

Miljøprojekt Nr. 525 2000

# Genvinding af afvaskningsmidler i den grafiske branche

Tom Hornshøj-Møller  
MiljøKemi, Dansk Miljøcenter A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

|   |           |
|---|-----------|
| Forord  |           |
| Sammenfatning og konklusioner                                 |           |
| Summary and conclusions                                       |           |
| <b>1 INDLEDNING</b>   | <b>15</b> |
| <b>2 PROJEKTMÅL OG -GENNEMFØRELSE</b>                         | <b>17</b> |
| <b>3 UDVÆLGELSE AF VASKEMIDLER</b>                            | <b>18</b> |
| 3.1 SAMMENDRAG  | 18        |
| 3.2 FREMGANGSMÅDE   | 18        |
| 3.3 DATABLADE, LITTERATUR OG LEVERANDØROPLYSNINGER            | 18        |
| 3.3.1 Kulbrintedestillater                                    | 19        |
| 3.3.2 Estre   | 19        |
| 3.3.3 Additiver   | 19        |
| 3.3.4 Vaskemidler anvendt ved de deltagende virksomheder      | 19        |
| 3.4 LABORATORIEUNDERSØGELSER                                  | 20        |
| 3.5 KONKLUSION PÅ DE INDLEDENDE UNDERSØGELSER                 | 21        |
| <b>4 OPARBEJDNING PÅ LABORATORIET</b>                         | <b>22</b> |
| 4.1 RESULTATERNE FRA OPARBEJDNING PÅ LABORATORIET, SAMMENDRAG | 22        |
| 4.2 EMULSIONSBRYDNING OG ADSKILLELSE AF FASER                 | 22        |
| 4.3 OPRENSNING AF DE ADSKILTE FASER                           | 23        |
| 4.3.1 Oprensning af vandfaser                                 | 23        |
| 4.3.2 Oprensning af oliefaser                                 | 25        |
| 4.4 BESKRIVELSE AF TEST FOR KVALITET                          | 26        |
| 4.4.1 Wash & Clean 2000                                       | 26        |
| 4.5 FORSØG MED TEKNISKE VARER                                 | 27        |
| 4.5.1 Sepiolit til oprensning af vand                         | 27        |
| 4.5.2 Silica og alumina til oprensning af oliefase            | 27        |
| 4.6 OPBYGNING AF PILOTANLÆG OG PILOTFORSØG                    | 28        |
| 4.6.1 Pilotforsøg hos MILJØ-KEMI                              | 29        |
| <b>5 PILOTFORSØG HOS VIRKSOMHEDERNE</b>                       | <b>33</b> |
| 5.1 SAMMENFATNING AF PILOTFORSØGENE                           | 33        |
| 5.2 PILOTFORSØG HOS PHØNIX                                    | 33        |
| 5.2.1 Driftsforsøg  | 33        |
| 5.2.2 Ønskede ændringer på anlæg                              | 34        |
| 5.3 PILOTFORSØG HOS LEVISON & JOHNSEN & JOHNSEN               | 35        |
| 5.3.1 Driftsforsøg  | 35        |
| 5.3.2 Ønskede ændringer på anlæg                              | 35        |
| <b>6 ØKONOMIBEREGNINGER</b>                                   | <b>37</b> |
| 6.1 SAMMENDRAG AF ØKONOMIBEREGNINGER                          | 37        |
| 6.2 PHØNIX TRYKKERIET   | 37        |
| 6.3 LEVISON & JOHNSEN & JOHNSEN                               | 38        |
| <b>7 DIMENSIONERING AF FULDSKALAAANLÆG</b>                    | <b>40</b> |
| 7.1 SAMMENDRAG AF DIMENSIONERINGEN                            | 40        |
| 7.2 PROCESGANG  | 41        |
| 7.2.1 Vandfase  | 41        |

|  |           |
|--|-----------|
| 7.2.2 <i>Mellemfase</i>                    | 42        |
| 7.2.3 <i>Oliefase</i>                      | 42        |
| 7.3 MANUEL HÅNDTERING OG TIDSFORBRUG       | 42        |
| 7.4 FYSISK UDFORMNING                      | 43        |
| <b>8 ALTERNATIVE OPRENSNINGSMETODER</b>    | <b>44</b> |
| 8.1 HIAB-METODE                            | 44        |
| 8.2 DRUCK CHEMIE                           | 44        |
| <b>9 PATENTUNDERSØGELSE</b>                | <b>46</b> |
| 9.1 SAMMENFATNING AF UNDERSØGELSEN         | 46        |
| <b>10 KONKLUSION OG FREMTIDSMULIGHEDER</b> | <b>47</b> |

|          |  |
|----------|--|
| Bilag 1: | Vurdering og datablade, inkl. datablade for sepiolit, og beskrivelser af aktiveret alumina |
| Bilag 2: | Pilotanlæg   |
| Bilag 3: | Fuldskalaanlæg   |
| Bilag 4: | HIAB   |
| Bilag 5: | Druck Chemie   |
| Bilag 6: | Patentmæssig nyhedsundersøgelse  |
| Bilag 7: | Billeder af forsøgsanlægget  |

# Forord

Rådet for Genanvendelse og Mindre Forurenende Teknologi under Miljøstyrelsen har bevilget støtte til et projekt vedrørende "Genvinding af afvaskningsmidler i den grafiske branche".

Projektet er ansøgt af Grafisk Arbejdsgiverforening.

MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S har for Grafisk Arbejdsgiverforening udarbejdet projektforslag og gennemført den tekniske del af projektet.

Projektets formål er at udvikle en metode til behandling og oparbejdning af affaldsemulsioner fra afvaskning af offsetmaskiner med henblik på størst mulig genanvendelse.

Ved at oparbejde og genanvende affaldsemulsioner bliver mængden af flydende affald fra offsettrykkerier kraftigt reduceret, da store dele af det flydende affald stammer fra rengøringen af disse maskiner.

Projektet omfatter laboratorieforsøg, pilotafprøvning og afprøvning hos to pilotvirksomheder.

Grafisk Arbejdsgiverforening har forestået den overordnede projektledelse. Den praktiske del af projektet er gennemført af MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S i samarbejde med Phoenix-trykkeriet og Levison & Johnsen & Johnsen.

En følgegruppe med følgende sammensætning har været knyttet til projektet:

Carsten Bøg, Grafisk Arbejdsgiverforening (formand)

Sven Rose, Grafisk Forbund

Henning Mortensen, teknisk direktør hos Levison & Johnsen & Johnsen

Eva Tauby Sørensen, miljøkoordinator hos Levison & Johnsen & Johnsen

Anne Sophie Søgaard, miljøansvarlig hos Phoenix-trykkeriet as

Svend Aage Linde, MILJØ-KEMI

Tom Hornshøj-Møller, MILJØ-KEMI (projektleder)

Projektet er startet i december 1997 og afsluttet i december 1999.

# Sammenfatning og konklusioner

## *Baggrund*

Baggrunden for dette projekt er et fortsat ønske i den grafiske branche om at minimere både ressourceforbrug og de omkostninger, der er forbundet med rengøringsprocesserne på offset-trykkermaskiner.

Rengøringen omfatter afrensning af farvevalser, gummidug, farvekasse m.v.

Til rengøringen anvendes vaskemidler, der typisk er baseret på mineralske eller vegetabiliske olier. Efter rengøring må rester af vaskemidlet afrenses.

Afrensningen af vaskemiddel foregår manuelt eller automatisk og enten ved tør afrensning eller ved afskylning med vand. Manuel afrensning sker hovedsagelig på små trykværk som en tør metode.

Automatisk afrensning foregår på de større maskiner. Den anvendte teknik er oftest afskylning med vand, hvor den benyttede vandmængde typisk er 5-10 gange mængden af afvaskningsmiddel. Ved denne afvaskning dannes en affaldsemulsion, som opsamles og bortskaffes til Kommunekemi. Affaldsemulsionen består af vand, vaskemiddel og "skidt".

Udviklingen går i retning af flere og flere trykkermaskiner med automatiske vaskesystemer.

## *Projekt mål*

Det er affaldsemulsionen indhold af vaskemiddel som er forsøgt genvundet og oparbejdet under dette projekt. Sideløbende er det forsøgt at minimere den flydende affaldsfraktion ved at oprense vandet fra affaldet til genbrug i vaskeprocessen.

Der er tilstræbt udviklet en regenereringsmetode der bredt kan anvendes til størstedelen af vaskemiddelaffald fra danske offset trykkerier.

## *Projektforløb*

Første fase af projektet var at afklare markedspotentialet (antal virksomheder og mængder) og affaldstyper (vaskemiddeltyper) på markedet. Denne afklaring viste, at projektets målgruppe reelt omfatter ca. 200 trykkerier.

Der blev i den indledende fase foretaget en gennemgang af litteratur og datablade, som GA havde indsamlet. Gennemgangen viste, at vaskemidlerne kunne opdeles i tre forskellige typer: mineralsk baserede, vegetabilisk baserede og blandingsprodukter. Dette stemmer i øvrigt godt overens med resultaterne fra Grakuprojektet "Afvaskere til offset, 1997-98".

For at vælge den mest anvendelige regenereringsmetode blev der til test og afprøvning udvalgt 2 vaskemidler - på henholdsvis vegetabilisk og mineralsk basis.

Valget blev Solren som repræsentant for den traditionelle mineralsk baserede afvasker. Solren blev valgt, da den har været på markedet i mange år og stadig har stor udbredelse.

Wash & Clean 2000 blev valgt som repræsentant for de vegetabilisk baserede afvaskningsmidler. Denne afvasker ligger i virkemåde meget langt fra Solren, da den er relativt nyudviklet med et stort indhold af overfladeaktive stoffer. Hvis der ses bort fra dette indhold af overfladeaktive stoffer, er grundsammensætningen her næsten identisk med flere andre, lidt ældre afvaskningsmidler. Med dette valg dækkes således en stor del af markedet for de vegetabiliske afvaskere.

For at kunne vurdere og derefter vælge den "rigtige" oprensningsmetode har to trykkerier deltaget i projektet. Trykkerierne er Phønix og LJJ. Til forsøgene er anvendt affaldsemulsioner fra disse to virksomheder, hvor også pilotforsøgene er gennemført.

Udover at de to trykkerier anvender de ønskede vaskemidler, producerer begge svanemærkede tryksager og har implementeret miljøledelse efter ISO 14001. Desuden er begge verificerede efter EMAS. Dette betyder, at begge trykkerier er frontløbere på miljøområdet og kan se muligheden for at forbedre produktionen ved at implementere anlæg til oparbejdning af affaldsemulsioner.

For at finde potentialet for genvinding af vaskemiddel blev der gennemført indledende laboratorieundersøgelser, som viste et genvindingspotentiale på op til 20% af affaldsemulsionen som vaskemiddel samt op til 80 % som vand.

Med denne viden om potentialet er der foretaget en screening af tekniske muligheder for opdeling af affaldet i mindst to faser.

Til brydningen af emulsionen blev afprøvet en række simple fysiske enhedsoperationer, som f.eks. filtrering, centrifugering og opvarmning.

Solren var fra start splittet i to faser, så indsatsen blev lagt på Wash & Clean 2000. Det endelige valg faldt på opvarmning, fordi metoden er ukompliceret, billig og ikke kræver tilsætning af nye kemiske stoffer.

Efter at metode og procestid for spaltningen af emulsionen var valgt, blev forskellige metoder for oprensning af henholdsvis vand- og oliephase afprøvet.

De 2 vandfaser kunne renses til en visuel god kvalitet ved at tilsætte en passende mængde af lermineralet sepiolit.

Hvis dette behandlede vand skal afledes til offentlig kloak uden opblanding med andet spildevand, viste det sig nødvendigt at lade vandet passere gennem et aktivt kulfilter.

Oliefasen oprenses ved adsorption på aktiveret alumina, da dette materiale viste sig mest velegnet til oprensning af begge typer af oliephase (vaskemiddel).

På basis af de gennemførte undersøgelser og vurderinger blev der designet og bygget et pilotanlæg.

Dette anlæg blev opstillet hos MILJØ-KEMI, hvor de første forsøg, justeringer og ændringer blev gennemført. Resultatet af forsøgene var en "optimeret" procesgang. Herudover blev resultater og teori fra laboratorieundersøgelserne bekræftet i pilotskala.

Pilotanlægget blev overført til Phønix. Al regenereret vaskemiddel blev genbrugt uden problemer. Den rensede vandfase blev også genbrugt uden problemer.

Konklusionen på pilotforsøgene hos Phønix var, at Wash & Clean 2000 kan genbruges i et 75/25 forhold med frisk vare uden problemer, og at vandet tilsvarende kan genbruges i et forhold på 50/50, samtidig med at det affald, der genereres ved rengøringsprocessen, bliver reduceret med 70%.

Efter pilotforsøgene hos Phønix blev anlægget overflyttet til LJJ.

Også her blev al regenereret Solren uden problemer genanvendt. Hos LJJ blev der ikke gennemført forsøg med genbrug af rensede vandfaser.

Det må dog formodes, at samme genbrugsgrad som ved Phønix kan opnås her, da der ikke stilles særlige krav til vandet.

Konklusionen på pilotforsøgene hos LJJ er, at Solren kan genbruges uden problemer i et 75/25 forhold med frisk vare, samt at det flydende affald, der skal afhændes til Kommunekemi, blev reduceret med ca. 85%.

På basis af undersøgelser og erfaringer hos henholdsvis MILJØ-KEMI og de to trykkerier blev et fuldskalaanlæg dimensioneret og prissat.

#### *Økonomi*

Et halvautomatisk anlæg med en kapacitet på 250-750 l/døgn kan leveres for en pris på ca. kr. 160.000,-.

Med denne pris og de driftsomkostninger, der er oplyst af henholdsvis trykkerier og produktleverandører, har det været muligt at beregne en simpel tilbagebetalingstid for de to typer af afvaskningsmidler.

Ved trykkerier med en størrelse og forbrug af Wash & Clean som hos Phønix, findes en simpel tilbagebetalingstid på 1,3-3,6 år. Årsagen til disse korte tilbagebetalingstider skal findes i en høj pris og et højt mængdemæssig forbrug for vegetabiliske vaskemidler.

Ved trykkerier af samme størrelse og med samme forbrug af Solren som LJJ, findes en simpel tilbagebetalingstid på mere end 10 år. Årsagen til den lange tilbagebetalingstid er et lille forbrug sammenholdt med den lave pris.

#### *Konklusion*

Det kan konkluderes, at det i projektet er lykkedes at udvikle en relativ simpel metode til oparbejdning af de affaldsemulsioner der fremkommer ved rengøringen af offsettrykkermaskiner. Projektmålet er således nået.

Den udviklede metode kan håndtere og oparbejde både mineralsk og vegetabilisk baserede vaskemidler.

Projektet har dokumenteret, at både genvundet vaskemiddel og vand kan genbruges direkte på en offsettrykkermaskiner, uden at det har givet anledning til problemer med drift eller tryk kvalitet.

Pilotafprøvninger har vist, at anvendelse af den udviklede metode ikke blot vil reducere miljøbelastningen, men at metoden også er økonomisk attraktiv på trykkerier, der anvender vegetabiliske vaskemidler.

