

Mere miljøvenlige nåleolier til maskinstrikning

John Hansen, Tove Andersen, Kim Jensen og Michelle Hart

Teknologisk Institut, Beklædning og Textil

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	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL	11
2 TEKNISK BAGGRUND	13
2.1 FREMSTILLING AF TRIKOTAGE	13
2.2 NÅLEOLIER	14
2.2.1 <i>Generelt</i>	14
2.2.2 <i>Smøring</i>	15
2.2.3 <i>Krav til nåleolien</i>	16
2.2.4 <i>Tribologi</i>	18
2.3 NÅLEOLIERS BESTANDDELE	20
2.3.1 <i>Basisstoffer</i>	20
2.3.2 <i>Antislidadditiver</i>	20
2.3.3 <i>Højtryksadditiver (EP-additiver)</i>	21
2.3.4 <i>Korrosionsinhibitorer</i>	21
2.3.5 <i>Antioxidanter</i>	21
2.3.6 <i>Emulgatorer</i>	21
2.3.7 <i>Viskositetsforbedrende midler</i>	21
2.3.8 <i>Anti-tåge-additiver</i>	21
3 KORTLÆGNING AF ANVENDTE NÅLEOLIER	23
3.1 SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	23
3.2 DE ANVENDTE PRODUKTER	24
3.3 KORTLÆGNING AF EKSISTERENDE LITTERATUR	25
3.3.1 <i>Resultat af litteratursøgning</i>	26
3.3.2 <i>Optimering af nålesmøring</i>	27
3.3.3 <i>Forskningsarbejde med nåleolier</i>	28
3.4 ØKO-TOKSIKOLOGISK VURDERING AF ANVENDTE OLIEPRODUKTER	29
3.4.1 <i>VKI's samlede vurdering af øko-toksikologiske egenskaber</i>	29
3.4.2 <i>DTC's vurdering af mineraloliebaserede nåleolier</i>	30
3.5 DISKUSSION	31
4 MULIGE ALTERNATIVE NÅLEOLIER	33
4.1 ANDRE BRANCHER	33
4.2 FIRMAET BENJ ^N R. VICKERS	33
4.2.1 <i>Vickers' udvikling af alternative nåleolier</i>	34
4.3 BESKRIVELSE AF AFPRØVEDE ALTERNATIVE SMØREOLIER	35
4.4 RESULTATER MED ALTERNATIVE SMØREMIDLER	36
4.4.1 <i>Four-ball-test på alternative smøremidler</i>	36
4.4.2 <i>Alternative oliers udvaskelighed</i>	37
4.4.3 <i>Beskrivelse af udvaskningsforsøg</i>	37

4.5 ØKO-TOKSIKOLOGISK VURDERING AF ALTERNATIVE OLIEPRODUKTER	40
4.5.1 VKI's samlede vurdering af øko-toksikologiske egenskaber	40
4.5.2 VKI's konklusion på den øko-toksikologiske vurdering	40
4.5.3 DTC's sundhedsmæssige vurdering af alternative smøreolier	41
4.5.4 DTC's vurdering af mineraloliebaserede nåleolier kontra vegetabiliske nåleolier	41
4.6 DISKUSSION	43
5 AFPRØVNING AF ALTERNATIVER	45
5.1 INDLEDNING	45
5.2 SLIDTEST	45
5.3 UDVASKELIGHED	46
5.4 INDUSTRIEL TESTKØRSEL	47
5.4.1 Resultater	47
5.5 LANGTIDSTEST PÅ STRIKKERI	48
5.6 NEDBRYDELIGHEDSTEST	49
5.7 UDVASKELIGHED	49
5.8 KONKLUSION	50
6 LITTERATURFORTEGNELSE	53
Bilag A - Spørgeskemaundersøgelse	53
Bilag B - Resultater fra udvaskningsforsøg	55
Bilag C - Litteratursøgning	57
Bilag D - Ekstraktionsresultater	61

Forord

Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af projektet "Substitution af mineralolier" (M 128-0465, senere M 128-0179).

Projektet er finansieret af Rådet for genanvendelse og mindre forurenende teknologi og er gennemført af Teknologisk Institut, Beklædning og Textil (BT) i samarbejde med følgende virksomheder og institutter:

Jørgen Starcke ApS
Wicha-Tex ApS
S. Thygesen A/S
Benjⁿ R. Vickers and Sons Ltd.
Vandkvalitetsinstituttet (VKI) (senere DHI)
Dansk Toksikologi Center (DTC)

Projektet skal ses som et udviklingsprojekt inden for Miljøstyrelsens "Rammeprogram vedrørende udvikling og implementering af renere teknologi i tekstil- og beklædningsindustrien" og er gennemført 1993-2001.

Der skal her rettes en tak til de deltagende virksomheder for samarbejde og engagement i projektet, herunder levering af nåleolie samt udførelse af strikke- og vaskeforsøg. En særlig tak rettes til:

Søren Wichmann, Wicha-Tex ApS
Leif Huus Iversen, S. Thygesen A/S
Peter Starcke, Jørgen Starcke ApS
Nigel Rushworth, Benjⁿ R. Vickers and Sons Ltd.

Sammenfatning og konklusioner

Baggrunden for projektet var, at der ved industriel maskinstrikning anvendes olier til smøring af maskinernes bevægelige dele. Disse smøreolier er oftest baseret på mineralolie og kaldes **nåleolier**. Danskproducerede trikotagevarer påføres skønsmæssigt 20 – 30 tons nåleolier per år, og hele denne oliemængde skønnes at havne i farveriernes spildevand. Hertil kommer en ukendt mængde fra importerede råvarer.

Formålet med projektet var derfor at undersøge muligheden for at anvende alternative smøreolier, som er mindre betænkelige hvad angår såvel det eksterne miljø som arbejdsmiljøet. Alternative produkter skulle identificeres ved litteratursøgning, kontakt til virksomheder, videntcentre, leverandører og producenter. De alternative produkter skulle afprøves, ligesom de skulle gennemgå øko-toksikologiske og arbejdsmiljømæssige vurderinger. Endelig skulle egnede produkter afprøves på normale produktionsmaskiner.

En række mulige alternativer er blevet identificeret og vurderet, og de mest lovende er blevet testet og afprøvet for så vidt angår smøreevne, udvaskelighed og nedbrydelighed. Samtidig er en leverandør i løbet af projektperioden aktivt gået ind i udviklingen af en alternativ nåleolie.

Smøreevnen for en række alternative produkter er blevet testet, såvel mineraloliebaserede som ikke-mineraloliebaserede, og såvel nåleolier som andre smøremidler. Resultaterne viste, at hvad angår smøreevnen ville alle de testede produkter kunne anvendes, idet de havde en lige så god eller bedre smøreevne end det standardprodukt, der er blevet anvendt som reference.

For en del af de ovennævnte produkter er udvaskeligheden blevet undersøgt, idet det er vigtigt at nåleolien kan fjernes fra trikotagevaren efter strikningen. Resultaterne viste, at ingen af de alternative produkter umiddelbart var lige så let udvaskelige som standardproduktet. Udvaskegheden vil dog formentlig kunne forbedres ved at justere det i produktet anvendte emulgatorsystem.

De toksikologiske og øko-toksikologiske data for de undersøgte alternativer var generelt så sparsomme, at det var vanskeligt at karakterisere de enkelte produkter. Dog tydede det på, at ikke-mineraloliebaserede produkter var at foretrække for mineraloliebaserede.

Det bedste ikke-mineraloliebaserede alternative produkt blev af flere omgange optimeret og testet, både i laboratorieskala og på en strikkemaskine under normale produktionsforhold. Desuden blev de opdaterede toksikologiske og øko-toksikologiske oplysninger løbende vurderet.

Basisolien i produktet blev testet biologisk letnedbrydelig, og toksiciteten over for vandlevende organismer blev testet lav, selv om det principielt er vanskeligt at fortolke resultater for vand-uopløselige produkter i vandigt miljø.

Ved forsøg på et strikkeri, hvor det alternative produkt blev testet i normal produktion på en strikkemaskine, blev det konstateret, at smøreeffekten var

fuldt på højde med standardolien, og at der ikke optrådte negative effekter på strikkemaskinen.

Endelig blev udvaskeligheden for det alternative produkt testet af flere omgange, og den blev i sin endelige version erklæret acceptabel fra strikkeriets side. Udvaskelegheden blev bekræftet ved laboratorieforsøg.

Det kan derfor konkluderes, at der er i løbet af projektperioden er udviklet en nåleolie, der har fået navnet Vickers 2243 Needle Lubricant,

- som ikke er baseret på mineralsk olie
- hvor basisolien, som er den mængdemæssigt dominerende del, kan betegnes som biologisk letnedbrydelig
- som har en tilfredsstillende udvaskeleghed
- som har en acceptabel smøreevne
- som ikke har udvist negative effekter på strikkemaskinen.

Der mangler stadig at sikre, at der er udviklet en nåleolie

- hvor det for hele produktet er dokumenteret, at det har miljø- og sundhedsmæssigt acceptable egenskaber
- som er kommercielt tilgængelig til en acceptabel pris.

Summary and conclusions

The basis for the project was the fact that by industrial machine knitting oils are used for lubricating the moveable parts of the machines. These lubricating oils are normally based on mineral oil and are called *needle oils*. It is estimated that 20 – 30 tonnes of needle oils are applied to knitted fabrics per year in Denmark, and all of this is expected to end up in the wastewater from the dyehouses. An unknown additional amount comes from imported grey knitted fabric.

Therefore, the purpose of the project was to investigate the possibility of using alternative lubricants, which are less critical regarding the external environment as well as the occupational health and safety. Alternative products were to be identified through literature search, contact to companies, knowledge centres, suppliers and producers. The alternative products were to be tested as well as to be evaluated regarding eco-toxicological and occupational health and safety aspects. Finally suitable products should be tested on normal production machines.

A number of possible alternatives has been identified and evaluated, and the most promising ones have been tested regarding lubricating properties, scourability and degradability. At the same time a supplier has actively undertaken the development of an alternative needle oil during the project period.

The lubrication properties of a number of alternative products have been tested, products based on mineral oil as well as non-mineral oils, and needle oils as well as other lubricants. The results showed that regarding lubrication properties all the tested products could be used, as their lubrication properties were as good as, or better than, the standard product used as a reference.

For some of the products mentioned above the scourability has been investigated, as it is very important that the needle oil can be removed from the knitgoods after knitting. The results showed that none of the alternative products had an immediate scourability in line with the standard product. The scourability would, however, probably be improved by adjusting the emulsifying system used in the product.

The toxicological and eco-toxicological data of the tested alternatives were in general so sparse that it was difficult to characterise the individual products. It was indicated, however, that non-mineral oil based products should be preferred to mineral based products.

The best non-mineral oil based product has in various steps been optimised and tested, both in laboratory scale and on a knitting machine during normal production conditions. Further the updated toxicological and eco-toxicological data has currently been assessed.

The base lubricant in the product has been tested readily biodegradable, and the toxicity towards water living organisms has been tested low, even though it

is principally difficult to interpret results for water-insoluble products in aqueous conditions.

Tests at a knitting mill, where the alternative product has been tested during normal production on a knitting machine, demonstrated that the lubrication properties were fully in line with the standard oil, and that no negative effects had occurred on the knitting machine.

Finally the scourability of the alternative product has been tested in several steps, and the knitting mill declared it acceptable in its final version. The scourability results were verified by laboratory tests.

It can thus be concluded that during the project period an alternative needle oil has been developed, which has been given the name Vickers 2243 Needle Lubricant,

- which is not based on mineral oil
- where the base lubricant, being the dominating amount of the product, can be designated readily biodegradable
- which has a satisfying scourability
- which has acceptable lubricating properties
- which has no negative effect upon the knitting machine.

Still missing is to ensure that a needle oil has been developed,

- where it is documented for the whole product that it has acceptable environmental and health properties
- which is commercially available at an acceptable price.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Ved industriel maskinstrykning anvendes olier til smøring af maskinens bevægelige dele. Disse olieprodukter er oftest baseret på mineralolie og går under betegnelsen **nåleolier**. Det kan ikke undgås, at strikvaren forurenes af smøreolien under strikningen. Olien anvendes i mængder, der svarer til, at varen påføres 0,2-0,3 % af varevægten. På årsbasis vil dette skønsmæssigt svare til 20-30 tons i Danmark.

Eftersom olien er uønsket på strikvaren, skal den fjernes igen. Dette gøres ved udvaskning, som foretages på farveriet ved den videre forarbejdning. For at lette udvaskningen er nåleolierne ofte tilsat emulgatorer eller lignende.

Hvis man antager, at hele produktionen af dansk fremstillet trikotage farves og efterbehandles på danske farverier, og det forudsættes, at al olien er udvaskelig, vil hele oliemængden ende i lønfarverierne spildevand. Dertil kommer den mængde råvarer, som importeres og vådbehandles på danske farverier. Med hensyn til mængden af den importerede trikotage findes der ingen tilgængelige tal.

1.2 Formål

Projektets formål var derfor at undersøge, om det var muligt at anvende alternative køle/smøremidler som nåleolier til maskinstrykning, som er mindre betænkelige både med hensyn til det eksterne og det interne miljø, end de mineraloliebaserede produkter.

Mulige alternativer kunne være vegetabiliske eller mineralske fede olier eller letnedbrydelige tensider.

For at undersøge markedet for alternative køle/smøremidler blev leverandører og videncentre kontaktet. Herudover blev faglitteraturen gennemgået

Det var dernæst tanken at afprøve de alternative produkter på en eller flere strikkemaskiner. Forsøgene skulle gennemføres i nært samarbejde med henholdsvis maskin- og olieleverandører samt trikotagevirksomhederne.

Forsøgene skulle klarlægge, hvorvidt de alternative midler fungerer teknisk tilfredsstillende ved strikkeprocessen. Desuden skulle det vurderes, om produkterne kan udvaskes på farveriet, om de er letnedbrydelige og om de er ikke-toksiske i vandigt miljø. Det skulle desuden sikres, at produkterne ikke vil give arbejdsmiljømæssige problemer, hverken i strikkeriet eller på farveriet.

De øko-toksikologiske undersøgelser skulle forestås af Vandkvalitetsinstituttet (VKI), mens Dansk Toksikologi Center (DTC) skulle vurdere de arbejdsmiljømæssige aspekter.

2 Teknisk baggrund

2.1 Fremstilling af trikotage

Herhjemme fremstilles trikotagemetervarer fortrinsvist på rundstrikkemaskiner, hvorfor denne metode nærmere beskrives i det følgende.

Figur 2.1: Rundstrikkemaskine



Maskinerne er i dag hovedsageligt elektronisk styrede. Strikkenålene bevæges enkeltvis; oftest ved, at nålefødderne styres af låse med garn tilført fra garnnøgler/spoler. Der anvendes i dag fortrinsvis en nåletype, som betegnes tungenålen.

Figur 2.2: Tungenål . Kilde /6/

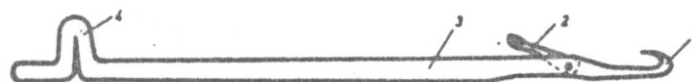


Fig.6

Tungenål

1 = krog, 2 = tunge, 3 = skaft, 4 = fod

Tungenålen består af en fod, hvormed nålens bevægelser styres, et skaft og en tunge samt en krog. Maskedannelsen starter på det tidspunkt, hvor den færdige maske ligger i nålekrogen. Med en fremadrettet bevægelse skubbes nålen så langt frem, at masken glider over tungen og videre hen over nåleskaftet. Herefter placeres den nye tråd i krogen ved hjælp af trådføreren,

og nålen trækkes tilbage igen. Ved tilbageføringen lukker masken nåletungen, således at den nye tråd i nålekrogen fastholdes. Herved dannes en ny maske, idet nålen tilbageføres og den tidligere dannede maske forlader nålen.

Den sidste del af tilbageføringen foretages af nålesænkeren. Det er indstillingen af denne, som bestemmer maskens længde.

Rundstrikkemaskinerne inddeles generelt i størrelse efter maskinens diameter. Diameteren kan være lille til strømper og sokker og stor til opskårne varer (30-33"). Trikotagevarerne opskæres fra rørform til fuldt udbredt vare, der kan tilskæres og behandles som vævede varer.

