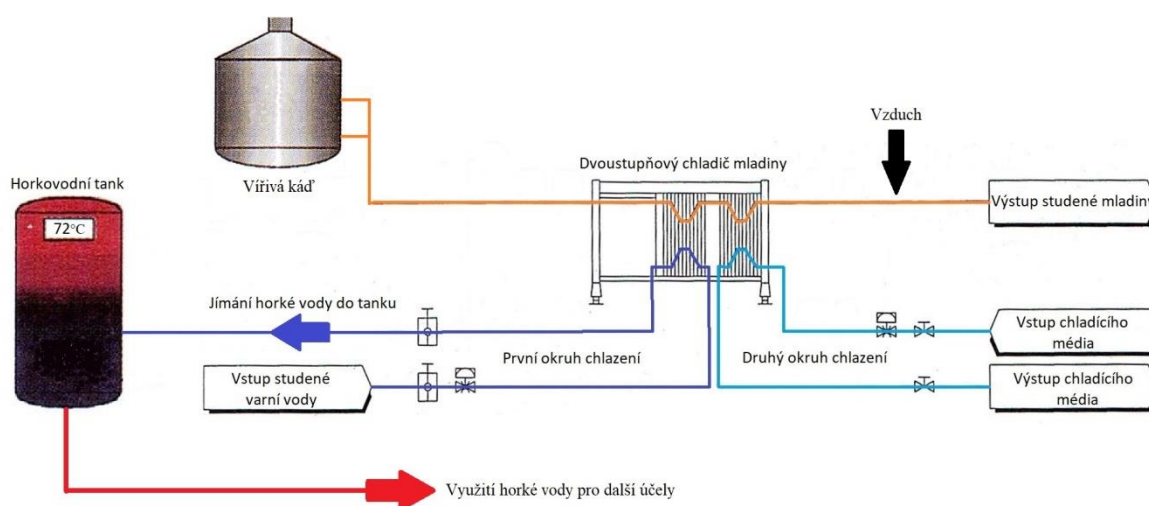
První stupeň tohoto chladiče je zchlazován vodou, která je čerpána z městského řádu. Tato voda má v ročním průměru teplotu asi 15 °C. V prvním stupni výměníku zchladí tato voda horkou mladinu (99 °C) na zhruba 22 °C. Sama chladící voda se horkou mladinou zahřeje z původních 15 °C asi na 72 °C. Poté následuje druhý stupeň chlazení mladiny, zajištěný okruhem s glykolem o teplotě -1 °C, který zchladí předchlazenou mladinu na požadovaných výstupních 6–8 °C. Glykol se při tomto procesu ohřeje asi na 12 °C, poté se v chladící jednotce zchladí a vstupuje znovu do oběhu. Zchlazená mladina se pak musí provzdušnit, protože se předchozím varem zbavila všech plynů a kvasnice pro svou činnost potřebují kyslík. V pivovaru A se provzdušňuje aerační svíčkou, nainstalovanou na spílacím potrubí hned za chladičem mladiny. Požadovaný obsah kyslíku v mladině je v rozsahu hodnot 6–8 mg O₂/l.

4.8 Využití odpadního tepla při chlazení mladiny

V prvním stupni chlazení vstupuje do chladiče voda, použitá jako chladící médium. Tato voda se při chlazení ohřeje na 72 °C, což je poměrně vysoká teplota vody na to, aby se pouze vylila do odpadu. Této horké vody se při chlazení produkuje velký přebytek, v pivovaru A bývá chladící voda s mladinou v poměru 1,1:1. To znamená, že z prvního

stupně chlazení je možné získat 11 hl vody o teplotě 72 °C. Díky jímání této vody do horkovodního tanku můžeme uspořit až 90 % tepelné energie, kterou zadržuje vařící mladina. Aby se uspořilo co nejvíce tepelné energie, je zapotřebí co nejlépe izolovat vířivou kád' a potrubí, kterým je vařící mladina vedena do chladiče. Čím méně tepla unikne z vířivé kádě a z potrubí, tím více ho bude moci absorbovat voda v prvním chladícím okruhu. Pro toto úsporné opatření je základem dobře izolovaný horkovodní tank, do kterého se bude horká voda jímat a dále využívat. Díky jímání horké vody se nemusí spotřebovávat energii pro ohřev vody, která je pro proces vaření piva nezbytná. Na Obr. 10 je vyobrazeno schéma možného jímání horké vody v pivovaru A do tanku pro další využití.

