

# Inspectie en analyse van de conditie van het gevelwerk GAB-gebouw te Veghel volgens de K-M-S systematiek

**Citation for published version (APA):**

van Schaijk, L. A. (1991). *Inspectie en analyse van de conditie van het gevelwerk GAB-gebouw te Veghel volgens de K-M-S systematiek*. (FAGO : rapport; Vol. 9130M). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1991

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Stichting CUR  
Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving

Programma-Advies-Commissie PAC 11

Rapportnummer FAGO-91.30.M.

Technische Universiteit Eindhoven  
Vakgroep FAGO  
Sectie Materiaalkunde  
Tel.: 040-473350

Inspectie en Analyse van de Conditie  
van het Gevelwerk GAB-gebouw te  
Veghel volgens de K-M-S systematiek

21

Rapport in het kader van het IOP-onderzoeksproject:  
'Materiaaltechnologie en levensduur van bouwdelen'

Auteur: ir. L.A. van Schayk

Datum: September 1991

1	Inleiding .....	5
2	De K-M-S systematiek .....	7
3	Inspectie en analyse van de conditie van het gevelwerk van het GAB gebouw te Veghel. ....	9
3.1	De inspectie-fase .....	9
3.2	De beoordelingsfase .....	17
3.3	Mechanismen van kwaliteitsverlies .....	23
3.4	Richtlijnen voor kwantificering .....	26
3.5	Prognose en beleidsfase .....	28
4	Conclusies en aanbevelingen .....	31
4.1	Oorspronkelijke Conditie .....	31
4.2	Vervolg-meetonderzoek .....	31
4.3	Verdere aanbevelingen .....	32
5	Literatuurverwijzing .....	33

## 1 INLEIDING

Onder auspiciën van de Programma Coördinatie Raad (PCR) van de samenwerkende collectief programmerende instellingen ISSO, SBR, C.R.O.W. en CUR is door de CUR Programma Advies Commissie PAC 11 "Materiaaltechnologie: levensduur en duurzaamheid" een voorstel gedaan voor het uitvoeren van een onderzoek op het gebied van de duurzaamheid van bouwdelen. Het doel hiervan is om te komen tot een zo goed mogelijke voorspelling van het gedrag van bouwdelen teneinde een afweging van de kwaliteit/kostenverhouding van bouwwerken te kunnen maken. In het bijzonder zou daarbij een methodiek worden opgezet met betrekking tot de levensduur en de onderhoudsbehoefte in relatie tot de kwaliteit/kostenverhouding. Het programmavoorstel is omschreven in het PAC 11 rapport "Programmaformulering materiaaltechnologie en levensduur van bouwdelen".

Door het Ministerie van Economische Zaken is een subsidie voor het uitvoeren van het onderzoekprogramma ter beschikking gesteld. De overige financiering is afkomstig van de deelnemende instellingen, te weten:

- CUR, mede namens SBR, C.R.O.W. en ISSO;
  - TU-Delft, de vakgroep Mechanica en Constructies;
  - TU-Eindhoven, de vakgroepen FAGO (Fysische Aspecten van de Gebouwde Omgeving) en BPU (Bouw Productie & Uitvoering);
  - TNO-Bouw, de sectie Materiaalkunde en het Centrum voor Houttechnologie en TNO-IPL (Instituut voor Productie en Logistiek), de groep Corrosieonderzoek.
- Door de genoemde onderzoekinstellingen wordt binnen het genoemde programma samengewerkt. Op die manier kon kennis worden ingebracht op op nagenoeg het gehele, brede probleemveld.

Voor de uitvoering van het onderzoek is het oorspronkelijke onderzoeksplan van PAC 11 gehergroepeerd en moesten, op basis van de tussenresultaten, enige accenten worden verlegd. Het oorspronkelijke voorstel is daardoor in opzet vereenvoudigd en legt het accent meer in de tweede (onderzoeks)fase en komt neer op:

- fase 1: - inventarisatie van nationaal en internationaal onderzoek en kennis op het gebied van levensduur;
- schetsen van de contouren van een afwegingsmethode met betrekking tot kwaliteit en kosten;
  - formuleren van materiaalbouwdeelontwikkelingen en vaststellen van lacunes in de kennis met betrekking tot de levensduur;
- fase 2: - toepassen van de afwegingsmethode op een aantal concrete duurzaamheidsproblemen met als doel de methodiek te vervolmaken en een goede afstemming te bewerkstelligen tussen de onderzoekinstellingen;
- fase 3: - eindrapportage met aanbevelingen.

Het onderhavige rapport is opgesteld door de Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, vakgroep FAGO en geeft een verslag van één van de deelprojecten die in fase 2 zijn uitgevoerd.

## 2 DE K-M-S SYSTEMATIEK

Het kwaliteit-meet-systeem of K-M-S houdt in:

**onderzoek, registratie en beoordeling van de technische conditie van  
bouwdelen d.m.v. een systematische methode.**

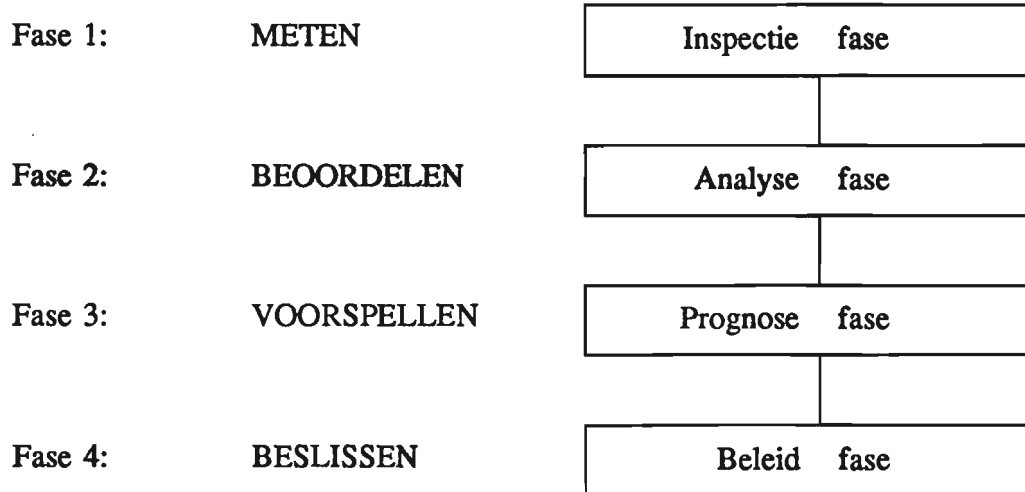
Deze methode wordt beschreven in rapport III van de serie Gebouwkwaliteit en Milieu, T.U. Eindhoven, faculteit Bouwkunde, vakgroep FAGO (i.o.v. IOP-Bouw, Technisch Beheer), conceptrapportage 1990.

In dit rapport wordt een aanzet gegeven voor een algemene systematiek die kan worden gehanteerd bij het in kaart brengen van de aard en de omvang van optredende bouwdeel-degradaties. Uitgangspunt daarbij is dat een geïdentificeerd degradatieproces dat in het perspectief van een mogelijk optredende kwaliteit-verlies van belang zou kunnen zijn, in de toekomst wordt geprojecteerd. Een algemene doelstelling hierbij is dat de analyse en prognose in principe moet worden gebaseerd op in-situ meetonderzoek. Per degradatievorm zullen echter telkens andere metingen verricht moeten worden, zodat het zoeken naar bruikbare 'procesmaatstaven' een essentieel onderdeel van de systematiek vormt. Het blijkt dat binnen de keten van processen die tot het kwaliteit-verlies leiden, de keuze voor het hanteren van bepaalde maatstaven zowel item- als procesafhankelijk is, d.w.z. variërend van 'bouwdeel tot bouwdeel' en van 'ketenstadium tot ketenstadium'.

