

STATE OF THE ART RAPPORT OPEN STEENASFALT



RAPPORT

2016
02

FOTO VAN RWS

STATE OF THE ART RAPPORT
OPEN STEENASFALT

RAPPORT

2016

02

ISBN 978.90.5773.715.2



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS

ir. M.P. Davidse
ir. J. Heesbeen
ing. A.K. de Looft
ing. C.C. Montauban

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2016-02
ISBN 978.90.5773.715.2

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de ‘kennisvragen van morgen’ – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

STATE OF THE ART RAPPORT OPEN STEENASFALT

INHOUD

STOWA IN 'T KORT

1	INLEIDING	1
1.1	Rol van de publicatie	1
1.2	Doelgroep	1
1.3	Leeswijzer	2
1.4	Organisatie	2
2	HISTORIE VAN DE TOEPASSING VAN OPEN STEENASFALT	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Definitie open steenasfalt	3
2.3	Eerste toepassingen en onderzoeken	3
3	EIGENSCHAPPEN OPEN STEENASFALT	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Samenstelling van het materiaal	6
3.3	Stijfheid-, sterkte- en vermoeiingseigenschappen	7
3.4	Laagdikte open steenasfalt bekleding	9
3.5	Vorstbestendigheid	10
3.6	Doorlatendheid	10
3.7	Duurzaamheid	12
3.8	Watergevoeligheid	12
3.9	Erosiegevoeligheid	13
3.10	Milieuaspecten	14
	3.10.1 Uitlooggedrag	14
	3.10.2 Begroeibaarheid	15
3.11	Testmethoden	15
	3.11.1 Splijt- of indirecte trekproef	17
	3.11.2 Semi Circular Bending proef	18
	3.11.3 Driepuntsbuigproef	18
	3.11.4 Testresultaten	19
	3.11.5 Cantabro of Los angeles proef	20
	3.11.6 Queensland Test	20

4	ONTWERP VAN DE BEKLEDING MET OPEN STEENASFALT	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Toepassingen	22
4.3	Functies	23
4.4	Functionele eisen	23
4.5	Belastingen en bezwijkmechanismen	24
4.5.1	Bezwijken van de bovenlaag door golfklappen	24
4.5.2	Opdrukken van de bovenlaag door wateroverdruk	24
4.5.3	Afschuiven van de bovenlaag	25
4.5.4	Uitspoeling van grond uit het dijklichaam van onder de bekledingsconstructie	25
4.5.5	Bezwijken van de onderlaag bij bezwijkend open steenasfalt	25
4.6	Dimensioneren	26
4.6.1	Belasting door windgolven	26
4.6.2	Belasting door scheepsgolven	27
4.6.3	Mechanische slijtage	28
4.7	Overgangen	28
4.7.1	Overgang op hetzelfde materiaal	28
4.7.2	Overgang op andere bekledingen	28
5	AANLEG	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Besteksbepalingen	31
5.2.1	Bestek volgens de RAW systematiek	31
5.2.2	Prestatiebestek	32
5.2.3	Belgische Standaardbestek 230	32
5.3	Normen	32
5.4	Mengselontwerp	32
5.4.1	Mengsamenstelling open steenasfalt	32
5.4.2	Ontwerpen asfaltmastiek	34
5.4.3	Duurzame hechting	35
5.4.4	Hulpstoffen	35
5.5	Uitvoering	36
5.6	Kwaliteitszorg	37
6	BEHEER	39
6.1	Inleiding	39
6.2	Monitoring en continu inzicht	39
6.3	Visuele inspectie	40
6.3.1	Schadebeelden	40
6.3.2	Golfklappen	40
6.3.3	Erosie of mechanische slijtage	41
6.3.4	Klimatologische invloeden	42
6.3.5	Begroeiing	42
6.3.6	De uitvoering	44
6.4	Reparaties	44

7	TOETSING OP VEILIGHEID	45
7.1	Inleiding	45
7.2	Voorschrift toetsen op veiligheid	45
7.3	Onderzoeken	45
	7.3.1 Destructief onderzoek	46
	7.3.2 Niet destructief onderzoek	46
7.4	Werkwijze beschrijving	48
7.5	Witte vlekken in de toetsmethode	48
8	RECONSTRUCTIE	50
8.1	Inleiding	50
8.2	Actuele sterkte	50
8.3	Reconstructie	50
8.4	Hergebruik	51
	LIJST MET AFKORTINGEN	53
	VERKLARENDE WOORDENLIJST	54
	REFERENTIES	57
	BIJLAGEN	62
1.	Toepassingen van open steenasfalt	63
2.	Voorbeeld en achtergronden volumetrische ontwerpmethode	64
3.	Besteksteksten open steenasfalt met bijlagen	72
4.	Proefomschrijving Queenslandtest	85

1

INLEIDING

1.1 ROL VAN DE PUBLICATIE

Open steenasfalt wordt sinds 1968 als open bekleding toegepast bij kust- en oeverwerken om erosie van het onderliggende grondmassief van waterkeringen en oevers te voorkomen. In de afgelopen 45 jaar is een schat aan kennis en ervaring opgedaan, niet alleen in Nederland maar ook in België, Duitsland en Engeland. Deze kennis en ervaring is in het verleden maar gedeeltelijk gebundeld en daardoor slecht toegankelijk.

Open steenasfalt wordt de laatste jaren weer meer toegepast om waterkeringen (overslagdijken) en oevers te beschermen. Daarbij blijkt dat ontwerpers, aannemers en beheerders moeilijk aan actuele informatie kunnen komen over open steenasfalt. Daarom is met name door beheerders de wens geuit om bestaande kennis en ervaring over het toepassen van open steenasfalt te bundelen en toegankelijk te maken.

Hiervoor is gebruik gemaakt van het bestaande archief. Daarnaast zijn de studies van de afgelopen 10 jaar in Zeeland naar de toetsing, monitoring en kwaliteitszorg van open steenasfalt belangrijke bronnen. De studie is thematisch aangepakt door de documenten te beoordelen op relevantie en de inhoud onder te brengen bij genoemde thema's.

Dit rapport is een technisch document waarin de kennis en ervaring van 45 jaar toepassen van open steenasfalt in waterkeringen en oevers overzichtelijk en toegankelijk is gebundeld. Dit document is een aanvulling op de informatie beschreven in het technisch rapport asfalt voor waterkeren [1] uit het jaar 2002.

1.2 DOELGROEP

De doelgroepen van dit rapport zijn toetsers, ontwerpers en waterkeringbeheerders (o.a. aannemers, overheden en adviesbureaus).

Het rapport geeft inzicht in de beschikbare kennis op het gebied van open steenasfalt, maar kan niet als een eenvoudig receptenboek worden gebruikt. De gebruiker dient de nodige kennis en ervaring te hebben om goede afwegingen te kunnen maken en om de toepasbaarheid van een bepaalde methode in de beschouwde situatie op waarde te kunnen schatten.

Opgemerkt wordt dat veel eigenschappen van open steenasfalt afhankelijk zijn van het gebruikte mengsel en de leeftijd van het materiaal. De gegevens uit dit rapport kunnen daarom niet zomaar worden overgenomen en is onderzoek op het te beschouwen materiaal noodzakelijk.

1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 is de historie van open steenasfalt besproken. Hoofdstuk 3 gaat in op de verschillende eigenschappen van open steenasfalt. In hoofdstuk 4 zijn de ontwerpaspecten van de dijkbekleding als zodanig toegelicht en hoofdstuk 5 richt zich op de aanleg, waarbij ook het mengselontwerp voor open steenasfalt en asfaltmastiek aan de orde komen. Daarna volgen de beheeraspecten in hoofdstuk 6 en het toetsingskader in hoofdstuk 7. Tot slot zijn in hoofdstuk 8 de hergebruikaspecten bekeken.

1.4 ORGANISATIE

Het state of the art rapport open steenasfalt is geschreven in opdracht van Rijkswaterstaat en de Stichting toegepast onderzoek waterbeheer (STOWA). De opstellers van dit rapport zijn:

ir. M.P. Davidse	KOAC • NPC
ir. J. Heesbeen	KOAC • NPC
ing. A.K. de Looff	KOAC • NPC
ing. C.C. Montauban	(zelfstandig adviseur waterkeringen)

Het rapport is ter toetsing voorgelegd aan de volgende deskundigen op het gebied van asfaltdijkbekledingen:

ir. M.C.J. Bosters	Projectbureau Zeeweringen
ir. R. 't Hart	Deltares
ir. L. Houben	Technische universiteit Delft
ing. N. Leguit	Hydrasfalt
ir. J. van Ruijven	Deltares
ir. M.F.C. van de Ven	Technische universiteit Delft
dr. B.G.H.M. Wichman	Deltares

2

HISTORIE VAN DE TOEPASSING VAN OPEN STEENASFALT

2.1 INLEIDING

In de Nederlandse waterbouw is open steenasfalt voor het eerst geïntroduceerd in de jaren '70. Sindsdien is het aantal toepassingen toegenomen en daarmee heeft een ontwikkeling van het materiaal plaatsgevonden. In de eerste jaren is het mengsel geoptimaliseerd en is het materiaal beproefd om ervan verzekerd te zijn dat onze waterkeringen voldoende beschermd zijn.

In dit hoofdstuk is de introductie en de toepassing van open steenasfalt beschreven. Globaal kan onderscheid worden gemaakt in de volgende periodes:

- 1968-1975; de periode waarin veel onderzoek naar de eigenschappen van open steenasfalt heeft plaatsgevonden.
- 1975-1990; de periode waarin de meeste bekledingen zijn aangelegd.
- 1990-2005; in deze periode is open steenasfalt vooral toegepast in de vorm van matten voor zeehavens en in het buitenland.
- 2005-2013; de periode waarin open steenasfalt is toegepast om dijken overslag/ overstroom bestendig te maken.

2.2 DEFINITIE OPEN STEENASFALT

Uit de "Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw", 1984 [2] kan de definitie van open steenasfalt aangehaald worden:

Open steenasfalt is een "gap graded" (discontinue opbouw korrelskelet) mengsel van steen en mastiek. Een van oudsher veel gebruikte steensoort is kalksteen 16/22 of 20/40 mm. Het is een ondervuld mengsel en mag vanwege zijn open structuur, behalve als geprefabriceerde mat, niet onder water worden verwerkt. Het materiaal vindt toepassing als taludbescherming in de tijzone en hoger. In de vorm van geprefabriceerde matten, als bodem- en taludbescherming, ook onder water.

Tegenwoordig wordt het ook toegepast op overloopdijken als bekleding op het binnentalud ter voorkoming van erosie door overstromend water.

2.3 EERSTE TOEPASSINGEN EN ONDERZOEKEN

De eerste typen open steenasfalt werden open grindzandasfalt of open grindasfalt genoemd. Andere benamingen zijn mastiekgrind, mastieksteenslag, steenasfalt of de merknaam Fixtone. De eerste typen open steenasfalt werden grovere stenen toegepast dan tegenwoordig gebruikelijk is. Onder meer een korrelverdeling van 40/120 mm werd gebruikt terwijl tegenwoordig meestal 16/22 mm wordt gebruikt. Ook is geëxperimenteerd met de toepassing van verschillende soorten bitumen.

Open steenasfalt is voor het eerst in Nederland toegepast als oeververdediging langs de IJssel. Hiervoor zijn voorstellen geformuleerd [3] voor de aanleg van proefvakken met platen van 10-25 m² van zogenaamd “Bitumarin-beton”. Dit betrof geprefabriceerde platen van 0,20 m dik open steenasfalt op een vlechtwerk van aluminium strippen als draag- en wapeningsmat. De ontwerpeisen die zijn aangehouden zijn weergegeven in Tabel 2-1.

TABEL 2.1

ONTWERPEISEN OPEN STEENASFALT (1968)

Maximum golfhoogte:	1.00 m
Maximum stroomsnelheid:	1.5 – 2.0 m/s
Gewenste samenstelling open steenasfalt (1968)	
kalksteen 40/60 mm	80 % (m/m)
mastiek	20 % (m/m)
Mastiek:	
zand A	63 % (m/m)
vulstof (zwak)	15 % (m/m)
bitumen 80/100	22 % (m/m)

In 1968 zijn de proefvakken aangelegd door het fabriceren van gewapende matten in een mal. In [4] is uitvoerig verslag gedaan van de aanlegomstandigheden, ook met een uitgebreide fotorapportage. Daarbij is tevens onderzoek gedaan naar de doorlatendheid en de wrijvingscoëfficiënt van de platen. De voorlopige conclusie in 1970 was dat deze techniek past in de voortschrijdende mechanisering in de waterbouw en dat de bekleding geen mankementen vertoont. In 1974 is onderzoek verricht naar de samenstelling en veroudering van de proefvakken langs de IJssel [5].

In het jaar 1985 is een rapport opgesteld waarin de bevindingen van 14 jaar toepassen van open steenasfalt zijn samengevat [6]. Geconcludeerd is dat open steenasfalt een zeer geschikt materiaal voor dijkbekledingen kan zijn met goede mechanische eigenschappen, hoge stabiliteit, ongevoelig voor golfaanval en stroming en zeer goed doorlatend. Zelfs aanvaringen bleken nauwelijks schade aan de dijkbekleding te veroorzaken. Het belangrijkste punt van zorg vormde de duurzaamheid. De duurzaamheid bleek afhankelijk te zijn van de juiste mengselsamenstelling en de verwerking van het open steenasfalt.

Nadien is op veel plaatsen in Nederland open steenasfalt toegepast als oever- of bodembescherming. In bijlage 1 is een opsomming gegeven van open steenasfaltbekledingen in Nederland aangelegd.

Veel van deze bekledingen zijn inmiddels 25-45 jaar oud. Tussen 1990 en 2005 zijn weinig bekledingen van open steenasfalt aangelegd. Na 2005 zijn er in Zeeland diverse bekledingen met open steenasfalt aangelegd. Meer informatie over de bekledingen (mengselsamenstelling en profiel) en over internationale werken zijn gegeven in [7], bijlage 1. Een aantal bekledingen is vervangen of verwijderd vanwege dijkverzwaringen, andere functies van het dijklichaam of ten gevolge van een slechte aanlegkwaliteit. De aanleg van de vele bekledingen heeft geleid tot de vraag om een methode voor de veiligheidstoetsing van de bekledingen.

Door de wisselende resultaten met betrekking tot de duurzaamheid heeft open steenasfalt gedurende enige jaren minder belangstelling gekregen. Om de duurzaamheid van open steenasfalt te verbeteren is in de jaren negentig een volumetrisch mengselontwerp ontwikkeld, omdat alleen het optimaliseren van de asfaltmastiek onvoldoende bleek. Variaties in de gradering van de aangevoerde steenslag betekenen tevens variaties in het specifieke

oppervlak van deze steenslag en dit had bij de vaste steenslag/mastiekverhouding, zoals die werd gehanteerd, directe gevolgen voor de dikte van de mastiekomhulling rond de steen [8]. Gebleken is dat bij goed presterende werken de omhullingdikte van open steenasfalt gemiddeld 1,0 mm bedroeg en bij gebruik van vezels in de mastiek 1,1 mm. Een beschrijving hiervan en het effect van het toepassen van vezels is beschreven in § 5.4.

Daarnaast is gebleken dat door een beheersing van het productieproces, het transport en de verwerking kon worden verbeterd, waardoor bij een goede beheersing de kans op ontmenging wordt verkleind en daarmee een betere kwaliteit open steenasfalt kan worden verkregen.

Door de omhullingdikte als richtwaarde in het mengselontwerp te hanteren en hierop in de bedrijfscontrole tijdens productie en aanleg te controleren is de kwaliteit van open steenasfalt veel gelijkmatiger geworden en heeft het product veel aan betrouwbaarheid gewonnen. Door de toegenomen betrouwbaarheid en het toenemende belang van de ecologische ontwikkelingsmogelijkheden (goede begroeibaarheid) van de dijkbekleding is de laatste jaren meer belangstelling voor open steenasfalt.

3

EIGENSCHAPPEN OPEN STEENASFALT

3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk is ingegaan op de eigenschappen van open steenasfalt. Het hoofdstuk is opgesteld om de lezer een beeld te geven van het materiaal gezien vanuit het oogpunt van mechanica, duurzaamheid en ecologie. Aan het eind van het hoofdstuk zijn de testmethoden beschreven die kunnen worden gebruikt om deze eigenschappen te kwantificeren alsook de resultaten van deze testmethoden voor zover deze beschikbaar zijn.

3.2 SAMENSTELLING VAN HET MATERIAAL

Open steenasfalt is een mengsel van grove steenslag, bitumen, zand en vulstof. Het bitumen, zand en vulstof vormen samen de asfaltmastiek, waarmee het steenslag wordt omhuld. Soms worden aan de mastiek ook vezels toegevoegd. Deze kunnen als afdruiptremmer een bijdrage leveren bij het voorkomen van ontmenging en ook is uit onderzoeken [9] gebleken, dat de mechanische eigenschappen van deze gevezelde open steenasfalt verbeteren (zie § 5.4). Wanneer na menging het mengsel weer wordt ontleed en gescheiden tussen stenen (>2 mm) en mastiek (bitumen + ≤ 2 mm) wordt de ‘vervuiling’ van de stenen meegerekend bij de mastiek. De mastiek inclusief de ‘vervuiling’ wordt de mortel genoemd.

In het begin van de toepassing van open steenasfalt werd dit standaard samengesteld uit 80% tot 82% grove steenslag met 18% tot 20% mastiek ongeacht de gradering van deze steenslag. In de praktijk traden hierdoor grote kwaliteitsverschillen op. De gradering van open steenasfalt is in de loop van de tijd veranderd. In [10] wordt de eerste toepassing van een fijnere soort open steenasfalt 16/22 beschreven als verdediging van licht aangevallen oevers. Hierbij zijn stroomproeven verricht, waaruit blijkt dat tot 4 m/s geen materiaalverlies optreedt. Dit was de maximale stroomsnelheid die bereikt kon worden in de proef. Er zijn geen proeven uitgevoerd waarbij de snelheid is opgevoerd totdat erosie plaatsvond. De toepassing is weliswaar een mat, uit de beschrijving van vooronderzoek en uitvoering blijkt dat de fijnere open steenasfalt een goede vervanger is voor open steenasfalt 20/40, zodat kleinere laagdiktes mogelijk zijn. In [11] is onderzoek naar de toepassing van diverse steensoorten in open steenasfalt in Engeland beschreven.

De mengsels met een grovere gradering van de steenslag zijn door het kleinere specifiek oppervlak dikker omhuld, hierdoor trad afdruipten gemakkelijker op en was onderin de laag open steenasfalt teveel en bovenin juist te weinig mastiek aanwezig. Mengsels met een fijnere gradering van de steenslag hebben juist een hoger specifiek oppervlak waardoor in het hele mengsel een te dunne omhulling aanwezig was. Hierdoor braken de grove steenslagkorrels aan het oppervlak relatief gemakkelijk uit. Dit heeft geleid tot een aangepast mengselontwerp, waarbij het specifiek oppervlak van de gebruikte steenslag op basis van de korrelverdeling wordt geschat en vervolgens het benodigde mastiekvolume om tot ca. 1,0 mm mastieffilmdikte te komen, wordt berekend. Deze methode is beschreven in paragraaf 5.4.

In Zeeland wordt door het Projectbureau Zeeweringen een steengradering van 20/32 mm toegepast. Dit wordt gezien als een optimale gradering om voldoende contactpunten te hebben en niet teveel mastiek te gebruiken. Omdat open steenasfalt in deze sortering niet in de Standaard RAW bepalingen [12] genoemd is, zijn hiervoor aparte eisen ontwikkeld.

Op open steenasfalt en mastiek is onderzoek uitgevoerd naar:

- de invloed van toevoeging van cellulosevezels en / of Trinidad bitumen aan het bindmiddel [13]
- de invloed van (kunstmatige) veroudering op de penetratie van het bitumen [13], [14], [15]
- invloed van een oliedrijflaag op de mechanische eigenschappen van de bekleding [16]
- het effect van rubber in de mastiek (met dope-teer) op de toelaatbare rek [17]
- de waterdoorlatendheid [18], [19],[20]
- vorstbestendigheid [21], [22]
- milieuhygienische eigenschappen [23]
- begroeibaarheid [24], [25]
- hechting steen-bitumen [13],
- erosiegevoeligheid

De resultaten van de onderzoeken zijn in onderstaande paragrafen in dit hoofdstuk beschreven. Ook de verschillen tussen open steenasfalt en gevezeld open steenasfalt zijn onderzocht in het jaar 2008 [9] In de volgende paragraaf is hier verder op ingegaan.

3.3 STIJFHEID-, STERKTE- EN VERMOEIINGSEIGENSCHAPPEN

De stijfheid-, sterkte- en vermoeiingseigenschappen zijn nodig om de benodigde laagdikte van de bekleding te bepalen voor de vereiste weerstand tegen golfklappen. Er zijn verschillende testmethoden beschikbaar om deze eigenschappen te bepalen. In deze paragraaf zijn deze eigenschappen gerapporteerd waarna in § 3.11 de testmethoden zijn beschreven.

Omdat bitumen een visco-elastisch materiaal is, is het gedrag van het bitumen afhankelijk van de belastingtijd. De viscositeit is ook afhankelijk van de temperatuur zodat de belastingtijd en de temperatuur invloed hebben op het bitumen, de mastiek en het mengsel als geheel. Ook is het materiaal vermoeiingsgevoelig wat wil zeggen dat het een maximaal aantal lastherhalingen kan weerstaan waarna het materiaal bezwijkt. Naast de belasting en de laagdikte bepaalt de stijfheid welke spanningen en rekken optreden in het materiaal, terwijl naast het aantal lastherhalingen de sterkte en vermoeiingseigenschappen bepalen welke spanningen en rekken toelaatbaar zijn. Er is daarom veel onderzoek uitgevoerd om inzicht te krijgen in deze mechanische eigenschappen. In deze paragraaf is dit onderzoek gerapporteerd waarbij ook de proefcondities als belastingtijd en temperatuur gegeven zijn.

In 1972 is door KSLA onderzoek verricht naar de treksterkte, rek en stijfheid van zeven asfaltmastiek-mengsels voor open steenasfalt [17]. Het doel was om open steenasfalt matten op te kunnen rollen. Er is gekeken naar het effect van toevoeging van rubber aan het bitumen. Proefstukken van 30 30 100 mm zijn bij 5 en 15 °C op trek belast met snelheden van 10 en 100 mm/min. Bij toevoeging van rubber blijken rekken mogelijk van 50 – 190 %, rekken die met conventionele bitumen niet mogelijk zijn.

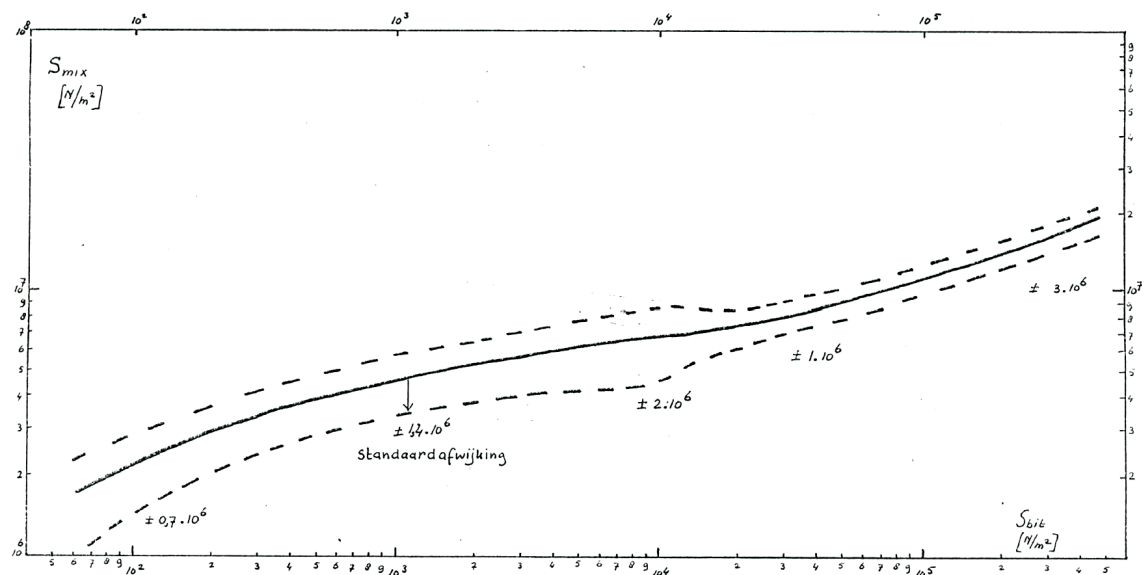
In [26] is het onderzoek naar de eigenschappen (viscositeit) van asfaltmastiek met rubber en het vervaardigen van proefstukken voor nader rek-onderzoek door KSLA beschreven.

In [27] en [28] is een beschrijving gegeven van onderzoek gedaan naar de samenstelling, bitumenkwaliteit en de kruipeigenschappen van verschillende proefvakken open steenasfalt op het werkeiland Neeltje Jans op de havendam Noordland. De proefvakken zijn aangelegd om met mechanische proeven de kwaliteit van open steenasfalt te bepalen. De proefvakken bleken qua samenstelling niet overeen te komen met de vooraf bepaalde samenstelling en de spreiding was erg groot. Hierdoor kon geen relevant onderscheid worden gemaakt tussen de vakken. De variatie in samenstelling, splijtsterkte, treksterkte en kruipstijfheid is zodanig dat nauwelijks verbanden zijn te vinden. De gebruikte mechanische testen op deze proefvakken zijn niet onderscheidend. Wel zijn er relaties gevonden tussen de dichtheid van het proefstuk en het mastiekgehalte. Hiermee is ook een relatie gevonden van de dichtheid van het proefstuk met:

- de stijfheidmodulus of elasticiteitsmodulus;
- de splijtsterkte;
- en de treksterkte.

De mastercurve voor de stijfheidmodulus van open steenasfalt als functie van de stijfheidmodulus van bitumen is weergegeven in Figuur 3-1 [29]. In dit onderzoek zijn zowel dynamische proeven als kruipproeven uitgevoerd om de mastercurve op te kunnen stellen. De stijfheidmodulus die is bepaald bij een dynamische belasting blijkt sterk afhankelijk van het aantal belastingherhalingen. Bij bezwijken is de stijfheidmodulus afgenomen tot 20% à 30% van de initiële stijfheidmodulus.

FIGUUR 3.1 MASTERCURVE VOOR DE STIJFHEID VAN OPEN STEENASFALT



Opgemerkt wordt dat deze mastercurve geldig is voor een specifiek mengsel. De stijfheid van andere open steenasfalt mengsels kan sterk afwijken van deze figuur.

De stijfheid van open steenasfalt is meerdere keren bepaald, ook in verschillende proefopstellingen. De stijfheid van nieuw open steenasfalt (bij 5°C en 10 Hz) ligt tussen 7.000 MPa tot 9.500 MPa. Bij ouder open steenasfalt is vanwege veroudering van het materiaal de spreiding veel groter en worden waarden tussen de 2.500 MPa en 9.500 MPa gevonden.

Ook de buigtreksterkte is meerdere keren bepaald. De buigtreksterkte van nieuw gevezeld open steenasfalt varieert tussen de 2,8 en 4,0 MPa ([9] en [30]). Bij ouder open steenasfalt

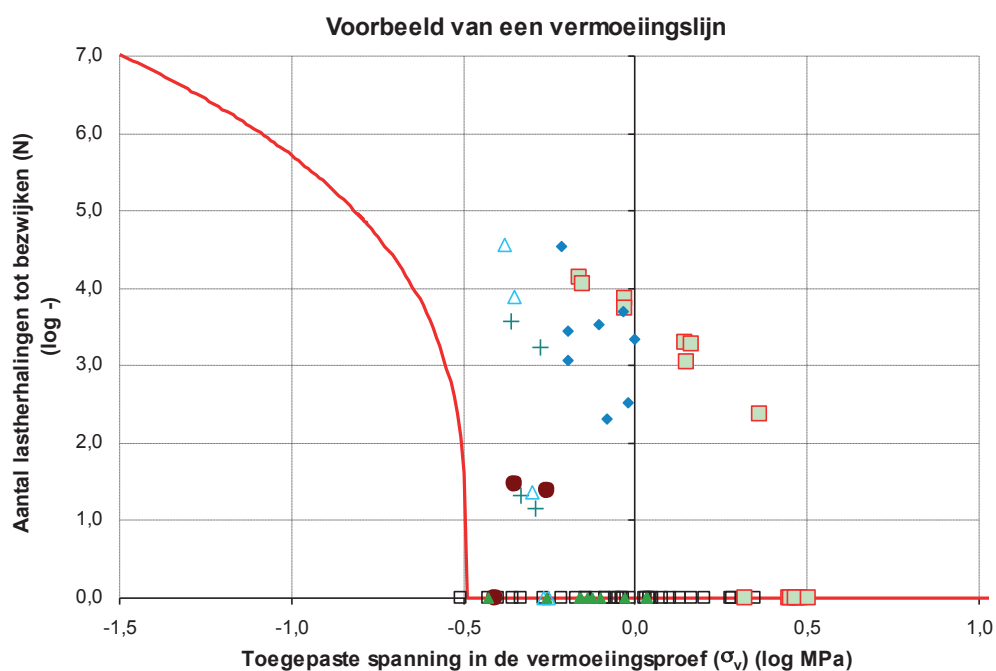
(>30 jaar) zonder vezels worden buigtreksterktes gevonden van 2,0 MPa maar ook zeer lage waarden van 0,2 MPa. Duidelijk is dat er kwalitatief slechte vakken en goede vakken zijn aangelegd in het verleden. In § 3.2 is hier al op ingegaan. De verwachting is dat als ontworpen is met de volumetrische ontwerpmethodede de levensduur van het materiaal toeneemt.

Het toevoegen van vezels aan de mastiek heeft ook invloed op de mechanische eigenschappen. In [9] is een vergelijking gemaakt tussen open steenasfalt met en zonder vezels. Op basis van laboratoriumproeven is de weerstand tegen vermoeiing en de buigtreksterkte bepaald. Het resultaat is dat de buigtreksterkte van gevezeld open steenasfalt een factor 2 hoger is dan de buigtreksterkte van standaard open steenasfalt. Ook kan gevezeld open steenasfalt twee keer zoveel golfbelastingen weerstaan dan standaard open steenasfalt.

