

TNO-rapport

**Alternatieven voor het thermisch verzinken
van atmosferisch blootgestelde
metaaloppervlakken**

Referentienummer 94-051
Dossiernummer 112322-25012
Datum maart 1994
NP

Auteur
Ing. W.G.J.M. van Tongeren

Trefwoorden
– oppervlaktebescherming
– corrosie
– verzinken
– schone technologie

Bestemd voor
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling RIZA
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Summary

Metal surfaces that are exposed to the atmosphere are sources of significant diffuse emission; this emission of heavy metals to the soil and the surface water is mainly a result of corrosion of the surface layer. An inventory of atmospherically exposed metal surfaces has shown that the emission of zinc, originating from hot-dip metal surfaces, is the largest source. With a view to reducing diffuse zinc emissions, a study has been conducted into alternatives for hot-dip zinc coatings of atmospherically exposed metal surfaces.

The project can be divided into two phases.

The most important parts of the first phase are the inventory and the assessment/selection of 'clean' alternatives for hot-dip zinc coatings of metal surfaces. A report has been written, that states the results of this research phase. It describes and discusses the results that concern surface technology, and goes deeply into the methods applied in the assessment and selection [3].

In the second phase of the research, the results of the first phase have been submitted to a group of persons who are practically involved in this subject, the 'field workers', such as suppliers, commissioning parties, and environmental experts. The aim of this was to determine the problems that could occur on implementation of the selected alternatives.

The present report summarises the results stated in the report of the first phase, in as far as they concern the surface technology, while the results obtained in exploring the implementation problems are also included.

In drawing up the inventory of alternatives for hot-dip zinc coatings of metal surfaces and assessing them, it is important to know the actual applications involved. The previously conducted inventory of atmospherically exposed metal surfaces stated a number of significant sources. During the study it appeared, however, that tendencies to other surface treatment techniques caused a shift in sources.

Building constructions, 'street furniture' (crash barriers, bollards, etc.), and horticultural greenhouses are among the most significant new hot-dip metal surfaces.

The inventory of alternative surface-treatment systems and the subsequent rough selection has provided so many alternatives that it was not possible to make an individual evaluation of all these alternatives, and thus a finer selection. Consequently, a method was chosen in which a number of trial systems were, firstly, worked out and assessed, followed by a consideration of the remaining alternatives, by analogy with one of the trial systems.

Owing to the number of sample systems being extended several times, these turned out eventually to comprise more than 80% of the promising alternatives. The number of other alternatives is therefore limited.

The alternatives have been assessed on the basis of the criteria Functionality, (Application and Maintenance) Costs, Feasibility, and Environmental Merit. The final result of the assessment was summarised in a survey that states a rough order of priority.

All alternatives that scored worse than hot-dip zinc coatings on the total of the criteria Functionality, Costs, and Feasibility, were excluded from the further selection; this eventually led to the following result:

Selected systems for the treatment of atmospherically exposed metal surfaces
Galvalume (hot-dip) Aluminium (hot-dip) Duplex systems (spraying) Enamel (enamelling) Al alloys (metal spraying)
Zinc alloys (electroplating) ¹⁾ Galfan (hot-dip) ¹⁾

¹⁾ These alternatives score better than hot-dip zinc coatings, but their environmental merit is less, compared with the remaining alternatives

The non-selected alternatives should not be excluded altogether; additional investigation is certainly sensible, particularly with respect to alternatives that score well regarding environmental merit, such as inorganic coatings.

All the alternatives that were ultimately selected are, to a greater or lesser extent, existing systems which are currently being used in other applications. The technological impediments for applying these systems on a large scale are not expected to be too unmanageable. From the fact that, with respect to the total of Functionality, Costs and Feasibility, a number of the selected systems score better than hot-dip zinc coatings, it may be deduced that in some cases non-technological difficulties prevent the alternatives from being implemented.

In exploring the implementation problems (phase 2 of the investigation), special attention was paid to the limitations that the various applications pose on the use of the alternatives. This resulted in a restriction of the number of suitable alternatives for hot-dip zinc coatings:

- On the basis of the current views in actual practice, duplex systems and electrolytically applied zinc-alloy coatings qualify for replacing hot-dip zinc coatings in the majority of applications.
- Enamelling is less suitable for heavier building construction because of the high temperature and the impact resistance.
- Galvalume and aluminising are suitable for horticultural greenhouses and crash barriers.
- The Cost factor is a significant impediment for the other applications of these systems, but also for the other systems such as the spraying of Al alloys and for Galfan. The high temperature and the mechanical strength can also cause restrictions.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

There are a number of problems facing the qualifying applications; the following problems effect the implementation of alternative surface-treatment techniques and can result in these techniques not being implemented:

- Financial-economic problems (costs and risks);
Often the investment costs are high; there is a great uncertainty as to whether the potential market share will be large enough;
- Often great technical risks;
Principals are not willing to take great technical risks; these are present because of the lack of a good testing method;
- Insufficient knowledge transfer;
Many (advisors of) commissioning parties are unfamiliar (or not familiar enough) with new surface-treatment systems;
- Insufficient knowledge of the problems of diffuse zinc emission; insufficient familiarity with the seriousness and the size of these problems.

A phased approach can be chosen to promote the implementation of alternatives.

In the first instance, the implementation of the most feasible alternatives should be initiated. It is assumed here that the efforts in this respect are restricted and that the alternatives should offer environmental as well as other advantages. Gathering sufficient information about the various alternatives, specifically with respect to performance and costs - over the **entire** lifespan -, is very important at this stage. The information transfer between supplier and commissioning party is, in this respect, very significant. The government can play a role in the promoting of knowledge and information transfer. The current project has given the initial impetus to this. As a commissioning party, the government can also fulfil a pilot function.

In the second phase, the parties involved should put in a greater effort, thus also increasing the risks. The technical risks can be reduced through scale-up research and the development of a better corrosion test. The government could (financially) support this research. Credit loans and long-term assignments could help reduce the financial risks.

If the various actions provide insufficient results, depending on the cause of these insufficient results, the taking of controlling measures in a third phase should be considered, for instance, by imposing levies on zinc use or by further developing other surface-treatment techniques and applying other construction materials.

The conducted study falls within the framework of the SPA development programme set up by RIZA, the Netherlands' Institute for Inland Water Management and Wastewater Treatment. This programme coordinates RIZA's activities in the area of Clean Technology, Prevention and Wastewater Treatment (SPA). The present project, being the first project within the programme area of Clean Technology (preparatory phase), is (also) a test case.

Samenvatting

Atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken zijn belangrijke diffuse emissiebronnen van zware metalen naar de bodem en het oppervlaktewater, voornamelijk ten gevolge van corrosie van de oppervlaktelaag. Uit een inventarisatie van de atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken is gebleken dat de emissie van **zink** afkomstig van verzinkte metaaloppervlakken hiervan de grootste bron is. Met het oog op het terugdringen van de diffuse emissie van zink is een studie uitgevoerd naar alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken.

In het project zijn twee fasen te onderscheiden.

De belangrijkste onderdelen van de eerste fase zijn het inventariseren en het beoordelen/selecteren van 'schone' alternatieven voor het thermisch verzinken van metaaloppervlakken.

Van de resultaten van deze fase van het onderzoek is een rapport opgesteld, waarin naast weergave en bespreking van de resultaten die betrekking hebben op de oppervlaktetechnologie, ook uitvoerig is ingegaan op de toegepaste methodiek van het beoordelen en selecteren [3].

In de tweede fase van het onderzoek zijn de resultaten van de eerste fase voorgelegd aan een groep personen die in de praktijk met dit onderwerp te maken hebben, 'de actoren in het veld', zoals leveranciers, opdrachtgevers en milieudeskundigen. Doel hiervan was vast te stellen welke problemen kunnen optreden wanneer tot implementatie van de geselecteerde alternatieven zou worden overgegaan.

In het onderhavige rapport zijn de resultaten uit het rapport van de eerste fase, voor zover deze betrekking hebben op de oppervlaktetechnologie, in verkorte vorm overgenomen en aangevuld met de resultaten van de verkenning van de implementatieproblematiek.

Bij het inventariseren en beoordelen van alternatieven voor het thermisch verzinken van metaaloppervlakken is het belangrijk om te weten welke concrete toepassingen het betreft. Bij de vooraf uitgevoerde inventarisatie van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken is een aantal belangrijke bronnen aangegeven. Tijdens de studie bleek echter dat er zich een aantal tendensen heeft ingezet die voornamelijk betrekking hebben op nieuw te behandelen metaaloppervlakken, waardoor verschuivingen hierin zijn opgetreden.

Als belangrijkste nieuw verzinkte metaaloppervlakken kunnen worden genoemd bouwconstructies, straatmeubilair (vangrails, verkeerspalen enz.) en tuinbouwkassen.

De inventarisatie van alternatieve oppervlaktebewerkingssystemen en de daaropvolgende grove selectie leverde een dermate groot aantal alternatieven op, dat het niet mogelijk was al deze alternatieven afzonderlijk te beoordelen en zo een fijnere selectie uit te voeren. Daarom is gekozen voor een werkwijze waarbij eerst een aantal voorbeeldsystemen is uitgewerkt en beoordeeld, waarna de overige alternatieven, naar analogie met één van de voorbeeldsystemen, zijn bekeken.

Doordat het aantal voorbeeldsystemen enige malen is uitgebreid, bleken deze tenslotte meer dan 80% van de kansrijke alternatieven te omvatten. Het aantal overige alternatieven is hierdoor beperkt.

Het beoordelen van de alternatieven is gebeurd aan de hand van de aspecten Functionaliteit, Kosten (zowel aanbreng- als onderhoudskosten), Uitvoerbaarheid en Milieubezwaar.

Het eindresultaat van de beoordeling is samengevat in een overzicht waarbij een grove prioriteitsvolgorde is aangegeven.

Voor een nadere selectie zijn alle alternatieven die slechter scoorden dan thermisch verzinken op het totaal van de criteria Functionaliteit, Kosten en Uitvoerbaarheid, weggelaten. Dit leverde tenslotte het volgende resultaat:

Geselecteerde systemen voor de behandeling van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken	
Galvalume (dompelen) Aluminium (dompelen) Duplexsystemen (spuiten) Email (emaileren) Al-legeringen (thermisch spuiten/dompelen)	
Zinklegeringen (galvanisch) ¹⁾ Galfan (dompelen) ¹⁾	

¹⁾ Deze alternatieven scoren wel beter dan thermisch verzinken, echter de milieuverdienste ten opzichte van de overige alternatieven is minder groot

De niet geselecteerde alternatieven moeten niet bij voorbaat worden uitgesloten; met name voor alternatieven die met betrekking tot milieuverdienste goed scoren, zoals anorganische deklagen, is aanvullend onderzoek zeker zinvol.

De uiteindelijk geselecteerde alternatieven zijn allemaal min of meer bestaande systemen, die nu voor andere toepassingen worden gebruikt. Voor het toepassen van deze systemen op grote schaal bestaan naar verwachting niet al te grote technologische belemmeringen. Uit het gegeven dat een aantal van de geselecteerde systemen met betrekking tot het totaal van functionaliteit, kosten en uitvoerbaarheid beter scoort dan thermisch verzinken mag worden afgeleid dat er in een aantal gevallen niet-technologische belemmeringen bestaan, die de implementatie van de alternatieven in de weg staan.

Bij de verkenning van de implementatieproblematiek, fase 2 van het onderzoek, is specifiek aandacht besteed aan de beperking die de verschillende toepassingen stellen aan het gebruik van de alternatieven.

Dit resulteerde in een inperking van het aantal geschikte alternatieven voor thermisch verzinken:

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

- Op basis van de huidige inzichten van uit de praktijk komen duplexsystemen en elektrolytisch aangebrachte zinklegeringslagen voor de meeste toepassingen in aanmerking om thermisch verzinken te vervangen.
- Emailleren is vanwege de hoge temperatuur en de slagvastheid minder geschikt voor zwaardere bouwconstructies.
- Galvalume en aluminiseren zijn geschikt voor tuinbouwkassen en vangrails.
- Voor de overige toepassingen van deze systemen, maar ook voor de andere systemen zoals het spuiten van Al-legeringen en voor Galfan, is het kostenaspect een belangrijke belemmering. Daarnaast kunnen de hoge temperatuur en de mechanische sterkte een beperking opleveren.

Voor de in aanmerking komende toepassingen bestaat een aantal problemen die van invloed zijn op de invoering van alternatieve oppervlaktebehandelingstechnieken en die er de oorzaak van kunnen zijn dat invoering niet plaats vindt. Dit zijn:

- Financieel/economische problemen.
De investeringskosten zijn vaak hoog, de onzekerheid met betrekking tot het overnemen van een voldoende groot marktaandeel is groot.
- Te grote technische risico's.
Opdrachtgevers zijn niet bereid grote technische risico's te nemen. Onder andere door het ontbreken van een goede testmethode zijn deze vaak wel aanwezig.
- Onvoldoende informatieoverdracht.
Veel (adviseurs van) opdrachtgevers zijn niet of onvoldoende op de hoogte van nieuwe oppervlaktebehandelingssystemen.
- Problematiek van de diffuse zinkemissie is niet voldoende bekend.
Men is niet altijd voldoende op de hoogte van de ernst en omvang van de problematiek.

Voor het bevorderen van de invoering van alternatieven kan gekozen worden voor een gefaseerde aanpak.

In eerste instantie zal de invoering van de meest kansrijke alternatieven moeten worden gestimuleerd. Er wordt van uitgegaan dat de inspanningen hiervoor beperkt zijn en dat de alternatieven naast milieuvoordelen ook andere voordelen bieden.

Het verzamelen van voldoende informatie over de verschillende alternatieven met name met betrekking tot prestaties en kosten (over de totale levensduur) is in deze fase erg belangrijk. Daarbij speelt de informatie-overdracht tussen leverancier en opdrachtgever een belangrijke rol. De nadruk van de werkzaamheden ligt in deze fase bij de marktpartijen. De overheid vervult een stimulerende rol. De overheid kan bijvoorbeeld een rol spelen bij de verdere kennisopbouw en de informatie-overdracht. In het onderhavige project is hier een eerste aanzet toe gegeven. Ook kan de overheid als opdrachtgever een voorbeeldfunctie vervullen.

In een tweede fase zal meer inspanning door de betrokkenen moeten worden verricht, waarbij de risico's ook toenemen. Het uitvoeren van opschalingsonderzoek en het ontwikkelen van een betere corrosietest kunnen de technische risico's verminderen. Voor deze fase wordt er van uitgegaan dat de marktpartijen zonder steun van de overheid de implementatie niet van de grond krijgen. De overheid zou bijvoorbeeld onderzoek kunnen ondersteunen. Voor het verminderen van de financiële risico's kan het verstrekken van kredieten en het verlenen van langdurige opdrachten een mogelijkheid zijn.

Indien de resultaten van de verschillende acties onvoldoende resultaat opleveren moet er, afhankelijk van de oorzaak, in een derde fase sturend optreden worden overwogen bijvoorbeeld via heffingen op zinkgebruik of via de verdere ontwikkeling van andere oppervlaktebehandelingstechnieken en de toepassing van andere constructiematerialen.

De uitgevoerde studie valt binnen het kader van het ontwikkelingsprogramma SPA van het Rijksinstituut voor Integraal Zoet-water-beheer en Afvalwaterbehandeling RIZA. In dit programma zijn de activiteiten van RIZA op het gebied van Schone Technologie, Preventie en Afvalwaterbehandeling (SPA) gebundeld. Het onderhavige project is het eerste project binnen het programmadeel Schone Technologie (voorbereidende fase) en is derhalve (ook) een test-case.

Inhoudsopgave

	Summary	3
	Samenvatting	7
1	Inleiding	13
1.1	Het RIZA-project ‘Schone Technologie’	13
1.2	Keuze van het onderwerp ‘Thermisch verzinkte atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken’	13
1.3	Uitvoering van het project	14
1.4	Organisatie en aanpak	15
2	Inventarisatie atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken	17
2.1	Algemeen.....	17
2.2	Uitvoering en resultaten eerste inventarisatie	17
2.3	Uitvoering en resultaten aanvullende inventarisatie	18
3	Inventarisatie, beoordeling en selectie van alternatieven voor het thermisch verzinken van staal	23
3.1	Inventarisatie van alternatieven voor het thermisch verzinken	23
3.2	Voorbeeldsystemen	24
3.3	Beoordeling van oppervlaktebewerkingssystemen.....	25
3.3.1	Beoordelingscriteria	25
3.3.2	Beoordeling van de voorbeeldsystemen.....	26
3.3.3	Beoordeling overige alternatieven	29
3.3.4	Selectie van de alternatieven	31
3.4	Conclusies ten aanzien van de selectie van alternatieven.....	32
4	Verkenning implementatieproblemen	35
4.1	Werkwijze	35
4.2	Samenvatting resultaten interviews.....	35
4.3	Resultaten workshop	38
4.3.1	Algemeen	38
4.3.2	Bespreking van mogelijke belemmeringen	38
4.3.3	Overige aandachtspunten.....	43
4.4	Conclusies verkenning implementatieproblematiek	44
5	Evaluatie	45
5.1	Samenvatting van de resultaten.....	45
5.2	Suggesties om de implementatie van alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen te bevorderen.....	46
6	Referenties	49
7	Verantwoording	51

Bijlage 1 tot en met 9

1 Inleiding

1.1 Het RIZA-project 'Schone Technologie'

Bij Rijkswaterstaat en met name bij het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, RIZA, als verantwoordelijke dienst voor de kwaliteit van het oppervlaktewater, houdt men zich al jaren bezig met de verschillende vormen van bestrijding van vervuiling van het oppervlaktewater. Om tot een bundeling van de verschillende activiteiten op dit gebied te komen is het ontwikkelingsprogramma SPA (Schone Technologie, Preventie en Afvalwaterbehandeling) opgezet. Doelstelling van dit programma is het aandragen van kennis en inzicht om het mogelijk te maken alle vormen van waterverontreiniging bij de bron te bestrijden. Hierbij komen niet alleen technische, maar ook andere relevante aspecten aan de orde. Het ontwikkelingsprogramma SPA kent een aantal afzonderlijke programma-onderdelen. Het onderhavige project wordt uitgevoerd in het kader van het onderdeel Schone Technologie.

De doelstelling van het project Schone Technologie is:

Het bevorderen van de ontwikkeling en de implementatie van nieuwe kennis die door middel van wijziging in produktontwerp, grondstoffengebruik en/of procesvoering leidt tot een aanzienlijke vermindering van de milieubelasting.

Het RIZA-project Schone Technologie heeft een looptijd van 5 jaar en valt uiteen in drie fasen:

- Voorbereidende fase
- Onderzoeksfase
- Beoordelingsfase.

Het project, waarvan de resultaten in dit rapport zijn beschreven, valt binnen de voorbereidende fase.

1.2 Keuze van het onderwerp 'Thermisch verzinkte atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken'

Als eerste onderwerp voor een project in het kader van het RIZA-project Schone Technologie is door RIZA gekozen voor 'atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken'. De belangrijkste argumenten voor deze keuze waren:

- de atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken behoren tot één van de grootste diffuse bronnen van zware metalen,
- er is redelijk veel bekend over het onderwerp,
- de productieprocessen en de producten zijn naar verwachting in het algemeen weinig complex en derhalve goed te beschrijven.

Het probleem van de diffuse bronnen is mede onder invloed van de sanering van de industriële lozingen steeds meer op de voorgrond getreden. Deze vorm van verontreiniging kan in de meeste gevallen alleen bestreden worden door middel van maatregelen aan de bron.

De laatste twee argumenten spelen met name een rol bij de aanvullende doelstelling van dit project, namelijk dat het project een voorbeeldfunctie vervult (test-case).

Het oorspronkelijke doel van het project was het genereren/inventariseren en beoordelen van schone technologieën bij de metaaloppervlaktebewerking.

Uit een nadere selectie van de in beschouwing te nemen processen/produkten bleek dat het onderwerp erg breed was en dat de emissie van zink veruit de belangrijkste diffuse bron vormde. Voor dit project leidde dit tot de beperking tot het onderwerp 'thermisch verzinkte metaaloppervlakken'.

Na afronding (inclusief rapportage, [3]) van het uitgevoerde onderzoek leek het zinvol, voordat tot concrete acties zou worden overgegaan, de te verwachten problemen rond de implementatie van de geselecteerde alternatieven in de praktijk nader te verkennen. Hiervoor is aanvullend onderzoek uitgevoerd.

