

Jämförelse mellan värmepastörisering och kallpastörisering med ozon

- en energimässig och ekonomisk utvärdering

Kajsa Petersson
Fredrik Åkesson



Lunds Universitet
Företagsekonomiska institutionen, Ekonomihögskolan
Institutionen för Kemiteknik, Lunds Tekniska Högskola

Copyright © Kajsa Petersson och Fredrik Åkesson

Företagsekonomiska institutionen
Ekonomihögskolan, Lunds Universitet
Box 7080, S-220 07
Lund

Institutionen för Kemiteknik
Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet
Box 124, S-221 00
Lund

Examensarbeten i Technology Management - Nr 166/2008
ISSN 1651-0100
ISRN LUTVDG/TVTM--08/5166--/SE

KFS i Lund AB
Lund 2008

Sammanfattning

- Titel:** Jämförelse mellan värmepastörisering och kallpastörisering med ozon- en energimässig och ekonomisk utvärdering
- Författare:** Kajsa Petersson, Fredrik Åkesson, *Technology Management*
- Handle dare:** Stig Stenström, *Institutionen för Kemiteknik*, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet
- Stefan Yard, *Företagsekonomiska institutionen*, Ekonomihögskolan, Lunds Universitet
- Johan Sjöholm, VD, Pastair
- Olle Bergman, Försäljningsdirektör, Pastair
- Problemställning:** Under senare tid har miljö i relation till energianvändning och koldioxidutsläpp blivit en allt viktigare fråga och miljövänliga produktionsmetoder kommer framöver att bli en konkurrensfördel för livsmedelsproducenter. Dock är energieffektiviseringspotentialen i livsmedelsindustrin begränsad i jämförelse med andra branscher. Kallpastörisering med ozon skulle kunna vara mer kostnadseffektiv och ha mindre miljöpåverkan än traditionell värmepastörisering
- Syfte:** Syftet med studien är att jämföra teknikerna värmepastörisering och kallpastörisering av juice ur ett energimässigt perspektiv med fokus på energianvändning, gällande termisk och elektrisk energi, samt vilka kostnadsaspekter de två teknikerna ger upphov till.
- Metod:** Studien har utgått från både ett kvalitativt och kvantitativt angreppssätt och primärdata har främst samlats in genom intervjuer. Som fallstudieobjektet för värmepastörisering valdes Juicelinje aggregat 37 på Skånemejerier i Lunnarp och för kallpastörisering valdes pilotanläggningen Pastair P1, även den placerad i Lunnarp.

Slutsatser: I jämförelsen mellan de två teknikerna är energianvändningen större för värme- än för kallpastörisering. På årsbasis med en produktion av 17,6 miljoner liter juice innebär detta för värmepastörisering en energianvändning på cirka 439 MWh och för kallpastörisering 81 MWh.

När totalkostnaden jämförs för de båda teknikerna är den högre för värmepastörisering, 1 130 000 kr/år, jämfört med drygt 910 000 kr/år för kallpastörisering.

Studien tyder på att kallpastörisering kan medföra en form av ökad flexibilitet både vad det gäller produktionsplanering och kostnader i jämförelse med traditionell värmepastörisering.

Nyckelord: Kallpastörisering, Pastair, pastörisering, juice, energianvändning, ozon

Abstract

- Title:** Comparison between heat pasteurization and cold pasteurization with ozone
- an evaluation of energy requirements and costs
- Authors:** Kajsa Petersson, Fredrik Åkesson, *Technology Management*
- Supervisors:** Stig Stenström, *Department of Chemical Engineering,*
Lund Faculty of Engineering, Lund University
- Stefan Yard, *Department of Business Administration,*
Lund School of Economics and Management, Lund University
- Johan Sjöholm, CEO, Pastair
- Olle Bergman, Sales manager, Pastair
- Problem:** The environment in relation to energy requirements and carbon dioxide emissions have become an even more important question in today's society. Environmentally sound production will be an important way to compete in the food industry in the future, even though the energy effectiveness is limited compared to other industries. Cold pasteurization with active oxygen could be more cost-effective and contribute to less environmental affliction than traditional heat pasteurization.
- Purpose:** The purpose of this master thesis is to compare the two techniques heat pasteurization and cold pasteurization on juice from two viewpoints; thermal and electrical energy requirements as well as investigating costs related to the two techniques.
- Methodology:** A combination of a qualitative and a quantitative method has been used for this thesis and data has mainly been collected through interviews. The chosen case study for heat pasteurization was Juicelinje aggregat 37 at Skånemejerier in Lunnarp Sweden, and for cold pasteurization the chosen case study was Pastair P1, also placed in Lunnarp.

Conclusions: In comparison between the two techniques, the energy requirements are higher for heat- than for cold pasteurization. On a yearly basis with a production of 17.6 million liter juice, the energy requirements are 439 MWh for heat pasteurization and 81 MWh for cold pasteurization.

When the total cost is compared for the two techniques, the result is higher for heat pasteurization, 1 130 000 SEK/year, compared to 910 000 SEK/year for cold pasteurization.

The study indicates that the technique of cold pasteurization can result in higher flexibility in regard to both production planning and costs, in relation to traditional heat pasteurization.

Key words: cold pasteurization, Pastair, pasteurization, juice, energy requirement, ozone

Förord

Efter en inspirerande vår med flera mejeribesök ute på den österlenska slätten är det nu dags att summera arbetet och tacka de personer som bidragit med material till vår studie som varit både lärorik och utmanande.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Stig Stenström vid institutionen för kemiteknik vid Lunds Tekniska Högskola, samt Stefan Yard vid företagsekonomiska institutionen vid Ekonomihögskolan Lunds Universitet som givit goda råd och synpunkter under arbetets gång. Detta har bidragit med givande diskussioner som fört studien framåt och lett till att arbetet kontinuerligt har förbättrats.

Vi vill även rikta ett tack till Pastair och dess medarbetare som tålmodigt svarat på våra frågor och hjälpt oss att få förståelse kring problematiken vid produktutveckling. Ett särskilt tack till projektledaren David Hellborg som ställt upp på oss och bidragit med många praktiska detaljer.

Vi vill även framföra vår tacksamhet till Glenn Johnsson, Ecolab, samt Magnus Mattisson och Paul Jönsson, Skånemejerier, för deras unika kunskaper och erfarenheter. Utan er hade denna studie inte varit möjlig att genomföra.

Tack!

Lund 2008-04-28

Kajsa Petersson och Fredrik Åkesson

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	NYA KRAV PÅ FÖRETAGEN	1
1.2	VÄRME- OCH KALLPASTÖRISERING.....	2
1.3	PROBLEMDISKUSSION.....	3
1.4	SYFTE.....	4
1.5	AVGRÄNSNINGAR	4
1.6	MÅLGRUPP.....	4
1.7	DISPOSITION	5
2	METOD	7
2.1	ARBETSPROCESS	7
2.2	KVANTITATIV OCH KVALITATIV METOD	8
2.3	DATAINSAMLING.....	8
2.4	VAL AV STUDIEOBJEKT	9
2.5	STUDIENS KVALITET OCH GENERALISERBARHET	9
3	TEORETISKT RAMVERK	11
3.1	PASTÖRISERING AV JUICE	11
3.1.1	<i>Värmepastörisering.....</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>Pastair och kallpastörisering</i>	<i>12</i>
3.2	VÄRMETRANSPORT OCH VÄRMEVÄXLARE.....	13
3.3	KOMMERSIELL OZONFRAMSTÄLLNING.....	14
3.4	KOSTNADSANALYS OCH INVESTERINGSKALKYL.....	15
3.5	MILJÖVÄRDERING AV OLIKA ENERGISLAG.....	17
3.6	TEORISAMMANFATTNING.....	17
4	VÄRMEPASTÖRISERING	19
4.1	PROCESSBESKRIVNING FÖR VÄRMEPASTÖRISERING.....	19
4.2	ENERGIASPEKTER FÖR VÄRMEPASTÖRISERING.....	21
4.2.1	<i>Energianvändning vid pastörisering med värmepastörisering.....</i>	<i>22</i>
4.2.2	<i>Pumpar.....</i>	<i>23</i>
4.2.3	<i>Övriga processer</i>	<i>23</i>
4.2.4	<i>Resultat av energiaspekter för värmepastörisering.....</i>	<i>24</i>
4.3	KOSTNADSASPEKTER FÖR VÄRMEPASTÖRISERING.....	24
5	KALLPASTÖRISERING.....	29
5.1	PROCESSBESKRIVNING FÖR KALLPASTÖRISERING MED OZON.....	29
5.2	ENERGIASPEKTER FÖR KALLPASTÖRISERING.....	31
5.2.1	<i>Energianvändning vid ozonproduktion.....</i>	<i>31</i>
5.2.2	<i>Pumpar.....</i>	<i>31</i>
5.2.3	<i>Övriga processer</i>	<i>32</i>
5.2.4	<i>Resultat av energiaspekter för kallpastörisering</i>	<i>33</i>
5.3	KOSTNADSASPEKTER FÖR KALLPASTÖRISERING.....	33
6	JÄMFÖRELSE VÄRME- OCH KALLPASTÖRISERING	37
6.1	ENERGIJÄMFÖRELSE	37
6.2	KOLDIOXIDJÄMFÖRELSE.....	38

Pastair, Kallpastörisering med ozon

6.3	KOSTNADSJÄMFÖRELSE.....	39
6.4	KÄNSLIGHET SANALYS.....	41
7	DISKUSSION.....	43
8	SLUTSATS OCH VIDARE ARBETE.....	47
8.1	SLUTSATS.....	47
8.2	VIDARE ARBETE.....	48
	BILAGA 1: BERÄKNINGAR FÖR VÄRMEVÄXLARE.....	53
	BILAGA 2: BERÄKNINGAR FÖR KOSTNADER VÄRMEPASTÖRISERING.....	55
	BILAGA 3: BERÄKNINGAR FÖR KOSTNADER KALLPASTÖRISERING.....	58
	BILAGA 4: REFERENSER TILL DATA.....	60

1 Inledning

I detta kapitel ges en bakgrund och förutsättningar till studien. Vidare förs en problemdiskussion som leder fram till problemsyntes och ett syfte. Slutligen presenteras målgrupp och disposition för studien.

1.1 Nya krav på företagen

Al Gore fick 2007 dela på Nobels Fredspris tillsammans med FN:s klimatpanel IPCC för att ha lyft frågan om växthuseffekten i den dagliga debatten. Även om Al Gores film "An Inconvenient Truth" senare kritiserats (Arell 2007), är det ingen tvekan om att den tidigare amerikanske vicepresidenten och presidentkandidaten fått stort genomslag i miljödebatten som tagit ordentlig fart de senaste åren. (TT-AFP 2007)

Den miljödebatt Al Gore tagit del i försöker utröna om det skett en temperaturökning på jorden och vad denna i så fall beror på. Den mesta forskningen tyder på att de globala medeltemperaturerna under de senaste hundra åren ökat och att denna trend kommer att fortsätta även i framtiden. En tydlig majoritet inom forskarvärlden är dessutom överens om att denna temperaturökning beror på människan som följd av hennes beteende och vanor. (Oreskes 2004) Orsaken till de ökade temperaturerna är i stort de ökade halterna av växthusgaserna, koldioxid, metan och dikväveoxid, i vår atmosfär. Flera faktorer har påverkat denna utveckling men de viktigaste är en förändrad markanvändning och framförallt en ökad förbränning av fossila bränslen för att framställa energi. (IPCC 2007)

I en värld med ökade energipriser och ett Europa med klimatmål och utsläppsrätter kommer en hög energianvändning med höga koldioxidutsläpp att innebära högre kostnader. De företag som lyckas effektivisera sin energianvändning kommer således också skapa sig en ekonomisk konkurrensfördel. (Dagens Industri 2007) Till dessa direkta ekonomiska faktorer kommer även mer indirekt mjuka faktorer i form av konsumenters miljömedvetenhet att kunna läggas. Insikten börjar växa sig starkare bland konsumenter att de har en möjlighet att påverka mängden växthusgaser de ger upphov till. Med mer krävande konsumenter kommer också energisnålare, mer miljövänliga produktionsmetoder att kunna bli en marknadsmässig konkurrensfördel. (Leife 2007)

Enligt organisationen Svenskt Sigill kommer cirka 20 % av utsläppen av växthusgaser i Sverige från livsmedelsindustrin (Svenskt Sigill 2007). För denna bransch kommer det i framtiden bli allt viktigare att tänka energisnålt av både ekonomiska och

miljömässiga orsaker. Det blir viktigt att förstå att ekonomi och miljö inte är två motpoler utan att många förändringar kan göras som är både ekonomiskt och miljömässigt fördelaktiga. (Busk 2008)

Flera undersökningar har gjorts för att se hur energi kan sparas inom livsmedelsindustrin. En sådan undersökning har utförts av SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik. Vid diskning av tankar och ledningar i mejerier används idag flera disksteg med olika kemikalier och hetvatten. Framförallt utomlands används mer kemikalier än nödvändigt vilket ger ytterligare belastningar på miljön förutom de energimässiga. SIK har genomfört en studie som utvärderat möjligheten att byta ut ett steriliseringssteg med hetvatten mot sterilisering med ozon. Fördelarna med detta skulle vara att spara tid, men framförallt att tekniken öppnar för stora energibesparingar. Enligt Ulla-Karin Barr på SIK skulle mejerinäringen med denna teknik kunna spara in 10 % av sin energianvändning. (Ljung 2007) Inom samma forskningsområde som SIK, befinner sig också företaget Pastair i Lund som har utvecklat en ny teknik för så kallad kallpastörisering av livsmedel. Precis som i SIK:s undersökning kommer ozon att användas istället för värme för att avdöda mikroorganismer och tekniken tros, på detta sätt, kunna utgöra ett energisnålt alternativ. (Stern 2007)

1.2 Värme- och kallpastörisering

Pastörisering är en vanlig process inom livsmedelsindustrin och används för flytande livsmedel. Syftet med processen är att avdöda mikroorganismer som annars skulle växa till sig i produkten och minska dess hållbarhet. Den äldsta och vanligaste tekniken för pastörisering är med hjälp av värme. Då livsmedlet värms upp och hålls varmt under en viss tid, avdödas mikroorganismer varpå hållbarheten på produkten förlängs. (The Orange Book, s.59, 61, 122)

Den nya kallpastöriseringstekniken som Pastair nu utvecklat använder sig av ozon, istället för värme, för att pastörisera juice. Då ozonet tillsätts produkten, reagerar det med mikroorganismer och samma effekt som med värmebehandling uppnås. Dock antas denna teknik medföra en del fördelar. Betydligt mindre energi antas gå åt för kallpastörisering då ingen värme behöver tillsättas till produkten, en energibesparing som leder till minskade koldioxidutsläpp. Då ett livsmedel värmebehandlas försvinner också en hel del näringsämnen på grund av värmen men vid kallpastörisering tros även denna effekt kunna minskas och livsmedlet får på så sätt ett högre näringsinnehåll. (Stern 2007) I det fortsatta arbetet avses kallpastörisering med ozon vid benämning kallpastörisering.

1.3 Problemdiskussion

Inom svensk industri investeras varje år stora belopp i produktionsanläggningar och ofta handlar det om att företagets produkter behöver tillverkas mer rationellt. Ur ett ekonomiskt perspektiv kan det handla om att minska kostnader och ur ett miljöperspektiv kan det till exempel avse minskad förbrukning av resurser. Som tidigare nämnts har en ökad medvetenhet hos slutkonsumenterna fått en allt större genomslagskraft på miljöområdet och idag finns ett tydligt krav på hur produktionsanläggningar bör minimera sin miljöpåverkan. (Eriksson 1999, s. 4)

Många företag, och så även inom livsmedelsindustrin, arbetar idag hårt med miljöfrågor vilket har blivit en viktig konkurrensfördel i kampen om konsumenterna. Livsmedelsindustrin är dessutom generellt en mycket svår bransch eftersom informationen om energieffektivisering är svårbehandlad samt att energieffektiviseringspotentialen är begränsad i jämförelse med andra branscher (Dahlberg, 2008-03-10). Fortfarande återstår det mycket arbete för att nå uppsatta miljömål och det kommer att behövas vidare förbättringar av produktionsprocesser för att på ett bättre sätt utnyttja energi samt råvaror som vatten och kemikalier.

Företaget Pastair har idag gjort tester som tyder på att den nya kallpastöriseringsmetoden är mer kostnadseffektiv och har mindre miljöpåverkan än den traditionella pastöriseringsmetoden. Detta till följd av att ingen energi i form av värme, det vill säga termisk energi, måste tillföras produkten vid kallpastörisering. Genom att spara in på värme minskas på så sätt behovet av exempelvis olja eller gasol och således även koldioxidutsläppet. Dessa tester har utgått ifrån teoretiska antaganden och prototyper av kallpastöriseringsprocessen men i takt med att produktutvecklingen fortskridit finns nu ett behov av att göra djupare analyser som utvärderar och jämför de två pastöriseringsteknikerna.

Följande övergripande påstående har således identifierats:

- Miljöfrågan i relation till energianvändning och koldioxidutsläpp har blivit allt viktigare.
- Energieffektiviseringspotentialen i livsmedelsindustrin är begränsad.
- Miljövänliga produktionsmetoder kommer att bli en konkurrensfördel för livsmedelsproducenter.
- Kallpastörisering med ozon kan vara mer kostnadseffektiv och ha mindre miljöpåverkan än traditionell värmepastörisering.

1.4 Syfte

Syftet med studien är att jämföra teknikerna värmepastörisering och kallpastörisering av juice ur ett energimässigt perspektiv med fokus på energianvändning, gällande termisk och elektrisk energi, samt vilka kostnadsaspekter de olika teknikerna ger upphov till.

1.5 Avgränsningar

Pastörisering kan användas för att öka hållbarheten i flera olika livsmedel men denna studie koncentrerar sig endast på juice. Detta för att testanläggningen för kallpastörisering initialt har testats på juice. Anledningen till att produkttesterna inledningsvis görs på juice är bland annat att detta är en mindre komplex produkt än exempelvis mjölk. Jämfört med mjölk finns det dessutom mindre lagstadgade restriktioner runt hur juice skall pastöriseras vilket underlättar lansering för detta livsmedel.

Denna studie avgränsas till att endast titta på den del av produktionen som rör pastöriseringen av juice och de aspekter som förväntas förändras vid byte av pastöriseringsteknik. Övriga delar av produktionen och andra aspekter så som förpackning och transport beaktas således inte då dessa antas vara oförändrade oavsett pastöriseringsmetod.

Vid jämförelse av olika pastöriseringsmetoder finns många aspekter att ta hänsyn till såsom smak, näringsinnehåll, hållbarhet, energiåtgång och kostnader. Denna rapport kommer endast att beakta de två senare aspekterna.