Obr. 10 Schéma jímání horké vody z prvního stupně chlazení mladiny



Zdroj: Vlastní zpracování dle Kosař a kol., 2000, s. 239

Teoretické množství tepelné energie pro 1 hl, kterou odvede voda při prvním stupni chlazení, je možné vypočítat z následující rovnice:

$$Q_m = V_m \cdot \rho_m \cdot C_m \cdot \Delta t \cdot \eta \quad (4.3)$$

$$Q_m = 0,1 \cdot 1\,100 \cdot 3\,990 \cdot 77 \cdot 0,9$$

$$Q_m = 30\,415\,770 \text{ J/hl}$$

$$Q_m \doteq 30,42 \text{ MJ/hl}$$

Z výpočtu je patrné, že z 1 hl mladiny je na prvním stupni chlazení nutno odvést teplo asi 30 MJ. A to je také teplo, které musí přijmout voda. V pivovaru A je objem vody pro chlazení 11 hl, tedy z každé várky získáme 11 hl vody o teplotě 72°C. Tuto vodu lze v pivovaru využít hned pro několik procesů. Horká voda z horkovodního tanku se může využít při vystírání (viz kapitola 3.6), kde ušetří energii nutnou pro přehřátí vystírky. Další úspory díky horké vodě jímáné do horkovodního tanku lze dosáhnout při vyslazování mláta (viz kapitola 3.7), kdy je použita jako výstřelek. Vodu lze také využít při sanitaci pivovaru a při mytí sudů.

4.9 Kvašení

Po zchlazení mladiny ve dvoustupňovém deskovém chladiči je mladina provzdušněna a připravena k zakvašení. Zakvašuje se pivovarskými kvasnicemi, které jsou v pivovaru A uchovávány ve speciálních nerezových nádobách při teplotách 0–1 °C. Mladina je přečerpávána potravinářskými hadicemi do kvasných tanků. V pivovaru A jsou celkem 4 kvasné tanky o objemu várky, což je 10 hl. Tanky jsou uzavřené nerezové tlakové nádoby s průlezy, hradícími aparáty, vzorkovacími ventily, teplotním čidlem a mycími hlavicemi. Do tanků je zaveden přívod stlačeného oxidu uhličitého z tlakové bomby a nachází se tam duplikátor, který slouží k chlazení mladiny. Jako chladící médium se zde používá vodný roztok monoproplenglykolu s potřebným potravinářským atestem, proudící duplikátorem. Mladina musí mít při kvašení požadovanou teplotu mezi 8–14 °C a její teplotu je možné korigovat díky ventilu duplikátoru, který upravuje průtok chladícího média. Tento ventil je ovládán regulátorem chlazení, který ventil zavírá, nebo otevírá. Každý tank má svůj vlastní chladící okruh, proto je možné v nich upravovat teplotu nezávisle na sobě. Ve spilce a ležáckém sklepe je u podlahy nainstalován odtahový ventilátor nebezpečného oxidu uhličitého, který se na základě směrnice spustí vždy, když někdo vejde do jejich prostoru. Spilka i ležácký sklep mají v podlaze průběžný vyspádovaný kanál pro odvod odpadu do kanalizace. Podlaha, stěny a strop spilky a ležáckého sklepa jsou obloženy keramickými obklady odolnými proti agresivním sanitacním prostředkům. Důraz se zde klade na úzkostlivou hygienu.