In het onderhavige rapport zijn de belangrijkste resultaten uit het eerder genoemde rapport [3] samengevat (hoofdstuk 3) en aangevuld met de resultaten van het onderzoek naar de implementatieproblemen rond 'schone' alternatieven (hoofdstuk 4).

1.3 Uitvoering van het project

Hierna is een korte algemene beschrijving van de uitvoering van het project gegeven. In de volgende hoofdstukken is nader ingaan op de gevolgde werkwijze bij de verschillende onderdelen.

In het project zijn 4 onderdelen te onderscheiden:

A. *Inventarisatie van de atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken*

Deze inventarisatie is in twee fasen uitgevoerd. Een eerste inventarisatie, gericht op het vaststellen van de huidige atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken, heeft geleid tot de inperking tot het onderwerp atmosferisch blootgestelde (thermisch) verzinkte metaaloppervlakken.

Bij de afronding van het project is een tweede inventarisatie uitgevoerd, welke meer gericht was op ontwikkelingen met betrekking tot het toepassen van thermisch **verzinkte** oppervlakken bij nieuwbouw en vernieuwing.

De resultaten van deze inventarisatie zijn in hoofdstuk 2 samengevat

B. *Inventariseren en genereren van alternatieven voor thermisch verzinkt staal*

Om het aantal alternatieven te beperken is er voor gekozen eerst een grove selectie toe te passen, waarbij alternatieven bovendien zo veel mogelijk zouden worden geclusterd.

Ten behoeve van de uitvoering van dit onderdeel is een workshop gehouden.

In hoofdstuk 3 is nader ingegaan op de resultaten van de inventarisatie van de alternatieven c.q. het resultaat van de eerste grove selectie.

C. Beoordelen en selecteren van 'schone' alternatieven

Het aantal alternatieven dat resteerde na de inventarisatie en de grove selectie bleek nog zo groot dat het niet mogelijk was met dit aantal de volgende stap goed uit te voeren. Daarom is in eerste instantie een aantal voorbeeldcases uitgewerkt en zijn aan de hand van deze voorbeeldcases de overige alternatieven analoog beoordeeld.

De resultaten van de uitwerking van deze zogenaamde voorbeeldcases zijn in § 3.2 nader toegelicht.

De voorbeeldcases zijn in een tweede workshop door een groep deskundigen beoordeeld op een aantal vooraf opgestelde criteria.

De uitvoering en resultaten van deze workshop zijn in § 3.3 beschreven.

De onderdelen A tot en met C vormden de eerste fase van het onderzoek.

Op basis van de resultaten is geconcludeerd dat een nadere verkenning in de praktijk rond de te verwachten implementatieproblemen van de geselecteerde alternatieven noodzakelijk was. Hiervoor is een apart project geformuleerd.

D. Verkenning implementatieproblematiek 'schone' alternatieven

Hoofdonderdeel van dit onderdeel van project was een derde workshop waarin een aantal relevante actoren in dit veld hun visie heeft gegeven op het gebruik van de geselecteerde alternatieven. Voorafgaande aan deze derde workshop zijn middels een aantal interviews de belangrijkste drempels voor implementatie geïnventariseerd.

1.4 Organisatie en aanpak

Voor het onderzoek is door RIZA, afdeling Milieutechnologie een opdracht verleend aan IMET-TNO, afdeling Milieutechnologie. De projectleiding alsmede een belangrijk deel van het onderzoek, met name wat betreft de opzet en aanpak van het onderzoek, de organisatie van workshops en andere bijeenkomsten, de verwerking van de resultaten en de rapportage, is voornamelijk door deze afdeling uitgevoerd. Voor de inhoudelijke technologische kennis is ondersteuning verkregen van deskundigen van binnen en buiten TNO. Voor een deel is deze kennis geleverd tijdens de eerste twee workshops.

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de personen en instellingen die in dit kader een bijdrage aan het project hebben geleverd.

De deelnemers aan deze twee workshops hebben ook gefungeerd als klankbordgroep voor de eerste fase van dit project. Naast deelname aan de workshops zijn de verschillende rapportages aan hen toegezonden ter beoordeling. Daarbij is van een aantal van hen aanvullende informatie ontvangen in de vorm van literatuur, rapportages of interne mondelinge en schriftelijke informatie.

Ten behoeve van het onderzoek naar de implementatieproblematiek rond de schone alternatieven is een derde workshop gehouden. In bijlage 2 is een deelnemerslijst gegeven van deze workshop.

De opdrachtgever heeft bij de uitvoering van het project een belangrijke rol gespeeld. Hierover zijn mede vanwege de aard van het project (eerste project in dit kader, voorbeeldfunctie) voor aanvang van het project afspraken gemaakt. RIZA is nauw betrokken geweest bij de verschillende activiteiten en aanpassingen die tijdens het project zijn uitgevoerd. In voorkomende gevallen heeft zij een sturende werking gehad.

2 Inventarisatie atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

2.1 Algemeen

Om vast te stellen welke de belangrijkste atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken zijn - vanuit het oogpunt van (diffuse) emissie van metalen als gevolg van corrosie/erosie - was het noodzakelijk een inventarisatie uit te voeren. Deze inventarisatie was vooral bedoeld om een overzicht te geven van:

- Atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken in Nederland; verdeeld naar metaal en/of deklaag.
- Jaarlijkse (diffuse) emissie van metalen van deze oppervlakken.

Op basis van deze inventarisatie diende een nadere keuze te worden gemaakt van de onderwerpen (produkten/processen) voor deze studie, een en ander zoals omschreven in de achtergrondnotitie van RIZA betreffende het onderzoeksproject Schone Technologie [1].

Tijdens de laatste fase van het onderzoek bleek uit de praktijkinformatie dat zich de laatste jaren een aantal ontwikkelingen heeft ingezet, waardoor het huidige beeld met betrekking tot het nieuw kaal verzinkte oppervlak sterk zou kunnen verschillen met de resultaten van de uitgevoerde inventarisatie. Daarom is een korte aanvullende inventarisatie uitgevoerd, waarbij rekening is gehouden met deze ontwikkelingen.

2.2 Uitvoering en resultaten eerste inventarisatie

De eerste inventarisatie is uitgevoerd aan de hand van rapportages van eerder uitgevoerde inventarisaties op dit terrein. Het resultaat is aan de in de inleiding genoemde deelnemers aan de 1^e workshop voorgelegd en naar aanleiding van discussie in deze workshop enigszins aangepast.

Voor een uitvoerige beschrijving van de resultaten en de onderliggende toelichtende informatie wordt verwezen naar het eerder opgestelde rapport [3].

In bijlage 3 zijn de belangrijkste resultaten van deze inventarisatie in een tweetal overzichtstabellen weergegeven.

In bijlage 3.1 is een overzicht gegeven van de atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken in Nederland en de bijbehorende metaalemissies.

Op basis van dit overzicht is thermisch verzinkt staal – zijnde de grootste emittent – geselecteerd voor verder onderzoek.

De andere niet onaanzienlijke bron van zink-emissie, te weten zink (als bladzink, voornamelijk zinken dakgoten) is niet verder in beschouwing genomen, omdat alternatieven hiervoor voor handen zijn (kunststof, bouwkundige alternatieven, bijvoorbeeld dakgoot integreren in dakconstructie). RIZA zal binnenkort alternatieven van zinken dakgoten en bladlood beoordelen.

De verdeling naar toepassing van (het geselecteerde) verzinkt staal is gegeven in tabel 3.2.

Op basis van deze tabel is de nadruk in de studie in eerste instantie gelegd op de toepassingen, waarvan het grootste aantal m² staan opgesteld, te weten skeletten (bouwconstructies), tuinbouwkassen, loodsen, vangrails, puin en gevels. Bij de tweede workshop zijn lantaarn- en verkeerspalen en hekwerken ook nader in beschouwing genomen.

Mede naar aanleiding van discussies tijdens de tweede workshop is er behoefte ontstaan aan het uitvoeren van een nadere inventarisatie. Belangrijke argumenten hierbij waren:

1. De informatie die is gebruikt bij het uitvoeren van de eerste inventarisatie is voor een deel verouderd. Er zijn met name de laatste jaren tendensen en ontwikkelingen geweest, die een duidelijke verschuiving tot gevolg hebben.
2. Voor het uitvoeren van maatregelen op middellange termijn is het belangrijker te weten voor welke nieuwe toepassingen kaal verzinkt staal nog zal worden toegepast. Voor deze toepassingen zijn de mogelijkheden voor alternatieven het grootst. Voor bestaande kaal verzinkte oppervlakken is naast vervanging in de meeste gevallen alleen overschilderen (zoals bij een duplexsysteem) een mogelijkheid om de zinkemissie terug te dringen.
3. Alle atmosferisch blootgestelde kaal verzinkte oppervlakken dragen niet evenveel bij aan de zinkemissie omdat de mate van blootstelling en de omstandigheden sterk verschillen.

Hierbij dient het volgende te worden opgemerkt:

- In het verleden is altijd uitgegaan van grote verschillen tussen de jaarlijkse afnames onder verschillende atmosferische omstandigheden. Voor een landelijke omgeving zou deze wel meer dan een factor 5 lager kunnen zijn dan voor een industriële omgeving, bij gemiddelde waarden van respectievelijk 2 en 10 µm/jaar. Uit recente informatie van een aantal onderzoeken blijken deze verschillen kleiner te worden [4]. Voor vangrail is in Duitsland slechts een verschil onder de verschillende omstandigheden van 20% gemeten, bij een gemiddelde waarde van 4 µm per jaar.
- Bij de berekeningen van de jaarlijkse zinkemissie ten gevolge van corrosie van atmosferisch blootgestelde kaal verzinkt oppervlak in Nederland is uitgegaan van een totaal oppervlak van 50 miljoen m² en een gemiddelde afname van 5 µm (= 35 g) per m² per jaar. Dit lijkt een vrij hoge waarde ervan uitgaande dat voor een aantal toepassingen een groot deel van het kaal verzinkte oppervlak niet volledig onder atmosferische omstandigheden blootstaat. Onder droge omstandigheden is de corrosie aanzienlijk lager. In het eerdergenoemde artikel [4] wordt een waarde van 1,5 µm per jaar genoemd voor droge omstandigheden. In het vervolg zal hiermee rekening worden gehouden.

2.3 Uitvoering en resultaten aanvullende inventarisatie

Bij de aanvullende inventarisatie is gebruik gemaakt van de informatie die bij de Stichting Doelmatig Verzinken beschikbaar was [5]. Het betreft gesommeerde jaarcijfers van alle thermische verzinkerijen. Daarnaast is contact geweest met een aantal bedrijven die beschikken over informatie met betrekking tot specifieke toepassingen.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Bij deze aanvullende inventarisatie is niet gekeken naar het huidige totaaloppervlak kaal verzinkt staal dat in Nederland in de atmosfeer staat opgesteld, maar naar de hoeveelheid die momenteel jaarlijks wordt verzinkt en naar het percentage dat hiervan bijdraagt aan de zinkemissie naar lucht, bodem en water.

Als basis voor de inventarisatie heeft gediend het jaaroverzicht van 1990 waarin is aangegeven de hoeveelheid verzinkt materiaal in tonnen voor dat jaar, uitgesplitst naar een aantal toepassingen.

Voor het uitvoeren van berekeningen van het aantal m² zink dat atmosferisch blootgesteld staat was het noodzakelijk een aantal aannames te doen. Bij de bespreking van de resultaten wordt hierop nader ingegaan.

Het in de navolgende tabel gepresenteerde resultaat is derhalve een grove schatting, welke echter ten behoeve van dit onderzoek voldoende nauwkeurige informatie geeft. Voor een goede interpretatie van de tabel is het noodzakelijk de toelichting te lezen.

Tabel 2.1 Overzicht productie in 1990 van verzinkt atmosferisch blootgesteld staal

Toepassing	Verzinkt gewicht (ton/jaar)	m ² /ton	Verzinkt opp. (10 ⁶ m ² /jaar)	Perc. atm. blootgest. (%)	Atm. blootgest. opp. (10 ⁶ m ² /jaar)	Corrosie (ton/jaar)
Constructie-materiaal	110.000	25	2,75	25	0,68	19,10
Straat-meubilair	11.000	40	0,44	60	0,26	7,3
Tuinbouw kassen	37.000	45	1,67	25	0,42	11,8
Transport	6.000	30	0,18	25	0,045	1,3
Bouten en moeren	8.000	25	0,20	25	0,05	1,4
Hoogsp. masten	3.400	25	0,085	0	0	0
Diversen	18.000	35	0,63	50	0,32	9
Totaal	193.400		5,955		1,775	49,8

Toelichting bij de tabel

De in de tabel genoemde omschrijvingen van de toepassingen zijn afwijkend van de in bijlage 3 genoemde omschrijvingen.

Skeletten, loodsen, puien en gevels vallen onder bouwconstructies.

Vangrails, lantaarnpalen en verkeerspalen vallen onder straatmeubilair.

Transport geldt voornamelijk constructies van aanhangwagens en dergelijke.

Bouten en moeren vinden hun toepassing veel bij het constructiemateriaal.

De niet nader genoemde toepassingen (o.a. balkonhekken, hekwerken) vallen onder de categorie diversen.

De gegeven waarden in tonnen verzinkt staal moeten worden omgerekend naar verzinkt oppervlak in m². Afhankelijk van de zwaarte van de constructie moet worden

uitgegaan van 10 tot meer dan 120 m² per ton. Voor de in dit onderzoek van belang zijnde toepassingen is uitgegaan van de volgende waarden:

Lichte constructies: > 40 m² per ton.

Middelzware constructies: 25 - 40 m² per ton.

Zware constructies: 15 - 25 m² per ton.

Er is een schatting gemaakt van welk deel van het oppervlak van de betreffende toepassing aan de atmosfeer blootstaat. Er is uitgegaan van een gemiddelde corrosie van 4 µm per jaar (= 28 g/m² per jaar [3]).

Bouwconstructies: [5, 7]

- In de utiliteitsbouw wordt steeds meer gebruik gemaakt van systemen met een organische coating, zowel in duplex (15 - 25% van het verzinkte materiaal) als andere verfsystemen zonder zink, een en ander sterk afhankelijk van de toepassing en van de opdrachtgever.
- Van het kaal verzinkte oppervlak staat slechts een deel zodanig buiten opgesteld dat er gerekend kan worden met een gemiddelde corrosie van 4 µm per jaar. Een correctie van het oppervlak is toegepast.
- Loodsen worden vrijwel niet meer kaal verzinkt geleverd.
- Puien en gevels worden eveneens vrijwel altijd gecoat.

Op basis van het voorgaande is bij de verdere berekeningen uitgegaan van een percentage van 25% van het verzinkte constructiemateriaal dat als kaal verzinkt materiaal volledig aan atmosferische corrosie bloot staat.

Straatmeubilair [5, 7]

De belangrijkste toepassingen in deze categorie zijn:

- Vangrails.
Deze zijn vrijwel allemaal kaal verzinkt en volledig atmosferisch blootgesteld.
- Lantaarnpalen en verkeerspalen.
Verkeerspalen zijn voor een groot deel verzinkt. Kleinere palen, zoals de 'Amsterdamertjes' worden meestal in duplex uitgevoerd (poedercoaten). Ook andere palen worden voor een deel in duplex uitgevoerd, waarbij het belangrijkste argument vaak het esthetische aspect is.
- Bewegwijzeringsconstructies. Deze worden voor een belangrijk deel in duplex uitgevoerd.

Tuinbouwkassen [5, 7]

De verzinkte constructies worden voor het grootste gedeelte zonder verdere behandeling toegepast, slechts een klein deel is in duplex uitgevoerd.

Het gedeelte dat buiten aan atmosferische invloeden blootstaat is beperkt.

Van grote invloed hierop is de constructiewijze.

Veel van het verzinkte materiaal staat binnen opgesteld in een vrij vochtig milieu, maar komt door de aangepaste teeltwijze (druppelsystemen, hydroculturen, enz.) niet direct met water in aanraking.

Onder invloed van een aantal wettelijke maatregelen, zoals aangegeven in het lozingenbesluit, zal de diffuse zinkemissie van de glastuinbouw sterk verminderen. De meeste bedrijven zullen in de toekomst verregaande recirculatie moeten toepassen. Daarnaast zal aansluiting op het riool voor vele bedrijven waarschijnlijk verplicht worden gesteld [9].

Bij tuinbouwkassen is gerekend met een percentage van 25% dat onderhevig is aan de gemiddelde atmosferische corrosie.

Transport [5]

Dit betreft voornamelijk aanhangwagens en dergelijke. Er wordt van uitgegaan dat ca. 25% aan de gemiddelde atmosferische omstandigheden blootstaat.

Bouten en moeren [5]

Deze worden voor een belangrijk deel toegepast bij de diverse constructies, zoals bouw en tuinbouwkassen. Hiervoor wordt derhalve hetzelfde percentage wat betreft atmosferische blootstelling toegepast.

Hoogspanningsmasten [8]

In de periode 1994 -1996 worden nog 340 masten geplaatst voor het traject Zwolle - Eemshaven. Deze worden binnen enkele jaren van een coating voorzien. Voor het overige vindt er nauwelijks uitbreiding van het bovengrondse hoogspanningsnet plaats. Op basis van deze argumenten is ervan uitgegaan dat hoogspanningsmasten in de toekomst niet of nauwelijks meer bijdragen aan de diffuse zinkemissie.

Diversen [5]

Hieronder vallen de diverse hekwerken, stalinrichtingen en andere voor een deel kleine toepassingen. Voor een deel van deze toepassingen worden steeds vaker duplex-systemen toegepast.

Er is met een percentage atmosferische blootstelling van 50% gerekend.

Bespreking van de resultaten

Bij de in tabel 2.1 weergegeven resultaten is uitgegaan van de jaarproductie thermisch verzinkt materiaal in 1990. In de daaropvolgende jaren is hierin geen grote verandering opgetreden [5].

Op basis van een aantal aannames is berekend dat van de jaarlijkse productie van ca. 6 miljoen m² ongeveer 30% als kaal verzinkt oppervlak bloot komt te staan aan corrosie, uitgaande van de gemiddelde corrosie van 4 µm per jaar. Belangrijkste toepassingen hierbij zijn de bouwconstructies, de tuinbouwkassen en het straatmeubilair. De gehanteerde percentages van het verzinkte materiaal dat werkelijk atmosferisch blootgesteld is, zijn zeer globaal, echter ook wanneer deze waarden een factor twee zouden verschillen, blijven de drie eerdergenoemde toepassingen de belangrijkste. Voor straatmeubilair is de onzekerheid met betrekking tot dit percentage minder groot dan voor de tuinbouwkassen en het constructiemateriaal.

Extrapolatie over 20 jaar

Om een indruk te krijgen van de jaarlijkse zinkemissie moet een aantal aannames worden gedaan.

De gemiddelde corrosie wordt gesteld op 4 µm/m² per jaar, hetgeen overeenkomt met 28 g/m² per jaar. Uitgaande van 1,775 miljoen m² is dit ca. 50 ton per jaar.

Voor de corrosie van al het verzinkte materiaal dat momenteel opgesteld staat moet de gemiddelde levensduur bekend zijn, alsmede de gemiddelde jaarlijkse productie. Uitgaande van een levensduur van 20 jaar en van de jaarproductie in 1990 wordt een jaarlijkse zinkemissie ten gevolge van corrosie berekend van 1000 ton per jaar. Hoewel dit aanzienlijk minder is dan de eerder berekende 1750 ton per jaar [3] is dit nog steeds de belangrijkste bron van zware metalen.

Onder invloed van trends die zich al hebben ingezet, kan het beeld enigszins veranderen.

3 Inventarisatie, beoordeling en selectie van alternatieven voor het thermisch verzinken van staal

3.1 Inventarisatie van alternatieven voor het thermisch verzinken

Aan de hand van een literatuuronderzoek is een overzicht opgesteld van alle mogelijke alternatieven voor het thermisch verzinken van staal.

Bij de uitwerking van de alternatieven zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Het milieubezwaar tijdens gebruik moet minder zijn dan dat van thermisch verzinkt staal. Er wordt hierbij in eerste instantie alleen uitgegaan van emissie ten gevolge van corrosie.
- Volstrekt niet realistische alternatieven worden buiten beschouwing gelaten.

Bij de bespreking van de resultaten tijdens de eerste workshop bleek al snel dat het aantal alternatieven erg groot was. Daarom is na enige discussie gekozen voor een indeling met een algemener karakter. Deze is hierna gegeven.