Gällande miljökonsekvenser av de olika pastöriseringsmetoderna finns flera aspekter som kan vara intressanta att ta hänsyn till. Denna rapport kommer dock endast att beakta koldioxidutsläpp relaterade till energianvändningen hos de två pastöriseringsteknikerna.

Testanläggningen för kallpastörisering har under studien varit under produktutveckling varför de förutsättningar som gjorts angående tekniken har utgått från de tänkta slutgiltiga specifikationerna.

1.6 Målgrupp

En viktig målgrupp för studien är Pastair, som också är uppdragsgivare. Om tekniken med kallpastörisering med ozon visar sig lyckosam kan detta även få följder för andra

aktörer i livsmedelsbranschen som exempelvis mejerier och konkurrenter inom värmepastörisering, vilka på så sätt kan bli en tilltänkt målgrupp.

Även Ekonomihögskolan vid Lunds Universitet och Lunds Tekniska Högskola ingår i studiens målgrupp med avseende på den teoretiska problematiken.

Ytterligare målgrupper är Skånemejerier i Lunnarp samt Ecolab som bidragit med information till fallstudien. Representanter för dessa företag tar tacksamt emot de resultat som studien visar.

1.7 Disposition

Det första kapitlet, *inledning*, ger en bakgrund till studien, resonerar kring problemställningen samt belyser syftet med arbetet.

Det andra kapitlet, *metod*, beskriver den metod som studien bygger på samt hur arbetsprocessen har lagts upp.

Det tredje kapitlet, *teoretiskt ramverk*, ger den grundläggande förståelsen för både värme- och kallpastörisering samt den bakomliggande teorin kring värmeöverföring. Vidare presenteras ozonframställning samt teorier kring kostnadsanalys och investeringskalkylering.

Det fjärde kapitlet, *värmepastörisering*, ger en processbeskrivning av värmepastörisering för Juicelinje aggregat 37. Vidare beskrivs energianvändningen för värmepastörisering innan kostnadsaspekterna för tekniken presenteras.

Det femte kapitlet, *kallpastörisering*, ger en processbeskrivning av kallpastörisering med ozon för Pastair P1. Vidare beskrivs energianvändningen för kallpastörisering innan kostnadsaspekterna för tekniken presenteras.

Det sjätte kapitlet, *jämförelse värme- och kallpastörisering*, jämför de två teknikerna med fokus på energianvändning och kostnader. Vidare relateras energianvändningen till miljöbelastning genom omräkning till koldioxidutsläpp. För att utreda vilka parametrar som har störst betydelse i beräkningarna har en känslighetsanalys upprättats.

Det sjunde kapitlet, *diskussion*, för ett resonemang kring resultaten i studien i ett större sammanhang. Möjligheterna för kallpastörisering med ozon kopplas till produktionskapacitet, energipriser och konsumenternas köpkraft för att få ett bredare perspektiv på tekniken.

Det åttonde kapitlet, *slutsats och vidare arbete*, presenterar de viktigaste konklusionerna från studien samt tar upp aspekter och synpunkter som kan vara intressanta för vidare arbete.

2 Metod

Detta kapitel behandlar hur studien är uppbyggd samt det tillvägagångssätt som använts. Vidare förklaras hur datainsamlingen gått till samt diskussion kring studiens kvalitet och generaliserbarhet.

2.1 Arbetsprocess

Arbetet med detta examensarbete har varit en förhållandevis rättfram process då syftet var fastställt redan från start. Syftet samt avgränsningar utarbetades i samråd mellan författarna och handledarna på företaget redan månaderna före projektstart, vilket underlättade inledningsfasen för arbetet.

Första tiden ägnades åt inläsning på ämnet där böckerna *Dairy Handbook* av Alfa-Laval samt *The Orange Book* av TetraPak har varit ovärderliga källor för information.

Då syftet var att jämföra teknikerna värmepastörisering och kallpastörisering av juice valdes två lämpliga objekt ut. Som fallstudieobjektet för värmepastörisering valdes Juicelinje aggregat 37 på Skånemejerier i Lunnarp och för kallpastörisering valdes pilotanläggningen Pastair P1, även den placerad i Lunnarp. Utifrån dessa två anläggningar och dess processscheman har vidare all information, data och beräkningar hämtats. De två teknikerna har behandlats parallellt varpå de även presenteras åtskilda i arbetet.

Energianvändningen för de två teknikerna undersöktes genom att dela in varje process i delprocesserna pastörisering, pumpar samt övriga processer och utifrån detta analysera energianvändningen i form av termisk och elektrisk energi.

Kostnaderna för de två teknikerna undersöktes genom att dela in kostnadsdrivarna i produktion, övriga processer samt anläggning och utifrån detta analysera ingående poster.

Under arbetets gång har de praktiska uppgifterna utförts med utgångspunkt i syftet. Således har flera av de teoretiska bitarna kommit att behandla tekniska aspekter snarare än rent akademiska.

2.2 Kvantitativ och kvalitativ metod

Resultatet av denna studie har sin grund i både ett kvantitativt och ett kvalitativt angreppssätt. Den kvantitativa metoden har sin grund dels i att stora delar av de resultat som presenteras och det arbete som utförts har skett genom bearbetning av siffror, och dels genom att ett objektiva förhållningssätt använts för de två valda fallstudieobjekten. (Holme et. al. 1997, s 150-151)

Även om uppgiften varit rättfram har den också haft ingående delar som varit komplexa att reda ut. Då uppgiften varit att belysa upp energianvändningen i termisk och elektrisk energi samt att utarbeta vilka kostnadsaspekter de två teknikerna ger upphov till, har en djupgående analys med en kvalitativ utgångspunkt varit ett krav. Detta stöds ytterligare av att ett kvalitativt angreppssätt inte har för avsikt att pröva om informationen har generell giltighet utan istället tillämpas för att få en djupare förståelse och helhetsbild av problemet, något som också kännetecknat arbetsprocessen. (Holme et. al. 1997, s. 14)

2.3 Datainsamling

Denna studie har använt sig av både primär- och sekundärdata. Dels för att få en kontrollerande effekt men även för att de ska ge varandra stöd och därmed styrka till resultaten. (Jacobsen 2002, s. 152-153)

Primärdata har samlats in genom intervjuer med berörda personer på bland annat Pastair, Skånemejerier och Ecolab. En öppen individuell intervjumetod tillämpades vilken är lämplig när relativt få enheter undersöks. (Jacobsen 2002, s. 160) De resultat som intervjuerna givit har varit mycket värdefulla för arbetet då publicerad data kring ämnet varit svår eller omöjlig att få tag på. Dels för att kallpastörisering med ozon är en helt ny teknik och dels för att mycket av informationen bygger på intervjupersonernas egna erfarenheter och deras så kallade tysta kunskap. Informationen var inbäddad i organisationen vilket gjorde att författarna fick ha en öppen och utforskande roll för att kunna skapa en sammanhängande struktur. Merparten av intervjuerna har varit personliga intervjuer och i annat fall över telefon eller via e-post.

Intervjuerna har ofta utgått från anläggningarnas processchema vilket har underlättat utfrågningen och minskat eventuella missförstånd. Frågorna har alltid varit förberedda i en handledning men ofta slutat i en givande diskussion som gett ett bredare perspektiv på frågeställningen. (Holme et. al. 1997, s. 100-101)

För att inte förlora värdefull information har intervjuerna dokumenterats vid varje intervjutillfälle. För att säkerställa att informationen och uppgifterna har uppfattats på ett korrekt sätt har författarna, personligen eller via e-post, verifierat resultaten genom återkommande kontakt med intervjupersonen. (Jacobsen 2002, s. 160-171)

Den viktigaste källan till sekundärdata har varit processscheman över de båda anläggningarna från Skånemejerier och Pastair. Processschemat har fungerat som en övergripande karta och varit ovärderlig i arbetet med att bryta ner ingående komponenter i respektive uppgift, energianvändning och kostnad.

Övrig sekundärdata kommer främst från böckerna *Dairy Handbook*, *The Orange Book* och *Ozone-A Reference Manual* som varit viktiga i arbetsprocessen och för grundläggande förståelse. Även artiklar från Lunds Universitet samt företagsinterna källor har använts.

2.4 Val av studieobjekt

Fallstudieobjektet som valdes för att kunna beräkna energianvändningen för värmepastörisering var Juicelinje aggregat 37. Motiveringen till detta val utgår från att den Bravo apelsinjuice som framställs på Skånemejerier i Lunnarp även har använts för testkörningar av kallpastörisering med ozon. Med anledning av detta blir jämförelsen mellan de två teknikerna, med avseende på produkt, diskförfarande och placering, rättvisande. De båda anläggningarna har även liknande kapacitet vilket ytterligare berättigar en korrekt jämförelse.

2.5 Studiens kvalitet och generaliserbarhet

Då delar av arbetet skett med en kvalitativ metod är det viktigt att diskutera hur pass författarna till rapporten kan ha påverkat de intervjuade. Det kan finnas risk för att de personer som intervjuas försökt svara så som de tror att författarna vill att de ska svara men också att författarna missuppfattar de svar och signaler de får från de intervjuade. (Holme et. al. 1997, s.94) Syftet med intervjuerna under detta arbete har snarare varit att skapa förståelse för tekniska funktioner än att kartlägga personers uppfattningar och attityder. Författarna till denna rapport menar att detta faktum också minskar risken för att den intervjuade anpassar sina svar för att ställa sig själva i bättre dager. För att minska risken för att författarna missuppfattar de intervjuade har författarna i möjligaste mån tagit uppgifter från flera källor och också i efterhand verifierat uppgifterna med de intervjuade. Med bakgrund av detta samt valet av intervjupersoner anses studiens kvalitet vara god. (Holme et. al. 1997, s. 101)

Generellt sett fungerar alla värmepastöriseringsanläggningar på ungefär samma sätt även om enheter så som pumpar och rör kan ha olika dimensioner och vara olika placerade i processen. Trots detta finns det några viktiga parametrar som markant kan skilja sig åt mellan olika värmepastöriseringsanläggningar. Nya, modernare värmeväxlare har ett betydligt effektivare disk- och tömningssystem vilket minimerar dyrbar råvaruförlust. Även kapacitet, investeringskostnader samt valet mellan plattvärmväxlare och tubvärmväxlare kan påverka anläggningens energianvändning och kostnader. (Bejevik, 2008-03-17)

Trots olikheterna mellan värmepastöriseringsanläggningar finns möjligheten att på samma sätt som i denna studie, bryta ner varje ingående process för att på så sätt bilda sig en uppfattning om energianvändning, kemikalieåtgång och råvaruförluster. Med bakgrund av detta bedöms studiens generaliserbarhet vara god och att en jämförelse mellan kallpastörisering och en annan värmepastöriseringsanläggning än aggregat 37 bör vara fullt genomförbar, om än att resultaten kan skilja sig åt. Det ska påpekas att denna studie har haft till syfte att ge en djupare förståelse för vissa specifika faktorer vilket gjort att den statistiska representativiteten inte varit i fokus. Med anledning av detta är det svårt att uttala sig om resultatets generaliserbarhet, utan snarare generaliserbarheten vid studiens tillvägagångssätt. (Holme et. al. 1997, s. 94)

3 Teoretiskt ramverk

I detta kapitel ges den grundläggande förståelsen för både värme- och kallpastörisering samt den bakomliggande teorin kring värmeöverföring. Vidare presenteras ozonframställning samt teorier kring kostnadsanalys och investeringskalkylering.

3.1 Pastörisering av juice

Pastörisering av juicer och andra flytande livsmedel utförs för att få en mer stabil produkt gällande hållbarhet under behandling och lagring. Pastörisering av apelsinjuice är nödvändig för att avdöda de mikroorganismer som kan kontaminera produkten och för att inaktivera enzymer som kan ge upphov till fassetparering av produkten¹. (The Orange Book 2004, s. 59)

Apelsinjuice pastöriseras vanligen minst två gånger innan den når konsumenten. Den första pastöriseringen utförs direkt efter att juicen pressats och här är syftet främst att inaktivera enzymet pektin metyl estereras (PME) som annars ger upphov till fassetparering av koncentrat. Den andra pastöriseringen utförs precis innan den packas för att avdöda de mikroorganismer som klarade den första behandlingen liksom de mikroorganismer som kan ha kontaminerat juicen under lagringstiden. (The Orange Book 2004, s. 59)

3.1.1 Värmepastörisering

Vid värmepastörisering stabiliseras juicen genom att produktflödet utsätts för en värmebehandling. Detta sker i en värmeväxlare under bestämda tid- och temperaturförhållande beroende på produktens egenskaper. Faktorer som kan påverka detta förhållande är antalet mikroorganismer i juicen, uppehållstid samt den rådande hygieniska standarden för anläggningen. (The Orange Book 2004, s. 61,122)

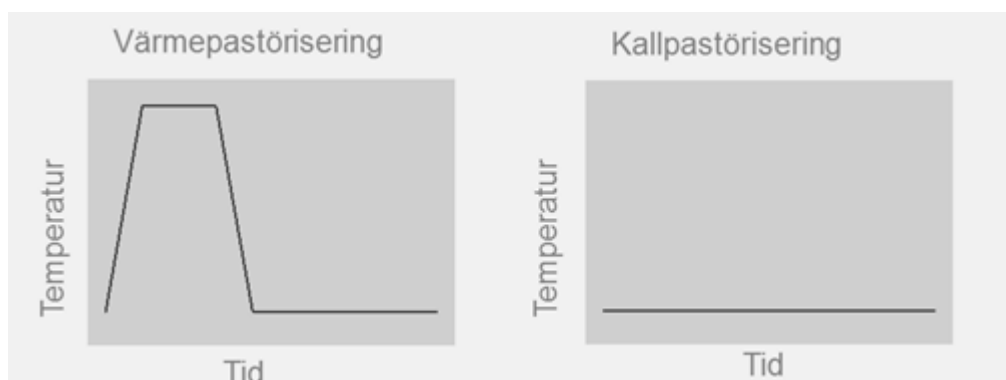
I en plattvärmväxlare leds produktflödet och det värmande flödet i motsatt riktning på varsin sida om en platta. De två flödena blandas således inte utan värmen från den varma strömmen leds genom plattan och hettar upp produktflödet på andra sidan vilket leder till avdödning av mikroorganismer och inaktivering av enzym i juicen. (The Orange Book 2004, s. 61,122) Se avsnitt 3.2.

¹ Fassetparering innebär att juicen delas upp i två faser. En klar, lättare, fas överst och en fas bottensediment av tyngre partiklar underst.

3.1.2 Pastair och kallpastörisering

Kallpastörisering med Pastair är ett nytt sätt att behandla flytande livsmedelsprodukter utan att värmebelasta produkten. Istället för värme utsätts produktflödet för ozon under en kontrollerad tid innan ozonet avlägsnas igen. Gasens kontakttid är mycket precis och säkerställs med en patenterad hållarcell och på så sätt uppnås den önskade reduktionen av mikroorganismer och inaktivering av enzym i juicen. (www.pastair.se, 2008-02-21)

Genom att ingen energi i form av värme, det vill säga termisk energi, måste tillföras produkten vid kallpastörisering tros energiåtgången och koldioxidutsläpp minska i jämförelse med traditionell värmebehandling, se figur 1. (www.pastair.se, 2008-02-21)



Figur 1. Skillnaden i tillförsel av termisk energi för värme- och kallpastörisering

Ozon är ett ämne där tre syremolekyler bildar molekylerna O_3 . Det är en stark, naturligt förekommande oxidant och ett desinfektionsmedel. Ozon kan bildas genom elektriska urladdningar av en ozongenerator. Molekylen är instabil och på grund av detta så uppstår oxidationsreaktioner vid varje kollision mellan en ozonmolekyl och ett organiskt material som exempelvis mikroorganismer. Strukturen på den organiska molekylerna förändras av en oxidation vilket ofta leder till att hela molekylerna faller samman. Detta kan ske genom att bakterieceller och virus lyseras² eller inaktiveras genom oxidation. (Ozone 2000, s. 1-2) Ozon oxiderar i princip alla organiska material och därför borde också enzymer som PME kunna angripas varför kallpastörisering tros kunna användas även vid första pastöriseringstillfället. (Hellborg, 2008-05-19)

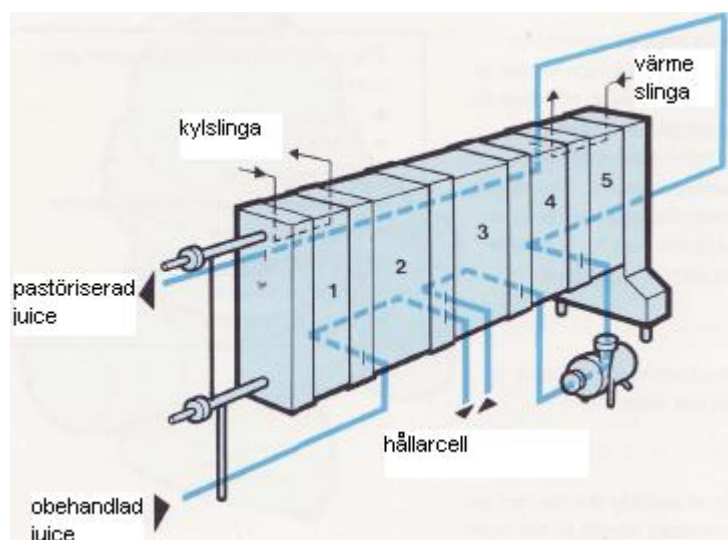
² Att kemiskt bryta ner cellväggen hos exempelvis en bakterie.

3.2 Värmetransport och värmeväxlare

Värmepastörisering bygger på fenomenet värmetransport där en temperaturdifferens är den drivande kraften. En grundläggande förutsättning är termodynamikens 0:e huvudsats, som säger att värme överförs från en hög temperatur till en låg. (KAT090 Föreläsningar 2003/2004, s. 6:1)

Plattvärmeväxlare är den mest använda utrustningen för värmebehandling av juice och har till uppgift att överföra värme från en varm till en kall medieström. I en plattvärmeväxlare består värmeytan av tunna plåtar med korrigerat mönster där de två flödena strömmar på varannan sida om plattorna, vanligen i motsatt riktning. (The Orange Book 2004, s. 122-123)

Då pastöriseringsprocessen kräver både uppvärmning av den inkommande juicen och kylning av den behandlade juicen kan dessa två steg kombineras i processen. Den redan pastöriserade juicen kan i ett så kallat regenerativ förvärma den inkommande kalla juicen. På så sätt tas energin till vara i båda strömmarna och endast en mindre mängd energi krävs för att slutligen hetta upp till pastöriseringstemperatur samt kyla ner till önskad uttemperatur. För att värma upp juicen till pastöriseringstemperatur används ett ångflöde och för att kyla ner till önskad uttemperatur används ett isvattenflöde (Dairy Handbook, s. 106) För principskiss se figur 2.



Figur 2. Principsbild över en plattvärmeväxlare med produktströmmen markerad. Kylsteget sker i delen märkt 1 och värmesteget i delen märkt 5. Del 2 och 3 är regenerativ och del 4 är hållarcellen.