Ingen af de to deltagende trykkerier har ønsket at etablere det endelige fuldskalaanlæg. De har hver for sig haft forskellige grunde hertil, men resultatet er, at det ikke indenfor projektets rammer har været muligt at bygge og installere et endeligt fuldskalaanlæg.

Under projektførelsen er to andre teknologier blevet udviklet af andre leverandører og tilbydes nu kommercielt. Disse teknologier vurderes anvendelige, men kan hver for sig kun anvendes til bestemte typer af vaskemidler. Teknologien udviklet i dette projekt kan anvendes over for alle typer af vaskemidler. Der er således tale om en teknologi med langt bredere anvendelse end de eksisterende alternativer.

Det er vor vurdering, at anlæg til regenerering af vaskemiddel affald i løbet af de næste 5-10 år vil blive etableret hos størstedelen af de større offsettrykkerier og at teknologien udviklet i dette projekt for en række af disse trykkerier vil være det mest oplagte valg. Dette vil ikke mindst være tilfældet i forbindelse med, at trykkerierne skifter fra mineralsk baserede vaskemidler til vegetabiliske vaskemidler.



# Summary and conclusions

The background for this project is the widespread desire of the graphic trade to minimise their consumption of resources and the costs for the cleaning of offset printing machines.

The cleaning process includes cleaning of ink rollers, rubber cloth, ink box, etc.

Detergents used for the cleaning are typically mineral-based or vegetable detergents. After the cleaning process, remnants of detergent have to be removed.

The removal of detergent remnants is done either manually or automatically in a dry-cleaning process or by rinsing with water. Manual cleaning is mainly done as a dry-cleaning method in small printing units.

Cleaning of large machines is done automatically. The technique applied is usually rinsing with water. The water quantities applied are 5 to 10 times as big as the detergent quantity. During this rinsing process a waste emulsion is generated, which is collected and transferred to Kommunekemi. The waste emulsion generated consists of water, detergent and "dirt".

The development tends towards an increase in the number of printing machines equipped with automatic washing systems.

## *Project objective*

The aim of this project is to recover the detergent contained in this waste emulsion and re-process it. Simultaneously an attempt was made to minimise the liquid fraction by cleaning the water from the waste and reusing it in the washing process.

It has been attempted to develop a regeneration method, which is widely applicable for most detergent waste in Danish offset printing works.

## *Course of the project*

The first phase of the project should determine the market potential (number of companies and quantities used) and the types of waste (detergent types) generated. This investigation revealed that the project target group includes some 200 printing works.

A review of literature and data sheets collected by GA was carried through during the introductory project phase. This review showed that the detergents could be divided into three different kinds, i.e. mineral-based detergents, vegetable detergents and mixed products. This is quite in line with the results obtained through the Graku project "Detergents for Offset, 1997-98".

Two detergents - a vegetable and a mineral-based detergent - were selected in order to find the most applicable regeneration method.

The product "Solren" was selected as a representative of the traditional mineral-based detergents. Solren was selected because it has been available on the market for many years and still is prevailing.

Wash & Clean 2000 was selected to represent vegetable detergents. Being a rather recently developed product with major content of surface active substances, Wash & Clean 2000's mode of operation differs greatly from that of Solren. If its content of surface active substances is not taken into account, its basic composition is almost identical with several others, somewhat older detergents. Thereby, this selection of detergents covers a wide range of available vegetable detergents.

Two printing works participated in the project in order to allow assessment of and choosing the “correct” cleaning method. The printing works were Phønix and Levison & Johnsen & Johnsen. The tests were made with waste emulsions from these two companies, and the pilot tests as well were performed at these printing works.

These two printing works do not only use the wanted detergents; they also both produce “swan-marked” printed matters, and both have implemented environmental management according to ISO 14001. Besides, both are verified by EMAS. This means that both companies are precursors in the field of environment and see the possibilities to improve their production by installing plants for the processing of waste emulsion.

Introductory laboratory examinations were made in order to assess the potential for recovery of detergents. The examinations showed a recovery potential of up to 20% of the waste emulsion as detergent and 80% as water.

Knowing this potential, the technical possibilities of splitting the waste into at least two phases were examined.

In order to break the emulsion a number of simple physical operations such as filtering, centrifugation and heating were tested.

Solren was split into two phases right from the beginning; therefore efforts only had to be made with Wash & Clean 2000. Heating was the final choice, because the method is uncomplicated, inexpensive and doesn't require any chemical additives.

Once method and processing time for splitting the emulsion had been decided, various methods for cleaning of water and oil phases were tested.

By adding an appropriate amount of the clay mineral sepiolite, the two water phases could be cleaned till they appeared in a visually good quality.

If this treated water shall be discharged into the sewer before it is mixed with other wastewater, the authorities would only approve its quality after it had passed through an activated carbon filter.

The oil phase is cleaned by adsorption on activated alumina, as this material proved the most suited for cleaning of both types of oil phase (detergent).

Based on the examinations and assessments made, a pilot plant was designed and built.

This plant was built at MILJØ-KEMI, where the first tests, adjustments and changes were made. The tests resulted in an “optimised” process, and results and theoretical values obtained from laboratory analyses were confirmed in pilot scale.

The pilot plant was transferred to Phønix. All regenerated detergent was reused without problems. The purified water phase as well was reused without problems.

The conclusion arrived at in the pilot tests at Phønix was that Wash & Clean 2000 could be reused without problems in a ratio of 75/25 with fresh goods, and that the water could be reused in a ratio of 50/50. At the same time the waste generated during the cleaning process is reduced by 70%.

After the pilot tests at Phønix the plant was moved to Levison & Johnsen & Johnsen.

At LJJ as well all regenerated Solren could be reused without problems. No tests with reuse of purified water phase were performed at LJJ.

However, it may be expected that the same degree of reuse as obtained at Phønix can also be achieved at LJJ, as no special requirements are made for the water.

The conclusion of the pilot tests at LJJ was that Solren can be reused without problems in a ratio of 75/25 with new goods, and that the amount of liquid waste that is passed on to Kommunekemi is reduced by 85%.

A full-scale plant was dimensioned and prices for it were fixed on the basis of examinations and experience gained at MILJØ-KEMI and the two printing works.

#### *Economy*

A semi-automatic plant with a daily capacity of 250-750 l could be delivered at a price of approximately 160,000.- DKK.

This price and the operating costs stated by the printing works and the product suppliers made it possible to calculate a simple payback time for both types of detergent.

A simple payback time of 1.3 to 3.6 years is found for printing works of Phønix' size and with Phønix' consumption of Wash & Clean. The reason for this short payback time is the high price and the large quantities of vegetable detergents consumed.

Printing works of LJJ's size and with their consumption of Solren will get a simple payback time of more than 10 years. The reason for this long payback time is the small consumption compared with the low price.

#### *Conclusion*

It may be concluded that a relatively simple method for the re-processing of the waste emulsions generated when cleaning offset printing machines was developed during the project. Thereby the project objective has been achieved.

With the developed method it is possible to handle and re-process both mineral-based and vegetable detergents.

Through the project it has been verified that recovered detergent and water can be directly used for offset printing machines without causing problems for operation and printing quality.

Pilot tests have shown that use of the developed method will not only reduce the environmental strain; it is also financially attractive for printing works that use vegetable detergents.

None of the two printing works wanted to install the final full-scale plant. Both had their reasons why they didn't want it, but the result is that it has not been possible to build and install a final full-scale plant within the framework of the project.

Two other technologies were developed during the project and are now commercially available. These technologies are assessed as applicable, but both are only applicable for certain types of detergents. The technology developed through this project can be used for all types of detergents. This makes it a technology that can be used much more widespread than the existing alternatives.

We estimate that plants for regeneration of detergent waste will be installed in the majority of large-scale offset printing works during the coming 5-10 years and that the technology developed through this project will be the natural choice for a number of these printing works - not least when the printing works replace mineral-based by vegetable detergents.

# 1 Indledning

Der findes i Danmark ca. 600 offsettrykkerier - alle med et løbende behov for rengøring af trykkemaskinerne for at sikre en tilstrækkelig høj kvalitet.

Rengøringen omfatter afrensning af farvevalser, gummidug, farvekasse, modtrykcylinder og fugtevalser. Rengøringshyppigheden varierer meget, afhængig af farveskift, produktionsstop som følge af justeringer eller vanskeligheder med f.eks. papirstøv eller tilsmudsning af fugtevalser. Til rengøringen anvendes vaskemidler, der typisk er baseret på mineralske eller vegetabiliske olier. Efter rengøring må rester af vaskemidlet afrensnes.

Afrensningen af vaskemiddel foregår manuelt eller automatisk og enten ved tør afrensning eller ved afskylning med vand. Ved manuel afrensning anvendes oftest en tør metode (aftørring med en klud). Den manuelle afrensning foretages hovedsagelig på små trykkerimaskiner og medfører kun en lille affaldsmængde i form af brugte klude, der bortskaffes til vask eller som industriaffald.

Automatisk afrensning foregår på de større maskiner, hvor størsteparten af tryksagerne produceres. Den anvendte teknik er oftest afskylning med vand. De benyttede vandmængder varierer, men ligger typisk i intervallet 5-10 gange mængden af afvaskningsmiddel. Ved denne afvaskning dannes en affaldsemulsion, som opsamles og bortskaffes til Kommunekemi. Affaldsemulsionen består af vand, vaskemiddel og "skidt".

Udviklingen i branchen (ark-offset) går fra små trykte serier mod større serier og fra små anlæg til større anlæg. De fleste nye anlæg er fra starten "født" med automatiske vaskesystemer. Denne tendens skubber udviklingen fra manuel tør afrensning mod automatiske systemer. I de fleste automatiske systemer foregår afvaskningen ved væske/væskeafrensning. Denne udvikling bevirker, at den genererede affaldsmængde fra afrensning i fremtiden må forventes at stige.

Der er derfor et ønske i branchen om at få udviklet en teknik, som kan minimere affaldsmængden og eventuelt regenerere affaldet til helt eller delvis genbrug.

De mineralsk baserede vaskemidler udgør p.t. størsteparten af det samlede forbrug. Der er imidlertid et generelt ønske om at skifte til vegetabiliske vaskemidler, for at forbedre arbejdsmiljøet og for at reducere VOC-udledningen. På længere sigt vil miljø mærkningsordninger som Svanemærket sandsynligvis også medvirke til et øget forbrug af vegetabiliske produkter.

Dette skift går imidlertid trægt, bl.a. fordi de automatiske vaskeprogrammer, der findes på de nuværende trykkerimaskiner, ikke passer til de vegetabiliske vaskemidler. Programmerne skal ændres og tilpasses, før afvaskningen kan fungere tilfredsstillende. Et andet problem er af teknisk art - de vegetabiliske vaskemidler har tendens til at påvirke gummidugens fysiske karakteristika i uheldig retning. Der er således endnu et stykke vej, før de tekniske problemer er løst og substitutionen fra mineralske til vegetabiliske vaskemidler kan gennemføres fuldt ud.

Udover disse tekniske problemer er der også en økonomisk barriere, da de vegetabiliske vaskemidler er dyrere end de mineralske og forbruget tilsyneladende også større.

Det vurderes, at skiftet fra mineralske til vegetabiliske vaskemidler nok løbende vil ske i løbet af de næste 15-20 år.

Ved projektets start havde ingen af projektdeltagerne kendskab til kommercielle anlæg, der kunne oparbejde denne type af affaldsemulsioner til genbrug.

For at definere målgruppen og dermed potentialet for dette projekt er der foretaget en vurdering af, hvor trykværkerne er placeret. Ved opstart af projektet i 1997 blev det af branchen vurderet, at halvdelen af trykværkerne i Danmark er placeret hos ca. 200 virksomheder. Hos disse virksomheder anvendes 75% af det indkøbte vaskemiddel på trykkerimaskiner med fuldautomatiske afvaskningsprogrammer. Disse ca. 200 virksomheder er derfor den primære målgruppen for projektet.

Målgruppen repræsenteres af:

- Phønix-trykkeriet as, som er et offsettrykkeri. Virksomheden har 2-, 5- og 6-farveoffsetmaskiner. Der anvendes vegetabiliske vaskemidler til automatisk afvaskning. Phønix er derfor oplagt som projektvirksomhed med hensyn til vegetabiliske afvaskere. Phønix er endvidere certificeret efter ISO 14001 og verificeret efter EMAS-forordningen, hvilket indikerer, at miljøforhold har en central plads i denne virksomhed.
- Levinson & Johnsen & Johnsen A/S (LJJ) er et full-service offsettrykkeri. Virksomheden har bl.a. 1-, 2-, 4- og 5-farveoffset-trykkemaskiner. Her anvendes mineralsk baserede vaskemidler til automatisk afvaskning. LJJ er derfor oplagt som projektvirksomhed med hensyn til de mineralske vaskemidler. LJJ er ligesom Phønix certificeret efter ISO 14001 og verificeret efter EMAS-forordningen, hvilket også her indikerer, at miljøforhold har en central plads i virksomheden.

Det overordnede formål med projektet har derfor været at udvikle og dokumentere en metode til oparbejdning af affaldsfraktionen fra afvaskning af trykvalser, hvorved de totale affaldsmængder og kemikalieforbruget reduceres væsentligt.

## 2 Projekt mål og -gennemførelse

Det overordnede mål med projektet er at udvikle og dokumentere en metode til oparbejdning af affaldsfraktionen fra afvaskning af trykvalser, hvorved de totale affaldsmængder og kemikalieforbruget reduceres væsentligt.

Projektet er gennemført som en række faser, hvor den opnåede viden løbende er anvendt til at optimere indsatsen i den efterfølgende fase.

| Fase nr. | Indhold  |
|----------|--|
| 1        | Udvælgelse af vaskemidler, målretning af projektet   |
| 2        | Indledende laboratorieundersøgelser, klarlægning af det reelle potentiale  |
| 3        | Laborrietest → udvikling af metode, sammensætning af enhedsoperationer til den "optimale" procesgang                                     |
| 4        | Opbygning af pilotanlæg, fremstilling af mindre anlæg for at vise, at den "optimale" procesgang fungerer som udtænkt i teorien           |
| 5        | Forsøgsdrift med pilotanlæg og test af regenererede produkter for at få de nødvendige erfaringer om genbrug af de regenererede produkter |
| 6        | Dimensionering af fuldskaalanlæg, således at metodens økonomi og miljømæssige fordele kan vurderes                                       |
| 7        | Opstilling og indkøring af anlæg til dokumentation af den udviklede metodes økonomi og bæredygtighed                                     |
| 8        | Rapportering   |

# 3 Udvalgelse af vaskemidler

## 3.1 Sammendrag

Det var målet med denne fase at udvælge nogle få repræsentative vaskemidler til det videre arbejde. På denne måde kan det videre projektarbejde målrettes og optimeres og alligevel dække bredt.

Kravet til de udvalgte vaskemidler er, at de så vidt muligt kan betegnes som repræsentative for størstedelen af forbruget i den danske branche og dermed dække størstedelen af markedet.

Som repræsentative vaskemidler er udvalgt to produkter: Clean & Wash 2000 og Solren.

Valget af disse to produkter begrundes i deres meget forskellige sammensætning - vegetabilsk og mineralsk baseret. Såfremt der kan udvikles en metode, der kan håndtere affaldsemulsioner fra begge disse produkter, vurderes det sandsynligt, at metoden også kan håndtere størstedelen af de øvrige affaldsemulsioner, der forekommer i Danmark.

