A
4
H
39

Eindrapportage fase 1, Project 7406:

Beperking van zinkemissie voor bestaande tuinbouwkassen

---

onderzoek uitgevoerd in opdracht van:
Het Landbouwschap, 's-Gravenhage.
PBG-project 7406:
Beperking zinkemissie bestaande kassen.
Projectleider: Ing. M.J. Heemskerk
Medewerker: Ing. F. Koning
Contactpersoon: Ir. J.C.J. Ammerlaan

Trefwoorden:
Kasgoten, zinkemissie, coaten, coatings, verf, condenswater, voorbehandelen, recirculatie, ionenwisseling, flocculatie, waterbehandeling, gesloten bedrijfssystemen.

Auteurs: M.J. Heemskerk, F. Koning
datum: 10 mei 1995

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente,
Kruisbroekweg 5
postbus 8
2670 AA Naaldwijk

Intern verslagnummer: 95-9

22134138

Inhoudsopgave

1 Inleiding 2

2 Opzet onderzoek 2
2.1 Opzet studie: "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten" . . . 2
2.2 Opzet studie: "Ontzinken van condenswater" 3

3 Samenvatting studies 3
3.1 Samenvatting: "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten" . . 3
3.2 Samenvatting: "Ontzinken van condenswater" 4

4 Beantwoording onderzoeksvragen en overige conclusies 5
4.1 Duurzaamheid en werkzaamheid van de in de IKC-brochure voorgestelde verven/oliën 5
4.2 Beschikbaar zijn van andere verven/oliën 5
4.3 Invloed van de vrijkomende oplosmiddelen op het gewas bij aanbrengen en in de loop der tijd 5
4.4 Arbeidskundige en milieu-problemen bij het aanbrengen van de verven/oliën 6
4.5 Eerste oriëntatie t.a.v. het ontzinken van condenswater 6
4.6 Jaarkosten van de oplossingsrichtingen 6
4.7 Algemeen 6

5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek 7
5.1 Vervolgonderzoek "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten" 7
5.2 Vervolgonderzoek "Ontzinken van condenswater" 7

Literatuur 7

Bijlage Aanvullende literatuurlijst 8

1 Inleiding

Bij bestaande kassen zijn de goten over het algemeen verzinkt. In de loop van de tijd lossen zinkcorrosieprodukten op in het regen- en condenswater. Bij volledig hergebruik van condenswater zal er ophoping plaatsvinden waarna er gewasschade optreedt. Om ophoping te voorkomen moet een oplossing gezocht worden. Er zijn theoretisch 3 opties mogelijk om schade door zink-emissie tegen te gaan: coaten van de kasgoten, ontzinken van het condenswater en lozen van condenswater. Het laatste zal volgens de huidige richtlijnen per 1 januari 1998 verboden zijn. In een IKC-notitie [1] is bekeken hoe een te hoge zinkconcentratie in het voedingswater voorkomen kan worden. Als oplossingsrichtingen worden coaten van de goten of ontzinken van het condenswater aangedragen. Voor het coaten zijn een paar verfsoorten genoemd en is een kostencalculatie gemaakt. Voor het ontzinken is ionenwisseling als mogelijkheid genoemd. Naar aanleiding van deze notitie zijn door het Landbouwschap een vijftal onderzoeksvragen opgesteld en aan het PBG voorgelegd.

1 *Wat is de duurzaamheid en werkzaamheid van de in de IKC-notitie voorgestelde verven en oliën ?*
2 *Zijn er andere verven/oliën beschikbaar en geschikt voor toepassing ?*
3 *Wat is de invloed van vrijkomende oplosmiddelen op het gewas bij aanbrengen en gedurende de levensduur van de coating ?*
4 *Welke arbeidskundige problemen doen zich voor bij het aanbrengen en wat zijn de milieu-effecten van de geschikte verven/oliën ?*
5 *Voer een oriënterende studie uitgevoerd t.a.v. het ontzinken van condenswater.*

Het PBG heeft n.a.v. deze vragen en de IKC-notitie [1] een onderzoeksvoorstel [2] opgesteld en na goedkeuring ten uitvoer gebracht. In fase 1 van het onderzoek wordt onderzocht welke oplossingen geschikt zijn voor toepassing en de onderzoeksvragen worden op theoretische basis beantwoord. In fase 2 wordt de invloed van de gevonden oplossingen op het plantmateriaal onderzocht met praktijkproeven. Fase 2 wordt slechts uitgevoerd als fase 1 daar aanleiding voor geeft. Dit eindrapport geeft de resultaten van fase 1 van het onderzoek weer.

2 Opzet onderzoek

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden zijn de volgende studies uitgevoerd. Eén studie is gericht op het aanbrengen van coatings op verzinkte kasgoten en een tweede studie is gericht op het ontzinken van het opgevangen condenswater. De eerste studie heeft het doel om de vragen 1 t/m 4 te kunnen beantwoorden en indien nodig leveren van aanvullende kennis omtrent het aanbrengen van coatings. De tweede studie heeft het doel om vraag 5 te beantwoorden, waarbij praktische toepasbaarheid en investeringen belangrijke onderwerpen zijn. De vragen zijn binnen de studies vertaald naar uit te voeren onderzoeksstappen. Voor de uitvoering van het onderzoek is de hulp ingeroepen van deskundigen op de betreffende gebieden.

2.1 Opzet studie: "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten"

De volgende onderzoeksstappen zijn nodig geacht om een uitspraak te kunnen doen over de geschiktheid van coaten van goten voor zink-emissiereductie.

A Percentage van de kasconstructie bepalen dat met een coating te behandelen is, uitgaande van het meest voorkomende kastype incl. outillage en bestaande (gebruikelijke) methoden van coaten en voorbehandelen. Hieruit blijkt of coaten überhaupt zinvol is. (Emissiereductie is recht-evenredig met het gecoate oppervlak.)
B Bepalen welke coatings en voorbehandelingen geschikt zijn, uitgaande van duurzaamheid, een bepaalde mechanische en chemische belasting en rekening houdend met het feit dat niet het gehele oppervlak behandeld kan worden.

De in de IKC-notitie benoemde verven en oliën dienen in de rapportage aan de orde te komen met de reden van wel of niet geschikt zijn.

C Arbeidskundig en economisch beoordelen van de gevonden coating-methoden.

D Milieukundig beoordelen van de coating-methoden; emissiestromen bepalen bij aanbrengen, tijdens levensduur en in de afvalfase. (Met het oog op gewasschade en milieubelasting.)

E Indien noodzakelijk de kwaliteit van de voorgestelde oplossingen bepalen door duurzaamheidsproeven.

Stap A is uitgevoerd door dhr. H. Zilverberg van het IMAG-DLO. Stappen B t/m E zijn uitgevoerd door dhr. T. van der Klis van Technisch Bureau De Fortuyn.

2.2 Opzet studie: "Ontzinken van condenswater"

Voorgestelde onderzoeksstappen voor vraag 5: "ontzinken condenswater":

G Bestudering van literatuur m.b.t. verwijdering van zware metalen uit afvalwater voor beeldvorming en opdrachtformulering

H Vaststellen van geschikte methoden voor behandelen van condenswater.

I Technisch en economisch doorlichten van de geschikte methoden uitgaande van een bedrijfssituatie.

Stap G is door het PBG uitgevoerd. In bijlage "Aanvullende literatuurlijst" is een opsomming weergegeven van de literatuur. De bestudering van deze literatuur heeft bijgedragen aan de beeldvorming en opdrachtformulering t.a.v. ontzinken van condenswater. In deze bijlage is tevens literatuur vermeld t.a.v. coaten van kasgoten. Stap H en I zijn uitgevoerdt door B.E.B. Tuinbouw en Milieu.

3 Samenvatting studies

3.1 Samenvatting: "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten"

In de notitie "Inleiding op de mogelijkheid van coaten van reeds gemonteerde verzinkte kasgoten" [3] wordt ingegaan op de kaskonstruktie. Door de konstruktie en obstakels is het niet mogelijk om het gehele oppervlak van de goot te coaten. Het lijkt na studie dat 85-90% te behandelen is. De applicatiemethode (= manier van aanbrengen van de coating) heeft invloed op het percentage. De genoemde percentages hebben betrekking op kwasten (al of niet in combinatie met rollen). Voor de waterloopzijde van de goot wordt geen nieuwe manier van coaten voorgesteld, aangezien het vrij gebruikelijk is om deze zijde te coaten met een bitumineuze verf. Deze methode voldoet en behoeft derhalve geen verbetering. De aan- te brengen coating aan de kaszijde dient wit van kleur te zijn. Ook worden een aantal standaard duurzaamheid-tests genoemd.

Samenvatting van rapport "Beperken van zinkemissie door het aanbrengen van een coating op reeds gemonteerde tuinbouwkasgoten" [4]:
Een mogelijkheid om te voorkomen dat de zinkconcentratie in het voedingswater te hoog wordt is door te zorgen dat de kasgoten minder of geen zink emitteren. Dit is te realiseren door de kasgoten te coaten. Aan de buitenzijde van de kasgoot kan de huidige methode van coaten worden voortgezet, nl. coaten met een bitumineuze verf. Deze methode voldoet. De problemen bij het coaten van de binnenzijde van de goot zijn de bereikbaarheid van de goot en gewasschade door oplosmiddelenuitstoot. Bij het beoordelen van de diverse mogelijkheden van coaten wordt rekening gehouden met een aantal uitgangspunten. Een goede blijvende hechting van de coating gedurende 5-10 jaar. De behandeling van de binnenzijde van de kasgoot is éénmalig in de periode van 5-10 jaar, behoudens licht onderhoud. Gestreeft moet worden naar minimale uitstoot van schadelijke stoffen. Aanbrengen van de coating moet ter plaatse mogelijk zijn. Bij het aanbrengen moet het aantal handelingen tot een minimum beperkt worden, omdat arbeidskosten een groot onderdeel van de totaalkosten vormen.

Zink is erg moeilijk te coaten doordat er op zink altijd een corrosielaag, van verschillende corrosieprodukten, aanwezig is. De meeste coatings hechten niet op de corrosielaag. De laag zal daarom verwijderd moeten worden of een coating moet hechten op de laag. Gebruikelijk is om als voorbehandeling de corrosielaag met chemicaliën te verwijderen of door het oppervlak licht te stralen. Deze methoden zijn niet toepasbaar. Chemicaliën zijn moeilijk toepasbaar en ongewenst en er is (nog) geen goede methode om gemonteerde kasgoten te stralen. Doordat goed voorbehandelen niet uitvoerbaar is, zijn gangbare coatings ongeschikt en moet gekeken worden naar coatings die weinig of geen voorbehandeling vereisen. Chloorrubberverf en vinylverf zijn mogelijk geschikt. Deze verven hebben echter een hoge uitstoot van schadelijke oplosmiddelen en de hechting op kasgoten is twijfelachtig, omdat de verven hechten volgens het principe van omhullingshechting. (Omhulling van de goot is in gemonteerde toestand niet mogelijk). Conserveeroliën hebben een te korte levensduur. Een silicaatverf van het waterglastype is mogelijk geschikt. Dit type verkrijgt hechting door zich te binden met zinkoxide. Er treedt geen uitstoot van schadelijke oplosmiddelen op omdat water als oplosmiddel gebruikt wordt. Deze verf wordt nog niet toegepast op verzinkte kasgoten en zal nader ontwikkeld moeten worden, waarna met standaard-toetsen onderzocht kan worden of de verf voldoet aan de gestelde eisen. Een voordeel kan zijn dat niet of nauwelijks behoeft te worden voorbehandeld. De meest geschikte manier van aanbrengen is kwasten, in combinatie met rollen voor de grote oppervlakken. Kwasten geeft de beste hechting, maar is erg arbeidsintensief. De gemiddelde emissiereductie is geschat op 90% wat voldoende is om zinkophoping tegen te gaan. De kosten van de behandeling van de kasbuitenzijde zijn uit de praktijk bekend. Voor de kasbinnenzijde zijn de kosten (afschrijven in 10 jaar, gem. rente 3,5%, Venlokas, kapbreedte 3,20 m) bij éénmaal verven zonder voorbehandeling fl. 0,31 /m^2/jaar. Bij éénmaal verven mét voorbehandeling fl. 0,62 /m^2/jaar. Er is geen rekening gehouden met extra leegstand van de kas en er is uitgegaan van de aanwezigheid van een transportsysteem in de kappen. Silicaatverf is niet schadelijk voor het milieu bij aanbrengen, gedurende de levensduur en in de afvalfase. Vervolgonderzoek is nodig om een geschikte silicaatverf te ontwikkelen en te testen. Als dat onderzoek negatief afloopt, dan kunnen vinylverf en chloorrubberverf op hun geschiktheid onderzocht worden. Ook kan dan onderzocht worden of vacuümstralen geschikt te maken is voor toepassing op kasgoten, waarna een gangbare coating (bijv. een organische verf op waterbasis) kan worden aangebracht.

3.2 Samenvatting: "Ontzinken van condenswater"

Samenvatting van rapport "Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden voor het ontzinken van condenswater" [5]:
Doordat verzinkte kasgoten zinkcorrosieprodukten emitteren is de zinkconcentratie in het condenswater te hoog om hergebruikt te worden. Een oplossingsrichting om een te hoge zinkconcentratie tegen te gaan is het ontzinken van condenswater. In theorie zijn hier diverse technieken voor. Voor ontzinktechnieken is de zinkconcentratie in het condenswater laag. Hierdoor komen slechts ionenwisseling, flocculatie en hyperfiltratie in aanmerking voor nader onderzoek.
Bij ionenwisseling wordt het water door een harskolom geleid. De zinkionen hechten zich aan het hars door een uitwisseling met H^+-ionen. De zinkconcentratie in het uitgaande water is laag genoeg voor volledig hergebruik, zonder gevaar voor ophoping van zink in het voedingswater. Na een bepaalde periode is de harskolom verzadigd en dient geregenereerd te worden. Dit kan op het bedrijf plaatsvinden of extern op een centrale plaats. Gezien de kosten en eenvoud van uitvoering is een externe regeneratie het meest gunstig. Kosten van een dergelijke installatie bestaan uit aanschafkosten en onderhouds-/regeneratiekosten. De jaarkosten bedragen fl. 0,41/m^2. Nader onderzoek is nodig om na te gaan hoe snel de installatie vervuild door de aanwezigheid van o.a. bestrijdingsmiddelen in het condenswater. Bij regeneratie onstaat een afvalstroom. Deze stroom kan in de toekomst mogelijk verwerkt worden voor hergebruik. Nu is de hoeveelheid te laag om hiervoor in aanmerking te komen, waardoor het als chemisch afval afgevoerd moet worden.

Bij flocculatie worden de zinkionen gebonden aan chemicaliën, waardoor het zink neerslaat in de oplossing. In de installatie wordt de neerslag uit het water gehaald. De zinkconcentratie in het uitgaande water is laag genoeg voor volledig hergebruik, zonder gevaar voor ophoping van zink in het voedingswater. De neerslag wordt afgevangen en afgevoerd als chemisch afval. (Afval komt overeen met het afval van de ionenwisselaar na regeneratie). De kosten van de installatie bestaan voornamelijk uit aanschafkosten, chemische middelen en afvoerkosten. De jaarkosten bedragen fl. 0,61/m^2. Een combinatie van bestrijdingsmiddelenzuivering en flocculatie is denkbaar.
Bij hyperfiltratie (omgekeerde osmose) wordt water onder hoge druk door membranen geperst. Het uitgaande water is geschikt voor hergebruik, waarbij ook de bestrijdingsmiddelen verwijderd zijn. In het proces ontstaat een afvalstroom van geconcentreerde middelen (brijn genaamd). Deze brijn zal als afval afgevoerd moeten worden omdat lozing verboden is. De investeringskosten bedragen op jaarbasis fl. 1,-/m^2. Hierbovenop komen hoge energiekosten en afvoerkosten. Een combinatie van de installatie met behandeling van het voedingswater (huidige omgekeerde osmose-installaties) is denkbaar. Echter dit is niet eenvoudig omdat het voedingswaterbrijn (nog) wel geloosd mag worden. Tevens zijn minder hoge drukken nodig voor dat proces.

4 Beantwoording onderzoeksvragen en overige conclusies

4.1 Duurzaamheid en werkzaamheid van de in de IKC-brochure voorgestelde verven/oliën

Uit de studie naar het aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten blijkt dat de duurzaamheid en de werkzaamheid van de in [1] genoemde coatings afhangt van de kwaliteit van voorbehandelen van de goot. Kwalitatief voorbehandelen is niet goed uitvoerbaar met de huidige technieken, zodat de genoemde coatings niet in aanmerking komen. Conserveeroliën behoeven geen voorbehandeling, echter zij hebben een te korte levensduur.
Om de kasgoten toch te kunnen behandelen zal een coating moeten worden toegepast die hecht op de corrosielaag òf er dient een voorbehandelingsmethode te worden ontwikkeld die wél toepasbaar is in een bestaande kas.

4.2 Beschikbaar zijn van andere verven/oliën

Gezocht is naar coatingtypen die hechten op de zinkcorrosielaag. Er zijn verfsoorten die zinkoxide als bindmiddel hebben. Deze worden toegepast in de off-shore, echter niet met verzinkt staal als ondergrond. Het is wel denkbaar dat een dergelijke verfsoort wordt ontwikkeld uit de bestaande soorten. Een silicaatverf van het waterglastype is mogelijk geschikt. Er treedt geen uitstoot van schadelijke oplosmiddelen op omdat water als oplosmiddel gebruikt wordt. Een voordeel kan zijn dat niet of nauwelijks behoeft te worden voorbehandeld. Met standaard toetsen kan na ontwikkeling onderzocht worden of de verf geschikt is en voldoet aan de kwaliteitseisen.
Chloorrubberverf en vinylverf zijn mogelijk ook geschikt. Deze verven hebben echter als nadeel een hoge uitstoot van schadelijke oplosmiddelen. Bovendien is de hechting op kasgoten is twijfelachtig. De verven hechten volgens het principe van omhullingshechting en omhulling van de goot is in gemonteerde toestand niet mogelijk.
Ontwikkeling van een straalmachine volgens de vacuümmethode kan leiden tot een geschikte oplossing. Bij vacuümstralen wordt het straalmiddel met een speciale blaas-/zuigmond direct na het stralen opgezogen. Na het stralen kan de goot behandeld worden met een gangbare coating (bijv. watergedragen). Nadelen van deze methode t.o.v. de eerder genoemde zijn de hogere kosten en kasobstakels.
Ontwikkeling van een silicaatverf heeft de voorkeur boven de andere methoden.

4.3 Invloed van de vrijkomende oplosmiddelen op het gewas bij aanbrengen en in de loop der tijd

Uitgaande van silicaatverf als coating kan gesteld worden dat er geen schadelijke stoffen vrijkomen. Het oplosmiddel is water.

Chloorrubberverf en vinylverf hebben een hoge schadelijke uitstoot van oplosmiddelen waardoor er maatregelen nodig zijn bij aanbrengen, zoals ventileren en verwijderen van de planten. Tijdens de levensduur is de uitstoot minimaal zodat hier geen problemen verwacht worden.
Indien een geschikte voorbehandelingsmethode beschikbaar is dan voldoet een watergedragen verfsoort. Hierbij is de uitstoot van schadelijke middelen bij aanbrengen 2-10% van de gangbare organische verfsoorten. Ventileren tijdens aanbrengen en gedurende de eerste week na aanbrengen voorkomt problemen met het plantmateriaal.

4.4 Arbeidskundige en milieu-problemen bij het aanbrengen van de verven/oliën

Silicaatverf wordt d.m.v. kwasten en rollen aangebracht. Tevens kan het nodig zijn om de goot licht te reinigen. Kwasten is een arbeidsintensieve methode, waardoor stellages nodig zijn om de verf veilig aan te brengen. De verf is niet schadelijk voor de schilder, mits deze zich aan de standaardvoorschriften houdt. Bij de berekening van de kosten is rekening gehouden met arbeidsomstandigheden. Op milieukundig vlak is silicaatverf een zeer geschikt produkt omdat er geen uitstoot van schadelijke middelen is. De verf is een glassoort zodat de milieubelasting gelijk is aan die van glas.
Chloorrubberverf en vinylverf zijn arbeids- en milieukundig aanzienlijk minder geschikt door de hoge oplosmiddelenuitstoot. Om deze redenen zijn deze verven sterk af te raden. Kosten van aanbrengen zullen door de arbeidsomstandigheden hoger zijn dan bij silicaatverf.
Bij vacuümstralen als voorbehandeling kan bij de ontwikkeling rekening gehouden worden met de arbeidsomstandigheden. Na het voorbehandelen zal de goot alsnog gecoat moeten worden d.m.v. kwasten en rollen. Arbeidkundig is dit gelijk aan de omstandigheden bij silicaatverf. Milieukundig wordt er door het stralen een afvalstroom gecreëerd van grid en zinkcorrosieprodukten. (De corrosieprodukten komen in de afvalfase van de goot ook vrij, echter dan is herverwerking eenvoudiger dan bij de straalmethode)

4.5 Eerste oriëntatie t.a.v. het ontzinken van condenswater

Zie hiervoor de samenvatting van het rapport: "Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden voor het ontzinken van condenswater" [5] òf paragraaf 3.2.

4.6 Jaarkosten van de oplossingsrichtingen

De jaarkosten zijn berekend op basis van een standaard venlokas met een kapbreedte van 3,2 m. De kosten zijn indicatief, omdat nog weinig ervaring opgedaan is in de praktijk. Hierdoor is vooral de post arbeid moeilijk in te schatten.