Kvasný cyklus v pivovaru A trvá většinou asi 10 dnů. Během kvasného cyklu se každý den měří a zapisuje úbytek extraktu, pokud se množství extraktu blíží ke 4 %, tak se kvašení zastaví a na dva dny se nastaví teplota 5 °C. Po dobu dvou dní kvasnice sedimentují (aglutinují) na dně tanku a následně se vypustí do zvláštní nádoby. Prokvašená

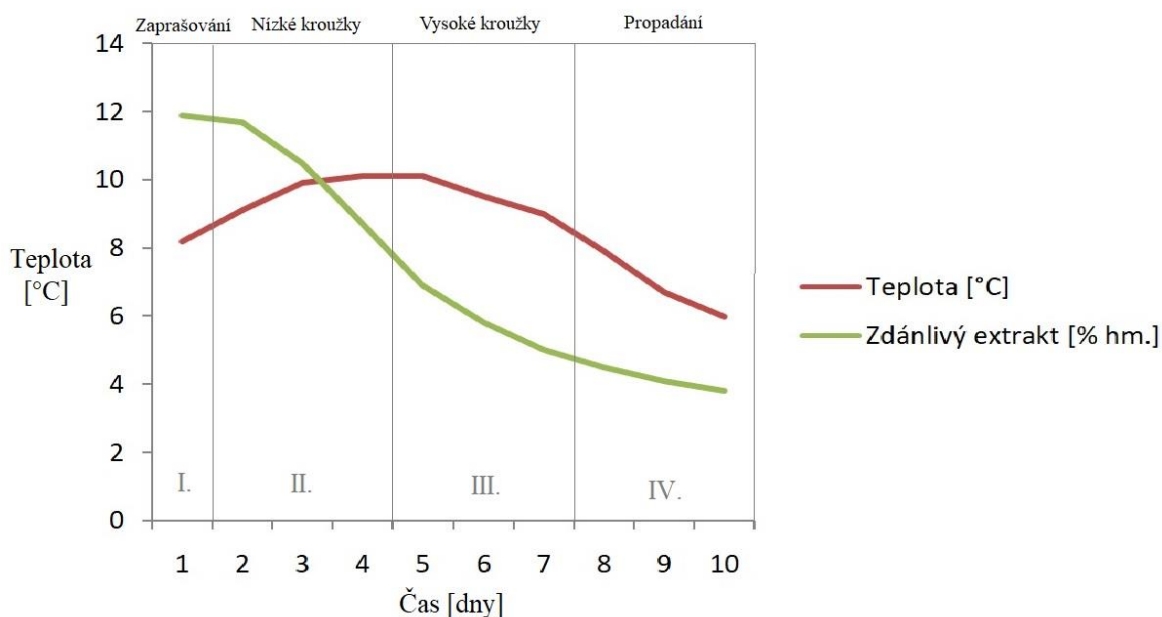
mladina (mladé, nebo také zelené pivo) se přečerpá do ležáckého tanku k dalšímu procesu (ležení, nebo zrání piva).

Po vyprázdnění mladého piva z kvasného tanku, je nutné tank vyčistit. K tomu slouží již zmíněné mycí hlavice napojené na potrubí mycí stanice CIP, která do mycích hlavic přivede sanitační roztok, jímž je vyčištěn kvasný tank i použité potravinářské hadice.

4.9.1 Možnosti využití odpadního tepla při kvašení

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.10, hlavní kvašení má čtyři fáze a v každé z nich se produkuje rozdílné množství tepla a v čase klesá množství zdánlivého extraktu v mladině (viz Graf 2). Nejintenzivnější kvašení nastává kolem 3.–5. dne, kdy je produkce tepla největší za celý proces hlavního kvašení.

Graf 2 Diagram fázi hlavního kvašení



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Kosař a kol., 2000, s. 257

Množství tepla, které je vyvinuto při procesu kvašení je možné spočítat. Pro zjednodušení výpočtu budeme předpokládat, že se tepelná energie v průběhu kvašení uvolňuje rovnoměrně. Když bude obsah extraktu v původní mladině před kvašením 12 %, zkvasí během hlavního kvašení se na 4 % obsahu extraktu v mladém pivě. Dle sládka pivovaru A se zkvašením 1 kg extraktu v mladině vyprodukuje asi 250 kJ tepelné energie.

