

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



## **Diplomová práce**

**Návrh linky na základní mlékárenské ošetření mléka**

**Bc. Pavel Bříza**

© 2022 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavel Bříza

Procesní inženýrství  
Technologická zařízení staveb

Název práce

**Návrh linky na základní mlékárenské ošetření mléka**

Název anglicky

**Milk Processing in dairy plant**

---

### Cíle práce

Základem práce je popsat stávající technologie a používané zařízení, včetně popisu konstrukčních, funkčních i provozně ekonomických parametrů provozu. Seznámit se s postupy a zařízením, charakterizovat podmínky ovlivňující technologický i organizačně výrobní proces provozu a popsat základní strojní zařízení.

### Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Současný stav sledované problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

50 stran

**Klíčová slova**

mléko, mlékárna, ošetření mléka

---

**Doporučené zdroje informací**

Březina, P., Jelínek, J.: Chemie a technologie mléka, VŠCHT Praha 1990, ISBN 80-7080-075-5  
Bylund, G.: Dairy processing handbook (2003) Tetra Pak Processing Systems AB Lund, Sweden  
Forman, L.: Mlékárenská technologie, VŠCHT Praha 1996, ISBN-80-7080-250-2  
KADLEC, P. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. FAKULTA POTRAVINÁŘSKÉ  
A BIOCHEMICKÉ TECHNOLOGIE. *Technologie potravin II.* Praha: Vysoká škola  
chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.



---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

**Vedoucí práce**

Dr. Ing. Tomáš Jehlička

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

**doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 20. 09. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh linky na základní mlékárenské ošetření mléka" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.3.2022

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Dr. Ing. Tomáši Jehličkovi za odborné vedení a cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

# Návrh linky na základní mlékárenské ošetření mléka

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá popisem technologií používaných v linkách na základní mlékárenské ošetření mléka v mlékárenských provozech a návrhem náhrady za stávající pasterační linku.

První část práce je věnována důležitým vlastnostem mléka pro jeho zpracování, používaným technologiím a strojnímu zařízení, parametrům vstupních a výstupních surovin, v posloupnosti linky základního mlékárenského ošetření mléka.

Druhá část práce se zabývá stanovením energetické bilance pasterizační linky smetany. Je zde popsán stávající stav procesu pasterace smetany, odstředění a chlazení produktů. Práce dále obsahuje stanovení energetické bilance podle analýz provedených při provozu linky, stanovení strojně technického schéma stávajících zařízení.

Dle zjištěných a dopočítaných informací je zde proveden návrh nových zařízení pro pasteraci smetany.

**Klíčová slova:** Mléko, mlékárna, ošetření mléka, mlékárenské, smetana, odstředěné mléko, syrové mléko, pasterace

# Milk processing in dairy plant

## **Abstract**

This diploma thesis deals with the description of technologies used in the lines for milk processing in dairy plants and the proposal of a replacement for the existing pasteurization line.

The first part of the thesis is devoted to the important properties of milk for processing in dairy, used technologies and machinery, parameters of input and output raw materials, in the sequence of milk processing in dairy.

The second part thesis with determining the energy balance of the cream pasteurization line. The current state of the cream pasteurization, centrifugation and cooling process is described here. The thesis also includes the determination of the energy balance according to the analyzes performed during the operation of the line, the determination of the mechanical and technical scheme of the existing equipment.

According to the information obtained and calculated, new equipment for pasteurization of cream is designed here.

**Keywords:** Milk, dairy, milk processing, cream, skim milk, raw milk, pasteurization

## Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce</b>	<b>12</b>
<b>3 Metodika</b>	<b>12</b>
<b>4 Současný stav sledované problematiky</b>	<b>13</b>
4.1 Vlastnosti mléka a jeho složení	13
4.2 Složení mléka	13
4.3 Základní fyzikální a chemické vlastnosti mléka	14
4.3.1 Specifická hmotnost	14
4.3.2 Bod mrznutí	14
4.3.3 Kyselost	14
4.4 Jakost mléka	15
4.4.1 Legislativní požadavky na kvalitu syrového kravského mléka	15
4.4.2 Legislativa České republiky	15
4.4.3 Počet somatických buněk	16
4.4.4 Mikrobiální kvalita mléka	16
4.4.5 Smyslové znaky kvality	17
4.5 Technologie a technika používaná při základním mlékárenském ošetření mléka	18
4.6 Příjmová stanice v mlékárně	18
4.6.1 Příjmový blok	19
4.6.2 Chlazení a skladování	20
4.7 Odstřeďování	21
4.7.1 Základní části odstředivek	22
4.7.2 Konstrukce odstředivek	23
4.8 Standardizace-úprava tučnosti	26
4.8.1 Konzumní mléka	26
4.8.2 Úprava tučnosti mísením	27
4.8.3 In-line (kontinuální) standardizace	27
4.9 Homogenizace mléka	28
4.9.1 Homogenizátory	28
4.9.2 Klarifikátor	29
4.10 Tepelné ošetření mléka	30
4.10.1 Pasterace	30
4.10.2 Kotlový pastér	31
4.10.3 Trubkový průtočný pastér	31
4.10.4 Deskový pastér	32
<b>5 Praktická část práce</b>	<b>35</b>
5.1 Představení podniku	35



5.2	Určení požadavku společnosti.....	35
5.3	Seznámení se sledovanou linkou .....	35
5.4	Strojně technické schéma .....	38
5.5	Analýza teplot .....	38
5.5.1	Hodnoty naměřené na kapilárních teploměrech .....	38
5.5.2	Hodnoty odporových teploměrů .....	39
5.6	Měrná tepelná kapacita mléka a smetany.....	42
5.7	Průtoková bilance linky.....	43
5.8	Základní energetická bilance pasterizační linky smetany a chlazení odstředěného mléka 44	
5.8.1	Pasterační sekce výměníku H 501 .....	44
5.8.2	Regenerační sekce výměníku H 501 a chladicí sekce H 502 .....	46
5.8.3	Chladicí sekce .....	48
5.9	Návrh pasterizačních výměníků.....	49
5.9.1	Návrh pasterizační linky od společnosti Alfa Laval .....	50
5.9.2	Návrh pasterizační linky od společnosti Tenez .....	51
<b>6</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>53</b>
6.1	Energetická bilance .....	53
6.2	Analýza návrhu společnosti Alfa Laval .....	54
6.3	Analýza návrhu společnosti Tenez.....	55
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>61</b>

# 1 Úvod

Mléko a mléčné výrobky jsou základní potravinou ve výživě člověka, kterého provází po celý život, od nenahraditelného mateřského mléka pro kojence, jenž je v pozdějším věku nahrazeno mlékem od jiných savců. V současnosti se můžeme na celém světě setkat s mlékem od více druhů zvířat, ale nejvíce preferované je mléko kravské, s podílem 83 % na veškerém zpracovaném mléce, zbylých 17 % tvoří mléka kozí, ovčí, bůvolí nebo koňské [1]. V roce 2020 byla v České republice spotřeba mléka a mléčných výrobků bez másla 262,5 kg na osobu, z toho bylo 262,4 kg kravského a 0,1 kg mléka kozího, zatímco se spotřeba kozího mléka pohybuje od roku 2011 ve stejné hodnotě, spotřeba mléka kravského a jeho mléčných produktů meziročně roste [2].

Se zvýšenou poptávkou po mléku a mléčných výrobcích roste i tlak na zpracování mléka v mlékárenských provozech. V první řadě se jedná o rozvíjení produktového portfolia, s tím roste i množství zpracovávaného mléka, zejména v jeho základním ošetření. Proto se zpracovatelské společnosti rozhodují pro nové investice do svých provozů, zvyšování výkonů a modernizace provozů základních ošetření.

Syrové mléko má poměrně krátkou dobu trvanlivosti a velice často je tato doba ještě zkrácena mikrobiální kontaminací. Proto je třeba dodržovat hygienické zacházení s mlékem v prvovýrobách i mlékárenských provozech, ale i po přijetí do zpracovatelského závodu je nutné co nejdříve zpracovat mléko tepelným ošetřením, což je nezbytný proces pro další technologie, které jsou na kvalitě provedení závislé.

## **2 Cíl práce**

Cílem diplomové práce je seznámit se s problematikou spojenou se základním mlékárenským ošetřením mléka, popsat a zhodnotit používané technologie, konstrukční, funkční a provozně ekonomické parametry provozů.

Praktická část práce se věnuje skutečnému provozu ve společnosti Mlékárna Hlinsko, cílem této části je stanovit energetickou bilanci pasterizační linky smetany provozované v tomto podniku. Vytvořit strojně technické schéma a u vybrané sekce linky, navrhnout podle určených bilancí náhradu stávajících deskových výměníků, ve spolupráci s jejich výrobcí v takovém rozsahu, aby společnost získala představu o možnostech při realizaci výměny.

## **3 Metodika**

Na základě literárního rozboru problematiky zpracování mléka, provést popis používaných technologií, strojních zařízení, provozních parametrů.

V první fázi zpracování zadaného tématu bylo studium odborné literatury a dalších zdrojů, zabývajících se technologií zpracování mléka, pro získání uceleného přehledu o aktuálním stavu technologií a zařízení, používaných v mlékárenských provozech pro základní ošetření mléka. Nejdříve byla prostudována literatura doporučená vedoucím diplomové práce, ve které byly nalezeny odkazy na další zdroje. Dále byly prostudovány odborné články týkající se dané problematiky.

Další etapou byla návštěva mlékárenského podniku a seznámení se s provozními parametry, provozovanou technikou a technologií výroby mléčných produktů. Po tomto seznámení bylo vytvořeno strojně technické schéma s důležitými prvky na funkci linky.

Dalším krokem byl sběr dat z dostupných analogových i systémových měřících zařízení provozovaných na pasterační lince, pro stanovení energetické bilance.

Na základě zjištěných parametrů byly osloveny společnosti zabývající se výrobou pasterizačních výměníků, pro výpočet a návrh zařízení, dle předané bilance výměníku z jejich produkce.

## 4 Současný stav sledované problematiky

### 4.1 Vlastnosti mléka a jeho složení

Mléko je definováno jako sekret mléčné žlázy savců, sloužící k výživě mláďat stejného druhu [3].

### 4.2 Složení mléka

Mléko představuje polydisperzní systém a skládá se z vody, která představuje disperzní prostředí, a z rozptýlených malých částic, nazývané disperzní fází. Tito částice se rozdělují podle velikosti na molekulární, koloidní a emulzní fázi. Molekulární fázi je převážně laktóza, složky koloidní fáze jsou bílkoviny, hlavní bílkovinou je zde kasein. Emulzní fázi zastupuje mléčný tuk, který je v dispersním prostředí rozptýlen ve formě tukových kuliček [4].

Kravske mléko je bílá, až lehce nažloutlá tekutina složená z 88 % hm. vody a 12 % hm. sušiny, která je tvořena v průměru 4 % hm. tuku, 3,2 % hm. bílkovin, 4,6 % hm. laktózy a 0,7 % hm. popelovin [4]. Tyto hodnoty se mohou lišit, největší rozdíl je v obsahu tuku, který je značně variabilní, ostatní složky se mohou lišit pouze v desetině procenta [5].

Kozí mléko má čistě bílou barvu, je to dáno omezenou schopností koziho organismu vylučovat do mléka  $\beta$  karoten. Toto mléko je typické svým pachem, které lze částečně odstranit správným šlechtěním a dobrou hygienou ustájení a ošetřování zvířat. Průměrné složení koziho mléka je 87 %hm. vody a 13 %hm. sušiny, ta je tvořena 4,1 %hm. tuku, 3,7 %hm. bílkovin a 4,4 %hm. laktózy [4]. Koza je nejvýkonnějším producentem mléka, v poměru tělesné hmotnosti a dojivosti.

Ovčí mléko je bílé až světle žluté barvy, s typickou lehce natrpklou chutí. Je složeno z 81 %hm. vody a 19 %hm. sušina, která je tvořena 7,1 %hm. tuku, 4,6 %hm. bílkovin a 5,1 %hm. laktózy [4].

Na složení mléka má vliv několik faktorů, zejména plemeno dojnic a jejich stáří, průběh laktace, zdravotní stav, způsob ustájení, s tím spojené mikroklima ve stájích, technika a technologie získávání a ošetřování mléka. Dále pak dodržování hygieny a sanitace techniky, její stav a údržba. Rozhodujícími faktory jsou také jakost používané napájecí vody a výživa dojnic [4].

## 4.3 Základní fyzikální a chemické vlastnosti mléka

Fyzikální a chemické vlastnosti mléka jsou podmíněny koncentrací a stupněm rozptýlení jednotlivých složek.

### 4.3.1 Specifická hmotnost

V podmínkách České republiky se specifická hmotnost pohybuje v rozpětí 1,028 až 1,032 g.cm<sup>-3</sup>, tato hodnota je závislá na poměru složek mléka, a to zejména bílkovin, laktózy, tuku a minerálních látek [6]. Vyšší obsah tuku v mléce specifickou hmotnost snižuje a vyšší obsah bílkovin, laktózy a minerálních látek naopak zvyšují. Odstředěním mléka jeho specifická hmotnost vzroste nad 1,032 g.cm<sup>-3</sup>, naopak při dosažení hodnoty nižší než 1,028 g.cm<sup>-3</sup>, slouží tato hodnota jako ukazatel možnosti přidání vody do mléka, jedná se o nejdéle sledovaný parametr mléka [6].

### 4.3.2 Bod mrznutí

Důležitou vlastností mléka je bod mrznutí, který se v současnosti používá k rychlému posouzení technologické neporušenosti syrového mléka. Bod mrznutí je relativně konstantní veličinou pohybuje se v rozmezí -0,54 °C až -0,57 °C a souvisí se stálostí osmotického tlaku [6].

### 4.3.3 Kyselost

U mléka a mléčných výrobků se určuje titrační kyselost a aktivní kyselost.

#### Titrační kyselost

Titrační kyselost udává spotřebu roztoku hydroxidu sodného s koncentrací 0,25 mol.l<sup>-1</sup>, který je třeba k neutralizaci kyselých reagujících látek ve 100 ml vzorku na indikátor fenolftalein [4]. Hodnota titrační kyselosti čerstvého mléka závisí na krmivové základně jednotlivých dojnic a od zdravých a dobře krmených zvířat se pohybuje kolem hodnoty 7. Mléko s kyselostí pod hodnotu 5 je vodnaté a namodralé barvy, takové mléko pochází obvykle od dojnic se zánětem vemene, naopak s hodnotou nad 8 pochází od dojnic po otelení [6].

Nárůst kyselosti s časem je způsobena rozkladem laktózy na kyselinu mléčnou činností mikroorganismů. Mléko s kyselostí 9-10 se sraží varem, ke sražení mléka s kyselostí 25-30 může dojít již při pokojové teplotě [5].

### **Aktivní kyselost**

U čerstvě nadojeného mléka se aktivní kyselost pohybuje mezi hodnotami pH 6,4 – 6,8; při zánětlivých procesech se tato hodnota zvyšuje [4]. U mléka nemá měření aktivní kyselosti takový význam, protože mléko vykazuje pufrční schopnost, to znamená, že po přidání malého množství kyselého nebo zásaditého roztoku do mléka se hodnota kyselosti nezmění. Proto je u mléka vhodnějším parametrem pro zjištění kvality a čerstvosti stanovení titrační kyselosti [6].

## **4.4 Jakost mléka**

O jakosti mléka a mléčných výrobků se rozhoduje již v prvovýrobě, protože pouze ze syrového mléka o vysoké kvalitě lze vyrobit hodnotné mléčné produkty. Zpracováním v mlékárnách nelze navrátit mléku vlastnosti, které ztratilo vlivem zacházení v prvovýrobě [3]. Je proto třeba předcházet negativním vlivům na vlastnosti mléka, mezi základní opatření lze zařadit:

- snížit riziko kontaminace mléka mikroorganismy na minimum
- zabránit znehodnocení mléka kontaminací cizorodými látkami
- zabránit přenosu infekčních onemocnění mlékem
- prevence výskytu mastitid dojnic

### **4.4.1 Legislativní požadavky na kvalitu syrového kravského mléka**

Hygienická kritéria pro produkci syrového kravského mléka pro mlékárenské zpracování stanovují nařízení a směrnice Evropského hospodářského společenství. Legislativa České republiky odkazuje a doplňuje tato evropská nařízení a směrnice.

### **4.4.2 Legislativa České republiky**

V České republice se produkce mléka řídí Vyhláškou MZe ČR č. 128/2009 Sb. Vyhláška o přizpůsobení veterinárních a hygienických požadavků pro některé potravinářské podniky, v nichž se zachází se živočišnými produkty. Tato vyhláška je v souladu se Směrnicí rady EHS, uvádí čtyři základní kritéria kvality, které jsou uvedené v tabulce č. 01 s konkrétními hraničními hodnotami [7].

Název	Limit
Obsah mikroorganismů při 30 °C [ml <sup>-1</sup> ]	≤ 100 000
Obsah somatických buněk [ml <sup>-1</sup> ]	≤ 400 000
Bod zmrznutí [°C]	-0.52
Rezidua inhibičních látek	negativní

**Tabulka. č. 1** Základní kritéria kvality syrového mléka [7]

#### 4.4.3 Počet somatických buněk

Jako somatické buňky jsou označovány některé mikroskopické útvary, kterých se v mléce savců vyskytuje několik druhů a lze je všechny nalézt v jednom vzorku mléka. Počet somatických buněk je ukazatelem zdravotního stavu zvířete, tento parametr se zvyšuje s výskytem zánětlivého onemocnění vemene-mastitidy. Dalšími faktory ovlivňující hodnotu jsou genetické faktory, plemena dojnic, péče o zvířata, kvalita krmiva, ale i strojní dojení, díky kolísajícímu podtlaku v dojícím přístroji [6].

Za zdravou dojnici se považuje zvíře s počtem somatických buněk v mléce menších než 283 000.ml<sup>-1</sup> [6]. Tuto individuální hodnotu lze kontrolovat pouze u zvířat které jsou v kontrole mléčné užitkovosti, v praxi se počet somatických buněk získává ze směsného mléka a podle směrnic Evropského hospodářského společenství a platné legislativy České republiky je hraniční hodnota 400 000 ml<sup>-1</sup> [6].

Zvýšený počet somatických buněk má přímý vliv na složení mléka a tím i na jeho vlastnosti, tyto změny se negativně projeví při zpracování mléka, nejčastějším problémem bývá inhibice růstu mlékařských kultur při výrobě kysaných mléčných výrobků [5].

#### 4.4.4 Mikrobiální kvalita mléka

Kvalita a trvanlivost mléka a mléčných výrobků je značně závislá na mikrobiální čistotě syrového mléka.

##### Mikrobiální znečištění

Mléko v parenchymu mléčné žlázy je u zdravých dojnic téměř sterilní, čerstvě nadojené mléko už obsahuje malé množství mikrobů, jejich počty jsou různé podle jednotlivých případů a pohybují se od několika desítek po stovky na ml mléka, do mléčné žlázy mikroorganismy vnikají strukovým kanálkem, jedná se o primární kontaminaci. Nejčastějšími bakteriemi jsou *Micrococcus caseolyticus*, *Micrococctis freudenreichii* a *Streptococcus fecalis*, koliformní bakterie nejsou u zdravých dojnic prokázány [6].

K sekundární kontaminaci dochází z povrchu struku a vemene, z používané čisticí vody, z dojícího zařízení od strukových nástavců až po sběrné nádrže. Ošetřování a uchovávání syrového mléka je důležitým hygienickým opatřením při prvovýrobě, nemůže však napravit kontaminaci z předchozích postupů [6].

Důležitým prvkem v ošetřování je filtrace mléka, kdy jsou z mléka odstraněny nečistoty, čím dříve jsou odstraněny, tím je menší kontaminace mikroby, proto by měla být filtrace zařazena co nejbližší dojírny. Cílem filtrace není odstranění jen hrubých nečistot, ale i odstranění bakterií na nich ulpělých. Další fází v ošetřování mléka je jeho chlazení. Je nutné mléko ochladit z teploty kolem 35 °C, která je vhodná pro množení bakterií, na teplotu 6-8 °C [4]. Tímto ochlazením nedojde ke zničení mikroorganismů, ale pouze k omezení růstu, tím se prodlouží doba trvanlivosti mléka.

Mléko musí být až do odvozu do mlékárny udržováno při teplotě kolem 8 °C, což je dáno Vyhláškou MZe ČR č. 128/2009 Sb., pouze při dalším dojení, kdy do chladicí tanku přichází čerstvě nadojené mléko, se může zvýšit teplota, ale nesmí překročit 10 °C [7]. Proto je vhodné používat předchladičů.

