

Miljøprojekt nr. 144

1990

Reparationsmaling af automobiler

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljøprojekt

- Nr. 85 : Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86 : Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87 : Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88 : Emballage til mælk og juice
- Nr. 89 : Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90 : Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91 : Algetoksicitetstest
- Nr. 92 : CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93 : Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94 : Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95 : Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96 : Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97 : Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99 : Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100 : Hazard assessment of 1, 1, 1-trichloroethane
- Nr. 101 : Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102 : Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103 : Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104 : Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105 : Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106 : Haloner
- Nr. 107 : Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108 : Madaffald fra storkøkkener
- Nr. 109 : Erstatningsstoffer for fosfat - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110 : Olie/kemikalieaffald - en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111 : Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112 : Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113 : Storskrald og haveaffald
- Nr. 114 : Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115 : Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116 : Renere teknologi i svine- og kreaturslagterbranchen
- Nr. 117 : Dioxinemission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118 : Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119 : Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120 : Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121 : Forurenede industrigrunde
- Nr. 122 : Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123 : Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124 : Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125 : Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter
- Nr. 126 : Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127 : Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128 : Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 1
- Nr. 130 : Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131 : Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132 : PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m.v.
- Nr. 133 : PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134 : PVC i emballage
- Nr. 135 : Hjemmekompostering
- Nr. 136 : Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning
- Nr. 137 : Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
- Nr. 138 : Renere teknologi på energiområdet
- Nr. 139 : Afvask af trykpresser med sojaolie
- Nr. 140 : Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse
- Nr. 141 : Det grønne affaldssystem i AFAV
- Nr. 142 : Det grønne affaldssystem i Høng
- Nr. 143 : Katodisk elektrodypemaling
- Nr. 144 : Reparationsmaling af automobiler

Reparationsmaling af automobiler

Projektets formål er at belyse muligheder for øget brug af mindre miljøbelastende malematerialer ved reparationsmaling af automobiler. Arbejdsprocesser og materialer gennemgås.

Malematerialer med reduceret indhold af organiske opløsningsmidler samt på vandbase er blevet testet. Vandige lakker er ikke på indeværende tidspunkt teknisk gode nok, men lakker med reduceret opløsningsmiddelindhold er et realistisk alternativ til traditionelle lakker. Emissionen kan nedsættes med ca. 15% ved brug heraf.

Miljøministeriet

Miljøstyrelsen

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 90,- inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-503-8486-4

Miljøprojekt nr. 144

1990

Reparationsmaling af automobiler

**Anvendelse af mindre miljøbelastende
malematerialer ved reparationsmaling
af automobiler**

Steen Seier Karlsen
Claus Valentiner

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for Miljøsektoren.

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.

Denne rapport er finansieret af Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi i forbindelse med gennemførslen af »Udviklingsprogram for Renere Teknologi 1987-1989«.

Indhold

	English summary	Side
	Resumé	7
0.	Indledning og formål	9
1.	Konklusion	11
2.	Malematerialer til reparationslakering af personbiler	15
2.1	Primer	15
2.2	Spartelmasse/spartelfarve	15
2.3	Filler	16
2.4	Dæklak	16
2.4.1	Traditionel dæklak	16
2.4.2	Metallic-lakker	16
2.5	Markedet for autolakker	17
2.6	Love og bestemmelser for autoværksteder	18
3.	Interviews med autoreparatører og lakerere	19
3.1	Procedure ved interviews	19
3.2	Autolakerernes arbejdsmetoder	19
4.	Status i virksomhederne vedrørende anvendelse af mere miljøvenlige malematerialer	23
5.	Fabrikslakering af personbiler	25
5.1	Stålmaterialer	25
5.2	Overfladebehandling af stålemner til automobilindustrien	26
5.3	Generelt om fabrikslakering	26
5.3.1	Affedtning og kemisk behandling	28
5.3.2	ED-behandling	28
5.3.3	Påføring af mellemlak	30
5.3.4	Påføring af dæklak	30
5.3.5	Korrosionsbeskyttelse af undervogn og lign.	31
6.	Anvendelse af vandige produkter ved fabrikslakering af automobiler	33
6.1	Valg af produkttyper	33
6.2	Påføring og tørring af vandige metalliclakker	33
6.3	Særlige forhold ved lagring af vandige base-coat	34

7.	Udvikling af mere miljøvenlige male-materialer til reparationslakering	35
7.1	Vandige produkter - Udvikling og anvendelse	35
7.2	HS-/MS-produkter - Udvikling og anvendelse	36
8.	Kemisk analyse af udvalgte male-materialer	37
8.1	Analysemetoder	37
8.2	Arbejdsmiljømæssig vurdering	41
8.3	Ekstern miljøbelastning ved reparationslakering	42
8.3.1	Emission af opløsningsmidler ved reparationslakering	43
8.3.2	Vurdering af opløsningsmiddel-emissionen	43
8.3.3	Samlet opløsningsmiddelemmission ved reparationslakering	44
9.	Laboratorieundersøgelser og prøvning af traditionelle og alternative male-materialer	47
9.1	Eksponeringer	47
9.2	Væskemodstandsdygtighed	52
9.3	Nedbrydningsgrad	55
10.	Sprøjteforsøg med autolakker	61
10.1	Udstyr til forsøgene	61
10.2	Valgte lakker til sprøjteforsøg	61
10.2.1	Anvendte standarder og målemetoder	62
10.3	Forbehandling af prøvepladerne	62
10.4	Sprøjtning af dæklakker	62
10.5	Resultater af sprøjteforsøgene	64
10.6	Ruhedsmåling	64
10.7	Afprøvning af udstyr hos autolakerere	66

Bilag

1.	Eksempel på referat fra et interview med et autolakerer	69
2.	Analyse af lakker til automobilindustrien	71
3.	Tørstofindhold og opløsningsmiddel-sammensætning	83
4.	Beskrivelse af prøvningsmetoder	93
5.	Glansmåling før og efter eksponering	95
6.	Kulørmåling før og efter eksponering	97
7.	Korrosionsbestandighed	99
8.	Kemikaliebestandighed	103
9.	mm ² underrust ved snit	113
10.	Beregning af nedbrydningsgraden "N"	115
11.	Vedhæftning - Ueksponerede emner	117
12.	Hårdhedsbestemmelse ved indtrykning	119
13.	Profilmåling på prøvepladerne	121

English summary

Materials (finishing systems) and processes for the repainting of cars in Denmark are described, based on a series of interviews with professional car-painters, paint manufacturers and suppliers of raw materials for the paint industry.

It is the general impression that the paints applied have a relatively high content of low boiling organic solvents (VOC's). Most of these are emitted to the atmosphere during application and subsequent drying of the (wet) paint film. The main part of the emission (approx. 75%) is caused by the top layer of the finishing system.

The total emission of VOC's from repainting of cars in Denmark is estimated to 750 tons a year.

According to the Danish Car-painters Association the market for repainting and repair finishing however is declining (15% decrease from 1988 to 1989). Thus the total amount of emitted VOC's might be receding aswell.

Five particular finishing systems with different contents of organic solvents have been investigated in detail to evaluate their gloss- and colour stability, their protective value against corrosion and their sprayability. Among the systems tested are waterborne finishes and high solids coatings.

The tests reveal, that it is possible to obtain a satisfactory finish with all of the systems tested, and all of them may be applied with conventional spraying equipment. With waterborne systems however, difficulties may arise during application and drying, due to the sensitivity of the materials towards moisture.

Too, the waterborne systems are inferior to the solvent borne regarding their protective value against corrosion and their colour- and gloss-stability.

The solvent borne systems generally share a somewhat higher level of quality.

Considering the high solids finishing systems spraying trials have shown that a superior finish may be obtained using preheated air in the spray gun. Moreover this spraying technique - with hot air for the atomization - clearly reduces the formation of dried paint particles (dust) during the application. Eventually sufficient paint film thickness can be achieved with fewer applications compared to conventional spraying.

A change from traditional (low solids) to higher solids paints (with 50% dry matter contents at spraying viscosity) may reduce the emission of VOC's to the environment with approx. 15%. The shift however will be of no major consequence to the occupational health conditions (inside the shop).

The economic costs by spraying with higher solids materials will be of the same order of magnitude as with traditional low solids products.

A complete change to waterborne products will mean a reduction of the VOC-emission with approx. 80% and probably a substantial improvement of the occupational health conditions for the painters.

However further development of the waterborne systems is required before they can offer a serious alternative to the traditional solvent borne materials. A breakthrough, particularly regarding more moisture-resistant top-coats, still seems to belong to the future.

Resumé

På basis af oplysninger fra råvareleverandører og malevare-producenter samt interviews med autolakerere, redegøres der for de arbejdsprocesser og malematerialer, der i dag anvendes til reparationslakering af personbiler i Danmark.

De generelle indtryk er, at der anvendes produkter med et stort indhold af hurtigt fordampende organiske opløsningsmidler, der for størstedelens vedkommende emitteres til omgivelserne ved påføring og tørring af den våde lak. Størstedelen af emissionen kan henføres til sprøjtning og tørring af dæklakkerne, der skønsmæssigt bidrager med 75% af den totale opløsningsmiddelemission.

Det samlede udslip hidrørende fra reparationslakering af personbiler i Danmark er beregnet til 750 tons pr. år. Oplysninger fra Foreningen af Auto- og Industrielakerere tyder dog på, at dette tal i realiteten er mindre, da antallet af skadesreparationer for tiden er stærkt faldende. Således faldt antallet af reparationslakeringer i Danmark med 15% fra 1988 til 1989.

Fem udvalgte malingsystemer med varierende indhold af organiske opløsningsmidler, bl.a. et vandigt og et High Solid system, er blevet testet med hensyn til glans- og kulørbestandighed, korrosionsbestandighed og sprøjtbarhed. Resultaterne viser, at acceptabel finish kan opnås med såvel High Solid systemer som med vandige systemer. Sprøjtbarheden ved almindelig luftsprøjtning er for alle fem lakkers vedkommende tilfredsstillende. Vandige systemer giver i praksis problemer af påføringsmæssig art, idet den våde lak er meget følsom overfor fugtpåvirkninger under og umiddelbart efter påføringen.

Glans- og kulørbestandighed samt korrosionsbestandighed af de afprøvede vandige systemer er klart ringere end for de øvrige systemer. Blandt disse er der ingen signifikant forskel i holdbarhedsmæssig henseende.

Sprøjteforsøgene viser, at der med hensyn til HS-lakken opnås en forbedring af finish ved at anvende sprøjteudstyr hvor forstøverluften kan forvarmes. Endvidere viser forsøgene, at sprøjtning med varm forstøverluft giver en reduktion af støvdannelsen i forhold til traditionel luftsprøjtning, og at den nødvendige lagtykkelse kan påføres i færre sprøjte gange.

Ved at anvende HS-produkter (med et tørstof på 50% i sprøjteviskositet) vil det være muligt at reducere opløsningsmiddeludslippet ved reparationslakering af biler i Danmark med ca. 15%. Ved en overgang til HS-produkter vil der dog ikke kunne opnås en særlig stor forbedring af det interne miljø.

Omkostningerne ved anvendelse af HS-lakker vil skønsmæssigt ligge på samme niveau som ved anvendelse af mere traditionelle lakker.

Ved anvendelsen af vandige lakker vil opløsningsmiddeludslippet kunne reduceres med ca. 80%. Indførelsen af vandige dæklakker ligger dog et stykke ud i fremtiden og vil være betinget af udvikling af nye og mindre fugtfølsomme bindemidler.

0. Indledning og formål

Billakkens væsentligste opgave er at beskytte karrosseriet mod rustangreb og tæring, og herved sikre bilen en lang levetid. Det meget høje afgiftsniveau i Danmark og de heraf følgende store anskaffelsesomkostninger bevirker, at der er et udbredt ønske om at forlænge bilens levetid mest muligt. Det høje afgiftsniveau på biler har bevirket, at den danske bilpark, i sammenligning med andre lande i Europa, består af mange ældre biler. Som følge heraf er omfanget af reparations- og vedligeholdelsesarbejdet ret stort i Danmark.

Korrosionsbeskyttelse og lakering af biler udgør teknisk set et selvstændigt område, og adskiller sig fra andre malings- og lakeringsarbejder ved materialevalg og arbejdsmetoder. Alle andre områder indenfor malearbejde i Danmark, er i stor udstrækning gået over til at anvende mere miljøvenlige malematerialer, som f.eks. vandfortyndbare malinger.

Ved reparationsmaling af biler bruges i dag udelukkende produkter med indhold af stærke opløsningsmidler, og i betydeligt omfang malematerialer omfattet af epoxylovgivningen.

Af forskellige årsager er udviklinger af miljøvenlige malematerialer til reparationsmaling af automobiler, gået relativt langsomt. En af hovedårsagerne til dette kan være, at man fra malevareproducenternes side i første omgang har satset på, at udvikle mere miljøvenlige lakker til serielakering på bilfabrikker. Denne udvikling er i mange tilfælde blevet fremskyndet af nye og strengere miljøkrav til nyetablerede bilfabrikker. At markedspotentialet for billakker til serielakering er meget stort, sammenlignet med reparationsmarkedet, er et andet forhold, som må formodes at have haft indflydelse på hele udviklingen indenfor automobillakeringsområdet.

Der er dog, indenfor de seneste år, sket en udvikling af en række mere miljøvenlige malematerialer til reparationsmaling af automobiler. Kendskabet til og anvendelsen af disse produkter er dog begrænset, ligesom der er en skepsis overfor disse produkters anvendelighed til reparationslakering af biler. Der er derfor behov for, at få sat en proces i gang, som kan fremme kendskabet til alternative og mere miljøvenlige produkter, og på længere sigt medvirke til at anvendelsen af malingsystemer med intet eller kun ringe indhold af organiske opløsningsmidler bliver udbredt.

Projektets formål er derfor at undersøge og beskrive en række udvalgte miljøvenlige malingsystemer til reparationsmaling af biler, både anvendelsesteknisk og funktionsmæssigt. Endvidere vil projektet søge at afdække eventuelle barrierer, som hindrer en øget anvendelse af mere miljøvenlige malematerialer ved reparationsmaling af automobiler.

Projektets forløb

Projektet er inddelt i en teoretisk og en eksperimentel fase.

Den teoretiske fase har omfattet:

- Indsamlinger af oplysninger om fabrikslakering af personbiler fra bilfabrikker i udlandet

- Forespørgsler hos importører af reparationsmalinger om malingsystemer, herunder især alternative miljøvenlige systemer.
- Interviews med autoreparatører og lakerere vedrørende reparationstyper, materialevalg og arbejdsmetoder.
- Besøg hos udenlandske lakproducenter med det formål at diskutere udviklingstendenser og materialeteknologi.
- Udvælgelse af traditionelle og alternative malingsystemer til afprøvning.

Den eksperimentelle fase har omfattet:

- Laboratorieundersøgelse af traditionelle og alternative malematerialers holdbarhedsmæssige egenskaber.
- Bestemmelse af udvalgte malingsystemers opløsningsmiddelindhold ved kemisk analyse
- Undersøgelser af udvalgte malingssystemers påføringsmæssige egenskaber. Undersøgelserne er foretaget i samarbejde med en professionel autolakerer.
- Undersøgelse af muligheder for at anvende mere miljøvenligt sprøjteudstyr.
- Vurdering af den interne og eksterne miljøbelastning ved de forskellige behandlinger.
- Vurdering af den samlede opløsningsmiddelemission ved reparationslakering i Danmark.

1. Konklusion

Forespørgsler hos producenter/importører af autolakker og interviews med autolakerere har godtgjort, at de produkter der p.t. (1990) sælges og anvendes til reparationslakering af personbiler i Danmark har et relativt stort indhold af organiske opløsningsmidler.

Endvidere er mange produkter baseret på epoxy eller polyurethan bindemidler (med et indhold af restmonomere), hvilket er uheldigt ud fra et arbejdsmiljømæssigt synspunkt.

Der findes i dag på markedet produkter, med mindre mængde organiske opløsningsmidler (HS-produkter), men disse er meget lidt anvendte. Dette skyldes bl.a., at der kan være visse anvendelsestekniske forskelle mellem HS-produkter og de traditionelt anvendte produkter.

En anden væsentlige barriere mod øget anvendelse af alternative produkter som f.eks. HS-produkter er autolakerernes loyalitet overfor de nu anvendte produkter. En loyalitet som ikke bare gælder produktet, men nok så meget leverandøren.

Med hensyn til anvendelse af vandige produkter er erfaringsgrundlaget meget spinkelt. Ingen af de interviewede autolakerere havde særlig tiltro til at vandige produkter i den nærmeste fremtid ville kunne blive aktuel til personvognslakering.

Den danske autolakererbranche består af mange, men meget små virksomheder, hvis økonomiske fundament er meget svagt. Dette faktum virker naturligvis hæmmende evnen og lysten til at afprøve nye og mere miljøvenlige materialer. Endvidere må virksomhedernes mulighed for at foretage større investeringer i nyt og mere miljøvenligt udstyr, betragtes som meget små.

1.1 Nye malematerialer

Blandt råvareleverandører og malevareproducenter er der forsket meget i udvikling af nye og mere miljøvenlige dæklakker til serielakering af biler. Dette har resulteret i en hel del nye vandige billakker, der indeholder væsentligt mindre organisk opløsningsmiddel end de tidligere anvendte. Desværre kan disse vandige malinger på grund af meget stor fugtfølsomhed i våd tilstand ikke anvendes til reparationslakering. Desuden kræver de en så høj temperatur for at hærde, at indtræk og lignende ville blive ødelagt under tørringen.

Det er dog lykkedes at udvikle vandige primere også til reparationslakering og der er gjort forsøg med vandige dæklakker. Et system bestående af en vandig primer og en vandig dæklak er blevet testet i dette projekt sammen med et high-solid system og et nyt isocyanatfrit system. Disse tre systemers holdbarhedsmæssige og påføringsmæssige egenskaber er blevet sammenlignet indbyrdes og sammen med 2 traditionelt anvendte opløsningsmiddelholdige systemer i dette projekts eksperimentelle fase.

1.2 Analyse af udvalgte malingsystemer

De udvalgte malingsystem (5 ialt) er blev analyseret for bl.a. indholdet af organiske opløsningsmidler. Resultaterne viser, at det vandige system, som består af en vandig primer og en dæklak, indeholder små mængder opløsningsmidler.

De øvrige systemer derimod, har et indhold af opløsningsmidler på ca. 45% for primerens vedkommende og på mellem 50 og 65% for dæklakkernes vedkommende. Der er således ingen særlige forskelle på primerne med hensyn til opløsningsmiddelindholdet. Hvis man derimod ser på de tilsvarende dæklakker, er der ca. 15% mindre organisk opløsningsmiddel i HS-dæklakken, set i forhold til de øvrige dæklakker.

1.3 Afprøvning

De 5 udvalgte malingsystemers bestandighed og rustbeskyttende evner blev undersøgt og sammenlignet.

Resultaterne viste, at det vandige system er væsentlig ringere end de øvrige 4, især med hensyn til glans- og kulørbestandighed. Men også den rustbeskyttende evne må anses for at være ringere end for de øvrige 4 systemer. Det skal dog bemærkes, at en del af de anvendte testmetoder, kendetegnes ved at give specielt vandige malinger meget ringe bedømmelse.

De sprøjtemæssige egenskaber af alle de undersøgte malinger må anses for at være tilfredsstillende, ligesom tørringen ikke gav anledning til problemer. Det er dog kendt, at vandige systemer ofte kendetegnes ved, i praksis, at være meget følsomme overfor ændringer i luftens relative luftfugtighed.

1.4 Miljømæssig vurdering

Det vandige malingsystem og HS-system, der er blevet afprøvet indeholder mindre mængde organiske opløsningsmidler end de traditionelle systemer. Dette betyder, at der ved skift til disse produkter, vil kunne opnås en generel reduktion af opløsningsmiddeludslippet ved reparationslakering af personbiler i Danmark.

Den totale opløsningsmiddelemmission ved reparationslakering i Danmark er estimeret til 750 tons pr. år. Ved at anvende HS-produkter med et tørstofindhold på ca. 50%, vil det være muligt at reducere dette udslip med ca. 10%, dvs. ca. 75 tons.

Ved overgang til vandige produkter vil reduktionen kunne blive meget betydeligt, måske helt op til 80%. En overgang til vandige produkter kan dog let give anledning til en stigning i mængden af stærkt forurenede spildevand fra landets autolakerier. Dette problem vil måske kunne løses ved filtrering af spildevandet.

En fuldstændig overgang til vandige produkter vil sandsynligvis først blive mulig om ca. 10 år, og vil være betinget af, at der sker en udvikling af nye og mindre fugtfølsomme bindemidler.

Overgangen til vandige produkter er allerede startet, og i 1989 har en malevareleverandør introduceret en vandig

grundfiller i sit sortiment. Det må derfor vurderes, at øvrige malevareleverandører vil følge efter. Indførelsen af vandig grundfiller vil dog kun have mindre indflydelse på den totale opløsningsmiddelemmission, idet de produkter de erstatter (dvs. opløsningsmiddelholdige grundfillere) kun giver et relativ beskedent bidrag til den totale opløsningsmiddelemmission.

En betingelse for, at indførelsen af vandige produkter vil give en mærkbar reduktion af opløsningsmiddeludslip, vil derfor være indførelsen af vandige dæklakker, idet det er dæklakkerne der står for langt den største del af den totale opløsningsmiddelemmission ved reparationslakering af personbiler i Danmark.

2. Malematerialer til reparationslakering af automobiler

De malematerialer, der anvendes ved reparationslakeringer af automobiler, er alle specielt fremstillet til dette formål. Materialerne kan meget groft inddeles i følgende 4 typer:

- primer (eller grundfarver)
- spartelmasse
- grunder
- finish (dæklak).

I det følgende skal disse malingstyper og deres anvendelse kort beskrives.

2.1 Primer

Den mest anvendte type primer er den såkaldte washprimer, der er et to-komponent produkt. Bindemidlet i washprimer er en speciel kunstharpiks (polyvinylbutyral) der hærdes med en fosforsyrehærdere ved polymerisation.

Blandt de pigmenter der tidligere blev anvendt i washprimeren var zinkchromat, men på grund af chromatens sundhedsskadelige virkning, er man nu gået over til at anvende chromatfrie washprimere hvor zinkchromaten er blevet erstattet af zinkphosphat.

Dette er et eksempel på, at der trods alt er sket en vis udvikling hen mod mere miljøvenlige produkter indenfor malematerialer til reparationsmarkedet.

Washprimeren påføres kun i ganske tynde lag og ovenpå påføres en almindelig opbygning med filler og dæklak. Washprimeren anvendes således på bært stål, som en slags erstatning for den fosfatering som der foretages på bilfabrikkerne. Washprimeren findes både i laserende udgave, som påføres i en lagtykkelse på 7-10 μm , og i en dækkende, som anvendes i lagtykkelser på 10-15 μm .

Et lignende produkt, den såkaldte washfiller, anvendes som grundfiller i en del lakeringssystemer.

2.2 Spartelmasse/spartelfarve

Ved reparationslakering af automobiler anvendes ofte en grov spartelmasse til udfyldning af større buler eller udjævninger. Denne spartelmasse, som ofte benævnes bulefyllder eller trækspartelmasse, er normalt et polyesterprodukt, som hærdes med en peroxidhærdere. Denne type spartelmasse findes også som en sprøjtespartelmasse (PE-spartelmasse), der anvendes ovenpå den grove trækspartelmasse. Sprøjtespartelmassen anvendes endvidere til udfyldning af mindre buler eller ujævnheder.

Den grove trækspartelmasse indeholder intet eller kun meget lidt organisk opløsningsmiddel, mens sprøjtespartelmassen i sprøjteviskositet indeholder ca. 30% organiske opløsningsmidler. Som tidligere nævnt påføres ofte et isolerende lag washprimer ovenpå PE-spartlede områder, inden næste lag, filleren, påføres.

2.3 Filler

Filleren findes i to udgaver, én som kræver slibning (sanding), inden dæklaget påføres og én, hvor slibning ikke er nødvendig (non-sanding). Hvilken type der anvendes er bl.a. afhængig af, hvilket underlag man arbejder på. Generelt opnås det bedste resultat, hvis der anvendes en filler, der slibes let inden dæklaget påføres.

Fillere er for det meste to-komponent reaktionshærdende produkter, med varierende indhold af organiske opløsningsmidler. Følgende typer fillere anvendes:

- to-komponent alkyd/isocyanat
- to-komponent acrylharpiks/isocyanat
- to-komponent polyvinylbutyral/fosforsyre
- to-komponent epoxy/polyamid

2.4 Dæklak (finish)

Blandt dæklakker skelnes der mellem to, i princippet forskellige systemer. Dels den traditionelle dæklak som består af ét lag maling med samme kulør, dels metallic lak, som består af et dæklag (base-coat) og ét lag klar lak.

2.4.1 Traditionel dæklak

Den traditionelle dæklak (også kaldet uni-lak) findes i flere typer:

1. Én-komponent lak på basis af alkyd
2. Én-komponent lufttørrende lak på basis af acrylharpiks
3. To-komponent acryl/polyurethanlak der hærdes med en polyisocyanathærder.

Én-komponentproduktet påføres normalt i 3-5 sprøjte gange i en samlet lagtykkelse på 50-60 μm . Indholdet af organiske opløsningsmidler i den sprøjteklare lak er mellem 50 og 60%.

Acryl/polyurethanlak påføres i en samlet lagtykkelse på 45-60 μm , og indholdet af organiske opløsningsmidler i denne type lak ligger typisk mellem 60 og 65%.

På det svenske marked er der for nylig blevet introduceret en ny type uni-lak, der i færre sprøjte gange skulle give en tilfredsstillende lagtykkelse, og hermed en betydelig nedsættelse af opløsningsmiddeludslippet ved påføringen. Endvidere er hærderen i dette system isocyanatfri, idet der er anvendt reaktive acrylater i stedet for isocyanater. Dette produkt, og de muligheder der ligger i at begrænse opløsningsmiddeludslippet, er undersøgt nærmere i næste fase af projektet.

2.4.2 Metallic-lakker (to-lags lakker)

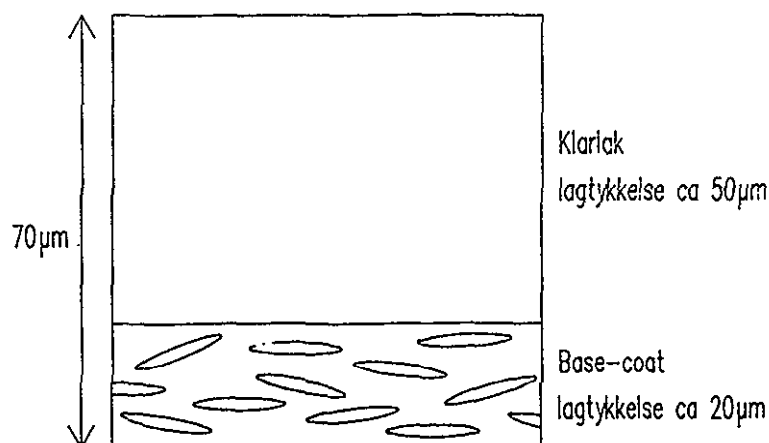
En metallic-lakering består af to lag: ét lag metallic effekt-lak (også kaldet base-coat) og ét lag klar lak der sprøjtes ovenpå den våde metalliclak. Inden klarlakken påføres, skal metalliclakken "tørre" i nogen tid (mellem 5 og 15 min.), den såkaldte flash-off tid. Metalliclakken påføres i to sprøjte gange i en laktykkelse på 20-30 μm (tør lagtykkelse).

Metalliclakker er normalt én-komponent fordampnings-tørrende lakker, med et indhold af organiske opløsningsmidler på 80-85% i sprøjteviskositet. Bindemidlet kan være en polyester/melaminharpiks-blanding, eller en alkyd/acrylblanding.