### *Fasering K-M-S*

De systematiek bestaat uit een 4-tal fasen. In het kort gesteld draait het ten eerste om de vaststelling van de aard en de omvang van de op een bouwdeel aanwezige degradatieverschijnselen, vervolgens om de analyse van deze verschijnselen (welke processen treden op en door welke factoren worden deze in gang gezet), voorts om de vraag hoe de (meest) relevante processen in de toekomst geprojecteerd dienen te worden, en tenslotte om de vraag welke criteria we aanleggen bij het nemen van de beleidsbeslissingen over de te volgen onderhoudsstrategie. In

schema 1 wordt de fasen zoals die volgens het K-M-S worden doorlopen, afgebeeld.



Schema 1: Het K-M-S bestaat uit een viertal fasen.

Voor iedere fase gelden meerdere stappen. Om de stappen te kunnen doorlopen zijn gegevens nodig die in vorige stappen of fasen waren gegenereerd. Als blijkt dat bepaalde gegevens van onvoldoende gehalte of omvang zijn, moeten de betreffende onderzoeken opnieuw gedaan worden, zodat het bovenstaande schema in feite op ieder nivo om controle en terugkoppeling vraagt.

### 3 INSPECTIE EN ANALYSE VAN DE CONDITIE VAN HET GEVELWERK VAN HET GAB GEBOUW TE VEGHEL

Zoals in dit rapport reeds is vermeld gaat het in dit onderzoek om het uitbouwen en completeren van de algemene systematiek aan de hand van proefuitwerkingen voor een specifiek gebouw, in casu het houten gevelwerk van het G.A.B. gebouw te Veghel. In dit hoofdstuk richten we ons op het toepassen van de 2 eerste fasen van de K-M-S systematiek, te weten:

FASE I), de in situ-fase en  
FASE II), de analyse-fase

De toepassing van de prognose-fase en de beleids-fase is met de gegevens zoals die in dit inventariserend onderzoek naar boven zijn gekomen, nauwelijks uitvoerbaar gebleken. Er zal daarom moeten worden volstaan met een meer globale behandeling van deze beide fasen in de vorm van een aantal concluderende opmerkingen.

We merken op dat de stappen waaruit de fasen bestaan zijn voorzien we van de hoofdletters A, B, etc.

#### 3.1 De inspectie-fase

Met betrekking tot het gevelwerk definiëren we de volgende bouwdeelcomponenten (j):

- j=1: horizontale delen ca. 1.20 m.; western red cedar, onbehandeld;
- j=2: stijl- en regelwerk; iroko, onbehandeld;
- j=3: gelijkde binnenwerkse bevestigingslatten; verduurzaamd vuren;
- j=4: schroeven voor j=1, messing;
- j=5: pennen (pen en gatverbindingen j=2), iroko;
- j=6: schroeven voor j=3, verzinkt staal;



In deze beschouwing zijn de verder nog aanwezige componenten als steenwoldekens, ventifol, dampremming en binnenbeplatingen niet meegenomen omdat zij niet konden worden geïnspecteerd.

In het K-M-S rapport [1] is een 'masterlist' opgenomen van de voor verschillende componenten regelmatig optredende typen van degradaties. Op grond van de voor het GAB gebouw geldende bouwdeelsamenstelling van het gevelwerk zijn de te verwachten degradaties in overzicht 1:

<b>IA):</b> $L_{j=1f=2f=3}$	Kiervorming
$B_{g_{j=2}}$	Buiging
$Tr_{j=1f=2}$	Krom-/scheluwtrekking
$Kl_{j=1f=2}$	Verkleuring
$Txt_{j=1f=2}$	Verruwing van het oppervlak
$S_{j=1f=2}$	Scheurvorming
$Fl_{j=1f=2}$	Schilfering
$R_{j=1f=2f=3f=5}$	Houtrot
$Ox_{j=4f=6}$	Oxydatie
$Vi_{j=1f=2f=3f=5}$	Verhoogd vochtgehalte
$Mo_{j=1f=2f=3f=5}$	Groei (micro)organismen
$Ga_{j=1f=2}$	Depositie vuil, roet, etc.

---

**Overzicht 1: Degradatieverschijnselen welke gedurende de levensloop van het gevelwerk kunnen optreden (vertaling 'K-M-S masterlist' voor GAB componenten).**

Uit de eerste inspectie blijkt dat van deze lijst van in totaal 30 degradatieverschijnselen er bij het GAB 15 kunnen worden geïdentificeerd:

**IB):** Versch. Code

V=1:  $L_{j=2}$  Kiervorming tussen horizontale aansluitingen iroko komen frekvent voor (zie afb. 1).

- V=2:  $L_{j=3}$  Kiervormingen tussen vuren latten en iroko (t.p.v de lijm-verbinding) treden vrij algemeen op (zie afb. 2).
- V=3:  $Tr_{j=2}$  Kromtrekking van een iroko gevelstijl t.p.v. de Z-O-gevel (zie afb. 3). Verschijnsel is slechts een enkele keer waargenomen.
- V=4:  $Kl_{j=1}$  Het patroon dat zich bij de verkleuringen van western red cedar als regel voordoet is dat per gevelsegment de planken naar beneden verdonkeren en naar boven lichter van kleur worden; dit geldt alle gevelvlakken m.u.v. de segmenten aan de N-O gevel en de segmenten onder de dakrand.
- V=5:  $Kl_{j=2}$  Voor het iroko geldt ook dat er verkleuring i.c. vergrijzing is opgetreden: het is lichter geworden. Hier treden evenwel niet de segment-verkleuringsverschillen op.
- V=6:  $Txt_{j=1}$  Het western red cedar is ruwer van oppervlak dan oorspronkelijk (een toestand zoals die binnen nog is te zien). Draad en nerf zijn beter zichtbaar en er zijn regelmatig kerven in het hout aanwezig (zie afb. 4).
- V=7:  $S_{j=1}$  Scheurvorming van 2 tot 20 cm in het western red cedar is op meerdere plaatsen zichtbaar (zie afb. 5).
- V=8:  $S_{j=2}$  Lengtescheuren tot 2 cm lang en tot 1 mm breed in de iroko regels (horiz.) komen aan de N-W, Z-O en Z-W gevel verspreid voor (zie afb. 6 en 7).
- V=9:  $Fl_{j=2}$  Schilferingen van het iroko treden op t.p.v. sommige regels aan de westgevels, Z-W en N-W. Het komt voor midden in de regel (zie afb. 8) en bij de ontmoeting met de stijlen.
- V=10:  $R_{j=2}$  Houtrot is m.u.v. een enkel minuscuul plekje in het iroko (Z-W) niet gesignaleerd.
- V=11:  $Vi_{j=3}$  Een vochtgehalte hoger dan het evenwichtsvochtgehalte is gemeten in de vuren bevestigingslatten. Dit was met name het geval aan de N-W, Z-O en Z-W gevels (zie afb. 9 en tabel 1).
- V=12:  $Mo_{j=1}$  De zwarte spikkels op de noordoost gevel duiden op een vorm van schimmelmicrobiële groei. Of er t.g.v. de hoge vochtigheid van  $j=3$  (vuren latten) intern een groei van schimmels is opgetreden was slechts summier waarneembaar (slechts op een beperkt aantal plaatsen was voldoende ruimte voor het gebruik van de endoscoop). Een zekere schimmelmicrobiële groei is echter waargenomen.