### **Hodnocení mikrobiální kvality**

Hlavním ukazatelem hygienické kvality mléka je celkový počet mikroorganismů, jeho identifikační metody jsou však schopny zachytit pouze dominantní skupiny bakterií, proto je parametr kvality doplněn o některé specifické skupiny. Jedná se o sporotvorné anaerobní bakterie, které musí být negativní v 0,1 ml mléka, ostatní mikroorganismy jsou uvedeny včetně limitních počtů v tabulce č. 2 [6].

Název	Limit
Koliformní bakterie [cfu.ml <sup>-1</sup> ]	≤ 1 000
Psychrotrofní mikroorganismy [ml <sup>-1</sup> ]	≤ 50 000
Termorezistentní mikroorganismy [ml <sup>-1</sup> ]	≤ 2 000

**Tabulka. č. 2** Specifické skupiny mikroorganismů [6]

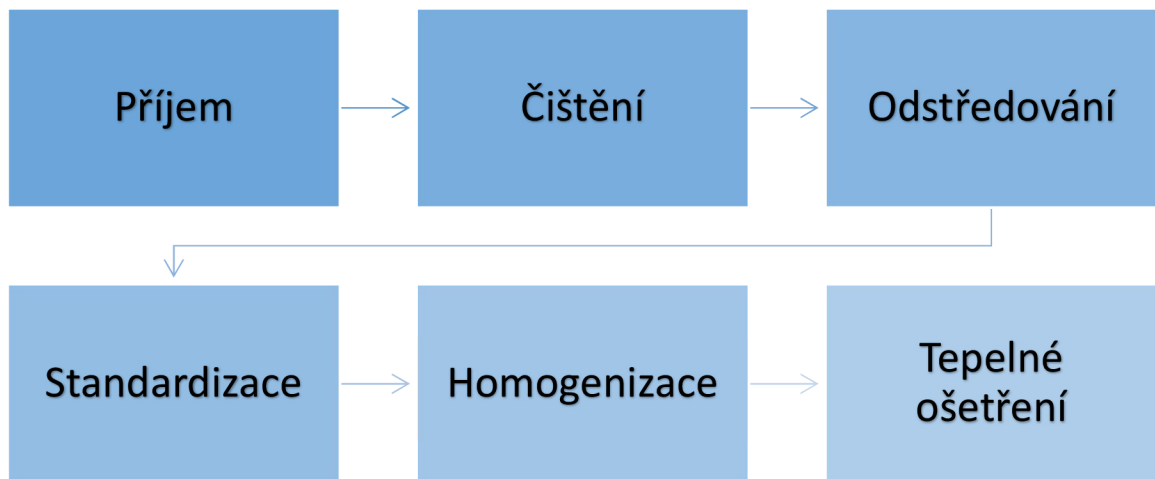
#### **4.4.5 Smyslové znaky kvality**

Jedná se o znaky určované pouze lidskými smysly. Prvním znakem je barva, která musí být bílá s čistě nažloutlým odstínem. Konzistence vzorku musí být stejnorodá tekutina bez usazenin, vloček nečistot, chuť a vůně musí být čistě mléčná, bez jiných příchutí a pachů [3].



## 4.5 Technologie a technika používaná při základním mlékárenském ošetření mléka

Cílem základního ošetření mléka je získat mléko s požadovanou kvalitou, při nejvyšším možném zachování jeho nutričních, technologických a chuťových vlastností. Výsledným produktem je odstředěné pasterované mléko, pasterované mléko se standardizovanou tučností a pasterovaná smetana. Tyto produkty jsou již hotovými výrobky anebo jsou používány jako vstupní suroviny pro další výrobu [4]. Postupové schéma s používanými technologiemi je vidět na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 Schéma základního ošetření mléka [8]

## 4.6 Příjmová stanice v mlékárně

Uspořádání a vybavení příjmu mléka v mlékárenském podniku je přímo závislé na denním množství přijímaného mléka, vybavení mléčnic, na strojním chlazení a na počtu smluvně vázaných mléčných farem s požadovanou kvalitou suroviny. Důležitým faktorem je také úroveň svozu mléka, např. dodržení maximální teploty během převozu [4].

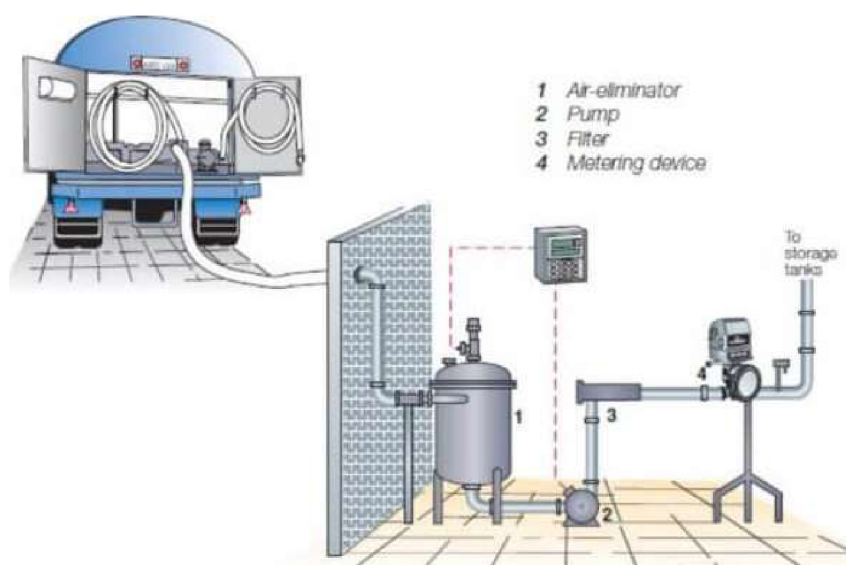
Příjmová stanice musí splňovat následující požadavky:

- musí být schopna plynule odbavovat cisterny bez ovlivnění negativními vlivy vnějšího prostředí a bez ohledu na počasí
- zabezpečit rychlé zchlazení a uskladnění přijímaného mléka, aby se zamezilo nežádoucím změnám v době skladování mléka
- přesně měřit množství příjmového mléka

- zajistit dostatečnou kapacitu skladovacích nádrží, pro nepřerušovaný provoz navazujících technologií

#### 4.6.1 Příjmový blok

Příjmovým blokem se nazývá soubor zařízení potřebných pro dopravu a úpravu mléka ze svozové automobilové cisterny do mléčného sila. Toto seskupení operací vybaveno odlučovačem vzduchu, čerpadlem, filtry a objemovým průtokovým měřidlem, celý proces je znázorněn na obrázku č.2.



**Obrázek č. 2** Schéma příjmového bloku [9]

Mléko je z cisterny dopraveno přes balanční nádobu, filtr, pro zachycení hrubších nečistot, dále protéká odlučovačem vzduchu, přes průtokoměr a deskový chladič do zásobních tanků, případně mléčných sil.

Balanční nádoba na obrázku č. 2 označena pozicí 1, její funkcí je odvod vzduchu z přípojovací hadice a případných vzduchových bublin obsažených v mléce vlivem dopravy. Jedná se o válcovou nádobu, do které je samospádem dopravováno mléko se vzduchem. Mléko je zachytáváno v nádobě a vzduch odchází odvzdušňovacím ventilem, po dosažení určeného množství mléka v nádobě se odvzdušňovací ventil uzavře a mléko je odváděno čerpadlem. Po poklesu hladiny na minimální úroveň dojde k vypnutí čerpadla a otevření odvzdušňovacího ventilu a celý cyklus se opakuje.

Pro dopravu mléka se obvykle používá odstředivé čerpadlo. Použitím filtru dojde pouze k odstranění mechanických nečistot, se kterými souvisí i snížení počtu mikroorganismů,

obvykle se používá potrubní filtr s nerezovým sítím nebo mikrofiltr s keramickými membránami, které jsou schopny zachytit až 99.5 % bakterií [10].

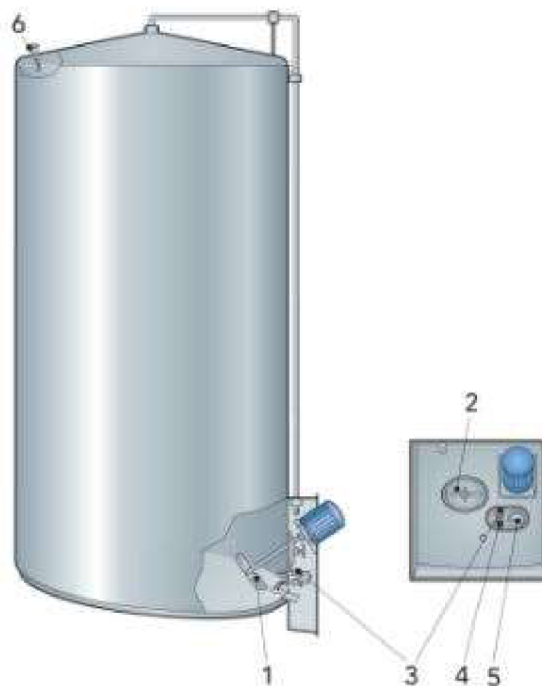
#### **4.6.2 Chlazení a skladování**

Mléko dále může procházet přes deskový chladič, kde dojde k předchlazení na teplotu skladování, ta se musí pohybovat maximálně do 5 °C, ještě před vstupem do chladicí úschovné nádrže, deskový chladič nemusí být do linky zařazen [4].

##### **Skladování**

Syrové mléko se skladuje ve vertikálních nebo horizontálních nádržích, menší mléčná sila jsou umístována do budov a jsou obvykle jednoplášťové konstrukce vyrobené z nerezové oceli s vnitřním leštěným povrchem. Venkovní nádrže se vyrábí ve dvouplášťovém provedení s izolací mezi stěnami, vnitřní nádrž je vyrobená z nerezové oceli s leštěným povrchem uvnitř. Vnější plášť může být vyroben také z nerezové oceli, ale z ekonomických důvodů bývá vyrobena z uhlíkového plechu s vhodnou povrchovou úpravou. [9].

Nádrž musí být vybavena míchacím zařízením, aby se zabránilo separaci smetany. Míchání musí být nastaveno optimálně, protože extrémním mícháním se dostává do mléka vzduch a dochází k rozpadu tukových kuliček, na obrázku č. 3 je vidět nádrž s míchadlem. Vysoké nádrže jsou vybavené dvěma míchadly v různých výškách, pro dosažení vyšší účinnosti míchání. Nádrž musí být vybavena teplotním čidlem, hladinovými snímači pro indikaci prázdné a plné nádrže, indikátorem hladiny, který snímá zaplnění nádrže [9].



**Obrázek č. 3** Nádrž s míchadlem a indikátory [9]

1 – Míchadlo, 2 – Kontrolní otvor, 3 – Teploměr, 4,6 – Hladinový snímač,  
5 – Indikátor hladiny

## 4.7 Odstředování

Proces odstředování je jedním z nejdůležitějších procesů v mlékárenském průmyslu, jeho cílem je rozdělit směs kapalin, v našem případě na mléko a smetanu. Celá technologie probíhá v odstředivkách a je založena na rozdílu měrných hmotností tuku a mléčné plazmy, smetana jako lehčí část směsi, je unášena účinkem odstředivé síly do středu bubnu odstředivky, odkud odchází s tučností okolo 40 % [6]. Těžší část syrového mléka, odstředěné mléko je vlivem odstředivé síly tlačeno na buben odstředivky. Odstředěné mléko, někdy nazývané odtučněné mléko má zbytkový obsah tuku obvykle 0,05 % [11]. Současně s touto separací dochází i k čištění mléka od jemných mechanických nečistot a mikroorganismů v podobě kalů [10].

Odstředivá síla potřebná ke správnému odstředění se získává při otáčkách 6 000-8 000 min<sup>-1</sup>, odstředivky se vyrábí s výkonem od 25 l.h<sup>-1</sup> pro minimlákárny a faremní mlékárny až po zhruba 25 000 l.h<sup>-1</sup>, určené pro větší mlékárenské provozy [6].

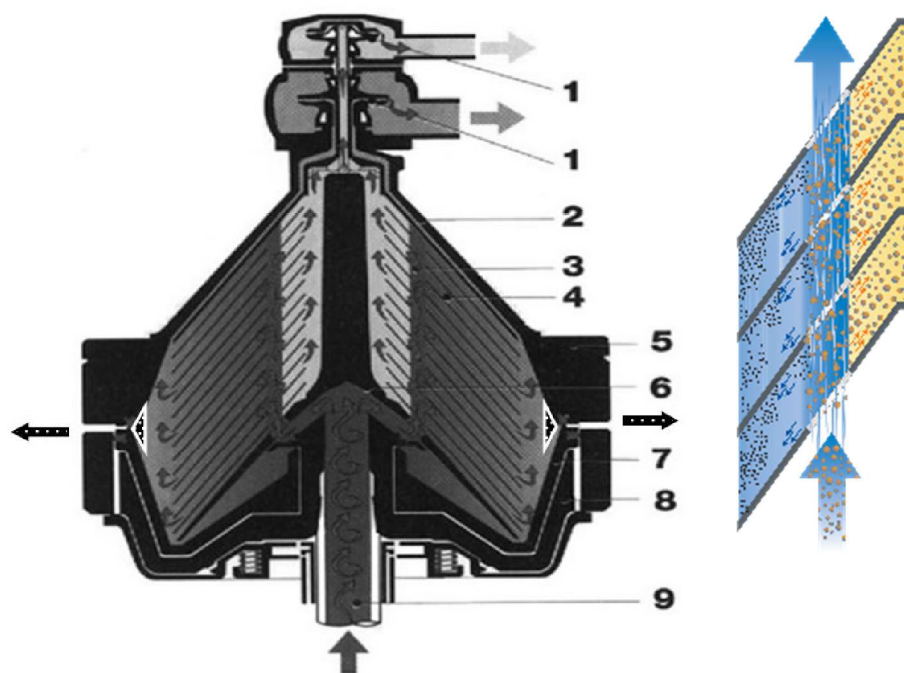
Smetana představuje obvykle 10 % hmotnosti syrového mléka, zbytkový obsah tuku v odtučněném mléce je závislý na několika faktorech [4]. Nejdůležitějším je teplota mléka vhodná pro odstředování, ta by se měla pohybovat v rozmezí 40–45 °C, při teplotě nad 45 °C dochází ke zhoršení ostroty odstředění v důsledku mechanického tříštění tukových kuliček [4].

Dalším důležitým faktorem je dodržování správného množství přitékajícího mléka, které nesmí překročit kapacitu odstředivky, pak dochází ke snížení účinnosti odstředění. Optimální efektivita odsmetaňování je navržena na tučnost 40-50 %, pokud obsah tuku smetany stoupne nad 50 % začne růst tučnost odstředěného mléka. Dalším významným činitelem je přítomnost vzduchu v mléce, který zhoršuje proudění mléka v prostoru mezi talíři odstředivky. Pro odstranění vzduchu je nutné vypnout míchání v nádrži určitou dobu před odstředěním [4].

#### 4.7.1 Základní části odstředivek

##### Přítokové zařízení

Mléko přitéká do rozvaděče odstředivky trubkou shora, která nahradila dřívější nálevky, nebo v dnešní době častějším způsobem, je mléko vytlačováno odstředivým čerpadlem do dutého hřídele, jak ukazuje pozice číslo 9 na obrázku č.4 [9].



**Obrázek č. 4** Odstředivka mléka [9]

1 – Sběrače smetany a odstředěného mléka, 2 – Horní část bubnu, 3 – Separční kanálky, 4 – Mezitalířový prostor, 5 – Odkalovací štěrbin, 6 – Talíř rozdělovače, 7 – Posuvné dno, 8 – Dolní část bubnu, 9 – Dutá hřídel

##### Buben odstředivky

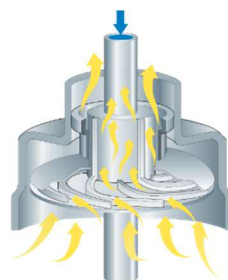
Mléko vtéká otvory v rozdělovacím talíři do svislých stoupajících kanálů a je unášeno do mezer mezi talíři, ve kterých se smetana pohybuje ke středu bubnu a odstředěné mléko se

pohybuje opačným směrem, detailní pohled na pohyb mezi talíři je zobrazen na obrázku č. 4. Oddělení jednotlivých tukových kuliček je ukončeno, jakmile dosáhnou povrchu nejbližšího nižšího talíře, kde se shromažďují a stoupají v souvislé vrstvě do sběrače smetany. Odtučněné mléko a kaly jsou zachytávány na spodní ploše nejbližšího vyššího talíře, odtud jsou nečistoty vrženy do kalového prostoru bubnu. Kaly a nečistoty se zde usazují a odstředěné mléko je odváděno nad vrchním talířem bubnu do sběrače odstředěného mléka.

Jednotlivé talíře jsou umístěny se sklonem 45-55°, mezera mezi talíři je obvykle 0,3-0,5 mm [4].

### **Výtokové zařízení**

Smetana přitéká do komory se sběračem, jedná se o pevný kotouč, jenž mění kinetickou energii rotující smetany na tlakovou energii, tím se dosáhne tlak o velikosti až 0,1 MPa, smetana je dále vytlačována do výtokového hrdla, detail sběrače je zobrazen na obrázku č. 5 [4]. Získaného tlaku se využívá k dopravě do pasterizačního zařízení, sběrače je využito i v komoře pro odstředěné mléko.



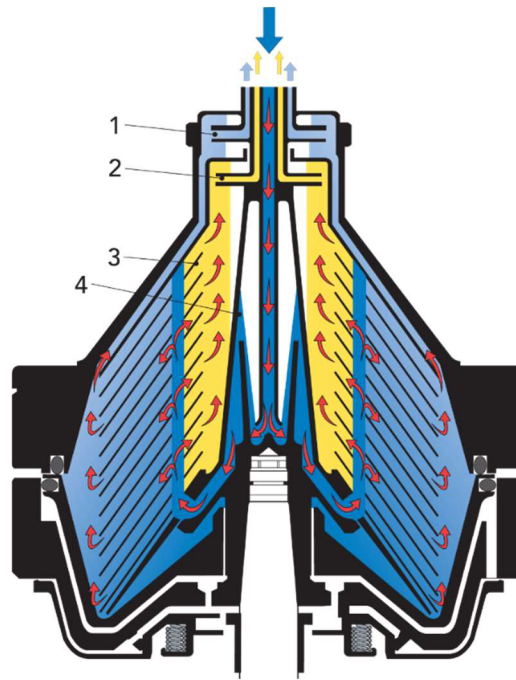
**Obrázek č. 5** Sběrač [9]

#### **4.7.2 Konstrukce odstředivek**

V současné době se používají dva typy odstředivek, polohermetické a hermetické provedení.

#### **Polohermetické provedení**

Polohermetická odstředivka má vstup mléka řešen samospádem, trubkou, která nahradila původní nálevku, jedná se tedy o otevřený systém. Ale výtokové zařízení je konstruováno jako hermeticky uzavřené. Smetana a odstředěné mléko jsou odváděny pomocí sběračů [4].

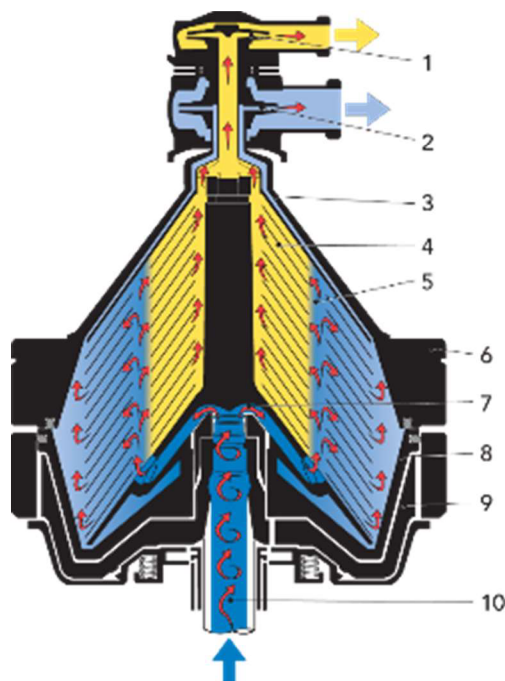


**Obrázek č. 6** Polohermetická odstředivka [9]

1 – Komora odstředěného mléka, 2 - Komora smetany, 3 – Talíře bubnu, 4 – Rozdělovací talíř,

### **Hermetické provedení**

Hermetická odstředivka má uzavřený i vstup mléka do bubnu, které může vstupovat shora vtokovou trubkou nebo zdola dutým hřídelem, syrové mléko je dopravováno čerpadlem. Vstup mléka i výstupy obou složek jsou těsněny pomocí mechanických ucpávek na rotujícím hřídeli bubnu. Za výstupními hrdly mohou být zařazena čerpadla, nebo je pro další dopravu dostatečný tlak od čerpadla zařazeného před odstředivkou. V tomto typu odstředivky nedochází k pění surovin, protože je buben úplně zaplněn a kapalina nepřichází do styku se vzduchem. Další výhodou je dosažení vyšší ostrosti odstředění [4]. Upořádání hermetické odstředivky je vidět na obrázku č. 7.



