

Veiligheidsbeoordeling van Asfaltdijkbekledingen

Achtergrondrapport bij het toetsen van asfaltdijk-
bekledingen volgens het Voorschrift Toetsen op
Veiligheid (VTV)



Veiligheidsbeoordeling van Asfaltdijkbekledingen

Achtergrondrapport bij het toetsen van asfaltdijkbekledingen
volgens het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV)

Uitgegeven door: Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat Generaal Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA Delft
(Van der Burghweg 1, 2628 CS)

Informatie: Helpdesk Waterkeren
Telefoon: 015 - 251 85 50
E-mail: Helpdesk@waterkeren.nl

Uitgevoerd door: KOAC-NPC
Postbus 2756,
3500 GT Utrecht,
(Winthontlaan 28, 3526 KV)
Telefoon: 030 - 287 69 50
Telefax: 030 - 288 78 44



Auteurs: A.K. de Looff (KOAC-NPC)
I.H.B. van Vilsteren (KOAC-NPC)
C.C. Montauban (DWW)

In opdracht van: RWS, DWW

Opmaak: Strapatz bv
Delft, 1 november 2005

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Symbolenlijst	7
Lijst met gebruikte afkortingen	9
Begrippenlijst.....	11
1 Inleiding.....	15
1.1 Algemeen	15
1.2 Opzet van het rapport	15
1.3 Kwaliteit van bekledingen.....	16
1.4 Historie (ontwikkeling toetsmethode voor asfalt)	20
1.5 LTV-1999.....	22
1.6 Beschouwde asfaltsoorten	24
1.7 Faalmechanismen en beoordelingssporen	26
1.8 Vastleggen gegevens.....	30
1.9 Dijkvakken (secties)	31
2 Belastingen	33
2.1 Inleiding	33
2.2 Zone-indeling	33
2.3 Materiaaltransport	34
2.4 Golfklap	35
2.5 Wateroverdruk.....	36
2.6 Bezwijken van de onderlaag	37
3 Sterkte	39
3.1 Inleiding	39
3.2 Visuele inspectie	39
3.3 Bepaling van de aanwezige laagdikte.....	44
3.4 Materiaaltransport	47
3.5 Golfklap	48
3.6 Wateroverdruk.....	51
3.7 Bezwijken van de onderlaag	52
4 Beoordeling Materiaaltransport.....	53
4.1 Principe	53
4.2 Beoordelen van de inspectieresultaten.....	54
4.3 Normen voor onbelaste zone en golfploopzone	56
4.4 Stap 1: Toetsing ernst en omvang	57
4.5 Stap 2: Geavanceerde toetsing (nadere beoordeling schade)	58

5	Beoordeling Golfklap	59
5.1	Principe	59
5.2	Stap 1: Toepasbaarheidsvoorwaarden Eenvoudige methode.....	60
5.3	Stap 2: Eenvoudige methode.....	65
5.4	Stap 3: Berekening met GOLFKLAP	69
5.5	Stap 4: Visuele inspectie.....	71
5.6	Stap 5: Geavanceerde toetsing	72
5.7	Toetsing van samengestelde lagen	74
6	Beoordeling wateroverdruk	77
6.1	Principe	77
6.2	Stap 1: Eenvoudige toetsing	78
6.3	Stap 1.2: Toetsing met maximaal vereiste laagdikte	80
6.4	Stap 2: Geavanceerde toetsing wateroverdruk.....	86
7	Beoordeling bezwijken onderlaag	87
7.1	Principe	87
7.2	Reststerkte van de toplaag	87
7.3	Reststerkte van de onderlagen	88
8	Toetsing van overgangsconstructies	91
8.1	Principe	91
8.2	Schadebeelden	91
8.3	Stap 1: Eenvoudige toetsing Overgangsconstructies bij asfaltbekledingen	92
8.4	Stap 2: Geavanceerde toetsing Overgangsconstructies bij asfaltbekledingen	
	(nadere beoordeling schade)	93
	Literatuur	95
	Bijlage 1: statistische verwerking onderzoeksresultaten	99
	Bijlage 2: rekenvoorbeelden bij toetsen op wateroverdrukken	103
	Bijlage 3: beschrijving van het uitvoeren van een boorprogramma, standaard en mechanisch onderzoek	107
	Bijlage 4: berekening van de equivalente laagdikte volgens Odemark	115
	Bijlage 5: voorbeelden van inspectieformulieren	117
	Appendix 1: Schadecatalogus	119
	Appendix 2: Niet-destructief onderzoek (NDO)	153
	Appendix 3: Beheer en onderhoud	179

Samenvatting

In 2004 is het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) uitgebracht. Met behulp van dit Voorschrift moeten de waterkeringen om de vijf jaar worden getoetst op veiligheid. Per constructieonderdeel van de waterkering wordt een methode gegeven waarmee een oordeel over de veiligheid kan worden vastgesteld. Voor asfaltbekledingen is een achtergrondrapport opgesteld omdat de informatie in het VTV beknopt is en voor het uitvoeren van de toetsing veel achtergrondinformatie nodig is. Bovendien is asfalt een complex materiaal. Het beoordelen van de conditie van asfaltbekledingen volgens formele regels is daardoor slechts beperkt mogelijk. In dit rapport wordt aangegeven welke problemen bij de formele toetsing worden ondervonden en hoe beheerders en adviseurs hiermee om kunnen gaan.

In het rapport zijn alle onderdelen van de tekst uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid opgenomen, die betrekking hebben op asfaltbekledingen. Daarnaast is aanvullende informatie aan de tekst toegevoegd.

In hoofdstuk 1 is de bedoeling van het rapport behandeld, is het principe van de toetsing uitgelegd en zijn de verschillende asfaltbekledingen nader toegelicht. Ook is de ontwikkeling van de toetsmethode voor asfaltbekledingen behandeld en is aangegeven hoe deze heeft geresulteerd in het huidige systeem van faalmechanismen en beoordelingssporen. Ook is aangegeven hoe een dijk wordt ingedeeld in dijkvakken (of secties).

In hoofdstuk 2 zijn de belastingen behandeld. Aan de hand van de vier faalmechanismen is aangegeven welke gegevens daarbij nodig zijn. Daarbij is ook aangegeven hoe een dijkvak (sectie) wordt onderverdeeld in belastingszones.

In hoofdstuk 3 is de sterkte van de bekleding behandeld. Aan de hand van de vier faalmechanismen is aangegeven welke gegevens daarbij nodig zijn. In dit hoofdstuk is ook de visuele inspectie behandeld omdat waargenomen schade van invloed is op de sterkte.

In hoofdstuk 4 is het faalmechanisme materiaaltransport behandeld. De toetsing op dit spoor bestaat uit een beoordeling van het gevaar van zanduittrekking en het vóórkomen van gaten, scheuren en openstaande naden in de asfaltbekleding. Hiervoor worden de gegevens van de visuele inspectie gebruikt.

In hoofdstuk 5 is de beoordeling op golfbelastingen behandeld. Hierin is de eenvoudige methode besproken waarbij m.b.v. grafieken de benodigde laagdikte wordt bepaald. Vervolgens is de gedetailleerde toetsing d.m.v. het programma GOLFKLAP behandeld. Bij de geavanceerde beoordeling op golfbelastingen is slechts globaal aangegeven welke stappen moeten worden doorlopen omdat voor deze onderdelen specialistische hulp moet worden ingeschakeld.

In hoofdstuk 6 is de beoordeling op wateroverdrukken behandeld. Stapsgewijs is aangegeven hoe de benodigde laagdikte kan worden bepaald. Ook het toetsen van bekledingen met verloop van laagdikte is hier behandeld.

In hoofdstuk 7 is de sterktebeoordeling van de onderlaag beschreven.

In hoofdstuk 8 is de beoordeling van overgangsconstructies behandeld. Hierbij zijn tevens schadevoorbeelden opgenomen.

In de bijlagen is aangegeven hoe het onderzoek naar benodigde gegevens wordt uitgevoerd en hoe de gegevens worden bewerkt. Ook zijn uitgewerkte voorbeelden gegeven van de faalmechanismen.

In Appendix 1 is de schadecatalogus opgenomen. Hierin is a.h.v. praktijkvoorbeelden duidelijk gemaakt welke schade voorkomt.

In Appendix 2 is het gebruik van niet destructieve onderzoekmethoden (NDO) behandeld. Aan de hand van praktijkvoorbeelden wordt duidelijk gemaakt hoe deze methoden worden ingezet en wat het nuttig gebruik hiervan is.

Het Voorschrift Toetsen op Veiligheid beperkt zich tot veiligheidsaspecten. Het dagelijks beheer van de waterkering wordt bij de veiligheidsbeoordeling niet in beschouwing genomen terwijl beheer en toetsen op veiligheid in de dagelijkse praktijk wel met elkaar zijn verweven.

Daarom zijn in Appendix 3 richtlijnen gegeven om het beheer en onderhoud van de bekleding te integreren in de veiligheidstoetsing.

Symbolenlijst

a of a_f	vermoeiingsparameter [-]
a	de verticaal gemeten afstand van de onderkant van de gesloten bekleding tot de maatgevende buitenwaterstand [m]
B	breedte van de gesloten teenbescherming, gerekend vanaf de onderzijde van de gesloten asfaltbekleding [m]
d	benodigde laagdikte [m]
$d_{5\%}$	laagdikte met een kans dat er een kleinere laagdikte wordt aangetroffen gelijk aan 5%
d_{gem}	gemiddelde laagdikte [m]
$d_{l,eq}$	equivalente laagdikte van de toplaag [m]
d_l	dikte van de toplaag [m]
d_2	dikte van de onderlaag [m]
$d_{tot,eq}$	totale equivalente laagdikte [m]
d_{tot}	totale laagdikte [m]
d_{min}	minimaal vereiste laagdikte [m]
$d_{v,max}$	benodigde laagdikte [m]
$d_{v,max,r}$	maximaal vereiste laagdikte inclusief reductie [m]
$d_{v(y)}$	de benodigde laagdikte op y meter van de onderkant van de gesloten bekleding [m]
E_{dyn}	Elasticiteitsmodulus, bepaald met een dynamische proef [MPa]
E_{vgd}	Elasticiteitsmodulus, bepaald door middel van ValGewichtDeflectie metingen [MPa]
E_1	stijfheidsmodulus toplaag [MPa]
E_2	stijfheidsmodulus onderlaag [MPa]
H_s	significante golfhoogte [m]
$H_{\frac{1}{3}}$	significante golfhoogte [m]
k of k_f	vermoeiingsparameter [MPa^{-1}]
L	de diepte van de gesloten damwand ten opzichte van de onderzijde van de gesloten asfaltbekleding [m]
n	aantal waarnemingen [-]
N of N_f	aantal lastherhalingen bij bezwijken [-]
q	parameter waarmee de lengte van de damwand wordt verdisconteerd
q	schuifbelasting (deviatorische belasting)
Q_n	factor, afhankelijk van de taludhelling [-]
r	parameter waarmee de lengte van de gesloten teenbekleding wordt verdisconteerd
R_w	reductiefactor in verband met ligging buitenwaterstand [-]
s	standaardafwijking [-]
t	factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen zoals aangegeven in tabel B1.1
T_m	gemiddelde golfperiode [s]
T_p	golfperiode bij de piek van het spectrum [s]
v	de verticaal gemeten afstand van de maatgevende buitenwaterstand tot de maatgevende grondwaterstand [m]
z	verschil tussen MGW en onderzijde gesloten bekleding [m]
$Z_{2\%}$	golfploophoogte die door 2% van de golven wordt overschreden

α	taludhelling [°]
ε_s	schuifvervorming (deviatorische vervorming)
v_1	dwarscontractiecoëfficiënt toplaag
v_2	dwarscontractiecoëfficiënt onderlaag
ρ_a	volumieke massa van de bekleding [kg/m ³]
ρ_w	volumieke massa van water [kg/m ³]
σ	spanning [MPa]
σ_{\max}	maximale buigspanning van het asfalt [MPa]

Lijst met gebruikte afkortingen

ABO	Beoordelingsspoor Bezwijken van de onderlaag voor asfalt
AGK	Beoordelingsspoor Golfklap voor asfalt
AMT	Beoordelingsspoor Materiaaltransport voor asfalt
AWO	Beoordelingsspoor Wateroverdruk voor asfalt
BPN	Beheerplan Nat
BPW	Beheerplan Waterkeringen
CROW	Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving
DWW	Dienst Weg- en Waterbouwkunde
GAB	Grindasfaltbeton
GGA	Gemiddelde Getij Amplitude
GHW	Gemiddeld Hoogwater (m t.o.v. NAP)
GLW	Gemiddeld Laagwater (m t.o.v. NAP)
GPR	Ground Penetrating Radar
GWS	Gemiddelde Waterstand (m t.o.v. NAP)
HR	Holle ruimte (in asfalt)
IDK	Index Deflectie Kromme
LCA	Life Cycle Analysis (of Levens Cyclus Analyse)
LTV	Leidraad Toetsen op Veiligheid
MHW	Maatgevend Hoogwater (m t.o.v. NAP)
MGW	Maatgevende Grondwaterstand (m t.o.v. NAP)
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NDO	Niet Destructief Onderzoek
RAW	Rationalisatie en Automatisering Wegenbouw (thans CROW)
RWS	Rijkswaterstaat
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
SWL	Stilwater lijn
TAW	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
UV	Ultra Violet (straling)
VDG	Valgewicht deflectie
VTV	Voorschrift Toetsen op Veiligheid
WAB	Waterbouwasfaltbeton

Begrippenlijst

Aselect

op basis van toeval, steekproef waarbij de keuze niet is bepaald door het te onderzoeken kenmerk

Asfaltmastiek

een warm bereid asfalt met een continue gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft.

Beddingsconstante

coëfficiënt die de verhouding aangeeft tussen de door de grond geleverde tegendruk en de zakking van de grond ten gevolge van een bovenbelasting (een parameter die de stijfheid van de ondergrond uitdrukt)

Bezwijken

optreden van verlies van inwendig evenwicht en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen

Consolidatie

het proces van uitpersen van water uit de poriën van het korrelskelet van slecht water doorlatende, samendrukbare grond onder invloed van een belastingverhoging tengevolge van waarvan een volumeverkleining (meestal zetting) zal optreden. De vervorming treedt niet instantaan op maar vertraagd.

Dijkvak/ Damvak/ Dijksectie

een homogeen deel van een waterkering met min of meer gelijke sterkte-eigenschappen en belasting

Dijkstrekking

deel van de dijk waarvan de asfaltbekleding onder één bestek of contract is aangelegd.

Deflectie

dynamische vervorming, doorbuiging

Dicht steenasfalt

een warm bereid asfalt met een mengsel van grof en uniform gegradeerde steenslag en asfaltmastiek, die de holle ruimte in het mengsel vult

Ecologie

leer van de betrekkingen tussen organismen en hun omgeving

Filter

tussenlaag in de taludbekleding die uitspoeling van fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond door de bovenliggende laag van de bekleding voorkomt

Gap graded

korrelverdeling waarin één gradatie ontbreekt

Geofoon

snelheidsopnemer

GENSTAT

statistisch verwerkingsprogramma

Geotextiel

een vlak doorlatend weefsel of vlies, in contact met grond en/of andere materialen toegepast in geotechnische en civieltechnische constructies

Getijzone

zone op het talud tussen gemiddeld hoog- en gemiddeld laagwater

Gemiddelde Getij Amplitude (GGA)

de helft van het verschil tussen Gemiddeld Laagwater en Gemiddeld Hoogwater ten gevolge van getijbeweging

Glijdingsmodulus

verhouding tussen schuifspanning τ en hoekverdraaiing; ook: 1/3 maal de verhouding tussen schuifbelasting q (deviatorische belasting) en schuifvervorming ϵ_s (deviatorische vervorming)

Golfhoogte

de verticale afstand tussen dal en top van een golf

Golfklap

korte drukstoot op het talud die ontstaat doordat de watermassa van een brekende golf het talud met grote snelheid treft

Golfoploop

de hoogte boven de waterstand tot waar een tegen het talud oplopende golf reikt

Golfperiode

tijdsduur tussen twee opeenvolgende neergaande passages van de middenstand van een golf

Karakteristieke waarde

waarde met een voorgeschreven onder- of overschrijdingskans, bepaald op grond van een statistische analyse van beschikbare gegevens

Open steenasfalt

een warm bereid asfalt met een mengsel van grof en uniform gegradeerde steenslag en een ondermaat aan asfaltmestiek, dat een hoog percentage holle ruimte heeft

Penetratie (van bitumen)

de getalwaarde van de indringing, uitgedrukt in eenheden van 0,1 mm, van een standaard naald die verticaal op het oppervlak van een bitumineus materiaal is geplaatst onder gespecificeerde condities van temperatuur, belasting en tijd

Proctordichtheid, maximum

hoogste dichtheid van grond die in een gestandaardiseerde proefprocedure wordt bereikt als het watergehalte wordt gevarieerd

Representatief

in zijn kenmerken een groep of geheel vertegenwoordigend

Significante golfhoogte

gemiddelde golfhoogte van het hoogste 1/3 deel van de golven

Stripping

het indringen van water tussen het mineraal en het bitumen waardoor de hechting wordt verbroken en de samenhang van het asfalt vermindert

Toetspeil

de maatgevende waterstand, gebruikt in het randvoorwaardenboek, die geldig is voor de toetsingsronde.

Valgewicht-deflectiemeting

meting waarbij via de voetplaat door een vallend gewicht een stootbelasting wordt uitgeoefend op de verharding. De deflectie (dynamische vervorming) van de bekleding ten gevolge van de klap wordt door de gefoons gemeten.

Vol en zat

geheel gevuld

Waterbouwasfaltbeton

een warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van steenslag (of grind), zand, vulstof en bitumen, dat een laag percentage holle ruimte heeft

Wateroverdruk

waterdruk onder een gesloten bekleding ten gevolge van een waterstandsverschil binnen en buiten het dijklichaam

Winterstreefpeil

waterstandsniveau dat door de beheerder in de winterperiode wordt nagestreefd

Zandasfalt

een warm bereid asfalt met een gedefinieerde zandgradatie en een ondermaat aan bitumen, dat een hoog percentage holle ruimte heeft.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In 2004 is het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) [RWS, 2004] uitgebracht. Met behulp van dit Voorschrift moeten de waterkeringen om de vijf jaar worden getoetst op veiligheid. Per constructieonderdeel van de waterkering wordt een methode gegeven waarmee een oordeel over de veiligheid kan worden vastgesteld. Voor asfaltbekledingen is besloten een achtergrondrapport op te stellen om de volgende redenen:

- De informatie in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid is beknopt. Voor het uitvoeren van de toetsing is veel achtergrondinformatie nodig.
- Asfalt is een complex materiaal. Het beoordelen van de conditie van asfaltbekledingen volgens formele regels is daardoor slechts beperkt mogelijk. In dit rapport wordt aangegeven welke problemen bij de formele toetsing worden ondervonden en hoe beheerders en adviseurs hiermee om kunnen gaan.
- Het Voorschrift Toetsen op Veiligheid beperkt zich tot veiligheidsaspecten. Het dagelijks beheer van de waterkering wordt bij de veiligheidsbeoordeling niet in beschouwing genomen terwijl beheer en toetsen op veiligheid in de dagelijkse praktijk wel met elkaar zijn verweven. In Appendix 3 Beheer en Onderhoud wordt nader ingegaan op het dagelijks beheer.

In dit rapport zijn alle onderdelen van de tekst uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid opgenomen, die betrekking hebben op asfaltbekledingen. Daarnaast is aanvullende informatie aan de tekst toegevoegd. De tekst en de figuren uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid zijn in een kader (gearceerd) weergegeven.

1.2 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 1 wordt **de bedoeling van dit rapport** behandeld, wordt het principe van de toetsing uitgelegd en worden de verschillende asfaltbekledingen nader toegelicht. Ook wordt de ontwikkeling van de toetsmethode voor asfaltbekledingen behandeld en wordt aangegeven hoe deze heeft geresulteerd in het huidige systeem van faalmechanismen en beoordelingssporen. Ook wordt aangegeven hoe een dijk wordt ingedeeld in dijkvakken (of secties).

In hoofdstuk 2 worden de **belastingen** behandeld. Aan de hand van de vier faalmechanismen wordt aangegeven welke gegevens daarbij nodig zijn. Daarbij wordt ook aangegeven hoe een dijkvak (sectie) wordt onderverdeeld in belastingszones.

In hoofdstuk 3 wordt de **sterkte** van de bekleding behandeld. Aan de hand van de vier faalmechanismen wordt aangegeven welke gegevens daarbij nodig zijn. In dit hoofdstuk wordt ook de visuele inspectie behandeld omdat waargenomen schade van invloed is op de sterkte.

In hoofdstuk 4 wordt het faalmechanisme **materiaaltransport** behandeld. De toetsing op dit spoor bestaat uit een beoordeling van het gevaar van zanduittrekking en het vóórkomen van gaten, scheuren en openstaande naden in de asfaltbekleding. Hiervoor worden de gegevens van de visuele inspectie gebruikt.

In hoofdstuk 5 wordt de beoordeling op **golfbelastingen** behandeld. Hierin wordt de eenvoudige methode besproken waarbij m.b.v. grafieken de benodigde laagdikte wordt bepaald. Vervolgens wordt de gedetailleerde toetsing d.m.v. het programma GOLFKLAP behandeld [DWW/KOAC•NPC,2004]. Bij de geavanceerde beoordeling op golfbelastingen wordt slechts globaal aangegeven welke stappen moeten worden doorlopen omdat voor deze onderdelen specialistische hulp moet worden ingeschakeld.

In hoofdstuk 6 wordt de beoordeling op **wateroverdrukken** behandeld. Stapsgewijs wordt aangegeven hoe de benodigde laagdikte kan worden bepaald. Ook het toetsen van bekledingen met verloop van laagdikte wordt hier behandeld.

In hoofdstuk 7 wordt de sterktebeoordeling van de **onderlaag** beschreven.

In hoofdstuk 8 wordt de beoordeling van **overgangsconstructies** behandeld. Hierbij zijn tevens schadevoorbeelden opgenomen.

In de bijlagen wordt aangegeven hoe het onderzoek naar benodigde gegevens wordt uitgevoerd en hoe de gegevens worden bewerkt. Ook worden uitgewerkte voorbeelden gegeven van de faalmechanismen.

In Appendix 1 is de **schadecatalogus** opgenomen. Hierin wordt aan de hand van praktijkvoorbeelden duidelijk gemaakt welke schade voorkomt.

In Appendix 2 wordt het gebruik van **niet destructieve onderzoekmethoden** (NDO) behandeld. Aan de hand van praktijkvoorbeelden wordt duidelijk gemaakt hoe deze methoden worden ingezet en wat het nuttig gebruik hiervan is.

In Appendix 3 worden richtlijnen gegeven om het **beheer en onderhoud** van de bekleding te integreren in de veiligheidstoetsing.

1.3 Kwaliteit van bekledingen

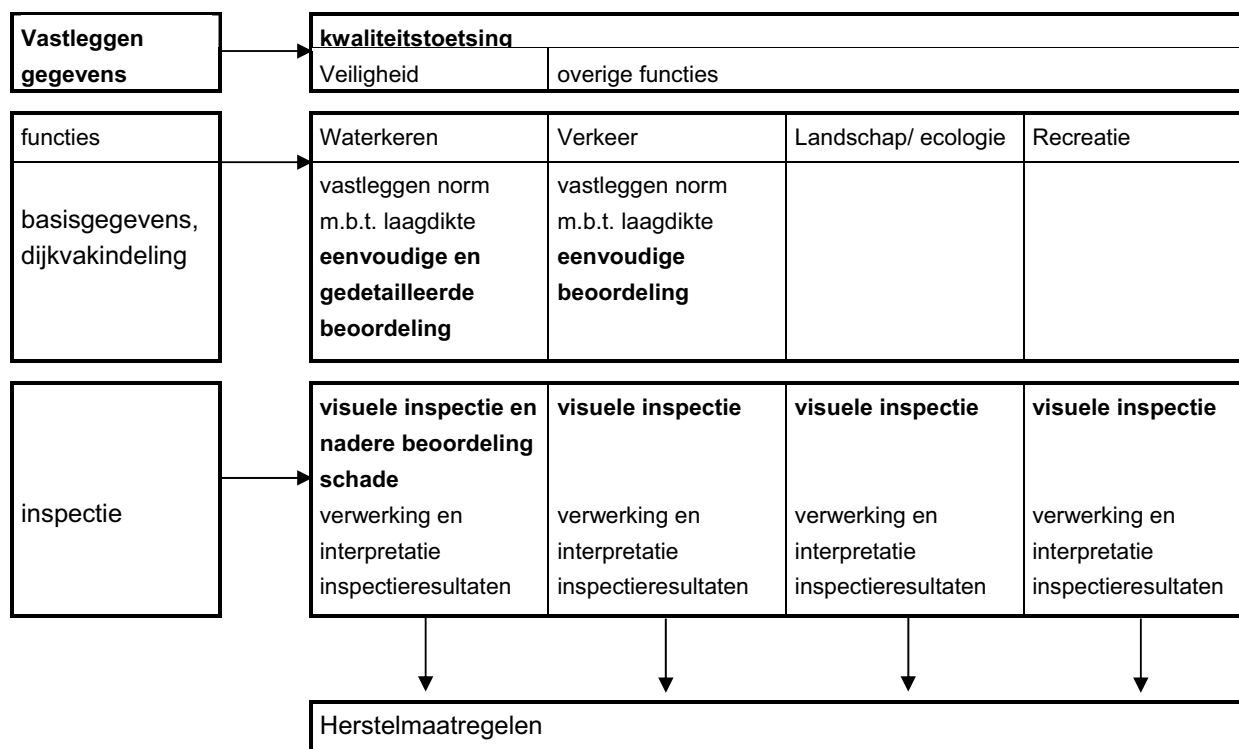
1.3.1 Principe van de kwaliteitstoetsing

Naast het keren van water kan een waterkering andere (gebruiks)functies vervullen zoals verkeer, recreatie en ecologie. Indien alle voor de waterkering van belang zijnde functies worden getoetst, kan dit worden beschouwd als een kwaliteitstoetsing. De veiligheidstoetsing maakt hier deel van uit.

In ISO 9000 wordt het begrip kwaliteit als volgt gedefinieerd: "De mate waarin producten, diensten en goederen voldoen aan de eisen zoals gesteld vanuit het gebruiksdoel."

Een kwaliteitstoetsing omvat dus meer dan alleen een veiligheidstoetsing. In dit rapport wordt primair de veiligheidstoetsing (gebruiksdoel = waterkeren) beschouwd. De methode biedt de mogelijkheid de normen die uit het oogpunt van veiligheid aan de bekleding zijn gesteld te combineren met beheertechnische normen. Hierdoor heeft de methode een grotere bruikbaarheid voor de beheerder.

In het overzicht in figuur 1.1 is de relatie tussen de kwaliteitstoetsing, de veiligheidstoetsing en de toetsing voor dagelijks beheer schematisch weergegeven.

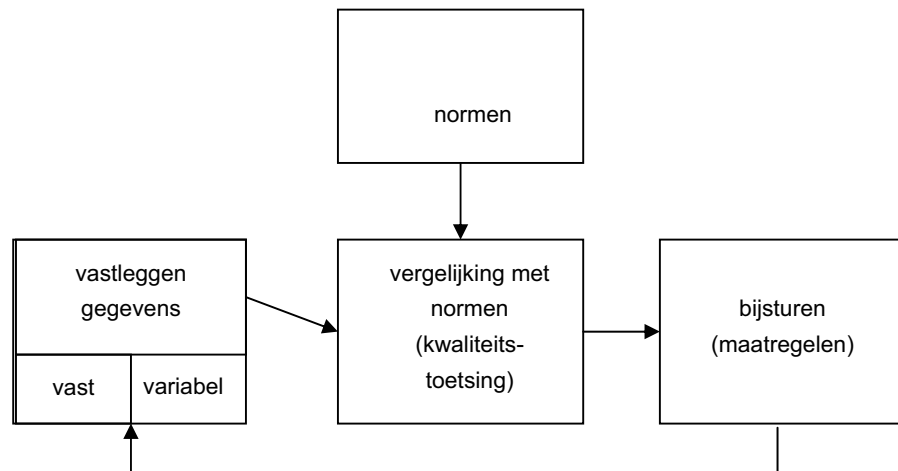


Figuur 1.1: Relatie kwaliteitstoetsing – veiligheidstoetsing

De kwaliteitstoetsing is grofweg in te delen in drie fasen, te weten:

1. *Het vastleggen van de gegevens.* Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen vaste en variabele gegevens. Vaste gegevens zijn bijvoorbeeld ligging en geometrie van de dijk, toegepaste bekledingstype etc. Deze gegevens zijn in principe niet aan verandering onderhevig. Variabele gegevens zijn bijvoorbeeld schadebeelden zoals scheuren. Deze zijn in de loop van de tijd aan veranderingen onderhevig.
2. *Vergelijking met normen.* Om een vergelijking te kunnen maken moeten allereerst de normen zijn vastgelegd. Voor het uitvoeren van deze vergelijking zijn zowel vaste als variabele gegevens benodigd.
3. *Bijsturen.* Als uit de vergelijking met de normen blijkt dat de kwaliteit van de waterkering niet voldoende is, worden onderhoudsmaatregelen uitgevoerd om het gewenste kwaliteitsniveau weer te bereiken. Worden door de onderhoudsmaatregelen constructieve wijzigingen aan de waterkering aangebracht (bijvoorbeeld aanleg van een plasberm of aanbrengen nieuwe bekleding), dan wijzigen de vaste gegevens.

Omdat de derde fase (bijsturen/maatregelen) formeel niet tot de toetsing behoort kan beter worden gesproken over een beheerssysteem. Het principe van het beheerssysteem is weergegeven in figuur 1.2.



Figuur 1.2: Principe beheerssysteem

1.3.2 Functie van bekledingen

In het VTV wordt in Katern 8 onder §1.1 de rol van de bekleding in de veiligheid van de waterkering behandeld:

Rol van de bekleding in veiligheid

Onder bekleding wordt verstaan het gehele pakket dat de kern van de dijk bedekt. Afhankelijk van het type kan de bekleding bestaan uit een toplaag, verschillende soorten tussenlagen (bijvoorbeeld van granulair materiaal of geokunststof) en een onderlaag. In Nederland is deze toplaag meestal van klei. De bekleding kan op diverse wijzen functioneren:

- als noodzakelijke bescherming van het onder/achterliggende grondlichaam;
- ter reductie van de golfloop;
- het leveren van een bijdrage aan de waterdichtheid van de kering;
- ten behoeve van het beperken van onderhoud;
- om de waterkering een esthetisch/natuurlijk uiterlijk te geven.

Vaak is de functie een combinatie van deze vijf.

Bij de toetsing op veiligheid van de bekleding zelf is alleen eerstgenoemde functie van belang; de tweede en derde functie worden niet direct getoetst, maar wel gebruikt als invoerparameters in andere beoordelingssparen:

- de invloed van de bekleding op de golfloop wordt niet in dit Katern behandeld, maar maakt onderdeel uit van de toetsing op Hoogte van dijken en dammen (zie Katern 5). Daarnaast is er een tweede verband met de toetsing op kruinhoogte: vanaf een bepaalde waarde van het overslagdebiet moet worden getoetst of de bekleding van kruin en binnentalud voldoende erosiebestendig is. In Katern 5 wordt voor die toetsing verwezen naar dit Katern 8;

- de bijdrage van de bekleding aan de waterdichtheid van de totale kering wordt niet getoetst: het lekdebiet dat via de bekleding door de dijk heen stroomt is nooit zo groot dat het een voor de veiligheid bezwaarlijk waterbezwaar in de polder kan veroorzaken. Overigens kan de doorlatendheid van de bekleding zelf wel een parameter zijn in de toetsing: de doorlatendheid kan van belang zijn voor de stabiliteit van de bekleding zelf, de ligging van de freatische lijn in het grondlichaam en/of de stabiliteit van het binnentalud bij overslaand of uittredend water.

Dit Voorschrift is bedoeld voor het toetsen van de veiligheid van de gehele kering (zie Katern 1); bezwijken van de bekleding betekent niet noodzakelijk dat de veiligheid van de gehele kering in gevaar is. Om een score ‘voldoet aan de norm’ (technische score ‘voldoende’ of ‘goed’) te halen moet de bekleding er minimaal voor zorgen dat de aantasting van het dwarsprofiel tijdens maatgevende omstandigheden zodanig binnen de perken blijft, dat er geen gevaar voor bresvorming optreedt. Een bekleding kan een score ‘goed’ krijgen als de bekleding zelf ook in maatgevende omstandigheden niet bezwijkt.

(VTV, Katern 8, § 1.1)

In bovenstaande tekst worden naast waterkeren slechts een beperkt aantal andere functies genoemd; functies als verkeer en recreatie ontbreken.

Over het “bezwijken van de bekleding” en het “falen van de kering” bestaan veel misverstanden. Op dit moment wordt onder “bezwijken van de asfaltbekleding” verstaan: het overschrijden van de vermoeiingssterkte van het asfalt. Als dit optreedt zal de bekleding van onderaf gaan scheuren en volgt een zogenaamde scheurgroef fase waarin de scheuren onder invloed van herhaalde belasting door de bekleding heen groeien. De duur van deze fase kan een belangrijke bijdrage leveren aan de veiligheid van de kering, omdat de (gedeeltelijk) gescheurde bekleding nog een zekere reststerkte heeft.

Niet duidelijk is wat onder “een normale staat van onderhoud” moet worden verstaan. Zolang er geen uniform systeem van rationeel onderhoud (zoals het Rationeel Wegbeheer in de wegenbouw) bestaat, zal elke beheerder zijn eigen systeem hanteren en onder “normaal” iets anders verstaan. Rationalisatie van beheer en onderhoud is in dit verband gewenst. In het kader van de Unie van Waterschappen wordt door STOWA gewerkt aan het ontwikkelen van een Beheerplan Waterkeringen (BPW) (zie ook Appendix 3).

1.3.3 Asfaltbekledingen

De meest gebruikte bekledingsmaterialen op waterkeringen in Nederland zijn gras op klei, gezette steenbekledingen, breuksteen en asfalt. Asfalt is een mengsel van bitumen en mineraal aggregaat (steen, zand en vulstof). Afhankelijk van de verhouding waarin deze bouwstoffen worden toegepast, worden verschillende mengsels verkregen. Deze mengsels hebben elk hun specifieke eigenschappen en daardoor hun eigen toepassingen. In het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [TAW, 2002] worden de volgende asfaltsoorten behandeld:

- asfaltbeton (of waterbouwasfaltbeton)
- asfaltmastiek
- gietasfalt
- open steenasfalt
- zandasfalt

In het VTV is de toetsmethode met name opgesteld voor bekledingen van asfaltbeton en open steenasfalt. In beperkte mate geldt deze ook voor met gietasfalt gepenetreerde breuksteenbekledingen. Voor het toetsen van overige (weinig voorkomende) asfaltbekledingen moet specialistische hulp worden ingeroepen.

1.4 Historie (ontwikkeling toetsmethode voor asfalt)

Na de stormvloed in 1953 heeft de toepassing van asfalt in de waterbouw een grote vlucht genomen. Dit had vooral te maken met het feit dat asfalt in onbeperkte hoeveelheden te verkrijgen was en meer gemechaniseerd kon worden verwerkt. Daarmee kon het tekort aan steenzetters en materialen als steen en klei worden ondervangen.

Door de gunstige ervaringen met de toepassing zijn in de jaren '60, '70 en '80 veel waterkeringen voorzien van asfaltbekledingen in het kader van de Deltawet.

Halverwege de jaren '80 was een verschuiving te bespeuren van nieuwbouw naar beheer en onderhoud, en dan speciaal m.b.t. de veiligheid. Dit had alles te maken met de Wet op de Waterkering die in de maak was.

Als start voor de ontwikkeling van de toetsmethode zou 1987 genoemd kunnen worden. In dat jaar kreeg het CUR (werkgroep A27/A28) de opdracht "een praktisch hanteerbare methodiek te ontwikkelen voor een systematische periodieke veiligheidstoetsing".

Daarbij hadden beheerders laten blijken niet zozeer behoefte te hebben aan B&O-methoden maar meer aan inzicht in het gedrag van constructies onder extreme belastingen.

Genoemde werkgroep heeft zich daarom vooral bezig gehouden met een 3-tal aspecten:

a) Schademechanismen

Mechanismen die bij extreme belastingen tot schade leiden, bijvoorbeeld grondmechanische instabiliteit, erosie van bekledingen en piping. Bij asfaltbekledingen werden met name extreme belastingen als golfklappen en overdrukken onderkend.

b) Verouderingsmechanismen

Mechanismen die bij gebruik(-sbelasting) de constructie veranderen. Bij asfaltbekledingen veranderen eigenschappen onder invloed van externe factoren als licht, lucht, water en warmte.

c) Toestandskenmerken

Eigenschappen die een rol spelen bij extreme mechanismen, een tijdsafhankelijk gedrag vertonen en meetbaar zijn (aan een schadebeeld gekoppeld). Bij asfaltbekledingen kan vermindering van sterkte leiden tot schadebeelden als erosie (aantasting) en scheurvorming.

Met bovenstaande aspecten is een theoretische beschouwing gemaakt over de veiligheid van waterkeringen. Deze theoretische achtergrond is vertaald naar een beoordeling aan de hand van schadebeelden, die bij toetsing aan normen een oordeel over de veiligheid opleveren.

Deze methode is door projectgroep TAW-A4 "Asfalttoepassingen" geadopteerd voor het ontwikkelen van een toetsmethode voor asfaltbekledingen.

Hiervoor is de theoretische beschouwing in alle details op asfaltbekledingen losgelaten; dit heeft zich beperkt tot de 3 meest toegepaste bekledingen:

- Waterbouwasfaltbeton
- Open steenasfalt
- Gietasfaltpenetratie in breuksteen

Aan de hand van een inventarisatie van aanleg- en onderhoudsgegevens van circa 100 werken in Zeeland, Groningen en Friesland zijn 11 werken geselecteerd, die nader op duurzaamheid zijn onderzocht. Met dit onderzoek is vastgesteld welke theoretische schadebeelden in de praktijk voorkomen.

Opzet toetsmethode:

Met behulp van de CUR-methode [CUR, 1991] en het duurzaamheidsonderzoek van TAW-A4 [Oranjewoud, 1991] is een voorlopige toetsmethode uitgewerkt. Het principe van deze toetsmethode bestaat uit het beoordelen van de bekleding op grond van de aanleggegevens en de visuele inspectie. Bij het oordeel T (twijfel) wordt in detail nader onderzoek verricht. Bij het oordeel O (onvoldoende) wordt de onderlaag beoordeeld.

Deze methode is uitgeprobeerd op een 4-tal werken, waar nogal wat schade aanwezig was:

- Vlissingen (Waterbouwasfaltbeton)
- Veerse Dam (Waterbouwasfaltbeton)
- Noordland (Open steenasfalt)
- Tholen (Open steenasfalt)

Aan de hand van deze ervaringen is de zogenaamde “groene” versie van de toetsmethode opgesteld, de LTV-1996 [TAW, 1996].

Omdat het resultaat toch niet helemaal naar wens was, zijn de eerder bestudeerde cases opnieuw beoordeeld. Daarbij zijn nieuwe inzichten over golfklappen en overdrukken in beschouwing genomen.

Daarnaast is meer aandacht geschonken aan dynamisch materiaalonderzoek. Werden sterkte en stijfheid eerst uit nomogrammen afgeleid (zoals in de Leidraad voor de toepassing van Asfalt in de Waterbouw [TAW, 1984]), nu werd uitgebreid onderzocht wat de actuele sterkte en stijfheid was van bekledingen.

Ook werden diverse beheerders uitgenodigd om ervaring op te doen met de groene versie, zodat onvolkomenheden en onduidelijkheden zouden blijken. Het hanteren van de methodiek door beheerders bleek toch veel lastiger dan verwacht. Veel details (met name de asfalttechnologische) bleken voor beheerders niet voldoende eenduidig. Deze bevindingen waren aanleiding om de toetsmethodiek grondig onder de loupe te nemen.

Dit heeft geleid tot een 3-tal rapporten:

- Handleiding voor de toetsing van waterbouwasfaltbetonbekledingen [Oranjewoud, 1998a].
- Handleiding voor de toetsing van open steenasfaltbekledingen [Oranjewoud, 1998b].
- Schadecatalogus [Oranjewoud, 1996].

In de handleidingen is een uitvoerige toelichting op de verbeterde toetsmethode beschreven. Dit betrof zowel de manier waarop dijkvakken kunnen worden ingedeeld als beschouwingen over de wijze waarop de verschillende toetsstappen moeten worden doorlopen. Naast het toetsen is ook aandacht geschonken aan beheer en onderhoud. De projectgroep was van mening dat de

informatie uit het toetsproces niet alleen van belang is voor de veiligheidstoetsing, maar ook nuttig kan worden gebruikt in het (dagelijks) beheer.

1.5 LTV-1999

De handleidingen zijn gebruikt om een verbeterde toetsmethode te beschrijven, die in de LTV-1999 [TAW, 1999] is opgenomen. Daarbij bleek dat veel achtergrondinformatie niet in de LTV kon worden opgenomen. Dat heeft tot het idee geleid dat deze achtergrondinformatie eigenlijk in een apart rapport beschikbaar zou moeten zijn (= onderhoudig rapport).

De toetsmethode was principieel niet gewijzigd en bestond nog steeds uit 5 stappen. In figuur 1.3 is het te hanteren beoordelingsschema uit de LTV 1999 weergegeven, waarin ook de onderlinge samenhang is opgenomen:

- eenvoudige beoordeling
- gedetailleerde beoordeling
- visuele inspectie
- nadere beoordeling schade
- beoordeling onderlaag

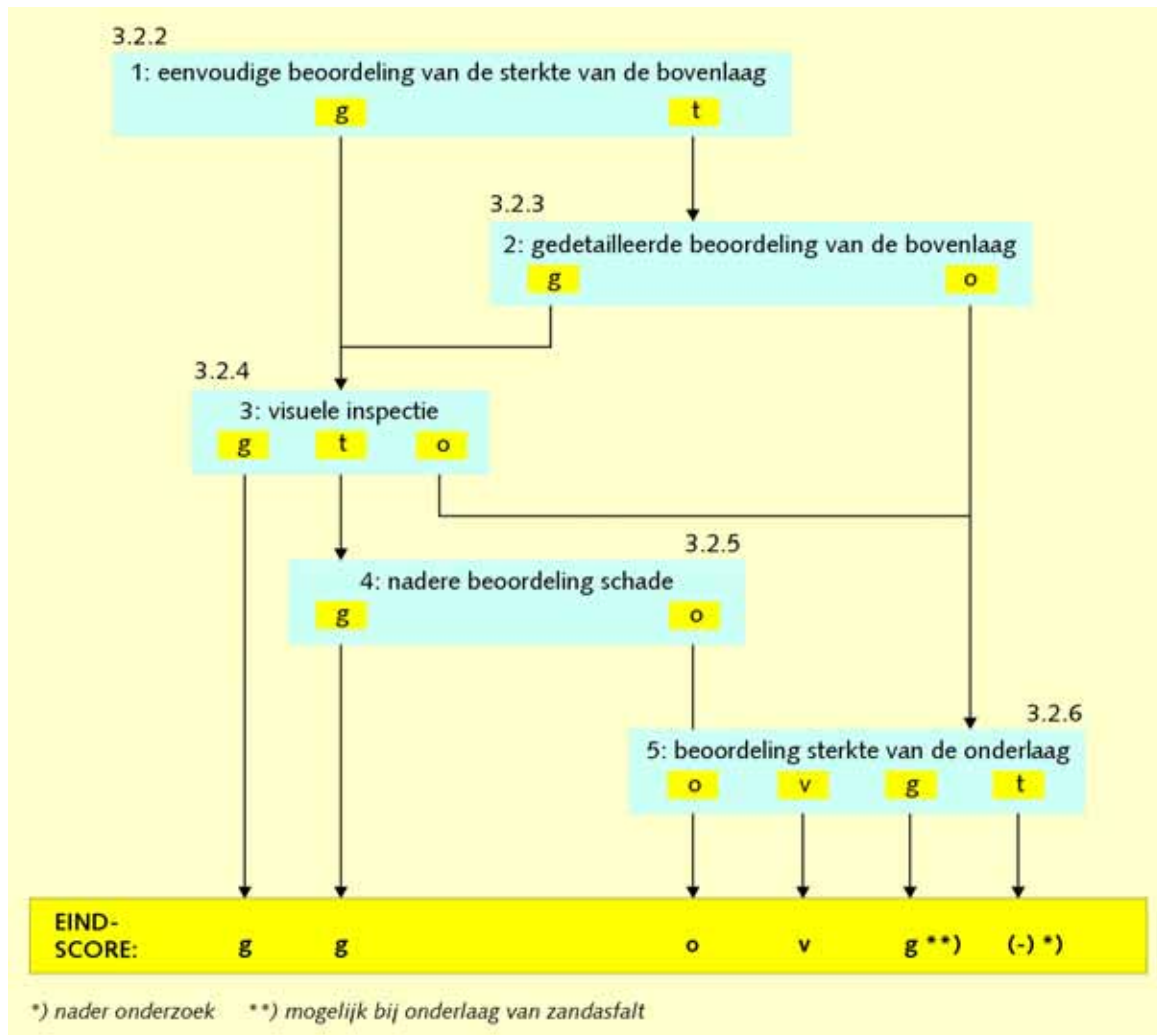
Bij de **eenvoudige beoordeling** van de sterkte van de bovenlaag wordt met behulp van bekende gegevens en eenvoudige hulpmiddelen nagegaan of de laag in beginsel voldoende sterk is.

Bij de **gedetailleerde beoordeling** van de sterkte van de bovenlaag wordt met behulp van materiaalonderzoek en bijzondere hulpmiddelen (rekenmodellen) nagegaan of de laag werkelijk voldoende sterk is.

Bij de **visuele inspectie** van de bekleding wordt aan de hand van waargenomen schade nagegaan of de laag in beginsel voldoende sterk is.

Bij de **nadere beoordeling van de schade** wordt met behulp van materiaalonderzoek en bijzondere hulpmiddelen (rekenmodellen) nagegaan of de laag werkelijk voldoende sterk is.

Bij de **sterktebeoordeling van de onderlaag** wordt nagegaan of deze laag voldoende sterkte biedt na bezwijken van de toplaag.



Figuur 1.3 Beoordelingsschema LTV-1999 (g = goed, v = voldoende, t = twijfelachtig, o = onvoldoende)

1.6

1.6 Beschouwde asfaltsoorten

In het VTV wordt bij §3.1.1 Definitie en afbakening aangegeven welke asfaltbekledingen wel en niet worden behandeld:

Definitie en afbakening

In dit hoofdstuk worden de toetsregels voor asfaltbekledingen gegeven. Zoals aangeduid in tabel 8 - 1.1 worden niet alle bekledingstypen expliciet behandeld. De regels in dit hoofdstuk zijn alleen geldig voor de volgende typen:

1. waterbouwasfaltbeton;
4. geprefabriceerde open steenasfaltmatten (eventueel) met wapening;
5. open steenasfalt;
6. zandasfalt;
7. breuksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat);

(VTV, Katern 8, § 3.1.1)

Bovenstaande asfaltbekledingen zijn in het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [TAW,2002] als volgt omschreven:

1. waterbouwasfaltbeton;

Waterbouwasfaltbeton (Grindasfaltbeton) is een continue gegradeerd mengsel van steenslag (of grind), zand en vulstof waarvan de poriën (holle ruimte) nagenoeg gevuld zijn met bitumen. Door een hoog steengehalte is het mengsel stabiel en de lage holle ruimte (tot 6%) resulteert in een water- en zanddicht mengsel. Het is daarom uitermate geschikt als taludbekleding boven hoog water. Hiertoe wordt het in één laag aangebracht en verdicht. Na aanbrengen vormt dit mengsel een stijve plaat die goed bestand is tegen hydraulische belastingen als golfklappen, maar toch voldoende flexibel om zettingen te kunnen volgen.

