



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Kortlægning af substitutionsmuligheder samt sundheds- og miljømæssig vurdering af malingsystemer til industriel overfladebehandling af metal og træ

Dorthe Nørgaard Andersen, Tina Slothuus,
Dorte Rasmussen og Ann Detmer
DHI

Peter Svane
Overfladeteknik Maleteknisk Rådgivning ApS

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

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

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

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING OG FORMÅL	11
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL	12
2 KORTLÆGNING	13
2.1 EKSISTERENDE TEKNOLOGI OG PRODUKTER	13
2.2 INDUSTRIEL OVERFLADEBEHANDLING AF STÅLTYNDBLAD	14
2.3 INDUSTRIEL OVERFLADEBEHANDLING AF TRÆEMNER	14
2.3.1 <i>Forbehandling</i>	16
2.3.2 <i>Materialevalg</i>	17
2.3.3 <i>Påføringsmetoder</i>	19
2.3.4 <i>Hærdning</i>	19
2.3.5 <i>Energi</i>	21
2.3.6 <i>Spild og rengøring</i>	22
2.3.7 <i>Pulvermaling på træ</i>	23
2.4 KONKLUSIONER AF KORTLÆGNINGEN	24
3 UDVALGTE MALINGSYSTEMER	25
3.1 CASE NR. 1 – STÅLPLADER	26
3.2 CASE NR. 2; TRÆLISTER	28
3.3 CASE NR. 3; VÆG- OG LOFTSPANELER	31
3.4 CASE NR. 4; KRYDSFINER	34
4 TEKNISK YDEEVNE	37
4.1 FREMSTILLING AF PRØVEEMNER	37
4.2 AFPRØVNING	37
4.2.1 <i>Stålblader</i>	37
4.2.2 <i>Træplader</i>	38
4.3 RESULTATER	38
4.3.1 <i>Case 1; stålblader</i>	38
4.3.2 <i>Case 2-4; træemner</i>	40
5 SUNDHEDSMÆSSIG VURDERING	45
5.1 CASE 1; STÅLPLADER	46
5.2 CASE 2; TRÆLISTER	47
5.3 CASE NR. 3; VÆG- OG LOFTSPANELER	50
5.4 CASE NR. 4; KRYDSFINER	52
5.5 KONKLUSION PÅ SUNDHEDSMÆSSIG VURDERING	54
6 MILJØMÆSSIG VURDERING	55
6.1 EKSPONERING	55
6.2 ØKOTOKSICITET	56
6.3 BELASTNING	57

6.4	SAMMENLIGNING AF MALINGSYSTEMER	57
7	KONKLUSION / PERSPEKTIVERING	61
8	REFERENCER	63
9	APPENDIKS A	65
9.1	R-SÆTNINGER (KLASSIFICERINGSFORORDNINGEN, 2008)	65

Forord

Projektet: ”Kortlægning af substitutionsmuligheder samt sundheds- og miljømæssig vurdering af malingsystemer til industriel overfladebehandling af metal og træ” er støttet af Virksomhedsordningen, Miljøstyrelsen.

I projektet deltog farve- og lakfabrikken Teknos A/S, samt DHI og Overfladeteknik Maleteknisk Rådgivning ApS (Overfladeteknik):

- Dorthe Nørgaard Andersen, DHI
- Tina Slothuus, DHI
- Ann Detmer, DHI
- Dorte Rasmussen, DHI
- Peter Svane, Overfladeteknik
- Steffen Hawkins, Teknos A/S

Projektet har forløbet i perioden august 2008 til marts 2011. Projektet blev fulgt af en følgegruppe fra Miljøstyrelsen bestående af:

- Anna Cecilie Skovgaard (til og med maj 2009)
- Bettina Ørsnæs Andersen (fra maj 2009)
- Karina L. Vintersborg (fra juni 2010)

Sammenfatning og konklusioner

Overfladebehandling med maling og lak er helt afgørende for de fleste industrielt fremstillede varers levetid og design. Malevarer er højt specialiserede, polymerbaserede produkter som påføres i ganske tynde lag, og derved tilfører et (massivt) emne væsentlig merværdi og brugsværdi. Udviklingen af overfladebehandling – materialer og processer – befordres af ønsker om bedre sundhed og miljø, ringere energiforbrug; alt sammen uden en teknisk forringelse.

Projektets formål var at indsamle en bred viden om industriel overfladebehandling for både metal og træemner. I nærværende projekt har vi med velvillig assistance fra Teknos A/S taget udgangspunkt i en serie typiske behandlinger fra metal- og (især) træ- og møbelindustrien for at få et overblik over de aktuelle muligheder for at substituere traditionelle behandlinger med nye og mere sundheds- og miljøvenlige overfladebehandlinger – samt over konsekvenserne ved overgangen; både sundheds- og miljømæssigt og hvad angår brugsegenskaber.

Arbejdet har omfattet en praktisk teknisk del og en indhentning af viden, specielt om træ- og møbelområdet samt en sundheds- og miljømæssig vurdering af indholdsstoffer i en serie typiske behandlinger.

Begge dele af projektet bekræfter, at man kan opnå gode eller rimelige resultater med mere sundheds- og miljøvenlige materialer og processer. Eksemplet fra metalområdet viser samlet en væsentlig forbedring hvad angår brugsegenskaber, en forbedring på sundheden, men stadig indeholdende stoffer som ønskes substitueret, men umiddelbart en indikation af, at der ikke opnås en lavere miljøbelastning. På træ- og møbelområdet er resultaterne rimelige, men ikke helt så overbevisende, hvad angår brugsegenskaber, hvorimod de sundheds- og miljømæssigt er betydeligt forbedret især hvad angår indholdet af opløsningsmidler.

I de kommende år vil man opleve gradvise forbedringer af malematerialer og hærdeprocesser, ændringer som vil mindske afstanden mellem traditionelle og ”nye” behandlinger i træ- og møbelindustrien såsom flere vandige systemer og mere UV-hærdning. De store ”kvantespring” er ikke umiddelbart til at forudse.

Pulvermaling til træ og træbaserede materialer har hidtil været lidt af en skuffelse. Det er spændende om billedet på et tidspunkt ændrer sig, men umiddelbart er det vanskeligt at mobilisere den helt store optimisme.

Elektronstrålehærdning kan (bør?) få en større udbredelse, men teknologien hæmmes af at være dyr i anskaffelse, og anlæggene er store og lidt klodsede. Til gengæld har metoden driftsøkonomiske, miljø- og sundhedsmæssige fortrin. Processen er dog udelukkende egnet til store, ensartede serieproduktioner.

Summary and conclusions

Surface treatment with paint and lacquer is crucial for the durability and design of most industrially produced products. Paints are highly specialised, polymer-based products, applied in thin layers, and thereby adding significant increased value and use value to a (solid) material. The development of surface treatment – materials and processes – is encouraged by a desire for better health and environment, lower energy consumption; all without any technical deterioration.

The aim of the project was to gather a broad knowledge of industrial surface treatment for both metal and wood materials. In this project we have, with kind assistance from Teknos A/S, taken starting point in a series of typical treatments from the metal and (especially) the wood and furniture industry to get an overview of the current possibilities of replacing traditional treatments with new and more health- and environmentally friendly surface treatment – and the consequences of the transition; both health and environmentally related, and in terms of performance characteristics.

The work has included a practical technical part and obtaining of knowledge, especially in the wood and furniture area, and a health and environmental assessment of the components in a series of typical treatments.

Both parts of the project confirm that it is possible to achieve good or reasonable results with more health and environmentally friendly materials and processes. The example from the metal area overall shows a significant improvement in terms of performance characteristics and a health improvement, but still containing undesirable substances, which should be substituted, and an indication that a lower environmental liability has not been achieved. In the wood and furniture area the results are reasonable, but not quite so convincing in terms of performance characteristics, while they both in relation to health and environment are significantly improved, particularly as regards the content of solvents.

In the coming years we shall see gradual improvements of painting materials and curing processes, changes that will reduce the gap between traditional and "new" treatments in the wood and furniture industry, such as more aqueous systems and more UV-curing. The giant "quantum leap" is not immediately possible to predict.

Powder paints for wood and wood-based materials have so far been somewhat disappointing. It is interesting whether the image will change later on, but offhand it is difficult to be very optimistic.

E-beam curing can (should?) have a higher prevalence, but the technology is inhibited by being expensive to buy, and the plants are large and somewhat clumsy. On the other hand, the method has operational economic, environmental and health advantages. The process is, however, only suitable for large, homogeneous series productions.

1 Indledning og formål

1.1 Baggrund

Overfladebehandling med maling og lak er helt afgørende for de fleste industrielt fremstillede varers levetid og design. Malevarer er højt specialiserede, polymerbaserede produkter som påføres i ganske tynde lag, og derved tilfører et (massivt) emne væsentlig merværdi og brugsværdi.

For at opnå specifikke optiske og holdbarhedsmæssige egenskaber sammensættes materialer til overfladebehandling af en række kemiske råvarer: pigmenter, fyldstoffer, bindemidler, opløsningsmidler, samt additiver af forskellig art. Nogle af disse stoffer har uheldige miljømæssige og toksikologiske egenskaber. Det gælder bl.a. opløsningsmidler (VOC'er fra engelsk; volatile organic compounds), som forefindes i alle vådmalinger i større eller mindre grad.

Gennem de seneste årtier har lak- og farveindustrien udviklet malevarer med fortsat reduceret indhold af skadelige stoffer. Udviklingen har i alt væsentligt været drevet af lovgivning på området, men også af direkte brugerønsker, især i den turbulente periode omkring 1970, hvor Danmark fik en rolle som foregangsland. I de senere år er det især EU-lovgivningen der har været styrende (VOC-direktivet (1999/13/EF), VOC-produktdirektivet (2004/42/EF), Biociddirektivet (98/8/EF), REACHforordningen ((EF) nr. 1907/2006)), men Danmark er på visse områder stadig i front, når det drejer sig om brugen af mindre miljøbelastende malevarer. Det gælder i hvert fald inden for bygningsmaling, men også ved nogle af de industrielle maleprocesser. Jo mere "tung" industrien bliver, jo langsommere synes udviklingen at gå. Skibsværfter benytter således fortsat udelukkende traditionelle malevarer på basis af epoxy og polyurethan, dog efterhånden med et noget reduceret VOC-indhold (high-solids produkter).

Om miljøvenlige malevarer får succes på markedet, afhænger naturligvis til dels af lovgivningen, men også af brugernes tilfredshed. Det er ulige lettere at implementere en ny malevare, hvis den både er mere sundheds- og miljøvenlig og samtidig har bedre brugsegenskaber, end hvis sundheds- og miljøforbedringen er sket på bekostning af tekniske egenskaber.

For producenterne af maling er dette en balancegang, som bliver stadig mere kompliceret at udføre. På den anden side må man konstatere at kunststykkeet indtil videre ser ud til at være lykkedes.

I dette projekt er der dannet et overblik over, hvilke produkter, der præsterer bedst målt på typisk anvendte kvalitetsparametre indenfor malingsprodukter til industriel overfladebehandling - og der er skabt et overblik over de miljø-, sundheds- og kvalitetsmæssige parametre af de forskellige malingsystemer. Typiske malingsystemer anvendt til overfladebehandling af metaller og træ er blevet undersøgt.

1.2 Formål

Projektets overordnede formål er at få overblik over, hvilke produkter, der præsterer bedst på typisk anvendte kvalitetsparametre indenfor industriel overfladebehandling og samtidig vurdere de miljø-, sundheds- og kvalitetsmæssige parametre for de valgte malingsystemer.

Projektet er delt op i tre faser:

1. i første fase kortlægges omfanget af industriel overfladebehandling. Det afklares, hvilke typer af produkter og systemer, der findes til henholdsvis behandling af træ og metal samt i hvilken udstrækning eller mængde de anvendes. Der udvælges repræsentanter for produkter indenfor forskellige malingsystemer, til nærmere undersøgelser.
2. i anden fase af projektet, findes – ved målinger og informationsindsamling - kvalitative og kvantitative data fra de udvalgte produkter vedrørende indholdsstoffer og tekniske egenskaber.
3. i tredje fase udarbejdes der en oversigt over miljø- og sundhedsskadelige stoffer i de udvalgte produkter, og der foretages en vurdering af de miljø- og sundhedsmæssige risici ved brug af produkterne.

Det samlede resultat af projektet vil være en vurdering af sundheds- og miljømæssige risici ved anvendelse af produkterne i relation til deres tekniske egenskaber.

2 Kortlægning

2.1 Eksisterende teknologi og produkter

I projektoplægget var det oprindeligt planlagt at dække stort set hele den industrielle overfladebehandling af stål og træ i Danmark – med undtagelse af udvendigt træværk. Hovedvægten lå dog fra begyndelsen på behandling af møbler og inventar af træ og træbaserede materialer. Derudover industriel behandling af (tyndplade) stålemner, og endelig antikorrosiv maling af store stålkonstruktioner – den såkaldte heavy-duty sektor, hvortil stålskibe også regnes (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Kendte overfladebehandlingssystemer til metal- og træoverflader

Metal		Træ	
Serieproduktion	Store konstruktioner	Flade emner	3-dimensionale emner
Vandig acryl	Vandig acryl	100 % UV (acryl)	Vandig UV-acryl
Styrenacryl	High build epoxy	Vandig acryl	Vandig acryl
Vandig epoxy	High build polyurethan	Olie	Olie
Vandig polyurethan		Pulvermaling	
Pulvermaling			

For at sikre relevans og aktualitet skulle der etableres en følgegruppe med deltagere fra lak- og farveindustrien. Gruppens opgave ville være at beskrive markedssituationen og udvælge typiske behandlingssystemer til nærmere undersøgelse. Til den miljø- og sundhedsmæssige vurdering af systemerne stod det fra begyndelsen klart, at der ville blive behov for oplysninger om recepturer. Lige så klart var det, at disse oplysninger skulle behandles fortroligt. Eftersom denne type informationer er følsomme, foreslog vi fra projektets side at retningsrecepturer ville være tilstrækkelige.