**Obrázek č. 7** Hermetická odstředivka [12]

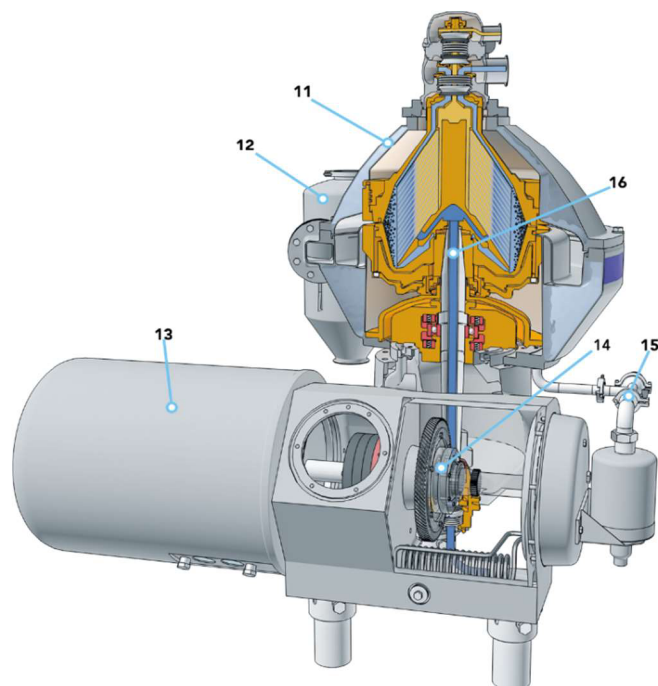
1 – Výstupní čerpadlo smetany, 2 – Výstupní čerpadlo odstředěného mléka,  
 3 – Kryt bubnu, 4 – Talíře bubnu, 5 – Kanál talířů, 6 – Zavírací matice, 7 –  
 rozdělovací talíř, 8 – Posuvné dno, 9 – Buben, 10 – Dutá hřídel

### **Odstraňování odstředěného kalu**

Odstraňování kalů z odstředivky může probíhat diskontinuálně, tedy s přerušením provozu, obvykle se provádí po 3-6 hodinách provozu a lze jej odstranit pouze po částečném rozebrání odstředivky, kdy se všechny součásti musí umýt [9]. Usazený kal brání průchodu odstředěného mléka, které se pak částečně smíchává se smetanou, tím se snižuje účinnost stroje. Toto čištění narušuje plynulost linky a při zpracování většího množství mléka se obvykle používají dvě odstředivky, jedna je v provozu a v druhé probíhá čištění [6].

Při kontinuálním odstraňování kalů je buben odstředivky dvoudílný, dolní část je fixována tlakovým účinkem vody v základní pozici, poklesem bubnu, za provozu stroje, dojde k vytvoření obvodové odkalovací štěrbině a kal je odvržen do vnějšího sběrače, spolu s kalem je odstraněno zhruba 4-6 l odtučněného mléka. Odkalovací štěrbině je otevřena na dobu kratší, než je 0,5 sekundy. Stroje s kontinuálním odstraňováním kalů se nazývají samo odkalovací odstředivky a v současné době plně nahradily diskontinuální [9]. Systém je vidět na obrázku č.8.





**Obrázek č. 8** Samo odkalovací odstředivka [9]

11 – Kryt bubnu, 12 – Kalový cyklon, 13 – Elektromotor, 14 – Převodovka,  
15 – Provozní vodní systém, 16 – Dutá hřídel

## 4.8 Standardizace-úprava tučnosti

Smetana a odstředěné mléko mají na výstupu z odstředivky konstantní obsah tuku, pro další zpracování je nutné upravit obsah tuku podle požadavků na parametry konzumního mléka nebo mléčných výrobků. Podle platné legislativy musí mít konzumní mléko upravené množství tuku, které se upravuje různými technologiemi na hodnoty stanovené příslušným nařízením.

### 4.8.1 Konzumní mléka

#### Plnotučné mléko

Příslušné nařízení rozlišuje dvě varianty produktů, které se mohou nazývat plnotučné mléko, v obou případech se jedná o tepelně upravená mléka. První varianta stanovuje plnotučné mléko, které obsahuje nejméně 3,5 % tuku a této tučnosti bylo dosaženo úpravou tučnosti. Nebo v druhém případě se jedná o mléko s obsahem tuku, který se od doby dojení nezměnil, nebyl přidán ani odebrán žádný mléčný tuk, nedošlo ke smíchání s mlékem se změněným obsahem tuku. Obsah tuku nesmí být nižší než 3,5 % [13].

#### Polotučné mléko

Jedná se o tepelně ošetřené mléko se sníženým obsahem tuku v rozmezí 1,5 %-1,8 % [13].

## Odstředěné mléko

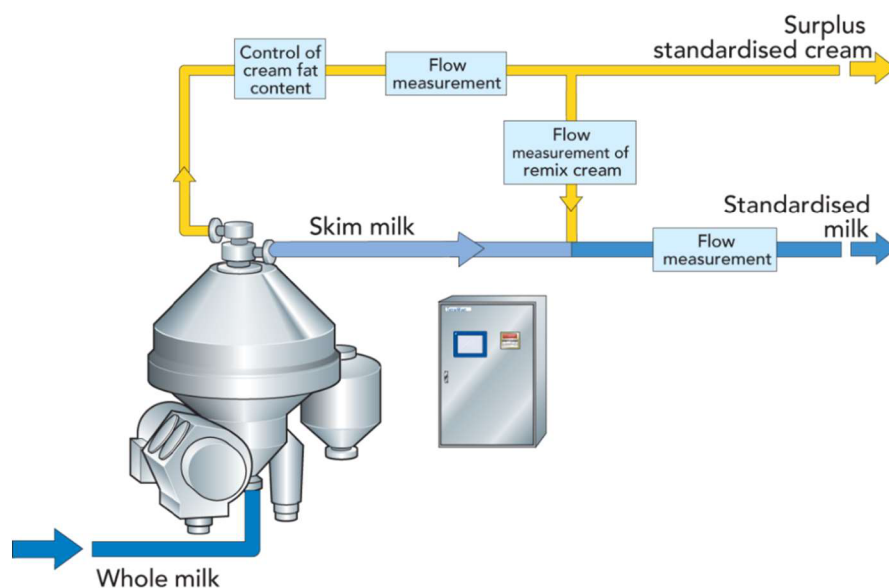
Je tepelně ošetřené mléko, jehož obsah tuku byl snížen nejvýše na hodnotu 0,5 % [13].

### 4.8.2 Úprava tučnosti mísením

Jedná se o technologii, při které se mísí plnotučné mléko s odstředěným mlékem v úschovných nádržích. Po odstředění dojde k opětovnému smíchání smetany a odstředěného mléka a přečerpání do úschovného tanku. Podle požadované tučnosti se výpočtem určuje naplněnost tanku, po jeho naplnění, se odstředěná smetana pustí do smetanového potrubí, bez míchání a odstředěné mléko doplní zásobní nádrž v množství daném výpočtem. Tato metoda může být plně automatizovaná, ale s rostoucími zpracovávanými objemy je třeba metod rychlejších [4].

### 4.8.3 In-line (kontinuální) standardizace

V moderních mlékárnách s bohatým sortimentem výroby se používá přímá in-line metoda standardizace, kombinovaná se separací mléka. Tato metoda je založena na přesném mísení smetany s odstředěným mlékem, pro proces je důležité udržovat konstantní tlak na výstupu odstředěného mléka, bez ohledu na změnu průtoku nebo tlakovou ztrátu způsobenou na sběrači, k tomuto účelu je na výstupu z odstředivky umístěn ventil konstantního tlaku. Pro přesnost celého procesu je důležité přesné měření proměnných parametrů, jako je obsah tuku v syrovém mléce, jeho teplota mléka a jeho množství [9]. Schéma metody je zobrazeno na obrázku č. 9.



Obrázek č. 9 In-line standardizace [12]

## 4.9 Homogenizace mléka

Homogenizace mléka se používá pro stabilizaci tukové emulze proti gravitační separaci, jejím cílem rozpad tukových kuliček na takovou velikost, aby se vytvořila homogenní emulze tuku.

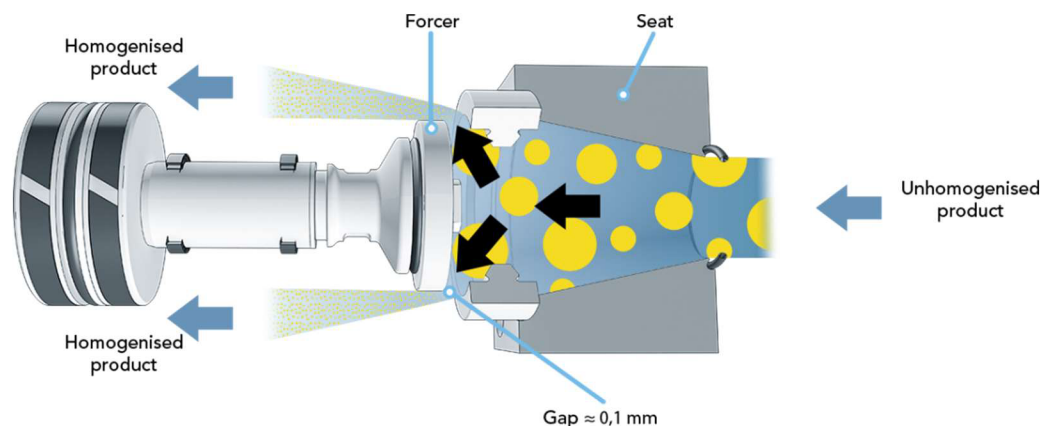
Úprava tučnosti pozitivně i negativně ovlivňuje vlastnosti mléka, výhodou je při výrobě konzumního mléka, že se zabrání ulpívání tuku na obalech, mléko má plnější chuť, kysané výrobky z homogenizovaného mléka mají jemnější konzistenci. Největší výhodu zaznamenáváme při výrobě sýrů, tam se díky homogenizaci snižuje doba sýření až o 50 %, vzniklá sraženina je měkčí a zadržuje více syrovátky [4].

Nepříznivým vlivem úpravy tučnosti mléka změna chuti při ozáření slunečními paprsky nebo při použití UHT záhřevu [4].

### 4.9.1 Homogenizátory

Nejčastějšími zařízeními pro homogenizaci jsou v mlékárenských podnicích používány homogenizátory. Principem homogenizace v těchto zařízeních je protlačování mléka nebo smetany, štěrbinami za vysokého tlaku, v rozmezí 12-20 MPa [4]. Při průchodu kapaliny úzkou mezerou se tlaková energie přemění na kinetickou energii a tepelnou. Rychlost mléka je závislá na vstupním tlaku a může se pohybovat rychlostí až 200 km.h<sup>-1</sup> [4]. Po opuštění mezery se přemění kinetická energie zpět na tlakovou, kapalina se ochladí a tukové kuličky se rozpadnou.

Základním prvkem je homogenizační hlavice, je zobrazena na obrázku č. 10, jedná se o upravenou vysokotlakou ventilovou komoru pístového čerpadla, které vyvine dostatečný tlak pro otevření ventilu a tím se vytvoří úzká štěrbina pro homogenizaci [4].

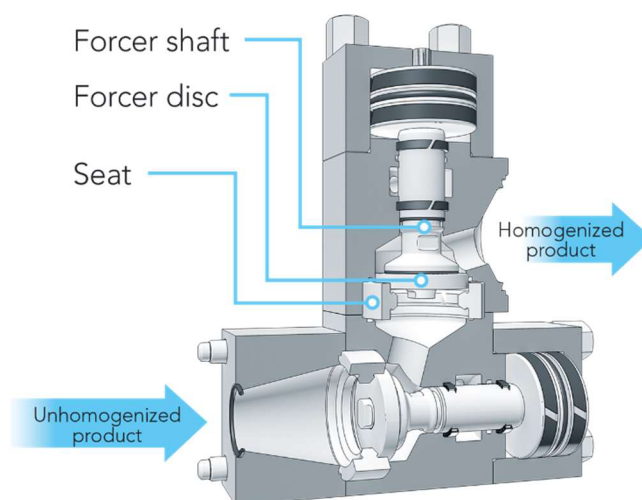


**Obrázek č. 10** Průchod mléka homogenizační hlavicí [9]

Homogenizátory mohou být vybaveny jednostupňovou hlavou nebo dvoustupňovou hlavou, příklad této hlavy ukazuje obrázek č. 11. V prvním stupni se tlak pohybuje v rozmezí od 15-25 MPa, ve druhém 5-8 MPa, nejlepší účinnost homogenizátoru je při teplotě 60-67 °C [4].

Po skončení homogenizace může být v mléce až tisíc krát více tukových kuliček, tím se zvýší plocha fázového rozhraní tuk – plazma až dvacetkrát, aby nedošlo k opětovnému sjednocení kuliček je nutné, aby mléko obsahovalo dostatek bílkovin pro vytvoření nových obalů, nízký obsah bílkovin se projeví vznikem větších tukových kuliček [4].

Proces homogenizace je velmi energeticky náročný, na změnu velikosti kuliček je využito pouze několik procent energie, zbytek se přemění na teplo. Z tohoto důvodu se v některých případech zavádí pouze částečná homogenizace, úprava tučnosti spočívá ve smíchání smetany s částí odstředěného mléka na výsledný obsah tuku 10 %. Tato nízkotučná smetana se v tomto stadiu homogenizuje, dále dojde ke smíchání s odstředěným mlékem na požadovanou hodnotu tučnosti [5].



**Obrázek č. 11** Dvou stupňová homogenizační hlavice [9]

#### 4.9.2 Klarifikátor

Klarifikátor se použije v případě není-li nutná průměrná velikost tukových kuliček pod 1,5  $\mu\text{m}$ , z důvodu menší ekonomické náročnosti [4]. Jedná se o speciálně opravenou odstředivku, která má ve smetanové komoře ozubený kotouč pro tříštění kuliček. Pomocí tohoto zařízení lze současně připravit poměrně dobře zhomogenizované a vyčištěné mléko s použitím třetiny energie než při použití homogenizátoru. Průměrný výkon klarifikátorů je 5000  $\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$  [4].

## 4.10 Tepelné ošetření mléka

Pro zničení patogenních a technologicky nežádoucích mikroorganismů se používá tepelné ošetření mléka a smetany, použitím tohoto procesu se stanou obě suroviny nezávadné a dojde k prodloužení jejich trvanlivosti. Při zvyšování teploty se množení mikroorganismů nejdříve zpomaluje, až se úplně zastaví a po dosažení určité teploty dojde k jejich usmrcení. Tepelná odolnost bakterií je různá.

U základního ošetření mléka se používá metoda pasterace, kdy se mléko nebo smetana zahřívá na teplotu do 100 °C, následně dojde k ochlazení, tím se prodlouží doba trvanlivosti o několik dní [6]. Dalším způsobem tepelného ošetření je sterilace, zde se používají teplota od 100 do 150 °C, trvanlivost takto ošetřené suroviny je již několik týdnů až měsíců, vše je závislé na výši teploty a doby, po kterou se tato teplota udržuje [5].

### 4.10.1 Pasterace

Účelem pasterace je usmrcování choroboplodných zárodků a většiny vegetativní mikroflóry, v souvislosti s tepelnou úpravou mohou nastat změny vlastností mléka a změna jeho nutriční hodnoty. Účinnost pasterace udává pasterační efekt, který udává procentuální podíl usmrcených mikroorganismů na jejich celkovém počtu. Účinnost je závislá na několika faktorech, z nichž nejdůležitější jsou výše dosažené teploty a rychlost jejího dosažení, doba trvání záhřevu. V současné době se používají v průmyslových mlékárnách trubkové a deskové pastéry, v minimlékárnách nebo faremnických mlékárnách se mohou používat také kotlové pastéry [6].

#### Rozdělení pasterace

Podle velikosti teploty rozlišujeme tři základní druhy pasterace: dlouhodobá, šetrná, vysoká.

#### Dlouhodobá pasterace

U této metody se mléko ohřívá na teplotu 63-65 °C, po dobu 30 min [4]. Fyzikální a chemické vlastnosti mléka jsou téměř beze změn. Tato metoda se v dnešní době téměř nepoužívá, pouze při výrobě základní směsi k výrobě mražených smetanových krémů [4].

#### Krátkodobá pasterace

Mléko se zahřívá v tenké vrstvě na teplotu 72–75 °C, v čase 15-40 sekund [4]. Fyzikálně-chemické vlastnosti mléka vykazují drobné změny. Krátkodobá pasterace se obvykle používá při výrobě sýrů [4].

### Vysoká pasterace

Při vysoké pasteraci se mléko ohřívá na teplotu 80-85 °C i vyšší, smetana se zahřívá na 90-110 °C, doba záhřevu je závislá na teplotě, ale potřebuje se 4-5 sekund [4]. Jedná se o nejúčinnější pasteraci, která se používá při výrobě konzumního mléka.

### UHT – vysoko tepelné ošetření

Při této metodě je mléko ohřáto na teplotu 135 °C, po dobu 1 sekundy [6]. Při této teplotě se usmrcují veškeré mikroorganismy i jejich spóry. Tato technologie se používá při výrobě trvanlivého mléka, které by mělo vydržet v pokojové teplotě po celou dobu deklarované trvanlivosti beze změn [6].

#### **4.10.2 Kotlový pastér**

Toto zařízení se používá pro zpracování malého množství mléka, obvykle do 500 l na jednu dávku. Jedná se dvouplášťovou nádobu v celonerezovém provedení, s tepelnou izolací pro větší objemy, vyhřívanou pomocí horké vody přiváděnou do výměníku, pro rovnoměrný ohřev je vybavena míchadlem. Chlazení může být studenou nebo ledovou vodou. Pastér může být obvykle provozován v automatickém nebo i manuálním režimu [6].

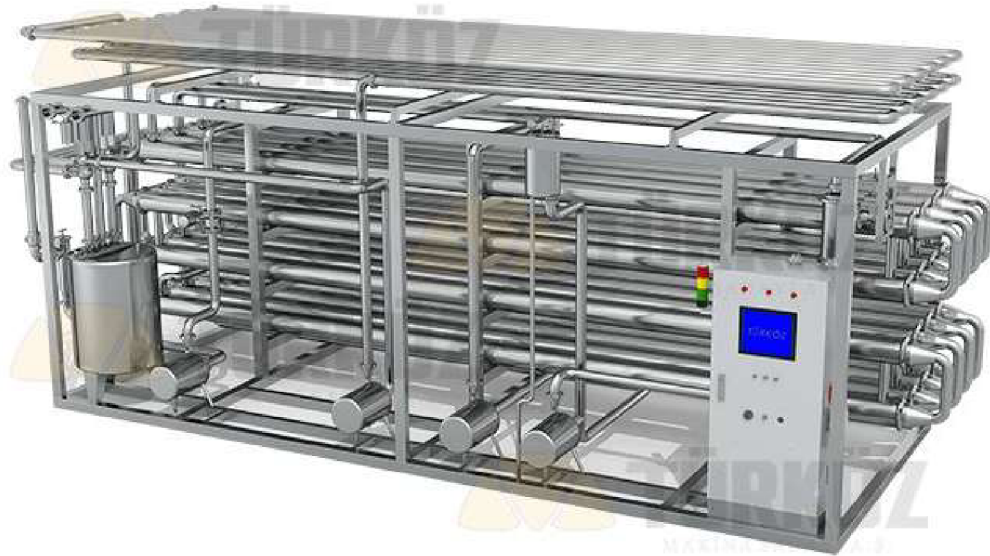


**Obrázek č. 12** Kotlový pastér [14]

#### **4.10.3 Trubkový průtočný pastér**

Trubkový pastér je vlastně trubkový výměník tepla, složený z nerezových trubek do sebe soustředně zasunutých. Mléko protéká v tenké vrstvě ve vytvořeném mezikruží, výměna tepla probíhá stěnami trubek z obou stran. Celý výměník má regenerační i chladicí část, mléko

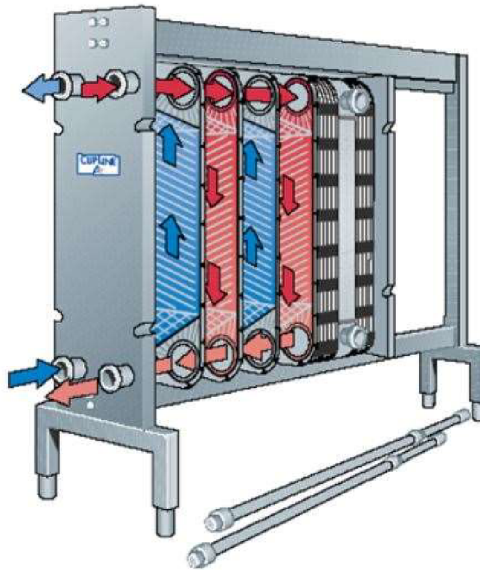
v trubkách proudí laminárně. Výhodou je použití i pro UHT technologie, nevýhodou je obtížněji proveditelná sanitace [4].