De vermoeiingseigenschappen van open steenasfalt worden gekarakteriseerd met een vermoeiingslijn die de relatie tussen de spanning en het maximaal aantal lastherhalingen bij die spanning weergeeft. Hiervoor is een aantal proefstukken belast met elk een andere belasting (en dus andere spanning). Vervolgens is het aantal lastherhalingen tot bezwijken vastgelegd. In Figuur 3-2 zijn proefresultaten gegeven van verschillende vermoeiingsproeven en buigtreksterkteproeven. Ook is een voorbeeld van een vermoeiingslijn gegeven. Een vermoeiingslijn in deze vorm wordt gebruikt voor het ontwerp van open steenasfalt. Meer hierover is beschreven in hoofdstuk 4.

FIGUUR 3.2

VOORBEELDEN VAN VERMOEIINGSLIJNEN VOOR OPEN STEENASFALT



3.4 LAAGDIKTE OPEN STEENASFALT BEKLEDING

Wanneer de belastingen op de bekleding gering zijn dan zijn praktische uitvoeringseisen van belang voor de minimale laagdikte [1]. Voor geprefabriceerde open steenasfalt is dat drie maal de maximale korreldiameter, in de tijzone vier maal. Voor in situ aangelegd open steenasfalt is dat vier, respectievelijk vijf maal de maximale korreldiameter.

De vereiste laagdikte is afhankelijk van het belastingsmechanisme, de zone waarin de bekleding ligt en de grootte van de belasting. De methodiek om de benodigde laagdikte te bepalen om de belastingen te weerstaan is uitgewerkt in paragraaf 4.3.

3.5 VORSTBESTENDIGHEID

De Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) heeft in 1973 onderzoek verricht naar de weerstand tegen vorst-dooi-cycli [22]. Blokken open steenasfalt zijn onderworpen aan 50 cycli en visueel beoordeeld. Er werd geen schade geconstateerd.

De Wegbouwkundige Dienst heeft in 1982 aanvullend onderzoek verricht naar de vorstbestendigheid van open steenasfalt [21]. Hiervoor zijn proefstukken verzadigd met zand en water en aan 10 tot 30 cycli onderworpen. Er bleek geen schade te zijn opgetreden.

3.6 DOORLATENDHEID

De manier waarop de doorlatendheid wordt gekarakteriseerd is beschreven in [6]. Open steenasfalt is, zoals de naam al zegt, een open materiaal. Het is dusdanig doorlatend (holle ruimte ca. 25%) dat fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond zoals zand zich met stromend water mee door het open steenasfalt heen kan verplaatsen. Er moet in een dergelijk geval altijd een filter worden aangebracht. In het algemeen kunnen met betrekking tot de waterdoorlatendheid een drietal stromingstoestanden worden onderscheiden:

- laminaire stroming,
- turbulente stroming
- en het overgangsgebied hiertussen.

De stromingstoestand wordt gekarakteriseerd d.m.v. het Reynoldsgetal:

$$Re = \frac{v \cdot R}{\nu}$$

waarin:

Re = Reynoldsgetal

v = gemiddelde stroomsnelheid (m/s)

R = hydraulische straal (m)

ν = kinematische viscositeit (m²/s)

Als het Reynoldsgetal kleiner is dan 10, dan is de stroming laminair. Als het Reynoldsgetal groter is dan 800, dan wordt de stroming turbulent genoemd. De stroming kan worden beschreven met onderstaande relatie:

$$i = W_n \cdot v_f^n$$

waarin:

i = potentiaal verhang over de beschouwde doorsnede h/H

h = drukverschil over de doorsnede (m)

H = lengte van de doorsnede (m)

W_n = weerstandscoefficiënt (s/m²)

V_f = gemiddelde stroomsnelheid (m/s)

n = coëfficiënt

Voor laminaire stroming is n=1, voor turbulente stroming is n=2. In het overgangsgebied ligt n tussen 1 en 2. Uit doorlatendheidsproeven is gevonden dat bij open steenasfalt de stromingstoestand tussen laminair en turbulent in ligt.

In "Permeability of fixtone canal lining" [20] is onderzoek gedaan naar de doorlatendheid van open steenasfalt. De opstelling bestond uit een vat waarin het proefstuk Ø 0,62 m en 0,125

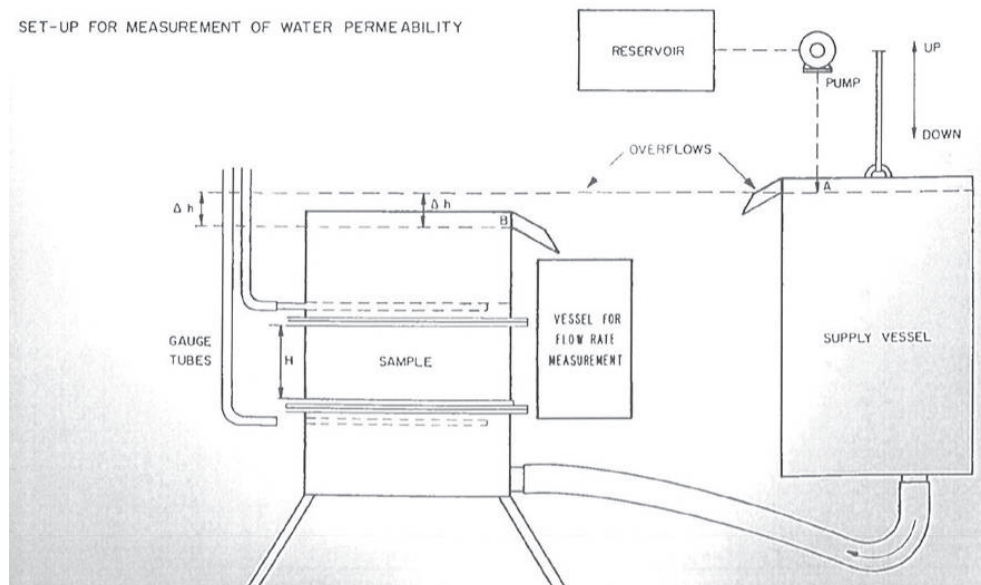
m dik was geplaatst en dat via de onderzijde met een tweede vat was verbonden. Dit tweede vat kon in hoogte worden versteld. Beide vaten waren voorzien van een overloop. Het vat met het proefstuk liep over in een meetvat om het debiet te kunnen bepalen en het tweede vat liep over om een vaste vloeistofspiegel te kunnen handhaven. In Figuur 3-3 is een principe schets van de meetopstelling weergegeven. Ook zijn onderzoeken naar de doorlatendheid van open steenasfalt (20/40 mm) uitgevoerd door Bitumarin in 1983 [18] en het laboratorium voor grondmechanica in 1986 [19]. In onderstaande Tabel 3-1 zijn de resultaten samengevat.

TABEL 3.1 WATERDOORLATENDHEID OPEN STEENASFALT

onderzoek	n	diameter (x 10 ⁻³ m)	lengte L (x 10 ⁻³ m)	verval ΔH (x 10 ⁻³ m)	verhang i (x 10 ⁻³ -)	filtersnelheid v (x 10 ⁻³ m/s)
Bitumarin [18]	1,8	600	200	1	5	4,2
				4,2	21	9,3
LGM [19]	1,8	240	150	4,5	30	2,7
KSLA [20]	1,6	620	125	1	8	6,8
				4	32	18,6

De gevonden doorlatendheid van het open steenasfalt komt overeen met die van grove steenslag. Ook is in deze onderzoeken de turbulentiecoëfficiënt (n) bepaald. Hieruit is gebleken, dat in het open steenasfalt bijna turbulente stroming aanwezig is.

FIGUUR 3.3 PRINCIPE SCHETS OPSTELLING DOORLATENDHEIDSTEST



In [31] zijn de resultaten van [19] aangevuld met standaard eigenschappen en treksterktes. In deze referentie is een beschrijving gegeven van de analyse van de data waarbij relaties zijn gelegd tussen:

- Afvoersnelheid en verhang van open steenasfalt
- Treksterkte en dichtheid van het proefstuk
- Dichtheid en mortelgehalte
- Afvoersnelheid en holle ruimte
- Afvoersnelheid en mortelgehalte

3.7 DUURZAAMHEID

Duurzaamheid kan op twee manieren worden gedefinieerd. Enerzijds als de eigenschap dat het object over een lange periode op een minimaal gewenst niveau blijft presteren (Eng. Durability) en anderzijds als de eigenschap dat de gehele levenscyclus van produceren, aanleggen, gebruiken en slopen zo min mogelijk maatschappelijke en milieuschade veroorzaakt en waar mogelijk de biodiversiteit bevordert (Eng. Sustainability). In deze en volgende paragrafen is de aandacht op de technische aspecten gericht (durability). De milieuaspecten zijn beschreven in paragraaf 3.10.

In [32] zijn, na een algemene beschouwing over o.a. functionele eisen, voorstellen gedaan hoe de levensduur kan worden onderzocht. Er is een aantal aspecten van belang voor de duurzaamheid van de bekleding:

- Veroudering van bitumen;
- Het al dan niet toevoegen van vezels aan het mengsel (zie paragraaf 5.4);
- De hechting tussen steen en bitumen

Bij een aantal werken is in de loop der tijd onderzoek verricht naar het verouderen van het bindmiddel (bitumen):

- IJssel (1968) [6]
- Hoek van Holland (1970 en 1974) [33]
- Proefvakken Noordland (1979) [27]

Bij het onderzoek bij Hoek van Holland (1974) zijn de resultaten vergeleken met andere locaties met doorlatend asfalt. Er zijn verschillende proeven uitgevoerd. De bitumen is teruggewonnen waarna de penetratie index en het verwerkingspunt is bepaald. Ook is de steen/ mortel verhouding bepaald en zijn de mengsels en werken visueel beoordeeld. Hier werd een opvallend grote veroudering gevonden in de tijzone ten opzichte van boven de tijzone. Ook was er ondanks het gebruik van dopeteer (, een toevoeging t.b.v. verbetering van de hechting die niet meer toegestaan is) sprake van een grotere veroudering ten opzichte van de veroudering die werd gevonden bij de IJssel. De resultaten van de genoemde locaties zijn in 1976 samengevat in [34]. Dit leverde de conclusie op: “Desondanks duiden alle indicaties erop dat een redelijk lange levensduur (meer dan 25 jaar) niet onwaarschijnlijk is”.

In open steenasfalt wordt kalksteen toegepast vanwege de (vermeende) goede hechting. Er zijn echter geen proeven voorgeschreven om dit te toetsen. Omdat is gebleken, dat de hechting tussen steen en bitumen toch van invloed kan zijn op de kwaliteit van de open steenasfalt bekleding is de Australische Queensland Test ingevoerd [56]. Een beschrijving van de proef is opgenomen in paragraaf 3.11.6.

3.8 WATERGEVOELIGHEID

De watergevoeligheid van een asfaltmengsel wordt uitgedrukt in de retained stability [35]. Van twee proefstukken wordt in de IT-proef de indirecte treksterkte bepaald (zie paragraaf 3.11.1). Eén van de proefstukken is bewaard in water, het andere proefstuk wordt droog beproefd. De verhouding tussen de gevonden treksterktes bepaalt de watergevoeligheid.

In [36] is onderzoek gedaan naar de “Retained Stability” van open steenasfalt 8/16. Er is in dit onderzoek gevarieerd met betrekking tot de mortelsamenstelling en als steenslag zijn zowel grind als Dolomiet gebruikt. In dit onderzoek zijn de proefstukken bewaard in water van 50 °C en vervolgens is de retained stability bepaald, zie Tabel 3-2.

TABEL 3.2

RETAINED STABILITY

Tijd (dagen)	Retained stability (%)
7	50-60
14	40-50
56	20-40

Verder is uit dit onderzoek gebleken dat er geen verschil gevonden is tussen grind en dolomiet als steenslag. Het toevoegen van dopeteer leidde wel tot betere resultaten voor de retained stability, maar dit middel mag tegenwoordig niet meer worden toegepast.

In 2008 is de retained stability bepaald van een gevezeld open steenasfalt met kalksteen [59]. Hier werd een retained stability van 100% gevonden. Het onderzochte mengsel bleek zeer goed bestand tegen water. Bekend is dat de affiniteit tussen steen en bitumen (onderzocht met de Queensland-test, zie paragraaf 3.11.6) een zeer grote invloed heeft op de watergevoeligheid.

3.9 EROSIEGEVOELIGHEID

Het meevoeren van zand en stenen door golfklappen kan zorgen voor erosie van open steenasfalt. De Cantabro-proef, zie paragraaf 3.11.5, geeft een indicatie van de erosiegevoeligheid. Ook is een proefopstelling ontwikkeld waarbij open steenasfalt in een stroomgoot beproefd is [37], [38], [39], [40], [41].

In [42] wordt verslag gedaan van proeven met 2 open steenasfalt bekledingen in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium. De bekledingen zijn in dit onderzoek beproefd met verschillende typen golven. Tijdens deze proef zijn geen beschadigingen of vervormingen in de bekleding geconstateerd.

In de stuw bij Lith is ook een onderzoek uitgevoerd naar de vermoeiing van open steenasfalt door golfklappen. In [37] en [38] zijn korte beschouwingen gegeven van de relatie tussen golfklappen en vermoeiing. In [39] en [40] is een voorstel voor golfbelastingproeven in de stroomgoot in Lith uitgewerkt. Het onderzoek zelf is gerapporteerd in [41]. De conclusie van het onderzoek was dat er geen noemenswaardig steenverlies was opgetreden na 250.000 golven van twee meter en een herhalingstijd van 5,3 seconden.

Uit het onderzoek is duidelijk geworden dat open steenasfalt zeer erosiebestendig is voor golfaanval van water. Als er echter los, rollend materiaal in het water aanwezig is, treedt er wel schade op (zie ook § 4.6.3). De hoeveelheid schade in de tijd is niet vastgesteld. Er wordt daarom aanbevolen om losliggend vuil op de bekleding zoals stukken hout of grote stenen van de bekleding te verwijderen.

In [42] wordt verslag gedaan van proeven met 2 open steenasfalt bekledingen in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium. De bekledingen zijn in dit onderzoek beproefd met verschillende typen golven. Tijdens deze proef zijn geen beschadigingen of vervormingen in de bekleding geconstateerd.

In de stuw bij Lith is ook een onderzoek uitgevoerd naar de vermoeiing van open steenasfalt door golfklappen. In [37] en [38] zijn korte beschouwingen gegeven van de relatie tussen golfklappen en vermoeiing. In [39] en [40] is een voorstel voor golfbelastingproeven in de stroomgoot in Lith uitgewerkt. Het onderzoek zelf is gerapporteerd in [41]. De conclusie van het onderzoek was dat er geen noemenswaardig steenverlies was opgetreden na 250.000 golven van twee meter en een herhalingstijd van 5,3 seconden.

Ook zijn proeven uitgevoerd met een overslag simulator [43]. In Figuur 3-4 is de proefopstelling weergegeven.

FIGUUR 3.4 PROEVEN OP OPEN STEENASFALT [43]



Uit de proeven is gebleken dat als het open steenasfalt goed is aangelegd het een overslagdebiet van 125 l/s/m kan weerstaan.

3.10 MILIEUASPECTEN

3.10.1 UITLOOGGEDRAG

In “Uitlooggedrag van (waterbouw)-asfalt – een literatuuronderzoek” [44] is naar de milieuhygiënische aspecten van asfalt en bitumen gekeken. Daarbij lag de nadruk op uitloging van polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), waaraan in de Nederlandse wetgeving (Besluit bodemkwaliteit) overigens geen eisen worden gesteld. De reden voor het ontbreken van uitloogeisen in de wetgeving is gelegen in het feit, dat er gemakkelijk verstoringen optreden bij de uitloogtest. PAKs zijn slecht in water oplosbaar en matig vluchtig. Daardoor hebben deze stoffen de neiging, als ze al in het water terecht zijn gekomen, om te gaan drijven en verdampen, dan wel zich aan glaswerk en slangen te hechten. Er zijn door NEN wel normen ontwikkeld (NEN7350:1997, NEN7374:2004 en NEN7376:2004) om de uitloging van organische stoffen als PAK, PCB, OCB en EOX, fenol en cresolen met een grotere betrouwbaarheid te bepalen maar deze normen zijn vanwege de hoge uitvoeringskosten zelden gebruikt.

In [23] is een onderzoek naar de uitloogbaarheid van open steenasfalt beschreven. Met betrekking tot de anorganische stoffen is hierin een beschouwing gegeven over de in waterbouw-asfalt toegepaste grondstoffen. De conclusie was, dat in waterbouw-asfalt alleen primaire grondstoffen worden verwerkt, en dat de uitloging daarom gering is en niet tot overschrijdingen van de eisen van het toenmalige ontwerp Bouwstoffenbesluit (per 2008 vervangen door Besluit bodemkwaliteit) zouden leiden. Dit wordt bevestigd door de resultaten van uitloogonderzoek op asfalt in het kader van BRL9320. Slechts zeer sporadisch worden licht verhoogde waarden gemeten en die zijn dan zonder uitzondering toe te schrijven aan het gebruik van asfaltgranulaat en vliegashoudende vulstoffen.

Qua samenstelling van organische stoffen zal open steenasfalt ook aan alle eisen van het Besluit bodemkwaliteit voldoen, wanneer alleen nieuwe bitumen worden verwerkt. Waterbouwasfalt en open steenasfalt zijn warm bereide asfaltmengsels, die onder BRL9320 certificeerbaar zijn door gebruik van grondstoffen uit de Omschrijving Productgroep Warm Asfalt (OPWA) [45]. Als de gebruikte grondstoffen op deze lijst staan en in hoeveelheden worden toegepast binnen de marges die deze lijst stelt, kan er vanuit worden gegaan, dat het mengsel zal voldoen aan de eisen van de BRL c.q. van het Besluit bodemkwaliteit.

Vanuit het Besluit bodemkwaliteit is een milieuhygiënische verklaring verplicht voor alle steenachtige bouwstoffen en grond en baggerspecie. Dit zijn partijkeuringsrapporten of erkende certificaten. Ook voor asfalt in de waterbouw is het noodzakelijk dat dit van een dergelijke verklaring is voorzien.

3.10.2 BEGROEIBAARHEID

Bij de waardering van dijkbekledingen speelt naast de beoogde veiligheid de natuurwaarde een belangrijke rol. Om deze natuurwaarde te realiseren is de begroeibaarheid van belang, zodat planten en dieren zich kunnen vestigen [1], [46].

Vanwege de open structuur is open steenasfalt zeer goed begroeibaar. De planten kunnen in de bovenste laag goed groeien zonder de cohesie tussen de stenen aan te tasten. [47]. Houtvormende gewassen tasten de cohesie echter wel aan. De begroeiing is afhankelijk van het soort steenslag en toeslagmateriaal in open steenasfalt. Open steenasfalt waar Grauwacke of hoogovenslakken in verwerkt zijn heeft weinig tot geen begroeiing [47].

In [48] en [49] zijn verschillende bekledingen met open steenasfalt onderzocht. De conclusie was dat de kwaliteit van de vegetatie mede samenhangt met de plaatselijke dynamiek in het milieu. Vochtminnende planten werden op de lage delen van het talud aangetroffen, de droogtetolerante soorten hoger op de helling. Kieming van meer en minder botanisch waardevolle soorten is mogelijk op een bekleding van open steenasfalt, maar het verloopt moeizamer dan op taluds van zand of klei. Hierdoor duurt het enkele jaren voordat de bekleding redelijk begroeid is. In [46] is een proefproject beschreven, waarin de kolonisatie door begroeiing werd gestimuleerd door de bekleding van open steenasfalt met grond te bedekken en deze in te planten met specifieke soorten of grond met wortelstokken aan te brengen. In dit project werd binnen enkele maanden een dichte begroeiing waargenomen.

Vegetatie groeit niet specifiek op de beschadigde delen van een bekleding van open steenasfalt [50]. De beschadigingen die werden aangetroffen op de bekleding komen rond de hoogwaterlijn voor, hier was weinig begroeiing. Het al dan niet beschadigd zijn van de bekleding heeft geen invloed op de vegetatieontwikkeling. Naast gewenste begroeiing kan open steenasfalt ook begroeid worden door plantensoorten en bomen die de structuur ervan aantasten. Meer informatie omtrent beschadiging van open steenasfalt door begroeiing is opgenomen in paragraaf 6.3.5.

3.11 TESTMETHODEN

Als de beschikbare normen van het Nederlands Normalisatie instituut worden bekeken dan valt op dat er zeer veel testmethoden beschikbaar zijn om mechanische eigenschappen van asfaltmengsels te bepalen. De keuze voor een testmethode is afhankelijk van de gewenste mechanische eigenschappen. In de vorige paragrafen zijn verschillende mechanische

eigenschappen aan bod gekomen, hiervoor zijn verschillende testmethoden gebruikt. Wat echter ook meespeelt in de keuze van een testmethode is de proefstukgrootte, eenvoud van uitvoering, mogelijkheid om bij verschillende temperaturen te beproeven en de eenvoud van interpretatie. In [51] is een beschrijving van verschillende testmethoden gegeven inclusief een afweging voor de keuze van een testmethode. De volgende proeven zijn gebruikt om de mechanische eigenschappen van open steenasfalt te bepalen:

- Dynamische schuifproef
- SCB-proef [52]
- Driepuntsbuigproef [53], [54]
- Spleijt- of indirecte trekproef [55]
- Directe trekproef [28]
- Kruipproef [28]
- Cantabroproef
- Queensland Test [56]

De proeven worden gebruikt om mechanische eigenschappen als vermoeiing, stijfheid en (buig)treksterkte van het open steenasfalt te bepalen. Het is van belang om de manier van belasten of vervormen in de proef zo goed mogelijk overeen te laten komen met zoals deze in werkelijkheid onder golfaanval optreedt. Belangrijke aspecten daarbij zijn:

- snelheid van belasten of vervormen
- verhouding proefstukafmeting - steendiameter
- mogelijkheid tot beproeven van al aangelegde bekleding
- spanningsverdeling in de constructie

Om te komen tot een geschikte proef zijn in het verleden verschillende proefopstellingen gebruikt om te onderzoeken op geschiktheid voor het bepalen van de eigenschappen van open steenasfalt. In deze inleiding van paragraaf 3.11 is verder ingegaan op deze ontwikkeling waarna in § 3.11.1 tot § 3.11.6 de tegenwoordig gebruikte proeven zijn beschreven.

De eerste mechanische proeven op open steenasfalt zijn uitgevoerd op open steenasfalt van de proefvakken aangelegd in de Roompot van Neeltje Jans [27] en [28]. Er zijn spleijtproeven, trekproeven en kruipproeven uitgevoerd. Het mastiekgehalte is nagenoeg constant op 19% gehouden maar de samenstelling van de mastiek is gevarieerd, door meer of minder vulstof of zand ten opzichte van het referentiemengsel toe te voegen. Open steenasfalt uit de tijzone en boven de tijzone is beproefd. Ook zijn verschillende mengselsamenstellingen beproefd. Aanvullend zijn kruipproeven bij 30 °C uitgevoerd. In de meeste proefvakken is een grote spreiding gevonden. De uitgevoerde proeven zijn statische proeven met een langzame belastingsnelheid. Deze worden tegenwoordig weinig uitgevoerd omdat gezocht wordt naar dynamische eigenschappen vanwege de golfbelastingen. Voor langzame belastingen zoals zettingen in de ondergrond zijn statische proeven meer geschikt.

De eerste dynamische mechanische proeven uitgevoerd op open steenasfalt zijn beschreven in een afstudeeronderzoek [29]. Op basis van deze proeven zijn de eerste ontwerprichtlijnen opgenomen in de leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw [2]. In het onderzoek zijn de stijfheidmodulus (mastercurves), glijdingmodulus en vermoeiingseigenschappen bepaald. Ook zijn kruip- en hellingsproeven uitgevoerd. De uitgevoerde proef is een combinatie van een afschuifproef en een buigproef. De lengte van de kern is zodanig, dat er niet van pure afschuiving of buiging gesproken kan worden. Geconcludeerd is dat de stijfheidmodulus afhankelijk is van het aantal lastherhalingen. Net voor bezwijken wordt een stijfheidmodulus

gevonden van 20%-30% van de initiële stijfheidmodulus. Ook kan met de nomogrammen van Bonnaure de stijfheidmodulus goed worden bepaald. De vermoeiingslevensduur kan worden voorspeld op basis van de initiële stijfheidmodulus en initiële rekamplitude.

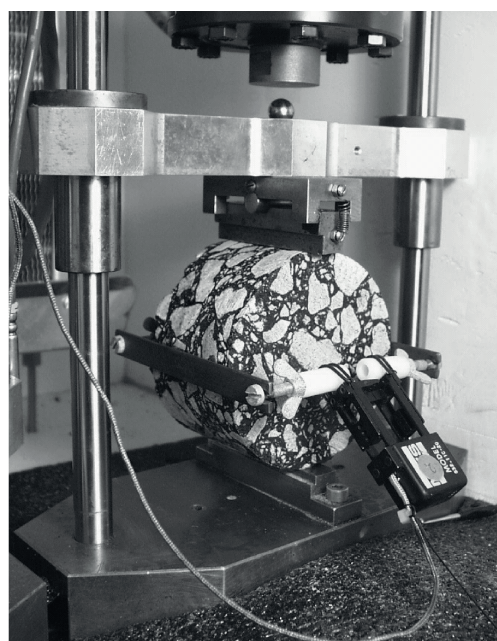
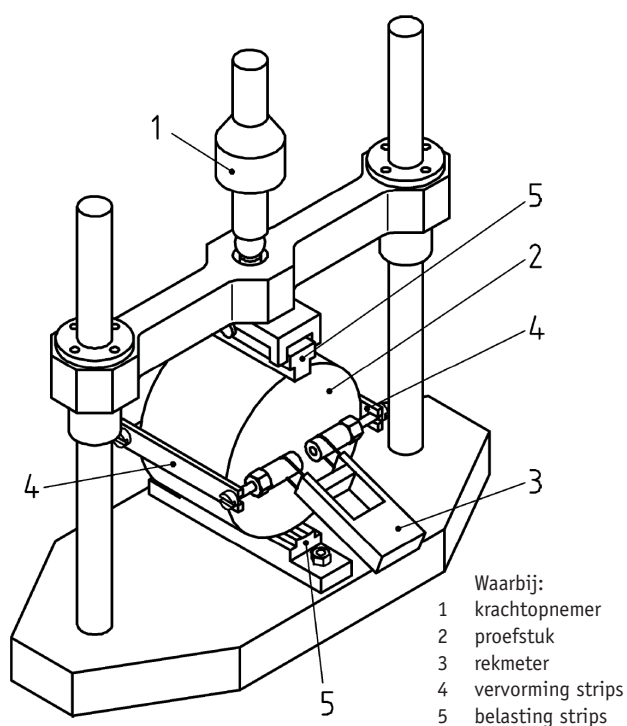
De proef beschreven in het afstudeeronderzoek is doorontwikkeld om de stijfheid- en vermoeiingseigenschappen van open steenasfalt te bepalen. Deze proef wordt de dynamische afschuifproef genoemd. Voor deze proef is een systeem ontwikkeld waarbij zuivere afschuiving in het proefstuk wordt gerealiseerd waarbij kracht en verplaatsing gemeten worden. De ontwikkeling van deze proef is beschreven in een literatuurstudie [51]. Om zuivere afschuiving te verkrijgen moest echter een robuust frame worden gemaakt waarbij alleen verplaatsingen loodrecht op het proefstuk konden optreden. Uit metingen is gebleken dat het uiteindelijke signaal discontinuïteiten vertoonde die aan de proefmethode zijn toegewezen. De proef was daarom niet geslaagd en verder te gecompliceerd om uit te voeren.

Recent heeft er een vergelijking plaatsgevonden tussen verschillende testmethoden [30]. Hierbij is eerst de keuze gemaakt voor een praktisch uitvoerbare proef waarmee bestaande bekledingen beproefd kunnen worden. Om bestaande bekledingen te kunnen beproeven moeten kernen geboord kunnen worden waaruit proefstukken verkregen kunnen worden. Vanwege de eenvoud van uitvoering en beschikbaarheid van bestaande Europese normen is er voor gekozen om de indirecte trekproef (IT-proef) en de semi-circular bending proef (SCB-proef) te gebruiken om de elasticiteitsmodulus en respectievelijk de buigtreksterkte van open steenasfalt te bepalen.

3.11.1 SPLIJT- OF INDIRECTE TREKPROEF

De indirecte trekproef (IT-proef) is gebruikt om de elasticiteitsmodulus en vermoeiingseigenschappen van open steenasfalt te bepalen. Een overzicht van de proefopstelling is gegeven in Figuur 3-5.

FIGUUR 3.5 OVERZICHT PROEFOPSTELLING IT-PROEF [57]

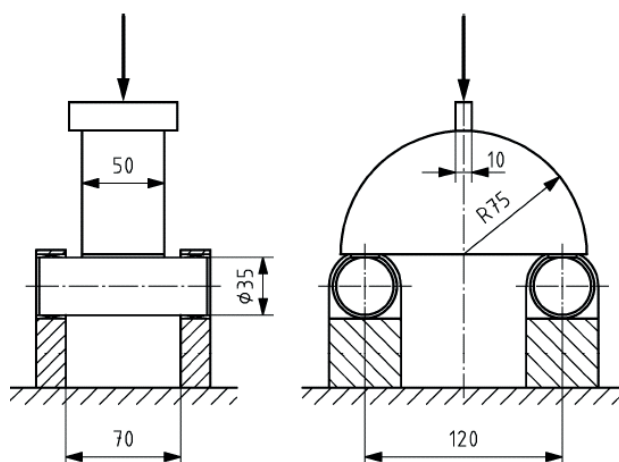


In de IT-proef wordt het proefstuk op druk belast waardoor druk- en trekspanningen in het proefstuk worden geïntroduceerd. Een beschrijving van de spanningsverdeling in het proefstuk is gegeven in [58]. In dit artikel wordt de invloed van de dikte van het proefstuk op de maximale spanningen en berekende stijfheid beschreven.

3.11.2 SEMI CIRCULAR BENDING PROEF

De semi circular bending (SCB)-proef wordt uitgevoerd op half ronde proefstukken. Deze worden verkregen door een schijf uit een kern doormidden te zagen. De proef is omschreven in een Europese norm [52]. De proefopstelling is weergegeven in Figuur 3-6.

FIGUUR 3.6 OVERZICHT PROEFOPSTELLING SCB-PROEF VOOR EEN KERN Ø 150 MM [52]



Het proefstuk wordt op twee opleggingen ondersteund en in het midden belast. Hierbij wordt in afwijking van de norm geen scheurinitiatie aangebracht. Het principe van de proef is dezelfde als de driepuntsbuigproef (zie volgende paragraaf) waarbij het proefstuk anders van vorm is. Hierdoor vindt naar verhouding minder buiging van en meer afschuiving in het proefstuk plaats. In de SCB-opstelling zijn buigtreksterkte- en vermoeiingsproeven uitgevoerd op oud en nieuw materiaal.