Som klarlak anvendes to-komponent polyurethanlak, som hærdes med isocyanat. Påføringen sker normalt ved to sprøjte gange (for medium solid klarlak) til en lagtykkelse på 50-60 μm (tør lagtykkelse). Klarlakker på basis af en polyurethan/acrylblanding anvendes også.

Klarlakken påføres metalliclakken, dels for at beskytte denne, dels for at give den samlede lakeringsopbygning glans og dybde.

To-lags metalliclak



Den særlige metaleffekt i lakeringen fremkaldes af flade aluminiumspig-
menter der findes i base-coaten.

Foruden de her nævnte produkter anvendes også, i meget beskedent omfang, mere specielle produkter som f.eks. stenslagsbeskyttelsesprimere og forskellige rusthindrende primere.

2.5 Markedet for autolakker

I Danmark er salget af autolakker til autolakerere fuldstændig domineret af importører, idet den eneste danske producent standsede produktionen ved udgangen af 1988.

Blandt importørerne er Baden-Jensen & Co. A/S (Spies Hecker), Glasso A/S (Glasurit) og Brdr. Brunner (Herberts) og PBG de største, men også Akzo Coatings Danmark (Sikkens) har en væsentlig markedsandel.

De produkter som importeres og anvendes til automobil-lakering i Danmark, er alle traditionelle opløsningsmid-delholdige produkter. Det samlede salg af autolakker i Danmark udgjorde i 1986 113 mio. kr.

2.6 Love og bestemmelser for autoværksteder

Drift og etablering af autoværksteder, herunder autolakerier, reguleres efter reglerne i autoværkstedbekendtgørelsen, som trådte i kraft 1. januar 1986. Fra denne dato udgik autoværksteder og autolakerier af godkendelseslisten til miljøbeskyttelsesloven, således at vilkår og krav for en autolakerervirksomhed alene reguleres efter autoværkstedsbekendtgørelsen. Foruden bekendtgørelsen er der dog en lang række regler og anvisninger som skal følges. Blandt de væsentligste med betydning for malearbejdet kan nævnes:

1. Arbejdstilsynets regler om erhvervsmæssigt malearbejde og Bekendtgørelse nr. 540 om stoffer og materialer.
2. Arbejdstilsynets Vejledning nr. 84/1978 og nr. 85/1978 vedrørende arbejde med polyurethan- og epoxyprodukter.
3. Statens Brandinspektions forskrift SB 1978 "Tekniske Forskrifter for sprøjtemaling og lakering med brandfarlige væsker".

3. Interview med autoreparatører og lakerere

3.1 Procedure ved interviews

For at få et indblik i autolakerere og autoreparatørers daglige arbejdsmetoder og branchen generelt, blev der foretaget en række interviews med udvalgte autolakerere og reparatører. Udvælgelsen blev foretaget stikprøvevis på grundlag af oplysninger fra telefonbøger og vejvisere, idet der dog blev tilstræbt en vis geografisk spredning.

Ialt blev 15 virksomheder indenfor branchen kontaktet, og interviews blev gennemført med 9 af disse. Efter hvert interview blev der udarbejdet et referat, og dette referat blev tilsendt virksomhederne til kommentering, således at eventuelle rettelser eller yderligere oplysninger kunne føjes til referatet. Referatet fra et af de foretagne interviews er, i anonym form, vist i bilag 1.

3.2 Autolakerernes arbejdsmetoder

Interviewene viser at en typisk virksomhed indenfor autolakerbranchen har mellem 3 og 5 ansatte og en årsomsætning mellem 1 og 2 mio. kr. Langt de fleste virksomheder beskæftiger sig udelukkende med lakeringsopgaver, mens det egentlige reparations- og pladearbejde udføres på specielle pladeværksteder.

Med hensyn til fordelingen mellem to-lags lakering og traditionel lakering (uni-lakering), er der meget store forskelle fra virksomhed til virksomhed. Skønsmæssigt er ca. 60% af alle foretagne lakeringer i Danmark to-lags lakeringer, og dette antal er generelt stigende, på bekostning af den traditionelle lakering. Hos nogle af de interviewede virksomheder var helt op til 80% af alle foretagne lakeringer to-lags lakeringer.

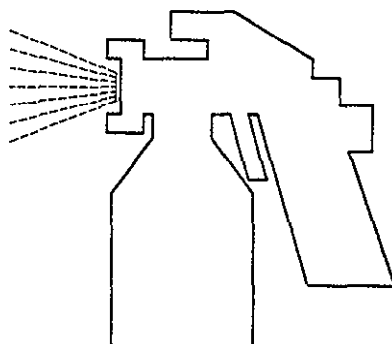
Det arealmæssige omfang af en lakeringsopgave varierer meget, og spænder lige fra meget små lakreparationer på døre (indbrudsskader) til totallakering af hele karrosseriet, de såkaldte hellakeringer.

Antallet af hellakeringer har i de senere år været stærkt faldende, og udgør for hovedparten af virksomhederne kun meget få procent af det totale antal lakeringsopgaver. Et mindre antal af virksomhederne har dog, på grund af aftaler med firmaer om lakering i specielle firmafarver og lignende, en meget stor andel af hellakeringerne, helt op til 50%. Disse virksomheder har en helt klar fordel, når det daglige arbejde skal planlægges, idet arbejdet med hellakeringen kan placeres på tidspunkter, hvor der normalt er "stille", dvs. fredag eftermiddage og mandag formiddage. På disse tidspunkter er arbejdsmængden traditionel ringe, idet bilerne enten er afhentet af ejerne eller endnu ikke er kommet fra pladeværkstedet/autoopretter.

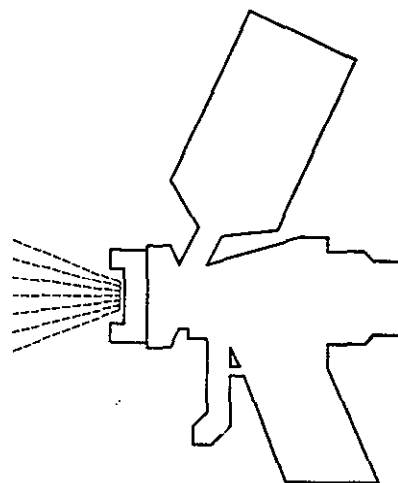
På grund af faldende ordretilgang, er det for mange virksomheder meget svært at foretage en egentlig planlægning af det daglige arbejde. Før i tiden havde man ofte arbejde til flere dage ad gangen, men på grund af den faldende ordretilgang, er det ofte nødvendigt at udføre arbejdet i den orden, som opgaverne kommer ind i.

Alle de interviewede virksomheder forsøger at minimere spildtiden ved en lakeringsopgave, ved at foretage spartlingen sidst på dagen. Spartelmassen kan så tørre natten over og næste dag kan den egentlige lakering finde sted.

Det mest anvendte sprøjteudstyr ved automobillakering er en almindelig trykluftpistol med over- eller underkop. Til større lakeringsopgaver anvendes airless-sprøjteudstyr, men kun en mindre del af de besøgte virksomheder råder over et sådant udstyr. Til sprøjtning af metalliclakker bruges sprøjtepistol med overkop, hvilket også er den mest anvendte type til sprøjtning af spartelmasser, grundfarver og lignende. En del tyder dog på, at valget af sprøjteudstyr er meget individuelt, og mange anvender udelukkende over- eller underkop til al sprøjtning.



Sprøjtepistol med underkop (sugekoppistol)



Sprøjtepistol med overkop

På mange virksomheder sker sprøjtning og tørring i en kombineret sprøjte- og tørreboks. Ved tørring anvendes normalt en temperatur på mellem 65 og 70°C. De fleste tørrebokse kan dog hæve temperaturen til 80°C, men tørring ved en så høj temperatur er normalt ikke økonomisk. De fleste sprøjtekabiner er indrettet således at udsugningsluften ledes gennem et filter inden den gennem en skorsten sendes ud i atmosfæren. Filtrene kan enten være placeret i sprøjtekabinens gulv eller i afkastningskanalen. Ofte ses en kombination.

Den arbejdstid, der anvendes til en lakeringsopgave, er meget afhængig af opgavens størrelse og art. I gennemsnit anvendes ca. to trediedele af den medgåede tid til klargøring og bundbehandling, mens den sidste trediedel anvendes til sprøjtning af dæklak, tørring og færdiggørelse, dvs. fjernelse af afdækningspapir og lignende.

Af vigtige egenskaber ved de anvendte maleprodukter, fremhæver flere gode påføringsegenskaber og god fyldeevne som de vigtigste. Endvidere lægges der vægt på, at man ved brug af den pågældende malevareleverandørs toningsystem, hurtigt og let kan blande lakken i den ønskede kulør.

De fleste af de besøgte virksomheder, opsamler malings- og opløsningsmiddelrester i tromler, som så afhentes og bringes til en destruktionsanstalt. Sprøjtefortyndere og andre opløsningsmidler som anvendes til rengøring af sprøjtepistoler og lignende, genbruges dog, idet leverandøren af sprøjtefortyndere sørger for afhentning og oparbejdning af den brugte fortynder.

De fleste virksomheder får leveret malematerialerne fra én eller to leverandører/producenter. De fleste virksomheder holder fast i den én gang valgte leverandør/producent, og så længe det produkt, som denne leverandør/producent leverer er i orden, vil man ikke være tilbøjelig til at skifte til en anden leverandør. De produkter, som der blev anvendt på de besøgte virksomheder, er traditionelle reparationssystemer til personbiler. Dvs. produkter, med stort indhold af organiske opløsningsmidler, og ofte produkter som er baseret på epoxy eller polyurethan. En enkelt af virksomhederne havde forsøgt sig med et af de nyere, high-solid produkter, men en prøvesprøjtning faldt ikke heldigt ud. Der var især problemer med forstøvningen, og endvidere blev arbejdssegenskaberne fundet for ringe, i forhold til de produkter, som man for tiden anvender.

De fleste af de interviewede kunne kun angive de anvendte produkters navn og leverandør, hvorimod sammensætningen af produkterne øjensynlig var de fleste ubekendt. Man var dog helt klar over, hvilket sikkerhedsudstyr og lignende der skulle bruges, når man arbejdede med produkterne. De fleste udtrykte en vis skepsis med hensyn til anvendelsen af vandfortyndbare produkter til reparationsmaling af biler. Derimod var der større tiltro til, at high-solid produkter, eventuelt i forbindelse med varm lufttryksprøjtning, ville kunne medføre en væsentlig forbedring af det interne og eksterne miljø. I den forbindelse blev det nævnt, at prisen på de anvendte malematerialer ikke var afgørende for valg af malematerialer, idet størstedelen af omkostningerne ved en lakeringsopgave er udgifterne til arbejdslønnen.

4. Status i virksomhederne vedrørende anvendelsen af mere miljøvenlige malematerialer

Ingen af de besøgte autolakerere havde nogen erfaring med vandige produkter, idet disse endnu ikke er kommercielt tilgængelige. Man havde dog gjort sig visse overvejelser vedrørende vandige produkter. Generelt mente autolakererne at sådanne produkter kun meget vanskeligt ville kunne anvendes indenfor autoreparationsområdet, såfremt man skulle opretholde det kvalitetsniveau på reparationslakering, der i dag findes.

Af forhold som man anså som værende en hindring for anvendelsen af vandige produkter, blev nævnt:

1. Lang tørretid og tørretidens afhængighed af luftens fugtindhold
2. For ringe slibeegenskaber (overfladen for blød) og for ringe glans
3. Dårlige sprøjteegenskaber på grund af ringe forstøvningsevne
4. Ringe lagerstabilitet

Enkelte af autolakererne mente, at disse problemer burde kunne løses, i hvert fald for grundere/filleres vedkommende. Med hensyn til dæklakkerne var der enighed om, at anvendelsen af vandige dæklakker lå langt ud i fremtiden, hvis de da overhovedet nogensinde ville blive anvendt. Enkelte af de adspurgte pegede endvidere på det forhold, at kunderne sandsynligvis ikke ville acceptere brugen af vandige produkter på netop hans/hendes bil. Vandige produkter og rustbeskyttelse af biler vil for kunden være modsætninger, som ikke er forenelige.

Med hensyn til high-solid produkter, var der mere tiltro til, at man af den vej kunne opnå en miljøforbedring både internt og eksternt. De fleste var af den mening, at high-solid produkter med lavt indhold af opløsningsmidler, ret let ville kunne anvendes til autoreparationslakeringer, idet arbejdssegenskaberne sandsynligvis ville være meget lig dem, som man kender fra traditionelle autoreparationsprodukter.

En del var dog af den mening, at egenskaber som forstøvningsevne ville være ringere end de nuværende produkters, men at dette problem måske kunne overvindes, ved at anvende varmluftpistoler eller lignende udstyr. Man havde dog svært ved at forestille sig, at autolakerere generelt kunne klare større investeringer i nyt sprøjteudstyr, som følge af skift til andre produkttyper.

5. Fabrikslakering af personbiler

Inden proceduren ved fabrikslakering af automobiler behandles, skal kort omtales de stålmaterialer, der i dag bruges ved fremstilling af karrosserier til personbiler.

5.1 Stålmaterialer

Generelt bruges der i dag til personbilsproduktion ordinært blødt stål, som kun i mindre grad har forandret sig i de sidste 5-10 år. Den udvikling, der er sket indenfor karrosseristålene, har været i retning af yderligere forbedringer på specialområder, f.eks. presseegenskaber og svejsbarhed. Som bekendt forandres egenskaberne på et stålmateriale ved enhver forandring af den kemiske sammensætning og/eller produktionsmetoden, herunder varmebehandling og afkøling/valsning. Der kan ikke gøres nogen store udviklingsskridt på de konventionelle bløde stål til personbilskarrosserier, uden at en eller flere af de nødvendige egenskaber forandres i negativ retning, som reaktion på den opnåede forbedring indenfor et af egenskabsområderne.

Følgende hovedegenskaber er afgørende for om stålet er egnet til karrosseriproduktion:

- Styrke
- Formbarhed
- Svejsbarhed
- Overfladebeskaffenhed (ruhed)
- Korrosionsbestandighed
- Stødabsorption
- Lakerings-egnethed.

Ud over de ordinære bløde stål er der indenfor det sidste årti fremkommet en række nye stålmaterialer til karrosserifremstilling. De går under fællesbetegnelsen HSS (High strength steel), men er i princippet stål der ved forskellige behandlinger opnår øget styrke, samtidig med at formbarhed, svejsbarhed osv. bibeholdes.

For såvel de oprindelige stål som for HSS-materialerne er den mest markante effekt for den branche, der er tale om her i projektet, nemlig reparationsmarkedet, nok det faktum at pladerne er blevet tyndere. Der arbejdes i dag med materialetykkelser på 0,6-0,7 mm til udvendige klædningsdele, hvilket er blevet muligt på grund af et mere nøjagtigt beregningsarbejde fra konstruktørens side.

De tynde materialer er ved reparation følsomme overfor traditionel opretning og slibning. Specielt kan forkert brug af maskinslibning resultere i, at der ved den efterfølgende lakering viser sig "flimmer" i opretningen. I dag består ca. 20-30% af det nøgne karrosseri af HSS.

5.2 Overfladebehandling af stålemner til automobilindustrien

I forbindelse med dette projekt er det interessant at se på de overfladebehandlinger/belægninger, som stålproducenterne anvender som korrosionshæmmende beskyttelseslag på stålpladerne. Disse behandlinger kan inddeles i principielt tre hovedgrupper.

- Elektrolytisk belægning
- Smeltebeskyttelse
- Organisk behandling

Indenfor de tre hovedgrupper, findes en lang række materialer som i antal umiddelbart er overskuelige, men hvor variationen for en stor del består i de forskellige varenavne de forhandles under. Ser man bort fra handelsnavnene, er behandlingerne fra producent til producent stort set de samme på standardvarerne.

Til automobilkarrosserier er der specielt brugt meget store mængder af sendzimirforzinkede materialer (som er en slags varm galvaniseringsproces), hvor belægningstykkelsen kan styres mere nøjagtigt end tilfældet er for almindelig varmgalvanisering. Endvidere er der brugt elektroforzinket stål hvor zink/fosfatering er foretrukket, men også kombinationsmaterialer som alu/zink og zink/jern er set fra nogle japanske producenter.

Endelig skal der fra den organiske overfladebehandlingsgruppe nævnes materialer som zinkcrometal. Normalt er belægningstykkelserne et spørgsmål om kundens ønsker (læs bilproducenten) men generelt er materialerne indenfor den elektrolytiske belægning belagt med ca. 8-15 μm , zinkcrommetal med ca. 15 μm hvorimod sendzimirbelægninger er mere svingende, men omkring 15-20 μm er nok gennemsnitlig.

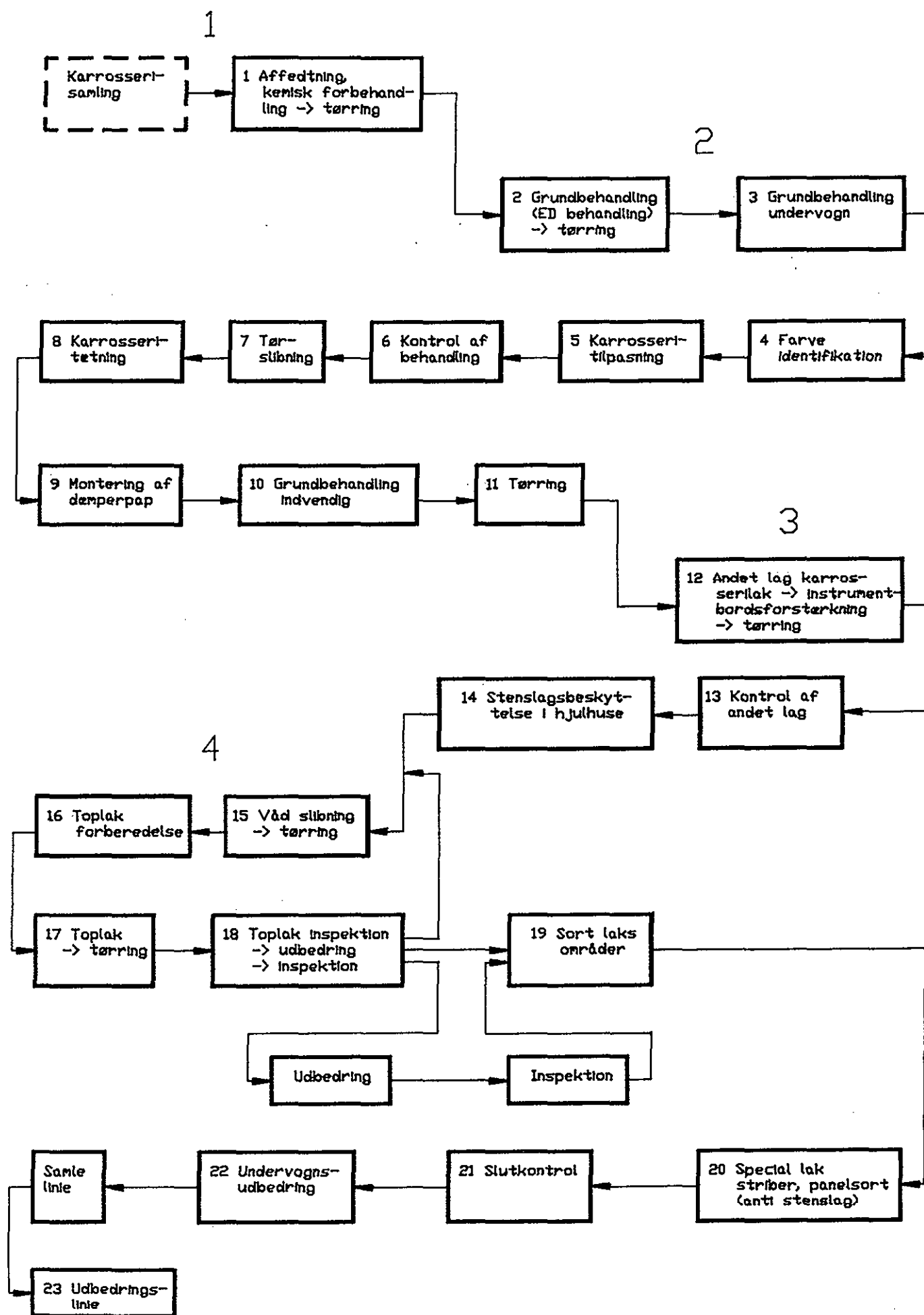
5.3 Generelt om fabrikslakering

Eksempelgennemgangen i det følgende afsnit er den proces, der benyttes hos en af de store japanske bilproducenter.

For at opnå maksimal korrosionsbeskyttelse og et attraktivt udseende på bilen, er malebehandlingsprocessen relativt kompliceret. Grundlæggende er der 4 trin i maleprocessen:

1. Forbehandling
2. Korrosionsforebyggelse
3. Bundmaling
4. Dækmaling.

Under den aktuelle maleproces indgår der herudover en lang række specielbehandlinger, som gør ovenstående beskrivelse meget overfladisk. Følgende skema viser den samlede proces i oversigtsform:

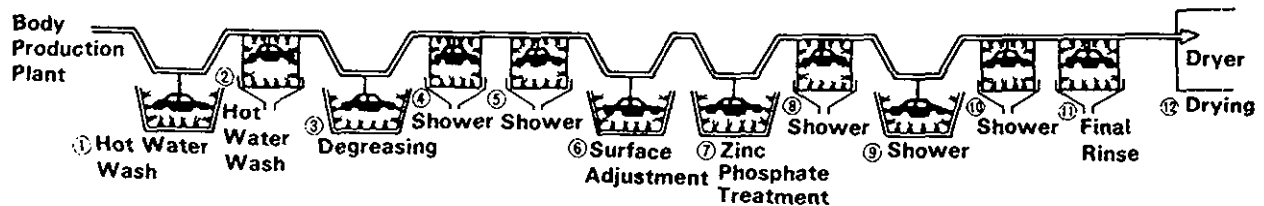


NOTE: Efter top laks inspektion på trin 18 bliver tolags lakkerne ført tilbage til trin 15, for at blive vådslebte og efterfølgende klar lak.

5.3.1 Affedtning og kemisk behandling

På dette trin fjernes støv og fedtstoffer fra karrosseriet samtidig med at spåner fra samlingsprocessen skylles bort. Dette foretages med varmt vand (40-50°C), hvorefter karrosseriet påføres et zinkfosfateringslag, der kan pålægges ved to forskellige metoder. Der kan enten foretages fuld neddykning, hvorved også hulrum, indvendige plader og til dels samlinger bliver behandlet eller man kan anvende spraymetoden hvor karrosseriet i et "brusebad" bliver oversprøjet med kemikaliet. Der er nok størst fordel ved neddykningsprocessen, fordi fosfateringslaget bliver mere finkornet og dermed tættere i strukturen, end det er tilfældet med spraymetoden.

Følgende beskrives dyppemetoden i de anvendte stadier.



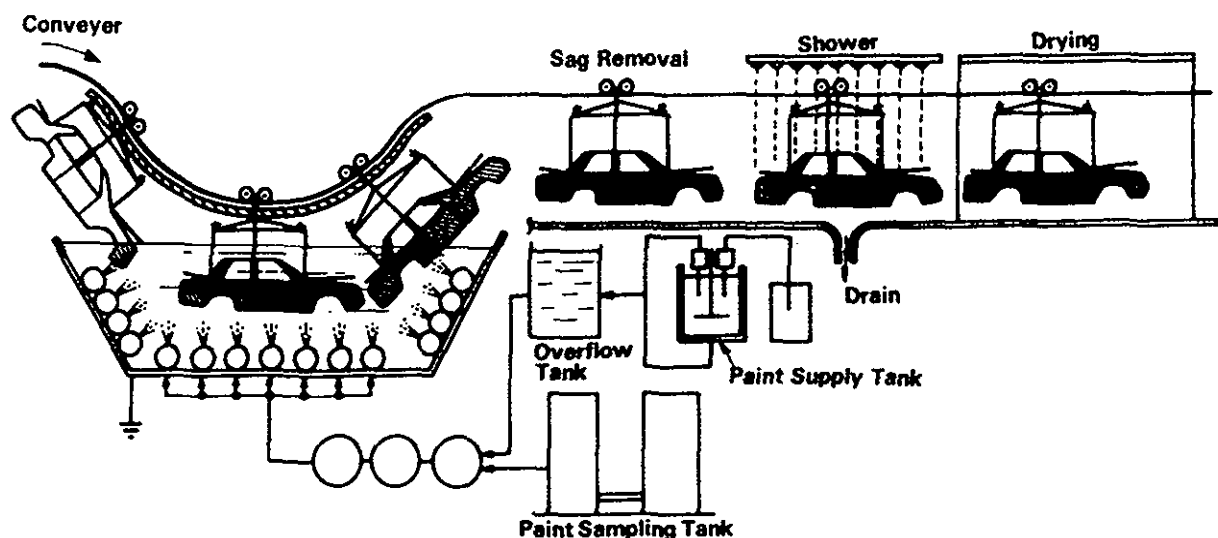
- 1 og 2 : Spåner, støv skylles bort med varmt vand
- 3 : Presseolie og antikorrosionsolie fjernes med svag alkalisk affedtning.
- 4 og 5 : Affedteren fjernes ved afvaskning i to stadier.
- 6 : Grundlæggende fosfateringsfilm påføres karrosseriet.
- 7 : Karrosseriet neddyppes i zinkfosfatering for krystallisation.
- 8, 9 og 10 : Zinkfosfat overskud vaskes af i vand i 3 trin
- 11 : Slutafrensning for at forebygge "knopper"
- 12 : Tørring ved 100-140°C

5.3.2 ED-behandling (electrodeposit)

Karrosseriet er nu nået til et vigtigt punkt i rækken af processer for at opnå maksimal korrosionsbeskyttelse.

Karrosseriet neddyppes helt i ED-badet, hvorved såvel flader, kanter og hulrum dækkes af maling. Til en vis del opnås også belægning af den indvendige del af samlingerne, men denne beskyttelse er dog ikke fuldstændig på grund af de tætte pladesamlinger samt svejsetætningsmasserne. Lakken der benyttes i ED-badet er epoxybaseret og er af vital betydning for såvel den totale korrosionsbeskyttelse som den efterfølgende lakopbygning.

Eftersom ED-laget er det underste laklag kaldes det ofte for "undercoat". Efter den kemiske forbehandling, neddyppes karrosseriet i ED-badet, som er elektrisk ladet (200-300 V jævnstrøm). Herefter skylles karrosseriet, hvorunder dryp og løbere skylles af, og karrosseriet tørres ved 150-170°C i 25-30 min. Lagtykkelsen af "undercoaten" er 15-20 µm på de plane flader og ca. 10 µm for eksempelvis paneler.



ED-Behandling af karrosseriet

Der er to metoder for ED-påføring, henholdsvis anodisk og katodisk behandling. Ved den anodiske behandling lades badet negativt og karrosseriet positivt. Ved katodisk behandling er det polvendt med positiv ladning i bad og negativt til karrosseri. Nutildags benyttes næsten udelukkende katodisk beskyttelse, idet denne metode giver den bedste beskyttelse mod korrosion.

Efter ED-behandling med efterfølgende tørring bliver karrosseriet, mens det fortsat er monteret i conveyoren, påført en undervognsbeskyttelse til at dæmpe støj og vibrationer. Herefter sættes karrosseriet på en transportør og transporteres herefter på gulvconveyor frem til farveidentifikationspunktet.

Dette punkt er det første trin hvor karrosseritype, stelnummer og destination kædes sammen med kulør og udstyr.

Herefter passerer karrossen en række forberedelsestrin før mellemlak påføres. Første trin er tilpasning og fastgørelse af skruede karrosseridele, der indtil nu har været løse for at det underste laklag skulle have mulighed for at nå ind til samlingerne. Der udføres kontrol af ED-laget, hvor grove fejl og mangler udbedres ved slibning og efterfølgende touch-up.