## 3.2 Fremgangsmåde

Ud fra en teoretisk gennemgang af datablade og litteratur m.v. samt ud fra drøftelser med de deltagende virksomheder er der udvalgt produkter til det videre arbejde.

Herefter blev der indhentet affaldsemulsioner genereret ved afvaskning med de udvalgte vaskemidler. Disse emulsioners sammensætning blev analyseret og vurderet. Disse analyser gav et klart billede af blandingsforholdene mellem vaskemiddel og vand samt hvilke forureninger, der skal fjernes fra de enkelte faser, før de kan genbruges.

Analyserne gav endvidere et indtryk af fordelingen af de vaskeaktive stoffer i de enkelte faser efter afvaskningen. Dette er af væsentlig betydning for at få afklaret, om der ved genbrug skal suppleres med overfladeaktive stoffer og i givet fald i hvilken grad.

Der blev således tilvejebragt dokumentation af fysiske og kemiske forhold før og efter afvaskningen. Disse forhold danner grundlaget for, hvilket oprensningskoncept, der blev valgt i det videre forløb.

De enkelte dele af forløbet af udvælgelse og dokumentation fremgår af de efterfølgende afsnit.

## 3.3 Datablade, litteratur og leverandøroplysninger

Der er gennemgået og vurderet en række datablade, indsamlet af Grafisk Arbejdsgiverforening. Databladene gav meget begrænset specifik kemisk information. Det var således ikke muligt ud fra databladene at klarlægge den nøjagtige sammensætning af vaskemidlerne.

Studiet viste dog, at vaskemidlerne principielt kan opdeles i tre forskellige kategorier: mineralske kulbrintedestillater, estre (baseret på vegetabiliske olier eller syntetiske) og blandingsprodukter af begge typer.

Endvidere tilsættes flere produkter overfladeaktive stoffer (tensider) for at forbedre vaskemidlernes evne til at emulgere med vand og derved lette afskyllingen med vand.

Spektret af vaskemidler må betegnes som meget bredt, såvel fysisk som kemisk.

### **3.3.1 Kulbrintedestillater**

De mineralske kulbrintedestillater fremstilles ved at opdele og behandle råolie. Langt den overvejende del af de destillater, der anvendes som afvaskere, er aromatfri. En typisk blanding til en offsetafvasker består af en letflygtig fraktion samt ikke-flygtige kulbrinter.

Sammensætningen varierer fra produkt til produkt. De mineralsk baserede produkter kan opdeles i to hovedgrupper - letflygtige og ikke-flygtige kulbrinteblandinger - afhængig af deres kogepunkt.

### **3.3.2 Estre**

Estre kan være baseret på det naturlige indhold i vegetabiliske olier, som modificeres ved hydrolyse. Dette resulterer i en blanding af forskellige estre og alkoholer. Sammensætningen af denne blanding er bestemmende for vaskeevne, viskositet og vandblandbarhed. Tilsvarende eller næsten identiske esterblandinger fremstilles syntetisk ud fra carboxylsyrer, som ofte er mineralsk baserede. I dette projekt betegnes alle esterblandinger som vegetabiliske.

### **3.3.3 Additiver**

Afvaskningsmidlerne indeholder typisk forskellige additiver, men som regel i mængder under 5%. Det drejer sig især om overfladeaktive stoffer, der forbedrer både vaskeevne og emulgerbarheden med skyllevandet.

### **3.3.4 Vaskemidler anvendt ved de deltagende virksomheder**

Hos de to deltagende trykkerier anvendes henholdsvis vegetabilisk og mineralsk baserede vaskemidler.

Hos LJJ anvendes Solren - et let flygtigt afvaskningsmiddel baseret på en mineralsk kulbrinteblending.

Hos Phønix anvendes Clean & Wash 2000, som er en 3.-4. generations vegetabilisk afvasker. Generationen refererer til produktets udviklingsmæssige stade. Første generation består af "rene" vegetabiliske estre, i anden generation er der sket mindre ændringer, og der kan spores "tilsætningsstoffer", mens 3.-4. generation er næste trin i udviklingen med tilsætning af stadig flere tilsætningsstoffer. Clean & Wash 2000 er et af de mest sammensatte vegetabiliske vaskemidler, der findes på markedet. En succesfuld udvikling af en metode til behandling af affaldsfraktionen fra dette produkt vil derfor sikre en metode, der er i stand til at håndtere end- og meget kompleks sammensatte produkter.

"Solren", som sælges af Akzo Nobel, vurderes at have en stor markedsandel. Markedets reelle størrelse og markedsandel er dog ikke bestemt. Der er tale om et produkt, som har været på markedet i mange år. Endvidere forhandles Solren af en af de største kemikalie- og trykfarveleverandører til den grafiske industri.

"Wash & Clean 2000", som forhandles af Coates & Lorilleux, minder meget om "Vegeol" og "Tryk A". Disse tre produkter har - ifølge deres respektive leverandører - hver især en pæn markedsandel. "Wash & Clean" er et forholdsvis nyudviklet vaskemiddel og et nyere produkt end både "Vegeol" og "Tryk A". Den store forskel mellem "Wash & Clean" og de to ældre vaskemidler "Vegeol" og "Tryk A" er, at "Wash & Clean" har et relativt større indhold af overfladeaktive stoffer, som bevirker, at dette vaskemiddel har en bedre emulgeringsevne.



### 3.4 Laboratorieundersøgelser

Formålet med laboratorieundersøgelserne var at få et klart billede af den fysiske og kemiske sammensætning af afvaskningsmidlet før afvaskning og af emulsionen efter afvaskning. Der er udarbejdet dokumentation for de fysiske og kemiske forhold, der hersker i de faser, der opstår ved afvaskningen. Denne dokumentation har dannet grundlag for at vurdere, hvad der kunne forventes ved oparbejdning af affaldsemulsionen.

Til undersøgelserne er anvendt affaldsemulsioner hentet hos henholdsvis Phønix-trykkeriet samt Levison & Johnsen & Johnsen.

Affaldsemulsionens faser blev separeret og undersøgt.

#### *Sammensætning af affaldsemulsioner:*

| Fase               | Solren<br>% | Wash & Clean<br>% |
|--------------------|-------------|-------------------|
| Olie (vaskemiddel) | 19          | 17                |
| Vand               | 80          | 74                |
| Slam, oliefase     | 0,6         | 7                 |
| Slam, vandfase     | "0"         | 2                 |

Fasefordelingen viser, at affaldsmængden kan reduceres kraftigt, hvis vandfasen kan fjernes og ikke indgår i affaldet til Kommunekemi.

Hvis oliefasen kan genbruges, er der mulighed for at reducere affaldsmængden yderligere. En potentiel samlet reduktion på mere end 90% af affaldsmængden er derfor mulig.

De to hovedfaser (olie og vand) blev undersøgt for deres kemiske sammensætning, hvorved fordelingen af de aktive stoffer i vaskemidlerne mellem faserne kunne vurderes. Ved at sammenholde dette med sammensætningen af det rene afvaskemiddel fås en indikation af, hvilke - og hvor stor en del - af de aktive stoffer der kan genvindes:

#### *Mineralsk afvaskningsmiddel (SOLREN):*

| Analyse                   | Affaldsfraktion<br>Vandfase   | Affaldsfraktion<br>Oliefase                                       | Oprindeligt produkt     |
|---------------------------|---|---|-------------------------|
| Tørstof                   | 0,12%   | 3,4%  | 0,6                     |
| Vandindhold               | 98,2  | 0,4   | 0,15                    |
| Anioniske tensider        | 84 mg/l   | 540 mg/l  | 340 mg/l                |
| Infrarød spektrofotometri | Uidentificeret komponent, kan være farvestof                                  | Hovedsagelig kulbrinter, samme spektre som oprindelig             | Hovedsagelig kulbrinter |
| Tyndtlags kromatografi    | Spor af glycol, ingen ethoxylater, en uidentificeret plet, kan være farvestof | Spor af glycol, upolære komponenter (parafiner), spor af tensider |                         |
| Gas-kromatografi          | Indeholder en let flygtig komponent, formodentlig IPA                         | Har samme spektre som oprindelig                                  |                         |

Analyserne af de adskilte faser fra affaldsfraktionen viser, at oliefasen er praktisk taget uændret i forhold til det oprindelige vaskemiddel, bortset fra at tørstofindholdet blev forøget ved afvaskning og faseseparatoring.

Resultaterne tolkes derhen, at oliefasen sandsynligvis kan genbruges direkte, hvis den kan separeres fra affaldsemulsionen.

#### *Vegetabilsk afvaskningsmiddel (Wash & Clean 2000):*

| Analyse                | Affaldsfraktion<br>Vandfase   | Affaldsfraktion<br>Oliefase                        | Oprindeligt<br>produkt                       |
|------------------------|---|--|--|
| Tørstof                | 3,2%  | 95%  | 95%  |
| Vandindhold            | 95%   | 0,15%  | 0,3%   |
| Anioniske tensider     | 20 mg/l   | < 5 mg/l   | < 5 mg/l                                     |
| IR                     | Kulbrinter og estere, et ekstra specifik bånd ved 1550 cm <sup>-1</sup> | Kulbrinter og estere, samme spektre som oprindelig | Kulbrinter og estere                         |
| Tyndtlags kromatografi | Ethoxylater og vandopløselige estere                                    | Som oprindelig                                     | Fedtsyre estere og en del lavmol ethoxylater |
| GC                     | Indeholder 2-3 komponenter, sikkert glycoler                            | Har samme spektre som oprindelig                   |  |

Oliefasens sammensætning er praktisk taget som for det oprindelige produkt, men der er et relativt stort tørstofindhold i vandfasen. Dette indikerer, at en del aktivt stof overføres til vandfasen. Det betyder, at noget af det aktive stof "forsvinder" fra oliefasen, som derfor måske skal suppleres med aktivt stof før genbrug.

### 3.5 Konklusion på de indledende undersøgelser

Konklusionen på de indledende undersøgelser er, at begge oliefasen sandsynligvis kan genbruges direkte. Den genvundne olie fase med "Wash & Clean 2000" skal dog måske suppleres med en mindre mængde overfladeaktivt stof til erstatning af tabet til vandfasen.

# 4 Oparbejdning på laboratoriet

## 4.1 Resultaterne fra oparbejdning på laboratoriet, sammendrag

Ud fra en strategi om så vidt muligt at undgå anvendelse af ekstra kemikalier, valgte vi at fokusere på fysiske teknikker til oparbejdning af affaldsemulsionerne.

Der er fundet en metode, hvor affaldsemulsioner kan oparbejdes til genanvendeligt vaskemiddel, vand samt en reduceret mængde affald. Metoden kan anvendes på affald fra både Phønix og LJJ.

Den valgte metode er baseret på simple fysiske enhedoperationer, hvor der ikke er krav til de store proceskunderskaber.

Der blev bygget et pilotanlæg, som fungerede efter de fundne principper. Pilotforsøg med dette anlæg klarlagde og optimerede selve procesgangen, og der blev genvundet en mængde vaskemiddel, som sideløbende blev genanvendt hos Phønix.

## 4.2 Emulsionsbrydning og adskillelse af faser

Blandt gængse og mulige teknikker til at bryde olie-/vandemulsioner kan nævnes; opvarmning, afkøling, pH-justering, udsaltning og membran filtrering.

Den overordnede strategi ved metodeudviklingen var, at anvendelse af ekstra kemikalier så vidt muligt skulle undgås. Der er flere årsager til at vælge denne strategi. Ved pH-justering eller udsaltning tilsættes kemikalier, som kan forringe vaskemidlet eller udsætte trykkerimaskinerne for potentiel korrosion. Hertil kommer, at tilsætning af forskellige kemikalier kræver et proces knowhow, som næppe altid kan forventes at være til stede hos det personale, der skal håndtere det endelige anlæg.

Før forsøg med at bryde selve affaldsemulsionen blev der gennemført filtreringsforsøg med det formål at forrense emulsionen for større partikulære forureninger:

### 1. *Filtrering af frivilligt adskilte faser på papirfilter*

Metoden kan kun benyttes på den mineralsk baserede emulsion, da den vegetabiliske emulsion ikke i praksis lader sig filtrere. Den mineralsk baserede emulsion er fra starten adskilt i to faser. Oliefasen kan filtreres, men kræver hyppige filterskift, da papirfiltret hurtigt tilstoppes. Vandfasen lader sig nemt filtrere. Metoden er simpel, og det var relativt let at oprense de mineralske emulsioner. Metoden virker dog ikke, hvis vaskemidlet indeholder overfladeaktive stoffer og derved reelt giver en rigtig affaldsemulsion fra start.

Næste skridt fra forsøg med selve opsplittningen af emulsionerne:

### 1. *Centrifugering*

Metoden splittede begge emulsioner i to faser. Den organiske fase indeholdt størstedelen af det afvaskede skidt. Oliefasen skulle derfor oprenses. Vakuumfiltrering af olie fase fra den vegetabiliske emulsion blev forsøgt. Det viste sig ikke at være en praktisk løsning.

### 2. *Opvarmning af den vegetabiliske emulsion til kogepunkt, eventuelt efterfulgt af centrifugering*

Opvarmningen forårsager, at emulsionen brydes, hvorved en efterfølgende centrifugering fuldstændigt adskiller olie og vandfase. Oliefasen består af to faser: en "ren" olie fase og

en slamfase (mellemfase) indeholdende alle suspenderede partikler. Dette betyder, at emulsionen deles i tre faser: "ren olie", slamfase (organisk fase indeholdende suspenderede partikler) og vandfase med bundfald. Oliefasen er umiddelbar herefter klar til videre oparbejdning/genbrug. Mellemfasen er forsøgt filtreret, hvilket ikke er muligt, da filteret stopper til. Vandfasen er lige som oliefasen klar til videre oparbejdning/genbrug.

Efterfølgende forsøg har vist, at forureningerne i emulsionen gennemgår en eller anden form for koagulering og sedimentation. Dette indikerer, at en "simpel" metode til brydning af de to emulsioner er varmebehandling ved den pågældende emulsions kogepunkt efterfulgt af henstand.

Varmebehandling blev valgt af følgende årsager:

- Simpel, ingen komplicerede styreparametre
- Billig i både investering og brug
- Virker på begge emulsioner
- Forureningerne koagulerer
- Der skal ikke anvendes kemikalier

En efterfølgende optimering af procestemperaturen har resulteret i, at varmebehandlingen blev fastlagt til 80°C. Denne temperatur blev anvendt ved de videre forsøg. Sammenhængen mellem emulsionsbrydning og reaktionstid er undersøgt ved den fundne reaktionstemperatur:

*Brydning af affaldsemulsioner:*

| Henstand i timer | Solren       |              | Wash & Clean 2000 |              |
|------------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
|                  | Oliefase i % | Vandfase i % | Oliefase i %      | Vandfase i % |
| 1                | 18           | 82           | 6                 | 94           |
| 2                | 16           | 84           | 7                 | 93           |
| 5                | 15           | 85           | 8                 | 92           |
| 22               | 15           | 85           | 10*               | 90*          |
| 24               | 15           | 85           | 10*               | 90           |

\* 5% sort fase og 5% klar fase

Som det fremgår af skemaet, spalter Solren øjeblikkelig i to faser, mens Wash & Clean 2000 har en længere optimal henstandstid.