**Obrázek č. 13** Trubkový pastér [9]

#### **4.10.4 Deskový pastér**

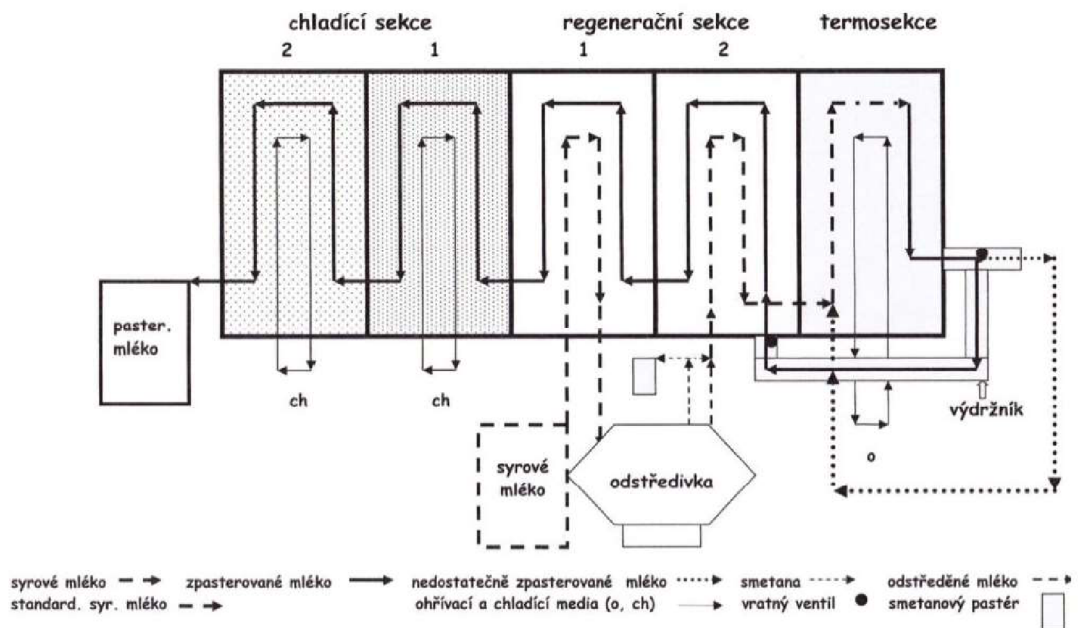
Konstrukce zařízení je shodná s deskovým výměníkem, jehož základním prvkem jsou desky, vyrobené z nerezového plechu, navzájem spojené gumovým těsněním s certifikací pro potravinářský průmysl a teplotní odolností nad 100 °C [4]. Plocha desek je tvarovaná, jedná se vylišované výstupky s různým uspořádáním a lomené žlábký, pro způsobení turbulentního proudění kapalin, rychlejšího prostupu tepla a dokonalejšímu prohřátí celé vrstvy mléka. Povrch desek musí být leštěný, pro snazší čištění a z důvodu snížení tvorby vodního a mléčného kamene, který by snižoval účinnost výměny tepla. Jednotlivé desky jsou zavěšeny na vodících tyčích ukončenými stahovacími šrouby, které přitlačují desky k sobě pomocí robustních čel. Tím dojde k vytvoření jednotlivých sekcí pastéru, mezistěn, které jsou vybavené armaturami pro vstup a výstup kapalin. Počet desek se pohybuje od několika desítek až po 200. Každá deska musí být očíslována, pro své umístění podle typu pastéru. Ve vytvořeném prostoru mezi deskami prochází na jedné straně ohřivaná kapalina a na druhé straně ohřívací, přítoky kapalin jsou prováděny otvory v rozích desek, kde se kapalina rozděluje na několik paralelních pramenů, které se opět spojí a v dalším tahu dojde k opětovnému rozdělení [9].



**Obrázek č. 14** Deskový pastér [9]

Několik tahů zapojených za sebou vytvoří jednotlivou sekci, deskový pastér je obvykle tvořen pěti sekcemi. První sekce je označovaná jako první regenerace, je umístěna mezi skladovacím silem a odstředivkou, ohřívá mléko na teplotu potřebnou k odstředění. V první regenerační sekci se syrové mléko ohřívá od již pasterovaného mléka na teplotu 40-45 °C [4]. Do druhé regenerační sekce vstupuje již standardizované a homogenizované mléko, nebo tyto úpravy probíhají až po pasteraci. Ohřev opět probíhá, od již pasterovaného mléka na teplotu 60-65 °C [4]. Další částí je sekce pasterační, označovaná jako termosektor, zde dochází k samotné pasteraci, ohřev mléka probíhá horkou vodou na požadovanou pasterační teplotu. Doba stanovená pro působení účinku je závislá na rychlosti proudění a může se prodloužit použitím výdržníku. Po výstupu z výdržníku mléko putuje do druhého regenerátoru a potom do regenerátoru prvního, ale na straně ohřívací kapaliny, tím předeřívá syrové mléko a samo se ochlazuje. Samotné ochlazení probíhá v chladících sekcích. V první chladící sekci dochází ke chlazení vodou, ve druhé je chladící kapalinou ledová voda [4]. Průběh mléka v deskovém pastéru je zobrazen na obrázku č. 15.





**Obrázek č. 15** Tepelné ošetření mléka v deskovém pastéru [12]

Hlavní výhodou deskových pastérů je jejich velká výkonnost a hospodárny provoz, protože chlazení pasterovaného mléka se provádí syrovým mlékem, tím dojde k regeneraci 65-80% tepla [9].

## **5 Praktická část práce**

### **5.1 Představení podniku**

Diplomová práce byla realizovaná v podniku Mlékárna Hlinsko a.s., která byla založena v roce 1939 švýcarskou společností Nestlé, do provozu byla mlékárna uvedena 1. prosince 1942, strojní technologie byly dodány od německých, švýcarských a dánských společností. Kromě výrobní technologie společnost Nestlé dodala pro místní zemědělce plemena mléčného skotu, tím si zajistila vyšší produkci mléka pro svou provozovnu. Během prvního roku byly zpracovány 2 miliony litrů mléka, postupem času se společnost dostala až k dnešním více než 200 milionům litrů za rok, což odpovídá 72 000 litrů za den [15].

Portfolio mléčných výrobků se v posledních letech značně rozšířilo, základními produkty jsou trvanlivé konzumní mléko se standardizovanou tučností, sušené mléko, smetana s různou tučností, kondenzované mléko slazené i neslazené. Novými produkty společnosti jsou máslo, tvaroh, mléčné nápoje a zmrzlina [15].

### **5.2 Určení požadavku společnosti**

Společnost se rozhoduje o investici do nové pasterizační linky smetany, toto zařízení je provozováno desítky let, v jejichž průběhu byly zařízení několikrát podrobeny servisním pracím a rekonstrukcím na lince základního ošetření mléka. Tato linka obsahuje dvě zařízení pro odstředování, je tedy možnost provést investici do nové linky. Požadavkem společnosti je naleznout vhodné náhrady, za jednotlivé výměníky celé pasterační linky, včetně chladicího výměníku odstředěného mléka, nebo novou koncepci linky podle stejných parametrů stávající linky. Štítkové hodnoty nejsou vlivem stáří a teplot čitelné.

### **5.3 Seznámení se sledovanou linkou**

Syrové mléko je ve společnosti Mlékárna Hlinsko zpracováváno na dvou linkách, o různých výkonech. Diplomová práce se věnuje lince s nižším výkonem, a to pouze technologiemi souvisejícími s pasterizační linkou smetany.

Základními prvky obou linek jsou čtyři zásobníkové tanky s celkovou skladovací kapacitou 320 000 litrů mléka, 2 x 65 000 litrů a 2 x 95 000 litrů, jednotlivé tanky připojují operátoři linky k určeným provozům pomocí provozního systému z velínu. Jedná se o vertikální zásobníky s míchadly ve schématu na obrázku č. 17 jsou označeny pozicí 1, na tomto obrázku

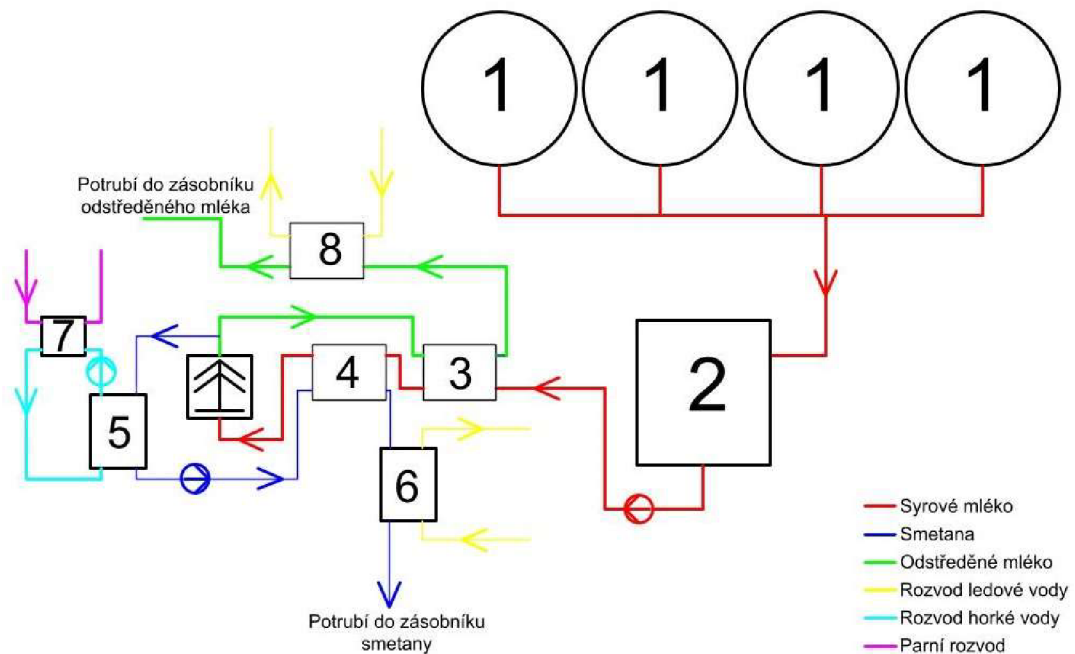
je pouze schematicky zakresleno propojení jednotlivých technologií. Z těchto skladovacích tanků je syrové mléko přečerpáváno do balanční nádoby, označeno pozicí 2. Po dosažení určité hladiny dojde vlivem hladinového čidla k zapnutí odstředivého čerpadla, které dopravuje syrové mléko do dalších zařízení pasterizační linky. Prvním zařízením je chladicí výměník odstředěného mléka, označen pozicí 3. Jedná se o regenerační deskový výměník, kde dochází k přehřívání syrového mléka. Ohřívacím médiem je tedy syrové mléko a ohřívacím je odstředěné mléko. Dalším zařízením v pohybu syrové suroviny je regenerační výměník pasterované smetany, ve schématu vystupuje pod pozicí 4. Jedná se opět o deskový výměník, kde je ohřívanou kapalinou syrové mléko a ohřívacím médiem pasterovaná smetana, s teplotou pasterace. Z výměníku by mělo syrové mléko vystupovat s teplotou vhodnou pro odstředění, která je dle hlavního technologa 43°C.

Ve sledované lince jsou zapojeny dvě stejné talířové odstředivky od společnosti Alfa Laval s označením HMRPX 714H8 – 740-50. S nominálním zpracovávaným množstvím mléka 20 000 l.h<sup>-1</sup>, zařízení je v hermetickém celo nerezovém provedení. Požadovaná tučnost smetany je upravována regulačními ventily, dle hodnot na indikovaných na výstupním zařízení. Tato regulace je prováděna dle zkušeností pracovníků a je kontrolována v pravidelných intervalech, daných interními směrnici podniku, ručním odebráním vzorku a následném laboratorním rozboru na zařízení MilkoScan FT1, metodou infračervené spektroskopie. Při provozu linky pracuje pouze jedna odstředivka, nikdy nejsou chodu obě zároveň. Obě odstředivky jsou vidět v popředí na obrázku č. 16, poslední stroj v řadě je odstředivka pro linku s větším výkonem.



**Obrázek č. 16** Talířová odstředivka Alfa Laval

Po výstupu z odstředivky je odstředěné mléko odváděno do regeneračního výměníku, s pozicí 3, byl popsán výše. Po výstupu je surovina dopravena do chladicího výměníku, na pozici 8, kde dojde k dochlazení na skladovací teplotu, která by měla odpovídat maximálně 6 °C, dle informací od hlavního technologa, chladícím médiem je ledová voda. Odstředěné mléko odtud proudí do skladovacího tanku pro další technologie výroby, po výstupu z odstředivky není na trase odstředěného mléka instalováno žádné čerpadlo. Dalšími technologiemi výroby je standardizace, homogenizace na stroji Tetra Pak A 25, sterilace UHT a konečné plnění do spotřebitelských obalů.



**Obrázek č. 17** Schéma sledované linky

1 – Zásobní nádrže, 2 – Balanční nádoba, 3 – Rekuperační výměník, 4 – Regenerační sekce, 5,7 – Termo sekce smetany, 6 ,8– Chladící sekce

Smetana je po výstupu z odstředivky odváděna do pasterizační sekce, tzv. termo sekce, ve schématu je označen pozicí 5, kde je ohřata na pasterační teplotu, ohříváním médiem je horká voda, která by měla být, dle informací hlavního technologa, ohřata na 98 °C, tato voda je ohřívána v kondenzačním výměníku syté páry. Horká voda cirkuluje ve vlastním okruhu pomocí odstředivého čerpadla. Pro další zpracování smetany je technologem zvolena hodnota pasterace na hodnotu 92 °C s výdrží po dobu 5 sekund, bez použití výdržníku.

Za výstupem z výměníku je instalováno odstředivé čerpadlo pro dopravu do regenerační sekce, jak již bylo zmíněno předává teplo syrovému mléku.

Za regenerační sekcí následuje sekce chladící, jedná se o deskový chladič, označen pozicí 6. Chladícím médiem je zde ledová voda. Po výstupu by teplota smetany měla být 3 °C, dle informací hlavního technologa, dále je dopravována do skladovacího zásobníku, pro další technologie.

Deskové výměníky označené na obrázku č. 17 pozicemi 5, 4 a 3 jsou umístěny na stejném rámu, výměníky 8 a 6 mají samostatný rám. Toto netradiční řešení linky bylo zvoleno s ohledem na navazující technologie hlavním technologem.

## **5.4 Strojně technické schéma**

Pro návrh nové technologie bylo vytvořeno strojně technické schéma – PID diagram stávající linky, s přesným označením jednotlivých prvků, dle systému značení v podniku. Schéma obsahuje pouze provozně důležité a regulační armatury, strojní zařízení a snímače. Celý PID diagram je v příloze I.

## **5.5 Analýza teplot**

Pro určení vhodných náhrad výměníku je důležitá analýza teplot v provozovaném procesu. Sledovaná linka je osazena kapilárními a odporovými teploměry, nejsou však měřeny všechny teploty pro stanovení energetické bilance. Kapilárními teploměry je osazeno potrubí přivádějící syrové mléko ze skladovacích tanků, dalším měřeným místem jsou výstupy z odstředivky, a to jak smetanová, tak i část s odstředěným mlékem. Odporovými teploměry je měřeno dosažení pasterační teploty, teplota ochlazeného odstředěného mléka a teplota ochlazené smetany na konci linky, před vstupem do zásobníkových tanků.

### **5.5.1 Hodnoty naměřené na kapilárních teploměrech**

Pro odečtení prvních teplot byl určen čas měření na jednu hodinu po zahájení provozu linky, z důvodu dosažení provozních hodnot jednotlivých sekcí, sledování teploměrů bylo prováděno v hodinových intervalech, ale bez zjevné změny hodnot, takže teploty proudících surovin jsou považovány za konstantní a budou použity do výpočtu energetické bilance, výsledky těchto teplot jsou uvedeny v tabulce č.3. Kapilární teploměry jsou osazeny v jímkách a krytované proti poškození a případnému ovlivnění, označeny kalibrační značkou podniku.

Charakteristika	Označení	Hodnota	Jednotky
Teplota odstředěné smetany	TIC 5400A	38	°C
Teplota odstředěného mléka	TIC 5400B	40	°C
Teplota syrového mléka	TIC 5101A	10	°C

**Tabulka č.3** – Teploty naměřené na kapilárních teploměrech

### 5.5.2 Hodnoty odporových teploměrů

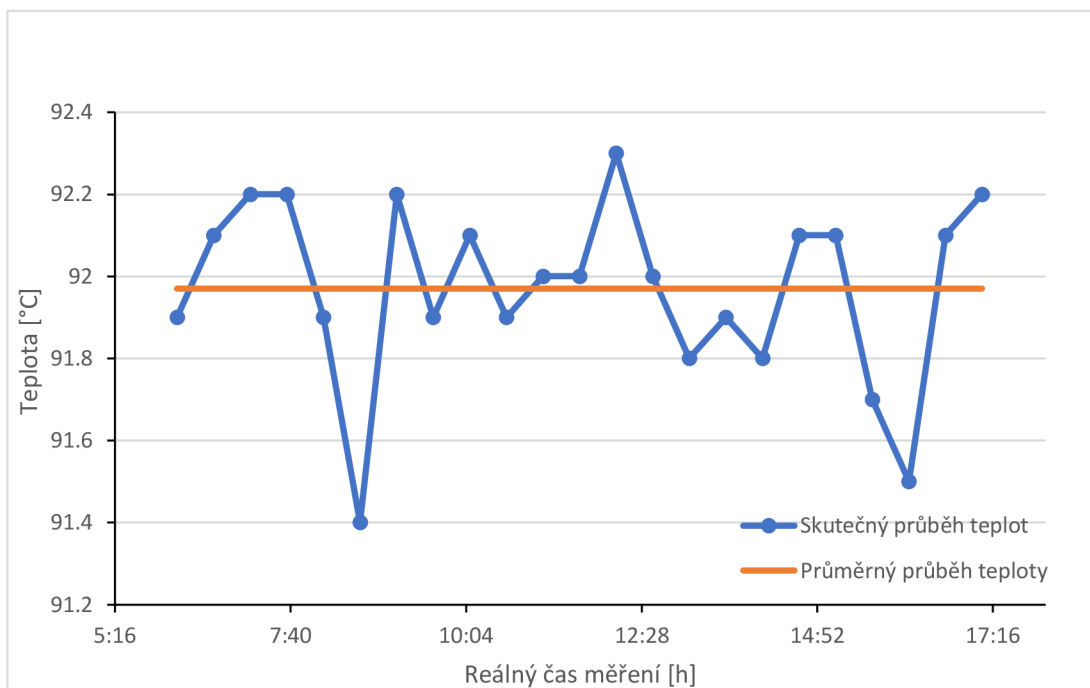
Nepřímé měření teplot odporových teploměrů je následně vyhodnocováno provozním systémem. Výstupním hodnocením měřených teplot je pouze ve formě závislosti teploty na průběhu času provozu. Ke skutečným hodnotám zpětně systém umožňuje přístup pouze v případě pasterizační sekce. U teploměru osazeném za chladicí sekci to systém neumožňuje, zobrazuje pouze aktuální hodnoty na obrazovce operátora linky v reálném čase.

### Teplota pasterace

Ze systému byly odebrány data pro určení teploty pasterace v průběhu provozu linky, časový interval zaznamenávání hodnot je standartně nastaven na 30 minut. Výsledná hodnota teploty je určena aritmetickým průměrem. Teplota pasterace v časových úsecích je zapsána do tabulky č.4. Jedná se o teplotní čidlo označené TIC 5401, výrobce Jumo Pt 100 forma B vybaveným převodníkem, s měřicím rozsahem teplot od -50 do +600 °C a přesností měření  $\pm 0,1$  °C, s opatřenou kalibrační značkou společnosti. Měřicí zařízení je v dostatečné vzdálenosti od zdrojů tepla, pro zamezení možnosti tepelného ovlivnění a zkreslení výsledků.