Coaten zonder voorbehandelen	fl. 0,31 - 0,62 /m^2	(afschr. in 10 jaar, gem. rente 3,5%)
Coaten met voorbehandelen	fl. 0,62 - 0,93 /m^2	(afschr. in 10 jaar, gem. rente 3,5%)
Ionenwisselaar	fl. 0,41 /m^2	(afschr. in 7 jaar, gem. rente 3,5%)
Flocculatie-installatie	fl. 0,61 /m^2	(afschr. in 7 jaar, gem. rente 3,5%)
Hyperfiltratie	fl. > 1,- /m^2	(afschr. in 7 jaar, gem. rente 3,5%)

4.7 algemeen

Fase 1 van het onderzoek kan als afgerond geschouwd worden, omdat de gestelde onderzoeksvragen beantwoord zijn. Oplossingen tegen de ophoping van zink in het voedingswater bij volledige recirculatie zijn in theoretische zin beschikbaar. De genoemde oplossingen hebben elk voor- en nadelen. Meest geschikte oplossingen zijn aanbrengen van silicaatverf als coating op de kasgoten of het installeren van een ionenwisselaar. De oplossingsrichtingen behoeven nader onderzoek indien zekerheid gewenst is t.a.v. het funktioneren in de praktijk.

5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om de voorgestelde oplossingen bruikbaar te maken voor praktijktoepassing is onderzoek mogelijk in twee richtingen. Het voorstel is om de onderzoeken in tijd parallel aan elkaar uit-te voeren, omdat beide richtingen perspectieven hebben en op economisch vlak gelijkwaardig zijn.

5.1 Vervolgonderzoek "Aanbrengen van een coating op verzinkte kasgoten"

1 Ontwikkeling van een geschikt type silicaatverf. Hiervoor is ontwikkelingwerk van fabrikanten nodig en duurzaamheidstesten op proefstukken.
2 Nagaan van geschiktheid van chloorrubber- en vinylverf als coating door het uitvoeren van duurzaamheidstesten en door de schadelijkheid van de oplosmiddelen op de planten te onderzoeken.
3 Ontwikkelen/aanpassen van een voorbehandelingsmethode (vacuümstralen), zodat een watergedragen verf kwalitatief kan worden aangebracht op de kasgoot.

De volgorde van onderzoek kan zijn; onderzoek naar punt 1, indien dit niet tot een goed resultaat leidt; onderzoek naar punt 2 en 3. Een andere volgorde kan zijn; samenvoeging van punt 1 en 2 met uitsluiting van de effecten op het plantmateriaal, indien geen goed resultaat dan onderzoek naar punt 2 onderzoek naar effecten op de planten en punt 3.

5.2 Vervolgonderzoek "Ontzinken van condenswater"

1 Onderzoek naar de samenstelling van condenswater om de werkzaamheid en duurzaamheid van een ionenwisselaar te kunnen bepalen. Bij bekendheid van de samenstelling is na te gaan of het restprodukt na regeneratie van de harskolommen geschikt is voor hergebruik.
2 Installeren en monitoren van een ionenwisselaar op praktijkschaal met een "worst case" samenstelling van condenswater. Tevens onderzoeken van reeds in de praktijk geïnstalleerde ionenwisselaars op funktioneren door monstername.

Literatuur

[1] Bakker, H. [et al.]; Voorkomen van het ophopen van zink bij hergebruik van condenswater. Informatie en Kenniscentrum Akker- en Tuinbouw (IKC), afdeling Bloemisterij en afdeling Glasgroente en bestuiving, Aalsmeer respectievelijk Naaldwijk, 1993
[2] Heemskerk M.J., Koning F.; Projectomschrijving 7406, PBG-Naaldwijk, 1995
[3] Zilverberg H., bewerkt door: M.J. Heemskerk (PBG-Naaldwijk); notitie: Inleiding op de mogelijkheid van coaten van reeds gemonteerde verzinkte kasgoten, IMAG-DLO Wageningen, 23 maart 1995, IMAG-DLO pr.nr. 12324-1200.
[4] Klis van der T., bewerkt door: M.J. Heemskerk (PBG-Naaldwijk); rapport: Beperken van zinkemissie door het aanbrengen van een coating op reeds gemonteerde tuinbouwkasgoten, Technisch Bureau 'De Fortuyn' B.V. versie 3, 11 april 1995
[5] BEB Tuinbouw & Milieu v.o.f., bewerkt door: M.J. Heemskerk (PBG-Naaldwijk); rapport: Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden voor het ontzinken van condenswater, ref. B-94109, versie 3, 11 april 1995.
[6] Zilverberg H.; Artikel: Optimaal coaten meer dan 'wit verven'., Vakblad voor de Bloemisterij 49 (1993) p 40-41

Bijlage: Aanvullende literatuurlijst

Bestudeerde literatuur ter oriëntatie, ter bepaling van de uitgangspunten en aannames voor het onderzoek.

Interne verslagen PBG:

[a1] Dijk P.A. van; Zinkbepaling in condenswater, 1968

[a2] Sonneveld C., Beusekom J. van, Verduijn- den Boer J.G., Majolee R.; De chemische samenstelling van regenwater in het Westland, 1979 Nummer: 12 Signatuur: A-2-S-74

[a3] Bes S.S. de, Dijk P.A. van; Waterverontreiniging door zink na kontakt met gegalvaniseerde buizen, 1975 Signatuur: A-2-B-50

[a4] Knaap R. van der, Koning F.; Emissie en toedieningstechnieken van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw, 1992 Nummer: 19

Externe literatuur:

[a5] Literatuurlijst bestrijdingsmiddelen in het milieu : insecticiden, fungiciden, herbiciden etc..
Leidschendam : Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene, 1981.[nl]

[a6] Greve P.A., Harten D.C. van, Heusinkveld H.A.G.; Bestrijdingsmiddelen in Nederlands oppervlaktewater (programma 1985). Bilthoven : RIVM, 1986.[nl] . nr. 218102006

[a7] Brummelenbos A.; Bestrijdingsmiddelen en oppervlaktewater. Lelystad : Heemraadschap Fleverwaard, 1988. [nl]

[a8] Greve P.A., Wal B. van der, Luttik R.; Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater van het Westland. Bilthoven : RIVM, 1989. [nl] nr. 638812003

[a9] Booij E.J. ;Bestrijdingsmiddelen en watervervuiling in Zuid-Holland. [Rotterdam] : Zuidhollandse Milieufederatie, 1990. [nl]

[a10] Beersum C. van; Emissie en emissieroutes van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater. [S.l.] : Rijkswaterstaat, 1990. - [nl] . - (D.B.W./RIZA nota ;nr. 90.004; 90.083). - Hierbij: Vervolg onderzoek. (D.B.W./RIZA nota ; nr. 90.083)

[a11] Hrubec J., Engelsman G. den, Groot A.C. de; Gedrag van enkele gesubstitueerde benzenen, bestrijdingsmiddelen en komplexvormers tijdens langzame zandfiltratie. Bilthoven : RIVM, 1990. [nl] nr. 714701001

[a12] Wagemaker F.H.; Oriënterend onderzoek naar de effektiviteit van een kompakte fysisch-chemische zuiveringsunit voor afvalwater verontreinigd met bestrijdingsmiddelen : rapportage van de werkgroep 'Carbo-flo'. Lelystad : Dienst Binnenwateren/RIZA, 1989. [nl] nr. 89-064 X

[a13] Brouwer D.H., Vreede J.A.F. de, Hemmen J.J. van; Het verdwijnen van bestrijdingsmiddelen uit kaslucht na toepassing met een laag-volume techniek. Den Haag : Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1991.[nl] . - ([Studie / Arbeidsinspectie], ISSN 0921-9218 ; S 131-3). - ISBN 90-5307-226-8

[a14] Berg M.H. van den; Bloemen, bestrijdingsmiddelen en milieu : een onderzoek naar de milieubelasting door bestrijdingsmiddelen in de bloementeelt : een vergelijking tussen de tien meest verkochte bloemen in Nederland. Utrecht : Wetenschapswinkel Biologie, 1992. [nl] . 1992-125. - ISBN 90-5209-026-2

[a15] Notenboom J., Gestel C.A.M. van, Linders J.B.H.J.; Ecotoxicologische evaluatie van bestrijdingsmiddelen in grondwater. Bilthoven : RIVM, 1992. [nl] nr. 710302003

[a16] Vreugdenhil W.; Problemen en oplossingen rond de kasgoot, Vakblad voor de Bloemisterij 40 (1993) p 24-27 [nl]

[a17] Koop M.; Bestrijdingsmiddelen op veel manieren naar oppervlaktewater : gesloten systeem niet afdoende. n: Oogst 3(1990)1 . - p.40-41. [nl]

[a18] Meijers R.T., Veer A.J. van der, Kruithof J.C.; Desinfectie en afbraak van bestrijdingsmiddelen door ozonisatie en geavanceerde oxydatie. In: H twee O

26(1993)26 . p.779-784,787. [nl]
[a19] Raa B. te, Tuijn J. van; Aanpak diffuse lozingen begint bij zinkemissies, MilieuMarkt 10/94 p.49-51 [nl]
[a20] Mineralen zuiveren lucht en water 'op commando', InnoVisie jrg.5 nr.6 1994 p 1,4 [nl]
[a21] Kreij C. de, Paternotte S.J.; Fe-EDDHA verhoogt zinkopname chrysant, Vakblad voor de Bloemisterij 25 (1994) p 35 [nl]
[a22] IJskorrels als reinigingsmiddel, Groenten + Fruit / Glasgroenten nr 21-1994 p 5[nl]
[a23] Tongeren W.G.J.M. van, Senhorst H.; Alternatieven voor het thermisch verzinken van staal, OTC jrg.38 nr. 5 1994 [nl]
[a24] Thema: Waterzuivering, MilieuMarkt 01-02 1994 [nl]
[a25] Nieuw nieuws en oud nieuws (waterbehandelingsapparatuur), Groenten + Fruit / Glasgroenten nr 5-1994 p 7[nl]
[a26] Schoonen W.; Tussenelektrode maakt elktrolyse geschikt voor afvalwaterzuivering, PT-aktueel weekblad 14 jan 1994 p 4 [nl]
[a26] Scheper D.; Membraanfilter verwijdert zware metalen, PT-aktueel weekblad 21 jan 1994 p 5[nl]
[a27] Rapport: Klis T. van der; Oppervlaktebehandeling van goten voor tuinbouwkassen, Innovatiecentrum Den Haag, okt 1993.
[a28] Ionenwisselaar haalt zink uit condenswater, Groenten + Fruit/Glasgroenten nr 49-1993 p 2
[a29] Syllabus symposium 10 dec 1992: "Verwijdering Zware Metalen uit Afvalwater", NCC-Projectbureau Bilthoven.[nl]
[a30] Maatwerk tegen zware metalen, Min. VROM Den Haag, 1989 (brochure) [nl]
[a31] Stoop J.M., Leemans R.J.D., Rennen A.J.M.; Schadelijke stoffen voor land- en tuinbouw: zink. Utrecht: CLM 1992 nr. 101-1992 [nl]
[a32] Knoben R.; Inventarisatie van de mogelijkheden om zware metalen uit zuiveringsslib te verwijderen. Wageningen LH 1985 [nl]
[a33] Eijkel A.K. van den, Looij R.F., Joziasse J.; Selectieve verwijdering van zware metalen uit ruw rioolwater m.b.v. een magneetsysteem. Lelystad [etc.]: Rijkwaterstaat [et al.] RWZI 2000; 89-03 [nl]
[a34] Schoeller M.; Verwijdering van zware metalen uit afvalwater : kies de juiste techniek. Amersfoort : DHV water, 1991 [nl]
[a35] Schoeller M. [et al.]; Korrelreactor wint metalen en anionen terug uit afvalwater. I2-Procestechnologie 7 (3) p. 17-22, maart 1991 [nl]
[a36] Soest J.P. van; Zware metalen de wereld uit. Nieuwe Bèta 2 (9) p. 8-9, sept 1988. [nl]
[a37] Nifterik G. van; Zware metalen uit afvalwaterstroom m.b.v. membraanelektrolyse. PT/Aktueel 1988 (44) p 13, 2 nov 1988 [nl]
[a38] Jong A.M.C.P. de, Schmal D.; Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse. Lelystad [etc.]: Rijkwaterstaat [et al.] RWZI 2000; 89-04 [nl]
[a39] Tongeren W.G.J.M. van, Duijn A. van;toepassing van microfiltratie bij zuivering van zware metalen bevattend afvalwater. Rapport-TNO IMET 92-152, april 1992

Notitie:

"Inleiding op de mogelijkheid van coaten van reeds gemonteerde verzinkte kasgoten"

---

onderzoek uitgevoerd in opdracht van:
PBG-project 7406:
Beperking zink-emissie bestaande kassen.
Projectleider: Ing. M.J. Heemskerk
Medewerker: Ing. F. Koning
Contactpersoon: Ir. J.C.J. Ammerlaan

Trefwoorden:
Kasgoten, zinkemissie, coaten, coatings, verf, condenswater, voorbehandelen, recirculatie, gesloten bedrijfssystemen.

Auteur: H. Zilverberg (IMAG-DLO)
IMAG-DLO projectnr. 12324-1200
Uitgevoerd voor PBG-project 7406: "Beperking zink-emissie bestaande kassen"
Bewerkt door: M.J. Heemskerk, PBG-Naaldwijk
datum: 10 mei 1995

IMAG-DLO
postbus 43
6700 AA Wageningen.
tel. 08370/76300

---

1 Probleem-analyse

Het Nederlandse kassen-areaal bedraagt ongeveer 10.000 hectare. Hiervan uit gaande is er meer dan 30.000 km. kasgoot aanwezig. Ruim 95% van de kassen in Nederland zijn uitgerust met thermisch verzinkte stalen kasgoten. Het aandeel van de aluminium kasgoot is nog klein. De invloed van de corrosieprodukten van aluminium moet door onderzoek worden nagegaan. Tot voor kort werden aluminiumcorrosieprodukten in Nederland als "onschuldig" beschouwd, echter dit lijkt zich te wijzigen. In afvalwater geldt geen eis voor de uitstoot van aluminium-verbindingen. De ons omringende landen hebben wel een aluminium-eis.
Op bedrijven met thermisch verzinkte kasgoten komt vaak een (te) hoog zinkgehalte in het gietwater voor. Dit wordt veroorzaakt doordat de kasgoten geen beschermlaag of aangetaste beschermlaag hebben. De thermisch verzinkte kasgoten staan zink (zinkcorrosieprodukten) af aan zowel het regenwater in de goot als aan het condenswater. Afhankelijk van de buiten-atmosfeer van de kas (zee- en of industrie-atmosfeer) en de gebruikte bestrijdingsmiddelen in de kas is de zinklaagafname voorspelbaar en tevens het einde van de zink-beschermings-duur vast te stellen. In hoge concentraties is zink schadelijk voor de gewassen.

1.1 Zinkschade door te hoge zinkconcentraties in gietwater

Het zinkschade-probleem is in feite het probleem van het verplichte hergebruik van condens-water, waarbij zink zich gaat ophopen en hoge zinkconcentraties ontstaan.
Het probleem van de zinkschade is niet onbekend of nieuw. In de brochure "Thermisch ver-zinkt staal in de Tuinbouw" (opgesteld in 1980) wordt gewezen op het voorkomen van zinkschade. Deze werd beschreven als ontstaan door afdruipen van condenswater van een kasgoot en de kasroeden. Het afdekken van de thermisch verzinkte kasdelen met een verflaag is als oplossing daarbij aangegeven.

1.2 Kwantificering zinkcorrosie kasgoten

De bij het thermisch verzinken ontstane zinklagensysteem biedt het staal een bepaalde be-scherming. De bescherming van het staal is evenredig aan de dikte van de aangebrachte zinklaag. In het thermisch verzink-proces is de zink-laagdikte gekoppeld aan de staal-dikte, van het werkstuk en in principe moeilijk beïnvloedbaar. Zink is een zich opofferende beschermi-ng op het staal en wordt betrekkelijk snel door corrosie aangetast. Afhankelijk van de heer-sende atmosfeer zal de zinklaag corroderen en zal de zinklaagdikte van een thermisch verzinkt object afnemen. Hierbij ontstaat op het zinkoppervlak lichtgrijze-witachtige laag die bestaat uit diverse oxidatieprodukten. In de industriegebieden Europoort en Rhurgebied zijn afnames gemeten van 10-12 μm per jaar. Afhankelijk van de zinklaag-dikte is te bepalen wanneer de zinkbescherming ten einde is.
Door de Stichting Doelmatig Verzinken (SDV) worden voor thermisch verzinkte kassen in het Westland, zinkafnames genoemd van $\pm$ 8 μm per jaar. De afnames kunnen hoger liggen voor kassen welke worden beïnvloed door zowel de industrie- als de zee-atmosfeer. Uitgaande van een gemiddelde zinklaagdikte van 80 μm op een kasgoot en een afname van 8 μm per jaar is de beschermingsduur 10 jaren.

1.3 Coaten van nieuwe kasgoten

Het aanbrengen van een coating op nieuwe kasgoten is goed mogelijk. Bij het voorkomen van zinkschades door het coaten van de kasgoten wordt de duurzaamheid van de gehele kas verhoogd. Een chemische of mechanische voorbehandeling is echter noodzakelijk om een optimale hechting van de organische deklaag te realiseren. De chemische voorbehandeling staat onder druk van milieu-eisen, vanwege het chromateren. Het oppervlak wordt hierbij gereinigd van zaken als vet, vuil en allerlei corrosieprodukten. Mechanisch voorbehandelen geschiedt door het oppervlak licht te gridstralen. Bij het coaten van nieuwe goten is er geen verschil in duurzaamheid van de coating tussen verzinkt-stalen en stalen goten.

2 Inleiding op het voorbehandelen en coaten van reeds gemonteerde kasgoten

Er zijn twee situaties bij het coaten van goten te onderscheiden: Coaten van de buitenzijde en coaten van de kaszijde (binnenzijde) van de goot. Thans worden in de praktijk bij bestaande kassen, de kasgoten aan de buitenzijde voorzien van een teer-epoxy-coating. Technisch gezien zijn dit veelal uitstekende coatings, er is maar één nadeel: steenkoolteerpek staat bol van de carcinogene (=kankerverwekkende) verbindingen. Onder invloed van de verscherpte milieu-eisen zijn er teervrij epoxy's ontwikkeld die gelijkwaardig in kwaliteit zijn. De buitenzijde van de goot is met de huidige technieken goed behandelbaar en zal niet nader in dit onderzoek behandeld worden.

2.1 Situatiebeschrijving kaszijde van de goot

De bereikbaarheid van de goot is van belang, zowel voor de voorbehandeling als voor het aanbrengen van de coating. Vaak is de bereikbaarheid een probleem door obstakels als:

- schoren
- koppelingen
- luchtmechaniek
- windverbanden
- scherminstallaties
- gewasdraden
- condensgoten

Aan en/of op een kasgoot zitten verschillende niet verwijderbare obstakels in de vorm van:

- roede-aansluitingen op de goot
- roede koppelstrippen
- (alu) glas-ondersteuningsprofielen
- gootverbinding op de kas-kolom
- de onderlinge gootverbinding
- bevestiging van windverband
- bevestiging of ophanging luchtmechaniek

De bereikbaarheid van de goot is zowel van invloed op de kosten als op de kwaliteit van de voorbehandeling en de applicatie.

2.2 Bepaling te behandelen effectief goot-oppervlak (kaszijde)

Het onderzoek heeft hoofdzakelijk betrekking op de Venlo-kas als meest voorkomende kastype. (In overleg met dhr. Waaijenberg IMAG-DLO). Van de in dit kastype voorkomende goten is nagegaan welke bedekkingsgraad met verf is te behalen. Voor het bepalen van het effectief te coaten oppervlak zijn een drietal veel voorkomende goottypen genomen namelijk:

a. de HI-goot, met een kaszijdig oppervlak van 0,300 m^2 per strekkende meter
b. de AP-goot, met een kaszijdig oppervlak van 0,270 m^2 per strekkende meter
c. de HI-Plus-goot, met een kaszijdig oppervlak van 0,336 m^2 per strekkende meter

De opname en bepaling van de obstakels is gedaan in een aantal verschillende Venlo-kassen op het IMAG-DLO terrein aan de Mansholtlaan te Wageningen.
Voor een reële obstakel-opname is een gootlengte van 3 meter genomen voor de drie goottypen. Hieruit volgt voor de drie typen een verfbaar oppervlak van:

HI-goot per 3m	= 0,900 m^2 - 0,1145 m^2 (obstakels)	= 0,786 m^2 (87%)
AP-goot per 3m	= 0,810 m^2 - 0,1140 m^2	= 0,696 m^2 (86%)
HI-Plusgoot per 3m	= 1,008 m^2 - 0,1150 m^2	= 0,893 m^2 (89%)

2.3 Testen duurzaamheid van coatings

Er zijn nog weinig bestaande kassen voorzien van gecoate goten, terwijl hierbij geen onderzoek is opgestart t.a.v. de duurzaamheid e.d.. Door een gespecialiseerde onderzoeksinstelling is onderzoek mogelijk naar duurzaamheid in het specifieke milieu en onder de gegeven omstandigheden waarbij een volledige voorbehandeling en coating van het oppervlak niet mogelijk is. Te verwachten is dat onthechting van de coating optreedt bij obstakel-randen.
Een eerste duurzaamheids-indicatie kan worden gegeven via snelverweringsproeven en versneldecorrosieproeven. Voorbeelden hiervan zijn:

- Machu-test (dompelproef of de wissel-Machu-test;
- CASS-test, ISO 3770);
- waterdompelproef (NEN 5342);
- zoutsproeiproef (zoutnevelproef ASTM 117-64);
- condenstest (DIN 50017);
- vochtige-lucht-Droef (ISO 3231).