4. geprefabriceerde open steenasfaltmatten (eventueel) met wapening;

5. open steenasfalt;

Open steenasfalt is een mengsel van grof en eenzijdig gegradeerde steenslag die wordt omhuld met asfaltmastiek. Door een hoog gehalte aan steenslag heeft het asfalt een hoge holle ruimte en is daardoor doorlatend, zowel voor water als voor grond. Onder deze bekleding wordt daarom een grond dicht filter aangebracht (geotextiel of zandasfalt). Open steenasfalt wordt als open bekleding toegepast op dijk taluds en oevers en door de hoge stabiliteit ook op steile taluds. Onder water wordt het als geprefabriceerde mat aangebracht.

6. zandasfalt;

Zandasfalt (gebitumineerd zand) is een mengsel van zand en een geringe hoeveelheid bitumen. De bitumen vult de holle ruimte nauwelijks, zodat het materiaal zeer poreus en waterdoorlatend is, maar door de kleine poriën zanddicht. Door het hoge zandgehalte is de stabiliteit van zandasfalt vergelijkbaar met die van het gebruikte zand. Zandasfalt wordt toegepast als filterlaag onder een open bekleding en als tijdelijke bekleding.

7. breuksteen, gepenetreerd met asfalt (vol en zat);

Vol en zat gepenetreerde breuksteen is een bekleding waarvan de holle ruimte tussen de stenen (meestal 4-50 kg of 10-60 kg) volledig wordt gevuld met gietasfalt. Hierdoor ontstaat een waterdichte bekleding die wordt toegepast als dijkbekleding in zwaar belaste zones. Het gietasfalt is een mengsel van grind, zand en vulstof met een overmaat aan bitumen waardoor het bij verwerken vloeibaar is. Na afkoelen is het een stabiel, flexibel en dicht mengsel waardoor het bijzonder duurzaam is.

De volgende aanverwante bekledingstypen worden niet behandeld in dit Voorschrift omdat ze minder vaak voorkomen:

2. asfaltmastiek;
3. dicht steenasfalt;
8. baksteen/betonsteen/basalt, gepenetreerd met asfalt (vol en zat);
9. breuksteen, gepenetreerd met asfalt (patroonpenetratie).

Voor de toetsregels van type 2, 3 en 9 wordt verwezen naar het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [19]; type 8 wordt behandeld in het Technisch Rapport Steenzettingen [18].

(VTV, Katern 8, § 3.1.1)

In die gevallen waarbij een type (2), (3), (8) of (9) bekleding is toegepast, wordt aanbevolen specialistische hulp in te schakelen.

Asfaltbekledingen bestaan uit een bovenlaag en soms uit één of meerdere onderlagen. De onderlaag is gedefinieerd als een laag die uit een ander materiaal bestaat dan het dijklichaam en bovendien een andere functie vervult dan de bovenlaag. De volgende onderlagen komen, apart of in combinatie, voor:

- klei;
- keileem;
- zandasfalt;
- geotextiel;
- loskorrelige materialen, zoals mijnsteen, grind en steenslag;

In veel constructies wordt de bovenlaag echter direct op het kernmateriaal zand aangelegd. Er is dan geen sprake van een onderlaag.

(VTV, Katern 8, § 3.1.1)

In het verleden zijn veel asfaltbekledingen in twee lagen aangebracht. Voor de toplaag werd (waterbouw)asfaltbeton of een vergelijkbaar mengsel gebruikt.

Als onderlaag werd eerst veelal zandasfalt gebruikt dat als een soort funderingslaag fungeerde. Later werd het zandasfalt vervangen door grindzandasfalt en uiteindelijk werd standaard grindasfaltbeton gebruikt. Door deze verschuiving in asfaltsoort en –eigenschappen is de functie van de onderlaag veranderd van funderingslaag naar bekledingslaag. In veel gevallen zal de onderlaag dan kunnen worden beoordeeld als onderdeel van de toplaag.

Vanaf de jaren '60 is het 2-laagsysteem verlaten en zijn alle asfaltbetonbekledingen in één laag aangebracht.

1.7 Faalmechanismen en beoordelingssporen

In het VTV worden in paragraaf 3.1.2 de faalmechanismen en de beoordelingssporen beschreven.

Ten opzichte van de LTV-1999 zijn de 4 faalmechanismen dezelfde gebleven maar zijn de beoordelingssporen gewijzigd. Waren deze sporen bij de asfaltbekledingen eerst gekoppeld aan het niveau van beoordelen (eenvoudig, gedetailleerd, etc. zie figuur 1.3), nu zijn deze sporen gekoppeld aan de faalmechanismen. Hierdoor is het systeem van beoordelen uniformer geworden.

Faalmechanismen en beoordelingssporen

Voor asfaltbekledingen worden vier faalmechanismen onderscheiden:

1. bezwijken van de bovenlaag door golfklappen ten gevolge van vermoeiing;
2. opdrukken van de bovenlaag door wateroverdruk al dan niet samen met de onderlaag;
3. uitspoeling van het dijklichaam van onder de bekledingsconstructie;
4. bezwijken van de onderlaag bij bezwijkende bovenlaag.

Instabiliteit van de bekleding door ontgronding voor de dijk wordt behandeld bij de toetsing van de teenconstructie, volgens de regels in § 3.5. Er treedt een onveilige situatie op als één of meer van de faalmechanismen leiden tot een onacceptabele erosie van het dijklichaam. De vier faalmechanismen worden in de toetsing elk behandeld als beoordelingsspoor: Materiaaltransport AMT, Golfklap AGK, Wateroverdruk AWO en Bezwijken van de onderlaag ABO. De vier beoordelingssporen hoeven niet allemaal voor alle gevallen te worden doorlopen: de noodzaak voor het doorlopen van de drie sporen voor de toplaag (Materiaaltransport, Golfklap en Wateroverdruk) hangt af van de ligging en het type asfaltbekleding. De noodzaak voor het doorlopen van het spoor Bezwijken van de onderlaag hangt af van de resultaten van de drie sporen voor de toplaag.

(VTV, Katern 8, § 3.1.2)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.5 (Toetsen van overgangsconstructies) wordt verwezen naar § 8.1 uit dit rapport.

Opm. Begrippen als falen en bezwijken blijken in het VTV niet altijd eenduidig te worden gehanteerd. In dit rapport worden de faalmechanismen van asfaltbekledingen behandeld, die leiden tot "bezwijken" van de bekleding.

De vier faalmechanismen kunnen als volgt worden omschreven:

Bezwijken van de bovenlaag: het overschrijden van de vermoeiingssterkte van het asfalt door herhaalde golfklappen. Als dit optreedt zal de bekleding van onderaf gaan scheuren en volgt een scheurgroef fase waarin de scheuren onder invloed van herhaalde belasting door de bekleding heen groeien. De duur van deze fase kan een belangrijke bijdrage leveren aan de veiligheid van de kering, omdat de (gedeeltelijk) gescheurde bekleding nog een zekere reststerkte heeft.

Opdrukken van de bovenlaag: het oplichten van de laag doordat de wateroverdruk tegen de bekleding groter is dan het eigen gewicht. Als dit optreedt zal de laag omhoog buigen; indien deze belasting lang genoeg aanhoudt zal de toelaatbare rek worden overschreden en de laag gaan scheuren. Bij het ontstaan van een doorgaande scheur zal de overdruk snel afnemen maar is enige erosie van het dijklichaam mogelijk. Ook in dit mechanisme zit een aanzienlijke reststerkte.

Uitspoelen van het dijklichaam: het verlies van materiaal uit het dijklichaam onder invloed van waterstroming door gaten, scheuren en naden in de bekleding.

Bezwijken van de onderlaag: het overschrijden van de sterkte van de onderlaag nadat de bovenlaag is bezwaken.

Afhankelijk van de ligging van de bekleding in het dwarsprofiel en het type asfaltbekleding hoeft niet elk van de drie beoordelingssporen voor de toplaag (Materiaaltransport, Golfklap en Wateroverdruk) te worden doorlopen:

- ten aanzien van de ligging: bij de toetsing worden in het dwarsprofiel vijf zones onderscheiden. Deze zone-indeling wordt bepaald door de belasting, en wordt daarom nader uitgewerkt in § 3.2. Een asfaltbekleding boven Toetspeil + $\frac{1}{2} \cdot Z_{2\%}$ heeft in alle gevallen een eindscore 'goed' ($Z_{2\%}$ is de oploophoogte t.o.v. Toetspeil die door 2% van de golven wordt overschreden, zie § 3.6 van Katern 4). Ook voor bekledingen op de kruin of op het binnentalud is de score direct 'goed', zelfs bij zeer grote overslagdebieten. Boven Toetspeil + $\frac{1}{4} \cdot H_s$ is alleen het spoor Materiaaltransport relevant. Tussen Toetspeil + $\frac{1}{4} \cdot H_s$ en de maatgevende grondwaterstand (MGW, wordt toegelicht in § 3.4.3) hoeft de toplaag niet te worden getoetst op Wateroverdruk. Tussen de maatgevende grondwaterstand en gemiddeld laagwater (GLW) zijn alle sporen van belang. Onder gemiddeld laagwater hoeft niet te worden getoetst op Golfklap;
- ten aanzien van de bekledingstypen: bekledingen van type 4, 5 en 6 hoeven niet te worden getoetst op Wateroverdruk.

(VTV, Katern 8, § 3.1.2)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.2 resp. § 3.4.3 wordt verwezen naar § 2.2 resp. § 5.1 uit dit rapport.

Voor wat betreft de belastingen geldt de volgende zonering:

- In de zone boven Toetspeil + $\frac{1}{2}Z_{2\%}$ wordt de bekleding nauwelijks belast, omdat oplopende golven in deze zone slechts marginale stromingsbelasting veroorzaken.
- In de zone tussen Toetspeil + $\frac{1}{2}Z_{2\%}$ en Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$ wordt de bekleding alleen belast door stroming van oplopende golven.
- In de zone tussen Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$ en de maatgevende grondwaterstand MGW wordt de bekleding belast door oplopende golven en golfklappen.
- In de zone tussen de maatgevende grondwaterstand MGW en gemiddeld laag water GLW wordt de bekleding belast door oplopende golven, golfklappen en wateroverdrukken.
- In de zone onder gemiddeld laag water GLW wordt de bekleding alleen belast door wateroverdrukken.

Voor wat betreft de bekledingstypen geldt de volgende uitzondering:

Open steenasfalt (4) en (5) en zandasfalt (6) zijn waterdoorlatende asfaltsoorten die door hun drainerend vermogen het opbouwen van wateroverdrukken voorkomen.

De relatie tussen ligging, type en te doorlopen sporen voor de toplaag wordt samengevat in tabel 8 - 3.1.

Tabel 8 - 3.1 Beoordelingssporen toplaag afhankelijk van ligging en type

Zone \ Type	1	4	5	6	7
Boven Toetspeil + $\frac{1}{2}Z_{2\%}$	-	-	-	-	-
Onder Toetspeil + $\frac{1}{2}Z_{2\%}$ en boven Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$	AMT	AMT	AMT	AMT	AMT
Onder Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$ en boven MGW	AMT AGK	AMT AGK	AMT AGK	AMT AGK	AMT AGK
Onder MGW en boven GLW	AMT AGK AWO	AMT AGK	AMT AGK	AMT AGK	AMT AGK AWO
Onder GLW	AMT AWO	AMT	AMT	AMT	AMT AWO

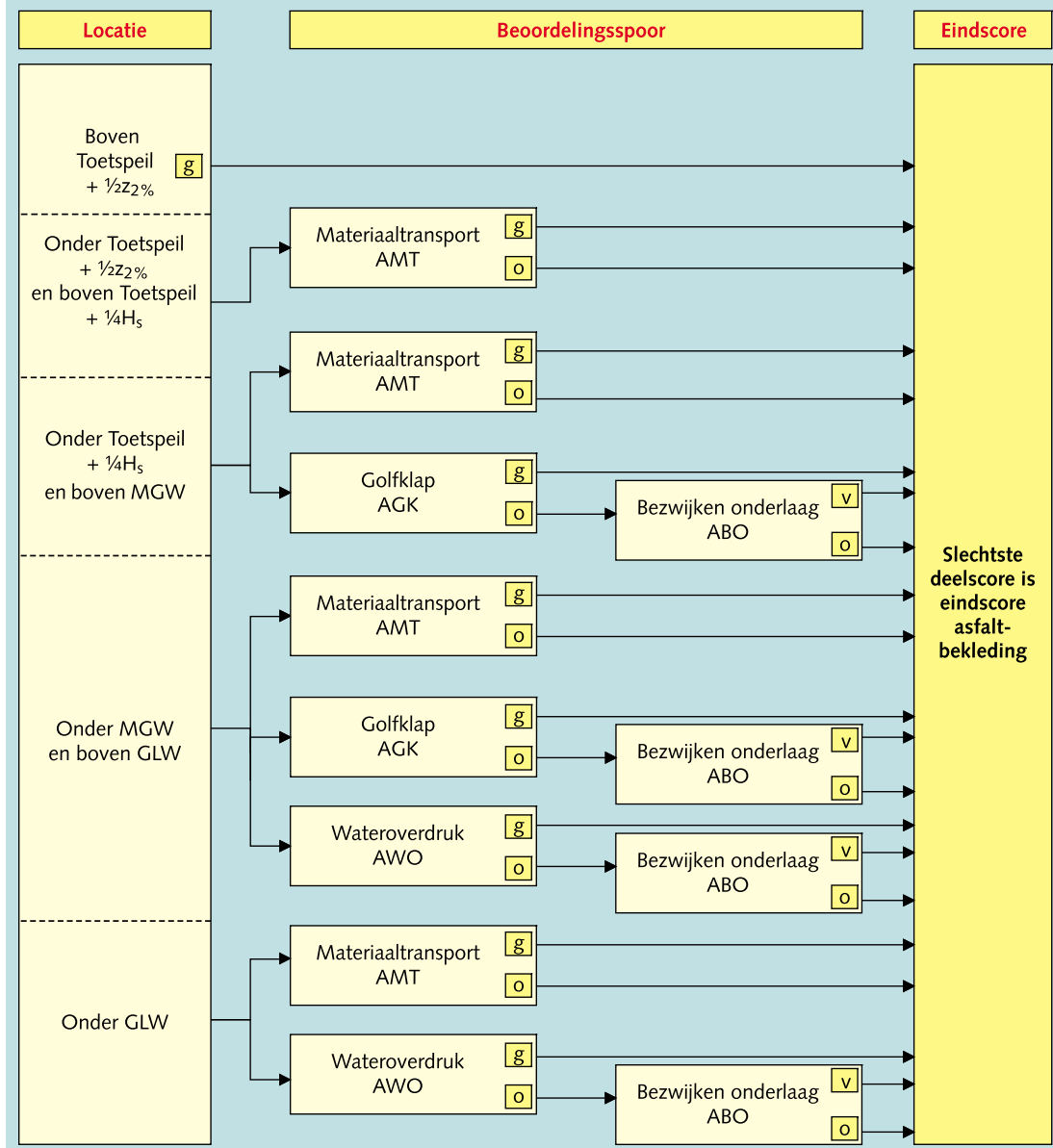
Het spoor Bezwijken van de onderlaag is alleen relevant in combinatie met de sporen Golfklap en Wateroverdruk: het spoor Bezwijken van de onderlaag biedt de mogelijkheid om een eindscore 'voldoende' te geven als de toplaag 'onvoldoende' is op de sporen Golfklap of Wateroverdruk, en hoeft dus alleen te worden doorlopen als de score op één van deze sporen 'onvoldoende' is.

(VTV, Katern 8, § 3.1.2)

Het spoor Bezwijken van de onderlaag wordt dus niet gevolgd in combinatie met het spoor Materiaaltransport. Er wordt bij gebleken materiaaltransport (erosie) vanuit gegaan dat “het lek” ook in de onderlaag zit, dus is het niet zinvol de onderlaag verder te toetsen.

De relatie tussen de toplaagsporen en bezwijken van de onderlaag ABO wordt samengevat in het hoofdschema van figuur 8 - 3.1.

Figuur 8 - 3.1 Hoofdschema asfaltbekledingen



(VTV, Katern 8, § 3.1.2)

De Wet op de Waterkering schrijft voor dat een primaire waterkering iedere vijf jaar moet worden getoetst op veiligheid. De veiligheid van een waterkering is gegarandeerd als deze gedurende een periode van maatgevend hoog water in staat is het water te keren.

Bij de toetsing moet een uitspraak worden gedaan over de momentane veiligheid van de waterkering en de veiligheid van de waterkering in de komende 5 jaar. Momenteel is nog niet voldoende bekend over onderwerpen als schadegroei en reststerkte om een nauwkeurige uitspraak te doen over de veiligheid gedurende 5 jaar.

Er kan echter van worden uitgegaan dat een bekleding die met de methode als goed wordt beoordeeld, ook de eerstkomende 5 jaar veilig zal zijn. De ervaring leert dat de kwaliteit van een asfaltbekleding die op een juiste manier is ontworpen en aangelegd niet in een termijn van 5 jaar opmerkelijk zal veranderen, behoudens calamiteiten.

Dit betekent dus dat bij twijfel over de kwaliteit van ontwerp en aanleg extra aandacht nodig is. In overleg met specialisten kan dan worden bepaald waar die aandacht zich in de komende 5 jaar op moet richten.

1.8 Vastleggen gegevens

Voor het kunnen toetsen van asfaltbekledingen zijn veel gegevens nodig. Bij toetsen moet worden vastgesteld of van de bekleding mag worden verwacht dat deze de kering onder maatgevende omstandigheden voldoende bescherming biedt.

Allereerst moet duidelijk zijn **wanneer en hoe** de waterkering is aangelegd of verbeterd. Daarbij is het van belang te weten wat de **ontwerpuitgangspunten** waren omdat deze bepalen wat van het functioneren van de kering mag worden verwacht.

Uit de **situatietekening** en de **dwarsprofielen** kan worden bepaald wat de omvang van het te toetsen werk is, welke constructieonderdelen relevant zijn en welke dijkgedeelten afzonderlijk moeten worden getoetst (dijkvakken).

Uit de **besteks- en aanleggegevens** moet blijken welke materialen zijn verwerkt in het dijklichaam en de bekledingsconstructies.

Uit de aanleggegevens van het werk moet naar voren komen in hoeverre de gewenste kwaliteit is bereikt. Dit is van belang voor de eenvoudige beoordelingen, waarbij van een bepaalde laagdikte en asfaltkwaliteit wordt uitgegaan.

Voor het bepalen van de **belastingen** moeten hydraulische randvoorwaarden worden vastgesteld.

Voor het bepalen van het gedrag van de constructie is het van belang te weten welk **beheer en onderhoud** nodig is geweest om de constructie in stand te houden.

Voor het bepalen van de actuele toestand zijn **visuele** gegevens (inspectie) nodig en gegevens over **laagdikte en sterkte** van de bekleding.

Uit bovenstaande blijkt dat voor het toetsen veel en heel verschillende gegevens nodig zijn. Om deze informatie beheersbaar te houden is het noodzakelijk om met systematische gegevensverzamelingen te werken. Zo worden de gegevens in beginsel gegroepeerd naar de volgende hoofdindeling:

- **Dijkvakken (secties):** Alle gegevens die nodig zijn om een waterkering te verdelen in dijkvakken die afzonderlijk moeten worden getoetst. Dit kunnen gegevens zijn over verschil in bekledingstypen, taludhellingen, belastingen, jaar van aanleg, kwaliteit asfalt e.d.
- **Belastingen:** Alle gegevens die nodig zijn om vast te stellen welke belastingen bij de 4 faalmechanismen maatgevend zijn. Hierbij wordt tevens vastgesteld welke dijkvakken en bekledingsgedeelten verschillend worden belast (zones). Dit betreft gegevens over waterstanden, golfhoogtes, golfperioden, golfploop, maar ook geotechnische informatie als doorlatendheid van grond.
- **Sterkte:** Alle gegevens die bepalend zijn voor de sterkte van de bekledingsgedeelten van de verschillende dijkvakken. Dit betreft gegevens over dynamische sterkte en stijfheid, laagdikte, volumieke massa van de bekleding en draagkracht van de ondergrond. Ook gegevens over schade (visuele inspectie) zijn voor de sterkte van belang.

In de hoofdstukken 2 (belastingen) en 3 (sterkte) wordt in detail aangegeven welke gegevens per toetsonderdeel nodig zijn.

1.9 Dijkvakken (secties)

Om een goede beoordeling mogelijk te maken wordt een dijkstrekking in de lengterichting verdeeld in dijkvakken. Als dijkstrekking wordt een dijkdeel genomen waarvan de asfaltsamenstelling redelijk constant wordt verondersteld. Dit is meestal een bekleding die binnen één contract (bestek) is aangelegd.

De verdeling geschiedt aan de hand van randvoorwaarden die in principe niet beïnvloedbaar zijn door onderhoud. De dijkvakindeling wordt gemaakt op grond van de volgende kenmerken:

- op basis van de dijkvakindeling in het Randvoorwaardenboek [RWS, 2002];
- op basis van andere randvoorwaarden (bijvoorbeeld bepaald met HYDRA-Q);
- de geometrie;
- opbouw van de waterkering (bekledingstype, kernmateriaal etc.).

Bovenstaande gegevens zijn vast. Ze variëren alleen indien iets veranderd wordt aan de constructie. Gestreefd wordt naar zo groot mogelijke dijkvakken.

Een dijkvakindeling op basis van bovenstaande gegevens heeft betrekking op veiligheid. Op basis van dagelijks beheer is wellicht een andere indeling mogelijk omdat hier met andere belastingen (zoals verkeer) rekening wordt gehouden.

Om de diverse (constructie)onderdelen, en later ook de aangetroffen schadebeelden, te kunnen traceren worden deze gerelateerd aan een (hecto)metreering. Hiervoor kan, indien aanwezig, de bestaande metreering worden aangehouden.

Aan de hand van een balkenschema kan een overzicht worden verkregen van de dijkvakindeling. In figuur 1.4 is hiervan een voorbeeld gegeven.

	1	2	3	4	5	6	7	8
hectometrerings	[Balkenschema met zwarte blokken in alle vakken]							
asfaltsoort	osa		wab			osa		
Significante golfhoogte	3,0	2,4	3,3			2,8		
geometrie / plasberm aanwezig	nee		ja			nee		
bijzondere constructies								
dijkvakindeling	1	2	3	4	5	6	7	8

Figuur 1.4: voorbeeld van een dijkvakindeling

Voor het maken van een dijkvakindeling zijn de volgende basisgegevens nodig:

- overzichtskaart van de huidige situatie;
- recente kenmerkende dwarsprofielen;
- gegevens m.b.t. constructie van de dijk (uit bestek, tekeningen, aanleggegevens);
- aanwezige asfaltsoort(en);
- hydraulische randvoorwaarden, te weten:
 - significante golfhoogte (H_s of $H_{1/3}$);
 - golfperiode;
 - Toetspeil;
- gemiddelde waterstand ($GWS = 0,5 \cdot (GHW + GLW)$);
- aanwezigheid van bijzondere constructies en/of vreemde objecten;
- gegevens m.b.t. wijzigingen aan de constructie (hierbij horen ook schade en onderhoud aan de constructie).

2 Belastingen

2.1 Inleiding

Op een waterkering kunnen verschillende belastingen optreden zoals golven, wateroverdrukken, verkeer, vandalisme etc. Bij de veiligheidstoetsing worden alleen de hydraulische belastingen (golflappen en wateroverdrukken) onder extreme omstandigheden beschouwd. Het is aan te bevelen om bij verkeersbelasting van enige omvang na te gaan wat dit betekent voor de veiligheid van de asfaltbekleding.

Belastingen

De in rekening te brengen belastingen staan in Katern 4. In deze paragraaf wordt voor elk van de beoordelingssporen van asfaltbekledingen beknopt aangegeven welke belastingkenmerken specifiek van belang zijn. Daarvoor wordt eerst de zone-indeling behandeld.

(VTV, Katern 8, § 3.2)

2.2 Zone-indeling

Zone-indeling

In § 3.1.2 is al globaal aangegeven dat niet elk faalmechanisme van belang is voor de gehele dijk. Voor de toetsing wordt de dijk in dwarsrichting, per sectie, onderverdeeld in verschillende zones:

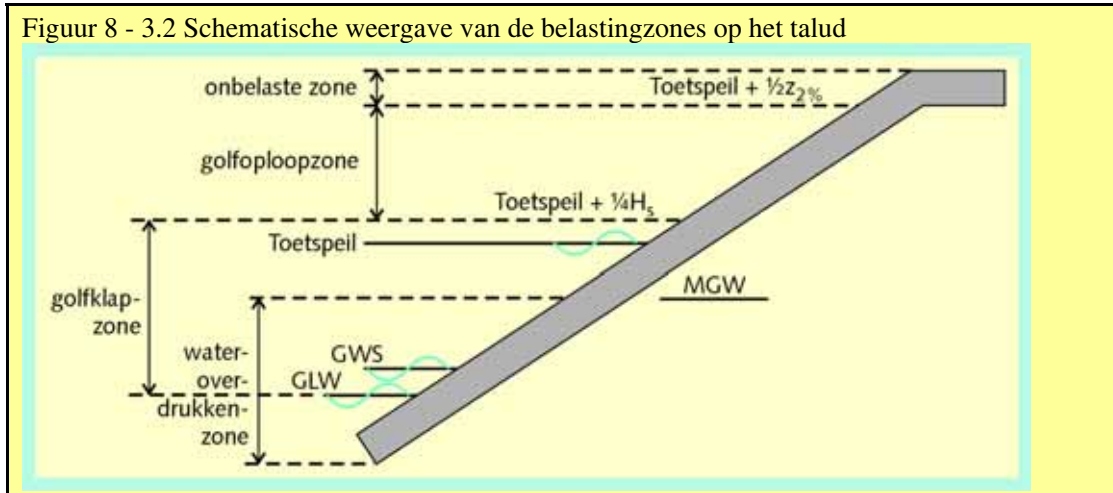
- **onbelaste zone** (boven Toetspeil + $\frac{1}{2} \cdot Z_2\%$);
- **golfoploopzone** (boven Toetspeil + $\frac{1}{4} \cdot H_s$ en onder Toetspeil + $\frac{1}{2} \cdot Z_2\%$);
- **golflapzone** (onder Toetspeil + $\frac{1}{4} \cdot H_s$ en boven gemiddeld laagwater);
- **wateroverdrukkenzone** (onder de maatgevende grondwaterstand).

(VTV, Katern 8, § 3.2.1)

Het buitentalud wordt dus niet op iedere plaats gelijk belast. Hierdoor hoeft niet op iedere plaats op het talud dezelfde veiligheidsnorm t.a.v. de schadebeelden worden gesteld. Voor iedere zone kan de minimaal benodigde laagdikte verschillen. De zogenaamde “onbelaste zone” wordt alleen belast door geringe stroming.

In figuur 8 - 3.2 is de invulling van de verschillende zones weergegeven. De exacte begrenzingen worden hierna behandeld per beoordelingsspoor. De wateroverdrukkenzone en de golflapzone zullen elkaar vaak overlappen; de bekleding in die overlapzone moet worden getoetst op zowel Golflap als Wateroverdruk. De toetsing van de golfoploopzone is beperkt tot Materiaaltransport, daarboven is de score in alle gevallen ‘goed’.

Figuur 8 - 3.2 Schematische weergave van de belastingzones op het talud



(VTV, Katern 8, § 3.2.1)

Benodigde gegevens voor het bepalen van de zone-indeling:

- Maatgevende dwarsprofielen
- Toetspeil
- Gemiddelde buitenwaterstand (GWS)
- Gemiddeld Laag Water (GLW)
- Gemiddeld Hoog Water (GHW)
- Onderkant dichte bekleding
- Significante golfhoogte (H_s)
- Golfploophoogte ($z_{2\%}$)
- Maatgevende grondwaterstand (MGW)

Voor meren worden de gegevens bepaald met HYDRA-Q.

Bovenstaande gegevens moeten voor elk dijkvak (sectie) worden vastgesteld.

2.3 Materiaaltransport

Materiaaltransport AMT

Transport van materiaal vanuit de onderlaag door de toplaag wordt veroorzaakt door golfbelasting of grondwaterstroming. Toetsing op dit spoor is daarom nodig voor de golfklap- en golfploopzone (zie figuur 8 - 3.2). De toetsingsmethode is beperkt tot een inspectie of de asfaltbekleding zodanig beschadigd is dat materiaaltransport plaatsvindt. Richtlijnen voor deze inspectie en toetsregels staan in § 3.4.1. De belastingparameters zijn daarom niet rechtstreeks van belang voor de toetsing op Materiaaltransport.

(VTV, Katern 8, § 3.2.2)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.1 wordt verwezen naar Hoofdstuk 4 (Beoordeling Materiaaltransport) en § 3.2 (Visuele Inspectie) uit dit rapport.

Benodigde gegevens voor de belasting bij het mechanisme Materiaaltransport:

- Géén

2.4 Golfklap

Golfklap AGK

De bovengrens van de golfklapzone ligt op Toetspeil + $\frac{1}{4}H_s$. De ondergrens ligt op Gemiddeld Laagwater (GLW). Bij veel zeedijken ligt de ondergrens van de asfaltbekleding overigens hoger dan GLW, bijvoorbeeld als het voorland op NAP-niveau ligt.

Voor dit beoordelingsspoor wordt de belasting gevormd door de golfaanval gedurende de maatgevende storm, uitgedrukt in het tijdsverloop van de significante golfhoogte H_s en de gemiddelde golfperiode T_m . Afhankelijk van het golfspectrum is de gemiddelde golfperiode 10% à 30% kleiner dan de piekperiode T_p . Indien nodig kan hierover contact worden gezocht met de Helpdesk Waterkeren. Het tijdsverloop is van belang omdat de vermoeiing van de bekleding afhangt van het aantal golfklappen.

(VTV, *Katern 8*, § 3.2.3)

De bovengrens van de golfklapzone voor andere bekledingen wordt in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid gesteld op Toetspeil 2006.0. Een asfaltbekleding wordt op vermoeiing gedimensioneerd en getoetst, dat wil zeggen, hoe meer golfklappen de bekleding belasten, hoe groter de kans op bezwijken. De meeste golven slaan in onder de stilwaterlijn, slechts een klein aantal van de golven slaat boven de stilwaterlijn in. In de zone boven $SWL+0,25H_s$ slaan slechts incidenteel golven in. Van vermoeiing door herhaalde belasting is hier dus geen sprake.

Opmerking bij bepalen van T_m : Aangezien de minersom omgekeerd evenredig is met de gemiddelde golfperiode (T_m) zal het veelal niet lonen om veel inspanning te stoppen in het bepalen van een exacte waarde voor deze parameter. Daarom wordt geadviseerd om in eerste instantie uit te gaan van een redelijk veilige waarde: $T_m = T_p/1,3$.

Daarnaast is het Toetspeil van belang omdat daardoor de bovengrens van de golfklapzone wordt bepaald. De golfklap vindt iets onder de stilwaterstand plaats. Daarom wordt voor de toetsing van een asfaltbekleding op een bepaald niveau gerekend met de golven die horen bij een waterstand die de helft van de golfhoogte H_s hoger ligt, maar niet hoger dan Toetspeil.

Bij de beoordeling wordt gebruik gemaakt van hydraulische parameters die behoren bij windgolven; sloopgolven zijn zelden of nooit maatgevend voor asfaltbekledingen omdat de belastingduur altijd kort is.

(VTV, *Katern 8*, § 3.2.3)

Waterstandsverloop en golfbelasting

Om een berekening met GOLFKLAP uit te voeren moet het verloop van de stilwaterlijn gedurende de storm bekend zijn. Deze wordt bepaald zoals aangegeven in katern 4, paragraaf 3.3. In GOLFKLAP kan het waterstandsverloop worden bepaald op basis van het Toetspeil, de getijdegegevens en het type watersysteem (Noordzee, Waddenzee etc.).

Bij een gegeven stilwaterlijn varieert het inslagpunt van de golf. De meeste golven slaan circa $0,5 H_s$ onder de stilwaterlijn in. Deze spreiding van het inslagpunt wordt in GOLFKLAP verdisconteerd.

In GOLFKLAP kunnen de golfhoogte en golfperiode voor verschillende waterstandsniveaus worden ingevoerd. Voor tussenliggende punten wordt de golfbelasting dan door interpolatie bepaald. Indien slechts de significante golfhoogte die behoort bij het Toetspeil bekend is, wordt over de volledige hoogte met deze golfbelasting gerekend.

Benodigde gegevens voor de belasting bij het mechanisme Golfklap:

- Toetspeil
- Significante golfhoogte (H_s)
- Gemiddelde golfperiode (T_m)
- Stilwaterlijn
- Getijkromme
- Stormopzet

Deze laatste drie gegevens zijn nodig om de belastingsduur te bepalen.

2.5 Wateroverdruk

Wateroverdruk AWO

De bovengrens van de wateroverdrukkenzone is het niveau van de grondwaterstand in het dijklichaam op het moment dat de maximale wateroverdruk optreedt. Voor bepaling van de ligging van deze grondwaterstand wordt verwezen naar de paragraaf over de beoordeling op Wateroverdruk (zie § 3.4.3). Als ondergrens wordt de onderkant van de gesloten bekleding aangehouden. In figuur 8 - 3.2 is de wateroverdrukkenzone grafisch weergegeven.

Voor dit spoor wordt de belasting alleen gevormd door waterstanden: het Toetspeil en de gemiddelde buitenwaterstand zijn van belang. In § 3.4.3 wordt hierop nader ingegaan.

(VTV, *Katern 8*, § 3.2.4)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.3 wordt verwezen naar Hoofdstuk 6 (Beoordeling Wateroverdruk) uit dit rapport.

Benodigde gegevens voor de belasting bij het mechanisme Wateroverdruk:

- Toetspeil
- Gemiddelde buitenwaterstand (GWS)
- Onderkant dichte bekleding
- Type watersysteem
- gegevens over de teenconstructie (aanwezigheid van een damwand of een gesloten bekleding op de vooroever)

Voor het uitvoeren van de **geavanceerde beoordeling op wateroverdrukken** zijn, naast de gegevens uit de eenvoudige beoordeling op wateroverdrukken, de doorlatendheden van het dijkmateriaal en de ondergrond benodigd en aanvullende gegevens over de grondwaterhuishouding zoals bijvoorbeeld de dikte van het watervoerend pakket.

2.6 Bezijken van de onderlaag

Bezijken van de onderlaag ABO

Voor het bezijken van de onderlaag van een asfaltbekleding bestaan geen specifieke toetsregels: afhankelijk van het type onderlaag wordt daarvoor in § 3.4.4 verwezen naar toetsregels op specifieke plaatsen in dit Katern. In het algemeen wordt de belasting voor dit spoor bepaald door de duur en zwaarte van de golfbelasting. Voor de duur van de belasting wordt het stormverloop gehanteerd zoals behandeld in § 3.3 van Katern 4.

(VTV, Katern 8, § 3.2.5)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.4 wordt verwezen naar Hoofdstuk 7 (Beoordeling Bezijken Onderlaag) uit dit rapport.

Benodigde gegevens voor de belasting bij het mechanisme Bezijken Onderlaag:

- Toetspeil
- Significante golfhoogte (H_s)
- Gemiddelde golfperiode (T_m)
- Gemiddelde waterstand (GWS)
- Gemiddelde getijamplitude (GGA)
- Watersysteem

Deze laatste drie gegevens zijn nodig om de belastingsduur te bepalen.

3 Sterkte

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de sterkte behandeld in relatie tot de 4 faalmechanismen. Aangegeven wordt welke rol de sterkte speelt en welke gegevens relevant zijn bij de verschillende faalmechanismen. Allereerst wordt de visuele inspectie besproken, omdat de daarmee vast te stellen schade invloed heeft op de sterkte.

Sterkte kan worden gedefinieerd als de weerstand die de bekleding biedt tegen belastingen bij extreme mechanismen. De sterkte wordt in beginsel geleverd door de sterkte van het materiaal (bijv. buigtreksterkte) en de laagdikte van de bekleding.

Bij het mechanisme **Materiaaltransport** gaat het er om dat de porositeit en de samenhang voldoende zijn om verlies van loskorrelig materiaal uit de ondergrond te voorkomen. De samenhang hangt af van de sterkte; een tekort aan sterkte of verstoring van de samenhang uit zich door scheuren. Daarom levert een visuele inspectie een indicatie of materiaaltransport mogelijk of aanwezig is.

Bij het mechanisme **Golfklap** is de sterkte direct bepalend voor de weerstand tegen herhaalde golfklappen. Met name de dynamische buigtreksterkte als functie van het aantal golfklappen bepaalt of de bekleding voldoende weerstand biedt. Naast deze vermoeiingssterkte is ook de E-modulus van de bekleding en van de directe ondergrond van belang.

Bij het mechanisme **Wateroverdruk** wordt de sterkte bepaald door de massa per vierkante meter. Deze moet voldoende groot zijn om de maximale overdruk te kunnen weerstaan. Indien deze niet voldoende is kan de plaatvormige bekleding worden opgelicht en gaat de eigenlijke buigtrek-/schuifsterkte een rol spelen. Deze sterkte wordt tot op heden niet in rekening gebracht.

Bij het mechanisme **Bezwijken Onderlaag** is het van belang welke van 3 bovenstaande mechanismen relevant zijn.

3.2 Visuele inspectie

De sterkte (samenhang/massa) kan aan veranderingen onderhevig zijn. Dit kan zich uiten in schade die visueel waarneembaar is. Voor een systematische waarneming is een zogenaamde visuele inspectie opgesteld, een methode waarmee de visueel waarneembare schade objectief wordt gemeten, zowel in ernst als in omvang. Voordat de sterkte per mechanisme wordt behandeld wordt eerst de visuele inspectie beschreven.

3.2.1 Schadebeelden

Asfalt is een materiaal waarvan de kwaliteit wordt beïnvloed door een groot aantal externe factoren. Dit zijn o.a. licht (UV), zuurstof, warmte, vocht en biologische factoren. De inwerking van deze factoren kan leiden tot verandering van sterkte, stijfheid en laagdikte, hetgeen zich kan uiten in schadebeelden.

Schadebeelden

Door verouderingsmechanismen veranderen de sterkte-eigenschappen van asfalt in de tijd: de scheurgevoeligheid en de erosiegevoeligheid nemen toe. Vergaande afname van deze eigenschappen leidt tot schade. Met het periodiek uitvoeren van een visuele inspectie kan het verloop van de schade in de tijd worden vastgelegd. Na het uitvoeren van de visuele inspectie wordt vastgesteld of de aangetroffen schade de veiligheid van de waterkering in gevaar brengt.

In het algemeen wordt van schade gesproken als door één of andere oorzaak de kwaliteit van de constructie zichtbaar is afgenomen. Ten behoeve van de toetsing moet de schade worden vertaald naar duidelijk waarneembare schadebeelden die objectief meetbaar en objectief te beoordelen zijn. In het rapport Veiligheidsbeoordeling van Asfalt Dijkbekledingen [31] is fotomateriaal opgenomen van de hieronder genoemde schadebeelden.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.1)

Hierbij wordt opgemerkt dat al dan niet geconstateerde schade aan het oppervlak niet alles zegt over de kwaliteit van de constructie. Er kan schade in de constructie aanwezig zijn die niet aan het oppervlak zichtbaar is. Voorbeelden hiervan zijn schade onder een (recent) aangebrachte oppervlakbehandeling of scheuren die van onderuit de bekleding worden geïnitieerd. Daarnaast is niet altijd duidelijk hoe diep de schade in de laag doorloopt.

In het algemeen worden vier schadebeelden onderscheiden:

- scheuren in de bekleding (zie figuur 8 - 3.4);
- openstaande naden; naden kunnen zowel horizontaal als verticaal lopen;
- aangetast oppervlak: de toetsing hierop is behandeld onder het spoor Golfklap (zie § 3.4.2);
- schade door constructiefouten of bijzondere belastingen. Constructiefouten kunnen leiden tot gaten waardoor bijvoorbeeld uitspoeling van de grond onder de bekleding optreedt. Bijzondere belastingen zijn bijvoorbeeld scheepsaanvaringen. Bij de visuele inspectie voor dit schadebeeld dient te worden nagegaan of de zanddichtheid van de bekleding bij schade nog is gewaarborgd.

Bij waterbouwasfaltbeton (type 1) en zandasfalt (type 6) kunnen alle vier de schadebeelden voorkomen. Bij open steenasfalt (typen 4 en 5) komen scheuren en openstaande naden niet voor. Vol en zat gepenetreerde breuksteen (type 7) vertoont nauwelijks tot geen schade. Voor de typen 4, 5 en 7 is bij dit spoor daarom alleen het laatste schadebeeld (gaten door constructiefouten of bijzondere belastingen) van belang.

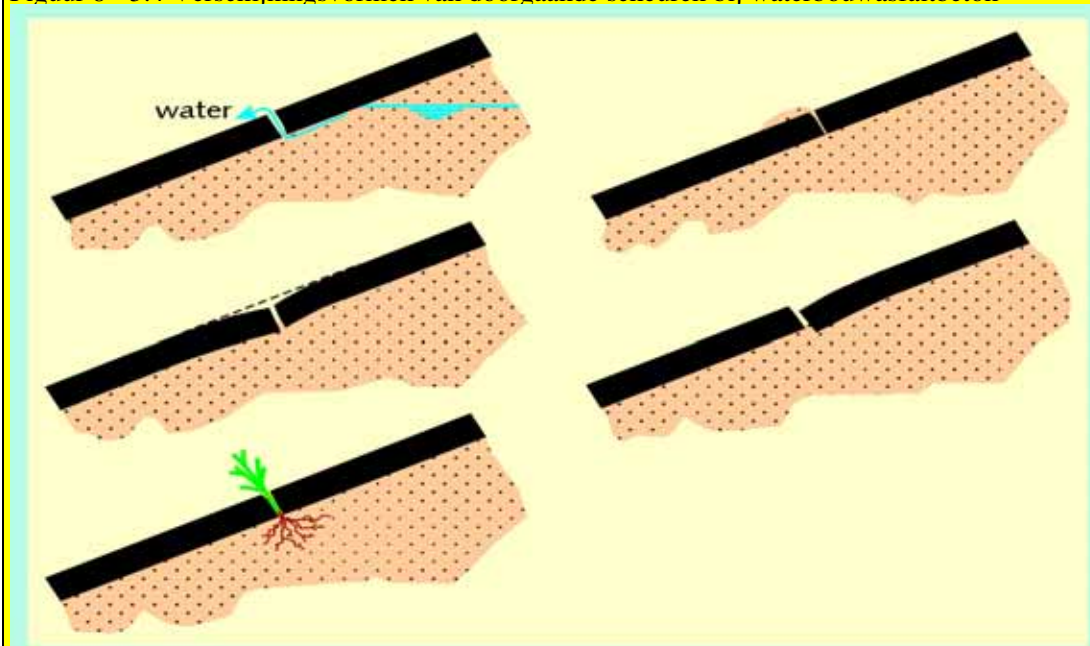
(VTV, *Katern 8*, § 3.4.1)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.2 wordt verwezen naar Hoofdstuk 5 (Beoordeling Golfklap) uit dit rapport.

In afwijking van bovenstaande tekst is bij open steenasfalt (typen 4 en 5) aantasting een veel voorkomend schadebeeld dat bij het faalmechanisme Golfklap in rekening moet worden gebracht. Bij gepenetreerde breuksteen (type 7) is alleen sprake van micro-aantasting en incidenteel verlies van een enkele steen.

Onder bijzondere belastingen kan ook worden verstaan kruidend ijs.

Figuur 8 - 3.4 Verschijningsvormen van doorgaande scheuren bij waterbouwasfaltbeton



(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

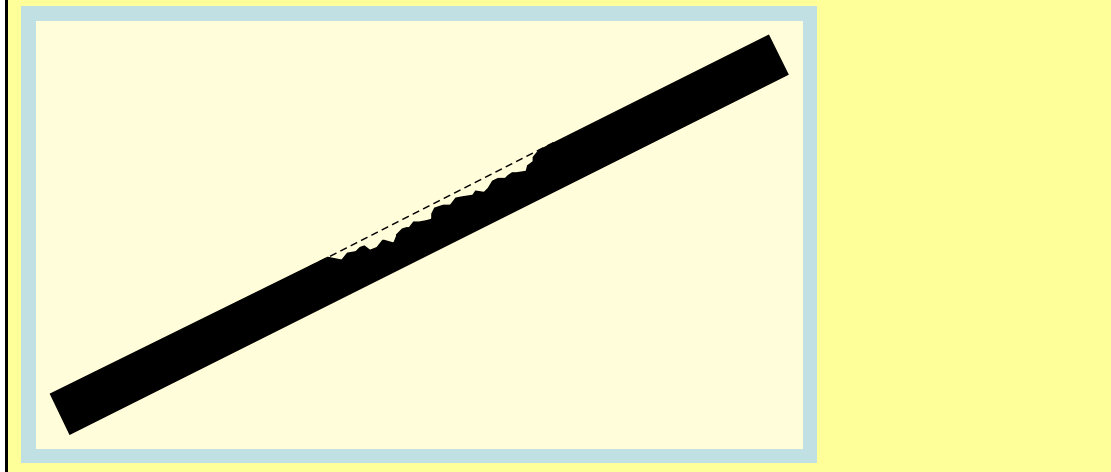
Opmerking:

De figuur in dit technisch rapport wijkt af van de figuur in het VTV. De situatie zoals geschetst rechts onderaan is in dit technisch rapport weergegeven zoals deze in de praktijk veelal voorkomt. De situatie zoals opgenomen in het VTV komt in de praktijk minder vaak voor.

Van openstaande naden zijn enkele voorbeelden gegeven in de figuren A1.14 t/m A1.19 (Appendix 1, schadecatalogus)

Het schadebeeld 'aangetast oppervlak' betekent het verdwijnen van steentjes en asfaltmortel uit de bekleding; bij vergaande aantasting op plaatsen waar de asfaltkwaliteit slecht is, kunnen gaten in de bekleding ontstaan (zie figuur 8 - 3.10).

Figuur 8 - 3.10 Aangetast oppervlak



(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Bij 2 van de 4 faalmechanismen spelen de schadebeelden een duidelijke rol:

- Bij het faalmechanisme Materiaaltransport kunnen scheuren, openstaande naden en gaten een indicatie zijn voor erosie van onderliggend materiaal door de asfaltbekleding (zie hoofdstuk 4).
- Bij het faalmechanisme Golfklap is het schadebeeld aantasting aanleiding om een reductie van de laagdikte in rekening te brengen (zie hoofdstuk 5).

3.2.2 Aanwijzingen voor het uitvoeren van de inspectie

Voordat de periodieke visuele inspectie wordt uitgevoerd, moeten de volgende gegevens bekend zijn:

- vast punt en hectometrering;
- indeling in dijkvakken;
- vaste langsraai (bijv. bovenrand bekleding);
- tekeningen van de huidige situatie;
- kenmerkende schadebeelden voor het type bekleding;
- overgangsconstructies;
- normen voor de schadebeelden;
- gegevens over de laagdikte (zie § 3.3).

Op de waterkering dient een duidelijk vast punt aanwezig te zijn waaraan het beginpunt van de inspectie kan worden gerefereerd. Dit punt is ook van belang voor metingen in de tijd, zodat het verloop van schade op exact te bepalen plekken mogelijk is.