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota [°C]	91.9	92.1	92.2	92.2	91.9	91.4	92.2	91.9	92.1	91.9
Čas měření [h]	6:08	6:38	7:08	7:38	8:08	8:38	9:08	9:38	10:08	10:38
Číslo měření	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teplota [°C]	92	92	92.3	92	91.8	91.9	91.8	92.1	92.1	91.7
Čas měření [h]	11:08	11:38	12:08	12:38	13:08	13:38	14:08	14:38	15:08	15:38
Číslo měření	21	22	23							
Teplota [°C]	91.5	92.1	92.2							
Čas měření [h]	16:08	16:38	17:08							

**Tabulka č.4** – Předané hodnoty z provozního systému



**Graf č. 1** Teplotní průběh pasterace

Průměrná teplota pasterace byla vypočtena aritmetickým průměrem na hodnotu 91.98 °C, jak ukazuje graf č. 1, a pro výpočty bude zaokrouhlena na 92 °C. Spojnice mezi jednotlivými body je pouze pro znázornění orientačního průběhu teplot.

### **Teplota ochlazené smetany**

Tato teplota dlouhodobě nedosahuje požadovaných hodnot, jako výstupní teplota nastavená do systému jsou 3 °C. Získání teploty ochlazené smetany není řídicím systémem ukládáno v číselné podobě, ale pouze ve formě závislosti průběhu teploty na průběhu času, proto je nutné provést měření hodnot.

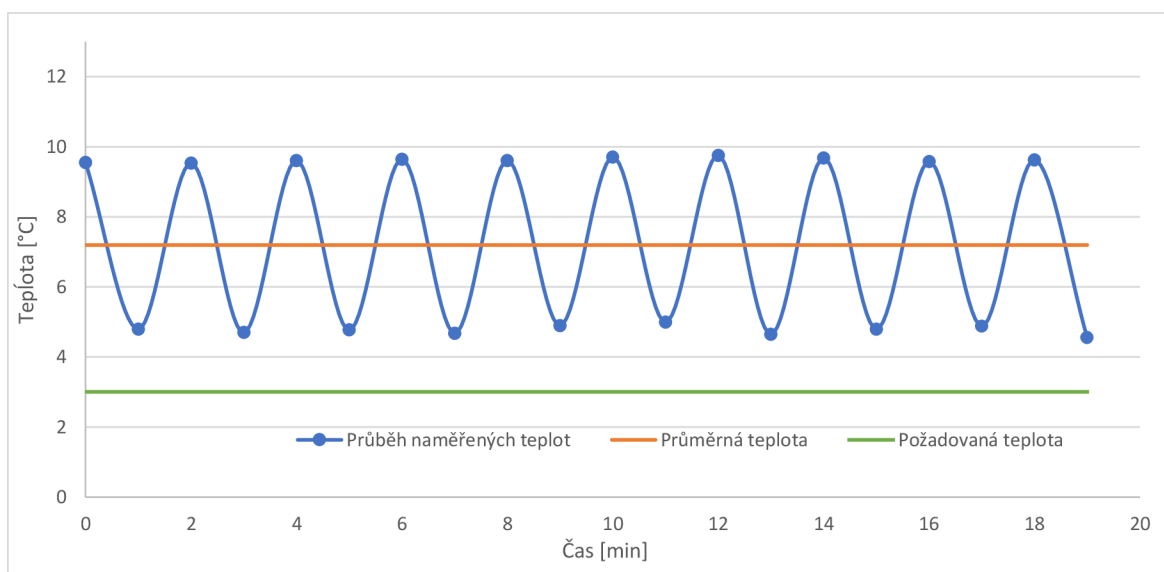
Cílem měření je určit skutečnou teplotu smetany, při jejím konstantním průtoku. Začátek měření byl stanoven opět hodinu po začátku provozu linky, pro ustálení všech parametrů procesu, měřením ihned po zahájení provozu by se hodnoty teploty zkreslovaly vlivem nízké teploty zařízení.

Měření teploty se provádí instalovaným odporovým teploměrem Jumo Pt 100 forma B vybaveným převodníkem, s měřicím rozsahem teplot od -50 do +600 °C a přesností měření  $\pm 0,1$  °C, teploměr je označen TIC 5403 a je opatřen kalibrační značkou podniku. Zařízení je v dostatečné vzdálenosti od zdrojů tepla.

Hodnoty se zobrazují na terminálu operátora linky. Odečítání teploty bude zaznamenáno v intervalu jedné minuty, z důvodu rychlé změny teplot. Hodnoty se budou zaznamenávat do určení 20 hodnot, protože dle informací od hlavního technologa se tato teplota pohybuje v téměř stejném intervalu hodnot. Naměřené hodnoty ukazuje tabulka č. 5, a požadovanou závislost graf č 2.

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota [°C]	9.56	4.8	9.54	4.7	9.61	4.77	9.65	4.68	9.61	4.9
Čas [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Číslo měření	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teplota [°C]	9.71	5	9.76	4.65	9.68	4.8	9.58	4.88	9.63	4.56
Čas [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

**Tabulka č.5** – Naměřené teploty ochlazené smetany



**Graf č. 2** Teplota ochlazené smetany

Z grafu č. 02 vyplývá prakticky pravidelné střídání maximální a minimální teploty a téměř shodná doba stoupání a klesání teploty, křivka proložená jednotlivými body slouží pouze lepší představu průběhu teplot. Aritmetickým průměrem byla vypočítána průměrná teplota ochlazené smetany, a to na 7,2 °C, tato teplota neodpovídá hodnotě požadované pro další technologie, tato teplota by měla být 3 °C, dle informací hlavního technologa.



## Teplota ochlazeného odstředěného mléka

Cílem tohoto měření je určit skutečnou teplotu ochlazeného odstředěného mléka, při jeho konstantním průtoku. Začátek měření byl stanoven opět hodinu po začátku provozu linky, pro ustálení všech parametrů procesu.

Měření teploty se provádí instalovaným odporovým teploměrem Jumo Pt 100 forma B vybaveným převodníkem, s měřicím rozsahem teplot od -50 do +600 °C a přesností měření  $\pm 0,1$  °C, teploměr je označen TIC 5404 a je opatřen kalibrační značkou podniku. Zařízení je v dostatečné vzdálenosti od zdrojů tepla.

Hodnoty se také zobrazují na terminálu operátora linky u označeného teploměru. Odečítání teploty bude zaznamenáno v intervalu půl hodiny, hodnoty se budou zaznamenávat do určení 10 hodnot.

Tato teplota se při měření téměř nezměnila, pouze při dvou odečítáních byly hodnoty 5,9 °C namísto nastavených 6 °C. Proto je hodnota teploty ochlazeného odstředěného mléka, bez zpracování a bude počítáno s teplotou 6 °C.

## 5.6 Měrná tepelná kapacita mléka a smetany

Pro následující výpočty je důležité stanovit hodnoty měrné tepelné kapacity mléka a smetany. Správnost tohoto parametru ovlivňuje výpočet tepelného toku. K výpočtu je použit superpoziční princip omezený pouze na vodu a sušiny, obsah vzduchu může být zanedbán [16].

$$c_p = c_s \cdot c_{ps} + c_{pvoda}(1 - c_s) \quad (1)$$

kde  $c_p$  je měrná tepelná kapacita produktu [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  $c_{ps}$  měrná tepelná kapacita sušiny [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  $c_s$  obsah sušiny [%hm.],  $c_{pvoda}$  měrná tepelná kapacita vody [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

Stanovení obsahu sušiny a vody je důležité pro výpočet výsledného předávaného tepla, rozdíl jednoho procenta v obsahu sušiny odpovídá přibližně teplu o hodnotě 1kW, což může ovlivnit výpočet energetické bilance. Závislost mezi obsahem tuku a sušinou udává vztah (2) [4], jedná se o lineární závislost.

$$\text{Obsah tuku} = 1,099 \cdot (\text{obsah sušiny} - 9) \quad (2)$$

Pro výpočet řešeného případu pasterační linky jsou důležité hodnoty pro smetanu o tučnosti 40 %, odstředěného mléka s tučností 0,05 % a syrového mléka s obsahem tuku 4 %. Hodnoty byly zvoleny po konzultaci s hlavním technologem mlékárny.

Ostatní konstanty potřebné pro výpočet byly stanoveny podle údajů z literatury [16]. Vstupní parametry a výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce č. 6.

Charakteristika	Smetana	Syrové mléko	Odstředěné mléko
Obsah tuku [% hm.]	40	4	0.05
Obsah sušiny $c_s$ [%hm.]	45.40	12.64	9.05
Měrná tepelná kapacita sušiny $c_{ps}$ [kJ.kg-1.K-1]	1.10		
Měrná tepelná kapacita vody $c_{pvoda}$ [kJ.kg-1.K-1]	4.18		
Měrná tepelná kapacita $c_p$ [kJ.kg-1.K-1]	2.8	3.8	3.9

**Tabulka č.6** – Shrnutí výpočtu měrné tepelné kapacity potřebných produktů

## 5.7 Průtoková bilance linky

Pro výpočet energetické bilance je třeba stanovit hmotnostní toky produktů v jednotlivých sekcích. Ze zadaného parametru výkonu linky 20 000 l.h<sup>-1</sup>, lze dle zkušeností hlavního technologa určit průtoky obou frakcí odstředění. Zpracovávané syrové mléko obsahuje 10 % smetany z celkového množství. Pro zvýšení průtoku je za pasterizační sekci instalováno odstředivé čerpadlo s průtokem 3064 l.h<sup>-1</sup>. Hmotnostní tok lze vypočítat dle následujícího vztahu (3)

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \quad (3)$$

kde  $\dot{m}$  hmotnostní tok [kg.s<sup>-1</sup>],  $\dot{V}$  objemový tok [l.h<sup>-1</sup>],  $\rho$  měrná hmotnost [kg.m<sup>-3</sup>].

Pro stanovení je důležitá hodnota měrné hmotnosti, která je závislá na teplotě suroviny. Pro výpočet byli stanoveny měrné hmotnosti dle literatury [17]. Výpočet je proveden v následující tabulce č.7.

Produkt	Objemový tok $\dot{V}$ [l.h <sup>-1</sup> ]	Hustota $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	Obsah tuku [% hm.]	Teplota $t$ [°C]	Hmotnostní tok $\dot{m}$ [kg.s <sup>-1</sup> ]
Syrové mléko	20 000	1032.9	4	6	5.7
Smetana	3 064	940	40	92	0.8
	2 000	971		38	0.54
Odstředěné mléko	18 000	2026.6	0.05	40	5.2

**Tabulka č.7** – Shrnutí výpočtu měrné tepelné kapacity potřebných produktů

## 5.8 Základní energetická bilance pasterizační linky smetany a chlazení odstředěného mléka

Základní energetická bilance je důležitá pro návrh jednotlivých deskových výměníků smetanové pasterizační linky a podává základní náhled na energetickou náročnost celého procesu pasterace. Jednotlivé deskové výměníky jsou na sobě závislé, respektive jsou řešené za sebou a tím je dána závislost na teplotě výstupní suroviny předchozího výměníku. Protože jednotlivé části linky nejsou osazeny teploměry je nutné některé rozdíly teplot dopočítat. Při výpočtu byly zanedbány ztráty do okolí.

V PID diagramu jsou jednotlivé výměníky pod stejným provozním číslem, a to H 501, je to dáno umístěním na jednom rámu, v energetické bilanci budou rozděleny pouze podle názvu sekcí.

### 5.8.1 Pasterační sekce výměníku H 501

Pro ohřev smetany na pasterační teplotu se využívá dvou tahů deskových výměníků. V prvním dochází kondenzací páry k ohřevu horké vody, která v následujícím výměníku ohřívá smetanu na pasterační teplotu. Kondenzační výměník není předmětem teplotní bilance, protože nebylo možné určit přesné hodnoty regulace přívodu páry o teplotě 250 °C a tlaku 0,5 MPa, jedná se o samostatně stojící výměník H 500. Teplota horké vody vstupující do pasterizačního výměníku je dle hlavního technologa zvolena o 4-6 °C vyšší, než je hodnota teploty pasterace.

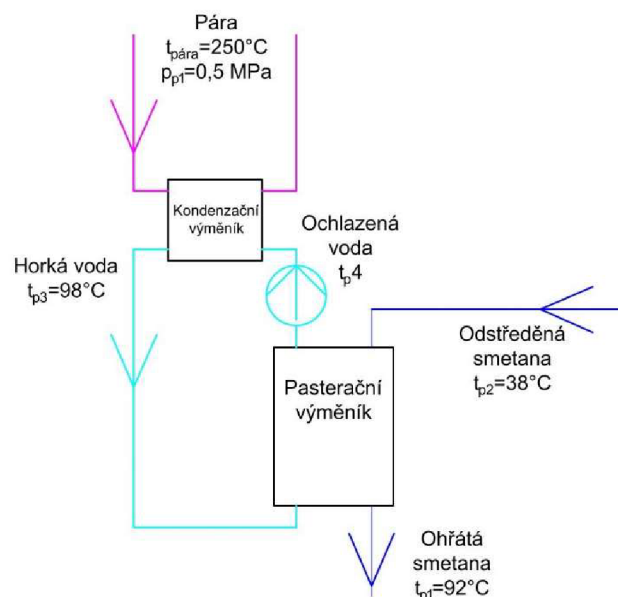
Celý proces je řízen provozním systémem s možností upravovat regulaci tlaku páry do kondenzačního výměníku v závislosti na teplotě pasterace.

Pro ohřev smetany z teploty 38 °C na teplotu 92 °C je využívána horká voda o teplotě 98 °C, s průtokem daným hlavním technologem. Pro výpočet neznámých parametrů byly použity průtokové charakteristiky jednotlivých surovin. Shrnutí základních vstupních

parametrů je uvedené v tabulce č. 8, na obrázku č. 23 je zakresleno schéma celé pasterační sekce s orientacemi vstupů a výstupů obou surovin včetně naměřených teplot. Hmotnostní tok horké vody je určen podle parametrů čerpadla.

Veličiny	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota smetany $t_{p2}$	38	°C
Výstupní teplota smetany $t_{p1}$	92	°C
Vstupní teplota horké vody $t_{p3}$	98	°C
Hmotnostní tok smetany $\dot{m}_{smetany}$	0.54	kg.s <sup>-1</sup>
Hmotnostní tok horké vody $\dot{m}_{vody}$	0.32	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita smetany $c_{psmetany}$	2.8	kJ.kg.K <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita vody $c_{pvody}$	4.18	kJ.kg.K <sup>-2</sup>

**Tabulka č.8** – Vstupní parametry



**Obrázek č. 18**– Schéma pasterační sekce výměníku H 501

Na základě vstupních parametrů je možné vypočítat teplo, které je potřebné pro ohřev smetany. Toto teplo je dáno vztahem (4), do kterého bylo dosazeny číselné hodnoty vstupních parametrů [18].

$$Q_p = \dot{m}_{smetany} \cdot c_{psmetany} \cdot \Delta t_{psmetany} \quad (4)$$

$$Q_p = 81.65 \text{ kW}$$

kde  $Q_p$  je teplo předané [kW],  $\Delta t_{psmetany}$  rozdíl teplot na vstupní a výstupní straně výměníku [°C].

Získáním tohoto parametru je možné vypočítat výstupní teplotu ochlazené vody  $t_{p4}$ , využitím prvního zákona termodynamiky, kdy teplo přijaté ohřevaným médiem je stejné jako teplo odebrané ohřevacímu médiu. Z tohoto vztahu (4) je tedy možné vyjádřit požadovanou teplotu, po dosazení příslušných parametrů dostáváme hodnotu:

$$t_{p4} = t_{p3} - \frac{Q_p}{m_{pvody} \cdot c_{pvody}}$$

$$t_{p4} = 45.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kde  $t_{p3}$  a  $t_{p4}$  jsou teploty označené na obrázku č.23 [°C]

Tímto výpočtem dostáváme poslední parametr pro sestavení energetické bilance pasterační sekce, její výsledek je uveden v následující tabulce č. 9.

Pasterační výměník - H501 - smetana-horká voda				
Charakteristika	Teplá strana-horká voda		Studená strana-smetana	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	98	°C	38	°C
Výstupní teplota	45.46	°C	92	°C
Průtok media	0.37	kg.s <sup>-1</sup>	0.54	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita	4.18	kJkg.K <sup>-2</sup>	2.8	kJkg.K <sup>-2</sup>
Teplo odevzdané/předané	81.65	kW	81.65	kW

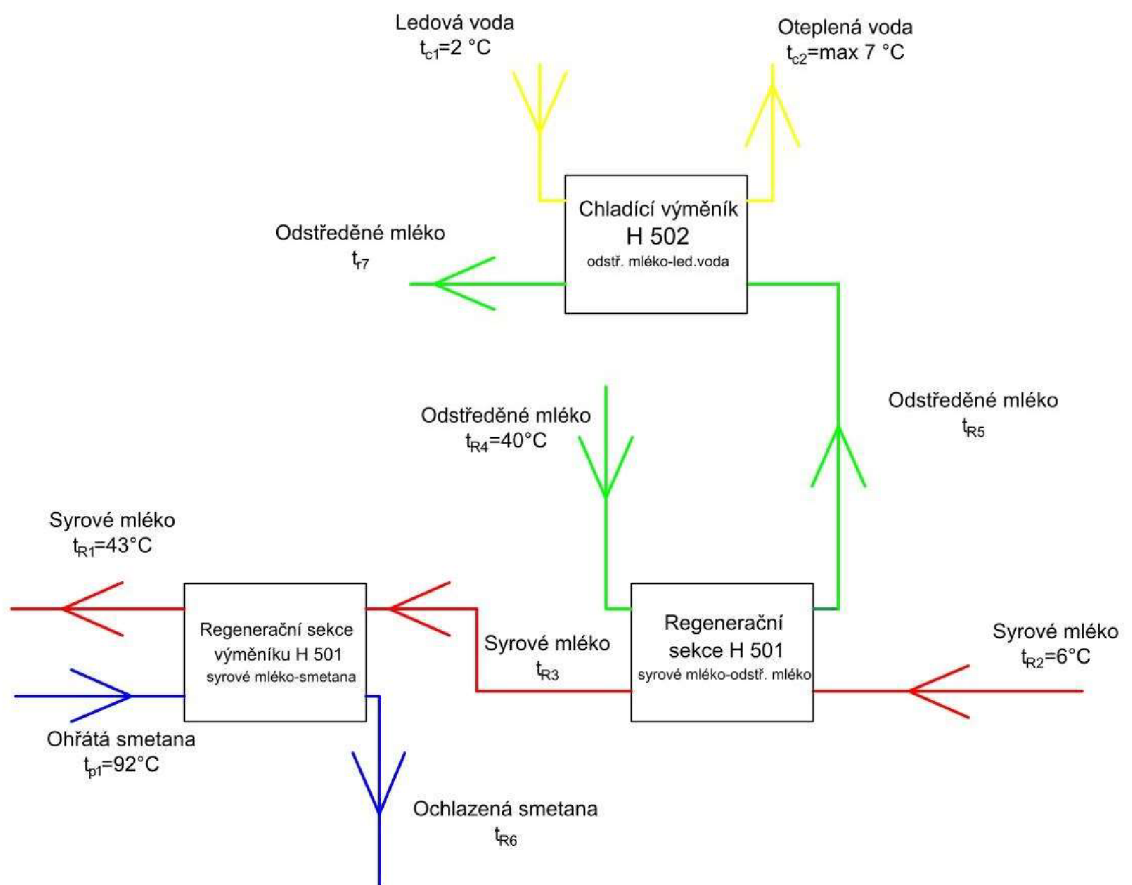
**Tabulka č.9** – Energetická bilance pasteračního výměníku

### 5.8.2 Regenerační sekce výměníku H 501 a chladicí sekce H 502

Do regenerační sekce smetany je přiváděna smetana ohřátá na pasterační teplotu 92 °C, jako ohřevací medium a předává své teplo syrovému mléku, které se ohřívá na teplotu potřebnou pro odstředění, v našem případě se jedná o teplotu 43 °C, tato hodnota byla určena hlavním technologem. Tomuto výměníku předchází dva výměníky, kde odstředěné mléko předává teplo syrovému mléku a předeřívá ho před vstupem do regenerační sekce smetany, jedná se o součást výměníku H 501. Odstředěné mléko se pak musí ochladit na 6 °C, tato teplota je důležitá pro skladování a v návaznosti na další používané technologie, proto je v procesu zařazen ještě chladicí výměník H 502. Chladicím médiem je zde ledová voda. Celý systém je znázorněn na obrázku č. 24, včetně doplněných teplot.