Algemeen overzicht van alternatieven voor thermisch verzinkt staal

Algemeen overzicht van alternatieven voor thermisch verzinkt staal	
A. Oppervlaktemodificatie:	1. andere deklaag a. metallisch deklagen en legeringen b. anorganische verbindingen c. organische deklagen 2. transformatie (wijzigen samenstelling van het oppervlak)
B. Andere substraten:	1. andere staalsoort bijvoorbeeld: a. Weathering steel b. RVS 2. aluminium 3. kunststof

Aan de categorie andere substraten is beperkt aandacht besteed. De in aanmerking komende materialen zijn alleen als deklaag mee beschouwd. Binnen de categorie oppervlaktemodificatie is een groot aantal alternatieven geselecteerd. Deze zijn in bijlage 4 weergegeven.

3.2 Voorbeeldsystemen

Aan het einde van de 1^e workshop is geconcludeerd dat het aantal alternatieven dat resteerde na deze 'grove' selectie te groot is om de fijne selectie mee uit te voeren en dat met behulp van de toegepaste grove selectiecriteria niet tot een verdere beperking kan worden gekomen. Daarom is besloten eerst een beperkt aantal alternatieven als voorbeeldsysteem uit te werken.

Nadat deze informatie in conceptvorm beschikbaar was, is deze in een kleine groep van deskundigen uit de klankbordgroep besproken en van aanvullend commentaar voorzien. Het resultaat is tijdens de tweede workshop voorgelegd aan de deelnemers, waarna nog enkele aanvullende opmerkingen zijn gemaakt.

Na uitwerking van de voorbeeldsystemen bleek dat deze naar verwachting meer dan 80% van de kansrijke alternatieven omvatten. Dit had de volgende oorzaken:

- Bij de selectie van de voorbeeldsystemen is uit elke categorie van alternatieven minimaal één alternatief - in het algemeen het meest aantrekkelijke - gekozen.
- In enkele gevallen is een aantal alternatieven geclusterd.
- Tijdens de uitwerking van de voorbeeldsystemen is enkele malen besloten het aantal uit te werken systemen verder uit te breiden.

De voorbeeldsystemen zijn uitgewerkt in een aantal werkbladen. Deze zijn in bijlage 5 weergegeven.

Het betreft de volgende 13 systemen (deklagen/aanbrengtechnieken):

1. Zink/Thermisch dompelen
2. Galvalume (55% Al, 43% Zn en Si)/Thermisch dompelen
3. Galfan (5% Al, 95% Zn, La en Ce)/Thermisch dompelen
4. Aluminium/Thermisch dompelen
5. (Verzinken) + Verfsysteem (duplex)
6. Staal geoxinitreerd of gecarbonitreerd
7. Aluminium (leg.)/coëxtrusie/walsen/cladden/platteren
8. Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂ cermet/thermisch spuiten
9. Email/Emailleren
10. Al (FeAl)/Thermisch spuiten
11. Anorganische oxide coatings/natchemische processing
12. Al, Ti/opdampen (PVD,CVD)
13. Zn-legeringen/Elektroplating

3.3 Beoordeling van oppervlaktebewerkingssystemen

3.3.1 Beoordelingscriteria

Voor het beoordelen van de alternatieven is een aantal criteria opgesteld, welke tijdens de tweede workshop aan de deelnemers zijn voorgelegd. De kenmerken die bij het uitwerken van de voorbeeldsystemen worden gebruikt zijn afgeleid van deze criteria. Hierna volgt een korte algemene toelichting.

Functionaliteit

- Levensduur;
- Beschadigingsgevoeligheid.

Met levensduur wordt bedoeld de periode tot dat een volledige nieuwe deklaag moet worden aangebracht.

De beschadigingsgevoeligheid heeft met name betrekking op mechanische beschadiging bijvoorbeeld ten gevolge van gebruik, erosie en bij het aanbrengen.

Kosten

- Bij aanbrengen;
- Van onderhoud.

Er bleek weinig gedetailleerde informatie beschikbaar over de kosten. De gehanteerde cijfers zijn derhalve schattingen.

Uitvoerbaarheid

- Stand der techniek;
- Schaal;
- Onderhoud ter plekke.

Een systeem wordt als ingevoerd beschouwd wanneer deze op praktijkschaal toegepast wordt. Dit hoeft niet te betekenen dat het systeem voor de in deze studie aan de orde zijnde toepassingen al in de praktijk wordt gebruikt.

Milieu-aspecten

- Emissies bij gebruik;
- Emissies bij aanbrengen en onderhoud;
- Milieuaspecten in het afvalstadium;
- Energie-aspecten.

De emissies bij gebruik zijn beperkt tot de emissies ten gevolge van corrosie.

Met betrekking tot de beoordeling van het milieubezwaar tijdens gebruik ten gevolge van corrosie is gekozen voor de volgende berekeningswijze:

Het milieubezwaar tijdens gebruik is het produkt van de hoeveelheid corrosie ($\text{g/m}^2\text{.jaar}$) en een factor die het milieubezwaar per gewichtseenheid weergeeft. Met betrekking tot deze factor is de reciproke waarde van het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico) voor water gekozen. Ter vergelijking is het milieubezwaar voor zink op 1 gesteld.

Om een indruk te geven van hoe deze waarde zich verhoudt ten opzichte van het milieubezwaar van andere stoffen is deze berekening ook voor enkele bekende stoffen uitgevoerd. De resultaten zijn in de navolgende tabel samengevat.

Stof	Maximaal ¹⁾ Toelaatbaar Risico (µg/l)	Rel. tox. t.o.v. Zink ²⁾	Vracht naar water (ton/j) ³⁾
Zink	1,6	1	625
Lood	2	0,8	225
Cadmium	0,16	10	5,9
DDT	1,3	1,2	0,02
PCP ⁴⁾	2	0,8	6,8

1) MTR voor water drukt toxiciteit voor het watermilieu uit

2)
$$= \frac{\text{MTR}}{\text{MTR voor zink}}$$

3) RIZA nota nr. 92.065; totale Nederlandse vracht in 1990 uit industriële, communale en diffuse bronnen

4) PCP = pentachloopenol. Dit is een fungicide. Toepassing ervan is nu verboden

De emissies bij aanbrengen en onderhoud zijn in de meeste gevallen puntbronnen, omdat de deklaag industrieel wordt aangebracht. Een uitzondering vormt het verven en spuiten, waarbij het aanbrengen zowel industrieel als op locatie mogelijk is. Met betrekking tot de milieu-aspecten in het afvalstadium dient een onderscheid gemaakt te worden tussen het substraat en de deklaag.

3.3.2 Beoordeling van de voorbeeldsystemen

Uitvoering

Het beoordelen van de alternatieven is beperkt tot de systemen, die als voorbeeldsysteem zijn uitgewerkt in de werkbladen. Deze beperking is toegepast op basis van twee belangrijke conclusies uit de vorige paragrafen:

1. De in de werkbladen (bijlage 5) uitgewerkte voorbeeldsystemen omvatten de meest kansrijke van de in aanmerking komende alternatieven.
2. De overige alternatieven, zoals ze zijn uitgewerkt in § 3.3.3 blijken om een aantal redenen minder aantrekkelijk dan de voorbeeldsystemen of zijn zodanig goed vergelijkbaar dat ze binnen een voorbeeldsysteem passen.

De belangrijkste gegevens van de werkbladen zijn in één tabel samengevat. Deze tabel is hierna weergegeven. De tabel en de werkbladen zijn gebruikt als hulpmiddelen bij het beoordelen van de alternatieven.

Tabel 3.1 Kenmerken systemen voor behandeling metaaloppervlakken tegen atmosferische corrosie (samenvatting werkbladen)

Systeem	Functionaliteit		Kosten per m ²	Uitvoerbaarheid			Milieubezwaar ²⁾		Opmerkingen
	Levensduur (jaren)	Mech. sterkte	Aanbrengen (batch)	Stand der Techniek ¹⁾		Vervanging deklaag ter plekke	Gebruik	Hergebruik substraat	
				Batch	Continu				
Zink (Dompelen)	15 - 40	goed	25	ingev.	ingev.	niet mogelijk ²⁾	1	mogelijk dekl. verwijderen	onderhoud kan d.m.v. verven
Galvalume (Dompelen)	30- > 50	redelijk/ goed	ca. 35 ³⁾	5 j.	ingev.	niet mogelijk ³⁾	0,1	mogelijk dekl. verwijderen	oververven mogelijk
Galfan (Dompelen)	25 - 75	goed	ca. 35 ⁴⁾	5 j.	ingev.	n.v.t./niet mogelijk ³⁾	0,4	zie Zink deklaag	onderhoud kan d.m.v. verven
Al (Dompelen)	> 50	redelijk/ goed	ca. 50 ⁴⁾	5 j.	ingev.	niet mogelijk ³⁾	< 0,1	mogelijk dekl. verwijderen	levensduur zeeklimaat
Verf (+ verzinken) (duplex)	10 - 40	redelijk goed ⁴⁾	30 - 80	ingev.	ingev.	goed mogelijk	< 0,1	mogelijk	overg. naar watersystemen
Oxinitr. of Carbonitr.	3 - 5	goed	100 - 1000	5-10	-	niet mogelijk ³⁾	< 0,1	mogelijk	comb. ox.+ nit /carb. in ontw.
Al(leg) (coëx/wals/platteren)	> 50 ⁵⁾	redelijk/ goed	40 - 100	5-10	-	n.v.t./niet mogelijk ³⁾	< 0,1	mogelijk dekl. verwijderen	
Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ (Sputten)	> 50 ⁶⁾	matig	25 - 100 ⁶⁾	5	10	n.v.t./ mogelijk	< 0,1	herb. mogelijk deklaag?	poriedichte laag ²⁾ moeilijk
Email/ (Emailleren)	> 50 ⁶⁾	redelijk/ goed	30	ingev.	ingev.	n.v.t./niet mogelijk	< 0,1	mogelijk dekl. inert	poriedichte laag ²⁾ moeilijk
Al (FeAl) (Sputten)	> 50 ⁶⁾	redelijk	> 30	ingev.	5	n.v.t./mogelijk	< 0,1	mogelijk dekl. verwijderen	poriedichte laag ²⁾ moeilijk
Anorg. ox. (natch. proces)	> 50 ⁶⁾	matig/ redelijk	40	10	10	n.v.t./niet mogelijk	< 0,1	mogelijk dekl. inert	poriedichte laag ²⁾ moeilijk
Al/Ti oxid. (PVD,CVD)	> 50 ⁶⁾	redelijk/ goed	50 - 100	> 10	>10	n.v.t./niet mogelijk	< 0,1	herb. mogelijk deklaag?	poriedichte laag ²⁾ moeilijk
Zn-leg. (Galvanisch)	15 - 40	goed	20	ingev.	ingev.	niet mogelijk ³⁾	0,3	mogelijk dekl. verwijderen	onderh. kan via verven

¹⁾ Eventueel in jaren. Dit is het aantal jaren voordat de techniek is ingevoerd

²⁾ Zie volgende pagina

³⁾ Kosten nog niet bekend, nog niet toegepast als continu-systeem, prijs naar analogie met Zn

⁴⁾ In combinatie met Zn onderlaag

⁵⁾ Uitgaande van een poriedichte laag

⁶⁾ Afhankelijk van mate van mechanisering

De voorbeeldsystemen zijn beoordeeld in de 2^e workshop door de groep van deskundigen, waarbij een kwalitatieve milieucriteria-analyse is toegepast. Door middel van 'educated guess' hebben de betrokkenen de score voor de alternatieven gegeven. De eindscores van de individuele deelnemers zijn samengevat in een tweetal tabellen en aan de deelnemers voorgelegd. Gezamenlijk is tenslotte de eindscore bepaald. Deze is min of meer het rekenkundig gemiddelde. In enkele gevallen bij grote onderlinge verschillen is het resultaat eerst nader besproken.

Bespreking van de resultaten

Uit de overzichten in bijlage 6 en 7 blijkt dat het resultaat van de beoordeling van de verschillende deelnemers met betrekking tot de verschillende systemen in het algemeen geen grote verschillen vertoonden. Wat betreft de scores in tabel 6 (Functionaliteit, Kosten en Uitvoerbaarheid) liepen de meningen over Al, Email en Anorganische oxiden enigszins uiteen.

Het oordeel van personen over deklagen, waarover bij hen een meer dan gemiddelde deskundigheid aanwezig is, was in het algemeen positiever.

De mening over nog niet ingevoerde technieken was van de deelnemers, die dichter bij de dagelijkse praktijk staan, in het algemeen minder positief.

De scores met betrekking tot milieubezwaar verschillen onderling slechts weinig.

Er is veel gediscussieerd over het milieubezwaar van verfsystemen. Met name de KWS-problematiek en de problematiek van het stralen worden als negatief ervaren. Aan de andere kant wordt gesteld dat deze negatieve aspecten goed beheersbaar zijn zeker wanneer er sprake is van industrieel spuiten. Omdat bij de meeste overige systemen aanbrengen op locatie niet mogelijk is, moeten de nadelige milieu-aspecten ervan niet te zwaar wegen. Wanneer daarnaast nog gekozen wordt voor systemen met minder oplosmiddelen, zijn de milieubezwaren aanzienlijk minder. Tijdens de discussie in de workshop is voor poedercoatings mede hierom een waardering + voor milieubezwaar overeengekomen.

De score van één deelnemer met betrekking tot het milieubezwaar van de anorganische deklagen is lager. Dit heeft te maken met de afwijkende mening over het milieubezwaar in het afvalstadium, dat door de betreffende persoon erg belangrijk wordt gevonden en minder positief wordt ingeschat.

Het resultaat van de beoordeling van de alternatieven voor thermisch verzinken als oppervlaktebehandelingssysteem tegen atmosferische corrosie, het belangrijkste eindresultaat van de tweede workshop, is in tabel 3.2 samengevat.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Tabel 3.2 *Samenvatting van de resultaten van de beoordeling van systemen voor de behandeling van metaaloppervlakken*

Criterium	Functionaliteit + Kosten + Uitvoerbaarheid	Milieubezwaar
+/++		Oxinitr./Carbonitr. Al(legeringen) Al (therm. spuiten) Al ₂ O ₃ , ZrO ₂
+	Galvalume (dompelen) Aluminium (dompelen) Verf (duplex) Email	Email Anorg. oxiden Al/Ti-oxiden Al (dompelen) Galvalume
0	Zink (dompelen) Zinkleg. (galvanisch) Galfan (dompelen) Al(FeAl) (therm. spuit)	Verf (duplex) Zinklegeringen Galfan Zink
-	Al (leg) (wals/platt/c) Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ (therm. spuit) Anorg. oxide (Natchem.) Al/Ti-ox (PVD, CVD)	
--	Oxinitr./carbonitr.	

++ zeer positief, + positief, 0 neutraal, - negatief, -- zeer negatief

De volgorde van de verschillende systemen binnen een cel is niet geheel willekeurig; de onderlinge verschillen met betrekking tot de scores is in de volgorde tot uitdrukking gebracht, de verschillen binnen een cel zijn echter klein.

3.3.3 Beoordeling overige alternatieven

De (groepen van) deklagen, die niet in de voorbeeldsystemen zijn uitgewerkt, zijn besproken aan de hand van de voorbeeldsystemen. Hierbij is nagegaan of de alternatieven binnen de voorbeeldsystemen passen en/of het betreffende alternatief duidelijke voordelen biedt ten opzichte van het uitgewerkte alternatief. Er is uitgegaan van de alternatieve deklagen zoals in hoofdstuk 2 besproken.

Het resultaat is tijdens de tweede workshop aan de orde gesteld.

In bijlage 8 is de discussie rond de overige alternatieven uitvoerig weergegeven. Hierina worden de belangrijkste aspecten genoemd.

Metallische deklagen en hun legeringen

Kathodische deklagen

Er zijn geen alternatieve metallische deklagen genoemd die aanzienlijk beter scoren dan zink en aluminium. De meeste Al-legeringen hebben net als Al een goede corrosieweerstand.

Als aanvullende behandeling van het aluminium kan anodiseren worden genoemd, waarbij de gevormde laag een extra bescherming biedt.

Anodische deklagen

Met betrekking tot de corrosiebestendigheid scoren veel alternatieven vergelijkbaar of beter dan zink.

Het ontbreken van de kathodische bescherming en het grotere milieubezwaar is een nadeel van de meeste alternatieven, zoals Cu, Ni, Sn en Co en hun legeringen.

Roestvaststaal heeft eveneens een goede corrosiebestendigheid. Als deklaag kan het alleen via spuiten of oplassen worden aangebracht, omdat de samenstelling van de laag niet mag veranderen. Zie hiervoor Al/thermisch spuiten, werkblad 10.

Anorganische deklagen

In het algemeen genieten de in de voorbeeldsystemen genoemde oxiden de voorkeur boven de nitriden, carbiden, boriden en siliciden, omdat ze chemisch resistenter zijn en goedkoper aan te brengen. Daarbij moet worden opgemerkt dat van veel anorganische deklagen weinig bekend is, zeker met betrekking tot deze toepassingen. Wel zijn deze lagen vaak bekend om andere eigenschappen, zoals hardheid (B) of slijtvastheid (TiN).

Organische deklagen

Het aantal verschillende organische coatings, eventueel in combinatie met andere systemen, is erg groot. In het voorbeeldsysteem is van een duplexsysteem uitgegaan omdat dit in het algemeen een betere bescherming biedt. Dit betekent niet dat voor alle toepassingen dit duplexsysteem de voorkeur heeft. Het is sterk afhankelijk van de specifieke eisen.

Naast het verschil in deklaag speelt ook het gebruik van oplosmiddelen een belangrijke rol. De hoeveelheid en het type oplosmiddel (organisch of water) kunnen sterk verschillen. Deze aspecten spelen met name een rol bij het milieuaspect. Echter ook de levensduur van de verschillende systemen kan sterk verschillen.

De mogelijkheden van de verschillende organische deklagen zijn derhalve erg groot. Een meer gedetailleerde uitwerking is in dit stadium niet noodzakelijk, maar is bij een nadere beschouwing wel gewenst.

Met betrekking tot de kunststoflaminaten zijn er volgens deskundigen op dit moment geen alternatieven die voor deze toepassingen aantrekkelijk lijken.

Als laatste alternatieve deklaag worden zinksilicaatverven genoemd. Dit systeem geeft kathodische bescherming en kan ter plekke worden aangebracht. Uitvoering in een duplexsysteem lijkt ook mogelijk.

Transformatielagen

Op basis van de beschikbare kennis zijn de meest aantrekkelijke lagen in het voorbeeldsysteem uitgewerkt. Omdat deze weinig perspectief lijken te bieden is aan andere transformatielagen geen aandacht besteed.

3.3.4 Selectie van de alternatieven

Volgens de algemene opzet van het Schone Technologieproject wordt voor deze fase van het project gestreefd naar een beperkt aantal alternatieven. Daarom is, uitgaande van de resultaten zoals weergegeven in tabel 3.2, een nadere selectie uitgevoerd. Hierin zijn twee stappen te onderscheiden:

De eerste stap, welke nog tijdens de workshop is uitgevoerd, is het uitsluiten van alle alternatieven die met betrekking tot het totaal van Functionaliteit, Kosten en Uitvoerbaarheid (FKU) negatief scoren. Met andere woorden: Alleen die alternatieven zijn geselecteerd die een verlaging van het milieubezwaar geven bij een gelijke of betere geschiktheid als oppervlaktebescherming.

Naast thermisch zink resteren nu een zevental alternatieven.

Opmerkelijk is dat deze alternatieven niet alleen met betrekking tot het milieuaspect beter scoren dan thermisch verzinken, maar dat de meeste ook wat betreft de overige criteria de voorkeur lijken te verdienen. In de discussie in hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingegaan.

Vanuit de overige alternatieven, zoals zijn uitgewerkt in § 3.3.4 zijn twee uitbreidingen/aanvullingen zinvol:

- De Al-legeringen moeten in wat meer algemene zin worden vermeld.
De aanbrengtechniek is afhankelijk van de toepassing.
- Het duplexverfsysteem kan worden aangevuld met andere duplexsystemen, zoals bijvoorbeeld een systeem met poedercoatings.