### 4.3 Oprensning af de adskilte faser

Flere småforsøg skulle afklare, hvilke enhedsoperationer der var mest velegnede til oprensning af de enkelte faser. Et overordnet krav var, at det skal være metoder, der kan anvendes på begge typer vandfaser og begge typer organiske faser, således at den endelige metode kan anvendes på "alle" typer af affaldsemulsioner. Ved den første gennemgang blev kun den tekniske præstation vurderet.

#### 4.3.1 Oprensning af vandfaser

Der blev afprøvet forskellige oprensningsmetoder. De var alle baseret på tilsætning af stoffer, som "reagerer" med urenhederne, hvorefter forureningerne fjernes ved en simpel fysisk filtrering.

De mest oplagte metoder var:

1. Flokkuleringsmidler. Disse midler sikrer, at forureningerne danner agglomerater, der forholdsvis hurtigt sedimenterer

2. Adsorbtionsmidler. Disse stoffer adsorberer urenhederne på overfladen, hvorved væskefasen renses

Der blev afprøvet to kommercielle flokkuleringsmidler, som begge har stor udbredelse indenfor spildevandsrensning. Der blev forsøgt med både en anionisk og en kationisk flokkulant.

Afhængig af forureningernes ladning vil den anioniske henholdsvis den kationiske fungere bedst, da den vil tiltrække forureninger med modsat ladning. Formålet med flokkulering er, at forureningerne danner agglomerater, som simpelt vil kunne frafiltreres.

*Vandfase tilsat 1% flokkuleringsmiddel:*

| Flokkuleringsmiddel | Solren       | Wash & Clean 2000 |
|---------------------|--------------|-------------------|
| EM 230              | Ingen effekt | Ingen effekt      |
| DP 335              | Ingen effekt | Ingen effekt      |

Da de to afprøvede flokkuleringsmidler ikke antyder noget brugbart, forkastes princippet med at foretage flokkulering af vandfasen.

Ved at tilsætte lerminerale kan man ofte fremprovokere adsorption af urenhederne i en vandfase. Det tilsatte mineral forbedrer en efterfølgende filtrering ("sandfilter"-effekt). Der blev derfor indledningsvis testet flere forskellige mineraler (attapulgit, moler, bentonit og sepiolit). Efter denne "screening" blev bentonit og sepiolit valgt til nærmere undersøgelse, da begge disse mineraler ofte anvendes som adsorptions- og flokkuleringsmiddel indenfor f.eks. spildevandsrensning. Begge mineraler har endvidere forholdsvis høj affinitet overfor organiske forbindelser, som derfor bliver absorberet (ikke adsorberet) af mineralet.

*Lermineral-tilsætning:*

| Mineral  | Solren     | Wash & Clean 2000 |
|----------|------------|-------------------|
| Bentonit | God effekt | Ingen effekt      |
| Sepiolit | God effekt | Nogen effekt *    |

\* Dette resultat er opnået ved for lav dosering af sepiolit (ca. 1%)

Ved opslemning af det "rigtige" mineral var det muligt at oprense vandfaserne for visuelle urenheder og derefter fraseparere lerdelen.

Vandfaserne var efter behandling stadig svagt farvede. Der blev forsøgt yderligere rensning med aktivt kul. Denne oprensning fjernede en væsentlig del af de organiske stoffer, der var tilbage i vandfasen. Analyser viste:

*Analyseresultat for rensset vandfase fra Wash & Clean 2000 emulsion:*

| Behandling                | COD, mg/l | Ilt hæmning (10%) % | Nitrifikationshæmning (10%) % |
|---------------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|
| Sepiolit 2,5%             | 5700      | <20                 | 21                            |
| Sepiolit 2,5%, aktivt kul | 2500      | <20                 | <20                           |

*Analyseresultat for rensset vandfase fra Solren emulsion:*

| Behandling               | COD, mg/l | Ilt hæmning (10%) % | Nitrifikationshæmning (10%) % |
|--------------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|
| Sepiolit 2,5%            | 750       | <20                 | 42                            |
| Sepiolit 2,5%+aktivt kul | 210       | <20                 | <20                           |

Farven forsvandt fra vandfaserne ved behandling med aktivt kul.

Begge vandfaser virker nitrifikationshæmmende, om end kun i mindre grad. Der blev ikke påvist hæmning efter den traditionelle hæmningsmetode for iltoptagelse.

Det kan konkluderes, at en rensning gennem et aktivt kulfilter kan sikre, at spildevandet overholder normale udledningskrav med hensyn til giftighed for det kommunale spildevandsrensningsanlæg.

#### 4.3.2 Oprensning af oliefaser

Til oprensning af oliefaserne kan anvendes mange forskellige metoder, f.eks.:

1. Simple filtrering
2. Destillation
3. Membranfiltrering
4. Oprensning med et granuleret adsorberende materiale
5. Oprensning gennem et aktivt kulfilter

Metoderne er vurderet således:

- Ad 1) Simple filtrering. Metoden kunne være interessant, men blev forkastet på basis af de erfaringer, der fremkom i forbindelse med de indledende laboratorieoprensninger.
- Ad 2) Destillation. Metoden blev fra start forkastet, da denne operation ikke formodes at kunne håndtere vegetabiliske afvaskere på grund af deres høje kogepunkt, > 160°C.
- Ad 3) Membranfiltrering. Metoden kunne være interessant, men blev kasseret, da olieblandinger indeholdende overfladeaktive midler har forskellige "cut-off"-værdier, afhængig af de specifikke produkter. Dette faktum sammenholdt med, at oliestabile membraner er relativt dyre, bevirkede, at metoden blev forkastet.
- Ad 4) Oprensning med et granuleret adsorberende materiale. Ved at lade den beskidte olie passere gennem en kolonne med en fyldning af et granuleret adsorberende materiale vil olien muligvis kunne oprenses. Foruden at virke adsorberende vil kolonne-materialet virke som "sandfilter" og derved frafiltrere fysiske partikler. Metoden har været anvendt i fødevarerindustrien til oprensning af spiseolier. Denne metode blev valgt til nærmere undersøgelse.
- Ad 5) Aktivt kul blev fravalgt, da det adsorberer de overfladeaktive stoffer, der indgår som aktive stoffer i vaskemidlerne. Et aktivt kulfilter vil derfor ødelægge egenskaberne i det genvundne vaskemiddel.

Det blev besluttet at koncentrere indsatsen om de mineralske granulater, som kan adsorbere og frafiltrere urenhederne.

De afprøvede mineraler, har alle været anvendt til oprensning af vegetabiliske olier for mindre partikulære forureninger samt adsorption af opløste farvestoffer (klaring af olier).

##### *Mineraltilsætning:*

| Mineral   | Solren     | Wash & Clean 2000 |
|-----------|------------|-------------------|
| Sepiolit  | -          | Anvendelig        |
| Alumina   | Anvendelig | Anvendelig        |
| Silica 60 | Anvendelig | Uanvendelig       |

Sepiolit blev fravalgt, da det kvæller kraftigt ved kontakt med olie, hvilket resulterer i en uhåndterlig viskøs ler-slamkage.

Både alumina og silica er faste stoffer, som er stabile i en oliefase. Dette bevirker, at de begge er lette at håndtere.

De indledende undersøgelser baseret på laboratorietest indikerede, at alumina var at foretrække frem for silica.

## 4.4 Beskrivelse af test for kvalitet

En oparbejdet oliefase bør undersøges for kvaliteten, for at brugeren kan vurdere produktets kvalitet.

Testmetoder har især stor betydning, når vaskemidler har et specificeret indhold af overfladeaktive stoffer. På denne baggrund blev der fokuseret på testmetoder for vaskemidler, som indholder overfladeaktive stoffer.

Disse testmetoder vil i høj grad være produktspecifikke, hvilket betyder, at de beskrevne metoder kun virker på det beskrevne produkt, men kan virke som idégenerator til udarbejdelse af andre testmetoder for andre produkter.

### 4.4.1 Wash & Clean 2000

For at beskrive de nødvendige testmetoder skal sammensætningen af produktet kendes. Produktet består i princippet af to komponenter: estre og tensider.

Formålet med estrene er at virke som "opløsningsmiddel" for trykfarverester. Tensiderne skal forbedre vaskemidlets emulgeringsevne med vand og derved sikre, at valserne bliver rene ved afskylning med vand.

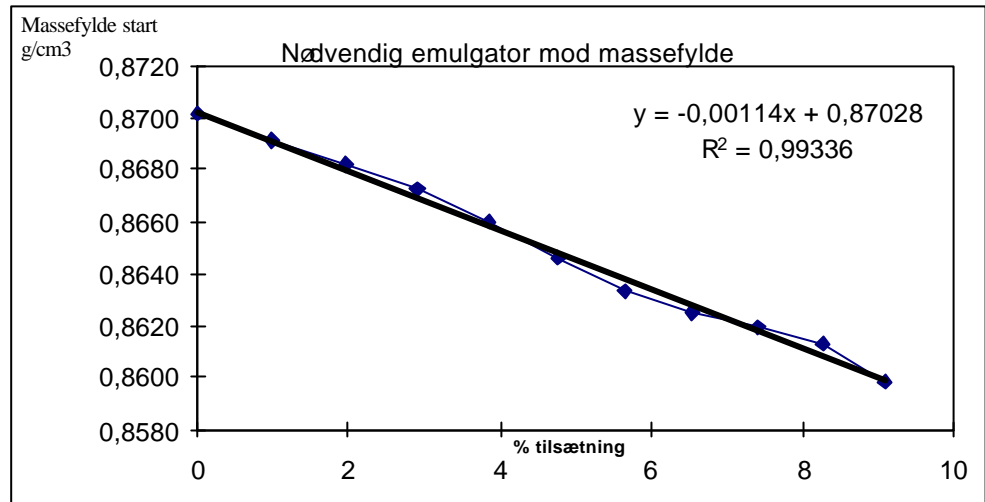
Kvaliteten af Wash & Clean 2000 kontrolleres af producenten ved en massefyldetest. Årsagen til at denne test kan anvendes er, at der er en relativ stor forskel i massefylden på emulgatorkoncentratet og esterblandingen. Hertil kommer, at en massefyldemåling er nem at gennemføre.

Ved de første 3 pilotforsøg hos MILJØ-KEMI blev der udtaget oprensede prøver til ekstern kvalitetskontrol hos leverandøren.

Leverandøren tilsatte samme emulgatorblanding, som anvendes i det rene Wash & Clean 2000. I nedenstående tabel ses resultaterne af de gennemførte målinger:

| % Tilsat emulgator | Massefylde Forsøg I<br>g/cm <sup>3</sup> | Massefylde Forsøg II<br>g/cm <sup>3</sup> | Massefylde Forsøg III<br>g/cm <sup>3</sup> |
|--------------------|--|---|--|
| 0                  | 0,8614                                   | 0,8612                                    | 0,8598                                     |
| 1                  | 0,8623                                   | 0,8614                                    | 0,8615                                     |
| 2                  | 0,8637                                   | 0,8631                                    | 0,8626                                     |
| 3                  | 0,8659                                   | 0,8633                                    | 0,8630                                     |
| 4                  | 0,8679                                   | 0,8648                                    | 0,8645                                     |
| 5                  | 0,8685                                   | 0,8659                                    | 0,8655                                     |
| 6                  | 0,8695                                   | 0,8666                                    | 0,8662                                     |
| 7                  | 0,8702                                   | 0,8680                                    | 0,8674                                     |
| 8                  | -  | 0,8690                                    | 0,8681                                     |
| 9                  | -  | 0,8701                                    | 0,8689                                     |
| 10                 | -  | -   | 0,8702                                     |

Alle målinger blev gennemført ved 22°C. På basis af målingerne har det været muligt at finde en sammenhæng mellem massefylden på det oprensede produkt og tilsætning af emulgator for at opnå samme specifikationer på produktet som på det oprindelige vaskemiddel.



Af regressionkoefficienten fremgår det, at der er en linear sammenhæng mellem målt massefylde og tilsat mængde emulgator.

## 4.5 Forsøg med tekniske varer

Til oprensning af henholdsvis vandfaser og organiske faser blev alle indledende laboratorieforsøg gennemført med produkter af laboratoriekvalitet. Efterfølgende er identificeret leverandører af tekniske produkter.

### 4.5.1 Sepiolit til oprensning af vand

Den valgte sepiolit stammer fra en naturlig mineralsk forekomst i Spanien. Mineralen udvindes fra åbne lergrave og udlægges til tørring i solen. Efter soltørring bliver leret neddelt og tørret i en roterovn ved max. 150°C. Herefter formales sepioliten til den ønskede kornstørrelse. Til denne applikation anvendes pulver < 200 µm.

Handelsnavnet er PANGEL-9, og det anvendes i den danske industri især indenfor farve- og lakproduktion.

Prisen var i 1998/99 ca. 15 kr./kg ved levering i sække.

### 4.5.2 Silica og alumina til oprensning af oliefase

Produkter til laboratoriebrug er lette at fremskaffe, men priserne på aktiveret silica/alumina starter ved ca. 250 kr./kg.

En leverandør med produkter til ca. 85 kr./kg for aktiveret silica og 80 kr./kg for aktiveret alumina - dog var begge produkter i en anden kornstørrelse end den ønskede - blev fundet i USA. Denne alumina virkede ikke tilfredsstillende ved selve oprensningsprocessen, muligvis på grund af kornstørrelsen (for grovkornet).

Sideløbende blev afprøvet en kommerciel aktiveret silica fra en anden europæisk leverandør, som desværre ikke fungerede til oprensning af Wash & Clean 2000.

På et senere tidspunkt lykkedes det at opspore den eneste europæiske producent, Martinswerke, af aktiveret alumina.

Alle pilotforsøg er blevet gennemført med alumina fra Martinswerke. Denne producent producerede endvidere 200 kg specielt til projektet, således at arbejdet fortsatte med et produkt med de rette specifikationer (samme kornstørrelse som laboratorievarer).

Produktets kvalitet var tilfredsstillende, og prisen (1998/99) lå på 3,- DM/kg.



## 4.6 Opbygning af pilotanlæg og pilotforsøg

Ud fra laboratorieforsøgene blev der dimensioneret, beskrevet og opbygget et pilotanlæg med en kapacitet på ca. 250 l affaldsemulsion i døgnnet. Med denne kapacitet har pilotanlægget samme størrelse som et fuldskalaanlæg

Den oprindelige procesgang ved pilotforsøgene var tænkt som følger:

1. Emulsionen pumpes op i beholderen for varmebehandling.
2. Emulsionen varmebehandles (splitning af emulsionen) ved ca. 80°C. Denne temperatur holdes i flere timer (min. 8, max. 15-18 timer).
3. Den fraskilte oliefase pumpes over i en lagertank til videre oprensning.
4. Mellemfasen pumpes over i lagerbeholder. Mellemfasen kan nu enten pumpes retur til endnu en varmebehandling ved næste oprensning eller kasseres som kemikalieaffald.
5. Den tilbageværende vandfase iblandes "ler" (sepiolit i pulverform) under kraftig omrøring i ca. 5 minutter.
6. Ved henstand i ½ time deles vandfasen i to faser, slamfase og "rent" vand, ved simpel gravimetrisk separering.
7. Vandfase og slam ledes gennem 0,5µm posefilter, hvorved slammet bliver opkoncentreret.
8. Det rensede vand opsamles og genanvendes direkte på trykmaskinen.
9. Posefilter tømmes for lerslam, som afleveres til godkendt affaldsaftager.
10. Oliefasen pumpes op gennem aluminasøjlen (kornstørrelse 0,2-2 mm). Flowhastigheden blev sat til 1/7-1/8 bedvolumen/time svarende til et opadgående flow på max. 10 cm/time.
11. Den rensede oliefase genbruges direkte på trykmaskinen.