Efter en række kontakter, herunder besøg hos malingleverandører måtte planen revideres på flere forskellige måder. På trods af den udlovede strenge fortrolighed er det ikke lykket for projektgruppen at få involveret det ønskede antal deltagere i projektet. Heavy-duty sektoren måtte helt udgå, og kontakten til lak- og farveindustrien blev koncentreret om en enkelt leverandør, Teknos A/S, som heldigvis var villig til at indgå i samarbejdet. Udviklingschef Steffen Hawkins har været meget imødekommende og ydet særdeles værdifulde bidrag i projektet; det gælder både med hensyn til oplysninger, og for fysiske bidrag i form af malevarer og endda behandlede emner.

Resultatet er derfor, at projektarbejdet er blevet koncentreret om to hovedområder:

- Industriel overfladebehandling af ståltyndplade
- Industriel overfladebehandling af træ- og træbaserede materialer til møbelindustrien

For hvert område er der udvalgt typiske systemer til teknisk og miljømæssig vurdering, og for træ- og møbelområdet er der desuden gennemført en litteratursøgning med udgangspunkt hos det franske træ- og møbelforskningsinstitut FCBA (tidligere CTBA), suppleret med informationer fra den Internationale Woodcoatings Congress som afholdes i lige årstal af engelske Paint Research Association – senest ”7th Woodcoatings Congress - Reducing the Environmental Footprint” 2010 i Amsterdam.

Projektarbejdet har altså måttet begrænses på nogle områder, til gengæld er der tilføjet perspektiver og udviklingstendenser for det væsentlige træ- og møbelområde. Her er det på sin plads at takke Mme M.-L. Roux FCBA i Paris. Mme Roux har taget venligt imod besøg, og forsynet projektet med den nyeste information.

2.2 Industriel overfladebehandling af ståltyndplade

Industriel overfladebehandling af metal (især ståltyndplade) har gennem de sidste årtier været præget af overgang fra vådmaling til pulverlak (pulvermaling). Ved pulvermaling slipper både farve- og lakfabrikken og maleværkstedet for opløsningsmidler. På den anden side står det ikke lysende klart, hvorledes det energimæssige regnskab ser ud; pulverlak opvarmes jo til smeltning to gange – først ved produktionen, dernæst under påføring.

Pulverlakker udvikles løbende til flere og flere formål, og til mindre og mindre lagtykkelser – alene dette emne kunne være en særskilt undersøgelse værdig. Tilsvarende gælder for forbehandling til metal: fosfatering, chromatering; samt de mange nye alternativer til traditionelle behandlinger. Forbehandlingerne er alle vandige processer, som foregår i kar eller ved skylning i såkaldte tunnelanlæg. De består af flere trin, indledningsvis en affedtning, derpå (få eller mange) skylle- og procestrin, hvor der udfældes ganske tynde lag af fosfater, chromater eller nyere belægnings med indhold af titan og zirkon. Lagene er fra nanometer til mikrometer i tykkelse, og de tjener til at etablere vedhæftning mellem underlag (metal) og overfladebehandling. Nogle forbehandling har desuden en gunstig barrierevirkning, som modvirker korrosion.

2.3 Industriel overfladebehandling af træemner

Det franske træ- og møbelforskningsinstitut FCBA (tidligere CTBA) har gennemført omfattende undersøgelser og forsøg for at belyse overgangen fra opløsningsmiddelholdige malematerialer til vandige produkter eller opløsningsmiddelfrie materialer. Instituttet har løbende berettet om arbejdet gennem det seneste årti ved den internationale ”Woodcoatings Congress”, som arrangeres af engelske PRA – Paint Research Association - og afholdes hvert andet år i europæiske storbyer som Haag, Prag og Amsterdam.

I en rapport fra 2004 (CTBA, 2004) giver instituttet en oversigt over mulighederne for substitution i møbelindustrien. Skriftet er ambitiøst, og omfatter

følgelig både malematerialer, påførings- og hærde metoder. En del af rapporten handler specifikt om fransk lovgivning, men de tekniske løsninger er universelle. Målene er jo i grunden de samme overalt, og i høj grad styret af fælles europæisk lovgivning. Rapporten anfører endda kvantitative mål for de forbedringer (målt som VOC-reduktion) samt andre fordele (og ulemper) der findes i forbindelse med substitution.

Substitutionsmulighederne anføres i skemaer opdelt efter

- 1) påføringsmetode
- 2) malemateriale
- 3) hærdeprincip

Det giver mange kombinationsmuligheder, når man beskæftiger sig med minimum 3 påføringsmetoder (sprøjtning, tæppelakering og valsepåføring) og et tilsvarende antal malematerialer og hærde metoder. Skemaerne er da også omfattende, men selvom de forekommer troværdige, er det et spørgsmål, hvor anvendelige de er i praksis; selv små ændringer i én parameter (f.eks. et malemateriale viskositet eller pot-life) kan medføre ændringer af de øvrige led i kæden (påføring, hærkning); og produkter og udstyr udvikles løbende. Endelig kan der være lokale forhold som påvirker valget af malemateriale eller påføringsmåde – omstændigheder som vanskeligt lader sig omfatte af en skematisk fremstilling

Rapporten giver imidlertid en god oversigt over mulighederne - og over områdets kompleksitet. I det efterfølgende gengives (i oversættelse) et par af de enklere skemaer fra rapporten.

Tabel 2.2. Sammenligning af behandlinger til træ i møbelindustrien (CTBA, 2004)

Produkttyper	% Opløsningsmidler	% Tørstof	VOC g/l
Nitrocellulose	75	25	690
Syrehærdende (2-k)	60	40	570
Polyurethan (2-k)	60-70	30-40	570
Vandige	10	30	100
UV – ikke vandige	0-10	90-100	0-100
Vandig UV	0	30-35	< 50

Tabel 2.3. Overføringseffektivitet for forskellige typer sprøjteudstyr i møbelindustrien (CTBA, 2004)

Sprøjteprincip	Overføringseffektivitet (%)
Luftforstøvning	30-50
Airless	55-60
Airless med hjælpeluft ("Airmix")	40-70
HVLP (High Volume Low Pressure)	55-80
Tværgående muligheder for effektivisering	
Elektrostatisk påføring	5-15 (yderligere)
Lakvarmer	5 (yderligere)

I en nyere rapport fra 2007 (CTBA, 2007) koncentrerer CTBA sig om de vandige malematerialer: vandige 1-k acrylbaserede lakker, vandig (2-k) polyurethan og vandige UV-lakker (i møbelindustrien benytter man ofte betegnelsen "lakker" – også selvom materialerne ikke er klare eller transparente. En "lak" kan altså være betegnelse for en dækkende malevare, f.eks. en emalje).

Rapporten er mere koncis end rapporten fra 2004 (CTBA, 2007), og giver gode og brugbare retningslinjer for hele produktionsforløbet:

- forbehandling
- materialevalg
- påføringsmetode
- hærdning
- rengøring
- energiforbrug

Publikationen er blevet til i samarbejde med en række franske møbelproducenter - og det fornemmes i den praktiske tilgang; men på den anden side giver skriftet en måske lidt overdrevent positiv skildring af de vandige behandlingsbrugsegenskaber. Man får næsten det indtryk, at alt kan lade sig gøre med vandige løsninger – uden at give køb på kvaliteten – og det er trods alt lidt af en overdrivelse. Problemer med ikke-hærdet restmonomer i træoverfladen nævnes f.eks. ikke med et ord.

2.3.1 Forbehandling

Forbehandling er pudsning af træoverfladen før overfladebehandling. Vandige materialer stiller større krav til pudsningen; det betyder at der skal bruges renere slibebånd, pudses i flere retninger og bruges finere slibekorn – og måske helt specielle slibemaskiner.

I det efterfølgende gengives udvalgte skemaer i oversættelse. Det første anfører faktisk både fordele og ulemper ved vandige produkter.

2.3.2 Materialevalg

Tabel 2.4. Fordele og ulemper ved forskellige typer malemateriale i møbelindustrien (CTBA, 2007)

Produkt type	Fordele	Ulemper
<u>1-komponente materialer</u> Vandige acrylprodukter	Enkle at påføre og anvende Kan sprøjtes manuelt eller automatisk	Omhyggelig rengøring af udstyr er en betingelse, og vanskeligere end for 2-komponente materialer
<u>2-komponente materialer</u> Vandige produkter på basis af acryl/polyurethan	Lette at påføre Kan sprøjtes manuelt eller automatisk Gode til middelgode brugsegenskaber	Gennemhærdning tager tid Binder og hærder skal blandes (homogeniseres) forsigtigt og omhyggeligt
<u>Vandige UV-hærdende materialer</u>	Kan påføres automatisk Hurtig tørring og hærdning Gode brugsegenskaber	Ulemperne har mere at gøre med UV end med at der er tale om vandige materialer, f-eks: Manuel sprøjtning frarådes Emnernes geometri er afgørende for effektiv hærdning Begrænsninger i kulørvalg og dækkeevne

Tabel 2.5. Sammenligning mellem rent vandige eller hybride systemer med 2-k opløsningsmiddelholdig polyurethanbehandling (CTBA , 2007)

Egenskaber	Gittersnit	Lagtykkelse µm	Glans	Bestandighed mod sprit / kaffe / kuglepen / blæk / rengøringsmiddel 3 %	Ridsefasthed	Slid
Noter	1)		2)	3)	4)	5)
Leverandør A						
Reference: 1 x PU grunder + 1 x PU toplak	0		69	5/5/2/2/5	0,7	110
1 x vandig lak + 1 x PU toplak (opløsningsmiddelholdig)	0		54	3/5/2/2/5	0,6	110
1 x vandig lak + 1 x PU toplak (vandig)	0		46	5/5/2/2/5	0,7	120
1 x vandig lak + 1 x UV toplak (vandig)	0		44	5/5/2/2/5	0,7	90
Leverandør B						
Reference: 1 x PU grunder + 1 x PU toplak	0	59	68	5/5/2/2/5	1,25	110
1 x vandig lak + 1 x PU toplak (opløsningsmiddelholdig)	1		52	5/5/2/3/5	1,25	110
1 x vandig lak + 1 x PU toplak (vandig)	1		23	5/5/2/2/5	1	120
1 x vandig lak + 1 x UV toplak (vandig)	1	35	28	4/5/2/2/4	1,25	120
Leverandør C						
Reference: 1 x PU grunder + 1 x PU toplak	1		44	5/5/2/2/5	0,9	120
1 x vandig lak + 1 x PU toplak (opløsningsmiddelholdig)	1	46	46	4/5/2/3/5	0,9	90
1 x PU (vandig) + 1 x PU toplak (opløsningsmiddelholdig)	0		59	5/5/2/3/5	1	100
1 x vandig lak + 1 x PU (vandig)	1	54	42	5/5/2/2/5	0,8	90
1 x vandig lak + 1 x UV toplak (vandig)	3	47	84	5/5/2/2/5	1,25	130

1) skala 0-5. 0 er bedst

2) glansenheder 0 – 100. 0 er mat, 100 højglans

3) synlig ændring efter påvirkning. Skala 1 – 5. 5 er bedst

4) belastning i N ved netop synlig ridse. Høj værdi er bedst (Resultaterne er meget lave – det skyldes, at CTBA på det tidspunkt benyttede en lidt anden ridseprøve end den aktuelle)

5) omdrejninger i slidprøveapparat. Jo flere omdrejninger, jo større slidbestandighed

2.3.3 Påføringsmetoder

I rapporten fra 2007 (CTBA, 2007) anføres igen at vandige produkter er vanskeligere at håndtere end deres forgængere med opløsningsmidler – omhyggelig blanding og omrøring er en betingelse; og tillige nævnes det, at "Airmix"-sprøjtning stiller særlige krav om

filtrering af maling

at man gør klogt i at holde sig til enten vandige eller opløsningsmiddelholdige produkter

at man vedligeholder pumper og stempler omhyggeligt

Elektrostatisk sprøjtning med vandige produkter betragtes ikke som problematisk – når blot malingkøkkenet isoleres elektrisk fra påføringsenhederne med ét af markedets systemer til dette formål (Nordsons "Iso Flow" f.eks).

Overføringseffektiviteten diskuteres også i rapporten fra 2007 (CTBA, 2007) – der er en interessant detalje, idet effektiviteten tilsyneladende er større for vandige produkter end for opløsningsmiddelholdige – effekten skyldes dog muligvis en "målefejl", idet der undervejs mellem dyse og emne fordamper mere opløsningsmiddel end vand – og derfor ser effektiviteten måske større ud for vandige produkter end den i grunden er.

2.3.4 Hærdning

De 3 hovedgrupper: konvektionsvarme, infrarød (IR) stråling og mikrobølger beskrives ret indgående i rapporten fra 2007 (CTBA, 2007). Elektronstråle-hærdning ("EB-Curing") er ikke medtaget; årsagen er velsagtens, at metoden ikke er meget udbredt. EB-Curing kan dog få stigende betydning i fremtiden, da metoden er energieffektiv – og da den tillader fuld gennemhærdning uden UV-lakkernes begrænsninger, dvs.

ingen uhærdet restmonomer

intet indhold af fotoinitiatorer (helbredsrisiko – stofferne danner frie radikaler)

ingen begrænsninger i kulørvalg og dækkeevne

Endelig foregår der en udvikling af de hidtil noget klodsede EB-anlæg mod mere hensigtsmæssige udformninger.

EB-Curing er både energirigtig og miljørigtig – ulemperne er at anlæggene er store og tunge (Svane, 2010). De er relativt dyre i anskaffelse, men billige i drift.