- V=13:  $G_{a_{j=1a}}$  Afzettingen van witte stof zijn t.p.v. de ventilatieroosters op het western red cedar aan de zuid-oost-gevel waargenomen.
- V=14:  $G_{a_{j=1b}}$  Afzettingen van roet en vuil op het western red cedar
- V=15:  $G_{a_{j=2}}$  Het iroko is vervuild met een sluier afkomstig van aangrenzend cedarhout (dit geldt ook de aluminium ramen).
- 

**Overzicht 2: Geïdentificeerde degradatieverschijnselen gevelwerk GAB (stap IB).**

Buiten de hier geïdentificeerde direct waarneembare verschijnselen is het mogelijk dat er verschijnselen met betrekking tot het oxyderen van de bevestigingsmiddelen zijn opgetreden, te weten  $Ox_{j=4/j=6}$ . Er kunnen echter geen waarnemingen gedaan worden omdat de delen blind geschroefd zijn en de spouw niet kan worden geopend<sup>1</sup>.

Verder zijn verschijnselen als buiging en bol-, hol- of scheluwtrekking van de verschillende componenten ook niet waargenomen. Indien aanwezig zouden deze zeker zijn waargenomen en gemeten. De overige in overzicht 1 beschreven verschijnselen konden niet worden geïdentificeerd.

Voor de vaststelling van de vochtgehalten,  $Vi_{j=1/j=2/j=3}$ , zijn metingen verricht door het centrum voor Houttechnologie van TNO-Bouw. De meetresultaten zijn weergegeven in tabel 1. Alleen de vochtgehalten van component 3 blijken relevant voor de analyse. De metingen zijn verricht vanaf maaiveld tot aan circa 2.00 meter boven maaiveld (hoger hoeft niet vanwege de dakoverstek). In feite zou men echter het vochtgehalte van de componenten over een langere periode moeten meten zodat er een indicatie ontstaat van de lengte en de frekwentie van de periode(n) gedurende welke een component een te hoog vochtgehalte kent.

---

<sup>1</sup>. Geschikte niet destructieve detectie apparatuur is hiervoor nog niet voorhanden.

<i>IC</i> ):	component	N-W	N-O	Z-O	Z-W
j=1	western red cedar	20	17-18	18-20	18-20
j=2	iroko	14-15	14-15	14-15	14-15
j=3	vuren bevestigingslat	19-22	20-24	18-20	20-23

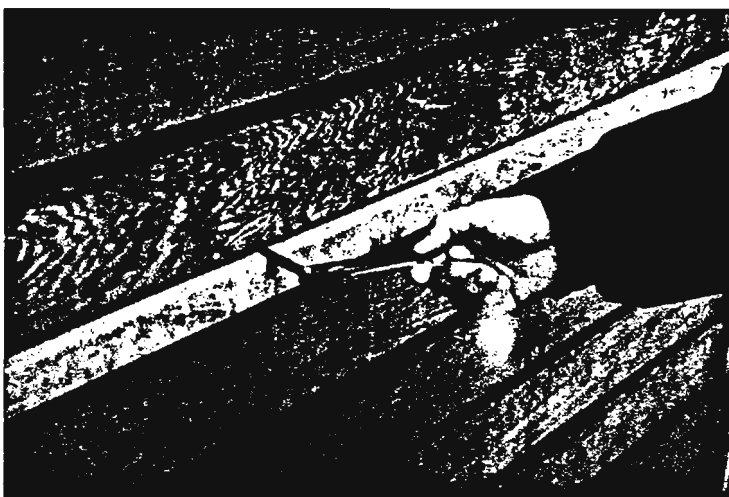
---

**Overzicht 3: Vochtgehalten op 5-3-1991/15.00 uur in % (bron: TNO-bouw)**

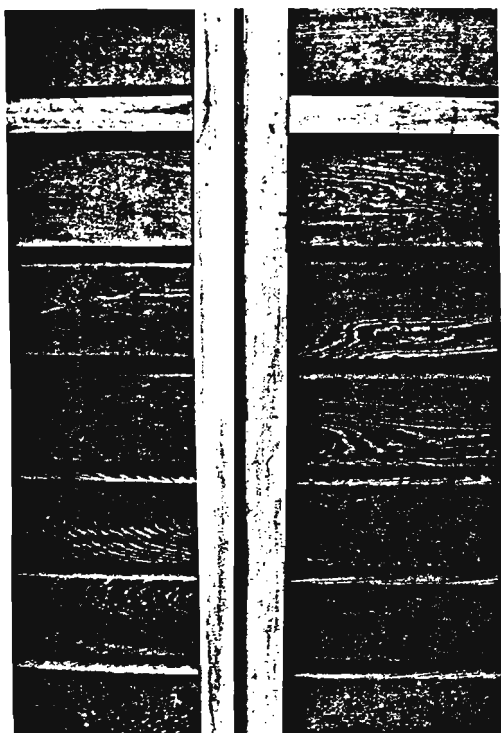
Afbeeldingen



Afb. 1 Kiervorming in de iroko component ( $L_{j-2}$ ). Frekwent optredend.

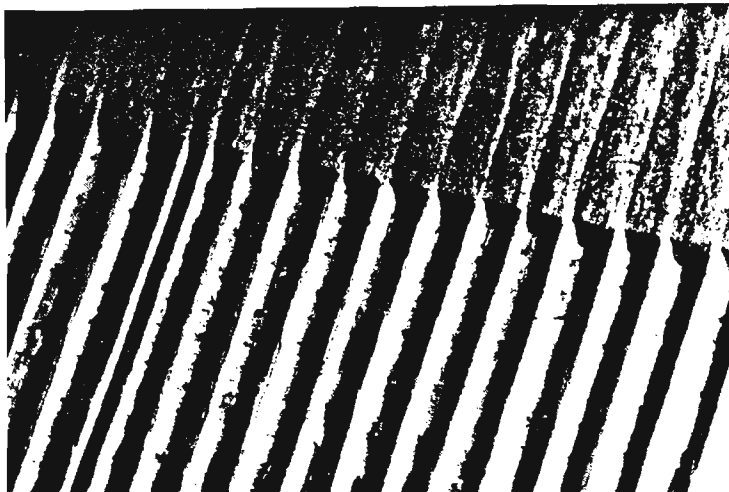


Afb. 2 Kiervorming vuren lat ( $L_{j-3}$ ). Treedt algemeen op. (niet zichtbaar op foto)

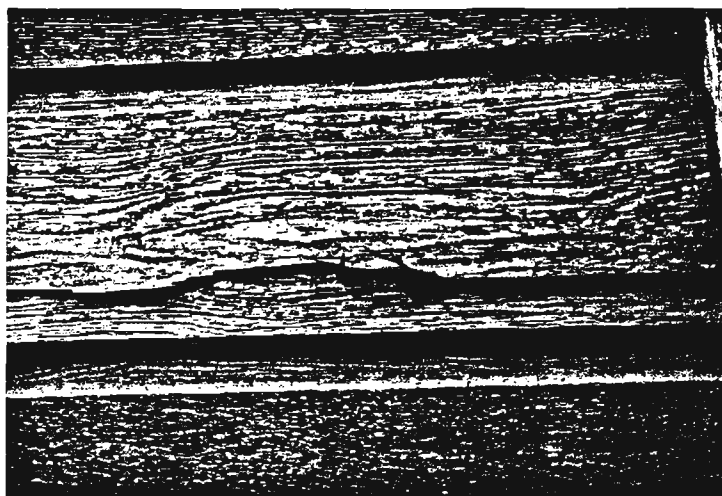


Afb. 3 Kromtrekking iroko ( $Tr_{j-2}$ ). 1x optredend.