Pro posouzení možností využití odpadního tepla je třeba spočítat, kolik tepla se průměrně v pivovaru A za hodinu vyprodukuje při procesu hlavního kvašení.

Objem várky = 100 l = 100 kg

12 % hmotnosti mladiny = hmotnost extraktu = 12 kg

Extrakt se zkvasí z obsahu 12 % v mladině na 4 % v mladém pivu

$12 - 4 = 8$ – zkvasí se 8 kg extraktu

1 kg . . . 250 kJ 8 kg . . . $8 \cdot 250 = 2\,000$ kJ

Kvašení trvá 10 dní = 240 hod

$2\,000 : 240 \doteq 8,33$ kJ/hod $\doteq 0,00231$ kWh

Z výpočtu vyplývá, že za hodinu kvašení unikne asi 8 kJ tepla. Při takto nízkém úniku by finanční úspora nedosahovala dostatečných hodnot, aby mělo smysl odpadní teplo jímat. Při kvasném procesu jedné várky se vyprodukuje zhruba 0,55 kWh, což je s průměrnou cenou za kWh 4,91 Kč asi 2,7 Kč při kvašení jedné várky. Technologie pro využívání odpadního tepla unikajícího při kvašení jsou zatím ve vývojovém stádiu. Pro omezení tepelných ztrát je důležité důkladně zaizolovat spilku a kvasné tanky.

4.9.2 Dokvašování piva - ležení

Po průběhu procesu hlavního kvašení se mladé pivo přečerpá do ležáckých tanků, nacházejících se v ležáckém sklepě pivovaru A. Ve sklepě se nachází 6 izolovaných nerezových ležáckých tanků o velikosti 20 hl a jeden izolovaný nerezový ležácký tank s objemem 10 hl. Všechny tanky jsou tanky tlakové a mohou být použity do tlaku až 1 bar (0,1 MPa). Podobně jako kvasné tanky jsou opatřeny duplikátorem, kterým prochází chladicí médium, monopropylenglykolový vodný roztok. Obsluha teploty se opět provádí na regulátoru chlazení a každý tank má svůj vlastní chladicí okruh. Ležácký sklep má na podlaze kanálky vedoucí do kanalizace a podlaha je obložena speciálními protiskluzovými dlaždicemi, odolnými vůči chemikáliím. Zbytek sklepa je obložen keramickým obkladem odolným proti plísní. Mladé pivo leží při teplotě 0–2 °C při přetlaku 0,1 MPa. Při takto nízké teplotě probíhá dokvašování pomaleji, než proces hlavního kvašení, také kvasnic už v mladém pivu není tolik, jako u kvašení mladiny. Odpadní teplo produkované při dokvašování piva je zanedbatelné a nemá žádný smysl ho jímat. Při ležení piva je také velice důležité, aby byly ležácké tanky i ležácký sklep kvalitně tepelně izolovány, to je

nejpraktičtější způsob jak při procesu dokvašování alespoň částečně zamezit tepelným ztrátám.

4.10 Sanitace

CIP stanice, anglicky cleaning in place, česky proplachové mytí, nebo mytí na místě, se v pivovaru A skládá ze dvou netlakových nádob o objemu 3 hl, které jsou vyrobeny z nerezové oceli a duplikátoru pro ohřev jedné z nádob, která je vytápěna vodní párou. Vyhřívána nádoba je izolována, kvůli zamezení tepelných ztrát, druhá nádoba je bez ohřevu a tedy i bez tepelné izolace. Vyhřívána nádoba slouží k ohřevu sanitačních prostředků na bázi NaOH a HNO₃, doplněných aditivy pro lepší smáčivost, zvýšení koroziodolnosti, a ohřevu horké vody. Nádoby jsou mezi sebou propojeny, jsou napojeny na rozvod čerstvé vody a jsou opatřeny vodivostní sondou pro stanovení koncentrace sanitačních prostředků, CIP čerpadlem a dávkovačem dezinfekce. Dále každá z nádob obsahuje mycí hlavici, která slouží k nízkotlakému mytí. V pivovaru A jsou všechny potrubní rozvody konstruovány takovým způsobem, že při napojení na stanici CIP je možné provádět cirkulační čištění pivovaru, neboli sanitaci. CIP stanice má kolem sebe postavenou malou zídku o výšce cca 20 cm, která tvoří hygienicky požadovaný bezodtokový bazén pro případné zachycení úniku 3 hl kapaliny, což odpovídá objemu jedné nádoby. Zídka i dno záchytného bazénu jsou obloženy speciálními obklady, které jsou obzvláště odolné proti agresivním chemikáliím. Záchytný bazén také slouží ke skladování kanistrů se sanitačními chemikáliemi. V pivovaru A se pro sanitaci používá louh (NaOH) a kyselina značek Dr. Weigrt a ECOLAB.