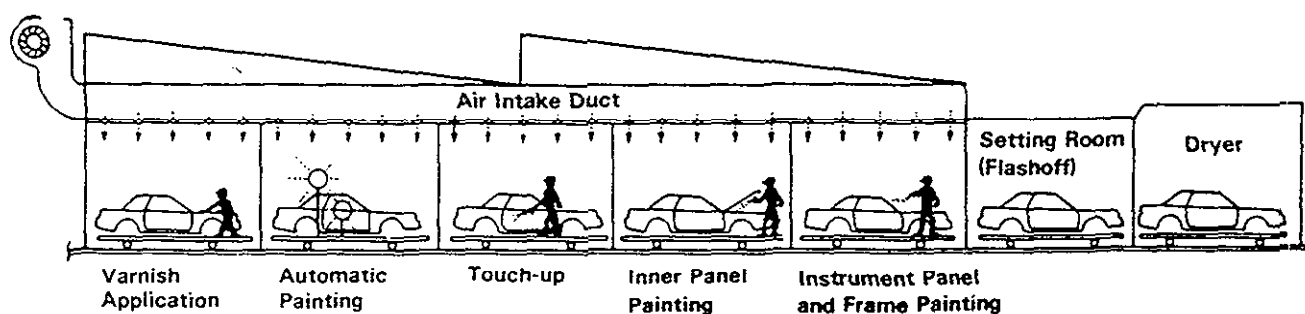
Karrosseriet seales og tætnes for at opnå tætte samlinger og for at modvirke senere tæringsangreb. Dæmpermateriale monteres, såsom asfalt, pap og støjdæmper påsprøjtes. Torpedo-områderne indvendig sprøjtelakeres for at imødegå eventuel manglende farve ved den senere automatiske lakering. For at undgå senere lakproblemer i det mellemlag, der nu skal påføres, afhærdes såvel spraylakker, sealere og eventuelle reparerede områder i tørreovn ved 120-130°C i 12-13 min.

5.3.3 Påføring af mellemlak

På dette stadie kontrolleres ED-laget endnu engang og eventuel korrektion udføres. Mellemlakken påføres primært for at opnå maksimal kvalitet i toplaget men også på specielt udsatte områder har mellemlakken en opgave at løse.

Der er flere metoder i anvendelse ved mellemlak-påføringen. Den mest traditionelle påførimetode på en ordinar laklinie er automatisk påsprøjtning suppleret med manuel efterbehandling. I dag er denne proces på flere fabrikker elektrostatisk automatisk påføring. Der påføres et laklag på ca. 30 μm . Lakken afhærdes ved 140°C i ca. 30 min. Der påføres tillige ekstra lag i hjulhusområderne.

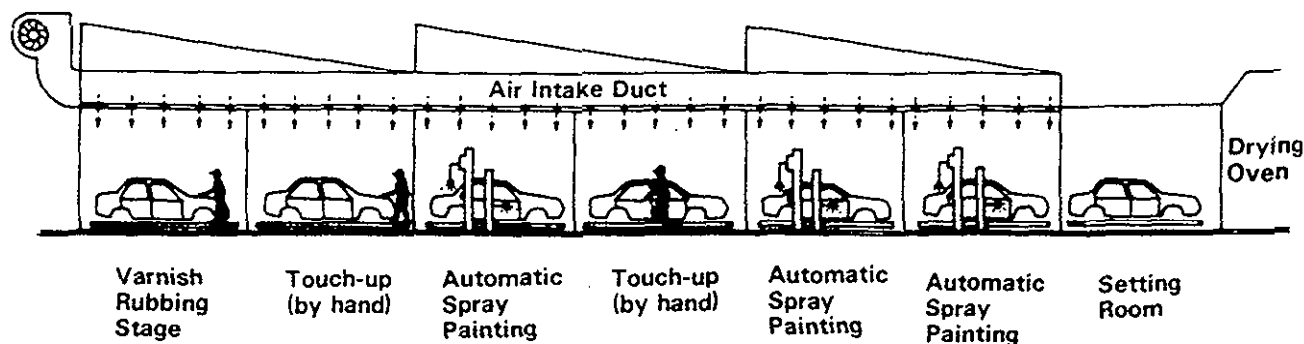
Karosseriet fortsætter herefter til vådslibning. Så vidt det er oplyst, anvendes vådslibning ikke på alle fabrikker, men i mange tilfælde udføres der vådslibning med automatisk slibeudstyr, suppleret med manuelt slibearbejde. For at fjerne slibestøv afvaskes karosseriet og blæsetørres ved 110-120°C.



Både automatisk og manuel påføring af mellemlak anvendes

5.3.4 Påføring af dæklak

Ud over at yde korrosionsbeskyttelse skal dæklakken også give et kosmetisk perfekt indtryk. Derfor gøres der en stor indsats for at undgå fejl ved påføringen af dæklakken. Følgende illustration giver indtryk af en traditionel dæklaklinie.



Automatisk påføring af dæklakken

Det er normalt at dæklakken påføres i 2-3 trin for at lade lakken sætte sig inden næste lag påføres.

Karosseriet bliver ved begyndelsen af linien forberedt for dæklak ved aftørring af alle overflader og samtidig monteres de nødvendige jigs til f.eks. at holde klapper og døre. Karosseriet bliver herefter sprøjtet manuelt i de områder hvor det automatiske sprøjteanlæg har svært ved at nå.

Karosseriet går derefter ind i det automatiske sprøjteområde hvor bilens forudbestemte kulør via en computer allerede er indkodet. Bilerne kan sprøjtes i forskellige kulører umiddelbart efter hinanden på grund af det automatiske rensesystem til sprøjtedyserne. Sprøjtedyserne bliver ved hjælp af en fotocelle indstillet til den pågældende model. Efterhånden som karosseriet føres frem på conveyoren sættes processen automatisk igang og computeren styrer sprøjtebevægelserne. Processen udføres i 2 til 3 sprøjte-gange.

Karosseriet kører efter lakering ind i et tempereret rum hvor laklaget får lov til at sætte sig inden den endelige tørring/afhærdning. Dette sker for at undgå de fejl, der kan forekomme ved for hurtig afhærdning. Karosseriet befinder sig her ca. 7-10 min.

Tørringen kan foregå på flere måder, såvel ved infrarød tørring som ved ordinær varmlufttørring. Fra flere fabrikker vides det, at kombination af disse tørremetoder anvendes. Der udføres infrarød tørring i begyndelsen af afhærdningsprocessen for at undgå vedhæftning af støvpartikler, og først når der er opnået en vis tørring overgår karosseriet til endelig afhærdning med varmluft ved 140°C i ca. 45 min.

Efter afhærdningen udføres kvalitetskontrol i et område, hvor lys er monteret på alle sider. Lysintensiteten er meget stor og normalt er der tale om effekter på 1200-2000 lux. Alt efter skadernes omfang udføres reparation på stedet eller karossen går ud af linien og tilbage til punkt 15 (våd slibning) hvor en ny dæklak påføres.

De karosserier som ikke har defekter går videre på linien. Karosserier med to-lags lak returneres til våd slibning og efterfølgende klarlaks-påføring.

Afslutningsvis udføres effektlakeringer såsom stafferinger, sorte panelområder osv. og karosseriet går herefter videre til inspektion og ud på samlebåndet til montering.

5.3.5 Korrosionsbeskyttelse af undervogn og lignende

Afslutningsvis påføres rustbeskyttelsesmateriale i undervogn, hulrum og hjulområder. De foretrukne materialer er PVC, opløsningsmiddelholdige bitumenmaterialer og voksprodukter. Der er stor variation fra bilproducent til bilproducent, på hvilke materialer der foretrækkes samt i hvilken mængde.

Ud over at opnå en effektiv korrosionsbeskyttelse er der også andre hensyn at tage, f.eks. kostpris og samlet køretøjsvægt. Fra svensk bilproduktion vides, at en middelstor personbil har ca. 15 kg korrosionsbeskyttelsesmaterialer påført. Dette tal er ikke kun påsprøjtede korrosionsbeskyttelsesmaterialer til undervogn og hulrum, men også stenslagsmaterialer og tætningsmaterialer.

6. Anvendelse af vandige produkter ved fabrikslakering af automobiler

Mens der ved reparationslakering af automobiler endnu ikke anvendes vandige produkter, er situationen en anden ved serielakering af biler på bilfabrikkerne. Indtil for få år siden anvendte bilfabrikkerne opløsningsmiddelholdige maleprodukter, men skrappe krav fra miljømyndigheder, med hensyn til mængden af og opløsningsmiddelindholdet i afkastningsluften, har tvunget bilfabrikkerne til, én efter én, at gå over til mere miljøvenlige malematerialer. De erfaringer man har fået ved denne overgang, skal kort omtales i det følgende.

6.1 Valg af produkttyper

Ved formuleringen af laksystemer med reduceret indhold af opløsningsmidler, har man i princippet to muligheder:

1. Systemer med højt tørstofindhold
2. Vandige systemer.

Det stod ret hurtigt klart, at man ikke med det sprøjteudstyr, der i dag anvendes på bilfabrikkerne, kunne opnå den ønskede struktur (dybde) og glans med high-solid produkter. Især var der problemer metalliclakkerne, og da disse udgør størstedelen af alle fabrikslakeringer, valgte man at satse på vandige metalliclakker (base-coat).

6.2 Påføring og tørring af vandige metalliclakker

Den vandige base-coat, der benyttes på bilfabrikkerne i dag indeholder ca. 70% vand, 15% tørstof og 15% opløsningsmidler. Selve påføringen sker under kontrollerede forhold, idet temperatur og relativ luftfugtighed har meget stor indflydelse på den færdige lakerings udseende. Ved forsøg har man fundet, at en temperatur på ca. 24° og en relativ luftfugtighed på 60%, giver det bedste resultat, med hensyn til udseendet af lakeringen.

Inden klarlakken påføres ovenpå den vandige base-coat, er det nødvendigt at foretage en mellemtørring af denne ved hjælp af varmluft, på grund af base-coatens relativt langsomme tørring. Den langsomme tørring skyldes base-coatens vandindhold, idet vand skal have tilført en betydelig større varmemængde end organiske opløsningsmidler, for at fordampe.

Forskellige opløsningsmidlers fordampningsvarme

Opløsnings- middel	Kogepunkt °C	Damptryk i m bar	Fordampnings- varme KJ/g
Butylglycol	171	0,9	397,0
Xylen	140	8,4	344,4
Butylacetat	115	18,7	309,0
Vand	100	23,8	2453,0

Da endnu ikke er lykkedes at fremstille en vandig klarlak til serielakering på bilfabrikkerne, anvendes der fortsat opløsningsmiddelholdige én-komponente klarlakker til andet lag i metalliclakeringer. Disse klarlakker, der ofte er polyurethanprodukter, har et tørstofindhold på 50% i sprøjteviskositet.

6.3 Særlige forhold ved lagring af vandig base-coat

Lagerstabiliteten for vandig base-coat er ca. 12 måneder. Ved transport og lagring må den ikke udsættes for frostgrader, og ved lagringen må temperaturen ikke overstige 25°. Endvidere kan en vandig base-coat ikke lagres i en almindelig blikdåse, da dannelsen af rust i dåsen vil kunne påvirke indholdet i uheldig retning.

Vandig base-coat er ca. 10% dyrere end opløsningsmiddelholdig, men det må antages, at når de vandige produkter er blevet helt implementerede, vil denne prisforskel blive udlignet.

7. Udvikling af mere miljøvenlige malematerialer til reparations- lakering

Producenter/leverandører af malematerialer til reparationsmaling af biler, er i de senere år begyndt at interessere sig for udvikling af mere miljøvenlige malematerialer. I første omgang har man koncentreret sig om, at udvikle produkter uden eller med stærkt reduceret indhold af sundhedsskadelige tungmetaller, og kun i nogen grad forsøgt at begrænse indholdet af organiske opløsningsmidler. Som et resultat af denne udvikling, kan nævnes chromatfrie washprimere og washfillere.

Imidlertid er man nu begyndt at forske mere i udviklingen af produkter med intet eller kun ringe indhold af organiske opløsningsmidler. To muligheder synes at være af praktisk interesse i denne henseende:

- vandige produkter
- HS-produkter.

Af andre muligheder kunne man tænke sig anvendelsen af pulverlakker eller foliebelægninger. Ingen af de interviewede producenter/leverandører havde dog hørt om tilfælde hvor man havde arbejdet med disse to muligheder.

7.1 Vandige produkter - udvikling og anvendelse

De vandige produkter, bruges disse ikke i øjeblikket indenfor reparationsmarkedet. Flere producenter/leverandører arbejder dog på at udvikle vandige malematerialer til reparationsmaling af automobiler. I første omgang koncentrerer man sig om at fremstille vandige bundmaterialer (primer/fillere) og der har været introduceret et par produkter indenfor de senere år, bl.a. en vandig een-komponent acrylfiller. Disse produkter er dog alle, så vidt det vides, blevet trukket tilbage fra markedet, på grund af forskellige tekniske problemer.

Fælles for disse vandige produkter har været, at de har indeholdt ca. 5% organiske opløsningsmidler. De organiske opløsningsmidler, som tilsættes de vandige produkter, er enten alkoholer eller glycoler. De tilsættes, dels for at forbedre sprøjteegenskaberne, men også for at forbedre lagerstabiliteten. Lagerstabiliteten og de vandige produkters temperaturfølsomhed har været ét af de store problemer i bestræbelserne på at udvikle egnede produkter til reparationsmarkedet.

Blandt producenter/importører synes der at være meget delte meninger om mulighederne for rent praktisk at anvende vandige produkter på autoreparationsmarkedet. Imidlertid er de fleste enige om, at det i løbet af nogle år vil lykkes at udvikle vandige bundmaterialer i en acceptabel kvalitet. Disse produkter vil dog kræve, at man på autoværkstederne vil kunne omstille sig til disse produkter. Med hensyn til anvendelsen af vandige dæklakker, er der stor enighed blandt producenter/leverandører om, at sådanne produkter og anvendelsen af dem, ligger langt ud i

fremtiden, dvs., at man ikke skal regne med, at vandige dæklakker vil blive introduceret på markedet indenfor de nærmeste 5 år.

Endvidere er flere producenter/importører inde på, at man ved overgangen til vandige malematerialer, vil få meget svært ved at leve op til de kvalitetskrav, der er i dag stilles til lakering af personbiler.

7.2 HS-/MS-produkter - Udvikling og anvendelse

Med hensyn til Medium-Solid (MS) og High-Solid (HS) produkter, synes der at herske en del usikkerhed om, hvornår et produkt betegnes som et MS eller HS produkt. Generelt menes der med et MS-produkt, et produkt, som indeholder ca. 50% tørstof, mens et HS-produkt indeholder ca. 70% tørstof.

Med hensyn til anvendelsen af HS-produkter var nogen importører/producenter af den opfattelse, at denne type lakker kun er aktuelle indenfor storvognsmarkedet (dvs. til lakering af busser, lastbiler etc.).

Fordelen ved at anvende HS-produkter fremfor andre produkttyper er, at man kan opnå en tilfredsstillende lagtykkelse i en enkel eller to sprøjte gange. De færre sprøjte gange betyder, at man får reduceret mængden af opløsningsmiddel, som afgives under selve påføringen og under den efterfølgende tørring.

Endvidere vil brugen af HS-produkter betyde en materialebesparelse og en mulighed for at spare arbejdstid på grund af de færre sprøjte gange. Denne tidsbesparelse er dog lille da kun en mindre del af den totale medgåede tid ved en lakeringsopgave bruges til egentlig sprøjtning.

HS-produkter er i dag kommercielt tilgængelige, men anvendes ikke meget på autoværkstederne. Dette skyldes ikke mindst, at HS-produkters sprøjteegenskaber ofte afviger en del fra traditionelle produkters.

8. Kemisk analyse af udvalgte malematerialer

For at kunne foretage en miljømæssig vurdering af et maleprodukt til f.eks. lakering af automobiler, er det nødvendigt at kende produktets sammensætning, såvel kvalitativt som kvantitativt.

De arbejdshygiejniske datablade som leverandørerne af maleprodukterne har udarbejdet, giver en række oplysninger om et produkts sammensætning og anvendelse. Disse oplysninger er normalt meget summariske, og kan ikke danne grundlag for en nærmere miljømæssig vurdering af produktet.

Derfor blev en del af de udvalgte produkter underkastet en kemisk analyse. Formålet hermed var bl.a. at undersøge produkternes indhold af organiske opløsningsmidler.

8.1 Analysemetoder

Opløsningsmidler

Mængde og type af organiske opløsningsmidler blev bestemt gaskromatografisk. Selve identifikationen blev foretaget ud fra retentionstiden på henholdsvis en polær og en upolær kolonne.

Bindemidler

Malingernes bindemiddelsammensætning blev bestemt ved IR-spektrofotometri, efter at bindemiddelfractionen var blevet isoleret fra malingen ved centrifugering.

Vægtfylde, tørstof

Bestemmelse af vægtfylden blev foretaget efter DS/ISO 2811-76, mens indholdet af ufordampeligt (tørstofindholdet) blev bestemt efter ASTM D 2369-81, procedure B.

Resultater

Alle resultaterne fra de udførte analyser er angivet i bilag nr. 2. På baggrund af disse resultater samt oplysninger fra leverandørerne om blandingsforholdet mellem lak, hærder og fortynder, blev tørstofindholdet og opløsningsmiddelsammensætningen for de brugsklare blandinger beregnet. Beregningerne er vist i bilag 3. Det skal bemærkes, at der for en del af malingsystemerne anvendes samme fortynder og hærder til både grunder og dæklak. I sådanne tilfælde er analyseresultaterne kun angivet under grunderen.

Tørstofindhold

Som det fremgår af figur 1, side 38, er de opløsningsmiddelholdige grundfilleres tørstofindhold i sprøjteklar blanding ret ens - i gennemsnit ca. 55%. Lavest ligger HS-grundfilleren med et tørstofindhold på 49,8%. Det skal dog tilføjes, at HS-filleren er kommet i en ny og forbedret udgave med et tørstofindhold på 55%.

Hvis man ser på tørstofindholdet i dæklakkerne, figur 2, side 39, er spredningen betydelig større end for fillerens vedkommende. Her ligger HS-systemet med næsten 50% tørstof i sprøjteviskositet klart over de øvrige systemer.

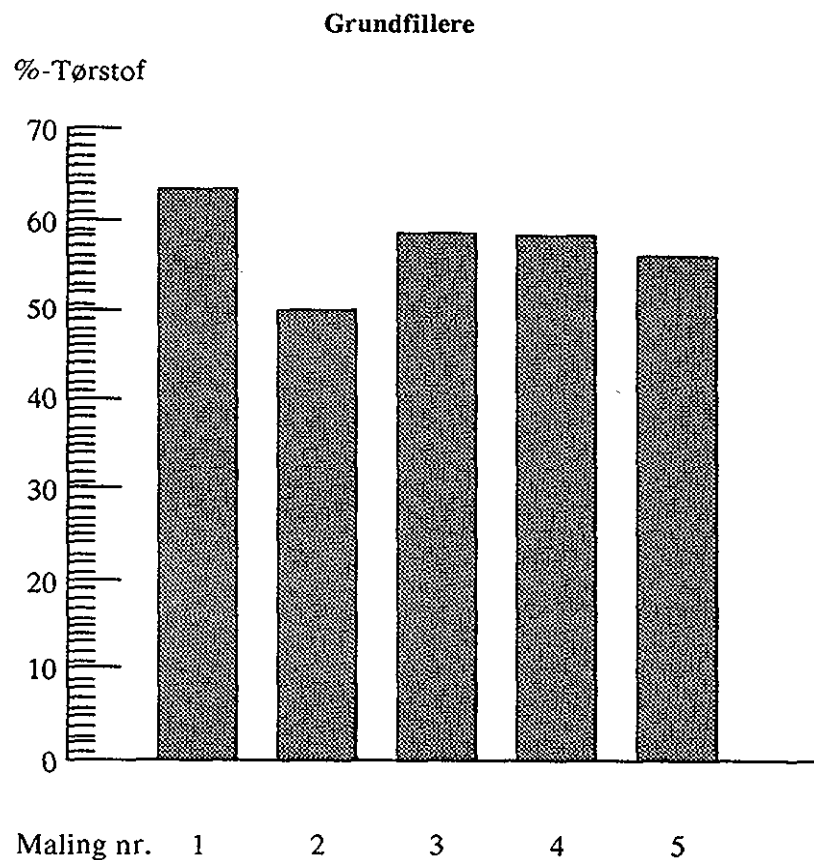
Opløsningsmiddelsammensætningen

Opløsningsmiddelsammensætning i de analyserede lakker viser, at forskellige acetater og rene kulbrinter som f.eks. xylen, er de mest anvendte opløsningsmidler, se side 40 og bilag 2, side 71. Indholdet af de forskellige opløsningsmidler er i alle de undersøgte lakker ret kompliceret og består

af helt op til 9 forskellige opløsningsmidler. I det vandige system (system I) er opløsningsmiddelsammensætningen ret simpel, idet det system, foruden vand, kun indeholder nogle få procent glykol og acetat.

I tre af de analyserede malinger var det ikke muligt at identificere alle de indgående opløsningsmidler. De ikke identificerede komponenter har dog kun ringe interesse set ud fra et arbejdsmiljømæssigt synspunkt, idet der er tale om opløsningsmidler med et kogepunkt på langt over 200°C.

Tørstofindhold i autolak

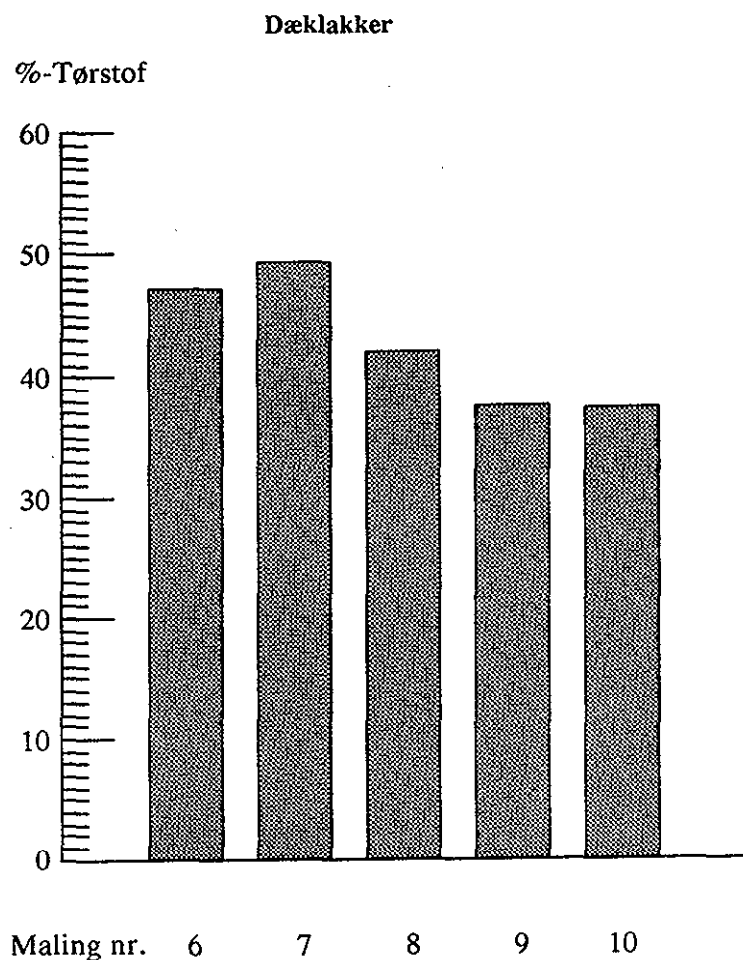


Figur nr. 1

Tørstofindholdet i sprøjteklar blanding for de undersøgte grundfillere:

Maling nr. 1	én-komponent vandig korrosionshindrende primer
Maling nr. 2	to-komponent HS-filler
Maling nr. 3	to-komponent acrylfiller
Maling nr. 4	to-komponent acrylfiller
Maling nr. 5	to-komponent PUR/Acrylfiller

Tørstofindhold i autolak



Figur nr. 2

Tørstofindholdet i sprøjteklar blanding for de undersøgte dæklakker:

Maling nr. 6	én-komponent vandig dæklak
Maling nr. 7	to-komponent HS-lak
Maling nr. 8	to-komponent isoacyanatfri dæklak
Maling nr. 9	to-komponent acryldæklak
Maling nr. 10	to-komponent polyurethan/acryl dæklak

**Opløsningsmiddelsammensætning i
sprøjteklare autolakker**

Maling nr.	Type opløsningsmiddel	Vægt%
1	Vand	35,5
	Butylglycolacetat	0,1
	Butylglycol	0,8
2	n-butylacetat	5,0
	Methoxypropylacetat	5,2
	Ethylacetat	4,7
	Butylglycolacetat	1,4
	Solvesso 100	5,2
	Xylen	24,4
	Toluen	4,2
3	n-butylacetat	9,5
	Methoxypropylacetat	2,5
	Xylen	13,3
	Varsol 30	2,5
	MIBK	4,2
	1-methoxy-2-propanol	2,2
	n-butanol	4,0
	Uidentificeret	3,2
4	n-butylacetat	12,2
	Methoxypropylacetat	7,0
	Butylglycolacetat	0,5
	Solvesso 100	1,5
	Xylen	13,3
	Isopar L	4,4
	MIBK	3,2
5	n-butylacetat	24,2
	Methoxypropylacetat	0,6
	3-methoxypropylacetat	1,6
	Ethylacetat	6,9
	Xylen	6,6
	Toluen	3,9
6	Vand	33,8
	Ethanol	0,3
	N-methylpyrrolidon	18,9
7	n-butylacetat	9,3
	Methoxypropylacetat	1,1
	Solvesso 100	1,9
	Xylen	30,6
	Toluen	4,4
	Butyldiglycol	0,6
	Uidentificeret	2,3

**Opløsningsmiddelsammensætning
i sprøjteklare autolakker**

Maling nr.	Type opløsningsmiddel	Vægt%
8	n-butanol	3,2
	n-butylacetat	22,5
	Methoxypropylacetat	3,9
	Butylglycolacetat	0,5
	Solvesso 100	5,2
	Xylen	12,8
	Isopar L	0,3
	Varsol 30	8,0
	Uidentificeret	1,6
9	Ethylacetat	16,2
	Methoxypropylacetat	12,6
	Butylglycolacetat	1,0
	Solvesso 100	4,6
	Xylen	21,1
	MIBK	7,0
10	n-Butylacetat	20,2
	Ethylacetat	12,4
	Methoxypropylacetat	1,4
	Solvesso 100	5,2
	Xylen	16,6
	Toluen	7,0

8.2 Arbejdsmiljømæssig vurdering

Som det fremgår af skemaet på side 40 og skemaet herover, indeholder alle de analyserede produkter større eller mindre mængde organiske opløsningsmidler. Da alle produkterne endvidere påføres ved sprøjtning, betyder dette, at det antageligt vil være nødvendigt at anvende de samme værnemidler, uanset hvilket af de analyserede produkter der arbejdes med. Dvs. at man ved et skifte til et af de mere miljøvenlige produkter sandsynligvis ikke vil kunne opnå en arbejdsmiljømæssig forbedring i form af reduceret brug af værnemidler.

Brugen af malematerialer med reduceret indhold af organiske opløsningsmidler vil dog på andre måder kunne medføre en forbedring af det interne arbejdsmiljø på et autolakereri.

Ved blanding af hærder og lak, der ofte foretages i selve værkstedet, vil afdampningen af organiske opløsningsmidler blive reduceret, hvis der anvendes produkter med mindre indhold af opløsningsmidler. Dette vil sandsynligvis medføre en generel sænkning af opløsningsmiddelindholdet i luften. Dette forudsætter dog, at der i de nye produkter ikke findes flere letfordampelige opløsningsmidler end i de tidligere anvendte.