Pro stanovení tepelné bilance regenerační sekce je třeba vypočítat hodnotu výstupní teploty smetany, jelikož se jedná o použití stejného zákona a vztahu (4) je výpočet proveden v tabulce č. 06.

Chladicí výměník je napojen na rozvod od výrobce ledové vody s maximální výrobou  $87 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Teplota vody vystupující z výrobce nesmí být vyšší než  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  a teplota vody vracející se do výrobce nesmí přesáhnout  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ , tyto hodnoty byly získány od hlavního technologa, podle parametrů používaného výrobce. Jelikož není uvažováno ve výpočtu se sdílením tepla do okolí, je teplota výstupní vody z chladicího výměníku určena na maximální možnou hodnotu. Hmotnostní tok v rozvodném potrubí je regulován na hodnotu  $12 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , z důvodu používání výrobce i pro chlazení zásobních tanků na syrové mléko. Na tento rozvod je připojena i chladicí sekce smetany.



**Obrázek č. 19** Schéma regenerační sekce smetany

Energetická bilance byla po konzultaci s hlavním technologem počítána s hmotnostním tokem  $5,9 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , jako střední hodnota pro regulaci ventilu HIC 5106. Za pasteračním výměníkem je umístěno odstředivé čerpadlo pro zvýšení hmotnostního toku pasterované smetany na hodnotu  $0,8 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , tato hodnota byla předána provozním technikem provozu.

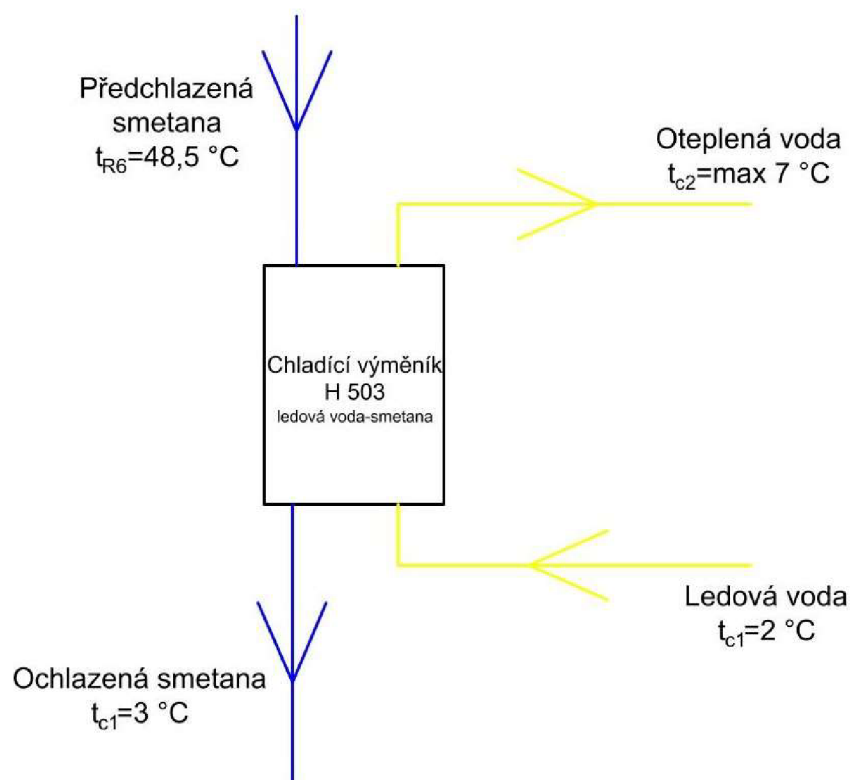
Chladicí výměník H502 - odstředěné mléko-ledová voda				
Charakteristika	Teplá strana-odstř. mléko		Studená strana-ledová voda	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	11.5	°C	2	°C
Výstupní teplota	6	°C	7	°C
Průtok media	5.2	kg.s <sup>-1</sup>	5.9	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita	3.9	kJkg.K <sup>-2</sup>	3.8	kJkg.K <sup>-2</sup>
Teplo odevzdané/předané	111.5	kW	111.5	kW
Regenerační výměník 2 H501- odstředěné mléko-syrové mléko				
Charakteristika	Teplá strana-odstř. mléko		Studená strana-syrové mléko	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	40	°C	10	°C
Výstupní teplota	11.5	°C	38.5	°C
Průtok media	5.2	kg.s <sup>-1</sup>	5.7	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita	3.9	kJkg.K <sup>-2</sup>	3.8	kJkg.K <sup>-2</sup>
Teplo odevzdané/předané	617	kW	617	kW
Regenerační výměník 1 H501- smetana-syrové mléko				
Charakteristika	Teplá strana-smetana		Studená strana-syrové mléko	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	92	°C	38.5	°C
Výstupní teplota	48.5	°C	43	°C
Průtok media	0.8	kg.s <sup>-1</sup>	5.7	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita	2.8	kJkg.K <sup>-2</sup>	3.8	kJkg.K <sup>-2</sup>
Teplo odevzdané/předané	97.5	kW	97.5	kW

**Tabulka č.10** – Energetická bilance regeneračního výměníku smetany a chladicího výměníku syrového mléka

### 5.8.3 Chladicí sekce

Do chladicí sekce je přiváděna ochlazená smetana na teplotu 48,5 °C určenou výpočtem, a vystupuje o naměřené teplotě 7,6 °C. Chladicím médiem je ledová voda se vstupní teplotou 2 °C, zpět do výrobniku ledové vody se může vracet ohřátá na maximálně 7 °C. Schéma chladicí sekce je vidět na obrázku č.21. Výpočet byl proveden dle vztahu (4),

Vzhledem k jiné naměřené hodnotě výstupní teploty, než je nastavená v systému, je bilance spočítána na nastavenou teplotu 3°C.



**Obrázek č. 21** Schéma chladicí sekce smetany

Chladicí výměník H 503- smetana-ledová voda				
Charakteristika	Teplá strana-smetana		Studená strana-ledová voda	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	48.5	°C	2	°C
Výstupní teplota	7.2	°C	7	°C
Průtok media	0.8	kg.s <sup>-1</sup>	4.4	kg.s <sup>-1</sup>
Měrná tepelná kapacita	2.8	kJ.kg.K <sup>-2</sup>	4.18	kJ.kg.K <sup>-2</sup>
Teplo odevzdané/předané	92.5	kW	92.5	kW

**Tabulka č.11** – Energetická bilance chladicího výměníku

## 5.9 Návrh pasteračních výměníků

Pro návrh výměníků dané linky byla oslovena společnost Alfa Laval a společnost TENEZ. Obě oslovené společnosti se zabývají výrobou samostatných tepelných výměníků, ale i vlastními návrhy celých pasterizačních linek. Osloveným podnikům byly dodány veškeré potřebné údaje v podobě energetické bilance a PID diagramu.



### 5.9.1 Návrh pasterizační linky od společnosti Alfa Laval

Společnost Alfa Laval po obdržení energetické bilance navrhla řešení nové, které nabízí jiný pohled na danou linku, dle vlastních zkušeností a zvyklostí.

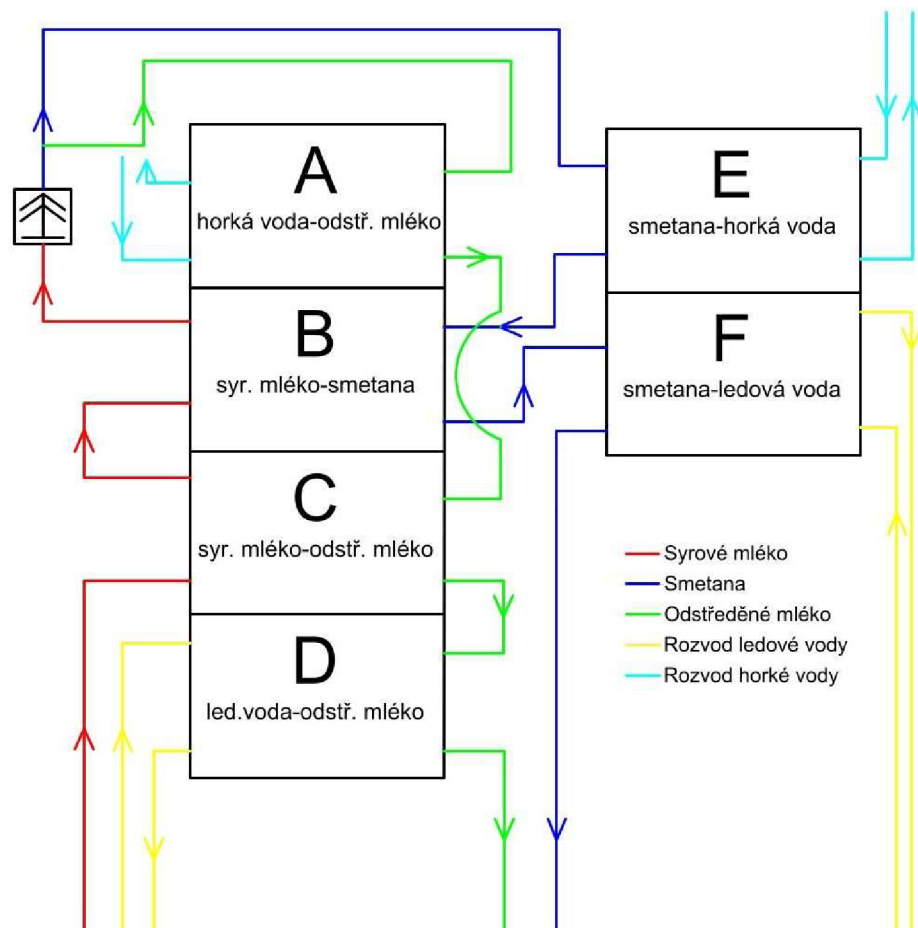
Celá linka je rozdělena na dva celky, osazených na dvou rámech. Na prvním jsou osazeny dvěma výměníky typu M6-MBASE určených pro ohřev smetany na pasterační teplotu a chlazení smetany na skladovací teplotu, druhý rám je osazen čtyřmi výměníky typu Front 8 4SEC.

První jmenované jsou navrženy jako rozebíratelné deskové výměníky s těsněním mezi jednotlivými deskami z materiálu – NBRP s dlouhou životností pro stanovenou funkci a odolností proti sanitačním roztokům. Jednotlivé desky jsou navrženy z nerezové oceli s označením ALLOY 316, tedy z materiálu třídy 1.4404. Napojení na potrubí jednotlivých sekcí je pomocí hrdel DIN NW50.

Deskové výměníky typu Front 8 4SEC jsou rozebíratelné s těsněním mezi jednotlivými deskami z materiálu – NBRFF s odolností vůči čistícím roztokům a dlouhou životností s ohledem na používaná media. Jednotlivé desky jsou navrženy ze stejného materiálu ALLOY 316. Napojení na potrubí jednotlivých sekcí je pomocí hrdel DIN NW80.

#### Analýza nové pasterační linky

Celý systém je vidět na obrázku č.22 a začíná vstupem syrového mléka o teplotě 6 °C do regeneračního výměníku, kde se ohřívá od odstředěného mléka, na obrázku označen pozicí C. Po výstupu má teplotu 39,6 °C a vstupuje opět do regeneračního výměníku, tentokrát je ohřívacím médiem pasterovaná smetana, ohřátá na teplotu 92 °C, výměník je ve schématu označen pozicí B. Syrové mléko s výstupní teplotou 44 °C je dostatečně ohřáto na teplotu odstředění, vstupuje do odstředivky. Teploty jednotlivých frakcí vystupujících z odstředivky jsou dodrženy podle naměřených hodnot v provozu. Smetana o teplotě 38 °C je dopravována do pasteračního výměníku, označeného pozicí E. Ohřívacím médiem je v tomto případě horká voda ohřátá na vstupní teplotu 50 °C, po ochlazení vystupuje o teplotě 45 °C. Smetana je dále bez použití výdržníku dopravena do regeneračního výměníku pozice B. Zde by měla být ochlazená z pasterační teploty na teplotu 40 °C, pak je smetana dopravena do chladícího výměníku, označeného pozicí F. Kde je chladícím médiem ledová voda. Smetana je zde ochlazená na 4°C. Regenerační a chladící sekce smetany jsou bez změny jejího průtoku, množství ledové vody je v dostatečných hodnotách. Celá bilance je včetně výpočtu a cenové nabídky v příloze II.



**Obrázek č. 22** Schéma navržené společností Alfa Laval

Odstředěné mléko po výstupu z odstředivky by mělo mít teplotu  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s touto teplotou je počítáno i v tomto návrhu. V následujícím kroku je odstředěné mléko dopraveno do výměníku, označeného pozicí A. Kde by mělo být ohřáto na teplotu  $45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ohřivacím médiem je zde horká voda s teplotou  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a s hmotnostním tokem  $6,2\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , tato hodnota je mimo počítaný rozsah v energetické bilanci. Odstředěné mléko by následně mělo vstupovat do regeneračního výměníku, označeného pozicí C, při výstupu je počítáno s teplotou  $8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Následně je dopraveno do chladičného výměníku s pozicí D, kde by mělo dojít k ochlazení na teplotu  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Pro sanitaci linky je v návrhu počítáno s 3% roztokem hydroxidu sodného.

### 5.9.2 Návrh pasterizační linky od společnosti Tenez

Společnost Tenez se při svém návrhu striktně držela předané energetické bilance, co se týká vstupních a výstupních teplot.

Celá linka je rozdělena na jednotlivé výměníky se samostatnými rámy, některé rozměrově stejné výměníky se mohou dle dalších požadavků mlékárny umístit na společný rám, při

zachování stávajícího řešení. Společnost má v současné době v sortimentu pouze jeden typ výměníku pro použití v mlékárenském průmyslu, jedná se o rozebíratelný typ výměníku SIGMA M, s dalším číselným označením dle funkční plochy desek. Výpočet celé linky je v příloze III.

Pro pasteraci smetany je navržen výměník s označením SIGMA M 7 NBL, jedná se o výměník s navrženými těsněními z materiálu NBR, v celonerezovém provedení z materiálu AISI 316L, tedy z materiálu 1.4404, dle výrobce je materiál vhodný pro použití v mlékárenském průmyslu. Připojení na potrubí je dle závitových hrdel s označením R-1“ navrženo výrobcem.

Dalším použitým výměníkem je SIGMA M 19 NAL. Navržený výměník je s těsněním z materiálu NBR v opět celonerezovém provedení ze stejného materiálu. Připojení na potrubí je zajištěno pomocí přírub DIN EN 1092-1, stejných pro obě media. Nosný rám je navržen z uhlíkové oceli s povrchovou úpravou. Tento výměník je navržený pro regenerační sekci H 501, smetana – syrové mléko a chladicí výměník H502.

Pro chladicí výměník H 503 byl navržen typ SIGMA M 19 NBN, opět ze stejného materiálu a se stejným těsněním. Pro připojení je zvoleno šroubení DIN 11851, nosný rám je navržen z nerezové oceli.

Regenerační sekce výměníku H 501- syrové mléko – odstředěné mléko, je navržena typem SIGMA 66 SBL. Jedná se o výměník s největším přestupem tepla v požadované lince, v celonerezovém provedení ze stejného materiálu jako ostatní, s použitými těsněními z materiálu NBR. Připojení na potrubí je navrženo pomocí přírub DIN EN 1092-1. Navržené zařízení je umístěno na samostatném rámu z uhlíkové oceli s vhodnou povrchovou úpravou.

## 6 Výsledky a diskuse

### 6.1 Energetická bilance

Výsledky energetické bilance jsou uvedeny v tabulce č. 08, ve které jsou k porovnání předávaná tepla v jednotlivých výměnících podle sekcí.

Pasterační sekce výměníku H 501- smetal3:M37na-horká voda				
Charakteristika	Teplá strana-horká voda		Studená strana-smetana	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	98	°C	38	°C
Výstupní teplota	45.46	°C	92	°C
Průtok media	0.37	kg.s <sup>-1</sup>	0.54	kg.s <sup>-1</sup>
Teplo odevzdané/předané	81.65	kW	81.65	kW
Chladicí výměník H503 -odstředěné mléko-ledová voda				
Charakteristika	Teplá strana-odstř. mléko		Studená strana-ledová voda	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	11.5	°C	2	°C
Výstupní teplota	6	°C	7	°C
Průtok media	5.2	kg.s <sup>-1</sup>	5.9	kg.s <sup>-1</sup>
Teplo odevzdané/předané	111.5	kW	111.5	kW
Regenerační sekce 2 výměníku H 501 - odstředěné mléko-syrové mléko				
Charakteristika	Teplá strana-odstř. mléko		Studená strana-syrové mléko	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	40	°C	10	°C
Výstupní teplota	11.5	°C	38.5	°C
Průtok media	5.2	kg.s <sup>-1</sup>	5.7	kg.s <sup>-1</sup>
Teplo odevzdané/předané	617	kW	617	kW
Regenerační sekce 1 výměníku H 501 - smetana-syrové mléko				
Charakteristika	Teplá strana-smetana		Studená strana-syrové mléko	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	92	°C	38.5	°C
Výstupní teplota	48.5	°C	43	°C
Průtok media	0.8	kg.s <sup>-1</sup>	5.7	kg.s <sup>-1</sup>
Teplo odevzdané/předané	97.5	kW	97.5	kW
Chladicí výměník H 503- smetana-ledová voda				
Charakteristika	Teplá strana-smetana		Studená strana-ledová voda	
	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
Vstupní teplota	48.5	°C	2	°C
Výstupní teplota	3	°C	7	°C
Průtok media	0.8	kg.s <sup>-1</sup>	4.9	kg.s <sup>-1</sup>
Teplo odevzdané/předané	101.9	kW	101.9	kW

**Tabulka č.12** – Celková energetická bilance

Zvláštní zřetel je třeba brát na regenerační výměníky. Tato energie by bez regenerace musela být do systému dodána, chlazení by probíhalo pomocí zřejmě ledové vody a více

výměníků, protože výstupní teplota ledové vody musí být maximálně 7 °C. Pro toto chlazení by musel být instalován výrobek s vyšší kapacitou nebo výrobek další. Díky tomu dochází ke značným úsporám energií.

Rozdíl mezi naměřenou a požadovanou výstupní teplotou smetany u chladicího výměníku H 503 je dle konzultace s provozním technikem společnosti způsobeno chybou v řízení regulačního ventilu. Jedná se o ventil s označením HIC 5105, který je řízen v závislosti na výstupní teplotě produktu. I přes nastavení požadované teploty 3 °C je regulační ventil provozován stále na teplotu 6 °C, která byla při dřívějším provozu. Vypočtený hmotnostní tok ledové vody je v tomto případě v mezích regulace.

## 6.2 Analýza návrhu společnosti Alfa Laval

Společnost Alfa Laval navrhla nové řešení pasterizační linky. Hlavním rozdílem je přidání ohřívacího výměníku na odstředěné mléko pro zvýšení teplotního spádu při ohřevu syrového mléka na teplotu odstředění. Zmiňovaný výměník používá jako ohřívací medium horkou vodu, která je v současné době dimenzována pouze na ohřev smetany na pasterační teplotu, a protože nebyly známy hodnoty škrcení páry, není možné určit, zda kondenzační výměník bude vyhovovat rozšířeným požadavkům. Pro teplotní spád by se dala použít výstupní horká voda z pasterizační sekce, teplotou téměř odpovídá, ale množství vody je zřetelně menší. Toto řešení by muselo být doplněné o další zařízení.

Množství potřebné ledové vody pro chlazení smetany a odstředěného mléka je v novém návrhu nižší než v energetické bilanci. Dle tohoto lze usoudit, že výrobek ledové vody by vyhovoval, z hlediska dodávaného množství, včetně regulačních ventilů i regulačních charakteristik. Ve výpočtu chladicího výměníku je uváděna hodnota výstupní teploty 8,2 °C, hodnota této teploty by mohla být snížena zvýšením průtoku ledové vody ve výměníku. Tato teplota byla konzultována s provozním technikem mlékárny s kladným výsledkem.

S navrženým řešením odpadá nutnost zvyšovat průtok za pasterační sekci smetany, protože nově navržené výměníky počítají s průtočným množstvím stejným jako po opuštění odstředivky.