4.10.1 Mytí sudů

V pivovaru A je pivo stáčeno do klasických KEG sudů s plochou armaturou, což jsou hermeticky uzavřené válcové nádoby z nerezové oceli o tloušťce plechu 1,2–2 mm o objemu 5, 30 a 50 litrů. Uvnitř sudu se nachází výtlačná trubice vedoucí ke dnu sudu, sloužící k vyprazdňování sudu a při mytí funguje jako mycí hlavice, která zajišťuje rozstřík sanitačních prostředků po celé vnitřní ploše sudu. Myčka sudů, která je součástí stanice CIP, je myčka ruční. To znamená, že člověk, který vykonává mytí sudu, musí sud zbavit staré krytky armatury sudu, otočit dnem vzhůru a nasadit sud na mycí armaturu, která je totožná s narážecí hlavici pro sudy s plochou armaturou. Mytí pak probíhá v několika krocích. Nejprve se sud vyprázdní tlakovým vzduchem. Po vyprázdnění sudu následuje

předmytí, což je výplach horkou vodou. Pak následuje nástřik horkého louhu, který se v sudu nechá chvíli působit. Po působení louhu je tento louh přetlakem vzduchu a čerpadlem vrácen zpět do nádrže. Následuje obdobný proces za použití kyseliny. Když je sud vymyt sanitačními chemikáliemi, musí se ještě vypláchnout pitnou vodou a naplnit oxidem uhličitým a pak je připraven pro plnění pivem. Odpadní teplo při mytí sudů nevzniká ve velké míře. Sanitační nádoba, ve které se ohřívá voda a sanitační prostředky je zaizolována, aby se předešlo tepelným ztrátám a odpadní teplo je zde zanedbatelné. Energie, která by se zde dala ušetřit, je energie potřebná pro ohřátí vody na první proplach sudu a to za předpokladu, že zbude horká voda jímáná do horkovodního tanku při chlazení mladiny, jak je popsáno v kapitole 4.7. Vodu by bylo možné přečerpat do nádrže stanice CIP a využít ji k předmývání sudů, a tím uspořit energii původně potřebnou pro ohřátí vody nové.

4.11 Doporučení úsporných opatření

Vzhledem k omezené velikosti prostoru, ve kterém se nachází varna pivovaru a vysokým cenám brýdových kondenzátorů a kompresorů, by úsporná opatření popsána v kapitolách 4.6.2, 4.6.3 a 4.6.4 mohla být provedena jen obtížně. S nízkým ročním výstavem piva a vysokou cenou úsporného opatření, by pak byla doba návratnosti investice poměrně dlouhá a tato opatření tedy nejsou pro pivovar A vhodná.

Na základě snadné realizace a nízké vstupní investice, která spočívá pouze v zavedení trubky vedoucí topnou páru do mladinové pánve, by pro pivovar A byla nejvhodnější optimalizace spotřeby tepelné energie přímým vstřikem páry do mladiny, která je popsána v kapitole 4.6.5. Tepelné ztráty se přímým zavedením páry do mladiny minimalizují a úspora tepelné energie se zde pohybuje okolo 11 MJ/hl, což je při várce o objemu 10 hl zhruba 111 MJ uspořené tepelné energie na jednu várku. Během jednoho měsíce pak pivovar A uvaří asi 10 várek a měsíční úspora tepelné energie plynoucí z tohoto úsporného opatření by dosahovala až 1 110 MJ za měsíc. Tato hodnota odpovídá asi 310 kWh a při ceně 1 kWh za 4,91 Kč by pak teoretická finanční úspora dosahovala asi 1 500 Kč za měsíc.