De voor een dergelijk onderzoek te prepareren kasgoot-proefstukken dienen te zijn voorzien van "obstakel"-randen, vergelijkbaar met de praktijk. Voor de uitvoering van bovengenoemde testen zijn een aantal genormeerde onderzoeklaboratoria beschikbaar in Nederland.

2.4 Lichtwinst door het wit-coaten van kasonderdelen

Indien wordt overgegaan tot het coaten van de kasgoten is het voor de hand liggend deze een witte kleur te geven. Deze witte kleur is, met het oog op de reflectie, alleen van belang voor de kaszijde van de goot. Een belangrijk aspect voor deze witte coating is zijn kleur- en glansbehoud gedurende de referentieperiode. De waarde van deze lichtwinst, zowel bij nieuwe coatinglagen alsook bij een verouderde coatinglagen met glansverlies, is niet bekend.

Rapport:

Beperken van zinkemissie door het aanbrengen van een coating op reeds gemonteerde tuinbouwkasgoten

onderzoek uitgevoerd in opdracht van:
Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente,
PBG-project 7406:
Beperking zink-emissie bestaande kassen.
Projectleider: Ing. M.J. Heemskerk
Medewerker: Ing. F. Koning
Contactpersoon:Ir. J.C.J. Ammerlaan

Trefwoorden:
Kasgoten, zinkemissie, coaten, coatings, verf, condenswater, voorbehandelen, recirculatie, gesloten bedrijfssystemen.

Auteur: T. van der Klis
Bewerkt door: M.J. Heemskerk, PBG-Naaldwijk
Versie 3
10 mei 1995

Technisch Bureau
'De Fortuyn' B.V.
Tortellaan 18
3722 WD Bilthoven
Tel. 030-283331

Inhoudsopgave

Samenvatting 3

1 Probleemstelling en van de manier van aanpak 4
1.1 Probleemstelling 4
1.2 Mogelijke manieren van aanpak van het probleem 4
1.3 De opdracht 4

2 Corrosie-eigenschappen van zink in diverse ter zake doende milieus 5
2.1 Corrosiesnelheid van zink 5
2.2 Hoeveelheid gevormde zinkcorrosieprodukten 5
2.2.1 Totale zinkcorrosie van tuinbouwkassen 5
2.2.2 Zinkemissie in tuinbouwkassen 5
2.2.3 Zinkconcentratie in voedingswater, in de bodem of in synthetische cultuurbodems 6

3 Beoordelingscriteria bij bepaling van geschiktheid coating op kasgoten 6
3.1 Coating op buitenzijde kasgootoppervlakken 6
3.2 Coating op binnenzijde kasgootoppervlakken 6

4 Voorbehandelen van zinkoppervlakken 7
4.1 Beschrijving van het zinkoppervlak 7
4.2 Reinigen van zinkoppervlakken 8
4.2.1 Reinigen met oplosmiddelen 8
4.2.2 Dampontvetten 8
4.2.3 Waterig reinigen van zinkoppervlakken 8
4.2.4 Emulsiereinigers 9
4.2.5 Mechanisch reinigen van zinkoppervlakken 9
4.3 Beitsen van zinkoppervlakken 9

5 Voorbehandelen van gemonteerde kasgoten 9
5.1 Verminderen van de kwaliteitseisen 10
5.2 Milieuvriendelijk mechanisch voorbehandelen 10
5.3 Milieuvriendelijk chemisch voorbehandelen 10
5.4 Combinatie van niet volmaakte voorbehandeling en tolerante verf. 10

6 Soorten coatings op zinkoppervlakken 10
6.1 Conserveerolie-achtigen 10
6.2 Organische verven 11
6.2.1 Door verdamping drogende organische verven 11
6.2.2 Chemisch drogende organische verven 12
6.2.3 Watergedragen organische verven 13
6.2.4 Samenvatting diverse organische verven 13
6.3 Poedercoatings 14
6.4 Anorganische verven 14
6.4.1 Waterglasverven 14
6.4.2 Alkylsilicaatverven 14

7 Applicatie-methoden voor coatings op kasgoten 15
7.1 Kwasten 15
7.2 Rollen 15
7.3 Spuitmethoden 16

8 Kostenraming van mogelijke behandelingen 16

9 Beantwoording van de in de opdracht gestelde vragen 17
9.1 Geschiktheid van voorbehandelingen en coatings. 17
9.2 Mate van zinkemissie-reductie na behandeling met waterglasverf 18
9.3 Investerings- en jaarkosten van behandeling met waterglasverf 18
9.4 Milieubezwaren waterglasverf 19
9.5 Arbo-aspecten 19

10 Suggesties voor verder onderzoek 20
10.1 Coaten zonder voorbehandelen 20
10.2 Voorbehandelen en verven met gangbare verfsoort 20

Literatuur 21

Bijlage A Corrosie-eigenschappen van zink 22

Bijlage B Organische verven en hun relevante eigenschappen 24

Afkortingen

VOM	Vereniging Oppervlaktebehandeling Metalen.
SDV	Stichting Doelmatig Verzinken.
IMAG-DLO	Instituut voor Milieu en Agritechnieken - Dienst Landbouwkundig Onderzoek.
PBG	Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente.
KWS 2000	Projektgroep Koolwaterstoffen 2000, Den Haag.
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

Samenvatting

Binnen enkele jaren mag condenswater niet meer op het oppervlaktewater geloosd worden. Het moet opgevangen worden om vervolgens als voedingswater hergebruikt te worden. Wanneer de kasgoten van een bestaande kas verzinkt en niet gecoat zijn, bevindt zich zink in het condenswater. Planten nemen zink op, echter bij een concentratie hoger dan 0,63 mg/l treedt er ophoping van zink op in het voedingswater bij hergebruik. Uit een studie van het IKC [1] blijkt dat verzinkte kasgoten meer zink emitteren naar het condenswater dan toelaatbaar is. Er zal daarom ophoping van zink in het voedingswater optreden bij volledig hergebruik van het condenswater. Bij 1,27 mg/l zink en hoger treedt bladverbranding op bij planten.
Een mogelijkheid om te voorkomen dat de zinkconcentratie in het voedingswater te hoog wordt is door te zorgen dat de kasgoten minder of geen zink emitteren. Dit is te realiseren door de kasgoten te coaten. Aan de buitenzijde van de kasgoot kan de huidige methode van coaten worden voortgezet, nl. coaten met een bitumineuze verf. Deze methode voldoet. De problemen bij het coaten van de binnenzijde van de goot zijn de bereikbaarheid van de goot en gewasschade door oplosmiddelenuitstoot. Bij het beoordelen van de diverse mogelijkheden van coaten wordt rekening gehouden met een aantal uitgangspunten. Een goede blijvende hechting van de coating gedurende 5-10 jaar. De behandeling van de binnenzijde van de kasgoot is éénmalig in de periode van 5-10 jaar, behoudens licht onderhoud. Gestreeft moet worden naar minimale uitstoot van schadelijke stoffen. Aanbrengen van de coating moet ter plaatse mogelijk zijn. Bij het aanbrengen moet het aantal handelingen tot een minimum beperkt worden, omdat arbeidskosten een groot onderdeel van de totaalkosten vormen.
Zink is erg moeilijk te coaten doordat er op zink altijd een corrosielaag, van verschillende corrosieprodukten, aanwezig is. De meeste coatings hechten niet op de corrosielaag. De laag zal daarom verwijderd moeten worden of een coating moet hechten op de laag. Gebruikelijk is om als voorbehandeling de corrosielaag met chemicaliën te verwijderen of door het oppervlak licht te stralen. Deze methoden zijn niet toepasbaar. Chemicaliën zijn moeilijk toepasbaar en ongewenst en er is (nog) geen goede methode om gemonteerde kasgoten te stralen.
Doordat goed voorbehandelen niet uitvoerbaar is, zijn gangbare coatings ongeschikt en moet gekeken worden naar coatings die weinig of geen voorbehandeling vereisen. Chloorrubberverf en vinylverf zijn mogelijk geschikt. Deze verven hebben echter een hoge uitstoot van schadelijke oplosmiddelen en de hechting op kasgoten is twijfelachtig, omdat de verven hechten volgens het principe van omhullingshechting. (Omhulling van de goot is in gemonteerde toestand niet mogelijk). Conserveeroliën hebben een te korte levensduur. Een silicaatverf van het waterglastype is mogelijk geschikt. Dit type verkrijgt hechting door zich te binden met zinkoxide. Er treedt geen uitstoot van schadelijke oplosmiddelen op omdat water als oplosmiddel gebruikt wordt. Deze verf wordt nog niet toegepast op verzinkte kasgoten en zal nader ontwikkeld moeten worden, waarna met standaard-toetsen onderzocht kan worden of de verf voldoet aan de gestelde eisen. Een voordeel kan zijn dat niet of nauwelijks behoeft te worden voorbehandeld. De meest geschikte manier van aanbrengen is kwasten, in combinatie met rollen voor de grote oppervlakken. Kwasten geeft de beste hechting, maar is erg arbeidsintensief. De gemiddelde emissiereductie is geschat op 90% wat voldoende is om zinkophoping tegen te gaan. De kosten van de behandeling van de kasbuitenzijde zijn uit de praktijk bekend. Voor de kasbinnenzijde zijn de kosten (afschrijven in 10 jaar, gem. rente 3,5%, Venlokas, kapbreedte 3,20 m) bij éénmaal verven zonder voorbehandeling fl. 0,31 /m^2/jaar. Bij éénmaal verven mét voorbehandeling fl. 0,62 /m^2/jaar. Er is geen rekening gehouden met extra leegstand van de kas en er is uitgegaan van de aanwezigheid van een transportsysteem in de kappen. Silicaatverf is niet schadelijk voor het milieu bij aanbrengen, gedurende de levensduur en in de afvalfase. Vervolgonderzoek is nodig om een geschikte silicaatverf te ontwikkelen en te testen. Als dat onderzoek negatief afloopt, dan kunnen vinylverf en chloorrubberverf op hun geschiktheid onderzocht worden. Ook kan dan onderzocht worden of vacuümstralen geschikt te maken is voor toepassing op kasgoten, waarna een gangbare coating (bijv. een organische verf op waterbasis) kan worden aangebracht.

1 Probleemstelling en van de manier van aanpak

Het probleem van de zinkemissie door kasgoten is reeds in diverse rapporten beschreven [1..8]. Daarom is hier een korte omschrijving voldoende.

1.1 Probleemstelling

In tuinbouwkassen worden bestrijdingsmiddelen gebruikt. Die komen in het condenswater aan de binnenzijde van de kas terecht. Dit met bestrijdingsmiddelen verontreinigde water mag niet op oppervlaktewater worden geloosd en ook niet via een riool worden afgevoerd. Het dient volledig hergebruikt te worden of als chemisch afval te worden afgevoerd.
Zowel aan de binnenzijde van de kas als aan de buitenzijde treedt corrosie op van het zink, hoofdzakelijk van de thermisch verzinkte goten. Hierdoor komen corrosieprodukten in het condens- en regenwater terecht. Het zinkhoudende water wordt in verband met het lozingsverbod hergebruikt als voedingswater voor het gewas. Doordat het gewas minder zink kan opnemen dan de kasconstructie emitteert ontstaat in het voedingswater een te hoge en voor de gewassen schadelijke zinkconcentratie. De zinkemissie zal aangepakt moeten worden om schade aan het gewas te voorkomen.

1.2 Mogelijke manieren van aanpak van het probleem

Er zijn in principe diverse mogelijkheden om de zinkemissie te voorkomen of te beperken.
Men kan het gebruik van verzinkte produkten vermijden door te construeren in aluminium of door gebruik van een coating direct op staal. Dit kan alleen worden toegepast op nieuw te bouwen kassen.
Een andere mogelijkheid is het verwijderen van het zink uit het zinkhoudende water (chemisch, elektrochemisch, ionenwisseling, omgekeerde osmose). Het water is daarna voor watergift geschikt.
Ook kan een coating aangebracht worden op de gemonteerde kasgoten, waardoor de zinkcorrosie en daarmee de zinkemissie wordt geminimaliseerd. Deze laatste mogelijkheid, het aanbrengen van een coating, is het onderwerp van deze studie.

1.3 De opdracht

De opdracht tot het uitvoeren van een onderzoek naar de toepassing van coatings op reeds gemonteerde kasgoten ter vermindering van zinkemissie, PBG project 7406, fase 1, luidt als volgt:

- Bepalen welke coatings en voorbehandelingen geschikt zijn, uitgaande van duurzaamheid en een bepaalde chemische en fysische belasting en rekening houdend met het feit dat niet het gehele oppervlak behandeld kan worden. De in de IKC-notitie [1] genoemde verven en oliën dienen in de rapportage aan de orde te komen met de redenen van wel of niet geschikt zijn.
- Arbeidskundig en economisch beoordelen van de gevonden geschikte coatings.
- Milieukundig beoordelen van de coatings. Hierbij een scheiding aanhouden tussen emissiestromen die betrekking hebben op eventuele gewasschade bij het aanbrengen en tijdens levensduur en de emissiestromen met betrekking tot de milieubelasting.
- In(laten)schatten in welke mate er reductie van zink-emissie bereikt wordt, rekening houdend met een niet-volledig behandeld oppervlak bij de voorgestelde oplossingen.

2 Corrosie-eigenschappen van zink in diverse ter zake doende milieus

Over het corrosiegedrag van zink is over een periode van meer dan 100 jaar zeer veel literatuur verschenen. De grote corrosiehandboeken besteden daar veel aandacht aan [9..13]. In de edelheidsreeks of spanningsreeks neemt zink en zeer onedele plaats in (zie Bijlage tabel A.2).
Alleen aluminium en magnesium zijn onder de metalen nog onedeler dan zink. Bij elektrochemische corrosie, bijvoorbeeld in contact met ijzer, is zink het metaal dat wordt aangetast. Het ijzer wordt door zink opofferend beschermd. Niet altijd treedt deze vorm van elektrochemische corrosie op. Het onedele metaal zink wordt, zonder in contact te zijn met een edeler metaal, in de atmosfeer ook aangetast, zoals bijvoorbeeld voorkomt bij plaatzink of geheel gesloten thermische zinklagen.
Zink is een amfoteer metaal, dat wil zeggen dat het zowel in een zuur als in een alkalisch milieu wordt aangetast. Zink is redelijk stabiel in het pH-gebied tussen 7 en 12.

2.1 Corrosiesnelheid van zink

De corrosiesnelheid van zink is in hoge mate afhankelijk van het milieu, waarin de corrosie plaatsvindt. Hoe sterker verontreinigd dit milieu is, hoe sneller de corrosie in het algemeen verloopt. Dit geldt in het bijzondere voor verontreinigingen, die in een vochtig milieu ionen leveren, waardoor elektrochemische corrosie (zie Bijlage A) kan optreden.
Gemiddelde corrosiesnelheid van zink in diverse milieus loopt uiteen van 13 mg/m^2/dag (woestijnmilieu) tot 126 mg/m^2/dag (industriemilieu). De corrosiesnelheid van zink is mede afhankelijk van de corrosieprodukten die ontstaan. In een landelijk milieu ontstaan onoplosbare corrosieprodukten, die een grijze, gesloten laag, de zinkpatina vormen. Deze bestaat hoofdzakelijk uit zinkoxide en zinkhydroxide. In een industriemilieu ontstaan veel oplosbare corrosieprodukten.

2.2 Hoeveelheid gevormde zinkcorrosieprodukten

Het valt op dat onderzoekers uiteenlopende corrosiesnelheden hanteren en daardoor op sterk uiteenlopende waarden voor de vorming van corrosieprodukten uitkomen. De referenties [14] enerzijds, RIVM en [15] en [16] TNO anderzijds tonen dit overduidelijk aan.

2.2.1 Totale zinkcorrosie van tuinbouwkassen

Berekening totale corrosie door RIVM [14]:

40 g/m^2/jaar	x	12.10^6 m^2	=	480 ton/jaar
(corrosiesnelheid)		(totale kasopp. nl)		

Berekening totale corrosie door TNO [15]:

4 μm/jaar(28 g/m^2/jaar)	x	12.10^6 m^2	=	336 ton/jaar

Totale corrosie door RIZA [16]: = 235 ton/jaar

2.2.2 Zinkemissie in tuinbouwkassen

Het gootoppervlak aan de binnenzijde verschilt per goottype [3]:
- HI goot 0,300 m^2/m
- AP goot 0,270 m^2/m
- HI plus goot 0,336 m^2/m.

Omdat hemelwater en condenswater na verzamelen gezamenlijk voor de watergift worden gebruikt, moet men voor geheel onbedekte goten per strekkende meter met het dubbele oppervlak rekenen (binnenzijde plus buitenzijde).
Een deel van het areaal goten is aan de buitenzijde gecoat (naar schatting circa 50%), zodat het totale onbedekte oppervlak 1½ maal het binnenoppervlak bedraagt. Er zijn ook enige andere verzinkte delen aanwezig, zodat gemiddeld is uitgegaan van 0,6 m^2/m goot. Ook hier spelen door deskundigen opgegeven corrosiesnelheden een grote rol bij het resultaat.

Tabel 2.1 Diverse waarden zinkemissie van tuinbouwkasgoten

Bron	µm/jaar	g/jaar/m^2	g/jaar/m goot
Tabel A.3 (stedelijk)	4.4	31	18,6
SDV	8	56	33,6
RIVM	5,7	40	24
TNO	4	28	16,8

2.2.3 Zinkconcentratie in voedingswater, in de bodem of in synthetische cultuurbodems

Belangrijker dan de in 2.2.1 en 2.2.2 vermelde gegevens is voor de glastuinder de concentratie aan oplosbare zinkverbindingen in het water dat met de gewassen in aanraking komt.

Tabel 2.2 Invloed van zink in voedingswater op tuinbouwgewassen

Concentratie µmol/l		mg/l	invloed op gewas
<6	=	<0,38	goed opneembaar
10	=	0,63	niet te overschrijden grens
20	=	1,27	kan al schade veroorzaken, afhankelijk van het gewas
40	=	2,54	wordt door tomaten verdragen
100	=	6,34	bladverbranding.

Het teeltmedium (kasgrond of substraat) wordt door watergift steeds gevoed met zink. Planten nemen zink op, waardoor de bodemconcentratie daalt. In het algemeen stelt men: geen ophoping van zink in het voedingswater indien de zinkconcentratie lager blijft dan 6 µmol/l (= 0,38 mg/l).
In kasgrond is meer dan 20 µmol/l (1,27 mg/l) niet gewenst, omdat dan bodemverzadiging optreedt. Hieraan zijn in [1] berekeningen gewijd. De zinkconcentratie in de bodem is het gevolg van de concentratie in het voedingswater en ook van de hoeveelheid voedingswater die wordt gebruikt. Bij verdamping blijft alle zink in de bodem en in de gewassen achter. Gemeten praktijkwaarden van de zinkconcentratie in condenswater lopen uiteen van 60 µmol/l (3,80 mg/l) tot 114 µmol/l (7,23 mg/l).

3 Beoordelingscriteria bij bepaling van geschiktheid coating op kasgoten

3.1 Coating op buitenzijde kasgootoppervlakken

Van de uitwendige gootoppervlakken is naar schatting meer dan 50 % van het areaal met een zwarte bitumineuze verf bedekt. Voor zover kon worden nagegaan voldoet deze coating goed, echter regelmatig herstel is nodig. Deze gootgedeelten zijn goed toegankelijk. Door behandeling en regelmatige inspectie wordt zinkemissie aan de buitenzijde naar schatting volledig voorkomen. Het is daarom aan te bevelen hier geen andere methode dan de nu gebruikelijke toe te passen.

3.2 Coating op binnenzijde kasgootoppervlakken

De eisen, die moeten worden gesteld aan een coating voor binnenzijdige bedekking van de kasgoten, kunnen als volgt worden omschreven:
- Hoge bedekkingsgraad. Een schatting van Zilverberg [8] luidt dat 85-90 % van het (binnenzijdige) gootoppervlak voor bedekking toegankelijk is.
- Kleur wit voor lichtweerkaatsing.