Värmetransport kan betecknas med energiekvationen

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (\text{J}) \quad [1]$$

där Q är överförd värme (J), m är massa (kg), c_p är specifik värmekapacitet (J/kg °C) och ΔT (°C) är temperaturskillnaden mellan mediets in- och uttemperatur. Den specifika värmekapaciteten beror på typ av media samt mediets temperatur.

Genom tidsderivering av [1] ges effekten av energiutbytet

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (\text{W}) \quad [2]$$

där \dot{Q} är effekt (J/s) och \dot{m} är massflödet (kg/s). Om flödena anges i volymflöde kan [2] multipliceras med densiteten för respektive media för att erhålla massflöde. Densiteten anpassas efter rådande temperatur på mediet.

Energiinnehållet i produktströmmarna relateras till energiinnehållet i isvattenflödet samt i ångflödet beroende på värmväxlarens verkningsgrad.

$$\dot{Q}_{\text{produkt}} = \dot{Q}_{\text{isvatten}} \cdot \eta \quad (\text{W}) \quad [3a]$$

$$\dot{Q}_{\text{produkt}} = \dot{Q}_{\text{ånga}} \cdot \eta \quad (\text{W}) \quad [3b]$$

där \dot{Q} motsvarar effekten (W) för produkt, isvatten och ånga och η är verkningsgraden. (KAT090 Föreläsningar 2003/2004, s. 6:1)

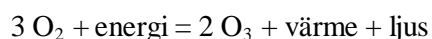
3.3 Kommersiell ozonframställning

Ozon kan kommersiellt produceras genom två olika processer, koronaurladdning³ (eng. *Corona Discharge CD*) eller ultraviolett strålning. Då det är betydande skillnader i koncentration, energianvändning och livscykelkostnader till fördel för CD är UV-genererat ozon varken tekniskt eller ekonomiskt försvarbart i vätskor. (Pryor et.al.)

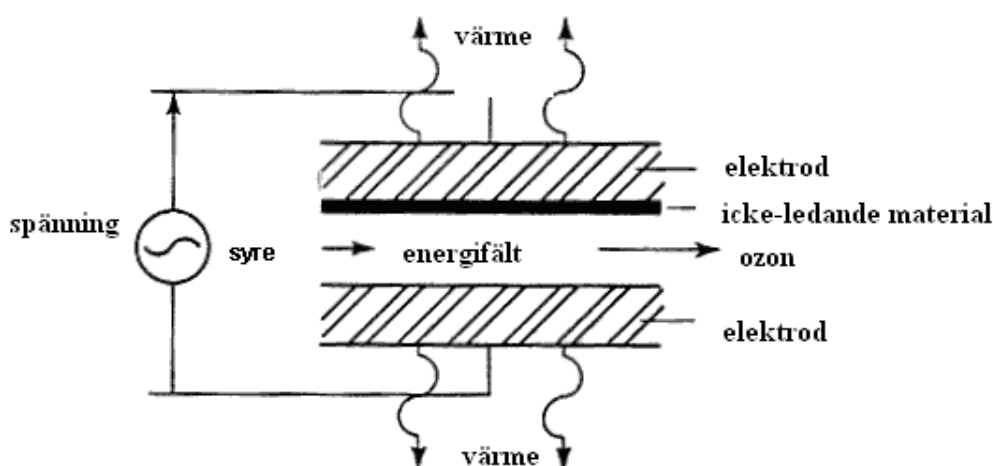
En korona genereras för ozonproduktion genom att leda en elektrisk ström mellan två metallektroder som är separerade av en icke-ledande isolator samt ett luftlager, se figur 3. Med elektriska urladdningar vid hög spänning bildas en korona som

³ Korona är en lysande läckström som sker runt högspänningsledningar.

karaktäriseras av ett djupt, blått ljus. Genom att leda syrgas eller luft genom detta energifält dissocierar en viss andel av syremolekylerna för att sedan sammanstråla och bilda ozon enligt:



Värmen som bildas förs bort med hjälp av en kylslinga av luft eller vatten.



Figur 3. Ozonproduktion med Corona Discharge

Ozon måste framställas på plats för direkt förbrukning då molekylen är instabil och snabbt återgår till syre. Halveringstiden i vatten varierar mellan sekunder och timmar beroende på temperatur och pH. (Pryor et.al., s. 33-35)

Vid ozongenerering kan det vara viktigt att skilja på parametrarna ozonproduktion samt ozonkoncentration. Ozonproduktion är den mängd ozon som produceras per tidsenhet, exempelvis gram per timme, och ozonkoncentration är den mängd ozon i gasblandningen som lämnar generatoren, exempelvis i viktprocent. (Ozone 2000, s. 11-13)

3.4 Kostnadsanalys och investeringskalkyl

Ekonomiska kalkyler kan användas inom många områden och för att fylla flera syften. I detta arbete kommer en kostnads kalkyl att genomföras för att jämföra två alternativa tekniker som kan användas vid pastörisering av juicer. Vid en kalkyl är det viktigt att ta med de för kalkylen relevanta konsekvenserna. För en kostnads kalkyl innebär detta dels de kostnader som påverkas av de olika investeringarna och dels de kostnader som kan ses som väsentliga, det vill säga de beloppsmässigt intressanta

kostnaderna. (Ax, et. al. 2005, s. 148-149) I arbetet kommer detta att innebära dels de kostnader som åtgår för produktionen i form av energi och dels de kostnader som härrör sig till själva investeringen.

Investeringar i tillgångar som maskiner, fastigheter förslits över tiden och minskar i sin förmåga att generera överskott. Denna minskning i förmåga leder till att tillgången minskar i värde, en värdeminskning som vanligtvis tas upp och benämns som avskrivning. Då investeringar görs uppkommer även en ytterligare kostnad. Kapitalet som binds upp i investeringen kan inte användas i andra investeringar och en alternativkostnad uppstår. Denna alternativkostnad bör beräknas utifrån den förräntning som skulle ha varit möjlig i bästa alternativa investering. Dessa kostnader för förslitning och kapitalbindning brukar summeras och benämnas som kapitalkostnad. (Yard 2001, s. 127-129)

Det finns olika sätt för att beräkna kapitalkostnaden beroende på syftet med beräkningen. I den externa redovisningen kan det ur skattehänsyn vara förmånligare att tidigarelägga avskrivningarna för att på så sätt minska skatten. Å andra sidan kan det också i den externa redovisningen vara intressant att senarelägga avskrivningar för att öka resultatet och på så sätt blidka aktieägarna. Om beräkningarna sker för den interna redovisningen är det däremot att föredra att använda avskrivningar som stämmer överens med verkligheten. Beräkningarna i detta arbete kommer syfta till att i möjligaste mån spegla verkligheten. (Yard 2001, s. 127-129)

Studien har som syfte att beräkna kostnaderna för de olika pastöriseringsprocesserna i förhållande till någon enhet, exempelvis volym eller tid. För att lättast göra detta kommer kapitalkostnaden att beräknas som en konstant årlig kostnad, så kallade annuiteter. Beräkningarna kommer att utgå ifrån dagens prisläge vad det gäller alla kostnader. Gällande anläggningens förmåga att producera eller anläggningens behov av drift och underhållskostnader, kommer dessa antas vara reallt konstant över anläggningens livslängd. Således är det också relevant att beräkna den årliga kapitalkostnaden som reallt konstanta annuiteter. (Yard 2001, s. 127-129) Anledningen till att studien inte beaktar eventuella förändringar i reala priser är därför att dessa antas vara svåra att uppskatta och även om uppskattningar görs kommer dessa att vara otillförlitliga.

$$\text{Annuitetsfaktorn} = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-N}} \quad [4]$$

För att beräkna annuitetsfaktorn används ekvation [4]. r står för kalkylräntan, det vill säga den ränta som företaget har satt som krav för sina investeringar och N betecknar

det antal år som annuiteterna skall fördelas över. Denna annuitetsfaktor multipliceras sedan med det totala investeringsbeloppet och den årliga kapitalkostnaden, annuiteten, fås på så sätt fram. (Yard 2001, s. 127-129)

3.5 Miljövärdering av olika energislag

Frågan om hur miljövärdering av olika energislag ska gå till, och framför allt el, är viktig för många analyser. El kan behöva miljövärderas i flera olika sammanhang av exempelvis forskare eller utredare men också företag som vill upprätta en årlig miljöredovisning. Syftet kan vara att utveckla energisystemet eller att förespråka andra energibärare än el beroende på energislagets miljövänlighet kopplat till koldioxidutsläpp.

Det finns i stort två sätt att miljövärdera el, medel el samt marginael. Nordisk medel el är summan av alla de emissioner till luft som de nordiska anläggningarna för elproduktion ger upphov till, dividerat med den totala elproduktionen. Marginaelen däremot är den elproduktion som försvinner vid en reduktion av elanvändningen samt omvänt, den produktion som tillkommer vid en ökning av elanvändning. Beräkningar med marginael beskriver därför miljöpåverkan av en *förändring* i elanvändning eller elproduktion. Energimyndigheten har förut rekommenderat att miljövärdering av el i alla sammanhang ska beräknas med marginael men denna rekommendation har nu dragits tillbaka och ingen rekommendation finns i dagsläget. (Statens Energimyndighet 2006, s. 22) I denna studie har beräkningar på marginael använts och därför bör resultaten inte ses som entydiga utan endast som en fingervisning på hur stor skillnaden kan vara mellan värme- och kallpastörisering.

Emissionsfaktorer visar på hur mycket koldioxid som släpps ut per producerad megawattimme av olika energislag. För marginael från kolkondens är emissionsfaktorn 969 kg CO₂/MWh_{el} och för gasol, som används för värmeproduktion, är emissionsfaktorn 245 kg CO₂/MWh_{gasol}. (Energimyndigheten 2008, s. 61-62)

3.6 Teorisammanfattning

Teorin kring värmeväxlare samt förfarandet vid ozonproduktion, är tänkt som en introduktion för att öka förståelsen för avsnitten om värme- och kallpastörisering, kapitel 4 och 5.

Avsnittet 3.2 Värmetransport och värmeväxlare presenterar ekvationen [2] för energiutbyte som senare kommer att ligga till grund för beräkningarna av effektbehovet för värmeväxlaren i Juicelinje aggregat 37. Detta effektbehov

kommer att vara en av de delar som ingår i värmepastöriseringens totala effektbehov. De övriga delarna som ingår kommer att presenteras löpande under utredningen av värmepastörisering i kapitel 4.

Avsnittet 3.3 Kommersiell ozonframställning ger en bakgrund till de ingående komponenterna som hanterar ozon under kallpastörisering. Dessa delar är syrekonzentratorn, ozongeneratorn och ozondestrukturen vars funktioner presenteras mer utförligt i kapitel 5.

Avsnittet 3.4 Kostnadsanalys och Investeringskalkyl ger en grund till vilka komponenter som är relevanta att ta med i en kalkyl. Vidare förklarar stycket begreppet kapitalkostnad och hur denna fördelas över tiden som årliga annuiteter. Denna information kommer att användas för att räkna fram anläggningskostnader för både värme- och kallpastörisering.

Avsnitt 3.5 Miljövärdering av olika energislag beskriver energimyndighetens rekommendation vid miljövärdering av el samt emissionsfaktorer för två olika energislag. Dessa emissionsfaktorer kommer att användas för att beräkna skillnaden i koldioxidutsläpp för värme- och kallpastörisering i kapitel 6.

4 Värmepastörisering

I detta kapitel ges en processbeskrivning av värmepastörisering hos Juicelinje aggregat 37. Vidare beskrivs energianvändningen för värmepastörisering innan kostnadsaspekterna för tekniken presenteras.

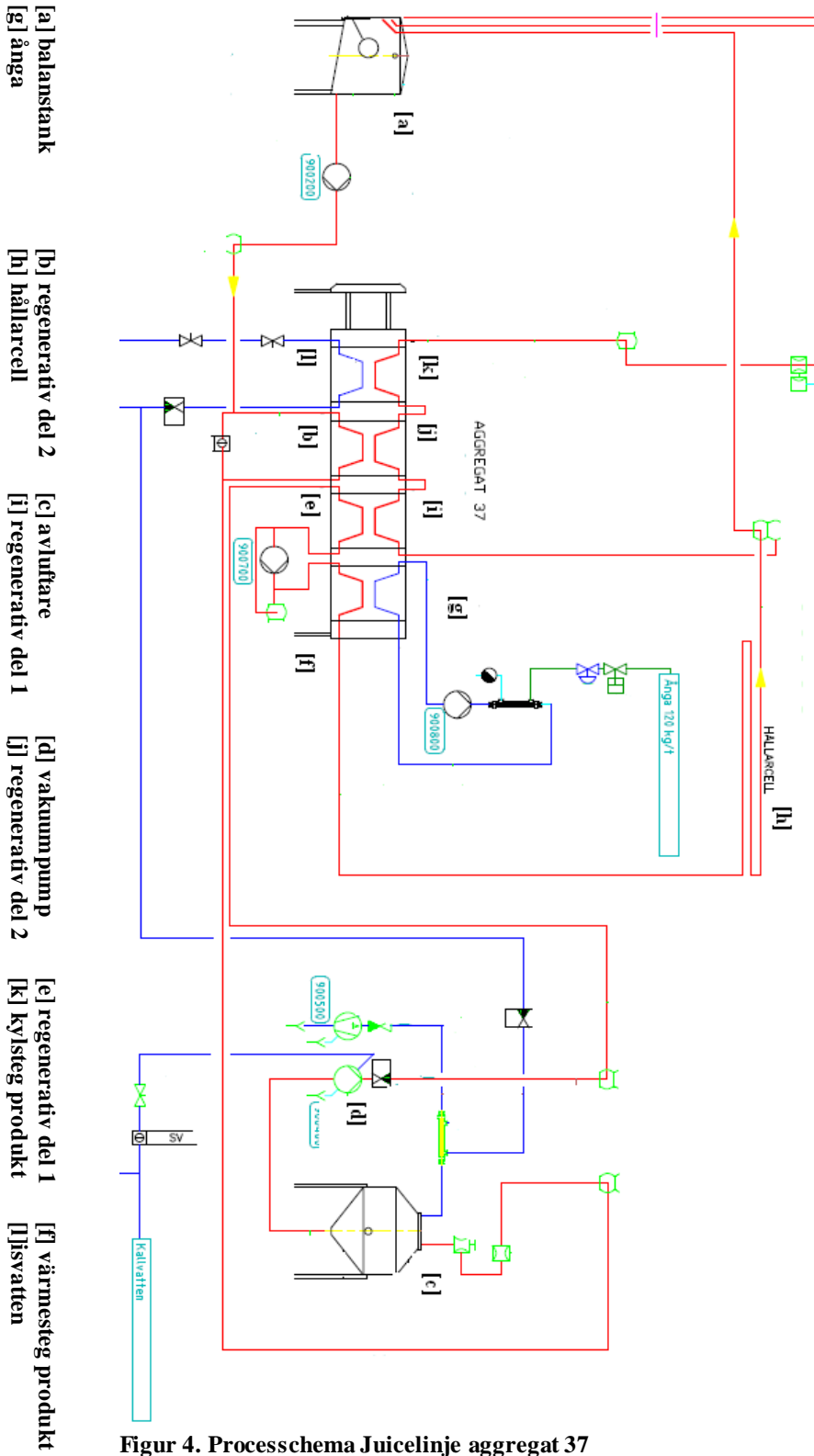
4.1 Processbeskrivning för värmepastörisering

Fallstudieobjektet som valdes för att kunna beräkna energianvändning för värmepastörisering är Juicelinje aggregat 37 på Skånemejerier i Lunnarp.

För att ge en bild av hur aggregat 37 arbetar och hur produktflödet ser ut följer nu en beskrivning över värmepastöriseringsprocessen. Beskrivningen med beteckningar följer processschemat i figur 4. Denna figur är en förenklad version av Skånemejeriers processschema för Juicelinje aggregat 37, aseptik. Flera komponenter i det ursprungliga materialet har klipps bort för att på ett överskådligt vis visa de delar som är viktiga för att kunna beräkna energianvändningen. Enheterna har betecknats med [a] till och med [l]. Pumparna har sin originalbeteckning enligt P900200, P900400, P900500, P900700 och P900800.

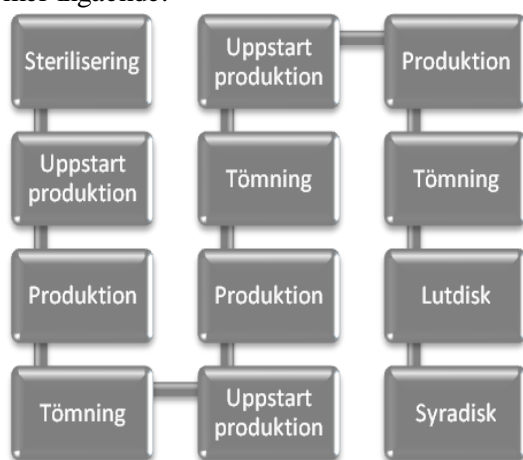
Vid produktion fylls först balanstanken [a] med juice som sedan pumpas vidare in till regenerativ del 2 [b]. I [b] håller ingående juice en temperatur av 4°C och värms upp av produktflödet [j] i regenerativet till 55°C. Vidare avluftas juicen i avluftaren [c] vilket är optimalt vid just 55°C (Jönsson, 2008-02-22). Avluftning sker för att bli av med löst syre från omblandningen av produkten och som annars kan orsaka problem så som skumbildning eller minskad produktkvalité på grund av oxidation (The Orange Book 2004, s. 50).

Avluftningen sker med hjälp av en vakuumpump [d] innan produktflödet återigen värmväxlas i regenerativet del 1 [e] mot det redan värmebehandlade produktflödet [i]. I värmesteget [f] tillsätts ytterligare energi för att värma upp juicen till pastöriseringstemperatur 88°C med hjälp av ångflödet [g]. I hållarcellen [h] hålls juicen i fyra sekunder vilket är nödvändigt för att uppnå den önskade avdödningen av mikroorganismer vid just denna temperatur. Energiinnehållet i juicen utnyttjas sedan i stegen [i] och [j] för att värma upp inkommande strömmar i [b] och [e]. Slutligen kyls juicen ner till önskad uttemperatur vid 4°C i kylsteget [k] med hjälp av isvattenflödet [l]. När juicen är nedkyld förs den vidare till förpackning. (Mattisson, 2008-02-06)



Figur 4. Processchema Juicelinje aggregat 37

En gång per dygn stannar produktionen upp för diskning. Denna process består av ett antal sekventiella steg indelade i tömning, lutdisk samt sterilisering. Under tömningen spolas produkten ut ur systemet så att ledningar och tankar blir fri från juice. Tömningen följs av en lutdisk där luten fungerar som ett diskmedel som tar bort rester och påbränning av juicen. Till sist steriliseras anläggningen genom att hetvatten cirkulerar i ledningar och tankar. En gång per vecka diskas anläggningen även med syra för att ytterligare fastställa hygien. (Mattisson, 2008-02-06) I figur 5 ges ett typiskt dygnsförlopp för aggregat 37 och i de följande kapitlen beskrivs processerna mer ingående.