Tabel 2.6. Sammenligning af forskellige tørre- og hærdemetoder (CTBA , 2007)

Metode	Fordele	Ulemper
Varmluft (Konvektion)	- velkendt tørreteknik - egnet til 3-dimensionale emner - lav eller høj tørretemperatur kan indstilles afhængig af træsort - effektiv tørring - hurtig tørring med dyser og luftknive (høj lufthastighed dvs. 12-15 m/s) - beskedent energiforbrug	- kræver stort volumen af cirkulerende luft - på grund af risiko for støv-partikler kan det være nødvendigt at filtrere luften - anlæggene er omfangsrige - ved lav temperatur kan det være nødvendigt at affugte tørreluften
Infrarød stråling	- direkte energioverførsel uden luftbevægelser - høj energitæthed - forskellige muligheder for bølgelængder: Elektrisk: kort, mellem eller lang. Gas: langbølget - hurtig tørring (< 45 s; med kata-lytisk gas-IR < 15 s) - reduceret risiko for støv i lakken - afhængig af IR-bølgelængde kan man minimere opvarmning af varmfølsomme underlag - enkelt i brug - høj tørreeffektivitet (mellem- og langbølget IR) - effekten kan reguleres	- vanskeligt at opvarme 3-dimensionale emner ensartet – i så fald må der suppleres med konvektionvarme - kortbølget IR reagerer forskelligt afhængig af malingsens kulør - højere temperaturer end ved konvektion (50-60 °C) - vanskelig at regulere, fordi det er nødvendigt at måle temperaturen direkte på emnet
Mikro- bølger	- egnet til hurtig fordampning af vand - overlegen effektivitet - selvregulerende effekt - tørring ved lav temperatur - tørring med høj kvalitet – uanset om det drejer sig om flade emner eller 3-D	- højere energiforbrug, men ujævnt fordelt - begrænset effekt til rådighed - supplerende tørring med varmluft påkrævet

2.3.5 Energi

Tørre- og hærdesystemers energimæssige konsekvenser beskrives også i rapporten fra 2007 (CTBA, 2007). Angivelserne fremgår af tabel 2.7.

Tabel 2.7. Sammenligning af forskellige tørreknologiers energiforbrug (CTBA, 2007)

	Energi- tæthed kW/m ²	Tørretid s	Tørre- temperatur °C	Specifikt energiforbrug kWh/m ² behandlet
Konvektionstørring, laminar (uden recirkulation af luft)	2	200	25	0,2
Dysetørring (uden recirkulation af luft)	3	90	25	0,1
Kortbølget elektrisk IR	33	18	85	0,2
Mellembølget elektrisk IR	9	30	60	0,1
Langbølget elektrisk IR	9	15	60	0,1
Gasfyret IR, synligt lysende	9	30	60	0,2
Gasfyret IR, katalytisk	7,3	30	60	0,1
Mikrobølger 2450 MHz (ovnen fyldt 50 %)	11	75	30	0,3

tabel 2.8. Specifikt energiforbrug ved tørring og hærkning af forskellige systemer med diverse teknikker (CTBA, 2007)

	Mikro- bølger kWh/m ²	Varm- luft kWh/m ²	UV kWh/m ²	IR kWh/m ²	Energi- forbrug pr. lag kWh/m ²	Energi- forbrug i alt kWh/m ²
Vandig acryl (1-k)	Tørring ved stuetemperatur					
Vandig acryl (1-k)	0,08	0,13			0,21	0,21
Dækkende system 1-k grunding 1-k toplag		0,11 0,11	0,20 0,20		0,31 0,31	0,61
Dækkende system 1-k grunding 1-k klarlak		0,05 0,05	0,20 0,20	0,1 0,1	0,35 0,35	0,70
2-k vandigt PU-system 2 lag		0,19 0,19			0,19 0,19	0,38
2-k vandigt PU-system 1 x grunding 1 x toplag	0,08 0,08	0,04 0,04			0,11 0,11	0,22
2-k vandigt PU-system 1 x grunding 1 x toplag		0,12 0,12			0,12 0,12	0,24
1-k vandigt system 1 x grunding 1 x toplag		0,07 0,07			0,07 0,07	0,14
1-k vandigt system 2 lag		0,07 0,07			0,07 0,07	0,14
2-k vandigt system 1 x grunding 1 x toplag		0,09 0,09			0,09 0,09	0,17
2-k PU opl.middel. reference (2 lag)		0,07 0,07			0,07 0,07	0,14
2-k UV opl.middel. reference (2 lag)		0,13 0,13	0,20 0,20		0,33 0,33	0,66

2.3.6 Spild og rengøring

Brugen af papirfiltre kontra våde kabiner behandles også i rapporter fra 2007 (CTBA, 2007). Tørfiltre har mange fordele, men ved UV-lakker opstår der en klistret, besværlig belægning af ikke-hærdet malemateriale på i hvert fald nogle papirfiltre.

Affald er i det hele taget et væsentligt problem. Rengøring af udstyr og spild i sprøjtekabiner er besværligt at håndtere ved vandige malematerialer. Man må ofte se i øjnene, at der kræves et ikke uvæsentligt forbrug af stærke opløsningsmidler (acetone og andre ketoner) for at holde sprøjter og andet udstyr i brugsklar stand. Spildevand fra våde kabiner har ofte et højt indhold af vanskeligt nedbrydelige stoffer (med højt COD og BOD).

2.3.7 Pulvermaling på træ

Pulverlakering af træ og træbaserede materialer er et interessant område med et tilsyneladende stort potentiale. Efter mere end 20 års meget langsom fremdrift er det dog vanskeligt at bevare optimismen for denne teknologi – der findes ganske vist industrielle anlæg, men antallet ligger vel omkring 100 – i hele verden.

Der er flere teknologier under udvikling når der tales pulvermaling til træ.

- o UV-hærdende pulvermaling
- o Peroxidhærdende pulvermaling
- o Termoreaktiv pulvermaling

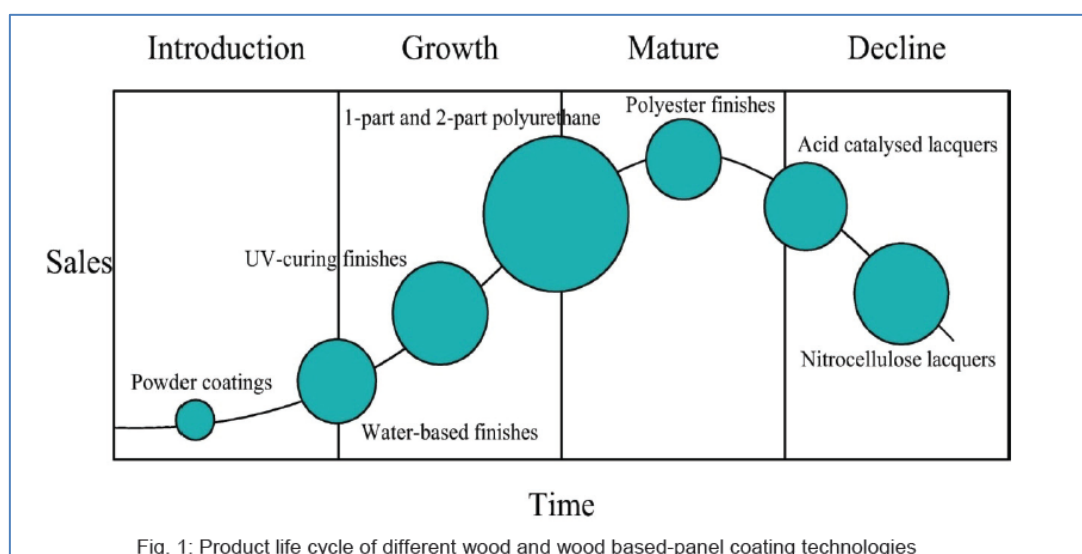


Fig. 1: Product life cycle of different wood and wood based-panel coating technologies

Figur 2.1. Oversigt over forskellige materialer og teknologier til overfladebehandling af træ og træbaserede materialer (Jocham, C. et al, 2010)

Figur 2.1 stammer oprindeligt fra et indlæg fra 2004 (Kiene, 2004) – men det kunne såmænd godt være tegnet 10-15 år tidligere – i hvert fald hvad angår placeringen og størrelsen af den lille cirkel, som repræsenterer pulvermaling til træ. Spørgsmålet er, om cirklen overhovedet vil flytte sig, og om den vil vokse.

Pulvermaling på træ blev introduceret omkring 1987 og blev spået en lysende fremtid; man forestillede sig en udvikling svarende til den man havde oplevet på metal. Indledende forsøg blev udført med lavtemperaturhærdende (epoxy) pulvertyper, og det stod hurtigt klart, at det eneste underlag, hvor teknologien havde en chance, var MDF (eller HDF). Massivt træ gav store problemer med afgasning (og påfølgende blære- og poredannelse i lakken) under opvarmning – problemer som genfindes på MDF, men i mindre omfang. Omkring år 2000 blev UV-hærdende pulverlak introduceret, og eftersom dette materiale gør det muligt at adskille materialets smeltning og udflydning fra selve hærdeprocessen, var det et skridt fremad for pulverlakering på varmfølsomme underlag som MDF.

Der er i årenes løb installeret forskellige industrielle anlæg til pulverlakering af MDF, men det drejer sig foreløbig ikke om mange. Velsagtens omkring 100 – på verdensplan. I 2008 har en tysk lønlakerer i Thüringen installeret et anlæg med en cirkulær anordning af IR-strålekilder til opvarmning af pladerne (Besser Lackieren, 2008). Konceptet er, at virksomheden både påtager sig bear-

bejdning og lakering. I arbejdsgangene indgår påføring af en ”ledelak” altså en grunding, som kan sørge for at pulveret efterfølgende kan påføres effektivt ved elektrostatisk sprøjtning. Grundingen skulle ifølge virksamheden tillige modvirke afgasning fra underlaget. Men grunderen foranlediger fiberrejsning, og det har virksamheden – igen efter egne oplysninger – løst ved en form for automatiseret ”sandblæsning” før pulveret bliver påført. Om firmaet ”Innopaint GmbH” har succes med deres proces vides ikke, men man har åbenbart taget fat på de vanskeligheder der kendes både fra litteratur og praksis:

- MDF har normalt utilstrækkelig elektrisk ledeevne - der findes ganske vist specielle plader tilsat stoffer som skal øge ledningsevnen, men pladerne beskrives som (for) dyre
- Fugtindholdet skal være ensartet og lavt
- Densitetsprofilen for pladerne er for uensartet til at tillade pæne udfræsninger
- Fibrene i råmaterialet er ofte for ”trævlede” til at give pæne overflader ved fræsning og slibning
- Endelig er der ”billedrammeeffekten”, dvs. at det elektrostatiske felt afsætter relativt meget pulver langs emnets kanter i forhold til inde på fladerne. Det ser dels ikke pænt ud, dels giver det et særligt problem med gennemhærdning, hvis pulvermaterialet er UV-hærdende

Flere forskellige europæiske institutter har været eller er fortsat interesseret i pulverlakering på MDF. FCBA i Frankrig har eksempelvis investeret i et laboratorieskala anlæg til forsøgsbrug i 2006 (CTBA, 2006). IHD i Dresden har længe beskæftiget sig med de problemer der opstår når der fræses i MDF-plader. Instituttet har udviklet den såkaldte ”thermoglatning” – en ikke-spåntagende proces, hvor (fræse) profiler efterbearbejdes med roterende glatte, opvarmede ståldorne som komprimerer og glatter overfladen (Kiene, 2004).

Det er oplagt, at potentialet i træ- og møbelindustrien er meget stort for pulvermaling; men lige så indlysende er det, at det store gennembrud endnu ikke har vist sig - selvom ideen nu i 2011 er omkring 25 år gammel. Det inspirerer ikke til den helt store optimisme.

2.4 Konklusioner af kortlægningen

Der er altså fortsat mange uafklarede spørgsmål – og muligheder - for forbedringer, og for ny udvikling. Vi håber – ved at have koncentreret os om træ- og møbelområdet – i det mindste at have bidraget til en lidt større klarhed på dette felt.

3 Udvalgte malingsystemer

Et maling”system” er betegnelsen for den komplette opbygning på et underlag – f.eks grunder, mellemmalning og topcoat. Et system kan altså bestå af ét eller flere malematerialer. Systemerne i projektet er udvalgt af Teknos efter drøftelser med Overfladeteknik og DHI. Teknos har leveret de pågældende malevarer, Overfladeteknik har derpå fremstillet prøveemner med systemerne og underkastet dem afprøvninger af udvalgte tekniske brugsegenskaber. I de tilfælde, hvor Overfladeteknik ikke selv havde udstyr til prøveemnefremstilling (f.eks. UV-hærdning) har Teknos også været behjælpelig med dette.

Der er udarbejdet 4 cases, og for hver af dem to forskellige systemer – A) et traditionelt med opløsningsmidler og B) et mere miljøvenligt alternativ – altså ”gammelt” og ”nyt”. Der er således undersøgt i alt 8 forskellige systemer, hvert bestående af flere forskellige malematerialer.

De 4 cases er typiske eksempler, men de er naturligvis ikke de eneste systemopbygninger på markedet. Med udgangspunkt i eksemplerne er der foretaget tekniske samt sundheds- og miljømæssige vurderinger:

- Teknisk vurdering, idet der er fremstillet prøveemner med de 2 x 4 behandlingsopbygninger, hvorpå de 8 overfladers brugsegenskaber er afprøvet
- Sundheds- og miljømæssig vurdering ud fra oplysninger om recepturerne

For god ordens skyld skal det bemærkes, at eksemplerne ikke er konstruerede – de stammer alle fra danske virksomheder.

I de fire cases er der opgivet et estimat af en årlig emission af opløsningsmidler. Denne emission er estimeret som den emission, der vil forekomme fra en case virksomhed ved behandling af et antal emner med det pågældende malingsystem.

For hvert malingsystem er der nedenfor dels oplyst et interval for hver enkelt ingrediens, dels et normaliseret gennemsnit. Det normaliserede gennemsnit er beregnet som det gennemsnitlige indhold af en ingrediens divideret med det totale gennemsnitlige indhold af alle ingredienser i produktet.