Generelt må det dog vurderes, at anvendelse af HS-produkter kun i begrænset omfang vil medføre forbedringer i det interne arbejdsmiljø.

Hvis man sammenligner opløsningsmiddelsammensætningen i det analyserede HS-system med de to traditionelle systemer til reparationslakering, ses det, at systemet hovedsageligt indeholder opløsningsmidler af klassen II og III, jvf. 2. udkast til Luftvejledningen, Vejledning nr. X/1989, Miljøstyrelsen 1989. Der er således ikke tale om, at HS-systemet indeholder opløsningsmidler, der er mere sundhedsskadelig end opløsningsmidlerne i de øvrige produkter.

Dette forhold afspejler sig bl.a. i den MAL-kode, som produkter har fået tildelt. MAL-koden er en kode bestående af 2 tal med en bindestreg imellem (f.eks. 2-1). Det første tal er udtryk for den sundhedsfare der kan være ved at indånde dampe fra produktets indhold af flygtige bestanddele, mens det andet tal siger noget om sundhedsfaren ved direkte kontakt med produktet (jvf. Arbejdstilsynets vejledning 360/1, 1982 og Arbejdstilsynets Bekendtgørelse nr. 199, 26. marts 1985).

Som det fremgår af skemaet herunder, er der ingen forskel i MAL-koden for de produkter som indgår i HS-systemet, og de to traditionelle systemer. Det er værd at bemærke, at MAL-koden for det vandige system ikke har kunnet beregnes, da det ikke har været muligt at fremskaffe alle de nødvendige oplysninger om produktets sammensætning. Det vandige system må dog helt klart anses for at være mindre sundhedsskadeligt end de øvrige.

Produkttype	Bindemiddelttype	Væsentligste opløsningsmidler	MAL-kode brugsklar blanding
High solid filler	Polyester/styrenacrylat	Xylen	3-3
Grundfiller	Acryl	Xylen n-butylacetat	3-3
Grundfiller	Polyurethan/acryl	n-butylacetat	3-3
High solid dæklak	Polyester/styrenacrylat	Xylen n-butylacetat	3-3
Dæklak	Acryl	Xylen n-butylacetat	3-3
Dæklak	Polyurethan/acrylharpiks	n-butylacetat Xylen Ethylacetat	3-3

8.3 Ekstern miljøbelastning ved reparationslakering

Det eksterne miljø kan tænkes forurenet på flere forskellige måder ved lakering af automobiler:

- emission af opløsningsmidler
- emission af slibestøv og lignende
- fast og flydende affald som f.eks. malingrester, brugt afdækningstape, rensfortynder, tomme malingbøtter etc.

Det skal dog bemærkes, at affald som papir og afdækningstape, malingbøtter med udhærdet maling, ikke skal betragtes som kemisk affald.

Vi vil her koncentrere os om emissionen af opløsningsmidler, idet mængden af fast- og flydende affald ikke vil ændres nævneværdigt ved overgang til andre produkttyper. Et lignende forhold vil gøre sig gældende for slibestøv.

8.3.1 Emission af opløsningsmidler ved reparationslakering

Når emissionen af organiske opløsningsmidler skal vurderes, er det de anvendte produkters indhold af opløsningsmidler i brugsklar tilstand, der har størst interesse. Det er nemlig denne mængde organisk opløsningsmiddel der fordamper og hermed afgives til omgivelserne under lakeringsprocessen.

Det totale udslip kan i princippet opdeles i to:

1. Udslip i forbindelse med selve sprøjtningen
2. Udslip i forbindelse med tørring af den våde lak.

Imidlertid er en sådan sondring kun relevant i forbindelse med vurdering af det interne miljø. Ved vurdering af den eksterne miljøbelastning, er det det totale udslip af organiske opløsningsmidler, der er interessant. Om udslippet stammer fra selve påføringen af lakken eller fra den efterfølgende tørring, er af mindre betydning.

8.3.2 Vurdering af opløsningsmiddelemissionen

For at kunne vurdere det totale opløsningsmiddeludslip fra et autolakereri, er det nødvendigt at betragte en forenklet sprøjteproces. I det efterfølgende beregningseksempel regnes der således med, at alt opløsningsmidlet i de anvendte lakprodukter fordamper til omgivelserne, enten ved selve sprøjtningen eller ved tørringen. Denne tilnærmelse må anses for at være tilladelig, idet man erfaringsmæssigt ved, at restindholdet af organiske opløsningsmidler i en afhærdet autolak er meget ringe.

Beregningseksempel

Mindre autolakerer, der årligt udfører 1.000 lakeringsopgaver. Halvdelen af disse er to-lags lakeringer (metalliclakeringer). Lakeringen foretages i en kombineret sprøjte- og tørreboks og der anvendes helt traditionelle autolakker.

Forudsætninger

Antal lakeringer: 1.000 pr. år
Gennemsnitlig lakeret areal pr. lakering: 2,2 m²

Anvendte malematerialer

Chromatfri grundfylder:

Lagtykkelse (tør): 50 µm
Vægt% organisk opløsningsmiddel: 43%
(brugsklar blanding)

To-komponent acryldæklak:

Lagtykkelse (tør): 60 µm
Vægt% organisk opløsningsmiddel: 63%

To-komponent metallic dæklak:

Lagtykkelse (tør): 25 µm
Vægt% organisk opløsningsmiddel: 84%

To-komponent polyurethan klarlak:

Lagtykkelse (tør)	55 μm
Vægt% organisk opløsningsmiddel:	61%

Emissionen af opløsningsmidler i m^3 (E) fra de enkelte laklag kan tilnærmelsesvis beregnes således:

$$E (\text{m}^3) = A (\text{m}^2) \times \frac{a \cdot 10^{-6} (\text{m})}{(100-x)} \cdot 100$$

hvor

A: Arealet af den lakerede flade i m^2

a: Tør lagtykkelse af malinglaget i μm

x: Vægt% organisk opløsningsmiddel

Ved indsættelse i denne formel fås i dette eksempel.:

For grundfilleren:

$$E = 2,2 \text{ m}^2 \cdot 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{(100-43)} \cdot 100 = 0,193 \text{ m}^3$$

For to-komponent acryldæklak:

$$E = 2,2 \text{ m}^2 \cdot 500 \frac{60 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{(100-63)} \cdot 100 = 0,178 \text{ m}^3$$

For to-komponent metallic dæklak:

$$E = 2,2 \text{ m}^2 \cdot 500 \frac{25 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{(100-84)} \cdot 100 = 0,172 \text{ m}^3$$

For to-komponent klarlak:

$$E = 2,2 \text{ m}^2 \cdot 500 \frac{55 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{(100-61)} \cdot 100 = 0,155 \text{ m}^3$$

Ialt $0,698 \text{ m}^3$

Forbisprøjt: ca. 40%

Total udslip ved sprøjteprocessen: $0,698 \times 1,4 = 0,977 \text{ m}^3$ ~980 l

Dvs., at det totale opløsningsmiddeludslip fra et mindre autolakereri er ca. 1.000 kg/år .

8.3.3 Samlet opløsningsmiddelemmission ved reparationslakering

Skønsmæssigt er der i Danmark 750 autolakererier af varierende størrelse. Hvis det antages, at disse i gennemsnit har en størrelse og et malingforbrug som autolakereriet i det netop viste beregningseksempel, kan det totale udslip af opløsningsmidler ved autolakering i Danmark estimeres til ca. 750 tons årligt. Hertil kommer den emission, der stammer fra opløsningsmidler, der anvendes til rensning af udstyr, til affedtning og lignende. Dette bidrag må dog an-

*Emissionsbegrænsning
ved substitution*

ses for at være forsvindende lille i sammenligning med bidraget fra den egentlige lakeringsproces.

Den emission af organiske opløsningsmidler, der sker ved reparationsmaling af automobiler, kan nedsættes ved at anvende produkter med mindre mængde organiske opløsningsmidler, f.eks. HS-produkter eller vandige produkter.

De HS-produkter, der i dag finder kommercielt tilgængelige, må nærmere betegnes som Medium Solid (MS) produkter. Tørstofindholdet i sprøjteklar blanding er omkring 50%, mens det for traditionelle produkter er ca. 35%. Såfremt man udelukkende anvendte HS-produkter med et TS-indhold på 50% til reparationslakering af biler, skulle det derfor være muligt at reducere opløsningsmiddeludslippet fra landets autolakererier med omkring 10%, dvs. med 75 tons.

Ved overgang til vandige lakprodukter vil reduktionen teoretisk set kunne blive meget betydelig, måske helt op til 80%. Det skal dog tilføjes, at brugen af vandige produkter til reparationslakering af automobiler ligger et stykke ud i fremtiden, og at en så stor reduktion i opløsningsmiddeludslippet ikke vil blive gennemført på en gang.

Sandsynligvis vil et første skridt være indførelse af vandige grundere som nok vil komme på markedet i løbet af relativ kort tid. En enkel malingleverandør introducerede i juni 1989 en vandig grundfiller i sit sortiment. Indførelse af vandige dæklakker ligger nok længere ud i fremtiden og vil være betinget af, om det lykkes at udvikle nye og mindre fugt- og klimafølsomme bindemidler.

9. Laboratorieundersøgelser og prøvning af traditionelle og alternative malematerialer

For at kunne sammenligne forskellige malingsystemers holdbarhedsmæssige egenskaber, blev der foretaget en række laboratorieafprøvninger af udvalgte autoreparationssystemer.

Laboratorieafprøvningerne bestod af en række eksponeringer af prøveplader, som var påført de forskellige malingsystemer. Under eksponeringen blev der med regelmæssige tidsintervaller foretaget inspektion af prøvepladerne, hvor bl.a. malingfilmens udseende og mekaniske egenskaber blev undersøgt.

Udvælgelse af produkter til laboratorieundersøgelserne

Udvælgelsen er sket på basis af de oplysninger og informationer, som leverandører og producenter af autoreparationsmaling har givet. Der blev dog ved udvælgelsen taget hensyn til, at både vandige og HS-produkter skulle repræsenteres.

Foruden de udvalgte alternative produkter, blev to almindelig anvendte opløsningsmiddelholdige systemer testet samtidig.

Fremstilling af prøveplader

Påføringen af autolakkerne blev foretaget af en professionel sprøjtemaler med erfaring i fremstilling af prøveplader til laboratorieundersøgelser. For at sikre en uvildig bedømmelse, blev alle produkterne leveret til sprøjtemaleren i neutrale dåser, uden firmanavn og lignende påtrykt. Påføringen af lakkerne blev i øvrigt foretaget efter leverandørens anvisninger.

Selve prøvepladerne var 0,8 mm dekaperede stålplader, udskåret i passende størrelser. Inden påføringen af autolakkerne blev pladerne affedt med egnet affedtningsmiddel. Efter fremstillingen af prøvepladerne blev lagtykkelsen målt for at sikre, at leverandørens specifikationer, med hensyn til påført mængde maling, var overholdt.

9.1 Eksponeringer

De færdigfremstillede prøveplader blev opbevaret 14 døgn i klimarum inden eksponeringerne blev igangsat.

Følgende eksponeringer blev gennemført:

Eksponering i fugtkammer

Metoden anvendes til at vurdere fugtbestandigheden af f.eks. overfladelag bestående af maling eller lak. Emnet, der skal vurderes, anbringes en vis tid i et kammer, hvori luftfugtigheden er nær 100% RF og hvor temperaturen svinger mellem stuetemperatur og 40°C. Tidsrummet for en temperaturcyklus kan være 6, 12 eller 24 timer. Påvirkningen resulterer i kondens på emnerne.

Inspektion af emnerne blev foretaget efter 0, 96, 192 og 336 timer (svarende til korrosionsklasse 0 og 1, 2 og 3 efter DS 412) og omfattede:

- a. Vurdering af skader, rust/blærer efter DS/ISO 4628
- b. Vedhæftning.

*Eksponering i
saltågekammer*

Metoden anvendes bl.a. til accelereret prøvning af beskyttende overfladelags bestandighed i våd, neutral chloridholdig atmosfære. Prøvningen foregår ved, at prøveemnernes malebehandlede overflade kontinuerligt påvirkes med fint forstøvet saltvandståge. Under prøvningen holdes temperaturen i saltågekammeret på 35°C.

Inspektion af emnerne blev foretaget efter 0, 96, 336 og 504 timer (svarende til korrosionsklasse 0 og 1, 2 og 3 efter DS 412) og omfattede:

- a. Vurdering af skader, rust/blærer efter DS/ISO 4628
- b. Vedhæftning.

*Eksponering i
prohesionkammer*

Metoden er en alternativ eksponering til saltvandstågeeksponeringen. Metoden er cyklisk og består f.eks. af 3-4 timer spray med en saltopløsning efterfulgt af 2-3 timers tørring ved 30-35°C. Saltopløsning f.eks.: 3-4 g/l ammoniumsulfat/0,3-0,5 g/l natriumchlorid.

Inspektion af emnerne blev foretaget efter 95, 519 og 1024 timer og omfattede:

- a. Vurdering af skader, rust/blærer efter DS/ISO 4628
- b. Vedhæftning.

Inden eksponeringerne i fugtkammer, saltvandståge og prohesionkammer blev igangsat, blev prøvepladerne forsynet med et snit gennem overfladebehandlingen, således at underkorrosion ved beskadigelse kunne vurderes.

*Eksponering i
QUV-kammer*

Metoden anvendes til accelereret prøvning af overfladers vejrbestandighed. I QUV-kammeret veksles mellem 4 timers bestråling med UV-lys ved 60°C og 4 timers kondens ved 40°C.

Inspektion af emnerne blev foretaget efter 0, 250, 500 og 1000 timer og omfattede:

- a. Måling af glans ved 60° vinkel, DS/ISO 2813, 1984
- b. Måling af kulør efter DS/ISO 7724, 1986.

Før og efter eksponering blev i øvrigt foretaget følgende målinger/bestemmelser:

- Hårdhedsbestemmelse ved indtrykning DIN 53153, DS/ISO 2815
- Væskemodstandsdygtighed efter DS/ISO 2812
- Smitning efter SIS 184197.

En beskrivelse af de anvendte metoder til bestemmelse af glans-, kulør, væskemodstandsdygtighed, hårdhed og vedhæftning, er givet i bilag 4.

Til dokumentation af nedbrydningen af overfladebehandlingen blev der taget fotos af prøvepladerne under og efter eksponeringen.

Resultater

Glans- og kulør- bestandighed

Målingerne af glans- og kulørændringerne under eksponeringen i QUV-kammer er vist i henholdsvis bilag nr. 5 og bilag nr. 6. Resultaterne er endvidere vist i oversigtsform i de 2 diagrammer på side 50 og 51.

Som det fremgår af de to diagrammer er variationen i glans- og kulørholdbarhed ret stor.

System I (vandig én-komponent lak) er dog klar ringest. Allerede efter 250 timers eksponering er ændringen i den vandige laks kulør og glans markant større end for de øvrige lakkers vedkommende.

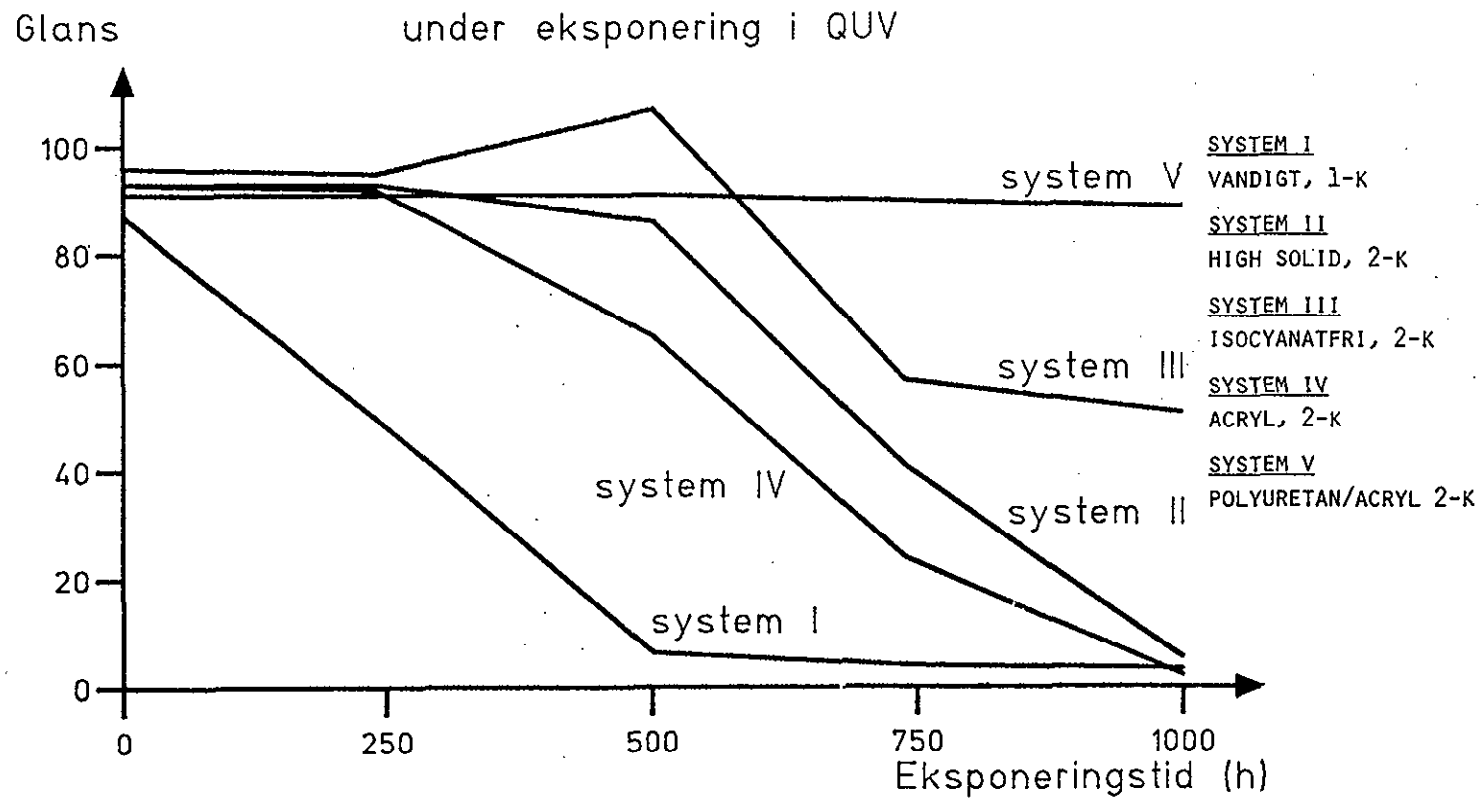
Det skal bemærkes, at de to andre alternative systemer (nr. II og III) ikke er ringere end et af referencesystemerne (nr. IV). System V, som er et traditionelt opløsningsmiddelholdigt polyurethan/acrylsystem er både med hensyn til glans- og kulørbestandighed bedst.

Resultaterne fra bedømmelsen af plader under og efter eksponering i fugtkammer, salttågekammer og prohesion-kammer er vist i bilag nr. 7.

Glansændring

60°, DS/ISO 2813

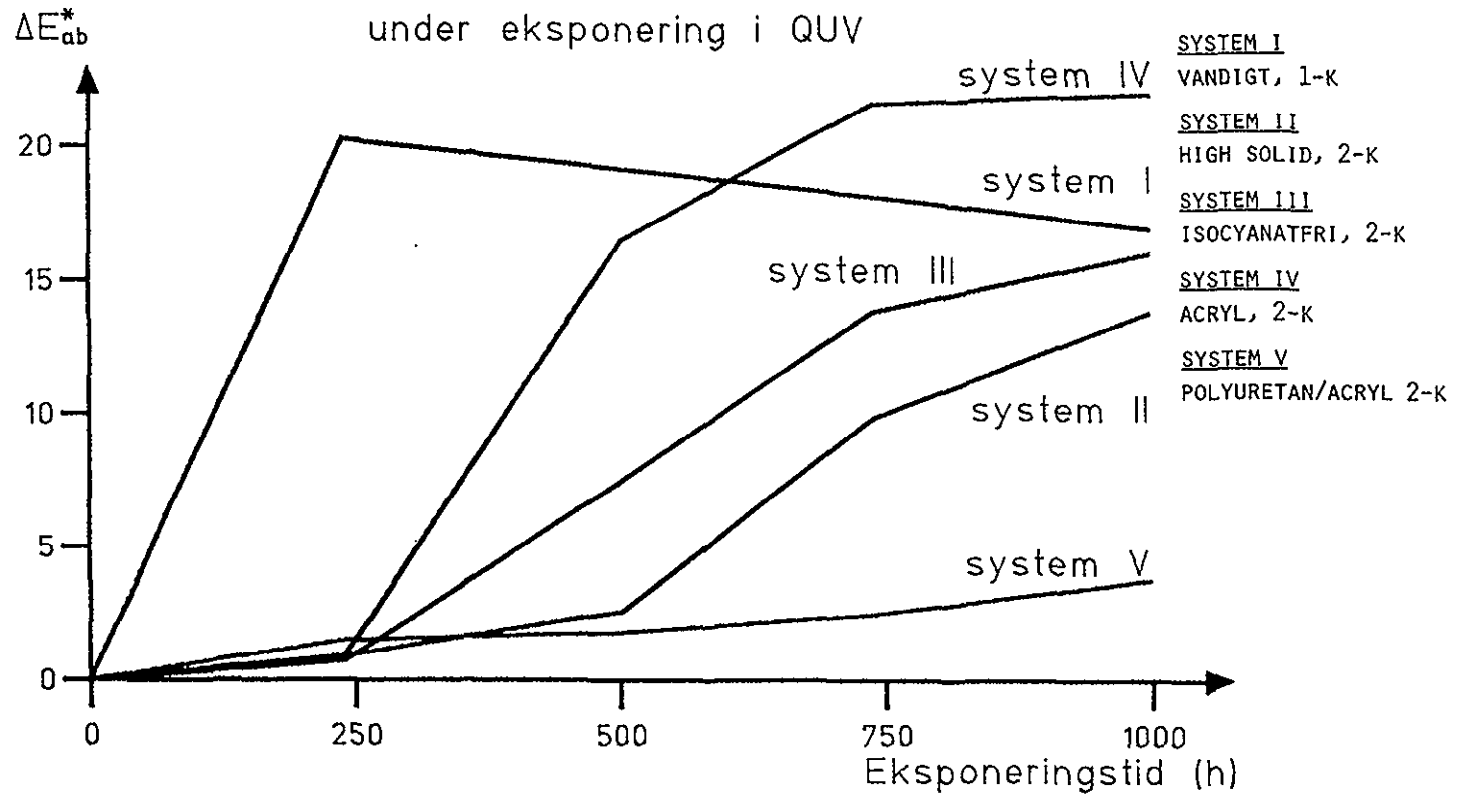
under eksponering i QUV



Kulørændring

CIELAB, D65-belysning - DS/ISO 7724

under eksponering i QUV



9.2 Undersøgelse af væskemodstandsdygtighed

De forskellige malingsystemers bestandighed mod påvirkning af midler, som autolakker hyppigst kommer i kontakt med, blev undersøgt.

Pladerne med de 5 malingsystemer blev efter endt eksponering i QUV, Prohesion, saltvandståge og fugtkammer udsat for påvirkning af følgende væsker:

1. Svovlsurt vand, $\text{pH} \approx 2$
2. Benzin, 98 oktan
3. Benzin, blyfri
4. Vejsaltopløsning
5. Demineraliseret vand.

En ueksponeret plade med de fem malingsystemer blev ligeledes udsat for væskepåvirkning. Væskepåvirkningen skete ved at lægge en dråbe af hver af de fem væsker direkte på overfladen, så væskeerne frivilligt kunne fordampe ("dråbe"). Endvidere ved at anbringe et absorberende medie (med væske) på overfladen og med en lille glasring forhindre fordampning ("ring"). Efter 4 døgn ved stuetemperatur blev pladerne inspiceret og påvirkningen fra væskeerne bedømt (våd bedømmelse).

Vurderingsskala

Beskrivelse	Klassifikation
Ikke påvirket	6
Meget ringe påvirket	5
Påvirket	4
Kraftig påvirket	3
Meget kraftig påvirket	2
Overflade ødelagt	1

Påvirkningen angives ved en x-værdi (farveændring) og en y-værdi (nedbrydning).

Glasringene blev herefter fjernet og efter 3 døgn's tørring blev pladerne atter bedømt (tør bedømmelse). Herved blev det muligt at vurdere, om nogle af de angrebne overflader var i stand til at genvinde, f.eks. hårdheden efter en opblødning på grund af væskepåvirkningen.

Detailresultaterne fra undersøgelserne af de fem malingsystemers kemikaliebestandighed er vist i bilag nr 8. Hvert resultat er et gennemsnit af to bedømmelser.

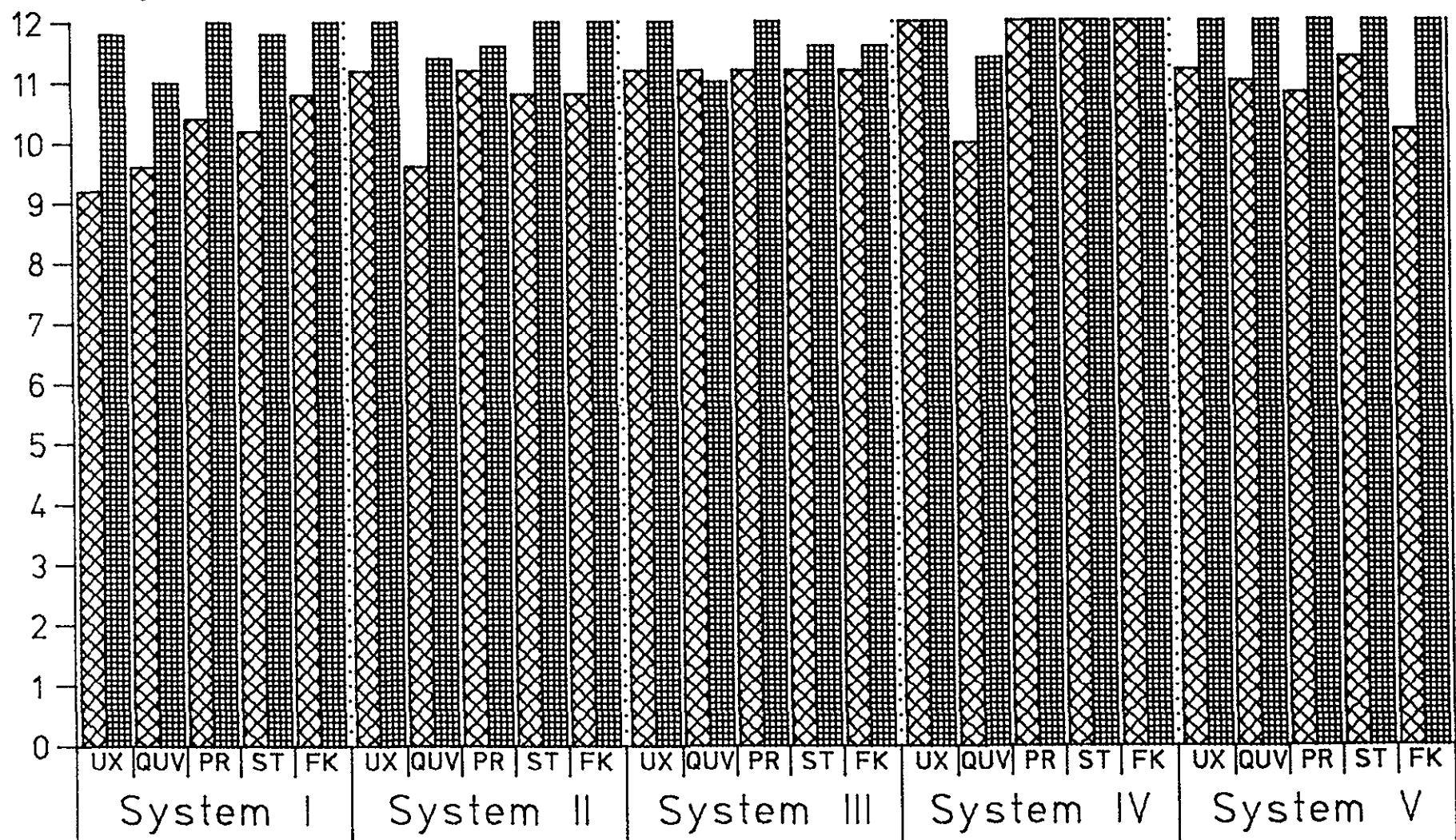
Resultaterne er forsøgt samlet og vist i mere overskuelig form i diagrammerne på side 53 og 54.

