

Optimerad Talloljeproduktion II

Anders Nordenö

Optimerad Talloljeproduktion II

Optimized Tall Oil Production II

Anders Nordenö, Pöyry Forest Industry AB

S5-633

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
November 2008
ISSN 1653-1248

Abstract

Studien har omfattat litteraturstudie, insamlande av processdata och provtagningar på sex svenska massabruk. De parametrar som tidigare ansetts påverka talloljeutbytet har till stor del belagts, fastän sambanden varit svaga. Beträffande såphanteringssystem så är systemen likvärdiga i funktion trots olika utformningar, likaså tycks typ av talloljekokeri ha mindre inverkan.

Sammanfattning

Denna studie ingår som en del i Värmeforsks Skogsindustriella program, som syftar till att effektivisera, ur energi och kostnadssynpunkt, nyttiggörandet av lutar, biobränslen och processinterna biobränslen med hänsyn tagen till miljöpåverkan.

I en tidigare rapport från Värmeforsk [4], konstateras att det finns en potentiell produktionsökning på 30 000 ton tallolja per år i Sverige. Denna studie syftar till att tydligare klarlägga de påverkansfaktorer som finns för att sedan enklare kunna analysera de förbättringar som kan göras ute i anläggningarna.

Studien består av en kortare litteraturgenomgång, en sammanfattning av teknikläget utomlands samt datainsamling och provtagning från ett antal svenska bruk. Utifrån dessa data har sedan försök till korreleringar gjorts. Även rådata från tidigare studier [16] har utnyttjats.

Följande slutsatser har kunnat dras:

- Alla bruk i Sverige uppfyller minimikravet på 4 timmars uppehållstid och under 3,6 m/h i stighastighet i blandlutcisternen.
- Trots olika system på in- och utlopp på lutcisterner, ser det inte ut som något system är klart bättre än något annat.
- Hög andel fukt i flis till koket ger högre talloljeutbyte. Detta kan vara en effekt av årstidsvariationerna av extraktivämnena i veden och/eller av lagringstid.
- En hög andel tallved ger ett högre utbyte beroende på att tallens extraktivämnehalt och sammansättning.
- Rätt torrhalt i blandluten är viktigt för talloljeutbytet. Ett av de undersökta bruken har alltför låg torrhalt i blandluten.
- Rätt densitet på spjälkvätskan är viktig för att avskiljningen i talloljekokeriet ska fungera. Ett av de undersökta bruken hade mycket låg densitet.
- Enligt provtagningar i denna och tidigare studier[4], är den lägsta nivå på såphalt till sodapannan som bruken når ner till 2,2 g TO/kg TS. Detta är något högre än de 1,6 g TO/kg TS som rapporterades i samband med SSVL:s rapport [1].
- Talloljeförlusterna i talloljekokeriet verkar ligga mellan 4% till 7%, med mycket liten skillnad mellan de olika typerna av talloljekokerier.
- Såpavskiljningsgraden för de två bruk som kunde beräknas, låg 1% respektive 12% under den maximalt möjliga, om man använder sig av miniminivån på 2,2 g TO/kg TS i brännluten.

Sambanden mellan processparametrar och talloljeutbyte är svaga. Med hjälp av ett större antal provtagningar under längre period och från fler bruk skulle antagligen mer tydliga samband återfinnas. För fortsatt arbete rekommenderas dock en enklare utredning baserad på en fördjupad jämförelse mellan de bruk som har högst respektive med lägst talloljehalt i brännlut.

Nyckelord: Tallolja, talloljeutbyte, talloljekokeri, såpa, såpavskiljningsgrad

Executive Summary

This report is a part of the ”Skogsindustriella programmet” within Värmeforsk, which aims to improve the use of biofuels, with regards to cost and environmental impact.

In a previous report from Värmeforsk [4], it was found that there is potential for an increase of tall oil production in Sweden of 30 000 tons per year. This report aims to better clarify the factors that affect the tall oil output levels, to make it easier and to make improvements in the mills.

The report consists of a shorter literature study, a summary of the technical status abroad, data collection and samples from a number of Swedish mills. From this data tests have been done to find correlations. Data from earlier studies [16] has also been used.

The following conclusions have been found:

- All mills in Sweden are fulfilling the minimum of 4 hours retention and 3.6 m/h in rising rate in the mixed liquor tank.
- Despite different systems on the inlets and outlets of the liquor tanks, it does not seem that any system is better than another.
- High amounts of moisture in wood chips give higher tall oil yields. This could be an effect of the seasonal variation of extractives in the wood or it could be an effect of storage of wood and chips.
- A high amount of pine in softwood gives a higher yield depending on the high amount of extractives in the pine.
- Correct dry substance for the mixed liquor is important for the tall oil yield. One of the tested mills had too low dry substance.
- Correct density in the tall oil plant is important for the tall oil yield. One of the tested mills had too low a density.
- According to samples in this and previous [4] studies, is the lowest level of soap going to the recovery boiler is 2.2 g tall oil/kg DS. This is somewhat higher than the 1.6 g tall oil/kg DS that was reported by SSVL [1].
- The loss of tall oil in the tall oil plants seems to vary between 4-7%, with very small differences between the different types of equipments.
- Soap skimming efficiency for the two mills that could be calculated was 1% and 12% under the maximum when using the 2.2 g tall oil/kg Ds as the minimum amount in the liquor going to recovery boiler.

The correlations between the process parameters are weak. By using more samples and data over longer time periods and from more mills one would probably get stronger correlations. For future studies we recommend that a deeper investigation focusing only on those mills that have the highest and lowest losses of soap in the liquor going to the recovery boiler.

Keywords: Tall oil, tall oil yield, tall oil plant, soap, soap skimming efficiency

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	3
1.1	BAKGRUND	3
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSSOMRÅDET	3
1.3	DEFINITIONER OCH BEGREPP	3
2	TEORI KRING SÅPA OCH TALLOLJA	4
2.1	HISTORIA.....	4
2.2	EXTRAKTIVÄMNEN	4
2.3	SÅPA	5
2.4	TALLOLJA	5
2.5	PRODUKTER FRÅN TALLOLJA.....	6
2.6	VARFÖR AVSKILJA SÅPA I PROCESSEN?.....	6
3	PROCESSPARAMETRAR FÖR SÅPA OCH TALLOLJA	8
3.1	VED OCH VEDHANTERING	8
3.2	MASSAKOKNING	13
3.3	INDUNSTNING OCH SÅPAVSKILJNING	13
3.4	EXTRAKTIVÄMNEN I SLUTPRODUKTEN	17
3.5	FÖRLUSTKÄLLOR I SAMMANFATTNING	18
4	SÅPAVSKILJNING	18
4.1	SÅPAVSKILJNINGSPUNKTER.....	18
4.2	UPPEHÅLLSTID OCH STIGHASTIGHET	19
4.3	IN- OCH UTMATNING AV LUT TILL CISTERN	21
4.4	AVSÅPNING AV TANKAR.....	23
4.5	AVSÅPNINGSINTERVALL OCH SÅPSKIKT.....	23
4.6	MÄTMETODER FÖR SÅPSKIKT.....	23
4.7	SÅPSYSTEM EFTER AVSKILJNING.....	24
4.8	TILLSATSER FÖR FÖRBÄTTRAD SÅPAVSKILJNING.....	25
4.9	SAMMANFATTNING	25
5	TALLOLJEKOKNING	26
5.1	PROCESS TALLOLJEKOKNING	26
5.2	TALLOLJEKOKUTRUSTNING.....	28
6	INTERNATIONELLA OBSERVATIONER KRING SÅPA OCH TALLOLJA	32
6.1	SÅPAVSKILJNINGSSYSTEM I NORDAMERIKA	32
6.2	TALLOLJEANLÄGGNINGAR I NORDAMERIKA.....	34
6.3	TALLOLJEANLÄGGNINGAR I RYSSLAND.....	35
6.4	TALLOLJEANLÄGGNINGAR I SYDAMERIKA	35
6.5	TALLOLJEANLÄGGNINGAR I KINA	35
6.6	TALLOLJEANLÄGGNINGAR I TYSKLAND.....	35
7	INSAMLADE DATA FRÅN DELTAGANDE FABRIKER	36
7.1	INSAMLADE DATA – OMGÅNG 1.....	36
7.2	RESULTAT – OMGÅNG 1	36
7.3	INSAMLADE DATA – OMGÅNG 2.....	37
7.4	RESULTAT - OMGÅNG 2	38
8	ANALYSER OCH BALANSER	42
8.1	PROVTAGNING OCH BERÄKNINGAR.....	42
8.2	RESULTAT	42
8.3	SLUTSATSER PÅ ANALYSER OCH BALANSER	44

9	SLUTSATSER	45
10	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSARBETE	46
11	REFERENSER	47
	11.1 LITTERATUR REFERENSER.....	47
	11.2 ÖVRIGA REFERENSER.....	47

Bilagor

- A ANALYS AV SÅPA**
- B DATA KRING HDS-ANLÄGGNINGAR I SVERIGE**
- C DATA KRING HDS-ANLÄGGNINGAR I FINLAND**
- D TALLOLJEBALANSER, VÅREN 2008**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport ingår som en del i Värmeforsks Skogsindustriella program, vilket avser att öka den svenska skogsindustrins konkurrenskraft genom att göra det möjligt för industrin att fortsätta ett effektivt energi- och miljöarbete. Programmet syftar till att effektivisera, ur energi och kostnadssynpunkt, nyttiggörandet av lutar, biobränslen och processinterna biobränslen med hänsyn tagen till miljöpåverkan.

Flera av landets sulfatfabriker har i dag en låg effektivitet i sina såpavskiljningssystem och talloljekokerier, vilket medför att värdefull tallolja i stället för att förädlas bränns i sodapannan som såpa. Totalt produceras vid de svenska fabrikerna en volym på ca 260 000 ton tallolja/år och med ett medel på 150 i syratat¹ [16].

I en tidigare rapport från Värmeforsk [4], konstateras att det finns en potentiell produktionsökning på 30 000 ton tallolja per år i Sverige. Denna rapport är tänkt att tydligare klarlägga de påverkansfaktorer som finns för att sedan enklare kunna analysera de förbättringar som kan göras ute i anläggningarna.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Såpa, tallolja och talloljebeck har på senare tid blivit mycket intressanta biprodukter i de svenska massabruken. De kan inte bara ersätta fossil olja, utan kan också vara ett bra råmaterial för att framställa biodiesel. Den tidigare användningen som kemikalier till färg- och lackindustri kvarstår också som användningsområde för raffinerad tallolja. Då erhålls även ett talloljebeck som kan gå i retur till massabruken för att användas som bränsle.

Studier inom området har skett i såväl Sverige, Finland och Nordamerika. Dock har intensiteten i forskningen inte varit så stor förrän nu på senare år, då framförallt i Sverige och Finland.

1.3 Definitioner och begrepp

Nedan följer några definitioner som följer den föregående Värmeforsk rapporten [4], med vissa kompletteringar.

- Air dry tonnes (adt) – Ett mått på produktion av pappersmassa med 90% torrhalt
- Söpavskiljningsgrad (SAG) – Ett mått på hur effektivt den inkommande mängden såpa blir avskild ur luten (%). Värdet beror förutom på utrustningen även på lösligheten på såpan.
- Talloljeförlust (TF) – Ett mått på mängd tallolja i spjälkvätska i förhållande till inkommande mängd tallolja (som såpa) till talloljekokeriet (%)
- Talloljeutbyte (TU) – Ett mått på producerad tallolja per ton pappersmassa (kg tallolja/adt).

¹ Syratalet anger hur mycket fria syror som talloljan innehåller.

2 TEORI KRING SÅPA OCH TALLOLJA

2.1 Historia

I massaindustrins historia har närvaron av såpa i processen varit ett ständigt bekymmer. Såpan orsakar skumningar i tvätt, sileri och indunstning samt ger en ojämn förbränning i sodapannan. Det grubblades tidigt över möjligheten att göra denna besvärliga substans i svartluten till en användbar produkt. När såpan rann över cisterner och ut på golvet, så var det enklast att spola det i avlopp eller kanske blanda med spån eller något annat brännbart, för att sedan elda i dåtidens smältugnar. Redan då var man dock på det klara med att det rörde sig om såpa och att den kunde användas för enklare rengöringsändamål. Det har sagts att under första världskriget var tallsåpan eller messåpan, som den också kallades, ett populärt bytesmedel för sulfatarbetare när det gällde att skaffa begärliga livsmedel från landsbygden.

De som tillhörde pionjärerna för talloljeframställning var ingenjörerna E Larsson, Skutskär, Alfons Hellström, Kotka och Hilding Bergström, Kolningslaboratoriet, i början av 1900-talet. Redan på Baltiska utställningen 1914 fanns tvål, fett- och hartssyror som produkter från tallolja. Den tyska kemiindustrin var tidigt en stor köpare av tallolja från Sverige och Finland. I USA vaknade intresset för tallolja mycket senare, framförallt i samband med andra världskriget.

Vid en jämförelse med SSVL:s rapport från 1972, så rapporterades ett talloljeutbyte på 24,5 kg TO/adt, efter att 1947 ha haft 31,9 kg TO/adt. För denna och förra Värmeforsk rapportens insamlade data så är talloljeutbytet 32,4 kg TO/adt för 22 svenska fabriker. Sulfatmassaproduktionen i Sverige var då, 1971, 4,3 miljoner adt/år, jämfört med dagens nivå på 8,0 miljoner adt/år. Vi har alltså ökat talloljeutbytet sedan 1972, men befinner oss på ungefär samma nivå som 1947. Dessa jämförande siffror är dock utan hänsyn till:

- utbytet på veden, framförallt andelen blekt massa
- andelen lövved
- tekniknivån på utrustning
- lagringstiden på virke och flis

2.2 Extraktivämnen

I veden som används vid pappersmassaframställning finns förutom fibrer och lignin även extraktivämnen, främst fettsyror och hartssyror. Extraktivämnena finns i måttliga mängder i mittlamellen mellan de flesta celler och i stora mängder i märkestrålarna och andra parenkymceller. I barrträd finns de även i hartskanalerna och i lövträd i kärldcellernas skiljevägg.

Tall har den överlägsta största mängden extraktivämnen och även om björk (lövved) har en relativt hög halt extraktivämnen, så innehåller björken en stor del oförtvålbare extraktivämnen, vilket gör att mängden möjlig tallolja att bilda är begränsad för björk. Björken innehåller mest neutrala substanser (fetter, glycerol och oförtvålbart) och en

liten andel fria fettsyror. Det är viktigt få bort extraktivämnena och harts ur barr- och lövmassa, då de annars ger kvalitetsproblem för pappersmakaren. För effektiv avhartsning på lövmassa satsas normalt en viss mängd tallolja eller såpa för detta i lövsulfatmassakoket.

2.3 Såpa

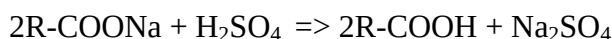
I sulfatmassakoket bildar de fria syrorna tvålar vid kontakt med alkali, där dessa tvålar då blir lösta i svartluten. Anjonerna av dessa salter är amifila i sin uppbyggnad, vilket innebär att de är både vatten- och oljelösliga, och dessutom att de vid förhöjd koncentration i lösningen associeras och bildar miceller, dvs. grupper av anjoner. Dessa alkaliskalter av organiska syror kallas såpa, och kan och bör avskiljas i sulfatprocessen i indunstningens tankar i samband med buffertlagring av lut. Såpan, som har en lägre densitet än omgivande lut, flyter upp till ytan i tankarna. Olika sätt att avskilja såpa sker sedan för vidare transport och behandling, se vidare avsnitt 4. Det är viktigt att såpan därefter separeras maximalt från medföljande svartluten, som lätt följer med såpan vid avsåpningen.

Såpan i fabrikerna har en torrhalt som varierar från 55% till 65% [10]. Effektiva värmevärdet på 100% såpa är ca 33,1 MJ/kg, enligt en analys från ett av de svenska bruken (bilaga A).

2.4 Tallolja

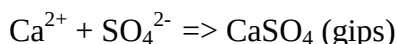
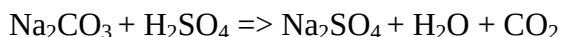
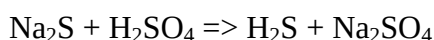
Såpan spjälkas genom surgörning med till exempel svavelsyra eller restsyra (biprodukt från klordioxidtillverkning) vid hög temperatur. Processen kallas talloljekokning och då bildas organiska syror med natriumsulfat som restprodukt. Genom denna process har det skapats råttallolja som är en värdefull biprodukt för sulfatmassabruket. Råttalloljan kan sedan förädlas vidare genom destillation och på så sätt ta fram produkter som kan användas bland annat inom kemiindustrin, se vidare avsnitt 2.5.

För exemplet med svavelsyra som surgörare är reaktionen:



Reaktionen är mest lämplig vid 95-100°C, vilket brukar göras med hjälp av ånga samt vid ett pH på 3-3,5. Det sker också en viss ligninutfällning vid surgörandet, som beror på medföljande svartlut i såpan. Ju bättre separation av svartlut från såpan, desto färre är sidoreaktionerna.