3.1 Case nr. 1 – stålplader

Case	Nr. 1 – Gammel
Emner	Gaskedler af pladejern til husopvarmning. Kedlerne anbringes indendøre.
Underlag	Koldtvalset stål
Forbehandling	3-trins jernfosfatering
Behandling	1 x ovnhærdende alkyd-melamin-urea emalje á 25-30 µm tørfilmlagstykkelse
Årlig emission	12.350 l opløsningsmidler

Case	Nr. 1 – Ny
Emner	Gaskedler af pladejern til husopvarmning. Kedlerne anbringes indendøre.
Underlag	Koldtvalset stål
Forbehandling	3-trins jernfosfatering
Behandling	1 x polyesterpulvermaling á 70-90 µm (tørfilm)lagtykkelse
Årlig emission	100 l opløsningsmidler fra reparationer og rengøring

Tabel 3.1. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet(100 g/m², 20 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
salt af fosforsyre*	na	0-1	0,6
phenol derivate**	na	0-1	0,6
alkyd bindemiddel	na	5-15	11,2
urea	57-13-6	5-15	11,2
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,4
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	11,2
pigment	147-14-8	0-1	0,6
pigment	1333-86-4	1-5	3,4
pigment	13463-67-7	10-20	16,9
pigment	20344-49-4	1-5	3,4
stabilisator	98-54-4	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,4
xylén	1330-20-7	10-20	16,9
normal butanol	71-36-3	5-15	11,2
organisk opløsningsmiddel	108-32-7	1-5	3,4

*Regnet som fosforsyre

**Regnet som phenol

Tabel 3.2. Nyt scenarium – 1 behandling med produktet (100 g/m², 5 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
additiv	119-53-9	0-1	0,4
additiv	63843-89-0	0-1	0,4
pigment	7727-43-7	20-40	25,3
pigment	147-14-8	0-1	0,4
pigment	1333-86-4	1-5	2,5
pigment	13463-67-7	10-20	12,7
pigment	20344-49-4	1-5	2,5
additiv	80-05-7	0-1	0,4
hærder	na	1-5	2,5
polyester	na	50-75	52,7

3.2 Case nr. 2; trælister

Case	Nr. 2 – Gammel
Emner	Lister
Underlag	Fyrretræ
Forbehandling	Pudsning med ”Fladder”
Behandling	1 x syrehærdende primer á 100 g/m ² (våd vægt) 1 x syrehærdende toplak á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring i ovn ved 45 °C i 30 min/lag
Årlig emission	54.000 l opløsningsmidler

Case	Nr. 2 – Ny
Emner	Lister
Underlag	Fyrretræ
Forbehandling	Pudsning med ”Fladder”
Behandling	1 x vandig primer á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring i ovn ved 45 °C i 30 min 1 x UV-toplak á 35 g/m ² (våd vægt) Hærdning med 4 UV-rør á 80 W/cm

Årlig emission 2.000 l opløsningsmidler (fra vandig lak og fra rengøring)

Tabel 3.3. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende primer (100 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	5-15	12,0
urea	57-13-6	5-15	12,0
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,6
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	12,0
pigment	13463-67-7	5-15	12,0
stabilisator	na	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,6
butylacetat	123-86-4	10-20	18,0
normal butanol	71-36-3	5-15	12,0
phosphorsyre	7664-38-2	5-15	12,0

Tabel 3.4. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende toplak (100 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	5-15	12,0
urea	57-13-6	5-15	12,0
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,6
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	12,0
pigment	13463-67-7	5-15	12,0
stabilisator	na	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,6
butylacetat	123-86-4	10-20	18,0
normal butanol	71-36-3	5-15	12,0
phosphorsyre	7664-38-2	5-15	12,0

Tabel 3.5. Nyt scenarium – 1 behandling med produktet der er en vandig primer (100 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
pigment	14807-96-6	5-15	9,2
pigment	13463-67-7	5-15	9,2
additiv	64742-55-8	1-5	2,8
additiv	124-68-5	1-5	2,8
bindemiddel	na	25-50	34,6
organisk opløsningsmiddel	34590-94-8	5-10	6,9
uorg.opløsningsmiddel	7732-18-5	25-50	34,6

Tabel 3.6. Nyt scenarium – 1 behandling med produktet der er en UV hærdbar toplak (35 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
additiv	119-61-9	1-5	3,6
additiv	947-19-3	1-5	3,6
pigment	13463-67-7	5-15	11,9
pigment	14807-96-6	5-15	11,9
monomer	57472-68-1	25-50	44,6
oligomer	na	10-25	20,8
additiv	75980-60-8	15	3,6

3.3 Case nr. 3; væg- og loftspaneler

Case	Nr. 3 – Gammel
Emner	Beklædningsplader til vægge og lofter
Underlag	MDF
Forbehandling	Pudsning med ”Fladder”
Behandling	1 x syrehærdende primer á 100 g/m ² (våd vægt) 1 x syrehærdende toplak á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring i kombineret IR/konvektionsovn 6 min/lag
Årlig emission	390.000 l opløsningsmidler
Case	Nr. 3 – Ny
Emner	Beklædningsplader til vægge og lofter
Underlag	MDF
Forbehandling	Pudsning med ”Fladder”
Behandling	1 x UV-hærdende sealer med 100 % tørstof á 35 g/m ² (våd vægt) Hærdning i UV-ovn 1 x vandig toplak á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring i konvektionsovn
Årlig emission	15.000 l opløsningsmidler, som kommer fra den vandige lak og fra rensefortynder

Tabel 3.7. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende toplak (100 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	5-15	12,0
urea	57-13-6	5-15	12,0
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,6
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	12,0
pigment	13463-67-7	5-15	12,0
stabilisator	na	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,6
butylacetat	123-86-4	10-20	18,0
normal butanol	71-36-3	5-15	12,0
phosphorsyre	7664-38-2	5-15	12,0

Tabel 3.8. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende toplak (100 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	5-15	13,6
urea	57-13-6	5-15	13,6
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,7
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	4,1
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,7
talkum	14807-96-6	5-15	13,6
pigment	13463-67-7	5-15	13,6
stabilisator	na	0-1	0,7
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,7
tensid	556-67-2	0-1	0,7
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	4,1
butylacetat	123-86-4	10-20	20,4
normal butanol	71-36-3	5-15	13,6

Tabel 3.9. Nyt scenarium – 1 behandling med produktet, der er en UV hærdbar sealer (35 g/m², < 1 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
additiv	119-61-9	1-5	3,8
additiv	947-19-3	1-5	3,8
pigment	13463-67-7	5-15	12,7
pigment	14807-96-6	5-15	12,7
monomer	57472-68-1	10-15	15,8
oligomer	na	25-50	47,5
additiv	75980-60-8	1-5	3,8

Tabel 3.10. Nyt scenarium – 1 behandling med produktet der er en vandig toplak (125 g/m², 15 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
pigment	13463-57-7	5-15	9,2
pigment	14807-96-6	5-15	9,2
additiv	64742-55-8	1-5	2,8
additiv	124-68-5	1-5	2,8
Bindemiddel	na	25-50	34,6
Org. Opløsningsmiddel	34590-94-8	5-10	6,9
Uorg. opløsningsmiddel	7732-18-5	25-50	34,6

3.4 Case nr. 4; krydsfiner

Case	Nr. 4 – Gammel
Emner	Stolesæder i formspændt krydsfiner
Underlag	Finer, bøg
Forbehandling	Pudsning
Behandling	1 x syrehærdende primer á 100 g/m ² (våd vægt) 1 x syrehærdende toplak á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring på reolvogne 4-6 timer ved stuetemperatur for hvert lag
Årlig emission	1.300 l opløsningsmidler
Case	Nr. 4 – Ny
Emner	Stolesæder i formspændt krydsfiner
Underlag	Finer, bøg
Forbehandling	Pudsning
Behandling	2 x vandig klar lak á 100 g/m ² (våd vægt) Tørring på reolvogne 4-6 timer ved stuetemperatur for hvert lag
Årlig emission	100 l opløsningsmidler som kommer fra den vandige lak og fra rensefortynder

Tabel 3.11. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende toplak (100 g/m², 25 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	15-25	24,0
urea	57-13-6	5-15	12,0
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,6
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	12,0
stabilisator	na	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,6
butylacetat	123-86-4	10-20	18,0
normal butanol	71-36-3	5-15	12,0
phosphorsyre	7664-38-2	5-15	12,0

Tabel 3.12. Gammelt scenarium – 1 behandling med produktet som er en syrehærdende toplak (100 g/m², 25 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold (%)	Normaliseret gennemsnit (%)
alkyd bindemiddel	na	15-25	24,0
urea	57-13-6	5-15	12,0
formaldehyd	50-00-0	0-1	0,6
siliciumdioxid	7631-86-9	1-5	3,6
stabilisator	6683-19-8	0-1	0,6
talkum	14807-96-6	5-15	12,0
stabilisator	na	0-1	0,6
stabilisator	65996-96-5	0-1	0,6
tensid	556-67-2	0-1	0,6
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	1-5	3,6
butylacetat	123-86-4	10-20	18,0
normal butanol	71-36-3	5-15	12,0
phosphorsyre	7664-38-2	5-15	12,0

Tabel 3.13 Nyt scenarium – 2 behandlinger med produktet, der er en vandig klar lak (100 g/m², 25 % spild/behandling)

Navn	CAS	Indhold(%)	Normaliseret gennemsnit (%)
pigment	14807-96-6	5-15	8,1
additiv	64742-55-8	1-5	2,4
additiv	124-68-5	1-5	2,4
bindemiddel	na	50-75	50,6
organisk opløsningsmiddel	34590-94-8	5-10	6,1
uorg. Opløsningsmiddel	7732-18-5	25-50	30,4

4 Teknisk ydeevne

4.1 Fremstilling af prøveemner

Prøveemner er fremstillet af stålplade, af MDF-plade med og uden bøgefiner samt af massivt fyrretræ – således at de svarer til eksemplerne i de 4 cases. I hvert enkelt tilfælde er der udført ”gamle” og ”nye” behandlinger på emnerne jf. beskrivelserne af de enkelte cases i afsnit 3

Tabel 4.1. Oversigt over prøveemner. Det er anført om emnerne er malet hos Teknos eller hos Overfladeteknik. Vådmaling til sprøjtepåføring er påført ved traditionel luftforstøvning. Der er for hvert af samtlige 8 systemer fremstillet 8-10 prøvepaneler. Malematerialer og påførte mængder er registreret men oplysningerne er ikke gengivet i rapporten eftersom specielt handelsnavne betragtes som fortrolige

Case	Materiale	”Gammel behandling”	”Ny behandling”
Nr. 1 (Gaskedler af pladejern)	Jernfosfateret stålplade, Gardobond WH/W/OC 105 mm x 190 mm x 0,75 mm	Alkyd/melamin/urea ovnhærdende emalje 30 µm (Overfladeteknik)	Polyester pulvermaling 80 µm (Teknos)
Nr. 2 (Lister af fyrretræ)	Fyr, splintved 118 mm x 190 mm x 20 mm	Syrehærdende emalje (Overfladeteknik)	UV-emalje (Teknos)
Nr. 3 (Beklædning af MDF)	MDF, 190 mm x 300 mm x 9 mm	Syrehærdende emalje (Overfladeteknik)	UV-sealer / vandig emalje (Teknos)
Nr. 4 (Formspændt krydsfiner)	Bøgefiner på MDF, 190 mm x 300 mm x 10 mm	Syrehærdende klar lak (Overfladeteknik)	Vandig klar lak (Overfladeteknik)

Prøveemnerne er lagret minimum 1 måned i klimarum ved 23 °C/50 %RF før afprøvning.

4.2 Afprøvning

Prøvepladerne er underkastet afprøvninger for mekaniske og kemiske påvirkninger i Overfladetekniks laboratorium.

4.2.1 Stålplader

- 1) Korrosionsbestandighed: Eksponering i fugtkammer jf. ISO 6270-1
Forklaring: Emner beskadiges med en ridse gennem malingen ind til metallet, og ophænges 168 timer i fugtkammeret, hvor der er 40 °C og 100 % RF. Rustundervandringen måles i mm. Jo større undervandring, jo ringere er beskyttelsen mod korrosion. En anden almindeligt anvendt test er eksponering i neutral salttåge; men eftersom emnerne i dette tilfælde er beregnet til indendørs brug, er fugtkammerafprøvning tilstrækkelig.
- 2) Vedhæftningsbestemmelse før og efter fugtkammer jf. ISO 2409
Forklaring: Malingens vedhæftning er bestemt ved gittersnit. Dvs. at malingen gennemridses to gange med 6 parallelle snit vinkelret på hinanden så der opstår et gitter med 25 kvadrater. Efterfølgende løftes

løstsiddende kvadrater af med tape. Bedømmelsen foregår efter en skala 0 – 5, hvor 0 er bedst.

3) Robusthed ved bøjning over konisk dorn jf. ISO 6860

Forklaring: Stålblader bøjes over en konisk dorn hvis diameter går fra ca. 3 mm til 38 mm. Malingsiden vender udad, og bedømmelsen foregår ved at inspicere den deformerede overflade for revnedannelser. Resultatet er den krumningsdiameter (i mm) hvor der netop ses begyndende revner. Jo højere tal, jo ringere robusthed.

4) Ridsefasthed jf. ISO 1518

Forklaring: Udstyret er et apparat med en form for pickup som trækkes hen over overfladen. "Spidsen" som ridser, ender i en hårdmetalkugle med diameter 1 mm; den kan belastes med større eller mindre vægt, og man angiver den belastning, som netop giver en synlig ridse. Jo højere tal, jo større er ridsefastheden.