Dalším úsporným opatřením vhodným pro pivovar A je jímání horké vody z chlazení mladiny do horkovodního tanku, popsané v kapitole 4.8. Z hlediska vstupní investice je toto opatření pro pivovar A obzvláště výhodné, vzhledem k tomu, že pivovar již vlastní nádrž na horkou vodu o objemu 20 hl. Zbývalo by jen upravit vodovodní rozvody, aby

horká voda z chlazení mladiny mohla být přečerpána do horkovodního tanku a dále využita. V případě, že by pivovar A tank nevlastnil, by byla doba návratnosti investice podstatně prodloužena. Nový tank o objemu 20 hl je možné koupit zhruba za 180 000 Kč, cena bezúročné investice se pak vydělí ročním příjmem z úsporného opatření a získá se zjednodušená orientační doba návratnosti v letech ($180\,000 : [12 \cdot 2\,600] \doteq 6$ let).

Při chlazení mladiny je získáno cca 11 hl vody o teplotě 72 °C. Bylo vypočteno, že voda použitá jako chladící médium prvního okruhu chlazení přijme asi 30 MJ tepelné energie na hl. Kdyby tato voda byla využita, teoretická úspora by činila 330 MJ na várku a 3 300 MJ na měsíc. Této hodnotě odpovídá asi 917 kWh/měsíc, což by znamenalo teoretickou finanční úsporu asi 4 500 Kč za měsíc. Úspora zde vzniká ušetřením nákladů na ohřev horké vody, která se při procesech v pivovaru dále využije. Prakticky to ale v pivovaru A není možné, protože úspora o výši 330 MJ na várku předpokládá, že se horká voda o teplotě 72 °C okamžitě spotřebuje. S četností vaření várky v pivovaru A to ale není možné. V pivovaru A se várka vaří zhruba jednou za tři dny. Horké vody je po chlazení mladiny 11 hl a bezprostředně po chlazení může být použita pro sanitaci a mytí sudů, na tyto procesy se však vody spotřebuje pouze část. Z dřívějších měření poklesu teploty prováděných sládkem pivovaru A vyplývá, že 11 hl vody o teplotě 72 °C uložené v izolovaném horkovodním tanku zchladne za tři dny cca o 10°C, tedy se dá počítat pouze s hodnotou uspořené tepelné energie, kterou by bylo třeba vynaložit na ohřev 11 hl vody o teplotě 60 °C.

Zhruba 5 hl vody o teplotě 60 °C se smíchá asi s 5 hl studené vody z městského řádu (objemy se určí křížovým pravidlem) a výsledkem bude 10 hl vody o teplotě 37 °C, kterou použijeme pro vystírání další várky. Dále se použije cca 4 hl vody jako výstřelky při vyslazování, kdy ale bude nutné vodu dohřát z 60 °C na požadovaných 80 °C. Zbytek objemu vody o teplotě 60 °C, který činí asi 2 hl, použijeme pro sanitaci a mytí sudů. V případě potřeby se pro sanitaci mohou tyto 2 hl vody použít hned po chlazení mladiny a zachovat si tak původní teplotu 72 °C. Voda bude využita v celém svém objemu, proto bude úspora podle vzorce (4.1) $45 \cdot 1\,000 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 180 = 188\,100\,000$ J/várka $\doteq 190$ MJ na várku. Při deseti várkách za měsíc potom 1 900 MJ měsíčně. Hodnota 1 900 MJ odpovídá asi 530 kWh, což je při ceně za kWh 4,91 Kč finanční úspora asi 2 600 Kč za měsíc.