Strikkemaskinerne nummereres på baggrund af det antal nåle, som er i maskinen pr. engelsk tomme (2,54 cm). For alle rundstrikkemaskiner kaldes antal nåle pr. tomme for finheden (E) eller "gauge".

Øverst på rundstrikkemaskinen sidder et garnstativ med garnnøgler/spoler. Herfra går garnerne via trådbremser og eventuelt garnfødere (fournisseurer) ned til hvert strikkesystem eller maskedannende punkt. Garnføderne måler en præcis garnlængde af til hver maske. Jo flere systemer, jo flere maskerækker (courses) strikkes i tværetningen, hver gang maskinen roterer en omgang. Samtidig bliver den dannede spiral også stejlere. Maskinen kan f.eks. have op til 136 systemer; dermed strikkes op til 136 masker i længderetningen, hver gang maskinen går en omgang, og det gør den måske 18-20 gange i minuttet, hvilket medfører en stor produktionshastighed. Spiralen vil ofte blive så voldsom, at man i efterbehandlingen retter den ud.

Ved strikkeprocessen bevæger strikknåle og hjælpelementer (fødder) sig i låsebanen mellem hvilestilling ("rundløbsstilling") og arbejdsstilling ("fange-", "strikestilling").

2.2 Nåleolier

2.2.1 Generelt

For 20-25 år siden bestod smøremidlerne næsten udelukkende af mineralolier. Additiver blev kun sjældent anvendt og i så fald i meget små andele. Emulgatorer blev stort set heller ikke anvendt, da det dengang var tilladt at anvende "opløsningsmiddelholdige" vaskemidler. Desuden var vand- og energiforbruget ikke så omkostningstungt som i dag, og man anvendte derfor større mængder. Forædleren havde af disse grunde ikke problemer med fjernelse af oliestriber og -pletter.

I 1970'erne gik udviklingen mod stadig højere produktivitet og ydeevne. På det maskintekniske område betød dette bedre udnyttelse af maskinerne, øgede produktionshastigheder samt øget produktion pr. tidsenhed. På forædlingsområdet gik udviklingen mod, og er stadig på vej imod, mindre flottesforhold (vand- og energibesparende), minimal forbehandling, reduktion af hjælpekemikalier, afkortning af behandlingstider samt lavere temperaturer. Dertil kom at myndighedskravene fortsat skærpedes med hensyn til grænseværdier, samt at der blev lagt afgifter på spildevandsudledning og bortskaffelse. Desuden krævede myndighederne, at der fortsat skulle arbejdes med udvikling af biologisk nedbrydelige og ikke-toksiske produkter.

Der kan opstå problemer ved anvendelse af nåleolier på mineraloliebasis i forbindelse med garner, som er påført spindeolier. Dette beror på, at udviklingen af garner med hensyn til bl.a. finhedsgraden kræver større mængder af spindeolier. I dag fremstilles spindeolierne af nedbrydelige syntetiske præparationer i modsætning til tidligere anvendte mineraloliebaser. Produkterne kan være dårligt forenelige med nåleolien (mineraloliebasis) – der kan ske en kemisk reaktion, hvilket kan medføre en udfældning på trikotagevaren i form af striber. Før man begyndte at tilsætte additiver og emulgatorer til mineralolien, havde man ikke de store problemer med udfældning. EP- (extreme pressure) og antislidadditiver bevirker, at nåleolien bliver mere reaktiv og øger dermed risikoen for udfældning. Dertil kommer, at på grund af emulgeringen sker udfældningen hurtigere, og olien trænger dybt ind i varen.

Den grundlæggende funktion ved anvendelse af nåleolier er at sikre, at dels nålene og dels de bevægelige maskindele slides minimalt ved strikning – selv under ugunstige tryk- og temperaturforhold – således at der opnås længst mulig levetid på maskinen.

2.2.2 Smøring

Et smøresystems opgave er at sørge for, at smøremidlet tilføres i tilstrækkelig mængde direkte til de belastede dele på nåle-, låse- og cylinder-rivsteder. Desuden at sørge for, at smøremidlet bliver der så længe som muligt, og at det efter at have "forladt" smørestedet straks transporteres bort.

På grund af den fortsatte udvikling mod højere produktivitet og ydeevne er der sket stor udvikling på det maskintekniske område. Gennem forbedringer af låseområdet og andre elementer, såsom nåle, kontaktdele og smøresystemer, kan drifthastigheden øges. Et kritisk område med henblik på smøring er nålefødderne, der konstant drives tværs gennem låsekanalerne med en zig-zag bevægelse. Nålenes op- og nedadgående bevægelser i nålekanalen (cylinderen) er smøreteknisk ikke særlig problematiske. De høje drifthastigheder øger trykket, og det er derfor nødvendigt at anvende additiver til understøttelse af nåleoliens smøreevne. Der opnås et meget højt tryk i nålelåsekanalerne, som bevirker, at smørefilmen på bestemte steder af låsevinklen gennembrydes og medfører høje temperaturer i strikkeelementområdet. Eftersom omdrejningshastighederne og låsevinklernes stejlehed er afgørende faktorer, stilles der her de største krav til smøringsart og -konsistens.

De fleste rundstrikkemaskiner (med stor diameter) har etforbrugs-smøresystem. Dette betyder i praksis, at den anvendte olie ikke løber retur i systemet og genanvendes, men opfanges og afskaffes som spildolie. Afhængigt af maskinens diameter og hastighed forbruges der op til 1 – 1,5 liter olie/maskine/arbejdsdag.

Gennem de senere år er der dog sket en stor udvikling indenfor smøringsystemerne på rundstrikkemaskiner. Der er bl.a. sket en forøgelse af antallet af smøresteder omkring cylinderen. Smøreolien overføres via dyser til smørestedet. Dyserne sikrer en præcis dosering og en ensartet smøring. Denne smøringsform kaldes punkt-smøring. Ved at opnå en bedre fordeling af smøremidlet, fås en mindre trykbelastning og dermed lettere løbeforhold.

2.2.3 Krav til nåleolien

Når et nålesmøremiddel udvikles, er der en række krav, som betingelsesløst skal opfyldes. Disse krav er opstillet af hensyn til maskinens funktionsegenskaber og fremføres af maskinleverandøren. Maskinfremstilleren kan stille krav til oliens konsistens, oxidations- og varmebestandighed samt smøringsevne. Det kan være meget svært for nåleolieproducenten at opnå accept af bestemte nåleolier fra maskinproducenterne. Olien skal give optimal smøring i nålekanalen samt låseområdet. Den skal være anvendelig i alle smøresystemer, bortlede gnidningsvarme, hindre slitage samt holde strikkeelementerne rene. Desuden skal smøremidlet mindske gnidningsmodstanden, hvilket formindsker energiforbruget.

Af hensyn til arbejdsmiljøet er det vigtigt at sikre, at smøremidlet bevirker mindst mulig stænk- og støvafgivelse (aerosoldannelse) til omgivelserne. Olien må ikke medføre irritation af hud og slimhinder hos personalet.

Endelig skal smøremidlet let kunne udvaskes af trikotagevaren ved de følgende efterbehandlinger for at sikre kvalitetsniveauet. Normalt anvendes lyse lavviskose olier for at undgå, at færdigvarerne misfarves, og for at de i tilfælde af misfarvning relativt let kan udvaskes.

Strikkeren stiller ud over udvaskeligheden også krav til, at spildolien kan bortskaffes nemt og billigt; evt. genbruges. Spildolien skal desuden være bionedbrydelig og ikke-toksisk. Forbruget skal være lavt og olien billig.

Det er meget vigtigt, at kravene til oliens konsistens (viskositet) overholdes. Hvis viskositeten er for høj, kan der opstå problemer i forbindelse med opstart af en kold maskine. Ligeledes vil en for højviskos smøreolie ved høje driftshastigheder yde stor gnidningsmodstand, hvilket medfører en temperaturstigning, som så kan ødelægge smøreolien. Hvis viskositeten derimod er for lav, kan der opstå smøringsproblemer, således at der ikke smøres tilstrækkeligt. Under drift sker der en varmeudvikling, som bevirker en udvidelse af maskindelene. En lavviskos smøreolie vil ved denne varmeudvikling blive yderligere letflydende. Dette vil resultere i, at den påkrævede olieforstyrning/smøring ikke opretholdes, samtidig med at det giver en afkølingseffekt.

Viskositeten for industriolier angives med et ISO-nummer, som oftest anføres i produktnavnet. ISO-nummeret angiver viskositeten i mm^2/s målt ved 40°C . Jo højere ISO-nummer, jo højere viskositet.

Grænsesmøring er en tilstand, hvor man ikke kan holde overfladerne adskilte med en smørefilm. OECD definerer grænsesmøring som en tilstand, i hvilken friktionen og sliddet mellem to overflader i relativ bevægelse er bestemt af egenskaberne for overfladerne og smøreolien med undtagelse af viskositeten.

Begrebet tagesmøring er en anvendt form for engangsmøring. Med trykluft føres smøremidlet frem til smørestedet som små dråber. Tagesmøring forhindrer, at snavs og støv kommer udefra og slider på maskindelene. Smøringen sker konstant, hvilket kan give et spild, hvis smøringen ikke er nødvendig.

Samtidig er tagesmøring ikke godt for arbejdsmiljøet, da olien forekommer som aerosoler i luften omkring maskinen og indåndes af medarbejderne. I dag findes på markedet forskellige apparater, som sikrer, at smøring kun

forekommer, når det er nødvendigt, og at det kun sker på det pågældende sted og ikke som en tåge i luften. I dag anvendes faktisk udelukkende punktsmøring.

En anden faktor, som man tager i betragtning, når man udvælger en nåleolie – og som i realiteten er vigtigere end viskositeten – er tilsætningen af antislidstoffer. Antislidstofferne hæmmer sliddet af maskindelen og medvirker dermed til længere levetider, samt at overfladebehandling ikke er nødvendig i samme omfang.

Ved at vælge det bedst tilpassede smøremiddel, optimerer man maskinens levetid og minimerer omkostninger til overfladebehandling. Maskinens vedligeholdelse er meget vigtig, og ved at anvende det korrekte smøremiddel i kombination med en gennemskylningsolie, kan man forlænge perioderne mellem vedligeholdelsesprocedurerne. En gennemskylningsolie kan anvendes, hver gang man tager en stofrulle af maskinen. Umiddelbart før man starter på en ny stofrulle, renses maskinen igennem med den rene gennemskylningsolie. Ved start af ny stofrulle vil der påføres trikotagevaren en del olie. Denne første del af stofrullen kasseres som affald.

I dag, hvor man kører med høje driftshastigheder og samtidig ønsker en høj stofkvalitet samt minimering af kasserede stofstykker, som er påført olie, er det vigtigt at vælge den korrekte smøreolie. De høje driftshastigheder medfører højere maskintemperaturer, og en god bestandighed overfor høje kørsels/driftstemperaturer er derfor påkrævet. Hvis olien ikke forbliver frit flydende, men nedbrydes på grund af de høje temperaturer, vil olien aflejres mellem strikkedelene som en gummiagtig masse. En oxideret olie brænder sig fast på cylinderens yderside.

Hvis man foretager et uhensigtsmæssigt valg af smøremidlet, vil det resultere i både maskinproblemer samt en forringelse af varekvaliteten. Hermed menes, at der kan aflejres mere olie på varen, eller at der sker en forringelse af strikkekvaliteten, fordi maskindelen ikke kører ensartede.

Oftest har en virksomhed ikke ressourcer til at afprøve nye smøremidler, da det kan give produktionsstop og slitage af maskindelen. I dag er der imidlertid mulighed for, at man kan få afprøvet smøremidler på en tester, som simulerer de tilstande, der vil være i en given driftssituation. Afprøvningen kan udføres på Tribologientret i Århus; Teknologisk Institut, Materialeteknologi.

Til testen anvendes en four-ball-tester efter DIN 51 350 del 3. Den testede olies effektivitet måles ud fra det slid, som påføres prøveemnerne (stålkugler) under testen. Four-ball-metoden er standardiseret i England, Tyskland og USA.

Af andre testmetoder kan nævnes Falex Lubricant Tester, som er standardiseret i USA og England. Standarden findes i forskellige udformninger, afhængigt af hvilke egenskaber man ønsker at teste.

Four-ball-metoden er anvendt i dette projekt.

Kilde /2/, /3/ og /8/.

2.2.4 Tribologi

Tribologi er læren om smøring, slid og friktion. Der vil altid være mindst to arbejdsmaterialer involveret, og dette medfører et slid, idet der sker en kraftpåvirkning og en stofmæssig vekselvirkning mellem de to materialer. Eftersom sliddet sker mellem to kontaktflader, er der ikke mulighed for en direkte observation af sliddets opståen.

De væsentligste bestanddele i et tribologisk system er følgende:

- Bevægelsesformen
- Bevægelsesforløbet
- Belastningen
- Temperaturen
- Hastigheden
- Tiden

Det omgivende medium:

- Gas
- Fugtig luft

Grundemne:

- Stempler, drivhjul

Mellemmateriale:

- Smøremiddel
- Adsorptions- og reaktionslag på den metalliske overflade

Modsatte emne:

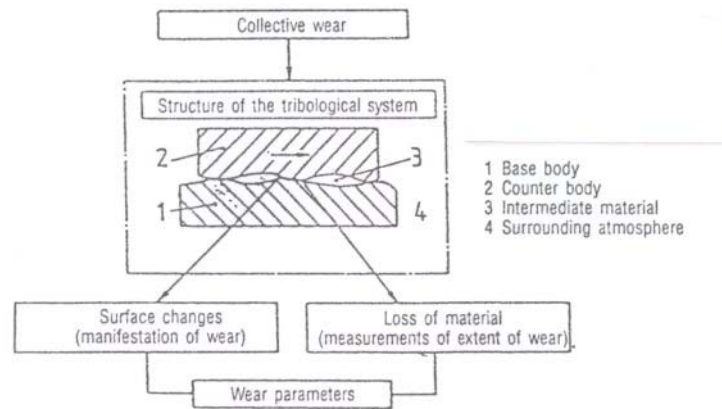
- Cylinder, drevne hjul

Den tyske DIN 50 320 definerer slitage på følgende måde: "Slid er det fremskridende materialetab på overfladen af et fast emne, som forårsages af mekaniske påvirkninger; det vil sige kontakt og relativ bevægelse med et fast, flydende eller gasformigt modemne".

DIN-normen siger endvidere, at:

"Slid optræder som løsrevne smådele (slidpartikler) såvel som i form af stof- eller formforandringer af de tribologisk belastede overfladelag".

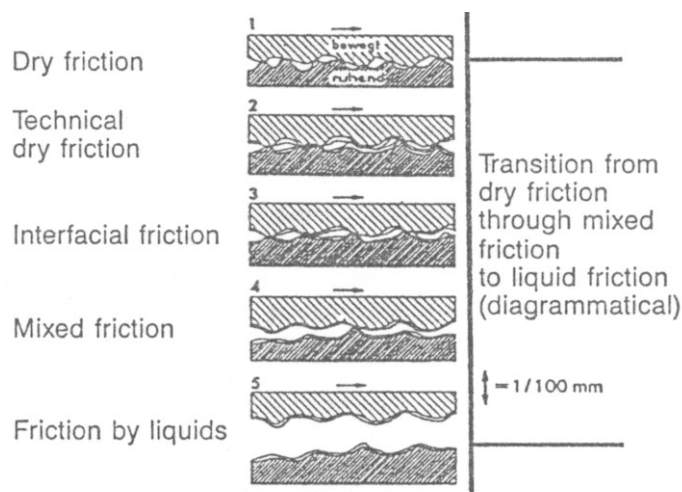
Figur 2.3: Det tribologiske system efter DIN 50320. Kilde /20/



De forskellige friktionstilstande, som kan opstå, kan opdeles i 5 kategorier (figur 2.3), hvorimellem man oftest ikke kan trække klare grænser:

1. Friktion/gnidning mellem faste emner. Emnernes overflader har intensiv kontakt uden lagdeling og er derfor blanke.
2. Friktionsgnidning mellem overfladelag. Friktionsemnernes overflader har intensiv kontakt og er dækket ved hjælp af reaktionslag og/eller faste smøre- midler.
3. Friktion mellem grænselag. Friktionsemnernes overflader har intensiv kontakt og er dækket af en tynd smørefilm. Derved fremkommer et utilladeligt højt slid.
4. Blandingsfriktion. Friktionsemnernes overflader har delvis kontakt og er ikke fuldstændig adskilte. Derved fremkommer hovedsageligt et tilladeligt slid.
5. Væskefriktion. Friktionsemnernes overflader er fuldstændigt adskilte ved hjælp af en smørefilm.