4.2.2 Træplader

1) Kemikaliebestandighed jf. IKEA-test for olie, vand, kaffe og alkohol

Forklaring: Princippet i afprøvningen er, at overfladen påvirkes med forskellige væsker i kortere og længere tid, hvorefter man bedømmer de eventuelle synlige ændringer efter en skala 1 – 5, hvor 5 er bedst. I praksis foregår påvirkningen med 2 mm tykke filtrerpapir-rondeller af 25 mm diameter. Filtrene gennemvædes med væske, og dækkes med urglas. Væskeerne er udvalgt således: P – paraffinolie, V – vand, K – kaffe, S – Sprit (48 % alkohol). Overfladerne påvirkes i hhv. 1 time, 6 timer og 24 timer.

2) Ridsefasthed jf. ISO 1518

Forklaring som ovenfor

Alle bestemmelser er tredobbelte; de anførte resultater er middeltal.

4.3 Resultater

4.3.1 Case 1; stålblader

Case	Nr. 1 (Gaskedler af pladejern)
Materiale	Jernfosfateret stålblade, Gardobond WH/W/OC 105 mm x 190 mm x 0,75 mm
"Gammel behandling"	Alkyd/melamin/urea ovnhærdende emalje 30 µm (Overfladeteknik)
"Ny behandling"	Polyesterpulvermaling 80 µm (Teknos)

Tabel 4.2. Resultater fra teknisk ydeevne tests udført på stålplade

Case nr. 1 - stålplade									
Gammel					Ny				
Gitter-snit før fugt	Gitter-snit efter fugt	Rust efter fugt	Bøjning over dorn	Ridse fasthed	Gitter-snit før fugt	Gitter-snit efter fugt	Rust efter fugt	Bøjning over dorn	Ridse fasthed
Skala 0-5		Enhed mm		Enh. N Høj værdi bedst	Skala 0-5		Enhed mm		Enh. N Høj værdi bedst
(0 er bedst)		Lav værdi bedst			(0 er bedst)		Lav værdi bedst		
0	2	0-3	3,7-6,0	3	0	0	0	7,5-10,0	5

Den ny behandling er den gamle overlegen for de fleste egenskaber. Kun fleksibiliteten er ringere. Det skyldes formentlig at den nye behandling er mere end dobbelt så tyk som den gamle.

Hvor den "nye" behandling er bedst, er det markeret med grønt – omvendt med rødt.



Figur 4.1. Case 1. Tv "Gammel", th "ny" – begge efter fugtkammer test



Figur 4.2. Case 1. Tv "Gammel", th "ny" – begge efter dornbøjetest

4.3.2 Case 2-4; træemner

Case	Nr. 2 (Lister af fyrretræ)
Materiale	Fyr, splintved 118 mm x 190 mm x 20 mm
"Gammel behandling"	Syrehærdende emalje (Overfladeteknik)
"Ny behandling"	UV-emalje (Teknos)
Case	Nr. 3 (Beklædning af MDF)
Materiale	MDF, 190 mm x 300 mm x 9 mm
"Gammel behandling"	Syrehærdende emalje (Overfladeteknik)
"Ny behandling"	UV-sealer / vandig emalje (Teknos)
Case	Nr. 4 (Formspændt krydsfiner)
Materiale	Bøgefiner på MDF, 190 mm x 300 mm x 10 mm
"Gammel behandling"	Syrehærdende klar lak (Overfladeteknik)
"Ny behandling"	Vandig klar lak (Overfladeteknik)

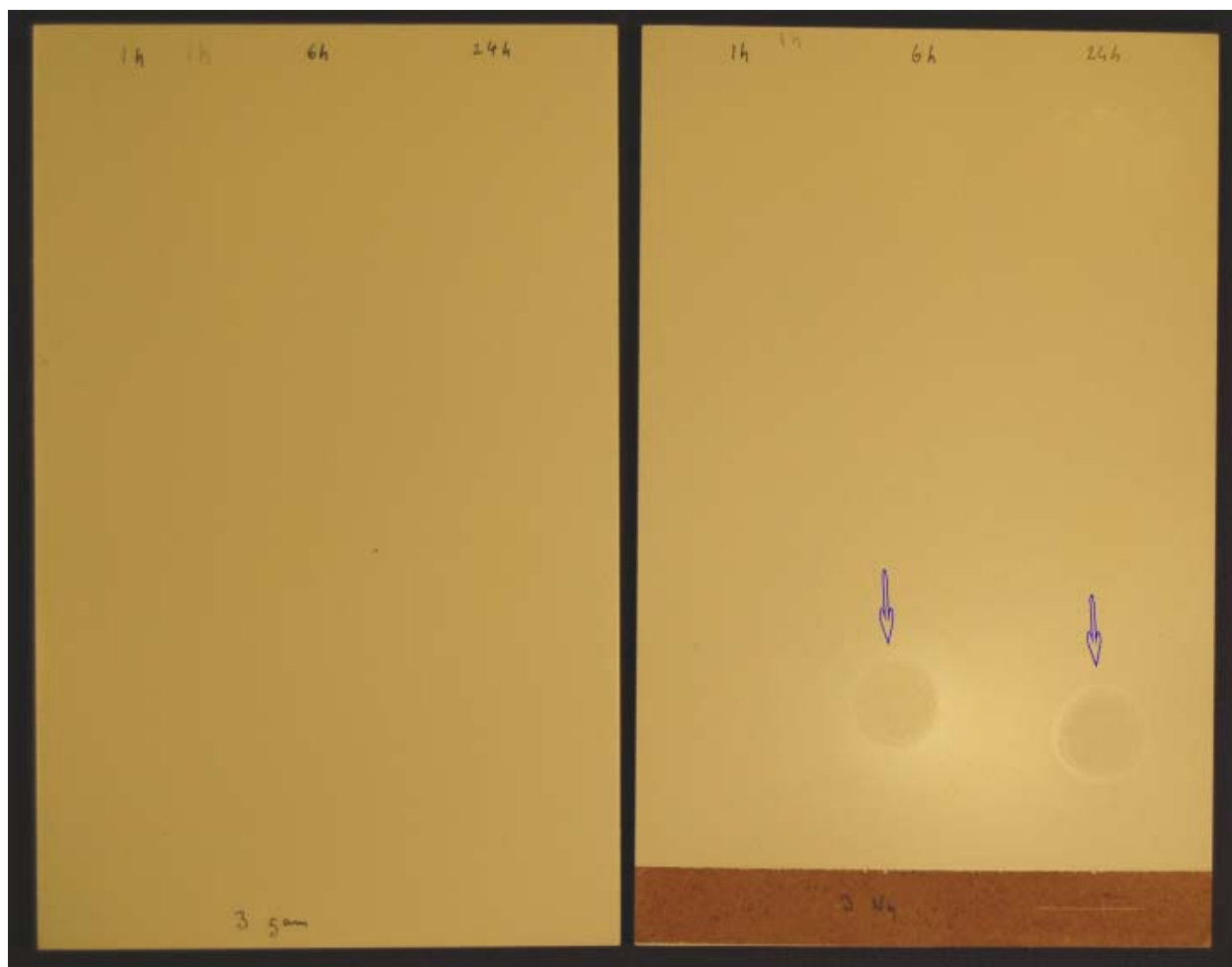
Tabel 4.3. Resultater fra teknisk ydeevne tests udført på træmner

Falsk forbeholdt. For teknisk grunde tages der ikke på hensyn.											
Case nr.	Timer	Gammel					Ny				
		Paraffin-olie	Vand	Kaffe	Sprit	Ridsefasthed	Paraffin-olie	Vand	Kaffe	Sprit	Ridsefasthed
2	1	5	5	5	5		5	5	5	5	
	6	5	5	5	5	3	5	5	4	5	2
	24	4	5	4	5		5	5	3	5	
3	1	5	5	5	5		4	5	5	3	
	6	5	5	5	5	5	4	5	4	3	1
	24	5	5	4	5		4	5	3	2	
4	1	5	5	5	5		5	5	5	4	
	6	5	5	5	5	4	5	5	5	3	2
	24	5	5	5	5		4	5	4	2	

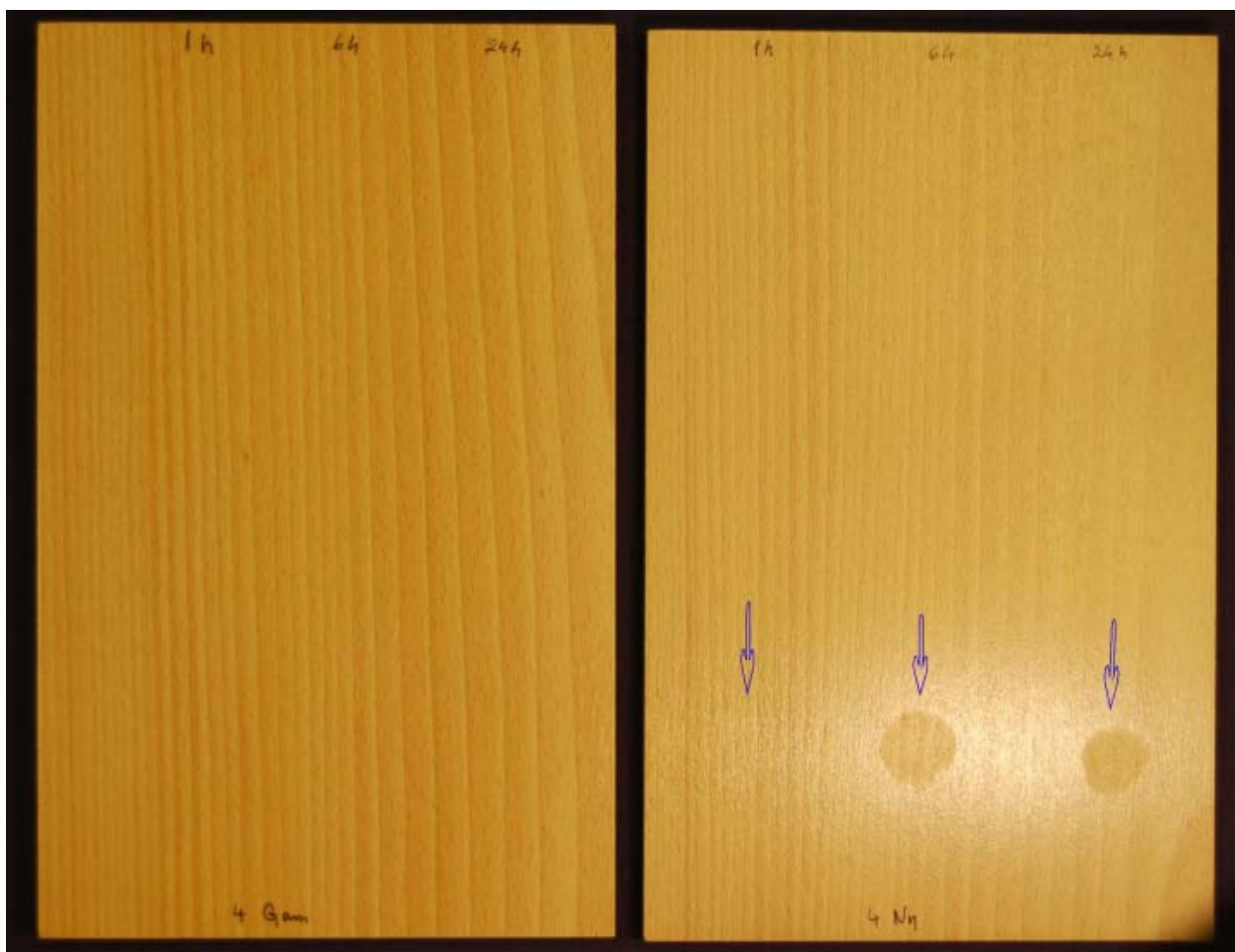
De ”nye” behandlinger er ikke helt på højde med de ”gamle”. Forskellene er dog ikke store – med undtagelse af følsomheden overfor alkohol, hvor den gamle behandling er væsentligt bedre end den nye behandling. De områder hvor den ”nye” behandling er bedst, er det markeret med grønt – omvendt med rødt.



Figur 4.3. Case nr. 2. Tv. "gammel", th. "ny". Ved pilene anes mærker fra kaffe efter hhv. 6 og 24 timer



Figur 4.4. Case nr. 3. Tv. "gammel", th. "ny". Ved pilene ses mærker fra sprit efter hhv. 6 og 24 timer



Figur 4.5. Case nr. 4. Tv. "gammel", th. "ny". Ved pilene ses mærker fra sprit efter hhv (1), 6 og 24 timer

5 Sundhedsmæssig vurdering

På baggrund af de fire cases beskrevet i afsnit 3 er der foretaget en sundheds-vurdering af henholdsvis den gamle og nye metode.

Et malingsystem består af en række råvarer, der er blandet sammen, og hver råvare indeholder som oftest flere forskellige ingredienser. Det har ikke været muligt at fremskaffe den fuldstændige indholdsrecept på de vurderede malingsystemer. Da der er blevet oplyst et interval for hver ingrediens, er det eksakte indhold ikke kendt af projektgruppen. På baggrund af de oplyste intervaller er der beregnet et normaliseret indhold af hver enkelt ingrediens i produkterne (se afsnit 3). Ved anvendelse af denne fremgangsmåde er der en risiko for en underestimering af den potentielle risiko, men på baggrund af den måde oplysningerne er givet til projektgruppen og den efterfølgende behandling af data har denne metode været nødvendig. Et ingrediensindhold i et produkt er angivet som %-indhold og det maksimale %-indhold er større for nogle produkter end for andre, hvilket vanskeliggør en sammenligning mellem produkter ud at beregne et normaliseret indhold. Metoden og risikoen brugt i dette tilfælde anses for værende acceptabel og ikke afgørende for konklusionerne opnået i projektet.