Het eindresultaat van de selectie kan als volgt worden samengevat:

Geselecteerde systemen voor de behandeling van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken	
Galvalume (dompelen) Aluminium (dompelen) Duplexsystemen (spuiten) Email (emalleren) Al-legeringen (thermisch spuiten/dompelen)	
Zinklegeringen (galvanisch) ¹⁾ Galfan (dompelen) ¹⁾	

¹⁾ Deze alternatieven scoren wel beter dan thermisch verzinken, echter de milieuverdienste ten opzichte van de overige alternatieven is minder groot

De hiervoor weergegeven systemen, kunnen worden beschouwd als het resultaat van een selectie van deskundigen (educated guess) van de meest in aanmerking komende systemen voor de behandeling van staaloppervlakken ter bescherming tegen atmosferische corrosie.

Voor een juiste interpretatie van dit resultaat is het noodzakelijk te weten welke criteria zijn gehanteerd en welke (kwalitatieve) informatie is gebruikt.

Opmerkingen

- Bij de keuze van het oppervlaktebehandelingssysteem dient een onderscheid gemaakt worden tussen nieuwe en bestaande objecten. Voor nieuwe objecten kan gekozen worden uit de geselecteerde systemen, rekening houdend met de beperkingen van een specifieke toepassing. Er wordt hierbij uitgegaan van het aanbrengen op industriële schaal.
Voor bestaande objecten moet een afweging worden gemaakt tussen het op locatie aanbrengen van een nieuwe deklaag of (indien mogelijk) het demonteren en industrieel aanbrengen van een nieuwe deklaag.
Indien het aanbrengen op locatie de voorkeur verdient of noodzakelijk is, komen slechts verven en thermisch spuiten van Al(-legeringen) in aanmerking.
Voor bestaande systemen is het daarbij zinvol te overwegen op welk tijdstip de deklaag vervangen moet worden. Zeker in het geval van aanbrengen van een nieuwe verflaag op locatie kan de aanwezigheid van een goede (niet beschadigde) zinklaag zeer functioneel zijn (duplexsysteem).
- Bij de keuze van aluminium als deklaag kan de overweging worden gemaakt tussen het aanbrengen van een deklaag of het volledig vervangen van het substraat door aluminium.

3.4 Conclusies ten aanzien van de selectie van alternatieven

- De uiteindelijk geselecteerde alternatieven voor verzinkt staal zijn min of meer bestaande en ook toegepaste systemen, maar dan voor andere doeleinden dan waarvoor nu thermisch verzinken wordt toegepast. Er mag dan ook verwacht worden dat er geen grote (technologische) belemmeringen zullen bestaan deze systemen op grotere schaal toe te passen.
- Een aantal van de geselecteerde alternatieven blijkt zowel met betrekking tot milieubezwaar als met betrekking tot de overige aspecten beter te scoren dan thermisch verzinken. Hieruit kan worden afgeleid dat andere dan de gehanteerde criteria er de oorzaak van zijn dat die systemen (nog) niet worden toegepast. Hieraan is in de volgende fase van het project aandacht worden besteed.
- Naast de geselecteerde alternatieven is er nog een aantal, bijvoorbeeld organische oxiden aangebracht via thermisch spuiten, PVD/CVD en natchemische methoden, die een grotere milieuverdienste kennen dan de geselecteerde alternatieven. Deze alternatieven hebben op de andere criteria lager gescoord (dan de geselecteerde) en zijn daardoor niet in de finale selectie opgenomen. Het verdient aanbeveling deze alternatieven verder te onderzoeken ten einde na te gaan op welke termijn haalbare technologie (uitvoerbaarheid en kosten) beschikbaar zal zijn. De verwachting is dat voor deze technieken ca. 10 jaar nodig is voordat ze inzetbaar zijn op grote schaal.
Voor de galvanische zinklegeringen ligt het anders. Er loopt veel onderzoek op dit gebied (onder andere duplex-coatings). De implementatie van dit alternatief zal waarschijnlijk minder lang duren; ook dit alternatief verdient verdere aandacht.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

- De uiteindelijke kansrijkheid van een alternatief wordt naast de gehanteerde criteria in belangrijke mate bepaald door de toepassing. In deze selectie is de relatie alternatief-toepassing slechts beperkt meegenomen.
- Bij een aantal toepassingen zijn er trends te bespeuren van een toename van alternatieven voor thermisch verzinken.
Deze trends zullen ertoe leiden dat de hoeveelheid op verzinkt staal dat atmosferisch blootgesteld zal zijn in de toekomst verandert. Met deze trends zal bij de vervolgactiviteiten rekening gehouden moeten worden.

4 Verkenning implementatieproblemen

4.1 Werkwijze

De verkenning van de implementatieproblemen rond de invoering van ‘schone’ oppervlaktebehandelingssystemen is in een afzonderlijke fase uitgevoerd. Het belangrijkste onderdeel hierbij was een derde workshop met de ‘actoren uit het veld’.

Als voorbereiding op deze workshop is een aantal interviews (voornamelijk telefonisch, vijf via bezoek) afgenomen met personen die in de praktijk - rechtstreeks of als vertegenwoordiger van bedrijfstak of organisatie - betrokken zijn bij de keuze en/of het aanbrengen van een oppervlaktebehandelingssysteem. De meeste van de geïnterviewde personen hebben ook deelgenomen aan de workshop.

De interviews zijn beperkt tot de bij het voorafgaande onderzoek geselecteerde oppervlaktebehandelingssystemen en de meest relevante toepassingen.

Tijdens de interviews is aan de hand van een vooraf toegezonden checklist gesproken over de factoren die een rol kunnen spelen bij de implementatie van ‘schone’ oppervlaktebehandelingssystemen als alternatief voor thermisch verzinken. De verkregen resultaten kunnen als een aanvulling op het afzonderlijke rapport van de eerste fase van de studie [3] worden beschouwd, waarbij de aanvulling met name betrekking heeft op aspecten uit de dagelijkse praktijk. De resultaten van de interviews zijn in de volgende paragraaf samengevat en vormen samen met de informatie uit het eerdergenoemde rapport de belangrijkste informatie voor de deelnemers aan de workshop.

4.2 Samenvatting resultaten interviews

De twee grootste groepen van betrokkenen in de praktijk - en derhalve de meerderheid van de deelnemers aan de workshop - zijn de (adviseurs van) opdrachtgevers en de leveranciers van deklagen. De resultaten van de interviews zijn naar deze twee groepen onderscheiden.

De groep deelnemers is aangevuld met enkele personen met een brede deskundigheid op het gebied van de oppervlakte technologie en de milieu-aspecten van dit type maatregelen. De informatie van deze personen is verwerkt in de informatie van de eerste twee groepen.

In bijlage 9 is een uitgebreid overzicht gegeven van de resultaten van de interviews. De belangrijkste resultaten zijn hierna samengevat.

Algemeen

- Hoewel geen punt van discussie voor de interviews is toch een aantal malen de omvang en ernst van de milieubelasting ter discussie gebracht.
Dit heeft geleid tot de uitvoering van een aanvullende inventarisatie (zie hoofdstuk 2) en een nadere onderbouwing van het milieu-effect (zie hoofdstuk 3).
- Thermisch verzinken wordt door velen wat betreft prijs/prestatieverhouding als het meest optimale systeem beschouwd. Dit lijkt in tegenstelling met de beoordeling door de deskundigen in de tweede workshop (zie tabel 3.2). De wijze van beoordeling en met name de invalshoek, was hierbij echter anders.

- De bedoeling was tijdens de interviews meer nadruk te leggen op de specifieke toepassingen, echter in de praktijk bleek vaak de tweedeling plaatmateriaal en constructies onderscheidend. In enkele gevallen waren de zwaarte of afmetingen van de te behandelen voorwerpen discriminerend. De vangrail bleek vaak als voorbeeld te worden gehanteerd, omdat hiermee in een aantal gevallen al ervaring bestond met betrekking tot gebruik van alternatieven.
- De huidige vraag uit de markt naar deze alternatieven is beperkt, met uitzondering van duplexsystemen.

Samenvatting informatie van leveranciers van oppervlaktebehandelings-systemen

- **Thermisch verzinken** is een goed ingevoerde techniek die door een aantal eigenschappen zeer geschikt is voor de genoemde toepassingen. Ook de prijs speelt hierbij een belangrijke rol.
- **Galvalume** zal waarschijnlijk midden 1994 worden ingevoerd als batch-proces. De kosten per m² zullen hoger zijn, echter door de lange levensduur kan galvalume voordeliger zijn.
- Bij **thermisch aluminiseren** moet een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen type 1 en type 2 gealuminiseerd staal. Alleen type 2 is geschikt voor buiten-toepassing. Coilcoaten (bandstaalproductie) is een ingevoerde techniek; het batch-proces niet. De hogere temperatuur kan voor sommige staalsoorten een belemmering zijn. De hoge temperatuur zal in de meeste gevallen ook een hogere aanbrengprijs door het hogere energieverbruik tot gevolg hebben (zie ook bijlage 9.1.3).
- **Emailleren** is een ingevoerde techniek, echter niet voor de grotere voorwerpen, zoals die in deze studie aan de orde zijn. Naast de schaalgrootte zijn de beschikbaarheid van emailleerbaar staal, de beschadigingsgevoeligheid, moeilijk lassen en de hoge temperatuur mogelijke belemmeringen. Met de ontwikkeling van Ferro-Dur, een duplexstelsel van email en een organische coating, is een belangrijk deel van deze problemen opgelost.

Het is een combinatie van Cermet - een poreuze emailaag waarbij aluminium-deeltjes aan het email zijn toegevoegd - en een organische coating. Omdat er sprake is van een inerte onderlaag zijn er geen problemen van onderroest.

Bij de bespreking van de alternatieven tijdens de workshop is rekening gehouden met de mogelijkheden van het FerroDursysteem.
- **Zinklegeringen** kunnen in principe op de gewenste schaal worden aangebracht, echter het risico dat met de eventuele investering in een grootschalige installatie moet worden genomen is te groot.

In enkele gevallen kan het uiterlijk een probleem zijn.
- **Organische coatings en duplexsystemen** zijn in een breed scala beschikbaar als alternatief voor thermisch verzinken. De kosten zijn nu vaak een belemmering.
- **FeAl-Al-sputten** is een ingevoerde techniek voor specifieke toepassingen. De techniek wordt handmatig uitgevoerd en is mede hierdoor relatief duur.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen

Twee alternatieven zijn nog genoemd:

Electroforese

Electroforese is een ingevoerde techniek in de automobiellindustrie. De laag is relatief dun, hetgeen van invloed is op de levensduur. Daarbij kan electroforese als duplex-systeem worden uitgevoerd.

Alleen verven (geen duplex)

Systemen van alleen organische coatings zijn voor deze toepassingen erg duur. Er zijn op het gebied van organische coatings en ook de complete verfsystemen een groot aantal mogelijkheden. Voor grote constructies is het soms nodig om volledige verfsystemen te kiezen, omdat verzinken niet mogelijk is.

Deze systemen zijn in een eerdere fase op de eerdergenoemde criteria afgevalen.

Opgemerkt wordt dat de eerder gemaakte keuze geen uitsluiting van de overige systemen betekent. Alleen de beste - op basis van de gestelde criteria - zijn in het vervolg meegenomen.

Samenvatting informatie van de opdrachtgevers

- In de **woning- en utiliteitsbouw** wordt de keuze vaak bepaald door de architect en/of de aannemer. Uiterlijk en prijs zijn hierbij belangrijke factoren. De informatie die de architect tot zijn beschikking heeft speelt bij de keuze een belangrijke rol.
- Naast de prijs per m² zijn de onderhoudskosten erg belangrijk. Bij de **rijksgebouwendienst** wordt gewerkt met verschillende budgetten voor investeringen en onderhoud, waardoor bij nieuwbouw vaak te weinig aandacht aan de onderhoudskosten wordt geschonken. De rijksgebouwendienst kan een belangrijke voorbeeldfunctie vervullen.
- In de **glastuinbouw** is de laatste jaren veel aandacht besteed aan andere materialen en constructies. Dragende constructies worden echter nog steeds voornamelijk van verzinkt staal gemaakt, voornamelijk uit kostenoverwegingen. Alternatieven zijn er voor de dakconstructies (Al) en de goten (org. coating). Als goed alternatief wordt een dikke epoxycoating (200 µm) genoemd, echter de aanbrengtechniek is nog een probleem, evenals de kosten.
- Bij de Sep is de afgelopen jaren veel aandacht besteed aan het terugdringen van de zinkemissies van **hoogspanningsmasten**. Naast het aanpassen van het onderhoudsregiem (eerder coaten) en het maken van een nieuw ontwerp met minder oppervlak per mast zijn ook alternatieve verfsystemen beschouwd. Uit verschillende onderzoeken is echter gebleken dat het huidige systeem (duplex-systeem met chloorrubberverven) aanzienlijk beter was dan de alternatieven. Vanwege de specifieke toepassing kan door de Sep weinig risico worden genomen.

4.3 Resultaten workshop

4.3.1 Algemeen

Bespreking van de implementatieproblematiek heeft tijdens de workshop in twee stappen plaatsgevonden.

In de eerste stap zijn alleen die problemen aan de orde gesteld die mogelijk een zodanige belemmering kunnen vormen dat ze de invoering van het alternatief volledig in de weg staan. Op basis hiervan is een selectie uitgevoerd. De resultaten van deze eerste stap zijn in § 4.3.2. weergegeven.

In de tweede stap is voor de resterende alternatieven nagegaan welke overige aandachtspunten bij de invoering een rol spelen. Het resultaat hiervan is in § 4.3.3 samengevat.

4.3.2 Bespreking van mogelijke belemmeringen

Aan de hand van de interviews is van negen aspecten vastgesteld dat deze mogelijk een belemmering kunnen vormen. Deze zijn tijdens de workshop aan de orde gesteld, waarbij met name is geprobeerd vast te stellen voor welke van deze belemmeringen geldt dat zij de toepassing van bepaalde alternatieven in de weg staan. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1.

Hierna worden deze aspecten nader besproken.

Tabel 4.1

	Constructies						Plaatmateriaal		
	Grof - - - - - > Fijn								
	Bouw-constr.	Hoogsp. masten	Trappen/bordessen	Balkon en hekwerken	Straat meubilair	Tuinbouw kassen	Vangrail	Puien/gevels	Loodsen
Zink (dompelen)	M	M	M	M	M	M	M	M	M,u
Galvalume*	K,m,t,v	K,m,t	f,K,m,t	K,m	f,K,m	k,m,r	K,m	m,r,t	k,m,r,t
Aluminiseren	K,T,v	K,T	K,t,F	K,t	f,K,t	k	k,m	k	k
Duplex-systemen	m	m	f,m	k,m	k,m	k,m	k,m	k,m	k,m
Email (FerroDur)	T,F,v	T,F,k	t,f	f	f	f,k	k		f,k
Al-legering (spuiten)	K,v	K,(H)	K	K	K	K	K	K	K
Zn-legering (electrol.)	m,v	m,(H)	m	(H),m	(H),m	m	m,u	m,u	m
Galfan (dompelen)	K,m,v	K,m	K,m	K,m	K,m	K,m	K,m	m	m

E = beschikbaarheid emailleerbaar staal,
 F = functionaliteit, mechanische sterkte
 H = Holle voorwerpen niet inwendig behandeld.
 K = kosten te hoog
 M = milieubezwaar, uitloging en in afvalstadium

R = problemen met randen
 T = hoge temp, beïnvloed mech. eigenschappen
 U = Uiterlijk
 V = voorschriften, specificaties

Grote letters: Absolute belemmering, Kleine letters: wel grote invloed, niet volledig belemmerend

Toelichting bij tabel 4.1:

In de tabel zijn de belemmeringen in twee gradaties uitgedrukt.

Van de belemmeringen die met een hoofdletter zijn aangegeven, wordt verwacht dat deze belemmering in de komende periode van 5 tot 20 jaar niet kan worden opgeheven, hetgeen voor die alternatief-toepassing-combinatie betekent dat invoering binnen deze periode niet zal plaats vinden.

Bij de met een kleine letter aangegeven belemmeringen wordt er van uitgegaan dat deze wel een grote rol te spelen, maar niet onoverkoombaar zijn.

Wanneer een bepaalde belemmering niet is genoemd, betekent dit niet dat dit aspect in het geheel geen rol speelt, maar er wordt van uitgegaan dat deze rol beperkt is.

De tabel is tijdens de workshop in concept voorgelegd, waarna een definitieve invulling plaats heeft gevonden.

De verdere discussie over de implementatieproblematiek is beperkt tot deze alternatieven.

— **Milieubezwaar**

Dit aspect is beperkt tot:

- Uitloging door corrosie.
- Milieubezwaar in het afvalstadium.

Alle zeven genoemde alternatieven zijn in een eerder stadium op het aspect uitloging door corrosie geselecteerd, hetgeen er toe leidt dat er in het vervolg geen op dit onderdeel afvalt.

Het milieubezwaar in het afvalstadium geldt met name voor de alternatieven waarbij zink in de laag voorkomt, zoals Galvalume, duplexsystemen en Galfan.

Omdat ontzinken goed mogelijk is wordt dit probleem niet als onoverkomelijk gezien, maar is wel aan de orde. Zinkbevattend schroot is wel minder waard. Daarnaast ontstaat er bij het ontzinken een zinkhoudende afvalstroom. Ook de kosten van het ontzinken spelen een belangrijke rol.

Andere aspecten die zijn genoemd zijn de KWS-problematiek en de problematiek van het straalgrit. Ook deze aspecten vormen geen absolute belemmering.

Ter discussie wordt gesteld in hoeverre andere milieu-aspecten toch mee moeten worden gewogen. Opgemerkt wordt dat dit voor een deel is gedaan bij het voorafgaande onderzoek, waarbij geen grote verschillen zijn bepaald met betrekking tot onder andere het energieaspect. Het is echter nooit de bedoeling geweest een volledig LCA (levenscyclus-analyse) uit te voeren. Dit lijkt wel zinvol voor de toekomst. In dit stadium kan men met het resultaat leven. Geconcludeerd wordt, dat de uitgevoerde afweging in dit stadium voldoende is geweest.

Met betrekking tot het energieverbruik is email in het verleden vergeleken met een verfsysteem, waarbij bleek dat emaileren in het totaal minder energie bleek te vragen.

Uitvoering

Hierin zijn 4 aspecten onderscheiden:

A. *Holle voorwerpen worden niet inwendig behandeld.*

Dit aspect is alleen aan de orde bij het spuiten van Al-legeringen en bij het elektrolytisch aanbrengen van een Zn-legering. Het wordt wel als een belemmering gezien o.a. bij lichtmasten en straatmeubilair. Omdat een deel van deze toepassingen ook in niet holle profielen worden uitgevoerd, volgt geen absolute uitsluiting van bepaalde alternatief-toepassingscombinaties.

In een aantal gevallen zijn er mogelijkheden om iets aan de constructie te wijzigen, waardoor het probleem vermindert.

B. *Randen.*

Randen zijn met name een aandachtspunt bij plaatmateriaal, wanneer hierbij moet worden geknipt. Ook bij masten vormen de randen de zwakke plek in de conservering. Het probleem wordt nergens als een absolute belemmering ervaren.

C. *Hoge temperatuur.*

Dit probleem speelt alleen bij die oppervlaktetechnieken die bij hogere temperatuur dan thermisch verzinken worden uitgevoerd: Galvalume, aluminiseren en emailleren. Onoverkomelijk lijkt het bij de zwaardere constructies, zoals bouwconstructies en hoogspanningsmasten. Omdat van Galvalume niet voldoende bekend is wordt dit hier wel als een belangrijk aspect aangemerkt; echter uitsluiting vindt niet plaats.

Als de kritische grens voor staal wordt ca. 700 °C genoemd.

Dit betekent dat email (800 °C) en Al (>700°C) een probleem kunnen geven en Galvalume (640 °C) niet.

D. *Beperkte beschikbaarheid van emailleerbaar staal.*

Dit aspect speelt een belangrijke rol bij de 'gewone' emailsoorten. De beschikbaarheid van emailleerbare staalsoorten is echter vooral een marktaspect. Indien de vraag toeneemt, zal het aanbod ook toenemen.

Het FerroDursysteem kan, zoals eerder vermeld, op elke staalsoort worden aangebracht.

Er vallen op dit argument geen toepassingen af.

Eigenschappen van de laag

Hierin zijn drie mogelijke belemmeringen onderscheiden:

A. *Mechanische eigenschappen (Functionaliteit)*

Voor enkele zachtere lagen, zoals duplex en aluminium is de slijtvastheid een belemmering, hetgeen bij trappen en bordessen aan de orde is.

Beschadiging van email bij constructies waarmee minder voorzichtig wordt omgegaan lijkt een probleem.