De resultaten van de inspectie moeten op papier worden vastgelegd. Dit kan op verschillende manieren. Een mogelijkheid is het vastleggen van de schade in tabelvorm, waarbij de plaats en de omvang van de schade wordt vastgelegd. Deze methode is vooral handig indien weinig schade op de bekleding aanwezig is. Een voorbeeld hiervan is gegeven in bijlage 5, blad 1.

Een andere mogelijkheid is het grafisch vastleggen van de schade op inspectieformulieren. Hierbij wordt de bekleding in inspectievakken van bijvoorbeeld 10 of 25 meter verdeeld. Voor elk inspectievak wordt de schade op een apart formulier vastgelegd. Deze methode is vooral handig indien veel schade op de dijk aanwezig is en als de afstand van boven- tot onderkant asfaltbekleding groot is. Een voorbeeld hiervan is gegeven in bijlage 5, blad 2.

Op een inspectieformulier worden de volgende onderwerpen vermeld:

- de datum van inspectie;
- de inspecteurs;
- de dijknaam;
- het dijkvak/dijkvaknummering;
- metring;
- bekledingstype(n);
- breedte van het talud;
- plaats, ernst en omvang van de schade;
- opmerkingen.

3.2.3 *Benodigheden voor de inspectie*

Voor het uitvoeren van de visuele inspectie zijn de volgende gereedschappen nodig:

- Meetwiel. Hiermee wordt de lengte van de geïnspecteerde waterkering bepaald. Vanaf het startpunt van de inspectie wordt naar het eindpunt toegewerkt. Het meetwiel wordt hierbij over de langsraai van de asfaltbekleding gereden.
- Meetlint (of tweede meetwiel). Het meetbereik hiervan dient minimaal even lang te zijn als de breedte (taludlengte) van het te inspecteren deel van de asfaltbekleding.
- Rei met een lengte van drie meter. Deze wordt gebruikt als hulpmiddel voor het opmeten van de diepte van aangetast oppervlak.
- Linaal voor het meten van de diepte van de schadebeelden.
- Flexibele taster (stukje verenstaal o.i.d.) voor het opmeten van de diepte van scheuren en naden.
- Spuitbus verf om een hectometring aan te geven als deze nog niet aanwezig is en om nader te inspecteren plaatsen aan te geven.
- Fototoestel. Om de schadebeelden vast te leggen en de resultaten van de visuele inspectie te verwerken zijn enkele overzichtsfoto's en foto's van aangetroffen schade een handig hulpmiddel.

3.2.4 Meting van de schadebeelden

Bij elk aangetroffen schadebeeld wordt de afstand vanaf het begin van de inspectie en de afstand tot de langdraai genoteerd. Op deze wijze wordt de positie van elk schadebeeld zodanig vastgelegd dat deze altijd gemakkelijk is terug te vinden.

Per schadebeeld worden de volgende kenmerken genoteerd:

- Scheuren: lengte, breedte en meetbare diepte. Van meerdere kleine scheurtjes in patroon bij elkaar (bijvoorbeeld craquelé vorming) wordt de lengte en het betreffende oppervlak gesommeerd. De scheurdiepte wordt gemeten met een flexibele taster. De taster mag niet zo zwaar worden belast dat deze het asfalt beschadigt. *(indien twijfel bestaat of de diepte op deze manier juist wordt gemeten, moet de werkelijke diepte worden bepaald door het boren van kernen; zie § 4.2 en 4.5)*
- Naden: lengte, breedte en meetbare diepte.
- Aangetast oppervlak: oppervlak en diepte. De diepte wordt zo nauwkeurig mogelijk gemeten met behulp van een rei. Per schadeplek wordt het oppervlak en de grootste en gemiddelde diepte van de aantasting genoteerd.
- Gat en zanduittrekking: indien zanduittrekking uit scheuren of naden of een gat in de bekleding wordt geconstateerd, wordt de omvang genoteerd.
- Biologische aantastingen (algen, zeepokken en plantengroei). Dit wordt alleen genoteerd als algen, zeepokken of plantengroei schade aan de bekleding hebben veroorzaakt. *(hiervoor moet de begroeiing soms op enkele plekken worden verwijderd, zoals bij wier op open steenasfalt).*

Voor het dagelijks beheer van de asfaltbekleding kunnen ook andere schadebeelden van belang zijn. Zie hiervoor Appendix 3 (Beheer & onderhoud).

Opm.: Weersomstandigheden

De weersomstandigheden kunnen van grote invloed zijn op de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de inspectie. Gebleken is dat bij regen de schadebeelden niet goed zijn te onderscheiden. Daarom wordt geadviseerd de visuele inspectie bij helder en droog weer uit te voeren. (bij detectie van kleine scheuren is een opdrogend oppervlak bijzonder handig; scheuren drogen later op en zijn dus goed waar te nemen).

3.3 Bepaling van de aanwezige laagdikte

De aanwezige laagdikte wordt bij de 4 sporen niet op dezelfde wijze in rekening gebracht:

- Bij Materiaaltransport (AMT) wordt de laagdikte niet relevant geacht.
- Bij Golfklap (AGK) wordt met een karakteristieke waarde gerekend.
- Bij Wateroverdruk (AWO) wordt met een gemiddelde waarde gerekend.
- Bij Bezwijken van de onderlaag (ABO) geldt een karakteristieke waarde als Golfklap relevant is en een gemiddelde waarde als Wateroverdruk relevant is.

Bij 80 tot 90% van de in Nederland aangebrachte asfaltbekledingen, zijn opleveringscontroles uitgevoerd (2 kernen per 1000 of 2000 m²) waarbij de aanwezige laagdikte is bepaald. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om de gemiddelde en karakteristieke waarde voor de laagdikte te bepalen. Uitzondering hierop vormen de met gietasfalt gepenetreerde breuksteenbekledingen. De verrekening van deze bekledingen geschiedt niet op basis van laagdikte maar op basis van hoeveelheden verwerkte tonnen. Hierdoor zijn bij de oplevering geen kernen geboord en dus geen laagdiktes bekend.

In principe kunnen ook uit gepenetreerde breuksteen kernen worden geboord; omdat dit een moeizame werkwijze is (grote lengte, moeilijk te boren) wordt dit alleen bij hoge uitzondering gedaan.

Het vaststellen van de aanwezige laagdikte is bij gepenetreerde breuksteen dus alleen mogelijk op basis van de bestekslaagdikte. Op termijn kunnen radar-metingen mogelijk uitkomst bieden (zie appendix 2).

De aanwezige laagdikte die bij de toetsing op Golfklap wordt gebruikt is zodanig dat de kans dat een kleinere laagdikte wordt aangetroffen gelijk is aan 5% ($d_{5\%}$). Deze zogenaamde 'karakteristieke waarde' wordt als volgt bepaald:

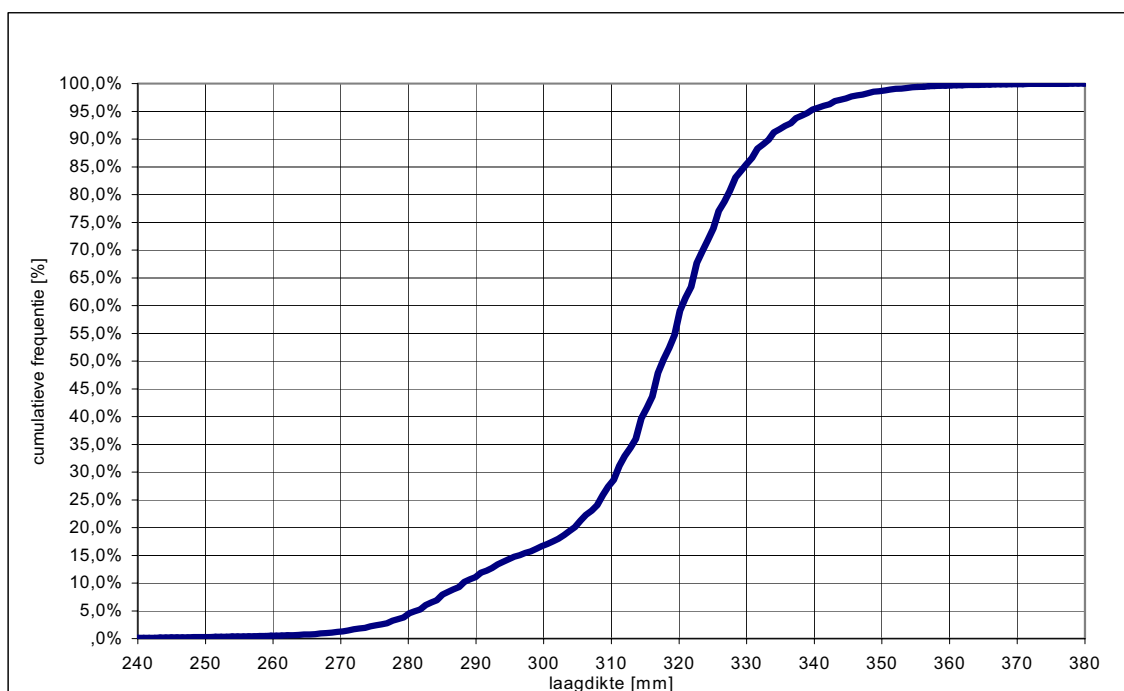
$$d_{5\%} = d_{gem} - t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$$

Hierin is:

d_{gem}	= gemiddelde laagdikte [m]
t	= factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen
s	= standaardafwijking [m]
n	= aantal waarnemingen

De waarden voor 't' zijn gegeven in bijlage 1.

De bovenstaande wijze om de 5%-grens voor de laagdikte te bepalen gaat er van uit dat de waarnemingen normaal verdeeld zijn. In de praktijk blijkt dit niet of nauwelijks het geval. Het is daarom beter om de 5%-grens te bepalen uit de cumulatieve frequentieverdeling van de waarnemingen. Deze methode is beschreven in NEN 1047 "Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen". Spreadsheetprogramma's als MS-Excel zijn uitgerust met hulpmiddelen om de cumulatieve frequentie van een dataset met een histogram weer te geven. In figuur 3.1 is een voorbeeld gegeven van een laagdikte bepaling met de cumulatieve frequentie methode. De bestekslaagdikte in dit voorbeeld is 0,30 m.



Figuur 3.1 Voorbeeld van een cumulatieve frequentieverdeling

In het voorbeeld blijkt dat 50% van de waarnemingen een dikte heeft die kleiner is dan 317 mm; 17 % is dunner dan 300 mm (bestekseis) en 5% blijkt dunner te zijn 281 mm (= karakteristieke waarde).

Wanneer de 5% ondergrens wordt bepaald door gebruik te maken van de gemiddelde laagdikte en de standaardafwijking, dan wordt een laagdikte berekend van 286 mm.

Is de aanwezige laagdikte niet te achterhalen uit de opleveringscontrole dan moet aannemelijk gemaakt kunnen worden dat een bepaalde laagdikte minimaal aanwezig is. Dit kan bijvoorbeeld blijken uit dagrapporten van toezicht bij aanleg van het werk.

Een in het bestek genoemde laagdikte biedt voor de toetsing onvoldoende zekerheid. Indien de besteksgegevens de enige informatiebron vormen, kan een veilige waarde worden aangehouden die als volgt wordt bepaald: laagdikte (karakteristieke ondergrens) $d_{5\%} = 0,8 \cdot \text{bestekslaagdikte}$. In onderstaand voorbeeld blijkt hoe veilig deze grenswaarde is:

Methode	Karakteristieke waarde
Gemiddelde en stand.afwijking	286 mm
Cum. frequentie	281 mm
0.8 * besteksdikte	240 mm

Van gepenetreerde breuksteen (bekleding type 7) zijn geen aanlegdiktes bekend omdat deze bij de oplevering van werken niet wordt bepaald. Bij dit type bekleding kan vanwege de grote onvlakheid een veilige ondergrens worden bepaald door 0,7 maal de besteksdikte te nemen.

Als niet aannemelijk gemaakt kan worden dat een bepaalde laagdikte minimaal aanwezig is, wordt een boorkernprogramma op de dijkstrekking uitgevoerd.

Het is mogelijk dat een bekleding met verschillende of verlopende laagdiktes is aangebracht. De spreiding in aangetroffen diktes mag in dat geval niet in de berekening van de karakteristieke laagdikte worden gebruikt. Aanbevolen wordt om bij een verlopende laagdikte het verschil tussen bestekslaagdikte en aangetroffen diktes te bepalen, en met het gemiddelde van de verschillen en de standaardafwijking van de verschillen een karakteristieke bovengrens voor de verschildikte te berekenen. Deze waarde wordt van aangetroffen laagdiktes afgetrokken om de "karakteristieke" laagdikte voor toetsing in handen te krijgen.

Als een bekleding in verschillende laagdikten is aangelegd (bijvoorbeeld een ondertalud met een dikte van 0,30 m en een boventalud en een berm met een dikte van 0,20 m) moet per deel van de bekleding met een gelijke bestekslaagdikte een karakteristieke waarde worden bepaald.

Wanneer de laagdikte wordt bepaald aan de hand van aanleggegevens, zijn minimaal 8 waarden nodig. Een alternatief voor het bepalen van de laagdikte aan de hand van boorkernen is het bepalen van de laagdikte met behulp van radar. (Zie appendix 2)

3.4 Materiaaltransport

Bij dit mechanisme moet worden vastgesteld of de bekleding in staat is erosie van onderliggend materiaal te voorkomen.

Materiaaltransport AMT

De weerstand tegen materiaaltransport wordt bepaald door de verhouding tussen de afmetingen van de poriën in de toplaag en de afmetingen van het loskorrelige materiaal van de onderlaag. De toetsingsmethode is beperkt tot een inspectie of materiaaltransport plaatsvindt. Richtlijnen voor deze inspectie en toetsregels staan in § 3.4.1. De sterkteparameters zijn daarom niet rechtstreeks van belang voor de toetsing op Materiaaltransport.

(VTV, *Katern 8*, § 3.3.1)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.1 wordt verwezen naar Hoofdstuk 4 (Beoordeling Materiaaltransport) uit dit rapport.

Alhoewel de sterkte van het materiaal niet rechtstreeks van belang is, kan zij wel een indicatie vormen voor het gevaar van scheuren, gaten of bezwijken.

Benodigde gegevens voor de sterkte bij het mechanisme Materiaaltransport:

- Schadebeelden a.h.v. de visuele inspectie;
- (evt. sterktegegevens als indicatie voor het gevaar van scheuren, naden en gaten).

3.5 Golfklap

Bij dit mechanisme moet worden vastgesteld of de bekleding in staat is om de golfklappen te weerstaan zonder het optreden van vermoeiingsverschijnselen. Hierbij zijn de buigtreksterkte en de E-modulus van belang.

3.5.1 Parameters

Parameters

De weerstand van de asfaltbekleding tegen het bezwijken onder golfklappen wordt bepaald door de kwaliteit van het asfalt en door de laagdikte. Ten aanzien van de kwaliteit wordt de eenvoudige toetsing gebaseerd op mengsamenstelling, leeftijd en holle ruimte (van waterbouwasfalt) of mortelgehalte (van open steenasfalt). Deze parameters worden bepaald met het zogenoemde standaardonderzoek. In de gedetailleerde toetsing wordt daarnaast naar de sterkte en stijfheid van het asfalt gekeken (te bepalen met mechanisch onderzoek). De verschillende vormen van gegevensverzameling voor het spoor Golfklap worden verderop in deze paragraaf behandeld.

De laagdikte speelt een rol in alle toetsingsniveaus. Bij de toetsing wordt voor de rekenwaarde van de aanwezige laagdikte de zogenaamde 'karakteristieke waarde' gebruikt: de waarde voor de laagdikte met een onderschrijdingskans van 5% ($d_{5\%}$). De wijze van bepaling van $d_{5\%}$ is afhankelijk van de beschikbaarheid van informatie (alleen besteksgegevens of ook metingen):

- als alleen een bestekswaarde bekend is, kan worden gerekend met een veilige schatting, afhankelijk van het type asfaltbekleding:
 - voor type 7 (met asfalt gepenetreerde breuksteen) zijn nooit meetwaarden bekend; daarvoor geldt:
 $d_{5\%} = 0,7 \cdot \text{bestekslaagdikte}$;
 - bij alle andere typen is de diktevariatie kleiner:
 $d_{5\%} = 0,8 \cdot \text{bestekslaagdikte}$;
- als wél metingen beschikbaar zijn, kan de 5%-grens worden bepaald uit de cumulatieve frequentieverdeling van de waarnemingen.

(VTV, Katern 8, § 3.3.2)

3.5.2 Gegevensverzameling

Gegevensverzameling

Voor het bepalen van de aanwezige sterkte van de bekleding is informatie nodig over laagdikte en materiaaleigenschappen. Daarvoor is in ieder geval een visuele inspectie nodig. Als de schade beperkt is tot niet meer dan enkele steentjes per m^2 , is het mogelijk om de aanleg- of besteksgegevens te gebruiken. Als deze echter onvoldoende bekend zijn of als er meer schade is dan enkele steentjes per m^2 , moeten de basisgegevens bepaald worden door het nemen en onderzoeken van boorkernen. Voor de toetsing kan in het algemeen worden volstaan met een beperkt boorprogramma; de benodigde parameters volgen uit standaardonderzoek of mechanisch onderzoek.

Aanleg- en besteksgegevens

De aanleggegevens zijn niet altijd bekend of voldoende bekend. Als de gegevens van minder dan 8 monsters van één uitgevoerd werk bekend zijn is dit onvoldoende en in dat geval moet een beperkt boorprogramma worden uitgevoerd. Als er wél voldoende informatie is over mengsamenstelling en kwaliteit maar niet over de laagdikte, kan de eenvoudige toetsing op Golfklap en Wateroverdruk worden uitgevoerd op basis van een veilige aanname voor de laagdikte op basis van besteksgegevens (zie de tekst onder het kopje Parameters eerder in deze paragraaf). Het is dus niet nodig om alleen voor bepaling van de laagdikte een boorprogramma uit te voeren.

(VTV, *Katern 8*, § 3.3.2)

De in bovenstaande tekst “veilige aanname voor de laagdikte” geldt **niet** voor het spoor Wateroverdruk, omdat daarbij de gemiddelde laagdikte in rekening wordt gebracht.

Beperkt boorprogramma

Voor een beperkt boorprogramma worden op een dijkstrekking acht kernen geboord. De strekking wordt verdeeld in minimaal acht secties van gelijke lengte, waarbij de lengte niet groter mag zijn dan 250 m. De coördinaten van de boorlocatie worden in iedere sectie op aselechte wijze gekozen (in golfklap- en/of overdrukzone). Als dijkstrekking wordt een dijkdeel genomen waarvan de asfaltsamenstelling redelijk constant wordt verondersteld. Hierbij kan worden gedacht aan een bekleding die binnen één contract (bestek) is gemaakt.

Als het boorprogramma alleen nodig is voor het standaardonderzoek ten behoeve van eenvoudige toetsing, kan worden volstaan met boorkernen met een diameter van 100 mm. Als er een reële kans is dat mechanisch onderzoek nodig is ter bepaling van de sterkte en stijfheid van het asfalt (voor gedetailleerde toetsing op Golfklap), zijn grotere proefstukken uit de golfklapzone nodig. In dat geval moeten de boorkernen een diameter hebben van 250 mm (waterbouwasfaltbeton) of 200 mm (open steenasfalt).

(VTV, *Katern 8*, § 3.3.2)

Met een beperkt boorprogramma en onderzoek aan de kernen wordt beoogd voldoende informatie in handen te krijgen bij het ontbreken van aanleggegevens. Daarbij worden 8 waarnemingen per eigenschap toereikend geacht. Alleen bij grote variatie van de eigenschappen zijn meer dan 8 waarnemingen nuttig om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten. Door de kernen aselechte uit even grote vakken te boren wordt voldaan aan het representatief nemen van de monsters.

De keuze van boorkernen met een grote diameter heeft te maken met de mogelijkheid dat in een latere fase de mechanische eigenschappen moeten worden bepaald; daarom is ook alleen de golfklapzone genoemd.

Een beschrijving van een beperkt boorprogramma (incl. mechanisch en standaardonderzoek) is opgenomen in bijlage 3.

3.5.3 Standaardonderzoek

Standaardonderzoek

In het standaardonderzoek worden de parameters bepaald die nodig zijn voor de eenvoudige toetsing. Het onderzoek bestaat per kern uit het bepalen van:

- de laagdikte;
- de samenstelling;
- de dichtheid van het mengsel;
- de bitumenkwaliteit (overigens wordt deze parameter normaal gesproken wel bepaald, maar is niet nodig voor de toetsing);
- de dichtheid van het proefstuk;
- de holle ruimte.

Voor de bepalingen worden zaagresten en schijven (of balkjes) uit boorkernen gebruikt. Zie voor de methode van het standaardonderzoek de Standaard RAW Bepalingen [30].

(VTV, Katern 8, § 3.3.2)

3.5.4 Mechanisch onderzoek

Mechanisch onderzoek ter bepaling van sterkte en stijfheid

In aanvulling op de resultaten van het standaardonderzoek is voor de gedetailleerde toetsing op Golfklap informatie over de sterkte en stijfheid van het asfalt nodig; dit wordt bepaald met mechanisch onderzoek. Uit de boorkernen worden proefstukken gezaagd. Deze worden in het laboratorium beproefd, zodat de materiaaleigenschappen kunnen worden bepaald. Bij waterbouwasfaltbeton wordt de Driepunts-buigproef uitgevoerd, bij open steenasfalt de Schuifproef. Hiermee worden de stijfheid (elasticiteitsmodulus E_{dyn}) en de relatie tussen het aantal lastherhalingen en de bezwijksterkte ($N-\sigma$ relatie) van het asfalt bepaald. Het is verstandig om ook een standaardonderzoek uit te voeren op de monsters waarvan de mechanische eigenschappen worden bepaald. Voor Golfklap zijn met name de mechanische eigenschappen onderin de asfaltlaag van belang, omdat het bij dit mechanisme gaat om buiging van het asfalt onder de golfklapbelasting.

(VTV, Katern 8, § 3.3.2)

Als bij het mechanisch onderzoek ook een standaardonderzoek wordt uitgevoerd, biedt dit de mogelijkheid om vast te stellen of de monsters representatief zijn. De standaard eigenschappen mogen dan niet significant afwijken van de resultaten die bij de aanleg zijn gevonden.

Visuele inspectie

Voor de toetsing op Golfklap moet worden nagegaan of de werkelijke laagdikte kleiner is of dat de mechanische eigenschappen ongunstiger zijn als gevolg van het schadebeeld 'aangetast oppervlak'. Dit is verwerkt in een aparte toetsstap in het schema van het spoor Golfklap. Richtlijnen voor de inspectie worden bij de toetsing behandeld (zie stap 4 van § 3.4.2). Overigens speelt de visuele inspectie daarnaast een belangrijke rol in de toetsing op Materiaaltransport.

(VTV, Katern 8, § 3.3.2)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.2 wordt verwezen naar Hoofdstuk 5 (Beoordeling Golfklap) uit dit rapport.

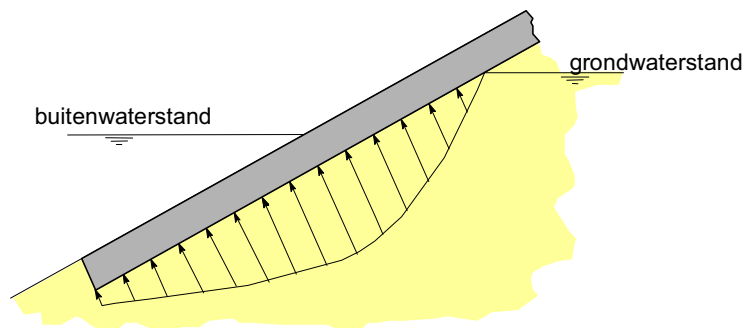
Benodigde gegevens voor de sterkte bij het mechanisme Golfklap:

- mengsamenstelling en gebruikte bouwstoffen;
- holle ruimte;
- leeftijd van de bekleding;
- materiaal dijklichaam en indien aanwezig gegevens over de dichtheid of de beddingsconstante;
- aanwezige laagdikte van het asfalt (zie §3.3);
- Elasticiteitsmodulus (E_{dyn});
- Materiaalparameters $\log(k)$ en a (= regressieconstanten van N - σ relatie).

3.6 Wateroverdruk

Bij dit mechanisme moet worden vastgesteld of de bekleding in staat is wateroverdrukken in de ondergrond te weerstaan.

Als de waterstand in het dijklichaam hoger is dan de buitenwaterstand, ontstaan wateroverdrukken onder een gesloten asfaltbekleding. Deze waterstandsverschillen ontstaan als na het optreden van een hoge waterstand de buitenwaterstand snel daalt. De grondwaterstand volgt dan vertraagd. In figuur 3.2 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 3.2 Situatie waarbij een wateroverdruk onder een gesloten bekleding optreedt

Wateroverdruk AWO

De weerstand van de asfaltbekleding tegen het faalmechanisme Wateroverdruk wordt bepaald door de dichtheid en de laagdikte van het asfalt plus eventuele kleilagen daar direct onder. Als rekenwaarde voor de laagdikte wordt voor het spoor Wateroverdruk altijd de gemiddelde waarde gebruikt, onafhankelijk van de herkomst van de gegevens (bestek- of aanleggegevens of metingen). In het algemeen volstaan voor de toetsing op Wateroverdruk de aanleg- of besteksgegevens. Als dat niet het geval is, kunnen gegevens over de dikte en dichtheid worden gebruikt uit het standaardonderzoek conform de Standaard RAW Bepalingen [30] (zie § 3.3.2).

(VTV, *Katern 8*, § 3.3.3)

Benodigde gegevens voor de sterkte bij het mechanisme Wateroverdruk:

- Doorlatendheid asfalt (of holle ruimte).
- Laagdikte (gemiddeld).
- Dichtheid asfalt (dichtheid proefstuk of volumieke massa).
- Dichtheid water.
- Dichte onderlagen (aanwezigheid).
- Hechtende onderlagen.

Als een doorlatende laag van zandasfalt hecht aan de bovenlaag mag de massa van de onderlaag worden meegerekend.

3.7 Bezijken van de onderlaag

Bezijken van de onderlaag ABO

Voor het bezijken van de onderlaag van een asfaltbekleding bestaan geen specifieke toetsregels: afhankelijk van het type onderlaag wordt daarvoor in § 3.4.4 verwezen naar toetsregels elders in dit Katern. In het algemeen wordt de sterkte voor dit spoor bepaald door de erosiebestendigheid en de laagdikte van de onderlagen. Een onderlaag van zandasfalt kan worden getoetst op Golfklap; daarvoor wordt verwezen naar § 3.3.2.

(VTV, Katern 8, § 3.3.4)

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.4.4 respectievelijk §3.3.2 wordt verwezen naar Hoofdstuk 7 (Beoordeling Bezijken Onderlaag) respectievelijk Hoofdstuk 5 Beoordeling Golfklap uit dit rapport.

Wanneer de onderlaag uit zandasfalt bestaat kunnen proefstukken worden genomen waarvan de elasticiteitsmodulus en de vermoeiingssterkte worden bepaald.

Benodigde gegevens voor de sterkte bij het mechanisme Bezijken Onderlaag:

- Laagdikte.
- Sterkte zandasfaltlaag (elasticiteitsmodulus en de materiaalparameters $\log(k)$ en a).
- Beddingsconstante van de ondergrond

4 Beoordeling Materiaaltransport

Bij de beoordeling van het mechanisme **Materiaaltransport** moet worden nagegaan of de aanwezige sterkte voldoende is om de belastingen te kunnen weerstaan. Bij dit mechanisme worden geen belastingen onderscheiden. De beoordeling richt zich tot het vaststellen of materiaaltransport mogelijk of aanwezig is met behulp van een visuele inspectie. Dit betreft de schadebeelden scheuren, openstaande naden en gaten. Aantasting wordt niet meegenomen hoewel dit een indicatie vormt voor het gevaar van het ontstaan van gaten.

In Hoofdstuk 3 Sterkte is aangegeven hoe de aanwezige schade wordt bepaald. In dit hoofdstuk wordt deze beoordeeld in het licht van het mechanisme Materiaaltransport.

4.1 Principe

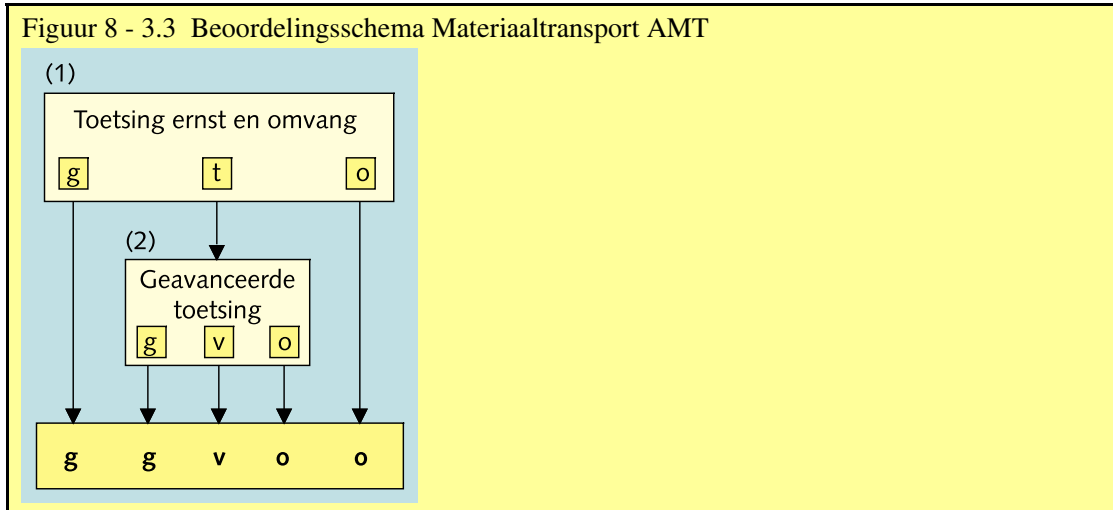
Materiaaltransport AMT

De toetsing op dit spoor bestaat uit een visuele inspectie of zanduittrekking voorkomt of dat er gaten in de asfaltbekleding aanwezig zijn, veroorzaakt door schade en/of veroudering. Als gevolg van een slecht ontwerp of een slechte uitvoering van de onderliggende laag kan bij open steenasfalt kernmateriaal uittreden. Indien schade is opgetreden (scheur, gat of bezwijkende teen- of overgangsconstructie) kan bij open maar ook bij dichte asfaltbekledingen interne erosie plaats vinden.

Bij de visuele inspectie wordt gekeken naar twee aspecten: de ernst en de omvang van de schade. Door middel van visuele inspectie worden per schadeplek de ernst en omvang vastgesteld en beoordeeld met behulp van een schade classificatie. De beoordeling op Materiaaltransport volgt het schema in figuur 8 - 3.3. Materiaaltransport bij overgangsconstructies wordt apart behandeld in § 3.5.

Voor de in bovenstaande tekst genoemde § 3.5 wordt verwezen naar Hoofdstuk 8 (Toetsing van overgangsconstructies) uit dit rapport.

Figuur 8 - 3.3 Beoordelingsschema Materiaaltransport AMT



(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

4.2 Beoordelen van de inspectieresultaten

Beoordeling van inspectieresultaten

Voor de toetsing op Materiaaltransport zijn per schadeplek twee kenmerken van belang: ten eerste de ernst en ten tweede de omvang van de schade. Voor de bepaling van de ernst wordt in tabel 8 - 3.2 een klasse-indeling gegeven. Deze klasse-indeling in combinatie met de omvang van de schade bepaalt het toetsresultaat.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

De ernst van aanwezige scheuren en openstaande naden is vaak niet goed vast te stellen omdat de diepte van de scheuren en openstaande naden niet goed zijn te meten. De ernst van de schade kan dan worden onderzocht door middel van onderzoek aan boorkernen.

De ernst van de aangetroffen schadebeelden is verdeeld in drie klassen, te weten: 'licht' (L), 'matig' (M) en 'ernstig' (E). Per schadebeeld worden aandachtspunten gegeven voor de bepaling van de ernst en omvang.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Scheuren

De ernst van de schade wordt uitgedrukt in de scheurbreedte, in mm. Als ondergrens wordt een praktische maat gehanteerd; scheuren met een scheurbreedte ≤ 3 mm (waarbij geen uittreding van zand of water kan worden geconstateerd) worden in de praktijk niet gerepareerd en worden daarom bij de toetsing ingedeeld in de klasse 'licht'. Tijdens de periodieke inspecties moet wel worden bijgehouden of deze scheuren verergeren. Doorgaande scheuren, scheuren met een breedte ≥ 10 mm en scheuren waar zanduitreding plaatsvindt worden als 'ernstig' beoordeeld.

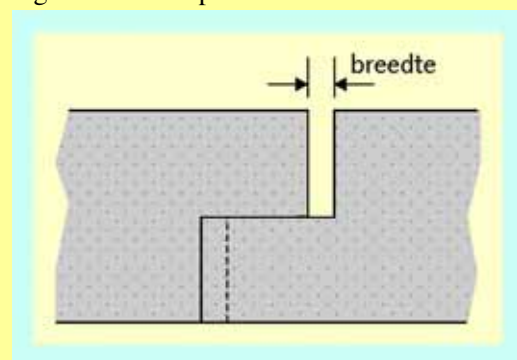
(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Het is dus van belang exact te weten waar schade is gelocaliseerd, opdat het verloop in de tijd voldoende nauwkeurig en betrouwbaar kan worden gevolgd.

Openstaande naden

Als een naad open gaat staan, manifesteert de schade zich meestal op een wijze zoals weergegeven in figuur 8 - 3.5. De beoordeling is vergelijkbaar met die van scheuren: openstaande naden met een breedte ≤ 3 mm (waarbij geen uittreding van zand of water kan worden geconstateerd) worden in de praktijk niet gerepareerd en worden daarom bij de toetsing ingedeeld in de klasse 'licht'. Doorgaande openstaande naden, naden met een breedte ≥ 10 mm en naden waar zanduittrekking plaatsvindt worden als 'ernstig' beoordeeld.

Figuur 8 - 3.5 Openstaande naad



(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Gaten

Gaten in de bekleding worden altijd ingedeeld in de klasse 'ernstig'. In aanvulling daarop mag zanduittrekking (uit gaten, doorgaande scheuren en geheel openstaande naden) nooit optreden. Wordt dit tijdens een inspectie aangetroffen dan wordt de betreffende schade altijd ingedeeld in de klasse 'ernstig'.

In tabel 8 - 3.2 zijn de te hanteren normen samengevat, waarbij b_r staat voor de breedte van de scheur of naad. Zoals besproken zijn alle drie de schadebeelden van belang voor waterbouwasfaltbeton en zandafalt, terwijl voor open steenasfalt en gepenetreerde breuksteen alleen het schadebeeld gaten met zanduittrekking van belang is.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Bij open steenasfalt en gepenetreerde breuksteen komen scheuren en openstaande naden niet voor, omdat deze bekledingen voldoende flexibel zijn.

Tabel 8 - 3.2 Klasse-indeling voor de ernst van de schade			
Schadebeeld	Klasse voor de ernst van de schade		
	Licht (L)	Matig (M)	Ernstig (E)
Scheuren	$br \leq 3 \text{ mm}$	$3 \text{ mm} < br < 10 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none"> • $br \geq 10 \text{ mm}$; • doorgaande scheur; • zanduittrekking uit scheur
Openstaande naden	$br \leq 3 \text{ mm}$	$3 \text{ mm} < br < 10 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none"> • $br \geq 10 \text{ mm}$; • doorgaande naad; • zanduittrekking uit naad
Gaten	-	-	in alle gevallen

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

4.3 Normen voor onbelaste zone en golfploopzone

De in tabel 8 - 3.2 genoemde normen zijn geldig voor de wateroverdrukzone en de golfklapzone. In aanvulling op het VTV zijn voor de golfploopzone minder strenge eisen opgesteld. Vanuit het oogpunt van veiligheid wordt gesteld dat geen zanduittrekking uit scheuren, naden en gaten mag plaatsvinden. Doorgaande scheuren zijn niet acceptabel evenals gaten in de bekleding. Wordt één van de genoemde schadebeelden aangetroffen, dan krijgt de betreffende schade de beoordeling 'ernstig'. De overige aangetroffen schadebeelden in de golfploopzone zijn niet van invloed op de beoordeling. De onbelaste zone hoeft niet geïnspecteerd te worden. Schade in deze zone heeft geen invloed op de beoordeling.

Schadebeeld	licht	matig	ernstig
scheuren / gaten	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - gat - doorgaande scheur - zanduittrekking
openstaande naden	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - doorgaande naad - zanduittrekking

Aanvulling Tabel 8 - 3.2: Te hanteren waarden voor beoordeling van schadebeelden bij asfaltbeton in de golfploopzone

4.4 Stap 1: Toetsing ernst en omvang

Stap 1: Ernst en omvang

De toetsregels betreffen een combinatie van de ernst en de omvang. Als een schadebeeld zich plaatselijk in groten getale manifesteert, kan dit er op duiden dat de asfaltkwaliteit plaatselijk slecht is. Een dergelijke zwakke plek in de bekleding kan de veiligheid in gevaar brengen.

Met behulp tabel 8 - 3.3 wordt een beoordeling 'goed', 'twijfelachtig' of 'onvoldoende' verkregen. Globaal geldt: een ernstige schade (onafhankelijk van de omvang), of een matige schade met grote omvang, leidt tot een score 'onvoldoende'. Een score 'twijfelachtig' wordt gegeven bij matige schade met gemiddelde omvang. De beoordeling geldt per schadeplek. Bij vaststelling van de normen is het volgende als leidraad gebruikt:

- 'goed': De schade brengt de veiligheid duidelijk niet in gevaar.
- 'twijfelachtig': Het is niet direct mogelijk te zeggen of de aangetroffen schade de veiligheid in gevaar brengt. Geavanceerde beoordeling (nader onderzoek) moet uitsluitel geven.
- 'onvoldoende': De schade brengt de veiligheid waarneembaar in gevaar.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Bovenstaande kwalificatie is gebaseerd op "engineering judgement". Op basis van op te bouwen ervaring met toetsen en schadeprogressie kan deze kwalificatie wellicht beter worden onderbouwd.

Een "schadeplek" is een niet gedefinieerd begrip. Het is aan de beheerder om hieraan een praktische invulling te geven.

Tabel 8 - 3.3 Toetsingsregels voor ernst en omvang van de schade

Lengte van de scheur of naad	Klasse voor de ernst van de schade		
	Licht (L)	Matig (M)	Ernstig (E)
$l \leq 3$ m	g	g	o
$3 < l < 6$ m	g	t	o
$l \geq 6$ m	t	o	o

Als het schadebeeld gaten is geconstateerd, of als er sprake is van zanduittreiding, is de score direct 'onvoldoende', onafhankelijk van de omvang.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Uitzondering kan worden gemaakt bij het schadebeeld gaten als een goed functionerend filter aanwezig blijkt te zijn; in dat geval kan de score 'twijfelachtig' worden toegekend.

4.5 Stap 2: Geavanceerde toetsing (nadere beoordeling schade)

Stap 2: Geavanceerde toetsing Materiaaltransport (nadere beoordeling schade)

Als uit stap 1 voor de ernst en de omvang van één van de schadebeelden een tussenscore 'twijfelachtig' volgt, is nadere beoordeling van de schade nodig. Er worden aandachtspunten gegeven voor het benodigde onderzoek voor de schadebeelden scheuren en openstaande naden.

Het onderzoek van scheuren en naden heeft ten doel de sterkte van de gescheurde constructie te beoordelen en de aard van de scheuren en naden vast te stellen. Het onderzoek wordt uitgevoerd als er beperkte matige of uitgebreide lichte schade in een dijksectie wordt geconstateerd, waardoor de kwalificatie na de stap 1 van de toetsing op Materiaaltransport 'twijfelachtig' is.

Voor het onderzoek worden drie kernen (diameter 100 mm) geboord op plaatsen met de grootste scheur- of naadbreedte. Aan de kernen worden de laagdikte, de scheur- of naaddiepte en het breedteverloop gemeten.

Voor een score 'goed' moet worden voldaan aan twee eisen:

- de scheur of naad is niet doorgaand;
- de scheur- of naaddiepte is kleiner dan de helft van de oorspronkelijke laagdikte.

Een score 'onvoldoende' wordt dus toegekend als aan één van de twee voorwaarden niet wordt voldaan. Bij twijfel aan het oordeel kunnen meer dan drie kernen worden geboord.

(VTV, Katern 8, § 3.4.1)

Als de helft van de oorspronkelijke laagdikte nog aanwezig is, wordt de bekleding voldoende erosiebestendig geacht.

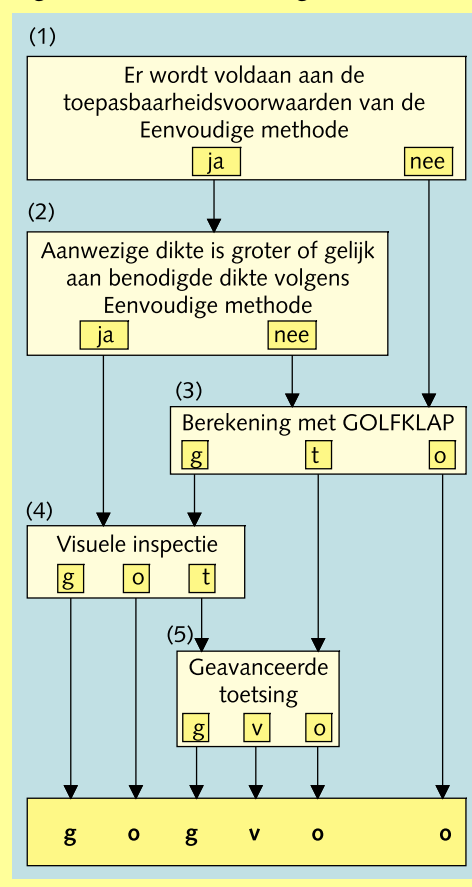
5 Beoordeling Golfklap

5.1 Principe

Golfklap AGK

De beoordeling op dit mechanisme volgt het schema in figuur 8 - 3.6. De beoordeling bestaat uit een vergelijking tussen de aanwezige laagdikte enerzijds en de benodigde laagdikte anderzijds. De bepaling van de aanwezige laagdikte en de asfaltkwaliteit is behandeld in § 3.3.2. Voor de bepaling van de benodigde laagdikte bestaan twee uitgewerkte methodes (eenvoudige en gedetailleerde methode), en daarna is eventueel geavanceerde toetsing mogelijk. Stap 1 van de toetsing bestaat uit een controle of de eenvoudige methode kan worden toegepast; zo nee, dan moet direct de gedetailleerde methode worden gebruikt. Stap 2 en stap 3 zijn respectievelijk de eenvoudige en de gedetailleerde rekenmethode. Een score 'goed' na stap 2 en 3 is alleen mogelijk na visuele inspectie. Dit is expliciet gemaakt in stap 4. Als uit stap 1 tot en met 4 geen eindscore volgt, is geavanceerde toetsing nodig (stap 5). De beoordeling wordt per stap beschreven.

Figuur 8 - 3.6 Beoordelingsschema Golfklap AGK



(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

De bepaling van de laagdikte en de asfaltkwaliteit zijn behandeld in Hoofdstuk 3 Sterkte, § 3.4.1 t/m § 3.4.4.

5.2 Stap 1: Toepasbaarheidsvoorwaarden Eenvoudige methode

De Eenvoudige methode van stap 2 mag alleen worden toegepast in de omstandigheden waarvoor de rekenregels zijn afgeleid. Er moet aan vier soorten voorwaarden worden voldaan:

- type asfaltbekleding;
- staat van de bekleding;
- gemiddelde mengselsamenstelling;
- veroudering.

Alleen als aan alle gestelde voorwaarden wordt voldaan, kan de Eenvoudige methode van stap 2 worden toegepast. Als aan één van de voorwaarden niet wordt voldaan, wordt de toetsing direct voortgezet met de gedetailleerde methode van stap 3.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

De bovengenoemde 4 soorten voorwaarden betreffen het type asfaltbekleding, de staat waarin deze verkeert, de mengselsamenstelling en de veroudering. Alleen als aan deze 4 voorwaarden wordt voldaan is het gebruik van de figuren 8 - 3.7 t/m 8 - 3.9 toegestaan. Er is dan voldoende zekerheid dat de kwaliteit van het te toetsen asfalt overeenkomt met de kwaliteit van het asfalt dat voor het opstellen van de grafieken is gebruikt.

5.2.1 Type asfaltbekleding

Type asfaltbekledingen

De Eenvoudige methode is niet toepasbaar voor bovenlagen van zandasfalt (type 6); daarvoor is in alle gevallen gedetailleerde toetsing nodig. Voor bekledingen van gepenetreerde breuksteen (type 7) daarentegen zijn de overige toepassingsvoorwaarden niet relevant: deze kunnen altijd met de Eenvoudige methode worden getoetst.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Voor zandasfalt is geen figuur voor de eenvoudige toetsing opgesteld bij gebrek aan gegevens. Bij dit type zal de sterkte en stijfheid dus moeten worden bepaald.

Bij de eenvoudige toetsing van gepenetreerde breuksteen wordt figuur 8 - 3.9 toepasbaar geacht voor alle soorten "vol en zat" gepenetreerde breuksteenbekledingen.

5.2.2 Staat van de bekleding

Staat van de bekleding

Al in dit stadium van de toetsing is het nodig om een visuele inspectie uit te voeren. Als daaruit blijkt dat er beschadigingen zijn die ernstiger zijn dan enkele steentjes per m², is de Eenvoudige methode niet toepasbaar.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Bovengenoemde schade wijst op een significante vermindering van de kwaliteit van het asfalt. Het is dan niet meer te rechtvaardigen om de toetsgrafieken te gebruiken; het bepalen van de actuele sterkte en stijfheid is dan geboden.

In het VTV is niet beschreven hoe bij dit faalmechanisme moet worden omgegaan met de schadebeelden scheuren, openstaande naden en gaten. Het is aan te bevelen hier hetzelfde beoordelingsspoor te volgen als onder het faalmechanisme Materiaaltransport is beschreven.

5.2.3 Gemiddelde mengselsamenstelling

Gemiddelde mengselsamenstelling

De Eenvoudige methode is alleen toepasbaar als de gemiddelde mengselsamenstelling van de asfaltbekleding binnen bepaalde grenzen ligt. Als het mengsel niet voldoet aan de gestelde eisen, zijn de mechanische eigenschappen anders dan wordt aangenomen voor de Eenvoudige methode. In dat geval moet de gedetailleerde methode worden toegepast, waarin de mechanische eigenschappen worden bepaald en expliciet gebruikt in de berekening. De toepassingsgrenzen worden gegeven voor waterbouwasfaltbeton (type 1) en voor open steenasfalt (typen 4 en 5).

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Onder “gedetailleerde methode” wordt hier verstaan: “Stap 3 toetsing met Golfklap”.

Onder waterbouwasfaltbeton wordt verstaan: een warm-bereid mengsel van steenslag of grind, zand, vulstof en bitumen. De samenstelling van waterbouwasfaltbeton moet liggen tussen de grenzen zoals aangegeven in tabel 8 - 3.4. De grenzen voor bitumen gelden voor het gehalte ten opzichte van 100% mineraal aggregaat (het totaal van steenslag/grind, zand en vulstof).

Tabel 8 - 3.4 Samenstellingseisen waterbouwasfaltbeton

Materiaal	Fractie	Massapercentage	
		Minimaal	Maximaal
Steenslag/Grind	> 2 mm	40	55
Zand	< 2mm en > 63 µm	35	50
Vulstof	< 63 µm	6	10
Bitumen	-	6	8

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

In het algemeen zullen de asfaltbetonbekledingen voldoen aan bovenstaande mengselgrenzen. Dit geldt ook voor in het verleden toegepaste gemodificeerde wegenbouwmengsels als grof dicht asfaltbeton en grindasfaltbeton. Mengsels van koudasfalt (emulsiebeton) kunnen niet met de Eenvoudige methode worden beoordeeld, omdat deze naar verwachting andere eigenschappen hebben dan warm bereid asfaltbeton.