De sidoreaktioner som uppkommer är:



Gips är en icke önskvärd produkt, och skapar därför stora problem där kalciumhalterna i såpan är höga. Även vid lägre kalciumhalter kan gips ställa till med problem och kräva regelbunden tvättning eller tillsatser av kemikalier för att minimera bildandet av gips.

För varje ton såpa, så kan ca 0,45-0,55 ton tallolja utvinnas i fabriken. Syratalet är ett mått på talloljans kvalitet. Ett syratall på 160 på en barrvedstallolja, anses som en bra tallolja ur kvalitetssynpunkt och det effektiva värmevärdet på talloljan är 37,7 MJ/kg [12], men kan säkert variera beroende på sammansättningen av talloljan.

2.5 Produkter från tallolja

Tallolja kan destilleras i en destillationsanläggning. Den enda destillationsanläggningen som finns för närvarande i Sverige ligger i Sandarne och ägs av Arizona Chemical. Anläggningen har en kapacitet på 190 000 ton tallolja per år, vilket motsvarar en tredjedel av den europeiska förädlingen av tallolja [19].

I fabriken i Sandarne destilleras talloljan i flera steg och anläggningen erhåller:

- Fettsyror
- Hartssyror
- Destillerad tallolja
- Talloljebeck

Fettsyrorna kan sedan användas till:

- Bränsleadditiv
- Bindemedel i färger
- Specialkemikalier i pappersindustrin
- Polyamidhartser i lim
- Ytaktiva medel i tvättmedel
- Basoljor i smörjmedelsindustrin
- Rengöringsmedel (såpa)

Hartssyror kan sedan användas till:

- Klubbgivare till tejp och smältlim
- Bindemedel i tryck- och vägmarkeringsfärg
- Papperslim i skriv- och tryckpapper
- Emulgeringsmedel för tillverkning av syntetiskt gummi

Destillerad tallolja används till:

- Alkyder (bindemedel för färger)
- Tillsatsmedel till betong (för att minska vattenupptagningen)
- Kylning och smörjning vid metallbearbetning

Talloljebecket används som bränsle till mesaugn, sodapanna och fastbränslepannan på massabruken.

2.6 Varför avskilja såpa i processen?

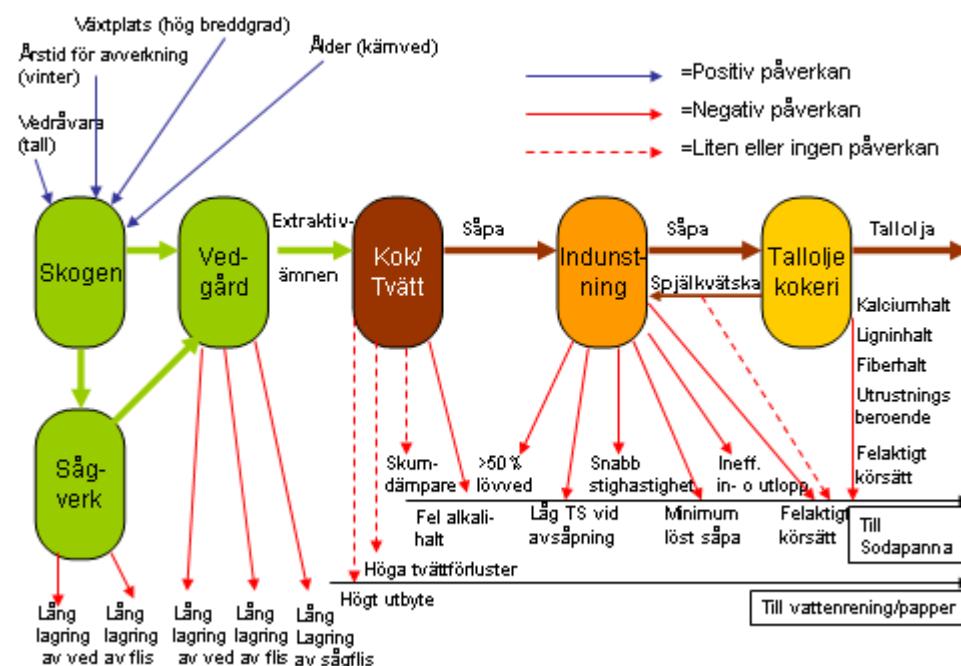
Orsaken till att avskilja såpa från svartluten är att såpan annars orsakar skumningar i processen och lutöverbärningar i kondensat. Skumningar ger driftsproblem och lutöverbärningar medför en förhöjd COD belastning på externreningen. En varierande mängd såpa till sodapannan innebar också en svårare styrd panna samt även att beläggningsrisken i pannan ökar. Det är därför gynnsamt om man kan avskilja såpan ur svartluten så effektivt som möjligt.

Talloljan, som sedan produceras av såpan, kan idag även nyttjas som bränsle internt inom sulfatmassafabriken. Idag nyttjas många gånger fossil olja till mesaugnarna, där talloljan kan ersätta denna oljemängd som ett biobränsle. Det går även att elda mesaugnen, sodapannan och kraftvärmepannor med talloljebeck, som är en biprodukt vid talloljedestillering, som ibland levereras i retur från köparen av talloljan.

Idag har även ytterligare ett nyttjande tillkommit för talloljan. Talloljan kan nyttjas som biodiesel, som är ett förnyelsebart drivmedel för fordonsindustrin. Denna biodiesel kan då ersätta fossilt baserad diesel. Det finns för närvarande ett sådant projekt på gång i norra Sverige, där talloljan ska raffineras till råtalldiesel. Företaget heter Sunpine och ägs av Preem, Södra, Sveaskog och Kiram. Byggstarten skedde den 12 september 2008 i Piteå och anläggningen kommer att ha en kapacitet att producera 100 000 m³ råtalldiesel per år. Råtalldieseln kommer sedan att upparbetas vid Preems raffinaderi i Göteborg till färdig diesel.

3 PROCESSPARAMETRAR FÖR SÅPA OCH TALLOLJA

I följande avsnitt beskrivs de parametrar som kan påverka mängden extraktivämnen som kommer in med veden samt även processerna i fabriken som påverkar möjligheten att omvandla dessa extraktivämnen till tallolja. Figur 3.1 är tänkt att illustrera dessa påverkansfaktorer.



Figur 3.1 Såpa och talloljesystemet - påverkansfaktorer

3.1 Ved och vedhantering

Mängden tallolja som kan utvinnas beror på vedslag, växtplats (breddgrad), ålder på veden och avverkningens säsong, enligt SSVL:s rapport från 1972 [1]. Lång lagringstid av ved och flis medför att extraktivämneshalten sjunker och därmed också den möjliga talloljemängden. I följande avsnitt redovisas detta mer i detalj.

3.1.1 Vedslag

Mängden extraktivämnen varierar i de olika trädslagen. Största skillnaden i mängd finns mellan tall och gran. Sammansättningen av extraktivämnen skiljer sig sedan stort mellan barr- och lövträd. Det är också skillnader mellan var i världen som trädet vuxit, fastän trädslagen kan vara tämligen lika.

Tabell 3.1 Mängd extraktivämnen och innehåll i olika vedslag [1]

Vedråvara	Extraktiv- ämnen (% av torr ved)	Hartssyror (%)	Fettsyror (%)	Oförtvåbara ämnen (%)
Tall	3-5	50	43	7
Gran	0,5-1,5	30	55	15
Björk	Ca 3	0	66	33

Hartssyror och fria fettsyror förtvålas fullständigt i sulfatkoket, medan däremot förtvålning av vax och esterfierade fettsyror bara når till 20-25%. Den låga talloljemängden från lövmassa kan förklaras av detta förhållande och att lövveden inte innehåller några hartssyror.

Följande analyser har funnits vid olika provtagningar av tallolja i massafabriker. Vilken typ av barrved och lövved som ingått i undersökningarna, framgår ej. Den finska barrveden är till huvudsak tall och gran och den finska lövveden till huvudsak björk.

Tabell 3.2 Sammansättningen i olika talloljor [2,8,10]

Land	Vedsort	Hartssyror (%)	Fettsyror (%)	Neutrala ämnen (%)
Finland	Barrved	38	47-55	7-15
Kanada	Barrved	25	39-46	29-36
USA	Barrved	42	47	11
Finland ²	Lövved	17	55	27
Kanada ²	Lövved	11	55	34
USA	Lövved	0	76	24

Vi ser att mängderna hartssyror och neutrala ämnen på barrvedsmassa skiljer sig markant mellan bruk i Finland och Kanada. USA:s värden liknar dock Finland mer än Kanada.

Att hartssyrorna i lövved är större än 0 i talloljan tyder på satsning av barrvedstallolja i koket för att lösa ut neutralämnena i lövveden. Mängden satsad tallolja framgår dock ej i

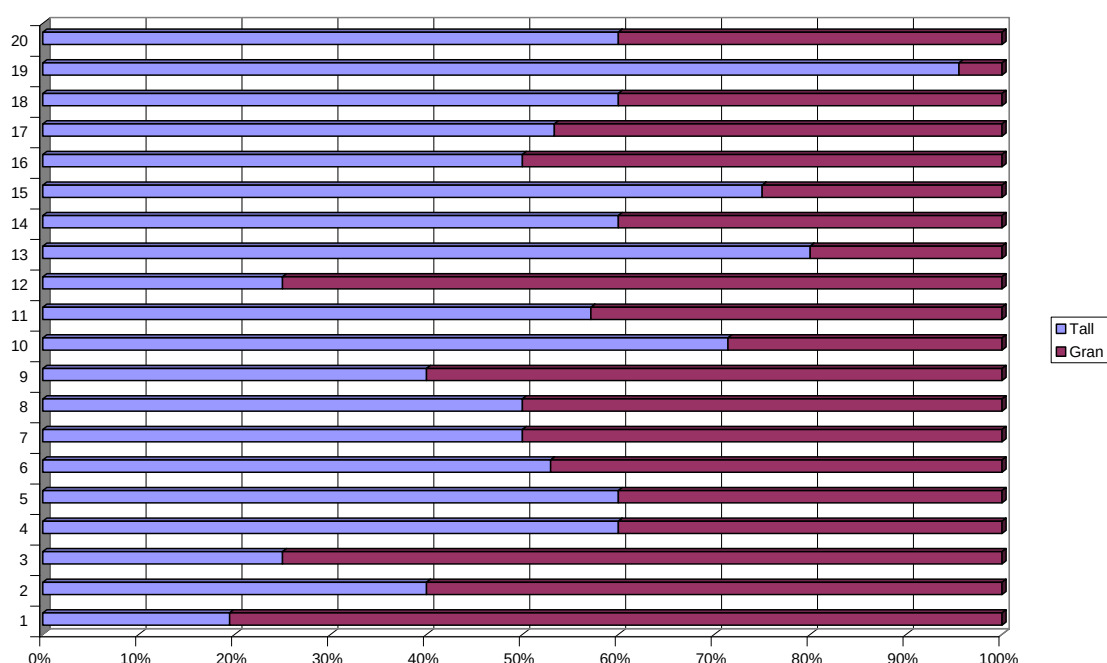
² Dessa talloljor innehåller troligen satsad tallolja för hartsbekämpning

referensmaterialet. I Sverige förekommer satsningar på mellan 25-50 kg TO/adt och från Finland finns rapporter på liknande satsningar på lövvedsmassakokning [18].

3.1.2 Växtplats

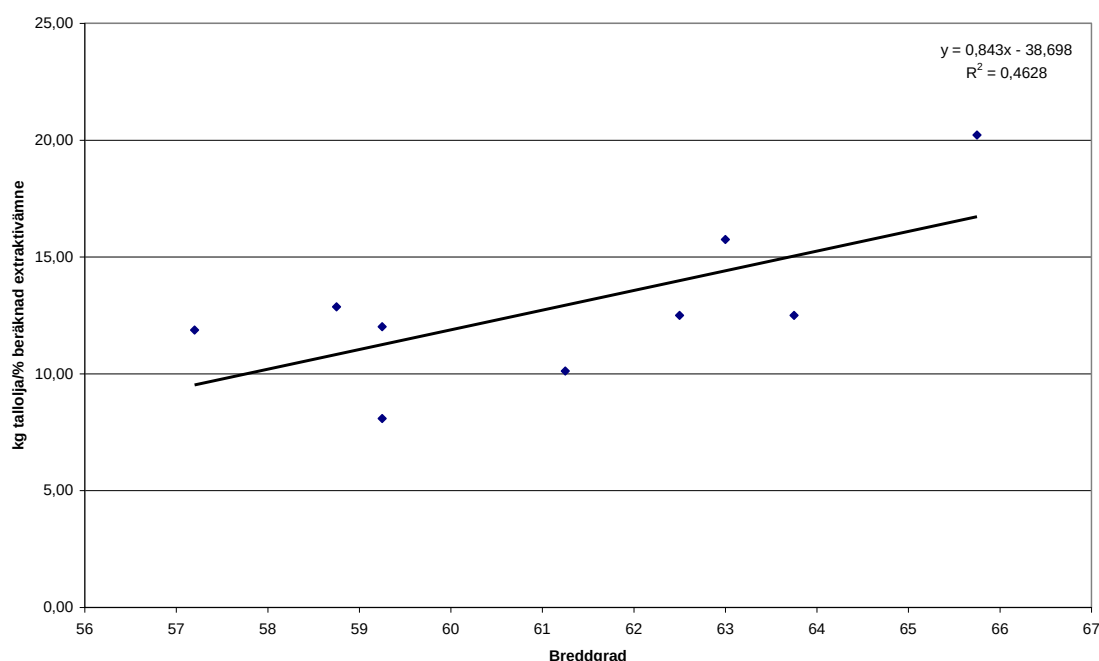
SSVL:s kompendium [1], visar ett klart samband mellan växtplats och talloljeutbytet. I den undersökningen var också hänsyn tagen till vedråvaran. En uppskattning i den undersökningen var att en breddgrad motsvarade ca 5 kg TO/adt i ökad produktion. Enligt en referens från [15], så kommer de högre utbytena från nordliga fabriker tack vare den långsammare tillväxten eller en högre andel kärnved.

Som nedanstående figur visar, där fabrik 1 ligger längst i söder och fabrik 20 längst i norr i Sverige idag, så sker det från söder till norr en gradvis förändring av råvaran mot mer tall i norr [16].



Figur 3.2 Andelen tall och gran i barrvedsmassa från söder (fabrik 1) till norr (fabrik 20), med material från [16].

Ett genomsnitt på tall/gran på fabrikerna blir 55% tall och 45% gran. Om en liknande undersökning, som SSVL gjorde, med talloljeutbytet och breddgrad görs med det insamlade materialet till rapport [4] erhålls nedanstående figur. Sambandet jämförs mellan breddgrad och talloljeutbyte räknat som kg tallolja/% extraktivämnen, där 4% extraktivämnehalt antagits för tall och 0,8% antagits för gran. Detta har gjorts för att eliminera inverkan av tall/gran förhållandet. Endast material från de svenska barrmassafabrikerna har använts i figur 3.3.



Figur 3.3 Talloljeutbyte per beräknad % extraktivämne, med material från [16].

Som figuren visar så tycks det även här vara ett samband mellan breddgrad och talloljeutbyte. Ett försök till korrelation visas i högra hörnet, men spridningen är mycket hög. Det kan bero på den felmarginal som finns i inlämnade veddata samt att utbytet för olika massor skiljer sig åt. Enligt trenden ökar talloljemängden för varje breddgradsökning med 0,8 kg TO/% extraktivämne. För en medelfabrik i Sverige med 55% tall och 45% gran så innebär detta vid 45% utbyte 4,7 kg TO/adt mer för varje ökad breddgrad. Detta överensstämmer i stora drag med den undersökningen som gjordes 1972.

3.1.3 Ålder på veden och avverkningssäsong

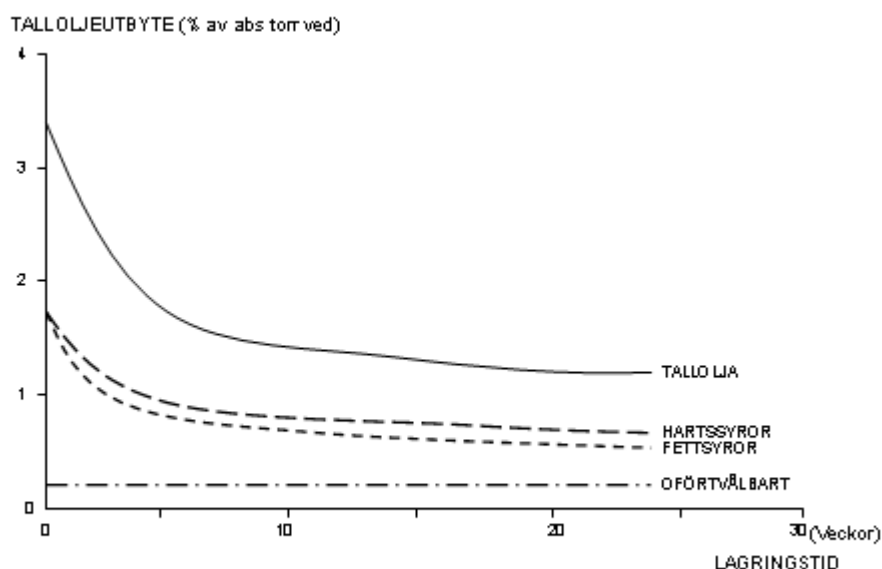
Det finns inte mycket beskrivet om åldern på veden i litteraturen. Däremot har man tidigare konstaterat i en svensk undersökning att extrakthalten är betydligt högre i kärnveden än i splintveden och att hartssyror och fria fettsyror huvudsakligen finns i kärnveden [1]. Detta gör därmed att ålderstrukturen på veden har en stor betydelse för den potentiella mängden tallolja som går att utvinna. Genomsnittsåldern på virket är idag väsentligt lägre än tidigare. Det används dessutom större mängder sågverksflis idag jämfört med tidigare, vilket borde göra att talloljeutbytet blir ytterligare lägre idag. Som beskrivs i avsnitt 2.1 har talloljeutbytet stigit sedan 1972, men ligger på samma nivå som 1947. Det ser därför ut som det finns andra faktorer, som påverkar talloljeutbytet starkt.