Figur 2.4: Oversigt over klassificeringen. Kilde /20/



Smøremidlets funktion skal være at minimere dels friktionen, dels slitagen mellem glideemner. Derudover skal det bortlede friktionsvarme; altså have en

køleffekt, samt fjerne eventuelle partikler, som fremkommer på grund af sliddet. Endelig skal smøremidlet forhindre indtrængning af fremmedstoffer i smøregangen.

Når man udvælger en smøreolie bør prisen ikke spille nogen rolle. Dette begrundes ud fra, at lavprisolier kan medføre slitage af nålene samt påføre varen pletter som følge af metalslitage.

Mineralolier, syntetiske olier, animalske og vegetabiliske fede olier hører alle til de flydende smøremidler. Selv om de vegetabiliske fede olier smører godt, taber de en vis betydning, da de har den ulempe, at de hurtigt ældes og derved bliver klæbrige og dårlige.

Mineralolier anvendes i dag i stort omfang hovedsageligt på grund af deres overkommelige pris og deres produkttegenskaber. Ud over at mineralolier forenes godt med additiver, byder de også på det bedste viskositetsindex såvel som et tilstrækkeligt lavt størknepunkt. Ulempen ved anvendelse af mineralolier er til gengæld, at de har en lav bionedbrydelighed.

Kilde /18/ og /20/

2.3 Nåleoliers bestanddele

For at forbedre nåleoliernes tekniske egenskaber og holdbarhed, indeholder produkterne udover basisolien en række additiver. Nedenfor redegøres for, hvilke additiver der her kan være tale om.

2.3.1 Basisstoffer

Basisstofferne udgør den største bestanddel af smøreolien. Der vil her oftest være tale om en mineralsk olie, som dog også kan være erstattet af en vegetabilisk eller animalsk olie. Basisolien sikrer produktets smørende funktion. I dag er den mineralske olie primært opbygget af paraffinske (alifatiske) olier. Man kan dog ved vanskelige processer anvende naphthenske (cykliske paraffiner) olier. Aromatiske olier bruges stort set ikke mere. Mineralske olier tilsættes ofte animalske og/eller vegetabiliske olier, fedtsyrer og andre additiver for at forbedre smøreegenskaberne. De vegetabiliske og animalske olier giver ved lavere temperaturer og tryk en god smørefilm og virker derfor grænselagssmørende. Af vegetabiliske olier kan nævnes sojaolie, rapsolie og palmeolie. De animalske olier kan være svineolie og spermolie og derudover animalsk fedt og talg. Som basisolie kan også anvendes syntetiske estre eller polyglycoler. Sidstnævnte har gode smøreevner, men er temmelig dyre.

Basisolien har en god, konstant smøreevne. Den giver ikke anledning til eksemdannelse ved normal kontakttid, og den opløser ikke kunststoffer, eksempelvis maling og lakker.

2.3.2 Antislidadditiver

Slid af emner i bevægelse kan ikke undgås, men ved tilsætning af antislidadditiver kan sliddet reduceres væsentligt. Four-ball-testen, som er anvendt til testning af alternative nåleolier, tester denne egenskab. Af kemiske stoffer, som anvendes til dette formål, kan nævnes zinkdialkyldithiophosphat (ZDDP).

2.3.3 Højtryksadditiver (EP-additiver)

Høje tryk ødelægger smørefilmen. Additiver giver en yderligere hindedannelse gennem molekyler på metaloverfladen. Disse højtryksadditiver – også kaldet ”extreme pressure additives” – tilsættes for at fremme smøreoliens evne til at smøre ved høje temperaturer og tryk. Der vil her oftest være tale om organiske chlor-, svovl- eller fosforforbindelser. Ved høje temperaturer bliver additiverne kemisk aktive og reagerer med metallet på skærefladen under dannelse af f.eks. metalsulfid, -chlorid eller -fosfid.

2.3.4 Korrosionsinhibitorer

Køle/smøremidler, som indeholder vand, kan bevirke, at bl.a. luftens ilt kan reagere med metallerne og dermed forårsage korrosion, f.eks. i form af rustdannelse. Tilsætning af korrosionsinhibitorer kan hindre/begrænse denne virkning. Gennem en kemisk reaktion med metallerne vil de fleste inhibitorer danne en beskyttelsesfilm på overfladen, som hindrer vand og ilt i at komme i kontakt med metallet. Andre inhibitorer forbedrer de smørende komponenters vedhæftning til metaloverfladen, så der dannes en – for vand/ilt – uigennemtrængelig barriere.

2.3.5 Antioxidanter

Frit opløst ilt vil kunne reagere med/nedbryde køle/smøremidlernes basisolier. Iltningprocessen er en kædereaktion, som medfører dannelsen af peroxider og frie radikaler. Antioxidanterne kan bremse iltningprocessen ved at nedbryde de dannede peroxider og deaktivere de frie radikaler.

Ved raffinering af olien for at opnå højere viskositetsindex fjernes naturligt forekommende oxidationsinhibitorer. Derfor må antioxidant tilsættes for at forbedre ældningsbestandigheden.

2.3.6 Emulgatorer

Emulgatorer nedsætter overfladespændingen mellem vand og olie, så olien bliver blandbar med vand. Emulgatorer er overfladeaktive stoffer. Emulgatorerne består af en lipofil (fedtopløselig) og en hydrofil (vandopløselig) del, som bevirker, at olie- og vandmolekylerne i køle/smøremidlet orienterer sig i forhold til disse dele som en homogen blanding af oliemiceller i vand. Der kan være tale om enten anioniske eller nonioniske emulgatorer. Ud over blandbarheden opnår olien en evne til at optage finfordelte partikler, som fremkommer fra gnidningen mellem metaldele.

2.3.7 Viskositetsforbedrende midler

De viskositetsforbedrende midler forhindrer, at mineral- og fedtoliebaserede smøreolier ændrer viskositet (bliver tyndere) med stigende temperatur. Disse additiver er olieopløselige og langkædede polymerer med høj molekylvægt, som har en fortykkende virkning ved høje temperaturer.

2.3.8 Anti-tåge-additiver

For at begrænse tågedannelse, når smøremidlet via dyser sprøjtes ud i små fine dråber, tilsættes disse additiver.

Kilde: /2/ og /13/.

3 Kortlægning af anvendte nåleolier

3.1 Spørgeskemaundersøgelse

For at fastlægge omfanget af brugen af mineralolier ved maskinstrikning udarbejdede og udsendte Textil- og Beklædningsindustrien i 1993 et spørgeskema til 18 danske trikotagevirksomheder, som er repræsentative for branchen. Bilag 1 viser det udsendte spørgeskema.

I alt 9 virksomheder returnerede spørgeskemaet; dermed blev en svarprocent på 50 opnået, hvilket er tilfredsstillende.

Formålet med spørgeskemaundersøgelsen var at finde frem til de anvendte mængder af mineralolier for at se dette i forhold til den angivne mængde (20-30 tons/år) i projektansøgningen. Desuden ønskede man også at undersøge, hvilke handelsprodukter der i dag anvendes i branchen. Herudfra var man så i stand til at udvælge de produkter, som i det senere projektforløb skal vurderes af DTC og VKI. Virksomhederne blev også bedt om at oplyse navne på leverandørerne af produkterne, således at det er muligt at kontakte disse for yderligere oplysninger.

Et tredje formål med undersøgelsen var at finde frem til, om nogle af virksomhederne i dag anvender mindre miljøbetænkelige nåleolier, og i så fald om de har gjort sig nogle erfaringer med disse oliers effektivitet og udvaskelighed i forhold til de gængse olier.

Følgende skema viser de fra spørgeskemaundersøgelsen opnåede resultater:

Tabel 3.1: Resultater fra spørgeskemaundersøgelsen

Handelsprodukt	Leverandør	Mængde/år	Alternative miljøvenlige olier	Erfaring med alternative olier
Silververtex W 22	ITS, Tyskland	300-400 l	Nej	-
Textol C ISO 22	Ib T. Rasmussen, Ikast	200 l	Silververtex	-
Silververtex W 32	ITS, Tyskland	540 kg netto	-	-
Spotless CN 22	Starcke/Vickers	360 kg	Nej	-
Silververtex W 22 Spotless CN 22	OTTO Starcke/Vickers	Ca. 2000 l	-	-
Silververtex W 22	ITS, Tyskland	400-600 l	-	Anbefaling fra leverandør aht. maskiner
Conyl DK 2	Starcke/Vickers	Ca. 20 kg	-	Datablad anfører at produktet er risikofrit
Vexilla A	Shell	2000 l	Nej	-
Spotless CN 15 Silververtex W 22	Starcke/Vickers ITS, Tyskland	320 kg 80 kg	-	Alle nåleolier er opdateret mht. miljøsikring

De oplysninger, som er givet vedrørende anvendte mængder, skal vurderes i forhold til den årlige metervareproduktion, som olieforbruget jo er afhængig af. Derfor kan ovenstående tal ikke umiddelbart anvendes til det oprindelige formål. Men vi kan dog se, at der anvendes store mængder køle/smøreolier.

3.2 De anvendte produkter

Nedenfor følger en kort beskrivelse af de i dag anvendte nåleolier (ud fra spørgeskemaundersøgelsen). Beskrivelsen er foretaget ud fra produktblade og eventuelle supplerende oplysninger.

Spotless CN 15 er en flydende klar gul mineralolie, som kan påføres både automatisk og manuelt. Produktet er en blanding af raffineret mineralolie, anioniske og nonioniske emulgatorer og antislid additiver. Emulgatorerne er biologisk nedbrydelige. Flammepunktet ligger over 170°C.

Spotless CN 22 er en flydende svagt gul mineralolie til smøring af nåle ved blandt andet rundstriking. Olien kan påføres smøresteder automatisk og manuelt. Produktet er en blanding af raffineret mineralolie, anioniske og nonioniske emulgatorer, antioxidant og antislid additiver. Emulgatorerne er biologisk nedbrydelige. Flammepunktet ligger over 170°C.

Begge produkter blev i sin tid udviklet på grund af problemer med udvaskningen af andre smøreolier på flerfarvede trikotagevarer, strikkes af farvet bomuldsgarn.

Textol C ISO 22 er en mineralolie med ikke-ionogene tensider og produktspecifikke additiver. Olien er flydende og lys i farven.

Silvertex W 22 er baseret på højraffinerede paraffinske mineraloliefraktioner med indhold af bestemte additiver til reducere af slid og oxidation. Olien indeholder emulgatorer til at afhjælpe udvaskning af trikotagen. Olien er farveløs.

Silvertex W 32 er baseret på højraffinerede paraffinske mineraloliefraktioner med indhold af bestemte additiver til reducere af slid og oxidation. Olien indeholder emulgatorer til at afhjælpe udvaskning af trikotagen. Olien er lys i farven.

Silvertex-produkterne indeholder kun additiver, som består af stoffer med lav farlighedsklasse. De er således fri for chlor, organiske chlorforbindelser, tungmetaller og zink. De indeholder ikke sundhedsskadelige, toksiske eller cancerogene stoffer.

Nåleolier er ifølge tysk ArbStV ikke farlige stoffer.

Generelt er mineralolieprodukterne ikke gode økologisk set, men ved Silvertex produkterne er anvendt paraffinske olier med høj renhedsgrad, som udviser mindst risiko. Det samme gælder for de tilsatte additiver. Produkterne er fri for chlor, organiske chlorforbindelser, tungmetaller og zink. Der er ej heller anvendt toksiske eller cancerogene stoffer.

Shell Vexilla Oil A. Her er kun udleveret sikkerhedsdatablad. Shell har oplyst, at øko-toksikologiske oplysninger på anvendte produkter er svære at få, fordi produkterne ikke kræves mærkede ifølge lovgivningen. **Kilde: /16/.**

3.3 Kortlægning af eksisterende litteratur

I starten af projektperioden blev der gennemført en litteratursøgning, og generelt viste det sig, at substitution af smøreolier indenfor trikotagebranchen ikke er et område, hvor der sker den større fornyelse. Dette skyldes formentligt, at mange af de i dag anvendte smøreolier er optimerede ud fra en rent teknisk betragtning. For at undgå driftsstop foretrækker strikkerierne derfor at anvende smøreolier, som de på forhånd ved, kan leve op til de tekniske krav. Eksterne miljøpåvirkninger kommer derfor i anden række.

Et andet aspekt, som kan være medvirkende til at hindre alternative køle/smøremidler i at få en fremtrædende plads på markedet, er maskinleverandørernes anbefalinger af nåleolier. Ofte er der tale om én eller ganske få olietyper, som leverandørerne anbefaler til deres strikkemaskiner. Hvis trikotagevirksomheden vælger at anvende et andet smøremiddel end det af leverandøren anbefalede, vil leverandøren ikke stille samme garanti for strikkemaskinens levetid. Af denne grund er mange trikotagefolk betænkelige ved at skifte til et andet smøremiddel.

Trikotagevirksomhederne har ikke ressourcer til selv at eksperimentere med alternative køle/smøremidler og vælger derfor oftest at følge maskin/olieleverandørens anvisninger.

Med hensyn til kortlægning af eksisterende faglitteratur blev det valgt at søge på følgende tidsskrifter, som ansås for værende relevante i denne forbindelse:

Melliand Textilberichte
Textil Praxis International
Wirkerei und Strickerei Technik

World Textile Abstracts

Primært blev der søgt i tiden 1990 til 1993/1994.

Udgivne projekter og arbejdsrapporter fra Miljøstyrelsen blev gennemgået. Ligeledes blev enkelte af Arbejds miljøfondets forskningsrapporter gennemgået. Appendix 1 refererer litteratursøgningen og hvilke artikler/rapporter, den har resulteret i.

Der blev rettet skriftlig henvendelse til følgende videntcentre, som kunne tænkes at have kendskab til området:

Teknologisk Institut, Miljøteknik
Teknologisk Institut, Proces & Værktøj
Teknologisk Institut, Tribologicerter

Centexbel; Belgien

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Stuttgart; Tyskland

TNO Centre for Textile Research; Holland

ITF – CRTM; Frankrig

British Textile Technology Group (BTTG); England

Også olieleverandører, som tilbyder alternative smøremidler, og som blev fundet gennem litteratursøgningen, blev der rettet skriftlig henvendelse til:

Karlshamns USA Inc; USA

Stephenson Thomson Textile Chemicals; England

PRONOVA – Oleochemicals; Norge

Klüber Lubrication A/S; Holstebro

B P Smøreolie A/S; København

ITS Industrie-, Textilmaschinen- und Sonderschmierstoffe GmbH; Tyskland

Dr. Th. Böhme Chemie & Service; Tyskland

Der blev rettet henvendelse til følgende danske agenter for leverandører af strikkemaskiner for at indhente oplysninger om deres syn på substitution af mineralolier:

Frank Petersen ApS, Herning, kunne meddele, at CMS-fladstrikkemaskiner (Stoll), som er produceret siden 1987, kræver syntetiske smøreolier, som er bedre end mineralolier, men også dyrere.

MAYER-rundstrikkemaskiner er elektronisk styrede og kræver syntetiske nåleolier. Ældre maskintyper benytter stadig mineraloliebaserede smøremidler.

Ved køb af nye maskiner skifter virksomheder over til udelukkende at anvende syntetiske olier, også til de gamle maskintyper, for ikke at have forskellige smøreolieprodukter i brug. Primært er Klüber og ITS leverandører af syntetiske olier til fladstrik og elektronisk styret rundstrik.

4 andre danske agenter har ikke svaret på henvendelsen.

3.3.1 Resultat af litteratursøgning

Tidsskriftet *Internationalt MiljøNyt* berettede i juli 1993 om et svensk firma, Binol Filium, som producerer vegetabiloliebaserede skæreolier til maskin- og skovindustrien. Virksomheden er Sveriges førende m.h.t. vegetabiliske olier og forventede en kraftig stigning i efterspørgslen de kommende år som følge af strengere miljøkrav. Den rapsoliebaserede olie er 97% nedbrydelig og menes desuden at have gode smøreegenskaber. Projektgruppen rettede henvendelse til Sverige, men blev derfra henvist til deres kolleger i USA, som skulle være kommet langt indenfor tekstilindustrien. Det amerikanske firma har ikke besvaret henvendelsen.