3.11.3 DRIEPUNTSBUIGPROEF

De driepuntsbuigproef wordt gebruikt om de stijfheid, sterkte- en vermoeiingseigenschappen van waterbouwasfaltbeton te bepalen. Een belangrijk verschil tussen waterbouwasfaltbeton en open steenasfalt is het verschil in toegepaste maximale steendiameter. Bij het bepalen van de mechanische eigenschappen in het laboratorium moeten de afmetingen van het proefstuk worden afgestemd op de diameter van de grootste korrels in het proefstuk. De hoogte van het proefstuk moet ten minste drie tot vier maal de maximale steendiameter bedragen omdat anders de vorm van het proefstuk het proefresultaat te veel gaat beïnvloeden. Daarnaast is het bij buigproeven gewenst dat de lengte van de balk zo groot mogelijk is ten opzichte van de hoogte zodat zuivere buiging in de balk ontstaat. Deze eisen zouden er bij open steenasfalt toe leiden dat er met proefstukken moet worden gewerkt die niet uit een boorkern kunnen worden gezaagd. Daarom worden de mechanische eigenschappen bij het beproeven van bestaande bekledingen van open steenasfalt niet op balkvormige proefstukken bepaald.

Balkvormige proefstukken kunnen in een laboratorium worden vervaardigd door een plaat open steenasfalt te maken en hier balken uit te zagen. Dit is uitgevoerd ter verificatie van de IT-proef en SCB-proef. Er zijn balken open steenasfalt vervaardigd van 330x75x75 mm (lxbxh). Deze zijn beproefd in de driepuntsbuigopstelling.

FIGUUR 3.7

BEELD VAN DE DRIEPUNTSBUIGPROEF



De resultaten zijn in § 3.11.4 weergegeven.

3.11.4 TESTRESULTATEN

In deze paragraaf zijn de testresultaten weergegeven van verschillende proeven. Het resultaat van de proef is afhankelijk van de temperatuur en belastingsnelheid. Daarom zijn deze in de tabellen weergegeven. De gegevens in deze tabellen zijn van nieuw open steenasfalt en slechts ter indicatie. De elasticiteitsmodulus en buigtreksterkte is afhankelijk van het gebruikte mengsel en de leeftijd en kan daarom niet zomaar worden gebruikt. Aanbevolen wordt om wanneer een open steenasfaltbekleding wordt aangelegd de sterkte te bepalen om te controleren of voldaan wordt aan de uitgangspunten gehanteerd bij het ontwerp.

TABEL 3.3 GEMIDDELTE ELASTICITEITSMODULUS VAN NIEUW OPEN STEENASFALT

Referentie	Proef	Materiaal	Temperatuur (°C)	Frequentie (Hz)	Elasticiteitsmodulus (MPa)
Bunschoten en Hiddinga [29]	Bunschoten en Hiddinga	20/40 mm	10	10	6100
KOAC-NPC 2008 [59]	IT	20/40 mm	5	8	9212
KOAC-NPC 2013 [30]	3PB	11/16 mm	5	10	7152
KOAC-NPC 2013 [30]	IT	11/16 mm	5	10	8392

TABEL 3.4 GEMIDDELTE BUITREKSTERKTE VAN NIEUW OPEN STEENASFALT

Referentie	Proef	Materiaal	Temperatuur (°C)	Reksnelheid (µm/m/s)	Buigtreksterkte (MPa)
KOAC-NPC 2008 [9]	SCB	20/40 mm	5	9.184	2,83
KOAC-NPC 2013 [30]	3PB	11/16 mm	5	1.555	4,29
KOAC-NPC 2013 [30]	3PB	11/16 mm	5	2.721	3,99
KOAC-NPC 2013 [30]	SCB	11/16 mm	5	1.150	3,22
KOAC-NPC 2013 [30]	SCB	11/16 mm	5	1.748	3,74

3.11.5 CANTABRO OF LOS ANGELES PROEF

De cantabroproef wordt uitgevoerd om de erosiegevoeligheid van asfalt te bepalen. In de cantabroproef wordt een proefstuk in een trommel rondgedraaid zoals bij een wasmachine. Het proefstuk valt naar beneden waardoor het proefstuk erodeert. Door de trommel stil te zetten bij een aantal lastherhalingen en vervolgens de massa van het grootste brokstuk te bepalen wordt de relatie tussen het aantal lastherhalingen en het massaverlies verkregen. Normaliter worden bij beproeving van een dicht asfaltmengsel in de trommel een aantal stalen ballen toegevoegd om het erosieproces te versnellen. Omdat het erosieproces bij open steenasfalt vanwege de open structuur sneller verloopt worden deze ballen niet toegevoegd in de trommel.

De proef is uitgevoerd op open steenasfalt uit het havengebied van Rotterdam, op nieuw gevezeld open steenasfalt [59] en polyurethaan gebonden aggregaat [60], [61]. Al na vijf omwentelingen werd een massaverlies van 50 – 70% gemeten voor het open steenasfalt. Opgemerkt moet worden dat het open steenasfalt ongeveer 35 jaar oud was. Er is een verschil geconstateerd tussen het open steenasfalt in de tijzone en het open steenasfalt boven de tijzone. Het open steenasfalt in de tijzone heeft meer massaverlies bij hetzelfde aantal omwentelingen. Bij poly urethaan gebonden aggregaat wordt na 20-25 omwentelingen een massaverlies van 50% gemeten. Vastgesteld is dat nieuw gevezeld open steenasfalt (GOSA) veel minder massaverlies heeft. Bij nieuw gevezeld open steenasfalt wordt na 200 omwentelingen een massaverlies van 50% gemeten. De spreiding van alle proefresultaten was erg groot.

3.11.6 QUEENSLAND TEST

In de Queensland Test worden 50 steentjes met hun vlakke zijde in een dunne laag bitumen (zonder vezels) gedrukt. Vervolgens worden ze 24 uur bij 60 °C bewaard. Hierna wordt het geheel vier dagen in een waterbad geplaatst bij 50 °C en worden de stenen met een tang uit de bitumenlaag getrokken en worden de hechtlagen beoordeeld op stripping. Aanbevolen wordt om bij het onderzoek ook een steensoort als calibratiemateriaal te gebruiken waarvan de eigenschappen bekend en constant zijn [56].

Uit de ervaringen blijkt de Queensland test een onderscheidende proef te zijn om de hechting tussen de steen en bitumen vast te stellen. Het is belangrijk om de in het werk toe te passen bitumen ook werkelijk te gebruiken in de proef. Op basis van de proef kan gekozen worden om een andere steensoort, andere bitumen of een hechtverbeteraar toe te passen.

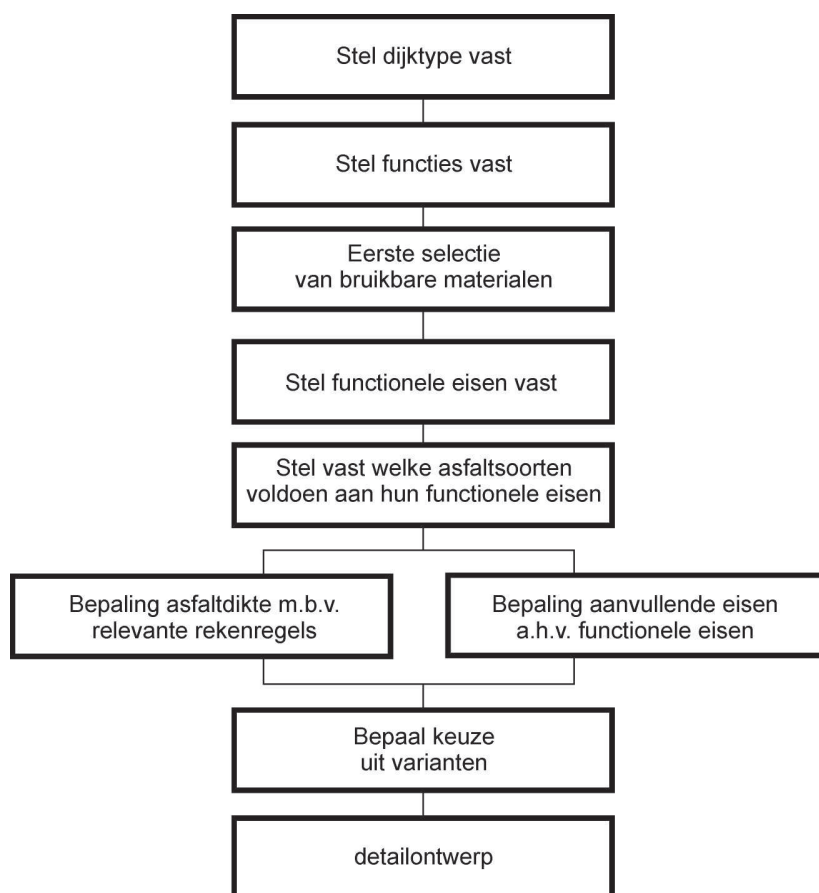
4

ONTWERP VAN DE BEKLEDING MET OPEN STEENASFALT

4.1 INLEIDING

Voor het ontwerp van een bekleding wordt een proces doorlopen van het bepalen van de toepassingen, functies en functionele eisen waarna gedimensioneerd kan worden. In het technische rapport asfalt voor waterkeren [1] is een schema van de ontwerpprocedure gegeven welke hier voor de volledigheid is weergegeven in Figuur 4-1.

FIGUUR 4.1 SCHEMA VAN DE ONTWERPPROCEDURE [1]



In de volgende paragrafen is een beschrijving gegeven van de toepassingen van open steen-asfalt, de functies, de functionele eisen en de dimensionering.

4.2 TOEPASSINGEN

In [1] en [62] zijn de volgende toepassingen voor open steenasfalt beschreven:

- Dijkbekleding
- Teenbescherming
- Vooroeververdediging
- Filterconstructie

FIGUUR 4.2

KINGS PARADE WALLASEY, 2012



Dijkbekleding wordt aangebracht om het onderliggende kernmateriaal te beschermen tegen erosie. Aan de waterzijde om de aanval van golven en stroming te weerstaan en aan de landzijde bij overloopdijken, om erosie door het overlopende water tegen te gaan. Het materiaal moet sterk genoeg zijn om de hydraulische belastingen te weerstaan en flexibel genoeg om zettingverschillen op te kunnen nemen. Ook moet het materiaal stabiel genoeg zijn om op hellingen toegepast te kunnen worden. Vanwege de lage aanlegkosten is open steenasfalt zeer geschikt als dijkbekleding [1].

Een teenbescherming wordt aangebracht op de vooroever van een waterkering en sluit aan op de teenconstructie. Een teenbescherming dient ter voorkoming of vermindering van erosie nabij de teen, zodat de standzekerheid van de teenconstructie niet wordt aangetast. Vanwege het open oppervlak kunnen flora en fauna zich hier vestigen.

Een vooroeververdediging wordt aangebracht op enige afstand van de oever of kustlijn en wordt aangelegd om erosie van de oever tegen te gaan. Hierbij moet worden opgemerkt dat wanneer het water sediment bevat het open steenasfalt gevoelig is voor slijtage. Figuur 4-2 geeft het hoogteverschil tussen het stalen deksel en omliggende bekleding weer. Hieruit kan de mate van erosie op deze locatie worden vastgesteld. Doordat zand meegevoerd wordt in de golfslag vindt versnelde erosie plaats.

Een filterconstructie voorkomt erosie van het onderliggende materiaal maar laat wel toe dat er water afgevoerd kan worden uit de onderlaag. Omdat open steenasfalt een zeer open mengsel is moet een extra gronddichte laag worden aangebracht. Deze laag bestaat meestal uit een geotextiel. In het verleden is deze onderlaag ook in zandasfalt uitgevoerd.

4.3 FUNCTIES

De primaire functie van het dijklichaam is het keren van water. De bekleding op het dijklichaam moet voorkomen dat er erosie van materiaal uit het dijklichaam optreedt. Erosie kan worden veroorzaakt door:

- Golfklappen
- Waterstroming
- Uitspoeling door grondwater

Andere functies van een open steenasfalt bekleding kunnen zijn:

- Verkeer
- Landschap en ecologie
- Recreatie

Deze functies vertalen zich in functionele eisen.

4.4 FUNCTIONELE EISEN

Erosie van het dijklichaam moet worden voorkomen. Om erosie door golfklappen te voorkomen moet de bekleding in staat zijn om onder golfklappen niet te bezwijken. De bekleding moet daarom met voldoende laagdikte worden aangebracht om te voorkomen dat de spanningen in de bekleding de sterkte overschrijden.

De bekleding moet voldoende weerstand tegen waterstroming hebben. Door stroming van water wordt aan de afzonderlijke bovenste laag stenen getrokken. Dit betekent dat de stenen voldoende onderlinge hechtsterkte moeten hebben. Ook kunnen objecten meestromen met het water. Dit kunnen stenen zijn of stukken hout. De hechting moet groot genoeg zijn om de belasting door deze objecten te kunnen weerstaan en er moet voldoende laagdikte zijn voor het geval dat er stenen loskomen.

Omdat de bekleding open is kan (grond)water door de bekleding heen stromen. De bekleding moet een geometrisch gesloten constructie zijn zodat er geen materiaal uit de onderlaag door de bekleding heen spoelt.

De onderlaag van de bekleding moet stabiel zijn en niet af kunnen schuiven.

Om de functies te kunnen vervullen moet voldoende laagdikte aanwezig zijn en moet de bekleding voldoende doorlatend en begroeibaar zijn. Hiervoor worden eisen gesteld aan de

materialen. Het is van belang zich te realiseren dat het open steenasfalt een bekleding is met een korrelskelet. De belasting door stroming of golfklappen moet grotendeels worden weerstaan door de mortel die de krachtoverdracht tussen de afzonderlijke stenen realiseert. De kwaliteit van de mortel is dus van groot belang voor het acteren van de bekleding als geheel.

4.5 BELASTINGEN EN BEZWIJKMECHANISMEN

In het voorschrift toetsen op veiligheid [63], zie paragraaf 7.2, is een aantal faalmechanismen beschreven. Het betreft hier alleen de mechanismen die kunnen optreden onder maatgevende belastingen. Deze zijn:

- bezwijken van de bovenlaag door golfklappen
- opdrukken van de bovenlaag door wateroverdruk, al dan niet samen met de onderlaag
- uitspoeling van het dijklichaam van onder de bekledingsconstructie
- bezwijken van de onderlaag bij bezwijkende bovenlaag

De belasting die optreedt bij deze faalmechanismen zijn in onderstaande subparagrafen beschreven.

Naast de genoemde mechanismen die optreden onder maatgevende belastingen, treden er gedurende de levensduur mechanismen op die kunnen leiden tot bezwijken van de bekleding. Deze zijn:

- Erosie door golven, stroming, drijvend en rollend vuil e.d.
- Vandalisme
- Chemische en biologische aantasting.
- Veroudering en stripping van de bekleding

4.5.1 BEZWIJKEN VAN DE BOVENLAAG DOOR GOLFKLAPPEN

De bekleding moet golfklappen kunnen weerstaan. Dat wil zeggen dat de doorbuiging veroorzaakt door de drukpuls van een golf niet mag leiden tot bezwijken van het asfalt. De doorbuiging zorgt voor buigtrekspanningen onderin de bekleding. Wanneer de buigtrekspanningen hoger zijn dan het materiaal kan opnemen dan ontstaat een scheur. Ook kan een scheur ontstaan na meerdere lastherhalingen omdat open steenasfalt vermoeiingsgevoelig is.

Ook ontstaan er tijdens een golfklap waterstromen op het oppervlak van de bekleding en bij open steenasfalt ook in de bekleding. De bekleding moet sterk genoeg zijn om deze waterstromen te kunnen weerstaan zonder dat (al te veel) erosie van de toplaag optreedt. Erosie is daarom een belangrijk mechanisme dat kan leiden tot bezwijken en falen van de bekleding.

4.5.2 OPDRUKKEN VAN DE BOVENLAAG DOOR WATEROVERDRUK

Erosie of mechanische slijtage treedt op doordat zand en steentjes worden verplaatst door de stroming. De buitenste laag stenen raakt hierdoor los en verdwijnt na verloop van tijd of de buitenste laag stenen wordt afgeslepen. Dit is een doorgaand proces en één van de belangrijkste oorzaken voor het geleidelijk afnemen van de laagdikte. Deze slijtage treedt vooral op bij de in het verleden veel toegepaste grove open steenasfalt met kalksteen 20-40 mm. Bij de vanaf het jaar 1985 toegepaste fijne open steenasfalt met kalksteen 16-22 mm treedt slijtage minder snel op. Dit komt doordat het contactoppervlak tussen stenen en bitumen groter is en het oppervlak gladder is. Het toepassen van een hardere steen vertraagt het afslijpen van de stenen. Een voorbeeld van een harde steensoort is Norit (Rekefjord Noorwegen). De slijtage

is ook minder omdat er meer lagen steen aanwezig zijn dan bij het grovere open steenasfalt. Opdrukken van de bovenlaag door wateroverdruk

Open steenasfalt is waterdoorlatend waardoor er geen wateroverdrukken onder kunnen ontstaan. Als open steenasfalt is aangelegd op een onderlaag van klei met een beperkte dikte, kunnen hieronder wel wateroverdrukken ontstaan. De waterdruk onder de bekleding drukt de bekleding omhoog waardoor spanningen aan de bovenzijde van de bekleding ontstaan. Wanneer de spanningen hoger zijn dan de maximale spanning die de bekleding op kan nemen dan ontstaat een scheur in de bekleding.

Het opdrukken van de bovenlaag, al dan niet samen met de onderlaag, wordt voorkomen door voldoende tegengewicht van de lagen ten opzichte van de wateroverdruk. Door voldoende laagdikte zal geen opdrukken optreden. Ook kunnen uitstroompunten gerealiseerd worden in de dichte onderlaag van de bekleding zodat geen wateroverdruk op kan treden. In dat geval moeten deze uitstroompunten wel weer grond dicht zijn om erosie te voorkomen. Een bekleding van open steenasfalt op een kleilaag komt nauwelijks voor in Nederland.

4.5.3 AFSCHUIVEN VAN DE BOVENLAAG

Ten aanzien van het afschuiven van de bovenlaag is het mogelijk dat bij verweking van de ondergrond aan aantal mechanismen optreden die tot bezwijken van de laag open steenasfalt kunnen leiden. Een beschrijving van deze faalmechanismen is gegeven in [64]. Voor de bekledingen steenzettingen en polyurethaan gebonden aggregaat zijn referenties beschikbaar waarin de toetsmethode voor dit faalmechanisme is beschreven [65], [66]. Met deze methoden kan het ontwerp gecontroleerd worden op afschuiving.

4.5.4 UITSPOELING VAN GROND UIT HET DIJKLICHAAM VAN ONDER DE BEKLEDINGSCONSTRUCTIE

Wanneer grond onder de bekledingsconstructie wegspoelt, wordt de bekleding niet meer ondersteund. Hierdoor ontstaan spanningen aan de onderzijde van de bekleding. Wanneer deze spanningen te hoog zijn ontstaat een scheur in de bekleding.

Het uitspoelen van de grond wordt bij een bekleding van open steenasfalt voorkomen door het toepassen van een grond dichte onderlaag. In het verleden werd uitspoeling voorkomen door het open steenasfalt op een laag zandasfalt of klei aan te leggen maar tegenwoordig wordt veelal een geotextiel toegepast.

De meeste schade aan de bekledingconstructie treedt op aan het oppervlak van het open steenasfalt en niet aan het geotextiel of de daaronder liggende zandlaag. Bij uittreding van grond / zand is dat meestal in een vroeg stadium al zichtbaar, dus al voordat de hydraulische condities optreden waarmee bij het ontwerp rekening wordt gehouden. In de toetsmethodiek, zie hoofdstuk 7, wordt ook rekening gehouden met uitspoeling.

4.5.5 BEZWIJKEN VAN DE ONDERLAAG BIJ BEZWIJKEND OPEN STEENASFALT

Wanneer de bekleding van open steenasfalt bezwijkt zal er, wanneer een laag zandasfalt of klei aanwezig is, nog enige reststerkte zijn. Wanneer de belastingen op de onderlaag groter zijn dan kan worden weerstaan dan zal de onderlaag bezwijken. Bij een geotextiel moet ervan worden uitgegaan dat er geen reststerkte aanwezig is. Het water heeft dan vrij spel op de erosiegevoelige onderbouw.

Het zandasfalt of de klei is niet gedimensioneerd op de golfbelasting, omdat deze alleen het uitspoelen van de onderbouw moeten voorkomen. Een laag van zandasfalt of klei zal falen van de hele bekleding en bezwijken van de waterkering vertragen.

4.6 DIMENSIONEREN

Een bekleding met open steenasfalt wordt gedimensioneerd op de belastingen die moeten worden weerstaan. De belangrijkste belasting wordt gevormd door golfklappen. Van minder belang, maar niet onbelangrijk zijn de belastingen door scheepvaart en mechanische slijtage (erosie) van open steenasfalt.

Een uitgebreide beschrijving voor het dimensioneren van een open steenasfaltbekleding is beschreven in het technisch rapport asfalt voor waterkeren [1]. Voor het dimensioneren van de laagdikte kunnen de volgende stappen worden gevolgd:

- 1 Bepaal de minimale laagdikte voor de uitvoering (zie § 3.4)
- 2 Bepaal de minimaal benodigde laagdikte voor golfklappen op basis van de ontwerpgrafiek (zie Figuur 4-3) of met het programma golfklap. Deze figuur is gewijzigd ten opzichte van het technisch rapport asfalt voor waterkeren [1] en is ontleent aan [67].
- 3 Wanneer het open steenasfalt in een erosiegevoelige omgeving ligt (bijvoorbeeld als strandhoofd) kan gekozen worden om enkele centimeters extra laagdikte toe te voegen.
- 4 Controleer wanneer open steenasfalt op een ondoorlatende bekleding wordt toegepast of voldoende gewicht tegen wateroverdrukken beschikbaar is.
- 5 Bepaal het type overgang op andere bekledingen.

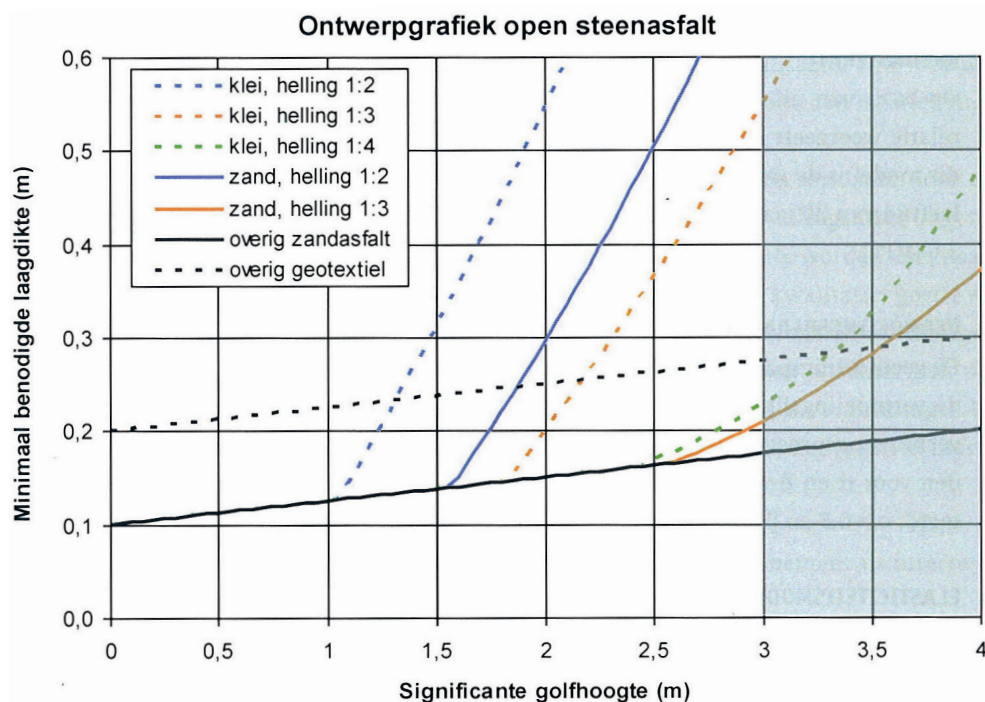
In de volgende paragrafen is verder ingegaan op de verschillende aspecten van het dimensioneren van een bekleding.

4.6.1 BELASTING DOOR WINDGOLVEN

In Figuur 4-3 [67] is de ontwerpgrafiek van de benodigde laagdikte als functie van de golfhoogte opgenomen. Deze grafiek is gebaseerd op de parameters van open steenasfalt zoals vermeld in Tabel 4-1. Voor golfhoogten groter dan 3 m moet ook naar andere bezwijkmechanismen worden gekeken zoals verweking van de ondergrond.

FIGUUR 4.3

ONTWERPGRAFIEK OPEN STEENASFALT [67]



TABEL 4.1

ONTWERPPARAMETERS OPEN STEENASFALT

Parameter	Waarde
Elasticiteitsmodulus (MPa)	1.000
Vermoeiingsparameter a (-)	2,5
Vermoeiingsparameter log (k) (-)	2,8
Beddinggetal zand (MPa/m)	64
Beddinggetal klei (MPa/m)	30

De hier genoemde stijfheid verschilt met die uit § 3.11.4. Ten tijde van het opstellen van deze ontwerpgrafiek is gebruik gemaakt van één proefwaarde welke gerapporteerd is in tabel 20.1 van [2]. Daarnaast is een rechte vermoeiingslijn gebruikt terwijl tegenwoordig een gekromde vermoeiingslijn gebruikt wordt. Omdat de stijfheid van open steenasfalt hoger kan zijn dan gebruikt in de ontwerpgrafiek, is aanpassing van de ontwerpgrafiek gewenst. Voor het bepalen van de benodigde laagdikte van open steenasfalt kan met het programma GOLFKLAP een berekening worden uitgevoerd. Hiervoor kunnen de gegevens uit dit rapport worden gebruikt. Het is van belang om te controleren of de aangenomen materiaaleigenschappen in de werkelijkheid ook gerealiseerd zijn.

4.6.2 BELASTING DOOR SCHEEPSGOLVEN

Voor belastingen door scheepsgolven zijn geen specifieke rekenregels beschikbaar. In deze paragraaf is verslag gedaan van een praktijkproef met schepen. Uit deze proef blijkt dat open steenasfalt goed bestand is tegen stroming door scheepsschroeven en aanvaring door schepen.

In Duitsland is door Kuhn [68] onderzoek verricht naar de weerstand tegen hydraulische (golven en stroming door scheepsschroeven) en mechanische belasting (aanvaring) van kanaaloeveren door schepen. Hiervoor zijn 8 proefvakken aangelegd langs het Main-Donaukanaal. De proefvakken zijn bekleed met verschillende blokken- en plaatbekledingen, een schanskorvenbekleding, gepenetreerde breuksteen en een bekleding van open steenasfalt 30/50 mm met een dikte van 180 mm die is aangebracht op een filter van zandasfalt van 120 mm.

De bekledingen zijn aan de volgende belastingen blootgesteld door:

- Drie maal met een duwboot, zo dicht mogelijk bij de kant op vol vermogen voorbij te varen;
- Drie maal met een vrachtschip, zo dicht mogelijk bij de kant op vol vermogen voorbij te varen;
- Een vrachtschip stationair vijf minuten op vol vermogen op een locatie te laten draaien;
- Met een duwboot met duwbak van in totaal 1700 ton op de bekleding in te varen en de beschadigingen controleren.

In dit onderzoek bleek open steenasfalt zowel technisch als economisch de beste oplossing.

In [46] is aangegeven, dat door intensivering van de scheepvaart en steeds grotere schepen op de Leie, de teen erodeerde en daarmee de oude bekleding van beton ernstig onderspoeld raakte. De schade is hersteld met open steenasfalt, waarbij tevens vooroeverbescherming was opgenomen, enerzijds om de teen te beschermen tegen erosie en anderzijds om vegetatie een kans te geven, die door voortdurende sterke stroming met wisselende stroomrichtingen in de oude situatie geen kans kreeg.

4.6.3 MECHANISCHE SLIJTAGE

In [69] is een beschouwing over het dimensioneren van bekledingen van open steenasfalt gegeven. Daarnaast wordt in dit rapport ingegaan op mechanische slijtage. Vaak blijkt de schade aan open steenasfalt bekledingen te bestaan uit afslijten van de mastieklag om de steen en verlies van stenen. De levensduur is daarom vaak afhankelijk van dit mechanisme [69]. Bij het onderzoek naar windgolven, zie paragraaf 3.9, is ook de gevoeligheid van open steenasfalt voor mechanische slijtage vastgesteld. Hiervoor werd op een deel van de bekleding 10 kilogram steenslag 30/60 mm toegevoegd aan de golfbeweging. Dit leverde na 50.000 golfklappen al een aanzienlijke beschadiging aan de bekleding op. Waarschijnlijk zullen ook golven met een kleinere hoogte dan twee meter stenen en afval transporteren. Het onderzoek was echter niet ingericht om uitspraken te doen over de belasting en snelheid waarmee steenverlies op zou kunnen treden. Ook drijfvuil en kruisend ijs moeten in dit verband als een bedreiging voor open steenasfalt worden aangemerkt.

Wanneer verwacht wordt dat veel mechanische slijtage op zal treden dan wordt aanbevolen enkele centimeters extra laagdikte toe te voegen aan de bekleding (zie ook § 6.3.3).

4.7 OVERGANGEN

Overgangen zijn vaak kritische locaties in de bekleding en moeten daarom zo weinig mogelijk worden toegepast. Er zijn geen specifieke ontwerpregels voor overgangsconstructies, maar er zijn wel algemeen geldende principes die moeten worden gehanteerd. Een overgangsconstructie moet minstens gelijkwaardig zijn aan de omliggende constructies op de volgende aspecten [1]:

- Sterkte;
- Waterdoorlatendheid;
- Zanddichtheid;
- Flexibiliteit;
- Vlakheid;
- Duurzaamheid.