Avverkningstiden på året kan påverka talloljeutbytet klart. I [15] refereras från studier som kommit fram till att vinteravverkad tall håller ca 6% extrakthalt, medan

sommaravverkad tallved endast har ca 1,5-2,0% extrakthalt. Motsvarande siffror för granved är ca 1,3% på vintern och ca 0,5% under sommaren.

3.1.4 Lagring av ved och flis

Vid lagring av ved och flis angrips extraktivämnena. De processer som sker i olika omfattning är: fetthydrolys, autooxidation, metabolisk oxidation och mikrobiologiskt angrepp. Det är sedan länge känt att lagring av ved och flis är av ondo för extraktivämnena och den potentiella talloljemängden. Flis påverkas betydligt snabbare och mer omfattande av lagring än rundved.



Figur 3.4 Inverkan på extraktivämnena av lagringstiden av flis [1]

Extraktaltnsminskningen är beroende av flera faktorer som temperatur, fuktighet och syretillgång. Splintveden förändras snabbare än kärnveden, sannolikt för att den är porösare. Tillsats av vissa ämnen, s.k. fungicider, till flisen kan stoppa eller minska nedbrytningen av extraktivämnena [1]. Att rundvedslagringen av virke har en negativ inverkan på talloljeproduktionen har kunnat studeras på senare tid, då "Gudrun och Per ved"³ processats i många svenska massafabriker, med klart försämrade talloljeutbyten, se mer avsnitt 7.4.7.

Ett mått på färskheten på flis och ved skulle kunna vara flistorrhalten, vilket senare delar av rapporten också indikerar.

³ Stormfällt virke som blev resultatet från stormarna "Gudrun" 2005-01-08 samt "Per" 2007-01-14

3.2 Massakokning

Under kokningsprocessen kan mängden såpa som går att avskilja påverkas av:

- Restalkalihalt i koket
- Skumdämparmedel
- Slutkappatal före eventuellt blekeri (utbyte)
- Tvättförluster till blekeriet och/eller till pappersmaskin

Enligt en kanadensisk studie [2] har restalkali i svartluten en stor betydelse för lösligheten på såpan i lut. I svenska och finska studier har detta inte beaktats i någon större omfattning. En finsk studie [3] visar att denna påverkan är av underordnad betydelse. För närmare förklaringar se avsnitt 3.3.2.3.

I litteraturen återfinns relativt lite kring talloljemängdens påverkan av användande av skumdämparmedel, av nivå på kappatal/utbyte och av tvättförluster. Dock har det hittas rester av skumdämpare i såpa i en studie [10]. Hur detta påverkat såpavskiljningen och talloljeutbytet framgår dock inte i rapporten. Vad gäller kappatalets och utbytets påverkan på talloljemängden, så skulle detta i så fall visa sig i höga kvarvarande extrakthalter i pappersmassan. Men då avsnitt 3.4, visar på små mängder extrakt i barmassa, så verkar detta inte ha någon större betydelse. På området kring tvättförlusters innehåll av extraktivämen, finns det bara beskrivet i SSVL:s kompendium om olika tvättutrustningars effektivitet för uttvättning av hartssyror [1]. Det går att anta att dagens effektiva tvättutrustningar gör att mängden förlorad såpa/tallolja den vägen är ytterst liten.

3.3 Indunstning och såpavskiljning

I avdelningarna för indunstning och såphantering så kan utbytet påverkas såväl av processmässiga parametrar, som av utrustningsmässiga parametrar.

*Processmässiga parametrar

- Såppartiklarnas stighastighet i svartluten
- Såpans löslighet i svartlut

*Maskinutrustningsparametrar (se avsnitt 4)

- Uppehållstid i tankar
- Utformning av tankar

3.3.1 Såppartiklarnas stighastighet i svartluten

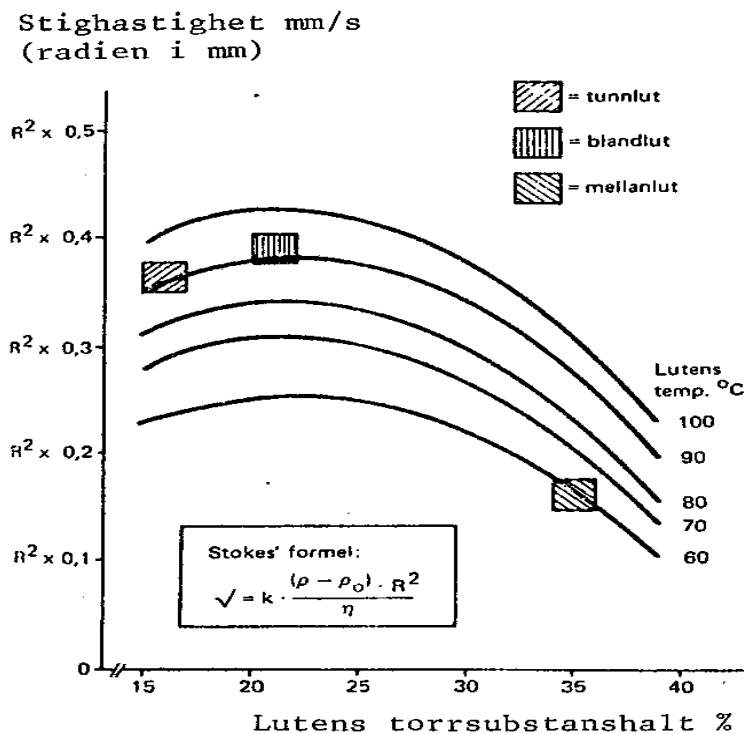
Såppartiklarnas stighastighet kan förväntas följa Stokes lag, vilket innebär att hastigheten är proportionell mot densitetsskillnaden mellan såpa och svartlut, kvadraten på partikelradien och omvänt proportionell mot lösningens viskositet.

$$V = k \cdot \Delta\rho \cdot R^2 / \mu \quad [1]$$

Där

V	Stighastigheten
R	Droppens diameter
$\Delta\rho$	Densitetsskillnaden
μ	Lutens viskositet

Detta visas även i nedanstående figur.



Figur 3.5 Såpans stighastighet i svartlut [1]

Svartluten ska alltså ha en låg viskositet och såppartiklarna ska vara stora för att separationen ska ha en hög hastighet för såpa i lut. Lutens viskositet är en funktion av temperatur, torrsbstanshalt, vedråvara samt förhållandena vid massakoket. I figur 3.5 framgår att vid lika partikelstorlek, så är stighastigheten i blandlut dubbelt så stor som i mellanlut. Detta beror på den högre viskositeten i mellanluten [1].

På molekylnivå är viskositeten bestämd av molekylernas form och storlek. Adams T, [12], visar att viskositeten hos två lutar från olika fabriker med samma temperatur och torrhalt kan skilja med en faktor tio. Detta innebär därmed att stighastigheten kan skilja en faktor tio mellan två lutar med olika ursprung men med samma temperatur och torrhalt.

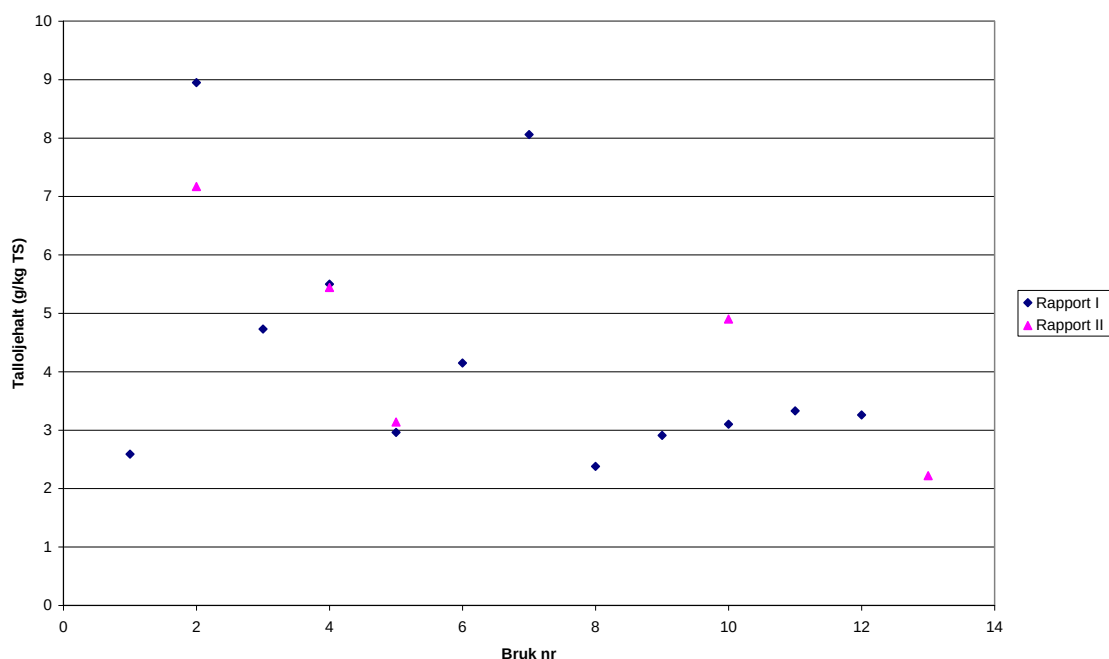
En relativt ny finsk rapport [10] som fotograferat såppartiklar i olika tankar i olika fabriker visar på att såppartiklar och såppagglomerat skiljer sig väldigt mycket åt både mellan tankar och mellan fabriker. Studien konstaterar att mekanismerna vid såpseparering var betydligt mer komplicerad än tidigare antagna. Dessutom så hade studien funnit väldigt små såppartiklar som på grund av sin storlek aldrig hade möjlighet att stiga till toppen av tanken.

3.3.2 Såpans löslighet i svartluten

För att kunna utvinna så stor mängd såpa som möjligt ur svartluten, är det mycket betydelsefullt att man kan få en så låg löslighet som möjligt på såpan i luten. I följande avsnitt beskrivs de faktorer som kan tänkas påverka lösligheten av såpa i svartlut. Dessa

faktorer är torrhalt, temperatur, alkalihalt, lövandel i barmmassasåpa, salthalt, kalciumhalt, terpentinhalt.

Den minsta mängd lösta extraktivämnen som kan uppnås i brännluten uppges i Värmeforsks rapport [4] till 2,0 g TO/kg TS. Detta skulle vid 1,6 TTS/adt innebära ca 3,2 kg TO/adt. I den finska rapporten [3], anges det minimala innehållet i brännluten till 5 kg TO/adt. I SSVL:s rapport [1] var det minimala innehållet i brännluten 1,6 g TO/kg TS, dvs 2,6 kg TO/adt, och medelvärde var 6,4 g TO/kg TS. Från den föregående rapporten från Värmeforsk [4] samt nya analyser i denna rapport så blev den kvarvarande lösta såpan i brännlut, enligt figur 3.6.



Figur 3.6 Talloljehalt i brännlut, med nya analyser (från avsnitt 8) samt analyser från [16]

Den lut med lägst innehåll av såpa, mätt som tallolja, hade 2,2 g TO/kg TS och medelinnehållet var 4,2 g TO/kg TS.

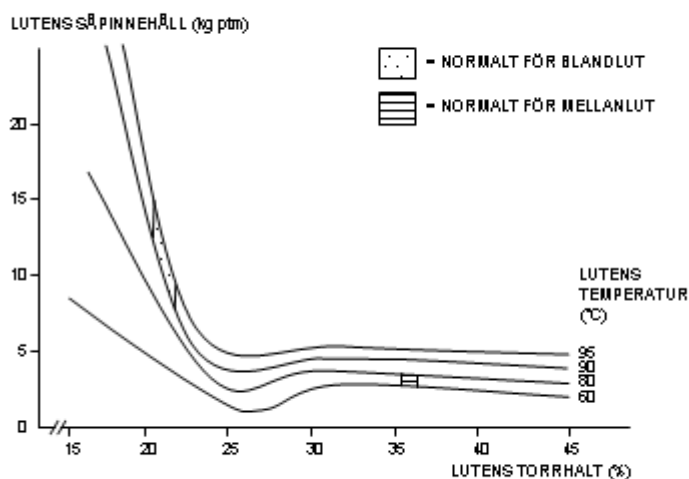
Halten såpa i brännlut beror på inte bara på lösligheten utan också på:

- Förluster i såpavskiljning
- Förluster i talloljekokning (speciellt då spjälkvätska leds direkt till sodapannan)

3.3.2.1 Torrhalt

Effekten av svartlutens torrhalt på såplösligheten har undersökts på flera håll. Enstämiga uppgifter är att lösligheten når ett minimum vid en viss torrhalt, som kan variera kraftigt från fabrik till fabrik. Intervallet verkar ligga runt ca 27% TS [1], men det kan även sträcka sig från 24% TS till 55 % TS [2]. En amerikansk rapport från 1981

visar på ett snävare intervall, som 21-28% i torrhalt på lut från tall i södra USA [13]. Problemet med lösligheten är framförallt inom de lägre torrhalterna. Där kan lösligheten vara mångfalt större än den optimala för avskiljning, vilket gör att det kan vara svårt att utvinna såpan enligt figur 3.7.



Figur 3.7 Såpans löslighet i svartlut [1]

3.3.2.2 Temperatur

Temperatures inverkan på lösligheten gör att en kallare lut har lättare att separera såpan från luten. En sänkning med 25 grader från 95°C kan ge en halvering av lösligheten, figur 3.7. I en labstudie vid ett svenskt bruk [11], så ökade såpavskiljningsgraden med 11% vid 64°C i blandluten jämfört med 88°C. Det är dock ett processmässigt problem att sänka temperaturen i avsåpningen i såväl indunstningen som talloljehanteringen, då värmeekonomin inte tillåter detta. I avsnitt 6.1.1 så redovisas ett såptvättssystem, där temperaturen sänks kraftigt.

3.3.2.3 Alkalihalt

Enligt avsnitt 3.2, finns delade meningar om alkalihaltens betydelse för lösligheten. En kanadensisk studie [2] visar dock att det finns klara samband mellan restalkalihalt och såplöslighet. Det finns dock skillnader mellan barrved och lövved som har olika lägen och därmed minimum på löslighetskurvorna. Barrvedens minimum av löslighet hittades på 12,0 g/l, som NaOH, och för lövved låg minimum på 7,0 g/l, som NaOH. Dessa värden kan dock variera från fabrik till fabrik och det kan även vara svårt att styra processen efter såplöslighetens krav och inte av andra parametrar som styr koknings-

och indunstningsprocessen. Bland annat så kan höga alkalihalter i samband med höga torrhalter på svartluten, >80%, medföra ökade korrosionsrisker i indunstningen.

3.3.2.4 Lövvedsandel i barrmassasåpa

Idag finns många bruk som både kokar lövved och barrved. De flesta blandar sedan lutarna i gemensamma system. Uloth [2] visar på att det kan bli problem med lösligheten av såpa i lut om mängden lövved uppgår till mer än 50% av totala mängden. Vid över 50% inblandning stiger löslighetskurvan brant. Även Lenz [5] och Foran [6] konstaterade att en viss påverkan fanns redan vid 30%-ig inblandning, men där provades inga högre inblandningshalter än dessa. Svenska bruk, som kokar både löv- och barrveds massa, ligger generellt på nivån 20-30% i lövvedsandel. Dock kör något bruk i kampanjer, vilket tidvis ger mycket höga lövvedsandelar i luten.

3.3.2.5 Salthalt, kalciumhalt och terpentinhalt

Tillsats av natriumsulfat visade sig ha en minimal inverkan på lösligheten [2] i koncentrationsintervallet 15-50% TS. Detta var dock inte vad Wilhelmsen [7] rapporterade. Han såg att en tillsats av ca 22 kg Na_2SO_4 /adt vid 35% TS gav ett förbättrat såputbyte med 16%. Detta förklarades med en förändrad löslighet. Senare studier menar dock att tillsats av natriumsulfat kan öka droppstorleken och på så sätt ökar stighastigheten hos såpan istället för att påverka lösligheten.

Tillsats av CaCl_2 gjordes även [2] för att se om detta kan påverka lösligheten av såpa i svartlut. Upp till 300 mg Ca/kg TS tillsattes utan att det påverkade lösligheten. Kalcium har dock en stor inverkan på talloljeseparereringen i och med bildandet av gips i samband med detta.

Terpentinhalt i talloljan har likaså studerats, [3], utan att det gick att se att den hade någon inverkan på talloljeutbytet.