- Geen groot onderhoud gedurende de levensduur, behoudens kleine reparatiewerkzaamheden. Dit houdt in:
  - Een goede blijvende hechting gedurende 5-10 jaar. Goede hechting, ook na jaren, zal moeten worden vastgesteld voor het te kiezen verfsysteem. Hiervoor bestaan gestandaardiseerde methoden [22]. Blijvende hechting is op zink het voornaamste kwaliteitskenmerk om de duurzaamheid van een aangebrachte coating te beoordelen.
  - Reparatiemogelijkheden, die eenvoudig uit te voeren zijn.
- Applicatie ter plaatse. Omdat kasgoten deel uitmaken van de dragende constructie van de kas is demontage, zonder vrijwel de gehele kas af te breken, niet mogelijk. Applicatie zal dus in de kas aan gemonteerde goten moeten plaatsvinden. De meest voorkomende kaskapbreedte is 3,20 m of van een veelvoud daarvan: 6,40 of 9,60 m. Andere minder voorkomende maten zijn 4,00 m, 8,00 m en 12,80 m. Vaak zijn verwarmingsleidingen op de bodem aanwezig, deze kunnen dienen als rails voor rijdende trapplatforms. Boven de toppen van het gewas bevinden zich in de kas nog diverse obstakels zoals profielen, staaldraden en schermen. Al deze obstakels bemoeilijken sterk de toegankelijkheid van de kasgoot, zodat bij de beoordeling hier rekening mee dient te worden gehouden.
- Zo min mogelijk werkgangen, bijvoorkeur slechts één. Dit om economische en logistieke redenen.
- Geen uitstoot van schadelijke stoffen (voor mens en planten) bij applicatie en in de tijd (verwering). De meeste verfbindmiddelen zijn in gedroogde/uitgeharde toestand inerte stoffen. Bij de applicatie zijn de chemisch drogende bindmiddelen reactief. Morsen bij de applicatie moet daarom worden voorkomen.
- Beperkte of geen uitstoot van oplosmiddelen.
- Veiligheid bij het aanbrengen (Arbo). De Arbo-omstandigheden bij het verven in kassen hebben betrekking op de gebruikte verven en op de voorzieningen tegen vallen. Hoog in de kas moeten voldoende voorzieningen aanwezig zijn of tijdelijk worden aangebracht om de schilder ook in de moeilijke positie, waarin hij tijdens het werk verkeert, veilig te laten werken. Hiertoe behoren veiligheidsgordels.
- Economisch haalbaar.

4 Voorbehandelen van zinkoppervlakken

Nog altijd is het zo dat onvoldoende voorbehandeling de oorzaak is van de meeste fouten in verfbedekkingen. Bij constructiestaal is dat zelfs in 80% van de gevallen zo.
Voorbehandelingen maken het metaaloppervlak geschikt om er een verflaag met een blijvende hechting op aan te brengen, zodat deze gedurende zijn levensduur de gevraagde bescherming tegen corrosie verleent en niet door onthechting voortijdig zijn functie verliest.
Er zijn veel voorbehandelingsmethoden voor metaaloppervlakken die gecoat moeten worden. Deze vervullen in het algemeen twee functies:
- het metaaloppervlak ontdoen van verontreinigingen
- het metaaloppervlak geschikt maken voor het aanbrengen van een verflaag van goede kwaliteit, dat wil zeggen langdurig hechtend en zonder kans op ondercorrosie.

4.1 Beschrijving van het zinkoppervlak

Zinkoppervlakken worden beschouwd als moeilijke metaaloppervlakken om te coaten. Diverse verklaringen zijn daarvoor in het verleden gegeven, zoals: het zinkoppervlak is te glad; het zinkoppervlak verzeept verfbindmiddelen.
Vroegere verfvoorschriften zijn daaruit voortgekomen. Die worden nu als achterhaald beschouwd. Een uitvoerig, bij de VOM uitgevoerd onderzoek heeft de juiste verklaring voor de moeilijkheden bij het coaten van zink en tevens de juiste methoden van voorbehandelen, verven en controleren van kwaliteit opgeleverd. [21] [22].

Samenvattend werd het volgende gevonden:
- aan de lucht vormt zink snel (binnen 4h) corrosieprodukten
- veel van deze corrosieprodukten zijn in water oplosbaar
- verfbedekkingen zijn waterdampdoorlatend
- een oorspronkelijk hechtende verflaag kan gaan onthechten
- verf hecht wèl op metaal, maar niet op een film van opgeloste corrosieprodukten
- thermische zinklagen bevatten lood
- poedervormige loodcorrosieprodukten geven een verdere hechtingsvermindering
- door een geschikte beits (met sulfaminezuur of fluoroboorzuur erin) wordt dit lood verwijderd
- controle op hechting moet plaatsvinden na de produktie en ook na 2 x 24 uur 100 % relatieve vochtigheid. (Deze vocht- proef voor verf op zink wordt momenteel algemeen voor geschreven.)

4.2 Reinigen van zinkoppervlakken

Onder reinigen verstaat men in het Nederlands, het verwijderen van verontreinigingen zonder daarbij de ondergrond, in deze studie het metaaloppervlak, aan te tasten. Reinigen staat dus tegenover een aantastende bewerking, zoals beitsen en etsen, die apart behandeld worden (4.3). Verontreinigingen, die op metaaloppervlakken kunnen voorkomen, zijn stof, vocht, olie en vet, oxidatie- en corrosieprodukten, oude lagen. Een aantal methoden zullen beschreven worden.

4.2.1 Reinigen met oplosmiddelen

Oplosmiddelen die voor het reinigen worden gebruikt zijn organische oplosmiddelen, waaronder koolwaterstoffen (benzine) alcoholen (spiritus) en soms ook andere, zoals aceton en verfverdunner. Alle organische oplosmiddelen vallen onder het regime van KWS 2000, zodat de uitstoot ervan rond het jaar 2000 tot de helft moet zijn teruggebracht. Reinigen met oplosmiddelen heeft diverse nadelen: snel vervuilende vloeistof, daardoor alleen geschikt als voorreiniging, brandgevaar, arboproblemen en milieuproblemen ondermeer door KWS 2000. Voor reeds gemonteerde kasgoten is deze methode nauwelijks uitvoerbaar.

4.2.2 Dampontvetten

Toen dampontvetten werd uitgevonden kon daardoor een aantal bezwaren van solventreinigen worden opgeheven. Een zeer uitgebreide toepassing van dampontvetten was het gevolg van de eenvoudige en effectieve werkwijze van deze methode.
Dampontvetten heeft echter milieu- en arbobezwaren. De toekomstige milieuvoorschriften zullen de uitstoot van dampen drastisch terugdringen, waarvoor bij dampontvetten bijzondere voorzieningen nodig zijn, waardoor de aantrekkelijkheid van dampontvetten daarmee voor een groot deel verloren gaat. Het gebruik van dampontvetters voor nieuwe projecten is af te raden en voor gemonteerde kasgoten is dampontvetten niet uitvoerbaar.

4.2.3 Waterig reinigen van zinkoppervlakken

Waterige reinigingsmiddelen kunnen naar zuurgraad worden ingedeeld in een aantal groepen:
- Schoon water. Dit kan dienen voor het afspoelen van los vuil en stof. Met een hogedrukspuit kan meer vuil verwijderd worden.
- Water met detergenten. Door aan het water een kleine hoeveelheid synthetisch reinigingsmiddel toe te voegen kan men ook vuil verwijderen dat een kleine hoeveelheid vet bevat. Detergenten kunnen, als ze op de bodem komen, de wortelfunktie van gewassen nadelig beïnvloeden. Speciale maatregelen zijn nodig om dit te voorkomen.
- Zwak zure, neutrale, zwak alkalische en sterk alkalische reinigingsmiddelen. Deze reinigingsmiddelen worden door dompelen toegepast. Daardoor zijn ze niet geschikt voor gemonteerde kasgoten.

4.2.4 Emulsiereinigers

Emulsiereinigers bestaan uit een mengsel van water(met detergenten) en olie (vaak terpentine), welke samen een emulsie vormen. Naast alle voordelen van emulsiereinigers (breed spectrum, niet giftig, niet brandbaar, groot opnamevermogen voor vuil) hebben ze één groot nadeel: zowel het verbruikte produkt als het spoelwater is milieu-onvriendelijk en moet tegen hoge kosten worden afgevoerd of afgebroken.

4.2.5 Mechanisch reinigen van zinkoppervlakken

Mechanisch reinigen voert men uit door kracht op het oppervlak uit te oefenen.
Stof afnemen in het huishouden hoort hierbij (geen aantasting van het oppervlak), maar ook schuren, staalborstelen, bikken en de vele straalbewerkingen. Handreinigen is vrijwel geheel vervangen door machinaal reinigen in verband met de geringe produktiesnelheid en de hoge manuurkosten. Mechanisch reinigen is hoofdzakelijk ontwikkeld voor staal; voor non-ferrometalen is slechts een beperkt aantal methoden bruikbaar. Slechts die bespreken wij hier.

- Borstelen. Borstelen met een roterende staalborstel of met nylonvlies (Scotch-Brite) wordt droog uitgevoerd. Volledige reiniging wordt niet bereikt.
- Licht aanstralen. Dit is een methode die op nieuw verzinkte oppervlakken wordt toegepast voor het verkrijgen van een goede hechting. Er wordt gestraald met een fijnkorrelig (0,2-0,5 mm) inert straalmiddel met vergrote straalafstand en verminderde straaldruk. Deze bewerking wordt tot nu toe uitgevoerd in een straalcabine, maar het is niet ondenkbaar dat een 'vacuümstraalmethode' wordt ontwikkeld. Hierbij wordt het straalmiddel samen met het afgestraalde straalstof door een vacuümleiding, die zich om de straalkop bevindt, afgezogen. Indien het mogelijk blijkt ook corrosieputten uit het zinkoppervlak schoon te stralen zou dit een bruikbare methode kunnen zijn. Ontwikkelingswerk is nodig.

4.3 Beitsen van zinkoppervlakken

Bij beitsen wordt met zuur corrosie verwijderd. Het is niet haalbaar om deze methode in een kas toe te passen. Verspreiding in de kas van het zuur en van het opgeloste zink kan moeilijk voorkomen worden, waardoor deze voorbehandeling ongeschikt is.

5 Voorbehandelen van gemonteerde kasgoten

Uit de gegevens van hoofdstuk 4 is op te maken dat geen van de huidig toegepaste voorbehandelingsmethoden bij gemonteerde kasgoten (direct) geschikt is voor toepassing. Een goede voorbehandeling is noodzakelijk om een gangbare coating voor de gestelde levensduur aan te brengen. Voorkomende problemen bij voorbehandelen zijn:

- Corrosieprodukten moeten volledig verwijderd worden, ook uit corrosieputjes, terwijl het gootoppervlak vaak moeilijk toegankelijk is.
- Corrosieprodukten mogen niet verspreid door de kas raken, anders dragen ze alsnog bij aan een extra zinkbelasting in de kas.
- Chemicaliën, die noodzakelijk zijn, zijn schadelijk voor mens en gewas.

Vier benaderingen zijn denkbaar om het 'niet-oplosbare probleem' van een goede voorbehandeling aan te pakken:

- verminderen van kwaliteitseisen
- proberen milieuvriendelijk mechanisch voor te behandelen
- proberen zonder problemen chemisch voor te behandelen
- zoeken naar een combinatie van een niet-volmaakte voorbehandeling en een tolerante coating, die op een niet-feilloze ondergrond toch tot een goed resultaat leidt.

5.1 Verminderen van de kwaliteitseisen

Een verminderde kwaliteit van de voorbehandeling leidt onafwendbaar tot een sterk verminderde hechting van de coating, met als gevolg ondercorrosie en afbladderen. Het vrijgekomen zinkoppervlak gaat direct weer corroderen en corrosieprodukten emitteren. Het beoogde effect wordt daardoor grotendeels teniet gedaan. Bovendien zal de behandeling binnen kortere tijd herhaald moeten worden, hetgeen extra kosten en hinder veroorzaakt.
Om deze redenen moet de gemakkelijkste oplossing: 'dan maar wat minder' met stelligheid worden ontraden.

5.2 Milieuvriendelijk mechanisch voorbehandelen

Twee mogelijkheden van mechanisch voorbehandelen zijn het waard nader onderzocht te worden, nl. borstelen en licht aanstralen. Met nadruk moet erop worden gewezen dat geen van deze methoden panklaar op tafel ligt. De methoden zullen in samenwerking met fabrikanten verder moeten worden uitgewerkt.

5.3 Milieuvriendelijk chemisch voorbehandelen

De vroeger op grote schaal op gecorrodeerde verzinkte hoogspanningsmasten uitgevoerde chemische voorbehandeling met Lithoform moet kort besproken worden. Lithoform is een eenvoudig zinkfosfateerprodukt dat naast zink en fosforzuur ook andere zuren bevat. Daardoor heeft het niet alleen een fosfaterende werking,maar het werkt ook reinigend door een lichte beitswerking. In de praktijk van de hoogspanningsmasten is het produkt handmatig met borstels en bokkepoten aangebracht. Het 'gesop' dat op masten mogelijk was, is in kassen niet mogelijk. Morsen met chemicaliën, of dit nu fosfaten dan wel chromaten zijn, moet geheel worden vermeden. Spoelwater mag evenmin worden gemorst.
Hoewel misschien een werkmethode kan worden uitgedacht is deze zeker kostbaar en onaantrekkelijk.

5.4 Combinatie van niet volmaakte voorbehandeling en tolerante verf.

Indien een voorbehandeling niet met de gewenste graad van perfectie kan worden uitgevoerd, bestaat de mogelijkheid met een tolerante verf toch tot een goed resultaat te komen. Deze verfsoorten zijn er wellicht.
Voorbehandelen van de goten in de kasbinnenzijde is moeilijk door de plaatselijke omstandigheden en de moeilijke toegankelijkheid met veel obstakels in de kas, waardoor ook veel plaatsen slecht bereikbaar zijn. Mogelijke voorbehandelingen zijn:
- mechanisch reinigen
  - borstelen met afzuiging
  - borstelstralen
- chemisch tamponbehandelen

Deze voorbehandelingen zijn niet direct toepasbaar voor reeds gemonteerde kasgoten. Het vraagt aanpassing van apparatuur en extra voorzieningen m.b.t. arbo-omstandigheden.

6 Soorten coatings op zinkoppervlakken

6.1 Conserveerolie-achtigen

Conserveeroliën worden gerekend tot produkten voor tijdelijke bescherming, hetgeen inhoudt dat ze een beperkte beschermingsduur geven. Men gebruikt ze op halffabrikaten, zoals blanke staalplaat en op voorwerpen die wachten op verdere verwerking. Soms worden ze ook op gereed produkt aangebracht, zoals Tectyl bij auto's. Voor een goede bescherming moet dan de behandeling jaarlijks herhaald worden. De produkten voor tijdelijke bescherming kunnen in de volgende groepen worden ondergebracht:
- dunne, niet-vette conserveerfilms
- dunne tot dikke corrosiewerende oliefilms

- olie met toevoegingen, waardoor een taaie laag ontstaat
- afpelvernissen, die corrosiewerend zijn en ook beschermen tegen beschadigen
- siliconenfilms, die vooral waterafstotend zijn
- wasachtige produkten.

Van al deze soorten, waarvan per groep nog veel varianten voorkomen, worden de produkten op aardoliebasis het meest gebruikt. Speciale toevoegingen kunnen zijn:
- corrosiewerende stoffen (inhibitoren)
- uitvloeibevorderaars, die de oppervlaktespanning verlagen en kruipolie-eigenschappen geven.
- waterafstotende produkten, zoals bitumen of siliconen
- stoffen die conserveerfilms taaier maken en daardoor de mechanische sterkte verbeteren
- kleurstoffen: wat is wèl, wat is nog niet behandeld.

Conserveeroliën en de daarmee verwante produkten zijn gekenmerkt door een korte levensduur, over het algemeen korter dan een jaar. Ze zijn mechanisch meestal niet sterk en ze kunnen door uitwendige invloeden afgeveegd worden. Veel van deze produkten vertonen bij het aanbrengen oplosmiddeluitstoot, vooral de dikke filmvormers. Voor dunnere lagen komen steeds meer waterige emulsies op de markt. Conserveerolie zal regelmatig moeten worden aangebracht, hetgeen aanzienlijke arbeidskosten en ongemak met zich meebrengt.

6.2 Organische verven

Organische verven bevatten drie hoofdbestanddelen. Bindmiddel zorgt voor samenhang en hechting. Pigment (en vulstof) zorgt voor kleur, dekking en andere eigenschappen zoals versterking en corrosiewering. Oplos- en verdunningsmiddelen zorgen dat de verf verwerkbaar is. Daarnaast bevatten veel organische verven speciale toevoegingen, die bijvoorbeeld het vloei- en drooggedrag beïnvloeden, de weerstand tegen zonlicht verhogen en uitzakken in de bus voorkomen.
Voor verven in kassen komen alleen witte pigmenten in aanmerking. Zinkwit en het giftige loodwit zijn vrijwel geheel vervangen door titaanwit. Titaanwit wordt veel gebruikt in moderne verven. Het is een prima dekkend wit pigment. Het is een passief, niet-giftig pigment, dat niet reageert met het bindmiddel. Als het in bodem terecht komt veroorzaakt het daar als inerte stof geen enkele reactie.
Oplos- en verdunningsmiddelen zijn hulpstoffen om verf verwerkbaar te maken. Alle organische stoffen worden in het KWS 2000 besluit tot de 'koolwaterstoffen' gerekend, ook al hebben ze een geheel andere chemische samenstelling. Niet alleen de hoeveelheid oplosmiddeluitstoot t.a.v. het milieu vormt een probleem. Ook de eventuele schade die oplosmiddelen aan gewassen kunnen veroorzaken is een belangrijk punt, met name bij welke concentratie er gewasschade optreedt. (In bijlage B wordt van een aantal belangrijke verftypen vermeld welke oplos- en verdunningsmiddelen men daarin kan aantreffen.)

Bij de bespreking van de organische verven is ervan uitgegaan dat de zinkoppervlakken een goede voorbehandeling hebben gehad alvorens de coating wordt aangebracht. Bij vrijwel alle organische verven is een goede voorbehandeling noodzakelijk.

6.2.1 Door verdamping drogende organische verven

Vooral bij door verdamping drogende organische verven bestaat het bindmiddel uit grote (meestal ketenvormige) moleculen, die om verwerkbaar te zijn een hoog gehalte aan oplosmiddel moeten bevatten.

Tabel 6.1 Door verdamping drogende verfbindmiddelen

Natuurprodukten vaak gemodificeerd	*Synthetische produkten*
Lijmverven, in water oplosbaar	Vinylbindmiddelen
Cellulosebindmiddelen	Acrylaat
- nitraat	Polystyreen
- acetaat	Polyvinylbutyraal (PVB)
- propionaat	Polychloropreen (Neoprene)
- butyraat	
- acetobutyraat	
- ethylcellulose	
Chloorrubber	
- laag viskeus	
- hoog viskeus	
Gecycliseerde rubber	
Bitumen	
Teer	

Alle door verdamping drogende organische verven moeten worden aangebracht op een goed voorbehandelde ondergrond, dat wil zeggen vetvrij en vrij van corrosieprodukten. Een hechtende primer is nodig als de ondergrond zink is. Alle door verdamping drogende organische verven hebben oplosmiddeluitstoot, sommige zeer veel, tot 80%.
Een aantal typen vertoont oplosmiddelretentie, vasthouden en pas langzaam afgeven van de laatste resten zware oplosmiddelen (esters). Dit is een ongewenste eigenschap in verband met plantbeschadiging.

Dispersieverven
Dispersieverven vormen in gebruiksklare toestand een emulsie. Ze vormen één van de groepen waterverdunbare verven. Enige typen zijn natuurrubberemulsies, vinylemulsies, acrylaatdispersies en acrylaat-rubberdispersies.

Verven met filmvorming door gelering
Gelerende verfsoorten moeten in een oven tot filmvorming worden gebracht.
Voor kassenbouw zijn deze verven daarom niet interessant.

6.2.2 Chemisch drogende organische verven
Bij chemisch drogende organische verven ondergaat het bindmiddel tijdens de filmvorming één of meer chemische reacties, waardoor de vaste verffilm ontstaat. De oplosmiddeluitstoot is kleiner dan van door verdamping drogende verf. In het bijzonder bij high build verven en high solids is dit duidelijk, waardoor, samen met de geschikte applicatiemethode zoals kwasten of airless spuiten nog maar 10 % vluchtig bestanddeel nodig is.

Oxidatief drogende organische verven
Oxidatief drogende organische verven nemen zuurstof uit de lucht op. Op zink treedt vaak verzeping op van het oliebestanddeel met onthechting als gevolg. Bovendien geven ze bij applicatie vaak giftige stoffen af, die extra voorzorgen noodzakelijk maken.
Door de oplosmiddeluitstoot zijn de alkydverven in gebruik teruggedrongen ten gunste van de watergedragen verven.

Twee-componentenverven
Twee-componentenverven bestaan uit twee gescheiden geleverde bestanddelen: de stamverf en de verharder. Deze worden kort voor gebruik in de juiste verhouding gemengd en de verf is daarna nog maar beperkte tijd (afhankelijk van het type 15 minuten tot 48 uur) verwerkbaar.

Dit noemt men de potlife. Twee-componentenverven leveren hoogwaardige verflagen, die op grote schaal gebruikt worden. Voor optimale resultaten vragen ze een feilloze voorbehandeling. Daarom zijn ze voor toepassing op kasgoten ongeschikt.

Moffellakken
Moffellakken zijn ontwikkeld om lange droogtijden te vermijden en om verflagen te verkrijgen met goede mechanische eigenschappen. Voor het moffelen heeft men een moffeloven nodig, waar de voorwerpen ingebracht moeten worden. Daarom is moffelen niet geschikt voor stationaire objecten of grote voorwerpen, zoals reeds gemonteerde tuinbouwkasgoten.