Tidsskriftet *Nonwovens Report International* fra september 1990 havde en artikel, som præsenterede et introduceret produkt fra Stephenson Thompson, England. Produktet hedder Duralcon NW4 og er en spindeolie tilpasset syntetiske fibre, især nylon og polypropylen. Produktet er en vandig opløsning af alkoxylater, alkoxyatethere og kvaternære ammoniumforbindelser. Det er vandopløseligt, biologisk nedbrydeligt, antikorrosivt og beskytter mod statisk elektricitet. På trods af, at der her er tale om en spindeolie, blev der rettet henvendelse til virksomheden for at få yderligere oplysninger, så der senere

kunne tages stilling til, om det ville være relevant at afprøve produktet med four-ball-testen.

Det forventedes dog, at produktet ikke ville kunne leve op til de tekniske krav, da det ikke er udviklet til smøring af strikkemaskiner. Virksomheden udtrykte interesse for projektet, men på trods af flere henvendelser er virksomheden ikke vendt tilbage med yderligere information om produktet.

På foranledning fra det svenske tekstilinstitut IFP rettede projektgruppen henvendelse til det norske firma Pronova Oleochemicals. De to har samarbejdet om at udvikle en spindeolie baseret på langkædede fedtsyrer fra fiskeolie. Produktet er biologisk nedbrydeligt og toxiciteten er testet på fisk, alger og daphnier. IFP tester produktets udvaskelighed. Indtil nu er undersøgelserne omkring udvaskelighed henlagt med den begrundelse, at produktet er en vandopløselig ester. Under alle omstændigheder skal der derfor tilsættes emulgatorer, for at olien kan udvaskes. Udvaskelegheden vil derfor udelukkende være afhængig af emulgatoren og ikke af esteren. Pronova har velvilligt deltaget i projektet og stillet olie til rådighed til afprøvning samt givet oplysninger til den øko-toksikologiske vurdering.

Henvendelserne til de udenlandske institutter har ikke resulteret i den store respons. Det tyske institut i Denkendorf har dog givet litteraturhenvisninger samt refereret til en kontaktperson hos firmaet ITS Sonderschmierstoffe GmbH i Gingen.

3.3.2 Optimering af nålesmøring

Kilde /4/ er en forskningsrapport, som beskæftiger sig med optimering af nålesmøring. Arbejdet er påbegyndt som følge af udviklingen af nåleolier, som kan klare højere produktionshastigheder, og som let kan udvaskes. Til testning af nåleolierne blev et prøveapparat bygget. Sammenhængen mellem smøremidlets viskositet og nålebeskadigelsen blev undersøgt. Det viste sig, at der er lineær sammenhæng mellem nåleholdetid og viskositeten. Man har ligeledes undersøgt de tribologiske betingelser for basisolier fra såvel handelsprodukter som nye markedsførte smøreolier. Dette er gjort under forskellige belastningstilstande på et apparat, som simulerer en strikkemaskine. Undersøgelsen viste, at de gængse anvendte nåleolier på mineraloliebasis ved tilsætning af additiver kunne forbedres væsentligt med hensyn til belastning og dermed til den slidhæmmende virkning. Syntetiske smøremidler på basis af polyglykoler tåler en højere belastning end additiverede mineralolier. Syntetiske smøremidler kan forbedres yderligere ved tilsætning af egnede additiver. Syntetiske smøremidler udvaskes endvidere godt grundet deres vandopløselighed. En ulempe ved disse smøremidler er, at de er aggressive overfor kunststoffer (maling/lak). Dette kan evt. reduceres ved tilsætning af additiver, eller man kan vælge at tage problemet med i overvejelser ved maskinkonstruktionen.

På en livvidde-rundstrikkemaskine blev et nyt smøremiddel afprøvet. Man bibeholdt forbrugssmøring, hvor en fødepumpe transporterer smøremidlet ikke kun til de egentlige smøresteder, men også en rigeligt dimensioneret smøremiddelmængde, som kan fjerne gnidningsvarmen. Dette kan medføre, at der opnås en reduktion på låsetemperaturen på 14%.

Med hensyn til udvaskelegheden øges kravene til at reducere omkostningerne gennem reducere af antal procestrin gennem højere gennemløbshastighed, mindre tilsætning af hjælpemidler og gennem lavere flottetemperatur.

Udstyrsomkostningerne kan dog kun sænkes, når strikkemaskinen smøres med et smøremiddel, som opfylder følgende:

- smøremidlet skal være emulgerbart, evt. vandopløseligt
- udvaskeligheden må ikke påvirkes af det forarbejdede garns avivage
- smøremidlet må ikke indeholde nogen bestanddele, som kan påvirke maskevarens farveegenskaber
- smøremidlet skal være økonomisk udvaskelig.

Rapporten konkluderer, at med hensyn til sammenhængen mellem smøremidlets viskositet og nålebeskadigelsen er det nødvendigt, at der indsættes en olie med højere viskositet under driftsbetingelserne. En høj viskositet af olien kan enten opnås gennem anvendelse af et overensstemmende smørremiddel eller gennem køling af højtbelastede maskindele.

Smøremidler tilsat antislid- og højtryks-additiver tåler højere belastning end normale smøremidler. Derved kan smøremiddelmængden reduceres, og man kan afvige fra princippet om oversmøring.

Udvaskeligheden af de enkelte nålesmøremidler kan testes med et enkelt testprogram. Indflydelsen af paraffin, spoleolie og vaskeflotten holdes ude af betragtningen. Fremmedstoffer kan reagere med nålesmøremidler og forringe udvaskningen. Testen for udvaskelighed egner sig derfor specielt til sammenligning af konkurrerende nålesmøremidler.

3.3.3 Forskningsarbejde med nåleolier

Kilde /10/ er en artikel, som omhandler en undersøgelse af nåleolier og bomulds naturlige ledsagestoffers indvirkning på reaktive farvestoffers udnyttelsesgrad.

Det er vigtigt med en tilstrækkelig forbehandling for at fjerne urenheder fra bomuld og derigennem sikre en god farvning. Urenheder kan stamme fra forskellige kilder. På laboratorium er undersøgt 3 forskellige typer nåleoliers effekt på reaktivfarvers udnyttelsesgrad ved farvning af bomuld.

Efterspørgslen på større udbytte ved dyrkning af bomuld bevirker et større brug af agrokemikalier såsom insekticider, gødning, fungicider og afløvningsmidler.

Selv om farverier i dag benytter avancerede computersystemer til at kontrollere farve- og forbehandlingsprocesser, opstår der ind imellem problemer med dårlig reproducerbarhed og ujævnhed (egalitet). Man undervurderer ofte effekten af tilstedeværende urenheder i bomulden.

Det er vist gennem IR-spektrofotometriske undersøgelser, at der er forskel på bomuldsprøvers indhold af bomulds voks og paraffin voks, hvilket kan medføre, at en ikke-styret forbehandling ikke altid kan opfylde krav til farvningens reproducerbarhed på et moderne automatiseret farveri. Det er velkendt, at almindelige ikke-udvaskelige nåleolier er svære at fjerne fra bomuld og giver anledning til ujævn farvning. Af denne grund anvendes derfor i stor grad specielt udviklede nåleolier, som er udvaskelige. Hensigten

med disse er primært at minimere pletter, som opstår ved øget farveoptagelse på steder, hvor mineralolierne ikke er fjernet tilstrækkeligt.

Tre typer olier er afprøvet:

1. Almindelig tilgængelig nåleolie med antislid og antioxidant, men uden additiver til udvaskning
2. Et Vickers Spotless produkt tilsat antislid og antioxidant med god udvaskbarhed til fjernelse af alle stoffer incl. bomuldens naturlige ledsagestoffer
3. Et Vickers Spotless produkt tilsat antislid og antioxidant og nyudviklet til god udvaskningsevne samt evne til at overvinde problemer med både farvemodstand og de mere almindelige pletter grundet øget farveoptagelse på bomuld.

Olien blev påført som simulering af følgende olierelaterede strikkefejl:

- a) nåle-striber 1-5%
- b) udskylningseffekter 5-10%
- c) oliepletter 10-20%.

De 3 olietyper blev påført 1, 5, 10 og 20%. Varen blev forbehandlet med vask ved 95°C og blegning ved 95°C eller 115°C. En bomuldsvare, som ikke blev påført olie, blev anvendt som kontrolprøve. Farvning blev udført på de forhandlede prøver, og farveudbyttet blev undersøgt spektrofotometrisk. Olietype 1 viste ikke spor af farvemodstandseffekter. Olietype 2 kunne nemt udvaskes – kun ved 20% påført olie viste bomulden ekstra farveoptagelse. En lav farveoptagelse med lav grad af olieforurening. Olietype 3 blev nemt fjernet. Olien havde meget lavere farvemodstandseffekt ved lav olieforurening end olietype 2.

Konklusionen på undersøgelsen er, at hårdhedsdannere og vokstyper bevirker store forskelle på reaktive farvestoffers udnyttelsesgrad. Der er stærke beviser for, at nåleolietypen har effekt på farvestofudbyttet, og dette er ikke altid kun relateret til oliens udvaskelighed.

3.4 Øko-toksikologisk vurdering af anvendte olieprodukter

Vandkvalitetsinstituttet (VKI) og Dansk Toksikologi Center (DTC) har foretaget en øko-toksikologisk vurdering af de i dag anvendte produkter. Der er dog kun modtaget tilstrækkelige oplysninger på to af produkterne til at udarbejde vurderingen. På de øvrige produkter er indholdsstofferne kun beskrevet ved deres funktion og ikke ved deres kemiske navn eller struktur. Man kan dog sige, at nåleolieprodukterne generelt minder om hinanden.

3.4.1 VKI's samlede vurdering af øko-toksikologiske egenskaber

Nåleolier med den angivne sammensætning vurderedes at være moderat miljøfarlige, idet hovedkomponenten i nåleolierne (dvs. naphthensk og paraffinisk olie) vurderedes at være langsomt nedbrydelig. Der vil kunne ske en opkoncentrering af olierne i slamfasen i renseanlæg, idet olierne har en lav opløselighed og er lipofile. Olierne vurderedes dog ikke at være bioakkumulerbare.

Indholdet af anionisk tensid i nåleolierne (alkylxylensulfonat) vurderedes at kunne udgøre en risiko for miljøet gennem en længere periode efter udledning

til miljøet, idet stoffet ikke er let nedbrydeligt og forventes at være meget toksisk.

De nonioniske tensider vurderedes kun at kunne udgøre en kortvarig risiko for miljøet, idet stofferne forventes at blive nedbrudt relativt hurtigt.

Antiwear-komponenten dialkyl-dithiophosphat kan være miljøfarlig, men der foreligger for nuværende ikke oplysninger om stoffet, som udgør 1% af produktet.

3.4.2 DTC's vurdering af mineraloliebaserede nåleolier

Der blev lavet en samlet sundhedsvurdering af Spotless CN 15 og 22 produkterne. Der er tale om mineraloliebaserede nåleolier, som er tilsat friktionsnedsættende stoffer, højtryksadditiver, korrosionsinhibitorer, antioxidanter og tensider.

Ved en sundhedsmæssig vurdering af mineraloliebaserede nåleolier er mineraloliens renhedsgrad og herunder indhold af polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH'er) af afgørende betydning. Flere stoffer tilhørende gruppen af PAH'er har vist sig at være kræftfremkaldende efter pensling på huden hos forsøgsdyr, men PAH'er anses også for at kunne fremkalde kræft efter indånding af stofferne. De potentielle kræftfremkaldende bestanddele i mineralolie er hovedsageligt de tre- til syv-ringede PAH'er.

PAH-indholdet i mineralolien kan reduceres ved forskellige raffineringemetoder. Ved måling af PAH-indholdet udnytter man, at disse forbindelser selektivt kan ekstraheres fra olien med et dimethylsulfoxid-opløsningsmiddel (DMSO).

Mineralolier er herudover generelt kendt for at kunne medføre irritation, rødme og eksem ved længere tids kontakt.

Mineralolierne i Spotless CN 15/22 er højtraffinerede, og specielt de polycykliske aromatiske hydrocarboner er borttraffinerede. Indholdet af PAH'er, som er bestemt ved IP 346-metoden, er mindre end 2%, og olierne tilhører den type mineralolier, der ikke anses for at udgøre en kræftisiko. Af de to produkter er det Spotless CN 15, der har det laveste PAH-indhold.

Det er dog væsentligt at påpege, at ingen mineralolie, uanset renhedsgraden, er uskadelig ved langvarig kontakt med huden. De hudpartier, der er i kontakt, bliver irriterede, og denne irritation kan medføre blokade af kirteludgange og irritation af hudens kirtler. I alvorlige tilfælde viser dette sig som olieacne og pusholdige blærer i huden.

For olierne i produkterne Spotless CN 15/22 gælder det, i lighed med alle mineralolieholdige produkter, at såfremt der dannes og indåndes store mængder oliepartikler (olietåge) under arbejdsprocessen, kan der være risiko for udvikling af kemisk betinget lungebetændelse.

Spotless CN 15/22 er tilsat flere forskellige additiver – nogle af dem har flere funktioner i produkterne. De toksikologiske karakteristika for de anvendte additiver er, at de er hud- og øjenirriterende. En overvejende del af additiverne skal desuden klassificeres som lokalirriterende i henhold til Miljøstyrelsens regler for klassificering og mærkning af kemiske stoffer og produkter.

Additiverne udgør kun en relativ lille del af Spotless CN 15/22, og derfor vil den sundhedsmæssige påvirkning fra produkterne helt overvejende stamme fra mineralolien. Den lave koncentration af additiverne betyder endvidere, at produkterne ikke skal klassificeres og mærkes i henhold til Miljøstyrelsens klassificerings- og mærkningsregler.

De arbejdssituationer, hvor medarbejderne kommer i kontakt med nåleolierne, er hovedsageligt ved opsætning af nyt materiale, reparation og vedligeholdelse af maskinerne samt ved håndtering af den færdige trikotagevare. Det er derfor problematikken omkring hudkontakt, der er mest relevant.

Sammenfattende kan det siges, at produkterne Spotless CN 15/22 kan forårsage irritation af huden samt risiko for udvikling af olieacne. Da denne effekt forårsages af mineralolien, vil dette gælde generelt for mineraloliebaserede nåleolier. Længerevarende og gentagen kontakt med mineraloliebaserede nåleolier bør derfor undgås.

Kilde: /5/ og /19/.

3.5 Diskussion

Sammenfattende kan det siges, at litteratursøgningen ikke har givet de store resultater med hensyn til udvikling af nåleolier. Ud fra en generel betragtning kan set siges, at de danske trikotagevirksomheder på undersøgelsestidspunktet ikke anvendte miljøvenlige olier, og inden for nåleolier var det stadig mineralolier, som blev anvendt. Dog kan maskinleverandørerne have indflydelse på valg af nåleolie, da der bliver lyttet til deres retningsgivende råd vedrørende nåleolie. Det antages, at grunden til, at der ikke er ret meget tilgængeligt materiale omhandlende produktudvikling til mere miljøvenlige nåleolier er, at der ikke har været den store efterspørgsel fra kunderne, samt at de alternative produkter vil være betydeligt dyrere. Endelig ses ud fra den økotoxikologiske vurdering, at mineralolierne er sundhedsskadelige og miljømæssigt betænkelige.

4 Mulige alternative nåleolier

Der blev gennemført en afdækning af, hvilke alternative køle/smøremidler, der blev udbudt på markedet, og som måske ville kunne anvendes som nåleolier. Afdækningen er sket via faglitteraturen samt kontakt til videntcentre og andre brancher.

4.1 Andre brancher

Den grafiske branche har arbejdet en del med at erstatte organiske opløsningsmidler med vegetabiliske olier til afvask af offsetmaskinernes valser, gummiduge, modtrykscylindre m.v. Substitutionen har til formål at undgå emission af flygtige organiske stoffer. Der er blevet udviklet flere gode produkter baseret på fedtsyreestre, som under et omtales som vegetabiliske afvaskere. Selv om literprisen er højere – op til 6 gange højere end for afvaskere, baseret på organiske opløsningsmidler – modsvares denne prisforskel af et mindre forbrug. Man har samtidig erfaring for, at valser og gummiduge holder længere ved brug af gode vegetabiliske afvaskere, da disse ikke har samme tendens til at gøre nitrilgummiet hårdt, som de organiske opløsningsmidler.