3.4 Extraktivämnena i slutprodukten

De extraktivämnena som inte förloras i vedhantering eller till sodapannan för förbränning hamnar i slutprodukten. En viss mängd hamnar också i blekeriavloppen.

Uppgifter från STFI [17] och två referensbruk pekar på följande acetonlösliga extraktämneshalter:

- Oblekt barrvedssulfatmassa	0,10%
- Blekt barrvedssulfatmassa	0,03%
- Oblekt lövvedssulfatmassa	0,50%
- Blekt lövvedssulfatmassa	0,24%

Om alla extraktivämnena i massan skulle kunna omvandlas till tallolja, så skulle detta innebära att 0,1% motsvarande 1 kg TO/adt förloras. Detta är dock inte fallet då det även kan finnas med ämnena i denna analys som inte går att omvandla till tallolja.

3.5 Förlustkällor i sammanfattning

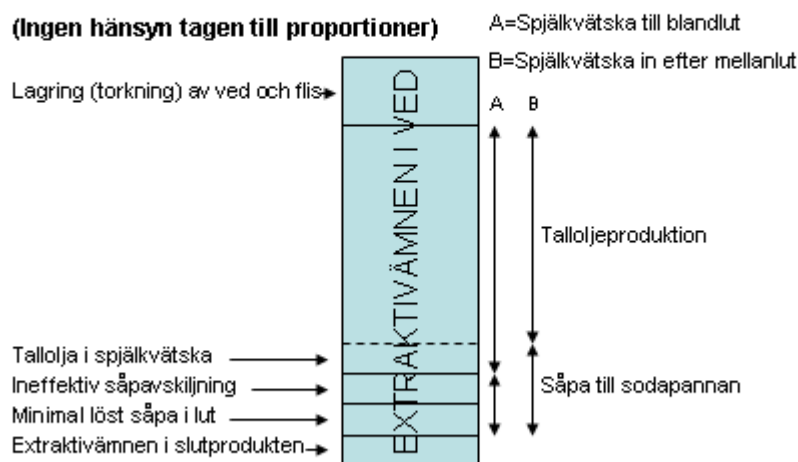
För att öka producerad mängd tallolja krävs en identifikation av de förlustkällor som finns för extraktivämnena. De förlustkällor som finns för dessa ämnen och som påverkar talloljeproduktionen är:

- Förluster i ved och flishantering
- Förluster i såpavskiljning
- Förluster i talloljekokning, då spjälkvätska körs in efter bland- och mellanluttankar
- Förluster till slutprodukten pappersmassa eller papper

Figur 3.8 är tänkt att illustrera fördelningen av förluster utan att göra anspråk på att proportionerna stämmer.

FÖRLUSTKÄLLOR

(Ingen hänsyn tagen till proportioner)



Figur 3.8 Förlustkällor för extraktivämnena

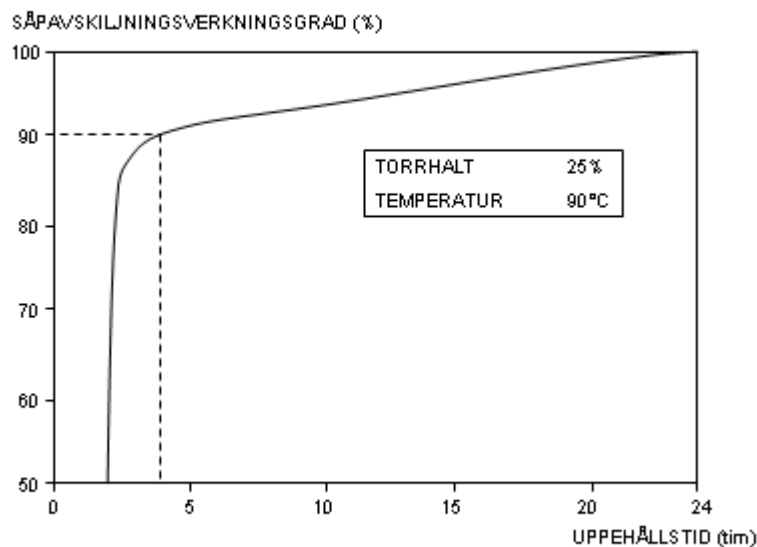
4 SÅPAVSKILJNING

4.1 Söpavskiljningspunkter

En undersökning hos de deltagande referensbruken samt hos ett antal andra svenska bruk, visar att alla fabriker såpar av såväl blandlut som mellanluttankar. Därutöver såpar vissa fabriker även av spilluttanken i industningen. Två fabriker skiljer sig något, genom att endast såpa av blandlut.

4.2 Uppehållstid och stighastighet

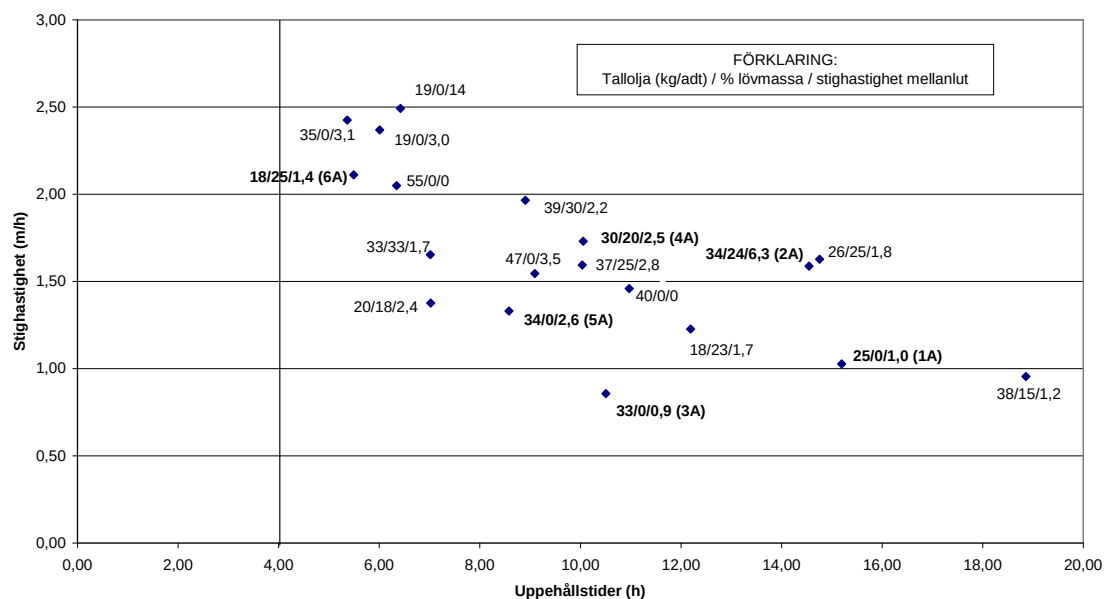
Den kanske mest avgörande faktorn för att optimera fabriken's talloljeutbyte är att ha tillräckliga uppehållstider och låga stighastigheter på sina såpavskiljningskärl. I en amerikansk undersökning, som refereras till i [1], visades att avskiljningsgraden var 90% efter 4 timmar med en torrhalt på 25% TS och temperaturen 90°C. En extra timme utöver detta gav endast 0,5% i ökning i såpavskiljningen. En halvering av uppehållstiden till 2 timmar gav däremot bara 50% i avskiljningsgrad. Det är tydligt att 4 timmar är det lägsta kravet på uppehållstid för bra såpavskiljning.



Figur 4.1 Såpavskiljningsgrad som funktion av uppehållstiden [1]

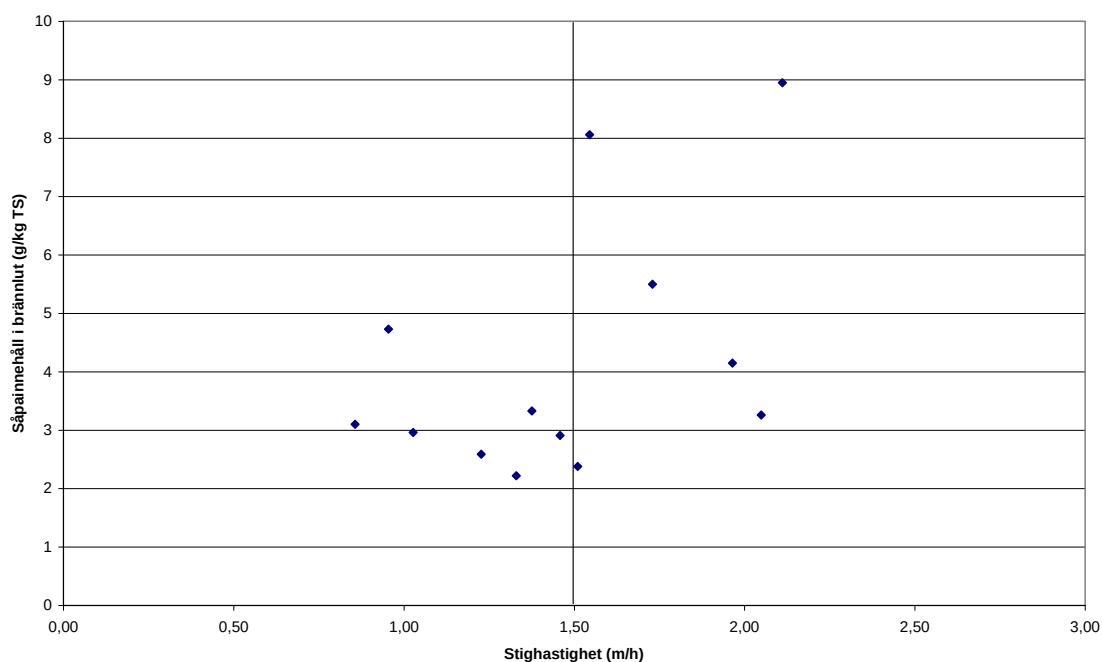
Kanske ännu större betydelse har stighastigheten i cisternerna, vilket gynnar cisterner med stor diameter och lägre höjd. I SSVL:s kompendium, nämns att stighastigheten i blandluten borde vara högst 3,6 m/h, då detta är såpans stighastighet. Den optimala stighastigheten kan säkert skilja mellan fabriker, men det är en lönsam investering med rätt tilltagen stighastighet för såpavskiljningen.

Det finns en stor spännvidd på hur tankarnas storlek har dimensionerats med avseende på uppehållstid i Sverige. Ofta har kanske inte såpaavskiljningen styrt storleken på tankarna utan snarare indunstningens körbarhet. En studie har gjorts av uppehållstider och stighastigheter på ett flertal svenska bruk, vilket kan ses nedan.



Figur 4.2 Uppehållstider och stighastigheter vid svenska bruk, via tidigare insamlad material [16] och nytt

Vi ser att alla bruk håller sig över de rekommenderade 4 timmarna i uppehållstid. Stighastigheten, som ska vara klart under 3,6 m/h, klaras också klart av alla. Vid en jämförelse mellan såphalt i brännlut och stighastighet baserat på värden från denna och förra Värmeforskrapporten [16] fick utseendet som i figur 4.3.



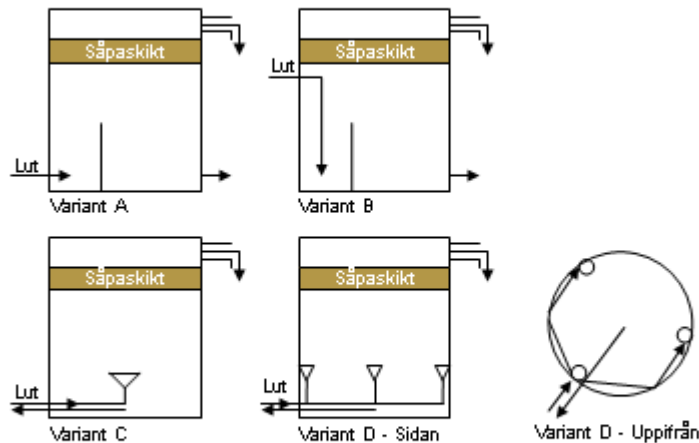
Figur 4.3 Såpnehåll i brännlut jämfört med stighastighet med data från [16].

Det finns en tendens i figuren som visar att stighastigheter högre än 1,5 m/h kan ge högre halter såpa i brännluten på grund av försämrade avskiljning, men de höga halterna kan bero på andra parametrar, till exempel hög löslighet av såpa i luten och höga talloljeförluster i talloljekokeriet.

Det finns också olika lösningar med serie- och parallellkopplade cisterner vid de svenska bruken, men det har inte gått att påvisa vilket system som är att föredra med hänsyn till ökat talloljeutbyte.

4.3 In- och utmatning av lut till cistern

En minst lika viktig faktor som uppehållstiden och stighastigheten är också utformningen av lutcisternens in- och utlopp. Det finns fyra vanliga grundsystem på utformningen i Sverige, figur 4.4. Från dessa grundsystem finns sedan vissa mindre avvikelser och modifikationer.



Figur 4.4 Utformning av olika in- och utlopp ur cisterner

Den nyaste av varianterna i Sverige är D, där designen kommer från Kari Parvianen, Finland. Luten tas där in med hjälp av tre uppåtgående armar jämnt fördelade vid väggen. Utsläppet sker ca 4-5 meter från botten vid en cistern på 15 meters höjd. Luten ur cisternen tas ut från centrum och botten av cisternen. Metso, som levererar industrianordning, rekommenderar denna utformning.

För de deltagande referensfabrikerna i denna rapport så ser utformningen ut enligt nedan:

Fabrik 1A – D

Fabrik 2A – D, men med uttag i kanten på tanken

Fabrik 3A – Rakt in i botten nivå och uttag på motstående sida

Fabrik 4A – Nya som D, och gamla som B med dämplåda i botten

Fabrik 5A – C, fast utlopp i sidan

Fabrik 6A – Nya tankar som C, och gamla tankar som A

Det har utifrån insamlat material varit omöjligt att konstatera huruvida utformningen av cisternerna har kunnat påverka effektiviteten på såpavskiljningen. Det har också varit svårt att samla in material angående tankars utformning. Dels på grund av att inte så många känner till hur det ser ut inne i tankarna och dels för att det kan vara svårt att hitta ritningarna på tankarna.

I SSVL:s rapport [1] studerades olika utformningar på in och utflöden ur cisterner, dock ej variant D, som inte fanns då. I den rapporten konstaterades att modell C var den mest framgångsrika för en god såpavskiljning. Tanken var här att luten skulle föras in i ett område som hade liknande såpkoncentration som den tillförda luten. Däremot pekade resultaten i Värmeforsks rapport [4], som inte nämner variant D, på att modell B skulle vara den mest effektiva modellen, där luten förs in i botten av cisternen. I SSVL:s

rapport har man normerat till en uppehållstid på 3 timmar i cisternen, medan Värmeforsks rapport verkar vara en jämförelse av talloljeförlust i brännluten och cisternutformningen, oberoende av uppehållstiden. Det går att konstatera att det råder en oklarhet om vilken modell som är den mest effektiva.

4.4 Avsåpning av tankar

När det gäller avsåpning av tankar så finns det i princip tre varianter. Dels finns en ränna runt cisternen eller så finns en bredare ränna mitt i cisternen där såpan också kan tas ut. Den tredje varianten är att ha ett antal studsar på tankväggen på olika nivåer för att ta ut såpan. För de två första varianterna tas såpan ut genom en nivåhöjning i tanken, vilket sker med olika tidsintervall för olika cisterner. För varianten med studsar i sidan tas såpan ut genom att öppna ventilerna uppifrån och ner tills lut kommer genom ventilen.

4.5 Avsåpningsintervall och såpskikt

Själva tidsintervallet för avsåpning skiljer sig från bruk till bruk. Detta gäller även huruvida det ska vara ett såpskikt kvar eller inte.

En del bruk såpar av blandluten allt från 2-3 gånger per dygn och en del upp till en gång vart 4:e dygn och för mellanlut så finns variationen från 1-2 gånger per dygn till 1 gång i månaden. Beträffande avsåpningsmetod så tillämpar de flesta metoden att ta bort all såpa tills ett lutgenombrott inträffar. Det finns dock ett antal bruk som istället tillämpar en metod som går ut på att bibehålla ett såpskikt, som ett lock ovanpå luten. Det finns olika metoder för att kontrollera detta skikt, vilket beskrivs i avsnitt 4.6.

Beträffande metoderna för tidsintervall på avsåpning och såpskiktets bevarande eller inte, så går det inte att säga att någon metod är bättre än någon annan.

4.6 Mätmetoder för såpskikt

Det mest sofistikerade systemet för såpskiktsövervakning är systemet ”Soap-eye”, som säljs av företaget Invent AB. Det är ett system som via radarmätning av nivån och dp-cellsmätning av vätsketrycket, via densitetskillnaden mellan lut och såpa, räknar ut den mängd såpa som för tillfället finns i tanken. Detta system finns i drift i fabrik 4A.

Andra sätt att mäta såpskiktet är att använda sig av en manuell mätare som stoppas ner genom såpskiktet och mäter konduktiviteten. Det kan vid den mätningen vara svårt att få en distinkt gräns, då det i botten på såpskiktet är en blandning av såpa och lut. Denna metod för såpskiktsmätning tillämpas på bruk 2A.