Er is enige discussie over de mogelijkheden om met kwetsbare lagen voorzichtiger te laten omgaan, met name waar het montage en dergelijke betreft. Voor bepaalde toepassingen lijkt het mogelijk. Opleiding speelt hierbij een belangrijke rol.

B. Uiterlijk

Uiterlijk lijkt in het algemeen geen probleem. De meeste alternatieven zijn wat uiterlijk betreft in veel vormen leverbaar. In vergelijking met 'kaal verzinkt staal' is dit een voordeel.

In enkele gevallen kan de kleur van de (gepassiveerde) zinklegering een rol spelen, echter dit lijkt niet onoverkomelijk.

C. Voorschriften

In een aantal gevallen wordt thermisch zink als oppervlaktelaag voorgeschreven. Dit speelt met name in de bouw een rol. Er is echter een sterke tendens naar voorschriften, die een bepaalde kwaliteit vragen en niet een specifieke laag. Het aspect wordt niet als een onoverkomelijk probleem beschouwd.

Kosten

Er is uitvoerig gediscussieerd over de kosten. Alvorens nader in te gaan op het resultaat wordt eerst een aantal uitspraken weergegeven die tijdens de discussie zijn gedaan:

- Kosten zijn in principe geen belemmering. Het gaat erom wat men bereid is voor het milieu te betalen. Kostprijs is anderzijds vaak het belangrijkste argument bij de keuze.
- Prijs/prestatieverhouding is de belangrijkste overweging. Zink scoort hierbij goed. Bij een kostenbeoordeling zou zink als referentie moeten worden genomen. Welke andere voordelen heeft het alternatief en wat heeft men er voor over (functionele eisen, esthetisch).
- Als een laag twee keer zo lang mee gaat mag deze ook meer kosten.
- In een aantal gevallen, bijvoorbeeld bij rijksoverheid, zijn er verschillende budgetten voor investeringen en voor onderhoud. Hierdoor ontstaat het risico dat bij aanbesteding niet veel aandacht aan onderhoudskosten wordt besteed.
- De eerder gegeven kostencijfers zijn te onnauwkeurig. Voor plaatmateriaal gelden in het algemeen lagere kosten.
- Kosten moeten veel breder worden beschouwd. Ook onderhoud moet worden meewogen. In het algemeen moeten de kosten over de totale levensduur worden vergeleken. Dit gebeurt bijvoorbeeld wel bij hoogspanningsmasten, maar in mindere mate bij rijksgebouwen.
- Om kosten beter te kunnen beoordelen moet je naar een meer gedetailleerd niveau. Je zou per toepassing/productgroep de kosten moeten bepalen en vergelijken.

Samengevat:

- Prijs is niet los te koppelen van prestatie.
- Kosten moeten in de totale levensduur worden beschouwd.
- Kosten moeten per toepassing worden beoordeeld.

Tenslotte is toch geprobeerd aan te geven in welke gevallen kosten een te grote belemmering vormen, c.q. wanneer is er sprake van een echte prijsdrempel.

Al-spuiten wordt als erg dure techniek genoemd, welke in de praktijk voor deze toepassingen niet zal worden toegepast.

De verwachting is dat Galvalume voorlopig alleen maar geschikt is voor specifieke toepassingen, met name kleine voorwerpen en niet voor de toepassingen die in dit project aan de orde komen. Hierover bestaat echter wel onzekerheid (zie bijlage 5b).

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

In het verlengde hiervan is ook voor Galfan en het aluminiseren als dompelproces vastgesteld dat deze bij batch-toepassing te duur zijn.

In alle overige gevallen speelt de prijs wel een belangrijke rol, maar deze hoeft niet belemmerend te zijn.

Opmerking: Bij de bespreking van de overige aandachtspunten wordt opgemerkt dat kosten het belangrijkste argument zijn dat vangrails nu niet in duplex-systemen worden uitgevoerd.

Samenvatting met betrekking tot belemmeringen

Op basis van de hiervoor genoemde argumenten is het aantal toepassingsmogelijkheden voor de alternatieven aanzienlijk gereduceerd. Dit is echter voornamelijk gebeurd op basis van kosten. In enkele gevallen speelt de hoge temperatuur en de functionaliteit een rol en is het niet inwendig behandelen van holle voorwerpen een belemmering.

Voor de resterende alternatieven zijn de aspecten milieu (in het afvalstadium), mechanische sterkte en hoge verwerkingstemperatuur belangrijke aandachtspunten. Daarnaast speelt het aspect kosten steeds een belangrijke rol.

4.3.3 Overige aandachtspunten

In het tweede deel van de workshop is gevraagd aan te geven in hoeverre een aantal andere aandachtspunten, welke niet als belemmerend worden gezien, een rol spelen bij de implementatie. De aandachtspunten zijn per techniek beoordeeld. De volgende aspecten zijn aan de orde gesteld:

De informatieoverdracht is onvoldoende

Dit aspect speelt voor alle resterende alternatieven een belangrijke rol. (Tijdens de workshop is door de meeste bedrijven al iets gedaan om dit te verbeteren). De informatieoverdracht zou vooral moeten zijn gericht op adviesbureaus en architecten, waarbij gebruik moet worden gemaakt van de bestaande informatiesystemen. Kleine bedrijven beschikken vaak niet over de mogelijkheden voor een goede informatieoverdracht.

Een goede corrosietestmethode ontbreekt

Dit probleem is met name genoemd bij Zn-legeringen en duplexsystemen.

Economisch risico bij producenten

Het economisch risico bij de producenten speelt vooral een rol bij opschaling, wanneer er flink moet worden geïnvesteerd om de implementatie van een alternatief mogelijk te maken. Dit betreft derhalve alternatieven die nog niet zijn ingevoerd voor bepaalde toepassingen, zoals emailleren, dat met uitzondering van gevelbeplating, nog niet wordt gebruikt voor de genoemde toepassingen. Ook voor Zn-legeringen is dit aan de orde.

Technische risico's bij de opdrachtgever

De technische risico's bij de opdrachtgever hangen nauw samen met het ontbreken van een goede corrosie testmethode. Dit aspect is genoemd bij duplexsystemen (onder andere praktische ervaring bij Sep) en Zn-legeringen.

Technische problemen bij opschaling

Dit aspect is niet als een probleem genoemd bij de resterende alternatieven.

Lange levensduur niet gevraagd

Met betrekking tot levensduur wordt bevestigd dat hieraan in veel gevallen weinig aandacht wordt besteed. Een duidelijke uitzondering zijn de hoogspanningsmasten waarbij het onderhoudsaspect heel belangrijk is.

Ook in de chemische industrie speelt levensduur een belangrijke rol. Vaak is het kostenaspect hierbij de belangrijkste overweging.

Bij de rijksoverheid speelt de levensduur vaak geen rol omdat investeringen en onderhoud uit verschillende budgetten worden betaald.

In dit kader wordt ook het bouwbesluit aan de orde gesteld. Eisen van een levensduur van 50 jaar worden hierin genoemd.

Een lange levensduur kan tot gevolg hebben dat het uiterlijk veroudert (geen modern imago).

4.4 Conclusies verkenning implementatieproblematiek

A. Gevolgde werkwijze

- De aanpak via een workshop is als positief ervaren. Het bijeenbrengen van de verschillende partijen en betrokkenen heeft geleid tot een brede open discussie over de problematiek van de diffuse zinkemissies, over de mogelijkheden van alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen en over de problematiek rond implementatie van deze alternatieven.
- Het houden van interviews voorafgaande aan de workshop bleek zinvol. Er werd een goede indruk verkregen van de belangrijkste aspecten die een rol spelen bij de implementatie van de alternatieven, waardoor een goede voorbereiding van de workshop mogelijk was.
- Tijdens de workshop heeft een goede informatie-uitwisseling plaatsgevonden tussen de verschillende partijen.

B. Resultaten

- De workshop heeft geresulteerd in een verdere inperking van het aantal mogelijke alternatieven voor thermisch verzinken. Factoren die hierbij van invloed waren zijn de hoge aanbrengtemperatuur, de mechanische eigenschappen van de laag en de kosten. Op dit laatste aspect zijn de meeste alternatieven afgefallen, echter de onzekerheden hieromtrent zijn relatief groot.
- Voor een betere onderbouwing van het kostenaspect is het noodzakelijk de kostenberekeningen op een gedetailleerder niveau uit te voeren. Voor een aantal concrete toepassingen moeten kostenberekeningen worden uitgevoerd, waarbij de totale kosten (inclusief onderhoud) moeten worden berekend over de totale levensduur.
- De workshop heeft het inzicht in de problematiek van de implementatie van alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen aanzienlijk vergroot.
- Technologische problemen zijn niet als belemmerend genoemd voor de invoering van alternatieve systemen.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

- Belangrijke aandachtspunten met betrekking tot de implementatie zijn:
 - . Economische risico's bij de producenten
 - . Technische risico's bij de opdrachtgevers
 - . Informatie-overdracht tussen opdrachtgever en leverancier
 - . Ontbreken van vraag van uit de markt.

De vraag is tijdens de workshop aan de orde gesteld in hoeverre de markt een aantal zaken zelf op moet pakken en in hoeverre dit moet worden gestimuleerd. Dit wordt in paragraaf 5.2 besproken.

5 Evaluatie

5.1 Samenvatting van de resultaten

Atmosferisch blootgestelde verzinkte metaaloppervlakken behoren tot één van de belangrijkste diffuse bronnen van zware metalen naar bodem, grond- en oppervlaktewater. Met het oog op het terugdringen van de diffuse zinkemissie is een onderzoek uitgevoerd naar alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken. In de eerste fase van het onderzoek zijn zeven alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen geselecteerd:

- **Aluminiseren via thermisch dompelen**
- **Galvalume via thermisch dompelen**
- **Spuiten van Al-legeringen**
- **Emailleren (eventueel FerroDur)**
- **Duplexsystemen**
- **Zinklegeringen, elektrolytisch aangebracht**
- **Galfan via thermisch dompelen**

Bij het terugdringen van de diffuse zinkemissie zal men zich in eerste instantie moeten richten op die toepassingen die momenteel nog kaal worden verzinkt. Op basis van een tweetal inventarisaties zijn als belangrijkste bronnen geselecteerd:

A. Bouwconstructies (incl. trappen, bordessen en hekwerken)

B. Tuinbouwkassen

C. Straatmeubilair (vangrails, verkeerspalen, verlichting)

Plaatmateriaal, zoals puien, gevels en loodsen worden tegenwoordig niet of nauwelijks meer in kaal verzinkt materiaal uitgevoerd.

Nieuwe hoogspanningsmasten worden nog maar beperkt gebouwd en bovendien vrijwel direct geschilderd (duplex).

Op basis van de huidige inzichten uit de praktijk komen duplexsystemen en elektrolytisch aangebrachte zinklegeringslagen voor de meeste toepassingen in aanmerking om thermisch verzinken te vervangen.

Emailleren is vanwege de hoge temperatuur en de beperkte slagvastheid minder geschikt voor zwaardere bouwconstructies.

Galvalume en aluminiseren zijn met name geschikt voor tuinbouwkassen en vangrails.

Voor de overige toepassingen van deze systemen, maar ook voor de andere systemen zoals het spuiten van Al-legeringen en voor Galfan, is het kostenaspect een belangrijke belemmering.

Daarnaast kunnen de hoge temperatuur en de mechanische sterkte een belemmering zijn.

Op basis van het voorgaande is geconcludeerd dat er voor de genoemde toepassingen alternatieven voor het thermisch verzinken beschikbaar zijn, maar dat er nog een aantal aspecten is die de invoering ervan tegenhouden. De belangrijkste zijn:

– **Financieel/economische aspecten.**

- Te hoge kosten per m².

Dit lijkt één van de belangrijkste argumenten te zijn. In een aantal gevallen wordt alleen maar gelet op de aanbrengkosten en worden niet de kosten over de totale levensduur bekeken. Vaak ontbreekt het inzicht in de kosten op lange termijn.

- Economische risico's bij de producenten.

De onzekerheid met betrekking tot de (potentiële) markt en de relatief hoge investeringen hebben tot gevolg dat de bouw van een nieuwe afdeling of installaties niet plaatsvindt.

– **Technische risico's te groot.**

Onder meer door het ontbreken van betrouwbare corrosietestmethodes zijn er aan de toepassing van enkele alternatieven technische risico's verbonden. Veel opdrachtgevers willen of kunnen slechts beperkte risico's accepteren.

– **Informatie-overdracht onvoldoende.**

In veel gevallen zijn (de adviseurs van) de opdrachtgevers niet voldoende op de hoogte van het bestaan - en de mogelijkheden en beperkingen - van de alternatieven.

5.2 Suggesties om de implementatie van alternatieve oppervlaktebehandelingssystemen te bevorderen

Van de geselecteerde oppervlaktebehandelingssystemen wordt alleen het duplexsysteem al op redelijke schaal toegepast als alternatief voor het thermisch verzinken. Loodsen puien en gevels worden nauwelijks meer kaal verzinkt, maar ook bijvoorbeeld hekwerken worden steeds vaker in een duplexsysteem uitgevoerd.

Galvalume zal binnenkort waarschijnlijk ook op de markt komen, maar dit systeem lijkt voorlopig alleen toepasbaar voor kleinere voorwerpen.

De verwachting is dat onder invloed van deze autonome ontwikkelingen het kaal verzinkte oppervlak zal afnemen, maar dat de verschuiving beperkt zal zijn.

Een andere ontwikkeling die in dit kader moet worden genoemd zijn de toekomstige wettelijke maatregelen in de glastuinbouw (zie § 2.3), welke kunnen leiden tot een minder diffuse verspreiding van zink. Het voorkomen van deze lozing verdient echter de voorkeur.

Het bevorderen van de alternatieven voor het thermisch verzinken kan gefaseerd plaatsvinden. In eerste instantie zal het invoeren van alternatieven door de marktpartijen moeten worden opgepakt. Verbetering in inzicht in de mogelijkheden van de technieken en de kosten en een betere informatie-overdracht zijn belangrijke aandachtspunten. De overheid speelt hierbij een **stimulerende rol**. De aandacht zal gericht moeten zijn op die toepassingen waarvoor invoering duidelijke voordelen bieden en die eenvoudig kunnen worden ingevoerd.

In een volgende fase zal daadwerkelijke **ondersteuning** moeten plaatsvinden voor die alternatieven, die niet zonder meer ingevoerd zullen worden omdat de risico's en/of de onzekerheden te groot zijn. Er wordt hierbij van uitgegaan dat de marktpartijen de implementatie van deze alternatieven zonder ondersteuning niet van de grond krijgen.

Alleen indien met de voorgestelde acties in de eerste twee fasen het beoogde resultaat niet bereikt zal een derde fase moeten worden ingegaan, waarbij meer **sturend** zal moeten worden opgetreden.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Hierna zijn de activiteiten in de verschillende fasen nader uitgewerkt.

Fase 1: Stimulering

Als eerste stap moet de invoering van **die** alternatieven worden gestimuleerd die naast het milieu-effect ook andere voordelen opleveren (kosten, uiterlijk, reinigbaarheid, enz.), waardoor de toepassing aantrekkelijker is dan thermisch verzinken. Het gaat hierbij om die toepassingen die eigenlijk al ingevoerd zouden moeten zijn. Dit betekent dat de opdrachtgever voldoende moet beschikken over de mogelijkheden en beperkingen van de alternatieven.

Het gaat hierbij om informatie die in principe beschikbaar zou moeten zijn, maar die met betrekking tot de genoemde toepassingen nader op een rijtje moet worden gezet. Naast informatie over prestaties van de laag en uiterlijk is vooral de informatie met betrekking tot het kostenaspect van belang, waarbij beter met name inzicht moet worden verkregen in de kosten over de totale levensduur. Per toepassing-techniekcombinatie zullen vragers en aanbieders bij elkaar gebracht moeten worden, zal een kostenstudie moeten worden uitgevoerd en zal informatie-uitwisseling plaats moeten vinden. Een betere onderbouwing van het milieu-aspect zal in dit stadium ook moeten worden uitgevoerd. In onderhavige studie is voornamelijk aandacht besteed aan de diffuse zinkemissie en het produkt in het afvalstadium, echter ook andere milieu-aspecten moeten nader worden bekeken.

Het lijkt zinvol deze informatie voor de belangrijkste toepassingen te verzamelen. In dit proces kan zowel de leverancier als de opdrachtgever een belangrijke rol spelen. Genoemd kunnen worden architecten/ aannemers, aanbieders van technieken en toeleverende bedrijven in de tuinbouw.

Fase 1 geldt met name voor bepaalde toepassingen van Galvalume, email, Zn-legeringen en duplexsystemen. Voor het laatstgenoemde systeem geldt dat de inspanningen beperkt kunnen zijn omdat het een reeds ingevoerde techniek betreft.

Het toepassen van prestatievoorschriften in plaats van de belemmerende voorschriften voor een bepaalde behandelingsmethode moet worden gestimuleerd.

De rol van de rijksoverheid kan in deze fase beperkt zijn. Rijkswaterstaat (RIZA) kan voor een aantal potentiële toepassingen de bovengenoemde aspecten in een overzicht laten brengen en de overdracht van deze informatie stimuleren. In het onderhavige project is hier een eerste aanzet toe gegeven.

Anderzijds kan de overheid voor een aantal toepassingen waarvan zij zelf opdrachtgever is (zoals de Rijksgebouwendienst voor gebouwen en Rijkswaterstaat voor bijvoorbeeld vangrails) deze aspecten laten onderzoeken, om vervolgens voor de aantrekkelijke toepassingen tot invoering van alternatieven over te gaan.

Belangrijkste acties fase 1: Stimulering

Opbouw beter inzicht in prestaties, kosten en milieu-effecten
Informatie-overdracht door leveranciers naar opdrachtgevers
Demonstratie van alternatieven door overheid (als opdrachtgever)

Opmerking: Voor die toepassingen, waarvoor geldt dat duplexsystemen in deze fase als aantrekkelijk alternatief kunnen worden aangemerkt, is het ook zinvol na te gaan in hoeverre het zinvol is **bestaande verzinkte oppervlakken** van een organische coating te voorzien.

Fase 2: Ondersteuning

In de tweede fase gaat het om de invoering van die alternatieven die niet zonder meer ingevoerd kunnen worden omdat de risico's te groot zijn en/of de voordelen voor de opdrachtgevers niet voldoende opwegen tegen de nadelen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de toepassing van email en galvanisch aangebrachte zinklegeringen.

Het beperken van de technische risico's bij de opdrachtgever kan onder meer door het uitvoeren van onderzoek naar opschaling en het ontwikkelen van een betere corrosietestmethode. Mogelijke ondersteuning kan worden gekregen via onderzoeksubsidies (IOP, Stimuleringsregeling Milieutechnologie).

Het verminderen van de financiële risico's van de leverancier kan door het verstrekken van investeringskredieten of door het geven van garanties met betrekking tot bepaalde opdrachten voor een langere periode.

Bij al deze aspecten kan de overheid een belangrijke rol spelen, zowel door het ondersteunen van onderzoek, het verstrekken van opdrachten als het meedragen van financiële risico's.

Mogelijke acties fase 2: Ondersteuning
Ontwikkeling van een betere corrosietest
Verstrekken investeringskredieten
Verlenen van langdurige opdrachten

Fase 3

In deze fase moet naar andere dan de bestaande en beschikbare middelen worden gezocht. Genoemd kunnen worden het via verschillende maatregelen ontmoedigen van het gebruik van zink (bijvoorbeeld via heffingen), het verder ontwikkelen van oppervlaktebehandelingstechnieken en het zoeken naar alternatieve materialen.

Het gaat hierbij in het algemeen over lange termijnonderzoek dat bij universiteiten en onderzoeksinstituten moet worden uitgevoerd. Het IOP-oppervlaktebehandeling lijkt hierbij een mogelijke financieringsbron voor onderzoek.

Met betrekking tot het ontwikkelen van oppervlaktebehandelingstechnieken is het zinvol om hierbij de aandacht in eerste instantie te richten op die technieken die op basis van stand der techniek zijn afgefallen maar in potentie veel mogelijkheden bieden, zoals anorganische deklagen.

Mogelijke acties fase 3: Sturing
Heffingen op het gebruik van zink.
Ontwikkeling overige behandelingstechnieken.
Onderzoek naar alternatieve materialen.