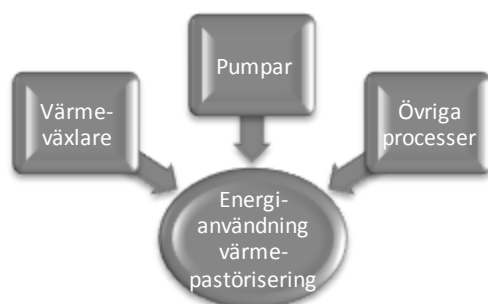


Produktionskostnaden för en genomsnittlig produkt i Skånemejeriers anläggning i Lunnarp är i dagsläget ungefär 40 öre/liter, varav de rörliga energikostnaderna utgör 22 öre/ liter av dessa. (Nilsson, 2008-05-05) I en studie har visats att av elanvändningen på ett mejeri går 60 % åt till stödprocesser som belysning, ventilation och kylager medan 40 % åtgår för produktionsprocesser som separering, homogenisering och förpackning. (Johansson 2007, s. 70)

Figur 5. Ett dygnsförlopp för aggregat 37, syradisk sker dock en gång per vecka

4.2 Energiaspekter för värmepastörisering

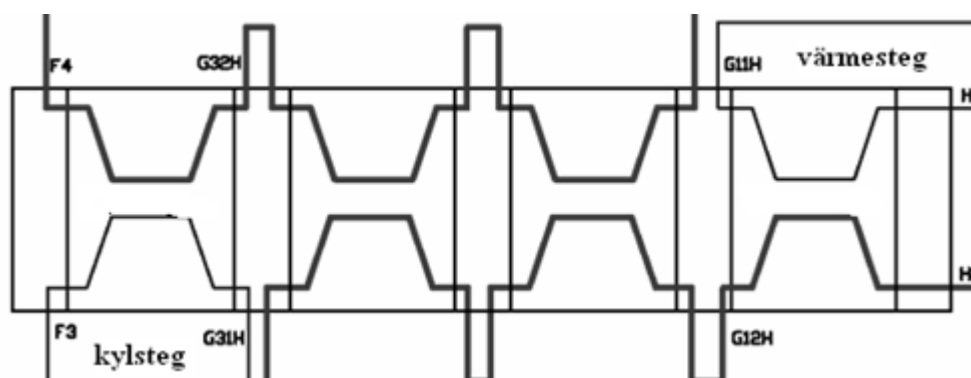
Energianvändningen vid värmepastörisering har delats upp i tre avsnitt; pastörisering med värmeväxlare, pumpar samt övriga processer så som disk och kemikalier, se figur 6. Systemgränserna för uträkningarna utgår från flödesschemat över Juicelinje aggregat 37, se figur 4.



Figur 6. Ingående parametrar i energianvändningen för värmepastörisering

4.2.1 Energianvändning vid pastörisering med värmeväxlare

Effekten vid pastörisering är kopplat till två steg. Dels uppvärmningen av juicen till pastöriseringstemperatur och dels nedkylningen av juicen till den slutgiltiga uttemperaturen. För att beräkna den effekt som krävs dels för att värma upp till pastöriseringstemperatur med ångflöde, och dels för att kyla ner juicen med isvattenflöde, mättes åtta temperaturer upp se nedan. I figur 7 visas värmeväxlaren för aggregat 37 med kylsteget längst till vänster, de två regenerativen i mitten samt värmesteget längst till höger. Beteckningarna är hämtade från processchemat, figur 4.



Figur 7. Värmeväxlare med regenerativ för aggregat 37

I kylsteget till vänster är F3 och G31H in- respektive uttemperatur på isvattnet. G32H är intemperaturen på juicen efter regenerering och F4 är uttemperaturen på juicen som färdig produkt.

I värmesteget längst till höger är H1 och G11H in- respektive uttemperatur på det varma mediet. G12H är intemperatur på juice efter det uppvärmande steget i regenerativet och H2 är uttemperaturen på juicen till hållarcellen. (Mattisson, 2008-02-06)

Då produktflödena är mer exakta än varmvattenflödet och isvattenflödet, används detta i beräkningarna för energibalanserna (Stenström, 2008-02-19). Produktflödet är 6000 l/h. Fysikaliska data är anpassade efter medeltemperaturen på produktströmmen och juicen antas ha samma egenskaper som vatten. (KAT090 Formelsamling 2003/2004, s. 36) Effektbehovet räknas ut med hjälp av ekvation [1] samt de uppmätta temperaturerna och ger 116,4 kW för kylsteget och 71,6 kW för värmesteget. Beräkningar och uppmätta temperaturer redovisas i bilaga 1.

4.2.2 Pumpar

Fem pumpar används i systemet och har benämning enligt flödesschema; P900200, P900400, P900500, P900700 samt P900800. Pumparna har en samlad effekt på 13,3 kW. (Olander, 2008-02-11) Fyra av pumparna används för att driva produktflödet och pump P900500 är en vakuumpump för avluftaren. Pumparna har kontinuerlig drift och används så väl vid produktion som vid diskningsprocesserna. Se figur 4 för placering av pumpar i processen.

4.2.3 Övriga processer

Övriga processer syftar på de steg som inte avser produktion och inbegriper tömning, lutdisk, sterilisering, syradisk samt uppstart av produktion, se figur 5. Vid ett tillfälle per dygn diskas aggregat 37 och är då stillastående för produktion under tre till fyra timmar (Mattisson, 2008-02-06). Förutom energi och kemikalier behöver disken rent kranvatten och det smutsiga diskvattnet förs mot avlopp.

Tömning av juice i systemet sker i genomsnitt tre gånger per dygn. Dels sköljs systemet ut mellan olika batcher, då man inte vill blanda olika produkter, och dels sker tömning som ett försteg innan lutdisken. Tömningen sker med ett flöde på 6000 l/h och tar cirka 15 minuter per tömningstillfälle. (Mattisson, 2008-02-06)

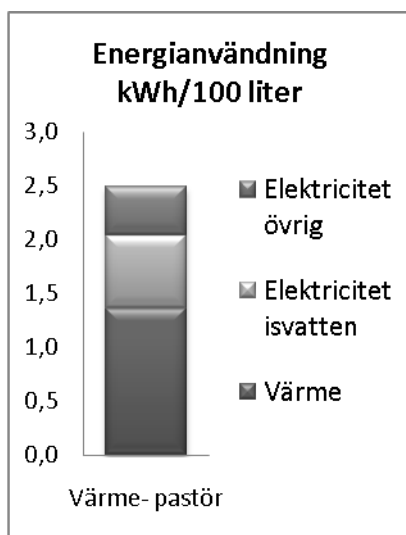
Lutdisken sker med en lutlösning på 2 % som håller 85 °C. Förutom tankar och ledningar körs även flippsekvenser med lut för att rengöra ventiler. Lutdisken sker med ett flöde av 9500 l/h och tar cirka 60 minuter. Syradisken har samma förfarande som lutdisken, men körs bara en gång per vecka, med en lösning med 1% salpetersyra som håller 65 °C. Både lutdisken och syradisken hör till en gemensam diskcentral för flera anläggningar varpå uppvärmning och energibehovet av denna har beräknats som en schablon. (Johnsson, 2008-02-18)

Sterilisering sker genom att värma upp vatten till 85 °C som får cirkulera i anläggningen i cirka 75 minuter med flödet 10000 l/h. (Mattisson, 2008-02-06)

Uppstart av produktion sker genom att trycka ut vattenlösningen från anläggningen med hjälp av juice, varpå en del av råvaran går till spillo. Uppstarten tar cirka 17 minuter och utförs tre gånger per dygn och inleder varje produktionsbatch. (Mattisson, 2008-02-06) För utförligare beskrivning över processerna, se bilaga 2.

Aggregat 37 har ej återtagning⁴ av fördisk eller eftersköljning varpå allt vatten går till avlopp (Johnsson, 2008-02-18).

4.2.4 Resultat av energiaspekter för värmepastörisering



Figur 8. Total energianvändning för värmepastörisering

I figur 8 framgår att fördelningen mellan energislagen elektricitet och värme är ungefär jämt fördelade vid värmepastörisering. Den elektriska energianvändningen består av två delar dels energi för att framställa isvatten och dels energi för att driva diverse pumpar. Den energianvändning som ses i diagrammet visar på hur mycket energi som behövs tas in från källor utanför mejeriet. Eftersom isvattnet framställs med hjälp av kompressorer fås tre gånger så mycket energi från isvatten som tillsätts i elektricitet. Alltså är behovet från externa energikällor mindre än den faktiska energianvändningen i processen.

(Pedersen, 2008-03-11).

4.3 Kostnadsaspekter för värmepastörisering

Beräkningarna för kostnaderna som hänför sig till Juicelinje aggregat 37 är uppdelade enligt tre delar; kostnader för produktion, övriga processer och anläggning, se figur 9. Valet av denna uppdelning är gjord



Figur 9. Indelning av kostnadslag

för att kostnaderna på så sätt separeras i rörliga, halvfasta och fasta kostnader. Utvärderingen kommer senare att bygga på kostnad/volym (kr/liter). Detta gör att de rörliga kostnaderna i kr/liter från produktion kommer att vara de mest förutsägbara säkra kostnaderna. Anläggningskostnaderna som är fasta kommer däremot att vara mer beroende av vilken volym som produceras då även denna kostnad anges i enheten kr/liter. Det vill säga, ju fler liter som produceras desto mindre blir

⁴ Återtagning innebär att vatten som används vid sköljningar återanvänds för diskning i ett senare steg

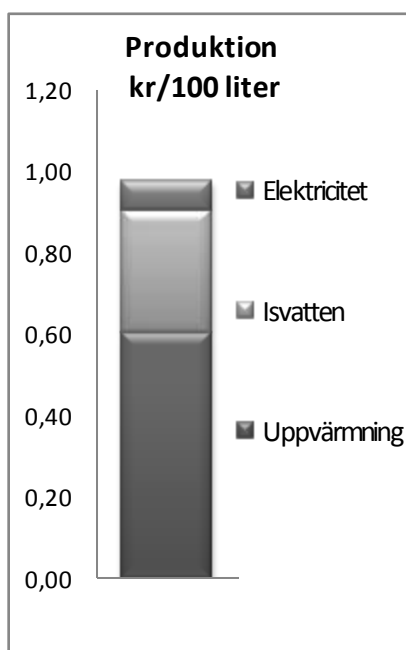
anläggningskostnaden per liter juice medan produktionskostnaden per liter alltid är konstant.

Första delen, produktion, syftar till de rörliga kostnader som är direkt beroende av mängden juice som produceras. Dessa kostnader härrör sig från energianvändningen vid värmesteget, kylsteget samt för att driva pumparna i systemet under produktion. Som figur 10 visar går den största energikostnaden åt till att värma upp juicen. Det är dock intressant att påpeka att den största mängden energi går åt till nedkylningen, men att denna energiform har lägre kostnad då kylan produceras med kompressorer.

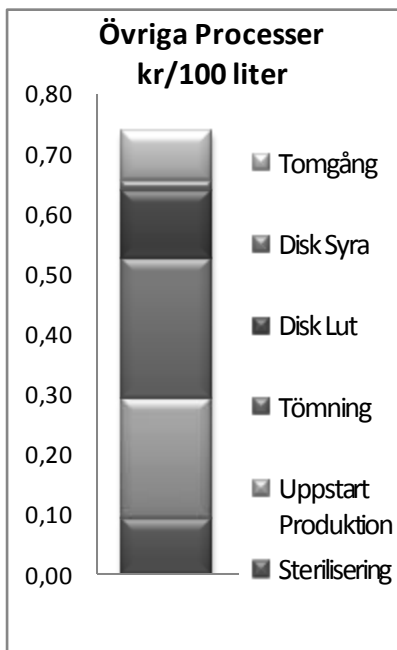
Andra delen, övriga processer, syftar på de kostnader som går åt till alla processer förutom själva produktionen. Dessa processer är sterilisering, diskning, tömning och vattencirkulation. Kostnaden för dessa processer kan ses som halvfasta kostnader. Processer måste köras med jämna mellanrum då det finns en produktion. Skulle volymerna öka eller minska inom rimliga gränser förblir kostnaderna konstanta. Det fall då kostnaderna eventuellt förändras är då volymerna ändras så pass mycket att behovet i antalet produktionsdagar per vecka blir fler eller färre än normalt. Kostnaderna i övriga processer härrör sig från uppvärmning och nedkylning, avlopp, spill av råvara samt pumpar, se bilaga 2. I figur 11 kan utläsas att processerna uppstart produktion samt tömning är de största kostnadsposterna. Dessa processer är inte kostsamma i sig, men då de genomförs i snitt tre gånger per dag får de ett större totalt genomslag. Värt att notera är att råvaruspill är den stora kostnaden för dessa processer, se bilaga 2, följt av sterilisering och disk lut. De två sistnämnda processerna körs en gång per dygn, i början av produktion samt efter produktionen avslutats. Processen disk syra körs en gång per vecka varför den får ett mindre genomslag i de totala kostnaderna.

Med tredje delen, anläggningskostnader, avses de kostnader som uppkommer från själva innehavet av anläggningen. Kostnaderna uppkommer av service på anläggningen samt investeringens årliga kapitalkostnad. Då dessa kostnader inte är beroende av produktionsvolym i stort, kan de ses som fasta kostnader. I figur 12 framgår att kapitalkostnaden utgör den största delen av anläggningskostnader.

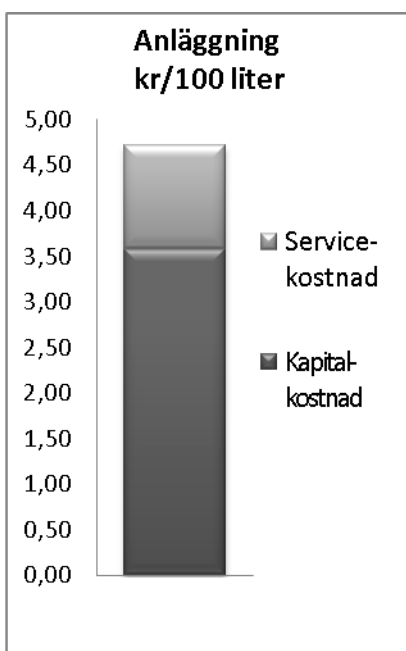
De totala kostnaderna för att producera juice med aggregat 37 för de tre delarna produktion, övriga processer och anläggning fås i figur 13. Tydligt är att kostnaderna för anläggning har störst del i den totala produktionskostnaden. Produktion och övriga processer har ungefär samma inverkan på de totala kostnaderna. Det är dock viktigt att tänka på de olika sorternas kostnader. Vid högre volymer än de nuvarande kommer också produktionskostnaderna få en större inverkan då de är rörliga och därför ökar i takt med produktionen. Vid lägre volymer kommer å andra sidan de fasta och halvfasta kostnaderna att få större inverkan på de totala kostnaderna.



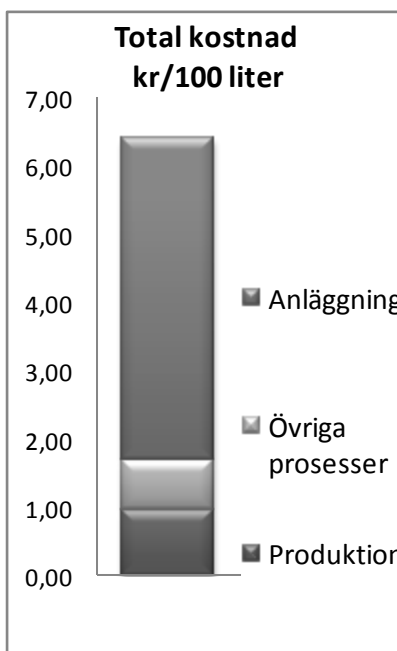
Figur 10. Kostnad för produktion, värme pastörisering



Figur 11. Kostnad för övriga processer, värme pastörisering



Figur 12. Kostnad för anläggning, värme pastörisering



Figur 13. Total kostnad för värme pastörisering

Pastair, Kallpastörisering med ozon

I figur 14 och 15 ges en översikt över indata och kostnader för värmepastörisering.

Indata Värmepastörisering		
Produktion		
	MW	
Effekt, uppvärmning	0,0716	
Effekt, isvatten	0,1164	
Effekt, pumpar	0,0133	
Anläggning och Underhåll		
Investering, kr	5 000 000	
Livslängd, år	12	
Kalkylränta	7%	
Servicekostnad, kr/år	200 000	
Övriga processer		
	kr/gång	kr/dygn
Sterilisering, hetvatten	54,68	54,68
Uppstart produktion	39,05	117,14
Tömning	45,10	135,30
Disk Lut	67,91	67,91
Disk Syra	57,48	9,58
Tomgång	47,83	47,83
Energikostnad och Volymer		
	kr/MWh	
Ånga	504	
Isvatten	157	
Elektricitet	470	
Volym, liter/år	17 600 000	
Volym, liter/timme	6 000	
Volym, liter/dag	58 667	
Utnyttjandegrad pump	70%	

Figur 14. Indata värmepastörisering

Kostnad värmepastörisering			
Produktion			
	kr/h	kr/liter	
Kostnad, uppvärmning	36,09	0,006	
Kostnad, isvatten	18,24	0,003	
Kostnad, pumpar	4,38	0,001	
Total	58,70	0,010	
Anläggning och Underhåll			
	kr/år	kr/liter	
Årlig kapitalkostnad	629 510	0,036	
Årlig Servicekostnad	200 000	0,011	
Total	829 510	0,047	
Övriga processer			
	kr/dygn	kr/liter	
Sterilisering, hetvatten	54,68	0,001	
Uppstart produktion	117,14	0,002	
Tömning	135,30	0,002	
Disk Lut	67,91	0,001	
Disk Syra	9,58	0,000	
Tomgång	47,83	0,001	
Total	432,44	0,007	
Total			
	kr/liter	kr/år	
Produktion	0,010	172 181	
Övriga prosesser	0,007	129 732	
Anläggning	0,047	829 510	
Total	0,064	1 131 423	

Figur 15. Översikt över kostnader för värmepastörisering

5 Kallpastörisering

I detta kapitel ges en processbeskrivning av kallpastörisering med ozon hos Pastair P1. Vidare beskrivs energianvändningen för kallpastörisering innan kostnadsaspekterna för tekniken presenteras.