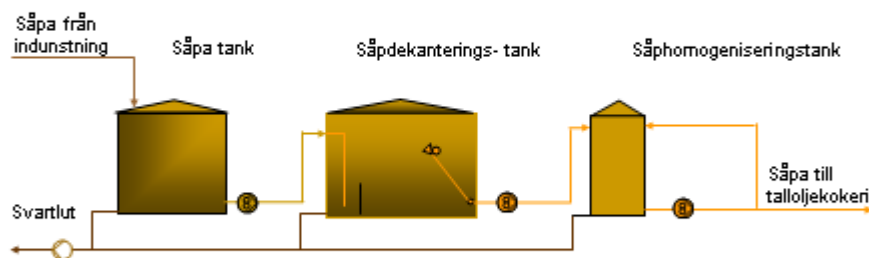
Ytterligare ett sätt att mäta såpskiktet, som tillämpas på bruk 1A, är att genom att mäta temperaturen via temperaturgivare genom manteln på 0,5 m avstånd i höjdlid och 6 givare per tank, så kan man därigenom känna till tjockleken på såpskiktet.

Till sist finns ett instrument som lär finnas på ca 2 fabriker i Sverige. Det består av fast installerade konduktivitetmätare, som kan ge direkta mätningar på var såpskiktet befinner sig. Detta instrument marknadsförs av Paab Tekno Trading.

Det finns inga klara samband att bruk som använder instrument för att mäta såpa har bättre såpavskiljning än andra, men det ger en bättre möjlighet att styra såpavskiljningen och att därmed ha en jämnare process.

4.7 Såpsystem efter avskiljning

I figur 4.5 visas ett typiskt såphanteringssystem som rekommenderas av Pöyry. Systemet består av en såptank, en såpdekanteringstank samt en såphomogeniseringstank.



Figur 4.5 Såphanteringssystem [18]

För en fabrik på ca 300 000-500 000 adt/år bör den effektiva volymen av såpdekanteringstanken vara normalt 300-400 m³ och såphomogeniseringstanken omkring 70 m³. I dekanteringstanken kan en flytande avsåpare installeras. Såphomogeniseringstanken krävs för att minimera kvalitetsförändringar i såpan, dvs. svartlutsinnehållet. Såpan pumpas med en delström från tanken tillbaka in i tanken. Såp kvalitén som matas in i talloljekokeriet behöver vara så stabil som möjligt för att garantera en enkel och optimal körning av talloljekokeriet med så små processvariationer som möjligt. Det är också möjligt att använda en gemensam tank för dekantering och homogenisering genom att ha en skiljevägg i tanken.

Systemen för såphantering fram till talloljekokeriet skiljer sig inte speciellt mycket åt. De flesta såpar av till en tank som sedan skickar såpan vidare till en eller flera tankar där såpan vid varje tank dräneras på lut i botten. Det finns system som är förberedda för såväl såphomogenisering samt såptvätt, men dessa system verkar inte användas. Orsaken, enligt bruken, är att det är svårt att mäta effekterna av dessa system.

Storlek på buffertsystem för några av de deltagande bruken ser ut enligt följande:

Tabell 4.1 Såpbuffertsystem på några bruk

Bruk	Uppskattad såpa- produktion (m ³ /h)	Antal uppsamlings- tankar	Volym uppsamlings- tankar (m ³)	Antal övriga tankar	Volym övriga tankar (m ³)	Total volym (m ³)	Uppe- hållstid såpa (dagar)
1A	2,4	1	700	1	400	1150	20
2A	5,4	3	960	4	900	1860	14
4A	2,7	3	430	4	1600	2030	31
6A	3,6	1	800	6	1610	2410	28

Det är en stor skillnad i buffertvolym. Detta kan bero på layout samt om det, som hos bruk 4A, finns två typer av tallolja som hålls isär. Många tankar sitter i serie, vilket gör att det rent generellt kan sägas att det är bättre med färre och större tankar, då uppehållstiden per tank blir längre. Vid för kort uppehållstid i en tank, så hinner inte separeringen mellan lut och såpa att ske.

4.8 Tillsatser för förbättrad såpavskiljning

Uloth och Wearing [14] rapporterar om försök att med luft som hjälpmedel för att förbättra såpavskiljning. Med en lufttillförsel på 7,5 l/m³ svartlut, på sugsidan av en lutpump, så kunde såpavskiljningen förbättras med 22%. Vid tillsättning av luft på trycksidan, försämrades såpavskiljningen, eftersom luftbubblorna blev för stora vilket ökade turbulensen i tanken. Även från Finland rapporteras att det där används lufttillsättning vid ett flertal bruk [18]. Det finns inga undersökningar presenterade därifrån hur mycket denna metod gett och en tänkbar svaghet med systemet är risken att skapa skumbildningar såväl i tankar som i indunstningen. Diskussioner har förts inom referensgruppen för att hitta någon kandidat för ett göra ett sådant försök, men inget bruk har kunnat göra ett sådant försök av olika anledningar.

Det finns även tillsatskemikalier för att förbättra såpavskiljningen. Några rapporter om resultat från detta har inte kunnat återfinnas. En kontakt har tagits mellan ett av referensbruket och en kemikalieleverantör, för att genom ett försök utvärdera vilka förbättringar detta skulle kunna innebära.

4.9 Sammanfattning

Genom att studera befintliga såphanteringssystem, har det inte framkommit några varianter som med säkerhet kan sägas vara bättre än något annat. För att utröna detta krävs fördjupade studier, framförallt mellan t ex två fabriker där en har en väl fungerande såpavskiljning och en annan som har en som inte fungerar bra. Övriga parametrar som påverkar såpavskiljningen ska helst då vara lika för att det ska vara möjligt att sortera ut inverkan på cisterndesign och cisterndimensionering.

För att analysera såpavskiljningsgrad så krävs också att såpalösligheten vid bruket är känd, då detta påverkar resultatet.

5 TALLOLJEKOKNING

5.1 Process talloljekokning

Då talloljekokeriets utbyte av såpan inte är 100% på grund av ofullständig separation, så innebär detta att en viss mängd tallolja följer med i spjälkvätskan tillbaka till luttankarna. Denna förlust av tallolja kan återföras tillbaka in i lutsystemet för att senare återkomma som ny såpa. Hur bra eller dåligt denna återföring fungerar finns inte beskrivet i litteraturen. Det som är helt klart är att det blir en högre belastning på såväl såpsystem som talloljekokeri, då samma tallolja ska återkomma i systemet. Det är därför generellt alltid bättre med en primär effektiv process. Om spjälkvätskan återförs till efter mellantjockluten, så innebär det en direkt förlust av tallolja till förbränning i sodapannan.

Parametrar som bestämmer talloljekokeriets effektivitet är:

*Processmässigt

- Innehåll av fibrer, lignin och kalcium
- Temperatur och andra processvariabler

*Utrustningsmässigt

- Typ av talloljeutrustning samt dimensionering
- Underhåll och skötsel av utrustning

5.1.1 Processmässiga förluster

Det finns framförallt tre variabler som allmänt sägs påverka negativt för ett effektivt talloljekokeri. Det är lignin, fibrer och kalcium.

Om ligninhalten är $>1,0\%$ så är andelen svartlut relativt stor. Detta kan orsaka problem i separeringen samt föroreningar i utrustningen och ge en sämre kvalitet på talloljan. Förbrukningen av svavelsyra ökar också. I spjälkningen bildas också mera svavelväte och andra svavelföreningar.

Om fiberhalten är $>0,5\%$ kan det också orsaka problem i separeringen i talloljekokeriet. De finfördelade mikrofibrerna försvårar också separeringen av svartlut och såpa i indunstningens luttank.

Om kalciumhalten är $>1\%$ så kan igensättningar uppstå, då det lätt bildas CaSO_4 , gips. Detta leder till försvårad separering och även stora rengöringsinsatser.

Temperatur, satsning av svavelsyra och mixning påverkar också resultatet på mängden utvunnen tallolja.

5.1.2 Utrustningsmässiga förluster

Typ av utrustning för talloljekokning samt även kringutrustningar som homogeniseringstankar och tvättning av såpa påverkar givetvis mängden utvunnen tallolja. Eftersom det finns ett antal olika alternativa utformningar på såväl talloljekokning som kringutrustning, så visar det på att det finns olika åsikter om utrustningarnas effektivitet. Denna effektivitet har inte fastställts i några objektiva undersökningar i litteraturen.

Förutom utrustningen har också underhåll och rengöring en stor betydelse för resultatet.

5.1.3 Återföring av spjälkvätska

Det vanligaste förekommande intagandet av spjälkvätska från harts kokerierna idag i Sverige är att det efter neutralisering skickas till tunn- eller blandlut. Ett annat alternativ, som bland annat förespråkas av leverantören för HDS utrustning (se avsnitt 5.2.2.3), är att ta in spjälkvätskan efter mellantjocklut, så att man inte ackumulerar det som skiljts av i harts kokeriet. Framförallt kan kalciumhalten bli ett problem, säger leverantören. Av de ingående referensbruket i studien, så var det endast bruk 1A som följer denna rekommendation och även har sett en fördel jämfört med alternativet att ta spjälkvätskan till blandluten.

5.1.4 Alternativ surgörningsmetod

Att använda CO₂, som surgörare i talloljekokeriet, är vanligt framförallt hos de fabriker som vill minska sitt svavelintag till fabriken. CO₂-vatten används i det första surgörningssteget som sänker såpans pH till ca 8. Det andra steget är ett konventionellt steg med stark surgörning. Kolsyra surgör såpan till en viss punkt (reaktionsblandningen kallas såpolja med tallolja och oreagerad såpa). Det är inte möjligt att uppnå full surgörning då kolsyran inte är tillräckligt sur. Det behövs därför starkare syra i andra steget. Det finns ett flertal patent kring att använda koldioxid för surgörning och AGA uppger att det går att spara ca 50% av svavelsyraförbrukningen. En nackdel med processen är att såpan blandas ut med stora mängder vatten, då kolsyran har en låg syrakoncentration. Det finns i Finland fem fabriker som använder CO₂ i sin surgörningsprocess i talloljekokeriet.

5.1.5 Tillsatskemikalier

Arizona Chemicals presenterade vid SPCI-mässan 2008 en föreläsning, som bland annat innehöll en genomgång av tillsatskemikalier för en effektivare talloljekokning [19].

De medel som nämndes var:

- Polynaftalensulfonat
- Lignosulfonat
- Hexametafosfat

Dessa medel har som uppgift att skapa en bättre separation mellan tallolja, lignin och spjälkvätska i talloljekokningen. Hexametafosfat används vid några svenska bruk som har centrifuger. Användningen är främst för att öka drifttiden mellan rengöringar på centrifugen.

5.2 Talloljekokutrustning

Nedan följer en beskrivning av de olika systemen som finns för talloljekokning.

För de deltagande fabrikerna så ser utrustningen ut enligt följande:

Fabrik 1A HDS

Fabrik 2A Centrifug (2 st.)

Fabrik 3A Batch

Fabrik 4A Centrifug

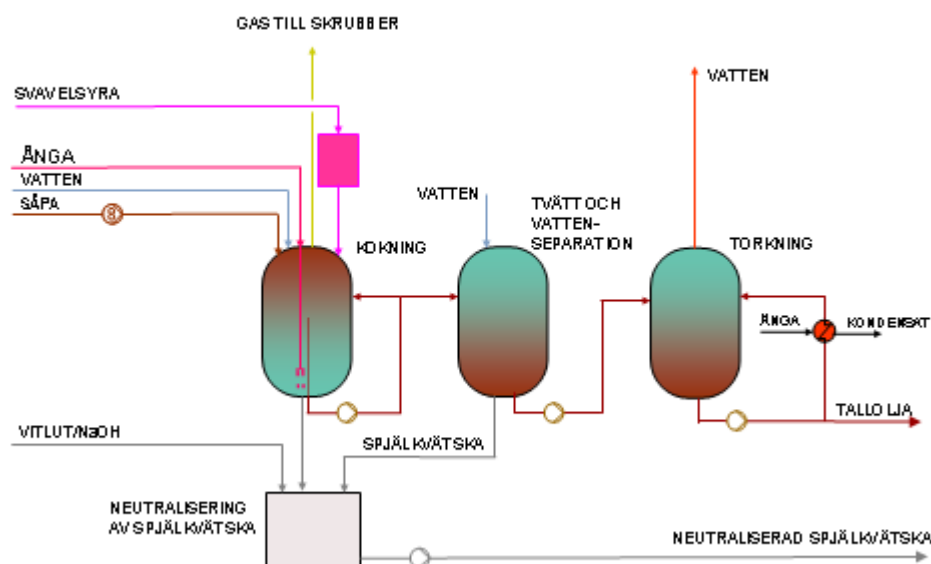
Fabrik 5A Centrifug

Fabrik 6A HDS

Uppgifterna i nedanstående beskrivning kommer från Pöyrys avdelning för talloljekokerier i Finland [18].

5.2.1 Batchanläggning

Batchteknik är den klart äldsta tekniken och den mest använda över världen. Den är fortfarande den dominerande i Nordamerika. Den är enkel och okomplicerad att köra. Batchanläggningar passar för produktionsenheter på mindre än 1,0 t TO/h. Batchanläggningen består normalt av en eller flera belagda tankar, reaktor och dekantrar. Reaktorn fylls med såpa, svavelsyra/restsyra och hetvatten. Mixningen sker antingen med en intern mixer eller med en extern mixer med en cirkulationspump. Efter mixningen och kokningen behöver talloljan separeras ut under ca 3-4 timmar. Talloljan hamnar överst, lignin därefter och spjälkvätskan underst. Bottenfasen med spjälkvätska och lignin pumpas ut genom ett rör i botten av reaktorn innan fasen med tallolja pumpas ut till en talloljetank. Lignin och spjälkvätskan neutraliseras oftast och pumpas sedan tillbaka in i fabriken återvinningssystem. Figur 5.1 visar ett exempel på en batchanläggning som också innehåller en efterföljande tvätt samt ett vattensepareringskärl, vilket inte alltid är förekommande.



Figur 5.1 Batchanläggning, inklusive efterföljande tvätt och torkning [18]

Omvandling till organiska syror sker normalt ganska fort, men fassepareringen kräver ett antal timmar för att ske.

Batchanläggning kännetecknas av:

- Att den är enkel att köra och använda
- En lägre investeringskostnad än en kontinuerlig anläggning för små anläggningar
- Att underhåll av belagda, ”linade”, reaktorer är dyrbart
- Att den kan köras även på sämre såpkvalité
- Att arbetsmiljön kan i vissa fall vara sämre på grund av manuell hantering
- Att det kan bildas skum under satsningsförloppet
- Att det kan skapas stora H₂S-emissioner lokalt, som kan utgöra en arbetsmiljörisk

5.2.2 Kontinuerliga anläggningar

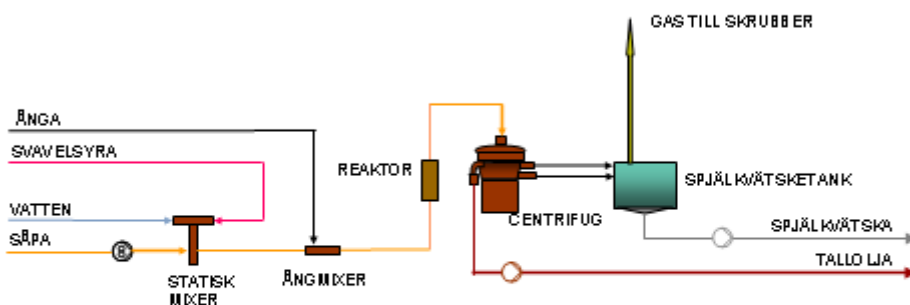
Det finns tre olika typer av kontinuerliga anläggningar. I alla typerna mixas alla reagenter, såpa, syra, vatten och ånga, på samma sätt i ett reaktionskärl innan blandningen förs till separationen.

En kontinuerlig anläggning har en högre automationsgrad och kräver därför ingen enskild operatör som sköter anläggningen.

5.2.2.1 Centrifuganläggning

Centrifuganläggningar fick en dominerande marknadsposition i Skandinavien på sena 60-talet. Den hade en stark ställning fram till sent 80-tal, då HDS-processen (5.2.2.3) kom som en stark medtävlare. Idag säljs väldigt få centrifuganläggningar.

Den viktigaste delen i anläggningen är förstås centrifugen. En hög g-kraft i centrifugseparatorn används för att utvinna talloljan från ligninet och spjälkvätskan. Kapaciteterna brukar vara från 1,0 till 3,5 t/h per centrifug. I USA finns några anläggningar med två eller fler centrifuger i drift. Även referensbruk 2A har två centrifuger i sin anläggning. I figur 5.2 kan man studera ett typexempel på en centrifuginstallation.