Onder open steenasfalt wordt verstaan: een warm-bereid mengsel van steenslag of grind, zand, vulstof en bitumen. De samenstelling van open steenasfalt moet liggen tussen de grenzen zoals aangegeven in tabel 8 - 3.5. Er gelden aparte grenzen voor de verhouding tussen steenslag/grind en mortel en voor de verhouding binnen de mortel tussen zand, vulstof en bitumen. De grenzen voor de mortel zijn het massapercentage binnen de mortel, dus zonder de fractie steenslag/grind. De grenzen voor bitumen gelden voor het gehalte ten opzichte van 100% mortel.

Tabel 8 - 3.5 Samenstellingseisen open steenasfalt

Materiaal	Fractie	Massapercentage	
		Minimaal	Maximaal
Steenslag/Grind	> 2 mm	75	85
Mortel	< 2mm	15	25
Zand	< 2mm en > 63 µm	60	75
Mortel Vulstof	< 63 µm	10	25
Bitumen	-	16	20

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

In de RAW-Standaard 2000 wordt de mengselsamenstelling op een andere manier beschreven. Als dat het geval is voor de te toetsen bekleding, is het voor de toetsing nodig om de samenstelling terug te rekenen naar het hier gegeven formaat.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

De in de tabel 8 – 3.5 genoemde grenzen moeten niet worden verward met de grenzen zoals aangegeven in de RAW-Standaard 2000. In deze Standaard zijn alle asfaltmengsels beschreven op de wijze als voor waterbouwasfaltbeton. Voor het omrekenen wordt verwezen naar bijlage 2 van het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [TAW, 2002].

De grenzen in de tabellen zijn zodanig gekozen dat mengsels die binnen de grenzen vallen min of meer gelijke (geen significant verschillende) mechanische eigenschappen hebben.

Veroudering

De Eenvoudige methode is alleen toepasbaar als de bekleding niet te sterk is verouderd. De mate van veroudering hangt niet alleen af van de leeftijd maar ook van materiaaleigenschappen. Bij verouderde bekledingen zijn de mechanische eigenschappen anders dan wordt aangenomen voor de Eenvoudige methode. In dat geval moet de gedetailleerde methode worden toegepast, waarin de mechanische eigenschappen worden bepaald en expliciet gebruikt in de berekening. Voor waterbouwasfaltbeton (type 1) en voor open steenasfalt (typen 4 en 5) wordt aangegeven bij welke combinatie van leeftijd en materiaaleigenschappen de Eenvoudige methode toepasbaar is. De leeftijd van de asfaltbekleding moet worden gerekend vanaf de opleverdatum van het werk tot aan de peildatum van de toetsing. De grenswaarden voor de materiaaleigenschappen in de eerste kolom van tabel 8 - 3.6 en tabel 8 - 3.7 zijn afgestemd op het feit dat de waarden voor de holle ruimte en het mortelgehalte volgens de RAW-standaard [30] altijd op één decimaal worden afgerond.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Onder “gedetailleerde methode” wordt hier verstaan: “Stap 3 toetsing met Golfklap”.

Een werk kan over meerdere jaren zijn uitgevoerd. Hanteren van de opleverdatum kan dan inhouden dat gedeelten van het werk in werkelijkheid ouder zijn.

Bij waterbouwasfaltbeton wordt de mate van veroudering vooral bepaald door twee factoren, namelijk: de leeftijd en de holle ruimte in het asfalt. Hoe lager het percentage holle ruimte, hoe langer het duurt voordat de kwaliteit van het asfalt meetbaar verandert. In tabel 8 - 3.6 is aangegeven bij welke combinaties van leeftijd en holle ruimte de Eenvoudige methode toepasbaar is (stap 2) en bij welke combinaties direct gedetailleerde toetsing nodig is (stap 3).

Tabel 8 - 3.6 Toepasbaarheidseisen t.a.v. veroudering bij waterbouwasfaltbeton

Gemiddelde holle ruimte per werk [%]	Leeftijd [jaren]			
	0 - 10	11 - 20	21 - 30	> 30
0 - 5,4	2	2	2	3
5,5 - 10,4	2	2	3	3
> 10,4	2	3	3	3

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Met het gemiddeld percentage holle ruimte per werk wordt bedoeld de gemiddelde waarde die is bepaald voor de holle ruimte van monsters uit 1 dijkstrekking (bestek). Binnen 1 werk kan het voorkomen dat verschillende delen te onderscheiden holle ruimte niveau's vertonen; in dat geval kan het nuttig zijn bij de toetsing daarvoor onderscheid te maken, door het aantal dijkvakken (secties) uit te breiden.

Onduidelijk is hoe moet worden omgegaan met variatie in holle ruimte in een laag asfaltbeton. De holle ruimte in het midden van de laag vertoont meestal de laagste waarden en de holle ruimte onder in de laag de hoogste.

Open steenasfalt heeft in verband met de specifieke mengsamenstelling een hoge holle ruimte. Als indicator voor de kwaliteit wordt bij open steenasfalt daarom niet de holle ruimte, maar de hoeveelheid asfaltmortel gebruikt, omdat dit bepaalt hoe dik en duurzaam de stenen zijn omhuld. In tabel 8 - 3.7 is aangegeven bij welke combinaties van leeftijd en mortelpercentage de Eenvoudige methode toepasbaar is (stap 2) en bij welke combinaties direct gedetailleerde toetsing nodig is (stap 3).

Tabel 8 - 3.6 Toepasbaarheidseisen t.a.v. veroudering bij open steenasfalt

Negatieve afwijking t.o.v. bij aanleg overeengekomen mortelgehalte [massapercentage]	Leeftijd [jaren]				
	0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	> 20
0 - 0,5	2	2	2	2	3
0,6 - 1,0	2	2	2	3	3
1,1 - 1,5	2	2	3	3	3
1,6 - 2,0	2	3	3	3	3
> 2,0	3	3	3	3	3

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Opmerking:

In het VTV is twee maal een tabel 8 - 3.6 opgenomen. "Toepasbaarheidseisen t.a.v. veroudering bij open steenasfalt" had tabel 8 - 3.7 genummerd moeten zijn.

Onder "gedetailleerde methode" wordt hier verstaan: "Stap 3 toetsing met Golfklap".

Het in de tabel genoemde "overeengekomen mortelgehalte" betreft de samenstelling die uiteindelijk is overeengekomen tussen aannemer en directie. Deze kan belangrijk afwijken van de in het bestek genoemde samenstelling, omdat hij na vooronderzoek en verwerking kan zijn gewijzigd. Indien deze gegevens niet zijn te achterhalen moet worden gekozen voor de bestekssamenstelling of direct voor stap 3.

5.3 Stap 2: Eenvoudige methode

Stap 2: Eenvoudige methode Golfklap

De eenvoudige toetsing bestaat uit een vergelijking tussen de aanwezige laagdikte en de vereiste laagdikte, waarbij de vereiste laagdikte afhankelijk is van het type, de ondergrond, de taludhelling en de significante golfhoogte H_s . Als de rekenwaarde van de aanwezige laagdikte groter is dan de vereiste laagdikte, is de eindscore voor Golfklap 'goed'. Voor waterbouwasfaltbeton en voor open steenasfalt is de rekenmethode conservatief; voor die typen kan in deze stap daarom geen eindscore 'onvoldoende' worden gegeven: als de aanwezige laagdikte kleiner is dan de vereiste laagdikte, is de tussenscore 'twijfelachtig' en wordt de toetsing voortgezet met de gedetailleerde toetsing in stap 3. Voor gepenetreerde breuksteen bestaat geen gedetailleerde methode: voor dat type is direct geavanceerde toetsing (stap 5) nodig als de aanwezige laagdikte kleiner is dan de berekende vereiste laagdikte.

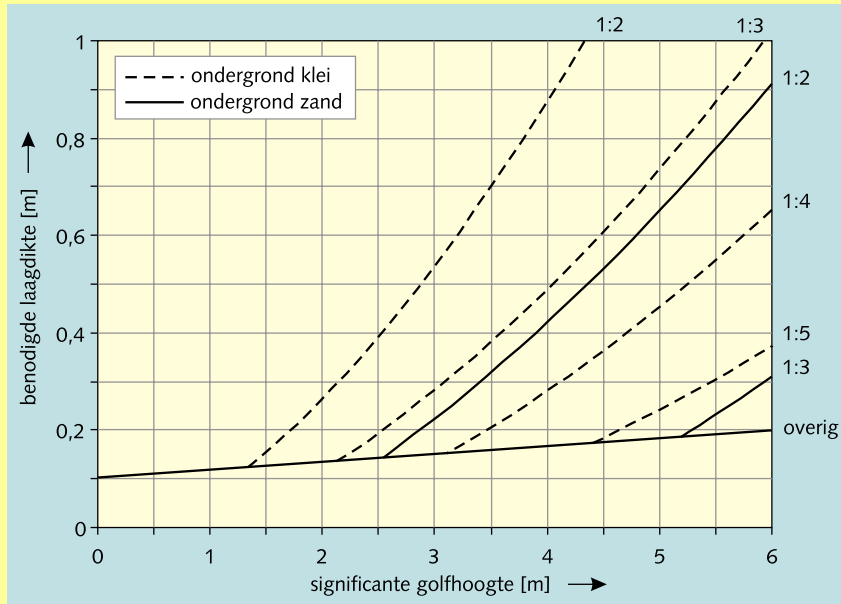
Voor de aanwezige laagdikte wordt in deze stap in principe gerekend met de representatieve waarden volgens § 3.3.2. Het is daarbij nog niet nodig om rekening te houden met eventuele laagdiktereductie door het shadebeeld 'aangetast oppervlak', want dat wordt expliciet behandeld in stap 4. Als echter in dit stadium van de toetsing al gegevens beschikbaar zijn over deze laagdiktereductie, kan al in deze stap 2 worden gerekend met de gereduceerde laagdikte.

De benodigde laagdikte bij toetsen op Golfklap wordt bepaald met de grafieken uit figuur 8 - 3.7 (waterbouwasfaltbeton), figuur 8 - 3.8 (open steenasfalt) of figuur 8 - 3.9 (gepenetreerde breuksteen). Voor afwijkende waarden van de taludhelling kan lineair worden geïnterpoleerd tussen de gegeven lijnen. Voor gepenetreerde breuksteen op zand zijn in figuur 8 - 3.9 alleen lijnen voor 'taludhelling 1:2' en 'overig' gegeven; ten behoeve van de interpolatie kan de lijn 'overig' in die figuur worden toegepast alsof die hoort bij een helling van 1:2,5.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

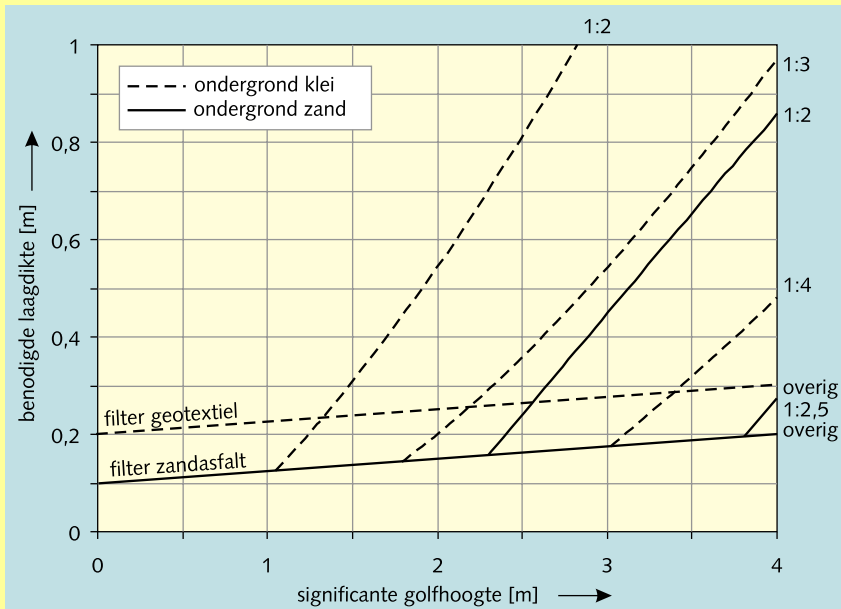
De grafieken zijn opgesteld op grond van berekeningen met het computermodel GOLFKLAP, op basis van veilige aannamen voor de verschillende parameters. Voor meer informatie zie Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, bijlage 7 [TAW, 2002].

Figuur 8 - 3.7 Eenvoudige methode: benodigde dikte waterbouwasfaltbeton



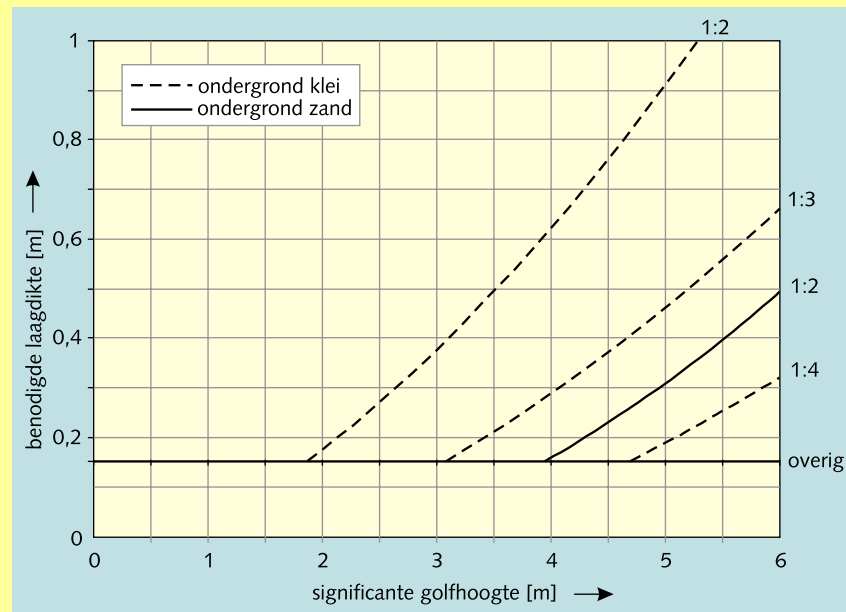
(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Figuur 8 - 3.8 Eenvoudige methode: benodigde dikte open steenasfalt



(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Figuur 8 - 3.9 Eenvoudige methode: benodigde dikte gepenetreerde breuksteen



(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Voor de toetsing worden bij de eenvoudige beoordeling de ontwerpgrafieken gebruikt. Het is denkbaar dat voor het toetsen de ondergrens kan worden losgelaten. Immers de extra veiligheid die in het ontwerp zit hoeft bij toetsen voor de korte termijn van 5 jaar niet aanwezig te zijn.

Als de ontwerpondergrens wordt losgelaten mist de toetsers een toetsgrenswaarde, met name bij geringe H_s en bij flauwe taluds. In dat geval lijkt het redelijk te stellen, dat een asfaltlaag alleen dan als erosiebeschermende laag kan functioneren als deze een dikte heeft van bijvoorbeeld 5 tot 10 cm. Bij deze dikte kan de bekleding echter niet de score "Goed" krijgen maar hooguit "Voldoende".

Volgens het VTV mag een score "Voldoende" alleen worden toegekend als de daarvoor benodigde kennis toereikend en geaccepteerd is. Bij asfaltbekledingen is dat niet het geval.

Daarom worden de ondergrenzen uit de ontwerpgrafieken onverkort gehandhaafd.

Voor de eenvoudige beoordeling betekent dit dat elke gemeten laagdikte die kleiner is dan de ontwerplaagdikte, met in acht nemen van de ondergrenzen, leidt tot de score "Twijfel", zodat de gedetailleerde beoordeling moet worden uitgevoerd.

Als bekend is dat de bovenlaag van asfalt direct op een onderlaag van slecht verdicht zand ligt, moet bij de toetsing in deze stap worden gebruik gemaakt van de lijntjes voor een klei-ondergrond.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Veelal is weinig bekend over de dichtheid van het zandbed, omdat tijdens de aanleg daar geen onderzoek naar werd gedaan. Als het toetsresultaat kritisch ligt, kan het de moeite lonen na te gaan wat de actuele dichtheid van het zandbed is.

Asfaltbekledingen op een berm moeten in deze stap als volgt worden getoetst: ten aanzien van de bekledingseigenschappen worden de werkelijk op de berm aanwezige waarden gebruikt, maar voor de taludhelling en de golfbelasting worden de waarden gebruikt van het talud onder de berm. Ook voor dit geval is de tussenscore 'twijfelachtig' als de aanwezige dikte kleiner is dan de berekende benodigde dikte en wordt de toetsing voortgezet met stap 3.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Voor het ontwerpen van bermen zijn nog geen methoden voor handen omdat de impact van golven op een berm niet bekend is. De klapgrootte hangt af van de steilheid van het talud. Uit beperkte meetgegevens blijkt dat steilere taluds worden belast door grotere golfklappen. Hieruit is af te leiden dat (bij benadering) horizontale vlakken niet worden belast door golfklappen.

Voor het toetsen van bermen is tot nu toe de simpele redenering aangehouden dat taluds met hellingen flauwer dan 1:6 niet door golfklappen van enige betekenis worden belast en dus niet op golfklappen hoeven te worden getoetst. (Veiligheidshalve kunnen bermen worden getoetst bij een fictieve taludhelling van 1:6; indien dit leidt tot de score "goed" dan zal de berm zeker voldoende veiligheid bieden.)

Tegen bovenstaande redenering zijn bedenkingen naar voren gebracht. De gedachte daarbij is dat de opbouw van golven en het ontstaan van een "plunging breaker" (o.a.) afhangt van de taludhelling en het niet uitmaakt of boven dit beloop een berm of een doorgaand talud aanwezig is. Afgesproken is om een berm te toetsen alsof het onderliggende beloop naar boven toe doorloopt.

Mogelijk is dit een erg conservatieve benadering omdat wordt verwacht dat het aantal golfklappen op een berm aanzienlijk geringer zal zijn dan op een voortgezette taludhelling. Verondersteld wordt dat dit slechts 10 tot 20 % van de vergelijkbare klappen op een talud bedraagt. De redenering hierachter is dat op de berm veelal een relatief dikke waterlaag achterblijft in vergelijking met een recht doorgaand talud. In geval van een berm verloopt het afstromen immers trager. Daardoor zal de impact van de golfklap worden gereduceerd.

De nieuwste ontwikkeling in het benaderen van bermen wordt momenteel uitgewerkt bij het opstellen van het nieuwe rekenmodel GOLFKLAP. Hierin wordt de golfbelasting op een berm benaderd als vloeiend verloop tussen de beide aanliggende taludgedeelten. Verschillen in taludhelling worden in het programma verdisconteerd in de stootfactor. In GOLFKLAP wordt gerekend met de gemiddelde stootfactor over het deel van het talud dat H_s onder het inslagpunt ligt.

5.4 Stap 3: Berekening met GOLFKLAP

Computerprogramma GOLFKLAP (gedetailleerd)

Als de Eenvoudige methode van stap 2 niet toepasbaar is, of als met de Eenvoudige methode niet kan worden aangetoond dat de aanwezige laagdikte volstaat, is toetsing met de gedetailleerde methode nodig. Voor bekledingen van gepenetreerde breuksteen (type 7) kan stap 3 niet worden toegepast en is in dat geval direct geavanceerde toetsing nodig.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Er zijn 2 redenen waarom van gepenetreerde breuksteen geen mechanische eigenschappen in het laboratorium kunnen worden bepaald. Ten eerste is het materiaal te grof (breuksteen) om kleine testbalken te zagen, ten tweede zijn deze proefstukken niet vormvast door de gietasfalt.

De gedetailleerde toetsing wordt uitgevoerd met het computerprogramma GOLFKLAP. In § 3.2.3 en § 3.3.2 is behandeld welke invoerparameters nodig zijn en hoe die kunnen worden bepaald: naast de laagdikte, de beddingsconstante van de ondergrond en de hydraulische randvoorwaarden zijn de E-modulus en de vermoeiingssterkte van belang. Voor de laatste twee parameters worden veilige karakteristieke waarden bepaald met mechanisch onderzoek.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Voor de vermoeiingssterkte wordt een karakteristieke ondergrens gehanteerd van 5 % van de regressielijn, die het verband aangeeft tussen de opgelegde spanning en het aantal lastherhalingen. Voor de E-modulus wordt de 95 % bovengrens gehanteerd. Beide grenswaarden resulteren in hogere Minersommen. De combinatie van beide grenswaarden geven wel een conservatief resultaat. Dit is des te meer conservatief omdat een lage sterkte in werkelijkheid is gerelateerd aan een lage stijfheid; de combinatie van lage sterkte en hoge stijfheid is dus minder reëel.

Voor de beddingsconstante worden tot nu toe waarden gehanteerd uit tabellen. Deze staan vermeld in het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, tabel B6.1 [TAW,2002]. Deze waarden betreffen algemeen geaccepteerde gemiddelde waarden. Bij het toetsen m.b.v. NDO-technieken (zie appendix 2) is het momenteel gebruik om bij het berekenen van beddingsconstanten te werken met een karakteristieke lage grenswaarde van 5 %. In een nadere studie zal worden nagegaan wat de consequenties hiervan zijn.

Het GOLFKLAP-model berekent of de laag bestand is tegen de vermoeiingsschade als gevolg van de herhaalde golfklapbelasting. De schade wordt uitgedrukt in de zogenaamde Minersom. Dit getal is de som van de relatieve vermoeiingsschade, die elke golfklap op het materiaal teweeg brengt. Is dit getal groter dan 1 dan is de belasting groter dan de asfaltlaag kan weerstaan en zullen scheuren gaan ontstaan.

De toetsregel in deze stap is als volgt:

- de score is 'goed' bij: $\text{Minersom} < 1$;
- de score is 'twijfelachtig' bij: $1 \leq \text{Minersom} \leq 5$;
- de score is 'onvoldoende' bij: $\text{Minersom} > 5$.

Bij een score 'goed' wordt de toetsing voortgezet met stap 4 (visuele inspectie). Bij een tussenscore 'twijfelachtig' is geavanceerde toetsing nodig. Een score 'onvoldoende' in deze stap geldt direct als eindscore.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

De minersom is een getal dat de verhouding aangeeft tussen de optredende belasting en de maximaal toelaatbare belasting. Een Minersom van 1 betekent dat de vermoeiingslevensduur van het asfalt net voldoende is om een maatgevende storm te doorstaan. Als de Minersom daarentegen 5 bedraagt betekent dit dat de vermoeiingslevensduur al na 1/5 van de maatgevende storm wordt bereikt.

Er zijn enkele gevallen die speciale aandacht behoeven:

- ten aanzien van asfaltbekledingen op een berm is de werkwijze hetzelfde als voor de Eenvoudige methode in stap 2: ten aanzien van de bekledingseigenschappen worden de werkelijk op de berm aanwezige waarden gebruikt, maar voor de taludhelling en de golfbelasting worden de waarden gebruikt van het talud onder de berm. Het vervolg van de toetsing is hetzelfde als voor asfaltbekledingen op een talud;
- ten aanzien van samengestelde lagen (bijvoorbeeld een toplaag van open steenasfalt op een onderlaag van zandasfalt) wordt in een gedetailleerde toetsing in eerste instantie alleen gerekend met de toplaag. Als hieruit geen score 'goed' volgt, is het mogelijk om de samengestelde laag door te rekenen met GOLFKLAP. Hiervoor is specialistische hulp nodig.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

De methode voor het toetsen van bermten zal veranderen zodra het nieuwe GOLFKLAPmodel operationeel is (2005) (zie ook § 5.3).

Zie voor samengestelde lagen ook § 5.7.

5.5 Stap 4: Visuele inspectie

De toetsing in stap 1, 2 en 3 is gebaseerd op representatieve waarden voor de parameters van de aanwezige bekledingen. Voor een score 'goed' na stap 2 of 3 is het noodzakelijk om daarnaast door middel van visuele inspectie na te gaan of de werkelijke laagdikte kleiner is als gevolg van het schadebeeld 'aangetast oppervlak'. Bij de visuele inspectie moet ook naar andere schadebeelden worden gekeken, maar de toetsing daarop wordt behandeld onder het spoor Materiaaltransport (zie § 3.4.1). Het schadebeeld 'aangetast oppervlak' komt niet op grote schaal voor bij bekledingen van type 7: gepenetreerde breuksteen; voor bekledingen van dat type is stap 4 dus niet relevant en geldt een score 'goed' na stap 2 als eindscore (zoals eerder aangegeven is stap 3 niet toepasbaar voor type 7).

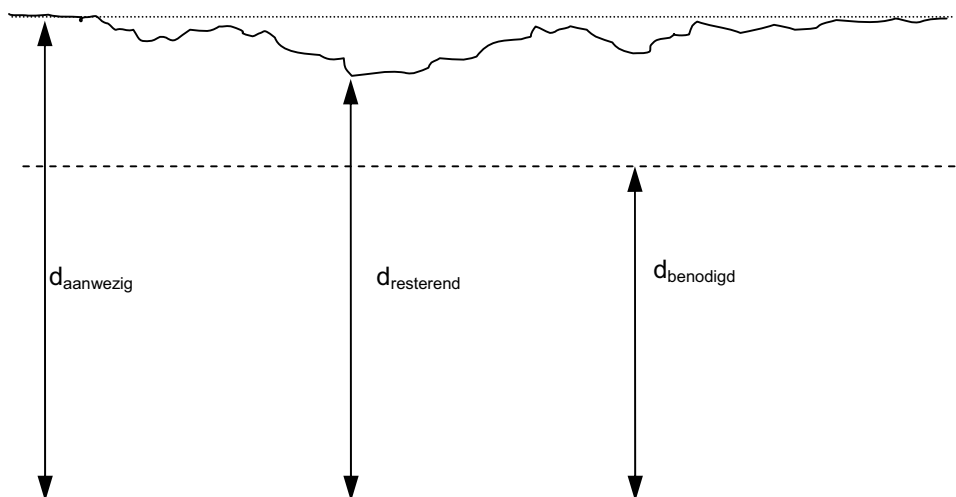
(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

Opmerking: Van aangetast oppervlak wordt gesproken wanneer enige steentjes en/of mortel van de bovenlaag van de bekleding zijn verdwenen. Het verdwijnen van enkele steentjes van een oppervlakbehandeling wordt niet als aangetast oppervlak beoordeeld. Wel vormt het de indicatie dat de slijtlaag erodeert.

De diepte van een aantasting is tijdens de inspectie goed meetbaar. Het principe van de beoordeling in deze stap is als volgt: de aanwezige laagdikte minus de gemeten diepte van de schadebeelden is de resterende laagdikte. Met deze gecorrigeerde waarde worden de rekenregels van de eenvoudige toetsing en eventueel de gedetailleerde toetsing toegepast. Een score 'goed' op basis van de eenvoudige of gedetailleerde rekenregels is tevens de eindscore. Als uit de gedetailleerde rekenregels een score 'twijfelachtig' volgt, is geavanceerde toetsing nodig.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

In figuur 5.1 zijn de aanwezige, benodigde en resterende laagdikte grafisch weergegeven.



Figuur 5.1 Aanwezige, benodigde en resterende laagdikte

Bij aantasting over het volledige oppervlak is de werkelijke diepte van de aantasting moeilijk vast te stellen.

Bij de beoordeling van schade is het van groot belang om schadebeelden in de loop van de tijd te volgen. Hiermee kan een indruk worden verkregen van het tempo waarin schade zich ontwikkelt. Dit zegt soms meer over schade dan het hieronder beschreven nader onderzoek, omdat de schadeprogressie bij uitstek bepaalt hoe schadegevoelig een bekleding is.

Hoe de variatie in diepte van de aantasting in rekening wordt gebracht op de karakteristieke laagdikte is nog niet vastgesteld. Voorlopig wordt alleen de gemiddelde diepte van de aantasting in mindering gebracht.

5.6 Stap 5: Geavanceerde toetsing

Als met GOLFKLAP in de gedetailleerde toetsing niet kan worden aangetoond dat de aanwezige laagdikte volstaat, is geavanceerde toetsing nodig. Hiervoor moet contact worden opgenomen met specialisten. De nadruk zal in het algemeen liggen bij gegevensverzameling, waarbij ook geavanceerde meetmethodes kunnen worden gebruikt. De belangrijkste parameters in dit stadium zijn de vermoeiingseigenschappen, de stijfheid en de laagdikte van de bovenlaag en de beddingsconstante van de ondergrond. Bij deze geavanceerde toetsing moet ook rekening worden gehouden met de eisen die genoemd zijn bij stap 4 Visuele inspectie.

(VTV, Katern 8, § 3.4.2)

De bedoeling van dit onderzoek is het verkrijgen van meer en betere informatie, bijvoorbeeld door het inzetten van NDO-technieken (zie Appendix 2).

Stap 5 kan ook worden bereikt als gevolg van geconstateerde laagdiktereductie door aantasting van het oppervlak (stap 4). In dat geval ligt het voor de hand om de aantasting van het oppervlak nader te bestuderen. Het onderzoek van de aantasting heeft ten doel de eigenschappen van het bekledingsmateriaal ter plaatse van de aantasting te bepalen. Op basis van deze actuele bepaling van het mechanisch materiaalgedrag (de eigenschappen) op een bepaalde aangetaste locatie is de bekleding op de meest nauwkeurige manier te beoordelen op Golfklap. Het onderzoek kan ook informatie opleveren over de oorzaak van de geconstateerde aantasting. De oorzaak van de aantasting is een relevant gegeven omdat er een verschil tussen de verwachte en aangetroffen situatie is.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.2)

Stap 5 kan op 2 manieren worden bereikt:

- als in stap 3 uit berekeningen met GOLFKLAP blijkt dat de Minersom ligt tussen 1 en 5 (score = twijfelachtig);
- als in stap 4 bij de visuele inspectie blijkt dat de score twijfelachtig is (zie figuur 8 - 3.6).

In het VTV is niet duidelijk aangegeven hoe de resultaten van de visuele inspectie (aantasting) worden vertaald naar een score 'goed', 'twijfelachtig' of 'onvoldoende'. Er wordt alleen gesteld dat de gecorrigeerde laagdikte wordt gebruikt in de eenvoudige en gedetailleerde toetsing. Omdat de score na de eenvoudige beoordeling alleen 'ja' of 'nee' kan zijn, betekent dit dat de score uit de visuele inspectie alleen op basis van GOLFKLAP-berekeningen volgens de gedetailleerde methode kan worden verkregen.

Hiertoe worden berekeningen gemaakt met de (eerder) in stap 3 bepaalde mechanische eigenschappen (sterkte en stijfheid) en een gecorrigeerde laagdikte. Is de score 'twijfelachtig' dan volgt stap 5.

Bij de geavanceerde toetsing gaat het erom om het toetsresultaat beter in beeld te krijgen. Dit kan enerzijds door het aantal metingen op te voeren en anderzijds door onzekere conservatieve onderdelen te verminderen.

Uitbreiden meetgegevens:

Voor het uitbreiden van de meetgegevens ligt het gebruik van het destructieve boorkernonderzoek niet voor de hand. Beter is gebruik te maken van niet-destructieve (NDO) meetmethoden, die kosteneffectief veel informatie opleveren. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van NDO-methoden als radarmetingen (GPR) om de laagdikte vast te stellen en valgewichtdeflectiemetingen (VGD) om de draagkracht te bepalen. Deze methoden leveren zoveel informatie dat daarmee potentiële zwakke plekken kunnen worden opgespoord, die eventueel nader kunnen worden onderzocht. Voor elke situatie zal daartoe een apart scenario moeten worden opgesteld in samenspraak met gespecialiseerde instituten en adviseurs.

In Appendix 2 wordt uitgebreid ingegaan op het gebruik van deze methoden.

Minder conservatief toetsen:

De gedetailleerde toetsmethode is nogal conservatief. Dit heeft te maken met het gebruik van karakteristieke waarden van de rekenparameters in het GOLFKLAP-model. Hiermee wordt een (te) grote mate van veiligheid ingevoerd. Bovendien wordt hierdoor een lage sterkte gecombineerd met een hoge stijfheid (meest ongunstige combinatie), terwijl in werkelijkheid een lagere sterkte in het algemeen gepaard gaat met een lagere stijfheid.

Doel is nu door de data op een andere (o.a. statistische) wijze te bewerken er achter te komen welke mate van veiligheid kan worden gereduceerd. Hiertoe wordt i.p.v. met karakteristieke parameterwaarden gerekend met individuele parameterwaarden, waarna een zogenaamde karakteristieke Minersom wordt berekend. Net als bij het uitbreiden van de meetgevens zal ook hier een apart scenario moeten worden opgesteld.

In appendix 2 wordt op deze alternatieve wijze van toetsen ingegaan.

Nader onderzoek schade:

Bij aantasting heeft de beheerder de keuze deze schade direct te herstellen (bijvoorbeeld door deze te frezen en uit te vullen met nieuw asfalt) of eerst een verklaring te vinden voor deze schade. Deze verklaring kan worden gevonden door het materiaal aan een nader onderzoek te onderwerpen. Details moeten per geval worden ingevuld door specialisten.

Het voordeel van een nader (verklarend) onderzoek ligt met name in het feit dat daarmee de methode van herstel beter kan worden onderbouwd en ook potentiële risico's van niet herstellende bekledingsgedeelten kunnen worden ingeschat.

In bijlage 3 wordt e.e.a. nader toegelicht.

5.7 Toetsing van samengestelde lagen

Soms is een asfaltbekleding opgebouwd uit meer dan één laag, bijvoorbeeld een onderlaag van grindasfaltbeton en een toplaag van waterbouwasfaltbeton. Deze twee lagen hebben een verschillende mengsamenstelling en dus verschillende stijfheidsmoduli. Het programma GOLFKLAP waarmee de toetsing van de bekleding op golfklappen wordt uitgevoerd, heeft momenteel geen mogelijkheid om een asfaltbekleding opgebouwd uit twee lagen in te voeren. Om dit te verdisconteren wordt met behulp van de theorie van Odemark [Odemark, 1949] een equivalente laagdikte bepaald. Met deze methode wordt een laagdikte berekend zodanig dat het totale asfaltpakket een even grote weerstand biedt tegen buiging als de twee lagen samen.

Deze equivalente laagdikte van de toplaag wordt aan de benodigde laagdikte getoetst. De equivalente laagdikte wordt bepaald met de volgende formule:

$$d_{1,eq} = d_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}}$$

hierin is:

$d_{1,eq}$	=	de equivalente laagdikte van de toplaag [m]
d_1	=	de dikte van de toplaag [m]
d_2	=	de dikte van de onderlaag [m]
E_1	=	de stijfheidsmodulus van de toplaag [MPa]
E_2	=	de stijfheidsmodulus van de onderlaag [MPa]

De laagdikte van de samengestelde laag ($d_{eq,tot}$) = $d_2 + d_{1,eq}$

Aanbevolen wordt een equivalente laagdikte voor de toplaag te bepalen zoals vermeld in bijlage 4. Bij berekening van de benodigde laagdikte worden de vermoeiingssterkte en de stijfheidsmodulus van de onderlaag ingevuld omdat hier theoretisch de grootste spanningen optreden.

In GOLFKLAP is de bovenstaande werkwijze geïmplementeerd en kunnen de laagdikte en stijfheid van twee lagen worden ingevoerd.

6 Beoordeling wateroverdruk

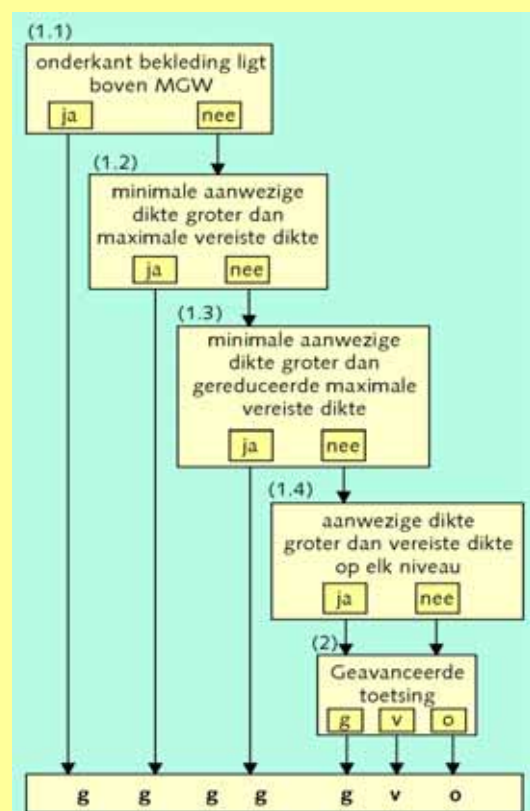
6.1 Principe

De beoordeling op dit mechanisme volgt het schema in figuur 8 - 3.11. Net als bij het spoor Golfklap bestaat de beoordeling uit een vergelijking tussen de aanwezige laagdikte enerzijds en de benodigde laagdikte anderzijds. De bepaling van de aanwezige laagdikte is behandeld in § 3.3.3. Stap 1 van de toetsing is de eenvoudige methode; deze is opgedeeld in vier deelstappen, waarin steeds meer gevallen worden uitgeselecteerd. Stap 2 is geavanceerde toetsing; hieruit volgt in alle gevallen een eindscore 'goed' of 'onvoldoende'. De beoordeling wordt per stap beschreven.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

De bepaling van de laagdikte is in Hoofdstuk 3 Sterkte, § 3.3 uitgebreid beschreven. In afwijking van het mechanisme golfklap wordt bij wateroverdruk niet gerekend met karakteristieke laagdikten maar met gemiddelde waarden of de besteksdikte, zie § 3.6.

Figuur 8 - 3.11 Beoordelingsschema Wateroverdruk AWO



(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

6.2 Stap 1: Eenvoudige toetsing

De hier gegeven eenvoudige methode voor toetsing van een gesloten bekleding op Wateroverdruk is beschreven in het Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren [19]. De methode bestaat uit een vergelijking tussen de aanwezige laagdikte en de vereiste laagdikte, waarbij de vereiste laagdikte afhankelijk is van de dichtheid, de taludhelling en het niveauverschil tussen de maatgevende grondwaterstand en de onderkant van de gesloten bekleding.

De eenvoudige methode is opgedeeld in een aantal deelstappen. Per deelstap nemen de benodigde gegevens en de benodigde toetsinspanning toe, waardoor een steeds groter aantal gevallen als 'goed' kan worden beoordeeld. Een score 'onvoldoende' is in stap 1 niet mogelijk. In stap 1.1 wordt de maatgevende grondwaterstand bepaald; hieruit volgt ook of de betreffende asfaltbekleding wordt belast op wateroverdruk. In stap 1.2 wordt bekeken welke laagdikte nodig is op het zwaarst belaste punt; als deze laagdikte in de gehele doorsnede minimaal aanwezig is, wordt een score 'goed' gegeven. Als dat niet het geval is, kan in stap 1.3 een reductiefactor in rekening worden gebracht voor gevallen met een lage maatgevende buitenwaterstand. Als daaruit geen score 'goed' volgt, kan het verloop van de vereiste laagdikte in de dwarsdoorsnede worden bepaald en vergeleken met de werkelijk aanwezige laagdikte (stap 1.4). Hieruit volgt een eindscore 'goed' of een tussenscore 'twijfelachtig'. Omdat de eenvoudige methode conservatief is, kan in stap 1 geen eindscore 'onvoldoende' worden gegeven: als de laagdikte kleiner is dan vereist, is de tussenscore 'twijfelachtig' en wordt de toetsing voortgezet met de geavanceerde toetsing in stap 2.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

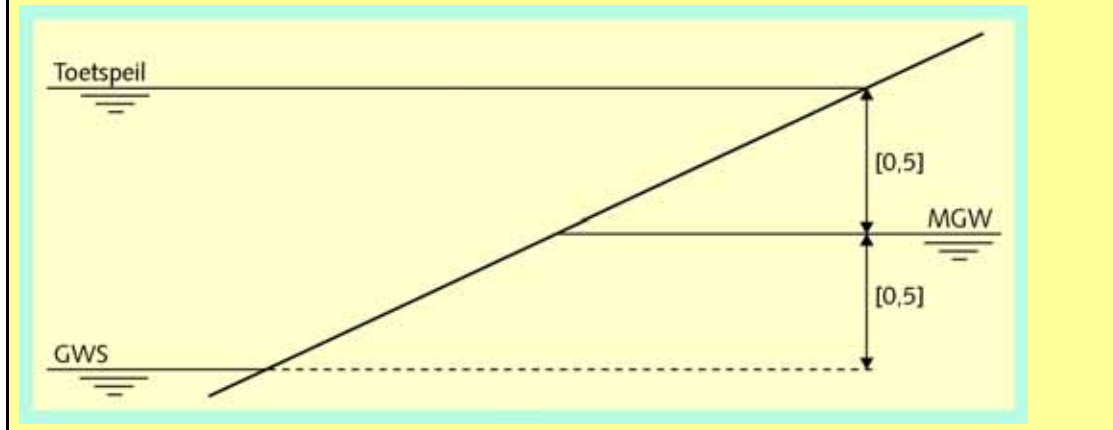
6.2.1 Stap 1.1: Maatgevende grondwaterstand en voorselectie

Tijdens hoogwater loopt de grondwaterstand in het dijklichaam op. Als de buitenwaterstand vervolgens snel daalt, dan is de grondwaterstand niet altijd in staat de buitenwaterstand te volgen. Als er een gesloten dijkbekleding op het buitentalud aanwezig is, ontstaat er een wateroverdruk onder de bekleding. De grootte van de wateroverdruk is afhankelijk van onder meer het waterstandsverloop, de doorlatendheid van het dijklichaam en de ondergrond en de mate waarin het grondwater kan afstromen. Hoe trager een hoog opgelopen grondwaterstand bij een dalende buitenwaterstand terugloopt, des te groter kan de wateroverdruk onder de bekleding worden. Maatgevend is de combinatie van waterstanden waarbij de buitenwaterstand ongeveer halverwege de grondwaterstand en de onderkant van de gesloten bekleding ligt.

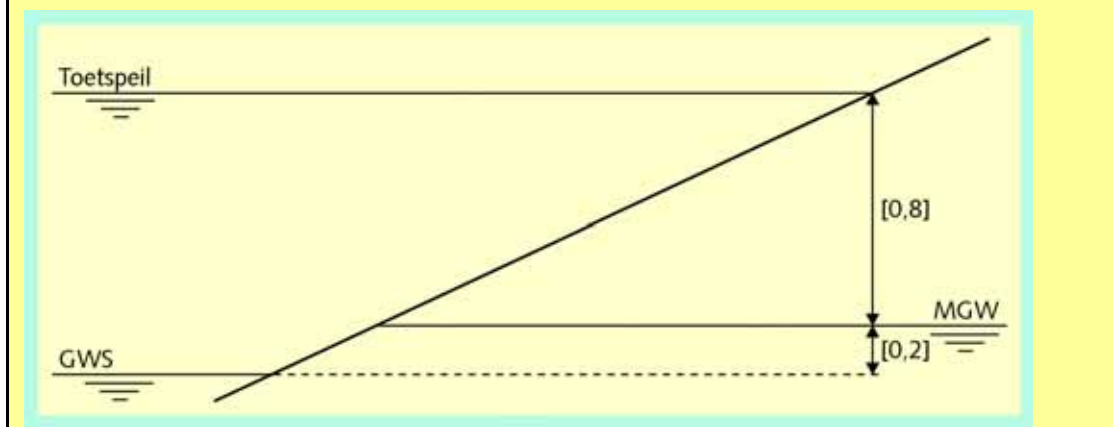
Het niveau van de grondwaterstand wordt voor zee-, rivier- en meerdijken anders ingeschat omdat het verloop van het hoogwater bij elk van de watersystemen anders is. Een veilige inschatting van de maatgevende grondwaterstand in het dijklichaam kan worden gemaakt zoals aangegeven in figuur 8 - 3.12, figuur 8 - 3.13 en figuur 8 - 3.14.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

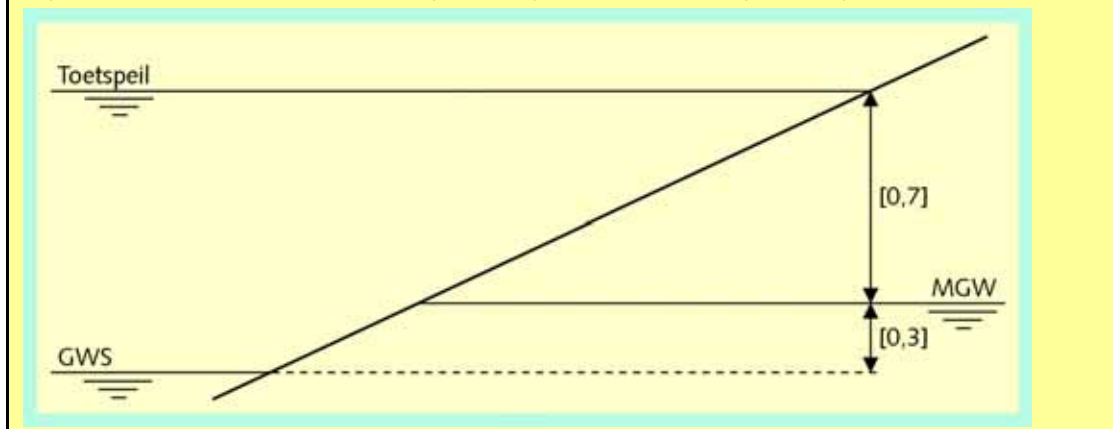
Figuur 8 - 3.12 Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij zeedijk



Figuur 8 - 3.13 Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij meerdijk



Figuur 8 - 3.14 Niveau van de maatgevende grondwaterstand bij rivierdijk



(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

waarin:

GWS = gemiddelde waterstand. Voor zeedijken is de gemiddelde waterstand bij benadering gelijk aan NAP, voor rivierdijken wordt het winterpeil aangehouden en voor meerdijken het winterstreefpeil [m NAP]

MGW = maatgevende grondwaterstand [m NAP]

De hiermee bepaalde maatgevende grondwaterstand is nodig voor de berekening in de verdere toetsing, maar dient ook voor de beantwoording van de vraag of de beschouwde asfaltbekleding wordt belast op Wateroverdruk (zie ook § 3.1.2 en § 3.2.4). De toetsregel van stap 1.1 is als volgt: de eindscore is 'goed' als de onderkant van de gesloten bekleding hoger ligt dan de maatgevende grondwaterstand. Als de onderkant lager ligt dan de maatgevende grondwaterstand wordt de toetsing voortgezet met stap 1.2.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

6.3 Stap 1.2: Toetsing met maximaal vereiste laagdikte

De maximaal vereiste laagdikte in de zone waarin wateroverdrukken optreden, wordt bepaald met de volgende formule:

$$d_{v,max} = 0,21 \cdot Q_n \cdot z \cdot \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w}$$

waarin:

$d_{v,max}$ = benodigde laagdikte [m]

Q_n = factor, afhankelijk van de taludhelling [-]

z = verschil tussen MGW en onderzijde gesloten bekleding [m]

ρ_w = dichtheid water [kg/m³]

ρ_a = dichtheid bekleding [kg/m³]

De parameters Q_n en z worden nader toegelicht.