4.7.1 OVERGANG OP HETZELFDE MATERIAAL

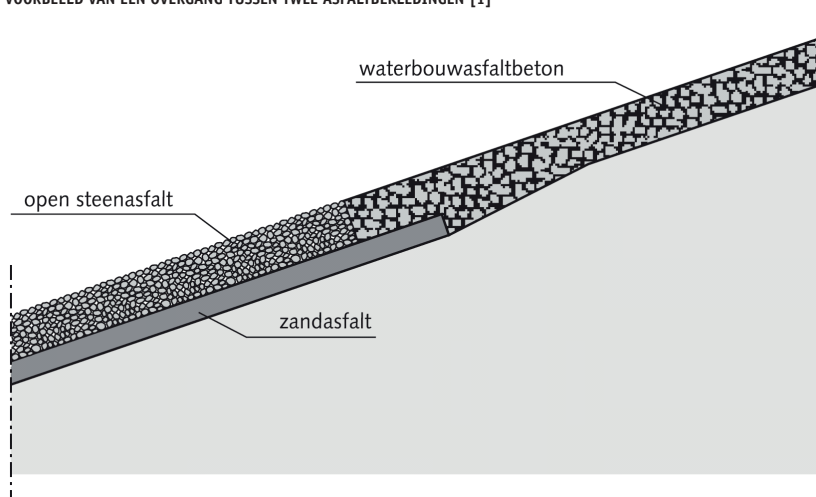
Een daglas bij open steenasfalt wordt als een rechte lijn uitgevoerd. De las moet worden verwarmd, aangestroken met een bitumineus kleefmiddel en geëgaliseerd. Een onderliggend filterdoek wordt met een overlap van minstens 0,5 meter aangesloten op aanliggende filters. Wanneer matten open steenasfalt worden toegepast dan moet de aansluiting bij voorkeur worden afgegoten met gietasfalt of asfaltmastiek [1].

4.7.2 OVERGANG OP ANDERE BEKLEDINGEN

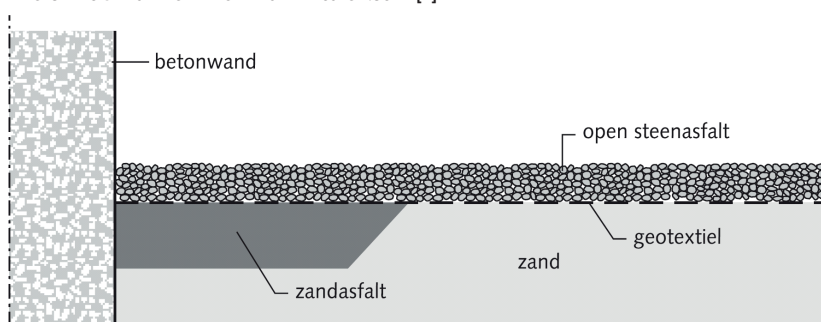
Bij aansluitingen op andere bekledingen kunnen gemakkelijk spleten ter plaatse van de overgang ontstaan. Deze kunnen worden veroorzaakt door een verschil in stijfheid tussen de bekledingen of verschillen in de thermische uitzettingscoëfficiënt van de materialen.

Wanneer een open steenasfaltconstructie overgaat op een andere asfaltconstructie moeten de bekledingen worden voorverwarmd of voorbewerkt met een bitumineus hechtmiddel om een goede hechting tussen de constructies te verkrijgen. Ook kan een wapening worden toegepast. Een eventueel verschil in dikte moet worden opgevangen door de constructie te verzwaren ter plaatse van de overgang. Voorbeelden van overgangen zijn gegeven in Figuur 4-4 tot en met Figuur 4-8.

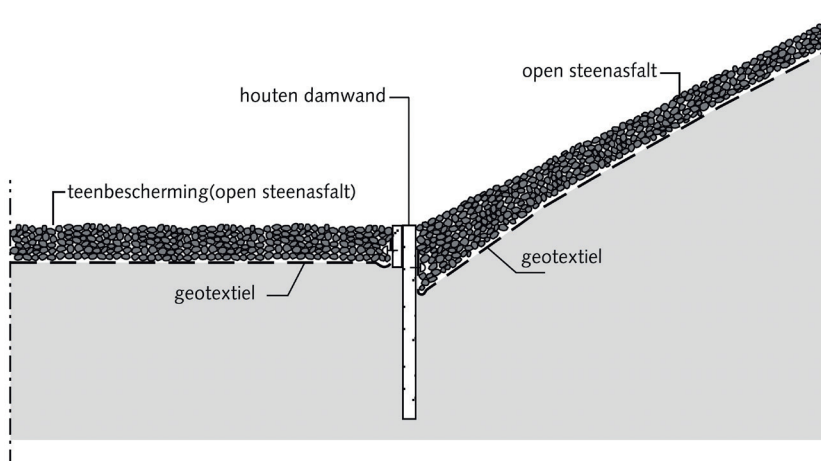
FIGUUR 4.4 VOORBEELD VAN EEN OVERGANG TUSSEN TWEE ASFALTBEKLEDINGEN [1]



FIGUUR 4.5 AANSLUITING VAN OPEN STEENASFALT OP EEN CONSTRUCTIE [1]

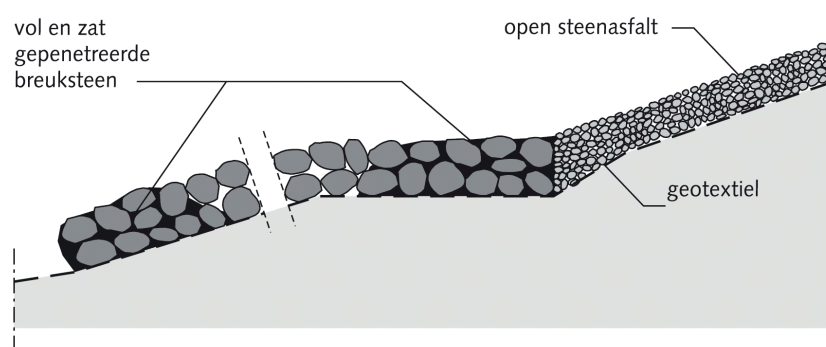


FIGUUR 4.6 VOORBEELD VAN EEN STARRE TEENCONSTRUCTIE [1]



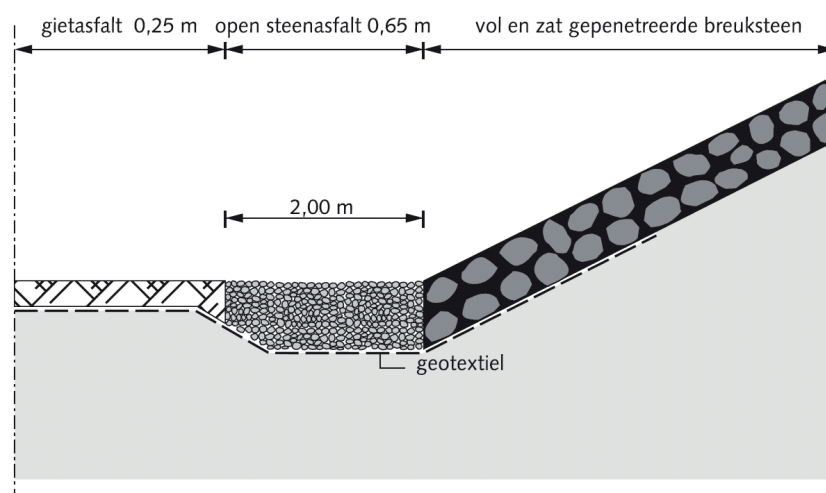
FIGUUR 4.7

VOORBEELD VAN EEN FLEXIBELE TEENCONSTRUCTIE [1]



FIGUUR 4.8

VOORBEELD VAN EEN OPEN TEENCONSTRUCTIE [1]



Opgemerkt wordt dat de constructie zoals weergegeven in Figuur 4-8 gevoelig is voor erosie wanneer zich veel vuil verzameld onderaan de bekleding.

Overgangen op een grasbekleding kunnen worden uitgevoerd door het toepassen van grasbetontegels of doorgroeistenen ter plaatse van de overgang. Ter plaatse van de overgang moet de asfaltdikte toenemen en de kleidikte afnemen binnen het profiel. Verdere detaillering van een overgangsconstructie op gras is te vinden in [1].

Het gronddichte filter en het open steenasfalt kunnen bij de overgang op een grasbekleding worden doorgetrokken tot over de kleilaag die samen met het gras een erosiebestendige bekleding voor de kruin van de dijk vormen. Het filter kan een geotextiel of zandasfalt zijn en moet doorlopen tot op de klei om uitspoeling van grond via de naad te voorkomen. In geval het gronddichte filter uit klei bestaat, kan de overgang direct gemaakt worden met grastegels.

5

AANLEG

5.1 INLEIDING

Nadat het functioneel ontwerp is opgesteld en de technische details zijn uitgewerkt wordt gestart met de aanlegfase. Deze bestaat, ten aanzien van open steenasfalt, uit de volgende stappen:

- bepalen wijze van uitvoering opstellen bestek
- uitvoeren mengselontwerp
- uitvoeren vooronderzoek
- aanleg van de bekleding

De wijze van uitvoering, zoals het gebruik van materiaal, is afhankelijk van de locatie, het dijkprofiel en de toegankelijkheid. Omdat het open steenasfalt bij hoge temperaturen ($> 110\text{ °C}$ [12]) moet worden verwerkt is de afstand van de centrale tot het werk van belang en moet de aanvoer van het open steenasfalt gereguleerd worden. Meestal worden geïsoleerde vrachtwagens gebruikt voor het vervoer om zo weinig mogelijk warmteverlies te hebben. Wordt met open steenasfalt matten gewerkt dan moet de locatie met groot materieel bereikbaar zijn. In de volgende paragrafen is ingegaan op deze verschillende fasen van de aanleg van open steenasfalt.

5.2 BESTEKSBEPALINGEN

Met besteksbepalingen wordt het uit te voeren werk omschreven en vastgelegd. Het bestek is een contractdocument of aannemingsovereenkomst tussen de opdrachtgever en opdrachtnemer en het vertrekpunt voor de bouwpartners die het werk uit gaan voeren [70].

Het bestek geeft een beschrijving van wat de opdrachtgever wil, waaruit het open steenasfalt moet worden samengesteld, hoeveel er moet worden uitgevoerd, waar dit gesitueerd moet zijn en wanneer dit moet gebeuren. Ook wordt vermeld onder welke voorwaarden het werk tot stand moet worden gebracht [70].

Er zijn drie typen bestekken:

- bestek volgens de RAW systematiek [12]
- een zogenaamd prestatiebestek
- bestek volgens het Belgische Standaardbestek 230 [71]

5.2.1 BESTEK VOLGENS DE RAW SYSTEMATIEK

Voor de toepassing van open steenasfalt zijn de in de Standaard RAW bepalingen 2010 [12] opgenomen bepalingen niet meer toereikend. Met name voor het vooronderzoek van open steenasfalt zijn aanpassing nodig naar de nieuwste inzichten. Tot nu toe werd een vaste steen-mortelverhouding gehanteerd, die bij afwijkende graderingen tot problemen leidde. Daarom is het volumetrisch mengselontwerp ingevoerd, waarmee op basis van de gradering

en een bepaalde mastiekdikte om de steen de steen-mortelverhouding wordt berekend. Deze wijziging is de laatste jaren vooral in Zeeland ingevoerd, waar een aantal werken met open steenasfalt is toegepast in de golfploopzone. Voor de toepassingen zijn daarom een set nieuwe bestekbepalingen opgesteld [72], die inmiddels ook meer landelijke invoering hebben gekregen. De bestekbepalingen zijn opgenomen in dit rapport in bijlage 3.

Sinds kort wordt gewerkt aan de herziening van de bepalingen in de Standaard RAW bepalingen 2010 (hoofdstuk bitumineus gebonden bekledingsconstructies). Bij deze herziening worden ook aspecten als nieuwe contractvormen, functioneel specificeren en integrale kwaliteitszorg betrokken. De gedachte hierbij is dat primair de technische bepalingen op orde moeten zijn en dat de verantwoordelijkheid van de toepassing van deze bepalingen nader geregeld wordt. Dit betekent dat aannemers bij prestatiecontracten moeten werken met een kwaliteitssysteem, waarin kwaliteitsplan en uitvoeringsplan belangrijke elementen vormen. Deze plannen moeten technisch inhoudelijk corresponderen met de inhoud van de Standaard RAW bepalingen.

5.2.2 PRESTATIEBESTEK

In het verleden is nagenoeg altijd gewerkt met een bestek volgens de Standaard RAW systematiek. Naast de Standaard RAW bestekken worden momenteel steeds meer zogenaamde prestatiecontracten opgesteld. Met name bij de rijksoverheid worden bestekken opgesteld, waarin veel taken van de opdrachtgever worden overgenomen door de aannemer. Dit kan zowel ontwerp, aanleg, onderhoud als financiering betreffen (zgn. DBMF-contracten). Daarbij is het van belang dat in deze contracten goed wordt beschreven hoe de aannemer aantoont dat hij aan zijn verplichtingen voldoet (of de juiste prestatie geleverd wordt).

5.2.3 BELGISCHE STANDAARDBESTEK 230

In het Standaardbestek 230 zijn definities gegeven van een open steenasfalt mengsel en een gevezeld open steenasfalt mengsel. Aangegeven is welke materialen gebruikt moeten worden en welke eisen worden gesteld aan de materialen. Voor de eisen aan de materialen wordt verwezen naar het Standaardbestek 250 [73].

5.3 NORMEN

In de Standaard RAW bepalingen is aangegeven welke eisen aan bouwstoffen en mengsels worden gesteld. Naast de met name genoemde eisen zijn Nederlandse en internationale normen van kracht volgens artikel 01.01.01-lid 02 van de Standaard RAW bepalingen. In het “Normenoverzicht GWW” van het CROW in Ede wordt periodiek een geactualiseerd overzicht gegeven van alle bestaande normen. Dit normenoverzicht is gratis beschikbaar (via internet).

5.4 MENGSELONTWERP

5.4.1 MENGSELSAMENSTELLING OPEN STEENASFALT

Ervaringen in het verleden hebben aangetoond, dat het ontwerp van een mengsel open steenasfalt nauw luistert. Het mengselontwerp heeft hierdoor in de loop der jaren een ontwikkeling doorgemaakt:

- In 1968 zijn grove stenen gebruikt en werd de mastiek apart gemengd en bij de verwarmde stenen gevoegd.
- In de jaren '70 is de samenstelling en viscositeit van de mastiek verbeterd en zijn andere

gradaties van de stenen toegepast. Er wordt twee keer gemengd, eerst alleen de mastiek en vervolgens samen met de stenen [74].

- In de jaren '80 worden vezels aan het mengsel toegevoegd. Er wordt drie keer gemengd: de mastiek, de mastiek met vezels, de mastiek met vezels en de stenen. Er worden hardere steensoorten gebruikt bij zware golfaanval.
- In de jaren '90 worden testen gebruikt om de hechting tussen stenen en bitumen vast te stellen. De omhullingsdikte rond de stenen worden bepaald met de volumetrische ontwerp methode. Hechtverbetersaars worden toegevoegd aan het mengsel en het mengsel wordt in 1 keer gemengd in een continue menger.
- In de jaren 2000 is het vooronderzoek succesvol vastgelegd in de aanbestedingsdocumenten.
- In het jaar 2010 is het rapport state of the art asfaltdijkbekledingen verschenen waarin een deel van de bovenstaande ontwikkelingen is vastgelegd.

Oorspronkelijk werd open steenasfalt met een vaste massaverhouding samengesteld: circa 80% steenslag en circa 20% mastiek. Omdat de gradering van de steenslag soms fijner, soms grover werd gekozen, betekende deze vaste verhouding een variatie in het specifieke oppervlak van deze steenslag en daarmee een variatie in de dikte van de mastieklam rond de steenkorrels. Fijnere steenslag met een relatief hoog specifiek oppervlak werd te dun omhuld, waardoor onvoldoende samenhang ontstond. Grovere steenslag werd te dik omhuld, waardoor de mastiek kon afdruipten, wat per saldo ook tot een geringere omhullingdikte dan gewenst leidde [67]. Omdat de omhullingdikte van belang is voor zowel de sterkte van de laag open steenasfalt als voor de duurzaamheid daarvan is het mengselontwerp en de beheersing van de samenstelling tijdens de aanleg van groot belang.

Dit was midden jaren '90 aanleiding tot het ontwikkelen van een methode voor volumetrisch mengselontwerp, die leidt tot een stabiel en duurzamer mengsel.

Uitgangspunten voor het volumetrisch mengselontwerp zijn:

- gradering van de steenslag;
- dichtheid van de bouwstoffen;
- de gewenste laagdikte van de mastieklamhulling.

Uit onderzoek is gebleken dat uitgevoerde werken met een juiste omhullingdikte beter presteren dan te vette of te magere mengsels [8]. Bij gebruik van vezels als afdruiptremmer, bleek bij de goed presterende werken de gemiddelde omhullingdikte 1,1 mm te bedragen. Het toevoegen van vezels aan het mengsel vergroot de (vermoedings)sterkte van het mengsel (zie § 5.4.4). Bij goed presterende werken waarbij asfaltmastiek zonder afdruiptremmers was toegepast bleek de gemiddelde omhullingdikte 1,0 mm te zijn. Deze omhullingdikten worden daarom in het volumetrisch ontwerp als de gewenste laagdikte van de asfaltmastiek gebruikt. Bij controle in het werk mag deze laagdikte tot 0,2 mm dunner zijn, omdat tijdens productie en verwerking breuk van steenslag kan optreden, wat zich in een groter specifiek oppervlak zal vertalen. De berekende volumeverhoudingen worden met behulp van de dichtheden van de bouwstoffen teruggerekend naar massaverhoudingen, om als invoer voor de menginstallatie te dienen. Een rekenvoorbeeld waarbij de volumetrische ontwerp methode is toegepast is gegeven in bijlage 2.

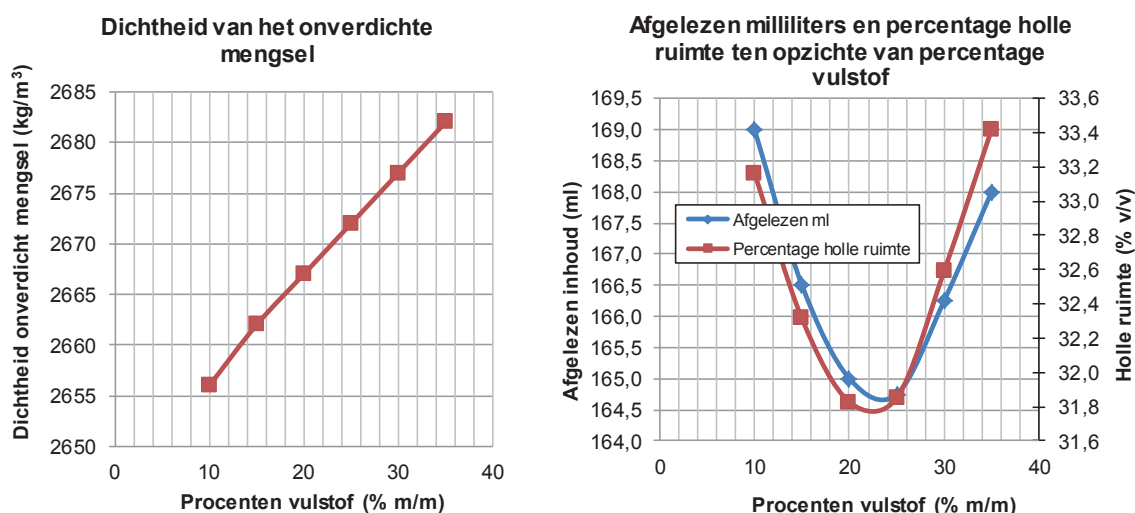
Tijdens de aanleg moet regelmatig bedrijfscontrole uitgevoerd worden op de korrelverdeling van de aangevoerde steenslag, de samenstelling en de resulterende omhullingdikte, om deze laatste goed te beheersen. Naast het volumetrisch ontwerp van het mengsel, waarmee

de mastieklindikte wordt beheerst, is het noodzakelijk om het mengsel te controleren op holle ruimte. (gevezeld) open steenasfalt moet conform de Standaard RAW Bepalingen 2010 minimaal 15% holle ruimte bevatten. Dit percentage is echter alleen te bepalen door enkele proefstukken te maken en hiervan de dichtheid proefstuk en de dichtheid mengsel te bepalen en het percentage holle ruimte te berekenen (proef 56). Wanneer niet aan de eis voor holle ruimte wordt voldaan, moet een andere gradering steenslag worden gekozen, en moet het volumetrische ontwerp opnieuw worden uitgevoerd.

5.4.2 ONTWERPEN ASFALTMASTIEK

Naast het bepalen van een juiste mengselverhouding tussen steenslag en asfaltmastiek is ook het ontwerp van de asfaltmastiek zelf van groot belang. Dit ontwerp gebeurt aan de hand van de proeven 58 en 59 van de Standaard RAW Bepalingen 2010. Eerst wordt daarin de verhouding zand/ vulstof bepaald met behulp van de Engelsmannproef (proef 90), zodat een mengsel wordt verkregen met ten minste 20% vulstof en met het laagste percentage holle ruimte.

FIGUUR 5.1 VOORBEELD RESULTAAT ENGELSMANNPROEF



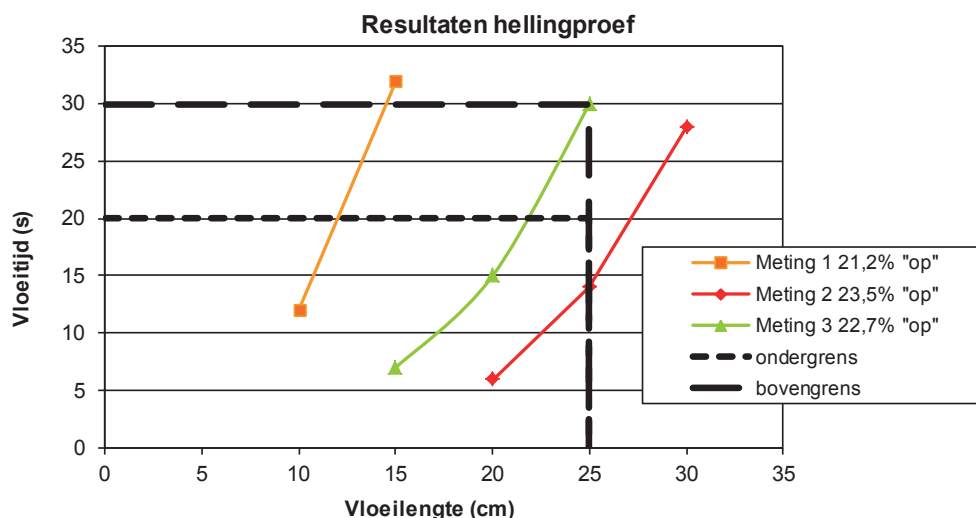
Vervolgens wordt uit deze verhouding en de korrelverdelingen van het zand en de vulstof het theoretisch bitumengehalte berekend. Tenslotte worden drie mengsels vervaardigd: één met het theoretische bitumengehalte, één met een 1% hoger en één met een 1% lager bitumengehalte, die op de hellingproef (proef 59) worden gecontroleerd op hun vloeigedrag van de mastiek bij 140 °C op een helling van 1:3. Een voorbeeld van het resultaat van de hellingproef is weergegeven in Figuur 5-2.

In Figuur 5-2 is zichtbaar dat de vloeilengte van 25 cm gehaald moet worden tussen de 20 en 30 s vloeitijd. Het mengsel van meting 3 voldoet hieraan.

Een alternatief voor de hellingproef is de uitstroomviscosimeter van Kerkhoven [75]. Daarbij wordt de viscositeit van de asfaltmastiek bij 140 °C ingesteld tussen 30 en 80 Pa.s (optimaal is 40 Pa.s). Voor gevezeld open steenasfalt wordt 0,3 tot 0,5 % m/m cellulosevezel toegevoegd. Om eenzelfde vloeigedrag te krijgen zullen deze mengsels een hoger bitumengehalte krijgen.

FIGUUR 5.2

VOORBEELD RESULTAAT HELLINGPROEF



5.4.3 DUURZAME HECHTING

Ook de duurzame hechting van de mastiek aan het gesteente moet gecontroleerd worden. In het algemeen zijn gesteenten hydrofiel en oleofoob, waardoor op lange termijn water tussen bitumen en steen kan nestelen. Gevolg is afname van de hechting en verzwakking van de laag open steenasfalt. Om de affiniteit van steen en bitumen te testen wordt de Queenslandtest gebruikt (zie ook § 3.11.6). Ervaringen met deze test hebben geleerd, dat het gebruik van kalksteen geen garantie biedt voor een goede hechting. Ook is bekend, dat de te gebruiken bitumen hierop een grote invloed kan hebben. Het is daarom van belang om de steenslag en bitumen die daadwerkelijk gebruikt zullen gaan worden op deze duurzame hechting te testen. In de Quenslandtest worden 50 steentjes met een platte kant (niet hol) in een dunne laag bitumen gedrukt. Vervolgens worden ze 1 dag bij 60 °C opgeslagen, waarna ze 4 dagen onder water bij 50 °C worden bewaard. Na afkoelen worden de steentjes met een tang uit de bitumenfilm getrokken en beoordeeld op stripping en wordt het gemiddelde percentage stripping berekend. Tot 25% stripping wordt acceptabel geacht. Wanneer hieraan niet wordt voldaan, moet er een keuze gemaakt worden voor andere grondstoffen (steenslag of bitumen) of kan de test herhaald worden, nadat aan de bitumen een hechtverbeteraar is toegevoegd.

5.4.4 HULPSTOFFEN

In [13] is het effect beschreven van cellulosevezels en Trinidad-bitumen op enige duurzaamheidsaspecten van open steenasfalt. In [76] is een beschouwing gegeven over het nut van cellulosevezels in open steenasfalt. Het toevoegen van vezels aan het mengsel kan de (vermoeiings)sterkte van het materiaal vergroten met een factor 2 (zie § 3.3). Het toevoegen van vezels aan het mengsel voorkomt ontmenging tijdens transport en verwerking van het materiaal waar dit bij een omhullingsdikte van 1,0 mm zonder vezels wel voor kan komen.

In [77] wordt het gebruik van de hechtverbeteraar Polyram L200 genoemd. Omdat de hechting onvoldoende was is dit middel aan het mengsel toegevoegd. Onduidelijk is in welke hoeveelheden dit is toegepast. Uit de resultaten met de Queenslandtest is gebleken dat de stripping van dit mengsel 0% bedraagt. Tegenwoordig wordt ook de hechtverbeteraar Wet Fix gebruikt.

In proefvakken in de dijk bij Ellewoutsdijk is Genicel aan het mengsel toegevoegd. Genicel bestaat voor 60% uit vezels en 40% uit was [78]. Van de invloed van deze hulpstof op de sterkte en duurzaamheid van open steenasfalt zijn in de referentie geen resultaten bekend.

5.5 UITVOERING

De wijze waarop de aanleg van (gevezeld) open steenasfalt plaatsvindt, is uitgebreid beschreven in het technisch rapport asfalt voor waterkeren [1].

De minimale laagdikte waarin open steenasfalt wordt aangebracht is viermaal de grootste nominale korrelafmeting. Onder het mengsel wordt een zanddicht filter aangebracht dat meestal bestaat uit een geotextiel. In het verleden is vaak zandasfalt toegepast als filter.

Met een hydraulische kraan wordt het open steenasfalt mengsel op de filter aangebracht en vlak afgewerkt. Bij voorkeur wordt de bekleding afgerold met een zeer lichte wals om losliggend materiaal te voorkomen. Bij het gebruik van een zware wals wordt de bekleding teveel verdicht.

FIGUUR 53

BEELD VAN HET PROCES VAN AANBRENGEN VAN OPEN STEENASFALT (FOTO'S: RWS)



FIGUUR 5.4

AANBRENGEN VAN EEN DAGLAS VAN OSA OP ZANDASFALT (FOTO: HESSELBERG-HYDRO) [1]



Voor meer informatie over de uitvoering wordt verwezen naar het technisch rapport asfalt voor waterkeren [1].

5.6 KWALITEITSZORG

Om er voor te zorgen dat bij de uitvoering van werken door de aannemer het beoogde resultaat wordt bereikt, is een uitvoerig systeem van kwaliteitszorg ontwikkeld. Deze technische besteksbepalingen zijn in de Standaard RAW bepalingen [12] opgenomen en bepalen samen met Nederlandse en Europese normen welke maatregelen moeten worden genomen om het juiste resultaat te bereiken [72]. Voor open steenasfalt betekent dit dat de aannemer het volgende moet opnemen in het op te stellen uitvoerings- en kwaliteitsplan. In bijlage 3 van dit rapport zijn geactualiseerde besteksbepalingen voor open steenasfalt opgenomen.

- Op basis van voorgeschreven bouwstoffen een vooronderzoek verrichten waarmee een mengsel wordt ontworpen; dit vooronderzoek bestaat uit een onderzoek naar de kwaliteit van de bouwstoffen, hechtingsproeven, onderzoek naar de verdichting van zand-vulstofmengsels, berekening van het theoretisch bitumengehalte van de asfaltmastiek; bepaling van de viscositeit van de asfaltmastiek met vloeiproeven en het volumetrisch ontwerp van een mengsel open steenasfalt.
- Met het ontworpen mengsel open steenasfalt wordt bij aanvang van het werk een geschiktheidsonderzoek uitgevoerd, waarin de aannemer in een proefvak aantoont dat hij met de door hem gekozen werkwijze een bekleding realiseert die aan de gestelde eisen voldoet. Voor de productie van asfalt zijn gecertificeerde asfaltinstallaties voorgeschreven.
- Tijdens de uitvoering verricht de aannemer bedrijfscontrole waarmee hij aantoont dat het bereikte resultaat voldoet aan de gestelde eisen (laagdikte, samenstelling, omhulling, holle ruimte en temperatuur bij verwerken).
- Tijdens en na de uitvoering verricht de opdrachtgever een check op de bedrijfscontrole naar de kwaliteit en de kwantiteit van het bereikte resultaat.

Nu in de prestatiebestekken het bepalen van de kwaliteit en de kwantiteit zelf aan de aannemer wordt overgelaten lijkt het zinnig hierbij inhoudelijk de systematiek uit de Standaard aan te houden. Immers deze systematiek is in paritair overleg (opdrachtgevers en aannemers) door deskundigen vastgesteld als meest optimale methode om het beoogde resultaat te bereiken.

Als innovatie wordt aan de bestaande systematiek het volumetrisch ontwerp van de open steenasfalt en de hechting tussen steenslag en bindmiddel toegevoegd. De eerste is een methodiek om uitgaande van het specifiek oppervlak van de steenslag en een omhulling van minimaal 1 mm asfaltmastiek te berekenen welke hoeveelheid asfaltmastiek optimaal is. De tweede is een methode om met een hechtproef vast te stellen of de hechting tussen steenslag en bindmiddel voldoende duurzaam is.