Při výpočtu bylo počítáno s počáteční teplotou 6 °C syrového mléka, skutečně naměřená hodnota byla 10 °C. Surové mléko je v zásobnících chlazeno na 6 °C, což nebylo ověřeno, ale tento nárůst teploty mohl vzniknout tepelným ovlivněním teploměru od prostředí uvnitř budovy. Mírný nárůst teploty mohl být zaznamenán, protože syrové mléko prochází potrubím uvnitř budovy.

Další důležitou diferenční hodnotou je teplota odstředění, ve výpočtu je počítáno s 44 °C. Dle konzultace s hlavním technologem je tato teplota pro používanou linku přípustná.

Pro investice do návrhu společnosti Alfa Laval by byla nutná výměna velké části linky, Před zahájením realizace je nutná detailní kontrola parametrů používaných čerpadel, regulačních elementů a výrobniku ledové vody pro potřeby nové linky. Kondenzační výměník na sytou páru by bylo zřejmě nutné znovu navrhnout na vyšší průtok, nebo doplnit o další výměník s nižším teplotním spádem.

### **6.3 Analýza návrhu společnosti Tenez**

Společnost Tenez ve svém návrhu striktně dodržela teplotní hodnoty z předané energetické bilance, tím je dána možná náhrada nejen kompletně celé linky, ale i jednotlivých výměníků.

Teplotní hodnoty byly tedy dodrženy, a podle zkušeností a zvyklostí společnosti jsou v návrhu rozdílné hmotnostní toky nejen ledové a horké vody, ale i mléčných surovin.

Potřebné množství ledové vody pro chlazení odstředěného mléka i chlazení smetany je v nově navržených výměnících nižší, než je uvedené v bilanci. V pasteračním výměníku byl navržen hmotnostní tok horké vody také nižší než v přiložené energetické bilanci. Rozdíly nejsou nijak markantní a byly konzultovány s provozním technikem mlékárny a pohybují se v nastaveném rozsahu stávající regulace.

Regenerační sekce linky je opět navržena s drobnými rozdíly ve hmotnostních tocích mléčných surovin. Průtok těchto surovin je závislý na průtoku syrového mléka, ze kterého se dle nastavení regulace na výstupním zařízení z odstředivky rozděluje na množství smetany a odstředěného mléka. Tyto hodnoty byly schváleny hlavním technologem mlékárny pro použití ve stávající lince nebo při realizaci celé linky.

V návrhu jsou navrženy různé typy připojení na potrubí, jedná se o volitelný parametr výrobce. Při realizaci celé nové linky je třeba sjednotit jednotlivá připojení dle doporučení společnosti Tenez. Při výměně jednotlivých výměníků bude při realizaci nutná úprava připojovacích potrubí.

Pro snížení nákladů lze při realizaci celé nové linky umístit výměníky se stejnými rozměry na jeden nosný rám. V tomto případě se jedná pouze o výměníky SIGMA M 19 se stejnou výškou. Tyto výměníky jsou ve stávajícím provozu koncipovány jako samostatně stojící, proto to v tomto případě realizovat nelze. Po konzultaci se společností Tenez lze návrh optimalizovat na výměníky stejné výšky, tímto řešením by bylo možné osadit všechny sekce na jeden nosný rám. Tuto variantu lze realizovat pouze pro pasterační a regenerační sekci pasterační linky, protože chladicí výměníky jsou umístěné v jiných místech provozu nebo v případě realizace výměny celé linky.

## 7 Závěr

Tato diplomová práce je rozdělena na dvě části. V první, teoretické části jsou shrnuty zařízení a technologie používané v základním mlékárenském ošetření mléka, dle konstrukčních a funkčních hledisek, v cestě mléka od příjmového bloku syrového mléka po pasterizační výměníky mléka a smetany.

Druhá praktická část je věnována lince základního mlékárenského ošetření mléka v Mlékárně Hlinsko, zejména zařízením pro pasteraci smetany. Cílem této části práce bylo sestavit strojně technické schéma, stanovit energetickou bilanci jednotlivých výměníků a následně ve spolupráci s výrobcí provést návrh nových pasteračních zařízení.

Pro sledovaný výrobní provoz bylo sestaveno strojně technické schéma obsahující pouze prvky ovlivňující proces pasterace s platným označením prvků dle systému podniku. Pro výpočet energetické bilance byla provedena teplotní analýza měření teplot v místech s instalovanými teploměry, s vyhodnocováním pomocí provozního systému nebo přímým odečítáním hodnot na stupnicích. Množství a tučnost jednotlivých mléčných surovin byli společně s dodávaným množstvím ledové a horké vody získány od hlavního technologa podniku. Na základě těchto hodnot byla vypočtena energetická bilance pasterační linky smetany.

Společnost Alfa Laval dle zaslané bilance navrhla řešení nové, dle svých zkušeností a zvyklostí. Společnost Tenez dodala návrh nových výměníků se dodržnými teplotními spády a sdíleným teplem dle energetické bilance. Společnosti dodali pouze základní návrhy, které byly konzultovány s pracovníky mlékárny. Pro realizaci výměny jednotlivých sekcí nebo celé linky je zapotřebí detailnější spolupráce s osloveným podnikem pro možnost snížení spotřeby dodávané energie.

Hlinecké mlékárně se tímto dostává představa o možnostech pro výměnu různých sekcí pasterizační linky, nebo možnosti k provedení nové linky s možnou vyšší úsporou vkládaných energií. Pro realizaci celé nové linky by bylo zapotřebí zpracovat daleko detailnější projekt, než nabízí tato studie.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] PLOCKOVÁ, Milada a Šárka HORÁČKOVÁ. *Mlékárenská technologie* [online]. In: . s. 25 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/80435225-Mlekarenske-technologie.html>
- [2] STRAKOVÁ. Komoditní karta. In: *MZe* [online]. Praha: MZe, 2021 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/691567/Komoditni\\_karta\\_Mleko\\_zari\\_2021.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/691567/Komoditni_karta_Mleko_zari_2021.pdf)
- [3] GAJDŮŠEK, Stanislav. *Laktologie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-657-3.
- [4] BŘEZINA, Pavel a Jaroslav JELÍNEK. *Chemie a technologie mléka*. 1. Praha: VŠCHT, 1990. ISBN 80-7080-075-5.
- [5] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN isbn80-7080-510-2.
- [6] JANŠTOVÁ, Bohumíra a Lenka VORLOVÁ. *Technologie mléka a mléčných výrobků*. 1. Brno: VFU, 2012. ISBN 978-80-7305-637-7.
- [7] *Vyhláška o přizpůsobení veterinárních a hygienických požadavků pro některé potravinářské podniky*. In: . Praha: MZe, 2009, ročník 2009, Vyhláška MZe ČR č. 128/2009Sb. Dostupné také z: [eagri.cz](http://eagri.cz)
- [8] DOLEŽAL, Vladimír. *Sylabus mléko*. Praha, 2021.
- [9] Dairy processing hand book. *Tetrapack* [online]. Sweden: Tetrapack, 2016 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [tetrapack.com](http://tetrapack.com)
- [10] Ošetření a úprava mléka. *Mendlova univerzita* [online]. Brno: Mendelu, 2015 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=2067&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2067&typ=html)
- [11] PLOCKOVÁ, Milada a Šárka HORÁČKOVÁ. Potravinářské technologie a biotechnologie. In: *Ústav mléka, tuků a kosmetiky* [online]. Praha: VŠCHT, 2016 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/80435225-Mlekarenske-technologie.html>
- [12] TETRAPACK. Tetrapack. *Tetrapack.com* [online]. 2015 [cit. 2022]. Dostupné z: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapack.com/chapter/collection-and-reception-milk>
- [13] *Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 1308/2013*. 1. Praha: MZE, 2013.
- [14] Pastery. *Faremní technika* [online]. Velké Albrechtice: Presta, 2022 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [faremnitechnika.cz](http://faremnitechnika.cz)
- [15] *Tatra mléko* [online]. Hlinsko: Tatra, 2022 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [tatramleko.cz](http://tatramleko.cz)
- [16] BLAHOVEC, Jiří. Tepelné vlastnosti zemědělských produktů. *Československý časopis pro fyziku* [online]. 2014, **2014**(3), 8 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://ccf.fzu.cz/>
- [17] SNÁŠELOVÁ, Motyčková, . *Hustota mléka s smetanou v závislosti na teplotě a obsahu tuku*. 2009, .
- [18] NEUBERGER, Pavel, Daniel ADAMOVSKEÝ a Radomír ADAMOVSKEÝ. *Termomechanika*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN isbn978-80-213-1634-8.
- [19] WALSRRA, P. *Dairy technology*. 1.vyd. London: CRC Press, 1999. ISBN 978-0824702281.



- [20] ABBAS, A. a & COL. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 1 vyd. USA: Elsevier, 2011. ISBN 978-0-12-374407-4.
- [21] SNÁŠELOVÁ, Jana a Markéta MOTYČKOVÁ. Hustota mléka a smetany v závislosti na smetaně. *Mlékařské listy* [online]. 2009, **2009**(21), 8 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2009/113;114\\_s.\\_18-21.pdf](http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2009/113;114_s._18-21.pdf)
- [22] FELLOWS, P.J. *Food Processing Technology Principles and Practice*. 1. Amsterdam: Elsevier, 2017. ISBN 978-0-08-101907-8.
- [23] KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. *Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výroбах: technologie potravin*. Vydání: první. Ostrava: Key Publishing s.r.o., 2015. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-232-7.
- [24] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-7080-239-1.
- [25] FORMAN, Ladislav. *Mlékárenská technologie II*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [26] *Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU*. In: . ročník 2013, Nařízení č. 1308/2013.
- [27] *Ošetření a úprava mléka* [online]. In: . s. 5 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=2067&typ=html](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2067&typ=html)
- [28] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výrobeh: [technologie potravin]*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-086-6.
- [29] KADLEC, Pavel. *Procesy potravinářských a biochemických výrobeh*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-527-7.

## Seznam obrázků

- Obrázek č. 1** Schéma základního ošetření mléka [12]
- Obrázek č. 2** Schéma příjmového bloku [13]
- Obrázek č. 3** Nádrž s míchadlem a indikátory [13]
- Obrázek č. 4** Odstředivka mléka [13]
- Obrázek č. 5** Sběrač [13]
- Obrázek č. 6** Polohermetická odstředivka [13]
- Obrázek č. 7** Hermetická odstředivka [13]
- Obrázek č. 8** Samo odkalovací odstředivka [13]
- Obrázek č. 9** In-line standardizace [13]
- Obrázek č. 10** Průchod mléka homogenizační hlavici [13]
- Obrázek č. 11** Dvou stupňová homogenizační hlavice [13]
- Obrázek č. 12** Kotlový pastér [16]
- Obrázek č. 13** Trubkový pastér [13]
- Obrázek č. 14** Deskový pastér [13]
- Obrázek č. 15** Tepelné ošetření mléka v deskovém pastéru [13]
- Obrázek č. 16** Talířová odstředivka Alfa Laval
- Obrázek č. 17** Schéma sledované linky
- Obrázek č. 18** Schéma pasterační sekce
- Obrázek č. 19** Energetická bilance pasteračního výměníku
- Obrázek č. 20** Schéma regenerační sekce smetany
- Obrázek č. 21** Schéma chladicí sekce smetany
- Obrázek č. 22** Schéma navržené společnosti Alfa Laval

## Seznam tabulek

- Tabulka. č. 1** Základní kritéria kvality syrového mléka [7]
- Tabulka. č. 2** Specifické skupiny mikroorganismů [6]
- Tabulka. č. 3** Teploty naměřené na kapilárních teploměrech
- Tabulka. č. 4** Předané hodnoty z provozního systému
- Tabulka. č. 5** Naměřené teploty ochlazené smetany
- Tabulka. č. 6** Shrnutí výpočtu měrné tepelné kapacity potřebných produktů
- Tabulka. č. 7** Shrnutí výpočtu měrné tepelné kapacity potřebných produktů
- Tabulka. č. 8** Vstupní parametry
- Tabulka. č. 9** Energetická bilance pasteračního výměníku
- Tabulka. č. 10** Energetická bilance regeneračního výměníku smetany a  
chladičského výměníku syrového mléka
- Tabulka. č. 11** Energetická bilance chladičského výměníku
- Tabulka. č. 12** Celková energetická bilance

## Seznam grafů

- Graf č. 1** Teplotní průběh pasterace
- Graf č. 2** Naměřené teploty ochlazené smetany
- Graf č. 3** Teplota ochlazené smetany

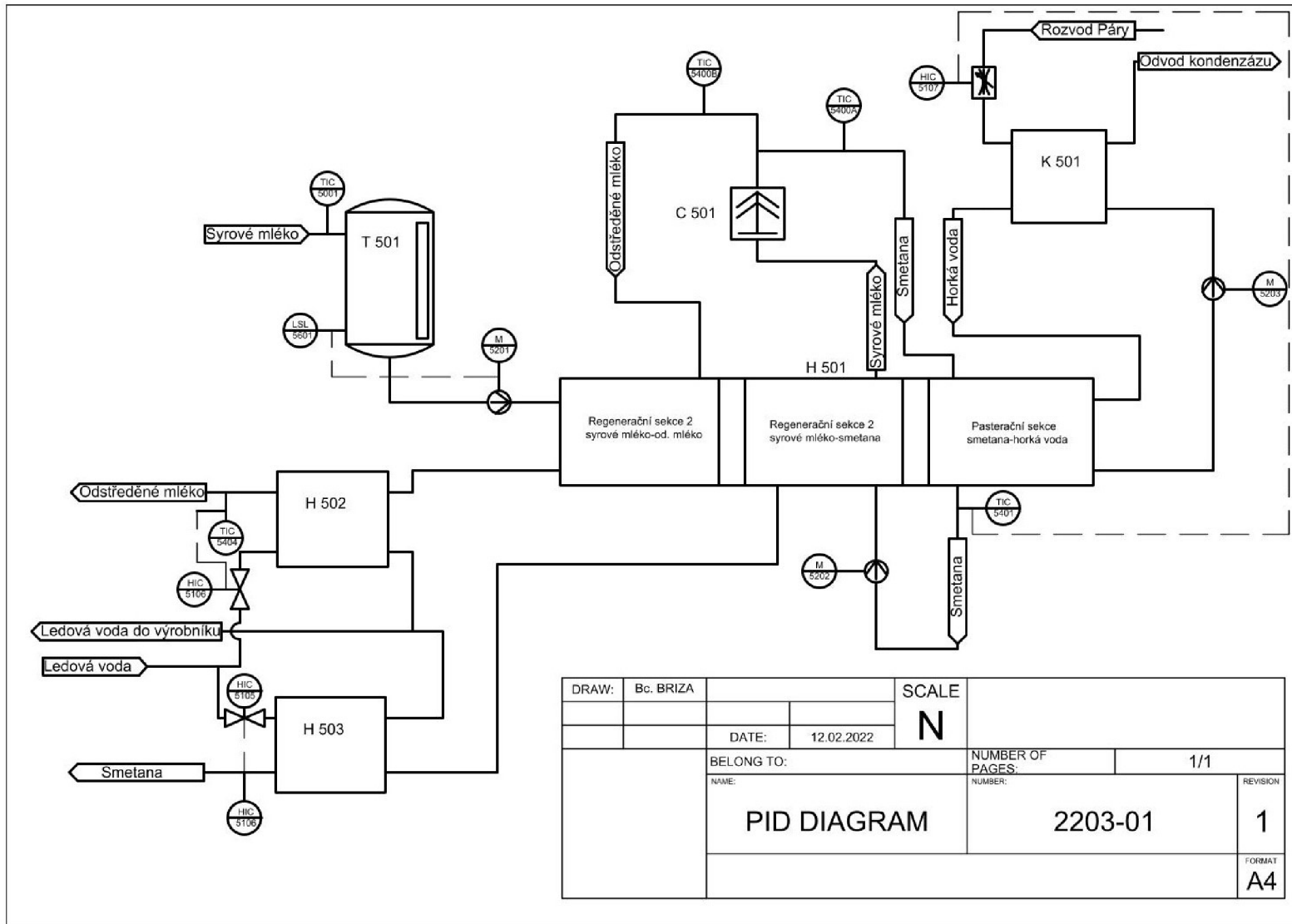
## **9 Přílohy**

### **Seznam příloh**

**Příloha I:** Strojně technologické schéma

**Příloha II:** Výpočet a nabídka společnosti Alfa Laval

**Příloha III:** Výpočet a nabídka společnosti Tenez a.s.



DRAW:	Bc. BRIZA			SCALE		
				N		
		DATE:	12.02.2022			
BELONG TO:				NUMBER OF PAGES:	1/1	
NAME:				NUMBER:	REVISION	
PID DIAGRAM				2203-01	1	
					FORMAT	
					A4	

## Příloha II

### Specifikace deskového výměníku



#### Typ: M6-MBASE

Zákazník <b>Pavel Bříza</b>	Datum <b>11.03.2022</b>	Navrhoval	Nabídka číslo <b>2000l_h + ohřev a chlazení mléka</b>
Objednávka číslo	Zastoupení <b>Alfa Laval spol. s r.o., Praha</b>		Návrh výměníku číslo <b>M6-MBASE smetana</b>

Sekce I je nejbližší rámové desce.

Sekce	Průtok [kg/h]	Média	Teploty [°C]	Tlak. ztráta [kPa]	Výkon
<b>I</b>	<b>2000</b>	<b>40.0% Cream</b>	<b>38.0 → 92.0</b>	<b>27</b>	103.2 kW
	<b>2290</b>	<b>Hot Water</b>	<b>55.2 ← 94.0</b>	<b>29</b>	
<b>II</b>	<b>17103</b>	<b>Ice Water</b>	<b>2.0 → 8.2</b>	<b>24</b>	124.1 kW
	<b>2000</b>	<b>40.0% Cream</b>	<b>4.0 ← 70.0</b>	<b>76</b>	

<b>DESKY</b> (Těsnění jsou typu Clip-on pokud není uvedeno jinak)				
Sekce	Počet	Materiál	Tloušťka	Těsnění
Všechny	99	ALLOY 316	0.50 mm	NBRP
<b>RÁM - nerezový</b>				
Kód tlak. nádoby	Typ připojení	Rozměry		Příslušenství
PED Category 0	DIN NW50	Celkové rozměry: (d x š x v) 1319 x 320 x 909 mm Délka nosníku (LC): 1200 mm Stahovací šrouby (LT): 1080 mm Sada desek (A): 421 mm Váha netto: 192 kg		Nohy: FIXED
<b>Max. pracovní tlak: 10 bar</b>		<b>Zkušební tlak: 13.0 bar</b>		<b>Konstrukční teplota: 110 °C</b>

Poznámky: Parametry čištění (min): průtok 3000 l/h, tlaková ztráta 100 kPa

Provoz zařízení podléhá obecným požadavkům Alfa Laval na technologická média, které naleznete na webu <http://www.alfalaval.cz/globalassets/documents/about-us/czech/obecne-pozadavky-na-technologicka-media.pdf>  
Tato specifikace je vypočítána na základě údajů sdělených zákazníkem. Provoz výměníku bude odpovídat této specifikaci jen v případě dodržení provozních podmínek, pro které byla tato specifikace vypočítána.  
Data, specifikace, a další technologické informace uvedené v dokumentu a poskytnuté vám společností Alfa Laval (chráněné informace) jsou duševním vlastnictvím Alfa Laval. Chráněné informace musí zůstat výlučným vlastnictvím Alfa Laval a musí být použity pouze za účelem vyhodnocení nabídky Alfa Laval. Chráněné informace nesmí být, bez písemného souhlasu Alfa Laval, používány nebo kopírovány, reprodukovány, předávány nebo sdělovány nebo prozrazeny jiným způsobem třetí osobě.

Classified by Alfa Laval as: Business

## Specifikace deskového výměníku



Typ: **FRONT8-RM**

Zákazník <b>Pavel Bříza</b>	Datum <b>11.03.2022</b>	Navrhoval	Nabídka číslo <b>pasteur smetany 2000I_h + ohřev a chlazení mléka</b>
Objednávka číslo	Zastoupení <b>Alfa Laval spol. s r.o., Praha</b>		Návrh výměníku číslo <b>Front8 4SEC</b>

Sekce I je nejbližší rámové desce.