For både de tidligere anvendte ('gamle') og de nye malingsystemer ('nye') indgår der stoffer, for hvilke, der ikke er angivet noget CAS nummer, men udelukkende en beskrivelse af den væsentligste kemiske gruppe (som f.eks. bindemidler eller stabilisatorer). Det betyder, at det ikke er muligt at foretage en fuldstændig sammenligning af de sundhedsmæssige egenskaber af de eksisterende kontra de nyudviklede malingsystemer. Men det er dog muligt at komme med nogle indikationer på forskellene.

For at vurdere de gamle og nye malingsystemer mod hinanden og derigennem at vurdere om der vindes noget rent sundhedsmæssigt ved at substituere er følgende fremgangsmåde anvendt:

Klassificering af ingredienser i malingsystemerne i forhold til human sundhed er undersøgt i henhold til EU lovgivning (Klassificeringsforordningen 1272/2008) (se desuden Appendiks A). De enkelte stoffers klassificering er slået op på hjemmesiden ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/ (ESIS).

På baggrund af de fundne klassificeringer og deres farlighed (CMR¹ eller allergi) er der lavet en vurdering af de samlede produkter. Produkterne er holdt op mod hinanden som gammel metode mod ny metode.

Derudover er der på baggrund af estimerede årlige emissioner af opløsningsmidler forbundet ved case brug af de forskellige malaingssystemer foretaget en sammenligning af den årlige estimerede emission fra brug af gammel og nyt system.

¹ CMR: Carcinogenic, mutagenic or reprotoxic substances

5.1 Case 1; stålplader

I denne case overfladebehandles en stålplade. Den 'gamle' behandling består af 1 behandling, hvor forbruget er 100 g/m². Den 'nye' behandling består ligeledes af 1 behandling og med samme forbrug – 100 g/m². Forbruget af produkt pr m² er derfor ens for de to systemer.

I tabel 5.1 og 5.2 er det vist hvilke ingredienser i de to malingsystemer, der er klassificerede i henhold til sundhedsmæssige ricisi.

Tabel 5.1. gammelt scenarie (1 behandling; 100 g/m²). Tabellen viser de stoffer der er klassificerede i produktet

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,4	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
xylén	1330-20-7	16,9	Xn; R20/21, Xi; R38
normal butanol	71-36-3	11,2	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
organisk opløsningsmiddel	108-32-7	3,4	Xi; R36
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			36,1

Tabel 5.2. Nyt scenarie (1 behandling; 100 g/m²). Tabellen viser de stoffer, der er klassificerede i produktet

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
additiv	80-05-7	0,4	Repr. Cat. 3; R62, Xi; R37-41 R43
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			0,4

Ved overfladebehandling af stålplader bruges der ved den gamle behandling et produkt med flere klassificerede ingredienser end i det nye produkt. Forskellen er 36,1 % klassificerede ingredienser i det gamle system mens kun 0,4 % i det nye system. Det gamle produkt indeholder desuden flere ingredienser, der er klassificerede som kræftfremkaldende og reprotoksiske, hvorimod der i den nye behandling bruges et produkt, hvor kun en ingrediens er klassificeret (reprotoksisk) (tabel 5.1 og 5.2).

Hvor man i det gamle scenarium bruger et alkyd-melanin/urea system med indhold af flere opløsningsmidler og en forventet årlig emission på 12.350 liter opløsningsmiddel, er man med det nye system gået over til at bruge et polyester-baseret pulvermalingsystem med en årlig emission på kun 100 liter opløsningsmiddel, der ikke stammer direkte fra produktet, men fra reparationslak. Denne nedgang på 99 % i forhold til den årlige emission af opløsningsmidler er en væsentlig forbedring af arbejdsmiljøet og nærmiljøet.

Den store gevinst i denne case er nedbringelsen af opløsningsmidler fra gammelt til nyt system.

I det nye system er der tilføjet et additiv, der forefindes på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer (Miljøstyrelsen, 2009) samt Miljøstyrelsen effektliste (Miljøstyrelsens effektliste, 2009), der er en liste over stoffer, som Miljøstyrelsen anser for at have særlige problematiske sundheds- og/eller miljømæssige effekter. Desuden er stoffet på listen over hormonstoffer (EU's rapport: Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption:- preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting, 2000). Pga. additivets problematiske sundhedsmæssige effekter bør det med tiden substitueres til et mindre problematisk alternativ trods det lave indhold i produktet.

På trods af den store nedbringelse af opløsningsmidler er der derfor stadig et ønske om yderligere substitution af et additiv i det nye produkt, men generelt er der sket en forbedring rent sundhedsmæssigt fra den gamle til den nye metode.

5.2 Case 2; trælistes

I denne case overfladebehandles trælistes. Den 'gamle' behandling består af 1 behandling med henholdsvis syrehærdende primer og syrehærdende toplak, hvor forbruget er 100 g/m² pr behandling. Den 'nye' behandling består ligeledes af 1 behandling med henholdsvis vandig primer med et forbrug på 100 g/m² og UV-hærdende toplak med et forbrug på 35 g/m². Forbruget af maling i den nye behandling er derfor kun 67 % af hvad der skal bruges i det gamle system.

Tabel 5.3. Gammelt scenarie (1 behandling; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende primer indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,6	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	18,0	R66, R67
normal butanol	71-36-3	12,0	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
phosphorsyre	7664-38-2	12,0	C; R34
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			46,8

Tabel 5.4. Gammelt scenarie (1 behandling; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende toplak indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,6	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	18,0	R66, R67
normal butanol	71-36-3	12,0	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
phosphorsyre	7664-38-2	12,0	C; R34
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			46,8

Tabel 5.5. Nyt scenarie (1 behandling; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet vandig primer indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
additiv	64742-55-8	2,8	Carc. Cat. 2; R45
additiv	124-68-5	2,8	Xi; R36/38
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			5,6

Ved overfladebehandling af trælisters bruges der ved den gamle behandling et produkt med flere klassificerede ingredienser end i det nye produkt. Der er 46,8 % klassificerede ingredienser i det gamle system men kun 5,6 % i det nye system. Det gamle produkt indeholder desuden flere ingredienser, der er klassificerede som kræftfremkaldende og reprotoxiske. Ved den nye behandling bruges to produkter, hvor kun to ingredienser i det første produkt i behandlingen (vandig primer), er klassificerede (kræftfremkaldende kategori 2) (tabel 5.5). Den UV-hærdende toplak indeholder ikke stoffer der er klassificerede iflg. EU Forordning 1272, 2008. De to klassificerede stoffer i det nye malingsystem er ikke på EU's kandidatliste. Kandidatlisten indeholder stoffer, kategoriseret som SVHC-stoffer (Substances of Very High Concern), der har en dokumenteret negativ virkning på menneskers sundhed eller miljøet. Når stofferne optages på denne liste, stilles der en række krav til producenter og leverandører. Stofferne er heller ikke på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer (Miljøstyrelsen, 2009).

Hvor man i det gamle scenarium bruger et syrehærdende system med indhold af flere opløsningsmidler og en forventet årlig emission på 54.000 liter opløsningsmiddel er man med det nye system gået til at bruge et vandigt og et UV-hærdende system med en årlig emission på kun 2000 liter opløsningsmiddel, der stammer fra produktet og fra rengøringsfortynder. Hvor man i det gamle system anvender et produkt, der indeholder omkring 35 % opløsningsmiddel er man gået til et system, hvor der kun er 2,8 % opløsningsmiddel i (tabel 5.3 og 5.4). Denne nedgang på 96 % i forhold til den årlige emission af opløsningsmidler er en væsentlig forbedring af arbejdsmiljøet og nærmiljøet.

Begrænsningen af opløsningsmidler fra gammelt til nyt system er uden tvivl positiv set ud fra et sundhedsmæssigt perspektiv. Det er dog vigtigt samtidig at nævne at brugen af akrylater i det nye system kan medføre øget forekomst af allergi. Gruppen af akrylater har et kendt allergipotentiale (Björkner et al, 1989). Der er i flere omgange beskrevet problemer med ikke-hærdet restmonomer i træoverfladen ved brug af UV-hærdningsmetoden (Frost et al, 1992) og dermed en risiko for eksponering for akrylater. I dette projekt er det ikke muligt at gå dybere ind i denne problematik, men der henvises til Miljøstyrelsens projekt nr 1353 fra 2010(Nielsen et al, 2010).

5.3 Case nr. 3; væg- og loftspaneler

I denne case overfladebehandles væg- og lofts beklædningspaneler (MDF-plader). Den 'gamle' behandling består af 1 behandling af hver med henholdsvis syrehærdende primer og syrehærdende toplak, hvor forbruget er 100 g/m² pr behandling. Den 'nye' behandling består ligeledes af 1 behandling med henholdsvis UV hærdbar sealer med et forbrug på 35 g/m² og en vandig toplak med et forbrug på 125 g/m². Forbruget af maling i den nye behandling er derfor kun 80 % af hvad der skal bruges i det gamle system.

Tabel 5.6. Gammelt scenarie (2 behandlinger; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende primer indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,6	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	18,0	R66, R67
normal butanol	71-36-3	12,0	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
phosphorsyre	7664-38-2	12,0	C; R34
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			46,8

Tabel 5.7. Gammelt scenarie (2 behandlinger; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende toplak indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,7	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,7	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	4,1	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	20,4	R66, R67
normal butanol	71-36-3	13,6	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			39,5

Tabel 5.8. Nyt scenarie (1 behandling; 125 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet vandig toplak indgående ingredienser der er klassificerede

Navn på MSDS	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
additiv	64742-55-8	2,8	Carc. Cat. 2; R45
additiv	124-68-5	2,8	Xi; R36/38
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			5,6

Ved overfladebehandling af væg- og loftspaneler bruges der ved den gamle behandling et produkt med flere klassificerede ingredienser end i det nye produkt. Der er hhv. 46,8 % og 39,5 % klassificerede ingredienser i de to produkter i det gamle system men kun 5,6 % i det nye system. Det gamle produkt indeholder desuden flere ingredienser, der er klassificerede som kræftfremkaldende og reprotoksiske. Ved den nye behandling bruges to produkter, hvor kun to ingredienser i det andet produkt i behandlingen (vandig toplak), er klassificerede (kræftfremkaldende kategori 2) (tabel 5.8). Den UV-hærdende sealer, som emnet først behandles med, indeholder ikke stoffer der er klassificerede iflg. EU Forordning 1272, 2008. De to klassificerede stoffer i det nye malingsystem er ikke på EU's kandidatliste eller på Miljøstyrelsens liste over uønskelige stoffer (Miljøstyrelsen, 2009).

Hvor man i det gamle scenarium bruger et syrehærdende system med indhold af flere opløsningsmidler og en forventet årlig emission på 390.000 liter opløsningsmiddel er man med det nye system gået til at bruge et vandigt UV-system med en årlig emission på 15.000 liter opløsningsmiddel, der stammer fra den vandige lak og fra rengøringsfortynder. Denne nedgang på 96 % i forhold til den årlige emission af opløsningsmidler er en væsentlig forbedring af arbejdsmiljøet og nærmiljøet.

5.4 Case nr. 4; krydsfiner

I denne case overfladebehandles formspændt krydsfiner til møbelindustrien. Den 'gamle' behandling består af 1 behandling med henholdsvis syrehærdende primer og syrehærdende toplak, hvor forbruget er 100 g/m² pr behandling. Den 'nye' behandling består af 2 behandlinger vandig klar lak med et forbrug på 100 g/m². Forbruget af maling i de to behandlinger er derfor ens.

Tabel 5.9. Gammelt scenarie (2 behandlinger; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende primer indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,6	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	18,0	R66, R67
normal butanol	71-36-3	12,0	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
phosphorsyre	7664-38-2	12,0	C; R34
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			46,8

Tabel 5.10. Gammelt scenarie (2 behandlinger; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet syrehærdende toplak indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
formaldehyd	50-00-0	0,6	Carc. Cat. 3; R40, T; R23/24/25, C; R34 R43
tensid	556-67-2	0,6	Repr. Cat. 3; R62
aromatisk kulbrinte	64742-95-6	3,6	Carc. Cat. 2; R45, Muta. Cat. 2; R46, Xn; R65
butylacetat	123-86-4	18,0	R66, R67
normal butanol	71-36-3	12,0	Xn; R22, Xi; R37/38-41, R67
phosphorsyre	7664-38-2	12,0	C; R34
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			46,8

Tabel 5.11. Nyt scenarie (2 behandlinger; 100 g/m²). Tabellen viser hvilke af de i produktet vandig klar lak indgående ingredienser der er klassificerede

Navn	CAS	Normaliseret gennemsnit (%)	Klassificering
additiv	64742-55-8	2,4	Carc. Cat. 2; R45
additiv	124-68-5	2,4	Xi; R36/38
total mængde (normaliseret gennemsnit) klassificerede ingredienser i malingsystemet:			5,6

Ved overfladebehandling af krydsfiner bruges der ved den gamle behandling et produkt med flere klassificerede ingredienser end i det nye produkt. Der er 46,8 % klassificerede ingredienser i begge produkter i det gamle system men kun 5,6 % i det nye (tabel 5.9-5.11). Det gamle produkt indeholder desuden flere ingredienser, der er klassificerede som kræftfremkaldende og reprotoxiske. Ved den nye behandling bruges et produkt, hvor kun to ingredienser er klassificerede (kræftfremkaldende kategori 2) (tabel 5.11). De to klassificerede stoffer i det nye malingsystem er ikke på EU's kandidatliste eller på Miljøstyrelsens liste over uønskelige stoffer (Miljøstyrelsen, 2009).

Ved overfladebehandling af krydsfiner til møbelindustrien bruges der ved den gamle behandling et produkt med flere klassificerede ingredienser, og hvor flere af ingredienserne er klassificerede som kræftfremkaldende og reprotoxiske. Ved den nye behandling bruges 1 produkt, hvor kun to ingredienser, der findes i forholdsvis lav koncentration i produktet, er klassificerede (kræftfremkaldende kategori 2) (tabel 5.9-5.11).