Daarnaast kan het toepassen van vezels als een verbetering worden beschouwd. In hoeverre het toepassen van hechtverbeteraars (dopes) zinvol is, hangt af van het onderzoek dat de aannemer verricht naar het hechtvermogen van de gebruikte steenslag.

6

BEHEER

6.1 INLEIDING

Voor het beheer van de bekleding is het noodzakelijk om de toestand van de bekleding regelmatig vast te stellen. Op basis hiervan kan onderhoud of reparatie van de bekleding plaatsvinden. Het vaststellen van de toestand of het monitoren van de sterkte van de bekleding is in de volgende paragraaf toegelicht. Vervolgens is in § 6.3 één van de methoden, namelijk de visuele inspectie beschreven.

6.2 MONITORING EN CONTINU INZICHT

Wanneer een beheerder de kwaliteit van een open steenasfaltbekleding wil monitoren dan moeten periodiek gegevens van de bekleding worden verzameld. In het kader van continu inzicht in de veiligheid van de waterkering moet de beheerder van de waterkering de kwaliteit van de open steenasfalt bekleding kennen. De manier waarop bij asfaltdijkbekledingen continu inzicht verkregen kan worden, is beschreven in de handreiking continu inzicht [79]. In de handreiking continu inzicht en het bijbehorende achtergrondrapport is ingegaan op de methode waarop deze kwaliteit gemonitord kan worden. Er zijn twee methodes die hier momenteel geschikt voor zijn:

- het uitvoeren van een visuele inspectie
- het uitvoeren van valgewicht-deflectiemetingen [89], [80]

Het uitvoeren van een visuele inspectie is de meest eenvoudige en goedkope manier om de kwaliteit van de bekleding te monitoren. Hierbij is het van belang dat een schadeprogressie kan worden vastgesteld zodat bij het inspecteren een uniforme methode moet worden gehanteerd voor het vastleggen en classificeren van schades. Een handig hulpmiddel hierbij kan de digigids zijn. In de digigids zijn voorbeelden van schades gegeven (www.digigids.nl). Op basis van de eisen gesteld in het voorschrift toetsen op veiligheid [63] kan de ernst van de schade worden vastgesteld. In de handreiking continu inzicht is hier verder op ingegaan. Opgemerkt wordt dat bij het schrijven van dit state of the art rapport de handreiking nog aan redactie onderhevig is. Er moet daarom rekening worden gehouden met nieuwere versies van de referentie genoemd in dit rapport.

Voor een bekleding van waterbouwasfaltbeton is een methode opgesteld om de sterkte te monitoren op basis van valgewichtdeflectiemetingen. Het voordeel van deze meting is dat een indirecte indicatie van de sterkte wordt verkregen met een methode die lijkt op de belasting van een golfklap. Uit onderzoek is gebleken dat valgewichtdeflectiemetingen ook kunnen worden uitgevoerd op open steenasfalt zodat deze methode ook toepasbaar is voor dit bekleding type [89].

Op basis van de metingen wordt de rek onderin de bekleding berekend. Een sterke toename van deze rek bij een opvolgende meting geeft een indicatie van een afnemende stijfheid. Bij

een toename van de rek van 25% of meer wordt aanbevolen de sterkte eigenschappen met destructief onderzoek vast te stellen.

Omdat het uitvoeren van valgewichtdeflectiemetingen in het verleden onder de veiligheids-toetsing is uitgevoerd is hier in § 7.3.2.1 verder op ingegaan. Het uitvoeren van een visuele inspectie is beschreven in de volgende paragraaf.

6.3 VISUELE INSPECTIE

De meest elementaire manier van het bepalen van de toestand van de asfaltdijkbekleding is de visuele inspectie. Een verandering in het uiterlijk van de bekleding kan veel zeggen over de toestand ervan. Daarom is het belangrijk om het verloop van de schade vast te leggen in de tijd [67]. De resultaten van de visuele inspectie voor asfaltbekledingen op primaire waterkeringen moeten worden geïnterpreteerd volgens de richtlijnen zoals die zijn opgenomen in het Wettelijk toetsinstrumentarium [63]. Hierbij is het ook van belang om de oorzaak van de schade te achterhalen. In de handreiking continu inzicht [79] is een methode beschreven om de hoeveelheid schade te monitoren. Ook zijn waarschuwingsgrenzen en instandhoudingsniveaus gedefinieerd.

6.3.1 SCHADEBEELDEN

In [1] en [67] zijn de volgende schadebeelden aan een asfaltbekleding opgenomen:

- Scheuren
- Naden
- Gaten
- Aangetast oppervlak
- Opbollingen
- Verzakkingen
- Begroeiing
- Hechtingsproblemen

Voor al aangetast oppervlak is een relevant schadebeeld voor open steenasfalt [1], [81], [82]. Aangetast oppervlak is het verdwijnen van steentjes en mortel uit de bekleding of afslijten van de stenen. Bij doorgaande aantasting kunnen op deze wijze gaten in de bekleding ontstaan. In de schadecatalogus [81] en [82] is fotomateriaal van de genoemde schadebeelden opgenomen.

Mogelijke oorzaken van schade aan de constructie zijn [83]:

- golfklappen
- Erosie of mechanische slijtage
- klimatologische invloeden
- begroeiing
- onzorgvuldige uitvoering

In § 4.5 zijn de belastingen en bezwijkmechanismen omschreven. In deze paragraaf zijn voor zover mogelijk voorbeelden gegeven van schade aan de bekleding door de belastingen.

6.3.2 GOLFKLAPPEN

Schade door golfklappen wordt zichtbaar doordat scheuren in de bekleding ontstaan. In de praktijk blijkt dit zelden voor te komen bij open steenasfalt. In Figuur 6-1 is een scheur in het open steenasfalt zichtbaar. De scheur kan ook ontstaan zijn door te grote zettingen van de ondergrond of een slechte hechting tussen verschillende aanlegvakken van open steenasfalt.

FIGUUR 6.1

VOORBEELD VAN EEN SCHEUR IN OPEN STEENASFALT



De golfklap veroorzaakt stroming in en op de bekleding wat zichtbaar wordt als erosie van het oppervlak of mechanische schade. In de volgende paragraaf is hierop verder ingegaan.

6.3.3 EROSIE OF MECHANISCHE SLIJTAGE

Erosieschade wat lokaal voorkomt is zichtbaar doordat stenen uit het oppervlak verdwenen zijn. in Figuur 6-2 is dit schadebeeld zichtbaar.

FIGUUR 6.2

VOORBEELD VAN EROSIE VAN OPEN STEENASFALT



Mogelijk heeft op deze locatie voor langere tijd drijvend vuil de bekleding beschadigd. Een ander type erosie wat plaatsvindt over een groter oppervlak is zichtbaar in Figuur 6-3.

FIGUUR 6.3

VOORBEELD VAN EROSIE ONDER DE HOOGWATERLIJN



Over een groter gebied is onder de hoogwaterlijn erosieschade zichtbaar. Dit is het resultaat van 35 jaar golfslag tegen de bekleding.

6.3.4 KLIMATOLOGISCHE INVLOEDEN

Klimatologische invloeden zoals vorst, dooi, regen en wind hebben geen invloed op de kwaliteit van open steenasfalt [83]. Onder invloed van zonlicht treden wel verouderingsverschijnselen op aan de mastiek, die daardoor harder en minder plastisch wordt. Dit verschijnsel beperkt zich tot die plaatsen die worden blootgesteld aan zonlicht.

6.3.5 BEGROEIING

Open steenasfalt wordt vaak toegepast vanwege de begroeibaarheid van de bekleding [1], zie ook paragraaf 3.10.2. Vanwege de open structuur kunnen plantenwortels doordringen tot in de bekleding. Wel zijn er plantensoorten bekend die een nadelige invloed hebben op de kwaliteit van de bekleding. Vooral houtvormende gewassen en riet kunnen schade veroorzaken doordat ze een sterke breedtegroei hebben die de asfaltbekleding uiteen kan drukken [1].

Aan de zeekust is gebleken dat een aangroei van zeepokken desastreus kan zijn voor open steenasfalt. Door de zeepokken worden de steentjes losgewerkt, dit heeft weer een versnelde afname van de laagdikte tot gevolg [83].

FIGUUR 6.4

VOORBEELD VAN VERDRINGING DOOR HOUTVORMENDE GEWASSEN



In de haven van Rotterdam zijn beschadigingen aan de bekleding onderzocht [83]. In dit geval werd de schade veroorzaakt door “Heermoes of paardestaarten”. Open steenasfalt wordt door deze sterke plantensoort omhoog gedrukt en brokkelt vervolgens af waardoor de samenhang verloren gaat en op sommige plaatsen zelfs het zandasfalt zichtbaar wordt. Daarnaast tasten de wortelzuren het materiaal aan [1].

FIGUUR 6.5

VOORBEELD VAN BEGROEIING DOOR HEERMOES



Wieren die zich hechten op het open steenasfalt vormen een beschermende laag op het open steenasfalt waardoor de mechanische slijtage afneemt.

6.3.6 DE UITVOERING

Een andere oorzaak van noodzakelijk onderhoud, die zich pas na verloop van tijd aftekent, is een uitvoeringwijze die niet voldoet aan de kwaliteitseisen. Hierdoor zal eerder en vaker onderhoud nodig zijn. Het te koud verwerken van open steenasfalt of het verwerken bij

nat weer, kan als een oorzaak uit het verleden van de huidige onderhoudsbehoefte worden aangemerkt. Ook de mengselsamenstelling en de variatie daarin kan hierbij een rol spelen [83].

6.4 REPARATIES

Wanneer er tijdens de visuele inspectie of het aanvullende onderzoek schade is geconstateerd aan de constructie kan het nodig zijn om onderhoud te plegen.

Wanneer er geen bezwaar is tegen een plaatselijk ondoorlatende bekleding kan een dicht materiaal zoals gietasfalt of asfaltmastiek worden toegepast. Ook bij overgangsconstructies is gietasfalt of asfaltmastiek geschikt om reparaties uit te voeren [1]. Op andere plaatsen worden reparaties bij voorkeur uitgevoerd met een open materiaal. Een open materiaal wat eenvoudig aan te brengen is, is polymeer gebonden aggregaat. Dit materiaal is in kleine hoeveelheden te produceren en hoeft niet verwarmd te worden. Grote te repareren oppervlakken worden bij voorkeur met een bitumineus materiaal uitgevoerd dat qua eigenschappen en gedrag zoveel mogelijk overeenkomt met het open steenasfalt. Dit omdat dan een flexibele constructie wordt gemaakt wat bij vervormingen van de ondergrond mee kan vormen.

Bij voorkeur worden reparaties van een open steenasfalt bekleding uitgevoerd met hetzelfde open materiaal. Afhankelijk van de aan te brengen laagdikte moet wel de gradering van de steenslag worden aangepast. De dikte van de uitvullaag of overlaging dient minstens drie maal de grootste korrelafmeting van het mengsel te zijn [1]. Risico bij reparaties met open steenasfalt is afkoeling van het materiaal. Dit kan worden voorkomen door het mengsel in verwarmde containers te bewaren. Omdat in deze containers het mengsel niet wordt gemengd is er risico op ontmenging. Deze ontmenging kan worden voorkomen door afdruiptremmers aan de mastiek toe te voegen [1].

In [84] zijn pogingen beschreven om bekledingen van OSA te beschermen tegen erosie door het conserveren met een oppervlakbehandeling. Er is geen duidelijk effect geconstateerd.

7

TOETSING OP VEILIGHEID

7.1 INLEIDING

De toetsing op veiligheid wordt uitgevoerd sinds de wet op de waterkering [85] deze verplicht heeft gesteld. De wet op de waterkering is vervangen door de waterwet [86] die deze toetsing ook verplicht stelt. Voor het uitvoeren van een toets op veiligheid is het wettelijk toetsinstrumentarium [63] beschikbaar gesteld door het ministerie van verkeer en waterstaat.

In dit hoofdstuk is een aantal aspecten die onderdeel uitmaken van de toetsing op veiligheid toegelicht. Dit hoofdstuk heeft een informatief karakter en geeft technisch inhoudelijk weer welke instrumenten in het verleden binnen de veiligheidstoetsing zijn toegepast. Vanwege de veranderingen binnen het toetsproces is nog niet bekend op welke manier de toetsinstrumenten gebruikt gaan worden in de toekomst. Daarom wordt aanbevolen om de laatste geldende normen en regels toe te passen. Meer informatie is te vinden op www.helpdeskwater.nl.

7.2 VOORSCHRIFT TOETSEN OP VEILIGHEID

In het voorschrift toetsen op veiligheid [63] is een methode gegeven om een open steenasfalt bekleding te toetsen. De toetsing is op veel vlakken gelijk aan die van waterbouwasfaltbeton. Er zijn echter ook verschillen in de toetsmethode:

- Voor het bepalen van de toepasbaarheidseis van de eenvoudige of gedetailleerde methode wordt gekeken naar het mortelgehalte in het mengsel i.p.v. de holle ruimte.
- De toetsgrafieken voor de eenvoudige methode verschillen tussen waterbouwasfaltbeton en open steenasfalt omdat de stijfheid, sterkte- en vermoeiingseigenschappen verschillen.
- Voor het bepalen van stijfheid-, sterkte- en vermoeiingseigenschappen wordt de afschuifproef voorgeschreven i.p.v. de driepuntsbuigproef.
- Omdat open steenasfalt een open mengsel is, is de toetsing op wateroverdrukken alleen relevant wanneer een ondoorlatende laag onder het open steenasfalt aanwezig is.

Om de toetsing van open steenasfalt te verbeteren zijn recent verschillende onderzoeken uitgevoerd. In § 7.3 is een beschrijving van deze onderzoeken gegeven en is toegelicht waarom deze onderzoeken zijn uitgevoerd.

7.3 ONDERZOEKEN

Wanneer de bekleding ouder is dan 20 jaar of uit de interpretatie van de visuele inspectie blijkt dat er aanvullend onderzoek nodig is dan kan dat worden onderverdeeld in:

- Destructief onderzoek (het nemen van boorkernen);
- Niet-destructief onderzoek (valgewichtdeflectiemetingen, grondradar)

7.3.1 DESTRUCTIEF ONDERZOEK

Het nemen van boorkernen dient om de laagdikte van de bekleding vast te stellen. Daarnaast kunnen in het laboratorium de samenstelling en de holle ruimte van het open steenasfalt worden vastgesteld. De kwaliteit van open steenasfalt wordt vooral bepaald door de asfalmortel en de leeftijd. In het voorschrift toetsen op veiligheid [63] zijn tabellen opgenomen waarin kan worden afgelezen of op basis van de boorkerngegevens aanvullend onderzoek vereist is.

Aanvullend (destructief) onderzoek kan bestaan uit het bepalen van stijfheid-, buigtreksterkte of vermoeiingseigenschappen. Voor open steenasfalt is voor het destructief onderzoek de afschuifproef ontwikkeld. De ontwikkeling van deze proef is beschreven in een literatuurstudie [51]. In de praktijk bleek de afschuifproef onvoldoende geschikt om open steenasfalt te beproeven en is het een te complexe proef. Om die reden is gezocht naar een alternatieve proefmethode. Tegenwoordig wordt de indirecte trekproef gebruikt om de stijfheid te bepalen en de semi circular bending proef om de buigtreksterkte te bepalen. Deze proeven zijn de alternatieve testmethodes voor de afschuifproef. Meer informatie over deze proeven en de proefresultaten zijn beschreven in § 3.11 en [30].

7.3.2 NIET DESTRUCTIEF ONDERZOEK

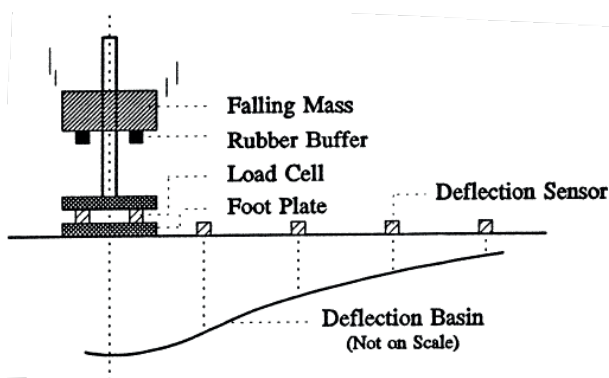
7.3.2.1 VALGEWICHTDEFLECTIEMETINGEN

Een ander onderzoek uitgevoerd voor de toetsing op open steenasfaltbekleding is het bepalen van de toepasbaarheid van valgewicht deflectiemetingen op een open steenasfaltbekleding [89]. Bij eerder uitgevoerd onderzoek is gebleken dat het valgewicht niet altijd stabiel op het talud staat vanwege de grove structuur van het oppervlak.

Valgewicht deflectiemetingen worden gebruikt om de elasticiteitsmodulus of rek van asfalt en de elasticiteitsmodulus van de ondergrond te bepalen. Het principe van de meting is beschreven in een artikel [87]. De volgende alinea is uit dit artikel overgenomen.

In de wegenbouw wordt al lange tijd gebruik gemaakt van valgewichtdeflectiemetingen om de draagkracht van de wegconstructie en ondergrond te bepalen. Sinds het jaar 2000 worden valgewichtdeflectiemetingen ook op dijken uitgevoerd. Met een belasting van 10 tot 240 kN en een belastingfrequentie van 15 tot 20 Hz is het valgewicht een goede simulatie te zijn van de golfbelasting op dijken. De meting bestaat uit het laten vallen van een gewicht op een set rubberen buffers die op een ronde plaat van metaal en PVC zijn gemonteerd.

FIGUUR 7.1 HET PRINCIPE VAN DE VALGEWICHTMETING [87]

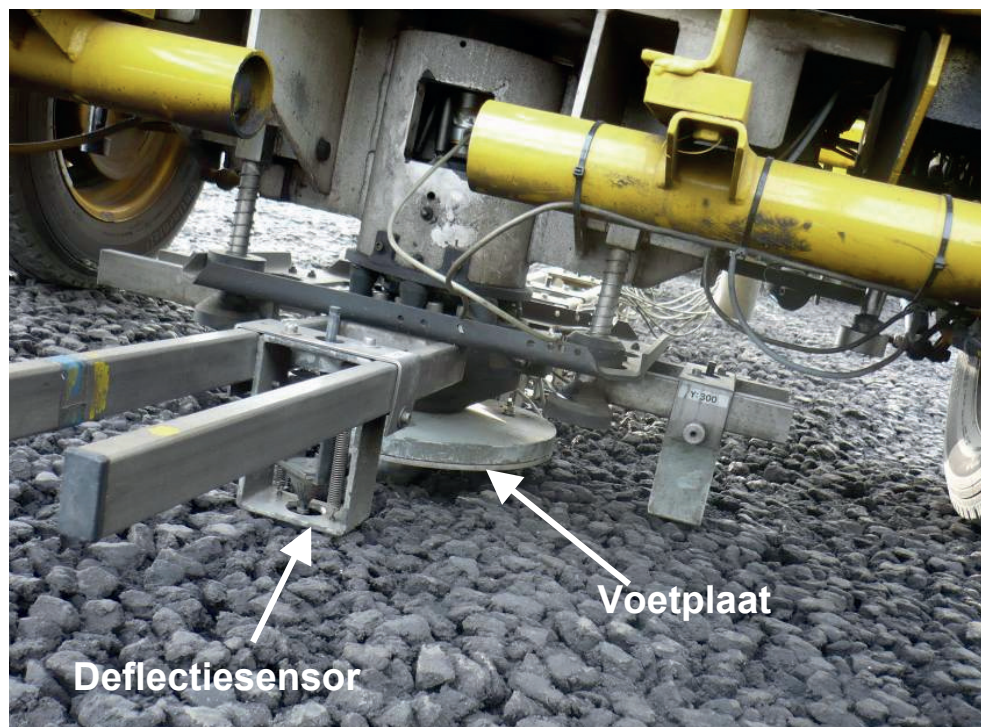


De resulterende schokgolf benadert een halve sinusgolf. Deflectiesensoren worden gebruikt om de verplaatsing loodrecht ten opzichte van het oppervlak van de bekleding te meten.

Met behulp van deze meettechniek zijn metingen uitgevoerd op open steenasfalt. De metingen zijn uitgevoerd voor het in-situ bepalen van de elasticiteitsmodulus van het open steenasfalt en de ondergrond. Omdat open steenasfalt een grof oppervlak heeft en de meting onder een helling wordt uitgevoerd zijn maatregelen genomen om afschuiven van de deflectiesensoren te voorkomen. In Figuur 7-2 is het grove oppervlak van het open steenasfalt zichtbaar.

FIGUUR 7.2

VALGEWICHTDEFLECTIEMETING OP OPEN STEENASFALT



Om de voetplaat stabiel te maken op het ongelijke oppervlak van open steenasfalt, zijn nokken onder de voetplaat aangebracht. Met deze configuratie zijn in het jaar 2011 metingen op open steenasfalt uitgevoerd op de overloopp dijken van de Schelde [88] en in het jaar 2013 op de havendam van de Mattenhaven van het werkeiland Neeltje Jans [89]. Met deze aanpassing is het overgrote deel van de meetpunten zonder extra handwerk te interpreteren. Ook is gemeten op locaties waar zich een laag teelaarde op de bekleding bevindt. Deze laag, en de begroeiing daarop, heeft invloed op de meting als de nokken onder de plaat geen contact meer maken met het open steenasfalt.

Om de elasticiteitsmodulus van het asfalt te bepalen is de laagdikte op de meetlocatie nodig. Hiervoor kunnen boringen of radarmetingen worden uitgevoerd.

In [90] zijn VGD-metingen gerapporteerd op een loswal van OSA 20/40 te Varik. De gemiddelde elasticiteitsmodulus bedroeg 4.200 MPa (bij 5°C). Verificatie met de nomogrammen leverde een elasticiteitsmodulus op van 3900 MPa.

De toename van rek van de bekleding wordt uit meerdere metingen bepaald om de afname van de sterkte in de tijd te monitoren. Hiervoor is een methode opgezet die beschreven is in referentie [91]. De rek wordt berekend op basis van de maximaal gemeten deflectie van verschillende geofoons.

Uit het onderzoek is gebleken dat valgewichtdeflectiemetingen succesvol op open steenasfaltbekledingen kunnen worden toegepast voor het monitoren van de sterkte van open steenasfalt.

7.3.2.2 RADARMETINGEN

Radarmetingen zijn uitgevoerd op open steenasfalt op het eiland Neeltje Jans en open steenasfalt van de overlooppdijken van de Schelde.

De radarmetingen op Neeltje Jans zijn uitgevoerd door de Technische Universiteit Delft ([92] en [93]). De metingen met de grondradar zijn uitgevoerd met meetfrequentie van 450 MHz en 900 MHz. De metingen met een meetfrequentie van 900 MHz bleken duidelijkere resultaten op te leveren zodat deze verder geanalyseerd zijn om de laagdikte van het open steenasfalt te bepalen. Er is op twee meettraaien gemeten. Een meetraai hoog op het talud en een meetraai in het deel waar getijdenbewegingen zijn, de getijdenzone. Gebleken is dat de meting in de getijdenzone beïnvloed wordt door het zeewater aanwezig in de ondergrond. Vanwege dit zeewater is het niet mogelijk om een goed onderscheid tussen de lagen te verkrijgen waardoor laagdiktes niet bepaald kunnen worden. Geconcludeerd is dat voor de meetraai hoog op het talud duidelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen het open steenasfalt en het zandasfalt. Ook zijn de laagdiktes met hoge nauwkeurigheid te bepalen. Wel is er veel databewerking nodig om deze laagdiktes te bepalen. De reden waardoor er duidelijk onderscheid tussen de lagen is gevonden wordt gezocht in de aanwezigheid van zout water in het zand onder het zandasfalt of geabsorbeerd onder in het zandasfalt.

In het kader van de evaluatie van niet-destructieve methoden, voerde G-tec N.V. op 5 locaties langs de Schelde met een grondradar metingen uit, met als doel een beeld te vormen van de asfalt dijkbekleding [94]. De metingen werden uitgevoerd te Tielrode, Lippenbroek, De Lier, Doel en Kruibeke. In het rapport is aangegeven dat de metingen met verschillende antennes zijn uitgevoerd. De antenne is gekoppeld aan het oppervlak en wordt over het oppervlak vooruit geduwd. Met de metingen is de locatie van de onderzijde van het asfalt bepaald. Ook is de dikte van het asfaltpakket en de erop liggende bodemlaag bepaald. Duidelijk is geworden dat in een zoute omgeving niet gemeten kan worden. Ook heeft de begroeiing invloed op de meting doordat de antenne over het oppervlak geduwd wordt. Teveel begroeiing verhindert dit.

7.4 WERKWIJZE BESCHRIJVING

Voor het uitvoeren van een toetsing op veiligheid van een bekleding van open steenasfalt is een werkwijzebeschrijving opgesteld [95]. De werkwijzebeschrijving heeft als doel het verkrijgen van de eigenschappen van de bekleding die nodig zijn voor het toetsen van de bekleding. Door de werkwijzebeschrijving te volgen worden de eigenschappen op een uniforme manier bepaald en wordt de interpretatie van de eigenschappen op de juiste manier toegepast voor de toetsing.

7.5 WITTE VLEKKEN IN DE TOETSMETHODE

Ondanks dat een complete werkwijzebeschrijving is opgesteld voor het uitvoeren van een veiligheidstoetsing is er nog een aantal witte vlekken in de toetsmethode. In deze paragraaf is aandacht besteed aan deze witte vlekken.

De eigenschappen van open steenasfalt die belangrijk zijn om vast te stellen zijn de buigtreksterkte en de vermoeiingsterkte. Om deze te kunnen bepalen is gekozen om de SCB-opstelling te gebruiken (zie § 3.3 en 3.11). Onduidelijk is echter wat het effect van een open mengsel (in plaats van een dicht mengsel) op het proefresultaat is. Geven de te gebruiken formules

de vermoeiingsterkte van het open steenasfalt representatief weer? Een vergelijking met de vermoeiingssterkte bepaald in de drie- of vierpuntsbuigopstelling kan deze vraag beantwoorden. Wel is onderzoek uitgevoerd waarbij verschillende testmethoden met elkaar zijn vergeleken om de stijfheid en de sterkte van open steenasfalt te bepalen [30].

Inmiddels is vastgesteld dat valgewichtdeflectiemetingen op open steenasfalt uitgevoerd kunnen worden om de stijfheid van het open steenasfalt en de ondergrond te bepalen (zie § 7.3.2.1). Deze meting wordt echter meestal niet bij 5 °C uitgevoerd terwijl de stijfheid bij 5 °C gebruikt wordt in de veiligheidstoetsing. De temperatuurafhankelijkheid van de stijfheid kan worden vastgelegd met een zogenaamde mastercurve. Deze mastercurves zijn voor open steenasfalt niet beschikbaar.

Omdat meestentijds geen valgewichtdeflectiemetingen uitgevoerd kunnen worden in de tijzone vanwege de gladheid van het talud moet de stijfheid van de ondergrond op een andere manier worden bepaald. De methode hiervoor ontbreekt momenteel in de werkwijzebeschrijving.

De hier beschreven witte vlekken zijn een samenvatting van een referentie [96]. In de referentie zijn meer details beschreven. Ondanks het bestaan van de witte vlekken kan de veiligheidstoetsing worden uitgevoerd. Met aanvullende metingen of beproevingen kunnen de gegevens die nodig zijn voor het uitvoeren van de toetsing worden bepaald. In de werkwijzebeschrijving is hier meer informatie over opgenomen [95].

8

RECONSTRUCTIE

8.1 INLEIDING

Open steenasfalt heeft door de aard van het materiaal een minder lange levensduur dan dichte mengsels. Bekledingen zullen daardoor eerder toe zijn aan reconstructie dan bijvoorbeeld waterbouwasfaltbeton. De in het verleden goed geconstrueerde bekledingen van open steenasfalt hebben inmiddels een levensduur van 40 jaar. Veelal zal op basis van voortschrijdende schade worden besloten tot reconstructie.

In dit hoofdstuk is ingegaan op het bepalen van de reststerkte van de bekleding, de reconstructie van de bekleding en de mogelijkheid van hergebruik van open steenasfalt.

8.2 ACTUELE STERKTE

Om de actuele sterkte van een bestaande bekleding te kunnen bepalen is het van belang de variatie in sterkte te weten. Door omstandigheden bij aanleg kan het zijn dat er bij aanleg een variatie aan sterkte wordt geïntroduceerd. Door weersinvloeden en veroudering kan de variatie van sterkte in de loop van de tijd toenemen.

De actuele sterkte is de sterkte op het moment van bepalen na aanleg. Er kan gezocht worden naar de sterkte tegen golfklappen of de sterkte tegen erosie. De verwachting is dat deze gecorreleerd zijn zodat in het verleden de sterkte van open steenasfalt bepaald is met de Semi Circular Bending proef (zie § 3.11.2). Op basis van de bepaalde sterkte en de benodigde sterkte moet besloten worden of de bekleding wordt vervangen.

Ook heeft een onderlaag van zandasfalt reststerkte. Om deze te bepalen kan sterkteonderzoek uitkomst bieden. Als het filter bestaat uit een geotextiel, dan wordt geen reststerkte toegekend, hoewel bij de stormschade op Tholen in januari 1990 is gebleken dat de ondergrond niet erodeerde na het bezwijken van de open steenasfaltbekleding.

8.3 RECONSTRUCTIE

Als wordt besloten dat de bekleding moet worden gereconstrueerd, moet worden nagegaan hoe deze reconstructie moet worden aangepakt. In beginsel zijn er 2 oplossingen:

- Overlagen van de bestaande laag
- Vervangen van de bestaande laag

In beide gevallen zijn er meerdere oplossingen denkbaar.

Bij overlagen moet worden nagegaan of dit met open steenasfalt of met een dichte laag wordt uitgevoerd. Een dichte laag kan zowel uit gepenetreerde breuksteen als uit waterbouwasfaltbeton bestaan. Een belangrijk aspect bij overlagen is de hechting tussen oude en nieuwe laag (loszittende delen, vervuiling e.d.). Verder moet gecontroleerd worden welke waterdrukken

onder de dichte bekleding kunnen optreden en of er voldoende gewicht aanwezig is om opdrukken te voorkomen.

Bij vervangen van de laag kunnen alle soorten bekledingen in beeld komen. Niet alleen asfalt maar ook steenzettingen of zelfs gras op klei zou een optie kunnen zijn. Hiervoor kan het keuzemodel kust- en oeverwerken [97] wordt gebruikt, een methode die door Rijkswaterstaat eind jaren '90 is ontwikkeld.