6.2.3 Watergedragen organische verven
De rol van water als oplos- en verdunningsmiddel is nu veel belangrijker geworden door het op steeds grotere schaal op de markt komen van met water verdunbare verven, die veel minder oplosmiddeluitstoot veroorzaken. De langzame droging van water ten opzichte van veel organische oplosmiddelen, door de grote soortelijke warmte en de grote verdampingswarmte van water, is een eigenschap die de applicatie duidelijk beïnvloedt.
Het feit dat water roesten van apparatuur en van geverfde oppervlakken veroorzaakt, alsmede de kans op schimmel- en bacteriegroei, zijn andere factoren waarmee de gebruiker te maken krijgt. Deze verven noemt men tegenwoordig vaak watergedragen of ook (taalkundig minder juist) waterafdunbare verven. Watergedragen verven bevatten altijd nog een bepaald gehalte aan organische oplosmiddelen. Vroeger was dat wel 30 %, maar dat gehalte is inmiddels teruggebracht tot 10 % en er zijn produkten, die nog maar 2 % oplosmiddel bevatten, terwijl een enkel type geheel oplosmiddelvrij is. Watergedragen verven vragen een goede voorbehandeling, vet- en oxidevrij en bovendien chemisch voorbehandeld door bijvoorbeeld fosfateren. Dit maakt ze voor tuinbouwkasgoten ongeschikt.

6.2.4 Samenvatting diverse organische verven
In tabel 6.2 zijn alle organische verven of groepen van verven beoordeeld op 'geschikt', 'minder geschikt' of 'ongeschikt'. In de betreffende kolommen is de reden van deze beoordeling met een trefwoord aangeduid. In alle gevallen is er van uitgegaan dat er een goede voorbehandeling is uitgevoerd.

Tabel 6.2 Geschiktheid van verfsoorten voor gemonteerde kasgoten bij goede voorbehandeling.

verftype	geschiktheid	probleem	reden ongeschiktheid
Celluloselak	+ / -	oplosmiddel	
Chloorubberverf	+ / -	oplosmiddel	
Bitumen	-		zwart
Vinylverf	+ / -	oplosmiddel	
Acrylaat	+	oplosmiddel	
Neoprene	-		zwart
Dispersieverven	+		
Gelerende verven	-		moffeloven nodig
Oxidatief drogende verven	+ / -	oplosmiddel	
Twee-componenten verven	+ / -	giftig, oplosmiddel	
Moffellakken	-	oplosmiddel	moffeloven nodig
Watergedragen verf	+ / -	geschikt als droging bij omgevingstemperatuur	

6.3 Poedercoatings

Poedercoatings zijn verflagen, die tot stand zijn gekomen zonder de hulp van oplos- en verdunningsmiddelen. Poeders voor poedercoaten bestaan uitsluitend uit de hoofdbestanddelen: bindmiddelen en pigment. Daaraan zijn bepaalde droge bestanddelen toegevoegd om een goede verwerking en filmvorming mogelijk te maken.
Poedercoatings kunnen in twee groepen worden ondergebracht:

- Thermohardende poedercoatings, meestal door elektrostatisch poederspuiten opgebracht. Tot de thermoharders rekent men epoxypoeders, epoxy-polyesterpoeders, acrylaatpoeders (nog maar weinig in gebruik) en polyesterpoeders (het standaardtype in de bouw).
- Thermoplastische poedercoatings, waarvoor wervelsinteren de gebruikelijke applicatiemethode is. Bekende thermoplasten zijn polyetheen, polyvinylchloride, nylon en polyvinylideenfluoride.

Omdat voor beide typen poeders ovens en een installatie nodig zijn, die de afmetingen van de werkstukken beperken en omdat de applicatie van stationaire objecten niet mogelijk is, worden de poeders niet verder besproken.

6.4 Anorganische verven

Anorganische verven, die vanuit een vloeibare fase kunnen overgaan in een vaste toestand en die bovendien laagvormende eigenschappen hebben, kunnen in principe als anorganisch verfbindmiddel worden gebruikt. De volgende anorganische verven komen voor nadere bespreking in aanmerking:

- waterglasverven
- alkylsilicaatverven
- silanen.

6.4.1 Waterglasverven

Waterglas is een oplossing van een alkalisilicaat met een hoog kiezelzuurgehalte.
Vooral veel toegepast worden momenteel zinksilicaatverven, die voor corrosiewering op staal worden gebruikt. Silicaatverven hebben een goede hechting op anorganische ondergronden en op metalen, mits deze vetvrij zijn.
Waterglasverf voor de kasgootbinnenzijde is een nog niet voorkomend produkt.
Waterglasbindmiddelen zijn op basis van diverse alkalisilicaten vervaardigd. Natriumwaterglas is het meest gebruikte type. Met de keuze van het meest geschikte bindmiddel of bindmiddelmengsel moet gestreefd worden naar maximale hechting op een gecorrodeerd zinkoppervlak. Voorlopig is dit 'papieren chemie'; de theoretische achtergrond moet door proeven in praktisch bruikbare resultaten worden omgezet.
In verband met de eis: maximaal licht in de kas, moet de verf wit gepigmenteerd worden. Hiervoor is het inerte titaanwit, bijvoorbeeld 90 % rutiel en 10 % anataas het aangewezen pigment. Met versnelde laboratoriumproeven moet worden vastgesteld of deze anorganische verf een voldoende levensduur in de kas zal hebben onder invloed van voortdurende condens.

6.4.2 Alkylsilicaatverven

Alkylsilicaatverven worden, naar het meest gebruikte type ook ethylsilicaatverven genoemd. Deze verven zijn zeer kritisch wat betreft de voorbehandeling, zodat ze vrijwel nooit voor reparatiewerk gebruikt worden. Ook ethylsilicaatverven worden hoofdzakelijk als zinkstofverven op staal gebruikt.

7 Applicatie-methoden voor coatings op kasgoten

Er zijn veel methoden om verf op een ondergrond aan te brengen. Lang niet al deze methoden zijn geschikt voor toepassing in tuinbouwkassen. Het volledige overzicht omvat:
- kwasten
- rolborstelen
- spuiten
  - pneumatisch
  - warm pneumatisch
  - airless
  - air mix
  - warm airless
  - elektrostatisch
  - airless-elektrostatisch
  - warm airless-elektrostatisch
- dompelen
- elektrocoating
- opwalsen
- gieten
- trommelen

Slechts een beperkt aantal methoden uit dit overzicht zijn bruikbaar voor toepassing op kasgoten. Het gehele binnenzijdige gootoppervlak moet worden behandeld en juist aan de binnenzijde van kassen is een groot aantal obstakels aanwezig, die omzeild moeten worden.

7.1 Kwasten

Het verven met de kwast heeft een aantal duidelijke voordelen boven andere applicatiemethoden:
- goed inzicht op het werk
- fouten kunnen direct hersteld worden
- zeer goed contact met de ondergrond
- menselijke handvaardigheid maakt het mogelijk ook lastige plaatsen goed te bedekken
- zeer weinig verfverliezen
- geen verontreiniging van de omgeving
- afhankelijk van het verftype weinig tot geen oplosmiddeluitstoot
- bij veel obstakels moeilijk, maar de vrijwel enige toepasbare methode

Tegenover die voordelen staan ook nadelen:
- kwasten is moeilijk door werkhouding en obstakels
- kwasten vraagt veel manuren en is daardoor duur

Verven met de kwast wordt op beperkte schaal uitgevoerd op constructiestaal. De toepassing vindt vooral plaats op lastig werk, dat voor andere applicatiemethoden niet in aanmerking komt. De situatie is daarom tot op zekere hoogte vergelijkbaar met hetgeen men aantreft in tuinbouwkassen.
Behalve aanbrengen van verf door kwasten kan ook worden gedacht aan het opwrijven van verf door middel van een doek of een washandje.

7.2 Rollen

Rollen met een verfroller levert ongeveer vier maal zo veel produktie per uur als kwasten. De vraag is of voor de gootdelen, die daarvoor in aanmerking komen deze snellere produktie ook gehaald kan worden door de vele aanwezige obstakels. Rolapplicatie heeft een aantal voordelen:
- snellere applicatie dan kwasten
- minder ervaren krachten kunnen dit werk doen

Daar tegenover staan de volgende nadelen:
- minder intensief contact met de ondergrond; daardoor soms een minder goede hechting
- vuil blijft onder de verflaag zitten en wordt niet, zoals bij kwasten, door de verf vermengd
- grotere kans op morsen, vooral bij gebruik van rollers met een lange steel
- fouten worden door de grotere afstand gemakkelijk over het hoofd gezien
- fouten zijn minder eenvoudig te herstellen

7.3 Spuitmethoden

Spuiten - waarvan men een aantal varianten kent - is de meest toegepaste applicatiemethode van verf. Voordelen van verfspuiten zijn:
- universeel bruikbaar
- grote werksnelheid

Daar staat een groter aantal nadelen tegenover:
- veel verfverliezen door 'overspray'
- vorming van schadelijke verfnevel (gezondheid, milieu, vervuiling van de omgeving)
- bij tuinbouwkassen gevaar voor verontreiniging van glasdekken en minder lichtdoorlaat
- verontreiniging alleen te voorkomen door zorgvuldig afdekken (afplakken) van het glas
- sterke verfverdunning nodig
- indien oplosmiddelhoudende verf wordt gebruikt grote oplosmiddeluitstoot

Spuitmethoden voor het verven van de binnenzijde van kasgoten zijn door het grote aantal nadelen niet aantrekkelijk.

8 Kostenraming van mogelijke behandelingen

Wij beperken ons hier tot de kasgootbinnenzijde. Als voorbeeld wordt gekozen voor verven met de kwast als de eerst in aanmerking komende werkwijze. De werksnelheid wordt in kassen sterk beperkt door obstakels en door de noodzakelijke veiligheidsvoorzieningen. Bovendien moeten de kassen zo kort mogelijk buiten gebruik blijven.
Standaard verven op constructiestaal verloopt op (normale) staalconstructies met een werksnelheid van 30-50 m^2/dag. Voor eenvoudige oppervlakken haalt men wel 80-100 m^2/dag, alle bij een achturige werkdag. Grote opdrachtgevers, bijvoorbeeld op boor- en produktieplatforms op zee, rekenen met alle bijkomende werkzaamheden met 10 m^2/dag voor een constructieschilder met een hulpkracht.
Omdat bij gebruik van één enkele verflaag geen voorbehandeling nodig is en rekening houdend met de noodzaak van hulpstellingen en veiligheidsvoorzieningen is een voorzichtige schatting voor het verven van kasgootbinnenzijde 30 m^2/dag voor een schilder plus een hulpkracht. Als de gemiddelde gootbreedte aan de kasbinnenzijde 0,3 m^2 bedraagt komt dit neer op 100 m goot per dag voor een ploeg van twee man. Werken meer schilders tegelijk dan kan de hulpkracht twee, hooguit drie schilders bedienen. Dit werkt kostenbesparend. 1 ha kas heeft bij een kapbreedte van 3,20 m een lengte van 3125 m goot. Bij een produktie van 100 m per dag heeft men om 1 ha kasgoot per dag te behandelen 31 schilders en 10 hulpkrachten nodig, of overeenkomstig minder, als men er langer over wil doen. Een constructieschilder kost *f* 45,00 per uur of *f* 360,00 per dag. Een hulpkracht kost *f* 25,00 per uur of *f* 200,00 per dag. Een ploeg van drie schilders en één hulpkracht kost:

3 x fl. 360,- + fl. 200,- = fl. 1280,00 per dag.

De hulpapparatuur is daarbij inbegrepen.
Deze ploeg kost voor 1 ha kas (3125 m goot op 3,20 m):

arbeidsloon	fl. 13.300,-
verf 5 m^2/liter à fl. 50,- over 3125 x 0,3 m^2	fl. 9.375,-
	= = = = =,=
	fl. 22.675,- /ha

Indien een voorbehandeling moet worden uitgevoerd, bijvoorbeeld vacuümstralen, dan verdubbelt het bedrag tot fl. 45.350,- /ha.
Omgerekend naar jaarkosten, wanneer het gezien wordt als verbetering van de kasconstructie, komt dit neer op (afschrijven in 10 jaar, gem. rente 3.5%)

fl. 22.675,- x 0.135 / 10.000 m^2 = fl. 0,31 /m^2/jaar
fl. 45.350,- x 0.135 / 10.000 m^2 = fl. 0,62 /m^2/jaar

Hierbij is gedacht aan de goedkoopste mogelijke uitvoering, waarbij men gebruik maakt van het buisrailsysteem, dat in circa 50% van de kassen aanwezig is. Eventueel kan de schilder een railsysteem zelf meebrengen en dit tijdelijk neerleggen, maar dit brengt extra kosten met zich mee en ook extra leegstand van de kas door de werkzaamheden van het neerleggen en het weer weghalen van de rails.
Indien de kapbreedte groter is, dan verminderd het bedrag evenredig. (Bij 6.40 m kappen bedragen de jaarkosten dan ongeveer fl. 0,16 resp. fl. 0,31 /m^2/jaar). Deze maten komen aanzienlijk minder voor dan de breedte van 3,20 m.
Opbrengstverliezen door leegstand zijn erg afhankelijk van de situatie en de soort teelt. Bij vruchtgroenteteelten is er meestal een leegstandperiode in het najaar. In deze periode kunnen de werkzaamheden uitgevoerd worden. Nadeel is het klimaat in het najaar. Bij bloementeelten liggen delen van de kas een korte periode van het jaar leeg voor bijv. stomen. Door in deze periode de werkzaamheden uit te voeren ligt het gedeelte langer leeg, waardoor er opbrengstverliezen optreden. Tevens is er in de kas gewas aanwezig wat nadelig kan zijn bij hoge oplosmiddelenuitstoot.

9 Beantwoording van de in de opdracht gestelde vragen

De beantwoording van de in 1.3 gestelde vragen is als volgt uitgevoerd:
1 Van alle in het rapport genoemde voorbehandelingen, oliën en verven is vermeld 'geschikt' of 'ongeschikt' met de redenen daarvoor in de tabellen 9.1 t/m 9.5. De beoordelingscriteria van hoofdstuk 3 zijn gebruikt bij de bepaling of een item wel of niet geschikt is.
2 Van 'mogelijk als geschikt' beoordeelde behandelingen worden besproken:
   - effect (mate van zinkemissie - reductie)
   - kosten
   - mogelijke milieubezwaren
     - bij het aanbrengen
     - bij gebruik
   - arbo-aspecten

9.1 Geschiktheid van voorbehandelingen en coatings.

Tabel 9.1 Geschiktheid voorbehandelingen

Reinigen met oplosmiddelen	ongeschikt	morsen, damp, bodemverontreiniging
Dampontvetten	ongeschikt	installatie nodig, damp giftig
Waterig reinigen		
- zonder druk	geschikt met mate	gebeurt door condens
- onder druk	ongeschikt	verspreiding corrosieprodukten
- met detergenten	ongeschikt	bodemverontreiniging
- neutraal, zwak zuur, zwak alkalisch, sterk zuur, sterk alkalisch	ongeschikt	bodemverontreiniging
Emulsiereinigen	ongeschikt	bodemverontreiniging
Mechanisch reinigen		
- borstelen	mogelijk geschikt	apparatuur moet ontwikkeld worden
- licht aanstralen	mogelijk geschikt	apparatuur aanpassen
Beitsen	ongeschikt	installatie nodig, giftige stoffen

Tabel 9.2 Geschiktheid coatings

Conserveerolie-achtigen		
Conserveerolie	ongeschikt	bodemverontreiniging, oplosmiddeluitstoot, korte levensduur
Waterige emulsie	ongeschikt	korte levensduur
Organische verven		
Door verdamping drogende verven	meestal ongeschikt	oplosmiddeluitstoot, meestal goede voorbehandeling nodig
Chloorrubber	mogelijk geschikt	omhullingshechting
Vinylverf	mogelijk geschikt	
Dispersieverven	ongeschikt	goede voorbehandeling nodig
Gelerende verven	ongeschikt	hebben oven nodig
Chemisch drogende verven		
Oxidatief drogende verven	ongeschikt	reageren met zinkcorrosieprodukt goede voorbehandeling nodig
Twee-componenten verven	ongeschikt	feilloze voorbehandeling nodig
Moffellakken	ongeschikt	oven nodig
Watergedragen verven	ongeschikt	feilloze voorbehandeling nodig
Poedercoatings	ongeschikt	oven nodig
anorganische verven		
Waterglasverven	mogelijk geschikt	nader onderzoek nodig
Alkylsilicaatverven	ongeschikt	feilloze voorbehandeling nodig

Concluderend blijkt dat een coating van het waterglastype "kan" voldoen aan de gewenste kwaliteitseisen. De beantwoording van de probleemstelling is daarom gericht op dat type verf. Als kleurstof kan titaanwit worden gebruikt. Dit pigment voldoet goed en is een niet toxische stof. Anorganische verven zijn naar verwachting goed repareerbaar, maar dit moet door proeven bevestigd worden. Een anorganisch bindmiddel van het waterglastype heeft geen oplosmiddelenuitstoot. Het wordt aangebracht d.m.v. kwasten in combinatie met rollen.

Vinylverf en chloorrubberverf zouden ook in aanmerking kunnen komen, indien oplosmiddelenuitstoot niet als probleem wordt gezien. Ze komen pas in aanmerking voor verder onderzoek als blijkt dat waterglasverf ongeschikt is.

Licht aanstralen met een vacuümmethode, waarna aanbrengen van een watergedragen organische verfsoort is een derde alternatief. Deze voorbehandelingsmethode is echter niet direct beschikbaar en zal ontwikkeld moeten worden. (Kasobstakels vormen het grootste probleem, waardoor de haalbaarheid te betwijfelen valt).

9.2 Mate van zinkemissie-reductie na behandeling met waterglasverf

Ervan uitgaande dat goten aan de kasbuitenzijden geheel volgens de reeds in de praktijk toegepaste methode zwart worden geverfd en dat goten aan de kasbinnenzijde met de kwast geverfd kunnen worden zal de zinkemissie verminderen.
Kasbuitenzijde 95%; kasbinnenzijde 85% => totale vermindering 90%.

9.3 Investerings- en jaarkosten van behandeling met waterglasverf

De kosten van de behandeling van de kasbuitenzijde zijn uit de praktijk bekend.
Voor de kasbinnenzijde is in hoofdstuk 8 een globale calculatie gemaakt (afschrijven in 10 jaar, gem. rente 3,5%, Venlokas, kapbreedte 3,20 m):

- éénmaal verven zonder voorbehandeling
  Investering: fl. 22.675,- /ha jaarkosten: fl. 0,31 /m^2
- Voorbehandelen en éénmaal verven
  Investering: fl. 45.350,- /ha jaarkosten: fl. 0,62 /m^2

9.4 Milieubezwaren waterglasverf

De beschreven werkwijze en de gebruikte materialen zijn erop gericht milieubezwaren in het algemeen en milieubezwaren in de kas tot een minimum te beperken:

- morsen wordt vermeden
- oplosmiddeluitstoot treedt niet op
- bij verwering ontstaan geen schadelijke stoffen voor de mens of de teelt (-bodem)

Wel moet rekening gehouden worden met de afvoer van afvalstoffen: verfblikken, kwasten, doeken enz. Deze behoren tot de huidige standaardpraktijk van de schilder. Ze zijn voldoende bekend en niet extra belastend.

9.5 Arbo-aspecten

De verven, waarmee mogelijk gewerkt gaat worden, zijn door de gebruikte grondstoffen: bindmiddel (silicaat), pigment (titaanwit) en verdunning (water) niet gevaarlijk voor de schilder.
Veiligheidsvoorzieningen tegen vallen zijn wel noodzakelijk en moeten volgens de daarvoor geldende voorschriften worden uitgevoerd.Arbeidsinspectie en het Bedrijfsschap Schildersbedrijf in Rijswijk kunnen daarover indien nodig informeren.

10 Suggesties voor verder onderzoek

10.1 Coaten zonder voorbehandelen

Bij verven, die zonder voorbehandeling kunnen worden aangebracht, is in eerste instantie gekeken naar:

- Verf op silicaatbasis (waterglasverven). Over de mogelijkheid van (met water verdunbare) verven op silicaatbasis is met diverse relaties bij verffabrikanten, die silicaatverven in hun pakket hebben, contact opgenomen. De bereidheid om nieuwe mogelijkheden te onderzoeken was niet overdadig groot. De meeste benaderde personen kwamen aandragen met produkten uit hun leveringspakket om daarna te vermelden dat deze voor de toepassing op kasgoten niet geschikt zouden zijn. Ameron in Geldermalsen, specialist op het gebied van silicaatverven, benaderde het probleem anders en voerde op een stuk kasgoot enige proeven uit. Eén daarvan was een anorganische silicaatverf (dus een waterglasverftype) dat bij een zoetwaterdompelproef zodanig goed bleef dat men het zinvol achtte deze verf verder te ontwikkelen als daarvoor belangstelling zou bestaan. De verf is volledig watergedragen. De kwasteigenschappen zijn nog niet ideaal en dienen te worden verbeterd. Ameron Protective Coatings division, Geldermalsen, 03455-73341, contactpersoon heer K. Keyman.

Als alternatief voor waterglasverf kunnen de volgende verfsoorten genoemd worden. Echter bij deze typen treedt veel oplosmiddelenuitstoot op zodat ze in eerste instantie niet in aanmerking komen voor verder onderzoek:

- Vinylverf, eveneens beproefd door Ameron, is taai en kan daardoor vormveranderingen goed doorstaan. Vinylverf is oplosmiddelhoudend. Bovendien is een primer op siloxaanbasis nodig om voldoende hechting in natte toestand te verkrijgen. Dit tweelagensysteem bleek zich in een zoetwaterdompelproef goed te gedragen.
- Chloorrubberverf, zoals op grote schaal toegepast op hoogspanningsmasten met een gecorrodeerd zinkoppervlak, zijn produkten waarmee veel ervaring is opgedaan. Voor een goede hechting op langere termijn is een primer op silaanbasis aan te bevelen. Met speciale typen van deze chloorrubberverf kan mogelijk een redelijke hechting op gecorrodeerd zink worden verkregen. Leveranciers zijn Akzo-Nobel (= Sikkens), Sassenheim, Sigma Coatings, Uithoorn en Fortis coatings, Den Dolder.