I diagrammet på side 53 er bedømmelserne for x-værdierne (farveændring) og y-værdierne (nedbrydning) summeret, således at man får et samlet billede af de 5 malingsystemers kemikaliebestandighed.

Akkumuleret
vurderingstal

Kemikaliebestandighed, våd vurdering

Ring
Dråbe



UX: Ueksp.

QUV: QUV-eksp.

PR: Prohesion

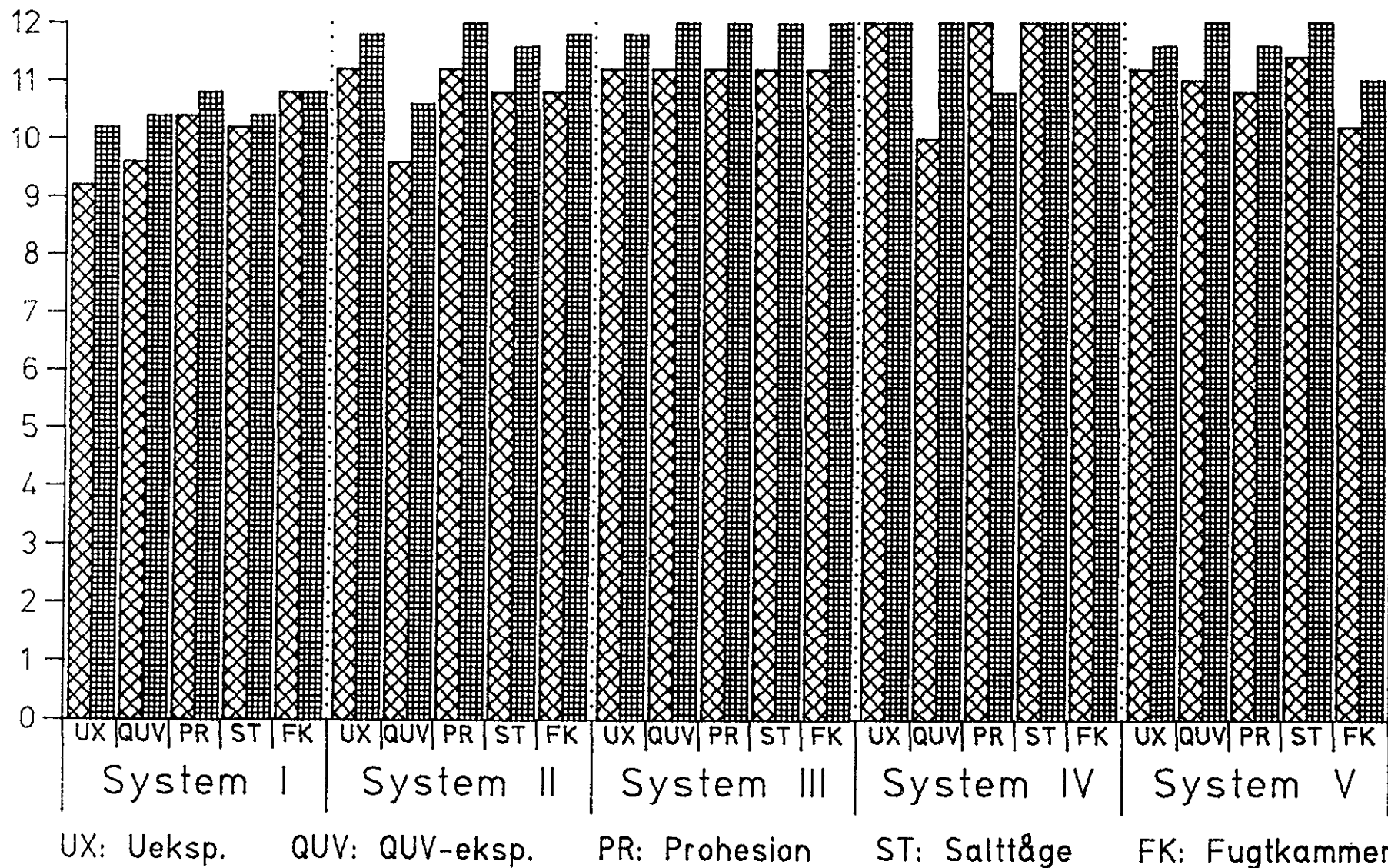
ST: Salttåge

FK: Fugtkammer

Akkumuleret vurderingstal

Kemikaliebestandighed, våd-tør vurdering

V&d vurdering
Tør vurdering



Sammenholder man de to første søjler for hvert malingsystem med de øvrige søjler, ses det bl.a., at de accelererede eksponeringer ikke har ændret væsentligt på malingsystemernes kemikaliebestandighed. Dette gælder dog ikke for eksponering i QUV-kammeret for system II og IV. Her sker en tydelig forringelse af kemikaliebestandigheden af prøvepladerne set i forhold til de ueksponerede plader. Sammenligner man de enkelte systemers kemikaliebestandighed, ses at system III, IV og V er nogenlunde lige gode, men system II er lidt ringere og system I lidt ringere igen.

Detailresultaterne i bilag nr. 8 viser, at det især er ringe bestandighed overfor vand (såvel svovlsurt som demineraliseret), der bidrager til den lave værdi for kemikaliebestandigheden af system I.

Derimod er benzin og vejsaltopløsningens indvirkning ret ubetydelig, men ved længere tids påvirkning (4 døgn) sker der dog en vis opblødning af overfladen. Denne forsvinder dog igen når benzinen har fået lov til at fordampe. Dette ses bl.a. af at kemikaliebestandigheden ved ring er betydelig dårligere end kemikaliebestandigheden ved (dråbe) fri fordampning.

I diagrammerne på side 54 er kemikaliebestandigheden for henholdsvis våd og tør bestemmelse vist i oversigtsform. Som det ses er værdierne ved våd bestemmelse lidt lavere end for tør bestemmelse. Dette skyldes primært, at 4 af de 5 systemer ved 4 døgn påvirkninger med blyfri benzin bliver lidt bløde i overfladen. Men så snart benzinen får lov til at fordampe, genvinder malingoverfladen en del af sin oprindelige hårdhed. Ved system I sker der dog dette, at hårdheden godt nok genvindes, men overfladen kommer til at fremtræde lidt skjoldet.

9.3. Nedbrydningsgrad

Under og efter eksponeringerne af prøvepladerne i fugtkammer, salttågekammer og prohesionkammer blev foretaget en vurdering af prøvepladernes overflade med hensyn til blæredannelse og korrosion efter DS/ISO 4628.

Resultaterne af vurderingen angives som en række enkeltværdier, der er meget svært sammenlignelige. Dette vanskeliggør en sammenligning af de forskellige malingsystemers holdbarhed. Der er derfor indført en fælles talværdi for nedbrydningen af malingsystemerne, den såkaldte nedbrydningsgrad (N).

Nedbrydningsgraden beregnes efter følgende formel:

$$N = 1,5 \cdot B_a + K_s + K_a$$

hvor

B_a = "Blæretal"

K_s = "Rusttal" ved snit

K_a = "Rusttal"

Beregning af B_a
blæretal

Blærestørrelsen og antallet af blærer bdømmes efter DS/ISO 4628/2 og omsættes til blæretal B_a efter tabel 3.

Omregningstabel for "blæretal" B_a

Blærer str.	Mængde af blærer (grad)				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	3
2	1	1	2	3	4
3	2	3	4	5	6
4	4	5	6	7	8
5	6	7	8	9	10

Tabel 3

Beregning af K_s
rustal ved snit

Det korroderede område omkring snittene i prøveplader-
nes malinglag opmåles og angives som mm² korrosion om-
kring snittet.

Korroderet areal omsættes til "rustallet" (K_s) ved hjælp
af tabel 4.

Omregningstabel for K_s

Korroderet areal ved snit mm ²			Rusttal K _s
Eksponering i			
Prohesion	Fugtkammer	Saltvandståge	
< 50	< 30	< 40	1
51-100	31-50	41-70	2
101-150	51-70	71-100	3
151-200	71-90	101-130	4
201-250	91-110	131-160	5
251-300	111-130	161-190	6
301-350	131-150	191-220	7
351-400	151-170	221-250	8
401-450	171-190	251-280	9
> 450	> 190	> 280	10

Tabel 4

"Rustal" på areal

Hele prøvepladens overflade bedømmes for korrosionsgen-
nemslag efter DS/ISO 4628/3 og opgives som "rustgrad
Ri". Ved at gange denne rustgrad med 2, fremkommer tal-
værdier for "korrosion på arealet (K_a)", se tabel 5.

Omregningstabel for K_a

Rustgrad efter DS/ISO	Korroderet areal i %	Rusttal K_a
Ri 0	0	0
Ri 1	0,05	2
Ri 2	0,5	4
Ri 3	1	6
Ri 4	8	8
Ri 5	40/50	10
Ri 0-1		1

Tabel 5

Beregning af N nedbrydningsgrad

Nedbrydningsgraden beregnes efter formelen på side 55.

Proceduren ved beregningen kan illustreres ved følgende eksempel, hvor nedbrydningsgraden af system II efter eksponering i salttågekammer bestemmes.

I bilag 7 findes følgende bedømmelse af system II efter 503 timers eksponering i salttågekammer:

Rust, flade: Ri 0-1

Blærer, flade: S2, G2

Ved hjælp af ovenstående tabel 5 og tabel 3 på side 56 omsættes Ri 0-1 til $K_a = 1$ og S2, G2 til $B_a = 1$.

I bilag 9 aflæses "mm² underrust ved snit" for system II efter 503 timers eksponering i salttåge til 120 mm². Denne værdi omsættes via tabel 4 på side 56 til værdien for K_s , her $K_s = 4$.

Nedbrydningsgraden kan nu beregnes

$$\begin{aligned}
 N &= 1,5 B_a - K_s + K_a \\
 N &= 1,5 \cdot 1 + 4 + 1 \\
 N &= 6,5
 \end{aligned}$$

På tilsvarende måde er B_a , K_s og K_a -værdier for de øvrige 4 systemer fundet og N-værdien beregnet, se bilag 10.

De beregnede N-værdier er afbilledet grafisk på side 59.

Som det fremgår af den grafiske afbildning på side 59, er der, hvis der ses bort fra system I, ret lille forskel i de resterende 4 systemers nedbrydningsgrad. Systemerne II, III og IV kan således betragtes som værende ens med hensyn til nedbrydning. System IV er lidt ringere på grund af en relativ stor nedbrydningsgrad ved eksponering i prohesion og fugtkammer. System I viser meget hurtig nedbrydning i såvel salttåge som fugtkammer, mens nedbrydningsgraden efter eksponering i prohesion er ret ringe og lavere end for de øvrige systemer. Disse forhold er ikke overraskende, da man af erfaring ved, at vandige malinger nedbrydes usædvanlig hurtigt i salttågekammer og til dels også i fugtkammer.

*Vedhæftning til
underlaget*

De 5 malingsystemers vedhæftning til underlaget blev undersøgt ved gittersnit og ved hjælp af Saeberg trækprøveapparat. Vedhæftningsbestemmelserne blev foretaget på ueksponerede plader og resultaterne er vist i bilag 11.

Resultaterne fra gittersnitprøvningen viser ret ringe vedhæftning for alle fem systemer.

Den ringe vedhæftning ved gittersnit skyldes, at der er anvendt fem hurtigtørrende malingsystemer, som giver en relativ sprød og ufleksibel film. Dette bevirker, at malingen løsner sig lidt, når snittet skæres og som følge heraf fås der en ret negativ vurdering af vedhæftningen med denne prøvningsmetode.

Vedhæftningen målt med trækprøveapparat viser en tilstrækkelig vedhæftning (over 2,5 MPa), for alle fem systemer.

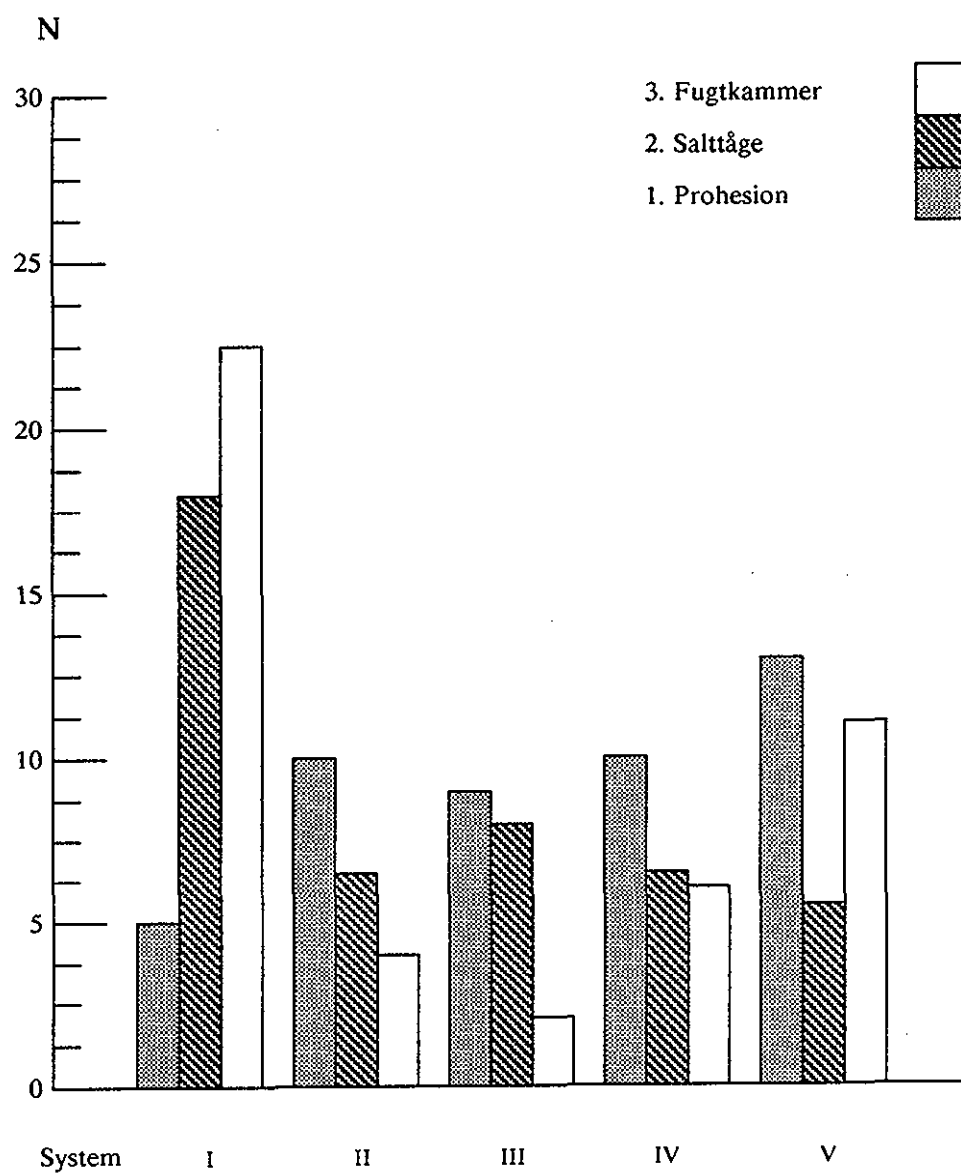
*Hårdhedsbestemmelse
ved indtrykning*

Før og efter eksponeringerne i prohesion, salttåge, fugtkammer og QUV, blev hårdheden af de fem systemer bestemt.

Hårdhedsbestemmelserne blev foretaget efter Buchholz' metode. Ved Buchholz' metode anbringes et belastet legeme af hærdet stål en hvis tid på et emne, hvor den maling man vil undersøge er påført. Påvirkningen fra stållegemet frembringer et indtrykningsmærke i overfladen og længden/størrelsen af indtrykningsmærket er et mål for overfladens hårdhed.

Resultaterne er angivet i bilag nr. 12. Som det fremgår af resultaterne er der ikke den store forskel i hårdheden for system I, III og V, der er lidt blødere end system II og IV. Efter eksponeringen er forskellen i hårdhed endnu mindre og for ingen af systemerne sker der en signifikant forringelse af filmens hårdhed under eksponeringerne.

Nedbrydningsgrad "N"



10. Sprøjteforsøg med autolakker

Som det fremgår af afsnit 9, viser laboratorieundersøgelserne af de 5 forskellige malingsystemer, at det udvalgte HS-produkt med hensyn til vejrbestandighed, korrosionsbeskyttende evne og kemikaliebestandighed er fuldt på højde med de traditionelle og mere opløsningsmiddelholdige produkter.

Malematerialer med højt tørstofindhold (som f.eks. HS-produkter) er som hovedregel vanskeligere at forstøve ved almindelig luftsprøjtning end traditionelle. Dette skyldes uden tvivl, at tørstofindholdet i en lak er proportional med den gennemsnitlige partikelstørrelse, der opnås ved forstøvning af lakken under sprøjtningen.

Det er bl.a. ovennævnte faktor, der i dag anvendes som argument for ikke at anvende HS-produkter, til trods for det mindre indhold af opløsningsmidler. Men også ringere påføringsegenskaber og dårlig finish nævnes som uheldige faktorer ved HS-produkter.

Formålet med sprøjteforsøgene er derfor, at sammenligne traditionel lak og en HS-lak med hensyn til påføringssegenskaber og opnåelig finish.

Endvidere at undersøge mulighederne for at forbedre påføringsegenskaberne og finish samt klarlægge en eventuel lakbesparelse ved anvendelse af opvarmet forstøverluft. Undersøgelser inden for andre brancher (f.eks. møbelbranchen) har vist, at netop opvarmning af forstøverluft kan give en lakbesparende effekt.

10.1 Udstyr til forsøgene

I samråd med en udstyrsleverandør blev en speciel luftvarmer taget i anvendelse ved sprøjteforsøgene, der blev foretaget på TI-O's industriværksted.

Luftvarmeren består af en rustfri stålkappe med indlagte kobberspiraler som varmelegemer. Styring af luftens temperatur sker ved hjælp af en såkaldt PID-regulator med feed-back funktion. Herved opnås, at en ændring af f.eks. luftmængden bevirker, at regulatoren ændrer den tilførte varmemængde tilsvarende, således at temperaturen fastholdes på udgangsluften.

Til forsøgene blev anvendt en almindelig luftsprøjtepi-stol med 1,5 mm dyse og overliggende kop.

To forskellige luftkapper blev taget i brug. En speciel til medium solid lakker (MS-lakker) og én til metallic-lakker.

Under forsøgene blev pistolen modificeret, således at luftgennemstrømningen blev konstant. Herved opnåedes, at luften i slangen holdt en konstant temperatur under sprøjteforsøgene.

10.2 Udvalgte lakker til sprøjteforsøg

Der blev udvalgt to typer lak til forsøgene. Én traditionel autoreparationslak med et tørstofindhold på ca. 35% og en HS-lak med et tørstofindhold på 50%. Den traditionelle lak blev endvidere sprøjtet med 10% mindre fortynder-

mængde end foreskrevet, således at der ialt blev sprøjtet med 3 lakker med forskellige tørstofindhold.

10.2.1 Anvendte standarder og målemetoder

Under forsøgene blev temperaturen af forstøverluften målt med et termo-anemometer af typen Alnor GGA-65, mens laktemperaturen blev bestemt med et almindeligt kviksølv-termometer med 1° inddeling. Øvrige parametre blev bestemt således:

- Viskositet med DIN 4 bæger og stopur, 1 min./0,2 sek.
- Lagtykkelsen efter DS/ISO 2808, pkt. 5
- Glans efter DS/ISO 2813.
- Ruhed med ruhedsmåler af typen Taylor-Hobson Taly-surf 5-120 112/1604-201 (se bilag 13).

Endelig blev tendensen til at danne "appelsinskal" (mangelde flydning) vurderet (subjektivt) efter følgende skema.

Størrelse	Profil	
	Skarp	Rund
Lille	LS	LR
Mellem	MS	MR
Stor	SS	SR

10.3 Forbehandling af prøvepladerne

Prøvepladerne blev sprøjtet med primer og herefter vådslebet for hånden. Den gennemsnitlige lagtykkelse for primeren var 30 µm.

10.4 Sprøjtning af dæklakker

Prøvepladerne blev under selve sprøjtningen af lakkerne placeret i næsten lodret stilling (80°). Hver plade blev delt op i 2 felter (A og B) og påføringsparametrene ved sprøjtning af B-feltet blev ændret i forhold til A-feltet.

Herved blev det lettere at sammenligne resultaterne af sprøjtningerne og se eventuelle forskelle i lakkens finish som følge af parameterændringer. De anvendte påføringsparametre er vist i skemaet på næste side.

Påføringsparametre

Plade nr./felt	Lak- type ¹	Luftkappe type ³	Fortynder- mængde i %	Viskositet/ Temperatur sec./°C	Lufttryk Bar	Temperatur Luft °C	Afstand til emne i mm	Antal lag	
1	A	X	Med. solid	30	14,5/25	3,8	23	200	3
	B	X	Med. solid	30	14,5/25	3,8	27	150	3
2	A	X	Med. solid	30	14,5/25	3,8	23	200	3
	B	Y	Metallic	21	17,0/25	3,8	23	200	3
3	A	X	Med. solid	30	14,5/25	3,8	23	200	3
	B ²	Y	Metallic	21	17,0/25	3,8	27	125	3
4	A	Y	Metallic	21	17,0/25	3,8	23	200	3
	B	Y	Metallic	21	17,0/25	3,8	27	125	3
5	A	Z	Med. solid	20	15,0/25	3,8	23	200	3
	B	Y	Metallic	21	17,0/25	3,8	27	100	2
6	A B	Z	Metallic	20	15,0/25	3,8	27	100	2
7	A B	Y	Metallic	21	17,0/25	5,0	27	130	2

¹ Laktyper:

X: To-komponent acryllak

Y: To-komponent HS-lak

Z: To-komponent acryllak med reduceret fortyndertilsætning

² 3. lag Påført med prøvepladen i vandret stilling

³ "Med. solid" angiver, at der er anvendt en luftkappe på sprøjtepigolen specielt beregnet til sprøjtning af medium solid lakker. Tilsvarende angiver "metallic", at der er anvendt en luftkappe specielt beregnet til sprøjtning af metallic-lakker

Selve påføringen af dæklakkerne blev foretaget af en professionel autolakerer og det umiddelbare indtryk af sprøjtning med forvarmet forstøverluft var positivt. Det viste sig bl.a., at den relativt store støvdannelse, som ofte ses ved traditionel luftforstøvning, blev reduceret mærkbart. Endvidere blev det konstateret, at det var muligt at påføre den foreskrevne lagtykkelse i færre antal sprøjtegange.

Afstanden mellem emne og sprøjtepistol kunne reduceres uden at lakkens finish blev påvirket i negativ retning. Dette betyder, at det ved sprøjtning med forvarmet forstøverluft er muligt at reducere mængden af lak, der sprøjtes forbi emnet der er ved at blive lakeret.

10.5 Resultater af sprøjteforsøgene

Efter sprøjtning og tørring af pladerne blev lakoverfladens optiske og visuelle kvalitet bedømt. Resultaterne fremgår af skemaet på side 60.

10.6 Ruhedsmåling

Efter opsprøjtningen blev pladerne bedømt med hensyn til appelsinskalseffekt efter skalaen på side 62. Da denne bedømmelse er meget subjektiv, blev der foretaget en måling af pladernes overfladeruhed for herved at få et mere objektivi målt for tendensen til at danne appelsinskal, der jo er små ujævnheder i lakfilmens overflade.

På hver af pladerne blev der foretaget måling af ruheden over en længde på 100 mm. Ruheden angives som et kurveforløb, der viser ujævnhederne i overfladen. I bilag nr. 13 er vist resultaterne fra de foretagne ruhedsmålinger.

Da sådanne kurver kun vanskeligt lader sig sammenligne, blev ruhestallet (R_u) beregnet efter følgende formel:

$$R_u = \frac{L_m}{R_t + H_p} \times 10$$

hvor:

R_u : Ruhedstallet

L_m : Målelængde

R_t : $R_{\max}$ indenfor hvert måleområde

H_p : Antal $R_{\max}$ -værdier indenfor hvert måleområde

De beregnede ruhestal er vist i skemaet på side 65.

Hvis man sammenligner de beregnede ruhestal med de tilsvarende visuelle bedømmelser, synes der at være en vis overensstemmelse, se side 66. Således har prøveplader med bedømmelse SS og SR tilsyneladende en høj R_u -værdi, mens plader med bedømmelse LS og LR har en lille R_u -værdi.