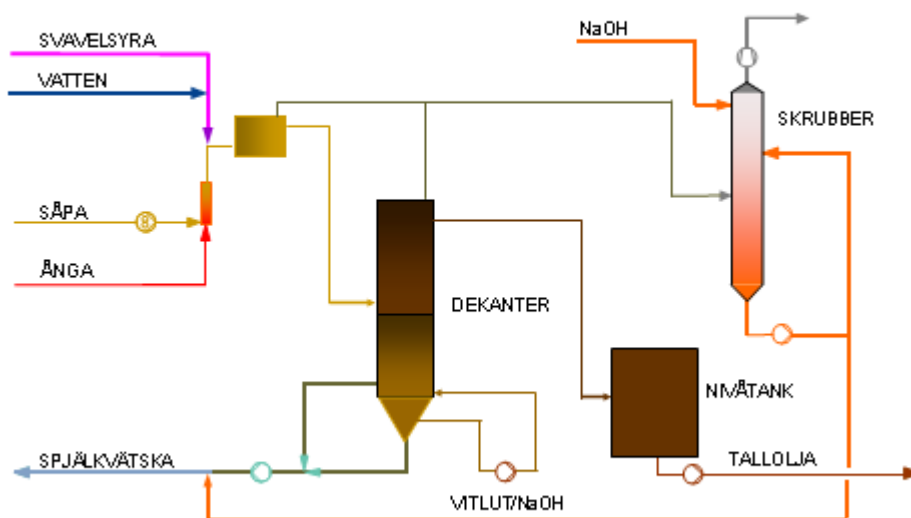
Figur 5.2 Centrifuganläggning [18]

Centrifuganläggning kännetecknas av:

- En kompakt enhet
- Att kapaciteten på anläggningen är begränsad, vilket ibland kräver mer än en centrifug
- En lägre tillgänglighet på grund av tvättintervall
- En hög underhållskostnad på grund av skål struktur och material
- En hög elförbrukning
- Speciella reservdelar endast från maskintillverkaren, t ex kulan
- Korrosion och erosionsrisker
- En säkerhetsrisk på grund av snabbt roterande maskin och försmutsning, som kan ge obalans
- Att om det finns höga kalciumhalter så kan tillsatser krävas (hexametafosfat) för att undvika pluggningar med gips

5.2.2.2 Kontinuerliga dekanteringsanläggningar

Den kontinuerliga dekanteringsprocessen utvecklades i mitten av 70-talet i USA av Arizona Chemical. Den typen av anläggning offereras dock ej längre på marknaden. I figur 5.3 finns att se en sådan anläggning.



Figur 5.3 Kontinuerlig dekanteranläggning

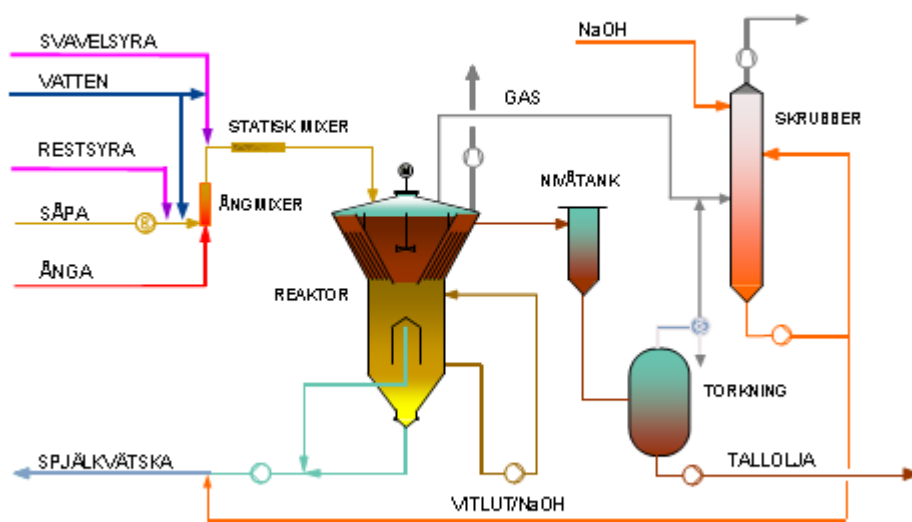
Den kontinuerliga dekanteringsanläggningen kännetecknas av:

- Att inga speciella reservdelar krävs
- Att utrymmet som krävs är större än HDS på grund av ett begränsat separationsområde mellan tallolja och lignin

- Att det finns tillgänglighetsproblem på grund av ackumulering av lignin i dekantern

5.2.2.3 HDS (Hydro Dynamic Separation) anläggningar

HDS är idag den dominerande tekniken för talloljeanläggningar i Skandinavien och i Europa. Utanför Europa har endast ett fåtal anläggningar levererats. Kapaciteten varierar normalt från 2 upp till 8 t/h. Den vanligaste storleken är 5 och 7 t/h. Anläggningar med högre kapacitet är också möjligt att tillverka. I figur 5.4 visas en typinstallation av en HDS anläggning.



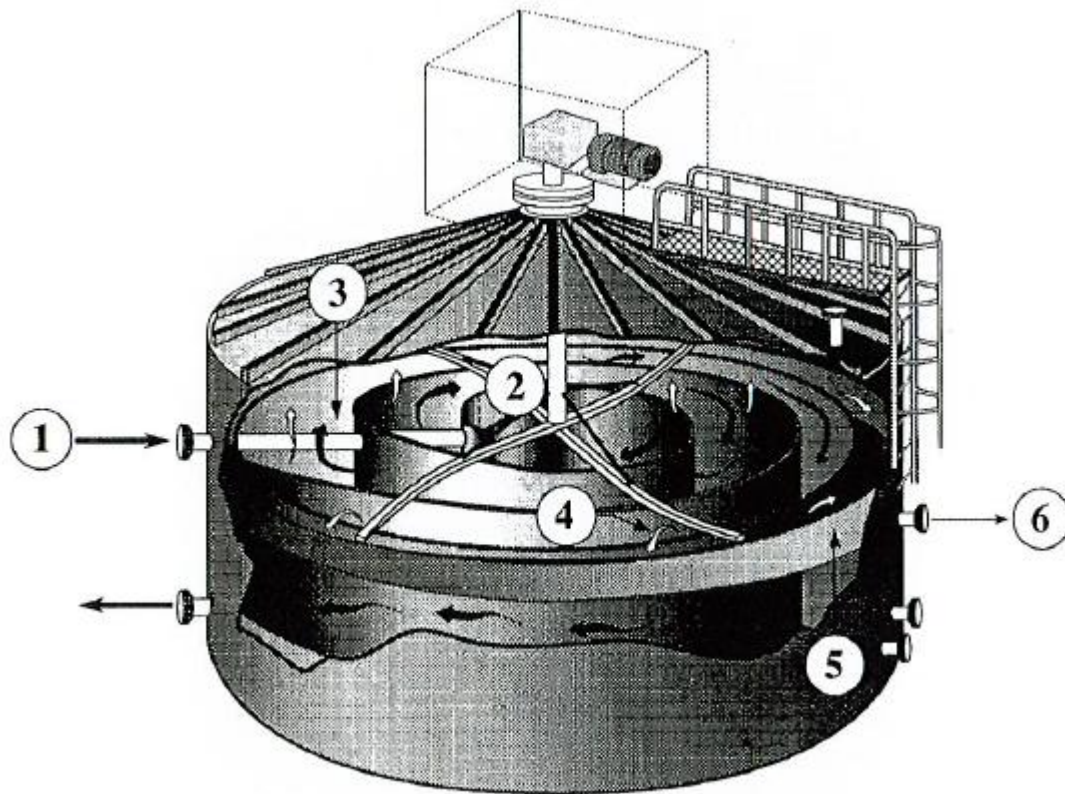
Figur 5.4 HDS anläggning [18]

En HDS anläggning kännetecknas av:

- Ett högt finseparationsområde i lamellområdet mellan tallolja och lignin
- Små eller inga korrosionsproblem
- Inga speciella reservdelar
- Låga underhållskostnader
- Hög tillgänglighet
- Att den kan köras även på sämre såpkvalité
- Ett lågt tvättbehov
- Talloljeutbytet är känsligt för såpkvalité
- Mindre eller inget behov av kemiska tillsatser för att förebygga igensättningar jämfört med centrifug
- Lägre ljudnivå än en centrifuganläggning

I bilaga B återfinns data från 5 HDS anläggningar i Sverige och i bilaga C återfinns data från 6 HDS anläggningar i Finland

Fabriken är lokaliserad i British Columbia, Kanada, och producerar blekt barrved från främst tall, ”vit gran” and ”Douglas Fir”. Produktionskapaciteten är 330 000 adt/år. I figur 6.2 visas konstruktionen av avsåpningstankarna mer detaljerat.



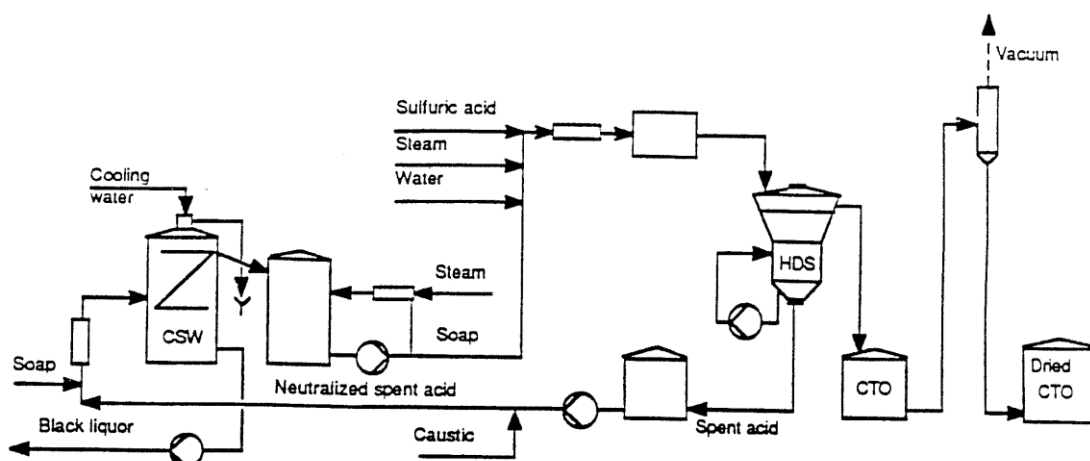
Figur 6.2 Såpavskiljningstank enligt A.H Lundberg [18]

Tankens uppbyggnad är avancerad och därmed dyr och används generellt inte i Europa. Luten som kommer tas in i sidan (1). Den släpps i mitten av tanken (2), där den sedan går långsamt i en spiral (3) innan den kommer till tankens vägg och tas ut nedanför inloppet. Skrapan (4) skrapar av såpa samt transporterar ut såpan i rännan som sitter utmed tankens vägg (5). Såpan tas sedan ut genom en studs (6) och förs till en såptank. Enligt leverantören är spiralbaffeln den mest effektiva konstruktionen för avskiljning av såpa. Den är bättre än en rak baffeltyp och har den bästa designen för att undvika kortslutningar i såpavskiljningstanken.

Eftersom systemet inte används i Europa, så är det inte riktigt klart om effektiviteten verkligen är högre än de existerande anläggningarna i Europa. Barrvedsarterna i Nordamerika, speciellt på västra sidan skiljer sig från de som används i Europa. Detta gör att såpa och talloljan uppför sig annorlunda och kan kräva annan utrustning, även fast den övriga pappersmassautrustningen kan vara identisk.

6.1.1 Såptvätt CSW (Crude soap washing)

I figur 6.3 visas ett såptvättssystem som marknadsfördes av Pöyry.



Figur 6.3 Såptvättsystem med kallvatten, CSW [18]

I början av 1980-talet till mitten av 1990-talet var många CSW system installerade i fabriker i Sverige, Finland, Norge, Kina, Kanada och USA. För närvarande finns inget av dessa system i drift i Sverige. I toppen av CSW-enheten körs kylvatten in för att ta ner temperaturen på såpan i en speciellt designad roterande enhet. Genom kylningen med ca 20°C får man en snabb separation av såpa och lut, vilket också gör att ångförbrukningen ökar markant i talloljekokningen som följer efter. I de flesta fallen är CSW-systemen fortfarande i drift utomlands, men såptvätten som använder spjälkvätska från HDS separatoren används inte då den ackumulerar orenheter som gips och fibrer.

6.2 Talloljeanläggningar i Nordamerika

Det finns mer än ett hundra massabruk i USA och Kanada som tillverkar barrvedsmassa där talloljeproduktionen är anmärkningsvärt hög. Det finns också anläggningar utan talloljeanläggning. I dessa fabriker bränner man antingen såpan i sodapannan eller skickas såpan med bil till en kund som både tillverkar talloljan samt raffinerar densamma. Både batch och kontinuerliga anläggningar finns i Nordamerika, men anläggningsstatusen är oftast låg, trots att vissa fabriker byggt om sina anläggningar under tidens gång. För kontinuerliga anläggningar finns både dekanterings- och centrifugsystem. Endast en HDS-anläggning finns levererad till Arizona Chemicals anläggning i Panama City, Florida. Detta är den överhuvudtaget första HDS anläggningen och den levererades 1986.

I Kanada finns det också bara en HDS-anläggning. Anläggningen installerades 1996 i Cariboo Pulp Mill i British Columbia, Kanada. Anläggningen fungerar bra, men då kvalitén på såpan är ojäm, på grund av olika träarter bland annat Douglas Fir, måste man tillsätta lignosulfonat för att få en snabbare separering. Detta hjälpmedel används också vid andra kanadensiska bruk. Enligt kanadensiska studier har det framkommit att tillsatser av lignosulfonat är positivt för talloljesepareringen i talloljekokeriet.

I British Columbia brottas man också med skadedjuret tallmärgborre. Mycket av skogarna har där blivit förstörda från 1990-talet och fram till idag. Råmaterialet till

bruken har därför på senare tid blivit mycket sämre. Detta har givetvis påverkat såp- och talloljetillgången i bruken.

6.3 Talloljeanläggningar i Ryssland

Såväl massabruken som talloljeanläggningarna byggdes i Ryssland främst på 1960-talet och åldern på anläggningarna är därför hög. Det finns både batch och kontinuerliga anläggningar i Ryssland idag. Alfa Laval's centrifug är den vanligaste kontinuerliga processen. Det finns ingen HDS-anläggning och de senaste 10 årens nya anläggningar har varit batchanläggningar, bland annat från Polen. Batch är fortfarande kostnadseffektivt i Ryssland då arbetskostnaderna är låga. Nya investeringar i området kommer med all sannolikhet att ske, då arbetskostnaderna troligtvis kommer att öka.

6.4 Talloljeanläggningar i Sydamerika

Det finns en viss kapacitet i Sydamerika på barrved, främst i Chile. Majoriteten av massaproduktionen i Sydamerika är kortfiber och många bruk har ingen talloljeanläggning. De som har talloljeanläggningar kör batch och de körs av enskilda operatörer. Typiskt är att talloljeanläggningarna är gamla och utbytet är lågt. Enligt såpanalyser så är kvalitén god och kalciumhalterna betydligt lägre (mellan 0,5-1,0 g/kg såpa) jämfört med Skandinavien och hartssyrhalten i tall är mycket hög.

6.5 Talloljeanläggningar i Kina

Kina är ett starkt expanderande land vad gäller egen tillverkning av papper och massa, även om barrvedsförråden är små. I Kina finns två HDS-anläggningar som levererats på 1990-talet. Den första anläggningen finns i Qingzhou Pulp Mill och den andra finns i Nanning Pulp Mill. Talloljekapaciteten är relativt låg, då båda massabruken är relativt små och kapaciteten på talloljeanläggningen är 2,0 t/h på båda. Kvalitén på talloljan är hög och hartshalten är hög. Anläggningarna går bra men få tillförlitliga data går att få, då den engelska språkkunskheten är låg.

6.6 Talloljeanläggningar i Tyskland

Det finns bara två sulfatbruk i Tyskland, Stendal och Rosenthal, med samma ägare, Mercer International. I Rosenthal, med massakapacitet på 300 000 adt/år, finns ingen talloljeanläggning. I Stendal, med kapaciteten 550 000 adt/år, levererades en HDS-anläggning 2005. I Stendal är kalciumhalterna 3-5 gånger högre än i Skandinavien. Denna anläggning hanterar även Rosenthals såpa med ett kalciuminnehåll på 7-10 g/kg såpa. Den höga kalciumhalten gör det att det finns separationsproblem i HDS-anläggningen med ett utökat tvättbehov som följd.

Vedlagring i Tyskland är mycket längre än i Skandinavien på grund av den fragmenterade och begränsade skogstillgången i Tyskland. Detta gör att såptillgången är låg.

7 INSAMLADE DATA FRÅN DELTAGANDE FABRIKER

Detta avsnitt tänkt att undersöka de parametrar som mäts på bruken för att se om de påverkar talloljeutbytet. Data har inhämtats från de sex deltagande referensbruken.

7.1 Insamlade data – omgång 1

Dessa parametrar valdes att samlas in i ett inledande skede med månadsvärden för 2007, från de sex deltagande referensbruken.

- * Massaproduktion, såväl barr- som lövved
(Barr- och lövmassa produceras vid bruk 2A, 4A, 6A)
- * Vedåtgång
- * Andel tall/gran i rundved
- * Andel importved
- * Andel sågverksflis
- * Andel gran/tall i sågverksflis
- * Torrhalt på flis till kokare
- * Restalkali i avdrag från kokaren
- * Torrsustans i avdrag från kokaren
- * Kappatal på färdig massa (före ev. blekning)
- * Tvättförlust på färdig massa (före ev. blekning)
- * Skumdämpartillsats på oblekt massa
- * Torrhalt på blandlut
- * Torrhalt på mellanlut
- * Talloljeproduktion
- * Syratal
- * Vattenhalt
- * Syraförbrukning
- * Densitet spjälkvätska

7.2 Resultat – omgång 1

Kvalitén på det insamlade materialet varierande en del, från bruk till bruk, beroende på avsaknad av mätning, svårinsamlat material, etc. En del material var för bristfälligt för att användas.