10.2 Voorbehandelen en verven met gangbare verfsoort

Vacuümstralen kan als mogelijk geschikte voorbehandeling gezien worden, echter een pasklare oplossing is niet direct beschikbaar. De methode is met een aantal leveranciers op dit gebied besproken. Een aantal daarvan zagen de methode als uitvoerbaar en de opgevoerde moeilijkheden als overwinbaar:

- L.T.C. International, Papendrecht, 078-156033, Contactpersoon J.A.J. Mertens.
  (heeft reeds proeven gedaan op kasgoten in verband met onthechting)
- Leering Hengelo, Hengelo (Ov), 074-420061, Contactpersoon R.U. Pert.
- Straaltechniek Int. BV, Dordrecht, 078-511477, Contactpersoon P.F. Namen.

Wanneer een pasklare oplossing gevonden is dan kan met bestaande, bijvoorbeeld watergedragen organische verfsoorten, gecoat worden.

10.3 Geadviseerde volgorde van onderzoek

De meest in aanmerking komende methode om verder onderzoek op te richten is de ontwikkeling van de anorganische silicaatverven van Ameron.
Pas als deze ontwikkeling niet tot resultaat leidt, kan worden gekeken naar een tweelagen systeem op vinyl- of chloorrubberbasis.
Het mechanisch voorbehandelen door vacuümstralen komt pas als derde mogelijkheid in aanmerking in verband met de moeilijke uitvoerbaarheid ervan in een kas en de hogere kosten.

Literatuur

[1] Bakker, H. [et al.]; Voorkomen van het ophopen van zink bij hergebruik van condenswater. Informatie en Kenniscentrum Akker- en Tuinbouw (IKC), afdeling Bloemisterij en afdeling Glasgroente en bestuiving, Aalsmeer respectievelijk Naaldwijk, 1993

[2] Verslag van een overlegvergadering PTG-IMAG op 27 oktober 1993 (verslagdatum 16 mei 1994)

[3] Zilverberg H, Notitie: Beperking van zinkemissie bestaande kassen, beschrijving van PTG project 7406, IMAG-DLO project 12324-1200, 17 november 1993

[4] Notulen van een vergadering van de begeleidingsgroep van project 7406, 14 december 1993

[5] Voortgangsrapport PTG project 7406, 29 januari 1994

[6] Notulen vergadering begeleidingsgroep 7406 , 9 februari 1994 (verslagdatum 16 mei 1994)

[7] Projectbeschrijving PRINS PO/7406 van 16 mei 1994

[8] Voortgangsverslag PTG project 7406, 16 mei 1994

[9] Tödt F, Korrosion und Korrosionsschutz 1958 Walter de Gruyter, Berlijn p. 229-256 (algemeen)

[10] Idem p. 239-243 (zinkbedekkingen)

[11] Uhlig, H H, Corrosion Handbook 1948, John Wiley, New York, p 331-346 (algemeen)

[12] Idem, p. 803-816 (zinkbedekkingen)

[13] Nevison, D C H, Corrosion of zinc, Metals Handbook vol 13, 1987, Metals Park, Ohio, p. 753-769

[14] Annema, J A en Ros, J (RIVM) en Verburgh, J en Huizinga K (Haskoning) Mogelijkheden en onmogelijkheden van ketenbeheer zink, RIVM rapport 736301013, oktober 1991

[15] Van Tongeren, W.G.J.M (MET-TNO) Alternatieven voor het thermisch verzinken van atmosferisch blootgestelde metaaloppervlakken ref. 94-051, maart 1994

[16] Van Tongeren, W.G.J.M (TNO/MET) en Senhorst, H (RIZA) Alternatieven voor het thermisch verzinken van staal, OTC 38 (1994) no. 5 , mei, p.174-177 een verkorte weergave van [15]

[17] Van der KLis, T, Vademecum oppervlaktetechnieken metalen, 5e druk, 1989, p.74, beitsen van zink

[18] Idem p. 401-402, metaallagen op zink

[19] Idem p. 459-463, conversielagen op zink

[20] Idem p. 484- 603, organische deklagen, verven, poedercoatings en linings, produkten voor tijdelijke bescherming.

[21] Klis, T. van der, Paint on zinc in practice, Proc. Metal Finishing world congress 1980, Kyoto, Japan, p 321-325

[22] In Nederlandse vertaling, Tijdschrift voor Oppervlaktetechnieken van Materialen, dec 1980, p.263-266, 280

[23] Kettenis, J.J, Nonhof, T.C en van Londen, A.M, Knelpunten bij de toepassing van minder gezondheids-belastende verven in de metaalindustrie, 1990, onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid

[24] Brevoort, G.H. en Roebuck, A.H., Coating Work Costs: Computer Application and Inspection, Corrosion '86 Congres, Houston, Texas

[25] Brevoort, G.H. en Roebuck, A.H., A Review and Update of 'The Paint and Coatings Cost and Selection Guide', Materials Performance (USA), april 1993, p. 31-45

[26] Stichting Verftoepassing, Commisie Veilige Verfverwerking, diverse publikaties 'Veilig met verf', verkrijgbaar bij het Bedrijfschap Schildersbedrijf te Rijswijk

Bijlage A Corrosie-eigenschappen van zink

A.1 Algemene eigenschappen van het metaal zink

Tabel A.1 Enige eigenschappen van het metaal zink

Atoomnummer:	30	
Atoomgewicht:	65.37	
Stabiele isotopen:	64	48.89%
	66	27.81%
	67	4.11%
	68	18.57%
	70	0.62%
Latijnse naam:	Zincum	
Chemisch symbool:	Zn	
Valentie:	2	
Kleur:	blauwachtig wit	
Smeltpunt:	419 °C	
Kookpunt:	907 °C	
Relatieve dichtheid:	7.14	
Elektrische geleidbaarheid:	28% van koper	
Elektrochemisch equivalent:	0.3388 mg/Coulomb	
	1.2195 g/Ah	
Elektrochemisch potentiaal t.o.v. waterstofelektrode:	-0.7618 V	
Kristalstructuur:	dichtgepakt hexagonaal	
Voorkomen op aarde:	0.01% van de aardkorst	
Wereldvoorraad (ontginbaar):	$136x10^6$ ton	
Wereldjaarverbruik (1974):	$5.7x10^6$ ton	
Gebruik:	thermisch verzinken	30-40%
	messing	20-30%
	plaat	10-20%
	gietlegering	10%
	zinkoxide	10-20%

In de edelheidsreeks of spanningsreeks neemt zink een zeer onedele plaats in, tabel A.2

Tabel A.2 Theoretische spanningsreeks gemeten in een 1 N oplossing van het eigen ion

Element-ion	Elektrode-potentiaal				
Mg^{2+}	+2.40	Co^{2+}	+0.28	As^{3+}	-0.30
Al^{3+}	+1.70	Ni^{2+}	+0.23	Cu^{2+}	-0.34
Mn^{2+}	+1.10	Sn^{2+}	+0.14	Ag^{+}	-0.80
Zn^{2+}	+0.76	Pb^{2+}	+0.12	Pb^{4+}	-0.81
Cr^{2+}	+0.56	Fe^{3+}	+0.05	Pd^{2+}	-0.82
Fe^{2+}	+0.44	H^{+}	0.00	Pt^{4+}	-0.86
Cd^{2+}	+0.40	Sb^{3+}	-0.10	Au^{3+}	-1.36
In^{3+}	+0.34	Bi^{3+}	-0.23	Au^{+}	-1.50

Tabel A.3 Gemiddelde corrosiesnelheid van zink in diverse milieus

Klimaat	g/m^2/jaar
Woestijn	5
Landelijk	10
Stedelijk	31
Zee	36
Industrie	46

A.2 Zinklegeringslagen

Bij de algemeen gebruikte thermische zinklagen heeft men niet te maken met zuiver zink, maar met een legering, die naast zink de volgende bestanddelen bevat:

ijzer 0,03 %, aluminium 0,001-0,002 %, lood 0,7-0,8 %, nikkel (soms) 0,2 %

Deze waarden hebben betrekking op de bovenste 'zuivere' zinklaag.
Daaronder bevindt zich op staal een aantal zink-ijzerlegeringslagen die, naarmate ze zich dichter bij het staal bevinden een hoger ijzergehalte hebben.
Voor het verbeteren van de corrosieweerstand van zink worden bij het thermisch verzinken op enige schaal zinklegeringen gebruikt:

- Aluzinc 3 % Al, - Galfan 5 % Al, - Galvalume 55 % Al, 0,5 % Si

Deze legeringen hebben een langere levensduur, Galvalume wel 3 tot 5 x zo lang als ongelegeerd zink.

Bijlage B Organische verven en hun relevante eigenschappen

B.1 Voor het onderzoek relevante verfeigenschappen

- Mechanische sterkte. Verven kunnen gezien worden als kunststoffen of kunstharsen, die in het algemeen veel minder sterk zijn dan metalen. Ze zijn een factor 10 of meer zwakker. Slijtvastheid en beschadigbaarheid vormen een belangrijk aandachtspunt.
- Hechting. Verf en metaal zijn wezensvreemde stoffen, die alleen door een bijzondere voorzorg, de voorbehandeling, of door een bijzondere samenstelling (etsprimer) hechting geven. Hechting gaat veelal geheel verloren op een verontreinigd oppervlak (dat is ook een oppervlak dat corrosieprodukten bevat).
- Gevoeligheid voor zonlicht. Zonlicht en in het bijzonder het UV deel daarvan tast in het algemeen organische stoffen aan. Dit bepaalt de levensduur van de ervan vervaardigde coatings.
- Doorlatendheid. De penetratiemogelijkheid van waterdamp door intacte verflagen is bij alle verftypen aanwezig, echter sterk afhankelijk van het bindmiddel en de laagdikte. Corrosie van de ondergrond en onthechting zijn het gevolg. De doorlatendheid voor andere gassen, zoals NO_x, SO_2, CO_2 is veel minder onderzocht. De aanwezigheid van bepaalde pigmenten is van grote invloed op de doorlatendheid van deze stoffen.
- Uitstoot van oplosmiddelen treedt op bij het drogen van oplosmiddelhoudende verf. Dit geeft niet alleen problemen in verband met KWS 2000, maar het kan eventueel ook schadelijk zijn voor het gewas. Ook de Arbo-kant van de applicatie vraagt aandacht; zie daarvoor de publikaties van de Stichting Verftoepassing, Commissie Veilig Verfverwerking [26].
- Giftige verfbestanddelen, zoals loodhoudende pigmenten of bindmiddelen (niet uitgereageerde isocyanaten), kunnen schadelijk zijn voor het gewas, in het bijzonder als de verf gaat verweren. Ze brengen ook gevaar voor mee de applicateur. Deze moeten bij voorkeur niet worden toegepast.

Andere eigenschappen zijn appliceerbaarheid, reparatiemogelijkheden, houdbaarheid bij opslag en prijs.

B.2 Belangrijkste verfsoorten en bindmiddelen

- Fysisch drogende verven. De bindmiddelen van fysisch drogende verven ondergaan bij droging(=filmvorming) geen chemische veranderingen. Er treedt geen polymerisatie op en de molecuulgrootte blijft ongewijzigd.
- Door verdamping drogende verven. Tot de grote groep van door verdamping drogende bindmiddelen behoren zowel natuurprodukten, vaak chemisch gemodificeerd, als geheel synthetische bindmiddelen. Al deze verven zijn reversibel, dat wil zeggen ze lossen op in het eigen oplosmiddel. Dit geldt ook voor de in water opgeloste lijmverven. Daarom zijn deze in kassen onbruikbaar. Bovendien hebben veel van deze verven een hoge oplosmiddelretentie, waardoor de laatste resten oplosmiddel pas na langere tijd verdwijnen, in het bijzonder als dikke lagen worden gebruikt.
- Celluloseverven zijn hard en glanzend. Ze hebben een hoge oplosmiddeluitstoot, soms wel meer dan 80 %. Daardoor is het gebruik afgenomen.
- Chloorrubberverven zijn veel toegepast op verzinkte hoogspanningsmasten. Redelijke hechting, maar niet bestand tegen mechanische belasting.
- Gecycliceerde rubber is te duur in vergelijking met chloorrubber.
- Bitumen en teer zijn zwart en daardoor onbruikbaar voor de kasbinnenzijde. Teer is carcinogeen, bitumen is verdacht. Voor de buitenzijde van goten worden bitumenverven gebruikt. Hiervoor dient men bij voorkeur hoogvacuümbitumen te kiezen, omdat deze bestand is tegen zonlicht en ook bij zonnestraling voldoende hard blijft. Ook bitumenverven met een kunststofcomponent, die taaier zijn, vinden toepassing.
- Vinylbindmiddelen zijn er in diverse typen. Het chemisch zeer bestendige PVC (polyvinylchloride) is niet geschikt als verfbindmiddel omdat het moeilijk oplosbaar is. Meestal wordt een copolymeer van PVC en PVAC (polyvinylacetaat) gebruikt, maar ook andere vinylbindmiddelen komen voor. Sterk en taai.

- Acrylaathars in opgeloste toestand levert een goede lichtechte en sterke coating, die echter een goede voorbehandeling vraagt.
- Polystyreen is een kunststof, die in opgeloste toestand draden trekt en daarom meestal in combinatie met andere bindmiddelen wordt gebruikt.
- Polyvinylbutyraal dient meestal als toevoeging aan andere bindmiddelen.
- Polychloropreen (Neoprene) is een bekende synthetische rubber met grote sterkte, die meestal een donkere kleur heeft.
- Dispersieverven. Dispersieverven vormen in gebruiksklare toestand een emulsie. Fijne, complete verfdruppeltjes, bestaande uit bindmiddel, pigment en (weinig) oplosmiddel zweven in een vloeistof, meestal water. Deze vloeistof bevat een emulgator-stabilisator, die de fijne verdeling mogelijk maakt en in stand houdt. Sommige emulsieverven zijn gebaseerd op een niet-waterige vloeistof. Men duidt ze aan als NAD verven (non aqueous dispersions). Na opbrengen zijn de verven mat en ze kunnen daarna nog afgewassen worden. Als het water door verdamping of door absorptie verdwijnt, houdt ook de emulgerende werking op en de afzonderlijke druppeltjes vloeien dan samen tot een glanzende film. Na het verdampen van het oplosmiddel wordt de verf vaak mat. De verf kan nu niet meer met water worden afgewassen, maar wel verder gereinigd. Van afwasbaar is de verf nu wasbaar geworden. Men rekent de emulsieverven tot de met water verdunbare verven. Toch treedt in het tweede stadium van het droogproces een kleine oplosmiddeluitstoot op. Enige typen zijn:
  - Natuurrubberemulsies werden vroeger veel gebruikt voor het maken van emulsieverven. De naam texverven is afgeleid van rubberlatex. Andere bindmiddelen hebben de plaats van natuurrubber ingenomen. Sommige synthetische rubbersoorten worden nog wel voor het vervaardigen van emulsieverven gebruikt.
  - Vinylemulsieverven kunnen op basis van diverse vinylpolymeren zijn samengesteld. Afhankelijk van de bindmiddelsamenstelling en het gehalte aan weekmaker worden sterke, harde films gevormd of soepeler produkten, die vervormingen kunnen doorstaan. Toegepast worden PVC emulsies en emulsies op basis van PVC-PVAC en PVP (polyvinylpropionaat)
  - Acrylaatdispersies worden op grote schaal als waterafdunbare verf in de industrie gebruikt. Ook als vervanging van alkyd-huisschilderverf vinden ze steeds meer toepassing, omdat ze maar een geringe oplosmiddeluitstoot hebben. Goede chemische weerstand, UV bestand en sterk.
  - Acrylaat-rubberdispersies, die dikke taaie lagen vormen.
  - Andere dispersieverven zijn vaak samengesteld op basis van synthetische rubbersoorten. De toepassing is beperkt.

  Ook van bitumen heeft men emulsies vervaardigd: handelsnaam Flint Kote. Deze worden vrijwel niet meer toegepast.
- Chemisch drogende verven. Bij chemisch drogende verven ondergaat het bindmiddel tijdens de filmvorming één of meer chemische reacties, waardoor de vaste verffilm ontstaat. In het algemeen treedt daarbij sterke molecuulvergroting op. De natte verven met hun relatief kleine moleculen hebben minder oplos- en verdunningsmiddel nodig om ze verwerkbaar te maken.
- Oxidatief drogende verven. Oxidatief drogende verven nemen zuurstof uit de lucht op Deze reageren met het oliebindmiddel of het oliebestanddeel van een alkydbindmiddel. Alkydbindmiddelen vormen een grote groep, waarbij voor bepaalde toepassingen vaak maatwerk kan worden geleverd. De opgenomen zuurstof reageert met onverzadigde olieketens en vormt dwarsverbindingen (cross linking). De zuurstofopname kan worden versneld door toevoeging van siccatieven (zuurstofoverdragers), maar voorzichtigheid is daarbij geboden, want teveel siccatief veroorzaakt snellere afbraak van de verffilm.
- Twee-componentenverven. De bekendste twee-componenten verven zijn:
  - epoxyverven
  - amineverharder
  - polyamideverharder

- isocyanaatverharder
- polyurethanverven
- polyesterverven.
  Polyesterverven worden op metaal vrijwel niet toegepast. Ook de twee-componenten washprimers (nog maar weinig in gebruik door de hoge oplosmiddeluitstoot) behoren tot deze groep.

- Twee-componenten epoxybindmiddelen vormen een deel van de grote groep bindmiddelen, waarin het epoxy-(of ethoxiline-) molecuul aanwezig is. Daartoe behoren ook bindmiddelen voor moffellakken, luchtdrogende (door oxidatie drogende) verven, poedercoatings en watergedragen bindmiddelen. Bovendien kan het epoxybindmiddel met tal van andere bindmiddelen gecombineerd worden, zoals siliconen, fenol en teer. Van de twee-componenten epoxybindmiddelen zijn het belangrijkst:
  - Epoxy-amine, die verreweg het meest gebruikt wordt en die men bedoelt als men het zonder meer heeft over twee-componenten epoxy-verf. Ze zijn hard en taai (een opvallende combinatie bij verf) en chemisch bestand. Ze hebben een zeer goede hechting op een schone metaalondergrond (Araldit is epoxylijm). Het belangrijkste nadeel is mat worden (na 3 tot 6 maanden) en afpoederen (na 6-12 maanden) bij buitenexpositie door invloed van UV straling uit het zonlicht. Met dit afpoederen gaat per jaar 3 tot hooguit 10 μm aan laagdikte verloren en bij de gebruikelijke laagdikten van 100 tot enige honderden μm geeft dat geen ingrijpende verkorting van de levensduur. Aminen als verharders zijn giftige stoffen. Door het gebruik van adducten, dat zijn mengsels van (veel) verharder en (weinig) bindmiddel is deze giftigheid sterk teruggebracht, maar voorzorgsmaatregelen zijn bij de verwerking van twee-componenten epoxyverven nog steeds nodig, zeker in besloten ruimten zoals kassen.
  - Epoxy-polyamide geeft taaiere verflagen, die ook minder hard zijn. Meestal gebruikt men als verharder de combinatie polyamino-amide, die ook voorzorg vereist bij verwerking. Deze epoxytypen worden veel als grondlaag gebruikt.
  - Epoxy-isocyanaat geeft sterke verven, die iets minder afpoederen dan de hiervoor genoemde typen. Isocyanaat is giftiger en de voorzorgsmaatregelen bij gebruik van deze verf moeten daarom strenger zijn. In uitgeharde toestand zijn deze bindmiddelen niet giftig. Onder deze groep zijn typen, die uitharden bij lage temperatuur: 0°C en zelfs -4°C, hetgeen bij doorwerkprojecten van belang is. Ze zijn duurder dan de andere epoxytypen.
  - Andere twee-componenten epoxybindmiddelen zijn bijvoorbeeld:
    - epoxy-fenol, zeer slagvast, vliegtuigonderstellen
    - epoxy-siliconen, sterk waterafstotend, geeft moeilijkheden bij overschilderen
    - epoxy-teer, waterafstotend. Veel gebruikt voor waterwerken en ondergronds. Gebruik neemt sterk af door carcinogene werking van de teercomponent.
  - Andere epoxybindmiddelen niet behorend tot de groep twee-componenten bindmiddelen zijn:
    - door verdamping drogende bindmiddelen met een zeer hoog molecuulgewicht
    - oxidatief drogende epoxy-polyesterverf, zowel bij omgevingstemperatuur drogend als moffeldrogend. Veel gebruikte produkten, gemakkelijk verwerkbaar met belangrijk betere eigenschappen dan alkydverven
    - laagmoleculaire vloeibare epoxyharsen, die gebruikt worden voor oplosmiddelvrije systemen van zeer grote laagdikte
    - watergedragen epoxies
    - epoxypoeders.
- Isocyanaatverven zijn er in diverse typen. Een aantal daarvan zijn twee-componentenverven. Socyanaten bevatten de chemische groep NCO (een, twee of drie groepen in het molecuul). Dit reageert met een stof die hydroxylgroepen (OH-groepen) bevat, waarbij een polyurethan (ook geschreven als PUR) ontstaat. Dit verklaart de beide namen voor deze verven: isocyanaat, nog niet uitgehard en polyurethan, uitgereageerde verffilm. Isocyanaatverven leveren sterke, taaie en glansbehoudende verffilms met een

hoge chemische weerstand. Ze stellen hoge eisen aan de voorbehandeling. Ze zijn duur en bij de applicatie giftig, zodat goede voorzorgen nodig zijn.
- Watergedragen verven, lijmverven en caseïneverven worden op metaal vrijwel niet toegepast. Door het elektroforetisch lakken (elektrocoating) heeft de ontwikkeling van in water oplosbare bindmiddelen een sterke impuls gekregen, waardoor veel nieuwe typen zijn ontwikkeld. Veel van deze produkten zijn moffellakken. Van de met water verdunbare verven kent men momenteel de volgende groepen:
  - de oorspronkelijke lijmverven
  - emulsieverven
  - elektroforeselakken
  - lakken voor kwast-, spuit- of dompelapplicatie.
- In water oplosbare bindmiddelen kunnen in twee groepen ondergebracht:
  - amineverbindingen van anionische (plus geladen) alkydharsen, acrylaatharsen, epoxyesters en fenolharsen
  - verbindingen met zuren van kationische harstypen.
- Gemengde bindmiddelen (hybriden) bevatten zowel een in water oplosbaar bindmiddel als een dispersie. Zowel bij omgevingstemperatuur drogende als moffellakken worden op deze basis samengesteld. Ze bevatten 5 % of minder organisch oplosmiddel. Toepassingen zijn de bouw, metaalwaren en voertuigen.
- Met water verdunbare epoxylakken
- Met water verdunbare epoxy-acrylaatcombinatie

B.3 Pigmenten

Pigmenten in verf zorgen voor kleur en dekking (=onzichtbaar maken van de ondergrond). Bovendien dragen ze - samen met vulmiddelen - bij aan de mechanische sterkte van de verflaag (dezelfde werking als zand en grint in beton).
- Titaanwit wordt veel gebruikt in moderne verven. Het is een prima dekkend wit pigment, dat in twee typen voorkomt:
  - anataas
  - rutiel.