Kilde: /1/.

Aarhusolie A/S producerer bl.a. vegetabiliske olier og derivater til substitution af mineralolier. Der er udviklet et køle/smøreforsøgsprodukt Vegeol KS-1, som er baseret på rapsolie. Planteolier har generelt gode tekniske egenskaber i form af god vedhæftningsevne til metaloverflader og højt viskositetsindex. De kan dog især ved lave temperaturer udkrystallisere; men dette problem kan klares ved additivering.

Cimcool har udviklet et universal køle-smøremiddel Cimstar MB603, som er vandbaseret og klorfrit. Produktet har en høj biostabilitet, lav brugskoncentration og lang levetid. Produktet er desuden fri for nitrit, farvestoffer, baktericider og diethanolamin. Det kan anvendes til alle former for bearbejdning, f.eks. slibe-, dreje-, fræse-operationer samt gevindskæring. Det kan anvendes i forbindelse med stål, værktøjsstål, rustfrit stål og støbegods. Dertil kommer aluminium, kobber, messing og andre legeringer uden risiko for korrosion eller misfarvning.

Grundfos A/S anvender Syntilo XPS til gevindskæring. Syntilo XPS er et vandklart glykolbaseret køle-smøremiddel, som er specielt udviklet til bearbejdning af støbejern og rustfast stål.

Kilde: /9/.

4.2 Firmaet Benjⁿ R. Vickers

Firmaet Benjⁿ R. Vickers har været med i projektet, idet det er meget interesseret i deltagelse i udviklingen af alternative køle/smøremidler, som ikke

er baseret på mineralolie. Firmaet er beliggende i Leeds (UK), hvor det har eksisteret i 165 år.

Det er privatejet og derfor ikke afhængig af mineralolieleverandører, hvilket giver større fleksibilitet med hensyn til udvikling af mere miljøvenlige nåleolier. Virksomheden har 85 ansatte og markedsfører over 1.000 forskellige produkter. I tekstilindustrien er der tale om spindeolier til fiberproducenter og nåleolier til trikotageindustrien. Alle råvarer kommer fra underleverandører, og Vickers blander udelukkende olier med diverse additiver. I laboratorierne testes råvarerne og færdigprodukterne, foruden at der arbejdes med produktudvikling og kundeopgaver.

4.2.1 Vickers' udvikling af alternative nåleolier

I stedet for at anvende mineralolie har firmaet arbejdet med forskellige esterforbindelser, som kan have en biologisk nedbrydelighed på 95%. Basisdelen vil udgøre 70-90% af hele produktet. Ved tilsætning af additiver sænkes den biologiske nedbrydelighed. Additiverne – eksempelvis anti-slid, anti-korrosion og anti-oxidant – spænder vidt med hensyn til bionedbrydeligheden fra at være ikke-nedbrydelig til 80-90% nedbrydelig, afhængig af hvilke kemiske forbindelser der er tale om.

Emulgatorerne, hvis formål det er at lette udvaskeligheden af trikotagevaren, vil generelt være 70-80% nedbrydelige.

Som krav til den biologiske nedbrydelighed blev der taget udgangspunkt i scoresystemet, som er et vurderingssystem for kemikalier i tekstilindustrien. Her er kravet, at bionedbrydeligheden skal være større end 60% efter standardmetoden OECD 301 D. Man skal regne med, at de alternative nåleolier vil blive 3-4 gange dyrere for at opfylde dette krav på grund af dyrere råvarer.

De tidligere basisolier har været paraffiner, naph tener eller aromater. Kravene har været, at man kunne opnå den ønskede viskositet (15-22-32-(46), hvor 32 er mest anvendt). Ligeledes skal olien være "solvent refined", hvilket sikrer, at indholdet af de sundhedsskadelige polycykliske aromater er under 3%.

Følgende basisolier kan komme på tale ved udvikling af mere miljøvenlige nåleolier:

- polyglykoler
- triglycerider
- syntetiske estere.

Polyglykoler kan give hudirritation, de har en skarp lugt og kan opløse maling på maskiner samt gulvbelægninger. Triglycerider tåler vanskeligt høje temperaturer. Ud fra dette har Vickers valgt at koncentrere sig om syntetiske estere, som har gode smøreegenskaber, og som er stabile ved høje temperaturer.

Udviklingen af nåleolier er forløbet på følgende måde:

- 1) Vickers har udviklet nåleolier på esterbasis tilsat additiver, men ikke emulgatorer. Disse er blevet testet hos Teknologisk Institut, Tribolog centret i Århus, for deres antislid egenskaber på en four-ball-

tester efter DIN 51 350 del 3, hvor man kommer op på en temperatur på ca. 80°C.

Som reference er blevet anvendt den nåleolie (Spotless CN 22 – mineralolie), som Vickers har solgt mest af til trikotageindustrien, og som opfylder de tekniske krav til smøreegenskaber.

Følgende resultater blev opnået:

Tabel 4.1: Resultater fra four-ball-testen.

Olieprodukt Nr.	Betegnelse	Slidfacetdiameter [mm]	Standardafvigelse på middelværdi [mm]
I	Vickers 1573	0,72	0,004
II	Vickers 1574	0,68	0,009
III	Vickers 1575	0,62	0,003
IV	Vickers 1576	0,58	0,001
V	Vickers 1577	0,47	0,004
VI	Vickers 1578	0,81	0,010
VII	Vickers Spotless CN 22	0,74	0,010

Slidfacetdiameteren viser, hvor stort et slid der er påført stålkuglerne. Jo mindre slidfacetdiameter, jo bedre antislidsegenskaber har smøreolien udvist. Standardafvigelsen viser, hvor nøjagtige resultaterne er.

- 2) Bionedbrydeligheden blev testet på alternativerne, og det bedste alternativ hertil blev udvalgt til det videre forløb.
- 3) Vickers fandt frem til en emulgator, som kunne give en tilfredsstillende udvaskelighed. Kravet var her minimum 95%, svarende til hvad Spotless CN 22 kan opfylde.
- 4) Four-ball-testen blev lavet på den alternative nåleolie, som denne gang var det færdige produkt med additiver og emulgator.
- 5) Udvaskegheden blev testet; kravet var, at den skulle være mindst lige så god som Spotless CN 22. BT undersøgte udvaskeligheden, også hvor varen har ligget med olien i en periode (lagring).
- 6) Den/de alternative nåleolier blev afprøvet hos en trikotagevirksomhed. Her skulle medtages i vurderingen, dels om nåleolien udviste de forventede smøreegenskaber, dels om farveriet opnåede en tilfredsstillende udvaskning.

4.3 Beskrivelse af afprøvede alternative smøreolier

Markedet blev undersøgt for alternative nåleolier/smøremidler fra andre producenter end Vickers.

Det blev i første omgang valgt ikke at skelne mellem, om det fundne alternativ var en decideret nåleolie, spindeolie eller et køle/smøremiddel til den metalbearbejdende industri. Primært blev de alternative smøreolier valgt ud

fra deres basisolier for at afprøve disse egenskaber i samspil med de tilsatte additiver. Emulgatorer blev eventuelt tilsat alt efter brugsanvendelse.

Gennem litteratursøgning samt kontakt til videncentre, producenter af køle/smøremidler og strikkemaskiner blev der fundet frem til alternative produkter, som fandtes på markedet – nogle af dem dog ikke med henblik på tekstilindustrien. Følgende produkter, som er baseret på henholdsvis animalske, vegetabiliske og syntetiske (polyglykol, ester) olier, er afprøvet:

Jafaester 2000 TL og emulsion af Jafaester 2000 TL: Det norske firma Pronova Oleochemicals a.s. producerer en spindeolie baseret på en fedtsyre fra fiskeolie. Produktet er en nedbrydelig ester baseret på meget langkædede fedtsyrer. Det er optimeret med hensyn til fedtsyrekomposition og smeltepunkt for at efterleve krav til smøreeffektivitet og viskositet. Jafaesteren har en lille vandopløselighed med en god bionedbrydelighed.

Vegeol DS-300: Efter kontakt med Jørgen Eriksen, Aarhusolie, blev det aftalt at afprøve produktet Vegeol DS-300 som en mulig nåleolie. Produktet er en ester, som er baseret på kokosnød- og palmekerneolie indeholdende en vegetabilisk nonionisk emulgator. Det er ikke specielt udviklet til rundstrikkemaskiner, men til den metalbearbejdende industri.

Silvertex S 22: Denne nåleolie produceres hos ITS. Den er baseret på polyglykoler og er i henhold til OECD-test 94% bionedbrydelig. Den udvaskes let fra bomuldsstrikk – også efter lagring, hvor mineraloliebaserede olier ofte har en dårligere udvaskelighed. Prisen er ca. 40% højere end for mineralolieprodukter.

Madol 903 SE og Madol 903 S: Der er her tale om en nåleolie baseret på en syntetisk ester (CAS nr. 68441-68-9) indeholdende diverse additiver. Det er en klar væske med en mild lugt. Forskellen på 903 SE og 903 S er, at der til 903 SE er tilsat emulgator. Den emulgatorholdige nåleolie indeholder ud over additiver også nonylphenolalkoxylat. Den produceres hos det tyske firma Dr. Th. Böhme – Chemie & Service.

Vickers 1612 Needle Oil: Dette er en nyudviklet nåleolie baseret på en syntetisk ester tilsat additiver samt nonionisk overfladeaktivator (emulgator). Basisolien, som indgår her, har Vickers valgt ud fra de i tabel 4.1 opnåede resultater.

Basisoliens bionedbrydelighed forventes større end 90% (CEC-L-33-T-82). Nedbrydeligheden af overfladespændingsmidlet er $\geq 80\%$ med OECD (1976)/82/242/EF for ikke-ioner.

4.4 Resultater med alternative smøremidler

På de udvalgte alternative smøremidler blev der – som tidligere beskrevet – lavet forsøg med henholdsvis four-ball-test og udvaskelighed. I de efterfølgende delkapitler er de opnåede resultater anført.

4.4.1 Four-ball-test på alternative smøremidler

I nedenstående skema ses de opnåede resultater fra four-ball-testen, som blev udført under de samme betingelser som tidligere i projektet, da de mineraloliebaserede nåleolier blev undersøgt.

Tabel 4.2: Resultater fra four-ball I-testen

Olieprodukt	Slidfacetdiameter [mm]	Standardafvigelse på middelværdi [mm]
Madol	0,35	0,007
Madol 903 S	0,42	0,001
Vickers Needle Lub. 1612	0,52	0,006
Pronova Jafaester 2000 TL	0,54	0,008
Silververtex S 22	0,55	0,010
Vegeol DS-300	0,58	0,014
Emul. Af Jafaester 2000 TL	0,63	0,007
Vickers Spotless CN 22 (reference)	0,77	0,007

Som det ses af tabellen udviser alle alternative smøremidler et mindre slid ved four-ball-testen end referencen Spotless CN 22, som er mineraloliebaseret. Udvalget af de alternativer, som skal afprøves på en strikkemaskine, vil derfor afhænge af resultaterne fra udvaskelighedsforsøgene samt den økotoxikologiske vurdering.

4.4.2 Alternative oliers udvaskelighed

De fundne alternative nåleolier skal have tekniske antislid-egenskaber og være biologisk nedbrydelige, og de skal også kunne udvaskes forholdsvis let af tekstilvaren, således at miljøbelastningen fra nåleolien ikke blot flyttes over på udvaskningsprocessen, som så kræver større mængde detergent, højere vasketemperatur og/eller mere vand. Udvaskeevnen afhænger primært af den tilsatte emulgator, da olierne i sig selv ikke er udvaskelige. Udvaskeevnen af olierne vil påvirkes af, hvorledes de forskellige olietyper reagerer med bomuldens naturlige ledsagestoffer.

Det er uundgåeligt, at nåleolien kommer på strikvaren, og hvis olien ikke kan udvaskes tilstrækkeligt i den efterfølgende forbehandling, kan det give gener i den eventuelle senere farvning.

4.4.3 Beskrivelse af udvaskningsforsøg

Der blev anvendt en strikket, 100% bomuldsinterlockvare. Der blev udført udvaskningsforsøg med henholdsvis en råvare og en forbleget vare, så nåleolie (påført råvaren på strikkeriet) og de naturlige ledsagestoffer i bomulden fjernes.

Dette blev gjort for at undersøge, om der sker en reaktion mellem nåleolien og bomuldens naturlige ledsagestoffer, og om en eventuel reaktion har indvirkning på udvaskeevnen. Alle olier blev testet på henholdsvis råvare og forbleget vare.

Emulsion af Jafaester blev ikke medtaget i udvaskningsforsøgene, da det er en vand/olie-emulsion, og den kan derfor ikke opløses i n-heptan. Madol 903 S blev heller ikke afprøvet, da denne ikke er tilsat emulgator.

Forsøgene blev gennemført på følgende måde:

Et dobbeltlagt prøvestykke á ca. 60 g (ca. 30 x 40 cm) blev udklippet af strikvaren for hver olie, som skulle afprøves. Olien blev påført i en mængde af 2,4 g, som er opløst i 150 ml n-heptan. Der blev lavet dobbeltbestemmelse på alle prøver (henholdsvis olie og rå-/bleget vare). Der blev anvendt følgende 4 typer af prøver:

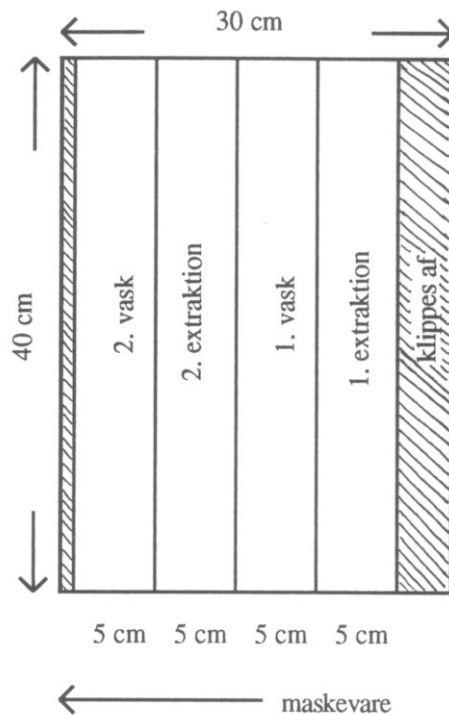
- 1) prøven lagres ikke og vaskes ikke; der ekstraheres på prøven
- 2) prøven lagres ikke og vaskes; der ekstraheres på prøven
- 3) prøven lagres i 21-22 døgn, vaskes ikke og ekstraheres
- 4) prøven lagres i 21-22 døgn, vaskes og ekstraheres.

Lagringen blev medtaget for at simulere, at trikotagevaren ligger på lager et stykke tid, inden den sendes videre til farvning. En lagringstid på ca. 3 uger kan udmærket forekomme i praksis. Eftersom lagringen kan bevirke, at en vekselvirkning mellem nåleolien og bomuldens ledsagestoffer kan ske, blev både lagrede og ikke-lagrede prøver medtaget. En eventuel vekselvirkning ville så fremgå af resultaterne.

Der blev også anvendt blindprøver af såvel råvare som forbleget vare. Disse påførtes udelukkende n-heptan og ingen olie. De naturlige ledsagestoffer i råbomulden vil være det eneste ekstraherbare i blindprøverne. Ekstraktionsværdierne herfra skal altså subtraheres fra resultaterne for oliepåførte prøver, således at det endelige resultat kun giver indtryk af oliens udvaskelighed. Dermed tages ikke højde for eventuel vekselvirkning mellem olie og ledsagestoffer, men det gøres der til gengæld ved sammenligning af henholdsvis rå- og forbleget vare, idet ledsagestofferne blev fjernet i den forblegede vare. Blindprøverne blev behandlet som de andre prøver; altså vaskes/vaskes ikke og lagres/lagres ikke. Efter at olien var blevet påført, blev prøvestykket lagt på et vandret underlag i stinkskaab med fuld udsugning ved stuetemperatur, til opløsningsmidlet var dampet af. Vægten af et prøvestykke skulle være mindre end 61 g, før det blev taget ud af stinkskaabet. De stykker, som skulle lagres, blev lagt vandret i klimarum ved 21°C og 65% RF.