Det är svårt att få klara och entydiga samband från insamlade data på grund av:

- Mätning sker på vissa bruk på utleveranser av tallolja och inte på producerad mängd tallolja
- Underlag för processdata kan vara väldigt tunt och har därför en stor felmarginal
- Något bruk tar in såpa från andra bruk som har problem med kapacitet i sitt talloljekokeri
- Något bruk eldar tidvis en del av sin såpa i sodapannan

Följande resultat gick att få ut av den första omgången av material som skickats in.

- Ett bruk visade ett samband mellan minskad flistorrhalt och ökat talloljeutbyte
- På ett av bruken verkade en för låg TS-halt på blandluten ge ett lägre talloljeutbyte.
- På ett bruk var mängden skumdämpare ökande i takt med ökande talloljeutbyte

För sambandet mellan skumdämpare och tallolja som fanns på ett bruk, kan detta förklaras av att det då varit större problem i kokeri och tvätteri med skumning, då mängden såpa varit större än normalt. Bakgrunden till att titta på parametern var att se huruvida skumdämpare kan binda såpa och på så sätt minska mängden utvunnen tallolja genom detta. Detta verkar inte vara fallet.

7.3 Insamlade data – omgång 2

I omgång 2 utökades tidsperioden för insamlade data till minst 5 år tillbaka i tiden.

Mängden parametrar minskades och fokusering gjordes på:

- Flistorhaltens betydelse
- Lövvedandelens påverkan
- Andel tall/gran i barrved
- Torrhalten i blandluten
- Andelen sågverksflis
- Extrakthalt i brännlut (Bruk 2A)

En del av dessa parametrar har väldigt små variationer och är därför svåra att fastställa huruvida de påverkar mängden producerad tallolja.

För de bruk som lämnat in historiska data så gjordes en analys genom det multivariata programmet SIMCA. SIMCA är ett program som kan beskriva relationerna mellan olika parametrar på ett enkelt och överskådligt sätt. De samband som hittades var mycket svaga, sannolikt på grund av svårighet att ta fram kvalitativt material och avsaknaden i variation i vissa parametrar. Detta gjorde att materialet endast behandlades i en första fas i SIMCA, för att utreda korrelationsfaktorer. Någon vidare bearbetning skedde sedan inte. Det är dock viktigt att komma ihåg att bara för att man inte hittar några starka samband eller bra modeller i sina analyser, så behöver det inte betyda att dessa inte existerar. Det kan istället bero på att det datamaterial man använt sig av innehåller för mycket osäkerheter och störningar vilket resulterar i att den betydelsefulla informationen som eventuellt finns i materialet helt enkelt inte går att få fram.

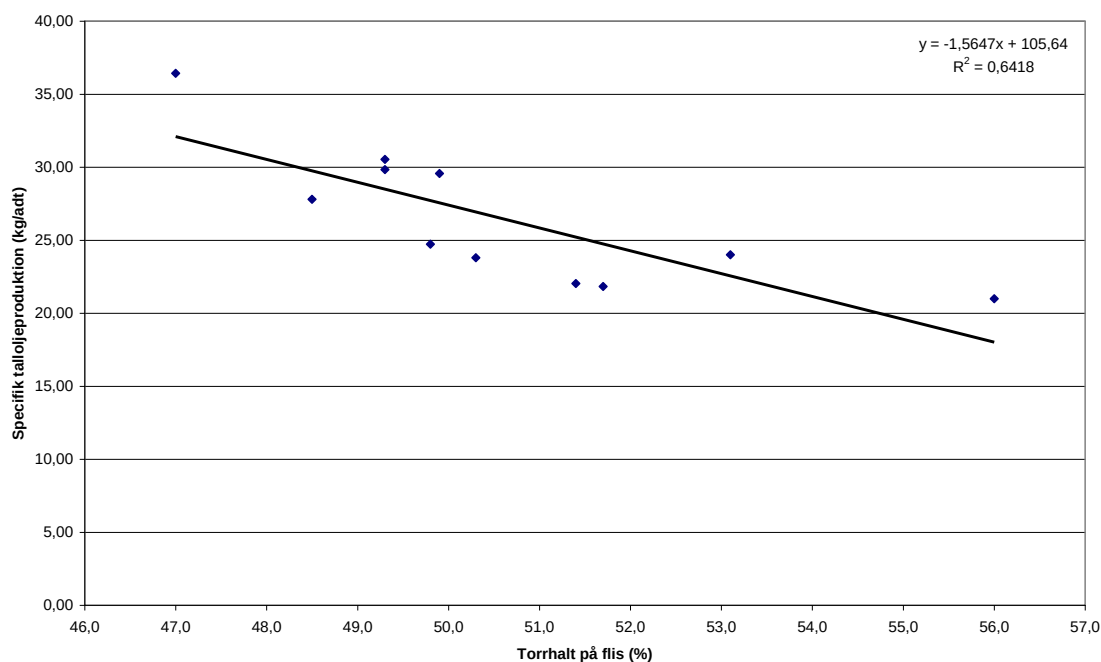
Nedan presenteras de svaga sambanden som ändå gick att se i materialet.

7.4 Resultat - omgång 2

7.4.1 Bruk 1A

Några långtidsdata användes inte, då det installerades ett nytt talloljekokeri under hösten 2005, som kan ha förändrat situationen.

Däremot så kan sambandet för 2007 års månadsmedelvärden på flistorrhalt och talloljeutbyte visas, som togs fram i omgång 1 av det insamlade materialet.



Figur 7.1 Korrelationen mellan flistorrhalt och talloljeutbyte på bruk 1A

Det tycks vara ett samband mellan flistorrhalten och talloljeutbyte med en korrelationsfaktor, R^2 , som är 0,64.

7.4.2 Bruk 2A

Vid den multivariata körningen av långtidsdata, så fanns det mycket svaga korrelationer med talloljeutbytet, där 1 är en fullständig korrelation.

De två parametrar med högst korrelation (över 0,3) var:

- Flistorrhalt, -0,31
- Andel lövved, -0,31

7.4.3 Bruk 3A

För bruk 3A var även där korrelationen mycket svag mellan parametrarna och talloljeutbytet när SIMCA användes som analysverktyg.

De parametrar som låg över 0,3 var:

- Flistorrhalt, -0,30
- Torrhalt blandlut, 0,50

7.4.4 Bruk 4A och 5A

Inga långtidsdata har erhållits och det har inte gått att se några kopplingar mellan olika parametrar på data från år 2007.

7.4.5 Bruk 6A

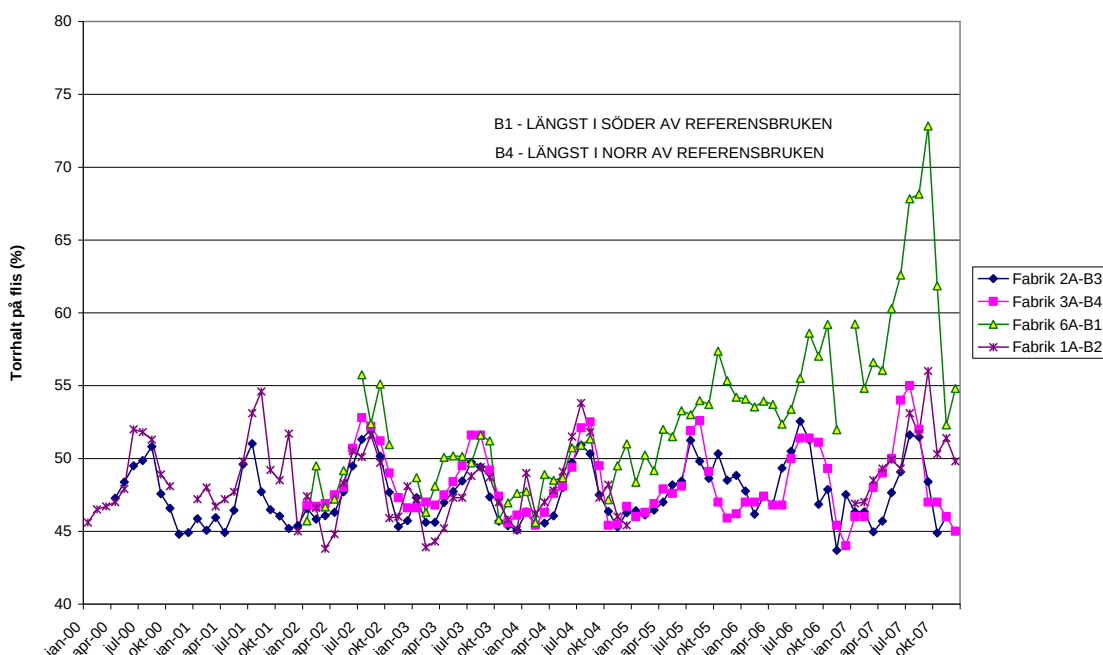
För bruk 6A hittades de bästa korrelationerna. De korrelationer som låg över 0,3 var:

- Flistorrhalt, -0,53
- Andel tall i barrved, 0,49
- Densitet på spjälkvätska, 0,70

Intressant här är att spjälkvätskan visar en så pass hög korrelationsfaktor. Det är sedan tidigare känt att bruket haft svårt att styra sin densitet på spjälkvätskan. Detta beror på att det finns en lång såpaledning som kräver vatteninspädning för att kunna pumpa såpan den långa sträckan. Talloljeutbytet ska enligt teorin [18] påverkas om inte spjälkvätskan körs med rätt densitet.

7.4.6 Torrhaltens variation

Då flistorrhalt verkar vara en återkommande korrelationsfaktor för talloljemängden, så kan det vara intressant att studera hur denna torrhalt varierar samt om det är någon skillnad från norra till södra Sverige. I figur 7.1 har fyra av referensfabrikerna på olika breddgrader jämförts.



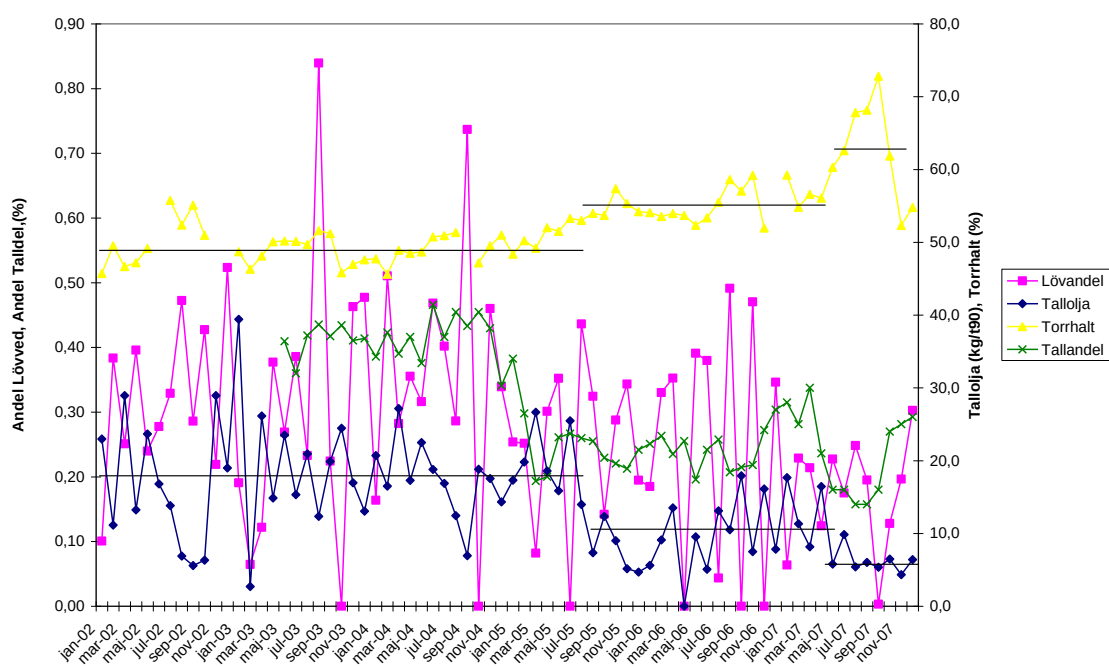
Figur 7.7 Variation av barrflistorrhalt på olika bruk på olika breddgrader

Det kan konstateras att torrhalterna ligger normalt i intervallet 45-53%. Avvikelser förekommer, men det är inte givet att ett bruk långt i norr har lägre torrhalter än ett bruk i söder, vilket kan ses om man jämför barrmassabruken 1A och 3A, där 3A ligger längst i norr av de jämförda bruken.

Ett bruk, 6A, uppvisar en extrem utveckling av torrhalten, vilket även beskrivs i nästa avsnitt.

7.4.7 Stormarna Gudrun och Pers inverkan på talloljemängden

För en fabrik, 6A, har stormarna Gudrun (2005-01-08), samt Per (2007-01-14) haft en klar inverkan på talloljeproduktionen.



Figur 7.8 Stormarna Gudrun och Pers inverkan på fabrik 6A

Det framgår klart att en lägre talloljeproduktion har erhållits genom stormarnas inverkan. Vi ser klart att flistorrhalten har gått upp till extrema nivåer, över 60%. Det ser också ut som att det verkar vara en miniminivå på mängden utvunnen tallolja som verkar ligga på ca 5 kg/adt vid 0-20% lövmassa, oberoende av den ökade torrhalten och lägre tallandel. Att utvunnen mängd tallolja gått ner kan också förklaras av en nedgång av tallandelen, då Gudrunveden mestadels är gran. Nedgång i granandel skedde redan i februari 2005 utan att någon direkt nedgång i producerad tallolja skedde förrän i september 2005.

7.4.8 Slutsatser på insamlade data

Det insamlade datamaterialet visar på svaga korrelationer mellan olika parametrar och talloljeutbytet. Med reservationen att korrelationerna är svaga kan man dra följande slutsatser:

- Talloljeutbytet ser ut att bero på flistorrhalten, vilket sannolikt kan härledas till den låga extraktivämnehalten som finns i veden på sommaravverkad ved och/eller av lagringstiden. Korrelationen återfinns på flera av bruken
- Talloljeutbytet kunde korreleras svagt med andelen tall i barrved på bruk 6A, som har haft stora variationer i andelen tall/gran
- För bruk 3A med för låg TS-halt i blandluten fanns ett svagt samband med talloljeutbytet
- Spjälkvätskans densitet tycktes inverka relativt starkt (korrelationsfaktor 0,7) på talloljeutbytet på bruk 6A

8 ANALYSER OCH BALANSER

För att kvantifiera de förluster som uppstår i samband med såpavskiljning och talloljekokning har prover tagits ut och analyserats m a p extraktivämneshalter. Tidigare undersökningar [1,3] har delvis misslyckats, då det är svårt att ta ut representativa prover inom detta område. Extra fokus har därför lagts på såväl provmängder som provuttag.

8.1 Provtagning och beräkningar

Prover togs ut vid de sex deltagande referensbruken under april månad 2008 och skickades till STFI för analyser. Antalet prover begränsades då kostnaden för varje analys ansågs hög.

De prover som togs ut var:

- Avdragslut från kokare
- Brännlut till sodapanna
- Spjälkvätska från hartskokeri

De analyser som gjordes på proven var:

- Talloljehalt, enligt Saltsman och Kuiken, Tappi 42:11(1959)873
- Torrsubstans, enligt SCAN-N 22:96

Utifrån detta kunde också talloljehalt per kg torrsubstans räknas ut. Detta har sedan varit basen i beräkningarna och balansen. För respektive bruk och vedslag har en torrsubstans per adt antagits för att räkna om talloljehalterna till talloljemängd per adt.

För spjälkvätskan har mängden spjälkvätska per ton tallolja, använts för att räkna ut den mängd tallolja som återgår till lutsystemet som spjälkvätska. För fabrik 1A, som tillsätter sin spjälkvätska till mellantjockluten, togs deras ”spjälkprov” ut på luten som finns före tillsättningen av spjälkvätska. På så sätt kunde detta värde jämföras med tallolja till brännluten och skillnaden däremellan är den mängd som kommer från spjälkvätskan.

8.2 Resultat

Balanser finns att se i bilaga D.

Det visade sig återigen att det är svårt att ta ut representativa prover, vilket även en finsk rapport visade [3], och dessa tveksamma prover är rödmarkerade i balanserna. Anledningen kan vara att det är svårt att hitta ett provuttag som ger ett representativt prov samt även att i vissa provuttag så är såpan lättseparerad, vilket ställer höga krav på sättet att ta ut ett representativt prov. Det kan också vara så att variationerna i processen gör det svårt att få ett representativt prov.

8.2.1 Bruk 1A

Balansen verkar stämma väldigt bra.

Den teoretiska produktionen från analyserna gav 29,7 kg/adt mot april 2007 som var 28,2 kg/adt. Såpavskiljningsgraden var 89% och förlusterna i talloljekokeriet var 5%. Båda dessa effektivitetsvärden är anmärkningsvärt bra. För såpavskiljningsgraden så var den maximalt möjliga 90%. Den höga såpavskiljningsgraden på bruket kommer troligen utifrån de långa uppehållstiderna i såpavskiljningstankarna, som ligger på 15 timmar i såväl bland- som mellanluttanken.