  Dit zijn de namen van twee mineralen waarin titaandioxide in de natuur voorkomt. De rutielsoorten zijn geschikt voor dekverven. De nog wittere en beter dekkende anataassoorten gaan aan het oppervlak afpoederen. Een enkele maal wordt van deze krijtende eigenschap gebruik gemaakt op verkeersborden en olietanks in zogenaamde 'zelfreinigende verf'.

B.4 Oplos- en verdunningsmiddelen

De voornaamste groepen oplos- en verdunningsmiddelen die in verven worden gebruikt zijn:
- alifatische koolwaterstoffen
- aromatische koolwaterstoffen
- alcoholen
- ethers en glycolethers
- esters
- alkanonen (=ketonen)
- gechloreerde koolwaterstoffen
- water

Tabel B.1: Vluchtige organische oplosmiddelen in verf (naar oplosmiddelsoort) [23]

	MAC-waarde ppm	mg/m^3
Alifaten		
Kookpuntbenzine aromaatvrij	100	75
aromaatvrije terpentine (odourless white spirit;OWS)	100	75
terpentine (15 % aromaat)	-	
aromaatrijke terpentine (aromatic white spirit;AWS)	-	
aromaten		
tolueen	100	375
xyleen	100	435
solveso 150	-	
alcoholen		
ethanol 1000 1900		
propanol 2 (isopropylalcohol:IPA)	400	980
butanol 2 (isobutylalcohol)	50	150
butanol	50	150
esters		
ethylacetaat	400	1400
butylacetaat	150	710
isobutylacetaat	150	710
alkanonen (ketonen)		
methylethylketon MEK	200	590
methylisobutylketon MIBK	50	205
aceton	750	1780
cyclohexanon	50	200
glycolderivaten		
cellosolve	200	740
butylcellosolve	50	240
gechloreerde koolwaterstoffen		
trichlooretheen	35	190
perchlooretheen	35	240
methyleenchloride	100	350

Tabel B.2 Oplos- en verdunningsmiddelen in verven [23] (naar verftype)

Olieverf	alifatische koolwaterstoffen
Alkydverf	alifatische koolwaterstoffen
Chloorrubberverf	aromatische koolwaterstoffen
Bitumen	aromatische koolwaterstoffen
Vinylcopolymeren	esters, alkanonen, aromaten
Epoxyverf	esters, alkanonen, glycol-derivaten, aromaten
Epoxyteer	als epoxyverf
Epoxy zink	esters, alkanonen, aromaten
Polyurethan (isocyanaat)	esters, alkanonen, aromaten
Zinksilicaat	water
Ethylzinksilicaat	alcoholen (glycolen)

Rapport:

Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden voor het ontzinken van condenswater

---

onderzoek uitgevoerd in opdracht van:
PBG-project 7406:
Beperking zink-emissie bestaande kassen.
Projectleider: Ing. M.J. Heemskerk
Medewerker: Ing. F. Koning
Contactpersoon: Ir. J.C.J. Ammerlaan

Trefwoorden:
Kasgoten, zinkemissie, condenswater, recirculatie, ionenwisseling, flocculatie, waterbehandeling, gesloten bedrijfssystemen.

Ref. B-94109
versie:3
Bewerkt door: M.J. Heemskerk, PBG-Naaldwijk
datum: 10 mei 1995

BEB Tuinbouw & Milieu v.o.f.
postbus 346
2740 AH Waddinxveen
tel. 01828-30622

Inhoudsopgave

Samenvatting 2

1 Inleiding 3

2 Probleemstelling 3

3 Uitgangspunten voor het oriënterend onderzoek 4

4 Ionenwisseling als methode voor zinkverwijdering uit condenswater 4
4.1 Beschrijving principe ionenwisseling 4
4.2 Uitvoeringsmogelijkheden voor een ionenwisselaarinstallatie 5
4.3 Kostenberekening van een ionenwisselaarinstallatie voor een kas-complex van 1 ha (uitvoering 2 en 3) 7

5 Alternatieve mogelijkheden voor de verwerking van condenswater 7
5.1 Flocculatie-installatie 7
5.2 Hyperfiltratie 8
5.3 Externe verwerking zinkhoudend condenswater 9
5.4 Verwijdering bestrijdingsmiddelen gevolgt door lozing condenswater. 9

6 Conclusies 9

Literatuur 10

Samenvatting

Waterkwaliteitsbeheerders staan de lozing van condenswater uit de condensgoot op oppervlaktewater niet meer toe vanwege het te hoge gehalte aan bestrijdingsmiddelen. Met het in werking treden van het lozingenbesluit op grond van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) zal de lozing van condenswater uit de condensgoten op oppervlaktewater (en op de riolering) worden verboden. Het condenswater dient hergebruikt te worden, echter doordat verzinkte kasgoten zinkcorrosieprodukten emitteren is de zinkconcentratie in dat water te hoog. Er treedt ophoping op van zinkionen in het voedingswater waardoor schade aan de planten zal ontstaan.
Doordat verzinkte kasgoten zinkcorrosieprodukten emitteren is de zinkconcentratie in het condenswater te hoog om hergebruikt te worden. Een oplossingsrichting om een te hoge zinkconcentratie tegen te gaan is het ontzinken van condenswater. In theorie zijn hier diverse technieken voor. Voor ontzinktechnieken is de zinkconcentratie in het condenswater laag. Hierdoor komen slechts ionenwisseling, flocculatie en hyperfiltratie in aanmerking voor nader onderzoek.
Bij ionenwisseling wordt het water door een harskolom geleid. De zinkionen hechten zich aan het hars door een uitwisseling met H^+-ionen. De zinkconcentratie in het uitgaande water is laag genoeg voor volledig hergebruik, zonder gevaar voor ophoping van zink in het voedingswater. Na een bepaalde periode is de harskolom verzadigd en dient geregenereerd te worden. Dit kan op het bedrijf plaatsvinden of extern op een centrale plaats. Gezien de kosten en eenvoud van uitvoering is een externe regeneratie het meest gunstig. Kosten van een dergelijke installatie bestaan uit aanschafkosten en onderhouds-/regeneratiekosten. De jaarkosten bedragen fl. 0,41/m^2. Nader onderzoek is nodig om na te gaan hoe snel de installatie vervuild door de aanwezigheid van o.a. bestrijdingsmiddelen in het condenswater. Bij regeneratie onstaat een afvalstroom. Deze stroom kan in de toekomst mogelijk verwerkt worden voor hergebruik. Nu is de hoeveelheid te laag om hiervoor in aanmerking te komen, waardoor het als chemisch afval afgevoerd moet worden.
Bij flocculatie worden de zinkionen gebonden aan chemicaliën, waardoor het zink neerslaat in de oplossing. In de installatie wordt de neerslag uit het water gehaald. De zinkconcentratie in het uitgaande water is laag genoeg voor volledig hergebruik, zonder gevaar voor ophoping van zink in het voedingswater. De neerslag wordt afgevangen en afgevoerd als chemisch afval. (Afval komt overeen met het afval van de ionenwisselaar na regeneratie). De kosten van de installatie bestaan voornamelijk uit aanschafkosten, chemische middelen en afvoerkosten. De jaarkosten bedragen fl. 0,61/m^2. Een combinatie van bestrijdingsmiddelenzuivering en flocculatie is denkbaar.
Bij hyperfiltratie (omgekeerde osmose) wordt water onder hoge druk door membranen geperst. Het uitgaande water is geschikt voor hergebruik, waarbij ook de bestrijdingsmiddelen verwijderd zijn. In het proces ontstaat een afvalstroom van geconcentreerde middelen (brijn genaamd). Deze brijn zal als afval afgevoerd moeten worden omdat lozing verboden is. De investeringskosten bedragen op jaarbasis fl. 1,-/m^2. Hierbovenop komen hoge energiekosten en afvoerkosten. Een combinatie van de installatie met behandeling van het voedingswater (huidige omgekeerde osmose-installaties) is denkbaar. Echter dit is niet eenvoudig omdat het voedingswaterbrijn (nog) wel geloosd mag worden. Tevens zijn minder hoge drukken nodig voor dat proces.

1 Inleiding

Het Proefstation voor bloemisterij en Glasgroente heeft BEB Tuinbouw en Milieu v.o.f. verzocht een oriënterend onderzoek te verrichten naar potentiële oplossingen voor de zinkproblematiek in de glastuinbouw.
In de glastuinbouw, met name in recirculerende teeltsystemen, kunnen zich teelttechnische problemen voordoen als gevolg van een te hoog zinkgehalte in het gietwater. Het zink in het gietwater is voornamelijk afkomstig van het condenswater. Veelal wordt het condenswater geloosd op oppervlaktewater. Waterkwaliteitsbeheerders staan echter de lozing van condenswater uit de condensgoot op oppervlaktewater niet meer toe vanwege het te hoge gehalte aan bestrijdingsmiddelen. Met het in werking treden van het lozingenbesluit op grond van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) zal de lozing van condenswater uit de condensgoten op oppervlaktewater (en op de riolering) worden verboden. Het zink- en bestrijdingsmiddelenhoudende condenswater zal moeten worden opgevangen en zo mogelijk moeten worden gedoseerd aan het te geven gietwater.
Uit metingen [1] is gebleken dat de zinkconcentratie in het condenswater uit de condensgoten kan oplopen tot circa 100 tot 114 μmol/l (circa 7,5 mg/l). Zink kan bij hogere concentraties in het gietwater schadelijk zijn voor tuinbouwgewassen. Indien gietwater met een zinkgehalte van 100 μmol/l of meer wordt toegediend door middel van een regenleiding, kan bladverbranding optreden. Verder kan zink, dat in grote hoeveelheden opgenomen wordt, via het wortelstelsel chlorose veroorzaken. Voor teelten op substraat is het derhalve wenselijk dat de zinkconcentratie in het gietwater lager blijft dan 10 μmol/l. In het algemeen treedt bij concentraties boven 20 μmol/l gewasschade op. De maximaal toelaatbare concentratie kan echter verschillend zijn per gewassoort. Bij een teelt in de grond zijn hogere zinkconcentraties toelaatbaar vanwege het absorberend vermogen van veen- en humus-deeltjes in de grond.
Bij het onderzoek naar de verwijdering van zink uit condenswater zijn de gegevens van eerder verricht onderzoek betrokken [2]. Daarin is aandacht besteed aan de wijze van verzamelen en afvoeren van de zinkhoudende afvalwaterstromen uit een kas en de mogelijkheden tot verdere behandeling van dat water, gebaseerd op het IKC-rapport "Voorkomen van het ophopen van zink bij hergebruik condenswater [1].
Als ontzinkingsmethode wordt een ionenwisselaarinstallatie uitgewerkt (werkingsprincipe, schematische opbouw van een installatie voor een kascomplex van 1 ha, te verwachten afval(water)stroom met bestemming en kostenraming voor investeringen/jaarkosten). Tot slot wordt een overzicht gepresenteerd van andere methoden van ontzinken met omschrijving en motivatie voor toepassing.

2 Probleemstelling

Condenswater uit de condensgoten in glasopstanden in de glastuinbouw bevat een relatief hoge concentratie zink, afkomstig van de thermisch verzinkte kasgoot. Naast zink zijn ook andere metalen in condenswater opgelost, Zoals ijzer, calcium, kalium, aluminium, magnesium en natrium. Tevens kan het condenswater een hoge concentratie bestrijdingsmiddelen bevatten, met name na toepassing van bestrijdingsmiddelen door middel van een ruimtebehandeling (LVM of foggen). Om de lozing van bestrijdingsmiddelenhoudend condenswater te beëindigen kan het condenswater worden opgevangen in het regenwaterbassin of in een apart bassin (5 tot 30 m^3/ha, afhankelijk van de dagelijkse watergift) en vervolgens worden ingezet als gietwater. Indien condenswater in een (groot) regenwaterbassin wordt gedoseerd en vervolgens als gietwater wordt ingezet, treedt in eerste instantie een zodanige verdunning op, dat de zinkconcentratie geen schadelijk nivo bereikt. Indien het drainwater echter wordt gerecirculeerd, loopt de zinkconcentratie op en zal al snel gespuid moeten worden om teelttechnische problemen te voorkomen. Ten behoeve van een teelttechnisch verantwoord hergebruik van het condenswater uit de condensgoten moet het zinkgehalte worden verlaagd.

3 Uitgangspunten

- Het onderzoek naar de behandeling van zinkhoudend condenswater richt zich primair op het verwijderen van zink door middel van ionenwisseling. Er wordt vanuit gegaan dat de te behandelen condenswaterstroom uitsluitend afkomstig is uit de condensgoten, die gemonteerd zijn onder de thermisch verzinkte kasgoten in een bestaande glasopstand van 1 ha.
- Het condenswater dat ontstaat door condensatie van waterdamp tegen het glasdek, vervolgens van het glasdek afstroomt en in de waterloopzijde van de kasgoot terecht komt, bevat een relatief laag zinkgehalte. In vrijwel alle gevallen is de waterloopzijde van de kasgoot voorzien van een coating. Derhalve wordt ervan uitgegaan dat het condenswater van het glasdek niet hoeft te worden ontzinkt ten behoeve van hergebruik als gietwater.
- Het condenswater uit de condensgoten wordt via een koppelleiding verzameld en via 1 lozingspunt geloosd. De hoeveelheid te behandelen condenswater, dat in een dergelijke glasopstand ontstaat, bedraagt gemiddeld 2 m^3/dag [3] met een maximum van 10 m^3/dag [1].
- Het meest voorkomende kastype beschikt over een enkele kasgoot, waarvan de waterloopzijde is voorzien van een coating (epoxyhars of teerachtige coating) en de kaszijde niet is gecoat. Het condenswater ontstaat doordat waterdamp uit de kasatmosfeer condenseert tegen de kasgoot, als gevolg van het temperatuursverschil ten opzichte van de kastemperatuur.
- Door continue dosering aan het te geven gietwater kan het condenswater uit de condensgoot in een bepaalde mate worden verdund. Uitgaande van een gietwaterverbruik van gemiddeld 25 m^3/ha/dag en een condenswaterstroom van gemiddeld 2 m^3/ha/dag kan een verdunningsgraad van gemiddeld 12,5 worden bereikt. Dit is in eerste instantie voldoende om de zinkconcentratie beneden de teeltspecifieke waarde te houden, met name in de perioden wanneer relatief weinig condenswater ontstaat (zomerseizoen). Een zinkconcentratie in het condenswater van 114 μmol/l kan door verdunning met schoon (zinkvrij) gietwater worden teruggebracht tot beneden de gemiddeld toelaatbare waarde 10 μmol/l. In een recirculerend gietwatersysteem zal echter het zinkgehalte in het gietwater door ophoping van zink snel toenemen, waardoor de verdunningsgraad afneemt. De noodzaak voor het spuien uit het recirculatiesysteem zal hierdoor sneller optreden, met als gevolg een verlies van meststoffen en een grotere afvalwaterlozing.
- Indien condenswater gedoseerd zal gaan worden aan het gietwater, zal het zinkgehalte door middel van een ontzinkingsmethode moeten worden verlaagd om de recirculatiegraad van het gietwater te verhogen.

4 Ionenwisseling als methode voor zinkverwijdering uit condenswater

4.1 Beschrijving principe ionenwisseling

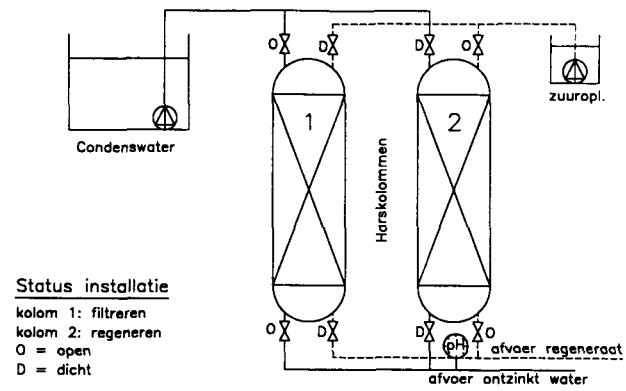
Het hart van een ionenwisselaarinstallatie bestaat uit een kolom, gevuld met specifieke poreuze korreltjes (zogenaamde harskorrels). De harskorrels hebben als eigenschap dat aan de korrels gebonden ionen kunnen worden afgestaan indien een overmaat aan gelijkwaardig elektrisch geladen ionen aanwezig is. De ionen worden "uitgewisseld". Een ionenwisselaar kan bijvoorbeeld H^+-ionen afstaan waarbij Zn^{2+}-ionen worden gebonden. Dit proces (het zogenaamde beladen van de harskorrels) kan worden voortgezet totdat er verzadiging optreedt. De kolom moet worden geregenereerd, dat wil zeggen dat in ons voorbeeld een overmaat H^+-ionen over de korrels wordt geleid, waarbij de Zn^{2+}-ionen weer worden afgestaan. Bij het regenereren van de ionenwisselaar ontstaat een geconcentreerde zinkhoudende, zure afvalwaterstroom.
Verwerking van het regeneraat vindt in de praktijk plaats door middel van neutralisatie met een basische oplossing, gevolgd door neerslag van zink als hydroxide (flocculatie, zie ook hoofdstuk 5.1). Zinkhydroxide is slecht oplosbaar. Het zinkhydroxideslib wordt ingedikt (ontwatert) tot een steekvast produkt en moet worden gestort als gevaarlijke afvalstof.

Andere metalen in oplossing, zoals ijzer, calcium, kalium, aluminium, magnesium en natrium, worden in principe op dezelfde wijze als Zn^{2+}-ionen gebonden aan de harskorrels. Indien in condenswater meerdere metalen opgelost zijn, zal de capaciteit van de hars eerder zijn benut. De standtijd zal daardoor relatief korter worden. Bij regeneratie zullen ook de andere metaalionen uit de harskolom worden verwijderd. Het regeneraat zal daardoor ook de andere metalen bevatten. Bij verwerking van het regeneraat door middel van neutralisatie kunnen deze metalen in het slib terecht komen, afhankelijk van het oplosbaarheidsprodukt van de verschillende metaalhydroxides. Bijvoorbeeld kalium- en natriumhydroxide zijn goed oplosbaar, calciumhydroxide is matig oplosbaar, ijzer-, aluminium- en magnesiumhydroxide zijn slecht oplosbaar. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de aanwezigheid van andere metaalionen geen invloed heeft op het verwerkingsprincipe of de verwerkingskosten van het regeneraat.
Theoretisch kan het proces van ontzinken gevolgd door regeneratie eindeloos worden herhaald. Er is echter een aantal factoren die de levensduur van de harskorrels beperken, zoals mechanische schade (vergruizing van korreltjes) en ophoping van stoffen in de poriën van de harskorrels, die bij regeneratie niet meer worden verwijderd. De uitwisselingscapaciteit wordt hierdoor beperkt. Een ionenwisselaar kan daarom een beperkt aantal keren worden "beladen" en geregenereerd. Bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen in het condenswater kunnen de capaciteit en dus de standtijd van een ionenwisselaar beperken. De poriën (van moleculaire grootte) in de harskorrels kunnen "verstopt" raken, waardoor het effectieve uitwisselende oppervlak geringer wordt. Bewaking van het effluënt van een ionenwisselaar gebeurt door pH-meting. Als Zn^{2+}-ionen worden uitgewisseld tegen H^+-ionen zal de pH van het effluënt dalen.
Als 100 μmol/l Zn^{2+}-ionen moeten worden verwijderd, zal de pH dalen tot circa 3,6. Op het moment dat de hars verzadigd raakt, zal de pH stijgen aangezien er geen H^+-ionen meer kunnen worden afgestaan. Dit betekent dat er geen zink meer kan worden opgenomen en dus het zinkgehalte in het effluënt toeneemt. Zodra de pH van het effluënt stijgt, moet de ionenwisselaar buiten bedrijf worden gesteld om te kunnen worden geregenereerd. De zinkconcentratie in het effluënt neemt toe op het moment dat de kolom verzadigd raakt. Het "doorslaan" van de kolom (het doorlaten van zink) moet theoretisch stapsgewijs optreden maar dit zal in de praktijk meer geleidelijk plaatsvinden doordat het condenswater niet als een zogenaamde propstroming of plug-flow door de kolom stroomt, maar er in de kolom voorkeursstroming of terugmenging optreedt.
In de praktijk is een effluëntconcentratie aan zink van 0,2 mg/l (3 μmol/l) haalbaar, op basis van de huidige beschikbare meetgegevens. Een effluëntconcentratie aan zink van circa 3 μmol/l maakt het condenswater inzetbaar als gietwater.
Er dient nader onderzoek te worden verricht naar de aard en samenstelling van opgeloste metalen, zoals ijzer en aluminium, in condenswater en de invloed daarvan op de standtijd van een ionenwisselaar. Daarnaast moet onderzoek worden gedaan naar het gedrag van verschillende soorten harsmateriaal bij het verwijderen van zink uit bestrijdingsmiddelenhoudend condenswater. Tevens dient in het onderzoek het effect van verschillende soorten bestrijdingsmiddelen op de standtijd van een ionenwisselaar te worden meegenomen. Ook zijn nog geen proeven gedaan met een ionenwisselaar onder variabele praktijkomstandigheden, zoals temperatuurschommelingen in het te behandelen condenswater en de harskolom.
Het gedrag van ionen in een oplossing is afhankelijk van de temperatuur. Ionen worden mobieler bij een hogere temperatuur. Het is aannemelijk dat ionen bij temperatuurverhoging sneller zullen worden getransporteerd vanuit de oplossing naar het oppervlak van de harskorrels en vervolgens van het oppervlak van de korrels naar de poriën waar de ionenuitwisseling plaatsvindt. Het is echter niet mogelijk exact aan de geven wat het effect zal zijn indien in de praktijk de condenswater-temperatuur hoger of lager is.