Afbeeldingen



Afb. 4 Verruwing oppervlakte western red cedar ( $T_{x,1}$ ). Treedt algemeen op.



Afb. 5 Scheurvorming western red cedar ( $S_{x,1}$ ). Af en toe optredend.



Afb. 6 Scheurvorming iroko ( $S_{x,2}$ ). Af en toe optredend.

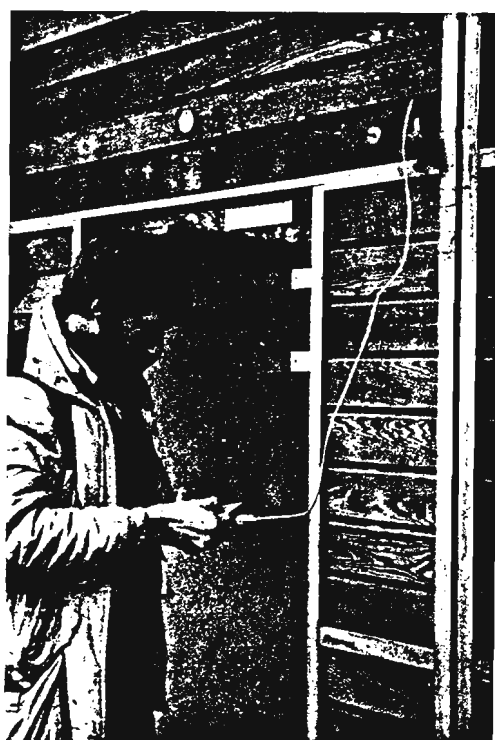
Afbeeldingen



Afb. 7 Scheurvorming iroko ( $S_{p,2}$ ). Foutieve detaillering.



Afb. 8 Schilfering iroko ( $Fl_{p,2}$ ). Treedt op bij 'natte gevels'.



Afb. 9 Hoge vochtgehaltes vurehout ( $Vi_{p,3}$ ). Treedt algemeen op.

## 3.2 DE BEOORDELINGSFASE

Deze fase kenmerkt zich door de vraagstelling: 'welke verschijnselen zijn *bepalend* voor de conditie van de gevel?'. Uit de in fase I verkregen gegevens trachten we een beeld te schetsen van de op termijn vermoedelijk zwakke punten van het bouwdeel in relatie tot de optredende degradatieprocessen<sup>2</sup>. Voorts trachten we de op de componenten inwerkende agentia te identificeren, alsmede een inschatting te geven van de mate van werkzaamheid en beschikbaarheid<sup>3</sup> ervan. Ook moet in deze fase blijken of de gegevens die uit de inspectie-fase te voorschijn zijn gekomen, zowel in omvang als kwaliteit, voldoende zijn.

In de eerste stap van fase II van het K-M-S werken we met het criterium 'procesmatigheid'. We beschouwen hierbij een verschijnsel als het effect van een degradatiefactor en kijken of dit effect zodanig is dat aannemelijk wordt dat het verschijnsel symptoom van een degradatieproces zou kunnen zijn. Als dit niet het geval is definiëren we het verschijnsel als een z.g. ad-hoc verschijnsel (hieronder verstaan we verschijnselen welke geen continu inwerkende degradatiefactoren kennen maar juist incidenteel voorkomende, zoals beschadigingen, maar ook materiaalfouten, uitvoeringsfouten, e.d.).

En en ander leidt in stap IIA) tot de volgende analyse van de waargenomen c.q. gemeten verschijnselen:

V=1  $L_{j=2}$

Kiervorming ontstaat op deze leeftijd van de gevel (5 jaar) vooral ten gevolge van de initiële krimp van het iroko, hoe gering ook bij deze houtsoort[3]. In een later stadium komt daar de degradatie van de lijm bij. Reeds nu treedt kiervorming tamelijk frekwent op, maar is op dit moment zeker (nog) geen algemeen optredend verschijnsel. Wel kan er sprake zijn van een verdieping

---

<sup>2</sup> De overzichten hiervoor in de vorm van F.M.E.A.'s (Failure Mode and Effect Analysis), zijn op dit moment voor het materiaal hout nog in ontwikkeling.

<sup>3</sup> Naast de intensiteit van de aanwezige degradatiefactoren is de continuïteit van de toevoer van belang. Feitelijk dient onderzoek naar de degradatiefactoren te worden ondersteund door in-situ metingen.



van de kieren (door de hoger wordende vochtigheid van het hout rondom de kier laat de lijm op steeds grotere diepte los). Deze degradatie vormt een procesmatig verschijnsel.

V=2  $L_{j=3}$

Ook deze kiervorming resulteert uit een hoge vochtigheid van het aangrenzende hout, m.n. het vurehout, waardoor de lijmnaad loslaat. Het verschijnsel komt algemeen voor en is zeker ook procesmatig van aard.

V=3  $Tr_{j=2}$

Pas gezaagd iroko heeft de neiging om krom te trekken [5]. Dit effect kan ook na de verwerking en montage nog wat najlen. In het bestek zijn om al te grote lengtes te vermijden vingerlassen voorgeschreven. Kromtrekking is derhalve een soms in het begin optredend incidenteel verschijnselen dat verder niet procesmatig is.

V=4  $Kl_{j=1}$

Verkleuring van het western red cedar ontstaat ten gevolge van de inwerking van zonlicht en ten gevolge van het proces van uitloging van houtsappen genaamd Thujaplicine door waterstromen (neerslag, schoonmaakwater). Dit sap is aanwezig zowel in als buiten de cellen van het hout (cellulair en intercellulair). Thujaplicine is een sterke antistof tegen schimmels en rotbacteriën. Uitloging begint bij het losse, intercellulaire sap dat snel uitspoelt, vooral uit het snelgegroeide voorjaarshout. Tevens komen ligninebestanddelen uit het oppervlaktehout los en spoelen mee. Behalve een verkleuring geeft dit ook een oppervlakteverruwing waardoor vuil zich beter en langdurig kan aanhechten (zie V=14). Na een reeks van jaren (western red cedar valt in duurzaamheidsklasse II) komt de bestandheid en daarmee de werking van de cellulose in het geding doordat ook hier de thujaplicine langzaam verdwijnt.

V=5  $Kl_{j=2}$

Komt algemeen voor en is ook procesmatig. We tekenen echter aan dat dit verschijnsel, ook al is het representatief voor een doorgaande tendens, voor de constructieve duurzaamheid van het stijl- en regelwerk weinig van belang is.