6 Referenties

- [1] Senhorst, H.
Achtergrondnotitie onderzoeksproject Schone Technologie
RIZA Lelystad, november 1992.
- [2] Weenk, A., G.J. Annokkée en H.J. van Veen
Een prioriteitsmethode voor milieumaatregelen
TNO-rapport nr. 93-193, juni 1993.
- [3] Van Tongeren, W.G.J.M.
Bescherming van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken -
Alternatieven voor het thermisch verzinken.
TNO-rapport 93-198, juni 1993.
- [4] Repmann G.
20 Jahre Erfahrung mit feuerverzinktem Stahlbau
Stahlbau 62 (1993) Heft 10
- [5] Van Rijn C. en L. Kraak (SDV, Sassenheim)
Bespreking op 20 januari 1994.
- [6] Du Mortier (VOM, Bilthoven)
Persoonlijke mededelingen, diverse gesprekken.
- [7] Diverse gesprekken met leveranciers van verzinkte materialen:
Bouw-Staalbouw, Barneveld. Hr. van Wingerden.
Inveka kassenbouw, Naaldwijk. Hr. Slaman
Loodsenfabrikanten: Norel Hallenbouw B.V., Apeldoorn
HB Loodsenbouw B.V., Berkel en Rodenrijs
Nederland Haarlem. Hr. Smit.
Rijksgebouwendienst, Den Haag. Hr. Croes en Deunk.
Verzinkerij Dieren. Hr. van der Berg.
Vereniging van Metalen Ramen en Gevelbouw (VMRG), Nieuwegein.
Hr. C. van Amstel.
Zincoat, Nieuw Amsterdam (Sep, Arnhem). Hr. Poldervaart.
- [8] Slofstra, J.W.
Persoonlijke mededelingen.
- [9] Du Mortier W. en R. de Kreij
Maij houdt de tuinbouw aan afspraken
Groenten + Fruit/Algemeen - no. 4, januari 1994.

7 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA
Ir. H. Senhorst
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Namen en functies van de medewerkers

Ing. W.G.J.M. van Tongeren - onderzoekleider

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

TNO Metaalinstituut

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

november 1992 - maart 1994

Ondertekening



Ing. W.G.J.M. van Tongeren
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Ing. H.J. van Veen
werkgroep leider

Bijlage 1 Klankbordgroep/deelnemers aan de workshop 1 en 2

De volgende personen en instellingen hebben een belangrijke bijdrage in de eerste fase van het project geleverd:

- Em. Prof. P.J. Gellings* (Universiteit Twente);
- TNO - Metaalinstituut,
afdeling Materiaalkunde (Boose, Bosch*, Huis in 't Veld, Ramaekers*);
- Technologisch Fysische Dienst (TPD-TNO) - TU-Delft,
afdeling Keramiek Eindhoven (Gerretsen*);
- TNO Centrum TNO Coatings (Hoeflaak*, Ferrari, Zwaag);
- Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen (VOM) Bilthoven
(du Mortier*, v. Hoolwerff*, Nonhof);
- Stichting Doelmatig Verzinken (SDV) (Kraak);
- IMET-TNO afdeling Industriële Veiligheid (IV) (Wagenaar)

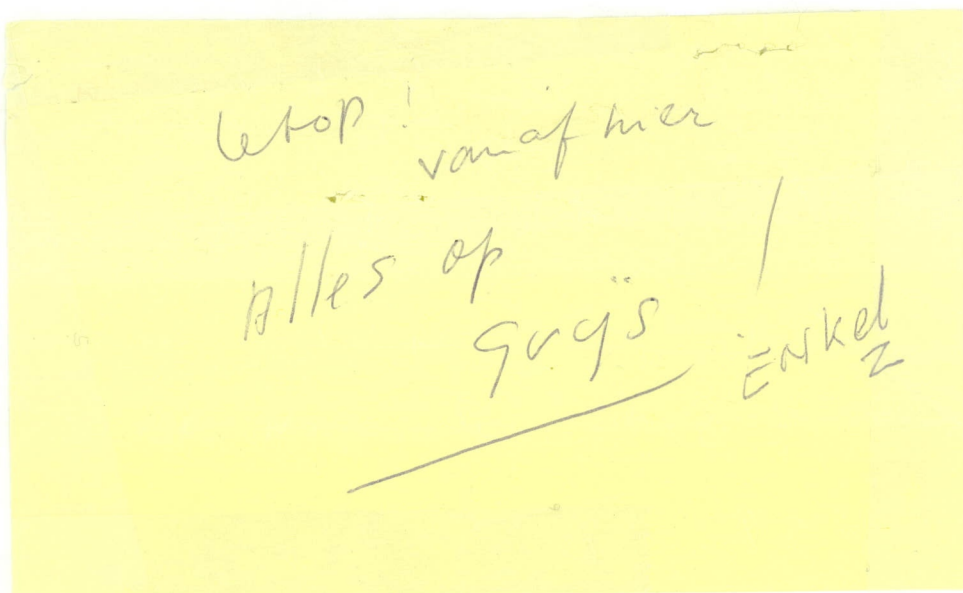
Daarnaast hebben nog diverse personen binnen en buiten TNO informatie aangedragen.

De met * aangeduide personen hebben ook deelgenomen aan de eerste en/of tweede workshop.

De overige deelnemers aan deze workshops waren:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| — W.P. van Duyn | Philips Eindhoven |
| — P.J. Meyer | RIVM Bilthoven |
| — J.L. Poldervaart | SDV/Zincoat Nieuw-Amsterdam |
| — H. Senhorst | RIZA Lelystad |
| — H. Pols | RIZA Lelystad |
| — G. Annokkée | IMET-TNO Apeldoorn |
| — W.G.J.M. van Tongeren | IMET-TNO Apeldoorn |

De laatste vier personen waren bij de workshops aanwezig als opdrachtgever (RIZA) respectievelijk uitvoerders/organisatoren (IMET-TNO).



Bijlage 2 Deelnemerslijst workshop 3

Naam	Bedrijf	Onderwerp
G.J. Annokkée	TNO-ME	Voorzitter
G. Baert	Armco	Aluminieren
Mw. J. Bijsterbosch	RIZA	Opdrachtgever
Ir. J. Coppoolse	Rijkswaterstaat	Toepassingen
A. van Dijk	Ferro Gaanderen	Email
R.H. Groeneboer	OMI	Zn-legeringen
T. Kaal	Kaal-Van de Linden	Lichtmasten
H. Oppeman	Hoogovens IJmuiden	Verzinken, Galvalume
De heer Kuyk	Hoogovens IJmuiden	Hergebruik schroot
Drs. C.J.H.M. Manniën	VROM/DGM/IBPC, Den Haag	Milieu
Ir. A.J. Molendijk	Bond voor Nederlandse Architecten	Bouwconstructies
J. du Mortier	VOM	Opp. technieken
Dr. F. Prakke	STB-TNO	Innovatie
P. Ramaekers	TNO-MI	Opp. technieken
C. van Rijn	Stichting Doelmatig Verzinken	Verzinken
J.Th.J. Scheepers	Akzo Coatings	Org. coatings
Mw. M. van Schijndel	RIVM	Milieu
H. Senhorst	RIZA	Opdrachtgever
Ir. J.W. Slofstra	NV SEP	Hoogspannings- masten
Ing. W.G.J.M. van Tongeren	TNO-ME	Uitvoerder project
B. Wehman	Heras Hekwerk BV	Hekwerken
G. Wouters	Ferro Holland	Email

Bijlage 3 Resultaten eerste inventarisatie van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken in Nederland

Tabel 3.1 Atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken in Nederland en de emissie tengevolge van corrosie/erosie

Metaal	Bescherming	Oppervlak (afgerond) m ² x 10 ⁶	% van totaal	Metaal-emissie (ton/jr.)	
Staal	geen	n.b.	-	n.b.	
	kaal verzinkt	50	19	1750	Zn
				0,5	Cd ²⁾
	Duplex (Zn + coat.)	24	9	nihil	
	verf	23	9	„	
		91 ¹⁾	34	„	
Zink	verchroomd	4	1	n.b.	
	geen	26	10	858	Zn
				0,3	Cd ²⁾
RVS	geen	35	13	50	Cr
				22	Ni
				50+1	Cu ³⁾
Koper	geen	0,1	<1	50+1	Pb
Lood	geen	10	4	140	
Aluminium	geen	n.b.	-	n.b.	
	geanodiseerd	4	1	„	
	verf/coating	3	1	„	
Totaal		270	100		

n.b. = niet bekend; niet in de totaaltelling opgenomen

¹⁾ Betreft oppervlak van mobiele objecten (auto's, treinen, etc.)

²⁾ Zink bevat Cd als verontreiniging. In het verleden was het Cd-gehalte 0,03%; hiermee is in de tabel gerekend (immers geplaatst zink is nog voor een groot deel uit het verleden). Tegenwoordig bevat zink aanmerkelijk minder Cd; namelijk enkele ppm's.

³⁾ 50 ton/jaar = slijtage

1 ton/jaar = corrosie

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Tabel 3.2 Atmosferisch opgestelde oppervlakken van **verzinkt staal***

Bescherming/Toepassing	aantal m ² x 10 ⁶	% van subtotaal oppervlak	% van het totaal oppervlak
<i>Verzinkt (kaal):</i>			
Skeletten (util. + ind. + tanks)	13,0	26,0	17,7
Tuinbouwkassen ¹⁾	12,0	24,0	16,3
Loodsen	8,9	17,8	12,1
Vangrails	4,8	9,6	6,5
Puien, gevels	3,5	7,0	4,8
Lantaarnpalen ²⁾	3,3	6,6	4,5
Spoorwegconstructies	1,9	3,8	2,6
Balkonhekken	1,1	2,2	1,6
Grote deuren	0,7	1,4	1,0
Verkeerspalen ²⁾	0,5	1,0	0,7
Hekwerken	0,3	0,6	0,4
Subtotaal	49,9	100	68,2
<i>Verzinkt + geverfd:</i>			
Hoogsp.masten	5,5	26,1	7,5
Ramen, kozijnen	3,8	18,0	5,2
Skeletten	3,8	18,0	5,2
Lantaarnpalen ²⁾	3,4	16,1	4,6
Balkonhekken	3,3	15,6	4,5
Hekwerken	0,8	3,8	1,1
Verkeerspalen ²⁾	0,5	2,4	0,7
Subtotaal	21,1	100	28,8
<i>Duplex:</i>			
Loodsen	1,7	68,0	2,3
Puien, gevels	0,7	28,0	1,0
Grote deuren	0,1	4,0	0,1
Subtotaal	2,5	100	3,4
Totaal	73,5		100

¹⁾ Ook oppervlak binnen de kassen; hier vindt eveneens corrosie plaats (vochtig milieu)

²⁾ Oppervlak gelijkelijk verdeeld over verzinkt en verzinkt + geverfd

Bijlage 4 Mogelijke 'Oppervlaktemodificatiesystemen' als alternatief voor thermisch verzinken.

1. Deklagen

1.a Metallische deklagen en hun legeringen

Kathodische bescherming	Anodisch bescherming
Zn	Cu
Ti	Ni
Al	Sn
Zr	Co
Cr	Pb

1.b Anorganische deklagen

- oxiden
 - nitriden
 - carbiden
 - boriden
 - siliciden
- van een groot aantal metalen

1.c Organische deklagen

- verven
- poedercoatings
- kunststoflaminaten

2. Transformatie

- nitreren
- carboneren
- boreren
- siliceren
- chromeren

Deze selectie is uitgevoerd op basis van 'realiteitswaarde' met betrekking tot een aantal aspecten. Hierna volgt een aantal van deze aspecten en enkele beschouwde deklagen die op basis hiervan zijn afgefallen.

- Geen of slechts beperkte bescherming tegen atmosferische corrosie:
 - Mg, Mn, V, Y, chromaten, oxalaten, fosfaten.
- Zeldzaam/duur: Au, Pt, Hf, Nb, Re, Ta.
- Toxiciteit: Cd.

De metalen die niet zijn genoemd in het overzicht kunnen wel in een legering of verbinding voorkomen, maar zijn hierin niet het hoofdelement.

De criteria die zijn gebruikt voor selectie van 'realistische' deklagen zijn vaak gebaseerd op ervaringen die men nu heeft uit bestaande technieken en systemen. Dezelfde materialen zouden in andere systemen wel goed kunnen functioneren. Dit zal de praktijk moeten uitwijzen.

Bijlage 5 Werkbladen

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 1***Zn/Thermisch dompelen**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	15 - 40 jaar (70 µm laag) gering, dikke taaie laag, kathod. bescherming	sterk afhankelijk van locatie dikkere laag? thermisch zink is harder dan staal
kosten per m²: aangebrenen onderhoud ²⁾	1) continu : f 9,- batch : f 15,- - f 25,- demontage + renovatie verven/vervangen	20 µm
uitvoerbaarheid: stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	ingevoerde techniek batch : tot 15 m continu : 1,5 m breed niet mogelijk	wel via ander systeem (verven)
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	35 g Zn/m ² .jaar puntbron hergebruik staal na ontzinken, ontzinkvloeistof 35 MJ/m ² 14 MJ/m ²	uitg. van 5 µm corrosie/ jaar onderhoud, zie event. verven

Opmerkingen

- 1) info Hoogovens, 26/3/92
 - 2) onderhoud kan op 3 manieren:
 - a) demontage/ontzinken(chemisch)/verzinken/montage
 - b) vervangen, geeft schrootafval
 - c) oververven na geringe roestvorming (5%)
- 2c) Geeft levensduurverlenging in de hoogbouw (balkons, galerijhekken en dergelijke) en bij elektriciteitsmasten.
Info SDV, dhr. Kraak 16/3/93.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 2***Galvalume (55% Al, 43% Zn en Si)/Thermisch dompelen**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	30 - > 100 jaar gevoeliger dan Zn, kath. bescherming	niet geschikt voor petrochem. industrie randcorrosie? minder hard dan Zn (100HV), soms dunnere laag (13-25 µm)
kosten per m² aanbrengen onderhoud	1) continu : f 12,- batch : onbekend zie Zn	levensduur > 50 j -> n.v.t.?
uitvoerbaarheid: stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	continu proces industrieel ingevoerd lijkt geen probleem niet mogelijk	beperking: plaatdikte kleiner 2 mm; batch nog in ontwikkeling (5 jaar) evt. via verven, bij levensduur > 50 j n.v.t.?
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	3,5 g Zn/m ² .jaar 1,5 g Al/m ² .jaar aanbrengen: puntbron hergebruik staal na verwijdering deklaag ontz./al-vloeistof? 75 MJ/m ² 14 MJ/m ²	bij 1 µm corr./jr evt. zie verf, bij lange levensduur n.v.t.? separate behandeling

1) info Hoogovens, 26/3/93, plm. 10 - 20 µm laagdikte per zijde.
De kostprijs kan dalen bij toegenomen gebruik.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 3***Galfan (5% Al, 95% Zn, La en Ce)/Thermisch dompelen**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	25 - 75? gelijk aan Zn	in zoutsproeitest 3 maal beter dan Zn
kosten per m² aanbrengen onderhoud	continu : f 12,- batch : onbekend zie Zn	1) 2 mm staalplaat, 120 g/m ² (2 zijden)
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	continu: ingevoerde techniek band: 1.5 m, dikte 3 mm niet mogelijk	batchproces niet beschikbaar evt. via verven
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	15 g Zn, < g La, Ce puntbron hergebruik staal na ontz./, ontz.vloeistof moeilijk verwerkbaar? 40 MJ/m ² 14 MJ/m ²	bij 2 µm corr./jaar onderhoud zie evt. verven

1) info Hoogovens, 16/3/93

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 4***Al/thermisch via dompelen**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	> 50 jaar gevoeliger dan Zn, zachter	Anodiseren mogelijk verbetering in maritieme atmosfeer korter? Laagdikte tot 250 g/m ² (2 zijden) ²⁾
kosten per m² aanbrengen onderhoud	continu : f 28,- batch : onbekend n.v.t. levensduur >50	³⁾ Anodiseren niet meegenomen.
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	continu: ingevoerde techniek continu: 1.5 m breed, dikte 3 mm niet mogelijk, echter n.v.t.?	batch-processen zijn nog niet beschikbaar ¹⁾ evt. oververven??
milieuverdiensite: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	1 g Al/m ² . jaar puntbron na ontalum. hergebruik staal. ontal. vloeistof her te gebruiken 110 MJ/m ² 14 MJ/m ²	bij 0.4 µm/jr ⁴⁾ n.v.t.? ervaring in de automobielsector?

1) info Thyssen (Dld.) en Armco (België)

2) 250 g/m² komt op 50 µm laagdikte per zijde

3) info Armco, dhr. Baert 31/3/93 voor 1.25 mm staalplaat

4) info Hoogovens dhr Bleker, Japans artikel 1980.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 5***(Verzinken) + Verf (Duplexsysteem)**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	10 - 40 jaar ¹⁾ verzinkt staal met verf: minder gevoelig dan Zn	onverzinkt staal geeft geen kathodische bescherming Poedercoaten betere mech. bescherming
kosten per m² aanbrengen onderhoud	op staal : f 20,- incl. verz.: f 45,- f 50 - f 80	Uitgaande van kasgoten *Industrieel aangebracht, handmatig duurder elke 5 jaar bijwerken (lokaal), na 10 jaar straalbehandeling ⁴⁾
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	ingevoerde techniek geen beperkingen mogelijk, let op kosten	de straalbehandeling zal in de toekomst verbeterd worden
milieuverdiensite: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	< 2% van de laagdikte in 10 jaar (KWS), straalgrit hergebruik staal bij Hoogovens mogelijk (35+) 8,5	emissies van div. stoffen Nauwelijks KWS bij Poedercoaten voor watergedragen systemen zal de emissie slechts 10% van deze waarde zijn

1) Zonder thermisch zink en nat verfsysteem ca. 10 jaar, met Zn en poedercoaten minimaal 20 jaar. Diverse tussenvormen mogelijk.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 6***Staal/geoxinitreerd of gecarbonitreerd**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	3 -10 jaar goed (hardheid 600 HV)	verbetering 5-10 t.o.v. staal ¹⁾
kosten per m² aanbrengen onderhoud	f 100 - 1000,- demontage + vervanging	
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	ingevoerde techniek ovens tot 5 m ³ , batchproces niet mogelijk	combinatie oxideren met nitreren/carboneren is nog in ontwikkeling evt. volledig verfsysteem
milieuverdiensite: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	Fe emissies van afgassen, zoals ammonia en koolwaterstoffen geen probleem	niet bezwaarlijk corrosiesnelheid ca. 5-10 maal hoger dan Ni-Cr (gecondenseerd watertest)

1) rapport IOP Metalen 1992 (Somers TUD), Huis in 't Veld, IPL-TNO

Werkblad 7

Aluminium (leg.)/coëxtrusie/walsen/cladden/platteren

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	> 50 jaar, afhankelijk van porositeit gering taaie laag	Anodiseren mogelijk een verbetering 10-20 maal beter dan Zn, dikke lagen mechanische spanning kan leiden tot spanningscorrosie
kosten per m² aanbrengen onderhoud	f 40 - 100,- n.v.t. levensduur > 50 jaar, anders vervangen	f 10 - 200,-/kg, afh.. legeringssamenstelling en tonnage Anodiseren niet meegenomen.
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	1) ingevoerde techniek buizen/pijpen tot diam. 100 mm, platen tot 3 m niet mogelijk, echter n.v.t.?	2) hechting op aluminium kan een probleem zijn: explosief cladden is mogelijk
milieuverdienste: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	1 g Al/m ² . jaar puntbron oplosmiddelen na ontalum. hergebruik staal. ontal. vloeistof her te gebruiken oplosmiddelen 110 MJ/m ² 14 MJ/m ²	bij 0.4 µm/jr voor hechtingsbevordering

1) info P. Rademakers IPL-TNO, rapport MI-TNO 33.8.4021, 11 sept. 1985

2) De technologie is alleen geschikt voor dikkere substraten (5 - 10 mm).