Tegning af det oprindelige pilotanlæg fremgår af bilag 2.

Allerede ved første forsøg blev det konstateret, at ét er teori, et andet praksis:

- Oliefase samt mellemfase blev opblandet efter adskillelsen ved varmebehandlingen, da der ved opsugning af olien fra overflade opstår så stor turbulens, at de øverste to faser sammenblandes. Derfor skal alle tre faser aftappes trinvis ud gennem bunden af beholderen.
- Posefilteret blev kasseret, da det hurtigt blokker til ved filtrering af ler-slammet. Lerpartiklerne agglomerer til en slimet masse, der er uigennemtrængelig for væsker.
- Hastigheden på omrøreren skulle reduceres, da omrøringen emulgerede de adskilte faser igen. For at kunne optimere omrøringshastigheden blev der påsat frekvensstyring af omrøreren.
- Indføring af interval-omrøring, hvorved gen-emulgeringen kunne minimeres.
- Etablering af skueglas i udløb fra varmetank, hvorved faseadskillelserne kunne registreres.

- Etablering af omrøring i lagerbeholder for vandfase, således at denne beholder kunne anvendes til opblanding af sepiolit.

Disse ændringer var nødvendige for at få anlægget til at fungere efter hensigten.

#### 4.6.1 Pilotforsøg hos MILJØ-KEMI

Fra starten blev det valgt at gennemføre forsøg med affaldsemulsion fra Wash & Clean 2000, da erfaringerne fra laboratorieforsøgene viste, at denne affaldsemulsion var den sværeste at oparbejde.

Når denne affaldsemulsion kunne oparbejdes til noget brugbart, vurderes det at være relativt nemt at overføre erfaringerne til Solren-"emulsion".

De to billeder i bilag 7 A og B viser pilotanlægget opstillet hos MILJØ-KEMI.

Pilotforsøgene hos MILJØ-KEMI gav mange praktiske erfaringer, som gav anledning til ændringer af både anlæg og procedurer, før det kunne overflyttes til Phønix-trykkeriet:

##### 4.6.1.1 Emulsion

Emulsionen kan inden varmebehandlingen beskrives som en sort, fedtet, viskos ugennemsigtig væske. Bilag 7 C viser en prøve af den ubehandlede emulsion (Wash & Clean 2000 fra Phønix).

Ved spaltningen af emulsionen blev der foretaget flere forsøg, hvorved der blev fundet frem til en "optimeret" procesgang:

1. Forsøg med optimering af den tid, emulsionen er opvarmet
2. Optimering af intervallerne for omrøring
3. Tidsinterval for adskillelse/genemulgering
4. Minimering af tab ved faseovergangsprocedure

Ad 1): Adskillelse i tre faser foregik ved varmebehandling ved 80°C i kun 2-3 timer. Dette er kun en "grov adskillelse", da der ikke fremkommer mellemfase og da både vand og olie fase stadig er meget forurenede, da forureningerne ikke "koagulerede". Det bevirker et stort ressourceforbrug i de efterfølgende oprensningstrin. Den "optimale" varmebehandlingstid blev fundet til ca. 8 timer ved 80°C. Proceduren blev, at varmebehandlingen bør foretages udenfor "normal" arbejdstid, f.eks. om natten.

Ad 2): Uden omrøring forekom stødkogning ved varmelegemet, og der er en stor varmemodstand i faseovergangene (vand-/mellem-/oliefaserne). Modstanden har været på op til 10-15°C. Det bevirkede, at forureningerne i olie fasen ikke koagulerede. Ved en "passende" omrøring mindskes effekten af varmemodstanden.

Ad 3): Faserne skal adskilles straks efter varmebehandlingen. Hvis faserne ikke adskilles medens de er varme, gendanner emulsionen sig. Det er især mellemfasen som gennemulgerer med vandfasen.

Ad 4): Efter adskillelse er vand- og olie fase klar til videre oparbejdning, mens mellemfasen sendes til Kommunekemi. Hvis en del af mellemfasen følger en af de to andre faser, resulterede det i overforbrug af enten sepiolit eller aktiveret alumina. Mellemfasen får endvidere alle filtre til at blokke til. Der er observeret forøget forbrug af sepiolit med en faktor 3, når en del af mellemfasen fulgte vandfasen.

Billederne i bilag 7 D og E viser de tre forskellige faser efter den termiske adskillelse.

##### 4.6.1.2 Olie fase

Der er gennemført flere forsøg, som skulle afklare følgende spørgsmål:

1. Kan oliefasen forfiltreres for partikulære forureninger, og har det i det hele taget nogen effekt?
2. Hvilken flowhastighed skal der anvendes op gennem kolonnen, således at flowet bliver det maksimalt tilladelige?
3. Bliver det genvundne produkt visuelt rent, eller er der forskel fra ubrugt?
4. Kan det genvundne produkt genbruges direkte eller skal der foretages modifikationer?

Oliefasen er inden oprensningen visuelt mørk tenderende til sort, afhængig af i hvor høj grad urenhederne er "koagulerede" eller ej. Oliefasen skal være "vandfri", når den pumpes ind på søjlen. Ved højt vandindhold blev vandet optaget af aluminaen under dannelse af hydreret alumina. Under hydreringen udvider granulatet sig, hvilket resulterede i at kolonnen tilstoppedes. Ved oprensningen af oliefasen fik vi følgende erfaringer:

Ad 1): Oliefasen kan forfiltreres på posefilter før oprensning. Metoden blev ikke anvendt, men ville sikkert give et formindsket forbrug af kolonnemateriale, hvilket indikerer, at denne ændring burde gennemføres på et fuldskalaanlæg.

- Ad 2): Oprensningen foregik ved at pumpe "beskidt" olie op gennem en aluminasøjle med en flowhastighed på ca. 1/6 BV/h (bedvolumen/time). Ved denne hastighed blev olien oprenset tilstrækkeligt, og fronten af det "mættede" granulat var meget tydelig (skarp). Kolonnen med front ses på bilag 7 F..
- Ad 3): Kolonnen fungerede både som adsorptionsmiddel for forureninger og som "sandfilter". Oliem blev således også rensede for partikulære forureninger. Da ikke alle farvestoffer koagulerer eller adsorberes fuldstændigt, blev det regenererede produkt mørkere end det oprindelige ubrugte vaskemiddel. Bilag 7 G viser de oprensede produkter med forskellig grad af farve.
- Ad 4): Oliefasen blev genbrugt direkte på maskinen, eventuel suppleret med frisk vaske-middel. Problematikken vedrørende tensider er beskrevet i afsnittet om driftsanalysemetode.

#### 4.6.1.3 Vandfase

Vandfasen fra varmebehandlingen varierer visuelt fra lysegrå "skummetmælk" helt over til sort "løbesod", afhængig af hvor effektivt varmebehandlingen og adskillelsen fra mellemfasen er foregået. Vandfasen føles lettere "olieret". Der er gennemført forskellige forsøg, som skulle klarlægge:

1. Hvordan sepioliten skal fordeles jævnt i vandfasen og hvilken mængde, der er nødvendig
2. Bundfældningshastighed for slammet
3. Muligheder for genbrug af sepiolit-slam
4. Hvor meget slam der genereres ved oprensningen

Erfaringerne fra oprensningerne gav følgende svar på de stillede spørgsmål:

- Ad 1): For at kunne fjerne forureningerne i vandfasen skal der mindst opslemmes 3% sepiolit. Der er valgt rundpumpning som opslemningsmetode, da der i forvejen skal anvendes en pumpe til at tømme slemmekarret.
- Ad 2): Sepiolit bundfælder sammen med forureninger. Selve bundfældningshastigheden afhænger kun af sepioliten og ikke af forureningsgraden. Med det pågældende anlæg kunne det konstateres, at en bundfældningsperiode på 3-4 timer var optimal, da slammet ikke reducerede voluminet yderligere ved henstand i længere tid.
- Ad 3): Sepioliten kunne genbruges 2 gange, før den var mættet med forureninger. Det betyder, at forbruget er ca. 1,5% af den rensede vandmængde. Der er valgt en procedure, hvor hele slammængden bortskaffes efter, at det er blevet genbrugt to gange.
- Ad 4): Slamfasen er direkte proportional med de urenheder, der er i vandfasen. Den slammængde, der genereres ved behandlingen, udgør ca. 1/3 af den behandlede vandmængde. Slammet kan afvandes ved centrifugering, men denne metode blev fra- valgt, da den ville være dyr i forhold til reduktionen af affaldsmængden. Se Bilag 7 H.

Den klare vandfase over bundfældet slam pumpes direkte til genanvendelse på trykmaskinen eller til kloak. Bilag 7 I viser en typisk vandprøve efter oprensning med sepiolit.

#### 4.6.1.4 Mættet kolonnemateriale

Da kolonnemateriale (aktiveret alumina) reelt bliver en af de væsentligste økonomiske parametre ved drift af det endelige anlæg, blev der foretaget en enkelt oprensning, hvorefter materi-

alet blev genbrugt til oprensning af ny oliephase. Den anvendte oprensningsprocedure kan beskrives således:

1. Det mættede granulat drænes for olie, således at der kun er "bundet" olie i granulatet.
2. Granulatet "vaskes" med varmt vand, indtil granulatet er ensartet gråt. Vandmængde var ca. 1 l/l granulat, vasket 5 gange, i alt 5 l/l granulat.
3. Granulatet tørres 24 timer ved 110°C.
4. Det tørrede granulat varmebehandles 12 timer ved 350°C, hvorefter temperaturen hæves til 700°C. Denne temperatur holdes i ½time, hvorefter granulatet afkøles frivilligt.

Ved denne behandling kan aluminaen reaktivere, så den kan genbruges. Vasketrinnet kan eliminere, men det store olieindhold bevirker, at forbrændingen bliver svær at styre.

Hvis forbrændingen kommer ud af kontrol stiger temperaturen over de ønskede 700°C. Ved højere temperaturer "dødbrændes" aluminaen, således at den ikke mere virker adsorberende.

Det har ikke været muligt at styre forbrændingen godt nok, hvilket har resulteret i en ikke optimal regenerering. I bilag 7 J ses den visuelle forskel mellem nyt, mættet og regenereret alumina.

#### *4.6.1.5 Genanvendelse af regenereret vaskemiddel*

Al regenereret vaskemiddel blev løbende sendt til Phønix, hvor det blev brugt direkte på maskinen i en 50 eller 75% blanding med frisk Wash & Clean 2000. Phønix havde således genanvendt ca. 100 l regenerat, inden pilotanlægget blev opstillet til det rigtige pilotforsøg. Genanvendelsen gav ikke anledning til tekniske/kvalitetsmæssige problemer.

#### *4.6.1.6 Konklusion på pilotforsøg hos MILJØ-KEMI*

Pilotforsøgene hos MILJØ-KEMI gav en række driftsmæssige erfaringer omkring optimering og praktisk brug af anlægget. Der blev identificeret fejl og mangler, der blev rettet inden anlægget blev sat i drift hos Phønix.

# 5 Pilotforsøg hos virksomhederne

## 5.1 Sammenfatning af pilotforsøgene

Formålet med pilotforsøgene hos de to virksomheder var at afklare:

- Om oprensningsprincipperne fungerer i praksis
- Hvilke modifikationer der skal indføres på anlæg, før det rigtige anlæg dimensioneres
- Om det også er muligt at genbruge det oprensede vand

samt at

- Få samlet tilstrækkelige driftsdata til at foretage en miljømæssig og økonomisk vurdering af anlægget

Da der kun er blevet bygget et enkelt pilotanlæg, er forsøgene blevet gennemført i to tempi.

Første pilotforsøg fandt sted hos Phønix - herefter hos Levison & Johnsen & Johnsen.

På begge virksomheder lykkedes det at køre med pilotanlægget, genbruge al regenereret vaskemiddel og samle så megen erfaring, at det blev muligt at dimensionere og beskrive, hvordan et fuldskaalanlæg skal designes.

## 5.2 Pilotforsøg hos Phønix

100 liter vaskemiddel er på laboratoriet oparbejdet til forsøgsvis genbrug hos Phønix Trykkeriet. Vaskemidlet var genbrugt uden problemer i produktionen, bortset fra at trykkerimaskinen en enkelt gang har haft et enkelt stop på grund af en tilstoppet dyse. Årsagen til tilstopningen er aldrig fundet.

### 5.2.1 Driftsforsøg

Pilotanlægget blev overflyttet fra MILJØ-KEMI til Phønix den 21.01.99, hvorefter det var i drift i ca. 2 måneder.

Selve driften af pilotanlægget har været forholdsvis problemfri, men Phønix oplevede, at anlægget kræver megen manuel håndtering, og at der var en del "tunge løft". Bortset fra dette fungerede pilotanlægget teknisk set tilfredsstillende.

Det oprensede produkt blev anvendt direkte på trykkerimaskinen i et forhold oprenset/frisk vaskemiddel 50/50 og til sidst i forholdet 75/25. Der blev i alt genanvendt ca. 200 liter oprenset produkt uden produktionsproblemer.

Selv ved et blandingsforhold på 75/25 var det ikke nødvendigt at supplere med ekstra tensider for at opnå tilstrækkelig god afvaskning. Dette betyder, at Phønix ikke har anvendt kontrolanalyse for tensidindhold. Det betyder endvidere, at den anvendte tensidmængde i ubrugt Wash & Clean 2000 tilsyneladende ligger langt over det indhold, der er nødvendigt for at vaskemidlet opfylder de krav, der stilles hos Phønix.

Sideløbende med genbrug af vaskemidlet blev rensede vand genbrugt til afskylning i vaskeriprogrammet på trykkermaskinen i et forhold 50/50 med blødgjort vand. Dette genbrug har ikke givet anledning til nogen form for driftsproblemer.

Der er ikke foretaget nogen optimering af den returnerede mængde vand. For at vandforbruget balancerer med det genvundne/rensede vand, skal forholdet være ca. 1/3 frisk vand til 2/3 genbrugt.

Affaldsmængden blev i forsøgsperioden reduceret med ca. 70%. Ved optimering vil vandforbruget kunne reduceres med 70%.

Konklusionen på pilotforsøgene hos Phønix er derfor, at såvel oprenset vaskemiddel som vand kan genbruges direkte på trykkermaskinen.

### **5.2.2 Ønskede ændringer på anlæg**

I forbindelse med driften af anlægget hos Phønix blev der påpeget flere ændringer og justeringer, der anbefales gennemført på et fuldskaalanlæg.

Anlægget skal være mindst halvautomatisk, og håndteringen må ikke tage længere tid end den tid, der p.t. anvendes til håndtering af affaldsemulsionen fra trykkermaskinen.