Et prøvestykke blev udnyttet som vist på figuren nedenfor:

Figur 4.1: Udtagning til bestemmelse af stofprøven



Der blev lavet dobbeltbestemmelser af alle prøver, og de senere anførte værdier er gennemsnitstal herfra.

Vask blev udført i henhold til ISO 105 C06 i lauderometer – dog med modifikationer, idet parametrene ændredes, så vaskeprocessen så vidt muligt var i overensstemmelse med, hvad farverierne i praksis vil gøre.

Der blev anvendt 10 g stofprøve og flotteforholdet 1:15. Vaskemidlet bestod af 1 g/l ECE-vaskemiddel (uden natriumperborat og optisk hvidt) og 1 g/l calc. soda. (ECE står for Europäische Convention für Echtheitsprüfung).

Der blev vasket ved 60°C i 20 minutter med 10 stålkugler. Herefter blev der skyllet i først 10 minutter i 60°C vand og derefter i koldt demineraliseret vand i 5 minutter. Stofprøven blev tørret og konditioneret, inden der blev lavet ekstraktion.

Ekstraktionen blev udført med dichlormethan i henhold til DIN 54278/1967.

Beregninger efter ekstraktion blev udført på følgende måde:

$$(\text{kolbeextrakt} - \text{kolbe})/\text{stofvægt} \times 100\% \Rightarrow x_o, y_o, x_v \text{ og } y_v [\%]$$

x_o % : kontrolprøve (uden olie); ekstraherbart før vask.

x_v % : kontrolprøve (uden olie); ekstraherbart efter vask

y_o % : olieholdigt stof; ekstraherbart før vask

y_v % : olieholdigt stof; ekstraherbart efter vask

% udvasket olie:

$$((y_o - x_o) - (y_v - x_v))/(y_o - x_o) \times 100\% = (1 - (y_v - x_v)/(y_o - x_o)) \times 100\%$$

Hvis man vælger at se bort fra kontrolprøven, er beregningen:

$$\% \text{ udvasket olie} = (1 - y_v/y_o) \times 100\%$$

Bilag 2 viser delresultaterne fra udvaskningsforsøgene. Nedenfor er anført en samlet resultattabel, som er opstillet i prioriteret orden.

Tabel 4.3: Resultater fra udvaskningsforsøg

Udvaskelighed Olieprodukt	Udvasket efter 0 døgn		Udvasket efter 22 døgn	
	Råvare [%]	Bleget vare [%]	Råvare [%]	Bleget vare [%]
Spotless CN 22 (reference)	84,5	93,0	75,5	84,5
Vickers Needle Oil 1612	76,4	79,3	67,5	71,5
Silvertex S 22	54,2	74,3	58,7	77,1
Vegeol DS-300	16,8	40,4	19,1	41,1
Madol 903 SE	30,0	14,1	-22,1	32,8
Jafaester 2000 TL	2,9	4,1	13,9	9,3

4.5 Øko-toksikologisk vurdering af alternative olieprodukter

4.5.1 VKI's samlede vurdering af øko-toksikologiske egenskaber

Der har været tilstrækkelige oplysninger til at lave denne vurdering på 3 af de alternative nåleolieprodukter, som er henholdsvis Vickers Needle Oil 1612, Vegeol DS-300 og Pronova Jafaester 2000 TL.

Nåleolierne består primært af vegetabiliske olier og/eller ethylhexylestre af fedtsyrer. I to af de tre produkter er olier og fedtsyrestre emulgeret i vand med nonioniske detergenter af typen alkoholethoxylat. I brugsanvisningen for det tredje produkt angives, at et specifikt produkt kan anvendes ved emulgeringen; det er dog ikke oplyst, hvilke stoffer dette produkt indeholder, men det forventes at være nonioniske detergenter.

Vegetabiliske olier og fedtsyrestre vurderes at have en lav øko-toksikologisk farlighed ved udledning til akvatiske miljøer, idet de ifølge de foreliggende data er nedbrydelige og har en lav toksicitet.

Alkoholethoxylaterne vurderes kun at kunne udgøre en kortvarig risiko for miljøet, idet stofferne har en relativt høj toksicitet, men samtidig forventes at blive nedbrudt relativt hurtigt.

Såfremt der til emulgeringen anvendes nonioniske detergenter af typen alkylphenol-ethoxylat, kan forventes en transformation til alkylphenol med ingen eller få ethoxygrupper. Disse stoffer er relativt persistente, adsorberbare og toksiske, hvorfor toksiske effekter kan opstå i lokalområdet for en udledning; f.eks. i aktivt slam i renseanlæg.

4.5.2 VKI's konklusion på den øko-toksikologiske vurdering

Ved den øko-toksikologiske vurdering af indholdsstofferne i de 3 produkter vurderedes indholdet af ricinusolie i det ene produkt at udgøre det største problem.

Det andet produkt kan være problematisk på grund af indholdet af solsikkeolie og C_{13-15} -alkohol, da disse stoffer betegnes som henholdsvis meget giftig og giftig for vandlevende organismer. Solsikkeolien kan desuden opkoncentreres i slam. Olien og alkoholen er dog nedbrydelige, således at produktet ikke vurderedes at udgøre et problem efter passage af et biologisk renseanlæg med tilstrækkelig lang opholdstid. Produktet indeholder desuden et stof, der vurderedes at være langsomt nedbrydeligt, adsorberbart, bioakkumulerbart samt giftigt over for vandlevende organismer. Selv et lille indhold af stoffet i nåleolien kan således gøre anvendelse og udledning af produktet problematisk.

Det tredje produkt vurderedes ikke at være problematisk, såfremt det anvendes med en nonionisk emulgator bestående af alkoholethoxylater.

Kilde: /19/.

4.5.3 DTC's sundhedsmæssige vurdering af alternative smørelier

En vurdering blev foretaget på produktet 1612 Needle Oil fra Vickers. De til rådighed værende oplysninger vedrørende indholdet i produkterne Madol 903 SE, Silvertex S 22, Jafaester 2000 TL og Vegeol DS-300 var så mangelfulde, at det ikke har været muligt at foretage en vurdering af disse produkter.

Sammenfattende kan det siges, at den mest relevante sundhedsmæssige risiko ved arbejde med den vegetabiliske nåleolie 1612 Needle Oil, var irritation af huden. Den irriterende effekt skyldes indholdet af additiver. Hovedkomponenten i produktet vurderedes til ikke at have nogen sundhedsmæssig effekt. Det skal dog bemærkes, at man bør undgå at have langvarig kontakt med vegetabiliske olier, da de på længere sigt reducerer hudens egen fedtproduktion.

4.5.4 DTC's vurdering af mineraloliebaserede nåleolier kontra vegetabiliske nåleolier

Til vurdering af mineraloliebaserede nåleolier blev der indhentet oplysninger om sammensætning af 6 forskellige produkter. Desværre var det kun CN15/CN22 produkter, det var muligt at indhente tilstrækkelige detaljerede oplysninger om, således at de kunne anvendes til en humantoksikologisk vurdering.

Til vurdering af alternative nåleolier blev der ligeledes indhentet oplysninger på 5 forskellige produkter, hvoraf Spotless CN22 har leveret oplysninger til udarbejdelse af toksikologisk vurdering.

Som det fremgår af ovenstående, blev datamaterialet helt utilstrækkeligt til, at det kunne vurderes, om en substitution af mineralolie baseret nåleolie med en alternativ nåleolie ville nedbringe faren og/eller generne fra nåleolierne ved arbejdet ved strikkemaskinerne.

For at kvalificere vurderingsgrundlaget burde følgende data kortlægges:

- Det generelle niveau og variationen af PAH-indholdet i mineraloliebaserede nåleolier samt typen og mængden af de tilsatte additiver. Hvis der kan skaffes fuldstændige sammensætningsoplysninger

for flere produkter, vil det være muligt at tegne et billede af de sundhedsmæssige risici ved brugen af nåleolier baseret på mineralolie.

- For de alternative nåleolier skal der skaffes kendskab til flere produkters fuldstændige sammensætning, så det er muligt at vurdere de sundhedsmæssige effekter – dels af de anvendte smøremidler og dels af de tilsatte additiver. Det vil ligeledes være hensigtsmæssigt at kontakte producenterne og få diskuteret, hvorvidt de alternative smøremidler generelt nødvendiggør brugen af andre typer eller mængder additiver end dem, der anvendes til mineralolieprodukterne.
- For at kunne kvalificere vurderingen af den eksponering, som medarbejderne ved strikkemaskinerne bliver udsat for, vil oplysninger om, hvor ofte og i hvor lange perioder der arbejdes ved maskinerne, og hvor meget de kommer i berøring med nåleolierne, direkte og via trikotagevarerne, være væsentlige.

I det efterfølgende gives der en kort sammenligning af de to beskrevne nåleolier. Da datamaterialet var utilstrækkeligt, kunne man ikke konkludere noget generelt om de sundhedsmæssige effekter af henholdsvis de traditionelle og de alternative nåleolier.

Ydermere var det ikke muligt at afgøre, om en substitution af et mineralolieholdigt produkt med et vegetabilsk produkt ville reducere de sundhedsmæssige risici, der er ved arbejdet med de traditionelle nåleolier.

Hovedkomponenterne i de to produkttyper var henholdsvis mineralolie og en vegetabilsk olie.

De aktuelle mineralolier har et relativt lavt indhold af PAH'er og anses derfor ikke som kræftfremkaldende. Den væsentligste effekt i arbejdssituationen er irritation af huden, som kan udvikle sig til eksem ved længere tids kontakt.

For den vegetabilske olie blev der ikke fundet nogle toksikologiske studier, der indikerede, at olien har nogen sundhedsmæssig effekt i arbejdssituationen.

De additiver, der benyttes i produkterne, er relativt traditionelle, og der er ikke nogen markant forskel på de anvendte additiver i de to produkttyper. Generelt kan additivernes sundhedsmæssige effekter beskrives som øjen- og hudirriterende. Den væsentligste forskel på additiverne er den mængde, hvori de indgår i produkterne. Der er et mærkbart større indhold af additiver i den vegetabilsk baserede nåleolie, hvorved deres irriterende effekter formodentligt kommer tydeligere til udtryk end i den mineraloliebaserede nåleolie.

Den irriterende effekt af de mineraloliebaserede nåleolier kan skyldes både mineralolien og additiverne, mens den irriterende effekt af det vegetabilske produkt udelukkende tilskrives indholdet af additiver. En sammenligning af de to produkttyper er derfor vanskelig. Det var ikke muligt på grundlag af litteraturstudier at afgøre, om mineralolies irritationseffekt er større eller mindre end den effekt, der skyldes additiverne; men det er rimeligt at antage, at mængden af additiverne i de to produkttyper har indflydelse på produkternes irritationsgrad. I praksis kan det være nødvendigt at foretage irritationstest for at afgøre, hvilken der er mest irriterende.

Det var altså ikke muligt på det eksisterende grundlag at afgøre, hvilken af de to produkttyper, der indebærer de mindste sundhedsmæssige risici i den aktuelle arbejdssituation. Hvis en irritationstest viser, at de to produkttyper er nogenlunde lige irriterende, er den vegetabiliske nåleolie at foretrække frem for den mineraloliebaserede. Dette begrundes med, at til trods for at mineraloliens PAH-indhold er lavt, vil der være større risiko for langtidseffekter i form af olieacne og hudkræft ved hyppig kontakt med mineralolie end ved hyppig kontakt med vegetabilisk olie.

Kilde: /5/.

4.6 Diskussion

Med hensyn til slidegenskaber har alle de alternative smøreolier vist sig at være bedre end referencen Vickers Spotless CN 22. Alle kunne altså med fordel anvendes her. Madol 903, Vickers Needle Oil 1612 og Jafaester 2000 TL var de tre bedste med hensyn til at undgå slid.

Nogle af de olier, som blev afprøvet slidmæssigt, blev ikke undersøgt hvad angår udvaskeligheden, da de enten ikke indeholdt emulgator eller ikke kunne opløses i det anvendte opløsningsmiddel n-heptan. Udvaskeforsøgene på de resterende viste, at ingen af de alternative smøreolier var udvaskelige i samme grad som den mineraloliebaserede Vickers Spotless CN 22. En af grundene hertil er formentlig, at ikke alle de afprøvede alternativer er udviklet til tekstilbranchen. Da alle olier er vandopløselige og dermed svært udvaskelige, er det nødvendigt at tilsætte emulgator. Udvaskeigheden vil altså afhænge mere af den tilsatte emulgator end af basisolien. Ud fra dette ville det ikke være rimeligt på forhånd at udelukke de afprøvede alternativer, da produkterne kunne tilpasses anvendelsen til strikkemaskiner ved at tilsætning af en passende emulgator. Vickers Needle Oil 1612, Silvertex S 22 og Vegeol DS-300 var de 3 bedste alternativer til Vickers Spotless CN 22 med hensyn til udvaskeigheden.

Ud fra den øko-toksikologiske vurdering er det vanskeligt at konkludere noget endeligt om såvel de mineraloliebaserede produkter som om de fundne alternative produkter. Dette beror på, at det ikke har været muligt at få tilstrækkelige oplysninger fra smøreolieproducenterne.

I den toksikologiske vurdering har der kun været tilstrækkelige oplysninger om de to produkter Spotless CN 22 og Needle Oil 1612. Det var ikke muligt at afgøre, hvilket produkt der havde de færreste sundhedsmæssige risici. Hvis den mineraloliebaserede og den vegetabilisk baserede smøreolie er lige irriterende, er den vegetabiliske at foretrække, da der her er mindre risiko for langtidseffekter i form af olieacne og hudkræft ved hyppig kontakt.

5 Afprøvning af alternativer

5.1 Indledning

Det blev besluttet at fortsætte projektet med forskellige afprøvninger af det indtil videre bedste alternative produkt, nemlig Vickers Needle Oil 1612. Denne blev valgt, fordi den havde gode slidtest data, god udvaskelighed samt miljømæssige karakteristika, som var acceptable, forudsat en række hensyn blev taget.

Nåleolieleverandøren Benjⁿ R. Vickers lod foretage en toksikologisk test på basisolien i dette produkt og opnåede følgende resultater

Tabel 5.1: Øko-toxikologiske test af basisolie.

Test type	Test specifikationer	Resultat
Toxicitet over for ferskvandsfisk	LC ₅₀ Fathead Minnow	> 10.000 ppm
Toxicitet over for ferskvands hvirvelløse dyr	EC ₅₀ Daphnia	> 10.000 ppm
Toksicitet over for bakterier	EC ₅₀ Slam respiration og inhibering	> 10.000 ppm
Nedbrydelighed	Modifieret Sturm Test OECD 301B	81,5%
Klassificering	WGK	0 (baseret på egenklassificering)

Resultaterne må anses for gode, selv om det principielt er vanskeligt at fortolke resultater for vand-uopløselige produkter i vandigt miljø.

Den efterfølgende generation olie fik herefter navnet Vickers Needle Oil 1972.

5.2 Slidtest

Forud for igangsætning af den industrielle korttidstest gennemførtes en four-ball test på Vickers Needle Oil 1972. Testen skulle skabe størst mulig sikkerhed for oliens smøreegenskaber, inden olien blev påfyldt strikkemaskiner og industriel produktion startet. Testen er gennemført som tidligere i projektet (jf. tabel 4.1 og 4.2) efter DIN 51 350, del 3 som giver værdier for de testede oliers antislidsegenskaber. Den mineraloliebaserede nåleolie Vickers Spotless CN22 blev brugt som reference.

Resultatet ses af nedenstående tabel.

Tabel 5.2: Resultater af four-ball test efter DIN 51 350, del 3. Slidfacetdiameteren er et udtryk for oliens antislidegenskaber - jo mindre slidfacetdiameter, jo bedre er oliens antislidegenskaber.

Olie	Slidfacetdiameter [mm]	Standardafvigelse på middelværdi [mm]
Vickers Needle Oil 1972	0,42	0,002
Vickers Spotless CN22	0,64	0,008

Vickers Needle Oil 1972 er som nævnt en videreudvikling af den tidligere testede Vickers Needle Oil 1612 og som forventet udviser den et mindre slid ved four-ball testen end referencen Vickers Spotless CN22.

Nåleolieleverandøren Benjⁿ R. Vickers opnåede et lignende resultat, nemlig en slidfacetdiameter på 0.32 mm for Vickers Needle Oil 1972.