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Werkblad 8

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ cermet/thermisch spuiten¹⁾

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	> 50 jaar gespoten lagen zijn breukgevoelig, breken uit; de krasvastheid is groter dan in geval van metallische lagen	afh. porositeit en nabehandeling) laagdikte is plm. 0.1 mm, moet gesealed worden (impregneren met hars) TiO_2 beter deformeerbaar
kosten per m² aanbrengen onderhoud	f 40,-? n.v.t., levensduur > 50 jaar	grondstofprijs is van belang f 80 - 200/kg
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	nog niet ingevoerd op deze schaal en voor deze toepassingen flexibele cords verhogen produktiesnelheid hoeft geen probleem te zijn	smeltpunt Al_2O_3 800 °C ZrO_2 2200 °C plasmatoorts/ Al_2O_3 proces in ontwikkeling voor niet permeabele lagen
milieuverdiensite: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	TiO_2 geen probleem $\text{ZrO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ bij verwijdering laag geen probleem deklaag?	depositierendement plm. 70%

1) info. dr.ir. J.M. Houben (TUE-W)

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 9***Email/Emailleren**

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	> 50 jaar scheurgevoeligheid groter dan Zn, krasgevoeligheid minder	Er zijn proeven op vangrails uitgevoerd (levensduur 5 × Zn) Voorzorg bij vervoer en montage
kosten per m² aangebrenen onderhoud	f 30,- Demontage en vervangen	Vangrail f 90,-/m
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	ingevoerd grote oppervlakken batch en continu niet mogelijk, n.v.t.?	
milieuverdiensite: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	geen geen	Voorbehandeling moet zorgvuldig hergebruik/reparatie mogelijk

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Werkblad 10

Al (FeAl)/thermisch spuiten²⁾

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur	zeer goed, indien porievrij	afh. kwaliteit coating, sealing
beschadigingsgevoeligheid	gevoeliger dan Zn	- Al + Al ₂ O ₃ spuiten!
kosten per m² aanbrengen	> f 30,- ?	gemechaniseerd coaten
onderhoud		
uitvoerbaarheid stand der techniek	mobiele spuitinstallatie: ervaring in petrochem. industr. en ruimtevaart	1) elektrisch opspuiten meest gewenst ²⁾
schaal		
onderhoud ter plekke	n.v.t.	Al is zeer plastisch en rekt mee
milieuverdiens: emissies bij gebruik	depositierendement 70%	bij alle spuittechnologie moet de verliezen afgefilterd worden
emissies bij aanbrengen en onderhoud		Gezondheidsrisico's bij aanbrengen
in afvalstadium		
energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	110 Mj/m ²	

1) info dhr. dr. ir. J.M. Houben (TUE-W)

2) US Navy past sinds 10 jaar gespoten Zn, ZnAl en mogelijk Al toe (draadpistool), antisliplaag op vliegdekschepen.

3) diverse papers NACE Corrosion '93 Conference

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Werkblad 11

Anorganische oxide coatings/natchemische processing²⁾

Oxiden op basis van Si, Al, Sn, Ti en Zr. ¹⁾

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	> 50 jaar harde, glasachtige laag, bros	bij dichte laag, pinholes; sealing in ontwikkeling voorzorg bij montage, stat. belasting geen probleem
kosten per m² aanbrengen onderhoud	f 40,- vervanging/demontage	op basis emallieren
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	in ontwikkeling n.v.t. bij lange levensduur	beschikbaar op kleine schaal
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	< 5 g/m ² metaaloxides n.v.t. ontcoaten noodzakelijk, daarna geen probleem	

1) Het gebruik van niet-oxiden, zoals nitriden en carbiden biedt geen voordeel vanwege verminderde stabiliteit (oxideren aan de lucht).

2) Natchemische processing wil zeggen:
Dippen, spuiten, verven (al of niet elektroforetisch/elektrostatisch), uitgaande van een waterige of organische suspensie van anorganische (oxidische) deeltjes.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Werkblad 12***Al/Ti/oxide; opdampen (PVD, CVD)**

1), 2)

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	 > 50 jaar gevoeliger dan zink, zachter	 kristallijne opgedampte lagen bevatten pinholes; sealing noodzakelijk multilagen anorg./metaal/ anorg.
kosten per m² aanbrengen onderhoud	 f 50 - f 100,- n.v.t., levensduur > 50 j.	 Leybold-proces
uitvoerbaarheid stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	 produktieschaal wordt getest zowel plaat als profiel niet mogelijk, echter n.v.t., lange levensduur	 bottleneck is de warmtebehandeling, i.v.m. hechting
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	 1 g Al/m ² . jaar KWS verbranden; Al, Ti verbindingen uitwasbaar strippen moeilijk	

1) Info Leybold (Dld.), via P. Ramaekers

2) Papers NACE Corrosion '93 Conference

Werkblad 13

Zn-legeringen/Electroplating

(Zn-Ni(5-10%), Zn-Co (0,3-0,9%), ZnFe (0,3-0,9%))

Kenmerk	Grootte	Opmerkingen
functionaliteit: levensduur beschadigingsgevoeligheid	15 - 40 jaar beter dan therm. zink	passiveerlaag kan levensduur nog verlengen Legering harder dan zink
kosten per m²: aanbrengen onderhoud	f 14,- f 18,- demontage + renovatie verven/vervangen	
uitvoerbaarheid: stand der techniek schaal onderhoud ter plekke	ingevoerde techniek grote afmetingen mogelijk niet mogelijk	wel via ander systeem (verven)
milieu-aspecten: emissies bij gebruik emissies bij aanbrengen en onderhoud in afvalstadium energie-inhoud: deklaag applicatietechniek	15 g Zn/m ² . jaar 0,2-2 g Ni, Co, Fe puntbron hergebruik staal na ontzinken, ontzinkvloeistof 7 MJ/m ² 14 MJ/m ²	uitg. van 2 µm corrosie/ jaar onderhoud, zie evt. verven

Bijlage 5b Opmerkingen bij de werkbladen

Met betrekking tot de voorbeeldsystemen zijn door de deskundigen een aantal aanvullende opmerkingen gemaakt die niet allemaal zijn verwerkt in de werkbladen. Deze worden hierna besproken:

ad. 1 Zink/Thermisch dompelen

De laagdikte is niet willekeurig. Dikke werkstukken moeten langer in het bad blijven (opwarmen) en krijgen daardoor een dikkere laag. In de praktijk zal in de meeste gevallen de optimale laagdikte worden toegepast.

Ontzinken van het staal is nodig voordat het in het afvalstadium bij de Hoogovens kan worden verwerkt.

De corrosiesnelheid is sterk afhankelijk van de locatie: Het verschil tussen een industrieel zeeklimaat en een landelijke omgeving kan meer dan een factor 5 bedragen.

ad. 2 Galvalume

Momenteel wordt in Nederland een batch-installatie op praktijkschaal opgestart. In het buitenland vindt toepassing van Galvalume (bandstaal) met name in de bouwwereld al op beperkte schaal plaats, voornamelijk voor kleinere objecten (onder andere in Duitsland, België, Luxemburg).

- Over Galvalume is contact opgenomen met de heer Smit, directeur van verzinkerij MOOK. (Op dit bedrijf worden momenteel op semi-praktijkschaal proeven uitgevoerd met Galvalume). Bij dit gesprek kwamen de volgende aspecten naar voren:
 - Er is momenteel nog niet voldoende kennis over Galvalume beschikbaar om uitspraken te kunnen doen over de toepassingsmogelijkheden.
 - Met betrekking tot kosten bestaat de verwachting dat de prijs per m² tussen die voor thermisch verzinken en duplexsystemen zal komen te liggen.
 - De levensduurverwachting is minimaal 3 maal langer dan thermisch zink. In een aantal gevallen is zelfs een factor 9 bepaald. Dit aspect moet ook meegenomen worden bij de kosten.
 - De verwachting is dat Galvalume midden 1994 op de markt zal komen.

ad. 4, 7 en 10 en 12 Aluminium (legeringen)

Er zijn voor aluminium een groot aantal applicatietechnieken mogelijk. Vele zijn vergelijkbaar met die voor zink, alleen de verwerkingstemperatuur is bij Al hoger. Per toepassing zal de meest aantrekkelijke worden gekozen.

De corrosie-snelheid is aanzienlijk hoger bij hogere chloride-concentraties.

Er zijn al een aantal buitentoepassingen van aluminiumcoatings op staal, onder andere in kantoorgebouwen en kassen.

In een aantal gevallen kan volledige vervanging van staal door aluminium aantrekkelijker zijn.

ad. 5 Verzinken + Verven (Duplex)

Met betrekking tot het aanbrengen moet uitgegaan worden van industriële applicatie,

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

waardoor de emissies, net als bij de meeste overige systemen, als puntbron kunnen worden beschouwd. Verf biedt echter het voordeel dat het ook op locatie kan worden aangebracht, echter in dat geval moet rekening gehouden worden met andere milieu-aspecten (oplosmiddelen, straalgrit).

De kosten voor het aanbrengen van een verfsysteem zijn sterk afhankelijk van het gebruikte verfsysteem en de toepassing.

Voor kasgoten wordt voor poedercoaten (niet verzinken) f 10,- tot f 12,- gerekend, voor een duplexsysteem f 18,- per m^2 .

De kosten voor het aanbrengen op locatie worden vooral bepaald door de arbeidskosten (onder andere stralen, preventieve maatregelen, aanbrengen). Deze kunnen oplopen tot meer dan f 50,- per m^2 (zie ook 5.3).

ad. 9 Email

Continu emailleren is aanzienlijk goedkoper dan batchgewijs. Aanbrengen kan dan via spuiten plaatsvinden. Er is een groot aanbod aan kleuren.

In Duitsland loopt onderzoek naar het toepassen van geëmailleerde vangrails.

Ook is hier aandacht besteed aan recycling van geëmailleerde materialen via omsmelten.

ad. 11 Anorganische coatings

De porositeit speelt bij deze coatings een belangrijke rol (zie ook 5.4).

Op basis van sol-gel en epoxysealing kan deze problematiek worden verminderd.

In vergelijking met emailleren kan bij veel lagere temperatuur worden gewerkt.

ad. 13 Zinklegeringen

Er is onder andere bij TNO-MI veel onderzoek uitgevoerd naar galvanisch aangebrachte zinklegeringen en met name zink-cobalt en zink-ijzer. Problemen bestaan nog bij de passivering, de inwendige bescherming van buizen en profielen en de opschaling van het galvaniseerproces.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

Bijlage 6 Resultaten beoordeling systemen voor behandeling metaaloppervlakken tegen atmosferische corrosie

Subtotaal Functionaliteit + Kosten + Uitvoerbaarheid

Deelnemer	1	2	3	4	5	6	7	Totaal	Opmerkingen
Zink (Hot-dip)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Galvalume (Hot-dip)	+	+	+	0	+	+	0	+	
Galfan (Hot-dip)	+	0	-	0	+	-	-	0	
Al (Hot-dip)	+	+	++	0	+	--	+	+	1)
Verf (Duplex)	0	+	+	+	+	0	0	+	
Oxynitr. of Carbonitr.	--	--	--	-	-		--	--	
Al(leg)coëxwals /plat	--	-	-	-	-		-	-	
Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ Therm. sp.	-	--	0	-	-		-	-	
Email/ Emailleren	+	0	++	+	+	-	+	+	2)
Al (FeAl) Therm. sp.	-	+	-	0	0		0	0	
Anorg. ox. natch. pr.	-	--	+	-	-		-	-	3)
Al/Ti oxid. PVD,CVD	-	--	-	-	-		--	-	
Zn-leg. Galvanisch	++	+	0	0	0	0	0	0	

- 1) De afwijkende mening van één deelnemer ten opzichte van het eindresultaat heeft met name betrekking op de kosten, die door hem als zeer hoog worden ingeschat (hogere temperatuur).
- 2) De toepassingsmogelijkheden van email worden beperkt door de mechanische eigenschappen, die vooral bij montage een rol spelen. Dit betekent dat toepassing niet op alle substraten mogelijk is.
Voor gevelplaten lijkt email zeer geschikt, voor skeletten in de industrie aanzienlijk minder.
- 3) De mogelijkheden van de anorganische coatings worden door één persoon, die als deskundige op dit terrein kan worden beschouwd, aanzienlijk hoger ingeschat.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken***Bijlage 7 Resultaten beoordeling systemen voor behandeling metaaloppervlakken tegen atmosferische corrosie***Totaal Milieubezwaar*

Deelnemer	1	2	3	4	5	6	7	Totaal	Opmerkingen
Zink (Hot-dip)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Galvalume (Hot-dip)	+	++	0	+	+	+	+	+	
Galfan (Hot-dip)	0	+	0	+	0	0	0	0	
Al (Hot-dip)	+	++	+	++	+	+	++	+	
Verf (Duplex)	-	+	0	+	-	-	0	0(+)	1)
Oxynitr. of Carbonitr.	+	++	+	++	+		++	+ / ++	
Al(leg)coëxwals / plat	+	++	+	++	+		++	+ / ++	
Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ Therm. sp.	+	++	++	++	0		++	+ / ++	
Email/ Emailleren	+	++	++	++	0	+	++	+	2)
Al (FeAl) Therm. sp.	+	++	++	++	0		++	+ / ++	
Anorg. ox. natch. pr.	+	++	+	++	0		++	+	
Al/Ti oxid. PVD,CVD	+	++	+	++	0		++	+	
Zn-leg. Galvanisch	0	+	0	+	0	0	0	0	

- 1) Door één deelnemer is in eerste instantie uitgegaan van een eenvoudig verfsysteem. In de discussie is vastgesteld dat uit mag worden gegaan van de betere verfsystemen. De meningen met betrekking tot het milieubezwaar lopen sterk uiteen. Met betrekking tot milieubezwaar is er een groot verschil tussen de verschillende verfsystemen (poedercoatings, high solids, watergedragen systemen en verven op basis van oplosmiddelen). Mede onder invloed van de diverse lopende ontwikkelingen (onder andere in kader van KWS-2000) zal in het kader van deze studie voor oplosmiddelarme systemen worden gekozen. In het geval van poedercoatings is tijdens de workshop een score + overeengekomen.
- 2) Er is discussie over het milieubezwaar van email in het afvalstadium. Er wordt door één deelnemer aan getwijfeld of scheiding van substraat en deklaag goed mogelijk is. Volgens anderen wordt dit reeds toegepast.

Bijlage 8 Bespreking overige alternatieven naar analogie van de voorbeeldsystemen

1a. Metallische deklagen en hun legeringen

Kathodische deklagen

Zink, titaan en aluminium zijn genoemd, Zr is vergelijkbaar met Ti. Cr wordt voor buiten-expositie altijd in combinatie met Ni als onderlaag toegepast. Als pure deklaag is het vanwege porositeit alleen geschikt in dikke lagen (hardchroom). Hoge kosten en het milieubezwaar zijn nadelige factoren.

Er bestaan zeer veel verschillende soorten legeringen.

Van Al zijn Galvalume en Galfan genoemd. De meeste Al-legeringen hebben net als Al een goede corrosieweerstand. Als voorbeelden kunnen worden genoemd de 3000 serie (bevat Mn) en de 6000 serie (bevat Si en Mg).

Als aanvullende behandeling van het aluminium kan anodiseren worden genoemd, waarbij de gevormde laag een extra bescherming biedt.

Anodische deklagen

Cu, Ni, Sn en Co kunnen alleen via elektrodepositie worden aangebracht.

De corrosiewering is vergelijkbaar of beter dan zink, echter de kathodische bescherming, die voor veel toepassingen erg belangrijk is, ontbreekt.

Het milieubezwaar van de metalen is groter dan van zink.

Koperlegeringen hebben een grote corrosieweerstand (Cu-Sn, Cu-Al).

Gechromateerd messing is vergelijkbaar met een gechromateerde zinklegering.

Roestvaststaal heeft een goede corrosiebestendigheid. Als deklaag kan het alleen via spuiten of oplassen worden aangebracht, omdat de samenstelling van de laag niet mag veranderen. Zie hiervoor Al/thermisch spuiten, werkblad 10.

Nikkellegeringen zoals Monel (Ni-Cu) en de Hastelloys (Ni-Mo-Fe-Co-Cr) hebben eveneens een goede corrosiebeschermende werking.

'Weathering steels' vormen een beschermende roestlaag. Deze legering is minder geschikt in zeeklimaat, maar kan wel als onderlaag voor organische coatings worden toegepast. Bovengenoemde alternatieven zijn geschikt als deklaag, maar ook als volledige vervanging van het staal.

1b. Anorganische deklagen

In de werkbladen 8, 9 en 11 zijn de oxiden als voorbeeldsystemen uitgewerkt. In het algemeen wordt er van uitgegaan gegaan dat deze oxiden de voorkeur genieten boven de nitriden, carbiden, boriden en siliciden. Enkele aanvullende opmerkingen dienen hierbij te worden gemaakt:

- De oxiden zijn in veel gevallen chemisch resistenter dan de overige anorganische deklagen. Bijvoorbeeld AlN reageert met water, Al₂O₃ is inert.
- Niet-oxiden worden vaak met relatief dure technieken opgebracht, de oxiden vaak met goedkope technieken (anodiseren, emailleren)
- Van veel anorganische deklagen is echter weinig bekend. Enkele carbiden (van Cr, Zr en Ti), nitriden (Cr, Zr en V) en siliciden (Ti en Ta) worden wel genoemd met betrekking tot een hogere corrosieweerstand, echter cijfers over de atmosferische corrosie in relatie met Zn of Al zijn niet bekend.

- Veel van deze lagen zijn bekend om andere eigenschappen:
Bijvoorbeeld van de boriden is de hoge hardheid bekend, TiN is bekend vanwege de hoge slijtvastheid En CrB2 vanwege de bestendigheid tegen zuren.

1c. Organische deklagen

Er bestaan een groot aantal verschillende organische coatings, eventueel in combinatie met andere systemen. Op de eerste plaats kan een onderscheid worden gemaakt tussen het direct aanbrengen van de coating op het staal en het duplexsysteem, waarbij eerst een metaallaag (bijvoorbeeld zink, galvalume, galfan) wordt aangebracht. Van het laatstgenoemde systeem, dat in het algemeen een betere bescherming biedt, is in het voorbeeldsysteem uit gegaan. Dit betekent niet dat voor alle toepassingen dit duplexsysteem de voorkeur heeft. Het is sterk afhankelijk van de specifieke eisen.

Een ander belangrijk verschil tussen de diverse organische deklagen heeft betrekking op het gebruik van oplosmiddelen. Bij poedercoaten wordt bij het aanbrengen geen oplosmiddel gebruikt, terwijl bij de overige systemen er een groot verschil is tussen hoeveelheid oplosmiddel (denk aan high solidsystemen) en het type oplosmiddel (organisch of watergedragen). Deze aspecten spelen met name een rol bij het milieuaspect. Echter ook de levensduur van de verschillende systemen kan sterk verschillen.

Zinksilicaatverven

Dit type verven bestaat uit een silicaatbinder, met zinkpoeder als pigment. Het zinkpercentage kan meer dan 90% bedragen en draagt zorg voor de kathodische bescherming.

Na het aanbrengen verdampt het oplosmiddel (water) en vormt zich een onoplosbare zinksilicaatmatrix. Een groot deel van het zink blijft als zinkpoeder in de deklaag aanwezig, en geeft kathodische bescherming. Het voordeel is dat de laag ter plekke kan worden aangebracht (eventueel in duplexsysteem).

Met betrekking tot de kunststoflaminaten zijn er volgens deskundigen op dit moment geen alternatieven die voor deze toepassingen aantrekkelijk lijken.

Transformatielagen

Op basis van de beschikbare kennis zijn de meest aantrekkelijke lagen in het voorbeeldsysteem uitgewerkt. Omdat deze weinig perspectief lijken te bieden is aan andere transformatielagen geen aandacht besteed.

Bijlage 9 Overzicht resultaten interviews met leveranciers van oppervlaktebehandelingssystemen en opdrachtgevers

9.1 Informatie van leveranciers van opp. behandelingssystemen

9.1.1 Thermisch verzinken

Een belangrijk deel van de informatie is afkomstig van de thermisch verzinkers zelf (Verzinkerij Mook, Hoogovens, SDV). Daarnaast is door de overige geïnterviewden aanvullende informatie gegeven.

Milieuaspecten

- De milieubelasting tengevolge van de diffuse emissie van zink wordt een aantal malen aan de orde gesteld. In de bouw staat bijv. erg veel kaal verzinkt staal binnen.
- Bij hergebruik van verzinkt staal is ontzinken noodzakelijk.

Technische aspecten

- Ingevoerde techniek voor de genoemde toepassingen (o.a. schaal)
- Aantal belangrijke eigenschappen, waardoor zeer geschikt voor de genoemde toepassingen (o.a. goede hechting, dikke laag, anodische bescherming, mechanische eigenschappen, slijtage, enz.)
- De levensduur is sterk afhankelijk van omstandigheden. Volgens een aantal bedrijven is de levensduur vaak korter dan 10 jaar.

Bedrijfskundige aspecten

- Opleidingsniveau van medewerkers maakt overschakeling op alternatieven in aantal gevallen moeilijk.
- Arbeidsomstandigheden bij thermisch verzinken ?
- In bestaande opzet alleen galvalume en duplexsystemen inpasbaar.