Factor voor de taludhelling Q_n

De taludhelling van de asfaltbekleding (α) beïnvloedt de weerstand tegen wateroverdruk: hoe steiler de helling, hoe groter de benodigde laagdikte. Voor de factor Q_n geldt de volgende uitdrukking:

$$Q_n = \frac{0,96}{\cos(\alpha)^{1,4}}$$

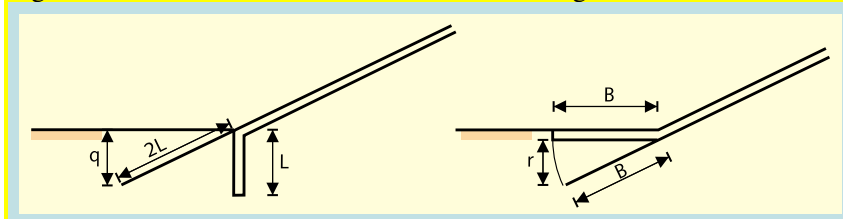
Verschil tussen MGW en onderzijde gesloten bekleding z

De grootte van de maximaal aanwezige waterdruk wordt bepaald door het verschil tussen MGW en de onderzijde van de gesloten bekleding. Daarbij moet echter wel rekening worden gehouden met de invloed van een eventueel aanwezige waterdichte teenconstructie. Een teenconstructie in de vorm van een palenrij wordt niet beschouwd als waterdicht.

De aard en de vorm van de teenconstructie beïnvloeden de grootte van de wateroverdruk. Een open teenconstructie bevordert het afstromen van het water uit het dijklichaam terwijl een gesloten teenbescherming of een damwand het afstromen bemoeilijkt. Als er een gesloten teenbescherming of damwand aanwezig is moet de invloed hiervan worden meegenomen bij het bepalen van de benodigde laagdikte. Daarvoor moet de waarde van het verschil z worden verhoogd: z is gelijk aan het hoogteverschil tussen MGW en de onderzijde van de gesloten bekleding, plus een waarde q voor een damwand of een waarde r voor een gesloten teenbescherming. De waarde van r en q zijn weergegeven in figuur 8 - 3.15. L is de diepte van de gesloten damwand ten opzichte van de onderzijde van de gesloten asfaltbekleding; B is de breedte van de gesloten teenbescherming, gerekend vanaf de onderzijde van de gesloten asfaltbekleding.

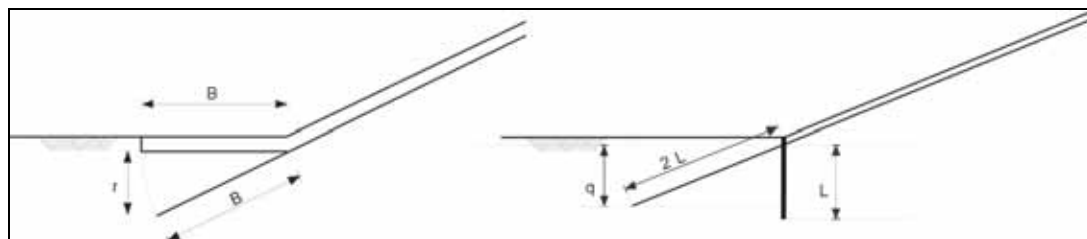
(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

Figuur 8 - 3.15 Invloed van een damwand en een gesloten teenbescherming



Opmerking:

Bij het opstellen van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid is in figuur 8 – 3.15 een fout opgetreden. In het Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren, figuur 7.12 [TAW, 2002] is de invloed van een damwand en gesloten teenbescherming wel goed opgenomen. Om de invloed van de aard van de eventueel aanwezige waterdichte teenconstructie mee te nemen, moet worden gerekend met figuur 6.1 zoals hieronder opgenomen.



Figuur 6.1 Invloed van een gesloten teenbescherming en van een damwand

Als de rekenwaarde van de aanwezige laagdikte in het gehele dwarsprofiel groter is dan de berekende vereiste waarde $d_{v,max}$, is de score op Wateroverdruk 'goed'. Met andere woorden: de minimale aanwezige laagdikte (d_{min}) moet groter zijn dan de maximale vereiste laagdikte ($d_{v,max}$). Als dat niet het geval is, geldt een tussenscore 'twijfelachtig' en wordt de toetsing voortgezet met stap 1.3.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

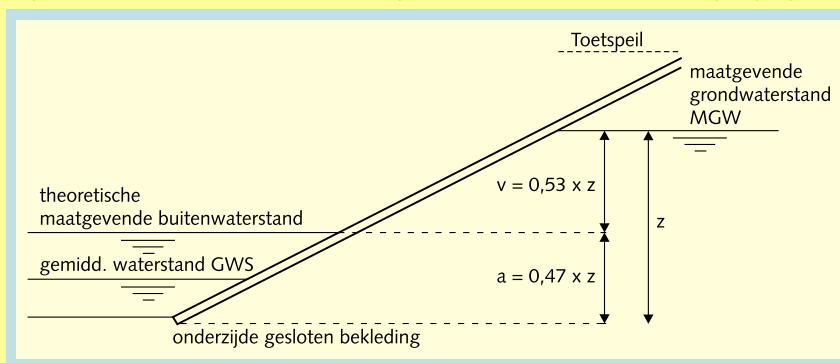
6.3.1 Stap 1.3: Toetsing met reductiefactor voor buitenwaterstand

In de toetsingsregel van stap 1.2 is uitgegaan van de aanname dat de theoretische maatgevende buitenwaterstand hoger ligt dan de gemiddelde waterstand. Als deze theoretische waarde echter lager ligt dan de gemiddelde waterstand, is de vereiste laagdikte kleiner dan berekend in stap 1.2.

Om dit te bepalen wordt eerst de ligging van de theoretische maatgevende buitenwaterstand besproken. Vervolgens wordt besproken hoe groot de reductie is en hoe deze in rekening kan worden gebracht.

Voor het bepalen van de theoretische maatgevende buitenwaterstand wordt de situatie geschematiseerd zoals aangegeven in figuur 8 - 3.16.

Figuur 8 - 3.16 Theoretische maatgevende buitenwaterstand bij lage gemiddelde waterstand



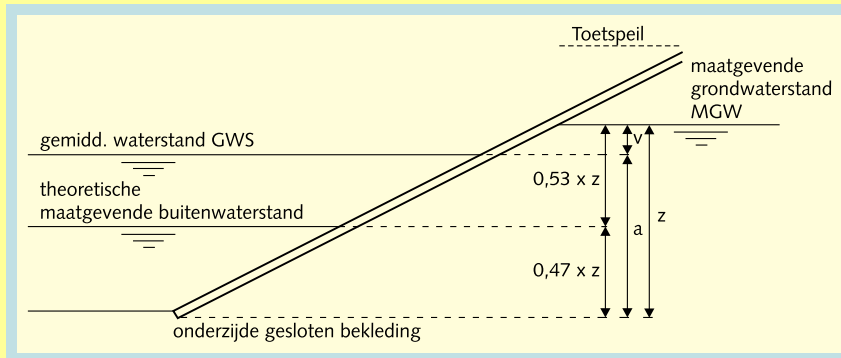
(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

waarin:

- a = de verticaal gemeten afstand van de onderkant van de gesloten bekleding tot de maatgevende buitenwaterstand [m]
- v = de verticaal gemeten afstand van de maatgevende buitenwaterstand tot de maatgevende grondwaterstand [m]

De aanwezigheid van een damwand of een gesloten teenbescherming beïnvloedt ook de ligging van de theoretische maatgevende buitenwaterstand omdat de fictieve onderkant van de bekleding op een ander niveau komt te liggen. In geval van een damwand of een gesloten teenbescherming moet dus ook bij het bepalen van de theoretische maatgevende buitenwaterstand rekening worden gehouden met de parameters q en r.

Figuur 8 - 3.17 Theoretische maatgevende buitenwaterstand bij hoge gemiddelde waterstand

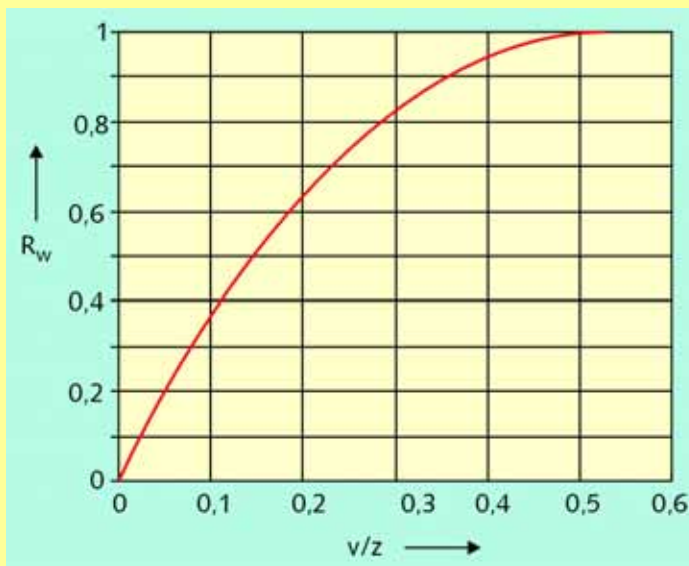


Figuur 8 - 3.16 geeft de situatie weer waarin de gemiddelde waterstand lager is dan de theoretische maatgevende waterstand; in die situatie is geen reductie mogelijk voor de buitenwaterstand en kan de toetsing direct worden voortgezet met stap 1.4. In het andere geval, waarin de gemiddelde waterstand hoger ligt dan de theoretische maatgevende waterstand, is wel een reductie mogelijk. Dit geval is weergegeven in figuur 8 - 3.17.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

Zoals aangegeven in de figuur moet in dit geval de Gemiddelde Waterstand GWS worden aangehouden als maatgevende buitenwaterstand. In dat geval veranderen de verhoudingen tussen a en v (grotere a en kleinere v) en zal er een kleinere wateroverdruk onder de bekleding optreden. Hiervoor wordt een reductiefactor (R_w) toegepast op de benodigde laagdikte zoals bepaald in stap 1.2. De reductiefactor R_w wordt bepaald met figuur 8 - 3.18.

Figuur 8 - 3.18 Reductiefactor R_w



De resulterende formule voor het bepalen van de benodigde laagdikte is exact hetzelfde als de formule in stap 1.2, gecorrigeerd met de reductiefactor R_w ; de formule is als volgt:

$$d_{v,max,r} = 0,21 \cdot Q_n \cdot z \cdot \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \cdot R_w$$

Als de rekenwaarde van de aanwezige laagdikte in het gehele dwarsprofiel groter is dan de berekende vereiste waarde $d_{v,max,r}$ is de score op Wateroverdruk 'goed'. Met andere woorden: de minimale aanwezige laagdikte (d_{min}) moet groter zijn dan de maximale vereiste laagdikte inclusief reductie ($d_{v,max,r}$). Als dat niet het geval is geldt een tussenscore 'twijfelachtig' en wordt de toetsing voortgezet met stap 1.4.

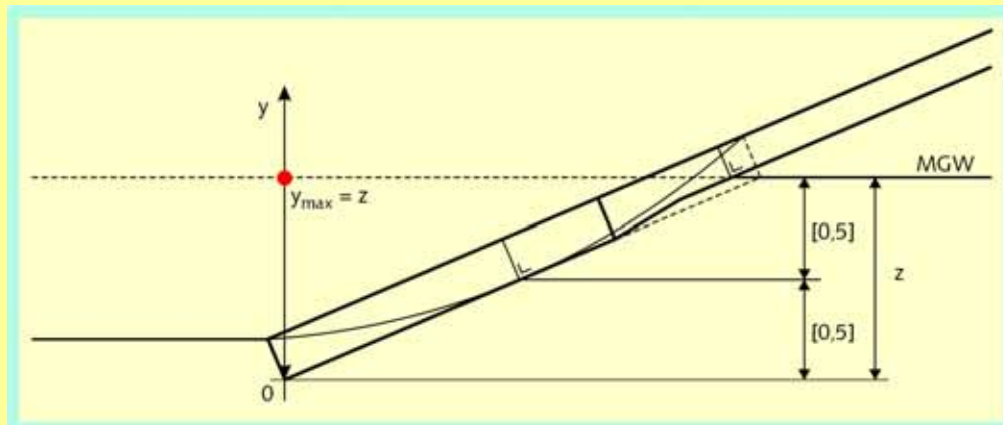
(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

6.3.2 Stap 1.4: Toetsing met verloop van de laagdikte

De zone waarin wateroverdrukken kunnen optreden is de zone tussen de maatgevende grondwaterstand in het dijklichaam en de onderkant van de gesloten bekleding. De wateroverdruk onder de bekleding is maximaal ter plaatse van de maatgevende buitenwaterstand (de theoretische waarde óf de gemiddelde waterstand, zie stap 1.3). Het is niet noodzakelijk dat deze asfaltdikte in de hele zone aanwezig is. Aan de onderkant van de bekleding en ter hoogte van de maatgevende grondwaterstand is geen wateroverdruk aanwezig en kan de dikte gelijk aan nul zijn. Tussen deze twee uitersten is het verloop van de omhullende van de optredende wateroverdrukken ongeveer parabolisch.

Om de benodigde laagdikte op elke willekeurige plaats te kunnen berekenen dient er een assenstelsel opgezet te worden, waarbij de y-as verticaal omhoog wijst. Het nulpunt van deze y-as wordt gelegd op de onderkant van de asfaltbekleding, waarbij het maximum z (eventueel met toeslag voor teenbescherming of damwand, zie stap 1.2) ligt ter hoogte van de maatgevende grondwaterstand. Dit is weergegeven in figuur 8 - 3.19.

Figuur 8 - 3.19 Verloop van de vereiste laagdikte



Voor de eenvoud wordt er nu van uitgegaan dat het maximum ligt op $0,5 \cdot z$ boven de onderkant van de bekleding, in plaats van $0,47 \cdot z$. Ook hier moet de eventuele toeslag voor teenbescherming of damwand bij z in rekening worden gebracht. De laagdikte als functie van y kan dan als volgt worden beschreven:

$$d_v(y) = \frac{4}{z} \cdot d_{v,\max,r} \cdot \left(y - \frac{y^2}{z}\right)$$

waarin:

- $d_v(y)$ = de vereiste laagdikte op y meter van de onderkant van de gesloten bekleding [m]
- $d_{v,\max,r}$ = de maximale vereiste laagdikte zoals bepaald in stap 1.3 [m]
- y = de verticaal gemeten afstand van de onderkant van de gesloten bekleding tot het beschouwde punt [m]

Als op alle punten van het dwarsprofiel geldt dat de rekenwaarde van de aanwezige laagdikte groter is dan de ter plaatse berekende vereiste waarde, is de score op Wateroverdruk 'goed'; als dat niet het geval is geldt een tussenscore 'twijfelachtig' en wordt de toetsing voortgezet met stap 2.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

Bij de beoordeling op wateroverdrukken moeten eventueel aanwezige verschillen in dichtheid van de verschillende bekledingen worden verdisconteerd. Dit kan worden gerealiseerd door voor een van beide lagen een fictieve laagdikte te bepalen. Uitgangspunt is dat het gewicht van de bekleding gelijk blijft. Op basis van de (onder water) dichtheid wordt de laagdikte van een van beide bekledingen aangepast.

In formulevorm:

$$d_{1,\text{eq}} = d_1 \cdot \frac{\rho_{a1} - \rho_w}{\rho_{a2} - \rho_w}$$

- d_1 = de dikte van de toplaag
- d_2 = de dikte van de onderlaag
- $d_{1,\text{eq}}$ = de equivalente laagdikte van de toplaag
- ρ_{a1} = de dichtheid van de toplaag
- ρ_{a2} = de dichtheid van de onderlaag
- ρ_w = de dichtheid van water

De laagdikte van de samengestelde laag ($d_{\text{tot}} = d_{1,\text{eq}} + d_2$)

In bijlage 2 is een rekenvoorbeeld uitgewerkt.

6.4 Stap 2: Geavanceerde toetsing wateroverdruk

Als in de eenvoudige toetsing van stap 1 geen score 'goed' kan worden gegeven (de vereiste laagdikte is groter dan de aanwezige laagdikte), is geavanceerde toetsing nodig om tot een eindscore te komen.

Als eerste stap ligt het daarbij voor de hand om gebruik te maken van een niet-stationair grondwaterstromingsprogramma om de maximale overdruk onder de bekleding te bepalen. Hierbij hoort een gevoeligheidsanalyse met parameterwaarden binnen de range waarvan bekend is dat ze voorkomen. Uit deze geavanceerde berekening kan een eindscore 'goed' volgen, maar het is in het algemeen niet terecht om op basis hiervan een score 'onvoldoende' te geven: in het algemeen is het mogelijk om door gericht lokaal onderzoek minder conservatieve parameterwaarden te bepalen, waardoor een gunstiger resultaat kan worden bereikt.

(VTV, Katern 8, § 3.4.3)

In de geavanceerde toetsing kunnen in feite 2 stappen worden onderscheiden:

In stap 2.1 **Gevoeligheidsanalyse** worden berekeningen uitgevoerd met de hele range van mogelijke parameterwaarden. Hierbij moet aannemelijk worden gemaakt (bijv. door literatuurstudie) dat deze waarden realistisch zijn. Als het resultaat van deze berekeningen een score "onvoldoende" geven wordt stap 2.2 **lokaal onderzoek** uitgevoerd. In deze stap wordt door middel van gericht onderzoek bepaald hoe het grondlichaam is opgebouwd, welke lagen voorkomen en welke parameterwaarden in rekening moeten worden gebracht. Bedacht moet worden dat dit type onderzoek grote kosten met zich mee kan brengen.

7 Beoordeling bezwijken onderlaag

7.1 Principe

Over bezwijken van onderlagen is nog heel weinig bekend. Dit geldt zowel voor het bezwijken zelf als voor de methode waarop dit moet worden getoetst. Het is daarbij van belang onderscheid te maken tussen de mechanismen Golfklap en Wateroverdruk.

Bezwijken van de onderlaag ABO

Beoordeling op het spoor Bezwijken van de onderlaag kan leiden tot een score 'voldoende' als de score op Golfklap of Wateroverdruk 'onvoldoende' is. Het principe van de beoordeling is hetzelfde als bij steenzettingen (zie § 2.2.6 van dit Katern): uitgaand van het maatgevende stormverloop wordt berekend hoe lang het duurt totdat de constructie bezwijkt; als deze tijdsduur groter is dan de belastingduur, kan een score 'voldoende' worden toegekend. De belastingduur kan op dezelfde manier worden bepaald als bij steenzettingen. De bijdrage aan de reststerkte van toplaag en onderlagen wordt hieronder behandeld.

(VTV, Katern 8, § 3.4.4)

7.2 Reststerkte van de toplaag

Reststerkte van de toplaag

De te verrekenen bijdrage van de toplaag is afhankelijk van de score op de twee sporen voor de toplaag:

- als op Bezwijken van de onderlaag wordt getoetst omdat alleen de score op Golfklap 'onvoldoende' is (dus de score op Wateroverdruk is 'goed'), kan uit de berekeningen met het programma GOLFKLAP worden afgeleid wat de tijdsduur is totdat de toplaag bezwijkt. Deze tijdsduur kan worden gezien als de reststerkte van de toplaag, en kan worden afgetrokken van de belastingduur. De onderlagen hoeven dus slechts de resterende tijdsduur te doorstaan om een score 'voldoende' te kunnen geven;
- als de score op Wateroverdruk 'onvoldoende' is, is geen informatie bekend over de tijdsduur tot aan bezwijken van de toplaag. Als eerste conservatieve benadering kan voor de onderlagen worden uitgegaan van de volledige belastingduur; het is denkbaar om geavanceerde toetsing toe te passen om ook voor dit geval de reststerkte van de toplaag te bepalen.

(VTV, Katern 8, § 3.4.4)

Onder “bezijken van de toplaag” wordt verstaan het bereiken van het vermoeiingscriterium bij Golfklap of een ontoereikende massa/m² bij Wateroverdruk.

In beide gevallen biedt de toplaag (volgens § 1.7) een zekere reststerkte die echter nog niet valt te kwantificeren:

Bezijken van de bovenlaag: het overschrijden van de vermoeiingssterkte van het asfalt door herhaalde golfklappen. Als dit optreedt zal de bekleding van onderaf gaan scheuren en volgt een scheurgroef fase waarin de scheuren onder invloed van herhaalde belasting door de bekleding heen groeien. De duur van deze fase kan een belangrijke bijdrage leveren aan de veiligheid van de kering, omdat de (gedeeltelijk) gescheurde bekleding nog een zekere reststerkte heeft.

Opdrukken van de bovenlaag: het oplichten van de laag doordat de wateroverdruk tegen de bekleding groter is dan het eigen gewicht. Als dit optreedt zal de laag omhoog buigen; indien deze belasting lang genoeg aanhoudt zal de toelaatbare rek worden overschreden en de laag gaan scheuren. Bij het ontstaan van een doorgaande scheur zal de overdruk snel afnemen maar is enige erosie van het dijklichaam mogelijk. Ook in dit mechanisme zit een aanzienlijke reststerkte.

7.3 Reststerkte van de onderlagen

Reststerkte van de onderlagen

Bij asfaltconstructies is meestal geen onderlaag aanwezig. Dit geldt vooral ter plaatse van de zone die tijdens maatgevende omstandigheden wordt belast. De gevallen waarin de onderlaag nog voor voldoende veiligheid kan zorgen als de bovenlaag het laat afweten, zijn dan ook zeer beperkt.

Klei

Voor de beoordeling van de reststerkte van klei wordt gebruik gemaakt van § 2.4.6, waarin het deelspoor Erosie van de onderlagen bij steenzettingen wordt behandeld. Het schema van figuur 8 - 2.19 kan worden doorlopen, waarbij voor de reststerkte van de toplaag + de granulaire laag t_{rg} eventueel het resultaat van de GOLFCLAP-berekening kan worden gebruikt (zie hierboven). Onderlagen van keileem kunnen op dezelfde manier worden behandeld als onderlagen van klei.

(VTV, *Katern 8*, § 3.4.4)

Bij onderlagen van keileem is het aan te bevelen vast te stellen in hoeverre de erosiebestendigheid overeenkomt met die van klei. Met name het zandgehalte zal hier een rol in spelen.

Zandasfalt

Onder open steenasfalt, oudere asfaltbetonbekledingen en bij steenzettingen wordt soms een onderlaag van zandasfalt aangetroffen. Het verloop van de toetsing op Bezwijken van de onderlaag hangt af van de toetsing op Golfklap en Wateroverdruk:

- als de toplaag op Wateroverdruk 'onvoldoende' scoort kan worden aangenomen dat de zandasfaltlaag ook is bezweken; de zandasfaltlaag heeft in dat geval dus geen reststerkte;
- als de score alleen op Golfklap 'onvoldoende' is, is van belang of daarbij al dan niet rekening is gehouden met de aanwezigheid van de zandasfaltlaag. Als daarmee al rekening is gehouden, is de reststerkte van de zandasfaltlaag al verwerkt in de berekening met GOLFKLAP en kan dus niet in rekening worden gebracht als aparte bijdrage. Als in de toetsing op Golfklap alleen met de toplaag is gerekend, kan een berekening met GOLFKLAP worden uitgevoerd waarin het tweelagensysteem is verwerkt; hiervoor is specialistische inbreng nodig. Uit deze GOLFKLAP-berekening volgt de reststerkte van de gecombineerde laag.

(VTV, Katern 8, § 3.4.4)

Als zandasfalt hecht aan de toplaag dan kan de massa van de onderlaag worden meegerekend in de beoordeling op Wateroverdruk.

Een onderlaag van zandasfalt kan bij de beoordeling op Golfklap op twee manieren in rekening worden gebracht.

Ten eerste kan de laag als ondergrond worden beschouwd. In dat geval rust de bekleding op een samengestelde laag van zand en zandasfalt, waarvan een equivalente beddingsconstante moet worden bepaald. Deze kan m.b.v. een nomogram uit de Structural Design of Pavements [Houben, 1994] worden afgeleid.

Een andere manier is de laag zandasfalt beschouwen als onderdeel van de asfaltbekleding. Dit is zinvol als de bovenlaag van slechte kwaliteit is en de laag zandasfalt bij het nemen van boorkernen in goede staat blijkt te zijn. In dat geval moeten de vermoeiingssterkte en de stijfheid van het zandasfalt worden bepaald en wordt de bekleding als samengestelde laag getoetst volgens § 5.7.

Geotextiel

Het geotextiel heeft een grondkerende functie. Daarom wordt een bovenlaag van open steenasfalt vaak aangelegd op een geotextiel. Het geotextiel levert in geval van bezwijken van de bovenlaag weliswaar enige bijdrage aan de veiligheid van de dijk, maar het is niet mogelijk om deze bijdrage te kwantificeren. De reststerkte van een onderlaag van geotextiel wordt daarom in de toetsing verwaarloosd.

(VTV, Katern 8, § 3.4.4)

Alleen als m.b.v. modellen/proeven wordt aangetoond welke kwantitatieve bijdrage het geotextiel kan leveren kan een zekere reststerkte worden toegekend.

Loskorrelige materialen

Ook voor onderlagen van mijnsteen, grind en steenslag geldt dat ze in geval van bezwijken enige bijdrage aan de veiligheid van de dijk bieden, maar dat deze bijdrage niet kan worden gekwantificeerd. De reststerkte van een onderlaag van loskorrelige materialen wordt daarom in de toetsing verwaarloosd.

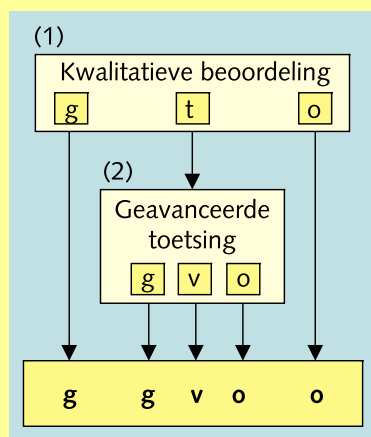
(VTV, Katern 8, § 3.4.4)

8 Toetsing van overgangsconstructies

8.1 Principe

Bij de toetsing van overgangsconstructies in asfaltbekledingen is met name het faalmechanisme materiaaltransport van belang. Net als voor beoordelingsspoor Materiaaltransport bij de bekleding zelf is de basis van de toetsing dan ook een visuele inspectie. Als die geen uitsluitsel geeft, is geavanceerde toetsing nodig. Het schema staat in figuur 8 - 3.20.

Figuur 8 - 3.20 Beoordelingsschema Overgangsconstructies bij asfaltbekledingen AOC



(VTV, Katern 8, § 3.5)

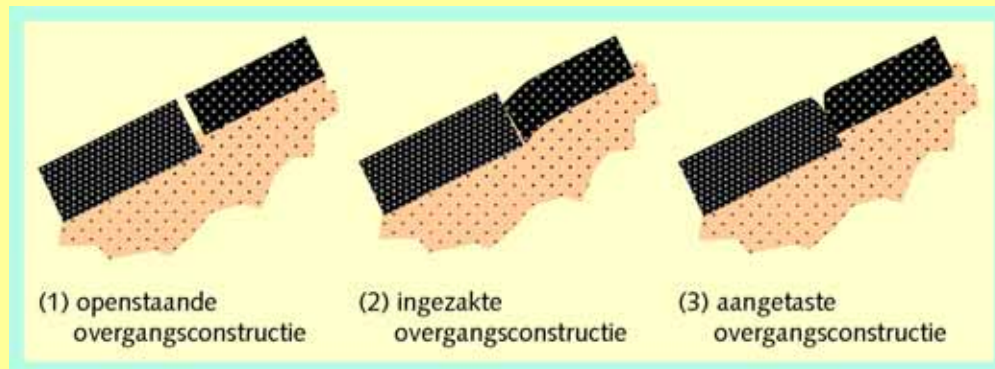
8.2 Schadebeelden

Schadebeelden

Bij overgangsconstructies wordt onderscheid gemaakt tussen drie schadebeelden, weergegeven in figuur 8 - 3.21:

- openstaande overgang: er is ruimte gekomen tussen de twee bekledingen. Dit kan resulteren in vervolgschade;
- ingezakte overgang: als de ruimte tussen de bekledingen zo groot wordt dat zand uit het onderliggende grondlichaam uitspoelt, kan de bekleding gaan verzakken;
- aangetaste rand: ten gevolge van stroming, golfbelastingen of drijvend los materiaal kunnen de randen van een openstaande overgang afbrokkelen.

Figuur 8 - 3.21 Schade aan overgangsconstructies



Vaak is een overgangsconstructie niet geheel vlak zodat de golven een aangrijppunt hebben van waaruit de bekleding wordt aangetast, d.w.z. asfaltdeeltjes zijn uit het oppervlak van de bekleding verdwenen. De overgangsconstructie zelf is dus niet aangetast maar de bekleding van de aanliggende constructie wel. Dit is een veel voorkomend schadebeeld. De toetsing op dit schadebeeld valt onder stap 4 van het spoor Golfklap (zie § 3.4.1).

(VTV, *Katern 8*, § 3.5)

8.3 Stap 1: Eenvoudige toetsing Overgangsconstructies bij asfaltbekledingen

Het is met de huidige kennis niet mogelijk om cijfermatige toetsregels te geven voor de ernst en omvang van de genoemde schadebeelden. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk een toelaatbare breedte van een openstaande overgang aan te geven.

Daarnaast is er een grote variëteit aan constructietypen. Een cijfermatige beoordeling zou voor veel constructies verschillend zijn. Daarom worden bij invulling van de normen slechts kenmerken van de schadebeelden genoemd. In tabel 8 - 3.8 zijn de criteria gegeven voor beoordeling van schadebeelden.

Tabel 8 - 3.8 Criteria voor de beoordeling van schadebeelden

Schadebeeld	Toetsresultaat	
	Twijfelachtig	Onvoldoende
Openstaande overgang	Wel aanwezig, geen zanduittreiding	Zanduittreiding
Ingezakte overgang	-	Aanwezig
Aangetaste rand	Wel aanwezig, geen zanduittreiding	Zanduittreiding

De score is ook ‘onvoldoende’ als de overgangsconstructie zodanige schade vertoont dat de onderliggende constructie blootligt, ook als geen zanduittreiding wordt geconstateerd.

(VTV, *Katern 8*, § 3.5)

8.4 Stap 2: Geavanceerde toetsing Overgangsconstructies bij asfaltbekledingen (nadere beoordeling schade)

Het doel van het onderzoek van de overgangsconstructie is de kwaliteit of restwaarde van overgangsconstructies met schade te beoordelen. Aangetaste randen en openstaande constructies, beide zonder zanduittrekking, leiden bij de visuele inspectie tot de kwalificatie 'twijfelachtig'. In dat geval moet met een onderzoek van de overgangsconstructie een kwaliteitsoordeel kunnen worden gegeven. De constructies bij overgangen zijn zo divers dat een exacte beschrijving van een onderzoek van een overgangsconstructie niet is te geven. In het onderzoek moet worden aangetoond dat de constructie-overgang zijn functie nog kan vervullen. Dit gebeurt aan de hand van de constructietekeningen. Alleen als kan worden aangetoond dat de constructie zijn functie kan vervullen, dan leidt het onderzoek tot het eindoordeel 'voldoende'. Anders is het oordeel 'onvoldoende'. Een opsomming van de zwaktes van de aanwezige overgangsconstructie en een inschatting van de risico's moeten onderdeel van het onderzoek van de overgangsconstructie uitmaken.

(VTV, Katern 8, § 3.5)

Literatuur

[CROW, 1995]

“Deflectieprofiel geen valkuil meer”: meet- en interpretatiemethodiek valgewicht-deflectiemetingen, CROW-publicatie 92, CROW, Ede, augustus 1995.

[CROW, 1998]

Dichtheid steenfunderingen nucleair meten, CROW-publicatie 128, CROW, Ede, 1998.

[CROW, 2000a]

Toepassing radartechniek in de wegenbouw, CROW-publicatie 149, CROW, Ede, september 2000.

[CROW, 2000b]

Standaard RAW Bepalingen, CROW, Ede, oktober 2000.

[CROW, 2001]

Wegbeheer, CROW-publicatie 147, CROW, Ede, maart 2001.

[CUR, 1991]

Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken, basisrapport, CUR-rapport 146, CUR onderzoeksc commissie A27/A28, werkgroep waterkeringen, Gouda, 1991.

[DWW/NPC, 1998]

Eindadvies veiligheidstoetsing asfaltbekleding Boulevard De Ruyter in Vlissingen, DWW/NPC, november 1998.

[DWW, 2003]

Wegwijzer Beheerplan Nat (BPN), Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, 2003.

[DWW/KOAC•NPC, 2004]

Gebruikershandleiding GOLFLKLAP 1.2, DWW/KOAC•NPC, Delft/Utrecht, december 2004.

[Greeuw, 1989]

Samenvatting onderzoek naar een diagnosesysteem voor asfaltbekleding, onderzoek 1984-1988, CO-30170/7, Grondmechanica Delft, Delft, februari 1989.

[Houben, 1994]

Houben, L.J.M., Structural Design of Pavements, Part IV Design of concrete Pavements. University of Technology, Delft, mei 1994.

[NPC, 2000]

Toetsing en methodiekontwikkeling asfaltbekledingen Texel. Netherlands Pavement Consultants, Utrecht, mei 2000.

[NPC, 2002]

Gedetailleerde beoordeling op golfklappen van de Waddenzeedijken Noord-Holland. Netherlands Pavement Consultants, Utrecht, februari 2002.

[NPC/DWW, 2003a]

Proefvoorschrift driepuntsbuigonderzoek waterbouwasfaltbeton (Deel I: Voorschrift voor de standaarduitvoering – Deel II: Toelichting op het voorschrift). Netherlands Pavement Consultants / Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Utrecht/Delft, 3 december 2003.

[NPC/DWW, 2003b]

Proefvoorschrift afschuifproef (concept), Netherlands Pavement Consultants / Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Utrecht/Delft, 20 november 2003.

[Odemark, 1949]

Undersökning av elasticitetegenskaperna hos olika jordarter samt teori för beräkning av belägningar enligt elasticitetsteorin. Statens Väginstytut, Meddelande 77, Stockholm, 1949 (in Swedish).

[Oranjewoud, 1991]

Onderzoek naar de duurzaamheid van waterbouwasfalt-dijkbekledingen, Ingenieursbureau Oranjewoud, Oosterhout, juli 1991.

[Oranjewoud, 1996]

Schadecatalogus voor waterbouwasfaltbeton en open steenasfalt dijkbekledingen, Ingenieursbureau Oranjewoud, Capelle a/d IJssel, 15 juli 1996.

[Oranjewoud, 1998-a]

Kwaliteitstoetsing van asfaltbekledingen op zeedijken - Handleiding waterbouwasfaltbeton, Ingenieursbureau Oranjewoud i.s.m. Netherlands Pavement Consultants, Capelle a/d IJssel, maart 1998.

[Oranjewoud, 1998-b]

Kwaliteitstoetsing van asfaltbekledingen op zeedijken - Handleiding open steenasfalt, Ingenieursbureau Oranjewoud i.s.m. Netherlands Pavement Consultants, Capelle a/d IJssel, maart 1998.

[RWS, 2002]

Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, april 2002.

[RWS, 2004]

De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland – Voorschrift Toetsen op Veiligheid voor de tweede toetsronde 2001 – 2006 (VTV), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, januari 2004.

[STOWA, 2004]

Beheerplan Waterkeringen (BPW), STOWA, 2004.

[TAW, 1984]

Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen/Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1984.

[TAW, 1996]

Leidraad Toetsen op Veiligheid (groene versie), Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, augustus 1996.

[TAW, 1999]

Leidraad Toetsen op Veiligheid, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, augustus 1999.

[TAW, 2002]

Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, november 2002.

Bijlage 1: statistische verwerking onderzoeksresultaten

(Bijlage 1 is gelijk aan bijlage 8 uit Technisch Rapport Asphalt voor Waterkeren [TAW, 2002])

Bij het uitvoeren van de *eenvoudige* en *gedetailleerde* beoordeling en bij de nadere beoordeling van schade zijn kenmerken van de bekleding benodigd zoals de laagdikte en de asfalteigenschappen. Om statistisch betrouwbare resultaten te verkrijgen wordt gebruik gemaakt van karakteristieke waarden van de parameters van de streekproef. In deze bijlage wordt aangegeven hoe de betreffende parameters worden bepaald.

Als algemene formulering voor de karakteristieke waarde van een parameter geldt:

$$X_{\text{kar}} = X_{\text{gem}} \pm t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$$

Hierin is:

X_{kar} = karakteristieke waarde

$$X_{\text{gem}} = \text{gemiddelde waarde} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$s = \text{standaardafwijking} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{gem}})^2}$$

t = factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen zoals aangegeven in tabel B1.1

n = aantal waarnemingen

Tabel B1.1: factor t , geldig voor zowel een 5%-ondergrens als een 95%-bovengrens, afhankelijk van het aantal waarnemingen n

n	t	n	t	n	t	n	t
1	-	16	1,7531	31	1,6973	46	1,6794
2	6,3138	17	1,7459	32	1,6955	47	1,6787
3	2,2900	18	1,7396	33	1,6939	48	1,6779
4	2,3534	19	1,7341	34	1,6924	49	1,6772
5	2,1318	20	1,7291	35	1,6909	50	1,6766
6	2,0150	21	1,7247	36	1,6896	51	1,6759
7	1,9432	22	1,7207	37	1,6883	52	1,6753
8	1,8946	23	1,7171	38	1,6871	53	1,6747
9	1,8595	24	1,7139	39	1,6860	54	1,6741
10	1,8331	25	1,7109	40	1,6849	55	1,6736
11	1,8125	26	1,7081	41	1,6839	56	1,6730
12	1,7959	27	1,7056	42	1,6829	57	1,6725
13	1,7823	28	1,7033	43	1,6820	58	1,6720
14	1,7709	29	1,7011	44	1,6811	59	1,6716
15	1,7613	30	1,6991	45	1,6802	∞	1,64

Voor de karakteristieke waarden voor de parameters worden altijd veilige waarden gekozen. Een kleinere laagdikte en een hogere elasticiteitsmodulus zijn ongunstig voor de veiligheid van de constructie. Voor de laagdikte wordt dus een karakteristieke ondergrens en voor de elasticiteitsmodulus wordt een karakteristieke bovengrens gebruikt bij de toetsing.

laagdikte

De aanwezige laagdikte die bij de gedetailleerde beoordelingen wordt gebruikt is een laagdikte zodanig dat de kans dat een kleinere laagdikte wordt aangetroffen gelijk is aan 5% ($d_{5\%}$). Deze wordt als volgt bepaald:

$$d_{5\%} = d_{\text{gem}} - t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$$

Hierin is:

d_{gem} = gemiddelde laagdikte

t = factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen zoals aangegeven in tabel B1.1

s = standaardafwijking

n = aantal waarnemingen

elasticiteitsmodulus

De elasticiteitsmodulus van het asfalt die bij de gedetailleerde beoordelingen wordt gebruikt is zodanig dat de kans dat er een kleinere elasticiteitsmodulus wordt aangetroffen gelijk is aan 95% ($E_{95\%}$). Deze wordt als volgt bepaald:

$$E_{95\%} = E_{\text{gem}} + t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$$

Hierin is:

E_{gem} = gemiddelde elasticiteitsmodulus

t = factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen zoals aangegeven in tabel B1.1

s = standaardafwijking

n = aantal waarnemingen

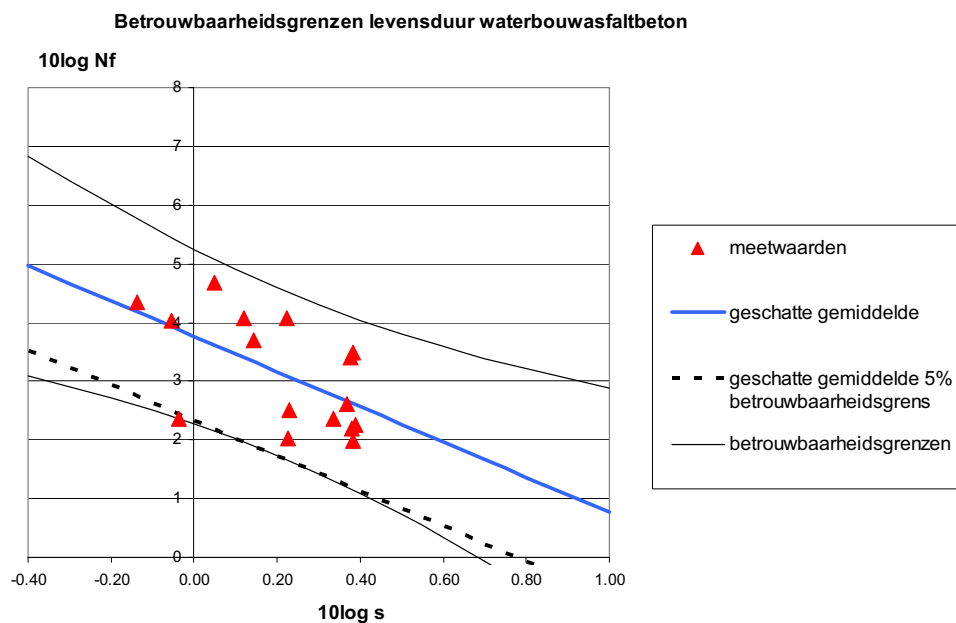
Bovenstaande methode mag strikt genomen alleen worden gebruikt als de waarnemingen "normaal" verdeeld zijn. Dit is bij asfalteigenschappen veelal niet het geval. Een algemeen toepasbare methode is het gebruik maken van de cumulatieve frequentieverdeling volgens NEN 1047 "Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen". Uit deze verdeling is eenvoudig af te lezen bij welk niveau een bepaald percentage wordt over- of onderschreden.

vermoeiingsparameters

Asfalt is een vermoeiingsgevoelig materiaal, dat wil zeggen dat de maximaal toelaatbare spanning in het asfalt afhankelijk is van het aantal malen dat het wordt belast. Het vermoeiingsgedrag van asfalt wordt gekarakteriseerd door de vermoeiingsparameters $\log(k_f)$ en a_f . Hierbij is $\log(k_f)$ het snijpunt met de y-as (de intercept) en a_f de richtingscoëfficiënt van een lineaire vergelijking als beide assen logaritmisch worden gekozen. Deze worden bepaald uit de resultaten van het mechanisch onderzoek. Bij het mechanisch onderzoek worden proefstukken bij verschillende spanningsniveaus belast. De vermoeiingsparameters worden door lineaire regressie bepaald.

De karakteristieke waarden hiervan kunnen worden bepaald door met een statistisch rekenprogramma (als GENSTAT) de betrouwbaarheidsgrenzen uit te rekenen.

Omdat deze grenzen geen rechte lijnen vormen is door NPC in Utrecht een Excel-applicatie gemaakt waarmee de onderste betrouwbaarheidscurve wordt benaderd door een rechte lijn met intercept (k_f) en constante a_f . In figuur B1.1 is een voorbeeld gegeven van de wijze waarop de vermoeiingsparameters op basis van onderzoeksresultaten worden bepaald.



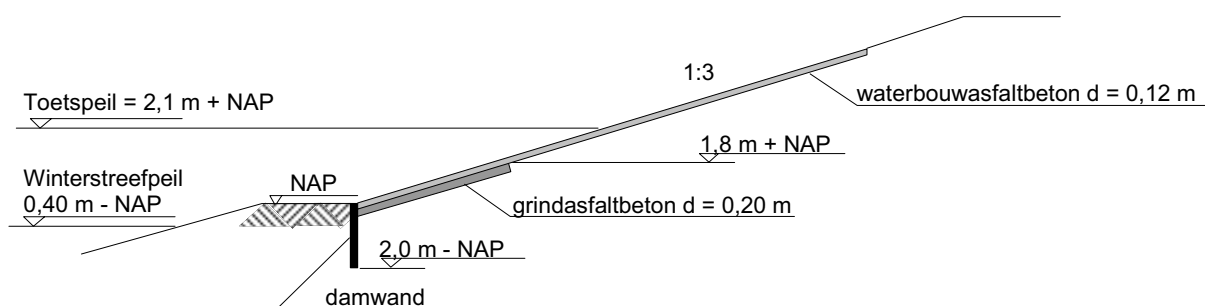
Figuur B1.1 *Bepalen van karakteristieke waarden van de vermoeiingsparameters*

Bijlage 2: rekenvoorbeelden bij toetsen op wateroverdrukken

Voorbeeld 1: Toetsen van de aanwezige laagdikte bij een meerdijk

Gegeven:

Het dwarsprofiel van de beschouwde dijk is gegeven in figuur B2.1.



Figuur B2.1 Dwarsprofiel van de beschouwde dijk

Dit voorbeeld betreft een meerdijk met een bekleding van waterbouwasfaltbeton met een dikte van 0,12 m. Van 0 m + NAP tot 1,8 m + NAP is de bekleding voorzien van een onderlaag van grindasfaltbeton met een dikte van 0,20 m. De genoemde laagdikten zijn bestekslaagdikten. Het dijklichaam is van zand. De helling van het buitentalud is 1:3 en eindigt op NAP. Als teenconstructie is een gesloten damwand toegepast. De onderkant van de damwand bevindt zich op 2,0 m – NAP. Het Toetspeil bevindt zich op 2,1 m + NAP, het winterstreefpeil op 0,40 M NAP.

Gevraagd:

Toets of de aanwezige laagdikte in de wateroverdrukkenzone voldoet.

Uitwerking:

De bepaling van de maatgevende grondwaterstand wordt gedaan zoals aangegeven in paragraaf 6.2.1.

Maatgevende Grond Waterstand (MGW) = $0,8 * (\text{Toetspeil} - \text{GWS})$ onder Toetspeil

$0,8 * (\text{Toetspeil} - \text{GWS}) = 0,8 * (2,1 + 0,40) = 0,8 * 2,5 = 2 \text{ m}$

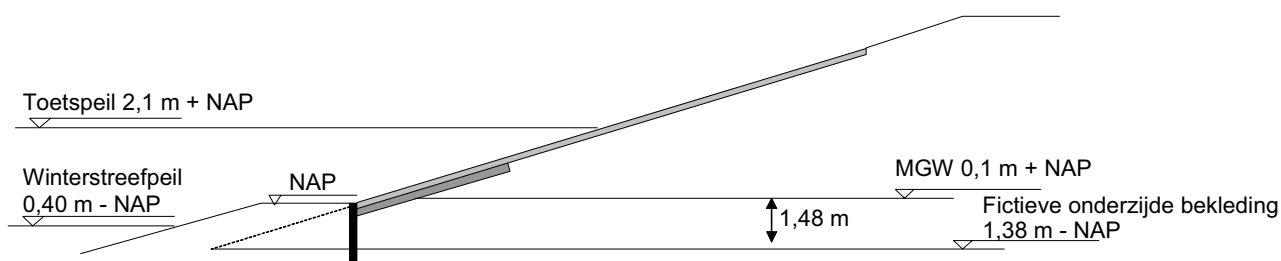
Maatgevende Grond Waterstand (MGW) = Toetspeil (2,1 m) – 2 m = 0,1 m + NAP

(zie figuur 8 - 3.13 in de hoofdtekst)

Voor het bepalen van de maatgevende buitenwaterstand moet het niveau van de onderkant van de gesloten bekleding bekend zijn. De invloed van de damwand wordt verdisconteerd zoals aangegeven in paragraaf 6.2.2. De invloed van de damwand op de overdruk wordt berekend middeld figuur 8 - 3.15 uit de hoofdtekst.

De onderkant van de asfaltbekleding ligt op circa 0,32 m – NAP De lengte van de damwand (L) is 1,68 m (2,0 m – 0,32 m). De parameter q wordt vastgesteld op 1,06 m, waardoor de fictieve onderkant van de bekleding op 1,06 + 0,32 = 1,38 m – NAP komt te liggen. Het verschil tussen fictieve onderkant bekleding en MGW (a+v+q) wordt hierdoor 1,48 m.

Een en ander levert de situatie op zoals gegeven in figuur B2.2.