5.3 Udvaskelighed

Der blev gennemført udvaskningsforsøg med olierne Vickers Spotless CN22 og Vickers Needle Oil 1972. Oliernes udvaskelighed af såvel en ubehandlet som en forbleget, rundstrikket, interlock 100% bomuldsvarer blev undersøgt ved en standardiseret påføringsteknik, vaskeproces samt ekstraktionsprocedure (jf. beskrivelse i afsnit 4.4.3).

Resultatet ses af nedenstående tabel.

Tabel 5.3: Resultater af udvaskningsforsøg.

Olie	Udvaskningsprocent %	
	Råvare	Forbleget vare
Vickers Needle Oil 1972	5.2	26.9
Vickers Spotless CN22	87.7	82.4

Det kan af laboratorietesten konstateres, at den alternative olie, Vickers Needle Oil 1972, har en væsentlig reduceret udvaskelighed i forhold til den mineraloliebaserede Vickers Spotless CN22, som erfaringsmæssigt har en meget høj udvaskelighed. Resultatet er ikke overraskende, idet forløberen for Vickers Needle Oil 1972 (Vickers Needle Oil 1612 med samme basisolie og emulgatorsystem) ligeledes havde en reduceret udvaskelighed.

Udvaskeligheden for en olie afhænger primært af det tilsatte emulgatorsystem samt mængden heraf, da basisolierne i sig selv ikke er udvaskelige. Mulighederne for justeringer i emulgatorsystemet blev derfor drøftet med producenten Benjⁿ R. Vickers.

S. Thygesen gennemførte ligeledes en udvaskningstest (på egen vaskemaskine) efter påføring af henholdsvis Vickers Spotless CN22 og Vickers Needle Oil 1972 på en forbleget bomuldsvarer. Testen var ikke standardiseret, og resultatet af udvaskningen blev vurderet rent visuelt. Mineralolien klarede sig tilsyneladende bedst, men olieresterne/pletterne i stoffet var for begge oliers vedkommende så tydelige, at også pletterne efter mineralolien ville udgøre et potentielt problem.

Det blev på den baggrund foreslået at gennemføre en "industriel udvaskningstest", hvor plettede strikvarer prøver følges gennem hele processen

på farveriet - forbehandling, farvning og efterbehandling. Testen vil give et mere korrekt billede af oliernes udvaskelighed, hvilket vil give producenterne et bedre grundlag for at vurdere den alternative olies industrielle anvendelighed.

5.4 Industriel testkørsel

De industrielle korttidsforsøg blev gennemført hos henholdsvis S. Thygesen A/S, Ikast og Wicha-TeX ApS, Ikast som velvilligt stillede maskiner, ressourcer og erfaring til rådighed. Producenternes maskinparker har forskellig karakter, idet Wicha-TeX ApS fremstiller metervarer i en grovere kvalitet/striking end S. Thygesen A/S, hvilket afspejler sig i de målte maskintemperaturer ved testproduktionerne.

Hos Wicha-TeX gennemførtes testen på en rundstrikkemaskine af typen Camber Depanit, 30 tommer diameter, E 7 deling, single jersey, minijacquard. Der blev gennemført målinger af maskintemperaturen under kørsel med hhv. Vickers Needle Oil 1972 og Vickers Spotless CN22.

Hos S. Thygesen gennemførtes testen på rundstrikkemaskiner (maskine 15 og 16) af typen Terrot S 296, 32 tommer diameter, E 28 deling. Der blev gennemført målinger af maskintemperaturen under kørsel med hhv. Vickers Needle Oil 1972 og Vickers Spotless CN22.

5.4.1 Resultater

Tabel 5.4: Målinger gennemført maj/juni 1999. Maskine 15 og 16 er fuldstændig identiske.

	Driftsparametre	Vickers Needle Oil 1972		Vickers Spotless CN22	
		Temperatur °C	Måleseri e	Temperatur °C	Måleseri e
Wicha-TeX ApS	Bomuldsgarn 20 omdrejninger pr. minut 60 driftstimer med alternativ olie	23,7	1	23,5	3
S. Thygesen A/S Maskine 16	Garn 96% Bomuld / 4% Lycra 25 omdrejninger pr. minut 120 driftstimer med alternativ olie	64,0 ± 0,3	2	59,8 ± 0,9	4
S. Thygesen A/S Maskine 16	Garn 92% Bomuld / 8% Lycra 24 omdrejninger pr. minut	-	-	61,8 ± 1,3	5
S. Thygesen A/S Maskine 15	Garn 91% nylon / 9% Lycra 23 omdrejninger pr. minut	-	-	63,5 ± 0,5	6

Hos Wicha-TeX ApS konstateredes ingen synlige oliestriber i varen, ligesom der ikke er modtaget reklamationer på den i testen producerede vare.

Fra S. Thygesens side, blev det anført, at den alternative olies (Vickers Needle Oil 1972) påvirkning af lakker og andre belægninger ikke kunne vurderes på det foreliggende grundlag. Smøresultatet var tilsyneladende i orden, men

hvad angår belægninger på maskinernes bevægelige dele og slid, burde længerevarende tests køres.

Hyppigheden af driftsstop ved f.eks. trådbrist har stor indflydelse på maskinens driftstemperatur. Når maskinerne strikkede med kunstgarn som i forbindelse med måleserie 6, bristede garnerne sjældent, hvorfor driftsstabiliteten var stor med kun få driftsstop. Indirekte har garnkvalitet/type således betydning for maskintemperaturen, hvorimod det vurderedes som usandsynligt, at garnkvalitet/type har nogen direkte betydning for friktion og dermed varmedannelse i maskinen. Driftstemperaturen på maskine 15 med syntetisk garn (måleserie 6) vurderedes derfor under de givne forhold at repræsentere en tilnærmet maksimal driftstemperatur ved brug af den mineralske nåleolie på den pågældende maskintype.

Den tilsyneladende lavere driftstemperatur i måleserie 4 sammenlignet med måleserie 6 for den mineralske olie vurderedes at være et resultat af flere faktorer. Dels anvendtes ved måleserie 4 et bomulds/lycra-garn, med flere driftsstop til følge, dels blev der foretaget et garnskifte et par timer forud for målingen, så maskinen ikke nødvendigvis var gennemvarm, og dels blev målingen gennemført ved en 2-3°C lavere rumtemperatur. Med andre ord vurderedes måleresultatet for måleserie 4 på 59,8°C at være et minimumsestimat.

Når strikkemaskinen var påfyldt den alternative olie var driftstemperaturen 64°C (måleserie 2), hvilket var ca. 4°C højere end driftstemperaturen ved smøring med mineralsk nåleolie (måleserie 4). En del af forskellen skyldes formodentlig, at måleserie 2 blev gennemført ved en 2-3°C højere rumtemperatur end måleserie 4, ligesom strikkemaskinen ved måleserie 2 vurderedes at være gennemvarm.

Hos Wicha-TEX blev der ikke konstateres nogen signifikant forskel på maskintemperaturen ved smøring med hhv. Vickers Needle Oil 1972 og Vickers Spotless CN22 (måleserie 1 og 3). Som forventet betød maskinernes grovere deling (færre nåle pr. tomme), at maskinernes driftstemperaturer var betydeligt lavere end på maskiner med en finere deling (måleserier hos S. Thygesen).

Der kunne ikke konstateres nogen betydende forskelle på maskinernes driftstemperaturer ved anvendelse af henholdsvis Vickers Needle Oil 1972 og Vickers Spotless CN22 - hverken hos Wicha-TEX ApS eller hos S. Thygesen A/S.

5.5 Langtidstest på strikkeri

Der blev gennemført forsøg over længere med den alternative nåleolie hos S. Thygesen A/S. Samtidig blev udvaskeligheden afprøvet hos to af strikkeriets lønfarverier.

På strikkeriet blev følgende konstateret:

- smøreeffekten er fuldt på højde med standardolien (Vickers Spotless CN22)
- der optræder ingen negative effekter på strikkemaskinerne.

Udvaskeligheden fremgår af nedenstående tabel:

Tabel 5.5: Industriel udvaskningstest af Vickers Needle Lubricant 1972

Olie	Metervare	Farve	Lagring	Resultat
Vickers CN22	Bomuld	Orange	Ingen	Ingen synlige pletter
Vickers 1972	Bomuld	Orange	Ingen	Ingen synlige pletter
Vickers CN22	Single jersey, polyamid/lycra	Sort/blå (antracit)	Ingen	Svagt synlige pletter
Vickers 1972	Single jersey, polyamid/lycra	Sort/blå (antracit)	Ingen	Svagt synlige pletter
Vickers CN22	Single jersey, polyamid/lycra	Lys lilla (syren)	6 måneder	Ingen synlige pletter
Vickers 1972	Single jersey, polyamid/lycra	Lys lilla (syren)	6 måneder	Tydeligt synlige pletter
Vickers 1972	Bomuld	Blå	6 måneder	Tydeligt synlige pletter

Resultaterne viser, at når strikwaren vaskes umiddelbart efter strikningen, kan den alternative olie udvaskes med lige så godt resultat som standardolien. På varen af polyamid/lycra optræder svagt synlige pletter for såvel den alternative olie som standardolien.

Efter 6 måneders lagring er udvaskeligheden af den alternative olie utilstrækkelig.

Dette sidste kan forklares med, at Vickers Needle Lubricant 1972 var stort set uden tilsat emulgatorsystem, idet håbet havde været, at en sådan tilsætning kunne undgås.

5.6 Nedbrydelighedstest

For at sikre, at den nyudviklede nåleolie har en acceptabel bionedbrydelighed, lod Benjⁿ R. Vickers en test udføre på det belgiske laboratorium BFB Oil Research S.A. i sommeren 2000. Testen blev udført efter metoden CEC L-33-A-93, som er udviklet til vurdering af nedbrydning i vand af smørelolier til to-takts bådmotorer. Resultatet viste en nedbrydelighed på 93,1%.

Desværre var den anvendte testmetode næppe den mest velegnede, og specielt er den ikke på listen over anerkendte testmetoder til brug for hjælpemidler (herunder olier), som må anvendes på EU-Blomstmærkede tekstilprodukter.

Derfor blev der i efteråret 2000 foretaget en ny test efter OECD 301F, som er en af de metoder, der er anerkendt i forbindelse med Blomst-mærkede produkter.

Resultatet viste, at Vickers Needle Lubricant 1972 kan karakteriseres som biologisk letnedbrydelig ifølge OECD 301 F.

5.7 Udvaskelighed

Nåleolieleverandøren Benjⁿ R. Vickers gik herefter i gang med at udvikle et modificeret produkt med den samme basisolie, men med et andet emulgatorsystem.

Dette produkt fik navnet Vickers 2243 Needle Lubricant.

Med dette produkt blev der gennemført udvaskelighedstest hos S. Thygesen A/S. Hertil blev anvendt en lyserød bomuld single jersey metervare, som blev påført oliepletter. Metervaren lå ca. 4½ måned på farveriet før udvaskningen. Herefter blev varen synet, og der blev ikke konstateret synlige pletter. Varen blev godkendt.

Denne samme olie blev testet for udvaskelighed på laboratoriet under forsøgsbetingelser som tidligere beskrevet (se afsnit 4.4.3). Formålet var at undersøge udvaskeligheden såvel umiddelbart efter påføring som efter en vis lagring. Denne lagring blev fastsat til 5 døgn i varmeskab ved 40°C, hvilket vil svare til en lagring ved normal temperatur i væsentlig længere tid. Resultaterne viste, at udvaskningen efter lagring var på samme niveau som umiddelbart efter påføringen.

5.8 Konklusion

Arbejdet med udviklingen af en nåleolie med bedre miljø- og sundhedsmæssige egenskaber har vist, at det har været en vanskelig opgave af mange årsager. Imidlertid kan det konkluderes, at der er udviklet en nåleolie

- som ikke er baseret på mineralsk olie
- hvor basisolien, som er den mængdemæssigt dominerende del, kan betegnes som biologisk letnedbrydelig
- som har en tilfredsstillende udvaskelighed såvel foreliggende som efter en vis lagring
- som har en acceptabel smøreevne
- som ikke har udvist negative effekter på strikkemaskinen.

Der mangler stadig at sikre, at der er udviklet en nåleolie

- hvor det for hele produktet er dokumenteret, at det har miljø- og sundhedsmæssige acceptable egenskaber
- som er kommercielt tilgængelig til en acceptabel pris.

Fra projektets side er nåleolieleverandøren Benjⁿ R. Vickers blevet opfordret til at gå videre med disse forhold, idet det er fremført, at der stadig er mulighed for at kunne udnytte den markedsmæssige fordel at være det første firma med et gennemtestet produkt på markedet. Firmaet er ikke afvisende heroverfor, men har meddelt, at det foretager nogle tekniske og kommercielle overvejelser i forbindelse hermed.

I løbet af projektperioden er en række andre mulige alternativer dukket op, og disse har været vurderet løbende. For nogle af produkternes vedkommende er de tidligere omtalt i rapporten.

Status for disse produkter er følgende:

Jafaester 2000 TL fra det norske firma Pronova har tidligere været afprøvet i projektet. Dets udvaskelighed var relativt dårlig, og efterfølgende har der været arbejdet med emulgatortilsætning. Produktet har efter sigende været afprøvet på et dansk strikkeri, men er endnu ikke færdigudviklet.

Vegeol DS-300 fra Aarhus Olie har tidligere været afprøvet i projektet, men er så vidt vides ikke blevet videreudviklet til brug på strikkemaskiner.

Madol 903 SE og Madol 903 S fra Th. Böhme har tidligere været afprøvet i projektet; men der er ikke fremkommet nye oplysninger om produkterne.

Silvertex S22 fra Klüber (tidligere ITS) er baseret på polyalkylen glycol og i dag kommercielt tilgængelig, men relativt dyr. Ifølge sikkerhedsdatabladet er produktets øko-toksikologiske egenskaber ikke blevet testet.

Silvertex P91 fra Klüber er en esterbaseret indkøringsolie, som formentlig er vanskelig at vaske ud, da den er angivet at være ikke-emulgerbar. Den er angivet at være letnedbrydelig i henhold til CEC L33 A93 (>70% efter 21 dage).

Green OilTM fra det italienske firma Mega Corporation Italia S.r.l. blev omtalt i Melliland Textilberichte november/december 1999. Der er angiveligt tale om en fuldsyntetisk nåleolie med gode smøreegenskaber og miljømæssige egenskaber. Der har været taget kontakt til firmaet; men det er ikke lykkedes at fremskaffe dokumentation for produktets miljømæssige egenskaber. Ifølge firma S. Thygesen A/S er produktet ikke siden dukket op på markedet.