- V=6  $Txt_{j=1}$   
 De oppervlakteverruwing hangt als verschijnsel sterk samen met de degradatie zoals beschreven onder V=4. Als specifieke degradatiefactor geldt de UV straling die het lignine afbreekt. Dit betekent dat het verschijnsel overal voorkomt en procesmatig van aard is.
- V=7  $S_{j=1}$   
 De geïdentificeerde scheurtjes zijn een gevolg van het cyclisch natworden en drogen van het hout. Ervaring leert dat scheurtjes die na een paar jaar zijn ontstaan meestal niet meer groeien. Wel is het van belang om te zien of er geen grenswaarde bestaat voor de scheurtjes (diepte zowel als breedte) i.v.m. de kans op het initiëren van andere processen. Als dit zo blijkt te zijn moet het bouwwerk op het voorkomen van te grote scheurtjes nagekeken worden. De scheurvorming is incidenteel noch procesmatig.
- V=8  $S_{j=2}$   
 Idem als onder V=7.
- V=9  $Fl_{j=2}$   
 Houtschilfering bij iroko komt incidenteel voor, ook in het geval van het GAB. We kunnen echter niet uitsluiten dat de geïdentificeerde schilfers toch procesmatig zijn, m.n. aan de natte westgevels (N-W en Z-W). De dorpels zijn zodanig in de gevel opgesloten dat het iroko bij natworden nauwelijks of niet kan uitzetten. (Dilataties alsmede vervormbaar voegmateriaal ontbreken). De drukspanningen die hierdoor ontstaan kunnen het harde, splijtbare hout op zwakke plekken( d.w.z. op hoeken en randen) laten schilferen.
- V=10  $R_{j=2}$   
 In principe wel een procesmatig verschijnsel maar vooralsnog zeer incidenteel. Materiaalfout.
- V=11  $Vi_{j=3}$   
 Een te hoge vochtigheid (tot 23%) komt algemeen voor in het vurehout. De vochtigheid zal echter nog verder stijgen als het rottingsproces daadwerkelijk een aanvang neemt. Procesmatig verschijnsel.
- V=12  $Mo_{j=1}$   
 Incidenteel waargenomen verschijnsel (N-O gevel). Alleen procesmatig van belang indien de omstandigheden zouden verergeren, hetgeen niet kan worden verwacht.

V=13  $Ga_{j=1;a}$

De afzetting van wit stof is een zich plaatselijk afspelend maar waarschijnlijk wel procesmatig verschijnsel. Het treedt op bij een tweetal gevelvlakken op de zuidgevel die als rooster voor de ventilatie dienen. Procesmatig maar plaatselijk.

V=14  $Ga_{j=1;b}$

Door de oppervlakteverruwing ( $M=6$ , Txt) ontstaat er voor stof, vuil en roet een veel betere aanhechtingsmogelijkheid. Komt algemeen voor op plaatsen waar uitloging van het hout optreedt. Procesmatig.

V=15  $Ga_{j=2}$

De afzetting van houtsappen, eventueel gecombineerd met schoonmaakmiddelen, is op het lagere gevelwerk op het iroko algemeen waarneembaar. Een proces dat alleen in de jaren na de oplevering van de gevel een rol kan spelen. (Voor de aluminium delen geldt: houtsappen kunnen aluminium aantasten.)

In overzicht 4 worden de proces-verschijnselen samengevat. Aangezien we in het vervolg van de analyse zullen trachten deze processen als functie van de tijd te beschouwen, zullen we hier als aanduiding van het bedoelde proces de notatie  $D_{j=x}(t)$  hanteren, waarbij de D staat voor het type degradatie, bijv. L (kiervorming), Fl (schilfering), etc.

IIA):	Versch.	Code	Proc. ?	Aand.	Samenhang
	V=1	$L_{j=2}$	ja	$L_{j=2}(t)$	Degradatie lijm of pen + gat verbindingen
	V=2	$L_{j=3}$	ja	$L_{j=3}(t)$	Degradatie lijm, meer vocht, rot, etc.
	V=3	$Tr_{j=2}$	nee	--	
	V=4	$Kl_{j=1}$	ja	$Kl_{j=1}(t)$	Oppervl.verruwing
	V=5	$Kl_{j=2}$	ja	$Kl_{j=2}(t)$	
	V=6	$Txt_{j=1}$	ja	$Txt_{j=1}(t)$	Verkleuring, etc.
	V=7	$S_{j=1}$	nee	--	Vochtgehalte
	V=8	$S_{j=2}$	nee	--	Vochtgehalte
	V=9	$Fl_{j=2}$	?	$Fl_{j=2}(t)$	
	V=10	$R_{j=2}$	nee <sup>4</sup>	--	

<sup>4</sup> In wezen wel een procesmatig verschijnsel. Alleen niet op dit moment in het geval voor het gevelwerk van het GAB.

V=11	$V_{i_{j=3}}$	ja	$V_{i_{j=3}}(t)$	Schimmels, rot, etc.
V=12	$Mo_{j=1}$	nee	--	Vochtgehalte
V=13	$Ga_{j=1a}$	ja	$Ga_{j=1a}(t)$	?
V=14	$Ga_{j=1b}$	ja	$Ga_{j=1b}(t)$	Vocht, schimmels
V=15	$Ga_{j=2}$	nee	--	Aantasting aluminium

---

Overzicht 4. Geïdentificeerde degradatieprocessen en hun samenhang.

Uit het bovenstaand overzicht resulteren 9 verschijnselen die procesmatig zijn en dus 6 verschijnselen die (voorlopig) uit de beschouwing geschrapt kunnen worden. We spreken van 9 geïdentificeerde processen. Ook geeft het overzicht de samenhang tussen bepaalde processen. Hierdoor ontstaat een inzicht in het ingewikkelde, samengestelde proces dat aan het kwaliteit-verlies van het gevelwerk ten grondslag ligt. Om het inzicht hierin verder te ontwikkelen trachten we in de volgende stap een inventarisatie te maken van de schade zoals die door door de verschillende processen teweeg kan worden gebracht.

P=1  $L_{j=2}(t)$

Het proces van toenemende kiervorming in de iroko constructie, kan de stabiliteit van het gevelwerk danwel van sommige segmenten daaruit, aantasten. Dieper en breder wordende kieren laten een vochtbelasting toe aan de houtverbindingen en lijmlaag. In bepaalde gevallen (zie GAB geveltekeningen) kunnen kieren die de grens van waterdoorlatendheid<sup>5</sup> hebben bereikt, aangrenzende of achterliggende bouwdelen van binnenuit met water belasten.

P=2  $L_{j=3}(t)$

Dit proces, dat uiteindelijk in schimmelgroei en houtrot zal resulteren, kan, wanneer een stadium is bereikt waarin de treksterkte kritisch wordt, ertoe leiden dat de tengels plaatselijk losraken en de gevelbekleding inclusief tengels voor bepaalde segmenten instabiel wordt.

P=3  $Kl_{j=1}(t)$

---

<sup>5</sup> In het K-M-S:  $Lw(t)$ , zie [1].

Het met het verkleuringsproces samenhangende verschijnsel van het afnemende Thujaplicine gehalte in de celwanden van het western red cedar leidt:

- a) tot een doorsnede-vermindering van de beplankingen
- b) tot een verhoogde kans op schimmelgroei op het western red cedar in de vorm van plaatselijke aantastingen.

Uiteindelijk zal dit proces ook invloed hebben op het hout rondom de bevestigingsmiddelen, waardoor op termijn onthechting kan optreden.

**P=4  $Kl_{j=2}(t)$**

Van het iroko verkleurings- en uitlogingsproces is weinig bekend. Schade aan het gevelwerk hierdoor valt echter in de regel niet te verwachten.

**P=5  $Txt_{j=1}(t)$**

De afbraak van lignine, en later ook van cellulose, leidt net zoals onder P=3 tot:

- a) doorsnede-vermindering
- b) een groter buitenoppervlak met een grotere hoeveelheid aangehecht vuil w.o. zout dat vocht vasthoudt en zodoende de voedingsbodem vormt voor de groei van schimmels, etc.
- c) verminderde hechting voor verflagen, in het geval men zou willen besluiten de delen alsnog van een verflaag te voorzien[6].