Resultater fra sprøjteforsøg

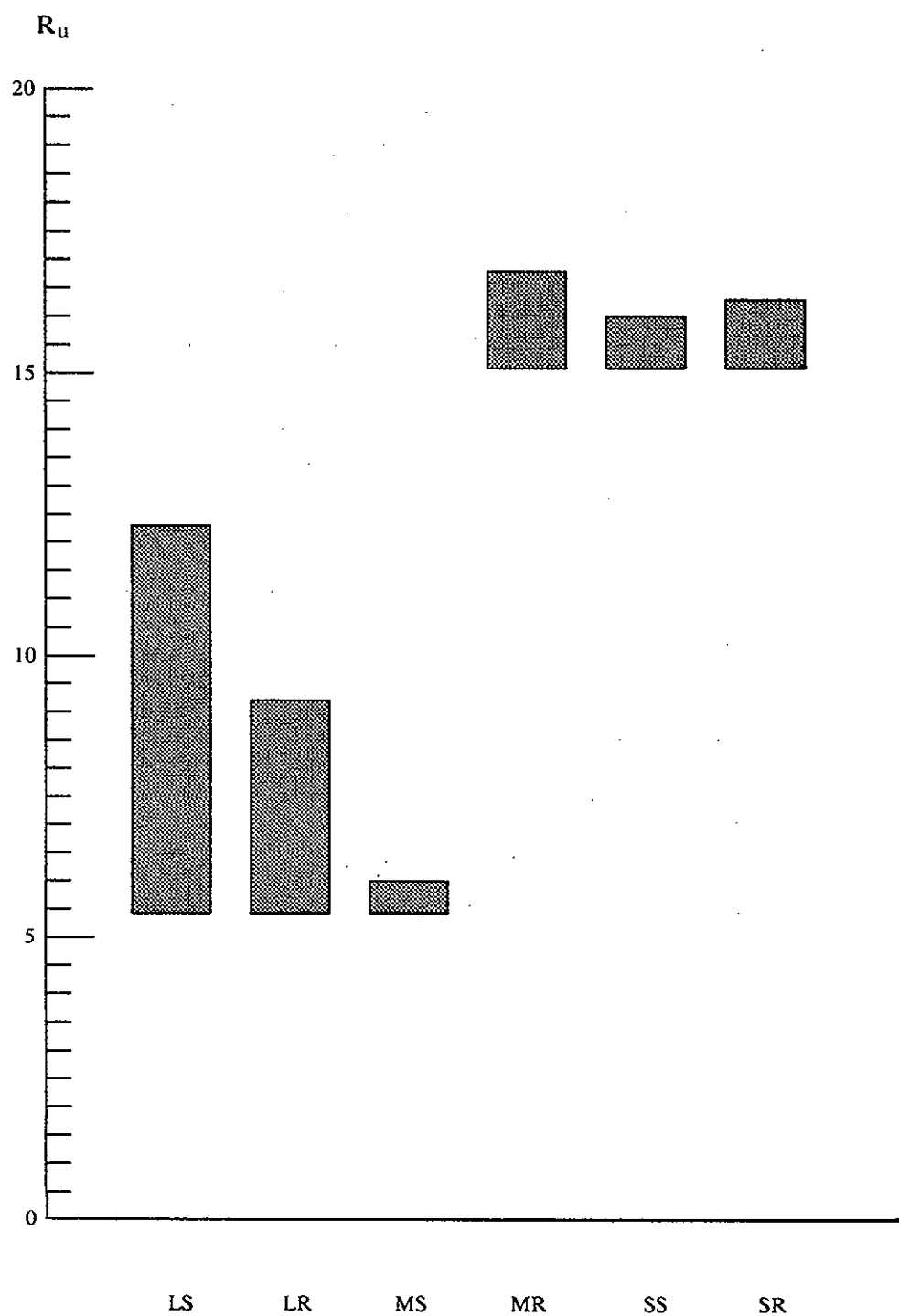
Plade nr./felt	Laktype ¹	Lagtykkelse i μm		Glans	Overfladestruktur Ruhed R_a	Bedømmelse af appelsinskalseffekt
		Gennem- snit	Min./max.			
1	A	97	79-118	90	5,97	LS
	B	121	105-135	91	5,97	MS
2	A	102	96-108	86	6,10	LR
	B	128	117-146	92	15,98	SS
3	A	113	101-122	93	8,19	LS
	B	154	136-180	96	16,38	SR
4	A	120	107-130	93	15,13	MR
	B	123	113-132	90	16,84	MR
5	A	126	116-141	91	6,24	LS
	B	98	87-108	91	12,29	LS
6	A	93	90-97	92	8,87	LS
	B Primer	31	11-41	-	-	-
7	A	94	89-101	93	9,22	LS
	B Primer	28	22-33	-	-	-

¹ Laktyper:

X: To-komponent acryllak

Y: To-komponent HS-lak

Z: To-komponent acryllak med reduceret fortyndertilsætning



Sammenhæng mellem objektiv ruhed (R_u) og subjektiv ruhed

10.7 Afprøvning af udstyr hos autolakerere

Da den første bedømmelse af varmluftudstyret var positivt, blev udstyret afprøvet på et autoværksted. Her blev udstyret anvendt til lakering af forskellige dele på personbiler og det viste sig at udstyret nok er brugbart, men at det vil væ-

re nødvendigt med forskellige justeringer, bl.a. af temperaturstyringen.

Det blev ved sprøjtning med udstyret bl.a. bemærket, at de lakerede områder fremtræder med en mere glasagtig overflade end de øvrige nylakerede arealer på bilen. Det skyldes sandsynligvis, at der ved varmluftsprøjtning sker en bedre forstøvning af malematerialerne end ved traditionel luftforstøvning.

I øvrigt kunne det konstateres, at sprøjtningen med varmluftudstyret tilsyneladende bliver vanskeliggjort ved en rumtemperatur på over 20°C, idet der er tendens til en u-hensigtsmæssig hurtig tørring. Dette problem skulle dog kunne løses ved at erstatte den anvendte fortynder med en med et mindre fordampningstal.

Eksempel på referat fra et interview med en autolakerer

Virksomheden er beliggende i et beboelseskvarter i Københavns Kommune. Afstanden til nærmeste beboelse er ca. 50 m.

Virksomheden beskæftiger x mand, og omsætter årlig for mellem x og y mill.kr. Der udføres intet pladearbejde på virksomheden, der udelukkende foretager lakeringer af personbiler og mindre varevogne.

Årligt indkøbes der malematerialer for ca. kr. x, incl. diverse hjælpematerialer som f.eks. afdækningstape, papir og lignende. De kr. x, fordeler sig således:

Spartelmasse og diverse hjælpemidler:	kr. x
Primer	kr. x
Dæklak	kr. x

Virksomheden anvender næsten udelukkende malematerialer fra én leverandør (A) og råder over eget anlæg til blanding af stamfarver.

Årligt udføres mellem 600 og 700 lakeringsopgaver og skønsmæssigt er 50% af disse to-lags lakeringer (metallic-lakeringer).

Af vigtige egenskaber ved malematerialerne blev fremhævet:

1. God fyldighed
2. Vedhæftning
3. Arbejdsegenskaber

Størrelsen af de lakeringsopgaver, der udføres, varierer meget. Ca. 80% har et omfang på 1-2 m², ca. 15% mellem 2-3 m². De resterende 5% fordeler sig ligeligt mellem større og mindre opgaver. Hellakeringer udgør ca. 1% af det totale antal lakeringer.

Den arbejdstid, der anvendes til en lakeringsopgave, er meget afhængig af opgavernes størrelse og art. I gennemsnit anvendes ca. 50% af den medgåede tid til klargøring og bundarbejde, mens de resterende 50% anvendes til sprøjtning af dæklakken og tørring. Arbejdet planlægges så vidt muligt således, at klargøring og spartling foretages dagen før den egentlige lakering. Herved undgår man at skulle vente på, at spartelmassen tørrer og man undgår at skulle efterslibe.

Af sprøjteudstyr anvendes almindelig sprøjtepistol med overkop både til grunding og finish. Virksomheden har ikke noget airless-anlæg. Virksomheden råder over en kombineret sprøjte- og tørreboks hvor lakering og tørring finder sted.

Maling- og opløsningsmiddelrester opsamles, afhentes af vognmand og sendes til destruktion. Udsugningsluften fra sprøjtekabinet ledes gennem et filtersystem, inden den gennem skorstenen sendes ud i atmosfæren. Skorstenen har en højde på ca. 20 m.

Analyse af lakker til automobilindustrien

Analysemetoder

Vægtfylde er bestemt i henhold til DS/ISO 2811-76. Indhold af ufordampeligt er bestemt i henhold til ASTM D 2369-81, procedure B.

Malingernes bindemidler er isoleret ved centrifugering og identificeret ud fra deres IR-spektrer.

Resultater

System II - primer

To-komponent primer med tilhørende hærder og fortynder

Primer

Bindemiddeltpe: Hydroxylfunktionel polyester/styren-acrylat

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{66,79 + 66,05}{2} = 66,4\%$$

Vægtfylde: 1,49 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	25
BGA	2
Methoxypropylacetat	7

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{41,28 + 41,48}{2} = 41,4\%$$

Vægtfylde: 1,00 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	22
BGA	23
Methoxypropylacetat	3
Ethylacetat	6
Solvesso 100	4

Fortynder

Opløsningsmiddel	%
Xylen	24
n-Butylacetat	12
Ethylacetat	20
Solvesso 100	23
Toluen	21

System II - Dæklak

To-komponent dæklak med tilhørende hærder og fortynder

DæklakBindemiddeltipe: Hydroxylfunktionel polyester/
styren-acrylat

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{54,25 + 54,95}{2} = 66,4\%$$

Vægtfylde: 1,06 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	39
Butyldiglycol	1
n-Butylacetat	5

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{58,81 + 58,81}{2} = 58,8\%$$

Vægtfylde: 1,03 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	10
n-Butylacetat	21
Solvesso 100	2
Uidentificeret (ca. 11 min. på polær)	ca. 8

Fortynder

Opløsningsmiddel	%
Xylen	20
n-Butylacetat	12
Methoxypropylacetat	10
Solvesso 100	14
Toluen	38
Uidentificeret (10.2 min. upolær, 7.9 min. polær)	6

System III - primer

To-komponent primer med tilhørende hærder og fortynder

Der anvendes ingen fortynder til primeren

Filler

Bindemiddeltpe: Hydroxylfunktionel styren-acrylat

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{71,20 + 70,98}{2} = 71,1\%$$

Vægtfylde: 1,60 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	14
n-Butylacetat	12
Methoxypropylacetat	3

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{11,58 + 11,78}{2} = 11,7\%$$

Vægtfylde: 0,85 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	11
Varsol 30	12
MIBK	20
1-Methoxy-2-propanol	11
n-Butanol	19
Uidentificeret (4 toppe)	15

System III - dæklak

To-komponent acryldæklak med tilhørende hærder og fortynder

Dæklak

Bindemiddeltype: Hydroxylfunktionel styren-acrylat
(indeholder reaktiv acrylat-fortynder)

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{62,32 + 62,63}{2} = 62,4\%$$

Vægtfylde: 1,00 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	7
n-Butylacetat	9
Solvesso 100	9
Varsol 30	12

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{19,61 + 19,56}{2} = 19,6\%$$

Vægtfylde: 0,91 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	11
n-Butylacetat	45
Varsol 30	4
n-Butanol	12
Butylglycolacetat	2
Uidentificeret (tid 6,8 min. upolær, ikke fundet på polær)	6

Fortynder

Opløsningsmiddel	%
Xylen	38
n-Butylacetat	35
Methoxypropylacetat	25
Toluen	2

System IV - primer
To-komponent primer med tilhørende hærder og
fortynder

Filler

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{70,79 + 69,95}{2} = 70,4\%$$

Vægtfylde: 1,51 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	12
n-Butylacetat	7
Methoxypropylacetat	5
Isopar L	6

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{39,40 + 39,52}{2} = 39,5\%$$

Vægtfylde: 0,97 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	8
n-Butylacetat	31
Toluen	21

Fortynder

Opløsningsmiddel	%
Xylen	31
n-Butylacetat	19
Solvesso 100	14
MIBK	31
BGA	5

System IV - dæklak
To-komponent acryldæklak med tilhørende hærder og fortynder

Dæklak

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{52,02 + 52,12}{2} = 52,1\%$$

Vægtfylde: 1,02 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	23
n-Butylacetat	8
Methoxypropylacetat	14
Solvesso 100	3

Hærder og fortynder som for den tilhørende primer.

System V - primer

To-komponent primer med tilhørende hærder og fortynder

Filler

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{69,92 + 69,59}{2} = 67,8\%$$

Vægtfylde: 1,61 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	7
n-Butylacetat	24
3-Methoxybutylacetat	2

Hærder

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{34,20 + 34,32}{2} = 34,3\%$$

Vægtfylde: 0,97 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	10
n-Butylacetat	13
Methoxypropylacetat	5
Ethylacetat	24
Toluen	13

Fortynder

Opløsningsmiddel	%
n-Butylacetat	38
Ethylacetat	39
Toluen	23

System V - dæklak

To-komponent acryldæklak med tilhørende hærder og fortynnder

Dæklak

$$\text{Indhold af ufordampeligt: } \frac{48,29 + 47,74}{2} = 48,2\%$$

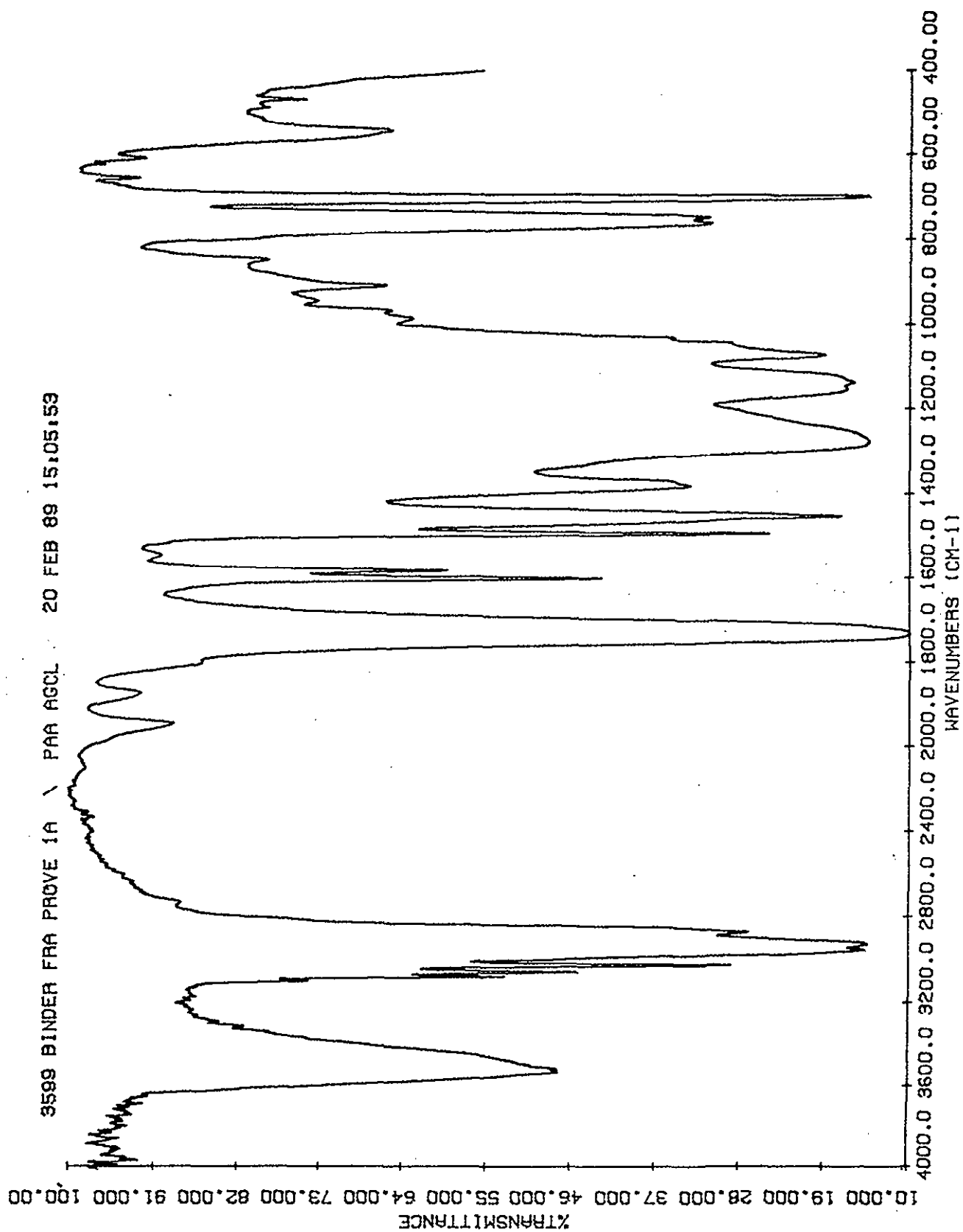
Vægtfylde: 1,00 g/cm³

Opløsningsmiddel	%
Xylen	24
n-Butylacetat	19
Solvesso 100	9

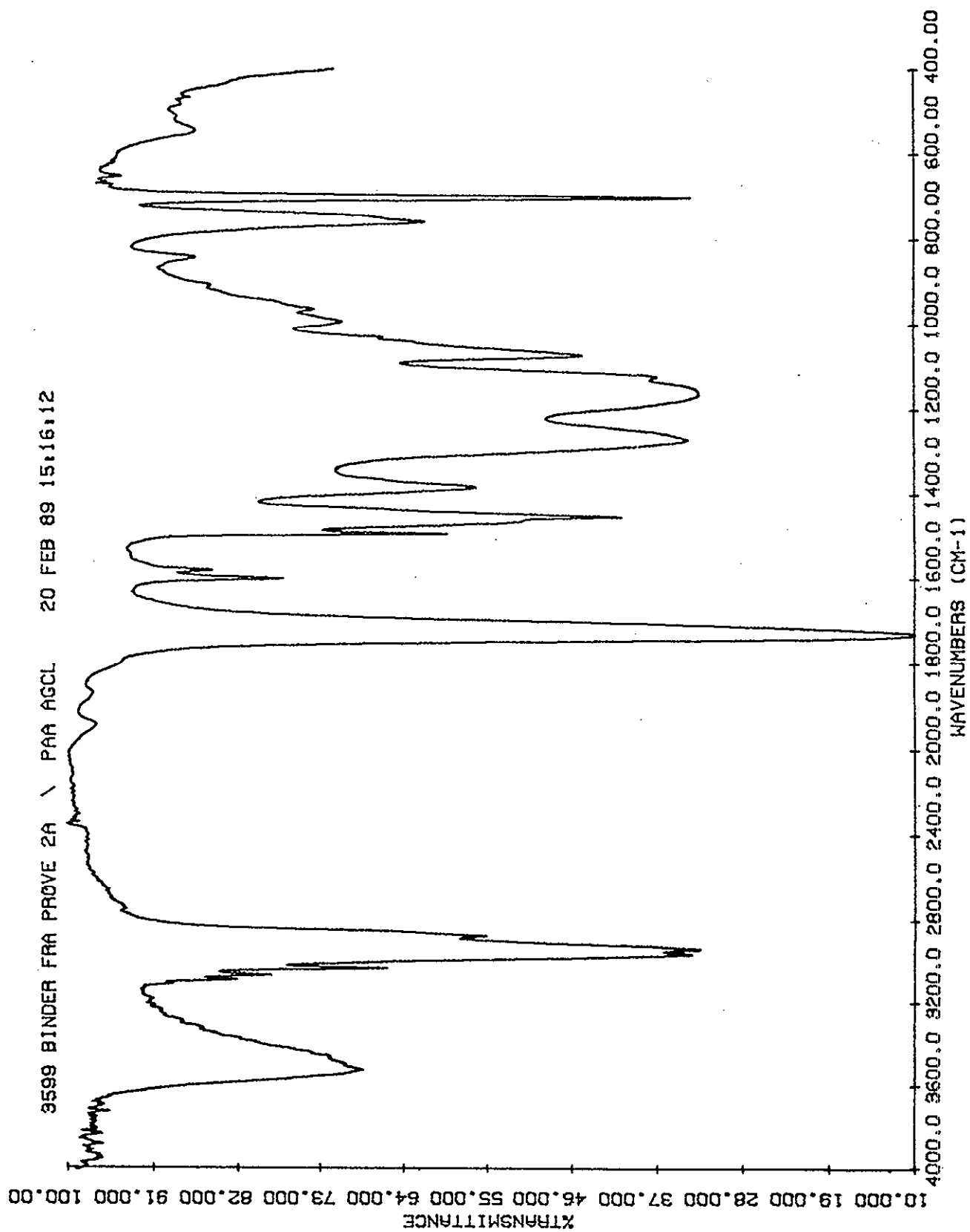
Hærder og fortynnder som for den tilhørende primer.

IR-spektrene brugt til identificering af malingernes sammensætning, er vist på efterfølgende 4 sider.

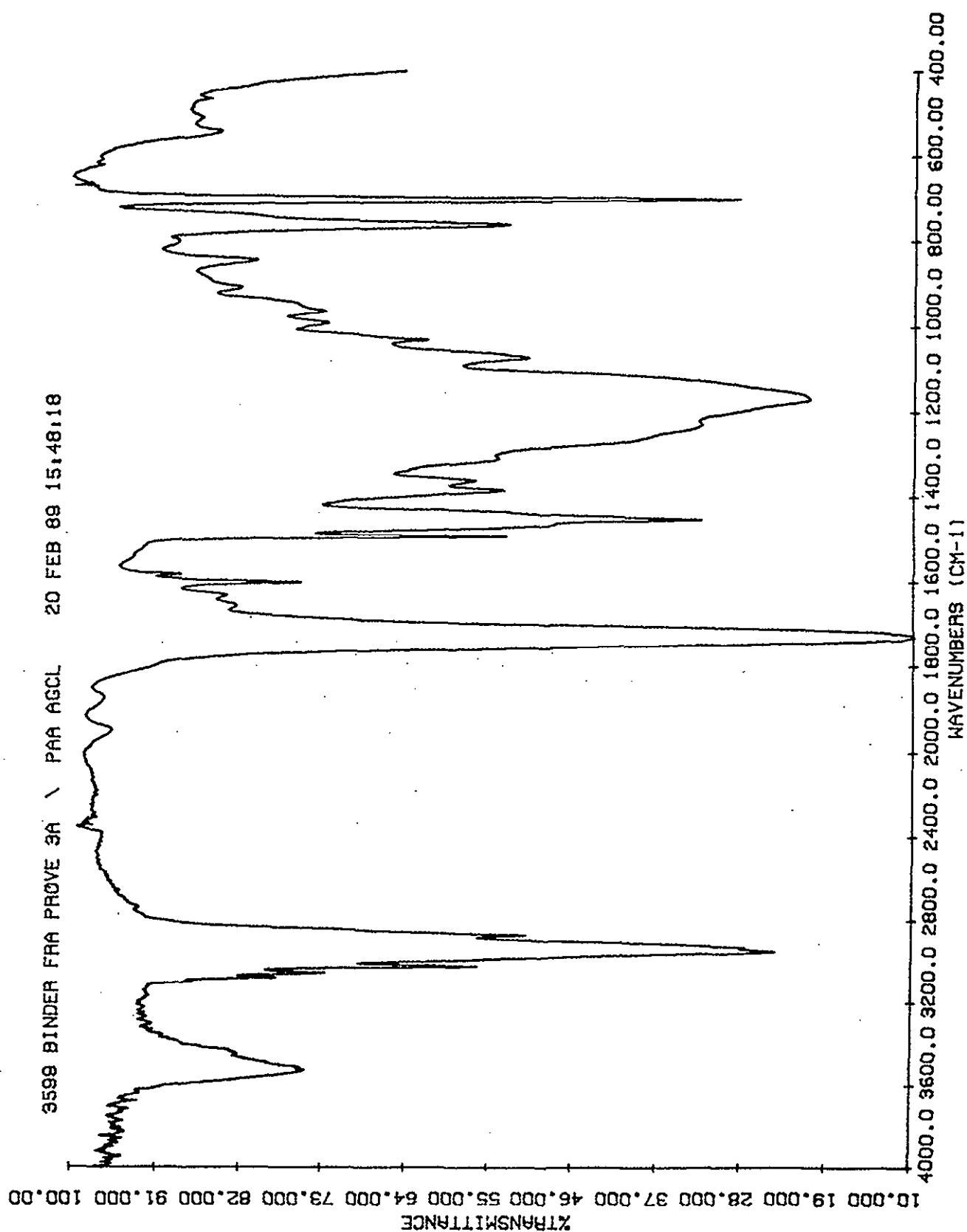
IR-spektrum for bindemidlet i prøve 1A



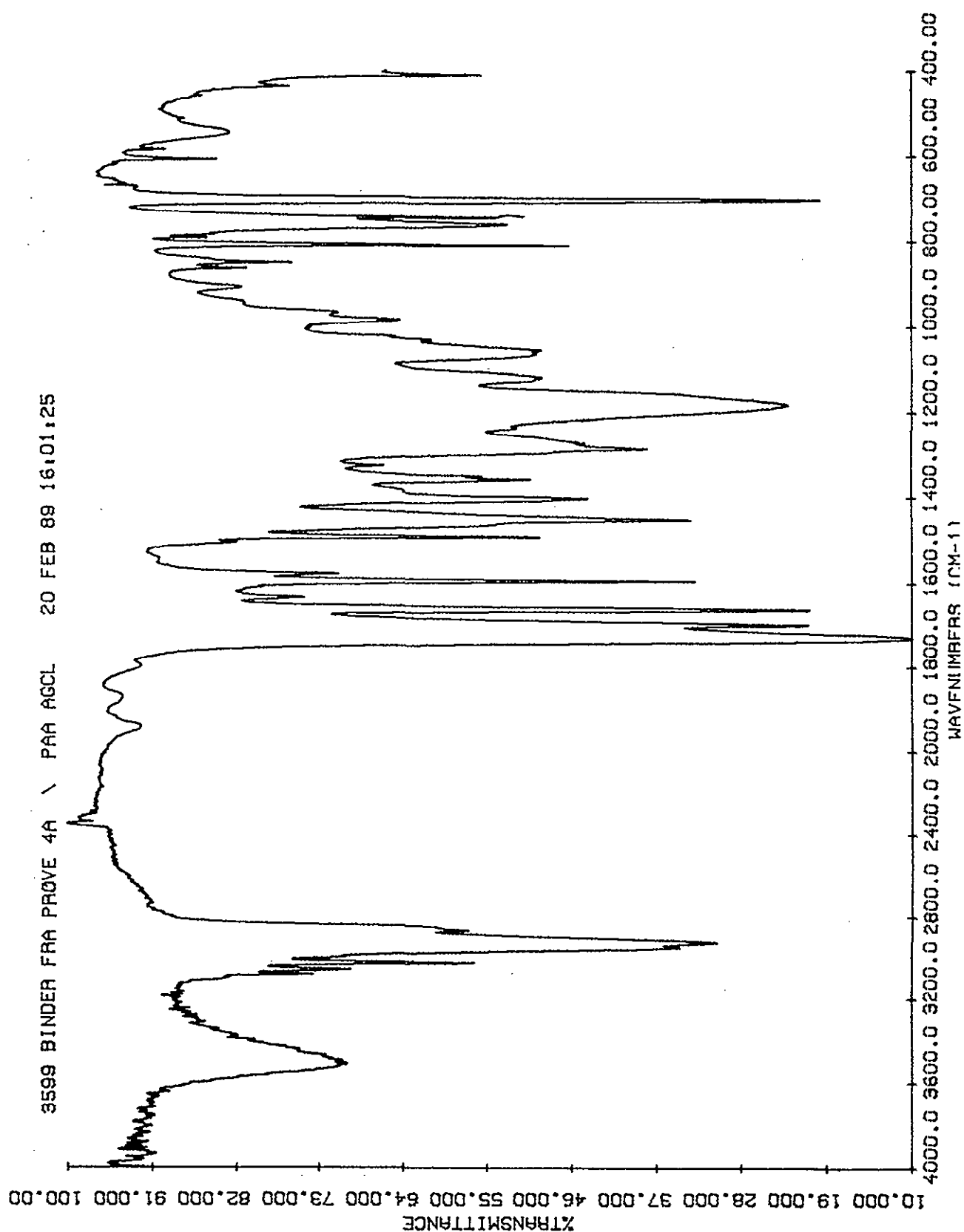
IR-spektrum for bindemidlet i prøve 2A



IR-spektrum for bindemidlet i prøve 3A



IR-spektrum for bindemidlet i prøve 4A



Tørstofindhold og opløsningsmiddelsammensætning**HS-system - primer**

Blandingsforhold: 4 dele primer, 1 del hærder, 2 dele fortynder

$$4 \text{ cm}^3 \text{ primer} \approx 4 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 = 5,96 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 5,96 \text{ g} \times 0,66 = 3,93 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$5,96 \times 0,25$	1,49
BGA	$5,96 \times 0,02$	0,12
Methoxypropylacetat	$5,96 \times 0,07$	0,42

$$1 \text{ cm}^3 \text{ hærder} \approx 1 \text{ cm}^3 \times 1,00 \text{ g/cm}^3 = 1,00 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 1,00 \text{ g} \times 0,41 = 0,41 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$1,0 \times 0,22$	0,22
BGA	$1,0 \times 0,23$	0,23
Methoxypropylacetat	$1,0 \times 0,03$	0,03
Ethylacetat	$1,0 \times 0,06$	0,06
Solvesso 100	$1,0 \times 0,04$	0,04

$$2 \text{ cm}^3 \text{ fortynder} \approx 2 \text{ cm}^3 \times 0,88 \text{ g/cm}^3 = 1,76 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$1,76 \times 0,24$	0,42
n-Butylacetat	$1,76 \times 0,12$	0,21
Ethylacetat	$1,76 \times 0,20$	0,35
Solvesso 100	$1,76 \times 0,23$	0,41
Toluen	$1,76 \times 0,21$	0,37

$$\text{Samlet vægt: } 5,96 + 1,00 + 1,76 = 8,72$$

$$\text{Tørstof: } 4,34 \text{ g} = 49,8\%$$

$$\text{Opløsningsmiddel: } 4,38$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i%
Xylen	$1,49 + 0,22 + 0,42 = 2,13$	24,4
n-Butylacetat	$0,23 + 0,21 = 0,44$	5,0
Ethylacetat	$0,06 + 0,35 = 0,41$	4,7
Methoxypropylacetat	$0,03 + 0,42 = 0,45$	5,2
Solvesso 100	$0,04 + 0,41 = 0,45$	5,2
Butylglycolacetat	0,12	1,4
Toluen	0,37	4,2