Op het eiland Neeltje Jans is op meerdere locaties open steenasfalt aangelegd in het jaar 1975. In de jaren 1999 t/m 2001 is onderzoek uitgevoerd naar de sterkte van de open steenasfaltbekledingen van Neeltje Jans [98]. Naast de sterkte is de mate van begroeiing onderzocht, zijn visuele inspecties uitgevoerd om de hoeveelheid schade vast te stellen en is een toetsing op golfklappen uitgevoerd. Uit de onderzoeken bleek dat de havendam Noordland Noord niet voldeed aan de veiligheidseisen. Als oplossing is er uiteindelijk voor gekozen om de bekleding van open steenasfalt te reconstrueren door deze te overlagen met waterbouwasfaltbeton.

Bij vervangen van de laag door een nieuwe laag open steenasfalt is het van belang na te gaan of het oude asfalt op een hoogwaardige manier kan worden hergebruikt.

8.4 HERGEBRUIK

Bij hergebruik van asfalt wordt beoogd het milieu op meerdere manieren te sparen:

- Voorkomen van afvalstoffen
- Verminderen van gebruik van grondstoffen
- Verminderen van gebruik van energie

Tot nu toe is er nog weinig ervaring opgebouwd met het hergebruik van open steenasfalt. Bekend is de laagwaardige toepassing als funderingsmateriaal voor werkwegen. Beter is het om het steenasfaltgranulaat hoogwaardig te verwerken in nieuw open steenasfalt. Hiervoor zijn tot nu toe 2 experimenten uitgevoerd.

In het jaar 2000 hebben Bitumarin en Hesselberg Hydro een methode bedacht om steenasfaltgranulaat warm her te gebruiken. In [99] is deze methode als volgt beschreven:

De gangbare methode voor hergebruik van asfalt bestaat uit het gedeeltelijk bijmengen van oud verkleind asfalt (asfaltgranulaat) aan nieuw asfalt. Hierbij wordt 20 tot 30 % asfaltgranulaat hergebruikt.

Bij een andere methode van hergebruik is het granulaat gemengd in een overmaat aan mastiek. Dit biedt de mogelijkheid om de oude mastieklaag op te waarden. Omdat menging plaatsvindt in een dicht mengsel kan voldoende warmte worden overgedragen waardoor de oude en nieuwe mastiek kunnen versmelten. Bovendien wordt een mengsel verkregen met een bijzonder homogene temperatuur.

Om het dichte steenasfaltmengsel te transformeren naar het gewenste open steenasfalt moet de overmaat aan mastiek worden verwijderd. Dit wordt bereikt door het warme mengsel enige tijd te laten afdruipe op een geperforeerd rooster of iets dergelijks.

De grote principiële voordelen van dit systeem zijn dat een bijzonder hoog percentage hergebruik mogelijk is (orde 90 %) en dat een mengsel wordt verkregen dat na het afdruipe van de overvloedige mastiek optimaal is omhuld en door de homogene temperatuur minder ontmenginggevoelig is..

In het jaar 2007 is bij de aanleg van de overloopdijken bij Ellewout de klassieke vorm van hergebruik toegepast. Hiervoor is een oude bekleding van open steenasfalt opgenomen en met een breker verkleind tot asfaltgranulaat. In een asfaltinstallatie is het granulaat tot 40 % gemengd met nieuwe bouwstoffen en in de dijk van Ellewout verwerkt. In [100] en [101] zijn de bevindingen weergegeven. Uit de evaluatie van het onderzoek zijn de volgende conclusies overgenomen.

In proefvakken bij Ellewoutsdijk zijn verschillende open steenasfalt mengsels toegepast. Er is een kwaliteitsmengsel en een economisch mengsel ontworpen [78]. Het kwaliteitsmengsel is gemodificeerd met 1,5 % Genicel wat uit 60 % vezels en 40 % was bestaat. Omdat oud materiaal met steengradering 20/40 is gemengd met nieuw materiaal met gradering 14/20 is de nieuwe gradering ongeveer 14/40 mm. Het nieuwe mengsel bestaat voor 40 % uit oud materiaal en 60 % uit nieuw materiaal. In het economisch mengsel is de steengradering aangepast ten opzichte van het referentiemengsel. Er is gebruik gemaakt van een steengradering 20/40. Het oude granulaat 20/40 is dus bijgemengd met nieuw granulaat 20/40 in het economische mengsel. Doordat er minder specifiek oppervlak op de grotere stenen aanwezig is, kan minder mastiek worden gebruikt. Vanwege de afdruipproblemen met het referentiemengsel zijn extra vezels toegevoegd.

Opgemerkt wordt dat het toepassen van een grove gradering en minder mastiek invloed heeft op de stijfheid en sterkte. Aanbevolen wordt om beide te bepalen zoals aangegeven in § 3.3 en te controleren of deze stijfheid en sterkte voldoende zijn om de belastingen te weerstaan.

Uit het onderzoek blijkt dat het mogelijk is om open steenasfalt te hergebruiken bij de productie van nieuwe open steenasfalt mengsels. Dit open steenasfalt wordt in de vorm van steenasfaltgranulaat hergebruikt. Uit dit onderzoek blijkt een percentage van 40% steenasfaltgranulaat in een nieuw open steenasfalt mengsel goede resultaten op te leveren. Nader onderzoek naar de werkelijke levensduur en het gedrag in de praktijk middels monitoring blijft echter noodzakelijk voor het open steenasfalt kwaliteitsmengsel en het economische open steenasfalt mengsel.

Op basis van de beoordelingen van de proefvakken wordt geconcludeerd dat de onderzochte mengsels qua verwerking en gedrag vergelijkbaar zijn met nieuwe geproduceerde open steenasfalt mengsels die louter uit nieuw materiaal bestaan.

Gezien de resultaten van het bewerken van het gebroken open steenasfalt materiaal wordt geconcludeerd dat een methode van verkleining mogelijk is waarbij een minimale hoeveelheid fijn, bitumineus afvalmateriaal ontstaat. Het voldoet om open steenasfalt materiaal één keer te breken om zodoende geschikt steenasfaltgranulaat te verkrijgen voor hergebruik in nieuwe open steenasfalt mengsels.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de specifieke partij binnen het onderzoeksproject erg schoon was. Dit is mogelijk niet representatief voor andere partijen van te hergebruiken open steenasfalt materiaal in de toekomst. Het proces van wassen en schoonzeven zal dan andere resultaten opleveren en dient wellicht te worden bijgesteld.

LIJST MET AFKORTINGEN

BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek
GPR	Ground Penetrating Radar
ITT	Indirecte trekproef (Indirect Tensile Test)
ISO	International Organization for Standardization
KSLA	Koninklijke Shell Laboratorium Amsterdam
NEN	Nederlandse Norm
NEN-EN	Europese Norm
(G)OSA	(Gevezeld) Open steenasfalt
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
RAW	Rationalisatie en Automatisering Wegenbouw (CROW)
SCB	Semi Circular Bending
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterkeringen
VGD	Valgewicht Deflectie

VERKLARENDE WOORDENLIJST

afdruiptremmer	Een hulpstof, veelal bestaand uit vezels met een groot specifiek oppervlak, dat aan overvulde asfaltmengsels wordt toegevoegd om de viscositeit te verhogen
asfalt	een natuurlijk of kunstmatig mengsel van bitumen en minerale stoffen
asfaltmastiek	warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft
asfaltmortel	een mengsel van bitumen met zand en vulstof als component van een asfaltmengsel
bitumen	een zeer viskeuze vloeistof of vaste stof, in hoofdzaak bestaande uit koolwaterstoffen of hun derivaten, die vrijwel geheel oplosbaar is in zwavelkoolstof
daglas	Een naad in een asfaltbekleding tussen twee dagproducties
dichtheid proefstuk	De volumieke massa van een proefstuk met ingesloten lucht
dichtheid mengsel	De volumieke massa een mengsel zonder ingesloten lucht
duurzaamheid	De mate waarin een materiaal langdurig zijn functie blijft vervullen
fractie	verzameling korrels die de grootste van twee nader aangeduide zeven (nominale fractiegrenzen) passeert en blijft liggen op de kleinste. De ondergrens kan daarbij ook nul zijn
Gab-graded asfaltmengsel	Asfaltmengsel met een discontinu gegradeerd mengsel van zand en steenslag
geotextiel	Een uit kunststof vervaardigd weefsel of vlies dat als filterlaag fungeert bij grond- en asfaltenlagen
geschiktheidsonderzoek	onderzoek waarbij een proefproductie (veelal een dagproductie, volgens de RAW-standaard: 40 ton van waterbouwasfaltbeton of 16 ton in geval van open steenasfalt) bereid en verwerkt wordt op de door de aannemer voorgestelde werkwijze, met als doel aan te tonen dat de beoogde werkwijze tot de vereiste kwaliteit leidt.
GOLFKLAP	software waarmee de vermoeiingsschade aan asfaltbekledingen als gevolg van inslaande golven kan worden berekend
hechtverbeteraar	Een hulpstof die de hechting tussen bitumen en mineraal aggregaat verbetert
Holle ruimte	Gehalte aan met lucht gevulde poriën in een materiaal
korrelgroep	verzameling korrels die met uitzondering van geringe percentages boven- en ondermaat blijft liggen tussen twee nader aangeduide zeven
korrelverdeling	verdeling van de korrels naar afmeting in de diverse fracties binnen een korrelgroep
kruip	in de tijd doorgaande vervorming van een materiaal ten gevolge van een belasting
mastercurve	Een eenduidige curve die het verband geeft tussen de mengselstijfheid van een asfaltmengsel (E-modulus) en de bijbehorende bitumenstijfheid

mineraal aggregaat	mengselcomponent in asfalt, bestaande uit grind of steenslag, zand en vulstof of een combinatie hiervan
Omhuilingsdikte	De dikte van de omhuiling met asfaltmestiek van de korrels steenslag bij open steenasfalt
open steenasfalt	warm bereid asfalt met een mengsel van grof en uniform gegradeerd steenslag en een ondermaat aan asfaltmestiek, dat een hoog percentage holle ruimte heeft
Open steenasfalt mat	Een geprefabriceerde mat van open steenasfalt op een weefsel of vlies van kunststof, eventueel versterkt met een wapening
overloopdijk	Een waterkering die regelmatig overslag van golven kan weerstaan, zonder optreden van erosie van het beloop
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
penetratie-index	een maat voor de temperatuurafhankelijkheid van de viscositeit van bitumen
Retained strength	De verhouding tussen de sterkte van asfalt na een bepaalde conditionering en de oorspronkelijke sterkte
Specifiek oppervlak	Het totale oppervlak van de korrels van een loskorrelig materiaal, uitgedrukt als oppervlak per massa korrels
steenslag	procesmatig gebroken gesteente, waarbij onder gesteente wordt verstaan gesteente van natuurlijke oorsprong en kunstmatig gevormde gesteente zoals slakken, granulaten, gecalcineerd bauxiet, gecalcineerde vuursteen e.d.
stripping	het indringen van water tussen het mineraal en het bitumen waardoor de hechting wordt verbroken en de samenhang van het asfalt vermindert
uitloggen	het proces waarbij water in een materiaal dringt en bepaalde stoffen oplost waardoor deze in de omgeving terecht komen
vermoeiing	het veranderen van de mechanische eigenschappen van een materiaal ten gevolge van herhaalde belastingen
veroudering	het veranderen van de materiaaleigenschappen onder invloed van licht, lucht en belastingen
verwekingspunt ring en kogel (van bitumen)	de temperatuur waarbij een schijfje van het materiaal, vastgehouden in een ring, onder standaard proefomstandigheden door het gewicht van een kogel een standaardvervorming ondergaat
vezels	Hulpstof bestaande uit organische of minerale vezels die met bitumen wordt gemengd om de viscositeit te verhogen
viscositeit	een maat voor de weerstand tegen vervorming van een vloeistof onder invloed van een belasting (een maat voor de dikvloeibaarheid of stroperigheid)
volumetrisch ontwerp	ontwerpmethode voor de mengselsamenstelling van open steenasfalt waarbij wordt berekend hoeveel mestiek nodig is, uitgaande van de gradering van de steen en een gewenste laagdikte van de mestiekomhuiling

vooronderzoek	onderzoek waarin wordt vastgesteld of de te gebruiken bouwstoffen aan de eisen voldoen en in welke mengverhouding deze bouwstoffen moeten worden toegepast om te komen tot een stabiel, goed verwerkbaar en duurzaam asfaltmengsel
vulstof voor bitumineuze mengsels	een homogeen poeder op basis van mineralen, bereid in een daartoe ingerichte installatie volgens een beheerst productieproces
zand	Een natuurlijk los afzettingsgesteente bestaande uit een mengsel van voornamelijk minerale deeltjes met een korrelgrootte die hoofdzakelijk ligt tussen 0.063 en 2mm
zandasfalt	warm bereid asfalt met gegradeerd zand en een ondermaat aan bitumen, dat een hoog percentage holle ruimte heeft

REFERENTIES

- 1 Technisch rapport asfalt voor waterkeren, Technische Adviescommissie voor waterkeren, Den Haag, november 2002
- 2 “Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw”, Technische Adviescommissie voor waterkeren, 1984
- 3 Voorstellen voor een gestrekte oeververdediging voor de IJssel. Bitumarin, 1966.
- 4 Oeververdedigingen van asfaltplaten en S.R.O.-zand langs de rivier de IJssel. B.Kuiken, Rijkswaterstaat Directie bovenrivieren Arr. Rijn en IJssel, juli 1970
- 5 Onderzoek mastieksteenslag proefvak IJsseloever. Rijkswegenboulaboratorium, KGR 74-09, juni 1974
- 6 Open steenasfalt – kennis van de eigenschappen verzameld uit onderzoek uitgevoerd in de periode tot 1984. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, S-85.029, J.A.van Herpen, juli 1985
- 7 Overzicht van toegepaste constructies van open steenasfalt, Bitumarin, ca. 1980
- 8 Project Kennis Open Steenasfalt. TUD, rapport-7-10-133-14, Van de Ven, Leguit en Montauban, november 2009
- 9 Vermoeiing en sterkte van open steenasfalt (raport e0802160-3), KOAC • NPC, Apeldoorn, 2008
- 10 Fixtone 16/22, onderzoek en toepassing (kanaal van Steenenhoek). Bitumarin, 1982
- 11 Assesment of the performance of Open Stone Asphalt Revetments installed in East-Anglia. Hesselberg Hydro, H.H. Smith, mei 2003
- 12 Standaard RAW bepalingen 2010, CROW, Ede, 2010
- 13 Het effect van cellulose-vezels en Trinidad-bitumen op mastiek en steenasfalt.Bitumar, F. Elskens, 1989
- 14 Onderzoekmastiekgrinden-kalksteenvoorHoekvanHolland(V).Rijkswegenboulaboratorium, KW-70-13, D.Hogervorst en C.C.Montauban, december 1970
- 15 Open grindasfalt als bekleding van de zandasfaltkern van de Splitsingsdam Hoek van Holland. RWL/KMW, 9 december 1969
- 16 Open talud-asfaltconstructies blootgesteld aan op het water drijvende olie. C. Jonker, 12 mei 1970
- 17 Geprefabriceerde asfaltmatten voor bodembescherming onder water. KSLA, Memorandum BR/826/72, A.I.M.Claessen en E.J.van Beem, october 1972
- 18 Bepaling waterdoorlatendheid Fixtone (OSA) op polypropyleendoek. Bitumarin, G. van Bochove, 1 augustus 1983 [=OSA Deltagoot]
- 19 Doorlatendheidsproeven op zandasfalt en open steenasfalt. LGM, CO-279800/2, A.T.P.J. Opstal, februari 1986
- 20 “Permeability of fixtone canal lining” KSLA, A.I.M. Claessen en S. Volp,1975
- 21 Vorstbestendigheidsonderzoek van open steenasfalt. Wegbouwkundige Dienst, MAW-R-82007, J.M.Arnst, februari 1982
- 22 Versuchsbericht über die Prüfung von Masticschotter auf Frost-,UV- und Wärmebeständigkeit. Bundesanstalt für Wasserbau, november 1973

- 23 Milieuhygiënisch onderzoek opensteenafalt. Intron rap.nr. 92200, J. Peels, i.o.v. Bitumarin, juni 1992
- 24 Begroeiing van open steenafalt (Fixtone) als oever- en dijkbekleding. Landbouwniversiteit Wageningen, september 1991
- 25 Onderzoek dijkvegetatie (op open steenafalt). L.A. Willemse, september 1991
- 26 Open afalt bodembescherming, ontwerp afaltmortel. (geschreven notitie), Rijkswegenbouw-laboratorium, C.C. Montauban, 1972
- 27 Onderzoek open steenafalt – Proefvakken Roompot. Wegbouwkundige Dienst, MAW-R-81080, C.C.Montauban, oktober 1981
- 28 Evaluatie van de resultaten van de beproeving op de mechanische sterkte van kernen open steenafalt. Deltadienst, AWO-80-39, M. Kuipers, 22 augustus 1980
- 29 Onderzoek naar de mechanische eigenschappen van een open steenafaltmengsel. C.J.Bunschoten en P.H.Hiddinga, Technische Hogeschool Delft, juni 1982
- 30 Resultaten stijfheids- en sterkteproeven open steenafalt, rapport e1203098-3, KOAC•NPC, juli 2013
- 31 Onderzoek oeverbescherming van open steenafalt op zandafalt. Dienst Weg- en Water-bouwkunde, MAO-R-86073, C.C.Montauban, november 1986
- 32 De levensduur van open steenafalt (concept onderzoekvoorstel). Dienst Weg- en Waterbouwkunde, MAO-N-90049, C.C. Montauban, 1990
- 33 Onderzoek (grind)zandafalt en mastiek-grind/kalksteen van de Splitsingsdam te Hoek van Holland (o.o. BER-825-34). Rijkswegenbouwlaboratorium, KGR 76-03, februari 1976
- 34 Duurzaamheid van open steenafalt als bodembescherming. Rijkswegenbouwlaboratorium, KG 76-01, maart 1976
- 35 NEN-EN 12697-12 (en) Bitumineuze mengsels - Beproevingsmethoden voor warm bereid afalt - Deel 12: Bepaling van de watergevoeligheid van bitumineuze proefstukken, NEN, juli 2008
- 36 De waterbestendigheid van open grindafalt. KMW, 1972
- 37 Proeven vermoeiing open steenafalt. Deltadienst, notitie ONW-M-82040, J.G.A. van Marle, 26 maart 1981. [= proeven Lith]
- 38 Golfaspecten m.b.t. vermoeiing van open steenafalt. Deltadienst, notitie DDWT-82.329, J.G.A. van Marle, 14 april 1982 [= proeven Lith]
- 39 A-Proefvoorstel duurzaamheid open steenafalt o.i.v. golfbelasting – Proef 82.12. Deltadienst, notitie ONW-M-82102, K.A. van den Hoek, 13 juli 1982 [= proeven Lith]
- 40 B-Proefvoorstel duurzaamheid open steenafalt o.i.v. golfbelasting – Proef 82.12. Deltadienst, notitie ONW-M-82102, K.A. van den Hoek, 13 juli 1982 [= proeven Lith]
- 41 Golfaanval op open steenafalt; verslag lange duur onderzoek in de goot te Lith – 2e concept. M1919/M1931-ONW-R-84009, K.A. van den Hoek en E. van Meerendonk, Deltadienst/WL, februari 1984 [= proeven Lith]
- 42 FIXTONE – stabiliteit onder golfaanval (verslag modelonderzoek).WL/LGM, Rapport-M1942/CO 266520, juni 1983
- 43 Factual report, Golfverslagproeven Zeeuwse zeedijken, Projectbureau zeeweringen, september 2008
- 44 “Uitlooggedrag van (waterbouw-) afalt –een literatuuronderzoek”, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, W-DWW-96-084, Coppens e.a, september 1996
- 45 Omschrijving Productgroep Warm Afalt, NCOB <http://www.ncob.nl/nl/diensten/brl-9320-besluit-bodemkwaliteit/> onder downloads

- 46 Milieuvriendelijke oevers op de Leie, Elskens, F. et al, Bitumar NV, 1992
- 47 Bituminous revetments emphasizing environmental aspects. Hesselberg Hydro, Kemps, J., circa 1988
- 48 Begroeiing van open steenasfalt (Fixtone) als oever- en dijkbekleding. Landbouwniversiteit Wageningen, L. Fliervoet, september 1991
- 49 Sprangers, J. e.a., Begroeiing van asfaltbekledingen, november 1997
- 50 Onderzoek dijkvegetatie (op open steenasfalt). Waterschap Tholen, L.A. Willemse, september 1991
- 51 Literatuurstudie ontwikkeling toetsing open steenasfalt, rapport e110037401, KOAC-NPC, maart 2013
- 52 NEN-EN 12697-44 (en) Bitumineuze mengsels – Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 44: Scheurvoortplanting door half-cirkel buigproef, NEN, oktober 2010
- 53 Waterbouwasfaltbeton - Beproevingsmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 3: Bepaling van de dynamische elasticiteitsmodulus van waterbouwasfaltbeton, KOAC • NPC, januari 2011
- 54 NEN-EN 12697-26 (en) Bitumineuze mengsels – Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 26: Bepaling van de stugheid van bitumineuze proefstukken, NEN, maart 2012
- 55 NEN-EN 12697-23 (nl) Bitumineuze mengsels – Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 23: Bepaling van de slijttreksterkte van bitumineuze proefstukken, NEN, augustus 2003
- 56 Test method no. Q212A-1978, Bitumen stripping value (standard plate)
- 57 NEN-EN 12697-24 Bitumineuze mengsels – Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 24: Weerstand tegen vermoeiing, NEN, juni 2012
- 58 Effect of Sample Length on Indirect Tensile Test Parameters. Hugo, F. and Schreuder, W.J., American Association of Asphalt Paving Technologist, Volume.62-93, p.422., 1993
- 59 Optimalisatie Gevezeld Open Steen Asfalt (deel 1), rapport e0802160-4. KOAC-NPC, juli 2008
- 60 Cantabro test (notitie n100114), KOAC • NPC, KOAC • NPC, februari 2010
- 61 Mechanisch onderzoek proefstukken InfraElast (rapport e1001282), KOAC • NPC, september 2010
- 62 The Shell bitumen hydraulic engineering handbook. Shell International Petroleum Company Ltd, 1999
- 63 Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007
- 64 Faalmechanismebeschrijving asfaltdijkbekledingen (product 5.30), Deltares, september 2015
- 65 Aanpassing toetsmethodiek Afschuiving bij steenzettingen (PZDT-R-08300), Bosters, 2008
- 66 Toetsing van polyurethaan gebonden breuksteen bekledingen, Arcadis e.a., oktober 2015
- 67 State of the art asfaltdijkbekledingen, STOWA, Rapport 2010-W06, 2010
- 68 Erprobung von Deckwerken durch Schiffartsversuche. Die Wasserwirtschaft No.3, 1971
- 69 Dimensionering Open steenasfaltconstructies. Netherlands Pavement Consultants, NPC-96156, F. Tolman, augustus 1996 [+ 4 bijlagen]
- 70 Bestekken in de grond-, water- en wegenbouw, C.R.O.W., 2e druk tweede oplage, 1995
- 71 Standaardbestek 230 voor waterbouwkundige werken – Hoofdstuk 81 – Open steenasfalt. Versie 01/01/2000, Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen
- 72 Besteksbepalingen open steenasfalt prestatiebestek. TUD, (Rapport-7-09-133-12), Van de Ven, Montauban en Leguit, mei 2009

- 73 Standaardbestek 250 versie 2.2, maart 2012
- 74 Open steenasfalt ontwikkeling tot “state of the art”, N. Leguit, 20 oktober 2009
- 75 Viscositeiten van mastiekmengsels voor de waterbouw - Bouw Havenmond IJmuiden. KSLA, Memo BR/378/64, Kerkhoven en Dijkstra, 9 oktober 1964
- 76 Gevezelde open steenasfalt. [Auteur en datum onbekend]. Bitumarin.
- 77 Baarlandpolder – Proefvakken open steenasfalt (2003), C.C. Montauban, De Lier, September 2009
- 78 Evaluatie hergebruik open steenasfalt Ellewoutsdijk, C.C. Montauban, De Lier, Oktober 2009
- 79 Handreiking continu inzicht asfaltdijkbekledingen (rapport e140252201), KOAC•NPC, juni 2015
- 80 Eindadvies Monitoring Open Steenasfalt (rapport 7-09-133-13), M.F.C. van de Ven en C.C. Montauban, mei 2009
- 81 Schadecatalogus voor waterbouwasfaltbeton en open steenasfalt dijkbekledingen, Oranjewoud, 80549 / ISP 96-13, juli 1996
- 82 Veiligheisbeoordeling van Asfaltdijkbekledingen, Achtergrondrapport bij het toetsen van asfaltbekledingen volgens het voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, november 2005
- 83 Fixtone onderhoud. Bitumarin, J.C. Dorr, juli 1991
- 84 Proef conservering van open steenasfalt. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, MAA-R-88220, C.v.d.Neut, februari 1989
- 85 Wet op de waterkering, 21 december 1995, Vervallen m.i.v. 22 december 2009
- 86 Waterwet, Wet van 29 januari 2009, houdende regels met betrekking tot het beheer en gebruik van watersystemen
- 87 Valgewichtdeflectiemetingen op asfaltdijkbekledingen, Davidse M.P. e. a., CROW infradagen 2012, KOAC•NPC, Vught, 2012
- 88 Ontwikkeling methode voor het meten van de sterkte van ingezaaide OSA-bekledingen: Analyse meetresultaten valgewichtmetingen (rapport e1003891), KOAC•NPC, november 2011
- 89 Resultaten valgewichtdeflectiemetingen op de open steenasfaltbekleding van Neeltje Jans in het kader van de ontwikkeling van de toetsmethode open steenasfalt (rapport e120309801), KOAC•NPC, juli 2013
- 90 Onderzoek naar de stijfheid van fixtone toegepast in de verhardingsconstructie van de losplaats aan de Waal te Varik. Heijmans Wegmeetservice, Rapport 88/R255, december 1988
- 91 Werkwijzebeschrijving voor het uitvoeren van een gedetailleerde toetsing op golfklappen voor een bekleding van waterbouwasfaltbeton (rapport e1000057-4), KOAC•NPC, januari 2011
- 92 Geophysical survey on “opensteen asphalt” layer on Oorsterschelde, Zeeland, Technische Universiteit Delft, 2007
- 93 Summary Report Monitoring top “Opensteen Asphalt” at Oosterschelde (Neeltje Jans): A pilot seismic survey, Ranajit Ghose, TU Delft, January 2007
- 94 Evaluatie niet destructieve methode, in het bijzonder geofysische methoden voor het onderzoek van bresgevoeligheid van de Vlaamse dijken langs de waterwegen, Waterbouwkundig laboratorium/ G-Tec, oktober 2009
- 95 Werkwijzebeschrijving voor het uitvoeren van een gedetailleerde toetsing op golfklappen op een bekleding van open steenasfalt (rapport e1303341-2), KOAC•NPC, februari 2015
- 96 Witte vlekken in de toetsmethode open steenasfalt (n140007), KOAC•NPC, februari 2015

- 97 Keuzemodel kust- en oeverwerken – Een ontwerpondersteunend model voor de beoordeling van effecten op milieu-, LNC- en kostenaspecten – Eindrapport. DWW/NIBE, Delft/Naarden, 25 juni 2001
- 98 Onderzoek naar de reconstructie van de havendammen in de Oosterscheldemonding, Eindrapportage (rapport 998332-8), NPC, Utrecht, 26 juni 2001
- 99 Memo aan Deltakust over hergebruik open steenasfalt. DWW, C.C. Montauban, 4 december 2000
- 100 Hergebruik open steenasfalt – Eindrapportage onderzoek en proefvakken te Ellewoutsdijk. Breijn, rapport 1.507.687, O. Panhuyzen e.a., 12 december 2008
- 101 Evaluatie Hergebruik Open steenasfalt Ellewoutsdijk. C.C. Montauban – Adviseur Waterkeringen, 27 oktober 2009

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

TOEPASSINGEN VAN OPEN STEENASFALT

Locatie	Functie	Jaar van aanleg
Rivier de IJssel, Bronkhorst	Oeverbescherming	1968
Splitsingsdam, Hoek van Holland	Oeverbescherming	1969
Haven van Rotterdam, 8 ^e Petroleumhaven	Oeverbescherming	1975
Rivier de Maas, Vlaardingen	Oeverbescherming	1975
Proeflocatie verbreding Amsterdam-Rijnkanaal, Tiel	Oeverbescherming	1976
Oosterscheldekering, Neeltje Jans	Oever- en bodembescherming	1975-1980
Damaanzet, Schouwen	Oeverbescherming	1975
Rivier de Maas, Bokhoven	Bescherming tegen overstroming	1976
Haven van Rotterdam, Calandkanaal	Oeverbescherming	1976
Haven van Rotterdam, Dintelhaven	Oeverbescherming	1976
Amsterdam –Rijnkanaal, Betuwepand	Oeverbescherming	1976
Insteekhaven, Moerdijk	Oeverbescherming	1976
Amsterdam –Rijnkanaal, Voorhaven prinses Irenesluis	Bodembescherming	1977
Zandkreekdijk	Oeverbescherming	1977
Koopvaardersschutsluis, Den Helder	Bodembescherming	1977
Havendam, Lemmer	Oeverbescherming	1978
Dijkverzwaring, St. Phillipsland	Oeverbescherming	1978
Dijkverzwaring, Tholen	Oeverbescherming	1979
Dijkverzwaring, Polder Schouwen	Oeverbescherming	1979
Dijkverzwaring, 1 ^e en 2 ^e Bathpolder	Oeverbescherming	1979
Voorhaven, Phillipsdam	Oeverbescherming	1979
Dijkverzwaring, de Joanna-Maria-Polder, Sluispolder , Hollare polder en de Van Haaftenpolder	Oeverbescherming	1979
Dijkverzwaring Thoon Polder , De Vliete- en de Nieuwe Noord Beveland	Oeverbescherming	1980
dijkverzwaring Polders Yerseke , Snoodijk en de Kaars	Oeverbescherming	1980
Haven van Rotterdam Seinehaven	Oeverbescherming	1980
Haven van Rotterdam Beneluxhaven	Oeverbescherming	1980
Haven van Rotterdam Hartelkanaal	Oeverbescherming	1981
Kanaal van Steenenhoek, Gorinchem	Oeverbescherming	1982
Westelijke insteekhaven, Moerdijk	Oeverbescherming	1982
Keersluis Ravenswaay	Bodembescherming	1983
Strekdamverdediging, Neerijnen	Oeverbescherming	1983
Gelderse Gracht	Oeverbescherming	1985
Strandhoofden, Walcheren	Oeverbescherming	1987
Waal, Dodewaard	Oeverbescherming	1987
Strandhoofd, Callandsoog	Oeverbescherming	1988
Rivier de Waal, Varik	Losplaats	1988
Haven van Rotterdam Hartelhaven	Oeverbescherming	1995
Hoornsegat, Markermeer	Oeverbescherming	1996
Deltaterminal		1997
St. Laurens haven		2000
Amazonehaven		2000
Ellewoutsdijk	Oeverbescherming	2007
Kanaal Goes – Goese Sas		
Uitwateringskanalen Flevoland		

BIJLAGE 2

VOORBEELD EN ACHTERGRONDEN VOLUMETRISCHE ONTWERPMETHODE

Toelichting

Algemeen

Het spreadsheet is bedoeld voor het volumetrisch ontwerp en de controle van open steenasfalt (OSA). Bij het volumetrisch ontwerp wordt bepaald welke hoeveelheden steen en asfaltmestiek verwerkt moeten worden in het OSA. Bij de controle wordt voor een monster OSA uit het werk berekend hoe dik de omhulling van de steen met asfaltmestiek is.