Figuur B2.2 *Maatgevende waterstanden*

De buitenwaterstand ligt $0,53 * (a + q + v)$ onder de maatgevende grondwaterstand = $0,10 - (0,53 * 1,48) = 0,68 \text{ m} - \text{NAP}$ Dit is onder het winterstreefpeil waardoor als maatgevende buitenwaterstand het winterstreefpeil wordt aangehouden. Hierdoor veranderen de verhoudingen tussen a en v. De afstand a (of a + q) is de gemeten afstand van onderzijde bekleding tot maatgevende buitenwaterstand, deze is 1,48 m. De afstand v is de gemeten afstand van de maatgevende buitenwaterstand tot de maatgevende grondwaterstand, deze is 0,64 m. De reductiefactor R_w moet worden toegepast. Als het winterstreefpeil als maatgevende buitenwaterstand wordt aangehouden, wordt $v/(a + v + q) = 0,50 / 1,48 = 0,34$. Met figuur 3.14 wordt bepaald dat $R_w = 0,88$.

Het bepalen van de benodigde laagdikte.

In figuur B2.1 stond al aangegeven dat de bekleding is opgebouwd uit twee verschillende asfaltsoorten.

Uit de gegevens van de opleveringscontrole zijn de gegevens bepaald zoals gegeven in tabel B2.1 (voor het bepalen van de karakteristieke laagdikte wordt verwezen naar bijlage 1):

Tabel B2.1: gegevens asfaltbekledingen

asfaltsoort	karakteristieke laagdikte h5% [m]	gemiddelde soortelijke massa [kg/m ³]
waterbouwasfaltbeton	0,106	2295
grindasfaltbeton	0,189	2154

Als er, zoals in dit geval, sprake is van meerdere lagen met verschillende dichtheden, kan het totaal van de twee laagdikten niet worden gebruikt om deze te toetsen aan de benodigde laagdikte. Hiervoor moet eerst een equivalente laagdikte worden bepaald met één dezelfde dichtheid. Dit wordt gedaan zoals beschreven in §6.3.2 uit de hoofdtekst.

Voor het bepalen van de equivalente laagdikte moet het onderwatergewicht van de bekledingen worden gebruikt. Een laag met een dikte van 0,189 m en een soortelijk gewicht van 2154 kg/m³ heeft een zelfde gewicht als een laag van 2295 kg/m³ en een dikte van $(2154/2295) \cdot 0,189 = 0,168$ m.

Dit levert een totale equivalente laagdikte op met een soortelijk gewicht van 2295 van:
 $0,106 + 0,168 = 0,27$ m.

De factor Q_n wordt bepaald met de formule uit paragraaf 6.2 : $Q_n = \frac{0,96}{\cos(\alpha)^{1,4}}$

Hieruit volgt: $Q_n = 1,03$

De benodigde laagdikte wordt dan:

$$d_{v,\max} = 0,21 \cdot 1,03 \cdot 1,48 \cdot \frac{1000}{2295 - 1000} \cdot 0,88 = 0,22 \text{ m}$$

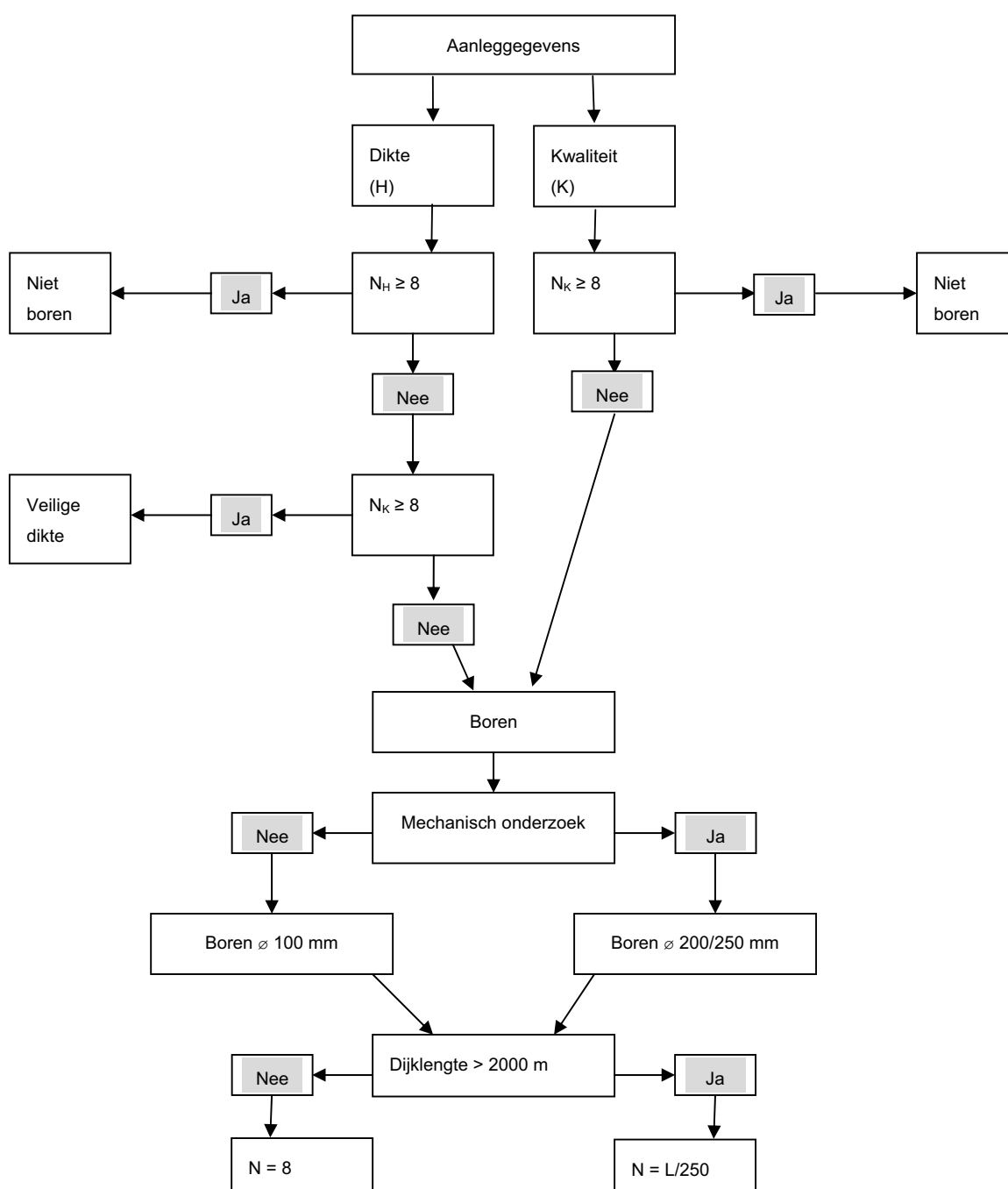
Resultaat:

De aanwezige laagdikte is de berekende equivalente laagdikte van 0,27 m. Deze is groter dan de benodigde laagdikte van 0,22 m. De bekleding voldoet bij de eenvoudige toetsing op wateroverdrukken.

Bijlage 3: beschrijving van het uitvoeren van een boorprogramma, standaard en mechanisch onderzoek

Boren

Indien gegevens over de standardeigenschappen en de mechanische kwaliteit in onvoldoende mate beschikbaar zijn, moet een boorprogramma worden uitgevoerd. In onderstaand stroomschema is aangegeven hoeveel en met welke diameter kernen moeten worden geboord.



De boringen worden uitgevoerd met een boorkar of boorkolom (zie figuur B3.1). Om geschikte proefstukken voor het mechanisch onderzoek te kunnen maken worden uit een bekleding van waterbouwasfaltbeton $\varnothing 250$ mm kernen geboord en uit een bekleding van open steenasfalt kernen van $\varnothing 200$ mm.



Figuur B3.1 *Het nemen van boorkernen uit een bekleding*

De boorlocaties worden in de golfklap- en/of overdrukkenzone aselekt en representatief gekozen. Representatieve boringen worden verkregen door het deel van de dijkstrekking met dezelfde kenmerken (laagdikte en samenstelling) op te delen in boorvakken van gelijke omvang. Aselechte monsters worden verkregen door in elk boorvak op een willekeurige (van tevoren vastgestelde) plaats te boren.

Bijzonderheden over de boorlocaties en boringen (bijvoorbeeld schade of begroeiing) worden beschreven. Er wordt niet op scheuren of naden geboord, omdat dan geen gave proefstukken uit de kernen kunnen worden gezaagd. In figuur B3.2 is een boorkern uit een bekleding van waterbouwasfaltbeton gegeven.

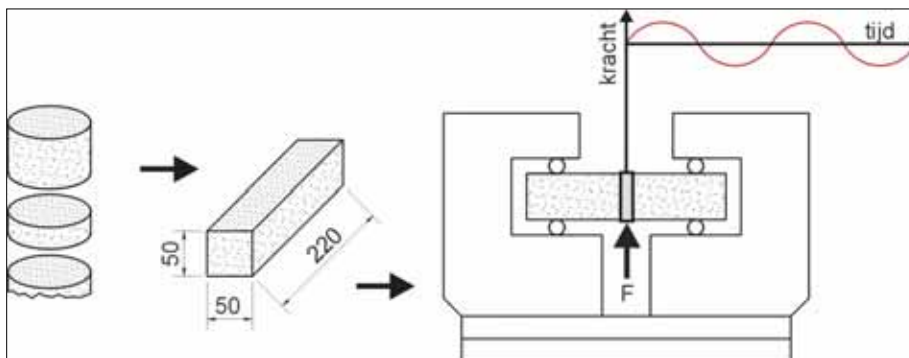


Figuur B3.2 *Boorkern uit een bekleding van waterbouwasfaltbeton*

Van elke kern wordt de laagdikte gemeten conform proef 108 van de Standaard RAW Bepalingen. Verder worden de boorkernen visueel beoordeeld op vertering, gaafheid, ontmenging, stripping, steensoort, verdichting en homogeniteit.

Mechanisch onderzoek

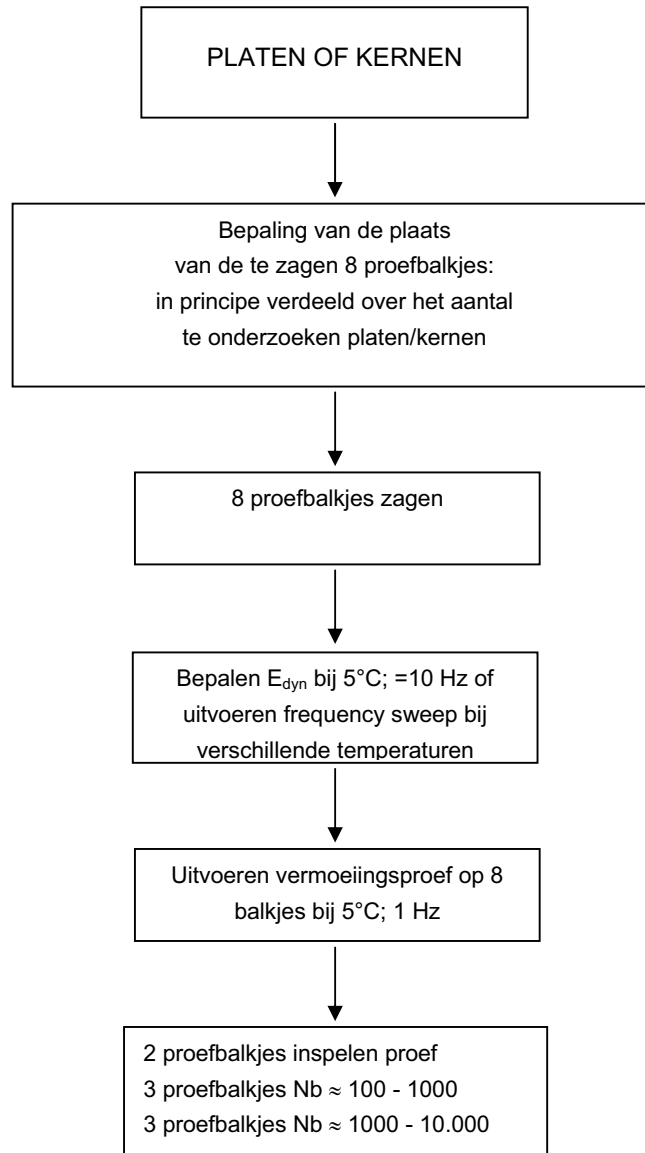
Bij waterbouwasfaltbeton wordt uit elke kern een schijf gezaagd van 50 mm dikte, onder uit de laag. Uit elke schijf worden twee balkjes van $50 \times 50 \times 220 \text{ mm}^3$ gezaagd.



Figuur B3.3 *Het verkrijgen van balkjes uit boorkernen*

Bij open steenasfalt wordt een schijf van 80 mm gezaagd onder uit elke kern.

Van de proefstukken wordt eerst de dichtheid bepaald door middel van meten en wegen.



Figuur B3.4 *Instellingen ten behoeve van vermoeiingsonderzoek*

De mechanische eigenschappen van de bekleding worden bij waterbouwasfaltbeton bepaald met driepunts-buigproeven en bij open steenasfalt met dynamische schuifproeven. Hiervoor wordt een serie van acht proefstukken gebruikt. Het betreft de volgende mechanische eigenschappen:

- de dynamische elasticiteitsmodulus (E_{dyn});
- de relatie tussen de opgelegde spanning en het aantal lastherhalingen (σ_b en N).

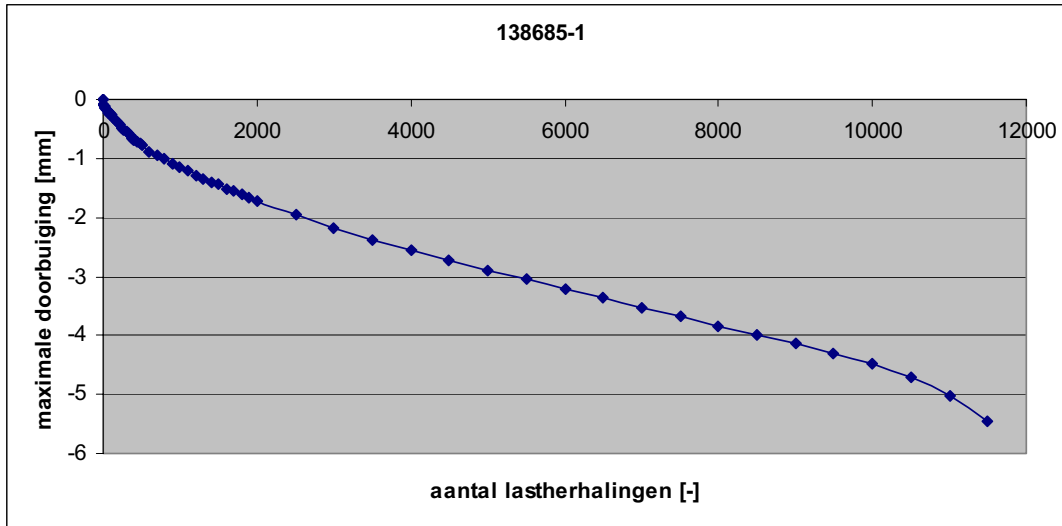
In figuur B3.5 is de proefopstelling van de driepunts-buigproef gegeven.



Figuur B3.5 Proefopstelling van de driepunts-buigproef (foto: NPC)

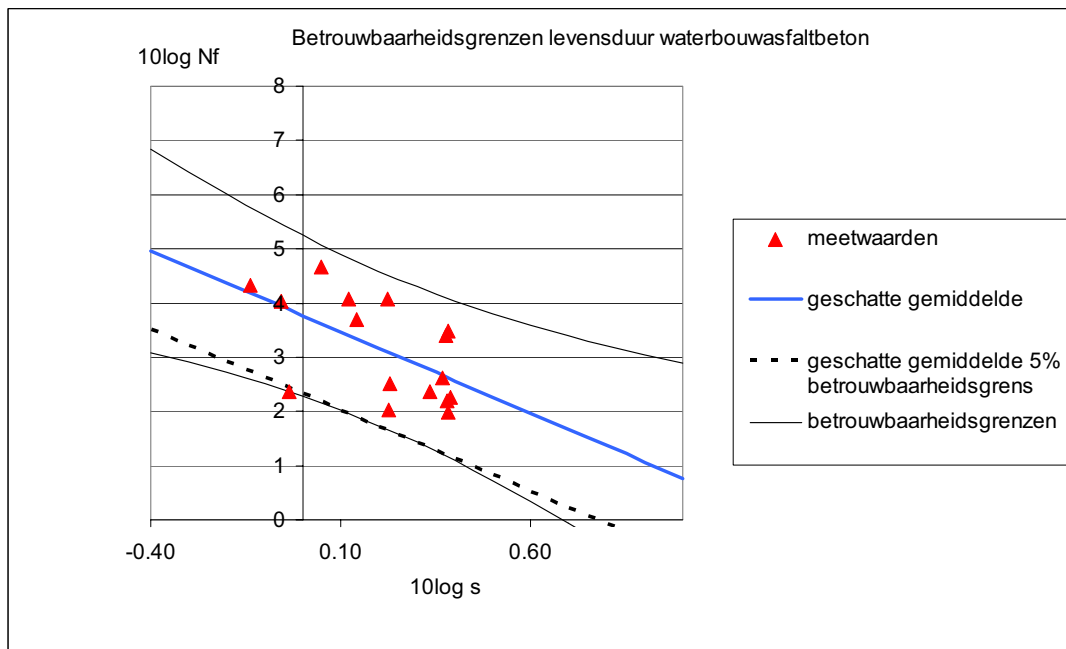
In de proefopstelling wordt het proefstuk onderworpen aan een sinusvormige belasting (1 Hz) met een voorspanning. Hierdoor wordt het proefstuk niet alleen dynamisch vervormd maar vervormt (buigt) het ook in één richting (kruip). Uit de dynamische belastings- en vervormingsamplitudes wordt de dynamische elasticiteitsmodulus afgeleid.

Uit de totale vervorming (figuur B3.6) wordt afgeleid wanneer het proefstuk op vermoeiing is bezwaken. Dit kan feitelijk bezwijken zijn of het bereiken van een maximaal toelaatbare vervorming (doorbuiging) van 10 mm.



Figuur B3.6 Maximale doorbuiging tegen het aantal lastherhalingen voor proefstuk

Door de proef bij verschillende belastingsniveaus uit te voeren wordt het verband tussen de opgelegde spanning (σ_b) en het aantal lastherhalingen (N_f) gevonden. Uit de regressielijn door de waarnemingen (figuur B3.7) zijn de regressieconstanten $\log(k)$ en a af te leiden, die als invoerparameters in het model GOLFKLAP het vermoeiingsgedrag van het asfalt bepalen.



Figuur B3.7: Vermoeiingsparameters van de asfaltbekleding

De proefvoorschriften voor het driepuntsbuigonderzoek van waterbouwasfaltbeton en het afschuifonderzoek van open steenasfalt zijn in conceptvorm gereed [NPC/DWW-2003a] [NPC/DWW-2003b]. Hierin wordt beschreven hoe deze proeven moeten worden uitgevoerd, hoe de waarnemingen moeten worden bewerkt en welke resultaten worden gerapporteerd. Daarnaast worden ook handelingen en bepalingen beschreven die bij het bepalen en interpreteren van de mechanische eigenschappen nodig zijn: visuele beoordeling van boorkernen en proefstukken (verdichting, homogeniteit); bepaling dichtheid proefstuk; bepaling ultrasoonstijfheid; bepaling faseverschuiving; bepaling van de laagdikte; proefstuk voorbereiding (boren, zagen).

Standaardonderzoek

Bij het standaardonderzoek worden eigenschappen bepaald, die in het kader van de kwaliteitszorg bij de aanleg van werken van belang zijn. Voor asfaltbekledingen zijn deze in de Standaard RAW [CROW, 2000b] voorgeschreven in hoofdstuk 52 Bagger-, Kust- en Oeverwerken. In deze Standaard zijn ook alle relevante onderzoeksmethoden opgenomen.

Belang standaardonderzoek

Standaardonderzoek kan in 4 situaties van belang zijn:

- geen (of te weinig) aanleggegevens beschikbaar (eenvoudige toetsing);
- vaststellen of de boorkernen voor het mechanisch onderzoek representatief zijn;
- verklaren van afwijkende mechanische eigenschappen;
- vaststellen van de oorzaak van schade (nader onderzoek).

Testmethoden (eigenschappen)

In de Standaard RAW zijn de volgende testmethoden opgenomen die relevant zijn voor asfaltbekledingen:

- Laagdikte (proef 108).
- Dichtheid proefstuk (proef 67).
- Dichtheid mengsel (proef 68).
- Holle ruimte (proef 69).
- Bitumengehalte (proef 65.0).
- Korrelverdeling (proef 6.0).
- Bitumenkwaliteit (proef 110).

Hoe onderzoek over kernen verdelen

Bij de standaard kwaliteitscontrole (opleveringscontrole) bij de aanleg van werken wordt de volgende procedure gevolgd:

1. Visuele inspectie kernen.
2. Laagdikte meten.
3. Kernen "koppen" en "staarten".
4. Schijf aan onderkant kern afzagen (WAB 50 mm; OSA 80 mm).
5. Restkern verdelen in schijven (WAB \geq 50 mm; OSA \geq 80 mm).
6. Dichtheid proefstuk bepalen (alle schijven).
7. Dichtheid mengsel bepalen (één schijf).
8. Holle ruimte berekenen (alle schijven).
9. Bitumengehalte (combineren met dichtheid mengsel).
10. Bitumenkwaliteit (combineren met bitumengehalte).
11. Korrelverdeling (combineren met dichtheid mengsel).
12. Bij Open steenasfalt van alle schijven steen/mortelverhouding bepalen.
13. Bij Open steenasfalt korrelverdeling bepalen van alle steenfracties (totale kern).

Nader onderzoek schade

Het onderzoek om geconstateerde schade te verklaren kan als volgt worden ingericht:

Scheuren/naden

Uit de 3 grootste schadeplekken worden 3 kernen (\varnothing 100 mm) geboord. Hiervan wordt de scheurdiepte opgemeten als aanvulling van de scheurbreedte- en lengte, die bij de visuele inspectie zijn vastgesteld. Blijken alle kernen doorgaande scheuren te vertonen dan kan worden overwogen om aanvullende kernen te boren om het probleem duidelijk in kaart te brengen.

Naast boorkernen kan met valdeflectiemetingen worden vastgesteld of scheuren doorgaand zijn; in dat geval zal de meting op de scheur significant afwijken van de meting naast de scheur. Ter verklaring van de scheuren kan worden vastgesteld of het asfalt scheurgevoelig is (laag bitumengehalte, harde bitumen, e.d.)

Gaten

Een verklaring voor het schadebeeld gaten kan worden gevonden door het omliggende asfalt te onderzoeken op erosiegevoeligheid. Hiertoe kan worden onderzocht of het asfalt een laag bitumengehalte heeft, een hoge holle ruimte (lage dichtheid) of een lage E-modulus (stripping).

Aantasting

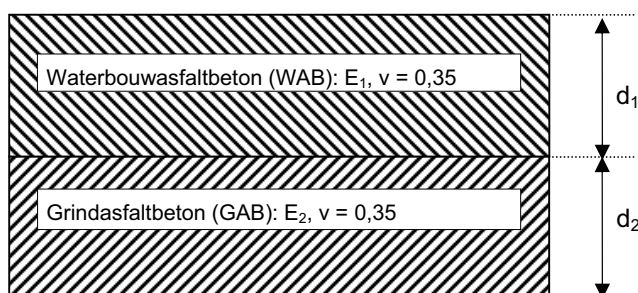
Net als bij gaten richt het onderzoek zich op de erosiegevoeligheid van het asfalt:

(laag bitumengehalte, hoge holle ruimte (lage dichtheid), lage E-modulus (stripping))

Als de aantasting een relatie heeft met een lage E-modulus, kan het potentiële schadegebied worden geschat m.b.v. valdeflectiemetingen.

Bijlage 4: berekening van de equivalente laagdikte volgend Odemark

1. Werkelijke constructie



(ν = dwarscontractiecoëfficiënt)

2. Vermoeiing door golfklappen treedt in principe aan de onderkant van de onderste asfaltlaag (GAB) op.
3. Voor bepaling van de toelaatbare spanning bij een zeker aantal golfklappen (N_s) worden vermoeiingsrelaties gebruikt, die voor de GAB-laag bepaald zijn, hetzij:
 - middels laboratoriumproeven (vermoeiingsproeven);
 - middels mengselsamenstelling (Nomogrammen).
4. Invulling van onder andere de uitgerekende toelaatbare spanning en de stijfheid van de GAB-laag in de golfklapberekening, geeft een benodigde dikte, die in principe alleen uit GAB bestaat.
5. In werkelijkheid is er een WAB-laag als toplaag aanwezig. Deze laag heeft andere eigenschappen (bijvoorbeeld stijfheid) dan de GAB-laag. Om de benodigde dikte te kunnen toetsen aan de aanwezige bekledingsdikte, wordt de WAB-laag vertaald in een zogenaamde equivalente GAB-laag. Dit wordt gedaan volgens de theorie van Odemark. Aan de WAB-laag wordt de stijfheid van de GAB-laag toegekend. Op basis van gelijkblijvende buigstijfheid van de totale laag wordt voor de WAB-laag een nieuwe equivalente dikte uitgerekend.

In formules:

$$\text{Buigstijfheid WAB-laag} = \frac{1}{12} b d_1^3 E_1 \quad (1)$$

$$\text{Buigstijfheid equivalente laag} = \frac{1}{12} b d_{1,eq}^3 E_2 \quad (2)$$

Door (1) aan (2) gelijk te stellen volgt:

$$\frac{1}{12} b d_1^3 E_1 = \frac{1}{12} b d_{1,eq}^3 E_2$$

$$d_1^3 E_1 = d_{1,eq}^3 E_2$$

$$d_{1,eq} = d_1 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{E_1}{E_2}\right)}$$

Deze theorie is met behulp van het lineair elastisch meerlagenprogramma (BISAR) geverifieerd.

7. De totale equivalente laagdikte is gelijk aan:



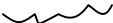



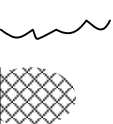
$$d_{eq,tot} = d_{1,eq} + d_2$$

8. De $d_{eq,tot}$ wordt aan de berekende benodigde laagdikte getoetst.

Bijlage 5: voorbeelden van inspectieformulieren

Dijknaam: Voorbeeld dijk 1		waarnemer(s): Jansen				Blad 1
Dijkvak: Dijkvak 15						
Datum: 29 mei 2000						
begin schade [hm]	eind schade [hm]	lengte [m]	breedte [mm]	diepte [mm]	soort schade	opmerkingen
14,0	14,1	10	15	2	naad	≡
14,1	14,2	0,50	25	8	scheur	~~~~~
14,2	14,3	2	8	2	naad	≡
		4	6	4	naad	≡
		0,50	30		aangetast oppervlak	⊗
14,3	14,4	0,75	10	5	scheur	~~~~~
		0,50	25		aangetast oppervlak	⊗
14,4	14,5	0,50	60		aangetast oppervlak	⊗
		1,5	9	3	naad	≡

Bij het noteren van de schadebeelden op de inspectieformulieren (zie volgende bladzijde) worden de volgende arceringen en aanduidingen gebruikt.

	aangetast oppervlak		boorkern
	scheuren		gat
	openstaande naad		foto
	schadebeeld loopt door in volgende vak		

Dijknaam: Voorbeeld dijk 2	waarnemer(s): Jansen	Blad 2
Dijkvak: Dijkvak 25		
Datum: 29 juni 2000		
bekledingstype: WAB		

hm				schade aangetast opp. opp. diepte [m ²] [mm]	scheuren			openstaande naden			zand uittreiding	gaten diameter [mm]
kruin					L	br.	diepte	L	br.	diepte		
					[m]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]		
14,1	6	14,2	0,00	30	1							
14,2	6	14,3	2,50			0.5	25	5	8	18	4	
			5,00						3,5	8	3,5	
14,3	6,1	14,4	7,25			0.75	10	2				
			10,00	44	1							
14,4	6,1	14,5	12,50									
			15,00									
			17,50									
			20,00									
			22,50									
			25,00									

0 2,5 5,0 10,0

Opmerkingen		
_____	plaats op talud	veel/ matig/ weinig
zeepokken	pokken en wier op ondertalud	veel
algengroei		
gras	1 meter onder kruin in scheur	matig

Overige opmerkingen		

Appendix 1: Schadecatalogus

A1.1 Schadebeelden waterbouwasfaltbeton

A1.1.1 Inleiding

Waterbouwasfaltbeton is een mengsel van steenslag (6/16 of 6/22) of grind (6/14), zand, vulstof en bitumen. De bekleding is doorgaans goed verdicht en bezit een holle ruimte percentage tot 6%. In figuur A1.1 is een boorkern uit een bekleding van waterbouwasfaltbeton weergegeven.



Figuur A1.1 Boorkern uit een waterbouwasfaltbetonbekleding (Damaanzet Noordland, 1991)

Waterbouwasfaltbeton wordt meestal op een ondergrond van zand aangelegd. Een ondergrond van klei, keileem, mijnsteen of zandasfalt (gebitumineerd zand) kan ook voorkomen. Figuur A1.2 toont een foto van een dijkbekleding van waterbouwasfaltbeton.



Figuur A1.2 *Overzicht van een dijkbekleding van waterbouwasfaltbeton (Dijk nabij haven Middelharnis)*

Ten gevolge van de voortdurende golfklappen en stroming in de tijzone kan schade optreden. Ook kan schade optreden ten gevolge van veroudering van het asfalt door de invloed van zon en water.

De volgende schadebeelden worden bij waterbouwasfaltbeton onderscheiden:

- scheuren;
- openstaande naden;
- aangetast oppervlak;
- gaten.

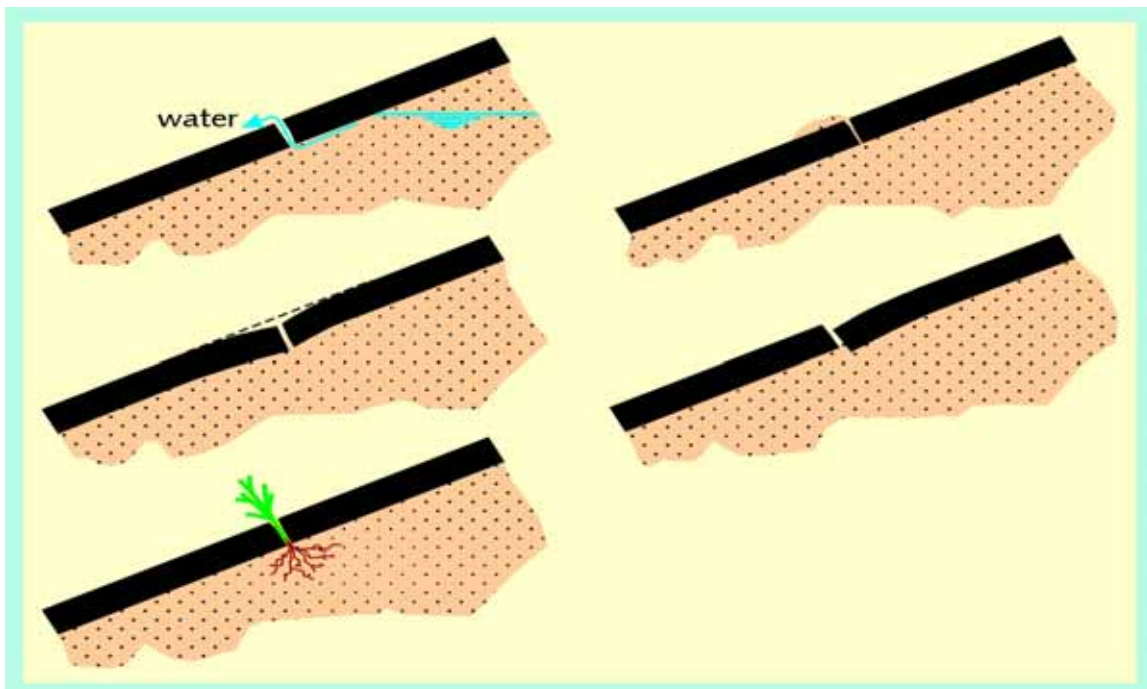
In de hierna volgende paragrafen worden de schadebeelden één voor één behandeld.

A1.1.2 Scheuren

Scheuren kunnen zowel in de lengte- als in dwarsrichting op het talud voorkomen. Een doorgaande scheur is een scheur die de bekleding in zijn geheel doorsnijdt. Het is vaak moeilijk vast te stellen of een scheur doorgaand is of niet. De volgende kenmerken duiden erop dat een scheur doorgaand is:

- uitstromend water uit de scheur (a);
- uitgespoeld zand dat op het talud ligt (b);
- ingezakte scheur (c) of een niveauverschil tussen de randen (d) ten gevolge van zanduittrekking uit het kernmateriaal;
- begroeiing van enige omvang in de scheur (e).

In figuur A1.3 zijn schematische voorbeelden gegeven van doorgaande scheuren.



Figuur A1.3 Voorbeelden van doorgaande scheuren.

Een scheur die zich scherp aftekent op de bekleding is vaak doorgaand. Ook zijn doorgaande scheuren vaak niet te herkennen aan een van de bovenstaande kenmerken. Doorgaande scheuren hebben meestal een lengte groter dan 2 meter. Zand in of bij de scheur hoeft niet te duiden op een doorgaande scheur. De golfbeweging of de wind kan het zand hebben meegevoerd en achtergelaten.

Op de foto's van de figuren A1.4 t/m A1.7 zijn voorbeelden gegeven van doorgaande scheuren.



Figuur A1.4 Doorgaande scheuren op het talud (Dijk langs de Val van de Flauwersinlaag, 1996)



Figuur A1.5 *Detail van de scheur (Dijk langs de Val van de Flauwersinlaag, 1996)*



Figuur A1.6 *Begroeiing in een doorgaande scheur (binnentalud Veerse dam)*



Figuur A1.7 *Uitspoeling van grond uit een doorgaande scheur (glooiing op Hellegatplaten, 1981)*

Een niet doorgaande scheur is een scheur die de bekleding niet in zijn geheel doorsnijdt. Het merendeel van de scheuren die op een asfaltbekleding worden aangetroffen is naar alle waarschijnlijkheid niet doorgaand.

Op de foto's van de figuren A1.8 en A1.9 zijn voorbeelden gegeven van niet doorgaande scheuren.



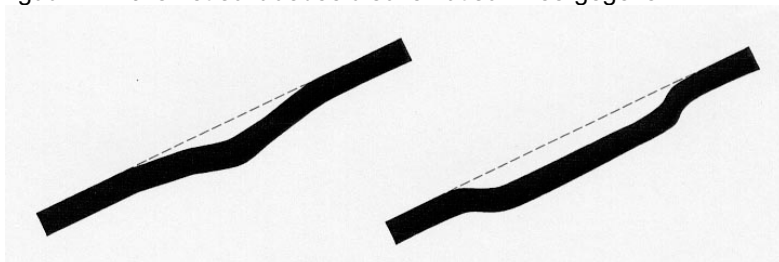
Figuur A1.8 Niet doorgaande scheur (Vlissingen, 1991)



Figuur A1.9 Niet doorgaande scheuren (Grevelingendam, 1996)

Na het ontstaan van de scheur kunnen golven greep krijgen op de scheurranden. Hierdoor zal het oppervlak van de bekleding rond de scheur na verloop van tijd worden aangetast.

Door zettingen van de ondergrond kunnen vervormingen van de asfaltbekleding optreden. Dit gebeurt in de vorm van zettingskuilen. Bij een voortschrijdende zetting kunnen op den duur ontoelaatbare rekken in de asfaltbekleding optreden waardoor de bekleding gaat scheuren. In figuur A1.10 is het schadebeeld schematisch weergegeven.



Figuur A1.10 Schematische weergave zettingskuilen

Niet iedere kuil in het talud is een zettingskuil. Ook is het mogelijk dat het talud bij aanleg niet onder het juiste profiel is aangebracht. Hierdoor zal de bekleding niet vlak liggen. De vervorming zal echter niet groter worden. Dit is geen schadebeeld.

Door het periodiek uitvoeren van een inspectie en het vergelijken van de resultaten kan vastgesteld worden of bij de geconstateerde kuil nog zettingen optreden.

Op de foto's van de figuren A1.11 en A1.12 zijn kuilen in het talud ten gevolge van ongelijkmatige zettingen en de neiging tot afschuiving waarneembaar.



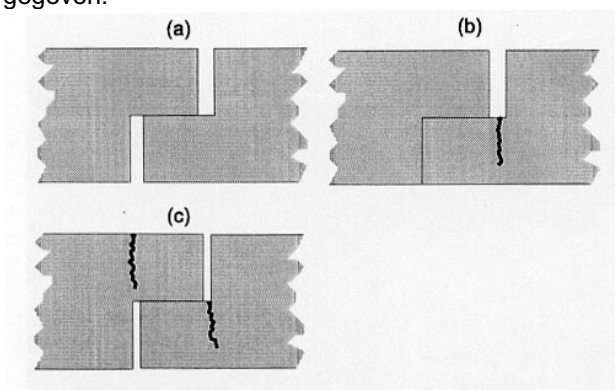
Figuur A1.11 Zettingskuil in het talud (Schelde-Rijnkanaal, 1981)



Figuur A1.12 Kuil in het talud ten gevolge van onregelmatige zettingen en de neiging van de grond om af te schuiven (Dijk langs de Val van het Flauwersinlaag, 1996)

A1.1.3 Openstaande naden

Bij de aanleg van een asfaltbekleding wordt de productie aan het eind van de dag met een baddingconstructie afgesloten. Doorgaans wordt de naad met een liplap uitgevoerd. Naden kunnen zowel in de lengte- als in dwarsrichting op het talud voorkomen. In de loop van de tijd kan een naad open gaan staan. In figuur A1.13 zijn enige voorbeelden van openstaande naden gegeven.



Soms is een openstaande naad moeilijk van een scheur te onderscheiden. Een openstaande naad kan ook in combinatie met scheuren voorkomen. Een naad loopt altijd horizontaal of verticaal en nooit diagonaal. Van afstand is een naad altijd als een rechte lijn herkenbaar.

Op de foto in de figuren A1.14 t/m A1.17 zijn voorbeelden gegeven van openstaande naden.



Figuur A1.14 Verticale openstaande naad (Dijk langs de Van Pallandtpolder, 1989)



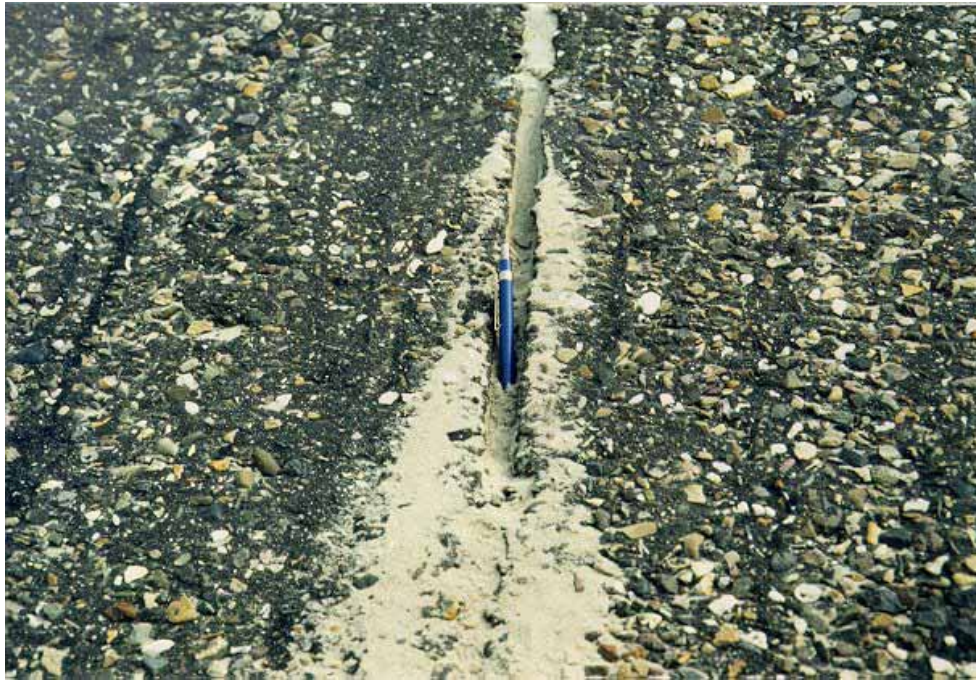
Figuur A1.15 *Horizontale openstaande naad (buitentalud Veerse dam, 1989)*



Figuur A1.16 Schade bij naad van daglas (Haringvlietdam, 2000)



Figuur A1.17 *Schade bij naad van daglas (Haringvlietdam, 2000)*



Figuur A1.18 *Detail openstaande naad (Damaanzet Schouwen)*

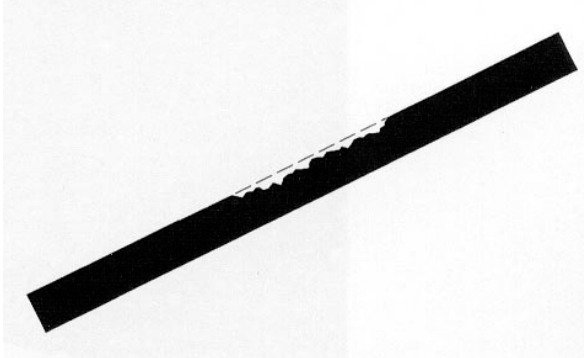


Figuur A1.19 *Water stroomt uit openstaande naad (Schelphoek, 1986)*

A3.1.4 Aangetast oppervlak

Onder aangetast oppervlak wordt verstaan het verdwijnen van mortel en/ of steenslag uit het oppervlak van de bekleding. Aangetast oppervlak kan optreden door onvoldoende hechting van het bindmiddel aan de steenslag. Ten gevolge van veroudering, erosie en de inwerking van vocht zal de hechting in de loop van de tijd verminderen.

In figuur A1.20 is het schadebeeld aangetast oppervlak schematisch weer gegeven.



Figuur A1.20 *Aangetast oppervlak*

Ook kan aangetast oppervlak veroorzaakt worden door materiaal dat door de golfslag op het talud wordt geworpen, door klein materiaal dat door de golfbeweging over het talud heen en weer wordt meegenomen (schurend effect) of door een grote golfbelasting. Om de bekleding te beschermen wordt vaak een oppervlakbehandeling over de bekleding aangelegd. Deze zal geleidelijk aan verdwijnen. Het verdwijnen van de oppervlakbehandeling wordt niet gezien als aangetast oppervlak. (figuur A1.21) Wanneer na het verdwijnen van de oppervlakbehandeling steentjes loslaten uit het oppervlak van de oorspronkelijke bekleding wordt gesproken van aangetast oppervlak. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur A1.22 t/m A1.24.



Figuur A1.21 *Verdwijnen van de oppervlaktebehandeling. (Vlissingen, 1993)*

Op de foto's van de figuren A1.22 t/m A1.24 zijn voorbeelden gegeven van aangetast oppervlak.



Figuur A1.20 Aangetast oppervlak enkele steentjes verdwenen (Vlissingen, 1993)



Figuur A1.21 Aangetast oppervlak, circa 1 steenlaag verdwenen (Banckspolder Schiermonnikoog, 1981)



Figuur A1.22 Aangetast oppervlak, detail meer dan 1 steenlaag verdwenen (Vlissingen, 1993)

A1.1.5 Gaten

Van een gat in de bekleding is sprake indien lokaal een gedeelte van de bekleding ontbreekt. Dit is een extreme vorm van aangetast oppervlak. Dit kan voorkomen doordat bijvoorbeeld de samenhang van het asfalt lokaal slecht is.

In figuur A1.23 is een voorbeeld gegeven van een gat in de bekleding.



Figuur A1.23 *Gat in de bekleding (Grevelingendam, 1996)*

A1.2 Schadebeelden open steenasfalt

A1.2.1 Inleiding

Open steenasfalt is een mengsel van kalksteen (16/22 of 20/40) en mastiek. Het is een ondervuld mengsel met een holle ruimte van 20-25 %.

In figuur A2.1 is een boorkern van open steenasfalt weergegeven.



Figuur A2.1 Boorkern van open steenasfalt (Noordland, 1991)

Een open steenasfaltbekleding wordt meestal aangelegd op een geotextiel of op zandasfalt met een ondergrond van zand, klei of mijnsteen.

Figuur A2.2 toont een foto van een dijkbekleding van open steenasfalt.



Figuur A2.2 Overzicht van een open steenasfaltbekleding (st. Philipsland, Tholen, 1996)

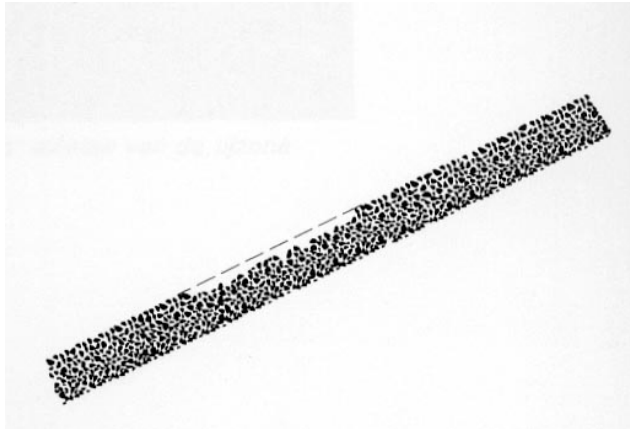
Ten gevolge van de voortdurende golfklappen en stroming in deze zone kan schade optreden. Een open steenasfaltbekleding zal doorgaans steen voor steen beschadigen. Scheuren zijn in de bekleding niet waarneembaar. Alleen het schadebeeld aangetast oppervlak wordt bij een open steenasfaltbekleding onderscheiden.

In de hierna volgende paragraaf wordt het schadebeeld aangetast oppervlak behandeld.

A3.2.2 Aangetast oppervlak

Onder aangetast oppervlak wordt verstaan het verdwijnen van mortel en of steenslag uit het oppervlak van de bekleding. Enige vormen van aangetast oppervlak zijn; kaal worden van het oppervlak (verdwijnen van de mortel), verdwijnen van de stenen en loszittende stenen.

In figuur A2.3 is het schadebeeld aangetast oppervlak schematisch weergegeven.



Figuur A2.3 *Aangetast oppervlak (stenen uit oppervlakte verdwenen)*

Aangetast oppervlak kan optreden door onvoldoende hechting van het steenslag aan het bindmiddel. Ten gevolge van veroudering, erosie en de inwerking van vocht zal deze hechting in de loop van de tijd verminderen.

Ook kan aangetast oppervlak veroorzaakt worden door materiaal dat door de golfslag op het talud wordt geworpen, door klein materiaal dat door de golfbeweging over het talud heen en weer wordt meegenomen (schurend effect) en door een grote golfbelasting, door een te schrale mortel of door een slechte verdeling van de mortel.

Op de foto's van de figuren A2.4 en A2.5 zijn voorbeelden gegeven van aangetast oppervlak.



Figuur A2.4 Aangetast oppervlak ter plaatse van de tijzone (Noordland, 1996)



Figuur A2.5 Aangetast oppervlak (Noordland, 1996)

In het onderste deel van de tijzone kunnen zich zeepokken en mosselen vestigen. Vooral de structuur van open steenasfalt leent zich hier goed voor. Tijdens het groeiproces oefenen deze diertjes grote drukkrachten uit op de bekleding die het oppervlak aan kunnen tasten. In figuur A2.6 is een voorbeeld gegeven van een door zeepokken aangetaste open steenasfaltbekleding.



Figuur A2.6 *Aantasting door zeepokken, waardoor de bovenste steentjes vrijwel los liggen (vluchthaven Neeltje Jans, 1989)*

Van een gat in de bekleding is sprake indien lokaal een gedeelte van de bekleding ontbreekt. Hierdoor komt het onderliggende filter bloot te liggen.