5.1 Processbeskrivning för kallpastörisering med ozon

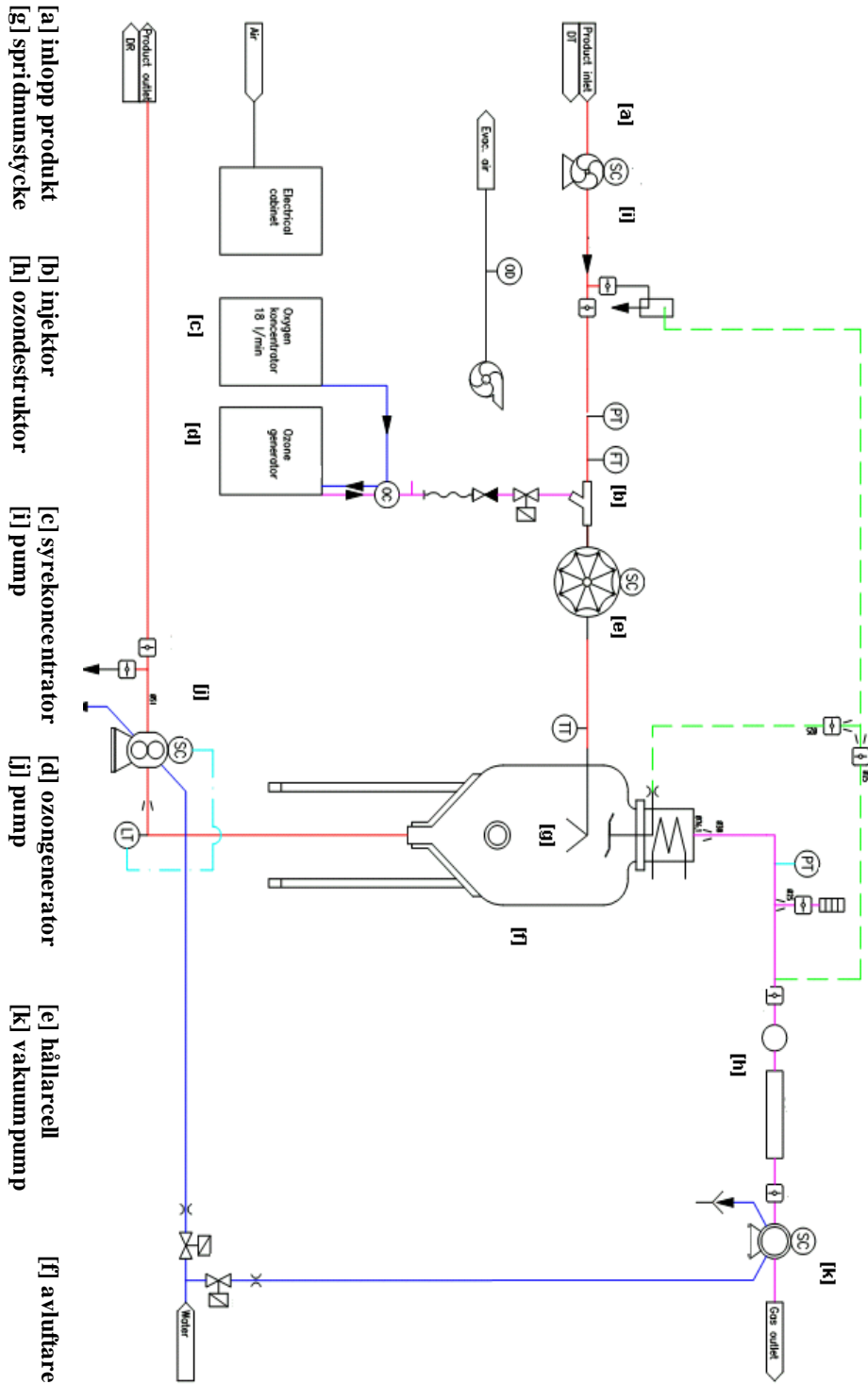
Fallstudieobjektet som valdes för att kunna beräkna energianvändning för kallpastörisering med ozon är anläggningen Pastair P1 med placering i Lunnarp.

Då denna anläggning är en testanläggning kommer vissa modifikationer att ske jämfört med en färdig anläggning i drift. Exempelvis kommer en färdig anläggning att köras mot större tankar medan testanläggningen körs mot mindre testtankar vilket påverkar placeringen av vissa pumpar. Förändringarna med avseende på placering av pumpar kommer dock inte påverka energianvändning eller driftkostnader vilket detta arbete ska utreda.

Nedan följer en beskrivning av kallpastöriseringsprocessen som utgår från hur en färdig anläggning i drift kommer att vara utformad. Beskrivningen följer flödesschemat i figur 16. Flera komponenter i det ursprungliga materialet har klipps bort för att på ett överskådligt sätt visa de delar som är viktiga för att kunna beräkna energianvändningen. Enheterna har betecknats med [a] till och med [k].

Juicen som skall pastöriseras tas in från tankar och kommer in till anläggningen vid punkt [a]. Härifrån färdas den till injektorn [b] där ozonet tillsätts. Kontinuerligt under processen produceras ozonet med steg [c] och [d]. Syrekonzentratorn [c] tar in luft och höjer syrehalten i denna genom att skilja ut kvävet. Gasen med den förhöjda syrehalten går vidare till ozongeneratoren [d] där en ozonblandning skapas med hjälp av koronateknik. Denna ozonblandning har en ozonkoncentration på cirka 10 %. Injektorn applicerar ozonblandningen till juicen och har en viktig funktion för att processen skall fungera. (Hellborg, 2008-03-03)

Efter att ozonblandningen tillsatts fortsätter juicen genom hållarcellen [e] som säkerställer att juicen exponeras för ozonet under en viss hålltid. Nästa steg är avluftaren [f], ett vakuumkär, där ozonblandningen skiljs från juicen. Då juicen utsätts för undertryck expanderar gaser i juicen så att de bildar luftbubblor och luften skiljs ur ifrån juicen. I samband med avluftaren finns två viktiga komponenter dels



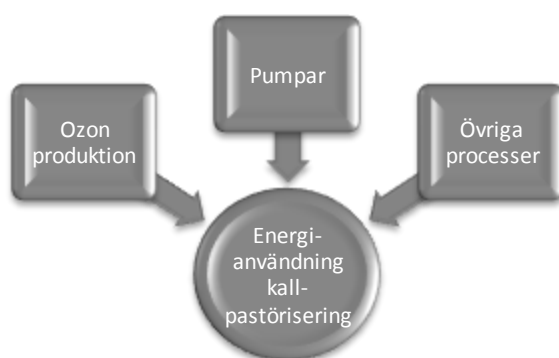
- [a] inlopp produkt
- [b] injektor
- [c] syrekoncentrator
- [d] ozongenerator
- [e] hållarcell
- [f] avluftare
- [g] spridningsförmåga
- [h] ozondeströmförmåga
- [i] pump
- [j] pump
- [k] vakuum pump

Figur 16. Processchema Pastair P1

spridmunstycket [g] i avluftaren och dels ozondestrukorn [h]. Spridmunstycket fördelar juicen på ett sådant sätt att gasen lätt kan urskiljas från juicen innan juicen passerar ut från vakuumkärlet. I anslutning till avluftaren sitter ozondestrukorn. Ozondestrukorns syfte är att ta hand om det ozon som avluftas ifrån juicen och ombilda det till syrgas innan det släpps ut i luften. Detta sker genom att ozonet passerar ett filter med aktivt kol där eventuellt restozon reagerar och återgår till syrgas. När juicen har avluftats förs den vidare till förpackning. (Hellborg, 2008-03-03)

5.2 Energiaspekter för kallpastörisering

Energianvändningen vid kallpastörisering har delats upp i tre avsnitt; ozonproduktion, pumpar samt övriga processer så som disk och kemikalier, se figur 17. Systemgränserna för uträkningarna utgår från flödesschemat över Pastair P1, se figur 16.



Figur 17. Ingående parametrar i energianvändningen för kall pastörisering

5.2.1 Energianvändning vid ozonproduktion

Effektbehovet vid kallpastörisering härrörs från ozonproduktionen. Detta behov är fördelat mellan syrekonzentratorn [c], ozongeneratoren [d], ozondestrukorn [h] och motorn till hållarcellen [e], se figur 16 för placering.

Den totala effekten motsvarar 4,6 kW vilket är den sammanlagda effekten av de komponenter som ingår enligt ovan. (Hellborg, 2008-03-03)

5.2.2 Pumpar

Tre pumpar används i systemet och har benämning enligt flödesschema; [i], [j] och [k]. Pumparna har en samlad effekt på 7,5 kW. (Hellborg, 2008-03-03). Två av pumparna används för att driva produktflödet och pump [k] är en vakuumpump för avluftaren. Pumparna har kontinuerlig drift och används så väl vid produktion som vid diskingsprocesserna. Se figur 16 för placering av pumpar i processen.

5.2.3 Övriga processer

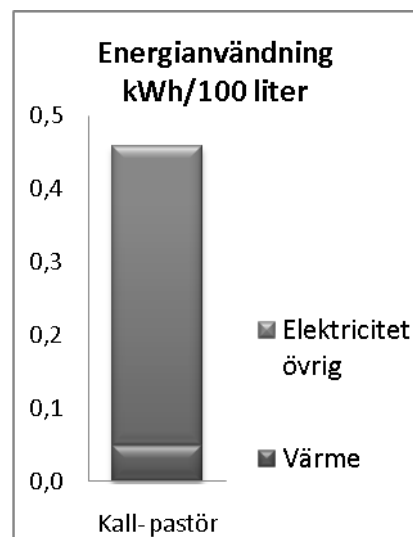
De övriga processerna syftar till de processer som inte är produktion. Dessa processer är sterilisering, uppstart av produktion, tömning, lutdisk och syradisk. (Mattisson, 2008-02-06) Beräkningarna för de övriga processerna för kallpastörisering utgår ifrån de övriga processerna för varmpastörisering men är modifierade efter de förändrade förutsättningar kallpastörisering ger.

Merparten av de övriga processerna kommer att se ungefär likadana ut vid kallpastörisering som vid varmpastörisering. De skillnader i anläggningarna som påverkar processerna är att kallpastöriseringsanläggningen har en mindre omloppsvolym, dels beroende på att ingen balanstank används men också på att anläggningen som sådan har en mindre volym. Detta gör att mindre diskvatten kommer att behövas och därmed att kostnaderna för vatten och avlopp kommer att reduceras.

Den process som kommer att förändras mest, i jämförelse med varmpastörisering, är sterilisering av systemet där hetvatten byts ut mot ozonerat vatten. Då uppvärmning och nedkylning inte längre är aktuellt kommer stora energibesparingar att kunna göras. Visserligen tillkommer en ny energikostnad i framställningen av ozon, men i förhållande till den tidigare termiska energianvändningen blir denna väldigt liten. Energianvändningen vid sterilisering med ozon beräknas komma att motsvara 10 % av den tidigare energianvändningen vid sterilisering med värme, se bilaga 3. (Hellborg, 2008-03-03)

5.2.4 Resultat av energiaspekter för kallpastörisering

I figur 18 ses att den absoluta merparten av energianvändningen kommer från elenergi. Till skillnad från värmepastörisering kommer energianvändningen endast från övrig elektricitet som pumpar och utrustning kopplad till ozonframställning. För kallpastörisering finns alltså inget behov av nedkyllning. Endast en mindre del av den totala energianvändningen kommer från värme. Den värme som går åt behövs i de övriga processerna då anläggningen diskas med uppvärmd lut- och syralösning.



Figur 18. Total energianvändning för kallpastörisering

5.3 Kostnadsaspekter för kallpastörisering

Beräkningarna för kostnaderna för kallpastörisering har följt samma uppdelning i produktion, övriga processer och anläggning, som beräkningarna för värmepastöriseringen för aggregat 37, se figur 9.

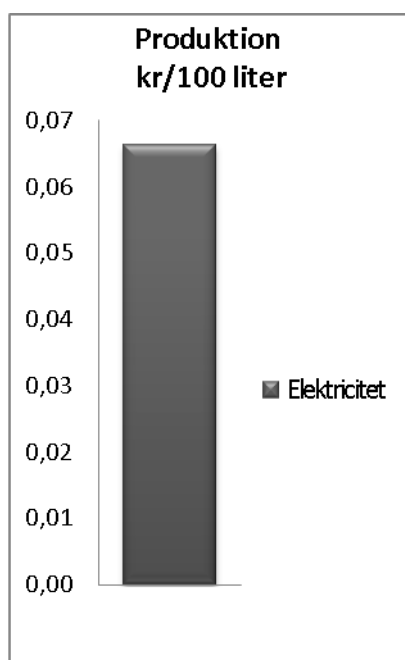
Första delen, produktion, syftar till de rörliga kostnader som är direkt beroende av mängden juice som produceras. Dessa kostnader härrör sig från energianvändningen vid ozonframställning samt för att driva pumparna i systemet under produktion, se figur 19.

Andra delen, övriga processer, bär de kostnader som går åt till alla processer förutom själva produktionen. Dessa processer är sterilisering med ozon, diskning, tömning och vattencirkulation. Kostnaden för dessa processer kan ses som halvfasta kostnader då processerna måste köras med jämna mellanrum då det finns en produktion. Skulle volymerna öka eller minska inom rimliga gränser förblir kostnaderna konstanta. Det fall då kostnaderna eventuellt förändras är då volymerna ändras så pass mycket att behovet i antalet produktionsdagar per vecka blir fler eller färre än normalt. Kostnaderna i övriga processer härrör sig från uppvärmning, avlopp, spill av råvara samt pumpar, se bilaga 3. I figur 20 kan utläsas att processerna uppstart produktion samt tömning är de största kostnadsposterna. Dessa processer är inte kostsamma i sig, men då de genomförs i snitt tre gånger per dag får de ett större totalt genomslag.

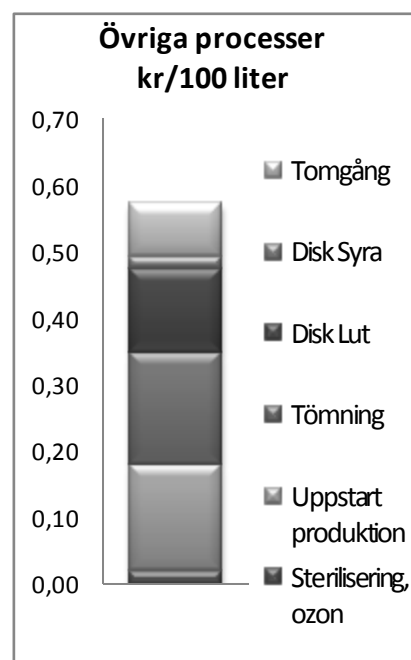
Kostnaden för disk med lut är också en betydande kostnad för de övriga processerna och denna process körs en gång per dygn.

Med tredje delen, anläggningskostnader, avses de kostnader som uppkommer ifrån själva innehavet av anläggningen, se figur 21. Kostnaderna uppkommer av service på anläggningen, investeringens årliga kapitalkostnad samt delar som behöver bytas ut. Till skillnad från värmepastöriseringen är inte dessa kostnader helt oberoende av produktionsvolym. De delar som rör kapitalkostnad för investeringen kan tänkas vara fasta medan kostnaderna som rör utbytesdelar förmodligen är beroende av hur stora kvantiteter som produceras. De delar som behöver bytas ut är uppdelade i två sorter, dels delar som behöver bytas ut på dagsbasis och delar som behöver bytas ut på månadsbasis.

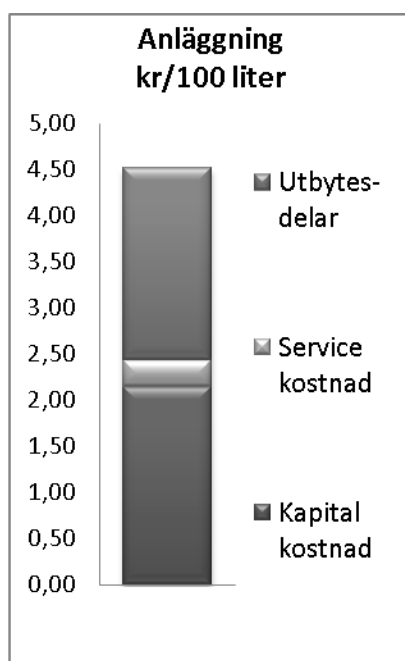
Vid sammanräkning av kostnaderna för delarna produktion, övriga processer och anläggning fås den totala kostnaden för att kallpastörisera juice enligt figur 22. Tydligt är att kostnaderna för Anläggning har störst del av totalen, framförallt beroende på de delar som behöver bytas ut med jämna mellanrum. Kostnaderna för Övriga processer är märkbara medan kostnaderna för Produktion är marginella i förhållande till de totala kostnaderna. Det är dock viktigt att tänka på de olika sorternas kostnader och på hur dessa förändras vid variationer i produktion. Produktionskostnaderna är som tidigare nämnts helt rörliga och ökar eller minskar proportionerligt med produktionsvolymen. Detta innebär att vid högre volymer kommer dessa kostnader att bli en större andel av totalen och vid lägre volymer kommer de fasta kostnaderna, Anläggningskostnaderna, att få en än större påverkan.



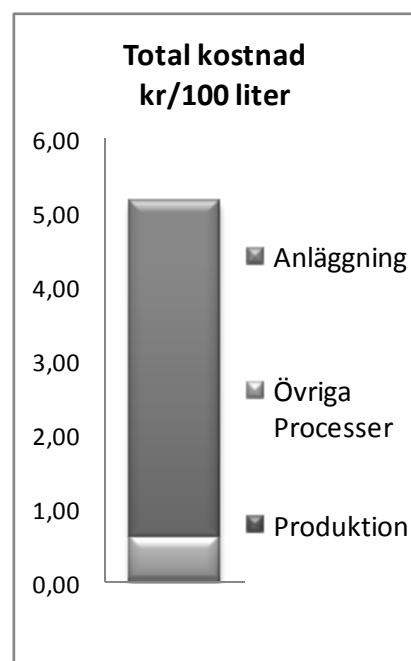
Figur 19. Kostnad för produktion, kallpastörisering



Figur 20. Kostnad för övriga processer, kallpastörisering



Figur 21. Kostnad för anläggning, kallpastörisering



Figur 22. Total kostnad för kallpastörisering

Pastair, Kallpastörisering med ozon

I figur 23 och 24 ges en översikt över indata och kostnader för kallpastörisering.