Het spreadsheet is gebaseerd op het spreadsheet "R-OSAcosting_Protecte-3.xls" wat hoort bij het STOWA-rapport "State of the art asfaltdijkbekledingen". Het enige rekenkundige verschil hiermee is dat in het onderhavige spreadsheet de steenfractie zowel bij ontwerp als controle gedefinieerd is als de hoeveelheid mineraal aggregaat groter dan 2 mm. In het STOWA-spreadsheet is dit bij ontwerp de hoeveelheid groter dan 5,6 mm en bij toetsing de hoeveelheid groter dan 2 mm. Hierdoor komt bij een identieke invoer het resultaat bij controle niet altijd overeen met het resultaat bij ontwerp.

Achtergrond

OSA bestaat uit steen en asfaltmestiek. Asfaltmestiek bestaat uit zand, vulstof en bitumen. De dikte van de omhulling van de steen met asfaltmestiek bepaalt de duurzaamheid van het OSA. Gebleken is dat bij een omhullingsdikte kleiner dan 1,0 mm de duurzaamheid onvoldoende is, met als gevolg voortijdige schade. Voor extra duurzaamheid wordt bij de toepassing van OSA op een waterkering gestreefd naar een omhullingsdikte van 1,1 mm. Om dit te realiseren moet er extra asfaltmestiek worden toegevoegd. De mestiek moet ook visceuzer zijn, omdat hij anders kan afdruipe, waardoor de extra mestiek niet leidt tot een grotere, maar juist tot een kleinere omhullingsdikte. De viscositeit van asfaltmestiek kan o.a. verhoogd worden door het toevoegen van vezels.

Bepaling samenstelling open steenasfalt

Om voor een monster OSA de omhullingsdikte te kunnen berekenen moet eerst de samenstelling van het monster bepaald worden. Dit wordt gedaan met proef 80.2 uit de Standaard RAW bepalingen 2010 (Decanteerbekercentrifugemethode (verschilmethode)).

De monsters dienen genomen te worden op het werk, juist voor de verwerking van het OSA. Boorkernen zijn niet geschikt omdat bij het boren de steenkorrels doorgesneden worden, waardoor een te kleine omhullingsdikte berekend zou worden.

Werking van het spreadsheet

De **blauwe** cellen zijn invoercellen. De **lila** en **rode** cellen leveren de (tussen)resultaten en bevatten formules (en mogen dus niet gewijzigd worden).

Bij het volumetrisch ontwerp berekent het spreadsheet het specifiek oppervlak van de steenfractie (materiaal groter dan 2 mm) van het ingevoerde steenmonster. Op basis van dit oppervlak en de ingevoerde omhullingsdikte wordt de benodigde hoeveelheid asfaltmestiek berekend. Hieruit worden dan weer de gradering en samenstelling van het OSA berekend. De gradering van het OSA is anders dan de gradering van het monster steen. Het monster steen bestaat nl. (vrijwel) geheel uit steen en het OSA bestaat voor ca. 80% uit steen en ca. 20% uit asfaltmestiek. Het OSA is daardoor minder grof dan het steenmonster.

Bij de controle van de omhullingsdikte berekent het spreadsheet het specifiek oppervlak van de fractie steen en de hoeveelheid asfaltmestiek (totaal van het materiaal kleiner dan 2 mm en bitumen) in een monster OSA. Op basis hiervan wordt de omhullingsdikte berekend.

Het spreadsheet gaat er van uit dat al het materiaal kleiner dan 2 mm uit de steenslag wordt verwijderd en dat in de asfaltmestiek geen materiaal groter dan 2 mm wordt verwerkt. Als dit niet zo is worden de resultaten minder nauwkeurig en zal de omhullingsdikte bij de controle niet overeenstemmen met het ontwerp. Dit komt omdat bij de controle al het materiaal kleiner dan 2 mm wordt toebedeeld aan de mestiek en al het materiaal groter dan 2 mm aan de steen.

Waarschuwingen

Het spreadsheet is niet beveiligd en geeft geen waarschuwingen bij foutieve invoer. Het gebruik van het spreadsheet is voor eigen risico.

Literatuur

1. State of the art asfaltdijkbekledingen (STOWA, Amersfoort, 2010)

Volumetrisch ontwerp open steenasfalt (OSA)

Blauw is invoer, lila zijn tussenresultaten, rood zijn eindresultaten.

Spreadsheet is niet beveiligd en geeft geen waarschuwingen bij foutieve invoer. Gebruik voor eigen risico.

Uitgangspunten bij de ontwerpberekening:

1. In de asfaltmastiek wordt geen materiaal groter dan 2 mm verwerkt.
2. Het materiaal in de steen wat kleiner is dan 2 mm wordt verwijderd.

Project **Dijkverbetering Terneuzen**

Contractnummer 12345

Invoer

Omhuilingsdikte [mm] 1,10 Gewenste omhuilingsdikte van asfaltmastiek om steen (default 1,10)

Samenstelling asfaltmastiek (bitumengehalte OP)

Zand	[% (m/m)]	77,0	Zandgehalte
Vulstof	[% (m/m)]	23,0	Vulstofgehalte
Bitumen	[% (m/m)]	20,0	Bitumengehalte OP

Dichtheid

Steen	[g/cm ³]	2,660	Omschrijving
Zand	[g/cm ³]	2,650	Kalksteen
Vulstof	[g/cm ³]	2,750	Zand
Bitumen	[g/cm ³]	1,025	Wigro
			Bitumen 70/100

Ontwerpsamenstelling asfaltmastiek [% (m/m)]

(tabel 52.21 RAW 2010)

Op zeef	Min.	Max.	Gem.
2 mm	0	4	2
63 µm	70	84	77
Bitumengehalte OP	18	22	20
Zandgehalte*	70,0	84,0	77,0
Vulstofgehalte*	16,0	30,0	23,0

* Er van uitgaande dat geen materiaal >2 mm aanwezig is

Gradering van de gebruikte steen

Zeefmaat	Op zeef
[mm]	[g]
45,0	0,0
31,5	10,0
22,4	70,0
16,0	80,0
11,2	90,0
8,0	95,0
5,6	98,0
2,0	99,0
0,063	100,0
Restant	2,0

Resultaten

Effectief gebruik steen

Effectief gebruik	[% (m/m)]	97,1	Steengehalte van het steenmonster (fractie >2 mm)
Overschot	[% (m/m)]	2,9	Uit steenmonster te verwijderen fijn materiaal (fractie <2 mm)

Hoeveelheden

Steen	[% (m/m)]	78,7	Benodigde hoeveelheid steen (fractie >2 mm)
Asfaltmastiek	[% (m/m)]	21,3	Benodigde hoeveelheid asfaltmastiek

Samenstelling open steenasfalt (bitumengehalte OP)

Zeefmaat	Op zeef
[mm]	[% (m/m)]
45,0	0,0
31,5	8,2
22,4	57,7
16,0	66,0
11,2	74,2
8,0	78,3
5,6	80,8
2,0	81,6
0,063	95,8
Vulstof	4,2
Bitumen OP	3,7

Tussenresultaten

Samenstelling asfaltmastiek (bitumengehalte IN)

Zand	[% (m/m)]	64,2	Zandgehalte
Vulstof	[% (m/m)]	19,2	Vulstofgehalte
Bitumen	[% (m/m)]	16,7	Bitumengehalte IN

Dichtheid asfaltmastiek

V_{zand}	[cm ³ /g]	0,242	Zandvolume per gram asfaltmastiek
V_{vulstof}	[cm ³ /g]	0,070	Vulstofvolume per gram asfaltmastiek
V_{bitumen}	[cm ³ /g]	0,163	Bitumenvolume per gram asfaltmastiek
V_{totaal}	[cm ³ /g]	0,474	Volume van 1 gram asfaltmastiek
ρ_{mastiek}	[g/cm ³]	2,108	Dichtheid van de asfaltmastiek

Specifiek oppervlak van de steen

Dichtheidsfactor	[g/cm ³]	2256
------------------	----------------------	------

d_{min}	d_{max}	Fractie		U-cijfer	$d_{\text{specifiek}}$	$A_{\text{specifiek}}$	A_{fractie}
[mm]	[mm]	[g]	[%]	[-]	[mm]	[cm ² /kg]	[cm ²]
45,0		0	0,0%				
31,5	45,0	10,0	10,1%	0,27	37,5	602	6
22,4	31,5	60,0	60,6%	0,38	26,4	853	51
16,0	22,4	10,0	10,1%	0,53	18,8	1197	12
11,2	16,0	10,0	10,1%	0,75	13,3	1694	17
8,0	11,2	5,0	5,1%	1,06	9,4	2394	12
5,6	8,0	3,0	3,0%	1,50	6,7	3388	10
2,0	5,6	1,0	1,0%	3,12	3,2	7042	7
0,063	2,0	1,0	1,0%				

Specifiek oppervlak van de steen [cm²]

115

Algemeen

$m_{\text{steenmonster}}$	[g]	102,0	Massa van het steenmonster
$m_{>2 \text{ mm}}$	[g]	99,0	Massa van de steen in het steenmonster
V_{mastiek}	[cm ³]	12,7	Benodigd volume asfaltmastiek
m_{mastiek}	[g]	26,7	Massa asfaltmastiek
m_{zand}	[g]	17,2	Massa zand
m_{vulstof}	[g]	5,1	Massa vulstof
m_{bitumen}	[g]	4,5	Massa bitumen
$m_{\text{min.agg.}}$	[g]	121,3	Massa mineraal aggregaat
$m_{\text{steen+mastiek}}$	[g]	125,7	Massa steen en asfaltmastiek

Controle omhullingsdikte asfaltmastiek in open steenasfalt (OSA)

Op basis van: Proef 80.2 uit de Standaard RAW-bepalingen 2010
(Decanteerbekercentrifugemethode (verschilmethode))

Blauw is invoer, **lila** zijn tussenresultaten, **rood** zijn eindresultaten.

Spreadsheet is niet beveiligd en geeft geen waarschuwingen bij foutieve invoer. Gebruik voor eigen risico.

Uitgangspunten bij de controleberekening:

1. In de asfaltmastiek is geen materiaal groter dan 2 mm verwerkt.
2. Het materiaal in de steen wat kleiner was dan 2 mm is verwijderd.

Project

Dijkverbetering Terneuzen

Contractnummer	12345
Controle van	Boorkernen uit geschiktheidsonderzoek
Monsterdatum	Mei 2012
Monsternamen door	Opdrachtnemer
Onderzoeksdatum	Mei 2012
Onderzoek door	ABC

Invoer

Dichtheid

Steen	[g/cm ³]	2,660	Dichtheid steen (default 2,66)
Zand	[g/cm ³]	2,650	Dichtheid zand (default 2,65)
Vulstof	[g/cm ³]	2,750	Dichtheid vulstof (default 2,75)
Bitumen	[g/cm ³]	1,025	Dichtheid bitumen (default 1,025)

Proef 80.2 uit Standaard RAW-bepalingen 2010

Monsternummer of -code		1	2	3	4	5	
m _{OSA}	[g]	103,4	103,6	103,3	103,3	103,5	Massa van het monster OSA
m _{beker;vooraf}	[g]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Massa van de beker - vooraf
m _{beker;achteraf}	[g]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Massa van de beker - achteraf, met restmateriaal

Mineraal aggregaat

	Materiaal op zeef [g]				
Zeefmaat [mm]	1	2	3	4	5
45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,4	34,3	29,7	23,3	28,2	32,8
16,0	60,5	62,3	66,7	67,9	68,4
11,2	74,4	72,6	76,4	77,1	76,1
8,0	78,7	76,2	80,2	79,1	78,4
5,6	80,7	78,1	81,3	80,2	79,8
2,0	83,7	81,5	84,2	82,9	82,5
0,063	94,8	94,5	94,7	94,5	94,3
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Resultaten

		Monsternummer					
		1	2	3	4	5	
Omhuilingsdikte	[mm]	0,768	0,862	0,750	0,837	0,880	Gerealiseerde omhuilingsdikte van asfaltmastiek om steen
Samenstelling OSA							
Steen	[% (m/m)]	80,9	78,7	81,5	80,3	79,7	Steengehalte
Asfaltmastiek	[% (m/m)]	19,1	21,3	18,5	19,7	20,3	Gehalte aan asfaltmastiek
Samenstelling asfaltmastiek							
Zand	[% (m/m)]	68,1	70,3	66,5	67,8	67,4	Zandgehalte
Vulstof	[% (m/m)]	31,9	29,7	33,5	32,2	32,6	Vulstofgehalte
Bitumen	[% (m/m)]	20,9	19,5	20,9	19,3	20,0	Bitumengehalte OP

Ontwerpsamenstelling asfaltmastiek [% (m/m)]

(tabel 52.21 RAW 2010)

Op zeef	Min.	Max.	Gem.
2 mm	0	4	2
63 µm	70	84	77
Bitumengehalte OP	18	22	20
Zandgehalte*	70,0	84,0	77,0
Vulstofgehalte*	16,0	30,0	23,0

* Er van uitgaande dat geen materiaal >2 mm aanwezig is

Tussenresultaten

Samenstelling van het monster open steenasfalt (naar massa)

Steen	[g]	83,7	81,5	84,2	82,9	82,5	Massa van de steen (fractie >2 mm)
Zand	[g]	11,1	13,0	10,5	11,6	11,8	Massa van het zand (fractie tussen 0,063 en 2 mm)
Vulstof	[g]	5,2	5,5	5,3	5,5	5,7	Massa van de vulstof (fractie <0,063 mm)
Bitumen	[g]	3,4	3,6	3,3	3,3	3,5	Massa van de bitumen
Zand+vulstof	[g]	16,3	18,5	15,8	17,1	17,5	Massa van het zand en de vulstof
Asfaltmastiek	[g]	19,7	22,1	19,1	20,4	21,0	Massa van de asfaltmastiek

Samenstelling van het monster open steenasfalt (naar volume)

Zand	[cm ³]	4,2	4,9	4,0	4,4	4,5	Volume zand
Vulstof	[cm ³]	1,9	2,0	1,9	2,0	2,1	Volume vulstof
Bitumen	[cm ³]	3,3	3,5	3,2	3,2	3,4	Volume bitumen
Asfaltmastiek	[cm ³]	9,4	10,4	9,1	9,6	9,9	Volume asfaltmastiek

Specifiek oppervlak van de steenfractie

Dichtheidsfactor [g/cm³] 2256

d _{min} [mm]	d _{max} [mm]	U-cijfer [-]	d _{specifiek} [mm]	A _{specifiek} [cm ² /kg]
31,5	45,0	0,27	37,45	602,3
22,4	31,5	0,38	26,43	853,3
16,0	22,4	0,53	18,84	1197,1
11,2	16,0	0,75	13,32	1694,0
8,0	11,2	1,06	9,42	2394,2
5,6	8,0	1,50	6,66	3387,9
2,0	5,6	3,12	3,20	7041,8

$d_{\min}$ [mm]	$d_{\max}$ [mm]	Fractie [g]				
31,5	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,4	31,5	34,3	29,7	23,3	28,2	32,8
16,0	22,4	26,2	32,6	43,4	39,7	35,6
11,2	16,0	13,9	10,3	9,7	9,2	7,7
8,0	11,2	4,3	3,6	3,8	2,0	2,3
5,6	8,0	2,0	1,9	1,1	1,1	1,4
2,0	5,6	3,0	3,4	2,9	2,7	2,7

$d_{\min}$ [mm]	$d_{\max}$ [mm]	Fractie [%]				
31,5	45,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
22,4	31,5	41,0%	36,4%	27,7%	34,0%	39,8%
16,0	22,4	31,3%	40,0%	51,5%	47,9%	43,2%
11,2	16,0	16,6%	12,6%	11,5%	11,1%	9,3%
8,0	11,2	5,1%	4,4%	4,5%	2,4%	2,8%
5,6	8,0	2,4%	2,3%	1,3%	1,3%	1,7%
2,0	5,6	3,6%	4,2%	3,4%	3,3%	3,3%

$d_{\min}$ [mm]	$d_{\max}$ [mm]	A_{fractie} [cm ²]				
31,5	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,4	31,5	29,3	25,3	19,9	24,1	28,0
16,0	22,4	31,4	39,0	52,0	47,5	42,6
11,2	16,0	23,5	17,4	16,4	15,6	13,0
8,0	11,2	10,3	8,6	9,1	4,8	5,5
5,6	8,0	6,8	6,4	3,7	3,7	4,7
2,0	5,6	21,1	23,9	20,4	19,0	19,0

$A_{\text{specifiek;steen}}$	[cm ²]	122,4	120,8	121,5	114,7	112,9	Specifiek oppervlak van de steenfractie
------------------------------	--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Formule van Zunker:

U-factor in zeeffractie i :
$$U_i = \frac{4,343}{\log(d_{i+1}) - \log(d_i)} \left(\frac{1}{d_i} - \frac{1}{d_{i+1}} \right) \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

Waarin:

d_i = ondergrens van zeeffractie i in mm;

d_{i+1} = bovengrens van zeeffractie i in mm;

voorwaarde $d_{i+1}/d_i \leq \sqrt{2}$;

de soortelijke diameter van zeeffractie i is nu:
$$\bar{d}_i = \frac{10}{U_{i-i+1}} \text{ (mm)}$$

Het volume per deeltje in zeeffractie i is :
$$V_{part,i} = \frac{4\pi \cdot \bar{d}_i^3}{3} \cdot 10^{-9} \text{ (m}^3\text{)}$$

De oppervlakte per deeltje in zeeffractie i is:
$$A_{part,i} = 4\pi \cdot \bar{d}_i^2 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$$

De massa van 1 deeltje in zeeffractie i is:
$$m_{part,i} = \rho V_{part,i} \text{ (kg)}$$

Waarin

ρ = dichtheid deeltje in (kg/m³) (als de deeltjes per fractie een andere dichtheid hebben moet hiermee ook rekening worden gehouden)

Per kg steenslag geldt nu:

Aantal deeltjes in zeeffractie i is:
$$n_i = \frac{f_i}{m_{part,i}} \text{ (-)}$$

Totaal oppervlakte zeeffractie i is:
$$A_i = n_i A_{part,i} \text{ (m}^2\text{)}$$

Totaal oppervlak in 1 kg steenslag is;
$$A_{totaal} = \sum_{i=1}^N A_i \text{ (m}^2\text{/kg)}$$

Waarin:

N = totaal aantal zeeffracties in de korrelverdeling

Gewenst mastiek volume per kg steenslag is:
$$V_{mastiek} = A_{totaal} d_{mastiek} \text{ (m}^3\text{)}$$

Waarin:

$d_{mastiek}$ = gewenste omhullingsdikte in m

1,1 x 10⁻³ m voor gevezelde open steenasfalt;

1,0 x 10⁻³ m voor niet gevezelde open steenasfalt.

De massa mastiek per kg steenslag wordt vervolgens berekend door dit volume te delen door de

dichtheid van de mastiek:
$$M_{mastiek} = \frac{V_{mastiek}}{\rho_{mastiek}} \text{ (kg/kg)}$$

Aandeel steenslag:
$$\frac{100}{1 + M_{mastiek}} \text{ (%)}$$

Aandeel mastiek:
$$\frac{M_{mastiek} \cdot 100}{1 + M_{mastiek}} \text{ (%)}$$

BIJLAGE 3

BESTEKSTESTEN OPEN STEENASFALT MET BIJLAGEN

(C.C. Montauban – Adviseur Waterkeringen – 24 augustus 2015)

INLEIDING

Voor het opstellen van de besteksbepalingen is gebruik gemaakt van het rapport:

“Pilot project Kennis Open steenasfalt – Versie 5, TUD, Van de Ven, Leguit en Montauban, november 2009”, dat in opdracht van Projectbureau Zeeweringen (PBZ) is gemaakt voor het opstellen van prestatiebestekken. De bepalingen uit dat rapport zijn aangepast aan de Standaard RAW 2010 hoofdstuk 52.5 Kust- en oeverwerken – Gebonden bekledingsconstructies en aangevuld met de bepalingen uit de hoofdstukken:

- 01.13 Kwaliteitsplan ... etc
- 01.14 Bouwstoffen
- 01.20 Kwaliteitsborging
- 02. Proeven
- 52.2 Kust- en oeverwerken – Overige matconstructies
- 52.5 Kust- en oeverwerken – Gebonden bekledingsconstructies (m.n. kwaliteitscontrole)

In aanvulling op het vooronderzoek zijn bepalingen opgenomen over:

- Hechting tussen steenslag en bitumen (Queenslandtest)
- Het volumetrisch ontwerp
- Het gebruik van vezels

Bij deze beschrijving zijn de artikelen uit de Standaard 2010 geïnventariseerd, voor zover deze relevant zijn voor Open steenasfalt. Hierbij is de volgorde uit de Standaard aangehouden.

Bij wijzigingen, aanvullingen en opmerkingen is de tekst *cursief en met een kleinere letter weergegeven*.

De keuze om de Standaard RAW bepalingen te nemen is gebaseerd op het feit dat deze een compleet beeld geven. Indien een prestatiebestek moet worden opgesteld, dan zal de opdrachtnemer op basis van de inhoud van deze bepalingen moeten kiezen welke onderdelen in het kader van een dergelijk bestek nodig zijn.

Bij gebruik van deze bepalingen is het aan te bevelen om gebruik te maken van de door CROW opgestelde Handleiding, die een toelichting is op de bepalingen. Deze is te vinden op de site van de CROW (indien de gebruiker beschikt over een abonnement).

Vooraf de toelichting over Hoofdstuk 52.5 is van belang.

Bij dit overzicht van bepalingen zijn de volgende bijlagen toegevoegd:

- Bijlage 3.1: Overzicht van bepalingen uit de Standaard en de Handleiding, die relevant zijn voor asfaltdijkbekledingen
- Bijlage 3.2: Overzicht van proeven uit de Standaard, die relevant zijn voor asfaltdijkbekledingen
- Bijlage 3.3: Overzicht van normen e.d. die relevant zijn voor asfaltdijkbekledingen
- Bijlage 3.4: Overzicht van bepalingen die relevant zijn voor de kwaliteitscontrole

Deze bijlagen zijn niet specifiek voor Open steenasfalt maar voor alle waterbouwasfalt.

Tenslotte zijn de conversietabel en de lijst van publicaties nuttige hulpmiddelen, die op de site van CROW zijn te vinden:

- Conversietabel geeft een overzicht van proefnummers uit de Standaard 2005 en 2010, die onderling zijn te vergelijken.
- De lijst van publicaties bevat alle verwijzingen die in de Standaard zijn genoemd (vooral normen).

NB: Onderhavig document is in 2014 opgesteld. Inmiddels is een project gestart om de bepalingen in de Standaard te herzien. Er moet rekening mee worden gehouden dat onderstaande teksten in de komende tijd aan veranderingen onderhevig zijn.

HOOFDSTUK 01 ALGEMEEN EN ADMINISTRATIEF

Artikel	Onderwerp	Leden
01.13 Kwaliteitsplan, algemeen tijdschema, werkplan, flexibele uitvoeringstermijn:		
01.13.01	Kwaliteitsborging	01
01.13.02	Kwaliteitsplan	01-04
01.13.03	Acceptatie kwaliteitsplan	01-03
01.13.04	Verplichtingen aannemer bij acceptatie kwaliteitsplan	01
01.13.05	Verificatie, acceptatie, stop-, bijwoon- en registratiepunt	01-04
01.13.06	Algemeen tijdschema, werkplan	01
01.13.07	Flexibele uitvoeringstermijn	01-03
<i>(Zie ook: Algemene toelichting op 52.5 (CROW))</i>		
01.14 Bouwstoffen:		
01.14.01	Door de opdrachtgever ter beschikking te stellen bouwstoffen	01-02
01.14.02	Keuring van bouwstoffen voorzien van CE-markering	01-03
01.14.03	Gegevens bouwstoffen voorzien van CE-markering	01-04
01.14.04	Kwaliteitsborging en keuring van bouwstoffen	01-03
01.14.05	Besluit bodemkwaliteit	01-05
01.20 Kwaliteitsborging:		
01.20.01	Algemeen	01
01.20.02	Inhoud kwaliteitsplan	01-02
01.20.03	Kwaliteitsregistratie	01-03
01.20.04	Controles, verificaties en audits door de directie	01-03
01.20.05	Beheersing van afwijkingen	01-06
01.20.06	Toezicht op de uitvoering en opnemingswerk	01-02
<i>(Zie ook: Toelichting op 01.20 Deel 3: bepalingen(CROW))</i>		

HOOFDSTUK 02 PROEVEN

Artikel/proef	Onderwerp	Deel
02.Proeven:		
02.01.01	Proeven, algemeen	01-04
02.02-11.0	Korrelverdeling (zeefproef)	11.1-11.2-11.3
02.02-24	Laagdiktebepaling van waterbouwasfalt	
02.02-52	Monsterneming en bepaling samenstelling en eigenschappen van waterbouwasfalt	Procedure A
Aanvulling:	<i>Proef 52: Monsterneming en bepaling samenstelling en eigenschappen van waterbouwasfalt (+ alle verwijzingen naar proeven en normen) (bij proef 89 Terugwinning van bitumen uit asfalt wordt foutief verwezen naar NEN 3971; deze is vervangen door NEN-EN 12697-3)</i>	
02.02-54	Vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek van waterbouwasfalt	
02.02-56	Open steenasfalt	
Wijziging:	In afwijking van het gestelde in proef 56 Open steenasfalt wordt het vooronderzoek vervangen door het volumetrisch ontwerpen van open steenasfalt volgens bijlage 2 van het State-of-the-Art-rapport Open steenasfalt. De asfaltmastiek wordt ontworpen volgens proef 58 deel 1: Vooronderzoek	
Aanvulling:	In aanvulling op het gestelde in proef 56 Open steenasfalt worden bij het geschiktheidsonderzoek 2 monsters specie van 5.0 kg onderzocht op de steen-mortel-verhouding, de korrelverdeling van de steenslag en de omhullingsdikte met mastiek. (uit onderzoek is gebleken dat deze eigenschappen niet goed uit boorkernen zijn te bepalen)	
02.02-58	Asfaltmastiek (<i>alleen vooronderzoek</i>)	1
02.02-59	Hellingproef voor het bepalen van het vloeigedrag van gietasfalt en asfaltmastiek	
02.02-80.0	Gehalte aan bitumen van warm bereid asfalt	80.1-80.2
02.02-82	Dichtheid van het proefstuk van asfalt	Zie: toelichting 4
02.02-83	Dichtheid van het mengsel van asfalt	
02.02-84	Gehalte aan poriën (holle ruimte) van asfalt	
02.02-89	Terugwinning van bitumen uit asfalt	
Aanvulling:	(bij proef 89 Terugwinning van bitumen uit asfalt wordt foutief verwezen naar NEN 3971; deze is vervangen door NEN-EN 12697-3)	
02.02-90	Gehalte aan poriën volgens Engelsmann	

HOOFDSTUK 52.2 KUST- EN OEVERWERKEN – OVERIGE MATCONSTRUCTIES

Artikel	Onderwerp	Leden
52.2 Kust- en oeverwerken – Overige matconstructies:		
52.21.02	Begrippen - Mat van open steenasfalt	01
52.22.02	Eisen en uitvoering - Aanbrengen mat van open steenasfalt	01-02
52.23.02	Informatie-overdracht - Bewijs van oorsprong	02-04
52.23.03	Informatie-overdracht - Legplan betonblokkenmatten of matten van open steenasfalt	01-02
52.26.05	Bouwstoffen – Mat van open steenasfalt	01
52.27.02	Meet- en verrekennethoden – Hoeveelheidsbepaling, mat van open steenasfalt	01
<i>(Zie ook: Toelichting op 52.2 Deel 3: bepalingen(CROW))</i>		