6 Litteraturfortegnelse

- /1/ Arbejdsmiljø 5-94
- /2/ Bodotex / Böhme
Temamøde om nåleolier
- /3/ "Den der smører godt..." (Artikel)
- /4/ Denkendorfer Forschungsberichte
Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf
Schlussbericht zum Forschungsvorhaben AIF 5316, 31.03.1985
"Optimierung der Nadelschmierung an Hochleistungs-
Rundstrickmaschinen"
Direktor Prof. Dr.-Ing. G. Egbers
Projektleitung: Dr.-Ing. G. Bühler
Sachbearbeiter: W. Gonser Tex.Tech.
- /5/ DTC ved civ.ing. Anne Jensen
Oktober 1994/Marts 1995
Vurdering af mineraloliebaserede nåleolier og alternative nåleolier
- /6/ Teknologisk Institut, Beklædning og Textil
Stoffremstilling - Trikotage
1980
- /7/ Teknologisk Institut, Beklædning og Textil,
Textilkundskab - materiale udarbejdet til kursus
1992
- /8/ Emmett, Roy
Benjamin R. Vickers & Sons Ltd.
Leeds; England
"Nålesmøring på rundstrikkemaskiner med stor diameter"
(Artikel)
- /9/ Jern og maskinindustrien
Uge 37 1994 p. 44 og 46-47
- /10/ Journal of the society of dyers and colourists
Volume 110, September 1994 (p. 266-270)
"The interaction of knitting oils and cotton impurities: effects on reactive
dye yield"
Michael S. Elliott and Douglas Whittlestone
- /11/ Melliand Textilberichte
4/1991 (p. 194)
"Weiterentwickelter Drucköler"
(Artikel)
- /12/ Melliand Textilberichte
3/1990 (p. 278)
"Untersuchung der Möglichkeiten zur Verringerung des garnbedingten
Nadelverschleisses an Strickmaschinen"
(Artikel)
- /13/ Miljøstyrelsen
Arbejdsrapport nr. 5
"Metodeudvikling og konkrete substitutionsmuligheder"
Delrapport 1
"Køle-smøremidler"
1993

- /14/ Miljøstyrelsen
Arbejdsrapport nr. 51
"Udvikling af renere teknologi i tekstil vådbehandling"
1993
- /15/ Møller, Mogens Birger
Textilhandel
Udgivet af Udgivervirksomheden
Foreningen til unge handelsmænds uddannelse
1992
- /16/ Sikkerhedsdatablade på nåleolieprodukter fra de respektive leverandører
- /17/ Sikkerhedsdatablade og korrespondance fra olie- og maskinproducenter
- /18/ Textil Praxis International
Januar 1991 (p. 36-43)
Werner A. Kuppe
"Schmierung von Textilmaschinen"
Tribotechnische Lösungen mit Spezialschmierstoffen
(Artikel)
- /19/ VKI ved civ.ing. Axel Damborg
Oktober 1994/Marts 1995
Øko-Toksikologisk vurdering af komponenter i mineralske og
vegetabilske nåleolier til strikkemaskiner
- /20/ Wirkerei- und Strickerei-Technik
41 (1991) 12 (p. 1388-1392)
"Schmierung von Textilmaschinen unter besonderer
Berücksichtigung der Tribologischen Probleme an
Rundstrickmaschinen"
Dipl.-Ing. (FH) Michael Angele
- /21/ Wirkerei- und Strickerei-Technik
42 (1992) 10
"Veränderte und hohe Anforderungen an die Schmierung
maschenbildender Teile"
- /22/ Wirkerei- und Strickerei-Technik
43 (1993) 6
"Gut geschmiert ist halb gestrickt"
(Artikel)

Spørgeskemaundersøgelse

Dansk Textil og Beklædning

Spørgeskema vedrørende mineralolier ved maskinstrikning

1. Hvilke(n) olietype(r) anvender De ved maskinstrikning?

Handelsprodukt

Leverandør

Mængde på årsbasis

2. Har De anvendt / anvender De alternative miljøvenlige olier – og i så fald hvilke?

3. Hvad er Deres erfaring med miljøvenlige oliers effektivitet i sammenligning med de almen anvendte mineralolier?

Det besvarede skema bedes returneret til:
Dansk Textil og Beklædning, Bredgade 41, Postboks 507, 7400 Herning

Resultater fra udvaskningsforsøg

Resultatskema, uden lagring (0 døgn):

Ekstraktionsresultaterne før og efter vask er gennemsnitsværdier af dobbeltbestemmelserne.

	Ekstraheret før vask [%]	Ekstraheret efter vask [%]	Udvasket [%]
Blind, rå	1,155	0,805	30,3
Spotless, rå	4,405	1,310	70,3
Jafaester, rå	4,570	4,120	9,8
Vegeol, rå	4,405	3,510	20,3
Silvertex, rå	4,580	2,375	48,1
Madol (SE), rå	4,350	3,040	30,1
Vickers 1612, rå	4,290	1,545	64,0
Blind, bleget	0,600	0,420	30,0
*Blind, bleget	0,595	0,440	26,1
Spotless, bleget	4,035	0,660	83,6
Jafaester, bleget	3,620	3,315	8,4
Vegeol, bleget	3,880	2,375	38,8
Silvertex, bleget	3,845	1,255	67,4
Madol (SE), bleget	3,765	3,140	16,6
*Vickers 1612, bleget	4,050	1,155	71,5

Resultatskema; med lagring (21-22 døgn):

Ekstraktionsresultaterne før og efter vask er gennemsnitsværdier af dobbeltbestemmelserne.

	Ekstraheret før vask [%]	Ekstraheret efter vask [%]	Udvasket [%]
Blind, rå	0,830	0,670	19,3
Spotless, rå	4,040	1,455	64,0
Jafaester, rå	4,785	4,075	14,8
Vegeol, rå	5,015	4,055	19,1
Silvertex, rå	5,975	2,795	53,2
Madol (SE), rå	3,120	3,465	÷11,1
Vickers 1612, rå	4,410	1,835	58,4
Blind, bleget	0,520	0,260	50,0
*Blind, bleget	0,610	0,410	32,8
Spotless, bleget	3,560	0,730	79,5
Jafaester, bleget	3,645	3,095	15,1
Vegeol, bleget	3,780	2,180	42,3
Silvertex, bleget	4,370	1,140	73,9
Madol (SE), bleget	4,015	2,610	35,0
*Vickers 1612, bleget	3,870	1,340	65,4

% Udvasket, når blindprøven subtraheres:

	Udvasket efter 0 døgn	Udvasket efter 22 døgn
Spotless, rå	84,5%	75,5%
Spotless, bleget	93,0%	84,5%
Jafaester, rå	2,9%	13,9%
Jafaster, bleget	4,1%	9,3%
Vegeol, rå	16,8%	19,1%
Vegeol, bleget	40,4%	41,1%
Silververtex, rå	54,2%	58,7%
Silververtex, bleget	74,3%	77,1%
Madol (SE), rå	30,0%	±22,1%
Madol (SE) bleget	14,1%	32,8%
Vickers 1612, rå	76,4%	67,5%
*Vickers 1612, bleget	79,3%	71,5%

* Markerer i bilag 2a-b hvilken blindprøve, der er sammenhørende med Vickers 1612, bleget prøve.

Litteratursøgning

Arbejds miljøfondets forskningsrapporter

Linde; Sv. Aage og Marcussen; Jørn
Fastlæggelse af normer for acceptabelt restindhold af kemiske stoffer i
tekstiler

Del 1: Udvikling af metoder
1991; p. 24-25

Kemisk forurening af tekstiler
Forprojekt omhandlende litteraturstudie vedr. mulige restkemikalier i tekstiler

Melliand Textilberichte 1990-1991-1992-1993

Untersuchung der Möglichkeiten zur Verringerung des garnbedingten
Nadelverschleisses an Strickmaschinen
4/1991; p. 278

Weiterentwickelter Drucköler
3/1 1990; p. 194

Miljøstyrelsen – arbejdsrapporter

Nr. 5: Metodeudvikling og konkrete substitutionsmuligheder
Delrapport 1: Køle-smøremidler

Miljøstyrelsen – projekter

(Nr. 124: Vedligeholdelse af køle-smøremidler)
(Nr. 169: Renere teknologi i den grafiske branche)
(Nr. 199: Vegetabiliske olier – holdninger i den grafiske branche)
(Nr. 212: Miljø og arbejdsmiljø)

Plus Proces

Also-Petersen; Direktør Michael; Tagumatic A/S; Helsingør Fiber-rensning af
spildevand
Nr. 8/9 1993

Olie-naturelle
Nr. 9/1991

Textil Praxis International 1985----> 1993

Hochdruck-Schmiereinrichtung für Strickmaschinen mit integrierter
Kühlung des Nadelzylinders
Für die praxis aus der forschung; Institut für Textiltechnik Denkendorf 40
(1985) März;
p. 241-242

Kuppe; A. Werner
Schmierung von Textilmaschinen – Tribotechnische Lösungen mit
Spezialschmierstoffen
Januar 1991; p. 36-43

Wirkerei und Strickerei Technik 1990-1991-1992-1993

Søgt under begreberne:

Nädel
Rundstrickerei
Schmierung
Tribologie
Umweltschutz

Angele; Dipl.-Ing. (FH) Michael
Schmierung von Textilmaschinen unter besonderer Berücksichtigung der
tribologischen Probleme an Rundstrickmaschinen
41 (1991) 12; p. 1388-1392

Behr; Ing. (grad.) Detlev; Gera
Was versteht man unter "Tensiden"
42 (1992) 7; p. 670-673

Die Nadeln, die Maschen und Tex Syntheso M-Strick- und Wirkmaschinen-
Öle
40 (1990) 6; p. 593

Gut geschmiert ist halb gestrickt! Synthetische Nadel- und Platinenöle auf
Polyglykolbasis
43 (1993) 6; p. 560

Tribologie und Schmierungstechnik – Gesammelte Schriften
40 (1990) 5; p. 529

Veränderte und hohe Anforderungen an die Schmierung maschenbildender
Teile
42 (1992) 10; p. 918-919

World Textile Abstracts 1990 – 1991 – 1992 – 1993 – 1994

Søgt under begreberne:

Emulgatorer i nåleolier
Maskinstrikning
Mineralolier

Nedbrydelige tensider
Rundstrikning
Smøremidler
Tribologi
Vegetabiliske fede olier

Fundet følgende artikler:

Angele; M.

Lubrication of textile machines, particularly bearing in mind the tribological problems on circular knitting machines

Melliand Textilberichte, 73 (3), 1992, p. 243-245 (tysk), p. 92-93 (engelsk)

Angele; M.

Lubrication of textiles on circular weft knitting machines

Knitting Technique, 14(4), July, 1992, p. 243-245

Kuppe; W. A.

Lubrication of textile machines, Tribotechnology problems answered with special lubricants

Textil Praxis International, 46(1), 1991, p. 36-43

Stephenson Thompson Textile Chemicals

Processing lubricant for structured needling operations

Nonwovens Report International, 234, September, 1990, p. 5-6

Ekstraktionsresultater

Prøvebetegnelse	Bomulds- materiale	Vask	Lagret [døgn]	Ekstraktion [%]
Blind	Råvare	Nej	0	1,15
Blind	Råvare	Nej	0	1,16
Blind	Råvare	Ja	0	0,77
Blind	Råvare	Ja	0	0,84
Spotless CN 22	Råvare	Nej	0	4,39
Spotless CN 22	Råvare	Nej	0	4,42
Spotless CN 22	Råvare	Ja	0	1,35
Spotless CN 22	Råvare	Ja	0	1,27
Jafaester TL 2000	Råvare	Nej	0	3,97
Jafaester TL 2000	Råvare	Nej	0	5,17
Jafaester TL 2000	Råvare	Ja	0	4,30
Jafaester TL 2000	Råvare	Ja	0	3,94
Silvertex S 22	Råvare	Nej	0	4,29
Silvertex S 22	Råvare	Nej	0	4,87
Silvertex S 22	Råvare	Ja	0	2,42
Silvertex S 22	Råvare	Ja	0	2,33
Vegeol DS-300	Råvare	Nej	0	4,32
Vegeol DS-300	Råvare	Nej	0	4,49
Vegeol DS-300	Råvare	Ja	0	3,89
Vegeol DS-300	Råvare	Ja	0	3,13
Madol 903 SE	Råvare	Nej	0	4,28
Madol 903 SE	Råvare	Nej	0	4,42
Madol 903 SE	Råvare	Ja	0	3,33
Madol 903 SE	Råvare	Ja	0	2,75
Vickers 1612	Råvare	Nej	0	3,91
Vickers 1612	Råvare	Nej	0	4,67
Vickers 1612	Råvare	Ja	0	1,63
Vickers 1612	Råvare	Ja	0	1,46
Blind	Råvare	Nej	22	0,87
Blind	Råvare	Nej	22	0,79
Blind	Råvare	Ja	22	0,68
Blind	Råvare	Ja	22	0,66
Spotless CN 22	Råvare	Nej	22	3,80
Spotless CN 22	Råvare	Nej	22	4,28
Spotless CN 22	Råvare	Ja	22	1,50
Spotless CN 22	Råvare	Ja	22	1,41
Jafaester TL 2000	Råvare	Nej	22	4,86
Jafaester TL 2000	Råvare	Nej	22	4,71
Jafaester TL 2000	Råvare	Ja	22	4,32
Jafaester TL 2000	Råvare	Ja	22	3,83
Silvertex S 22	Råvare	Nej	22	6,91
Silvertex S 22	Råvare	Nej	22	5,04
Silvertex S 22	Råvare	Ja	22	2,64
Silvertex S 22	Råvare	Ja	22	2,95
Vegeol DS-300	Råvare	Nej	22	5,43
Vegeol DS-300	Råvare	Nej	22	4,60
Vegeol DS-300	Råvare	Ja	22	4,08
Vegeol DS-300	Råvare	Ja	22	4,03
Madol 903 SE	Råvare	Nej	22	3,43
Madol 903 SE	Råvare	Nej	22	2,81
Madol 903 SE	Råvare	Ja	22	3,31
Madol 903 SE	Råvare	Ja	22	3,62
Vickers 1612	Råvare	Nej	22	4,84

Prøvebetegnelse	Bomulds- materiale	Vask	Lagret [døgn]	Ekstraktion [%]
Vickers 1612	Råvare	Nej	22	3,98
Vickers 1612	Råvare	Ja	22	2,05
Vickers 1612	Råvare	Ja	22	1,62
Blind	Bleget	Nej	0	0,63
Blind	Bleget	Nej	0	0,57
*Blind	Bleget	Nej	0	0,71
*Blind	Bleget	Nej	0	0,48
Blind	Bleget	Ja	0	0,46
Blind	Bleget	Ja	0	0,38
*Blind	Bleget	Ja	0	0,48
*Blind	Bleget	Ja	0	0,40
Spotless CN 22	Bleget	Nej	0	4,22
Spotless CN 22	Bleget	Nej	0	3,85
Spotless CN 22	Bleget	Ja	0	0,73
Spotless CN 22	Bleget	Ja	0	0,59
Jafaester TL 2000	Bleget	Nej	0	3,51
Jafaester TL 2000	Bleget	Nej	0	3,73
Jafaester TL 2000	Bleget	Ja	0	3,19
Jafaester TL 2000	Bleget	Ja	0	3,44
Silvertex S 22	Bleget	Nej	0	3,84
Silvertex S 22	Bleget	Nej	0	3,85
Silvertex S 22	Bleget	Ja	0	1,20
Silvertex S 22	Bleget	Ja	0	3,31
Vegeol DS-300	Bleget	Nej	0	4,09
Vegeol DS-300	Bleget	Ja	0	2,53
Vegeol DS-300	Bleget	Ja	0	2,22
Madol 903 SE	Bleget	Nej	0	3,73
Madol 903 SE	Bleget	Nej	0	3,80
Madol 903 SE	Bleget	Ja	0	2,75
Madol 903 SE	Bleget	Ja	0	3,58
*Vickers 1612	Bleget	Nej	0	4,20
*Vickers 1612	Bleget	Nej	0	3,90
*Vickers 1612	Bleget	Ja	0	1,22
*Vickers 1612	Bleget	Ja	0	1,09
Blind	Bleget	Nej	22	0,38
Blind	Bleget	Nej	22	0,66
*Blind	Bleget	Nej	22	0,71
*Blind	Bleget	Nej	22	0,51
Blind	Bleget	Ja	22	0,23
Blind	Bleget	Ja	22	0,29
*Blind	Bleget	Ja	22	0,44
*Blind	Bleget	Ja	22	0,38
Spotless CN 22	Bleget	Nej	22	3,41
Spotless CN 22	Bleget	Nej	22	3,71
Spotless CN 22	Bleget	Ja	22	0,72
Spotless CN 22	Bleget	Ja	22	0,74
Jafaster TL 2000	Bleget	Nej	22	3,58
Jafaster TL 2000	Bleget	Nej	22	3,71
Jafaster TL 2000	Bleget	Ja	22	3,21
Jafaster TL 2000	Bleget	Ja	22	2,98
Silvertex S 22	Bleget	Nej	22	4,02
Silvertex S 22	Bleget	Nej	22	4,72
Silvertex S 22	Bleget	Ja	22	0,92
Silvertex S 22	Bleget	Ja	22	1,36
Vegeol DS-300	Bleget	Nej	22	3,67
Vegeol DS-300	Bleget	Nej	22	3,89
Vegeol DS-300	Bleget	Ja	22	2,12
Vegeol DS-300	Bleget	Ja	22	2,24
Madol 903 SE	Bleget	Nej	22	4,09
Madol 903 SE	Bleget	Nej	22	3,94
Madol 903 SE	Bleget	Ja	22	2,66
Madol 903 SE	Bleget	Ja	22	2,56
Vickers 1612	Bleget	Nej	22	3,81

Prøvebetegnelse	Bomulds- materiale	Vask	Lagret [døgn]	Ekstraktion [%]
Vickers 1612	Bleget	Nej	22	3,93
Vickers 1612	Bleget	Ja	22	1,62
Vickers 1612	Bleget	Ja	22	1,06