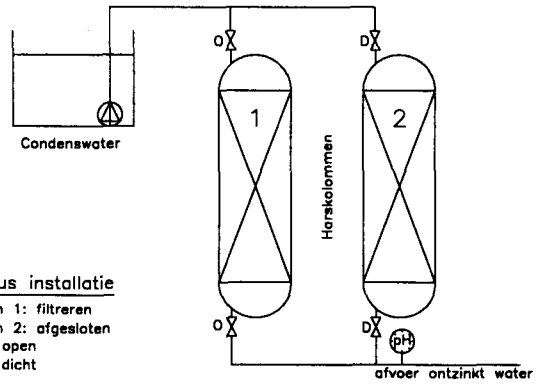
4.2 Uitvoeringsmogelijkheden voor een ionenwisselaarinstallatie

Voor een continue bedrijfsvoering van een ionenwisselaarinstallatie kunnen in de praktijk twee kolommen parallel worden geplaatst. Eén kolom wordt gebruikt voor ontzinken, terwijl de andere kolom gelijktijdig wordt geregenereerd (zie figuur 1). Regeneratie van de ionenwisselaar gebeurt door toedienen van zuur (H^+-ionen), bijvoorbeeld zwavelzuur of zoutzuur. Het effluënt (regeneraat) bevat een hoge concentratie zink.

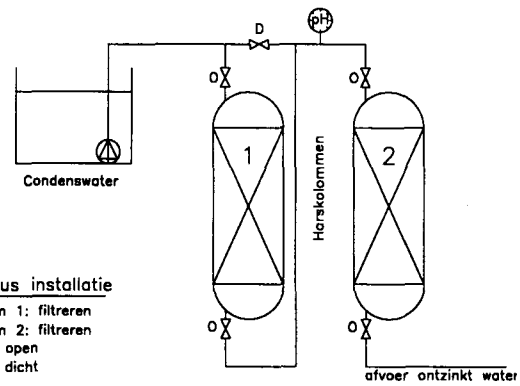
Het zinkhoudend effluënt kan niet intern worden hergebruikt en zal dus extern moeten worden verwerkt door een bevoegd verwerkingsbedrijf. De kosten voor het verwerken van zinkhoudend regeneraat bedragen circa fl. 2,-- tot fl. 3,-- per kg of liter, exclusief transport- c.q. afvoerkosten. Op het moment dat de in bedrijf zijnde kolom verzadigd raakt, wordt dit door de pH-controle geregistreerd en wordt de condenswaterstroom automatisch over de geregenereerde kolom geleid. Bovengenoemde opstelling wordt veel toegepast in industriële situaties en is minder goed toepasbaar voor tuinbouwbedrijven gezien de kleinschaligheid. Een praktisch uitvoerbaar alternatief voor het in-situ regenereren van de harskolommen is het regelmatig compleet vervangen van de verzadigde kolommen (figuur 2), bijvoorbeeld eens per half jaar (op basis van een onderhoudscontract). Door pH-controle wordt geregistreerd wanneer de kolom is verzadigd. Er wordt automatisch overgeschakeld op de andere kolom. De verzadigde of beladen kolom kan op dat moment worden vervangen. Het is wellicht zelfs mogelijk, met name voor kleinere glasopstanden, om met één kolom te werken, die regelmatig wordt vervangen. De toevoer moet in dat geval tijdelijk worden gestaakt. De verzadigde hars wordt extern geregenereerd, waardoor er op het tuinbouwbedrijf geen regeneratievloeistof ontstaat dat afgevoerd moet worden als chemische afvalstof. De uitvoering van de installatie wordt hierdoor ook een stuk eenvoudiger en dus voordeliger. Er zullen jaarlijkse operationele kosten ontstaan vanwege het afvoeren en extern laten bewerken van de harskolommen. Uitvoering 2 is gebruiksvriendelijker dan uitvoering 1, aangezien er geen regeneratie hoeft plaats te vinden en de regelapparatuur eenvoudiger of zelfs afwezig is, waardoor de installatie minder onderhouds- en storingsgevoelig is.
Een derde uitvoering is het maken van een opstelling waarbij twee harskolommen in serie staan opgesteld (figuur 3). op het moment dat kolom 1 is verzadigd, hetgeen blijkt uit het oplopen van de pH, moet kolom 1 worden vervangen. Kolom 2 dient als vangnet voor het zink dat eventueel nog door kolom 1 loopt.



Figuur 1: Ionenwisselaarinstallatie met regeneratie-unit



Figuur 2: Ionenwisselaarinstallatie zonder regeneratie-unit, parallel geschakeld



Figuur 3: Ionenwisselaarinstallatie regeneratie-unit, serie geschakeld

Na het verwijderen van kolom 1 wordt kolom 2 op de plaats van kolom 1 gemonteerd. Kolom 1 wordt extern geregenereerd (tijdsduur ± 2 weken). Na regeneratie wordt kolom 1 op de plaats van de oorspronkelijke kolom 2 gemonteerd. Het voordeel van deze opstelling is dat kans op het doorslaan van een kolom, zonder dat dit wordt opgemerkt, lager is aangezien een tweede kolom als vangnet fungeert. De kosten van de derde uitvoering zijn van vergelijkbare orde als die van uitvoering 2.

Het effluënt uit de ionenwisselaarinstallatie moet bij alle uitvoeringen worden geneutraliseerd aangezien de zuurgraad lager is dan het influënt (circa 3 tot 4). Er wordt van uitgegaan dat het effluënt van de ionenwisselaar zonder meer kan worden gedoseerd aan de bemestingsunit, waarbij automatische pH -regeling plaatsvindt.

4.3 Kostenberekening van een ionenwisselaarinstallatie voor een kascomplex van 1 ha (uitvoering 2 en 3)

Bij de schematische opbouw van een ionenwisselaarinstallatie voor het verwijderen van zink uit condenswater uit condensgoten in een kascomplex van 1 ha wordt uitgegaan van de volgende parameters [1]:

a De hoeveelheid te behandelen condenswater uit condensgoten is gemiddeld 2 m^3/ha/dag en maximaal 10 m^3/ha/dag ('s winters hoger debiet, zomers lager).
b Het condenswater uit de condensgoten wordt verzameld en via 1 lozingspunt geloosd.
c De samenstelling van het condenswater bedraagt Zn^{2+} = 114 μmol/l (7,5 mg/l). In het condenswater bevindt zich een vooralsnog onbekende hoeveelheid metalen (zoals ijzer en aluminium) en bestrijdingsmiddelen.
d de harskolommen worden extern geregenereerd (verwisselbare kolommen), zie paragraaf 4.2, uitvoering 2 of 3.

Ten behoeve van dit rapport wordt gebruik gemaakt van informatie van Homé Waterbehandeling. Dit bedrijf heeft veel ervaring met ionenwisselaarinstallaties en overige waterbehandelingsapparatuur.
Er zijn twee harskolommen nodig met een inhoud van 60 liter harskorrels. De maximale capaciteit van deze installatie bedraagt 1 m^3/uur, hetgeen voldoende is om de maximale dagelijkse hoeveelheid condenswater te kunnen verwerken. De maximaal te behandelen hoeveelheid bedraagt 10 m^3/ha/dag. De installatie hoeft dus niet volcontinu en op maximale capaciteit werkzaam te zijn. Tevens zijn een pH-controle, slangen/leidingen, een pomp en een buffervat nodig.
De investeringskosten van een installatie, volgens uitvoering 2 en 3, bedragen circa fl. 12.000,- (ionenwisselaar en randapparatuur). De installatiekosten zullen, afhankelijk van de specifieke situatie, circa fl. 2.500,-- bedragen (eenmalig: levering, aansluiting, testen, afregelen). Rekening houdend met een afschrijvingstermijn van 7 jaar en een gemiddelde rente van 3.5% kunnen de jaarlijkse afschrijvings- of investeringskosten als volgt worden berekend: (12.000 + 2.500) x 0,185 = fl. 2.700,-. De exploitatiekosten ten behoeve van het afvoeren en regenereren van twee harskolommen per jaar bedragen circa fl. 1.400,--. Er wordt van uitgegaan dat onder de gegeven omstandigheden de kolommen elk een half jaar kunnen worden beladen. De totale jaarlijkse kosten bedragen dus fl. 2.700,- + fl. 1.400,- = fl. 4.100,-.

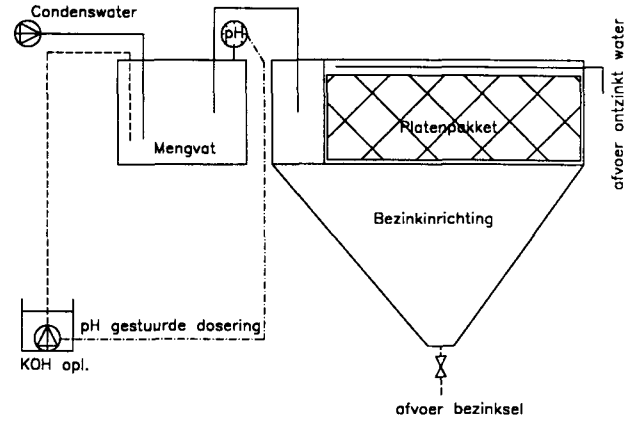
5 Alternatieve mogelijkheden voor ontzinken van condenswater

5.1 Flocculatie-installatie

Met flocculatie wordt bedoeld een proces waarbij de pH van een oplossing wordt verhoogd door middel van het toedienen van een basische oplossing, waardoor zinkhydroxide wordt gevormd. Zinkhydroxide ($Zn(OH)_2$) is slecht oplosbaar, waardoor zich in de oplossing een neerslag zal vormen. Er kan onder normale omstandigheden (bij pH = 9,5) een verlaging van de zinkconcentratie optreden tot 0,2-0,3 mg/l (circa 4-5 μmol/l) Zn^{2+}-ionen in oplossing.
In dit rapport wordt gebruik gemaakt van informatie van Nering Bögel [4]. Dit bedrijf brengt een flocculatie-installatie op de markt.
Het proces verloopt als volgt. Het condenswater wordt vanuit een buffervat naar het reactievat gepompt. In dit vat wordt met een loog-oplossing (bij voorkeur kaliloog 30 m%) de pH verhoogt tot circa 9,5. De loog-dosering wordt bestuurd door pH-controle. Vanuit het reactievat stroomt het water onder vrij verval naar een afscheider waar het zinkhydroxide de kans krijgt om te bezinken. Vaak zijn vlokhulpmiddelen nodig om het bezinkingsproces te optimali-

seren. In de afscheider bevinden zich schuin geplaatste golfplaten, die zorgen voor een stabiele, laminaire (niet-turbulente) stroom. Ook kleine deeltjes zullen hierin bezinken. Het behandelde water wordt gedoseerd aan de bemestingsunit of in het voorraadvat. Het behandelde water bevat een overmaat kaliloog. De pH- en meststoffengift zal moeten worden bijgestuurd in de bemestingsunit. Het bezinksel wordt uit de afscheider naar een filterzak geleid waar het slib kan "inklinken". Het lekwater zou naar de bemestingsunit kunnen worden geleid, echter dit is afhankelijk van de zinkconcentratie. Indien de zinkconcentratie te hoog is, kan het lekwater teruggevoerd worden naar de invoer van de installatie. In figuur 4 is een schema weergegeven van een flocculatie-installatie.

De installatie kan, na ingesteld te zijn, vrijwel volledig automatisch werken. Af en toe zal het bezinksel uit de filterzak moet worden afgevoerd. Het afgescheiden bezinksel moet extern worden verwerkt als gevaarlijk afval. Op basis van een gemiddelde hoeveelheid condenswater van 2 m^3/ha/dag en een zinkgehalte van circa 8 mg/l ontstaat op jaarbasis circa 9 kg zinkhydroxide per hectare glasoppervlak (op droge stof basis, dit wordt circa 90 kg zinkhydroxideslib indien aangenomen wordt dat het droge stof-gehalte in het slib 10 m% bedraagt). Het slib zal extern verder moeten worden ontwaterd, waarna het gestort wordt.



Figuur 4: Flocculatie-installatie

De investeringskosten van een flocculatie-installatie ten behoeve van de verwerking van 10 m^3 condenswater bedragen circa fl. 30.000,--, inclusief pH-besturingsunit. De kosten van kaliloog bedragen enkele honderden guldens per jaar (stelpost voor het vervolg van de berekening: fl. 300,--). De afvoerkosten voor het slib bedragen circa fl. 250,-- per jaar, exclusief transportkosten. De jaarkosten van een flocculatie-installatie bedragen, uitgaande van een afschrijvingstermijn van 7 jaar en een gemiddelde rente van 3.5% (30.000,-- x 0,185) + 250 + 300 = fl. 6.100,-.

Indien in een bedrijf reeds een Carbo Flo-installatie ten behoeve van de verwerking van restanten spuitvloeistof aanwezig is, zou hierin mogelijk ook zinkhoudend condenswater kunnen worden verwerkt. Het werkingsprincipe van een Carbo Flo-installatie vertoont meerdere overeenkomsten met de beschreven flocculatie-installatie. In het kader van dit onderzoek is verder geen nadere aandacht aan de Carbo Flo-installatie besteed.

5.2 Hyperfiltratie of omgekeerde osmose

Bij hyperfiltratie of omgekeerde osmose wordt de zinkhoudende condenswaterstroom met een druk van circa 50-60 bar door een membraan geperst. De Zn^{2+}-ionen blijven in het concentraat aan de invoerzijde van de installatie achter. Ook andere metaalionen worden verwijderd. Een bijkomend effect is, dat ook bestrijdingsmiddelen mee verwijderd kunnen worden (de primaire reden voor het verbod op lozing van condenswater).

De aanschafkosten van een hyperfiltratie-installatie bedragen ongeveer fl. 50.000,--. De jaarlijkse investeringskosten bedragen: fl. 50.000,-- x 0,185 = fl. 9.250,--.

De jaarlijkse exploitatiekosten zijn hoog. Deze vloeien voort uit het energieverbruik van de installatie voor het opbouwen van de hoge druk (50-60 bar). Verder moeten de membranen tijdig worden vervangen. Het gezuiverde condenswater kan worden hergebruikt als gietwater (of eventueel worden geloosd omdat de bestrijdingsmiddelen zijn verwijderd). Het brijn uit de hyperfiltratie-installatie dient te worden verwerkt, bijvoorbeeld in een flocculatie-installatie (zie verder paragraaf 5.1). De hoeveelheid brijn bedraagt ongeveer 5 tot 10% van het te behandelen condenswater. Uitgaande van een gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid condenswater van circa 750 m^3 ontstaat tussen 8 en 75 m^3 brijn. De zinkconcentratie in het brijn bedraagt tussen 80 en 160 mg/l, uitgaande van circa 8 mg/l zink in het condenswater.

Gezien de hoge kosten (investerings- en exploitatiekosten) is hyperfiltratie in het kader van dit onderzoek niet nader bestudeerd. Indien binnen een bedrijf een omgekeerde osmose-installatie aanwezig is, ten behoeve van de ontzouting van gietwater, zou deze installatie technisch gezien ingezet kunnen worden voor het verwijderen van zink uit condenswater. Een nader onderzoek moet uitwijzen of een omgekeerde osmose-installatie ook organisatorisch (de gietwaterproduktie mag bijvoorbeeld niet worden verstoord) en economisch voor zinkverwijdering uit condenswater kan worden ingezet.

5.3 Externe verwerking zinkhoudend condenswater

Het is mogelijk het condenswater, na opvang in een bassin, af te laten voeren door een bedrijf dat is gespecialiseerd in het verwerken van zinkhoudende afvalwaterstromen. Het condenswater wordt dan bijvoorbeeld behandeld in een flocculatie-installatie. De kosten van externe verwerking bedragen ongeveer fl. 200,-- per m^3 condenswater, waarbij wordt uitgegaan van een aanvoer van 2 m^3 per dag (gemiddeld condenswaterdebied). op jaarbasis bedragen de kosten circa fl. 100.000,--. Externe verwerking van het condenswater is dus niet haalbaar. Nader onderzoek is dan ook niet aan te bevelen.

5.4 Verwijdering bestrijdingsmiddelen gevolgt door lozing condenswater

De primaire reden waarom het condenswater niet mag worden geloosd, is de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen. Door het verwijderen van bestrijdingsmiddelen kan in principe een loosbaar effluënt worden verkregen. Verwijderen kan in principe plaats vinden met een UV / ozon-installatie.
De aanschafkosten van een UV/ozon-installatie blijken echter zeer hoog te liggen, met name gezien de relatief geringe stroom te behandelen afvalwater. Tevens gelden voor dergelijke installaties strenge veiligheidseisen. Een installatie voor het verwijderen van bestrijdingsmiddelen door middel van UV/ozon is voor een tuinbouwbedrijf niet haalbaar (aanschafkosten circa fl. 100.000,--). Een dergelijke oplossing is niet haalbaar en nader onderzoek wordt niet aanbevolen.

6 Conclusies/aanbevelingen

Uit het oriënterend onderzoek blijkt dat het verwijderen van zink door middel van een ionenwisselaarinstallatie een gunstige prijs/prestatieverhouding geeft. Er wordt met hoog rendement zink verwijderd, de bediening en het onderhoud zijn vrij eenvoudig en de kosten zijn relatief laag. Het is echter nog onbekend of het aandeel bestrijdingsmiddelen en/of andere opgeloste metaalionen zoals ijzer en aluminium in het condenswater een storend effect kunnen veroorzaken. Het is zeer zinvol om een ionenwisselaar in de praktijk of op laboratoriumschaal uit te testen.
Als mogelijk alternatief voor een ionenwisselaarinstallatie is oriënterend onderzoek verricht naar een flocculatie-installatie voor zinkverwijdering. De jaarkosten van een dergelijke installatie liggen hoger dan voor een ionenwisselaarinstallatie. Tevens zijn chemicaliën nodig (kaliloog en vlokhulpmiddelen) en moet zinkhoudend slib worden afgevoerd. Het verwijderingsrendement is van vergelijkbare orde van grootte als bij de ionenwisselaar. Indien een Carbo-Flo installatie in een bedrijf aanwezig is, kan mogelijk met deze installatie ook het condenswater worden behandeld.

Literatuurlijst

[1] Bakker, H. [et al.]; Voorkomen van het ophopen van zink bij hergebruik van condenswater. Informatie en Kenniscentrum Akker- en Tuinbouw (IKC), afdeling Bloemisterij en afdeling Glasgroente en bestuiving, Aalsmeer respectievelijk Naaldwijk, 1993

[2] Smits, P.J., Vermeij, I.B.; Gescheiden regen- en condenswaterafvoer, onderzoek naar de mogelijkheden voor bestaande glastuinbouwbedrijven. Afstudeerwerkstuk Technische Hogeschool 's-Hertogenbosch, mede in opdracht van adviesburo BEB Tuinbouw en Milieu v.o.f., 's-Hertogenbosch, 1993.

[3] Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, werkgroep VI; Afvalwaterproblematiek glastuinbouw, aanbevelingen voor WVO-vergunningverlening 's-Gravenhage, 1993

[4] Nering Bögel B.V.; Informatie betreffende flocculatie-installatie. Weert, 14 januari 1994

[5] Homé Waterbehandeling; Informatie betreffende ionenwisselaar. Zoetermeer, 26 januari 1994

[6] Maasmond-Westland; Mondelinge Informatie betreffende ionenwisselaar. De Lier, 26 januari 1994