Při použití obou úsporných opatření je dohromady pivovar A schopen měsíčně teoreticky uspořit až 4 100 Kč z nákladů na energie.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo na základě průzkumu energetického hospodářství malých řemeslných pivovarů najít možnosti optimalizace spotřeby energií a v konkrétním pivovaru doporučit možnosti úspory energie. Důvodem pro hledání a doporučení energeticky úsporných opatření byla možná vidina finanční úspory z nákladů na energie podniku. Konkrétním pivovarem, ve kterém probíhal výzkum možností optimalizace spotřeby energií, byl zvolen pivovar A, jehož jméno nebylo z důvodu domluvy se sládkem tohoto pivovaru uvedeno.

Práce vychází z odborné literatury a informací poskytnutých pivovarem A. Díky takto načerpaným poznatkům bylo zpracováno několik možností pro úsporu energie v pivovaru, vycházejících z průzkumu technologického vybavení podniku. Byla zhodnocena spotřeba elektrické energie dvouválcového šrotovníku při šrotování obilného sladu. Byla posouzena spotřeba tepelné a elektrické energie na dvounádobové varně a zpracováno několik možností pro úsporu energie. Dále byla představena možnost využití odpadního tepla při chlazení mladiny. V neposlední řadě bylo vypočteno množství odpadního tepla vznikajícího při kvašení a ležení piva a na základě výpočtů bylo využití tepelné energie zhodnoceno jako neefektivní. Také bylo posouzeno množství vznikajícího odpadního tepla při mytí nerezových sudů KEG, které bylo vyhodnoceno jako zanedbatelné.

Z možných návrhů na optimalizaci spotřeby energií v pivovaru byly zvoleny dva nejvhodnější. První návrh se týkal energetického hospodaření varny, kde byla doporučena změna otopu mladinové pánve na přímý otop vstříkem páry do mladiny. Bylo vypočteno, že toto úsporné opatření uspoří za měsíc přes 1 GJ tepelné energie, z čehož byla určena měsíční finanční úspora podniku asi 1 500 Kč. Druhým návrhem byla možnost jímání horké vody z chladícího výměníku, která převzala tepelnou energii vařící mladiny, na jejíž zchlazení byla využita. Tato voda se dále v pivovaru použije při procesech vaření piva, vyžadujících horkou vodu, jmenovitě vystírání, vyslazování a sanitace. Energetická úspora při tomto procesu je ve výši energie, kterou by bylo stejně nutno spotřebovat pro ohřátí vody, potřebné v uvedených procesech. Vypočtená měsíční úspora je téměř 2 GJ tepelné energie, což odpovídá finanční úspoře asi 2 600 Kč za měsíc. Doporučil bych realizaci obou úsporných opatření, na základě kterých bude pivovar schopen uspořit 4 100 Kč z měsíčních nákladů na energie.

6 Seznam použitých zdrojů

Odborná literatura

BASAŘOVÁ, Gabriela. *České pivo*. 3., dopl. vyd. Praha: Havlíček Brain Team, 2011. ISBN 978-80-87109-25-0.

BASAŘOVÁ, Gabriela. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.

HASÍK, Tomáš. *Svět piva a piva světa*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4648-7.

HOUGH, J.S., D.E. BRIGGS, R. STEVENS a T.W. YOUNG. *Malting and Brewing Science: Volume II Hopped Wort and Beer*. 2nd edition. LONDON: Chapman and Hall, 1982. ISBN 0-412-16590-2.

CHLÁDEK, Ladislav. *Pivovarnictví*. Praha: Grada, 2007. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-80-247-1616-9.

KOSAŘ, Karel. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

KUNZE, Wolfgang. *Technology Brewing & Malting*. 4th edition. Berlin: VLB Berlin. ISBN 978-3-921690-64-2.

PELIKÁN, Miloš, Drahomír MÍŠA a František DUDÁŠ. *Technologie kvasného průmyslu*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-578-x.

SUSA, Zdeněk. *Velká česká pivní kniha*. Středokluky: Zdeněk Susa, 2008. ISBN 978-80-86057-43-9.