**P=6  $Fl_{j=2}(t)$**

T.a.v. het schilferingsproces van het iroko merken we op dat het onwaarschijnlijk is dat de reeds ontstane schilferholten zodanig zullen groeien dat door de doorsnede-vermindering van de dorpels de stabiliteit van de gevel of van bepaalde gevelsegmenten, in gevaar komt. Kenmerkend voor iroko is namelijk de, meestal, rechte draad waardoor de weerstand m.b.t. nieuwe schilferingen telkens groter wordt.

**P=7  $Vi_{j=3}(t)$**

Dit proces is te zien als voorloper van P=2;  $L_{j=3}(t)$ .

**P=8  $Ga_{j=1a}(t)$**

Ten aanzien van de aard van dit proces is nog onvoldoende bekend.

**P=9  $Ga_{j=1b}(t)$**

Proces verloopt parallel aan de processen beschreven bij P=3 en P=5.

In overzicht 5 zijn enkele conclusies van stap IIB weergegeven:

<i>IIB</i> ):	Proces	Code	Schade	Vervolgschade
P=1	$L_{j=2}(t)$		speling in verbindingen	instabiliteit gevel(-segmenten) j=2.
P=2	$L_{j=3}(t)$		schimmelgroei, rot j=3	loskomen tengels
P=3	$Kl_{j=1}(t)$		esthetisch	doorsnedevermindering j=1, leidend tot vergrote kans op onthechting bevestigingsmiddelen j=4.
P=4	$Kl_{j=2}(t)$	--	--	--
P=5	$Txt_{j=1}(t)$	-- <sup>6</sup>	-- <sup>6</sup>	zie P=3.
P=6	$Fl_{j=2}(t)$ <sup>7</sup>		esthetisch	-- (wel bijdrage aan schade t.g.v. P=1)
P=7	$Vi_{j=3}(t)$		schimmelgroei, rot j=3	zie P=2.
P=8	$Ga_{j=1/a}(t)$		esthetisch	?
P=9	$Ga_{j=1/b}(t)$	--	--	zie P=3.

---

Overzicht 5 Analyse schade/vervolgschade van de geïdentificeerde processen

### 3.3 MECHANISMEN VAN KWALITEITSVERLIES

Nu zullen we trachten de geïdentificeerde processen te bundelen in z.g. procesketens of 'mechanismen van kwaliteitsverlies'. Hierdoor zijn we namelijk in staat binnen de ingewikkelde samenloop van processen te onderscheiden zodat daarmee kan worden onderkend in welk stadium een kwaliteitsverlies zich

---

<sup>6</sup> Voor zover overschilderen een optie is: verslechtering hechting op te brengen verlaagd.

<sup>7</sup> Het feit dat er nog betrekkelijk weinig schilferingsverschijnselen bij het iroko geïdentificeerd zijn, zou kunnen worden verklaard doordat het proces nog in een vroeg stadium is.

momententeel bevindt. Dit houdt in dat we moeten trachten de vervolgprocessen van de thans geïdentificeerde processen te voorspellen en een daarvoor een toekomstscenario vast te stellen.

Op grond van overzicht 5 kunnen we drie mechanismen van kwaliteitsverlies zien. Het eerste mechanisme (M=1) begint bij de kiervorming in het stijl- en regelwerk (j=2) en leidt uiteindelijk tot instabiliteit van de gevelkonstructie, te beginnen bij de hoeksegmenten. De processen die in dit mechanisme een rol spelen zijn:

<b>M=1:</b>	$L_{j=2}(t)$	aanvangsproces, geïdentificeerd
	$V_{i_{j=2}(t)}$	vervolgproces, niet geïdentificeerd
	$Mo_{j=2}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	$R_{j=2}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	Degradatie lijm	aanvangsproces, geïdentificeerd
	$V_{i_{j=5(pennen)}(t)}$	vervolgproces, niet geïdentificeerd
	$R_{j=5}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	$Fl_{j=2}(t)$	parallelproces dat de bovenstaande processen kan versnellen, geïdentificeerd

De tweede vorm van kwaliteitsverlies zien we in de spouw ontstaan. Het mechanisme begint bij de aantasting van de vurenhouten latten (eerst de bovenste dorpellatten, later de verticale randlatten) en leidt uiteindelijk tot het geheel of gedeeltelijk loskomen van de gevelbeplanking (inclusief tengels, zie detailtekeningen GAB-gevelwerk, detailnummers 49, 51 en 52). De processen die in dit mechanisme een rol spelen zijn:

<b>M=2:</b>	$L_{j=3}(t)$	aanvangsproces, geïdentificeerd
	$V_{i_{j=3}(t)}$	vervolgproces, geïdentificeerd
	$Mo_{j=3}(t)$	idem/niet geïdentificeerd
	$R_{j=3}(t)$	idem/niet geïdentificeerd
	Degradatie lijm	aanvangsproces, geïdentificeerd

$Ox_{j=0}(t)^8$	vervolgproces, niet geïdentificeerd
$Kl_{j=1}(t);$	
$Txt_{j=1}(t);$	parallele processen welke, vanwege de optredende
$Ga_{j=1}(t)$	doorsnedevermindering en de daarmee gepaard gaande vergroting van de waterdoorlatendheid van de beplanking, de bovenstaande processen kunnen versnellen, geïdentificeerd

De derde lijn van kwaliteitsverlies ontstaat ten aanzien van de beplanking. Dit mechanisme werkt als volgt. De uitloging van de inhoudstoffen (zichtbaar via het verschijnsel verkleuring) leidt via doorsnedevermindering, oppervlakteverruwing, vervuiling en verzuring tot plaatsen waar onthechting van de bevestigingsmiddelen gaat optreden. De processen die in dit mechanisme een rol spelen zijn:

<b>M=3:</b>	$Kl_{j=1}(t)$	aanvangsproces, geïdentificeerd
	$Txt_{j=1}(t)$	idem, geïdentificeerd
	$Ga_{j=1}(t)$	vervolgproces, geïdentificeerd
	$Vi_{j=1}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	$Mo_{j=1}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	$R_{j=1}(t)$	idem, niet geïdentificeerd
	$S_{j=1}(t)$	parallelproces dat aan bepaalde processen een bijdrage kan leveren en andere processen kan vertragen (extra vocht aanbod versus extra ventilatie), geïdentificeerd als verschijnsel
	$Lw_{j=1}(t)$	vervolgproces (vergroting van de waterdoorlatendheid) dat zowel de processen van dit mechanisme als de processen van mechanismen 1 en 2 kan versnellen, niet geïdentificeerd