8.2.2 Bruk 2A

Inkommande mängder tallolja såg bra ut liksom prover från spjälkvätska. Något verkar ha hänt med proverna från brännluten från bruk 2A. Vid indunstning av petroleummetern, vid analysen, fälldes en substans ut. Denna substans löstes sedan i aceton och tillsammans skulle proverna ha fått ett ännu högre analysvärde och därmed blivit ännu mer osannolika. Såpavskiljningsgraden gick ej att beräkna, men tallolfeförlusterna i talloljekokeriet var 6%.

8.2.3 Bruk 3A

Den inkommande luten hade alltför låg talloljehalt, vilket gör att vi får en väldigt låg teoretisk produktion via labvärdena. Spjälkvätskeproverna och brännluten såg bra ut. Såpavskiljningsgraden var bara 75%, vilket kan förklaras av den låga torrsubstansen i blandluten på ca 18%. I verkligheten är avskiljningen kanske ännu sämre, då inkommande talloljehalt verkade låg. Förlusten i talloljekokeriet var bara 4%.

8.2.4 Bruk 4A

Samtliga prover ser mycket tillförlitliga ut. Det är dock relativt stora mängder tallolja som försvinner med brännluten, vilket får hänföras till en relativt låg såpavskiljningsgrad på 80%. Talloljekokningen går bra och har ungefär samma tallolfeförluster, 7%, som bruk 2A, som har samma typ av utrustning i sitt talloljekokeri.

8.2.5 Bruk 5A

Inkommande lut hade alltför låg talloljehalt och spjälkvätskan alltför låg talloljehalt för att vara realistisk. Såpavskiljningsgraden blev 83%, men är i verkligheten säkert lägre, då den inkommande halten tallolja var för låg. Talloljekokeriets effektivitet gick inte att beräkna.

8.2.6 Bruk 6A

Inkommande talloljemängd och tallolja i luten till sodapannan var realistiska. Dock var proverna på spjälkvätska alldeles för höga i talloljehalt. Talloljemängden i 2 prover uppgick till 30 viktsprocent. För totalbalansen, tallolja in och ut ur systemet, blev värdena realistiska, men det är tydligt att alltför mycket tallolja går till sodapannan för förbränning. Bruket fick en väldigt låg total verkningsgrad. En av orsakerna till detta kan vara de relativt begränsade uppehållstiderna som finns i brukets avsåpningstankar. En annan orsak kan vara att det idag är en lång sträcka mellan såpavskiljning och talloljekokeri med åtföljande vatteninspädning, vilket också nämns i avsnitt 7.4.5. Slutligen så kan även den höga halten såpa i brännluten bero på att mängden lövbaserad

svartlut tidvis är så pass hög att lösligheten för såpan blir för hög för att såpan ska kunna avskiljas ur luten.

8.3 Slutsatser på analyser och balanser

Det framstår fortfarande som svårt att ta representativa prover inom talloljeområdet. Det har dock gått att göra följande slutsatser:

- Talloljekokerierna har liknande talloljeförluster för de som hade representativa prover, dvs fyra stycken, som dessutom representerade tre olika typer av utrustning.
- Vissa bruk har höga talloljehalter som går till sodapannan.
- Ett bruk i undersökningen kan klart förbättra såpavskiljningen.
- Ett bruk kan förbättra körningen av talloljekokeriet

9 SLUTSATSER

Vid genomgång av såpavskiljningssystem så går det att konstatera:

- Alla bruk i Sverige uppfyller minimikravet på 4 timmars uppehållstid och under 3,6 m/h i stighastighet i blandlutcisternen
- Trots olika system på in- och utlopp på lutcisterner, ser det inte ut som något system är klart bättre än något annat

Utifrån insamlat material från alla bruken [16] har det framkommit att det ser ut som talloljeutbytet påverkas av brukets placering i breddgrad, eller egentligen fångstområdet för virket.

Via insamlade data från referensbruken så kan följande svaga samband observeras.

Talloljeutbytet beror på:

- Flistorrhalten, vilket sannolikt beror på årstidsvariationerna av extraktivämnen i veden och/eller av lagringstiden
- Andelen tall i barrved
- Torrsubstansen i blandluten
- Densiteten på spjälkvätskan

Balanser efter provtagningar som gjorts i projektet har visat på följande:

- Det är svårt att ta ut representativa prover, eller att vi har stora variationer i processen.
- Enligt dessa provtagningar (6 bruk) och provtagningar i samband med förra rapporten [4], är den lägsta nivå på såphalt till sodapannan som bruken når ner till 2,2 g TO/kg TS. Detta är något högre än de 1,6 g TO/kg TS som rapporterades i samband med SSVL:s rapport [1].
- Talloljeförlusterna i talloljekokeriet verkar ligga mellan 4% och 7%, med mycket liten skillnad mellan de olika typerna av talloljekokerier.
- Söpavskiljningsgraden för de två bruk som kunde beräknas, låg 1% respektive 12% under den maximalt möjliga, om man använder sig av miniminivån på 2,2 g TO/kg TS i brännluten.
- Den lägsta talloljeförlusten av dessa och de från tidigare i rapporten analyserade brännlutarna kom från bruk 5A i denna undersökning. Det skulle vara av intresse att närmare detaljstudera orsakerna till detta, då inga uppenbara förklaringar finns.

För att dra fler säkrare slutsatser om hur en effektiv såpavskiljning ska se ut krävs en längre provserie med fler antal bruk, eftersom antalet parametrar som påverkar är så stort.

.

10 FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGARBETE

För fortsatta arbeten krävs mer detaljerade studier vid några utvalda fabriker med en större mängd provtagning. Detta bör göras genom att först belägga de tidigare analyserna av såpförlust till brännlut som dels legat på en hög nivå, samt den eller de som legat på en låg nivå. Därefter kan det göras en jämförande studie.

11 REFERENSER

11.1 Litteratur referenser

- [1] SSVL; "Såpkompendium", Stockholm September 1972
- [2] Uloth V.C; Wong A; Wearing J.T; "Factors affecting tall oil soap solubility in kraft black liquor", Paprican, Canada July 1986
- [3] Räsänen U; "Suomen Soodakattilayhdistys ry", Finnish Recovery Boiler Committee, Finland March 2003
- [4] Johansson U; "Optimerad talloljeproduktion", Värmeforsk, Stockholm Februari 2008
- [5] Lenz B.L; "Effect on hardwood black liquor on tall oil separation", Tappi 60:5, 1977
- [6] Foran C.D ; "Union camp optimizes black liquor soap recovery at kraft pulp mills", Pulp and paper 58:11, 1984
- [7] Wilhelmsen L.A; "The recovery of west coast tall oils", Tappi 45:12, 1962
- [8] Gullichsen J, Fogelholm C-J; "Chemical pulping, Book 6B"
- [9] Sirén K; "Mechanisms and rate of soap separation", KCL, August 2007
- [10] Niemelä K; "Sulfate soap separation and acidulation", KCL, July 2007
- [11] Lindgen M; "Utvärdering och optimering av talloljeframställning vid SCA Packaging Obbola AB", Obbola Maj 2008
- [12] Adams T; "Kraft Recovery Boilers", Tappi Press, 1997
- [13] Drew J, Propst M; "Tall oil", Pulp Chemicals Association, New York 1981
- [14] Uloth V.C, Wearing J.T; "The use of air injection or chemical separation aids to increase tall oil soap skimming efficiency", Paprican, 1986
- [15] Ivermark R, Jonsson H; "Utvinning av råttallolja vid sulfatcellulosafabriker", Bergviks Hartsprodukter AB, 1969

11.2 Övriga referenser

- [16] Johansson U; Erhållet data ark, baserat på enkät till rapport [4], ÅF
- [17] Jansson M; Information via telefonsamtal; STFI
- [18] Vainiomäki T; Internrapport, Pöyry
- [19] Öhrn B; Informationsmaterial, Arizona Chemical

Resultat

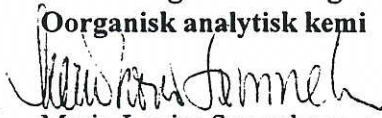
På prov i inlämningstillstånd

	1	2
	<i>Säpöja</i>	<i>Säpö</i>
Vattenhalt, vikt-%	39	38
Kalorimetriskt värmevärde vid konstant volym, MJ/kg	21,48	21,85
Effektivt värmevärde vid konstant tryck, MJ/kg	19,22	19,69

På torrt prov

	1	2
Kalorimetriskt värmevärde vid konstant volym, MJ/kg	35,21	35,14
Effektivt värmevärde vid konstant tryck, MJ/kg	33,07	33,15

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Oorganisk analytisk kemi


Marie-Louise Samuelsson
Tekniskt ansvarig


Mathias Johansson
Teknisk handläggare

HDS anläggningar i Sverige

BILAGA B

		Mill A	Mill B	Mill C	Mill D	Mill E	Mill F
MASS PROD	ton/år	600 000	750 000	700 000	300 000	330 000	300 000
		barr/löv	barr/löv	barr/löv	barr	barr	barr/löv
PROD, UTBYTE							
Norm prod / kapacitet	ton olja/h	3,5 / 5	3-3,5 / 5,5	3,5-5 / 5	2 / 5	1,7 / 3,5	2 / 4,2
Utbyte	%	85	75-80	> 90	> 90	> 80	Uppg saknas
Tvättintervall	ggr/månad	2	4-5	1-2	4 - 5	1-2	Uppg saknas
Lutförbr.	m³/tvätt	ca. 20 (vitlut)	14-16 (45 % NaOH)	5-8 (oxvl;136 g/l)	ca. 15 (vitlut)	Uppg saknas	Uppg saknas
Tillgänglighet		Bra, räknades ej	Bra, räknades ej	98 %	97 %	Bra, räknades ej	Uppg saknas
Personalbehövet i med.		Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	19 %	Uppg saknas	Uppg saknas
SÅPA							
TS	%	65	60-65	65	60-65	Uppg saknas	Uppg saknas
Talloljehalt	%	52 (PCA-7)	45-50	50	50-55	46 - 49	Uppg saknas
Lignin, fiber, smuts	%	< 1,5	2-2,5 (lignin)	< 1,0	<1,5	< 1,0	Uppg saknas
Calciumhalt "as received"	g/kg	1,5-2,0	Uppg saknas	1,5	1,0-1,5	3,0	Uppg saknas
TALLOLJA							
Syratal	mg KOH/g	150-152	140-150	144	155-160	155 - 160	Uppg saknas
Vattenhalt	%	<1,0	1,5-2,5	1,5	<1,0	< 1,0	Uppg saknas
Askhalt	%	< 0,1	Uppg saknas	0,02-0,09	<0,05	0,05 - 0,1	Uppg saknas
Avsättning tallolja		Försäljning	Förbränning mesaugn	Förbränning mesaugn	Försäljning	Försäljning	Uppg saknas
ÖVRIGT							
		> 90 % utbyte med nytvättad HDS	Mycket smutsig såpa	Mycket ren såpa	> 95 % utbyte med nytvättad HDS	85 - 90 % i år (Jan, Feb, Mar)	Uppg saknas

HDS anläggningar i Finland

BILAGA C

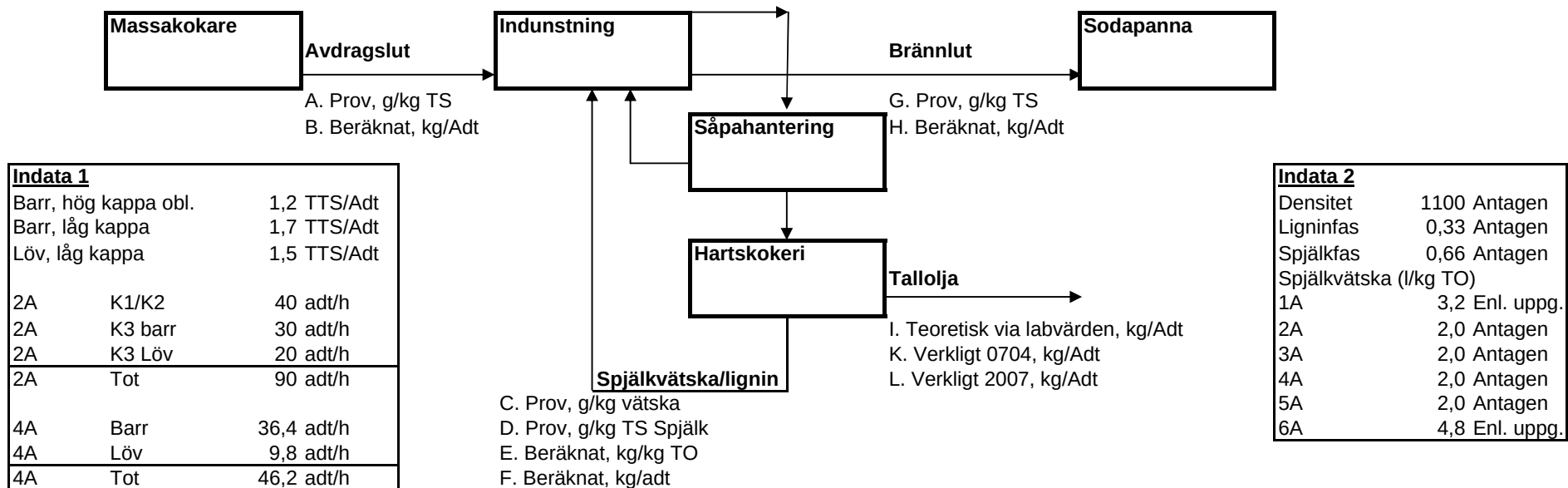
		Mill A	Mill B	Mill C	Mill D	Mill E
MASS PROD	ton/år	635 000	795 000	750 000	570 000	350 000
PROD, UTBYTE		barr/löv	barr/löv	barr/löv	100 % barr	100 % barr
		ca. 65 % björk	ca. 70 % björk			60 tall/40 gran
Norm prod / kapacitet	ton olja/h	4 / 7	4 / 7	4 / 8	3 / 5	1,8 / 2,2
Utbyte	%	> 90	80-85	> 85	> 80	85-95
Tvättintervall	ggr/månad	2-4	1-2	1-2	Uppg saknas	4-5
Lutförbr.	m³/tvätt	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas
Tillgänglighet		Bra, räknades ej	Bra, räknades ej	Bra, räknades ej	Uppg saknas	Uppg saknas
Personalbehövet i med.		Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas
SÅPA						
TS	%	63-66	Uppg saknas	58-62	Uppg saknas	62,7
Talloljehalt	%	50-57 (PCTM-7)	45-55	50-52	Uppg saknas	53,8 (PCTM 7)
Lignin, fiber, smuts	%	0,9-1,6	1,0	1,0-1,5	Uppg saknas	1,8
Calciumhalt "as received"	g/kg	1,7-2,4	1,5-2,0	1,5	Uppg saknas	1,5-1,9
TALLOLJA						
Syratal	mg KOH/g	140-153	140-155	150-155	Uppg saknas	155
Vattenhalt	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	Uppg saknas	< 1,5
Askhalt	%	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas	Uppg saknas
Avsättning tallolja		Försäljning	Försäljning	Försäljning	Försäljning	Försäljning
ÖVRIGT						
		> 95 % utbyte med nytvättad HDS		CO2 spjälkning före HDS	CO2 spjälkning före HDS	100 % softwood

Optimerad Talloljeproduktion II

Talloljebalanser prover, våren 2008

BILAGA D

2008-11-10



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
	Avdragslut		Spjälkvätskallignin				Brännlut		Teor.lab	Teo.förl.	Verkligt	Verkligt	Såpeff. %	Såpeff. max (2)	TOKeff. %
	g/kg TS	kg/adrt	g/kg vät.	g/kg TSS	kg/kg TO	kg/adrt	g/kg TS	kg/adrt	kg/adrt	%	April 07	2007			
1A	20,60	35,02		2,16 (1)	0,05	1,53	3,14	5,34	29,68	15,2%	28,2	36,1	89,1	89,8	95,1
2A 1/2	19,60	23,52					13,11	15,73							
2A 3b	19,50	33,15					13,11	22,29							
2A 3l	7,20	10,80					14,80	22,19							
2A TOT	16,81	25,22	30,5/29	157/165	0,06	1,86	13,49	20,23	4,99	80,2%	31,3	33,7			94,4
3A	19,30	23,16	2,6/122	10,7/358	0,04	0,69	4,90	5,88	17,28	25,4%	21,0	33,8	75,3	89,0	96,2
4A L	10,90	18,53	39,80	227,38	0,07		5,44	9,24	9,29						
4A B	33,80	50,70	28,10	167,24	0,05		5,44	9,24	41,46						
4A TOT	29,20	44,32			0,07	2,31	5,44	9,24	35,08	20,9%	34,4	28,4	80,2	92,0	93,8
5A	12,90	21,93	1,00	8,29	0,002	0,03	2,22	3,77	18,16	17,2%	42,7	34,3	82,8	83,0	
6A	18,70	31,79	309/333	553/556	1,40		7,17	12,19	19,60	38,4%	18,8	10,3			

TSS=TS Spjälkvätska

Rött=Icke representativa prover

(1)-Prov tagit före spjälktillsättningen till lut

(2) - Antagen minhalt på 2,2 g/kg TS

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35