Hvor man i det gamle scenarium bruger et syrehærdende system med indhold af flere opløsningsmidler og en forventet årlig emission på 1300 liter opløsningsmiddel er man med det nye system gået til at bruge et vandigt system med en årlig emission på 100 liter opløsningsmiddel, der stammer fra den vandige lak og fra rengøringsfortynder.

Denne nedgang på 92 % i forhold til den årlige emission af opløsningsmidler er en væsentlig forbedring af arbejdsmiljøet og nærmiljøet.

5.5 Konklusion på sundhedsmæssig vurdering

De fire cases om industriel overfladebehandling af stålplader og træemner har tydeligt vist, at der er færre klassificerede stoffer i de nye malingsystemer end i de gamle. Eksemplerne viser også mindre alvorlige toksikologiske endpoints i de klassificeringer, som ingredienserne har i nye modsat gamle systemer. Den helt store gevinst ses i nedbringelsen af opløsningsmidlerne, hvor der i alle fire cases er en betydelig nedgang; nogle produkter er nedbragt til slet ikke at indeholde opløsningsmidler. Der ses dog stadig et additiv i et af de nye produkter (pulvermaling), hvor det stadig må anbefales af finde et mindre sundhedsskadeligt alternativ.

6 Miljømæssig vurdering

Beregning af ændringen i miljøbelastningen ved at skifte fra et malingsystem med høj emission af opløsningsmidler til et system med lavere emission, tager udgangspunkt i UMIP-metodens (Wenzel *et al.*, 1996) metode til ”måling” af økotoksisk belastning som følge af en emission af et stof til det ydre miljø.

UMIP metoden tager et stofs fysiske og kemiske egenskaber i betragtning og er god at anvende, når der skal ses på en anvendelse så som påføring af maling, som kan resultere i at et stof spredes til flere kompartments i det ydre miljø, f.eks. luften via fordampning, vand f.eks. via rengøring af materialer eller jorden via spild. Hvor UMIP-metoden tager højde både for akut og kronisk økotoksicitet i vandmiljøet, økotoksicitet i spildevandsanlæg og kronisk økotoksicitet i jordmiljøet, har vi valgt kun at kigge på kronisk økotoksicitet i vand- og jordmiljøet.

Vi har endvidere valgt at sammenligne belastningen for maling og vedligeholdelse (gentagne overfladebehandlinger) af 1 m² overflade.

Et malingsystem består af mange stoffer. Hvert stof vil under og efter malingsprocessen i større eller mindre omfang blive frigivet til det ydre miljø. Belastningen opgøres som et forhold mellem eksponeringen og økotoksiciteten.

6.1 Eksponering

Emissionerne betegnes i det følgende med:

Emission til luft af stof (k):	$Q_{\text{Luft}}(k)$ (kg/m ² /år)
Emission til vand af stof (k):	$Q_{\text{Vand}}(k)$ (kg/m ² /år)
Emission til jord af stof (k):	$Q_{\text{Jord}}(k)$ (kg/m ² /år)

Der vil ske en omfordeling af stoffet i miljøet. Tabel 6.1 viser den brøkdel af emissionen, der havner i luft, vand og jord i afhængighed af nedbrydningshastigheden i luft ($DT50_{\text{Luft}}$) og Henrys konstant (H) jf. UMIP-metoden. Det antages således i UMIP-metoden, at intet stof ender i luften, men at stoffet viderefordes fra luften til jord og vand.

Tabel 6.1. Omfordelingsfaktorer

Udledning til	$H > 10^{-3}$ (atm m^3/mole)	Fordelingsfaktorer (F_{ij})				
		Luft	Vand		Jord	
			$\text{DT50}_{\text{Luft}} \leq 1 \text{ dag}$	$\text{DT50}_{\text{Luft}} > 1 \text{ dag}$	$\text{DT50}_{\text{Luft}} \leq 1 \text{ dag}$	$\text{DT50}_{\text{Luft}} > 1 \text{ dag}$
Luft	-	0	0	0,5	0	0,5
Vand	Ja	0	0	0,5	0	0,5
	Nej	0	1	1	0	0
Jord	Ja	0	0	0,5	0	0,5
	Nej	0	0	0	1	1

Eksponeringen af vandmiljøet ($E_{\text{vand}}(k)$) og jordmiljøet ($E_{\text{jord}}(k)$) findes herefter af:

$$E_{\text{vand}}(k) = (Q_{\text{Luft}}(k) \cdot F_{\text{luft,Vand}} + Q_{\text{vand}}(k) \cdot F_{\text{vand,Vand}} + Q_{\text{jord}}(k) \cdot F_{\text{jord,Vand}}) \cdot \text{BIO}$$

$$E_{\text{jord}}(k) = (Q_{\text{Luft}}(k) \cdot F_{\text{luft,Jord}} + Q_{\text{vand}}(k) \cdot F_{\text{vand,Jord}} + Q_{\text{jord}}(k) \cdot F_{\text{jord,Jord}}) \cdot \text{BIO}$$

Hvor omfordelingsfaktoren F_{ij} , fremgår af Tabel 6.1, Q er stofmængden udledt til henholdsvis luft, vand og jord og BIO er en faktor, der redegør for, hvor stor en andel af stoffet, der forventes nedbrudt i miljøet:

- Let bionedbrydeligt: $\text{BIO}=0,2$
- Potentielt bionedbrydeligt: $\text{BIO}=0,5$
- Ikke bionedbrydeligt: $\text{BIO}=1$

6.2 Økotoksicitet

Den kroniske økotoksicitet for vand ($1/\text{ØF}_{\text{vand}}$) findes som den laveste kroniske effektkoncentration for vandlevende organismer.

$$1/\text{ØF}_{\text{vand}} = 1/(\text{laveste NOEC or EC}_{10})$$

Hvis der ikke er fundet kroniske data findes den kroniske økotoksicitet som den laveste akutte effektkoncentration (EC_{50}) divideret med 10, hvilket er en ofte anvendt faktor til omregning af akut økotoksicitet til kronisk økotoksicitet.

Den kroniske økotoksicitet for jord ($1/\text{ØF}_{\text{jord}}$) kan ligeledes blive udledt ud fra data om et stofs økotoksicitet i vand, hvis der, som tilfældet er her, er mangelfuld data for økotoksiciteten i jord. $1/\text{ØF}_{\text{jord}}$ findes fra den kroniske økotoksicitet for vand ved (Wenzel *et al.* 1996):

$$1/\text{ØF}_{\text{jord}} = 1,5 \cdot (0,02 \cdot K_{\text{ow}} + 0,27) \cdot 1/\text{ØF}_{\text{vand}}$$

Hvor K_{ow} er oktonol-vand fordelingskoefficienten.

6.3 BELASTNING

Den samlede belastning af stoffet (k) til hhv. vand ($MP_{\text{vand}}(k)$) og jord ($MP_{\text{jord}}(k)$) beregnes nu af:

$$MP_{\text{vand}}(k) = E_{\text{vand}}(k) \cdot \text{ØF}_{\text{vand}}(k)$$

$$MP_{\text{jord}}(k) = E_{\text{jord}}(k) \cdot \text{ØF}_{\text{jord}}(k)$$

Den samlede belastningen fra malingsystemet til vand og jord findes nu som en sum over alle indholdsstoffer:

$$\text{For vand: } MP_{\text{vand}}(\text{Total}) = \sum_k MP_{\text{vand}}(k)$$

$$\text{For jord: } MP_{\text{jord}}(\text{Total}) = \sum_k MP_{\text{jord}}(k)$$

Den samlede miljøbelastning findes nu som en vægtet sum:

$$MP_{\text{vand+jord}}(\text{Total}) = MP_{\text{vand}}(\text{Total}) + MP_{\text{jord}}(\text{Total}) \cdot 3,5$$

$$MP_{\text{vand+jord}}(\text{Total}) = MP_{\text{vand}}(\text{Total}) + MP_{\text{jord}}(\text{Total}) \cdot 3,5$$

Hvor 3,5 er en vægtningsfaktor, der indgår i UMIP metoden, og som beregnes som forholdet mellem vægtningsfaktoren for vand og vægtningsfaktoren for jord ($420.000 \text{ m}^3 \text{ vand/pers/år} / 120.000 \text{ m}^3 \text{ jord/pers/år}$) (Wenzel et al., 1996).

6.4 SAMMENLIGNING AF MALINGSYSTEMER

Som nævnt tidligere tages der udgangspunkt i behandling af 1 m^2 overflade. $MP_{\text{vand+jord}}(\text{Total})$ beregnes for de malingsystemer, der skal sammenlignes. Det malingsystem, der giver den højeste $MP_{\text{vand+jord}}(\text{Total})$ er umiddelbart det malingsystem, der har den højeste økotoksicitet overfor miljøet. $MP_{\text{vand+jord}}(\text{Total})$ beregnes for i alt 8 forskellige malingsystemer, der repræsenterer 4 gamle systemer og 4 nye systemer.

Det antages ligeledes, at frigivelsen af stoffer, der indgår i malingsystemerne, hovedsageligt sker i forbindelse med rengøring af materiale anvendt til påføring af maling. Det procentvise spild fra de forskellige systemer fremgår af afsnit 3's gennemgang af de enkelte cases.

Mængden der spildes vil blive fordelt til jord, vand og luft. Til fastsættelse af den procentvise fordeling af spildet mellem jord, vand og luft er ECHAs guideline R16 (ECHA, 2008) blevet konsulteret, og fordelingen er på baggrund heraf generelt sat til 50 % til jord, 50 % til vand og 0 % til luft (det antages at den del der frigives til luften i sidste ende vil ende i vand og jord). For flygtige stoffer, er der dog regnet med et spild på 100 %, idet stofferne vil fordampe 100 %.

Oplysninger om stoffernes fysisk-kemiske egenskaber samt informationer om nedbrydelighed og økotoksikologi er fundet ud fra stoffernes CAS numre samt offentlig tilgængelig litteratur og databaser (Bl.a. IUCLID og US-EPA's ECOTOX database). For stoffer, såsom enkelte stabilisatorer, hvor der ikke var tilgængelige CAS numre, er en gennemsnitsværdi blevet anvendt, for de stabilisatorer hvor der var et tilgængeligt CAS nummer, til fastsættelse af de

fysisk-kemiske data. Til vurderingen af nedbrydning og økotoksicitet er et "worst case approach" blevet anvendt. Dvs. at det er antaget, at stoffet ikke nedbrydes ($BIO = 1$) og giftigheden er lig giftigheden for den mest giftige stabilisator.

Den beregnede miljøbelastning for de 4 malingsystemer fremgår af tabel 6.2. I tabellen er miljøbelastningen angivet som MP_{vand} . Dette skyldes at miljøbelastningen til jord (MP_{jord}) er meget lille og derfor ikke har betydning for den samlede miljøbelastning for de undersøgte malingsystemer. Beregningerne viser, at et skift til et nyt malingsystem medfører en mindre miljøbelastning for 3 ud af 4 malingsystemer, der er undersøgt i dette projekt, da MP_{vand} i et tilfælde er lavest for de nye systemer.

For hvert malingsystem er det stof (S), der bidrager mest til den samlede miljøbelastning ($MP_{\text{Vand+Jord}}$) blevet udpeget og en "predicted no effect concentration" (PNEC) beregnet som beskrevet i ECHAs guideline R.10 (ECHA, 2008). PNEC er koncentrationen af et stof, som ikke forventes at have nogen effekt i miljøet. Sammenholdes PNEC med den forventede koncentration i miljøet - Predicted Environmental Concentration - (PEC) kan en risikokvotient (RQ) beregnes som:

$$RQ = PEC/PNEC$$

En $RQ < 1$ indikerer, at der ikke forventes at være en risiko overfor miljøet, hvor imod en $RQ > 1$ indikerer en potential risiko.

Alene PEC for det vandige miljø er beregnet. Ved beregningen er det antaget, at alt spildevand, som indeholder rester fra malingsystemerne, passerer et renseanlæg inden endelig udledning til det vandige miljø. Der er regnet på et standard renseanlæg jf. principperne for miljørisikovurdering (ECHA, 2008). Anlægget er således antaget at have en kapacitet på 10.000 personækvivalenter svarende til en daglig behandlet spildevandsmængde på 2.000 m³/dag. Spildevandet er videre antaget at blive fortyndet i 18.000 m³ vand. Fjernelsen i renseanlægget er beregnet ved brug af modellen SimpleTreat, som er en del af EUSES programmet (The European Union System for the Evaluation of Substances). Til de videre vurderinger, er det såkaldte kritiske behandlede areal (A_{Krit}) beregnet. A_{Krit} er det maksimale areal, der kan behandles om dagen, uden at RQ bliver over 1. Så jo højere A_{Krit} er, jo mindre miljøbelastende er malingsystemet. Resultaterne af beregningerne af A_{Krit} fremgår af tabel 6.2.

Tabel 6.2. Kritiske behandlede areal (A_{krit}), det maksimale areal, der kan behandles om dagen, uden at risikokvotienten (RQ) bliver større end 1.