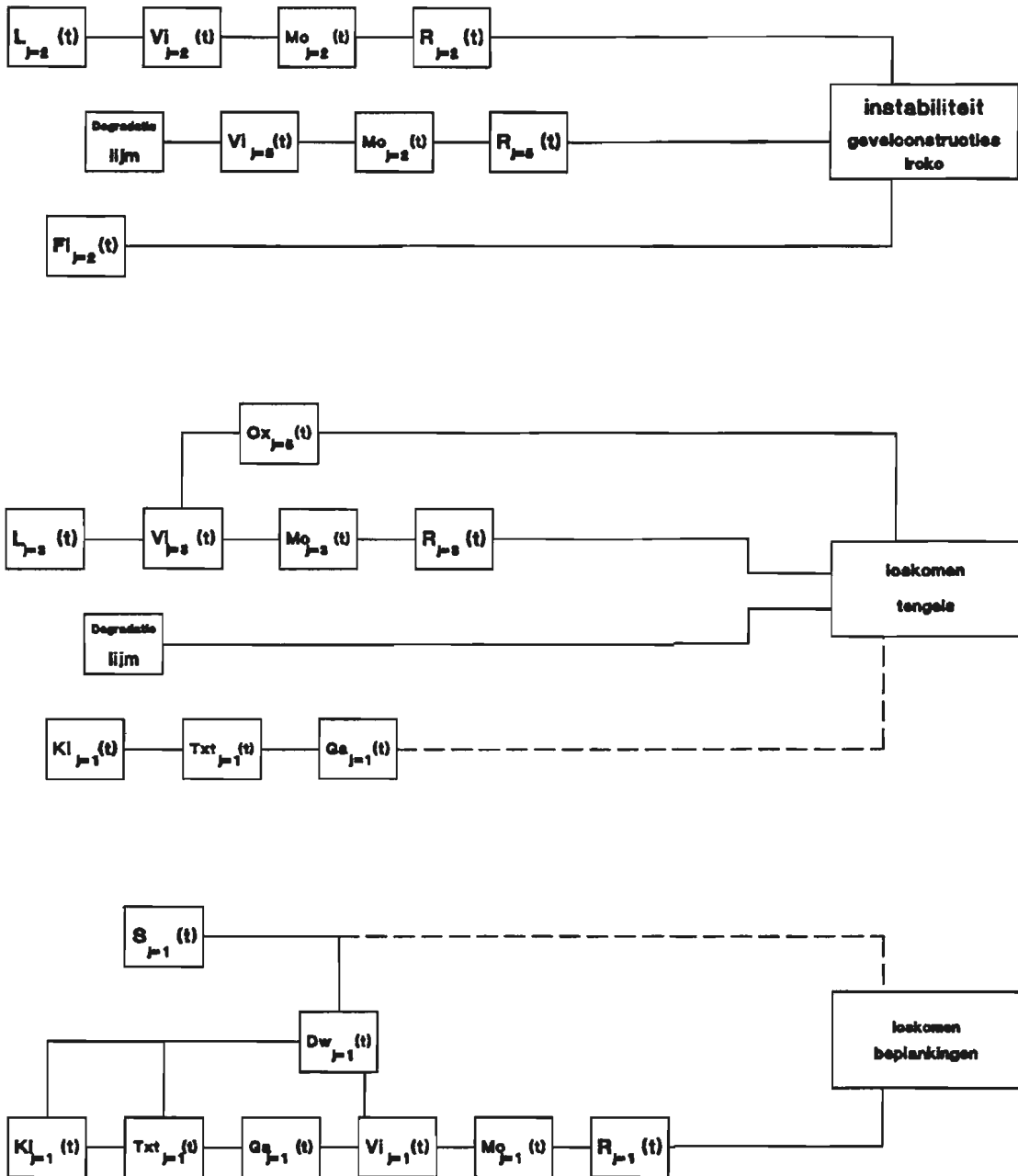
---

<sup>8</sup> Bedoeld wordt het oxydatieproces van de schroeven waarmee de tengels aan de vuren latten zijn bevestigd.



In overzicht 6 zijn de drie beschreven mechanismen van kwaliteitsverlies schematisch weergegeven. De mechanismen blijken 'ketens' van parallel verlopende, elkaar opvolgende en elkaar beïnvloedende processen.

**IIB):**



Overzicht 6 Analyse procesketens naar bezwijktype

### 3.4 RICHTLIJNEN VOOR KWANTIFICERING

De vraag die het K-M-S nu stelt is: *in welke stadia verkeren de hierboven gedefiniëerde mechanismen  $M=1$ ,  $M=2$  en  $M=3$  ?* Dit is een vraag die de kwantificering van de geïdentificeerde degradaties aan de orde stelt. We dienen:

- a) te bepalen in welke mate en omvang de geïdentificeerde processen optreden en wat voor kwantificeringen hiervoor mogelijk c.q. nodig zijn (hetgeen betekent dat fase 1 nog eens moet worden overgedaan, maar nu meer kwantitatief, d.w.z. m.b.v. meetmethoden);
- b) te bepalen wat de maximale mate en omvang van de gedefiniëerde mechanismen zou kunnen zijn: ofwel hoeveel degradatie hebben we nog te gaan. Dit vergt een methode voor de kwantificering van de degradaties die überhaupt mogelijk zijn.

Hierbij zijn telkens twee aspecten van belang, de *omvang* van de optredende degradatie ten aanzien van de *geometrie* van het bouwdeel (ofwel de degradatieratio) en de *graad* of het *stadium* waarin een degradatieproces optreedt. Dit houdt in dat we willen weten in hoeveel gevallen / bij welke segmenten een verschijnsel of proces bij een bepaalde bouwdeel-materiaalcombinatie in een bepaalde graad/stadium optreedt. Bruikbare grootheden hiervoor zijn bijvoorbeeld:

- aantal strekkende meter kier met kierbreedte vanaf ... mm;
- aantal latten met, op plaatsen, een vochtgehalte vanaf ...%;
- aantal latten waar op plaatsen kleiner dan .... cm<sup>2</sup>, schimmelgroei of houtrot aanwezig is;
- aantal dorpels met schilfers groter dan ... cm<sup>3</sup>;

De volume-grootheid wordt in de inspectiefase gemeten (hetgeen in deze case-studie nog maar beperkt is gebeurd) en kan in absolute en relatieve waarden worden uitgedrukt. Voor de relatieve waarden is een bepaling nodig van wat de maximale omvang van een proces of verschijnsel.

Ook is het van belang dat we inzicht krijgen in het stadium van het processen waarin de componenten zich plaatselijk en/of gemiddeld bevinden. Hanteerbare grootheden hiervoor zijn bijvoorbeeld:

- gemiddelde kierbreedte en -diepte per component, van de segmenten;

- gemiddeld houtvochtgehalte per component, van de segmenten;
- gemiddeld doorsnede-verlies per component, van de segmenten;
- maximale doorsnede-verlies per component, van de segmenten;

Voor deze 'voortgangsgedaten' geldt de vraag hoe de omvang van bouwdeel-degradatieverschijnselen in situ kan worden gemeten. In het K-M-S rapport [1] zijn hiertoe overzichten opgenomen van technische maatstaven en van meetmethoden zoals ze voor verschillende in de Nederlandse bouwpraktijk voorkomende bouwdeel-materiaalcombinaties kunnen worden opgesteld (tabellen II en III). Aanvullingen en bijstellingen hiervoor zijn echter zeker nog nodig.

In het geval van het gevelwerk van het GAB leidt dit, op grond van de geïdentificeerde processen uit overzicht 5 en 6, tot de volgende kwantificeringsbehoefte:

- I Een overzicht van de grootheden waarmee het Degradatie-Volume van het gevelwerk kan worden berekend.
- II Een overzicht van de grootheden waarmee de Degradatie-Voortgang kan worden berekend.
- III Een overzicht van de te hanteren technische en/of beleidsmatige grenswaarden van de mechanismen  $m=1$ ,  $m=2$  en  $m=3$ .

Voor de hierboven aangegeven gewenste kwantificeringen geldt dat er op dit moment voldoende expertise noch hulpmiddelen ontwikkeld zijn c.q. elders bestaan, om de gestelde vragen te kunnen beantwoorden op een wijze zoals dat in het kader van de K-M-S systematiek gewenst zou zijn.