Indata Kallpastörisering		
Produktion		
	MW	
Effekt, pumpar och ozonutrustning	0,0121	
Anläggning och Underhåll		
Investering, kr	3 000 000	
Livslängd, år	12	
Kalkylränta	7%	
Servicekostnad, kr/år	50 000	
Utbytesdelar, kr/år	367 200	
Övriga Processer		
	kr/gång	kr/dygn
Sterilisering, ozon	11,91	11,91
Uppstart produktion	31,11	93,32
Tömning	32,93	98,78
Disk Lut	74,14	74,14
Disk Syra	67,28	11,21
Tomgång	46,86	46,86
Total	264,23	336,22
Energikostnad och Volymer		
	kr/MWh	
Elektricitet	470	
Volym, liter/år	17 600 000	
Volym, liter/timme	6 000	
Volym, liter/dag	58 667	
Utnyttjandegrad, pumpar	70%	

Figur 23. Indata kall pastörisering

Kostnader Kallpastörisering			
Produktion			
	kr/h	kr/l	
Kostnad, pumpar och ozonutrustning	3,981	0,001	
Total	3,98	0,001	
Anläggning och Underhåll			
	kr/år		kr/liter
Årlig kapitalkostnad	377 706	0,0215	
Årlig Servicekostnad	50 000	0,0028	
Utbytesdelar	367 200	0,0209	
Total	794 906	0,0452	
Övriga Processer			
	kr/dygn	kr/liter	
Sterilisering, ozon	11,91	0,000	
Uppstart produktion	93,32	0,002	
Tömning	98,78	0,002	
Disk Lut	74,14	0,001	
Disk Syra	11,21	0,000	
Tomgång	46,86	0,001	
Total	336,22	0,006	
Total			
	kr/liter		kr/år
Produktion	0,0007		11 677
Övriga Processer	0,0057		100 867
Anläggning	0,0452		794 906
Total	0,052		907 451

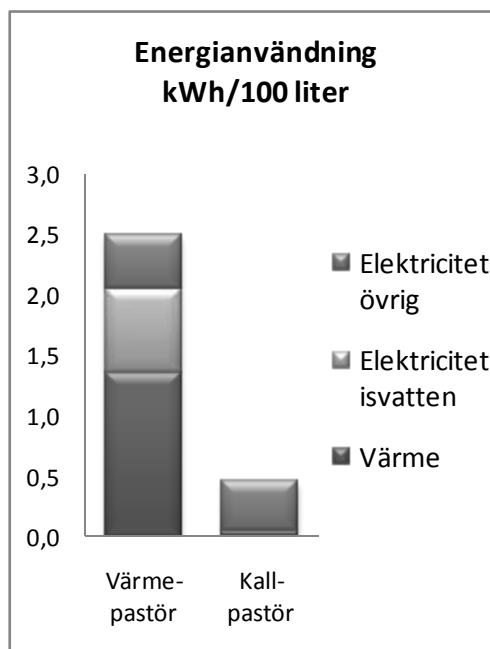
Figur 24. Översikt över kostnader för kallpastörisering

6 Jämförelse värme- och kallpastörisering

I detta kapitel jämförs teknikerna värme- och kallpastörisering med fokus på energianvändning och kostnader. Vidare relateras energianvändningen till miljöbelastning genom omräkning till koldioxidutsläpp. För att utreda vilka parametrar som har störst betydelse i beräkningarna har en känslighetsanalys upprättats.

6.1 Energijämförelse

Energijämförelsen kommer att visa på hur mycket energi som förbrukas för att framställa 100 liter juice, se figur 25. Detta kommer att göras genom att den totala energianvändningen för anläggningen fördelas på det antal liter som producerats. Jämförelsen utgår från de tre energikategorier som tidigare använts vid utvärdering av energiaspekterna i de två teknikerna, det vill säga värme, elektricitet isvatten och elektricitet övrig. Värme används till uppvärmning och sterilisering och utgörs av ångvatten. Elektricitet isvattnet innebär den elenergianvändning som krävs för att framställa isvatten till nedkyllning. Isvattnet framställs med kompressorer med en effektandel på 1/3. Den tredje kategorin elektricitet övrig avser den elenergianvändning som går åt till flödespumpar, vacuumpumpar, syrekoncentration, ozonframställning och ozondestruktion.



Figur 25. Jämförelse energianvändning för värme- och kallpastörisering

Gällande förbrukningen av värmeenergi uppgår denna till knappt 1,4 kWh/100 liter för värmepastörisering i jämförelse med cirka 0,05 kWh/100 liter för kallpastörisering. Orsaken till den stora skillnaden är att produkten värms upp vid värmepastörisering, men inte vid kallpastörisering. Den del som går åt vid kallpastörisering används för uppvärmning vid lut- och syradisk.

Elenergianvändningen för isvatten uppgår till knappt 0,7 kWh/100 liter för värmepastörisering. Denna förbrukning kommer från nedkylning av utprodukten i produktionsfasen och från steriliseringsfasen då isvattnet används för att kyla ner systemet för att få systemet i balans. För kallpastörisering förbrukas ingen elenergi till isvatten eftersom ingen nedkylning krävs.

Den energi som förbrukas för att driva pumpar och diverse utrustning är relativt lika för värme- och kallpastörisering och är 0,45 respektive 0,40 kWh/100 liter. För kallpastöriseringen åtgår energin till att både driva pumpar men också till själva ozonframställningen. Effekten på flödespumparna för denna teknik betydligt lägre än för värmepastörisering. Orsaken till detta är att systemet för kallpastörisering är mindre och framförallt inte har några värmeväxlare vilket minskar motståndet i systemet och därmed behovet av högre effekt på pumparna.

I jämförelsen mellan de två alternativen kan ses att energianvändningen är större för värme- än för kallpastörisering, se figur 26. För värmepastörisering uppgår den totala energianvändningen till knappt 2,5 kWh/100 liter jämfört med knappt 0,5 kWh/100 liter för kallpastörisering. Sett på ett helt år innebär detta för värmepastörisering en energianvändning på cirka 439 MWh fördelat på 239 MWh för värme och 200 MWh för elenergi. För kallpastörisering är motsvarande årliga energianvändning knappt 81 MWh fördelat på 9 MWh för värme och 72 MWh för elenergi. Detta med utgångspunkt från Skånemejeriers årsproduktion på 17,6 miljoner liter juice.

6.2 Koldioxidjämförelse

För att relatera energianvändning till miljöbelastning kan omräkning till koldioxidutsläpp vara ett bra mått.

Enligt uträkningarna i energijämförelsen har värmepastöriseringen en årlig energianvändning på 439 MWh⁵ och kallpastöriseringen på 81 MWh⁶. Med hjälp av emissionsfaktorerna för marginalet⁷ och gasol⁸ kan koldioxidutsläppet för de två teknikerna beräknas. (Energimyndigheten 2008, s. 61-62) Detta ger ett resultat på 252 ton koldioxidutsläpp för värmepastörisering och 72 ton koldioxidutsläpp för kallpastörisering på årsbasis.

I Skånemejeriers miljöredovisning från 2006 har företaget ställt upp miljömålet att de relativa koldioxidutsläppen ska minska med 10 % fram till 2010. Detta för att

⁵ fördelat på 239 MWh för värme och 200 MWh för elektricitet

⁶ fördelat på 9 MWh för värme och 72 MWh för elektricitet

⁷ 969 kg CO₂/MWh_{el}

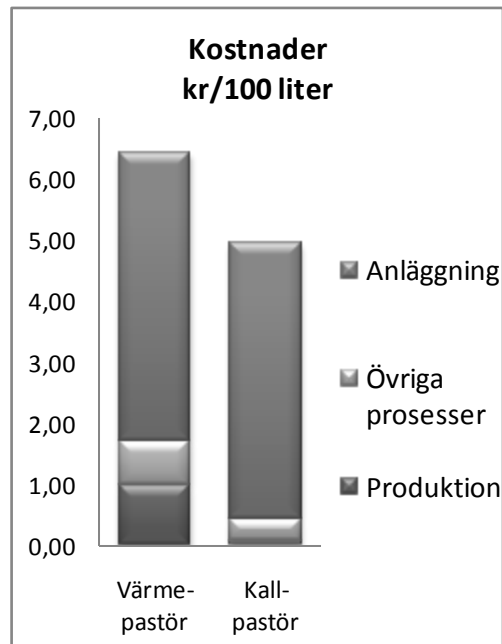
⁸ 245 kg CO₂/MWh_{gasol}

användningen av fossila bränslen, så som gasol, bidrar till växthuseffekten. Under 2006 låg det relativa koldioxidutsläppet för mejeriet i Lunnarp på cirka 70 kg CO₂/ton produkt och det totala koldioxidutsläppet på 4000 ton per år. (Skånemejeriers Miljöredovisning 2006) I dessa siffror ingår endast koldioxidutsläppet från gasol kopplat till värmeproduktionen av ånga eller hetvatten. Koldioxidutsläppen från elproduktion redovisas av elbolagen och inte av mejeriet i Lunnarp. (Javensköld, 2008-04-16)

Om beräkningarna skulle utföras enligt Skånemejeriers miljöredovisning där endast koldioxidutsläppet kopplat till värmeproduktion tas hänsyn till⁹ blir resultatet ett annat. Värmepastöriseringen får då ett koldioxidutsläpp på 55 ton/år vilket motsvarar 1,4 % av Lunnarps totala utsläpp per år. Motsvarande siffra för kallpastörisering blir 2 ton CO₂/år och 0,05 % av det totala utsläppet. Detta innebär att om endast en värmepastör i Lunnarp skulle bytas ut mot en kallpastör, skulle mejeriet kunna minska sina utsläpp med 53 ton CO₂/år vilket motsvarar en total minskning på cirka 1,3 %. Det vill säga att under endast ett år skulle Skånemejerier i Lunnarp kunna minska sina utsläpp med 1,3 % vilket kan sättas i relation till företagets mål att minska de relativa koldioxidutsläppen med 10 % fram till 2010 räknat från år 2000/2001.

6.3 Kostnadsjämförelse

Kostnadsjämförelsen kommer att visa på de totala kostnaderna för att producera 100 liter juice, se figur 26. Detta kommer att göras genom att de totala kostnaderna för anläggningen fördelas ut på antalet liter juice som producerats. Jämförelsen utgår från den tidigare indelningen av kostnader, det vill säga produktion, övriga processer samt anläggning. Produktion bär de kostnader som är helt beroende av hur många liter som produceras, med andra ord de rörliga kostnaderna. Övriga processer innefattar kostnaderna för alla andra processer på anläggningen som inte är produktion. Kostnader för anläggning är de kostnader som kommer från anläggningens investeringskostnad,



Figur 26. Jämförelse kostnader för värme- och kallpastörisering

⁹ Emissionsfaktor 230 kg CO₂/MWh_{gasol}, (Javensköld, 2008-04-16)

servicekostnad och kostnad för utbytesdelar.

Kostnaderna för produktion skiljer sig stort åt mellan värme- och kallpastörisering. Gällande värmepastörisering ligger kostnaden på cirka 1,00 kr/100 liter, medan motsvarande kostnad för kallpastöriseringen är knappt 0,07 kr/100 liter. Orsaken till detta är uteslutande den lägre förbrukningen av energi vid kallpastörisering.

Gällande kostnaderna för de övriga processerna är även dessa högre för värme- än för kallpastörisering, dessa uppgår till 0,74 respektive 0,57 kr/100 liter. Orsaken till detta är dels att sterilisering vid kallpastörisering inte sker med hjälp av värme och på så sätt har en lägre energianvändning. Dels att systemet för kallpastörisering är mindre vilket leder till lägre kostnader för både vatten och avlopp.

Den sista delen kostnader för anläggning är relativt lika, men även dessa är högre för värme- än för kallpastörisering, 4,70 respektive 4,50 kr/100 liter. Framförallt beror detta på en högre investeringskostnad, men också på högre servicekostnader för kallpastörisering. Tekniken för kallpastörisering kräver däremot att vissa delar byts ut med jämna mellanrum, en kostnad som delvis men inte helt väger upp de andra högre kostnaderna för värmepastörisering.

När totalkostnaden jämförs för de båda alternativen ses att denna är klart högre för värmepastörisering, närmre bestämt 6,40 kr/100 liter jämfört med kallpastöriseringens 5,20 kr/100 liter. På årsbasis motsvarar detta drygt 1 130 000 kr/år för värmepastörisering jämfört med drygt 910 000 kr/år för kallpastörisering med utgångspunkt från Skånemejeriers årsproduktion på 17,6 miljoner liter juice.

6.4 Känslighetsanalys

För att utreda vilka parametrar som har störst betydelse i beräkningarna har känslighetsanalyser gjorts för både värme- och kallpastöriseringsalternativet. I båda fallen har de olika inparametrarna ändrats med $\pm 10\%$. Efter ändringen har den nya produktionskostnaden per liter tagits fram och den procentuella förändringen jämfört med det ursprungliga priset per liter beräknats, se figur 27

Känslighetsanalys värmepastörisering				
	+10%		-10%	
Produktion	Total kr/liter	Förändring %	Total kr/liter	Förändring %
Effekt, uppvärmning	0,0649	0,9%	0,0637	-0,9%
Effekt, isvatten	0,0646	0,5%	0,0640	-0,5%
Effekt, pumpar	0,0644	0,1%	0,0642	-0,1%
Övriga processer				
Total	0,0650	1,1%	0,0635	-1,1%
Anläggning och Underhåll				
Investering	0,0679	5,6%	0,0607	-5,6%
Livslängd	0,0622	-3,3%	0,0669	4,0%
Kalkylränta	0,0656	2,1%	0,0630	-2,1%
Servicekostnad	0,0654	1,8%	0,0631	-1,8%
Energikostnad och Volym				
Ånga	0,0649	0,9%	0,0637	-0,9%
Isvatten				
Elektricitet	0,0647	0,6%	0,0639	-0,6%
Volym liter/år	0,0593	-7,8%	0,0704	9,5%
Utnyttjandegrad pumpar	0,0645	0,3%	0,0641	-0,3%

Figur 27. Känslighetsanalys värmepastörisering

För värmepastöriseringsanläggningen visas att de parametrar som har störst inverkan på resultatet är volym, investeringskostnad och livslängd. Orsaken till att dessa är betydelsefulla kan för alla tre spåras tillbaka till att de fasta kostnaderna för anläggningen har stor del av de totala kostnaderna.

Parametern volym står i ett direkt förhållande med literkostnaden eftersom en förändring i antalet producerade liter gör att de fasta kostnaderna fördelas på antingen ett större eller ett mindre antal liter. Om istället de rörliga kostnaderna hade större del av de totala kostnaderna skulle effekten av antalet producerade liter minska eftersom de rörliga kostnaderna då skulle öka proportionerligt. Parametern Investering har också ett tämligen direkt förhållande på kostnaden per liter. Då kapitalkostnaderna från investeringen är en stor del av de totala kostnaderna gäller att en förändring i denna får ett stort genomslag på literpriset. Den tredje parametern, livslängd, kan liknas vid parametern Volym. Om livslängden förändras kommer också den stora

investeringskostnaden fördelas på ett större eller mindre antal år vilket således minskar respektive ökar anläggningskostnaden per år och får ett stort genomslag på kostnaden per liter.

Känslighetsanalys kallpastörisering				
	+10%		-10%	
Produktion	Total kr/liter	Förändring %	Total kr/liter	Förändring %
Effekt, pumpar och ozonutrustning	0,0497	0,3%	0,0494	-0,3%
Övriga processer				
Total	0,0499	0,7%	0,0492	-0,7%
Anläggning och Underhåll				
Investering	0,0517	4,3%	0,0474	-4,3%
Livslängd	0,0483	-2,5%	0,0511	3,1%
Kalkylränta	0,0503	1,6%	0,0487	-1,6%
Servicekostnad	0,0498	0,6%	0,0492	-0,6%
Utbytesdelar	0,0516	4,2%	0,0474	-4,2%
Energikostnad och Volym				
Elektricitet	0,0497	0,3%	0,0494	-0,3%
Volym liter/år	0,0450	-9,1%	0,0550	11,1%
Utnyttjandegrad pumpar	0,0497	0,31%	0,0494	-0,31%

Figur 28. Känslighetsanalys kallpastörisering

I känslighetsanalysen för kallpastörisering, se figur 28, ges ett liknande resultat som för värmepastörisering. De viktigaste parametrarna för priset per liter är Volym, Investering och Utbytesdelar. Precis som för värmepastöriseringen är de fasta kostnaderna för anläggningen en stor del av de totala kostnaderna och alla de känsligaste parametrarna för kallpastörisering går att spåra till de stora fasta kostnaderna. Gällande Volym och Investering har dessa stor inverkan på kostnaden per liter av samma anledning som vid värmepastörisering. Parametern Utbytesdelar är den tredje viktigaste parametern för kostnaden per liter. Denna tillsammans med kostnaden som investeringen ger upphov till är de i särklass största kostnaderna för kallpastörisering. I och med att kostnaderna för utbytesdelar har stor inverkan på de totala kostnaderna får också en procentuell förändring på Utbytesdelar en stor påverkan på kostnaden per liter.

I känslighetsanalyserna ovan har de variabler presenterats som har störst påverkan då alla variabler förändras procentuellt lika mycket. Syftet med jämförelsen är att visa hur stor påverkan varje variabel har på resultatet av rapportens analys det vill säga kostnaden per producerad liter. Det är dock viktigt att komma ihåg att detta är en förenklad bild och att vissa variabler förmodligen har större sannolikhet att variera än andra. Denna rapport kommer inte att gå in på sannolikheten hur variablerna kan variera däremot kommer rapporten i nästa kapitel att diskutera vilka konsekvenser eventuella variationerna skulle få för valet av teknik.

7 Diskussion

I detta kapitel förs en diskussion kring resultaten i studien i ett större sammanhang. Möjligheterna för kallpastörisering med ozon kopplas till produktionskapacitet, energipriser och konsumenternas köpkraft för att få ett bredare perspektiv på tekniken.

Skånemejerier i Lunnarp beräknar de totala rörliga energikostnaderna till ungefär 22 öre/liter för en genomsnittligt producerad produkt. Med hjälp av tidigare studier kan ett rimligt antagande göras att ungefär 60 % av dessa energikostnader härrör sig från så kallade stödprocesser såsom ventilation, kylager och belysning och att återstående 40 % eller 9 öre/liter kommer från själva produktionen. Denna rapport har beräknat energikostnaden för pastöriseringen av juice, vilken är en del av produktion, till 1,25 öre/liter för värmepastöriseringen och 0,25 öre/liter för kallpastöriseringen. Det finns dock viss osäkerhet i att sätta produktions- och pastöriseringskostnaderna i förhållande till varandra. Den beräknade energikostnaden för pastöriseringen är beräknad som en kostnad per liter juice, medan kostnaden för hela produktionen är beräknad som en genomsnittlig literkostnad för alla produkter i Lunnarp. Då Mejeriet i Lunnarp tillverkar många specialprodukter är det inte orimligt att tänka sig att energikostnaden för produktion av juice egentligen är något lägre än 9 öre/liter. Även om så är fallet är det dock möjligt att konstatera att beräkningarna i rapporten kan ses som rimliga i förhållande till de faktiska kostnaderna för energi i Lunnarp då hänsyn endast tagits till en enda produktionsprocess nämligen pastörisering.