HOOFDSTUK 52.5 KUST- EN OEVERWERKEN – GEBONDEN BEKLEDINGSCONSTRUCTIES

Artikel	Onderwerp	Leden
52.5 Kust- en oeverwerken – Gebonden bekledingsconstructies		
52.51 Begrippen:		
52.51.01	Bitumineus gebonden toepassing, algemeen	01
Aanvulling:	Ontwerpsamenstelling: de op basis van het vooronderzoek vastgelegde samenstelling van het asfalt	
Aanvulling:	Vezels: Vezels zijn afdruiptremmende stoffen, die bestaan uit cellulosevezels of minerale/kunststof vezels; deze worden gemengd met bitumen om de viscositeit te verhogen waarmee de ontmengingsgevoeligheid van asfaltmengsels wordt verminderd.	
Aanvulling:	Volumetrisch ontwerp: Het volumetrisch ontwerp van open steenasfalt is het berekenen van de benodigde hoeveelheid asfaltmestiek op basis van het specifiek oppervlak van de steenslag en een vereiste gemiddelde omhullingsdikte van de asfaltmestiek.	
52.52 Eisen en uitvoering:		
52.52.01	Bitumineus gebonden toepassing, eisen gesteld aan het resultaat	01-06
Opmerking:	Het is de vraag of er eisen aan de holle ruimte moeten worden gesteld omdat het mengsel nu volumetrisch wordt ontworpen; als de opdrachtgever vasthoudt aan zekere minimale doorlatendheid dan zijn eisen aan de holle ruimte relevant	??
Aanvulling:	Na verwerking moet de omhullingsdikte van asfaltmestiek om de steenslag gemiddeld 1.0 mm bedragen bij open steenasfalt zonder vezels en gemiddeld 1.1 mm bij open steenasfalt met vezels; de marge van de omhullingsdikte bedraagt ± 0.2 mm.	
52.52.02	Bitumineus gebonden toepassing, bereiding van asfalt	01-02
Opmerking:	Het is de vraag of Bijlagen II en III Bereiding van asfalt een zinvol zijn (deze zijn alleen aan wegverhardingen gerelateerd); hoe voor K&O?	Zie Bijlagen
52.52.03	Bitumineus gebonden toepassing, verwerkings-omstandigheden, algemeen	01 en 03-06
52.52.05	Bitumineus gebonden toepassing, verwerking van open steenasfalt, aanvullend	01-04
52.53 Informatie-overdracht:		
52.53.01	Bitumineus gebonden toepassing, productie en verwerking	01-02
52.53.02	Bitumineus gebonden toepassing, gegevens weegproces	01
52.53.03	Bitumineus gebonden toepassing, bewijs van oorsprong	01-05
52.54 Risicoverdeling en garanties:		
52.54.01	Bitumineus gebonden toepassing, vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek	01-07
Toelichting:	In dit artikel wordt impliciet beschreven dat de uitkomsten van het geschiktheidsonderzoek aan de eisen moeten voldoen; immers in lid 4 wordt gesteld dat dit onderzoek achterwege kan blijven als eerder onderzoek aantoont dat aan de eisen is voldaan.	
	In dit artikel wordt verwezen naar proef 54	
Aanvulling:	In afwijking van het gestelde in proef 56 worden geen proefstukken van open steenasfalt bereid.	
Aanvulling:	Indien het gebruik van vezels is voorgeschreven het benodigde percentage vezels bepalen met behulp van proef 59. Hierbij geldt dat het vloeigedrag van de asfaltmestiek met vezels overeen moet komen met het vloeigedrag van asfaltmestiek waaraan 0,3-0,5 % cellulosevezels zijn toegevoegd.	
Aanvulling:	In aanvulling op het gestelde in proef 56 met het volumetrisch ontwerp (bijlage 1) bepalen hoeveel asfaltmestiek benodigd is in de open steenasfalt. Hiertoe mengsels ontwerpen op basis van het specifiek oppervlak van de steenslag en een omhulling met niet gevezelde respectievelijk gevezelde asfaltmestiek van 1,0 mm respectievelijk 1.1 mm dikte.	
52.54.02	Bitumineus gebonden toepassing, keuring van bouwstoffen	01-03
52.54.03	Bitumineus gebonden toepassing, bedrijfscontrole	01-04
52.54.04	Bitumineus gebonden toepassing, beoordeling kwaliteit	01
52.54.05	Bitumineus gebonden toepassing, inrichting van het onderzoek naar de samenstelling en eigenschappen van het asfalt	01-03 en 06-08

52.54.06	Bitumineus gebonden toepassing, onderzoeksresultaten	01-04
52.54.07	Bitumineus gebonden toepassing, goedkeuring	01-02
52.54.08	Bitumineus gebonden toepassing, kortingen	01-05
Opmerking:	<i>Het is de vraag of deze kortingen moeten worden gehandhaafd, gewijzigd of moeten komen te vervallen?</i>	??
52.54.09	Bitumineus gebonden toepassing, gegevens vooronderzoek, geschiktheidsonderzoek en bedrijfscontrole en gegevens ten behoeve van de garantie	01-02
52.54.10	Bitumineus gebonden toepassing, garantie	01-11
52.56 Bouwstoffen:		
52.56.01	Bitumineus gebonden toepassing, steenslag voor bitumineuze mengsels	01-04
Aanvulling:	<i>In afwijking van tabel T 52.14 dient de weerstand tegen verbrijzeling LA20 (of LA15 ?) te bedragen, indien open steenasfalt in een erosiegevoelige situatie wordt toegepast.</i>	
Aanvulling:	De hechting van de steenslag aan het te gebruiken bindmiddel moet worden bepaald met de Queenslandtest (bijlage ??); de gemiddelde stripping mag ten hoogste 25 % bedragen.	
Aanvulling:	Kalksteen mag worden vervangen door fosforslak (hoe is de hechting? zie toelichting:) Toelichting op 52.2 Deel 3: Bepalingen: blz. 10: Hechting is optimaal door poreuze korrelvlakken!	
52.56.04	Bitumineus gebonden toepassing, zand voor bitumineuze mengsels	01-04
52.56.05	Bitumineus gebonden toepassing, vulstof (fabrieksmatig bereide vulstof)	01-02
Aanvulling:	<i>Vulstof z of zz met CC60: toelichten: 60 % Calciumcarbonaat ZZ vulstof moet zijn: kalksteen volgens Catalogus Bepalingen 52.56.01 CC60 mag gelijkwaardig worden gesteld aan de eis van Kalksteen</i>	
Aanvulling:	<i>Bitumen is bitumen 70/100 of een mengsel van bitumen 70/100 en vezels.</i>	Zie: 52.53.03
Aanvulling:	<i>Vezels: Vezels vormen een afdruiptremmende stof die bestaat uit cellulose of mineraal/kunststof vezels. Het benodigde percentage vezels moet worden bepaald volgens de bepalingen in paragraaf 52.54.01.</i>	
52.56.06	Vervangen door:	
52.56.06B	Bitumineus gebonden toepassing, Asfaltgranulaat voor open steenasfalt	
	Asfaltgranulaat moet zijn gebroken of verkruid open steenasfalt	01
	Asfaltgranulaat mag ten hoogste 10 % (proef 11.0) mineraal aggregaat bevatten met een korreldiameter groter dan de nominale korreldiameter van het open steenasfalmengsel waarin het wordt toegepast	02
	Asfaltgranulaat moet voor ten minste 95,0 % (m/m) (of 98 %?) bestaan uit open steenasfalt. Het mag ten hoogste 1,0 % (m/m) gietasfalt of asfaltmastiek bevatten	03
	Asfaltgranulaat moet voor ten minste 95,0 % (m/m) (of 98 %?) bestaan uit open steenasfalt. Het mag ten hoogste 1,0 % (m/m) gietasfalt of asfaltmastiek bevatten	04
	De penetratie (NEN-EN 1426) van het teruggewonnen bitumen (proef 89) uit het asfaltgranulaat moet per waarneming ten minste 10 en van vijf waarnemingen moet het gemiddelde ten minste 15 bedragen	05
	Het totale gehalte aan nevenbestanddelen en verontreinigingen in het asfaltgranulaat (proef 88) mag ten hoogste 5 % (m/m) bedragen (of 2 % ?). Met verontreiniging worden ook slib en vegetatie bedoeld	06
	Het totale gehalte aan verontreinigingen in het asfaltgranulaat (proef 88) mag ten hoogste 0,1 % (m/m) bedragen (is erg strenge eis !!!!!)	07
	<i>Asfaltgranulaat moet homogeen zijn en wordt daartoe visueel op homogeniteit beoordeeld. Wordt het als niet-homogeen beschouwd, dan dient het te worden gehomogeniseerd. In overleg tussen opdrachtgever en aannemer wordt vastgesteld hoe de homogeniteit wordt bepaald en welke afwijkingen toelaatbaar zijn. (dus niet klakkeloos 52.56.06 lid 7 en 8 toepassen?)</i>	08
52.56.08	Bitumineus gebonden toepassing, open steenasfalt	01-02
Aanvulling:	<i>De ontwerpsamenstelling moet voldoen aan het volumetrisch ontwerp voor open steenasfalt 11/16, 16/22, of 20/32; open steenasfalt 11/16 is bedoeld voor dunne lagen. Het is de vraag hoe met Belgische standaardmaten (10/14 – 14/20) moet worden omgegaan.</i>	
Aanvulling:	Ten hoogste 40 % (m/m) van het mineraal aggregaat mag worden vervangen door asfaltgranulaat.	
Toelichting:	Dit geldt alleen voor de sorteringen 11/16 en 16/22; voor 10/14, 14/20 en 20/32 moet Tabel T 52.19 eventueel worden aangevuld.	
52.56.10	Bitumineus gebonden toepassing, asfaltmastiek	01-02
52.57 Meet- en verrekennethoden:		
52.57.01	Bitumineus gebonden toepassing, meetmethode ten behoeve van hoeveelheidsbepaling, hoeveelheden asfalt	01-07
52.57.02	Bitumineus gebonden toepassing, verrekennmethode, hoeveelheden asfalt	01-02
52.57.03	Bitumineus gebonden toepassing, verrekennmethode, samenstelling	01-03

Bijlagen bij 52.5:

Algemeen	<i>Bijlagen I, II en III:</i> <i>De bijlagen uit de Standaard voor de bereiding van asfalt in hoofdstuk 31.2 (wegenbouw) zijn vervallen i.v.m. de CE-markering; deze markering is de garantie dat de producent op een juiste wijze het asfalt bereidt; Asfalt voor K&O-werken wordt niet onder CE-markering geleverd; daarom zijn de bijlagen die eerder bij Hoofdstuk 31.2 zaten toegevoegd aan hoofdstuk 52 Kust- en Overwerken.</i>
Bijlage I	<i>Deze is vooral geschreven voor wegverhardingen; de bepalingen zijn wel bruikbaar voor bestekken van Kust- en oeverwerken, om problemen te voorkomen.</i>
Bijlage II	<i>Ook deze bepalingen zijn vooral bedoeld voor wegverhardingen, met name bij gebruik van asfaltgranulaat en de beoordeling van de kwaliteit van de asfaltspecie;</i> <i>Daarom zijn deze bepalingen ook bruikbaar voor Kust- en oeverwerken.</i>
Bijlage III	<i>Deze bepalingen zijn uitsluitend bedoeld voor wegverhardingen, met name bij afwijkende productieprocessen en functionele eisen;</i> <i>Niet duidelijk is hoe afwijkende productieprocessen bij Kust- en oeverwerken moeten worden beoordeeld (denk aan de opwerkinstallatie van Hydrphalt).</i>

BIJLAGE 3.1: OVERZICHT VAN BEPALINGEN UIT DE STANDAARD EN DE HANDLEIDING, DIE RELEVANT ZIJN VOOR ASFALTDIJKBEKLEDINGEN

(Relevant voor asfaltdijkbekledingen)

Hoofdstuk	Deelhoofdstuk Paragraaf	Bepalingen	Toelichting (= Handleiding-2010)
01 Algemeen en administratief	01.13 Kwaliteitsplan, ...etc	01.13.01 - 01.13.07	
	01.14 Bouwstoffen	01.14.01 - 01.14.05	
	01.20 Kwaliteitsborging	01.20.01 - 01.20.06	Deel 3: Bepalingen
	Bijlage: Lijst van publicaties genoemd in deze Standaard		
02 Proeven	02.01 Proeven, algemeen		Conversietabel Overzicht proeven
	02.02 Proeven	<i>Zie: overzicht proeven</i>	
30 Wegverhardingen I	30.2 Bitumineuze oppervlakbehandeling	30.21.01 - 30.27.03 Tabel T 30.01	Algemene toelichting Deel 2: Beschrijving Deel 3: Bepalingen
52 Kust- en oeverwerken	52.0 Algemeen	<i>Geotextielen ??</i>	Algemene toelichting 52.0
	52.2 Overige matconstructies	52.21.01 - 52.27.02	Deel 3: Bepalingen
	52.3 Steenbestorting, ballast-, vul- en filterlaag	52.31.01 - 52.37.02	??
	52.5 Gebonden bekledingsconstructies	52.51.01 - 52.57.17	Algemene toelichting 52.5
		Bijlage I: Bereiding van asfalt	Deel 1: Algemeen
		Bijlage II: Bereiding van asfalt, beoordeling conventionele productieprocessen	Deel 2: Beschrijving
		Bijlage III: Bereiding van asfalt, beoordeling afwijkende productieprocessen	Deel 3: Bepalingen
		Tabellen: T 52.01 - T 52.24	

BIJLAGE 3.2: OVERZICHT VAN PROEVEN UIT DE STANDAARD, DIE RELEVANT ZIJN VOOR ASFALT-DIJKBEKLEDINGEN

(zie ook: TR Asfalt voor Waterkeren, bijlage 3: Testmethoden en normen)

Proef	Nr.	Verwijzing
Korrelverdeling (zeefproef)	11.0	11.1 – 11.2 – 11.3
Droge voorzeving	11.1	11.0
Natte zeving	11.2	11.0
Droge nazeving	11.3	11.0
Laagdiktebepaling waterbouwasfalt	24	
Monsterneming, samenstelling, etc	52	11.0 – 24 – 82 – 83 – 84 – 80 – 89,
Vooronderzoek en geschiktheids-onderzoek waterbouwasfalt	54	55 – 56 – 57 – 58 – 79 NEN-EN 13043, NEN 6240
Waterbouwasfaltbeton	55	52 – 54 – 58 – 78.1 – 82 – 83 – 84
Open steenasfalt	56	52 – 54 – 58 – 78.1 – 82 – 83 – 84
Gietasfalt	57	52 – 54 – 58 – 59
Asfaltmastiek	58	11.0 – 52.B – 54 – 59 – 90
Hellingproef	59	-
Marshallproef	78.1	78.0 – 82 – 83
Dichtheid van steen	79	83
Bitumengehalte van warm asfalt	80.0	80.1 – 80.2
Soxhletextractie	80.1	11.1 – 83
Decanteerbekercentrifugemethode	80.2	11.1 – 83 – Zeven volgens NEN 2560
Dichtheid proefstuk	82	78.1 – NEN-EN 12697-14 Nucleaire dichtheid (ASTM D 2950-91)
Dichtheid mengsel	83	11.0 – 79.1 (-79!) – 80.0 – 86 – 87 NEN-EN 12697-14 NEN-EN-ISO 3838 = ??
Holle ruimte	84	82 – 83
Vullingsgraad van asfalt	85	80, 82, 84, NEN-EN-ISO 3838
Bestanddelen en verontreiniging asfaltgranulaat	88	-
Terugwinning van bitumen uit asfalt	89	NEN 3971 (= fout, is vervangen door NEN-EN 12697-3)
Gehalte aan poriën volgens Engelsmann	90	11.0

BIJLAGE 3.3: OVERZICHT VAN NORMEN E.D. DIE RELEVANT ZIJN VOOR ASFALTDIJKBEKLEDINGEN**Bron: Normenoverzicht gww Versie 2015-01-27 (CROW-NEN)***(zie ook: TR Asfalt voor Waterkeren, bijlage 3: Testmethoden en normen)*

Aanvullen met normen over:

- Waterbouwsteen, mijnsteen en slakken (52.3)
- Geotextielen (22.0 en 52.0)
- Zand en klei voor ondergrond (22.0)
- Keileem (??)

Norm	Titel	Uitgave
Bitumen en bitumineuze bindmiddelen:		
Eisen:		
NEN-EN 12591	Specificaties voor penetratiebitumen	2009
Beproevingsmethoden:		
NEN- EN 58	Monsterneming van bitumineuze bindmiddelen	2012
NEN-EN 1426	Bepaling van de naaldpenetratie	2007
NEN-EN 1427	Bepaling van het verwekingspunt – Ring- en kogelmethode	2007
NEN- EN 12592	Bepaling van de oplosbaarheid	2014
NEN- EN 12593	Bepaling van het breekpunt volgens Fraass	2007
NEN- EN 12594	Monstervoorbehandeling	2014
NEN- EN 12595	Bepaling van de kinematische viscositeit	2014
NEN- EN 12596	Bepaling van de dynamische viscositeit met een vacuümcapillair.	2014
NEN- EN 12597	Terminologie	2014
NEN- EN 12607-1	Bepaling van de weerstand tegen verharding onder de invloed van warmte en lucht - Deel 1: RTFOT-methode	2014
NEN- EN 12607-2	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van de weerstand tegen verharding onder de invloed van warmte en lucht - Deel 2: TFOT-methode	2014
NEN-EN 15326+A1	Meting van de dichtheid en zwaartekracht - Methode met pyknometer met stop met capillair	2007/ 2009
NEN- EN-ISO 2592	Bepaling van vlam- en brandpunten – Clevelandmethode met open kroes	2001
NEN- EN-ISO 2719	Bepaling van het vlampunt – Methode volgens Pensky-Martens met gesloten kroes	2003
NEN- EN-ISO 3838	Bepaling van de dichtheid of relatieve dichtheid van bitumen	2004
NEN- EN-ISO 4259	Bepaling en toepassing van gegevens over de precisie van beproevingsmethoden	2004
Eisen en Beproevingsmethoden voor toeslagmaterialen:		
Eisen:		
NEN 6240	Nederlandse invulling van NEN-EN 13043	2005
NEN 6240/A1	Nederlandse invulling van NEN-EN 13043	2006
NEN-EN 13043	Toeslagmaterialen voor asfalt en oppervlakbehandeling voor wegen, vliegvelden en andere verkeersgebieden	2003
NEN-6244	Gehalte aan vuursteen ???	2 ^e -ontwerp
Beproevingsmethoden:		
NEN-EN 196-21	Bepaling gehalte calciumcarbonaat (in vulstof) <i>(Staat in NEVUL-2014; is niet te vinden in Normenoverzicht CROW ???)</i> <i>Op internet: deze norm is ingetrokken vervangen door: NEN-EN-ISO 680 en NEN-EN 196-2</i>	
NEN-EN 459-2	Bouwkalk – Deel 2: Beproevingsmethoden <i>(deze norm moet de bepaling gehalte calciumhydroxide in vulstof omvatten; niet duidelijk of dat ook zo is)</i>	2010

NEN-EN 932-3/A1	Beproevingsmethoden voor algemene eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 3: Procedure en terminologie voor een vereenvoudigde petrografische beschrijving	1996/ 2003
NEN-EN 933-1	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Bepaling van de korrelgrootteverdeling – Zeefmethode	2012
NEN-EN 933-3	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 3: Bepaling van korrelvorm - Vlakheidsindex	2012
NEN-EN 933-5/A1	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 5: Bepaling van het percentage van gebroken oppervlakken in grove toeslagmaterialen	1998/ 2004
NEN-EN 933-6	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 6: Beoordeling van oppervlakte-eigenschappen – Stroomcoëfficiënt van toeslagmaterialen [zand]	2014
NEN-EN 933-9+A1	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 9: Beoordeling van fijn materiaal – Methyleenblauwproef [vulstoffen]	2013
NEN-EN 933-10	Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 10: Beoordeling van fijn materiaal – Korrelverdeling van vulstoffen (luchtstraalzeving) [vulstoffen]	2009
NEN-EN 1097-2	Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 2: Methoden voor de bepaling van de weerstand tegen verbrijzeling (Los Angeles)	2010
NEN-EN 1097-4	Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 4: Bepaling van de holle ruimten in droge verdichte vulstof [vulstoffen]	2008
NEN-EN 1097-5	Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 5: Bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven [ook bedoeld voor: massaverlies van vulstof bij 110 °C]	2008
NEN-EN 1097-6	Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 6: Bepaling van de deeltjesdichtheid en de wateropname	2013
NEN-EN 1097-7	Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 7: Bepaling van de dichtheid van vulstof – Methode met pyknometer [vulstoffen]	2008
NEN-EN 1367-1	Beproevingsmethoden voor de thermische eigenschappen en verwerking van toeslagmaterialen – Deel 1: Bepaling van de bestandheid tegen vriezen en dooien	2007
NEN-EN 1367-5	Beproevingsmethoden voor de thermische eigenschappen en verwerking van toeslagmaterialen – Deel 5: Bepaling van de weerstand tegen kortstondige verhitting	2011
NEN-EN 1744-1+A1	Beproevingsmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Chemische analyse NB: In 13034 staat deze norm bij: Grove lichtgewicht verontreinigingen. In vulstofboekje (NEVUL-2014) staat deze norm bij: oplosbaarheid in water. (???)	2009/ 2012

NEN-EN 1744-4	Beproevingen voor chemische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 4: Bepaling van de watergevoeligheid van vulstoffen voor bitumineuze mengsels <i>[vulstoffen]</i>	2005
NEN-EN 12697-11	Bitumineuze mengsels – Beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt – Deel 11: Bepaling van de affiniteit van toeslagmateriaal voor bitumen	2012
NEN-EN 13179-2	Beproevingen voor minerale vulstof in bitumineuze mengsels – Deel 2: Bitumengetal <i>[vulstoffen]</i>	2000

Eisen en Beproevingsmethoden voor bitumineuze mengsels:

Beproevingsmethoden:

NEN-EN 12697-1	Gehalte aan oplosbaar bindmiddel
NEN-EN 12697-2	Bepaling van de deeltjesgrootteverdeling
NEN-EN 12697-3	Terugwinning bitumen Rotatieverdamp
NEN-EN 12697-5	Bepaling van de maximum dichtheid
NEN-EN 12697-6	Bepaling van de proefstukdichtheid
NEN-EN 12697-8	Bepaling van het gehalte aan poriën in bitumineuze materialen
NEN-EN 12697-10	Bepaling van de verdichtbaarheid
NEN-EN 12697-11	Bepaling van de affiniteit van toeslagmateriaal voor bitumen
NEN-EN 12697-12	Bepaling van de watergevoeligheid van bitumineuze monsters
NEN-EN 12697-23	Bepaling van de indirecte treksterkte van bitumineuze proefstukken
NEN-EN 12697-13	Temperatuurmeting
NEN-EN 12697-14	Watergehalte
NEN-EN 12697-15	Bepaling van de ontmengingsgevoeligheid
NEN-EN 12697-17	Deeltjesverlies uit zeer open asfaltbeton
NEN-EN 12697-18	Afdruipen bindmiddel
NEN-EN 12697-19	Doorlatendheid van proefstukken
NEN-EN 12697-20	Indringingsproef op kubusvormige of marshallproefstukken
NEN-EN 12697-21	Indringingsproef op proefplaten
NEN-EN 12697-22	Wielspoorproef
NEN-EN 12697-24	Weerstand tegen vermoeiing
NEN-EN 12697-25	Weerstand tegen permanente vervorming (triaxiaalproef)
NEN-EN 12697-26	Stijfheid
NEN-EN 12697-27	Monsterneming
NEN-EN 12697-28	Vorbereiding van monster voor de bepaling van bindmiddelgehalte, watergehalte en korrelverdeling
NEN-EN 12697-29	Bepaling van de afmetingen van een bitumineus proefstuk
NEN-EN 12697-31	Gyratorverdichter
NEN-EN 12697-33	Proefstukvervaardiging door verdichting met een wals
NEN-EN 12697-35	Menging in het laboratorium
NEN-EN 12697-36	Bepaling van de dikte van een bitumineuze laag
NEN-EN 12697-38	Algemene apparatuur en kalibratie
NEN-EN 12697-42	Gehalte aan grove vreemde bestanddelen in asfaltgranulaat

NB: Onduidelijk is welke van deze methoden de proeven uit de Standaard vervangen;
(Zie hiervoor: CROW-rapport D11-06 van november 2011)

Beoordelingsrichtlijnen GWW-sector:

BRL 2502	Korrelvormige materialen met een volumieke massa van ten minste 2000 kg/m3 voor toepassing in onder andere mortels, beton en asfalt	
BRL 2506	Recyclinggranulaten voor toepassing in de beton, wegenbouw, grondbouw en werken	
BRL 9041	Vulstoffen voor asfalt + Wijzigingsblad	2004/ 2014
BRL 9301	Mijnsteen voor GWW-werken	
BRL 9304	Fosforlak en fosforlakmengsel voor toepassing in GWW-werken	
BRL 9310	LD-staalslakmengsel voor toepassing in de wegenbouw en LD-staalslak voor toepassing in GWW-werken	
BRL 9311	Gerecycled grind voor toepassing op daken, in ongebonden lagen in civiele werken en als toeslagmateriaal voor asfalt	
BRL 9312	Waterbouwsteen voor toepassing in GWW-werken	
BRL 9320	Nationale beoordelingsrichtlijn voor het NL BSB productcertificaat voor bitumineus gebonden mengsels	2009

BIJLAGE 3.4: OVERZICHT VAN BEPALINGEN DIE RELEVANT ZIJN VOOR DE KWALITEITSCONTROLE

In de Standaard 2010 zijn de volgende onderdelen relevant voor de kwaliteitscontrole:

- 01.13 Kwaliteitsplan
- 01.14 Bouwstoffen
- 01.20 Kwaliteitsborging
- Proef 52: Monsterneming en bepaling samenstelling en eigenschappen van waterbouwasfalt (+ alle verwijzingen naar proeven en normen) *(bij proef 89 Terugwinning van bitumen uit asfalt wordt foutief verwezen naar NEN 3971; deze is vervangen door NEN-EN 12697-3)*
- 52.53 Informatie-overdracht
- 52.54 Risicoverdeling en garanties:
 - 01 Vooronderzoek en geschiktheidsonderzoek
 - 02 Keuring van bouwstoffen
 - 03 Bedrijfscontrole
 - 04 Beoordeling kwaliteit
 - 05 Inrichting onderzoek
 - 06 Onderzoekresultaten
 - 07 Goedkeuring
 - 08 Kortingen
 - 09 Gegevens voor garantie
 - 10 Garantie
- 52.56 Bouwstoffen (en mengsels)
 - 01 Steenslag
 - 03 Fosforslak
 - 04 Zand
 - 05 Vulstof
 - 08 Open steenasfalt
 - 10 Asfaltmastiek
- 52.57 Meet-en verrekenmethoden:
 - 01 Methode hoeveelheden
 - 02 Verrekenmethode hoeveelheden
 - 03 Samenstelling

Daarnaast is veel informatie uit de Handleidng en de Toelichtingen op de hoofdstukken uit de Standaard relevant (Zie CROW-site)

BIJLAGE 4

PROEFOMSCHRIJVING QUEENSLANDTEST

De beschrijving van de Queenslandtest kan worden gedownload van de site:

www.mainroads.qld.gov.au

Een kopie van de norm is hierna gegeven. De proef kan in twee varianten worden uitgevoerd:

Test Method no. Q212A-1979
Bitumen stripping value
(standard plate)

Test Method no. Q212B-1978
Bitumen stripping value
(modified plate)

Van beide varianten is een kopie van het origineel bijgevoegd in deze appendix.

TEST METHOD NO. Q212A-1978BITUMEN STRIPPING VALUE
(STANDARD PLATE)1. Scope

This method determines the resistance to stripping of bitumen from aggregate by the standard plate stripping test.

2. Apparatus

- (i) 150 mm x 150 mm zinc plate with raised edge.
- (ii) Drying oven, type A (See Section A - General).
- (iii) Constant temperature water bath, at a controlled temperature of 50°C.
- (iv) Pliers.

3. Procedure

- (i) 50 representative pieces of the dominant size fraction of the aggregate sample submitted for test shall be selected.
- (ii) A sufficient quantity of B160 bitumen shall be heated to pour between 28 g and 33 g onto the plate to form a uniform thickness, and allowed to cool to room temperature.
- (iii) The 50 stones shall be pressed lightly into the bitumen layer.
- (iv) The prepared plate shall be placed in the oven at 60°C for a period of 24 hours and then transferred to the constant temperature water bath at 50°C for 4 days, after which it shall be allowed to cool in water at room temperature for 1 hour.
- (v) While still wet, the stones shall be plucked from the bitumen either by hand or by using pliers.
- (vi) The underside of each stone shall be examined to note the amount of bitumen adhering to it.

2.

4. Calculation

In assessing the stripping value of the aggregate, three categories are recorded:

- (i) Completely stripped - 0-10 percent bitumen adhering
- (ii) Partly stripped - 10-90 percent bitumen adhering
- (iii) No stripping - 90-100 percent bitumen adhering.

By counting 2 units for complete stripping, 1 unit for part stripping and 0 units for no stripping, the total count is the bitumen stripping value.

5. Notes on Method

- (i) The above test procedure shall be used generally for testing aggregates treated with precoating agent.
- (ii) The stones shall be pulled out evenly without any twisting motion. Levering out of the stone shall only be resorted to when adhesion with the bitumen is exceptionally good.
- (iii) If more bitumen than necessary is used in the test, it may be found that flaky aggregates tend to become partially submerged, and on pulling out are left with a collar of bitumen adhering to the sides and top of the aggregate piece. In assessing the degree of stripping, this collar shall be ignored, only the stripping from the underside of the stone being considered.

End of Text, Q212A-1978

TEST METHOD NO. Q212B-1978BITUMEN STRIPPING VALUE
(MODIFIED PLATE)1. Scope

This method determines the resistance to stripping of bitumen from aggregate by the modified plate stripping test.

2. Apparatus

- (i) 150 mm diameter tin lids with raised edges. Lids from 4 litre tins, press-on variety (e.g. lever lids, type 603) are quite suitable.
- (ii) Drying oven, type A (See Section A - General).
- (iii) Constant temperature water bath, operating at a controlled temperature of 50°C.
- (iv) Pliers.

3. Procedure

- (i) 50 representative pieces of the dominant size fraction of the aggregate shall be selected.
- (ii) B160 bitumen shall be heated to pouring consistency and 26-27 g portions poured into each of two tin lids. If necessary, the lids shall be placed in the oven for a short time to spread the bitumen film. They shall then be allowed to cool to room temperature in a dust free area, such as the inside of a cupboard.
- (iii) 25 stones shall be pressed firmly into the bitumen layer in each of the two plates.
- (iv) The plates shall be placed in the 60°C oven for 1 hour, and then transferred to the 50°C water bath for 4 hours. Subsequently the plates shall be placed in a tray of water, and allowed to cool to room temperature for 30 minutes.
- (v) While still wet, the stones shall be plucked from the bitumen by hand or with a set of pliers.

2.

- (vi) The underside of each stone shall be examined to note the amount of bitumen adhering to it.

4. Calculations

In assessing the stripping value of the aggregate three categories are recorded.

- (i) Completely stripped - 0- 10 percent bitumen adhering
- (ii) Partly stripped - 10- 90 percent bitumen adhering
- (iii) No stripping - 90-100 percent bitumen adhering.

By counting 4 units for complete stripping, 2 units for part stripping, 0 units for no stripping, the total count for each plate is the percentage of stripping for each plate. Provided the variation between the two plates does not exceed 10 percent, the two results shall be averaged. If the variation is greater than 10 percent the test results should be either reported individually, or preferably, the test repeated.

5. Notes on Method

- (i) The above test procedure may be varied as is necessary to allow for testing of bitumen containing anti-stripping additives, precoated aggregates, etc.
- (ii) The stones shall be extracted evenly, with a direct upward pull without any twisting or shoving motion. Where only collar or edge adhesion has taken place care must be exercised so that the binder retained at the edge of the aggregate does not contact or overlay the underside of an aggregate piece before assessment of stripping is made. Careful upward levering of stones should only be resorted to when adhesion with the bitumen is exceptionally good.
- (iii) The Modified Plate Stripping Test is intended to assess the stripping value of the aggregate in much shorter time than is possible with the Standard Plate Stripping Test. (Test Method Q212A-1978) However for purposes of comparison, exclusive use of only one of the two available methods shall be made for a series of tests.

End of Text, Q212B-1978