### 3.5 PROGNOSE EN BELEIDSFASE

Uit het kwantificeren van de stadia van de processen en daarmee het bepalen van de stadia van de drie beschreven mechanismen is het mogelijk om een eerste indruk te krijgen van de relevantie van de mechanismen voor de technische levensduur of de

onderhoudsbehoefte van het bouwdeel. Indien dit kan worden aangevuld met gegevens over de snelheden waarmee de processen in de toekomst waarschijnlijk zullen verlopen is men in staat uit te rekenen welk mechanisme het *snelst* tot de beëindiging van de levensduur of van de onderhoudsperiode zal leiden. Hiermee is dan *mathematisch onderbouwd welk mechanisme voor een bouwdeel in een bepaalde samenstelling en omstandigheid* het meest relevant is. Vervolgens kunnen we dan ook definiëren welke processen, eigenschappen en prestaties voor dat bouwdeel in een bepaald stadium het meest relevant zijn, hetgeen weer van belang is voor het opstellen van meetprogramma's in situ.

De vraag: '*in welk stadium verkeren de in stap IIB opgestelde mechanismen ?*', kan dus alleen worden beantwoord als we de procesketens van de mechanismen verder kwantificeren en daarbij uitrekenen welke omvang in een bepaalde graad nodig is om uiteindelijk het laatste bezwijkproces van de keten met een bepaalde waarschijnlijkheid in werking te doen treden.

## 4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 4.1 Ten aanzien van het vaststellen van de oorspronkelijke conditie

Voor de beschrijving van de oorspronkelijke conditie van een bouwdeel is het alleen opsommen van prestatie-eisen en materiaalspecificaties uit het bestek in het kader van een prognose-systematiek *onvoldoende*. Voor een zinvolle definiering van de O.C. is het nodig om:

- 4.1.1 Selectie vooraf van 'degradatiegevoelige nuttige eigenschappen' van de bouwdelen d.m.v. ervaringen, literatuur of gepubliceerde FMEA's.
- 4.1.2 Aan de hand van het bovenstaande: selectie van kwaliteitsaspecten en maatstaven die zowel technisch als beleidsmatig van belang kunnen zijn.
- 4.1.3 Meting van bouwdelen direct na oplevering van het bouwdeel volgens richtlijnen K-M-S en vastlegging van deze meetresultaten als Oorspronkelijke Conditie.

### 4.2 Ten aanzien van het meet-onderzoek in situ

In het kader van de voortgaande kwantificering die de systematiek vraagt zou het nodig zijn om de reeds verrichte merendeel visuele inspectie van het gevelwerk aan te vullen en te verbeteren. De volgende processen zouden dan het eerst voor een (aanvullende) kwantificering in aanmerking komen:

- 4.2.1 Proces  $P=1$ ,  $L_{j=2}(t)$  (kieren in de verbindingen iroko)  
Ten aanzien van dit proces moet de inventarisatie (kierbreedten, kierdiepten en kierlengten) worden verbeterd, waarbij ook aandacht moet worden besteed aan eventuele blootstelling van de pen- en gatverbindingen aan vochtinslag.
- 4.2.2 Proces  $P=3$ ,  $Kl_{j=1}(t)$  (uitloging/verkleuring western red cedar)  
Ten aanzien van proces  $P=3$  is het meten van het Thujaplicinegehalte in de tijd via monsterneming en chemische analyse mogelijk. Het thujaplicinegehalte van het hout is via monsterneming in een laboratorium meetbaar (niet in situ). Omdat het thujaplicinegehalte de resistentie van het hout tegen schimmelgroei bepaalt vormt dit gehalte een bruikbare maatstaf voor de mate waarin het hout biologisch aangetast raakt.
- 4.2.3 Proces  $P=6$ ,  $Fl_{j=2}(t)$  (schilfering iroko)

Ten aanzien van dit proces is nog onvoldoende duidelijkheid. Om het optreden ervan vast te stellen zouden gedurende een bepaalde tijd per gevelvlak de groei van het 'schilfervolume' kunnen worden gemeten. Voor P=6 geldt dat we als technische maatstaf het aantal schilfers en wellicht ook het volume ervan zouden kunnen nemen.

#### 4.2.4 Proces P=7, $V_{i=3}(t)$ (vochtgehalte vuren latten)

Ten aanzien van dit proces weten we dat er afhankelijk van de weersomstandigheden sprake is van toenamen en afnamen. Vandaar dat de meetwaarden 'seizoen-gecorrigeerd' zouden moeten zijn. Dit houdt in dat metingen gedurende de seizoenen enige keren moeten worden herhaald voordat de definitieve kwantificering van dit proces kan worden gedaan.

#### 4.2.5 Checq het voorkomen van processen.

Ten aanzien van de onder M=1, M=2 en M=3 beschreven niet geïdentificeerde processen zal vervolgininspectie duidelijkheid moeten geven. Het verdient aanbeveling om deze processen plus de plaatsen waar zij het eerste zouden kunnen waargenomen c.q. gemeten op een cheque-list te plaatsen.

### 4.3 Ten aanzien van de verdere ontwikkeling

Om tot uitgewerkte en toetsbare conclusies te komen met betrekking tot de termijn waarop een bepaalde vorm van onderhoud zou moeten worden gepleegd of waarop rekening moet worden gehouden met het einde van de (technische) levensduur, werkt het K-M-S met referentiebronnen. Omdat het hier onderzochte gevelwerk zeldzaam in Nederland voorkomt, levert het zoeken van goede referentie-objecten problemen op. Voorts is het belangrijk dat van de meest relevante processen, zie hierboven, voor de GAB expositieomstandigheden geldende degradatiemodellen worden ontwikkeld.

#### 4.3.1 Ga na welke objecten interessant zouden zijn om te dienen als referentie-object.

Herhaal de inspecties bij deze referentie-objecten met leeftijden van 0 jaar, 10 jaar en 25 jaar of ouder.

#### 4.3.2 Bezie of de met zekerheid vastgestelde geïdentificeerde processen mathematisch kunnen worden beschreven, bijvoorbeeld via het algemene degradatiemodel:

$$D_{jMm}(t) = A (t)^B.$$

## 5 LITERATUURVERWIJZING

Voor deze rapportage is gebruik gemaakt van gegevens afkomstig van/uit:

1. "Een Kwaliteit-Meet-Systeem voor bouw delen", Concept rapport in het kader van het IOP-BOUW, jan 1990.
2. TNO-Bouw Houtinstituut, mondeling en schriftelijk overgedragen informatie, maart 1991.
3. "Houtvademeccum", gepubliceerd door de Stichting Centrum Hout Naarden, 6e druk 1990.
4. "Forest Products Journal" (tijdschrift)
  - "Weathering Effect on Thujaplicin Concentration in Western Redcedar Shakes", Eric L. Johnson en A.J. Cserjesi; Vol.30 No.6, 1980.
5. NEN 5482, iroko, 1989.  
NEN 5471, western red cedar, 1989.
6. "Forest Products Journal" (tijdschrift)
  - "Adhesion of paint to weathered wood", R. Sam Williams et al.; Vol.37 No.11/12, 1987.
7. "Forest Products Journal" (tijdschrift)
  - "Defect detection in lumber: State of the Art", R. Szymani en K. McDonald; Vol.31 No.11, 1981.
8. "Forest Products Journal" (tijdschrift)
  - "Role of density in the erosion of wood during weathering", J. Sell en W. Feist; Vol.36 No.3, 1986.