Från det fall som rapporten utgått ifrån, Skånemejerier i Lunnarp, tyder allt på att tekniken med kallpastörisering är mer förmånlig än värmepastörisering ur både ett energimässigt och ekonomiskt perspektiv. Kallpastörisering med ozon skulle i fallet Lunnarp använda ungefär en femtedel så mycket energi som den värmepastöriseringsanläggning som är i bruk på Lunnarp idag. Gällande de ekonomiska aspekterna beräknas kostnaderna för kallpastörisering vara cirka 20 % lägre än kostnaderna förenade med dagens värmepastöriseringsteknik. Dessa resultat utgår dock ifrån förutsättningarna i Lunnarp och det är inte säkert att dessa siffror är direkt överförbara till andra fall där andra förutsättningar kan råda. Exempelvis kan det tänkas att investeringskostnaden för anläggning kan variera beroende på vilken leverantör av värmepastör som väljs. I ett försök att generalisera resultaten från undersökningen på Lunnarp är det därför viktigt att diskutera hur dessa beräkningar skulle kunna förändras med andra förutsättningar.

För både värme- och kallpastöriseringen är produktionsvolymen och kostnaderna för anläggningarna de parametrar som har störst påverkan på kostnaden per liter.

Kostnaderna för anläggningen är mer eller mindre fasta kostnader och dessa är viktiga eftersom de utgör en stor del av de totala kostnaderna. Eftersom en stor del av kostnaderna är relativt fasta är produktionsvolymerna viktiga då dessa avgör hur många liter juice de fasta kostnaderna fördelas ut på. Denna kostnadsstruktur skiljer sig dock åt något mellan alternativen. I fallet värmepastörisering består anläggningskostnaderna av en stor investeringskostnad och en årlig servicekostnad. Anläggningskostnaderna för kallpastörisering består däremot av dels en investeringskostnad och dels av kostnaden för vissa utbytesdelar. Det kan tänkas att hur ofta dessa utbytesdelar behöver bytas ut till viss del är beroende av hur stor produktionsvolymen är. Detta medför en form av flexibilitet för kallpastöriseringen där anläggningskostnaderna delvis skulle kunna minskas vid en minskning i produktionsvolymen och således förhindra att kostnaden per liter springer iväg.

En ytterligare aspekt att beakta är produktionskapacitet. Kallpastöriseringsalternativet kommer att kräva mindre tid för att driva de övriga processerna som diskning och sterilisering. Dels för att denna anläggning inte behöver värmas upp vid sterilisering, men också för att den har en mindre omloppsvolym och snabbare kan sköljas igenom. För fallet som studerats i rapporten spelar detta mindre roll eftersom Lunnarp inte är i närheten av att utnyttja den fulla kapaciteten för något av alternativen. Däremot kan detta bli en faktor att räkna med om volymerna ökar och närmar sig den maximala nivån för kapacitetsutnyttjande.

Som nämnts i inledningen på studien är priset på energi en faktor som kommer att kunna få betydelse för industrier i framtiden. Vad det gäller alternativen värme- och kallpastörisering påverkas dessa av hur energipriserna utvecklas, däremot i olika grad. Som framkommit tidigare är energianvändningen större för värmepastörisering och denna teknik kommer således också att påverkas mer vid eventuella förändringar på energipriset, värmepastöriseringstekniken kan alltså sägas vara mer exponerad mot energipriset. Det är dock viktigt att komma ihåg att oavsett teknik så står energianvändningen för en relativt liten del av de totala kostnaderna och denna faktor kommer därmed inte att vara utslagsgivande gällande ekonomiska skäl.

Däremot kan energibesparingarna bli intressantare då de översätts till koldioxidutsläpp och beaktas ur ett miljöperspektiv. Enligt Skånemejeriers beräkningsmodell skulle energibesparingarna vid ett teknikbyte motsvara en koldioxidminskning på 53 ton. Som jämförelse till Skånemejeriers klimatmål står denna minskning för 1,3 % i relation till de koldioxidbesparingar på 10 % som sats upp som mål för hela Skånemejerier fram till 2010. Om, och i så fall vilket, värde detta skulle kunna innebära för konsumentköpkraften är svårt att sätta om. Det är dock tydligt att konsumenterna under de senaste åren blivit mer medvetna om att deras konsumtion faktiskt påverkar utsläpp och växthuseffekten. Trenden tyder också på att

konsumenternas miljöintresse ökar och att ett tydligt miljöarbete blir allt viktigare för företag. Kanske kommer detta i framtiden att bli det starkaste argumentet för en teknik som kallpastörisering med ozon.

8 Slutsats och vidare arbete

I detta kapitel presenteras slutsatserna av studien. Flera konklusioner har redan presenterats under arbetets gång men här framhålls de som har störst betydelse för jämförelsen mellan värmepastörisering och kallpastörisering med ozon. Vidare tas aspekter och synpunkter upp som kan vara intressanta för vidare arbete.

8.1 Slutsats

- I jämförelsen mellan de två teknikerna är energianvändningen större för värmepastörisering än för kallpastörisering. På årsbasis innebär detta för värmepastörisering en energianvändning på cirka 439 MWh fördelat på 239 MWh för värme och 200 MWh för elenergi. För kallpastörisering är motsvarande årliga energianvändning knappt 81 MWh fördelat på 9 MWh för värme och 72 MWh för elenergi. Detta visar på att även om energieffektiviseringspotentialen i livsmedelsindustrin är begränsad i jämförelse med andra branscher, så finns det utrymme för förbättringar. Energiskillnaderna hänförs framförallt till att produkten vid kallpastörisering inte behöver värmas upp och att sterilisering med hetvatten ersätts med ozon.
- Baserat på en årlig energianvändning av 439 MWh för värmepastörisering och 81 MWh för kallpastöriseringen ger detta ett koldioxidutsläpp för värmepastörisering på 252 ton CO₂ och för kallpastörisering på 72 ton CO₂. Detta med utgångspunkt från emissionsfaktorer för marginalel från kolkondens och gasol. Då miljöfrågan i relation till energianvändning och koldioxidutsläpp har blivit allt viktigare och då miljövänliga produktionsmetoder kommer att bli en konkurrensfördel för livsmedelsproducenter, kan kallpastörisering med ozon ha en klar fördel i jämförelse med traditionell pastörisering. Detta beroende på energibesparingar vid diskning med ozon och att produkten inte behöver värmas upp vilket minskar det totala koldioxidutsläppet.
- När totalkostnaden jämförs för de båda teknikerna är den högre för värmepastörisering, 1 130 000 kr/år, jämfört med drygt 910 000 kr/år för kallpastörisering. Jämförelsen utgår från indelningen av kostnader i produktion, övriga processer samt anläggning för att kostnaderna på så sätt separeras i rörliga, halvfasta och fasta kostnader. I samtliga kategorier är kostnaderna större för värmepastörisering än för kallpastörisering vilket visar att kallpastörisering med ozon är mer kostnadseffektiv.

- Studien tyder på att kallpastörisering kan medföra en form av ökad flexibilitet både vad det gäller produktionsplanering och kostnader. Då anläggningen innehåller en mindre volym och då den inte behöver steriliseras med varmt vatten kan de övriga processerna som sköljning och diskning genomföras på kortare tid. Detta gör att en kallpastöriseringsanläggning kan vara i produktion under längre tid per dygn och således har en högre maximal kapacitet än värmepastörisering. En stor del av kostnaderna för kallpastörisering kommer från delar som behöver bytas ut. Om produktionsvolymerna skulle minska är det också rimligt att anta att utbytesdelarna inte skulle behöva bytas ut lika ofta vilket minskar kostnaderna för anläggningen. Även om detta faktum inte helt uppväger de negativa effekterna av en volymminskning innebär det en dämpning av dessa, en flexibilitet som inte medges vid värmepastörisering.

8.2 Vidare arbete

- I detta arbete har den studerade produkten varit juice då denna används både i aggregat 37 och vid testkörningar med Pastair P1. I framtiden kan det vara intressant att göra en liknande analys på mjölk. Mjölk har andra egenskaper än juice bland annat beroende på dess proteininnehåll vilket kan komma att påverka framförallt injektorn och diskningsprocessen. Dessa parametrar kan komma att ha en annorlunda inverkan på resultatet av energianvändning och kostnader än vad som visats i detta arbete. I dagsläget är det dessutom inte tillåtet att pastörisera mjölk på annat sätt än med värme och att få till en lagändring kommer att bli en utmaning för Pastair framöver.
- Kallpastörisering med ozon är under produktutveckling och det är möjligt att tekniken kommer att utvecklas i en riktning som kan komma att förändra det presenterade resultatet i denna studie. Exempelvis har diskussioner förts kring om en värmeväxlare kan komma att behövas för att höja temperaturen något på produkten och om detta inträffar kommer omfattningen av energianvändningen för kallpastörisering att öka. Detta betyder i så fall både ökade kostnader och en ökad miljöpåverkan genom koldioxidutsläpp.
- Vid användning av kallpastörisering är också målet att anläggningen skall kunna steriliseras med ozon istället för med värme vilket är fallet idag. Denna process är inte heller färdigutvecklad och det kommer att krävas ytterligare arbete och tester för att få en ozonsterilisering att fungera och passa in med övriga processer.

- Studien har utgått från att de två anläggningarna har liknande kapacitet och beräkningarna bygger på att samma mängd juice produceras av båda teknikerna under ett år. Detta är en förenkling som varit berättigad i denna jämförelse men som sannolikt kan komma att förändras framöver. Säsongsberoende, efterfrågan, antal produkter, storlek på batcher, omfattning av serier, tillgång till disk, lagringsmöjligheter och transport är alla faktorer som kan påverka valet av teknik med avseende på kapacitetsfrågan. Ju längre serier med samma produkt desto mindre betydelse har exempelvis disktiden men ju kortare serier och fler produkter desto högre krav ställs på en snabb och lättåtkomlig disk. Frågan kring kapacitet kan framför allt behöva utredas vid nyinvesteringar eller vid frågan, om eller när, en viss befintlig utrustning bör bytas ut.
- Naturligare smak, höjt vitamininnehåll och en längre hållbarhet är egenskaper som kan ge juice ett mervärde. Alla dessa parametrar är något som skulle kunna följa i kallpastöriseringens fotspår men som har legat utanför syftet i denna studie. Vidare arbete kring en ökad hållbarhet och dess betydelse för exempelvis logistik, transporter, koldioxidutsläpp och konsumtionsmönster hos kunder kan vara av stort intresse att utreda i framtiden för livsmedelsindustrin.

Referenser

Publicerade källor

- Alfa-Laval AB Dairy and Food Engineering Division (-), *Dairy Handbook*, Teknisk Dokumentation AB, Västerås
- Arell, J. (2007), *Brittisk domstol listar nio fel på Al Gores film*, Göteborgs-Posten 2007-10-12
- Ax, C., Johansson, C., Kullvén, H. (2005), *Den nya ekonomistyrningen*, Liber, Malmö
- Busk, Y.(2008), *Ett måste att spara energi*, Livsmedel i fokus, nr1 2008-02-14
- Dagens Industri (2007), *Så slår klimatmålen mot börsens jättar*, Dagens Industri 2007-03-11
- Energimyndigheten 2008, *Energy Performance Contracting- en modell för minskad energianvändning och miljöpåverkan*, ER 2007:35
- Eriksson, M. (1999), *Industrisystem i förändring: Introduktion av ny energirelaterad teknik i massa- och pappersindustrin*, Arbetsnotat 7, Program Energisystem, IKP, Linköpings universitet
- Holme, I. M., Solvang, B. K. (1997), *Forskningsmetodik – Om kvalitativa och kvantitativa metoder*, Studentlitteratur, Lund
- IPCC (2007), *FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden*, Rapport 5677, 2007-02
- Jacobsen, D. I. (2002). *Vad, hur och varför? – Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen*, Studentlitteratur, Lund
- Johansson, L. (2007) *Energieffektiviseringar på Arla Foods mejeri i Linköping-kartläggning och åtgärdsförslag*, Lunds universitet
- KAT090 Föreläsningar (2003/2004), *Transportprocesser*, Kemisk Apparatteknik
- KAT090 Formelsamling (2003/2004), *Transportprocesser*, Kemisk Apparatteknik
- Leife, Å.(2007), *Konsumenterna efterfrågar klimatmärkning*, Livsmedel i fokus, nr 7, 2007-10-16

Ljung, S (2007), *Ozon gör livet tufft för bakterier*, Livsmedel i fokus, nr 8, 2007-11-15

Oreskes, N.(2004), *BEYOND THE IVORY TOWER: The Scientific Consensus on Climate Change*, Science 20041203 Vol.306 no.5702, p.1686

Skånemejeriers Miljöredovisning 2006

Statens Energimyndighet 2006, Miljövärdering av el- Marginal el och medel el, 2006b

Stern, J. (2007), *Genombrott för kallpastörisering*, Process Nordic, nr. 9 2007, s. 44-45.

Tetra Pak Processing Systems AB (2004), *The Orange Book*, Ruter Media Group

TT-AFP, (2007), *Gores triumf mått på Bushs dåliga anseende*, Göteborgs-Posten 2007-10-14

Water Quality Association Ozone Task Force (2000), *Ozone-A Reference Manual*

Yard, S. (2001), *Kalkyler för investeringar och verksamheter*, Studentlitteratur, Lund

Företagsinterna källor

Pryor A., Rice G Rip., (-), *Introduction to the Use of Ozone in Food Processing Applications*

Muntliga källor

Barr, Ulla-Karin, SIK, 2008-03-18

Bejevik, BertOve, Direktör Innovation & Industrialisation, Tetra Pak, 2008-03-17

Dahlberg, Linn, VN T-CB3, Vattenfall, 2008-03-10

Hellborg, David, Projektledare för Pastair, QB Food Tech, 2008-01-21, 2008-03-20, 2008-05-19

Javensköld, Fredrik, Miljöingenjör, Skånemejerier, 2008-04-16

Johnsson, Glenn, Säljkonsulent, Ecolab AB, 2008-02-18

Jönsson, Paul, Arbetsledare Styr- och reglerteknik, Skånemejerier, 2008-02-22

Mattisson, Magnus, Processansvarig aggregat 37, Skånemejerier, 2008-02-06

Nilsson, Roland, Controller, Skånemejerier Lunnarp, 2008-02-06

Olander, Linda, Projektingenjör, APV Sverige, 2008-02-11

Pedersen, Peter, E.On, 2008-03-11

Stenström, Stig, Professor, Institutionen för kemiteknik LTH, 2008-02-19

Elektroniska källor

Pastair, *Pastair- mer naturligt!*, 2008-02-21

[<http://www.pastair.se/fungerar.html>]

Svenskt Sigill, *Välkommet regeringsinitiativ om klimatmärkning - men nu krävs handling* Pressmeddelande, 2007-10-05,

[http://www.newsdesk.se/pressroom/svenskt_sigill/pressrelease/view/vaelkommet-regeringsinitiativ-om-klimatmaerkning-men-nu-krae-vs-handling-171084]

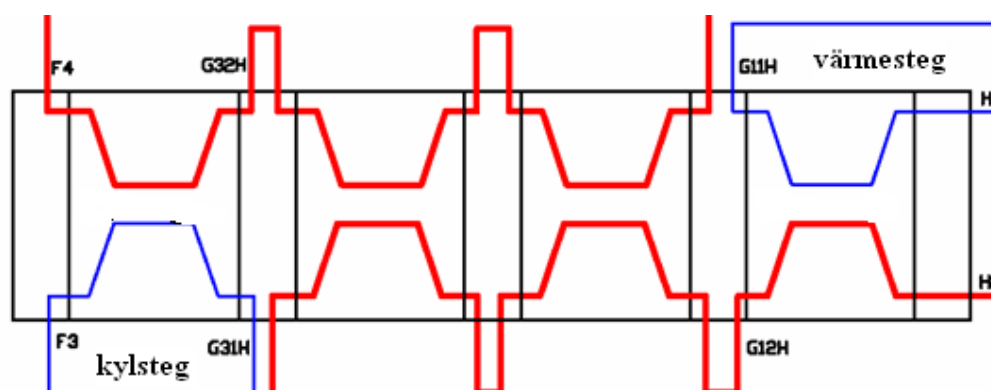
Bilaga 1: Beräkningar för värmeväxlare

Kylsteget, uppmätta temperaturer (Mattisson, 2008-02-06)

F3 (intemperatur isvatten)	1,3 °C
G31H (uttemperatur isvatten)	11,5 °C
G32H (intemperatur juice efter regenerering)	19,0 °C
F4 (uttemperatur juice)	4,0 °C

Värmesteget, uppmätta temperaturer

H1 (intemperatur varm media)	90,0 °C
G13H (uttemperatur varm media)	80,0 °C
G12H (intemperatur juice efter regenerering)	78,5 °C
H2 (uttemperatur juice till hållarcell)	88,0 °C



Effektbehov kylsteget

$$\dot{Q}_{\text{kallprodukt}} = \dot{m}_{\text{kallprodukt}} \cdot c_p \cdot \Delta T_{G32H-F4} = \frac{\rho \cdot V}{t} \cdot c_p \cdot \Delta T_{G32H-F4} = \frac{999,5 \text{ kg/m}^3 \cdot 6 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}$$

$$4192,1 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot (19,0 - 4,0) \text{ °C} \approx 104,8 \text{ kW}$$

Effektbehov värmesteget

$$\dot{Q}_{\text{varmprodukt}} = \dot{m}_{\text{varmprodukt}} \cdot c_p \cdot \Delta T_{H2-G12H} = \frac{\rho \cdot V}{t} \cdot c_p \cdot \Delta T_{H2-G12H} = \frac{969,7 \text{ kg/m}^3 \cdot 6 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}$$

$$4195,6 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot (88,0 - 78,5) \text{ °C} \approx 64,4 \text{ kW}$$

Då värmeväxlaren har en verkningsgrad på 90 % (Jönsson, 2008-02-22) beräknas det faktiska effektbehovet med ekvation [3a] samt [3b].

Effektbehov kylsteget

$$\dot{Q}_{\text{isvatten}} = \frac{\dot{Q}_{\text{kallprodukt}}}{\eta} = \frac{104,8 \text{ kW}}{0,90} \approx 116,4 \text{ kW}$$

Effektbehov värmesteget

$$\dot{Q}_{\text{ånga}} = \frac{\dot{Q}_{\text{varmprodukt}}}{\eta} = \frac{64,4 \text{ kW}}{0,90} \approx 71,6 \text{ kW}$$

Bilaga 2: Beräkningar för kostnader värmepastörisering

Aseptiska processer Värmepastörisering

Indata Värmepastörisering				
Kostnadslag	kr/MWh	kr/m ³	kr/l	kW
Ånga	504			
Isvatten	157			Ta hänsyn till effektandel på kompressor
Elektricitet	470			
Vatten		3,45		
Avlopp		10,4		
Produkt		3000		
Lut			6,36	4,89 kr/kg, med densitet 1,3
Salpetersyra, 53%			2,14	1,61 kr/kg, med densitet 1,33
Effekt pumpar				13,3 Utnyttjandegrad för pumpar 70%

Vatten cirkulation		
Steg	Funktion	Tid (h) Kommentar
	Produktion	9,78 58 667 l/dygn, 6000 liter/timme
	Sterilisering	1,25 1 gång/dygn
	Uppstart produktion	0,28 3 gånger/dygn
	Tömning	0,74 3 gånger/dygn
	Disk Lut	1,02 1 gång/dygn
35	Vatten cirk	10,93 resteranade tid

	MWh	Kostnad (kr)
Pumpar	0,1018	47,83
Total		47,83

Vattencirkulation är den tid då anläggningen inte är upptagen av produktion eller andra processer. Även om inte anläggningen används behöver den vattenlösning som finns i systemet pumpas runt. Detta innebär att anläggningen under denna fas kommer att ha en energianvändning i form av elektricitet.