HS-system - dæklak

Blandingsforhold: 3 dele lak, 1 del hærder, 0,6 dele fortynder

$$3 \text{ cm}^3 \text{ lak} \approx 3 \text{ cm}^3 \times 1,06 \text{ g/cm}^3 = 3,18 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 3,18 \text{ g} \times 0,55 = 1,75 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$3,18 \times 0,39$	1,24
Butyldiglycol	$3,18 \times 0,01$	0,03
n-Butylacetat	$3,18 \times 0,05$	0,16

$$1 \text{ cm}^3 \text{ hærder} \approx 1 \text{ cm}^3 \times 1,03 \text{ g/cm}^3 = 1,03 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 1,03 \text{ g} \times 0,59 = 0,61 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$1,03 \times 0,10$	0,10
n-Butylacetat	$1,03 \times 0,21$	0,22
Solvesso 100	$1,03 \times 0,02$	0,02
Uidentificeret	$1,03 \times 0,08$	0,08

$$0,6 \text{ cm}^3 \text{ fortynder} \approx 0,6 \text{ cm}^3 \times 0,88 \text{ g/cm}^3 = 0,53 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$0,53 \times 0,20$	0,11
n-Butylacetat	$0,53 \times 0,12$	0,06
Methoxypropylacetat	$0,53 \times 0,10$	0,05
Solvesso 100	$0,53 \times 0,14$	0,07
Toluen	$0,53 \times 0,38$	0,21
Uidentificeret	$0,53 \times 0,06$	0,03

$$\text{Samlet vægt: } 3,18 + 1,03 + 0,53 = 4,74 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 1,75 + 0,61 \text{ g} = 2,36 = 49,8\%$$

$$\text{Opløsningsmiddel: } 2,38$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i%
Xylen	$1,24 + 0,10 + 0,11 = 1,45$	30,6
Butyldiglycol	0,03	0,6
n-Butylacetat	$0,16 + 0,22 + 0,06 = 0,44$	9,3
Solvesso 100	$0,02 + 0,07 = 0,09$	1,9
Methoxypropylacetat	0,05	1,1
Toluen	0,21	4,4
Uidentificeret (1)	0,03	0,6
Uidentificeret (2)	0,08	1,7

Isocyanatfrit system - Primer

Blandingsforhold: 2 dele primer, 1 del hærder

$$2 \text{ cm}^3 \text{ primer} \approx 2 \text{ cm}^3 \times 1,60 \text{ g/cm}^3 = 3,20 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 3,20 \text{ g} \times 0,71 = 2,27 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$3,20 \times 0,14$	0,45
n-Butylacetat	$3,20 \times 0,12$	0,38
Methoxypropylacetat	$3,20 \times 0,03$	0,10

$$1 \text{ cm}^3 \text{ hærder} \approx 1 \text{ cm}^3 \times 0,85 \text{ g/cm}^3 = 0,85 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 0,85 \text{ g} \times 0,12 = 0,10 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$0,85 \times 0,11$	0,09
n-Butylacetat	$0,85 \times 0,12$	0,10
MIBK	$0,85 \times 0,20$	0,17
1-Methoxy-2-propanol	$0,85 \times 0,11$	0,09
n-Butanol	$0,85 \times 0,19$	0,16
Uidentificeret	$0,85 \times 0,15$	0,13

$$\text{Samlet vægt: } 3,20 + 0,85 = 4,05 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 2,27 + 0,10 \text{ g} = 2,37 = 58,6\%$$

$$\text{Opløsningsmiddel: } 1,68$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i%
Xylen	$0,45 + 0,09 = 0,54$	13,3
n-Butylacetat	0,38	9,5
Methoxypropylacetat	0,10	2,5
Varsol 30	0,10	2,5
MIBK	0,17	4,2
1-Methoxy-2-propanol	0,09	2,2
n-Butanol	0,16	4,0
Uidentificeret	0,13	3,2

Isocyanatfrit system - Dæklak

Blandingsforhold: 10 dele primer, 5 dele hærder, 3 dele fortynder

$$10 \text{ cm}^3 \text{ lak} \approx 10 \text{ cm}^3 \times 1,0 \text{ g/cm}^3 = 10,0 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 10,0 \text{ g} \times 0,63 = 6,30 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$10,0 \times 0,07$	0,7
n-Butylacetat	$10,0 \times 0,09$	0,9
Solvesso 100	$10,0 \times 0,09$	0,9
Varsol 30	$10,0 \times 0,12$	1,2

$$5 \text{ cm}^3 \text{ hærder} \approx 5 \text{ cm}^3 \times 0,91 \text{ g/cm}^3 = 4,55 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 4,55 \text{ g} \times 0,20 = 0,91 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$4,55 \times 0,11$	0,50
n-Butylacetat	$4,55 \times 0,45$	2,05
Varsol 30	$4,55 \times 0,04$	0,18
n-Butanol	$4,55 \times 0,12$	0,55
Butylglycolacetat	$4,55 \times 0,02$	0,09
Uidentificeret	$4,55 \times 0,06$	0,27

$$3 \text{ cm}^3 \text{ fortynder} \approx 3 \text{ cm}^3 \times 0,88 \text{ g/cm}^3 = 2,64 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$2,64 \times 0,38$	1,00
n-Butylacetat	$2,64 \times 0,35$	0,92
Methoxypropylacetat	$2,64 \times 0,25$	0,66
Isopar L	$2,64 \times 0,02$	0,06

$$\text{Samlet vægt: } 10,0 + 4,55 + 2,64 = 17,19 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 6,30 + 0,91 \text{ g} = 7,21 = 42\%$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i%
Xylen	$0,07 + 0,50 + 1,00 = 2,2$	12,8
n-Butylacetat	$0,9 + 2,05 + 0,92 = 3,87$	22,5
Solvesso 100	0,09	5,2
Varsol 30	$1,2 + 0,18 = 1,38$	8,0
n-Butanol	0,55	3,2
Butylglycolacetat	0,09	0,5
Methoxypropylacetat	0,66	3,9
Isopar L	0,06	0,3
Uidentificeret	0,27	1,6

Acrylsystem - Filler

Blandingsforhold: 3 dele primer, 1 del hærder, $\frac{3}{4}$ dele fortynder

$$3 \text{ cm}^3 \text{ filler} \approx 3 \times 1,51 \text{ cm}^3 = 4,53 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 4,53 \text{ g} \times 0,70 = 3,17 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$4,53 \times 0,12$	0,54
n-Butylacetat	$4,53 \times 0,07$	0,32
Methoxypropylacetat	$4,53 \times 0,05$	0,23
Isopar L	$4,53 \times 0,06$	0,27

$$1 \text{ cm}^3 \text{ hærder} \approx 1 \text{ cm}^3 \times 0,97 \text{ g/cm}^3 = 0,97 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 0,97 \text{ g} \times 0,40 = 0,39 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$0,97 \times 0,08$	0,08
n-Butylacetat	$0,97 \times 0,31$	0,30
Methoxypropylacetat	$0,97 \times 0,21$	0,20

$$\frac{3}{4} \text{ cm}^3 \text{ fortynder} \approx 0,75 \text{ cm}^3 \times 0,88 \text{ g/cm}^3 = 0,66 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$0,66 \times 0,31$	0,20
n-Butylacetat	$0,66 \times 0,19$	0,13
Salvesso 100	$0,66 \times 0,14$	0,09
MIBK	$0,66 \times 0,31$	0,20
BGA	$0,66 \times 0,05$	0,03

$$\text{Samlet vægt: } 4,53 + 0,97 + 0,66 = 6,16 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 3,17 + 0,37 \text{ g} = 3,56 = 57,8\%$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i%
Xylen	$0,54 + 0,08 + 0,20 = 0,82$	13,3
n-Butylacetat	$0,32 + 0,30 + 0,13 = 0,75$	12,2
Methoxypropylacetat	$0,23 + 0,20 = 0,43$	7,0
Isopar L	0,27	4,4
Solvesso 100	0,09	1,5
MIBK	0,20	3,2
BGA	0,03	0,5

Acrylsystem - Dæklak

Blandingsforhold: 2 dele lak, 1 del hærder, 1 del fortynder

$$2 \text{ cm}^3 \text{ lak} \approx 2 \text{ cm}^3 \times 1,02 \text{ g/cm}^3 = 2,04 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 2,04 \text{ g} \times 0,52 = 1,06 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$2,04 \times 0,23$	0,47
n-Butylacetat	$2,04 \times 0,08$	0,16
Methoxypropylacetat	$2,04 \times 0,14$	0,29
Solvesso 100	$2,04 \times 0,03$	0,06

$$1 \text{ cm}^3 \text{ fortynder} \approx 1 \text{ cm}^3 \times 0,88 \text{ g/cm}^3 = 0,88 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	g × vægt%	g
Xylen	$0,88 \times 0,31$	0,27
n-Butylacetat	$0,88 \times 0,19$	0,17
Solvesso 100	$0,88 \times 0,14$	0,12
MIBK	$0,88 \times 0,31$	0,27
BGA	$0,88 \times 0,05$	0,04

$$\text{Samlet vægt: } 2,04 + 0,97 + 0,88 = 3,89 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 1,06 + 0,39 \text{ g} = 1,45 = 37,3\%$$

Opløsningsmiddel		Sammen- sætning i%
Xylen	$0,47 + 0,08 + 0,27 = 0,82$	21,1
n-Butylacetat	$0,16 + 0,30 + 0,17 = 0,63$	16,2
Methoxypropylacetat	$0,29 + 0,20 = 0,49$	12,6
Solvesso 100	$0,06 + 0,12 = 0,18$	4,6
MIBK	0,27	7,0
BGA	0,04	1,0

PUR/Acryl - Primer

Blandingsforhold: 4 dele filler, 1 del hærder, 1 del fortynder

$$40 \text{ dele filler} \approx 40 \text{ cm}^3 \times 1,61 \text{ g/cm}^3 = 64,4 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 64,4 \text{ g} \times 0,67 = 43,15$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$64,4 \times 0,07$	4,51
n-Butylacetat	$64,4 \times 0,24$	15,46
3-Methoxybutylacetat	$64,4 \times 0,02$	1,29

$$10 \text{ dele hærder} \approx 10 \text{ cm}^3 \times 0,97 \text{ g/cm}^3 = 9,7 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 9,7 \text{ g} \times 0,35 = 3,40$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$9,7 \times 0,10$	0,97
n-Butylacetat	$9,7 \times 0,13$	1,26
Methoxypropylacetat	$9,7 \times 0,05$	0,48
Ethylacetat	$9,7 \times 0,24$	2,33
Toluen	$9,7 \times 0,13$	1,26

$$10 \text{ dele fortynder} \approx 10 \text{ cm}^3 \times 0,87 \text{ g/cm}^3 = 8,7 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
n-Butylacetat	$8,7 \times 0,38$	3,30
Ethylacetat	$8,7 \times 0,39$	3,40
Toluen	$8,7 \times 0,23$	2,00

$$\text{Samlet vægt: } 64,4 + 9,7 + 8,7 = 82,8 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 43,15 + 3,40 \text{ g} = 46,55 = 56,2\%$$

Opløsningsmiddel		Sammen-sætning i %
Xylen	$4,51 + 0,97 = 5,48$	6,6
n-Butylacetat	$15,46 + 1,26 + 3,30 = 20,02$	24,2
3-Methoxybutylacetat	1,29	1,6
Methoxypropylacetat	0,48	0,6
Ethylacetat	$2,33 + 3,40 = 5,73$	6,9
Toluen	$1,26 + 2,00 = 3,26$	3,9

PUR/Acryl - Dæklak

Blandingsforhold: 10 dele lak, 5 dele hærder, 3 dele fortynder

$$10 \text{ dele lak} \approx 10 \text{ cm}^3 \times 1,0 \text{ g/cm}^3 = 10,0 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 10,0 \text{ g} \times 0,48 = 4,8$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$10,0 \times 0,24$	2,4
n-Butylacetat	$10,0 \times 0,19$	1,9
Solvesso 100	$10,0 \times 0,09$	0,9

$$5 \text{ dele hærder} \approx 5 \text{ cm}^3 \times 0,97 \text{ g/cm}^3 = 4,85 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 4,85 \text{ g} \times 0,35 = 1,70$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
Xylen	$4,85 \times 0,10$	0,49
n-Butylacetat	$4,85 \times 0,13$	0,63
Methoxypropylacetat	$4,85 \times 0,05$	0,24
Ethylacetat	$4,85 \times 0,24$	1,16
Toluen	$4,85 \times 0,13$	0,63

$$3 \text{ dele fortynder} \approx 3 \text{ cm}^3 \times 0,87 \text{ g/cm}^3 = 2,61 \text{ g}$$

Opløsningsmiddel	$\text{g} \times \text{vægt\%}$	g
n-Butylacetat	$2,61 \times 0,38$	1,00
Ethylacetat	$2,61 \times 0,39$	1,01
Toluen	$2,61 \times 0,23$	0,60

$$\text{Samlet vægt: } 10,0 + 4,85 + 2,61 = 17,46 \text{ g}$$

$$\text{Tørstof: } 4,8 + 1,70 \text{ g} = 6,50 = 37,2\%$$

Opløsningsmiddel		Sammen- sætning i%
Xylen	$2,40 + 0,49 = 2,89$	16,6
n-Butylacetat	$1,90 + 0,63 + 1,00 = 3,53$	20,2
Solvesso 100	0,9	5,2
Methoxypropylacetat	0,24	1,4
Ethylacetat	$1,16 + 1,01 = 2,17$	12,4
Toluen	$0,60 + 0,63 = 1,23$	7,0

Vandigt system - Primer**Indhold af ufordampeligt: 63,6%**

Opløsningsmiddel	vægt%
BGA	0,11
Butylglycol	0,75
Vand	35,53

Vandigt system - Dæklak**Indhold af ufordampeligt: 46,9%**

Opløsningsmiddel	vægt%
Ethanol	0,33
N-Methylpyrrolidon	18,93
Vand	33,84

Beskrivelse af prøvningsmetoder

Hårdhedsbestemmelse (v/Buchholz' metode)

Metoden anvendes til bestemmelse af hårdheden af overfladelag bestående af ét eller flere lag maling/lak. Et belastet legeme af hærdet stål anbringes en vis tid på prøveemnets overflade, hvorved der opstår et indtrykningsmærke. Længden/størrelsen af dette er et mål for overfladens hårdhed.

Væskemodstandsdygtighed

Væskepåvirkning sker dels under benyttelse af absorberende medium (ring), dels ved frivillig fordampning af væsken (dråbe).

Overfladen udsættes for 4 døgns påvirkning ved 23°C med:

1. Svovlsurt vand, pH = 3,5
2. Benzin, oktan 98
3. Benzin, blyfri
4. Vejsalt-opløsning
5. Demineraliseret vand

Glansmåling

Bestemmelse af spejlgans af ikke-metalliske malingfilm.

Apparat:

Byk-Mallinckrodt Labor-Glanzmesser "Single Gloss", 60° vinkel.

Glansbetegnelser

Betegnelse	Glans
Helmat	0-5
Mat	5-10
Halvmat ("silkeglans")	10-30
Halvblank ("dæmpet glans")	30-60
Blank	60-90
Helblank ("højglans")	over 90

Kulørmåling

Kuløren måles og kulørændring udregnes.

Apparat:

Minolta CR-231 45°/0°
CIELAB koordinater. D 65 belysning.

$$\text{Kulørændring } \Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

*Vedhæftning ved
Saeberg Trækprøve*

Metoden anvendes til bestemmelse af malebehandlings vedhæftning samt den indre sammenhængsstyrke i malingfilm og underlag.

På den malede overflade limes træklegemer af stål. Når limen er hærdet aftrækkes legemerne med et trækprøveapparat og den anvendte trækraft registreres. Udseendet og placering af bruddet beskrives.

*Vedhæftning ved
gittersnit*

Metoden anvendes bl.a. til bestemmelse af malingfilms vedhæftning til underlaget.

Med kniv eller gittersnitapparat skæres 6 parallelle snit ned til underlaget og vinkelret herpå 6 tilsvarende snit, således at der opstår en firkant bestående af små kvadratiske felter. Ovenpå snittene klæbes tape og den afrites med et hurtigt ryk. Vedhæftningen bedømmes efter hvor meget af malingen der er tilbage efter afrivningen af tapen. Resultater angives efter en 6-trins klassifikation:

Beskrivelse	Klassifikation
Snitrundene skal være fuldstændigt glatte. Intet kvadrat i gitteret løsnet.	0
I snittenes skæringspunkter er små stykker af malingfilmen løsnet. Op til 5% af filmen er løsnet.	1
Filmen er løsnet langs snitrunde og/eller i snittenes skæringspunkter. Mellem 5 og 15% af filmen er løsnet	2
Filmen er løsnet helt eller delvis i brede striber langs snitrunde og/eller enkelte kvadrater er løsnet. Mellem 15 og 35% af filmen er løsnet.	3
Filmen er løsnet i brede striber langs snitrunde og/eller enkelte kvadrater er løsnet. Mellem 35 og 65% af filmen er løsnet.	4
Enhver form for afflagning, der end ikke kan blive klassificeret ved klassifikation 4.	5

Glansmåling før og efter eksponering
DS/ISO 2813, 60° vinkel

Eksponeringstid i QUV-kammer (timer)	System nr.				
	I	II	III	IV	V
Ueksponeret	87 86 87	93 93 93	96 96 97	93 93 93	92 91 91
250	55 39 57	93 93 92	95 95 95	92 92 92	91 91 91
500	6 5 8	86 86 86	103 109 109	66 61 67	91 90 91
750	4 4 4	44 35 44	51 56 64	24 22 26	91 89 90
1000	3 3 4	6 6 6	47 54 51	2 2 3	89 88 89

NB! Resultaterne er gennemsnit af 5 målinger

Kulørmåling før og efter eksponering
DS/ISO 7724

System nr.	Eksponeringstid i QUV-kammer (timer)																		
	Ueksponeret			250				500				750				1000			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
I	47,14	62,68	67,52	50,57	56,67	48,28	20,45	51,34	54,32	49,78	20,06	50,39	53,05	51,90	18,63	50,40	53,02	53,64	17,21
	47,10	62,68	67,57	50,92	55,98	48,07	20,97	51,13	54,03	50,07	19,93	50,37	53,28	52,39	18,15	50,34	52,85	53,87	17,17
	46,89	62,44	67,23	50,28	57,17	48,72	19,55	51,20	54,16	49,64	19,91	50,40	53,61	52,08	17,88	50,33	53,45	53,86	16,48
II	49,85	-36,08	33,89	49,71	-35,48	32,95	1,12	50,36	-34,52	31,70	2,73	53,29	-30,90	26,49	9,66	55,48	-28,26	23,60	14,10
	49,85	-36,11	33,87	49,73	-35,58	33,69	0,57	50,23	-34,69	31,95	2,42	53,48	-30,42	25,76	10,55	55,38	-28,42	23,90	13,75
	49,84	-36,44	33,90	49,74	-35,55	33,24	0,87	50,21	-34,58	31,94	2,52	53,19	-30,99	26,51	9,60	55,39	-28,45	23,80	13,84
III	10,74	36,41	12,69	10,82	35,66	12,93	0,79	14,59	29,03	11,30	8,43	18,66	24,71	11,47	14,18	19,81	23,15	12,10	16,08
	11,54	36,87	13,21	11,32	36,45	13,46	0,53	14,71	30,46	11,88	7,27	19,08	25,13	11,73	14,03	20,50	23,17	12,51	16,38
	11,16	36,98	13,28	11,26	36,39	13,48	0,63	14,33	30,99	12,16	6,87	18,64	25,88	11,43	13,52	20,14	23,81	12,36	15,97
IV	16,96	8,23	-26,77	17,18	7,47	-26,25	0,94	31,25	3,57	-20,26	16,38	36,11	2,73	-18,68	21,51	36,48	1,81	-18,70	22,08
	16,91	8,15	-26,79	17,19	7,43	-26,25	0,94	32,89	3,34	-19,90	18,05	36,43	2,73	-18,58	21,86	36,63	1,61	-18,58	22,34
	16,95	8,16	-26,76	17,19	7,45	-26,33	0,86	30,18	3,87	-20,71	15,16	36,36	2,76	-18,65	21,72	36,31	1,86	-18,53	21,96
V	36,08	64,92	51,79	36,68	63,84	51,18	1,31	35,76	63,95	50,64	1,54	35,74	63,74	50,18	2,02	35,74	63,30	48,97	3,27
	36,04	65,38	52,41	35,61	63,96	51,42	1,78	35,68	64,15	51,09	1,84	35,59	63,76	50,31	2,68	36,66	63,30	48,69	4,28
	35,84	65,10	52,14	35,53	63,98	51,16	1,52	35,52	64,01	50,58	1,93	35,64	63,38	49,92	2,81	35,53	63,30	48,74	3,86

* Resultaterne er gennemsnit af 3 målinger

Korrosionsbestandighed

Eksponering: Fugtkammer

Maling-system	Eksponeringstid i timer	Bedømmelse			
		Rust flade	Blærer flade	mm rust snit lodret/vandret	mm blærer snit lodret/vandret
I	94	Ri 1	S4, G4	$< \frac{1}{2}$	3-8
	192	Ri 1	S4, G3	$< \frac{1}{2}$	4-8
	336	Ri 1	S4, G3	$< \frac{1}{2}$	
II	94	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0
	192	Ri 0	Note 1	$< \frac{1}{2}$	1/1-2
	336	Ri 0	Note 1	$< \frac{1}{2}$	1/1-2
III	94	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0
	192	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0
	336	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0/0-1
IV	94	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	1
	192	Ri 0	Note 1	$< \frac{1}{2}$	2
	336	Ri 0	Note 1	$< \frac{1}{2}$	2-3/2
V	94	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0- $\frac{1}{2}$
	192	Ri 0	S2, G2	$< \frac{1}{2}$	1-2
	336	Ri 0	S3, G3	$< \frac{1}{2}$	1-5

Note 1: På et mindre område - S2, G4

Korrosionsbestandighed

Eksposering: Salttågekammer

		Bedømmelse			
Maling-system	Ekspone-ringstid i timer	Rust flade	Blærer flade	mm rust snit lodret/vandret	mm blærer snit lodret/vandret
I	94	Ri 0	S2, G3	$< \frac{1}{2}$	0
	335	Ri 0	S2, G4	$\frac{1}{2}-1$	5
	503	Ri 1	S2, G5	$\frac{1}{2}-1$	5-8
II	94	Ri 0-1	0	$< \frac{1}{2}$	0-3
	335	Ri 0-1	0	$\frac{1}{2}-1$	0-5/0-2
	503	Ri 0-1	S2, G2	$\frac{1}{2}-1$	1-7/0-3
III	94	Ri 0-1	0	$\frac{1}{2}-1 / < \frac{1}{2}$	0
	335	Ri 0-1	0	$1/\frac{1}{2}-1$	0-7
	503	Ri 0-1	0	$1-3/\frac{1}{2}-1$	0-10/0-8
IV	94	Ri 0-1	-	$< \frac{1}{2}$	1-2
	335	Ri 0-1	-	$\frac{1}{2}-1$	1-2
	503	Ri 0-1	S2, G2	$\frac{1}{2}-1$	1-3
V	94	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	2-4/0-5
	335	Ri 0	0	$\frac{1}{2}-1$	7
	503	Ri 0-1	S2, G1	$\frac{1}{2}-1$	7-9

Ri 0-1: Omsat til Ka = 1

Korrosionsbestandighed

Eksposering: Prohesionkammer

		Bedømmelse			
Maling-system	Ekspone-ringstid i timer	Rust flade	Blærer flade	mm rust snit lodret/vandret	mm blærer snit lodret/vandret
I	95	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0-1
	519	Ri 0	0	0-3	2-3
	1024	Ri 1	Note 1	0-3	2-4
II	95	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0-1/2-3
	519	Ri 0	0	0-3	2-5/2-7
	1024	Ri 0	0	0-3	5-7/5-14
III	95	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0-1
	519	Ri 0	0	0-2/0-3	3-6
	1024	Ri 0	0	0-3/0-4	2-8/3-9
IV	95	Ri 0	0	0	0
	519	Ri 0	0	0-2	3-7
	1024	Ri 0	Note 1	0-2	3-8
V	95	Ri 0	0	$< \frac{1}{2}$	0-3
	519	Ri 0	0	0-1	3-7
	1024	Ri 0	0	0-2	4-10/4-13

Note 1: Mindre område med blærer findes

Kemialiebestandighed, våd bedømmelse

System I: Én-komponent vandig

Eksposering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	5	2 ¹	6	6	5	5 ³	3	5	6	2 ¹	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Benzin Oktan 98	5	5 ²	6	6	5	5 ²	6	6	6	6	6	6	5	4 ⁴	6	6	5	4 ⁴	6	6
Benzin Blyfri	5	5 ²	6	6	4	3 ²	6	6	6	6	6	6	5	4 ⁴	6	6	5	4 ⁴	6	6
Vejsaltopløsning	6	6	6	6	4	5 ²	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Demineraliseret vand	5	2 ¹	6	5	6	6	6	6	6	2 ¹	6	6	5	4 ¹	6	5	6	6	6	6
Gennemsnit	5,2	4,0	6,0	5,8	4,8	4,8	5,4	5,6	6,0	4,4	6,0	6,0	5,4	4,8	6,0	5,8	5,6	5,2	6,0	6,0
9,2 11,8 9,6 11,0 10,4 12,0 10,2 11,8 10,8 12,0																				

- 1) Blærer
- 2) Blød
- 3) Mat
- 4) Blød, skjoldet

Vurderingsskala:

Ikke påvirket
Meget ringe påvirket
Påvirket

= 6
= 5
= 4

Kraftig påvirket
Meget kraftig påvirket
Overfladen ødelagt

= 3
= 2
= 1

Kemialiebestandighed, våd bedømmelse

System II: To-komponent high solid

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	6	6	6	6	6	6	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Benzin Oktan 98	6	4 ¹	6	6	4	2 ²	6	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6
Benzin Blyfri	6	4 ¹	6	6	4	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6
Vejsaltopløsning	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	3 ²	6	6	6	6	6	6	6	6
Demineraliseret vand	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4 ³	6	6	6	6	6	6
Gennemsnit	6,0	5,2	6,0	6,0	4,8	4,8	5,6	5,8	6,0	5,2	6,0	5,4	6,0	4,8	6,0	6,0	6,0	4,8	6,0	6,0
	11,2		12,0		9,6		11,4		11,2		11,6		10,8		12,0		10,8		12,0	

- 1) Blærer
- 2) Blød
- 3) Mat

Kemialiebestandighed, våd bedømmelse

System III: To-komponent isocyanatfri

Eksposering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Benzin Oktan 98	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	4	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	5	6	4 ¹	6	5
Benzin Blyfri	6	4	6	6	6	4 ¹	4	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	5	6	4 ¹	6	5
Vejsaltopløsning	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Demineraliseret vand	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Gennemsnit	6,0	5,2	6,0	6,0	6,0	5,2	5,0	6,0	6,0	5,2	6,0	6,0	6,0	5,2	6,0		6,0	4,8	6,0	6,0
	11,2		12,0		9,6		11,4		11,2		11,6		10,8		12,0		10,8		12,0	