For at opfylde disse krav skal følgende delopgaver løses:

1. Automatisk fyldning af reaktor
2. Automatiseret aftapning af de tre faser efter varmebehandlingen
3. Ekstra grovfilter til fjernelse af urenheder i oliephase inden lagertank før kolonne
4. Kolonne adskilles i to mindre, som derved bliver fysisk nemmere at håndtere
5. Slamtanken får anden fysisk udformning, hvorved separering i ren vandfase og slamfase lettes betydelig.

Baggrunden for disse delopgaver kan kommenteres på følgende måde:

- Ad 1): Det var på pilotanlægget både beskidt og tidskrævende at fylde reaktoren, da der konstant skulle holdes øje med pumpe, slange og niveau i reaktoren. En påfyldning tager ca. 5-10 min. alt inklusive.
- Ad 2): Aftapning og adskillelse af de forskellige faser skete ved manuel justering af bundventil på højdebeholderen, samt ved at foretage en visuel vurdering af væsken gennem skueglasset i afløbsrøret. Det er meget svært at foretage en visuel vurdering af, hvornår der sker et skift fra en fase til en anden, især fra mellempfase til oliephase, da der sætter sig forureninger på glasset. Selve aftapningen tager ca. 30 min., afhængig af operatørens erfaring.
- Ad 3): Der kunne ses en del partikulære forureninger i både vand og oliephase. Især forureningerne i oliefasen skabte en del problemer ved oprensningen over aluminakolonnen, da partiklerne fysisk blokerede denne efter nogen tid. Disse sorte partikler kunne tydeligt ses som aflejringer i kolonnen, og ved udskiftning af kolonnemateriale var granulatet "kittet" sammen.
- Ad 4): Ved udskiftning af kolonnemateriale var den anvendte kolonne svær at håndtere på grund af sin fysiske udformning (1500 mm lang Ø 150) og i fyldt stand en vægt på ca. 25-30 kg.

Ad 5): Den fysiske udformning af vandbeholderen (opblanding af sepiolit) var alt andet end optimal, da det er svært at adskille vand fra slam. Med den valgte udformning var det svært at undgå slam i vandfasen, når man forsøgte at minimere slammængden, da vandfasen blev aftappet ved at suge fra toppen af væsken. En aftapning tog alt efter operatørens erfaring ca. 30 minutter.

Totalt set tog det således ca. 1½ mandetime at gennemføre en cyklus. Dette tidsforbrug skal reduceres.

### **5.3 Pilotforsøg hos Levison & Johnsen & Johnsen**

I modsætning til pilotforsøgene hos Phønix blev der ikke oprenset større mængder emulsion hos MILJØ-KEMI, inden pilotanlægget blev opstillet hos Levison & Johnsen & Johnsen. Der var således ikke foretaget foreløbige afprøvninger af oprenset vaskemiddel, inden anlægget blev stillet op.

#### **5.3.1 Driftsforsøg**

Pilotanlægget blev efter forsøgene på Phønix returneret til leverandøren, hvor det blev eftersat. Herefter blev det overflyttet til LJJ og sat i drift den 21.04.1999. Anlægget blev herefter anvendt til flere oprensninger, inden forsøgene blev afsluttet den 06.07.1999 fordi den trykkerimaskine, som anvendte Solren, blev sat ud af drift og erstattet med en ny. Den nye maskine skal anvende et andet vaskemiddel fra en anden leverandør.

I driftsperioden hos LJJ blev der behandlet ca. 1100 l emulsion. Der er oparbejdet ca. 50 kg Solren, som blev anvendt direkte på maskinen i forhold på 50-75% regenereret til 25-50% frisk Solren. Der blev ikke observeret problemer af nogen art ved anvendelse af oparbejdet Solren.

Sideløbende med genbrug af vaskemidlet skulle der være genbrugt rensed vand til afskylning. Det kunne imidlertid ikke lade sig gøre, da al procesvand til afskylning hos LJJ befinder sig i et lukket selvstændigt rørsystem. Dette vand bliver anvendt på de fleste trykkerimaskiner og anvendes også som fugtevand.

Ved at bringe oprenset vand ind i dette system er det umuligt at dokumentere, hvor det blev brugt. Hertil kom risikoen for, at en opblanding med fugtevand og spredning ved anvendelse til luftbefugtning ville kunne give problemer.

I forbindelse med de gennemførte forsøg er affaldsmængden blevet reduceret med ca. 85%. Da vandet ikke er forsøgt genbrugt, er det ikke afklaret, i hvilken grad vandforbruget kan reduceres, men et kvalificeret gæt er, at det vil kunne reduceres med min. 60%.

Konklusionen på pilotforsøgene hos LJJ er derfor, at oprenset vaskemiddel kan genbruges. Genbrug af vand er ikke afprøvet.

#### **5.3.2 Ønskede ændringer på anlæg**

I forbindelse med driften af anlægget hos LJJ ønskes flere forskellige ændringer og justeringer gennemført, før et fuldskalaanlæg kan leve op til de krav, der vil blive stillet.

Kravene fra LJJ svarer helt til kravene fra Phønix. Hertil kommer krav, som for de flestes vedkommende skyldes et principielt dårligt materialevalg til opbygningen af pilotanlægget:

1. Automatisk fyldning af reaktor
2. Anlægget skal være tæt
3. "Studs" under den opvarmede beholder må ikke falde af



4. Automatiseret aftapning af de tre faser efter varmebehandlingen
5. Ekstra grovfilter til fjernelse af urenheder i oliephase inden lagertank før kolonne
6. Kolonne adskilles i to mindre, som derved bliver nemmere at håndtere
7. Slamtanken får en anden fysisk udformning, hvorved separering i ren vandfase og slamfase lettes betydelig.

Baggrunden for disse delopgaver kan kommenteres på følgende måde:

- Ad 1): Dette er både beskidt og tidskrævende, da der skal holdes konstant øje med pumpe, slange og niveau. En påfyldning tager ca. 5-10 min. alt inklusive.
- Ad 2-3): I forbindelse med kombinationen af varmebehandling og denne type af vaskemiddel opstod der flere utætheder. Årsagen er, at de anvendte materialer ikke var tilstrækkeligt temperaturbestandige, samt at vaskemidlet fik pakningerne til at blive utætte.
- Ad 4): Aftapning og adskillelse af de forskellige faser sker ved manuel justering af bundventil på højdebeholderen, samt ved at foretage en visuel vurdering af væsken gennem skueglasset i afløbsrøret. Det er meget svært at foretage en visuel vurdering af, hvornår der sker et skift fra en fase til en anden, især fra mellemfase til oliephase, og da der sætter sig forureninger på glasset. Selve aftapningen tager ca. 30 min., afhængig af operatørens erfaring.
- Ad 5): Der kunne ses en del partikulære forureninger i både vand og oliephase. Især forureningerne i oliefasen skabte en del problemer ved oprensningen over aluminakolonnen, da partiklerne fysisk blokerede denne efter nogen tid. Disse sorte partikler kunne tydeligt ses som aflejringer i kolonnen, og ved udskiftning af kolonnemateriale var granulatet ligefrem "kittet" sammen.
- Ad 6): Ved udskiftning af kolonnemateriale var den anvendte kolonne svær at håndtere på grund af sin fysiske udformning (1500 mm lang Ø 150) og i fyldt stand en vægt på ca. 25-30 kg.
- Ad 7): Den fysiske udformning af vandbeholderen (opblanding af sepiolit) var alt andet end optimal, da det er svært at adskille vand fra slam. Med den valgte udformning var det svært at undgå slam i vandfasen, når man forsøgte at minimere slammængden, da vandfasen blev aftappet ved at suge fra toppen af væsken. En aftapning tog alt efter operatørens erfaring ca. 30 minutter.

Totalt set tog det således ca. 1½ mandetime at gennemføre en cyklus, hvilket ikke er tilfredsstillende. Alle disse fysiske ændringer er taget med i betragtning ved udarbejdelsen af det "rigtige" produktionsanlæg.

# 6 Økonomiberegninger

## 6.1 Sammendrag af økonomiberegninger

Baseret på de praktiske forsøg på laboratorierne og hos de deltagende virksomheder og på de priser, som vi kender på henholdsvis kemi, forbrug, affaldsomkostninger, anlægspris osv. er der foretaget rentabilitetsberegninger for de enkelte virksomheder.

Følgende kan konstateres:

- Simpel tilbagebetalingstid ligger på 1,3-3,6 år for trykkerier, der har ca. samme størrelse og forbrug som Phønix. Denne korte tilbagebetalingstid bør animere virksomheden til at investere i den udviklede teknologi. Den korte tilbagebetalingstid skyldes primært anvendelse af dyre vegetabiliske vaskemidler.
- Simpel tilbagebetalingstid ligger på mere end 10 år for trykkerier af samme type og størrelse som LJJ. Det betyder, at den udviklede teknologi ikke giver et økonomisk incitament for at blive indført i virksomheder, der anvender mineralsk baserede vaskemidler. Den lange tilbagebetalingstid skyldes primært anvendelse af forholdsvist billige mineralske vaskemidler - forholdet vil ændre sig, når/hvis virksomheden skifter til et vegetabilisk baseret vaskemiddel.

## 6.2 Phønix Trykkeriet

Alle økonomiske beregninger blev foretaget på basis af oplysninger fra leverandører og Phønix samt de resultater, der blev opnået ved de praktiske forsøg på trykkeriet.

*Basisoplysninger angående indkøbte kemikalier, baseret på 1999-priser:*

|  |              |
|--|--------------|
| Wash & Clean 2000                                    | 31,60 kr./l  |
| Emulgatorkoncentrat                                  | 54,50 kr./l  |
| Sepiolit   | 20,00 kr./kg |
| Aktiveret alumina                                    | 20,00 kr./kg |
| Bortskaffelsesafgift for flydende affald, alt inkl.  | 1,50 kr./kg  |
| Bortskaffelsesafgift, fast affald (kolonnemateriale) | 5,00 kr./kg  |

*Hos Phønix Trykkeriet blev der i driftsperioden behandlet og genereret følgende mængder:*

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Affaldsemulsion       | 768 liter |
| Aktiveret alumina     | 13 kg     |
| Sepiolit              | 8 kg      |
| Genvundet vaskemiddel | 120 liter |
| Vandfase              | 439 liter |
| Mellemfase            | 45 liter  |
| Slamfase, ler         | 180 liter |

Ved beregningerne er det forudsat, at anlægget ikke kræver mere manuel tilsyn/håndtering end den nuværende affaldshåndtering, dvs. ingen ekstraudgift til mandskab.

På basis af ovenstående produktionstal er de gennemsnitlige besparelser ved behandling af 1 liter affaldsemulsion og tilbagebetalingstiderne ved forskellige affaldsgenereringer beregnet på grundlag af en anslået anlægsinvestering.

Affaldsgenerering er valgt til 10.000 l/år og 20.000 l/år, da disse mængder repræsenterer affaldsgenereringen ved henholdsvis 1 og 2 større trykkermaskiner. Investeringen i et regenereringsanlæg er sat til 160.000,- kr.

|                              | Besparelse i kr./l affaldsemulsion, behandlet | 10.000 l/år (1 maskine), simpel tilbagebetalings-tid, år | 20.000 l/år (2 maskiner), simpel tilbagebetalingstid, år |
|------------------------------|---|--|--|
| Uden emulgator               | 4,80  | 3,3  | 1,6  |
| Med 10% "ekstra" emulgator * | 4,45  | 3,6  | 1,8  |

\* Med 10% "ekstra" emulgator har man sikret sig, at emulgatorindholdet er på samme niveau som ved anvendelse af frisk afvasker.

Da der ved en enkelt af regenereringerne blev genereret en stor mængde mellemfase samt en lille mængde vaskemiddel, vurderes det, at de beregnede besparelser og tilbagebetalingstider i tabellen er konservative.

Ved at foretage en kritisk vurdering af de opnåede forsøgsresultater og sammenholde disse med de forsøg der blev gennemført hos MILJØ-KEMI, fremkommer følgende optimistiske besparelser og tilbagebetalingstider:

|                             | Besparelse i kr./l affaldsemulsion, behandlet | 10.000 l/år (1 maskine), simpel tilbagebetalings-tid, år | 20.000 l/år (2 maskiner), simpel tilbagebetalingstid, år |
|-----------------------------|---|--|--|
| Uden emulgator              | 5,95  | 2,7  | 1,3  |
| Med 10% "ekstra" emulgator* | 5,50  | 2,9  | 1,5  |

\* Med 10% "ekstra" emulgator har man sikret sig, at emulgatorindholdet er på samme niveau som ved anvendelse af frisk afvasker.

Under de givne forudsætninger konkluderes det, at tilbagebetalingstiden for det pågældende fuldskalaanlæg vil ligge et sted mellem 1,3 og 3,6 år, afhængigt af anlæggets belægningsgrad og afhængigt af, om det bliver nødvendigt at tilsætte ekstra emulgator til det regenererede vaskemiddel.

### 6.3 Levison & Johnsen & Johnsen

Alle økonomiske beregninger er foretaget på basis af oplysninger fra leverandører og LLJ samt på de resultater, der er opnået ved de praktiske forsøg på trykkeriet.

Basisoplysninger angående indkøbte kemikalier, baseret på 1999-priser:

|  |              |
|--|--------------|
| SOLREN   | 18,50 kr./l  |
| Sepiolit   | 20,00 kr./kg |
| Aktiveret alumina                                    | 20,00 kr./kg |
| Bortskaffelsesafgift for flydende affald, alt inkl.  | 1,50 kr./kg  |
| Bortskaffelsesafgift, fast affald (kolonnemateriale) | 5,00 kr./kg  |

Hos LLJ er følgende mængder blevet behandlet og genereret:

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Affaldsemulsion       | 1.113 liter |
| Aktiveret alumina     | 13 kg       |
| Sepiolit              | 8 kg        |
| Genvundet vaskemiddel | 50 kg       |
| Vandfase              | 934 liter   |
| Mellemfase            | 30 liter    |
| Slamfase, ler         | 141 liter   |

Håndteringen af anlægget er forudsat ikke at kræve mere manuel tilsyn/håndtering end den nuværende affaldshåndtering, dvs. ingen ekstraudgift til mandskab.

På basis af ovenstående produktionstal er beregnet gennemsnitlige besparelser ved behandling af 1 liter affaldsemulsion, tilbagebetalingstid ved en affaldsgenerering på 10.000 l/år og en anlægsinvestering på 160.000,- kr. Denne mængde svarer til affaldsgenereringen ved 1 større trykkerimaskine.

|                | <b>Besparelse i kr./l affaldsemulsion, behandlet</b> | <b>10.000 l/år (1 maskine), simpel tilbagebetalingstid, år</b> |
|----------------|--|--|
| Uden emulgator | 1,40   | 11,5   |

Som det fremgår, er tilbagebetalingstiden lang. Årsagen er, at der anvendes betydeligt mindre mængder vaskemiddel ved mineralsk baserede produkter end ved anvendelse af vegetabiliske afvaskere. Der kan derfor ikke genvindes de store mængder, som ville give de økonomiske gevinster.

Miljømæssigt er der dog stadig den fordel, at mængden af flydende affald bliver reduceret med mere end 80%, når såvel vaskemiddel som vand genbruges.