Malings-system	System	Kritisk stof (S)	MP_{vand}	RQ	PEC ($\mu\text{g/L}$)	PNEC ($\mu\text{g/L}$)	A_{krit} (m^2/dag)
1	Gl. system	Tensid	0,01	0,999	0,0039	0,0039	39
	Nyt system	Additiv	1,05	0,999	0,0001	0,0001	2
2	Gl. system	Primer: Tensid Toplak: Tensid	0,023 0,023	0,999	0,0039	0,0039	24
	Nyt system	Primer: Additiv Toplak: Monomer	0,0014 0,0051	0,999 0,999	0,98 2,3	0,98 2,3	61
3	Gl. system	Primer: Tensid Toplak: Tensid	0,031 0,035	0,999	0,0039	0,0039	4
	Nyt system	Primer: Oligomer Toplak: Additiv	0,0003 0,0009	0,999 0,999	3,3 0,98	3,3 0,98	97
4	Gl. system	Primer: Tensid Toplak: Tensid	0,038 0,038	0,999	0,0039	0,0039	8
	Nyt system	Primer: Additiv Toplak: Additiv	0,0001 0,0001	0,9991	65	65	1.900

Det fremgår af tabel 6.2 at miljøbelastningen (MP_{vand}) for malingsystem nr. 2-4 falder ved at skifte fra det gamle malingsystem til det nye. Ligeledes er det muligt at behandle et større areal pr dag uden at den beregnede risikokvotient for stoffet S overskrides. For malingsystem nr. 1, vil miljøbelastningen derimod stige ved et skift til et nyt system, og som et resultat deraf vil arealet, der kan behandles per dag tilsvarende blive reduceret. Det nye malingsystem 1 indeholder et additiv (cas: 63843-89-0), der er kendetegnet ved en høj toksicitet, lav bionedbrydelighed og en Log Kow >3, hvilket indikerer at stoffet er bioakkumulerbart. Det er disse faktorer, der bidrager til både en større miljøbelastning (MP_{vand}) og en lavere (PNEC). Det skal dog bemærkes, at data om økotoksicitet og fysisk kemiske egenskaber for CAS: 63843-89-0 er baseret på QSAR beregninger (Quantitative Structure Activity Relations), der ud fra stoffets struktur estimerer den forventlige toksicitet og fysisk-kemiske egenskaber af stoffet.

7 Konklusion / Perspektivering

Udviklingen af overfladebehandling – materialer og processer – befordres af ønsker om bedre miljø og ringere energiforbrug; eller mere præcist: af lovgivningen på de pågældende områder.

I nærværende projekt har vi med velvillig assistance fra Teknos A/S taget udgangspunkt i en serie typiske behandlinger fra metal- og (især) træ- og møbelindustrien for at få et overblik over de aktuelle muligheder for at substituere traditionelle behandlinger med nye og mere sundheds- og miljøvenlige overflader – samt over konsekvenserne ved overgangen; både sundheds- og miljømæssigt og hvad angår brugsegenskaber.

Arbejdet har omfattet en praktisk del og en indhentning af viden, specielt om træ- og møbelområdet. Projektet vil derudover formidle viden videre ved en artikel i branchetidsskriftet Industriel Overfladebehandling.

Den tekniske del af projektet viser, at man kan opnå gode eller rimelige resultater ved skift fra gamle kendte systemer til vandige systemer eller varer uden opløsningsmidler. Eksemplet fra metalområdet viser samlet en væsentlig forbedring; på træ- og møbelområdet er resultaterne rimelige, men ikke helt så overbevisende, hvad angår brugsegenskaber.

De fire cases har tydeligt vist, at der er færre sundhedsklassificerede stoffer i de nyere malingsystemer (overvejende vandige systemer) i forhold til gamle kendte systemer (bl.a. syrehærdende systemer) ved industriel overfladebehandling af stålplader og træmner. Baseret på de fire cases ses også mindre alvorlige toksikologiske endpoints i de sundhedsklassificeringer, som ingredienserne har i nye modsat gamle systemer. Den helt store gevinst ses i nedbringelsen af opløsningsmidlerne, hvor der i alle fire cases er en betydelig nedgang; nogle produkter er nedbragt til slet ikke at indeholde opløsningsmidler. Der er dog stadig et additiv i et af de nye produkter (pulvermaling til behandling af stålplader), som det anbefales at erstatte med et mindre sundhedsskadeligt alternativ. Derudover skal man også være opmærksom på de mange allergiproblemer UV-lakker kan medføre - i særdeleshed hvis UV-belysningen ikke er optimal, og der er mange uhærdede acrylater tilbage i lakken. Dette har dog ikke været yderligere behandlet i dette projekt.

Miljøbelastningen ved anvendelse af malingsystemer til træmner falder ved at skifte fra gamle malingsystemer baseret på syrehærdende produkter til nye vandige og UV-hærdende systemer. Ligeledes er det muligt at behandle et større areal pr dag uden at den beregnede risikokvotient overskrides.

Ved behandling af stålplader vil miljøbelastningen derimod stige ved et skift til et nyt system og som et resultat deraf vil arealet, der kan behandles per dag tilsvarende blive reduceret. Det nye malingsystem 1 indeholder et additiv der er kendetegnet ved en høj toksicitet, lav bionedbrydelighed og en Log Kow >3, hvilket indikerer at stoffet er bioakkumulerbart. Det er disse faktorer, der bidrager til en højere miljøbelastning. Det skal dog bemærkes, at data om økotoxicitet og fysisk kemiske egenskaber for dette additiv er baseret på QSAR beregninger.

Alt i alt konkluderes det, at man på baggrund af de i projektet opstillede cases vil kunne opnå et bedre sundheds- og miljømæssigt alternativ til overfladebehandling af træemner ved en lille nedgang i produkternes tekniske formåen når man går fra de gamle kendte VOC-holdige malinge til mere vandige malingsystemer.

For behandling af stålplader vil man ved et skifte til pulvermaling kunne opnå en teknisk ydeevne, som mindst er på linje med de gamle ovnhærdende vådmalingsystemer. Sundhedsmæssigt vil der også være en gevinst hvad angår opløsningsmidler, mens casen i dette projekt indikerer, at der i det nye system stadig er behov for videre substitution. Miljømæssigt viser eksemplet også, at man muligvis ikke vinder noget ved at skifte, medmindre man arbejder videre med substitution af et enkelt stof.

I de kommende år vil man opleve gradvise forbedringer af malematerialer og hærdeprocesser, ændringer som vil mindske afstanden mellem traditionelle og ”nye” behandlinger i træ- og møbelindustrien. De store ”kvantespring” er ikke umiddelbart til at forudse.

Pulvermaling til træ og træbaserede materialer har hidtil været lidt af en skuffelse. Det er spændende om billedet på et tidspunkt ændrer sig, men umiddelbart er det vanskeligt at mobilisere den helt store optimisme.

Elektronstrålehærdning kan (bør?) få en større udbredelse, men teknologien hæmmes af at være dyr i anskaffelse, og anlæggene er store og lidt klodsede. Til gengæld har metoden driftsøkonomiske, miljø- og sundhedsmæssige fortrin. Processen er dog udelukkende egnet til store, ensartede serieproduktioner.

8 Referencer

Biociddirektivet (98/8/EF); Europa Parlamentets og Rådets direktiv 98/8/EF af 16. februar 1998 om markedsføring af biocidholdige produkter (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:123:0001:0063:DA:PDF>)

Björkner et al, 1989. Kontaktallergi för ultraviolet hårdende akrylatprodukter i färger og lacker. Bert Björkner. Arbete og Hälsa, 1989:20.

CTBA ; Schéma de Maîtrise des Emissions de Composés Organiques Volatils. CTBA (red). ADEME Editions, Angers, France (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) 2004.

CTBA, Les Finitions Aqueuses en Ameublement. CTBA, Paris, France 2007.

ECHA (2008): Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment

ECHA (2008): Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.16: Environmental Exposure Estimation

ECOTOX Database: http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm

ESIS (European chemical Substances Information System)-
<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>

European Commission DG Env: Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption:- preparation of a candidate list of substances as a basis for priority setting.
Final report (incorporating corrigenda to final report dated 21 June 2000), Annex 13 (http://ec.europa.eu/environment/docum/pdf/bkh_annex_13.pdf)

EU's Kandidatliste; ECHA's Candidate List of Substances of Very High Concern for authorisation
(http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp)

Frost et al, 1992. "UV-hærdende akrylater – potente kontaktallergener i arbejdsmiljøet". Ugeskrift for læger 154/51, 14. december 1992, Videnskab og praksis. Poul Frost, Jens Peter E. Bonde, Ann Mürer & Kristian Thestrup-Pedersen.

Jocham, C. et al.: Powder Coating Medium Density Fibreboards (MDF) _ Analysis of the Preheating Process. PRA's 7th Woodcoating Congress. Paper No. 17 Congress Proceedings 2010

Les Finitions Poudres – Quelles Possibilites pour l'Ameublement?". Kompendum CTBA, Paris 2006

Kiene, Jürgen: Pulverlackierung von Holz und Holzwerkstoffen – aktueller Stand der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. 12. Braunschweiger Holztechnisches Kolloquium Marts 2004. IWF, TU Braunschweig.

Klassificeringsforordningen 1272/2008, Europa parlamentets og Rådets forordning (EF) Nr. 1272/2008 af 16. december 2008 om klassificering, mærkning og emballering af stoffer og blandinger og om ændring og ophævelse af direktiv 67/548/EØF og

1999/45/EF og om ændring af forordning (EF) nr. 1907/2006 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:DA:pdf>)

MDF-Platten effezient und vollautomatisiert pulvern” Besser Lackieren Nr. 2, 1. februar 2008.

Miljøstyrelsen, 2010. “Listen over uønskede stoffer 2009”. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 3, 2010. Miljøstyrelsen.
(http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Kemikalier/Stoflister+og+databaser/listen_over_uoenskede_stoffer/) og
(<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2010/978-87-92617-15-6/pdf/978-87-92617-16-3.pdf>)

Miljøstyrelsen's effektliste, 2009
(http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Kemikalier/Stoflister+og+databaser/effektlisten/)

Peter Kronborg Nielsen et al, 2010. Substitution af diffundérbare råvarer i UV-hærdende lakker til træmøbler; Miljøstyrelsens rapport nr. 1353

VOC-produkt direktivet (2004/42/EF), Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2004/42/EF af 21. april 2004 om begrænsning af emissioner af flygtige organiske forbindelser fra anvendelse af organiske opløsningsmidler i visse malinger og lakker samt produkter til autoreparationslakering og om ændring af direktiv 1999/13/EF (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0042:DA:HTML>)

REACH forordningen (EF) nr. 1907/2006, Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1907/2006 af 18. december 2006 om registrering, vurdering og godkendelse af samt begrænsninger for kemikalier (REACH), om oprettelse af et europæisk kemikalieagentur og om ændring af direktiv 1999/45/EF og ophævelse af Rådets forordning (EØF) nr. 793/93 og Kommissionens forordning (EF) nr. 1488/94 samt Rådets direktiv 76/769/EØF og Kommissionens direktiv 91/155/EØF, 93/67/EØF, 93/105/EF og 2000/21/EF. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:396:0001:0852:DA:PDF>)

Svane, Peter: Elektronstrålehærdning – det må kunne bruges til noget mere. Industriel Overfladebehandling Nr.3 2010 p.5-11.

Wenzel Henrik, Micahel Haushild & Elisabeth Rasmussen (1996): Miljøvurdering af produkter. UMIP.

VOC-direktivet (1999/13/EF), Rådets direktiv 1999/13/EF af 11. marts 1999 om begrænsning af emissionen af flygtige organiske forbindelser fra anvendelse af organiske opløsningsmidler i visse aktiviteter og anlæg. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0013:19990329:DA:PDF>)

9 Appendiks A

9.1 R-sætninger (Klassificeringsforordningen, 2008)

R1: Eksplosiv i tør tilstand
R2: Eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder
R3: Meget eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder
R4: Danner meget følsomme eksplosive metalforbindelser
R5: Eksplosionsfarlig ved opvarmning
R6: Eksplosiv ved og uden kontakt med luft
R7: Kan forårsage brand
R8: Brandfarlig ved kontakt med brandbare stoffer
R9: Eksplosionsfarlig ved blanding med brandbare stoffer
R10: Brandfarlig
R11: Meget brandfarlig
R12: Yderst brandfarlig
R14: Reagerer voldsomt med vand
R15: Reagerer med vand under dannelse af yderst brandfarlige gasser
R16: Eksplosionsfarlig ved blanding med oxiderende stoffer
R17: Selvantændelig i luft
R18: Ved brug kan brandbare dampe/eksplosive damp- luftblandinger dannes
R19: Kan danne eksplosive peroxider
R20: Farlig ved indånding
R21: Farlig ved hudkontakt
R22: Farlig ved indtagelse
R23: Giftig ved indånding
R24: Giftig ved hudkontakt
R25: Giftig ved indtagelse
R26: Meget giftig ved indånding
R27: Meget giftig ved hudkontakt
R28: Meget giftig ved indtagelse
R29: Udvikler giftig gas ved kontakt med vand
R30: Kan blive meget brandfarlig under brug
R31: Udvikler giftig gas ved kontakt med syre
R32: Udvikler meget giftig gas ved kontakt med syre
R33: Kan ophobes i kroppen efter gentagen brug
R34: Ætsningsfare
R35: Alvorlig ætsningsfare
R36: Irriterer øjnene
R37: Irriterer åndedrætsorganerne
R38: Irriterer huden
R39: Fare for varig alvorlig skade på helbred
R40: Mulighed for kræftfremkaldende effekt
R41: Risiko for alvorlig øjenskade
R42: Kan give overfølsomhed ved indånding
R43: Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden
R44: Eksplosionsfarlig ved opvarmning under indeslutning
R45: Kan fremkalde kræft
R46: Kan forårsage arvelige genetiske skader
R48: Alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning
R49: Kan fremkalde kræft ved indånding
R50: Meget giftig for organismer, der lever i vand
R51: Giftig for organismer, der lever i vand
R52: Skadelig for organismer, der lever i vand
R53: Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet
R54: Giftig for planter

R55: Giftig for dyr
R56: Giftig for organismer i jordbunden
R57: Giftig for bier
R58: Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i miljøet
R59: Farlig for ozonlaget
R60: Kan skade forplantningsevnen
R61: Kan skade barnet under graviditeten
R62: Mulighed for skade på forplantningsevnen
R63: Mulighed for skade på barnet under graviditeten
R64: Kan skade børn i ammeperioden
R65: Farlig: kan give lungeskade ved indtagelse
R66: Gentagen udsættelse kan give tør eller revnet hud
R67: Damp kan give sløvhed og svimmelhed
R68: Mulighed for varig skade på helbred