Sterilisering 10000/h						
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l) Kommentar
5	Töm Btd mot avlopp	180	250	LL i btd		250
10	Skölj mot avlopp	30	84		84	84
15	Uppvärmning inre cirk	30	550	<85 gr		550 liter värms från 6 till 85 °C
16	Uppvärmning yttre cirk	30	200	<85 gr		200 liter värms från 6 till 85 °C
20	Sterilisering	350		<85 gr		
25	Kylning	120	750	>6 gr		750 liter kyls från 85 till 6 °C
30	Temp balansering	120		past,kylttemp, flöde ok		
35	Vatten cirk					
	Total tid för process (h)	1,25				

	CP (J/kg°C)	Temp-skillnad (°C)	Energiåtgång (MJ)	(MWh)
Värme inre cirkel	4180	79	181,62	0,05
Värme yttre cirkel	4180	79	66,04	0,02
Kyla	4180	79	247,67	0,07

	MWh	Liter	Kostnad (kr)
Ånga	0,0688		34,67
Isvatten	0,0688		10,78
Pumpar	0,0116		5,47
Vatten		84	0,29
Avlopp		334	3,47
Total			54,68

Tömning av Btd innebär att balanstanken töms på den vattenlösning som finns där. Uppvärmning av den inre cirkeln innebär att vattnet i den inre cirkeln värms upp till 85°C och därefter cirkulerar i 30 sekunder på denna temperatur. Motsvarande gäller därefter för uppvärmning av yttre cirkeln. När både den inre och yttre cirkeln värmts upp säkerställs sterilisering av systemet genom att vattenlösningen cirkulerar i

Pastair, Kallpastörisering med ozon

systemet under 6 minuter på 85°C. Efter steriliseringsfasen sker en nedkylning i det utgående steget tills dess att uttemperaturen på vattenlösningen når 6°C. Processen avslutas med en balanseringsfas där temperaturer och flöden balanseras och hålls stabila under två minuter.

Uppstart produktion 6000l/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
40	Sänk nivå i Btd			LL i Btd		250	
45	Produkt till Btd	10					
50	Töm Btd mot avlopp			LL i Btd		30	Ca 10 liter juice går till spillo här
55	Fyll produkt mot avlopp	330	550			550	
60	Produktion						
65	Produkt cirk						Detta är avhängigt på volymer och tas ej upp här
Total tid för process (h)		0,09					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
	Pumpar	0,0009					0,41
	Avlopp		830				8,63
	Juice råvara		10				30,00
			Total				39,05

Tömning 6000l/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
70	Skölj till Btd	30	50		50		
75	Töm Btd	60		LL i Btd		50	
80	Skölj mot tank	300	500		500	10	Ca 10 liter juice går till spillo här
85	Skölj mot avlopp	500	830		830	830	
35	Vatten cirk						
Total tid för process (h)		0,25					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
	Pumpar	0,0023					1,08
	Vatten		1380				4,76
	Avlopp		890				9,26
	Juice råvara		10				30,00
			Total				45,10

Vid uppstart av produktion och vid tömning sker ett byte av vätskor i anläggningen från vatten till juice respektive juice till vatten. I både dessa processer trycks den ursprungliga vätskan ur systemet med den ersättande vätskan. När detta görs sker en viss uppblandning av vätskorna som inte kan tas till vara och måste gå mot avlopp. Denna mängd beräknas till 10 liter i båda fallen.

Pastair, Kallpastörisering med ozon

Disk Lut 9500/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
101	Försköljning	600	1585	ljumvatten ca 25 °C		1585	Ej uppvärmning eller nytt vatten, detta tas från bassäng med återvunnet spillvatten
150	Flippsekvens	80	210			210	
101	Lut	1500		85 °C			
150	Flippsekvens	80					
101	Kallvatten sköljning	900	2375	Kallvatten	2375	1625	
150	Flippsekvens	80	210		210	210	
101	Dränage	60				50	
	Uppvärmningstid	360					
Total tid för process (h)		1,02					
	Omloppsvolym (l)	1280					
	10 % svinn (l)	128					
	2% lut i svinn (l)	2,56					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
	Ånga	0,0245				12,35	
	Pumpar	0,0095				4,45	
	Vatten		2585			8,92	
	Avlopp		3680			38,27	
	Lut		2,56			16,27	
	Total					67,91	

Disk Syra 9500/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
101	Försköljning	600	1585	ljumvatten ca 25 °C		1585	Ej uppvärmning eller nytt vatten, detta tas från bassäng med återvunnet spillvatten
150	Flippsekvens	80	210			210	
101	Syra	1200		65 °C			
150	Flippsekvens	80					
101	Kallvatten sköljning	900	2375	Kallvatten	2375	1625	
150	Flippsekvens	80	210		210	210	
101	Dränage	60				50	
	Uppvärmningstid	360					
Total tid för process (h)		0,93					
	Omloppsvolym 1,2% (l)	1280,00					
	Syra 100% i omlopp (l)	15,36					
	Svinn syra 100% (l)	1,54					
	Svinn syralösning 53% (l)	2,90					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
	Ånga	0,0245				12,35	
	Pumpar	0,0087				4,08	
	Vatten		2585			8,92	
	Avlopp		3680			38,27	
	Syralösning 0,53%		2,90			6,21	
	Total					57,48	

Diskning med lut och syra är två likartade processer. Diskning med lut sker under varje produktionsdag, 6 dagar per vecka, och diskning med syra en gång per vecka. Syftet med båda dessa processer är att skölja bort eventuella rester i systemen som kommer av påbränning och andra avlagringar. Processerna börjar med en försköljning med så kallat ljumvatten. Detta är vatten som är återvunnet spillvatten från andra processer. Processerna innehåller också så kallade flippsekvenser vilket är sekvenser då ventiler öppnas och stängs för att säkerställa att inte avlagringar stannar i rörliga delar på dessa. Sköljningen med själva medlet görs vid 85°C för lutsköljning respektive 65°C för syrasköljning. Vid båda dessa processer beräknas att en mängd motsvarande 10% av omloppsvolymen från lut- och syralösningarna går till spillo. För aggregat 37 innebär detta att 128 liter lösning försvinner då processerna körs. Efter att reningsprocesserna avslutats görs en sköljning med kallvatten för att bli av med lösningarna. I det avslutande steget ”Dränage” öppnas alla ventiler för att ta bort eventuella övertyck i systemet.

Bilaga 3: Beräkningar för kostnader kallpastörisering

Aseptiska Processer Kallpastörisering

Indata Värme- och pastörisering				
Kostnadslag	kr/MWh	kr/m3	kr/l	MW
Ånga	504			
Isvatten	157			Hänsyn tas till effektandel på kompressorer
Elektricitet	470			
Vatten		3,45		
Avlopp		10,4		
Produkt		3000		
Lut			6,36	4,89 kr/kg, med densitet 1,3
Salpetersyra, 53%			2,14	1,61 kr/kg, med densitet 1,33
Effekt pumpar				0,0121 Utnyttjandegrad för pumpar 70%

Vatten cirkulation			
Steg	Funktion	Tid (h)	Kommentar
	Produktion	9,78	58 667 l/dygn, 6000 liter/timme
	Sterilisering	1,25	1 gång/dygn
	Uppstart produktion	0,05	3 gånger/dygn
	Tömning	0,13	3 gånger/dygn
	Disk Lut	1,02	1 gång/dygn
35	Vatten cirk	11,77	resteranade tid

	MWh	Kostnad (kr)
Pumpar	0,0997	46,86
Total		46,86

Sterilisering, O3 10000/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
15	Ozonering inre cirkel mot avlopp	60	167			167	
	Ozonering inre cirkel	660	1833				
16	Ozonering yttre cirkel mot avlopp	120	334			334	
	Ozonering yttre cirkel	960	2666				
35	Vatten cirk						
	Påfyllning ozontank				501		
	Total tid för process (h)	1,25					

	MWh	Liter	Kostnad (kr)
Pumpar	0,0106		4,98
Vatten		501	1,73
Avlopp		501	5,21
Total			11,91

Vid sterilisering med ozon spolat systemet med ozonerat vatten där ozonet reagerar med eventuella mikroorganismer och förbrukas. Vid start är halten av ozon 1 ppm och i takt med att organismer avdödas blir också ozonförbrukningen lägre. En mätning av ozonhalten i vattnet sker vid utloppet, då ozonet når nivån 0,1 ppm anses de sköljda delarna vara steriliserade. Då rätt ozonnivå, 0,4 ppm, uppnått fortsätter sköljningen under fyra minuter för att säkerställa att avdödning i systemet. Denna process sker i två etapper, först för den inre och sedan för den yttre cirkeln. Efter att steriliseringen avslutats fortsätter vattnet att cirkulerat till dessa att produktionen åter sätter igång.

Uppstart produktion 6000/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
55	Fyll produkt mot avlopp	60	100			100	Ca 10 liter juice går till spillo här
60	Produktion						Detta är avhängigt på volymer och tas ej upp här
65	Produkt cirk						
	Total tid för process (h)	0,02					

	MWh	Liter	Kostnad (kr)
Pumpar	0,0001		0,07
Avlopp		100	1,04
Juice råvara		10	30,00
Total			31,11

Pastair, Kallpastörisering med ozon

Tömning 6000/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
80	Skölj mot tank	60	100		100	10	Ca 10 liter juice går till spillo här
85	Skölj mot avlopp	100	166		166	166	
35	Vatten cirk						
Total tid för process (h)		0,04					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
Pumpar		0,0004		0,18			
Vatten			266	0,92			
Avlopp			176	1,83			
Juice råvara			10	30,00			
Total				32,93			

Disk Lut 9500/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
101	Försköljning	600	1585	Ijumvatten ca 25 °C		1585	Ej uppvärmning eller nytt vatten, detta tas från bassäng med återvunnet spillvatten
150	Flippsekvens	80	210			210	
101	Lut	1500		85 °C			
150	Flippsekvens	80					
101	Kallvatten sköljning	900	2375	Kallvatten	2375	1625	
150	Flippsekvens	80	210		210	210	
101	Dränage	60				50	
	Uppvärmningstid	360					
Total tid för process (h)		1,02					
Omloppsvolym (l)		830	Tidigare 1280 liter				
10 % svinn (l)		83					
2% lut i svinn (l)		1,66					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
Ånga		0,0245		12,35			
Pumpar		0,0086		4,05			
Vatten			2585	8,92			
Avlopp			3680	38,27			
Lut			1,66	10,55			
Total				74,14			

Disk Syra 9500/h							
Steg	Funktion	Tid (sek)	Volym (l)	Övrigt	Vatten (l)	Avlopp (l)	Kommentar
101	Försköljning	600	1585	Ijumvatten ca 25 °C		1585	Ej uppvärmning eller nytt vatten, detta tas från bassäng med återvunnet spillvatten
150	Flippsekvens	80	210			210	
101	Syra	1200		65 °C			
150	Flippsekvens	80					
101	Kallvatten sköljning	900	2375	Kallvatten	2375	1625	
150	Flippsekvens	80	210		210	210	
101	Dränage	60				50	
	Uppvärmningstid	360					
Total tid för process (h)		0,93					
Omloppsvolym 1,2% (l)		830,00					
Syra 100% i omlopp (l)		9,96					
Svinn syra 100% (l)		1,00					
Svinn syralösning 53% (l)		1,88					
		MWh	Liter	Kostnad (kr)			
Ånga		0,0245		12,35			
Pumpar		0,0079		3,72			
Vatten			2585	8,92			
Avlopp			3680	38,27			
Syralösning 0,53%			1,88	4,02			
Total				67,28			

De övriga processerna är i huvudsak överrensstämmande för värme och kallpastörisering. Den skillnad som förekommer är att omloppsvolymen för kallpastöriseringsanläggningen är mindre. Detta medför att pumpar med mindre effekt kan användas. Dessutom kommer mindre mängder vatten att krävas och svinnet på lut och syra blir också lägre.

Bilaga 4: Referenser till data

Indata värmepastörisering

Produktion

Effekt för uppvärmning och kyla enligt bilaga 1. Effekt på pumpar, Linda Olander, 2008-02-11.

Övriga Processer

Kostnader per process enligt beräkningar i bilaga 2.

Omräkning till kr/dygn har skett enligt följande:

Sterilisering, Disk Lut och Tomgång sker en gång per dygn.

Uppstart och Tömning sker i före och efter varje batch tre gånger per dygn.

Disk Syra sker en av sex produktionsdagar.

Paul Jönsson, 2008-02-22.

Anläggning och Underhåll

Roland Nilsson, 2008-02-06.

Energikostnad och Volym

Ånga, Elektricitet och Volym/dag, Roland Nilsson, 2008-02-06.

Kostnader för isvatten beräknas som en tredjedel av elenergikostnaden då effektandelen på kompressorerna är 1/3, Peter Pedersen E.ON, 2008-03-11.

Volym/timme, Magnus Mattisson, 2008-02-06.

Volym/dag beräknat som årsvolym med 50 veckor och 6 produktionsdagar per vecka, vilket motsvarar 58 667 liter/dag Magnus Mattisson, 2008-02-06.

Utnyttjandegrad för pumpar, Stig Stenström, 2008-03-28.

Kostnader värmepastörisering

Produktion

Kostnaderna beräknade som energianvändningen för pumpar och ozonutrustning multiplicerat med pris per MWh

Övriga processer

Kostnaden per liter är beräknad som kostnaden per dygn dividerat med 58 667 liter

Anläggning och Underhåll

Årlig kapitalkostnad är beräknad som en årlig annuitet på 12 år med 7% ränta.

Total

Sammanslagning av Produktion, Övriga Processer och Anläggning och Underhåll.

Övriga Processer värmepastörisering

Indata

Kostnader för Ånga, Elektricitet, Vatten och Avlopp, Roland Nilsson 2008-02-06.

Kostnader för isvatten beräknas som en tredjedel av elenergi-kostnaden då effektandelen på kompressorerna är 1/3, Peter Pedersen E.ON, 2008-03-11.

Produkt och Effekt Pumpar, Magnus Mattisson 2008-02-06.

Lut och Salpetersyra, Glenn Johnsson, 2008-02-18.

Vatten cirkulation

Tid för produktion är beräknad som dygnsproduktion dividerat med antal liter per timme. Tid för vattencirkulation är beräknat som den tid på ett dygn som inte tas upp av produktion eller övriga processer. Paul Jönsson, 2008-02-22

Sterilisering

Energiåtgång för värme och kyla, se bilaga 3. Övriga uppgifter, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Uppstart produktion

Alla uppgifter, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Tömning

Alla uppgifter, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Disk Lut

Steg i process och tid för process, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Omloppsvolym, Behov av ånga och Lutsvinn, Glenn Johnsson, 2008-02-18.

Disk Syra

Steg i process och tid för process, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Omloppsvolym, Behov av ånga och Syraspill, antaget av författarna att detta överrensstämmer med lutdiskning.

Indata kallpastörisering

Produktion

Effekt för pumpar och ozonutrustning, David Hellborg, 2008-03-20.

Övriga Processer

Kostnader per process kommer från beräkningar i bilaga 3.

Omräkning till kr/dygn har skett enligt följande:

Sterilisering, Disk Lut och Tomgång sker en gång per dygn.

Uppstart och Tömning sker före och efter varje batch tre gånger per dygn.

Disk Syra sker en av sex produktionsdagar.

Paul Jönsson, 2008-02-22.

Anläggning och Underhåll

Investering, Livslängd, Servicekostnad och Utbytesdelar, Johan Sjöholm, 2008-03-28.

Kalkylränta, Roland Nilsson, 2008-02-06.

Energikostnad och Volym

Kostnad för elenergi och Volym/dag, Roland Nilsson, 2008-02-06.

Kostnader för isvatten beräknas som en tredjedel av elenergikostnaden då effektandelen på kompressorerna är 1/3, Peter Pedersen E.ON, 2008-03-11.

Volym/timme, David Hellborg, 2008-01-21.

Volym/dag beräknat som årsvolym med 50 veckor och 6 produktionsdagar per vecka, Magnus Mattisson, 2008-02-06.

Utnyttjandegrad för pumpar, Stig Stenström, 2008-03-28.

Kostnader kallpastörisering

Produktion

Kostnaderna beräknade som energianvändningen för pumpar och ozonutrustning multiplicerat med pris per MWh

Övriga processer

Kostnaden per liter är beräknad som kostnaden per dygn dividerat med 58 667 liter.

Anläggning och Underhåll

Årlig kapitalkostnad är beräknad som en årlig annuitet på 12 år med 7% ränta.

Total

Sammanslagning av Produktion, Övriga Processer och Anläggning och Underhåll.

Övriga Processer kallpastörisering

Indata

Kostnader för Ånga, Elenergi, Vatten och Avlopp, Roland Nilsson 2008-02-06.

Kostnader för isvatten beräknas som en tredjedel av elenergikostnaden då effektandelen på kompressorerna är 1/3, Peter Pedersen E.ON, 2008-03-11.

Produktkostnad och Effekt Pumpar, Magnus Mattisson, 2008-02-06.

Lut och Salpetersyra, Glenn Johnsson, 2008-02-18.

Vatten cirkulation

Tid för produktion är beräknad som dygnsproduktion dividerat med antal liter per timme. Tid för vattencirkulation är beräknat som den tid på ett dygn som inte tas upp av produktion eller övriga processer. Paul Jönsson, 2008-02-22.

Sterilisering.

Ozonkoncentrationer samt tidsåtgång, David Hellborg, 2008-04-11.

Uppstart produktion

Grunduppgifter, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Vatten- och Avloppskostnader antas bli lägre på grund av mindre omloppsvolym.

Tömning

Grunduppgifter, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Vatten- och Avloppskostnader antas bli lägre på grund av mindre omloppsvolym.

Disk Lut

Steg i process och tid för process, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Behov av ånga och Spill av lut, Glenn Johnsson, 2008-02-18.

Omloppsvolym, David Hellborg, 2008-03-20.

Disk Syra

Steg i process och tid för process, Paul Jönsson, 2008-02-22.

Omloppsvolym, David Hellborg, 2008-03-20.

Behov av ånga och Syraspill, antaget av författarna att detta överrensstämmer med lutdiskning.