Den overordnede økonomiske konklusion er, at det nyudviklede anlæg med fordel vil kunne anvendes på de trykkerier, hvor der anvendes vegetabiliske afvaskere, men ikke på trykkerier, hvor der anvendes mineralske afvaskere, idet:

- Mængden af genvindeligt vaskemiddel er stor ved de vegetabiliske vaskemidler.
- Prisen på vegetabiliske vaskemidler er høj .
- Genvindingspotentialet ved mineralske vaskemidler er lille.
- Prisen på mineralske vaskemidler er lav.

# 7 Dimensionering af fuldskalaanlæg

På basis af de forskellige erfaringer, der blev høstet af MILJØ-KEMI, Phønix og LJJ, har det været muligt at beskrive, dimensionere og prissætte et fuldskalaanlæg.

Det overordnede dimensioneringsgrundlag kan oplistes således:

1. Anlægget skal kunne klare "alle" typer af vaskemidler.
2. Kapaciteten skal være på ca. 250 l/dag affaldsemulsion.
3. Anlægget skal være let at betjene.
4. Det skal have små fysiske dimensioner.
5. Det skal være robust med minimal vedligeholdelse.
6. Det skal være "billigt" i investering.

Ad 1): Ved at anvende den teknik, der er blevet udviklet under projektførelsen, vil det beskrevne anlæg kunne håndtere alle affaldsemulsioner, som ikke er varmestabile.

Ad 2): Kapaciteten på anlægget er sat til 250 l/dag. Denne kapacitet relaterer sig kun til den ved emulsionsspaltningen frigjorte mængde oliephase, da det er flowet gennem den aktiverede aluminakolonne, der er den begrænsende faktor. Med den valgte kolonnestørrelse kan der oprensnes ca. 2-3 l/h vaskemiddel, hvilket giver en maksimal mængde på 48-72 l/døgn. Dvs. at ved et forbrug som hos Phønix bliver det beskrevne anlægs kapacitet 250 l/dag, mens kapaciteten hos LJJ vil være ca. 750 l/dag, da mængden af vaskemiddel i affaldsemulsionen er meget mindre end hos Phønix.

Ved en kapacitet på 250 l/dag svarer det i store træk til den emulsionsmængde, som en større trykkermaskine i gennemsnit genererer ved fuld belastning (1 skift) i løbet af en uge. Sagt med andre ord vil anlægget kunne håndtere affaldsemulsioner fra op til 5 trykkermaskiner.

Der er ikke valgt en mindre kapacitet på anlægget, da det ikke vil have nogen væsentlig indflydelse på størrelse eller pris. Ved at vælge et anlæg med den pågældende størrelse vil det kunne opfylde næsten alle trykkeriers krav til kapacitet.

Ad 3): For at lette håndteringen er det beskrevne anlæg blevet ændret til et halvautomatisk anlæg, hvor operatøren kun skal holde tilsyn samt aktivere enkelte pumper og timere.

## 7.1 Sammendrag af dimensioneringen

Der er dimensioneret et fuldskala halvautomatisk anlæg med kapacitet til oparbejdning af 250-750 l/døgn affaldsemulsion. Kapaciteten afhænger af forholdet mellem vaskemiddel og vand i affaldsemulsionen. I tilfældet med Wash & Clean 2000 fra Phønix er kapaciteten 250 l/døgn, mens kapaciteten med Solren fra LJJ er 750 l/døgn. Ved Solren er det kapaciteten af reaktorbeholderen, der er den dimensionerende faktor, mens det med Wash & Clean 2000 er aluminasøjlen. Med det beskrevne anlæg er der således mulighed for at behandle 50.000 - 150.000 l/år afhængig af emulsionstype.

Denne kapacitet vil være tilstrækkelig for størstedelen af alle danske offsettrykkerier.

Anlægget fremstilles i det væsentligste af rustfrit stål og polypropylen. Dette materialevalg sikrer både temperatur- og kemikaliebestandighed. Fysisk kan anlægget stilles op indenfor et frit gulvareal på 2 x 1 m. Hertil kommer, at det kræver udsugning fra reaktor.

Selve processen kræver kun et enkelt tryk på en knap, manuel dosering af sepiolit ved vandfase, udpumpning af lerslam og manuel udskiftning af kolonnemateriale. Prisen for det beskrevne anlæg, inkl. opsætning og styring, er 160.000,- kr. ekskl. det installationsarbejde, der evt. er nødvendigt hos virksomheden (3 x 380 V, 220 V, vand og afløb). Se bilag 3.

## 7.2 Procesgang

Den ønskede procesgang kan kort summeres i følgende punkter:

1. Affaldsemulsionen opsamles i lagertank før anlæg.
2. Emulsionen overføres til reaktoren.
3. Emulsionen varmebehandles.
4. De tre faser vand, affald og olie aftappes til tre forskellige beholdere til videre oparbejdning.

Til denne beskrivelse af fuldskalaanlægget skal der knyttes følgende kommentarer, før procesgangen for de tre faser beskrives:

- Ad 1): For at processen skal forløbe mest hensigtsmæssigt, er der etableret et bufferlager. På flere af trykkerimaskinerne forefindes en lille pumpe ved opsamlingstanken for affaldsemulsionen. Denne pumpe vil blive anvendt som transportpumpe fra maskine til bufferlageret.
- Ad 2): Reaktoren fyldes ved at en pumpe aktiveres. Pumpen er timerstyret, således at den bare skal aktiveres, hvorefter den leverer den ønskede mængde.
- Ad 3): Emulsionen bliver nu varmebehandlet. Opvarmningsperioden er ca. 3 timer ved 250 l emulsion. Når den ønskede temperatur er nået, starter en timer, således at temperaturen holdes i det ønskede tidsrum. Under hele opvarmningsfasen samt i holdetiden er der intervalstyret langsom omrøring af emulsionen.
- Ad 4): Efter opsplittning i tre faser tømmes reaktoren. Opsplittningen foregår automatisk ved måling på væsken, der passerer forbi en elektronisk måleenhed på udløbsrøret. Signal fra denne føler styrer 3 ventiler, hvorved fraktionerne ender i de rigtige tanke.

Herefter splittes procesgangen reelt op i tre uafhængige processer, som efterfølgende skal beskrives hver for sig:

### 7.2.1 Vandfase

Vandfasen opsamles i en lagertank, som samtidig fungerer som behandlingsbeholder for oprensningen af vandet. Selve oprensningsprocessen består af følgende enhedsoperationer:

1. Tilsætning af sepiolit
2. Opslemning og sedimentation
3. Tømning af reaktor

Der kan knyttes følgende kommentarer til de enkelte enhedsoperationer:

- Ad 1): Tilsætningen af sepiolit foregår manuelt. Mængden af sepiolit er proportional med graden af forurening af vandet, men der skal dog som minimum tilsættes 2% (W/W) i forhold til væskemængden.
- Ad 2): Opslemningen foregår ved "rundpumpning" af væske og sepiolit. Rundpumpningen varer ca. 5 min. Når rundpumpningen afsluttes, bundfælder slammet i løbet af et par timer, hvorefter vandet er klar til at blive tappet. Hvis væsken forekommer "snævset", skal der tilsættes yderligere sepiolit, og rundpumpningen skal gentages. Der

skal kun anvendes frisk sepiolit ved hver anden oprensning, da sepiolitslammet kan genbruges 2 gange, før det er mættet med forureninger.

Ad 3): Efter at sepiolitslammet har bundfældet, skal det rensede vand overføres til vandre-servoiret, hvorfra det returneres til trykkemaskinen. Aftapningen foregår ved at manuelt åbne de ventiler på siden af tanken, som befinder sig over slamspejlet. Hver anden gang tømmes beholderen også for slam, der pumpes til slamlagertank (Kommunekemi).

### 7.2.2 Mellemfase

Mellemfasen pumpes direkte ud i slamlagertanken til Kommunekemi.

### 7.2.3 Oliefase

Vaskemidlet skal gennemgå følgende procestrin, før det genbruges på maskinen:

1. Forfiltrering
2. Oprensning på aktiveret aluminakolonne
3. Evt. kvalitetskontrol

Der kan knyttes følgende kommentarer til de nævnte procestrin:

- Ad 1): Forfiltreringen sker gennem et åbent sandfilter. Ved denne filtrering fjernes største-parten af de partikulære forureninger, således at risikoen for fysisk tilstopning af aluminakolonnerne minimeres. Dette sandfilter skal skiftes med passende mellemrum. Fra filtret løber vaskemidlet ned i et mellemlager.
- Ad 2): Olien pumpes fra mellemlageret op gennem de to kolonner, som er forbundet i serie. Kolonnens mætningsgrad kan ses ved et tydelig farveskift ved overgangen mellem mættet og ikke-mættet granulat. Visuelt kan det regenererede vaskemiddel ses, når det forlader anden kolonne. Når farven er "for mørk" skal forreste kolonne have skiftet søjlemateriale. Efter dette skift anvendes denne som sidste søjle, og anden søjle anvendes som første.
- Ad 3): Før genbrug af vaskemidlet, kan der eventuelt gennemføres en kvalitetskontrol, som den der er beskrevet under kap. 7.4.1.

## 7.3 Manuel håndtering og tidsforbrug

Kravet om minimal manuel håndtering og tidsforbrug stiller store krav til anlægget, da der skal findes en passende grad af automatisering - så høj automatisering, at anlægget ikke virker belastende, men ikke så høj, at operatøren bliver helt umyndiggjort. Ved udformningen af dette fuldskalaanlæg er der således forsøgt skabt en passende balance ved vurdering af følgende:

1. Daglig tilsyn
2. Vedligehold
3. Drift af anlæg

Til disse 3 delområder skal der knyttes følgende kommentarer:

- Ad 1): Det daglige tilsyn omfatter rengøring af anlæg og rundt om det, samt at man opdager eventuelle lækager eller andet usædvanligt, som ikke har noget direkte med driften at gøre. Tidsforbruget vurderes at være minimalt, da der reelt ikke skal foretages yderligere rengøring sammenlignet med de nuværende rengøringsprocedurer på trykkerierne
- Ad 2): Med 2 ugers interval skal der foretages en kritisk gennemgang af de fysiske samlinger på anlægget og det tilknyttede rørsystem. Der skal endvidere ind imellem foreta-

ges rengøring af begge reaktorer, muligvis hver måned. Det vurderes, at det i gennemsnit højst vil tage 1/4 time om ugen at foretage systematisk vedligehold.

Ad 3): Selve driften af anlægget kræver lidt arbejde. Ved hver oprensning vurderes arbejdsindsatsen at være mindre end 1/4 time, fordelt i flere mindre bidder - start af pumpe til fyldning af reaktor, start af varmebehandling, start på aftapning, kontrol af flow gennem kolonne, dosering af ler og rundpumpning, aftapning af vand. Udover disse procedurer er der yderligere et par ting, der skal foretages med lidt større intervaller, nemlig udtømning af sepiolitslam efter hver anden oprensning, skift af kolonnemateriale efter oprensning af ca. 100 l vaskemiddel samt rensning af sandfilter efter behov.

Total set vil installationen af dette oprensningsanlæg i realiteten ikke forøge arbejdsindsatsen for medarbejderne, da det ekstra arbejde, der opstår, opvejes af mindre håndtering af flydende affald.

## 7.4 Fysisk udformning

Den fysiske udformning af selve anlægget er bestemt af flere parametre:

1. Materialevalg
2. Lovkrav
3. Fysiske begrænsninger der, hvor anlægget skal opstilles

Disse tre uafhængige parametre kan kommenteres som følger:

- Ad 1): Der var flere uheldige observationer ved det fremstillede pilotanlæg, som elimineres ved design af fuldskalaanlægget: plasten var ikke tilstrækkeligt varmestabil, og konstruktionen arbejdede ikke særlig godt sammen med de mineralske vaskemidler. Disse problemer er løst ved at skifte til andre plastmaterialer, samt anvende rustfrit stål til varmereaktoren. Disse to tiltag fjerner problemerne ved det forkerte materialevalg. Endvidere er den opvarmede reaktor isoleret, hvorved energiforbruget minimeres.
- Ad 2): Ved varmebehandling af let flygtige vaskemidler er det af sikkerhedsmæssige årsager nødvendigt at eksplosionsikre anlægget. Fordampning af VOC'er i forbindelse med behandlingen bevirker endvidere, at det er nødvendigt med ventilation omkring anlægget for at sikre et godt arbejdsmiljø. Denne ventilation er ikke medtaget i design af anlæg.
- Ad 3): Anlæggets fysiske mål er fastsat således, at hele anlægget er monteret på en ramme. Anlæggets fysiske størrelse er dimensioneret således, at det kan opstilles praktisk taget alle steder, hvor der er gulvplads til en dobbeltpalle og en loftshøjde på 2,40 m. Anlægget kan passere gennem en almindelig dør.

Baseret på ovennævnte beskrivelse af såvel procedure, lovkrav og fysisk udformning har leverandøren af pilotanlægget udarbejdet tegninger og afgivet et tilbud på at fremstille fuldskalaanlæg for 160.000,- kr.



# 8 Alternative oprensningemetoder

Under projektforsøget er der dukket to kommercielle metoder op til oparbejdning af affald fra afvaskning. Disse to metoder sælges sammen med vaskemidlerne, således at kunden får et totalkoncept. De to metoder bliver kort beskrevet som følger:

## 8.1 HIAB-metode

Denne regenereringsmetode er baseret på vakuumdestillation. Metoden er begrænset til kun at kunne håndtere flygtige vaskemidler, dvs. den begrænser sig til mineralske produkter. Der henvises til bilag 4 for nærmere beskrivelse.

Fremgangsmåden kan beskrives som følger:

1. Der isættes en teflonpose i varmebeholderen på inddamperen.
2. Affaldsemulsionen fyldes i varmebeholderen på inddamperen.
3. Temperatur og timer indstilles på de ønskede værdier.
4. Anlægget tændes, og den mineralske fase destilleres over i slutbeholderen.
5. Slutbeholderen tømmes.
6. Temperatur og timer indstilles på nye værdier.
7. Anlægget tændes og vandet destilleres over i slutbeholderen.
8. Teflonpose med farverester og andet ikke destillerbart fjernes fra varmebeholderen.

Efter genvindingen af vaskemidlet tilsættes en foreskrevet mængde emulgatorblanding, da overskud af emulgator ender i posen sammen med de øvrige affaldsprodukter.

Løsningsmetoden er god, da den er simpel og uden mange håndteringer. Størstedelen af vaskemidlet bliver genvundet, men alle emulgatorer går tabt.

Al vand bliver destilleret, hvilket bevirker, at det kan bruges næsten ukritisk igen.

Det har ikke været muligt at få rigtige driftsdata fra leverandøren, så derfor må der henvises til bilagene angående økonomien ved denne anlægstype.

Den største ulempe ved dette anlæg er, at det ikke kan anvendes til vegetabiliske afvaskere på grund af deres høje kogepunkter.

Anlægget synes at være en acceptabel løsning de steder, hvor man anvender mineralsk baserede vaskemidler, dvs. de steder hvor teknologien udviklet i dette projekt af økonomiske grunde ikke er attraktiv.

## 8.2 Druck Chemie

Dette afvaskningskoncept omfatter både kemi og maskine. Også her er det ideen at levere en totalløsning. Se bilag 5.

Principperne i oprensingsmetoden er baseret på rene fysiske enhedsoperationer. Metoden begrænses af, at den kun kan håndtere tungtflygtige (vegetabilsk baserede afvaskere), samt af at affaldsblandingen skal være demulgerende, dvs. at emulsionen er selvspaltende efter nogen tid.