In de figuren 2.7 en 2.8 zijn voorbeelden gegeven van gaten in een open steenasfaltbekleding.



Figuur 2.7 Gat in de bekleding, onderliggende filter (geotextiel) is zichtbaar (Nieuwe Annex-Stavenissepolderdijk, Tholen, 1994)



Figuur A2.8 Gat in de bekleding, onderliggende filter (zandasfalt) zichtbaar (Bouwput Schaar, 1978)

A.1.3 Schadebeelden overgangsconstructies

A1.3.1 Inleiding

Bij overgangsconstructies wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende schadebeelden:

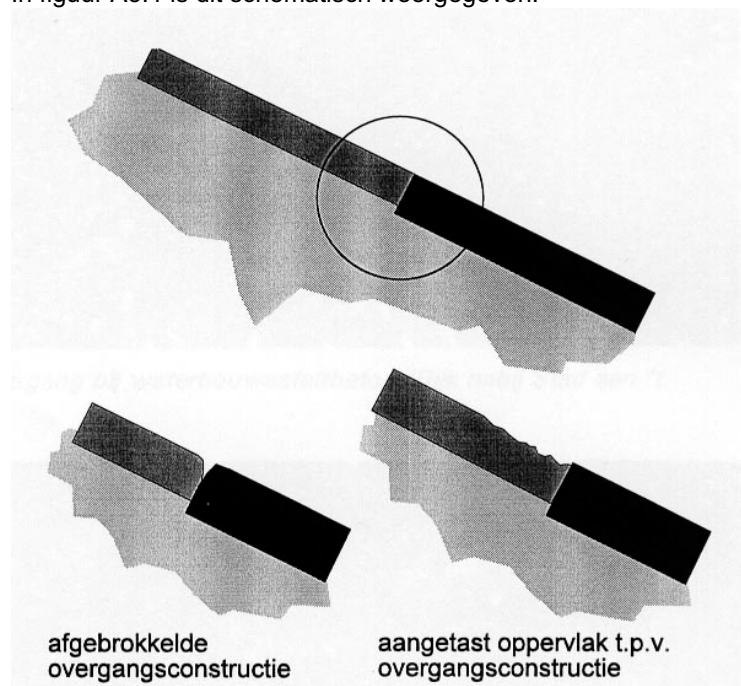
- aangetast overgang/ afbrokkelende rand;
- openstaande overgang, als de overgang zodanig openstaat dat de ondergrond bloot komt te liggen, kan kernmateriaal uitspoelen en zal de bekleding ter plaatse van de overgang inzakken.

In de volgende paragrafen worden de schadebeelden bij overgangsconstructies behandeld.

A.1.3.2 Aangetaste overgangsconstructies

Ten gevolge van stroming, golfbelastingen of drijvend los materiaal kunnen de randen van een openstaande overgang afbrokkelen.

In figuur A3.1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur A3.1 *Aangetaste overgangsconstructie*

De foto's in figuren A3.2 en A3.3 zijn voorbeelden van een aangetaste overgang bij waterbouw-asfaltbeton. De foto's in de figuren A3.4 en A3.5 zijn voorbeelden van een aangetaste overgang bij een open steenasfalt.



Figuur A3.2 Aangetaste overgang bij waterbouwasfaltbeton (Dijk nabij Stad aan 't Haringvliet, 1996)



Figuur A3.3 Afgebrokkelde rand t.p.v. de overgang bij waterbouwasfaltbeton (Dijk nabij Stad aan 't Haringvliet, 1996)



Figuur A3.4 Aangetaste overgang bij open steenasfalt (Krabbebeek, 1996)

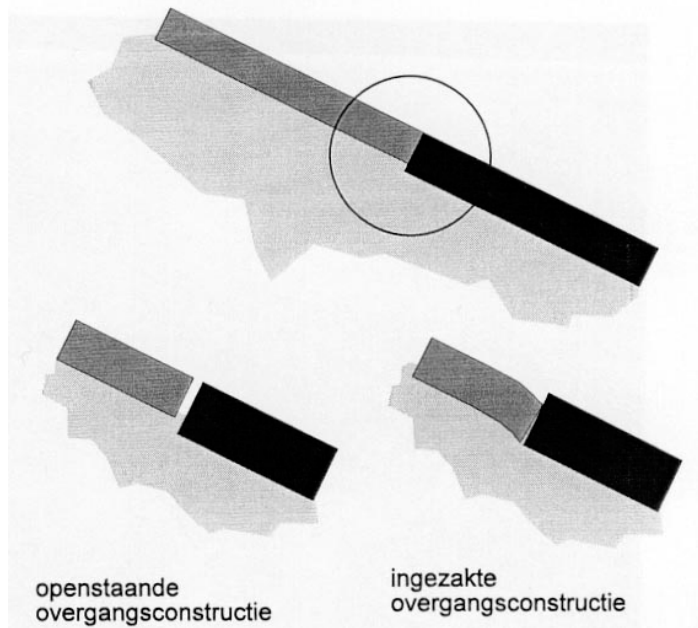


Figuur A3.5 Aangetaste overgang bij open steenasfalt (Noordland, 1994)

A1.3.3 Openstaande en ingezakte overgangsconstructies

Er is ruimte gekomen tussen de twee bekledingen. Dit kan resulteren in vervolgschade. Als de ruimte tussen de bekledingen zo groot wordt dat zand uit het grondlichaam kan uitspoelen, kan de bekleding gaan verzakken.

Dit is schematisch weergegeven in figuur A3.6.



Figuur A3.6 *Openstaande overgangsconstructie en ingezakte overgangsconstructie*

Een openstaande overgang is bovendien een aangrijppunt voor stromend water, golven of drijvend los materiaal. Hierdoor kan de overgang worden aangetast en kan de rand afbrokkelen.

Op de foto's in de figuren A3.7 en A3.8 zijn voorbeelden gegeven van een openstaande en ingezakte overgangsconstructie.



Figuur A3.7 *Openstaande en ingezakte overgang (Dijk langs de Val van het Flauwersinlaag, 1996)*



Figuur A3.8 *Verzakking ter plaatse van een overgangsconstructie (Vlissingen, 1996)*

Appendix 2: Niet-destructief onderzoek (NDO)

A2.1 Inleiding

Om de laagdikte en de kwaliteit van een asfaltbekleding te onderzoeken is destructief onderzoek voorgeschreven. Daartoe worden kernen uit de bekleding geboord waarvan de laagdikte, samenstelling, dichtheid en eventueel bitumeneigenschappen worden bepaald. Daarnaast kunnen proefstukken uit de kernen worden gezaagd waarop mechanische proeven worden uitgevoerd om de sterkte en stijfheid van het materiaal te bepalen. Aan deze wijze van onderzoek kleven wel enkele nadelen. Het betreft altijd een meting op één punt en om een goed beeld te krijgen van de laagdikte en de kwaliteit van de bekleding zijn veel meetpunten nodig. Daarnaast wordt de bekleding door het onderzoek beschadigd.

Niet-destructieve onderzoeksmethoden hebben het voordeel dat direct aan de constructie wordt gemeten en de constructie daarbij niet wordt beschadigd. Vaak zijn niet-destructieve onderzoeksmethoden snel uitvoerbaar en daarmee kosteneffectief. Doordat niet-destructieve onderzoeksmethoden op dezelfde plek herhaalbaar zijn kan het verloop van de kwaliteit in de tijd beter worden gevolgd. In vergelijking met destructief onderzoek worden veel meer meetdata verzameld waardoor een beter beeld wordt verkregen van de variatie in de laagdikte en de kwaliteit van de bekleding.

In de tachtiger jaren is onderzoek uitgevoerd naar meetmethoden voor een diagnosesysteem voor asfaltbekledingen van zeedijken [Greeuw, 1989]. Daarin is de bruikbaarheid van een aantal niet-destructieve onderzoeksmethoden onderzocht. De beschouwde technieken meten bijvoorbeeld de respons op radargolven, nucleaire bronnen, elektrische velden, seismische golven of een mechanisch valgewicht. Uit de respons kunnen eigenschappen worden afgeleid zoals het vochtgehalte, de dichtheid of de stijfheid van een materiaal. Deze grootheden hebben een relatie met de kwaliteit en duurzaamheid. De technieken kunnen ook inzicht geven in de kwaliteit van de directe ondergrond onder het asfalt. Verder kunnen zwakke plekken zoals niet zichtbare scheuren of andere discontinuïteiten worden gelokaliseerd.



Figuur A2.1 Radarmeting op de asfaltbetonbekleding van Texel

Op dit moment zijn de drie meest relevante niet-destructieve onderzoeksmethoden:

- met een nucleaire bron de dichtheid van de bekleding bepalen;
- met radargolven de laagdikte van de bekleding bepalen;
- met een valgewicht-deflectiemeter het draagvermogen van de bekleding en de directe ondergrond bepalen.

Hierbij moet worden aangetekend dat deze methoden voorlopig alleen betrekking hebben op asfaltbeton; in hoeverre deze ook bruikbaar zijn voor andere asfaltbekledingen moet nader worden vastgesteld.

A2.2 NDO-methoden

A2.2.1 Nucleaire dichtheidsmeter

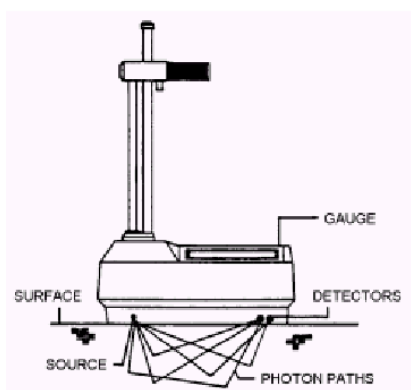
De nucleaire dichtheidsmeter (Troxler) is een handzaam instrument dat op het asfalt wordt gezet of aan een voertuig wordt bevestigd. Met een snel uitvoerbare puntmeting kan een dichtheid worden bepaald en ten opzichte van een referentiedichtheid een percentage holle ruimte worden berekend. De dichtheid is een goede maat voor de kwaliteit van een bekleding van asfaltbeton. Een hoge dichtheid duidt op een lage holle ruimte en dus een goede kwaliteit. Daarnaast is de dichtheid van de bekleding een invoerparameter bij de beoordeling op wateroverdrukken.

Een nucleaire dichtheidsmeter bestaat uit drie onderdelen:

- een stralingsbron;
- een detector die de hoeveelheid straling per tijdseenheid opvangt;
- apparatuur die het opgevangen signaal omzet in de gewenste vorm (dichtheid, vochtgehalte).

Meetprincipe

Voor het bepalen van de dichtheid van een materiaal wordt gebruik gemaakt van een nucleaire stralingsbron. De bron zendt gamma-straling uit die door de materie heengaat. De mate waarin de gamma-straling afgeremd of geabsorbeerd wordt is mede afhankelijk van de dichtheid van het materiaal. De detector meet gedurende een van tevoren ingestelde meettijd de resterende gamma-straling. Aan de hand van tevoren gemaakte ijkgrafieken berekent het apparaat de dichtheid van het materiaal. In figuur A2.2 is een principe schets gegeven van een meting met een troxler.



Figuur A2.2 Principeschets metingen met Troxler

De meetdiepte die bij deze zogeheten 'verstrooiingsmethode' wordt bereikt is ongeveer 15 cm. Naar mate de diepte toeneemt wordt de bijdrage aan de meting steeds minder. De bovenste 6 cm bepalen voornamelijk het resultaat.

Wanneer de dichtheid op grotere diepte moet worden gemeten, wordt veelal gebruik gemaakt van een bron op een staaf die in een gat in de bekleding wordt geplaatst.

De methode wordt in de wegenbouw veelvuldig gebruikt om asfalt, funderingen en ondergrond te beoordelen. In het CROW-rapport *Dichtheid steenfunderingen nucleair meten* [CROW, 1998] wordt hier uitgebreid op ingegaan. In funderingen en de ondergrond kunnen met het Troxler-apparaat ook vochtgehalten worden gemeten. Op de foto in figuur 3 is een Troxler-apparaat op een asfaltverharding te zien.



Figuur A2.3 Troxler op asfaltverharding

Recente ervaringen

Tot nu toe worden nucleaire dichtheidsmetingen voornamelijk gebruikt door aannemers bij de aanleg van werken. Bij het verdichten van waterbouwasfaltbeton wordt met deze snelle metingen bepaald of een zeker niveau is bereikt, zodat het verdichten kan worden beëindigd.

Er is nog steeds discussie in hoeverre deze techniek goed bruikbaar is om de absolute dichtheid in situ te bepalen. Er is minder discussie bij gebruik als vergelijkende dichtheidsmeting. Bij het toetsen van asfaltbekledingen is van deze techniek nog geen gebruik gemaakt.

Een recente ontwikkeling in de Verenigde Staten is het onderzoek naar alternatieve meetmethoden. In het kader van terrorismebestrijding wordt het gebruik van nucleaire bronnen minder acceptabel gevonden vanwege het gevaar van misbruik.

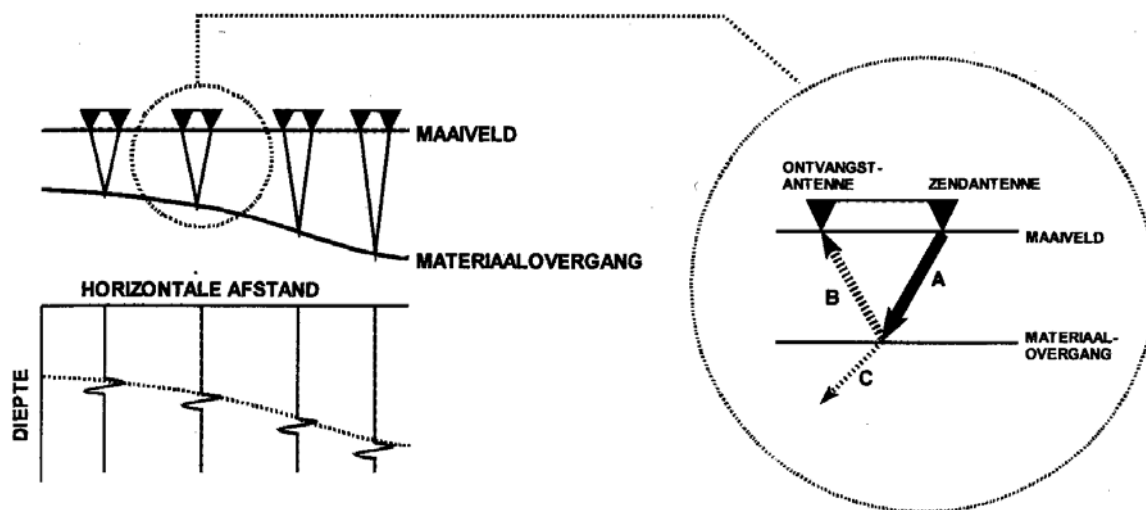
A2.2.2 Grondradar

Grondradar is een niet-destructieve fysische onderzoeksmethode die met behulp van elektromagnetische golven de ondiepe ondergrond snel en met een hoge resolutie in kaart kan brengen. [CROW, 2000a]

Meetprincipe

Het principe van een grondradarmeting kan als volgt worden beschreven: door een zendantenne wordt een elektromagnetische golf vanaf het maaiveld uitgezonden, waarna deze golf zich voortplant in de ondergrond (A). Indien er in de ondergrond sprake is van inhomogeniteit, bijvoorbeeld het grensvlak tussen asfalt en de onderliggende funderingslaag,

dan reflecteert een gedeelte van de elektromagnetische energie van de uitgezonden golf op deze inhomogeniteit. Na reflectie plant het gereflecteerde deel van de golf zich voort richting maaiveld (B) en wordt de golfvorm geregistreerd door de ontvangstantenne (figuur 4). Het niet geregistreerde deel van de golf reist dieper de ondergrond in (C).



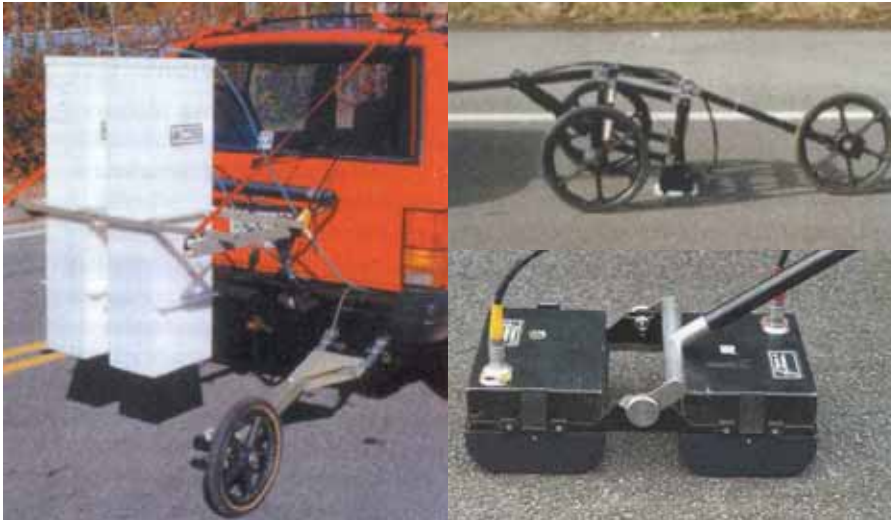
Figuur A2.4 Principe reflectiemeting

De parameter die hoofdzakelijk bepaalt hoeveel van de uitgezonden radarenergie reflecteert op een materiaalverandering, is de relatieve diëlektrische constante. De relatieve diëlektrische constante is een grootheid die aangeeft in welke mate een bepaald medium elektrische lading op kan slaan indien een elektrisch veld wordt aangelegd in het materiaal. Grondradar maakt gebruik van het verschil in relatieve diëlektrische constante tussen twee verschillende materialen. Indien daarvan sprake is zal een deel van een invallende radargolf reflecteren op de laagseparatie tussen de twee materialen.

De elektrische geleiding van een medium bepaalt of een radargolf zich voortplant in een medium of wordt omgezet in thermische energie. Hierbij geldt: hoe lager de geleidbaarheid, des te dieper de radargolven penetreren in de ondergrond. De reflectie en snelheid van radargolven zijn slechts in beperkte mate afhankelijk van de dichtheid van een materiaal. Het vochtgehalte daarentegen is van grote invloed. Water geleidt goed en is hierdoor slecht door radargolven te penetreren.

Wat in feite wordt geregistreerd met grondradar, is de tijd die verstrijkt tussen het uitzenden van een radargolf en het ontvangen van de gereflecteerde radargolf. De reistijd tussen het moment van uitzenden, reflecteren en ontvangen, kan worden omgerekend naar de diepte van de reflector. Hiervoor is kennis vereist van de voortplantingssnelheid van de radargolven in het materiaal. Het omrekenen van de reflectietijden naar diepte wordt tijd-diepteconversie genoemd. Het uitvoeren van de tijd-diepteconversie wordt gedaan met behulp van boringen. Deze boringen dienen als ondersteuning van het grondradaronderzoek en classificering van het

materiaal. Ten eerste kunnen de boorgegevens dienen om radarmetingen c.q. interpretaties te controleren op juistheid. Ten tweede kan uit boorgegevens een nauwkeurige waarde van de gemiddelde elektromagnetische golfsnelheid worden bepaald [CROW, 2000a §2.1.4].



Figuur A2.5 Luchtgekoppelde (l) en grondgekoppelde antenne (r)

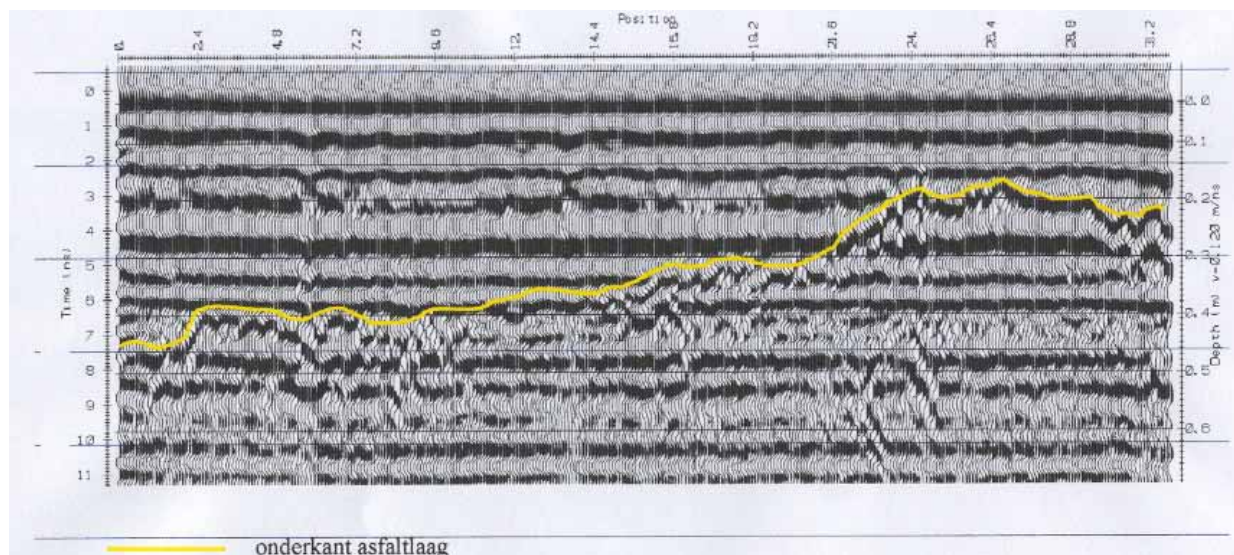
Werkwijze

Bij het bepalen van de laagdikten van asfaltbekledingen op dijken wordt gebruik gemaakt van radarsystemen met antennes met een frequentie tussen 0,9 GHz en 1,5 GHz die met een maximale snelheid van 25 km/h over het oppervlak worden bewogen. De tijd-diepteconversie wordt uitgevoerd met behulp van het boren van referentiekernen.

De grondradar wordt over het asfalt bewogen waarbij over een zekere lengte continu wordt gemeten. Met behulp van een referentiedikte als ijkpunt kan uit de metingen de laagdikte van de bekleding in de gemeten raai worden bepaald. De methode is ontwikkeld voor bodemanalyse maar is in de weg- en waterbouw in opkomst om de laagdikte te meten.

In een recent uitgevoerd project was de geconstateerde maximale onnauwkeurigheid van de radar 20 mm [NPC, 2000]. Grotere nauwkeurigheden zijn haalbaar. Het streven naar nauwkeurigheden kleiner dan 10 mm wordt niet zinvol geacht.

In figuur A2.6 is het resultaat van een meting van de laagdikte met behulp van grondradar te zien.



Figuur A2.6 bepaling van de laagdikte met behulp van radarmeting (*Radarprofiel – reflectietijd versus meetafstand*)

Recente ervaringen

Radar is bij uitstek een methode om het verloop van de dikte te bepalen. Door de vrijwel continue meting (om de 20 cm) wordt een groot aantal waarnemingen en een goed beeld van de dikte verkregen. Grondradar is voor het eerst bij toetsing gebruikt om verdikte lussen in een bekleding op te sporen. Dit bleek bijzonder goed te doen te zijn.

Bij werken, waar de aanleggegevens over de dikte niet voorhanden zijn, is het gebruik van radar een snelle en vaak kosteneffectieve methode om de laagdikte in handen te krijgen. In dat geval worden de metingen in een bepaald patroon uitgevoerd. Dit patroon bestaat meestal uit 2 langsraaien en enkele dwarsraaien op karakteristieke dwarsprofielen. Dit meetpatroon wordt afgestemd op de VGD-metingen, zodat de dikte uit de radarmeting wordt gekoppeld aan de mechanische eigenschappen uit de VGD-meting. De positionering van de metingen is daarbij van groot belang en kan worden verzekerd door de beide meetssystemen fysiek aan elkaar te koppelen.

Voor de kalibratie van radargegevens is het nodig om op een aantal radarmeetplaatsen kernen te boren en daarvan de dikte op de normale manier op te meten. Uit deze gegevens kan dan een gemiddelde radargolfsnelheid worden afgeleid die op alle andere meetplaatsen wordt gebruikt om de dikte uit de radarmeting terug te rekenen.

Bij bekledingen die uit meerdere lagen asfalt bestaan is alleen de totale laagdikte te bepalen, omdat de grondradar geen onderscheid kan maken tussen diverse soorten asfaltbeton (de verschillen in snelheid van de radargolf tussen waterbouwasfaltbeton en grindasfaltbeton zijn te gering).

Wel bestaat in beginsel de mogelijkheid om een onderlaag van zandafalt op te sporen, omdat deze laag met hoge holle ruimte vocht kan bevatten en vocht van grote invloed is op snelheid van radargolven. Onderzoek is hier echter nog niet naar gedaan.

Ook is nog niet onderzocht of radar bruikbaar is voor open steenasfaltbekledingen. De verwachting is dat dit zeer open mengsel door een wisselend gehalte aan vocht (en vervuiling) niet erg bruikbare resultaten oplevert.

Uit de vele diktegegevens die de radarmetingen opleveren kan vrij nauwkeurig worden bepaald wat de karakteristieke laagdikte is m.b.v. de cumulatieve frequentieverdeling. Zelfs bij een dijkvak van 50 tot 100 m lengte komen voldoende metingen beschikbaar voor een frequentieverdeling.

A2.2.3 Valgewicht-deflectiemeter

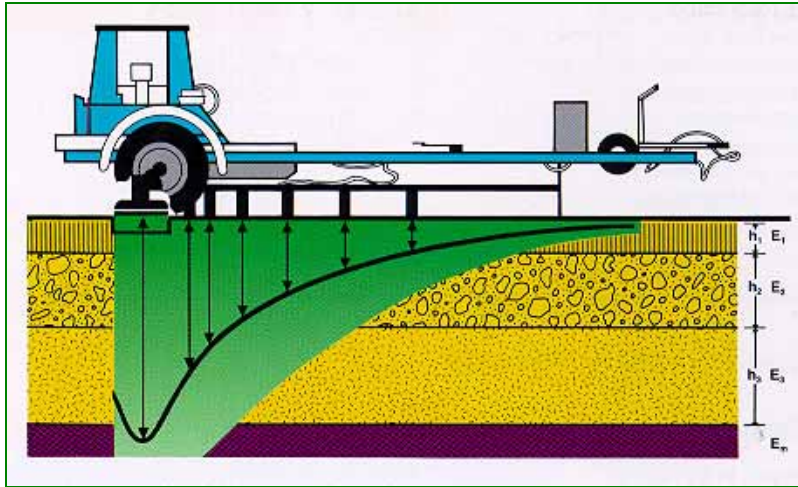
Een valgewicht-deflectiemeter wordt gebruikt om de stijfheid van de bekleding en de ondergrond te bepalen. Hiertoe wordt een bekleding dynamisch belast en de resulterende doorbuiging gemeten. Omdat de stijfheid van de bekleding en de ondergrond bepalend zijn voor de doorbuiging kunnen deze uit de metingen worden berekend.

Werkwijze

De belangrijkste onderdelen van een valgewicht-deflectiemeter zijn:

- De belastingplaat (diameter 300 mm) die omhoog kan worden bewogen en op de bekleding valt met een bepaalde kracht. Deze kracht kan worden gevarieerd door aanpassing van de valhoogte en door aanpassing van het gewicht.
- Een verticale geleide-inrichting met valgewicht en een elektro-hydraulische inrichting voor het heffen van het gewicht.
- Een loadcell in de plaat die de hoogte van de belasting meet. In feite meet de loadcell het verloop van de belasting in de tijd.
- De gefoons (10 stuks) die op verschillende afstand van de belastingplaat zijn geplaatst. Zij meten de reactie van de bekleding op de belasting. Dit resulteert in een verticale deflectie (doorbuiging) van de bekleding afhankelijk van de afstand tot de plaat. De gefoons meten verplaatsingssnelheden met een frequentie van ca. 800 Hz. Door een integratiestap worden de verplaatsingen uit de snelheden bepaald.

De doorbuigingen worden gemeten met elektronische snelheidsopnemers (gefoons) die op een meetbalk zijn bevestigd. (zie figuur A2.7 en A2.8) Het door de gefoons gemeten signaal wordt door integratie omgerekend naar een verplaatsing. Door de verplaatsing uit te zetten tegen de afstand wordt het deflectieprofiel verkregen. Als de laagdikte ter plaatse van de meting bekend is, kan de stijfheid van het asfalt en de ondergrond met een lineair-elastisch rekenmodel worden teruggerekend. Eén meting duurt ongeveer een minuut.



Figuur A2.7 Valgewichtmeting

De onderlinge afstand van de meetpunten wordt meestal tussen de 25 en 100 meter gekozen, afhankelijk van de gelijkmatigheid van de verhardingsconstructie. De standaard belasting bedraagt 50 kN, maar kan worden gevarieerd tussen 7 en 250 kN. Valgewicht-deflectiemetingen worden wereldwijd op grote schaal gebruikt bij de bepaling van de kwaliteit van verhardingen, fundering en ondergrond van wegen en vliegvelden [CROW, 1995]. Het uitvoeren van valgewicht-deflectiemetingen is mogelijk op taludhellingen van 1:3 en flauwer. In de figuur A2.9 is een valgewicht-deflectiemeting te zien.



Figuur A2.8 Meetbalk met geofoons



Figuur A2.9 Valgewicht-deflectiemeting op een dijktalud

Recente ervaringen

VGD-metingen zijn geschikt om de stijfheid van de asfaltlaag en de directe ondergrond te bepalen. Hiertoe worden deflectiemetingen (doorbuigingen) vertaald naar E-moduli van asfaltlaag en ondergrond. Hiervoor is wel een nauwkeurige inschatting van de laagdikte nodig. Het combineren van radarmetingen met VGD-metingen is daarom heel nuttig.

Omdat binnen één dag veel metingen worden uitgevoerd kunnen ook per dijkvak voldoende waarnemingen worden verkregen waarmee karakteristieke E-moduli worden berekend. Daarnaast biedt het grote aantal metingen de mogelijkheid om gericht zwakke plekken in een dijkstrekking op te sporen.

Dit biedt de mogelijkheid om met behulp van VGD-metingen een uitspraak te doen over de sterkte van het asfalt op alle meetplaatsen. Hiertoe worden op karakteristieke meetplaatsen (met lage, gemiddelde en hoge E-moduli) een beperkt aantal kernen geboord, waarvan de vermoeiingssterkte in het laboratorium wordt bepaald. Door een relatie te leggen tussen de E-modulus uit de VGD-meting en de vermoeiingssterkte kan op elke meetplaats een prognose van de sterkte worden gegeven.

A2.2.4 Betontester

Naast de 3 genoemde NDO-technieken op bekledingen zijn ook technieken voorhanden die op proefstukken in het laboratorium kunnen worden gebruikt.

Bij het driepuntsbuigonderzoek op asfaltbetonproefstukken voor het bepalen van de vermoeiingssterkte kunnen de proefstukken vooraf worden gemeten met de zogenaamde "Betontester". Met dit apparaat worden geluidsgolven door het proefstuk gezonden en de doorlooptijd gemeten. Uit deze metingen kan een hoogfrequente E-modulus worden berekend. Bij deze metingen gaat het niet zozeer om het niveau van de E-moduli als wel om de verschillen. Proefstukken met duidelijk afwijkende resultaten vertonen waarschijnlijk interne afwijkingen (zoals scheuren) en kunnen daarom van verder destructief onderzoek worden uitgesloten.

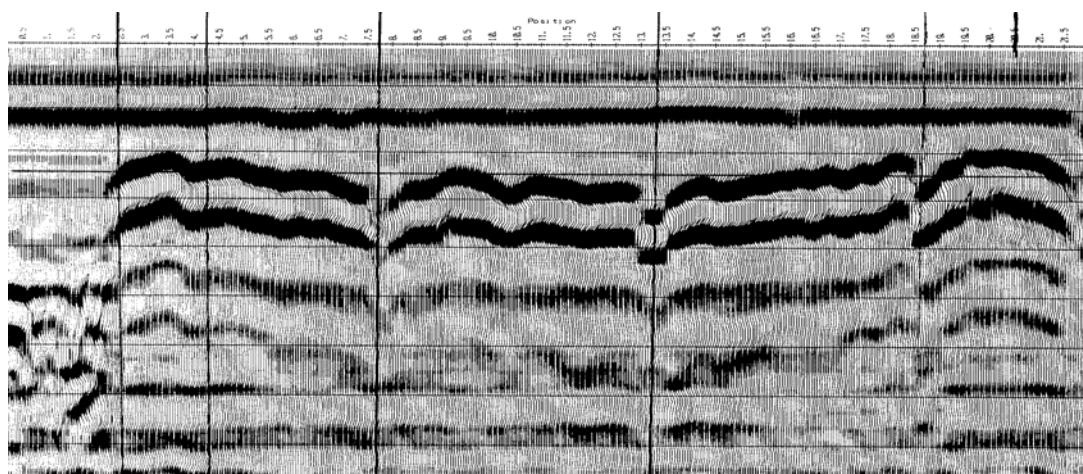
A2.3 NDO-ervaringen

A2.3.1 Vlissingen

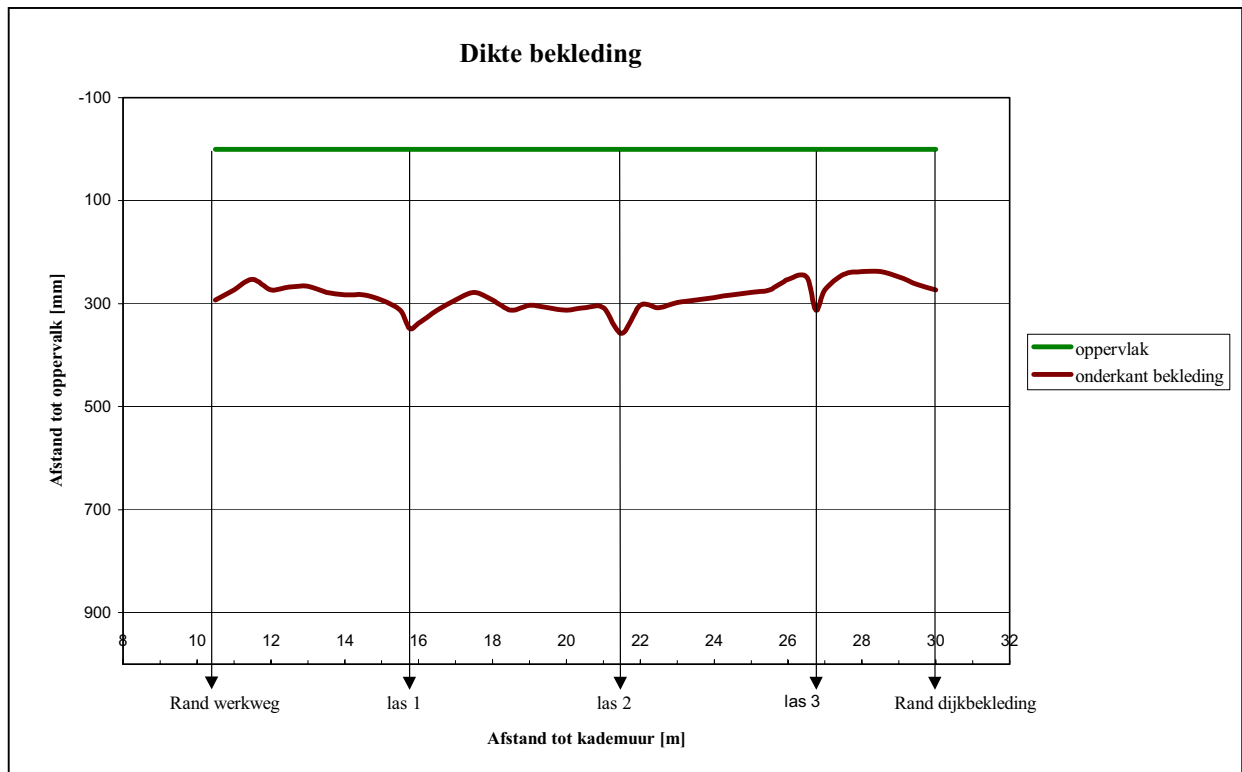
De NDO-methoden Radar en VGD zijn voor het eerst grootschalig ingezet bij het onderzoek naar de kwaliteit van de bekleding van de Boulevard de Ruyter in Vlissingen [DWW/NPC, 1998]. Bij dit werk, dat in het kader van de ontwikkeling van de toetsmethode als case-studie is gebruikt, moest worden vastgesteld of de veiligheid nog voldoende was. Omdat dit werk wordt overgedragen aan het waterschap moest bovendien worden bepaald of beheer en onderhoud niet tot onacceptabele kosten leiden.

Uit eerder boorkernonderzoek was gebleken dat de kwaliteit van het asfalt bijzonder variabel was (zowel de E-modulus als de vermoeiingssterkte). Bij nader onderzoek was het de bedoeling deze variabele kwaliteit op te sporen met behulp van VGD-metingen. Van belang daarbij was dat plaatselijke verdikkingen (in de vorm van verzwaarde langsnaden) konden worden opgespoord, zodat de VGD-metingen tussen de naden konden worden uitgevoerd.

Zoals in Figuur A2.10 en A2.11 is te zien, geven de radar-metingen duidelijk weer waar de verdikkingen zich bevinden. Dit betekent dat verschillen in dikte, afgezien van de absolute waarden, goed zijn op te sporen.

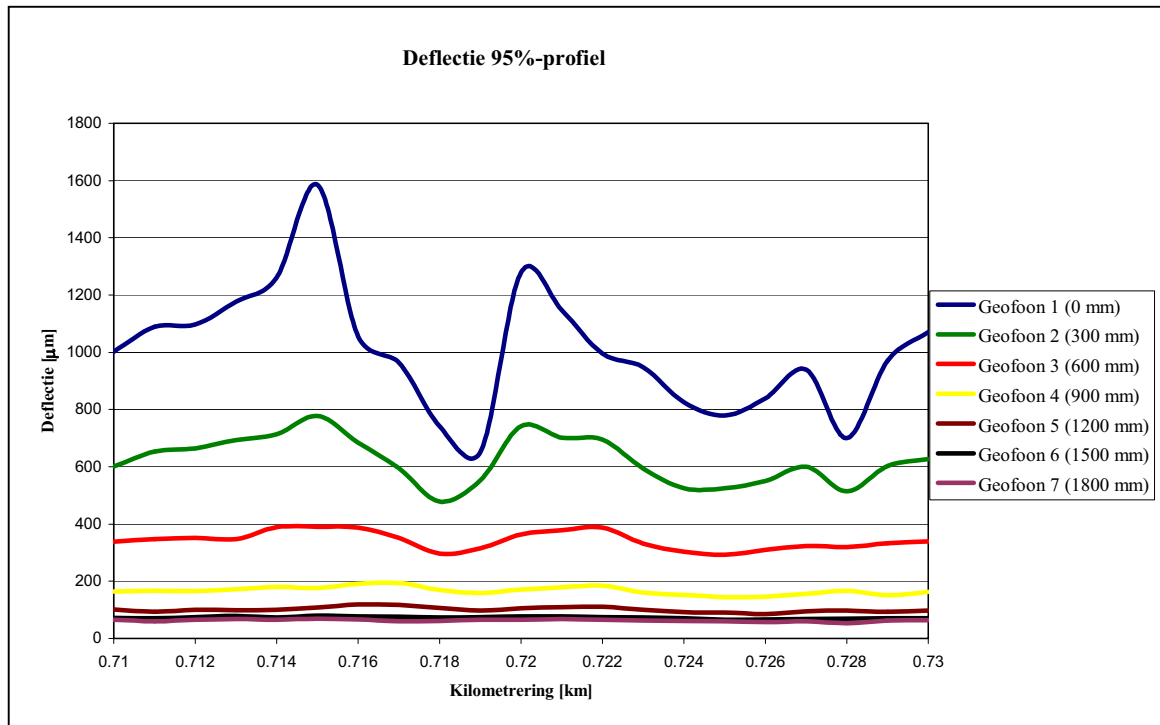


Figuur A2.10 Radarmeting



Figuur A2.11 *Diktemetingen (lassen)*

De bij de VGD-metingen bepaalde mechanische kwaliteit van het asfalt bestaat uit een E-modulus, die na een groot aantal bewerkingen wordt afgeleid uit de gemeten deflectie (Figuur A2.12).

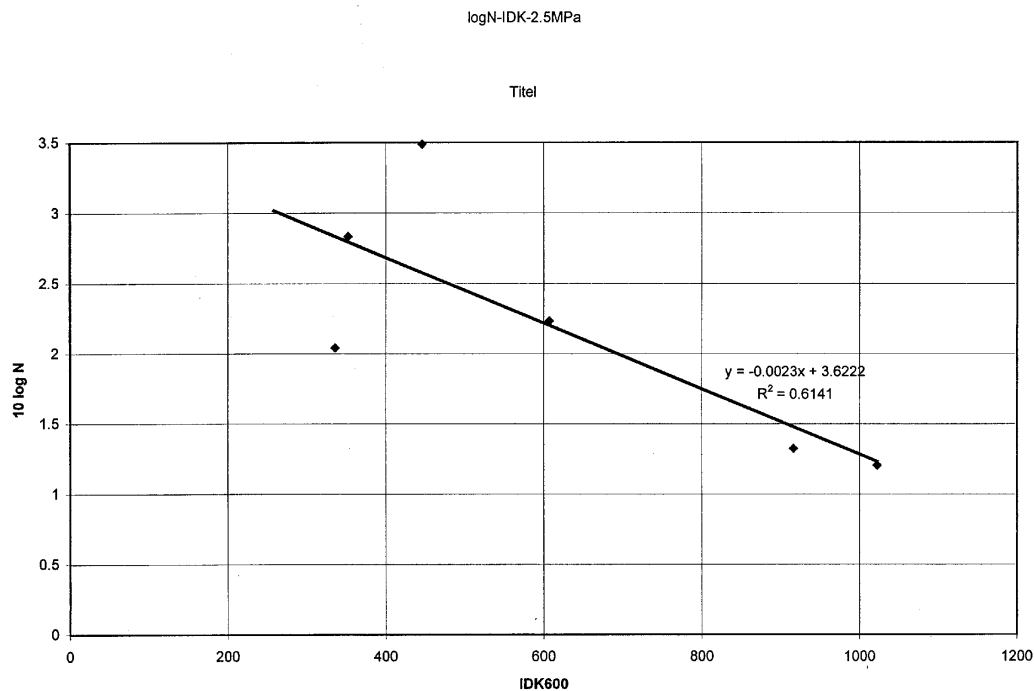


Figuur A2.12 Deflectieprofielen

Uit de wegenbouw is bekend dat er een relatie is tussen E-modulus (E) en vermoeiingssterkte ($N-\sigma$). Deze relatie wordt gebruikt bij het ontwerpen van wegen. Uit eigen onderzoekervaring is ook bekend dat kwalitatief slecht asfalt zowel een lage stijfheid heeft als een slechter vermoeiingsgedrag vertoont. Er was dus alle aanleiding om te veronderstellen dat asfalt met slechte vermoeiingseigenschappen is op te sporen met VGD-metingen.

Bij Vlissingen is dat gedaan door in bepaalde patronen VGD-metingen uit te voeren en op bepaalde geselecteerde plekken kernen te boren en daarvan de vermoeiingssterkte te bepalen. Uit de VGD-metingen zijn niet de E-moduli berekend maar is een tussenparameter (IDK_{600}) gerelateerd aan de vermoeiingssterkte. Deze parameter is het verschil tussen de deflectie in het centrum en op een afstand van 600 mm. Zelfs deze grove tussenparameter laat zien dat een verband goed mogelijk is (Figuur A2.13).

Reden genoeg om het onderzoek ook op andere locaties voort te zetten



Figuur A2.13 Relatie N_f -IDK600

A2.3.2 Texel

Bij de toetsing van de dijken op Texel [NPC, 2000] is voortgeborduurd op de ervaringen van Vliissingen. Hierbij deed zich het probleem voor dat 20 km bekleding moest worden getoetst waarvan de aanleggegevens niet konden worden achterhaald. Afgesproken werd dat de laagdikte wordt bepaald met radar en met een beperkt aantal controleboringen. De mechanische kwaliteit werd bepaald met VGD-metingen. Uit deze metingen werden slechte, gemiddelde en goede plekken geselecteerd, waaruit een beperkt aantal kernen werd geboord voor het bepalen van de vermoeiingssterkte. De bedoeling was de sterkte te relateren aan de verschillende VGD-niveaus, en hiermee op alle VGD-plekken een verwachtingswaarde voor de sterkte te kunnen berekenen. Hoewel de opzet goed was (en statistisch verantwoord) is het verwachte resultaat uitgebleven. Dit werd vooral veroorzaakt door het feit dat de spreiding in mechanische kwaliteit gering was, waardoor geen duidelijke relatie tussen N_f en IDK_{600} was te vinden. Pogingen om de IDK te vertalen naar de E-modulus mislukten omdat het daarvoor benodigde laboratoriumonderzoek niet de gewenste resultaten opleverde. Ook bestond twijfel of radar- en VGD-metingen in alle gevallen op exact dezelfde plekken waren uitgevoerd. Uit de resultaten kon wel met een "worst-case"-benadering worden vastgesteld dat aan alle bekledingen het oordeel "Goed" kon worden toegekend.

A2.3.3 Waddenzeedijken

Proefopzet

Ook de bekledingen van de Waddenzeedijken in Noord-Holland zijn gedetailleerd getoetst op golfklappen [NPC, 2002]. Deze werken tussen Den Helder en Den Oever beslaan een lengte van 20 km en zijn onder 6 bestekken aangelegd. Voor deze toetsing werd eenzelfde soort proefopzet gekozen als voor Texel is gebruikt:

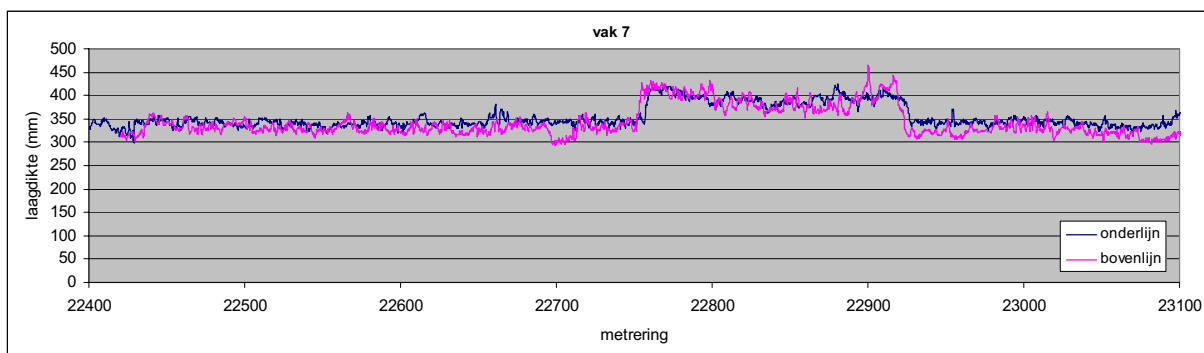
- Laagdikte met radar meten en kalibreren met boorkernen.
- Stijfheid bepalen met VGD-metingen en corrigeren voor laagdikte en temperatuur.
- Uit stijfheidsverdeling slechte (5%), gemiddelde (50%) en goede (95%) plekken selecteren.
- Uit stijfheidsverdeling een groep van 6 slechtste plekken selecteren (voor toetsing).
- Kernen boren op geselecteerde plekken en laagdikte bepalen.
- Proefstukken zagen en stijfheid en sterkte bepalen in het laboratorium.
- Relatie bepalen tussen vermoeiingslevensduur en VGD-stijfheid.
- Vermoeiingslevensduur voorspellen voor elke boorplek (of elke VGD-meetplek).
- Met GOLFKLAP per boorplek (of VGD-meetplek) berekenen of bekleding veilig is.