VEČERKOVÁ, Hana a Jan KISS. *Abeceda piva*. Praha: Česká televize, 2007. Edice České televize. ISBN 978-80-85005-86-8.

Internetové zdroje

[online]. Dostupné z: <http://www.pivovary.info/view.php?cislocclanku=2019120001>

[online]. Dostupné z: <https://ufleku.cz/o-nas/historie-u-fleku/>

Cena 1 kWh elektřiny (aktuální) □ 2020. *Srovnání cen energií 2020* □ *Energie123.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 07.04.2020]. Dostupné z: <https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

Heat exchangers | Dairy Processing Handbook. *Dairy Processing Handbook* [online]. Copyright © Tetra Pak 2020 [cit. 07.04.2020]. Dostupné z: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/heat-exchangers>

Infuzní rmutování: Domácí pivovárek Biohazard. *Domácí pivovárek Biohazard* [online]. Copyright © 2010 Všechna práva vyhrazena. [cit. 07.04.2020]. Dostupné z: <https://domacipivovar.webnode.cz/vse-o-vareni-piva/infuzni-rmutovani/>

Revoluce pokračuje. V ČR už je tolik pivovarů, jako bývalo kolem roku 1930 - Teplický deník. *Teplický deník - informace, které jsou vám nejbliž* [online]. Copyright © [cit. 07.04.2020]. Dostupné z: <https://teplicky.denik.cz/podnikani/revoluce-pokracuje-v-cesku-uz-je-tolik-pivovaru-jako-byvalo-kolem-roku-1930-20180207.html>

Slovník pivovarských pojmů | Svět-piva.cz. *Svět-piva.cz - obchod který se točí okolo piva* [online]. Copyright © 2007 [cit. 09.04.2020]. Dostupné z: <https://www.svet-piva.cz/slovník-pivovarskych-pojmu/>

7 Přílohy

Příloha 1: Seznam použitých symbolů

C_m [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] měrná tepelná kapacita mladiny $C = 3\,990\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

C_r [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] měrná tepelná kapacita rmutu $C = 3\,850\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

l_v [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$] měrné skupenské teplo vody $l_v = 2\,257\,000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$

Q_m [$\text{J}\cdot\text{hl}^{-1}$] teplo odvedené z mladiny

Q_r [$\text{J}\cdot\text{hl}^{-1}$] tepelná energie spotřebovaná pro rmutování

Q_v [$\text{J}\cdot\text{hl}^{-1}$] výparné teplo

V [m^3] objem ohříváné/zchlazované tekutiny

V_m [m^3] objem chlazené mladiny

V_v [m^3] objem výparu

Δt [K] rozdíl počáteční a konečné teploty

η [-] tepelná účinnost chladícího zařízení – zhruba 90 % - $\eta=0,9$

ρ_m [kg/m^3] hustota mladiny $\rho = 1\,100\text{ kg}/\text{m}^3$

ρ_r [kg/m^3] hustota ohříváného rmutu $\rho = 1\,050\text{ kg}/\text{m}^3$

Příloha 2: Použitá terminologie

Brýdové páry: páry odpařující se při vaření rmutu a mladiny

Chmelovar: jedná se o intenzivní vaření sladiny s chmelem

Mladina: základní meziprodukt při výrobě piva (rmut + chmel)

Mláto: nerozpustné zbytky sladu, které jsou odděleny ve scezovací kádi

Pluchy: obalové části zrn

Rmut: směs sladového šrotu s vodou podrobená procesu rmutování

Rmutování: ohřívání vystírky na určitou teplotu za určitých pravidel při míchání (viz 3.6)

Scezování: proces, při kterém dochází k rozdělení rmutu na mláto a čirý roztok

Sladina: první meziprodukt při výrobě piva, jedná se o sladký neochmelený roztok cukerných, bílkovinných a dalších látek, který vznikne scezováním díla

Spilka: oddělení v pivovaru, kde probíhá kvašení mladiny v kvasných nádobách

Vystírání: míchání sladového šrotu s vodou

(Svět piva, ©2020)