Marktaspecten

- Markt vraagt niet om alternatieven
- In veel gevallen wordt in spec.'s de opp. behandeling voorgeschreven.

Financieel economische aspecten

- Thermisch zink uit financieel oogpunt vaak meest aantrekkelijk alternatief
- Risico van overschakelen op alternatief is groot

Suggesties voor invoering alternatieven

- Geen behoefte vanuit thermische verzinkerij.

9.1.2 Galvalume

De informatie wat betreft het batchproces is voornamelijk afkomstig van een bedrijf dat thermisch verzinkt en momenteel als enig bedrijf in Nederland Galvalume op praktijkschaal beproefd. Met betrekking tot coilcoaten is enige ervaring bij Hoogovens.

Milieuaspecten

- Al geen probleem in afvalstadium, Zn wel.

Technische aspecten

- Voor discontinu proces nog enige technische belemmeringen (afmetingen, gewicht), coilcoaten kan als ingevoerde techniek worden beschouwd. Maximale badafmeting nu 4,5 m.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

- Plaatmateriaal kan na aanbrengen galvalume-laag nog enigszins vervormd worden, bijv. voor golfplaten voor loodsen.

Bedrijfskundige aspecten

- In bestaande opzet als batch-proces niet zonder meer inpasbaar. Er is een geheel nieuwe lijn nodig. Voor plaatmateriaal (coilcoaten) is omschakeling relatief eenvoudig uitvoerbaar.

Marktaspecten

- Markt vraagt niet om alternatieven.
- Bedrijf wil Galvalume als batchproces geleidelijk invoeren.

Financieel economische aspecten

- Lange levensduur wordt vaak niet gevraagd.
- Galvalume zal per m² duurder zijn dan thermisch zink vanwege hoge temperaturen en/of omdat twee lagen moeten worden aangebracht. Kosten tijdens de hele levensduur beschouwen.

Suggesties voor invoering alternatieven

- Geen behoefte hieraan nu al invulling te geven.

9.1.3 Thermisch aluminiseren

De informatie is voornamelijk afkomstig van Armco Oosterhout, een bedrijf dat gealuminiseerd staal als plaatmateriaal (rollen) verkoopt.

Milieuaspecten

- Eerdergenoemde aspecten worden onderschreven.

Technische aspecten

- Belangrijk is het onderscheid tussen type 1 en type 2 gealuminiseerd staal. Type 1 is poreus en derhalve niet geschikt voor buitentoepassing.
- Zeer geschikt voor hoge temperatuur toepassingen.
- Coilcoaten is een volledig ingevoerde techniek. Veel toegepast voor isolatiebeplating. Tot 3 mm staalplaat op rol beschikbaar, dus ook geschikt voor gevelbekleding en lichte constructies.
- Batchproces nog niet ingevoerd. Hoge temperatuur, welke noodzakelijk is, kan mechanische eigenschappen van de constructies verminderen. Dit geldt niet voor elke staalsoort. Voor plaatmateriaal worden de eigenschappen hersteld (skin-pass).
- Aanbrengen coating op aluminium minder aantrekkelijk. Stopt oxidevorming, hierdoor minder goede corrosiebescherming.
- Randen vaak een probleem (bijv. na afknippen materiaal).

Bedrijfskundige aspecten

- In bestaande opzet van thermische verzinkerij niet zonder meer inpasbaar.

Marktaspecten

- Uiterlijk lijkt geen probleem.

Financieel economische aspecten

- Lange levensduur wordt vaak niet gevraagd.
- Aanbrengtechniek duurder dan thermisch zink vanwege hogere temperatuur. Bij gemiddelde plaatdikte ca. f 20,- per m².
- Energie is belangrijke factor, hierdoor zullen de aanbrengkosten altijd hoger zijn dan voor zink
- De overige aspecten (mech. eigenschappen, levensduur, beperkt onderhoud, enz) moeten het voordeel geven. Goede onderbouwing totale kosten gewenst.

Suggesties voor invoering alternatieven

- Goede informatie-overdracht is belangrijk (o.a. verschil type 1 en type 2)

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

9.1.4 Emailleren

De informatie is voornamelijk afkomstig van Ferro Gaanderen, een van de weinige emaillerebedrijven in Nederland.

Milieuaspecten

- Eerdergenoemde aspecten worden onderschreven.

Technische aspecten

- Email stelt hogere eisen aan de ondergrond dan zink.
- Geen problemen met betrekking tot onderroest.
- De beschikbaarheid van emaillerebare staalsoorten is beperkt.
- Hoge temperatuur kan beperking zijn. Hierdoor vermindert de sterkte van constructies (10-15 %), echter hiermee is vooraf rekening te houden.
- In de huidige opzet zijn de afmetingen een beperking echter grotere schaal goed mogelijk. Opschalingsprobleem is derhalve een kostenprobleem.
- Email goed toepasbaar voor plaatmateriaal, minder geschikt voor zware constructies (energiekosten, moeilijk lassen, beschadigingsgevoeligheid)
- Randen vaak probleem, bij veel technieken.

Opmerking. De beperkingen van email hebben geleid tot de ontwikkeling van het FerroDur, een duplexstelsel van een speciaal type email (email waaraan metaaldeeltjes zijn toegevoegd (CERMET)) en een organische coating. Dit stelsel scoort met name beter wanneer het gaat om slagvastheid, mogelijkheden van lassen en bewerken en visschubvorming (stukjes uitgesprongen email).

Bedrijfskundige aspecten

- Voor het emailleren van grotere voorwerpen zal een nieuwe lijn of fabriek moeten worden gebouwd.

Marktaspecten

- Uiterlijk i.h.a. geen probleem, in verschillende kleuren leverbaar. (email niet in rood en geel)
- Goed te reinigen kan bijkomend voordeel zijn.
- Beperkte vraag maakt risico groot

Financieel economische aspecten

- Forse investeringen voor een nieuwe lijn of fabriek, grote risico's.

Suggesties voor invoering alternatieven

- Indekken risico's voor investeringen, net als een ontwikkelingskrediet.
- Overheid moet zelf alternatieven toepassen.
- Milieukeur

9.1.5 Zinklegeringen

De informatie is voornamelijk afkomstig van een OMI, leverancier van chemicaliën voor de galvanische industrie. Daarnaast is gebruik gemaakt van een stageonderzoek dat in opdracht van RIZA werd uitgevoerd.

Milieuaspecten

- Eerdergenoemde aspecten ondeschreven.

Technische aspecten

- Badafmetingen nu een beperking, echter wel op grote schaal uitvoerbaar.
- Het is zinvol bij het ontwerp rekening te houden met de toe te passen oppervlakbehandeling.
- Bij holle voorwerpen wordt de binnenkant niet verzinkt (galvanisch proces).
- Ruw oppervlak is eenvoudiger thermisch dan galvanisch te verzinken.
- Galvanische processen zorgen voor een dikke laag op hoeken e.d.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Bedrijfskundige aspecten*

- Arbeidsomstandigheden bij het galvanisch proces zijn beter dan bij thermisch verzinken.

Marktaspecten

- De ontwikkelingen mbt. de Zn-legeringen is in eerste instantie gericht geweest op de markt van het thermisch verzinken. Later meer gericht op andere markten (bijv. automobiellindustrie).
- De kleur van de gepassiveerde zinklaag wordt vaak als nadeel gezien. Het uiterlijk van alleen zink - een minder goede bescherm laag - wordt als een betere laag beschouwd.
- Als alternatief zal voor meerdere opties moeten worden gekozen.
- Betrouwbaarheid van de bestaande testen is beperkt.
- Co in Zn-Co werd als milieubezwaar gezien

Financieel economische aspecten

- Kostprijs is volgens OMI niet doorslaggevend geweest bij het niet overgaan tot invoering bij galv. bedrijf de Rouw, wel het risico van een grote investering. Volgens het galvanisch bedrijf is thermisch verzinken goedkoper (zie stageverslag).
- Chemicaliënkosten bepalen slechts enkele procenten van de totale kosten.

Suggesties voor invoering alternatieven

- Ontwikkelen betrouwbare testen.

9.1.6 Organische coatings/duplexsystemen

De informatie is voornamelijk afkomstig van enige leveranciers van deze systemen.

Milieuaspecten

- Oplosmiddelenproblematiek en vervuilde straalmiddelen.
- Voor poedercoating zijn de energiekosten relatief hoog.

Technische aspecten

- Organische coatings cq. duplexsysteem zijn ingevoerde systemen.
- Naast de geselecteerde duplexsystemen bestaan er nog andere systemen die onder bepaalde omstandigheden zeker zo interessant zijn. Elk materiaal en toepassing heeft onder specifieke omstandigheden zijn eigen voordelen.
- Alternatieven zijn diverse org. coatings en een anorganische zinkrijke coating. Chloorrubberverven hebben voordeel van betrekkelijk lage eisen aan de voorbehandeling, een korte droogtijd en de mogelijkheid van een dikke laag (hoge diffusieweerstand). Ook zinksilicaat wordt genoemd.
- Hechting kan een probleem zijn, voorbehandeling stelt hoge eisen

Bedrijfskundige aspecten

- Geen problemen, ingevoerde technieken.

Marktaspecten

- Met coatings een breder aanbod wat kleur betreft.

Financieel economische aspecten

- Lange levensduur wordt vaak niet gevraagd.
- Extra coating op kaal zink kost f 35,- tot f 40,- per m².
Lijkt in de tuinbouw niet haalbaar, mede vanwege de korte vereiste levensduur (17 jaar).

Suggesties voor invoering alternatieven

- Geen.

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

9.1.7 FeAl-Al spuiten

De informatie is voornamelijk afkomstig van één bedrijf dat deze techniek toepast.

Milieuaspecten

- Geen aanvulling.

Technische aspecten

- Ingevoerde techniek, met name in maritieme sfeer.
- Goede voorbehandeling nodig.
- Hechting laag minder goed dan thermisch zink. (deklaag, geen legeringslaag).
- Minder goede mech. eigenschappen.

Bedrijfskundige aspecten

- Wordt handmatig uitgevoerd. (Nog) er ambachtelijk).

Marktaspecten

- Voor specifieke toepassingen gevraagd.

Financieel economische aspecten

- Aanzienlijk duurder dan thermisch zink. Zal in de huidige vorm ook veel duurder blijven (arbeidsintensief).

Suggesties voor invoering alternatieven

- Ontwikkeling spuittechnieken, waardoor de techniek goedkoper wordt.

9.2 Informatie van (adviseurs van) opdrachtgevers

Met betrekking tot de in dit onderzoek betrokken toepassingen zijn twee grote groepen van opdrachtgevers te onderscheiden:

- a. Opdrachtgevers van woning- en utiliteitsbouwprojecten
- b. Opdrachtgevers van (overige) constructies

9.2.1 Informatie van opdrachtgevers uit de woning- en utiliteitsbouw

In de woning- en utiliteitsbouw is sprake van een groot aantal relatief kleine opdrachtgevers. Bij de keuze van materialen speelt de architect vaak een belangrijke rol. Daarnaast wordt de keuze vaak bepaald door de aannemer. In veel gevallen wordt betrekkelijk weinig aandacht aan alternatieve materialen besteed, thermisch verzinkt materiaal wordt qua prijs/prestatieverhouding als het meest optimale systeem beschouwd.

De in deze studie betrokken milieuaspecten spelen niet of nauwelijks een rol bij de keuze.

Enkele vertegenwoordigers van grotere groepen van opdrachtgevers zijn geïnterviewd.

- a. Architecten

Factoren die een rol spelen bij de keuze van de materialen zijn:

Milieuaspecten

Speelt een steeds belangrijker rol bij de materiaalkeuze. Is onderdeel van een groot aantal aspecten waar de architect rekening mee moet houden.

Bouwtechnische aspecten

Geschiktheid van het te gebruiken materiaal wordt door de architect, evt. in samenwerking met de aannemer bepaald. De kennis over oppervlaktebehandeling die de architect bezit hangt voor een belangrijk deel af van de hem toegezonden informatie.

Marktaspecten

Uiterlijk en prijs bepalen voor belangrijk deel de marktvraag.

*Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken**Financiële aspecten*

Naast een optimale prijs/prestatieverhouding worden de onderhoudskosten als een zeer belangrijk aspect aangemerkt.

Suggesties voor invoering van alternatieven

Overheid kan een belangrijke rol spelen door eisen vast te leggen en via convenanten doelstellingen te formuleren. Aan de hand van deze randvoorwaarden wordt de keuze van de producten bepaald.

b. Rijksgedebouwendienst

De rijksgedebouwendienst heeft naast haar functie met betrekking tot alle bouwaspecten wat betreft overheidsgebouwen ook een voorbeeldfunctie en zal als eerste het overheidsbeleid, wat betreft bouwzaken, moeten uitdragen.

Milieuaspecten

Spelen een steeds belangrijker rol, echter er zal in de toekomst worden gewerkt met een bepaalde 'milieumaat', waarbij doelvoorschriften zullen worden gesteld, geen materiaal wordt voorgeschreven.

Streven naar zoveel mogelijk industrieel aanbrengen van coatings. Naast betere beheersing milieuproblemen ook vaak betere kwaliteit.

Bouwtechnische aspecten

De invloed van de rijksgedebouwendienst op de materiaalkeuze hangt af van het type project. Bij kleinere projecten bepaalt de interne architect de keuze en wordt daarbij ondersteund door interne adviseurs. Bij een externe architect is de invloed minder en bij gebouwen die via projectontwikkelaars worden gebouwd is dit nog minder. De rijksgedebouwendienst geeft aan wat de produkteisen zijn, niet welk systeem.

In het huidige gebruik is al ca. 90 % van het verzinkte materiaal van een org. coating voorzien (duplex). Staalconstructies in spouw worden vaak van epoxycoating voorzien.

Soms wordt gebruik gemaakt van een zinksilicaatlaag met daarop een epoxycoating.

Marktaspecten

Door onvoldoende inzicht in de onderhoudskosten (6.000 gebouwen) ontbreekt van uit deze invalshoek de vraag naar andere materialen. Voor energiekosten is dit bijv. duidelijker.

Financiële aspecten

Overheid werkt met gescheiden budgetten voor onderhoud en investeringen. Bij de keuze van materialen wordt daarom minder op de onderhoudskosten gelet. Vanwege de begrotingsdruk en de beperkte marges is het vaak moeilijk meer budget vrij te maken.

Suggesties voor invoering van alternatieven

Rijksgedebouwendienst kan belangrijke rol vervullen, door haar voorbeeldfunctie.

Info door haar aan de architect geleverd wordt door architect vaak als voorbeeld voor andere projecten gebruikt.

Andere vorm van kopen, waarin onderhoud voor bepaalde periode is meegenomen (soort leasecontract)

Naast de twee bovengenoemde groepen is contact geweest met de branchevereniging voor de gevelbouwers. Een vertegenwoordiger van deze groep verklaarde dat kaal verzinkt staal nauwelijks wordt toegepast bij gevels. Bijna al het staal wordt van een organische coating voorzien, vaak in de vorm van een duplexsysteem. Er is sprake van dunne materialen, geen dragende constructies.

9.2.2 Opdrachtgevers van overige constructies

Een tweetal belangrijke opdrachtgevers in dit kader zijn geïnterviewd:

- de glastuinbouw
- de samenwerkende electriciteitsmaatschappijen (SEP)

De glastuinbouw

Deze bedrijfstak heeft de afgelopen jaren veel aandacht besteed aan de wijziging van kasconstructies, materialen en oppervlaktebehandelingsystemen. Het terugdringen van de emissie van zink is hierbij één van de invalshoeken geweest. In eerste instantie heeft men zich hierbij sterk gericht op de goten, later echter ook op de andere constructies. Momenteel loopt nog een onderzoek.

Er is ook gekeken naar vervanging van het materiaal door bijv. RVS (te duur) en Aluminium. Dit laatste wordt wel toegepast. Staal heeft vanwege mechanische eigenschappen voordelen.

Milieuaspecten

- Uitspoeling van zink nog maar beperkt, doordat ipv. beregenen in meer dan 65 % van de gevallen druppelen wordt toegepast. Constructies van dekken zijn meestal van Al.
- Onder invloed van de toekomstige wetgeving zal de diffuse emissie afnemen.

Technische aspecten

- Bij vergelijking van alternatieve deklagen voornamelijk gekeken naar organische coatings. Dikke epoxycoating lijkt (uit ca. 200 systemen) meest aantrekkelijk alternatief (beter dan duplex ??), echter het aanbrengen van een dergelijke dikke laag lijkt nog problemen te geven.
- Norm van levensduur kas moet worden verlengd van 15 -> 20 jaar. Technische levensduur langer (30 jaar)
- Randen/snijkanen kunnen een probleem vormen bij walsen profielen uit gealumineerd bandmateriaal. Lijkt wel in aanmerking te komen.

Marktaspecten

- Prijs/prestatieverhouding bepalen voor belangrijk deel de marktvraag
- Indien andere aspecten een rol spelen (wettelijke eisen, hogere reflectie) is men bereid meer te betalen.

Financiële aspecten

- Dikke epoxycoating (200 µm) bijna twee maal zo duur dan alleen thermisch verzinken (ca. f 6,70 t.o.v. f 3,50 per strekkende meter)

Suggesties voor invoering van alternatieven

- Alleen tot invoering van alternatieven overgaan voor die toepassingen die werkelijk veel emissie veroorzaken. Is met het oog op kosten ook meest aantrekkelijk.

De samenwerkende electriciteitsproducenten

Door de Sep is in de afgelopen jaren veel aandacht besteed aan de mogelijkheden van toepassing van alternatieve materialen.

Milieuaspecten

- De diffuse verspreiding van zink en de emissie van koolwaterstoffen waren twee belangrijke argumenten om te zoeken naar alternatieve systemen.
- De eerste stap die is genomen (eerder verven) betekent mogelijk voor een deel een verschuiving van het probleem. De chloorrubberverven bevatten relatief veel koolwaterstoffen.
- Bij de keuze van het staal wordt naar de produktiewijze gekeken.

Technische aspecten

- De eerste stap bij het terugdringen van de zinkemissies was het aanpassen van het onderhoudsregime. Aanvankelijk werd pas een verflaag aangebracht wanneer

Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken

de kritische laagdikte was bereikt, nu gebeurt dit al na 2 - 3 jaar. Eerder is niet mogelijk, omdat geen goede hechting wordt verkregen.

- Als verflaag worden chloorrubberverven toegepast.
- Voor nieuwe masten is nagedacht over een volledig nieuw ontwerp, inclusief de coating. Staal bleef hierbij wel de continue factor. Door aangepaste constructies kan het oppervlak worden verkleind. Ook komt het gebruik van buisprofielen in aanmerking. Een belangrijk deel van het oppervlak is aanwezig ten behoeve van het onderhoud.
- Als alternatieve deklagen zijn email en aluminium overwogen. Email bleek niet geschikt vanwege de slechte geleiding, de mechanische eigenschappen en de hoge kosten. Met aluminium was niet voldoende ervaring. Dit aspect speelt bij de Sep een belangrijke rol. De Sep streeft naar een hoge mate van zekerheid. Risico's met betrekking tot de deklaag zullen van uit de achtergrond van het bedrijf tot een minimum worden beperkt.

Ook is er gezocht naar andere verfsystemen, echter zonder succes.

Marktaspecten

- Er wordt uitgegaan van een levensduur van minimaal 60 jaar.
- Uiterlijk is in het algemeen geen probleem.
- Er is een onderzoek gedaan naar andere verfsystemen. Ondanks dat de eisen vooraf duidelijk waren vastgesteld bleek geen van de door de leveranciers beschikbaar gestelde verfsystemen te voldoen als vervanging voor chloorrubberverven. Recent is een nieuw onderzoek gestart.

Financiële aspecten

- Onder normale omstandigheden zijn de oppervlaktebehandelingskosten (inclusief onderhoud) slechts ca. 20 % van de totale kosten van een mast.
- Wanneer moet worden gestraald betekent dit een grote extra inspanning.

Suggesties voor invoering van alternatieven

- Alternatieven moeten wel beschikbaar zijn. Verffabrikanten blijken niet waar te kunnen maken wat ze beloven.
- Ondersteuning van onderzoek, zoals nu gebeurt in het kader van KWS 2000

In de chemische industrie wordt thermisch zink weinig toegepast, zeker niet wanneer er risico's van brandgevaar zijn. Aantasting van de staallaag door zink is dan mogelijk. Opslagtanks worden veelal gecoat.

Trappen en bordessen zijn vaak wel verzinkt. De mechanische eigenschappen spelen hierbij een belangrijke rol.