Sekce	Průtok [kg/h]	Média	Teploty [°C]	Tlak, ztráta [kPa]	Výkon
I	18500	9.00% Skim milk	40.0 → 45.5	71	112.9 kW
	22197	Hot Water	45.6 ← 50.0	108	
II	20500	13.0% Whole milk	39.6 → 44.0	73	99.41 kW
	2000	40.0% Cream	40.0 ← 92.0	39	
III	20500	13.0% Whole milk	6.0 → 39.6	148	752.0 kW
	18500	9.00% Skim milk	8.6 ← 45.5	114	
IV	14841	Ice Water	2.0 → 6.2	39	72.84 kW
	18500	9.00% Skim milk	5.0 ← 8.6	57	

CIP:

Sekce Whole milk

Sekce Skim milk

Sekce Cream

Sekce	Průtok [kg/h]	Média	Teploty [°C]	Tlak, ztráta [kPa]	Výkon
I	20000	3.00% NaOH		85	
II	20000	3.00% NaOH		68	
	3000	3.00% NaOH		51	
III	20000	3.00% NaOH		135	
	20000	3.00% NaOH		135	
IV	20000	3.00% NaOH		68	

Provoz zařízení podléhá obecným požadavkům Alfa Laval na technologická média, které naleznete na webu

<http://www.alfalaval.cz/globalassets/documents/about-us/czech/obecne-pozadavky-na-technologicka-media.pdf>

Tato specifikace je vypočítána na základě údajů sdělených zákazníkem. Provoz výměníku bude odpovídat této specifikaci jen v případě dodržení provozních podmínek, pro které byla tato specifikace vypočítána.

Data, specifikace, a další technologické informace uvedené v dokumentu a poskytnuté vám společností Alfa Laval (chráněné informace) jsou duševním vlastnictvím Alfa Laval. Chráněné informace musí zůstat výlučným vlastnictvím Alfa Laval a musí být použity pouze za účelem vyhodnocení nabídky Alfa Laval. Chráněné informace nesmí být, bez písemného souhlasu Alfa Laval, používány nebo kopírovány, reprodukovány, předávány nebo sdělovány nebo prozrazeny jiným způsobem třetí osobě.

Classified by Alfa Laval as: Business

<b>DESKY</b>				
(Těsnění jsou typu Clip-on pokud není uvedeno jinak)				
Sekce	Počet	Materiál	Tloušťka	Těsnění
Všechny	213	ALLOY 316	0.50 mm	NBRFF
<b>RÁM - nerezový</b>				
Kód tlak. nádoby	Typ připojení	Rozměry		Příslušenství
PED Category 0	DIN NW80	Celkové rozměry: (d x š x v) 2661 x 670 x 1850 mm Délka nosníku (LC): 2400 mm Stahovací šrouby (LT): 2360 mm Sada desek (A): 1209 mm Váha netto: 1180 kg		Krytí šroubů Nohy: LOW BA>1800
<b>Max. pracovní tlak: 10 bar</b>		<b>Zkušební tlak: 13.0 bar</b>		<b>Konstrukční teplota: 110 °C</b>

Provoz zařízení podléhá obecným požadavkům Alfa Laval na technologická media, které naleznete na webu <http://www.alfalaval.cz/globalassets/documents/about-us/czech/obecne-pozadavky-na-technologicka-media.pdf>

Tato specifikace je vypočítána na základě údajů sdělených zákazníkem. Provoz výměníku bude odpovídat této specifikaci jen v případě dodržení provozních podmínek, pro které byla tato specifikace vypočítána.

Data, specifikace, a další technologické informace uvedené v dokumentu a poskytnuté vám společností Alfa Laval (chráněné informace) jsou duševním vlastnictvím Alfa Laval. Chráněné informace musí zůstat výlučným vlastnictvím Alfa Laval a musí být použity pouze za účelem vyhodnocení nabídky Alfa Laval. Chráněné informace nesmí být, bez písemného souhlasu Alfa Laval, používány nebo kopírovány, reprodukovány, předávány nebo sdělovány nebo prozrazeny jiným způsobem třetí osobě.

Classified by Alfa Laval as: Business



**paster smetany 2000l\_h + ohřev a chlazení mléka**  
Nabídka: QU-2203-FWD-0291805 / 1



**Číslo nabídky:** QU-2203-FWD-0291805

**Název nabídky:** paster smetany 2000l\_h + ohřev a chlazení mléka

### Rozsah dodávky

Popis	Množství	Nákupní cena /ks (EUR)	Nákupní cena celkem (EUR)
1 <b>Front8 4SEC</b> FRONT8-RM 213PL 4SEC	1	24 518,60	24 518,60
2 <b>M6-MBASE smetana</b> M6-MBASE 99PL 2SEC	1	5 259,11	5 259,11
<b>Celková nákupní cena (EUR):</b>			<b>29 777,72</b>

### Dodací podmínky

INCOTERMS	DAP
Místo dodání	Chotebor
Termín dodání	7-8 týdnů
	Uvedený dodací termín je platný ke dni vytvoření nabídky a bude potvrzen nebo upraven po obdržení objednávky.
Způsob dopravy	Doprava nákladním vozidlem

### Kontaktní informace

S obchodními dotazy se prosím obračejte na:

**Dusan Jahoda**  
+420602109465  
dusan.jahoda@alfalaval.com

S technickými dotazy se prosím obračejte na:

**Ondrej Musil**  
+420 602 244 568  
ondrej.musil@alfalaval.com

## Příloha III

Technical Specification

### Schmidt-Plate Heat Exchanger SIGMA M 7 NBL

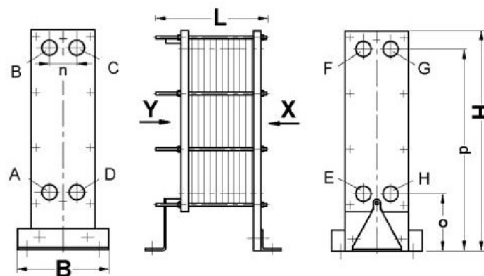
Customer Břiza Jakub  
 Your inquiry | Item 1 | 1  
 Quote No. | Item EU0016-22 V 01 000016 | Pos.: 1

Technical Calculation		Cold side		Warm side	
Section: <b>exchanger</b>		cream 40%		water	
Flow rate		1,660.6 l/h		1,367.6 l/h	
Mass flow		0.4 kg/s		0.4 kg/s	
Heat load		kW		<b>81.65</b>	
Temperature in →out		°C		<b>38.0 → 92.0</b>	
Media type		liquid		liquid	
Density		t/m3		0.977	
Specific Heat		kJ/kgK		4.188	
Thermal conductivity		W/mK		0.664	
Dynamic viscosity		cP		3.189	
Latent heat		J/kg		0.000	
Surface		m2		4.7	
K-Value		W/m2K		2,606.8	
Excess surface   Fouling		%   cm2K/W		13.82   0.4657	
Plate material   Gasket material   Fixing		AISI 316L   NBR   mechanically fixed			
No. of plates   Sheet thickness		No.   mm		77   0.50 / 0.50	
Pressure loss		bar   bar		0.791   0.312	
Hold-up volume (water)		l		6.660	
No. of passes   Plate arrangement		countercurrent		7   3 x 6 SH + 4 x 5 SH	
<b>Frame design</b>		Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001			
Rules   Fluid group   Categorie		2014/68/EU / AD2000   2   Art. 4 Paragraph 3			
Intermediate Plate   Intermediate Frame		No.		0   0	
Oper. pressure (min max)   Test pressure		bar		0.00   6.00   7.50	
Leak testing <b>plate section</b>		bar		7.50	
Operating temperature		min   max		5.0 °C   98.0 °C	
Design temperature		min   max		5.0 °C   98.0 °C	
Maximum fitting no. of plates				95	
<b>Cold side</b>		<b>Connections</b>		<b>Warm side</b>	
Pos.	Type   Size   Material	Pos.	Type   Size   Material		
In	H threaded connection male R-1" 1.0038	In	C threaded connection male R-1" 1.0038		
Out	B threaded connection male R-1" 1.0038	Out	E threaded connection male R-1" 1.0038		

**Sketch** (Subject to technical changes upon placing the order !)

Ansicht/view X

Ansicht/view Y



#### Dimensions

		(mm)
length	(L)	665.00
width	(B)	300.00
height	(H)	730.00
measure	(n)	90.00
measure	(o)	190.00
measure	(p)	670.00

#### Net weight (kg)

96

Given pressure losses are based on balanced operating pressures !

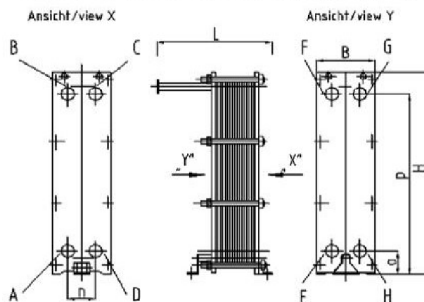
Technical Specification

## Schmidt-Plate Heat Exchanger SIGMA M 19 NAL

**Customer** Břıza Jakub  
**Your inquiry | Item** 2 | 2  
**Quote No. | Item** EU0017-22 V 01 000017 | Pos.: 1

Technical Calculation		Cold side		Warm side	
Section: <b>exchanger</b>		water		consumer milk	
Flow rate		19,071.3	l/h	18,299.7	l/h
Mass flow		5.3	kg/s	5.2	kg/s
Heat load	kW	111.50			
Temperature in →out	°C	2.0 → 7.0		11.5 → 6.0	
Media type		liquid	gaseous	liquid	gaseous
Density	t/m3	1.000		1.031	
Specific Heat	kJ/kgK	4.211		3.867	
Thermal conductivity	W/mK	0.570		0.547	
Dynamic viscosity	cP	1.554		2.591	
Latent heat	J/kg	0.000		0.000	
Surface	m2	5.7			
K-Value	W/m2K	4,608.0			
Excess surface   Fouling	%   cm2K/W	15.77   0.2956			
Plate material   Gasket material   Fixing		AISI 316L   NBR   mechanically fixed			
No. of plates   Sheet thickness	No.   mm	32   0.50 / 0.50			
Pressure loss	bar   bar	0.524		0.616	
Hold-up volume (water)	l	5.760		5.400	
No. of passes   Plate arrangement	countercurrent	1   1 x 16 XH		1   1 x 15 XY	
<b>Frame design</b>	Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001				
Rules   Fluid group   Categorie	2014/68/EU / AD2000   2   Art. 4 Paragraph 3				
Intermediate Plate   Intermediate Frame	No.	0   0			
Oper. pressure (min max)   Test pressure	bar	0.00   6.00   7.50			
Leak testing <b>plate section</b>	bar	7.50			
Operating temperature	min   max	2.0 °C   60.0 °C			
Design temperature	min   max	2.0 °C   60.0 °C			
Maximum fitting no. of plates		57			
Cold side		Connections		Warm side	
	Pos.   Type   Size   Material		Pos.   Type   Size   Material		
In	A stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined	In	C stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined		
Out	B stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined	Out	D stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined		

**Sketch** (Subject to technical changes upon placing the order !)



Dimensions		(mm)
length (L)	:	605.00
width (B)	:	340.00
height (H)	:	1,026.00
measure (n)	:	165.00
measure (o)	:	150.50
measure (p)	:	900.50
<b>Net weight (kg)</b>		151

Given pressure losses are based on balanced operating pressures !

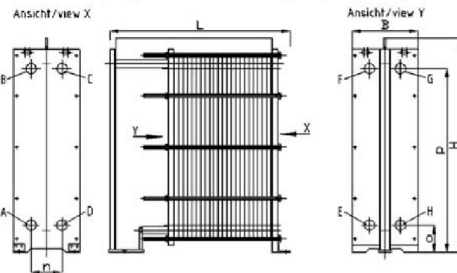
Technical Specification

## Schmidt-Plate Heat Exchanger SIGMA M 66 SBL

Customer Bfiza Jakob  
 Your inquiry | Item 3 | 3  
 Quote No. | Item EU0018-22 V 03 000018 | Pos.: 1

Technical Calculation		Cold side		Warm side	
Section: <b>exchanger</b>		raw milk		skim milk	
Flow rate		19,311.3	l/h	19,303.5	l/h
Mass flow		5.5	kg/s	5.5	kg/s
Heat load	kW	<b>617.00</b>			
Temperature in →out	°C	<b>10.0 → 38.5</b>		<b>40.0 → 11.5</b>	
Media type		liquid	gaseous	liquid	gaseous
Density	t/m3	1.027		1.026	
Specific Heat	kJ/kgK	3.931		3.935	
Thermal conductivity	W/mK	0.574		0.577	
Dynamic viscosity	cP	1.563		1.493	
Latent heat	J/kg	0.000		0.000	
Surface	m2	162.3			
K-Value	W/m2K	2,534.0			
Excess surface   Fouling	%   cm2K/W	10.81   0.3850			
Plate material   Gasket material   Fixing		AISI 316L   NBR   mechanically fixed			
No. of plates   Sheet thickness	No.   mm	245   0.50 / 0.50			
Pressure loss	bar   bar	0.775		0.766	
Hold-up volume (water)	l	285.160		285.160	
No. of passes   Plate arrangement	countercurrent	7   3 x 18 SH + 4 x 17 SH		7   3 x 18 SH + 3 x 17 SH + 1 x 17 SW	
<b>Frame design</b>		Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001			
Rules   Fluid group   Categorie		2014/68/EU / AD2000   2   Art. 4 Paragraph 3			
Intermediate Plate   Intermediate Frame	No.	0   0			
Oper. pressure (min max)   Test pressure	bar	0.00   6.00   7.50			
Leak testing <b>plate section</b>	bar	7.50			
Operating temperature	min   max	5.0 °C   60.0 °C			
Design temperature	min   max	5.0 °C   60.0 °C			
Maximum fitting no. of plates		265			
<b>Cold side</b>		<b>Connections</b>		<b>Warm side</b>	
<b>Pos.</b>	<b>Type   Size   Material</b>	<b>Pos.</b>	<b>Type   Size   Material</b>	<b>Pos.</b>	<b>Type   Size   Material</b>
In	H stud.bolts DIN EN 1092-1 PN16 DN100 facing plane/raw unlined	In	C stud.bolts DIN EN 1092-1 PN16 DN100 facing plane/raw unlined		
Out	B stud.bolts DIN EN 1092-1 PN16 DN100 facing plane/raw unlined	Out	E stud.bolts DIN EN 1092-1 PN16 DN100 facing plane/raw unlined		

**Sketch** (Subject to technical changes upon placing the order !)



Dimensions		(mm)
length (L)	:	2,235.00
width (B)	:	620.00
height (H)	:	1,960.00
measure (n)	:	290.00
measure (o)	:	254.00
measure (p)	:	1,725.00
<b>Net weight (kg)</b>		<b>2,042</b>

Given pressure losses are based on balanced operating pressures !

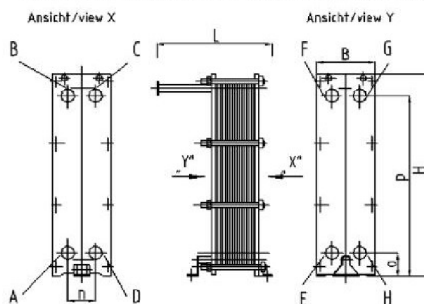
Technical Specification

## Schmidt-Plate Heat Exchanger SIGMA M 19 NAL

Customer Bfiza Jakub  
 Your inquiry | Item 4 | 4  
 Quote No. | Item EU0019-22 V 01 000019 | Pos.: 1

Technical Calculation		Cold side		Warm side	
Section: exchanger		raw milk		cream 40%	
Flow rate		19,309.6	l/h	2,449.6	l/h
Mass flow		5.5	kg/s	0.6	kg/s
Heat load	kW	97.50			
Temperature in →out	°C	38.5 → 43.0		92.0 → 48.5	
Media type		liquid	gaseous	liquid	gaseous
Density	t/m3	1.020		0.952	
Specific Heat	kJ/kgK	3.960		3.459	
Thermal conductivity	W/mK	0.601		0.368	
Dynamic viscosity	cP	0.995		2.624	
Latent heat	J/kg	0.000		0.000	
Surface	m2	3.0			
K-Value	W/m2K	1,306.9			
Excess surface   Fouling	%   cm2K/W	20.00   1.2753			
Plate material   Gasket material   Fixing		AISI 316L   NBR   mechanically fixed			
No. of plates   Sheet thickness	No.   mm	18   0.50 / 0.50			
Pressure loss	bar   bar	0.745		0.027	
Hold-up volume (water)	l	3.240		2.880	
No. of passes   Plate arrangement	countercurrent	1   1 x 9 XY		1   1 x 8 XW	
<b>Frame design</b>		Carbon steel - primer and coating in color RAL 7001			
Rules   Fluid group   Categorie		2014/68/EU / AD2000   2   Art. 4 Paragraph 3			
Intermediate Plate   Intermediate Frame	No.	0   0			
Oper. pressure (min max)   Test pressure	bar	0.00   6.00   7.50			
Leak testing plate section	bar	7.50			
Operating temperature	min   max	5.0 °C		92.0 °C	
Design temperature	min   max	5.0 °C		92.0 °C	
Maximum fitting no. of plates		57			
Cold side		Connections		Warm side	
In	A	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined	In	C	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined
Out	B	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined	Out	D	stud.bolts DIN EN 1092-1 PN40 DN-50 facing plane/raw unlined

**Sketch** (Subject to technical changes upon placing the order !)



Dimensions		(mm)
length (L)	:	605.00
width (B)	:	340.00
height (H)	:	1,026.00
measure (n)	:	165.00
measure (o)	:	150.50
measure (p)	:	900.50

**Net weight (kg)** 136

Given pressure losses are based on balanced operating pressures !

ANG\_EN 1.0 - PG3.3.04-M0-DB2.0431 01-AUG-2017

Technical Specification

## Schmidt-Plate Heat Exchanger SIGMA M 19 NBN

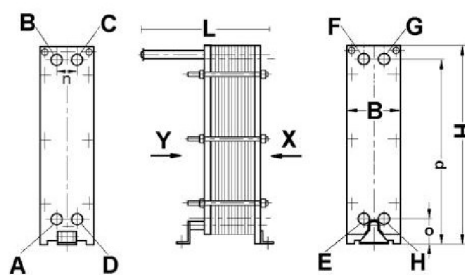
Customer Bfiza Jakob  
 Your inquiry | Item 5 | 5  
 Quote No. | Item EU0020-22 V 01 000020 | Pos.: 1

Technical Calculation		Cold side		Warm side	
Section: <b>exchanger</b>		water		cream 40%	
Flow rate		17,429.2	l/h	2,031.3	l/h
Mass flow		4.8	kg/s	0.6	kg/s
Heat load	kW	<b>101.90</b>			
Temperature in →out	°C	<b>2.0 → 7.0</b>		<b>48.5 → 3.0</b>	
Media type		liquid	gaseous	liquid	gaseous
Density	t/m3	1.000		0.983	
Specific Heat	kJ/kgK	4.211		4.037	
Thermal conductivity	W/mK	0.570		0.311	
Dynamic viscosity	cP	1.554		14.662	
Latent heat	J/kg	0.000		0.000	
Surface	m2	13.3			
K-Value	W/m2K	704.8			
Excess surface   Fouling	%   cm2K/W	10.37   1.3326			
Plate material   Gasket material   Fixing		AISI 316L   NBR   mechanically fixed			
No. of plates   Sheet thickness	No.   mm	72   0.50 / 0.50			
Pressure loss	bar   bar	0.590		0.059	
Hold-up volume (water)	l	13.760		13.400	
No. of passes   Plate arrangement	countercurrent	2   1 x 18 XH + 1 x 18 XY		2   1 x 18 XY + 1 x 17 XY	
<b>Frame design</b>		massive stainless steel			
Rules   Fluid group   Categorie		2014/68/EU / AD2000   2   Art. 4 Paragraph 3			
Intermediate Plate   Intermediate Frame	No.	0   0			
Oper. pressure (min max)   Test pressure	bar	0.00   6.00   7.50			
Leak testing <b>plate section</b>	bar	7.50			
Operating temperature	min   max	2.0 °C   60.0 °C			
Design temperature	min   max	2.0 °C   60.0 °C			
Maximum fitting no. of plates		124			
Cold side		Connections		Warm side	
	Pos.   Type   Size   Material		Pos.   Type   Size   Material		Pos.   Type   Size   Material
In	H   food stuff connection DIN 11851 DN-50 AISI 316Ti	In	D   food stuff connection DIN 11851 DN-50 AISI 316Ti		
Out	A   food stuff connection DIN 11851 DN-50 AISI 316Ti	Out	E   food stuff connection DIN 11851 DN-50 AISI 316Ti		

**Sketch** (Subject to technical changes upon placing the order !)

Ansicht/view X

Ansicht/view Y



**Dimensions**

(mm)

length (L)	:	865.00
width (B)	:	365.00
height (H)	:	1,025.00
measure (n)	:	165.00
measure (o)	:	150.00
measure (p)	:	900.00

**Net weight (kg)**

276

Given pressure losses are based on balanced operating pressures !