Met deze proefopzet zijn 2 doelen beoogd:

- het toetsen van het zwakste gedeelte;
- het bepalen van de relatie tussen sterkte en stijfheid voor de berekening van karakteristieke Minersommen.

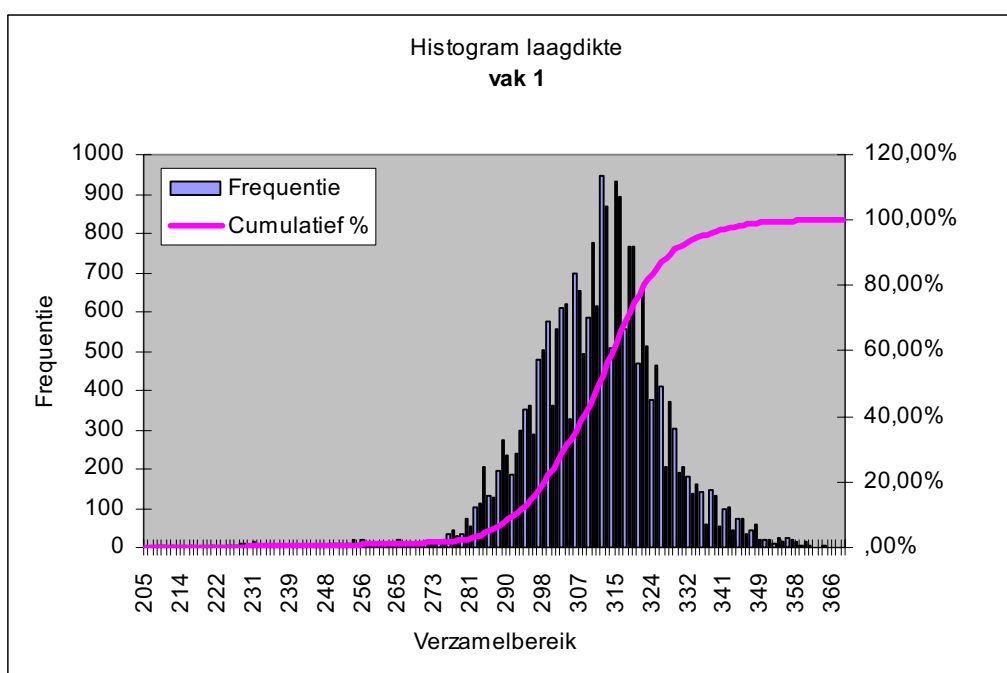
Radar-metingen

Met de grondradar zijn 2 langsraaien en 20 dwarsraaien om de 0,20 m gemeten. Omdat kernen pas worden geboord, als uit de stijfheidsverdeling van de VGD-metingen de plekken zijn geselecteerd, zijn de radarsignalen bewerkt met de op Texel gevonden golfsnelheden (Figuur A2.14). Dit mag uiteraard alleen bij gelijke asfaltkwaliteit. Uit de (aangenomen) golfsnelheden en de gemeten reflectietijden zijn de voorlopige laagdiktes berekend.



Figuur A2.14 Radardiktemetingen Waddenzeedijken (voorbeeld)

Dat betekent dus dat deze metingen zijn gecorrigeerd nadat de kalibratie-kernen zijn geboord. Van alle diktemetingen zijn cumulatieve frequentieverdelingen opgesteld waaruit de karakteristieke laagdikte is afgeleid (Figuur A2.15).

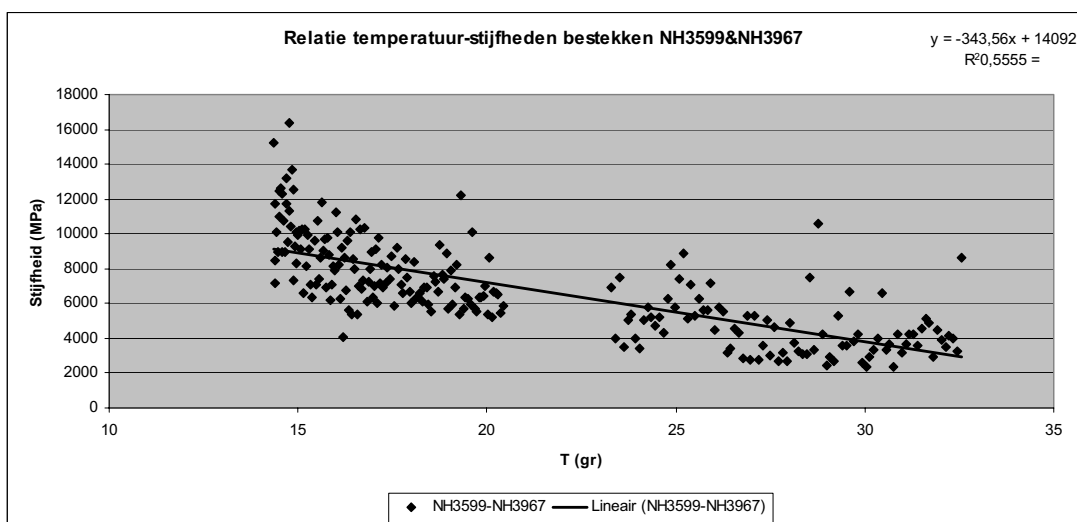


Figuur A2.15 Cumulatieve frequentieverdeling laagdikte (voorbeeld)

VGD-metingen

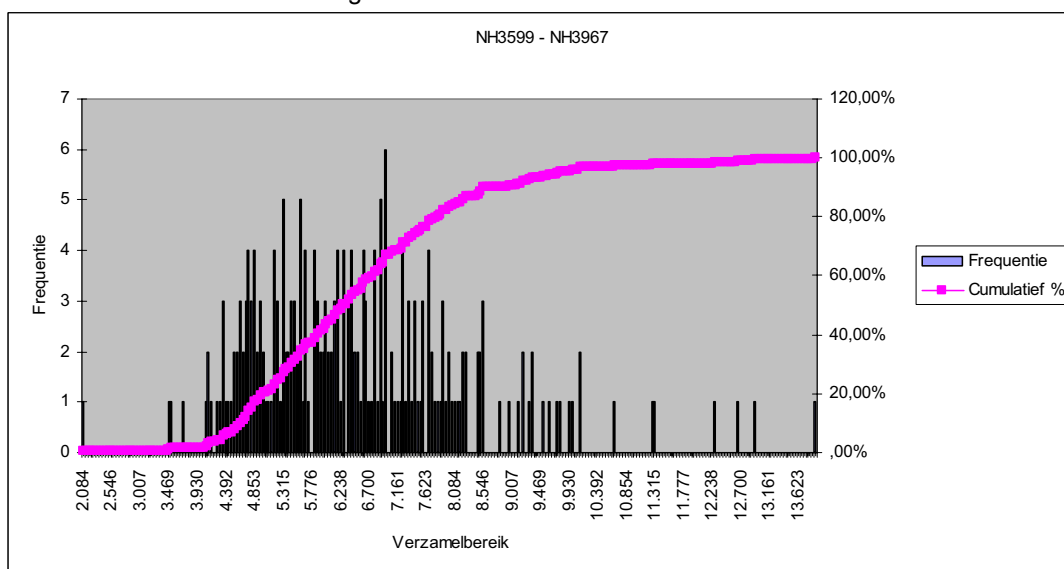
De Valgewicht Deflectiemetingen zijn alleen in de 2 langsraaien uitgevoerd en wel om de 50 m. Uit metingen op Texel was gebleken dat meetafstanden van 50 m voldoende zijn om onafhankelijke waarnemingen te krijgen. Voor de uitvoering is de grondradar gekoppeld aan de VGD-meter, zodat beide metingen steeds op exact dezelfde plaats werden verricht.

De VGD-metingen zijn m.b.v. de voorlopige laagdiktes vertaald naar E-moduli en per 2 werken (dijkstrekkingen) gecorrigeerd naar één temperatuur (Figuur A2.16). Deze temperatuur is zo gekozen, dat de correctie binnen elke groep van 2 werken zo klein mogelijk is.



Figuur A2.16 Relatie E-moduli – Temperatuur (voorbeeld)

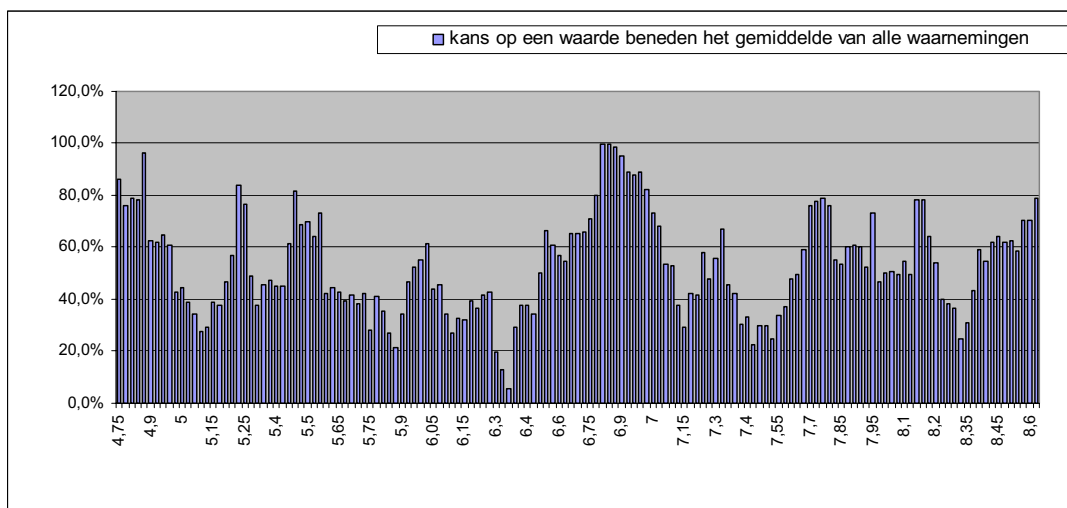
Per groep van 2 werken zijn de E_{vgd} -verdelingen bepaald (Figuur A2.17) waaruit de karakteristieke E-modulus is afgeleid.



Figuur A2.17 Cumulatieve frequentieverdeling E-moduli (voorbeeld)

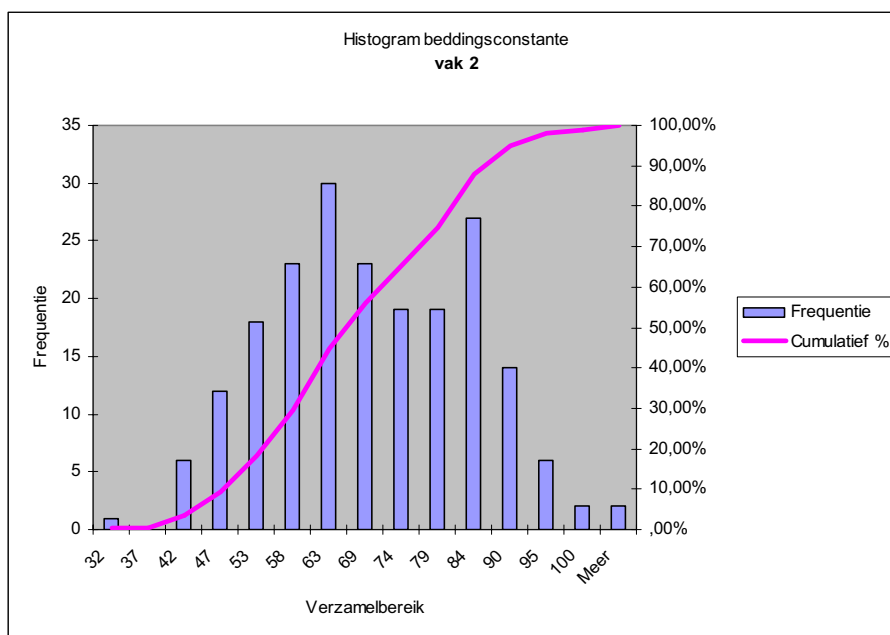
Met deze verdeling is berekend welke meetplekken overeenkomen met een E_{vgd} -niveau van 5%, 50% en 95%. Hiervoor is een marge van 1 tot 2% aangehouden. Uit de aldus bepaalde meetplekken zijn van elk niveau 6 plekken gekozen, verdeeld over de 6 werken.

Vervolgens zijn alle E-moduli gecorrigeerd naar één temperatuur, waarmee een totale verdeling van alle metingen werd verkregen. Uit deze verdeling moest een zogenaamde "slechtste plek" worden geselecteerd. Deze is gedefiniëerd als het gebied van 6 aaneensluitende meetplekken (cluster), die het meest afwijken van de gemiddelde E-modulus. Hiervoor werd van elke (voortschrijdende) groep van 6 meetplekken bepaald wat het gemiddelde en de standaardafwijking is. Vervolgens werd van elk cluster de kans berekend op overschrijding van het gemiddeld niveau. Door deze waarden uit te zetten tegen de lengte van de bekleding is direct op te maken in welke gebieden de meest afwijkende (hoogste percentages) kwaliteit asfalt is te vinden. In figuur A2.18 valt direct op dat het gebied rond km. 6,9 het slechtst scoort. Deze methode blijkt een heel handig hulpmiddel te zijn en zal standaard worden ingevoerd.



Figuur A2.18 *Overschrijdings stijfheidsclusters t.o.v. gemiddelde stijfheid (voorbeeld)*

Uit de VGD-metingen wordt niet alleen de E-modulus van de asfaltlaag berekend maar ook die van de directe ondergrond. Deze E-moduli zijn teruggerekend naar beddingsconstanten en per groep van 2 werken zijn de verdelingen van deze beddingsconstanten bepaald, waaruit de karakteristieke waarde is afgeleid (Figuur A2.19)



Figuur A2.19 Cumulatieve frequentieverdeling beddingsconstante (voorbeeld)

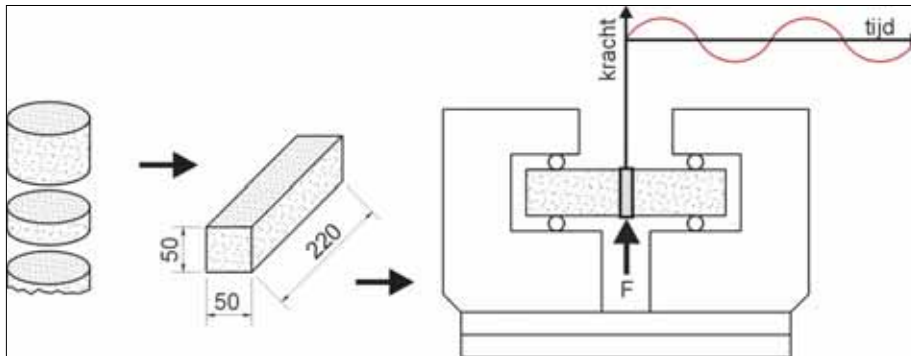
Vermoeiingsproeven

Uit de VGD-metingen zijn 24 plekken geselecteerd waar kernen zijn geboord:

- 6 kernen op plekken met een stijfheidsniveau van ongeveer 5 %;
- 6 kernen op plekken met een stijfheidsniveau van ongeveer 50 %;
- 6 kernen op plekken met een stijfheidsniveau van ongeveer 95 %;
- 6 kernen uit de "slechtste plek".

Daarbij is rekening gehouden met de gewenste boorplekken voor het kalibreren van de radar-metingen, zodat daarvoor niet extra kernen hoefden te worden geboord.

Van alle kernen is de laagdikte nauwkeurig opgemeten. Uit de onderkant van elke kern is een schijf ter dikte van 50 mm gezaagd, waaruit 2 balkjes van 220*50*50 mm zijn gezaagd.



Figuur A2.20 Principe driepuntsbuigproef

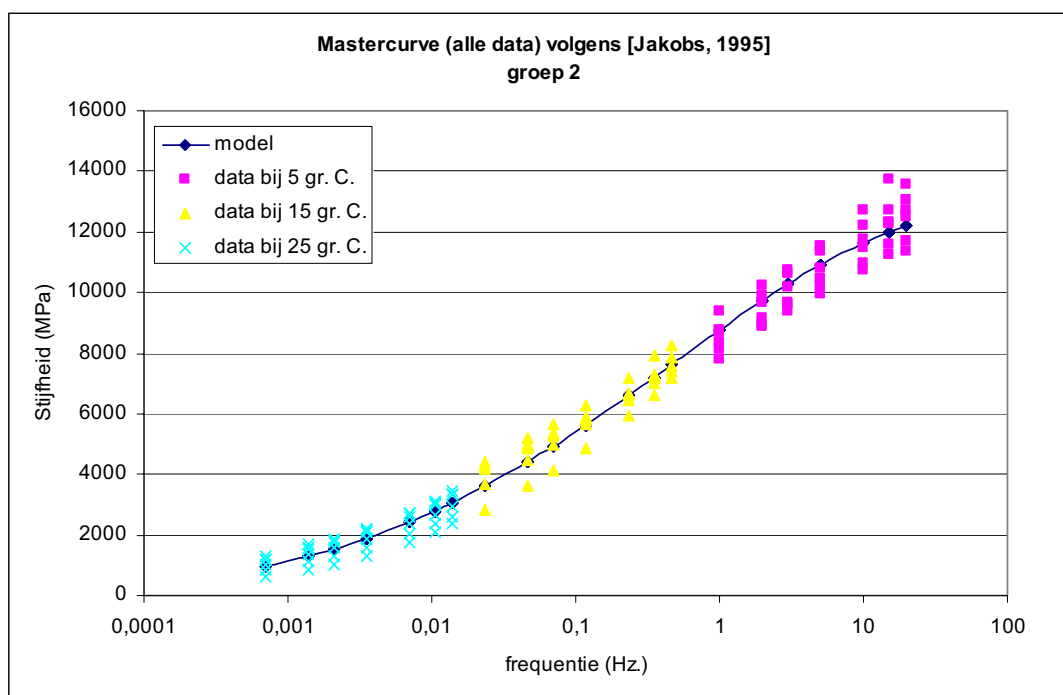


Figuur A2.21 Opstelling Driepuntsbuigproef

Van elke balk zijn de afmetingen en de droge massa bepaald. Hieruit is de dichtheid proefstuk (of volumieke massa) berekend. Voordat de balkjes in de 3-puntsbuig-opstelling zijn getest is eerst de zogenaamde "ultrasoon-stijfheid" bepaald. Dit wordt gedaan met de "betontester", een apparaat waarmee geluidsgolven door een materiaal worden gezonden. De snelheid waarmee deze door het materiaal lopen is een maat voor de E-modulus. Sterk afwijkende resultaten wijzen op inhomogeniteiten zoals scheuren, en worden gebruikt bij de selectie van de proefstukken.

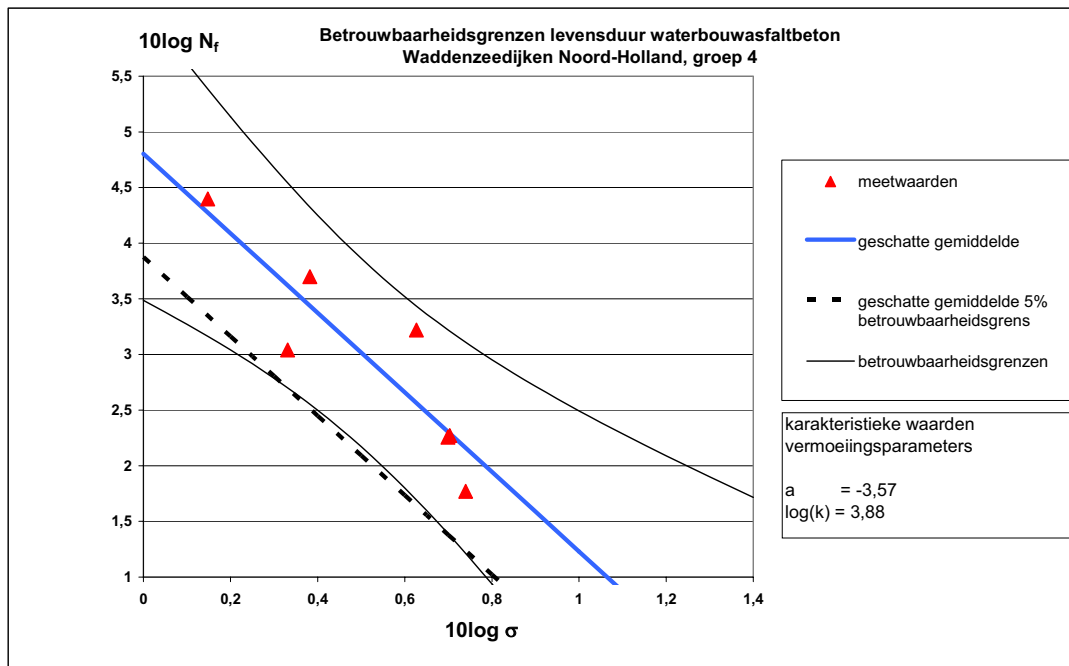
In een zogenaamde 3-puntsbuig-opstelling (Figuur A2.20 en A2.21) worden de balkjes ingespannen voor het bepalen van de dynamische E-modulus en de vermoeiingssterkte.

Bij het bepalen van de E-modulus wordt kortdurend een kleine wisselbelasting opgelegd en de resulterende vervorming gemeten. Dit wordt bij verschillende temperaturen en belastingsfrequenties gedaan, zodat in een later stadium de uit de VGD-metingen bepaalde E-moduli met behulp van een mastercurve (Figuur A2.22) kunnen worden vertaald naar E-moduli bij 5° en 10 Hz.



Figuur A2.22 E-modulus als functie van temperatuur en frequentie (Mastercurve)

Vervolgens wordt de vermoeiingsbelasting opgelegd. Hierbij wordt een zodanig niveau gekozen, dat de balkjes bezwijken bij aantallen lastherhalingen in de orde van 100 tot 10.000. Deze aantallen worden uitgezet tegen de opgelegde spanning, waaruit een regressielijn wordt berekend. Om met veilige waarden te kunnen rekenen wordt een 5% betrouwbaarheidslijn berekend (de zogenaamde "karakteristieke"waarde), die aangeeft dat 95% van het asfalt betere vermoeiingseigenschappen heeft dan deze lijn (Figuur A2.23).



Figuur A2.23 Vermoeiingslijnen

Toetsing

Voor de gedetailleerde toetsing op golfklappen wordt het computermodel GOLFKLAP gebruikt. Dit is een rekenmodel waarmee wordt berekend welke vermoeiingsschade wordt opgewekt door het golfspectrum in een stormperiode. Daarbij geldt de regel van Miner die stelt dat elke golfklap (groot of klein) een relatieve bijdrage aan de vermoeiingsschade geeft. Als de sommatie van alle relatieve bijdragen 1 bedraagt wordt het vermoeiingscriterium overschreden en begint de constructie bij doorgaande belasting te scheuren.

Voor de invoer in het rekenmodel is een groot aantal parameters nodig:

- Hydraulische randvoorwaarden

- Significante golfhoogte.
- Gemiddelde golfperiode.
- Stormduur (belastingstijd berekend uit het verloop van de stilwaterlijn).

- Ondergrond

- Beddingsconstante (karakteristieke waarden).

- Asfalt

- Laagdikte (karakteristieke waarden).
- E-modulus (karakteristieke waarden).
- Vermoeiingsparameters (karakteristieke waarden).

Berekeningen met GOLFKLAP worden voor elk dijkvak uitgevoerd. De dijkvakindeling wordt met name bepaald door de indeling uit het Randvoorwaardenboek. Deze geeft voor het gebied tussen Den Helder en Den Oever 19 dijkvakken, die vooral afhangen van de hoek van inval van de golven. Omdat deze parameter niet wordt gebruikt bij de toetsing kon het aantal dijkvakken worden teruggebracht tot 8, verdeeld over 6 bestekken.

Bestek	aanleg	Dijkvak	Minersom
NH 4264	1987-1990	1	0,064
NH 4264	1987-1990	2	0,047
NH 4385	1988-1990	3	0,074
NH 3967	1985-1987	4	0,240
NH 3599	1983-1985	5	0,311
NH 3599	1983-1985	6	0,216
NH 3430	1980-1981	7	0,683
NH 3254	1978-1980	8	0,688

Tabel A2.1 Minersommen berekend per dijkvak

Uit het resultaat van de berekeningen volgt dat de oudste werken met een Minersom van 0,68 een factor 10 slechter scoren dan de jongste werken. Wel vallen alle werken binnen de grens van 1,0 en krijgen dus het oordeel "goed".

Nadere analyses

Met de hiervoor beschreven toetsing is de veiligheid van dijkvakken bepaald door de Minersom te berekenen met behulp van karakteristieke waarden van parameters. Hiervoor zijn veel NDO-metingen verricht en zijn ook 4 series vermoeiingsmetingen gedaan.

Het voordeel van de NDO-methoden is het veel grotere inzicht in de laagdikte en de mechanische kwaliteit van het asfalt dan met enkele kernboringen mogelijk is. Bovendien leveren deze metingen inzicht in de waarde van de beddingsconstante, een parameter die normaal wordt ingeschat.

Aan bovenstaande methode kleven nog wel enkele bezwaren. Het aantal kernboringen en vermoeiingsmetingen is nog te groot. Daarnaast is het berekenen van Minersommen uit karakteristieke parameters naar verwachting erg conservatief. Dit geldt in het bijzonder voor de stijfheid en sterkte van het asfalt. Voor de E-modulus wordt de 95% waarde gebruikt omdat een hoge waarde ongunstig uitpakt in de berekening. Voor de vermoeiingssterkte wordt de 5% lijn gebruikt omdat hier een lage waarde ongunstig is. In werkelijkheid gaat een lage sterkte echter gepaard met een lage stijfheid, dus de kans dat een lage sterkte optreedt bij een hoge stijfheid is bijzonder gering. Hieruit volgt dat de toetsberekeningen erg ongunstige resultaten opleveren.

Het zou een enorme winst kunnen betekenen als we in staat zijn om voor iedere boorkern (en nog liever voor elk meetpunt) te bepalen welke parameters (laagdikte, stijfheid, sterkte en beddingsconstante) geldig zijn. Dan kan per boorkern een reële, afzonderlijke Minersom worden berekend, waaruit per dijkvak een karakteristieke Minersom is af te leiden. (De irreële combinatie van lage sterkte en hoge stijfheid wordt dan vermeden).

Bij drie van de vier parameters is dat geen probleem: de laagdikte en de beddingsconstante zijn per boorkern (en per meetplek) bekend, en de VGD-stijfheid kan m.b.v. modellen worden vertaald naar E-moduli bij 5° en 10 Hz.

Het probleem zit in de sterkte. Omdat deze afhankelijk is van het aantal lastherhalingen wordt het verband uit metingen aan meerdere kernen bepaald.

Om nu de individuele sterkte van een boorkern vast te stellen is het volgende bedacht: aan elke vermoeiingsmeting wordt de richtingscoëfficiënt van de groep vermoeiingsmetingen toegekend. Hiermee liggen de regressieconstanten van elke individuele vermoeiingsmeting vast en kan de Minersom worden berekend.

Het aantal boorkernen en vermoeiingsproeven kan alleen worden beperkt, als we in staat zijn om de vermoeiingssterkte te relateren aan de VGD-metingen. In Vlissingen gloorde enige hoop uit de relatie tussen de VGD-parameter IDK_{600} en de vermoeiingslevensduur N_f .

Bij het onderzoek van de Waddenzeedijken moet een grondige (statistische) analyse uitwijzen of die hoop gerechtvaardigd is.

De daarbij te hanteren analyse is als volgt:

- Vermoeiingslevensduur per meting wordt vertaald naar een normwaarde. Hiertoe worden de meetpunten langs de richtingscoëfficiënt van de groep verschoven naar de normspanning van 2,5 MPa.
- De met de VGD gemeten E-moduli worden met behulp van mastercurven en modellen vertaald naar genormeerde condities 5°C en 10 Hz.
- De genormeerde vermoeiingslevensduur N_f wordt gerelateerd aan de genormeerde E-moduli, in de hoop dat deze relatie voldoende bruikbaar zal zijn.
- Met deze relatie kan dan per plek (boorkern of VGD-plek) een schatting van de vermoeiingseigenschappen worden gemaakt, waarmee de individuele Minersommen kunnen worden berekend
- Uit de individuele Minersommen kan dan de karakteristieke Minersom worden berekend.

Bovenstaande benadering heeft voor de 24 boorkernplaatsen geleid tot de volgende resultaten:

Minersom	
Aantal resultaten	25
Minimale waarde	0,001
Maximale waarde	0,101
Gemiddelde waarde	0,027
Standaardafwijking	0,028
Karakteristieke waarde	0,080

Tabel A2.2 Karakteristieke Minersom

Uit vergelijking van de waarden van de tabellen A2.1 en A2.2 volgt dat de berekeningswijze van grote invloed is op het resultaat en dat een hoge veiligheid in de huidige methodiek aanwezig is.

Naast deze methode zal ook een bijzondere statistische methode worden toegepast. Deze zogenaamde methode van Rosenbluth analyseert verdelingen van invoerparameters en levert met een beperkt aantal berekeningen een statistisch betrouwbare verdeling van de uitkomst van het rekenmodel (Minersom).

Uit een onderlinge vergelijking van de gehanteerde analysemethoden zal moeten blijken welke de beste resultaten oplevert.

A2.3.4 Aanbevolen procedure

Op dit moment wordt de volgende procedure aanbevolen:

- Laagdikte met radar meten en kalibreren met boorkernen.
- Stijfheid bepalen met VGD-metingen en corrigeren voor laagdikte en temperatuur.
- Uit stijfheidsverdeling een groep van 6 slechtste plekken selecteren (voor toetsing).
- Kernen boren op geselecteerde plekken en laagdikte bepalen.
- Proefstukken zagen en stijfheid en sterkte bepalen in het laboratorium.
- Per dijkvak karakteristieke waarden berekenen van dikte, sterkte, stijfheid en beddingsconstante.
- Met GOLFKLAP per dijkvak Minersom berekenen.
- Bij afkeuren dijkvak onderzoeken met hoogste stijfheid.
- Dijkvakken met tussenliggende stijfheden beoordelen met interpolatie.

Dit betekent dat het bepalen van karakteristieke Minersommen nog niet goed gelukt is. De komende jaren zullen de getoetste werken uitgebreid (statistisch) geanalyseerd worden. Deze validatie en evaluatie zal meer duidelijkheid scheppen hoe de NDO-methoden in de toetsprocedure moeten worden geïntegreerd. Dit zal leiden tot een toetsprotocol, waarin alle toetsstappen als losse modules in detail worden beschreven. Dit protocol zal deel uitmaken van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid dat in 2006 moet verschijnen.

Appendix 3: Beheer en onderhoud

A3.1 Inleiding

Bij het uitvoeren van de periodieke veiligheidsbeoordeling wordt veel informatie over de asfaltbekleding verkregen. Deze is niet alleen bruikbaar voor de toetsing op veiligheid maar ook waardevol in het kader van beheer en onderhoud (B&O).

Bij de aanleg van waterkeringen wordt een groot kapitaal geïnvesteerd. De vraag is hoe deze investering het best in stand kan worden gehouden. Hiervoor is deskundig beheer nodig; dit houdt in dat de beheerder over voldoende deskundigheid moet kunnen beschikken en over voldoende middelen.

De deskundigheid wordt gevormd door kennis over de kwaliteit van de bekledingen en het verloop hiervan in de tijd, inzicht in benodigde beheers- en onderhoudsmaatregelen en de effecten daarvan op de kwaliteit en kennis over de kosten van maatregelen.

Om deze kennis op te bouwen en voor anderen toegankelijk te maken is een systematische benadering van belang. Dit zogenaamde “Rationeel beheerssysteem” beoogt via een systematische werkwijze de bekleding in optimale conditie te behouden v.w.b. plaats en tijd door het effectief inzetten van middelen: mens – materiaal – materieel – geld.

In de wegebouw is dit systeem al in een vergevorderd stadium [CROW, 2001]. In de waterbouw is dit voor de rijkswerken in ontwikkeling in het kader van Beheerplan Nat (BPN) [DWW, 2003]. Voor de werken in beheer bij de waterschappen wordt door STOWA het zogenaamde Beheerplan Waterkeringen (BPW) ontwikkeld [STOWA, 2004].

In het volgende wordt een aanzet gegeven hoe een beheerssysteem voor asfaltbekledingen kan worden opgezet. Uitgangspunt hierbij is de methodiek uit het BPN en het Technisch Rapport Asfalt voor Waterkeren [TAW, 2002].

A3.2 Beheerplan Nat (BPN)

Het BPN is voor de regionale directies van Rijkswaterstaat ontwikkeld. In dit plan geven zij aan welke natte infrastructuur zij in beheer hebben en hoe zij dit beheer willen uitvoeren.

Het bijzondere van het BPN is dat het ‘ functionele denken’ is geïntroduceerd. Dit betekent dat beheren meer vanuit de maatschappelijke functie gebeurt en niet meer alleen vanuit de technische toestand van het object. Anders gezegd, met de introductie van BPN is de stap gezet van technisch beheer naar functioneel beheer.

Het BPN bestaat uit een systematische opbouw met de volgende structuur:

- **Waarom beheren:** wetten en beleid.
- **Wat beheren:** plaats, omvang, functies, ... etc.
- **Hoe beheren:** organisatie, taken, verantwoordelijkheden, etc.
- **Referentie/doel:** continuïteit in beleid, mijlpalen.
- **Wat bereikt:** Terugblik en evaluatie.
- **Activiteiten:** activiteiten/maatregelen om doel te bereiken.

Voor het aanleveren van de benodigde informatie is het zogenaamde 'tienstappenplan' ontwikkeld:

Stap	Tienstappenplan
1	Verdeel het watersysteem in watersysteemdelen met homogene functies.
2	Verdeel het watersysteemdeel in homogene beheerobjecten.
3	Bepaal vanuit een integrale benadering van alle functies het streefbeeld per functie.
4	Bepaal per beheerobject de functie-eisen.
5	Vergelijk de huidige situatie met het streefbeeld en bepaal de benodigde maatregelen om de streefbeelden te bereiken, en definieer mijlpalen op het traject er naar toe.
6	Maak een systeemanalyse van het beheerobject en bepaal per functie de kritieke onderdelen.
7	Bepaal het interventieniveau van de kritieke onderdelen
8	Ga op bedrijfseconomische overwegingen na wat de invloed is van 'vast onderhoud' op de levensduur van de kritieke onderdelen.
9	Formuleer de inspectie- en onderhoudsstrategie voor de onderdelen van het object.
10	Formuleer het onderhouds- en inspectieplan voor het object (inclusief interventiejaren).

Tabel A3.1 *Tienstappenplan - BPN*

Het tienstappenplan valt uiteen in twee delen. Deel één, het beleidsdeel omvat de eerste 4 stappen. De laatste 6 stappen vormen het zogenaamde uitvoeringsdeel.

In stap 1 worden voor de watersysteemdelen 17 verschillende functies onderscheiden. De voor asfaltbekledingen mogelijk relevante functies zijn:

nr	Functie	Functie-eisen (voor asfaltbekledingen)
1	Hoogwaterbescherming	Weerstand tegen hydraulische belastingen
2	Afvoer water, ijs en sediment	Waterdichtheid, erosiebestendigheid
3	Hoofdtransport-as	Waterdichtheid, erosiebestendigheid
6	Ecologie en waterkwaliteit (voorheen Natuur en Landschap)	Begroeiing, LCA, aanzicht
9	Oeverrecreatie	Begaanbaarheid, bestendigheid tegen vandalisme
17	Overig buitendijks (verkeer)	Begaanbaarheid, draagvermogen

Tabel A3.2 *Functies en eisen voor asfaltbekledingen*

Voor meer detailinformatie wordt verwezen naar de Wegwijzer BPN [DWW, 2003]

A3.3 Functies en functionele eisen

In het Technisch Rapport 'Asfalt voor Waterkeren' [TAW, 2002] is een uitgebreide beschrijving opgenomen van de functies, de functionele eisen en de ontwerpeisen die voor asfaltbekledingen relevant zijn: respectievelijk de hoofdstukken 5, 6 en 7.

In dat rapport zijn de volgende functies onderscheiden:

- waterkeren
- verkeer
- landschap / ecologie
- recreatie

Mogelijk vervult een waterkering/bekleding incidenteel nog andere functies. In dat geval kan bekeken worden of op basis van die specifieke functie aanvullende eisen aan de bekleding moeten worden gesteld. Bij de verdere uitwerking wordt hiermee geen rekening gehouden. Vanuit de functies die de bekleding vervult kunnen functionele eisen worden afgeleid waaraan de bekleding wordt getoetst. De belangrijkste eisen voor de verschillende functies zijn in tabel A3.3 opgenomen.

Functie *		Functionele eisen
waterkeren	-erosiebescherming	weerstand tegen hydraulische belastingen volgen van zettingen en ontgrondingen weerstand tegen ijs en drijvende objecten grond dichtheid
	-waterafsluiting	waterdichtheid
verkeer		begaanbaarheid draagvermogen
landschap/ ecologie		esthetica/aanzicht begroeibaarheid
recreatie		begaanbaarheid bestendigheid tegen vandalisme

Tabel A3.3 *Functies en functionele eisen*

* Ook duurzaamheid is een relevante functionele eis. Om elk van de genoemde functies te kunnen vervullen is een bepaalde duurzaamheid vereist.

Waterkeren

Om de waterkerende functie te kunnen vervullen moet de bekleding het grondlichaam beschermen tegen erosie ten gevolge van optredende belastingen.

Daarnaast kan het nodig zijn dat de asfaltbekleding het dijklichaam waterdicht afsluit, bijvoorbeeld bij een rivierdijk.

De functionele eisen m.b.t. de erosiebescherming worden uiteraard behandeld bij de veiligheidstoetsing.

Bij de eis voor de waterdichtheid is de waterdoorlatendheid van de bekleding relevant in samenhang met de conditie van de overgangsconstructies.

Verkeer

Asfalt is, afhankelijk van het mengseltype, uitermate geschikt om als verkeersdrager te fungeren. Dit verkeer kan bestaan uit voetgangers, fietsers of onderhoudsmaterieel. Soms fungeert een deel van de bekleding als openbare rijweg of als parkeerplaats.

Afhankelijk van het type en de intensiteit van het verkeer worden eisen gesteld aan de begaanbaarheid (en comfort) van de bekleding en aan het draagvermogen.

Landschap/ecologie

Een bekleding vertegenwoordigt als deel van zijn omgeving een bepaalde landschappelijke waarde. Daarnaast kan de bekleding een zekere ecologische functie worden toegekend.

Recreatie

Een bekleding waarop recreatie plaats vindt (bijvoorbeeld door kampeerders, wandelaars, zwemmers, surfers of vissers) moet goed begaanbaar zijn en bestand zijn tegen schade die recreanten kunnen aanrichten.

A3.4 Eisen aan de bekleding

Vanuit de functionele eisen die aan de bekleding zijn gesteld worden constructie- of materiaaleisen afgeleid. Voor zover deze te maken hebben met de sterkte van de bekleding wordt verwezen naar het Technisch Rapport 'Asfalt voor Waterkeren', hoofdstuk 7 Dimensionering [TAW,2002]. Voor alle andere eisen zal in detail moeten worden nagegaan hoe de functionele eisen zijn te vertalen naar constructie- of materiaaleisen.

Een overzicht per bekledingsgedeelte, waarin de relatie tussen deze eisen is weergegeven, kan daarbij een belangrijk hulpmiddel zijn.

Functie	Functionele eis	Constructie-eis	Benodigde informatie
Waterkeren	Erosiebescherming	(= toetsing op veiligheid)	
Waterkeren	Waterafsluiting	Waterdoorlatendheid	Waterdruk Doorlatendheid (holle ruimte)
Verkeer	Draagvermogen	Sterkte en laagdikte	Soort verkeer Verkeersbelasting (aslasten) Intensiteit verkeer Benodigde laagdikte Benodigde sterkte
Verkeer	Begaanbaarheid	Stroefheid Vlakheid Comfort Taludhelling	Stroefheidsmeting Vlakheidsmeting Typering oppervlak Bestekstekening
Landschap	Esthetica	Ruimte, vorm, kleur, oppervlak	Bestemmingsplannen Provinciale plannen Landschappelijke visie
Ecologie	Begroeibaarheid	Type oppervlak	Milieuwaardering Ecologische plannen
Recreatie	Begaanbaarheid	Stroefheid Vlakheid Comfort	Stroefheidsmeting Vlakheidsmeting Typering oppervlak
Recreatie	Bestendigheid tegen vandalisme	Sterkte Brandwerend	

Tabel A3.4 Eisen aan asfaltbekledingen

Op grond van bovenstaande inventarisatie kan worden nagegaan welke kwaliteit minimaal is vereist en welk niveau op termijn moet worden bereikt en gehandhaafd. Deze zogenaamde streefbeeldens zijn een belangrijk richtsnoer bij het inrichten van de strategie bij beheer en onderhoud. Deze strategie bepaalt ook welke aspecten worden onderzocht en welke frequentie daarbij wordt gehanteerd.

A3.5 Toetsing kwaliteit

Bij de periodieke inspectie in het kader van beheer en onderhoud moet worden bepaald in hoeverre de bekleding nog in staat is de gewenste functies te vervullen. Hiertoe moet worden vastgesteld of de eigenschappen van de bekleding voldoen aan de constructie-eisen. Dit is geen gemakkelijke procedure en alleen haalbaar als constructie-eisen exact zijn te formuleren en eigenschappen kosteneffectief zijn te meten. Dit zal per eis en per eigenschap afzonderlijk moeten worden vastgesteld.

Een belangrijk hulpmiddel bij het bepalen van de eigenschappen is de visuele inspectie.

In tabel A3.5 is een overzicht gegeven van functionele eisen en de daaruit volgende aandachtspunten voor de visuele inspectie.

functionele eis	aandachtspunten voor visuele inspectie
begaanbaarheid	- stroefheid (asfaltbeton) - vlakheid
begroeibaarheid	- schade aan bekleding door begroeiing - begroeiingsdichtheid
duurzaamheid esthetica/aanzicht	- verdwijnen oppervlakbehandeling - aangetast oppervlak - scheuren - openstaande naden - gaten - verdwijnen oppervlakbehandeling
bestendigheid tegen vandalisme	- mechanische schade - brandplekken - olievlekken - etc.
bestendigheid tegen verkeersbelastingen	- aangetast oppervlak - scheuren - spoorvorming

Tabel A3.5 *Functionele eisen en aandachtspunten voor de visuele inspectie.*

Naast de visuele inspectie is het van belang te weten wat de kwaliteit bij aanleg is geweest, m.a.w. is bij de realisatie een kwaliteit bereikt die bij het ontwerp (en in het bestek) is bedoeld? Afwijkingen in de gewenste eigenschappen (en vooral de mate waarin) zijn meestal een indicatie voor het optreden van problemen bij het beheer. Het is dus zaak te achterhalen wat de kwaliteit bij aanleg was.

A3.6 Onderhoud

Als is vastgesteld in welke mate de eigenschappen van de bekleding afwijken van de eisen, moet worden bepaald welke maatregelen nodig zijn om de kwaliteit te verbeteren. Ook dit proces staat nog in de kinderschoenen. Alleen ten aanzien van onderhoudsmaatregelen in het kader van de veiligheidstoetsing zijn maatregelen beschreven in het Technisch Rapport 'Asfalt voor Waterkeren', hoofdstuk 9 Beheer en Onderhoud [TAW, 2002].

Voor de overige maatregelen wordt de volgende aanzet gegeven:

Functie	Functionele eis	Constructie-gebrek	Onderhoudsmaatregel
Waterkeren	Erosiebescherming	Zie TR-Asfalt, hoofdstuk 9	
Waterkeren	Waterafsluiting	Doorlatendheid	Dichtgieten; overlagen, vervangen
Verkeer	Draagvermogen	Sterkte Laagdikte	Vervangen Overlagen
Verkeer	Begaanbaarheid	Stroefheid Vlakheid Comfort Taludhelling	Oppervlakbehandeling Overlagen, frezen Oppervlakbehandeling Dijkprofiel wijzigen
Landschap	Esthetica	Ruimte, vorm, kleur, oppervlak	
Ecologie	Begroeibaarheid	Type oppervlak	
Recreatie	Begaanbaarheid	Stroefheid Vlakheid Comfort	
Recreatie	Bestendigheid tegen vandalisme	Sterkte Brandwerend	

Tabel A3.6 Onderhoudsmaatregelen voor asfaltbekledingen

A3.7 Onderhoud en Kosten

In het kader van Beheer en Onderhoud zijn verschillende soorten kosten te onderscheiden:

- Het (laten) uitvoeren van de Veiligheidstoetsing
- Het (laten) bepalen van het benodigde onderhoud
- Het (laten) uitvoeren van het benodigde onderhoud

A3.7.1 Kosten bij de Veiligheidstoetsing

Tot nu toe hebben de kosten voor het uitvoeren van de veiligheidstoetsing weinig aandacht gehad. Met name bij asfaltbekledingen zijn onderzoekskosten bij de gedetailleerde en geavanceerde toetsing hoog gebleken. Dit wordt veroorzaakt door het inschakelen van gespecialiseerde bureaus die met complexe methoden en modellen bepalen wat de conditie van de bekleding is. Dit heeft er o.a. toe geleid dat NDO-methoden meer aandacht hebben gekregen.

A3.7.2 Kosten voor het bepalen van benodigd onderhoud

Het bepalen van het benodigde onderhoud is een procedure die nog nauwelijks kan worden beschreven. Over de kosten die daarmee gemoeid zijn is daarom op dit moment niets te zeggen.

A3.7.3 Kosten van onderhoudsmaatregelen

Een beheerder streeft er naar de kwaliteit van de bekleding te waarborgen tegen minimale kosten.

Om dit te bereiken moet de beheersproblematiek op rationele wijze worden benaderd, d.w.z. met behulp van een systematisch model. Hiermee kan worden bepaald of een bekleding op een bepaald tijdstip moet worden vervangen of gerepareerd en met welk interval onderhoud moet worden uitgevoerd.

Als op een bepaalde plaats of in een bepaalde zone op de bekleding regelmatig schade optreedt moet een keuze worden gemaakt tussen het regelmatig repareren van de schade, het aanbrengen van een constructiewijziging of vervanging van (een deel van) de bekleding. Hoewel het vervangen van de bekleding niet direct vanuit veiligheidsoogpunt noodzakelijk hoeft te zijn, kan het kostentechnisch soms toch de beste oplossing zijn. Een voorbeeld hiervan is het vastleggen van breuksteen met een asfaltpenetratie in plaats van het regelmatig bijstorten van breuksteen.

Onderhoudsmaatregelen kunnen de levensduur van de bekleding verlengen. Een voorbeeld hiervan is het aanbrengen van een oppervlakbehandeling. Deze beschermt de bekleding tegen de directe invloed van zonlicht en de eroderende werking van golven en meegevoerd materiaal. Er kunnen verschillende scenario's worden beschouwd namelijk, het niet uitvoeren van vast onderhoud of het uitvoeren van vast onderhoud met een bepaald interval. Door een vergelijking van de kosten van de verschillende scenario's kan worden vastgesteld welke leidt tot de laagste kosten.

**Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Water-
bouwkunde is de adviesdienst voor techniek
en milieu in de weg- en waterbouw.**

Klantgericht, Innovatief, deskundig, gericht op
samenwerking, zakelijk en flexibel zijn de kernbe-
grippen voor de organisatie. Het werkplezier van
de medewerkers is hierbij essentieel.

Rijkswaterstaat,
Dienst Weg- en Waterbouwkunde,

Postadres: Postbus 5044
2600 GA Delft
Bezoekadres: Van der Burghweg 1
2628 CS Delft,

Telefoon (015) 251 85 18
Telefax: (015) 251 85 55
E-mail: dwwmail@dww.rws.minvenw.nl
Internet: www.venwnet.minvenw.nl/rws/home/

DWW-2005-006

ISBN 90-369-5578-5