1) Blærer

Kemialiebestandighed, våd bedømmelse

System IV: To-komponent acryl

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	6	6	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Benzin Oktan 98	6	6	6	6	3	6	5	6	6	3 ¹	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Benzin Blyfri	6	6	6	6	4	6	5	6	6	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Vejsaltopløsning	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Demineraliseret vand	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Gennemsnit	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	6,0	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	12,0		12,0		10,0		11,4		12,0		12,0		12,0		12,0		12,0		12,0	

1) Krakelering

Kemialiebestandighed, våd bedømmelse

System V: To-komponent polyurethan/acryl

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	6	6	6	6	6	3 ²	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4 ¹	6	6
Benzin Oktan 98	6	4 ¹	6	6	6	5 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6	6	4 ¹	6	6	6	3 ²	6	6
Benzin Blyfri	6	4	6	6	6	6	6	6	6	4 ¹	6	6	6	5 ¹	6	6	6	4 ²	6	6
Vejsaltopløsning	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Demineraliseret vand	6	6	6	6	6	5 ²	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4 ²	6	6
Gennemsnit	6,0	5,2	6,0	6,0	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	4,8	6,0	6,0	6,0	5,4	6,0	6,0	6,0	4,2	6,0	6,0
	11,2		12,0		11,0		12,0		10,8		12,0		11,4		12,0		10,2		12,0	

- 1) Krakelering
- 2) Blærer

Kemialiebestandighed, tør bedømmelse

System I: Én-komponent vandig

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Kemikalie	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Svovlsurt vand pH = 2	6	4 ¹			5	6			6	3 ¹			6	6			6	6		
Benzin Oktan 98	5	5 ²			5	6			6	6			5	4 ²			5	4 ²		
Benzin Blyfri	5	5			5	3			6	6			5	4 ²			5	4 ²		
Vejsaltopløsning	6	6			4	6			6	6			6	6			6	6		
Demineraliseret vand	6	3 ¹			6	6			6	3 ¹			6	4			6	6		
Gennemsnit	5,6	4,6			5,0	5,4			6,0	4,8			5,6	4,8			5,6	5,2		

- 1) Blærer
2) Skjoldet

Kemialiebestandighed, tør bedømmelse

System II: To-komponent high solid

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Kemikalie																				
Svovlsurt vand pH = 2	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Benzin Oktan 98	6	5			4	3			6	6			6	5 ¹			6	5 ¹		
Benzin Blyfri	6	6			4	6			6	6			6	5 ¹			6	6		
Vejsaltopløsning	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Demineraliseret vand	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Gennemsnit	6,0	5,8			5,2	5,4			6,0	6,0			6,0	5,6			6,0	5,8		

1) Blød

Kemialiebestandighed, tør bedømmelse

System III: To-komponent isocyanatfri

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Kemikalie																				
Svovlsurt vand pH = 2	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Benzin Oktan 98	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Benzin Blyfri	6	5 ¹			6	6			6	6			6	6			6	6		
Vejsaltopløsning	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Demineraliseret vand	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Gennemsnit	6,0	5,8			6,0	6,0			6,0	6,0			6,0	6,0			6,0	6,0		
11,8				12,0				12,0				12,0				12,0				

1) Blød

Kemialiebestandighed, tør bedømmelse

System IV: To-komponent acryl

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Kemikalie																				
Svovlsurt vand pH = 2	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Benzin Oktan 98	6	6			4	6			6	3 ¹			6	6			6	6		
Benzin Blyfri	6	6			5	6			6	3 ¹			6	6			6	6		
Vejsaltopløsning	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Demineraliseret vand	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Gennemsnit	6,0	6,0			5,4	6,0			6,0	4,8			6,0	6,0			6,0	6,0		

1) Krakelering

Kemialiebestandighed, tør bedømmelse

System V: To-komponent polyurethan/acryl

Eksponering	Ueksponeret				QUV 1000 timer				Prohesion 519 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe		Ring		Dråbe	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
Kemikalie																				
Svovlsurt vand pH = 2	6	6			6	6			6	6			6	6			6	5 ¹		
Benzin Oktan 98	6	5 ¹			6	6			6	5 ²			6	6			6	4 ¹		
Benzin Blyfri	6	5 ¹			6	6			6	5			6	6			6	5 ²		
Vejsaltopløsning	6	6			6	6			6	6			6	6			6	6		
Demineraliseret vand	6	6			6	6			6	6			6	6			6	5		
Gennemsnit	6,0	5,6			6,0	6,0			6,0	5,6			6,0	6,0			6,0	5,0		
11,6				12,0				11,6				12,0				11,0				

1) Blærer

2) Blød

mm² underrust ved snit

System nr.	Prohesion 1024 timer	Saltvandståge 503 timer	Fugtkammer 336 timer
I	240 mm ²	Note 1	Note 1
II	600 mm ²	120 mm ²	75 mm ²
III	420 mm ²	220 mm ²	40 mm ²
IV	525 mm ²	120 mm ²	115 mm ²
V	660 mm ²	95 mm ²	100 mm ²

Alle værdier er gennemsnit af 4 målinger

Note 1: Underrust på hele pladen

1. The first part of the paper discusses the importance of the study of the history of the United States. It is argued that a knowledge of the past is essential for a full understanding of the present and for the development of a sound policy for the future. The author points out that the study of history is not only a means of satisfying a natural curiosity about the past, but also a means of developing a sense of responsibility for the future.

2. The second part of the paper discusses the importance of the study of the history of the United States. It is argued that a knowledge of the past is essential for a full understanding of the present and for the development of a sound policy for the future. The author points out that the study of history is not only a means of satisfying a natural curiosity about the past, but also a means of developing a sense of responsibility for the future.

3. The third part of the paper discusses the importance of the study of the history of the United States. It is argued that a knowledge of the past is essential for a full understanding of the present and for the development of a sound policy for the future. The author points out that the study of history is not only a means of satisfying a natural curiosity about the past, but also a means of developing a sense of responsibility for the future.

4. The fourth part of the paper discusses the importance of the study of the history of the United States. It is argued that a knowledge of the past is essential for a full understanding of the present and for the development of a sound policy for the future. The author points out that the study of history is not only a means of satisfying a natural curiosity about the past, but also a means of developing a sense of responsibility for the future.

5. The fifth part of the paper discusses the importance of the study of the history of the United States. It is argued that a knowledge of the past is essential for a full understanding of the present and for the development of a sound policy for the future. The author points out that the study of history is not only a means of satisfying a natural curiosity about the past, but also a means of developing a sense of responsibility for the future.

Beregning af nedbrydningsgraden "N"

System nr.	Prohesion 1024 timer				Saltvandståge 503 timer				Fugtkammer 336 timer			
	B _a	K _s	K _a	N	B _a	K _s	K _a	N	B _a	K _s	K _a	N
I	0	5	0	5	4	10 ¹	2	18	7	10 ¹	2	22,5
II	0	10	0	10	1	4	1	6,5	0	4	0	4
III	0	9	0	9	0	7	1	8	0	2	0	2
IV	0	10	0	10	1	4	1	6,5	0	6	0	6
V	2	10	0	13	1	3	1	5,5	4	5	0	11

Note 1: Pladerne med system I, eksponeret i saltvandståge og fugtkammer, udviste underrust på det meste af pladerne. Det korroderede areal ved snit kunne således ikke opmåles. Pladerne er derfor tildelt den højeste værdi for K_s

Nedbrydningsgraden N er beregnet efter følgende formel:

$$N = 1,5 \cdot B_a + K_s + K_a$$

hvor

B_a = "Blæretal"

K_s = "Rusttal" ved snit

K_a = "Rusttal", se bilag nr. 7 og side 53, tabel 5

Vedhæftning - ueksponerede emner

System nr.	Gittersnit DS/ISO 2409		Saeberg ISO 4624	
	Vedhæftning ¹	Brudsted ²	Vedhæftning ³	Brudsted ²
I	KI 2	B	3,6	B/C
II	KI 3	A/B	2,8	A/B
III	KI 3	B	3,5	C
IV	KI 5	A/B	3,3	A/B
V	KI 5	B/C	3,0	B

1) Vedhæftning bedømt efter følgende skala:

- KI 0: Intet kvadrat i gitteret løsnet
- KI 1: Op til 5% af filmen løsnet
- KI 2: Mellem 5 og 15% af filmen løsnet
- KI 3: Mellem 15 og 35% af filmen løsnet
- KI 4: Mellem 35 og 65% af filmen løsnet
- KI 5: Mere end 65% af filmen løsnet

De anførte værdier er gennemsnit af tre enkeltbestemmelser

2) Brudsted:

- A = Brud i underlag
- A/B = Brud mellem stål og primer
- B = Brud i primerlag
- B/C = Brud mellem primer og toplak
- C = Brud i toplak

3) Resultaterne er gennemsnit af fem målinger og angivet i enheden MPa

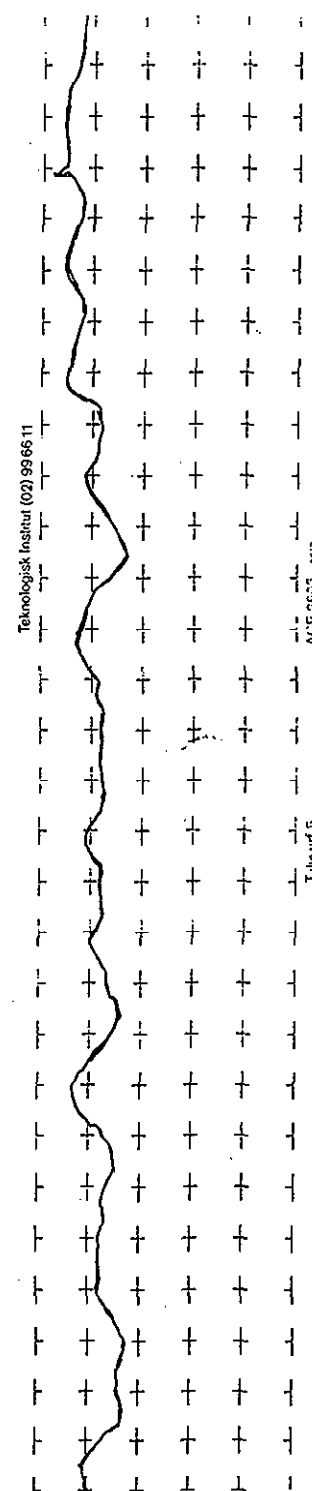
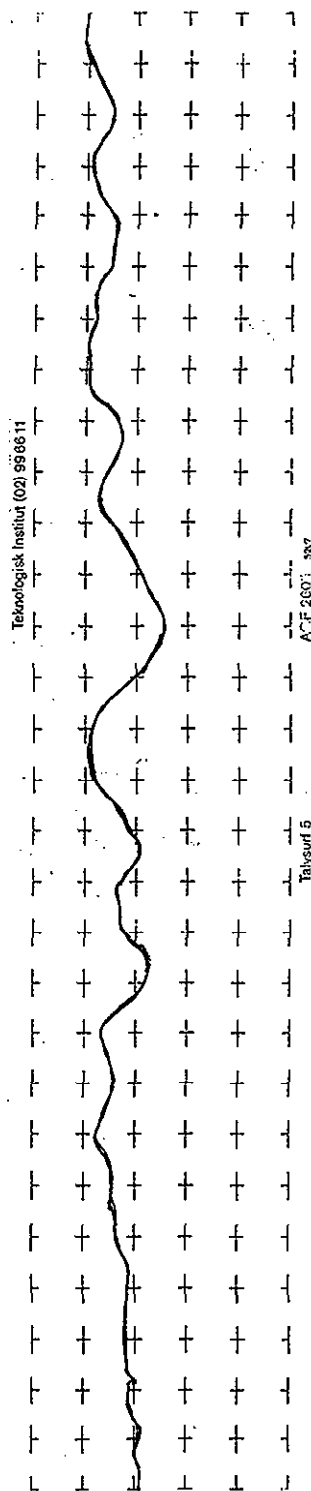
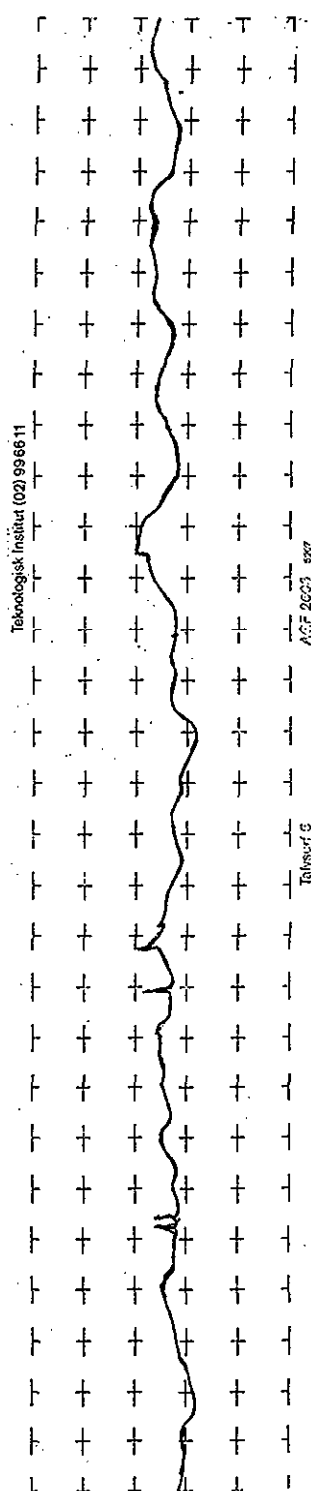
Hårdhedsbestemmelse ved indtrykning
Buchholtz hårdhed, DS/ISO 2815

System nr.	Eksponeret									
	Ueksponeret		Prohesion 1024 timer		Saltvandståge 503 timer		Fugtkammer 336 timer		QUV 1000 timer	
	l_I^1	l_R^2	l_I^1	l_R^2	l_I^1	l_R^2	l_I^1	l_R^2	l_I^1	l_R^2
I	1,46	68	1,17	85	1,16	86	1,22	82	1,08	92
II	1,16	86	1,23	81	1,20	83	1,12	89	1,09	92
III	1,43	70	1,25	80	1,25	80	1,20	83	1,17	85
IV	1,13	88	1,19	84	1,19	84	1,15	87	1,08	93
V	1,45	69	1,24	81	1,24	81	1,22	82	1,18	85

- 1) Resultaterne er gennemsnit af fem målinger
- 2) l_R beregnet af følgende formel:

$$l_R = \frac{100}{l_I}$$

Profilmåling på prøvepladerne



Måleinddeling: 1A-II

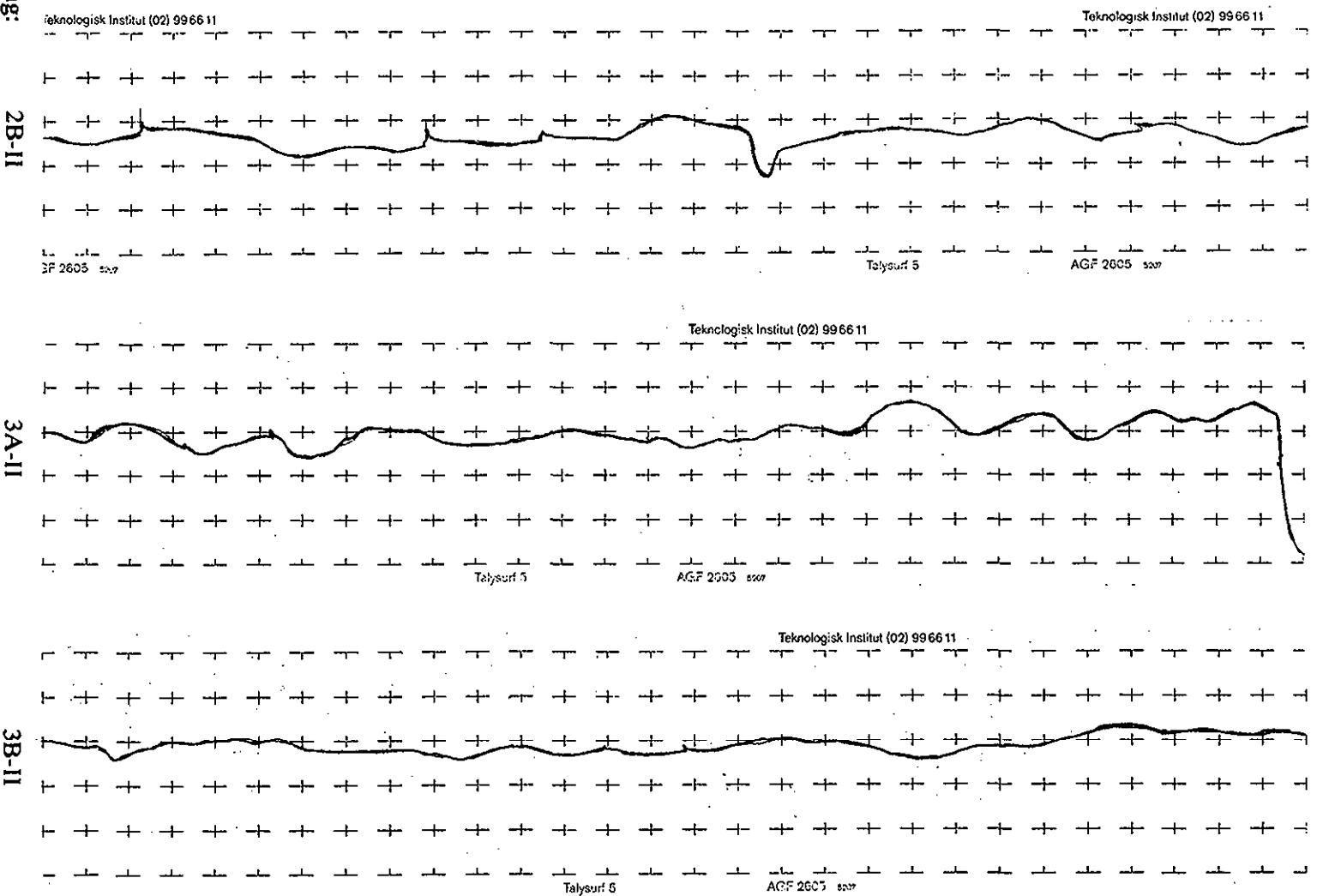
1B-II

2A-II

Horisontal: 10 mm $\approx$ 500 μ m
10 mm $\approx$ 5 μ m

Der er kun vist et udsnit af måleområdet

Profilmåling på prøvepladerne



Måleinddeling:

2B-II

3A-II

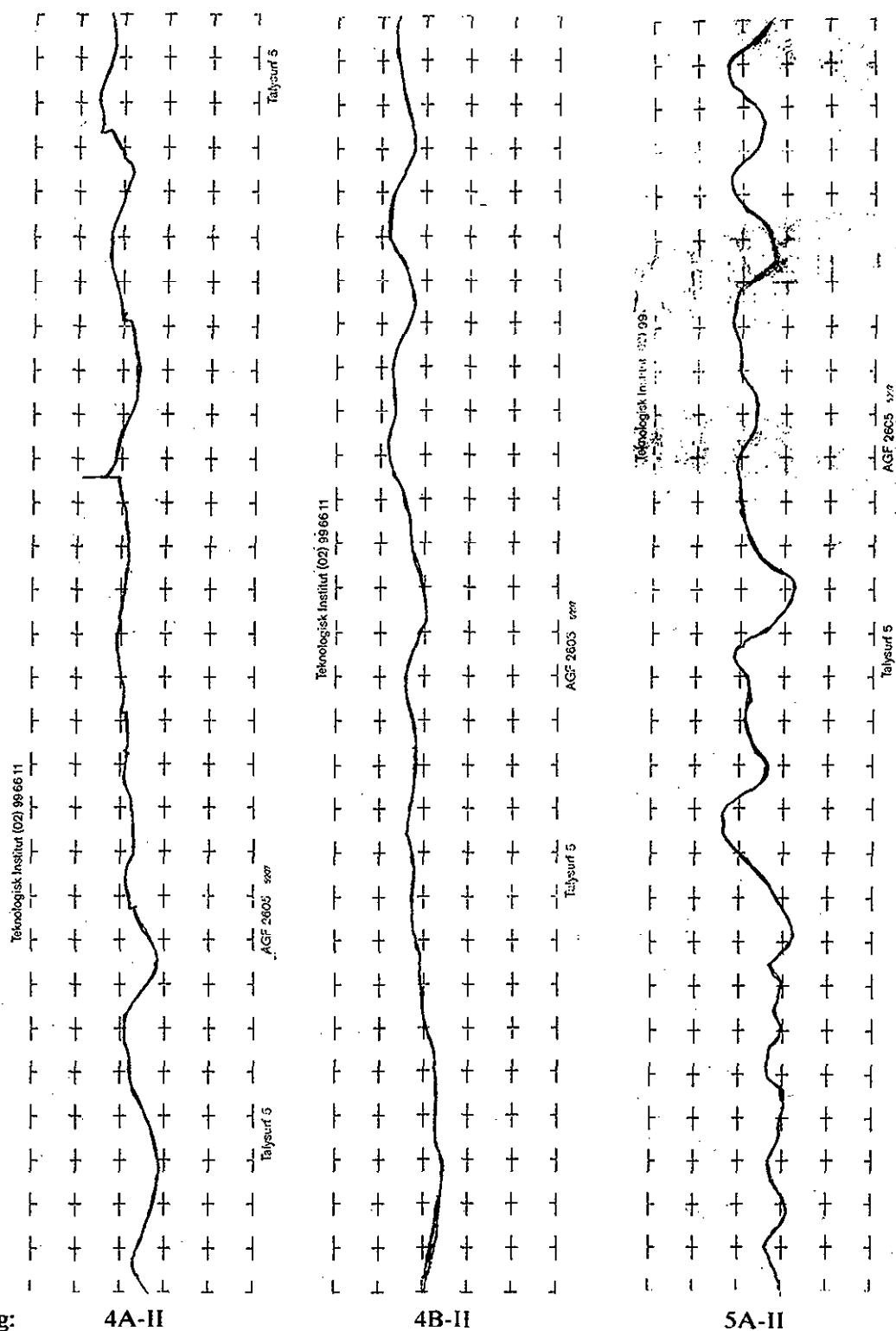
3B-II

Horizontal: 10 mm $\approx$ 500 µm

10 mm $\approx$ 5 µm

Der er kun vist et udsnit af måleområdet

Profilmåling på prøvepladerne



Måleinddeling:

4A-II

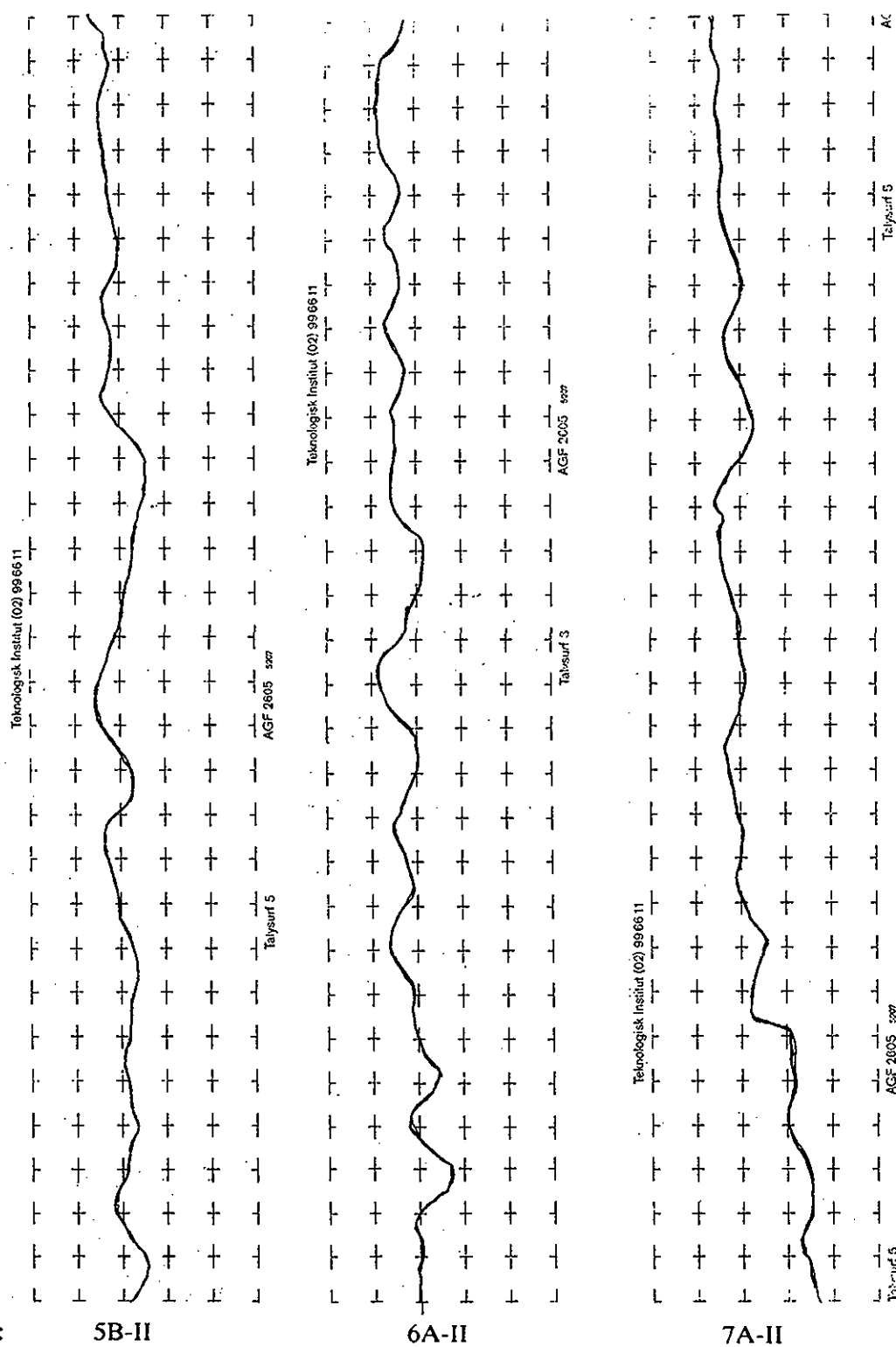
4B-II

5A-II

Horisontal: 10 mm $\approx$ 500 μ m
10 mm $\approx$ 5 μ m

Der er kun vist et udsnit af måleområdet

Profilmåling på prøvepladerne



Måleinddeling: 5B-II

6A-II

7A-II

Horisontal: 10 mm $\approx$ 500 μ m
10 mm $\approx$ 5 μ m

Der er kun vist et udsnit af måleområdet

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, nr. 144

Udgivelsesår: 1990

Titel: Reparationsmaling af automobiler

Undertitel:

Anvendelse af mindre miljøbelastende malematerialer ved reparationsmaling af automobiler

Forfatter(e):

Karlsen, Steen Seier; Valentiner Claus

Udførende institution(er):

Resumé:

Projektets formål er at belyse muligheder for øget brug af mindre miljøbelastende malematerialer ved reparationsmaling af automobiler. Arbejdsprocesser og materialer ved maling af automobiler gennemgås. Malematerialer med reduceret indhold af organiske opløsningsmidler samt på vandbase er blevet testet. Vandige lakker er ikke på indeværende tidspunkt teknisk gode nok, men lakker med reduceret opløsningsmiddelindhold er et realistisk alternativ til traditionelle lakker. Emissionen kan nedsættes med ca. 15% ved brug heraf.

Emneord:

overfladebehandling; maling; lak; motorkøretøjer; materialeprøvning; organiske opløsningsmidler; emissioner; VOC

ISBN: 87-503-8486-4

ISSN: 0105-3094

Pris: 90,- (inkl. 22% moms)

Format: A4

Sideantal: 128 s.

Md./år for redaktionens afslutning: April 1990

Oplag: 800

Andre oplysninger:

Tryk: Faxe-Tryk, Faxe



Trykt på miljøpapir