Selve regenereringsanlægget er meget simpelt. Det består reelt af mekanisk filtrering gennem flere fysiske filtre med opsplittning af de to faser. Alle fysiske forureninger fanges af filtrene, som med passende mellemrum skal udskiftes. Vandfasen passerer 3 olieudskillere og til slut en aktiv kulfiltrering.

Fremgangsmetoden kan beskrives på følgende måde:

1. Affaldsemulsionen fyldes i første beholder.
2. Emulsionen presses gravimetrisk gennem et grovfilter, hvor en del af de partikulære forureninger fjernes.
3. Emulsionen er allerede på dette tidspunkt splittet, således at en simpel olieudskiller fungerer som den fysiske adskiller.
4. Vandfasen passerer gennem filter og aktiv kul - enten til lagertank eller til kloak.
5. Oliefasen passerer tilsvarende gennem filter til lagertank.

Efter genvindingen af vaskemidlet tilsættes en foreskrevet mængde emulgatorblanding, da en del af emulgatoren forsvinder med vandfasen.

Løsningsmetoden er god, da den er simpel og ikke kræver mange håndteringer. Størstedelen af vaskemidlet bliver genvundet.

Det har ikke været muligt at få oplyst rigtige driftsdata fra leverandøren. Derfor må der henvises til bilagene angående økonomien ved denne anlægstype.

Den største ulempe ved dette anlæg er, at metoden kun er anvendelig til affaldsemulsioner der er demulgerende. Dette er efter alt at dømmen en meget stor begrænsning ved metoden.

Metoden kan ligeledes ikke anvendes til letflygtige produkter.

# 9 Patentundersøgelse

For at vurdere projektets kommercielle muligheder er der foretaget en patentmæssig nyhedsundersøgelse over den udviklede nye teknologi. Se bilag 6.

Formålet med nyhedsundersøgelsen var at undersøge, om teknologien/metoden var beskyttet, og om der evt. kan udtages patent på metoden.

## 9.1 Sammenfatning af undersøgelsen

Konklusionen på nyhedsundersøgelsen blev:

- Der blev fundet patenter, som omhandler spaltning af emulsioner ved varme kombineret med andre metoder.
- Der blev ikke fundet patenter, som beskriver spaltning af emulsioner med efterfølgende oprensning af faserne ved adsorption.

Det betyder, at den udviklede metode tilsyneladende ikke krænker andre patenter.

Det betyder også, at metoden muligvis vil kunne patenteres indenfor det snævre område: oparbejdning af affaldsemulsioner fra offsetmaskiner.

Der er ikke p.t. foretaget tiltag til en patentering.

# 10 Konklusion og fremtidsmuligheder

Det kan konkluderes, at det i projektet er lykkedes at udvikle en relativ simpel metode til oparbejdning af de affaldsemulsioner, der fremkommer ved rengøringen af offset-trykkermaskiner. Projektmålet er således nået.

Den udviklede metode kan håndtere og oparbejde både mineralsk og vegetabilsk baserede vaskemidler. For at kunne oparbejde emulsionerne til brugbare produkter, stilles der kun krav om, at emulsionerne ikke er varmestabile ved 80°C. Dette krav var opfyldt for begge de vaskemidler, der blev udvalgt og afprøvet i dette projekt, og som anses som repræsentative for størsteparten af anvendte vaskemidler.

Den valgte metode er udelukkende baseret på fysiske principper. Oparbejdelsen af affaldet indebærer således ikke brug af kemiske stoffer.

Projektet har dokumenteret, at både genvundet vaskemiddel og vand kan genbruges direkte på offset-trykkermaskiner, uden at det har givet anledning til problemer med drift eller tryk-kvalitet.

Projektet har således vist, at der kan etableres et "lukket" vaskemiddel- og vandkredsløb rundt om offset-trykkermaskiner ved etablering af et regenereringsanlæg som det udviklede.

Som et delresultat har projektet dokumenteret, at affaldsmængderne fra rengøringsprocessen på offset-trykkermaskiner med våd/våd afvaskning kan reduceres kraftigt, således at mængden af flydende affald til Kommunekemi bliver reduceret.

Pilotafprøvninger har vist, at anvendelse af den udviklede metode ikke blot vil reducere miljøbelastningen, men at metoden også er økonomisk attraktiv på trykkerier, der anvender vegetabiliske vaskemidler.

Teknologien er afprøvet i to trykkerier med et pilotanlæg, der i størrelse og kapacitet svarer til et fuldskalaanlæg.

Ud fra afprøvningerne af pilotanlægget er det endelige fuldskalaanlæg designet og prissat.

Ingen af de to deltagende trykkerier har ønsket at etablere det endelige fuldskalaanlæg. De har hver for sig haft forskellige grunde hertil, men resultatet er, at det ikke indenfor projektets rammer har været muligt at bygge og installere et endeligt fuldskalaanlæg.

Under projektforsøget er to andre teknologier blevet udviklet af andre leverandører og tilbydes nu kommercielt. Disse teknologier vurderes anvendelige, men kan hver for sig kun anvendes til bestemte typer af vaskemidler. Teknologien udviklet i dette projekt kan anvendes over for alle typer af vaskemidler. Der er således tale om en teknologi med langt bredere anvendelse end de eksisterende alternativer.

Det er vor vurdering, at anlæg til regenerering af vaskemiddelfaffald i løbet af de næste 5-10 år vil blive etableret hos størstedelen af de større offsettrykkerier, og at teknologien udviklet i dette projekt for en række af disse trykkerier vil være det mest oplagte valg. Dette vil ikke mindst være tilfældet i forbindelse med, at trykkerierne skifter fra mineralsk baserede vaskemidler til vegetabiliske vaskemidler.

Selve denne substitution vil ske i forbindelse med, at trykkerimaskinerne udskiftes, hvorved der åbnes mulighed for at substituere, hvilket ikke er muligt på mange af de eksisterende maskiner.

Priserne på vegetabilsk baserede vaskemidler ligger noget højere end de mineralisk baserede. Når dette sammenholdes med et større forbrug per produceret enhed, giver det et økonomisk incitament til indføring af regenereringsanlæg.

En tendens, der vil påvirke udviklingen hen mod implementering af regenereringsanlæg er, at der i forbindelse med miljømærkning af tryksager stilles krav til råvare og mængde ved fremstilling. Der er derfor allerede nu et incitament til at indføre regenerering af affald, da produkterne derved vil blive en bedre miljø-core. Når kendskabet til regenereringsteknikker bliver mere udbredt, vil kriterierne for miljømærkning blive skærpet. Denne skærping vil bevirke, at producenter skal anvende regenereringsteknikker, hvis de ønsker at kunne miljømærke deres produkter.

For mindre virksomheder er der ikke et økonomisk incitament for at installere regenereringsanlæg på grund af de små affaldsmængder.

Får at hjælpe disse mindre trykkerier miljømæssigt og måske økonomisk kunne man forestille sig centrale regenereringsanlæg.

Om det vil blive økonomisk fordelagtigt for selv små trykkerier, er svært at vurdere på nuværende stadi, men Grafisk Arbejdsgiverforenings igangværende projekt "Formidling og information om affaldshåndtering i grafiske virksomheder" vil kunne afklare, om denne idé er bæredygtig eller ej.

# Vurdering af datablade

Grafisk Arbejdsgiverforening  
Carsten Bøg  
Helgavej 26  
Postboks 729  
5230 Odense M

## Genvinding af afvaskningsmidler i den grafiske branche - Datablade

Dette notat giver kommentarer vedrørende de datablade vi har haft til gennemsyn.

### **Formål:**

Formålet med gennemgangen er at afklare hvilke mangler der ofte forekommer i datablade for afvaskningsmidler anvendt i den grafiske branche.

Det var endvidere formålet at påpege hvilke generelle forbedringer der kan ønskes ved disse datablade.

### **Kommentarer**

Den foretagne gennemgang af de enkelte sikkerhedsdatablade er ment som en orientering. Den nedenstående tekst kan derfor ikke anvendes direkte andre steder, således at den kan misforståes.

Generelt kan det siges at de store kemikoncerner (Akzo og BASF) leverer gode og detaljerede datablade, medens de øvrige godt kunne trænge til en ekstra gennemgang.

Coates Lorilleux har leveret rimelige datablade. De bærer tydeligt præg af at de er udarbejdet på baggrund af AKZO. Der er desværre indsnegget sig flere fejl i denne konversion.

Databladene fra DSS er rimelige, men der er nogle fejl.

Hindsgauls og Piculells datablade har en del direkte fejl og fejlmærkninger.

Erik Levion bærer tydelig præg af at de er oversat fra tysk, og der er ikke taget hensyn til de danske særregler om indhold

### **Konklusion**

Konklusionen bliver, at de fleste datablade fra mindre importører eller producenter faktisk mangler professionel assistance ved udformning af deres datablade. Der er ikke fundet ret mange direkte fejl, men en halv til en hel time af en professionel kan gøre underværker.

Tom Hornshøj-Møller

## Vurdering af sikkerhedsdatablade - sagsnr. 7967-15

Nedenstående er en gennemgang af de enkelte sikkerhedsdatablade med en samlet vurdering af de enkelte leverandørers datablade. Gennemgangen er ment som en orientering. Nedenstående tekst skal ikke anvendes direkte i andre dokumenter, så skal det evt. formuleres anderledes.

### CLEAN & WASH 2000:

Pkt. 8:

- bør evt. nævnes, at produktet ikke indeholder stoffer med grænseværdier
- beskyttelsescreme er en dårlig idé, da det ikke beskytter
- angivelse af specifik handsketype bør være der

Pkt. 11:

- der må ikke stå, at "sundhedsfaren anses for ringe ved normalt arbejde"

Pkt. 12:

- der bør være oplysninger for indholdsstofferne (dette gælder meget generelt for alle datablade, men er et svært punkt, da det endnu er uafklaret for produkter)

Pkt. 13:

- ny affaldsbekendtgørelse (april 97) med EAK-koder. Disse koder mangler.

### TRYK "A":

Pkt. 3:

- skal udfyldes (pkt. 11 oplyser om mulige gener)

Pkt. 8, 11, 12 og 13: Se ovenstående

- generelt rimelige datablade

### H-15 Automat renevæske:

Pkt. 3:

- dette er en gentagelse af teksten i pkt. 15, det bør snarere være en opsummering af pkt. 11 og 15: kort og klart de vigtigste farer (og ikke angivelse af sikkerhedsforanstaltninger)

Pkt. 5:

- hvorfor udgør det ingen risiko ved brand, når det er brandbart?

Pkt. 7:

- det er omfattet af regler om opbevaring af brandfarlige væsker, når flammepunktet er <100°C (68°C)

Pkt. 8:

- type af åndedrætsværn og handsker skal nævnes

Pkt. 10:

- farlige stoffer frigivet ved brand bør nævnes

Pkt. 13:

- mangler EAK-koder

Pkt. 15:

- mangler angivelse af faresymbol
- nogle fejl i databladet og ikke så oplysende

Solvask:

- Godt datablad, meget detaljeret

Solren:

- godt datablad
- mangler EAK-koder i pkt. 13, men datablad er lavet før denne bekendtgørelse

Vegeol MEG:

Pkt. 8:

- der står en del med anvendelse af åndedrætsværn i.f.t. grænseværdier, men ingen grænseværdier er angivet, så det virker misvisende

Pkt. 13:

- mangler EAK-koder
- i øvrigt et godt datablad

Vegeol CEG:

- godt datablad, meget detaljeret

K+E Rens B:

Pkt. 12:

- der bør være mere detaljerede oplysninger ift. påstanden "biologisk let nedbrydelig"

Pkt. 13:

- mangler EAK-koder
- i øvrigt godt og detaljeret datablad

K+E Rens VEG:

- se ovenstående

CPS Daglig Afvask Sx:

Pkt. 2:

- alifatiske kulbrinter skal mærkes med Xn; R65. Øvrige opløsningsmidler skal anføres, hvis de har en grænseværdi

Pkt. 3:

- oplysninger om skader på centralnervesystem givet i pkt. 11 bør nævnes

Pkt. 7 og 8:

- ikke særlig detaljerede oplysninger. Type af åndedrætsværn og handsker skal nævnes. Der mangler en brandfareklasse

Pkt. 10:

- evt. nedbrydningsprodukter ved brand

Pkt. 12:

- nærmere beskrivelse af dokumentation for påstanden "biologisk nedbrydelig"

Pkt. 13:

- mangler EAK-koder



Pkt. 15:

- der skal kun anføres S-sætninger hvis produktet i øvrigt er mærket
- generelt: ikke særlig detaljeret datablad

CPS Daglig Afvask Ex:

- se ovenstående

Color OFF-Z:

Pkt. 2:

- klassificering (Xn;R65) og procentindhold skal anføres

Pkt. 7 og 8:

- meget overfladisk. Handsketype skal nævnes.

Pkt. 11:

- der bør være flere oplysninger. F.eks. at stoffet kan medføre lungeskader ved indtagelse

Pkt. 12:

- nærmere beskrivelse af dokumentation for påstanden "biologisk nedbrydelig"

Pkt. 13:

- mangler oplysninger om EAK-koder

Pkt. 15:

- R- og S-sætninger skal skrives fuldt ud
- meget tynd brugsanvisning

Böttcherin-produkter:

Pkt. 2:

- kulbrinteblandingen skal klassificeres med Xn;R65

Pkt. 3:

- kan medføre lungeskader ved indtagelse. Opsummering af farer anført i pkt. 11

Pkt. 4:

- voldsom angivelse under indånding i betragtning af, at de anfører ingen farer i pkt. 3

Pkt. 8:

- MAK og TRGS er tyske angivelser - skal ikke være i et dansk datablad, danske grænseværdier skal anføres
- type af åndedrætsværn og handsker skal anføres
- brandfareklasse skal anføres (evt. under pkt. 7)

Pkt. 10:

- evt. farlige nedbrydningsprodukter ved brand

Pkt. 11:

- "ringe giftvirkning" må ikke stå der

Pkt. 12:

- WGK-klasse er tysk - det skal ikke anføres på et dansk datablad

Pkt. 13:

- tysk angivelse - danske regler skal anføres

Pkt. 15:

- R10 = brandfarlig
- VbF og tekn. vejledning for luft er tysk

- vandforureningsklasse er tysk
- mangler oplysninger om nationale forskrifter, f.eks. unges farlige arbejde
- tysk datablad oversat til dansk, men ikke tilpasset de danske regler

Generelt er min mening at databladene fra Akzo (Casco) Nobel og BASF er gode og detaljerede.

Databladene fra Coates Lorilleux er også rimeligt gode, men dog ikke så godt udarbejdede som dem fra Akzo (det er samme skabelon, der er brugt).

Databladet fra DSS er nogenlunde, men der er alligevel nogle fejl og mangler. I databladene fra Piculell er der ikke anført korrekt mærkning, og de er ikke særlig detaljerede og oplysende.

Dette gælder ligeledes databladet fra Hindsgaul Grafisk ApS.

Endelig bærer databladene fra Erik Levison tydeligt præg af, at de er oversat fra tysk, men ikke tilpasset de danske regler - hvilket de naturligvis skal være.

Hvis du vil have det uddybet eller har spørgsmål, så sig til.

30/03/98-IA